

NISTEP REPORT No.140

平成21年度科学技術振興調整費調査研究報告書

将来社会を支える科学技術の予測調査

第9回デルファイ調査

2010年3月

文部科学省科学技術政策研究所

科学技術動向研究センター

The 9th Science and Technology Foresight
- Contribution of Science and Technology to Future Society

The 9th Delphi Survey

March 2010

Science and Technology Foresight Center
National Institute of Science and Technology Policy
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology

目 次

概要

<第Ⅰ部:全体概要>

1. 調査の背景と概要	1
1-1. 調査の背景	1
1-2. 「将来社会を支える科学技術の予測調査」の全体概要	1
1-3. 本調査の目的と特徴	2
1-4. 調査の方法	5
1-5. 実施概要	11
2. 科学技術課題の発展の方向性	17
2-1. 科学技術課題の重要性	17
2-2. 科学技術課題の実現予測時期	23
2-3. 科学技術課題の実現を牽引するセクター.....	30
3. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組み	34
3-1. グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	34
3-2. 我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発課題	37
3-3. 今後の研究開発における国際関係	40
3-4. 政府が重点的に取り組むべき事項	47
3-5. 地球環境問題対応と持続的発展の両立の観点から、 我が国が重点的に取り組むべき研究開発課題	48
4. テーマ別分析	63

<第Ⅱ部:分科会別概要>

集計結果の見方	73
1. No. 1(ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす)の調査結果.....	75
2. No. 2(情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論)の調査結果.....	139
3. No. 3(バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる)の調査結果.....	225
4. No. 4(ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる)の調査結果	291

5. No. 5(宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術)の調査結果	353
6. No. 6(多彩なエネルギー技術変革を起こす)の調査結果	425
7. No. 7(水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う)の調査結果	507
8. No. 8(環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術)の調査結果.....	569
9. No. 9(物質、材料、ナノシステム、加工、計測などの基盤技術)の調査結果.....	641
10. No. 10(産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術)の調査結果.....	713
11. No. 11(科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般)の調査結果	787
12. No. 12(生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群)の調査結果	853

<参考>

A. 第1回調査～第5回調査における科学技術課題の実現状況.....	919
B. 属性別分析.....	926

<資料>

資料1 アンケート票の例(NO.1分科会の一部)	937
資料2 これまでの調査実施状況.....	945
資料3 技術系分科会メンバーリスト.....	948

概要

我が国の科学技術予測は、約40年の歴史をもつ。デルファイ法を用いた調査は第1回調査(1971年)より継続的に実施され、今回は9回目の調査となる。

今回のデルファイ調査においては、既存分野の枠にとらわれずに、将来目標への到達やグローバル課題・国民的課題の解決に向けて何をなすべきかという観点から重要と思われる科学技術を抽出し、その将来発展を展望することを目的とした。

このため、既存の分野概念の壁を取り払った番号呼称の分科会を設置し、グローバル課題・国民的課題を解決していくための科学技術に関する学際的な議論により、調査対象とする科学技術課題の設定や質問項目の設定を行った。課題解決型であること、及び、学際性を持つことが今回のデルファイ調査の特徴である。

(1) 調査の流れ

まず、安心、安全、協調、競争の名を冠した4つの分科会を設け、人文・社会科学系専門家を交えて科学技術が寄与し得る将来目標や解決すべき課題について議論を行い、目的指向の「重要領域」を24領域設定した。

自然科学系のみならず人文・社会科学系も含む大学・産業界・独立行政法人等の専門家135名から成る12の学際的分科会は、この重要領域との関連性を考慮しつつ、課題解決に資する科学技術を中心として重要な科学技術を抽出し、調査対象とする科学技術課題832課題を設定した。なお、分科会設置に当たっては、既存の分野概念の壁を取り払うため、分科会名から分野名を排し、また議論の範囲や中心的事項は分科会メンバーが定めるものとした。

各分科会リーダーによる科学技術課題設定の総括として、今後は科学技術が「社会に適合したシステム」として社会に取り込まれていく道筋が重要になると考えられることから、①関連する科学技術の研究開発を系統立てて行うことの意義を認識すること、②関連する複数の科学技術を一つのシステムとして捉えること、③社会への適用方策に関する研究を行うこと、④社会システムを含めた科学技術を俯瞰すること、の重要性・必要性が指摘された。

設定された計832の科学技術課題について2040年までの今後30年間の将来展望を尋ねるアンケートを、2009年11月(第1回アンケート)、及び、2010年2月(第2回アンケート)に実施し、のべ2900名(1分科会約150~400名)の専門家から回答を得た。この第2回アンケートの結果を最終結果として分析を行った。また、第1回アンケート時には、分科会ごとにグローバル課題・国民的課題の解決に向けての我が国の取り組みについて尋ねる設問を設け、これについても分析を行った。

＜分科会構成と各分科会が抽出した科学技術課題の数＞

分科会	視点	課題数
No. 1	ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす	70
No. 2	情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論	76
No. 3	バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる	58
No. 4	ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる	85
No. 5	宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術	64
No. 6	多彩なエネルギー技術変革を起こす	72
No. 7	水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う	59
No. 8	環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術	68
No. 9	物質・材料・ナノシステム・加工・計測などの基盤技術	84
No. 10	産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術	76
No. 11	科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般	58
No. 12	生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群	62

(2) 主な調査結果

○グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みについて

- (ア) グローバル課題・国民的課題の解決に向けて「鍵となる事項」として、再生可能エネルギー、水資源、温暖化の評価と対策技術、宇宙・海洋管理技術など、地球温暖化やエネルギー・資源確保に関する事項が多く挙げられている。また、健康・医療関連では、治療とともに予知・予防医療が挙がる。その他、防災・減災、危機管理、インフラ管理など安全に関わる事項、人材育成にかかわる事項なども挙がる。
- (イ) 「我が国の国際戦略」としては、研究開発あるいは実用化で世界をリードすることが最も多く支持されている。地球環境観測や予知・予防医療では、国際共同プロジェクトへの参画も支持される。
- (ウ) 我が国が今後「関係を強化すべき国・地域」として、米国・欧州に加え、中国が上位に挙げられている。特に、環境や資源を扱う分科会では、米・欧・中の3極への関心が同等である。前述の「我が国の国際戦略」において、「国際貢献によって日本の存在感を高めること」、あるいは「新規国際市場を開拓すること」が選択された場合に、中国との関係強化が多く求められている。
- (エ) 「政府が重点的に取り組むべき事項」として、すべての分科会の回答者が「戦略・ビジョンの策定」と「次世代の人材育成」を1、2位に挙げている。第3位は、情報・エネルギー・環境・インフラなどを扱う分科会では「法制度改革」、エレクトロニクス・バイオテクノロジー・ナノテクノロジーなどを扱う分科会では「競争的環境の整備」である。
- (オ) 「地球環境問題対応として我が国が重点的に取り組むべき研究開発課題」として、全科学技術課題の約8割に当たる649課題が挙げられ、極めて多くの科学技術が地球環境問題に関わると考えられている。そのうちでも特に、非化石エネルギー利用、エネルギー利用最適化、循環型産業、CO₂削減・回収・貯留、未利用資源・再資源化、移動・交通

システム、観測・モニタリング・シミュレーション・予測、評価・合意形成などに関する科学技術課題に取り組むべきとされている。

○個別科学技術課題の将来展望について

- (カ) 全科学技術課題の約7割の科学技術課題は、「世界にとっても我が国にとっても共通に重要である」と認識されている。ただし、インフラを扱う分科会では「特に我が国にとって重要」とされた科学技術課題が多い。全体的に、社会インフラ、医療システム、防災・減災、地域環境(農業・農村含む)など社会全体のシステム作りに関わる科学技術課題、資源確保、人材確保が「特に我が国にとって重要」とされている。
- (キ) 全科学技術課題の約7割が、2020年までに「技術的実現(世界のどこかで技術的に実現)」し、2030年までに「社会的実現(日本の社会に適用・普及)」すると予測された。今後10年以内に日本の社会に適用・普及する科学技術課題としては、医療の社会システム、エネルギーマネジメント、クラウドコンピューティング、サービスマネジメントなどが挙げられた。
- (ク) 治療、再生医療、水素、原子力エネルギーなどに関する科学技術課題は、「技術的実現」から「社会的実現」までの期間が10年程度と比較的長いと予測された。
- (ケ) 科学技術課題の実現を牽引するセクターは、分科会により大きく異なる。バイオテクノロジーや医療技術を扱う分科会の科学技術課題については、技術的実現においても社会的実現においても「大学が牽引する」と考えられている。一方、エネルギーを扱う分科会の科学技術課題については、技術的実現においても社会的実現においても「民間企業が牽引する」と考えられている。また、バイオテクノロジーや医療技術を扱う分科会や環境や資源を扱う分科会の科学技術課題は、複数セクターが関わる、あるいは複数セクターが連携することで、技術的実現や社会的実現が進むと考えられている。環境やインフラを扱う分科会の科学技術課題の社会的実現には「政府」への期待も大きい。

第 I 部 全体概要

1. 調査の背景と概要

1-1. 調査の背景

我が国では1995年から科学技術基本計画のもとに科学技術政策が遂行されてきた。2000年度以降の第2期及び第3期科学技術基本計画では、政策課題対応型の研究開発（基盤的経費で行われる基礎研究及び科学技術システム改革に係る部分は含まれない）において、分野重点化の考え方が基本とされてきた。具体的には、政策課題対応型の研究開発は、ライフサイエンス・情報通信・環境・ナノテク材料・エネルギー・ものづくり技術・社会基盤・フロンティアという8分野において重点化されるという構造が採られてきた。特に2006年度からの第3期科学技術基本計画においては、分野別推進戦略として、上述の8分野の各々の中での重点課題が示され、併せて科学技術によるイノベーション創出が初めて明示化された。

一方、この間にも科学技術を取り巻く世界の状況は大きく変化した。地球規模の課題の明確化、国際競争力の激化、世界的な経済不況の発生などから、科学技術によるイノベーション創出への期待は自ずと高まり、世界の先進各国はいずれも科学技術政策をイノベーション政策の中に位置づける傾向を鮮明にしている。加えて、我が国では2005年から人口が初めて自然減に転じて少子高齢化が現実のものとなり、GDPの成長率も鈍化した。

このような背景により、我が国でも科学技術の成果がグローバル課題の解決・国民的課題の解決へ向けて貢献することへの期待はますます大きくなりつつある。2011年から予定される第4期科学技術基本計画においては、政策課題対応という言葉が本来の意味により近づき、科学技術の成果によって大きな課題を解決していくという、課題解決型の重点化の考え方に移行するのが自然の流れである。そこでは、必然的に分野重点化の考え方は薄まり、課題解決のための科学技術の分野融合や人文・社会科学との融合、あるいは社会システム改革との一体的推進などが議論の中心になっていくものと考えられる。

1-2. 「将来社会を支える科学技術の予測調査」の全体概要

我が国の科学技術予測（2000年以前は「技術予測」と称された）は、1970～71年に行われた第1回調査から数えて約40年の歴史をもつ。第1回から継続実施されてきたデルファイ調査（科学技術発展の方向性に関する専門家アンケート）に、近年では国民のニーズの把握や将来へのシナリオ作成などが加えられ、多面的なアプローチにより、科学技術とともにそれを取り巻く将来を見通すという方向へと展開している。

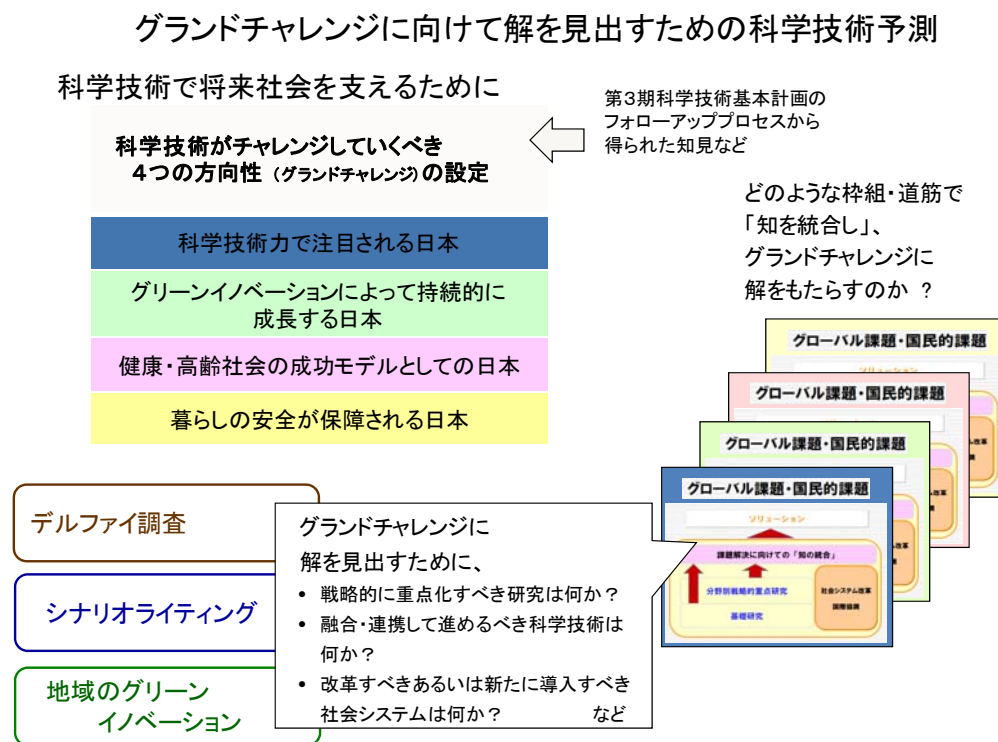
9回目に当たる今般の科学技術予測では、将来的に目指す方向性へのイメージを持ち、そこで生じるグローバル課題・国民的課題を解決していくための科学技術を議論の中心に据えた。まず、世界の動向および日本の状況を考慮して、科学技術がチャレンジしていくべき方向性（グランドチャレンジ）を以下の4つに絞りこんだ。

- 科学技術力で注目される日本

- グリーンイノベーションによって持続的に成長する日本
- 健康・高齢社会の成功モデルとしての日本
- 暮らしの安全が保障される日本

また手法としても、どのような枠組や道筋で知を統合し、グランドチャレンジに対して解をもたらすかという観点から、既存分野の壁を取り払った学際的議論に重点を置いた。具体的には、既存分野の枠にとらわれずに今後の社会の目標を念頭に課題抽出を行ったデルファイ調査、目指すべき将来への道筋をイメージした複数手法によるシナリオライティング、地域が自ら行った持続可能な地域社会に関する議論など、多面的かつ学際的なアプローチを組み合わせたものになっている(図表 1-1)。

図表 1-1: 今般の科学技術予測の全体像



1-3. 本調査の目的と特徴

「将来社会を支える科学技術の予測調査」の一環として、9回目となるデルファイ調査を実施する。本調査では、昨年度実施した予備的調査(調査資料-168:第4期基本計画で重視すべき新たな科学技術に関する検討)の結果をもとに調査項目を設定し、2040年までの今後30年間を展望して重要と思われる科学技術の発展の方向性についての専門家の意見を収れんさせ、平均的見解を得る。

本調査の目的は、「将来目標の達成やグローバル課題・国民的課題の解決に向けて何をなすべきか」という観点から、既存分野の枠にとらわれずに、重要な科学技術の抽出とその将来展望を行うことである。そのため、「既存分野(概念)の壁を取り払った学際的議論(学際的アプローチ)」及び「世界的課題・国民的課題を解決していくための科学技術の議論(課題解決型アプローチ)」を基本方針として調査を進める。

1-3-1. 予備的調査における試み

(1) 学際的アプローチ

デルファイ調査実施に当たっては、取り上げる科学技術課題・分野設定・質問内容等の見直しが随時図られてきたが、「まず分野を設定して分科会を設置し、分野内での将来性・重要性を議論する」という流れの中で分野内に閉じた議論を行う点に変更はなかった。

しかし、今般の科学技術予測は、1-1節で述べたように科学技術政策上の大きな転換点にあって実施される。そこで、本調査においても、課題解決のための科学技術分野間の融合や人文・社会科学との融合、あるいは科学技術と社会システム改革との一体的推進といった分野の枠にとられない議論を展開するための設計が求められる。

したがって、本調査の調査設計における最大の課題は「いかに分科会を設置するか」にある。担当分野名を冠した分科会を設置する従来の方法では、割り振られた分野名が分科会での議論の範囲を予め決めてしまうため、本調査の方針に適した議論が展開されない虞がある。一方、ある範囲の専門性を想定し、分科会のイメージを提示しなければ、メンバー選定は難しく、分科会での議論も成り立たない。

こうした矛盾を解消するため、予備的調査においては、中心的话题を仮設定した上で番号呼称の12分科会を設けることとした。分野名を分科会名から排したのは、約40年の歴史をもつデルファイ調査において初めてのことである。既存分野の影響を軽減する解決策をメンバーの多様性にも求め、中心的话题を議論しうる範囲において人文・社会科学系も含めて学際性を取り入れたメンバー選定を行った。まず、分科会での議論において取り上げるべき中心的事項を分科会自らが設定し、その後、それをもとに重要な科学技術を抽出する作業を行った。

(2) 課題解決型アプローチ

課題解決に寄与する科学技術を抽出するため、科学技術が寄与しうる将来目標を設定し、それとの整合性をもって将来の重要科学技術を抽出する方法を採った。まず、安心、安全、国際協調、国際競争の名を冠した4つの目標別分科会が、分科会名とした視点に基づいて科学技術の将来目標(重要領域)を検討し、24の将来目標(重要領域)を設定した。次いで、前述の12分科会において、それら将来目標(重要領域)を考慮しつつ重要な科学技術の検討を行い、科学技術課題を設定した(図表 1-2)。

将来目標(重要領域)と科学技術課題の関連を見ると、約半数の科学技術課題が将来目標(重要領域)に関連付けられた。関連付けられた科学技術課題群に対しては将来社会に向けての共

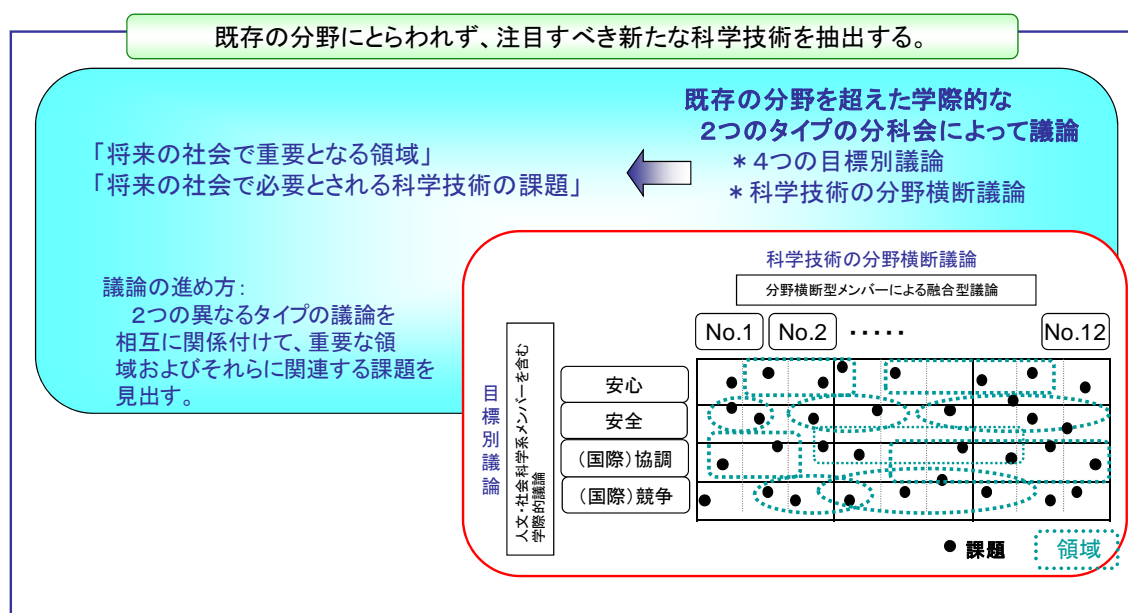
通目標を設定可能であり、既存分野の概念を超えて大きな目標を目指す新しい枠組みの可能性が示された。

(3) 得られた示唆

将来社会のイメージを明確に意識した上で新たな視点で検討を行うことにより、既存の概念を超えた新たな枠組みが生まれ、大きなイノベーションが起きる可能性がある。将来目標（重要領域）と科学技術の関連付けの結果、社会との関連性の認識の観点から現在の潜在的な問題点を洗い出すことができ、新たな分野融合・連携の余地や新たなイノベーションの起こる余地を見出せた。

第4期科学技術基本計画へ向けた議論として、今後は、科学技術が「社会に適合したシステム」として社会に取り込まれていく道筋が重要と考えられる。今後議論すべき要点として、①関連する科学技術の研究開発を系統立てて行うことの意義、②関連する複数の科学技術を一つのシステムとして捉えることの重要性、③社会への適用方策に関する研究の必要性、④社会システムを含めた科学技術の俯瞰性、などが挙げられた。

図表 1-2: 予備的調査*の調査設計



*: 調査資料-168 「第4期基本計画で重視すべき新たな科学技術に関する検討」(2009年3月)

1-3-2. 本調査におけるアプローチ

本調査では、昨年度の予備的調査におけるアプローチとその成果を引き継ぐ形で調査を進める。調査体制としては、予備的調査における番号呼称の分科会構成を継続させる。分科会では、予備的調査で将来社会との関連性を考慮して抽出されたキーワードや科学技術課題をもとに検討を進め、調査対象を設定する。なお、学際的議論を行ったがゆえに生じる分科会間の話題重複は、その話題がより重要であることの証左と見なし、調整を行わない。

設問設定に当たっては、社会への適用・普及やグローバル課題・国民的課題解決への寄与に関する情報を得ることを主眼とする設計を行う。一方、前回調査で設けられていたが本調査の方針から遠いと思われる重要度や研究開発水準等の設問は、本調査では設定しない。

1-4. 調査の方法

本調査では、多数の専門家への繰り返しアンケートを実施し、今後30年間の将来社会の姿を展望して重要と考えられる科学技術について、実現予測時期、実現を牽引するセクター、グローバル課題・国民的課題の解決に対する寄与、必要な政策手段などに関する多数の専門家の意見を収れんさせ、平均的見解を得る。

1-4-1. 調査対象期間

2011年から2040年までの30年間の将来展望を行う。

1-4-2. 調査対象

昨年度の予備的調査では、分科会で議論すべき範囲を示すキーワード及びキーワードに関連する科学技術や社会システム等を抽出し、それをもとに「区分」及び「科学技術課題」を設定した。ここで、「区分」とは抽出されたキーワードを群としてまとめたものであり、「科学技術課題」とは科学技術や社会システム等の記述で、区分やキーワードに沿って作成されたものである。本調査では、予備的調査において設定された区分を精査して94区分を設定した。この区分との関連性を見つづ、予備的調査において設定された科学技術課題を精査して、本調査の調査対象となる832科学技術課題を設定した。したがって、三者は、分科会(12分科会)－区分(94区分)－科学技術課題(832課題)の階層構造をなす。分科会構成を図表 1-3 に、各分科会の区分名、区分数、科学技術課題数を図表 1-4 に示す。

科学技術課題の設定方針は以下の通りである。

- ✓ 世界的課題・国民的課題の解決に向けた科学技術を主として取り上げる。基礎的・基盤的技術であっても、可能な限り社会で適用される場面を想定する。
- ✓ 2040年までを見通して重要と考えられる科学技術を中心とするが、社会制度やライフスタイルなど、科学技術の発展と関わりが深いと考えられる科学技術以外の事項も必要に応じて対象とする。
- ✓ 2040年までに実現可能と考えられる課題を取り上げるが、必要に応じて実現が2040年以降になる可能性の高い課題を含めてもよい。
- ✓ 複数の分科会で同一あるいは類似の科学技術課題が設定された場合でも調整を行わない。これは、将来の重要科学技術を漏れなく抽出することよりも、より関心の高い事項を優先するという考え方に拠る。

図表 1-3: 分科会構成

分科会名	視点	視点の略記*
No. 1	ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす	電子・通信
No. 2	情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論	情報
No. 3	バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる	バイオ
No. 4	ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる	医療
No. 5	宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術	宇宙・地球
No. 6	多彩なエネルギー技術変革を起こす	エネルギー
No. 7	水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う	資源
No. 8	環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術	環境
No. 9	物質・材料・ナノシステム・加工・計測などの基盤技術	材料
No. 10	産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術	製造
No. 11	科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般	マネジメント
No. 12	生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群	インフラ

* 次章以降では、本文中の分科会名の後にカッコ書きで視点の略記を記す。

図表 1-4: 分科会の区分名、区分数、科学技術課題数

分科会	区分数	課題数	区分名(先頭の数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)
No.1	6	70	1A:コンピューティング、システム系 1B:通信 1C:I/O(家電を含む) 1D:エネルギー 1E:デバイス 1F:メカトロニクス
No.2	12	76	2A:クラウドコンピューティング 2B:情報通信新原理 2C:空間共有通信 2D:情報の社会化 2E:多文化交流 2F:知能支援 2G:運動支援 2H:情報の適切性の確保 2I:ユビキタスネットワークング 2J:超大規模 ソフトウェア 2K:コンテンツサービス 2L:その他境界・融合・新興領域コ ンピューティング、システム系
No.3	8	58	3A:バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム) 3B:バイオ・ナ ノテクノロジー応用技術 3C:バイオ・ナノテクノロジー医療技術 3D:予防 医療・診断 3E:治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等) 3F:再生医 療 3G:農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む) 3H:エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術
No.4	5	85	4A:安心・安全を目指す医療 4B:新しい医療技術の創造 4C:予知・予防 医療への展開 4D:医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて 4E:医 療の社会システムへの展開
No.5	7	64	5A:地球診断技術 5B:宇宙・海洋管理技術(観測を含む) 5C:未来の科 学技術を先導するフロンティア領域 5D:生物/生命(起源) 5E:宇宙素 粒子(宇宙科学を含む) 5F:人工構造物(巨大システム技術) 5G:宇宙 技術(宇宙医学を含む)
No.6	13	72	6A:原子力エネルギー 6B:核融合エネルギー 6C:化石エネルギー 6D:再生可能エネルギー 6E:水素 6F:燃料電池 6G:エネルギー輸送 6H:低炭素エネルギー貯蔵 6I:低炭素型移動体 6J:エネルギーマネジメ ント 6K:低炭素製造技術・コプロダクション 6L:省エネルギー 6M:その他技術開発における評価ツール等
No.7	7	59	7A:未利用資源 7B:農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む) 7C:水資源 7D:環境、再生資源、リサイクル(有害物を資源に変換)、LCA 7E:炭化水素資源、鉱物資源および CCS 7F: 太陽利用、宇宙放射線

分科会	区分数	課題数	区分名(先頭の数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)
			7G:資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成
No.8	10	68	8A:環境リスク評価/リスク管理/リスクコミュニケーション 8B:環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法 8C:ライフスタイルと環境(環境倫理を含む) 8D:環境評価・環境予測・シミュレーション技術 8E:環境モニタリング(地上観測を含む) 8F:都市・農村環境(地域環境保全) 8G:温暖化の評価と対策技術 8H:生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策 8I:都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品 8J:大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術
No.9	5	84	9A:ナノ基盤材料 9B:出口(デバイス・システム化及び応用技術) 9C:計測手法 9D:モデリング・シミュレーション 9E:社会システム・その他
No.10	8	76	10A:少品種大量生産 10B:変種変量生産 10C:オンデマンド製造 10D:その他の製造形態 10E:グローバル化、価値付加、市場創成 10F:エネルギー、資源、環境 10G:理工系離れ、人材問題、少子高齢化 10H:安全・安心
No.11	8	58	11A:小さな現象から将来を洞察する手法 11B:国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント 11C:サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント 11D:社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み 11E:人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持; 11F ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント 11G:マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント) 11H:工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)/知の構造化(知識を関連して保存)
No.12	5	62	12A:土地利用戦略 12B:生活支援戦略 12C:生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業) 12D:交流・公益戦略(運輸・通信) 12E:インフラシステムの持続化戦略
計	94	832	

1-4-3. アンケート手法

本調査は、多数の専門家を回答者とするデルファイ法*により実施する。同じ質問を2回繰り返して回答を収れんさせ、2回目のアンケート結果を最終結果とする。ただし、調査項目のうち、当該分科会の議論全般に関する我が国の取り組みに関する設問(1-4-5項参照)については、設問の性格上収れんの可能性が低いと思われるため、第1回アンケートのみ回答を求め、それを最終結果とする。

* デルファイ法(Delphi 法):多数の人に同一内容の質問を複数回繰り返して、回答者の意見を収れんさせるアンケート手法。2回目以降のアンケートでは、前回の集計結果が回答者に示される。回答者は、全体の意見の傾向を見ながら自身の回答を再検討することができる。回答者の一部は多数意見に賛同するので、意見は収れんする方向に向かう。米国のランド・コーポレーションが開発した手法で、多くの神々がここに集まって未来を占ったとされる、アポロ神殿のあった古代ギリシャの地名 Delphiから命名された。

1-4-4. 回答者群の設定

回答者候補は、設置した12分科会のメンバーの推薦により選出した。推薦に当たっては、「当該調査対象である科学技術課題に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する者」であることを条件とした。併せて、科学技術に対する深い造詣を持つと共に科学技術政策への関心が高い、科学技術政策研究所科学技術動向研究センターの専門調査員*も回答者候補の一部に加えた。

これらの回答者候補に対して協力の意向を尋ね、承諾者を第1回アンケートの対象者とした。第2回アンケート対象者は、第1回アンケート回答者である。なお、回答に当たっては、今後30年間に世界的規模での戦争あるいは経済社会を覆す規模の天変地異は起こらないことを前提とした。

* 専門調査員:科学技術動向研究センターが運営する専門家ネットワークの活動に協力いただいている、科学技術分野あるいは科学技術政策の専門家。

1-4-5. 調査項目

調査項目の設定に当たっては、グローバル課題・国民的課題の解決に向けた政策の検討に資することを意図し、個別の科学技術課題に対する設問、並びに、当該分科会が対象とする科学技術に対する我が国の取り組みに関する設問、の2種類の設問を設けた。具体的には、以下の設問が分科会の承認を経て設定された。

(1) 科学技術課題に対する設問

○科学技術課題に対する回答者の専門度

当該科学技術課題に対する回答者の専門度について、以下の選択肢から1つ選択する。

高 : 現在、当該科学技術課題に関連した研究又は業務に従事している(文献による調査研究を含む)等により、当該科学技術課題に関連した専門的知識を持っている

中 : 過去に当該科学技術課題に関連した研究又は業務に従事したことがある。あるいは、隣接領域の研究又は業務に従事している等により、当該科学技術課題に関連した専門的知識をある程度、持っている

低 : 当該科学技術課題に関連した専門的な本や文献を読んだり、専門家の話を聞いたりしたことがある

全くなし: 専門的知識は全くない(以降の質問への回答は不要とする。ただし、当該科学技術課題に対して強い関心を持っている場合は、専門度「低」として以降の質問に回答する。)

○科学技術課題の重要性

当該科学技術課題の重要性について、以下の選択肢から1つ選択する。

世界・日本双方にとり重要(世界にも日本にも重要な課題である)

特に日本にとり重要(特に日本にとって重要な課題である)

特に世界にとり重要(特に日本以外の世界にとって重要な課題である)

重要度・優先度は低い(重要性の程度は低い。なお、当該課題の実現は不要である、または実現すべきではないと評価する場合も本選択肢を選ぶ。)

○技術的実現予測時期

当該科学技術課題の技術的な実現予測時期(日本を含む世界のどこかでの実現)について、以下の選択肢から1つを選択する。なお、技術的実現予測時期とは、所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期(例えば、研究室段階で技術開発の見通しがつく時期)を指す。また基礎的な課題であれば、原理、現象が科学的に明らかにされる時期を指す。なお、社会制度など科学技術以外の事項に関する課題に対しては、技術的実現予測時期を問わない。

技術は実現済	2011年～2015年の間に実現する
2016年～2020年の間に実現する	2021年～2030年の間に実現する
2031年～2040年の間に実現する	2041年以降に実現する
実現しない	わからない

○技術的実現を牽引する主たるセクター

当該科学技術課題の技術的な実現に関して、中心となってこれを牽引すると考えられるセクターについて、以下の選択肢からいくつでも回答する。なお、社会制度など科学技術以外の事項に関する課題に対しては、牽引セクターを問わない。

大学	公的研究機関
民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携
その他(国際機関等)	

○社会的実現予測時期

当該科学技術課題の日本での実現(日本国内での適用を目的としない、あるいは、適用の場が想定され得ない場合、日本が主体となって行い、海外で適用されることを含む)予測時期について、以下の選択肢から1つを回答する。なお、社会的実現予測時期とは、実現された技術が製品やサービスなどとして、利用可能な状況となる時期を指す。課題によっては、普及の時期を指す場合もある。また、科学技術以外の課題であれば、制度が確立する、倫理規範が確立する、価値観が形成される、社会的合意が形成されるなどの時期を指す。なお、原理解明など社会的な適用が想定され得ない課題に対しては、社会的実現予測時期を問わない。

2011年～2015年の間に実現する	2016年～2020年の間に実現する
2021年～2030年の間に実現する	2031年～2040年の間に実現する
2041年以降に実現する	実現しない
わからない	

○社会的実現を牽引する主たるセクター

当該科学技術課題の社会的な実現に関して、中心となってこれを牽引すると考えられるセクターについて、以下の選択肢からいくつでも回答する。なお、原理解明など社会的な適用が想定され得ない課題に対しては、牽引セクターを問わない。

大学	公的研究機関
民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体を含む)
複数セクターの連携	その他(国際機関等)

○新規課題の提案

2040年までを展望して、調査対象となった科学技術課題以外に重要な研究開発課題や社会システム等があれば具体的に記入する。

(2) 当該分科会が対象とする科学技術に対する我が国の取り組みに関する設問

○問1: 将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて、鍵となる事項

当該分科会の区分の中から2つまで選択する(自由記入可)。

○問2: 鍵となる事項(問1で選択した当該分科会の区分)を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発課題

当該分科会の科学技術課題の中から鍵となる事項毎に5つまで選択する(自由記入可)。

○問3: 鍵となる事項(問1で選択した当該分科会の区分)を発展させる上での、国際関係のあり方

1) 我が国が最も力を入れるべき研究開発の国際戦略について、鍵となる事項毎に以下の選択肢から1つ選択する。

- 研究開発あるいは実用化において世界をリードする
- 国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する
- 国際貢献によって日本の存在感を高める
- 新規国際市場を開拓する
- 国際標準獲得を目指す
- その他
- 特になし

2) 我が国が関係を強化すべき国や地域について、鍵となる事項毎に以下の選択肢から2つまで選択する。

イスラエル	インド
欧州(必要に応じ国名を記入)	オーストラリア
カナダ	韓国
シンガポール	中国
ブラジル	米国

南アフリカ	ロシア
その他(国名・地域名を記入)	特になし

○問4: 鍵となる事項(問1で選択した当該分科会の区分)を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項毎に以下の選択肢から2つまで選択する。

戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成
競争的環境の整備	法制度改革
大学(大学院)改革	独法(国研を含む)改革
産業再編促進	雇用確保
既存企業(法人)優遇・支援	起業支援
地方分権	知財戦略
その他	

○問5: 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立を目指すために、我が国が重点的に取り組むべき研究開発課題

当該分科会の科学技術課題の中から3つまで選択する(自由記入可)。

1-5. 実施概要

1-5-1. アンケート実施概要

アンケートの実施時期及び回収状況は以下のとおりである。

第1回アンケート

実施時期： 2009年11月～12月

回収状況： 発送3992票、回収3337票(回収率84%)

第2回アンケート

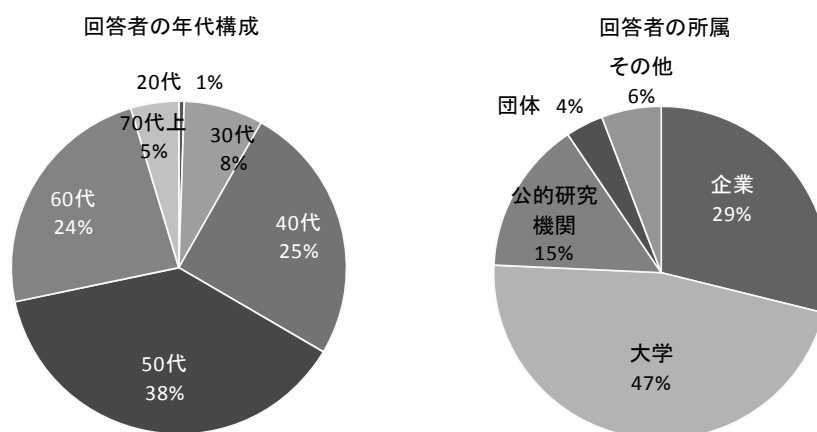
実施時期： 2010年1月～2月

回収状況： 発送3331票、回収2900票(回収率87%)

最終的な回答数は2900票、2回繰り返し後の回収率は73%(2900票/3992票)である。これは、前回の第8回調査における回収率(2239票、回収率53%)よりかなり高い。これには回答者の意識の高まり、及び、設問数の絞り込みによる簡素化が影響していると思われる。なお前述の通り、各分科会が対象とする科学技術全般に関する設問(1-4-5項(2))に関しては、第1回アンケートの回収数が最終回答数になる。回答者の性別は、95%が男性、5%が女性である。また、回答者の年齢は50歳代が38%と最も多く、次いで40歳代が25%を占める。所属については、民間企業が29%、大学が47%、公的研究機関が15%、団体その他が10%となっている。職種については、

77%が研究開発に従事している(図表 1-5。分科会毎の回収状況は図表 1-8 参照)。

図表 1-5: 回答者の属性



各分科会の1課題当たりの平均回答数を図表 1-6 に示す。回答者は課題毎に自己の専門性を評価し、専門性がない課題については回答しないため、各課題の回答数は回収数を下回る。平均回答数は回収数の40～70%程度、12分科会平均で53%と、前回調査における平均(63%)や前々回調査における平均(62%)と比べると10%程度の低下が見られる。しかし、本調査では学際化による回答率低下を見越して大きな回答者群を設定したため、回答数自体は前回調査及び前々回調査より多く確保されている。

図表 1-6: 分科会別平均回答数

分科会	平均回答数	回収数	平均回答率
No. 1	126	205	61%
No. 2	149	209	71%
No. 3	152	291	52%
No. 4	78	164	48%
No. 5	97	237	41%
No. 6	210	418	50%
No. 7	84	223	38%
No. 8	164	281	58%
No. 9	108	268	40%
No. 10	116	241	48%
No. 11	115	156	74%
No. 12	115	207	56%

1-4-2. 分科会開催概要

本調査で設置した12の分科会(図表 1-3)はそれぞれ、リーダー1名、メンバー10名程度から構

成される。昨年度の予備的調査における分科会の人員構成をもとに、若干の入れ替えや補充を行った。

本調査における分科会の具体的任務は以下の通りである。図表 1-7 に各回の開催状況及び検討事項を示す。

- 調査対象とする科学技術課題、及び、調査項目(設問)の検討
- アンケート回答者の推薦
- アンケート結果の分析
- 実施後20年以上経過した過去回デルファイ調査で取り上げた科学技術課題の実現状況評価

図表 1-7: 分科会の開催状況及び検討事項

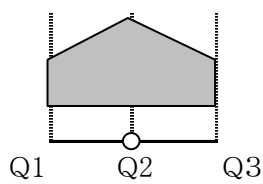
分科会	第1回	第2回	第3回
	・科学技術課題及び設問の検討	・アンケート中間結果検討 ・過去調査課題実現度評価	・アンケート最終結果検討 ・とりまとめ検討
No. 1	2009年9月25日(金)	2010年1月6日(水)	2010年3月12日(金)
No. 2	2009年9月17日(木) 2009年10月13日(火)	2010年1月8日(金)	2010年3月8日(月)
No. 3	2009年9月14日(月)	2010年1月12日(火)	2010年3月4日(木)
No. 4	2009年9月28日(月)	2010年1月6日(水)	2010年3月1日(月)
No. 5	2009年9月18日(金)	2010年1月8日(金)	2010年3月1日(月)
No. 6	2009年10月5日(月)	2010年1月13日(水)	2010年3月2日(火)
No. 7	2009年9月28日(月)	2010年1月12日(火)	2010年3月9日(火)
No. 8	2009年9月25日(金)	2010年1月21日(木)	2010年3月18日(木)
No. 9	2009年9月14日(月)	2010年1月6日(水)	2010年3月2日(火)
No. 10	2009年9月16日(水)	2010年1月13日(水)	2010年3月5日(金)
No. 11	2009年10月9日(金)	2010年1月8日(金)	2010年3月3日(水)
No. 12	2009年9月29日(火)	2010年1月5日(火)	2010年3月9日(火)

1-4-3. 分析に用いる数値

(1) 科学技術課題に対する設問

回答者の専門度、及び、科学技術課題の重要性、技術的実現を牽引する主たるセクター、社会的実現を牽引するセクターの設問については、科学技術課題毎に各選択肢の選択割合(各選択肢の回答数/当該課題の回答総数)を分析に用いる。ただし、実現を牽引する主たるセクターの設問は複数選択可であるため、各選択肢の選択割合の計は100%を超える。

技術的実現予測時期および社会的実現予測時期については、回答を早い順に並べてその両端の1/4ずつを除いた中間の1/2の値を用いる。中間1/2の両端(Q1~Q3)を回答の幅として、中位値(Q2)を実現予測時期の代表値として用いる。



実現予測時期の回答を時期の早い順に並べて、

Q1: 全体の1/4番目に当たる実現予測時期

Q2: 全体の1/2番目に当たる実現予測時期

Q3: 全体の3/4番目に当たる実現予測時期

科学技術課題の分析においては、当該科学技術課題の選択割合、あるいは、実現予測時期の中位値を用いる。区分の分析においては、当該区分に含まれる科学技術課題の選択割合や実現予測時期中位値の平均値を区分の代表値として用いる。分科会の分析においては、当該分科会に含まれる科学技術課題の選択割合や実現予測時期中位値の平均値を分科会の代表値として用いる。

(2) 当該分科会が対象とする科学技術に対する我が国の取り組みに関する設問

用意された選択肢、各分科会の区分、または、各分科会の科学技術課題が選択された割合(選択された数/回答総数)を用いる。

図表 1-8: アンケート回収状況

分科会	課題数	第1回収収状況			第2回収収状況			属性(第2回アンケート 単位:%)																
		発送	回収	回収率	発送	回収	回収率	性別		年齢							職業					職種		
								男	女	20代	30代	40代	50代	60代	70代以上	会社員	大学教職員	公的研究機関	団体職員	その他	開発に従事	その他	無回答	
No.1	70	291	240	82%	240	205	85%	97%	3%	0%	5%	22%	44%	24%	4%	38%	52%	7%	0%	3%	84%	16%	0%	
No.2	76	309	253	82%	252	209	83%	95%	5%	0%	9%	28%	30%	30%	3%	38%	44%	10%	1%	7%	77%	23%	-	
No.3	58	386	333	86%	332	291	88%	93%	7%	-	7%	29%	36%	24%	5%	16%	66%	10%	2%	6%	84%	16%	0%	
No.4	85	243	191	79%	191	164	86%	87%	13%	-	7%	14%	52%	22%	4%	9%	72%	11%	2%	6%	66%	33%	1%	
No.5	64	328	272	83%	272	237	87%	96%	4%	0%	8%	24%	35%	27%	5%	14%	47%	30%	3%	7%	81%	19%	0%	
No.6	72	543	468	86%	467	418	90%	96%	4%	1%	12%	26%	36%	21%	4%	47%	27%	15%	8%	4%	75%	25%	-	
No.7	59	286	251	88%	251	223	89%	97%	3%	2%	5%	20%	45%	24%	4%	35%	38%	17%	7%	3%	79%	21%	-	
No.8	68	417	339	81%	339	281	83%	91%	9%	-	10%	28%	32%	24%	6%	21%	41%	23%	4%	10%	71%	29%	-	
No.9	84	359	307	86%	307	268	87%	94%	6%	1%	7%	28%	38%	17%	9%	16%	54%	21%	1%	7%	90%	10%	-	
No.10	76	328	276	84%	274	241	88%	100%	-	0%	7%	25%	39%	25%	4%	35%	45%	11%	2%	6%	74%	25%	1%	
No.11	58	230	180	78%	179	156	87%	97%	3%	-	8%	25%	39%	24%	4%	25%	60%	6%	3%	6%	67%	33%	-	
No.12	62	272	227	83%	227	207	91%	98%	2%	-	3%	27%	43%	25%	2%	41%	37%	10%	7%	5%	71%	29%	-	
計	832	3,992	3,337	84%	3,331	2,900	87%	95%	5%	1%	8%	25%	38%	24%	5%	29%	47%	15%	4%	6%	77%	23%	0%	
参考:前回(第8回)	858	4,219	2,659	63%	2,659	2,239	84%	94%	5%	0%	11%	33%	40%	13%	3%	27%	45%	19%	4%	4%	78%	21%	0%	

2. 科学技術課題の発展の方向性

科学技術課題の調査結果について全般的な傾向を概観する。なお、分科会間や区分間の比較に当たっては、当該分科会や区分に含まれる科学技術課題の値(選択割合、実現予測時期)の平均値を用いている。各分科会の結果は、第Ⅱ部を参照されたい。

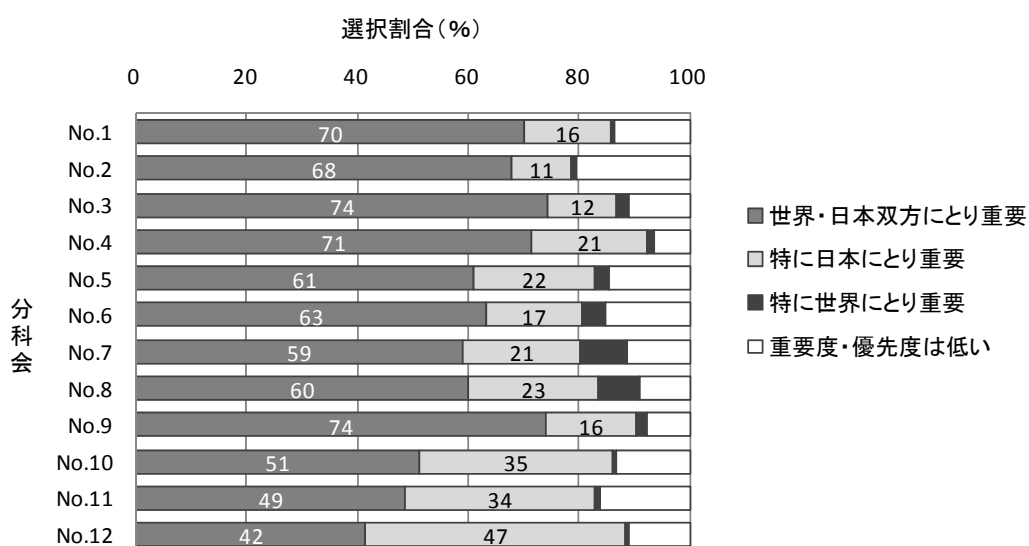
2-1. 科学技術課題の重要性

科学技術課題の将来的な重要性について、誰にとって重要かを尋ねた。回答者は、科学技術課題毎に以下に示す選択肢から1つ選択することを求められた。

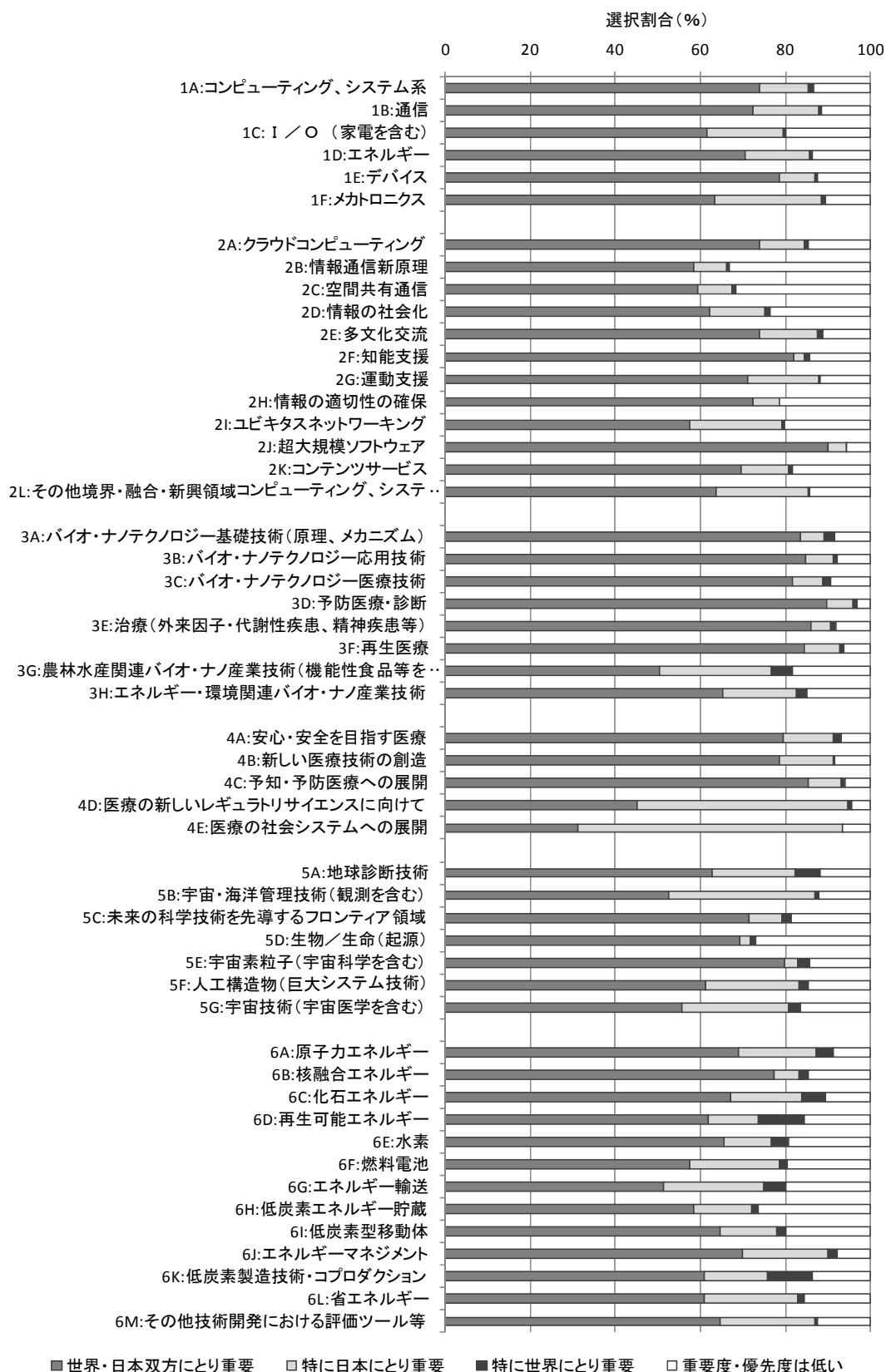
- ・ 世界・日本双方にとり重要(本設問における「世界」は、日本以外の国・地域を指す)
- ・ 特に日本にとり重要
- ・ 特に世界にとり重要
- ・ 重要度・優先度は低い

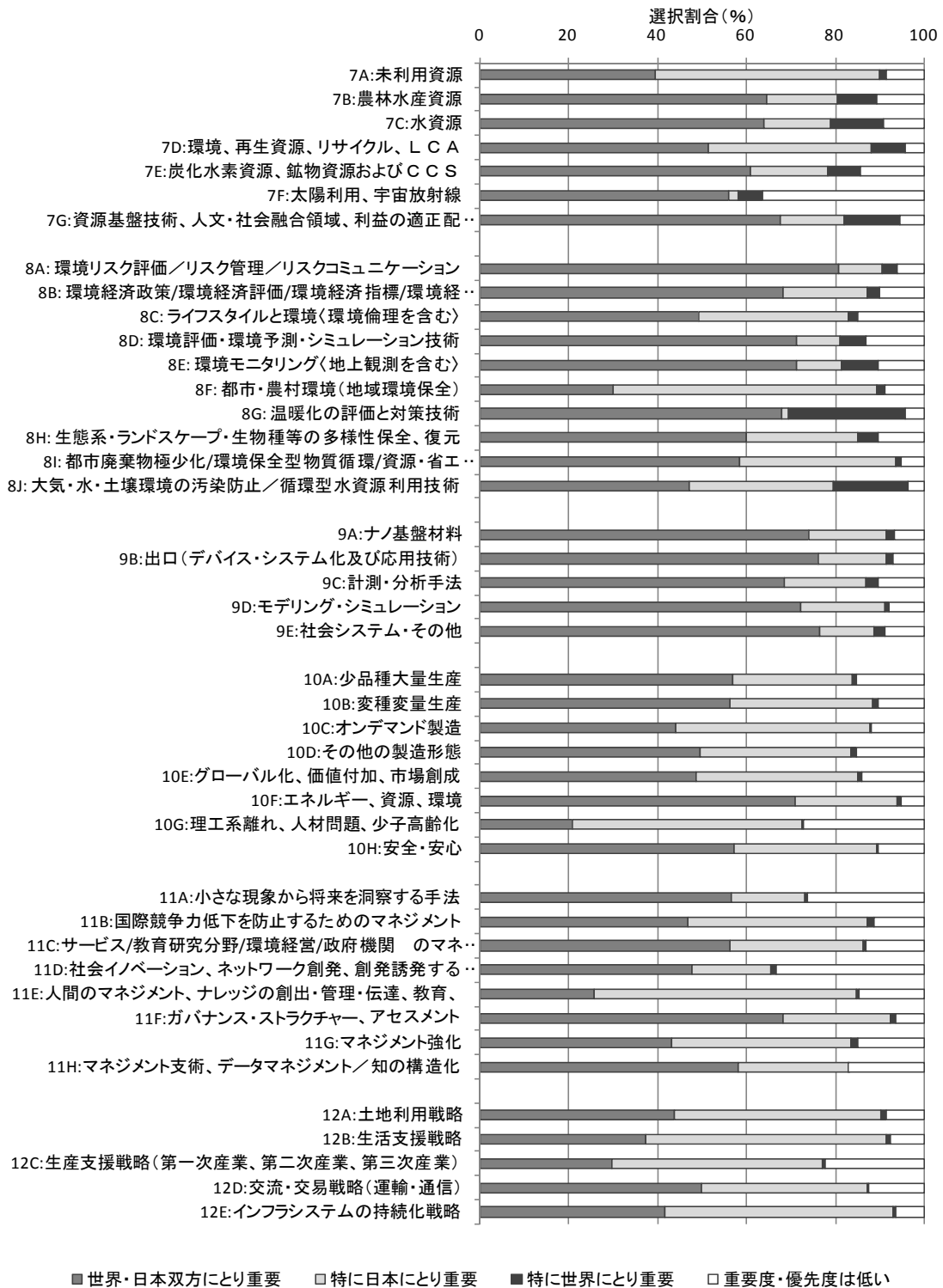
全科学技術課題の平均値は、「世界・日本双方にとり重要」の選択割合が62%、「特に日本にとり重要」の選択割合が23%であり、設定された科学技術課題は全体的には全世界共通で重要性が高い。これを分科会毎に見ると(図表 2-1)、No. 10(製造)、No. 11(マネジメント)、No. 12(インフラ)は、「特に日本にとり重要」の割合が他科会と比べ大きい。特にNo. 12(インフラ)では「特に日本にとり重要」の選択割合が47%と、国内の問題に焦点が当てられている。

図表 2-1: 分科会別、科学技術課題の重要性



図表 2-2: 区分別、科学技術課題の重要性





* 縦軸の区分名の先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す

区分毎に重要性を見ると、分科会毎の傾向と同様、全体的に「世界・日本双方にとり重要」の選択された割合が大きい区分が多い(図表 2-2)。No. 1(電子・通信)、No. 2(情報)、No. 3(バイオ)、No. 5(宇宙・地球)、No. 6(エネルギー)、No. 9(材料)では全区分において「世界・日本双方にとり重要」の選択された割合が50%を超え、No. 12(インフラ)では、全5区分中4区分において「日本にとり重要」の選択割合が一番大きい。一方、No. 4(医療)、No. 7(資源)、No. 8(環境)No. 10(製造)、No. 11(マネジメント)では分科会内で区分間の違いが見られ、一部の区分は「特に日本にとり重要」とされている。

「特に日本にとり重要」の選択された割合が大きい区分として、医療システム関連の区分(4D:医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて(50%)、4E:医療の社会システムへの展開(62%))が目立つ。また、資源(7A:未利用資源(51%))、地域環境(8F:都市・農村環境(59%)、12A:土地利用戦略(47%))、人材(10G:理工系離れ、人材問題、少子高齢化(52%)、11E:人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持(59%))、インフラ・防災(12B:生活支援戦略(54%)、12C:生産支援戦略(47%)、12E:インフラシステムの持続化戦略(51%))関連の区分においても、「特に日本にとり重要」の選択された割合が大きい。一方、「特に世界にとり重要」の選択された割合が大きい区分は存在せず、「6D:再生可能エネルギー」、「6K:低炭素製造技術・コプロダクション」、「7C:水資源」、「7G:資源基盤技術、資源に関わる人文・社会融合領域、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成」、「8G:温暖化の評価と対策技術」、「8J:大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術」の6区分において、割合が10%を超えるに留まる。

安全の基盤(医療、防災など)、資源確保、地域環境・自然との共生、人材問題が、特に我が国において取り組むべき課題であり、温暖化対策はグローバルな視点での取り組みが重要との認識と言える。

次に、選択肢が選ばれた割合に応じて全832科学技術課題を全世界共通課題・国内指向課題・国際指向課題・その他の4つに分類すると、全世界共通課題は623課題(75%)、国内指向課題は160課題(19%)、国際指向課題は7課題(1%)という分布になる。

- | | |
|---------------------|---|
| 全世界共通課題:
(623課題) | ①「世界・日本双方にとり重要」の割合が最も大きく、かつ、他の選択肢の割合との差が10%超 |
| 国内指向課題:
(160課題) | ①「特に日本にとり重要」の割合が最も大きく、かつ、他の選択肢の割合との差が10%超 (119課題)
②第一位である「世界・日本双方にとり重要」の割合と「特に日本にとり重要」の割合の差が10%以下、かつ、その他の選択肢の割合との差が10%超 (41課題) |
| 国際指向課題:
(7課題) | ①「特に世界にとり重要」の割合が最も大きく、かつ、他の選択肢の割合との差が10%超 (1課題)
②第一位である「世界・日本双方にとり重要」の割合と「特に世界にとり重要」の割合の差が10%以下、かつ、その他の選択肢の割合との差が10%超 (6課題) |

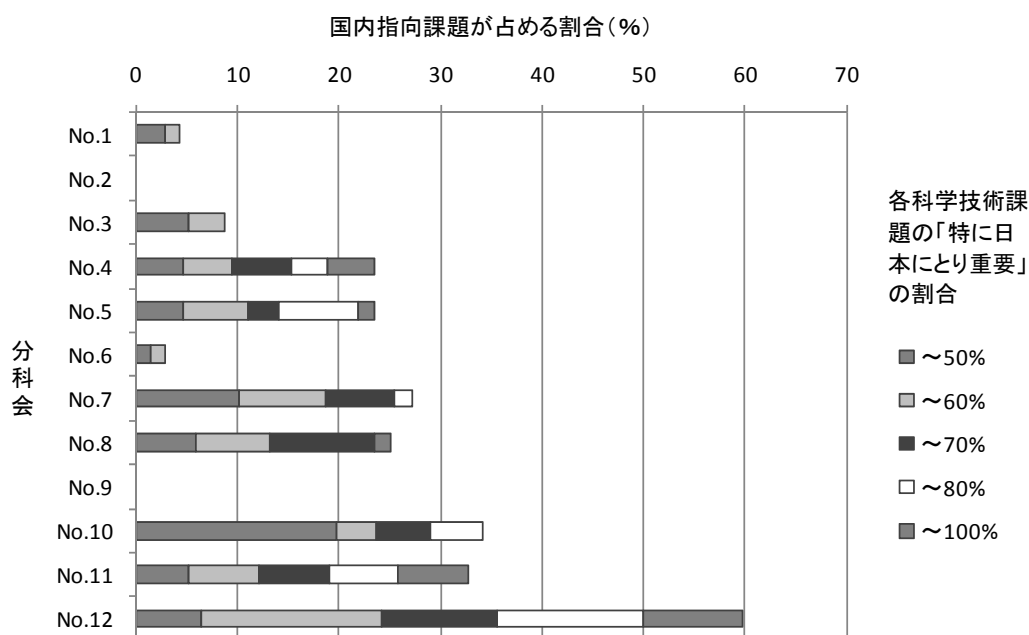
その他: ①「重要度・優先度は低い」の割合が最も大きい
 (42課題) ②第一位の選択肢の割合と「重要度・優先度は低い」の割合の差が10%以下
 分野や区分の概観と同様、大多数の科学技術課題は全世界共通と考えられている。傾向を異にする国内指向課題並びに国際指向課題に分類された科学技術課題の内訳を見ると、以下の通りである。

(1) 国内指向課題

160課題の内訳を見ると(図表 2-3)、No. 4(医療)、No. 5(宇宙・地球)、No. 7(資源)、No. 8(環境)、No. 10(製造)、No. 11(マネジメント)において全体の20~30%程度に当たる科学技術課題が該当している。No. 12(インフラ)では全体の60%程度が国内指向課題である。一方、No. 2(情報)及びNo. 9(材料)に国内指向課題は存在せず、No. 1(電子・通信)及びNo. 6(エネルギー)ではわずか2、3課題である。

図表 2-4 に、「特に日本にとり重要」の選択割合が80%を超える16科学技術課題を示す。医療システム、農村・自然共生農業、人材・教育、特許戦略等の課題が挙がる。社会のシステムやマネジメントを扱った科学技術課題が多く、社会的実現のみを尋ねる科学技術課題の占める割合が、全科学技術課題中では7%であるのに対し、全国内指向課題中では24%である。

図表 2-3: 分科会別、国内指向課題が占める割合



図表 2-4: 「特に日本にとり重要」の選択された割合が80%を超える科学技術課題

科学技術課題(先頭の数字は、「分科会-課題番号」を表す)	区分	割合(%)
4-66:救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度	4D:医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて	81

科学技術課題(先頭の数字は、「分科会一課題番号」を表す)	区分	割合(%)
4-70:安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度	4D:医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて	86
4-71:我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度	4D:医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて	83
4-72:医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度	4D:医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて	88
5-08:日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム	5A:地球診断技術	83
8-36:高齢者が生活しやすい生活環境が都市にも農村にも公平に整備され、老後の生活拠点を自由に選択できるようになる	8F:都市・農村環境	82
11-31:大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる	11E:人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	81
11-34:女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の3割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する	11E:人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	87
11-41:我が国において、基本特許重視型の特許戦略への転換が図られ、それぞれの特許保有者が基本特許と改良特許をバランスよく取り揃えたパテント・ポートフォリオ構築を戦略に組み込み、特許先進国となる	11G:マネジメント強化	90
11-42:国内出願重視から国際出願重視への方針転換が大規模に進められ、諸外国での特許取得による国際競争力の更なる向上が図られる	11G:マネジメント強化	85
12-06:人口減少に伴って市街地を縮小する際、水循環と生態系、および生活文化の持続性を踏まえた、土地利用戦略が創り出され、コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地が形成される	12A:土地利用戦略	81
12-24:我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な大規模企業化農業(海外生産、室内生産を含み、50%は全国合計値)が普及する	12C:生産支援戦略	84
12-26:農地などの土地の保安全管理を維持するため、都市と地方の間のUIJターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する	12C:生産支援戦略	83
12-27:地方の過疎化対策としての成熟製造業の支援システム(技術的イノベーションの達成、ノウハウのソフト化による伝承教育、経済的支援、文化としての継承)が確立する	12C:生産支援戦略	82
12-41:羽田空港の離発着容量を倍増することが可能な航空管制システムが開発される	12D:交流・交易戦略	83
12-60:既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する	12E:インフラシステムの持続化戦略	85

* 該当の科学技術課題を分科会順に並べた。

(2)国際指向課題

該当の7科学技術課題を図表 2-5 に示す。水資源や排水水処理に関わる科学技術課題が4課題、乾燥地帯の植生・食糧生産に関わる科学技術課題が2課題、太陽熱発電が1課題と、資源や環境に関する課題が挙げられている。砂漠・半乾燥地帯の食糧生産課題(8-49)以外は「世界・日本

双方にとり重要」の割合が「世界にとり重要」の割合と同程度となっており、国内で閉じることができない資源・環境問題の性格を表している。

図表 2-5: 国際指向課題

科学技術課題(先頭の数字は、「分科会—課題番号」を表す)	区分	割合(%)
6-18:集中型太陽熱発電(中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等)	6D:再生可能エネルギー	40
7-12:砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技术(遺伝子組換え作物等)	7B:農林水産資源	52
7-24:国際的な水保有量の偏在化を解消するための大量水輸送システム	7C:水資源	35
7-54:開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成	7G:資源基盤技術、資源に関わる人文・社会融合領域、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成	46
8-46:途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し活用する技術の普及	8G:温暖化の評価と対策技術	45
8-49:砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上	8G:温暖化の評価と対策技術	63
8-63:世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム	8J:大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術	51

* 該当の科学技術課題を分科会順に並べた。

2-2. 科学技術課題の実現予測時期

科学技術課題の実現可能性を見るため、技術的実現予測時期と社会的実現予測時期を尋ねた。技術的実現とは「日本を含む世界のどこかで、技術的な環境が整う時期」、社会的実現とは「我が国において、技術が製品やサービス等として利用されるようになる時期」を指す。科学技術課題の性格により、技術的実現予測時期のみを問う科学技術課題、社会的実現予測時期のみを問う科学技術課題が存在する。例えば、原理解明等の科学技術課題課題では技術的実現予測時期のみを問い、社会制度やライフスタイル等の科学技術課題では社会的実現予測時期のみを問うている。本調査では、技術的実現予測時期について尋ねた科学技術課題が763課題、社会的実現予測時期について尋ねた科学技術課題が811課題である。

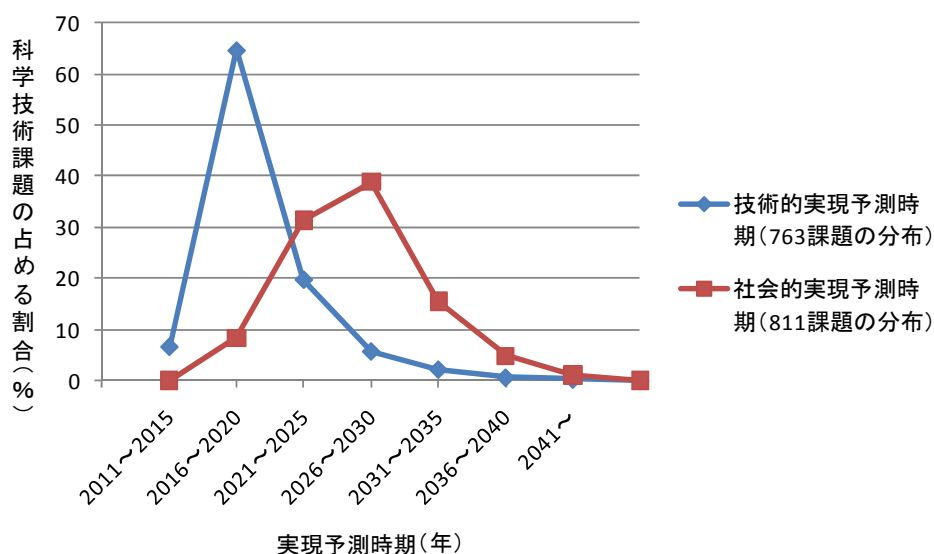
全科学技術課題の実現予測時期別分布を図表 2-6 に示す。技術的実現予測時期は、2016～2020年に全体の6割が集中しており、2020年までの今後10年間に7割の科学技術課題が技術的に解決され実現すると予測されている。一方、社会的実現予測時期は、2021～2025年(31%)と2026～2030年(39%)がピークを形成しており、2030年までに全体の7割の科学技術課題が社会で用いられるようになると予測されている。

社会的実現予測時期の分布を分科会毎に見ると、早期の実現が予測された科学技術課題が多い分科会はNo. 8(環境)、No. 10(製造)、No. 11(マネジメント)であり、展望期間の中間点であ

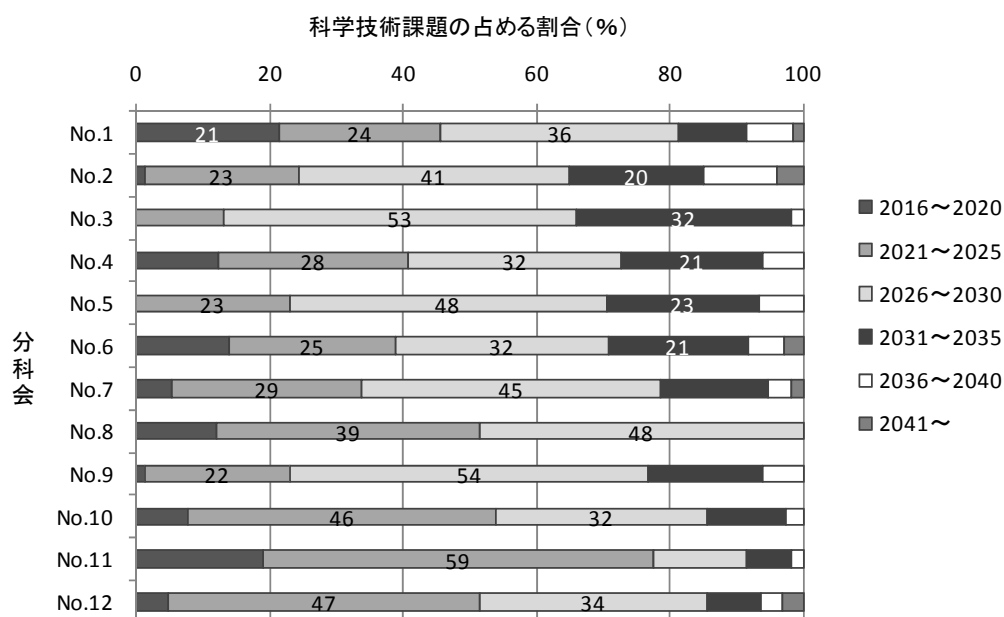
る15年後(2025年)までに約5割の科学技術課題が実現すると予測されている。一方、遅い実現が予測されている科学技術課題が多い分科会はNo. 2(情報)及びNo. 3(バイオ)であり、2030年までに実現すると予測された科学技術課題は60%台である(図表 2-7)。

2-1節で分類した国内指向課題については、社会的実現予測時期が早い課題が多く、全体の約7割の科学技術課題が2025年までに実現すると予測されている。実現に当たっての技術的障壁は比較的小さいと考えられる。(図表 2-8)。

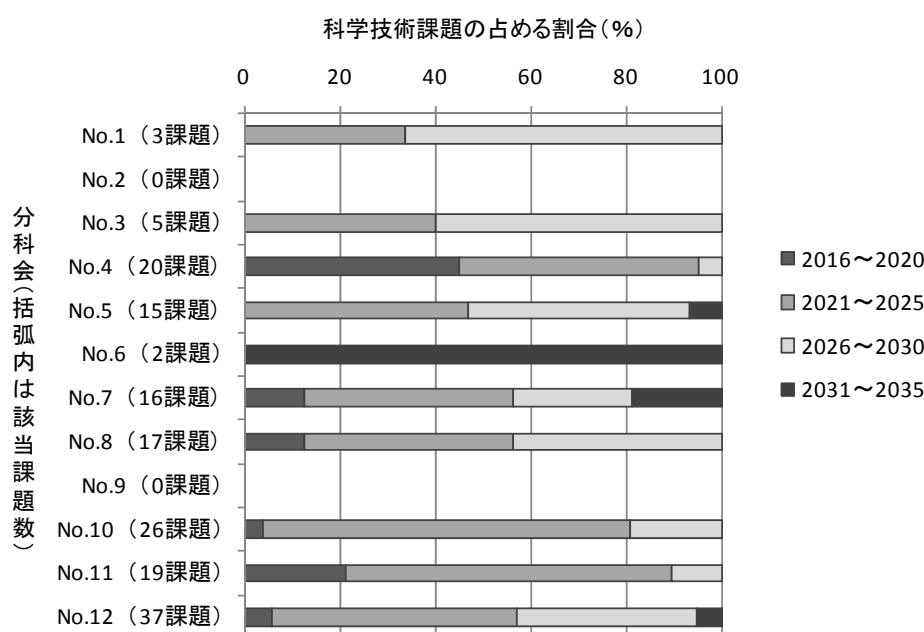
図表 2-6: 科学技術課題の実現予測時期分布



図表 2-7: 分科会別、科学技術課題の社会的実現予測時期分布



図表 2-8: 分科会別、国内指向課題の社会的実現予測時期分布



技術的実現から社会的実現までの期間は、最も短い科学技術課題で3年、最も長い科学技術課題で14年である。今後10年以内(2020年まで)に技術的実現する見通しだが、社会的実現までにさらに10年を超える年数が必要とされる科学技術課題は以下の11課題である(図表 2-9)。

図表 2-9: 10年以内に技術的に実現するが、その後の社会的実現までの期間が長い課題

科学技術課題 (先頭の数字は、「分科会-課題番号」を表す)	区分	技術的 実現年	社会的 実現年	期間* (年)
1-37:商品評価時にモニターの本音を簡易に計測できる非侵襲軽量の脳活動計測装置	1C:I/O	2019	2030	11-
2-53:現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	2G:運動支援	2020	2031	11
2-55:ネット上のコミュニケーションにおいて、発信されている情報を人工エージェントが読み取り、発信内容から他の参加者と対面コミュニケーションを行っている場面をイメージ化して、自身の行為が適切か適切でないかの判断を促すイメージング技術	2H:情報の適切性の確保	2020	2031	11-
3-24:アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術	3E:治療	2020	2031	11+
5-61:地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)	5G:宇宙技術	2020	2031	11-
6-21:メガワットクラス以上の出力を有する海洋エネルギー資源利用発電技術(波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等のいずれか)	6D:再生可能エネルギー	2019	2030	11
6-27:太陽光で水を分解する水素生産プロセス	6E:水素	2020	2032	12

科学技術課題 (先頭の数字は、「分科会－課題番号」を表す)	区分	技術的 実現年	社会的 実現年	期間* (年)
9-43:ほ乳類受精卵を孵化させるための人工システム(人工胎盤)	9B:出口	2020	2031	11
9-54:20 個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する装置	9C:計測・分析手法	2020	2031	11+
10-36:DNA の二重らせん構造を利用した接着技術	10E:グローバル化、価値付加、市場創成	2020	2031	11
10-37:磁場・電場・重力などの外部環境を複数組み合わせ合わせて制御して、微細対象を組み立てる技術(ナノ粒子を操作してデバイスを製造する)	10E:グローバル化、価値付加、市場創成	2020	2032	12

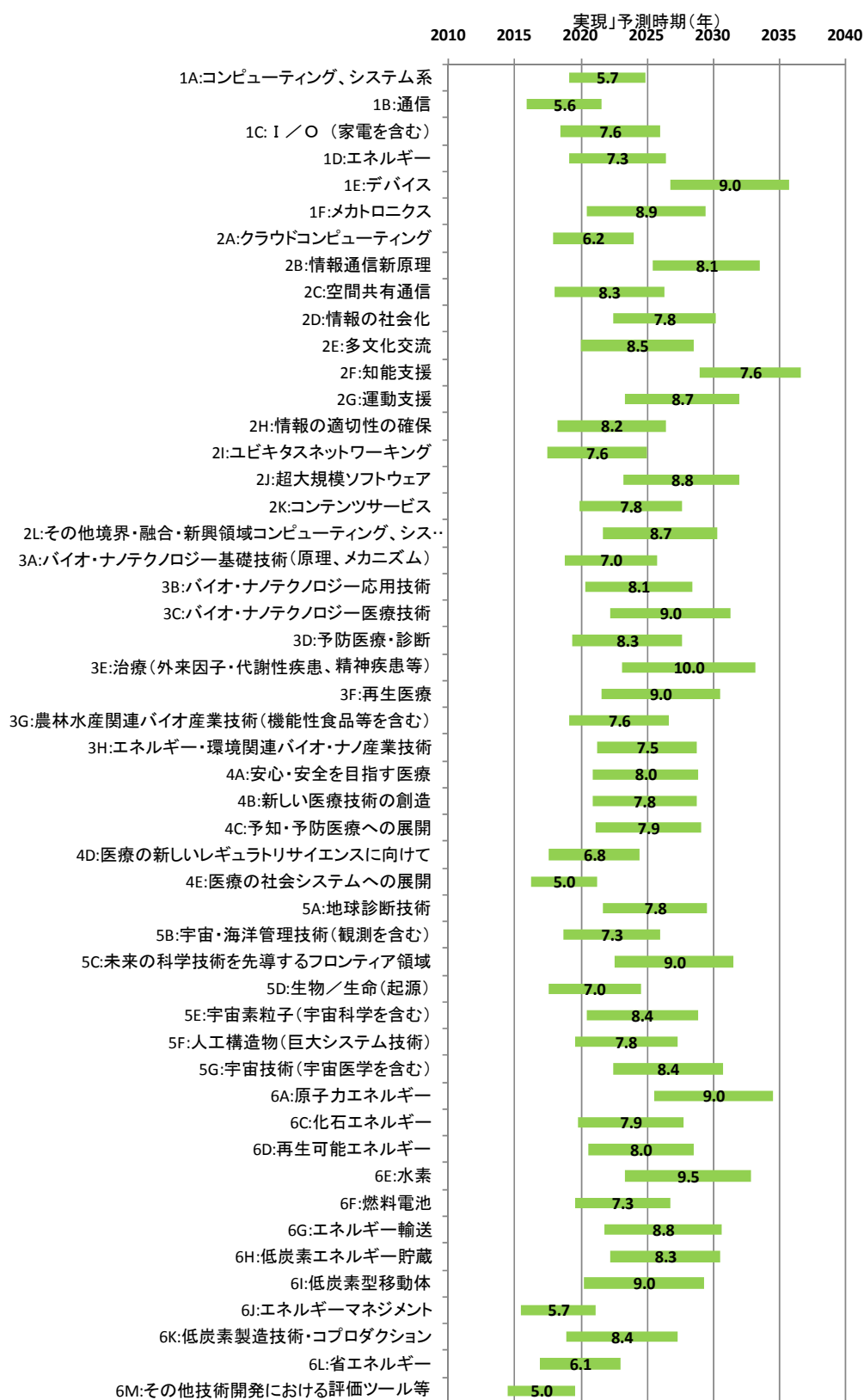
*:「重要度・優先度は低い」の回答が10%以下の課題には+を、40%超の課題には-を付す。
該当の科学技術課題を分科会順に並べた。

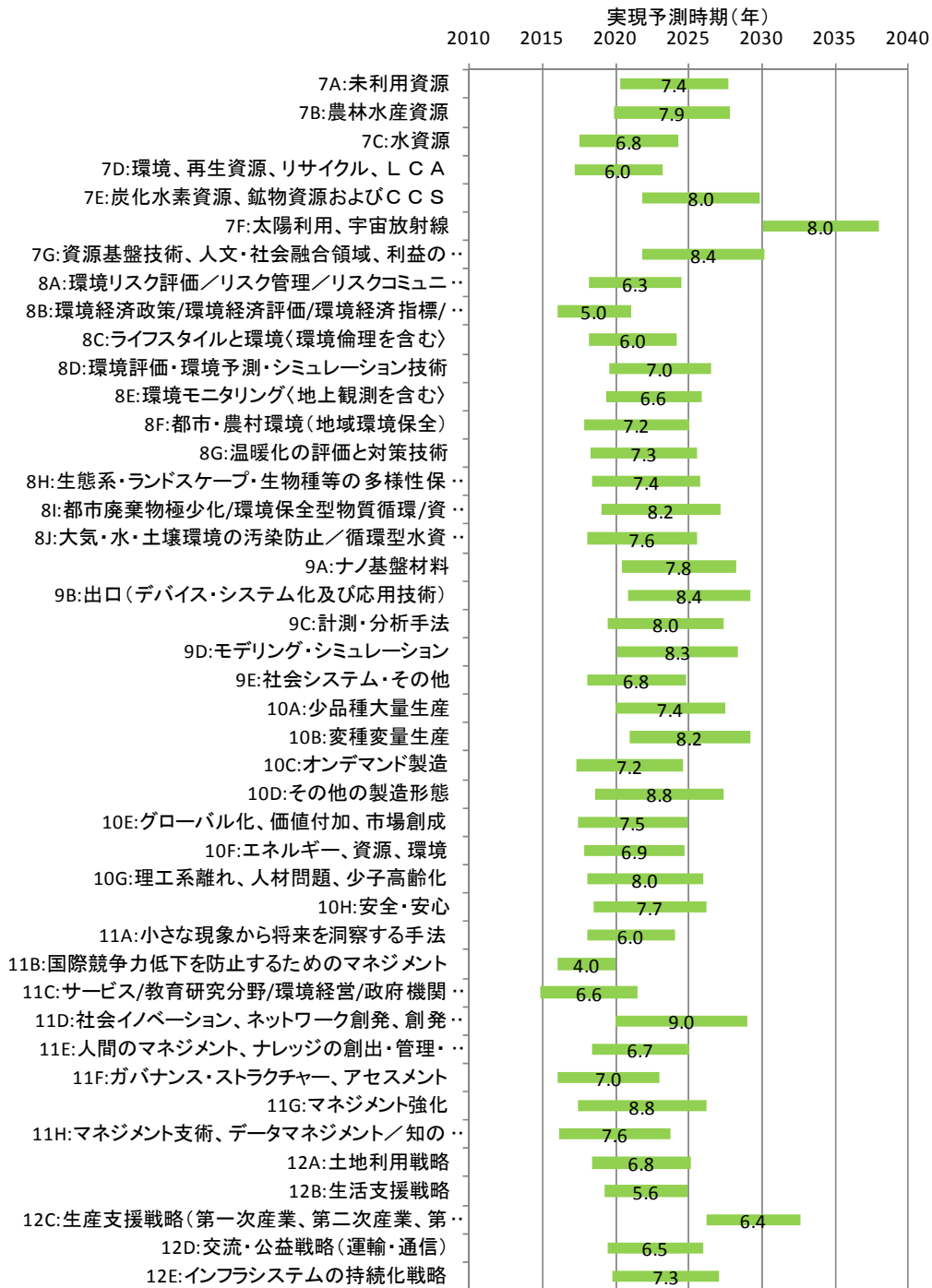
図表 2-11 に、各区分の技術的実現から社会的実現までの年数を示す。今後10年で社会へのある程度の成果還元が見込める区分は、「4E:医療の社会システムへの展開」、「6J:エネルギーマネジメント」、「6M:その他技術開発における評価ツール等」、「8B:環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法」、「11B:国際競争力低下を防止するためのマネジメント」、「11C:サービスマネジメント/教育研究分野のマネジメント/環境経営マネジメント/政府機関のマネジメント」と、評価やマネジメントに関する区分がほとんどである。一方、社会的実現までの年数が長い9区分を見ると、医療関連3区分(3E、3F、3C)、エネルギー関連3区分(6I、6E、6A)等となっている(図表 2-10)。

図表 2-10: 社会的実現までの期間(年数)が長い区分

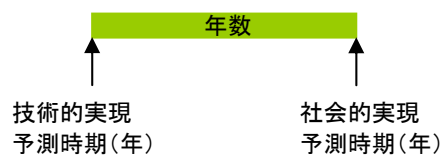
区分(先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)
3E:治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)	2023	2033	10
6I:低炭素型移動体	2020	2029	9
11D:社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み	2020	2029	9
3F:再生医療	2021	2030	9
3C:バイオ・ナノテクノロジー医療技術	2022	2031	9
5C:未来の科学技術を先導するフロンティア領域	2022	2031	9
6E:水素	2023	2032	9
6A:原子力エネルギー	2025	2034	9
1E:デバイス	2026	2035	9

図表 2-11: 区分別、技術的実現から社会的実現までの期間(年数)





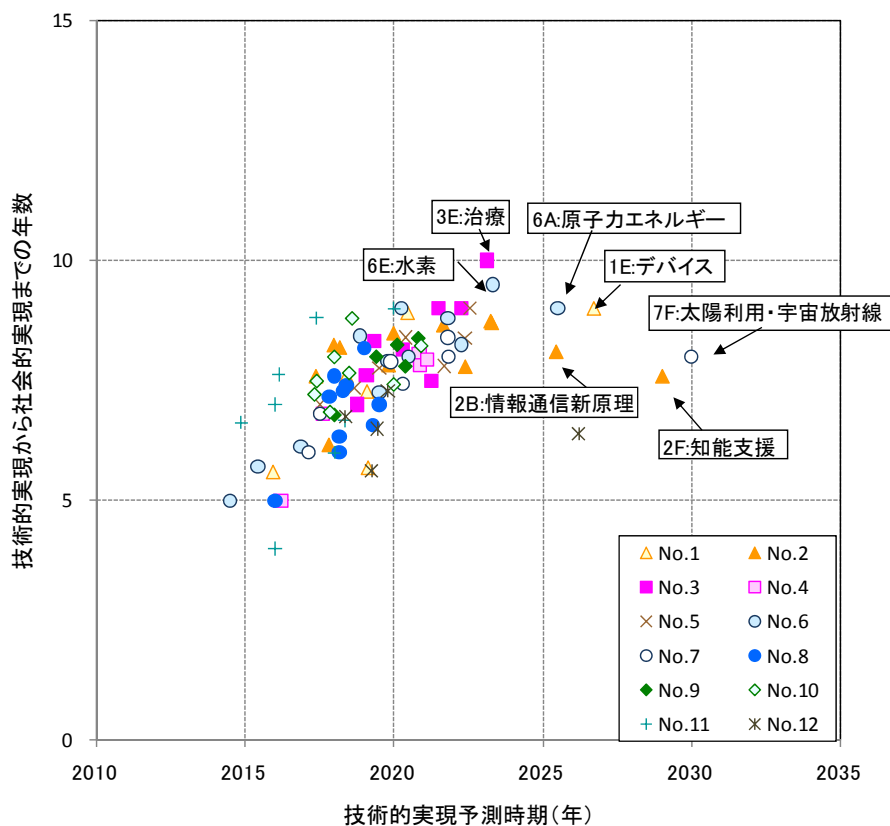
* 縦軸の区分名の先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す



各区分の技術的実現から社会的実現までの期間(年数)は7~9年の間に集中しており(図表2-12)、前回調査(第8回)結果に見られた「技術的実現が遅い科学技術課題は、社会的実現までの期間が長い」という傾向は見られない。前回調査において社会的実現までの期間が総じて長かったのは、ライフサイエンス分野及びエネルギー・資源分野である。これらと内容の重なりが見られるNo. 3(バイオ)、No. 6(エネルギー)、No. 7(資源)について見ると、No. 3及びNo. 6は社会的実現までの期間が長い区分がやや目立つが、前回調査の結果と比べれば期間が短い。

事例として、3分科会で前回調査の科学技術課題と同一・類似の科学技術課題89課題について、本調査における実現予測時期(年)と前回調査における実現予測時期(年)との差を見た。技術的実現も社会的実現もほとんどの科学技術課題において遅れているが、社会的実現の方が遅れ幅が小さいため、総じて社会的実現までの期間が縮まる結果となっている。選択肢が5年刻みであるため5年以上の差を「遅れ」とみなすと、技術的実現について本調査において実現予測時期が遅れた科学技術課題数は89課題中56課題である一方、社会的実現が遅れた科学技術課題は35課題である。しかし本調査では、分科会・区分・科学技術課題の設定の考え方、取り上げた内容、回答者群の設定等、調査の基本方針が前回調査と異なるため、単純な比較はできない。

図表 2-12: 区分別、技術的実現から社会的実現までの期間(年数)



2-3. 科学技術課題の実現を牽引するセクター

技術的実現、社会的実現各々について、科学技術課題の実現を牽引する主たるセクターを尋ねた。回答者は、以下の選択肢から1つ以上選択するよう求められた。

- ・ 大学
- ・ 公的研究機関
- ・ 民間企業(NPOを含む)
- ・ 政府(地方公共団体を含む)・・・(社会的実現のみの選択肢)
- ・ 複数セクターの連携
- ・ その他(国際機関等)

全体的な傾向としては、技術的実現に当たっては大学・公的研究機関・民間企業がそれぞれ牽引し、社会的実現に当たっては民間企業が主に牽引すると考えられている(図表 2-13)。複数セクター連携は、技術的実現においても社会的実現においても回答者の20~30%程度が選択しており、適宜連携することの必要性も認識されている。

全体的な傾向と異なる分科会として、以下のものが挙げられる。

- ・ No. 3(バイオ)及びNo. 4(医療)では、技術的実現のみならず、社会的実現においても大学が牽引すると考えられている。
- ・ No. 6(エネルギー)、No. 7(資源)、No. 12(インフラ)では、技術的実現において大学は牽引役とはならず、公的研究機関と民間企業が牽引すると考えられている。
- ・ No. 8(環境)、No. 12(インフラ)では、社会的実現に当たって政府の役割が大きい。
- ・ No. 5(宇宙・地球)では、技術的実現から社会的実現にわたって、公的研究機関の役割が大きい。

各セクターへの期待をまとめると、以下のようになる。

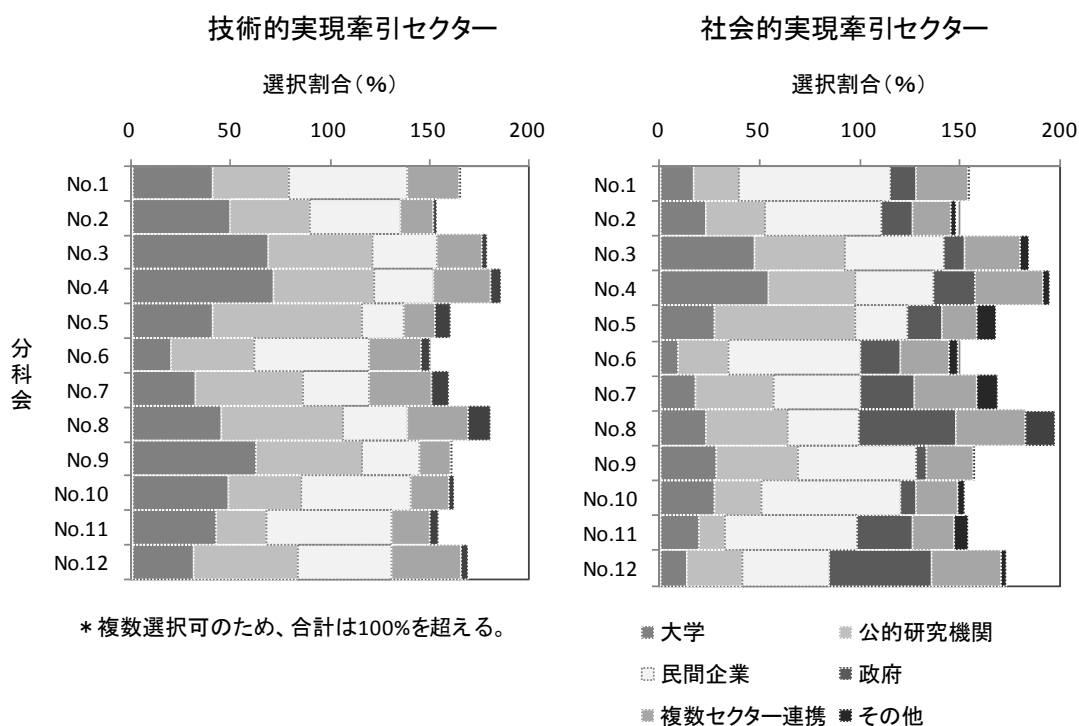
大学:	No. 3(バイオ)、No. 4(医療)
公的研究機関:	No. 5(宇宙・地球)
民間企業:	No. 1(電子・通信)、No. 6(エネルギー)、No. 10(製造) No. 11(マネジメント)
大学→民間企業:	No. 9(材料)
公的研究機関→民間企業:	No. 7(資源)
公的研究機関→政府:	No. 8(環境)、No. 12(インフラ)
特定セクターなし→民間企業:	No. 2(情報)

*→は、「技術的実現の牽引セクター→社会的実現の牽引セクター」を表す

図 2-14 は、主たる牽引セクターにより科学技術課題を分類し、単独のセクター(大学、公的研究機関、民間企業のいずれか)が主たる牽引セクターとなっている科学技術課題の占める割合、2つ以上のセクターが同程度に、あるいは連携が主セクターとなっている科学技術課題の占める割合を積み上げたものである。全体的には、技術的実現においては、単独セクターが牽引する科学技術課題数と複数セクター牽引する科学技術課題数は同数程度であるが、No. 8(環境)では複数

セクターが牽引する科学技術課題の方が多い。社会的実現においては、技術的実現と比べて単独セクターが牽引する科学技術課題の占める割合が大きい分科会が多いが、No. 3(バイオ)、No. 4(医療)、No. 7(資源)、No. 8(環境)では、技術的実現と同程度、あるいはそれ以上に、複数セクターが牽引する科学技術課題数が多い。

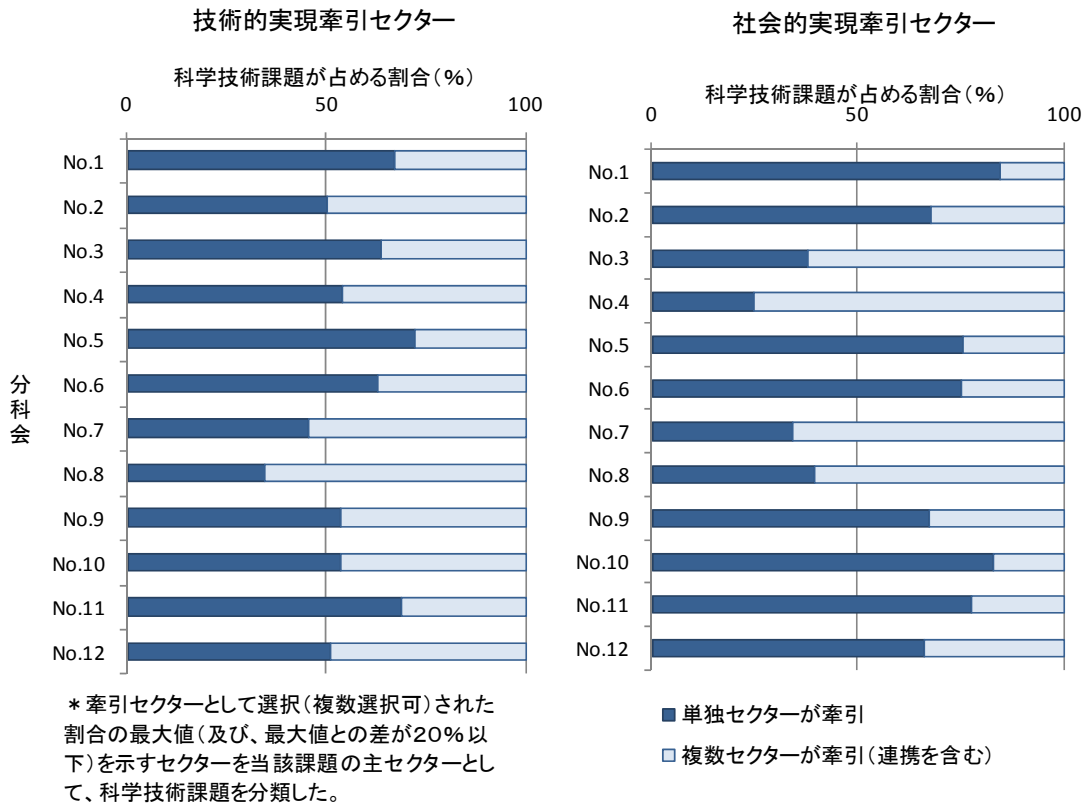
図表 2-13: 分科会別、実現を牽引する主たるセクター



分科会	技術的実現牽引セクター				社会的実現牽引セクター				
	大学	公研	企業	連携	大学	公研	企業	政府	連携
No. 1	○		○					◎	
No. 2	○	○	○					○	
No. 3	○	○			○	○	○		
No. 4	◎	○			○	○			
No. 5	○	◎				◎			
No. 6		○	○				○		
No. 7		○					○		
No. 8	○	○				○		○	
No. 9	○	○				○	○		
No. 10	○		○				○		
No. 11	○		○				○		
No. 12		○	○				○	○	

○: 選択割合が40%超、◎: 選択割合が70%超
公研とは、公的研究機関の略。

図表 2-14: 分科会別、牽引セクター別の課題数分布



区分毎に技術的実現を牽引するセクターを見ると、前述した分科会の特徴を概ね反映しているが、傾向の異なる区分がいくつか見られる。技術的実現が2020年以降と遅い区分は、当該分科会の全体的傾向と異なり、大学(1E、2B、2F)、あるいは、公的研究機関(6A、6B、6E)が牽引役となる。社会のシステムや価値観等(4E、8C)に関わる区分の推進には、複数セクターの連携が必要となる(図表 2-15)。

区分毎に社会的実現を牽引するセクターを見ると、分科会の特徴に見られるように、約半数の46区分において民間企業が主たる牽引セクターとなっている。技術的実現が2035年頃と遅い区分(2B、2F)は、技術的実現は大学が牽引するとされたが、社会的実現を牽引する特定のセクターがイメージされていない。社会システムに関する区分(4D、4E)については牽引セクターが特定されておらず、政府の役割や複数セクター連携が挙げられている。また、No. 7(資源)、No. 8(環境)、No. 12(インフラ)の多くの区分では、牽引セクターが特定されているか否かに関わらず、複数セクター連携及び政府が主たる牽引セクターとして挙げられている。No. 8(環境)では、公的研究機関が牽引セクターとなる2区分以外は、すべて政府が主たる牽引セクターの一つとして挙げられている。No. 12(インフラ)では、民間企業が主となる1区分以外は、政府が主たる牽引セクターとなっている。

図表 2-15: 実現を牽引するセクターが当該分科会の傾向と異なる区分

技術的実現の牽引セクター

分科会	区分	区分の牽引セクター	分科会の傾向
No. 1	1E:デバイス	大学	民間企業
No. 2	2A:クラウドコンピューティング 2I:ユビキタスネットワーキング	民間企業	特化せず
	2B:情報通信新原理	大学	
	2F:知能支援		
No. 3	3G:農林水産関連バイオ・ナノ産業技術	特化せず	大学
No. 4	4E:医療の社会システムへの展開	連携	大学
No. 6	6A:原子力エネルギー 6B:核融合エネルギー 6E:水素	公的研究機関	民間企業
	6M:その他技術開発における評価ツール等	大学と公的研究機関	
No. 8	8I: 都市廃棄物極少化/環境保全型物質 循環/資源・省エネルギー	民間	公的研究機関
	8C: ライフスタイルと環境	連携	
No. 9	9E:社会システム・その他	公的研究機関	大学

社会的実現の牽引セクター

分科会	区分	区分の牽引セクター	分科会の傾向
No. 2	2B:情報通信新原理 2F:知能支援	特化せず	民間企業
No. 4	4D:医療の新しいレギュラトサイエンスに 向けて 4E:医療の社会システムへの展開	連携、政府	大学と民間企業
No. 6	6B:核融合エネルギー 6M:その他技術開発における評価ツール等	公的研究機関	民間企業
No. 8	8B: 環境経済政策/環境経済評価/環境経 済指標/環境経営手法 8I:都市廃棄物極少化/環境保全型物質循 環/資源・省エネルギー 8J: 大気・水・土壌環境の汚染防止/循環 型水資源利用技術	民間企業	公的研究機関
No. 10	10G:理工系離れ、人材問題、少子高齢化	大学と民間企業	民間企業

3. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組み

グローバル課題・国民的課題の解決への寄与が期待される科学技術、及び、それらの発展のために必要とされる我が国の取り組みを明らかにするため、以下の5つの質問を設けた。回答者は、与えられた選択肢、あるいは、当該分科会で設定された区分や科学技術課題の中から該当するものを選択(複数選択可)することを求められた。なお、各分科会の結果については、第Ⅱ部を参照されたい。

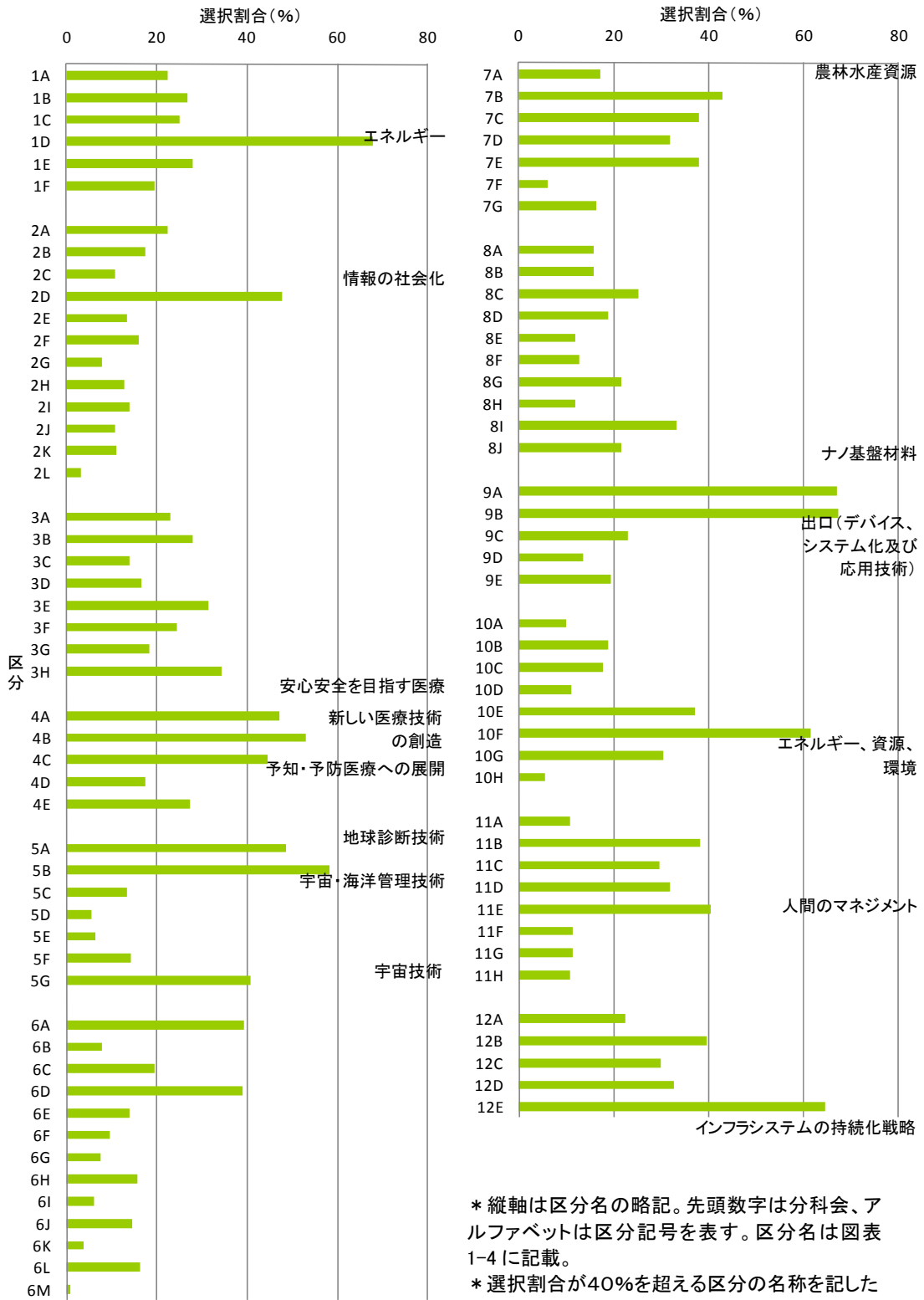
- <問1> 将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて「鍵となる事項」は何か。
- <問2> 問1の「鍵となる事項」(=問1で選択した「区分」)を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発課題は何か。
- <問3> 問1の「鍵となる事項」(=問1で選択した「区分」)を発展させる上で国際関係はどうあるべきか。
- 1) 我が国が最も力を入れるべき研究開発の国際戦略
 - 2) 我が国が関係を強化すべき国や地域
- <問4> 問1の「鍵となる事項」(=問1で選択した「区分」)を発展させる上で政府が重点的に取り組むべき事項は何か。
- <問5> 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立を目指す観点から、我が国が特に重点的に取り組むべき研究開発課題は何か。

3-1. グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

問1では、グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として、当該分科会の区分の中から2つまでの選択を求めた。その結果94区分全てが1票以上を獲得し、14区分においては、選択した回答者数が当該分科会回答者総数の40%を超えた。No. 3(バイオ)、No. 6(エネルギー)、No. 8(環境)では回答が分かれ、選択した回答者数の割合が40%以上の区分は存在しない(図表 3-1)。

選択割合は区分数の多寡に影響を受ける場合があると思われることから、分科会毎に平均得票数(回答者総数÷区分数)を基準として得票数の比率を算出し、比率1を超える区分を抽出すると、36区分が抽出される(図表 3-2)。この36区分を区分名によってグリーンイノベーション関連、ライフイノベーション関連、その他に分類すると、グリーンイノベーション関連18区分、ライフイノベーション関連5区分、その他13区分となる。平均得票数の2倍を超える(比率が2を超える)区分を見ると、全6区分中5区分がグリーンイノベーション関連である(図表 3-2 の上段に記載)。その他の区分、例えば、「2D:情報の社会化」、「9A:ナノ基盤材料」、「9B:出口」、「12E:インフラシステムの持続化戦略」等にも、グリーンイノベーション関連の科学技術課題が含まれている。

図表 3-1: グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選択された区分



* 縦軸は区分名の略記。先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す。区分名は図表 1-4 に記載。
 * 選択割合が40%を超える区分の名称を記した
 * 複数選択可のため選択割合の分科会合計は100%を超える。

図表 3-2: 鍵となる事項として選択された比率が高い区分(比率1超)

グリーン関連		
区分(先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)	割合(%)	比率
1D:エネルギー	68	2.0
5B:宇宙・海洋管理技術(観測を含む)	58	2.0
6A:原子力エネルギー	39	2.6
6D:再生可能エネルギー	39	2.5
10F:エネルギー、資源、環境	61	2.5
3H:エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術	34	1.4
5A:地球診断技術	49	1.7
6C:化石エネルギー	20	1.3
6H:低炭素エネルギー貯蔵	16	1.0
6L:省エネルギー	16	1.1
7B:農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む)	43	1.5
7C:水資源	38	1.3
7D:環境、再生資源、リサイクル、LCA	32	1.1
7E:炭化水素資源、鉱物資源およびCCS	38	1.3
8C:ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)	25	1.3
8G:温暖化の評価と対策技術	22	1.1
8I:都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品	33	1.7
8J:大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術	22	1.1
ライフ関連		
区分(先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)	割合(%)	比率
3B:バイオ・ナノテクノロジー応用技術	28	1.1
3E:治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)	32	1.3
4A:安心・安全を目指す医療	47	1.2
4B:新しい医療技術の創造	53	1.3
4C:予知・予防医療への展開	44	1.1
その他		
区分(先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)	割合(%)	比率
2D:情報の社会化	48	2.9
2A:クラウドコンピューティング	22	1.3
2B:情報通信新原理	18	1.1
5G:宇宙技術(宇宙医学を含む)	41	1.4
9A:ナノ基盤材料	67	1.7
9B:出口(デバイス・システム化及び応用技術)	67	1.7
10E:グローバル化、価値付加、市場創成	37	1.5
10G:理工系離れ、人材問題、少子高齢化	31	1.2
11B:国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント	38	1.5
11C:サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント	30	1.2
11D:社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み	32	1.3
11E:人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	40	1.6
12E:インフラシステムの持続化戦略	65	1.6

3-2. 我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発課題

問2では、問1で選択した鍵となる事項(=区分)を発展させる上で我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発課題を、当該分科会の科学技術課題から5つまで選択するよう求めた。その結果、全832課題のうち830課題が1票以上を獲得した。ただし、選択割合(選択した回答者数/当該分科会の回答総数)が最も大きい科学技術課題でもその割合は24%であり、40%を超える科学技術課題は見当たらない。選択割合が10%を超える科学技術課題を見ても該当するのは71課題に留まる。

選択割合が10%を超える71科学技術課題を、グリーンイノベーション関連、ライフイノベーション関連、その他、に分類した。該当する科学技術課題の内容は以下の通りである。

(1) グリーンイノベーション関連の研究開発課題

グリーンイノベーション関連の科学技術課題は71課題中41課題である(図表 3-3)。内容に応じて分類すると、再生可能エネルギー関連の課題が11課題、廃棄物の再資源化や循環型社会に関する課題が11課題等となっている。

図表 3-3: グリーン関連に分類される科学技術課題(選択割合10%超)

分類	科学技術課題(先頭数字は、「分科会-課題番号」を表す)
太陽光	1-44 エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池
	6-19 シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術
	6-20 変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池
	9-26 低コストで変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池
	9-34 太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術
	10-62 廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム
エネルギー貯蔵	1-42 オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術
	9-45 再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料
海洋エネルギー	5-11 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術
バイオマス	3-51 石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる
	8-62 化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術
原子力	6-01 濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術
	6-02 高速増殖炉サイクル技術
	6-04 商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術
	6-06 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術
電力供給効率化・省エネルギー	1-51 パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス
	1-52 電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術
	2-26 情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が 2010 年と比較して、100 万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム
未利用資源	5-12 熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術
	10-60 エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術

分類	科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)
	10-61 間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術
廃棄物等の再資源化	7-28 経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術 8-59 都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の 50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術 10-59 現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム
循環型社会	7-23 逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築 8-57 物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成 8-60 廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の 90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及 10-63 「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム 12-50 都市および地域全域レベルでのインフラ資産のアセットマネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される 12-51 インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される 12-56 大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造成能、資産価値評価システムが普及する 12-58 地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される
交通	1-43 一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術 9-32 希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池 12-42 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される
観測・モデリング	5-01 生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング 5-02 温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム 5-03 大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム
CO2 対策	7-35 石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム) 8-17 家庭での CO2 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮 10-65 CO2 に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術

(2) ライフイノベーション関連の研究開発課題

ライフイノベーション関連の科学技術課題は71課題中7課題である(図表 3-4)。内容に応じて分類すると、分析・解析技術、がん、再生医療、高齢化対応の科学技術課題が挙げられている。

図表 3-4: ライフ関連に分類される科学技術課題(選択割合10%超)

分類	科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)
分析・解析技術	3-02 1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術
	3-03 細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術
	3-07 体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術
	3-09 タンパク質の高次構造から、タンパク質－タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNA や RNA との相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術
がん	3-27 がんの転移機構の解明
再生医療	3-34 iPS 細胞を利用した再生治療技術
高齢化対応	4-15 高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法

(3) その他の研究開発課題

グリーンイノベーション関連、ライフイノベーション関連以外で選択割合が10%を超える科学技術課題は、23課題である(図表 3-5)。内容に応じて分類すると、インフラ管理や防災など安全に関わる事項や人材育成に関する科学技術課題等が挙げられている。

図表 3-5: その他の科学技術課題(選択割合10%超)

分類	科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)
ITインフラ	2-01 1億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術
	2-02 1億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、提供する機能サービスや介在するデータ群から、新たな付加価値を持つ情報を生み出し、新たな機能サービスを創出する自律的サービス進化型システム
	2-28 情報の発生源でコンテンツに付与された電子刻印された ID が伝達段階で抹消・変更されずに維持されることにより、盗まれた情報や一度散ってしまった情報を追跡できる情報トレーサビリティシステム
インフラ管理	12-52 構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサ技術が普及する
危機管理・防災	2-30 地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム
	12-13 気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる
	12-16 都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される
生活の安全	2-29 食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム
	2-31 遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する)
	4-42 高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム
人材育成・流動・多様化	10-68 従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム
	11-06 異文化を前提とする国際マネジメント能力の向上によって、諸外国の歴史、文化、言語、法制度、価値観などを理解するための、能力開発プログラムが実施される

分類	科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)
	11-07 国際的なネットワーク人材マネジメントシステムが構築され、高度専門家が国境を越えて自由に移動することが促進されるようになる
	11-31 大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる
	11-32 熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム
	11-34 女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の3割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する
基盤技術	9-02 自己組織化による10nm以下の産業用ナノ構造制御技術
	9-03 ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料
	9-04 ナノスケールの産業用3次元集積加工技術
	9-16 ナノオーダーの自己組織化技術を活用した製造技術
フロンティア	5-57 高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)
	5-60 日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船)
	5-64 デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)

3-3. 今後の研究開発における国際関係

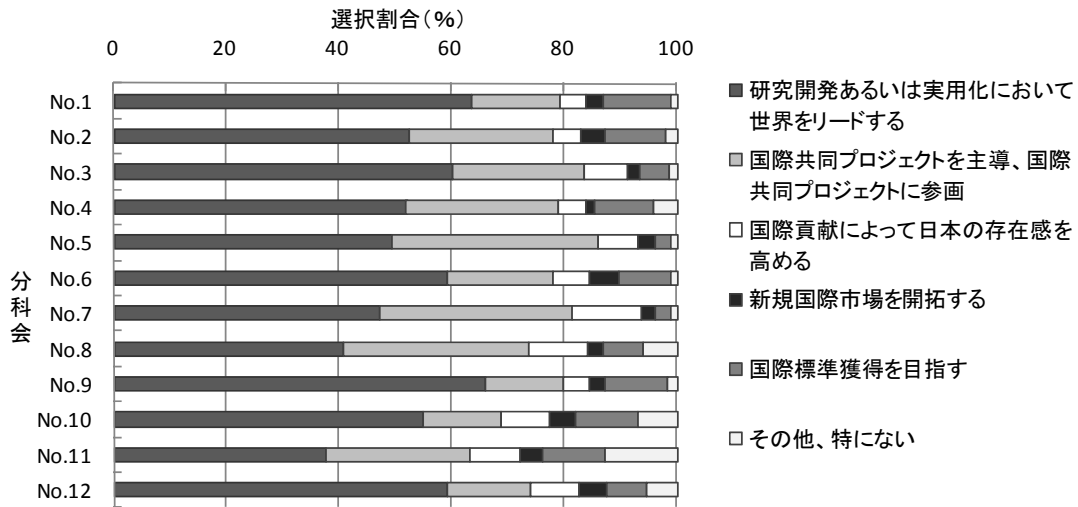
3-3-1. 我が国が最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

問3の1では、問1で選択された鍵となる事項(=区分)毎に、我が国の研究開発の国際戦略を尋ねた。

分科会毎の国際戦略を図表3-6に示す。ほとんどの分科会において、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」の選択割合が50%を超える。No. 5(宇宙・地球)、No. 7(資源)、No. 8(環境)、No. 11(マネジメント)では、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」と「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画」が同程度の割合となっている。

区分毎に見ると、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」の割合が最も大きい区分が大半を占める。No. 4(医療)、No. 5(宇宙・地球)、No. 7(資源)、No. 9(材料)、No. 11(マネジメント)では分科会内の区分間の違いが大きい。No. 4及びNo. 9では、社会システムに関わる区分(4D、4E、9E)で「国際標準獲得」の選択割合が同分科会内の他の区分より大きい。No. 5及びNo. 7では、「戦略・ビジョン策定」の選択割合が大きい区分と「国際共同プロジェクト」の選択割合が大きい区分に二分される。No. 11では、「国際標準獲得」の選択割合が比較的多い区分(11B、11F、11G)や「国際貢献」の選択割合が比較的大きい区分(11E、11F)が見られる。全体的には、国際的枠組みの中で議論や開発が進められているものや実現の場が海外にあるものについては、「国際共同プロジェクトを主導、国際プロジェクトに参画」の選択割合が大きい(図表3-7、3-8)。

図表 3-6: 分科会別、研究開発における国際戦略

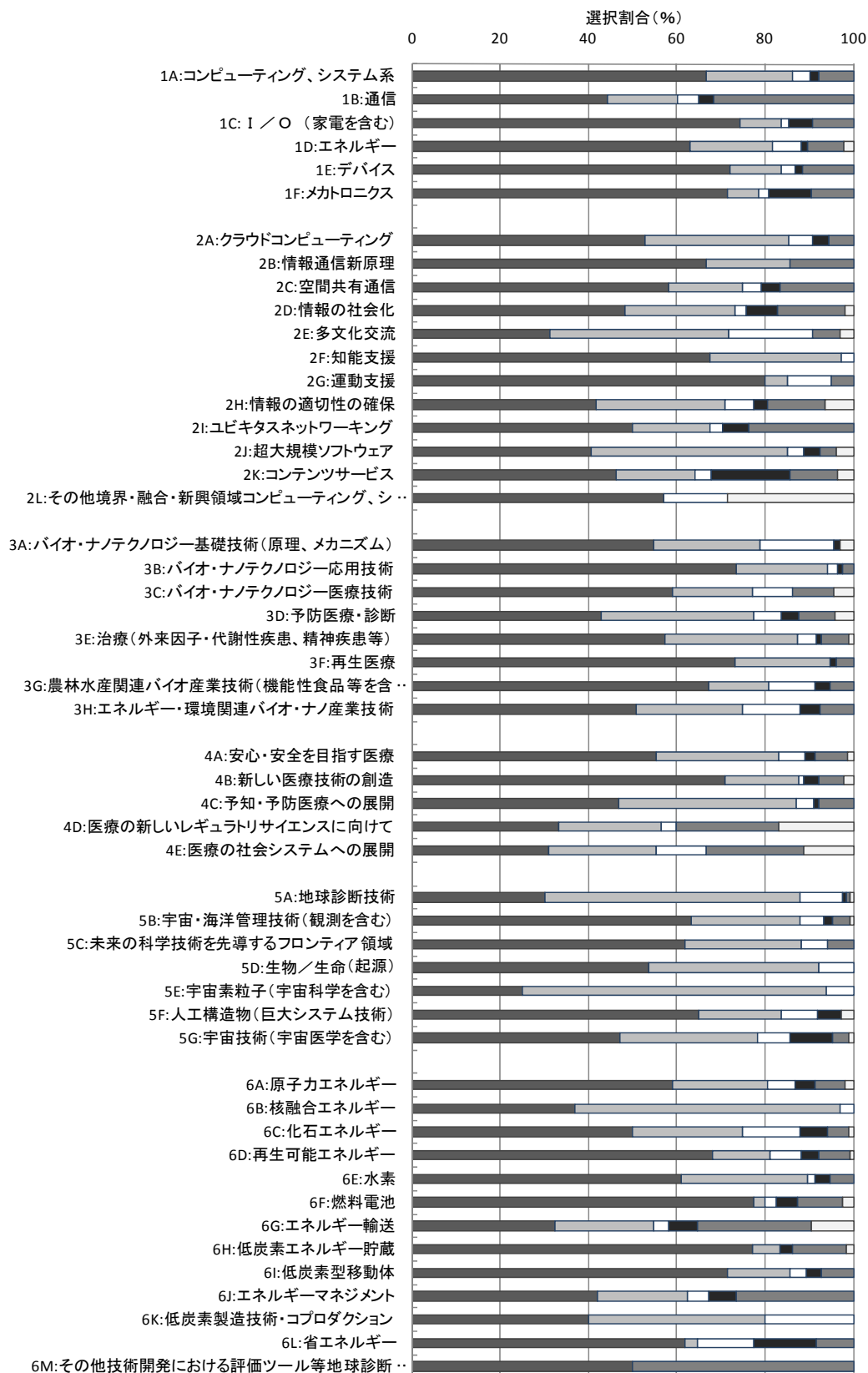


図表 3-7: 「研究開発あるいは実用化において世界をリード」以外が選択された割合が大きい区分

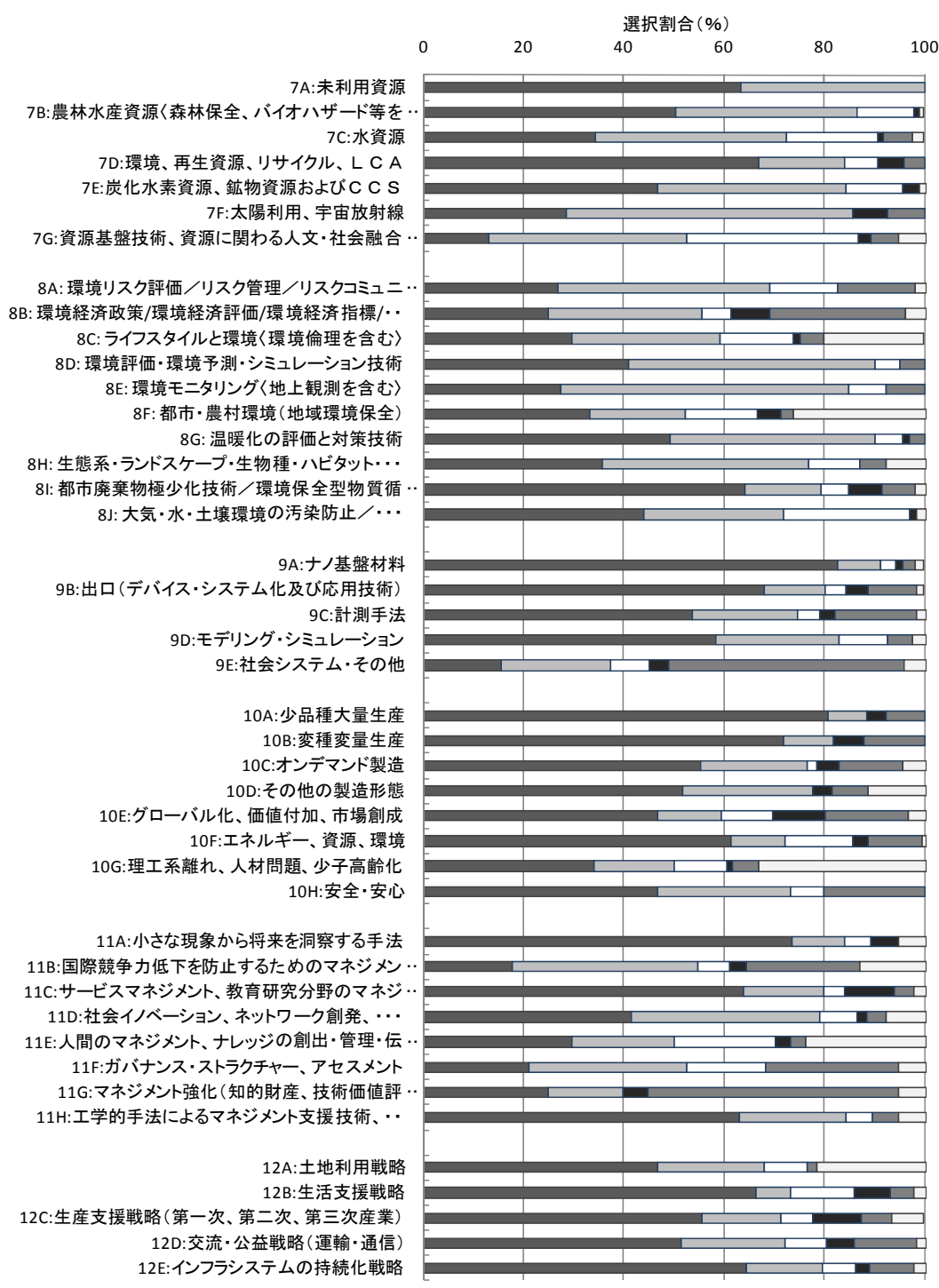
国際戦略	該当する区分(先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)
「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参加」の選択割合が「世界をリード」の選択割合と同程度に大きい	2J: 超大規模ソフトウェア
	4C: 予知・予防医療への展開
	8D: 環境評価・環境予測・シミュレーション技術
	8G: 温暖化の評価と対策技術
	8H: 生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参加」の選択割合が大きい	2E: 多文化交流
	5A: 地球診断技術
	5E: 宇宙素粒子(宇宙科学を含む)
	6B: 核融合エネルギー
	7F: 太陽利用、宇宙放射線
	8A: 環境リスク評価/リスク管理/リスクコミュニケーション
	8E: 環境モニタリング(地上観測を含む)
「国際標準獲得を目指す」の選択割合が大きい	9E: 社会システム・その他
	11G: マネジメント強化

* 選択された割合が40%を超える区分を記載。ただし、回答総数が10以下の区分を除く。

図表 3-8: 区分別、研究開発における国際戦略



* 縦軸の区分名の先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す



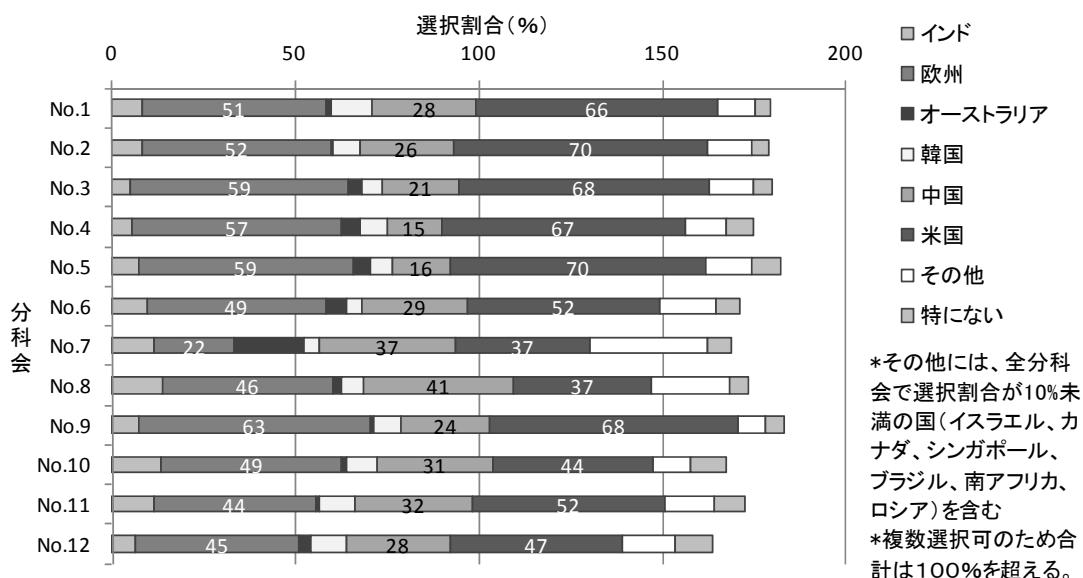
- 研究開発あるいは実用化において世界をリードする
- 国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画
- 国際貢献によって日本の存在感を高める
- 新規国際市場を開拓する
- 国際標準獲得を目指す
- その他、特になし

3-3-2. 我が国が関係を強化すべき国・地域

問3の2では、問1で選択された鍵となる事項(=区分)毎に、我が国が関係を強化すべき国・地域について2つまで選択を求めた。

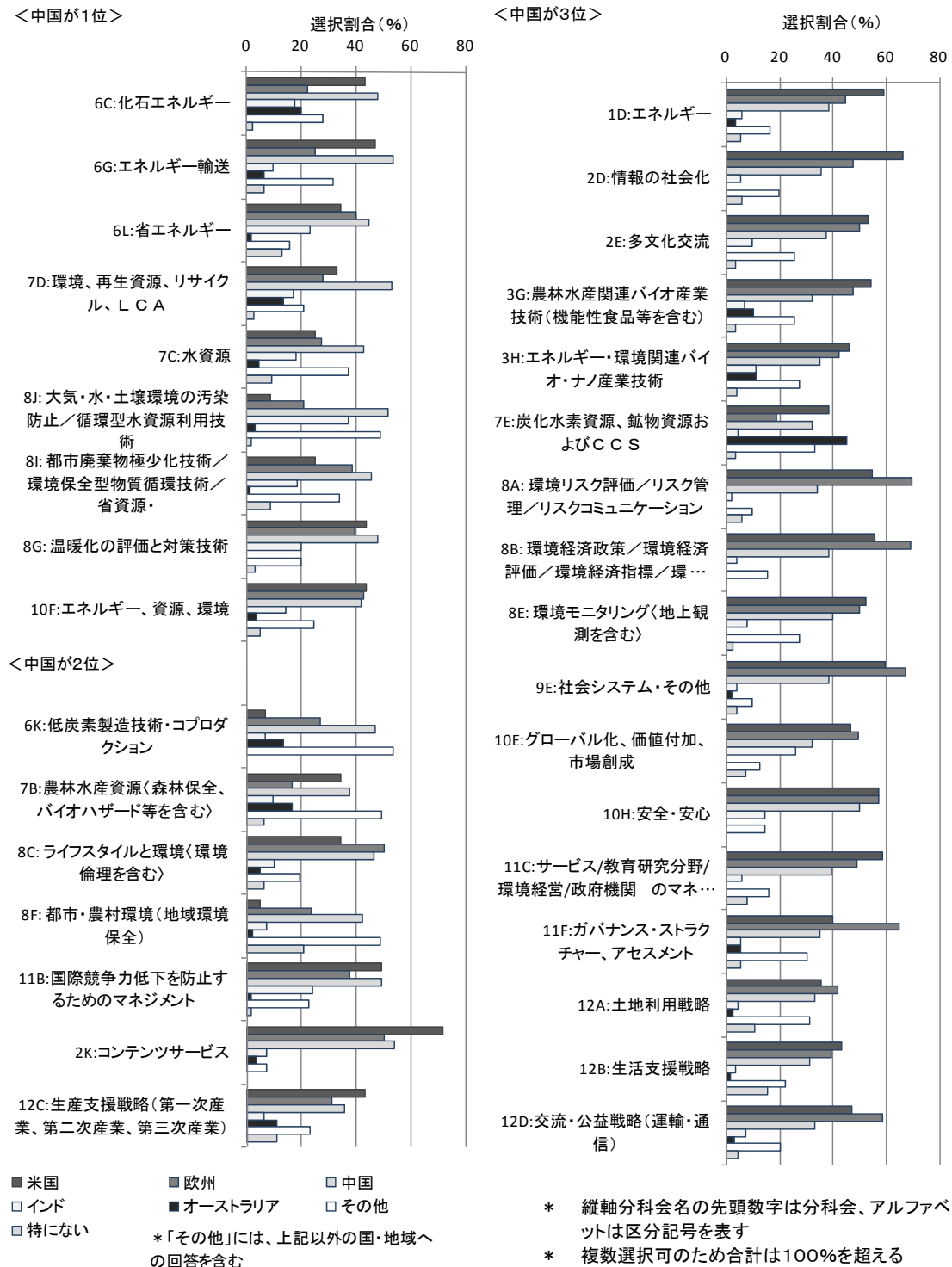
図表 3-9 に示すように、関係を強化すべき国・地域として中国が2~4割程度を占め、米国、欧州、中国が三大国・地域となった。米国及び欧州の選択割合が圧倒的であった分科会はNo. 4(医療)及びNo. 5(宇宙・地球)の2分科会に留まる。No. 7(資源)とNo. 8(環境)では、中国は米欧と同数程度の回答者から選択されている。また、No. 7(資源)ではオーストラリアが19%と4位につけていること、No. 8(環境)では欧州が米国を引き離して1位であることが特徴である。

図表 3-9: 分科会別、我が国が関係を強化すべき国・地域



選択された割合が40%を超える国・地域により各区分を分類すると、米国と欧州(米国のみ、欧州のみ、米国及び欧州)が挙げられた区分が77区分と大半を占める。残り17区分のうち、中国の割合のみが40%超の区分が6区分(6K:低炭素製造技術・コプロダクション、6L:省エネルギー、7C:水資源、7D:環境、再生資源、リサイクル、LCA、8F:都市・農村環境、8I:都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品)、米国と中国の割合が40%超の区分が4区分(6C:化石エネルギー、6G:エネルギー輸送、8G:温暖化の評価と対策技術、11B:国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント)、欧州と中国の割合が40%超の区分が1区分(8C:ライフスタイルと環境)、米国、欧州、中国いずれの割合も40%超の区分は3区分(2K:コンテンツサービス、10F:エネルギー、資源、環境、10H:安全・安心)である。各国の順位を見ると、中国が第1位(割合の差が2%以内の同率1位含む)の区分が9区分、第2位の区分が7区分、第3位の区分が17区分である(図表 3-10)。

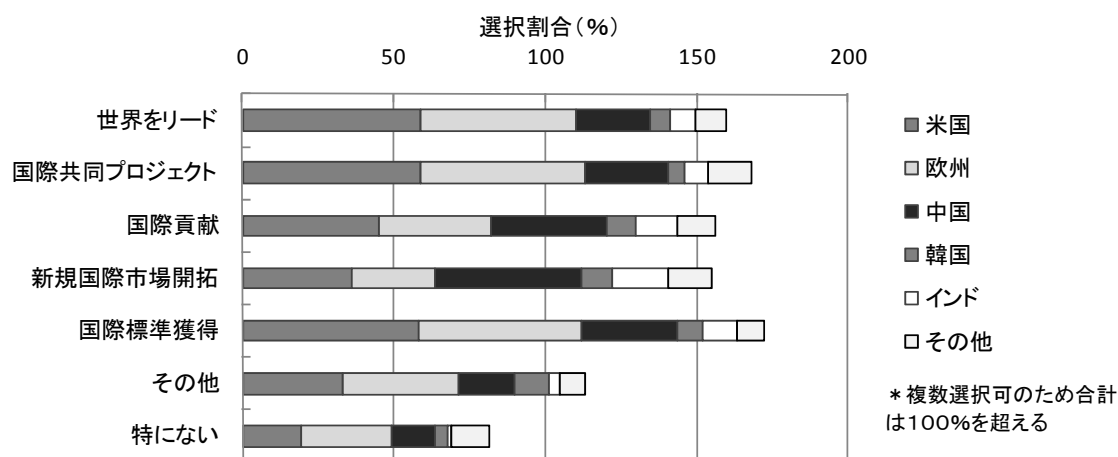
図表 3-10: 我が国が関係を強化すべき国・地域において中国の存在感が大きい区分



問3の1で選択した「鍵となる事項毎の我が国の国際戦略」と問3の2の「鍵となる事項毎の関係を強化すべき国・地域」の関係を見た(図表 3-11)。「新規国際市場を開拓する」においては、米欧

に比べ中国が選択される割合が大きくなり、「世界をリード」や「国際共同プロジェクト主導/参画」では、米欧が選択される割合が大きくなる。これを分科会別に見ると(図表 3-12)、やはり、全体的に「国際貢献」と「新規国際市場開拓」において中国の選択割合が大きく、No. 8(環境)においては「新規国際市場開拓」を選択した回答者の約8割が中国を選択している。ただし、「国際貢献」や「新規国際市場開拓」の選択された割合は総じて低い(図表 3-6)ため、中国との回答の絶対数自体は「世界をリード」や「国際共同プロジェクト主導/参画」に比べてかなり少ないことに留意が必要である。No. 7(資源)及びNo. 8(環境)では、「世界をリード」や「国際共同プロジェクト主導/参画」においても中国の選択された割合が4割程度に達している。

図表 3-11: 国際戦略別、「我が国が関係を強化すべき国・地域」の選択割合



図表 3-12: 分科会別、国際戦略別、中国が選択された割合

分科会	国際戦略							全体
	世界をリード	国際共同プロジェクト	国際貢献	新規国際市場開拓	国際標準獲得	その他	特にない	
No.1	24%	29%	48%	46%	38%	20%	0%	28%
No.2	20%	26%	17%	60%	42%	14%	0%	26%
No.3	19%	19%	35%	57%	10%	33%	0%	21%
No.4	12%	15%	19%	17%	26%	0%	0%	15%
No.5	16%	16%	14%	0%	15%	0%	0%	16%
No.6	26%	23%	47%	63%	24%	17%	0%	29%
No.7	34%	38%	38%	27%	18%	50%	0%	37%
No.8	40%	37%	55%	78%	31%	40%	23%	41%
No.9	21%	21%	42%	31%	35%	29%	0%	24%
No.10	28%	35%	37%	50%	28%	10%	14%	32%
No.11	29%	38%	21%	54%	44%	11%	14%	34%
No.12	25%	32%	43%	35%	33%	0%	21%	29%

*カラム毎に、「中国」回答数/全回答数 を算出。40%超のカラムを網掛け。

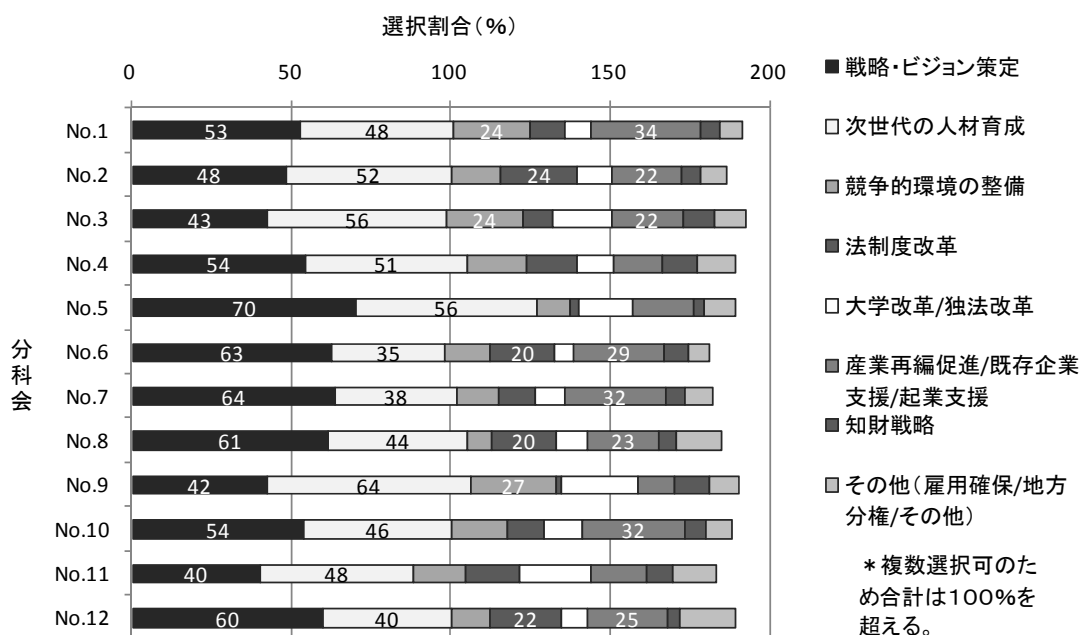
3-4. 政府が重点的に取り組むべき事項

問4では、問1で選択された鍵となる事項(=区分)毎に、政府が重点的に取り組むべき事項について2つまでの回答を求めた。

「戦略・ビジョン策定」と「次世代の人材育成」がいずれの分科会においても1、2位を占める(図表 3-13)。両者の選択割合が同程度である分科会が多いが、No. 6(エネルギー)、No. 7(資源)、No. 8(環境)、及びNo. 12(インフラ)では「戦略・ビジョン策定」の選択される割合が大きく、No. 9(材料・計測)では「次世代人材育成」の選択される割合が大きい。No. 2(情報)、No. 6(エネルギー)、No. 8(環境)、No. 12(インフラ)では「法制度改革」が、No. 1(電子・通信)、No. 3(バイオ)、No. 9(材料)では「競争的環境の整備」が20%以上の選択割合で第3位となっている。産業に関わる選択肢(産業再編促進、既存企業優遇・支援、起業支援)については、個々の選択肢が選択された割合が小さく、またいずれも同程度の選択割合である分科会が多いため、産業関連として合算すると、No. 4(医療)、No. 5(宇宙・地球)、No. 9(材料)、No. 11(マネジメント)を除いて選択割合が20%を超える。No. 6(エネルギー)とNo. 7(資源)では、産業関連の3つの選択肢のうち「既存企業優遇・支援」の選択割合が他の2つに比べて大きい。

インフラ整備や資源・エネルギー確保といった国全体の設計図が必要とされる分科会では、全体方針としての戦略・ビジョン策定が求められ、基盤的な性格が強い分科会では、次世代人材育成や競争的環境の整備が求められている。また、自然環境も含めたインフラに関わる分科会では、法制度改革による推進が必要とされている。

図表 3-13: 分科会別、政府が重点的に取り組むべき事項



各区分の特徴を見ると、「戦略・ビジョン策定」の選択割合が70%を超えるのは12区分であり、そのうちNo. 5(宇宙・地球)の区分が4区分含まれる。「次世代の人材育成」の選択割合が70%を超えるのは6区分であり、この6区分の中にNo. 2(情報)の区分が2区分含まれる(図表 3-14)。

図表 3-14: 事項別、選択割合(選択した回答者数/回答総数)が40%を超える区分

政府が取り組むべき事項	区分 (先頭数字は分科会、アルファベットは区分記号を表す)	選択割合が40%超のその他の事項
戦略・ビジョン策定	4D:医療の新しいレギュラトリエンスに向けて	法制度改革
	5A:地球診断技術	次世代の人材育成
	5B:宇宙・海洋管理技術(観測を含む)	次世代の人材育成
	5F:人工構造物(巨大システム技術)	—
	5G:宇宙技術(宇宙医学を含む)	次世代の人材育成
	6A:原子力エネルギー	次世代の人材育成
	6B:核融合エネルギー	次世代の人材育成
	7C:水資源	—
	7E:炭化水素資源、鉱物資源およびCCS	—
	8C:ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)	次世代の人材育成
	8G: 温暖化の評価と対策技術	次世代の人材育成
10F:エネルギー、資源、環境	—	
次世代の人材育成	2F:知能支援	戦略・ビジョン策定
	2J:超大規模ソフトウェア	—
	7G: 資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成	戦略・ビジョン策定
	8D: 環境評価・環境予測・シミュレーション技術	戦略・ビジョン策定
	9C:計測手法	戦略・ビジョン策定
10G:理工系離れ、人材問題、少子高齢化	—	
法制度改革	2G:運動支援	戦略・ビジョン策定
	2H:情報の適切性の確保	次世代の人材育成
	4D:医療の新しいレギュラトリエンスに向けて	戦略・ビジョン策定
	6J:エネルギーマネジメント	戦略・ビジョン策定
	8B: 環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法	戦略・ビジョン策定
11F:ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント	戦略・ビジョン策定	
地方分権	8F: 都市・農村環境(地域環境保全)	戦略・ビジョン策定
知財戦略	11G:マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)	—

* 「戦略・ビジョン策定」と「次世代の人材育成」については、該当区分が多数であるため、選択割合が70%を超える区分のみ掲載

* 回答総数が10以下の区分を除く

3-5. 地球環境問題対応と持続的発展の両立の観点から、我が国が重点的に取り組むべき研究開発課題

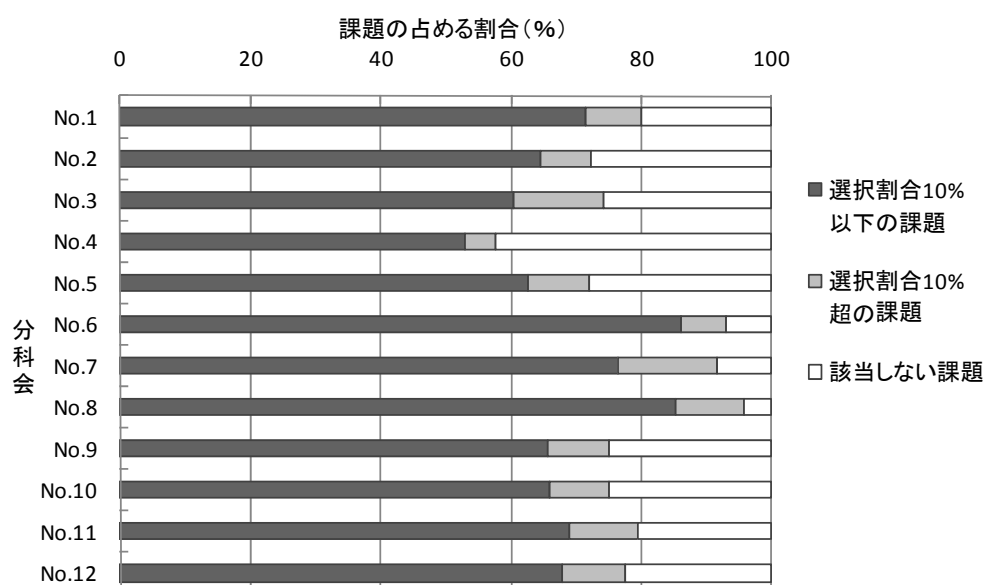
問5では、温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立を目指す観点から、我が国が特に重点的に取り組むべき研究開発課題について、当該分科会の科学技術課題の中から3つまで選択を求めた。

その結果、全832課題の約8割に当たる649課題が該当課題として挙げられた。このうち、選択

割合(分科会毎の、選択された数/回答者数)が40%を超える科学技術課題は7課題、10%を超える科学技術課題でも78課題に過ぎず、幅広い科学技術が関連づけられている(図表 3-15)。

我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発課題の質問(問2)で挙げられたグリーンイノベーション関連の科学技術課題41課題(図表 3-3)と合わせて重複を除くと、90課題となる。これらを科学技術課題の内容に応じて8つに分類した(図表 3-16)。全体的には、公的研究機関と民間企業が主たる牽引役とされている。また、複数セクターの連携や政府の役割も必要性が高いことが認められる。以下に、発展の見通し等を述べる。

図表 3-15: 分科会別、該当課題の分布



(1) 非化石エネルギーの利用

太陽光利用を中心に16課題が挙げられている。2020年代後半には太陽エネルギー変換の高効率化が実現し、2030年代には太陽エネルギー利用が地球規模で進展する。次世代原子炉の実現は2030年代後半である。技術的実現において、2020年頃までの実現が予測された科学技術課題は民間企業が牽引役となり、それ以降実現の科学技術課題は大学、公的研究機関、民間企業が牽引する。社会的実現を牽引するのはいずれも民間企業である。原子力については、技術的実現においても社会的実現においても公的研究機関が牽引役となる。

(2) 効率的なエネルギー変換・利用

エネルギー循環や需給調整、新たなエネルギー高効率変換技術など、13課題が挙げられている。2020年代に、スマートグリッド、コミュニティ単位の物質循環等が実現し、効率的なエネルギー利用が行われるようになる。新たなエネルギー変換技術の実現は2030年代となる。2020年頃ま

での技術的実現が予測される課題を牽引するセクターは様々であり、複数セクター連携も重要とされている。2020年以降に技術的実現が予測された科学技術課題については大学が牽引役となる。社会的実現の牽引役は民間企業だが、政府の主導や複数セクター連携も必要とされている。

(3) 循環型社会における産業

循環型のものづくりに関する課題が10課題、インフラ(大型構造物)の維持管理に関する課題が4課題、環境に配慮した農林業に関する課題が4課題挙げられている。

循環型の製造システムは2020年代半ばに社会に普及するが、自然や生物を利用した環境負荷低減のものづくりが実現するのは2030年頃となる。技術的実現を牽引するのは、大学、公的研究機関、民間企業である。社会的実現を牽引するのは主に民間企業であるが、政府の役割や複数セクターの連携も必要とされている。

インフラの維持管理については、2020年代後半に構造物の劣化等に関わるデータベース、モデル化、評価システム等が実現する。技術的実現を牽引するのは公的研究機関である。ここに分類される科学技術課題は、「特に日本にとり重要」の割合が、「世界・日本双方にとり重要」の割合と同程度に高いことが特徴である。

環境に配慮した農林業は、2020年代後半に実現する。技術的実現においても社会的実現においても公的研究機関が牽引役となる。

(4) CO₂削減、CCS

CO₂の排出削減、回収、貯留に関する課題が8課題挙げられている。ライフスタイル変革や環境評価指標等のソフト面は2020年前後に実現する。CCSが社会で実現するのは2030年頃となる。技術的実現は、公的研究機関を中心に民間企業との連携によって牽引される。社会的実現に向けては、技術的側面は公的研究機関が担うが、経済的側面も考慮して実用にもってゆくのは民間企業であり、複数セクター連携が鍵となる。

(5) 未利用資源、再資源化

未利用熱エネルギーの効率的利用、廃棄物等からの資源回収を中心に9課題が挙げられている。ここで挙げられた科学技術課題は、世界・日本双方にとり重要であるとともに、特に日本にとって重要であると考えられている。低品位熱エネルギーの利用が実社会で可能となるのは2020年代前半である。廃棄物等からの資源回収は2020年頃から実用化され、2020年代後半には回収・再利用のシステムが出来上がる。海水淡水化や汚染水の再利用等の水循環利用システムは、2020年頃に社会的実現となる。技術的実現、社会的実現を通じて民間企業が主たる牽引役となるが、技術的実現においては公的研究機関の役割も大きい。

(6) 移動、交通システム

自動車用二次電池、遠隔勤務支援技術、新たな交通システム等、10課題が挙げられている。

医療社会・医療都市設計、及び、各交通機関の結節の効率化は、特に日本において重要とされる。高齢化に伴う都市設計や交通機関結節点の負荷低減は、特に日本にとり重要とされている。2025年頃には、自動車用二次電池技術も進み、IT技術の支援により遠隔勤務が促進される。交通システムの変革を伴う各交通機関の結節の効率化や専用レーンでの自動運転は2030年頃となる。技術的にも社会的にも実現を牽引するのは民間企業である。

(7) 観測、モニタリング、シミュレーション、予測

物質循環や生態系などに関する大気・海洋・陸域の地球規模の観測・モデリング・シミュレーション・予測に関する10課題が挙げられている。温室効果ガスの自然による発生・吸収メカニズムや環境汚染物質の生体影響など限定された事項の解明は2020年までに実現するが、様々な観測、またそれに基づくモデリングや予測などが社会で実際に用いられるようになるのは2030年頃となる。技術的実現を牽引するのは大学と公的研究機関、社会的実現を牽引するのは公的研究機関である。いずれにおいても、公的研究機関の役割が非常に大きい。

(8) 評価、合意形成

グローバルな合意形成のためのデータベースや仕組み、評価の仕組みなど、6課題が挙げられている。いずれも2020年代後半には社会的実現すると予測されている。技術的実現には、公的研究機関と国際機関等が牽引役となる。社会的実現には、政府や国際機関等の役割が大きい。

図表 3-16: 地球環境問題対応と持続的発展の両立の観点から、我が国が重点的に取り組むべき研究開発課題

- * 選択割合: 問5における選択割合(分科会毎の、選択された数/回答者数)
- * 実現時期の略記: 「技術」=技術的実現予測時期(年) 「社会」=社会的実現予測時期(年)
- * 重要性の略記: 世界・日本:世界・日本双方にとり重要、日本:特に日本にとり重要。「特に世界にとり重要」「重要度・優先度は低い」は該当課題全てについて選択割合が40%以下のため欄を省略
- * 重要性及び牽引セクターの記号: 選択割合が70%超の場合を◎、40%超の場合を○で表す。
- * 牽引セクターの略記: 公研=公的研究機関、企業=民間企業(NPOを含む)、連携=複数セクター連携
- * 分類毎に、社会的実現時期(年)の早い順に科学技術課題を並べた。

非化石エネルギーの利用

科学技術課題(先頭数字は、「分科会-課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
5-11:風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	30	2016	2024	◎			○	○							○	
8-62:化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	15	2016	2024	◎		○	○	◎							◎	○
1-42:オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な100万円以下の約90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術	33	2019	2026	◎				◎							◎	
6-20:変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	16	2019	2027	◎				◎							◎	
9-26:低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	46	2019	2027	◎		○	○	○							◎	
6-04:商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術	3	2020	2028	◎				○	○						○	
6-19:シリコンやGaAsを用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	13	2021	2029	◎		○	○	○							◎	
1-44:エネルギー変換効率60%以上の太陽電池	45	2023	2030	◎		○	○	○							◎	
9-45:再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料	26	2021	2030	◎		○	○								○	

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
7-48:地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通	10	2022	2031	◎					○							○
9-34:太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術	24	2024	2031	◎		○	○					○			○	
6-01:濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	14	2026	2034	○					○							○
7-53:太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術	21	2025	2034	◎			○	○							○	○
6-06:高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	5	2022	2034	◎			◎					○		○		
5-44:電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所	13	2027	2037	○			◎					○				
6-02:高速増殖炉サイクル技術	22	2029	2038	○			◎					○				

効率的なエネルギー変換・利用

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
11-15:電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	38	-	2019	◎		-	-	-	-	-				◎	○	○
2-61:我が国の一般家庭の30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	13	2015	2022						◎					◎		
7-03:コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	14	2018	2024	◎						◎					○	○
1-52:電力効率を向上させ日本の総発電量を20%削減することのできるスマートグリッド技術	35	2019	2026	◎			○	○	○					◎	○	○

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
1-51:パワー密度100W/cc以上を実現するSiC、GaN等の新材料デバイス	10	2019	2026	◎				◎						◎		
12-58:地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される	29	2020	2027		○		○		◎					○	○	
1-18:ナノフォトニック技術などにより、消費電力が1/1000に低減されたネットワークノード	11	2020	2027	◎		○	○	○						◎		
12-59:都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される	20	2020	2028	○	○		○		○					○	○	
8-57:物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	17	2021	2030	◎			○		○					○	○	
9-22:変換効率10%以上の熱発電モジュール	11	2022	2031	◎		◎	○							○		
3-55:バイオ系有機物を利用した酵素反応電池に向けた、ナノスケール電位差分離素子開発とその集積化によるスケールアップ	15	2025	2032	○		◎	○				○		○			
3-54:化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質(分子モーター)を利用した高効率のエネルギー変換技術	18	2028	2035	○		◎	○				○					
2-26:情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量が正規化)になるグリーンICTシステム	48	2030	2036	◎		○	○	○						○		

循環型社会における産業

科学技術課題(先頭数字は、「分科会-課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
4-85:リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化	53	2016	2020	○	○		○	○	○				○	○	○	
10-62:廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム	16	2017	2024	○				○					◎			
9-19:非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術	17	2018	2025	◎		○	○	○					◎			
10-63:「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	37	2018	2025	◎				○					◎			
10-19:設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論	12	2017	2025	○		○		○					◎			
3-52:工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒	21	2019	2026	◎		◎	○	○			○	○	○			
7-16:バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	13	2019	2028	◎			○	○					○		○	
3-51:石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる	49	2022	2030	◎		○	○	○			○	○	○			
8-58:全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及	10	2021	2030	◎		○	○	○					◎	○	○	
10-02:自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	15	2021	2030	◎		○							◎			
12-50:都市および地域全域レベルでのインフラ資産のアセットマネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される	6	2018	2025		○		○		○					○		

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
12-52:構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサ技術が普及する	4	2019	2026	○		○	○	○						○		
12-56:大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する	8	2019	2027	○	○	○	○	○						○		
12-51:インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される	10	2019	2025	○	○	○	○					○			○	
3-38:環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	36	2020	2028	○		○	○				○	○	○			
3-56:地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	32	2019	2027	○	○		◎					○			○	
3-57:化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等)	15	2018	2026	◎		○	◎					○	○			
3-49:植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術	12	2020	2029	◎		◎	○				○	○				

CO₂削減、CCS

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
8-17:家庭でのCO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	12	-	2018	◎		-	-	-	-	-				◎	○	
10-65:CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	22	2017	2023	◎		○	○					○				
5-32:CO ₂ を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立	27	2018	2026	◎			◎					○				

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
7-39:CO2圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留されたCO2の再資源化など、CO2地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術	14	2019	2027	◎			○		○					○		
7-35:石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCSを組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)	26	2020	2028	◎			○	○	○					○		○
7-36:深部塩水層を対象としたCO2地中貯留のポテンシャルを拡大するための貯留管理技術	12	2020	2028	○			○		○							○
9-46:CO2削減のための炭素固定材料	18	2021	2030	◎		○	○					○	○			
9-33:環境にCO2を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	13	2023	2031	◎		○	○							○		

未利用資源、再資源化

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
7-28:経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	3	2015	2020	○	○				○							◎
7-23:逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	5	2014	2020	○					◎							◎
7-04:バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	11	2015	2021	○	○				○							◎
10-59:現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	10	2017	2023	○	○		○	○						○		○

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
8-59:都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術	9	2018	2024		○		○	◎								◎
10-61:間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術	24	2018	2025	◎		○	○	○								○
10-60:エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術	23	2019	2026	○		○	○	○								○
5-12:熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	3	2020	2027		◎		○	○				○	○			
8-60:廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及	3	2019	2027	○	○					◎						○ ○

移動、交通システム

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
2-23:我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)	21	2017	2024	○						◎						◎
4-59:医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術	14	2018	2024		○		○	○	○							○ ○
1-43:一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約3倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	32	2018	2025	◎						◎						◎
2-24:我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所にいながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さしで指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元	12	2018	2025	○						◎						◎

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あたかも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)																
6-41:移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度100Wh/kg以上、力密度2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)	12	2019	2025	◎				◎					◎			
11-16:地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	59	2018	2026	◎				○					○		○	
12-46:CO2排出量を半減及びNOx排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する	14	2019	2026	◎				◎					◎			
12-42:都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される	18	2020	2027	○	○			○	○	○			○	○	○	
9-32:希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	16	2020	2030	○				○	○	○				◎		
2-53:現在の高速度道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	13	2020	2031	○				○	○					○	○	

観測、モニタリング、シミュレーション、予測

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
8-42:温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	15	2018	-	◎		◎	◎					-	-	-	-	-
4-61:微量環境汚染物質の生体への影響の解明	17	2019	-	◎		◎	○					-	-	-	-	-
4-63:生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測	18	2018	2025	◎		○	○		○		○	○			○	
5-02:温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向5km×5kmかつ鉛直方向で1km、また海域においては同じく20km	43	2020	2027	◎				◎					◎			

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
×20km×4kmの枠で識別できる全地球観測システム																
5-01:生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした50年から100年将来のモデリング	37	2020	2027	◎		○	◎					○				
12-10:開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	13	2019	2027	◎		○	○					○		○		
5-03:大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向5km×5kmかつ鉛直方向で1km、また海域においては同じく20km×20km×4kmの枠で識別できる全地球観測システム	10	2020	2027	◎			◎					◎				
8-23:大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	11	2020	2028	◎		○	◎				○	◎				
5-22:熱やCO2の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術	14	2022	2029	◎		○	◎					◎				
2-30:地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	31	2022	2030	◎		○	○					○				

評価、合意形成

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
7-57:省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	12	2019	2025	◎			○			○				○		○
11-37:過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界	15	-	2025	◎		-	-	-	-	-				○		○

科学技術課題(先頭数字は、「分科会－課題番号」を表す)	選択割合 (%)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
		技術	社会	世界・日本	日本	大学	公研	企業	連携	その他	大学	公研	企業	政府	連携	その他
的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される																
8-20:気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	14	2020	2027	◎			○			○				○		○
11-55:環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム	26	2019	2027	◎		○		○					○			
11-57:リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	13	2019	2028	◎		◎	○				○	○				

4. テーマ別分析

「将来社会を支える科学技術の予測調査」で設定した「科学技術がチャレンジしていくべき4つの方向性」のうち、貢献できる科学技術がある程度特定され得る以下の3項目について関連する科学技術課題を抽出し、本調査の展望期間30年の中間点である15年後(2025年頃)を一つの区切りとして、実現可能性や牽引セクター等を概観する。

- ・ グリーンイノベーションによって持続的に成長する日本
3-5節において関連する科学技術課題が多く取り上げられているため、ここでは、人や物の移動に関するインフラ、及び、エネルギー・資源のマネジメントといった、分野融合的な科学技術課題を取り上げる。ただし、科学技術課題は同節の図表 3-16 と一部重複する。
- ・ 健康・高齢社会の成功モデルとしての日本
健康な状態を長く保つ観点から、健康維持、予防医療、高齢化社会への対応に関する科学技術課題を取り上げる。併せて、3-2節で挙げられた、がん、再生医療、分析・解析技術に関する科学技術課題も取り上げる。
- ・ 暮らしの安全が保障される日本
気象災害や感染症など環境変化により発生する可能性のある非従来型の災害や地震への対応として、観測・シミュレーション・予測及び危機管理に関する科学技術課題を取り上げる。

(1)「グリーンイノベーションによって持続的に成長する日本」に関連する科学技術課題から見た将来展望

○人や物の移動

低炭素型の交通・運輸システムの普及は、2020年代に徐々に実現する。バス、電車等移動体からの情報の一元管理と運用は2021年頃に社会に普及し、交通信号のタイミングに合わせたエンジン動作の自動調節、貨物輸送の結節点の効率化、高速道路の利用効率を上げる自動運転など、低炭素型の交通・運輸システムの普及は2030年頃となる。

低炭素型の移動手段のためのインフラは、2020年代後半に整う。電気自動車等の普及に不可欠なインフラが整うのは2025年前後、燃料電池自動車への水素供給インフラの整備は2030年頃とされている。

一方、人の移動量を減少させる遠隔勤務は、2025年頃に社会に普及すると予測されている。これらの技術的実現や社会的実現を牽引するのは、主に民間企業である。

○エネルギー・資源マネジメント

ビル内、工場内、住宅内などのエネルギーマネジメントシステムは、2020年頃までに社会で用いられるようになる。電力ピーク需要を下げるインセンティブシステムも稼働する。自然エネルギーも含めて需給バランスを最適化して高品質な電力を供給するシステムが構築されるのは、2025年頃となる。これらの技術的実現及び社会的実現は、民間企業が牽引する。

地域単位のエネルギー等の有効利用、都市と農村あるいは都道府県といった広域でのエネル

ギー・資源循環のマネジメントの実現は2030年頃となる。技術的実現には公的研究機関を含む複数セクターの連携が必要とされ、社会的実現は政府の主導のもと複数セクターの連携によって行われる。

廃棄物からのレアメタル回収・利用等の資源の有効活用技術は2020年代前半に社会で適用されるようになり、社会に循環型システムが作られるのは2020年頃後半となる。これらの技術的実現及び社会的実現は、民間企業が牽引する。

図表 4-1: 「グリーンイノベーションによって持続的に成長する日本」に関連する科学技術課題の例

	実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)
人や物の移動	2021	1-31:多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術
	2023	1-49:パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術
	2024	8-18:自動車などのエネルギー多消費型の耐久消費財に対する所有の概念が変化し、大部分がリースまたはシェアに置き換わる
	2024	2-23:我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)
	2025	2-24:我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所にしながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さして指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あたかも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)
	2025	12-44:交通信号のタイミングを検知し、燃費最小となるよう速度とエンジン動作を自動調節する自動車と、それを可能にする交通システムが普及する
	2025	11-26:ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる
	2026	11-16:地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術
	2027	1-50:高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術
	2027	12-42:都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される
	2030	6-45:燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)
	2031	2-53:現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術
マネジメント	2018	6-51:各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム(Building Energy management System、BEMS)(各種のBEMSが中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む)
	2019	11-15:電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む
	2019	6-55:中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギーマネジメントシステム(FEMS)
	2019	6-52:宅内通信ネットワークを用いて家電機器、太陽光発電装置、蓄電池等を統合制御し、CO2排出を削減する家庭用エネルギーマネジメントシステム(HEMS)
	2019	6-35:太陽電池などの再生可能エネルギーと燃料電池などをハイブリッドした住宅のエネルギーシステムの本格普及
	2020	6-50:CPUの省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御などIT機器やデータセンターなどのグリーンITによる、大幅な省エネルギー化技術(ITシステムに係る電力利用効率がおよそ2倍になる)

実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)
2020	1-27:ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術
2022	6-49:プラグインハイブリッド自動車などのバッテリーを用いて需要家内や配電系統の需給制御を行う(V2G)
2023	6-67:超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低NOx化をはかった、家庭用小型コジェネレーションシステム
2023	7-31:我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム
2023	10-59:現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム
2024	7-03:コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術
2025	6-53:原子力をはじめとした大型電源から太陽光などの分散型電源および需要機器まで、全体の需給バランスをICTを活用し最適に運用することにより、低コスト、安定供給、低炭素化電力供給が可能となるような次世代送配電ネットワーク技術
2025	6-54:都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネルギーを活用(建物間で電力・熱・水などを融通)し、物質循環と一体となった面的利用エネルギーシステム(都市部のヒートアイランド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづくりに寄与する)
2025	12-05:都市・農村において、多世代が交流するコミュニティが形成され、街区や集落規模で生活の質(QoL)を高めるための高品質・長寿命の街区計画(建築・インフラ計画)が普及する
2025	7-33:環境配慮設計(DFE)製造を支えられる回収システム
2025	10-63:「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム
2026	6-38:自然エネルギーの活用が充分に行われ、さらに雷による停電のない高品質電力供給システム
2026	1-52:電力効率を向上させ日本の総発電量を20%削減することのできるスマートグリッド技術
2026	8-35:都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法
2026	8-37:農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法
2026	7-29:レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム
2027	6-61:地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村
2027	12-58:地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される
2027	8-60:廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及
2028	8-39:都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会
2028	12-59:都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される
2030	8-57:物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成
2030	8-58:全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及
2036	2-26:情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量が正規化)になるグリーンICTシステム

* 実現年は、社会的実現時期(年)。ただし、技術的実現のみを問うた科学技術課題については、括弧書きで技術的実現時期(年)を記す。

(2)「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」に関連する科学技術課題から見た将来展望

○健康維持

健康維持に関する科学技術課題として、日常生活での健康管理を支援するシステム・サービス・デバイスに関する科学技術課題を挙げることができる。具体的には、健康状態のモニタリング、食事・労働・運動等のアドバイス、疾病予防機能をもつ食品等である。2025年頃には、様々な支援システムや技術が実社会で利用されるようになるが、常時健康管理を行う体内埋込型デバイスの社会への適用は2030年頃と予測されている。技術的実現は、大学、公的研究機関、民間企業がそれぞれ牽引し、社会的実現は民間企業が主として牽引する。

○予防医療

予防医療関連の科学技術課題として、ゲノム情報や網羅的分子情報(オミックス)等を用いた罹患や重症化予測に関する課題を挙げることができ、そのほとんどが社会的実現するのは2025年以降と予測されている。該当の全課題が、全世界共通に重要と考えられており、技術的実現、社会的実現とも大学が牽引するとされている。

○高齢化対応

高齢化対応として、QOL向上や変性疾患に関する科学技術課題が挙げられる。高齢者の機能回復や支援技術は2025年頃までに社会で適用されるようになるが、変性疾患の予防・進行阻止・治療が行われるのは、2030年代前半となる。高齢者の移動を支える交通手段等の実現も2030年頃となる。技術的実現を牽引するのは、大学、公的研究機関、民間企業と様々である。社会的実現の牽引役は、企業である。

○がん

がんに関する科学技術課題は、その多くが2030年頃に社会的実現すると予測されている。がんの転移抑止や効果的予防が社会で普及するのは2030年代前半となる。技術的実現は大学が牽引し、社会的実現は大学と民間企業が担う。

○再生医療

再生医療に関する科学技術課題は、2030年代前半の社会的実現が予測されている。技術的実現を牽引するのは大学であり、社会的実現を牽引するのは大学と公的研究機関である。

○分析・解析技術

健康・予防医療の基盤となる分析・解析技術に関する科学技術課題は、2020年代後半に社会で用いられると予測されている。技術的実現を牽引するのは主として大学であり、社会的実現には、大学、公的研究機関、民間企業が関わる。

図表 4-2: 「健康・高齢社会の成功モデルとしての日本」に関連する科学技術課題の例

	実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)	
健康維持	2018	1-16:日常生活における健康維持と増進(カロリー計算、運動強度等)をソフトウェアで支援するユビキタスコンピューティング技術	
	2018	4-81:生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育	
	2020	4-82:ゲノム情報を用いた個別医療に関する一般向け健康教育	
	2020	12-20:中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する	
	2022	2-05:個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム	
	2022	8-15:癒し効果の生理的解明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法	
	2023	4-79:日常生活圏内での健康状態を管理するためのユビキタス生体情報モニタリング技術	
	2024	11-17:我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する	
	2025	3-43:将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品	
	2025	3-45:高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を支える食品と食事法	
	2026	3-42:生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテラーメイド機能性食品	
	2026	4-27:精神的ストレスの定量化技術	
	2027	4-35:人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス	
	2028	1-34:人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ	
	2030	2-48:日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム	
	2035	2-62:体内埋め込み型健康管理デバイスが我が国の人口の30%以上に普及する	
	2035	9-31:生体エネルギーで半永久的に動き続ける体内埋め込み健康管理デバイス	
	2038	2-27:ヒトのアンチエイジングのために体内や体外に使用される高度医療電子情報システムが開発され、その効果により平均寿命が2010年の値よりも5年長くなる	
	予防医療	2022	4-50:生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導
		2023	4-51:ゲノム情報による罹患リスク診断技術
2027		3-18:がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム	
2027		4-46:網羅的分子(オミックス)情報や過去の健康診断データに基づいた予知医学(早期診断、長期疾患発症予測など)に基づいた健康・疾病管理)	
2027		4-47:網羅的分子情報を活用した慢性疾患の重症化予測技術	
2027		3-19:脳神経疾患(認知症、パーキンソン病など)の発症を予測する技術	
2029		3-17:孤発性のうつ病や統合失調症等の精神疾患の発症を予測する技術	
2030		4-02:進行性神経筋疾患などの難病に対して進行を遅らせるための予防リハビリテーション	
2035		4-53:自己免疫疾患の発症予防法	
2037		4-55:重度遺伝性疾患の発症予防法	
2037	4-58:神経変性疾患の予防と治療		
	2019	11-33:高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア	

実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)
高齢化	2023 4-43:高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器
	2023 1-38:人の日常の運動能力を退化させることなく、かつ必要時に運動能力をアシストできるアクチュエータ技術
	2024 12-23:健康上の理由による徒歩移動、または機能低下による自動車移動が制約される高齢者世代の増加に対応した対策メニュー(例:高齢者用電気自動車、自動車が無くても生活できる住宅地など)が選択できる
	2026 1-65:一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等)
	2026 4-44:介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術
	2027 4-42:高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム
	2027 12-40:高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車が普及する
	2028 1-69:生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット
	2030 12-39:超高齢社会において高齢者が単独で安心してdoor-to-doorの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システムが普及する
	2031 3-24:アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術
2033 4-15:高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法	
がん	2024 4-06:がんの薬物耐性検定法
	2024 4-23:がん治療に有効な放射線治療および評価方法
	2027 4-16:生体内の任意の位置にある1mm以下のがん組織の検査技術
	2031 4-77:がんの転移を抑止する薬剤の開発
	2032 3-20:エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法
	2033 4-52:がんを効果的に予防する化学予防薬(chemopreventive drugs)
再生医療	2018 4-69:再生医療の臨床応用への倫理に関するガイドラインの構築
	2019 4-74:生命倫理と研究活動との調和のための、多面的で多数の国民が参加する国民的討議の実現
	2026 9-38:ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管
	2029 9-44:幹細胞の分化誘導を精密に制御できる人工環境(ニッチ)基材
	2030 3-35:がん化などのリスクを回避して、iPS細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術
	2031 4-10:幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術
	2032 3-34:iPS細胞を利用した再生治療技術
	2033 3-33:iPS細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)
	2033 3-29:幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法
	2033 4-09:麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法
2034 4-30:3次元細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術	
分析解析技術	2024 3-12:半導体チップ上に数千~数万の反応容器を集積化し、多種類の反応ライブラリーとして活用することで、酵素反応、抗原抗体反応等の活性、リガンド探索、反応条件検討などの、多くの生体反応の検出を一瞬で可能とするナノチャンバーアレイ
	2024 3-04:20個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する技術
	2025 3-03:細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術
	2026 3-11:薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とするin silico医薬品開発技術
	2027 4-11:生体内での信号伝達や代謝などの機能の可視化技術

実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)
2027	3-02:1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術
2028	4-18:細胞内外での多数の薬物関連物質間の相互作用の同定技術
2028	3-09:タンパク質の高次構造から、タンパク質—タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術
2031	3-06:メゾスケール(「ナノ空間(1—5nm)」と「バルク空間(100nm以上)」の中間に位置する大きさ)における細胞と物質の相互作用の制御を基盤とした新しい医療・産業技術
2032	3-07:体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術
2033	4-17:1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術

* 実現年は、社会的実現時期(年)。ただし、技術的実現のみを問うた科学技術課題については、括弧書きで技術的実現時期(年)を記す。

(3)「暮らしの安全が保障される日本」に関連する科学技術課題から見た将来展望

○観測・モニタリング・予測・シミュレーション

温室効果ガス、水・物質循環等の全地球観測・モデリング・予測・シミュレーションは、2020年代後半に社会で用いられるようになる。海域の高精度観測・モニタリングの実現は2030年代前半となる。地震発生に関わる地殻活動や地質構造等の観測・推定の実現は、2030年頃である。技術的実現、社会的実現とも、公的研究機関が牽引する。

○危機管理システム

2025年頃には、行政と地域住民の協働による防災・減災のシステムが稼働し、大規模災害時の早急な対応の基礎となるリアルタイムの被害状況の把握や予測が可能となる。2020年代後半には、大規模災害に対して、食料や薬品の確保、インフラ補強、救助活動に関する備えが十分に行われるようになる。気象観測に基づく適切な事前警報や避難支持も可能となる。新興再興感染症の発生リスク予測は2025年頃に社会で用いられるようになるが、人の移動や環境要因も含めた発生と伝搬の予測やシミュレーションが社会で用いられるようになるのは、2030年頃である。技術的実現は大学と公的研究機関が牽引し、社会的実現は政府が牽引する。

図表 4-3: 「暮らしの安全が保障される日本」に関連する科学技術課題の例

実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)
(2018)	8-42:温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明
観測等	
2023	2-13:現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる
2025	8-43:CO ₂ を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術
2026	7-19:水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術
2026	5-25:陸海シームレスの観測データ整備
2027	5-01:生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした50年から100年将来のモデリング
2027	5-02:温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向5km×5kmかつ鉛直方向で1km、また海域においては同じく20km×20km×4kmの枠で識別できる全地球観測システム

実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)	
2027	5-03:大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	
2027	8-22:社会経済シナリオ毎に今世紀の気候変動を地方自治体スケール程度の空間解像度で予測する技術	
2027	8-29:地域フラックス推定の要求を満たし(CO ₂ カラム量で 1ppm 精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO ₂ 、CH ₄ など)衛星観測システム	
2027	5-06:我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム	
2028	8-23:大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	
2028	5-08:日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム	
2029	5-22:熱や CO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術	
2030	5-07:太平洋・インド洋における季節変動以降 5 年間の海面温度を+/-1K の精度で予測可能とする技術	
2031	5-09:航空機或いは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下 100m 以深の地質構造を推定する技術	
2032	5-04:全地球の陸域表層並びに海面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向 1km×1km、海面においては同じく 10km×10km の領域で標高 10mm、かつフリーエア重力 10mgal の精度で 10 日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム	
2032	5-10:全球の深海域においてトモグラフィと、自動採水システムを併用した、水平方向 100km×100km の海域ごとに全層の水温、塩分の変化を 3 時間ごとにモニターできるシステム	
2034	5-05:全球の海洋において、外洋では水平方向 20km×20km の海域ごと、沿岸では 5km×5km ごとに水面から海底間を 1m 間隔で、深度、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの 0.01%精度、流速ベクトルについては 1cm/sec の精度、pH、全炭素量についてはフルスケールの 0.1%で 10 年毎に自律観測するシステム	
2037	12-14:M6 以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する	
危機管理	2020	12-21:地域住民が、火山活動、地震、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクを認識するための情報提供と教育が実行され、市民と行政との協働による防災・減災の仕組みが稼働している
	2022	12-01:国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される
	2022	12-17:想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼働している
	2023	12-49:風水害と地震災害が同時に発生した場合を想定した避難・復旧の情報提供技術が普及する
	2023	4-60:初期段階で新興感染症の流行を予測する技術
	2024	12-16:都道府県単位で対応すべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される
	2024	12-35:災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに、平常時と同じようにテレビ並みの動画通信が可能な、衛星通信技術等による日本全土を網羅する無線通信システムが普及する
	2024	12-53:斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる半永久的な埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システムが実用化される
2025	4-63:生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測	

実現年	科学技術課題(先頭数字は、「分科会—課題番号」を表す)
2026	12-03:地域計画、都市計画の作成に際し、地域固有の文化的景観の持続的維持の検討が行われ、将来の生活の質(QoL)および災害リスク評価の両面から土地・空間の利用と保全に関わる判断が可能となり、それに基づくコントロールが行われる
2026	12-15:都道府県単位で対応すべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する
2026	12-18:M6 以上の地震予測技術の確立に対応して、都市機能の強化、社会・経済活動の制限、食糧備蓄、一部市民の避難を優先的に支援する制度が確立される
2027	12-12:爆発物や兵器、毒物等を迅速に発見してテロや環境汚染等を未然に防いだり、災害発生時には被災者を速やかに発見し救助を支援できるよう、人間の知覚能力を超えた視覚・嗅覚・聴覚等を有するロボットが自治体や警察に配置され、稼働している
2027	12-13:気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる
2027	3-01:ウイルス変異予測シミュレーションに基づく総合的危機管理システム
2027	2-71:感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)
2029	4-65:空港や港において輸入感染症の感染者をほぼ完全に検出できる技術
2030	2-30:地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム

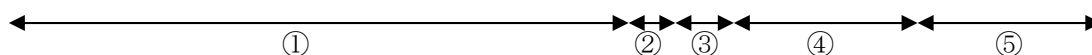
* 実現年は、社会的実現時期(年)。ただし、技術的実現のみを問うた科学技術課題については、括弧書きで技術的実現時期(年)を記す。

第Ⅱ部 分科会別概要

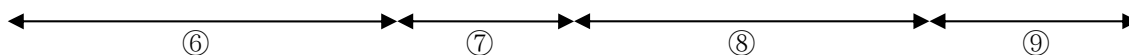
調査結果の見方

分科会別概要に掲載する集計表の見方は次の通りである。

課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
				高 (%)	中 (%)	低 (%)	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
1	半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システムLSI	1	152	14	28	58	-	72	18	2	8
		2	127	14	26	60	-	77	17	2	4
		専	18	100	0	0	-	94	6	0	0



実現済み	技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が技術的に可能になる時期)					左記の技術的実現を牽引する主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用される/普及する時期)					左記の社会的実現を牽引する主なセクター								
	2011年	2016年	2021年	2031年	2041年	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年	2016年	2021年	2031年	2041年	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
						(%)	(%)											(%)	(%)						
						0	7	29	24	68	35	1						0	7	7	14	81	8	18	2
						0	5	23	22	77	33	1						0	4	6	15	90	6	17	2
						0	0	33	17	78	33	0						0	0	11	11	89	11	17	0



①課題欄

調査対象となった課題を記載。

②アンケート区分

アンケート区分における、1、2、専は以下の結果を示している。

1:第1回アンケート調査結果(専門度「高」、「中」または「低」の回答者の結果)

2:第2回アンケート調査結果(専門度「高」、「中」または「低」の回答者の結果)

専:第2回アンケート調査における専門度「高」の回答者のみの回答の集計結果

③回答者数

アンケート区分「1」及び「2」の回答者数は、専門度を高、中または低と答えた人の合計を示す(専門度を「全くなし」と答えた人は、以降の設問への回答は不要としたため、回答者数に含まない)。第2回アンケートの回収率が平均で約 87%であるため、アンケート区分「2」の回答者数はアンケート区分「1」の回答者数より少ないか同数となっている。

アンケート区分「専」の回答数は、第2回アンケートにおける専門度高の回答者数を示している。

④課題に対する専門度

専門度は、③の回答者の中で専門度を高、中または低と答えた人の割合を%で示している。

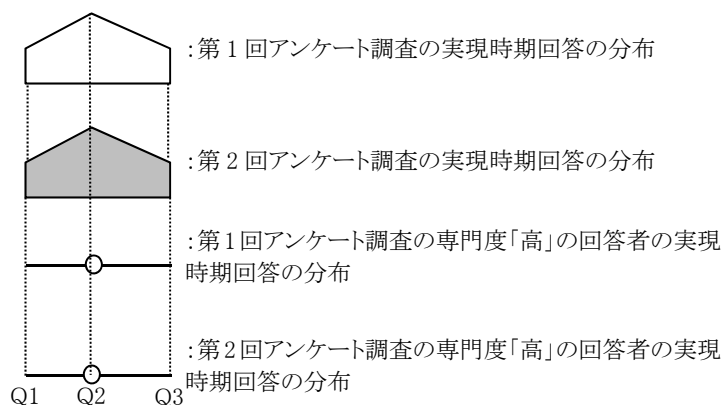
⑤課題の重要度

課題の重要度について、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」、「重要度・優先度は低い」と答えた人の割合を%で示している。

⑥技術的実現予測時期

⑧社会的実現予測時期

実現予測時期の回答の分布を示しており、いずれかの実現時期を選択した回答者を対象として、次の方法により算出している。



〈実現予測時期の見方〉

Q1 : 実現予測時期の回答を時期の早い順に並べて、全体の1/4番目に当たる時期

Q2 : 同様に1/2番目の時期

Q3 : 同様に3/4番目の時期

この五角形の幅(Q1とQ3との距離)は、実現すると予測した回答者のうち、両端の1/4ずつを除いた中間の1/2の実現時期の分布を示しており、この幅が狭い場合には回答者の間に強いコンセンサスがあると見ることができる。

また、年表等において実現時期を数値で表す場合には、Q2の値を使用している。「実現しない」、「適用されない」、「わからない」と答えた回答数の割合は、当該設問の回答総数を母数とする百分率(%)で示している。

⑦技術的実現を牽引する主なセクター

技術的実現を牽引する主なセクターについて、「大学」、「公的研究機関」、「民間企業(NPOを含む)」、「複数セクターの連携」、「その他(国際機関等)」と答えた人の割合を%で示している(複数回答)。

⑨社会的実現を牽引する主なセクター

社会的実現を牽引する主なセクターについて、「大学」、「公的研究機関」、「民間企業(NPOを含む)」、「政府(地方公共団体を含む)」、「複数セクターの連携」、「その他(国際機関等)」と答えた人の割合を%で示している(複数回答)。

No.1 分科会「ユビキタス社会に、電子・通信・テクノロジーを生かす」の調査結果

目次

1. 1. 将来展望.....	75
1. 1. 1. 総論.....	75
1. 1. 2. コンピューティング、システム系.....	76
1. 1. 3. 通信.....	77
1. 1. 4. I/O(家電を含む).....	79
1. 1. 5. エネルギー.....	82
1. 1. 6. デバイス.....	83
1. 1. 7. メカトロニクス.....	84
1. 2. アンケート調査の回収状況.....	87
1. 3. 課題の区分.....	88
1. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	89
1. 4. 1. 課題の重要性.....	89
1. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	92
1. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	93
1. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	95
1. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	96
1. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	98
1. 4. 7. 新規提案課題.....	100
1. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	101
1. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	101
1. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	101
1. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	103
1. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	105
1. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	106
1. 6. 集計結果一覧.....	108
1. 7. 課題別コメント.....	126
1. 8. 未来技術年表.....	134
1. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	134
1. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	136

1. 1. 将来展望

1. 1. 1. 総論

(1) 背景

少子高齢化時代が到来した 21 世紀において、我が国に社会の活性化と安心をもたらすユビキタス情報化社会実現への期待が高まっている。このユビキタス情報化社会を実現するためには、セキュリティ、ヒューマンインタフェース、コンピュータ、ブロードバンド・ワイヤレス技術からエネルギー、先端デバイスまで総合的な技術基盤の開発が必要である。このような総合的技術分野において我が国の産業界が強い競争力を発揮するためには、適切な事業化戦略と学術に立脚した「不連続な進歩」すなわちイノベーションをもたらす技術開発が重要になる。特に本分科会が担当する技術分野では、これまで多くのイノベーションが創造されてきている。

我々は、本分科会が取り扱う技術分野の科学技術について、今後を検討するための課題を設定するにあたり、以下の区分を設け、これに次いで議論を行い、技術を展望した。また、個別の区分のみならず、より統合的な視点からも検討を行った。詳細は、各区分の報告をお読みいただきたいが、要約は下記のとおりである。

(2) 各区分の展望

第1の区分である『コンピューティング、システム系』は、本分科会が念頭においているユビキタス社会の実現には必要不可欠な要素である。現在、産業や生活の多くの場面は、コンピュータそしてシステムに依存しており、この傾向は今後ますます強くなっていく。そのためにも、より多くの人にとって使いやすい、そして信頼性・安全性に富むコンピューティングとシステムの実現が望まれる。

第2の区分である『通信』では、今後さらに大規模化、高速化、要求の多様化が進む情報インフラと大小システムに対応すべく、基幹系、幹線系、アクセス系、アプリケーション系の技術それぞれについて研究開発を推進すべきである。

第3の区分である『I/O(家電を含む)』は、エレクトロニクス、化学、材料工学、医療工学、これらの派生技術などの複合分野である。システムあるいはコンピュータ等のシステム構成機器とユーザとの接点を従来のキーボード等の機械的手段だけに求めず、非接触型インタフェースなどの新機軸の開発と普及により万人にとって使いやすいシステムを実現できる。また、例えば、体内埋め込み型チップなどは、システム自体の進歩にとどまらず、医療・福祉などにも応用可能である。さらに、本区分に属する技術は、複数分野の複合体であるがゆえに関連分野の成熟にも寄与できる。

第4の区分である『エネルギー』は、今後の社会的要求を満たす上で重視しなければならない点である。コンピュータ、その他のネットワーク構成機器の総数の増加、これらの処理能力の向上、ネットワークトラフィックの増加、これに伴うオフィスや各種施設の冷却の必要性は、消費電力の増大を招いており、この傾向は、ともすれば前記のユビキタス化の推進によりさらに加速する可能性もある。さらに日本は、必要電力量の多くを火力発電によってまかなっており、CO₂ 排出量の増加と地球温暖化の一要因となっている。これらは、組織・国家の枠組みを越えて全世界規模で取り組むべき課題である。このため、コンピュータ、ネットワーク機器などの低消費電力化技術を確立する必要がある。

第5の区分である『デバイス』は、前記 1 から 4 の各区分で必要な要件を満たすための、より具体的な構成要素である。特に低消費電力化の要といえよう。また、当該デバイス技術は、前述の応用性と、関連分野の成熟が期待できる。

第6の区分である『メカトロニクス』は、もともとは機械工学と電気電子工学の融合分野であるが、今後も横断分野はさらに広がっていくと思われる。そして、前記 1 から 5 の各区分の属する技術は、メカトロニクスの方法論なくしては実現できないものも多い。

(3) イノベーション創出に向けた国家戦略の必要性

本分科会に属する技術の多くは、グリーンな社会インフラの構築と密接に関係している。現在の社会インフラ

への依存度を考えるならば、特に安全性、信頼性を確保するための技術をより精緻化するとともに、常にグリーン、すなわち、高効率、低エネルギー、地球持続性を考慮すべきである。これにあたっては、企業、大学、公的研究機関などの異なるセクター間だけでなく、企業－企業、大学－大学というように単一セクター間での連携がこれまで以上に必要となる。また、いうまでもなく社会インフラは公共財であるため、研究開発投資、規格の策定において政府等が果たす役割も大きい。このような点からも、今後、我が国の産業・学術競争力を強化するために、強いリーダーシップのもとで、産学官連携における強結合研究ネットワークの構築を行い、研究開発、情報共有、人材育成をはかるとともに、常にグローバル化の視点を持ち続けながら国家戦略を策定することが、科学技術政策を担当する国家機関に課せられた使命といえよう。

(荒川 泰彦)

1. 1. 2. コンピューティング、システム系

(1) 省電力コンピューティング

情報通信機器の高性能化に伴って、消費電力の増大が大きな問題として指摘され、プロセッサや各種信号処理 LSI 等の要素部品はもとより、大規模データセンターやクラウドコンピューティングセンター全体の低消費電力化も要請されている。

省電力コンピューティングに関連する今回のデルファイ調査では、技術的実現から社会的実現までの期間が比較的短いこと(課題 1、4、5、6、12、16 など)、及び、技術的実現を牽引するセクターとして民間企業を予測する割合が高かった(課題 1、6、9 など)点が特徴である。これらは、新しいキラーアプリケーションやビジネスモデルを見出せば、民間企業を中心とした技術開発投資を集中することによって、比較的短期間で社会的実現が可能になるとの期待感を示している。

一方で、省電力コンピューティングを実現するためには、デバイスから、回路、アーキテクチャ、システムソフトウェア、応用ソフトウェアに至る様々な水準の要素技術と、それらによる低消費電力化効果を相乗的に積上げられる統合化技術が必要になる。すなわち、単なる VLSI チップの高性能化や省電力化だけではなく、最終製品であるシステムの観点、さらには、ネットワークを介して相互に有機的に接続された広義のコンピューティング・システムの観点から、総合的に消費電力当りの性能を向上させることが重要である。また、技術的・社会的実現を促進するためには、これらの省電力技術による効果を質的变化も含めて評価して分かり易く明示することも同時に重要である。このような省電力コンピューティング技術の開発によって、携帯情報端末やスーパーコンピュータ等の幅広い情報通信機器の高性能化・高機能化が可能になるだけでなく、これまでになかった新しいコンピューティング技術の応用分野が拓かれるであろう。我が国が得意とする組込みシステム分野等の産業競争力を高める観点からも、今後なお一層の力を入れるべき技術領域であると考えられる。

(2) 高信頼システム

高信頼システムの目標はすなわち、ユーザが信頼できるサービスを提供するコンピュータシステムを実現することである。では、ユーザとは誰か、また信頼できるサービスとは何か、という問いが生じる。この点が、高信頼システムを実現する上での難しさの原因となっている。

高信頼システムに関連する今回のデルファイ調査では、技術的実現予測時期が早期である(課題 2、3、7、8、10 など)、及び、技術的実現を牽引するセクターとして民間企業を予測する割合が高かった(課題 2、3、7、8、10 など)点が特徴である。これも上記同様、民間企業を中心とした技術開発投資を集中することによって、比較的短期間で社会的実現が可能になるとの期待感によるところが多いと思われる。すなわち、ユーザは我々人間であり、高信頼性の鍵となる技術自体はユーザに分かりやすいものである。したがって、技術的な実現はすぐできそうであり、民間企業をはじめとする我々が活動する社会の現場においてその技術は牽引される、という意識である。

今後の技術展開も、上記を踏まえたものであるべきことに疑いはないが、わずか数行の調査項目では見つけ

にくい、幾つかの重要な課題もある。従来の信頼性は、任意の時点で当該システムが正常に稼動している確率を表す可用性(availability)で十分であった。しかし、システムがネットワークを介して接続され、多岐に渡る利用形態に供される現在、ユーザといってもネットワークを介してシステムを利用する人、システムと通信する別のシステム、システムが制御する機器などに広がる。また、オープンなネットワーク環境下ではユーザが不特定な場面も多く、またシステムの利用形態が予め特定できない場合も多い。このような状況下では、単体システムとしての信頼性の議論は有益ではなく、セキュリティを含む、オープンなネットワーク環境下でのシステム間連携の信頼性を高める必要がある。この点は、課題 2「無人で無停止でシステム内部や外部の動作状況と環境状態に動的に適応し、所望のサービスを高信頼に提供できるネットワークシステム」や課題 8「いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境」に関連するが、多くの回答者が早期の実現を予測する一方で、真の安全は長期的課題である、という指摘も寄せられている。また、社会的な要求と整合性の高いディペンダビリティ評価指標を示し、その明快な定量化手法を確立することも重要となる。従来の指標は、学術的展開のために定義された側面があり、客観的に数学的に定義できることに重点があった。しかし、社会のさまざまな場面でコンピュータシステムが利用される現代では、これまでの指標が十分ではない。そのため、信頼性向上は必ずコスト上昇を伴うにもかかわらず、システム導入時にコストは重視されるものの信頼性はその指標が曖昧なせいもあり、深くは検討されない。この点は課題 10「購入者が価格上昇を直観的に納得できる信頼性指標で情報家電システムを評価する技術」に関連するが、興味深いのは回答者の多くが早期の実現を予測し、あるいは、既に実現済みという回答もある中で、実現するかわからないとの回答がされている点である。これは、コスト上昇と信頼性向上の関係に対する認識が各人で大きく異なることを示しているように思われる。

近年、コンピュータシステムの障害により社会的に大きな損失が発生する頻度が増えている。我々が生活する社会からの要求と直感的な整合性があり、しかも客観的な定量化手法が定義できる信頼性の評価指標を確立し、その指標に対する社会的なコンセンサスが形成できるように産官学が連携することが、安全・安心な社会の実現において重要である。

(岩田 誠、中村 宏)

1. 1. 3. 通信

我が国では、政府の推進方針に強く後押しされる形で比較的早くからブロードバンド化が進展し、また、世界に先駆けて 2001 年には一般消費者向けの FTTH(Fiber To The Home)サービスが開始されている。さらに数年前に 1Gbps 級のアクセス系技術である GE-PON(Gigabit Ethernet-Passive Optical Network)の導入によって FTTH サービスがより安価にかつ高速に提供されるようになったことから FTTH の本格的な普及期に突入し、その結果、これまでに FTTH ユーザは約 1700 万回線にまで達している。このように日本を始めアジアにおいて FTTH 導入が比較的広く普及しているのに対し、北米では映像配信サービスが牽引となってようやく普及時期を迎えている。一方、欧州ではまだトライアルが始まった段階であり普及はこれからという状況である。近々、10Gbps 級のアクセスサービスに移行してゆくことが予想され、並行して、100 Gbps イーサネット技術や 100 Gbps 級トランスポート技術の標準化作業が進行中であることから、将来にかけて一層の高速化・大容量化が継続すると見込まれる。この数年はインターネットトラフィックが年率 1.5 倍前後で増加しているが、このような状況が引き続き起こると仮定すると、10~15 年後には、数十 Tbps~Pbps 相当の伝送容量が必要とされることになる。

将来の通信技術あるいはネットワークサービスを検討する際には、今後ますますサービスの多様化・ユーザビリティの向上が求められる点、ユーザのアクセス手段が無線・有線と利用状況に応じて多岐に亘る点、さらにあらゆるモノや人がユビキタス環境の中でネットワークにつながっている点を考慮する必要がある。ここで想定しているような多様性・多様性がさらに拡大したニーズへ対応するサービスとそれに必要とされる技術的要素を大まかに分類すると、1) 超低遅延で超広帯域な伝送制御技術をベースとする超高臨場感インタラクティブ会議システムや遠隔医療支援システムなどの大容量サービス、2) 現在のインターネットの発展型に位置付けられ、十分な

セキュリティ・品質の保証下において有線・無線の連携によって多様なアプリケーションを提供するサービス、3) 膨大な数と種類のセンサー類(環境センサー、バイタルセンサー、情報家電等)に加えて、様々な商品に取り付けられる無線タグなどを扱う、多様なアクセス技術とトラフィック制御技術を融合させたセンシング・モノ間通信サービス、などが考えられる。これらのような多様なニーズを実現するために、将来の通信環境を支える超大容量、高信頼、極低遅延なネットワークを、経済的かつ低消費電力で提供することが求められる。そのためには、光ファイバ伝送技術及び無線伝送技術の一層の高速化・大容量化とそれらのフレキシブルな連携、ならびにユビキタス環境下で使われるセンサー・超小型端末をはじめ各種デバイス・伝送装置の性能高度化と超低消費電力化が必要である。さらにはネットワーク全体のアーキテクチャを見直し、サーバやストレージなど他のICT資源とネットワーク資源間のダイナミックな連携により、ネットワークトータルとしての効率的な運用を可能とするシステム造りが不可欠である。

超大容量化については、現在、我が国のバックボーンネットワークでは1波長当たり40 Gbps、DWDM(高密度波長分割多重)技術により40波長を多重することによって、光ファイバ1本当たり1.6 Tbpsの伝送容量が既に実用化されている。今後さらに高い伝送レートとファイバ当りの総伝送容量を確保するためには、占有スペクトル幅の小さい変復調・多重化方式を取り入れていく必要がある。なお、光ファイバ1本当たりの伝送容量の上限は理論的には約100 Tbpsと予測されているが、現状のシステムにおける伝送容量当りの送信光パワーを元に試算すると、100 Tbpsの実現にはファイバーコアが溶融するほどの大パワーが必要となるため、単純な従来技術の延長線上ではこの値は達成不可能である。今後の方向性としては、光ファイバの性能を限界まで有効活用する伝送技術の開拓と、マルチコアファイバ、PCF(Photonic Crystal Fiber)、空孔ファイバ技術など新ファイバ技術の探求の2つが必須となる。

ネットワーク設備における消費電力の問題は、低炭素社会の実現に向けた流れの中で喫緊の課題である。先に述べたようにこれまでにトラフィックは爆発的に増大し続け、ネットワークが消費する電力は急速に増加している。2006年では我が国におけるネットワークの消費電力は8 TWh/年であったとされているが、2025年には100 TWh/年にも達するという試算も報告されている。現状では、ノードなどの伝送装置において光信号を電気信号に変えて処理してから再び光信号に変換するプロセスを採用している。消費電力削減に加えて電子デバイスの動作速度に制限されない伝送速度を達成するという観点からも、光パケットを電気信号に戻すことなく可能な限り光信号のまま転送する光パケットスイッチング技術の実現とそれを適用した光トランスパアレントネットワークの構築が今後の注目すべき課題である。

ユビキタス情報環境は、「いつでも、どこでも、だれとでも」を実現する2つの軸、すなわち1)モバイル技術と2)パーベイシブ技術から構築される。パーベイシブは例えば、「使っているのを感じさせない」という意味で使われている。今後の方向として、モバイル技術については、無線端末同士のマルチホップ通信やアクセス方式を意識させないシームレス通信など無線技術の高度化が期待される。また、人やモノを取り巻く環境自体が情報処理と通信機能をもつ環境を実現するパーベイシブ技術については、リアルタイム性の向上、セキュリティの保証、プライバシー保護、地域情報のデータベースとの連携技術の高度化が重要となる。この技術は、少子高齢化社会において求められる見守り支援などの安心・安全なサービスの基盤として大きな役割を果たすことになる。また、パーベイシブ技術の高度化として位置づけられるアンビエント技術により、利用者の位置や環境の状況に応じてその人が今必要とするサービスの提供が可能となる。さらに次世代ユビキタス情報環境の構成へ向けて、人と情報システム及び情報環境の高度な調和、すなわち共生を実現するために、先述の2つの軸に加えて新たに「人・社会」コンピューティング技術を導入した調和/共生コンピューティング技術などの研究・開発が大いに期待される。

本調査結果に議論を移すと、本区分では2016-2020年に技術的に実現されると予測された技術課題が多く、また技術的实现時期と社会的实现時期との開きが小さい傾向にあるのが本区分の課題の特徴である。また、各

課題の社会的実現には、インフラ・設備等の構築に関連して巨額投資が必要となる場合が多いことから、実現を牽引するセクターとして民間の比率が高くなる傾向である。本区分における、世界・日本双方にとり重要な課題として、課題 17「1Tbps 超の大容量通信技術」、課題 18「ナノフォトニック技術などにより、消費電力が 1/1000 に低減されたネットワークノード」、課題 28「盗聴・傍受の自動検出、電波干渉による妨害の回避などによりセキュリティが担保され、安心して使える無線通信」が上位に位置している。課題 17 については、前述したように我が国のバックボーンネットワークでは既に、波長多重により 1Tbps 超が実用化されているが、単一波長での 1Tbps 超の伝送レートの実現には電子デバイス・回路系のさらなる高速化が必要となる。課題 18 のネットワークノードにおける消費電力の問題解決には、光パケットを電気信号に戻すことなく光信号のまま転送する光パケットスイッチング技術の実現が不可欠である。またそのスイッチングに要するエネルギーを従来素子に比べて何桁も低減できる Si フォトニック回路素子やフォトニック結晶を応用した超小型全光スイッチなど、ナノフォトニック技術の展開が期待される。課題 28 に関しては、ユビキタス環境が今後ますます整備されていく中で、無線 LAN、無線 WAN、無線 PAN などエリアの規模を問わずに様々なアクセス方法が提供され、あらゆるモノや人が無線を介して常にネットワークにつながった状況が考えられることから、無線通信におけるセキュリティ確保は非常に関心が高いといえる。

(白鳥 則郎、寒川 哲臣)

1. 1. 4. I/O (家電を含む)

入出力(I/O)に関する技術課題は、古くはマン・マシンインタフェースと言われてきた領域が発展してきたもので、ヒューマンインタフェースと言われた時代を経て、広く人間と環境とのインタラクションの領域まで広がって来ている。人間と環境とのインタラクションを扱うとき、人間の五感(視覚、聴覚、味覚、嗅覚、触覚)を直接扱うだけでなく、知性や感性をも扱うようになってきた。また、人間とのインタフェースも五感を通したものだけでなく、人間(生体)と直接・間接に情報の授受を行うことも行われ始めた。

本区分では 10 件の技術課題がとりあげられている。近年の技術動向、トピック、将来展望を、(1)ディスプレイ技術、(2)非侵襲型・侵襲型センサー応用技術、(3)人の行動・運動能力アシスト技術、(4)住環境の制御技術、(5)センサーへの電力供給技術に分けて概観する。

(1)映像・匂い・味のディスプレイ技術

1-1)画像ディスプレイ技術

液晶ディスプレイの発展によって、アラン・ケイの提唱した理想の平面ディスプレイ DynaBook をほぼ実現したと言えるが、紙に代るディスプレイは、技術としての完成度は未だしの感がある。有望な技術としては、既に製品化されている有機 EL(エレクトロ・ルミネッセンス)素子技術があり、これとフレキシブル有機 TFT 技術との組み合わせで、フレキシブルディスプレイの実現が期待されている。また、高分子ポリマー微粒子である電子粉流体を用いたディスプレイも有望である。液晶ディスプレイと同様の原理で動作するが、反射率、視野角、省電力性に優れ、応答速度は液晶をはるかに上回る。その上、光反射によって表示するため、液晶のような偏光板・バックライトが必要なく、超薄型化、フレキシブルな構造が可能である。最後に、電子ペーパー・電子インクに触れておく。電子インクとは、電気的に白黒を反転できる粒子を用いることで、用紙やプラスチック板上でディスプレイのような表示の書き換えを可能にするものである。表示画面は電源が供給されなくても消えることがないという印刷のようなメリットに加えて、電子的に書き換えることによって動画の表示も可能である。有機 EL ディスプレイ、電子粉流体、電子ペーパー/電子インク、いずれが本命となるかは現時点では判らないが、ひとつの判断基準は、省エネルギー性である。フレキシブル性は携帯性と表裏一体にあり、携帯性の確保には、省エネルギー性が必須であるからである。

1-2) 嗅覚ディスプレイ

これは、匂いを感性メディアとして扱う感覚提示装置である。匂いの元となる「要素臭」をブレンドする方法が一般的である。装置の小型/低価格化及び匂いを応用するソフト面の充実により実用化が進んでいる。

1-3) 味覚

味覚は、化学物質に対する反応だけではなく、温度や食感、視覚、嗅覚、記憶など様々な要素の組み合わせで認識される複雑な感覚であり、味覚情報を提示するディスプレイは研究例が少ない。一方でこのような味覚の特性を利用し、正確な化学物質の組み合わせを実現するのではなく、化学物質とその他の刺激を同時に提示することで味覚を提示するアプローチも考えられている。しかしながら、味覚ディスプレイは舌に直接刺激を与えることが不可欠であり、ヒューマンインタフェースとして根本的な問題が残る。もっぱら臨場感通信向け、あるいはエンタテインメントとしての表示デバイスとしての性格が強い。技術としてのハードルは高いが、完成後の用途と効用に疑問を呈する意見もある。

(2) 非侵襲型・侵襲型センサーの応用技術

2-1) 非侵襲型の小型脳活動計測装置

脳波や脳血流、脳内物質などに基づき脳活動を計測する技術があり、具体的には EEG (脳波: Electroencephalogram)、fMRI (機能的核磁気共鳴画像法: Functional Magnetic Resonance Imaging)、NIRS (近赤外線分光法: Near-Infrared Spectroscopy)、MEG (脳磁計: Magnetoencephalography) 等の計測機器が開発されている。これらの技術を用いて製品やサービスの利用による脳活動の変化を計測し、評価を行うアプローチがニューロマーケティングである。現状は計測器が大規模であり、商品評価の現場で使用できないという課題がある。その解決のため、計測機器の小型化や取り扱いの容易化が期待される。

2-2) ブレイン・マシン・インターフェース (BMI)

低次視覚野のデコードが部分的に可能となり、簡単な図形、文字に関しては脳からの情報をよみとれることから、非侵襲計測法により、人が外部の機器、ロボットを操ることが可能となっている。現状は、事前に脳データを蓄積し、デコードに活かすという手法が主流である。事前データなしの BMI に向けては、可能性を示唆する結果が出てきており、脳部位の測定等技術の進展が期待される。簡易な非侵襲計測装置の活用には、事前データの解析技術とデータマイニング技術の進展も必要である。

2-3) 人体埋め込み型健康モニタチップ

血糖値等のバイタルデータは連続して計測することできめ細やかな診断が可能となるため人体埋め込み型の健康モニタチップへの期待がある。埋め込み型チップとしては既に RFID タグが実用化段階にあり、救急医療に用いられている。

健康モニターとしては、微小センサーを手指に埋め込み、信号を携帯電話等に送信する血糖センサーが実用化されている。センサーを人体に埋め込むためには、半導体技術の活用による小型化や、生体親和性の良い材料を開発することが必要である。多種の生体信号が採取可能となれば、健康診断の高精度化も期待される。

2-4) 血管中を移動するマイクロセンサ・ナノチップ

半導体集積化技術に基盤をおくナノチップ技術により、新たな電気化学的、生物学的センサーが開発されており、自然な進化の方向性として、血管中を自由に移動できるほどに小型化されたセンサーによる診断が期待されるが、現在のところ実現されていない。しかし、CT (コンピュータ断層撮影: Computer Tomography) や MRI 等従来の診断装置では得られないデータが利用可能となることから、診断パラダイムを一変させる可能性も秘めている。当然、高い安全性が求められる他、法や制度の準備も必要であろう。

(3) 人の行動・運動能力アシスト技術

3-1) 状況認識技術とポータブルアシストデバイス

日常生活において、多くの物事は過去に行った行動の繰り返しである。そこで、過去の行動を記録・管理し、統計的に整理し見直すことができれば、行動支援に役立てることができる。このような過去の行動データを記録・管理して行動支援をするシステムは研究が始まったばかりである。さらに、車の運転中のような動的環境のもとで状況を認識できれば、隠れた危険を回避することが可能となる。動的センシング技術の活用による個人適合型の状況認識技術が研究されている。このようなアシストデバイスは、高齢者の QOL 向上のためという理解と、個人用の電子秘書という理解があり、後者についてはメリットが明らかで、各個人のアシスタント・ロボットとして発展していくことが期待される。

3-2) 人の運動能力アシスト装置

高齢者や障害者などの低下した運動能力を補助して、健常者並みの動作を可能にするパワーアシストスーツが開発されている。これは、電動アクチュエータや人工筋肉などによって手足の動きを補助する装着型ロボットである。日本のサイバーダイナ社がリハビリや福祉・介護用途を念頭に「HAL」を製品化している他、数社が近い将来の製品化を目指している。こうした装置は、患者が装着するリハビリや自立支援用途に用いる場合など価値が明らかで、普及が予想される。さらに、労働人口の減少をふまえて労働補助への応用も検討されている。

(4) 住環境の制御技術(インテリジェント・ウォール)

住人と家とがコミュニケーションしながら快適な居住空間を演出するというインテリジェントな未来型の住居の研究開発が進められている。感性制御技術により住人の感情を理解することができれば、疲れて帰ってきた人にはリラックスできる風景や音楽を提示するというように、快適な居住空間を演出できる。

感性制御技術の中核は、コンピュータが言葉からその人の感情や感性を認識する技術である。人間の感性は安定ではないので、住環境の制御は、感性だけでなく、生体センサーからの体温等の情報を総合して判断するのが望ましい。住環境は、ユビキタス技術の進展により、さらに快適なものへと進化すると思われる。

(5) センサーへの電力供給技術(自己給電)

自己給電技術は、ユビキタス環境での無線センサー技術にとって不可欠なものである。自己給電を実現するための発電の原理としては、熱電変換、振動発電、光発電がある。ここでは前 2 者について述べ、光発電については別稿に譲る。熱電変換は、導体の両極に温度差を与えると起電力が生じる現象(ゼーベック効果)を利用したものである。熱電変換効率が高い材料としては、電気伝導率 σ が高く、熱伝導率 κ が低いものが優れている。近年、ナノテク技術を活用し、細かく砕いた電気伝導度の高い材料の粒子に薄膜を積層することで熱伝導率だけを下げること、優れた熱電変換材料を作ることが可能となっている。

生活環境に存在する様々な振動のエネルギーを電気エネルギーに変換するのが振動発電である。発電の原理は、1) 圧電式(ピエゾ)、2) 電磁誘導式、3) 静電式の 3 つである。圧電式は発電量が少なく、材料の変形による劣化が欠点だが、製造が容易で大面積化に向く。電磁誘導式はワット単位の発電量が得られるものの、機器の小型化が難しいのが欠点である。静電式は、構造が単純で耐久性に優れ機器を小型化しやすいが、発電量は小さい。センサーのユビキタス化を想定すると、センサー技術と自己給電は不可分である。デバイスの省エネルギー化が進めば、熱電変換と静電型振動発電が有望で、用途と設置場所により選択されるものと考えられる。

(折原 良平、日比野 靖)

1. 1. 5. エネルギー

地球温暖化、資源の枯渇など地球環境に対する危機感の高まりから、持続可能社会実現に向けた世界的な取り組みが活性化している。特に、CO₂削減のための省エネ、創エネ、蓄エネを実現するための機器やシステムについては、経済危機から脱却するための牽引役として大きな期待が寄せられている。

今回の調査においても、将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として、本区分「エネルギー」が 67.8%と、2 位のデバイス(28.0%)を大きく引き離して最も重要な技術として指摘される結果となった。中でも、上位には課題 44「エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池」、課題 52「電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術」、課題 43「一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術」、課題 42「オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術」、課題 51「パワー密度 100W/cc 以上を実現する炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)等の新材料デバイス」が挙げられ、冒頭に挙げた省エネ、創エネ、蓄エネの主要 3 課題と、それらを統合した最適エネルギーシステムの重要性が高まってきた。エレクトロニクスの主体が IT 応用から、パワー応用に大きく転換してきており、今まさにパラダイムの変換点を迎えているといえる。以下、主要 3 課題と統合システムにつき論じる。

(1) 省エネルギー技術

省エネルギー技術については、シリコン(Si)に代わる新材料を用いた、課題 51「パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス」の実現への期待が大きい。既に SiC を用いたダイオードや電界効果トランジスタ(FET)は動作確認のフェーズを終え実用化の段階に入っている。調査によれば 2020 年代に普及すると予測する回答が最も多くなった。しかしながら、比較的部品コストの影響が小さい大型システムへの導入はより早まる可能性が高く、基板の低価格化と欠陥密度の低減が図れれば一気に Si からの置き換えが進むと予想される。GaN の FET も精力的に開発が進められており、SiC と同時期の実用化が考えられる。高電圧帯では SiC、比較的電圧で高速動作を必要とされるニーズに対しては GaN といった棲み分けができるであろう。当然ながら、Si の需要がなくなることはなく、大電力を必要としないシステムにおいては省エネルギー効果も少ないため、低コストな Si デバイスが対応することになる。

(2) 創エネルギー技術

創エネルギー技術については、再生可能エネルギー(課題 44「エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池」の太陽光、課題 47「熱エネルギーを活用して半永久的に動作する LSI」の熱、課題 46「振動からのエネルギー(100mW)をもらい、半永久的に動作する LSI」の振動)からの電力変換技術についての調査を行った。いずれの技術も高い重要度を指摘されたが、一方では熱や振動からの発電の重要性は低いという意見も少なからず得られた。今回の調査では、LSI への熱・振動による電力供給という観点からの設問であったため意見が分かれたものと考えられる。

高効率太陽電池(課題 44「エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池」)への期待は非常に高く、60%以上の効率を望む意見も多いが、技術的な見通しはなく、今後の科学的探索の成果を期待したい。おそらく、新材料を用いたセル技術だけでなく、システムを包含した複合技術で実現されることになるであろう。熱発電(課題 47「熱エネルギーを活用して半永久的に動作する LSI」)については、現状実用に資する熱電変換デバイスがないため、新材料や新現象の発見を待たざるを得ない。振動発電(課題 46「振動からのエネルギー(100mW)をもらい、半永久的に動作する LSI」)については MEMS による可能性の提示がなされている。2020 年代内に一部アプリケーション向けに実用化に達するのではないかと推測される。

(3) 蓄エネルギー技術

Li イオン電池、燃料電池等二次電池に代表される蓄エネルギー技術については、家庭や自動車の電化、ハ

イブリッド化に必須なものであり、継続的な大容量化、高出力化が望まれる。この区分において、我が国は先行的な製品展開を推進しており、追従を許さない技術レベルを維持しなければならない。ガソリン車並みの航続距離を実現することが当面の技術開発の目標になる。

上述した再生可能エネルギー利用発電や二次電池を導入した場合、電力の安定供給と高効率利用のためスマートグリッド(課題 52「電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術」)が必須であり、その重要性はきわめて高い。調査によれば 2019 年頃の実用化という結果であるが、すでに国内外で実証実験が始まっており、世界的な有力企業が精力的に取り組み始めている。実用化は極めて近い。

上記のほか、新エネルギー分野の技術課題として、高効率の電磁誘導や、新たに磁気共鳴を利用したワイヤレス給電も登場した。過去の技術を含むが、周辺技術が向上し、電気自動車の給電システム等、環境に配慮した技術として、産学官の中で注目されている。

エネルギー分野の技術の大部分は社会インフラに直結するため、企業による個別対応ではその進展に限界がある。政府によるリーダーシップの下、標準化の推進、インフラ投資、技術開発投資の強化が必要である。現政権が主張する、グリーンイノベーションによる新たな経済成長を実現するためにも、国家を挙げての取り組みの促進を期待する。

(尾内 享裕、松本 充司)

1. 1. 6. デバイス

シリコンデバイスの微細化技術の進歩が高度情報化社会を生み出したと言っても過言ではない。現在量産されている先端 45nm シリコン技術を用いて 1 チップでギガスケールのメモリが実現されているし、既に開発が終わっている 32nm 技術を用いた数 GHz のプロセッサも世の中に出回るのは時間の問題と言える。しかし近年の製造コストの上昇や、微細化に伴って増大している製造ばらつき等のために、更なる微細化を推進することは困難になってきている。一方、より高速・高密度、より低電圧で正確に動作するデバイスへの要求は留まる事を知らない。産業界の直面する問題と世の中の要求との乖離を打開し、持続的な発展を実現していくために、これまでのシリコン技術の延長線上の開発から、新しい材料を用いたデバイスの開発への移行が必至となっている。ここでは、自己組織化が可能なカーボンナノチューブ(CNT)やナノ粒子デバイスなどに新しい可能性を開く材料として注目されている。更に磁性体のスピンを量子コンピューティングへの応用などにも期待が高まっている。半導体ポリマーが発見されて以来、シリコンに代わる材料として、フレキシブルな特性を生かした有機デバイスが開発され、既に新聞のような大面積ディスプレイの開発が進み、情報を随時取り込めるロール型電子新聞として実用化されて始めている。

デバイスに新材料を用いることには3つの期待が託されている: 1. 極低電圧動作、2. 自己組織化による原子レベルの制御、3. 原子レベルを利用した情報の大集積化。つまり限界が見えてきているこれまでの開発のトレンドから、究極のデバイスとしての 1 原子、1 分子デバイスへの開発へと切り替えることによって更なる進化を牽引しようとしている。このような背景の中で、将来優先的に取り組む課題として、単一スピン/単一光子制御、1 原子/1 分子を 1 ビットとして利用する技術などを取り上げた。また技術的に応用への展開が見えてきているCNTやナノ粒子をデバイスとしての応用、生体融合を目指した 10mV オーダーで動作する有機デバイスやDNAデバイスも重要課題として掲げた。

地球温暖化などから、これまでの発展を続けることは地球のみならず人類の破滅を意味することを我々は学習した。これを乗り越えて更に打開策を見出していくために、デバイスレベルの革新に大きな期待が寄せられている。ここでトップダウンとして原子レベルの制御という究極技術の開発を目指すと同時に、これまで培われてきたナノメートルレベルの制御を利用した、ボトムアップとしてのデバイス開発の可能性を追求するという2つの研究方向が将来において大きな牽引力になると考えられている。ナノテクノロジー推進の原動力となったCNTは、既に配線や発光デバイスとして利用する研究が進められている。更に現在主役を担っているシリコン MOSFET

に代わるデバイスとしての開発も進んでいる。これを更に推し進めて、CNTなどの新しいデバイスを実際にシステムに応用していくことが非常に重要となる。スピントランジスタを用いた究極のメモリの実現にも、更なる高信頼な微細加工技術の確立が求められている。

このような開発方向の先には、生体への融合への期待も潜んでいる。これには極微小電圧動作が鍵を握っており、この実現には、現在の目標である0.5V動作のデバイスから0.1Vをはるかに超えた10mVレベルの動作実現が必至となる。また、生体情報の解読と合わせた研究も進んでいる。これらの技術を推進していくことによって、失われた生体機能をより自然な形で回復させることも可能になるし、増大する情報の管理の可能性が開けてくる。今後近い将来にはそれぞれの要素技術の開発が進み、これを統合したシステムレベルの実用化が見え始めてくると考えられる。

今回の調査を通して、このような新材料を用いたデバイスの実現が世界的に重要という認識は広くもたれていることが明らかになった。またこれを実現する時期についてはスペクトルが広く、少なくとも20年の歳月を要するという大方の調査結果になっている。新材料の応用に向けた1原子/1分子や単一スピンの制御といった究極の単位を用いることへの懐疑心は強く、この時代に突入するまでに、むしろ生体レベルの電圧を制御する必要性への認識が強いことが明らかになった。実現不可能と考える背景には、これまでの単電子トランジスタ実現の難しさが影響していると考えられる。単に技術の精査では解決できない、電子の存在そのものの不確実性からくる限界という認識があることと思える。より実現可能な技術としては、ボトムアップからくる、これまでにある程度可能性が見えてきているナノテクノロジー関連の新材料という調査結果になっている。

いずれにしても、我々は技術的に非常に大きなブレイクスルーを必要とする開発を迫られており、この実現には大学が大きな役割を果たすと考えられている傾向が強い。つまり大学を中心とした長期的な基礎研究を軸に技術のパラダイムシフトを果たしていくことがより現実的と考えられている。それは、たとえば、生体メカニズムとエレクトロニクスとを融合することによる新機能創生には、異分野との融合が不可欠で、そういう意味から分野間に垣根が比較的低い大学に大きな期待が寄せられているとも考えられる。

(三浦 道子)

1. 1. 7. メカトロニクス

(1) ロボット関連技術

ロボットへの応用に関しては、従来用いられてきた産業分野に加え、一般家庭における介護や家事等の支援を行う生活支援分野に応用しようという動きがあり、これに合わせて、経産省では安全ガイドラインや、安全技術、国際標準への活動が活発になっている。

研究プラットフォームとしては、米国 Willow Garage 社のようなオープン化による技術開発が話題となっている。また原理的には実現できていると言えるが、複雑な実環境への適用を目指すという意味で、ネットワーク経由の分散制御技術、対人作業のためのコンプライアンス制御技術とソフトアクチュエータ技術、作業環境の多様化のための環境認識技術がキーテクノロジーになると思われる。

さらに、目的に応じて最適なシステムを構成するためのシステムインテグレーション技術も重要になってくると考えられる。今後、標準化の議論が進むと思われるが、ロボット応用としてはRT(Robot Technology)としての技術とそのシステムを考えて行かないと市場には結びつかないであろう。

研究開発としては実証実験型のものが増えて一方、実世界理解や人間理解のためのサイエンスとしてのロボット研究も盛んになると思われる。なお、生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律ロボットとしては、3D計測による環境認識と作業スキルが重要だが、適用可能な作業はある程度限られており、スキルの部分はモデルベース行動制御技術と人間介在型制御技術、スキルのロボットへの実装方法の研究、画像処理、距離センサーなどセンサー融合型運動制御技術及びエネルギー源等が主要な研究テーマとして上がってくると思われる。

(折原 良平)

(2) 自動車のエレクトロニクス技術(ハイブリッド技術・ITS技術)

自動車においてエレクトロニクス技術が果たす役割は大きく分けて次の3点である。1)さまざまに変化する環境の中で、最適な車両性能が発揮できるように高精度な制御を行なう。2)人の知覚能力・運転能力を補い、より高度で楽しい運転を実現する。3)機械系だけではなしえない新しいシステムを実現する。本項では以上の分類に基づき車のエレクトロニクス技術について取り扱う。

2-1)さまざまに変化する環境の中で、最適な車両性能が発揮できるように高精度な制御を行う

この分野での最重要課題は、今後の地球環境の中で持続的に車を使用していくことができるように環境やエネルギーに配慮した車を開発することである。従来から、エンジン制御の分野において、車の基本性能向上・環境対応のためエレクトロニクス技術を用いて化石燃料を用いた内燃機関の原動機に対して高精度な制御を行なってきた。近年、ハイブリッド技術によって内燃機関の原動機に電気モータを加えたシステムが導入され、CO₂の低減、性能向上が進んでいる。今後、地域や使われ方、使用できるエネルギーの種類、充電インフラの整備状況等との組み合わせにより、ハイブリッド自動車、電気自動車など、対応できる車のシステムが異なり多様化することが考えられる。これらのシステムを実現するには、高性能・軽量・小型なモータの開発、高耐熱・高速スイッチング・低価格のパワーデバイスを用いたインバータの開発、そしてそれらを駆動する、出力密度が高く、小型・軽量の二次電池の開発が不可欠である。特に、長い航続距離の走行が確保できる高容量・高出力密度の二次電池の開発が一番の鍵となっている。また、これらのシステムを実現するため現在ではレアメタル等地球資源の限られた材料を使っている部分もあり、代替材料の開発やこれらを用いなくても実現できる部品やシステムの開発も必要とされている。

2-2)人の知覚能力・運転能力を補い、より高度で楽しい運転を実現する

地球環境対応と共に車にとって重要な項目として交通事故を無くすための安全技術の開発があげられる。交通事故を無くすには車自身の安全性を高めることがもちろん重要だが、これらだけでは事故を無くすことは不可能であり、車と人とインフラの三位一体となった取り組みが必要である。車自身の取り組みとしては、万が一衝突してもその被害を低減できるような車体構造の工夫やエアバッグシステム、また、ミリ波レーダー等を用いて衝突をできる限り早く検知し、衝突する直前から衝突被害を低減するシステム等が採用されている。また、衝突しかけたときに回避できるシステムとしてアンチロック・ブレーキシステム(ABS)や横滑り防止システムの搭載も拡大している。さらに考え方を進めて、衝突の危険性を減らすため危険な状態に近づけない取り組みとして、走行環境情報を入手し注意喚起を行なうシステムや、最適車間距離制御を行なうシステムも開発されている。また、交通事故ゼロのためには危険を予知し、予防するインフラ基盤の整備も必要で、人と車の分離、交通流を整えるといった道路側での対応とともに、高度道路交通システム(ITS: Intelligent Transportation Systems)技術を用いて車車協調・歩車協調・路車協調といったインフラ情報と協調したシステムの開発も行われている。ITS技術に必要なものは主として情報通信や画像処理をベースとした技術であり、途絶のないネットワークの構築や通信速度の高速化、また、それらを車・人・インフラに提供できるサービスとの連携が必要となってくる。自動運転も安全のためのひとつの技術ではあるが、上記インフラ基盤が整わないと真の安全技術には成りえない。一方、車が高度化するにつれてシステムが複雑になるため車自身の故障に対しての診断技術や修復技術が重要となってくる。また、人に関しては、安全意識向上の啓蒙活動を行うことによって過信の撲滅や交通ルールの遵守を行うことが不可欠であるとともに、今後の高齢化社会に向けてドライバーの認知・判断能力を補うためのシステムの導入も安全な交通環境のために必要性が増し、ドライバーの状態をモニター・検知し、安全な運転のサポートする機能も求められている。

2-3)機械系だけではなしえない新しいシステムを実現する

情報通信をベースとしたエレクトロニクス技術の導入により多くの情報交換が車の中にいて可能となった。ラジオ・TVといった放送の受信は昔から利用されており、近年はナビゲーションシステムや VICS、ETC、テレマティクスシステム等が導入され拡大されつつある。今後、通信速度が 100Mbps 程度まで高速化されるとさらに多くの動画も含めた情報をリアルタイムに双方向に授受することができ、画像処理技術の向上と合わせて応用の範囲が広がってくる。前項の安全分野への応用や人の生活を豊かにするためのマルチメディア分野への発展、さらには社会全体の低炭素化のために、エネルギー源として電気自動車も利用するスマートグリッドのような構想への発展も考えられている。

以上のように車におけるエレクトロニクス技術は今後の車の性能・商品性向上に対して重要な役割を持っているが、これらを実現する共通要素として以下の項目が挙げられる。

1. 信頼性・冗長性の高い要素部品の開発。
2. 軽量化・小型化・低価格化のニーズへの対応技術。
3. 新興国を中心としたグローバルな自動車生産工場へのエレクトロニクス部品の安定的・持続的供給体制の確保。
4. 高度・複雑化するシステムに対して高い信頼性が確保できるための、特にソフトウェアやネットワークのプラットフォーム化・標準化や、故障を予知し事故を回避できるシステムの構築。

自動車産業の歴史の中で、今後原動機や ITS 分野を中心として車が大きく変革する時代を迎えようとしており、日本が世界をリードしていくためにはこれらの技術を高いレベルで持続的に開発し続けていくことが必要である。

(加藤 喜昭)

(3) 将来のエレクトロニクス

エレクトロニクスの将来として、集積度と速度の向上を目指す従来からの方向とは別に、情報処理以外の異機能を集積する方向が指向されるようになった。異機能としては、通信、光、センサー、MEMS・NEMS、バイオ化学などが挙げられる。これを扱うためには、シリコン以外の材料を取り入れることが必要な場合もあり、集積化技術も大きな変更が必要となる。現状では、通信機能や MEMS 技術に基づくモーションセンサーの集積化が実現している。さらに光学機能の集積化も、化合物半導体のシリコン基板上への接合による集積化が実用化レベルで進んでいるほか、シリコンフォトニクス技術が活発に研究されている。研究レベルでは、バイオ化学センサーやマイクロ化学システムの集積化も可能となっている。これらの実現のため、集積化技術は基板レベルの接合、分子機能利用のための選択的表面修飾、単一分子レベルの電気・機械的接続技術、自己組織化の利用など、広義の実装技術やバイオアッセイを含む技術に拡張されるであろう。課題 67「生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ」への回答に見られるように、これらは実現まで長い歳月を要する極めて挑戦的な課題を含んでおり、大学を中心とした研究が中心となって進むと考えられる。

(藤田 博之)

1. 2. アンケート調査の回収状況

No.1 分科会「ユビキタス社会に、電子・通信・テクノロジーを生かす」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下のようになっている。

表 1.2-1 No.1 分科会のアンケート回収状況及び内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
291 人	240 人	82%	240 人	205 人	85%

性別	男	199 人	職業	会社員	77 人	専門度の平均	高	10.1%
	女	6 人		大学等教職員	107 人		中	28.1%
無回答	なし		研究機関職員*	14 人	低	61.8%		
	年代	20 代	1 人	団体職員	1 人			
30 代		11 人	その他	6 人				
40 代	45 人	無回答	なし					
50 代	90 人	職種	研究開発従事	172 人				
	60 代		49 人	上記以外	32 人			
70 代以上	9 人	無回答	1 人					
無回答	なし	合計	205 人					

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

1. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、ユビキタス社会に、電子・通信・テクノロジーを生かすための要件等について議論し、これに基づいて以下の課題の区分を設定した。

表 1.3-1 課題の区分

A	コンピューティング、システム系 高品質なコンピューティングを実現するシステム技術：半導体の集積度向上と高速化、システム構築技術、アプリケーション・ソフトウェア技術、及び、これらの技術の協調・統合
B	通信 幹線系通信技術、アクセス系通信技術、センサネットワーク応用技術、地球環境配慮型ネットワーク技術
C	I/O(家電を含む) ディスプレイ(分子・有機エレクトロニクス)、ヒューマンインタフェース(非接触型、体内埋め込み型)、ブレイン・マシン・インタフェース、ヒューマンサポート(運動・筋力支援、知能支援)、センサー計測(環境、物体、臭い)、センサネットワーク、建築(光・電磁波・音響空間の制御)、キャッシュレス社会
D	エネルギー 省エネルギー対策、エネルギーの長寿命化、新エネルギー、電子機器の発電、送電、給電、充電、ハイブリッド
E	デバイス シリコン微細化技術・加工技術、メモリの極限、多様なエネルギーの利用、フレキシブルディスプレイ、光センシング、量子暗号通信、汎用量子コンピューティング、スピン、CNT、生体埋込チップ、生体埋込デバイスの低電圧動作、生体機能を利用したエレクトロニクス、フォトニック結晶、五感通信、ポストCMOS、バイオチップ
F	メカトロニクス カーエレクトロニクス(動力制御、運転補助、ITS 関連技術、セーフティ技術など)、ナノエレクトロニクス(バイオコンピュータ)、マイクロマシン、ナノマシン、バイオ・ナノ融合メカトロニクス、ロボット技術

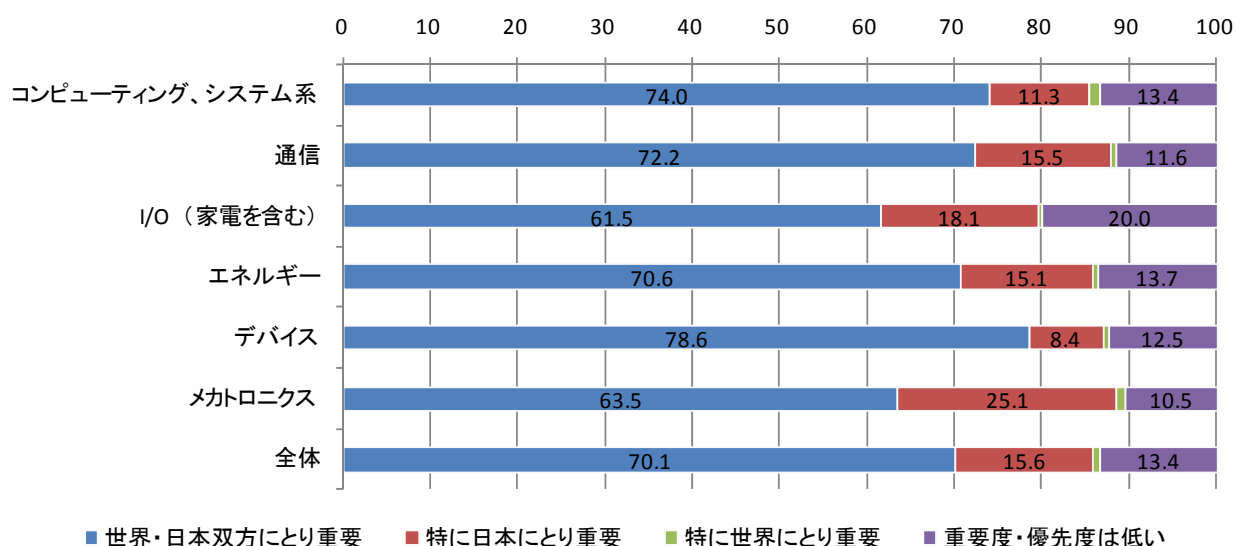
1. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

1. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題全体では、「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題(70.1%)が最も多く、次いで「特に日本にとり重要」と評価された課題(15.6%)が続く。

図 1.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、世界・日本双方にとり重要な課題が含まれる区分としては、「デバイス」(78.6%)が最も多く、次いで「コンピューティング、システム系」(74.0%)、「通信」(72.2%)が続いている。特に日本にとり重要な課題が含まれる区分は「メカトロニクス」(25.1%)である。特に世界にとり重要な課題については、どの区分においても割合は非常に低かった。一方で、重要度・優先度が低いと評価された課題が比較的多く含まれた区分は、「I/O (家電を含む)」(20.0%)であった。

(2) 重要課題(重要度・優先度が高い課題)

課題の優先度・重要度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「とくに日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計割合の高い上位20位以内の課題は次のとおりである。「エネルギー」関連が5課題、「メカトロニクス」、「通信」、「コンピューティング、システム系」関連がそれぞれ4課題含まれている。

表 1.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
51	パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス	100.0	2019	2026	エネルギー
52	電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術	100.0	2019	2026	エネルギー
70	ドライバーのヒューマンエラーを検出し適切に対応する安全な移動システム	99.2	2019	2028	メカトロニクス
27	ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術	98.6	2016	2020	通信
66	生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット	98.4	2020	2029	メカトロニクス

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
43	一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約3倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	98.3	2018	2025	エネルギー
38	人の日常の運動能力を退化させることなく、かつ必要時に運動能力をアシストできるアクチュエータ技術(高齢者のQOL改善)	98.2	2017	2023	I/O(家電を含む)
18	ナノフォトニック技術などにより、消費電力が1/1000に低減されたネットワークノード	97.5	2020	2027	通信
62	車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故を確実に防止できるシステム(車両、インフラ両方含めて)	97.1	2018	2026	メカトロニクス
65	一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等)	96.5	2018	2026	メカトロニクス
28	盗聴・傍受の自動検出、電波干渉による妨害の回避などによりセキュリティが担保され、安心して使える無線通信	96.3	2017	2023	通信
1	半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システムLSI	96.0	2017	2020	コンピューティング、システム系
17	1Tbps超の大容量通信技術	96.0	2017	2022	通信
42	オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な100万円以下の約90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術	95.8	2019	2026	エネルギー
8	いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境	95.3	2016	2020	コンピューティング、システム系
44	エネルギー変換効率60%以上の太陽電池	95.3	2023	2030	エネルギー
13	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号	95.2	2020	2030	コンピューティング、システム系
35	外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり、あるいは血管の中を移動できるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術	95.1	2021	2030	I/O(家電を含む)
2	無人で無停止でシステム内部や外部の動作状況と環境状態に動的に適応し、所望のサービスを高信頼に提供できるネットワークシステム	95.0	2017	2023	コンピューティング、システム系
34	人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ	94.8	2020	2028	I/O(家電を含む)

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位10位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「コンピューティング、システム系」関連が4課題、「通信」関連、「エネルギー」関連がそれぞれ3課題となっている。技術的実現時期は2016年から2020年の間にある課題が多い。

表 1.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
13	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号	92.0	2020	2030	コンピューティング、システム系
17	1Tbps超の大容量通信技術	90.6	2017	2022	通信
28	盗聴・傍受の自動検出、電波干渉による妨害の回避などによりセキュリティが担保され、安心して使える無線通信	88.1	2017	2023	通信

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
3	実行環境(OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等)に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術	87.7	2017	2020	コンピューティング、システム系
51	パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス	87.3	2019	2026	エネルギー
9	高度情報化社会において飛躍的に増大するクライアントからのリクエストサービスを、低消費電力かつ高スループット(電力当りのスピード比で 100 倍)で提供可能な広域分散処理・仮想化技術	87.1	2017	2023	コンピューティング、システム系
44	エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池	86.6	2023	2030	エネルギー
18	ナノフォトニック技術などにより、消費電力が 1/1000 に低減されたネットワークノード	86.1	2020	2027	通信
8	いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境	86.0	2016	2020	コンピューティング、システム系
43	一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	85.7	2018	2025	エネルギー

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 1.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
69	生活空間のセンサー情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット(高齢者の QOL 改善)	50.4	2020	2028	メカトロニクス
65	一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等)	48.3	2018	2026	メカトロニクス
38	人の日常の運動能力を退化させることなく、かつ必要時に運動能力をアシストできるアクチュエータ技術(高齢者の QOL 改善)	37.8	2017	2023	I/O(家電を含む)
33	所有者の声を認識し、体験(位置、時間、動作、外界の情景・音等の状況)を記憶し、同一状況であるとの状況認識技術により、必要な時に音声メモを再生することによって記憶を呼び覚ますポータブルアシストデバイス(高齢者の QOL 改善)	36.3	2017	2024	I/O(家電を含む)
26	地域住民通信ネットワークによる、画像センサー(カメラ)からの地域映像情報を使った、弱者(高齢者、子供、女性)の見守り支援、不審者の発見などの住民サービス	35.7	2013	2019	通信
66	生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット	33.6	2020	2029	メカトロニクス
31	多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	31.4	2015	2021	通信

(5) 特に世界にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に世界にとり重要」の回答比率の高い(30%以上)課題はなかった。

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30% 未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

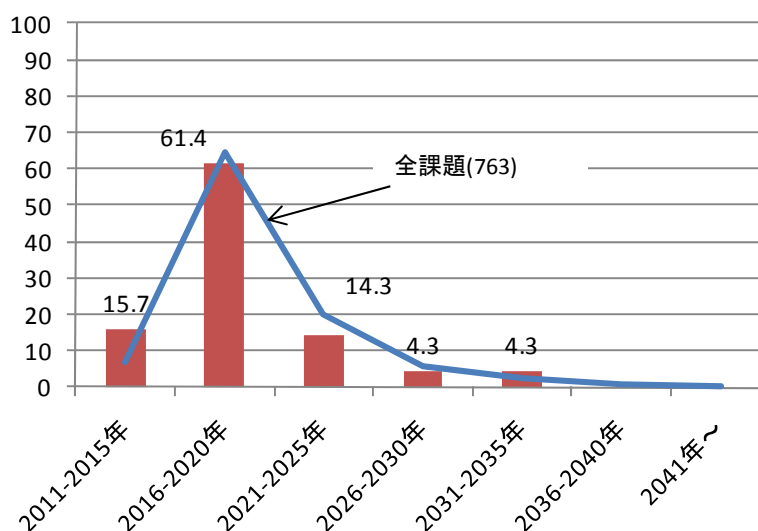
表 1.4-4 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
37	商品評価時にモニターの本音を簡易に計測できる非侵襲軽量の脳活動計測装置	58.1	2019	2030	I/O(家電を含む)
40	センシングに基づいて、匂いや味を再現できるディスプレイ	57.1	2020	2028	I/O(家電を含む)
10	購入者が価格上昇を直観的に納得できる信頼性指標で情報家電システムを評価する技術	54.5	2016	2021	コンピューティング、システム系
45	大部分のモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等)の電源が燃料電池に置き換わる	37.7	2019	2027	エネルギー
16	日常生活における健康維持と増進(カロリー計算、運動強度等)をソフトウェアで支援するユビキタスコンピューティング技術	32.1	2013	2018	コンピューティング、システム系

1. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。全課題の技術的実現予測時期の分布と本分科会の課題の技術的実現予測時期の分布を比較すると、2016～2020 年にピークがあるのは同様の傾向であるが、本分科会では実現時期が早く予測されている課題がやや多い傾向にある。

図 1.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位: %)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「デバイス」の区分では、他の区分に比べ技術的実現予測時期が遅い課題がやや多くなっている。

表 1.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
コンピューティング、システム系		2	10	3		1
通信		7	8			
I/O(家電を含む)		2	6	2		
エネルギー			10	1		
デバイス			1	2	2	2
メカトロニクス			8	2	1	

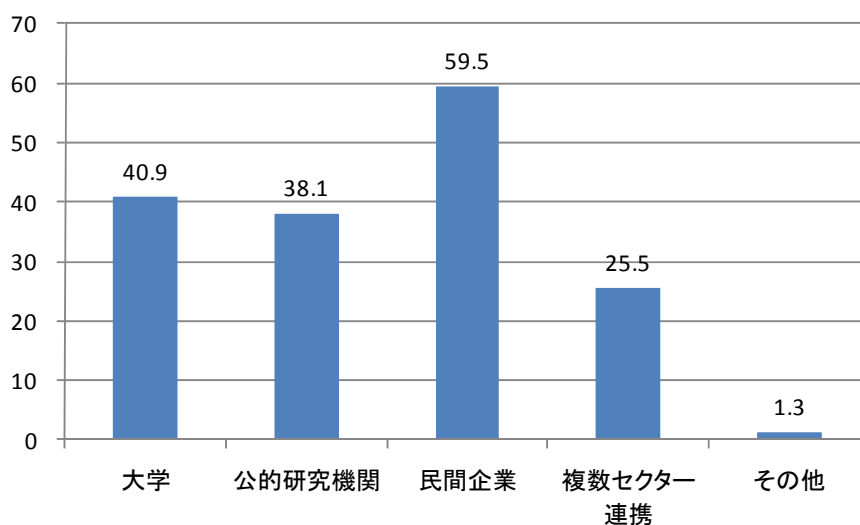
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、いずれも回答の比率の高い(30%以上)課題はなかった。

1. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「民間企業(NPOを含む)」をあげる割合が6割近くを占めている。

図 1.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「デバイス」では「大学」をあげる割合が高く、他の区分の傾向とは異なっている。

表 1.4-6 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
コンピューティング、システム系	33.1	35.1	59.6	25.8	1.8
通信	27.5	40.4	69.2	29.6	1.8
I/O(家電を含む)	51.7	36.2	53.3	19.5	1.3
エネルギー	34.5	33.2	70.3	28.5	0.8
デバイス	79.4	43.7	25.9	19.7	0.8
メカトロニクス	43.0	42.7	62.3	25.9	0.9

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-7 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
55	超低電圧(10mV オーダー)で動作し、人体にも優しい高信頼性のバイオ融合有機デバイス・DNAデバイス	85.2	2028	2037	デバイス
59	単細胞や単一分子レベルの生命メカニズムとエレクトロニクスを融合した新機能技術	81.8	2033	2041-	デバイス
57	セキュリティ向上に向けた量子暗号通信のために On-demand で単一光子を発生できる新デバイス	81.0	2022	2033	デバイス
68	自己組織化で作製されたナノ機械システム	80.2	2030	2038	メカトロニクス
67	生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ	80.0	2025	2035	メカトロニクス

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-8 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
69	生活空間のセンサー情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット	58.8	2020	2028	メカトロニクス
13	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号	56.3	2020	2030	コンピューティング、システム系
68	自己組織化で作製されたナノ機械システム	55.6	2030	2038	メカトロニクス
4	高度情報化社会が必要とする、今の 100000 倍の計算能力を実現するスーパーコンピューティング技術	54.7	2024	2030	コンピューティング、システム系
19	100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信の実現(実用化)	54.2	2020	2028	通信

○民間企業(NPO を含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-9 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
6	1 週間以上無充電で動作可能な携帯 PC	91.1	2018	2023	コンピューティング、システム系
20	家庭向け 10Gbps 光加入者系システム	87.6	2015	2020	通信
43	一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km) が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	87.3	2018	2025	エネルギー
64	自動車内に各種センサーが配備され、故障を予知し、事故を回避するシステム	85.9	2016	2024	メカトロニクス
32	新聞紙を代替できるような柔軟性(薄く柔らかい)をもつポータブルな電子ディスプレイ	85.4	2015	2020	I/O(家電を含む)

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-10 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
52	電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術	52.4	2019	2026	エネルギー
27	ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術	49.0	2016	2020	通信
4	高度情報化社会が必要とする、今の 100000 倍の計算能力を実現するスーパーコンピューティング技術	45.3	2024	2030	コンピューティング、システム系
26	地域住民通信ネットワークによる、画像センサー(カメラ)からの地域映像情報を使った、弱者(高齢者、子供、女性)の見守り支援、不審者の発見などの住民サービス	44.9	2013	2019	通信
50	高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術	43.0	2019	2027	エネルギー

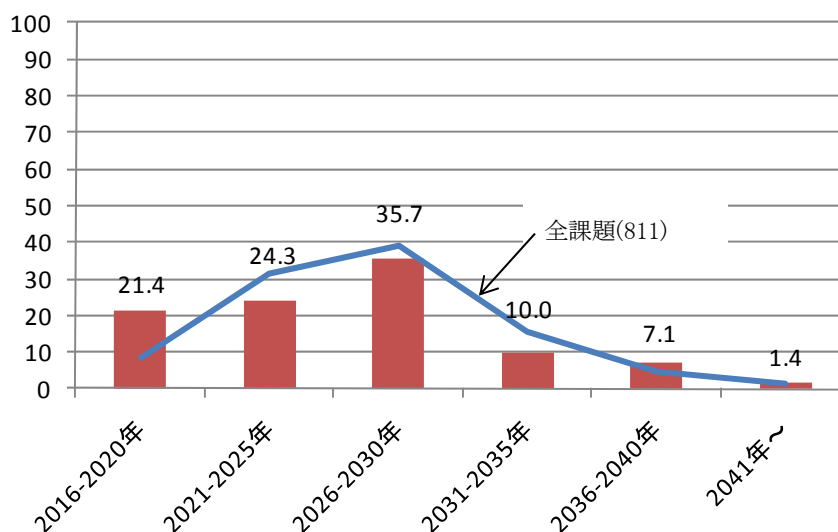
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(30%以上)課題はなかった。

1. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現時期は 2016 年から 2030 年にかけてなだらかなピークがみられる。全課題の傾向と比べると 2016 年-2020 年を実現時期とする課題が多い。

図 1.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「デバイス」の区分では、他の区分に比べ社会的実現予測時期が遅い課題が比較的多くなっている。

表 1.4-11 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041～
コンピューティング、システム系		5	5	3	2	1	
通信		8	5	2			
I/O(家電を含む)		2	3	4	1		
エネルギー			3	8			
デバイス				1	2	3	1
メカトロニクス			1	7	2	1	

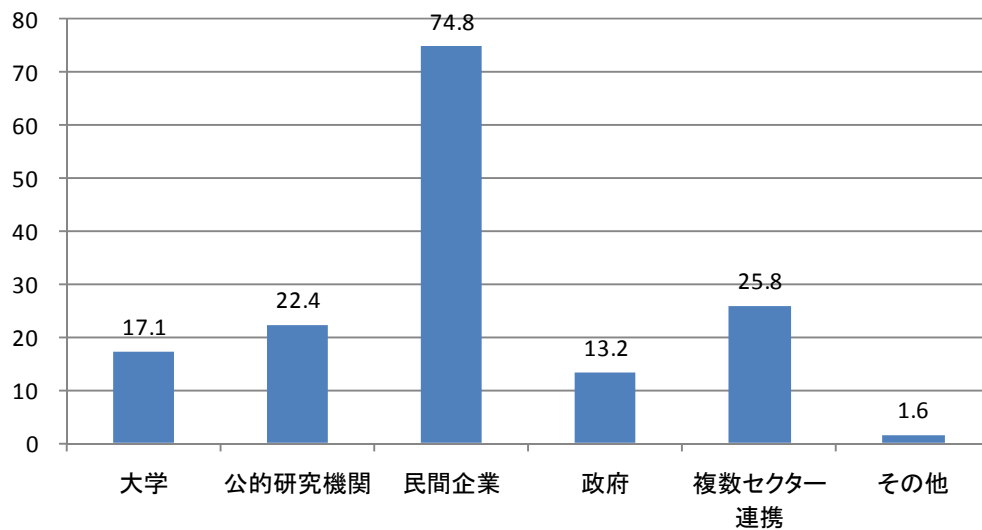
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが回答の比率の高い(30%以上)課題はなかった。

1. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「民間企業(NPOを含む)」をあげる割合が7割以上を占めている。

図 1.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「デバイス」の区分では「民間」が上位にある点では同じであるがその率は他に較べて低く、代わりに「大学」をあげる割合が相対的に高くなっている。

表 1.4-12 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
コンピューティング、システム系	13.9	22.3	73.5	11.0	22.9	3.0
通信	8.7	20.4	79.1	17.1	27.5	1.6
I/O(家電を含む)	21.4	23.6	74.6	8.5	20.9	0.6
エネルギー	14.2	17.8	76.8	17.9	27.5	0.8
デバイス	39.7	29.1	64.0	4.7	28.0	1.5
メカトロニクス	18.1	24.3	75.6	16.0	29.1	1.1

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-13 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実 現時期(年)	区分
59	単細胞や単一分子レベルの生命メカニズムとエレクトロニクスを融合した新機能技術	51.7	2033	2041-	デバイス
55	超低電圧(10mV オーダー)で動作し、人体にも優しい高信頼性のバイオ融合有機デバイス・DNAデバイス	46.6	2028	2037	デバイス
67	生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ	45.7	2025	2035	メカトロニクス
36	人の脳や神経と直接信号をやりとりするブレイン・マシン・インターフェース	43.5	2023	2034	I/O(家電を含む)
68	自己組織化で作製されたナノ機械システム	42.9	2030	2038	メカトロニクス

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-14 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実 現時期(年)	区分
12	様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング	43.1	2032	2038	コンピューティング、システム系
13	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号	40.3	2020	2030	コンピューティング、システム系
57	セキュリティ向上に向けた量子暗号通信のために On-demand で単一光子を発生できる新デバイス	39.7	2022	2033	デバイス
67	生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ	38.3	2025	2035	メカトロニクス
68	自己組織化で作製されたナノ機械システム	37.7	2030	2038	メカトロニクス

○民間企業(NPO を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-15 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実 現時期(年)	区分
32	新聞紙を代替できるような柔軟性(薄く柔らかい)をもつポータブルな電子ディスプレイ	95.0	2015	2020	I/O(家電を含む)
6	1週間以上無充電で動作可能な携帯 PC	95.0	2018	2023	コンピューティング、システム系
20	家庭向け 10Gbps 光加入者系システム	90.9	2015	2020	通信
1	半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システム LSI	90.2	2017	2020	コンピューティング、システム系
3	実行環境(OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等)に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術	89.9	2017	2020	コンピューティング、システム系

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-16 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実 現時期(年)	区分
26	地域住民通信ネットワークによる、画像センサー(カメラ)からの地域映像情報を使った、弱者(高齢者、子供、女性)の見守り支援、不審者の発見などの住民サービス	46.2	2013	2019	通信
52	電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術	41.1	2019	2026	エネルギー
50	高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術	36.8	2019	2027	エネルギー
49	パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術	35.6	2017	2023	エネルギー
27	ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術	31.9	2016	2020	通信

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 1.4-17 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実 現時期(年)	区分
52	電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術	50.0	2019	2026	エネルギー
50	高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術	43.0	2019	2027	エネルギー
49	パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術	42.4	2017	2023	エネルギー
27	ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術	40.3	2016	2020	通信
31	多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	39.3	2015	2021	通信

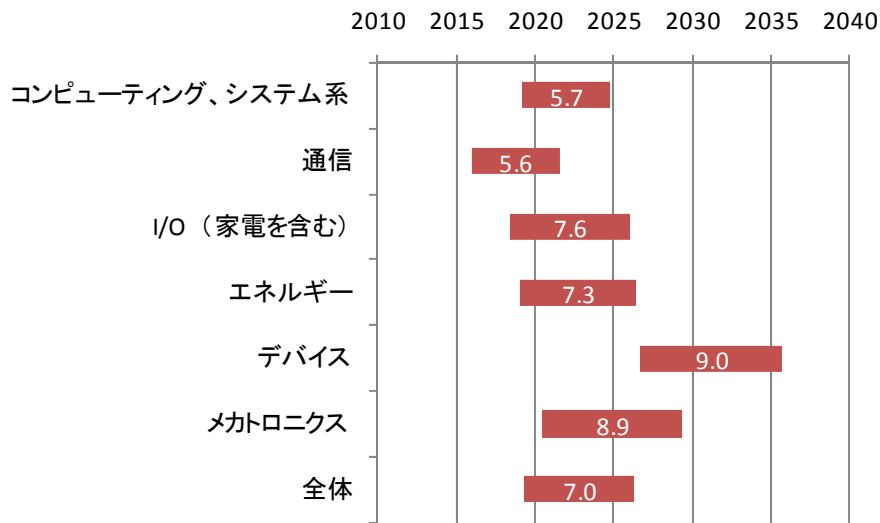
○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(回答比率 30%以上)課題はなかった。

1. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

本分科会の課題全体における技術的実現から社会的適用までの期間の平均は 7.0 年である。これを区分別にみると、「デバイス」の区分では 9.0 年と最も長く、「メカトロニクス」の区分が 8.9 年で続いている。逆に「通信」の区分では 5.6 年と最も短くなっている。

図 1.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題、期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 1.4-18 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
61	目的地を入力すると自動運転で到達できるシステム	2021	2035	14	メカトロニクス
36	人の脳や神経と直接信号をやりとりするブレイン・マシン・インターフェース	2023	2034	11	I/O(家電を含む)
37	商品評価時にモニターの本音を簡易に計測できる非侵襲軽量の脳活動計測装置	2019	2030	11	I/O(家電を含む)
57	セキュリティ向上に向けた量子暗号通信のために On-demand で単一光子を発生できる新デバイス	2022	2033	11	デバイス
13	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号	2020	2030	10	コンピューティング、システム系
54	トップダウン技術とボトムアップ技術の融合により分子、CNT、極微粒子などナノ機能要素を大規模システム化する技術	2024	2034	10	デバイス
67	生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ	2025	2035	10	メカトロニクス
8	いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境	2016	2020	4	コンピューティング、システム系
27	ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術	2016	2020	4	通信
30	コグニティブ通信により、メンバー同士を必要に応じて動的に接続するネットワークの構築・運用技術	2016	2020	4	通信
1	半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システム LSI	2017	2020	3	コンピューティング、システム系
3	実行環境(OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等)に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術	2017	2020	3	コンピューティング、システム系

1. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 1.4-19 新規に提案された課題

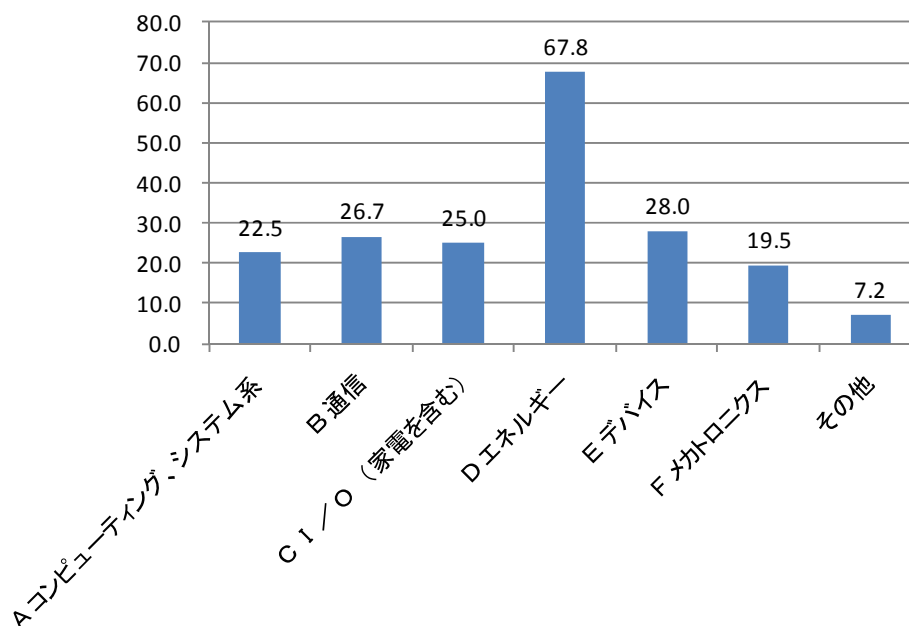
提案課題
1Mbps で 5000m まで通信可能な水中(海中)通信システム
光、風、小水力で次世代型路面電車システム(LRT:Light Rail Transit)を動かす
水素ガス内燃機関の開発
ホログラフィック TV の開発
画像処理技術を用いて視覚障害者の視覚を代用する技術
太陽光発電等を利用してエネルギー的に自立した人工島もしくはメガフロート
子供が安全にインターネットを利用できる情報通信・検索・提示技術
人口密度の低い地域に対する汎用的ネットワークインフラを実現する技術(Radio over Fiber(RoF)、Radio on Radio(RoR)等)
生物に代表される低エネルギー移動システム
種々の路面・走行状態に対して最少の走行エネルギーで走行し、かつ故障しても安全に継続走行可能な電気自動車
環境への負荷が少ない新規デバイス
光蓄電池
災害防止のためのセンシング、信号処理技術
情報処理・通信用固体光バッファメモリ
課題 69:「生活空間のセンサー情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット(高齢者の QoL 改善)」を建造物にあてはめるプロジェクト
ネットワーク上の色々な情報を集約して問題解決を行なうシステム
センサネットワークが相互に情報を交換して、広い地域の情報を集約する
自動車用情報プラットフォーム(自動車用 OS 含む)
ワイヤレス技術を用いた遠隔手術、治療
クリーンな電磁波環境を実現する無線マイクログリッド
量子コンピューティングデバイス
CMOS-MEMS デバイスの日常的利用
飼料、バイオ燃料(例 大豆)のようなものの工場生産
海浜と砂漠が続いている場所での発電と海水の電気分解による燃料電池用水素の安価な生産
安価な、消去困難な、ほぼ永久保存可能な記憶媒体の出現(現在の所ではセラミックスが最も保存には良いように思うが)と記録方法と日本文化の保存事業
MEMS(Micro Electromechanical System)に関する課題を入れるべきでは

1. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

1. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目は、区分 D「エネルギー」が 67.8%と群を抜いていた。F「メカトロニクス」を除いて、他の項目は 20%台の割合であった。

図 1.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=236 単位% 複数回答)



1. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

A. コンピューティング、システム系

「コンピューティング、システム系」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は、以下の表に示す通りである。

表 1.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=50>

課題	%
5 ゲート長 3nm のトランジスタ等を用いて、数千個オーダーのプロセッサコアを集積して、消費電力あたりの処理能力を現在より 3 桁以上向上させる技術	46.0
8 いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境	46.0
9 高度情報化社会において飛躍的に増大するクライアントからのリクエストサービスを、低消費電力かつ高スループット(電力当りのスピード比で 100 倍)で提供可能な広域分散処理・仮想化技術	42.0
3 実行環境(OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等)に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術	40.0
1 半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システム LSI	32.0

B. 通信

「通信」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は、以下の表に示す通りである。

表 1.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=63>

課題	%
17 1Tbps 超の大容量通信技術	42.9
25 多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク	41.3
23 多種多様な通信方式の差異を隠蔽し、利用者にアクセス方式を意識させないで利用可能なシームレス通信(家庭内で放送、通信、家電機器間のシームレスな情報流通や、屋外で車-車間、車-センター間の交通の情報流通が可能になる)	39.7
27 ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術	30.2
29 複数の無線システム(例えば、電話、LAN)を自動的に検出し、最適なネットワークを自動検出、利用する技術(コグニティブ無線技術)	30.2

C. I/O(家電を含む)

「I/O(家電を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は、以下の表に示す通りである。

表 1.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=56>

課題	%
36 人の脳や神経と直接信号をやりとりするブレイン・マシン・インターフェース	44.6
34 人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ	37.5
39 自己給電型(周囲環境のエネルギーを吸収し発電)無線通信センサー	33.9
35 外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり、あるいは血管の中を移動できるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術	32.1
32 新聞紙を代替できるような柔軟性(薄く柔らかい)をもつポータブルな電子ディスプレイ	32.1

D. エネルギー

「エネルギー」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 1.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=154>

課題	%
44 エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池	63.6
52 電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術	55.2
43 一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	51.3
42 オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術	45.5
51 パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス	35.7

E. デバイス

「デバイス」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 1.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=64>

課題	%
54 トップダウン技術とボトムアップ技術の融合により分子、CNT、極微粒子などナノ機能要素を大規模システム化する技術	54.7
55 超低電圧(10mV オーダー)で動作し、人体にも優しい高信頼性のバイオ融合有機デバイス・DNAデバイス	37.5
53 単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子	34.4
58 飛躍的に増大する情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ	32.8
59 単細胞や単一分子レベルの生命メカニズムとエレクトロニクスを融合した新機能技術	31.3

F. メカトロニクス

「メカトロニクス」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 1.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=45>

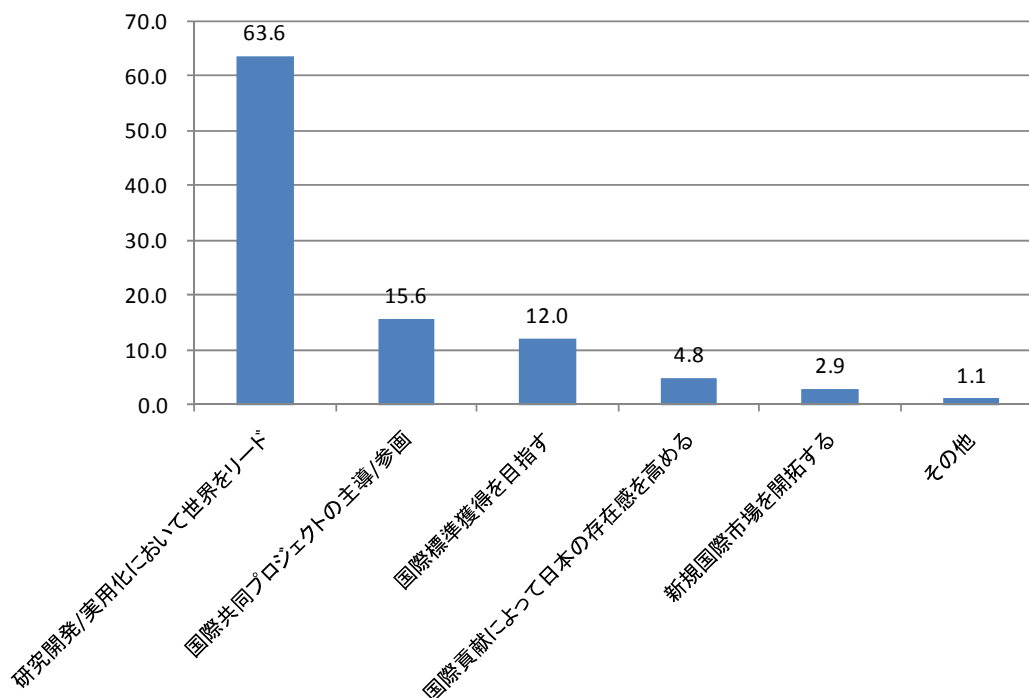
課題	%
65 一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等)	60.0
66 生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット	40.0
70 ドライバーのヒューマンエラーを検出し適切に対応する安全な移動システム	35.6
62 車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故を確実に防止できるシステム(車両、インフラ両方含めて)	33.3
64 自動車内に各種センサーが配備され、故障を予知し、事故を回避するシステム	31.1

1. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が全体で 63.6%と最も多く、2 位以下を大きく離している。

図 1.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(n=442、単位%、複数回答)



区分別にみても同様の傾向であるが、「B.通信」の区分では「国際標準獲得を目指す」もやや回答数が多くなっている。

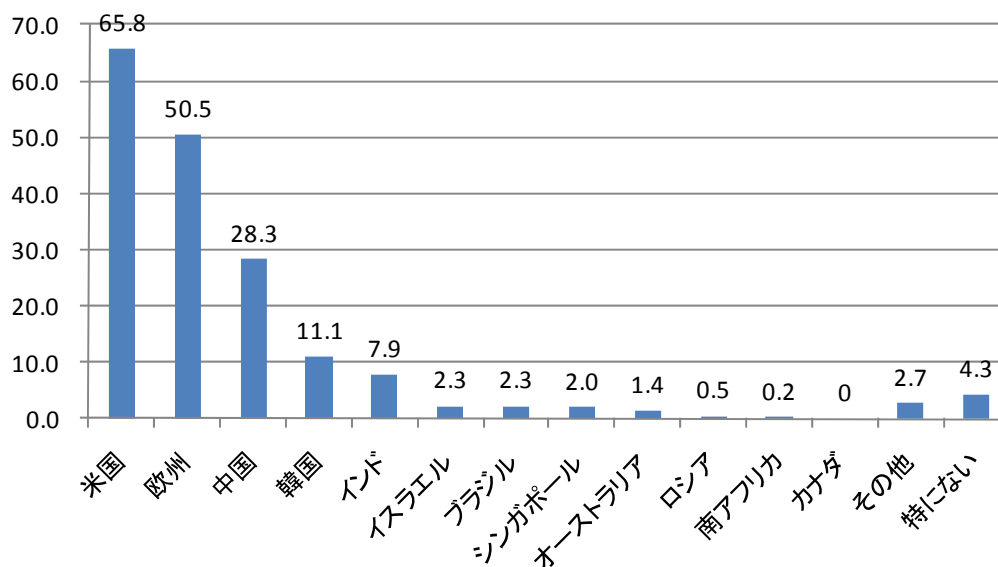
表 1.5-7 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発あるいは実用化において世界をリードする	国際共同プロジェクトに参画	国際共同プロジェクトを主導	国際標準獲得を目指す	国際貢献によって日本の存在感を高める	新規国際市場を開拓する	その他
A コンピューティング、システム系(51)	66.7	19.6	7.8	3.9	2.0		
B 通信(63)	44.4	15.9	31.7	4.8	3.2		
C I/O(家電を含む)(55)	74.5	9.1	9.1	1.8	5.5		
D エネルギー(154)	63.0	18.8	8.4	6.5	1.3	1.9	
E デバイス(61)	72.1	11.5	11.5	3.3	1.6		
F メカトロニクス(42)	71.4	7.1	9.5	2.4	9.5		

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を発展させる上で、関係を強化すべき国・地域としては、全体では、もっとも多いのが米国の65.8%であり、次いで欧州が50.5%となっている。欧米以外では中国が28.3%という結果で、注目されている様子が窺える。

図 1.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域(n=442、単位%、複数回答)



区分別では、「D.エネルギー」で中国の割合が高くなっているのが目につく。

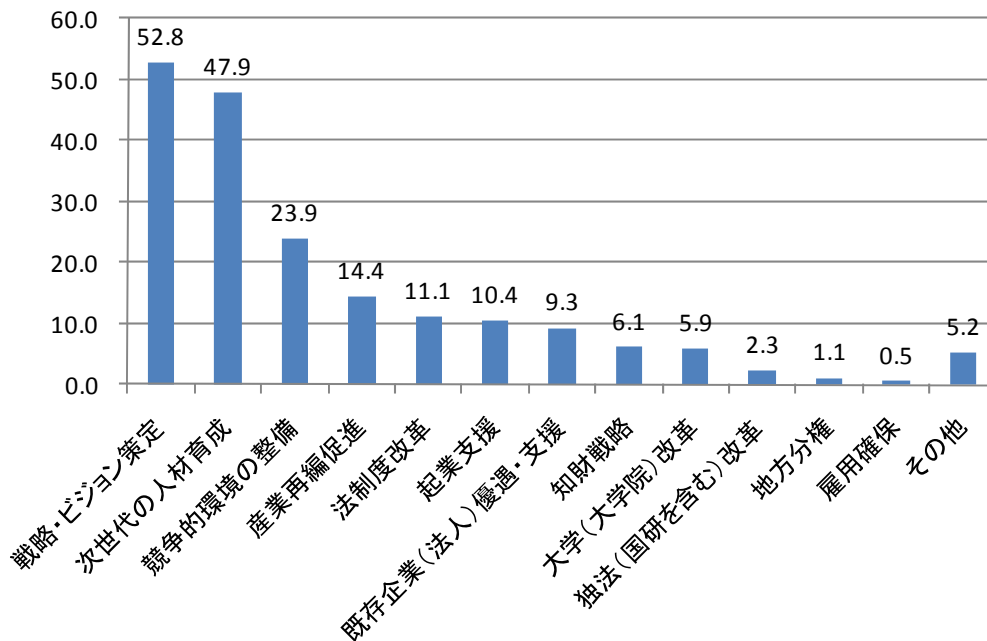
表 1.5-8 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域(単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	韓国	インド	イスラエル	ブラジル	シンガポール	オーストラリア	ロシア	南アフリカ	その他
A コンピューティング、システム系(50)	78.0	40.0	22.0	12.0	18.0	4.0		4.0	2.0			
B 通信(63)	68.3	57.1	28.6	7.9	7.9	1.6	1.6					3.2
C I/O(家電を含む)(57)	59.6	45.6	19.3	21.1	12.3	3.5	1.8	3.5				5.3
D エネルギー(152)	59.2	44.7	38.2	7.2	5.9		4.6		3.3	0.7	0.7	3.3
E デバイス(62)	75.8	67.7	17.7	14.5	1.6	6.5		1.6				1.6
F メカトロニクス(42)	64.3	52.4	21.4	14.3	7.1	2.4	2.4	7.1		2.4		2.4

1. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項では、「戦略・ビジョン策定」が全体で52.8%と最も多く、次いで「次世代の人材育成」の47.9%、「競争的環境の整備」の23.9%が続いている。

図 1.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項(n=442、単位%、複数回答)



全体的に、「戦略・ビジョン策定」、「次世代の人材育成」の割合が高いが、区分別にみると、インフラ系では前者に重心があるなど、この2者の比率に特徴が見える。

表 1.5-9 区別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	競争的環境の整備	産業再編促進	法制度改革	起業支援	既存企業(法人)優遇・支援	知財戦略	大学(大学院)改革	独法(国研を含む)改革	地方分権	雇用確保	その他
A コンピューティング、システム系(50)	54.0	60.0	26.0	16.0	8.0	4.0	8.0	4.0					2.0
B 通信(62)	53.2	45.2	19.4	6.5	14.5	9.7	17.7	4.8	4.8	3.2	3.2		6.5
C I/O(家電を含む)(57)	38.6	59.6	19.3	8.8	3.5	24.6	7.0	8.8	5.3	1.8		1.8	7.0
D エネルギー(154)	65.6	36.4	22.7	22.7	16.9	5.8	8.4	4.5	3.9	1.3	0.6		3.2
E デバイス(62)	38.7	64.5	32.3	8.1	1.6	8.1	4.8	11.3	12.9	6.5		1.6	4.8
F メカトロニクス(42)	45.2	47.6	26.2	14.3	11.9	21.4	9.5	4.8	7.1	2.4			4.8

1. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として、上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 10%未満の課題を省略)を以下に示す。前述した「D.エネルギー」を発展させる上で重点的に取り組むべき科学技術課題で上位 5 課題にランクされた科学技術課題が上位に入っている。

表 1.5-10 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=218>

課題	%
44 エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池	44.5
52 電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術	35.3
42 オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術	33.0
43 一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	32.1
18 ナノフォトニック技術などにより、消費電力が 1/1000 に低減されたネットワークノード	10.6
51 パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス	10.1

1. 6. 集計結果一覧

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
コ ン ピ ユ ー テ ィ ン グ 、 シ ス テ ム 系	1	半導体の高集積化の恩恵をスケールブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システムLSI	1	152	14	28	58	-	72	18	2	8
			2	127	14	26	60	-	77	17	2	4
			専	18	100	0	0	-	94	6	0	0
	2	無人で無停止でシステム内部や外部の動作状況と環境状態に動的に適応し、所望のサービスを高信頼に提供できるネットワークシステム	1	167	10	37	53	-	76	14	2	8
			2	142	8	37	55	-	85	9	1	5
			専	12	100	0	0	-	82	9	0	9
	3	実行環境（OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等）に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術	1	158	8	37	55	-	77	9	4	10
			2	134	5	38	57	-	87	5	1	7
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	4	高度情報化社会が必要とする、今の100000倍の計算能力を実現するスーパーコンピューティング技術	1	170	5	36	59	-	65	18	6	11
			2	141	5	34	61	-	73	14	3	10
			専	7	100	0	0	-	72	0	14	14
	5	ゲート長3nmのトランジスタ等を用いて、数千個オーダーのプロセッサコアを集積して、消費電力あたりの処理能力を現在より3桁以上向上させる技術	1	152	18	40	42	-	66	21	3	10
			2	135	16	33	51	-	69	19	1	11
			専	22	100	0	0	-	64	18	0	18
	6	1週間以上無充電で動作可能な携帯PC	1	191	8	35	57	-	68	13	4	15
			2	166	7	32	61	-	80	8	0	12
			専	12	100	0	0	-	84	8	0	8
	7	多様なユビキタスサービスをサポートするために、RFID等からの信号を弁別して受信し、現在位置の環境を収集できるユビキタス環境スキャナー技術	1	181	16	33	51	-	64	21	3	12
			2	157	15	32	53	-	76	15	1	8
			専	23	100	0	0	-	74	17	0	9
	8	いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境	1	203	18	36	46	-	75	15	2	8
			2	176	15	34	51	-	85	9	1	5
			専	27	100	0	0	-	93	7	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																		
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)											
																										(%)	(%)	(%)	(%)							
						0	7	29	24	68	35	1																								
						0	5	23	22	77	33	1																	0	4	6	15	90	6	17	2
						0	0	33	17	78	33	0																	0	0	11	11	89	11	17	0
						2	5	36	38	60	24	3																								
						2	3	30	37	70	21	0																	2	3	7	19	86	10	22	0
						9	0	50	67	50	17	0																	9	0	17	25	75	8	33	0
						1	3	33	28	69	20	4																								
						1	2	32	27	73	18	1																	2	3	10	14	82	10	20	3
						0	0	71	57	43	14	0																	0	0	14	14	100	0	29	0
						2	7	31	48	36	46	2																								
						1	4	24	55	33	45	1																	4	8	15	35	41	26	35	2
						14	0	43	100	29	14	14																	1	5	9	37	47	17	39	1
						7	4	34	33	57	36	3																								
						8	2	29	34	67	38	2																	8	5	14	17	74	11	26	3
						18	0	30	15	45	30	0																	5	3	9	16	78	9	27	2
						4	3	18	20	86	14	0																								
						3	1	11	11	91	9	0																	18	0	14	10	57	5	38	0
						8	0	8	0	83	8	0																	3	3	6	6	93	4	9	1
						1	2	29	30	65	31	1																								
						0	1	24	31	74	28	1																	3	2	3	4	95	3	7	1
						0	0	30	30	74	22	0																	9	0	0	0	100	0	0	0
						4	3	28	32	69	32	5																								
						2	2	25	32	73	34	2																	1	2	10	18	70	17	25	2
						0	0	33	41	78	33	0																	0	2	8	16	78	14	26	1
						4	3	28	32	69	32	5																								
						2	2	25	32	73	34	2																	0	5	13	22	78	22	13	0
						0	0	33	41	78	33	0																	4	3	13	18	70	27	30	3
						4	3	28	32	69	32	5																								
						2	2	25	32	73	34	2																	2	2	8	15	76	26	30	1
						0	0	33	41	78	33	0																	0	0	19	26	81	41	26	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高 (%)	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要 (%)	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
コ ン ピ ユ ー テ ィ ン グ 、 シ ス テ ム 系	9	高度情報化社会において飛躍的に増大するクライアントからのリクエストサービスを、低消費電力かつ高スループット（電力当りのスピード比で100倍）で提供可能な広域分散処理・仮想化技術	1	150	8	36	56	-	79	11	2	8
			2	125	7	34	59	-	87	6	1	6
			専	9	100	0	0	-	78	0	0	22
	10	購入者が価格上昇を直観的に納得できる信頼性指標で情報家電システムを評価する技術	1	110	6	31	63	-	26	26	0	48
			2	102	5	27	68	-	23	23	0	54
			専	5	100	0	0	-	40	40	0	20
	11	生物や生体の多様なメカニズム（情報の収集・処理・伝達・蓄積・利用）を模倣したコンピューティング・ネットワークワーキング技術	1	172	7	30	63	-	69	11	2	18
			2	141	6	29	65	-	76	9	1	14
			専	9	100	0	0	-	78	11	0	11
	12	様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング	1	151	7	23	70	-	68	12	2	18
			2	130	5	19	76	-	77	8	1	14
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	13	世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号	1	153	6	22	72	-	87	7	1	5
			2	129	5	18	77	-	92	2	1	5
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	14	問題毎に世界中から適切な専門家を自動的に招集し、議論ができる遠隔会議支援システム（自動翻訳を含む）	1	147	10	24	66	-	58	12	5	25
			2	127	7	22	71	-	63	9	6	22
			専	9	100	0	0	-	89	0	0	11
	15	メディア・言語を横断して検索を行うシステム	1	148	11	24	65	-	78	10	3	9
			2	132	11	19	70	-	81	10	2	7
			専	15	100	0	0	-	93	0	0	7
	16	日常生活における健康維持と増進（カロリー計算、運動強度等）をソフトウェアで支援するユビキタスコンピューティング技術	1	156	16	26	58	-	44	22	1	33
			2	136	12	26	62	-	48	20	0	32
			専	16	100	0	0	-	80	13	0	7

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	1	5	28	29	66	27	1		1	3	22	29	71	27	1		1	5	13	14	77	10	23	4	
	0	0	22	11	78	11	0		0	0	11	11	89	0	22		0								
	10	14	11	24	65	21	5		7	12	5	21	68	22	3		9	17	8	20	73	11	18	6	
	20	20	20	40	40	40	0		40	20	0	20	40	20	20		20								
	2	10	74	41	18	18	1		1	6	72	43	15	18	0		2	12	37	32	47	10	21	1	
	11	0	56	22	11	44	0		11	0	11	33	33	22	22		0								
	9	11	72	52	20	26	3		5	6	74	54	17	21	1		11	12	42	42	40	14	28	4	
	0	0	86	71	43	0	0		10	10	41	43	46	11	31		2								
										0	0	86	71	29	14		14	0							
	4	5	56	55	34	28	7		3	2	60	56	32	29	5		3	8	30	39	48	22	31	11	
	14	0	57	43	57	14	14		2	5	30	40	55	19	30		10								
										14	0	14	43	86	43		0	29							
	5	6	38	43	40	29	8		2	5	39	49	39	34	7		6	8	18	32	43	17	25	14	
	0	0	44	67	56	22	0		0	8	16	37	53	13	27		13								
										0	22	22	44	67	22		11	11							
	0	2	45	39	60	22	5		0	2	42	32	70	20	4		0	4	26	27	72	12	21	10	
	0	0	67	47	73	27	7		0	3	20	20	80	9	22		8								
										0	0	60	40	80	20		27	7							
	0	2	26	30	82	16	3		0	2	19	28	84	17	2		1	5	18	20	80	16	18	6	
	0	0	31	38	81	19	0		1	5	12	15	87	13	15		3								
										0	7	19	31	75	19		31	0							

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
通信	17	1Tbps超の大容量通信技術	1	177	20	34	46	-	89	5	1	5
			2	153	18	32	50	-	91	5	0	4
			専	27	100	0	0	-	100	0	0	0
	18	ナノフォトニック技術などにより、消費電力が1/1000に低減されたネットワークノード	1	149	13	28	59	-	84	15	0	1
			2	125	11	30	59	-	87	11	0	2
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0
	19	100kmを超える都市間における特定用途向け量子暗号通信の実現（実用化）	1	130	10	22	68	-	67	13	0	20
			2	109	8	24	68	-	76	3	0	21
			専	9	100	0	0	-	78	0	0	22
	20	家庭向け10Gbps光加入者系システム	1	171	19	32	49	-	50	29	0	21
			2	146	16	31	53	-	60	20	0	20
			専	23	100	0	0	-	78	13	0	9
	21	ビル間（数百メートル）における10Gbps以上のミリ波通信	1	145	14	34	52	-	44	27	2	27
			2	121	16	33	51	-	51	23	1	25
			専	19	100	0	0	-	71	17	6	6
	22	複数の無線情報端末同士が相互に直接接続され、マルチホップで情報伝達を行なう通信技術	1	149	23	30	47	-	71	16	3	10
			2	130	22	28	50	-	75	13	2	10
			専	29	100	0	0	-	89	4	0	7
	23	多種多様な通信方式の差異を隠蔽し、利用者にアクセス方式を意識させないで利用可能なシームレス通信（家庭内で放送、通信、家電機器間のシームレスな情報流通や、屋外で車-車間、車-センター間の交通の情報流通が可能になる）	1	162	20	33	47	-	71	21	0	8
			2	140	18	30	52	-	78	14	0	8
			専	25	100	0	0	-	83	13	0	4
	24	発信者の位置や周囲の情報・状況が瞬時に伝えられ、その人にあったサービスを提供するシステム	1	173	16	34	50	-	53	22	2	23
			2	152	14	30	56	-	62	19	0	19
			専	22	100	0	0	-	77	14	0	9

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										1
						0	0	31	49	67	28	3							0	1	9	22	79	16	27	2
						0	0	12	31	65	46	8							0	4	4	20	72	20	32	8
						1	7	51	50	46	32	1							1	7	24	30	65	13	27	3
						1	4	50	52	51	30	0							1	4	15	25	75	8	30	0
						0	0	43	50	50	29	0							0	0	14	21	71	7	36	0
						2	11	46	52	46	25	3							4	12	24	36	56	24	30	5
						0	9	45	54	48	24	3							2	9	19	35	65	17	31	3
						0	11	44	67	56	11	0							11	11	22	56	67	22	33	0
						1	2	17	29	80	16	1							4	5	7	16	87	15	18	1
						0	3	6	20	88	14	0							3	3	3	10	91	11	14	0
						0	0	4	4	91	9	0							4	0	4	4	91	13	9	0
						3	5	25	40	70	16	3							2	8	13	26	81	13	16	2
						2	3	14	34	82	14	2							2	6	8	21	88	8	14	1
						0	0	21	26	89	16	0							0	0	11	17	89	11	22	0
						1	1	40	40	68	23	3							2	3	13	21	80	17	16	5
						0	2	33	34	77	23	1							1	3	10	17	84	10	20	2
						0	0	52	45	76	31	0							0	0	15	27	92	15	23	8
						2	3	29	40	64	33	5							2	3	13	24	76	20	24	6
						1	1	23	42	74	34	4							1	2	9	23	83	16	26	4
						0	0	48	60	76	40	8							0	4	17	26	96	22	30	4
						2	5	33	30	70	21	0							3	4	11	18	80	13	20	2
						1	3	24	25	81	24	0							2	3	6	16	88	12	20	1
						0	0	41	27	77	41	0							0	0	10	14	95	10	24	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度				
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い	
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
通信	25	多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク	1	191	19	38	43	-	62	23	1	14	
			2	169	15	38	47	-	72	14	0	14	
			専	26	100	0	0	-	96	4	0	0	
	26	地域住民通信ネットワークによる、画像センサ（カメラ）からの地域映像情報を使った、弱者（高齢者、子供、女性）の見守り支援、不審者の発見などの住民サービス	1	186	18	31	51	-	47	38	2	13	
			2	160	16	33	51	-	53	36	1	10	
			専	25	100	0	0	-	62	38	0	0	
	27	ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術	1	167	13	31	56	-	75	17	5	3	
			2	146	10	29	61	-	84	13	2	1	
			専	15	100	0	0	-	80	13	0	7	
	28	盗聴・傍受の自動検出、電波干渉による妨害の回避などによりセキュリティが担保され、安心して使える無線通信	1	151	16	26	58	-	81	11	3	5	
			2	136	15	26	59	-	88	7	1	4	
			専	20	100	0	0	-	100	0	0	0	
	29	複数の無線システム（例えば、電話、LAN）を自動的に検出し、最適なネットワークを自動検出、利用する技術（コグニティブ無線技術）	1	151	17	30	53	-	74	14	3	9	
			2	132	15	22	63	-	78	15	2	5	
			専	20	100	0	0	-	100	0	0	0	
	30	コグニティブ通信により、メンバー同士を必要に応じて動的に接続するネットワークの構築・運用技術	1	136	15	27	58	-	71	10	1	18	
			2	116	15	22	63	-	76	7	0	17	
			専	17	100	0	0	-	94	0	0	6	
	31	多数の移動体（バス、電車、新幹線、飛行機、船等）からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術	1	142	13	28	59	-	53	31	0	16	
			2	123	12	27	61	-	56	31	0	13	
			専	15	100	0	0	-	60	33	0	7	
	1 / 0 （家電を含む）	32	新聞紙を代替できるような柔軟性（薄く柔らかい）をもつポータブルな電子ディスプレイ	1	185	12	33	55	-	66	20	2	12
				2	161	10	31	59	-	74	15	1	10
				専	16	100	0	0	-	68	13	6	13

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																																																																																			
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)																																																																										
																										1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74
						1	4	44	43	55	32	3							1	7	18	24	67	22	31	4																																																																									
						1	2	41	43	60	34	2							1	3	11	19	76	23	33	1																																																																									
						0	0	65	50	58	46	4							0	0	20	28	68	36	36	0																																																																									
						1	2	25	42	54	42	2							1	6	11	23	52	45	37	2																																																																									
						1	4	18	39	63	45	1							1	5	5	13	65	46	36	0																																																																									
						0	0	36	52	68	40	4							0	0	8	20	72	48	20	0																																																																									
						1	2	30	45	61	45	3							1	2	13	27	64	37	39	4																																																																									
						1	1	21	42	67	49	2							1	1	7	19	75	32	40	1																																																																									
						0	0	27	33	80	53	0							0	0	7	27	67	40	33	0																																																																									
						9	4	45	51	56	32	5							8	6	19	32	61	17	32	4																																																																									
						9	3	37	50	63	34	3							8	3	10	28	75	11	34	3																																																																									
						20	5	63	58	68	37	5							20	5	32	42	74	21	37	0																																																																									
						0	2	31	39	71	26	3							1	2	13	23	79	14	23	5																																																																									
						0	1	21	36	79	27	2							1	1	4	18	82	13	24	2																																																																									
						0	0	28	28	83	28	6							0	0	10	20	85	25	20	0																																																																									
						0	4	40	45	65	21	2							0	4	15	24	76	16	24	4																																																																									
						0	2	30	45	74	23	4							0	2	9	22	85	10	24	2																																																																									
						0	0	44	38	75	25	6							0	0	24	41	82	18	24	0																																																																									
						2	7	29	43	57	34	4							2	7	13	23	64	26	34	5																																																																									
						2	2	17	42	66	40	2							2	2	6	17	76	24	39	2																																																																									
						0	0	27	40	67	53	7							0	0	14	29	93	36	21	0																																																																									
						1	2	32	28	80	17	1							1	2	11	15	89	3	12	1																																																																									
						0	0	22	23	85	13	0							1	1	6	10	95	1	9	1																																																																									
						0	0	13	0	87	13	0							0	0	7	0	100	0	0	0																																																																									

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
1 / 0 (家電を含む)	33	所有者の声を認識し、体験（位置、時間、動作、外界の情景・音等の状況）を記憶し、同一状況であるとの状況認識技術により、必要な時に音声メモを再生することによって記憶を呼び覚ますポータブルアシストデバイス（高齢者のQOL改善）	1	127	10	26	64	-	42	33	0	25
			2	115	9	25	66	-	43	36	0	21
			専	10	100	0	0	-	80	0	0	20
	34	人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ	1	135	12	26	62	-	71	20	1	8
			2	119	7	28	65	-	82	13	0	5
			専	8	100	0	0	-	71	29	0	0
	35	外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり、あるいは血管の中を移動できるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術	1	141	9	28	63	-	74	16	2	8
			2	124	6	28	66	-	84	10	1	5
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	36	人の脳や神経と直接信号をやりとりするブレイン・マシン・インターフェース	1	135	9	30	61	-	73	11	0	16
			2	119	8	24	68	-	73	9	0	18
			専	10	100	0	0	-	89	11	0	0
37	商品評価時にモニターの本音を簡易に計測できる非侵襲軽量の脳活動計測装置	1	102	6	28	66	-	31	14	1	54	
		2	88	3	24	73	-	28	14	0	58	
		専	3	100	0	0	-	100	0	0	0	
38	人の日常の運動能力を退化させることなく、かつ必要時に運動能力をアシストできるアクチュエータ技術（高齢者のQOL改善）	1	128	6	21	73	-	56	34	2	8	
		2	113	5	21	74	-	59	38	1	2	
		専	6	100	0	0	-	80	20	0	0	
39	自己給電型（周囲環境のエネルギーを吸収し発電）無線通信センサ	1	157	15	29	56	-	70	15	4	11	
		2	136	11	29	60	-	78	11	2	9	
		専	15	100	0	0	-	84	8	0	8	
40	センシングに基づいて、匂いや味を再現できるディスプレイ	1	116	11	20	69	-	36	14	0	50	
		2	103	9	17	74	-	32	11	0	57	
		専	9	100	0	0	-	38	13	0	49	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										1
						0	6	53	41	50	18	1							10	10	30	30	80	0	10	0
						2	5	58	45	39	32	2							3	5	27	34	53	20	33	2
						1	6	58	42	44	32	1							1	7	21	26	69	15	29	0
						0	0	25	13	25	63	0							0	0	0	13	50	13	50	0
						1	5	59	44	36	30	3							3	5	33	34	49	17	30	2
						0	4	62	44	40	29	2							2	4	30	33	63	12	33	0
						0	0	71	57	43	43	0							0	0	29	14	71	14	57	0
						0	5	73	45	23	22	2							2	8	39	33	44	10	31	1
						0	6	76	47	20	16	3							1	9	43	36	54	8	25	1
						0	0	70	80	30	10	0							0	0	60	60	60	20	40	0
						5	7	54	43	36	17	3							5	9	28	30	56	7	15	2
						4	5	61	35	42	16	1							4	7	25	28	69	4	14	1
						0	0	67	33	33	33	0							0	0	0	33	67	33	0	0
						2	2	57	46	42	26	2							2	2	29	31	57	16	26	0
						1	3	59	44	48	26	1							2	3	28	28	71	12	26	0
						0	0	50	0	50	50	0							0	0	17	0	50	0	67	0
						2	4	47	38	59	21	2							2	5	19	22	74	10	20	1
						2	4	43	33	77	16	2							2	3	12	21	88	8	16	1
						0	0	33	20	67	20	0							0	0	13	27	73	13	20	0
						4	10	64	37	43	8	0							5	11	33	29	67	5	14	1
						7	9	71	32	42	9	0							6	10	32	21	77	3	15	1
						0	0	56	11	56	22	0							0	0	22	22	89	0	22	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
(家電を含む)	41	通信、センサ、ディスプレイ、照明、空調、音響、給電などの機能を持ったインテリジェント建材ユニットからなる住宅・オフィスビル	1	143	10	26	64	-	50	32	0	18
			2	123	9	21	70	-	62	23	0	15
			専	11	100	0	0	-	100	0	0	0
エネルギー	42	オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な100万円以下の約90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術	1	137	11	33	56	-	65	31	0	4
			2	122	11	26	63	-	71	25	0	4
			専	13	100	0	0	-	77	23	0	0
	43	一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離（約500km）が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度（現行の約3倍）を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	1	138	7	30	63	-	81	17	1	1
			2	124	6	28	66	-	85	11	2	2
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	44	エネルギー変換効率60%以上の太陽電池	1	154	10	32	58	-	78	15	1	6
			2	132	11	28	61	-	86	9	0	5
			専	15	100	0	0	-	80	13	0	7
	45	大部分のモバイル機器（PC、携帯電話、PDA等）の電源が燃料電池に置き換わる	1	151	5	23	72	-	51	12	0	37
			2	135	6	22	72	-	53	8	1	38
			専	8	100	0	0	-	62	13	0	25
	46	振動からのエネルギー（100mW）をもらい、半永久的に動作するLSI	1	136	10	34	56	-	51	19	2	28
			2	119	8	32	60	-	66	11	2	21
			専	10	100	0	0	-	80	0	0	20
	47	熱エネルギーを活用して半永久的に動作するLSI	1	133	11	33	56	-	56	15	1	28
			2	118	8	32	60	-	65	10	0	25
			専	9	100	0	0	-	89	0	0	11
	48	無線により給電されるモバイル機器（PC、携帯電話、PDA等）	1	167	12	34	54	-	66	13	2	19
			2	147	10	33	57	-	72	10	1	17
			専	14	100	0	0	-	100	0	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	4	7	17	25	78	24	1		2	9	7	15	80	12	24	3									
	3	4	12	20	85	20	3		3	7	5	10	87	8	19	2									
	0	0	27	27	91	27	0		0	0	18	18	91	18	18	0									
	0	3	27	34	73	37	2		0	4	11	19	78	28	29	2									
	0	2	14	22	78	36	2		0	3	6	12	83	24	27	1									
	0	0	8	23	85	15	0		0	0	0	15	85	15	8	0									
	1	3	34	36	78	36	1		1	4	14	19	84	20	26	2									
	1	3	26	28	87	29	1		1	3	7	10	90	17	23	0									
	0	0	0	0	100	14	0		0	0	0	0	100	0	0	0									
	10	11	57	45	53	27	2		10	13	26	26	70	17	26	2									
	9	7	59	42	59	23	2		9	6	23	23	76	14	25	2									
	7	0	67	33	47	20	0		7	0	7	20	60	13	27	0									
	14	12	32	30	76	21	1		17	14	20	22	81	11	19	0									
	13	8	29	23	82	16	0		17	10	12	17	84	9	14	0									
	14	0	14	14	71	0	0		14	0	17	33	50	0	0	0									
	9	8	52	35	57	20	0		9	9	26	22	70	8	23	0									
	6	4	52	31	63	19	0		6	6	22	15	79	3	20	1									
	0	0	40	20	80	10	0		0	0	20	20	90	0	10	0									
	10	16	57	40	53	15	0		9	18	29	25	65	6	15	0									
	10	10	58	32	55	12	0		11	10	26	20	68	4	17	1									
	0	0	44	33	67	0	0		0	0	38	50	63	0	0	0									
	4	5	47	36	71	22	1		5	7	25	20	80	9	17	2									
	3	3	45	33	78	19	1		6	4	19	16	86	6	17	1									
	0	0	36	29	100	0	0		0	0	7	0	100	0	0	0									

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)				(%)			
エネルギー	49	パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術	1	135	10	27	63	-	57	28	0	15
			2	120	11	23	66	-	63	24	0	13
			専	13	100	0	0	-	84	8	0	8
	50	高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術	1	128	9	23	68	-	48	27	0	25
			2	118	8	20	72	-	56	17	0	27
			専	10	100	0	0	-	70	10	0	20
	51	パワー密度100W/cc以上を実現するSiC、GaN等の新材料デバイス	1	116	20	37	43	-	73	23	0	4
			2	103	19	31	50	-	87	13	0	0
			専	20	100	0	0	-	90	10	0	0
	52	電力効率を向上させ日本の総発電量を20%削減することのできるスマートグリッド技術	1	135	8	30	62	-	60	38	0	2
			2	125	6	26	68	-	72	27	1	0
			専	8	100	0	0	-	100	0	0	0
デバイス	53	単一スピンを情報担体としCMOSデバイスの性能を凌駕する情報素子	1	118	15	38	47	-	63	17	1	19
			2	100	15	31	54	-	73	12	0	15
			専	15	100	0	0	-	67	20	0	13
	54	トップダウン技術とボトムアップ技術の融合により分子、CNT、極微粒子などナノ機能要素を大規模システム化する技術	1	114	21	41	38	-	73	14	2	11
			2	96	18	39	43	-	83	9	1	7
			専	17	100	0	0	-	82	12	0	6
	55	超低電圧(10mVオーダー)で動作し、人体にも優しい高信頼性のバイオ融合有機デバイス・DNAデバイス	1	106	10	33	57	-	68	10	1	21
			2	91	7	32	61	-	78	5	1	16
			専	6	100	0	0	-	66	17	0	17
	56	1THz~10THzの電磁波帯を有効利用するためのフォトニックセンシングデバイス	1	111	16	41	43	-	75	15	0	10
			2	96	16	35	49	-	86	6	0	8
			専	15	100	0	0	-	93	7	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)									
																										(%)	(%)	(%)	(%)					
	5	4	27	35	66	33	2		5	5	13	21	60	37	39	4		5	4	9	19	64	36	42	1		0	8	0	8	85	38	23	0
	4	2	19	32	72	40	1		14	7	12	21	52	35	42	5		17	5	11	18	62	37	43	1									
	0	0	23	23	77	46	0		30	0	10	10	80	10	10	0		0	6	17	23	76	7	28	0									
	10	6	24	39	54	43	4		0	6	46	39	63	28	0		0	2	39	39	71	24	0		0	0	37	26	63	37	0			
	12	4	17	36	61	43	1		4	6	29	45	54	50	3		2	2	23	47	66	52	2											
	20	0	10	20	80	30	0		13	0	13	38	88	63	0		13	0	0	25	100	38	38		13									
	0	6	46	39	63	28	0		14	9	71	43	29	22	0		16	11	41	26	56	9	30	1		15	8	39	26	66	4	29	1	
	0	2	39	39	71	24	0		13	5	77	44	30	18	0		20	0	40	47	60	0	20	0										
	0	0	37	26	63	37	0		20	0	73	53	40	7	0		20	0	40	47	60	0	20	0										
	4	6	29	45	54	50	3		5	9	71	40	29	30	1		4	11	37	27	58	9	30	1		5	7	35	22	70	3	33	1	
	2	2	23	47	66	52	2		5	7	75	36	24	29	1		0	6	35	12	65	0	29	0										
	13	0	13	38	88	63	0		0	6	82	29	29	18	0		0	6	35	12	65	0	29	0										
	14	9	71	43	29	22	0		11	9	77	42	24	22	1		13	11	42	30	46	6	30	1		12	7	47	28	60	6	27	1	
	13	5	77	44	30	18	0		10	6	85	38	17	16	1		0	0	33	33	83	0	17	0										
	20	0	73	53	40	7	0		0	0	67	17	33	33	0		0	0	33	33	83	0	17	0										
	5	9	71	40	29	30	1		2	5	70	39	40	24	0		3	5	35	24	64	8	25	1		1	5	35	21	76	5	20	1	
	5	7	75	36	24	29	1		1	5	77	44	41	16	0		0	0	40	20	53	0	33	0										
	0	6	82	29	29	18	0		0	0	67	33	13	33	0		0	0	40	20	53	0	33	0										

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
デ バ イ ス	57	セキュリティ向上に向けた量子暗号通信のために0n-demandで単一光子を発生できる新デバイス	1	93	13	30	57	-	67	14	1	18
			2	80	8	36	56	-	75	10	0	15
			専	6	100	0	0	-	83	17	0	0
	58	飛躍的に増大する情報データを高速に蓄積・検索可能な1原子/1分子が1ビットに対応するストレージ	1	111	12	34	54	-	74	13	0	13
			2	97	11	33	56	-	77	8	0	15
			専	11	100	0	0	-	64	9	0	27
	59	単細胞や単一分子レベルの生命メカニズムとエレクトロニクスを融合した新機能技術	1	106	7	32	61	-	77	10	1	12
			2	91	4	26	70	-	81	7	2	10
			専	4	100	0	0	-	100	0	0	0
メ カ ト ロ ニ ク ス	60	化石燃料、太陽エネルギー、風力、電気、空気、熱等の様々なエネルギーで移動体の原動機（アクチュエータ）を動かすためのハイブリッド制御技術	1	103	4	31	65	-	66	20	2	12
			2	94	3	22	75	-	73	15	1	11
			専	3	100	0	0	-	67	33	0	0
	61	目的地を入力すると自動運転で到達できるシステム	1	143	6	27	67	-	47	23	5	25
			2	130	6	21	73	-	47	20	5	28
			専	8	100	0	0	-	75	25	0	0
	62	車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故を確実に防止できるシステム（車両、インフラ両方含めて）	1	158	9	34	57	-	67	28	1	4
			2	142	11	32	57	-	74	22	1	3
			専	15	100	0	0	-	87	13	0	0
	63	追従運転、自動運転等を行うための車-基地局-車通信において、高速（100Mbps以上）、リアルタイムかつ通信途絶がなく万が一フェイル状態が発生してもバックアップ機能を持った信頼性の高い通信技術	1	130	12	32	56	-	57	32	2	9
			2	120	12	30	58	-	65	25	2	8
			専	14	100	0	0	-	71	29	0	0
	64	自動車内に各種センサが配備され、故障を予知し、事故を回避するシステム	1	151	9	32	59	-	60	26	3	11
			2	139	9	29	62	-	73	19	1	7
			専	12	100	0	0	-	83	17	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	5	9	77	52	31	17	2		7	12	40	42	55	13	25	3									
	6	5	81	53	28	19	1		6	6	35	40	65	6	29	1									
	0	0	83	67	67	0	0		0	0	67	67	83	0	17	0									
	15	11	77	50	27	17	1		14	13	42	32	54	11	24	1									
	15	7	79	51	26	18	0		14	9	36	31	65	7	28	0									
	27	9	82	45	27	9	0		30	0	20	10	60	0	30	0									
	4	13	78	47	24	21	2		4	15	50	36	41	3	27	4									
	1	12	82	40	15	23	2		6	10	52	34	46	1	29	5									
	0	0	75	25	50	0	0		0	0	50	0	25	0	25	0									
	5	5	43	44	61	30	2		5	5	27	26	69	19	30	1									
	1	2	36	35	64	31	1		0	4	16	16	76	13	32	1									
	0	0	33	33	67	0	0		0	0	33	0	67	0	0	0									
	7	8	37	40	62	37	4		10	12	18	28	69	28	37	5									
	4	6	30	37	68	30	3		6	9	11	23	73	22	33	3									
	0	0	38	63	100	25	0		0	0	13	25	100	0	25	0									
	3	2	26	38	79	38	1		3	3	11	25	79	33	36	1									
	1	1	17	36	78	34	0		2	1	5	18	80	30	32	0									
	0	0	20	40	87	40	0		0	0	13	27	93	27	27	0									
	2	3	34	37	74	38	0		2	3	16	26	74	23	37	1									
	0	0	26	38	79	33	0		2	1	8	21	78	25	32	1									
	0	0	36	43	79	36	0		0	0	21	21	86	29	29	0									
	2	4	25	33	86	20	1		3	5	11	20	89	14	21	1									
	1	1	18	28	86	17	1		2	1	4	14	89	13	20	1									
	0	0	17	25	100	8	0		0	0	0	17	100	0	8	0									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
メ カ ト ロ ニ ク ス	65	一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット（介護、家事等）	1	165	8	30	62	-	47	48	0	5
			2	145	8	29	63	-	49	48	0	3
			専	12	100	0	0	-	58	42	0	0
	66	生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット	1	143	10	27	63	-	55	36	3	6
			2	127	9	26	65	-	63	34	1	2
			専	11	100	0	0	-	64	36	0	0
	67	生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ	1	104	5	21	74	-	57	16	2	25
			2	87	3	22	75	-	66	14	0	20
			専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	68	自己組織化で作製されたナノ機械システム	1	92	8	25	67	-	59	14	1	26
			2	85	4	29	67	-	66	9	0	25
			専	3	100	0	0	-	33	0	0	67
	69	生活空間のセンサ情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット（高齢者のQOL改善）	1	132	4	36	60	-	40	49	0	11
			2	121	6	26	68	-	42	50	0	8
			専	7	100	0	0	-	71	29	0	0
	70	ドライバーのヒューマンエラーを検出し適切に対応する安全な移動システム	1	142	6	27	67	-	75	21	1	3
			2	128	8	23	69	-	81	18	0	1
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)																	
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)																	
	0	1	48	52	64	30	1		0	1	42	49	69	31	1		0	2	23	27	72	21	36	3		0	2	15	23	80	16	33	1		0	8	33	33	92	0	25	0
	0	0	58	58	83	33	8		0	3	50	48	60	27	1		0	4	24	27	77	16	32	1		1	3	20	26	84	10	28	2									
	0	0	73	27	64	27	0		0	0	73	27	64	27	0		0	0	36	36	91	0	9	0		0	0	36	36	91	0	9	0									
	5	14	82	56	22	10	0		5	8	80	51	20	13	0		5	14	46	40	52	7	23	0		2	12	46	38	57	2	27	0		0	0	33	0	67	0	33	0
	0	0	33	0	33	33	0		9	16	80	53	20	16	0		9	16	45	36	47	8	24	0		9	16	45	36	47	8	24	0									
	0	0	33	0	33	33	0		10	11	80	56	22	15	0		9	14	43	38	58	3	26	0		67	0	0	0	33	0	67	0									
	2	6	52	56	49	31	2		1	3	53	59	54	31	2		3	5	25	33	58	28	33	2		2	3	21	32	71	23	32	2		0	0	29	29	86	14	14	0
	0	0	86	57	43	29	0		0	6	42	39	74	25	1		0	5	17	24	79	21	25	0		0	2	10	19	85	18	26	0									
	0	0	86	57	43	29	0		0	1	43	39	76	23	0		0	0	10	30	100	20	10	0		0	0	10	30	100	20	10	0									
	0	6	42	39	74	25	1		0	1	43	39	76	23	0		0	5	17	24	79	21	25	0		0	2	10	19	85	18	26	0		0	0	10	30	100	20	10	0
	0	1	43	39	76	23	0		0	0	60	50	90	20	0		0	0	10	30	100	20	10	0		0	0	10	30	100	20	10	0									
	0	0	60	50	90	20	0		0	0	60	50	90	20	0		0	0	10	30	100	20	10	0		0	0	10	30	100	20	10	0									

1. 7. 課題別コメント

1	<p>半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システム LSI</p> <p>○神経回路学研究者あたりが半導体の高集積化を利用する画期的計算原理と大量生産し得る応用を見つけてくれないと実現しない。○初期コストとスケールメリットを考えるとIPのポータビリティとSOC(System on a chip)統合化技術の推進に先行して、ニーズ/アプリケーションの絞り込み/要求仕様定義が必須。○課題の意味不明。○半導体産業の不振。技術的実現～社会的実現までの時間は極めて短くなっている。○需要規模に依存。○研究機関の疲弊が阻害要因となりかねない。○明確化されたターゲットがあれば早期に実現するのは。</p>
2	<p>無人で無停止でシステム内部や外部の動作状況と環境状態に動的に適応し、所望のサービスを高信頼に提供できるネットワークシステム</p> <p>○待機電力極小化、Wave-on-LAN 等と解釈。○環境。○フェールセーフ機構と緊急遮断機構が完全にはならないので人的コントロールは残る。○Google などクラウドコンピューティングでの実現可能性大。○無人である必要性はなく、少数で管理されるシステムになる。○”所望のサービス”ネットワークシステム”定義により完成イメージと投資額に大幅な開きがある。現インターネットをベースに考えるのは困難か。○ディペンダブルサービス○「サービス」の内容(程度)により答えは変わると思われる。○有人の方が低コストである可能性が高い。○CPUがすべて64bits化することが普及条件。○社会インフラに依存。○人の関与が全く不要とか、いかなる天変地異が起こっても無停止などということは有り得ない。○セマンティックウェブ、オントロジ技術の発展がキーとなるだろう。○ほぼ実現に近いのでは。地域限定でなく広域となると問題はありますが、ネットワークのI/Oの規格化が問題。○連携すべき要素が多岐に渡るため、相互運用性の確定が難しい。○ネットワーク依存度が高くなっていく中で重要インフラへの導入が期待される。○常にシステムを越えるサービスが出てくる。○「サービス」のレベルに依存。</p>
3	<p>実行環境(OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等)に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術</p> <p>○主に組込用途。汎用はクラウドによりニーズ減少。○国際標準化が重要。○クラウド、グリッド技術で実現。○一部はもうあるのではないか? ○程度の問題である。○要求水準により実現時期・可能性は変わる。JAVAのJITコンパイラの実行環境をターゲットにしたエージェント・サーバの技術は◎。○ソフトウェアへの投資の不足。米国に対する敗北主義? ○「サービス」の内容(程度)により答えは変わると思われる。○技術革新(ハードウェア)を牽引する新たなビジネスモデルの開発が重要だろう。○サービスの規格化が必要で規格化作業はひと声10年か。公共機関(裏に政府)の規格化への強い関与が必要。○適用できる範囲は問題であるが、場面を限定すれば実現できる。○連携すべき要素が多岐に渡るため、相互運用性の確定が難しい。○クラウド技術の急速な進歩が予想される。(ダブっています)</p>
4	<p>高度情報化社会が必要とする、今の100000倍の計算能力を実現するスーパーコンピューティング技術</p> <p>○ターゲットの性能値が実現されると、概念上はコンピュータではなくなる。○グリッドとして実現されるだろう。○現半導体技術では、電力・時間積に限界あり。○単独のスーパーコンピュータではなく、ネットワーク型で所望の性能を発揮。○「計算能力」の定義が問題。現在の単純延長はありえない。その意味では実現不可能。○「仕分け」の影響。○政治家の認識の低さ。○日本が世界一になれるなら重要。ただし、今のスパコンはOSが弱くプログラムも一品料的で世界第2なら不要。○情報化には必ずしも必要ではないが、シミュレーションの分野では必要。○計算対象によって要求される能力が異なるので、10⁵倍の意味が明確でない。○現在のクレイやIBMのスパコンをみても実現できるとは思えない。○日本が率先してやる必要はない。○国の予算的支援と科学技術を進展せしめるビジョンの提示と理解。○阻害要因: 民主党政権。○日本が世界一をねらうべき項目。○Super Computer というよりはGrid Computingにより実現されると思う。○政府の支援、関与が不可欠(特に財源)。○”仕分け”作業。全体方針が不明確。○シミュレーションの世界で必要。</p>
5	<p>ゲート長 3nm のトランジスタ等を用いて、数千個オーダーのプロセッサコアを集積して、消費電力あたりの処理能力を現在より3桁以上向上させる技術</p> <p>○3nmのトランジスタ(MOSFET)の実現(実用化)はかなり困難。○ゲート長 3nm デバイスを用いてもこの目標は難しい。○半導体業界の不振。○日本は直接開発することはできないであろう。日本企業はこの開発から撤退している。利用技術の開発が行われる。○日本企業が弱い→今後に期待。○インプリメンテーション技術だけ。○トランジスタの現動作原理から考えるとゲート長 3nm は不可能では。また新しい動作原理も、均一性やノイズを考えると不可能に思える。○消費電力がネックになりそう。○ゲート長 3nm のトランジスタは、技術、コストの両面からみて実現の期待はできない。○必要性は高いが、難易度も高い。○ゲート長 3nm にこだわらなければ目標は早晚達成される。○チップの価格は? ○微細化技術は方向性明確で意外に実現が早いのでは。○政府の支援、関与が不可欠(特に財源)。○ゲート長 3nm で十分低消費電力デバイス実現できるか疑問。○半導体不況。回復しつつあるが...</p>
6	<p>1週間以上無充電で動作可能な携帯 PC</p> <p>○無線給電によりニーズ消失。○処理能力を限定しないと回答不能。○電池の高性能化は携帯に限らず必要。○消費電力を考えると、単三電池2本で可能になってしまい、充電の意味がなくなる。太陽電池でOK。○すぐに出てくると思う。○若干の体積、重量増を許せば、現在でも実現可。動作時間延長よりも軽量化、コンパクト化に向けられる技術になる。○高エネルギー密度バッテリーと超低電力VLSIに加え、新OS+非同期回路技術で可能。○日本企業が強い。○これは電池の話なのか、低消費電力の話なのか不明で目的が見えない。○物理的に不可能(充電池)。燃料電池ならば可能。○現行のLiイオン電池より一桁以上高いエネルギー密度を有する電池の実現か、ディスプレイを含め、一桁以上消費電力を下げる技術が必要となるが、不可能とは思われない。○性能にこだわらなければ現在でも実現可能。○電気自動車への応用もあるのでブレークスルーが必ずある。○レアメタルの価格高騰が技術の進展を左右するか。○ワイヤレス電力伝送技術により実現可能。(5年以内)○電気自動車の電池の研究とリンクして、世界一をねらうべき項目。○小型燃料電池により実現されると思う。○無充電では無理と思う。「充電を意識しないで」と言う定義ならより実現性が高いのでは?</p>
7	<p>多様なユビキタスサービスをサポートするために、RFID 等からの信号を弁別して受信し、現在位置の環境を収集できるユビキタス環境スキャナー技術</p> <p>○メリットが出る技術に達するまで時間が必要。○技術と社会制度の両面におけるハードルがある。○デジタルサイネージ、RFID技術など現在も一部実現。○測域センサーは消費電力が大きいため新たな原理に基づく携帯可能なスキャナーが開発されれば重要あり。○技術的には可能であるが、マーケットとして成り立つための中味が大切。○サービスのレベルに依存。○「現在位置の環境」という文言の意味が不明であるが、特定の情報であれば実現可能。○社会インフラに依存。○軍事技術での開発も進みつつある。○1.例えばビルの上送塔が赤外線チャンネルで自由にどこからでもアクセスできる環境が前提では。2.環境情報を提供する側がアクセスした者を識別してアクセスを完全にブロックしてしまうようなことが起こり得るのでは。○端末機を普及、拡</p>

	大がはかれるコストで製造する技術が欠けている。
8	<p>いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境</p> <p>○モバイルの普及によりニーズ消失。○「どこでも」の目標設定と「何の情報」の設定が必要。”何でもできる”は必要ない。○程度問題で実現済み。どのような社会インフラとするかのビジョンなしでは回答不能。○社会的インフラの整備が必要。○セキュリティの問題が残る「安全に」を完全に保証することは難しい。○”安全”の部分で個人認証を簡単かつ確実にできる技術開発が不可欠。○無線 LAN の環境により、かなりの程度実現済。○「どこでも」となるが不明。○真の「安全」は長期的課題である。○基礎的な環境は既にある。○あまり便利にすると人間がダメになりそうである。○「安全に」は定義できないと思われる。「アクセス」は可能。○現状でもアクセスできる環境は整っている。「安全に」が鍵で、ハッキング等とのいたちごっこは今後とも続くであろう。○どの程度の情報環境、安全性、自由さを求めるかによる。○個人情報保護、セキュリティ、倫理規定など、国際的連携の枠組みによる協力が必要。○どこでもの定義にもよるが・・・○迷惑メール的なもの、他国から攻撃を排除する技術がどうしても必要。○社会インフラとしての実現時期は政府の施策に依存。○安全の程度の定義の問題。○真の「安全」は長期的課題。</p>
9	<p>高度情報化社会において飛躍的に増大するクライアントからのリクエストサービスを、低消費電力かつ高スループット(電力当りのスピード比で 100 倍)で提供可能な広域分散処理・仮想化技術</p> <p>○評価対象はスループットか？クライアントからのリクエストサービスに依存した評価基準が必要。○課題技術(定義)内容があいまい。○これも目標が見えない。○分散している(集中は危険)サービス情報をアクセス側からは一つの CPU が対応してくれるように見えるネットワーク構築と理解する。○低消費電力、高スループットかは不明だが、クラウド技術で基本的な技術はカバーされている。○100倍は現状に対して？</p>
10	<p>購入者が価格上昇を直観的に納得できる信頼性指標で情報家電システムを評価する技術</p> <p>○ロコサイトに信頼度がつくイメージ。○ブランド化の意味まで検討の価値がある。○営利企業、国家間の利害関係で実現しない。○高くなるものを受け入れるマーケットはない。○純粋な技術以外に、ユーザの使用評価ログを自動解析するシステムの導入も重要と考える。○課題技術(定義)内容があいまい。○社会的に非常に重要。○何のための技術か不明。○購入者がシステムを評価するという必要性は低いと思われる。○購入者のレベルをド素人でないとして話。提供企業の差別化項目として残してもよいのでは。○課題の意図がわからない。○意味がよくわからない。○「購入者が価格上昇を直観的に納得できる信頼性指標」ってどういう意味ですか？○社会的に非常に重要。</p>
11	<p>生物や生体の多様なメカニズム(情報の収集・処理・伝達・蓄積・利用)を模倣したコンピューティング・ネットワーク技術</p> <p>○ニューラルネットなど小規模、アドホックな応用が続く。○模倣することで何の利益が得られるかが重要。○生体の模倣はいくらでも多くの研究者が取り組んでいる。それが社会で使えるかどうかは別として。○コンピューティング・ネットワークは技術の研究テーマとして考えた時、何故生物・生体メカニズムの模倣なのか？○基礎研究段階。○アナログコンピュータ？ネットワークとコンピュータの連携なら重要。○模倣の内容次第。○到達目標が曖昧。○一部実現済。着実に進展。○一種のロボット技術。○まずは、メカニズムの解明が大事。それから、そのメカニズムの模倣ができるかの研究が必要。○生物にはさまざまなメカニズムがあるが、どこまで考えるのか？一部ならばすでに実現されていると思う。○基礎研究段階。</p>
12	<p>様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング</p> <p>○成果の不明確な技術への投資。○量子コンピューティングと汎用アルゴリズムは相性が良くない。その壁をどう超えられるか？○基礎研究段階。○汎用性のある量子コンピューティングのアルゴリズムの存在(発見)が不可欠。○量子コンピューティングが提案されて 10 年以上経過するが、一向に新しいアルゴリズムが提案されていない。○世界一をねらうべし。○基礎研究段階。</p>
13	<p>世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号</p> <p>○原理確認は済んでいるので、どう実用化するかの問題。○実用化されれば革命的。○量子コンピュータよりは早い時点で実現できるだろう。○実用的普及には、国際政治的問題が常に発生すると思われる。○「量子暗号」は実用化までに時間を要するが、今より強固な別方式の暗号が実用化されると思う。○一般社会に広くいきわたる必要はないのでは。○量子的である必要性がどれくらいあるか？</p>
14	<p>問題毎に世界中から適切な専門家を自動的に招集し、議論ができる遠隔会議支援システム(自動翻訳を含む)</p> <p>○「適切」、「自動的」が曖昧で回答不能。○利便性により需要は大きい。○How to pay?○ある程度ものはインターネット上できている。自動翻訳は 100%を目指すのは困難。○”適切な”専門家を”自動的に”招集し・・・というのがあやしい響きあり。○真の意味での自動翻訳は実現しないだろう。限定されたものなら可。○自動翻訳以外は技術的には実現されているように思う。○使うのは誰。使われる人は気の毒。○会議システムは実現しているし、自動翻訳も実現するだろう。ただし、結局会議のうち重要なものは face to face になると思う。○技術的問題は少ない。○自動翻訳が意外に難しい。○どこまでの言語を対象とするかによる。○自動翻訳は実現が困難。</p>
15	<p>メディア・言語を横断して検索を行うシステム</p> <p>○低レベルのものは実現性大。○技術的な問題あり。法・社会的な問題の方が大きい。特にメディア間の横断。○イメージによる検索も含め、ある程度はできている。○程度による。○定義不明瞭。ある意味既に存在する。○翻訳の精度の問題ではある。○Google に任せればよい。○特に日本のメディアコンテンツの情報流出に対する日本の関心の低さは問題。○英語でほぼ実現に近い。コンテンツ管理が難しいのでは。○検索の元データをどのように用意するかに依存。</p>
16	<p>日常生活における健康維持と増進(カロリー計算、運動強度等)をソフトウェアで支援するユビキタスコンピューティング技術</p> <p>○低レベルのものは早期に実現。○ビジネスにするかだけの問題だと思います。○各種センサーとの組み合わせにより小さなシステムは既に実現済。高齢化(メタボ)社会に必要。○健康維持と増進以外の日常生活もソフトウェアで支援できるようになるのでは？○”ユビキタスコンピューティング”はあやしい。カロリー計算、運動強度 etc.じゃ既に在り、携帯機器にも搭載されている。○技術的課題なし。○Wiifit のこと？何が良いのか不明。○具体的な中身によって実現時期は異なるだろう。○社会インフラに依存。○一部はすでに実現している。ただし健康情報が増えるだけであまり普及しないと思う。○Apple-Nike+、Nintendoなどで実現済。○任天堂のシステムもこれに入るのでは。○”支援”の程度による。デバイスの小型化、ユーザインタフェースの向上、センサー技術にどこまで求めるか。○技術的課題なし。</p>
17	<p>1Tbps 超の大容量通信技術</p> <p>○IEEE802.3DCB データセンター技術。○波長多重伝送で 1 ファイバ当たり 1Tbps 超ならずして実現済。ここでは、一波当たり 1Tbps を想定した。○数 10～数 100Tbps 大容量伝送の実現に向け研究開発は進んでいる。○原理確認ができて初めて社会インフラとして採用できるかどうかの検証に入るべきか？(投資対効果の観点から)○技術的革新性は低い。○課題が不明確。伝送だけでなく実用化されている。○波長多重等により部分的な技術としては実現に近いものもあるが、社会的システムとして完成させるにはやや時間がかかるのではないかな。○今後さらに大容量の通信が求められる。○WDM で実現済み。○利用法や想定システムによる</p>

	<p>が、光ファイバでは 1Tbps は既に可能。○WDM で実現済みのはず。○ニーズが明確になれば、進展は早い。○先頭集団に居続けることは必要。特出する必要はない。量子コンピューティングにリンクしている。○2~3Tbps までは実現済。○実現時期は大容量通信能力を日常的に必要とするアプリケーションの実現に依存。</p>
18	<p>ナノフォトニック技術などにより、消費電力が 1/1000 に低減されたネットワークノード</p> <p>○環境問題から需要は高まっていく。○原理確認ができて初めて社会インフラとして採用できるかどうかの検証に入るべきか？(投資対効果の観点から)○ネットワークの低消費電力化のために必要な重要技術である。全光型バッファメモリの開発を強く進めていく必要がある。○ネットワークノードといった時に、どこまでの機能を含めて考えるかによって回答は異なってくるのではない。○ネットワークノードにどれだけの機能をもたせるかによる。○single photon source などの発展が重要。○ネットワークノードの処理内容によって電力は変化する。課題設定に無理がある。</p>
19	<p>100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信の実現(実用化)</p> <p>○安全保障(軍事)以外ではニーズは少ない。ニーズが少なくてもやらねばならない技術。○都市間で何をやりとりするかの方が重要な気がする。○基幹ネットワークへの投資方針が決まるか？○ニーズがない。○通信速度を度外視すれば現状でも可能。実用的な速度を得るためには量子中継等の技術開発が必要。</p>
20	<p>家庭向け 10Gbps 光加入者系システム</p> <p>○スーパーハイビジョン放送のような大容量サービスが出るかが鍵。○Peer to Peer が通信速度の保証技術(QoS)の対象にならないので意味がない。○アクセス系における大容量化に向け、多値の光伝送技術が近年盛んに研究されている。○映画などのコンテンツの配信で容量(通信)が望まれている。○非圧縮 HDTV を多チャンネル送るのか？○技術ではなく、コストの問題。○幹線系をどうするか、といった通信システム全体の整合性が重要。○大規模マンションなど、規格の古い設備更新をサポートする仕組みが重要。○コスト次第。○家庭情報の多重化が問題。規格化を急ぐ必要がある。○IEEE にて 10GE-PON として標準化。○10 Gbps もの能力を必要とする家庭向けアプリケーションが存在しない。(特殊用途は除く)</p>
21	<p>ビル間(数百メートル)における 10Gbps 以上のミリ波通信</p> <p>○ニーズはない。○地域無線コミュニティ網の実現のカギとなる技術。○空間光通信で可能。○コストを無視すれば可能とも思われるが、ミリ波は家庭内などの短距離の通信でメリットを発揮するのではない。ビル間をミリ波でつなぐメリットがよくわからない。○静脈インフラとしての普及には平時と災害有事とをわけて、法制度の検討を期待する。○ミリ波は制約が大きい。一部実用化されるかもしれないが、結局ビル間も光ファイバでつながることになる。○価格と需要が問題。○ミリ波デバイスの高コストが問題。普及が始まると加速度的。</p>
22	<p>複数の無線情報端末同士が相互に直接接続され、マルチホップで情報伝達を行なう通信技術</p> <p>○防災用の通信システムとしては重要。制度の問題かもしれない。○標準化が課題。○単なるマルチホップであれば課題になり得ない。○一部実現済。○せいぜい数ホップで車々間というのが現実的だと思います。あるいはセンサネットワーク。○技術的にはできているが、ビジネスモデルを作り、社会的に普及させるのが課題。○iPhone ではシングルホップで情報伝達可能。電池の容量が飛躍的に伸びればマルチホップも実用的に。○センサネットワークなどにその始まりが見られる。○標準化作業が進めば民間で一気に加速するか。○ニーズが必要。○フィリピンとか島の多い国では重要度高いのでは。○ネットワークの規模による。○公的資金の投入が必要。薄型 TV に次ぐ、日本が世界をリードする技術。○有効なサービスがない。</p>
23	<p>多種多様な通信方式の差異を隠蔽し、利用者にアクセス方式を意識させないで利用可能なシームレス通信(家庭内で放送、通信、家電機器間のシームレスな情報流通や、屋外で車-車間、車-センター間の交通の情報流通が可能になる)</p> <p>○程度問題で実現済み。社会制度と、それに適合したシステムとしては未完成。制度と技術の双方の開発が必要。○他方式と比べ優位性の確保が鍵。○一部実現済。○範囲を限定すればできている。問題は広い領域で使えるようにすること。○技術的には部分的にできているが、著作権等について利害関係者の調整が現状ではむずかしい。○技術的には可能、あとはビジネスモデル。p2p 的なシステムなのでコンテンツ単位での課金をしっかりできるかどうか。○携帯電話、無線 LAN、ITS など個別には実現されている。○標準化作業が進めば民間で一気に加速するか。○料金問題が気になる。○コストが高い。○一部はすでに実現している。これ以上情報が氾濫しても人間が困るのではないか？○省庁間の規制緩和。○国際規格化がどうしても必要。日本はリーダーシップをとれるか？○隠蔽することで本当に便利になるのか、検討が必要。○現時点では、一般に受け入れられるアプリケーションが不明。○流通する情報が明確にない。</p>
24	<p>発信者の位置や周囲の情報・状況が瞬時に伝えられ、その人にあったサービスを提供するシステム</p> <p>○Google map。○程度問題で実現済み。社会制度と、それに適合したシステムとしては未完成。制度と技術の双方の開発が必要。○プライバシー、セキュリティの課題の解決が必要。○一部実現済。○範囲を限定すれば技術的にはできている。問題は、どこでもどんなことでも扱えること。近いサービスはすでにある。○GPS を使った位置情報サービスはすでにできている。○緊急性、重要性のあるサービスは実現されている。(エアバッグによる衝突情報を救急用に利用など)○程度による。○どのような機器を持ち運ぶのか不明瞭。要求定義できるのか？○「その人にあった」は困難。○「その人にあった」という所が問題大きい。○サービス提供レベルの捉え方によっては実現済み。○「周囲の情報・状況」、「その人にあったサービス」を何と想定するかで実現可能時期は変わってくるだろう。○通信の秘匿性、個人情報の法的観点からの議論が普及(想定される事故など)には必要。○例えば GPS 等ですでに実現している。プライバシー保護等が困難になると思う。○Google などで実現済。○アクセス拠点をきめ細かく設置することが必要では。携帯の高機能化で間に合うのでは。○「状況」をどのようにとらえるかに依存。○個々の部品技術はある程度出ている。○課題7と類似している課題？○プライバシー(個人情報)を考慮する必要がある。○不必要な情報=コスト負担者あり 必要な情報=コスト負担者なし という状況は変えられない。</p>
25	<p>多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク</p> <p>○環境側のセンサインフラは普及しないのでは。○適用分野の開拓が課題。○一部実現済。○課題があいまいすぎて、実現予測しづらい。「強力」「実用的セキュリティ」をどうとらえる？○生活モニタリングであれば 2-3 年後には実用化されるのではない。○何を測定するかにより、センサーを選択することが重要で、ニーズとマッチすることが必要。○課題定義不明瞭。「実用的セキュリティ」人の活動」とは実際どんなものか不明瞭。○何を支援するのか？○センサネット自体は技術的に可能だが、何をモニターし、何を提供するか、といった使われ方の議論が必要。○普及には公的空間とオフィス・家庭を分けてとらえることが必要と思われる。○障害者等の特定の人には必要な技術であるが、一般人々には、現状以上のセンサネットワークは不要だと思う。○要らない。技術的問題でなく、無いい方がよいという考えから。○多数の定義による。○センサーの資源・エコの観点と、健康評価がなされていないこと。○集めた情報の処理技術の方が重要。○使い方が問題。個人の快適生活に役立つかどうか。部分的には実現する。○コストが問題。○具体的な支援サービスのイメージがわからない。○どれくらい「強力」であればよいのか？どれくらいの範囲の活動か？○具体的なアプリケーションが不明。実現時期はそれに依存。○大量普及が可能なセンサ端末の製造技術が欠けてい</p>

	る。
26	<p>地域住民通信ネットワークによる、画像センサー(カメラ)からの地域映像情報を使った、弱者(高齢者、子供、女性)の見守り支援、不審者の発見などの住民サービス</p> <p>○英国 NPO(?)の人海戦術方式。○技術より制度の問題。○プライバシーの課題解決。インフラの整備、多大な投資。○一部実現済。○よく出てくる話だが、こじつけ感があるテーマだと思う。他にやるべきことがある。○プライバシーとの兼ね合い。○地域住民通信ネットワーク”を誰が求め、誰が提供するのか? 農協の有線放送のデジタル化、ケーブル TV とどう違うのか。○技術以前にプライバシー保護等の点から社会的コンセンサスが必要。○システムとして携帯を利用した画像のアップデート等に特許申請があるようである。○プライバシーの保護が問題。○要らない。技術的問題でなく、無い方が良いという考えから。○技術課題はクリアされている。政策とコストが普及のカギ。○日本がやたらに先走っても世界から遊離する。使い方が問題。目的によって実現をはかるべし。○通信より、画像認識技術が重要。プライバシーに関するコンセンサス形成が問題。○カメラ以外ではダメ? プライバシーとの兼ね合い? ○プライバシー保護が課題。</p>
27	<p>ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術</p> <p>○エネルギーの効率的利用要求は増大する。インフラ整備。○技術課題が不明瞭。○電力市場の制度改革が必要。○設問の意味が不明。○ネットワークは存在しているので、いかに最適化するか、という点での技術開発が必要であろう。○世界の No.1 をねらうべし。電力 IT 機器の輸出に強くひびく。○常に供給量を上回る欲求が出てくると思われる。</p>
28	<p>盗聴・傍受の自動検出、電波干渉による妨害の回避などによりセキュリティが担保され、安心して使える無線通信</p> <p>○傍受は無線の本質。その検出は難しい。○セキュリティの確保はこれからの社会の必須条件。○一部実現済。○妨害自体を回避するのは極めて難しい。指向性通信がカギとなるか。○技術の進歩は常にいたちごっこで、セキュリティを破ろうとする者はいつもいる。○技術課題が不明瞭。○物理的に困難。○民生用途と軍用途で技術レベルが大きく異なってくるのではないか。民生用ではどこまでのセキュリティを担保するか必ずしも明確ではない。○普及後に暗号解読されると、フォームのアップデートに多大なコストが発生する可能性がある。○原理的に傍受を完全に防ぐことは不可能。○妨害探知技術は No.1 であってほしい。○量子通信を無線で実現する? ○用途を音声通話に限れば。</p>
29	<p>複数の無線システム(例えば、電話、LAN)を自動的に検出し、最適なネットワークを自動検出、利用する技術(コグニティブ無線技術)</p> <p>○標準化が必要。○一部実現済。○範囲を限定すれば、できているものはいろいろある。○技術課題が不明瞭。○要らない。技術的問題でなく、無い方が良いという考えから。○無線の利用は程々にしないと。空間は有限のつもりが必要。○“最適”の判断基準が問題。○デモレベルの技術はできている。○ビジネス論理に理想形が負ける。</p>
30	<p>コグニティブ通信により、メンバー同士を必要に応じて動的に接続するネットワークの構築・運用技術</p> <p>○一部実現済。○周波数利用を柔軟化するための政府の施策が不可欠。○技術課題が不明瞭。”メンバー”になりたくない時、なりたくない人はどうするか。動的の定義。○要らない。技術的問題でなく、無い方が良いという考えから。○「動的に」は何者が判断するのか? 構築運用技術を使う存在が危険な存在になりはしないか。○“メンバー”がどのように定義されるのが問題。○社会的に危険な面もあるため、慎重な導入検討が必要。</p>
31	<p>多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術</p> <p>○標準化が必要。○一部実現済。○課題の説明が抽象的すぎる。○移動体からの情報とは何を示すのか、それで何ができるのかわからない。○要素技術はおおよそ確立している。ビジネスモデルの開拓が必要。○”一元的に管理”するメリットが不明瞭。研究テーマでなく標準化テーマか。○技術よりも制度設計が課題。○情報の一元管理は可能だが、運用技術についてはわからない。○文章が不明瞭。○一元管理は独裁につながる危険はないか? できるのは表示迄にしないと。昔の軍のような存在が制御まで立入ると大変。○“管理”の意図がわからない。○目的と対象の明確化、モデル構築が先決。</p>
32	<p>新聞紙を代替できるような柔軟性(薄く柔らかい)をもつポータブルな電子ディスプレイ</p> <p>○コンテンツの供給に関する技術というより社会制度の見直しが必要。○用途は広いと考えられる。○ポータブルなディスプレイは実現済。いかに目に優しくなるかが課題。○電子ペーパーがカラー化しつつある。表示の高速化が課題。○フレキシブル基盤への直接形成技術や各種転写技術により原理確認されている。表示体に加え、メモリ、CPU などもフレキシブルになる可能性大きい。○基礎技術は既に確立されている。○サイズ次第という面がある。○紙のように軽量化できるか、また電源供給なしで保存できるかが問題。○アマゾンが始めたリーダーサービスがデバイスをこちらまで及ぼすか。日本におけるコンテンツの利用制限が厳しすぎるのが市場をせばめている。○世界に遅れをとらないこと。すでにある程度実現していると思う。○既に試作品はつくられている。E-paper などと呼ばれている。</p>
33	<p>所有者の声を認識し、体験(位置、時間、動作、外界の情景・音等の状況)を記憶し、同一状況であるとの状況認識技術により、必要な時に音声メモを再生することによって記憶を呼び覚ますポータブルアシストデバイス(高齢者の QOL 改善)</p> <p>○100%確実なものは実現できない。利用シーン等によっては Yes の場合がある。○社会福祉の一環として政策的に扱う必要あり。○検証が極めて難しい。○”アシスト”といっても商品として PL(製造物責任)法をクリアできるのか? 使用者を選ぶことにならないか。○Apple iPhone, Google ○QOL 改善という目的だけなら重要度は低い。センサネットワークの情報源としては重要。○高齢者はお静かに浮世をお引き取り願う方がよろしいのでは(80 才の小生の実感です)。しかし実現を試みる者は必ずいると思うが。○デバイスの小型化が重要。音声メモの入力はどのようにするのが問題。○余り必要性を感じない。</p>
34	<p>人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ</p> <p>○社会福祉の一環として政策的に扱う必要あり。○日本では遅れる。○生体エネルギーだけで動作するのは困難ではあるが、外部から無線でエネルギーを供給するシステムは実現済。何を測るかが重要。○外部との通信機能を持ち、外部から必要に応じてデータ収集、正常/異常確認できることが必須か。○医療マシンは、日本では何ひとつ生まれて来なかった。欧米に任せるしかない。○埋め込み前に、装着からスタートする方向では進歩している。○生体発電及び体外からのワイヤレス電力伝送の組み合わせが有望。○運動を検知して生体の状態に応じた所作をするペースメーカーは存在する。この項目は一部実現済みであるのでは。○壊れないことを保証するのは難しい。○人体埋め込み機器が支持されるのか疑問。○申請で時間を要す。</p>
35	<p>外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり、あるいは血管の中を移動できるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術</p> <p>○日本では遅れる。○ミクロの決死圏のような SF は不可能だが、センサーの微細化は既に実現されている。○欧米で同様の研究が進められているが、医療ロボティクスの国産化が難行している現状では、国産化のために企業との連携が開発時から望まれる。○医療マシンは、日本では何ひとつ生まれて来なかった。欧米に任せるしかない。○生体発電及び体外からのワイヤレス電力伝送の組み合わせが有望。○外部から制御可能な埋め込み形は危なくて外出に要注意。(筆者はペースメーカー100%依存でそこ</p>

	に気を使う。)○壊れないことを保証するのは難しい。血管がつまらないような位置制御も困難。○体内埋め込み機器が支持されるのか疑問。○申請で時間を要す。
36	人の脳や神経と直接信号をやりとりするブレイン・マシン・インターフェース ○ごく限られたデモは現存。一般入力デバイスとしての応用と解釈。○単純なものなら実現例がある。○一部実現済。○一部は実現できている機能あり。○現状技術の fMRI を用いるなど高価すぎ。一般への普及には装置についてのブレークスルーが必要。○法的規制が必要。○倫理面での議論が不可欠。○危険な道具となる。開発してはいけない。○低レベルでは実現済み。○脳とのインタフェース部門に安全性に対する問題が感じられる。○どれくらいの情報をやりとりできればよいのか？○法的規制が必要。
37	商品評価時にモニターの本音を簡易に計測できる非侵襲軽量の脳活動計測装置 ○装置の小型化が課題。○特定の人(あるいはメーカー)だけが必要なだけ。○一般への普及には装置についてのブレークスルーが必要。「軽量」が問題。○不要だと思う。○危険な道具となる。開発してはいけない。○嘘発見器現代版ですね。取り調べに使うべし。なので警察はこの開発に力を入れるべきだろう。○倫理的な問題はクリアできるか？○商売に直結しない。○判断不能。
38	人の日常の運動能力を退化させることなく、かつ必要時に運動能力をアシストできるアクチュエータ技術(高齢者の QOL 改善) ○高齢化社会の進展により増大化する。○コストを低減し、十万円程度で購入できるようになれば。○福祉機器やパワーアシストスーツで一部実現している。○今後の高齢化社会で重要。○一部の技術は開発されている。○不要だと思う。○危険な道具となる。開発してはいけない。○老人用補助ロボット。そうまでして長生きさせようとはしない。○退化を防ぐにはトレーニングが必要。○既に部分的なアクチュエータは出来ている。○阻害要因として、厚労省の認可、行政の複雑さ。
39	自己給電型(周囲環境のエネルギーを吸収し発電)無線通信センサー ○欧州の En Ocean 社で類似技術○エネルギー問題の解決の一助となる。○発電量が現状では少ないため、アプリケーションが限られる。○限定された用途ではある程度実現されている。○程度の問題。○開発(研究)テーマとして不明瞭。商品としてはあり得るか。○発電方式がいくつか報告されている。(振動等)○課題をより具体化することが必要。○太陽電池とか、地域によっては地表熱利用でできるのでは。○何からエネルギーを得るかが問題。太陽電池ならすでにあるが、センサーの持続性による。○超小型を考えなければ太陽電池パネルなどで実現可。○環境情報を広く収集するのに有効。そのため、政府などによる利用が実用時期を左右する。○RFID、太陽電池、振動発電等、大分できているが、サイズ、機能含め時期はレベルによる。○用途のしぼり込みと共通化が進められれば好ましい。
40	センシングに基づいて、匂いや味を再現できるディスプレイ ○時間的に更新困難なため普及しない。○判別はできても再現は不可能だと思う。味覚の基本となるものがないし、精神的なものが味覚を大きく左右するものなので。○ある範囲でデモンストレーションとして実現(東工大の中本教授)。○くさい空間。まずい味も出す？○ニーズはあるのか？○匂いは可能だが、味を再現できるとは思えないし、必要もない。○匂いや味を科学にするのは難しい。○アークタイプ及び復元技術と組み合わせることにより、世界有数の資源蓄積が可能になる。○匂いはもう始まっている。○匂い、味は化学物質の介在が必要。保守能力が必要条件では。○“センシング”はできたとして、“再現”が課題。(衛生的に)○色の三元素のような元素分析が出来ていないし、微妙な味や匂いの差を実現するのは困難。○昔からよく提案されたことのある技術。社会的なニーズ、実用性から開発する必要のない技術と思われる。
41	通信、センサー、ディスプレイ、照明、空調、音響、給電などの機能を持ったインテリジェント建材ユニットからなる住宅・オフィスビル ○省エネへの応用で普及期待。○つくることができる、今でも。○商品化するかしらないかの問題。その後で必要な研究課題(要素技術)があれば取り組むべきか。○課題 43(一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約3倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術)、課題 44(エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池)との違い？○個別の機能を無理に組み合わせる必要性を感じない。○一部は実用化済み。進めば進むほどエネルギー消費が増える気がする。○世界商品としての開発が必要。○要素技術はある。“建材ユニット”にするコストメリットが不明。○住宅とオフィスを同列に論じるのは無理がある。価格が実用化の鍵。○技術的にすでに可能な技術。社会的なニーズがどれだけあるか疑問である。○建物と中に置く技術の耐用年数が違いすぎる。
42	オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術 ○エネルギー政策として国の支援も重要。○政策による。○変換効率 40%以上は必須か。(設置面積から)○意味のない開発目標である。○太陽電池の効率改善とコスト低減とを同時進行できるか否か不明。○意外に早いのでは。課題 41(通信、センサー、ディスプレイ、照明、空調、音響、給電などの機能を持ったインテリジェント建材ユニットからなる住宅・オフィスビル)とリンク。○環境対策として有効。希少資源に頼る技術では、社会に普及するのは無理(資源枯渇で価格上昇)。○日本が重点的に取り組む技術。
43	一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術 ○先日、リチウム硫黄で従来のリチウム電池の 7 倍のエネルギー密度を達成したという記事があった。○エネルギー政策として国の支援も重要。○電池の発達より、電気自動車の普及の方が大きな課題では？○課題 42(オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵電池技術)との違い？○電気自動車は不要であるので、電池も不要ではないか？(電気自動車は高コスト)○高エネルギー密度の電池が実現できても、それを製造するためのエネルギーを考慮した収支バランスがとれるかが重要。○ガソリンスタンドの減少が移行を加速するだろうが、その過程で混乱が起きはしないだろうか？○現在でもかなりなところまで実現できている。一部実現。東京⇄大阪間は可能なものあり。○環境対策として有効。希少資源に頼る技術では、社会に普及するのは無理(資源枯渇で価格上昇)。○公的な開発資金の供給が是非必要。
44	エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池 ○エネルギー政策として国の支援も重要。○原理的にエネルギー・ギャップの異なる材料の組合せで可能だがコストが問題。○太陽電池の分野はぜひ日本に頑張ってもらいたい。○理論限界を超えていないか？(単層・単デバイス)しかし装置としては可能か？○熱電変換等と組み合わせない限り実現は無理。極めて難しい。○課題 42(オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵電池技術)との違い？○物理的に不可能な効率である。○太陽電池の製造に大きなエネルギーが必要で、実現しても地球環境は悪化するのでは？○MAX 50%程度か。○変換効率の良い電池の開発が必要だが、PN 接合の理論限界があるはず。○現在主流の太陽電池とは異なる原理に基づく必要があると考えられる。○重要。○60%以上の効率を原理的に可能な課題があるのでは？○効率だけではない。発電コスト、品質含め考える必要あり。
45	大部分のモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等)の電源が燃料電池に置き換わる

	<p>○飛行機に持ち込めない。○置きかわってしまうことはないのでは？○二次電池はかなりの範囲で残る(安全性から)。○二次電池で十分(電力がとれる所では)、南極や高山など限られた所で利用される。○必須ではない。○燃料電池自体は市販品。小型化が問題→民間。○モバイル機器などは湿気、水をきらうので、水を発生する燃料電池は不適切なのでは？○充電の方が便利である。○必要性がない。○二次電池の方が便利な用途が多い。○燃料電池でなく太陽電池と二次電池の組合せ。○熱帯の海に面した砂漠で海水の電気分解で大規模な H₂ 生産をすることもしないと。○他の電池の状況に大きく依存してしまう。○二次電池と太陽電池の進歩状況によっては不用の可能性もある。○モバイル用電源は Li 電池などの固体電池でカバーされるのではないだろうか。○燃料電池に置き換える必然性がない。○技術的には可能となるが、社会環境(従来の AC と電池を使う環境)が変わらず普及しない。○技術レベルによるが、本当に変わるか疑問。○常に電力を上回る技術欲求が出てきているので、落とし所が難しい。○燃料電池は、H₂O や発熱があるので、H₂O をすてたり、温度が上がりやすい小型のモバイル機器には不適當なのでは？</p>
46	<p>振動からのエネルギー(100mW)をもらい、半永久的に動作する LSI</p> <p>○アプリケーション次第。○どのような振動かによる。○振動では(サイズにもよるが)不可能。○LSI の高機能化、高速化の要求と、低電力化の要求の整合するポイントがあるかどうか問題。ハイブリッドの給電システムが必要。○それほど難しいとは思わないが、応用先、信頼性が問題。○時計用途は既存。継続的な研究開発が世界的に続いている競争領域。○課題 46(振動からのエネルギー(100mW)をもらい、半永久的に動作する LSI)と課題 47(熱エネルギーを活用して半永久的に動作する LSI)との違いは小さい。46の方が新しいか？何かありそうで、もう民間の活動分野では？○使う場所、用途によると思うが、たまに用いると動かない時があり不便さを感じるのでは？○価格との見合いで、何に使うかが問題。○補助的。○振動の身体に対する影響の評価が欠かせない。○発電する仕組みの方が汎用的ではないか。○100mW も必要か？○常に電力を上回る技術欲求が出てきているので、落とし所が難しい。○使用場所にもよるが、あまり安定しないのでは。</p>
47	<p>熱エネルギーを活用して半永久的に動作する LSI</p> <p>○熱エネルギーとして何を求めるか？ LSI の仕様分からないと回答は難しい。○いつか高効率な熱発電が実現するのではないか？○ゼーベック効果による熱電発電は実現できているが用途は限られる。○LSI の高機能化、高速化の要求と、低電力化の要求の整合するポイントがあるかどうか問題。ハイブリッドの給電システムが必要。○それほど難しいとは思わないが、応用先、信頼性が問題。○熱エネルギーを回収する技術は極めて重要。○課題 46(振動からのエネルギー(100mW)をもらい、半永久的に動作する LSI)と課題 47(熱エネルギーを活用して半永久的に動作する LSI)との違いは小さい。46の方が新しいか？何かありそうで、もう民間の活動分野では？○熱力学の第 2 法則に矛盾するような気がするが。○半永久的の意味が曖昧。○LSI の消費電力を規定しないと判断できない。○温度差が常にないと熱エネルギーは利用できないので、物理的に無理。○価格との見合いで、何に使うかが問題。○使用される環境と要求される性能による。○その前に「ホカロン」で終日動作する LSI があってよい。○発電する仕組みの方が汎用的ではないか。○熱エネルギー(温度差)を使う環境がどれだけあるか疑問。○常に電力を上回る技術欲求が出てきているので、落とし所が難しい。○どんな熱エネルギーなのかよくわからないが、自発の熱を利用するのは熱力学の観点から永久には決して動作しない。○「半永久的」の解釈？</p>
48	<p>無線により給電されるモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等)</p> <p>○技術的には可能、コストの問題。○電磁波環境と効率を考えると実用化は困難。○非接触給電は実現済。距離が離れた給電は、電磁環境の問題がある。○特定空間に限定された実現。○LSI の高機能化、高速化の要求と、低電力化の要求の整合するポイントがあるかどうか問題。ハイブリッドの給電システムが必要。○程度による。○ソニー等でデモあり。○それほど難しいとは思わないが、応用先、信頼性が問題。安全性も問題。○課題 49(パブリックな駐車場、道路交差点での駐車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術)、課題 50(高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術)と何が違う？○それだけ強いエネルギーだと人体への影響が心配。○安全性が前提。○原理的に給電効率が悪いと思われる。○小型化が可能かどうか鍵であり、新しいアイデアが必要。○課題 9(高度情報化社会において飛躍的に増大するクライアントからのリクエストサービスを、低消費電力かつ高スループット(電力あたりのスピード比で 100 倍)で提供可能な広域分散処理・仮想化技術)を超える省エネシステムが必要。○エネルギーの伝送速度が悪く、結局エネルギーの無駄使いになる。○強電磁場が健康に影響する可能性。○無線による給電の技術が理解できない。危険と裏腹のような気がする。○人体に悪影響を及ぼす恐れ有り。○常に電力を上回る技術欲求が出てきているので、落とし所が難しい。○ある程度回りに発散する電波による給電なので、人体への悪影響が心配される。</p>
49	<p>パブリックな駐車場、道路交差点での駐車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術</p> <p>○課金の問題が大きい。○技術より制度面の方が難しい。○インフラの整備が必要。○人体への影響で実現できない。○課金システム標準化の問題が重要。社会インフラへの投資が莫大なる由に政府主導か。○充電損失を考えると必要とは言えない。○課題 48(無線により給電されるモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等)、課題 50(高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術)との違いは？○高電力の供給に非接触は危険だし、無駄が多くなるのでは？○非接触充電である必要はない。効率を考えるとプラグイン充電で良い。○国際的な規格作りとセットで動くことが重要。○危険もともなうのでは。ペースメーカーが入っている身体なので電磁カブリングはこわい。○交差点にコストをかけてインフラ整備する意義が不明。街中の一部のみだけ走れる車の需要はあるのか。○費用負担の問題がある。投資対効果が良いとは言えない。○電磁問題の発生、安全性の問題から、特定場所では実現しないのではないだろうか。○省庁の壁、法律。○高電力の非接触充電は、危険だし非効率なのでは？</p>
50	<p>高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術</p> <p>○インフラの整備が必要。○人体への影響で実現できない。○高速道路のみ常時給電しても無意味。広大な空間の常時給電は実現性、意義共に低い。○限られた地域ならばシステム構築は可能かもしれない。自動車を持つ自由度とのトレードオフか？○課金システム標準化の問題が重要。社会インフラへの投資が莫大なる由に政府主導か。○課題 48(無線により給電されるモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等)、課題 49(パブリックな駐車場、道路交差点での駐車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術)との違いは？○高速走行させれば可能と思われるが(リニア新幹線では用いられる)、その必要があるか否か不明。○国際的な規格作りとセットで動くことが重要。○有線給電に加え無線給電が望まれる。○給電側とのカブリングが大変。実現するとは思えない。高速道路の遮音壁に光電パネルを設置して休息所ごとに給電インフラを置くのは可能かも。○費用負担の問題がある。投資対効果が良いとは言えない。○電磁問題の発生、安全性の問題から、特定場所では実現しないのではないだろうか。自動運転との連携もありうる。</p>
51	<p>パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス</p> <p>○電気自動車用。S:Y のコスト論争が課題。○100w/cc の cc の意味がわからない。○放熱が困難である。○挑戦すべし。</p>
52	<p>電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術</p> <p>○技術だけではムリ、アイデアや教育(PR)も必要。○20%削減はスマートグリッドを使わなくても実現可能(2005 年比 20%減なら</p>

	<p>ば)。○インフラの整備が必要。○効率化されたエネルギーは新しい応用に活用されるであろう。○送電線での 30%のロスを超電等技術でカットでき、合わせて 40%削減を目指すべきか。○発電量のコントロールは難しいのではないか？○スマートグリッドを利用することで、どの程度発電量を減らすことができるのか、把握している。</p> <p><この下、仕切り線追加></p>
53	<p>単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子</p> <p>○不確定性原理→実用化できない。○デジタルのみ高集積化をこれ以上図っても意味がない。メモリデバイスなら OK。○CMOS LS2 との融合が現実的な解。○単スピんで、今の LS2 の CMOS のような正確で消費電力が少ないものはできないのでは？○挑戦すべし。○冷却が必要だとすると、スピードは速くてもエネルギーが多量に必要ということになり需要が少ないかもしれない。○室温動作が課題。○熱じょう乱などにより不安定なのでは？</p>
54	<p>トップダウン技術とボトムアップ技術の融合により分子、CNT、極微粒子などナノ機能要素を大規模システム化する技術</p> <p>○ナノテクノロジーのキーワードを単に並べただけのように思われる。システムのイメージが全く湧かない。○技術課題の定義が不明瞭。○どうやって実現するかよりも、何(どういう機能)を実現するかが重要。○CMOS LSI との融合が現実的な解。○具体的なものがわからない。○どのようなシステムを作ろうとしているのかわからないので回答不能。○トップダウン/ボトムアップの部分の意味が不明。○どのようなデバイスを想定するかで実現時期は異なる。○部分的にあるいは小規模の実験レベルではできるのかもしれないが、実用化は不可能では？</p>
55	<p>超低電圧(10mV オーダー)で動作し、人体にも優しい高信頼性のバイオフィューエルデバイス・DNAデバイス</p> <p>○利用料の明確化。○常に SF 的な話題があったが、無機材料にかわるものは限られた用途だけ。○機能・スピードとパワーのトレードオフでアプリケーション次第。○技術課題の定義が不明瞭。○この種のデバイスで何をさせるかが問題。デバイスのみで思考法には限界あり。○室温の熱エネルギー26mWの壁を越えて信頼性の確保は極めて難しい。(原理的に)○10mV では熱的に動作が不安定になる。○室温で動作させるのであれば 10mV の出力電圧では信頼性のある動作は望めない。○室温で 26meVなのに、10mV で安定に動作しないのでは。液体窒素温度なら可能かもしれないが、人体では無理なのでは。</p>
56	<p>1THz~10THz の電磁波帯を有効利用するためのフォトニックセンシングデバイス</p> <p>○応用分野の広がりが期待される。○何をセンシングするのか(できるのか)、センサーのサイズは？コストは？○高出力化(発信側)、高感度化(受信側)が極めて重要。○THz 帯を用いて何を行うのかを明確にする必要がある。○THz 帯は使いにくく、技術的にも可能性に乏しく、利用されないであろう。○要求される感度による。○セキュリティ分野で先行。○電気屋、光屋ですがこの周波数領域に関する知識が全くない。ということは当然実現しないと思う。</p>
57	<p>セキュリティ向上に向けた量子暗号通信のために On-demand で単一光子を発生できる新デバイス</p> <p>○”単一光子”の発生を何で制御するのか？興味はあるが理解できない。また、その”単一光子”をどう利用するのか？○信頼性の確保。○量子ドットを利用することで可能と思われるが、現時点において優先度は高くない(量子暗号システムの発展次第)。○とっかかり技術が見つかっていないのでは。</p>
58	<p>飛躍的に増大する情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ</p> <p>○不確定性原理→実用化できない。○1 原子を 1 ビットにどう対応させるのか(どう情報としてアクセスするのか)AFM(原子間力顕微鏡)みたいなものか？○「蓄積」は可能でも「検索」が問題。技術は可能でも普及に時間がかかるだろう。○エラーレートを飛躍的に向上させる技術が必要。○熱力学的に考えて、実現はむずかしいのでは？○大型分子であれば可能かもしれない。または、超高エネルギーで原子核に記録。○実現可能であるが、使えないので無意味。○制御する部分のスケールが 1 原子/1 分子以下でないと制御できないので、この質問が無理な質問では？数原子/数分子なら可能性あり。○エネルギーコストとのかねあいが解決されればより重要。○1原子単位にしても高速、低コストが実現できるのか？○基礎研究段階。○1 原子/1 分子が 1 ビットというのは、かなり理想が強入っている。実際問題実用化は不可能。数百個~数千個レベルなら実験室でも可能だが。</p>
59	<p>単細胞や単一分子レベルの生命メカニズムとエレクトロニクスを融合した新機能技術</p> <p>○適用領域の明確化。○バイオセンサーはその一つであるが、かなり将来にわたる技術である。○何のための”新機能技術”なのか？何ができて、どうありたいのか不明。技術課題も不明。○課題 58(飛躍的に増大する情報データを高速に蓄積。検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ)と違い可能性がある。</p>
60	<p>化石燃料、太陽エネルギー、風力、電気、空気、熱等の様々なエネルギーで移動体の原動機(アクチュエータ)を動かすためのハイブリッド制御技術</p> <p>○とりあえず船舶から？○一部の組合せは実現。○エネルギー密度が低いと利用できない。○電気/石油ハイブリッドは実現している。その他のエネルギーをさせるかは疑問。○原動機を例えば電力にして、エネルギー変換効率を上げる形で実現すると思われるのだが。</p>
61	<p>目的地を入力すると自動運転で到達できるシステム</p> <p>○自動運転を阻害する要素を回避する部分がコストアップになりそう。○運用、法の問題が大きい。○高速道路の磁気ネイルによる自動運転は技術的にはできている。○阻害要因:安全性確保。道路などインフラ整備との連携が必要。○その時点で商品化するかしらないかの問題。いずれにしても、完全自動化は不可能。船舶と航空機の自動航行システムは既にあり。○高度な状況認識機能が必要で、単純な実験レベルのものど普及との間の差が大きい。○目的地の属性、距離によっては実現に向けた開発もあり得る。○社会インフラの整備が必要。○高速道路上など限られた場所でのみ実現。○インフラができない。狭い範囲なら可。○閉鎖空間なら実現済。一般社会への導入をみて回答した。○ニーズとコストか？○国の交通に対する規制が最大のネック。逆の発想で自動運転しか認めない国あるいは地方があれば、近未来に実現する。○あらゆる安全性をどう担保するのか？○ハンドル不要になり車の形も変わる。一人用、二人用くらいのもが多くなる(小型)。○ものすごいインフラが必要？○事故発生時の責任の所在が問題。法制度の変更が必要となる。インフラ側の実現は政府の役割。○高速道路のみの限定となると思われる。PL(製造物責任)法の問題あり。○高速道路など特殊環境なら可能になるかもしれない。○安全規制。○場合にもよるがロボットを使用して破壊することに利用されることもある。</p>
62	<p>車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故を確実に防止できるシステム(車両、インフラ両方含めて)</p>

	<p>○「確実に」を外せば、今でも技術的には可能。○日本で重要としているのはあくまで「産業」としての見方。「確実に」を実現するのは極めて難しい。○車載器の普及に向けたインセンティブをどう導入するか。エアバッグと同じく義務付けでも良いと考える。○ITS の普及、コストのかねあひ。○人が運転する以上、どうしても中途はんばになり勝ち。完全自動(軌道化)はインフラ投資莫大。○実験室レベルでは実現している。○一部実現(衝突防止レーダ等)○政府指導となれば近未来に実現。○要素技術はある。インフラのアーキテクチャ設計がポイントか。○現在すでにモデルレベルのものはある(交差点の角のビルの上にあるカメラで撮った映像から車や人の動きを予測して、周辺の車に伝える)。○インフラ整備が必要(政府の役割)。○社会的実現には法的義務付けが必要。○インフラで時間を要す。○強制できるかどうか。</p>
63	<p>追従運転、自動運転等を行うための車-基地局-車通信において、高速(100Mbps 以上)、リアルタイムかつ通信途絶がなく万が一フェイル状態が発生してもバックアップ機能を持った信頼性の高い通信技術</p> <p>○日本で重要としているのはあくまで「産業」としての見方。「確実に」を実現するのは極めて難しい。○車載器の普及に向けたインセンティブをどう導入するか。エアバッグと同じく義務付けでも良いと考える。○道路設備として受信センサーを設置すればよく、投資の意志と資金の問題。○通信の信頼性にたよらずに実現すべき。○信頼性検証で時間を要す。</p>
64	<p>自動車内に各種センサーが配備され、故障を予知し、事故を回避するシステム</p> <p>○事故の回避を支援することとどまる。(コストの問題で)○日本で重要としているのはあくまで「産業」としての見方。「確実に」を実現するのは極めて難しい。○故障の予知は不可能。○TPMS(タイヤ圧モニターシステム)など法律で義務づけられると発展する。○技術的には十分可能だが、コストの問題で普及には時間がかかるだろう。○長期的、短期的予測を行なうには各センサーが情報を車検時に回収分析するような仕組みが望まれる。(エレベーター分野などのノウハウの技術交流など)。○センサーが増えることは間違いないが、結局は人の問題になる。○部分的には可能なレベルにあるがどの程度まで要求するかで難しさがかわる。○現段階でかなり実現しているとみる。予知を予知と受け取る利用者のレベルが問題だが。○あらゆる故障が予知できるのか。○上記課題61、課題62の自動運転の中で達成される。○センサーからのデータを総合し、判断する技術の開発が鍵。○車検制度がしっかりしている日本では不用ではないだろうか。事故を起す車ほどこのセンサーを付けたがらない。</p>
65	<p>一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等)</p> <p>○社会福祉政策の一環。○高齢化で重要。補助金制度などの普及支援が必要。○阻害要因:安全性、コスト○ロボットの定義は非常に広い。限定された領域、機能で、万能でなければ実現は早いと思われる。○程度による。○ロボットの仕事の内容が問題。普及には、価格に見合う性能が必要。○ロボットの機構にもよるが簡単なものは実現が早いし、複雑なものは実現が遅いのは。○部分的な導入で進む。道具レベルから普及。○製品のセーフティ基準と規格の共通化を模索する必要あり。○介護でもリフト的な機能、家事等でも支援内容は限定的(皿洗いはできて料理は無理)。○どのレベルで支援するのか。○介護、家事ともに非定型作業が多い。○売り物になる総合デザインができるか。</p>
66	<p>生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット</p> <p>○ニーズがはっきりすれば加速する。○完全な自律型は技術的ハードルが高い。回答は部分的自律の意味。○万能でなければ実現は早い。費用対効果が社会的実現の鍵。○程度による。○ロボットの仕事の内容が問題。普及には、価格に見合う性能が必要。○部分的な導入で進む。道具レベルから普及。○本来適用出来る領域は農業等が、潜在的に多いと思われませんが、イメージを生み出し、新価値創造への長期的なマイルストーン作りが弱いのではと感じる。○ロボットの反抗の如きもの、故障時のおそろしさのようなものを予感する。○共同利用型となる。大型(大規模経営/米国・北海道など)農業で適用される。○分野を限定すればある程度は可能である。○一次産業分野での実用には政府の支援策が必要と考えられる。</p>
67	<p>生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ</p> <p>○程度による。○生体分子モータとは異なる構造のものは実現できている。○国家プロジェクトとして挑戦してよい課題かも。○アクチュエータだけでは実用に程遠い。○専門外。</p>
68	<p>自己組織化で作製されたナノ機械システム</p> <p>○適用量の明確化。○まだ実現への道は不明瞭。○程度による。○1920 年代に創業された日本の家電メーカーが新分野として参入努力することを期待したい。○自己組織化では機械の一部のみ実現利用される。○国家プロジェクトになるのでは。iPS 細胞由来の生体を想像する。</p>
69	<p>生活空間のセンサー情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット(高齢者の QOL 改善)</p> <p>○効果の検証が重要。○ロボットでなくとも良いのでは? ”アシストネットワーク”ロボットの意味が不明瞭。○予知した危険への対応はどうするのか。○ニーズが小さい。</p>
70	<p>ドライバーのヒューマンエラーを検出し適切に対応する安全な移動システム</p> <p>○日産のドライブアシスト(DA)技術等。○非常に重要な領域だが、ヒューマンエラーのしくみが十分に解明されていないため、課題があいまいである。○トラック等商用車には義務づけすべき。○居眠り防止装置は実用化されている。○最終的には”ドライバー”不要な移動システムか。○ドライバーが入って来ると法律問題を含み政府が出る機会が増える。○一部の機能は実現している。ねむけ検出・警告○導入の義務化を部分的にも行うことになるだろう。○エラーと緊急回避操作の区別がポイントか? ○どの範囲のエラーか。○PL(製造物責任)法の問題があり、社会的実現は難しいと思う。</p>

1. 8. 未来技術年表

1. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分に関しては 1.3.を参照

実現年	課題
2013	16 日常生活における健康維持と増進(カロリー計算、運動強度等)をソフトウェアで支援するユビキタスコンピューティング技術 <区分A>
2014	26 地域住民通信ネットワークによる、画像センサー(カメラ)からの地域映像情報を使った、弱者(高齢者、子供、女性)の見守り支援、不審者の発見などの住民サービス <区分B>
	22 複数の無線情報端末同士が相互に直接接続され、マルチホップで情報伝達を行なう通信技術 <区分B>
	24 発信者の位置や周囲の情報・状況が瞬時に伝えられ、その人にあったサービスを提供するシステム <区分B>
2015	29 複数の無線システム(例えば、電話、LAN)を自動的に検出し、最適なネットワークを自動検出、利用する技術(コグニティブ無線技術) <区分B>
	7 多様なユビキタスサービスをサポートするために、RFID 等からの信号を弁別して受信し、現在位置の環境を収集できるユビキタス環境スキャナー技術 <区分A>
	20 家庭向け 10Gbps 光加入者系システム <区分B>
	21 ビル間(数百メートル)における 10Gbps 以上のミリ波通信 <区分B>
2016	31 多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術 <区分B>
	32 新聞紙を代替できるような柔軟性(薄く柔らかい)をもつポータブルな電子ディスプレイ <区分C>
	41 通信、センサー、ディスプレイ、照明、空調、音響、給電などの機能を持ったインテリジェント建材ユニットからなる住宅・オフィスビル <区分C>
	08 いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境 <区分A>
	10 購入者が価格上昇を直観的に納得できる信頼性指標で情報家電システムを評価する技術 <区分A>
	15 メディア・言語を横断して検索を行うシステム <区分A>
	23 多種多様な通信方式の差異を隠蔽し、利用者にアクセス方式を意識させないで利用可能なシームレス通信(家庭内で放送、通信、家電機器間のシームレスな情報流通や、屋外で車-車間、車-センター間の交通の情報流通が可能になる) <区分B>
	27 ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術 <区分B>
	30 コグニティブ通信により、メンバー同士を必要に応じて動的に接続するネットワークの構築・運用技術 <区分B>
	64 自動車内に各種センサーが配備され、故障を予知し、事故を回避するシステム <区分F>
2017	01 半導体の高集積化の恩恵をスケラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システム LSI <区分A>
	02 無人で無停止でシステム内部や外部の動作状況と環境状態に動的に適応し、所望のサービスを高信頼に提供できるネットワークシステム <区分A>
	03 実行環境(OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等)に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術 <区分A>
	09 高度情報化社会において飛躍的に増大するクライアントからのリクエストサービスを、低消費電力かつ高スループット(電力当りのスピード比で 100 倍)で提供可能な広域分散処理・仮想化技術 <区分A>
	17 1Tbps 超の大容量通信技術 <区分B>
	25 多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク <区分B>
2017	28 盗聴・傍受の自動検出、電波干渉による妨害の回避などによりセキュリティが担保され、安心して使える無線通信 <区分B>
	33 所有者の声を認識し、体験(位置、時間、動作、外界の情景・音等の状況)を記憶し、同一状況であるとの状況認識技術により、必要な時に音声メモを再生することによって記憶を呼び覚ますポータブルアシストデバイス(高齢者の QOL 改善) <区分C>
	38 人の日常の運動能力を退化させることなく、かつ必要時に運動能力をアシストできるアクチュエータ技術(高齢者の QOL 改善) <区分C>
	39 自己給電型(周囲環境のエネルギーを吸収し発電)無線通信センサー <区分C>
	48 無線により給電されるモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等) <区分D>
2018	49 パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術 <区分D>
	06 1週間以上無充電で動作可能な携帯 PC <区分A>
	43 一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術 <区分D>

実現年	課題
2018	62 車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故を確実に防止できるシステム(車両、インフラ両方含めて) <区分F>
	63 追従運転、自動運転等を行うための車-基地局-車通信において、高速(100Mbps 以上)、リアルタイムかつ通信途絶がなく万が一フェイル状態が発生してもバックアップ機能を持った信頼性の高い通信技術 <区分F>
	65 一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等) <区分F>
2019	14 問題毎に世界中から適切な専門家を自動的に招集し、議論ができる遠隔会議支援システム(自動翻訳を含む) <区分A>
	37 商品評価時にモニターの本音を簡易に計測できる非侵襲軽量の脳活動計測装置 <区分C>
	42 オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術 <区分D>
	45 大部分のモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等)の電源が燃料電池に置き換わる <区分D>
	50 高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術 <区分D>
	51 パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス <区分D>
	52 電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術 <区分D>
70 ドライバーのヒューマンエラーを検出し適切に対応する安全な移動システム <区分F>	
2020	13 世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号 <区分A>
	18 ナノフォトニック技術などにより、消費電力が 1/1000 に低減されたネットワークノード <区分B>
	19 100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信の実現(実用化) <区分B>
	34 人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ <区分C>
	40 センシングに基づいて、匂いや味を再現できるディスプレイ <区分C>
	46 振動からのエネルギー(100mW)をもらい、半永久的に動作する LSI <区分D>
	47 熱エネルギーを活用して半永久的に動作する LSI <区分D>
	56 1THz~10THz の電磁波帯を有効利用するためのフォトニックセンシングデバイス <区分E>
	60 化石燃料、太陽エネルギー、風力、電気、空気、熱等の様々なエネルギーで移動体の原動機(アクチュエータ)を動かすためのハイブリッド制御技術 <区分F>
	66 生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット <区分F>
69 生活空間のセンサー情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット(高齢者の QOL 改善) <区分F>	
2021	35 外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり、あるいは血管の中を移動できるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術 <区分C>
	61 目的地を入力すると自動運転で到達できるシステム <区分F>
2022	57 セキュリティ向上に向けた量子暗号通信のために On-demand で単一光子を発生できる新デバイス <区分E>
2023	36 人の脳や神経と直接信号をやりとりするブレイン・マシン・インターフェース <区分C>
	44 エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池 <区分D>
2024	04 高度情報化社会が必要とする、今の 100000 倍の計算能力を実現するスーパーコンピューティング技術 <区分A>
	05 ゲート長 3nm のトランジスタ等を用いて、数千個オーダーのプロセッサコアを集積して、消費電力あたりの処理能力を現在より 3 桁以上向上させる技術 <区分A>
	54 トップダウン技術とボトムアップ技術の融合により分子、CNT、極微粒子などナノ機能要素を大規模システム化する技術 <区分E>
2025	11 生物や生体の多様なメカニズム(情報の収集・処理・伝達・蓄積・利用)を模倣したコンピューティング・ネットワーク技術 <区分A>
	67 生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ <区分F>
2028	53 単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子 <区分E>
	55 超低電圧(10mV オーダー)で動作し、人体にも優しい高信頼性のバイオ融合有機デバイス・DNAデバイス <区分E>
2030	68 自己組織化で作製されたナノ機械システム <区分F>
2032	12 様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング <区分A>
	58 飛躍的に増大する情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ <区分E>
2033	59 単細胞や単一分子レベルの生命メカニズムとエレクトロニクスを融合した新機能技術 <区分E>

1. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分に関しては 1.3.を参照

実現年	課題
2018	16 日常生活における健康維持と増進(カロリー計算、運動強度等)をソフトウェアで支援するユビキタスコンピューティング技術 <区分A>
2019	22 複数の無線情報端末同士が相互に直接接続され、マルチホップで情報伝達を行なう通信技術 <区分B> 24 発信者の位置や周囲の情報・状況が瞬時に伝えられ、その人にあったサービスを提供するシステム <区分B>
2020	26 地域住民通信ネットワークによる、画像センサー(カメラ)からの地域映像情報を使った、弱者(高齢者、子供、女性)の見守り支援、不審者の発見などの住民サービス <区分B> 29 複数の無線システム(例えば、電話、LAN)を自動的に検出し、最適なネットワークを自動検出、利用する技術(コグニティブ無線技術) <区分B> 01 半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システム LSI <区分A> 03 実行環境(OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等)に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術 <区分A> 07 多様なユビキタスサービスをサポートするために、RFID 等からの信号を弁別して受信し、現在位置の環境を収集できるユビキタス環境スキャナー技術 <区分A> 08 いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境 <区分A> 20 家庭向け 10Gbps 光加入者系システム <区分B> 21 ビル間(数百メートル)における 10Gbps 以上のミリ波通信 <区分B> 27 ネットワーク通信・制御・管理技術、通信により電力供給を最適化するマイクログリッド技術 <区分B> 30 コグニティブ通信により、メンバー同士を必要に応じて動的に接続するネットワークの構築・運用技術 <区分B> 32 新聞紙を代替できるような柔軟性(薄く柔らかい)をもつポータブルな電子ディスプレイ <区分C> 41 通信、センサー、ディスプレイ、照明、空調、音響、給電などの機能を持ったインテリジェント建材ユニットからなる住宅・オフィスビル <区分C>
2021	10 購入者が価格上昇を直観的に納得できる信頼性指標で情報家電システムを評価する技術 <区分A> 15 メディア・言語を横断して検索を行うシステム <区分A> 31 多数の移動体(バス、電車、新幹線、飛行機、船等)からの情報を一元的に管理するネットワーク制御、運用技術 <区分B>
2022	17 1Tbps 超の大容量通信技術 <区分B> 23 多種多様な通信方式の差異を隠蔽し、利用者にアクセス方式を意識させないで利用可能なシームレス通信(家庭内で放送、通信、家電機器間のシームレスな情報流通や、屋外で車-車間、車-センター間の交通の情報流通が可能になる) <区分B>
2023	02 無人で無停止でシステム内部や外部の動作状況と環境状態に動的に適応し、所望のサービスを高信頼に提供できるネットワークシステム <区分A> 06 1週間以上無充電で動作可能な携帯 PC <区分A> 09 高度情報化社会において飛躍的に増大するクライアントからのリクエストサービスを、低消費電力かつ高スループット(電力当りのスピード比で 100 倍)で提供可能な広域分散処理・仮想化技術 <区分A> 28 盗聴・傍受の自動検出、電波干渉による妨害の回避などによりセキュリティが担保され、安心して使える無線通信 <区分B> 38 人の日常の運動能力を退化させることなく、かつ必要時に運動能力をアシストできるアクチュエータ技術(高齢者の QOL 改善) <区分C> 39 自己給電型(周囲環境のエネルギーを吸収し発電)無線通信センサー <区分C>
2024	49 パブリックな駐車場、道路交差点での駐停車時に電気自動車、ハイブリッド自動車に逐次充電する非接触充電インフラ技術 <区分D> 25 多数のセンサーが生活空間に配置され、実用的なセキュリティを保証しながら、リアルタイムに、人の活動を強力に支援するセンサネットワーク <区分B> 33 所有者の声を認識し、体験(位置、時間、動作、外界の情景・音等の状況)を記憶し、同一状況であるとの状況認識技術により、必要な時に音声メモを再生することによって記憶を呼び覚ますポータブルアシストデバイス(高齢者の QOL 改善) <区分C> 48 無線により給電されるモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等) <区分D> 64 自動車内に各種センサーが配備され、故障を予知し、事故を回避するシステム <区分F>
2025	43 一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約 500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約 3 倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術 <区分D>
2026	14 問題毎に世界中から適切な専門家を自動的に招集し、議論ができる遠隔会議支援システム(自動翻訳を含む) <区分A>

実現年	課題
2026	42 オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な 100 万円以下の約 90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術 <区分D> 51 パワー密度 100W/cc 以上を実現する SiC、GaN 等の新材料デバイス <区分D> 52 電力効率を向上させ日本の総発電量を 20%削減することのできるスマートグリッド技術 <区分D> 62 車-車間通信システムを活用した出会い頭などの事故を確実に防止できるシステム(車両、インフラ両方含めて) <区分F> 63 追従運転、自動運転等を行うための車-基地局-車通信において、高速(100Mbps 以上)、リアルタイムかつ通信途絶がなく万が一フェイル状態が発生してもバックアップ機能を持った信頼性の高い通信技術 <区分F> 65 一般家庭で人の生活、行動を支援するロボット(介護、家事等) <区分F>
2027	18 ナノフォトニック技術などにより、消費電力が 1/1000 に低減されたネットワークノード <区分B> 45 大部分のモバイル機器(PC、携帯電話、PDA 等)の電源が燃料電池に置き換わる <区分D> 50 高速道路において、電気自動車、ハイブリッド自動車の走行時に常時給電可能なインフラ技術 <区分D>
2028	19 100km を超える都市間における特定用途向け量子暗号通信の実現(実用化) <区分B> 34 人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ <区分C> 40 センシングに基づいて、匂いや味を再現できるディスプレイ <区分C> 46 振動からのエネルギー(100mW)をもらい、半永久的に動作する LSI <区分D> 47 熱エネルギーを活用して半永久的に動作する LSI <区分D> 60 化石燃料、太陽エネルギー、風力、電気、空気、熱等の様々なエネルギーで移動体の原動機(アクチュエータ)を動かすためのハイブリッド制御技術 <区分F> 69 生活空間のセンサー情報とネットワーク上の情報を集約し、危険予知を行うとともに、快適な場所へ誘導し、高齢者の外出を促すアシストネットワークロボット(高齢者の QOL 改善) <区分F> 70 ドライバーのヒューマンエラーを検出し適切に対応する安全な移動システム <区分F>
2029	56 1THz~10THz の電磁波帯を有効利用するためのフォトニックセンシングデバイス <区分E> 66 生産工程変更や農作業等、複雑な環境に対応できる判断機能を持った自律型ロボット <区分F>
2030	04 高度情報化社会が必要とする、今の 100000 倍の計算能力を実現するスーパーコンピューティング技術 <区分A> 13 世界的規模でセキュアな情報化社会を実現する実用的な量子暗号 <区分A> 35 外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり、あるいは血管の中を移動できるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術 <区分C> 37 商品評価時にモニターの本音を簡易に計測できる非侵襲軽量の脳活動計測装置 <区分C>
2030	44 エネルギー変換効率 60%以上の太陽電池 <区分D>
2031	05 ゲート長 3nm のトランジスタ等を用いて、数千個オーダーのプロセッサコアを集積して、消費電力あたりの処理能力を現在より 3 桁以上向上させる技術 <区分A>
2033	11 生物や生体の多様なメカニズム(情報の収集・処理・伝達・蓄積・利用)を模倣したコンピューティング・ネットワーク技術 <区分A> 57 セキュリティ向上に向けた量子暗号通信のために On-demand で単一光子を発生できる新デバイス <区分E>
2034	36 人の脳や神経と直接信号をやりとりするブレイン・マシン・インターフェース <区分C> 54 トップダウン技術とボトムアップ技術の融合により分子、CNT、極微粒子などナノ機能要素を大規模システム化する技術 <区分E>
2035	61 目的地を入力すると自動運転で到達できるシステム <区分F> 67 生体分子モータを模倣し、分子の力で動く極微アクチュエータ <区分F>
2036	53 単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスの性能を凌駕する情報素子 <区分E>
2037	55 超低電圧(10mV オーダー)で動作し、人体にも優しい高信頼性のバイオ融合有機デバイス・DNAデバイス <区分E>
2038	12 様々なアルゴリズムに適用可能な汎用性のある量子コンピューティング <区分A> 68 自己組織化で作製されたナノ機械システム <区分F>
2040	58 飛躍的に増大する情報データを高速に蓄積・検索可能な 1 原子/1 分子が 1 ビットに対応するストレージ <区分E>
2041 以降	59 単細胞や単一分子レベルの生命メカニズムとエレクトロニクスを融合した新機能技術 <区分E>

No. 2分科会「情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論」の調査結果

目次

2. 1. 将来展望.....	139
2. 1. 1. 総論.....	139
2. 1. 2. クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング).....	143
2. 1. 3. 情報通信新原理.....	144
2. 1. 4. 空間共有通信.....	146
2. 1. 5. 情報の社会化.....	147
2. 1. 6. 多文化交流.....	149
2. 1. 7. 知能支援.....	150
2. 1. 8. 運動支援.....	151
2. 1. 9. 情報の適切性の確保.....	153
2. 1. 10. ユビキタスネットワーク.....	155
2. 1. 11. 超大規模ソフトウェア.....	156
2. 1. 12. コンテンツサービス.....	157
2. 2. アンケート調査の回収状況.....	160
2. 3. 課題の区分.....	161
2. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	162
2. 4. 1. 課題の重要性.....	162
2. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	166
2. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	167
2. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	170
2. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	172
2. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	175
2. 4. 7. 新規提案課題.....	177
2. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	178
2. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	178
2. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	178
2. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	182
2. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	185
2. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	186
2. 6. 集計結果一覧.....	188
2. 7. 課題別コメント.....	208
2. 8. 未来技術年表.....	218
2. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	218
2. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	221

2. 1. 将来展望

2. 1. 1. 総論

科学技術予測調査もこれで第9回となる。第9回ではエレクトロニクス分野の多様な活用を情報処理技術とメディアやコンテンツまで拡大して議論する分野をNo.2分科会として調査した。

この分野は、従来からも技術の社会的活用において最も進歩が急速であった分野である。技術の活用によってそれまで不可能であったことを可能にしてきた事例は多様である。情報通信技術の発展は多くの他の分野の技術の発展に活用され、他分野の技術発展もNo.2分科会の分野の技術発展の活用を前提としているものが少なくない。No.2分科会のテーマには、2000年以降、生活者に直接かかわるようにもなった成果も多い。種々の機器は低コスト化し、機器の普及数も世界の人口に匹敵するようになってきた。特にパーソナル化したコンピュータ、携帯電話機は2005年以降、世界で数十億台が普及し、これらの機器を利用したサービスは、世界市場を目標として成立するものが少なくない。20世紀には一般的だったような先進国で国ごとに市場が開発されるというモデルは成立しにくくなった。

このような市場のグローバル化は情報通信産業において顕著であり、必ずしもすべての産業界に及んでいるわけではない。そのため、日本では情報通信技術産業界でも国でも、市場の20世紀型の成立モデルを前提にした発想から脱却できていないことは、しばしば指摘されている。本科学技術予測調査でも、発展の予測を世界のどこかで技術的に可能になる時期、日本において社会的に普及する時期という予測時期を規定している。これは技術予測としては分かりやすい一面があるが、20世紀の日本に閉じた技術指向サービスの発想の色が強すぎるという意見も少なくなかった。

No.2分科会の分野では、世界である技術が成立すれば、それはネットワークを通して同時に世界で社会的に普及する。日本でそのような技術を成立させようとするれば、それは日本だけで普及させようとしても実現することではなく、日本で普及させるためには、世界でそれが普及しなければならないのが21世紀の現実である。その場合その創業者は世界からの収益を得なければならず、そのためには新しい業務に対応したグローバルに通用するビジネスモデルを確立することが求められる。

国として技術開発を支援するとなれば、その出口を日本社会のみに求めるのではなく、世界に求めなければならない。世界的一般化があつてはじめて日本でも妥当なコストでの提供が現実のものになる。

20世紀の終わり、1980年代まではIT製品の国際競争力において日本の地位は高かった。しかし1990年不況以後、その競争力は急速に失われた。その原因の主要なものとして、IT製品のネットワーク化を含む市場構造の変化と、ネットワークに支援される製品の世界的展開のビジネスモデル展開の遅れが指摘されている。科学技術予測調査における普及予測で、普及時期を日本社会に特定することはIT分野では意味がない。No.2分科会の分野については、技術のグローバル性に留意して理解することが重要である。

(1) 技術コンセプトの記述

科学技術予測調査では何かの技術を課題として挙げ、その実現時期を予測する。それには現在は存在しない技術で将来有用になる技術を課題としてあげる必要がある。No.2分科会の技術においては過去においても、技術として実現したいことが何であるのかを表現することに多くの困難を経験している。情報処理のためのハードウェア、記憶媒体の低コスト化は近年急速に進み、何か望ましいものがあれば、その実現は極めて短い時間しかかからないような事例も少なくない。10年前には予想もされなかったことが、短期間で実現し、広く日常的に使われている事例も珍しくない。

例えば、現在 Google のサービスとして実現されている検索サービスを、それができる前に表現したらどのような文章になったかを考えてみると面白いかもしれない。同様に 10 年前には短い文章でそのアイデアを表現さえできなかった技術で、現在広く一般化しているものを考えてみるのも面白いであろう。そのような技術が国際競争力に影響する事例も少なくない。

現在は実現されていないが、例えば 10 年後、あるいは 20 年後に実現されることが期待されるのはどのようなものなのかを表現することは、それ自体簡単ではない。No.2 分科会の課題の多くが長い説明文になりがちなのはこうした理由による。課題の文章はできるだけ短くし、課題として意図していることを回答者が容易に理解できるように努力したが、なお 60 文字を超える長文の課題もすくなくない。

今後のメディア、コンテンツ分野では、コンテンツ、ネットワーク、そのサービスを受けるユーザサイドの機器が多様に組み合わせられて有用性が実現されるものとなる。新しい技術が生じたとき、それがどのように理解されるかが重要である。例えば、Skype はパソコンにインストールされるソフトウェアであるが、インターネットのアプリケーションとして設備を設置することなく、コントロールセンターも使用せずに、グローバルな無料の電話サービスを実現する。このようなサービスは Skype とほぼ同時期に多くのプロバイダによって提供されたが、グローバルに共通のサービスである Skype 社のシェアは圧倒的である。そのグローバル性もサービスとしての固有名詞を使わない記述もこのサービスが存在しなかった時代には容易ではないと思われる。

(2) 社会の理解と法制度

No.2 分科会の課題にはコンテンツを含む多様な情報の取り扱いを必要とする課題が多い。メディアが扱うコンテンツは、過去においてはその著作者は明確であり、著作者の数も限定されていた。その流通経路もコンテンツの探索手段も限定されていた。

多くのコンテンツは文字の形で表現され、20 世紀から存在した確立したメディアとして記録されていた。技術的な限界からこれを流通する速度は遅かったり、流通の範囲が限定されていたり、流通できる量にも限界があった。こうした制約を取り除き、すぐれたコンテンツを広く活用できるようにする技術は大きく変化し、その技術開発が技術開発競争の大きなテーマになってきている。

こうした技術的变化に対して、旧技術で確立した産業を保護しようとする動きが生ずる。著作権は著作者の文化的貢献を尊重するための権利であると説明されているが、流通技術の革新期には、著作者の意思とは関係なく、流通事業者の存続のために新技術によるサービスを困難にする手段として使われることも少なくない。

新技術が可能になったとき、それが社会に普及するためにはこうした旧世代の技術に対応した事業者を保護する法制度の運用が制約条件になる。日本では著作権にかわる流通産業の勢力が世界の中でも強く、欧米に比べて新技術の社会的普及に遅れが生ずる例も現実の問題となっている。

著作者が明確なコンテンツでなくても、現実に社会でどのようなことが生じているかの情報を、システムで活用する技術も一般化している。人の存在位置に関する情報は人が利用する様々な機器の普及によって広く収集できるようになり、リアルタイムの移動情報として利用できるようになっている。鉄道等の電子的な切符の利用情報は乗換等を含む乗客の複雑な移動をリアルタイムで追尾する手段となり、鉄道等のスケジューリング等を需要に適合するのに有効に利用されている。このような情報は混雑情報等として広く活用できれば、たとえば混雑を避けて行動したい人など、多くの人の日常行動を決める場合の有用な情報となる。

こうした情報の原情報は多くの場合、個人の ID を含む個人情報である。個人情報保護法では大量の情報を個人が識別されないように加工すればこれを利用することは違法ではない。しかし一部にこれを目的外利用であり、禁止されているとする解釈もある。個人情報は多くの先進国で保護されているが、こうした情報の取り扱いに関し、国による差がある。どのように有用なコンテンツを得て、それを活用することも No.2 分科会の分野の大き

な課題である。コンテンツの規制の解釈が国によって違えば、こうした技術の作る未来と社会の競争力にも国による差が生じ得る。

データが国際的に流通するとき、それに貿易という伝統的規律が適用されるのかについても法解釈の分かれる点はある。コンテンツ利用規制の国による差に着目し、コンテンツを多様に活用しやすい国にデータを集めようとする動きも既に一般化している。

著作者の意図が尊重されて、著作物が扱われること、個人がプライバシーを侵されないことは当然である。しかしこうした目的を実現するために、過去の法制度が前提としている技術は大きく変化してきた。法制度の意図する目的を満足しながら、旧技術で派生し、旧技術を守るために自己目的化した、法解釈、あるいは条文の追加が技術進歩を阻害している例は多様に存在する。より進歩した社会を形成するためにどのようにするかは課題は多様である。

社会が技術をどのように理解し、過去の技術の延長でない前提をどのように理解してゆくかは、日本の技術競争力という点から大きな課題である。各課題では技術の実現を牽引するセクターは何かを尋ねている。この際政府に期待されているのは技術を牽引することではなく、技術の社会化を阻害しないようにすることである。政府の規制によって過去にも日本以外では当たり前になっているのに、日本における社会的実現ができず、国際的な産業競争で不利になった例も認識されている。技術の国際競争力を重視した政府の役割の認識を高めることは重要である。

(3) サービスの差別化と実現のスピード

コンテンツを含むサービスの多くで、その顧客はだれなのかを明確に認識されないサービスが長く行われてきたことは日本ではしばしば語られている。一方では伝統的なシステム構成で、そのシステムを運用する運用者の意向がシステム構成で重視されることが多い。

日本では20世紀の中頃から多くの企業で終身雇用が一般化し、企業間の流動性の低い組織が一般化した。組織の中では永年勤続する社員が形成した業務慣行が形成され、これがまた企業間の人材の流動を難しくしている。こうした業務形態は標準化されていない。すべての企業で役に立つ学生を学校で教育することはこうした個々に差別化された業務形態のために困難である。就職者には時間をかけた社内教育を必要とし、これも社会の流動性を低下させる要因になった。

企業情報システムの多くは社内で長期間かけて形成された業務手順を反映しており、完成度の高いシステムとなっている。多くの場合、伝統的なサービスを受ける顧客にとっても品質の高いサービスであると認識されることが多かった。

このように組織ごとに特殊化したシステム構成を持つ国は世界的にもほとんどない。システムの多くは社会的に広く使われているパッケージソフトウェアを基本として形成され、必要に応じて最小限の改造を行うにしても、基幹部分では共通の業務形態を想定して形成される。異なるパッケージを持つ企業間の流動は不利であり、流動性の基本となるキャリアラダーを上るときに、就業希望者は広く活用されたパッケージを活用する企業を選択して採用に応募する行動も一般的である。

ネットワーク技術が進展して、情報システムのサービスでは一社のシステムで効率を向上するに限界があることが認識され、1980年代以降、企業間ネットワークが一般化した。この目的で企業間ネットワーク用の情報交換用の情報表現は1980年代から急速に標準化された。パッケージメーカがそれぞれのパッケージで情報表現の変換をすれば、企業間ネットワーク化は容易である。日本内では100社のネットワークを形成しようとするれば、個別に100のシステムの改造をしなければならない。これが企業間ネットワークの構築を遅らせ、製造業、流通業等の生産性の改善を妨げる原因になった。ネットワークを通して顧客に接するサービスの使い勝手を悪くしてい

るのも、ネットワークを通して予約したはずの旅館等から翌日になって予約ができなかったのを知らせられるのもこうしたネットワーク接続の困難から来ている。このようになってくるとネットワーク担当者は客のことが見えなくなり、その企業内の末端の従業員の反対だけで、システムの改革をあきらめることになる。これも新技術の普及が一部に留まってしまう大きな理由になる。

(4) 長期的課題に対する考え

No.2 分科会の課題のなかで、実現時期が 2025 年を超えるとされた課題の中には、重要度が低いと評価されたものも少なくない。こうした課題の多くでは、それを実現する原理も明確になっていなかったり、効用を十分に理解させるのが不十分にしか表現されていない課題もある。課題は空間共有通信、情報の社会化、情報通信新原理などに多く見られる。現在でも社会的に重要と考えられ、社会的要求に対応して開発が進められているような技術は多くの専門家が重要と考えている技術である。現在知られている技術で社会的に重要なものを実現してゆくことは当然である。しかしそれとともに将来に向けて重要となる技術の基礎を作り上げ、それを使った多様なサービスを構想してゆく努力は不断に継続しなければならない。

No.2 分科会の課題としては長期的と考えられていた課題が短時間のうちに世界で普及してしまった例を多く見ることができることは先にも述べた。情報通信新原理のなかの課題 12 の念力についても、念力の定義は難しいが、簡易な脳波計でその人の意思を読み取り、外部の物体を動かすなどの商品はゲームなどの応用でよく知られたものになっている。このようなヒューマンインタフェースは念力インタフェースとして、すでに成功していると言うこともできる。実現が早い技術の中で、長期的に努力すべき課題を持ち続けるためにも、長期的課題を考え続けることに技術予測の意味があると考えられる。

(5) 国と社会の役割

科学技術予測調査ではその技術的实现あるいは社会的实现を牽引するセクターを問う項目がある。全体的に言って、No.2 分科会の課題では社会的实现においても政府に対する期待の高い課題は少ない。

技術的实现のフェーズでは公的研究機関あるいは政府によって初期のビジネス的計画を立てにくい時期での支援はあるレベルにおいては当然政府の役割があろう。技術の開発においては No.2 分科会の分野でも支援が重要な課題が少なくない。しかしシステムの社会的实现を含む研究開発の成果の活用においては、伝統的技術を前提とした秩序維持を目的とする法制度から、新しい技術を前提とし、それにふさわしい法制度とその運用の見直しが重要であり、これが技術の国際競争力に重大な影響を与えることは前述した。

海外の先進的企業では、新技術で法解釈が確定しない、グレーゾーンのサービスを積極的に開拓する例が少なくない。仮にこうしたサービスについて違法であるという疑義が生じたときには、積極的に裁判を活用し、合法であるという判決を得る努力がおこなわれる。日本では近年、特に大企業ではその社のサービスについて裁判が行われることそのものを不名誉なこととして避け、高い公益性があっても、近づこうとしない傾向も希ではない。

存在しないサービスも含め、仮定も含めて法の適用を論ずることは国の法制度改革では困難であろう。こうした問題をサービス提供者から積極的に提起し、社会がこれを評価する状況を形成することは重要である。

21 世紀の情報技術で日本が競争力を保てるかは、こうした社会の受容性と、人々がそのような技術を受け入、社会の生産性を改善してゆく努力にかかっている。コンプライアンスと言う言葉で、アイデアを出すことにすら臆病にしてしまったのも過去の政府の誤りである。これを改め、積極的にビジョンを形成する社会を形成してゆくことは政府の責任である。

一方政府の科学技術戦略として、近年直接的に役に立つことが強調される傾向が強まってきたことも注意し

なければならない。No.2分科会の課題でも、技術が実現するサービスが課題になっているテーマも、多くのサービスを実現するプラットフォームを課題としているものもある。プラットフォームはその上に多くのサービスが構築されることによって、有用なものとなるが、それ自体として社会的有用性を主張することはない。プラットフォームが目的とするサービスごとに構築されるようなことがあると、全体としてのサービスは混乱する。社会的有用性を重視して、個々には良かったものが全体として混乱を招いている例は日本ではあまりにも多い。前述した企業ごとに最適化されたプロプライエタリーなシステムの氾濫はその例である。社会的にも異なるシステムの協調性を重視する指向は重要であるが、政府の技術政策で課題ごとの有用性を求めすぎると情報システムの過去の失敗を繰り返すことが危惧される。短期的効用を求めるビジネス的発想から、社会全体の将来を見据えた技術開発戦略に転換するのも政府の重要な役割である。

(齊藤 忠夫)

2. 1. 2. クラウドコンピューティング（超分散スケーラブルコンピューティング）

(1) 区分の概要

ハードウェア技術、ソフトウェア技術の進化により、この数年、クラウドコンピューティングという新たなシステムの利用形態が急速に広まってきている。既にこれら既存のクラウドコンピューティングでは、数万台規模のサーバを連結稼働させることにより、データやデータ処理のためのアプリケーションのクラウド化が実現されており、あらたなコンピュータビジネスの萌芽となりつつある。こうしたコンピュータシステムのクラウド化は今後のコンピュータビジネスの一つの形態として、定着し更なる進化をとげていく可能性を秘めている。こうしたクラウドコンピューティングが広く一般的に利用される中で、様々な形態のクラウドコンピューティングの形や現在のクラウドコンピューティングを凌ぐ大規模なクラウドが出現することが考えられる。一方で、こうした技術トレンドのもとでは、これらの大規模クラウドによって生み出されるあらたな付加価値やそれを用いたビジネスモデルの構築とともに、システムの安定動作やセキュリティ面の保証なども更に研究や技術追求を進めていく必要があると考えられる。今回の調査ではこのような背景や技術動向を考慮した調査項目を取り上げた。

(2) 調査から見るこの分野のキーテクノロジーと動向

クラウドコンピューティングについては、将来の世界的課題や国民的な課題解決に向けての鍵となる技術であるとの回答が22%となっており「情報の社会化」に次いで高い期待感が寄せられている。今回の調査では、クラウドコンピューティングの実現と利用という点から、① 大規模クラウドの構築技術に関する視点、②クラウドコンピューティングの利活用に関する視点の大きく2つの視点から質問をした。

① 大規模クラウドの構築技術について

大規模クラウドの実現を考えた場合、その実現形態はコンピュータ間の柔結合によるサービス提供形態が想定できる。この場合のクラウド構築の技術的なポイントは、課題1に見るようにシステムとしての信頼性に裏打ちされたサービスの安定提供への期待が非常に高い。また同時に有機的なサービス連携によるサービスの自動的な構築なども一定範囲内での実現が期待されている。さらに、課題2に見るように、この延長として機能サービスの自律的な進化といったクラウドが大規模化することによって生み出されるサービスの付加価値創造も近未来には実現できるとの回答が多くなっている。

② クラウドコンピューティングの利活用の視点について

一方、クラウドコンピューティングの進化によって、具体的にどのような新たなサービスが生み出されるかを聞いたのが課題3から課題6である。課題4、課題5に見るように比較的公益性の高い情報の有効活用する面や個人レベルの情報への利用については、現在のクラウドコンピューティング技術を機能応用する形での実現が可能と考えられ向こう10年程度での実現が期待されている。

(3) 今後の展望

クラウドコンピューティングはこの2～3年で急速にその概念が広まり、ビジネスの側面での取り組みが加速された技術である。現在のクラウドは限られた分野で比較的小規模なものが主流となっているが、現在の技術を基礎として、より多くのコンピュータによる連携を念頭においた大規模なクラウドが構築され新たな価値創造への期待が高まっていくと考えられる。こうした大規模クラウドでは、現在以上に太いネットワークを通じて大容量情報の通信が必須となる。このため、こうした大規模クラウドの実現のためには、大学を始めとする研究機関と情報通信インフラを担う企業の相互協力により、ネットワーク技術のさらなる高度化と情報セキュリティ面の技術進化が大きなポイントになってくるといえる。また一方で、大規模クラウドの利用シーンが多様化することを考えた場合、これらで実現される多様なサービスを可能とする社会的な仕組みの整備などを並行して検討していくことが求められる。さらに社会におけるこれらの大規模クラウドを受容し、そこで生み出される新たな機能への価値観を共有するといった社会的な価値観の変容やこうした大規模クラウドの利用を通じて国内外の文化的な違いを克服していくといった工夫などもまた大規模クラウドの普及の上では必須の要件になると考えられる。

(平山 雅之)

2. 1. 3. 情報通信新原理

(1) 区分の概要

情報通信新原理の区分は、大きく「新世代インターネット技術」、「新たな物理原則に基づく情報通信技術」、「新たなコミュニケーションを切り拓く技術」の3つに分けることができる。

「新世代インターネット技術」は、現在のインターネットが抱える多様な課題が認識されつつある中で、あるべきネットワークアーキテクチャを探るものであり、課題13、14、15が対応する。「新たな物理原則に基づく情報通信技術」は、電磁気学に基づく情報通信技術を代替する技術であり、課題7、9が対応する。「新たなコミュニケーションを切り拓く技術」は、音声や映像といったコミュニケーションメディアを代替する技術であり、課題10、11、12、16が対応する。

情報通信新原理という区分タイトルが示唆するように、これらの技術は従来の延長線上に位置づけられるものではなく、方向性さえ明らかになっているとは言えない。そのため、調査結果においても長期的な課題であるという認識がなされている。一般に長期的な課題と認識されている項目に関しては、重要度が低く評価される傾向があるのは致し方ないことではあるが、社会を抜本的に変えるのはこのような技術であるため、着実にかつ地道に研究開発を進めていくことが必要である。

(2) 数年の動向

「新世代インターネット技術」に関しては、日米欧で国プロが立ち上がり、中国においても物聯網(Internet of Things)という名前で大きな国プロが立ち上がっている。現在のインターネットの課題を見据えた上で将来のネットワークのあり方を探る試みであり、方向性が定まっているとは言えないものの、多くの研究者が本分野に参入している。また、スマートグリッドへの関心が急速に高まったことから、スマートグリッドへの適用といった視点からの

ネットワークアーキテクチャの検討も始まりつつある。

「新たな物理原則に基づく情報通信技術」に関しては、デバイス領域を中心に基礎的な研究開発が続けられている。すべてを光デバイスで構築する全光ネットワークは、消費電力の大幅な削減に資することから精力的な研究開発がなされている。量子暗号は、研究室レベルでの可能性が実証されており、実用化に向けて技術蓄積が進みつつある。これらに対して、重力波通信やニュートリノ通信は、理論的検討にとどまっている状況である。

「新たなコミュニケーションを切り拓く技術」に関しては、BMI (Brain Machine Interface) の研究開発が近年進展しており、BMIをバリアフリーに適用する技術など注目度の高い成果が得られつつある。脳波通信への適用などは今後の課題であるが、心理学分野においても脳に関する知見が得られはじめていることから、科学的興味とあいまって着目を集めつつある分野である。

(3) 今後の展望

「新世代インターネット技術」において検討すべき重要な項目として、まず「ネーミング」を挙げることができよう。現在のインターネットはIPアドレスに基づくアーキテクチャとなっているが、膨大なコンテンツへの容易なアクセスや、センサやアクチュエータへのアクセスを考慮すると、IPアドレスよりも上位層での「ネーミング」のあり方が重要となる。ウェブサービス、SOA (Service-oriented architecture) との整合性をも考慮した上でネーミングアーキテクチャの検討が望まれる。

また、CO₂削減が世界的にも大きく取り上げられていることから、消費電力をメトリックとしたネットワークアーキテクチャの検討も必要である。現在のインターネットは機器が常時オンとなることを前提としているが、必要なときにウェイクアップする情報通信技術の開発などを多角的に行う必要がある。

スマートグリッド向けには、信頼性を保つとともにリアルタイム性を有するインターネットアーキテクチャの研究開発が今後開始されていくものと考えられる。インターネットの利点を活かしながらどのように設計していくかが鍵となる。

消費電力削減に向けて核となるのが光技術である。光パスや光パケットといった光転送技術が徐々に確立されつつあるとともに、光技術に日本が強みを有する状況に鑑みると、今後は産業界と学会とが密接に協力しグリーン光ネットワークの確立を強力に推進することが重要となろう。

「新たな物理原則に基づく情報通信技術」においては、まず光デバイス技術の進展が今後の情報通信のあり方に及ぼす影響について注視する必要がある。光メモリ、光シフトレジスタ、スローライトなど、光デバイス技術は着実に進展しており、光論理回路の実現に向けて着実な進展を見せている。光コンピューティング、全光ネットワークなど、夢のように思われていた技術が近い将来実現することもあながち否定できない状況であり、着実に研究開発を推進していくことが望まれよう。

量子暗号に続く挑戦的課題として重要となるのが、量子通信や量子コンピューティングである。量子通信や量子コンピューティングの産業化の可能性が少しでも明らかにされれば、情報通信分野に与える影響はきわめて大きい。今までの情報通信基盤を一新する可能性を秘めており、今後も着実に研究開発を推進していくことが望ましい。

「新たなコミュニケーションを切り拓く技術」については、BMI などの基盤技術が進展しているものの、脳波通信などへの応用は程遠い状況であることも事実である。まずはバリアフリーなどへの応用を出口として基盤技術の蓄積を行いながら、新たな展開を探ることとなる。

情報通信新原理の区分は、画期的なブレークスルーとなる技術を対象としている。ブレークスルーは破壊的技術であるため、技術予測がきわめて難しく長期的課題として位置づけられる性格を有する。しかしながら、産

業や社会に与える影響はきわめて大きい領域であり、広い視野を持ちながら着実にかつ継続して研究開発を推進していくことが重要である。

(森川 博之)

2. 1. 4. 空間共有通信

(1) 区分の概要

空間共有通信とは、高精細大画面映像や立体映像、3次元音場再生技術などによって仮想的な空間を人間に提示することにより、離れたところにおいてもあたかも同じ空間にいるような感覚、すなわち高い臨場感をもってコミュニケーションできる通信手段のことを指す。

臨場感とは、複数の感覚要素の複合体として捉えることができる。すなわち、立体感、質感、包囲感からなる「空間要素」、動感、リアルタイム感、同時感からなる「時間要素」、さらに自己存在感、インタラクティブ感、情感からなる「身体要素」を挙げることができる。例えば、物の形状や空間の奥行きから得られる立体感とともに、物の質感(表面のざらつきや柔らかさ等の触覚)が動作に合わせてインタラクティブに感じられると人は臨場感をより高く感じる。これらの感覚要素が生じる要因としては、外的要因と内的要因の二つが考えられる。外的要因による臨場感とは、視覚・聴覚・体性感覚(触覚)・嗅覚などの感覚器官で感知される外界の物理情報に基づく臨場感である。一方、内的要因による臨場感とは、過去の経験・学習により脳内に蓄積された感覚の記憶に基づき脳内で生成される臨場感である。例えば、波の音を聞くと海の風景がリアルに目に浮かぶが、これは過去の経験から想起される視覚イメージが臨場感を高めているためと考えられる。(榎並、安藤:超臨場感コミュニケーションと感性、電子情報通信学会誌 Vol.92, No.11, 2009)

したがって、高い臨場感を醸し出す空間共有通信を実現するには、感覚器官を刺激する物理情報をできる限り忠実に取得、伝送、提示するための技術や、感覚の記憶を呼び起こすような手段が求められる。前者の具体例として、現在活発に研究開発されているシステムに、立体映像や超高精細映像「スーパーハイビジョン」、多チャンネルスーパーサラウンド音場再生システムなどがある。後者については、遠い将来、脳の記憶メカニズムが解明され、直接、脳に刺激を与えることで記憶を呼び起こさせることができるようになるかもしれない。

空間共有通信は、映画、放送などエンタテインメントへの応用だけでなく、遠隔会議、遠隔医療、遠隔介護、テレショッピングなどさまざまなところに適用できる可能性がある。

(2) 調査の概要と分析

今回の調査結果をみると、空間共有通信の区分については比較的重要度が低い評価となっている。特に、本 No.2 分科会において「重要度・優先度は低い」ものの第3位にランクされた課題 25「3D 仮想世界サービス」については、問いの中で「(例えばセカンドライフ)」という単語を入れたことで、最近廃れ始めているセカンドライフを回答者に強くイメージさせることになり、評価が低くなったと考えられる。また、回答者のこの区分での専門性が低く、比較的高齢であることから、こうした分野に対して一層否定的になったものと考えられる。

また、第4位に「重要度・優先度は低い」とランクされた課題 21「映画台本の自動生成」については、人の創造性を必要とする作業が機械で代行できるのかという根源的な問題を内包しており、一般的にも賛否両論の課題である。

一方、課題 19「遠隔医療」、課題 22「顔画像の個人特定」、課題 23「テレワーク」などは比較的高い評価を得ている。これは、空間共有通信によって地球環境問題、地域格差などの社会的課題の克服に寄与できるとして、「重要性・優先度」が高い評価を得たものと考えられる。

したがって、空間共有通信技術そのものの「重要性・優先度」の評価というよりも、その適用分野によって、評価にばらつきが生じたということが言える。

(3) 関連科学技術とその最近の動向

近年、ハリウッドで製作されたステレオ立体映画(3D映画)が、従来の興行収入を大幅に更新しながら、空前のヒットを続けている。そしてそうした映画コンテンツを家庭でも楽しめるようにと、日本、韓国の電機メーカーが競って3D受像機を市場に投入し始めている。また、衛星放送、ケーブルテレビも映画コンテンツのほかスポーツチャンネルを3Dで放送しようとしている。この3D映像は、特殊な眼鏡が必要で、両眼視差と輻輳角のみで立体感を出そうとしているもので、眼精疲労や頭痛を起こす場合がある。そこで、特殊な眼鏡を必要としない、自然な立体像を再生する超多眼立体映像ディスプレイやインテグラルフォトグラフィ(複眼立体映像)、電子ホログラフィの研究も活発に研究開発されている。

上記(1)で述べたように、臨場感を高める要素に包囲感がある。映像表示ディスプレイを大画面化、超高精細化して、ディスプレイに近づいて観視することで包囲感を高める研究開発が進んでいる。ハイビジョンの水平・垂直それぞれの画素数を4倍に増やした超高精細映像「スーパーハイビジョン」の開発が、2020年実験放送開始を目標に進んでいる。またそれにふさわしい、22.2チャンネルのスーパーサラウンド音場再生システムも開発中である。

また、触覚、嗅覚、味覚の取得、伝送、提示については、さまざまなセンシング技術、提示技術が研究されているが、実用化されたケースはまだ極めて少ない。

一方、五感情報の認知メカニズムの解明、臨場感の客観的測定についての研究が活発に行われ始めている。とりわけ3D映像の普及に伴い、その映像の人体への影響を調べる必要が高まっており、脳活動測定なども含めた心理・生理的評価を行ってガイドラインを作成しようとする活動が盛んに行われ始めている。

さらに、ブレインマシンインターフェース(BMI)の研究も、ここ数年急速に進んでいる。撮像素子などを体内に埋め込み視聴覚の代行機能を実現しようとする試みや、脳内でイメージした文字をディスプレイに画像表示したり、念ずれば義手、義足を動かしたりすることに成功している。将来は大規模な装置を使わずに、ヘッドギアをかぶるだけで空間共有通信を実現することも可能になるかもしれない。

空間共有通信が実現できれば、家庭に居ながらにして仕事や会議に参画できるため、高齢化、省エネルギー・低炭素、格差是正など様々な課題解決に貢献できる。また、立体映像、超高精細映像などのオーディオ・ビジュアル機器の研究開発は、日本の持つ高い技術力を利かすことができる分野であり、経済活性化にもつながる。

一方で、臨場感をより高めるために技術を進めることにより、さまざまな心理・生理的な悪影響や倫理的問題も発生させる恐れがある。こうした側面を考慮しつつ研究開発を進めることが必要不可欠である。産学官が連携した取り組みが重要である。

(榎並和雅)

2. 1. 5. 情報の社会化

(1) 区分の概要

情報の社会化には、情報システムのエネルギー消費、医療ICT、情報や食品のトレーサビリティ、地球環境・疾病・世界経済などのシミュレーション可能性、高齢者等の遠隔支援、芸術・文化のアーカイブシステム、アバターやハンドルネームの法人化、法令情報サービスなど、我々の毎日の生活に関わる種々多様な課題が含まれ

る。他の区分との関連が深いものもあり、それらを含めアンケート結果を検討した。

(2) 調査の概要と考察

情報通信技術は社会システムの基本インフラとして広く使われ、既に我々はその恩恵にあずかるどころ大である。これまでは情報通信技術に対する過度な期待や幻想が時として見られた。今回の調査結果からは情報通信技術によって可能なこと、不可能なことが正確に理解され、情報化による社会システムの在るべき姿を実現するために我々が何を情報化に期待するかについて、多くの人々の間で共有されているように感じた。そのひとつの理由はアンケート調査の回答者の多くが情報通信技術を理解しやすい仕事に携わっていることによるであろう。しかしながら、その根底には、2000年以降のITインフラの進歩とPCや携帯電話による情報通信の日常化にあると考える。

アンケート調査結果を個々に見てみると、情報の社会化に関連する設問の大多数が我々にとって重要な課題として挙げられていることが分かる。実際、「世界・日本双方にとり重要な課題」のトップ5のうちの4つは(設問分類で異なるものがあるが)情報の社会化に関するものである。1位から順に、課題71「感染症の発生や伝搬の予測技術」(コンテンツサービスに分類されている)、課題1「クラウドコンピューティングの安定運用」(クラウドコンピューティングに分類されている)、課題67「超大規模複雑システムの安定運用」(超大規模ソフトウェアに分類されている)、課題30「地球規模のトータルシミュレーションによる危機管理」である。

トップ10には漏れたものの、かなり高い重要性を持つ課題として認識されている設問として、課題28「情報のトレーサビリティ(改竄防止)」、課題29「食品の世界的トレーサビリティ」、課題36「法令の国際適合性判定システム」が挙げられた。これら課題についても、実現時期として概ね10年から15年と期待されており、現実的なニーズから出た設問に関してそれらの方向性に対する合意が得られたと考えることができる。

一方で、重要度が低い設問(ワースト10)に、課題35「(アバターやハンドルネーム等の)仮想人格の登記・法人格化」、課題25「3D仮想サービス(セカンドライフなど)の社会インフラ化」(空間共有通信に分類されている)が挙げられている。これらはいずれも、「技術的には既に達成されている」、に分類でき、今後の研究開発項目としての重要度が低いと言うことからこのような結果となっていると思われる。社会的実現時期は10年から15年後としている。一方で、「実現しない」とした意見も多く、技術的には可能でも心理的な抵抗感を表しているとも読める。また、その他に課題34「創作者の思考プロセスのアーカイブシステム」やワースト10には入らないが課題33「伝統文化の継承システム」についても重要度は低いとされ、いずれの項目も「実現しない」とした意見が多くみられた。また、課題32「話し相手ロボット」についても重要度は低いとされた。本来人間が行うべきことと情報システムが行うべきことの違いを暗に示しているのかもしれない。

情報の社会化の分類には、その他に、課題27「人のアンチエイジングのための医療電子情報システム」、課題31「高齢者・軽度障害者に対するロボットによる遠隔支援」の設問があるが、重要度が中程度であり、情報の社会化としてのコメントは現在のところ難しい。

(3) 今後の展望

社会がどのような形で何時技術を受け入れるかを予測することは技術予測と言うよりも社会変化の予測である。それぞれの課題のうち技術が中心の将来予測については、10年後あるいは20年後と言った形でかなりアンケート結果が収束しているのに対し、社会通念の変更を伴う課題については重要度が低いと言った消極的な判断がなされている。加えて、文化の伝承、話し相手ロボットについては、何もコンピュータにやらせる必要が無いのではないかと、言った素朴な反応がなされ、医療、アンチエイジング、高齢者支援についても、戸惑いながらアンケートに答えているように思える。ここまで情報化が進んだことにより、改めて人がやるべきことと情報システムが

やるべきことの仕分けが問われている。情報の社会化の中で、文化、倫理を含む社会通念に関わる課題については、社会変化の予測の問題となるため、今後ますます予測が難しくなると考える。

(所 眞理雄)

2. 1. 6. 多文化交流

(1) 区分の概要

科学技術、特に情報通信の進歩により、言語や文化の差異を乗り越えて相互に理解ができるような「人と人」、「人と機械」コミュニケーションに関して調査を実施した。

本区分で、我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発テーマとして重要であるとの回答を多く得られた課題は、課題 39「世界中の web から収集した書籍、新聞・放送、学术论文などを用いて多言語の知識を自動的に蓄積したコーパスを構築し、それを多言語同時リアルタイム通訳技術に活用する」ことであり、次に、課題 37「言語だけでなく文化的背景や地名人名などの固有名詞なども自動学習し機械翻訳できるシステム」、となった。

さらに、課題 40「日本で世界の TV 番組のほとんどをネットワークを通して言語の障害なく視聴できる技術、すなわちこれにより国際理解の増進に貢献できる」ことが取り上げられた。上記以外にも、課題 38「パスポート不要の外国旅行を可能とするバイオメトリクス認証技術」の重要度を調査したが、この技術の普及は主として各国の法律、制度や設備投資にかかわるものであるため、研究開発課題としての重要性評価は低かった。

これらの課題に関する技術を開発していくためには、多数の文化や言語のまたがるテーマであるので、国際共同研究や国際標準化の努力が必要であるとの回答が多かった

(2) 最近の動向と現状

文化交流、国際理解へ貢献、支援する科学技術には、地理的、時間的な制約を突破するため「ネットワーク」技術の低廉・一般化、高速・高性能化が重要である。この要件は、近年のグローバルな範囲でインターネットの普及拡大が進展し、先進国では、ブロードバンドでの常時アクセスが一般化したことで、ほぼ解決が見えてきた。発展途上国でも、光ファイバーが都会と幹線道路近辺集落には、その実需の高さから普及が進み、携帯電話など無線アクセスも急速に拡大している。

言語翻訳については、翻訳の精度と速度に関して、ここ数年で飛躍的な進歩があったわけではないが、言語処理プロセッサのハードウェアとソフトウェア、コーパスの大規模化等着実な改良により、コストをかければ、商業的にも実用となるシステムが実現されている。また、広告収入モデルで運営されるグローバルなインターネット検索サービス会社(例えば Google)や CGM(コンシューマ・ジェネレーティッド・メディア)サービス企業では、無料の言語翻訳機能のある程度の変換品質と速度での提供が始まっている。

CGM の一種でもあり、市民的なボランティア活動として、無償のインターネット百科事典「ウィキペディア」がすでに 271 言語、1350 万記事を擁するまでに成長し、さらに発展していることは特筆できる。

コンテンツの分野とも重複するが、テレビ等、映像メディアを通じて、文化交流をはかること、あるいは異文化社会で発生していることやコンテンツを、リアルタイムに見聞できるようになりつつある(例えば YouTube、Al Jazeera テレビ)。これも、前記のブロードバンド・インターネット等の普及と言語翻訳の貢献であろう。

コンテンツには、著作者等の収益を確保する必要がある内容が違法に流通する懸念もある一方、文化・情報産業発展に資する「フェアユース」の確立が特に日本では課題となっている。

バイオメトリクス認証技術は、技術的な困難さよりもシステム投資効率の問題と考えられるので、国際交流の条件整備としてテロリズム阻止の分野で効果を発揮していくと考えられる。

(3) 今後の展望

人材や文化コンテンツの国際流動化に、情報通信技術 (ICT) の果たす役割は益々大きくなってきた。情報通信の活用により国際間の人的・物資的な移動が効率化される。

今後、我が国の経済発展と生活安定には、省資源、低炭素化を考慮しながらも現在以上に国際的行動が必要となる。とりわけ、地下資源がほとんど無く少子高齢化の進む日本にとって、先進国だけではなくアジア諸国を含む開発途上国との商工業的な交易と文化的な往来や、より柔軟な移民受け入れ政策は必然である。

ビジネスや文化そしてエンタテインメントの情報流通には、言語、音楽、映像の創作、翻訳、加工、編集が重要になる。

世界規模の言語として米語の優位性は高まるため、日本固有の文化、伝統を維持、発展しつつ、グローバルな交流に参画するためには、教育分野における ICT の活用で多言語人材を育成すること。それに平行して、リアルタイム自動翻訳機の開発と低価格化により、国内外の一般市民に対して、実用的な外国語コミュニケーション機器の促進を図ることが重要である。

(池田 佳和)

2. 1. 7. 知能支援

(1) 区分の概要

本区分は、人間が知的活動を行う際に自らの脳に蓄えている情報をどのように使っているかをモニタし、それを利用して知的活動を支援する情報技術に関するものである。従来の人工知能研究のように、計算機システムが蓄えている電子情報のみを用いて、人間に代わって知的処理を実現するというものではない。人間が、視覚、聴覚、触覚などの五感を通じて外部の情報を取り込み、そのマルチモーダルな連携により臨場感や質感を認識して、それが自らの脳に蓄えられた記憶からのイメージ喚起や思考、発話に繋がるといった、人間ならではの知能活動全般を対象として、多様な支援技術の動向について調査することを目指した。

(2) 数年の動向と現状

人間の知能活動と一言でいっても、条件反射のような信号処理に近いものから、経験や知識に基づく思考や発話のように高度に抽象的なものまで多様である。現在、脳における情報処理を観測する手段としては、機能 MRI、ポジットロン断層法、近赤外線分光法などが広く使われているが、それらは脳の血流量を動態観測する方法であり、脳の活性部位の時系列変化を知ることはできるものの、その結果達成されている情報処理の内容やメカニズムを直接には捕捉できない。脳をコンピュータに置き換えれば、動作中の CPU の温度分布や計時変化を測って、データベースや演算部で消費される電力量を推定しているに過ぎない。そこから、どのような機械語で書かれた何のアルゴリズムが動作して、どのようなアプリケーションを実現しているのか解明するのは原理的に不可能とも思える。脳で行われている情報処理のうち、抽象度の高い知能活動の仕組みが明らかにされるのはだいぶ先の話だろう。

これに対し、信号処理に近いレベルの脳の機能についての研究は、最近のブレイン・マシン・インタフェース (BMI) の分野で大きく進展している。脳と情報通信機器を電氣的に直接つなぐ様々な技術が開発され、失われた感覚を代償する人工器官 (人工内耳、人工網膜など) や失われた運動機能を人工的に再建するなどの実験が数多く行われている。脳卒中や外傷などが原因で、周囲の状況は知覚できるが、体を動かすことができず、外部へ自分の意思を一切表現できなくなってしまった「ロックト・イン・シンドローム」が知られているが、このような患

者を対象に、頭蓋内の脳表面から脳波を計測して、その信号によりロボット義手を動かそうという、いわば人間のサイボーグ化技術も追求されている。また、脳が筋肉を動かそうとするときに流れる生体電位を観測して、弱くなった身体機能を補助しようというロボットスーツの研究は実用に近い段階にある。

(3) 調査の概要と考察

アンケート調査では、主に2つの面から課題を設定した。一つは、五感の一部に障害があっても、それを代替する情報を脳と直接やりとりすることにより、質感や臨場感を伝えたり、言葉やジェスチャーなしに意図や意思を読み取ったりする支援技術。もう一つは、人間が言語やイメージ、経験を脳に記憶するメカニズムを解明して、それに基づいて、人の記憶機構に適した形で情報提供したり、記憶そのものを脳の外に移して、それを自分の記憶として活用するなどの支援技術である。前者は、障害の緩和や克服として具体的到達点を例示することにより、支援される知能活動のレベルは比較的抽象度の低いものを想定した。それに対して後者は、記憶機構そのものの解明という大きな課題を掲げて、人間の知能活動全般を視野に入れている。アンケート結果は、上記の課題のタイプに応じて傾向が2つに分かれた。すなわち、前者の障害克服のための支援技術は、今後20年以内に実現されるのに対して、後者は、今後20年以内に実現される可能性は低く、場合によっては30年以上かかるかもしれないという予測が示された。支援される知能活動の内容的な複雑さを考慮すれば、妥当な結果と考えられる。

一方で、これらの技術が大きく進展すれば、他人の思考を無断で自由に読み取ったり、電子的手段や薬物で個人の能力を増強したり、脳から直接マシンを操作することなどが可能になるだろう。他人の感情をコントロールして恐怖や怒りや眠気を感じなくさせて、ロボットのように他人を操れるようになるかもしれない。したがって、この区分は、将来的には個人の自由や人間の尊厳の問題と深く関わってくると考えられる。

(高野 明彦、加藤 俊一)

2. 1. 8. 運動支援

(1) 区分の概要

人間の身体的な運動・行動を支援する技術は、人間の知的活動を支援する技術と、車の両輪のように相まって、豊かで質の高い生活を実現する上で非常に重要な分野である。

運動・行動の領域でどのような技術が必要となるかは、「健常者・身体(知覚)障害者」の別なく運動・行動できるようにすることを支援する観点、および、「生活・生存」「生産」「移動」などの種々の生活シーンを支援する観点から整理することが出来る。

前者の観点では、世界保健機関 WHO の国際生活機能分類 ICF (International Classification of Functioning, Disability and Health) で定義される種々の生活行動を(健常者・障害者の別なく)保証するための技術群が必要となる。ICF は、人間の生活機能と障害について「心身機能・身体構造」「活動」「参加」の3つの次元及び「環境因子」等の影響を及ぼす因子で構成されており、約 1500 項目にまで細分類されている。

後者の観点では、よりよい社会生活を送れるようにするための技術群が必要となる。例えば、健康状態に関して安心できるための技術、より良い技能を修得してモノ作りを可能にする技術、より快適で効率的な移動を可能にする技術などが挙げられる。

このように、いわゆる「普通の生活」に密着したニーズは、20 世紀のハイテク偏重のパラダイムの中で、やや軽視されていた感があるが、我が国を筆頭とする先進国の高度高齢化に伴い、「普通の生活」を支えるハイテクの研究開発が、喫緊の課題となってきた。

(2) 調査の概要と考察

今回の調査では、上記の二つの観点から設問を設定し、分析を行った。

①運動支援の重要性の認識

運動支援技術は、他の区分と同等以上に、重要な課題であると認識されている。特に、「世界・日本で」と「日本で」を加えると80%以上となり、その傾向は顕著である。これは、我が国の高齢化の急速な進行という背景の下、回答者自身が近い将来の自身の高齢化による身体面での不安を低減し、また、よりよい社会生活を送りたいという潜在的なニーズ意識の現われと言える。

技術的な難しさの面では、実現時期を2016年～2040年頃までにばらつくなど、個々の技術課題の難しさの認識に、大きな幅がある。これは、他の情報通信関連の技術課題の難しさの認識の傾向とは異なる点である。ビジネスの場面などでの限定的な利用ではなく、非常に多様な生活シーンの中での利用であるため、技術が提供するサービスの機能・質をどこに設定するかで、回答に大きなばらつきが出たものと思われる。

②人間の生活機能の観点からの設問と回答の分析

課題50「視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚」は、健常者が外界から受ける情報の90%以上を視覚に頼っていることから考えれば、視覚機能の質や安全性に関して、かなり難しいと判断されている。このような人工感覚の技術は、上述のICFの中でも大きな割合を占めており、難しくとも迅速な研究開発の望まれる分野といえる。

③生活シーンを支援する観点からの設問と回答の分析

課題48「日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム」、課題51「災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術」は、健康状態や身体の安全性に関して安心できるための技術である。場面を限定すれば、2016年～2030年頃には技術的には可能と考えられている。しかしながら、身体・生命の安全性に、直接、かかわる技術であり、また、それを利用する人間の安心感も重要な要因であるため、社会への導入には、なお10年の期間が必要と認識されている。

課題47「熟練技能者と同じ知覚を再現することにより非熟練技能者に熟練技能者のスキルを短期間で習得可能とする強化スーツ」は、よりよい生産を行うための技術である。我が国においても重要な技術との回答が目立つ。熟練技能者の高齢化・離職が進み、企業内でも社会でも、重要な技能の継承が困難になっているという我が国の状況をよく表した結果となっている。回答者によって、技術の実現予測時期にばらつきが大きい。これは、どの範囲までの技能を考えるかによるものと思われる。一方、技術的実現から社会的実現までのタイムラグが小さい点に、早くそのような技術を利用せざるを得ない社会・産業界の現状が読み取れる。

課題49、52、53は自動車による移動を、安全度を高めつつ効率化する技術課題である。我が国の道路事情・交通事情への不満足意識を反映した関心の強さがみられた。交差点や高速道路など、場面を限定した技術としては、2015年～2020年には実現しうるとの予測が多い。一方、多様な事態が生じうる一般道での自動走行に関しては、予測時期にばらつきが大きい。実現にはやや時間がかかると認識されている。社会への導入には、なお10年ほどの期間が必要と認識されている。

(3) 今後の展望

①運動支援技術の将来展望

この区分の調査で特筆すべきは、技術的実現予測時期と社会的実現予測時期の間に10年ほどのギャップがあることである。これは、技術的な課題がクリアされても、実生活の場に導入されるためには、コスト面、安全面、法律面の諸課題も同時にクリアされなければならないが、それにはさらに時間がかかるという認識の現れ

といえる。

これは、回答者には、「技術イノベーションの後に、社会に浸透する期間が必要」という意識があるためであろう。技術的な牽引力としては大学・公的研究機関・民間企業に、ほぼ同等に期待しながら、社会的な牽引力としては政府の積極的な関わりを期待する比率が、他の区分に比べて多い点も、このことを裏付けている。このようなギャップを短くするためには、技術イノベーションとソーシャルイノベーションを同時に進めるような研究開発・技術開発・ビジネス化の取組みが必要であろう。

②人間の生活機能の観点

課題 50 の人工感覚の技術は、健常者であっても高齢化と共に感覚機能が低下する・失われる。このような感覚機能は、上述の国際生活機能分類(ICF)の中でも大きな割合を占めており、難しくとも迅速な研究開発の望まれる分野といえる。感覚機能の質や安全性に様々な段階を設けて、順次社会に導入しつつ、研究開発・技術開発・製品開発を進めていくべき課題であろう。

③生活シーン支援の観点

今回の調査では、高齢化や災害での安心・安全、モノ作りでの技能伝承などの社会的な問題に対する重要度の認識が、技術開発への期待の強さ(優先度の高さ)に現れた。移動・自動車関連のニーズは、不満に感じつつも、ある種の贅沢なニーズ(優先度の低さ)ともみなしている。調査の趣旨を、「効率」ではなく「安全」や「エコ」に重点を置いた設問とすれば、優先度の解釈も変わったであろうと思われる。

(加藤 俊一)

2. 1. 9. 情報の適切性の確保

(1)概要

本区分は、情報を通信の意味で正確に伝えるということではなく、むしろ社会的な利用側面を考慮して伝えるということを重視するものである。このために、情報そのものが信頼されるためにどのようにするのかという主に技術的な側面から、社会的に信用してもらえるための保証性の問題、そして万が一社会的な逸脱行為が生じた場合にそれを適切に是正するための問題まで含んでいる。しかも、社会的な課題であるが故に、文化的な差異や人の主観性などをも考慮し一元的に基準を決めて技術的な解決をすればよいというものでもない。また、技術的にせよ、社会事象に対して何らかの介入をすれば法的な問題も生じる。このように、技術を中心としながらも、より社会に影響を及ぼす区分であるが故の課題点も多い。

このような中、今回の将来予測の課題設定として、①大枠として社会性まで含めた課題にどこまで技術的に踏み込めるか、改ざんなど社会的にすでに合意がとれている重要な課題であってもそれが技術的な観点だけで進めるのか、あるいは、ある種の知的な行為をサポートすることまで含めるのか、また社会性があるがゆえに適応的な領域にどこまで踏み込むのか、という大きく3つの観点を出している。

調査結果は重要であるということでも、重要でないということでもなく、そのどちらにもほとんど出てこない区分になっていることがむしろこの区分を特徴付ける結果となった。この解釈にはさまざまあると考えられるが、技術研究の衰退がないことも考えると、あまり意識しない当たり前のものになりつつあると考えられる。

(2)数年の動向と現状

本区分は、ネット社会から求められている安全性の側面から、電子署名や透かし技術などが開発されてきた。近はこれに加え、社会ネットワークの安全性、たとえば噂の信頼性などを指標化したり、ネットに流れる情報がどれだけ正しいのかをある種推測してみたり、また、情報洪水と呼ばれる事象に対応するために適切に情報をコントロールして流す適応性の研究が分野ごとに行われている。この中で、なりすましを防止して情報の正しさを保

証するための個人認証技術や、特定個人にアダプティブに情報を提供するレコメンデーション技術、映像などからも情報を抽出する技術などが開発されてきた。

しかし、社会においては、ちょっとした勘違いで流される悪意のない情報であっても、時には重大なミスも犯し得る。数年前にあった銀行の取り付け騒ぎなどは女子高校生のたわいもない発言がきっかけであった。情報がその正しさを十分吟味される前に瞬時に伝わってしまうことを、今のサービスレベルを低下させずに防ぐことや、またそれでも伝わってしまったものが、ユーザに危うい情報であることを認識してもらうこと、適切に事態の收拾がはかれること、あるいは、ネット社会の中ですべてを技術に頼らずに自発的に取捨選択ができるようになることなどの方向で解決策が考えられている。今回の設問はこの観点から2問行った(課題 54、55)。2問とも情報がネットの中にすでに表出しているという状況を設定し、その中でも技術的にどこまでサポートできるのか、またサポートしてもよいのかということである。課題 54「自浄作用を促すエージェント技術」は、ほぼ 10 年以内に技術的にはできるであろうという予測が多かった。しかし、個別の意見では本質的な課題である主観性の指摘のほか、社会的コンセンサスや法改正といった社会適用の課題が挙げられていたり、人のことを機械に任せることに対する抵抗もみられた。これだけを見ても人や社会の課題であるからこそその技術にする難しさもあり、さらに社会的な実現性に向けての課題もあることがあらためて認識される結果になった。課題 55「対面コミュニケーションのイメージング技術」に関しては課題として重要であるという意見と重要でないという意見が2つに分かれる結果になった。しかも技術として実現しても社会的実現までには比較的長くかかるだろうという予測になっており、人間のコミュニケーションに対する個人的あるいは社会的な課題が十分感じられる結果になった。個別意見では、社会的な適用には文化差なども考えるべきであるという意見もあった。しかしながらユーザインタフェースの分野では、会話の理解促進や誤解防止といった観点からの研究が行われており、対面コミュニケーションのイメージ化そのものが重要視されないわけではない。適切性を判断する上で重要になるものかまだ定まっていないと見るべきであろう。

社会的に重要とされているものに対する技術的な深掘りとしては「非改ざん保証エージェント」として課題 57 を作った。これはある程度のものはすでにあるとの指摘があるが、それ以上のものを望む意見もあり、また完全なものではできないとするなど、期待と技術とのせめぎ合いの意見が見られる。また実現するにしてもネットそのものを変えていくなど、単体技術での困難性を指摘する意見もあった。レギュレーションをどこまで求めるのかということでもあるが、これは他よりも社会的な問題としてではなく技術的な課題としているところに特徴がある。課題 57「電子署名システム」に関しても、実現しているあるいは実現は近いという結果になっており、レギュレーションの程度あるいは社会的合意性の問題が大きいという結果になった。最後の課題の適応性に関しては「受け手の理解能力に応じた情報提供」として設問した。この設問においても、ある程度実現はしているものの、社会的身分などによる安易な適応方式では差別を生むので、実現レベルも考えながらどのようにしていくのかを考える必要があるとしている。そのためか、他と比べると平均値では技術の実現から社会的実現まで 5 年と短い、四分位範囲に関しては幅が出た結果になった。つまり、人によりばらばらな実現イメージをもっている結果であった。

(3) 今後の展望

本区分は心理学や社会学の分野までを含んだ、技術だけでは済まされない区分であり、しかも、ある意味で社会的にこのような領域の重要性が合意できている区分でもある。今回の調査結果をみても、技術的困難性も一部見受けられるが、それ以上に社会的にあるべき姿を見据えながらすすめるために、適切性の定義やレギュレーションは自らが定義しつつ、それに取り組んでいくようなことが大切になる。しかも、それを社会的な合意にまで取り付けるには、「ひとは見たことがないものをなかなか想像できない」ということも踏まえ、ある程度見せていきながら決めていくという試みも大切になろう。さらには、社会的なインパクトが大きいだけに、社会の拡張とともに

に、現状の法制度の見直しも含め、社会のあり方を模索しつつ、しかも自国内で閉じることなく進める必要がある。国際的に孤立しないようにしながら、それぞれの文化も大切にしていける技術が今後とも期待される。

(吉川 厚)

2. 1. 10. ユビキタスネットワーキング

(1) 区分の概要

“ユビキタスネットワーキング”とは、あらゆるところに存在する(遍在する)“インタフェース”と“電腦空間要素”を有機的に接続し、様々な応用を提供するという概念である。“インタフェース”はリアルワールドと電腦空間の接点であり、街頭カメラなどの各種センサ、ディスプレイやスピーカーなどの出力装置、RFID などのタグデバイス、GPS 装置、携帯電話などがある。“電腦空間要素”には、コンピュータ、サーバ、データベース、コンテンツ、などがある。

応用にはコミュニケーション、行動支援、監視・見守り、遠隔操作(リモートアクセス)、物流管理、食品トレーサビリティ、ホーム ICT、広告・サイネージ、健康管理、災害対策などが挙げられるが、これらに留まらない。

街を歩けば防犯用街頭カメラや広告用の大型ディスプレイが目に入る。携帯電話には GPS 機能が搭載され外出中の子供の位置確認サービスが提供されている。RFID は物流の IT 化を支えるキーデバイスとして発展している。これらはどれもユビキタスネットワーキングの実現例である。しかし、それぞれのシステムは個別の目的のために、個別に設置・運用されているのが現状である。

(2) 調査の概要と考察

設問はなるべく具体的な応用に関するものを幅広く取り上げた。調査結果を概観すると、以下のようなことが分かる。

- 課題 62 の「体内埋め込み健康管理デバイスの普及」を除き、技術実現時期が今後 10 年以内と予想されている。このことから、ほとんどの要素技術は既に存在し、具体的な応用を待つばかりとなっている、という状況が想定される。
- 課題 62 を除き、今後 10 年から 20 年の間で応用が日本全体に普及する、と予想されている。
- 重要度の認識は No.2 の分野全体の平均と同程度であるが、「特に日本にとり重要」という回答が相対的に高い。この理由を直接調査結果から読み取ることはできないが、他国に先んじている日本の情報化インフラの進展状況やより緻密なサービスを求める国民性などが関係していると思われる。
- 自由記述を見ると、ユビキタスネットワーキングの実現は技術的な要因よりは、社会の要請や受容、経済合理性、プライバシーなどの問題、が課題であるという意見が多い。

(3) 今後の展望

ユビキタスネットワーキングは、ニーズと経済合理性のバランスに基づき今後も間違いなく進展する。本分野がより効率的に発展し、人々の利便や福祉に役立っていくためには、以下のようなポイントが重要であろう。

- プライバシー侵害や個人情報流出への危惧に対応したセキュリティ技術が発展し、ユーザが安心してシステムを利用できる環境が整うこと
- RFID のさらなる低コスト化や、近傍無線(赤外線通信なども含む)、無線アドホックネットワーク、シームレス接続などの高度化
- 例えば、広告用に設置されている街頭ディスプレイが緊急時の情報提供に利用されるなど、ひとつのデ

デバイスに複数の目的が付与されることを可能にする技術や環境が整うこと。デバイスの共用を意識した接続プロトコルの標準化やデバイスの所有者と利用者が異なる場合のデバイス利用料の考え方などが重要

- 応用の実現に向けた統合技術、スケールアップ技術、経済化技術
- 個人情報流出などのリスクとバランスをとりながら、社会制度的な側面がユビキタスネットワークキングの促進を促すよう整備される必要がある

「ユビキタスネットワークキング」の技術は情報通信とエレクトロニクスの全てを網羅するといっても過言ではない。ICT 国際競争力確保のためにも、先進的なデジタルネットワークインフラを持つ我が国において先進的な応用を間断なく研究・開発していくことが重要である。

(加藤 洋一)

2. 1. 1.1. 超大規模ソフトウェア

(1) 区分の動向

近年の情報化社会を支える多様な情報システムの中にあつて、その機能実現の中心的な役割を担うソフトウェアは急速に大規模化が進んできている。経済産業省が実施している組込み産業実態調査においても、身近な組込み機器の制御ソフトウェアの分野でも 1000 万行を超えるソフトウェアが開発全体の数パーセントに及んでいるとの報告がある。特に近年のシステムの多くは、様々な機能を実現する複数のソフトウェアが有機的に結合し、更に規模の大きな系として、より複合的な機能実現を目指す方向が顕著である。そして同時に、これらの大規模ソフトウェアを内包するシステム構築では、ソフトウェアの品質や信頼性、あるいはソフトウェア構築における生産性などの側面がきわめて重要な要素となつてきている。今回の調査では、情報システム分野における更なる機能追求の必然としてのソフトウェアの大規模化の中での、品質・信頼性、生産性といった側面の技術課題を取り上げ、それらの課題の解決に関する技術的な可能性の調査を実施した。

(2) 調査から見るこの分野のキーテクノロジーと動向

現在、大規模ソフトウェアといった場合、その規模単位は数千万行が一つの目安となつている。調査ではこの先の機能重積を意識し大規模の定義を現在より一桁多い1億行以上を一つの目安として設問を構成した。今回の調査結果の全体としてみると、「超大規模ソフトウェア」区分の課題は、「世界・日本双方にとって重要な課題」であるとの回答が全体の 78%と非常に多く、情報システムの大規模化の進展が極めて身近でかつ重要な課題となつていることを読み取ることができる。

個別の課題についてみると、まず課題 64 は超大規模ソフトウェアを実現する際の機能重積を考慮し、その場合の仕様化技術の高度化についての質問である。ソフトウェアの仕様の問題は現在でも非常に重視されているが、設問で設定した規模のソフトウェアについて無矛盾な仕様の作成技術については、この先 20 年程度を要するとの回答が多数を占めた。また一方で、課題 65、66、67 に見るように、こうした規模の大きなソフトウェアを構築するためには、現在のような技術者依存の開発形態から、より洗練されたソフトウェア開発の自動化技術が鍵となると考えられる。さらに、これらの超大規模ソフトウェアの品質・信頼性の観点について、今回の調査結果からは、向こう 10 年～20 年の間に、ある程度の制約のもとで、ソフトウェア障害の未然防止やシステムの自動構築などに道が開かれるという回答が多く見られた。

(3) 今後の展望

現在の情報化社会の進展の中で、ソフトウェアの大規模化の流れはとめることの出来ない大きな潮流になつ

ている。ソフトウェア開発については、過去20年の間で、ソフトウェア設計の共通言語としてのUMLを始めとする様々なモデリング手法が研究され普及したことで大きな進化を遂げた。しかし、その一方で、コンピュータの初期の頃からの課題とされてきたソフトウェアの自動生成技術は、一般的な技術としての完成度は未だ十分なものとは言えない。またソフトウェア障害の未然防止や品質向上という課題に関しても、ソフトウェアのモデリングを出発点とする検証方法やテスト方法が極めて限定された規模のソフトウェア開発の中での利用が始まったばかりであり、規模の大きなソフトウェアへの導入は未だ実現されていない。この点において、超大規模ソフトウェアの仕様獲得・分析から、設計、設計モデリング、そして実装・テストまでをシームレスにつなぐ開発方法論の骨格となる設計思想の体系化がこの先の解決すべき重要な研究課題となると考えられる。特に開発するソフトウェアの規模が本課題で示したように1億行をこえるようなサイズになった場合には、その開発の難しさは格段に難しくなることが予想される。この場合、これら超大規模ソフトウェア開発については、現在の手法を単純応用するといった形での対応だけでは対処は難しく、現在主流となりつつあるモデル指向開発からの更なる進化やより粒度の大きなコンポーネントの整備とそれらを用いたコンポーネントベースの開発手法などもこの先の技術進化の鍵になる考えられる。この場合には、これらのソフトウェア・コンポーネントのビジネスモデルの確立やコンポーネントの品質や信頼性保証の仕組みもあわせて充実していくことが求められる。

またこれらのソフトウェアが動作するためのハードウェアプラットフォームについても近年、マルチコアや超並列といった技術革新が著しいが、さらにこの先の10年、20年といったスパンでのハードウェアプラットフォームの進化を考えた場合、現在の方式とは異なる概念をもったハードウェアプラットフォームがソフトウェア動作の前提となることも考えられる。今後のソフトウェアの開発を考える上で、こうしたハードウェアプラットフォームの進化も大きな影響要因の一つであり、それらの進化に対応したソフトウェア開発技術の進化が求められる。

(平山 雅之)

2. 1. 12. コンテンツサービス

(1) 区分の概要

コンテンツサービスは、文書、映像、音楽、ゲームソフトなどの娯楽を目的とした情報を利用者に提供したり、文献、教養、商品・地図情報など、仕事や勉強及び生活に必要な情報を利用者に提供するほか、コンテンツ産業のサービスサイエンス、サービス産業の知能化、制度設計のためのシミュレーション技術などの分野も含む。

情報通信技術は、その基盤要素も重要であるが、この技術を用いて実際にどのようなサービスを我々に提供するかも重要であり、コンテンツサービスは情報通信技術の進展のための牽引力として働く。このような観点からも、コンテンツサービスは国内外において今後の発展が期待されるものであると言える。

(2) 調査の概要と分析

①地球規模の各種情報を用いた将来予測及び意思決定技術

地球規模の自然、生物、経済の状態、及び人の知識や意見などの各種情報をコンピュータネットワークにより随時把握し、それを用いた数理モデルや意思決定システムを構築して社会現象や自然現象の将来予測を行い問題に対処することが重要な課題となっている。

また、このような大規模情報網を活用し、政府などの意思決定を支援することも考えられる。例えば、感染症の発生や伝播の迅速な予測技術(課題71)や、多数の一般人の意見を反映した経営・政策の決定補佐システムなどが考えられる(課題72)。これらは、2016年～2020年を目処に技術的に実現されると予測されるが、感染症の予測などは2030年ころまで延びると考えられる。社会的実現は2021年～2030年と予測される。ただ、

この実現時期は、どの程度高い精度で予測を行うかにも依存する。意思決定システムは、完全な代換システムとしての実現は難しいが、人の意思決定をサポートするシステムとしてなら、実現の可能性はある。

②コンテンツ管理・決済システム

映画、音楽などのコンテンツの流通と権利者への利益の配分を円滑に且つ確実にを行う技術が今後必要となるであろう(課題 70)。また、利用者が、欲しいと思うコンテンツを容易に且つ迅速に検索できる検索・マッチングシステムも重要となる。コンテンツの不正コピーや著作権侵害などが現実的に問題となっているが、この解決には、技術的な面からの解決策だけではなく、法制度の整備などを含めた多方面からの方策が必要と考えられる。

③人間行動や人間社会のシミュレーション技術

人間の行動パターンや過去の事例などに基づいて大規模データベースを構築し、また、コンピュータネットワークを駆使して多方面からの情報を集め分析することで、人間が計画した企画がもたらす影響や問題点などを事前に把握するシミュレーション技術が重要と考えられる。このような技術として、まず、政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを個人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションして問題点を把握する技術(課題 68)や、企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術(課題 69)が考えられる。前者は、技術的に 2021 年～2030 年ごろ、社会的には 2031 年～2040 年ごろ社会的に実現されると予測される。後者は、技術的、社会的に 10 年ほど早めの実現が予測される。ただ、精度の高いシミュレーションを行うには、かなり大がかりなデータの収集と整理が必要であり、また、過去の事例だけでなく、時代ごとの状況変化をも加味する必要はある。

④CG、映画などにおけるコンテンツ作成技術

映画などにおいて、臨場感あふれる映像・音響の作成、実写と区別がつかないCGの実現や三次元表示など、より高度で感動を呼ぶCG、映像、音響などのコンテンツ作成技術(課題 73)の進歩が期待される。これは、映画などの娯楽の他にも、教材作成、文化の伝承と紹介、観光案内などにおいても活用が考えられる。エージェント技術を用いてバーチャル俳優が活躍する映画などの技術も考えられる。

(3) 国際比較と政府の関与

感染症の発生と伝搬の予測技術は、世界、日本共にかなり重要であると考えられる。コンテンツの管理・決算システムや、社会・人間行動のシミュレーション及び意思決定システムは、世界、日本共に重要であるが、どちらかという、日本にとり重要である。CG、映画などにおけるコンテンツ制作技術は、世界及び日本において重要という意見もあるが、重要度・優先度は低いという意見が目立つ。技術的牽引力については、シミュレーションや予測技術に関しては、大学・公的機関の寄与が大きいと考えられる。しかし、企業サービスのためのシミュレーション技術については民間企業が大きく寄与する。また、コンテンツの管理・決算システム、及びCGなどのコンテンツ作成技術は、民間企業の寄与が大きいと予想される。社会的実現に関しては、政策・制度設計、感染症の予測などは、公的機関や政府の寄与が期待されるが、企業サービスのためのシミュレーション、コンテンツの管理・決算システム、CGなどのコンテンツ作成技術は民間企業の寄与が大きいと考えられる。

(4) 結論

コンテンツサービスでは、CG 技術や映像・音響コンテンツの制作より、地球規模の情報コンテンツを駆使した

シミュレーション・予測技術のように、何かに役に立つものへの期待が高い。しかもこの期待の度合いは、その対象に大いに依存し、感染症の発生や伝播の予測など健康に関するものへの期待が特に高い。市場調査などにおいても、これまでの人手によるアンケート調査を主流とした方式に対し、コンピュータネットワークを駆使した大規模な購買分析や、経済、環境状況などの多様な情報解析を導入することにより、より精度の高い予測やシミュレーションを実現することができる。ただ、これらの予測やシミュレーションにおいて、どの程度まで高い精度を実現できるかについては、得られる情報の量や質に依存し、また当然、不確定要素があるため、その精度には限界がある。一方、CGや映画、アニメなどのコンテンツ作成技術は、課題として重要度が低いという意見もあるが、これらは日本が誇れる技術の一つでもあり、芸術や文化のための情報技術の展開は、日本が国際社会にその地位を築くための一つの方策と言える。

(荒川 薫)

2. 2. アンケート調査の回収状況

No.2分科会「情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下の表のようになっている。

表 2.2-1 No.2 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
309 人	253 人	82%	252 人	209 人	83%

性別	男	198 人	職業	会社員	80 人	専門度の平均	高	12.5%
	女	11 人		大学等教職員	91 人		中	32.8%
	無回答	なし		研究機関職員*	21 人		低	54.7%
年代	20 代	1 人		団体職員	3 人			
	30 代	18 人	その他	14 人				
	40 代	59 人	無回答	なし				
	50 代	62 人	職種	研究開発従事	160 人			
60 代	62 人	上記以外		49 人				
70 代以上	7 人	無回答		なし				
無回答	なし	合計		209 人				

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注) 専門度の平均: 各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

2. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して必要な要件等についての議論し、以下の課題の区分を設定した。

表 2.3-1 課題の区分

A	クラウドコンピューティング (1 億台規模の多数のコンピュータを連携することによって生み出される、新しいサービス、あるいは、サービスを提供するシステム技術)
B	情報通信新原理 (従来の情報通信技術の限界を打破する技術;ムーア則の先を行く技術、今のネットワークとは異なる市場を見出す技術。アドレスに頼らず発信者が意図するあて先を認識して情報を伝達する技術あるいは、脳科学と関連した人間の認知機能拡張技術)
C	空間共有通信 (ネットワークで接続された相互が、同一の空間に存在するような認識を持てる通信環境)
D	情報の社会化 (世界的食品のトレーサビリティ、患者のカルテ情報の医療機関による共有、住居の近くに設置したセンサの情報共有など、散在する情報を幅広く安全に収集し、適切なサービスを受けられるようにする)
E	多文化交流 (言語、文化の差を越えて相互が理解できるような、人と人、人と機械のコミュニケーション)
F	知能支援 (文書情報、画像情報、個人の頭の中の情報を広く収集し、個人が自分の頭脳の一部であるかのように知識として活用する)
G	運動支援 (人間の運動能力を支援する機械とそれを自分の身体の一部のように操作するインタフェース)
H	情報の適切性の確保 (情報の発信者、内容を認識し、ネット上で扱われる情報を適切化する)
I	ユビキタスネットワーク (世界で 1000 億以上の高性能コンピュータを有機的に結合し、価値を創造する)
J	超大規模ソフトウェア (1 億行以上のコードを有するソフトウェアを安定に構築し、動作させる技術)
K	コンテンツサービス (コンテンツ産業のサービスサイエンス、サービス産業の知能化、制度設計のためのシミュレーション技術、コンテンツエリア)
L	その他境界・融合・新興領域コンピューティング、システム系

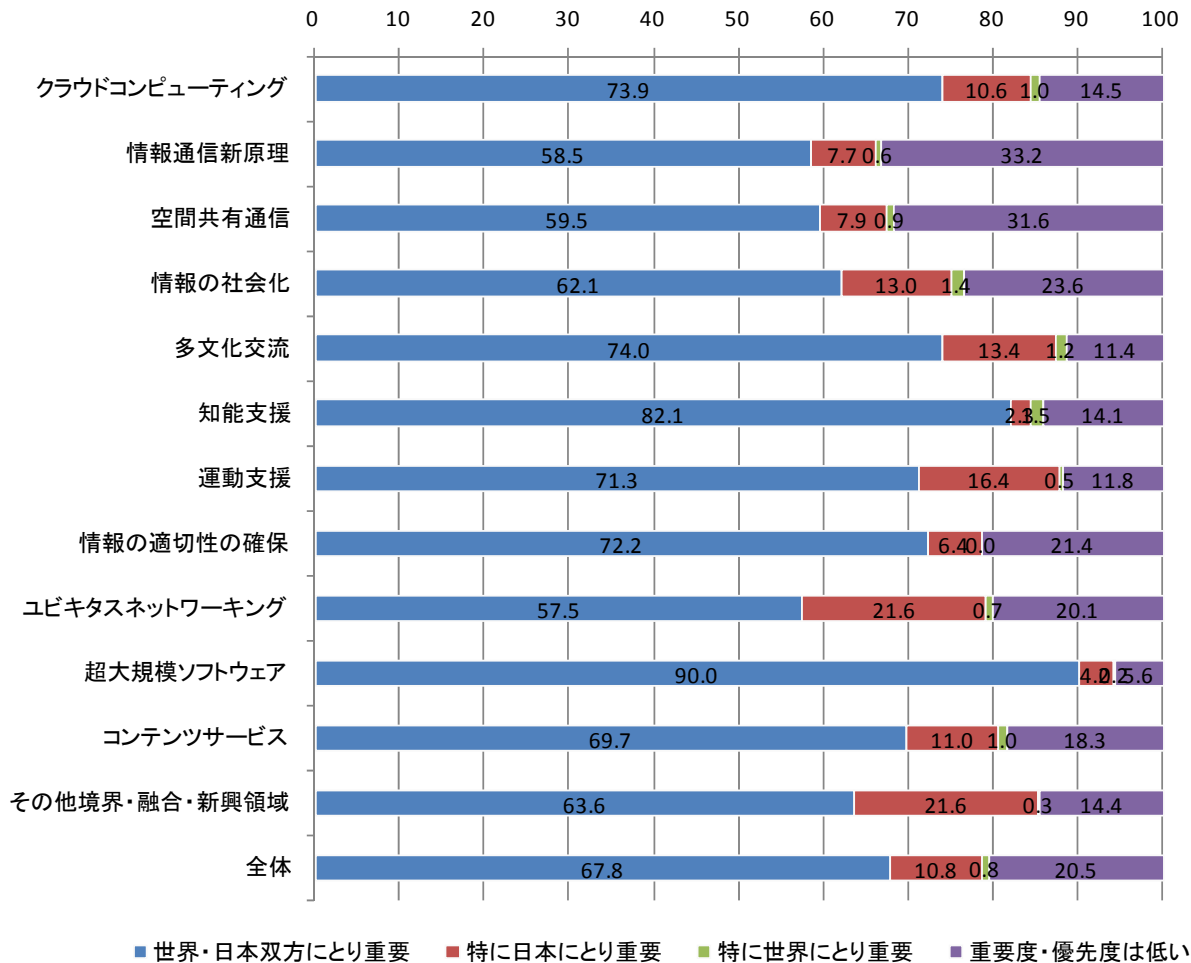
2. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

2. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題は、どの区分においても「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題が大半を占める(全体平均で 67.8%)。

図 2.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、全体の傾向と同様に、「世界・日本双方にとり重要な課題」との回答が最も多く、中でも「超大規模ソフトウェア」区分は90.0%と突出している。それ以外では、「特に日本にとり重要」との回答が他の区分と比べ、比較的高かった区分として「ユビキタスネットワーク」(21.6%)、「その他境界・融合・新興領域」(21.6%)があげられる。また、他の区分と比べ「重要度・優先度は低い」との回答が比較的高かったものとして、「情報通信新原理」(33.2%)、「空間共有通信」(31.6%)がある。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順に上位 20 位以内の課題を下表に示す。「情報の社会化」区分の関連課題が 5 課題、「運動支援」区分の関連課題が 4 課題含まれている。

表 2.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
51	災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術	98.7	2019	2027	運動支援
71	感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)	98.3	2020	2027	コンテンツサービス
76	個人ごとの遺伝子情報、生体情報が組織的に薬品情報とリンクされ薬品の効果を定量的に予測することによって内科治療の入院日数を半分にできる	98.1	2025	2033	その他境界・融合・新興領域
52	我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輛・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される	98.1	2018	2026	運動支援
04	個人情報安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術(例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など)	97.8	2016	2020	クラウドコンピューティング (超分散スケーラブルコンピューティング)
01	1億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術	97.1	2018	2023	クラウドコンピューティング (超分散スケーラブルコンピューティング)
66	超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術	97.0	2021	2031	超大規模ソフトウェア
26	情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム	96.9	2030	2036	情報の社会化
43	筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの運動障害のある人が自分の意志・意図を直感的に対話相手に伝えられるようなポータブル会話環境	96.3	2024	2033	知能支援
48	日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム	96.3	2021	2030	運動支援
67	超大規模複雑システムの開発に関して、人間作業者による作業関与を50%程度に抑えることができるシステム自動構築ツール	96.1	2022	2031	超大規模ソフトウェア
29	食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム	95.5	2019	2028	情報の社会化
19	医者が遠隔地にいる患者と直接向き合っているかのように、優しく聴診器をあてたり、触診したり、口臭などを感じたりできる遠隔診察システム	95.4	2020	2029	空間共有通信
50	視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚	95.2	2032	2038	運動支援
37	言語だけでなく文化的背景や地名人名などの固有名詞なども自動学習し機械翻訳できるシステム	94.7	2020	2029	多文化交流
65	1億行以上のコードからなる超大規模複雑ソフトウェアの運用段階での品質が現状と同程度におさえるシステムの自動開発技術	94.6	2025	2033	超大規模ソフトウェア
60	RFID等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される	93.6	2016	2021	ユビキタスネットワーク
30	地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	92.9	2022	2030	情報の社会化

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
31	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する)	92.9	2020	2028	情報の社会化
36	法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを認定し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	92.5	2019	2027	情報の社会化

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「超大規模ソフトウェア」、「情報の社会化」、「運動支援」関連が各2課題含まれている。課題 26、課題 50 を除き、技術的実現時期は概ね 2020 年前後に予測している。

表 2.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
71	感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)	96.6	2020	2027	コンテンツサービス
66	超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術	95.5	2021	2031	超大規模ソフトウェア
26	情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が 2010 年と比較して、100 万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム	95.3	2030	2036	情報の社会化
01	1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術	93.6	2018	2023	クラウドコンピューティング (超分散スケーラブルコンピューティング)
43	筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの運動障害のある人が自分の意志・意図を直感的に対話相手に伝えられるようなポータブル会話環境	93.3	2024	2033	知能支援
50	視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚	91.9	2032	2038	運動支援
67	超大規模複雑システムの開発に関して、人間作業員による作業関与を 50%程度に抑えることができるシステム自動構築ツール	91.5	2022	2031	超大規模ソフトウェア
30	地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	90.0	2022	2030	情報の社会化
51	災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術	90.0	2019	2027	運動支援
22	群衆の中にいる人間の画像から顔を認識して、例えば、家出人を探すなど、個人を特定できる画像認識・分析技術	89.5	2015	2022	空間共有通信

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要な課題」として評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 2.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
52	我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輛・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される	37.9	2018	2026	運動支援
31	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する)	35.1	2020	2028	情報の社会化
61	我が国の一般家庭の 30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	33.5	2015	2022	ユビキタスネットワーク

(5) 特に世界にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に世界にとり重要」の回答比率の高い(30%以上)課題はなかった。

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「情報通信新原理」関連が4課題、「情報の社会化」「空間共有通信」関連が各2課題含まれる。

表 2.4-4 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

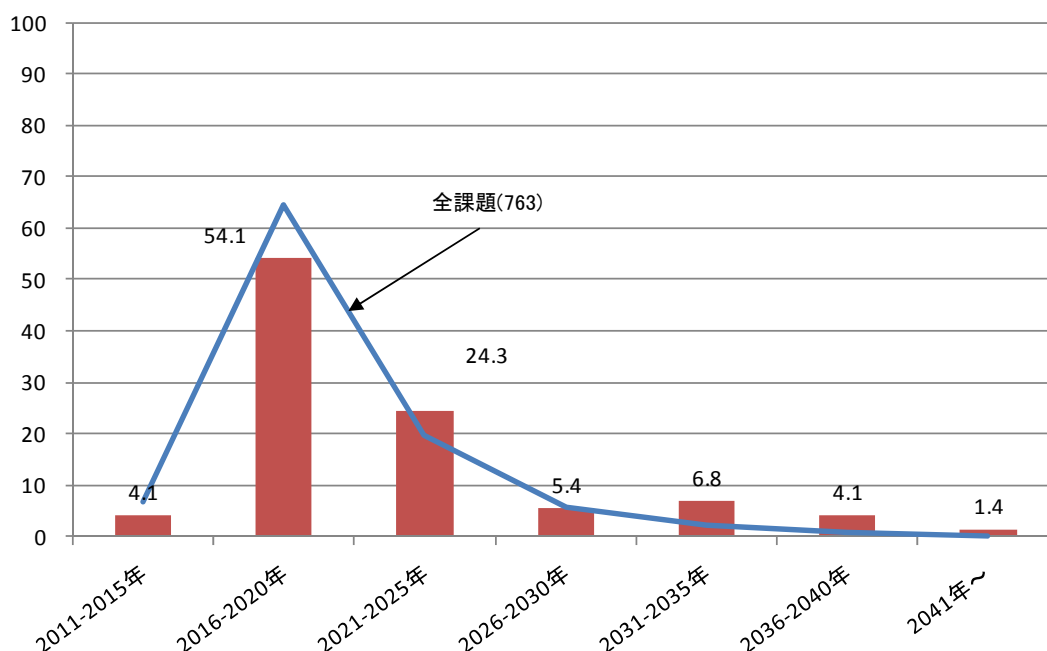
	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
35	雇用や売買等の契約、納税等の社会活動を、本来の人格と並んで、アバターやハンドルネーム等の仮想人格の名で行う慣習が日本国内で広範に普及し、それらの一部は登記されたり、法人格を与えられたりするようになる	79.0	—	2027	情報の社会化
12	日常のコミュニケーションに使うための、五感以外の感覚、たとえばテレパシーや第六感、念力などのメカニズムの解明	72.6	2041 以降		情報通信新原理
25	3D 仮想世界サービス(例えば、セカンドライフ)が、現実世界と結びついて利用されることにより、現実世界を補完、代替あるいは入り混じって使われる社会インフラとして普及し、社会活動の場として利用される	63.4	—	2022	空間共有通信
21	映画などの過去の映像作品から、その台本(せりふや役者への指示だけでなく、大道具、小道具を作成できるような記述も含む)の自動作成を可能にする映像の認識・理解の技術	61.9	2020	2030	空間共有通信
55	ネット上のコミュニケーションにおいて、発信されている情報を人工エージェントが読み取り、発信内容から他の参加者と対面コミュニケーションを行っている場面をイメージ化して、自身の行為が適切か適切でないかの判断を促すイメージング技術	51.5	2020	2031	情報の適切性の確保
73	CG 技術、エージェント技術の進展により、バーチャル俳優が一般的になり、実写映画と見分けのつかないウオリティの CG アニメーション映画を、一般個人が調達可能な範囲のコストで制作できる技術	50.7	2019	2027	コンテンツサービス
34	優れた創作者(作家、プロジェクトリーダー、研究者、教育者)の思考のプロセスなどを、その人に邪魔にならずに自動的に取得しアーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム	49.6	2025	2033	情報の社会化

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
14	現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、検索キーで指定した任意の地点にいる人のID等を知らなくても状況に対応した通信が日本全国でできるようになる	46.6	2019	2028	情報通信新原理
11	人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術	46.0	2036	2041以降	情報通信新原理
08	情報通信分野の各種サービスやアプリケーションのもたらす価値を含む主観評価実験を、実際の被験者を用いることなく十分な正確さで効率良く実施することができる擬似主観評価実験技術が確立する	39.9	2024	2032	情報通信新原理

2. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。

図 2.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



全課題と No.2 分科会で設定した課題の技術的実現予測時期の分布について、本分科会で設定した課題は2016～2020年をピークに課題の半数以上が実現するとしている。全課題の傾向と比べると、2031年以降に実現する課題が12%あり、若干異なる傾向を示していることがわかる。

区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「情報通信新原理」、「知能支援」区分では、他の区分に比べ、若干、技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 2.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011 -2015	2016 -2020	2021 -2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040	2041-
クラウドコンピューティング			6					
情報通信新原理			4	1	1	1	2	1
空間共有通信	2		5	1				
情報の社会化			5	3	1	1		
多文化交流			3	1				
知能支援				2	1	2	1	
運動支援			3	2	1	1		
情報の適切性の確保			5					
ユビキタスネットワーク	1		3	1				
超大規模ソフトウェア				4				
コンテンツサービス			5	1				
その他境界・融合・新興領域			1	2				

実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けている。「実現しない」の回答の比率の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の通りである。「わからない」の回答比率の高い(30%以上)課題はなかった。

表 2.4-6 「実現しない」という回答比率が高かった課題

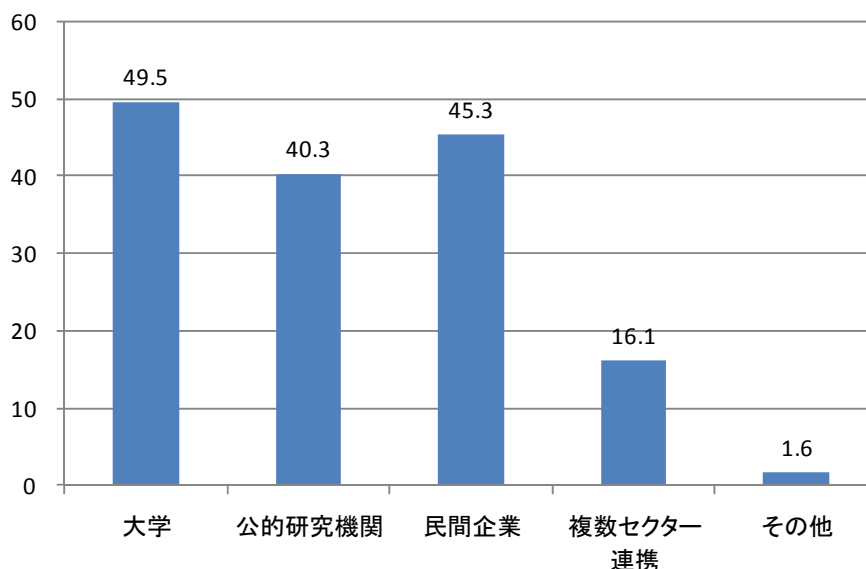
	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	区分
12	日常のコミュニケーションに使うための、五感以外の感覚、たとえばテレパシーや第六感、念力などのメカニズムの解明	33.7	2041-	情報通信新原理

2. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1)分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。技術的実現を牽引する主なセクターとして最も回答が多かったのは、「大学」(49.5%)であり、次いで「民間企業」(45.3%)、「公的研究機関」(40.3%)と続く。

図 2.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「情報通信新原理」、「知能支援」、「情報の適切性の確保」の区分では、多くの回答者が「大学」と回答している。また、「クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング)」、「空間共有通信」、「ユビキタスネットワークキング」、「超大規模ソフトウェア」、「コンテンツサービス」の区分では「民間企業(NPOを含む)」を牽引するセクターとしてあげている。一方で、「情報の社会化」、「多文化交流」、「運動支援」、「その他境界・融合・新興領域」の区分では、セクター間で回答の比率が拮抗している。

表 2.4-7 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
クラウドコンピューティング	25.8	27.3	65.8	23.1	1.3
情報通信新原理	61.9	35.2	29.1	15.1	2.2
空間共有通信	47.6	32.3	57.7	14.4	1.0
情報の社会化	53.3	49.0	35.2	16.8	3.2
多文化交流	47.5	51.7	47.1	16.0	4.2
知能支援	75.8	49.6	13.2	12.7	0.7
運動支援	46.6	48.1	44.6	20.3	0.6
情報の適切性の確保	59.7	42.3	41.9	12.0	0.6
ユビキタスネットワークキング	19.6	31.4	72.2	16.9	0.9
超大規模ソフトウェア	52.8	31.5	64.7	14.3	1.4
コンテンツサービス	42.1	38.2	51.3	13.7	1.7
その他境界・融合・新興領域	48.5	51.4	45.0	16.3	0.8

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.4-8 「大学」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
46 個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるような、脳の記憶機能を拡張する技術	84.6	2037	2041-	知能支援
45 脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術	83.1	2033	2039	知能支援
07 ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術	82.2	2036	2041-	情報通信新原理
11 人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術	82.2	2036	2041-	情報通信新原理
10 第三者の視覚、聴覚の支援を行うための、自分の目や耳で得た情報を当該第三者の脳に直接伝達する技術	81.0	2031	2039	情報通信新原理

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.4-9 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
36 法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを認定し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	71.8	2019	2027	情報の社会化
71 感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)	66.7	2020	2027	コンテンツサービス
30 地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	63.6	2022	2030	情報の社会化
38 パスポート不要の外国旅行を可能とするバイオメトリクス認証技術	63.3	2017	2026	多文化交流
68 政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを個人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションし、問題点を把握する技術	60.8	2024	2033	コンテンツサービス

○民間企業(NPO を含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.4-10 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
73 CG 技術、エージェント技術の進展により、バーチャル俳優が一般的になり、実写映画と見分けのつかないクオリティの CG アニメーション映画を、一般個人が調達可能な範囲のコストで制作できる技術	89.1	2019	2027	コンテンツサービス
61 我が国の一般家庭の 30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	87.7	2015	2022	ユビキタスネットワーク

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
60	RFID 等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される	82.0	2016	2021	ユビキタスネットワーク
69	企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術	81.2	2019	2026	コンテンツサービス
63	公共交通機関において、購入した乗車券の内容が駅構内等の支援手段に近接通信で伝達され、初めての人でも看板等を探すことなく目的地に到達できる、個人ごとの適切な案内・誘導サービスが普及する	79.2	2016	2022	ユビキタスネットワーク

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.4-11 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
13	現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる	34.8	2016	2023	情報通信新原理
04	個人情報安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術(例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など)	31.3	2016	2020	クラウドコンピューティング (超分散スケーラブルコンピューティング)
06	すべての個人の日常行動が統計的に処理され、混雑、事故等を適切に検出し自動的に対策をとるシステム	30.3	2019	2027	クラウドコンピューティング (超分散スケーラブルコンピューティング)

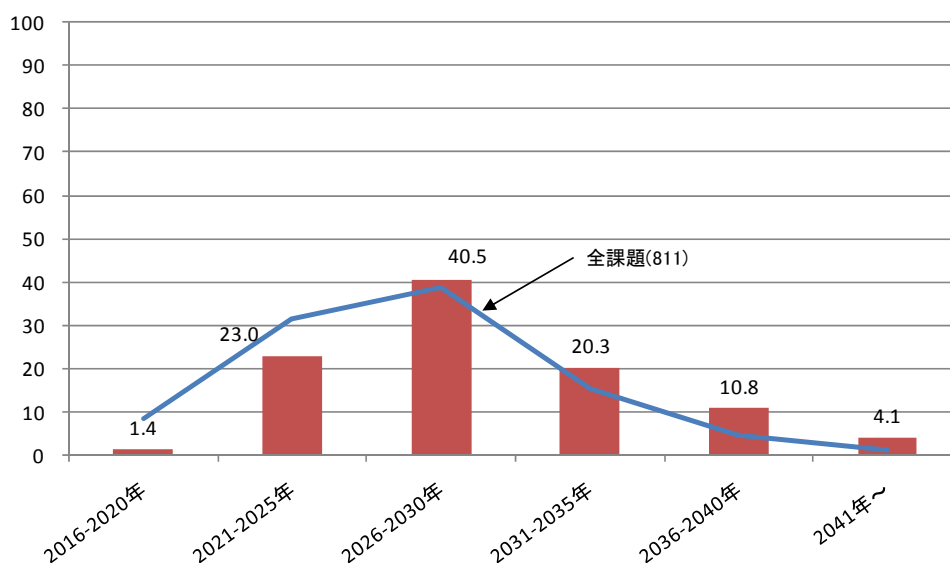
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(回答比率 30%以上)の課題はなかった。

2. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現時期は 2026～2030 年の間に課題の実現のピーク(41%)を迎えるが、2031 年以降に実現するとする課題も 37%ある。

図 2.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「情報通信新原理」、「知能支援」、「運動支援」の区分において、技術的実現時期が他の区分に比べ遅めに予測している。

表 2.4-12 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-
クラウドコンピューティング	1	3	2			
情報通信新原理		1	3	1	2	2
空間共有通信		5	4			
情報の社会化		1	7	1	2	
多文化交流			3	1		
知能支援				2	2	1
運動支援			3	2	2	
情報の適切性の確保		3	1	1		
ユビキタスネットワーク		4		1		
超大規模ソフトウェア				4		
コンテンツサービス			5	1		
その他境界・融合・新興領域			2	1		

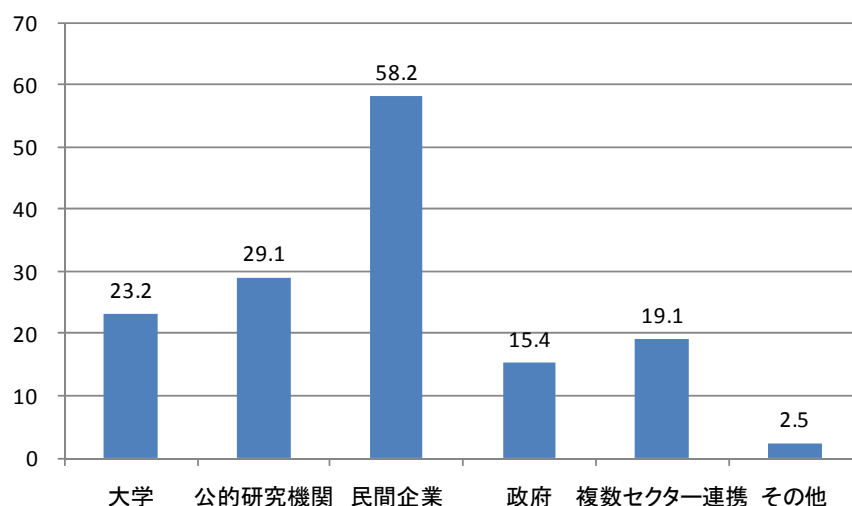
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高い(30%以上)課題はなかった。

2. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。最も回答が多いものとして、「民間企業」(58.2%)があげられ、次いで「公的研究機関」(29.1%)、「大学」(23.2%)と続く。

図 2.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「知能支援」の区分を除いて、各区分とも社会的実現を牽引するセクターとして「民間企業」を最も多くあげている。中でも、「クラウドコンピューティング」(超分散スケーラブルコンピューティング)、「空間共有通信」、「ユビキタスネットワーキング」、「超大規模ソフトウェア」の区分では 70%を超える。また、「知能支援」区分では「大学」との回答が最も高かった(49.4%)。「政府」を主たる牽引セクターとする回答については、他の区分と比べ「運動支援」、「その他境界・融合・新興領域」では「政府」と回答する割合が若干高かった。

表 2.4-13 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
クラウドコンピューティング	7.2	14.1	71.1	8.4	26.3	1.4
情報通信新原理	37.1	34.2	43.4	8.3	19.4	2.1
空間共有通信	17.6	18.1	72.2	7.2	18.0	1.0
情報の社会化	26.8	35.5	47.0	21.0	18.6	4.1
多文化交流	20.2	32.5	56.4	19.0	18.1	9.4
知能支援	49.7	44.6	38.2	10.2	16.4	2.0
運動支援	19.4	28.7	59.6	28.9	21.4	1.6
情報の適切性の確保	23.2	34.0	61.0	16.5	16.7	1.1
ユビキタスネットワーキング	5.6	17.1	74.5	20.5	19.3	2.4
超大規模ソフトウェア	28.1	24.4	75.3	2.8	14.6	1.4
コンテンツサービス	16.6	31.2	56.2	19.9	18.3	2.7
その他境界・融合・新興領域	22.2	37.7	57.3	24.5	20.7	1.2

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.4-14 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
11	人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術	68.5	2036	2041-	情報通信新原理
46	個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるような、脳の記憶機能を拡張する技術	66.1	2037	2041-	知能支援
45	脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術	60.7	2033	2039	知能支援
10	第三者の視覚、聴覚の支援を行うための、自分の目や耳で得た情報を当該第三者の脳に直接伝達する技術	58.3	2031	2039	情報通信新原理
34	優れた創作者(作家、プロジェクトリーダー、研究者、教育者)の思考のプロセスなどを、その人に邪魔にならずに自動的に取得しアーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム	55.6	2025	2033	情報の社会化
07	ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術	55.6	2036	2041-	情報通信新原理

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.4-15 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
30	地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	64.8	2022	2030	情報の社会化
71	感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)	59.3	2020	2027	コンテンツサービス
68	政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを個々人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションし、問題点を把握する技術	55.1	2024	2033	コンテンツサービス
33	優れた芸人の所作や職人の技やしぐさを自動的に取得し、アーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム	52.1	2020	2028	情報の社会化
07	ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術	50.0	2036	2041 以降	情報通信新原理

○民間企業(NPO を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.4-16 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

課題		比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
73	CG 技術、エージェント技術の進展により、バーチャル俳優が一般的になり、実写映画と見分けのつかないクオリティのCG アニメーション映画を、一般個人が調達可能な範囲のコストで制作できる技術	91.7	2019	2027	コンテンツサービス
61	我が国の一般家庭の 30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	89.8	2015	2022	ユビキタスネットワーク
69	企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術	85.5	2019	2026	コンテンツサービス
60	RFID 等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される	84.5	2016	2021	ユビキタスネットワーク
63	公共交通機関において、購入した乗車券の内容が駅構内等の支援手段に近接通信で伝達され、初めての人でも看板等を探すことなく目的地に到達できる、個人ごとの適切な案内・誘導サービスが普及する	82.6	2016	2022	ユビキタスネットワーク

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.4-17 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

課題		比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
38	パスポート不要の外国旅行を可能とするバイオメトリクス認証技術	52.7	2017	2026	多文化交流
36	法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを認定し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	50.8	2019	2027	情報の社会化
52	我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輻・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される	48.7	2018	2026	運動支援
53	現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	47.4	2020	2031	運動支援
59	プライバシーに関する社会的コンセンサスが形成され、監視カメラ、街頭ディスプレイなどと連携した、ユビキタス情報システムが形成される	47.0	2017	2025	ユビキタスネットワーク

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.4-18 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

課題		比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
13	現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる	35.4	2016	2023	情報通信新原理

課題		比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
06	すべての個人の日常行動が統計的に処理され、混雑、事故等を適切に検出し自動的に対策をとるシステム	34.0	2019	2027	クラウドコンピューティング(超分散スケールブルコンピューティング)
04	個人情報及安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術(例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など)	30.5	2016	2020	クラウドコンピューティング(超分散スケールブルコンピューティング)
30	地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	30.3	2022	2030	情報の社会化

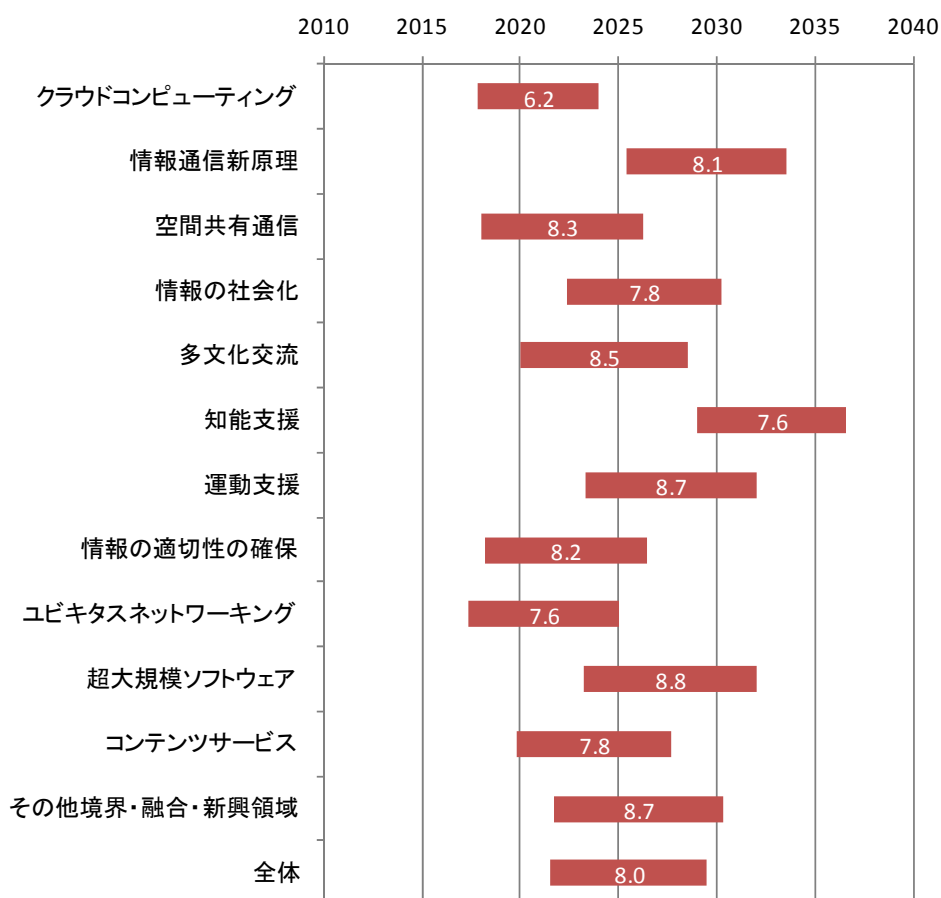
○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(回答比率 30%以上)課題はなかった。

2. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

技術的実現から社会的実現までの期間を区分別にみると、「超大規模ソフトウェア」の区分が 9.0 年と最も長く、一方で「クラウドコンピューティング(超分散スケールブルコンピューティング)」区分で 6.2 年と短い。

図 2.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題および期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 2.4-19 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
62	体内埋め込み型健康管理デバイスが我が国の人口の30%以上に普及する	2023	2035	12	ユビキタスネットワーク
55	ネット上のコミュニケーションにおいて、発信されている情報を人工エージェントが読み取り、発信内容から他の参加者と対面コミュニケーションを行っている場面をイメージ化して、自身の行為が適切か適切でないかの判断を促すイメージング技術	2020	2031	11	情報の適切性の確保
49	ほとんどの自動車が一般道で自動走行する	2028	2039	11	運動支援
53	現在の高速道路の利用効率が 3 倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	2020	2031	11	運動支援
21	映画などの過去の映像作品から、その台本(せりふや役者への指示だけでなく、大道具、小道具を作成できるような記述も含む)の自動作成を可能にする映像の認識・理解の技術	2020	2030	10	空間共有通信
09	実用的な量子暗号	2020	2030	10	情報通信新原理
66	超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術	2021	2031	10	超大規模ソフトウェア
11	人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術	2036	2041 以降	6	情報通信新原理
63	公共交通機関において、購入した乗車券の内容が駅構内等の支援手段に近接通信で伝達され、初めての人でも看板等を探すことなく目的地に到達できる、個人ごとの適切な案内・誘導サービスが普及する	2016	2022	6	ユビキタスネットワーク
05	個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム	2016	2022	6	クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング)
45	脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術	2033	2039	6	知能支援
50	視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚	2032	2038	6	運動支援
26	情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量が正規化)になるグリーンICTシステム	2030	2036	6	情報の社会化
46	個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるような、脳の記憶機能を拡張する技術	2037	2041 以降	5	知能支援
60	RFID 等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される	2016	2021	5	ユビキタスネットワーク
01	1億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術	2018	2023	5	クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング)
04	個人情報に安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術(例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など)	2016	2020	4	クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング)

2. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 2.4-20 新規に提案された課題

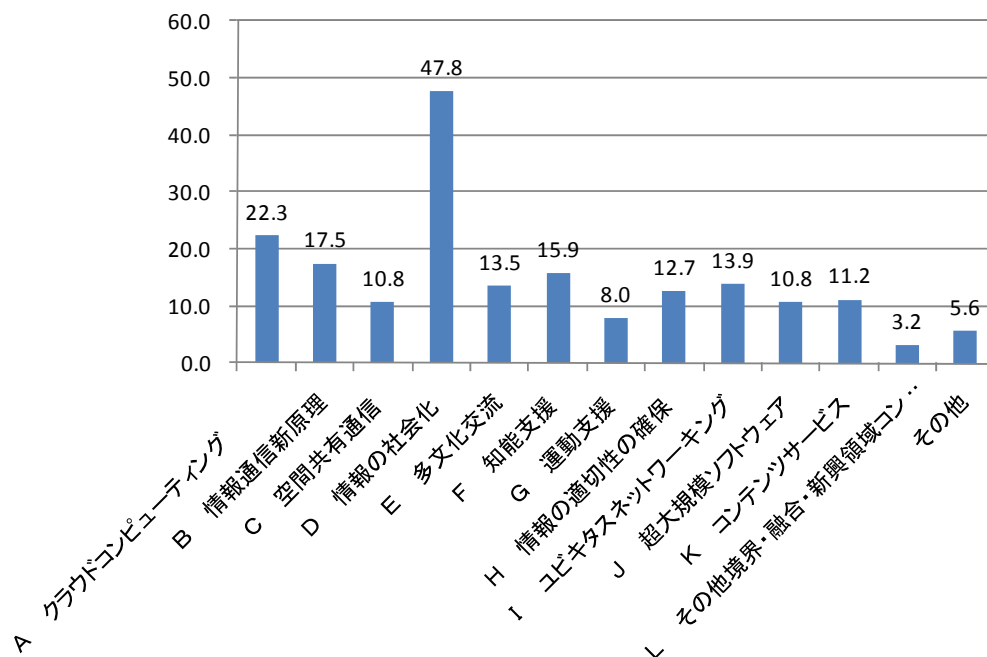
提案課題
遺伝子情報と、寿命、病気、性格、行動パターンとの大規模相関処理
国民総番号制度(国民 ID)導入により全ての履歴が管理され、所在(GPS 等による)も管理されるようなシステムの導入・運用
人間が happy になる本質は何なのかを探り出し、その要素を組み入れた ICT 機器を作り出す
国内外における国産 IT 技術の普及(普及可能な技術の確立)
青少年における IT 技術の復権(IT 離れの歯止め)
上流工程のソフトウェア開発
情報環境(感覚入力)を改善し、それによって脳機能を活性化して、心身の健康を増進する技術
有限環境を有効活用するためのシミュレーション
入力された質問を意味理解し、Web 情報より適切な回答を提供する高度な検索技術
グローバルな共同作業を可能とする時差を解消できるコミュニケーション・コラボレーション技術
各種、健康管理センサに加え、個人の摂取する栄養をもセンシングしネットワークを介して医療機関等遠隔管理するシステム
今後全てがデジタル化される人類の知的活動、文化をデジタル的に世代を越えて継承できる ICT の実現

2. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

2. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて、鍵となる「キーワード(区分)」として最も回答が多かったのは、「情報の社会化」(47.8%)の区分で突出している。次いで「クラウドコンピューティング」(22.3%)、「情報通信新原理」(17.5%)と続く。

図 2.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=251 単位% 複数回答)



2. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下の通りである。

A. クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング)

「クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=55>

課題	%
01 1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術	78.2
02 1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、提供する機能サービスや介在するデータ群から、新たな付加価値を持つ情報を生み出し、新たな機能サービスを創出する自律的サービス進化型システム	70.9
04 個人情報安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術 (例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など)	70.9

	課題	%
03	実世界および仮想世界の多様な情報を格納し、その間を結びつけることで、それらの情報を同期させながら、個人の生活や企業活動のリアルなシミュレーションを実現するサービス	47.3
05	個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム	30.9

B. 情報通信新原理

「情報通信新原理」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=43>

	課題	%
15	現在情報検索はコンピュータに蓄積された情報に対して可能であるが、現実世界に関する指定した情報に対して高速かつ低コストで検索できる技術が普及する	48.8
13	現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる	44.2
16	外部のコンピュータやそのネットワーク、それらに接続された各種センサ・周辺機器等の全体を、人間が自らの脳や感覚器官、身体の延長として自然に使いこなせる技術	39.5
07	ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術	32.6
09	実用的な量子暗号	32.6

C. 空間共有通信

「空間共有通信」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=26>

	課題	%
19	医者が遠隔地にいる患者と直接向き合っているかのように、優しく聴診器をあてたり、触診したり、口臭などを感じたりできる遠隔診察システム	80.8
20	旅行など外に出かけることができない人でも、観光地のロボットを遠隔操作することで行きたい所に広角画・立体カメラと高臨場感音声取得マイク、触覚・雰囲気・においセンサなど持っていくことで、あたかもその場にいるような感覚をもたらすことができるようにする技術(テレイグジスタンス技術)	46.2
23	我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)	46.2
24	我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所にしながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さして指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あたかも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)	42.3
18	家庭に居ながらにして、あたかも店に出むいて商品をたしかめているようなショッピングを可能とするために、手触り、香り、味を伝える技術	38.5

D. 情報の社会化

「情報の社会化」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=117>

	課題	%
30	地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	53.0
29	食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム	48.7
28	情報の発生源でコンテンツに付与された電子刻印された ID が伝達段階で抹消・改変されずに維持されることにより、盗まれた情報や一度散ってしまった情報を追跡できる情報トレーサビリティシステム	47.9
26	情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が 2010 年と比較して、100 万分の1 (取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム	39.3
31	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術 (ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する)	36.8

E. 多文化交流

「多文化交流」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=31>

	課題	%
39	世界中の WEB から収集した書籍、新聞・放送、学術論文などを用いて多言語の知識を自動的に蓄積したコーパスを構築し、それを多言語同時リアルタイム通訳技術に活用する	71.0
37	言語だけでなく文化的背景や地名人名などの固有名詞なども自動学習し機械翻訳できるシステム	67.7
40	日本で世界の TV 番組のほとんどをネットワークを通して言語の障害なく視聴できる技術 (国際理解の増進に貢献)	58.1

F. 知能支援

「知能支援」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=37>

	課題	%
45	脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術	45.9
44	経験・知識・言語・イメージなどの情報を脳内に記憶する機構が解明される	45.9
42	視覚障害者・聴覚障害者・発話困難者がイメージする情報をイメージに忠実に可視化・可聴化・言語化して、他の人に伝達することができる技術	40.5
46	個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるように、脳の記憶機能を拡張する技術	35.1

G. 運動支援

「運動支援」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=20>

	課題	%
52	我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輛・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される	70.0
51	災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術	65.0

	課題	%
50	視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚	60.0
48	日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム	50.0
53	現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	40.0

H. 情報の適切性の確保

「情報の適切性の確保」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.5-8 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 H) <当該区分の回答数=32>

	課題	%
56	ネット上の情報を誰がいつ著述したのか、その確からしさはどの程度なのか、その後どのように改訂されていったのか等を、著者の自己申告によらずに管理し、非改ざん性を保証するエージェント技術	78.1
58	社会生活を送るために必要となる情報を受け手の理解能力に応じて、情報を自動的に提供するサービス	56.3
54	誹謗中傷などの問題がある情報をネット上で検知し、そのときに個人や集団において自浄作用(問題に気付き、そのような問題行動を起こさなくする作用)を促すように介入する人工エージェント技術	43.8
57	市民が種々の情報(例えば、騒音や迷惑)を証拠として、係争可能なレベルでデータが改ざんされていないことを示す、電子署名システム	43.8

I. ユビキタスネットワーク

「ユビキタスネットワーク」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.5-9 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 I) <当該区分の回答数=34>

	課題	%
59	プライバシーに関する社会的コンセンサスが形成され、監視カメラ、街頭ディスプレイなどと連携した、ユビキタス情報システムが形成される	58.8
60	RFID 等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される	55.9
61	我が国の一般家庭の30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	52.9

J. 超大規模ソフトウェア

「超大規模ソフトウェア」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.5-10 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 J) <当該区分の回答数=27>

	課題	%
64	1億行以上のコードからなる超大規模ソフトウェアの仕様を表現・検証し、無矛盾な仕様を作成するための仕様作成技術	81.5
65	1億行以上のコードからなる超大規模複雑ソフトウェアの運用段階での品質が現状と同程度におさえるシステムの自動開発技術	74.1
66	超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術	63.0
67	超大規模複雑システムの開発に関して、人間作業員による作業関与を50%程度に抑えることができるシステム自動構築ツール	63.0

K. コンテンツサービス

「コンテンツサービス」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 2.5-11 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 K) <当該区分の回答数=27>

	課題	%
72	コンピュータやネットを活用して、一般人を含む多数の人々の知識や意見を集約・総合する技術が、企業や政府を初めとする社会一般で、将来予測や意思決定等の手法として幅広く活用され、経営者や政治家・官僚、アナリスト等の専門家による判断を補ったり代替したりするようになる	63.0
68	政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを個々人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションし、問題点を把握する技術	51.9
69	企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術	51.9
70	実用的な少額コンテンツ管理・決済システム(ジャンルを横断する著作権管理データベースが統合的に運用され、検索・マッチングシステムや少額決済システムと連動して権利処理が半自動的かつ事実上無視できる水準の事務コストで実施されるようになり、権利者の手元に収入が確実に届くようになる)	44.4
71	感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)	40.7

L. その他境界・融合・新興領域コンピューティング、システム系

「その他境界・融合・新興領域コンピューティング、システム系」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 2.5-12 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 L) <当該区分の回答数=5>

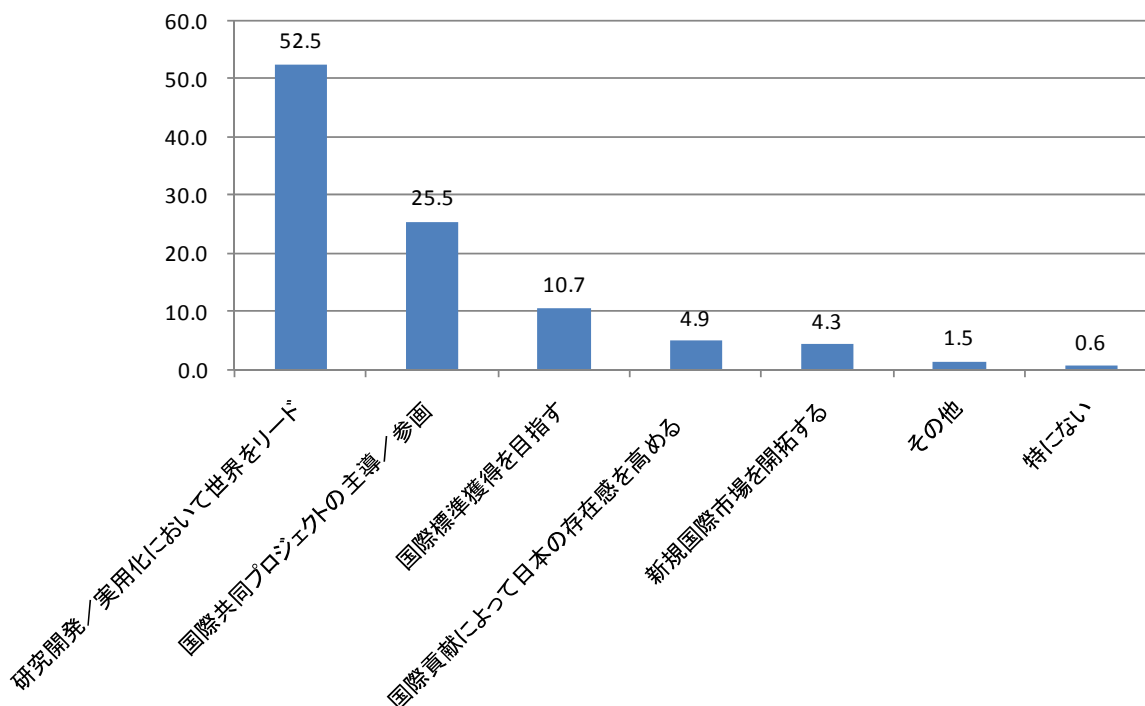
	課題	%
74	傷病、年齢、心身障害等、さまざまな理由により社会に参加できない人の社会参加を可能にするコミュニケーションツールとしての遠隔操作型ヒューマノイドロボット技術	60.0
75	情報格差(ネット通販、高品質仮想現実システムによるコンサート・展覧会・会議・懇談・遠隔恋愛等)に関して、ICT活用により、過疎地のほとんどの住民が首都圏住民との差異を意識しなくなる	40.0

2. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、最も多いのは「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答(52.5%)が他と比べて圧倒的に多く、2番目に多い「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」の回答は(25.5%)であった。

図 2.5-2 最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(n=467、単位%、複数回答)



区分別にみると、多くの区分において「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が最も多い。ただし、「超大規模ソフトウェア」と「コンテンツサービス」の区分では、「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」との回答が多く、「ユビキタスネットワーク」の区分では「国際標準獲得を目指す」との回答が多い。

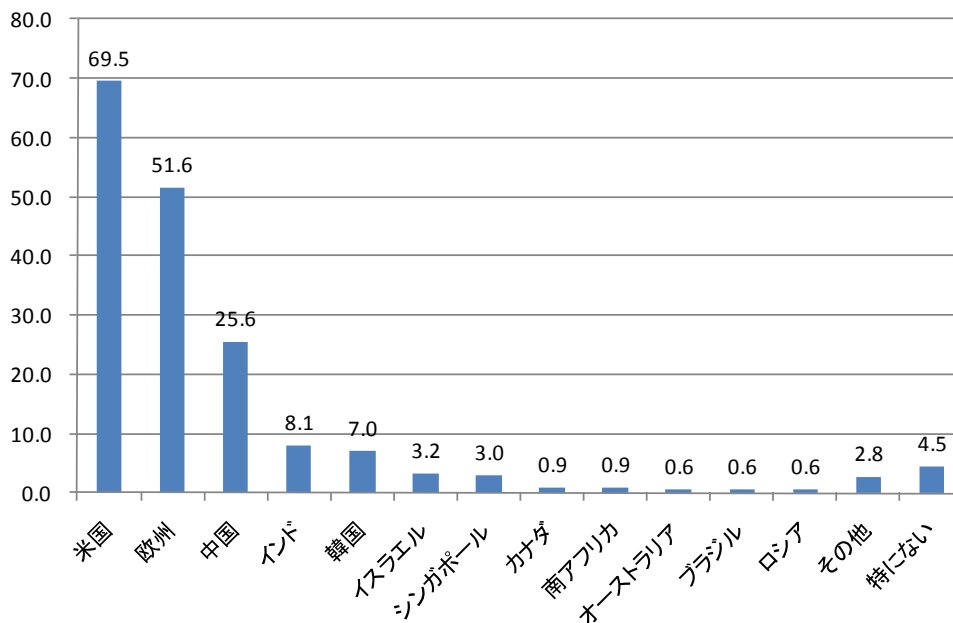
表 2.5-13 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発・実用化において世界をリード	国際共同プロジェクト主導・参画	国際標準の獲得	国際貢献により存在感を高める	新規国際市場の開拓	その他	特になし
A クラウドコンピューティング (55)	52.7	32.7	5.5	5.5	3.6		
B 情報通信新原理 (42)	66.7	19.0	14.3				
C 空間共有通信 (24)	58.3	16.7	16.7	4.2	4.2		
D 情報の社会化 (116)	48.3	25.0	15.5	2.6	6.9	0.9	0.9
E 多文化交流 (32)	31.3	40.6	6.3	18.8		3.1	
F 知能支援 (37)	67.6	29.7		2.7			
G 運動支援 (20)	80.0	5.0	5.0	10.0			
H 情報の適切性の確保 (31)	41.9	29.0	12.9	6.5	3.2	3.2	3.2
I ユビキタスネットワーク (34)	50.0	17.6	23.5	2.9	5.9		
J 超大規模ソフトウェア (27)	40.7	44.4	3.7	3.7	3.7	3.7	
K コンテンツサービス (28)	46.4	17.9	10.7	3.6	17.9	3.6	
L その他境界・融合・新興領域 (7)	57.1			14.3		28.6	

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が関係を強化すべき国・地域として、最も多いのが「米国」(69.5%)であり、次いで「欧州」(51.6%)、「中国」(25.6%)と続く。

図 2.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域 (n=469、単位%、複数回答)



各区分別の関係を強化すべき国は、次表に示す通りである。

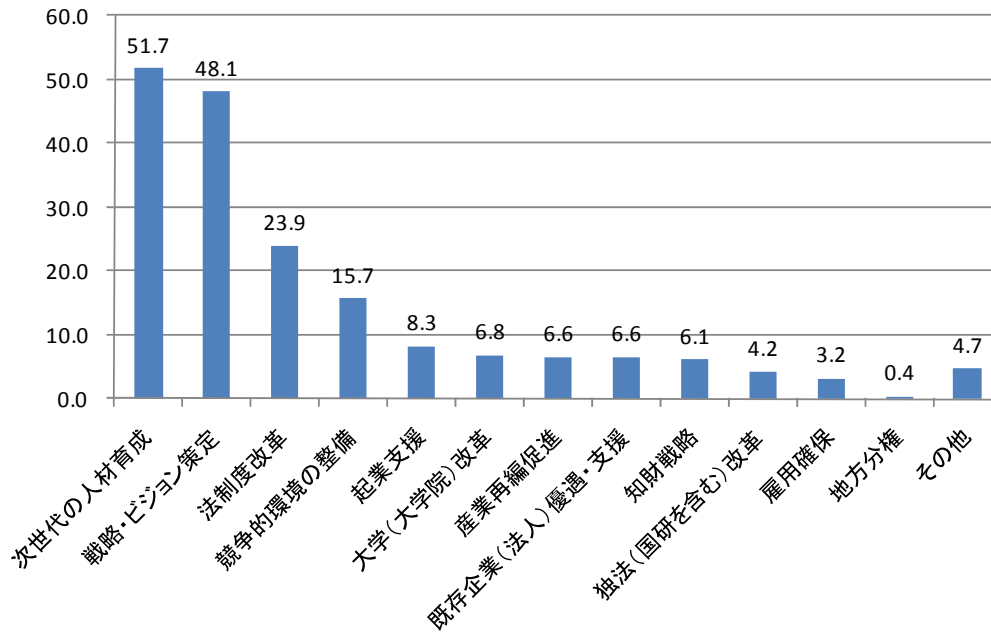
表 2.5-14 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域 (単位%、複数回答)

区分 (回答数)	米国	欧州	中国	インド	韓国	イスラエル	シンガポール	カナダ	南アフリカ	オーストラリア	ブラジル	ロシア	その他	特になし
A クラウドコンピューティング (55)	87.3	47.3	25.5	12.7	3.6									3.6
B 情報通信新原理 (43)	83.7	69.8	9.3	4.7	7.0	2.3		4.7					4.7	
C 空間共有通信 (25)	72.0	56.0	16.0	8.0	4.0	4.0		4.0					4.0	8.0
D 情報の社会化 (118)	66.1	47.5	35.6	5.1	6.8	2.5	5.1				0.8		4.2	5.9
E 多文化交流 (32)	53.1	50.0	37.5	9.4	6.3		6.3		6.3				6.3	3.1
F 知能支援 (38)	71.1	50.0	13.2	10.5	7.9		7.9	2.6				5.3		7.9
G 運動支援 (19)	68.4	52.6	21.1		21.1		5.3						5.3	10.5
H 情報の適切性の確保 (32)	71.9	43.8	25.0	6.3	12.5	9.4								6.3
I ユビキタスネットワーク (33)	60.6	45.5	27.3	6.1	12.1	9.1					3.0	3.0	3.0	3.0
J 超大規模ソフトウェア (27)	70.4	48.1		25.9	3.7	7.4				3.7				3.7
K コンテンツサービス (28)	71.4	50.0	53.6	7.1	3.6		3.6			3.6				
L その他境界・融合・新興領域 (7)	28.6	85.7					14.3		28.6					

2. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項として、最も多いのが「次世代の人材育成」(51.7%)であり、次いで「戦略・ビジョン策定」(48.1%)、「法制度改革」(23.9%)であった。

図 2.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項 (n=472、単位%、複数回答)



区分別にみると、「空間共有通信」、「情報の社会化」、「運動支援」の区分では、「戦略・ビジョン策定」に取り組むべきとの回答の割合が高い。また、「クラウドコンピューティング(超分散スケーラブルコンピューティング)」、「情報通信新原理」、「多文化交流」、「知能支援」、「超大規模ソフトウェア」等の区分では「次世代の人材育成」に取り組むべきとの回答が多い。それ以外では、「ユビキタスネットワーキング」や「コンテンツサービス」の区分において、「法制度改革」とする回答が多い。

表 2.5-15 区別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	次世代人材育成	戦略・ビジョン策定	法制度改革	競争的環境の備	起業支援	大学(院)改革	産業再編促進	既存企業優遇・支援	知財戦略	独法(国研含)改革	雇用確保	地方分権	その他
A クラウドコンピューティング (54)	50.0	40.7	20.4	25.9	9.3	3.7	3.7	9.3	9.3	9.3	3.7		3.7
B 情報通信新原理 (44)	59.1	52.3	4.5	18.2	4.5	11.4	4.5	9.1	9.1	9.1	6.8		6.8
C 空間共有通信 (25)	48.0	40.0	20.0	20.0	12.0	12.0	8.0	12.0	4.0	4.0	4.0		
D 情報の社会化 (117)	41.0	66.7	36.8	11.1	4.3	2.6	6.0	3.4	4.3	0.9	2.6	1.7	4.3
E 多文化交流 (33)	60.6	48.5	15.2	9.1	6.1	9.1	3.0	9.1	9.1	3.0			6.1
F 知能支援 (40)	75.0	42.5	7.5	20.0	7.5	12.5	7.5	2.5	5.0	2.5	5.0		
G 運動支援 (19)	26.3	63.2	42.1		15.8		10.5	15.8	5.3		10.5		5.3
H 情報の適切性の確保 (31)	58.1	29.0	41.9	16.1	12.9	3.2		9.7	3.2		3.2		3.2
I ユビキタスネットワーク (33)	27.3	39.4	30.3	21.2	12.1	3.0	15.2	12.1	15.2	6.1			6.1
J 超大規模ソフトウェア (27)	81.5	18.5		14.8	3.7	18.5	7.4			14.8			7.4
K コンテンツサービス (28)	53.6	39.3	35.7	10.7	21.4	7.1	7.1	3.6	7.1		3.6		3.6
L その他境界・融合・新興領域 (7)	42.9	42.9	14.3	42.9		14.3	14.3						

2. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位10位以内の課題(ただし回答比率10%未満の課題を省略)を以下に示す。課題26「情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム」が47.8%と最も多く、次いで課題30「地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム」(31.0%)、課題23「我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)」(21.2%)が続く。

表 2.5-16 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=203>

課題	%
26 情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム	47.8
30 地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	31.0
23 我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)	21.2
61 我が国の一般家庭の30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	13.3
53 現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	12.8
24 我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所にしながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さしで指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あたかも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)	12.3

2. 6. 集計結果一覧

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
クラウドコンピューティング (超分散スケラブルコンピューティング)	1	1億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術	1	204	15	50	35	-	91	1	3	5
			2	174	14	49	37	-	93	2	2	3
			専	25	100	0	0	-	96	0	0	4
	2	1億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、提供する機能サービスや介入するデータ群から、新たな付加価値を持つ情報を生み出し、新たな機能サービスを創出する自律的サービス進化型システム	1	205	16	50	34	-	81	4	2	13
			2	177	13	52	35	-	84	3	2	11
			専	23	100	0	0	-	96	0	0	4
	3	実世界および仮想世界の多様な情報を格納し、その間を結びつけることで、それらの情報を同期させながら、個人の生活や企業活動のリアルなシミュレーションを実現するサービス	1	213	19	44	37	-	69	8	1	22
			2	179	18	40	42	-	73	7	0	20
			専	33	100	0	0	-	88	3	0	9
	4	個人情報安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術（例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など）	1	216	17	42	41	-	76	19	1	4
			2	183	15	42	43	-	82	15	1	2
			専	27	100	0	0	-	89	11	0	0
	5	個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム	1	218	16	41	43	-	55	25	0	20
			2	182	14	44	42	-	57	22	1	20
			専	26	100	0	0	-	65	23	0	12
	6	すべての個人の日常行動が統計的に処理され、混雑、事故等を適切に検出し自動的に対策をとるシステム	1	207	15	38	47	-	51	16	0	33
			2	175	14	39	47	-	54	14	1	31
			専	24	100	0	0	-	70	17	0	13
情報通信新原理	7	ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術	1	111	1	17	82	-	50	6	6	38
			2	101	0	17	83	-	58	4	0	38
			専		0	0	0	-	0	0	0	0
	8	情報通信分野の各種サービスやアプリケーションのもたらす価値を含む主観評価実験を、実際の被験者を用いることなく十分な正確さで効率良く実施することができる擬似主観評価実験技術が確立する	1	164	13	38	49	-	45	14	1	40
			2	144	13	34	53	-	51	9	0	40
			専	18	100	0	0	-	61	22	0	17

図形の見方に関しては 73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						5	2	23	26	67	28	5							4	4	10	16	74	9	23	5
						2	2	16	21	75	26	2							2	3	6	13	79	5	23	2
						0	4	24	20	64	32	0							0	8	12	12	80	8	20	0
						6	6	34	28	58	24	4							6	8	13	14	70	6	26	3
						4	5	30	24	69	20	2							3	7	9	10	75	1	23	3
						0	4	30	39	57	22	0							4	4	9	13	74	4	22	0
						2	7	38	32	60	18	1							3	7	14	22	65	4	25	3
						2	4	33	28	69	16	1							1	6	8	16	76	2	24	1
						0	3	48	30	61	15	0							0	6	15	18	67	0	21	0
						4	2	24	37	58	28	3							4	3	9	20	59	25	28	1
						3	3	18	32	63	31	2							3	3	5	18	64	19	30	1
						0	0	19	30	59	33	7							0	0	4	26	56	7	33	0
						2	3	30	28	63	19	1							3	4	10	14	72	11	21	1
						2	4	29	25	68	15	1							2	5	6	12	74	6	23	1
						0	4	36	20	56	12	0							0	4	12	12	76	4	12	0
						8	10	35	37	43	30	1							9	11	14	19	50	23	30	2
						5	7	28	33	51	30	1							6	6	9	15	59	17	34	1
						0	4	42	29	58	29	0							4	4	13	4	63	21	38	0
						15	22	75	39	6	9	5							17	25	45	46	25	11	14	5
						13	20	82	36	4	4	3							15	22	56	50	20	7	8	3
						0	0	0	0	0	0	0							0	0	0	0	0	0	0	0
						13	11	65	44	29	11	7							13	13	38	36	43	5	14	5
						9	7	64	40	26	8	5							8	8	41	37	44	2	11	5
						0	6	59	65	41	6	12							0	6	41	65	59	6	12	6

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
情 報 通 信 新 原 理	9	実用的な量子暗号	1	121	4	33	63	-	77	9	3	11
			2	116	3	28	69	-	82	9	1	8
			専	3	100	0	0	-	67	0	0	33
	10	第三者の視覚、聴覚の支援を行うための、自分の目や耳で得た情報を当該第三者の脳に直接伝達する技術	1	151	7	29	64	-	58	5	1	36
			2	140	7	26	67	-	65	4	0	31
			専	10	100	0	0	-	80	0	0	20
	11	人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術	1	146	7	27	66	-	46	3	1	50
			2	139	7	24	69	-	50	4	0	46
			専	10	100	0	0	-	70	0	0	30
	12	日常のコミュニケーションに使うための、五感以外の感覚、たとえばテレパシーや第六感、念力などのメカニズムの解明	1	105	8	20	72	-	27	2	1	70
			2	95	6	19	75	-	24	2	1	73
			専	6	100	0	0	-	33	0	0	67
	13	現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる	1	216	18	44	38	-	57	21	1	21
			2	184	15	44	41	-	62	19	1	18
			専	28	100	0	0	-	82	4	0	14
	14	現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、検索キーで指定した任意の地点にいる人のID等を知らなくても状況に対応した通信が日本全国でできるようになる	1	196	17	43	40	-	38	19	0	43
			2	176	14	43	43	-	37	16	0	47
			専	24	100	0	0	-	54	13	0	33
	15	現在情報検索はコンピュータに蓄積された情報に対して可能であるが、現実世界に関する指定した情報に対して高速かつ低コストで検索できる技術が普及する	1	192	18	43	39	-	74	8	3	15
			2	164	15	47	38	-	83	4	1	12
			専	25	100	0	0	-	92	0	0	8
	16	外部のコンピュータやそのネットワーク、それらに接続された各種センサ・周辺機器等の全体を、人間が自らの脳や感覚器官、身体の延長として自然に使いこなせる技術	1	187	12	34	54	-	67	9	3	21
			2	159	10	35	55	-	72	6	2	20
			専	16	100	0	0	-	81	0	0	19

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						5	8	67	47	31	17	3							3	9	36	36	46	14	19	5
						3	7	66	43	31	16	1							2	10	35	38	52	4	15	1
						33	0	0	50	50	50	0							0	0	0	50	50	0	100	0
						11	11	80	47	16	13	3							16	11	53	43	26	12	15	4
						6	11	81	43	11	11	1							13	13	58	47	20	8	13	2
						0	20	67	44	22	11	0							13	25	63	50	25	25	13	13
						23	11	80	38	12	11	2							26	12	58	34	22	6	15	3
						18	11	82	32	10	9	1							23	12	69	35	19	5	10	2
						10	20	80	40	30	0	0							20	20	78	56	44	22	0	0
						38	26	74	28	16	2	10	/					/								
						34	23	78	21	16	5	7														
						67	17	100	50	17	0	17														
						1	1	29	33	54	35	2							3	3	12	26	55	24	36	3
						2	1	20	32	57	35	2							3	2	10	23	61	19	35	2
						0	4	44	48	67	33	4							0	4	26	41	74	19	30	0
						4	6	34	35	49	28	4							7	9	14	23	57	19	28	5
						3	5	30	35	53	24	1							8	6	12	19	63	14	27	2
						0	4	46	50	67	33	4							4	8	21	38	67	13	25	0
						2	8	46	37	46	24	1							1	9	21	27	59	13	27	2
						1	4	43	30	57	23	0							1	5	15	23	66	10	26	1
						0	4	56	40	56	28	0							0	4	20	32	68	16	32	0
						6	7	69	44	30	17	1							8	9	37	33	44	9	30	2
						3	5	72	40	25	16	1							3	7	38	36	47	6	28	1
						6	6	75	50	25	25	0							0	7	44	56	38	25	44	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
空間共有通信	17	放送において、自由視点での視聴が可能にする技術(例えば、サッカー中継では選手を指定してその視点での映像を視聴したり、全体の動きを見るため天井からの視点を選択できる技術)	1	193	19	38	43	-	51	12	1	36
			2	170	18	38	44	-	54	9	2	35
			専	31	100	0	0	-	75	6	0	19
	18	家庭に居ながらにして、あたかも店に出むいて商品をたしかめているようなショッピングを可能とするために、手触り、香り、味を伝える技術	1	198	15	33	52	-	52	11	1	36
			2	168	15	32	53	-	54	8	0	38
			専	25	100	0	0	-	76	4	0	20
	19	医者が遠隔地にいる患者と直接向き合っているかのように、優しく聴診器をあてたり、触診したり、口臭などを感じたりできる遠隔診察システム	1	196	16	35	49	-	79	13	2	6
			2	173	16	38	46	-	85	8	2	5
			専	28	100	0	0	-	89	11	0	0
	20	旅行など外に出かけることができない人でも、観光地のロボットを遠隔操作することで行きたい所に広画角・立体カメラと高臨場感音声取得マイク、触覚・雰囲気・においセンサーなど持っていくことで、あたかもその場にいるような感覚をもたらすことができるようにする技術(テレイグジスタンス技術)	1	200	16	37	47	-	50	13	2	35
			2	172	16	40	44	-	56	9	1	34
			専	27	100	0	0	-	74	7	0	19
	21	映画などの過去の映像作品から、その台本(せりふや役者への指示だけでなく、大道具、小道具を作成できるような記述も含む)の自動作成を可能にする映像の認識・理解の技術	1	166	14	33	53	-	33	6	2	59
			2	147	16	33	51	-	32	5	1	62
			専	23	100	0	0	-	52	13	0	35
	22	群衆の中にいる人間の画像から顔を認識して、例えば、家出人を探すなど、個人を特定できる画像認識・分析技術	1	205	20	39	41	-	84	4	1	11
			2	175	22	38	40	-	89	3	0	8
			専	38	100	0	0	-	97	0	0	3
	23	我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)	1	207	20	42	38	-	62	16	2	20
			2	178	20	42	38	-	69	14	1	16
			専	35	100	0	0	-	79	9	0	12
	24	我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所にいながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さして指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あたかも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)	1	202	21	39	40	-	54	17	2	27
			2	175	20	39	41	-	60	14	1	25
			専	35	100	0	0	-	71	9	0	20

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										2
						2	4	47	32	57	15	1							3	6	19	17	76	5	17	2
						1	3	43	31	66	10	1							2	2	13	16	81	1	14	1
						0	0	50	43	73	0	3							3	0	16	29	84	0	16	0
						6	4	50	34	55	20	1							6	8	18	19	74	2	19	2
						4	2	45	26	61	16	2							5	3	14	17	78	1	16	1
						4	0	56	32	44	20	8							8	0	26	26	70	0	22	0
						5	3	61	53	37	29	2							6	5	33	40	46	23	32	3
						2	2	59	53	32	27	2							3	2	28	42	51	17	30	2
						0	0	62	50	38	19	4							0	0	39	50	50	11	32	4
						4	5	59	39	46	20	2							8	6	25	25	61	5	26	2
						3	2	61	35	49	13	1							6	4	21	20	66	3	26	1
						0	0	67	41	48	7	4							7	0	32	32	60	4	24	0
						11	7	57	29	44	16	1							13	9	30	25	59	2	18	3
						10	3	63	25	42	10	0							12	5	34	16	64	0	11	1
						9	0	82	36	41	0	0							9	0	48	22	65	0	9	0
						0	0	52	43	57	18	2							0	1	18	27	60	28	22	2
						1	0	51	38	60	14	0							1	1	13	23	70	22	17	0
						0	0	63	37	71	8	0							0	0	24	21	87	18	16	0
						6	3	34	30	73	19	2							9	5	17	17	74	10	23	2
						4	2	27	24	78	14	1							8	2	11	11	81	8	19	0
						9	0	32	21	76	15	0							14	0	15	9	85	12	18	0
						4	5	39	32	70	18	1							6	6	16	16	77	13	19	3
						3	2	31	27	74	12	0							6	1	10	11	82	8	16	0
						6	0	44	26	71	12	0							11	0	12	12	79	12	21	0

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
空間共有通信	25	3D仮想世界サービス(例えば、セカンドライフ)が、現実世界と結びついて利用されることにより、現実世界を補完、代替あるいは入り混じって使われる社会インフラとして普及し、社会活動の場として利用される	1	182	18	35	47	-	34	4	3	59
			2	165	14	36	50	-	32	3	1	64
			専	23	100	0	0	-	57	4	0	39
情報の社会化	26	情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム	1	142	11	29	60	-	88	6	1	5
			2	128	10	24	66	-	95	2	0	3
			専	13	100	0	0	-	100	0	0	0
	27	ヒトのアンチエイジングのために体内や体外に使用される高度医療電子情報システムが開発され、その効果により平均寿命が2010年の値よりも5年長くなる(2003年の統計では寿命5年延長に過去約20年間の生活改善・医療進歩があったが、近未来には生物学的限界に近づく)	1	98	3	12	85	-	58	7	6	29
			2	105	3	10	87	-	68	5	4	23
			専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	28	情報の発生源でコンテンツに付与された電子刻印されたIDが伝達段階で抹消・変更されずに維持されることにより、盗まれた情報や一度散ってしまった情報を追跡できる情報トレーサビリティシステム	1	182	13	36	51	-	81	7	2	10
			2	161	13	34	53	-	86	4	1	9
			専	21	100	0	0	-	100	0	0	0
	29	食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム	1	172	9	26	65	-	74	13	4	9
			2	156	8	27	65	-	86	9	1	4
			専	12	100	0	0	-	100	0	0	0
	30	地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	1	162	11	28	61	-	87	3	4	6
			2	145	10	26	64	-	91	1	1	7
			専	14	100	0	0	-	100	0	0	0
31	遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する)	1	193	9	38	53	-	52	39	1	8	
		2	170	9	38	53	-	57	35	1	7	
		専	15	100	0	0	-	79	14	0	7	
32	家族や親しい友人のごとく、日常生活上の話題応答や、テレビ番組の視聴中や、新聞・雑誌など読後の話し相手となってくれる知能ロボット	1	195	16	37	47	-	35	29	1	35	
		2	169	15	38	47	-	36	25	0	39	
		専	25	100	0	0	-	56	16	0	28	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																			16	12	19	16	70	10	19	3
																			14	9	14	8	77	6	13	3
																			17	9	23	9	91	5	5	0
																			13	14	29	31	52	23	24	4
																			14	12	26	33	64	17	19	3
																			23	8	58	17	50	17	33	8
																			4	20	40	40	33	19	27	9
																			5	16	49	40	34	10	23	6
																			0	0	67	67	33	33	33	33
																			6	7	19	29	57	27	24	7
																			4	6	49	45	55	12	3	3
																			5	0	50	50	55	5	0	0
																			5	4	26	41	55	30	10	10
																			2	3	17	37	64	27	8	8
																			0	0	42	50	75	33	25	25
																			4	7	52	64	18	26	7	7
																			4	4	54	64	14	25	5	5
																			0	0	57	50	21	14	0	0
																			5	3	55	51	46	27	1	1
																			4	2	56	50	47	24	1	1
																			0	0	67	53	40	13	0	0
																			7	5	59	40	51	17	1	1
																			5	4	61	38	52	14	1	1
																			0	0	75	42	50	0	0	0
																			4	0	50	33	67	0	4	0

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
情報の社会化	33	優れた芸人の所作や職人の技やしぐさを自動的に取得し、アーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム	1	170	12	37	51	-	35	34	1	30
			2	151	13	33	54	-	40	29	1	30
			専	19	100	0	0	-	63	32	0	5
	34	優れた創作者(作家、プロジェクトリーダー、研究者、教育者)の思考のプロセスなどを、その人に邪魔にならずに自動的に取得しアーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム	1	153	12	34	54	-	31	20	2	47
			2	137	13	31	56	-	34	16	1	49
			専	18	100	0	0	-	55	17	0	28
	35	雇用や売買等の契約、納税等の社会活動を、本来の人格と並んで、アバターやハンドルネーム等の仮想人格の名で行う慣習が日本国内で広範に普及し、それらの一部は登記されたり、法人格を与えられたりするようになる	1	132	7	34	59	-	15	11	2	72
			2	124	6	31	63	-	12	8	1	79
			専	8	100	0	0	-	13	25	0	62
	36	法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを認定し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される	1	143	3	32	65	-	72	11	6	11
			2	135	3	30	67	-	79	8	5	8
			専	4	100	0	0	-	100	0	0	0
多文化交流	37	言語だけでなく文化的背景や地名人名などの固有名詞なども自動学習し機械翻訳できるシステム	1	171	14	39	47	-	71	19	2	8
			2	154	14	34	52	-	82	12	1	5
			専	21	100	0	0	-	95	5	0	0
	38	パスポート不要の外国旅行を可能とするバイオメトリクス認証技術	1	166	10	34	56	-	74	2	6	18
			2	150	11	33	56	-	82	2	3	13
			専	16	100	0	0	-	100	0	0	0
	39	世界中のWEBから収集した書籍、新聞・放送、学術論文などを用いて多言語の知識を自動的に蓄積したコーパスを構築し、それを多言語同時リアルタイム通訳技術に活用する	1	187	15	41	44	-	75	15	3	7
			2	161	16	40	44	-	80	12	0	8
			専	25	100	0	0	-	92	4	0	4
	40	日本で世界のTV番組のほとんどをネットワークを通して言語の障害なく視聴できる技術(国際理解の増進に貢献)	1	175	15	38	47	-	47	31	1	21
			2	150	17	39	44	-	51	28	1	20
			専	25	100	0	0	-	68	28	0	4

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										10
						5	3	69	49	18	7	1							8	5	44	52	29	13	13	1
						5	0	74	32	37	0	0							5	0	47	42	47	5	0	0
						25	11	72	49	16	9	2							26	11	47	44	26	13	13	4
						23	8	75	43	10	9	1							26	8	56	44	23	6	10	2
						28	17	94	31	13	6	0							29	12	75	31	25	6	6	0
/						/												22	27	18	15	39	38	15	4	
						4	3	39	56	26	18	10							24	21	16	14	47	34	9	3
						2	3	29	72	23	15	8							25	13	43	0	57	14	0	0
						0	0	75	50	25	25	0							5	4	14	35	30	46	20	15
						2	5	62	50	42	19	1							4	4	10	42	31	51	16	11
						2	3	64	49	44	15	3							4	4	10	42	31	51	16	11
						5	0	62	52	48	19	10							0	0	50	25	25	50	25	0
						4	4	34	55	43	23	12							2	4	33	34	57	11	20	4
						3	3	27	63	44	18	7							1	2	29	36	66	5	16	3
						0	0	50	69	44	31	6							5	0	33	48	67	10	19	14
						3	4	54	48	42	19	5							11	10	13	30	26	50	21	25
						3	1	56	49	44	18	4							6	6	10	32	25	53	17	20
						0	0	68	64	40	16	8							6	0	38	44	31	63	38	25
						6	5	45	47	49	17	4							2	4	30	34	58	10	20	7
						3	3	43	46	57	14	3							3	3	26	32	64	6	18	6
						0	0	48	56	36	12	8							0	0	40	36	60	12	24	12
						6	5	45	47	49	17	4							9	8	20	29	64	14	23	11
						3	3	43	46	57	14	3							7	5	16	29	70	12	21	8
						0	0	48	56	36	12	8							0	4	20	44	56	20	28	12

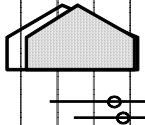
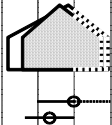
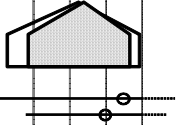
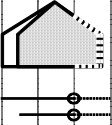
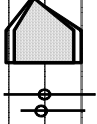
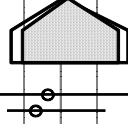
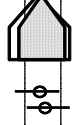
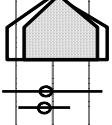
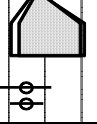
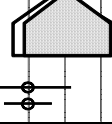
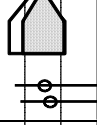
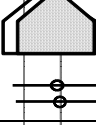
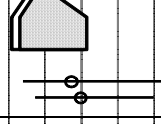
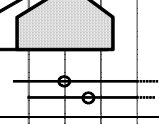
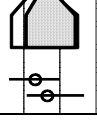
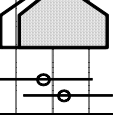
区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要 (%)	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
知 能 支 援	41	立体映像を含む多様な映像情報や音響効果を含む音声・音響情報を、質感やリアリティを伴って、視覚障害者・聴覚障害者に伝達することができる技術	1	170	15	38	47	-	68	12	2	18
			2	154	16	32	52	-	80	5	1	14
			専	24	100	0	0	-	79	8	0	13
	42	視覚障害者・聴覚障害者・発話困難者がイメージする情報をイメージに忠実に可視化・可聴化・言語化して、他の人に伝達することができる技術	1	160	14	29	57	-	78	7	2	13
			2	144	15	26	59	-	89	1	1	9
			専	21	100	0	0	-	89	0	0	11
	43	筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの運動障害のある人が自分の意志・意図を直感的に対話相手に伝えられるようなポータブル会話環境	1	147	13	29	58	-	86	3	4	7
			2	136	13	24	63	-	93	1	2	4
			専	18	100	0	0	-	88	0	6	6
	44	経験・知識・言語・イメージなどの情報を脳内に記憶する機構が解明される	1	144	15	25	60	-	80	6	1	13
			2	133	14	24	62	-	86	3	2	9
			専	19	100	0	0	-	88	6	0	6
	45	脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術	1	136	15	26	59	-	71	7	1	21
			2	127	16	20	64	-	80	2	1	17
			専	20	100	0	0	-	100	0	0	0
	46	個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるような、脳の記憶機能を拡張する技術	1	138	12	23	65	-	56	7	2	35
			2	129	12	19	69	-	65	2	2	31
			専	15	100	0	0	-	71	0	0	29
運 動 支 援	47	熟練技能者と同じ知覚を再現することにより非熟練技能者に熟練技能者のスキルを短期間で習得可能とする強化スーツ	1	142	9	21	70	-	47	24	1	28
			2	131	7	21	72	-	52	19	1	28
			専	9	100	0	0	-	62	13	0	25
	48	日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム	1	146	8	18	74	-	85	10	2	3
			2	137	7	18	75	-	89	7	0	4
			専	9	100	0	0	-	89	11	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター												
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)		
						5	8	61	54	26	20	0							6	9	34	41	40	24	24	1	
						5	7	67	52	22	17	1							7	6	35	46	45	18	20	2	
							8	0	79	63	33	21		0						13	0	59	64	55	41	18	5
						6	11	69	58	20	17	0							6	15	42	46	34	20	21	1	
						6	10	71	54	15	16	1							6	12	48	47	36	14	18	2	
							15	0	85	60	20	15		0						5	10	63	58	26	26	11	0
						1	4	67	57	21	18	1							1	7	40	47	40	19	21	1	
						1	4	68	54	18	15	1							1	6	39	48	45	13	18	2	
							0	0	83	56	22	11		0						0	0	71	59	41	18	18	0
						6	10	79	51	10	13	2															
						4	7	81	47	7	10	1															
						0	11	89	58	11	11	0															
						5	13	79	49	15	15	1							4	16	53	44	35	8	19	2	
						5	9	83	48	9	10	0							2	12	61	45	38	4	14	1	
							0	5	90	55	20	15		0						0	5	70	55	45	5	5	0
						23	12	79	43	11	11	2							24	16	57	35	24	5	15	6	
						22	9	85	41	9	9	1							24	13	66	36	27	2	13	3	
							20	13	87	47	13	13		0						20	13	80	40	20	7	20	0
						11	8	65	47	31	14	2							7	10	36	37	56	9	19	2	
						8	5	69	46	27	10	2							7	8	34	33	63	5	13	2	
							11	0	100	38	13	13		0						0	0	57	43	57	14	0	0
						3	7	63	52	33	22	1							1	8	29	35	49	22	31	1	
						0	5	63	50	26	20	0							0	5	23	36	54	14	25	1	
							0	22	89	56	22	33		0						0	22	44	44	44	33	56	0

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
運動支援	49	ほとんどの自動車が一般道で自動走行する	1	173	8	31	61	-	52	17	2	29
			2	160	8	28	64	-	57	14	1	28
			専	12	100	0	0	-	92	8	0	0
	50	視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚	1	128	12	28	60	-	86	4	4	6
			2	125	11	22	67	-	92	2	1	5
			専	14	100	0	0	-	93	0	0	7
	51	災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術	1	165	9	28	63	-	84	12	1	3
			2	151	7	26	67	-	90	9	0	1
			専	11	100	0	0	-	100	0	0	0
	52	我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輻・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される	1	180	10	38	52	-	53	41	1	5
			2	164	9	37	54	-	60	38	0	2
			専	14	100	0	0	-	64	36	0	0
	53	現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	1	152	8	33	59	-	50	32	1	17
			2	139	7	29	64	-	58	26	1	15
			専	10	100	0	0	-	60	20	0	20
情報の適切性の確保	54	誹謗中傷などの問題がある情報をネット上で検知し、そのときに個人や集団において自浄作用(問題に気付き、そのような問題行動を起こさなくする作用)を促すように介入する人工エージェント技術	1	166	17	41	42	-	76	8	0	16
			2	145	16	42	42	-	82	5	0	13
			専	23	100	0	0	-	87	0	0	13
	55	ネット上のコミュニケーションにおいて、発信されている情報を人工エージェントが読み取り、発信内容から他の参加者と対面コミュニケーションを行っている場面をイメージ化して、自身の行為が適切か適切でないかの判断を促すイメージング技術	1	144	13	44	43	-	44	10	0	46
			2	132	11	39	50	-	44	5	0	51
			専	14	100	0	0	-	57	0	0	43
	56	ネット上の情報を誰がいつ著述したのか、その確からしさはどの程度なのか、その後どのように改訂されていったのか等を、著者の自己申告によらずに管理し、非改ざん性を保証するエージェント技術	1	164	16	40	44	-	79	4	1	16
			2	149	13	40	47	-	87	3	0	10
			専	20	100	0	0	-	100	0	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター				社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業（NPOを含む）	複数セクターの連携	その他（国際機関等）	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業（NPOを含む）	政府（地方公共団体含む）	複数セクターの連携	その他（国際機関等）
	14	4	37	38	65	28	0		18	7	13	23	59	36	26	4									
	14	3	30	35	74	22	0		23	5	10	19	72	35	21	4									
	8	0	42	42	75	17	0		25	8	33	25	83	33	8	0									
	6	9	67	56	30	21	0		6	12	37	39	45	21	25	1									
	4	9	70	54	26	17	2		5	12	36	42	50	19	22	3									
	7	0	92	62	31	31	0		0	0	62	62	62	38	46	8									
	3	2	53	57	38	25	1		2	2	25	37	48	36	25	2									
	2	1	51	59	32	21	1		1	2	19	33	55	33	22	1									
	0	0	82	55	45	27	0		0	0	55	55	64	45	27	0									
	0	3	31	47	59	35	1		2	4	10	25	53	50	30	2									
	0	1	22	47	62	28	1		0	2	8	20	59	49	24	0									
	0	0	21	50	64	21	0		0	0	21	36	71	50	21	0									
	5	3	33	49	58	30	1		6	5	10	25	49	49	29	2									
	2	2	21	46	64	24	0		4	4	6	19	64	47	23	1									
	0	10	33	56	44	22	0		0	10	30	50	50	40	20	0									
	10	4	60	43	38	22	1		12	4	30	33	52	23	22	3									
	8	1	60	39	39	15	1		9	2	24	32	59	14	18	1									
	4	0	83	48	43	13	4		9	0	43	43	52	17	13	4									
	10	11	68	37	32	9	2		14	13	38	34	42	11	17	4									
	7	7	68	35	32	7	1		8	9	40	35	49	7	13	3									
	7	7	93	57	36	7	0		7	7	64	64	50	21	21	7									
	4	4	58	40	45	17	1		4	4	24	30	54	17	22	2									
	2	1	58	40	49	17	1		1	3	20	34	67	12	22	1									
	0	0	80	50	50	10	0		0	0	40	35	70	20	20	0									

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回数	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(人)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
情報の適切性の確保	57	市民が種々の情報(例えば、騒音や迷惑)を証拠として、係争可能なレベルでデータが改ざんされていないことを示す、電子署名システム	1	150	9	38	53	-	69	12	1	18
			2	144	8	32	60	-	78	9	0	13
			専	12	100	0	0	-	84	8	0	8
	58	社会生活を送るために必要となる情報を受け手の理解能力に応じて、情報を自動的に提供するサービス	1	165	13	41	46	-	63	14	1	22
			2	152	11	39	50	-	71	10	0	19
			専	17	100	0	0	-	88	6	0	6
ユビキタスネットワーク	59	プライバシーに関する社会的コンセンサスが形成され、監視カメラ、街頭ディスプレイなどと連携した、ユビキタス情報システムが形成される	1	204	21	41	38	-	68	15	3	14
			2	175	19	42	39	-	72	13	2	13
			専	33	100	0	0	-	79	9	3	9
	60	RFID等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される	1	203	17	42	41	-	71	19	2	8
			2	175	18	41	41	-	83	10	1	6
			専	32	100	0	0	-	81	3	3	13
	61	我が国の一般家庭の30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	1	203	19	42	39	-	35	37	0	28
			2	176	18	43	39	-	37	34	0	29
			専	32	100	0	0	-	46	38	0	16
	62	体内埋め込み型健康管理デバイスが我が国の人口の30%以上に普及する	1	146	12	27	61	-	47	24	1	28
			2	136	10	23	67	-	51	22	1	26
			専	14	100	0	0	-	50	21	0	29
63	公共交通機関において、購入した乗車券の内容が駅構内等の支援手段に近接通信で伝達され、初めての人でも看板等を探さなく目的地に到達できる、個人ごとの適切な案内・誘導サービスが普及する	1	186	16	42	42	-	41	30	1	28	
		2	164	16	38	46	-	44	29	0	27	
		専	26	100	0	0	-	50	31	0	19	
ソフト大規模ウェア	64	1億行以上のコードからなる超大規模ソフトウェアの仕様を表現・検証し、無矛盾な仕様を作成するための仕様作成技術	1	142	21	38	41	-	75	11	2	12
			2	131	20	36	44	-	84	5	1	10
			専	26	100	0	0	-	88	4	0	8

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						3	6	53	51	46	16	1							4	8	19	35	47	35	23	3
						1	1	56	54	45	11	0							1	1	13	37	62	33	17	1
						0	0	58	50	42	25	0							0	0	18	18	55	27	36	0
						4	7	58	48	45	14	0							4	8	23	31	61	21	18	1
						2	5	57	44	45	11	0							3	5	19	31	67	16	13	0
						6	0	76	47	53	6	0							6	0	31	25	63	25	25	0
						6	3	36	50	46	31	2							5	7	12	30	45	44	31	5
						4	2	27	51	51	29	1							4	4	10	27	49	47	30	4
						9	0	35	48	45	26	3							6	0	20	33	47	50	30	7
						2	1	15	21	80	21	3							2	3	7	11	79	24	22	5
						1	1	8	16	82	19	2							1	2	3	8	85	17	18	4
						6	0	13	26	68	19	0							3	0	10	17	80	17	20	7
						2	2	16	21	84	16	2							2	2	6	8	89	13	15	3
						2	2	12	15	88	10	0							1	2	4	7	90	7	11	1
						0	3	19	22	84	3	0							0	3	9	6	91	13	9	0
						8	4	47	52	52	16	2							13	10	15	30	55	26	24	3
						6	3	36	50	61	11	1							10	5	8	30	66	20	18	2
						8	0	50	50	57	0	7							8	15	7	21	57	21	14	0
						2	5	26	28	74	21	0							4	7	9	15	80	15	22	2
						1	3	14	25	79	16	0							2	5	3	12	83	11	19	1
						0	0	24	28	64	20	0							0	0	13	17	71	4	29	0
						21	9	63	43	50	17	2							20	10	36	32	67	7	18	4
						18	5	62	34	56	16	1							17	6	36	27	69	3	16	2
						38	4	70	35	52	17	0							33	8	52	19	71	5	5	0

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
超大規模ソフトウェア	65	1億行以上のコードからなる超大規模複雑ソフトウェアの運用段階での品質が現状と同程度におさえるシステムの自動開発技術	1	139	22	37	41	-	76	12	1	11
			2	131	18	35	47	-	89	6	0	5
			専	24	100	0	0	-	92	8	0	0
	66	超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術	1	143	22	36	42	-	87	7	1	5
			2	133	18	35	47	-	95	2	0	3
			専	24	100	0	0	-	100	0	0	0
	67	超大規模複雑システムの開発に関して、人間作業による作業関与を50%程度に抑えることができるシステム自動構築ツール	1	141	21	35	44	-	79	14	1	6
			2	131	15	36	49	-	91	5	0	4
			専	20	100	0	0	-	90	5	0	5
コンテンツサービス	68	政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを個人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションし、問題点を把握する技術	1	132	14	31	55	-	52	22	2	24
			2	124	10	27	63	-	62	16	2	20
			専	13	100	0	0	-	69	23	0	8
	69	企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術	1	155	15	28	57	-	53	25	1	21
			2	136	14	29	57	-	66	13	1	20
			専	19	100	0	0	-	52	32	0	16
	70	実用的な少額コンテンツ管理・決済システム(ジャンルを横断する著作権管理データベースが統合的に運用され、検索・マッチングシステムや少額決済システムと連動して権利処理が半自動的かつ事実上無視できる水準の事務コストで実施されるようになり、権利者の手元に収入が確実に届くようになる)	1	144	13	33	54	-	70	18	1	11
			2	129	12	33	55	-	79	13	0	8
			専	15	100	0	0	-	87	13	0	0
	71	感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)	1	128	11	22	67	-	94	0	2	4
			2	118	9	20	71	-	96	0	2	2
			専	11	100	0	0	-	100	0	0	0
72	コンピュータやネットを活用して、一般人を含む多数の人々の知識や意見を集約・総合する技術が、企業や政府を初めとする社会一般で、将来予測や意思決定等の手法として幅広く活用され、経営者や政治家・官僚、アナリスト等の専門家による判断を補ったり代替したりようになる	1	162	19	30	51	-	67	14	1	18	
		2	143	16	29	55	-	81	7	1	11	
		専	23	100	0	0	-	87	4	0	9	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年 ～ 2015年	2016年 ～ 2020年	2021年 ～ 2030年	2031年 ～ 2040年	2041年 ～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクター の連携	その他 (国際機関等)	2011年 ～ 2015年	2016年 ～ 2020年	2021年 ～ 2030年	2031年 ～ 2040年	2041年 ～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクター の連携	その他 (国際機関等)	
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)						(%)	(%)	(%)	(%)					
						12	10	53	43	54	18	2							9	11	30	32	68	5	20	2
						8	5	54	34	61	15	2							7	5	28	27	73	2	15	1
						17	4	59	36	59	18	5							14	5	43	29	76	10	14	0
						4	8	46	34	64	17	1							4	7	23	27	76	7	17	2
						5	5	47	27	74	11	1							5	4	23	23	81	4	12	2
						13	0	48	17	74	9	0							9	0	27	14	82	5	9	0
						4	9	47	36	62	19	2							5	9	25	20	75	5	17	3
						4	5	48	31	68	15	2							4	5	26	21	79	2	15	2
						10	5	42	32	68	11	0							5	5	37	16	79	0	5	0
						13	12	58	59	14	17	2							13	12	27	44	24	32	24	2
						8	10	55	61	13	11	2							9	10	24	55	22	28	20	1
						0	0	62	54	0	8	0							0	0	33	42	8	25	17	0
						3	7	40	28	77	12	1							3	7	18	20	86	5	13	1
						1	5	35	18	81	8	0							0	5	14	18	85	2	9	0
						0	0	63	26	63	0	0							0	0	37	32	79	0	0	0
						1	4	26	28	70	20	2							2	8	11	18	68	25	29	7
						2	2	21	27	76	15	2							3	3	11	13	73	19	23	5
						0	0	40	13	67	13	0							0	0	29	14	71	21	29	0
						2	6	57	63	20	28	7							2	7	25	52	25	39	32	11
						2	4	54	67	15	19	5							2	5	20	59	19	39	22	8
						0	0	82	64	18	9	0							0	0	55	36	18	45	9	18
						4	5	55	51	37	28	3							6	7	25	35	42	34	30	5
						2	4	56	46	34	25	1							4	4	20	34	46	31	30	2
						4	4	82	45	32	14	0							4	0	41	36	45	27	23	0

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優 先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
サ ー ビ ス	73	CG技術、エージェント技術の進展により、バーチャル俳優が一般的になり、実写映画と見分けのつかないクオリティのCGアニメーション映画を、一般個人が調達可能な範囲のコストで制作できる技術	1	166	16	36	48	-	30	19	2	49
			2	150	16	31	53	-	31	17	1	51
			専	24	100	0	0	-	46	29	4	21
そ の 他 境 界 ・ 融 合 ・ 新 興 領 域	74	傷病、年齢、心身障害等、さまざまな理由により社会に参加できない人の社会参加を可能にするコミュニケーションツールとしての遠隔操作型ヒューマノイドロボット技術	1	161	11	27	62	-	51	24	1	24
			2	144	10	28	62	-	58	20	0	22
			専	15	100	0	0	-	60	13	0	27
	75	情報格差(ネット通販、高品質仮想現実システムによるコンサート・展覧会・会議・懇談・遠隔恋愛等)に関して、ICT活用により、過疎地のほとんどの住民が首都圏住民との差異を意識しなくなる	1	178	13	38	49	-	50	31	1	18
			2	158	11	38	51	-	52	29	0	19
			専	18	100	0	0	-	66	28	0	6
76	個人ごとの遺伝子情報、生体情報が組織的に薬品情報とリンクされ薬品の効果を定量的に予測することによって内科治療の入院日数を半分にできる	1	105	7	25	68	-	73	21	4	2	
		2	109	6	23	71	-	80	17	1	2	
		専	6	100	0	0	-	100	0	0	0	

図形の見方に関しては 73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	2	5	37	18	81	10	1		2	8	16	9	85	0	9	1									
	1	2	32	11	89	5	1		2	4	11	8	92	1	6	1									
	0	0	38	8	83	4	0		0	0	17	13	83	4	4	0									
	4	11	66	59	39	18	1		4	11	32	39	50	22	23	3									
	5	8	64	54	33	15	1		6	9	29	39	55	17	20	1									
	0	0	73	80	20	13	0		7	0	40	53	40	27	13	0									
	11	8	38	46	57	22	2		13	11	17	29	52	39	22	2									
	8	6	35	42	63	14	1		10	8	15	26	66	33	18	0									
	11	0	35	47	41	24	0		12	0	24	35	41	35	18	0									
	3	6	52	57	43	28	1		1	10	27	44	44	31	35	3									
	2	5	47	58	39	19	1		1	6	23	49	50	23	25	3									
	0	0	83	33	33	17	0		0	0	33	17	50	33	17	0									

2. 7. 課題別コメント

1	<p>1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術</p> <p>○常に安定したということが疑問。○1 億台以上という規模は不要と思われる。○1 億台が密結合するシステムは成立しないだろう。(「台」の定義に依存する)○法制度の整備が必要。○クラウドコンピューティングという用語は、アメリカの企業発であり、物質のシステムを連想させ、その結果、技術の正しい理解を妨げるように思う。説明的ではあるが、「超分散スケラブルコンピューティング」の方が良いのでは。○1 億台以上か数は適切かどうかわかりませんが、地域分散型のコンピュータシステムとして回答しました。○予算仕分けによる研究費削減。○サーバの置き場所が重要(国内、海外)。○情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論」という視点からの注目が必要と考える。旧来からのデータベース研究、計算機、アーキテクチャ研究分野のみへの集中は、これからの社会のニーズに応えるものを生み出すには不十分と考える。○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形では実現できない。○クラウドは地域に依存しないため、国内のエンジニア登場の機会は薄れ、日本のIT凋落の可能性大。○規模の大小はあるが、この考えは実現しており、次第に大きなものになる。○1 桁小さくして良いなら、各検索エンジン等で実用済み。○クラウド技術は、世界中のコンピュータを一元化することによる省エネの観点の技術ととらえることも重要。○Googleなどの巨大企業しか無理。○個人情報の責任ある管理者が重要。○1 億台という数の必然性不明。コンピュータの管理体制や環境が重要。○現在数千台～数万台のコンピュータでのサービスは実施されている。4～5ヶ月上の一億台レベルの制御が可能かは不明だが、理論的には可能と考える。実運用されるかは不明。○技術的な実現性は結合の疎密に依存。密結合ならば実現は極めて困難。○1 億台以上にこだわる必要なし。</p>
2	<p>1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、提供する機能サービスや介入するデータ群から、新たな付加価値を持つ情報を生み出し、新たな機能サービスを創出する自律的サービス進化型システム</p> <p>○常に安定したということが疑問。○付加価値情報を生み出すことはある程度可能であるが、1 億台レベルにはまだ達していない。○1 億台以上という規模は不要と思われる。○支援系のシステム可は可能。○サービス内容が不明。○Google はこれに相当。○1 億台以上か数は適切かどうかわかりませんが、地域分散型のコンピュータシステムとして回答しました。○1 億台以上という制限を除くともっと早い時期に実現する。○サービスが勝手に進化するような状態ではビジネスができない。○セキュリティを管理する。○アマゾンのお勧め機能。Mixiなど、ある意味で既に実現済み。「自律自由」な側面より、ユーザへの使い勝手の方が結局ネックになると思われる。○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形での切り口では実現できない。○大小あるが、すでにプロバイダが現れ始めている。○機械が自律的というのは実現は無理。○部分的な機能は比較的早期から試験・運用・評価が必要。○1 億台という数の必然性不明。コンピュータの管理体制や環境が重要。○淘汰のプロセスをどう実現するのか。○端末の種類をどの範囲に設定するかで大きく異なる。○価値、サービスの評価には人間の介入が不可避。半自律的ならば可能。</p>
3	<p>実世界および仮想世界の多様な情報を格納し、その間を結びつけることで、それらの情報を同期させながら、個人の生活や企業活動のリアルなシミュレーションを実現するサービス</p> <p>○分野を限定すれば可能。○対象ドメインを限れば短期に実現。○仮想世界の多様性を高めるほど柔軟性が上がるが、一方で実世界とのマッチングが困難となる。○データ収集・統計制度の不備。○「リアルな」の意味が不明確。○実世界のモデル化が課題であると思われる。(シミュレーションの信頼度をどう確保するか)○Life Log の出口を模索する動きの中で、日本固有のサービスと世界に向けて打ち出す技術の両方が期待される。○ごく限られた状況でしか使い物にならないと危惧する。○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形での切り口では実現できない。○既に萌芽あり(セカンドライフなど)。○大小あるが、すでにプロバイダが現れ始めている。○企業や商店では、シミュレーションが利用される可能性有り。地球環境シミュレーションも重要。○パラメータ化の自由度をどう扱うのか。○具体的なサービスイメージがわからない。○健康分野においてシミュレーションが一部始まりつつある。○必要ないかも。</p>
4	<p>個人情報安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術 (例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など)</p> <p>○要法整備。○ネット社会の安全性をできるかにかかっているが重要性は高い。○法制度の整備が必要。○個人情報に関わる国民の懸念を払拭できるかどうか。それ上回る効果の提示が必要。○個人情報保護の問題。全てを民間でサービス化することは危険。公的機関を設置する必要有り。○極めて重要と思われるが、本件は産業促進の目的であることを忘れてはならないと思う。(行方不明者位置特定などの公的利用を除く)○公共性の高さを研究段階で判定するのは困難に思える。○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形での切り口では実現できない。○情報漏洩を恐れることなく、信頼性確保の程度による。犯罪を皆無にするという意味なら「実現しない」○携帯電話より遥かに高機能のシステムで犯罪に対しても有効な能力を持つ。○日本では特に安全性への一般の懸念が強い。○社会的合意の重要性があり、合意を形成していく必要がある。○セキュア技術を破る技術の開発、情報倫理の欠除という問題。○倫理問題は残る。○法制度上に課題がある。日本では基盤整備が進まない(政策不在)。市民の抵抗感が大きい。○データ・情報の国内保護等法的・制度的整備を政府がリードすることが必要。○変化する個人情報と技術の進歩が常に合わない。ヒューマンエラーが無くせない。○社会的合意の必要性有。</p>
5	<p>個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム</p> <p>○ライフログ技術とも呼ばれている。○非技術的要因に依存する。○法制度の整備が必要。○国民総番号制度導入がベース。○予防医療の進展との兼ね合い。○監視されているようで嫌だ。○技術的問題は少ないが、対象者本人のモチベーションに実際性が左右される。○既に研究開発が行われているものの、成果への前進が見えない理由を検討すべき時期かと思われる。○個人情報の保護をどうするか。アドバイスより fail safe 的なものが先行するのでは？センサ類がネックになると思われる。○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形での切り口では実現できない。○システムはできても利用する人、利用しない人に分かれる。システムによるストレスが発生する。○機械が人間を過度に刺激する危険があり、参考程度で小規模。○技術的には可だが、利用料金などで普及するかどうかは不明。○プライバシーをきちんと管理する必要あり。○Global Health MS Vault 等で始まりつつある。○プライバシー保護の観点からの議論を進化させることが必要。○Lifelog の活用法、技術的には困難は少ない。社会的理解が鍵。日本は世界に遅れる可能性が高い。○どの程度までやるかによる。レベル(程度)によっては現在でも実現可。ある程度役に立つものということで実現時期を早くした。</p>
6	<p>すべての個人の日常行動が統計的に処理され、混雑、事故等を適切に検出し自動的に対策をとるシステム</p> <p>○ライフログ技術とも呼ばれている。○実データを使わずに技術的になればもっと実現が早いでしょうが、社会インフラが難しいと思います。○非技術的要因に依存する。○「すべての」というのは難しいかもしれない。○技術的な課題とは別の領域の課題の方が大きい。○監視されているようで嫌だ。○個人情報に対するセキュリティ対策が重要。○実現しないので主セクターの項は解答不</p>

	<p>能。○個人情報保護。○技術開発のために必要となるデータの入手が難しいと実感する。○政府のたてわり行政が続く限り実現しない。○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形での切り口では実現できない。○システムはできても利用する人、利用しない人、システムによるストレスが発生する。○機械が人間を過度に刺激する危険があり、参考程度で小規模。○台風・地震・火災・インフルエンザ対策等○技術的課題のみならず、社会的コンセンサスづくりが重要。○実現することに意味がない。○プライバシーの問題。○ニーズはおそらく高まらない。○技術的問題は少ない。社会的合意が鍵。日本では世界に大幅に遅れる可能性大。</p>
7	<p>ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術</p> <p>○ニュートリノ通信、重力波通信については、システムが巨大になり実現の可能性はない。○メリットがわからない。○量子情報通信は実現性がある程度見込まれる。○異分野融合が必要か？○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形での切り口では実現できない。○通信のための要素技術が芽を出せば意外に早いかも。その芽が出てくる感じがしない。○不用。○ノイマン型コンピュータの次世代コンピュータ技術を開発したところが、今後の中心となるのでは。○ニュートリノ、重力波などの物理的な性質などが明らかにならないと使えない。○いずれも基礎研究の段階。○情報密度、エネルギー効率低すぎる。</p>
8	<p>情報通信分野の各種サービスやアプリケーションのもとらす価値を含む主観評価実験を、実際の被験者を用いることなく十分な正確さで効率良く実施することができる疑似主観評価実験技術が確立する</p> <p>○人間の知覚・認知・情報処理を高度に模擬するシステムが必要で、これは難易度が大変高い。○社会データの収集が難しく、十分な正確さというのが集団ではできても、個人としては難しい場合がある。○サービス、アプリケーションの内容によっては実現しないものも有り得る。○人間工学の分野にまで立ち入ると実現は遠い。○品質評価の自動測定法は、IT、等で検討されている。○できたらすごい。○主観評価は個人でなされなければならない。○被験者の感受性の差(性差、年齢差、社会的背景等による)のモデル化が課題と思われる。○現状までに行われてきたアプローチから、大きな変化が望まれる。○主観評価実験の内容により、難易度に雲泥の差がある。○既存の技術を高度化することはできても、いわゆる人工知能的な問題解決は人と知能という形での切り口では実現できない。○開発サービスの増加により、信頼度には問題はあっても人間を必要としない評価法が採用される。○主観を疑似シミュレーションしても、何が得られるのか明確でない。○不用。実現価値は小。○結果を信頼されないのでは、実現しないか、実現しても使われない。○音声・音楽・映像などで基礎的な研究が行われている。○既に一部は実現しつつあるものとする。○落とし所を人間が決めるので、複数の人間が関り、ANDで小さい世界になってしまう。</p>
9	<p>実用的な量子暗号</p> <p>○NTT、スタンフォード大が実験に成功。(09/09) 特殊な分野で鍵の配信から実用化。○まずは暗号鍵の交換に適用され、通信本体への適用はかなり後になる。○「実用的」が何を意味するのか、よくわからない。○国の安全保護に関する重要な技術。○アルゴリズムが難しい。○通常の技術との実用的価値か不明。○量子暗号の開発も必要となる。○現在の楕円暗号が普及。後、衰退期に入ってから導入される。○暗号鍵の交換への適用をイメージ</p>
10	<p>第三者の視覚、聴覚の支援を行うための、自分の目や耳で得た情報を当該第三者の脳に直接伝達する技術</p> <p>○技術ができたとしても、それを社会が受け入れるかどうか不明。○倫理的問題が大きい。○人体に関するもので、法制度や安全性からクリアしなければならない課題有。技術的にもハードルが高い。○実現したときに何が嬉しいかわからない。○あくまでも程度問題。トイプログラムならすぐできるが、見たまま・聞いたままの完全伝達は極めて困難。○脳内に物理的デバイスを直接挿入する方法なら実現可能と思われるが、生体適合性をどこまで向上できるかが鍵。○「支援」の為に「自分の目や耳」の情報を伝達するより、人工的センサー類の情報を伝達する方が主流である。○必要性を感じない。○加工するデータの一部は人が介在すると思われる。何らかの工夫が必要。○倫理面(プライバシー、軍事用)の問題解決が重要。レベルにより実現時期は異なるが、完全なものはおそらく不可能。○脳→脳への伝達は実現困難。カメラやマイク→脳への直接入力なら 2030 年ごろまでに実現するのでは？○不正利用をどうするかが課題。○非侵襲型では伝達できる情報に限界があると思われる。○ビジネスとして続けられる形にすべき。○程度(レベル)の問題で非常に簡単なことなら伝達できる可能性は大。ただし、一般的には実現は困難。</p>
11	<p>人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術</p> <p>○技術ができたとしても、それを社会が受け入れるかどうか不明。○倫理的問題が大きい。○実現したときに何が嬉しいかわからない。○「考え」の全てをそのまま伝達するのは不可能だが、対象や程度を限定すればある程度は可能。○伝達する内容による。○個人のアイデンティティ、プライバシー等の倫理面が問題。○既に発表も行われ始めた。次のテーマとなることは必至と思われる。○高次レベルの内容を伝送する前に、低次レベルの内容の伝送を考えるべき。また、人の思考を計測しようと本気で考えるならば、倫理的な研究も進めておく必要がある。○考えていることが他人の脳に伝わるという事は、人権に関わる問題を引き起こす。たとえ考えても口に出さないという人間の尊厳を犯すものとなる可能性大。○社会的合意が得られるか。ゲームに利用。○倫理面(プライバシー、軍事用)の問題解決が重要。レベルにより実現時期は異なるが、完全なものはおそらく不可能。○テレパシー(不特定多数との)は、情報をスイッチングするための手段ではないと思う。○多言語間では不可と思われる。○いやらしい。怖い。○社会的合意が得られるか。</p>
12	<p>日常のコミュニケーションに使うための、五感以外の感覚、たとえばテレパシーや第六感、念力などのメカニズムの解明</p> <p>○現代の科学で否定的なはず。○科学としては解明して欲しい。○一見非科学的に思われるが、五感から受容した情報であっても受け手にとって五感に帰属されない情報は多々あり、科学的研究は可能。○第六感や念力などと表現すると、その存在について議論する必要があるが、日常のコミュニケーションのための感覚を五感から(もしくはそのサブセットから)生成する研究は、今後行われると思う。○積極的に推進するものではないが、可能性は否定できない。○大昔から、その様な研究は続けられている。○宗教団体の反応はどうか。○アメリカ、ロシアなどで150年以上研究されているが、成果は出ていない。</p>
13	<p>現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる</p> <p>○どのようなセンサーデータを対象にするか、密度をどの程度にするかで実現時期は大きく変わる。○部分的には実現している。○技術的には可能そうだが、導入するには規模が大きすぎる。○技術的には現状でも可能。採算性問題。○誰がその様なインフラにコストをかけて作るのか？○今後の方法によっては、世界の cutting edge に成り得ると思う。○人間にとって秘密の空間を持つことは不可欠であり、技術的には実現可能でも社会への導入はされない。○まずセンサの配備を誰がやるのが課題。また、別々の管理主体が配備したのもどうして相互に接続して情報を共有するような社会状況となるか疑問。○携帯電話やインターネットの発展と同じ方向か。○費用対効果○プライバシー等の問題。○技術的には既に可能。緊急時の警報発信や情報通信の分野から利用が始まるのではないか？○コストがかかりすぎるのでは。○コストやビジネスモデル、ユーザの理解といった側面が重要。○技術的には可能だが、有用性、必要性は不明(莫大なコストが必要)。○センサ配備のインセンティブが問題(配備費用と回収する仕組みの実現が鍵)。○隅々の定義により答がかわる。○政府がリーダーシップを発揮することが前提。○必要な程度に実現しているのでは？○技術的にはできている。○携帯電話やインターネットと同様の発展か。</p>

14	<p>現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、検索キーで指定した任意の地点にいる人の ID 等を知らなくても状況に対応した通信が日本全国でできるようにする</p> <p>○課題文章の意味がよく理解できませんが、○人を特定する場合、実現は難しい。○倫理的問題が大きい。○技術の問題ではないように思える。○「状況に対応」の意味が不明確。何がしたいのか不明確。○通信相手の ID さえ知っていれば、どこにいるかに関らず状況に対応した通信ができる方が重要。○誰がその様なインフラをコストをかけて作るのか？○今後の方法によっては、世界の cutting edge に成り得ると思う。○法的整備が最も時間がかかる。○人間にとって秘密の空間を持つことは不可欠であり、技術的には実現可能でも社会への導入はされない。○何のためにこのような技術が必要なかが明確でない。○まずセンサの配備を誰がやるのが課題。また、別々の管理主体が配備したのも同士で相互に接続して情報を共有するような社会状況となるか疑問。○model 網制御情報もセンサと考えれば、既にかかなりの応用は可能。○携帯電話やインターネットの発展と同じ方向か。○プライバシーの問題。○軍事・プライバシーの問題が大きい。○技術的には既に可能。緊急時の警報発信や情報通信の分野から利用が始まるのではないか？○コストやビジネスモデル、ユーザの理解といった側面が重要。○顔認識のできる街頭カメラの増設や、GPS による端末認識などで基本的に可能だが、膨大な投資が必要。○発信は望むが、所在が知られなくない、という人の機微にどう応えるか。○政府がリーダーシップを発揮することが前提。○必要な程度は今のシステムでできるのでは？○技術的な要素ではなく、社会的な問題により実現は難しい。</p>
15	<p>現在情報検索はコンピュータに蓄積された情報に対して可能であるが、現実世界に関する指定した情報に対して高速かつ低コストで検索できる技術が普及する</p> <p>○全ての現実を検索することは不可能かもしれない。○Google の目指す方向ではないだろうか？○何が新しいのか分からない。○課題の意味が不明。○ニーズが漠然としており、重要性の判断が困難。○現状の「高速検索」の定義が、これからの大規模データ社会にマッチしているだろうか？と思う。○防災、防犯、その他企業内の監視モニタとしての応用として現在でもある意味では実現されているが、本格的なものとしてのサービスが登場する。○クラウドの延長線上で実現可。○気象、映像、音などの情報を収集できるシステムなど。○課題の意味がわかりません。人力探索？○種々のツールの開発が進むと思われる。○「現実世界に関する指定した情報」の意味不明。○一部実現済み(携帯端末等)。○データベース化をどう実現するのか。○顔認識のできる街頭カメラの増設や、GPS による端末認識などで基本的に可能だが、膨大な投資が必要。○13、14が必要になる。○著作物に対するルール作りがどこまで主導できるか。</p>
16	<p>外部のコンピュータやそのネットワーク、それらに接続された各種センサ・周辺機器等の全体を、人間が自らの脳や感覚器官、身体の延長として自然に使いこなせる技術</p> <p>○障害者支援など福祉技術として取り組むべき。○できれば嬉しい。○できることのバリエーションや複雑さにもよる。○障害者には重要な課題。神経系へのインプットが困難。○脳を含めると実現時期は先になる。○人間との出入力インタフェースの形。「自然」と訓練による習得で向上する分との上手なマージがポイントになると予想される。○人間の能力がついていかない。○身体の延長として自然に使いこなせる事によるデメリットも相当大きい。○ネットワークのサービスマニューとして利用される。○米国が軍事目的でリード。ALS 患者等福祉面で重要。○セキュリティやプライバシーの問題も同時に解決する必要がある。○自然に使いこなせるようにするのは非常に難しい。しかし、20年あると何とかなる？○程度によるが、リードすべき分野(サービスと合わせて)。</p>
17	<p>放送において、自由視点での視聴が可能にする技術(例えば、サッカー中継では選手を指定してその視点での映像を視聴したり、全体の動きを見るため天井からの視点を選択できる技術)</p> <p>○KDDI 研がフル HD のカメラ8台を用いたシステムを開発。(09/09)○選手の特定の確度を上げるのは難しい。放送としてどう帯域を確保するか等画像品質との関係で課題は多い。○コストとニーズが見合わない。○既に一定程度技術的には可能。市場をどこに求めて進めるかを考えるべき。○技術自体はほぼ確立。○できれば売れる。○社会的普及には膨大な通信帯域又はリアルタイムなオンデマンド通信が必要と思われるが、社会インフラが整うのか疑問。○技術でなく、コンテンツが追いつかないので必要とされないであろう。○多視点放送は、インターネットでは実現済み(視聴者は本当に求めているのか?)。○伝送容量、カメラ、処理回路等のコストが解決できれば、実用性は高い。○一部実現済み。○技術的には既にほぼ実現可能。あとは市場にニーズがあるかどうかで普及するかどうかが決まる。○意義をどう見出してコスト負担ができるようになるか。○やろうと思えば、今の技術で可能だと思う。○CMU にて一部実現済み(Prof,Kanade)○日本の放送業界の再編をしないと世界に置いていかれる。○コストが解決すれば、実用性は高い。</p>
18	<p>家庭に居ながらにして、あたかも店に出歩いて商品をたしかめているようなショッピングを可能とするために、手触り、香り、味を伝える技術</p> <p>○微妙な手触り感覚を実現するのは難易度が高い。○安全上の理由から「味」は普及できないかもしれない。○嗅覚の再現は原理的に不可能。○単にリアリティを求めただけでは難しい。新たな HI として可能性を追求すべき。○人間工学の進展と、手触りを可能にできる素材と、駆動方式の実現が難しそう。○できれば売れる。○触覚感覚を再現する研究が進みつつある。香り再生の研究も始まっている。これから発展が期待できる。○センサ技術。○技術的には実現。○ショッピングに行く代替手段となるには、触覚など相当の研究が必要。ショッピング代替より派生技術のビジネス創出に期待。○技術でなく、コンテンツが追いつかないので必要とされないであろう。○香り通信は NTT が商用化している。手触りはハプティクスという技術があり技術的には実現されていると言える。○現ネット通販での利用者の不満はこの領域には無い。(不用)○基本技術は進展してきている。○技術的に可能になってもフイージビリティ上の問題が残る。○対象限定で部分的には実現済み。○実用に耐えるものは相当困難。○味覚の再現は無理なのでは。手触りは 2030 年ごろ可能か？ニーズがあるかどうか疑問。○現実的なニーズがない(空想の遊びとしてはあるが…)。○多くの要因がからみすぎて、一軸の予測はできない。</p>
19	<p>医者が遠隔地にいる患者と直接向き合っているかのように、優しく聴診器をあてたり、触診したり、口臭などを感じたりできる遠隔診察システム</p> <p>○診察に利用可能なレベルの手触り感、臭の通信は難易度が高い。○触診はロボット等の機械が行うと抵抗があると考えられる。○触診等だけでなく、より高度な遠隔診断が求められる。完全自動化ではなく、必要最低限、人間が介在したフレキシブルなシステムが必要。○高い精度が要求される。○医療のレギュレーションが課題になる。○できれば売れる。○低機能、低性能なものなら現状でも実現可能。実用性を持たせるには今しばらく研究が必要。○法改正。○口臭を感じる事が難しい。○原始的なものは要素技術がかかりすぎて、最終的な責任を誰がとるのか、患者に受け入れられるかなどの疑問はある。○技術でなく、コンテンツが追いつかないので必要とされないであろう。○「ハプティクス」という技術があり、手術やパイロットの訓練用として、技術的には実現の域に達している。○基本技術は進展してきている。○視聴は可能。触、特に嗅は難しい。○一部実現済み。口臭等はデータで代替できる。○実用に耐えるものは相当困難。○触診は実現しそう。口臭は疑問。呼気の成分の分析による診断サポートはありうる。○患者側をどのようなインタフェースにするかが問題。○個々の部品については疑似的な装置は出来るかもしれないが、センサでセンスした内容を忠実に再現できることはない。○法制度の整備が必要。改革が実用化の前提条件。設備の初期投資と維持費用の負担も問題。○日本の医療行政は IT 技術に消極的。世界に比べておくれるであろう。○高い精度が要求されるので時間がかかる。</p>

20	<p>旅行など外に出かけることができない人でも、観光地のロボットを遠隔操作することで行きたい所に広画角・立体カメラと高臨場感音声取得マイク、触覚・雰囲気・においセンサなど持って行くことで、あなたもその場にいるような感覚をもたらすことができるようにする技術(テレプレゼンス技術)</p> <p>○人工的手法で遠隔環境を実現できるか疑問。○ロボットに関する法整備が必要。○適用されるには社会インフラがネックになるので、場所限定なら可能かも。○費用対効果から、社会的実現性は不明。○触覚、匂いの伝達に難しさがある。○コストがかかるわりにニーズが低いと思われる。○観光ビジネスにとって何がメリットなのかを考えて研究開発すべき。○できれば売れる。○プライバシーの保護などの2次元的問題解決。○法改正。○課題16、課題18、課題20と繋がる技術である為、各要素技術の発展と融合が必要。その上で通信の時間遅れが最終的なネックとなる。○サービスとしてはニーズは低いと考える。○限られた場所、状況の元でしか実現しないと思われる。○昔から出る話だが、誰が満足を得るのか？(なぜ露天風呂がはやるのかを考えれば、その不用性は分かる。)○程度の問題。○課題17-19の展開。○視聴は可能。触、特に嗅は難しい。○一部実現済み。しかし、本場のリアリティとなると実現はかなり先。○ある程度のことは技術的に可能であるが、社会に普及するためのハードルは高い。○宇宙や深海などなかなか行けないところを体験するところから広がっていきそう。研究用途→エンタテインメントへ。○現実的なニーズがない。広角映像ハイビジョンの録画で充分対応可。○実現時期は応用分野によって大きく異なると思われる。○重要性は感じないが、世界に遅れないようにすることで様々な途中成果が利用しやすい。</p>
21	<p>映画などの過去の映像作品から、その台本(せりふや役者への指示だけでなく、大道具、小道具を作成できるような記述も含む)の自動作成を可能にする映像の認識・理解の技術</p> <p>○道具と背景の区別が難しい。○現実の仮想化技術として重要。○自動でなくても。○何が嬉しいか分からない。○個々の技術は一部実現済み(音声認識など)されるが、「台本を作成」することへのニーズはないのでは？○需要が問題。○制約なしのパターン認識は困難。一部は実現できても実現できない対象が多く残るだろう。○専門家にすらできない事を自動化しようとするのはナンセンス。○ニーズなし。○ハリウッドに資金で負ける。</p>
22	<p>群衆の中にいる人間の画像から顔を認識して、例えば、家出人を探すなど、個人を特定できる画像認識・分析技術</p> <p>○プライバシー問題を回避するため、実現しても公表されない。○法整備が必要。○普及には社会的コンセンサスが必要。○どのレベルまでの精度を要求するかで実現時期は大きく変わる。得られる画像にも大きく依存する。○一部技術は確立しており、時間の問題。○技術よりも社会にとっての受容性からビジョンを描くべき。○使い方が難しい。○程度問題。○犯罪抑止技術として重要。○個人情報取り扱いの問題。○技術的な課題は残るが、精度の上昇とともに社会的ニーズが高まることによる早期実現が期待される。○信頼性の向上とプライバシー保護が問題となっている。○プライバシー保護の問題が解決された状況でのみ利用される。既に顔認証(認識)の技術はかなりできていると思う。○治安対策として、モニタ画像の活用は極めて進んでいる。○プライバシー問題に政府が必要。○監視カメラの利用が進んでおり、実用性は高い。○一部実現済み。見落とし率、過抽出率をいくつに設定するかが重要。○すでに稼働している。○本技術はセキュリティとプライバシーの面で諸刃の刃。軍事と空港等のセキュリティとしてはOK。○プライバシーの問題で、社会的実現に時間がかかるのではないかと。○一般社会でのニーズはない。犯罪人、テロリスト探しなど一部で使用される可能性あり。○治安のための利用が考えられる。○プライバシー保護の観点から、政府(警察など)機関主導が必要。○国内で一部実現済み。○社会的に実現できても公表されることはないであろう。○個人情報のとりあつかい。顔は個人情報か？○実用性は高い。</p>
23	<p>我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)</p> <p>○オフィスでの仕事の明確化など技術以外の要因で決まる。○文化面。「慣れ」が必要。○これからの国のあり方とともに高いニーズが開発を推進するであろう。○仕事の定義次第では今でもそうになっている。○法および社会システムの状況による。○業務によっては一部実現している。○3次元ディスプレイや3次元画像の圧縮、伝送方法は実用化が迫っている。ネットワークの更なる広帯域化が課題。○企業側が積極的に採用するかが不明。○法改正。○80%は無理ではないか。○人の行動として定常的な遠隔勤務は望まれない。たまに必要になったときのためには、他の代替システムが考案される。○何故8割もの人間が隔絶して仕事をする必要性、メリットがあるのか？(目的が不自然)○常時コミュニケーションは得失がある。○労働時間短縮などを含めて、社会的合意が問題。エネルギー問題の解消の手段？○仕事の形態に依存する。○日本では技術的な問題よりもコストの面で80%が遠隔勤務になるとは思えない。(i.e 自宅が広くなければなど)○高臨場感技術は重要。○スカイプ等の遠隔会議システムで部分的に実現。空間共有も研究所レベルで実現されている。○長時間低賃金労働に陥り易いなど技術以外の問題が多いため、社会的実現時期は遅くなる。○すべてのオフィスワーカーについてという条件では実現しない。○ストレスのないネットワークが必要。○ニーズがないと思う。○社会の習慣&システムが遅れている。○官庁・企業の仕事の形態全体の変化が必要。○すべてのワーカーの80%という仮定が疑問？○社会的合意が必要。</p>
24	<p>我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所にいながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さして指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あなたも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)</p> <p>○どこまでリアリティを求めるか。○これからの国のあり方とともに高いニーズが開発を推進するであろう。○技術的にはやればすぐにでもできるのでは。○法および社会システムの状況による。○逆に同時性を求めすぎると社会的に普及しない。むしろ、「リアルな蓄積型通信」の方が重要ではないか。○企業側が積極的に採用するかが不明。○課題23との違いが不明。○人の行動として定常的な遠隔勤務は望まれない。たまに必要になったときのためには、他の代替システムが考案される。ニーズが低い事から、事業化はされず普及には繋がらない。○モバイルの高速化、アクセスの光化で、既にそれを必要としている勤務者は利用している。○今でも大体可能。○育児の母などに役立つ。○必要性をあまり感じない。○仕事の形態に依存し答えにくい。あまり必要性を感じない。○必要なものは実現するでしょう。○本当の意味の臨場感を作るのは極めて困難。但し、視点を変えて、バーチャルオフィスで効率的に仕事が出来るという事であれば比較的早期に実現可能と思う。○技術的には既に可能。あとは勤務管理のしくみや保険などのしくみの整備が必要。○業務形態の方を変えるべき。○スカイプ等の遠隔会議システムで部分的に実現。空間共有も研究所レベルで実現されている。○ネットワークとともにデバイス、インタフェースが重要。○ニーズがないと思う。○社会の習慣&システムが遅れている。○官庁なら可能性があり。○育児の手助け。</p>
25	<p>3D 仮想世界サービス(例えば、セカンドライフ)が、現実世界と結びついて利用されることにより、現実世界を補充、代替あるいは入り混じって使われる社会インフラとして普及し、社会活動の場として利用される</p> <p>○セカンドライフの有用性をどのように形成していくかに依存。○使っている人をどう見るか、他者の考え方の問題。○そのようなものが社会インフラにはならないように思える。○現実の社会活動と同様、様々な問題があり、社会的には普及しない。○実利用のあり方を研究する必要が高い。○ユーザインタフェースの革新が必要。○仮想空間と現実空間が入り混じる意味が不明。社会がオーバーラップすることはありえないだろう。○法改正。○放送の digital 化、Net の光化で大体はできている。2D→3D でメリット出せるか？○既出のセカンドライフ等の延長に前述の技術が派生してくると考えられる。○良い点、悪い点が混在する第三の仮想世界か？○既に始まっている。○webも一種の仮想世界とすれば、既に実現/普及しているといえる。○あくまでもエンタテインメントとすべ</p>

	<p>き。○ゲーム的なエンタテインメントであり、現実的な社会活動の場にはならないと思う。○ニーズがないと思う。○今は不必要な要素まで再現してしまっている。便利な部分のみサービスに合わせて取り出す作業が必要。</p>
26	<p>情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が 2010 年と比較して、100 万分の1 (取り扱い情報量で正規化) になるグリーン ICT システム</p> <p>○100 万分の 1 の根拠が不明。物理限界を超えている？○根本的な情報処理の原理の変革の必要。○物理的に困難。○太陽光発電を含めたグリーンパワーの供給が重要課題。○1000 分の 1~10000 分の 1 が現実的ではないか。○ICT 以外のエネルギー消費量が大きい中で、100 万分の 1 となってもコストアップを伴うはずであり、社会から受け入れられない。○個人情報に飽和してくると、人々のセキュリティに対する考え方が変わってくると思われ、その上にくる技術が社会を変えるのでは。○革新的技術が必要。○100 万分の1は厳しい。○ニーズは高いが、100 万分の 1 までエネルギー量を下げる技術が実現するかどうか、ハードルが高すぎ予測がつかない。</p>
27	<p>ヒトのアンチエイジングのために体内や体外に使用される高度医療電子情報システムが開発され、その効果により平均寿命が 2010 年の値よりも5年長くなる(2003 年の統計では寿命 5 年延長に過去約 20 年間の生活改善・医療進歩があったが、近未来には生物学的限界に近づく)</p> <p>○適切なアンチエイジングは、医療目的以外の取り組みは不要。○寿命をのばすことは必要か。○aging は自然の摂理。全人類、特に人に問題を抱える今、これを目的化するの是不合理。○医療高度化と同方向でベクトルが合っている。</p>
28	<p>情報の発生源でコンテンツに付与された電子刻印された ID が伝送段階で抹消・改変されずに維持されることにより、盗まれた情報や一度散ってしまった情報を追跡できる情報トレーサビリティシステム</p> <p>○情報がトレーサできるのは公共ネットワーク上で公開されているものに限る。○限定的には可能。○電子透かしはすでに実用化されている。○映画コンテンツ保護で実現。○法改正。○情報トレーサビリティを採用する社会環境、法制定が困難であり、導入されない。○ビジネスとして成立するかによる。○技術的困難性の克服が必要と思われる。○なるべく多くのトレーサが出来るような技術的開発は行われると思うが、完全には出来ないと考えられる。○このような技術を活用し、「ダビング10」の制限をやめるべき。○著作権管理は可能。○情報と ID を分ち難く結合することが鍵。○技術を高い方向に発展させても悪意は常に追い付く。社会システムと連携して低い技術で考えることも必要ではないか。</p>
29	<p>食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム</p> <p>○食材が加工されることを考えると「大半」をカバーすることは不可能。○法的・社会的状況による。○費用対効果の改善。不正対策の継続的改善。○コスト問題。○法改正。○社会ニーズが出ない。○運送業者等に限定すれば可能性大。○技術より、コスト、対象の重要性が普及に影響。○コストを含めて回答。当然コストに見合った部分のトレーサビリティ技術は開発される。○民はコスト優先(費用削減目的)。安全確保は官の仕事。○政府が、諸外国との協働をリードする必要がある。○「食品の大半」の意味が不明確。○世界的範囲がせまければかなり早い時期に実現できる。</p>
30	<p>地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム</p> <p>○伝染病や経済の中長期的な予測は困難。○「実験用データの収集」、「トータルなシミュレーション」は実現不可能かもしれない。ターゲットを限定する必要がある。○政府主導で積極的に進めるべき。○今後の力の入れ方次第。○必要な精度を得ることは困難。○入力が複雑すぎて実現できないのではないか。○地震予知技術は着実に進んでいると思うが、これでも相当の時間を要しており、人が介在する問題の定式化ができない。必要性あり。○シミュレーションより、実態把握が重要。○情報は分担管理で、それぞれの責任をはっきりさせる必要がある。○規模、タイムスパン、精度により、実現の可否は依存。○データ同化系の研究で重要。精度向上の課題なので、予測時期を問うのはナンセンス。○“地球シミュレータ”があるが、精度は不明。パラメータ数が初期値に大きく左右される。○データの責任部門が異なることが課題。日本での実現は世界で実現しなければあり得ない。</p>
31	<p>遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する)</p> <p>○ロボットではなくセンサーネットワークシステムで実現すると思われる。○危険状態の認識技術が難易度が高いと思われる。○法改正。○遠隔地にいる被介護者がロボットを受け入れられないのではないか。○自分はロボットに介護してもらいたくない。○安全基準設定に政府が係わる。○実現性大。○費用対効果、人間社会の価値は何か。○生活援助のレベルにより実現時期は変わる。</p>
32	<p>家族や親しい友人のごとく、日常生活上の話題応答や、テレビ番組の視聴中や、新聞・雑誌など読後の話し相手となってくれる知能ロボット</p> <p>○会話のレベル(意味理解レベル)によっては長期的課題。○自閉症に陥ることを防ぐことが課題となる。○現状の疑似的知能の延長状では無意味。知能の根本原理が解明されるというブレークスルーが必要。○程度の問題。○子供の語学教育などへの応用。○費用対効果、人間社会の価値は何か。○知能よりも先にペット機能の方が重要。○若干能力がおとろえた高齢者等への対応に限定して回答。健全者に対するものはおそらく実現不可能。○ロボットに頼る必要性が不明。○簡単なものはすでに開発されているが、友人と区別がつかないほど高度なロボット開発は更に時間がかかる。○リアルな社会の再構築に力をさくべき。</p>
33	<p>優れた芸人の所作や職人の技やしぐさを自動的に取得し、アーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム</p> <p>○人間がすべき事柄である。○アーカイブ化するだけでは継承できない(人から人には伝わらない)と考える。○象徴的なものは捉えられても「何故」は困難。○民族博物館、国立博物館、国会図書館などで展開することが必要。○モーションキャプチャーによるデータ取得は既に行われている。場のアーカイブが課題。○法改正。○課題設定が意味不明。○スポーツの世界では常識化している。○技やしぐさの種類、センサ装着か否かで条件が大きくかわる。実現できているものもあれば、できないものもある。○専門家以上のものを自動化しようとするシステムはきわめて困難。○表面的な継承に意味があるのか？○“人まねロボット”はすでに開発されている。芸人技や職人芸は生身の人間に付帯するものであるから、時代と共に変化するもので、継承すべきものではない。</p>
34	<p>優れた創作者(作家、プロジェクトリーダー、研究者、教育者)の思考のプロセスなどを、その人に邪魔にならずに自動的に取得しアーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム</p> <p>○アーカイブするだけでは継承できない(人から人には伝わらない)と考える。○できたら人間が進化しなくなる。○課題設定が意味不明。○「思考プロセス」は各個人に属するが由に多様性と創造性を持っていると思う。「自動的に取得」するよりは各々の著書を読めば十分ではないか。○思考のプロセスの取得が困難ではないか。○創作活動に対する不認識。技術屋の不尊。○ノンバーバル系には大きな困難が伴う。言語系については実現可能。(ネット、Web 2.0 等)○専門家以上のものを自動化しようとするシステムはきわめて困難。○思考プロセスや心理プロセスは取得することが困難と思われる。○後追いは可能だろうが、システムを考える人の範囲外に「優れた」という評価がある。人を大切にシステムの方が重要。</p>
35	<p>雇用や売買等の契約、納税等の社会活動を、本来の人格と並んで、アバターやハンドルネーム等の仮想人格の名で行う慣習が日本国内で広範に普及し、それらの一部は登記されたり、法人格を与えられたりするようになる</p> <p>○管理的側面とのトレードオフもあるので、どこまでならユーザが許容するかがポイントになると考える。○法律の整備が不可能かと思う。国境を超える必要があるため。○阻害要因: 政府、国民の理解が得られる状況づくり。○課題設定が意味不明。○法的整備</p>

	<p>が困難ではないか。○責任関係が明確になれば可能か。○リアルな社会が作れない体制が推進すべきではない。</p>
36	<p>法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを認定し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される</p> <p>○法令そのものを解析のアルゴリズムにのせられる程度に明確化するプロセスが必要。○サービス内容、規制内容を限定しないと実現は難しい。○政府として推進することが重要。○技術は試みられるだろうが、悪用に向けた法律を整備していないと実現されないのでは。○何が嬉しいのか分からない。○法改正。○技術的には実現済みのものである。現在は専門家がこういう作業、判断を担っている。国レベルでデータベース化することが有効。○特許の世界では既に行われている。(質問者の不認識が目立つ)○法解釈の問題をどう解決するのか。○技術の問題ではない。○一部法規については事例があるが、自動化できていない。</p>
37	<p>言語だけでなく文化的背景や地名人名などの固有名詞なども自動学習し機械翻訳できるシステム</p> <p>○品質に依存。○文化の解釈の話も入るので、とても難しい。○実現されるシステムの性能レベルによる性能の低いものなら現時点でも可。○翻訳に対するニーズ次第。あるレベルを超えると急にニーズが高まり、技術の発展を推し進めることもある。○文化的背景の定式化は困難では？○程度問題。○技術的にはメーカーの部品調達などで実用化中。○多文化の交流は、間に機械を介在するのではなく人と人とのコミュニケーションによるものであるべきで、これを支援するという観点が重要。○あれば便利だろうが、国民の言語能力を高める方が重要だろう。○本当に機械的な翻訳をするシステム(定型文など)は出来ているが、意味、文化的背景などを考慮するシステムは当面は無理。○実現を期待されるシステムの性能レベルによる。性能の低いものなら現時点でも基本技術はある。</p>
38	<p>パスポート不要の外国旅行を可能とするバイオメトリクス認証技術</p> <p>○法的な整備。○社会的実現には技術よりも法的な問題が大きい。○技術的な課題よりも、各国の文化や取り組みの状況に依存するため、実現時期は不明。○技術より制度、世界への普及が課題。○標準化を推進するための国際的取り組みが必要。○外国旅行という行為を総合的に支援することを考えるべき。○法的・社会的状況による。○不要になるには手数を要するだろう。○技術は早い時期に目処は得られそうであるが、国際的に受け入れられる時期はわからない。○個人情報利用、管理の観点で、ハードルは高い。技術的にはハードルは低い。○技術的にはほぼ実現済み。○技術的には可能になるかも知れないが、世界中で個人が同定されることを意味するので、社会的に無理。○バイオメトリクスによる個人管理が社会的に受け入れるか不明。○不正不能な方式の実現ができるか。パスポート不要にはならないのでは。○複雑な認証により、個人の同定を間違えることなく実行できると思われる。○やる気になれば今でも可能だと思う。</p>
39	<p>世界中の WEB から収集した書籍、新聞・放送、学術論文などを用いて多言語の知識を自動的に蓄積したコーパスを構築し、それを多言語同時リアルタイム通訳技術に活用する</p> <p>○品質に依存。○大量にデータが集まった時に矛盾を含むので、その解決まで自動的に行うのが難しい。○音声認識、音声合成が実用レベルになるか不確実。リアルタイム性がどこまで自然になるか疑問。○実現される通訳技術のレベルにより時期は大幅に異なる。○通訳よりも、英語の世界標準言語化が進むであろう。○Web ベースの多言語コーパスは研究分野として既にある。実用化は AR 技術などとの複合的サービスにより爆発的に広がる/技術が深まる可能性が高い。○程度問題。○このような膨大な情報、知識を必要とする人は極く少数に限定される。ゆえに開発のスピードはゆるやか。○Google がやろうとしている。○あれば便利だろうが、国民の言語能力を高める方が重要だろう。○定型文であればすでに ATR などで実現されている(20ヶ国間)。○ニーズはそれ程高まらないと思う。○完成はしないと思うが、常に追いつながら利用できると良い。○実現される通訳技術のレベルにより時期は大幅に異なる。</p>
40	<p>日本で世界の TV 番組のほとんどをネットワークを通して言語の障害なく視聴できる技術(国際理解の増進に貢献)</p> <p>○CNN, BBC 等重要なものについては実現済み。それ以外については要求があれば実現できる。○技術より法的環境の整備が重要。○Google が自動的に字幕をつける「Auto-Cap」で一部実現。(09/11)○ビジネス性に疑問。○実現される通訳技術のレベルより時期は大幅に異なる。○字幕付与が一般化すれば、ある程度可能。○社会的には頼もしそう。できたら嬉しい。○複数国にまたがる著作権管理という社会的問題をクリアする必要がある。○放送コンテンツ(特に日本は)は、ネットワーク配信が進まない。○問題はビジネスモデル。○人間の情報取得能力に限界があり、社会ニーズは出てこない。○YouTube で実現済み。○費用対効果。○ニュース等で活用。○同時通訳付きですでに実用になっている。機械翻訳では不可と考える。○ほとんどTV業界をどう手なずけるかの問題。○海外では一部実現済み。日本では遅れぬよう、政府の対応が重要。○実現される通訳技術のレベルにより時期は大幅に異なる。ただし課題 39(世界中の WEB から収集した書籍、新聞・放送、学術論文などを用いて多言語の知識を自動的に蓄積したコーパスを構築し、それを多言語同時リアルタイム通訳技術に活用する)に比較すれば、人が対価をはらって利用するレベルは、分野(番組の種類)を限れば早くに実現する。</p>
41	<p>立体映像を含む多様な映像情報や音響効果を含む音声・音響情報を、質感やリアリティを伴って、視覚障害者・聴覚障害者に伝達することができる技術</p> <p>○健全者のリアリティと視覚・聴覚障害者のリアリティが同じかどうか不明なので、開発したものが通じるかどうか不明。○想定する技術のレベルにより、実現時期の予測は大幅に異なる。○音響の方が実現性は高そう。○技術的というより原理的に困難。部分的実現は可能。○ヒトの認知機能に基づいた情報を提供する必要性。単に物理的に変換するだけでは解決できない。○脳自身を変更・改造することが難しい。○限られた条件下で動作するものは出てくると予想しているが、社会的実現には信頼性の問題からかなり時間がかかる。○着実に進歩している。○高齢化社会に重要。○ニーズがない。出来たことによる障害者にとってのメリットが小さい。○常に存在する補助技術を活かせる体制を先に作り(市場原理に合うように)、その上で行う事だと思う。○障害者にとって効果があるという程度なら、もっと早くに技術的な実現は可。</p>
42	<p>視覚障害者・聴覚障害者・発話困難者がイメージする情報をイメージに忠実に可視化・可聴化・言語化して、他の人に伝達することができる技術</p> <p>○必要とされている絶対数が低いことから、全体の関心が薄く、結果的に開発は遅れる。○想定する技術のレベルにより、実現時期の予測は大幅に異なる。○課題 10, 11 と近い。(倫理的問題が大きい。)○技術的というより原理的に困難。部分的実現は可能。○脳自身を変更・改造することが難しい。○課題 10, 11 にも通じるが、何がイメージでどのようにそのイメージを抽出する(読みだす)のか次第。「イメージ」の言語化は健全者でも苦勞するのに、簡単にできるとは思えない。○「忠実に」のレベルに依る。BMI の研究、DARPA オイメージ概念表現が共有できるのか。○ニーズがない。出来たことによる障害者にとってのメリットが小さい。○常に存在する補助技術を活かせる体制を先に作り(市場原理に合うように)、その上で行う事だと思う。○障害者にとって効果があるという程度なら、もっと早くに技術的な実現は可。</p>
43	<p>筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの運動障害のある人が自分の意志・意図を直感的に対話相手に伝えられるようなボータブル会話環境</p> <p>○直観の定義によりますが。○想定する技術のレベルにより、実現時期の予測は大幅に異なる。○課題 10, 12 と近い。(倫理的問題が大きい。)○BMI, BCI, 視線入力。○侵襲性を認めるのか、信頼性をどの程度確保するのか戦略として重要だと思う。○一</p>

	部実現済み。○実現の程度に依存する。○Yes、Noや上下左右などの単純なメッセージなら簡単なBMIですぐ実現できそう。○常に存在する補助技術を活かせる体制を先に作り(市場原理に合うように)、その上で行う事だと思う。○障害者にとって効果があるという程度なら、もっと早くに技術的な実現は可。
44	経験・知識・言語・イメージなどの情報を脳内に記憶する機構が解明される ○具体的かつ詳細な原理が明らかになるには、時間が必要。○完全には解明されないだろうが、課題 45、46 に応用できる知見が得られると予想している。○現在も徐々に解明されてきており、研究が継続される限り、いつかは到達するだろう。○完全とはいかないまでも、かなりのことは解明される期待がある。○少なくとも20～30年はかかると思われる。
45	脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術 ○教育界が受け入れないと思う。また、経験的に分かっている方法をどこまで違う形かにより反発がおきてくる可能性もある。○教育における教材、教授法の研究として行うべき。○課題 44 が完成しなくてもこちらはできる。○課題の意味不明。○課題 44 が解決されれば困難な技術ではない。○「記憶しやすい」レベルによる。○少なくとも20～31年はかかると思われる。○実現を期待するレベルにより時期は異なる。
46	個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるような、脳の記憶機能を拡張する技術 ○これから記憶するものか？すでに記憶されたものかで扱いが異なる。○対象、程度次第。完全には無理。○個人プライバシー保護等の研究。倫理・人権の問題が生じる。○プライバシーやセキュリティの確保も同時に非常に重要。○現在のコンピュータアーキテクチャで実現するのは困難か？○課題44が出来ない限り、実現不可。
47	熟練技能者と同じ知覚を再現することにより非熟練技能者に熟練技能者のスキルを短期間で習得可能とする強化スーツ ○スキルサイエンス分野の知見も考えると、同じ知覚が必要なのか不明。行動が同じになると、知覚の関係が未だわかっていない。○単に熟練者に近づけることが習得ではなさそうである。○原理的困難がある。(課題 41 と同様)○「知覚」の再現手段にもよるが、動作を真似させる方法ならば、2031～40 年頃にはできると思う。○知覚の再現は情報の一部。医療分野での期待は有る。○人間として日常生活を豊かにするための運動、食事、睡眠等の健康要素の不足などを知らせて、人間自身が健康になるための支援技術が必要。○どちらが知覚する？スーツが知覚するのでは意味がない。○知覚情報やノウハウをデジタル情報として蓄積する必要があるが、そのデータ形成をまず明らかにする必要。
48	日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム ○本人と判定し、その特定個人の時間的老化を追うのは社会的インフラ整備も含めて難しい。○人体通信を応用したヘルスケア、予防医学の例として、アンブレットが簡易心電計を開発。○どのレベルの兆候を対象とするかに依存。○重篤な事態についてのものは時間がかかるが単純なものから実用化されるであろう。○危険の内容により、既の実現されているものと全く技術的目処の立たないものに分かれる。(ケースバイケース)○人工受精のように技術的にできる事と社会が受け入れる事は一致しない。ガン告知でもケースバイケース。この点が問題。○一部の大学病院では、既にプロジェクトとして動いている。○兆候の種類により実現時期には幅がある。○費用対効果。○表面的な変化ならすぐに実現可能か？○データの収集や解析技術が必要。
49	ほとんどの自動車が一般道で自動走行する ○法整備が必要。○社会インフラが大きい。○技術的な課題よりも、安全に対する社会的コンセンサス、インフラ/車のコストが問題。VW、スタンフォード大が無人走行に成功。(09/11)○自動走行できるスマート道路などの方が実用的。○法整備も難しい。○交通のインフラ整備ができないと考える。○事故した時のことを考えると、そのような車は売らないのでは？○一般道は相当先になると思う。○道路インフラの根本的な見直しが必要。○人から運転操作を奪う事になる。特定の道路、レーンに限定した自動走行の開発は進むと思う。○事故の責任が問題。○すべての車種の対応が必要では？○自動走行の為のインフラ整備に時間がかかる。○安全確保と事故発生時の責任の所在が問題。
50	視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚 ○受け入れる人の問題。○単純なものから実用化。○研究レベルで一部実現済み。安全性の確保が重要。○脳の教育・学習を如何にするのか？課題はそこまで含むようには思えない。○最終的には埋め込まれる電極の生体親和性と長寿命化でブレイクスルーが生じるかにかかっている。○国の安全基準が第一。○財政支給が必要。○網膜が認識しているのと同じ情報を脳に直接送り込むための技術開発は容易ではない。○現在でも可能な、教育、認知、啓蒙ができていないのに、技術だけ先行しても無意味(常に技術を上回る危険要因がある)。セットで進めるべき。
51	災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術 ○軍事研究への転用が容易なため、軍事研究として重要性を持つ。○補助スーツも考えられる。○完全性をどこまで追求するかによって実現可能性は変わる。○一部実用化済み。○ロボット技術よりセンサ技術が重要。○実用化には政府の関与が必須。○防災、ヘビ型ロボット技術などが有効である。○社会システム、法律次第。
52	我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輛・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される ○コストに見合う効果を明確化すべき。他の技術併用で課題に近いものができるのでは？○我が国と限定されている。○費用の点から実現不可能。○技術的にはできている。設備建設コストを社会が受け入れるかどうかの判断で、緊急度はやや低いと思われる。○費用対効果。○技術自体よりもインフラ整備のコスト負担。○ケータイ見ながら運転されると全てが無意味。そっちを何とかすべき(注意力を見て運転を止める、など)。○技術的には低コスト化が問題。社会的には政府による投資が問題。
53	現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術 ○時間がかかりすぎると自動車の概念そのものが変わってしまう。○エコカー、省エネと総合的に取り組むべき。○法改正。○利用効率の視点から実現が難しい。○高速道路インフラが整備できれば、技術的ハードルは低くなる。○自動運転→利用効率 向上の評価尺度は何？(本当なのか?)○コスト負担。○自然渋滞を防止する運転制御支援が先では？○まず安全。
54	誹謗中傷などの問題がある情報をネット上で検知し、そのときに個人や集団において自浄作用(問題に気付き、そのような問題行動を起こさなくする作用)を促すように介入する人工エージェント技術 ○技術でなく、社会の受容の方に課題。(機械による人権制限)○人の判断を機械にさせてはいけない。○ネット社会では不可欠。ニュースが技術を牽引するであろう。○それでも問題行動は起こると思われるが、人工エージェントは作り得るだろう。○「介入」部分について社会的コンセンサスの形成が困難。○法改正。○程度問題。○誹謗中傷の範囲は人によって幅があり、ここをどうアバウトに区切るかの技術がネックになると思われる。○情報の適切性の判断は主観的であり、システムの判断のもとに動作するものではないと思う。○検知の精度の問題。○問題行動を起こさなくさせる介入手段が明確になっていない。○人が介入するのでも難しい状況で人工エージェントが対応できるとは思えない。○誹謗中傷のレベルの設定、判断が難しい。○言論の自由の確保に配慮すべき。○悪意は常にあと出しじゃんけん。

55	<p>ネット上のコミュニケーションにおいて、発信されている情報を人工エージェントが読み取り、発信内容から他の参加者と対面コミュニケーションを行っている場面をイメージ化して、自身の行為が適切か適切でないかの判断を促すイメージング技術</p> <p>○領域を限定すれば実現は早いはず。○文化差は問題になる。○人の判断を機械にさせてはいけない。○米国企業では経営者の送信するメール内容をチェックしてアラーム表示する機能が実現されていると聞いたことがある。○実用可能なものは作られないだろう。○「適切」の判断規準が多様過ぎると思う。○課題設定意味不明。○Agent は利用者の全人格を代行できるのか？させられるのか？○コミュニケーションの背景情報をどのように取得するかが問題。○コミュニケーションをしっかりと取れる教育が先。</p>
56	<p>ネット上の情報を誰がいつ著述したのか、その確からしさはどの程度なのか、その後どのように改訂されていったのか等を、著者の自己申告によらずに管理し、非改ざん性を保証するエージェント技術</p> <p>○ネット自体の根本的な変化が前提ではないか。○レギュレーション次第。○ネット社会を健全に構築するために不可欠。○程度による。完璧なものを実現しない。○非改ざん性の保証は困難。○社会的ニーズの強さが大きく影響しそう。○ネット通販などで利用者の与信などに既に利用されている。○各種システム間の連携ができれば実現可能か？プライバシー保護の整備が課題か。○情報の信憑性を決める手段が不明。不整合の複数情報を検出することは出来るが、どれが正しいかは誰がどのような方法で決めるのか？</p>
57	<p>市民が種々の情報(例えば、騒音や迷惑)を証拠として、係争可能なレベルでデータが改ざんされていないことを示す、電子署名システム</p> <p>○社会的コンセンサス。○情報の種類により実現時期は大きく変わる。時刻/場所の認証など客観性をどう保証するかが課題。○ネット社会の健全性を構築するうえで不可欠。○課題の意図が分かりません。○例えばの意味が不明。例えばを無視した回答。○電子署名は実現済み。○制度整備が問題。○電子署名システムである必要はあるのか？○法制度上の問題解決が先決事項(電子署名法、公的個人認証、タイムスタンプの扱いなど)。</p>
58	<p>社会生活を送るために必要となる情報を受け手の理解能力に応じて、情報を自動的に提供するサービス</p> <p>○ユニバーサルデザイン。○「情報」の水準によるが、一部は実現済み。○インタラクティブに実行することが前提。○質問内容が曖昧。○高齢化社会の日本にとって重要。○課題設定が一般すぎる。○程度問題。○理解能力の設定を受けて自身がやるのであれば、倫理上問題ないが、職種、職位、学歴等客観的なもので判別するのは社会的に問題となる。○テーマ設定の実現レベルが曖昧。○同一情報を異なる表現で示すことは出来るが、受け手の理解能力のレベル判定法が不明。○金にならない、という視点をいかにしてはすすか。</p>
59	<p>プライバシーに関する社会的コンセンサスが形成され、監視カメラ、街頭ディスプレイなどと連携した、ユビキタス情報システムが形成される</p> <p>○社会的受容に時間を要する。○社会的インパクトは導入後のよりもどしがあるのでは思った以上に普及は時間がかかるのではないか？○採算性、プライバシー保護との兼ね合いが十分に検討される必要がある。○法改正。○ユビキタス情報システムの定義が不明確。○重要ではあるが、コンセンサスが形成されるのかがわからない。○技術の問題ではなく、社会制度(法律)の問題と思う。○既に存在する様々なセンサ情報を連携させて、どのように活用するかアイデアが重要。○コンセンサスの形成が重要であり、コンセンサスさえあれば技術はすぐに追従するであろう。○「情報システム」の内容による。コンセンサスの形成は容易なのか？○プライバシーに関する社会的コンセンサスに時間がかかる。○実現時期は受益者が誰か、に依存。○デジタルサイネージの実験などですでに実用化の兆しが見られる。○反対のための反対という声を押さえるガバナンスが発動できるか？</p>
60	<p>RFID 等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される</p> <p>○食料品には原価高よりも生産性の問題があり、高速処理ができないと導入は難しい。○価格のな予測が難しい。○バーコード以上のメリットがでるアプリケーションが必要。数がでないかと安くない。○廃棄処理(分別)を考えると、ボール、ケース単位が現実的と考えます。単品はQRコード印刷が現実的。○既にバーコードが広く使われている。○法改正。○RFIDは、タグ価格が1円未満にならなくてもシステムとして成立する分野がある。タグはLSIチップ以外の部分で価格が決まる。○安くても、不用なものにはつかない。○タグをつけるコストが問題か？バーコードではダメな状況とは？○使用済みタグの回収が課題。</p>
61	<p>我が国の一般家庭の 30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される</p> <p>○それで何がどのくらいのコストで実現できるのかが重要。○普及率の予測が難しい。○どの様な付加価値を提供できるかが普及の鍵。○CO₂削減が一つのきっかけとなり普及する。○受容可能なホームネットワークの標準化が必要。○ホームネットワークが外部ネットワーク(例:スマートグリッドネットワーク)と接続されるケースでは、セキュリティに関する懸念を払拭する必要がある。○メリットの明確化。○法改正。○目的もなく機器はネットワークに接続されない。○ホームゲートウェイを中心として、家庭内の機器連携はOSGiによる規格化などが進められていると認識。様々な機器の連携性による利便性の向上を軸に、囲い込み戦略などが民間企業に広まりつつある。○ホームネットワークが無線ネットワーク又はPLCとなるのが普及の条件と考える。○政府の義務付けが必要。○品質管理や使用期限などの管理に役立つことが望まれる。○技術的には可能だが、必要性が低いので普及には時間がかかる。○ホームネットワークでどのような制御をするのかによる。○普及はしていないが、技術的には実現されている。○家庭内で簡単に使える無線ネットワークが鍵。○「我が国の」で世界にとり重要では。○何が出来るか？が無い状況。そこをデザインする必要がある。</p>
62	<p>体内埋め込み型健康管理デバイスが我が国の人口の 30%以上に普及する</p> <p>○経済的インセンティブと連携する必要がある。○人体通信などを利用して健康管理を行うシステムは普及するが、体内埋め込み型は普及しない。○外科や歯科手術時に RFID を埋め込むの方が現実的。○糖尿病等には大変重要。体内での長期安定性を確保するのが困難。○法改正。○目的が不明確。○健康にかなり自信がない人以外は結局使わないであろう。○技術的な実現性は 10 年程度で可能と思うが、社会の制度とすることに困難がある。管理者は誰かが問題。○米国を中心に、軍人には導入済み。(一般人へは埋め込みのメリット?)○個人識別技術、サーバーで代用できる。常時、情報収集が必要かどうか、それが 30%以上になるとは思えない。○体外センサによる実現が望まれる。○サイボーグ的なイメージ払拭に時間がかかる。○ニーズがないと思う。○必要な人口が 30%に達することはないのではないか。</p>
63	<p>公共交通機関において、購入した乗車券の内容が駅構内等の支援手段に近接通信で伝達され、初めての人でも看板等を探すことなく目的地に到達できる、個人ごとの適切な案内・誘導サービスが普及する</p> <p>○スイカ等を使うと目的地は不明確で、何のデバイスが主流になるかで質問そのものが異なってしまう。○スマート携帯端末等、別の手段で実現されている。○すでに携帯電話がこのために使われ始めているのでは。○携帯電話の発達で十分可能。○ビジネスになるのか？○将来は乗車券はなくなり、案内サービス等は別の形式で実現される。○空港など、利用単価の高い所では、一部導入済み。○費用対効果。○近く、実現されると考える。(技術的には完了)○要素技術はほぼそろっている。コストが問題か。○“切符を買う”という考え方が古すぎる。今は目的地を携帯端末にセットするだけで OK。○コストとキメの細かさを考えると、人間がやるべきだろ思う。○行政の強制力。JR東と東海すらこの体たらく。</p>

64	<p>1億行以上のコードからなる超大規模ソフトウェアの仕様を表現・検証し、無矛盾な仕様を作成するための仕様作成技術</p> <p>○仕様は syntax と semantics から成る。Semantics の表現・検証技術が過大である。超大規模ソフトウェアに限らず、通常規模のソフトウェアについても、本課題の解決が必要。○1億行のコードは既に主要なソフトウェアで使われているのではないか。○方法論としての実現性はある。○ここ数年の範囲では 10 万行程度。○仕様は人間が決めるもの。○現状から飛躍しすぎ。開発手法の標準化→人海戦術からの脱却→知能化のステップが必要。○無矛盾仕様はなし。矛盾(利害)対立の調整が必要。○新しくコードを生成するのはなく、既にあるコードを組み合わせて安定した大規模システムを構築することが現実的。○「無矛盾」の定義にもよる。○自動化という意図なら不可能。支援技術？○技術開発とともに標準化の努力が必要。○質問の意味がよくわからない。○安全な無矛盾性は恐らく実現不可。要求水準が低ければ早期に実現(実現時期は要求水準に依存)。○無矛盾な仕様を作成する技術を開発するよりも、システムの自動開発技術が早く成熟し、この技術の必要性がなくなる。○それを人間が作る、という矛盾を考えてしまう話です。</p>
65	<p>1億行以上のコードからなる超大規模複雑ソフトウェアの運用段階での品質が現状と同程度におさえるシステムの自動開発技術</p> <p>○「自動開発」という概念が定義不良。要求分析、設計コストが大きい。○「システムの自動開発」の意味が不明。「高レベルの問題向き言語+コンパイラ技術」の意味では、技術進歩はありうる。○2億行のコードは既に主要なソフトウェアで使われているのではないか。○類似システムの開発に限定すればある程度までは可能。○現状から飛躍しすぎ。開発手法の標準化→人海戦術からの脱却→知能化のステップが必要。○どこまで人が関与するのか不明。完全自動化は不可能。○ソフトコードの自動生成とバグのないソフト生成技術、バグ自動検出・修正など、どの技術についての設問がよくわからない。○安全な無矛盾性は恐らく実現不可。要求水準が低ければ早期に実現(実現時期は要求水準に依存)。○政府主導で開発にドライブをかけるべきと思う。○それを人間が作る、という矛盾を考えてしまう話です。</p>
66	<p>超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術</p> <p>○適用領域のリスク、c/p に依存。○超大規模複雑システムとは何をイメージしているのか不明。○自律的に動かれたら困るし、基準は人間が作るべき。○現状から飛躍しすぎ。開発手法の標準化→人海戦術からの脱却→知能化のステップが必要。○課題 65 ができることと等価。何をチェックするかがわかっている必要があるから。○何をリスクと考えるか、事前の知識 DB をどう作るのかがポイントか。○設問の意味がよくわからない。○超大規模システムの運用経験が必要で、思いもよらない要因が発生する可能性もある。○理想の論理があるのか、すらわかりません。</p>
67	<p>超大規模複雑システムの開発に関して、人間作業による作業関与を 50%程度に抑えることができるシステム自動構築ツール</p> <p>○自動化が進むと、全工程に対する人の介在率は増える。課題の設問・定義が不適切。○超大規模複雑システムとは何をイメージしているのか不明。○類似システムの開発に限定すればある程度までは可能。○現状から飛躍しすぎ。開発手法の標準化→人海戦術からの脱却→知能化のステップが必要。○システムの部品化が進めば可能か？全ての大規模システムのプラットフォームが統一されることが必要か。○設問の意味がよくわからない。○理想の論理があるのか、すらわかりません。</p>
68	<p>政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを個人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションし、問題点を把握する技術</p> <p>○シミュレーションの精度による。簡単なものは既に可能だが、実用レベルのものは難しいのでは。○結果に対する信頼性が課題。○シミュレーション以前にフィードバックや評価を効果的に収集・集約するシステムが必要。現実の把握・モデルが前提として未確立。○結局、誰かの視座が色濃く反映されたものにしかならないので実用化できない。○アンケート調査のシミュレーション版であり、ゲーム理論のようにある意味ではすでにあるとも言える。○まず商品開発に利用される(課題 69)○課題の意味不明。誰に対して何の？○コンテンツサービスではない社会システム全体。○技術的可能性はあっても、入力パラメータがすべて把握できない。○必要性が認識されないのではと思う。</p>
69	<p>企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術</p> <p>○神経経済学と企業の連携だが、予算次第。○提供開始後にデータを集め、それをフィードバックするシステムになるのではないか？○あれば欲しい。○予測精度を決めるのはモデルであり、モデル作成の改善により徐々に有効なシミュレーションが可能となる。○サービスの定式化ができるとは思えない。(シミュレーションは予測)○技術的可能性はあっても、入力パラメータがすべて把握できない。○技術等はすでに育ちつつある。○画一的な評価は、価格下落を起こすだけ。頼りすぎる会社が増えそうで怖い。</p>
70	<p>実用的な少額コンテンツ管理・決済システム(ジャンルを横断する著作権管理データベースが統合的に運用され、検索・マッチングシステムや少額決済システムと連動して権利処理が半自動的かつ事実上無視できる水準の事務コストで実施されるようになり、権利者の手元に収入が確実に届くようになる)</p> <p>○技術より社会や法制度の対応に困難が付きまとう。○政策事項。○非技術的な課題。○ワンダフルフェスティバルなどのイベントで一定程度実現されている。○コンテンツを自動的に判別しようとする、データ形式、類似度判定が難しい。○制度が必要。○著作権制度の整備がポイントか。○消費者保護、著作権などの権利確保の視点から法制度の改革が必要となる可能性あり。様々な決済システム間の連携も課題。○加えて、サービスにはコストが発生。</p>
71	<p>感染症の発生や伝播の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測)</p> <p>○要因の方がどれだけ調べられるか。○プライバシーに関する政策事項。○法制度の整備が必要。○課題 30 に類似。自然現象に加え、人の動きも加わるのでより困難な課題である。○精度を問わない予測なら今も行われている。行政は信用するのか？○一部の感染症では現在も可能。○コンテンツサービス？○プライバシー問題をどう解決するのか。○いずれも Super Computer のようなもので、ガンガンやればできるようになるというのが、予測できない動きをするパラメータがいくつもあって予測することができない。</p>
72	<p>コンピュータやネットを活用して、一般人を含む多数の人々の知識や意見を集約・総合する技術が、企業や政府を初めとする社会一般で、将来予測や意思決定等の手法として幅広く活用され、経営者や政治家・官僚、アナリスト等の専門家による判断を補ったり代替したりするようになる</p> <p>○完全な代替は困難。○政策事項。○集合知の質に関しては課題が残るが、参考として使えるものはできるだろう。○法制度の整備が必要。○これは技術なのか社会的なプロセスなのか？○現在広く行われている電話調査が、ネットに置き換わることは充分考えられるが、標本集団の抽出方法が課題であろう。○個人情報保護とのバッティングの恐れ大。○一般人が受入れない可能性が大。○判断の材料という視点では既開発。代替はありえない。○専門家を代替することはない。○専門家の代替にはならないが、補う役目を果たすものとして使われそう。○要素技術はある。システム設計が問題。情報を集めたとして、かたよりに活用する方法が問題。○いずれも Super Computer のようなもので、ガンガンやればできるようになるというのが、予測できない動きをするパラメータがいくつもあって予測することができない。○集約、総合された情報は正しくない、と思っているので、まずはその必要性や内容の</p>

	精査からやるべきでは。
73	CG 技術、エージェント技術の進展により、バーチャル俳優が一般的になり、実写映画と見分けのつかないクオリティの CG アニメーション映画を、一般個人が調達可能な範囲のコストで制作できる技術 ○一般個人が映画を制作する環境は不要である。目的が明確でない。○アクション映画では広く導入済み。○一部は実現できて、人間がどう関与できるかが鍵。○CG 制御の品質は向上するであろうが、個々人が良いシナリオを作ることの方が普及のために重要であろう。○シナリオ等のデータの入力をどこまで低コストで実現できるかがポイントか。○技術的には可能になると思うが、Virtual 俳優が実物のタレントのように人気が出るかどうか不明。○ハリウッドの資金力にどの様な武器で対抗するか？という戦略(体制)が必要。
74	傷病、年齢、心身障害等、さまざまな理由により社会に参加できない人の社会参加を可能にするコミュニケーションツールとしての遠隔操作型ヒューマノイドロボット技術 ○社会参加の定義問題。○ヒューマノイドである必要は必ずしもなく、むしろどのような社会参加の形を受容できるようにすれば社会性を確保できるかに力点を置くべき。○技術的に可能だが、コストと効果で疑問。○生涯のレベルにもよる。ヒューマノイドロボットが社会に通常存在している前提が要る。○どの程度の分野に限定するかで回答は変わる。全てに対応することはおそらく不可能。○ロボットである必要性が不明。安全性が問題。○技術としては出来るが、対象としている利用者がそういうロボットを必要とするかどうか不明。○これでは社会参加とは言えないと思う。○問題設定に賛同できない。○ヒューマノイド型ロボットが解決できる問題ではない。○技術のみでは不可能。
75	情報格差(ネット通販、高品質仮想現実システムによるコンサート・展覧会・会議・懇談・遠隔恋愛等)に関して、ICT 活用により、過疎地のほとんどの住民が首都圏住民との差異を意識しなくなる ○人の意識の問題。○物理的実態の伴う情報格差はなくなる。○重要性は認識しているが、実現のためのお金がかかりにくいように感じる。○大阪の人が東京に対して格差を感じるという現実がある。○一部/部分的には実現される可能性はある。○技術以上にインフラの問題。○利便性が向上することはあっても、差異はなくなる。○情報格差をなくするための技術開発はできて、インフラ整備のためのコスト負担の問題で実現できない。ただし、ネット通販はある程度のところまで急速に普及すると考えられる。○コストが見合わない。現実感の喪失をどう考えるか。○現在の技術で実現可能。地方のプロパティの見直しとプロデュースが欠けている。○技術のみの問題。
76	個人ごとの遺伝子情報、生体情報が組織的に薬品情報とリンクされ薬品の効果を定量的に予測することによって内科治療の入院日数を半分にできる ○薬の情報がまだ集まっていない。特に長期医療用。○個人情報の管理が問題となる。

2. 8. 未来技術年表

2. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分に関しては2.3.を参照

実現年	課題
2014	17 放送において、自由視点での視聴が可能にする技術(例えば、サッカー中継では選手を指定してその視点での映像を視聴したり、全体の動きを見るため天井からの視点を選択できる技術)〈区分C〉
2015	22 群衆の中にいる人間の画像から顔を認識して、例えば、家出人を探すなど、個人を特定できる画像認識・分析技術〈区分C〉
2016	61 我が国の一般家庭の30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される〈区分I〉
2016	04 個人情報及安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術(例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など)〈区分A〉
2016	05 個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム〈区分A〉
2016	13 現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる〈区分B〉
2016	60 RFID等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される〈区分I〉
2017	63 公共交通機関において、購入した乗車券の内容が駅構内等の支援手段に近接通信で伝達され、初めての人でも看板等を探すことなく目的地に到達できる、個人ごとの適切な案内・誘導サービスが普及する〈区分I〉
2017	23 我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同様のコミュニケーションで協力できる)〈区分C〉
2017	28 情報の発生源でコンテンツに付与された電子刻印されたIDが伝達段階で抹消・改変されずに維持されることにより、盗まれた情報や一度散ってしまった情報を追跡できる情報トレーサビリティシステム〈区分D〉
2017	38 パスポート不要の外国旅行を可能とするバイオメトリクス認証技術〈区分E〉
2017	57 市民が種々の情報(例えば、騒音や迷惑)を証拠として、係争可能なレベルでデータが改ざんされていないことを示す、電子署名システム〈区分H〉
2017	59 プライバシーに関する社会的コンセンサスが形成され、監視カメラ、街頭ディスプレイなどと連携した、ユビキタス情報システムが形成される〈区分I〉
2018	01 1億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術〈区分A〉
2018	03 実世界および仮想世界の多様な情報を格納し、その間を結びつけることで、それらの情報を同期させながら、個人の生活や企業活動のリアルなシミュレーションを実現するサービス〈区分A〉
2018	24 我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所に在りながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さしで指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あたかも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)〈区分C〉
2018	52 我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輛・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される〈区分G〉
2018	54 誹謗中傷などの問題がある情報をネット上で検知し、そのときに個人や集団において自浄作用(問題に気が付き、そのような問題行動を起こさなくする作用)を促すように介入する人工エージェント技術〈区分H〉
2018	56 ネット上の情報を誰がいつ著述したのか、その確からしさはどの程度なのか、その後どのように改訂されていたのか等を、著者の自己申告によらずに管理し、非改ざん性を保証するエージェント技術〈区分H〉
2018	58 社会生活を送るために必要となる情報を受け手の理解能力に応じて、情報を自動的に提供するサービス〈区分H〉
2018	70 実用的な少額コンテンツ管理・決済システム(ジャンルを横断する著作権管理データベースが統合的に運用され、検索・マッチングシステムや少額決済システムと連動して権利処理が半自動的かつ事実上無視できる水準の事務コストで実施されるようになり、権利者の手元に収入が確実に届くようになる)〈区分K〉
2019	06 すべての個人の日常行動が統計的に処理され、混雑、事故等を適切に検出し自動的に対策をとるシステム〈区分A〉
2019	14 現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、検索キーで指定した任意の地点にいる人のID等を知らなくても状況に対応した発信が日本全国でできるようになる〈区分B〉
2019	15 現在情報検索はコンピュータに蓄積された情報に対して可能であるが、現実世界に関する指定した情報に対して高速かつ低コストで検索できる技術が普及する〈区分B〉
2019	20 旅行など外に出かけることができない人でも、観光地のロボットを遠隔操作することで行きたい所に広画角・立体カメラと高臨場感音声取得マイク、触覚・雰囲気・においセンサなどを持っていくことで、あたかもその場にいるような感覚をもたらすことができるようにする技術(テレイグジスタンス技術)〈区分C〉
2019	29 食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム〈区分D〉
2019	36 法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを認定し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される〈区分D〉
2019	51 災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術〈区分G〉

実現年	課題
2019	69 企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術 <区分K>
	72 コンピュータやネットを活用して、一般人を含む多数の人々の知識や意見を集約・総合する技術が、企業や政府を初めとする社会一般で、将来予測や意思決定等の手法として幅広く活用され、経営者や政治家・官僚、アナリスト等の専門家による判断を補ったり代替したりようになる <区分K>
	73 CG 技術、エージェント技術の進展により、バーチャル俳優が一般的になり、実写映画と見分けのつかないクオリティの CG アニメーション映画を、一般個人が調達可能な範囲のコストで制作できる技術 <区分K>
	75 情報格差(ネット通販、高品質仮想現実システムによるコンサート・展覧会・会議・懇談・遠隔恋愛等)に関して、ICT 活用により、過疎地のほとんどの住民が首都圏住民との差異を意識しなくなる <区分L>
	2020
02 1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、提供する機能サービスや介在するデータ群から、新たな付加価値を持つ情報を生み出し、新たな機能サービスを創出する自律的サービス進化型システム <区分A>	
09 実用的な量子暗号 <区分B>	
19 医者が遠隔地にいる患者と直接向き合っているかのように、優しく聴診器をあてたり、触診したり、口臭などを感じたりできる遠隔診察システム <区分C>	
21 映画などの過去の映像作品から、その台本(せりふや役者への指示だけでなく、大道具、小道具を作成できるような記述も含む)の自動作成を可能にする映像の認識・理解の技術 <区分C>	
31 遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する) <区分D>	
33 優れた芸人の所作や職人の技やしぐさを自動的に取得し、アーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム <区分D>	
37 言語だけでなく文化的背景や地名人名などの固有名詞なども自動学習し機械翻訳できるシステム <区分E>	
39 世界中の WEB から収集した書籍、新聞・放送、学術論文などを用いて多言語の知識を自動的に蓄積したコーパスを構築し、それを多言語同時リアルタイム通訳技術に活用する <区分E>	
53 現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術 <区分G>	
55 ネット上のコミュニケーションにおいて、発信されている情報を人工エージェントが読み取り、発信内容から他の参加者と対面コミュニケーションを行っている場面をイメージ化して、自身の行為が適切か適切でないかの判断を促すイメージング技術 <区分H>	
71 感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測) <区分K>	
2021	
18 家庭に居ながらにして、あたかも店に出むいて商品をたしかめているようなショッピングを可能とするために、手触り、香り、味を伝える技術 <区分C>	
32 家族や親しい友人のごとく、日常生活上の話題応答や、テレビ番組の視聴中や、新聞・雑誌など読後の話し相手となってくれる知能ロボット <区分D>	
48 日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム <区分G>	
66 超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術 <区分J>	
74 傷病、年齢、心身障害等、さまざまな理由により社会に参加できない人の社会参加を可能にするコミュニケーションツールとしての遠隔操作型ヒューマノイドロボット技術 <区分L>	
2022	
30 地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム <区分D>	
67 超大規模複雑システムの開発に関して、人間作業員による作業関与を 50%程度に抑えることができるシステム自動構築ツール <区分J>	
2023	
40 日本で世界の TV 番組のほとんどをネットワークを通して言語の障害なく視聴できる技術(国際理解の増進に貢献) <区分E>	
41 立体映像を含む多様な映像情報や音響効果を含む音声・音響情報を、質感やリアリティを伴って、視覚障害者・聴覚障害者に伝達することができる技術 <区分F>	
62 体内埋め込み型健康管理デバイスが我が国の人口の30%以上に普及する <区分I>	
2024	
08 情報通信分野の各種サービスやアプリケーションのもたらす価値を含む主観評価実験を、実際の被験者を用いることなく十分な正確さで効率良く実施することができる疑似主観評価実験技術が確立する <区分B>	
43 筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの運動障害のある人が自分の意志・意図を直感的に対話相手に伝えられるようなポータブル会話環境 <区分F>	
68 政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを各々人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションし、問題点を把握する技術 <区分K>	
2025	
34 優れた創作者(作家、プロジェクトリーダー、研究者、教育者)の思考のプロセスなどを、その人に邪魔にならずに自動的に取得しアーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム <区分D>	
47 熟練技能者と同じ知覚を再現することにより非熟練技能者に熟練技能者のスキルを短期間で習得可能とする強化スーツ <区分G>	
64 1 億行以上のコードからなる超大規模ソフトウェアの仕様を表現・検証し、無矛盾な仕様を作成するための仕様作成技術 <区分J>	

実現年	課題
2025	65 1億行以上のコードからなる超大規模複雑ソフトウェアの運用段階での品質が現状と同程度におさえるシステムの自動開発技術 <区分J> 76 個人ごとの遺伝子情報、生体情報が組織的に薬品情報とリンクされ薬品の効果を定量的に予測することによって内科治療の入院日数を半分にできる <区分L>
2028	16 外部のコンピュータやそのネットワーク、それらに接続された各種センサ・周辺機器等の全体を、人間が自らの脳や感覚器官、身体の延長として自然に使いこなせる技術 <区分B> 42 視覚障害者・聴覚障害者・発話困難者がイメージする情報をイメージに忠実に可視化・可聴化・言語化して、他の人に伝達することができる技術 <区分F> 49 ほとんどの自動車が一般道で自動走行する <区分G>
2030	26 情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム <区分D>
2031	10 第三者の視覚、聴覚の支援を行うための、自分の目や耳で得た情報を当該第三者の脳に直接伝達する技術 <区分B> 27 ヒトのアンチエイジングのために体内や体外に使用される高度医療電子情報システムが開発され、その効果により平均寿命が2010年の値よりも5年長くなる(2003年の統計では寿命5年延長に過去約20年間の生活改善・医療進歩があったが、近未来には生物学的限界に近づく) <区分D>
2032	50 視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚 <区分G>
2033	44 経験・知識・言語・イメージなどの情報を脳内に記憶する機構が解明される <区分F> 45 脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術 <区分F>
2036	07 ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術 <区分B> 11 人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術 <区分B>
2037	46 個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるような、脳の記憶機能を拡張する技術 <区分F>
2041 以降	12 日常のコミュニケーションに使うための、五感以外の感覚、たとえばテレパシーや第六感、念力などのメカニズムの解明 <区分B>

2. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分に関しては 2.3.を参照

実現年	課題
2020	04 個人情報及安全に管理され、個人情報漏洩を恐れることなく、信頼性が確保された環境で、社会的公益性の高い情報を活用可能とする技術（例えば携帯電話などによる行方不明者の位置特定など）〈区分A〉
2021	60 RFID 等のタグ価格が数銭レベルとなり、食料品や日用品へのタグの付与が幅広く実現される〈区分I〉
2022	05 個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム〈区分A〉 17 放送において、自由視点での視聴が可能にする技術(例えば、サッカー中継では選手を指定してその視点での映像を視聴したり、全体の動きを見るため天井からの視点を選択できる技術)〈区分C〉 22 群衆の中にいる人間の画像から顔を認識して、例えば、家出人を探すなど、個人を特定できる画像認識・分析技術〈区分C〉 25 3D 仮想世界サービス(例えば、セカンドライフ)が、現実世界と結びついて利用されることにより、現実世界を補充、代替しあるいは入り混じって使われる社会インフラとして普及し、社会活動の場として利用される〈区分C〉
2023	61 我が国の一般家庭の 30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される〈区分I〉 63 公共交通機関において、購入した乗車券の内容が駅構内等の支援手段に近接通信で伝達され、初めての人も看板等を探すことなく目的地に到達できる、個人ごとの適切な案内・誘導サービスが普及する〈区分I〉 01 1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術〈区分A〉
2024	13 現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、現実空間全体の情報をネットワークを通して検索できるようになり、検索キーで指定した任意の地点の気象状況、風景等を知ることが日本全国でできるようになる〈区分B〉 23 我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)〈区分C〉 28 情報の発生源でコンテンツに付与された電子刻印された ID が伝達段階で抹消・変更されずに維持されることにより、盗まれた情報や一度散ってしまった情報を追跡できる情報トレーサビリティシステム〈区分D〉 57 市民が種々の情報(例えば、騒音や迷惑)を証拠として、係争可能なレベルでデータが改ざんされていないことを示す、電子署名システム〈区分H〉
2025	03 実世界および仮想世界の多様な情報を格納し、その間を結びつけることで、それらの情報を同期させながら、個人の生活や企業活動のリアルなシミュレーションを実現するサービス〈区分A〉 24 我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム(テレワークの発達により、各人がそれぞれ他所にしながら、勤務者の業務の管理が遠隔でできるようになり、指さして指示できたり、内緒話もできたり、相手の手元のプリンターに印刷して書類を回したりなど、あたかも一堂に会して作業をしているよう臨場感を持つ)〈区分C〉 54 誹謗中傷などの問題がある情報をネット上で検知し、そのときに個人や集団において自浄作用(問題に気づき、そのような問題行動を起こさなくする作用)を促すように介入する人工エージェント技術〈区分H〉 58 社会生活を送るために必要となる情報を受け手の理解能力に応じて、情報を自動的に提供するサービス〈区分H〉 59 プライバシーに関する社会的コンセンサスが形成され、監視カメラ、街頭ディスプレイなどと連携した、ユビキタス情報システムが形成される〈区分I〉
2026	38 パスポート不要の外国旅行を可能とするバイオメトリクス認証技術〈区分E〉 52 我が国において、見通しの悪い道路環境で、運転者から見えない歩行者・車輛・障害物等の情報を、運転者もしくは運転する車へ伝達する、路車協調システムが、ほとんどの事故多発地点に整備される〈区分G〉 69 企業がサービスを提供する前に、提供開始後の顧客の購買行動の変化や価値観の変化などを多面的な観点でシミュレーションする技術〈区分K〉 70 実用的な少額コンテンツ管理・決済システム(ジャンルを横断する著作権管理データベースが統合的に運用され、検索・マッチングシステムや少額決済システムと連動して権利処理が半自動的かつ事実上無視できる水準の事務コストで実施されるようになり、権利者の手元に収入が確実に届くようになる)〈区分K〉
2027	02 1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、提供する機能サービスや介在するデータ群から、新たな付加価値を持つ情報を生み出し、新たな機能サービスを創出する自律的サービス進化したシステム〈区分A〉 06 すべての個人の日常行動が統計的に処理され、混雑、事故等を適切に検出し自動的に対策をとるシステム〈区分A〉 35 雇用や売買等の契約、納税等の社会活動を、本来の人格と並んで、アバターやハンドルネーム等の仮想人格の名で行う慣習が日本国内で広範に普及し、それらの一部は登記されたり、法人格を与えられたりするようになる〈区分D〉 36 法令情報検索により、提案するサービスが国ごとの法令に適合するかを認定し、提供可能条件を国ごとに明示するシステムが構成される〈区分D〉 51 災害現場で生存者識別し、救助に利用できる災害救助ロボット技術〈区分G〉 56 ネット上の情報を誰がいつ著述したのか、その確からしさはどの程度なのか、その後どのように改訂されていたのか等を、著者の自己申告によらずに管理し、非改ざん性を保証するエージェント技術〈区分H〉

実現年	課題
2027	71 感染症の発生や伝搬の迅速な予測技術(全世界的な経済活動と地域的な経済活動など、広範囲とローカルな両面の要因を持つ人の流動と、それぞれの地域ごとの気温や湿度・風向きなどの環境要因と、免疫機能など人が持っている生理学的な仕組みとをあわせて予測) <区分K> 72 コンピュータやネットを活用して、一般人を含む多数の人々の知識や意見を集約・総合する技術が、企業や政府を初めとする社会一般で、将来予測や意思決定等の手法として幅広く活用され、経営者や政治家・官僚、アナリスト等の専門家による判断を補ったり代替したりするようになる <区分K> 73 CG 技術、エージェント技術の進展により、バーチャル俳優が一般的になり、実写映画と見分けのつかないクオリティの CG アニメーション映画を、一般個人が調達可能な範囲のコストで制作できる技術 <区分K>
2028	14 現実世界の隅々にまでセンサなどが配備され、検索キーで指定した任意の地点にいる人の ID 等を知らなくても状況に対応した発信が日本全国でできるようになる <区分B> 15 現在情報検索はコンピュータに蓄積された情報に対して可能であるが、現実世界に関する指定した情報に対して高速かつ低コストで検索できる技術が普及する <区分B> 20 旅行など外に出かけることができない人でも、観光地のロボットを遠隔操作することで行きたい所に広画角・立体カメラと高臨場感音声取得マイク、触覚・雰囲気・においセンサなどを持っていくことで、あたかもその場にいるような感覚をもたらすことができるようにする技術(テレイグジスタンス技術) <区分C> 29 食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム <区分D> 31 遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する) <区分D> 33 優れた芸人の所作や職人の技やしぐさを自動的に取得し、アーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム <区分D> 39 世界中の WEB から収集した書籍、新聞・放送、学術論文などを用いて多言語の知識を自動的に蓄積したコーパスを構築し、それを多言語同時リアルタイム通訳技術に活用する <区分E> 75 情報格差(ネット通販、高品質仮想現実システムによるコンサート・展覧会・会議・懇談・遠隔恋愛等)に関して、ICT 活用により、過疎地のほとんどの住民が首都圏住民との差異を意識しなくなる <区分L>
2029	19 医者が遠隔地にいる患者と直接向き合っているかのように、優しく聴診器をあてたり、触診したり、口臭などを感じたりできる遠隔診察システム <区分C> 37 言語だけでなく文化的背景や地名人名などの固有名詞なども自動学習し機械翻訳できるシステム <区分E>
2030	09 実用的な量子暗号 <区分B> 18 家庭に居ながらにして、あたかも店に出むいて商品をたしかめているようなショッピングを可能とするために、手触り、香り、味を伝える技術 <区分C> 21 映画などの過去の映像作品から、その台本(せりふや役者への指示だけでなく、大道具、小道具を作成できるような記述も含む)の自動作成を可能にする映像の認識・理解の技術 <区分C> 30 地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム <区分D> 32 家族や親しい友人のごとく、日常生活上の話題応答や、テレビ番組の視聴中や、新聞・雑誌など読後の話し相手となってくれる知能ロボット <区分D> 48 日常において、生命にかかわる重篤な事態の発生の兆候を示す身体の異変を検知し、本人・周囲に知らせるシステム <区分G> 74 傷病、年齢、心身障害等、さまざまな理由により社会に参加できない人の社会参加を可能にするコミュニケーションツールとしての遠隔操作型ヒューマノイドロボット技術 <区分L>
2031	40 日本で世界の TV 番組のほとんどをネットワークを通して言語の障害なく視聴できる技術(国際理解の増進に貢献) <区分E> 53 現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術 <区分G> 55 ネット上のコミュニケーションにおいて、発信されている情報を人工エージェントが読み取り、発信内容から他の参加者と対面コミュニケーションを行っている場面をイメージ化して、自身の行為が適切か適切でないかの判断を促すイメージング技術 <区分H> 66 超大規模複雑システムの運用段階において、システム障害の発生リスクが許容値を越えた場合には直ちに検出・検知し、システム障害を自律的に未然に防止できる技術 <区分J> 67 超大規模複雑システムの開発に関して、人間作業員による作業関与を50%程度に抑えることができるシステム自動構築ツール <区分J>
2032	08 情報通信分野の各種サービスやアプリケーションのもたらす価値を含む主観評価実験を、実際の被験者を用いることなく十分な正確さで効率良く実施することができる擬似主観評価実験技術が確立する <区分B> 41 立体映像を含む多様な映像情報や音響効果を含む音声・音響情報を、質感やリアリティを伴って、視覚障害者・聴覚障害者に伝達することができる技術 <区分F>
2033	34 優れた創作者(作家、プロジェクトリーダー、研究者、教育者)の思考のプロセスなどを、その人に邪魔にならずに自動的に取得しアーカイブすることで、技術や文化を継承することができるシステム <区分D> 43 筋萎縮性側索硬化症(ALS)などの運動障害のある人が自分の意志・意図を直感的に対話相手に伝えられるようなポータブル会話環境 <区分F> 47 熟練技能者と同じ知覚を再現することにより非熟練技能者に熟練技能者のスキルを短期間で習得可能とする強化スーツ <区分G> 64 1億行以上のコードからなる超大規模ソフトウェアの仕様を表現・検証し、無矛盾な仕様を作成するための仕様作成技術 <区分J>

実現年	課題
2033	65 1億行以上のコードからなる超大規模複雑ソフトウェアの運用段階での品質が現状と同程度におさえるシステムの自動開発技術〈区分J〉 68 政策提言や制度設計の際に、社会的受容性や国内外での影響などを個人、個別問題のレベルの詳細さでシミュレーションし、問題点を把握する技術〈区分K〉 76 個人ごとの遺伝子情報、生体情報が組織的に薬品情報とリンクされ薬品の効果を定量的に予測することによって内科治療の入院日数を半分にできる〈区分L〉
2035	62 体内埋め込み型健康管理デバイスが我が国の人口の30%以上に普及する〈区分I〉
2036	26 情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム〈区分D〉
2037	16 外部のコンピュータやそのネットワーク、それらに接続された各種センサ・周辺機器等の全体を、人間が自らの脳や感覚器官、身体の延長として自然に使いこなせる技術〈区分B〉
2038	27 ヒトのアンチエイジングのために体内や体外に使用される高度医療電子情報システムが開発され、その効果により平均寿命が2010年の値よりも5年長くなる(2003年の統計では寿命5年延長に過去約20年間の生活改善・医療進歩があったが、近未来には生物学的限界に近づく)〈区分D〉 50 視覚障害者が健常者と同程度の安全性で日常生活を送ることができる人工視覚〈区分G〉
2039	10 第三者の視覚、聴覚の支援を行うための、自分の目や耳で得た情報を当該第三者の脳に直接伝達する技術〈区分B〉 45 脳の記憶機構に従って情報を記憶しやすい表現形態で提供する技術〈区分F〉 49 ほとんどの自動車が一般道で自動走行する〈区分G〉
2041以降	07 ニュートリノ通信、重力波通信あるいは未知の物理原理による情報通信技術〈区分B〉 11 人と人との意思疎通のために、自分の脳で考えている内容を目や耳を介さずに他人の脳に伝達する技術〈区分B〉 46 個人の記憶をコンピュータに移し、自分の記憶と同様なインタフェースで検索し、処理できるような、脳の記憶機能を拡張する技術〈区分F〉

No.3 分科会「バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる」の調査結果

目次

3. 1. 将来展望.....	225
3. 1. 1. 総論.....	225
3. 1. 2. バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム).....	228
3. 1. 3. バイオ・ナノテクノロジー応用技術.....	229
3. 1. 4. バイオ・ナノテクノロジー医療技術.....	230
3. 1. 5. 予防医療・診断.....	231
3. 1. 6. 治療(外来因子、代謝性疾患、精神疾患等).....	233
3. 1. 7. 再生医療.....	234
3. 1. 8. 農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む).....	235
3. 1. 9. エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術.....	237
3. 2. アンケート調査の回収状況.....	239
3. 3. 課題の区分.....	240
3. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	241
3. 4. 1. 課題の重要性.....	241
3. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	244
3. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	245
3. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	247
3. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	248
3. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	251
3. 4. 7. 新規提案課題.....	252
3. 5. グローバル課題・国民的課題の解決の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	254
3. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	254
3. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	254
3. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	256
3. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	258
3. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	260
3. 6. 集計結果一覧.....	262
3. 7. 課題別コメント.....	278
3. 8. 未来技術年表.....	286
3. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	286
3. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	288

3. 1. 将来展望

3. 1. 1. 総論

1. 検討範囲設定の背景

(1) バイオとナノテクノロジーの歴史

バイオテクノロジーには発酵という古い歴史があるが、遺伝子に直接介入する技術は新しく、1973年のコーエンとボイヤーによる遺伝子組み換え技術、1977年のサンガー、ギルバートらによるDNAシーケンシング法などの基本的技術の開発によって、クローン羊ドリー誕生(1996年)、マウス(1981年)およびヒト(1998年)ES細胞株樹立、ヒトゲノム完全解読(2003年)、iPS細胞作製(2006年)など生命の本質に迫る基礎研究成果が得られてきた。近年、応用面でもバイオテクノロジーは研究用ツールから実用技術へと広がりつつある。バイオよりさらに新しい科学技術であるナノテクノロジーはシーズ先行型研究として用途の探索が続けられている。

(2) バイオ・ナノテクノロジーに対する社会的ニーズ・期待感

人々の関心の中心が、発展途上国では食料確保・生命維持、先進国では快適生活と二極化しているが、バイオ・ナノテクノロジーは双方の欲求に応え得る基本的技術であり、世界の人々がバイオ・ナノテクノロジーに期待するところは大きい。

(3) 未来予測のための課題区分の選定

以上の背景に基づき、本分科会では、バイオ・ナノテクノロジーが関係する分野を大きく、医療、農林水産およびエネルギー・環境分野に分類し、それぞれの分野で重要と思われる課題の今後30年間の進展を予測調査の対象とした。ただし、医療関係は、農林水産分野およびエネルギー・環境分野に比べて研究対象、研究者とも多岐にわたるためさらに医療技術、予防医療・診断、治療および再生医療に細分した。しかし、具体的な課題設定とするため、治療に関しては代表課題として対象をがんおよび精神疾患に絞った。従って、必ずしも全てを網羅していない。

2. 調査結果の概要

回答者:

50歳代の36%を中心に20-70歳代の男女291人から回答を得た。84%が科学技術全般に関して高い専門性を有する研究開発従事者であるが、個々の課題に対して専門性を有する回答者は半数以下であった。

課題の重要度:

特に日本にとり重要とした回答者が「農林水産関連バイオ・ナノ産業技術」および「エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術」でそれぞれ27%および17%であったが、その他の課題区分では、世界・日本双方にとり重要とした回答者が80%以上に達した。具体的には、日本にとり重要な技術として、課題40「農作業を完全自動化するロボット技術」(51%)、課題41「流通可能な水産養殖品種を作出するための優良形質導入技術(耐病性、高成長性、脱アレルギー)」(51%)が挙げられ、世界・日本双方に重要な技術としては、課題27「がんの転移機構の解明」(96%)、課題28「自己免疫疾患を治癒させる治療法」(95%)、課題18「がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム」(94%)、課題24「アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術」(93%)等が挙げられた。

回答者からの新規提案として、「バイオ素材を用いた太陽エネルギー変換技術」、「荒廃地修復用有機物微粒子」、「ヒト、家畜排泄物等からのエネルギー生産」、「低利用植物資源を活用した作物戦略」等の農業・エネルギー関連課題が多く寄せられた。これらの分野では今回の調査対象課題以外にも目を配る必要がある。

実現時期:

個々の回答には幅があるが中心値でみると、技術的実現は、調査対象 58 課題の 60%が 2016－2020 年に、34%が 2021－2025 年に可能との予測結果であった。

一方、社会的実現(実用化)は、調査対象 53 課題の 13%が 2021－2025 年に、53%が 2026－2030 年に、32%が 2031－2035 年に達成されるとの予測結果であった。

バイオ・ナノテクノロジー基礎技術、農林水産関連バイオ・ナノ産業技術およびエネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術の課題の大半の実現時期は早く、技術的には 2020 年までに、社会的には 2030 年までに実現可能と考えられている。これらの技術に関しては、今後数年間研究・開発の両面で熾烈な競争が予想される。一方、精神疾患を中心とする治療に関しては、予想実現時期が遅いだけでなく、技術的実現から社会的実現までの期間が平均 10.0 年と長く、長期展望で取り組むべき課題であるとする意見が多い。

本調査対象期間は 30 年間であるが、前述したように、技術的実現は 15 年後までに、社会的実現も 20 年後までに大半が達成されるとの予測であり、実現までに長期を要すると判断された課題は少ない。このことは生命科学が、原理の解明やいわゆる「夢のような話」の時代から、達成期間をある程度見通せる応用の時期に本格的に入ったことを意味すると言えよう。

調査対象科学技術への取り組み姿勢

世界的・国民的課題の解決に重要な課題区分として、エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術および難治性疾患治療を挙げる意見がそれぞれ 34%および 32%で最も多い。具体的課題では、課題 3「細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術」、課題 9「タンパク質の高次構造から、タンパク質－タンパク質間の相互作用、タンパク質と DNA や RNA との相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術」、課題 18「がんや難病の発病リスクをバイオチップでの確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム」、課題 24「アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術」、課題 27「がんの転移機構の解明」、課題 33「iPS 細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)」、課題 34「iPS 細胞を利用した再生治療技術」、課題 35「がん化などのリスクを回避して、iPS 細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術」、課題 38「環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術」、課題 51「石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる」に注力すべきという意見が多い。

また、バイオテクノロジー応用技術、再生医療、農林水産関連バイオ産業技術において、「研究開発・実用化において日本が世界をリードすべきである」という意見が多く、国際連携に関しては全体として「米国・欧州と連携すべき」という意見が多い中で、農林水産関連バイオ・ナノ産業技術、エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術では中国との連携を重視する意見が目立った。

政府の役割として期待する声は、全般的には次世代人材育成が最も多く、バイオ・ナノテクノロジー医療技術およびエネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術では戦略・ビジョン策定が多い。また、再生医療では法制度改革、バイオ・ナノテクノロジー基礎技術・応用技術では大学改革、エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術では産業再編促進を望む声が聞かれる。

回答者コメント

回答者から賛否両論または悲観的コメントが以下の課題に寄せられた。これらの課題は、リスクが大きいがチャレンジすべき課題とも考えられる。

・実施の是非または可否が分かれる課題:

- ・課題 13「アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用)」
- ・課題 20「エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法」
- ・課題 29「幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法」
- ・課題 30「siRNA などの核酸医薬の全身投与による疾病治療」
- ・課題 35「がん化などのリスクを回避して、iPS 細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技

術」

- ・課題 37「視聴覚障害者に日常生活で視覚または聴覚の代替機能を与える装置またはシステム」
- ・課題 38「環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術」
- ・課題 42「生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品」
- ・課題 43「将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品」

・悲観的または否定的な意見があった課題:

- ・課題 8「マウスに代表される高等動物のある 1 つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術」
- ・課題 26「発達障害(広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥・多動性障害(ADHD))の分子レベルでの原因解明に基づく治療法」
- ・課題 33「iPS 細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)」
- ・課題 34「iPS 細胞を利用した再生治療技術」
- ・課題 39「物質生産のための最小遺伝子セットからなる人工細胞の構築による有用物質生産の技術」

3. 重要課題を振興するための方策

(1) 投資すべき重点課題の見極め

多くの回答者から重要度が高いと判断された技術は競争の激しい技術でもある。限られた研究・開発資源を効率的に投じるために、日本・自社・自研究室の強みを生かせる技術であるかを見極める必要がある。たとえば、地球温暖化対策として重要との指摘が多いバイオマス資源や新たなエネルギー源創出に日本の伝統である発酵・微生物培養技術を活用したり、少雨地での植物生産を可能とする保水性樹脂や植物工場とバイオテクノロジーとのハイブリッド技術を育成することも一法である。また、壁に突き当たっている創薬研究では、従来型研究手法・思考から脱却して研究開発手法そのものをイノベートできる企業が生き残ることになる。

(2) 重点投資のタイミング

実現予測時期をにらんで投資のタイミングを計る必要がある。短期的には実現可能性が高い技術へ集中的に投資すべきである。しかし、将来への布石も怠ってはならず、短期的投資と長期的投資のバランスが必要である。

(3) 人材育成

近年のバイオ・ナノテクノロジーは極めて高度複雑化しており、一人または小グループの研究者・技術者だけで解決できることには限界がある。学際的知識を豊富にもち、広角的思考ができ、コミュニケーション力のある研究者・技術者が必須であるが、大学での幅広い知識習得カリキュラム、サバティカル制度等が定着している欧米に比して、日本の大学教育は専門知識・技術習得に偏重している。科学技術・産業をリードできる人材養成には教育システムの改革が必要である。

(4) 戦略・ビジョン

工学、エレクトロニクス分野での進展が目覚ましい韓国、中国等の新興国に対して、バイオ・ナノテクノロジーは日本がまだ優位性を保っている分野である。本格的応用の時期に入った今こそ、「学」および「産」に蓄えられてきた知識・技術をフルに活用して産業的基盤を確固たるものにし、新興国の後塵を拝するようなことにならないようにしなければならない。「バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる」ことを念頭にしたビジョン・戦略の策定とその実行が産学官それぞれにとって急務である。

(小此木 研二)

3. 1. 2. バイオ・ナノテクノロジー基礎技術（原理、メカニズム）

(1) 研究開発状況の概要

バイオ基礎技術の研究開発は、生命科学の基礎研究と一体化しておく必要が本来存在する。これは、無論基礎技術の発展なくして知的な発見はなく、その逆もまた真であるからである。この分野の基礎技術は、発酵技術に代表されるように、歴史的には生物の生理学的・生化学的な側面を中心に開発されたものである。それが、分子生物学の発展により、タンパク質や DNA・RNA を直接に扱うことが可能になり、それらの知見を生かした研究開発が盛んに行われている。

一方、近年のゲノム科学の進展により、ゲノム関連の技術開発にめざましいものがあり、このゲノム科学から導き出された原理やメカニズムに基づくバイオテクノロジーの基礎技術開発が重要になってくるという認識が広く共有され出した。また、ゲノム科学のもつ枚挙性などから、超大量で多様な生命情報がつぎつぎと産生されてきており、それらを処理したり解析したりする情報科学の手法の導入が、この分野の基礎技術の研究開発には必須であるような状況が顕著となってきている。

これに呼応するかのように、1 分子のタンパク質はもちろんこと、ゲノムなどの DNA 分子や RNA 分子を可視化して、動的に細胞内の動向をリアルタイムで観察することが可能になってきている。このナノテクノロジーの研究開発でも、情報処理技術や可視化の情報技術が必須となってきている。

このようなゲノム科学の急激な発展とナノテクノロジーの発展は、今後はより相互に影響し合う形での基礎技術開発が頻繁に行われることになるものと思われる。

(2) ここ数年の動向

ここ数年の動向で特筆すべきものは、DNA 塩基配列決定装置の革命的な進歩であろう。約 10 年前まで、ヒトゲノムの全塩基配列を決定するのに約 15 年もの歳月と 600 億円を超えるような巨額な資金が投入された。現在では、ヒトの全ゲノムは、わずか数分から数日しかかからず、経費を数十万円で済むところまでになってきた。いわば、このゲノム DNA 塩基配列決定の急激な進歩は、ゲノムだけでなく、RNA などの転写物、タンパク質間の相互作用、DNA とタンパク質間の相互作用、エピゲノミクスやメタゲノミクスといった広範な現象や分野においても大きな技術革新を産んできており、大きく生命科学の基盤を塗り替えようとしている。

このような塩基配列決定技術の革新は、「シーケンス革命」と呼ぶにふさわしいほどのインパクトを持っており、基礎技術開発と応用技術開発の技術的かつ時間的なギャップを一気に埋めてしまう可能性さえ含んでいる。

また、1 分子イメージングの技術に代表されるようにナノテクノロジーのここ数年の進歩はめざましく、DNA 塩基配列決定技術にも DNA の 1 分子を取り扱うナノテクノロジーが導入されだした。このように、ゲノム科学とその関連した基礎技術がナノテクノロジーの技術と相互に関連して発展していく可能性が、ここ数年の研究開発動向にも表れているように思われる。

バイオ・ナノテクノロジーの基礎技術開発には、情報科学の技術の応用を取り込んだ研究開発が必須であるものの、この数年においてはそのニーズとしての認識はあるものの、具体的にあまり進んでいないように思われる。この点で、欧米や中国・インドなどに出遅れてしまうと、長期的な将来にも大きく影響が出てくる可能性があると思われる。

(3) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

本調査においては、細胞間の情報伝達系の解明、植物成長ホルモンシステムの研究、病原性ウイルス流行の未来予測、糖鎖の工学的応用を睨んだ基礎技術の研究開発が、これから重要と思われる具体的な課題として示されたが、これらは、上述した研究開発動向の一端を示すトピックとして理解される。

このほか、重要と思われるトピックやキーテクノロジー例としては、「iPS 細胞に基づく細胞分化機構の解明や再生技術への応用」、「パーソナルゲノム」、「RNA 大陸と機能性 RNA」、「エピゲノミクス」、「メタゲノミクス」、「1 分子イメージング」、「細胞動態」、「バイオインフォマティクス」、「システムズ・バイオロジー」、「がんゲノム」、「脳ゲノム」、「神経系の神経疾患の解明」、「免疫系とアレルギーの解明」、「1 分子シーケンシング」、「RNA-Seq」、

「可視化技術」、「Evo Devo」、「生物多様性とゲノム進化」、「バーコード・プロジェクト」、「DNA鑑定」、「比較ゲノミクス」、「バイオ・フラディクス」などが考えられる。

(4) 今後の展望

今後は、(1)ゲノム情報に基づく多様なバイオテクノロジー基礎技術の発展、(2)1分子を取り扱うナノテクノロジーの多様な分野における基礎技術開発の発展、(3)これらのバイオテクノロジーとナノテクノロジーのクロスオーバーによる融合的な基礎技術の発展、(4)両テクノロジーにおける情報技術の導入の深化、などが展望される。とくに、欧米はもちろんのこと、中国やインドなどの新興国の動向に注視しながら、我が国としての国家戦略の立案が急務となろう。

(五條堀 孝)

3. 1. 3. バイオ・ナノテクノロジー応用技術

(1) 概要

近年の当区分において急速に進展した技術として、ゲノム(遺伝子)、トランスクリプトーム(発現)、プロテオーム(タンパク質)、メタボローム(代謝物)、フェノーム(形質)などのオミクス情報を網羅的に取得する分析技術の発展により、生体成分のネットワーク的な解析が可能となったことがあげられる。この技術により、生物反応を論理的に把握・モデル化することが可能となり、生命活動におけるブラックボックスの解消に大きく貢献しつつある。

また、これらの技術は、さらに加速度的に発展することが見込まれており、生命科学研究に画期的な展開が開ける可能性がある。それには、膨大なオミクスデータから、真に有用な情報を抽出するバイオインフォマティクスの方法論と解析能力の大幅な向上が必須である。

90年代に欧米で広く行われた、ロボット技術も活用し化合物を網羅的に合成するハイスループットスクリーニング技術は、合成された化合物の構造の多様性が、これまで分取されてきた天然由来の化合物に到底及ばずに、周辺構造化合物を網羅的に合成するという手法の限界を露呈した。これまでの天然由来の化合物を狙ったスクリーニング(探索)技術にある、経験とアイデアに基づく精緻な活性検出システムの設計、活性が見出されるまでの粘り強い観察力と果敢な判断に、オミクスデータを有効に使う新しいバイオインフォマティクス技術を適応することが、これまでの日本のスクリーニング技術の更なる向上に大きく役立つであろう。

具体的な目標として、核酸、タンパク質の分子レベルの解析、疾病原因の分子レベル・細胞レベルでの追及、薬剤の構造モデル化と生体反応のシミュレーション、触媒酵素・高活性抗体のデザイン、機能分子としての核酸・タンパク質の設計、核酸分子薬の DDS、核酸分子の高度安定化などが上げられ、当調査においても課題として多く取り上げられている。

(2) 動向

遺伝子配列情報解析技術の高速化、コストダウンが大幅に進展し、一日に一つの微生物ゲノム配列が決まり、個人の全ゲノム配列が1000ドルで決定できる技術が実現しつつある。

イオン化しない生体成分、標準物質の入手できない物質の化学構造を推定できる MASS の開発、結晶化せずにタンパク質の高次構造解析を可能とする NMR 技術の確立など、生体成分の解析の手法が急速に進展している。

(3) トピック・キーテクノロジー

- ・分子及び細胞レベルでの化合物との相互作用の制御を基盤とした創薬技術の開発
- ・機能状態のタンパク質の立体構造を精緻に解析する技術
- ・タンパク質等の生体分子やその集合体である細胞の設計技術

- ・薬物の体内動態をモニターする技術とそれを活用した薬剤の安定性や薬物の代謝変換を追跡できる技術開発

(4) 今後の展望

- ・蛋白質の糖鎖、脂質、硫酸化等の修飾の解析技術開発が進展し、このようなタンパク質修飾による機能変換が判明し、生物システム全体の制御の理解が進展することによる、生命の恒常性維持機能についての情報が得られる。このことにより、がん、免疫疾患等の分子レベルの解析が進展し、有用な治療薬開発、診断手法について進展が期待される。
- ・機能性食品素材の組合せと疾病リスク低減化についての科学的な証明が進展し、食品による疾病予防技術が展開する。
- ・種々の化学物質の毒性予測技術にオミクスデータが活用され、短時間で有効な予測が可能となる。
- ・バイオ医薬・ワクチン製造向けの人工細胞システムが開発され、大幅なコストダウンが可能となる。
- ・核酸医薬の安定性、細胞・核内導入などの技術の進展により、特異性の高い治療薬の開発が進む。
- ・ナノチェンバーなどのチップ技術の更なる微小化とオミクスデータの解析技術の展開により、安価で網羅的な疾病診断、化合物のリスク評価法が確立する。
- ・ES 細胞における細胞分化因子の解析が進展し、細胞レベルから個体レベルまでの分化についての理解が進展する。
- ・選択性が高く、環境残留性の低い農薬、および、高収率、高生産性をもたらす生理活性物質など、植物、昆虫に対する化合物の各種活性についてのオミクス情報解析が進展し、安全で有効な農薬の開発が進展する。

(穴澤秀治)

3. 1. 4. バイオ・ナノテクノロジー医療技術

(1) 区分の概要

ナノ・バイオ医療は、近年飛躍的に技術開発が進んだナノテクノロジーとバイオテクノロジーによる方法論を組み合わせることによって、時空間世界における生命現象をナノレベルで解析・制御するシステムを構築し、その成果を医療に応用することを目的とする科学・技術領域である。ナノ・バイオ研究においては、ナノメートルレベルの微細加工や材料開発、1分子レベルでの生体分子の解析などが可能となり、これらを応用して、新しい医療技術や診断技術の開発、創薬研究基盤の構築が進められている。

具体的な例として、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を基盤として生体内を自走し各種操作を行う診断・治療用マイクロマシン、神経活動を検知しコンピュータを用いて信号化・処理・伝達することにより人間の思考内容を再現したり、義肢などを随意的に制御する技術、外部エネルギー制御やメソ制御などを利用して標的作用部位に薬物や遺伝子医薬品を運ぶドラッグデリバリーシステム (DDS)、アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする治療薬の開発など、多方面での応用が期待されている。

(2) 区分および関連する科学技術のここ数年の動向

ナノ・バイオ科学技術は、近年極めて急速に発展している。生命・創薬情報科学(バイオファーマコインフォマティクス)の構築と、ナノテクノロジーに代表される高機能創薬素材や微細加工技術の開発面における進歩は著しい。また、超高速シーケンサーの実用化により、大量のゲノム配列の解読だけでなく、各種 RNA などの転写産物の同定やエピジェネティックな解析なども可能となった。これら遺伝子情報に基づく疾患のメカニズム解明が、疾患標的分子の同定、治療法の開発、診断などに活用されている。

(3) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

本区分に関しては、ナノ加工技術を応用した体外・体内各種センサや、ナノ計測技術を応用した各種チップ、バイオツールの開発が推進力となり、マイクロアクチュエーターや生体インターフェイスデバイス等身体機能代替人工器官の要素技術の開発が強く望まれる。DDS などに加えて、診断用ナノセンシングカプセル、ナノレベルイメージングシステム、Human-on-a-chip (生体機能のナノ工学的評価)、バーチャル人体 (バイオシミュレーション) などがキーテクノロジーと位置づけられる。

今回の調査では、個別課題の中で、課題 16「神経活動を検知し、コンピュータを用いて信号化・処理・伝達することにより、人間の思考内容を表示する技術」が世界・日本双方にとり重要課題であるものの、技術的にも社会的にも実現しないとの回答の割合が他の課題と比較し高かった。特に、喜怒哀楽程度を表示するのは可能でも思考内容の全容を表示することが無理とか倫理的な課題が理由にあげられている。

(4) 今後の展望

将来の医療においては、人工臓器、人工感覚器等の身体機能代替人工器官や体内埋め込み型診断・治療デバイスの利用が一般化すると予想され、これら非・低侵襲で高機能化された医療デバイスの開発は、医療、薬物治療の高度化に大きく貢献するものと思われる。

ナノ・バイオ技術に加え、ナノ加工技術、ナノ計測技術などがこれらの基盤を構築する。これらナノ技術を応用することにより、ごく微量の血液などの生体試料から迅速かつ簡便に病気を早期診断し、個々人に応じた最適な治療・投薬が可能となる。

また、生理学的、薬理学的、動態学的データを情報学的手法と結合させることによって、細胞・生体機能とその制御メカニズムをコンピュータ上に再構築する生体シミュレーションも、生命体活動の演繹という本質的意味のみならず、応用においても創薬あるいは DDS 開発に大きく貢献するものと思われる。バイオシミュレーション技術は現在急速に進歩しており、今後さまざまな生物学的実験や動物・ヒト試験結果の解釈、さらには医薬品治療戦略の設計に応用されるようになる。創薬においては、究極的には、新規にデザインする化合物の化学構造から *in silico* で薬物の体内動態 (ADME) および毒性 (Tox) (ADME/Tox 特性) や治療効果の予測が実現するものと思われ、理論化学やコンピュータサイエンスに加え、構造生物学およびシステムバイオロジー領域がますます発展し創薬サイエンスとしての基盤構築が推進される。

(橋田 充、古市 喜義)

3. 1. 5. 予防医療・診断

(1) 研究・開発動向

近代医療は感染症対策により進歩し、最初の大きな成果はワクチンによる予防接種である。20 世紀半ばからの化学療法に進歩および生活環境改善により、予防接種依存度が一時低下したが、高額な化学療法剤入手が困難な発展途上国でのニーズの顕在化および先進国での高齢化に伴う易感染者の増加等の要因により再び予防接種の需要が増大している。また、生活習慣病の代表であり、それ自身では自覚症状を伴わない疾患である高血圧症、糖尿病等の治療薬は、その後の心血管障害のリスクを低減する意味で予防薬と呼ぶことができる。生活習慣病対策は 20 世紀後半に本格化し、先進国では現在最も重要な医療分野のひとつとなっている。

一方、診断技術は病因の分子レベルでの解明と工学・情報科学的診断装置の開発があいまって急速に進歩した。病因および病原分子の解明が本格化したのは、バイオテクノロジーが実用レベルに達してきた 1980 年代であり、分析技術の進歩もあってバイオマーカーが続々と見出されて診断レベルが大幅に向上した。CT、MRI などの画像診断装置は IT の進歩により大量情報の処理が可能になったことに負うところが大きい。

(2) キートピックス、キーテクノロジー

予防の本質は本来生体が持っている潜在的能力を引き出すことにあり、このためには自然免疫と獲得免疫か

ら成る免疫の機構を十分理解する必要がある。近年、自然免疫のキー分子として Toll-like receptor、C-type レクチンファミリーなどの役割が明らかにされ、これらの分子が感染防御だけでなくアレルギー、リウマチ、糖尿病などの進展にも関与していることが明らかになりつつある。獲得免疫の中心となる抗体は、がんの分子標的薬として高い評価を得ており、抗原分子のエピトープを用いた人工ワクチン創製も試みられている。

診断は、病巣部位の状態を直接把握する方法と病巣部位以外で病状を推定する方法に大別される。前者は古典的なバイオプシーのほか、CT、MRI、PET などの画像診断が中心であり、画像診断のために病巣を特異的に標識する方法が種々考案されてきた。一方、病巣以外、特に血液を用いて病状を推定するための疾患特異的なマーカー分子の発見には高機能化が進んだ質量分析器の寄与が大きい。また、血中マーカー分子の安価・迅速な検出には抗体を用いた ELISA が大きな威力を発揮している。抗体は、生体内の遺伝子情報伝達ネットワークにおける特定分子の機能を解析するうえでも必須のツールとなっている。

(3) 調査結果

調査対象とした 3 課題のうち 2 課題、バイオチップを用いたがんや難病の発症予測システムおよび認知症等の脳神経疾患の発症予測技術が世界・日本双方に重要と回答した回答者がいずれも 90%を超え、かつこれらの技術の実現時期は比較的早いと予測する回答者が多かった。その他、予防・診断に関連する課題で世界・日本双方に重要という回答が多かった課題として、課題 24「アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術」、課題 27「がんの転移機構の解明」が挙げられる。

また、先進国で喫緊の課題である生活習慣病の予防は食の面から解決すべきであるとの意見が多く、課題 42「生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品」、課題 43「将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品」、課題 45「高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法」、課題 47「DNA チップや分光センサ等種々のセンサで生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するセンサネットワーク技術」等を特に日本において重要視する回答が目立った。

(4) 今後の展望

前述したように、生活習慣病に対して用いられている医薬は広義にはその後の重篤疾患に対する予防薬である。患者にとっては、医療・医薬から離脱できる根本的治療が望ましいが、複雑な要因から成る生活習慣病の根本治療は非常に難しく、今後も当分の間原因因子抑制的医療が継続すると考えられる。近年の研究で、生活習慣病においても免疫機構、特に自然免疫の機構が深くかかわっていることが明らかにされてきており、生活習慣病予防薬の標的として免疫関連遺伝子に対する注目度が高まると予想される。また、感染予防が本来の役割と考えられていた抗体は、がん治療薬およびリウマチ等の自己免疫疾患治療薬としての優れた効果を実証されたため、今後も抗体医薬の研究が活発に進められよう。

健康管理の観点からは、疾患発症後の治療より予防のほうがはるかに望ましい。しかし、医薬候補物質の疾患予防効果を科学的に実証するには介入を伴う大規模かつ長期の臨床試験が必要であり、現行制度下での予防薬の開発は実質的に不可能である。優れた予防効果が期待できる医薬に関しては、安全性試験と動物実験データのみで仮承認するなどの法制度の改革が望まれる。

診断薬、診断機器は治療方針の決定に大きな役割を果たしている。診断薬は新たなバイオマーカーの発見、その検出感度の向上とともに、エレクトロニクス技術、IT を取り入れた測定・データ管理が普及してきており、診断のデジタル化がますます進むものと思われる。診断機器そのものの性能はエレクトロニクス技術、IT のおかげで非常に高いレベルに達している。しかし、標的組織を特異的に識別する技術および身体深奥部組織の状態を放射性物質を用いずに調べる技術に関しては改善の余地がある。

(小此木 研二)

3. 1. 6. 治療（外来因子、代謝性疾患、精神疾患等）

(1) 本区分の背景

現在、優れた治療法の開発により高血圧、高脂血症、胃潰瘍などの治療満足度の高い疾患がある反面、治療満足度に比較し薬剤貢献度の低い各種がん疾患や自己免疫疾患など、現在の治療では未充足なアンメットメディカルニーズの高い疾患も存在する。また、高齢化社会に向けて治療満足度の低い認知症やその他の神経変性疾患、統合失調症や難治性うつ病などの精神・神経疾患、外傷性や発達性の攻撃性の増大、衝動性の亢進、怒りのコントロール障害などの情動障害や社会的行動障害、そして、高機能を含む自閉症や注意欠陥・多動性障害 (ADHD) などの発達障害についての根本的な治療が要請されているが、未だ実現されているとはいえない。

(2) 調査結果について

本区分では、上記の問題を踏まえて以下の 12 課題を設定した。

- ・課題 20「エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法」
- ・課題 21「人体（構造、生理、病態）をコンピュータ上に再現したバーチャル患者の活用による疾患発症機構の解明」
- ・課題 22「記憶とシナプス可塑性の関係を含む神経回路網の形成メカニズムの分子レベルでの解明」
- ・課題 23「怒り、攻撃など情動行動の発現調整機構の解明」
- ・課題 24「アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術」
- ・課題 25「統合失調症やそううつ病の原因の分子レベルでの解明に基づく治療法」
- ・課題 26「発達障害（広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥・多動性障害〈ADHD〉）の分子レベルでの原因解明に基づく治療法」
- ・課題 27「がんの転移機構の解明」
- ・課題 28「自己免疫疾患を治癒させる治療法」
- ・課題 29「幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法」
- ・課題 30「siRNA などの核酸医薬の全身投与による疾病治療」
- ・課題 31「遺伝病などの原因となる異常遺伝子を体内で修復する技術」

本区分に属する課題は、「世界・日本双方にとり重要」という回答率が 85.9%と、区分「予防・医療診断」の 89.8%に次いで多く、必要性の高さがうかがえる。この回答の多かった課題の上位 1 位と 2 位は、がんの転移機構に関する課題 27 と、自己免疫疾患治療に関する課題 28 とが占めており、専門家の関心と、社会的要請の高さを再認識できる。

課題の実現を牽引するセクターに関しては、社会的実現と技術的实现ともに大学との回答が最も多い。

これは妥当な結果であるが、確立された治療法を安価かつ迅速に社会に浸透させ、さらに発展させるには、大学以外での取り組みや複数セクター間の連携が必要である。ただし、今回の調査の結果ではその点は数字には表れておらず、この機会に大学以外での取り組みの必要性を訴えるものである。

技術的实现時期と社会的実現時期の差(平均値)は、No.3 分科会全体で 8.3 年、これに比べて本区分の平均値で 10.0 年と長い。これは安全性の確保等から必要な期間ではあると思われるが、より短縮できるように制度、研究・普及体制の改革等が望まれる。

(3) 今後の展望

本区分の課題に関連するアンメットメディカルニーズを満たす画期的な医薬品・治療法の開発には、疾患の発症原因の分子メカニズムの解明、創薬ターゲットの探索と疾患関連性の検証を効率的に進めうる先端的な技術開発が必要不可欠である。

また、画期的な医薬品開発の効率化や成功確率の向上には、ヒトでの疾患病態をよく反映する疾患モデル動物の作製、バイオマーカーの同定、ファーマコゲノミクス、高度なニューロイメージング技術など、前臨床段階の基礎研究と臨床段階の患者治療とをむすぶトランスレーショナルリサーチが重要である。

従来の低分子化合物薬や抗体医薬に加え、核酸医薬、細胞医薬や遺伝子治療などにおいて、将来的には種々の技術的問題が解決されることにより画期的な医薬品や治療法が開発され、個々人の疾患病態や遺伝的背景に応じて最適な薬剤や治療方法を選択できる医療環境を実現されることを期待する。

なお、今回の課題では、上記の通り、治療の対象をがんおよび精神神経疾患等に絞っているが、糖尿病の治療等、上記以外のアンメットメディカルニーズを満たす試みも大規模且つ長期的に行わなければならないだろう。

(加藤 元一郎)

3. 1. 7. 再生医療

高齢化社会において、臓器や組織を置き換えることが可能な再生医療は、究極の医療として社会の大きな注目を集めている。各種組織に分化する分化多能性を保つ胚性幹細胞 (Embryonic Stem cells: ES 細胞) の発見により、再生医療の実用化が注目された。更に、国内で iPS 細胞が発明されたことにより、ES細胞で見られた倫理的問題点を含むことなく、再生医療の実用化が可能であることが示され、世界的にも注目されている。しかし、再生医療の実現には、iPS 細胞を含む幹細胞の増幅技術や誘導技術の開発が必須であるほか、その培養や保存技術においても技術開発が必要である。ただ、本区分は、技術進展が早く、急速に実用化に向けた技術課題の解決が報告されている。iPS 細胞の実用化に向けた課題とされた導入遺伝子の数の減少は多くの報告により、実現され、2010 年には低分子化合物のみで、iPS 細胞の樹立の成功が報告された。また、iPS 細胞から作成される細胞の種類も、益々増加してきており、再生医療の実現に向けた着実な進展を感じさせている。

一方、開発された技術あるいは製品が社会において適切に評価されるためには、安全性の確保も極めて重要であるが、生体内での安全性評価などは未だこれからの課題である。本区分は、幹細胞の組織への分化法、培養技術、保存技術、組織の構成方法などから構成される。

(技術的重要性)

再生医療に関わる技術は、再生医療という医療分野だけでなく、人工的な細胞や組織を作ることも可能であり、実験動物の使用を削減することにつながるほか、医薬品の副作用の予測など創薬分野への応用も期待される。特に、遺伝子疾患の患者から作成した幹細胞では、患者と同じ表現形質を持った細胞は、病因の研究や薬剤のスクリーニング (選別) など治療法の開発に有用である。既に、いくつかの遺伝病やパーキンソン病などの中枢性疾患において患者の細胞からの iPS 細胞の樹立が報告されており、急速な進歩を示している。

(社会的重要性)

再生医療技術は、高齢化に伴い一時的な修復が不可能になった人体の組織を再構築できることから、最終の治療技術として大きな社会的な注目を集めている。パーキンソン病などの神経変性疾患、脊髄損傷、脳梗塞、糖尿病、肝硬変、心筋症など根治法の無かった疾患が、広範囲に対象として考えられている。

(将来性)

幹細胞の再生医療に応用するためには、特定の細胞への効率的な分化技術、分化した細胞の選択技術、培養技術、保存技術、移植技術、などが、開発される必要がある。また、移植した細胞の拒絶反応の解決も必要である。遺伝子導入技術や多分化能を維持する技術なども必要である。

また、幹細胞を生体外にて増殖させ続けると、染色体変異、遺伝子異常が生じて次第に蓄積していく事が明らかとなっており、がん化するリスクの回避方法が実用化に必須である。

(森下 竜一)

3. 1. 8. 農林水産関連バイオ・ナノ産業技術（機能的食品等を含む）

(1) 概要

本区分は、農林水産業を基盤とした研究がどのように発展し、また、どのような技術が必要とされるかを問うものである。本区分の最重要課題は「食と健康」という国民生活の根底を支えるものである。世界的に見た場合の食糧不足は、食糧自給率が極めて低い日本において今後深刻な問題を引き起こす可能性がある。

特に水産食品に関しては、水産資源の世界規模における画一的な実態調査が不足していること、各国の経済施策の違いから、日本が今後厳しい状況に立たされる場面が想定される。海産物を主要な副食としている我が国においては、採取のみによる資源獲得は、最早安定的な確保をするためには不十分である。今後、水産分野でも、従来の養殖に加えて、優良な養殖形質を導入した水産養殖品種が求められるであろう。今回のアンケート結果では、優良な形質を有する水産食品の技術開発は 10 年以内に実現すると回答した人が多くいたが、社会的実現予測時期はそれよりもかなり遅くなるであろうと予測された。このことは、食の技術革新に対する消費者の抵抗を予測している結果ではないだろうか。未利用資源の活用や、栽培技術の革新の必要性は認識されてはいるものの、安全に対する不安が交錯している現状が見える。これは、他の研究分野と大きく異なる点ではないだろうか。「食」は、生命の根源に関わる問題であり、生活の質を向上させることを目指す他の分野とは違い、安全と安心により高い関心が向けられている。

生産技術の面からは品質管理の高性能化、あるいは自動化への取り組みとして出荷前品質管理や、農作業の完全自動化システムが 10 年以内には実現するであろうと予測されている。また、砂漠などでの農業生産を可能にすることが、世界的に見た食糧不足を解決する方法であると思われる。これらの技術的開発と実現は、民間企業によって牽引されると考えている人が多かった。最新技術を駆使し、生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質や微生物汚染等を防止する新しいセンサの開発なども必要とされている。これらの技術の実現は 10 年以内に達成され、社会的実現はそれより少し遅れてなされると回答した人が多い。流通における技術革新もまた本研究分野の重要課題である。

本区分で最も重要と考えられるのは、「食と健康」との関わりに基づく研究開発である。先進諸国では、過剰なエネルギー摂取による肥満に起因する生活習慣病が国家的な問題として今もなお、取り上げられている。1990 年に日本で発明された「機能的食品」は、食品を栄養素の供給源という視点から、生理機能を調節し、積極的に健康増進、疾病の発症を予防するという「医食同源」の思想から食を位置づけることとなった。

機能的食品は、かつてない高齢者社会を迎えた日本において、その果たすべき重要性が再認識されつつある。脳機能、嚥下、咀嚼機能の衰えた高齢者が自立して食生活を営めるよう栄養面、嗜好面だけでなく生理機能調節、老化予防などの積極的向上を目指した機能的食品の開発は急務である。高齢化社会を「食」から支えるための食品と食事法の開発は特に日本にとり重要と考える人が多く、「食」による疾病予防を実現するための食品の開発にも期待が寄せられている。これらの技術は人々の健康を維持する上で極めて重要なものであり、技術的な実現を牽引するセクターとして、大学のみならず民間企業の貢献が期待されている。

健康に対する施策は、先進諸国にとって社会構造をも揺るがす懸案課題である。成人病の発症や症状は、個人差が大きく、生活習慣に加えて個々人の遺伝的資質も影響している。そこで、個人に適応したテーラーメイド機能的食品の開発と実現が必要とされる。テーラーメイド機能的食品は、近年増加傾向にあるアレルギーなどの免疫過敏症への対応としてもその重要性が指摘されている。低アレルゲン食品や、アレルギーを軽減させるための食品開発が大いに期待されている。

しかし、健康と食の問題は、個人の問題であるがゆえに、栄養や食品に対する国民の正しい理解と行動が求められる。食の安全と安心は行政や企業の施策によって牽引されるのではなく、消費者の意識改革も必要であろう。食育の充実と正しい情報ネットワーク作りも取り組むべき課題である。

(阿部 啓子)

(2) 農林水産関連バイオ・ナノ産業技術の近年の動向

FAO によれば、2009 年に世界の飢餓人口は 10 億人に達し、2050 年までには食料生産を 70% 増加させる必

要があるという。穀物価格は高止まりし、いくらお金を払っても食料を買えない時代が到来する危険性がある。日本の自給率が現政府のもくろみ通り 50%になったとしても、50%は海外の食料に頼らざるを得ないことを考えれば、国内での食料生産と同じ比重で海外の農地での食料生産を考えなければならないことは自明の理である。国内・海外を問わず、日本が食料を得る道は圧倒的に世界を席卷するような食料生産技術の開発しかなく、このことによってのみ、安定的な食糧供給が測られるものと考えられる。

デルファイ調査の結果からは、食糧の安定供給を示唆する科学技術の必要性に加え、持続可能な生産を可能とする環境に優しい技術の開発が見て取れる。日本の食糧確保を強固にするためにもこの 2 つの方向は国内生産および海外生産の双方において重要な観点であろう。

イネの全ゲノム解明に始まり、さまざまな作物のゲノムが解明されつつある中で、家畜でもウシやブタなどの産業動物のゲノム解明と各種遺伝子データベースの整備が進み、作物・家畜ともに研究の焦点は、膨大なゲノムデータをどう読むかの、ポストゲノム時代に突入している。人為的な遺伝子改変技術を用いた GM 作物は、世界的には広く流通しつつあるが、日本で GM 作物・家畜を受容するだけの国民的コンセンサスが得られる見通しはない。GM 作物・家畜の詳細な解析が望まれる。これに代わり、ゲノムデータを用いた新たな育種技術、いわゆる分子育種が台頭し、これからは作物の収量や成長などこれまでは表現型のみで判断されてきた「量的形質」の育種が始まろうとしている。植物生理学の進展と相まって、今後急速に進んでいく分野であると考えられる。

一方、家畜のポストゲノムはいまだに先が見えない。動物は植物に比べ、複雑なメカニズムを有している上に、乳量や肉質、成長といった量的形質を支配する遺伝子もより複雑であるからである。一時期、クローン動物がもてはやされた時期もあったが、家畜の生産に必要な技術としてではなく、医療への応用が主な標的となりつつある。クローン技術の波及技術が畜産に応用される可能性はあるだろうが、クローンそれ自体が食糧供給の決め手となることはなく、農業関連研究予算の投資先としては、不適當であるといわざるを得ない。

一方、これら生産をプラスに向ける技術開発とは別に、作物では病害虫による生産ロスは 30%をはるかに超えるといわれており、またポストハーベストロスも 30%くらいであると考えられている。また家畜では、世界的に伝染病による生産の低下や、過度の改良により発生するいわゆる生産病によるロスが問題となっている。これらマイナス要因を排除するための研究は今後ますます重要であり、研究開発が推進されなければならない。

(前多 敬一郎)

(3) 一次生産におけるキーテクノロジー

現在はイネやウシ、ブタなどで完了したゲノム解析が、より多くの作物・家畜へと広がっていく必要がある。ことにこれまで緻密な育種の困難であったイモ類のゲノム解析は、重要である。食用としてはもちろんのこと、エネルギー作物としての利用が盛んになってくるからである。

ポストゲノムテクノロジーとして、イネで進んでいるような分子マーカー育種に加えたピラミディングによる品種改良が他の作物においても進んでいく。またゲノムデータベースを用いた植物生理研究により、ストレス耐性(耐旱性、耐塩性、耐湿性)の作物、耐病性をもった植物への改良が進む。病害虫については、植物免疫賦活剤や生物農薬、高い選択性を持つ化学農薬の開発が進む。

家畜においては、品種改良を速めるための生殖工学が重要である。これまでは生産性が主な育種目標であったが、遺伝病などマイナス要因の軽減が重要な育種目標となる。家畜においてもゲノムデータベースを用いた育種が重要となる。家畜特有の感染症や、人畜共通感染症のメカニズム解明は、食のグローバル化に向けて重要である。

(前多 敬一郎)

(4) 人材育成と農業関連科学技術政策

ライフサイエンス分野での食料生産関連研究分野への研究費配分は決して多いとはいえない。農学の守備範囲が拡大し、医学や薬学、理学などへの人材流出が甚だしいことから、農学への予算配分が食料生産に関する研究に 100%貢献しているとはいえない現状である。食料生産という観点に立った研究評価の厳格化が望まれる。

人材育成についても同様の傾向がある。食料生産関連研究分野への優秀な人材確保を担保するため、産官学が一体となった研究コンソーシアムの形成などを考えていく必要がある。

(前多 敬一郎)

3. 1. 9. エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術

(1) 概要

日本が優位性を持つと認識されてきた発酵・酵素技術を用いたモノづくりは、本科学技術予測調査では、バイオ・ナノテクノロジーとして取り上げられている。その出発は、アミノ酸、抗生物質などを微生物を用いて製造する工業的プロセス開発の成功にある。その本質は、原料化合物を目的物質へ転換する酵素活性を有する微生物を、天然界から探し出すスクリーニング(探索)技術にある。経験とアイデアに基づく活性検出システムの設計、活性が見出されるまでの粘り強い観察力と果敢な決断の結果、この20年を見るだけでも、プラバスタチン、トレハロースのような世界的に大きな市場を形成したものばかりでなく、新しい有用物質製造法としてプロセスが確立され、上市された事例は枚挙に暇がない。これこそが、伝統的に日本が強いとされる発酵・酵素工業の成果であり、現在でもその地位は、プロセス開発力において世界の追随を許していない。

近年、これまでの高付加価値の生産物だけでなく、燃料用バイオエタノールやプラスチックポリマー原料などの安価なコモデティーケミカル製造を、バイオ由来原料から行う必要性が論議されるようになった。石油由来原料からの脱却、地球温暖化対策としての排出CO₂の削減が政府、産業界の大きなニーズとなってきた。そこには、生産規模が、従来の最大生産規模であるアミノ酸の三百万トン/年から、新しい生産規模は数千万トンへの大幅な拡大が予想され、その原材料として用いる有機資源の選定、確保が重要課題になってきた。

本調査でも、これらの視点からの技術課題の提起が主題になりつつある。

具体的には、バイオマス資源由来の材料の選定、廃棄物系有機物の資源化技術、バイオマス原料向けの植物育種、CO₂固定能力の向上、CO₂の循環型社会構築のためのゼロエミッション技術などがある。

また、環境に散布された微生物や遺伝子の拡散制御技術、そのための環境情報・生物情報のリアルタイムモニタリング・センサネットワーク、生物学的作物保護などの課題が、本調査で取り上げられている。その中でも、原材料の選定とその活用についての技術開発は、とくに我が国に重要な課題であるとして、本調査結果でもまとめられている。

(2) 動向

政府のCO₂の25%削減国際公約、バイオマス燃料革新協議会、バイオマスニッポン総合戦略に見られるエネルギー源としてのバイオマス利用とその一環としてのバイオエタノール生産、また、資源の枯渇・高騰を見越したプラスチックポリマー原材料の石油原料からの脱却を目指した、コモデティーケミカルのバイオ素材からの製造研究が重要な政府目標となりつつある。

これらの分野へのバイオ・ナノテクノロジー技術の応用展開が、排出CO₂削減にどの程度効果があるのか明示し、ライフサイクルアセスメント(LCA)の観点からも、バイオ技術のこの分野への貢献を正しく提示する必要がある。

(3) トピック・キーテクノロジー

酵素活性の探索方法の革新的改良は重要な方向性である。これまでの活性探索系の構築における経験と実績に基づく優位性をさらに発展させる目的において、網羅的に取得することが可能となってきたゲノム(遺伝子)、トランスクリプトーム(発現)、プロテオーム(タンパク質)、メタボローム(代謝物)、フェノーム(形質)などのオミクス情報から、生物反応を論理的に把握・モデル化することが可能となり、探索系の構築に新しいコンセプトとテクノロジーに道を開きつつある。

これらのオミクス情報は、今後のバイオインフォマティクスの方法論と解析能力の向上によって、最適な酵素タ

ンパク質の設計、反応プラットフォームとしての細胞のデザインなどに、活用されることが期待される。具体的には、物質転換酵素のデザイン(高効率、高度安定性)、発酵宿主微生物細胞のデザイン(代謝経路、細胞膜構造(基質取り込み、生産物排出)、代謝エネルギー高効率化)などである。そこでは、合成生物学の考え方とミニマムゲノム細胞の技術の応用が重要なコンセプトであり、物質転換の触媒作用を担う酵素・微生物の CO₂、および代謝エネルギーバランスの高効率化や運動タンパク質を利用した高効率エネルギー変換技術などの展開ができる。

(4) 今後の展望

本分野の重要課題として、CO₂ 固定能を大幅に増強した植物・藻類の育種技術、廃棄物系有機物から効率よくバイオ燃料、バイオプラスチック素材を生産するシステムの構築が上げられる。それには、膨大なオミクスデータから酵素タンパク質や最適な宿主細胞の設計に有用な情報を抽出しうるバイオインフォマティクス技術の構築が、重要な要素となる。

その技術は、活性探索系の構築においても革新的な進展をもたらす可能性を有しており、期待が持てる。

高付加価値のスペシャリティー化学品だけではなく、大量の生産量が必要なコモデティー化学品の生産にも日本のバイオ・ナノ技術を展開するには、原料選定・確保が重要課題である。廃棄物系有機物を対象とするならば、その前処理技術がキーであり、省エネ・省資源型の技術開発が望まれる。それは、CDM を活用した途上国との連携においても重要な技術となり、今後の大きな展開が望まれる。

(穴澤 秀治)

3. 2. アンケート調査の回収状況

No.3分科会「バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下のようになっている。

表 3.2-1 No.3 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
386 人	333 人	86%	332 人	291 人	88%

性別	男	270 人	職業	会社員	48 人 <th rowspan="3">専門度の平均</th> <th>高</th> <td>12.7%</td>	専門度の平均	高	12.7%
	女	21 人		大学等教職員	191 人		中	26.4%
	無回答	なし		研究機関職員*	28 人		低	60.9%
年代	20 代	なし	職種	団体職員	6 人			
	30 代	19 人		その他	18 人			
	40 代	83 人		無回答	なし			
	50 代	105 人	職種	研究開発従事	244 人			
	60 代	69 人		上記以外	46 人			
	70 代以上	15 人		無回答	1 人			
	無回答	なし		合計	291 人			

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

3. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げるための要件等について議論し、これに基づいて以下の課題の区分を設定した。

表 3.3-1 課題の区分

A	バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)
B	バイオ・ナノテクノロジー応用技術 核酸、蛋白質の分子レベルの解析、疾病原因の追及、薬剤の構造モデル化、生体反応のシミュレーション、触媒酵素のデザイン、機能分子としての核酸、蛋白質の設計等
C	バイオ・ナノテクノロジー医療技術 薬物の体内動態の精密制御、非・低侵襲の医療デバイスの高機能化
D	予防医療・診断 精神疾患の発症予測、バイオチップ診断システム、認知症等の発症予測
E	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等) 疾患の発症原因の分子メカニズムの解明、創薬ターゲットの探索と疾患関連性の検証技術、トランスレーショナルリサーチ等
F	再生医療 幹細胞の組織への分化法、培養技術、保存技術、組織の構成方法等
G	農林水産関連バイオ産業技術(機能性食品等を含む) 脳機能、嚥下、咀嚼機能の衰えた高齢者に対応した機能性食品、生活習慣病の予防に対応したテラーメイド機能性食品、機能成分等
H	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術 バイオマス資源由来の材料、微生物の拡散制御技術、運動タンパク質を利用した高効率エネルギー変換技術、ゼロエミッション、生物学的作物保護、環境情報・生物情報のリアルタイムモニタリング・センサネットワーク

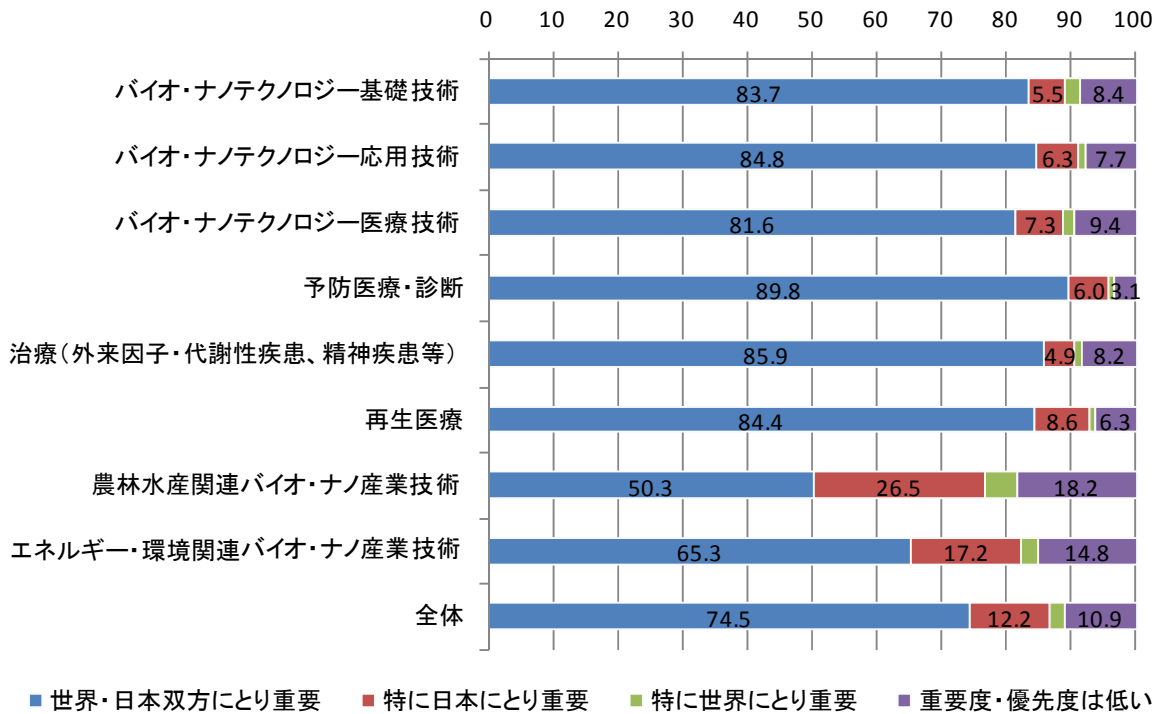
3. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

3. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題全体では、「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題(74.5%)が最も多く、次いで「特に日本にとり重要」と評価された課題(12.2%)が続く。

図 3.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、世界・日本双方にとり重要な課題が含まれる区分としては、「予防医療・診断」(89.8%)が最も多く、次いで「治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」(85.9%)および「バイオ・ナノテクノロジー応用技術」(84.8%)が続いている。特に日本にとり重要な課題が含まれる区分としては「農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)」(26.5%)が最も多い。特に世界にとり重要な課題については、どの区分についても割合はそれほど大きくはなかった。一方で、重要度・優先度が低いと評価された課題が比較的多く含まれた区分は、「農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)」(18.2%)で重要度の評価が分かれている。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順に上位20位以内の課題を下表に示す。「再生医療」、「治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」区分の関連課題がそれぞれ5課題含まれている。

表 3.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
25	統合失調症やそううつ病の原因の分子レベルでの説明に基づく治療法	100.0	2024	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
28	自己免疫疾患を治癒させる治療法	98.7	2022	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
38	環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	98.6	2020	2028	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
24	アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術	98.2	2020	2031	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
19	脳神経疾患(認知症、パーキンソン病など)の発症を予測する技術	98.0	2019	2027	予防医療・診断
18	がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム	97.8	2019	2027	予防医療・診断
27	がんの転移機構の解明	97.4	2019		治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
09	タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術	97.0	2019	2028	バイオ・ナノテクノロジー 応用技術
29	幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法	96.9	2022	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
36	臓器を移植するための長期培養・保存技術(自家組織を含む)	96.8	2019	2027	再生医療
13	アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用)	96.4	2023	2033	バイオ・ナノテクノロジー 医療技術
37	視聴覚障害者に日常生活で視覚または聴覚の代替機能を与える装置またはシステム	96.3	2020	2028	再生医療
01	ウイルス変異予測シミュレーションに基づく総合的危機管理システム	95.7	2020	2027	バイオ・ナノテクノロジー 基礎技術(原理、メカニズム)
33	iPS細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)	95.6	2024	2033	再生医療
56	地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	95.5	2019	2027	エネルギー・環境関連 バイオ・ナノ産業技術
35	がん化などのリスクを回避して、iPS細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術	95.3	2021	2030	再生医療
34	iPS細胞を利用した再生治療技術	95.2	2021	2032	再生医療
51	石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる	95.2	2022	2030	エネルギー・環境関連 バイオ・ナノ産業技術
17	孤発性のうつ病や統合失調症等の精神疾患の発症を予測する技術	94.8	2020	2029	予防医療・診断
03	細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術	94.7	2018	2025	バイオ・ナノテクノロジー 基礎技術(原理、メカニズム)
08	マウスに代表される高等動物のある1つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術	94.2	2024	2033	バイオ・ナノテクノロジー 応用技術

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位10位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」関連が5課題、「予防医療・診断」関連が2課題となっている。技術的実現時期は2019年から2024年の間に分布している。

表 3.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
27	がんの転移機構の解明	95.9	2019		治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
28	自己免疫疾患を治癒させる治療法	95.0	2022	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
18	がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム	94.1	2019	2027	予防医療・診断
24	アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術	92.9	2020	2031	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
09	タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術	92.7	2019	2028	バイオ・ナノテクノロジー 応用技術
25	統合失調症やそううつ病の原因の分子レベルでの解明に基づく治療法	92.1	2024	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
13	アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用)	90.9	2023	2033	バイオ・ナノテクノロジー 医療技術
37	視覚覚障害者に日常生活で視覚または聴覚の代替機能を与える装置またはシステム	90.7	2020	2028	再生医療
19	脳神経疾患(認知症、パーキンソン病など)の発症を予測する技術	90.1	2019	2027	予防医療・診断
29	幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法	90.0	2022	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。

表 3.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
40	農作業を完全自動化するロボット技術	51.1	2019	2027	農林水産関連バイオ・ナノ 産業技術(機能性食品等 を含む)
41	流通可能な水産養殖品種を作出するための優良形質導入技術(耐病性、高成長性、脱アレルギー)	50.5	2019	2027	農林水産関連バイオ・ナノ 産業技術(機能性食品等 を含む)
46	出荷前の農水畜産物等の成分と物性を感知・分析する精密食味分析ロボット	46.0	2018	2024	農林水産関連バイオ・ナノ 産業技術(機能性食品等 を含む)
56	地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	44.1	2019	2027	エネルギー・環境関連バイ オ・ナノ産業技術
45	高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法	42.1	2018	2025	農林水産関連バイオ・ナノ 産業技術(機能性食品等 を含む)
47	DNA チップや分光センサ等種々のセンサで生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するセンサネットワーク技術	35.2	2019	2026	農林水産関連バイオ・ナノ 産業技術(機能性食品等 を含む)

(5) 特に世界にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に世界にとり重要な課題」として、評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 3.4-4 「特に世界にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
38	環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	30.1	2020	2028	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)

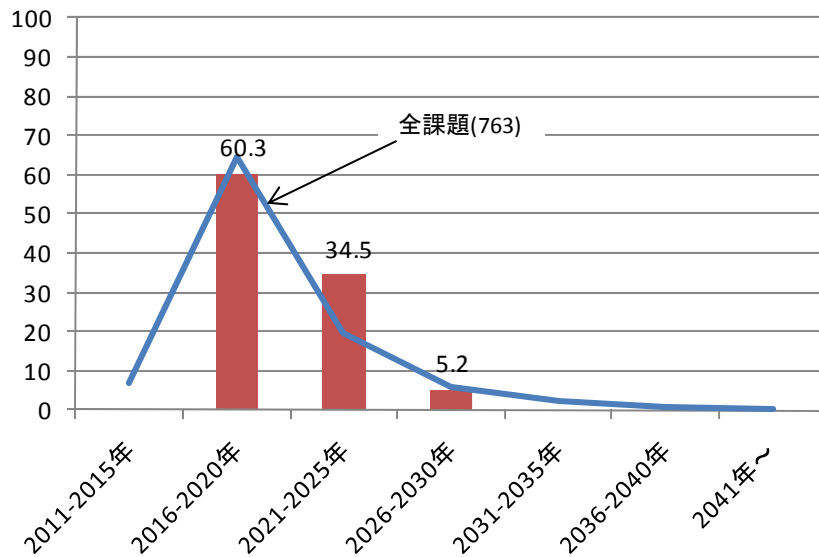
(6) 重要度・優先度は低い課題

「重要度・優先度は低い」の回答比率の高い(30%以上)課題はなかった。

3. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。全課題の技術的実現予測時期の分布と本分科会の課題の技術的実現予測時期の分布は、2016～2020 年をピークにほぼ同様の傾向を示している。ただし、2015 年以前に実現すると予測された課題はない。

図 3.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)」の区分では、2016 年から 2020 年に実現すると予測された課題の割合が他の区分に比べて多い。

表 3.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)		
	2016-2020	2021-2025	2026-2030
バイオ・ナノテクノロジー基礎技術	4	1	
バイオ・ナノテクノロジー応用技術	4	3	
バイオ・ナノテクノロジー医療技術	1	3	
予防医療・診断	3		
治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)	3	7	2
再生医療	2	4	
農林水産関連バイオ・ナノ産業技術	13		
エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術	5	2	1

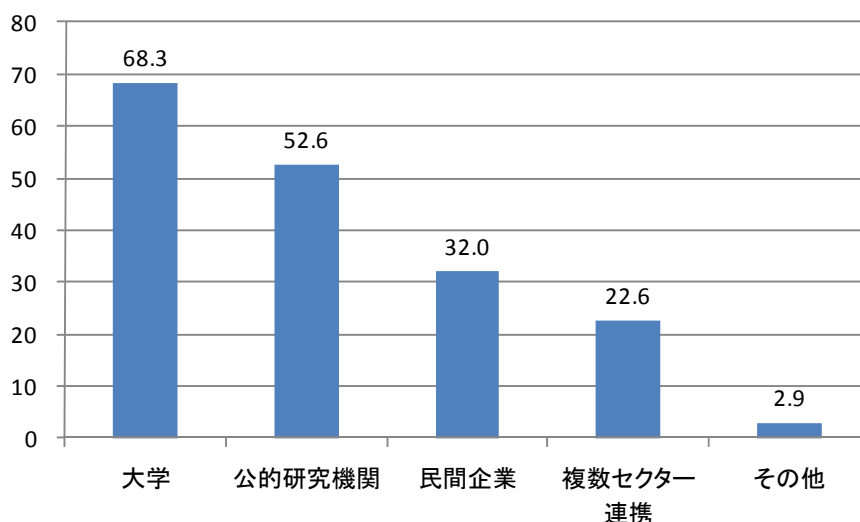
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、いずれも割合の高い課題（回答比率 30%以上）はなかった。

3. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下図の通りである。本分科会全般では、「大学」をあげる割合が 68.3%を占めている。

図 3.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」、「再生医療」では「大学」をあげる割合が特に高い。

表 3.4-6 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)	67.9	51.8	16.6	20.5	5.7
バイオ・ナノテクノロジー応用技術	69.4	45.4	35.5	22.1	2.8
バイオ・ナノテクノロジー医療技術	71.5	44.8	33.0	24.7	1.9
予防医療・診断	71.9	51.0	28.8	27.9	2.4
治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)	79.6	48.8	22.5	22.6	2.7
再生医療	76.7	51.2	29.7	26.5	2.3
農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)	55.6	57.6	46.0	19.4	2.2
エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術	62.2	62.2	32.5	23.1	4.0

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は、以下の表に示す通りである。

表 3.4-7 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
22	記憶とシナプス可塑性の関係を含む神経回路網の形成メカニズムの分子レベルでの解明	86.3	2025		治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
23	怒り、攻撃など情動行動の発現調整機構の解明	85.8	2024		治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
27	がんの転移機構の解明	84.9	2019		治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
31	遺伝病などの原因となる異常遺伝子を体内で修復する技術	82.5	2030	2039	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
13	アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用)	81.4	2023	2033	バイオ・ナノテクノロジー医療技術

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.4-8 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
41	流通可能な水産養殖品種を作出するための優良形質導入技術(耐病性、高成長性、脱アレルギー)	75.8	2019	2027	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
58	生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	73.6	2019	2026	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術
57	化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等)	73.2	2018	2026	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術
48	エピジェネティクス等の核における遺伝情報プログラム機構の解明に基づく、家畜の体細胞クローンの作出	73.0	2019	2027	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
56	地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	72.5	2019	2027	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術

○民間企業

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.4-9 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
42	生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品	72.5	2019	2026	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
43	将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品	66.5	2019	2025	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
47	DNA チップや分光センサ等種々のセンサで生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するセンサネットワーク技術	65.5	2019	2026	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
40	農作業を完全自動化するロボット技術	63.7	2019	2027	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
45	高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法	59.4	2018	2025	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 3.4-10 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
56	地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	38.5	2019	2027	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術
15	Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を基盤として、生体(管腔臓器)内を自在に移動し、各種操作を行う診断・治療用マイクロマシン	30.9	2022	2031	バイオ・ナノテクノロジー医療技術
38	環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	30.5	2020	2028	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)

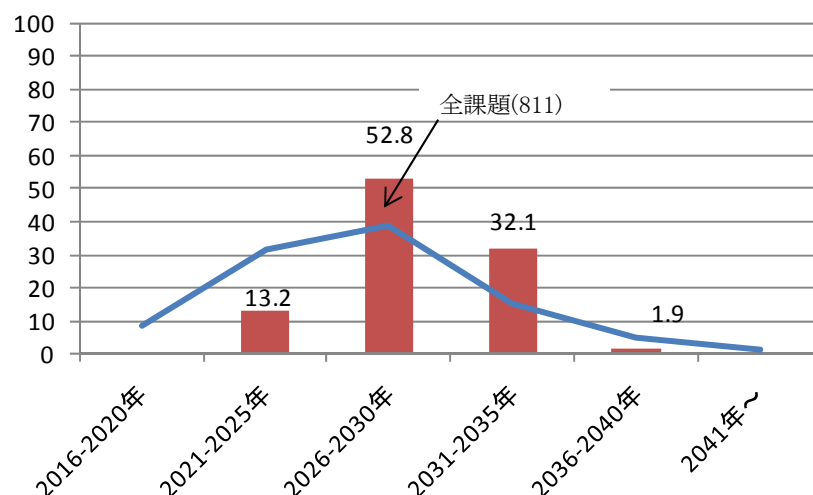
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(回答比率 30%以上)課題はなかった。

3. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現予測時期は 2026-2030 年にピークがあるのは全課題の傾向と同様であるが、ピークの高さが高く、53%を占めている。

図 3.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別・実現時期別の課題数は下表の通りである。

表 3.4-11 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)		2	2		
バイオ・ナノテクノロジー応用技術		2	2	3	
バイオ・ナノテクノロジー医療技術			1	3	
予防医療・診断			3		
治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)			1	6	1
再生医療			3	3	
農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)		3	10		
エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術			6	2	

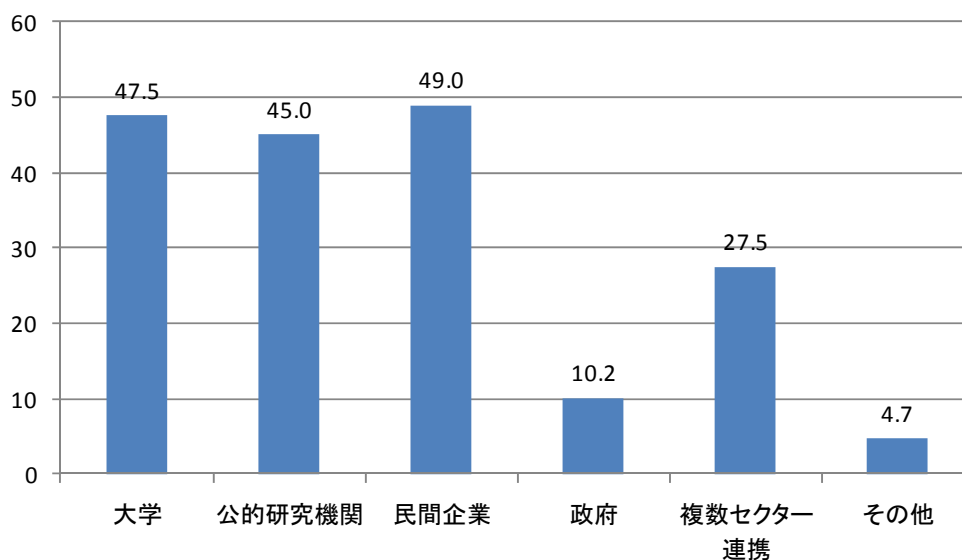
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高い課題(30%以上)はなかった。

3. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。「大学」、「公的研究機関」「民間企業(NPOを含む)」のそれぞれが4割以上を占めている。

図 3.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、技術的实现の場合と同様に「治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」、「再生医療」では「大学」をあげる割合が特に高い。

表 3.4-12 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
バイオ・ナノテクノロジー基礎技術	42.5	44.7	36.8	10.3	22.3	8.5
バイオ・ナノテクノロジー応用技術	50.8	39.4	50.0	4.0	23.7	4.1
バイオ・ナノテクノロジー医療技術	51.6	36.0	54.6	6.4	27.7	3.7
予防医療・診断	53.7	38.5	46.3	9.1	33.4	4.7
治療	60.4	39.5	46.8	7.5	32.5	5.3
再生医療	58.5	48.2	44.0	10.3	37.4	4.5
農林水産関連バイオ・ナノ産業技術	35.3	48.3	57.3	10.9	23.2	3.3
エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術	41.7	55.0	44.8	19.3	25.8	5.8

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.4-13 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的实现時期(年)	社会的实现時期(年)	区分
31	遺伝病などの原因となる異常遺伝子を体内で修復する技術	66.7	2030	2039	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
08	マウスに代表される高等動物のある1つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術	66.7	2024	2033	バイオ・ナノテクノロジー応用技術
29	幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法	66.5	2022	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
26	発達障害(広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥・多動性障害(ADHD))の分子レベルでの原因解明に基づく治療法	65.8	2026	2034	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
54	化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質(分子モーター)を利用した高効率のエネルギー変換技術	65.6	2028	2035	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術
32	各種チャンネルや受容体を備え、細胞の膜輸送、物質変換、エネルギー変換などの機能を代替し、動物実験を削減する人工細胞・組織の構築技術	64.8	2024	2033	再生医療

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.4-14 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的实现時期(年)	社会的实现時期(年)	区分
48	エピジェネティクス等の核における遺伝情報プログラミング機構の解明に基づく、家畜の体細胞クローンの作出	72.6	2019	2027	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
01	ウイルス変異予測シミュレーションに基づく総合的危機管理システム	69.4	2020	2027	バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
57	化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等)	68.6	2018	2026	エネルギー・環境関連 バイオ・ナノ産業技術
53	自然界に散布された有害物分解活性をもつ微生物の拡散を制御する技術	67.0	2020	2028	エネルギー・環境関連 バイオ・ナノ産業技術
58	生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	66.3	2019	2026	エネルギー・環境関連 バイオ・ナノ産業技術

○民間企業(NPOを含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.4-15 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
42	生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラード機能性食品	78.4	2019	2026	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
43	将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品	75.2	2019	2025	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
11	薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とする in silico 医薬品開発技術	72.9	2019	2026	バイオ・ナノテクノロジー 応用技術
40	農作業を完全自動化するロボット技術	72.8	2019	2027	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)
45	高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法	71.9	2018	2025	農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 3.4-16 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
56	地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	43.0	2019	2027	エネルギー・環境関連 バイオ・ナノ産業技術

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は、以下の表に示す通りである。

表 3.4-17 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
34	iPS細胞を利用した再生治療技術	42.1	2021	2032	再生医療
35	がん化などのリスクを回避して、iPS細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術	41.7	2021	2030	再生医療

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
33	iPS細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)	40.8	2024	2033	再生医療
36	臓器を移植するための長期培養・保存技術(自家組織を含む)	38.7	2019	2027	再生医療
29	幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法	36.8	2022	2033	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)

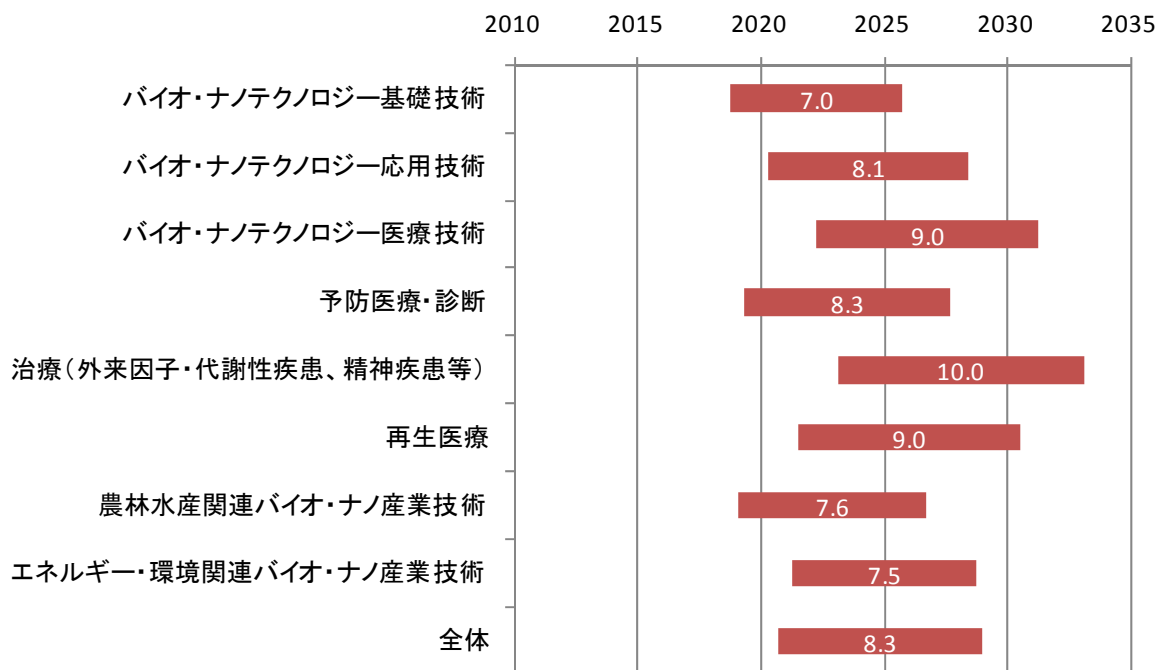
○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(回答比率 30%以上)の課題はなかった。

3. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

本分科会の課題全体における技術的実現から社会的適用までの期間の平均は 8.3 年である。これを区分別にみると、「バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)」の区分が 7.0 年と最も短く、また、治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」の区分では 10.0 年と最も長くなっている。

図 3.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題および期間の短い課題、それぞれ上位 5 位内の課題は以下の表の通りである。

表 3.4-18 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
20	エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法	2021	2032	11	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
24	アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術	2020	2031	11	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
28	自己免疫疾患を治癒させる治療法	2022	2033	11	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
29	幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法	2022	2033	11	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
34	iPS細胞を利用した再生治療技術	2021	2032	11	再生医療
06	メゾスケール(「ナノ空間(1-5nm)」と「バルク空間(100nm以上)」の中間に位置する大きさ)における細胞と物質の相互作用の制御を基盤とした新しい医療・産業技術	2021	2031	10	バイオ・ナノテクノロジー 応用技術
13	アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用)	2023	2033	10	バイオ・ナノテクノロジー 医療技術
30	siRNAなどの核酸医薬の全身投与による疾病治療	2020	2030	10	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
58	生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	2019	2026	7	エネルギー・環境関連 バイオ・ナノ産業技術
04	20個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する技術	2018	2024	6	バイオ・ナノテクノロジー 基礎技術(原理、メカニズム)
12	半導体チップ上に数千～数万の反応容器を集積化し、多種類の反応ライブラリーとして活用することで、酵素反応、抗原抗体反応等の活性、リガンド探索、反応条件検討などの、多くの生体反応の検出を一瞬で可能とするナノチャンバーアレイ	2018	2024	6	バイオ・ナノテクノロジー 応用技術
43	将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品	2019	2025	6	農林水産関連バイオ・ナノ 産業技術(機能性食品等を含む)
46	出荷前の農水畜産物等の成分と物性を感知・分析する精密食味分析ロボット	2018	2024	6	農林水産関連バイオ・ナノ 産業技術(機能性食品等を含む)

3. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 3.4-19 新規に提案された課題

提案課題
レアメタルの生物による濃縮・回収技術
機能性食品素材の組み合わせによる疾病リスク低減化技術
ヒト集団中に蓄積されていく有害な突然変異が及ぼす影響について危機管理システム
植物によるCO ₂ 固定効果向上技術
バイオ素材を用いた太陽エネルギー変換技術
化学物質の毒性予測システム
化学物質に対して高感受性を示す人々の遺伝的特性の解明
食の品質と安全性を簡単・迅速に測定する家庭用の現場用装置開発(トレースするより目の前の食品の情報を得るのが大切)

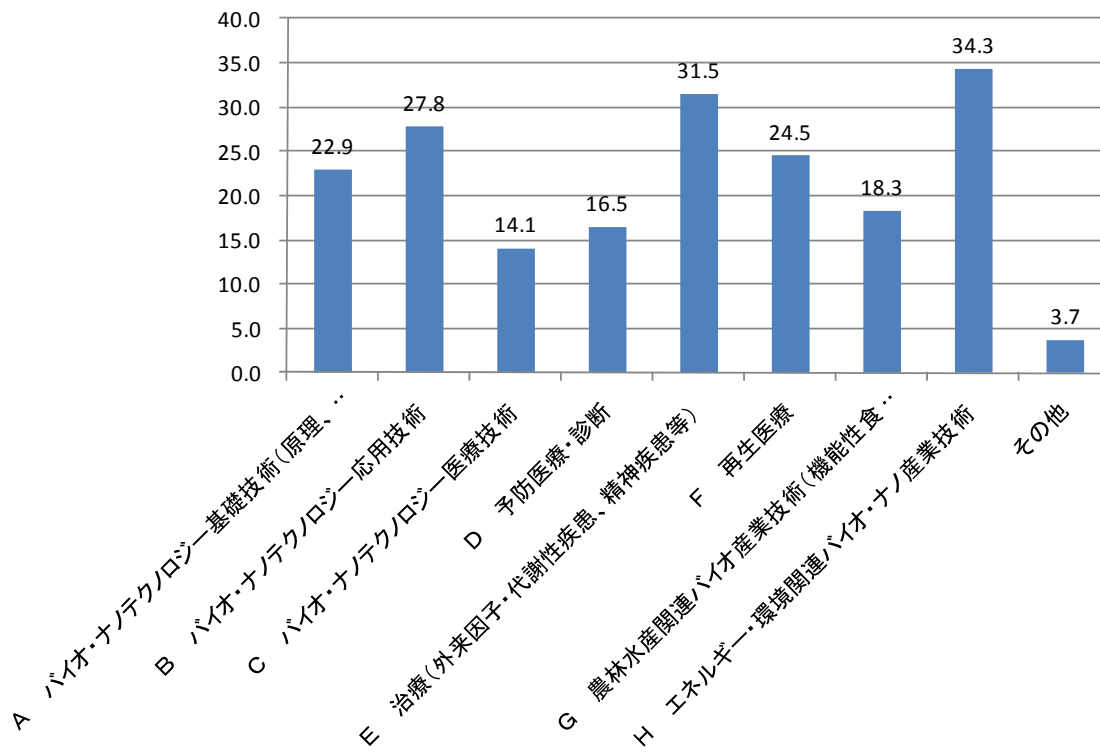
提案課題
ヒト、家畜排泄物を含めた廃棄物からのエネルギー生産
環境ストレス応答(耐塩、乾、寒、耐病性)の向上と成長をコントロールすることによる食糧増収技術
薬物動態細胞内シミュレーションモデル
生体顕微イメージング
マラリア等の熱帯病を媒介するベクター(蚊)の化学的および生物的技術。たとえばピレトリンの大量生産技術
タンパク質を素材とするプラスチックの実用化
サトウ(スクロース)の 10,000 倍～100,000 倍程度甘い甘味料の開発・脳機能調節
視覚障害者の完全な可視化技術
代替モデル動物を用いた効率よい医薬カードの探索技術
タンパク質と脂質の相互作用に基づく生物システムの新しい理解。
荒廃地の修復のために、有機物資源をオーダーメイド型微粒子として再開発し、現場に応じたレシピを作製
農業生物多様性や低利用植物資源を活用した新しい作物戦略
多様な海洋生物の生理生態の理解と、そこから学ぶ環境持続技術
バイオ医薬品、ワクチンを生産するための人工細胞の開発
機能的食品素材の組み合わせによる疾病リスク低減化・予防技術
1 分子計測の精度で DNA 等の生体分子を迅速に解析するナノデバイスの開発
細胞内の極微量タンパク質の定量法の開発

3. 5. グローバル課題・国民的課題の解決の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

3. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目は、区分 H「エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術」が 34.3%と最も多く、E「治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」の 31.5%、B「バイオ・ナノテクノロジー応用技術」が 27.8%と続いている。

図 3.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=327 単位% 複数回答)



3. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題)は以下の通りである。

A. バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)

「バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 3.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=70>

課題	%
3 細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術	70.0
2 1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術	51.4

B. バイオ・ナノテクノロジー応用技術

「バイオ・ナノテクノロジー応用技術」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題と

して選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=87>

課題	%
9 タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術	55.2
7 体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術	49.4
11 薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とする in silico 医薬品開発技術	35.6
12 半導体チップ上に数千～数万の反応容器を集積化し、多種類の反応ライブラリーとして活用することで、酵素反応、抗原抗体反応等の活性、リガンド探索、反応条件検討などの、多くの生体反応の検出を一瞬で可能とするナノチャンバーアレイ	33.3
8 マウスに代表される高等動物のある 1 つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術	32.2

C. バイオ・ナノテクノロジー医療技術

「バイオ・ナノテクノロジー医療技術」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 3.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=44>

課題	%
14 外部エネルギー制御やメゾ制御、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を利用して標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶナノキャリアシステム	47.7
13 アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用)	40.9
15 Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を基盤として、生体(管腔臓器)内を自在に移動し、各種操作を行う診断・治療用マイクロマシン	38.6

D. 予防医療・診断

「予防医療・診断」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)課題は以下の表に示す通りである。

表 3.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=50>

課題	%
18 がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム	70.0
19 脳神経疾患(認知症、パーキンソン病など)の発症を予測する技術	56.0
17 孤発性のうつ病や統合失調症等の精神疾患の発症を予測する技術	44.0

E. 治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)

「治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=96>

課題	%
27 がんの転移機構の解明	55.2
24 アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術	52.1
28 自己免疫疾患を治癒させる治療法	43.8
25 統合失調症やそううつ病の原因の分子レベルでの解明に基づく治療法	35.4
20 エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法	31.3

F. 再生医療

「再生医療」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 3.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=79>

課題	%
34 iPS 細胞を利用した再生治療技術	77.2
35 がん化などのリスクを回避して、iPS 細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術	68.4
33 iPS 細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)	67.1
36 臓器を移植するための長期培養・保存技術(自家組織を含む)	46.8

G. 農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)

「農林水産関連バイオ・ナノ産業技術(機能性食品等を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 3.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=58>

課題	%
38 環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	56.9
45 高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法	39.7
43 将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品	36.2
42 生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品	34.5
49 植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術	32.8

H. エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術(n=110)

「エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された科学技術課題の上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 3.5-8 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 H) <当該区分の回答数=110>

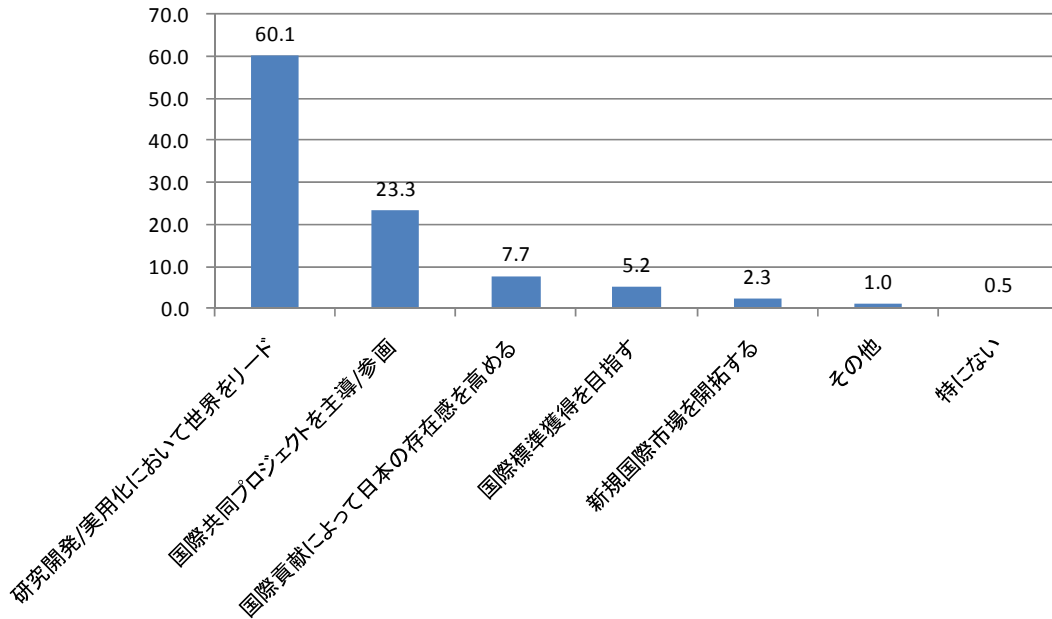
課題	%
51 石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる	52.7
56 地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	38.2
52 工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒	36.4
57 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等)	36.4

3. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が全体で 60.1%と最も多く、「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参加」の 23.3%が続いている。

図 3.5-2 最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(n=601、単位%、複数回答)



区分別にみても概ね同様の傾向であるが、「バイオ・ナノテクノロジー応用技術」では特に「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」の比率が高くなっている。

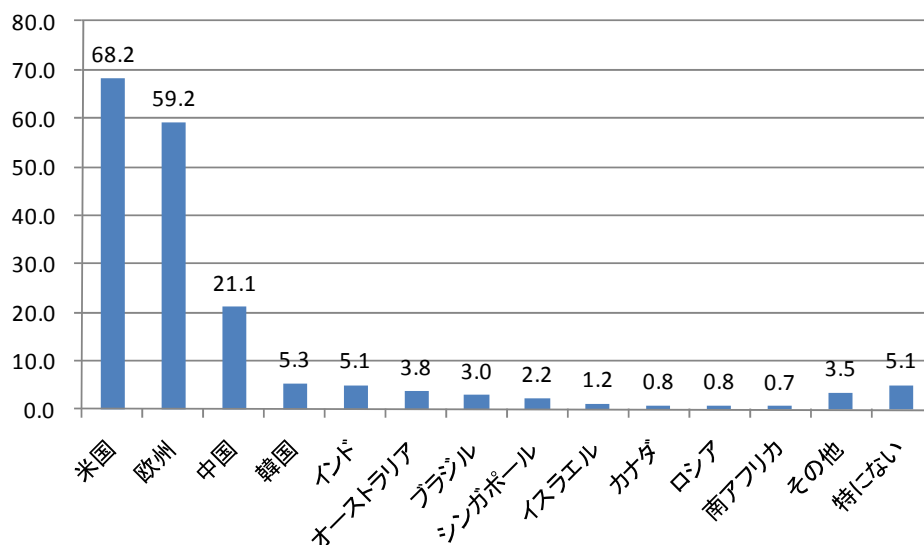
表 3.5-9 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発あるいは実用化において世界をリードする	国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画	国際貢献によって日本の存在感を高める	国際標準獲得を目指す	国際標準獲得を目指す	新規国際市場を開拓する	その他	特になし
A バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)(71)	54.9	23.9	16.9			1.4	1.4	1.4
B バイオ・ナノテクノロジー応用技術(87)	73.6	20.7	2.3	2.3		1.1		
C バイオ・ナノテクノロジー医療技術(44)	59.1	18.2	9.1	9.1			4.5	
D 予防医療・診断(49)	42.9	34.7	6.1	8.2		4.1	2.0	2.0
E 治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)(96)	57.3	30.2	4.2	6.3		1.0	1.0	
F 再生医療(78)	73.1	21.8		3.8		1.3		
G 農林水産関連バイオ産業技術(機能性食品等を含む)(58)	67.2	13.8	10.3	5.2		3.4		
H エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術(108)	50.9	24.1	13.0	7.4		4.6		

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を進展させる上で、関係を強化すべき国・地域としては、全体では、もっとも多いのが米国の68.2%であり、次いで欧州が59.2%となっている。

図 3.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域(n=603、単位%、複数回答)



区分別では、「A バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)」、「B バイオ・ナノテクノロジー応用技術」、「E 治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)」で欧州も注目されている。

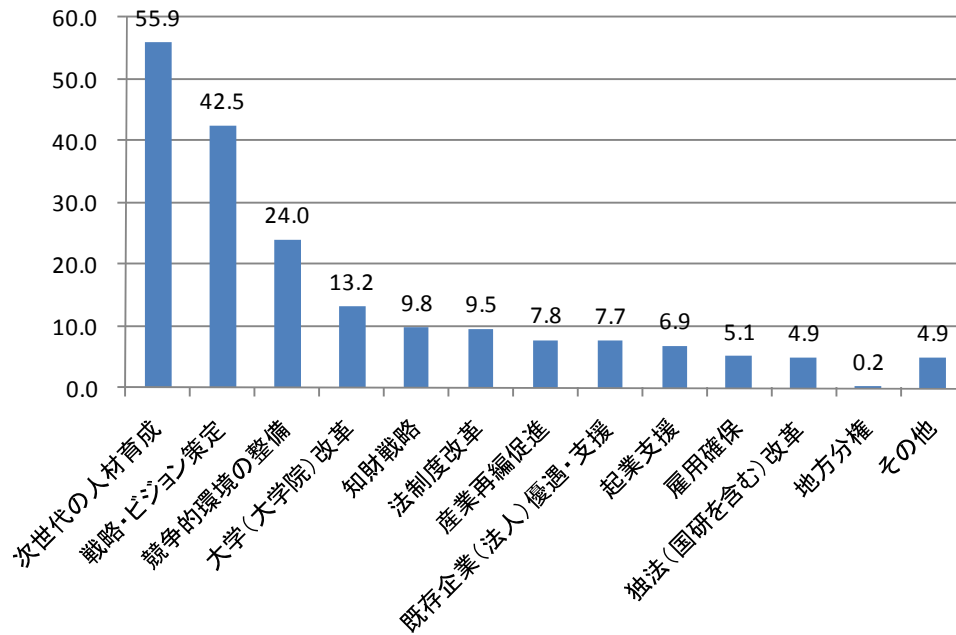
表 3.5-10 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域(単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	韓国	インド	オーストラリア	ブラジル	シンガポール	イスラエル	カナダ	ロシア	南アフリカ	その他	特になし
A バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)(73)	67.1	67.1	21.9	11.0	2.7			2.7	1.4		2.7	1.4	1.4	6.8
B バイオ・ナノテクノロジー応用技術(88)	69.3	73.9	13.6	4.5	2.3		1.1	5.7	1.1	1.1			2.3	8.0
C バイオ・ナノテクノロジー医療技術(44)	70.5	61.4	20.5	4.5	4.5	2.3				2.3	2.3			9.1
D 予防医療・診断(48)	85.4	60.4	8.3	2.1	4.2		2.1	2.1	2.1			2.1	4.2	6.3
E 治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)(94)	81.9	63.8	20.2	3.2	4.3	2.1	1.1	1.1	1.1				1.1	4.3
F 再生医療(77)	81.8	61.0	13.0	6.5	3.9	2.6		3.9		1.3				1.3
G 農林水産関連バイオ産業技術(機能性食品等を含む)(59)	54.2	47.5	32.2	5.1	6.8	10.2	6.8		1.7		3.4	1.7	6.8	3.4
H エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術(109)	45.9	42.2	34.9	4.6	11.0	11.0	10.1		0.9	0.9		0.9	10.1	3.7

3. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項では、「次世代の人材育成」が全体で55.9%と最も多く、「戦略・ビジョン策定」の42.5%が続いている。

図 3.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項 (n=612、単位%、複数回答)



区分別にみると、「A バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)」で「次世代の人材育成」が強く求められていることがわかる。

表 3.5-11 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	次世代の人材育成	戦略・ビジョン策定	競争的環境の整備	大学(大学院)改革	知財戦略	法制度改革	産業再編促進	既存企業(法人)優遇・支援	起業支援	雇用確保	独法(国研を含む)改革	地方分権	その他
A バイオ・ナノテクノロジー基礎技術(原理、メカニズム)(73)	68.5	32.9	28.8	24.7	8.2	1.4		4.1		12.3	6.8		5.5
B バイオ・ナノテクノロジー応用技術(89)	56.2	28.1	31.5	23.6	13.5	3.4	2.2	4.5	9.0	5.6	4.5		6.7
C バイオ・ナノテクノロジー医療技術(45)	51.1	51.1	24.4	13.3	22.2	8.9	2.2		11.1		6.7		4.4
D 予防医療・診断(49)	67.3	40.8	32.7	8.2	6.1	6.1	6.1	8.2	8.2	4.1	4.1		4.1
E 治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)(97)	58.8	44.3	24.7	12.4	6.2	13.4	5.2	8.2	9.3	2.1	6.2		2.1
F 再生医療(79)	49.4	43.0	25.3	6.3	10.1	21.5	7.6	12.7	7.6	3.8	1.3		2.5
G 農林水産関連バイオ産業技術(機能性食品等を含む)(60)	51.7	43.3	15.0	5.0	8.3	15.0	10.0	11.7	8.3	10.0	10.0		3.3
H エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術(109)	50.5	57.8	12.8	10.1	7.3	4.6	21.1	9.2	4.6	2.8	2.8	0.9	8.3

3. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 10 以内の課題(ただし回答比率 10%未満の課題を省略)は、化学ポリマーの原料の転換、砂漠などでの作物生産・緑化技術、低コスト農林業・農村が上位に挙がっている。

表 3.5-12 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=272>

課題	%
51 石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる	48.9
38 環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	36.4
56 地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	32.0
52 工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒	20.6
54 化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質(分子モーター)を利用した高効率のエネルギー変換技術	17.6
55 バイオ系有機物を利用した酵素反応電池に向けた、ナノスケール電位差分離素子開発とその集積化によるスケールアップ	15.4
57 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等)	15.1
49 植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術	11.8

3. 6. 集計結果一覧

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
バイ オ・ ナ ノ テ ク ノ ロ ジ ー 基 礎 技 術 (原 理 、 メ カ ニ ズ ム)	1	ウイルス変異予測シミュレーションに基づく総合的危機管理システム	1	174	3	29	68	-	79	2	10	9
			2	163	3	26	71	-	89	1	6	4
			専	5	100	0	0	-	100	0	0	0
	2	1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術	1	243	10	42	48	-	80	8	2	10
			2	214	9	38	53	-	88	5	0	7
			専	20	100	0	0	-	95	0	0	5
	3	細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術	1	268	27	49	24	-	85	5	2	8
			2	231	29	42	29	-	90	5	0	5
			専	66	100	0	0	-	93	5	0	2
	4	20個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する技術	1	197	8	32	60	-	67	15	1	17
			2	175	6	29	65	-	70	12	0	18
			専	10	100	0	0	-	80	0	0	20
	5	植物の成長（形態形成、生殖、分化）をコントロールする遺伝子ネットワーク全体の解明	1	175	19	25	56	-	74	10	5	11
			2	155	19	26	55	-	83	5	5	7
			専	30	100	0	0	-	90	3	7	0
バイ オ・ ナ ノ テ ク ノ ロ ジ ー 応 用 技 術	6	メゾスケール（「ナノ空間（1-5nm）」と「バルク空間（100nm以上）」の中間に位置する大きさ）における細胞と物質の相互作用の制御を基盤とした新しい医療・産業技術	1	170	15	32	53	-	71	12	3	14
			2	149	9	33	58	-	77	8	1	14
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0
	7	体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術	1	238	10	36	54	-	80	9	4	7
			2	210	10	34	56	-	88	4	2	6
			専	20	100	0	0	-	77	11	6	6
	8	マウスに代表される高等動物のある1つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術	1	213	19	37	44	-	84	5	3	8
			2	195	17	32	51	-	89	4	1	6
			専	33	100	0	0	-	91	3	3	3

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																																							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)																																
	5	8	48	60	11	30	23		6	9	21	52	12	32	22	27		4	6	18	69	8	29	18	25		0	0	60	100	0	40	0	40																							
	4	5	41	68	7	26	21		2	7	47	34	44	8	25	3		1	6	51	34	44	6	24	3		0	10	67	44	61	0	6	0																							
	0	0	40	80	0	40	20		1	7	57	39	40	7	24	4		0	4	62	38	42	5	23	3		0	3	63	30	47	2	25	0																							
	2	6	76	43	24	20	3		2	12	40	39	46	5	27	2		1	9	67	47	31	21	1		1	10	39	37	53	3	24	3		0	10	78	44	33	33	0	0	10	56	22	33	0	44	0								
	1	3	77	44	15	20	1		2	11	65	46	35	23	1	1		10	39	37	53	3	24	3		0	10	78	44	33	33	0																									
	0	10	89	22	17	17	0		1	8	71	56	13	22	5	1		5	73	56	10	17	4	0		0	83	63	10	23	3																										
	0	4	80	43	22	21	3		2	11	47	37	43	8	27	5		0	3	81	44	20	18	2		2	11	67	41	34	28	1		1	8	51	39	44	5	24	4		0	0	79	29	21	36	0	0	0	69	38	69	0	23	8
	0	2	91	39	19	17	0		1	8	70	41	31	25	1	2		11	67	41	34	28	1	1		8	51	39	44	5	24	4																									
	0	2	91	39	19	17	0		0	0	79	29	21	36	0	0		0	79	29	21	36	0	0		0	69	38	69	0	23	8																									
	3	6	76	51	25	25	5		3	9	54	46	38	7	23	5		2	4	76	49	23	20	5		3	9	54	46	38	7	23	5		2	5	59	49	36	4	22	6		0	6	59	41	35	6	12	0						
	2	4	76	49	23	20	5		2	11	47	37	43	8	27	5		2	5	59	49	36	4	22		6	0	6	59	41	35	6	12		0																						
	0	0	79	42	32	26	5		1	8	70	41	31	25	1	2		11	47	37	43	8	27	5		2	5	59	49	36	4	22	6																								
	1	5	79	52	16	27	10		2	9	64	48	24	6	29	8		1	1	79	53	9	22	6		2	9	64	48	24	6	29	8		1	4	67	49	18	4	29	6		3	0	61	55	29	0	26	13						
	1	1	79	53	9	22	6		1	4	67	49	18	4	29	6		1	4	67	49	18	4	29		6	1	4	67	49	18	4	29		6																						
	0	0	81	66	19	19	9		0	0	81	66	19	19	9	3		0	61	55	29	0	26	13		3	0	61	55	29	0	26	13																								

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要 (%)	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
バイオ・ ナノ テクノ ロジー 応用 技術	9	タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術	1	264	20	34	46	-	88	5	2	5
			2	236	18	36	46	-	93	4	0	3
			専	42	100	0	0	-	91	2	0	7
	10	抗体の抗原認識機構解明に基づき高活性人工抗体をデザインする技術	1	223	23	37	40	-	83	5	3	9
			2	202	19	34	47	-	88	4	1	7
			専	39	100	0	0	-	87	5	0	8
	11	薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とするin silico医薬品開発技術	1	198	16	35	49	-	78	12	2	8
			2	182	14	30	56	-	79	11	1	9
			専	26	100	0	0	-	92	4	0	4
	12	半導体チップ上に数千~数万の反応容器を集積化し、多種類の反応ライブラリーとして活用することで、酵素反応、抗原抗体反応等の活性、リガンド探索、反応条件検討などの、多くの生体反応の検出を一瞬で可能とするナノチャンパーアレイ	1	211	14	24	62	-	73	14	4	9
			2	191	11	23	66	-	79	10	2	9
			専	21	100	0	0	-	86	0	0	14
バイオ・ ナノ テクノ ロジー 医療 技術	13	アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術（がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用）	1	220	17	35	48	-	85	5	2	8
			2	198	14	34	52	-	90	5	1	4
			専	28	100	0	0	-	86	7	0	7
	14	外部エネルギー制御やメゾ制御、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を利用して標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶナノキャリアシステム	1	154	11	27	62	-	76	10	4	10
			2	138	9	22	69	-	80	7	1	12
			専	12	100	0	0	-	92	8	0	0
	15	Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を基盤として、生体（管腔臓器）内を自在に移動し、各種操作を行う診断・治療用マイクロマシン	1	142	9	20	71	-	78	12	3	7
			2	131	8	16	76	-	78	12	2	8
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0
	16	神経活動を検知し、コンピュータを用いて信号化・処理・伝達することにより、人間の思考内容を表示する技術	1	146	10	19	71	-	72	8	3	17
			2	131	6	14	80	-	78	5	3	14
			専	8	100	0	0	-	75	0	0	25

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携		
						1	3	76	53	28	25	4								1	7	55	42	45	5	28
						1	1	79	56	23	20	2								1	3	60	46	44	4	26
							2	2	76	59	22	22		2							2	2	51	37	54	7
						2	3	67	46	45	23	3								2	5	41	31	63	4	27
						1	2	70	46	48	22	2								0	5	45	32	66	4	22
							0	3	71	45	50	18		5							0	3	47	26	68	8
						3	4	60	38	59	22	2								4	6	37	30	70	6	23
						3	3	59	34	58	22	2								3	3	39	28	73	5	19
							8	0	77	38	35	31		4							8	0	58	38	58	15
						2	5	53	41	52	26	2								2	6	33	33	65	4	28
						1	3	53	39	57	24	2								2	4	35	32	68	3	24
							0	5	60	30	25	20		10							0	5	45	25	45	15
						6	8	81	45	27	24	4								6	8	56	39	47	7	27
						4	4	81	45	21	20	4								5	4	62	38	48	5	26
							4	4	78	44	33	19		11						14	4	65	31	50	8	31
						3	14	67	42	40	28	1								4	14	45	32	58	7	32
						3	7	71	45	42	24	2								5	7	51	32	66	6	27
							8	0	75	42	33	33		0							0	0	50	33	58	0
						4	6	60	37	45	31	0								4	6	37	29	63	10	27
						3	3	63	37	46	31	1								5	3	39	28	64	7	28
							0	0	50	10	30	60		0							10	0	40	0	50	0
						7	10	70	52	23	26	1								11	11	49	44	42	8	28
						6	9	71	53	22	24	2								9	8	54	46	40	8	30
							13	0	43	43	0	57		0							13	0	50	38	25	0

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
予 防 医 療 ・ 診 断	17	孤発性のうつ病や統合失調症等の精神疾患の発症を予測する技術	1	125	9	29	62	-	79	10	2	9
			2	115	6	26	68	-	85	7	3	5
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	18	がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム	1	210	15	35	50	-	87	8	2	3
			2	187	11	33	56	-	94	4	0	2
			専	21	100	0	0	-	90	10	0	0
	19	脳神経疾患（認知症、パーキンソン病など）の発症を予測する技術	1	171	12	31	57	-	87	8	2	3
			2	154	8	25	67	-	90	7	1	2
			専	12	100	0	0	-	100	0	0	0
治 療 （ 外 来 因 子 ・ 代 謝 性 疾 患、 精 神 疾 患 等）	20	エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法	1	194	22	30	48	-	84	6	3	7
			2	178	20	27	53	-	88	5	1	6
			専	36	100	0	0	-	91	6	0	3
	21	人体（構造、生理、病態）をコンピュータ上に再現したバーチャル患者の活用による疾患発症機構の解明	1	128	4	23	73	-	62	9	1	28
			2	120	3	20	77	-	65	9	1	25
			専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	22	記憶とシナプス可塑性の関係を含む神経回路網の形成メカニズムの分子レベルでの解明	1	143	16	27	57	-	84	4	4	8
			2	134	12	22	66	-	89	3	1	7
			専	16	100	0	0	-	87	0	0	13
	23	怒り、攻撃など情動行動の発現調整機構の解明	1	116	14	24	62	-	69	8	5	18
			2	111	6	20	74	-	71	5	4	20
			専	7	100	0	0	-	86	0	0	14
24	アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術	1	190	13	33	54	-	88	8	2	2	
		2	172	9	30	61	-	93	5	0	2	
		専	16	100	0	0	-	100	0	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター												
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)			
																										(%)	(%)	(%)
						2	9	75	51	19	29	5								2	10	53	44	35	14	28	7	
						0	5	77	51	15	28	4								3	5	60	40	32	9	32	5	
						0	0	71	43	14	43	14									0	0	57	29	14	0	43	14
						0	5	60	49	45	33	2								0	6	40	38	60	12	34	3	
						0	1	66	49	46	29	2								0	2	42	35	64	9	35	4	
						0	5	55	35	30	45	0									0	5	42	32	53	21	42	11
						0	5	69	51	29	34	4								1	5	52	40	48	12	33	6	
						0	1	73	53	25	27	2								1	1	59	41	44	9	34	5	
						0	0	58	42	17	42	8									0	0	58	42	33	0	42	8
						2	8	76	47	23	25	4								3	9	56	40	42	6	27	5	
						2	3	81	46	18	23	2								2	3	64	39	42	5	29	5	
						3	3	71	51	29	23	6									3	3	69	40	37	11	31	9
						13	14	63	42	28	26	8																
						10	8	70	43	24	22	4																
						0	0	33	0	0	67	0																
						3	10	84	52	10	21	4																
						2	5	86	50	8	19	2																
						6	6	81	69	0	19	0																
						7	9	84	54	9	19	4																
						7	7	86	48	4	18	2																
						0	14	86	57	0	29	0																
						1	5	75	54	38	28	5																
						0	2	80	53	36	23	3																
						0	0	75	56	31	31	6																
						2	5	51	38	54	10	31	7															
						1	2	53	37	63	8	30	5															
						0	0	50	31	44	19	25	6															

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
治 療 (外 来 因 子 ・ 代 謝 性 疾 患 、 精 神 疾 患 等)	25	統合失調症やそううつ病の原因の分子レベルでの解明に基づく治療法	1	137	12	28	60	-	87	10	1	2
			2	127	7	27	66	-	92	6	2	0
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
	26	発達障害（広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥・多動性障害〈ADHD〉）の分子レベルでの原因解明に基づく治療法	1	120	13	25	62	-	77	11	3	9
			2	116	7	22	71	-	82	11	0	7
			専	8	100	0	0	-	75	25	0	0
	27	がんの転移機構の解明	1	204	22	32	46	-	91	3	2	4
			2	193	19	31	50	-	95	2	0	3
			専	36	100	0	0	-	88	6	0	6
	28	自己免疫疾患を治癒させる治療法	1	178	23	30	47	-	89	6	2	3
			2	161	20	28	52	-	95	3	1	1
			専	33	100	0	0	-	97	3	0	0
	29	幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法	1	169	16	34	50	-	86	6	4	4
			2	161	12	35	53	-	90	4	3	3
			専	19	100	0	0	-	95	0	0	5
	30	siRNAなどの核酸医薬の全身投与による疾病治療	1	193	17	33	50	-	78	4	2	16
			2	175	17	29	54	-	82	4	0	14
			専	30	100	0	0	-	87	3	0	10
	31	遺伝病などの原因となる異常遺伝子を体内で修復する技術	1	177	14	33	53	-	85	2	2	11
			2	166	13	28	59	-	87	2	1	10
			専	21	100	0	0	-	90	0	0	10
再 生 医 療	32	各種チャンネルや受容体を備え、細胞の膜輸送、物質変換、エネルギー変換などの機能を代替し、動物実験を削減する人工細胞・組織の構築技術	1	188	16	34	50	-	69	10	2	19
			2	168	15	33	52	-	76	7	0	17
			専	25	100	0	0	-	88	4	0	8

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
						1	8	75	51	31	25	5							0	9	52	37	48	10	36	6
						1	3	79	50	27	23	3							0	4	61	37	53	8	36	6
							0	0	56	44	33	56		0						0	0	22	33	44	0	56
						3	9	76	51	24	27	5							4	10	54	42	38	12	32	7
						5	4	79	54	19	21	4							5	6	66	48	37	11	35	6
							0	13	63	50	13	50		0						0	13	38	50	38	13	50
						1	5	83	55	26	25	6	/													
						0	3	85	55	22	20	3														
						0	3	85	50	24	21	3														
						1	7	77	45	35	30	6							2	8	53	42	52	8	34	9
						1	3	77	43	30	28	1							1	3	56	39	56	6	36	5
							0	6	71	35	39	42		0						0	9	63	37	57	10	43
						2	10	78	55	24	28	4							4	12	63	43	37	12	35	8
						3	6	80	51	19	27	3							3	6	66	44	34	9	37	5
							5	5	89	44	22	39		6						5	11	78	44	33	11	33
						8	6	68	44	46	26	5							10	6	49	33	52	7	29	4
						6	2	70	44	45	25	3							8	3	51	33	58	5	27	5
							7	3	61	46	54	50		7						10	3	52	28	69	7	34
						10	9	79	51	21	25	5							11	12	61	39	32	10	25	8
						9	5	82	48	19	21	3							11	6	67	40	31	8	29	5
							10	10	80	30	20	25		5						19	10	60	25	35	5	25
						8	8	75	45	31	26	6							10	11	60	45	41	7	28	7
						6	4	78	45	28	23	2							6	6	65	44	37	7	30	3
							8	4	67	33	33	33		4						8	4	58	33	38	13	33

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方に とり重 要	特に 日本に とり重 要	特に 世界に とり重 要	重要 度・優 先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
再生 医療	33	iPS細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器（人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等）	1	202	15	35	50	-	81	12	2	5
			2	185	14	31	55	-	86	9	1	4
			専	25	100	0	0	-	76	16	0	8
	34	iPS細胞を利用した再生治療技術	1	208	17	30	53	-	81	12	1	6
			2	190	14	28	58	-	84	10	1	5
			専	27	100	0	0	-	78	15	0	7
	35	がん化などのリスクを回避して、iPS細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術	1	195	18	32	50	-	79	14	2	5
			2	176	15	31	54	-	84	10	1	5
			専	27	100	0	0	-	74	19	0	7
	36	臓器を移植するための長期培養・保存技術（自家組織を含む）	1	169	15	30	55	-	82	11	2	5
			2	162	12	30	58	-	85	9	3	3
			専	19	100	0	0	-	95	5	0	0
	37	視聴覚障害者に日常生活で視覚または聴覚の代替機能を与える装置またはシステム	1	108	8	18	74	-	85	8	1	6
			2	108	6	17	77	-	90	6	0	4
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
農 林 水 産 関 連 バ イ オ ・ ナ ノ 産 業 技 術 (機 能 性 食 品 等 を 含 む)	38	環境適応能力（耐塩性、耐乾性、耐寒性）の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	1	155	23	30	47	-	66	3	30	1
			2	149	24	21	55	-	65	4	30	1
			専	36	100	0	0	-	80	3	17	0
	39	物質生産のための最小遺伝子セットからなる人工細胞の構築による有用物質生産の技術	1	161	19	29	52	-	61	19	1	19
			2	153	20	27	53	-	63	17	1	19
			専	31	100	0	0	-	67	23	0	10
	40	農作業を完全自動化するロボット技術	1	104	6	26	68	-	32	47	4	17
			2	98	5	26	69	-	28	51	4	17
			専	5	100	0	0	-	20	60	0	20

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																	
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)										
																										(%)	(%)	(%)	(%)						
						4	6	79	56	34	29	4																							
						3	4	81	55	31	27	3																5	8	56	49	42	16	38	6
						8	8	88	54	21	33	4																8	8	63	46	33	8	38	4
						3	5	80	52	30	28	4																							
						2	4	79	55	28	28	3																3	6	56	50	41	15	37	7
						7	7	85	58	31	38	8																7	7	65	46	46	8	42	8
						3	5	79	53	30	30	3																							
						2	2	78	52	23	29	2																4	6	57	48	39	16	38	6
						7	7	92	64	28	32	4																8	8	68	44	32	12	44	4
						2	7	69	49	35	31	2																							
						1	3	71	51	32	26	1																1	7	50	50	44	13	34	6
						0	0	74	63	37	37	5																0	0	68	74	47	16	37	11
						3	10	68	50	40	34	4																							
						3	7	73	50	37	25	3																2	10	51	48	53	11	31	9
						0	0	67	50	17	17	0																2	7	55	45	57	8	32	7
						2	3	66	62	35	34	11																							
						2	1	67	67	30	30	10																3	7	42	47	43	22	38	19
						0	0	80	63	31	23	11																3	4	48	54	41	19	35	17
						4	9	76	48	33	23	2																							
						3	7	78	52	35	20	2															3	10	53	44	48	9	27	3	
						0	6	83	50	60	17	0															3	7	57	48	52	10	25	5	
						6	7	32	49	65	25	4																							
						4	6	34	55	64	19	1															5	10	21	33	70	15	30	3	
						0	20	80	40	40	40	0															3	8	18	36	73	11	27	1	
						0	20	80	40	40	40	0																							
						0	20	80	40	40	40	0																5	10	21	33	70	15	30	3
						0	20	80	40	40	40	0																3	8	18	36	73	11	27	1

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
農 林 水 産 関 連 バ イ オ ・ ナ ノ 産 業 技 術 (機 能 性 食 品 等 を 含 む)	41	流通可能な水産養殖品種を作出するための優良形質導入技術（耐病性、高成長性、脱アレルギー）	1	103	10	30	60	-	31	47	3	19
			2	107	9	25	66	-	30	50	3	17
			専	10	100	0	0	-	30	50	10	10
	42	生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品	1	191	14	28	58	-	45	25	3	27
			2	172	13	26	61	-	49	21	2	28
			専	23	100	0	0	-	61	26	0	13
	43	将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品	1	181	11	31	58	-	54	20	4	22
			2	166	9	28	63	-	56	20	3	21
			専	15	100	0	0	-	87	13	0	0
	44	未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術	1	169	12	32	56	-	47	28	2	23
			2	158	11	29	60	-	49	30	1	20
			専	18	100	0	0	-	61	22	0	17
	45	高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法	1	154	16	27	57	-	51	38	1	10
			2	142	13	26	61	-	50	42	1	7
			専	18	100	0	0	-	47	47	0	6
	46	出荷前の農水畜産物等の成分と物性を感知・分析する精密食味分析ロボット	1	106	11	26	63	-	29	41	3	27
			2	101	14	21	65	-	29	46	3	22
			専	14	100	0	0	-	36	36	7	21
	47	DNAチップや分光センサ等種々のセンサで生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するセンサネットワーク技術	1	133	9	24	67	-	33	35	2	30
			2	126	8	24	68	-	34	35	2	29
			専	10	100	0	0	-	30	40	0	30
	48	エピジェネティクス等の核における遺伝情報リプログラミング機構の解明に基づく、家畜の体細胞クローンの作出	1	121	14	22	64	-	56	15	3	26
			2	121	11	23	66	-	55	13	4	28
			専	13	100	0	0	-	50	8	17	25

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	1	7	58	69	30	22	1		4	8	40	55	46	15	33	0									
	0	5	59	76	30	17	0			2	6	40	65	47	10	27	1								
	0	0	80	90	10	0	0			0	0	70	80	50	20	10	0								
	6	11	50	42	67	22	2		7	13	27	29	74	10	23	2									
	5	6	48	39	73	20	1			6	8	27	27	78	9	21	1								
	0	0	64	45	50	27	0			0	0	43	48	61	4	26	0								
	5	11	49	42	61	27	1		6	12	28	34	67	13	23	2									
	3	7	49	37	66	23	1			3	8	27	31	75	8	23	1								
	0	0	79	43	57	36	0			0	0	40	47	60	7	27	0								
	2	12	62	56	36	23	4		2	11	43	46	58	7	24	4									
	1	6	65	60	38	18	2			1	5	41	46	63	3	20	1								
	6	11	65	59	47	18	0			6	11	41	53	65	0	12	0								
	3	5	49	47	53	31	1		2	7	32	39	61	18	27	2									
	1	1	50	44	59	26	1			1	1	32	36	72	8	25	0								
	0	0	65	35	41	35	0			0	0	56	50	50	11	33	0								
	0	8	38	49	52	20	2		0	10	19	45	60	10	20	5									
	0	5	33	54	57	18	0			0	6	14	47	67	11	18	2								
	0	0	43	50	50	14	0			0	0	29	57	50	21	21	7								
	3	11	37	56	55	21	5		4	11	18	40	59	20	26	6									
	2	6	31	59	66	16	3			3	7	16	41	71	15	23	2								
	10	10	33	78	78	22	11			10	10	22	78	67	44	33	11								
	2	9	58	67	25	18	4		3	11	36	59	34	11	23	7									
	2	4	57	73	21	11	1			3	7	37	73	31	9	14	1								
	0	17	67	78	22	11	0			9	18	40	80	10	20	10	0								

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
農 林 水 産 関 連 バ イ オ ・ ナ ノ 産 業 技 術 (機 能 性 食 品 等 を 含 む)	49	植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術	1	127	28	21	51	-	71	7	6	16
			2	127	26	20	54	-	76	5	4	15
			専	33	100	0	0	-	94	3	0	3
	50	時期および部位特異遺伝子発現などを利用し、人為的に導入した遺伝子の環境への拡散がない遺伝子組み替え植物	1	136	23	32	45	-	64	12	8	16
			2	133	21	28	51	-	72	8	8	12
			専	28	100	0	0	-	86	7	0	7
エ ネ ル ギ ー ・ 環 境 関 連 バ イ オ ・ ナ ノ 産 業 技 術	51	石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる	1	134	19	24	57	-	71	17	5	7
			2	126	18	21	61	-	79	14	2	5
			専	23	100	0	0	-	83	17	0	0
	52	工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒	1	128	21	21	58	-	63	22	5	10
			2	120	18	19	63	-	73	15	3	9
			専	21	100	0	0	-	76	24	0	0
	53	自然界に散布された有害物分解活性をもつ微生物の拡散を制御する技術	1	111	11	24	65	-	68	4	7	21
			2	105	14	20	66	-	71	2	7	20
			専	15	100	0	0	-	93	0	0	7
	54	化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質（分子モーター）を利用した高効率のエネルギー変換技術	1	110	15	20	65	-	50	19	3	28
			2	103	13	16	71	-	52	19	0	29
			専	13	100	0	0	-	47	15	0	38
	55	バイオ系有機物を利用した酵素反応電池に向けた、ナノスケール電位差分離素子開発とその集積化によるスケールアップ	1	77	10	25	65	-	47	24	3	26
			2	78	9	17	74	-	49	19	3	29
			専	7	100	0	0	-	72	14	0	14
	56	地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	1	113	9	31	60	-	45	44	3	8
			2	115	8	30	62	-	48	44	3	5
			専	9	100	0	0	-	56	44	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	2	5	74	60	27	24	4		1	7	50	55	37	13	27	6									
	1	3	79	66	23	18	3		1	5	53	62	35	10	25	3									
	0	0	84	69	25	19	6		0	3	53	70	47	10	20	10									
	6	6	68	67	35	19	7		5	9	44	58	39	23	21	10									
	5	2	73	68	36	15	6		4	8	48	62	38	19	17	7									
	0	0	79	82	36	7	7		0	4	54	68	39	21	11	11									
	3	8	62	57	53	30	6		3	9	42	48	61	25	27	9									
	3	2	64	61	54	27	3		3	3	42	50	64	18	24	8									
	0	0	65	57	57	39	0		4	4	48	52	65	35	30	9									
	4	11	72	52	43	25	3		4	13	47	43	62	12	22	3									
	3	6	71	52	45	23	3		3	9	51	48	60	10	23	4									
	0	0	90	57	62	24	5		0	0	62	67	76	19	24	5									
	9	10	62	60	23	23	9		7	13	41	52	39	23	24	13									
	6	7	61	69	19	19	6		8	6	34	67	33	19	31	9									
	7	0	79	79	36	29	7		7	0	43	79	50	21	29	0									
	10	15	77	47	22	14	1		10	19	53	40	41	7	21	2									
	7	10	78	44	23	14	1		8	15	66	40	40	7	19	3									
	8	8	85	38	15	15	0		8	8	69	38	23	15	8	0									
	6	14	73	51	33	17	3		7	19	45	38	49	16	12	3									
	4	10	76	53	36	16	1		6	13	55	39	54	13	17	3									
	0	0	86	57	43	29	0		0	0	43	57	71	57	14	0									
	4	6	36	63	24	41	7		4	8	19	48	24	43	36	7									
	3	3	39	72	25	39	4		5	5	21	62	27	43	34	3									
	0	0	56	67	33	56	0		0	0	38	75	50	38	25	0									

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高 (%)	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要 (%)	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
バ イ オ ・ ナ ノ ・ 環 境 関 連 産 業 技 術	57	化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術（ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等）	1	126	17	24	59	-	65	23	4	8
			2	129	16	21	63	-	74	16	2	8
			専	21	100	0	0	-	100	0	0	0
58	生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	1	112	11	28	61	-	73	11	4	12	
		2	113	10	24	66	-	75	8	2	15	
		専	11	100	0	0	-	91	9	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター				社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学 (%)	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学 (%)	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
						2	6	58	70	36	29	8							2	9	39	61	49	24	34	5
						2	2	60	73	35	25	3							2	5	36	69	50	20	32	3
						0	0	76	81	62	29	0								0	10	48	62	71	24	29
						5	5	54	66	24	29	15							4	8	32	57	31	30	28	16
						5	3	49	74	23	24	10							4	6	29	66	32	25	27	13
						0	0	55	82	18	18	0							0	9	27	64	36	18	27	0

3. 7. 課題別コメント

1	<p>ウイルス変異予測シミュレーションに基づく総合的危機管理システム ○対象となるウイルス範囲、国際・国内を問わず関係部門間の連携、結果の活用(有効なワクチンのタイムリーな供給)等、多くの課題あり。○過去データからの予測や耐性株出現は予測できるが、自然発生的変異の予測は難しい。予算と人材不足が阻害要因。○変異の作用はそれぞれ異なるので、一般的なモデルを実用化するレベルにまで発展させるのは難しいと考えている。○変異は予測可能であっても、危機は予測不可能。しかし事後に検証することも重要。○ゲノム解析が終了しているので可能。○正確な予測は不可能。世界先進国間の足並みを合わせるくらいは必要。○責任ある指令塔と伝達のしくみ構築が課題か。○ウイルス変異に基づくまえに通常の危機管理が問題(新型インフルエンザ)○Science Vol.326, p.734-738 に抗体によるA型インフルエンザの変異様式の研究(09年10月30日)○重要な課題ではあるが、シミュレーションできる科学的範疇にないのでは?地震予知より難題かと。○CDC+NIH。○今般の新型インフルエンザにおけるワクチン製造、接種、防疫までの社会システムを想定か。技術レベルよりも、社会的システム構築の問題が大きい。○インフルエンザを念頭にしている。</p>
2	<p>1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術 ○「分子計測の精度」をタンパク質のX線解析の分解程度で考えた。○熾光標識分子を細胞内でイメージングはできているが、生体分子そのままではない。個体ではPETやFMTがあるが1分子精度ではない。日本の得意分野として伸ばすべき。技術的ブレークスルーが必要。○最終的に細胞治療の発展へとつながる重要な要素技術であると思います。○一部技術的には既に実現しているが、医療現場等で実用技術として普及するには至っていない。○一部の分子種については可能であるが、全ての分子での生体内分子イメージングは困難である。○これらは恐らく基礎技術ではなく、応用技術に入れるべきものではないか。○すでに基本技術はあるので今後は改良とアプリケーションに向かうと予想します。○培養細胞ではすでに実現している。個体への適用も近いと思われる。○リアルタイムでなければ早期に実現できるだろう。○リアルタイムで達成しないと意味がない。○ごく限定的なものしか実用化されない。現在は流行しているが、間もなくすたれていく。○理研播磨研の成果に期待する。(X線自由電子レーザー技術など)○一部実用化されている?プローブなしで出来るか。○標的とする蛋白質に熾光物質をラベルし1分子を観察し、2nm位の精度で位置を検出する技術は既にある。熾光物質などを用いない純粋に1分子をイメージングする技術は近い将来に可能になるであろう。○日本では人材が少ない。大学等で優れた人材を養成するための施策が必要。○それぞれの要素は、2003年頃より開発がされているが、生体内での分子計測精度のイメージングは、生体に対する非侵襲的技術の開発など課題は多い。○1分子と生理(多分子生化学)とは本質的に異なるものであり、一研究領域内での課題に過ぎない。○タンパクのような高分子に関してはイメージングは実現しているものもある。また、RIなら低分子も可能だが、1分子では無理ですね。○in vitroにおける1分子イメージングは既に実現しているので、生体への応用は早期に実現可能であろう。○すでに予備効果は少なからず出ている。</p>
3	<p>細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術 ○基礎技術として課題2の技術が必要だと思う。○分子標識と検出において、技術的ブレークスルーが必要。日本の得意分野として伸ばすべき。○将来的にはマクロに把握する一歩手前の技術として、重要となると思われる。○既に様々な技術が開発されている。○タンパク-タンパク間の相互作用に関してはすでにいくつか手法がある。○意味のある相互作用を得るのが困難。○すべての分子を対象とするのはかなり無理。特定の分子なら実現は早い。○課題が意味不明。こうした一般的な課題に対する技術はどの昔に実用化されている。何を考えて設定したのか?老人病?○部分的には実現済み。○抽象的すぎてイメージできない。○漸進的に進歩するので、ある時点をもって完成とはいえない。○細胞間シグナル伝達物質の解明がかなり進んできている。○現在の技術でかなり進められる。○物質間相互作用についてはかなりの部分が解明されつつある。○生物学的に意味のある「相互作用」は「結合」と同義ではない。課題2の内容を発見する必要がある。○基本的には実現しつつあるが、汎用化には課題あり。○部分的には既に実施、遺伝子操作により可。脳のPDE4増加→cAMP阻害(Nature 461, p.1122-1125, 09年10月22日)○細胞外マトリックス研究への関心が非常に高まってきており、医療分野での応用がpromotion factorとなる。○我が国では細胞内の研究は一時ブームであったが、細胞間の作用については大きく遅れている。○病態診断の新しいプラットフォームを創出し得るものであり、課題2の1分子計測とは正反対の価値をもつ。○全ての物質間相互作用を意味するのであれば、実現はかなり難しい。部分的なものであれば、現在でも解明されているものは多い。課題設定が不十分。○アクチンとミオシンなどのごく一部の分子については既に実現されている技術だが、汎用的な技術として確立するためには10年以上必要であろう。○充分な予算措置がなされるべき。○Real time で要素の相互作用を測定する技術でなければ、産業上の応用の可能性は低い。このような機能を持った技術の開発の可能性は現時点で低い。○期待する達成のレベルにより、予測時期が異なるのでは?○もちろん重要かつ基礎的分野だが、すでに多くの研究が行われており、未来を拓くブレークスルーを戦略として策定するという意味ではプライオリティーは低いと思う。</p>
4	<p>20個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する技術 ○異なる配列を有する糖鎖の同定・頻度分布解析などと並行して開発することが必要。○NMRやMSでオリゴマーまでは解析できると思われるが、それ以上は技術的ブレークスルーが必要。○抗体医学の実用化拡大には必要な技術と思われる。○あらゆるケースに拡大できるかは不明だが既に技術は存在する。○何故この課題が取り上げられたのか自体が問題である。背景にある意図があざとい。○細胞外マトリックス研究への関心が非常に高まってきており、医療分野での応用がpromotion factorとなる。薬学分野での進展が期待されている。○グライコーム解析は、ゲノム解析やプロテオーム解析の副次的分野であり、また解析結果は重要な知見を与え難い。○糖質は、マイクロヘテロジェネティクがあり、ある程度から先の重要性は高くない。○天然糖鎖には複雑なものが多く、糖-タンパク複合体 etc.解析に多くの困難を伴う。○生体内での物質間相互作用の定量的継続技術の開発が重要。</p>
5	<p>植物の成長(形態形成、生殖、分化)をコントロールする遺伝子ネットワーク全体の解明 ○食料問題に必要であるが、種により状況は異なる。GMOに理解を求めるキャンペーンが必要。○前の課題と同じく、数少ない課題設定の中に何故この課題が含まれているかが大いに問題である。○植物の成長の速度は光合成によって決まるが、光合成の制御メカニズムの研究との連携が弱い。○指令塔の研究集中力とデータ構築との連携が課題。○プロテオーム・メタボローム解析は基礎技術が進展しているが、それをどう使うか生物学(生理学)分野の研究者養成が壁となっている。○活用の方向。○成長の制御の中に微生物との相互反応も含まれると考える。</p>
6	<p>メゾスケール(「ナノ空間(1-5nm)」と「バルク空間(100nm以上)」の中間に位置する大きさ)における細胞と物質の相互作用の制御を基盤とした新しい医療・産業技術 ○材料に関する基盤技術は築かれつつあり、後は適切な連携を促す支援策が強く望まれる。○課題が抽象的で何を示すのか不明。○スケールの区分けの意義と課題設定に生物学的な根拠がない。○全ての薬剤がこの範囲に入る。何が新しいか不明。○マトリックスバイオロジーはまさしくこれを20~30年前からやっている。新たなブレークスルーが必要。○酸化鉄粒子を用いたMRI造影とハイパーサーミア。○内容が抽象的すぎる。○安全性の確認を平行して行うことが必要。○がんマーカー探索などで期待されている分野であり、とくに日本の技術力が活用され得る。○プラズマ医療という新分野が欧米を中心に注目を集めている。○産学連携とそれを支持するシステムがあれば日本でもっと研究が進むと思います。○応用技術ではなく基礎技術。</p>

7	<p>体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術 ○解析対象タンパク質の所在、要求される精度(多数分子の平均的構造か、活性型/不活性型の比率かなど)によりハードルが大きく変わる。○プローブ分子などで部分的に荒く解析する技術で実用上足りる。○生物生産における代謝解析と連動できれば、実用にも貢献できる技術と考えられる。○医薬品の開発に重要である。○日本のグループが細胞内のタンパク質の立体構造解析に成功している。(NMR)○これは完全な基礎技術に関する課題であって決して応用技術ではない。○体内とは何を言いたいのか不明。○課題 2 とともに連動している。○体内で機能し得る構造とは、現在の科学では試験管内でとり得る構造と同一とみならず以外手がない。○大学+Spring-8+大型計算センター</p>
8	<p>マウスに代表される高等動物のある 1 つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術 ○種に属する個体間の共通(と考えてよい)経路と個体間偏差の大きい経路の区別・整理が難しいのでは?○中心となる因子やイベントは 10 年くらいで可能と思うが、細部までの解析はかなり先になると思う。○これは純粋な基礎研究であって基礎技術とすら言えず、当然応用技術ではない。○統合的と言うが、時間も空間も異なるものをどう統合しようというのでしょうか。○それができても、結局何もわからない。情報の洪水になるだけ。○部分的には可能。○先天的、後天的(発生的)遺伝子表現異常解析の有用なる手段。○社会的(産業上)応用するための出口がない。○応用技術ではなく基礎技術。○哺乳類の場合、母体と胚との対話に関わるシグナル阻害要因の解明が未熟である。</p>
9	<p>タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質と DNA や RNA との相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術 ○in silico モデルは完全でないのに容易さから第一選択の解析技術とされやすく、ミスリードする確率が高くなる。○Dry のみでは不可能で Wet 連携必要。また Target の構造から難しいケースは多い。公的なデータの蓄積が必要。○個別のインターアクションをネットワーク化する別の技術とのコラボレーションが必要と思われる。○次世代のスパコンを用いても不可能な研究領域と考える。○人工タンパク質をデザインする技術は非常に重要。医療や環境問題の改善に寄与できる。○「精緻に」にのみ新規性があり、何故、未来における課題として設定されたのかが理解できない。○かなり実現化している。○新型コロナウイルスのメカニズムの解明など。○既に広く利用されているのではないのでしょうか。○汎用性の高い分析機器の開発が課題。○スーパーコンピュータの処理能力向上が鍵となる。○CG により一部実施。○製薬メーカーのドラッグデザイン部隊が単独で実施できる仕事ではないだろうか。○量子レベルが可能に。スパコンが鍵。○実現しそうで、実態としては成功しにくいテーマである。○構造情報と機能の相関に関するデータの蓄積が必要となる。○人工タンパク質をデザインする技術は非常に重要。医療や環境問題の改善に寄与。</p>
10	<p>抗体の抗原認識機構解明に基づき高活性人工抗体をデザインする技術 ○医薬という観点からは、活性と同時に抗体の物性の特定も重要。○in silico モデルは完全でないのに容易さから第一選択の解析技術とされやすく、ミスリードする確率が高くなる。○問題は結合部位のみならず、抗体全体の分子として、生体内における活性や安定性を理解すること。○出口を明確にする必要がある。例えば、医薬か、酵素活性か。○高活性人工抗体デザインは、巧妙なスクリーニング系の開発にかかっている。○ラクダ抗体、サメ抗体の他、人工的スキャフォールドを利用した人工抗体の作成が出来つつある。○人工タンパク質をデザインする技術は非常に重要。医療や環境問題の改善に寄与できる。○現在、市販抗体もしくはハイブリドーマからモノクローを産出して迅速診断キットの創出を行っているが、感度、特異性が不十分で、人工的に造ることが可能になれば、性能向上が望める。○「人工」を組み換え DNA 技術、「デザイン」をスクリーニングととらえて回答したが、課題のとらえ方によって実用性に差が出る。○かなり実現化している。○新型コロナウイルスのメカニズムの解明などの技術的知見など。○人工抗体を生体内で機能させる手法・技術が課題。○エイズウイルスに対して広範囲な活性を持つ抗体の設計 science press. Ang/10.1126/science. 1178746 (研究段階レポート)○ワクチン開発など重要な技術であると思う。○デザインだけでできて、実際に抗体が得られるわけではない。DNA アダプターの研究がその例ではないか?○米国バイオベンチャーが主力となって抗体医療を完成させている。○完全に in silico でデザインするのは難しく、wet lab の手助けを借りて実現する。</p>
11	<p>薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とする in silico 医薬品開発技術 ○汎用性(対象薬剤を選ばない)、迅速性を実用レベルまで高めることが課題。○動態はシンプルなモデルはあるが、多くは合わない。データ蓄積が必要。作用は濃度だけの問題であれば可能。○すでにプロトタイプは実現済み。○適切なモデル系による評価と計算の連携が重要である。今後はより汎用性の高い疾患モデルの開発こそが急務の課題と考えられる。○ある程度のシミュレーションは現時点でも可能と思います。○体内動態と作用をシミュレートする為には生物自体のほぼ完璧な理解が必要だが、それは不可能。○in silico 医薬品開発基盤技術の一部は確立済みである。○実現されている。○要求の程度による。○とくにメタボリックシンドロームや血糖制御の領域で重要ではないか?○量子レベルが可能に。スパコンが鍵。○予測系と成体における実際の誤差修正技術で相当精度は上がると思われるが、in silico だけではダメ。○開発支援システムなら可能性はある。○完全に in silico だと難しく、課題 10 と同じ状況。</p>
12	<p>半導体チップ上に数千~数万の反応容器を集積化し、多種類の反応ライブラリーとして活用することで、酵素反応、抗原抗体反応等の活性、リガンド探索、反応条件検討などの、多くの生体反応の検出を一瞬で可能とするナノチャンパーアレイ ○品揃え、用途開発(目的に応じてチップに何をのせるか)など枠組みの設定が重要。遠い将来は生体反応のイメージングと競合?○市場ニーズとコストが合えば技術的には可能。○定量化不可能。○原理的には既に存在する。○非常に特定の技術ではないか。○HTS 技術の競争は日本でも盛ん。1 分子 PCR やエマルジョン PCR などを利用した“使える”技術が、日本にはある。○数万という規模は意味がない。ユーザーがいらない。○現在のバイオセンサー反応は、遺伝子、抗原/抗体、酵素/ホルモン、等各種反応が異なるため、それをどうやって集積するかがキープポイントとなる。○データ解析が非常に難しい。またデータの信頼性を高める技術が必要。○一瞬はありえない。○あまり意味があると思えないので、もうすぐ開発競争はすたれていく。○シンプルなものは一部実現。○次世代の POCT として実用化が始まっており、期待も大きい。○技術競争であり、日本が世界をリードすることが可能という意味で。○用途不明。Personal な小型計測にはニーズがあるが多数の分子を測定する必要がない。○小規模では既に開始している。○半導体とバイオの技術の融合は、最近急速に進んでいる。○国内でも独自のライブラリー技術はあるが、規模等で米国に劣る。○増幅反応なしに DNA 解析を行えるデバイスの開発が重要である。</p>
13	<p>アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用) ○患者個々の治療対象の特定、方針決定(コスト/効果も含め)の部分が最も難しいように思える。○学問的にはほぼ解決済で医療技術課題として取り上げるのであれば、もっと具体的にストラテジーを明示すべき。これは誰かが基礎研究の対象にしたい課題にすぎない。○かなり実現化に近い。○自己細胞死のメカニズム解明が進み、イネイモチ病の発病メカニズムが解明され、一部防除技術開発に利用された。○成功すれば非常に有効。○DDS 技術の進歩が必要。○特定細胞へのターゲティング法の開発に依存。○遠い将来にわたっても、肝心の「特定細胞」自体を「特定」する技術が不在であり、かなりハードルが高い。○がんを標的とするので、研究が進みやすい。○細胞死を局所に限定して制御することは現段階では不可能であると思う。○細胞死のシグナル伝達を阻害することで制御しているメカニズムが分かってきている。</p>

14	<p>外部エネルギー制御やメゾ制御、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を利用して標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶナノキャリアシステム</p> <p>○まずはナノキャリア作製技術のブラッシュアップが最重要である。平行して、低侵襲な物理治療技術・治療機器開発を行わなければならない。適切な連携が重要で、マニックな技術の深化だけでは解決できない課題である。ODDS で物事の解釈はできない。○外部エネルギー制御は不可能。メゾ制御は意味不明。MEMS には新しいアイデアが必要であり、未だに医療技術課題のレベルに至っていない。○酸化鉄ナノ粒子や金ナノ粒子の利用。○技術的には理解できるが、この設問には無理があると思う。MEMS によって生体内の全ての細胞を対象とできるのか？○原理上、特定部位の位置決めが不可能。○どの程度の精度を要求しているのかによる。○臨床応用まで進めるには厚労省などの公的機関とともに研究を進めることが必須。○酸化鉄ナノ粒子や金ナノ粒子、半導体ナノ粒子の利用。</p>
15	<p>Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を基盤として、生体(管腔臓器)内を自在に移動し、各種操作を行う診断・治療用マイクロマシン</p> <p>○チャレンジは重要だが既存の医学・薬学がそのレベルまで追い付いていない。ナノバイオテクノロジーとしての技術の飛躍が期待される。○用途が限定的。○マイクロマシン自体が概念レベルであり、生体内を自在に移動するというものは「ミクロの決死圏」レベルにとどまっている。○「特定」の細胞や部位に固執しない限り(汎用で網羅的であれば)可能。○現在実現しているものは自然移動型であるが、自由移動型も遠からず実用化されると思われる。○どの程度の精度を要求しているのかによる。○産官学の連携が必須だと思います。</p>
16	<p>神経活動を検知し、コンピュータを用いて信号化・処理・伝達することにより、人間の思考内容を表示する技術</p> <p>○ヒューマンインターフェースとして部分的技術でも有用。倫理問題は阻害要因。○普通の思考の解析よりも、精神疾患等に应用すべきだろう。○一個の神経細胞が行う情報処理は現在の一台のスパコンにも相当するという事実が踏まえられていない○これはもうすぐできる。が、利用方法が良く分からない。特定の病気の人のためや犯罪捜査くらい○あまりに複雑な内容だと思う。○思考の内容の全容までは不可。喜怒哀楽、Yes・No の程度は可能。○本課題の進展前提条件として、局所神経回路網の動作原理に関するニューロン、シナプス、レベルでの解明が必要である。○可能になりつつある。○思考内容の意味するところによる。「右手を動かす」というレベルなら、既にも実現されている。しかし、例えば、哲学的思考がコンピュータ技術によって表示されるとは思えない。○倫理問題あり。○「人間の思考」の定義をより柔軟に考えることが break through に繋がると思います。○個人差が非常に大きいので、一般化して皆に応用できるものはできそうもない。</p>
17	<p>孤発性のうつ病や統合失調症等の精神疾患の発症を予測する技術</p> <p>○うつ病発症要因物質の特定がキーポイント。○人権問題がからむため、実用化した時に別の問題が発生する。○部分的にあるいは確率的には現在でも可能といえるが、この種の「予測」に何の意味があるのか疑問である。○PET 分子イメージング等が重要となる。○適切なモデル動物を開発することが重要で。</p>
18	<p>がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム</p> <p>○遺伝的要因とこれまでの生活由来の要因は解析対象になり得るが、今後の生活に由来する要因はリスク評価に盛り込めないという本質的な問題がある。前者の範囲でのみ可能。○バイオマーカー探索が進展することに伴い、より精度の高い診断が可能となる。○1000 ドルゲノムで遺伝的要因は解明され、バイオマーカー発見で充分可能な技術。○医療にかかわる金銭的コスト・人為的コスト削減は急務の課題である。現状の医療システムでがん診断の普及率を向上させるには限界がある。そのためには短時間で簡便なチップ型診断技術を急速に開発する必要がある。○革命的技術なしで有り得ない。○疾患の種類や「情報」の内容によって異なると思います。○重要だと思うが、何を測定するのか、中身がよくわからない。○ホルモンや酵素反応の電気シグナルは測定できるが、抗原-抗体反応を同じ方法で測定できるか否かがキーポイント。○一部については既にも実現済みといえる。今後はどの程度まで適用が広がるかという段階で、予測に値する課題ではない。○可能になると思うが、経済的に見合うものになるかどうか疑問。○発病に至るマーカーの把握が課題。○DNA 個人情報管理の問題あり。○単純なものは部分的に開発中。○一部実現されているのでは(診断)? 治療指針への対応はまだ。○現在の POCT の進化形であり、技術的ハードルも高過ぎない。QOL の向上に期待が大きい。○診断には治療法の提示が必要。致死的疾患の予告になるようなシステムは不明。○突然成功する類の研究ではなく徐々に進んでいく。</p>
19	<p>脳神経疾患(認知症、パーキンソン病など)の発症を予測する技術</p> <p>○遺伝的要因とこれまでの生活由来の要因は解析対象になり得るが、今後の生活に由来する要因はリスク評価に盛り込めないという本質的な問題がある。前者の範囲でのみ可能。○PET, MRI などから可能であるが、対応できる社会制度の整備が必要。○病態マーカーの探索と、症状の定量化の両面からの取組が重要と思われる。○認知症、パーキンソン病の発症要因物質の特定がキーポイント。○課題 17 と全く同様で、確率的予測は可能であるが推進すべき課題ではない。○「予測」することが重要か否かは、治療法の開発具合による。治療法ができないなら、予測しても無意味に近い。○DNA 個人情報管理の問題あり。○SNPO 実験レベルでは原因と思われる γ-セクレターゼの増加が知られている。これを阻害することによる予防のレポートがある。予測に通じる技術 → Science Vol.324, p.639-642 (2009)。○脳神経疾患の原因遺伝子の一部は、明らかになっているので、遺伝子検査によって、少なくとも、一部の疾患の発症を予測できるかもしれないが、社会に適用されるには、時間がかかる。○長期(30~50 年後)の予測は難、短期(1~5 年後)の予測は易。○ある程度治療法が確立しないなら発症予測に大きな意味はない。</p>
20	<p>エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法</p> <p>○個々の患者の遺伝子に加えられたエピジェネティックな要素の変動の幅を考えると実現はかなり先では? ○エビは発現のみ。癌の抑制に向かない。○HDAC 阻害剤で一部実現済み。○がん治療を軸に、多面的な展開を期待したい。○エピジェネティックな機構は発がん機構の一端にすぎず、これを主眼においた治療法は原理的に困難である。またエピジェネティック全般に適用するのは危険。○治療にはつながらないと思う。○核酸医薬の発展が最近めざましい。今後も当領域が順調に発展すれば実現の可能性は高い。○課題 19 と同様、発がん機構という面では、現在でもかなり解明されているが、実際の治療法までには、多くの課題が残っている。○エピジェネティクスは元来あいまいなメカニズムであり、治療法への適用は原理上困難。○エピジェネティックは創薬に用いられてきている。</p>
21	<p>人体(構造、生理、病態)をコンピュータ上に再現したバーチャル患者の活用による疾患発症機構の解明</p> <p>○メカニズム解析より、診断や治療に必要。○実際は他の Factor が多くなるため、現実とのギャップをうめるための工夫が必要となる。○バーチャル患者はどこまで再現すべきかという最初の期待値の設定がされておらず、答えようもない設問。○無意味としか思えない。○特定の疾患等では可能。○個々の要因についての解析は進んでいるが、相互作用についてはデータ不足。○知的遊びを越える内容をもつかが課題。○実際には複雑系であるため、予測不能な因子を考慮する必要がある。</p>
22	<p>記憶とシナプス可塑性の関係を含む神経回路網の形成メカニズムの分子レベルでの解明</p> <p>○どこまで解明を目指すのか。それが明確でないと判断できない。○この課題は「解明」をめざす基礎研究であって「治療」とは無関係である。従って治療としての優先度はゼロ。○問題はシンプルだが、非常に手強い問題。何か予測できないブレークスルーがないと無理かもしれない。○神経回路網の作動原理に関するニューロン、シナプスレベルの研究の推進が前提となる。○現時点で</p>

	も、本課題は相当程度に解明されたと言えるし、50年後に解明できているかと言えば、解明できていないという言い方もできる。過去20年の進歩は著しい。
23	怒り、攻撃など情動行動の発現調整機構の解明 ○「発現調整機構」とは何を指すのか。発現機構すらわからない現在においてはこの課題設定自体、無知、こっけいである。○科学的には解明できると思うが、利用価値がどこにあるのかわからない。○現時点でも、本課題は相当程度に解明されたと言えるし、50年後に解明できているかと言えば、解明できていないという言い方もできる。過去21年の進歩は著しい。○安心な社会を作るために重要。
24	アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術 ○Aβやタウが原因であれば可能。○治療法を優先すべき。○アルツハイマー病の治療薬は市販されているが、効果が不十分。アルツハイマー病発症の要因物質の特定とメカニズム解明が急務。○変性疾患→神経変性疾患と読み替え。困難ではあるが重要課題。○患者数から考えて、あまり大きな意義はないと思う。○基礎研究を積み重ねれば、きっと可能。すぐには無理。○メカニズムはあらかた解明されている。○モデルマウスレベルではアミロイドβ蛋白の生成阻害のレポートがある。Science Vol.324, 639～642(2009)○分子レベルでは解明され、それに基づいて、モデル動物実験で、何らかの成功をおさめられるかもしれないが、人間の疾病の治療にまではつながらないのではないか。○変性退行性委縮性慢性疾患の発病メカニズムは相当明らかにされつつあるが、これを治療レベルに展開するには時間がかかる。○非常に困難が予想される。
25	統合失調症やうつ病の原因の分子レベルでの解明に基づく治療法 ○うつ病発症の要因物質の特定と発症メカニズムの解明がキープポイント。○両疾病とも単一の要因ではなく多因子疾病であるため、すべての治療が副次的であり、その上という回答。○極めて重要な課題だが、現状はまだ基礎の基礎レベル。もっと地道な研究が必要。○DNA チップの発達により、DNA 分子レベルでの解明が容易化しており、技術的ハードルが低い。○一部実現している。○うつ病は社会問題になっている。
26	発達障害(広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥・多動性障害(ADHD))の分子レベルでの原因解明に基づく治療法 ○原因解明の課題ですら全く困難であり、かつ、発達障害は原因が解明されても治療法へは殆ど結びつかない。○極めて重要な課題だが、現状はまだ基礎の基礎レベル。もっと地道な研究が必要だが、やや早くできると思う。○脳の病気はいくら原因遺伝子がわかっても、それを修復することはほとんどの場合できないと思う。○完全な治療は不可能。部分的、或いは改善は可能。○社会問題として重要。○脳の病気の原因遺伝子がいくらわかっても、遺伝子治療ができないと治療には結びつかない。
27	がんの転移機構の解明 ○臨床開発が問題。動物レベルは実現レベル。○がん細胞-宿主間の相互作用について多くの情報集積が必要とされるが代表的なケースが解明されるのは恐らくそれほど先ではない。全体像の把握と患者個人における転移機構の特定には更に時間を要する。○部分的には分かっている、可能。○基礎医学的(分子生物学的)知見と臨床医学的知見の融合が重要。例えば、手術すると転移しやすいなどの経験則について学術論文で論じられる機会は少ないと聞いています。○重要な研究であるが、どのようにアプローチすればよいか、まだ答もでていないように感じる。○「解明」は治療ではない。現在も解明はほぼ済んでおり、治療法もない訳ではない。○メカニズム自体はすでに言い当てられており、後は具体的な分子群を機械的・博物学的に見つけていくだけである。○1970年から毎年少しずつ解明されており、完全に解明されるといつ終点は何時になるか不明。○これは間違いなく解明される。○動物レベルでは実現レベル。臨床開発が難しい。○ナノ粒子型制がん剤が転移がんに対し、有効、あるいは手術よりも転移を引き起こしにくいという点も合わせ、総合的に解明していくことが研究の加速につながる。
28	自己免疫疾患を治癒させる治療法 ○自己免疫病と移植臓器の拒絶反応、がん免疫は密接に関連している。例えば、iPS から自分自身由来の臓器を作り自分に移植しても、自己免疫反応で拒絶される可能性がある。○完治は困難。○一部に関しては解決済。また一方、「治癒」とは何を意味するのか不明瞭。○免疫系をコントロールすることにつながり、とても重要である。○自己免疫疾患は多種多様であり、ごく一部はたとえ原因療法でなくても相当な治療効果が出ている。例えばクローン病に対するTNF抗体などを用いて治療効果が出ている。○原因の除去と共に発生している障害の治療は別の問題。○自己免疫疾患にも多くあり、可能なものと不可能なものがある。○ある程度治療法あり。
29	幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法 ○大きく発展できる領域と思う。○比較的早く実現するのではないか。○「脳神経機能障害からの回復」と読み替え。例:骨髄損傷。○脳細胞障害は幹細胞移植によっては(あったとしても)ごく部分的にしか回復しない。○パーキンソン病に対する胎児脳組織移植の臨床試験はある。○できる気がしない。薬物等を用いる治療の方が現実的。○経済的ハードルが高いと考える。○技術的実現だけでなく、社会的実現についても、実現済みという言い方もできる。実際これ迄に1000人以上の脊髄損傷患者が、この治療を受けていると思う。しかし、その機能回復の程度はわずかであり、要求水準を上げれば、2040年になっても実現しないであろう。また、技術的実現から社会的実現に至る過程では、安全性に関する法的規制が大きな阻害要因になると思う。因みに、上記の患者数の多くは中国でなされたものである。○倫理問題あり。○過大に期待するのは危険である。○大学と政府が共同で海外に対抗できる基盤を作ることが大事だと思います。
30	siRNAなどの核酸医薬の全身投与による疾病治療 ○siRNAを全身にデリバリーできる技術がなく、進展はまったく停滞している。○デリバリーとオフターゲット解消が課題であるが、薬になる物はできる。しかし、限定的であり何でもできるとは思わない。○まだその有効性が確認されていないのではないか。○siRNAが発現抑制に働くので、in vivoでの使用を考えていると思うが、side effectや抑制力など課題が多くこの手法が医療的に役立つか不明。○全身投与は無茶苦茶。何故「全身投与」としたのか不明あるいは不見識。○オフターゲットeffectの問題あり。○核酸医薬の進展はめざましい。民間企業が大学と協力して開発できるシステムが必要。○原理上(非特異的作用のため)、全身投与は多大な副作用を引き起こすため臨床試験に進めないのではないか? ○一時的な対症療法で意味ない。○核酸医薬は発売済み(ファイザー社のマクジェン)。各社のパイプラインに既にあり。○ごく一部の疫病でのみ有効であろう。○有用性が果たしてあるか。有効な治療法となるか? ○哺乳類でのsiRNAの効果は一過性なので、対象となる疾患は極めて限られる。
31	遺伝病などの原因となる異常遺伝子を体内で修復する技術 ○化学(工学)・医学・薬学が三位一体となり材料をデザインし、評価していく姿勢が重要。現状の日本の体制はぬるくて話にならない。○遺伝子治療技術は今後大きく進展すると予測する。○幹細胞技術と連携が必要。○実際には「体内で」という余分な言葉を除けば既に可能。対外で修復するのはなぜ駄目なのか? ○DNA修復を狙った遺伝子治療は開始されている。○全く無理。○遺伝子修復ではないが、遺伝子導入による機能回復は成功例がある。ADA欠損症。○技術的には可能になるかもしれませんが、医療経済や倫理問題を考えると、社会的実現は難しいと思います。○コンセプトは興味深い、修復するよりは正常遺伝子で補完する方が現実味が大きい。○限定的と思われる。○マウスモデルでは成功するが、人間に応用するかについてはコンセンサスが必要となる。○難しく、優先的に取り組む事をすすめない。○全ての全身の細胞を修復するのは不可能だろう。
32	各種チャンネルや受容体を備え、細胞の膜輸送、物質変換、エネルギー変換などの機能を代替し、動物実験を削減する人工細

	<p>胞・組織の構築技術</p> <p>○利用可能であるが、個体レベルの代替法にはなりえない。○一部は実現していると思います。○医療への実用にハードルは高いが、診断分野での貢献は期待できるだろう。○このようなアプローチがモデル細胞・組織として利用できるかに疑問。○工業系グループも積極的に参加する必要がある。セルエンジニア、基礎生物学、バイオマテリアルの協調が必要。○実現にはまだ時間がかかりそう。20~30年でそこまで到達できるか。○単純系での応用ははじまっているが、複雑系となると実現はスーパーコンピューターが必要となると思われる。○モデル系は数十年後には可能だが動物実験の削減にはならないだろう。(論理的に)○動物実験の削減を目的にしても代替になりえないのではないかと。医療機器を目的にするならばありえる。○EUでは化粧品の安全性試験に代替法を採用している。○無意味。遊んでいるとしか思えない。○細胞の膜輸送、物質変換の技術は開発されつつあるが、エネルギー変換機能の代替は容易ではない。○人工細胞のハードルは高い。○遠い将来に、この様な技術は研究室で実現するかもしれないが、実際に動物実験に代替するのは無理のように考えます。○これこそ、シミュレーションが効果的ではないか? in silico で十分なはず。○一部の機能のみに限定すれば可能。動物実験を減らすことは、出来るが、ゼロにはできない。○人為的、人工的系は生体の複雑系を表現するものではないことに最大の留意が必要。実験動物の削減には寄与するが、最終的に生体での検証は必須。○必要なデータの蓄積が十分でなく、誤った結果を導く可能性が大きい。○改変細胞は、医薬品の試験などで用いている。○治療法として広く定義するかは疑問がある。○難しく、優先的に取り組む事をすすめない。○重要であるが、今の段階では実現可能かどうか判断がむずかしい。○再構成した生体分子システムでの定量的計測を推しすすめる必要がある。</p>
33	<p>iPS 細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)</p> <p>○iPSでは品質的に難しく、実用化はESが早いと思う。○血小板・赤血球など核のない細胞に限る。○iPSは基礎研究、臨床は困難。癌化のためiPSは再生医療にならない。○代謝系の細胞に分化させる技術の開発研究だけでもかなりの時間を要すると考える。○発生学・生理学などの基礎生物学との連携が重要であろう。○日本では許可の問題があり、実用化が困難であるが海外での実用化の可能性は高い。○DNAを用いずにiPSを作成できるようになってきた。癌化の危険性を回避できる可能性が見えてきた。しかしながら、コントロールするにはまだ時間が必要だと考える。世界・日本にとって重要な技術であるが、日本でも特に力を入れてゆくべきだと考える。山中先生の支援を積極的に行うべきである。○iPS技術はiPS細胞をいかにがん化させないかが鍵になるが、場合によっては解決が難しいかもしれない。○部位によって応用実現の時期は変わると思われるが、治療対象をどうやって選ぶかを考える必要がでてくる。○iPS細胞は研究資料として非常に有用であり、多くの医療課題の遂行につながるものであるが、それ自身が直ちに人工臓器等の再生医療となると考えるのは早計。○マウスiPS細胞やES細胞を利用した組織再生は先行して行われている。○iPSをヒトの体に移植することは、がん化のリスクから考えて、不可能(がん化するような細胞をiPSとしてとってきているため)。○安全性の確保が課題。○ヒトの細胞の活用は比較的早期に可能と思われるが、人工臓器の作成は一段と困難であろう。ここでは“細胞”として回答した。○iPS細胞を万能細胞と訳した報道がなされたが、万能という言葉によって、肝臓、腎臓、心臓、肺その他の臓器を作り出して移植可能になるかのような幻想が生まれ、大きな研究費が投じられている。しかし、20~30年後に振り返ってみると、大山鳴動鼠一匹ではないかと予測する。iPS細胞の多分化能は、長所でもあるが大きな欠点でもあり、がん化を回避して分化を制御する事は、困難であろう。因みにiPS細胞から造血幹細胞を誘導して、白血病の治療に使うという、恐らく最も技術的実現性が高いと思われることも、安全性と経済性の観点から見て、現在行われている自家造血幹細胞移植や臍帯血移植にとって替わることはないであろう。再生医療にはiPS細胞よりも、むしろ分化能の限定された幹細胞(例えば、肝幹細胞)の方が、有望と思われる。○大いに期待したいと考えています。○単一機能細胞群の構築は早いと思われるが、組織構築には他の要因(因子)技術の導入が必要。○三次元化がKey。</p>
34	<p>iPS 細胞を利用した再生治療技術</p> <p>○実用化には高いハードルがある。○iPSでは品質的に難しく、実用化はESが早いと思う。○血小板・赤血球など核のない細胞に限る。○コストを誰が負担するかが問題。○一部の臓器でははやめに進むと考える(比較的単純な組織のみ)。○特に厚生労働省との連携や支援が重要であると思います。○発生学・生理学などの基礎生物学との連携が重要であろう。○日本では許可の問題があり、実用化が困難であるが海外での実用化の可能性は高い。○iPSをつくる技術、増やす技術。○対象疾患をどこまで広げられるかによるが、いくつかの疾患ではそう遠くない将来に実現しうらと思う。○iPS技術はiPS細胞をいかにがん化させないかが、カギになるが、場合によっては解決が難しいかもしれない。○部位によって応用実現の時期は変わると思われるが、治療対象をどうやって選ぶかを考える必要がでてくる。○再生医療の手段。特に、生体幹細胞医療が一般化される前の過渡的材料となりうるが、最終的な技術とはならない。○どう違うか不明。○iPSをヒトの体に移植することは、がん化のリスクから考えて、不可能(がん化するような細胞をiPSとしてとってきているため)。○米ソーク研究所など、ファンコニー貧血症の線維芽細胞の遺伝子修復iPS化に成功。Nature advance online:Doi:101038/nature08129. 2009年5月31日。○iPS細胞を万能細胞と訳した報道がなされたが、万能という言葉によって、肝臓、腎臓、心臓、肺その他の臓器を作り出して移植可能になるかのような幻想が生まれ、大きな研究費が投じられている。しかし、20~31年後に振り返ってみると、大山鳴動鼠一匹ではないかと予測する。iPS細胞の多分化能は、長所でもあるが大きな欠点でもあり、がん化を回避して分化を制御する事は、困難であろう。因みにiPS細胞から造血幹細胞を誘導して、白血病の治療に使うという、恐らく最も技術的実現性が高いと思われることも、安全性と経済性の観点から見て、現在行われている自家造血幹細胞移植や臍帯血移植にとって替わることはないであろう。再生医療にはiPS細胞よりも、むしろ分化能の限定された幹細胞(例えば、肝幹細胞)の方が、有望と思われる。○大いに期待したい。○臓器によって技術が異なると思いますので、実現時期は予測しづらい。○がん化のリスクをゼロにするのは難しい。○政策のバックアップが必要。○iPS由来の細胞群の移入(移植)がオリジナル器官で期待される機能を維持するのは単純な技術課題ではない。○三次元化がKey。○大学と政府の連携により海外の研究と対抗できる基盤を作ることが大事だと思います。○一部可能済み。</p>
35	<p>がん化などのリスクを回避して、iPS細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術</p> <p>○体性幹細胞の利用に期待。○iPSでは品質的に難しく、実用化はESが早いと思う。○造血幹細胞移植による骨髄回復及び、血管再生はすでに実施されている。○発生学・生理学などの基礎生物学との連携が重要であろう。○日本では許可の問題があり、実用化が困難であるが海外での実用化の可能性は高い。○10年以内に目処がたつのではないかと。○iPS技術はiPS細胞をいかにがん化させないかが鍵になるが、場合によっては解決が難しいかもしれない。○幹細胞全般にとらえれば、それらが既に用いられている血球幹細胞を含めて治療に役立つのは時間の問題。○どう違うか不明。○造血幹細胞はすでに実現。それ以外は5~10年以内くらい。○課題35が可能になれば、課題33、34の実現性高まる。○iPSとがん細胞はよく似ている。がん化リスクをなくすることは極めて難しい。○iPSをヒトの体に移植することは、がん化のリスクから考えて、不可能(がん化するような細胞をiPSとしてとってきているため)。○iPS細胞を万能細胞と訳した報道がなされたが、万能という言葉によって、肝臓、腎臓、心臓、肺その他の臓器を作り出して移植可能になるかのような幻想が生まれ、大きな研究費が投じられている。しかし、20~32年後に振り返ってみると、大山鳴動鼠一匹ではないかと予測する。iPS細胞の多分化能は、長所でもあるが大きな欠点でもあり、がん化を回避して分化を制御する事は、困難であろう。因みにiPS細胞から造血幹細胞を誘導して、白血病の治療に使うという、恐らく最も技術的実現性が高いと思われることも、安全性と経済性の観点から見て、現在行われている自家造血幹細胞移植や臍帯血移植にとって替わることはないであろう。再生医療にはiPS細胞よりも、むしろ分化能の限定された幹細胞(例えば、肝幹細胞)の方が、有望と思われる。○大いに</p>

	期待したい。○発癌遺伝子回避技術はすでに実現しているが、分化後の細胞機能とその変化については未知の部分は多い。○ナノ粒子型デバイスの利用による研究の加速が期待できる。
36	臓器を移植するための長期培養・保存技術(自家組織を含む) ○この分野の進展が遅いように思われる。着手する企業等も少ないように思われる。○再生医療の進歩につれて急速に進化すると思われる。○過去に既に試している。○一部は既に存在し(程度や期間を度外視すれば)、未来の課題ではなく非常に現実的な課題。○細胞では可でも臓器では困難。○実験済みか、ある時期に技術的に可能になるか、実現しないかという、いわば白か黒かという設問には答えにくい。実際は灰色であって、実現済みと言えば言えるし、要求水準を上げれば、その達成はいくらでも遅くなる。○大いに期待したい。○ダメージを与えない凍結技術の開発が必要。○ある程度の技術は現在も利用可。○実験レベルの技術としては相当進んできていると思われます。○臓器により時期に差あり。○「長期」とはどの位の時間の長さをさしているのかよくわからない。○再生医療の基礎研究として重要。
37	視聴覚障害者に日常生活で視覚または聴覚の代替機能を与える装置またはシステム ○機械での代替であれば、まだ早期に実現可能かもしれない。○疾患によっては早期実現すると思う。○MEMS技術の進展により、技術開発が著しい分野である。○視覚情報の多くは人工装置では与えられない。○聴覚はすでに実現、視覚は10年以内に実現。○視覚についてはチャネルロドプシンなど光感受性イオンチャネル物質の活用により、比較的早期に可能になると思われる。○実験済みか、ある時期に技術的に可能になるか、実現しないかという、いわば白か黒かという設問には答えにくい。実際は灰色であって、実現済みと言えば言えるし、要求水準を上げれば、その達成はいくらでも遅くなる。○聴覚に対しては実現しているのでは?(一部ですが)○人工内耳は訓練によって、音楽を聴けるレベルが実現している。視覚は疑似的極めて初歩のレベルは試みられているが、日常生活レベル(人工眼球?)は程遠い。○技術は可能でもコスト。
38	環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術 ○遺伝子組み換え作物がどう一般に理解、許容されるかが重要な問題。○日本での開発は不要。○食料自給率の低い日本が技術を開発し、世界に向けて発信すればよい。○遺伝子組換え技術による適応能力アップと同時に、バイオマスに使用する場合問題ないが食料の場合、安全性が最重要。○生態系との関連があり、技術的に可能なことと実際に行うべきかは異なる。○主要なブレークスルー技術である遺伝子組換え技術を社会的にどのように受容するかが日本での実現においては律速要因である。世界的には10年以内に実行される段階にある。○技術的にはポプラ等、多くの作物・樹木で確立されているが、遺伝子組換え技術に対する社会的認知度が低い。○遺伝子組換え植物は既に作製されているが、社会的な受け入れが課題。○自然生態系における生物間のバランスの中で人為的の生存維持は困難と思う(重要課題ではあるが)。○モデル植物での環境適応能力の向上にかなり見通しが立っているが、作物生産、緑化技術には未だ不十分。○一部試験が開始されているが、不十分である。応用分野よりも基礎技術での特許取得により、世界への普及は一部の先端技術を持つ企業により阻害される恐れがある。○一部実現し始めている。○砂漠での作物生産レベルにいくには、この技術だけでは不十分。○遺伝子組換え生物の環境への影響やパブリックアクセプタンスの課題解決が必要。○砂漠における作物の営利栽培は、植物サイドの技術革新だけでは不可能である。むしろ、温暖化に備えて耐暑性の向上を考えた方が良さそう。○GMの拡散をどこまで制御できるかが課題。○遺伝子変換植物に対する法的規制緩和が必須。○温暖化は土壌の乾燥・塩性化をもたらすし、また、この要因は植物遺体に起因していることから、この視点からの対策も必要。○耐塩、乾、寒性に加えて、耐病虫性も重要なファクターと思われる。
39	物質生産のための最小遺伝子セットからなる人工細胞の構築による有用物質生産の技術 ○アカデミックには意味はあるが、ミニマムが効率的とは思えない。生産には植物や酵母が有望と思う。○CO ₂ 排出削減に貢献するバイオプロセスの構築に大きく貢献する基盤技術として、化学工業において特に重要と思われる。○物質生産のターゲットが重要である。○この内容が農林水産バイオなのかかわからない。「工業バイオ」ではないか。○セルファクトリー技術により、様々な化合物を非石油系原料から作れるようにすることが、今後の資源戦略として重要である。○物質生産の為に人工細胞を用いる意味がない。○ゲノム情報の解読による遺伝子機能解明の加速と構造生物学を基盤にしたタンパク質工学により、今後急速な発展が期待される。一方、テロへの悪用等注意すべき課題もある。○遺伝子組換えの植物では技術確立されており、人工細胞の構築までの必要性は疑問。○バクテリアを用いたモデルセルは部分的に構築可能な段階にあるが、技術化には未だ不十分。○細胞は必要ない(遺伝子のみで良い)。○社会的普及にはコストとのバランスが大きく影響する。
40	農作業を完全自動化するロボット技術 ○食料自給率の低い国々では、とても大切な技術となる。文部科学省の国家基幹技術に入れるべき。○人間の目で見ると収穫したものでないだれも食べないでしょう? ○一部の農産物の生産は、既にかかなりの工程が自動化されている(植物工場など)。○個別作業(田植)については一部実現済。○ロボットの部分的な利用は実験されている。完全自動化の必要は疑問。○生育期間の短い作物については部分的に可能である。投入するエネルギーが多すぎるのが難点。○水、照明、温度、栄養分はOK(少量生産)。大規模なら、部分自動化のみ可。○トマトなどの一部の野菜で実現可能だろう。○部分的には実現可能で、すでに一部実現しているが、完全自動化自体が農業ではそぐわない。
41	流通可能な水産養殖品種を作出するための優良形質導入技術(耐病性、高成長性、脱アレルギー) ○食料自給率アップに大きく貢献する。文部科学省の国家基幹技術に入れるべき。○そんなもの誰が食べますか? ○成長を速めた魚が既に開発されている。実用化にはPAが問題か。○海洋のことがほとんど明らかにされていない現在、危険で止めてもらいたい研究と思う。○優良形質導入を採用する必要があるかはわからない。育種と流通システムの整備でも対応可能と考えられる。○遺伝子組み換え水産資源の社会的受容は厳しい。○ゲノム解析が進んでいるフグについてはゲノム育種による優良品種の作出に間近い。○遺伝子改変食品に対して世論は慎重であり、受け入れられるか疑問の余地あり。○遺伝子組み換え食品に対する許容を社会的に得ることが重要である。○部分的には実現済み。○動物体の脱アレルギー性賦与は生命維持の観点から極めて困難と思われ、かつ実用化の意義も疑問。他項目については個人的遺伝的要因の背景を網羅的に検査する事につながり、予防措置としては実現困難かつ必要ない。疾病補助療法としては別問題。
42	生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品 ○コスト高となるため代替手法の方が有力。○病院食デリバリーの発展型として可能。○一部はすでに出ている。どの程度かが重要。○機能性食品成分の生理機能と安全性の研究が重要。○重要だけど難しい。○生活習慣病予防は、ますます重要度を増すと考えられ、食料-医療の両面から文部科学省の重点推進分野に入れるべき。○テーラーメイドを広くとらえるか狭くとらえるかで答が異なる。答えられない。○「予防」を機能として実現することは検証が非常に困難であるため論理的に実現困難(予防されたことをどのように検証するのか?)○必要ないと考える。○テーラーメイドレベルまでなるかは疑問。○疾患予防食品の開発は今後、疫学的調査が求められる可能性がある。○ほぼありえない。○マーカー分子の解析が課題である。○現在、種々の機能性食品が市販されているが、すべて価値の低いものと考えています。これらを個人にあわせたテーラーメイドにしたところで、大差ないように思います。○技術的にはOK。コスト面でNO。○すでに外国製サプリを使用。○一部は早めに登場するだろう。○生活習慣病は複合的な要因によるもので、一つの要因だけに着目すれば、弊害の方が大きくなる。○エビデンスの質。食品の機能性表示のレギュレーション。○食生活全体をテーラーメイドの機能性食品だけで構成することはできない。○科学としての必要性が低い。○健康な人間

	<p>に対して長年の食事をコントロールする実験、研究は厳密には不可能なので、真に科学的な根拠のあるものは出てこないだろう。</p>
43	<p>将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品 ○少し違ってもいいが、エディブルワクチンは早期実現可能。○できれば、食経験のある食品群から構成される食品を目指してほしい。○疾病の種類によって重要度は大きく異なる。○インターフェロニンチゴなど日本で実績が上がってきている。組換え植物は日本にとっても重要な技術である。このカテゴリから実用化すれば、植物組換えが広く利用されるようになると考える。○早期発見/短期回復から予防が、これからの主流になると考えられるので、食料問題とあわせて重点推進分野に入れるべき。○あらかじめ罹患のリスクを正確に評価することがそもそも困難。○臨床試験が20年以上になるのであれば、投資する人はいない。○必要ないと考える。○医療機関での食事指導はなされている。どのレベルまでのものとするかで予想が変わる。○疾患予防食品の開発は今後、疫学的調査が求められる可能性がある。○疫学的には成功例はあるが、食品としての統合的な分析、解析が不可欠である。○課題42に比べれば、こちらの方が有意義のように思います。○技術的にはOK。安全性、コストに課題あり。○サブリとして使用可能。○一部は早めに登場するだろう。○保健栄養食品レベルなら実用化拡大中ですが、どのようなレベルを想定しているのでしょうか。○エビデンスの質。食品の機能性表示のレギュレーション。○科学としての必要性が低い。○健康な人間に対して長年の食事をコントロールする実験、研究は厳密には不可能なので、真に科学的な根拠のあるものは出てこないだろう。</p>
44	<p>未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術 ○有用酵素の生物資源として重要であるが、汎用技術とはいえない。○海に囲まれた日本にとっては、外国技術との差別化によって重要か。○海洋微生物の生産物は陸上のもものと異なる点がある。海洋国家の日本としては積極的に開発をサポートすべきと考える。○極限環境微生物由来の生体触媒を産業利用する事が可能である。○「深海微生物」の課題に限定する意味が理解不能。○一部は実現化している。○地上の微生物とちがう医薬品がとれるのでは淡い期待では望みは薄い。むしろ、ものづくり系の目的がよいのではないかと考える。○必要ないと考える。○微生物スクリーニングや深海魚コラーゲンの活用は行われている。○深海微生物の機能利用はあまり期待できない。海洋バイオテクノロジー研究所の実績を直視すべき。○深海微生物の機能解明が不十分である。○米国ではかなり進んでいる。人材をもう少し投入しないといけない。○深海というキーワードは、実は高圧力下というだけで過ぎず、とくに新規性はないと考える。○深海微生物に限る必要はない。現在知られている微生物は、全体の1%程度にすぎない。○深海の必要性はない。○研究機関のシーズと民間企業が持つシーズのマッチングの困難さがある。</p>
45	<p>高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法 ○診断カウンセリングにより運動や生活習慣指導と一体となる仕組みが必要。○一部はすでに出ている。どの程度かが重要。○食文化伝統の理解と連動することが重要。○先進国は高齢化へ進んでおり、日本は最も長寿国。長寿国にふさわしい介護に関する仕組みにもっと取り組むべきと考える。○実現可能性が高いもの(例、抗酸化機能、食事法)と低いもの(脳機能、食品)が並列されていて評価予測が困難な課題設定である。○機能性食品や健康食品は販売されており、食事指導もなされている。どのレベルかで時期は変わる。○課題43と同類であるが、バランスのとれた食品と食事法の構築には栄養学的な解析が不可欠である。○課題42と同様に、この様な機能を強調した商品が出ているようですが、本当に有効とは思えない。この中でも、咀嚼機能に的をすれば、価値の高いものが開発されるように思います。○食品抗酸化力の指標としてORACを常用すべきである。</p>
46	<p>出荷前の農水畜産物等の成分と物性を感知・分析する精密食味分析ロボット ○何故「ロボット」である必要があるのか、ロボットに限定するのか意味不明。○甘味計などでは実用されている。○技術的には可能であるが、開発が前提であれば実用段階に近いが、非破壊については容易ではない。○水分、糖分などは実現済み。</p>
47	<p>DNAチップや分光センサ等種々のセンサで生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するセンサネットワーク技術 ○センサよりRFIDなどで食卓まで情報交換できるシステム化が必要。○コストがかかりすぎるので消費者が受け入れるかがキー。○食の安全は生活の基本。世界一安全な食の保証システムは日本の強みになる。モノからサービスの時代にマッチングしている。○部分的には実現済みで、どの部分が将来予測なのか理解不能な課題設定。○意味ない課題。○牛肉管理ではサーベイランスは実施されている。どのレベルまでを考えると状況は変わる。○開発の必要性、緊急性は低い。○数多い有害物質を検知するセンサの開発が大きな課題である。○単位技術は一部存在。○細菌汚染のみならず、味の維持(品質管理)にも応用可能であり、食品のトレーサビリティに重要。基礎研究者が数少ないのが問題。○QOL向上のため、また国民の高い要望に応えるため、地味ではあるが取り組むべき課題である、波及効果大きい。○不要。○バックデータを蓄積することが肝要である。rDNAのITS領域に関するDNA多型や塩基配列に関する情報を早急に蓄積・整理するべきである。○必要性はあるのか。</p>
48	<p>エピジェネティクス等の核における遺伝情報プログラミング機構の解明に基づく、家畜の体細胞クローンの作出 ○解明が目的で応用ではないのか。○すでに、盛んに行われている。○家畜の体細胞クローンをつくることにどんな意味があるのか、そして誰がそれを食べるというのか? ○家畜などは限りなくクローンに近い生物群なのに、クローンにする必要があるのか疑問。あるとすればペット産業か。○実用化する必要があるかは疑問。○日本の畜産業にとってのニーズは高くない。○食品を目的とする場合は国民にも受け入れられるか疑問の余地あり。○効率は悪いが、一部実現している。</p>
49	<p>植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術 ○非遺伝子組換え作物の生産技術として重要。○食料自給率アップに関する技術は注力すべきと考える。○これは課題設定とはいえない。生物の機構に関して多くのことがわかれば、そこから実用性が拾われるのは当然のことなのだから。○近年、植物ホルモンの受容体の立体構造解析が急激に進んでおり、基本的な技術基盤はすでにあるといえる。今後そのネットワークの解明かつ実用化にいかにつなげるかが課題である。○分子機構の解明は進んでいるが、技術として植物個体の成長、制御には距離がある。○遺伝子組換え食品に対する社会的受け入れが最大の阻害要因。○ABA受容体の解明。ストリゴラクトンの機能解明。○一部の成長調整物質(例:エチレン)では実現済みで社会的にも活用されている段階と考えられる。○Targetとする植物が不明。</p>
50	<p>時期および部位特異遺伝子発現などを利用し、人為的に導入した遺伝子の環境への拡散がない遺伝子組み替え植物 ○拡散を抑える効果は期待できるが完全ではない。危険なものは作らない。安全なものは対策不要と思う。○遺伝子組換え作物の許容度が低い日本では、少し無理があるが、世界的食糧増産には重要。○課題設定に一難あり(むしろ本当に安全なものを社会的に認知させる努力の方が重要)。○食料自給率アップに使いたい技術であるが、最重要なキープポイントは安全性の確保。○環境への拡散を完全に防ぐには、自然環境では生育できないことが必須であるが、そのような組み換え植物に意味や実現性はあるのか? ○terminatorなど一部は実現化しているが、社会的な抵抗で技術開発が進んでいない。○発現の特性と環境中への拡散の有無との関係はうすいのではないかと考える。○不稔遺伝子を基とした組み換え作物には成功例があるが、汎用性のある技術とするには時間が必要。○遺伝子組換え食品は国民に受け入れられるか疑問の余地あり。○安全性が疑問。○企業の特許戦略がこの分野での技術革新の社会への浸透を妨げている。国際的な規制強化が必要である。○全ての植物種で可能かどうかはわかりません。○ナノキャリアの応用で研究の加速が期待できる。</p>
51	<p>石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる ○バイオマスの用い方次第だが、パラダイムシフトがあれば実現可能と思う。現状の技術レベルでは難しいのではないかと。○重要</p>

	<p>な課題。50%以上となると実現時期は少し遅れるが、30%程度なら実現時期は 5 年前倒しが可能と思われる。○物理的には不可能。○デュポン社が宣言。○石油依存度が高い日本にとってはメリットが大きい。ポリ乳酸、PBSなどの実生産が始まっている。問題は価格であり、バイオマスを安価に入手できる体制、国際協調などが必須。○石油資源からの置き換えを期待する。近年、BD 需要の高まりで過剰に生産されている Glycerol を価値の高い物質へ生物変換する技術がある。○資源(エネルギー)自給率アップに必須な技術。日本は触媒技術、バイオ、ナノテク、環境技術が強みで、もっと強くできる立場にある。○バイオマスから糖化技術は開発しているものの、糖化物を定期的に提供できる設備がなく研究が進まない(プラットフォームとなる施設)。○低コスト化が必要。</p>
52	<p>工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒 ○代替であればコストが高く無意味と思う。有機溶媒削減や高価なプラントを不要とする効果はあるが、工業的大量生産には向かない。医薬など少量生産なら可能性はある。→メテックス分子なら良いかもしれない。○生産性の定義次第で可能性はあるのかもれないが、あまり現実的な気なし。○技術的には一部実現済みだが、汎用性の拡大が今後のキーポイント。実用化に向けては経済性とギャップをうめる、政治的なバックアップも必要となる。○実現済みのもも多々ある。○歴史的に見て、日本で力を入れて研究が行われ、実用化実績も多い領域である。さらなる発展が日本の国力増強に重要である。○日本の酵素産業は、世界トップメーカーから大きな遅れをとっている。大学での研究は盛んだが、産学連携が進んでいない。○日本の資源(エネルギー)自給率アップに必須技術であり、日本の発酵技術の強みをもっと強くして、自他ともにリードできる技術。○生物触媒は元来化学触媒よりもはるかに効率はよい。問題は安全性と量の問題である。微生物を用いる発酵は生物触媒の例であり、この課題設定が何を指しているのかまったく理解不能である。現在技術の発展という意味で重要。○工業的に利用されている科学反応の全てを生物反応に置き換えるのは不可能。○酵素は工業生産に利用されている。○アミノ酸工業、フアインケミカル工業で一部は実用化されている。○どんな反応をターゲットにするかで、状況が違いすぎて答えにくい。○耐久性と低コスト化。</p>
53	<p>自然界に散布された有害物分解活性をもつ微生物の拡散を制御する技術 ○有害金属や化合物の無害化に必要。安全性評価において世界的合意形成が課題。流出重油の分解等は早期実現が望まれる。○実際に技術が運用される局面は少ない、重要な課題。生態学との連携が大切。○微生物の拡散制御は困難である。人体にとって安全な微生物を用いれば良い。○個別の技術というよりも、微生物利用技術の一環として、なされるべき。○課題設定が不自然。有害物分解活性を持つ微生物自体の開発は半ばである点、拡散を防ぐには微生物の性状によって異なる戦略が必要など、etc。○まず、環境中においては微生物の動態をモニターする技術の確立が重要である。○組換え微生物による環境浄化技術は既に確立。GML に対する社会的容認が重要。○自然界の微生物コンソーシアムを制御するには、まだ課題が多い。○目的が理解できない。○一部できているのではないか。○拡散を防止するとは例えば、菌を担体に固定するとかを考えるのでしょうか。水圏では有用な技術も土壌に適用するには難しい課題もあるでしょう。○GMO の受容の有無。</p>
54	<p>化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質(分子モーター)を利用した高効率のエネルギー変換技術 ○ナノバイオテクノロジーを中心とするパラダイムシフトが必要。○実用性は不明だが、少しでも実現すればインパクトは大きく、それをきっかけに実用的な発想も出てくるだろう。○実用になる可能性低い。単なるサイエンスであり、応用には使えない。○まず、化学エネルギーを電気エネルギーに変換する技術(燃料電池など)を開発すべき。○“バイオエネルギー”として最もオリジナリティの高い課題。○課題 12 と関連。この課題だけでは不明確な要因が多い。○ATP を用いたマイクロマシンという SF? ○基本技術は確立。効率 up のための技術向上が期待される。○実用化は困難。○開発の必要性、ニーズは低い。○基礎科学としてののみ有用なテーマである。分子モーターは言わば酔歩の応用でありヒトの制御からは程遠い。○モータータンパク質を人工的にデザインして改造できれば、力学的エネルギーを利用した物質生産が可能になる。重要である。</p>
55	<p>バイオ系有機物を利用した酵素反応電池に向けた、ナノスケール電位差分離素子開発とその集積化によるスケールアップ ○リチウムなどに代替するバイオバッテリーの研究は日本の将来に不可欠と考える。○素子の実現性は高いが、スケールアップが課題。そのためには、新たな発想が求められる。○なぜ、この様な非常に狭い範囲の課題が出て来たのか疑問。○エネルギー小国日本にとっては重要な研究開発である。ソニーのバイオ電池など先進的な研究がある。○「e-bio(微生物電池)」がこれに近い。○ヒト排泄物の有効利用に必須。○産業的優位技術となるかは不明。</p>
56	<p>地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村 ○国政、特に地方分権とのリンクが重要。技術的には微生物による有機物分解の研究との連携が重要。実現性は高いと思われる。○日本は輸送コストが高いので、地産地消型のシステムが合理的である。○ゼロエミッションとは何か定義しなければこの設問は意味がない。○資源や廃棄物の運搬エネルギーが高いため、エネルギー効率が高い処理法開発が課題。○地方団体などで試験的には行われているが、事業として本格化していない。○システム構築の費用と利益バランスに一部疑問があります。○NPO の活動を地域ぐるみで支援していく必要がある。NPO 法人伊万里はちがめプランの事例は大変参考になる。○MPS、GAP のようなシステムが社会的にはすでに導入されている。</p>
57	<p>化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等) ○一部はすでに実用済み。○課題 56 との連携も重要。酵素機能の活用もキータクノロジーになりうる。○狭い国土の日本では重要なことだと考える。○技術的には可能でもコスト的に困難。○日本の食料自給率アップに有用な技術で、ビジネスモデルを海外へ展開できる。○一部は実用化済。未来予測のカテゴリーには(本課題は)は入らない。○例えば BT 作物など殺虫剤の軽減はすでに実行されている。次世代の作物、あるいは制御する術も 10~20 年で実用化されると期待できる。○実現可能な技術に関する研究が芽生えそうである。○作物の作付体系によっては実現済みとも言える。より高度化が求められる。○社会的要求が価格とのバランスになるため、研究成果を普及する部分が課題。○(コスト)経済的にペイするかどうか。○生物であっても環境(生態系)に対して悪影響が及ぶ。</p>
58	<p>生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク ○個々の一つでも良いのか、全てを併せたものなのか不明。(個々の一つでも良いなら 2021~2030 年頃にも実現可能かも)。○鳥インフルエンザの迅速診断キットは開発が進んでおり、他の感染症への応用は大いに可能どころまでできている。この技術も日本の食料自給率アップに大いに貢献する。○何故リアルタイムか不明。ウイルスをリアルタイムでモニタリングすることは原理的に不可能。環境の化学的情報や家畜の健康状態に関しては既に実施済。○センサとは何か分からないので答えられない。サーベイランスであれば現実にはネットワークは存在する。○一部分野では実現済み。外来生物に対する強化が求められる。○害虫などは発生する国との連携が必須。イモチ病などは詳細に発生予想が地域によってはできている。○ネットワークが意味するものにもよりますが個別には今すぐ実験可能なものもあると思います(お金があれば)。○経済的(コスト)がペイするかどうか。</p>

3. 8. 未来技術年表

3. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分に関しては 3.3.を参照

実現年	課題
2018	03 細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術 <区分A>
	04 20 個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する技術 <区分A>
	10 抗体の抗原認識機構解明に基づき高活性人工抗体をデザインする技術 <区分A>
	12 半導体チップ上に数千～数万の反応容器を集積化し、多種類の反応ライブラリーとして活用することで、酵素反応、抗原抗体反応等の活性、リガンド探索、反応条件検討などの、多くの生体反応の検出を一瞬で可能とするナノチャンバーアレイ <区分A>
2019	45 高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法 <区分E>
	46 出荷前の農水畜産物等の成分と物性を感知・分析する精密食味分析ロボット <区分E>
	57 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等) <区分F>
	02 1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術 <区分A>
	09 タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術 <区分A>
	11 薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とする in silico 医薬品開発技術 <区分A>
	18 がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム <区分B>
	19 脳神経疾患(認知症、パーキンソン病など)の発症を予測する技術 <区分B>
	27 がんの転移機構の解明 <区分C>
	36 臓器を移植するための長期培養・保存技術(自家組織を含む) <区分D>
	40 農作業を完全自動化するロボット技術 <区分E>
	41 流通可能な水産養殖品種を作出するための優良形質導入技術(耐病性、高成長性、脱アレルギー) <区分E>
	42 生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品 <区分E>
	43 将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品 <区分E>
	44 未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術 <区分E>
	47 DNA チップや分光センサ等種々のセンサで生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するセンサネットワーク技術 <区分E>
48 エピジェネティクス等の核における遺伝情報プログラミング機構の解明に基づく、家畜の体細胞クローンの作出 <区分E>	
50 時期および部位特異遺伝子発現などを利用し、人為的に導入した遺伝子の環境への拡散がない遺伝子組み替え植物 <区分E>	
52 工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒 <区分F>	
56 地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村 <区分F>	
58 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク <区分F>	
2020	01 ウイルス変異予測シミュレーションに基づく総合的危機管理システム <区分A>
	14 外部エネルギー制御やメゾ制御、Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)技術を利用して標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶナノキャリアシステム <区分A>
	17 孤発性のうつ病や統合失調症等の精神疾患の発症を予測する技術 <区分B>
	24 アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術 <区分C>
	30 siRNA などの核酸医薬の全身投与による疾病治療 <区分C>
	37 視聴覚障害者に日常生活で視覚または聴覚の代替機能を与える装置またはシステム <区分D>
	38 環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術 <区分E>
	39 物質生産のための最小遺伝子セットからなる人工細胞の構築による有用物質生産の技術 <区分E>
	49 植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術 <区分E>
	2021

実現年	課題
2021	06 ナノスケール(「ナノ空間(1-5nm)」と「バルク空間(100nm以上)」の中間に位置する大きさ)における細胞と物質の相互作用の制御を基盤とした新しい医療・産業技術 <区分A> 20 エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法 <区分C> 34 iPS細胞を利用した再生治療技術 <区分D> 35 がん化などのリスクを回避して、iPS細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術 <区分D>
2022	05 植物の成長(形態形成、生殖、分化)をコントロールする遺伝子ネットワーク全体の解明 <区分A> 15 Micro Electro Mechanical Systems(MEMS)技術を基盤として、生体(管腔臓器)内を自在に移動し、各種操作を行う診断・治療用マイクロマシン <区分A> 28 自己免疫疾患を治癒させる治療法 <区分C> 29 幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法 <区分C> 51 石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる <区分F>
2023	07 体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術 <区分A> 13 アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用) <区分A>
2024	08 マウスに代表される高等動物のある1つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術 <区分A> 16 神経活動を検知し、コンピュータを用いて信号化・処理・伝達することにより、人間の思考内容を表示する技術 <区分A> 21 人体(構造、生理、病態)をコンピュータ上に再現したバーチャル患者の活用による疾患発症機構の解明 <区分C> 23 怒り、攻撃など情動行動の発現調整機構の解明 <区分C> 25 統合失調症やそううつ病の原因の分子レベルでの解明に基づく治療法 <区分C> 32 各種チャンネルや受容体を備え、細胞の膜輸送、物質変換、エネルギー変換などの機能を代替し、動物実験を削減する人工細胞・組織の構築技術 <区分D> 33 iPS細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等) <区分D>
2025	22 記憶とシナプス可塑性の関係を含む神経回路網の形成メカニズムの分子レベルでの解明 <区分C> 55 バイオ系有機物を利用した酵素反応電池に向けた、ナノスケール電位差分離素子開発とその集積化によるスケールアップ <区分F>
2026	26 発達障害(広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥・多動性障害(ADHD))の分子レベルでの原因解明に基づく治療法 <区分C>
2028	54 化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質(分子モーター)を利用した高効率のエネルギー変換技術 <区分F>
2030	31 遺伝病などの原因となる異常遺伝子を体内で修復する技術 <区分C>

3. 8. 2. 社会的実現予測時期

課題に関しては 3.3.を参照

実現年	課題
2024	04 20 個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する技術 <区分A>
	12 半導体チップ上に数千～数万の反応容器を集積化し、多種類の反応ライブラリーとして活用することで、酵素反応、抗原抗体反応等の活性、リガンド探索、反応条件検討などの、多くの生体反応の検出を一瞬で可能とするナノチャンバーアレイ <区分A>
2025	46 出荷前の農水畜産物等の成分と物性を感知・分析する精密食味分析ロボット <区分E>
	03 細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術 <区分A>
	10 抗体の抗原認識機構解明に基づき高活性人工抗体をデザインする技術 <区分A>
2026	43 将来の罹患の危険性を低減する疾病予防食品 <区分E>
	45 高齢者に特有の、抗酸化機能・脳機能・咀嚼機能の低下を防ぎ、健康な高齢社会を食から支える食品と食事法 <区分E>
	11 薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とする in silico 医薬品開発技術 <区分A>
	42 生活習慣病予防を目的とする、個人のためのテーラーメイド機能性食品 <区分E>
	47 DNA チップや分光センサ等種々のセンサで生産現場から食卓まで食品を途切れることなくモニタリングし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するセンサネットワーク技術 <区分E>
2027	52 工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒 <区分F>
	57 化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術(ファージ、プラントアクティベータ、天敵生物、フェロモン、アレロパシー等) <区分F>
	58 生育障害や病虫害の発生、鳥インフルエンザ等の感染症による家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク <区分F>
	01 ウイルス変異予測シミュレーションに基づく総合的危機管理システム <区分A>
	02 1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術 <区分A>
	18 がんや難病の発病リスクをバイオチップで的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に提供するシステム <区分B>
	19 脳神経疾患(認知症、パーキンソン病など)の発症を予測する技術 <区分B>
	36 臓器を移植するための長期培養・保存技術(自家組織を含む) <区分D>
	40 農作業を完全自動化するロボット技術 <区分E>
	41 流通可能な水産養殖品種を作出するための優良形質導入技術(耐病性、高成長性、脱アレルギー) <区分E>
2028	44 未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術 <区分E>
	48 エピジェネティクス等の核における遺伝情報プログラミング機構の解明に基づく、家畜の体細胞クローンの作出 <区分E>
	50 時期および部位特異遺伝子発現などを利用し、人為的に導入した遺伝子の環境への拡散がない遺伝子組み替え植物 <区分E>
	56 地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村 <区分F>
	09 タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術 <区分A>
	37 視聴覚障害者に日常生活で視覚または聴覚の代替機能を与える装置またはシステム <区分D>
	38 環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術 <区分E>
2029	53 自然界に散布された有害物分解活性をもつ微生物の拡散を制御する技術 <区分F>
	14 外部エネルギー制御やメゾ制御、Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を利用して標的細胞内部の特定部位に薬や遺伝子を運ぶナノキャリアシステム <区分A>
	17 孤発性のうつ病や統合失調症等の精神疾患の発症を予測する技術 <区分B>
	39 物質生産のための最小遺伝子セットからなる人工細胞の構築による有用物質生産の技術 <区分E>
2030	49 植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術 <区分E>
	30 siRNA などの核酸医薬の全身投与による疾病治療 <区分C>
	35 がん化などのリスクを回避して、iPS 細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術 <区分D>
2031	51 石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる <区分F>
	06 メゾスケール(「ナノ空間(1-5nm)」と「バルク空間(100nm 以上)」の中間に位置する大きさ)における細胞と物質の相互作用の制御を基盤とした新しい医療・産業技術 <区分A>

実現年	課題
2031	15 Micro Electro Mechanical Systems (MEMS) 技術を基盤として、生体(管腔臓器)内を自在に移動し、各種操作を行う診断・治療用マイクロマシン <区分A> 24 アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術 <区分C>
2032	07 体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術 <区分A> 16 神経活動を検知し、コンピュータを用いて信号化・処理・伝達することにより、人間の思考内容を表示する技術 <区分A> 20 エピジェネティックな遺伝子の発現制御による発がん機構の解明に基づく治療法 <区分C> 34 iPS 細胞を利用した再生治療技術 <区分D> 55 バイオ系有機物を利用した酵素反応電池に向けた、ナノスケール電位差分離素子開発とその集積化によるスケールアップ <区分F>
2033	08 マウスに代表される高等動物のある1つの種において、受精卵から成体にいたる分化過程の遺伝子転写カスケードとシグナル伝達カスケードを統合的に解析する技術 <区分A> 13 アポトーシスの分子機構の解明に基づき、生体内の特定細胞を自由に生存させたり除去したりする技術(がん、生体恒常性維持不全に基づく疾患の治療薬への応用) <区分A> 25 統合失調症やうつ病の原因の分子レベルでの解明に基づく治療法 <区分C> 28 自己免疫疾患を治癒させる治療法 <区分C> 29 幹細胞の移植により、脳機能障害からの回復を促進する治療法 <区分C> 32 各種チャンネルや受容体を備え、細胞の膜輸送、物質変換、エネルギー変換などの機能を代替し、動物実験を削減する人工細胞・組織の構築技術 <区分D> 33 iPS 細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等) <区分D>
2034	26 発達障害(広汎性発達障害、学習障害、注意欠陥・多動性障害(ADHD))の分子レベルでの原因解明に基づく治療法 <区分C>
2035	54 化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質(分子モーター)を利用した高効率のエネルギー変換技術 <区分F>
2039	31 遺伝病などの原因となる異常遺伝子を体内で修復する技術 <区分C>

No. 4 分科会「ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる」の調査結果

目次

4. 1. 将来展望.....	291
4. 1. 1. 総論.....	291
4. 1. 2. 安心・安全を目指す医療.....	292
4. 1. 3. 新しい医療技術の創造(1)－実用化を目指した我が国発の治療支援医療機器開発戦略.....	294
4. 1. 4. 新しい医療技術の創造(2)－超高齢社会対応, ロボット共存のためのリスク管理, 医工連携... ..	295
4. 1. 5. 予知・予防医療への展開.....	297
4. 1. 6. 医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて.....	298
4. 1. 7. 医療の社会システムへの展開(1)－健康社会実現に向けた情報技術の役割－.....	299
4. 1. 8. 医療の社会システムへの展開(2)－保健医療福祉連携のための情報技術の役割－.....	301
4. 1. 9. 医療の社会システムへの展開(3)－人材育成について－.....	302
4. 2. アンケート調査の回収状況.....	304
4. 3. 課題の区分.....	305
4. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	306
4. 4. 1. 課題の重要性.....	306
4. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	308
4. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	309
4. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	312
4. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	312
4. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	315
4. 4. 7. 新規提案課題.....	316
4. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	317
4. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	317
4. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	317
4. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	319
4. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	320
4. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取 り組むべき科学技術課題.....	321
4. 6. 集計結果一覧.....	322
4. 7. 課題別コメント.....	344
4. 8. 未来技術年表.....	349
4. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	349
4. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	351

4. 1. 将来展望

4. 1. 1. 総論

(1) 医学・医療の先端科学技術を巡る背景

本分科会の対象は、国民の健康生活における「ITなどを駆使した医療技術」の未来である。医学・医療における科学技術の問題は、科学技術固有の未来的発展性の問題だけでなく、医療という実践において、その医療科学技術がどのように社会的に定在化・現実化するかという社会システムの予測も含む。そのような観点から、医療の科学技術を巡る課題は「グローバルな医療課題」と「我が国が直面している固有な課題」に分かれた。

グローバルに共通する医学・医療の急務の課題は、世界的にも急速に進む社会の超高齢化現象——これ自体が医療技術の発展がもたらしたものであるが——によるがん、心疾患、脳血管疾患(3大疾患)などの慢性晩発性疾患や高齢者の脳機能低下(認知症)などを予防・根治する医療技術の創出である。また、しばしば世界を席卷する「新興感染症」に対して社会防衛を担う医学・医療技術の早急な確立への期待も高い。近年の遺伝子・分子医学の発展によって疾患生成過程の理解は急速に進み、革新的な疾患診断方法の出現や、また治療法においても工学的なナノ技術や人工臓器、さらには最近発展の著しい幹細胞技術を用いた再生医学の急速な進展が予測される。このように世界的にも共通な医療課題を克服する先端医療技術実現による「安心・安全な」「予知・予防的な」医療の実現への期待も大きい。

それと同時に、ますます重要性を高めるのは、このような先端医療技術を社会へ定在化し、国民全員の真に健康な生活へと繋げる社会システム的手段・政策/制度設計である。とくに我が国は最近、「地域医療の崩壊」「医薬品行政の弊害」「高齢者医療政策」など、「医療の社会システム」の破綻が急速に現象しつつある。全国民の生涯にわたる健康リスク管理を保障する「持続可能型社会」の実現のためにも「医療の新しいレギュラトリエンシ」の構築が叫ばれ、至適な「医療社会システム」に向けた社会エンジニアリング的な方法論の構築とその実現こそが我が国における緊急の課題であるとの共通理解を得た。

(2) 今後伸びそうな課題・重視すべき区分

グローバルな医療科学技術としては、まずは「がんの転移機構の解明(課題76)」「(世界・日本双方にとり重要な課題:98.7%)」や「がんの転移を抑止する薬剤の開発(課題77)」「(世界・日本双方にとり重要な課題:96.5%)」など最終的ながん克服の重要性は著しく高い。また、「幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術(課題10)」、また現代でも軽視できない、「感染症の予防・検出等(課題7、12、60、63、65)」、「感染症における薬剤耐性克服技術(課題62)」、そして不幸な感染事故のために近年停滞している、「遺伝子治療(課題48、56、57)」も重篤な先天的遺伝子疾患の克服として依然期待されている。さらに安心安全な医療につながる大きな課題として「高齢者の脳機能低下(痴呆)の予防・治療法」は超高齢化社会においてぜひ達成すべき技術である。「幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術(課題10)」や「3次元の細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術(課題30)」、「機能予後予測に基づいた脳卒中リハビリテーション(課題1)」や「介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術(課題44)」、さらには「精神神経疾患の早期診断・治療法(課題26)」の確立が期待される。遺伝子分子医学の発展を受けて「ゲノム情報による罹患リスク診断技術(課題51)」、「生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導(課題50)」、「網羅的分子(オミックス)情報や過去の健康診断データに基づいた予知医学(早期診断、長期疾患発症予測などに基づいた健康・疾病管理)(課題46)」なども期待されている。このような医療の先端技術は医学研究そのものの性質、研究者の本性によって、ある意味では、特別な政策的干渉なしでも、みずから固有の論理で発展していく。そしてその実現の予測時期は大半が2016年から2030年に集中している

しかし、医療の社会システムの制度設計においては、意識的に取り組まない限り、発展はない。全国民に最善の医療を提供し、健康リスク管理を保障する医療社会システムは、世界的にも共通の課題であるが、21世紀の開始とともに診療・健康情報の生涯記録の電子化に取り組んだ欧州各国に比して、我が国では、医療のレギュラトリエンシ、医療の社会システム論において、科学的展開がなかった。医療は生命に対する科学技術で

あると同時に、全国民がその成果を享受すべき社会実践である。「安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度(課題 70)」から始まり、「医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度(課題 72)」、「救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度(課題 66)」、「我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度(課題 71)」、「医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術(課題 78)」、「医療従事者への医哲学教育(課題 83)」、「医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育(課題 84)」、「生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育(課題 81)」、そしてこれらの基礎になる生涯継続的な「生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療(課題 80)」の構築が期待されている。そしてその社会的実現予測時期は早い(2017 年から 2023 年)。

(3) 提言

社会の超高齢化とともに増加する慢性晩発性疾患、すなわち 3 大成人病や認知症を克服する根治的治療技術の世界先導的な構築は、超高齢化時代の「持続可能社会」を支える生命技術であり、またライフイノベーション戦略で述べられている医療周辺産業の振興にとっても、高速に高齢化しつつあるアジアの国々(中国、韓国)へ、少子高齢化のフロントランナーである我が国が世界に輸出すべき科学技術となり、我が国の国力の増大に必ず還ってくるもので、ぜひ促進すべき課題である。

また医療制度、医療社会システムについて、その基礎的研究から社会実現・制度設計・政策探求は、これまで医療機関のフリーアクセス・国民皆保険を誇っていた我が国の医療システムの崩壊を救うもので、IT とくにブロードバンドやユビキタス通信などの先端情報技術を駆使して、国民全てが「いつでもどこでも生涯にわたって」最善の医療を享受できる「ユビキタス健康医療社会」の実現は、高齢化社会における国民の安心・安全を支えるものである。「持続可能社会」を支える先端医療技術と公的インフラとしての「医療社会システム」の至適構築が我が国における医学・医療の未来を実現する技術である。

(田中 博)

4. 1. 2. 安心・安全を目指す医療

(1) 概要

医学の進歩により稀に見る高齢社会が到来した我が国であるが、医師の偏在、老々介護など医療面での新たな問題が生じている。すなわち技術の進歩に対し、システムの整備などが追いつかず、医療への安心・安全が問われる時代となっている。そのためには医療のみならず医用工学、IT など、関連する領域の最先端技術を適切に活用することはもちろんであるが、地域医療の体系化、適切なりハビリテーションの提供、介護サービスの制度化、医療ビジネスモデルの構築などが不可欠である。再生医療などに関する倫理面の問題も避けては通れない課題であり、心の発達の解明、今後の多様化する社会に対応できるメンタルヘルスの充実も非常に重要と考えられる。これらの観点から本区分は、将来的に更に発展が期待される医学・医療を、国民が安心してその恩恵に浴することができる様に、安全に提供することが可能な社会を実現することを目標とした研究領域と位置づけられる。これらの問題に関して今回は、脳卒中、がん、感染症、再生医療、精神的問題などに関連した医療を中心に、課題を選び調査を実施した。

(2) 調査結果

本区分の課題の多くは日本と世界の双方にとって重要な課題であると評価されたが、コミュニケーションがとれない青少年の問題(課題 29「通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術」)は、特に日本において重要な課題であるとされ、更に HIV(課題 12「HIV 感染症を根治させる治療法」)や高病原性鳥インフルエンザ(課題 13「高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法」)などの感染症の問題は、特に世界にとって重要と言う結果であった。現在の日本社会

が抱える問題が指摘された反面、その解決にはグローバルな観点からの取り組みが必要不可欠な課題も多くある事が浮き彫りにされたと言える。また当分科会で扱った課題の殆どが、それを実現するためには大学や公的研究機関が牽引する必要があるとされた。さらに安心・安全を目指す医療の実現には政府の役割が特に重要である事が、他区分での課題として挙げられた診療報酬制度の抜本的見直し(課題 70「安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度」)などに対する調査結果からも窺い知ることができると言えよう。

本区分の個々の課題のうちの主なものについての調査結果について、以下に概説する。高齢化社会に伴い、死亡率が高かった脳卒中が救命される様になったが、その一方で課題 1「機能予後予測に基づいた脳卒中リハビリテーション」が重要な問題となっており、課題 9「麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法」や、課題 10「幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術」などの再生医療も注目されている。さらに課題 15「高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法」、課題 24「個体の老化機構の解明」も非常に重要な課題である。これらの内、脳卒中リハビリテーションについては、機能予後予測が既に行われており早期の実現が可能とされているが、課題 9、課題 10、課題 15 に関しては、社会的実現は 2030 年以降と予測され、特に痴呆や老化の解明に対する困難さが指摘されている。

がんに関しては、課題 6「がんの薬物耐性検定法」、課題 16「生体内の任意の位置にある 1mm 以下のがん組織の検査技術」、課題 23「がん治療に有効な放射線治療および評価方法」が取り上げられたが、技術的には 2017～2019 年に、社会的には 2024 年～2027 年までに実現することが予想されており、この分野での技術的進歩が期待されている。感染症に関しては、課題 7「標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法」、課題 12「HIV 感染症を根治させる治療法」、課題 13「高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法」、課題 21「医原性日和見感染に対して、患者の感染防御能を阻害しない抗がん薬・免疫抑制薬」に関する質問がなされたが、課題 7、課題 13 に対しては 2019 年までの早期実現が予測されているのに対し、課題 12、課題 21 に対しては実現に時間がかかるとされている(2032 年)。

精神的問題に関しては、課題 25「精神発達障害の治療法」、課題 26「精神神経疾患の早期診断・治療法」、課題 27「精神的ストレスの定量化技術」、課題 28「登校拒否、学級崩壊、学習障害等を引き起こす脳のメカニズムの解明に基づく対処方法」、課題 29「通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術」と多くの課題が取り上げられたが、課題 25、課題 26、課題 28 については、その技術的実現は 2022 年から 2029 年までかかるとの結果であった。一方、課題 27、課題 29 についてはより早期(2019 年)の実現予測がなされているが、これらの精神的課題に関しては、技術的側面のみならず社会的観点からの取り組みの必要性が不可欠と言える。課題 11「生体内での信号伝達や代謝などの機能の可視化技術」や課題 17「1 分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術」に関しては、かなりの時間を要するとされている一方、一部の分野では既に実現済みで、研究推進には資金面や企業との連携が必要というコメントも得られている。

(3) まとめ

高度の IT 技術の進歩は、医療診断機器の飛躍的發展をもたらしたのみならず、個人の健康データの蓄積、医療機関における情報の共有化などを可能とした。しかしながら一方、個人情報法の整備を始め実際の医療現場で用いるためには解決すべき問題も多い。このような幅広い観点から医学・医療を捕え、患者の主体である高齢者を視野に入れ、現在の医療へ鋭く踏み込むべく、安心・安全を目指す医療を本区分のメインテーマとして、今回の課題を選定した。具体的な各課題に対しては、その実現までにかかなりの時間を要すると答えられたものが多かったが、専門家の中からは一部実現されているという回答も得られ、今後この区分の更なる発展が推進される事が大いに期待される。とはいえ、本区分の問題の解決のためには、最終的には経済面が最優先されている医療制度の抜本的な見直し、行政面からの対応が必要と言う事が分科会でも強く指摘された。技術面を重視した自然科学の問題として捕えるのみならず社会科学と相俟つての研究、それを実践する展開が望まれ、それを裏付けるシステムの構築、医療制度の改革が並行して進められ、それにより初めて高度に進歩した医学・医療が、真の意味で社会の安心・安全に寄与できるものとする。

(木村 彰男)

4. 1. 3. 新しい医療技術の創造（1）－実用化を目指した我が国発の治療支援医療機器開発戦略

(1) 区分および関連する科学技術のここ数年の動向

我が国の研究論文の Nature や Science 等への掲載件数と New England Journal of Medicine や Lancet 等への掲載件数を比較すると、前者に代表される基礎研究論文数は世界トップクラスにありながら、後者に代表される臨床研究論文数は極めて少ない。この原因として、新しい医療技術開発のための基礎的研究が優れていても、邦人例を対象とした巨大な臨床研究ができにくい環境や、製品化や実用化を目指す企業が少ない社会構造的な問題、医薬品および医療機器承認に関わる薬事法上の問題、診療報酬および補償制度に関わる医療制度の問題などが指摘されている。アンケート調査結果でも、「将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項」の第 1 位に「新しい医療技術の創造」が選択されているように、新しい医療技術を創造できる国が世界の国民の課題解決に貢献できると同時に、次世代医療分野の市場を制することができると思う多くの人が考えている結果である。我が国が、先進国の中で世界トップの平均寿命と保健衛生環境を維持できているのは、医療現場で使用されている医薬品や医療機器の 70%近くが高価な海外製品で占められていることを考慮すると、医療費の多くが海外に流出し、安い人件費と劣悪な環境下で我が国の医療を献身的に支えている医療従事者の活動によるところが極めて大きい。

昨今、本区分「新しい医療技術の創造」に繋がる研究項目への投資と、それを実用化できる社会を実現するための構造改革により関心が寄せ始められてきたところである。

(2) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

新しい医療技術として現状で臨床応用が期待されているのは、免疫細胞療法や造血幹細胞移植、幹細胞再生医療、遺伝子治療、ドラッグデリバリーシステム(DDS)、内視鏡治療、ロボット手術、低侵襲診断・治療、人工臓器、医用材料の他、新興感染症根治療法などである。

特に世界にとって重要な課題として課題 37「献血を必要としない人工血液(課題 37)」があげられているが、社会的実現は 2029 年と予測されている。

重要度・優先度の低い課題として、課題 34「磁気誘導等のコンバインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム(DDS)」、課題 35「人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス」、課題 31「治療法シミュレーション技術により病態を再現し、これに基づいて治療法を確立する技術」の 3 項目があがっている。これらの課題は、現在の薬事法に則った医薬品や治療機器の範疇になかった新しい医療技術である。特に未来型治療機器やモニタリング装置は、マイクロマシンの技術と情報技術、さらに分子イメージング技術との融合技術を必要とし、これらの将来予測や重要性を正しく評価できる手法や人材が育っていないことを留意して、これらのアンケート結果を分析し、資金の重点的配分と人材育成に注力すべきである。インテリジェント低侵襲治療機器は、超少子高齢化社会で需要が増すことが予測され、世界中が巨大新市場として注目し、競争が激化している。産官学一体となった世界戦略が特に重要である。

(3) 今後の展望

世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿として、我が国が最も力を入れるべき研究開発の国際戦略としては、アンケートの結果では「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が最も多い。特に、区分「新しい医療技術の創造」において最もその比率が高いことから、新しい技術の実用化への期待が非常に強いことが伺える。関係強化すべき国としては米国と欧州、政府が重点的に取り組むべき事項として「戦略・ビジョン策定」が最も多く、「次世代の人材育成」がそれに続いている。我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題としては、課題 41「マイクロマシンを用いた体腔内治療技術」、課題 42「高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム」、課題 43「高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器」、課題 44「介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術」、課題 30「3 次元の細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復

技術」が上位 5 題に選ばれている。

特に、治療機器開発は、我が国の将来の発展のために不可欠の領域であり、製品化、実用化のできる社会システムを築き、合理的な考えに基づく規制や制度への構造改革が一刻も早く実施することを強く希望する。

(橋爪 誠)

4. 1. 4. 新しい医療技術の創造 (2) ー超高齢社会対応, ロボット共存のためのリスク管理, 医工連携

(1) 動向

医療機器の市場は、近年では約 2 兆円の規模となり、平成 20 年 6 月だけを眺めても総額 2487 億円に達し、同月の総医療機器輸入額は約 40%の 969 億円になった。輸入比率が、40%を超えるのは、生体機能補助・代行機器(265 億円、比率 56.8%)、処置用機器(210 億円、46.6%)、眼科用品又は関連機器(148 億円、57.9%)、歯科材料(117 億円、54.5%)、治療用又は手術用機器(36 億円、46.1%)、鋼製器具(28 億円、73.7%)、衛生材料または衛生用品(6 億円、42%)である。また、医療機器の輸入比率(国内出荷額に対する比率)は、1990 年までは 20%弱であったが、続く 1990 年代に突入すると直線的な増加を示し、2000 年に至っては、約 2 倍の 40%強に達し、2005 年のように約 50%に届く年も出始めた。他方、輸出比率は、1980 年代は、20%弱で推移するものの、輸入比率が飛躍的な伸びを示したのとは、対照的に 20%前半の数値に留まり、2000 年に入ってから緩慢ながら直線的な比率の増加を示し、現在の 30%の前半に達している。日本の医療機器市場規模は、米国 42%、欧州 25%に次ぐ世界 3 位の約 15%を占めているが、上記の数値に示されたように、輸入超過の傾向にある。

今回の調査の母集団構成は、大学等教職員と研究機関職員が約 83%を占めており、他の職種の人々と比較して、これらの人々は、研究開発、臨床応用、そして、医療産業の現場と向き合う機会も多いと考えられる。これが、「鍵となる事項」で 53%の回答者に区分「新しい医療技術の創造」を最上位に選ばしめ、医療技術の面では回答者の「日本の主導による人類共通の医療問題の解決に繋がりたい」という思いが反映された結果となった。日本の輸入超過を引き起こした主な原因の 60%は、米国からの輸入の急速な増大であり、関係を強化すべき国として回答者の 66.5%が米国、57.2%が欧州を挙げ、3位の中国の 14.7%を断然、引き離している。これは、日本を上回る市場規模を持つ地域を意識しての結果である。今後、20 年から 30 年の間に、人口 1 億人を超える国の中では、中国が最後の急激な高齢社会国になる可能性が指摘されている。

医療が人類共通の財産であり、その普遍性を考えるのであれば、我々は、経済規模・市場規模以外の「民族、文化の独自性の保護」という視点を持ち連携する必要があり、実際には、深刻な風土病や感染症で悩んでいる国々も小規模人口国に多い。アンケートの質問である「世界・日本双方にとり重要な課題」は、医療技術の普遍に関連し、他方、「特に日本にとり重要な課題」は、日本の制度習慣の独自性に起因する。同様なことが、諸外国にも言える。新型インフルエンザの問題も、その国の生活習慣に基づく重要な問題(人と家畜、鳥類の人畜共同生活)が基礎に存在したが、短時間でパンデミックという世界にとり重要な課題に発展した。海外諸国の防疫対策への日本の貢献は、日本の安心・安全の確保につながる。海外に出かけ現場を知った日本人の育成、そして、新たな価値観の創造は急務といえる。今回のアンケートでは、回答者の多くが、「新しい医療技術の創造」を目指しながらも、安心・安全、そして、医療のレギュラトリエンスや医療の社会化、いわゆる医療技術のソフト化(社会適用)を強く意識している。「新しい医療技術の創造」が後方に隠された反面、比較的「危機や利益・不利益を感じ取り易い課題」が上位に登場し、クローズアップされたといえる。新型インフルエンザやテロ問題等の身近な危険性が、相当に回答者に影響を与えたと思われるが、半数以上の回答者が指摘するように、戦略・ビジョンの策定が最重要項目である。短期、中期、そして長期戦略を見据えるように、医学・科学研究課題や研究体制も、5 年程度で効果が得られるもの、10 年を要すテーマ、15 年で云々、さらに、30 年というように、時系列的に目標を設定すべきだと思われる。

(2) 鍵となる技術

課題 41「マイクロマシンを用いた体腔内治療技術」と、課題 42「高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム」が、共に回答者の 3 割以上の支持を獲得した。また、高齢者の身体機能低下の補完(課題 43「高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器」と、ロボット・人の共同生活空間での安全性技術(課題 44「介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術」)、そして、再生・再建医学(課題 30「3 次元的細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術」)が、「新しい治療技術」として、上位にランクインした。

医療技術は、益々、非観血・低侵襲への方向に進展する。生化学検査法も、血液を採取する代わりに、汗、唾液、体表表面から発散する気体、そして、吸光分析法等の安価、簡便、低侵襲を目指す方向に進んで行く。

課題 41「マイクロマシンを利用した体腔内治療技術」は、ロボット技術と融合して、進化し続けると思われる。

課題 30「3 次元的細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術」は、機械的、または電磁気学的方法による物理的な配列法の他にも、人工肝臓に見られる生体細胞と人工材料の融合医療技術(実験室レベルで腸管の形成に成功)、また、人工物による生体機能代行型が研究されている。血液に接触する部位は、激しい腐食に曝されるために、人工物は、抗血栓性の問題が常に付きまとう。材料表面の修飾(アルブミン、ヘパリン、マイクロ不均一表面の形成など)や改変などに奮闘しているが、決め手はまだ見つかっていない。人工臓器の動力部分では、ナノレベルでのエネルギーの制御は困難であり、今後は、ATP やプロトン流、pH の変化などを用いたエネルギー伝達法を実現する必要がある。臓器の動力部分を人工材料の自律的運動現象を用いた、生体親和性に優れた素材と機構の開発が望まれる。薬物送達システム(DDS)は、体内の特定の部位に、適切な量を、望ましいときに、必要な時間に渡り、薬物を送り届ける仕組みである。DDS は、どのステージを制御するかにより徐放システム、刺激応答システム、そして、ターゲティングシステムなどに分類されるが、課題 34「磁気誘導等のコンパインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム(DDS)」は回答者の賛同が少なかった。しかし、このシステムは、磁気(ナノ磁石)による局所加熱作用の利点もあり、他の高分子化医薬と併用することで、新たな可能性が見出せると思われる。画像診断法は、現在の空間分解の $20\mu\text{m}$ を超えて進化するであろう。形態画像から機能・代謝診断画像へ、さらに、診断と治療の融合した医療機器を目指すものと思われる。

日本の診断機器の輸入比率は、25%(2001 年)であるが、治療機器の輸入比率は、60 から70%にも達する。他方、診断機器の輸出比率は 55%に対して、治療機器の輸出比率は、20%の低水準に留まっている。明らかに治療機器は輸入超過の状態だ。今後の日本としては、得意の診断機器を、苦手な治療機器と合体させるなどの工夫を凝らして是非とも優位を取りたいものだ。

ロボットに多くの人々の期待が集まっている。ロボットの安全基準には「次世代ロボット安全確保ガイドライン(平成 19 年、経済産業省)」が存在するが、詳細な内容は医療・介護ロボットや会話ロボットを含めて研究中といえる。産業用ロボットは、危険領域を柵で囲み、人をロボットの近傍に立ち入らせないことを旨としてきた。生活支援・介護ロボットなどは、人と接触する事、触れ合うことを前提としている。そのために人とロボットが共存・共生した場合の身体的な影響・損傷、精神心理的な効果等の基本的な知見が不足している。さらに、従来は支援・ケアといえば、介助者や被介護者の身体的負担の軽減に焦点が当てられてきた。これからは、メンタル的なケアも含めた、「思い出、記憶、楽しみ、癒し」などの様な人間の精神生活の部分、つまり、ヒトを人たらしめる心理的な側面にも関心が注がれて行くと思われる。

(3) 今後の課題

今回の調査で浮き彫りにされたように、回答者は、医療技術のソフト化や社会適用を強く望んでいる。本区分「新しい医療技術の創造」を最重要項目としながらも、「世界と日本、日本にとって重要な課題は何か？」という質問項目では、安心・安全や予知・予防医療、そして、レギュラトリエンス関連事項で、ほぼ 100%を占められた。医療や工学技術が社会適用される時には、それが、効果的であればあるほど、個人の座標軸(何を基軸として、何に価値を置くか)と、国家・行政の効率性や社会的利便性とは鋭く対立するようになる。例えば、インテリジェントハウス化した孤独死予防システム(例えば、毎日、ドアのノブを握ると生理的データが医療機関に送られる)の実用化は、用法を誤れば「個人監視システム」となる。認知症病棟の開放自由化は、患者が院外で事故に遭遇する危険を高めるが、逆に、明確な患者の識別システムは、人権侵害に繋がりがかねない等の問題を内包し

ている。また、日本も医療技術の進展に伴い激しく海外と対立するようになる。現在の日本は欧米から見れば「魅了的な医療市場」である。その証拠に、CT保有台数は、日本が第1位で92.6(台/人口100万人)、第2位のオーストラリアは、45.3、アメリカは、32.2、OECDに至っては、20.6である。また、MRIも日本が第1位で、40.1、第2位の米国は、26.6、そしてOECDは、僅かに9.8台である。日本が、世界に先駆けて診断機器と治療機器の融合に成功し、輸入比率を20%前半に、輸出比率が45%越える勢いを得た時、欧米諸国は、安全性の国際認証、規定・規制、条約化などの「世界標準化の合意」という名目の下での反撃に出ると考えられる。日本が、世界で学問・科学技術を推進し、医学の普遍化と独自化を実現し世界の貿易立国を目指すのであれば、世界的な交渉の場で主導権を獲得する必要がある、さらに、科学技術と現場に精通し、優れた産物や産業(高品質・高品位の医療サービス、非観血・低侵襲、人権・人格等情報の保護、加えて優れた経済性)を創造できる調整能力に富んだ「世界でものが言える人材」の育成が鍵だと思われる。

(松浦 弘幸)

4. 1. 5. 予知・予防医療への展開

(1) 背景

2005年に日本の高齢化率が欧米主要諸国を上回って世界一となって以来、今後も世界一を継続する見通しである。0歳児の、将来の死亡原因の主要部分を占める疾病は、がん、心疾患、脳血管疾患の「3大疾患」であり、男女とも死因の50%を超えるであろうと2008年時点で推定されている。少子高齢化とともに、高齢者に要する医療費は急速に増加しており、保険診療の枠組みの見直しと高齢者雇用の推進などが社会全体として余儀なくされてきている。こうした状況のなか、医療費削減につながる「予知予防」が保健医療対策の中軸を成すとともに、高齢になっても、生き甲斐をもって健康に第一線での就業を続けられることが不可欠であり、多くの人々が心と体の健康を維持できるような「社会システム」(医療都市設計などを含む)が必要となっている。さらに、人間活動のグローバリゼーションとともに、国境を越えて人や物が移動することに伴う新興・再興感染症等の蔓延やアウトブレイクが生ずる危険も大きくなっている。そのような感染症への予防対策の強化も必要である。

(2) 関連する科学技術の動向

「三大疾患」はいずれも慢性晩発性疾患であり、何十年もの「ツケ」が病因の主要部分を成す。この「ツケ」は、外界からの様々な要因(食事、嗜好品、運動不足、過剰な精神的ストレス、環境ホルモンをはじめとする環境汚染物質、放射線・紫外線、感染源となる病原体、等)への「曝露」と、それらに対する身体の「反応性・感受性」との間のバランスにより、各人特有に蓄積されるものである。すなわち、環境と遺伝(体質)との相互作用が、その基盤的役割を担っているため、個々人の遺伝(体質)情報に基づいて、不利益な環境(要因)を回避させることが、その人の、“生涯”にわたる健康維持のために必要となる。このような予知予防医療を科学的に推進すべく、ゲノム情報やバイオマーカーを用いた易罹患性診断法・リスク評価法の開発・実用化、療養指導の効率性向上、感染症における薬剤耐性克服、病気・災害の発生予測などが、ここ数年の科学技術の動向である。

(3) 現状におけるトピック・キーテクノロジー

多くの病気は、親から受け継いだ体質(遺伝要因)と環境要因の両者が影響しあって生ずる。環境要因のなかで、生活習慣などの改善可能なものを、個人個人に合わせて管理・指導することが、集団全体を対象とした予防医療の第一歩である。そのためにゲノム情報やバイオマーカーを用いた易罹患性診断法やリスク評価法の実用化並びに療養指導の効率性向上が期待されている。遺伝子多型情報が国際的に整備され、ハイスループット技術が進歩するにつれてゲノム全体を対象とした解析[ゲノムワイド関連解析(GWAS など)]が可能となり、慢性でありふれた病気(コモンディーズ)や身体形質の責任遺伝子座が急速に見いだされつつある。

病気の原因として、遺伝要因、すなわち遺伝子の異常が大きな比重を占め、環境要因への曝露の回避努力

だけでは必ずしも十分に対応できないものも少なくない。病気の成因と病態に関する理解を深めることにより、その自然経過を分子レベルで(バイオマーカーを用いて)モニタリングして重症化を予測し、発症ないし重症化予防のための介入法の開発と、適切な介入時期の決定等に役立てることも、広義の予知・予防医療の課題である。さらに究極的(かつ根治的)には、重篤な健康障害を生じさせない、あるいは増悪させないための予防的な措置として、責任遺伝子の異常に対する遺伝子治療の活用も試みられている。ただし、遺伝子治療の対象疾患ごとに、その実現可能性、実現時期の見通しは異なり、臨床的安全性の確認には相当な時間を要すると推測されている。

感染症は病原体という環境要因が発症の鍵を握る病気と位置づけられる。抗生物質などの抗病原体薬の開発により、治療成績は目覚ましく向上したものの、依然として感染症は大きな脅威である。その適切な感染経路の同定・遮断、あるいは効果的な薬剤投与方法の確立は、感染の蔓延を予防し、安全な生態系・社会環境を保持するうえで重要な課題である。病原体の同定および薬剤感受性評価の迅速化、そして薬剤耐性の克服に向けた取り組みが進められている。また環境中の(ヒトの健康に対する)攻撃因子は病原体のみでなく、様々な微量環境汚染物質への対策も、疾病予防として重要であり、環境モニタリング、生体への健康影響評価のための技術開発が進められている。

(4) 今後の展望

予知予防医療の分野で、我が国が取り組むべき重点課題として最上位に挙げられたのは、課題 51「ゲノム情報による罹患リスク診断技術」であった。個々人の「処方・指針」に沿って健康が適切に維持されているか否かを経時的に調べ、生涯にわたり一元的に管理されるカルテ(電子レコード)に収めることによって、遠隔医療(小型化された機器を用いて、在宅にて健康モニタリングし、電話回線・ウェブ等を通じて、随時、専門家のアドバイスを受ける)や疾病の早期発見・早期治療も将来的に可能になるであろう。健康とは、単に身体の疾病がないことのみならず、心(精神)の健やかさ、生き甲斐をも含むものである。生を長く享受するためには、精神的、物質的、両側面での安定・安心が必要である。したがって、医学・生物学的な取り組みとともに人文社会学的な取り組み(体制整備)も欠かせない。直接、生命予後を左右するような疾病以外に、比較的程度の軽いもの、すなわち QOL を低下させるような「健康状態」への影響(健康影響)を把握することの重要性が増してくると考えられる。

(加藤 規弘)

4. 1. 6. 医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて

(1) 区分および関連する科学技術のここ数年の動向

医療レギュラトサイエンスは、先端医療技術・創薬が社会との調和のもとで、人々の真の利益・幸福をもたらす事を目指す新しい学問体系であり、医用工学・再生医学などの自然科学の新しい潮流の具現化を目指すものである。新規医療機器開発・創薬は、主として企業の視点からなされるものではあるが、疾病の解明・治療技術の開発、治験環境の整備、審査体制の充実、安全では無く安心を追い求める国民気質との調和は、審査(行政)・患者(国民)・開発(医者・産業)の 3 者がリスク分散の視点で社会とサイエンスの折り合いをつける事に或る。

将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項および科学技術課題のアンケート調査結果よれば、本区分「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」は、5 つの区分のうちの第 5 位であるが、新規医療機器・新薬が医療現場に早期に国民に提供するためには必須の項目である。新しい医療技術を創造できる国が医療福祉の課題をいち早く解決できるだけでなく、医療福祉分野での国際競争力を獲得できるのである。翻って、我が国における医療機器産業の貿易収支は、赤字幅の拡大傾向で推移し、平成 19 年は 4,469 億円の赤字であり、輸入額のうちの米国からの輸入は約 56%を占める。海外製品の過度な依存は、医療機器の安定供給に問題を生じ、国民医療に重大な支障を来すことにも成りかねない。

(2) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

重点的に取り組む課題として、課題 70「安全、安心な医療への対価を保障する診療報酬制度」、課題 72「医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度」、課題 66「救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度」、課題 71「我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度」、課題 75「基礎医科学から臨床への橋渡しを支援する情報システム・事例データベース」、課題 77「がんの転移を抑制する薬剤の開発」などが期待されている。

現在までに国内のライフサイエンス分野の基礎研究成果は、国際的にも高い評価を受けているが、基礎研究の成果が臨床研究につながらず、結果的に成果が実際の医療にあまり反映されていないと指摘されている。特に日本にとり重要として取り上げられている課題 67「臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術」は、基礎研究成果を臨床試験・治験に着実に結びつける研究＝トランスレーショナルリサーチ(橋渡し研究)にとり、最重点項目である。

(3) 今後の展望

我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略に関するアンケートの結果では、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」、「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画」と「国際標準獲得を目指す」にほぼ 3 分されているが、3 者の底流にある医療の国際標準化による実用化への期待が非常に高いことが伺える。関係を強化すべき国としては米国と欧州であり、医療機器市場として重要な地域であるが、隣国の韓国・中国を含むアジアの市場にも注目をしている。政府が重点的に取り組むべき事項としては、法制度改革の割合が高いこともレギュラトリーサイエンスを推進するうえでのひとつの側面を示している。人材育成に関しても、東京女子医科大学・早稲田大学共同大学院が、我が国で初めてのレギュラトリーサイエンスを中心とした教育を 2010 年 4 月から開講する点でも、社会的要請は高い。我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として、医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度が取り上げられており、リスクベネフィットバランスを考慮した社会とサイエンスとの調和(折り合い)を目指すレギュラトリーサイエンスのアウトプットの一つであり、合理的な考えに基づく規制や制度の改革を実現する基盤を実現することが強く望まれる。

(伊関 洋)

4. 1. 7. 医療の社会システムへの展開(1)－健康社会実現に向けた情報技術の役割－

(1) 科学・技術の最近の動向

IT 分野で近年注目されている技術には、クラウドコンピューティング、量子暗号通信技術、市販 GPU を 760 個つないだスーパーコンピュータの開発、地上デジタルテレビの普及がある。上記はインターネットや Java が社会に与えた影響と比較すると影響は少ないと思える。しかし、インターネットと同様これからの社会に大きな影響を与えると思われる技術が登場している。高速電力線通信技術 PLC(Power Line Communication)である。PLC は、現状では短波ラジオと同じ周波数を使い家庭内の電灯線に通信データを流すため電灯線からノイズが漏れ、短波ラジオやアマチュア無線機、市民ラジオのトランシーバーなどに影響が出る可能性等いろいろな問題が指摘されている。しかし、家庭内でのネットワーク配線は不要で、最近無線 LAN で話題になっている電磁波による健康への影響の可能性も少ない。さらに、次世代の社会基盤として注目をあつめているスマートグリッドを用いた情報通信手段となる可能性を有している。現状ではいろいろな問題はありながらも特に在宅健康機器や遠隔診断・介護支援ロボット間の情報処理を行う上で現在の情報ネットワーク環境を補完する重要な社会インフラとして期待されている^[1]。

一方、本領域の科学・技術政策として平成 20 年度首相官邸の医療評価委員会は医療分野の IT 化に関する調査報告書の中で、レセプトのオンライン化や健康情報の活用、地域医療連携の推進のための診療報酬関連業務の見直し、ネットワークセキュリティ要件の統一化が検討されている。また、健康情報の活用には、生涯を通じた健康情報の把握・活用を進めるための取り組みとして社会保障カード(仮称)の導入、医療情報化の共通基

盤としての保健医療福祉分野の公開鍵基盤(Healthcare Public Key Infrastructure: HPKI)の検討も行われている。地域医療連携を進めるための取り組みとしては他の医療機関との医療情報を電子的におこなうための情報化や遠隔医療の推進の必要性が提案されている。これらの情報化の評価法として「利用環境指標(アウトプット指標)」、「成果指標(アウトカム指標)」に加え「実感指標(案)」も提案された。さらに、2008 年高齢者の医療の確保に関する法律の施行に伴い、医療費適正化計画策定等のためレセプト情報や特定健診結果といった情報が全国的に集積されることも想定されている^[2]。

(2) 現状における鍵となる科学・技術

今回の調査対象集団は 40～60 代の男性の大学等教職員や研究者が中心であった。その中で特に日本にとり重要であると指摘された項目としては、課題 72「医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度」(88.2%)、課題 70「安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度」(85.5%)、課題 71「我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度」(82.9%)、課題 66「救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度」(81.4%)、課題 78「医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術」(79.3%)であった。これらは全て非技術的で国や大学、民間等複数セクターの関与が必要とするという結果であった。また、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された科学技術課題の上位 5 つは、課題 78「医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術」(53.1%)、課題 80「生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療」(51.0%)、課題 81「生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育」(40.8%)、課題 83「医療従事者への医哲学教育」(34.7%)、課題 84「医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育」(32.7%)であった。

上記から本区分における鍵となる技術は以下にまとめることができる。

- ① 健康・医療・福祉・介護の情報統合化利用技術
- ② 地域の健康・医療・福祉・介護の情報統合システム化技術
- ③ 健康・医療・福祉・介護教育を促進させるための情報アプリケーション開発普及技術

(3) 今後の展望:

「健康・医療・福祉・介護の情報統合化利用技術」は、特に、在宅医療・在宅介護の臨床の場面において家族の健康状態を測定する超小型の生体センサー技術開発とその情報を管理する在宅健康情報家電の開発の必要性を示している。「地域の健康・医療・福祉・介護の情報統合システム化技術」は、在宅の健康情報家電からの情報を地域住民に生かすために、年代に応じた健康・予防ガイドラインなどに沿った助言や予防接種の勧奨などを家族に対して与える上で必要である。この実現のためには、それらの情報を収集・管理・解析・利用する公共地域相談支援センター(仮称)の設置とそこでの相談員の配置を行う必要がある。また、予防医療を推進するためには、在宅健康家電からの情報を活かしたハイリスク者の特定とその人への各種健診やがん検診受診勧奨などの能動的な予防介入が行える公共サービスを実現すべきである。さらに、社会から孤立した老人に対する相談や在宅患者への緩和医療についての相談も重要な要件となる。これらを実現するための安全な情報ネットワーク技術、人と人のコミュニケーションを支援するTV会議などのインタフェース技術と予約管理技術の開発とそれを安定的に運営管理する新しい地域相談支援センター(仮称)のような公共機関設置が必要である。同時に、「健康・医療・福祉・介護教育」は、国が教育立国として積極的に行うべき分野であり、本調査で「医療者や介護者への医の哲学教育への必要性」が思いのほか高かったことは、単に学業成績のみならず本領域への人材の適性を科学的に評価する研究の必要性を示唆しているとも思われる。急務とすべき国民への教育には、義務教育段階からの予防医療の重要性の教育、高等教育での健康・予防医学に関する高度な教育の充実、生涯教育では特に女性の本領域への積極的な就業・復職支援環境の整備のための新しい教育制度を作ることである。これらは、女性の雇用拡大のみならず次世代の育成のためにも非常に価値の高いものとなるであろう。上記の実現を阻害する法改正と予算の重点化が必要と考える。

平成 19 年に内閣官房から新健康国家フロンティア戦略が出された^[3]。日本は確実に「健康立国」へと舵を向

けている。少子高齢化の時代を乗り越えるためには、「国民が健康で安心して長生きできる地域社会」を作る必要がある。このためには、国民への健康・予防教育や予防医学の推進と評価、健康・医療・福祉・介護機器やそれらを統合するための情報システム化のための地方への重点的公共投資が求められる。今回の調査も日本がこの大きな節目にあることを示唆した結果となったと言えよう。

<参考資料>

[1] Majumder, A. and Caffery, Jr. J.; Power line communications: an overview. IEEE potentials. 2004. vol. 23, no. 4, p. 4-9.

[2] 平成 18 年度医療評価委員会 報告書
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/it2/ithyouka/houkoku/huzoku1.pdf> (参照 2010-02-19)

[3] 新健康国家フロンティア戦略. 平成 19 年 4 月 18 日
<http://www.kantei.go.jp/jp/singi/kenkou/dai3/honbun.pdf> (参照 2010-2-20)

(小山 博史)

4. 1. 8. 医療の社会システムへの展開（２）—保健医療福祉連携のための情報技術の役割—

(1) 科学・技術の最近の動向

この区分において、今回の調査対象で重要と指摘された項目としては、課題 78「医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術」(53.1%)、課題 80「生涯継続的地域 EHR (Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療」(51.0%)と保健・医療・福祉の連携が上位 2 つであった。

これらの連携を実現するにあたって、問題となるのが、標準化である。電子カルテや健診結果、介護情報などがシステム毎に異なる形式でデータベース化されているため、システム間でデータの流通ができないという問題があり、解決するために医療画像であれば DICOM が、診療データであれば、HL7 というように、米国を中心としてこれまでも標準化が進められてきたが、まだまだ全てのデータが標準化できていないため、情報流通がなかなかできていない。

また個人 ID の問題があり、病院毎に患者番号が規定されていたり、保険証の番号も転職や退職、引越しなどで番号が変わるため利用できなかったり、個人の各種情報を横断的に見るためにはそれぞれの施設ごとに使われている ID を紐付けて各種情報を取得する必要がある、そのような試みが行なわれつつある。最近、社会保障カードなどにより、ユニークな個人 ID を導入するという試みも行なわれている。

さらに保健・医療・福祉の情報は非常に秘匿性の高い情報であるため、セキュリティが重要であり、HPKI (Healthcare Public Key Infrastructure)の導入などが試みられ、認証や署名などに利用され始めている。また、情報のアクセス制限(開示制御)により、必要な人に必要な情報が入手できるような技術が開発されている。

(2) 現状における鍵となる科学・技術

今後さらにデータの標準化が重要となり、2008 年度より導入された特定保健指導においては、XML のフォーマットを厳格に規定すると共に、その検査法までが規定されている。このようにデータを流通させるための標準化がさらに進められる必要があり、病名・検査法・所見などありとあらゆるコードの標準化が必要である。

セキュリティについては、コンピュータの並列利用や高速化に伴い、解読可能性が高まるため、従来の RSA 暗号などの方式については、桁数を増やすよう警鐘が鳴らされているが、さらに解読が難しい暗号方式の開発が必要である。

今後、多くの人が自分の保健・医療・福祉データへのアクセスが可能となるよう、ユーザインタフェースの改良が重要であり、アクセシビリティの向上が重要である。

(3) 今後の展望

地震や台風などの災害時等にどのような薬を飲んでいるのか、過去にどのような病気をしたのかなどの情報が必要だという報告があり、そのような情報を緊急時にアクセスできるようにする事が今後重要となる。もちろん、通常の診療の場や介護の場でもそのような情報を得る事により、質の高い医療・介護が実現できる。そのためにEHRの実現が期待されるが、その費用の負担を誰が行なうかが問題で、技術的な問題はかなりクリアーしているため、今後は社会的にどのように実現するのか、政府の積極的な関与が求められる。

(坪井 俊明)

4. 1. 9. 医療の社会システムへの展開(3)－人材育成について－

(1) 医療・福祉をめぐる人材養成の必要性と課題

我が国の少子高齢化は先進諸国のなかでも際だっており、かつ、各種の施策によっても、一向に改善の傾向が見られないことに特徴がある。しかも、このような傾向は、実は、東アジア諸国に共通の問題であり、韓国・台湾・シンガポール等では、ある意味で、我が国を追い越し兼ねない勢いで少子高齢化が進行しており、かの、中国ですら一人っ子政策の帰着として、この2-30年のうちに、超弩級の高齢化社会を迎えるであろうと推定されている。つまり、我が国が高齢化したら、周辺諸国から若い労働力を呼び込めば良い、という式の楽観論(これですら、社会的には非常な抵抗があるが)の基礎は掘り崩されつつあるのである。そのうえ、近年における我が国の社会福祉の政策的後退により、日常の医療が崩壊しつつあり、福祉についても同断であることは、ますます深刻な社会問題を引き起こしつつある。

もちろん、本調査が取りまとめようとする技術の未来予測では、このような社会問題を取り扱うことは確かに守備範囲外ではある。しかし、医療・福祉に関わる技術の将来を考えると、上述した社会構成の変化を考慮に入れずにバラ色の未来を謳うのはいかにも無責任の誹りをうけないわけにはいかない。結局、将来の社会機能を担う“ひと”を育成しない限り、いかなる技術開発も画餅に過ぎない。いずれ、少子化、高齢化、そして人口の絶対的減少が避けられないとするなら、稀少化する人材の育成と配分の長期的計画が緊急の課題である。もはや、我が国では、資源の再配分を伴わない、あれもこれもという政策は取りえないのである。この意味で、医療・福祉につき込むマンパワーの高度化・多能化は避けられない。

本調査においても、課題78「医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術」、課題80「生涯継続的地域EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療」などについての課題に、特に日本にとり重要であるとする回答が集中していることは、この意味であって、割くべきマンパワーの減少を補うためには、多分野の医療・福祉要員を統合・活用することができるシステムが求められている。このためには、これらの要員が多能化することが必須であって、専門・職種の間を取り払った教育・再教育が必要になる。このことは、また、たとえば、課題84「医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育」(私見では、これを安全に限る必要はなく、種々の新しい統合的技術の習得にも拡大するべきであると思う)という設問への重要度の認識に端的に示されるように、従来型の教育では、このような需要に応じた人材育成はできないということを意味している。

(2) 医療と技術における人材配分問題

そこで、今後の医療・福祉における人材育成問題の幾つかを調査結果を踏まえながら、具体的に論じるならば、次の諸点が重要であると思われる。

i) 医学校の改組－メディカルスクール化

我が国の医師養成課程は、高校卒業後6年間の医学校教育のみである。米国の医療制度が全面的に優れているわけではないが、こと医学教育については、博士課程としてのメディカルスクール制度は、医学のみをこと

として、技術的常識を欠く医師を養成する我が国の制度に比べてはるかに有効である。これは、医療分野における技術革新が米国において顕著であることの主要な理由とも考えられる。できれば、理工系に限らず、修士課程終了程度の学生に医学教育をすることを考えたい。これは、基礎医学系の教員が日頃問題視する研究マインドをもつ医学部卒業者を輩出することにもつながる重要な制度である。メディカルスクール制度には、既存の医学部・医師会等の職能団体が頑強に抵抗しているが、下記の周辺職種の底上げとともに、我が国医療制度の根幹の改革として必須である。

ii) コメディカル職種の充実・格上げ

現在、検討されている、いわゆるナースプラクティショナー制度の拡充を図り、その他の、コメディカル職種の底上げと機能の拡大を実現するべきである。いわゆる医師法 17 条は、極度に具体性を欠くので、その結果、法律によらない告示・通知などによって医業の範囲が既存の医師に極度に有利に設定されている。現在ゆるやかながら進行中の医業の解放を、きちんとした多能化教育を受けたコメディカルに対してさらに推進する必要がある。

iii) 医療福祉技術者・従事者の創出を目指した社会人再教育

いずれ、少子高齢化による人口構成の変化は、我が国の産業構造を大きく変化させることは必至である。すなわち、単なる首切りの別名であるリストラではなく、真の意味での雇用・就業構造の再構築—リストラチャリングが必要であり、そのためには、従来異なる産業に従事してきた技術者・労働者の組織的再教育が必要である。これには、社会人対象の再教育、若年者へのデュアルスクール、さらには、インターネットを活用した遠隔教育などが考えられる。幸い、我が国の基礎教育のレベルはまだ保たれており、組織的な再教育の実施によって、社会的な雇用問題にもある程度の解決を提供できる可能性がある。

(3) 結言

我が国の医療・福祉が直面する破滅的状況は、あれやこれやの議論の段階を越えており、直ちに、改善に着手しないかぎり、破綻はすぐ目前に迫っている。このためには、既得権、悪しき慣習を早急に洗い出し、国民全体の福祉に沿った制度・組織を構築する“事業仕分け”が急務である。本調査における「医療の社会システムへの展開」の項目への回答に見られる切迫感を是非、政策に活かして頂くことを期待するものである。

(山口隆美)

4. 2. アンケート調査の回収状況

No.4 分科会「ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下のようになっている。

表 4.2-1 No.4 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
243 人	191 人	79%	191 人	164 人	86%

性別	男	143 人	職業	会社員	14 人	専門度の平均	高	13.5%
	女	21 人		大学等教職員	118 人		中	27.6%
無回答	なし	研究機関職員*	18 人	低	58.9%			
年代	20 代	なし	団体職員	4 人				
	30 代	12 人	その他	10 人				
40 代	23 人	無回答	なし					
50 代	86 人 <th rowspan="3">職種</th> <th>研究開発従事</th> <td>109 人</td>	職種	研究開発従事	109 人				
60 代	36 人		上記以外	54 人				
70 代以上	7 人		無回答	1 人				
無回答	なし	合計	164 人					

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

4. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げるために必要な要件等について議論し、これに基づいて以下の課題の区分を設定した。

表 4.3-1 課題の区分

A	安心・安全を目指す医療 医療福祉安全のための技術開発、高度 IT 診断、適切なリハビリテーションの提供、心の発達の解明、メンタルヘルスの充実など
B	新しい医療技術の創造 次世代治療(標的治療)、超高齢化社会対応(ロボット共存のためのリスク管理、医工連携)
C	予知・予防医療への展開 ゲノム情報やバイオマーカーを用いた易罹患性診断法・リスク評価法の実用化、療養指導の効率性向上、感染症における薬剤耐性克服、病気・災害予測等
D	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて 医療制度、情報管理技術、倫理システム等
E	医療の社会システムへの展開 医療・介護の地域医療提供システム、ユビキタスモニタリング医療、医学教育・健康教育システムの整備、医学教育、医療廃棄物処理産業

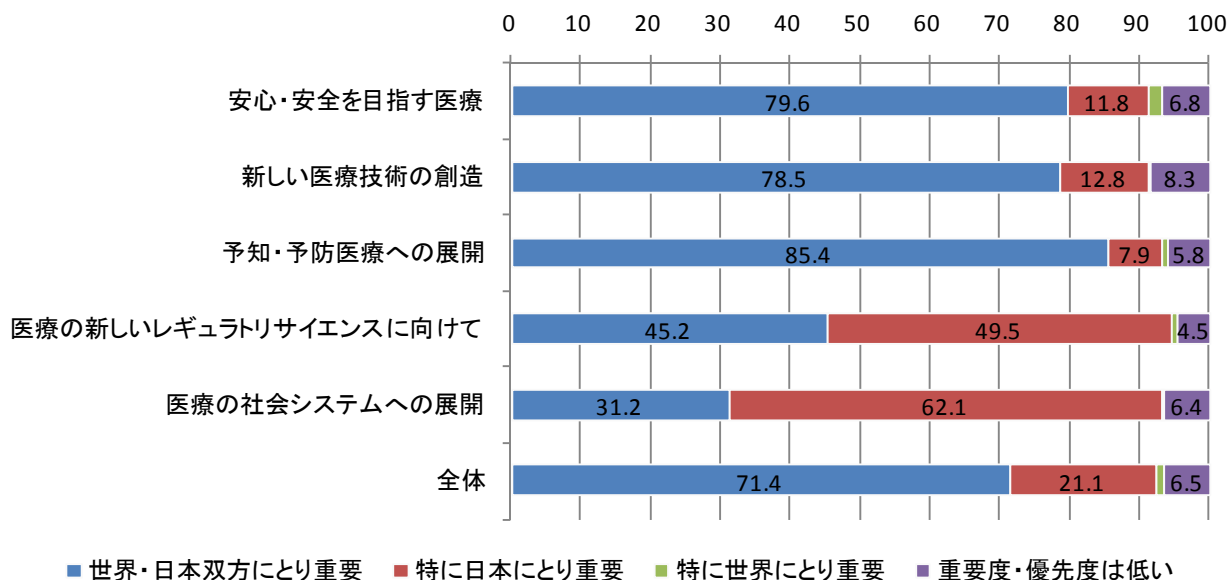
4. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

4. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題全体では、「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題(71.4%)が最も多く、次いで「特に日本にとり重要」と評価された課題(21.1%)が続く。

図 4.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、世界・日本双方にとり重要な課題が含まれる区分としては、「予知・予防医療への展開」(85.4%)が最も多く、次いで「安心・安全を目指す医療」(79.6%)、「新しい医療技術の創造」(78.5%)が続いている。特に日本にとり重要な課題が含まれる区分としては「医療の社会システムへの展開」(62.1%)、「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」(49.5%)があげられる。特に世界にとり重要な課題については、どの区分についても割合は非常に低かった。

(2) 重要課題(重要度・優先度が高い課題)

課題の優先度・重要度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「とくに日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計割合の高い課題は次の通りである。「安心・安全を目指す医療」関連が 9 課題、「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」関連が 5 課題、「新しい医療技術の創造」、「予知・予防医療への展開」関連が各 3 課題含まれている。

表 4.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
9	麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法	100.0	2023	2033	安心・安全を目指す医療
72	医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度	100.0		2019	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
10	幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術	99.0	2022	2031	安心・安全を目指す医療
84	医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育	99.0	2014	2018	医療の社会システムへの展開

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
6	がんの薬物耐性検定法	98.8	2018	2024	安心・安全を目指す医療
7	標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法	98.8	2019	2028	安心・安全を目指す医療
76	がんの転移機構の解明	98.7	2019		医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
70	安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度	98.7		2018	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
66	救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度	98.6		2021	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
37	献血を必要としない人工血液	98.6	2022	2029	新しい医療技術の創造
62	感染症における薬剤耐性克服技術	98.5	2020	2029	予知・予防医療への展開
29	通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術	98.4	2019	2025	安心・安全を目指す医療
60	初期段階で新興感染症の流行を予測する技術	98.3	2017	2023	予知・予防医療への展開
28	登校拒否、学級崩壊、学習障害等を引き起こす脳のメカニズムの解明に基づく対処方法	98.2	2022	2028	安心・安全を目指す医療
43	高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器	98.1	2016	2023	新しい医療技術の創造
13	高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法	97.6	2017	2023	安心・安全を目指す医療
77	がんの転移を抑制する薬剤の開発	97.4	2023	2031	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
32	自家組織の保存・増殖・移植法	97.4	2018	2026	新しい医療技術の創造
15	高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法	97.1	2024	2033	安心・安全を目指す医療
20	ウイルス性肝疾患を治癒させる薬	97.1	2019	2027	安心・安全を目指す医療
58	神経変性疾患の予防と治療	97.1	2029	2037	予知・予防医療への展開

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「安心・安全を目指す医療」関連が 7 課題、「医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて」関連が 2 課題となっている。技術的実現時期は 2020 年前後が多くなっている。

表 4.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
76	がんの転移機構の解明	98.7	2019		医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
6	がんの薬物耐性検定法	96.5	2018	2024	安心・安全を目指す医療
9	麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法	96.3	2023	2033	安心・安全を目指す医療
10	幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術	96.2	2022	2031	安心・安全を目指す医療
77	がんの転移を抑制する薬剤の開発	96.2	2023	2031	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
62	感染症における薬剤耐性克服技術	95.5	2020	2029	予知・予防医療への展開
7	標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法	95.1	2019	2028	安心・安全を目指す医療
8	血液幹細胞移植(他家)に対しての特異的な免疫応答を抑制する技術	94.7	2020	2028	安心・安全を目指す医療
3	ウイルスを標的として分子レベルで無力化するナノマシン	94.0	2025	2033	安心・安全を目指す医療

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
13	高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法	94.0	2017	2023	安心・安全を目指す医療

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」関連が 6 課題、「医療の社会システムへの展開」関連が 3 課題となっている。非技術的な課題が上位にあがっている。

表 4.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
72	医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度	88.2		2019	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
70	安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度	85.5		2018	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
71	我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度	82.9		2019	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
66	救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度	81.4		2021	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
78	医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術	79.3	2017	2022	医療の社会システムへの展開
80	生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療	72.2	2017	2023	医療の社会システムへの展開
29	通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術	72.1	2019	2025	安心・安全を目指す医療
74	生命倫理と研究活動との調和のための、多面的で多数の国民が参加する国民的討議の実現	66.2		2019	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
83	医療従事者への医哲学教育	65.6		2017	医療の社会システムへの展開
67	臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術	65.3	2016	2023	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて

(5) 特に世界にとり重要な課題

「特に世界にとり重要」の回答比率の高い(30%以上)課題はなかった。

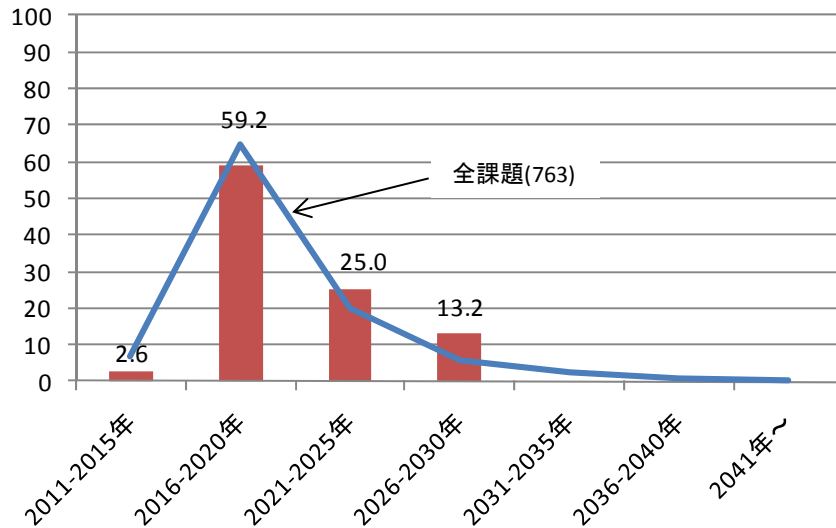
(6) 重要度・優先度は低い課題

「重要度・優先度は低い」の回答比率の高い(30%以上)課題はなかった。

4. 4. 2. 技術的实现予測時期

技術的实现予測時期の分布は下図の通りである。全課題の技術的实现予測時期の分布と本分科会の課題の技術的实现予測時期の分布は、2016～2020 年をピークにほぼ同様の傾向を示している。2026 年から 2030 年に実現すると予測された課題がやや多く、2031 年以降に実現すると予測された課題はない。

図 4.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「安心・安全を目指す医療」、「新しい医療技術の創造」、「予知・予防医療への展開」の区分では、技術的実現予測時期が比較的遅い課題を多く含んでいる。

表 4.4-4 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
安心・安全を目指す医療			15	10	4	
新しい医療技術の創造			9	4	3	
予知・予防医療への展開			13	4	3	
医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて		1	4	1		
医療の社会システムへの展開		1	4			

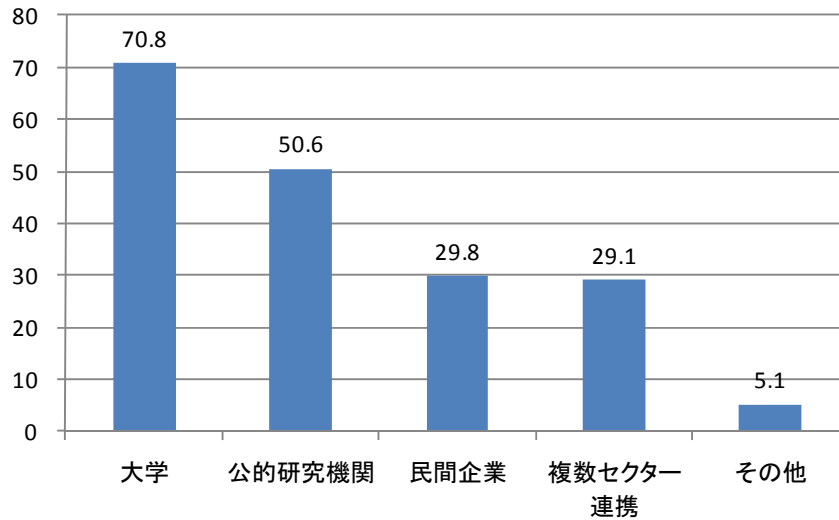
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高い課題(30%以上)はなかった。

4. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下図の通りである。本分科会全般では、「大学」をあげる割合が60%以上を占めている。

図 4.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「医療の社会システムへの展開」の区分では大学をあげる割合が低く、逆に複数セクターの連携をあげる割合が高くなっており、他の区分の傾向とは異なっている。

表 4.4-5 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
安心・安全を目指す医療	75.3	52.3	24.8	25.1	5.2
新しい医療技術の創造	70.4	48.1	41.6	29.3	2.4
予知・予防医療への展開	73.2	51.7	27.2	26.7	7.2
医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて	61.1	51.0	25.9	34.4	6.6
医療の社会システムへの展開	47.4	43.1	35.7	54.5	2.2

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 4.4-6 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
8	血液幹細胞移植(他家)に対しての特異的な免疫応答を抑制する技術	88.2	2020	2028	安心・安全を目指す医療
56	先天性疾患の遺伝子治療	87.9	2027	2036	予知・予防医療への展開
57	単一遺伝子性疾患に対する遺伝子治療	87.1	2020	2029	予知・予防医療への展開
55	重度遺伝性疾患の発症予防法	86.5	2029	2037	予知・予防医療への展開
11	生体内での信号伝達や代謝などの機能の可視化技術	86.5	2018	2027	安心・安全を目指す医療

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 4.4-7 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
25	精神発達障害の治療法	69.4	2029	2037	安心・安全を目指す医療
13	高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法	68.3	2017	2023	安心・安全を目指す医療
61	微量環境汚染物質の生体への影響の解明	66.7	2019		予知・予防医療への展開
28	登校拒否、学級崩壊、学習障害等を引き起こす脳のメカニズムの解明に基づく対処方法	65.4	2022	2028	安心・安全を目指す医療
29	通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術	63.9	2019	2025	安心・安全を目指す医療

○民間企業(NPOを含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題と以下の表に示すとおりである。

表 4.4-8 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
20	ウイルス性肝疾患を治癒させる薬	59.2	2019	2027	安心・安全を目指す医療
64	病原体の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内でできる自動機器	56.5	2018	2024	予知・予防医療への展開
59	医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術	55.7	2018	2024	予知・予防医療への展開
36	血液中の希望する成分を選択的に除去する血液浄化器	55.6	2017	2023	新しい医療技術の創造
45	感覚機能を備えた義手・義足	54.9	2020	2028	新しい医療技術の創造

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 4.4-9 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
78	医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術	64.4	2017	2022	医療の社会システムへの展開
80	生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療	64.3	2017	2023	医療の社会システムへの展開
85	リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化	54.0	2016	2020	医療の社会システムへの展開
67	臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術	52.7	2016	2023	医療の新しいレギュラトリーサイエンスに向けて
59	医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術	51.4	2018	2024	予知・予防医療への展開

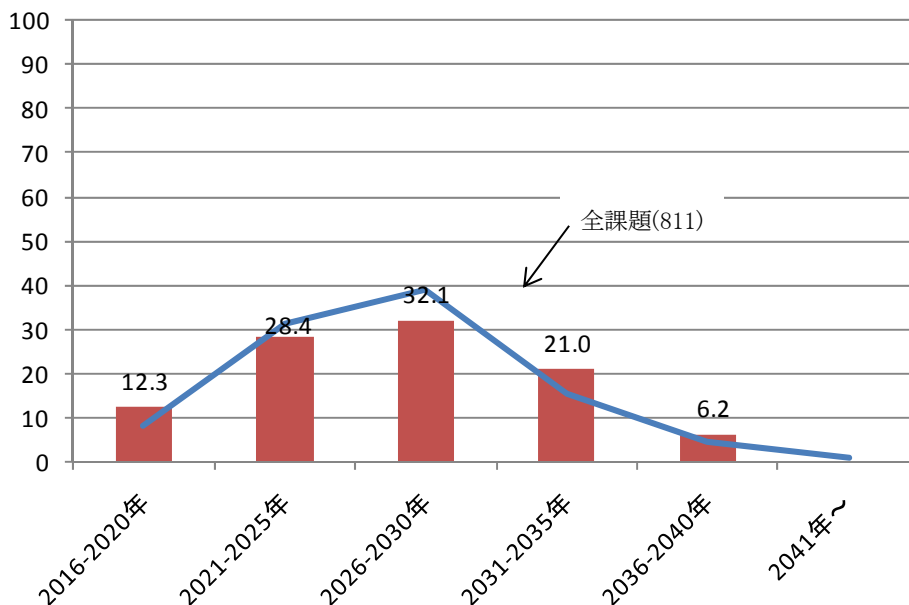
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い課題(回答比率 30%未満の課題以上)はなかった。

4. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。

図 4.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



社会的実現時期は、全課題の傾向とほぼ同様の傾向を示している。区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」と「医療の社会システムへの展開」の区分では、他の区分に比べ社会的実現予測時期が早い課題が比較的多くなっている。

表 4.4-10 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
安心・安全を目指す医療			6	12	7	2
新しい医療技術の創造			3	8	5	
予知・予防医療への展開			6	6	4	3
医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて	5	5			1	
医療の社会システムへの展開	5	3				

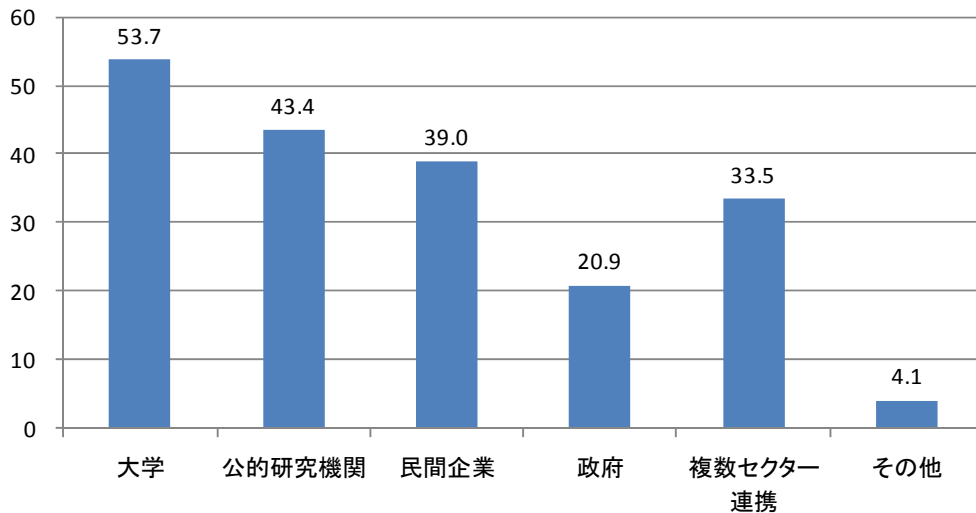
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高い課題(30%以上)はなかった。

4. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「大学」をあげる割合が5割以上となっている。

図 4.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」および「医療の社会システムへの展開」では「政府(地方公共団体を含む)」をあげる割合が比較的高くなっている。

表 4.4-11 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
安心・安全を目指す医療	59.9	45.6	37.4	12.8	30.0	4.7
新しい医療技術の創造	53.1	41.0	55.9	8.8	34.0	1.3
予知・予防医療への展開	60.3	46.9	39.4	13.8	33.1	5.7
医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて	36.3	39.9	21.6	51.6	34.8	5.3
医療の社会システムへの展開	42.3	37.4	33.1	46.8	42.9	1.9

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 4.4-12 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
55	重度遺伝性疾患の発症予防法	80.8	2029	2037	予知・予防医療への展開
49	血液幹細胞の増殖・分化の制御による血液病治療法	77.6	2020	2028	予知・予防医療への展開
56	先天性疾患の遺伝子治療	77.6	2027	2036	予知・予防医療への展開
83	医療従事者への医哲学教育	76.4		2017	医療の社会システムへの展開
8	血液幹細胞移植(他家)に対しての特異的な免疫応答を抑制する技術	76.3	2020	2028	安心・安全を目指す医療

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 4.4-13 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
25	精神発達障害の治療法	61.7	2029	2037	安心・安全を目指す医療
23	がん治療に有効な放射線治療および評価方法	60.0	2017	2024	安心・安全を目指す医療
55	重度遺伝性疾患の発症予防法	59.6	2029	2037	予知・予防医療への展開
13	高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法	59.3	2017	2023	安心・安全を目指す医療
68	遺伝関連個人情報管理技術	58.8	2015	2022	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて

○民間企業(NPOを含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 4.4-14 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
36	血液中の希望する成分を選択的に除去する血液浄化器	72.6	2017	2023	新しい医療技術の創造
35	人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス	68.6	2019	2027	新しい医療技術の創造
64	病原体の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内でできる自動機器	68.1	2018	2024	予知・予防医療への展開
21	医原性日和見感染に対して、患者の感染防御能を阻害しない抗がん薬・免疫抑制薬	67.2	2022	2032	安心・安全を目指す医療
20	ウイルス性肝疾患を治癒させる薬	66.7	2019	2027	安心・安全を目指す医療

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 4.4-15 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
70	安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度	84.7		2018	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
66	救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度	78.5		2021	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
71	我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度	70.7		2019	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
72	医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度	70.7		2019	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて
74	生命倫理と研究活動との調和のための、多面的で多数の国民が参加する国民的討議の実現	67.6		2019	医療の新しいレギュラトリサイエンスに向けて

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 4.4-16 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
78	医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術	57.6	2017	2022	医療の社会システムへの展開
1	機能予後予測に基づいた脳卒中リハビリテーション	55.0	2018	2024	安心・安全を目指す医療
65	空港や港において輸入感染症の感染者をほぼ完全に検出できる技術	52.4	2020	2029	予知・予防医療への展開
67	臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術	51.4	2016	2023	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
63	生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測	50.0	2018	2025	予知・予防医療への展開

○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

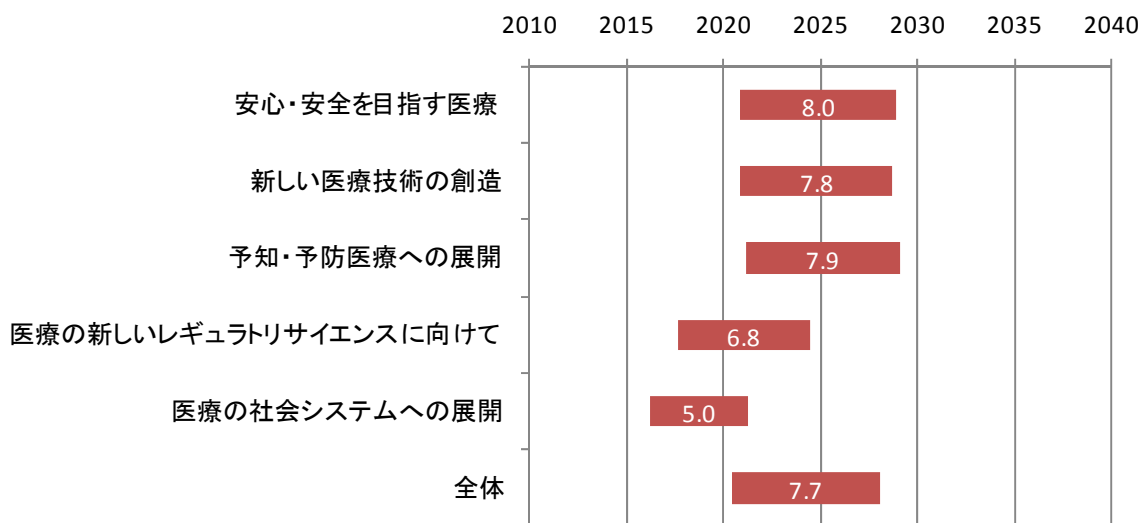
表 4.4-17 「その他(国際機関等)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
65	空港や港において輸入感染症の感染者をほぼ完全に検出できる技術	30.2	2020	2029	予知・予防医療への展開

4. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

本分科会の課題全体における技術的実現から社会的適用までの期間の平均は 7.7 年である。これを区分別にみると、「安心・安全を目指す医療」や「予知・予防医療への展開」の区分では 8 年程度となっているが、「医療の社会システムへの展開」の区分では 5.0 年と最も短く、技術的実現時期、社会的実現時期も比較的早い傾向にある。

図 4.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題、期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 4.4-18 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
30	3次元の細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術	2023	2034	11	新しい医療技術の創造
4	慢性疾患の病態のシステムの把握に基づく薬物療法の開発(システム創薬)	2020	2030	10	安心・安全を目指す医療
9	麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法	2023	2033	10	安心・安全を目指す医療
17	1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術	2023	2033	10	安心・安全を目指す医療
21	医原性日和見感染に対して、患者の感染防御能を阻害しない抗がん薬・免疫抑制薬	2022	2032	10	安心・安全を目指す医療
48	安全性が確立された遺伝子治療法	2021	2031	10	予知・予防医療への展開
53	自己免疫疾患の発症予防法	2025	2035	10	予知・予防医療への展開
50	生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導	2017	2022	5	予知・予防医療への展開
75	基礎医学から臨床への橋渡しを支援する情報システム・事例データベース	2016	2021	5	医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて
78	医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術	2017	2022	5	医療の社会システムへの展開
84	医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育	2014	2018	4	医療の社会システムへの展開
85	リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化	2016	2020	4	医療の社会システムへの展開

4. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 4.4-19 新規に提案された課題

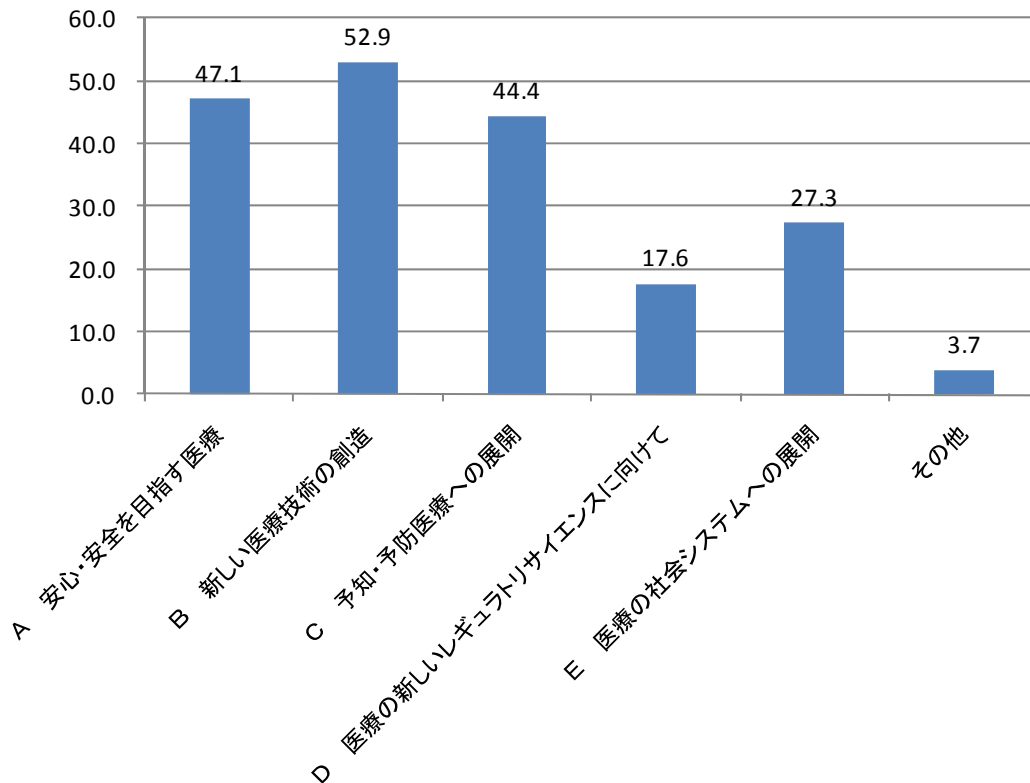
提案課題
海外 Medical Device (完全埋込型) を国内で自由に利用できる制度
米国、シンガポール、中国などと Free Medical Agreement (FMA) を実現
医用音響エネルギー
医療に関わる人・物・情報を保護するセキュリティ技術の開発
医療経営人材育成
健康都市のモデル開発(WHO healthy cities project の日本版の都市設計企画)
死因究明制度の確立
植物状態からの復帰・回復(看護力・介護力によるサポート)
日常生活における生体情報及び生活習慣をセンシングし、医療現場にそして健康管理に活用する
高齢者・身体障害者・知的障害者などが働ける職場システムと管理技術
孤独化予防や生きがい(QOL)低下予防の為に対面コミュニケーションと分かち合いが行える環境の支援制度と技術

4. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

4. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目は、区分 B「新しい医療技術の創造」が 52.9%と最も多く、A「安心・安全を目指す医療」の 47.1%、C「予知・予防医療への展開」が 44.4%と続いている。D「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」は 17.6%と最も低かった。

図 4.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=187 単位% 複数回答)



4. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下のとおりである。

A 安心・安全を目指す医療

「安心・安全を目指す医療」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示すとおりである。

表 4.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=85>

課題	%
15 高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法	41.2

B. 新しい医療技術の創造

「新しい医療技術の創造」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択

された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示すとおりである。

表 4.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=93>

課題	%
41 マイクロマシンを用いた体腔内治療技術	34.4
42 高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム	33.3

C. 予知・予防医療への展開

「予知・予防医療への展開」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示すとおりである。

表 4.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=79>

課題	%
51 ゲノム情報による罹患リスク診断技術	38.0
50 生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導	36.7
52 がんを効果的に予防する化学予防薬(chemopreventive drugs)	34.2
46 網羅的分子(オミックス)情報や過去の健康診断データに基づいた予知医学(早期診断、長期疾患発症予測など)に基づいた健康・疾病管理)	30.4

D. 医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて

「医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 4.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=32>

課題	%
70 安全、安心な医療への対価を保障する診療報酬制度	56.3
72 医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度	56.3
66 救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度	37.5
71 我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度	37.5
75 基礎医学から臨床への橋渡しを支援する情報システム・事例データベース	31.3
77 がんの転移を抑止する薬剤の開発	31.3

E. 医療の社会システムへの展開

「医療の社会システムへの展開」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 4.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=49>

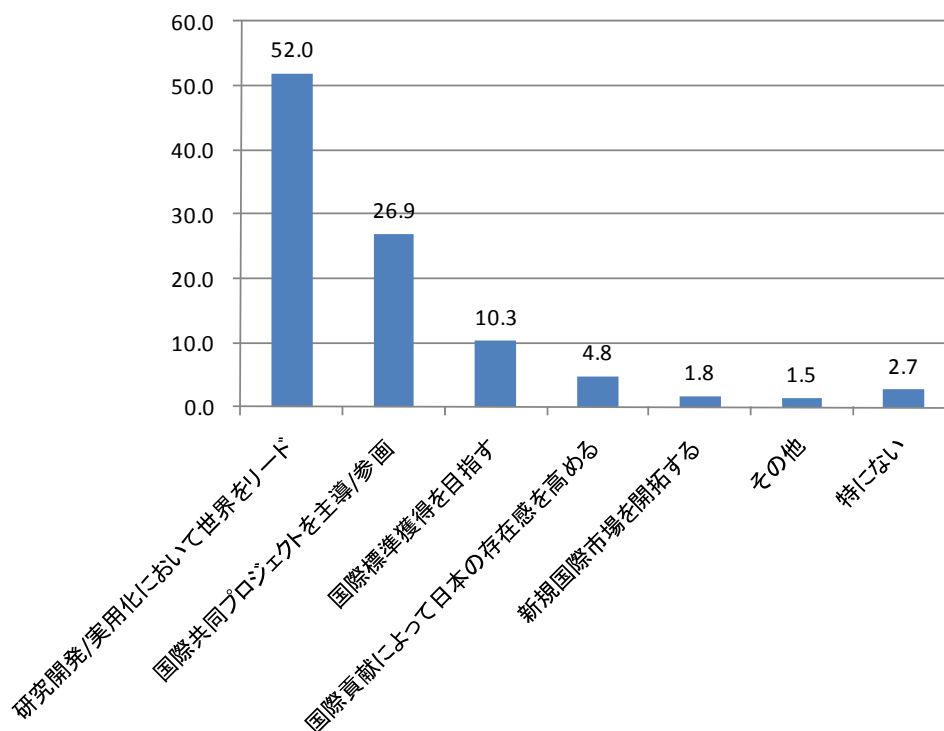
課題	%
78 医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術	53.1
80 生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療	51.0
81 生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育	40.8
83 医療従事者への医哲学教育	34.7
84 医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育	32.7

4. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が全体で 52.0%と最も多く、2 位以下を大きく離している。

図 4.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(n=331、単位%、複数回答)



区分別にみても同様の傾向であるが、「D 医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」と「E 医療の社会システムへの展開」では「国際標準獲得を目指す」もやや回答数が多くなっている。

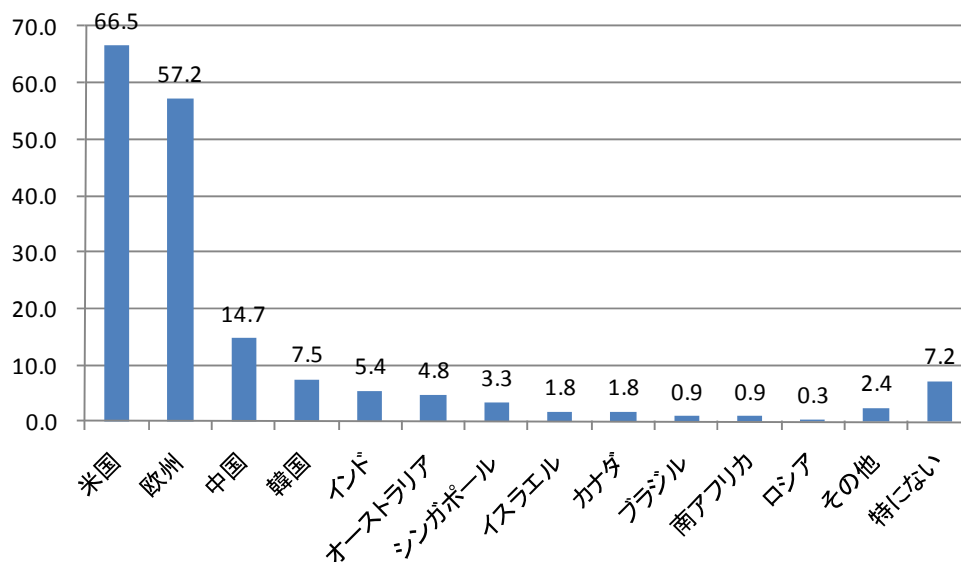
表 4.5-6 区分別最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発あるいは実用化において世界をリードする	国際共同プロジェクトに参画	国際標準獲得を目指す	国際貢献によって日本の存在感を高める	新規国際市場を開拓する	その他	特になし
A 安心・安全を目指す医療(83)	55.4	27.7	7.2	6.0	2.4		1.2
B 新しい医療技術の創造(90)	71.1	16.7	5.6	1.1	3.3	2.2	
C 予知・予防医療への展開(77)	46.8	40.3	7.8	3.9	1.3		
D 医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて(30)	33.3	23.3	23.3	3.3		3.3	13.3
E 医療の社会システムへの展開(45)	31.1	24.4	22.2	11.1		2.2	8.9

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を進展させる上で、関係を強化すべき国・地域としては、全体では、もっとも多いのが米国の66.5%であり、次いで欧州が57.2%となっている。欧米以外では中国が14.7%という結果であった。

図 4.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域 (n=334、単位%、複数回答)



区分別では、「A 安心・安全を目指す医療」、「B 新しい医療技術の創造」、「C 予知・予防医療への展開」で特に米国の割合が大きい。

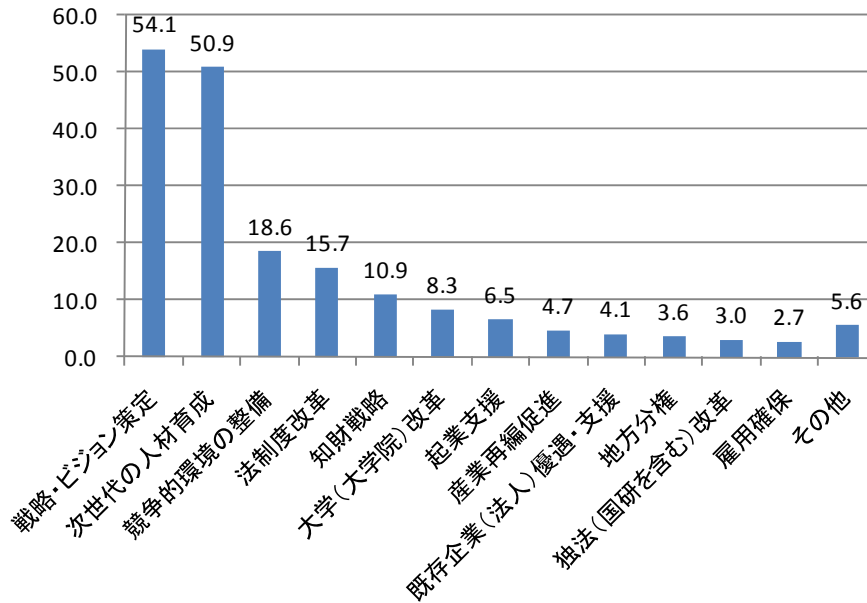
表 4.5-7 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域 (単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	韓国	インド	オーストラリア	シンガポール	イスラエル	カナダ	ブラジル	南アフリカ	ロシア	その他	特になし
A 安心・安全を目指す医療 (83)	72.3	60.2	10.8	9.6	4.8	6.0	2.4		3.6				2.4	6.0
B 新しい医療技術の創造 (93)	75.3	62.4	12.9	2.2	5.4	3.2	2.2	5.4	1.1	1.1	1.1		3.2	4.3
C 予知・予防医療への展開 (78)	75.6	53.8	19.2	7.7	9.0		3.8	1.3		2.6	1.3		2.6	2.6
D 医療の新しいレギュラトリーサイエンスに向けて(30)	43.3	40.0	6.7	10.0	3.3	6.7	3.3		3.3		3.3			26.7
E 医療の社会システムへの展開(44)	40.9	61.4	22.7	11.4	2.3	11.4	6.8		2.3			2.3		9.1

4. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を進展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を進展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項では、「戦略・ビジョン策定」が全体で54.1%と最も多く、次いで「次世代の人材育成」の50.9%が続いている。

図 4.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項(n=338、単位%、複数回答)



区分別にみると、「D 医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて」で「法制度改革」の割合が高くなっていることが分かる。

表 4.5-8 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	競争的環境の整備	法制度改革	知財戦略	大学(大学院)改革	起業支援	産業再編促進	人(優遇・支援)	既存企業(法)	地方分権	独法(国研を含む)改革	雇用確保	その他
A 安心・安全を目指す医療(83)	55.4	49.4	25.3	14.5	10.8	10.8	7.2	3.6	3.6	1.2	3.6	1.2	3.6	
B 新しい医療技術の創造(92)	44.6	53.3	23.9	13.0	15.2	3.3	10.9	6.5	6.5		2.2	3.3	8.7	
C 予知・予防医療への展開(79)	58.2	57.0	17.7	10.1	12.7	8.9	2.5	2.5	5.1	1.3	6.3	3.8	5.1	
D 医療の新しいレギュラトサイエンスに向けて(31)	74.2	35.5	3.2	41.9	3.2	9.7	3.2			9.7			3.2	
E 医療の社会システムへの展開(47)	53.2	51.1	10.6	17.0	6.4	12.8	6.4	8.5	2.1	12.8		4.3	2.1	

4. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として、上位 10 課題(ただし回答比率 10%未満の課題を省略)医療廃棄物に関するテーマが回答者の半数以上の支持を得ている。

表 4.5-9 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=116>

課題	%
85 リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化	52.6
63 生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測	18.1
61 微量環境汚染物質の生体への影響の解明	17.2
59 医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術	13.8

4. 6. 集計結果一覧

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
安心・安全を 目指す医療	1	機能予後予測に基づいた脳卒中リハビリテーション	1	120	25	27	48	-	58	37	1	4
			2	111	23	24	53	-	66	30	0	4
			専	26	100	0	0	-	88	12	0	0
	2	進行性神経筋疾患などの難病に対して進行を遅らせるための予防リハビリテーション	1	103	20	31	49	-	81	10	1	8
			2	96	20	28	52	-	84	8	0	8
			専	19	100	0	0	-	90	5	0	5
	3	ウイルスを標的として分子レベルで無力化するナノマシン	1	90	7	31	62	-	89	2	1	8
			2	84	6	27	67	-	94	0	1	5
			専	5	100	0	0	-	80	0	0	20
	4	慢性疾患の病態のシステムの把握に基づく薬物療法の開発（システム創薬）	1	97	11	34	55	-	90	6	1	3
			2	92	11	32	57	-	94	2	1	3
			専	10	100	0	0	-	100	0	0	0
	5	進化医学の確立によるヒトの疾患発生の理解	1	85	7	32	61	-	81	0	4	15
			2	83	7	24	69	-	74	3	3	20
			専	6	100	0	0	-	100	0	0	0
	6	がんの薬物耐性検定法	1	95	14	34	52	-	90	1	5	4
			2	89	11	35	54	-	97	1	1	1
			専	10	100	0	0	-	90	0	0	10
	7	標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法	1	92	12	34	54	-	89	1	8	2
			2	85	9	39	52	-	95	0	4	1
			専	8	100	0	0	-	100	0	0	0
	8	血液幹細胞移植（他家）に対しての特異的な免疫応答を抑制する技術	1	81	9	30	61	-	90	3	1	6
			2	77	8	34	58	-	95	1	0	4
			専	6	100	0	0	-	80	0	0	20

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										1
						1	6	57	40	18	47	2							1	8	36	27	27	26	42	2
						1	2	58	45	13	48	0							1	3	39	30	28	17	55	0
						0	0	58	38	19	65	0							0	0	46	38	19	15	58	0
						2	9	64	55	15	39	6							4	12	42	37	23	27	39	5
						1	6	70	51	14	38	3							2	5	51	38	19	17	49	2
						0	0	58	47	16	53	5							0	0	47	37	5	21	53	5
						6	12	73	51	28	22	11							6	16	42	35	41	17	32	10
						4	7	75	41	27	22	7							4	7	56	38	43	12	34	4
						20	0	80	20	20	0	0							20	0	20	20	40	20	40	0
						1	11	64	46	45	30	6							2	12	39	34	59	13	33	3
						1	9	71	43	40	29	4							2	9	47	34	59	4	33	1
						0	0	60	20	30	50	0							0	0	20	20	60	0	20	0
						0	22	79	52	6	15	12	/													
						1	17	85	44	4	16	10														
						0	0	83	17	0	17	0														
						1	5	63	54	39	26	9							1	8	45	42	49	14	24	9
						1	2	73	53	41	22	3							1	3	52	45	56	9	24	6
						10	0	70	40	50	20	0							10	0	40	60	60	0	10	0
						0	7	68	57	37	22	12							1	8	47	42	43	16	24	10
						0	4	73	56	42	21	7							1	6	57	42	57	8	19	7
						0	0	38	38	38	25	0							0	0	25	38	50	0	38	0
						1	8	85	53	23	16	9							3	8	67	41	34	8	27	6
						0	3	88	49	24	14	5							1	3	76	41	37	5	20	4
						0	0	100	83	17	0	0							0	0	83	83	33	0	17	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
安 心 ・ 安 全 を 目 指 す 医 療	9	麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法	1	114	11	30	59	-	92	6	1	1
			2	109	11	29	60	-	96	4	0	0
			専	12	100	0	0	-	100	0	0	0
	10	幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術	1	117	9	38	53	-	94	3	2	1
			2	105	7	37	56	-	96	2	1	1
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	11	生体内での信号伝達や代謝などの機能の可視化技術	1	118	15	33	52	-	86	3	2	9
			2	112	15	31	54	-	89	1	1	9
			専	17	100	0	0	-	88	0	0	12
	12	HIV感染症を根治させる治療法	1	81	11	28	61	-	73	0	23	4
			2	78	9	23	68	-	77	1	18	4
			専	7	100	0	0	-	72	14	14	0
	13	高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法	1	85	12	31	57	-	93	0	5	2
			2	84	7	30	63	-	94	0	4	2
			専	6	100	0	0	-	83	0	17	0
	14	臨床における生殖医療技術（不妊症対策）	1	64	8	17	75	-	38	44	2	16
			2	67	6	16	78	-	37	47	1	15
			専	4	100	0	0	-	25	25	25	25
	15	高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法	1	113	21	27	52	-	78	20	0	2
			2	109	20	24	56	-	83	14	0	3
			専	22	100	0	0	-	77	23	0	0
	16	生体内の任意の位置にある1mm以下のがん組織の検査技術	1	101	21	29	50	-	81	9	1	9
			2	91	23	26	51	-	82	6	1	11
			専	21	100	0	0	-	81	5	0	14

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)
	3	6	79	55	15	26	7		3	6	67	47	26	18	25	5									
	2	3	81	51	11	20	5		2	3	71	45	21	12	27	4									
	0	0	92	50	8	17	17		0	0	91	64	9	18	27	18									
	1	8	75	46	18	25	9		2	8	63	44	29	12	31	8									
	1	3	83	46	15	20	4		2	3	72	46	23	5	28	4									
	0	0	57	29	43	29	14		0	0	33	33	33	0	33	17									
	1	5	80	50	27	22	3		1	8	66	46	37	7	25	4									
	1	4	86	47	19	16	2		1	5	72	43	31	5	23	3									
	0	0	75	50	25	19	0		0	0	54	31	8	8	38	0									
	1	9	58	56	43	31	21		1	9	44	41	50	23	36	24									
	1	4	66	58	39	32	16		1	5	43	43	57	17	32	17									
	0	0	71	14	29	29	0		0	0	33	17	50	0	33	0									
	1	7	54	68	33	33	27		1	8	43	49	39	31	34	28									
	1	4	56	68	33	32	16		1	4	47	59	40	25	35	17									
	0	17	83	50	50	0	0		0	0	40	60	60	40	0	20									
	0	5	61	40	27	23	8		2	5	50	38	30	13	35	8									
	0	2	73	45	22	23	0		2	2	63	48	27	11	33	2									
	0	0	50	50	25	25	0		0	0	33	67	0	0	33	33									
	4	8	70	59	29	30	10		5	8	55	49	39	28	34	8									
	1	6	74	57	26	28	6		3	6	63	51	34	24	33	5									
	0	0	75	40	30	30	0		0	0	65	40	35	10	40	0									
	3	6	70	53	32	25	9		3	7	48	40	46	13	32	8									
	1	1	80	47	31	20	4		1	0	59	40	50	9	29	1									
	5	0	81	33	29	19	0		5	0	50	20	35	5	30	0									

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
安心・安全を目指す医療	17	1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術	1	83	13	36	51	-	72	6	0	22
			2	82	13	32	55	-	71	4	0	25
			専	11	100	0	0	-	82	9	0	9
	18	細胞内外での多数の薬物関連物質間の相互作用の同定技術	1	70	11	33	56	-	87	3	1	9
			2	64	9	33	58	-	89	2	0	9
			専	6	100	0	0	-	83	0	0	17
	19	臓器、組織の移植における予期せぬ拒絶反応の早期診断法	1	69	10	25	65	-	83	3	3	11
			2	67	9	22	69	-	86	2	0	12
			専	6	100	0	0	-	60	0	0	40
	20	ウイルス性肝疾患を治癒させる薬	1	76	13	21	66	-	67	25	5	3
			2	73	12	18	70	-	68	23	6	3
			専	9	100	0	0	-	67	33	0	0
	21	医原性日和見感染に対して、患者の感染防御能を阻害しない抗がん薬・免疫抑制薬	1	69	16	26	58	-	86	7	0	7
			2	67	12	28	60	-	90	4	0	6
			専	8	100	0	0	-	74	13	0	13
	22	プリオン病の根治療法	1	63	3	22	75	-	72	0	18	10
			2	61	3	28	69	-	74	2	12	12
			専	2	100	0	0	-	100	0	0	0
	23	がん治療に有効な放射線治療および評価方法	1	81	20	23	57	-	86	6	0	8
			2	78	14	29	57	-	90	4	0	6
			専	11	100	0	0	-	73	9	0	18
	24	個体の老化機構の解明	1	99	13	26	61	-	76	12	0	12
			2	94	11	27	62	-	81	11	0	8
			専	10	100	0	0	-	80	20	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																																										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)																																			
																										(%)	(%)	(%)																																
	2	15	74	46	32	22	4		2	17	54	44	40	9	26	4		2	12	63	45	43	6	23	0		0	9	27	27	55	18	18	0																										
	4	11	80	51	27	20	3		0	12	50	38	50	8	27	2		0	3	62	42	50	2	30	0		0	0	20	20	40	0	20	0																										
	9	0	80	50	30	20	0		0	6	75	46	23	18	9	2		6	58	40	40	12	26	6	0		0	40	40	20	20	20	0																											
	0	13	67	49	36	21	6		0	8	47	33	68	15	28	7		0	8	47	33	68	15	28	7		0	4	51	32	67	9	22	4		0	11	56	0	44	22	0		0	11	11	11	78	11	11	0									
	0	3	75	52	34	20	2		0	3	72	41	59	20	3	0		4	51	32	67	9	22	4	0		11	11	11	78	11	11	0																											
	0	0	60	40	40	40	0		0	11	56	0	44	22	0	0		11	11	11	78	11	11	0																																				
	0	6	75	46	23	18	9		2	6	58	40	40	12	26	6		2	6	58	40	40	12	26	6		2	2	74	49	38	8	20	5		0	0	40	40	20	20	20	0																	
	0	2	84	45	20	19	8		2	2	74	49	38	8	20	5		2	2	74	49	38	8	20	5		0	0	40	40	20	20	20	0																										
	0	0	50	0	17	33	0		0	0	40	40	20	20	20	0		0	0	40	40	20	20	20	0																																			
	0	7	64	46	56	25	8		0	8	47	33	68	15	28	7		0	8	47	33	68	15	28	7		0	8	47	33	68	15	28	7		0	4	51	32	67	9	22	4		0	11	56	0	44	22	0		0	11	11	11	78	11	11	0
	0	3	72	41	59	20	3		0	4	51	32	67	9	22	4		0	4	51	32	67	9	22	4		0	11	11	11	78	11	11	0																										
	0	11	56	0	44	22	0		0	11	56	0	44	22	0	0		11	11	11	78	11	11	0																																				
	4	10	61	45	48	28	8		3	9	48	38	66	9	31	6		3	9	48	38	66	9	31	6		3	5	56	38	67	3	26	7		0	13	38	38	50	0	25	0																	
	5	5	75	44	49	22	5		3	5	56	38	67	3	26	7		3	5	56	38	67	3	26	7		0	13	38	38	50	0	25	0																										
	0	13	63	25	63	25	0		0	13	38	38	50	0	25	0		0	13	38	38	50	0	25	0																																			
	2	15	76	53	22	22	14		0	17	60	48	43	14	31	14		0	17	60	48	43	14	31	14		0	10	68	51	35	9	25	9		0	0	50	50	50	50	50	0																	
	0	10	79	53	14	22	7		0	10	68	51	35	9	25	9		0	10	68	51	35	9	25	9		0	0	50	50	50	50	50	0																										
	0	0	50	50	0	50	0		0	0	50	50	50	50	50	0		0	0	50	50	50	50	50	0																																			
	1	3	64	56	24	23	4		0	3	55	53	34	18	23	3		0	3	55	53	34	18	23	3		0	0	69	60	29	14	20	3		0	0	36	36	9	18	9	0																	
	0	0	76	63	28	23	3		0	0	69	60	29	14	20	3		0	0	69	60	29	14	20	3		0	0	36	36	9	18	9	0																										
	0	0	50	40	30	20	0		0	0	36	36	9	18	9	0		0	0	36	36	9	18	9	0																																			
	3	12	78	57	18	21	6		3	12	78	57	18	21	6		3	12	78	57	18	21	6		1	9	80	53	18	24	3		10	10	50	38	0	38	0																					
	1	9	80	53	18	24	3		1	9	80	53	18	24	3		1	9	80	53	18	24	3		10	10	50	38	0	38	0																													
	10	10	50	38	0	38	0		10	10	50	38	0	38	0		10	10	50	38	0	38	0																																					

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
安心・安全を 目指す医療	25	精神発達障害の治療法	1	62	3	37	60	-	73	13	2	12
			2	64	5	34	61	-	81	6	0	13
			専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	26	精神神経疾患の早期診断・治療法	1	70	11	26	63	-	86	10	0	4
			2	69	13	26	61	-	90	7	0	3
			専	9	100	0	0	-	89	11	0	0
	27	精神的ストレスの定量化技術	1	75	11	23	66	-	66	27	0	7
			2	74	11	23	66	-	73	22	0	5
			専	8	100	0	0	-	75	25	0	0
	28	登校拒否、学級崩壊、学習障害等を引き起こす脳のメカニズムの解明に基づく対処方法	1	58	9	33	58	-	40	58	0	2
			2	56	9	32	59	-	34	64	0	2
			専	5	100	0	0	-	60	40	0	0
	29	通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術	1	71	6	28	66	-	38	59	0	3
			2	62	5	35	60	-	26	72	0	2
			専	3	100	0	0	-	33	67	0	0
新しい医療 技術の創造	30	3次元的細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術	1	84	13	29	58	-	88	4	1	7
			2	76	9	25	66	-	90	3	0	7
			専	7	100	0	0	-	72	14	0	14
	31	治療法シミュレーション技術により病態を再現し、これに基づいて治療法を確立する技術	1	80	16	31	53	-	76	6	0	18
			2	79	11	28	61	-	83	3	0	14
			専	9	100	0	0	-	89	11	0	0
	32	自家組織の保存・増殖・移植法	1	83	12	34	54	-	84	12	0	4
			2	77	13	26	61	-	92	5	0	3
			専	10	100	0	0	-	90	0	0	10

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																											
実現 済み	2011年 ～ 2015年	2016年 ～ 2020年	2021年 ～ 2030年	2031年 ～ 2040年	2041年 ～	実現 しない (%)	わから ない	大学	公 的 研 究 機 関	民 間 企 業 (NPO を 含 む)	複 数 セ ク タ ー の 連 携	そ の 他 (国 際 機 関 等)	2011年 ～ 2015年	2016年 ～ 2020年	2021年 ～ 2030年	2031年 ～ 2040年	2041年 ～	実現 しない (%)	わから ない	大学	公 的 研 究 機 関	民 間 企 業 (NPO を 含 む)	政 府 (地 方 公 共 団 体 含 む)	複 数 セ ク タ ー の 連 携	そ の 他 (国 際 機 関 等)																				
	5	34	67	68	16	28	9		5	32	61	59	18	23	27	7		2	19	65	62	17	22	27	5		0	0	33	33	33	0	67	0											
	3	19	76	69	15	26	6			3	1	66	58	20	14	28		5		3	1	63	51	26	10		29	3		0	0	43	14	43	14	43	0								
	0	0	67	33	0	33	0				0	0	50	25	25	50		0			0	0	50	50	0		0	50		0															
	0	10	75	60	21	24	7		2		8	64	53	26	18	32	6		3		1	66	58	20	14	28	5		0	0	50	38	13	0	38	0									
	1	1	76	63	16	18	4			1	4	59	51	31	16	33	4			1	1	63	51	26	10	29	3			0	0	43	14	43	14	43	0								
	0	0	56	33	0	33	0				0	0	50	38	13	0	38			0		0	0	43	14	43	14			43	0														
	1	7	68	53	19	35	6		6		9	56	48	20	37	46	6		1	15		43	49	25	39	42	4		0	0	67	67	33	33	0										
	1	3	76	51	17	34	3			2	8	64	44	16	34	44	6			2	10	47	56	23	35	44	5			0	0	33	33	33	67	67	0								
	0	0	50	25	25	50	0				0	0	50	50	0	0	50			0		0	0	33	33	33	67			67	0														
	7	12	67	67	11	42	7		1		15	43	49	25	39	42	4		2	6		77	54	21	28	4		2	7	65	47	36	6	33	3		0	0	67	67	33	33	0		
	5	9	81	65	8	35	6			1	4	67	41	34	3	33	1			1	3	82	47	16	20	4			1	4	67	41	34	3	33		1		0	0	86	43	14	14	0
	40	0	75	75	0	25	0				0	0	50	50	0	0	50			0		0	0	50	33	33			17	50	0														
	1	17	51	59	21	44	4		3		12	76	51	24	24	4		3	12	58		45	39	8	36	3		0	0	67	67	33	33	0											
	0	12	61	64	16	44	5			1	6	78	51	23	21	3			1	8	64	46	34	5	34	3			0	11	67	44	67	22	0										
	0	0	67	67	33	33	0				0	11	67	44	67	22			0		0	11	38	38	63	0			25	0															
	2	6	77	54	21	28	4		1		2	77	51	28	33	5		0	1		59	42	43	13	35	3		0	0	67	47	48	9	33	3		0	0	70	30	50	20	0		
	1	3	82	47	16	20	4			0	0	83	51	28	30	3			0	0	67	47	48	9	33	3			0	0	70	30	50	20	0										
	0	0	86	43	14	14	0				0	0	70	30	50	20			0		0	0	22	22	56	0			33	0															

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
新 し い 医 療 技 術 の 創 造	33	病気等による意思疎通手段障害のある人に対する脳活動等を利用したコミュニケーション支援技術	1	103	20	30	50	-	77	14	0	9
			2	97	21	28	51	-	87	7	0	6
			専	20	100	0	0	-	95	5	0	0
	34	磁気誘導等のコンバインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム (DDS)	1	78	17	31	52	-	73	9	0	18
			2	71	14	27	59	-	77	4	0	19
			専	10	100	0	0	-	90	0	0	10
	35	人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス	1	96	21	20	59	-	71	11	0	18
			2	89	17	22	61	-	74	8	0	18
			専	15	100	0	0	-	79	0	0	21
	36	血液中の希望する成分を選択的に除去する血液浄化器	1	66	15	18	67	-	79	9	0	12
			2	66	12	20	68	-	84	5	0	11
			専	8	100	0	0	-	87	0	0	13
	37	献血を必要としない人工血液	1	70	14	24	62	-	85	7	4	4
			2	69	12	25	63	-	91	4	4	1
			専	8	100	0	0	-	74	0	13	13
	38	完全埋込型人工腎臓	1	64	16	27	57	-	79	16	0	5
			2	61	11	26	63	-	87	8	0	5
			専	7	100	0	0	-	57	14	0	29
	39	完全埋込型人工心肺	1	68	19	25	56	-	78	15	1	6
			2	61	13	25	62	-	85	8	0	7
			専	8	100	0	0	-	62	13	0	25
	40	完全埋込型人工内分泌臓器	1	65	14	23	63	-	76	14	2	8
			2	61	11	25	64	-	79	12	2	7
			専	7	100	0	0	-	72	14	0	14

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)
	2	4	71	53	30	30	6		3	3	61	44	39	18	33	4									
	1	1	75	57	31	29	3		2	1	60	47	44	18	38	2									
	0	0	70	55	40	15	0		0	0	47	47	47	32	26	0									
	0	1	66	47	39	30	3		0	0	48	43	47	8	37	0									
	0	0	73	47	40	29	1		0	0	55	39	51	9	30	0									
	0	0	90	60	40	10	0		0	0	67	56	56	0	44	0									
	2	7	65	39	45	33	4		3	8	50	40	59	10	33	2									
	1	3	74	46	53	24	2		2	3	53	41	69	8	30	1									
	0	0	64	21	43	29	0		7	0	15	23	54	8	31	0									
	2	8	56	44	46	30	5		2	7	40	32	60	5	35	2									
	2	2	68	43	56	24	2		2	0	48	37	73	3	31	0									
	0	0	75	25	25	38	0		0	0	50	25	38	0	50	0									
	6	9	58	49	42	32	6		6	7	44	46	54	7	35	1									
	3	4	64	52	46	28	4		3	4	53	45	59	2	32	3									
	13	13	50	25	13	25	13		13	13	25	25	25	0	63	13									
	5	11	62	49	38	33	5		7	8	53	42	51	17	32	2									
	3	3	70	53	40	27	2		7	2	59	40	59	9	29	0									
	14	0	86	29	14	14	0		14	0	57	29	29	29	29	0									
	6	7	68	51	42	31	5		9	8	53	44	53	16	30	3									
	5	2	77	50	43	25	2		8	3	59	41	60	5	26	0									
	13	0	88	13	25	13	0		13	0	29	29	57	14	29	0									
	2	8	60	48	34	35	5		3	5	48	41	50	9	36	3									
	3	3	72	46	34	31	2		5	2	53	38	60	5	33	0									
	0	0	86	14	0	14	0		0	0	29	29	29	0	29	0									

課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
				高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
				(%)				(%)			
41	マイクロマシンを用いた体腔内治療技術	1	81	22	25	53	-	82	11	1	6
		2	76	16	30	54	-	88	7	0	5
		専	12	100	0	0	-	92	8	0	0
42	高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム	1	111	24	32	44	-	53	41	0	6
		2	104	24	34	42	-	53	39	0	8
		専	25	100	0	0	-	40	60	0	0
43	高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器	1	110	33	33	34	-	55	44	0	1
		2	108	29	31	40	-	51	47	0	2
		専	31	100	0	0	-	52	48	0	0
44	介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術	1	96	24	33	43	-	52	43	0	5
		2	94	24	31	45	-	56	38	0	6
		専	23	100	0	0	-	59	41	0	0
45	感覚機能を備えた義手・義足	1	100	29	28	43	-	77	11	1	11
		2	93	28	25	47	-	79	7	0	14
		専	26	100	0	0	-	81	0	0	19
46	網羅的分子（オミックス）情報や過去の健康診断データに基づいた予知医学（早期診断、長期疾患発症予測など）に基づいた健康・疾病管理）	1	80	20	35	45	-	76	18	0	6
		2	78	12	37	51	-	85	9	0	6
		専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
47	網羅的分子情報を活用した慢性疾患の重症化予測技術	1	73	14	42	44	-	78	14	0	8
		2	68	12	38	50	-	87	9	0	4
		専	8	100	0	0	-	100	0	0	0
48	安全性が確立された遺伝子治療法	1	81	10	35	55	-	91	5	1	3
		2	80	14	28	58	-	92	3	0	5
		専	11	100	0	0	-	100	0	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
						2	6	75	45	43	29	4							1	5	55	40	59	9	32	3
						1	4	80	49	43	24	1							1	4	59	44	63	4	27	0
						0	0	67	42	33	33	0							0	0	50	50	42	8	33	0
						1	4	51	40	52	45	4							2	6	35	32	65	20	39	3
						1	1	54	39	55	41	3							1	2	37	32	64	17	42	2
						0	0	44	20	44	40	4							0	0	24	16	60	16	40	4
						0	2	53	53	47	46	4							1	2	39	45	58	28	43	3
						0	1	51	51	51	46	2							0	2	35	40	61	19	49	2
						0	0	52	48	39	48	6							0	0	26	29	45	19	58	6
						1	3	52	43	45	42	3							1	4	38	35	55	20	40	2
						1	1	57	43	51	38	2							1	3	31	36	57	16	42	2
						0	0	57	39	43	43	4							0	0	39	35	43	22	43	4
						2	6	68	43	45	34	5							1	6	50	42	58	18	33	3
						1	4	69	43	55	32	3							1	4	51	41	60	9	36	2
						0	0	69	31	42	31	4							0	0	38	27	46	4	42	4
						3	6	66	44	31	34	4							3	6	44	42	49	21	36	1
						1	4	71	50	29	29	3							1	5	41	37	55	17	37	1
						0	0	67	44	33	22	11							0	0	22	11	56	11	56	11
						1	6	69	49	30	30	4							3	4	49	44	42	17	37	3
						0	2	76	47	26	30	2							0	1	54	43	48	10	36	3
						0	0	75	38	13	38	0							0	0	38	38	50	13	63	25
						3	6	71	63	32	26	3							5	6	60	59	37	17	31	3
						1	5	84	60	21	19	3							4	6	68	54	30	12	29	3
						0	0	82	36	27	36	9							0	0	73	18	45	9	45	9

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
予 知 ・ 予 防 医 療 へ の 展 開	49	血液幹細胞の増殖・分化の制御による血液病治療法	1	60	10	22	68	-	93	2	0	5
			2	60	7	23	70	-	93	0	0	7
			専	4	100	0	0	-	75	0	0	25
	50	生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導	1	94	16	38	46	-	72	23	0	5
			2	91	13	37	50	-	80	15	0	5
			専	12	100	0	0	-	83	17	0	0
	51	ゲノム情報による罹患リスク診断技術	1	95	18	27	55	-	89	4	2	5
			2	86	15	28	57	-	91	2	1	6
			専	13	100	0	0	-	100	0	0	0
	52	がんを効果的に予防する化学予防薬 (chemopreventive drugs)	1	75	16	32	52	-	87	5	0	8
			2	74	9	35	56	-	91	1	0	8
			専	7	100	0	0	-	86	14	0	0
	53	自己免疫疾患の発症予防法	1	70	10	20	70	-	89	7	0	4
			2	70	10	20	70	-	92	4	0	4
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	54	アトピー性皮膚炎などのアレルギー疾患を根治させる治療法	1	73	10	26	64	-	82	14	0	4
			2	73	10	26	64	-	88	8	0	4
			専	7	100	0	0	-	86	14	0	0
	55	重度遺伝性疾患の発症予防法	1	52	12	23	65	-	86	6	0	8
			2	54	11	20	69	-	86	6	0	8
			専	6	100	0	0	-	83	17	0	0
	56	先天性疾患の遺伝子治療	1	62	11	19	70	-	90	7	0	3
			2	59	14	20	66	-	90	5	0	5
			専	8	100	0	0	-	87	13	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
						0	5	80	58	24	22	5							2	3	66	55	43	12	33	3
						0	0	84	55	22	16	3							2	0	78	50	45	5	28	2
						0	0	75	25	25	25	25								0	0	50	25	25	25	50
						2	2	66	48	36	30	3							2	1	51	42	40	19	37	0
						0	1	69	47	31	28	1							0	1	53	43	43	13	39	0
						0	0	67	25	25	17	0								0	0	50	33	33	17	25
						3	2	72	52	34	29	6							4	2	58	43	41	16	37	4
						2	2	75	53	28	25	5							4	4	60	43	40	9	33	3
						8	8	85	31	23	23	8								8	8	69	15	38	0	38
						8	16	64	53	40	30	7							7	12	52	48	49	16	33	1
						6	8	76	49	39	25	4							6	8	62	49	48	7	30	3
						0	14	57	14	29	29	0								0	14	29	29	29	0	43
						4	17	77	55	23	28	6							4	16	66	53	43	12	28	1
						3	4	86	55	20	17	3							4	6	72	52	33	4	22	1
						14	0	86	29	0	14	0								14	0	71	43	14	0	14
						3	11	72	46	46	23	4							3	9	59	42	55	12	22	1
						1	6	82	44	51	19	3							1	7	69	40	60	6	25	1
						0	0	71	57	57	29	0								0	0	86	57	57	0	29
						2	16	74	56	12	20	10							2	14	67	54	27	13	29	4
						2	4	87	56	8	13	6							6	4	81	60	21	6	21	2
						0	0	83	33	17	17	17								0	0	83	50	17	0	50
						0	18	75	57	18	28	8							2	20	67	57	31	16	31	3
						2	5	88	55	14	17	9							4	9	78	57	26	9	21	3
						0	13	88	38	25	38	13								0	14	88	50	38	0	50

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
予 知 ・ 予 防 医 療 へ の 展 開	57	単一遺伝子性疾患に対する遺伝子治療	1	67	13	19	68	-	84	6	2	8
			2	62	15	18	67	-	90	5	0	5
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
	58	神経変性疾患の予防と治療	1	72	17	21	62	-	89	4	0	7
			2	71	15	24	61	-	90	7	0	3
			専	11	100	0	0	-	100	0	0	0
	59	医療社会および医療都市（高齢者の居住地域など）の設計技術	1	72	17	31	52	-	41	49	0	10
			2	72	15	33	52	-	37	52	0	11
			専	11	100	0	0	-	36	55	0	9
	60	初期段階で新興感染症の流行を予測する技術	1	62	15	21	64	-	86	3	6	5
			2	59	12	25	63	-	92	3	3	2
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	61	微量環境汚染物質の生体への影響の解明	1	55	9	22	69	-	70	17	4	9
			2	63	6	16	78	-	78	11	5	6
			専	4	100	0	0	-	75	25	0	0
	62	感染症における薬剤耐性克服技術	1	68	9	28	63	-	90	3	3	4
			2	67	10	24	66	-	95	3	0	2
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	63	生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測	1	53	13	21	66	-	77	2	8	13
			2	56	14	18	68	-	78	2	7	13
			専	8	100	0	0	-	62	0	13	25
	64	病原体の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内でできる自動機器	1	70	9	21	70	-	85	4	4	7
			2	69	9	19	72	-	93	3	0	4
			専	6	100	0	0	-	100	0	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
	0	3	79	52	11	24	6		2	6	61	44	29	19	32	7									
	0	3	87	52	13	13	6		2	7	73	57	25	8	23	7									
	0	11	89	33	11	33	0		0	11	57	43	14	0	86	0									
	4	7	74	57	20	36	4		6	9	66	51	35	22	42	5									
	4	3	85	48	15	28	6		6	4	73	50	30	16	39	4									
	9	0	82	55	9	27	9		9	0	70	60	30	20	40	10									
	1	6	38	45	50	61	6		3	6	33	31	53	44	52	3									
	1	4	31	41	56	51	3		3	6	30	29	54	39	47	3									
	0	0	36	45	55	64	0		9	0	18	27	55	45	55	0									
	2	5	62	57	10	36	28		0	5	48	53	21	31	40	31									
	2	2	68	53	14	30	23		0	2	55	55	16	27	34	23									
	14	0	67	33	0	67	17		0	0	50	33	0	17	67	0									
	2	6	69	65	14	31	16	/																	
	3	3	73	67	12	27	15																		
	0	0	75	50	25	75	25																		
	6	13	66	52	42	34	12		6	12	58	42	54	12	34	12									
	7	7	72	51	40	34	9		6	8	68	43	48	11	32	8									
	0	0	71	14	29	14	0		0	0	57	0	29	0	14	0									
	6	4	59	53	8	39	18		4	4	41	45	14	24	41	16									
	5	2	64	56	13	42	13		4	2	50	52	22	19	50	9									
	13	0	75	50	25	50	0		13	0	63	50	25	13	50	0									
	1	6	55	38	58	38	6		1	4	44	32	64	14	39	6									
	1	3	61	36	57	30	6		1	3	51	30	68	6	32	3									
	0	0	33	17	67	17	17		0	0	17	0	83	0	33	17									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
医療への 展開	65	空港や港において輸入感染症の感染者をほぼ完全に検出 できる技術	1	62	13	23	64	-	79	13	2	6
			2	69	12	23	65	-	83	9	1	7
			専	8	100	0	0	-	100	0	0	0
医療の 新しいレ ギュラト リサイエ ンスに 向けて	66	救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能 な地域医療制度	1	74	22	30	48	-	19	81	0	0
			2	71	20	24	56	-	17	82	0	1
			専	14	100	0	0	-	7	93	0	0
	67	臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術	1	81	15	38	47	-	32	61	1	6
			2	76	14	33	53	-	28	66	1	5
			専	11	100	0	0	-	27	73	0	0
	68	遺伝関連個人情報の管理技術	1	75	13	31	56	-	62	33	0	5
			2	72	13	28	59	-	60	32	0	8
			専	9	100	0	0	-	56	33	0	11
	69	再生医療の臨床応用への倫理に関するガイドラインの構 築	1	79	8	34	58	-	55	40	1	4
			2	76	8	33	59	-	59	34	0	7
			専	6	100	0	0	-	66	17	0	17
	70	安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度	1	82	20	34	46	-	13	85	1	1
			2	77	18	31	51	-	13	86	0	1
			専	14	100	0	0	-	14	86	0	0
	71	我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度	1	83	13	33	54	-	6	86	0	8
			2	79	14	27	59	-	7	82	0	11
			専	11	100	0	0	-	9	82	0	9
72	医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社 会制度	1	82	16	30	54	-	16	83	1	0	
		2	78	15	29	56	-	12	88	0	0	
		専	12	100	0	0	-	17	83	0	0	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										15
						15	16	36	51	36	42	25							14	19	28	37	35	41	54	33
						15	6	44	59	36	39	23							14	8	30	48	37	40	52	30
						25	13	38	38	13	38	50							25	13	13	25	25	38	63	50
																			10	6	22	29	22	74	36	3
																			7	4	26	35	20	78	37	3
																			0	8	33	42	8	75	33	0
						0	4	36	53	27	51	12							0	5	32	47	33	41	45	11
						0	3	38	54	24	53	8							0	3	36	46	32	36	51	7
						0	9	36	45	27	64	18							0	9	30	30	60	50	50	20
						1	5	42	62	24	34	17							0	8	38	58	22	47	31	14
						1	6	46	59	15	34	12							0	7	38	59	13	41	34	10
						0	0	44	44	11	44	22							0	0	38	25	25	63	50	38
																			0	1	41	47	8	53	35	20
																			0	1	41	47	4	63	29	11
																			0	0	20	20	20	60	40	20
																			5	12	21	32	10	83	29	3
																			4	13	15	26	8	85	25	4
																			7	21	8	25	8	92	33	0
																			5	9	33	44	11	75	38	5
																			9	10	31	39	11	71	32	4
																			9	9	10	30	20	80	50	20
																			5	15	33	41	14	70	41	0
																			6	14	27	36	9	71	35	0
																			0	8	18	36	18	82	55	0












区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
医療の新しいレギュラトリーサイエンスに向けて	73	モデルによるシミュレーションに基づいた薬効評価試験 (In silico試験)	1	56	14	34	52	-	76	13	2	9
			2	56	13	27	60	-	78	11	4	7
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	74	生命倫理と研究活動との調和のための、多面的で多数の国民が参加する国民的討議の実現	1	72	15	32	53	-	34	57	3	6
			2	72	17	25	58	-	27	66	3	4
			専	12	100	0	0	-	33	67	0	0
	75	基礎医科学から臨床への橋渡しを支援する情報システム・事例データベース	1	89	18	30	52	-	49	46	1	4
			2	86	17	26	57	-	46	47	2	5
			専	15	100	0	0	-	33	60	7	0
	76	がんの転移機構の解明	1	82	21	28	51	-	96	3	0	1
			2	79	15	25	60	-	99	0	0	1
			専	12	100	0	0	-	92	0	0	8
	77	がんの転移を抑制する薬剤の開発	1	80	18	28	54	-	95	3	1	1
			2	79	13	28	59	-	96	1	0	3
			専	10	100	0	0	-	89	0	0	11
医療の社会システムへの展開	78	医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術	1	88	19	42	39	-	15	83	0	2
			2	87	21	36	43	-	16	80	1	3
			専	18	100	0	0	-	22	72	0	6
	79	日常生活圏内での健康状態を管理するためのユビキタス生体情報モニタリング技術	1	78	27	26	47	-	44	47	0	9
			2	81	22	27	51	-	37	53	0	10
			専	18	100	0	0	-	55	39	0	6
	80	生涯継続的地域EHR (Electronic Health Record) を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療	1	73	25	30	45	-	28	65	0	7
			2	72	21	29	50	-	19	73	0	8
			専	15	100	0	0	-	13	80	0	7

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
						4	6	56	34	36	26	8							4	4	45	39	47	16	27	8
						4	2	62	31	33	33	0							4	2	54	35	43	11	30	0
						0	0	71	14	57	43	0							0	0	43	14	71	14	29	0
/																			4	13	28	33	17	68	35	13
											4	7		24	28	15	68	37	13							
											17	17		0	27	9	91	36	27							
						0	3	60	62	21	37	6							0	4	47	51	25	41	41	7
						0	2	64	58	19	41	6							0	5	48	55	18	37	46	4
						0	7	73	47	27	40	13							0	7	60	47	13	40	67	7
						0	9	75	57	19	31	9	/													
						0	4	83	56	14	23	6														
						0	8	83	67	0	33	8														
						0	5	59	53	46	32	9							0	5	49	36	60	10	34	5
						0	3	75	48	51	23	8							0	3	59	33	65	6	28	3
						0	0	70	50	70	10	0							0	0	60	30	50	0	40	0
						0	2	35	48	32	59	2							0	5	27	37	33	52	47	1
						0	1	33	43	29	64	2							1	2	26	34	29	51	58	1
						0	0	28	39	22	72	0							0	6	22	28	22	56	72	0
						1	4	53	43	44	39	1							1	4	35	36	51	35	40	1
						0	3	54	43	44	39	1							0	3	34	34	56	28	44	0
						0	0	50	33	56	33	6							0	0	22	33	56	28	44	0
						3	6	41	51	38	56	1							3	7	29	41	38	51	46	3
						1	3	40	47	34	64	1							1	3	30	34	43	49	47	1
						0	0	40	33	40	73	0							0	0	27	20	27	67	60	7

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優 先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
医療の 社会 システム への 展開	81	生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育	1	105	23	32	45	-	38	56	1	5
			2	99	22	28	50	-	32	62	1	5
			専	22	100	0	0	-	36	54	5	5
	82	ゲノム情報を用いた個別医療に関する一般向け健康教育	1	79	16	30	54	-	36	51	0	13
			2	77	14	30	56	-	28	59	0	13
			専	11	100	0	0	-	36	55	0	9
	83	医療従事者への医哲学教育	1	93	13	35	52	-	33	58	0	9
			2	93	12	35	53	-	28	66	0	6
			専	11	100	0	0	-	18	73	0	9
	84	医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育	1	106	21	31	48	-	49	49	0	2
			2	97	19	33	48	-	43	56	0	1
			専	18	100	0	0	-	50	50	0	0
	85	リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化	1	48	15	35	50	-	45	49	0	6
			2	54	19	24	57	-	46	50	0	4
			専	10	100	0	0	-	50	50	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター				社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																			1	4	43	45	29	61	37	5
																			1	3	36	45	21	61	38	1
																			0	5	32	45	23	55	32	0
																			3	7	44	45	25	51	39	7
																			0	5	41	47	19	60	40	5
																			0	0	36	45	9	64	64	9
																			1	11	67	29	9	36	28	6
																			1	9	76	30	7	42	26	2
																			0	18	82	18	0	73	27	9
																			0	3	55	39	30	33	41	4
						0	3	66	45	23	44	4							0	0	66	41	29	33	44	2
						0	0	70	33	18	51	2							0	0	50	22	28	44	50	6
						0	0	53	18	18	53	6							0	0	50	22	28	44	50	6
						0	0	42	51	51	44	9							0	0	26	30	53	51	43	2
						0	2	40	50	54	54	4							0	2	30	33	61	52	46	2
						0	0	30	40	80	60	0							0	0	30	40	70	60	60	10

4. 7. 課題別コメント

1	<p>機能予後予測に基づいた脳卒中リハビリテーション</p> <p>○医療保険制度、福祉制度の混乱。○現状でも予後予測はしているのですが、ゴール予測のないリハビリなど有り得ない。○大部分の大学はリハビリ病棟を持たないが、研究者が民間病院で、あるいはそのデータを用いて研究する。○RCT が行いにくい事。○機能予後予測はすでに一部で行われているが、その精度の向上と普及が重要である。○予後予測が困難である、麻痺も改善しない(6カ月たったら)といわれているが、改善できるようになってきた。よほどの専門家でないと無理。机上の理論はダメである。○データベースの整備、入力コストの補償、分析とフィードバックのセンターが必要(これらが今はない。)、充分な訓練ができる人手がない。○効果、リスクの定量化が大変難しい。○BMI 研究の進展により、脳波でリハビリを支援できるようになると思う。○現在「備後脳卒中ネットワーク」という地域連携システムが構築中である。○幹細胞移植、脳細胞の再生が可能となると、もっと早まる可能性あり。○質を問わないのであれば既存。</p>
2	<p>進行性神経筋疾患などの難病に対して進行を遅らせるための予防リハビリテーション</p> <p>○遺伝子研究などの発展にもよる。○現在のリハ治療でも、ある程度は可能だが、積極的に臨床研究が行われていない。○RCT が行いにくい事。○現在は二次的合併症を防ぐことで機能を極力維持している。○きっちりリハビリをしているかどうかが問題となる。この評価が難しい。質の評価です。○データベースの整備、入力コストの補償、分析とフィードバックのセンターが必要(これらが今はない。)、充分な訓練ができる人手がない。○(リハを行う、リハをしない)という分け方でのリサーチは現実的に難しい。○効果、リスクの定量化が大変難しい。○個人個人の特性を反映したテーラーメイドのプログラムの開発により、より効率的な結果を得ることができると考えている。○幹細胞移植、脳細胞の再生が可能となると、もっと早まる可能性あり。</p>
3	<p>ウイルスを標的として分子レベルで無力化するナノマシン</p> <p>○マシンで行う意味がない。○人工生命創造。○ナノマシンの意味がわからない。○Tat(HIV)阻害剤。</p>
4	<p>慢性疾患の病態のシステムの把握に基づく薬物療法の開発(システム創薬)</p> <p>○システム創薬の意味がわからない。慢性疾患を特定しなければ答えられない。○狭義では実施している(シグナル伝達のシミュレーション)が、製薬の面では、思考実験の補助にとどまっている。○NF-KB 阻害剤。</p>
5	<p>進化医学の確立によるヒトの疾患発生の理解</p> <p>○進化医学の意味がわからない。</p>
6	<p>がんの薬物耐性検定法</p> <p>○重要ではあるが、臨床に役立つ成果が乏しい。問題点の整理が必要。○いつまでも薬物で行くかどうかは疑問である。○特定のがんに対して。○確度、精度をどの程度にするかによる。○すでに一部は実用化。大規模、臨床研究を行うインフラ設備が急務。○ICH での議論に入ってくるのではないか。○特定のガンについてのみ。</p>
7	<p>標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法</p> <p>○疾患を特定しない限り答えられない。○マラリアワクチン。HCV ワクチン。</p>
9	<p>麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法</p> <p>○幹細胞から神経細胞への分化の技術の進歩と、その神経細胞を情報処理系に組み込む技術の確立が必要。後者が不安定。○進むと思います。○技術が出来た時に普及させる施策が重要。○大学企業との協働が重要である。○動物実験の成果を臨床応用する試行機関の設置。○札幌医大脳外にて報告。</p>
10	<p>幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術</p> <p>○資金、人件費などを獲得するためのシステム。○実現には1000年かかる。○大学企業との協働が重要である。○特定の臓器に限定。○現在 IPS 細胞の作成に成功し、一部組織の再生が試みられているが、組織→臓器への再生は困難であるとみられる。○皮膚は実現済み。簡単な臓器は近々にできるであろうが、難しい臓器(例肝、脾など)は無理ではないか。</p>
11	<p>生体内での信号伝達や代謝などの機能の可視化技術</p> <p>○最先端技術を導入するための資金、企業との連携など。○一部の代謝や脳機能は既に可視化されているが、まだ原始的なレベルである。○疾病の理解や治療開発に寄与する可能性が高い。○MRI がより小型化され普及するにつれ、色々なものを可視化したい欲求も高まる。それが可視化技術を促進させる。現在、かばんくらいの大きさ。○名古屋大のセミナーで発表あり。○可視化内容の高度化という点ではまだまだ発展する。○超現実(AR)技術の進展が望まれます。○学問の対象が広すぎる。特定の経路なら可能。○ほぼ実現しているものもある。場所とどのような内容か具体的に挙げないと答えられない。○簡易モデルは作成できるがいまだ不明な部分が多い。○可視化は製薬会社で使っている。</p>
12	<p>HIV 感染症を根治させる治療法</p> <p>○根治は難しい。○Tat 阻害薬の開発。</p>
13	<p>高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法</p> <p>○既に技術は揃っており、普及させる施策が重要。○動物実験の成果を臨床応用する試行機関の設置。○高病原性の定義が不明確。治療抵抗性ウイルスへの進化は常道にて、いたちごっこ。</p>
14	<p>臨床における生殖医療技術(不妊症対策)</p> <p>○倫理的検討が先である。○すでに多くの試みが行われており、それなりの成果はある。次のステップとして何を求めるかが課題。○「不妊症対策」といっても、その内容によって異なる。根本的な対策となれば非常に難しい。○民間病院の充実。</p>
15	<p>高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法</p> <p>○認知症の課題は時間がかかりそう。○発症を遅らせることが重要。○脳が必要とする栄養を遅くとも中年期から吸収し、脳の栄養不足・エネルギー不足を予防する。○口腔機能の向上により、予防・治療法の開発(一部はほぼ完)と普及により実現は比較的近いと期待する。○体系的が難しい。○重要である。しかし、改善はできるが満足させることはむずかしい。○改善はするが、安全な実現は困難。老化研究のゴールは遠く、困難。○体系の基盤化。</p>
16	<p>生体内の任意の位置にある 1mm 以下のがん組織の検査技術</p> <p>○現段階は「特定の位置にある」ものでも 5~10mm 程度が限界であり、「任意の位置」のがんの発見は実現が困難。○大きさ、特異性の方が重要だが、開発目標の一つとしては良い。○早期に実現する予想。○極めて重要な技術開発の項目。○制約下での逆問題。徴候が見つけられなければ実現しない。○但し、1mm 以下の癌組織を見つける事に意味があるかどうか要検討。○化学的/物理学的、その他の領域、各種法の統合・融合化のプロジェクトが成否の鍵であると考えられる。○癌種による差が大きいだらう。○精度の問題はあるが可能性高い。○全てのがんを ϕ 1mm 以下で発見することは極めて困難。恐らく肺がんなら 10 年前には発見可能に。○特定部位に限る。○早期実現可能。</p>
17	<p>1 分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術</p> <p>○分子計測の精度は必要ない。○ブレイクスルーする方法論がない。○個体全体を対象とするなら「わからない」。特定部位なら</p>

	可能と考える。○実用の域に達しているが改良されていくだろう。○部分的には可能も、全分子を対象と考えると相当に困難。○一部の分野では実現すみ。
18	細胞内外での多数の薬物関連物質間の相互作用の同定技術 ○PK,PDの完全把握ということであれば早期実現の可能性大。○プロテオミクスは創薬にもすでに応用している。
19	臓器、組織の移植における予期せぬ拒絶反応の早期診断法 ○何らかの拒絶反応が進行していることをとらえる方法。
20	ウイルス性肝疾患を治癒させる薬 ○特定の疾患なら。
21	医原性日和見感染に対して、患者の感染防御能を阻害しない抗がん薬・免疫抑制薬 ○日和見感染自体が免疫低下状態を示すので、課題に矛盾がある。○抗がん薬と免疫抑制薬を同一にするのは無理。○分子操作薬の開発と同義。理想的な薬剤の登場の可能性も低くはない。
22	プリオン病の根治療法 ○臨床側に問題。
23	がん治療に有効な放射線治療および評価方法 ○既にかなり実現されている。○治療の方向が変わるかも。○但し、癌の種類による。(質問が広範囲すぎる)○粒子線治療の進歩、革新により放射線治療が副次的な位置付けとなる可能性が20年以内に訪れると考えている。○局所療法を超えない。限界あり。進歩は着実であるが頭打ち。○一部実現済み。○課題の内容があいまい。
24	個体の老化機構の解明 ○経年追跡調査が必要(ライフスタイルとの関係を調べる、グループ別の) 遺伝子研究。○進行を遅らすことができる可能性はあろう。○永遠のテーマ。○部分的には解明済み。
25	精神発達障害の治療法 ○倫理的な課題が大きい。○診断基準の徹底が必要。○すこしずつ進歩して、今よりも格段によくなると思われる時期。○抽象的であり、回答は困難。○診断基準の固定化。
26	精神神経疾患の早期診断・治療法 ○特定の分野においては既に早期診断が可能。今後は発症予測の時代となる。○疾患種類に依存。○脳の画像診断は有効ではないか。○社会が引き起こしている、人災。○疾患による。(設問が広範囲すぎる)○代謝異常もしくは気質的疾患としてマーカーやバイオロジカルマーカーからアプローチするとの前提で回答している。○診断基準の徹底が必要。○すこしずつ進歩して、今よりも格段によくなると思われる時期。○抽象的であり、回答は困難。○診断基準の固定化。
27	精神的ストレスの定量化技術 ○「ストレス」の定義からして難しい。○ものによる。○脳の画像診断は有効ではないか。音声感情認識技術が使えらる。○唯一僻地で取り組めるテーマ。30年間決着しないが良い。○客観性に疑問。
28	登校拒否、学級崩壊、学習障害等を引き起こす脳のメカニズムの解明に基づく対処方法 ○発達障害、学習障害も本質的対応、機構解明は時間がかかりそう。○脳の画像診断は有効ではないか。予防としては、国民レベルの啓蒙を行う。子供に影響の大きい親、教師などが子供の脳が生き生きと働く接し方、言葉をかけるようにする。○Autism?それも個性。臨界期を狼に育てられた少女が生きていける社会を造る。○脳メカニズムのみならず、生育環境や家族社会ダイナミクスなど心理・社会的要素も交絡すると考えている。○診断基準を樹立してから。○心理学の用語を自然科学の用語に翻訳することから始めなければならない。
29	通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術 ○たて割り行政。○就労にもつながる体制作りが必要。○人の生活の質(QOL)を社会的、経済的、人的な指標で関係化して、人と社会の相関関係を工学することが必要。○育て直しに要する社会的負担3万円/人回。しかも訴訟沙汰。○もともと社会が有していた機能であり、技術的な課題ではない。○社会的観点が必要。○人々の考え方や政治のあり方による。○コミュニケーション技術というよりは初等・中等教育法の問題。(教員の待遇改善を含めて)○社会環境の整備が必要。
30	3次元細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術 ○どこまで期待するかによって異なる。○簡単なもの(軟骨、歯?)などは実現が近いと思われる。○皮膚や血管など限定した臓器。
31	治療法シミュレーション技術により病態を再現し、これに基づいて治療法を確立する技術 ○手術シミュレーションなどは既にある程度実用化されている。○不要な動物実験を減らすという大目標があるので推進するべき。○訓練機器。○診断基準がはっきりしている疾患なら可能。○複雑系の理解がどこまで進むか、精度、再現性に富むものとなるか、かなりの難題。
32	自家組織の保存・増殖・移植法 ○十分に実用的なレベルとは言えない。○皮膚組織の培養は既に実施されているが、他の組織は未。○個人レベルには相当かかるが、代表例ならそれほどかからない。○現在より格段に進むと考えられる時期。○一部はすでに実施に至っている。
33	病気等による意思疎通手段障害のある人に対する脳活動等を利用したコミュニケーション支援技術 ○利用者に対する公的経済支援の有無。○BMIのことなら経験あり。色々できそう。○種類と程度による。○BMI 研究の進展が一定の成果をあげてを期待する。○悪用に対する阻止法の検討が必要。○実用性のあるものは侵襲性が高くなり実現しない。○脳波等利用によるコンピュータインターフェース技術が重要。○特定例には実現済みだが、広まるのに相当の時間が必要。○実用の域に達するのはむずかしいと思う。○短期間に進む可能性あり。義手などでの応用技術の展開。
34	磁気誘導等のコンパインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム(DDS) ○シーメンス社がプロトタイプを実現。○臨床研究がネック。○一部分は理論的に可能も意義には限界がある。○臨床例に制限。○ALSにおける脳波(脳血流)解析によるもの。
35	人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス ○生体エネルギーの利用が困難。○異物の組織適合性の問題を解決することが先決。○日本では体内埋め込みは難しい。○米国 Alfred E. Mann Foundation が最も先行している。○普及には民間企業の協力が必要。○電池など外部エネルギーを用いる方法は除外した。○日本では、体内埋め込みには拒絶反応があるのではないかと。
36	血液中の希望する成分を選択的に除去する血液浄化器 ○データとしての意味か不明。○安全性。○但し不完全。○普及には民間企業の協力が必要。○実現は近そう。
37	献血を必要としない人工血液 ○歴史は長いが実用化は程遠い。○安全性。○人工物の寿命。○普及には民間企業の協力が必要。○幹細胞を用いた増殖による自己輸血の方が実現が早いかも。

38	完全埋込型人工腎臓 ○完全埋込みは材料の長期的抗血栓性を確保しなければならない。○データとしての意味か不明。○埋込みよりも経口型人工腎臓のほうが実現性高い。(携帯ではありません)○再生医療とのすみ分けが急がれる。○米国 Alfred E. Mann Foundation が最も先行している。○安全性。○人工物の寿命。○動けることを前提。○ろ過以外の機能は未知。
39	完全埋込型人工心臓 ○完全埋込みは材料の長期的抗血栓性を確保しなければならない。○データとしての意味か不明。○人工心臓の方がはるかに大切。人工心臓を埋込む意義は少ない。○再生医療とのすみ分けが急がれる。○保険償還の問題(管理技術認定)。○米国 Alfred E. Mann Foundation が最も先行している。○人工物の寿命。○移植の普及が期待できない。○動けることを前提。
40	完全埋込型人工内分泌臓器 ○完全埋込みは材料の長期的抗血栓性を確保しなければならない。○データとしての意味か不明。○内分泌関係は遺伝子治療で解決を目指すべき。○再生医療とのすみ分けが急がれる。○米国 Alfred E. Mann Foundation が最も先行している。○人工物の寿命。○人工肝臓なら。
41	マイクロマシンを用いた体腔内治療技術 ○薬事申請及び治診療体制。○研究の意義は大きい。○ミリマシンレベルも重要。○技術開発に並行した制度の方が今後より重要になる。○実験器具の試作はされているが、具体的な技術はまだ。○消化器(小腸など)、腹腔鏡による手術に代わるものとして。○期待できる領域。○臨床例数が問題。
42	高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム ○パートナー企業。○ほとんどの国民が利用できる水準までの普及は望みます。○必ずしも知的である必要はない。○住環境への研究はされているが未だ。○ソフトコンピューティング科学の発達により、現実味を帯びた装置・機械やロボットが開発されている。バイオメディカルファジ学会等で報告されている。○次世代アクチュエータがポイント。ただし、採算外。実用化は高齢人口が減りだすところかも? ○介助だけでなく、心のケアも含んだコンパニオン・ロボット開発が重要。○ロボットではなく人間を活用できる環境の仕組み(システム)作りが重要と考えるが、この意味での優先度(重要度)は「4」と考える。○住環境となると公共団体の協力が必要。○簡易、補助的な事柄。○地方公共団体による協力が必須。
43	高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器 ○機器の普及には時間がかかると考えられる。○ほとんどの国民が利用できる水準までの普及を望みます。○技術開発に並行した制度の方が今後より重要になる。○一部実現済み。○日本の古武術の身体の使い方を取り入れた訓練は有効と思う。及び、その支援機器があったらよい。○補助機器はいろいろ開発されているが、効果についてはまだ未が多い。○米国カーネギーメロン大学内にある Quality of Life Technology Center が先行。○ソフトコンピューティング科学の発達により、現実味を帯びた装置・機械やロボットが開発されている。バイオメディカルファジ学会等で報告されている。○危険性が低いものから普及。○次世代アクチュエータがポイント。ただし、採算外。実用化は高齢人口が減りだすところかも? ○普及には民間と政府の協力が必要。○機能評価尺度はすでに存在。補助機器等も存在。何をどこまで目指すのか不明。○普及には社会的整備が必要。
44	介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術 ○薬事承認過程の複雑さ。合理的審査の欠如。○かなり進んできたとの印象。○技術開発に並行した制度の方が今後より重要になる。○課題 42 の進展を必然的に要請する研究である。○検討が進められている。○ソフトコンピューティング科学の発達により、現実味を帯びた装置・機械やロボットが開発されている。バイオメディカルファジ学会等で報告されている。○法の整備。○次世代アクチュエータがポイント。ただし、採算外。実用化は高齢人口が減りだすところかも? ○介護ロボットの危険性やリスクガイドラインの整備が遅れている。○介護ロボットのみならず、マン-マシンインタフェースにおいて重要。○普及には民間と政府の協力が必要。○普及には社会的整備が必要。○介護ロボットの危険性やリスクガイドラインの整備が遅れている。
45	感覚機能を備えた義手・義足 ○資金力。○社会に適用されるのは時間がかかりそう。○切断者にとって必要性は高いか。対象者が少ない。○技術開発に並行した制度の方が今後より重要になる。○BMI 研究の進展による成果が期待できる。触覚を伝えるニーズは高い。○次世代アクチュエータがポイント。○プロトタイプの普及として社会的実現予測に回答した。QOL の観点で回答した。○リハビリ学会などで聞いたことがある。○運動感覚に限定。
46	網羅的分子(オミックス)情報や過去の健康診断データに基づいた予知医学(早期診断、長期疾患発症予測など)に基づいた健康・疾病管理) ○すでに事業化の段階に入っている。○テーマが漠然としすぎており、評価できない。○すでに米国等を中心にコンシューマ向けゲノム解析サービスがスタートしている。○高確率を期待しなければ可能。○一部の重要な疾病、難病のいくつかについては。○ゲノム解析データの集積と、次世代型シーケンサーが汎用されるまでに、まだ少しの時間が必要。○基礎研究ではできているが、オミックスデータが多量的に、応用されるほど精度の高いものになるかは疑問。
47	網羅的分子情報を活用した慢性疾患の重症化予測技術 ○臨床例が必要。○一部の重要な疾病、難病のいくつかについては。○期待できる領域。○臨床例数を求める。
48	安全性が確立された遺伝子治療法 ○治療確率をあげるには時間かかる。○安全性が完全に確立することはありません。他の方法に比べてひけをとらない程度の安全性。また対象により難しさが異なるので実用に耐えうるものが数件出来た段階。○遺伝子治療の内容不明。従来型なら限界は明らか。○治療効率を上げるには相当な時間を要する。
49	血液幹細胞の増殖・分化の制御による血液病治療法 ○特定疾患なら可能。○すでに一部は実現。○特定疾患に限定する。
50	生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導 ○科学としてはあまりにも漠然としている。○バイオマーカーでわかるものは、ごく一部。○習慣病を抑えても課題 26 へ移行すれば無意味。○予防・予防医学とその社会システム構築が優先されるべきであると考えている。○普及には病院だけでは無理。○糖尿病の H1b などでは実現。その他のものについても。○バイオマーカーの定義が不明。ゲノミックバイオマーカーなら実現はさらに 5 年以上遅れる。○普及には広報が不可欠。
51	ゲノム情報による罹患リスク診断技術 ○臨床例が少ない。○一部重要な疾患、難病について。○対象疾患不明にて評価不能。○実験すみのものもある。(遺伝病)○一部疾患はできている。痛風 パーキンソンなど○十分な臨床例に基づく。
52	がんを効果的に予防する化学予防薬(chemopreventive drugs) ○方向性に疑問。○研究。○特定のがんなら可能。○がんの種類によっては可能かも。○がんペプチドワクチンは実現間近。製薬会社のパイプラインに入っている。○予防薬を医薬品と認めるか否かが問題。○特定のがんなら可能。
53	自己免疫疾患の発症予防法

	○農薬、添加物などを摂取しない。○一部のものについてある程度なら可能かも。○予防薬を医薬品と認めるか否かが問題。
54	アトピー性皮膚炎などのアレルギー疾患を根治させる治療法 ○アレルギーは制御できても根治はできない。○衣食住全ての分野で農薬、添加物を除去する。自律神経が健全に働くような生活をする。○根治が少し疑問。
55	重度遺伝性疾患の発症予防法 ○倫理的課題が大きい。○確率は低い。○疾患による。
56	先天性疾患の遺伝子治療 ○リスク判定が難しい。実現性に乏しい。○臨床例と法的整備。○社会的なコンセンサスが必要。○遺伝子治療単独ではなく、併用だとしたら、さらに早まる。ただし臨床的意義の明確化困難。○一部疾患 筋ジストロフィーなど試みが始まっている。○十分な臨床例数と法的整備。
57	単一遺伝子性疾患に対する遺伝子治療 ○治療となると導入による。○社会的なコンセンサスをもっと重要。○治療となると不透明。
58	神経変性疾患の予防と治療 ○炎症反応が原因となっていることが多く、これを防ぐことにより予防又は進行を遅らせる。○根絶不能。○治療を含むなら。○この課題名だとあまりに漠然としている。蛋白の集合・凝固のしくみとか遺伝子などが関与する。○治療となると不透明。
59	医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術 ○国策に依存する。○設問内容が漠然としており具体性に欠ける。○一部実現。
60	初期段階で新興感染症の流行を予測する技術 ○一部実現。
61	微量環境汚染物質の生体への影響の解明 ○現在の新興国。○物により、また偶然にもよる。
62	感染症における薬剤耐性克服技術 ○現在の方法では、イタチゴッコ。まったく異なるコンセプトが必要。○対象のターンオーバーや、新たな耐性株(菌等)が出現するため、現行の耐性株(菌)であれば△で可と考える。○特定の化学療法薬なら。○克服したと思っても次にまた出てくる可能性が大と思うので。○特定の化学療法薬に限定。
63	生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発症リスクの予測 ○人体シミュレーション技術やコンピュータ技術等の発展に依存する。○ブレイクスルーする方法論がない。
64	病原体の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内でできる自動機器 ○一部できている。○1時間はきびしい。○コストと需要が普及にかかっているとも考えられる。○特定のものなら可能と考える。○病原体と薬剤に depend 可能な場合が次第に増えてくると思う。○特定の組み合わせなら可能。
65	空港や港において輸入感染症の感染者をほぼ完全に検出できる技術 ○国策に依存する。○使い捨てのマイクロチップでチェックする。インテルを中心に開発中。○わざわざ危険に一番乗りしないこと。○共通認識と技術の共有が必要。
66	救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度 ○技術は問題ではない。○法制度の根拠・プリンシプルの柔軟性を改善することが基本。背景として必須である。○電子カルテと搬送態勢が条件。○政府の金の出し方如何。○政府がどれだけ本気で取り組むか。
67	臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術 ○政策次第。○RCT やこの領域のトライアルを推進可能とする法的かつ不文律的風土の改善が前提である。(個人情報/治療等の契約の締結の可否)(個人/団体/医療機関)の点が克服されるべき前提の一つである。○総合的が問題。日本が立ち遅れている。○医薬開発のデータ取扱いは民間企業主導ですすんでいる。○総合的な視点で日本に合ったシステムが必要。
68	遺伝関連個人情報管理技術 ○RCT やこの領域のトライアルを推進可能とする法的かつ不文律的風土の改善が前提である。(個人情報/治療等の契約の締結の可否)(個人/団体/医療機関)の点が克服されるべき前提の一つである。○技術的には問題がないにしても、コンセンサスが必要。○ほぼ実現。100%は無理。○技術以外にコンセンサスが必要。
69	再生医療の臨床応用への倫理に関するガイドラインの構築 ○現場に即したものでない限り、再生医療への応用が始まらない。○極めて重要な課題。○コンセンサス作りが問題。○社会的コンセンサス例が必要。
70	安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度 ○診療報酬制度の大きな見直しが必要だが、日本は複雑。○コンセンサス作りが問題。○社会的コンセンサス例が必要。○政治の先行き不透明なため。
71	我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度 ○必要なし。○学界(学会)のコンセンサスが前提となる。○普及に問題。○International Standard を優先する。○早急に実現せねばならない課題。○定着に問題。○政治の先行き不透明なため。
72	医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度 ○期待できない。○モデル段階は可能だが、実用化には時間。
73	モデルによるシミュレーションに基づいた薬効評価試験(In silico 試験) ○米国 Alfred E. Mann Foundation と南カリフォルニア大学が先行。○モデルの段階なら可能。○In Silico データが、試験の際のエビデンスにはならないのではないかと? プロトコル作成の際の補助にはなるであろうが。○病院だけでは困難なので社会的な基盤整備が必要。
74	生命倫理と研究活動との調和のための、多面的で多数の国民が参加する国民的討議の実現 ○問題が別方向へ進む可能性あり。
75	基礎医学から臨床への橋渡しを支援する情報システム・事例データベース ○必要性が認識され、スタートしているが遅々として進んでいない。
76	がんの転移機構の解明 ○既に分かっている事は多いが、対策につながるレベルではない。○メカニズムだけなら。○一部解明されつつあるという意味で実現済み。○解明の定義による。
77	がんの転移を抑制する薬剤の開発 ○従来の研究支援制度では含まれにくい内容であるが、今後重要になるので取り組みが求められる。○特定のがんなら。○一部は実現済み。

78	医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術 ○制度(政策)の不安定さ。○従来の研究支援制度では含まれにくい内容であるが、今後重要になるので取り組みが求められる。 ○介護の現場と医療をつなぐ通信連絡ネットワークが必要。今はヘルパーさんの携帯電話で行われている。○予算が全て。
79	日常生活圏内での健康状態を管理するためのユビキタス生体情報モニタリング技術 ○モデル地域を決め、強力に推進し、実証すべき段階にきている。○従来の研究支援制度では含まれにくい内容であるが、今後重要になるので取り組みが求められる。○住空間の知能化には必要。○これも個人研究で手の届くお値段。但し、メーカーが製品を出せば即決着。即ち、採算外。課題 35 が今後の主流。○電子カルテがベース。
80	生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療 ○国の政策に依存。○従来の研究支援制度では含まれにくい内容であるが、今後重要になるので取り組みが求められる。○病院だけでは困難。○コンセンサスの形成が不可欠。
81	生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育 ○青年期からある程度の健康を守るための医学知識教育をする。大学の必修科目、新入社員教育として。○一部は実施されている。○教育システム全体の見直しが必要。○大学以前の教育にも必要。
82	ゲノム情報を用いた個別医療に関する一般向け健康教育 ○コンセンサスの形成が不可欠。○教育システム全体の見直しが必要。○医学生向けのシステムを利用。
83	医療従事者への医哲学教育 ○非常に大切なことだと思う。唯物論から少しでも離れられるよう、気づきを提供する教育があったら良いと思う。○時代・社会とともに変わるものなので「実現」するかどうかを問えない。○大学以前の教育も必要。○一部は実現済み。社会的なコンセンサスも必要。
84	医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育 ○大学を中心に医師再教育事業としてもっと力を入れるべき。○従来の研究支援制度では含まれにくい内容であるが、今後重要になるので取り組みが求められる。○3D 画像技術を用いた訓練が普及するとよいと思う。○我が国では遅れている。○医学生向けのシステムの応用。○次第に導入されている。
85	リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化 ○従来の研究支援制度では含まれにくい内容であるが、今後重要になるので取り組みが求められる。○各種法律の調整と現行の市町村事業を県(リサイクル法、廃棄法など)単位とすることが前提。○一部は実現済みだが、包括的なところでコンセンサスが必要。

4. 8. 未来技術年表

4. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分については 4.3.を参照

実現年	課題
2014	84 医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育 <区分E>
2015	68 遺伝関連個人情報の管理技術 <区分D>
2016	43 高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器 <区分B>
	67 臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術 <区分D>
	75 基礎医科学から臨床への橋渡しを支援する情報システム・事例データベース <区分D>
	85 リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化 <区分E>
2017	13 高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法 <区分A>
	14 臨床における生殖医療技術(不妊症対策) <区分A>
	23 がん治療に有効な放射線治療および評価方法 <区分A>
	36 血液中の希望する成分を選択的に除去する血液浄化器 <区分B>
	50 生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導 <区分C>
	51 ゲノム情報による罹患リスク診断技術 <区分C>
	60 初期段階で新興感染症の流行を予測する技術 <区分C>
	78 医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術 <区分E>
	79 日常生活圏内での健康状態を管理するためのユビキタス生体情報モニタリング技術 <区分E>
	80 生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療 <区分E>
2018	01 機能予後予測に基づいた脳卒中リハビリテーション <区分A>
	11 生体内での信号伝達や代謝などの機能の可視化技術 <区分A>
	32 自家組織の保存・増殖・移植法 <区分B>
	34 磁気誘導等のコンパインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム(DDS) <区分B>
	44 介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術 <区分B>
	46 網羅的分子(オミックス)情報や過去の健康診断データに基づいた予知医学(早期診断、長期疾患発症予測など)に基づいた健康・疾病管理 <区分C>
	59 医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術 <区分C>
	06 がんの薬物耐性検定法 <区分A>
	63 生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測 <区分C>
	64 病原体の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内でできる自動機器 <区分C>
	73 モデルによるシミュレーションに基づいた薬効評価治験(In silico 治験) <区分D>
2019	16 生体内の任意の位置にある 1mm 以下のがん組織の検査技術 <区分A>
	18 細胞内外での多数の薬物関連物質間の相互作用の同定技術 <区分A>
	19 臓器、組織の移植における予期せぬ拒絶反応の早期診断法 <区分A>
	20 ウイルス性肝疾患を治癒させる薬 <区分A>
	27 精神的ストレスの定量化技術 <区分A>
	29 通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術 <区分A>
	33 病気等による意思疎通手段障害のある人に対する脳活動等を利用したコミュニケーション支援技術 <区分B>
	35 人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス <区分B>
	42 高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム <区分B>
	47 網羅的分子情報を活用した慢性疾患の重症化予測技術 <区分C>
	61 微量環境汚染物質の生体への影響の解明 <区分C>
	07 標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法 <区分A>

実現年	課題
2019	76 がんの転移機構の解明 <区分D>
2020	04 慢性疾患の病態のシステムの把握に基づく薬物療法の開発(システム創薬) <区分A> 45 感覚機能を備えた義手・義足 <区分B> 49 血液幹細胞の増殖・分化の制御による血液病治療法 <区分C> 57 単一遺伝子性疾患に対する遺伝子治療 <区分C> 62 感染症における薬剤耐性克服技術 <区分C> 65 空港や港において輸入感染症の感染者をほぼ完全に検出できる技術 <区分C> 08 血液幹細胞移植(他家)に対しての特異的な免疫応答を抑制する技術 <区分A>
2021	02 進行性神経筋疾患などの難病に対して進行を遅らせるための予防リハビリテーション <区分A> 48 安全性が確立された遺伝子治療法 <区分C>
2022	10 幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術 <区分A> 21 医原性日和見感染に対して、患者の感染防御能を阻害しない抗がん薬・免疫抑制薬 <区分A> 28 登校拒否、学級崩壊、学習障害等を引き起こす脳のメカニズムの解明に基づく対処方法 <区分A> 37 献血を必要としない人工血液 <区分B> 41 マイクロマシンを用いた体腔内治療技術 <区分B>
2023	17 1 分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術 <区分A> 26 精神神経疾患の早期診断・治療法 <区分A> 30 3 次元細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術 <区分B> 31 治療法シミュレーション技術により病態を再現し、これに基づいて治療法を確立する技術 <区分B> 77 がんの転移を抑制する薬剤の開発 <区分D> 09 麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法 <区分A>
2024	12 HIV 感染症を根治させる治療法 <区分A> 15 高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法 <区分A> 52 がんを効果的に予防する化学予防薬(chemopreventive drugs) <区分C> 54 アトピー性皮膚炎などのアレルギー疾患を根治させる治療法 <区分C>
2025	03 ウイルスを標的として分子レベルで無力化するナノマシン <区分A> 53 自己免疫疾患の発症予防法 <区分C>
2026	40 完全埋込型人工内分泌臓器 <区分B> 05 進化医学の確立によるヒトの疾患発生の理解 <区分A>
2027	22 プリオン病の根治療法 <区分A> 38 完全埋込型人工腎臓 <区分B> 39 完全埋込型人工心肺 <区分B> 56 先天性疾患の遺伝子治療 <区分C>
2028	24 個体の老化機構の解明 <区分A>
2029	25 精神発達障害の治療法 <区分A> 55 重度遺伝性疾患の発症予防法 <区分C> 58 神経変性疾患の予防と治療 <区分C>

4. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については 4.3.を参照

実現年	課題
2017	83 医療従事者への医哲学教育 <区分E>
2018	69 再生医療の臨床応用への倫理に関するガイドラインの構築 <区分D> 70 安全、安心な医療への対価を保証する診療報酬制度 <区分D> 81 生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育 <区分E> 84 医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育 <区分E>
2019	71 我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度 <区分D> 72 医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度 <区分D> 74 生命倫理と研究活動との調和のための、多面的で多数の国民が参加する国民的討議の実現 <区分D>
2020	82 ゲノム情報を用いた個別医療に関する一般向け健康教育 <区分E> 85 リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化 <区分E>
2021	66 救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度 <区分D> 75 基礎医科学から臨床への橋渡しを支援する情報システム・事例データベース <区分D>
2022	50 生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導 <区分C> 68 遺伝関連個人情報の管理技術 <区分D> 78 医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術 <区分E>
2023	13 高病原性鳥インフルエンザの人への感染の予防・治療法 <区分A> 14 臨床における生殖医療技術(不妊症対策) <区分A> 36 血液中の希望する成分を選択的に除去する血液浄化器 <区分B> 43 高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器 <区分B> 51 ゲノム情報による罹患リスク診断技術 <区分C> 60 初期段階で新興感染症の流行を予測する技術 <区分C> 67 臨床試験の総合的管理・推進を支援する知的基盤技術 <区分D> 79 日常生活圏内での健康状態を管理するためのユビキタス生体情報モニタリング技術 <区分E> 80 生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療 <区分E>
2024	01 機能予後予測に基づいた脳卒中リハビリテーション <区分A> 06 がんの薬物耐性検定法 <区分A> 23 がん治療に有効な放射線治療および評価方法 <区分A> 59 医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術 <区分C> 64 病原体の同定と薬剤感受性の評価が1時間以内でできる自動機器 <区分C>
2025	29 通常のコミュニケーションが取れなくなっている青少年に対して、社会性の育成を可能にするコミュニケーション技術 <区分A> 34 磁気誘導等のコンパインドデバイスによるドラッグデリバリーシステム(DDS) <区分B> 63 生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測 <区分C> 73 モデルによるシミュレーションに基づいた薬効評価治験(In silico 治験) <区分D>
2026	27 精神的ストレスの定量化技術 <区分A> 32 自家組織の保存・増殖・移植法 <区分B> 44 介護ロボットの適用における人-ロボット間のリスク管理技術 <区分B>
2027	11 生体内での信号伝達や代謝などの機能の可視化技術 <区分A> 16 生体内の任意の位置にある 1mm 以下のがん組織の検査技術 <区分A> 20 ウイルス性肝疾患を治癒させる薬 <区分A> 33 病気等による意思疎通手段障害のある人に対する脳活動等を利用したコミュニケーション支援技術 <区分B> 35 人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して、健康状態のモニターや治療を行うことができる医療デバイス <区分B>

実現年	課題
2027	42 高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム <区分B> 46 網羅的分子(オミックス)情報や過去の健康診断データに基づいた予知医学(早期診断、長期疾患発症予測など)に基づいた健康・疾病管理) <区分C> 47 網羅的分子情報を活用した慢性疾患の重症化予測技術 <区分C>
2028	07 標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法 <区分A> 08 血液幹細胞移植(他家)に対しての特異的な免疫応答を抑制する技術 <区分A> 18 細胞内外での多数の薬物関連物質間の相互作用の同定技術 <区分A> 19 臓器、組織の移植における予期せぬ拒絶反応の早期診断法 <区分A> 28 登校拒否、学級崩壊、学習障害等を引き起こす脳のメカニズムの解明に基づく対処方法 <区分A> 45 感覚機能を備えた義手・義足 <区分B> 49 血液幹細胞の増殖・分化の制御による血液病治療法 <区分C>
2029	37 献血を必要としない人工血液 <区分B> 57 単一遺伝子性疾患に対する遺伝子治療 <区分C> 62 感染症における薬剤耐性克服技術 <区分C> 65 空港や港において輸入感染症の感染者をほぼ完全に検出できる技術 <区分C>
2030	02 進行性神経筋疾患などの難病に対して進行を遅らせるための予防リハビリテーション <区分A> 04 慢性疾患の病態のシステムの把握に基づく薬物療法の開発(システム創薬) <区分A> 26 精神神経疾患の早期診断・治療法 <区分A> 41 マイクロマシンを用いた体腔内治療技術 <区分B>
2031	10 幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術 <区分A> 48 安全性が確立された遺伝子治療法 <区分C> 77 がんの転移を抑止する薬剤の開発 <区分D>
2032	12 HIV 感染症を根治させる治療法 <区分A> 21 医原性日和見感染に対して、患者の感染防御能を阻害しない抗がん薬・免疫抑制薬 <区分A> 31 治療法シミュレーション技術により病態を再現し、これに基づいて治療法を確立する技術 <区分B>
2033	03 ウイルスを標的として分子レベルで無力化するナノマシン <区分A> 09 麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法 <区分A> 15 高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法 <区分A> 17 1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術 <区分A> 40 完全埋込型人工内分泌臓器 <区分B> 52 がんを効果的に予防する化学予防薬(chemopreventive drugs) <区分C> 54 アトピー性皮膚炎などのアレルギー疾患を根治させる治療法 <区分C>
2034	30 3次元細胞組織構築技術を用いた臓器機能の代替・修復技術 <区分B> 38 完全埋込型人工腎臓 <区分B>
2035	39 完全埋込型人工心肺 <区分B> 53 自己免疫疾患の発症予防法 <区分C>
2036	22 プリオン病の根治療法 <区分A> 56 先天性疾患の遺伝子治療 <区分C>
2037	25 精神発達障害の治療法 <区分A> 55 重度遺伝性疾患の発症予防法 <区分C> 58 神経変性疾患の予防と治療 <区分C>

No.5 分科会「宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する」 の調査結果

目次

5.1. 将来展望.....	353
5.1.1. 総論.....	353
5.1.2. 地球診断技術.....	355
5.1.3. 宇宙・海洋管理技術(観測を含む).....	358
5.1.4. 未来の科学技術を先導するフロンティア領域(1)ー領域全体についてー.....	359
5.1.5. 未来の科学技術を先導するフロンティア領域(2)ー宇宙技術についてー.....	361
5.1.6. 生物/生命(起源).....	363
5.1.7. 宇宙素粒子(宇宙科学を含む).....	365
5.1.8. 人工構造物(人工物).....	368
5.1.9. 宇宙技術(宇宙医学を含む).....	369
5.2. アンケート調査の回収状況.....	372
5.3. 課題の区分.....	373
5.4. 個別予測課題に関する設問について.....	374
5.4.1. 課題の重要性.....	374
5.4.2. 技術的実現予測時期.....	377
5.4.3. 技術的実現を牽引するセクター.....	378
5.4.4. 社会的実現予測時期.....	381
5.4.5. 社会的実現を牽引するセクター.....	382
5.4.6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	385
5.4.7. 新規提案課題.....	386
5.5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	387
5.5.1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	387
5.5.2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	387
5.5.3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	389
5.5.4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	392
5.5.5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	393
5.6. 集計結果一覧.....	394
5.7. 課題別コメント.....	410
5.8. 未来技術年表.....	420
5.8.1. 技術的実現予測時期.....	420
5.8.2. 社会的実現予測時期.....	422

5. 1. 将来展望

5. 1. 1. 総論

(1)No.5 分科会で掲げられている課題の位置づけについて

フロンティア領域として包含されているのは、宇宙と(海洋を含む)地球である。この「領域」は元来、領域と呼ぶにはあまりに広範囲で、言葉の意味からすれば文字通り宇宙のすべてを含むものである。したがって、本来は、科学技術会議における重点推進4分野である「ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料」を総合して推進していくべき性格のものであることは論を俟たない。

事実アメリカ合衆国の歴代の大統領が、ケネディ以来、一方で戦争を遂行しながら他方で国民の団結の旗印を宇宙に求め、「アポロ計画→スカイラブ計画→スペースシャトル計画→国際宇宙ステーション計画→コンステレーション計画」と次々と時代に応じた宇宙活動のプログラムを打ち出してきたのは、そうした「宇宙」の性格を正確に認識していたからである。

オバマ大統領がこのたびコンステレーション計画をキャンセルする方針を掲げたのは、これまでの二正面作戦から宇宙を撤退させたという意味で、非常に大胆な歴史的実験に挑もうとしているものである。将来展望としては、日本においても、宇宙・地球への取り組みに、そうした立体的な認識に立った科学技術戦略そのような位置づけが行われるような時代が来ることを期待したい。

(的川 泰宣)

(2)設定されたキーワードについて

現在のフロンティア領域を前提として、第5分科会は、「宇宙・地球・生命のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学・技術」をその検討範囲とする。

まず「地球のダイナミズム」については、大気・海洋・地球内部のすべてを含めた全体を常時モニターする「地球診断技術」が、地球環境危機という現代の中心的な問題と関連して大切なキーワードとなった。

「宇宙と生命のダイナミズム」においては、従来からの学術的な蓄積から見て「宇宙科学・素粒子」、また飛行士の活動によって著しくデータの蓄積が進んでいる宇宙医学をも含む「宇宙技術」と、起源という視座から見た「生物／生命」をキーワードとして設定した。併せて、この領域を実践する見地から「宇宙・海洋の管理技術」と、システム統合技術を意識した「人工構造物」をキーワードに加えてある。

「人類の活動領域を拡大する」という立場は、上記(1)の観点から重要な戦略的目標である。そこで「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」というキーワードが浮かび上がった。このキーワードに関しては、とりわけ宇宙技術に関するものと、領域全体にまたがるものとに分けて考えていくことにした。

(的川 泰宣)

(3)それぞれの課題(区分)の将来展望の概括

【地球診断技術】

この区分のもとに提案されている課題の特徴は、当たり前だがアンケートにおいても「非常に重要」で、「実現が近未来に可能」とされていること、そして「公的機関に期待するところが大きい」点である。とりわけ、地球深部の掘削等、温暖化を食い止める方策への期待が赤裸々に表明され、今後スーパーコンピュータを用いた地球表層システムのモデル化、実践的には人工衛星と現場観測の連携による問題解決が強く望まれていることが特筆される。

【宇宙・海洋管理技術】

この実践的色彩の強い区分では、近未来に産業化されていくはずの技術シーズが数多くあり、同時にそれが国民生活の向上に直接結びついてくる仕組みになっていることである。たとえば熱水鉱床などの資源の回収などはその典型であろう。日本は周辺海域の自然条件が開発にとってあまりよくないわけだが、その厳しさを乗り越

えて、早期のパイロットプロジェクトの実施が望まれるところである。

【人工構造物】

人類の活動領域をひろげる上で本質的に重要な巨大複雑システムの統合技術は、個々の要素研究や要素開発技術においては世界をリードする実績を誇る日本が、今後最も力を入れなければならない課題として認識されている。この分野で提案されている課題に関しては、研究開発においては大学やベンチャー企業を含むさまざまなレベルでの努力が期待されているが、実際の実現のためには公的機関の貢献が不可欠であり、それも国際協力をベースにした実現が強く推奨されている。

【宇宙技術】

宇宙基本計画を踏まえて、実利用の促進と産業振興に貢献する信頼性の高いシステムの構築が期待されており、同時に超小型衛星や有人システムの日本としての技術の獲得が重要な課題として認識されている。有人輸送技術の獲得は過去のどの時代よりも強く望まれており、HTV を始めとする独自の成果などから、実質的に実現が近いとの予測が立てられていることもかつてない特徴である。日本の「十八番」である宇宙科学分野も、国際協力を前提とした大型プロジェクトに大きな寄与が望まれている。

【生物／生命】

起源という視座から見た生命へのアプローチは、地球上の生命においても地球外の生命においても、非常に高い関心を持たれている。一方でそれに関連する科学技術という点に関しては、日本で重要であるとの認識は相対的に低い水準にとどまっている。従来の個人的な独創やひらめきによるレベルを超えて、実証を待つ「仮説」に果敢に挑むためのインフラを公的機関が提供すべきであるとの主張が、国レベルでの後押しを要求している。

【宇宙科学を含む素粒子】

加速器技術の急速な進歩と理論の確立、科学衛星の著しい実績によって、宇宙の空間的構成と時間的系譜という知的課題への理解は深化しつつあるが、依然として多くの謎が提出されている。技術革新の駆動力である宇宙・素粒子の研究への日本の貢献をさらに高めることが、強く望まれている。

【未来の科学技術を先導するフロンティア】

アンケートを見ると、まだ先の見えていない問題について、日本の取り組みを思い切り強化すべしとの意見が多い。以下の節に挙げられているさまざまな先端的な課題への興味は凄まじく、その研究の推進者としては大学や公的機関がその責を果たすべしとの声が多い。また宇宙空間におけるこのキーワードのもとでの期待は、量子通信技術の衛星への応用と宇宙空間での太陽光発電という二つの課題が提出され、日本の貢献が大いに期待されている。全体として、人類全体の立場に立った日本人の貢献を望む声は多い。

(的川 泰宣)

(4) 人類、国家、産業にとっての重要性

宇宙と海洋は、地球の外と内に向かって未知の領域を開拓するフロンティアであり、日本だけでなく世界各国、さらには人類にとって新たな可能性を地球する分野である。もちろん、産業界にとっても、新たな産業やビジネスの創出、資源開発など、大きなポテンシャルを持っている。本分科会で取り上げられた様々な課題は、グローバルかつ人類的課題であり、基本的には、日本と世界の双方にとって重要と回答されている。

そのなかでも、日本にとって、とくに重要とされている課題は、国の権益にかかわるものや新産業の創出、ビジネスの拡大につながるものである。また、地震などの日本の特性に合わせて、防災モニタリングのためのシステムなどもあげられている。とりわけ、宇宙や海洋といった領域を管理する技術は、国としての権益の確保等の観点から重要である。日本の国土面積は世界 61 位であるが、四方を海洋に囲まれており、EEZ(200 カイリの排他

的経済水域)の面積となると一挙に世界 6 位にはねあがる。そこには、様々な海洋資源が眠っている。どこにどれだけだけの資源があるかは、詳細な調査、いわば資源の国勢調査をしなければ把握できないが、とりわけレアメタルやエネルギー資源の開発は魅力的である。メタンハイドレートは、日本近海に天然ガス使用量の 100 年分が埋蔵されているともいわれている夢のエネルギー資源であり、商業ベースにのる開発ができれば、日本は資源国家としての新たな飛躍ができる可能性がある。宇宙の権益確保は、早い者勝ち的なところもあり、衛星やロケットなどの確固たる技術や製品を保持することが不可欠である。アポロ計画以来の月探査が世界的な課題となっている。金融危機の影響が収まりつつあるが、米国では厳しい予算環境のもとで、月探査などの見直しが指摘されている。一方、かなり先の話ではあるが、月にあるといわれているヘリウム3という新たな資源の開発については関心が高い国も依然としてある。

海洋・宇宙には深海掘削やロケットなど、大型プロジェクトの代表的な事例も多い。こうした分野にヒト、モノ、カネのリソースを投入していくには、どのような成果や波及効果が期待されるのか、説得力をもって、国民への十分な説明責任を果たしていく必要がある。また、実験やシミュレーションのための大型施設・設備も不可欠であり、共同利用や有効利用なども求められる。

(続橋 聡)

(5) 新成長戦略と宇宙基本法・基本計画

政府は、昨年 12 月に新成長戦略(基本方針)を発表し、地球規模の課題を解決する「課題解決型国家」として、アジアとともに生きる国の姿を追求することとしている。少子高齢化が進み、人口減少社会に突入した日本が、いかに産業を創出し、持続的成長を実現するかがテーマであるが、グリーン・イノベーション(環境エネルギー分野革新)、総合的なエネルギー確保戦略の推進がうたわれている。また、新フロンティアとして宇宙・海洋がとりあげられている。新たなリーディング産業の創出という観点からは、宇宙産業の育成が大きな課題である。回答のなかでは、「高信頼性で競争力のある日本製宇宙機器」などの重要性が指摘されているが、宇宙ビジネスの観点からは、高度な技術開発とともに、コスト競争力の確保が不可欠である。このため実証機会や実績を重ね、量産化できるようにすることが必要である。

与野党の協力のもとで、政治が強いリーダーシップを発揮して 2008 年に制定された宇宙基本法は、第 4 条で「宇宙開発利用の推進等による宇宙産業の技術力と国際競争力の強化」を掲げ、第 16 条において、そのための「必要な施策の実施」を指摘している。昨年 6 月に策定された宇宙基本計画では、具体的な宇宙開発利用プログラムが盛り込まれている。

(続橋 聡)

5. 1. 2. 地球診断技術

(1) アンケートの分析

- ・回答者の 62.7%が本区分は、世界・日本双方にとり重要、19.5%が特に日本にとり重要と答えており、これに世界にとり重要も加えると、82.2%が重要であると答えている。一方、世界・日本双方にとり重要な上位 10 課題のうち 3 件(4位、7位、9位)を本区分のうち、大気観測と将来予測モデリング(課題 1「生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング」、課題 2「温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム」、課題 3「大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム」)が占めている。日本にとって重要な上位 10 課題では、課題 8「日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム」(1位)

と課題6「我が国の陸域並びに海岸から20km以内の近海域において、水平方向10km×10km、且つ鉛直方向2.5kmのメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム」(6位)が選ばれている。世界にとっての重要な10課題には、6課題が選ばれている。つまり、個々の課題では、非常に関心が高いことがわかる。

- ・技術的実現時期としては、提案された技術の実現は近未来に可能であろうという意見である。この事実から、本区分の課題の費用対効果が高いことが演繹できる。
- ・技術的実現を牽引するセクターとしては、公的研究機関に期待する意見が大学に対するものよりもかなり多いが、これはほぼ全技術に対するものと同じくらいである。複数セクターと国際組織に期待するものが他の区分の平均よりもかなり多い。これらが意味しているのは、開発はリスクが大きいものではなく、組織的、国際的な努力によって可能であると考えられていることである。
- ・社会的実現時期としては2025年から2035年までの予測が10課題あり、技術的実現後の10年後を予測している。このことは、社会応用への道のりでも比較的、大きな困難は無いとの見方が多いことがわかる。
- ・社会的実現を牽引するセクターとしては、公的研究機関への期待は他の区分程度に高い。しかし、政府、複数セクター、国際機関に期待するものが44.2%あり、公的機関による運用でないと、発展が難しいことを予測している。すなわち、企業等が利益を上げるような技術ではなく、公共的な利益を生み出すものであると考えている。
- ・将来の世界的課題・国民的課題の解決のためのキーテクノロジーとして、本区分は第2位の位置にいる。特に、温室効果ガスや大気汚染物質の観測技術への期待が大きい。

(2) 地球表層環境の観測とモデリング

今まで個別に行われる傾向が強かった地球環境観測とモデリング研究を連携し、観測から実験、モデルまでの一貫した研究体制によって、地球環境の統合的将来予測を行うため宇宙観測・陸域・海域観測を統合的に捕らえるためには次の3つの観点が重要である。即ち (A) 地球周辺宇宙空間と地球表層の相互作用、(B) 環境変動に対する大気と海洋の結合、(C) 気候・気象モデルによる予測研究である。

この内、過去数億年の資料に診れば、項目(A)は1000年以上の長期的な地球環境変動に重要なファクターであり地球環境の大規模な変動を招くと思われるが、科学技術の及ぶところではないかもしれないという思惑が先立ち、本調査では設問されてはいない。然るに、今後10年とか100年とかの時間スケールでは項目(BとC)に関わる科学・技術開発が急務である(関連課題1、課題2、課題3、課題5「全球の海洋において、外洋では水平方向20km×20kmの海域ごと、沿岸では5km×5kmごとに水面から海底間を1m間隔で、深度、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの0.01%精度、流速ベクトルについては1cm/secの精度、pH、全炭素量についてはフルスケールの0.1%で10年毎に自律観測するシステム」、課題6、課題9「航空機或いは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下100m以深の地質構造を推定する技術」、課題10「全球の深海域においてトモグラフィと、自動採水システムを併用した、水平方向100km×100kmの海域ごとに全層の水温、塩分の変化を3時間ごとにモニターできるシステム」)。即ち、地球を取り巻く諸要素のうち海は膨大な熱を蓄え、無数の物質・元素を溶かし込んでおりそれらが海の中で輸送されることで地球の気候に大きな影響を与える。地球の主潮流流域あるいは北極海も含め北半球寒冷圏は、地球上で最も温暖化が顕著に現れる。これらの実態把握と変動のメカニズムを解明することは、地球温暖化や気候変動を理解・予測するために必要不可欠である。CO₂などの温室効果気体は地球の表層の大気・海洋・陸域を循環しており、物質循環の過程には生態系の活動が深くかかわっている。陸域の植生や海洋のプランクトンなどの生態系の効果や、大気中の化学反応・輸送の効果を取り入れた地球システム統合モデルを開発しなければならない。また、太陽や惑星空間との相互作用も含めた氷河時代などの古気候のシミュレーションや、観測・数値実験のデータの解析等を行う必要もある(関連課題1及び課題30「深海化学合成生態系による海洋へのエネルギー・物質寄与を高精度に見積もる技術」)。

また地球温暖化を人類の有する技術を利用して食い止めるための方策に対する期待が、地下深部掘削技術の開発であり、地下深部へのCO₂などの温暖化ガスの埋め込み技術の発展である。これらは何れも5-10年内

の短期間で解決可能であるが、技術開発には公的機関の貢献が強く望まれるとの意見が強い(課題 31「深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術」及び課題 32「CO₂を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立」)。

ここにおいて特徴的なのは、これらの技術開発が全て 10 年程度で可能であろうと言う予測である。継続的で且つ非常に高密度の海域観測に関しても、15 年もすれば計画は成就するとの見方が示された。更に、これらの事業が殆どの場合公的研究機関において行われるべき問題として把握され、言い換えれば、指摘されている。この予測はこの種の問題が企業や中小の研究集団で遂行されるべきではなく、国の事業として素早く実施されるべきであると言う主張と、技術水準は既に十分応用可能な域に達しているのではないかと、多くの専門家がみなしていることと表れであろうか。ただ課題 30 において、生物群の地球環境変動への貢献度がまだ全く理解されていないことに対する期待として、この分野の技術開発が今後 10-15 年程度で行われて欲しいとの願望が見られる。

また特筆すべきことは、地球シミュレーターの登場によって積み上げられた経験をもとに、今後 10 年から 20 年程度でスーパーコンピュータが本区分に大きく貢献すると予測する専門家が多い事である。このような計算機技術の発達を基礎に、高時空間分解能や高度に複合的な地球表層システムのモデリングが可能になると思われる。また、地球周辺と地球表層をくまなくモニタリングするための、人工衛星(GCOM シリーズ、ALOS シリーズ、GPM、EarthCARE など)および現場観測の技術が十分に成熟しつつあり、今後の粘り強い努力と投資を続けることによって大きく発展すると予測できる。この2つの技術要素を組み合わせることにより、上に述べた社会応用も含めた様々な問題解決への対応が可能になる。

(3) 地球内部の診断技術

日本列島は、プレート沈み込み境界に位置し、地震や火山活動、地殻変動が活発であり、その研究は防災の面からも地球関連科学・技術コミュニティに課せられた先進的分野である(関連課題 4「全地球の陸域表層並びに海水面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向 1km×1km、海面においては同じく 10km×10kmの領域で標高 10mm、かつフリーエア重力 10mgalの精度で 10 日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム」、課題 8、課題 9、課題 12「熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術」、課題 13「海底面全域を計測する水平分解能 1m の地形データ取得技術」及び課題 14「海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術」)。即ち (A)海溝型地震の発生機構と防災技術、(B)高エネルギー素粒子地球物理学創成、(C)高分解能地殻構造探査とマントル掘削、(D)地震・火山噴火予知のための観測手法などの開発が早期に望まれるとの要望が強い。

これらの分野の内容を分析すると以下の内容を含むと考えられる。

- (A) 海溝型地震に関しては現在、統合国際深海掘削計画(IODP)の下、「ちきゅう」を用いた「南海トラフ地震発生帯掘削計画」が進行中である。ここでの研究が進めば、世界の主たる巨大海域地震の本性を捉えることが可能である。海域にて「地震・津波観測監視システム」の設置が開始され、今後次第に展開域が拡大するであろう。これによりプレート海溝型巨大地震の発生機構解明とリアルタイム地震通報システム、早期津波警報システムなどの防災技術開発に貢献する。今後我が国周辺では関東沖や太平洋プレートに 200 点規模の、また北米西海岸のファンデフーカ周辺などで、孔内観測を含む観測ステーションを展開し、陸上ネットワークと統合する。また、陸上からプレート境界面まで掘削する超地下深部掘削計画(JUDGE)も検討されている。
- (B) 高エネルギー素粒子地球物理学では宇宙線に含まれる高エネルギー素粒子を用いて地球内部を透視し火山の内部構造やマグマの挙動の研究に応用する。
- (C) 高分解地殻構造探査とマントル掘削で詳細な地殻構造データを得て高精度の数値モデルを構築し新しい防災科学技術に関わるテクトニクスの体系化を目指す。

(D)地震及び火山噴火予知計画は、基盤的観測網による地殻とマントルの相互作用に基づく活動のモニタリングと、地震・火山現象のモデル化に基づく予測シミュレーションを統合し、より定量的な予測をする。

これらのテーマに関する技術的発展の要求は、既に地球シミュレーターや高輝度 X-線装置の開発で高度に満たされた。また地震探査専用船舶や海底ケーブルによる海域地震測定技術も途についた。今残された最大の課題はマントル物質の獲得技術であり、それについての喫緊の問題は課題 31 において、5・10 年後には解決するであろうとの楽観的な観測が行われている。しかしこの問題は石油業界でも長年苦慮して来た問題で、相当の覚悟を以って開発に邁進しなくては成就しないかもしれない不安は残されている。したがって専門家の間でも公的機関に拠る開発努力が待望されている所である。

(木下 肇、中島 映至)

5. 1. 3. 宇宙・海洋管理技術（観測を含む）

(1)本区分の概要と変遷

本区分では、第 3 期科学技術基本計画における着実な調査・探査・観測の進展や、宇宙基本法・海洋基本法の制定により、産業化を見据えた開発利用へと期待が高まりつつある。このことを反映してか、近い将来の 2016-2020 年に実現すると予測された課題の割合が他の区分に比べて多かった。同様に他の区分に比べ社会的実現予測時期も比較的早い時期に実現されると回答されている課題が多かった。また、宇宙・海洋管理技術は一般に総合技術であるため、様々な側面から多面的にアプローチしなければならない。このことを反映して、技術的実現及び社会的実現を牽引する主なセクターとして「複数セクター連携」とする割合の高い課題が多かった。

このように、アンケート結果からは、本区分は近い将来に産業化される技術シーズを多くもち、それらを早く実現させることが望まれているとともに、総合的観点から様々なセクターが協調して効率的に技術を確立することが大切ということが読みとれる。

(2)トピックス

我が国が 2020 年までに温暖化効果ガス(GHG)排出量の 25%削減を宣言したこともあり、今後重点的に取り組むべき科学技術課題として課題 11「風、波、潮流等の海洋エネルギー商業ベース利用技術」を選択した識者が最も多かった。英国をはじめとする諸外国では洋上風力発電ファームに続いて、波、潮流等の海洋エネルギー発電装置を次々と実用化しており、大規模な商用ファームの計画も多数発表されている。我が国周辺の海域は急峻な海底地形、台風、黒潮等の厳しい自然条件のため技術的ハードルが諸外国に比べ高いが、広大で多様な排他的経済水域(EEZ)の特色を十分に活かすため我が国独自の技術の確立を急ぐべきである。GHG 削減に資する技術として課題 32「CO₂を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立」も今後重点的に取り組むべき研究開発分野の上位に選ばれた。海中にCO₂を直接溶解させる方法は環境影響への懸念から、社会的受容性が問題となっているが、海底下への固定は大きな問題はないので、技術の確立を急ぐべきである。

一方、資源の少ない我が国では海底鉱物資源が、ここ数年に脚光を浴び始めた。このような状況を反映して課題 12「熱水鉱床などの海底資源の商業ベース回収技術」も重点的に取り組むべき課題として選択されている。これに関連して課題 29「自立型深海重作業ロボット」も重点課題に選択されている。

これらのトピックスは海洋の利用に直接関わるものであるが、開発利用に当たっては資源量の調査や環境影響の評価あるいは監視等も重要である。重点課題として選択された課題 14「海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査」はこれの代表例である。また、地球環境変化の予測や安全安心の確保のためには海洋の諸現象や海底下地殻変動の観測・監視も重要である。これらに資する課題 22「熱や CO₂の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術」や課題 17「我が国の EEZ 内全域で、海

中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク接続観測網」も重点課題として選択されている。

また、課題 11、課題 32、課題 22「熱や CO₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術」はフロンティア分野における「GHG 削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題」のベスト 3、4、5 位に選ばれている。

(3) 今後の展望

今回の調査で特徴的であったことは、本区分が宇宙・海洋管理技術であるにも拘わらず、海洋エネルギー利用の商業ベース技術および熱水鉱床など海底鉱物資源の商業ベース技術の確立が重点的に実施すべき項目として選択されたことである。これは、(1)にも記したように、調査、観測、管理技術の向上も重要であるが、それだけではなく調査、観測で得た知識を利用して、産業を興し国民生活の向上に結び付けることが望まれているからであろう。このような期待に応えるには、早期にパイロットプロジェクトを実施し、エンジニアリング技術を獲得することが重要である。それと同時に、商業活動における環境影響評価や管理技術も確立していく必要がある。

海洋の理解という観点からは、気候変動に対する影響が大変大きい海洋の熱容量や CO₂ 吸収量を正確に測定する技術なども着実に向上させ、気候変動の予測精度を高めなければならない。また、海底変動の正確な計測なども将来の地震予知に反映することが肝要である。これらは、国民の安定した生活にもつながるものである。このような海洋の観測には観測衛星、観測ブイ、海洋観測・調査船、海洋掘削船、AUV の活動を総合的に連携させ、海洋観測の効率化を図ることも、限られた予算を有効に使ううえで大変重要である。

さらに、これらの調査・観測等により得られたデータを効率的に運用するには IT の活用が必須である。特に昨今のインターネット利用技術の進展は目覚ましく、大幅な研究開発の効率向上が達成されている。一方、洋上ではインターネット環境が劣悪で、その恩恵を受けることが難しいが、課題 21「我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術」は 5 年で達成されるという楽観的回答が最も多かった。これは、この問題が技術的問題よりも専用衛星の数や通信費の問題との側面があり、EEZ 全体で必要に応じてブロードバンドを陸上と同様のサービス水準で使えるようにするための諸施策に対する要望とも受け取れる。

(高木 健、玉木 賢策、不破 健)

5. 1. 4. 未来の科学技術を先導するフロンティア領域 (1) - 領域全体について -

(1) 概要

生命体を含む物質の構造の研究は電子顕微鏡、走査型トンネル顕微鏡、そして NMR 技術などさまざまな研究手段の革新により近年目覚ましい進歩を遂げている。研究の時間・空間的スケールがますます微細になっており、予想もしなかった物質構造や機能の新しい側面が明らかになってきている。生体の最小単位である細胞を構成する物質の構造とその生態と反応、多くの物質の化学反応の高速追跡などがストロボ写真を撮るように時間の経過を追って観測することが可能になりつつある。この観測を可能にするのは電子シンクロトンから放出される赤外線からガンマ線までのさまざまな波長の光および電子線、陽子加速器など他の加速器から提供される各種粒子線、そしてレーザー光などをプローブとした研究であり、ナノメートルの空間解像度およびフェムト秒での時間解像度あるいはそれをしのぐ時間・空間解像度で物質の化学反応の観測を実現しようとしている。

特に近年高い輝度を持ったコヒーレント X 線の実現と高分解能系瘦軀装置と反応解析プログラムの開発により、物質を結晶化によらずに細胞などの微細な生態の研究が可能になりつつあり、DNA の転写の状況を実写するような研究に道を開き、生態研究に大きな革新がもたらされることを予感させる。同時に、新薬の開発などに重要な役割を果たすであろう。記憶媒体の高速スイッチング特性の研究など多くの物質の超微細な構造や高速反応の研究への応用が期待できる。

極限環境の生物・生命に関わる研究開発に関わる問題提起については、課題区分「宇宙・海洋管理技術」「生物・生命(起源)」ならびに「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」に跨って設問が提示されており、生物・生命を統一的に俯瞰しようとするこれらの課題区分を超えた議論をする必要があるので、その旨をお断りした上で、別の項目で評論を加えた(5. 1. 6. を参照のこと)。

一方宇宙空間や深海底或いは地殻深部等の極限状態での生命活動や高分子化合物の発生から生命の発生に関わる、主として技術的開発の意味合いが濃い問題に関わる研究開発やシミュレーションも長足の進歩を遂げつつある。更にこのような極限状態に生息する生命体などを捕獲し飼育する技術の開発も盛んに試みられているが、殆どの場合いまだ概念設計の段階から余り進んでいない。この方面でのフロンティア的研究開発に関して将来の見通しを専門の研究者に伺うことは将来の科学技術の進展にとっても重要な課題である。

(2) 各課題について

今回の調査では、前回の課題の進捗状況と調査結果を踏まえて、合計10課題を設定した。それらの内、課題 35「Extremobiosphere (地球極限環境生命圏)の再現実験設備」、課題 36「深海生命圏(海陸を含め地下5kmまで進む)自律ロボット」、課題37「生命の起源を探求するための太陽系惑星生態系再現シミュレーション手法」の3課題については、概論で説明した如く別の項目の評論で考察を加えた。また課題 41「現在の光通信の100万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術」と課題 44「電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所」に関しては「宇宙技術関連」として纏められている。この他の5課題について以下に意義を略記する。

課題 38: DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメートルの位置分解能を持って解析を行う X 線技術

DNA 転写の詳細を調べる重要性はそれ自体の現象に対する興味のみでなく、生命現象の解明であり新薬開発のための重要な情報である。典型的な DNA の大きさと転写時間はマイクロメートルでフェムト秒であることが知られている。現在、線形加速器から発せされる高輝度でかつ高速な X 線源が開発されつつあり、実用に供されだした。フェムト秒・ナノメートルの分解能をもつ X 線源も手に入るものと考えられる。

課題 39: 新記憶媒体や高温超電導体の開発のために、X 線、中性子線、ミュオン粒子線などの量子ビームを用いて各種化学反応を観測する技術

物質の構造解析には物質を構成する異なる原子の配列などの情報が独立に計測できることが重要である。この観点から、異なる性質の量子ビームを用いる研究が注目されている。X 線は原子番号の大きな原子、中性子は水素など原子番号の小さい原子の位置情報の分析に有効である。一方、ミュオン粒子は、軽い陽子や重い電子のように振る舞い、物質中の磁気分布の測定に大きな威力を発揮する。近年新記憶媒体の開発や高温超電導体の構造の研究に大きな力を発揮している。

課題 40: 人間の思考現象の解明のために、外部より挿入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う

人間の思考や記憶のメカニズムの研究は近い将来に必ず手がけられるものと考えられ、その重要な研究として、ニューロンの発する微弱な電気信号を捕らえる方法ないしはニューロン内にある自然放射線の信号の観測を通してニューロンの脳内におけるマッピングを行い、情報の動的観測を行う研究も近い将来に必ず実現する研究課題である。

課題 42: 深海や地中の資源探査や環境調査を目的とした、非常に高い周波数の振動波や重力波などの新原理により、深海や地中の人や装置と通信を可能にするシステム

重力波は宇宙の彼方から遣ってくる信じられる宇宙での大事件を知らせる信号ということが出来るが、その捕捉に成功した例は無い。しかし重力波は他の場に比べて距離による減衰が桁違いに少ないから宇宙

の非常に奥地から来る信号として期待されており、原理的には補足出来ても不思議ではない。また超高周波を利用して細胞内部の構造を解析するような手法が開発されれば医療技術の進歩が一気に高まるばかりでなく、近距離情報交換などに格段の利便性が生まれるであろう事が推測される。しかしこれらの技術は、いまだ概念設計の段階に近いといえ、そのためもあってか回答者の殆どが技術開発の実用化は 20 年も先のことではないか、或いは開発が出来ないかもしれない、と評価している。研究開発が公的機関と大学のような基礎研究機関で行われるべきであるとする理由「頭脳を使って、一定の研究費も必要であろう」と言う示唆もこの辺りにあるのではなかろうか。

課題 43: 全システムが密閉(大気とのやり取りが無い)で可搬方、一回の燃料補給で 10kw を一年間出し続ける事が可能な燃料電池

我が国は核物質を民生の機器開発に利用する事が殆ど不可能に近いので、如何しても密閉型の燃料電池を渴望せざるを得ない。高出力・長時間持続型の同型電池が出来れば、宇宙・深海などの隔離・密閉空間での生活のためのエネルギー源を確保する事が出来よう。また民生品への応用として低地から高地への車両の移動に困難が半減する。同型電池の開発は 2000 年頃までに一定の成果を見ており、更に発展させて行きたいというのがこの設問の本音である。従って専門家の意見も可也楽観的に見え、5-10 年もすれば同型電池の実用化が可能であろうと考えている。担当すべき機関などに関しては、世の流れを汲みこの問題は民間企業でも十分な取り組みをしてほしい、との要望が見えている。

(3) アンケートに対する回答について

回答者全体をまとめた傾向を見ると、以下のようにまとめられる。技術的実現予測時期について、課題 38、39 については、2030 年までに多くの研究者が実現されると予想している。一方、課題 40 については、専門家を含む多くの研究者が実現しないと回答している。今後の調査で継続して取り上げることに否定的であると理解される。また研究を推進・牽引するのは大学や公的機関が多数であるが、民間企業や政府等の回答も数 10%ある。社会的実現予測時期については、2040 年までに実現と技術的実現時期から 10 年ほどズレを予測しているが妥当であるとする。

課題 38、39、40、42 及び 43 についてのコメントには、他の分野と比べてかなり少数である。今後設問の立て方について検討すべき課題である。例えば、あるシステムを設計する場合については、その外略を簡便に説明するなどの方法も取り得るのではないか。

(4) まとめ

高度な知識を有する科学技術者集団からの反応を見ると、まだ先の良く見えない技術問題について、我が国が頑張るべきであるとの意識が打ち出されている。素粒子・宇宙・生命問題は今後も科学にとって重要フロンティア領域を構成すると思われる。粒子加速技術の目覚ましい進歩に伴い、ナノメータの空間分解能、フェムト秒の時間分解能を持った粒子ビームを使った生命体や物質の構造研究が世界的に始まり、研究の競争が起こっている。今後我が国が世界に伍してこの分野で重要な地位を占めることは我が国の発展に欠かせないものと言える。また世界にとっても日本にとっても非常に重要な問題として、クリーンエネルギーの確保や生命の起源などの研究開発について、我が国が主導的な役割を果たすべき重要な問題であるとの指摘がなされている。

(木下 肇、高崎 史彦)

5. 1. 5. 未来の科学技術を先導するフロンティア領域(2) -宇宙技術について-

(1) 概要

宇宙空間は人類にとってフロンティアそのものであり、人類の知的資産の蓄積や活動領域の拡大に加えて、宇宙空間の新しい社会的利用の開拓など無限の可能性を有している。これらの可能性を現実的なものにするため

には、極限空間である宇宙に挑み、先端的な科学技術の研究開発を推進することが必須であり、これらの取り組みによって未来を先導する新しい科学技術の発展がもたらされ、豊かで活力のある未来社会の実現に貢献できる。一昨年には宇宙基本法の施行、昨年には宇宙基本計画の策定が行われた。国はこれらの中で、先端的な研究開発として期待できるものとして、宇宙科学、有人宇宙活動、宇宙太陽光発電を挙げているが、今回の調査では次の2項目の課題が取り上げられた。

- ・量子通信技術の衛星への応用
- ・宇宙空間での太陽光発電

(2) 各課題について

課題 41「現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術」

量子通信技術の衛星への応用については、現在の光通信の 100 万倍程度の大容量通信技術が 2030 年ごろに実現可能との予測がなされているが、天文衛星や惑星探査衛星等に利用されると観測データの伝送量が現在と比較にならないほど増大するため斬新な観測方法の開発が行われ、それによって人類にとって未知なる知見の発見機会が大幅に増え宇宙科学の大発展に貢献すると思われる。また地球周回衛星や静止衛星に活用され実用化されると、地上―衛星間、衛星相互間で画期的な大容量の通信が可能になると共に、これらをネットワークとして活用することによる地球規模での革新的情報網が社会インフラとして確立され、地球観測衛星を用いた高度な地球診断や、高いセキュリティが確保された巨大容量を有する宇宙通信システムが実現し、電話、ラジオ、テレビ、インターネットの出現と同じような大きなインパクトを社会に与えると考えられる。しかし、宇宙分野への新技術の適用にあたっては、地上で技術が確立された後も宇宙技術としての信頼度や耐宇宙環境性の向上などを図る必要があるため実現時期がさらに遅くなると思われる。

課題 44「電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所」

ここで言う宇宙空間での太陽光発電とは、宇宙空間で得られた太陽光エネルギーをマイクロ波やレーザーにより地上に無線伝送し、さらに地上に伝送されたエネルギーを電力や水素等に変換して利用することを意味している。研究者の間で目標とされているのは、百万 kW(1GW)クラスの電力を発電コスト 8 円/1kW/h で供給できるシステムである。太陽エネルギーを宇宙空間で蓄積・利用することは太陽電池パネルとして既に人工衛星で日常化しており、宇宙から地上へのエネルギー伝送も基本的に通信衛星技術の応用として認識されている。クリーンで安定的なエネルギーが得られるということで、環境問題やエネルギー問題に大いに貢献できる可能性もあり、さらに技術的なイノベーションも期待できるため宇宙基本計画においても地上での実証実験に加えて早期の軌道上実証の着手が述べられている。しかしこのシステムの実現には一例であるが 100m×95m の重さ 42.5 トンの発電ユニットを 625 個用いて宇宙空間で 1 辺 2.5km の正形状の巨大なシステムに結合させる必要がある。本格的な検討開始から完成までに 30 年を要するとの意見もあり、2040 年ごろ以降の実現と予測されるが、本格的な検討着手には非常に多数回に及ぶロケット打ち上げ費用が発電コストを支配するため経済的な成立性の確認が必要である。

(3) 今後について

宇宙技術については当面の社会ニーズに答えるために陸域・海域観測、地球環境観測、気象、測位などの衛星計画の促進や、宇宙産業の振興などに向けた研究開発を行っていく必要があるが、宇宙科学、有人宇宙、宇宙太陽光発電など未来技術の先導が期待できる分野の研究開発についても国として注力していく必要がある。

(小澤 秀司)

5. 1. 6. 生物／生命（起源）

区分「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」及び「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」に渉る生命・生物関連の肢問ならびに「生物・生命(起源)」に設定された「極限環境と呼ばれるようなフロンティア生命圏の探索・開拓」に関連する科学技術について論じる。

(1) 生物・生命起源研究および関連する科学技術のここ数年の動向

フロンティア(辺境:以下同様)生命圏の探索・開拓研究では、地球外生命探査とも連動する形で、「そもそも生命の活動の本質とはどういうものか?その活動の物理・化学境界(限界)とはどのように決定されるか?生命がその活動を存続しうる環境条件とは?」という本質的な命題に対して、概念論だけでなく、具体的なアプローチを伴った研究が進展しつつある。例えば、NASA アストロバイオロジー研究のビジョンの中核を為すハビタビリティ(habitability:生命存在条件)と言う概念は、分子生物学の急速な発展によって縁取られるようになってきた分子機械的あるいは分子情報ネットワークシステマ的な生命現象像だけでは、地球におけるフロンティア生命圏の存在や地球外生命の存在を理解することができないことを明確に示すものであった。その概念から派生する生命探査や生命活動の検出での具体的な研究戦略は、生命活動が維持されうるエネルギー環境の探査や検出、エネルギー代謝を可能とする場と分子メカニズムの理解ということに重点が置かれるようになってきている。

一方で、実際の地球におけるフロンティア生命および生命圏の探索は、従来の生命活動の限界を大きく広げるものとなってきた。近年、陸上や海底の地下深くへの科学掘削研究が、ICDP(国際大陸地殻深部掘削)やIODP(統合国際深海掘削計画)で行われるようになり、従来の太陽光を出発点としたエネルギー・物質循環に依存した地球表層環境における「光の生態系」とは異質の、惑星内部エネルギー(還元化学物質)を出発点としたエネルギー・物質循環に依存した「暗黒の生態系」が維持されていることが確実にようになってきた(地殻内海洋界概念の発生)。この「暗黒の生態系」に生きる生物は、これまで無生命圏と考えられてきたフロンティア環境に生存するためのエネルギー代謝や分子メカニズムを有していることが明らかになりつつあり、またその生存可能環境条件の限界を大きく拡大させるものであった。このようなフロンティア生命および生命圏の探索では、従来の生物学的研究のための科学技術以上に、フロンティア到達技術、遠隔操作による環境物理・化学因子計測技術、痕跡程度の生命活動の検出のための超高感度計測技術および複合極限環境条件での計測技術の役割が大きい。

さらに、こうした「暗黒の生態系」に生きる生物の多くは、光エネルギー変換システムである光合成を獲得する進化以前の生命現象やメカニズムを色濃く残した初期生命の子孫であり、生命の起源や初期進化を解明する上での絶好のモダンアナログとなる。また「暗黒の生態系」の存在基盤の理解は、地球外生命圏の理解と深く関係するため、地球外生命圏の地球型惑星モデルとしても極めて重要な研究対象である。アメリカおよびヨーロッパでは、このような背景の下、国家および共同体レベルの研究・技術開発プロジェクトがすでに進行している。それに比べて、我が国では科学掘削研究の科学目標の一つに組み込まれている程度のものであり、研究・技術開発を支援する大規模な枠組みは存在していない。

にもかかわらず、個別研究者および研究グループの多くの研究成果が世界の先導的な成果に結び付いている事実は特記に値する。

(2) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

現状のトピックとしては、「生命存在条件の解明」(関連課題 35「Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備」、課題 46「100MPa(=ca 1000 気圧)、300°C、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下 1km を想定)で生命体を培養・飼育する大容量(1000 litre を超える)空間の環境安定保持技術」)、「宇宙生物学」(関連課題 59「地球外生命探査技術」)、「生命および生命圏の限界」(関連課題 35、課題 36「深海生命圏(海陸を含め地下 5km まで進む)自律ロボット」、課題 37「生命の起源を探求するための太陽系惑星生態系再現シミュレーション手法」)、「生命圏と非生命圏の境界条件」(関連課題 35、課題 36、課題 37)、「暗黒の生態系」(関連課題 35、課題 36、課題 37)、「極限環境におけるエネルギー代謝」(関連課題 38「DNA の転写過程などの生命現象

解明および新薬開発ために、フェムト秒の時間分解能・ナノメートルの位置分解能をもって解析を行う X 線技術)、 「生命の起源と初期進化」(関連課題 35)、「地球外惑星生命探査」(関連課題 59)が挙げられる。鍵となるテクノロジーとしては、フロンティア到達技術(掘削や深海調査機器)、遠隔操作による環境物理・化学因子計測技術(各種化学センサやレーザー質量・同位体分析計)、痕跡程度の生命活動の検出のための超高感度計測技術(高感度・微小領域分析)および複合極限環境条件での計測技術(例えば 500℃、600 気圧での計測機器)が挙げられる。また、地上でのフロンティア(辺境)環境再現技術(深海・地殻内環境再現実験設備)も研究の進展には不可欠である(関連課題 31「深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術」、課題 35、課題 38)。

(3) 今後の展望

アンケート調査の結果からは、生物・生命起源研究および関連する科学技術について、「研究そのもの」に対する重要性を認めながらも、「関連する科学技術」の開発についての重要性の認識は相対的に低いと言う結果が見てとれる。この理由は、ひとえに、従来の生物・生命起源研究の大きな成果が、技術イノベーションによるものでなく、研究者の独創的な発想や仮説、アイデアに依存するところが大きかったという事実が広く知られていることに他ならない。確かに、関連する研究分野の進展には、科学技術の進歩以上に、研究者の個人的能力の突破力が大きな原動力になってきた。しかしながら一方では、多くの革新的な科学技術の開発において、最も大きな背景として述べられてきた慣用句(例えば「生命の起源や進化を解明する上でも重要である」)があることも事実である。現時点での生物・生命起源研究では、すでに多くの有力な「検証すべき有力仮説」が存在し、検証される時を待っている。そして、その検証のためには、現状の科学技術では歯が立たないものが多い。例えば、「地球の生命の誕生を準備した有機化学物質は暗黒星雲の星間塵で合成され」、「隕石によって運搬され」、「地球の原始海洋で多様化かつ濃縮され」、「海底熱水活動域で原始生命体が誕生した」というシナリオを一つ一つ検証してゆくには、それぞれの検証研究にフィットした実験系と分析技術が確立される必要がある。つまり、生物・生命起源研究および関連する科学技術の目標は、研究者の独創的な発想や仮説、アイデアに基づいた「検証すべき仮説」の提示がなければ、その重要性は認識されるはずがない。生物・生命起源研究が、知性を進化させた人類にとって、最も根源的な科学命題であることは疑問の余地はない。その答えを得るための科学技術の開発・実現には、「検証すべき仮説」が広く認知される基盤が必要であり、両者が切り離して考えられるべきではない。その根源的な科学命題を明らかにするためには、独創的な発想や仮説、アイデアが必要であり、それを検証するためには新しい科学技術が不可欠である。さらに新しい科学技術革新によって、それまで思いもつかなかったような発想や仮説、アイデアが生み出されるのである。この陽のスパイラルが不可欠であり、両者が補完しあいながら社会理解が浸透すれば、生物・生命起源研究が大きく進展することが期待できよう。

このことは今回の調査結果に就いてもかなり明確に見て取ることが出来よう。頭脳を中心として新たな智の発見を目指す「数値シミュレーション」(課題 37、課題 47「海洋の生態系についての数値モデルの確立」)は主として大学などの研究機関によるべきであるとする考え方で、計画の成就が 10 年以内に可能であろうとの予測が現れている。

それに引き換え上記論説に引用した各項目(関連課題 30「深海化学合成生態系による海洋へのエネルギー・物質寄与を高精度に見積もる技術」、課題 35、課題 36、課題 38、課題 45「微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム」、課題 46、課題 59)などのインフラ整備を必要とする研究開発項目に関しては主として公的研究機関に頼るべきであるとの意向が強く現れている。しかし、火星探査解析による生物痕の可能性の発表などに触発されたかもしれないが、難しく・経費も大きな可能性ある研究課題の成就の可能性が短期間であるという予測は「経費さえあればこの程度のことはできるはずだ」と言う技術の発展を大いに願う科学・技術開発研究者たちの願望を表すのではなかろうか。

(木下 肇、高井 研)

5. 1. 7. 宇宙素粒子（宇宙科学を含む）

(1) 概要

宇宙の誕生と進化の原動力を解明し、暗黒物質の正体や暗黒エネルギーの意味を突き止め、素粒子の種類や性質を基本原理から説明し、宇宙史の中で、物質と反物質の非対称性の起源を探り、各種元素の合成過程を再現し、また一般相対論の予言する重力波を検出することは、いずれも疑いなく人類の重要な知的課題である。素粒子、宇宙の高エネルギー現象の研究とともに、私は誰？ここはどこ？われわれの未来は？の質問で端的に表される宇宙における人間の位置づけの理解の深化とその物理的な必然性の解明もまた宇宙科学の重要な目的である。

素粒子研究について現状と課題をまとめると以下のようにいえる。

よく知られているように、20 世紀における粒子加速技術の格段の進歩による多くの粒子の発見そして相対性理論と量子力学を基礎にしたゲージ理論の確立により、素粒子の世界の解明は大きな進展を見て、素粒子の標準理論が提案されるまでに至った。しかし多くの謎が依然として残っている。

ヒッグス粒子は本当にあるか？ 超対称性粒子はあるか？ 弦理論が素粒子の振る舞いを記述する究極の理論なのか？クォークやレプトンの仲間の大きな質量の違いがあるのはなぜか？ 質量に違いがあるのにすべての粒子に構造が無いと考えられることが理解できるか？ なぜクォークもレプトンも3種類なのか？ 重力は他の力と統一的理解が可能か？ 我々の住む4次元の世界は大きな次元の一部とすべきか？ 暗黒物質、暗黒エネルギーなどはどう理解するのか？ 疑問は尽きない。

素粒子研究の歴史の歴史を振り返ると、この難題を解決する手掛かりの一つは加速器を用いた研究に求められる。欧州におけるハドロンコライダー計画が実現し新しいエネルギー領域の探査を開始した。同時に世界の高エネルギー物理研究者が取り組んでいる国際リニアコライダー計画の実現のための協議が 2012 年の設計完成を目指して最終段階に到り、この計画が実施に移されるならば素粒子の謎の解明に大きな貢献をするであろう。同時に、大強度レプトンコライダーや加速器や原子炉から作られるニュートリノビームを用いたニュートリノ振動実験などからも新しい研究成果が期待され、また、スーパーカミオカンデの数百倍の規模の検出器建設の計画も議論されている。LIGO などの重力波実験も実験を開始し、天文学だけでなく素粒子の謎に新しい光を当てることも予想される。

宇宙科学においては、ガンマ線から電波にわたる広い範囲の波長域における宇宙観測および理論研究によって、われわれの宇宙に対する理解は著しく発展し、人類は新しい宇宙観をもつに至った。

X 線天文学においては科学衛星「すざく」による宇宙における広範囲の高エネルギー現象の解明、「あかり」やすばる望遠鏡による光学・赤外線観測による新しい宇宙像の提供、「ひので」による詳細な太陽活動の観測等、宇宙科学において着実な進展が見られた。

太陽系研究においては、我が国が独自に本格的な月惑星探査が実行できる段階に入った。「はやぶさ」による小惑星探査、「かぐや」による月探査において世界の惑星科学の発展に対して大きな寄与がなされた。今年には「あかつき」によって我が国が金星研究に新たな寄与をもたらすことが期待されている。

さらに MAXI や SMILES による観測は国際宇宙ステーション (ISS) を用いた宇宙科学に先鞭をつけつつある。

地上観測においては、すばる望遠鏡による深宇宙探査や太陽系外惑星探査が確実に成果を上げている。また、チリに建設中の大型ミリ波サブミリ波干渉計 ALMA も着実に進められている。2012 年に本格運用が始まれば、宇宙ができて間もないころの生まれたての銀河や、星や惑星系の誕生、有機分子などの生命に関連した物質などの観測が格段に進むだろう。

とりわけこの十数年間にわれわれの太陽系以外の惑星系、いわゆる系外惑星系の観測、およびそれに伴う普遍的な惑星形成過程の理解が急速に進んだことは特筆すべき発展である。これまでは比較的質量の大きい惑星の検出に限られてきたが、今後は地球と同程度の質量の惑星の検出が急速に進みつつある。地球型惑星の検出は宇宙における生命の探索、および生命の起源の研究に新しい突破口を開くことが期待される。この結果は人類の世界観の変革に大きな影響を与えるであろう。

近未来の宇宙科学においては、スペースおよび地上観測において様々な計画が提案されている。X 線天文

衛星 Astro-H や赤外線天文衛星 SAPICA, 電波天文衛星 ASTRO-G などの科学衛星からの天文観測が計画されている。月惑星探査においても Beppi-Colombo ミッションがヨーロッパとの協力で進められつつあり、月探査では「かぐや」に続いて SELENE-2 計画が検討されつつある。より長期の月惑星探査については、JAXA 宇宙科学研究所が惑星科学コミュニティと協力して策定したいわゆる太陽系ロードマップ「太陽系探査科学の進むべき方向」(2007年5月リリース)において議論されている。「宇宙技術」の節も参照。

地上観測においては、次世代の大型地上観測装置として 30m 光赤外望遠鏡(TMT)計画、一平方キロメートル電波干渉計(SKA)計画が計画されている。TMT 計画は、直径 30m の光赤外望遠鏡をハワイに建設し、ダークマター・ダークエネルギー、ブラックホール、初期宇宙の物理の解明、太陽系外惑星、特に地球型惑星の探査など、広範な宇宙解明の最前線を開くことが期待される。また、SKA 計画は開口面積が平方キロメートル級の巨大な cm 波・m 波帯の長波長電波干渉計で、高感度・広視野・高分解能の観測で宇宙の基本問題の解明、広い科学分野の先端研究を目指している。

宇宙・素粒子研究は古代からガリレオやニュートンの時代を経て今日に至るまで常に人類が長年追い求めてきた知的探求課題である。これらの研究で大きな上げ研究のリーダーシップをとり、国際社会において確固たる位置を築くことは今日の日本の最重要課題であるといえよう。

(2) 各課題について

今回の調査では、前回の課題の進捗状況と調査結果を踏まえて、以下の5課題に厳選した。それぞれの課題について課題ごとに意義を略記する。

課題 48「ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術」

ダークマター、重力波、サブミリ波、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線などの各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙計量・観測技術、宇宙空間からのサブミリ波、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線などの観測に関しては現在、国内外の天文学/宇宙物理学コミュニティからの観測提案が多数なされている。我が国においては関連コミュニティの研究者の参加を得て、JAXA/宇宙科学研究所を中心に国際協力を含めた観測提案について議論が行われている。ダークマター、重力波の検出については、宇宙空間および地上観測の両面を視野において検出器の基礎研究が行われつつある。これについては革新的な技術開発が不可欠である。

課題 49「宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術」

素粒子の観測は観測対象の粒子が観測機器を通過した際に測定装置の物質を電離などにより測定装置に残すエネルギーの測定によって行われる。宇宙ニュートリノやダークマターなどは測定装置に残すエネルギーが極端に小さいことが予想されており、格段に小さいエネルギーの変化を観測できると考えられている超伝導技術を利用した計測器などそのための新しい測定装置の開発がおこなわれている。ダークマター、ダークエネルギーについては、現時点ではその実体の解明とそれの検出のための基礎研究が必要な段階と考えられる。

課題 50「自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術」

宇宙の最小構成要素は素粒子であり原子核である。この研究は20世紀に飛躍的な進展を見たが、これを可能にしたのが粒子加速器である。この分野にはたくさんの未解決な課題があり、自然界に対する一層深い理解を得るには、粒子加速器の革新が不可欠である。

課題 51「超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器」

未踏のエネルギー領域を探索するための新しい粒子加速方式の開発が不可欠であり、世界の研究者がこれに取り組むであろう。格段に高いエネルギーを実現する加速手段としてレーザーによる粒子加速が提案され、低いエネルギーではあるが、すでに現実に粒子加速を実現している。今後大いに注目される加速手段である。

課題 52「素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるペタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術」

素粒子の研究や加速器の開発には大容量で高速な計算機の助けが必要である。また、実験が不可能な宇宙物理の理解にはシミュレーションは不可欠になっている。21世紀になり計算機への依存はますます大きくなり、革新的計算手段の実現なしには研究の進展は期待できない。例えば、多くの素粒子の性質を記述する基礎理論は確立したように見えるが、依然として多くの現象の完全な理解には至っていない。最も身近な陽子や中性子はそれを構成するのがクォークでありクォーク間に働く力がグルーオンであることは分かっているが、陽子や中性子の質量を計算することはできていない。原子核の性質の理解には同様に一層大きな能力を持った計算機が必要になるであろう。現在手に入る限り大型の計算機を使ってこれを計算する試みがあるがいまだに計算能力が不足しており、計算機の格段の改善が望まれる。また、銀河形成、星形成、惑星形成などの天体現象を、微視的物理過程を第一原理から正確に計算しながら、巨視的物理過程を十分な空間スケール・時間スケールでシミュレーションするには、莫大なメモリと超高速な演算装置が必要になるが、次世代の計算機でも能力が不足している。

(3) アンケートに対する回答について

回答者全体をまとめた傾向を見ると、以下のようにまとめられる。技術的实现予測時期について、課題51以外については、2030年までに多くの研究者が実現されると予想している。また、課題50, 51についてはかなりの研究者が実現しないと回答している。これに関して、コメント等の記述がないので理由が不明であるが、今後検討すべき課題であると考え。また研究を推進・牽引するのは大学や公的機関と回答しているが妥当であると考え。社会的实现予測時期については、2040年までに実現と技術的实现時期から10年ほどズレを予測しているが妥当であると考え。

個別の課題についてのコメントには、多岐にわたり、短い文章でまとめるのは困難である。ただし、目につくものとして、課題48の回答にあるように、多種多様な内容を一つの課題まとめるのは不相当との指摘があり、今後設問の立て方について検討すべき課題である。また、国際共同研究の重要性を指摘する意見や我が国の得意分野であるので積極的投資を続けてリードすべきであるとの意見も見える。大型計算機についてはペタコンを超える検討が国際的に始まっているとの意見が出されている。

(4) まとめ

基礎科学の基礎を作り、これを先導してきた宇宙・素粒子分野の研究は人類の知的財産であり、技術革新のドライビングフォースでもある。我が国が基礎科学における人類の知的財産の拡大への貢献によって世界から尊敬を集め、競争の激化する世界の中で確固たる地位を占めるために今後一層の研究投資と人材養成が必要であることは論をまたない。

これまで宇宙科学の研究と人材育成において JAXA は重要な役割を演じてきた。2008年に施行された宇宙基本法は、今後の日本および世界の宇宙科学研究にも影響を与えることが予想される。JAXA において、宇宙科学研究所は我が国独自の制度である大学共同利用研究所として、大学等の宇宙科学研究者コミュニティとの協力のもとに世界トップクラスの研究を展開してきた。宇宙基本法の具体化において、人類の知的財産としての宇宙科学の発展における我が国の寄与がさらに高まる体制の構築が望まれる。

(高崎 史彦、山本 哲生、小久保 英一郎)

5. 1. 8. 人工構造物（人工物）

人工構造物、特に、巨大複雑システムの統合技術とは、海洋や宇宙など人を簡単に寄せ付けない作業環境下で、時間的にも空間的にも大規模複雑なシステムを実現する技術であり、高信頼性、頑健かつ再構成可能な巨大複雑システムを合理的かつ効率的に実現する総合技術である。

今回の調査では、特に、超軽量・高収納率・高精度の 100m 級展開大型アンテナの建造技術、多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム、有人・月惑星探査用 3 次元展開型高剛性構造物の建造技術、有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプ建設、がアンケート課題として提案された。この課題に回答された方の中で専門度の高い方の回答をみると、まず、ほとんどが、世界・日本双方にとり重要であり、実現には公的研究機関が牽引ですと認識している点が挙げられる。また、上記のうち、前者3つの宇宙に関係している課題では、技術的実現時期は 2021～30 年、社会的実現時期もほぼ同様となった。最後の海上プラットフォームについては、実現期間が 2016～20 年と早目と予測されている。このことから、特に、宇宙における巨大システム技術のような課題は、日本独自で行うというよりは、世界と協調しなければ実施できない技術と考えられているとも言える。

ミッションがあまり具体的に記述されておらず曖昧な課題設定になってしまったことは否めず、もっと具体的にミッションや定量的な数値を記述することで内容を思い切って絞り込むべきであり、回答者にもっと揺さぶりをかけるべきであったと反省している。例えば、海上プラットフォームとして、日本の海域を自由に移動できる海洋航行式ロケット発着場、などが考えられる。一方、高収納率・高精度の大型構造物としては、今後将来に渡って需要のある対象は宇宙アンテナと認識されており、欧米そして日本でも、その建造技術のキーテクノロジーとしてスマート構造技術の研究開発にしのぎを削っている。また、超軽量大型構造物に関しては、膜面・インフレータブル構造の高精度解析・設計・製作・軌道上性能保証のための技術開発が精力的に行われている。また、3 次元展開型または組立型構造物については、従来より多くの概念提案や解析研究がなされているが、近年、軌道上や月面における太陽発電システムが再度真剣に検討されてきており、実現に向けた適切な戦略を練る段階に来ている。そして、GPS に代表される軌道上編隊システムをさらに凌駕する大規模な多様異種システムからなる編隊衛星システム(分散的な観測・通信軌道システムおよび運用制御地上システム)を実現し、協調連携運用することで、リアルタイム地球観測診断が可能になると考えられ、その研究開発が、公的研究機関だけでなく、大学研究室やベンチャー企業を含めた様々なレベルで行われており、その動向が大いに期待される。

このような巨大システム技術の技術的重要性は、ミッション企画、概念検討、解析、設計、開発、試験、輸送、管理、運用に渡るすべての項目を統合的に捉え、きわめて多数の厳しい制約条件を満たしつつ、厳格に選択された多様かつ高機能な要求を実現するための統合設計・管理方法が要求されるところにある。海洋や宇宙は人類の究極的フロンティアであり、本技術はその探求を実現するための必須技術である。この技術を未来の新しい構造物システムを構築する際に応用開発することで、人類の活動領域が拡大し、さらには、それ故に、陸上や地球上で人類が存在・生活することの根源的意味を本質的に理解することに役立つ。

本技術は、未知の部分を含む多数の要素システムからなる複雑システムを構築するという、最も高度な人類の英知が必要不可欠な統合システム技術であり、海洋や宇宙だけにとどまらず、陸上における様々な分野にも安全安心を確保する上でますます必要とされるであろう。

日本は、要素研究・要素開発技術に関しては世界に冠たる成果を誇るが、それぞれの要素関係を定義して、高度な機能を実現するためのシステム設計に関しては欧米の後塵を拝している。すなわち、日本は、戦後の様々な制約のために、部品点数にして数百万点をはるかに超える巨大複雑システムを恒常的に開發生産する機会を有しておらず、システム設計能力を持つ人材が決定的に欠けており、結果的に、その重要性が理解されにくい社会となっている。多数のシステムからなるシステムを不具合なく信頼性を確保しながら構築する知恵を身に付けることができ、はじめて人類は、安全・安心を真の意味で確保することができると言えよう。

(松永 三郎)

5. 1. 9. 宇宙技術（宇宙医学を含む）

(1) 宇宙開発の最近の動向

世界的な動向としては、日本も参加している国際宇宙ステーション計画が1998年に建設が開始され2009年には日本の実験棟の組み立ても終了し、2010年中には完成が予定されている。2015年までの運用が計画されているがその延長について議論が行われている。地球環境問題の関心の高まりとともに地球観測衛星による貢献の期待が世界的に高まっている。米国においては2010年2月に「コンステレーション計画」の打ち切りが発表され、有人月面探査を当面の目標としていたそれまでの計画が再検討されることになった。月探査について日米欧に加えて中国、インドも無人探査機を打ち上げるなど惑星探査や宇宙科学の分野においては、新たな知見を求めて各国しのぎを削っている。一方で宇宙科学の分野においてはより大型の衛星によるミッションが増え、一国では費用負担が難しいことから国際協力による分担が試みられている。

中国では既に有人宇宙船の打ち上げに成功しており、インドでも数多くの衛星の打ち上げを行い宇宙開発に力を入れている。またアジアやアフリカの発展途上国においても宇宙開発を進め自国の小型衛星を打ち上げる国が相次いでいるが、これらの国々ではまだ自国で衛星、ロケットを開発し打ち上げる技術は有しておらず、海外の企業から調達している状況である。

日本においては2008年に宇宙基本法が施行され、内閣総理大臣を本部長とする宇宙開発戦略本部を司令部として国全体の宇宙開発が戦略的に推進されJAXAを含む実施体制も見直されることとなった。さらに2009年には宇宙基本計画が策定され宇宙開発を「研究開発主導から利用ニーズ主導に転換し」、外交や産業競争力強化への貢献も視野に推進していくこととなった。大学や企業において50kg以下の超小型衛星の開発が盛んに行われるようになってきた。衛星開発の裾野を拡大し、人材の育成に貢献するとともに日本の宇宙開発を活性化することが期待されている。

(2) 宇宙技術に関するトピックス・キーテクノロジー

宇宙開発に関する技術（宇宙技術）について、ここではその利用されるミッションによって社会ニーズによる実利用促進や産業振興に貢献する技術とフロンティア技術としての先導的技術に分類して本予測調査で認識された課題を中心に述べる。

1) 実利用促進や産業振興に貢献する宇宙技術

今回の予測調査では次の2点が認識されアンケートがとられた。

- ・課題 57「高信頼性（高ロバスト性等）で、競争力（低コスト化、超小型・超軽量化等）のある日本製宇宙機器（輸送系・衛星系等）」
- ・課題 63「自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術（セルフ・リペアー）、宇宙探査技術（セルフ・プランニング）」

これらが認識された背景には、社会インフラとしての宇宙システムへの期待が高まる中、インフラとしてより信頼度の高いシステムが必要とされていることが挙げられる。自律型宇宙システムに向けた宇宙空間で自動的に機器の修理を行うセルフリペア技術や自動で観測計画を立案するセルフプランニング技術などが議論された。これらの実現時期については2020年以降との見方が多い。また、宇宙基本法や宇宙基本計画を意識しての事と思われるが競争力のある日本製宇宙機器については比較的早期の実現（2020年以前）を期待する声が多かった。

今回の調査では課題として認識されなかったが、この分野では、地球環境問題など社会ニーズに応えるための新ミッションの開拓やそれを実現するための新技術開発（高頻度観測、多数機による編隊飛行をベースにした革新的高性能観測システムなど）、データの利用を飛躍的に拡大させるための統合宇宙データベース開発などが必要とされている。データ利用の分野では商業的な活動が活発になってきている。

2) フロンティア技術として発展すべき宇宙技術

この分野に該当する課題として以下の4点が認識された。

- ・課題 58「超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術」
- ・課題 59「地球外生命探査技術」
- ・課題 60「日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船)」
- ・課題 62「永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等)」

超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術については、大学等で研究が進んでいる超小型衛星技術が発展し2020年以前には実現できるのではとの予測が多い。低コストで小回りの利くミッションとして期待できるが、超小型観測センサ技術や望遠鏡衛星と検出器衛星を打ち上げ、お互いの位置を高精度に保持する技術などの発展も合わせて考えていく必要がある。地球外生命探査については始原天体、火星や木星の第2衛星のエウロパなどが目標天体として考えられるが、今回の予測調査では2020年以降に必要な技術が実現するとの見方が多い。より高精度な飛行技術やサンプルリターン、ロボティクス技術などの発展が必要と考えられる。

宇宙科学の分野で、ここ10年を眺めてみると史上初の硬エックス線反射鏡による撮像観測とX線観測史上最高の分光観測の実現を目指すASTRO-Hや高感度でかつ高空間分解能の中間赤外・遠赤外観測を目指して口径3.5mの大型望遠鏡を搭載した次世代高解像度赤外線観測衛星(SPICA)が検討されており、世界的に大きい期待が寄せられている。また、次期X線国際天文衛星(IXO)の検討も始まっている。これらはすべて従来にないスケールの大規模ミッションであり国際協力の下で進められている。

有人技術に関する課題として2点挙がっているが、ロケットの有人化や有人宇宙船などの有人宇宙システムについては日本にとって重要な課題として認識され、その実現は2020年代の半ばごろとの見方が多い。日本のロケットは無人としては世界水準の高信頼性を有しているが、有人化に当たってはより一層の高信頼化を図るとともに乗員安全確保のための緊急脱出技術などを新たに開発する必要がある。有人宇宙船については宇宙ステーション計画での実験モジュールやHTVの開発を通じて基礎的な技術は保有できていると考えられるが、生命維持システムや乗員を地上に安全に帰還させる技術など今後注力すべき課題は多い。有人月面基地については米国では有人宇宙活動の目標として不確定な要素も出てきたが、日本では宇宙基本計画で2020年ごろに無人の月面科学探査拠点を実現した後、有人化を目指す方向が示されている。月面での精密作業、構造物の設置、宇宙飛行士の安全を守るための月面での熱制御など未だ世界的にも開発すべき技術課題は多く、今後国際協力をベースに実現に向けての検討が必要である。

有人宇宙技術の一要素として、宇宙医学についても注視する必要がある。特に月面に長期に渡って宇宙飛行士を滞在させるにあたっては、新たな知見を加え安全確保が確実にできる技術として発展させる必要がある。またこの過程で生まれる技術については地上の医療活動へのフィードバックを促進し、有人宇宙技術の成果の活用として期待できる。

3) その他の特記事項

今回の調査では次の2点についても取り組むべき課題として認識された。

- ・課題 64「デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)」
- ・課題 61「地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)」

デブリ問題の対策技術については2020年代の半ばごろに実現の予測が多かったが、デブリの分布状況の把握やデブリ発生極小化については世界的に既に取り組みが行われているが、能動的に軌道にあるデブリを取り除く技術はまだ研究段階にある。今後これらの研究が発展し実用化されることが重要である。

宇宙観光旅行については2020年ごろまでに実現するのではという見方が多いが、これは民間企業の活動として牽引されるべきとの声が多数を占めた。

宇宙太陽光発電が宇宙基本計画で取り上げられているが、当面軌道上で小型衛星や宇宙ステーションを利用した実証実験を行い、実用化に向けた見通しが検討されることになっている。

(4) 今後の展望と課題

宇宙開発の将来を展望してみると、宇宙科学や探査、有人宇宙開発などのフロンティア的な分野と、社会ニーズに基づき、商業的な発展にも繋がる通信、放送、測位、地球観測などの実利用分野では異なる発展が見られるであろう。宇宙科学・探査分野では世界的な競争と協力のバランスが保たれつつ、より遠方の目標に向かってますます観測装置や衛星が大型化していくであろう。また有人宇宙開発では人類の火星への到達がターゲットになり、そのゴールに向かって中間的な目標が掲げられ大型の国際協力ミッションが行われていくであろう。実利用分野ではそのミッションに応じた多様な計画が立ち上がり、それに沿った形で様々な技術開発が行われるであろう。商業的なものについては、高信頼性かつ低コストな技術が必須となり宇宙機の大きさもミッションに応じて、超小型、小型、大型のものが使い分けられるようになっていくであろう。

日本においてはこのような展望の下、まずは宇宙基本法に述べられた宇宙開発体制の整備や宇宙基本計画の着実な実施が行われる必要がある。さらに部品やコンポーネントなどの基礎技術基盤や輸送システム基盤等の維持や人材の育成についても注力していく必要がある。

(小久保 英一郎、小澤 秀司、的川 泰宣、山本 哲生)

5. 2. アンケート調査の回収状況

No.5分科会「宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下のようになっている。

表 5.2-1 No.5 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
328 人	272 人	83%	272 人	237 人	87%

性別	男	227 人	職業	会社員	32 人	専門度の平均	高	12.9%
	女	10 人		大学等教職員	112 人		中	25.7%
年代	無回答	なし	研究機関職員*	70 人	低	61.4%		
	20 代	1 人		団体職員		6 人		
	30 代	19 人		その他		17 人		
	40 代	57 人		無回答		なし		
	職業種	50 代	83 人	研究開発従事	191 人			
		60 代	65 人	上記以外	45 人			
		70 代以上	12 人	無回答	1 人			
		無回答	なし	合計	237 人			

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する 3 つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

5. 3. 課題の区分

個別予測課題を検討するにあたっては、その前提として、宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大するための要件等について議論し、これに基づいて以下の課題の区分を設定した。

表 5.3-1 課題の区分

A	地球診断技術 大気圏を含む地球全体の常時診断技術（地球の表層、内部を常時モニターする）
B	宇宙・海洋管理技術（観測を含む） 海洋エネルギー利用・資源回収技術、海底活動観測技術、海洋環境通信技術、CO ₂ 海中溶解・海底下固定技術、惑星観測技術
C	未来の科学技術を先導するフロンティア領域 未開発・未利用技術、脳のニューロンマッピング（素粒子研究との関連）
D	生物／生命（起源） 微小海洋生物の解析技術、極限環境で生命体培養・飼育する大容量空間の環境安定保持技術
E	宇宙素粒子（宇宙科学を含む） ダークエネルギー、ダークマター、高温超伝導物質、生命現象の解明、医学への応用等
F	人工構造物（巨大システム技術） 極限環境における大規模複雑システム、高信頼・頑健かつ再構成可能な巨大複雑システムの合理的・効率的に実現する総合技術（統合システム）
G	宇宙技術（宇宙医学を含む） 有人宇宙技術、衛星技術、宇宙産業基盤技術、ロケット・輸送、宇宙探査、新しい宇宙利用の創出、地上システムとの連携とそれに必要なシステムインテグレーション技術

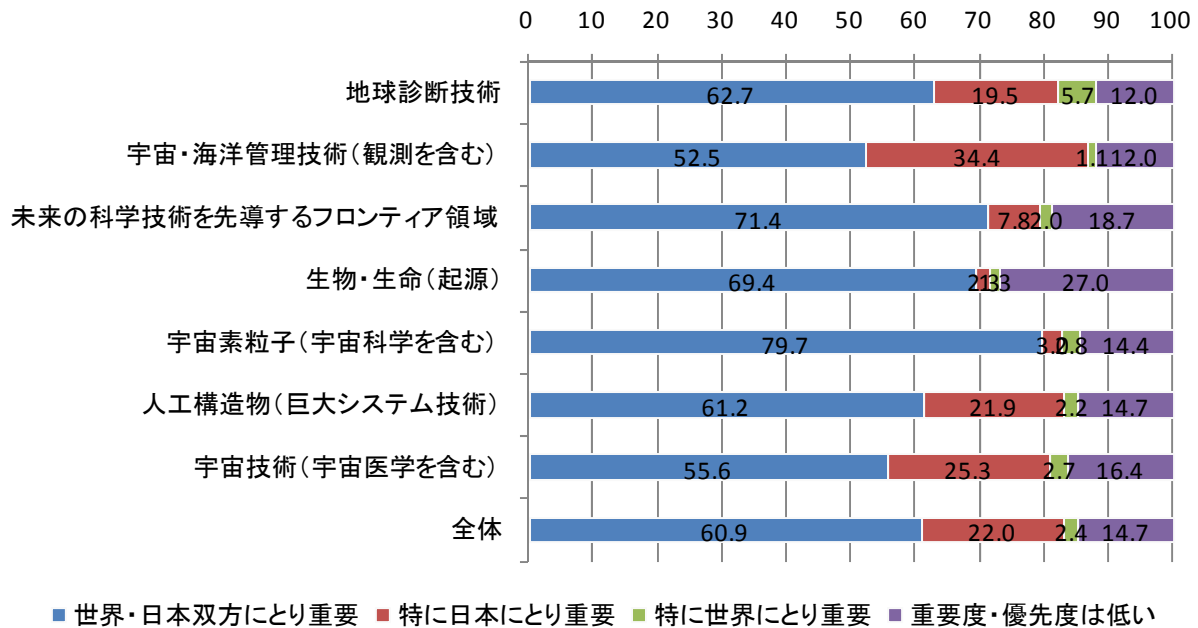
5. 4. 個別予測課題に関する設問について

5. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題全体では、「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題(60.9%)が最も多く、次いで「特に日本にとり重要」と評価された課題(22.0%)が続く。

図 5.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、世界・日本双方にとり重要な課題が含まれる区分としては、「宇宙素粒子(宇宙科学を含む)」(79.7%)が最も多く、次いで「未来の科学技術を先導するフロンティア技術」(71.4%)、「生物・生命(起源)」(69.4%)が続いている。特に日本にとり重要な課題が含まれる区分としては「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」(34.4%)が最も多い。特に世界にとり重要な課題については、どの区分についても割合はそれほど大きくはなかった。一方で、重要度・優先度が低いと評価された課題が比較的多く含まれた区分は、「生物・生命(起源)」(27.0%)で重要度の評価が分かれている。

(2) 重要課題(重要度・優先度が高い課題)

課題の優先度・重要度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「とくに日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計割合の高い上位 20 位以内の課題は次の通りである。「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」関連が 11 課題、「地球診断技術」関連が 4 課題、「宇宙技術(宇宙医学を含む)」、「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」関連が各 2 課題含まれている。

表 5.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
11	風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	98.6	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
57	高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)	98.5	2017	2022	宇宙技術(宇宙医学を含む)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
1	生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング	97.8	2020	2027	地球診断技術
12	熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	97.4	2020	2027	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
64	デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)	97.2	2023	2032	宇宙技術(宇宙医学を含む)
25	陸海シームレスの観測データ整備	96.2	2018	2026	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
23	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	96.1	2016	2022	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
47	海洋の生態系についての数値モデルの確立	96.1	2018		生物・生命(起源)
39	新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X線、中性子線、ミュオン粒子線などの量子ビームを用いて各種化学反応過程を観測する技術	95.7	2018	2025	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
2	温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	95.4	2020	2027	地球診断技術
8	日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム	94.9	2020	2028	地球診断技術
26	平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術	94.3	2020	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
3	大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	94.3	2020	2027	地球診断技術
15	衛星－無人パイを経由した AUV(自律型海中ロボット)等の海中活動テレメトリー技術	93.9	2015	2021	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
33	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場	93.3	2019	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
38	DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメートルの位置分解能をもって解析を行う X 線技術	93.2	2019	2028	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
19	6000m を越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大型耐圧容器	93.1	2017	2023	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
29	自律型深海重作業ロボット	93.1	2019	2027	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
22	熱や CO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術	92.8	2022	2029	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
31	深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術	91.8	2019	2026	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「地球診断技術」関連が 3 課題、「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」関連および「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」関連がそれぞれ 2 課題となっている。技術的実現時期は 2020 年前後を中心に分布している。

表 5.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
47	海洋の生態系についての数値モデルの確立	94.7	2018		生物・生命(起源)
64	デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)	93.6	2023	2032	宇宙技術(宇宙医学を含む)
38	DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメータの位置分解能をもって解析を行う X 線技術	88.6	2019	2028	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
1	生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング	88.5	2020	2027	地球診断技術
25	陸海シームレスの観測データ整備	85.7	2018	2026	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
22	熱や CO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術	85.6	2022	2029	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
3	大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	85.4	2020	2027	地球診断技術
39	新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X 線、中性子線、ミュー粒子線などの量子ビームを用いて各種化学反応過程を観測する技術	84.8	2018	2025	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
2	温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	84.6	2020	2027	地球診断技術
48	ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術	84.4	2019	2027	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要な課題」として、評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」関連が 6 課題、「地球診断技術」、「宇宙技術(宇宙医学を含む)」関連がそれぞれ 2 課題となっている。技術的実現時期はここでも前項と同様に 2020 年前後を中心に分布している。

表 5.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
8	日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム	82.8	2020	2028	地球診断技術
12	熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	75.4	2020	2027	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
57	高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)	75.2	2017	2022	宇宙技術(宇宙医学を含む)
26	平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術	73.9	2020	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
17	我が国のEEZ内全域で、海中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク接続観測網	73.8	2018	2025	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
6	我が国の陸域並びに海岸から20km以内の近海域において、水平方向10km×10km、且つ鉛直方向2.5kmのメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム	70.4	2019	2027	地球診断技術
14	海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術	66.7	2018	2023	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
60	日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船)	63.4	2024	2033	宇宙技術(宇宙医学を含む)
21	我が国のEEZ内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術	59.6	2016	2021	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
23	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	58.8	2016	2022	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

(5) 特に世界にとり重要な課題

「特に世界に取り重要」の回答比率の高い(30%以上)課題はなかった。

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」として、評価された上位10位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

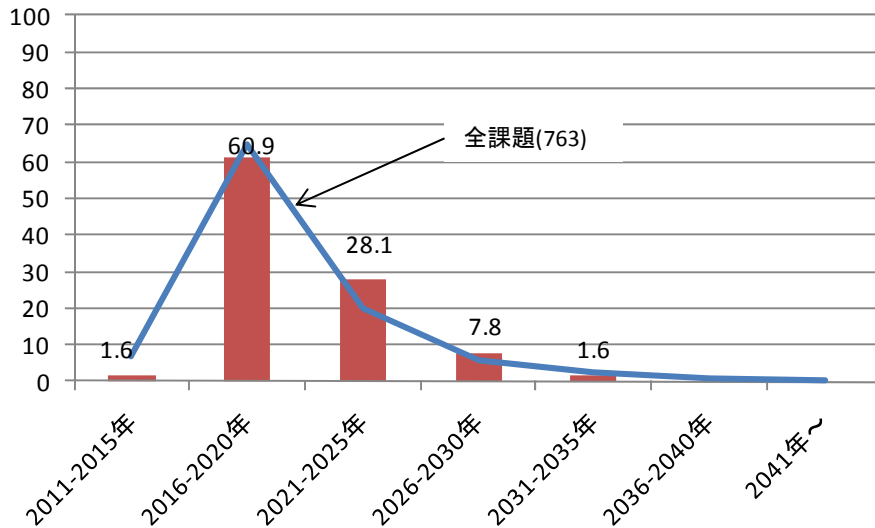
表 5.4-4 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
46	100MPa(=ca 1000気圧)、300℃、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下1kmを想定)で生命体を培養・飼育する大容量(1000 litreを超える)空間の環境安定保持技術	51.3	2019	2028	生物・生命(起源)
61	地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)	41.0	2020	2031	宇宙技術(宇宙医学を含む)
35	Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備	36.8	2019	2029	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
34	海水中に溶存している酸素や水素を取り出してエネルギーを生み出す海水エンジン	33.3	2026	2035	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
4	全地球の陸域表層並びに海水面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向1km×1km、海面においては同じく10km×10kmの領域で標高10mm、かつフリーエア重力10mgalの精度で10日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム	31.1	2024	2032	地球診断技術

5. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。全課題の技術的実現予測時期の分布と本分科会の課題の技術的実現予測時期の分布は、2016～2020年をピークにほぼ同様の傾向を示している。ただし、2021年～2025年に実現すると予測された課題が若干多い。

図 5.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」の区分では、2016年から2020年に実現すると予測された課題の割合が他の区分に比べて多い。

表 5.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
地球診断技術			5	4	1	
宇宙・海洋管理技術(観測を含む)		1	18	4	1	
未来の科学技術を先導するフロンティア領域			4	3	3	
生物・生命(起源)			3			
宇宙素粒子(宇宙科学を含む)			4	1		
人工構造物(巨大システム技術)			2	2		
宇宙技術(宇宙医学を含む)			3	4		1

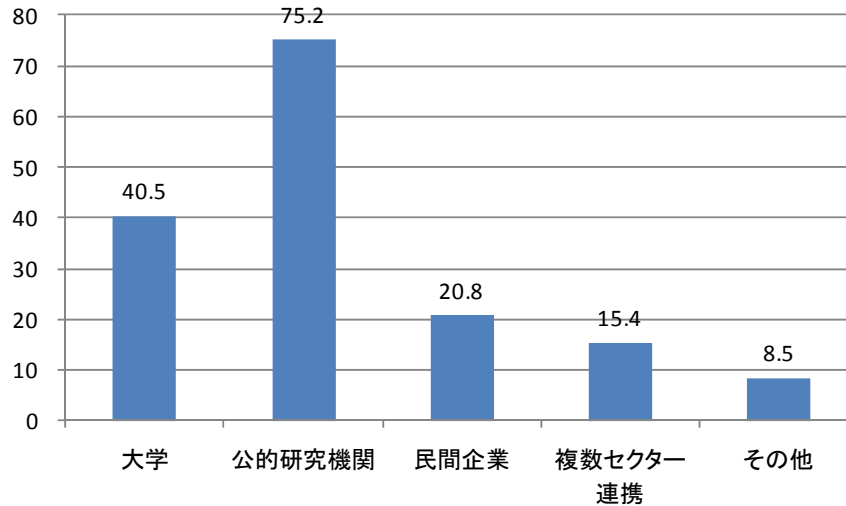
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高い(30%以上)課題はなかった。

5. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「公的研究機関」をあげる割合が70%以上を占めている。

図 5.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「生物・生命(起源)」、「宇宙素粒子(宇宙科学を含む)」、「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」では「大学」をあげる割合が高く、他の区分の傾向とは若干異なっている。

図 5.4-6 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
地球診断技術	38.2	85.0	3.6	18.2	18.0
宇宙・海洋管理技術(観測を含む)	33.9	76.0	28.5	19.7	3.9
未来の科学技術を先導するフロンティア領域	57.5	67.3	16.5	9.4	5.2
生物・生命(起源)	66.2	73.1	14.9	11.6	8.3
宇宙素粒子(宇宙科学を含む)	65.0	70.1	7.1	7.2	11.4
人工構造物(巨大システム技術)	22.0	78.7	30.4	14.8	11.4
宇宙技術(宇宙医学を含む)	25.9	72.9	30.6	13.3	11.1

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-7 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
49	宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術	81.8	2020	2027	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)
47	海洋の生態系についての数値モデルの確立	78.4	2018		生物・生命(起源)
37	生命の起源を探求するための太陽系惑星生態系再現シミュレーション手法	77.9	2025		未来の科学技術を先導するフロンティア領域
40	人間の思考現象の解明ために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術	76.3	2019	2029	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
48	ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術	73.0	2019	2027	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-8 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
3	大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	90.8	2020	2027	地球診断技術
6	我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム	90.3	2019	2027	地球診断技術
27	水・金・火星の周回による表面および内部観測技術	89.5	2018	2027	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
23	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	87.3	2016	2022	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
8	日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム	86.5	2020	2028	地球診断技術

○民間企業

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-9 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
61	地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)	74.8	2020	2031	宇宙技術(宇宙医学を含む)
21	我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術	68.5	2016	2021	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
11	風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	68.4	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
26	平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術	56.8	2020	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
56	有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプの建設	55.6	2016	2022	人工構造物(巨大システム技術)

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-10 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
11	風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	39.0	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
12	熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	35.9	2020	2027	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
26	平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術	33.0	2020	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
33	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場	31.4	2019	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
24	人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術	30.1	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

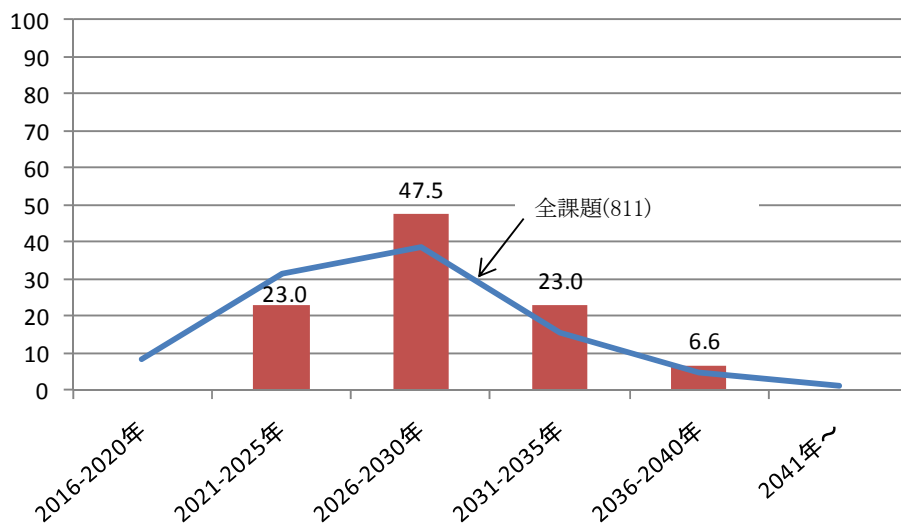
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い課題(回答比率 30%以上)はなかった。

5. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現予測時期は 2026-2030 年にピークがあり、全課題の状況と比べるとカーブの形は鋭く、ピークも高くなっている。

図 5.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別・実現時期別の課題数は下表の通りである。「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」の区分では、他の区分に比べ社会的実現予測時期が比較的早い課題を多く含んでいる。

表 5.4-11 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
地球診断技術		6	4	
宇宙・海洋管理技術(観測を含む)	9	13	1	
未来の科学技術を先導するフロンティア領域	1	3	2	3
生物・生命(起源)	1	1		
宇宙素粒子(宇宙科学を含む)		4	1	
人工構造物(巨大システム技術)	1	2	1	
宇宙技術(宇宙医学を含む)	2		5	1

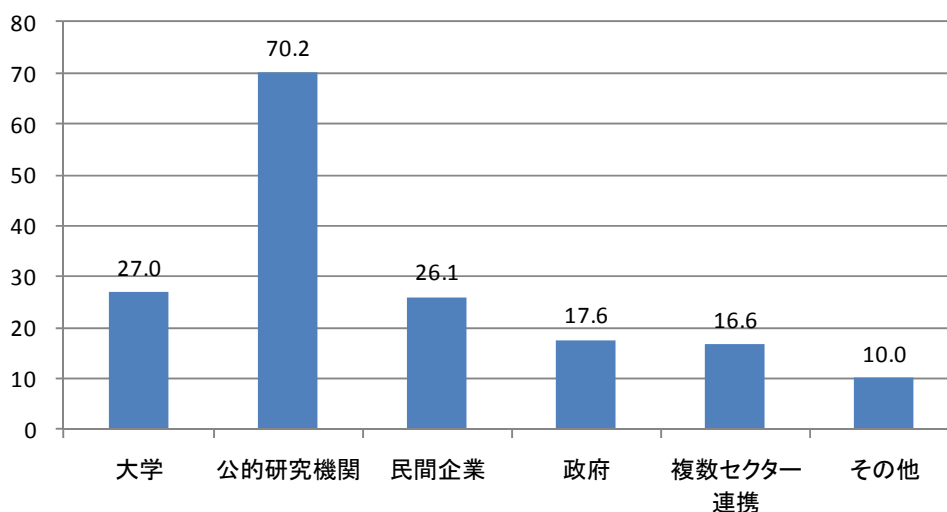
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高い(30%以上)課題はなかった。

5. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「公的研究機関」をあげる割合が7割以上を占めている。

図 5.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、技術的实现の場合と同様に、「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」、「生物・生命(起源)」、「宇宙素粒子(宇宙科学を含む)」では「大学」をあげる割合が高く、他の区分の傾向とは若干異なっている。

表 5.4-12 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
地球診断技術	20.2	76.1	5.7	21.4	16.7	21.6
宇宙・海洋管理技術(観測を含む)	20.7	67.8	34.5	21.9	21.5	5.1
未来の科学技術を先導するフロンティア領域	41.4	70.3	26.8	9.1	11.6	4.1
生物・生命(起源)	54.4	71.6	24.1	5.1	14.5	2.2
宇宙素粒子(宇宙科学を含む)	57.3	68.6	7.1	9.8	9.4	18.6
人工構造物(巨大システム技術)	15.5	76.0	33.1	16.9	17.5	12.0
宇宙技術(宇宙医学を含む)	17.5	67.0	35.3	18.8	13.0	12.2

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-13 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
49	宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術	71.4	2020	2027	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)
51	超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器	64.7	2024	2034	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)
40	人間の思考現象の解明ために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術	61.5	2019	2029	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
48	ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術	59.8	2019	2027	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)
50	自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術	57.8	2019	2028	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-14 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
46	100MPa(=ca 1000 気圧)、300°C、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下 1km を想定)で生命体を培養・飼育する大容量(1000 litre を超える)空間の環境安定保持技術	85.7	2019	2028	生物・生命(起源)
54	多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム	83.6	2019	2027	人工構造物(巨大システム技術)
23	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	82.8	2016	2022	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
28	打ち消し型干渉計やコロナグラフなどの技術を用いた、太陽系近傍の星の周囲にある地球型惑星の直接的撮像技術	82.2	2021	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
55	有人・月惑星探査用 3 次元展開型高剛性構造物の建造技術	82.1	2022	2031	人工構造物(巨大システム技術)

○民間企業(NPO を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-15 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
61	地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)	79.3	2020	2031	宇宙技術(宇宙医学を含む)
21	我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術	70.2	2016	2021	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
11	風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	67.9	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
26	平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術	63.6	2020	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
57	高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)	61.5	2017	2022	宇宙技術(宇宙医学を含む)

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.4-16 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
23	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	47.5	2016	2022	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
11	風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	37.2	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
62	永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等)	37.1	2032	2040	宇宙技術(宇宙医学を含む)
6	我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム	36.1	2019	2027	地球診断技術
21	我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術	35.7	2016	2021	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)とは以下の表に示す通りである。

表 5.4-17 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
33	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場	38.6	2019	2028	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
12	熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	36.5	2020	2027	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
24	人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術	36.3	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
11	風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	32.8	2016	2024	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 5.4-18 「その他(国際機関等)」という回答の比率が高かった課題

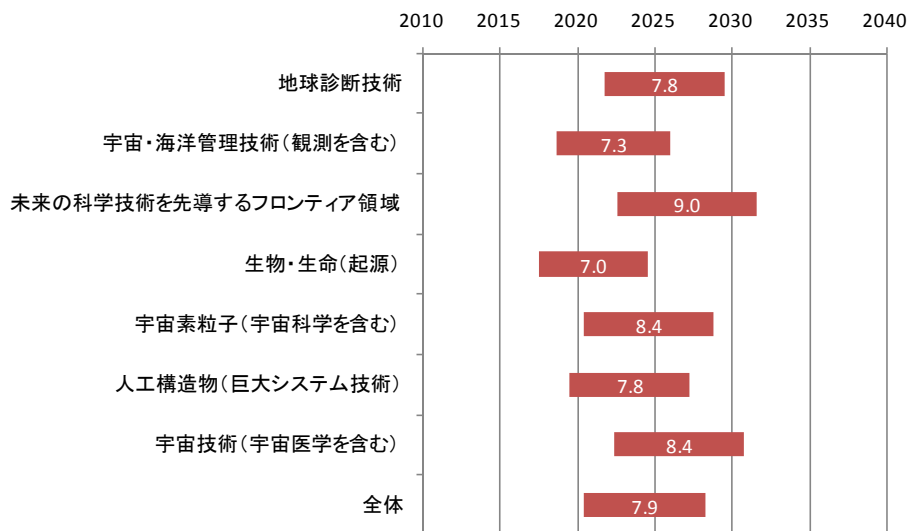
	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
64	デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)	33.0	2023	2032	宇宙技術(宇宙医学を含む)

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
2	温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	32.0	2020	2027	地球診断技術
50	自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術	31.3	2019	2028	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)

5. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

本分科会の課題全体における技術的実現から社会的適用までの期間の平均は 7.9 年である。これを区分別にみると、「生物・生命(起源)」の区分では 7.0 年と最も短く、また、「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」の区分では 9.0 年と最も長くなっている。

図 5.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題および期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 5.4-19 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	期間(年)	区分
61	地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)	2020	2031	11	宇宙技術(宇宙医学を含む)
35	Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備	2019	2029	10	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
40	人間の思考現象の解明ために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術	2019	2029	10	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
44	電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所	2027	2037	10	未来の科学技術を先導するフロンティア領域
51	超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器	2024	2034	10	宇宙素粒子(宇宙科学を含む)
59	地球外生命探査技術	2023	2033	10	宇宙技術(宇宙医学を含む)

	課題	技術的实现 時期(年)	社会的实现 時期(年)	期間 (年)	区分
15	衛星-無人パイを経由した AUV(自律型海中ロボット)等の海中活動テレメトリー技術	2015	2021	6	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
19	6000m を越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大型耐圧容器	2017	2023	6	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
23	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	2016	2022	6	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
56	有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプ建設	2016	2022	6	人工構造物(巨大システム技術)
14	海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術	2018	2023	5	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
21	我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術	2016	2021	5	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
45	微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム	2016	2021	5	生物・生命(起源)
57	高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)	2017	2022	5	宇宙技術(宇宙医学を含む)

5. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 5.4-20 新規に提案された課題

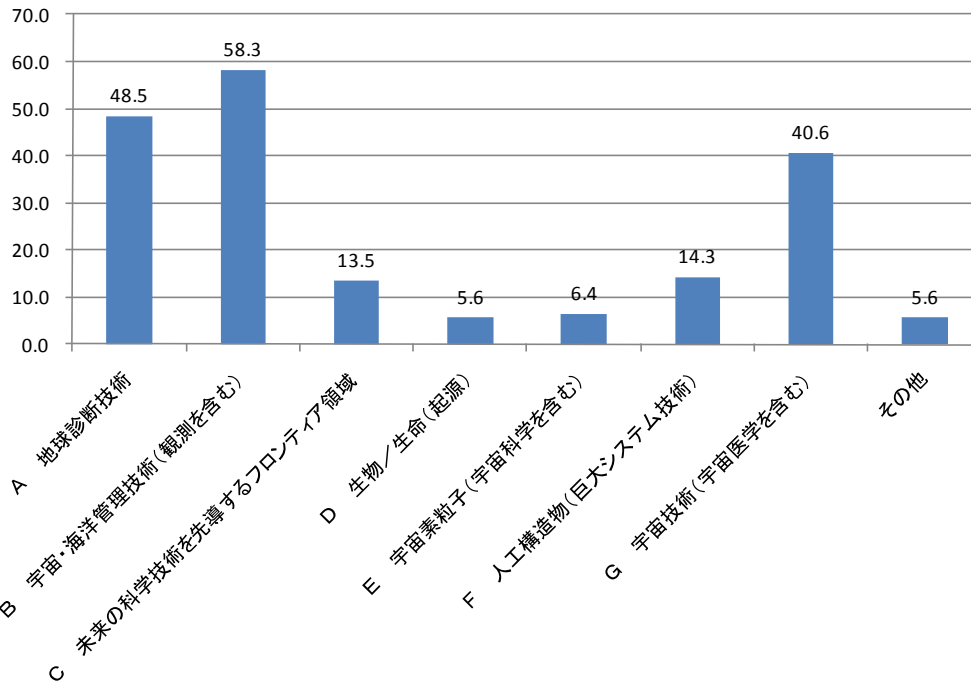
提案課題
宇宙システムに災害をもたらす太陽フレア・CME の発生、伝播予測
宇宙天気予報
数万年後に次の氷河期に入るが、その時、北半球の北緯 45° ~50° 以北に人が住めなくなる。それへの対策の研究
石油・石炭・ウラン等のエネルギー資源は数 100 年後に涸渇する。それへの対策の研究
現在の経済発展が続けば数 10 年~100 年後には世界の食料危機が起こる。それへの対策の研究
宇宙への輸送コストの革命的な低減(現状より 2 桁低減)
地球近傍の宇宙環境を利用した技術開発・創薬等の産業創成
課題番号 3 に降水を加える 重要度などは同じ
月資源(斜長岩)を利用した太陽光発電衛星の開発によるエネルギー問題の解決
斜長石内のカルシウムを利用した炭酸ガス永久固定化法の開発
炭素を含む始源的な小残量の探査と地球軌道への運搬による利用
宇宙圏における地球型生命の生殖・生存自動モニタリングシステム
課題 45「微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム」を構築するための検査データベースの作成
分離能 10cm 以下の LEO 光学衛星
分離能 11cm 以下の GEO 光学衛星(日本周辺)
超電磁加速器を用いた核廃棄物処理(ADS)の実現
北極圏変動研究・モニタリング拠点による雪氷圏・生態系・水文・火山・森林火災・大気の統合観測による気候変動解明
衛星リモートセンシングの高度化研究として、重力観測(GRACE 等)、海面水位から海底地形を導出する高度計などに新規参入する
宇宙用電子デバイスの開発促進

5. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

5. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目は、区分 B「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」が 58.3%と最も多く、A「地球診断技術」の 48.5%、G「宇宙技術(宇宙医学を含む)」が 40.6%と続いている。D「生物/生命(起源)」は 5.6%と最も低かった。

図 5.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=266 単位% 複数回答)



5. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下のとおりである。

A 地球診断技術

「地球診断技術」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 5.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=127>

課題	%
2 温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	61.4
1 生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング	56.7
3 大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	37.0

課題	%
6 我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム	37.0
8 日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム	31.5

B. 宇宙・海洋管理技術(観測を含む)

「宇宙・海洋管理技術(観測を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 5.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=150>

課題	%
11 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	50.0
12 熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	40.7
32 CO ₂ を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立	30.0

C. 未来の科学技術を先導するフロンティア領域

「未来の科学技術を先導するフロンティア領域」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 5.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=34>

課題	%
44 電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所	50.0
43 全システムが密閉(大気とのやり取りが無い)で可搬型、一回の燃料補給で 10kw を一年間出力し続けることが可能な燃料電池	47.1
41 現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術	38.2

D. 生物/生命(起源)

「生物/生命(起源)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示すとおりである。

表 5.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=13>

課題	%
45 微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム	53.8
47 海洋の生態系についての数値モデルの確立	30.8

E. 宇宙素粒子(宇宙科学を含む)

「宇宙素粒子(宇宙科学を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 5.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=17>

課題	%
50 自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術	82.4
48 ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術	70.6
49 宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術	70.6

課題	%
52 素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるペタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術	70.6
51 超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器	47.1

F. 人工構造物(巨大システム技術)

「人工構造物(巨大システム技術)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示すとおりである。

表 5.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=38>

課題	%
56 有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプ建設	47.4
53 超軽量・高収納率・高精度の100m級展開大型宇宙アンテナの建造技術	44.7
55 有人・月惑星探査用3次元展開型高剛性構造物の建造技術	39.5
54 多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム	31.6

G. 宇宙技術(宇宙医学を含む)

「宇宙技術(宇宙医学を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示すとおりである。

表 5.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=105>

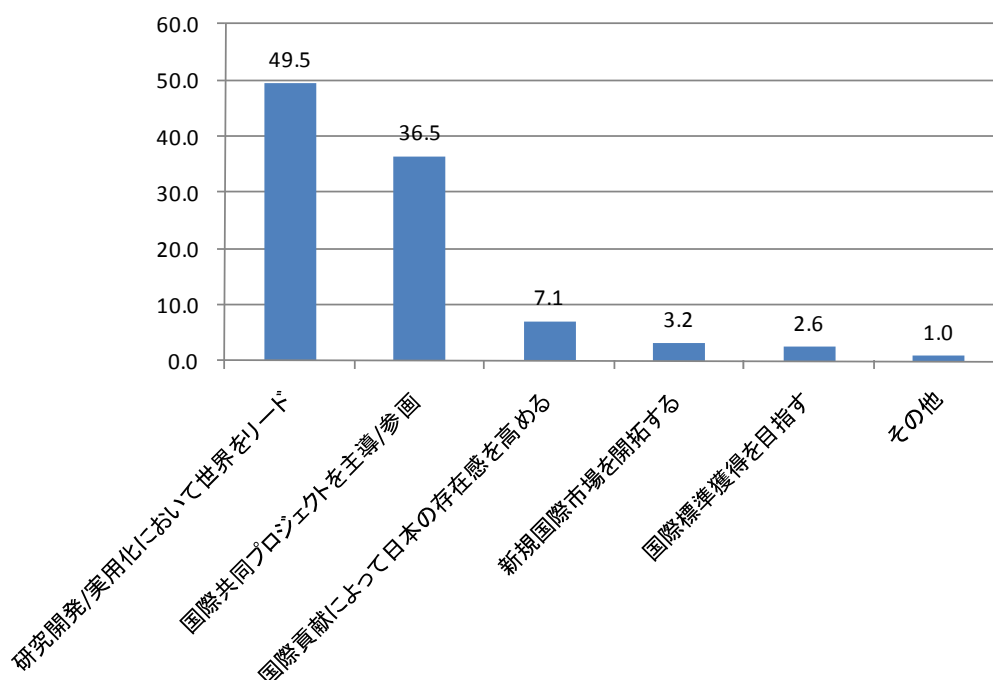
課題	%
57 高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)	65.7
60 日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船)	54.3
64 デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)	49.5
62 永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等)	39.0
63 自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術(セルフ・リペアー)、宇宙探査技術(セルフ・プランニング)	37.1

5. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が全体で49.5%と最も多く、次に「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画」が36.5%で続いている。

図 5.5-2 最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(n=493、単位%、複数回答)



区分別にみても同様の傾向であるが、「A 地球診断技術」と「E 宇宙素粒子(宇宙科学を含む)」では特に「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画」の回答割合が多くなっている。

表 5.5-8 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発あるいは実用化において世界をリードする	国際共同プロジェクトに参画	国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画	国際貢献によって日本の存在感を高める	新規国際市場を開拓する	国際標準獲得を目指す	その他
A 地球診断技術(126)	30.2	57.9	9.5	0.8	0.8	0.8	
B 宇宙・海洋管理技術(観測を含む)(150)	63.3	24.7	5.3	2.0	4.0	0.7	
C 未来の科学技術を先導するフロンティア領域(34)	61.8	26.5	5.9		5.9		
D 生物/生命(起源)(13)	53.8	38.5	7.7				
E 宇宙素粒子(宇宙科学を含む)(16)	25.0	68.8	6.3				
F 人工構造物(巨大システム技術)(37)	64.9	18.9	8.1	5.4		2.7	
G 宇宙技術(宇宙医学を含む)(106)	47.2	31.1	7.5	9.4	3.8	0.9	

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を発展させる上で、関係を強化すべき国・地域としては、全体では、もっとも多いのが米国の69.6%であり、次いで欧州が58.7%となっている。

図 5.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域 (n=484、単位%、複数回答)

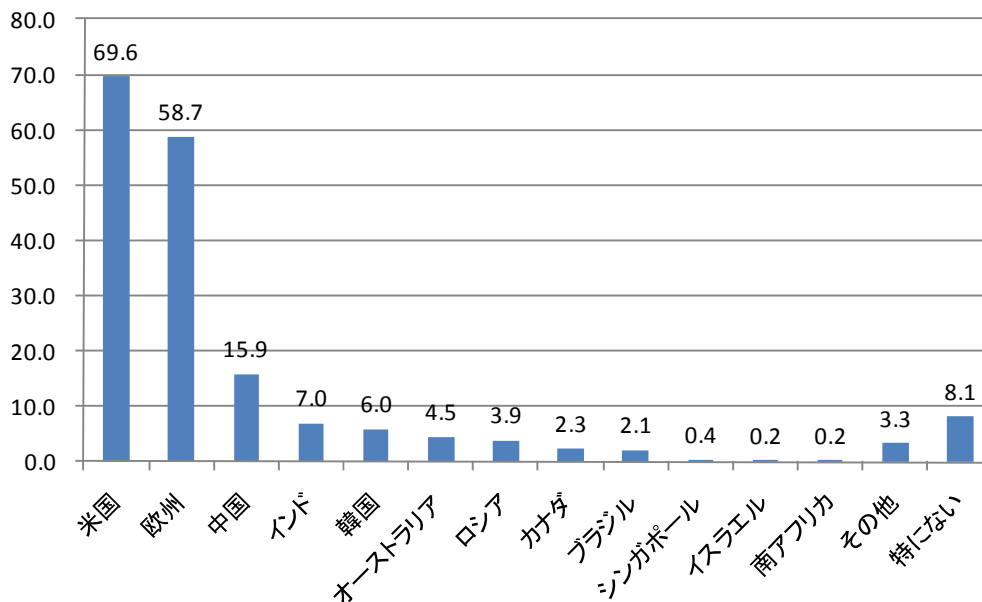


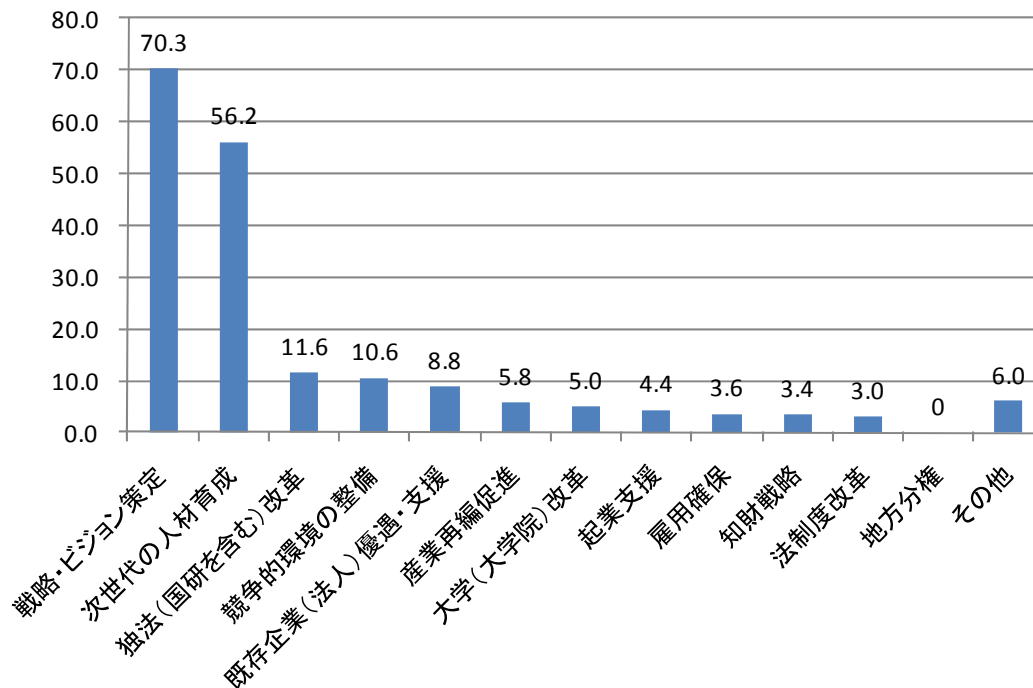
表 5.5-9 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域 (単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	インド	韓国	オーストラリア	ロシア	カナダ	ブラジル	シンガポール	イスラエル	南アフリカ	その他	特にない
A 地球診断技術(124)	73.4	60.5	20.2	5.6	6.5	3.2	0.8	1.6	0.8	0.8			2.4	8.1
B 宇宙・海洋管理技術(観測を含む)(147)	63.9	50.3	17.7	4.8	8.2	10.2	3.4	4.1	2.0				3.4	10.2
C 未来の科学技術を先導するフロンティア領域(33)	81.8	69.7	3.0	9.1				3.0	3.0			3.0	3.0	9.1
D 生物/生命(起源)(13)	61.5	46.2	7.7	7.7	15.4	7.7		7.7						15.4
E 宇宙素粒子(宇宙科学を含む)(17)	70.6	88.2	11.8	5.9			5.9		5.9					
F 人工構造物(巨大システム技術)(35)	65.7	51.4	20.0	5.7	8.6	2.9	8.6		8.6	2.9				5.7
G 宇宙技術(宇宙医学を含む)(104)	73.1	66.3	12.5	10.6	2.9	1.0	8.7	1.0	1.0		1.0		3.8	5.8

5. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項では、「戦略・ビジョン策定」が全体で70.3%と最も多く、次いで「次世代の人材育成」の56.2%が続いている。

図 5.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項 (n=498、単位%、複数回答)



区分別にみると、「D 宇宙素粒子(宇宙科学を含む)」で「次世代の人材育成」が強く求められていることが分かる。

表 5.5-10 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	独法(国研を含む)改革	競争的環境の整備	既存企業(法人)優遇・支援	産業再編促進	大学(大学院)改革	起業支援	雇用確保	知財戦略	法制度改革	地方分権	その他
A 地球診断技術(126)	73.8	64.3	11.1	7.1	3.2	0.8	4.8	2.4	7.9	3.2	1.6		4.8
B 宇宙・海洋管理技術(観測を含む)(152)	75.7	56.6	9.9	7.2	7.9	10.5	2.0	6.6	2.0	3.9	3.3		5.9
C 未来の科学技術を先導するフロンティア領域(34)	47.1	58.8	5.9	32.4	14.7	5.9	8.8	2.9	2.9	8.8			5.9
D 生物/生命(起源)	38.5	53.8		23.1			7.7		7.7		7.7		15.4
E 宇宙素粒子(宇宙科学を含む)(17)	64.7	82.4	11.8	11.8			23.5			5.9			
F 人工構造物(巨大システム技術)(37)	70.3	35.1	8.1	16.2	24.3	10.8	2.7	5.4	2.7		5.4		5.4
G 宇宙技術(宇宙医学を含む)(105)	72.4	50.5	17.1	7.6	12.4	5.7	5.7	3.8	1.9	1.9	4.8		7.6

5. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 10 以内(ただし回答比率 10%未満の課題を省略)を以下に示す。全地球観測システム、将来のモデリング・シミュレーション、海洋エネルギー利用、CO₂ 固定技術などが上位に挙がっている。

表 5.5-11 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=238>

課題	%
2 温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム	42.6
1 生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング	36.6
11 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	30.2
32 CO ₂ を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立	26.8
22 熱や CO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術	14.0
44 電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所	13.2

5. 6. 集計結果一覧

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
地球 診 断 技 術	1	生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした50年から100年将来のモデリング	1	158	14	26	60	-	86	0	11	3
			2	140	11	27	62	-	89	0	9	2
			専	16	100	0	0	-	94	0	6	0
	2	温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向5km×5kmかつ鉛直方向で1km、また海域においては同じく20km×20km×4kmの枠で識別できる全地球観測システム	1	149	15	29	56	-	78	5	9	8
			2	132	12	29	59	-	85	2	8	5
			専	16	100	0	0	-	94	0	6	0
	3	大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向5km×5kmかつ鉛直方向で1km、また海域においては同じく20km×20km×4kmの枠で識別できる全地球観測システム	1	143	15	26	59	-	80	3	6	11
			2	124	14	24	62	-	85	2	7	6
			専	17	100	0	0	-	88	0	12	0
	4	全地球の陸域表層並びに海水面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向1km×1km、海面においては同じく10km×10kmの領域で標高10mm、かつフリーエア重力10mgalの精度で10日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム	1	123	7	24	69	-	53	4	12	31
			2	108	7	20	73	-	56	5	8	31
			専	8	100	0	0	-	87	13	0	0
	5	全球の海洋において、外洋では水平方向20km×20kmの海域ごと、沿岸では5km×5kmごとに水面から海底間を1m間隔で、深度、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの0.01%精度、流速ベクトルについては1cm/secの精度、pH、全炭素量についてはフルスケールの0.1%で10年毎に自律観測するシステム	1	129	11	29	60	-	65	6	10	19
			2	117	11	26	63	-	72	5	9	14
			専	13	100	0	0	-	100	0	0	0
	6	我が国の陸域並びに海岸から20km以内の近海域において、水平方向10km×10km、且つ鉛直方向2.5kmのメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム	1	137	12	28	60	-	32	57	1	10
			2	118	11	26	63	-	21	70	0	9
			専	13	100	0	0	-	23	69	0	8
	7	太平洋・インド洋における季節変動以降5年間の海水面温度を+/-1Kの精度で予測可能とする技術	1	125	11	28	61	-	70	5	13	12
			2	113	10	26	64	-	74	5	11	10
			専	11	100	0	0	-	82	0	9	9
	8	日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去においてM6以上の地震震源域周辺50km以内の複数地点で海底下1000m以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム	1	112	13	29	58	-	11	82	0	7
			2	102	13	25	62	-	12	83	0	5
			専	13	100	0	0	-	15	85	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
						3	6	51	73	2	26	25							2	10	28	55	9	33	23	30
						2	4	48	76	2	27	22							1	7	22	69	5	27	24	27
						0	0	73	80	7	40	33								0	0	50	79	29	29	36
						3	6	37	78	7	21	31							3	8	21	67	12	31	21	31
						1	5	36	85	6	18	28							3	6	16	79	7	30	14	32
						0	0	63	94	13	31	25								0	0	40	87	13	27	27
						3	6	34	82	7	20	29							3	6	20	70	10	26	18	29
						1	3	34	91	3	17	26							2	4	16	79	6	25	14	26
						6	0	44	94	13	31	25								6	0	50	94	19	19	19
						6	17	38	79	4	19	20							6	20	25	73	6	14	14	23
						6	12	37	85	0	14	16							4	15	24	75	2	13	13	24
						0	0	29	71	0	14	43								0	14	57	57	0	14	29
						9	10	36	77	3	20	31							10	15	24	66	4	22	21	31
						7	5	34	86	1	15	28							8	11	23	76	2	16	16	30
						15	0	38	62	0	31	15								15	8	31	46	0	8	38
						2	5	41	83	11	27	12							3	5	23	69	12	35	21	9
						2	3	35	90	8	20	7							3	3	15	77	7	36	15	6
						8	0	33	92	17	25	17								8	0	10	70	20	40	10
						4	8	46	79	5	22	27							6	10	31	67	5	23	20	30
						4	5	47	86	2	13	21							5	6	28	75	1	17	14	25
						9	0	90	80	0	20	30								9	0	55	82	0	18	18
						5	9	43	84	4	26	3							6	8	23	70	3	33	29	3
						2	8	36	86	1	23	4							3	7	15	74	1	28	26	5
						8	0	25	75	8	25	0								0	0	0	55	9	18	27

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
地球 診断 技術	9	航空機或いは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下100m以深の地質構造を推定する技術	1	119	13	34	53	-	58	21	3	18
			2	102	12	29	59	-	65	18	1	16
			専	12	100	0	0	-	91	9	0	0
	10	全球の深海域においてトモグラフィーと、自動採水システムを併用した、水平方向100km×100kmの海域ごとに全層の水温、塩分の変化を3時間ごとにモニターできるシステム	1	113	11	26	63	-	56	8	6	30
			2	99	11	24	65	-	69	6	3	22
			専	11	100	0	0	-	64	0	9	27
宇宙・ 海洋 管理 技術 (観測を 含む)	11	風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	1	159	15	26	59	-	64	31	2	3
			2	144	15	28	57	-	75	22	2	1
			専	21	100	0	0	-	80	20	0	0
	12	熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	1	132	11	37	52	-	28	69	0	3
			2	122	9	36	55	-	22	75	0	3
			専	11	100	0	0	-	9	91	0	0
	13	海底面全域を計測する水平分解能1mの地形データ取得技術	1	118	9	30	61	-	43	32	1	24
			2	102	10	28	62	-	50	26	0	24
			専	10	100	0	0	-	70	20	0	10
	14	海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術	1	109	15	29	56	-	31	58	0	11
			2	100	14	28	58	-	24	66	1	9
			専	14	100	0	0	-	29	71	0	0
	15	衛星-無人ブイを経由したAUV（自律型海中ロボット）等の海中活動テレメトリー技術	1	146	11	31	58	-	51	37	1	11
			2	124	10	29	61	-	59	34	1	6
			専	13	100	0	0	-	85	15	0	0
	16	海底下観測のためのマルチプルAUV（複数協調自律型海中ロボット）による広域自動観測技術	1	124	12	24	64	-	43	44	0	13
			2	110	10	25	65	-	47	43	0	10
			専	11	100	0	0	-	82	18	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	12	16	41	74	11	21	14		12	15	25	69	19	17	16	16									
	7	14	41	82	10	18	9		6	13	21	82	16	12	13	15									
	8	0	27	73	18	18	9		0	0	9	64	27	9	9	9									
	12	11	35	77	6	23	27		14	14	21	67	14	16	22	28									
	10	10	35	83	3	16	18		12	13	22	76	10	8	19	25									
	27	0	40	80	0	10	20		20	0	30	60	10	0	30	20									
	1	6	21	47	59	38	3		1	7	11	27	62	36	34	4									
	0	5	15	44	68	39	1		0	5	6	24	68	37	33	2									
	0	0	24	24	57	62	0		0	0	10	10	67	43	38	0									
	2	9	20	63	47	39	2		2	9	12	45	55	30	35	2									
	2	3	9	64	51	36	0		1	6	8	48	59	28	37	0									
	0	0	0	60	50	40	0		0	0	10	60	60	50	50	0									
	6	11	37	71	16	19	7		8	12	21	63	23	23	21	9									
	1	8	37	80	10	15	4		2	8	22	70	22	22	19	5									
	0	0	33	67	11	11	11		0	0	11	33	11	33	22	11									
	2	7	41	75	19	28	4		3	10	23	64	38	20	31	3									
	2	5	34	83	11	23	0		3	6	18	74	29	17	27	1									
	0	0	54	62	15	23	0		0	0	54	46	23	15	31	0									
	0	7	41	78	21	20	4		0	7	29	70	27	17	20	4									
	0	5	41	85	20	15	4		0	4	30	80	30	14	13	3									
	0	0	46	85	15	23	8		0	0	45	73	45	0	18	9									
	1	9	49	76	18	22	4		0	9	30	70	30	17	23	3									
	0	7	48	82	16	14	1		0	6	30	78	28	12	18	1									
	0	0	82	82	9	18	0		0	0	36	73	45	0	18	9									

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
宇宙・ 海洋 管理 技術 (観測 を含む)	17	我が国のEEZ内全域で、海中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク接続観測網	1	118	13	23	64	-	15	70	0	15
			2	110	12	23	65	-	13	74	0	13
			専	13	100	0	0	-	38	54	0	8
	18	cm/年以下の海底の移動を海上から計測する技術	1	104	13	28	59	-	37	43	0	20
			2	93	10	30	60	-	38	46	0	16
			専	9	100	0	0	-	22	78	0	0
	19	6000mを越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大型耐圧容器	1	105	11	24	65	-	52	37	0	11
			2	90	11	24	65	-	61	32	0	7
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0
	20	水中で100mより遠方で少なくとも10cmの解像度を持つ、音響写真撮影技術	1	86	6	26	68	-	51	27	1	21
			2	79	8	23	69	-	63	20	0	17
			専	6	100	0	0	-	100	0	0	0
	21	我が国のEEZ内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術	1	109	12	31	57	-	26	55	0	19
			2	98	10	36	54	-	23	60	0	17
			専	10	100	0	0	-	50	50	0	0
	22	熱やCO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術	1	108	4	26	70	-	74	7	9	10
			2	99	4	26	70	-	86	1	6	7
			専	4	100	0	0	-	100	0	0	0
	23	漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術	1	117	14	26	60	-	37	54	1	8
			2	107	11	29	60	-	37	59	0	4
			専	12	100	0	0	-	25	75	0	0
	24	人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術	1	93	13	20	67	-	35	43	1	21
			2	91	11	23	66	-	39	43	1	17
			専	10	100	0	0	-	40	30	0	30

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																			
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)												
																										(%)	(%)	(%)	(%)								
	3	9	30	78	23	29	6		5	11	16	69	25	35	24	2		4	8	10	78	22	32	20	2		9	0	10	70	10	60	10	10			
	1	7	24	84	19	24	5			6	14	32	69	11	22	19		6		3	13	24	78	7	20		15	4		0	0	43	57	14	29	0	0
	0	0	25	92	8	25	17				1	12	17	66	43	14		24		4		0	8	16	75		47	6		18	0		0	0	25	75	75
	2	13	47	69	41	13	4		2		14	31	66	42	12	21	3		1	10		31	76	43	7	13	1		17	0	80		100	40	0	0	0
	1	11	44	72	42	14	1			4	10	8	36	62	37	21	5			5	5	6	32	70	36	18	2			10	0	0	13	75	63	25	13
	17	0	80	100	40	0	0				6	10	13	57	60	27	7				10	0	0	50	70	40	20				6	10	26	69	15	31	22
	5	12	47	79	14	19	19		6		10	26	69	15	31	22	23		4		7	27	81	9	25	16	20		0		0	25	75	0	25	50	25
	3	8	44	82	9	13	12			4	7	27	81	9	25	16	20			0	0	25	75	0	25	50	25										
	0	0	50	75	0	50	25				0	5	22	74	18	45	23			5		0	3	15	83	14	47		17	1							
	0	3	51	81	18	20	5		0		5	22	74	18	45	23	5		0	3		15	83	14	47	17	1		0	0	8	75	33	67	17	0	
	0	3	45	87	10	13	2			0	3	15	83	14	47	17	1			0	0	8	75	33	67	17	0										
	0	0	42	92	25	8	0				0	0	8	75	33	67	17			0		0	0	8	75	33	67		17	0							
	7	13	31	70	31	33	2		8		17	17	55	37	30	35	2		5	12		15	60	34	33	36	1		10	0	13	38	50	25	75	0	
	2	11	25	75	28	30	4			5	12	15	60	34	33	36	1			10	0	13	38	50	25	75	0										
	10	0	13	50	50	50	13				10	0	13	38	50	25	75			0		10	0	13	38	50	25		75	0							

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
宇宙・ 海洋 管理 技術 (観測 を含む)	25	陸海シームレスの観測データ整備	1	113	13	35	52	-	72	19	2	7
			2	110	13	34	53	-	86	10	0	4
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0
	26	平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラス トをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開 発する技術	1	95	13	27	60	-	28	66	0	6
			2	90	11	29	60	-	20	74	0	6
			専	10	100	0	0	-	30	70	0	0
	27	水・金・火星の周回による表面および内部観測技術	1	147	22	35	43	-	61	5	13	21
			2	128	15	40	45	-	69	4	7	20
			専	19	100	0	0	-	90	5	0	5
	28	打ち消し型干渉計やコロナグラフなどの技術を用いた、 太陽系近傍の星の周囲にある地球型惑星の直接的撮像技 術	1	103	13	32	55	-	63	3	11	23
			2	83	10	34	56	-	70	3	8	19
			専	8	100	0	0	-	87	0	13	0
	29	自律型深海重作業ロボット	1	115	15	23	62	-	45	48	0	7
			2	105	15	21	64	-	41	52	0	7
			専	16	100	0	0	-	47	40	0	13
	30	深海化学合成生態系による海洋へのエネルギー・物質寄 与を高精度に見積もる技術	1	66	9	17	74	-	57	16	4	23
			2	64	8	11	81	-	73	7	0	20
			専	5	100	0	0	-	75	25	0	0
	31	深度15km、温度400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計 測(LWD)が可能なドリルビット技術	1	69	10	26	64	-	65	24	2	9
			2	66	11	21	68	-	77	15	0	8
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
32	CO ₂ を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立	1	131	8	24	68	-	75	9	5	11	
		2	121	8	22	70	-	78	8	1	13	
		専	10	100	0	0	-	70	20	0	10	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	1	7	38	78	8	27	25		2	8	27	70	16	28	26	26									
	1	6	31	83	6	24	21		1	5	20	76	8	25	23	25									
	0	0	17	75	8	50	8		0	0	17	67	17	17	33	25									
	1	10	23	65	55	35	1		1	10	15	49	57	31	31	1									
	1	9	16	73	57	33	1		0	10	13	60	64	26	27	1									
	0	0	56	67	78	56	0		0	0	44	67	67	56	56	0									
	1	7	38	88	6	15	14		4	13	33	77	7	16	16	17									
	1	6	38	90	3	15	6		2	13	33	80	3	17	13	13									
	0	0	26	95	5	16	0		0	0	21	89	5	5	21	0									
	1	7	56	81	3	11	14		2	14	46	76	6	7	12	19									
	0	7	57	82	3	6	6		0	16	51	82	3	7	7	8									
	0	0	63	63	0	25	0		0	0	63	88	0	0	13	0									
	0	5	37	75	49	22	2		0	7	23	73	53	14	25	2									
	0	4	34	85	52	13	1		0	6	26	78	52	10	18	2									
	0	6	40	93	67	7	0		0	7	27	87	73	20	13	0									
	2	15	54	69	7	17	7	/																	
	2	10	60	72	5	16	0																		
	0	0	25	75	25	25	0																		
	1	7	18	64	42	27	4		2	8	17	63	43	11	28	11									
	0	9	14	70	44	22	2		0	7	13	66	44	10	28	7									
	0	0	17	67	33	33	0		0	0	17	67	17	17	33	0									
	4	6	32	76	28	29	8		6	10	21	54	32	30	30	14									
	3	4	30	81	24	23	8		7	7	15	65	35	30	27	8									
	10	0	33	67	22	33	22		10	10	10	50	30	40	40	20									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
宇宙・海洋 管理技術 (観測を含む)	33	生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場	1	89	7	24	69	-	46	47	1	6
			2	78	8	27	65	-	52	41	0	7
			専	6	100	0	0	-	67	33	0	0
	34	海水中に溶存している酸素や水素を取り出してエネルギーを生み出す海水エンジン	1	74	3	15	82	-	47	20	3	30
			2	69	3	14	83	-	55	12	0	33
			専	2	100	0	0	-	50	0	0	50
未来の科学 技術を先導する フロンティア 領域	35	Extremobiosphere (地球極限環境生命圏) の再現実験設備	1	66	8	18	74	-	51	5	6	38
			2	59	10	15	75	-	54	5	4	37
			専	6	100	0	0	-	67	33	0	0
	36	深海生命圏 (海陸を含め地下5kmまで進む) 自律ロボット	1	89	6	21	73	-	48	21	2	29
			2	80	5	19	76	-	57	16	0	27
			専	4	100	0	0	-	100	0	0	0
	37	生命の起源を探求するための太陽系惑星生態系再現シミュレーション手法	1	89	10	18	72	-	60	1	9	30
			2	76	9	13	78	-	65	1	5	29
			専	7	100	0	0	-	86	0	0	14
	38	DNAの転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメータの位置分解能をもって解析を行うX線技術	1	48	13	31	56	-	88	6	2	4
			2	46	11	24	65	-	88	5	0	7
			専	5	100	0	0	-	100	0	0	0
	39	新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X線、中性子線、ミュオン線などの量子ビームを用いて各種化学反応過程を観測する技術	1	50	12	34	54	-	82	12	4	2
			2	47	15	28	57	-	85	9	2	4
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	40	人間の思考現象の解明のために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術	1	46	4	22	74	-	71	9	7	13
			2	42	10	19	71	-	79	5	3	13
			専	4	100	0	0	-	75	0	0	25

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	3	8	43	70	42	36	4		2	8	25	56	55	32	42	5									
	1	7	37	73	51	31	3		3	8	20	57	59	33	39	3									
	0	0	33	100	67	17	0		0	0	17	83	67	67	50	0									
	17	11	50	63	36	11	3		15	15	25	56	44	11	19	6									
	19	8	55	60	29	7	3		16	15	28	60	45	9	12	5									
	50	0	100	100	100	0	0		0	0	0	100	100	0	0	0									
	5	10	46	73	5	10	8		10	10	38	69	9	10	10	9									
	4	5	42	72	4	9	6		6	11	31	77	6	10	8	6									
	0	0	40	60	0	20	0		0	0	20	80	0	0	20	0									
	10	16	46	71	18	15	9		10	19	35	68	21	14	19	9									
	7	13	48	73	16	10	7		8	15	34	73	21	10	15	5									
	25	0	67	100	33	0	0		0	0	33	100	33	0	0	0									
	8	17	74	46	6	10	11	/	/																
	5	12	78	43	4	4	12																		
	14	0	86	43	14	0	14																		
	2	11	60	71	29	16	7		2	11	44	65	40	7	14	7									
	2	5	66	59	22	10	0		0	7	54	66	32	5	7	0									
	0	0	20	100	20	0	0		0	0	40	80	40	0	0	0									
	0	12	57	78	20	10	4		0	14	38	74	28	2	19	6									
	0	7	60	77	16	5	2		0	9	47	72	28	2	12	2									
	0	0	57	71	29	14	0		0	0	57	71	29	0	14	0									
	7	13	76	67	21	14	12		9	11	59	63	32	5	17	7									
	3	5	76	66	16	8	0		5	5	62	69	28	5	10	3									
	25	0	100	67	0	0	0		25	0	100	67	0	0	0	0									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
未 来 の 科 学 技 術 を 先 導 す る フ ロ ン テ ィ ア 領 域	41	現在の光通信の100万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術	1	91	7	22	71	-	69	10	5	16
			2	83	5	23	72	-	70	7	2	21
			専	4	100	0	0	-	67	33	0	0
	42	深海や地中の資源探査や環境調査を目的とした、非常に高い周波数の振動波や重力波などの新原理により、深海や地中の人や装置との通信を可能にするシステム	1	85	5	21	74	-	65	11	6	18
			2	77	5	21	74	-	74	7	3	16
			専	4	100	0	0	-	100	0	0	0
	43	全システムが密閉（大気とのやり取りが無い）で可搬型、一回の燃料補給で10kwを一年間出力し続けることが可能な燃料電池	1	80	5	16	79	-	67	22	1	10
			2	70	6	19	75	-	76	15	0	9
			専	4	100	0	0	-	75	25	0	0
44	電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所	1	153	19	40	41	-	61	16	1	22	
		2	129	17	40	43	-	65	9	2	24	
		専	22	100	0	0	-	77	9	5	9	
生 物 ・ 生 命 （ 起 源 ）	45	微小海洋生物（微生物、プランクトン等）の識別が可能な3次元画像解析システム	1	77	6	27	67	-	70	7	0	23
			2	75	5	28	67	-	70	4	0	26
			専	4	100	0	0	-	75	0	0	25
	46	100MPa (=ca 1000気圧)、300°C、Ph 1-7（強酸）の環境（温泉地域の地下1kmを想定）で生命体を培養・飼育する大容量（1000 litreを超える）空間の環境安定保持技術	1	42	7	14	79	-	54	0	3	43
			2	42	7	14	79	-	44	3	3	50
			専	3	100	0	0	-	33	0	0	67
	47	海洋の生態系についての数値モデルの確立	1	83	12	30	58	-	91	1	3	5
			2	80	11	28	61	-	95	0	1	4
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
宇 宙 素 粒 子 （ 宇 宙 ）	48	ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術	1	112	24	29	47	-	74	5	8	13
			2	93	23	27	50	-	85	2	2	11
			専	21	100	0	0	-	100	0	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	9	18	52	67	20	15	12		8	18	33	61	36	8	16	11									
	11	12	58	68	12	9	7		12	12	35	69	28	8	7	6									
	0	0	25	75	0	25	0		25	25	25	100	0	0	0	0									
	13	24	65	65	18	10	6		11	25	49	64	26	8	17	6									
	11	22	71	73	13	7	3		10	22	57	75	22	7	16	1									
	25	0	50	50	0	25	0		25	0	25	75	0	0	25	0									
	13	18	38	63	49	15	7		11	18	29	54	57	11	18	7									
	10	16	39	71	47	10	6		11	14	31	65	52	8	11	5									
	25	0	33	67	33	33	0		25	0	25	75	25	50	50	0									
	9	9	36	73	20	25	15		14	12	25	56	33	26	22	15									
	12	7	37	72	15	22	9		14	9	23	67	26	27	18	9									
	0	0	35	75	10	35	10		5	0	25	70	30	30	30	10									
	3	8	52	54	39	17	6		6	11	41	50	40	9	16	3									
	1	7	65	62	34	9	4		1	10	55	58	42	5	9	2									
	0	0	75	50	25	0	0		0	25	25	50	50	0	0	0									
	10	15	57	73	8	19	11		11	16	49	69	9	9	23	9									
	8	10	56	83	6	8	6		8	11	54	86	6	6	20	3									
	33	0	33	67	0	33	0		33	0	0	67	0	33	33	0									
	0	11	81	69	8	22	19	/																	
	0	10	78	74	5	18	15																		
	0	0	100	67	0	11	33																		
	0	6	68	79	4	11	11		3	11	61	75	5	8	12	17									
	0	5	73	74	3	8	7		2	9	60	72	5	9	8	14									
	0	5	71	62	10	14	14		0	10	57	71	10	5	14	14									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要 (%)	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
宇宙素粒子 (宇宙科学を含む)	49	宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術	1	80	19	30	51	-	75	6	9	10
			2	71	20	24	56	-	81	3	3	13
			専	14	100	0	0	-	100	0	0	0
	50	自然界に対する人類の基礎知識（宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など）に飛躍をもたらす粒子加速器技術	1	80	16	23	61	-	78	3	8	11
			2	74	18	18	64	-	83	0	3	14
			専	13	100	0	0	-	92	0	0	8
	51	超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器	1	63	16	27	57	-	69	10	10	11
			2	59	15	22	63	-	76	2	4	18
			専	9	100	0	0	-	89	0	0	11
	52	素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるペタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術	1	85	7	34	59	-	69	14	4	13
			2	77	5	31	64	-	73	8	3	16
			専	4	100	0	0	-	75	0	0	25
人工構造物 (巨大システム技術)	53	超軽量・高収納率・高精度の100m級展開大型宇宙アンテナの建造技術	1	139	23	34	43	-	64	20	5	11
			2	121	18	36	46	-	74	16	2	8
			専	22	100	0	0	-	90	5	0	5
	54	多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム	1	142	25	37	38	-	63	15	6	16
			2	118	24	32	44	-	73	8	2	17
			専	28	100	0	0	-	89	7	0	4
	55	有人・月惑星探査用3次元展開型高剛性構造物の建造技術	1	118	21	35	44	-	64	10	9	17
			2	97	18	31	51	-	67	6	5	22
			専	17	100	0	0	-	94	0	0	6
	56	有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム（交通、通信、生産、活動基地）のプロトタイプ建設	1	110	20	27	53	-	33	54	2	11
			2	95	22	26	52	-	31	57	0	12
			専	21	100	0	0	-	42	53	0	5

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	0	10	84	72	1	5	13		3	14	70	69	3	6	13	17									
	0	7	82	62	2	3	6		2	12	71	67	2	5	8	13									
	0	0	93	50	0	0	0		0	0	71	64	7	0	7	0									
	3	15	68	70	1	11	31		5	19	61	64	3	7	14	34									
	1	13	63	70	0	6	22		3	22	58	67	2	9	9	31									
	8	0	58	83	0	17	17		8	8	58	75	8	8	17	25									
	5	16	70	72	2	9	19		3	17	63	67	4	6	9	26									
	2	18	71	65	2	4	14		2	18	65	67	2	8	8	22									
	11	0	100	75	0	13	13		11	0	88	88	0	0	25	13									
	0	7	40	77	28	20	14		0	11	34	66	28	19	16	15									
	0	8	37	79	29	15	8		0	11	33	70	26	18	14	14									
	0	0	50	75	0	0	0		0	0	25	100	0	0	0	0									
	2	5	28	80	30	18	11		4	6	21	73	37	18	21	12									
	0	7	19	80	29	11	12		3	7	13	79	34	15	14	12									
	0	0	27	82	41	18	9		0	0	27	82	41	23	23	5									
	4	6	29	76	23	15	18		4	7	24	73	29	18	19	12									
	3	6	20	83	20	9	15		3	6	15	84	23	15	15	14									
	0	0	33	78	22	19	11		0	0	35	85	23	27	15	8									
	2	7	31	79	21	16	14		5	8	22	69	30	20	19	18									
	2	8	26	82	17	12	16		4	10	21	82	24	14	12	18									
	0	6	41	82	12	18	18		6	6	38	81	13	13	31	13									
	2	2	27	62	52	29	3		5	5	17	50	51	33	33	3									
	1	4	23	70	56	27	2		2	4	12	59	52	23	29	4									
	0	5	32	63	47	37	0		5	5	21	58	58	21	37	5									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度					課題の 重要度			
					高 (%)	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要 (%)	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い	
宇宙技術（宇宙医学を含む）	57	高信頼性（高ロバスト性等）で、競争力（低コスト化、超小型・超軽量化等）のある日本製宇宙機器（輸送系・衛星系等）	1	161	34	29	37	-	22	75	1	2	
			2	135	33	29	38	-	23	74	1	2	
			専	44	100	0	0	-	20	80	0	0	
	58	超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術	1	146	32	29	39	-	49	37	3	11	
			2	126	33	24	43	-	58	30	0	12	
			専	41	100	0	0	-	58	38	0	5	
	59	地球外生命探査技術	1	120	8	33	59	-	57	3	13	27	
			2	105	10	27	63	-	64	2	9	25	
			専	11	100	0	0	-	73	0	18	9	
	60	日本独自の有人宇宙輸送システム（有人ロケット、有人宇宙船）	1	156	26	27	47	-	17	64	0	19	
			2	134	28	22	50	-	15	64	0	21	
			専	37	100	0	0	-	22	73	0	5	
	61	地球周回軌道の宇宙観光旅行（教育文化活動を含む）	1	152	20	27	53	-	44	7	5	44	
			2	126	21	25	54	-	53	2	4	41	
			専	26	100	0	0	-	88	8	0	4	
	62	永続的に用いることができる、有人月面基地（月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等）	1	160	22	30	48	-	60	11	9	20	
			2	135	18	31	51	-	69	8	5	18	
			専	24	100	0	0	-	84	0	8	8	
	63	自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術（セルフ・リペアー）、宇宙探査技術（セルフ・プランニング）	1	132	23	23	54	-	59	25	5	11	
			2	110	23	22	55	-	70	20	2	8	
			専	25	100	0	0	-	72	24	4	0	
	64	デブリ問題の抜本的対策技術（デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など）	1	139	24	35	41	-	89	2	7	2	
			2	114	25	30	45	-	93	2	2	3	
			専	28	100	0	0	-	89	0	7	4	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	2	7	25	66	56	19	2		3	9	17	61	59	24	21	3									
	2	5	20	69	54	16	2		1	7	11	65	62	20	17	3									
	0	2	19	71	55	10	0		0	0	14	65	77	26	9	5									
	2	7	41	77	28	11	10		3	11	29	73	35	17	12	10									
	2	5	40	78	23	8	9		2	6	28	81	31	9	7	7									
	2	2	39	82	16	8	5		3	0	32	84	24	16	3	3									
	4	17	51	74	5	10	18		7	22	40	68	4	11	12	23									
	5	13	53	78	2	7	14		6	21	47	74	4	7	8	14									
	0	0	64	100	9	9	9		9	9	33	89	0	11	0	11									
	4	8	10	79	36	21	9		5	11	6	64	37	35	20	7									
	5	8	9	84	34	18	5		2	10	6	71	37	34	14	4									
	6	3	13	84	34	19	3		3	3	11	74	43	37	11	0									
	3	6	5	34	72	22	9		5	12	3	22	79	12	18	8									
	2	6	4	34	75	18	6		4	8	3	26	79	9	16	4									
	0	0	8	32	72	8	4		0	4	8	25	79	21	8	4									
	5	11	20	71	22	25	27		6	13	14	60	22	39	23	29									
	5	12	19	78	16	20	23		7	14	14	69	15	37	20	25									
	0	0	26	91	9	26	13		4	4	23	68	5	55	18	9									
	4	12	38	75	29	15	9		4	11	23	69	35	16	15	9									
	2	9	37	82	27	9	5		4	7	21	79	32	11	12	7									
	0	0	46	88	25	13	8		0	0	21	88	42	17	8	4									
	4	7	23	75	17	14	31		4	7	13	63	23	22	19	33									
	3	6	25	79	13	10	25		2	5	10	71	22	23	10	33									
	0	4	41	78	7	15	26		0	0	11	78	15	26	11	37									

5. 7. 課題別コメント

1	<p>生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング OMEXT の「21 世紀気候変動予測革新プログラム」と JAXA の地球環境衛生シリーズ(GASAT, GCOM-c/w, Earth CARE, GPM) により 2015～2020 年ごろには日本で可能。○観測システムとモデリングの間の乖離。○モデルの実証、精度の問題。○スーパーコ ンピュータの開発スケジュールに依存する。○現在でもモデリング研究は進められているが、発展途上。計算機資源と気候のメカ ニズムに対する科学的理解の双方の側面における革新が不可欠。○排出規制が国際的な枠組で決定されれば、予測・モニタリ ングの予算が削減される可能性がある(過去の「フロン規制」の事例がある)。○GOSAT、ALOS データ利用の高度化、GCOM、 GPM、EarthCARE による気候モデルの検証、予測精度向上などが重要。○海底下の生態系とフラックス、海中・海底の相互作用 によるゆらぎに気をつけるべき。○モデリング自体よりも、その予測の精度検証のための観測網の整備が重要。○モデリングの確か らしさの検証技術は？○実現可能時期は技術開発投資がどこまで可能性があるかにかかっており、一概に云えない。○「実現予 測時期」は、本格的に動き出す時期として定義。その前の時期(期間)ではほぼ固まると考えている。○多くの方に理解出来(説得力 があり)、行動に結びつくモデルが望ましい。○スーパーコンピュータの進歩。○数値モデルはもちろんのこと、データを解析し、客 観的な情報とするには高速大容量のコンピュータが必要である。この開発を阻害する要因が政治に内在する。○技術的実現予測 は精度による。現在でも不十分ながら予測はある。○日本において公的機関が組織的に取り組むべきだがまだ体制がみえない。 ○鳩山首相の提言「CO₂25%削減」を支援する意味もある。○モデリングはあるが、その精度の向上はまだ必要。○予期できな い変動要因が多い。○大気層のみの研究が多いが、大気と地球表層の鉱物との反応を考慮したモデルの確立。○50年先は予測 不可能。○モデルのバウンダリーの妥当性の担保が課題。○どの程度の予測精度・確度を求めるかに依る。○CO₂ については目 標が設定されたが、次は水資源である。○衛星観測、地上観測、モデル開発・検証による高精度化が重要である。GCOM ミッション 早期実現必要。○海底下の生態系フラックス、海中と海底の相互作用を考慮するべき。○モデリングの確からしさの検証をどのよ うに行うのか？50 年、100 年間の変化をどう把握するのか？</p>
2	<p>温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km ×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム ○スパコンの性能強化が重要。○精度が問題。○大気汚染観測では汚染物質の移動速度が速い為、静止衛星観測が必要。鉛直 方向 1km のインバージョンには赤外観測が必要。充分な S/N を得る為に更に技術開発が必要。○Global な観測システムの不足。 CO₂ Flux の直接観測が必要。○衛星観測の国際協力と発展途上国の地上観測充実の進展に依存する。○人工衛星観測体制と しては、温室効果ガスにおいては日本の GOSAT が軌道に乗り、インフラは整備されつつある。○GOSAT による大気中の蓄積され た CO₂ の検知と異なって、現在、排出される CO₂ を部分的、地域(国別)として検知できる。○排出規制が国際的な枠組で決定され れば、予測・モニタリングの予算が削減される可能性がある(過去の「フロン規制」の事例がある)。この懸念材料は、技術的実現の 可能性において開発の「遅れ」あるいは「不用」につながる。○GOSAT の改良(空間分解能、鉛直プロファイルの観測機能を追 加)、静止大気観測衛星の国際協力による全球配備が必要。○人工衛星によるモニタリング技術の向上が必要。○質問が不適切 です。5km/20km の意味が不明。○費用対効果の面で成立しない。より解像度を落としての観測となった際、そのスケールで扱 える現象にはどのようなものがあるかを常に考える必要がある。○極東域(中国、東シナ海、日本周辺)に同様のシステムを配置す ることは重要かつ緊急の課題。○GOSAT の後継機が明らかでない。○実現可能時期は技術開発投資がどこまで可能性があるか にかかっており、一概に云えない。○規制が先行して厳しくなる中、斯かる観測システムは車の両輪。実現時期は期待感を込めて。 ○数値モデルはもちろんのこと、データを解析し、客観的な情報とするには高速大容量のコンピュータが必要である。この開発を阻 害する要因が政治に内在する。○「観測システム」にデータ同化をどの程度含むかで変わる。○分解能が高すぎる。○日本にお いて公的機関が組織的に取り組むべきだがまだ体制がみえない。○鉛直方向の分解能を達成するにはライダーのような能動センサ が必要。○GOSAT(いぶき)の開発実績あり。○温室効果ガス等のモニタリングは現在でも可能となっているのではない。○(具 体的な項目で見る必要がある。)○GOSAT の次期ミッション、海洋、陸上植生の炭素循環観測ネットワークの強化が重要。</p>
3	<p>大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、 また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム ○スパコンの性能強化が重要。○水蒸気量は現在でも可能。風速の 3D 観測はライダー、レーダー、等が必要だが、まだ 3D スキャ ンするには技術開発が必要。部分的には GCOM-w、EarthCARE 衛星でも可能。○高頻度モニタリングシステムの不足。○陸上 では人間の住まない場所での観測点の拡大が大きなネックとなる。○風速と雲量を鉛直 1km で全地球観測をすることは不可能。た だし、再分析データ(モデル+観測)の技術の進展によりそれに近いデータの作成は現実的に可能。○静止気象衛星間の相互利用 可能な同期観測、極軌道気象衛星による極上空観測、FTS による鉛直分解能向上。○現有の地上観測機器を多数用いれば原理 的には可能だが、指定された空間分解能を実現することは予算的に難しい。○宇宙放射線量の観測も同時に行うべき。○気象予 報、防災情報としての利用。○数値モデルはもちろんのこと、データを解析し、客観的な情報とするには高速大容量のコンピ ュータが必要である。この開発を阻害する要因が政治に内在する。○観測した後の利用法を整備しないダメ。○分解能が高すぎる。 ○鉛直方向の分解能を達成するにはライダーのような能動センサが必要。○海域で鉛直 4km の意味不明。○C-COM(2013 年)に 期待。○課題 2 よりも難易度はやや高い。○平均がどの程度の意味をもつか。○水蒸気量は、ほぼできているのではない。○水蒸 気の静止衛星からの連結観測。測風ライダー、海上では散乱計が必要。○使用可能な計算機能力の進歩に強く依存する。○費 用対効果の問題で、より解像度を落として観測することになった時には、そのスケールで扱える現象は何か常に考える必要 がある。</p>
4	<p>全地球の陸域表層並びに海水面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向 1km×1km、海面においては同じく 10km× 10km の領域で標高 10mm、かつフリーエア重力 10mgal の精度で 10 日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム ○スパコンの性能強化が重要。○重力観測衛星は米 GLACE、欧 GOCE など試されているが精度は未だ。地表、海表面下の情 報を衛星から得られる点でさらに将来的観測技術。○光格子時計実用化で可能となる。○JASON の高度計、GRACE の短アーク データによる極所的な重力場の復元。○重力分布は課題 8 と関連。○数値モデルはもちろんのこと、データを解析し、客観的な 情報とするには高速大容量のコンピュータが必要である。この開発を阻害する要因が政治に内在する。○分解能が高すぎる。○衛 星のコスト次第。○水平と鉛直の測定オーダがバランスを欠く。○コスト削減が成否の鍵。○高度計(米仏の Jason 計画)重力異常 を衛星(GRACE 等)および船舶により観測する宇宙・海洋連携が必要。○費用対効果の問題で、より解像度を落として観測す ることになった時には、そのスケールで扱える現象は何か常に考える必要がある。○地震予知。</p>
5	<p>全球の海洋において、外洋では水平方向 20km×20km の海域ごと、沿岸では 5km×5km ごとに水面から海底間を 1m 間隔で、深 度、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの 0.01%精度、流速ベクトルについては 1cm/sec の精度、pH、全炭素 量についてはフルスケールの 0.1%で 10 年毎に自律観測するシステム ○スパコンの性能強化が重要。○全球観測条件で海底までの水中の観測を行うにはアルゴフロートシステム以外なく、全海洋の</p>

	<p>20km/5km 四方に1つずつフロートシステムを展開するのは非現実的。○Global な観測を行う技術の欠如(塩分濃度などがまだ観測できていない)。○分解能の設定に無理がある。○JAMSTEL の自動観測ブイの改良。○現在の地上観測機器を多数用いれば原理的には可能だが、指定された空間分解能を実現することは予算的に難しい。○海洋生物資源賦存予測等へ。広域観測可能な衛星開発計画が不透明。○「10年毎」という時間分解能を「自律観測」という手法が相容れない感じがする。○20km×20kmでは不足。10km×10km であるべき。○数値モデルはもちろんのこと、データを解析し、客観的な情報とするには高速大容量のコンピュータが必要である。この開発を阻害する要因が政治に内在する。○システム技術的には可能だが、個数が多量になるので資金が必要。漁業のみの目的だと、この要望を満たさなくても価値のあるものにはなる。○現在、国際協力のもとに運用されている、Argo計画を将来発展させることが望まれる。その場合でも、ここであげられている課題の全てを達成することは不可能であろう。○分解能が高すぎる。○ARGO ブイの観測をいかに南半球で進めるかが鍵。○環境の変化を長期モニターするのは重要である。AUV で実現できるレベルになっている。○技術よりもシステム化が困難な課題。○海中における測位技術の精度向上が課題。○沿岸域では5km×5km では、メッシュが大きすぎるのではない(1km×1kmは必要)。○コスト削減が成否の鍵。○技術的には可能と思うが、費用対効果でみて要求データはオーバースペックではないか。○NOAA が進んでいるが、日本の予算は少なすぎる。表面は衛星リモートセンシングが効果的。韓国の COMS が今年打上げ海洋データを得る。○費用対効果の問題で、より解像度を落として観測することになった時には、そのスケールで扱える現象は何か常に考える必要がある。○海洋生物資源調査の基準資料。</p>
6	<p>我が国の陸域並びに海岸から20km以内の近海域において、水平方向10km×10km、且つ鉛直方向2.5kmのメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム</p> <p>○スパコンの性能強化が重要。○常時性から静止軌道、3D観測からTRMM/GPM等に搭載されている降水レーダーが必要。3万km からのレーダー観測はトランスミッタの大型化などの課題が多い。数値モデルは既に可能。○雲の観測システム(3次元)が必要。○気象庁の AMeDAS や MTSAT を活用すれば現在の技術の応用で実現するのではないか? ○10km×10kmでは粗すぎる。1km×1km以下が必要。○GPM の2013年打上げ、マイクロ波放射計の2周波降水レーダーによる校正、アルゴリズム開発、モデル統合利用。○レーダー観測網などの、全国配備等。予算上の問題が、技術的な問題よりも大きい。○防災に特化したシステムを作る意味はない。○課題の文章の意味不明。○数値モデルはもちろんのこと、データを解析し、客観的な情報とするには高速大容量のコンピュータが必要である。この開発を阻害する要因が政治に内在する。○まずはモデル地域で実践し、必要な観測量の割り出しを行うこと。○GPM や EarthCARE などのレーダー搭載衛星の観測が実現の鍵となる。○技術よりもシステム化が困難な課題。○海外でも適用可。○降水プロセスにまだわからないところがあるのではないか。○GCOM、GPM、EarthCARE の統合データ利用によりモデル高度化、水管理システムの実用化が加速される。○レーダー観測網の展開など、予算的な措置がとられれば、技術的には可能と考える。○費用対効果の問題で、より解像度を落として観測することになった時には、そのスケールで扱える現象は何か常に考える必要がある。</p>
7	<p>太平洋・インド洋における季節変動以降5年間の海面水温を+/-1Kの精度で予測可能とする技術</p> <p>○スパコンの性能強化が重要。○海面水温の予測は大気モデルおよび海洋モデルの統合が必要である。特に海洋モデルでは水中の観測が困難であり、また海水塩分濃度ですら今後となるので見通せない。○時間、空間分解能を特定しない予測の評価は難しい。○衛星観測にもとづく海面温度データセットはすでに利用可能。±1kの精度は実現していると思う。○GCOM-W、C シリーズによる13年以上の継続観測と大気海洋モデルの改良。○課題3や課題5などの観測網の展開が条件となる。○「季節変動以降5年間」の意味がわからない。○バタフライ効果により、5年もの長期予測は不可能。○課題内容をくみとれず、回答不可。○エルニーニョ現象等の予測・予報。GPM(NASA)計画に期待。○カオス的な要素があり±1kは不可能。○5年先までの季節変動を含めた SST 値の予測という意味なら困難。5年後の年平均水温ならいけるかも。○数値モデルはもちろんのこと、データを解析し、客観的な情報とするには高速大容量のコンピュータが必要である。この開発を阻害する要因が政治に内在する。○充分なモニタリングデータがあることが前提。○予測点の時間的空間的レゾリューションによって結果は大幅に異なる。○5年間は無理。もっと短期なら可。○±1°k/5年に予測精度をあげるのは難しいのでは。○衛星観測により実現済み。○衛星の水温観測精度は0.5°程度であり、±1Kの精度での予測は無理であるが、精度が無くても有用性が高い。○課題5の観測網により実現可能性が高まる。○費用対効果の問題で、より解像度を落として観測することになった時には、そのスケールで扱える現象は何か常に考える必要がある。○課題内容理解出来ず、解答不能。○異常気象の早期予報。</p>
8	<p>日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去においてM6以上の地震震源域周辺50km以内の複数地点で海底下1000m以上の地殻深部の歪み変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム</p> <p>○設置・保存・変更には大都市建設程の経費が必要となるであろう。○専門外なので不明だが、限られた範囲で1000mにセンサを埋めて観測システムを作ることには不可能ではないと思います。○研究的には重要でも防災上役立つようにするには課題が多い。○地中レーダーの改良。○費用対効果の面で成立しない。問題で、より解像度を落としての観測となった際、そのスケールで扱える現象にはどのようなものがあるかを常に考える必要がある。粗い解像度の観測によって、明らかになった現象を研究するとともに、将来解像度を上げられた場合に目的の現象が見えそうかどうかの検証ステップとしても有効活用すべき。○三陸沖、北西太平洋、鳥島近海には1点ずつ存在。複数点によるモニタリングとは言えない。南海でも予定はあるが複数点によるモニタリングとして十分かどうか疑問。○成果偏重主義により、継続的な観測はやりにくくなっている。大学での人材育成は大事。○JAMSTEC が取り組んでいると理解。○どの地点を測定したら地震予測できるか、明らかではない。○問題はコスト及び既設置機器の長期観測失敗の実績。○南海トラフにおいて IODP の「南海掘削」の一部として、長期孔内計測システムを設置するための掘削孔の掘削が開始された。(2009年度より)○コスト削減が成否の鍵。○「ちきゅう」による技術の蓄積、確立及びデータがたまれば可能となると思われる。○巨額な経費及び複数の深部探掘プラットフォームが必要となる。○衛星アルチメトリにより、海面高度から海底地形(海山、海嶺など)が求められる。○地震予知のため重要。</p>
9	<p>航空機あるいは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下100m以深の地質構造を推定する技術</p> <p>○方法論が不明。○衛星用の大型アンテナ開発への投資が重要。○一般論として衛星および航空機から得られる情報は表層に限られており、100m以深の地盤に関する情報と表層の情報が確実なモデルで結ばれない限りは不可能に思える。○100m以深どれくらいまでを対象にするのか。その水平分解能は。○地表面地質構造から推定、砂漠など乾燥地でも合成開口レーダー観測事例はあるが、土壌水分により電波透過が低下。低周波数での観測で可能性高い。○レーダーなどによるActive探査と重力測定によるモホ面推定とで全く難易度が異なる。○耐震化推進。安全保障上。○地形と重力を上空から測定。地下構造は地震波で。○方法論は色々ある。問題は精度。○理学と工学の連携が必須。○非常に重要。地質学と探査学の融合必要。○重力探査などの物理探査技術で既に実現している。精度は悪い。○地下100mとすると水平的にはどのような広がりを持つのかなど、データとモデリングがまだ確立できていない。○概念設計すら不明。○JERS-1,ALDS で地表面の地形、地質構造から地下の情報を推定することは既に行われている。GRACEの重力異常の観測は氷床下の融解検出に利用される。</p>
10	<p>全球の深海域においてトモグラフィと、自動採水システムを併用した、水平方向100km×100kmの海域ごとに全層の水温、塩分の変化を3時間ごとにモニターできるシステム</p>

	<p>○3 時間毎の意味不明。○100km 四方程度であれば、アルゴフロートを配置して可能ではないだろうか。○モニタリングシステムの国際協力の枠組み作りが必要。○測器の全球展開にお金と時間がかかる。○低コストで量産し、自動観測ネットワークを構築。○100km×100km の空間分解能と3 時間の時間分解能は明らかにミスマッチである。○安全保障上の問題をどうするか。○トモグラフィよりも、AUV の方が効果的であり、実現しない。○時空間分解能の要求水準を緩めれば実現しうる。○深海を3 時間おきにモニターする必要性が不明。本当の深海なら3 日でも充分すぎる。○現在、国際協力のもとに運用されている、Argo 計画を将来発展させるほうが全層の水温・塩分のモニターの方法としては適当と思われる。○全球観測は、リモートセンシングで行うべし。○3 時間でという時間分解能が必要とは思えないし、そこに無理がある。○モニタシステムは基本的に重要だが経済効率は0 だから他の外部インパクトがないとダメ。○塩分とは？電気伝導度計測で OK ならシステムは実証済。○測定精度に依る。○環境アセスメントが問題。○100km×100km のように粗い観測を3 時間ごとにやるのにどんな意味があるのか疑問。○観測ポイント数が数多く必要となりコストが大となると思われる。水温と塩分濃度の海面観測は衛星がコスト安。○意味不明です。100km の理由は？100km だと何かうれしいのか？○潜水艦航海の問題との関連。</p>
11	<p>風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術</p> <p>○固定のエネルギー単価によってはすでに実現している技術を使ってでも可能性があると考えられる。○風力、潮汐力等を使った発電システムは確立している。他エネルギーとのコスト比のみが商業化を決めると思う。○技術的に完成しているので政策次第である。○衛星による自然エネルギー分布観測による効果的な設置地点の選定が重要。○要素技術の研究については日本には昔から多くの蓄積があると思われる。海洋立国として重要な分野なので、宝の持ち腐れにならぬよう民間との効率的な連携が重要。○原油需給バランスによって実装時期は左右される。○化石燃料の高騰により実現は早まる可能性ある。資源国の妨害行為がある可能性。○商業ベースでペイするかや疑問あり。(天然資源に乏しく、海洋環境が容易に available な日本にとっては重要度高い)○要素技術はあるが、社会のコンセンサスを得て実現するには5~10 年必要。○建設コストを度外視すれば実現可能。コストを下げるには、多量発注が必要。○技術的に困難性は低い日本人は海洋進出へのモチベーションに欠けている。○エネルギー確保は我国の死活問題。○昭和50 年代に利用技術の研究が盛んになったが、実現せず最近も実証テストが世界的に行われているが、恐らく実用化は無理と思う。○コスト削減が成否の鍵。○自然エネルギー利用こそ、温暖化対策の切り札。○可能であるが常時観測データから適地を選び効率的な配置が必要。○要素技術は日本に蓄積がある。民間との効果的な連携を。○化石燃料の高騰により実現は早まる可能性ある。技術的には実現している、コストが下がるかポイント。</p>
12	<p>熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術</p> <p>○固定のエネルギー単価によってはすでに実現している技術を使ってでも可能性があると考えられる。○深海の海底におけるロボットを作る技術等が必要ではないか。また採掘コストによる。○一度消費すると回復の難しい資源である可能性がある。○一部の含有物だけに気をとられて乱開発ということにならぬよう、多角的な研究と慎重な実施、十分なアセスメントを続ける必要がある。○レア金属回収コストとの競争。○日本の技術力向上のために必ず必要な分野、産官学の連携が必要である。○政権交代による推進母体への影響が不明。○熱水鉱床については、カナダ、英国の企業が商業ベースの回収・調査を実施中。予定ではここ1~2 年で実用化するとされているがもう少しあとになるのでは。○採鉱実験パイロット事業に早期に取り組みなければ日本は取り残される。○商業ベースにするには、機器開発コスト等がかかり過ぎる。公的機関発の技術開放が必要。○資源確保は我国の死活問題。○鉱山関係企業が国への依存から脱却することが必要。○コスト削減と資源価格高騰が鍵。○海底資源開発は、競争に入っていると思う。○大事業となるので費用対効果の十分なトレードオフスタディを行い事業化の適否判断が必要。○日本の領海を守ることが必要。中国の調査船より早く資源探査を実行すべき。○都市鉱山からの回収コストとの競争。○日本の技術力向上のために必ず取り組むべき分野。産官学の連携が重要である。</p>
13	<p>海底面全域を計測する水平分解能 1m の地形データ取得技術</p> <p>○深海域での立体ソナー技術があるとしても1m 平方でデータを取ることは潜水艦を使う手法では無理だと感じる。○水中データの高分解能化。位相合成技術。○全球マッピングには時間を要するが、技術的に可能になるのは速くない。○技術上の問題より資金面の問題。○なぜ全域？なぜ1m?○仮想敵国との秘密保持、国内への情報公開基準を決めておく(隣国の軍は既に進めている)。○軍事情報だと思ふ。(高分解能の地形図等と同様)○現状でも技術的には可能。○水中測位技術が課題。○水深測量もスワス測深から干渉測深と急速な進展となっている。○水平分解能1m は不要。NOAA は海底地形図を公表している。○地震予知への利用。</p>
14	<p>海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術</p> <p>○資源化に重要。○産官学の連携が必要である。○文部科学省の基盤ツールプログラムは総括的すぎる。実用化追求のための絞り込みが必要。○何を調査し、何に応用するのか、この設問では不明。○技術はあるので、実地踏査でしらみつぶしにやっている段階。○沿岸や北極海の資源等、海底資源の効率的な利用技術は資源の少ない日本には必要と思われる。○商業ベースには量が少ないかもしれない。希少金属やバイオリソース狙いの民間、外国に乱開発されないよう、マッピングとアセスは公的に先行させておく。○資源探査。(レア金属)○産官学の連携が必要である。</p>
15	<p>衛星-無人ブイを経由した AUV (自律型海中ロボット) 等の海中活動テレメトリー技術</p> <p>○得られたデータをどう使うかのソフト面の検討が必要。○RFID 技術との連携。高 G/T アンテナシステムの開発が重要と思われる。○海はテレメトリーについて知見がありません。○低コスト化、高信頼度化。○EEZ 内の監視システム構築。○海底・海中等の調査・発掘の為にロボット等を利用することは、日本が得意とする。これは伸ばすべき。また、海は日本にとって有効な資源○AUV の信頼性向上が先。○社会的認知度が低い。予算上の問題。○ARGO は確立し、次世代の AUV については同技術が使われる。○既にアルゴブイ、JAMSTEC のブイなどで実現している。○漁況監視等。</p>
16	<p>海底観測のためのマルチプル AUV (複数協調自律型海中ロボット) による広域自動観測技術</p> <p>○海底・海中等の調査・発掘の為にロボット等を利用することは、日本が得意とする。これは伸ばすべき。また、海は日本にとって有効な資源○コスト的に問題。○AUV 間通信・計測技術が無い。○日本では、まだ取り組まれていないが、外国では開発が盛んである。○プラットフォーム技術は実現するだろうが、計測技術が不明瞭。地震観測と資源調査では、対象範囲の広さが異なると感じる。○海中での通信、測位技術が課題○技術はすでにかなり進んでいるが、運用予算等、実業務の企画次第。○日本の進んだロボット技術の活用が期待される。</p>
17	<p>我が国の EEZ 内全域で、海中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク接続観測網</p> <p>○技術は既成でも経費が重い。○中継器に接続する形での敷設は可能と思われる。但し、中継器寿命(10 年越)に合わせた機器信頼性の獲得には時間が必要○阻害要因:費用。地震・海洋環境・海防など、あらゆるニーズのある分野に対し有効な基礎インフラと思われるので重要である。○民間企業の海底ケーブル情報は非公開のため、研究機関との情報交換が今後必要。○観測対象をステップワイスに拡大する方法で、ネットワーク構築を先行させるべき(課題15 と連携)○EEZ 内に存在する離島の状態を衛星を利用して監視することが可能かを検討する活動中。○コストが高いため、EEZ 全域は実現しない。○技術的にはほぼ可能な段</p>

	<p>階。○技術的には可能だが、誰かのトップダウンでないと実現しない。○目的および網になる弊害が明確でないので、優先度低い。○世界各国の資金難。(技術的に現状で可能)○要求精度に依存。防災上は重要。○海底ケーブル施設費の低廉化が必要。○コスト削減が成否を左右する。経済を無視した技術はありえないが、本課題は特にそうである。どの程度の分解能に依る。○海底地震計やハイドロフォンなどの展開が進んでいるが、全面的にできるかどうかは今後。○経費が膨大となる。○衛星による海底火山噴火、変色水のモニタリングなどコスト安な方法も併用すべき。○阻害要因:費用。地震、海洋環境、海防など、いろいろな分野に有効な基礎インフラである。○地点を限定して実施すべき。○課題 15、16 とリンクしたスラップワイズ方式で構築。</p>
18	<p>cm/年以下の海底の移動を海上から計測する技術</p> <p>○技術は既成でも経費が重い。○分解能にもよるが、プレート境界地震の監視だけならできる可能性がある。○海底にターゲットを打ち込み、船間とレンジングし、船を GPS で位置決定する。GPS は既に数 cm 精度に届きつつあるが海底と船の間の精度が課題。○レーザー反射器を海底に設置し、船上からレーザーで計測。大パワーレーザー。○大学と公的研究機関の連携が重要。○プレートの移動速度の把握によるプレート型地震の知見拡大のため。○海底ではなく陸(島)を測ればよいのでは? ○水中測位技術向上にブレークスルー必要。(番号 20 の通り。)○技術的には現在でも可能。○地震予知などに期待できる。○海底基準点で、ほぼこの精度は達成できている。日本周辺に全面展開できるかは今後。○経費が膨大となる。○衛星高度計で 1~2cm の海面水位変動が計測可能であり、cm オーダの海底地形の観測マップが NOAA から公開されている。○プレート型地震予知に重要。</p>
19	<p>6000m を越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大型耐圧容器</p> <p>○他用途がありそう。ものづくり技術の伝承という観点からも必要性がありそう。○しんかい 6500 の Ti 性耐圧殻が該当すると思われる。○しんかいの軽量、高圧耐圧化。アイソグリット構造など。○新素材の開発が注目される。○海底地震観測では既に実用化されています。○社会的必要性は低い。○金属ではなく、合成樹脂系の伸縮性(弾性力)のある材料を用いて多層構造体。○セラミックスの活用で実現済み。廉価化が必要。○小型のものはある。「しんかい 6500」の次が企画され、実現できるかにかかっている。AUV のほうが早い? ○深海はまだ未知の領域なので探査を広げる必要がある。軽量大型化は重要と考える。</p>
20	<p>水中で 100m より遠方で少なくとも 10cm の解像度を持つ、音響写真撮影技術</p> <p>○軍事技術として、非公開で開発すべきである。原子力潜水艦に搭載することが望ましい。○超音波合成開口技術。○実用的な大きさのシステム(音響撮像)を実現するのは、原理的に不可能(サイズに、こだわらなければ可能)○音響イメージの歪の問題、ハードウェアを改善するか、ソフト処理で実現するか、多分時間の問題だろう。海外が得意、日本は沈下中。○水質、水のダイナミクス等の条件によると思われる。</p>
21	<p>我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術</p> <p>○民間が動けるビジネスモデルがない。STICS2 が停滞している。○政府がインフラ(衛星)を提供し、民間が運営するところから始めるべきだろう。○地上システムと統合が重要と思われる。方式・端末等。○基本的に WINDS 衛星で実施済と考えられる。コストはビジネス規模とモデルによる。○政府方針による。○受信機を商業ベースの安価なものにすることが大切。○WINDS のデータ中継機能の利用。○技術だけでなくコストを要求されることなのでよくわかりません。○インド洋・アジア・オセアニア海域において、通信衛星によるブロードバンドサービスが 2009 年に実現している。○海上にインフラを設置し難いので地上とのコスト競争上無理? ○初期費用を国が負担出来ることが前提。○技術的な問題ではなく、そのようなインフラを必要とするかだけ。必要性を感じない。○陸と同じ費用になる意味はない。○我が国の海事産業競争力向上にも大いに貢献する技術となる。○洋上ではニーズが少ないので、「同じ費用」は難しいはず。○法的な整備を含め公的な努力が必要。ただ、これよりも現行システム利用者に資金を出した方が早くて安い。○陸上と同じ費用にはならない。(補てんするなら別だが)標準化が必要。○コスト次第。○高高度飛行船を用いた通信は実現可能。○技術的に実現しているので、利用費用負担の考え方次第である。○汎用性あり。○米国の海底調査船は事例あり。日本はコストの問題? ○多数の小型衛星により実現できないか。○電波使用に関する規制を排すことが重要。○人工衛星通信技術次第。○WINDS のブロードバンドの低価格化が計れば可能。○阻害要因:費用?</p>
22	<p>熱や CO₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術</p> <p>○JAXA の衛星リモートセンシングの成果を民間がビジネスとして使っていけるようにすることが必要。○海底面探査で熱や溶存 CO₂ が観測できる手法を思い付かない。○無人探査機。○「熱、CO₂ 等、全球的収支」の明確化だけでなく、資源という意味から必要。○「海底面広域観測技術」が良く判りません。「海表面…」の間違ひでは? ○技術よりも運用資金のほうがネックだろう。○観測手段がわからない。○海底観測でなく、海面観測で行うべきである。○海底観測が重要? ○熱の定義が不明瞭では? 地熱も含む? ○マルチビームソナーの活用。○どの程度の分解能かによる。○潜水艦で可能と思われる。</p>
23	<p>漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術</p> <p>○JAXA の衛星リモートセンシングの成果を民間がビジネスとして使っていけるようにすることが必要。○あるレベルであれば CCOM-C、SGL の沿岸観測機能、ALOS-2SAR の海面観測で実現可能。○レーザー高度計の技術開発が必要。○海洋レーダーの利用。○漁業被害という観点だけでなく、全地球規模の天気予報を含むモデル化の一環として必要。その中の一部を取り出して少し価値を付加したものがこのテーマ。○急潮流の予測と波浪の予測は技術内容が異なる。○すでにある程度は実現している。○海洋レーダーの高度化に向けて、産学官の連携が必要。○喫緊の課題であるし早期実現可能。○予測できると防災可能? ○沿岸音響トモグラフィーの活用。○技術的問題はほぼ解決済みであるが、それを実行する価値を認めていない世論が問題。○ある程度の観測技術は既にある。予測技術の確立が課題。○予測するための観測・モニタリングネットワークは未確立。○観測ポイントが多数必要になりコスト高になる。防災としては必要。○人工衛星からのデータの精度向上やスーパーコンピュータの性能向上によって開発スピードは早まる。</p>
24	<p>人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術</p> <p>○湧昇流を起こさせるエネルギー量が多分非常に大きく、現実性が疑問に思える。○人工トラフによる海流、潮汐の流れを利用。温度差の利用。○大規模な対流場の改変はより広域な環境変化をもたらす危険があるので反対。アセスメントを十分に行うべき。産業従事者を守るための新技術はアセスメント甘くなりがちなので、持続可能かどうかの見積もりと検証が不可欠。○副次的影響を含めた事業評価が必須ではないか。○長い時間の中で実行必要性を十分に検討すべき。○大規模に行うことと環境調和の関係を考えるべき。○いくつかの取組みの例あり。○湧昇によるデメリットや回復時間などの評価のほうが大切。○環境へのインパクトが強すぎる。○食糧資源の確保は我が国の死活問題。○有効? ○海洋利用は相当困難。政治的な動きがないと実現しないだろう。○プロトタイプの人礁は設置されている。大規模化へ向けた効果評価と有効な設置(配置)技術の開発が課題。○人工湧昇を起こす海洋構造物の沖合展開はすでに着手されている。○自然エネルギーを用いるシステムが出来ればコスト効果が上がると思われる。○環境アセスメントが必要。○ガイドライン作成に時間を要す環境団体、世論の動向も確認する必要がある。○ロンドン条約との関係も注意。</p>
25	<p>陸海シームレスの観測データ整備</p> <p>○質問が具体性を欠いている。○何を言っているのかわからない。○日本でもデータ統合・解析システム(DIAS)計画が開始されて</p>

	<p>おり陸/海/衛星データ統合が進められている。世界では GEOSS システム。○ADEOS、ALOS、GCOM 等観測用衛星シリーズによる回答としてのシステムアーキテクチャを描くことが大切。○シームレスの程度によるので回答が難しい。○何を観測するかにより内容は全く異なる。設問が漠然としすぎ。○「陸海シームレス観測」の定義があいまい。広義にはリモートセンシングが該当する。○GCOM-C による陸域、海洋観測データ整備。○データを生かすために重要なこと。○過去のデータの掘り起こし、レベルの統一などが重要で難しい。○何のデータを陸海でシームレスに整備するのか不明な設問。地震？地形？温度？内部構造？○全世界レベルでの地図作成や海氷観測等を目指した観測衛星 ALOS が2006年に打ち上がり、データアーカイブが進捗中。今後も GPM (全球降水観測計画) や EarthCare 等の国際連携プロジェクトが進行中。その成果が実利用サービスとして実現するかは不明。 http://www.jaxa.jp/projects/sat/alos/index_i.html http://www.jaxa.jp/projects/sat/gpm/index_i.html http://www.jaxa.jp/projects/sat/earthcare/index_i.html○現時点でこれがない方がおかしい。2016 年～2020 年の間には確立を期待する。○陸海は各特徴に応じてデータ整備されるべき。シームレスにする意味はない。○観測網の整備には多大なコストを要する。○ある一定量のデータが蓄積される必要があり、10 年程度先を実現時期とした。○「観測網」の内容による。○陸と海では時空間スケールが違うので必ずしも「同じ」分解能である必要はない。○日本においては、技術面より省庁間の壁が最大の障害となっている。○海域は、陸域ほどわかっていない。細かくなればなるほど、未解明部分が増える。海域データベースの公開が遅い。○衛星で既に実現しているものもある。(降水、水蒸気、雲、エアロゾル等)○データを生かす上で重要。○シームレスで整備する仕組みはない。</p>
26	<p>平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術 ○専用ツール(外洋作業ステーション) 建造経費が大きいだらう。○費用対効果分析で商業化の成否を判定。○マスでなくクラストで存在するものを資源として大量に扱うことは、広範囲にわたる海洋・海底環境の破壊をもたらすので反対である。開発後の自然の再生能力・期間(地質学的スケール)について十分議論すべき。○コバルトマンガンは国際機関での調整が行われている最中。○技術の可能性は有るが、商業ベースの開発はマーケットに依存し、不明の点が多い。○コバルトリッチクラストを重要な供給源として開発を加速しなければレアメタルや REE の制約のため、日本の先端技術は打撃を受けることになる。○レアアース確保は我国の死活問題。○採算性の問題が解決しない限り、実現の方向に向かわないだらう。○Co はリチウムイオン二次電池の材料としても大切。○端緒技術としてはできているが、今後商業ベースに乗せられるかどうか。○専用ツールの建造に巨費が必要だらう。○資源の少ない日本では特に重要であらう。海洋に囲まれた日本、北極海、南極の資源資源開発も国際競争が進んでいる。</p>
27	<p>水・金・火星の周回による表面および内部観測技術 ○宇宙ツールの経費が問題。○国際的なプロジェクト・ミッションでないとコストがかかりすぎる。○国策としての全体ビジョンが足りない。全体としての検討が必要。○「かぐや」並みの観測を想定。○日本でも「のぞみ」(火星)プラネット-C(金星)などで表面観測計画は実現されている。内部観測はルナ-A によるペネトレーター技術がある。○地球を知るための技術開発としての促進が必要。○技術は存在する(日本の「かぐや」や「はやぶさ」含め)が、予算・政策次第。○惑星探査機、リモートセンシング技術、センサ技術の改良。○NASA、ESA によってすでに水星・金星・火星探査は実施されている。○ルナ-A の中止、ペネトレーター開発の遅延。○大気がない惑星の場合、SAR マルチスペクトルの光るセンサの組み合わせにより可能。○投資金額如何。○急ぐ必要はない。○宇宙開発は特に重要。力を入れるべきだ。○純科学としておもしろいのであって、利用はほど遠い。○水、金、火星で難易度が異なり、実現時期も違うと思う。火星で考えた。○経済・実社会への貢献度としては重要性は低い、科学的価値は高い。科学については別の物指があってもよい。○技術的実現には火星は一部実現済みである。社会的実現に関し、水、金星での実現はないと考える。○JAXA と大学の協力。○Planet-C(あかつき)、ベピ・コロポプロジェクト等により、基盤技術はつちかわれている。世界を牽引する日本の技術の実証は重要。○国際協力が必要。○人類の知識が広げる観測により実態把握するデータが必要。</p>
28	<p>打ち消し型干渉計やコナログラフなどの技術を用いた、太陽系近傍の星の周囲にある地球型惑星の直接的撮像技術 ○地球型惑星はかなり遠くにあるものしかないとの認識から、困難ではないか。○すばる望遠鏡で実績があるはず。○センサ技術の改良、革新の技術開発。○日本も大学、宇宙研一体となって国際プロジェクトに参加して解明。○急ぐ必要はない。○人類の宇宙観の根幹にかかわる発見を導くための技術といえる。○基礎的技術は、日々進展しているが、基本は分かったものとなっている。課題27、28は、金・人・時間をかけなければできない課題で、投資に比例した Gain がある。○経済・実社会への貢献度としては重要性は低い、科学的価値は高い。科学については別の物指があってもよい。○光学、電波観測による計測技術の発展が望まれる。</p>
29	<p>自律型深海重作業ロボット ○専用ツール(外洋作業ステーション) 建造経費が大きいだらう。○分かりませんが、当面は深海調査をまず実行すべきでは？○深海サルベージあるいは資源採取に重要。○海底調査及び資源開発に必須の技術である。○自律型 ROV であれば、いつでも開発できる技術レベルがある。自律型 AUV であれば、重作業用が実現できるか否かは、バッテリーの性能次第である。○「自律」の定義による。○動力源が課題。サンプルの回収技術が課題。○水中の測位技術が課題。○「何の仕事させるか」の議論がなく、名詞を連ねただけの議論しか行われていない。○やればできるが、需要が現在のところ不明。○海洋開発促進には大変重要。○衛星運用においても自動化自律化を進めているが、スマート化、インテリジェンス化が必要。</p>
30	<p>深海化学合成生態系による海洋へのエネルギー・物質寄与を高精度に見積もる技術 ○入力データ用の観測網の整備が必要。○生態系の寄与を見積もる基本モデルは構築済みであるが、それを拡大、発展させようという予算的支援が得られない状況にある。○地球は Close するので、化学反応は質量保存則でしかありえないのでは？○どの程度の精度、分解能かに依る。○物質循環と生態系の関係するプロセスの理解は長期の海洋変動の解明につながる。</p>
31	<p>深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術 ○石油業界での浅部技術の情報、海外の陸上掘削技術のノウハウの情報交流が必要不可欠。○地熱開発との連携必要。○長時間 400℃下で動作できる高温半導体デバイスの実現ができるかどうかポイント。短時間ならば、実現可能。○海底の資源調査に有効と思われる。</p>
32	<p>CO₂を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立 ○海底固定技術は研究が着手され、進んでいる。○実現はできるだろうが、未知の環境破壊の要因になることがとても懸念される。自然環境下での固定ではなく、せめて閉鎖系でバイオ的に石油に変えるなどの安定・隔離的な処理を試みるべき。また固定する場合は、不安定性の議論もすべき。海底地滑りや、地震断層の活性化を引き起こしてはならない。○エネルギー収支でチェックすれば得失は明らかである。(収支上マイナス=CO₂増)○既に実証されている技術の延長上。○少なくとも2016年～2020年の間には確立してほしい。○ロンドン条約により、CO₂の海中投棄は現在出来ない。海底岩盤下固定を中心に近い将来実現する。○温暖化の対策としては不相当と思料する。○環境アセスメントが鍵。○事故による弊害評価を行う。○環境へのインパクトが問題になる。○Globalな影響を配慮する必要がある為、全球的知識なくして実施できないものと思われる。○やらない方がよい。○自然を変えるのは不可能で、我々にできることは CO₂を出さないようにすることだけ。○地球上では常に断層が作られており、それを通し</p>

	<p>て地上にリークする可能性大。千葉の茂原でメタンが噴出している。○むしろ環境アセスメントが問題。使用済 Mg 燃料と CO₂ を反応させてエネルギーを取り出してから Mg CO₂ を海底隔離。Mg 燃料は海水から製造される。MACRO REVIEW Vol21、p41 参照。</p> <p>○要素技術はできている。実海域実証が次のステップ。○海水の酸性化を防ぐため行うべきではない。○自然に循環のプロセスから考えて有効な手段と考えられるが、コストも含めたトレードオフスタディが必要と思われる。○地球温暖化原因は CO₂ なのか？氷河期～との大きな流れで判断すべき。○コスト及びエネルギー収支からみて、CO₂ はかえって増加するのではないか。○技術の公開と長期のモニタリングの結果を早急に公開して、世界的な認知を高めることが重要である。</p>
33	<p>生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場</p> <p>○ビジネス化を前提に検討を行うべきである。○「最適な環境管理」は不可能。○海洋利用のビジネス化は日本として必須(生き残るために)。○技術的な課題はない。あとは予算のみ(やる島)○沿岸漁業との関係で重要。○海洋養殖は、まぐろで進んでいる。○規模に依存するが、大型なものはそれなりに環境へのインパクトがある。アセスメントは困難を極めるものと思われる(知識が不足しているので充分に出来ないだろう)。○食糧資源確保は我国の死活問題。○人工海山(マウンド礁)の設置など、要素技術は開発されつつある。○黒マグロ養殖など、個別には海洋牧場的なものは実現している。○衛星 GCOM-CL、海洋観測、予測モデルを用いた北海道のホタテ養殖への適用計画あり。○蓄養技術の応用であるが大規模に行う場合の環境影響評価を同時に行う必要があり、ガイドラインが重要。</p>
34	<p>海水中に溶存している酸素や水素を取り出してエネルギーを生み出す海水エンジン</p> <p>○ビジネス化を前提に検討を行うべきである。○新エネルギーにおいて本方式が比較上のようなメリットがあるかによるのでは。○海洋利用のビジネス化は日本として必須(生き残るために)。○技術的な課題はない。あとは予算のみ○使用目的に限られる。○エネルギー収支が合わない。○エコノミカルな視点で事態は進行するものと思われる(技術的な課題はない)。○大変興味あるテーマで更に研究の必要あり。○エロ呼吸は実現するか？○海水中の酸素量は極めて少ないため、陸上で考えるエンジンでは不可能。魚類のエネルギー発生機構をもっと研究すべし。○海洋活動する上でエネルギー補給は大きな課題。○効率が問題か。自然エネルギーとして利用できるか。</p>
35	<p>Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備</p> <p>○目的がわかりません。深海探査との差別は？○実験設備のスケールが課題。(小規模では JAMSTEC に存在)○今から 20 年から 30 年後には、この全体モデルとしての解明が必要(人類が地球に生存し続けるために)。○環境へのリスクをどう抑制するかが鍵。○極地、地下等利用可能か。○実験規模の最適化が図れるのか？</p>
36	<p>深海生命圏(海陸を含め地下 5km まで進む)自律ロボット</p> <p>○メカニズムが想定できない。○目的がわかりません。深海探査との差別は？○海洋利用のビジネス化は日本として必須(生き残るために)。○「海陸を含めて地下 5km まで進む」が良く理解できない。「進む」は「含む」ではないか？○海底直下の未固結堆積層をどう貫通するかが問題。○エネルギー源が最大の問題。○方法論が不明です。</p>
37	<p>生命の起源を探求するための太陽系惑星生態系再現シミュレーション手法</p> <p>○簡単なものは実現済みとの認識ですがレベルまでは不明です。○木製の衛星エウロパの生命可能性について観測とシミュレーションが必要。○20 年から 30 年後には、この全体モデルとしての解明が必要(人類が地球に生存し続けるために)。○生態系はむりでも、科学組成はかなりシミュレートできるようになるのでは。○月・惑星の表層の研究がまず行われるべきである。○シミュレーションを行うには、観測による現実を良く理解したうえで、モデル化しなければならない。</p>
38	<p>DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメートルの位置分解能をもって解析を行う X 線技術</p> <p>○分かりませんが、重要だと思います。○超電磁加速器を用いたエネルギー回収型放射光が世界で開発中。現在の XFEL より効率的な面が大きい。○加速器を用いた技術革新が進行中。</p>
39	<p>新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X 線、中性子線、ミュオン粒子線などの量子ビームを用いて各種化学反応過程を観測する技術</p> <p>○分かりませんが、重要だと思います。○完成したばかりの加速器 J-PARC で本格的に始動開始。</p>
40	<p>人間の思考現象の解明のために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術</p> <p>○分かりませんが、重要だと思います。○PET など技術改良。○PET との違いを明確にわかるような設問にすべき。○危険性？他により有効な方法があり。</p>
41	<p>現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術</p> <p>○量子通信は惑星探査には全く関係なく重要だと思います。○人類が地球に生存し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。20 年から 30 年後程度で一步が出ないと駄目。○そもそも量子通信自体が可能なのか？○技術的には興味深いですが、ニーズはどのくらいあるのだろうか。○非常に興味深い(技術は)実現させる必要があるかは疑問である。○量子通信→超高速大容量伝送？○理論的に可能？○量子通信は、セキュリティ面を含め世界の将来に必須のチャレンジ分野。</p>
42	<p>深海や地中の資源探査や環境調査を目的とした、非常に高い周波数の振動波や重力波などの新原理により、深海や地中の人や装置との通信を可能にするシステム</p> <p>○日本の軍事技術として非公開で行うべきである。重要。○振動波での通信は実現性があるのではないか。○目的は妥当であるが、目標達成が困難な「新原理」ではなく、既存原理に基づいた技術開発を目指すべき。○人類が地球に生存し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。20 年から 30 年後程度で一步が出ないと駄目。○重力波を持ち出すより、ニュートリノなどの粒子線通信の方が可能性は高いと思われる。○重力波は可能性があるとと思われる。○非常に重要、他の開発分野を支援する第一デバイスになる。</p>
43	<p>全システムが密閉(大気とのやり取りが無い)で可搬型、一回の燃料補給で 10kw を一年間出力し続けることが可能な燃料電池</p> <p>○日本の原子力潜水艦として位置付けるべきである。(原子炉でよい)非公開とする。重要。○原子力電池で実現可能と思われる。○海中や地中、宇宙空間など、あらゆる極限環境で役立つと思われる。○目的は妥当であるが、目標達成が困難な「新原理」ではなく、既存原理に基づいた技術開発を目指すべき。○大気とのやり取りがないクローズしたシステムを作ること、人類/地球/宇宙の全体システムを解明するための一手段である。これを行いつつ全体についてよく考えることが重要。○利用目的が狭いように思われる。○PEM、閉鎖系では不純物除去技術が不可欠で未解決→JAEA 技術、国産化が可能。生成水 36ton をどう処理するか○海中、地中、宇宙など、あらゆる極限空間で役立つ。○熱力学的に可能なのか。</p>
44	<p>電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所</p> <p>○小スケールの実験から着実に開発を進めていくべき。○宇宙空間太陽光発電所の規模がコストに見合う規模でなければ実現しない。○社会的実現には低コスト化が課題。大型宇宙構造物の輸送手段と輸送コスト低減も合わせて考える必要あり。○月面、軌</p>

	<p>道上施設などに建設する可能性があると考えられるが、維持(デブリなどによるスペックダウン)、運用後の回収などについても考える必要があると思います。○商業的に成立しないので実現しない。○伝送技術にこだわらずさらに広い視野で代替エネルギーシステムとして実現を目指すべき。レーザーは利用価値があるか疑問。○地上での太陽光発電コスト比較で意味があるか非常に疑問。○地上インフラに対する優位性が不明。○他のエネルギー源、例えば地上での太陽電池発電の方がコストパフォーマンスに優れている。○コスト的に意義があるか。放射線耐性も課題。技術的にはもちろん可能。○兵器等との切り分け等、社会的に大きな課題が多くある。○試験的な発電衛星の技術的実現・実証は出来るものの、建設コストに見合う発電効率、国際的周波数の獲得、競合技術との差別化等の困難性が打破出来ず、事業化は不可能ではないかと思料する。○まず最初には発電設備を宇宙空間に持っていくことをコストに入れて検討することが必要。現在、地上への伝送のみが動いており、今のままでは意味がない。○宇宙基本計画。実用はマイクロ波。○採算は考えなくていい。技術のみの評価。○技術は全て原理の証明は終わっている。今は、目標発電コストと規模の拡大のための産業技術開発段階にある。これをフロンティア領域に分類していることを見識を疑いたい。○宇宙輸送コストが現状の 1/100 以下になることが必要。○実現へ向けた研究を期待したい。○実証機会を早急に求める事が重要と思われる。○宇宙空間でなく月面で行う月太陽発電の構想が民間で検討されている(清水建設ルナリング)。○小型の実験を早期実現することから開始しては。○地上への電力伝送はエネルギー収支上大きなマイナス。環境影響評価が重要。</p>
45	<p>微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム ○生物学的な意義もあるが、マイクロマシンや医療へのフィードバックも大きい。○顕微鏡のフォーカスを利用した 3 次元化したものがありますが、使えないのでしょうか? ○どの範囲かによると思いますが限られた条件ならば実現されているのでは。○必ずしも海洋生物識別のためだけではない。この種の技術は応用分野が広い。○海洋生物の船舶バラスト水による移動抑止との関係で実際的な重要性大。○波長の極短い電磁波が必要。(放射線)○対象の大きさには無関係。○プランクトンビデオレコーダーは市販されている。画像の解像度は更に高まるだろうし、画像処理ソフトウェアだけの問題? ○ステレオ画像方式でどこまで可能か。○すでにある程度の実用に耐えるシステムが開発されている。今後は分解能の向上、種査定能力を含む、データ処理技術の向上が課題。○微小海洋生物の生活史を把握する技術として重要。○既にあるのではないか。</p>
46	<p>100MPa(=ca 1000 気圧)、300°C、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下 1km を想定)で生命体を培養・飼育する大容量(1000 litre を超える)空間の環境安定保持技術 ○目的が理解できません。○人類が地球に生存し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。今から 20 年から 30 年程度で一步が出ること必須。○目的を明確に示す必要がある。</p>
47	<p>海洋の生態系についての数値モデルの確立 ○レベルにより既に実現している部分もあると思う。○沿岸水域のケース 2 ウォータの水色の水中アルブリズム開発に研究が必要。GCOM-C で要改良。○どこまで詳細に扱うかによる。基本的な技術はすでにある。○何をもちて確立したと考えるかによって答えが大きく変わってしまう。あまり適切な設問ではない。○人類が地球に生存し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。今から 20 年から 30 年程度で一步が出ること必須。○個々の海域の特殊性が非常に強いので大変難しい課題であるとする。○特に深海域生態系のモデリングは後回しになり、技術的実現は 21 世紀後半になる可能性もある。○数値モデルの開発は進んできているが、その「確かさ」を検証するデータは少ない。データの取得がなければ、モデルは確立しない。○レベルによる。あるといえはすでに有る精度、信頼度の問題。○パラメータの物理・生物学的な意義を考えなければ、既にある程度の数合わせはできている。○どこまで単純化するか? ○何をもちて確立したのか不明。○北太平洋における NEMURO、NEMURO-FISH など、実用レベルのモデルが開発され、さらに進化しつつある。○モデルを如何に高度化、実用化するかが課題。○生態系をどういう風にモデル化するのか(種なのか遺伝子なのか)、基本概念の扱いで実現可能性も変わってくる。○ADEOS の OCTS、ADEOS-II の GLI で日本の科学技術が進んだが GCOM-C1 の SGLI の遅れが、日本の海上研究を後退させている。○数値モデルの意義が不明。</p>
48	<p>ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術 ○工学への投資が重要。○世界に先駆けたミッションを実現するためには、思い切った投資とスピードが必要。人的資源も。○日本が特に得意とする分野なので、積極的に世界をリードすべき。○動力源と、例えば可視光を一つの項目で扱うのは不可。○緊急性はないと感じられる。○ISAS の科学衛星で実施中。技術蓄積に応じた成果があり、「実現時期」を定められない。○すでに観測はいろいろ行われ新しい知見が得られている。宇宙観をくつがえす発見が多い。技術のものは加速器や素粒子研究から生まれたものが多い。○米国のハッブル望遠鏡、チャンドラ衛星、日本の「はるか」など、波長帯によっては実績あり。○X 線天文衛星 Astro-H(2013 年予定)、国際 X 線天文衛星(2020 年頃)、赤外線天文衛星 SPICA(2018 年) ○何をもちて確立したと考えるかによって答えが大きく変わってしまう。何をもちて超高精度とするのか? ○人類が地球に生存し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。今から 20 年から 30 年程度で一步が出ること必須。○各対象ごとに測定技術が異なるので回答困難。個別にすべき。○ダークマターの研究は重要である。○ダークマター、重力波については予測不能。○質問が変です。「ダークマターを用いる」ことはできないだろう。測量、観測が何を指しているのかもわからない。○観測周波数帯等により実現時期は異なる。○多種多様な宇宙天文台を一律に扱うことはできない。本課題の意が理解できない。問題として不当。○ダークマターだけ他と異質。○日々進歩をとげている。</p>
49	<p>宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術 ○一部カミオカンデなどで実現済みと認識。○カミオカンデ、J-PARC 等でニュートリノは日本が世界をリードしている。地球内資源埋蔵量なども可能。○人類が地球に生存し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。今から 20 年から 30 年程度で一步が出ること必須。○ダークマターの探索は重要である。○ダークマターについては予測不能。○すでに技術としてはあり、(ダークマター以外)その改良を進めることになる。○コストが問題。○これも一律に論じられず、問題として不当。宇宙ニュートリノ、超高エネルギー γ 線は既にあるともいえる。○スーパーカミオカンデ、J-PARC 等で技術が進歩している。LHC で創ることができる可能性あり。</p>
50	<p>自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術 ○国際協力で行うべき。(CERN 等)○spring8 などで一部計画済と認識。○KEKB、J-PARC などで日本は先端を進む。欧州の CERN の LHC が最大。国際リニアコライダー ILC が次期大型計画である。技術は医療、材料、エネルギー、環境に応用が急速に進んでいる。○粒子加速器はそろそろ限界である。○国際共同が前提。○ILC を日本へ誘致することが最重要である。○粒子加速器はそろそろ頭打ちではないか。コストの問題になりつつあると認識している。</p>
51	<p>超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器 ○レーザー加速の原理はすでに実現している。コライダーにできるようにするには数 10 年かかる。応用化学に利用する方向はもっと早い。○熱収支上無理ではないか。○人類が地球に生存し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。今から 20 年から 30 年程度で一步が出ること必須。○粒子加速器はそろそろ限界である。○国際共同が前提。○原理実証はできている。素粒子用にはほかの原理的課題がある。放射光には大きく利用できる。</p>

52	<p>素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるベタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術</p> <p>○ベタコンを超えるヘキサコンは世界ではもう検討段階に入っているようだ。○京速コンピュータ後も進むと思われる。○ソフトの方が重要。分散型、目的別などで進める方が効率的という考えが多い。○気候予測など、次世代大型計算機の応用範囲は広く、重要。○気候変動モデル、大気海洋モデル等にも活用が期待される。○宇宙空間での利用が優先。○人類が地球に生息し続けるために必要な宇宙全体系認識を行うためのもの。今から 20 年から 30 年程度で一歩が出ることも必須。○頭を使ったイメージーションが必要ではないか。○無知な政治家が阻害要因。○これも課題の設定がよくない。</p>
53	<p>超軽量・高収納率・高精度の 100m 級展開大型宇宙アンテナの建造技術</p> <p>○モジュール構成の宇宙アンテナは、日本の独自技術であり、100m級のアンテナを建造できる唯一の方法であると考えている。○日本が世界をリードする分野なので積極的な投資が欠かせない。○JAXA の仕事。○通信インフラの革新が可能。災害時の安全・安心にとって大変に重要。まずは 30m アンテナで地上セルラと通信システムの統合を行うことから実現してほしい。○静止軌道からのリーダーなど要求が高いため、実現必要。○COMINT(盗聴)関連技術として米国等で実現。日本では宇宙基本法の下、安全保障目的で開発に着手するか不明。○具体的な応用事例なしでは意味がない。○ETS-VIIIにおいて、約20mの展開アンテナは実現済み。○欧米では軍事技術としてとじて開発される。日本では情報を得ることができる機能が他国以上に必要。○用途は限られている。できれば宇宙科学には大きな前進。○展開アンテナでなく、組立アンテナになると思われる。○日本は予算難。○宇宙輸送コストが現状の 1/10 以下が必要。○お金の問題だけで、できると思う。○月面天文台のための利用を考える必要あり。○予算の削減の中で ASTRO-G 等の展開ミッションをいかにすすめるかが課題。○宇宙で組立て建造する技術が求められる(地球でできたものを宇宙に持って行く時代はおわり)。○干渉計や合成開口技術により大型で実効的に大口径の性能得ることを考えた方がよい。</p>
54	<p>多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム</p> <p>○小型衛星を多数用いて大型衛星と同等の観測や通信が可能なら、次世代システムとして革新的なコストダウンとなる。○小型衛星など機能を分散したシステムとして有効と思われる。○編隊飛行が将来の宇宙技術の中心の 1 つになることはほぼ間違いない。○米国の A-TRAIN など実現されている。○分散開口アンテナ群として研究の価値がある。○formation flight なら今もできているが needs oriented に考えるべき。○部品点数の多いシステムの高信頼性化。○GPS やプラズマ探査で実現している。○米国イリジウムやグローバルスター衛星群の例もあるが、最近では独 RapidEye(5機の衛星コンステレーション、主として農業生産予測に活用)の例もある。今後はこうした小型衛星の多数は編隊飛行が観測頻度の向上に役立つと料する。○欧米では軍事技術としてとじて開発される。日本では情報を得ることができる機能が他国以上に必要。○単なる編隊なら実例あり。○有効性がよくわからない。複雑になり故障可能性が高くなるだけではないだろうか。○日本は予算難。○これも課題設定が良くない。何のための宇宙システムを想定。○宇宙輸送コストが現状の 1/11 以下が必要。○利用目的によっては重要性は上がるかもしれないが世界的なコンセンサスがなければシステムの成立は困難。○これは既にその方向に向かっていると思う。○GPS などで実現済み。○予算の削減の中でいかに実証機会を得るかが課題。○NASA の A-TRAIN に JAXA が GLDM-W1 で参加する他、GDM も衛星コンステレーションの例がある。○今後取り組むべき分野。日本は遅れている。</p>
55	<p>有人・月惑星探査用 3 次元展開型高剛性構造物の建造技術</p> <p>○宇宙空間での性能をどう保証するのか、特に有人の場合、安全率を適切に設定できる基礎データがなければ過大な設計で実現しない。○展開構造は日本の得意分野。○大林組が月の砂でコンクリートを作る技術を持っている。政府主導で月面基地建设を進めるべき。○課題の記述が不明確。○月基地を実施するならば必要。○ISS(国際宇宙ステーション)は実現済み。それ以上の本格的な構造物は、必要性の議論が先。○必要時期については、さらに遅れる可能性がある。○月までの運搬が難しい。○日本は予算難。○飛来物の防御技術が先では? ○2025 年に向けた有人月探査を視野に入れ開発。○月の長期滞在を前提とする技術であり、エネルギーの確保が課題。</p>
56	<p>有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプ建設</p> <p>○島国の日本にとっては重要な技術だろうが、経済的・政治的に実現は難しいと思われる。○メガフロートなどで実現済ではないか。○各機関連携が成否。○新規性を感じない。今の技術の延長線上にあるのでは。誰が必要と感じ、お金を出すかという問題。○プロトタイプを作る意味はない。海外の事例は多数ある。○多数のステークホルダーの意見を調整して、最適システムデザインを行う事が重要。○我が国における海洋空間の有効利用には浮遊式構造物の実用化が不可欠と考えます。○土建屋の利益誘導主義が実現を阻害している。○規模による。関西空港・メガフロート等があるものの実用面では失敗である。○環境へのインパクトをどう見積もるかが鍵。○技術は実証レベルでは確立されている。国として、取り組むポリシーがあるかどうかの問題。○多分、プロトタイプから先へは進めないであろう。○現在、将来の具体的利用形態を想定してのフロートの調和設計法開発のためのプロジェクトが進行中。○現状でも有能なものは作る事ができる。○洋上風力発電、海流発電などの基盤技術として今後の期待大。○ニーズはあるのか?</p>
57	<p>高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)</p> <p>○30~50m 級大型展開アンテナ設計中(JAXA)。実現すれば非常に軽量。○技術的には実力のあるメーカーはあるが、安定した発注がないことや業務的な負担が大きすぎてビジネスとして成り立たない。○日本では海外ほど産学官連携が進んでいないのは。○宇宙戦略本部のリーダーシップが必要。○今後の宇宙開発の基盤技術を見極めた先行投資が必要。特に宇宙空間でのテレオペレーション技術などが重要。○輸送系と衛星を同じ項目で扱うのは不可。○A/D コンバータ、高効率 SSPA などデジタル化、高効率化を中心に技術開発が進んでいる。国主導で産業化の促進が必要。○具体性がなく、予測できない○日米欧の各国で小~中型衛星バス標準化が試みられている。○本項は技術進歩に応じて不断の継続努力を要する事項のため、現状既に達成しているが、将来に向けた発展も必要。○小型衛星で高機能・性能の地球観測衛星技術の開発。○輸送系で重要なロバストで、爆発しないエンジンの研究開発が日本で進行しており、実現は早いと推察される。○航空宇宙を日本の基幹産業と位置付け、戦略を立てる事が急務。○永久に続けるべき内容で、いつ実現するかを問える内容になっていない。○低コスト観測衛星群実現のために。○三菱電機製の衛星バス DS2000は、スーパーハード7号機、ST-2 に利用されているものの、商用として要求される軌道上実績(例:15年寿命)に乏しい。この確認には少なくともあと15年程度はかかる見込みである。○日本がリードできるもののひとつ。新たな産業化という意味においても進めるべき。○今の宇宙予算では低コスト化など競争力はない。○物によって順次、実現していくのではないだろうか。ただ、日本では実績を重ねる機会が少ないのが問題。○民間ビジネスの問題である。○大学や民間、地方で小型衛星の取組みは進んでいる。これがどこまで成長するかが鍵。○宇宙輸送で我国は世界に遅れをとってはならない。○既に国際競争状態に入っている。○費用の問題だけで可能。○電源系技術など、すでに世界をリードしている。○JAXA30m 級アンテナ。○英国等大型衛星が途上国に売れているが、日本のメーカーも技術があるので可能。</p>
58	<p>超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術</p>

	<p>○UNISEC を中心に相乗りで衛星での惑星間飛行の募集があったと思う。○日本では UNISEC が活発に活躍しており心強い。世界をリードするための投資が必要。○UNISEC-1 によって知名度が上がると思われる。○現在のシステムでは実現不可能。(超小型での長距離移動は困難)しかし自己復成機能を持たせるなどパラダイムシフトにより実現可能。○惑星探査は我が国が世界に貢献できる重要な技術。超小型にこだわらず早期に実施すべき。○超小型でミッションが成立できるか疑問。○IT 技術の進歩に伴い小型化は大きく進んでいる。技術レベルより宇宙での実証機会の少なさが課題。○星間飛行は数十年のスパンでは実現しない。惑星探査の前に地球観測がまず行われる。○「はやぶさ」、「かぐや」等の改良版。○日本ではほぼ出来上がっている。あとは、それを実現するためのお金を誰が出せるかという問題。○はやぶさ等○すでに NASA で実施されている。日本は目途なし。○無毒ロケット、電気推進に絞って、どんどん使っていく、そして改良する。○超小型宇宙探査機の定義が不明だが、50kg とすると、ΔV能力を考慮すると、無意味。課題が悪い。○宇宙科学の分野で突出した課題という意味で、有効度は低くなる。社会的実現(普及)の設問にはなじまない。○費用の問題だけで可能。○月や小惑星の探査に利用する必要あり。○小惑星探査機「はやぶさ」により、実証されつつある。更に複数ミッションを設定することにより、世界をリードする立場が確立できる。</p>
59	<p>地球外生命探査技術</p> <p>○電波によるものは実現している。さらに新しい手法の検討を続ける必要がある。○SETI 計画でずいぶん昔から実現されていると認識。○火星においては進行中。木星、土星の衛星や他の太陽系について国際プロジェクトとして進めるしかない。○アミノ酸痕探索等は実現。○国際協力、協調の中でやること。○何が必要十分な技術か不明。具体的に對してでないと回答無理。○探査技術が何を指すのか不明。望遠鏡技術と解釈すると回答ようになる。○実現したいようなことは、大学で教育の一環として行う。○宇宙科学の分野で突出した課題という意味で、有効度は低くなる。社会的実現(普及)の設問にはなじまない。○科学立国として世界をリードする為に大切。○イメージがわからない。</p>
60	<p>日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船)</p> <p>○大学、民間からの参入時に法の壁などがあり難しいと思われる。○「独自技術」を持つことが大切。○軍を運用できる体制が無いと無理。民間なら可能性あり。○すでに国家としてこの問題にとりくむタイミングを逃している。民間を中心に進めるべき。○国家としての明確な意志決定が必要。○ロケットと宇宙船を同じ項目で扱うは不可。○日本の自律的・主体的有人宇宙活動を推進するために、日本独自の有人輸送手段は必須である。○HTV 改と H-II B を進めるべき。搭乗者の安全問題。政治的解決が必要。○月、火星、木星の衛星エウロパ探査。○国際的な日本の位置付けとして技術立証は必要(対インド、中国等)。実現には米国との共同開発が早期実現、国民風土(人命最重視)から見て現実的。○技術よりも政治の問題が大きい。○有人はあらゆる意味でコストがかかるので、現在の JAXA の枠組みでは行うべきではない。○ISS 後の展開のために○日本が実施する必要はない。○金と政策の問題。○有人宇宙船は日本独自のものを開発するべきだ。予算を増やすべき。○事故死亡に対する対処法を決めておくことが第一歩。○日本が国として戦略的に取り組む姿勢を示さないと無理。○政策面でのバックアップが重要。○宇宙輸送で我国は世界に遅れをとってはならない。○我国では安全性から実現できないと思う。○2025 年目標の有人月探査を最優先すべき。○宇宙開発における国際協調、協力を維持するために大切。特に空気再生技術が重要。○日本独自の有人活動は実施すべきではない。事故の場合、全ての宇宙活動が停止する国民性の為。</p>
61	<p>地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む)</p> <p>○国内においても、空港立候補などが行われているが、法の問題があると思われる。○宇宙住還の基礎となる超音速エンジンの実現はカギとなる重要課題である。○CAMUI ハイブリッドロケット 北大 永田先生、植松電気。○宇宙を新しい商業とするために重要。大陸間輸送(2 点間の弾道飛行)もみすえて、その前段階として実施が重要。○海外の観光ツアーに日本人が参加することを想定。○ISS で既に実現しているとは言えるが、宇宙ホテル等一般人が自由に利用できる施設に取り組むべき。○弾道飛行レベルでは技術的に可能。○宇宙旅行会社ヴァージン・ギャラクティックやその宇宙機(Space Ship One)を製造するスケールド・コンポジット社の様な、野心を持った企業とそれを支えるエンジェルが不在なため、日本企業指導による宇宙観光旅行は実現しないと見る。(但し、JTB による宇宙旅行サービスは販売中)○日本が実施する必要はない。○高額だが既に一部実現している。○民間ベースで行うべき。○安全と死亡事故に対する補償の考え方したい。○規模は国際的でも技術競争になると広い共同はありえないと思う。コストを下げるための高性能のエンジン完成が鍵だと考える。○宇宙設備の公開、事故保障確立が課題。○ヴァージンで開始された旅行はあるが低価格化できない。○コストの問題と、安全性(宇宙天気予報)がクリアされれば、社会的実現は可能と思われる。○宇宙輸送で我国は世界に遅れをとってはならない。○我国では安全性から実現できないと思う。○月観光旅行がより実現しやすい。○宇宙開発の多様性を確保するために重要。○宇宙利用の一案として、広く一般に対するインパクトが強い。また、宇宙輸送に関する需要を拡大する点において重要。○有人活動、宇宙観光は米国に乗せていってもらわなければならない。米国は失敗しても先に進む国民性。</p>
62	<p>永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等)</p> <p>○独自の有人輸送システムがなければ実現しない。○「かぐや」の成果をいかに先につなげるか。○重要だが、深宇宙、小天体などとも同列に論じ、ひとつのオプションとして検討することが重要。○アメリカからの要請により、国際協力に参加する可能性がある。○観光目的以外恒久的な“有人”滞在は不要(月)○費用の問題。○必要性の説明ができていない。○南極観測基地のような意味づけでの研究観測拠点となるため、国際的連携の体制づくりが第一歩となると推察。○有人の必然性が不明。○日本が実施する必要はない。○コストパフォーマンスを精査すべき。○宇宙開発は重要。予算を増やすべき。○“永続的”が“連続して”であれば無理と思う。年に数回、何回も再利用ならあるかも。○工学・経済学が主導すべし。(理学では学問的な興味本位に流れる。)○我国の様々な問題を解決する基本となりうる。○まずは海底に着目したい。○月開発の国際協調を確保するため、日本独自技術の確保が大切。エネルギーの確保が最重要。○月は常時、地球を向いているので、静止衛星なみの利用価値があると思う。○個人的には宇宙観光、月旅行に行きたい。</p>
63	<p>自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術(セルフ・リペアー)、宇宙探査技術(セルフ・プランニング)</p> <p>○太陽光発電衛星やデブリ問題に関係すると思われる。○ハッブルの経験がある米国が突出している。○理科大の木村真一先生が詳しい。ETS-V II の成果で実用化すべきである。○現行のシステムでは限界があるため、このような新しいシステムの検討が必要。○課題の意味不明。特に“セルフプランニング”で行う探査の生体は誰? 自律制御ならわかるが。○どこまで必要性があるのか理解できない。○費用対効果の面で成立しない。○「はやぶさ」の経験などから、日本が世界をリードできる分野である。○宇宙環境利用が増加すれば必ず必要となるもの。○将来の宇宙輸送システムには不可欠の技術と考える。○「はやぶさ」では自律着地・運用している。機器の自律診断は一般的。○セルフプランニングとセルフリペアの技術的難易度に差がありすぎて、回答できない。○セルフリペアはわかるが、セルフプランニングは何をさせたいかがまだわかっていないのでは? ○日本が宇宙開発を牽引する技術となりうる。バッテリーの交換技術等基礎研究の実績はある。○セルフリペアは OK、セルフプランニングである必要なし(どの程度なのか)。○有人ではなく、無人でできる事から実行した方が効果的。</p>

デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)

○デブリによるリスクと他のリスクの関係により、実現時期が決まると思われる。また、国際貢献としてアピールできると思われる。○国際連携の枠組みが必要。○UNISEC に検討してもらってはどうか。○今後ますます重要性をます問題。本格的な取り組みが必要。○デブリの抜本対策には非常にコストが高くなっているため、国際的な合意が得られる可能性は低い。○地球周回軌道の継続的利用のため対策が急務です。○デブリ回収活動は必要な技術行為であると思う。○目的達成は重要だが、回収技術の実現性は疑問。失敗すれば新たなデブリを生むだけ。個々の宇宙物体の軌道離脱等のルール、法制化が現実的。○SO₂の転用など既存技術の活用をすすめるべき。○加速器技術のマイクロ波生成・制御を用いて微小デブリレーダーを作れる。○デブリ回収衛星の開発・運用に必要な経費を宇宙を利用する各国で分担する等の新しいビジネスモデルの構築が必須。○デブリ削減は、必須。デブリ処理は、ロボット/ランデブー技術をベースとしており、日本がいち早く軌道上実証させたもの。これらをリードして進めないと日本は生き残れない。○国際条約で管理すべき問題ではないか。○放置できない問題。誰が負担？これは政治問題かも。○将来の宇宙輸送システムには不可欠の技術と考える。○数が多すぎる。○全ての宇宙機を回収型に義務付ける必要がある。国際法的取り扱い。○多分、海外では軍事技術。日本では・・・○人類の宇宙進出の為に不可欠。○加速器技術からの応用が進む。レーダーが期待される。

5. 8. 未来技術年表

5. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分については 5.3.を参照

実現年	課題
2015	15 衛星－無人ブイを経由した AUV(自律型海中ロボット)等の海中活動テレメリー技術 <区分B>
	11 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術 <区分B>
	21 我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術 <区分B>
	23 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術 <区分B>
	24 人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術 <区分B>
	45 微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム <区分D>
2017	56 有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプの新建設 <区分F>
	19 6000m を越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大型耐圧容器 <区分B>
	57 高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等) <区分G>
2018	58 超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術 <区分G>
	14 海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術 <区分B>
	16 海底下観測のためのマルチプル AUV(複数協調自律型海中ロボット)による広域自動観測技術 <区分B>
	17 我が国の EEZ 内全域で、海中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク接続観測網 <区分B>
	20 水中で 100m より遠方で少なくとも 10cm の解像度を持つ、音響写真撮影技術 <区分B>
	25 陸海シームレスの観測データ整備 <区分B>
2019	27 水・金・火星の周回による表面および内部観測技術 <区分B>
	32 CO ₂ を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立 <区分B>
	39 新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X 線、中性子線、ミュオン粒子線などの量子ビームを用いて各種化学反応過程を観測する技術 <区分C>
	47 海洋の生態系についての数値モデルの確立 <区分D>
	06 我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム <区分A>
	29 自律型深海重作業ロボット <区分B>
2020	31 深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術 <区分B>
	33 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場 <区分B>
	35 Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備 <区分C>
	38 DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメータの位置分解能をもって解析を行う X 線技術 <区分C>
	40 人間の思考現象の解明のために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術 <区分C>
	46 100MPa(=ca 1000 気圧)、300℃、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下 1km を想定)で生命体を培養・飼育する大容量(1000 litre を超える)空間の環境安定保持技術 <区分D>
2020	48 ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X 線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術 <区分E>
	50 自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術 <区分E>
	54 多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム <区分F>
2020	01 生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50 年から 100 年将来のモデリング <区分A>
	02 温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム <区分A>
	03 大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム <区分A>

実現年	課題
2020	08 日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6 以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム <区分A> 12 熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術 <区分B> 13 海底面全域を計測する水平分解能 1m の地形データ取得技術 <区分B> 26 平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術 <区分B> 49 宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術 <区分E> 52 素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるペタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術 <区分E> 61 地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む) <区分G>
2021	07 太平洋・インド洋における季節変動以降 5 年間の海面温度を+/-1K の精度で予測可能とする技術 <区分A> 18 cm/年以下の海底の移動を海上から計測する技術 <区分B> 28 打ち消し型干渉計やコロナグラフなどの技術を用いた、太陽系近傍の星の周囲にある地球型惑星の直接的撮像技術 <区分B> 53 超軽量・高収納率・高精度の 100m 級展開大型宇宙アンテナの建造技術 <区分F>
2022	22 熱や CO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術 <区分B> 30 深海化学合成生態系による海洋へのエネルギー・物質寄与を高精度に見積もる技術 <区分B> 43 全システムが密閉(大気とのやり取りが無い)で可搬型、一回の燃料補給で 10kw を一年間出力し続けることが可能な燃料電池 <区分C> 55 有人・月惑星探査用 3 次元展開型高剛性構造物の建造技術 <区分F>
2023	09 航空機或いは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下 100m 以深の地質構造を推定する技術 <区分A> 10 全球の深海域においてトモグラフィと、自動採水システムを併用した、水平方向 100km×100km の海域ごとに全層の水温、塩分の変化を 3 時間ごとにモニターできるシステム <区分A> 36 深海生命圏(海陸を含め地下 5km まで進む)自律ロボット <区分C> 59 地球外生命探査技術 <区分G> 63 自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術(セルフ・リペアー)、宇宙探査技術(セルフ・プランニング) <区分G> 64 デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など) <区分G>
2024	04 全地球の陸域表層並びに海面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向 1km×1km、海面においては同じく 10km×10km の領域で標高 10mm、かつフリーエア重力 10mgal の精度で 10 日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム <区分A> 51 超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器 <区分E> 60 日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船) <区分G>
2025	37 生命の起源を探求するための太陽系惑星生態系再現シミュレーション手法 <区分C>
2026	34 海水中に溶存している酸素や水素を取り出してエネルギーを生み出す海水エンジン <区分B>
2027	05 全球の海洋において、外洋では水平方向 20km×20km の海域ごと、沿岸では 5km×5km ごとに水面から海底間を 1m 間隔で、深度、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの 0.01%精度、流速ベクトルについては 1cm/sec の精度、pH、全炭素量についてはフルスケールの 0.1%で 10 年毎に自律観測するシステム <区分A> 44 電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所 <区分C>
2028	41 現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等と行うための量子通信技術 <区分C> 42 深海や地中の資源探査や環境調査を目的とした、非常に高い周波数の振動波や重力波などの新原理により、深海や地中の人や装置との通信を可能にするシステム <区分C>
2032	62 永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等) <区分G>

5. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については 5.3.を参照

実現年	課題
2021	15 衛星－無人ブイを経由した AUV(自律型海中ロボット)等の海中活動テレメトリー技術 <区分B>
	21 我が国の EEZ 内洋上においてどこにおいても陸上と同じ費用で利用可能なブロードバンド技術 <区分B>
	45 微小海洋生物(微生物、プランクトン等)の識別が可能な 3次元画像解析システム <区分D>
2022	23 漁業施設に被害をもたらす沿岸急潮流や高波の観測・予測技術 <区分B>
	56 有脚または浮遊式構造物を主体とする海上プラットフォーム(交通、通信、生産、活動基地)のプロトタイプの新設 <区分F>
2023	57 高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等) <区分G>
	14 海底鉱物資源の発見と資源量調査のための、活動を停止した過去の熱水活動の調査技術 <区分B>
2024	19 6000mを越える大深度の探査機器に活用可能な軽量大容量耐圧容器 <区分B>
	11 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術 <区分B>
2025	24 人工的に大規模湧昇流を起こして生物資源増殖をおこなう技術 <区分B>
	58 超小型宇宙探査機による惑星探査・星間飛行技術 <区分G>
	17 我が国の EEZ 内全域で、海中海底におこる諸現象をリアルタイムで観測するための海底ケーブルネットワーク接続観測網 <区分B>
2026	20 水中で 100mより遠方で少なくとも 10cm の解像度を持つ、音響写真撮影技術 <区分B>
	39 新記憶媒体や新高温超電導体の開発のために、X線、中性子線、ミュー粒子線などの量子ビームを用いて各種化学反応過程を観測する技術 <区分C>
	16 海底下観測のためのマルチプル AUV(複数協調自律型海中ロボット)による広域自動観測技術 <区分B>
2027	25 陸海シームレスの観測データ整備 <区分B>
	31 深度 15km、温度 400℃を基本仕様とする掘削時同時物理計測(LWD)が可能なドリルビット技術 <区分B>
	32 CO ₂ を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立 <区分B>
	01 生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした 50年から100年将来のモデリング <区分A>
	02 温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム <区分A>
	03 大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向 5km×5km かつ鉛直方向で 1km、また海域においては同じく 20km×20km×4km の枠で識別できる全地球観測システム <区分A>
	06 我が国の陸域並びに海岸から 20km 以内の近海域において、水平方向 10km×10km、且つ鉛直方向 2.5km のメッシュにより、雲量と降水系の結合モデリングの精緻化と常時観測技術が結合した防災を目的とする総合的水管理システム <区分A>
12 熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術 <区分B>	
2028	27 水・金・火星の周回による表面および内部観測技術 <区分B>
	29 自律型深海重作業ロボット <区分B>
	48 ダークマター、重力波、サブミリ波帯、遠赤外線、可視光、X線、ガンマ線など各種宇宙天文台を用いた、宇宙空間における超高精度での宇宙測量・観測技術 <区分E>
	49 宇宙科学の進展に寄与する、宇宙ニュートリノ、超高エネルギーガンマ線、ダークマターなど、検出の難しい素粒子の探索技術 <区分E>
	54 多数編隊飛行を駆使した大規模宇宙システム <区分F>
	08 日本海溝から三陸沖・東北地方東地域、南海トラフから東海・東南海・四国沖地域周辺で、過去において M6以上の地震震源域周辺 50km 以内の複数地点で海底下 1000m 以上の地殻深部の歪力変動を測定し、地震予測の精度向上を目的とした地殻活動モニタリングシステム <区分A>
18 cm/年以下の海底の移動を海上から計測する技術 <区分B>	
26 平頂海山頂部に賦存するコバルトリッチマンガンクラストをレアメタル・レアアース資源として商業ベースで開発する技術 <区分B>	
28 打ち消し型干渉計やコロナグラフなどの技術を用いた、太陽系近傍の星の周囲にある地球型惑星の直接的撮像技術 <区分B>	
33 生物学系列の技術のほか多岐にわたる工学技術を導入して最適な環境管理が行われる海洋牧場 <区分B>	
38 DNA の転写過程などの生命現象解明および新薬開発のために、フェムト秒の時間分解能・ナノメートルの位置分解能をもって解析を行う X線技術 <区分C>	
46 100MPa(=ca 1000 気圧)、300℃、Ph 1-7(強酸)の環境(温泉地域の地下 1km を想定)で生命体を培養・飼育する大容量(1000 litre を超える)空間の環境安定保持技術 <区分D>	

実現年	課題
2028	50 自然界に対する人類の基礎知識(宇宙の起源、物質と反物質の非対称性、元素の起源など)に飛躍をもたらす粒子加速器技術 <区分E>
2029	52 素粒子・原子核の理解と、宇宙創成や星の進化などに関する人類の知見を格段に高めるために、現在建設中のいわゆるペタコンの性能を数百倍超える超高速、超大容量計算機建設技術 <区分E> 13 海底面全域を計測する水平分解能 1m の地形データ取得技術 <区分B> 22 熱や CO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術 <区分B> 35 Extremobiosphere(地球極限環境生命圏)の再現実験設備 <区分C> 40 人間の思考現象の解明ために、外部より導入する微弱な放射線を用いてニューロンのマッピングおよび動作観測を行う技術 <区分C> 53 超軽量・高収納率・高精度の 100m 級展開大型宇宙アンテナの建造技術 <区分F>
2030	07 太平洋・インド洋における季節変動以降 5 年間の海面温度を+/-1K の精度で予測可能とする技術 <区分A>
2031	09 航空機或いは人工衛星から取得できる情報により、陸域で地下 100m 以深の地質構造を推定する技術 <区分A> 43 システムが密閉(大気とのやり取りが無い)で可搬型、一回の燃料補給で 10kw を一年間出力し続けることが可能な燃料電池 <区分C> 55 有人・月惑星探査用 3 次元展開型高剛性構造物の建造技術 <区分F> 61 地球周回軌道の宇宙観光旅行(教育文化活動を含む) <区分G> 63 自律型宇宙システムに向けた宇宙機修理技術(セルフ・リペア)、宇宙探査技術(セルフ・プランニング) <区分G>
2032	04 地球の陸域表層並びに海面の水準及び重力分布を陸域においては水平方向 1km×1km、海面においては同じく 10km×10km の領域で標高 10mm、かつフリーエア重力 10mgal の精度で 10 日毎に測定できる高分解能・高頻度観測システム <区分A> 10 世界の深海域においてトモグラフィと、自動採水システムを併用した、水平方向 100km×100km の海域ごとに全層の水温、塩分の変化を 3 時間ごとにモニターできるシステム <区分A> 36 深海生命圏(海陸を含め地下 5km まで進む)自律ロボット <区分C> 64 デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など) <区分G>
2033	59 地球外生命探査技術 <区分G> 60 日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船) <区分G>
2034	05 世界の海洋において、外洋では水平方向 20km×20km の海域ごと、沿岸では 5km×5km ごとに水面から海底間を 1m 間隔で、深度、水温、塩分、溶存酸素、栄養塩についてはフルスケールの 0.01%精度、流速ベクトルについては 1cm/sec の精度、pH、全炭素量についてはフルスケールの 0.1%で 10 年毎に自律観測するシステム <区分A> 51 超高エネルギー現象研究と素粒子研究の手段となる、レーザー加速などの新しい加速原理に基づく粒子加速器 <区分E>
2035	34 海水中に溶存している酸素や水素を取り出してエネルギーを生み出す海水エンジン <区分B>
2036	41 現在の光通信の 100 万倍高速の大容量通信を惑星探査衛星等を行うための量子通信技術 <区分C>
2037	42 深海や地中の資源探査や環境調査を目的とした、非常に高い周波数の振動波や重力波などの新原理により、深海や地中の人や装置との通信を可能にするシステム <区分C> 44 電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所 <区分C>
2040	62 永続的に用いることができる、有人月面基地(月からの科学観測、月の科学、資源の利用技術開発等) <区分G>

No. 6 分科会「多彩なエネルギー技術変革を起こす」の調査結果

目次

6. 1. 将来展望.....	425
6. 1. 1. 総論.....	425
6. 1. 2. 原子力エネルギー.....	429
6. 1. 3. 核融合エネルギー.....	431
6. 1. 4. 化石エネルギー.....	432
6. 1. 5. 再生可能エネルギー.....	434
6. 1. 6. 水素.....	435
6. 1. 7. 燃料電池.....	437
6. 1. 8. エネルギー輸送.....	438
6. 1. 9. 低炭素エネルギー貯蔵.....	439
6. 1. 10. 低炭素型移動体.....	441
6. 1. 11. エネルギーマネジメント.....	442
6. 1. 12. 低炭素製造技術・コプロダクション.....	443
6. 1. 13. 省エネルギー.....	444
6. 1. 14. その他、技術開発における評価ツール等地球診断技術.....	447
6. 2. アンケート調査の回収状況.....	449
6. 3. 課題の区分.....	450
6. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	451
6. 4. 1. 課題の重要性.....	451
6. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	454
6. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	455
6. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	458
6. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	459
6. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	462
6. 4. 7. 新規提案課題.....	464
6. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	466
6. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	466
6. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	466
6. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	470
6. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	472
6. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	473
6. 6. 集計結果一覧.....	474
6. 7. 課題別コメント.....	492
6. 8. 未来技術年表.....	503
6. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	503
6. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	505

6. 1. 将来展望

6. 1. 1. 総論

(1) 検討の視点と区分全体の位置づけ

No.6 分科会の検討では、「多彩なエネルギー技術変革を起こす」という視点で、科学技術課題を構成する区分(13 区分)を検討し、個別課題を設定した。先に、「多彩なエネルギー技術変革を起こす」としたが、その目的は、従来のエネルギー・資源の安定確保・供給に加え、低炭素社会構築のための社会経済活動の基盤を構築することである。

13 区分は、エネルギー・資源の上流から下流にかけて重要な項目を設定した。一つは、化石エネルギーから非化石エネルギーまでの流れであり、二つ目は化石エネルギーの高度利用をあげた。本調査結果からは、これら化石エネルギー、原子力エネルギー、非化石エネルギーの従来型の技術開発も重要との見方が確認でき、これに加え、ソフトな技術としてエネルギーマネジメント、低炭素製造技術・コプロダクション等の技術についても重要性が増していることが伺えた。各区分を取り巻く状況としては、次のことがあげられる。

エネルギー・資源の上流部分について、「原子力エネルギー」区分では、発電過程で CO₂ を排出しない発電方式であり、地球温暖化対策として国際的に期待が高まっている。「核融合」区分では、国際協力による実験炉 (ITER) が 2018 年頃から実験開始を予定している。「化石エネルギー」区分では、化石エネルギーが世界のエネルギー需要の大半を占めている。今後、途上国を中心に人口増加、経済成長により、さらにエネルギー消費量は増大することが推定されることから、同区分における技術開発の意義と期待は大きい。また、社会経済活動の低炭素化に向けて、期待される区分として「再生可能エネルギー」、「水素」、「燃料電池」を設けた。「再生可能エネルギー」区分では気候変動問題への対応に向けて、研究開発投資が集中的に行われ、本格的な利用が期待される。「水素」区分では、2005 年以降、基礎研究に立ち返った投資が行われ、その成果が着実に実を結びつつある段階に至っている。「燃料電池」区分では、2009 年 5 月から家庭用燃料電池が一般販売され、普及段階に入りつつある。用途に合わせた製品化や市場開拓も可能な技術であり、多方面での展開が期待されている。

一方でエネルギーを運ぶものとして、「エネルギー輸送」、「低炭素エネルギー貯蔵」といった区分がある。「エネルギー輸送」区分では、高品質電力供給システム、超伝導送配電網、国際連携電力ネットワーク、メタンハイドレートハンドリング技術等がある。天然ガス等の輸送手段の多様化は、これまで開発されてこなかったが、これらの技術は資源調達のオプションを拓けることにつながることから、安定調達という点でも期待されている。また「低炭素エネルギー貯蔵」は、具体的には電力貯蔵、物質貯蔵技術であり、ピーク/オフピーク時の負荷の平準化や、出力変動が大きい自然エネルギーを利用した発電の電力の貯蔵に寄与することが期待されている。

エネルギーの利用場面である「低炭素型移動体」については、米国などでは燃料電池自動車の試験的市場投入が始まっている(一社当たり 100 台規模)。水素ステーションについては我が国でも 2015 年の商用化開始を目指して検討が進んでいるところである。「エネルギーマネジメント」区分では、家庭用の HEMS、業務用の BEMS がエネルギーマネジメント技術として注目されている。「低炭素製造技術・コプロダクション」区分では、CO₂ 削減と環境保全・エネルギーケミカル、食料の安定供給の両立目指し、研究開発が推進されている。「省エネルギー」区分では、省エネルギーの世界標準である ISO50001 が審議中であり、2011 年 4 月頃には成立予定となっている。このような標準化により、優れた省エネルギー技術は世界的にも求められる環境が整いつつある。

上記以外にエネルギー・資源の上流・下流に関わらず基盤的な技術として、「その他、技術開発における評価ツール等地球診断技術」とする区分を設けた。この区分は、エネルギー需給双方に影響を及ぼす社会経済モデル・ツールや政策効果を定量的に評価できる手法等で構成している。エビデンスベースの政策策定が求められる今日においては重要なツールと考える。

(2) 技術の重要性・実現時期

技術の重要性は、どの区分においても「世界・日本双方にとり重要」との回答が高い。重要課題上位 20 課題

をみると、「原子力エネルギー」、「エネルギーマネジメント」関連課題が複数含まれている。

技術的実現予測時期をみると、課題の半数は2016年から2020年までの間に実現するとしているが、2026年以降とする課題も「原子力エネルギー」、「水素」区分で複数題みられる。「核融合」区分は、第8回科学技術予測調査の時と同様に、予測対象時期以外(2041年以降)との回答となった。これら技術の実現を牽引するセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする回答が最も多い。「大学」が技術的実現を牽引する区分として唯一回答が高かったものは、「その他、技術開発における評価ツール等地球診断技術」区分であり、文理融合・学際的な研究の担い手として大学が期待されている。

社会的実現予測時期については、本調査全課題の傾向と比して本分科会は若干遅めの予測時期となっている。技術の社会的実現を牽引する区分としては、技術の牽引セクターと同様、「民間企業(NPOを含む)」との回答が最も多く、突出している。技術の社会的実現に向けては、政府が主導・支援する部分も多いが、こちらについては「その他、技術開発における評価ツール等地球診断技術」や「原子力エネルギー」区分をあげている。

技術の技術的実現から社会的実現までの期間の差をみると、平均して7.7年であるが、区分によりその期間は大きく異なる。「原子力エネルギー」、「水素」、「低炭素移動体」等の区分は9年以上であり、逆に「エネルギーマネジメント」、「その他、技術開発における評価ツール等地球診断技術」区分はおよそ5年としている。ただし、「6.1.11.エネルギーマネジメント」にあるように、エネルギーの面的利用技術は社会インフラ整備と深く関わり、複数セクターとの連携が求められる。社会が求める、技術の社会実現の程度(普及の程度)に依存するといえる。

(3) 政策提言

各区分の検討から、政策提言として、以下の項目を抽出した。“多彩なエネルギー技術変革を起こす”ために、必要な要素として、研究開発投資の拡充、人材育成、民間技術力の基礎研究での活用、国際標準・規格策定の主導、戦略ビジョン策定(市場導入の位置づけの明確化)、民間企業の公的な研究施設の活用促進、技術の社会展開のためのデータ収集・分析、規制緩和等があげられた。研究開発投資の拡充については、どの区分も長期的な視点で革新的な技術や基盤的技術に対する投資の充実を期待している。

以下、各区分の政策提言項目を記述する。

《政策提言項目》

○原子力エネルギー

- ・ 次世代軽水炉および高速増殖炉サイクルシステムの開発は、我が国のエネルギー安全保障及び地球温暖化防止上、極めて重要であり、裾野の広いそれぞれの領域で、人材育成をすすめ制度基盤の確保を図りながら重点的に進める必要がある。
- ・ 高レベル放射性廃棄物処分は長期にわたる事業であるため、その実現に向けては、技術的な課題の解決だけでなく、国民の理解促進と自治体の協力を得るために、国の全面的な支援が必要である。

○核融合

- ・ 核融合を現実的なエネルギー源として実用化するためには、原子力産業で培った民間技術力の活用が不可欠であり、産学官が一体となって研究開発を推進する仕組みの構築が望まれる。
- ・ 国際基準・規格の策定などを通じて我が国の技術をベースとした国際標準化を進めるとともに、開発リスク低減の観点からも国際協力の枠組みを積極的に活用する必要がある。
- ・ 政府が主導して長期的な戦略・ビジョンを策定し、国家プロジェクトとして原型炉の運転開始を含めた実用化までの具体的なロードマップを早急に提示する必要がある。

○化石エネルギー

- ・ CCSの技術を確立するための積極的な支援により世界に先駆けて実用化を図ることと、実施の際に必要な

な法整備、法制度改革により円滑に実用化技術を展開できるようにすることが必要である。

- ・ 化石エネルギーの高度利用・効率向上に資する技術開発、技術導入の促進施策の実施、およびこれら開発された技術の途上国を含む海外への技術移転推進策の実施が必要である。

○再生可能エネルギー

- ・ 量的拡大のための継続投資と、継続投資を実現する長期的視野からの産業政策の立案と実施が必要である。
- ・ 質的拡大のため、大幅な効率向上と低コスト化を可能とする研究開発に対する長期的支援策が必要である。
- ・ 再生可能エネルギーの本格利用のための目的に応じた計画的な実証実験の推進とその成果の活用が必要である。
- ・ 開発された新技術の普及策が必要である。

○水素

- ・ 国家エネルギー・産業政策上における、水素エネルギー市場導入の位置づけの明確化(輸送部門の抜本的な低炭素化、エネルギーセキュリティ向上、自動車産業の国際競争力維持)、産学官における戦略ビジョンの共有が必要である。
- ・ 国際標準に基づき世界に先駆けたFCV普及拡大に向けた水素インフラ整備に必要な資金支援策、普及制度の創設が望まれる。
- ・ 長期的視点の革新技术にかかわる研究投資の充実(CO₂フリー水素製造、革新的水素貯蔵材料)、国際連携研究(再生可能水素の需給ネットワーク)の推進が必要である。

○燃料電池

- ・ 他の電池技術と比べ、実用化や製品化の歴史が浅いため、補助金なども活用した普及支援と並行して、基盤となる技術を長期的な視点で国策として育成していくことが、国際競争力の確保には欠かせない。
- ・ 燃料電池を含めた低炭素エネルギー技術は、日本の将来の国際競争力を左右する重要性を有しており、国としての重点的な取り組みが欠かせない。特に、将来の技術開発を支える人材育成の重要性が、これまで以上に高まっている。

○エネルギー輸送

- ・ 高品質電力供給システムの実現に対しては、電力システムの全体最適を追求した技術開発および制度設計を行うことと、さらにその成果を国際標準とすることも重要である。
- ・ メタンハイドレートやFLNG およびその周辺技術(STS など)は、将来の資源価格高騰に備えた着実な技術開発が必要である。

○低炭素エネルギー貯蔵

- ・ 今回の調査において、移動体用(車載用など)低コスト二次電池に対する期待が大変高いことが示されている。プラグインハイブリッド自動車、電気自動車などが本格的に普及するためには、二次電池のコスト低減が不可欠であり、期待も大きいと言う認識を反映していると考えられる。地球温暖化防止策の切り札としての移動体用(車載用など)低コスト二次電池の早期普及を実現するために、一層の政府支援が望まれる。

○低炭素型移動体

- ・ 燃料電池自動車、水素燃料の低コスト化に向けて、産業界における技術開発とそれを支える学官の連

携が必要で、特に産業界のみでは実施困難な、大規模な施設を活用する新しい解析技術の構築と導入が必要である。

- ・ 水素ステーション建設費用を産業界のみならず、国全体で負担する仕組みの導入などを促進する必要がある。燃料電池内部で起きている現象の解明とそこから得られる材料開発への指針、材料開発、開発された材料の自動車への適用可能性の実証等、3段階の技術開発を効果的に行う国全体としてのスキームの構築と、各段階相互が連携して進展できる効率的な運用の実施が望まれる。

○エネルギーマネジメント

- ・ プラグインハイブリッド自動車などのバッテリーを用いて需要家内や配電系統の需給制御を行うためには、バッテリーの性能評価方法など中立的な立場からデータを取得し、試験方法を確立する必要がある。産業界の利害を調整するには公的関与が必要なケースがある。
- ・ 電動自動車(EV, PHV)充電スタンドの整備支援策、例えば、規格策定の支援が求められる。
- ・ 自動車用バッテリーの社会的利用(再生可能エネルギー電源の出力安定化、系統安定化など)に資する施策が必要である。
- ・ BEMS, HEMS, FEMSの初期普及支援策(補助、標準化など)が必要である。
- ・ BEMS, HEMS, FEMS取得データの活用するため、公的なデータベースの構築などが必要である。
- ・ 無線ネットワーク、PCのための周波数資源(公共財)の適切な管理が重要となる。
- ・ スマートグリッド化に必要なデータの取得するため、体系的な公的パイロットプロジェクトを設計し、実施し、データを公開する。
- ・ 面的利用の規制上の障害を緩和する政策が求められる。
- ・ エネルギー分野に関わる人材の育成が必要である。

○低炭素製造技術・コプロダクション

- ・ 低炭素製造技術・コプロダクションの分野においては、バイオマス利用技術のみならず、他の分散型・再生可能エネルギーとの最適な組合せ利用によって、脱化石資源社会の実現と共に、地球温暖化防止に貢献できるような“再生可能エネルギーベストミックス”を実現するエネルギー政策が重要である。

○省エネルギー

- ・ 省エネ機器開発・導入普及への国の支援強化

家電機器へのヒートポンプの応用展開、高効率化などの技術開発へ省エネ法のトップランナー制度が果たした役割は大きい。また、最近ではエコポイント制度により、高効率なエアコン、冷凍冷蔵庫、高効率ディスプレイの普及が加速化されている。これらの普及支援策を継続し、発展拡大してゆくことが必要である。

- ・ 産業基盤強化のための FEMS 導入補助

「エネルギーマネジメント」に含まれている工場用のエネルギーマネジメント・システム(FEMS)は、エネルギー削減だけでなく、製造プロセスの改善、低コスト化なども期待でき、産業基盤強化のために優先投資されるべきと考える。日本電機工業会(JEMA)や電子情報技術産業協会(JEITA)では、FEMSの導入・普及を促進する活動を推進している。国の導入補助や税制補助の対象に採り上げ、積極的な導入を図る必要がある。

- ・ 省庁間の技術開発の統合・連携

環境・エネルギー関連の国の研究開発は、経済産業省のほか、関連分野により環境省や国土交通省、文部科学省などが進めているが、テーマの重複が散見される。エネルギー革新技術計画に基づき、相互の連携を図り、重点化が必要と考える。さらに、調査結果にも現れているように、省エネ関連の技術開発には民間企業の寄与が大きい。民間企業の技術開発との連携が重要である。

研究開発ではリーダーが重要であり、適宜方針を再検討して無駄の少ない、成功率を高める工夫が

必要である。欧米型の研究開発体制を参考に、現状の進め方の見直しが必要である。

○その他、技術開発における評価ツール

- ・ 技術評価ツール開発と利用に際して、基本となるデータベースの整備・更新を支援する。
- ・ 入力データとなる統計資料を体系的に整備し、ツール開発を支援する。
- ・ 開発された中立的なツールを用いて、エネルギー・環境分野の公共政策の制度設計に活用するとともに、従前の政策の評価を行い、課題を抽出することが求められる。

(柏木 孝夫)

6. 1. 2. 原子力エネルギー

(1) 概要

準国産といえる原子力エネルギーの活用は資源小国の日本にとっては極めて重要な課題である。電力の安定供給という面では、安全性、環境適合性、経済性のバランスを考え、原子力発電を主軸とした電源のベストミックスを推進する必要がある。特に原子力エネルギーは、発電過程で CO₂ を排出しないため、地球温暖化対策としての期待が国際的に高まっている。

原子力エネルギーの世界的な平和利用の拡大に資するため、放射性廃棄物対策、核燃料サイクルを含めた原子力エネルギーに関する研究開発、具体的には次世代軽水炉、高速増殖炉、高レベル放射性廃棄物の地層処分などについて取り組みが行われている。

(2) 原子力エネルギーに関連する技術のここ数年の動向

将来を担う先進的な原子力発電技術としては、2001 年に発足した多国間協力である第 4 世代原子力システムに関する国際フォーラム(GIF)において検討対象となっている6つの炉概念がある。これらは、ナトリウム冷却高速炉、超高温ガス冷却炉、超臨界圧水冷却炉、ガス冷却高速炉、鉛冷却高速炉及び熔融塩炉であるが、我が国はこのうち始めの4つのシステム協定に参加し、研究ロードマップの策定や共同研究計画の検討・立案などを行っている。

先進的な核燃料サイクル技術の開発を目指して 2006 年に米国で提唱された国際原子力エネルギーパートナーシップ(GNEP)は、我が国も参加協力していたが、オバマ政権が 2009 年、中核となる使用済核燃料再処理施設と再処理で取り出したプルトニウムを燃やす高速炉を米国内に建設しないことを決め後退した。

一方、アジア諸国を中心に急増するエネルギー需要をまかなうため、原子力発電の新たな導入を目指す動きが活発になっている。また中国、インド、ロシアにおいては、2020 年～2030 年頃に高速炉の実用化を目指している。さらに米国においても 30 年ぶりに新たな軽水炉の建設に着手するなど、世界的に原子力エネルギーを見直す機運が高まっている。

我が国では革新的な原子力システムの研究開発が行われているものの、軽水炉主流の時代が 2030 年以降も続くものと見られており、40 年を超えて長期に運転管理するために、既設軽水炉の改良技術のみならず検査・補修・取替技術などの研究開発も重要性を増している。

一方、放射性廃棄物対策のうち、原子力発電所の廃止措置は、我が国でも日本原子力研究所の動力試験炉(JPDR)での実績があり、日本原子力発電東海発電所(黒鉛減速ガス冷却炉)及び日本原子力研究開発機構(JAEA)のふげん(重水減速軽水冷却炉)でも廃止措置が開始されている。主に発電所で発生する低レベル放射性廃棄物の処分については、すでに法整備が整いつつあり、廃棄物の放射能レベルと性状に応じて処分が進められている。高レベル放射性廃棄物の地層処分技術については、2000 年に処分事業の実施主体である原子力発電環境整備機構(NUMO)が設立され、現在処分施設の設置可能性調査区域を公募中である。

電力自由化の流れ、かつ電力需要の伸びの鈍化のなかで、経済性の向上と研究成果の早期実現性が重要視されつつあるため、原子力の基礎基盤的な研究開発への投資については減少する傾向にある。

(3) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

我が国では、原子力立国計画(2006年)を踏まえて、官民一体となって検討していた「世界標準を獲得しうる次世代軽水炉開発」が、2008年度より本格的に開始された。これは、2030年前後からの代替炉建設需要をにらみ、世界市場も視野に入れたナショナルプロジェクトであり、世界初の濃縮度5%超燃料を用いた使用済燃料の大幅削減、免震技術の採用による立地条件によらない建設、プラント寿命80年とメンテナンス時の被ばく線量の大幅低減などを目標としている。これらの技術課題については、従来より考案されているものであり基本的な技術は確立していると考えられている。実現に向けては、燃料加工工程の臨界安全性の確保が重要であり、また技術よりも規制の問題との指摘がある。

高速増殖炉サイクルシステムについては、2006年よりFBRサイクル実用化研究開発(FaCTプロジェクト)を開始し、JAEAを主体とし、中核企業(三菱重工)、電力、文部科学省および経済産業省の協議のもとで一体的な研究開発が進められている。本研究開発では、物量と建屋容積を大幅に削減し、大幅な経済性向上を図ることができる「革新技術」の開発を進めている。この中には、高燃焼度化に対応した燃料被覆管の開発、ナトリウム-水反応を防止する直管二重伝熱管蒸気発生器の開発など技術的なハードルの高い課題も少なくない。原型炉「もんじゅ」は2010年度内の運転再開を目指して、現在最終段階にある。今後10年程度で、発電プラントの信頼性の実証、ナトリウム取扱技術の確立など所期の目的を達成することとしている。高速増殖炉サイクルシステムの開発については、核不拡散性の確保はもとより、経済性の向上と国民の理解が不可欠であるとして、官民がともに技術開発を牽引するリーダーシップが期待されている。特に、社会的受容性の確立に対する要望が強い。本調査で、高速増殖炉サイクル技術は日本にとり重要とされ(回答比率:34.3%)、また、地球環境問題対応と持続的発展の両立に向け重点的に取り組む課題としても首位となり(回答比率:21.7%)、地球環境問題対策に有効な真の国産エネルギーとするために、この技術の確立が望まれていることがわかる。

この他、調査のなかで取り上げられた炉システムとしては、中小型熱電供給炉の開発がある。主に水素製造のための熱供給をねらった高温ガス炉が注目されているが、市場が明確でなく、社会的ニーズも低いという評価がある。高度の安全性にも関わらず、社会的受容性の問題はなお残っており、その燃料サイクルについても解決すべき課題がある。

現在の軽水炉主流の時代においても、核燃料サイクルシステムの確立は急務である。再処理施設は、ガラス溶融炉の問題で操業開始にあと一歩というところだが、原子力発電所の廃止措置については、技術的な課題はほぼ解決されており、リサイクル利用を含め解体廃棄物のより安全で合理的・効率的な実施に向けた諸準備が進められている。

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、2002年に調査区域の公募が開始されたものの、実質的な応募には至っておらず、基本的な技術は確立されているが、地点の選定に今後とも困難が予想される。高レベル廃棄物の物量低減または地層隔離期間の短縮につながる核変換技術は、核不拡散上も重要であり、J-PARCを活用した核変換炉物理実験施設の整備が期待されている。いずれにしても、放射性廃棄物の処理処分には、国民への十分な情報提供と、国民および自治体の理解が必要不可欠とされ、長期にわたる事業であるため、国の関与が是非とも必要である。

本調査でも、安全かつ合理的な解体撤去技術と高レベル放射性廃棄物の地層処分技術は、世界・日本の双方にとり重要な課題とされ(回答比率:各89.0%、84.6%)、地球温暖化対策の高まりによる原子力エネルギーへの期待が高くなっていることを反映したものと考えられる。

(4) 今後の展望

次世代軽水炉開発については、2010年度にホールドポイントを設定し、プラント概念の成立性を見通し、次の段階の開発計画を策定する。2015年度までに共通基盤的な要素技術開発および次世代軽水炉の基本設計を

完了し、2030年前後の実用化を目指すことになっている。高速増殖炉サイクルシステムについては、国の方針として2015年頃までに適切な実用化像と、実用化に至るまでの研究開発計画を提示し、2025年頃に実証炉、2050年までには実用炉の運転開始を目指すとしている。しかしながら、これらの開発動向はなお流動的であり、今後の経緯によっては計画の見直しもあり得る。

本調査によると、「将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる科学技術課題」として、再生可能エネルギーとともに原子力エネルギーへの期待が最も高かった。今後は持続可能な核燃料サイクルのシステムを確立し、さらに発展させるためには、裾野の広い原子力分野のそれぞれの領域で、研究開発を継続するための人材育成と制度基盤の確保も欠かせない。

(武藤 昭一、岩村 公道)

6. 1. 3. 核融合エネルギー

(1) 区分の概要

核融合エネルギーは、「地上に太陽を」とのキャッチフレーズにあるように、太陽の中で起こっている核融合反応を地上で実現するもので、地球環境に適合した恒久的なエネルギー源として期待されている。太陽の中心では膨大な重力により閉じ込められた水素原子による核融合反応が生じているが、これを地上で実現するためには、正電荷を有する原子核のクーロン斥力に打ち勝つほどのエネルギーと頻度を高め、量子トンネル効果により核融合反応を起こす必要がある。現実的なエネルギー源として利用可能な最も有望な反応は、重水素(D)と3重水素(T)の核融合反応である。このため、磁場を用いて超高温の粒子(プラズマ)を閉じ込める方法(磁場閉じ込め)と、レーザーによる爆縮を利用して超高密度領域をつくる方法(慣性閉じ込め)が研究されている。

(2) 区分の動向

我が国の核融合研究開発の基本方針は、「第三段階核融合研究基本計画(1992年原子力委員会決定)」で規定しているように、実用化に最も近い方式としてトカマク型磁気閉じ込め方式を採用し、国際協力による実験炉(ITER)を用いた自己点火条件の達成と長時間燃焼の実現を最優先課題としている。ITERについては、フランスのカダラッシュで2007年に建設が開始しており、2018年頃から実験が開始される予定である。2005年よりITER計画を補完・支援する先進的な核融合研究開発として日欧が共同して実施する幅広いアプローチ(BA)活動が開始され、六ヶ所サイトに国際核融合エネルギー研究センターを設置して、原型炉の設計・研究開発、ITER遠隔実験、材料照射施設(IFMIF)の工学実証および工学設計を行うとともに、那珂サイトにおけるJT-60の超伝導化改修によるサテライト・トカマク計画が進行している。また、2007年にITER計画を実施するための国際機関「ITER機構」が発足し、我が国は池田要氏が機構長に就任するなど中核的な役割を果たしており、国内機関としては日本原子力研究開発機構が指定された。

トカマク以外の方式としては、磁場閉じ込め方式として大型ヘリカル装置(LHD)が核融合科学研究所に設置され、大学における学術研究の中核装置として、プラズマの長時間閉じ込めなどの高性能化研究を実施している。また、レーザー核融合方式としては、大阪大学を中心にレーザー入力エネルギーの大幅低減が可能な高速点火方式の原理実証に成功するなど世界的な成果をあげており、点火燃焼を目指したFIREX計画が開始された。これらの方式については引き続き大学等において学術研究に重点をおいて研究を進め、その進捗を踏まえて適切な時期に核融合炉としての可能性に関する評価を実施し、その後の進め方を検討することになっている。

(3) トピックスとキーテクノロジー

ITERについては、我が国の主導のもとにJT-60等を用いた炉心プラズマ研究・炉工学研究の成果を反映して工学設計活動の見直しを行い、定常核融合出力50万kW、エネルギー増倍率(Q)が10以上を達成できる設計を完成するとともに、参加各極の協力による超伝導磁石、真空容器、プラズマ対向機器、遠隔保守機器等のITER装置本体を構成する主要機器の実規模試作開発を経て建設着手に至った。今後はITERの建設・運転を

通じて、保守性を含めた統合システムとしての性能実証が課題である。100万kWクラスの発電能力をもつトカマク型原型炉開発については、1年程度の連続運転、高効率・高安定性、トリチウム増殖等の実用プラントに必要な基本的機能を有するとともに、他のエネルギー源と競合可能な経済合理性を有する必要がある。このため、高出力定常炉心プラズマの運転法の確立、増殖・発電ブランケットの開発、低放射化構造材料等の開発、トリチウムの管理技術などの安全性研究、放射性廃棄物低減・処理に関する研究等、核融合炉システムとしての成立性評価に不可欠な炉工学技術の開発が進められている。また、核融合技術の基盤となる炉心プラズマの閉じ込めに関する学術研究についても、トカマク、ヘリカル等の装置を用いて基礎科学の発展に寄与する新たな知見が得られており、レーザーによる爆縮実験からも星の内部に相当する極限状態を作り出すことに成功するなど、新たな学術領域の創出にも貢献している。

(4) 調査結果と今後の展望

今回の調査結果によると、核融合については、「世界・日本双方にとって重要」との回答率が高いものの、「技術的・社会的実現予測時期」は2041年以降とされており、期待は大きいと技術的ハードルも極めて高いとの認識で一致している。また、「将来の世界的課題／国民的課題の解決に向けた鍵となるキーワード」の項目で、原子力や再生可能エネルギー等と比べて低い評価となっているのは、地球温暖化やエネルギー資源などの当面の課題解決には間に合わないとのことであろう。

一方、当該技術の牽引役としては大学や公的機関への期待が大きいのに対して、民間への期待は極めて低い結果となった。しかしながら、従来ともすれば学術研究として見られていた核融合を現実のエネルギー生産システムとして実用化するためには、安全性の確保、建設・運転コストの削減、保守・補修システム、廃棄物処理など、原子力産業で培った民間技術力の活用が不可欠であり、産学官が一体となって推進する仕組みの構築が望まれる。また、当該技術の実現のために国際機関等に期待する割合が相対的に高いことから、国際的な連携強化が強く期待されていると言える。現時点で世界をリードしている我が国が今後とも主導権を確保できるように、国際基準・規格の策定など国際標準化を目指して国際連携を戦略的に進めるとともに、開発リスク低減の観点からも国際協力の枠組みを積極的に活用する必要がある。

核融合エネルギーは、地球規模の環境問題の解決と持続的なエネルギー供給を両立させるポテンシャルを有する魅力的な技術であることは明白であるが、最大のネックは、調査結果で「実現しない」との回答が少なからずあったことに見られるように、エネルギー・環境問題が深刻化する時期(今世紀中)までに実用化できないのではないかと懸念が、専門家の間でも広く共有されていることである。いかに優れた技術でも導入のタイミングが社会的ニーズと合致していなければ実用化は不可能となる。今後は政府の主導のもとで長期的な戦略・ビジョンを策定し、原型炉の運転開始を含めた実用化までの具体的なロードマップを提示することが喫緊の課題である。

(岩村 公道、武藤 昭一)

6. 1. 4. 化石エネルギー

(1) 概要

化石燃料の大量消費に起因する地球規模での気候変動問題に対応するため、世界的な低炭素社会への移行が求められている。その一方、今後も化石エネルギーが世界のエネルギー需要の大半を占め、かつ途上国を中心とした世界的な人口増加に伴い、エネルギー消費量は増大すると推定されている。このような状況の中で、地球環境問題への対応と世界的な持続的成長を両立させるためには、従来の化石資源のほか、現在未利用の資源も含め、エネルギーの高度利用・利用効率の向上を図る必要がある。また、今回の調査結果で特に重要と位置付けられているCO₂分離回収・貯留技術については、化石エネルギー利用時のゼロエミッション化を達成できる可能性があり、CO₂の有効利用技術と合わせ、将来の対策技術のひとつとして推進する意義は大きい。今回取上げた科学技術課題は、今後10年程度で技術確立がなされると予想されており、我が国の国際競争力の確保、途上国への技術支援などの観点から、産学官が連携して技術開発を進めることが求められる。

(2)ここ数年の動向、トピック、キーテクノロジー

化石資源を燃料として発電を行う場合、燃焼ガスや蒸気を高温・高圧化することで発電所の熱効率を向上させることが、CO₂ 排出量削減に有効である。ガスタービン複合発電では、タービン翼の材料や遮熱・冷却方法の改善により1,500℃級ガスタービンが実用化され、すでに商用運転が行なわれている。さらに1,600℃級ガスタービンを適用した複合発電が計画されており、そこでは61%の熱効率が期待されている。一方、従来型の火力発電においても蒸気条件の向上が著しく、620℃級の超々臨界圧発電技術が実用化されている。今回の調査においても重要と位置付けられたこれらの技術の進展は、高温耐熱材料や冷却方法の開発によるところが大きい。

エネルギーセキュリティ、経済性の観点から、石炭は重要な資源と位置付けられ、今後も利用増大が見込まれている。しかしながら、石炭は他の化石資源に比べてもCO₂ 排出原単位が大きいとため、一層の熱効率向上が期待できる複合発電技術の開発が求められる。その一環として、我が国では石炭ガス化複合発電技術(IGCC)の開発が進めている。昨年、発電出力25万kW級の連続実証運転を終了し、技術的には実用段階に近づいている。今後、高温ガスタービンの適用や燃料電池との複合化(IGFC)などによる効率向上を図ると共に、後述のCO₂分離回収・貯留技術との組み合わせによるゼロエミッション化についても技術開発を進めることが求められる。また、ガス化技術を適用したバイオマスや廃棄物からの燃料製造技術は、小規模ながらすでに実用化されている。今回の調査でも石炭なども含めた多原料から電力、合成燃料、化学原料を併産するコプロダクション技術が注目されており、前述の知見を総合して開発を進めることが望まれる。

化石資源には限りがあるため、効率的な利用を進めることは重要であるが、資源の海外依存度の高い我が国では、エネルギーセキュリティ、エネルギー多様性などの観点からも、現在未利用の化石エネルギーを経済的かつ有効に活用する技術の開発を進める必要がある。我が国周辺海域にも存在が確認されているメタンハイドレートの採掘・利用技術は、今回の調査でも日本にとって特に重要な技術と認識されている(課題11「メタンハイドレート採掘利用技術」は、重要な課題と回答した比率58.4%、日本にとり重要とされる課題別の1位)。公的研究機関等において研究が進められているが、経済的に成り立つ技術を確立することが肝要である。一方、その埋蔵量の大きさから将来の有望な化石資源とされ、世界的に重要であると認識されているオイルシェール等の超重質油の有効活用技術については、現状技術でも採取・改質等は可能であるが経済的に見合わないため、一層の低コスト技術の開発がキーとなる。

化石資源の利用に伴い排出されるCO₂ 対策として、排出源からCO₂ を分離・回収し、地下帯水層や枯渇油田・ガス田などに貯留するCO₂ 分離回収・貯留技術(CCS)は、今回の調査でも特に重要と認識されている(課題12「CO₂ 分離・回収技術」は、重要な課題と回答した比率:87.9%、世界・日本の双方にとり重要な課題別の3位)。我が国が開発した化学吸収による分離回収技術が海外の化学工場等で用いられており、さらにCO₂ 排出原単位の大きな石炭燃焼排ガスからの分離回収についても実証試験が行なわれている。また、膜による分離回収技術の開発も進められており、いかに低コストの分離回収方法を確立できるかが、この技術の成否に関わってくる。一方、貯留技術に関しては、海外ではEOR(石油増進回収)などで既に実施されている。我が国でも小規模ながら実証試験が行なわれ、現在大規模な実証試験場所の選定が進められている。地下貯留に際しては、掘削や注入などの技術の他、地下の状況の確認・評価方法、安全性評価手法なども合わせて確立することが重要である。しかしながら、CO₂ の貯留量には限界があるため、分離回収されたCO₂ を直接、あるいは植物や炭酸塩へ固定して有効利用する技術についても基礎的な研究が実施されている。我が国がCO₂ 排出量を大幅に削減するために、CCS は特に重要な技術であり、国が主導し、産学が連携・協調して積極的に推進することが必要である。

(3)今後の展望

化石エネルギーの効率向上は、高温耐熱材料によるところが大きいだが、この材料は発電技術のみならず、様々な分野で望まれているものでもあり、今後も開発が進むものと予想される。

少量かつ分散して発生するバイオマスや廃棄物に対しては、石炭利用時のCO₂ 排出量を削減するための石炭との共利用技術や、石油高騰に対応した燃料・化学原料製造技術としてのコプロダクション技術が進展するも

のと思われる。また、将来的に石油高騰は不可避であり、メタンハイドレートや超重質油等の低コストな採掘・利活用技術の確立が期待される。

CCS に関しては、世界各所で研究開発が進められており、近い将来の実用化・普及が予想される。我が国はいち早く技術を確認して、世界をリードする必要がある。

(武藤 昭一)

6. 1. 5. 再生可能エネルギー

(1)ここ数年の動向

気候変動問題への対応として、再生可能エネルギーの本格利用が期待されている。水力発電および在来型バイオマスエネルギー利用を除く再生可能エネルギー源として、欧州や米国の一部においては、風力発電が電力供給の一部を担うように普及してきた。2009 年末時点で世界での設置容量は、約 160GW に達する。今後、大型の風力タービンを開発し、洋上風力を国際連系するような大規模な計画も見られる。非化石エネルギー源の柱として風力発電に依存し始めた欧州において、太陽光発電(PV)にも大きな期待を寄せている。EU の再生可能エネルギー委員会の指標によれば、2040 年に PV が全世界需要の 25% (9TWh) を担うこととしている。これは、これから 30 年間にわたり平均 300GW/年を生産することを意味するが、2008 年度における全世界での生産量が 7GW 程度であることからすれば、単なる生産量の増大で対応することは難しい。変換効率の飛躍的な向上や長期間(30 年間)発電を続けられる信頼性など、性能の革新と合わせる必要がある。

また、再生可能エネルギーを大量導入すると系統電力に不安定性をもたらす可能性も指摘されており、高度な需給制御機能を有するスマートグリッドも検討が進んでいるが、こちらについてはエネルギーマネジメント等の別項に譲る。

(2)トピック及びキーテクノロジー

本科学技術予測の中で、世界・日本の双方にとり重要な課題とされたのは、課題 20「変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池(重要な課題と回答した比率:83.8%)」および課題 19「シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術(回答比率:83.1%)」であり、本分科会の調査項目の中でも高い比率となっている。これは、先に述べたような高効率化への期待を反映したものと考えられる。新材料については、ナノテクノロジーや量子ドット技術によるブレークスルーが必要であり、技術的実現を牽引するセクターとして大学への期待が高い(回答比率:57%)。一方、薄膜については、企業とする回答が多かった(回答比率:72%)。薄膜は既に量産が始まっているため、目標の持つ意味がビジネス的にも理解されやすく、企業での技術開発が進むとみなされているようである。

我が国では自然条件や土地利用の面からあまり期待されていないが、集中型太陽熱発電は、本技術区分では最も世界にとり重要な技術として評価されている。これは、米国、中東や地中海周辺諸国などで大きなポテンシャルを有し、高圧で系統連系するため、配電電圧制御上の問題が少ないためである。また、風力発電も我が国においては自然条件や景観などの観点から供給力の中心とは考えられていないが、原子力発電の開発が困難で、火力比率の高い欧州では、すでに供給力の一部になりつつあり、世界にとって重要な技術(5 位)に位置付けられている。現在は、精度の高い出力予測ができないと経済負荷配分を困難にし、かつ調整用電源として火力を使わざるを得ない。そのため、翌日・当日の負荷配分上、風力発電出力を織り込み、長期的な供給信頼度評価に使えるような予測手法の確立が期待されている。

現時点では、実用化が遅れているが、海洋エネルギー資源を利用した発電技術は、我が国が世界 6 位の排他的経済水域(EEZ)を有すること、基礎研究も行ってきたことから、潜在的には大きな利用可能性を有する。海洋資源開発にも寄与し、今後、注目度が上がる可能性がある。

一方、重要性および実現可能性の点で評価が低かったのは課題 23「宇宙太陽発電システム」で、重要度・優先度は低いとの回答が 46%、技術的に実現しないとの回答が 25%、社会的に実現しないとの回答が 29.1%と低い

評価であった。発電効率面、コスト面、また安全面に対する心理的不安など複合的なマイナス要因があり、他技術と比較して優先度は高くないためと考えられる。

(3) 今後の展望

温室効果ガスを排出しないエネルギー技術として、再生可能エネルギーは力を入れて取り組むべき分野であり、各国の積極的な支援策もあり、導入量が拡大していくと見られる。先の EU の指標では、PV の年間生産量の平均値 300GW は現状の約 40 倍にものぼり、短期的な投資戦略では継続的な成長は期待できない。海外メーカーの巨大投資に対する対抗という面からも、日本としてどのような仕組みで、継続して投資し生産を拡大するのか、政府や関係機関を交えた検討が必要である。

PV に関しては、効率の飛躍的改善や信頼性の向上など、材料レベルからの技術開発に対する期待が高い。短期的な取り組みでは十分な成果につながりにくいいため、大学や公的機関などでの研究に対する政府による継続的なサポートが求められる。風力発電技術については、雷害や台風対策など我が国固有の問題には対応してきたが、世界市場を視野に入れた大型風力や洋上風力の開発は遅れているため、官民をあげて国家プロジェクトとして取り組むことが必要である。実証実験等を踏まえた、系統電力と出力変動の大きな再生可能エネルギー発電を親和させるスマートグリッドについての取り組みも必要である。

PV や風力発電分野は、欧米、中国などとの開発競争が激化しつつある。我が国の成長戦略の一環として国際標準化戦略など、民間の技術開発力と産業競争力を強化するような政策支援が重要である。

(中川 泰仁、浅野 浩志)

6. 1. 6. 水素

(1) 水素エネルギーシステムの概要

近年、BIRCS を中心とする途上国の本格的な経済成長に伴い、化石燃料の大量消費に起因する地球温暖化問題とエネルギーの安定供給問題が世界共通の重要課題となっており、その有力な解決策の一つとして水素エネルギーシステムへの期待は大きい。

水素は、化石資源のみならず、原子力、太陽光、風力、水力、バイオマス等など、地球上に大量に存在する多様な一次資源から製造(転換)可能であることから、エネルギー資源制約の問題を解消し、安定供給確保に資するものである。また、民生、交通、産業の幅広い分野において、現在の燃焼機器や内燃機関が、燃料電池発電システムや燃料電池自動車等の輸送機関など、より小型で高効率な利用システムにとって代わられることで、エネルギー使用量を大幅に削減することが可能となる。更に、水素製造時に CCS(CO₂分離回収)や再生可能エネルギーと組み合わせることで、抜本的な低炭素化を図ることができ、地球温暖化問題のひとつの解決策となりうる。

これらを踏まえると、水素と燃料電池を組み合わせた水素エネルギーシステムは、持続可能な社会システム構築に資するものであると言える。水素エネルギーシステムの構築には、水素の製造・輸送・貯蔵から利用に至る一貫したシステム技術の開発とともに、水素供給インフラ等を整備するための大規模な社会投資と制度設計が必要不可欠である。早期の実用化にあたっては、産学官連携や国際共同研究など、従来の枠を超えた研究開発を推進することが求められている。

(2) 関連する科学技術のここ数年の動向

2005 年以降、日米欧の三極を中心に、基礎に立ち返ってブレークスルーを目指す戦略的基礎研究とシステムレベルの技術実証研究への投資を拡大(「Back to Basic(=基礎に立ち返る)」)し、その成果が着実に実を結びつつある。

水素利用技術については、交通・民生用ともに実用化あるいは実用化の一手前まで来ている。民生用としては、家庭用燃料電池システム「エネファーム」が世界で初めて商品化された。また、国内外の主要自動車メー

カー8社は2015年には燃料電池自動車(FCV)を市場導入する基本合意書に署名し、共同声明を発表した。数年前には課題とされていたような「耐久・信頼性」、「低温での始動性」、「航続距離」については実用に達してきており、商品化を果たすまでの残る課題は「低コスト化」である。

水素の製造・輸送・貯蔵技術については、短期の実用化技術開発と、中長期の本格普及、抜本的な低炭素化を目指したブレークスルー研究が並行して進展している。短期の実用化技術については、金属材料の水素脆化が問題であったが、原子レベルのメカニズム把握が進み低コストで高性能な材料開発の指針となりつつある。国内の制度面では、国際標準と比較して著しく厳しい規制が残ったままであり、安全性・信頼性を確保しつつ、適正な技術基準の整備・規制見直しが必要である。

中長期の視点では、水素製造については、低炭素化を目指し、CCS との組み合わせや再生可能エネルギー(太陽光・風力)を用いた水の電気分解等の基礎研究が進められている。水素輸送・貯蔵については、放射光 X線や中性子、ミュオンなどの高エネルギー加速器による「量子ビーム」を活用し、水素貯蔵材料中の水素の貯蔵・放出メカニズム(反応機構)、構造・物性を解明し、革新的なナノマテリアル創造を目指した基礎研究が欧米において先行している。

(3) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

本区分の個別科学技術課題の中では、特に短期的には燃料電池自動車への低コストの水素供給システム構築が重要であり、アンケート調査の結果でも、課題 29「低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術」は特に日本にとっての重要度が高い。高効率の液化技術、液体水素輸送・貯蔵技術に加え、圧縮水素のパイプライン輸送技術の開発も重要である。これらについては経済性、環境性、安全性に優れた実用技術を早急に確立する必要がある。

長期的には、水素の輸入等により国境を越えて再生可能エネルギーの利活用拡大に資する大規模な水素供給システムや、国内での原子力利用の水素生産、その他の水素源の利用などによる水素インフラの構築が期待される。水素インフラ構築のキーテクノロジーとしては、大量生産が可能で経済的かつ CO₂フリーの水素製造技術、即ち高効率での CO₂分離・固定化を伴う石炭ガス化や燃料改質、再生可能エネルギー(太陽光、太陽熱)や原子力利用の水素製造技術、バイオマス水素製造技術などがある。

他の区分の課題と比べ、技術的实现時期が遅く、かつ技術的实现から社会的实现時期までの期間が原子力と並んで最も長期間である。また、技術的および社会的实现を牽引するセクターは、いずれも「公的研究機関」や「大学」、「複数セクター連携」が重視される傾向にある。課題 27「太陽光で水を電解するプロセス」、課題 25「水素貯蔵量10wt%以上、放出温度100℃の革新的水素貯蔵材料」は大学、課題 26「原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術」は公的研究機関、課題 29「国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術」や課題 28「再生可能エネルギーで製造した CO₂フリー水素の国際的な需給ネットワーク」は、複数セクター連携、国際機関をそれぞれ重視している。

(4) 今後の展望

水素社会の構築に向けては、短期的には燃料電池自動車の商品化と自動車用水素インフラ構築により、水素エネルギーの市場導入を果たすことが当面の焦点となる。

一方、長期的には将来の水素社会を視野に入れた再生可能エネルギー利用ほか CO₂フリーの水素製造を織り込んだ大規模水素インフラを構築しなければならない。そのために必要となる水素製造、輸送、貯蔵、利用技術の開発は、20年以上の長期間を要するので今からその開発に着手する必要がある。

単なる技術開発のみならず、大規模投資を伴うインフラ再構築と、燃料電池自動車などの利用システムの普及拡大を一体で推進し、社会システムを変革していくには長期間を要することが予想される。調査結果にも現れている通り、技術開発や社会的適用に対しては、政府の支援や複数セクターの連携が不可欠とされており、産学官による戦略・ビジョンの共有が強く望まれる。

(吉田 正寛)

6. 1. 7. 燃料電池

(1) 本技術の概要

燃料電池は、燃料となる物質をそのまま燃焼させずに、電気化学反応により直接電気を取り出す高効率なエネルギー変換技術で、電気と熱の併給による90%を超えるエネルギーの有効利用が可能で、期待されている。2009年5月からは、家庭用燃料電池が「エネファーム」の商標で一般販売され、今後の普及に向けた取り組みが本格化している。テレビCMなどにも登場する機会が増えて、専門家以外の人にも広く知られるようになってきた。

本デルファイ調査においても、燃料電池技術は広く認知されている。特に課題32「1kW級で50万円以下の固体高分子形定置用燃料電池」については、特に日本にとっても重要な技術として挙げている。その他の関連分野（バイオマス由来水素利用や、携帯機器用、船舶・鉄道用、石炭ガス利用など）においても回答者の半数以上が重要と認識し、普及時期も主に2020年代と予想されている。民間の調査会社の予想では、2025年度には1.5兆円程度の市場規模が試算されている。

(2) 燃料電池技術に関する過去数年の動向

最も精力的に研究開発が進められている固体高分子形燃料電池については、過去数年、劣化メカニズムの解明が進み、毎日の起動停止運転での4万時間の耐久性に目途がつき、市販開始に至っている。自動車用燃料電池については、詳細は低炭素型移動体で触れられるが、1回の水素ガス充填での400～700km程度の走行が実証されている。電気自動車と比較して、今の自動車に近い使い方が可能な車に技術的には仕上がりがつつあり、2015年ごろからの商用生産開始に向けて、低コスト化と水素供給インフラ整備が望まれる。携帯機器用の直接メタノール形燃料電池も、2009年10月に市販が開始されている。

酸化物中を酸素イオンが伝導する固体酸化物形燃料電池については、数年後の市販開始に向けて、4万時間程度の耐久性を決める劣化要因の抽出が進められており、それらの目途がつけば、一般販売にもつながると考えられる。炭酸イオンが伝導する熔融炭酸塩形燃料電池については、業務用として海外メーカーが300kW機などを市販している。米国や韓国などで年産数十MWレベルの工場も建設され、これまで世界で50台以上が納入され、海外を中心に導入例が増えている。耐久性が十分に確保されているリン酸形燃料電池についても、販売が継続されており、低炭素技術に対する期待の高まりを受けて、引き合いが増えつつある。100～400kW機が市販されており、6万～9万時間の長時間耐久性が確立され、15年間でオーバーホール1回のメンテナンス性が確保されている。

また、燃料電池は用途に合わせた製品化や市場開拓も重要である。海外のうち、米国ではフォークリフトやバックアップ電源などのマーケットが立ち上がりつつあり、欧州では、バスなどの公共交通機関向けとしての期待が高く、実証試験等が進められている。

(3) 現状におけるトピックス、キーテクノロジー

家庭用燃料電池については、メーカーによる低コスト化への努力が続けられており、将来的には1kW級機のコストを50万円程度で購入できるような目標が明確に掲げられている。これはデルファイ調査で専門家、非専門家とも重要と認識している項目でもある。自動車用については、消費者の手に届くような価格での一般販売開始に向けて、燃料電池本体はもちろん、水素タンクや水素関連機器、水素・電気・水の系統の最適化などが進められている。

キーテクノロジーとしては、白金などの使用量削減や有効利用率の向上、低加湿・高温作動を容易にする材料開発などが重要である。酸窒化物やカーボンアロイなどの白金代替材料の開発に向けた努力も続けられている。

(4) 今後の展望

ガソリン車や電気自動車が100年以上の歴史を有し、これまでの技術の蓄積があるのに対し、燃料電池自動車は限定市販が開始されてまだ10年も経っていない。定置用や携帯用を含めて、技術的なポテンシャルは実証研究や市販開始で示されているが、今後とも着実な技術開発が欠かせない。

低コスト化またはそれにつながる要素技術開発のみならず、将来の代替技術となりえるブレークスルーや次世代技術の開発と育成が重要である。代替材料、計測法、シミュレーション技術、基礎科学など将来の技術開発を支える基盤の構築も不可欠である。

(佐々木 一成)

6. 1. 8. エネルギー輸送

(1) 区分の概要

エネルギーの安定供給を低コストで行うためには、一次・二次エネルギーの輸送手段において、一層の効率性、高ロバスト性が求められている。また、天然ガスなどの輸送手段の多様化は、これまで開発されてこなかった中小規模のガス田開発など、天然ガス調達のオプションを拡げることにつながるため、エネルギーの安定調達にも寄与することが期待されている。今回の調査においては課題 38「高品質電力供給システム」、課題 40「超伝導送配電網」、課題 36「日本を含む国際連系電力ネットワークシステム」、課題 37「天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術」、課題 39「中小ガス田向きの天然ガスの海上液化基地 (FLNG)」が設定されている。

(2) 技術の動向

超伝導送配電網については、2006 年にニューヨーク州の州都オルバニー (Albany) 市で 350m の超伝導送電実証試験が実施されたほか、平成 23 年度には我が国でも、高温超伝導ケーブルを実際の電力系統に連系する日本で初めての実証試験が開始される予定である。

メタンハイドレートのハンドリング技術については、(独)産業技術総合研究所や(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構等で基礎的な物性の研究等がなされているほか、企業においてもフィージビリティスタディが行われている。

FLNG については、2009 年 11 月に国際石油開発帝石 (株) から、インドネシアにおいて 2016 年から FLNG 方式による年間 450 万トンの LNG の生産・販売を計画しているとのプレスリリースが行われ、本技術の実用化が目前に迫っていることが示された。

(3) 調査結果

区分「エネルギー輸送」は「特に日本にとり重要」との回答が他の区分に比べて高いという調査結果が得られた (23.6%)。中でも、課題 37「天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術」は「特に日本にとり重要」の上位 2 位 (45.9%) に位置している。これは周囲を海に囲まれている我が国の地理的な事情と、一次エネルギーの多くを輸入に頼っているという事実を反映したものと考えられる。

一方、課題 36「日本を含む国際連系電力ネットワークシステム」は「重要度・優先度は低い」の 10 番目 (29.1%)、技術的実現予測時期において「実現しない」の 2 位 (13.5%) にランクされており、海外との電力連系は現実的ではないと考えられている。

技術的な実現の困難さでは、課題 36「日本を含む国際連系電力ネットワークシステム」のほか、課題 40「超伝導送配電網」が「実現しない」の上位 5 位 (12.6%) にランクされている。1986 年に高温超伝導体が発見されて以来、我が国では基礎的な研究のみならず、線材としての応用研究も行われており、実証試験では数百メートルの送電を実現するなど、技術は着実に進展している。商用化に向けては利用に適した箇所の探索を行うとともに、コストの低減や冷却システムの高効率化などの研究開発をさらに進める必要がある。

課題別コメントでは、特に課題 38「高品質電力供給システム」に多くの意見が寄せられた。我が国の電力供給システムは、現在も諸外国に比べて高い信頼性を有しており、更なる高品質を求めることは経済性の観点から疑問という意見もあったが、一方で、スマートグリッドや需要側での品質改善など、更なる品質向上の取り組みがもためられていることがうかがわれる。

技術的な困難さ等にもかかわらず、エネルギー輸送分野の重要技術リストは、国際電力ネットワーク＝超伝導電力網(55.9%)＞高品質電力(52.9%)＞メタンハイドレート(29.4%)＞次世代送配電ネットワーク＝FLNG(14.7%)の順となった。電力関係技術が重要と考えられている一方、メタンハイドレート、FLNGは相対的に重要度が低いと考えられているという結果が得られたが、これは化石燃料利用であることに加え、現状では天然ガスの供給が十分であることによると考えられる。しかし、新興国のエネルギー需要増大に伴い天然ガス供給が逼迫する場合にはニーズが高まることが課題別コメントで指摘されており、また、上述したように「特に日本にとり重要」という設問では上位にランクされている。エネルギー輸送分野の技術は、いずれも重要であると認識されていることが伺われる。

また、社会的実現時期の予測については、FLNG(2023年)、高品質電力供給(2026年)、メタンハイドレート(2032年)、国際電力ネットワーク(2035年)、超伝導電力網(2037年)という結果が得られており、社会的実現時期が遅い技術ほど重要度は高く考えられているという傾向が見て取れる。一般的に、実現した時の社会的インパクトが大きい技術であれば、技術的な難易度が高くても着実な取り組みが必要とされるが、社会インフラシステムの実現にあたっては、得られる便益に対してかかるコストが大きき要因として考慮されるべきである。

(4) 今後の展望

「高品質電力供給システム」については、再生可能エネルギーの系統連系が増大するに従い、ニーズは高まっていくものと考えられる。蓄電池の使用や系統の制御技術などによる電力品質向上といった手段も含め、経済性を含めた総合的な検討が必要である。課題40「超伝導送配電網」については、実証試験を通じて多くの知見を得ることにより、商用化に向けての研究開発を加速する必要がある。課題37「(天然ガス輸送手段としての)メタンハイドレートのハンドリング技術」と課題39「中小ガス田向きの天然ガスの海上液化基地(FLNG)」については、最大の課題は従来のLNGと比べた場合の経済性である。特にメタンハイドレートの場合、製造輸送に関わるコスト以外に、従来のLNG基地に代わる基地の建設が必要になるという点が課題となる。しかし今後、従来型LNGの価格高騰など、エネルギーセキュリティの観点からこれらの技術が必要となる可能性もあり、コストダウンを主とした着実な開発が求められる。

本区分では、国際間の協力が必要とされる課題が多く、調査結果においても国際共同プロジェクトの主導・参画や国際標準の獲得などに力を注ぐべきであるという意見が出されている。また、現時点では経済的な理由で実用化していない技術であっても、将来、エネルギーの価格が高騰した場合に必要とされる技術や、材料開発などの基礎的な研究が必要とされる技術もあり、いずれも産学官が一体となって推進すべき技術分野である。

エネルギー輸送技術の実現はしばしば社会インフラの形成、改変を伴うため、事業者だけの努力では実現しない場合が多く、社会的コンセンサス形成に向けた、産学官の連携が必要である。また、エネルギーは国の安全保障にも関わる分野であるため、経済原則のみに基づいた施策ではセキュリティが不十分となる恐れがあり、とりわけ政府の強力なリーダーシップが求められる。

(渡辺 尚生、武藤 昭一)

6. 1. 9. 低炭素エネルギー貯蔵

(1) 区分の概要

低炭素エネルギー貯蔵は、低炭素社会に向けたエネルギー貯蔵のことを指し、具体的には、バッテリー(二次電池)などの電力貯蔵、および物質貯蔵(水素貯蔵、物質貯蔵、ガス貯蔵)などがある。物質貯蔵の中で水素貯蔵が将来重要な技術であるが、別の技術区分の水素分野に記載し、本技術区分では、電力貯蔵を中心に取上げた。電力貯蔵とは、夜間など需要のオフピーク時にベース電源の電気でエネルギーを貯蔵し、昼間のピーク負荷時にそれを電気に変換する、いわゆる負荷の移行によって平準化を行うものである。太陽光、風力など自然エネルギーを利用した発電システムは、出力変動が大きいので、負荷の安定化のため、電力貯蔵が必要となってくる。

電力貯蔵技術としては、既に商用化している揚水発電の他に、二次電池、超伝導、フライホイールなどがある。その他、圧縮空気貯蔵、キャパシタなどがあるが、あまり大きな規模にはならないと推定し、これらは取上げなかった。今回は、代表的な低炭素エネルギー貯蔵技術として、課題 41「移動体用(車載用など)低コスト二次電池」、課題 42「MW規模の系統連系安定化用低コスト二次電池」、課題 43「数十kWh級系統安定化用の SMES(超伝導磁気エネルギー貯蔵システム)」、課題 44「1MW、50kWh級電力貯蔵用超伝導フライホイール」の 4 課題を個別科学技術課題として選択・設定し、アンケートに供した。

(2) 個別科学技術課題の概要、開発の動向

今回取り上げた個別科学技術課題の概要、開発の動向は、以下の通りである。

- ①移動体用(車載用など)低コスト二次電池については、重量エネルギー密度 100Wh/kg以上、出力密度 2000W/kg以上、コスト 3 万円/kWh 以下を目標として、開発が進められている。電気自動車の実用化を推進するためには、重量エネルギー密度が大きく、低コスト(3 万円/kWh 以下)の二次電池の開発が不可欠であり、電気自動車のニーズの高まりに伴い、低コスト二次電池への期待も高まっている。
- ②MW規模の系統連系安定化用低コスト二次電池(サイクル寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)については、太陽、風力など自然エネルギーを利用した発電システムの出力変動を平準化するに有効な二次電池の開発が進められている。
- ③数十 kWh 級系統安定化用の SMES(超伝導磁気エネルギー貯蔵システム) は、コイルに流れる電流でエネルギーを蓄える技術であり、貯蔵効率は、90%以上と大きく、負荷の変動に瞬時に追従できる優れた特性を有しており、将来期待される技術である。
- ④1MW、50kWh 級電力貯蔵用超伝導フライホイールは、エネルギー貯蔵密度が高いという特徴がある。これまで、短時間の電流、大電力負荷用などの限られた特殊条件下でしか実用化されなかったが、二次電池以上の貯蔵密度が期待される技術であり、長時間貯蔵可能なシステムを目標に、研究開発が進められている。

上記の技術の中で、CO₂ 排出量削減のため、プラグインハイブリッド自動車、電気自動車など急激な需要の伸びが期待されている移動体の駆動用電力貯蔵として、低コスト二次電池への期待が急速に高まっている。

(3) トピックスおよび特徴的な調査結果の解説

本区分の中で世界・日本にとり重要な課題として評価されたのは、移動体用(車載用など)低コスト二次電池(課題 41)で、本分科会の課題の中で 2 番目に高い評価(重要な課題と回答した比率:88.3%)になっている。技術的実用化時期は、2019年、社会的実用化時期は、2025 年と予測されており、アンケートの結果からも、期待が大きい技術と評価されている。逆に、数十 kWh 級系統安定化用の SMES(課題 43)、1MW、50kWh 級電力貯蔵用超伝導フライホイール(課題 44)は、重要度・優先度がかなり低く評価されており、これらの低炭素エネルギー貯蔵技術は、一般にわかりにくく、判断しがたいということが理由であろう。

(4) 今後の展望

今回の調査において、課題 41 の移動体用(車載用など)低コスト二次電池に対する期待が大変高いことが示された。同時に、本区分の社会的実現を牽引する主なセクターとしては、特に民間企業との回答比率が、74.9%と高いが、政府との回答比率も 13%あり、政府に期待する人もある程度いることも示された。プラグインハイブリッド自動車、電気自動車などが本格的に普及するためには、二次電池のコスト低減が不可欠であり、期待も大きいと言う認識を反映していると考えられる。地球温暖化防止策の切り札としての移動体用(車載用など)低コスト二次電池の早期普及を実現するために、一層の政府支援が望まれる。

(今井哲也)

6. 1. 10. 低炭素型移動体

(1) 区分および関連する科学技術のここ数年の動向

低炭素型移動体においては、燃料電池を使用する自動車、船舶、鉄道や、そのインフラとしての水素ステーション、さらには、船舶の摩擦抵抗低減技術について予想する。

燃料電池はここ 10 年以上にわたって、自動車や定置用への適用を目指して研究開発が行われており、米国などでは 1 社あたり 100 台規模での燃料電池自動車の試験的な市場投入が始まっている。主な技術的課題は、耐久性、低温環境(零下)に置ける起動、小型高出力化、低コスト化である。通常のクルマとして使われるためには、寿命は 15 年以上、コストは 4 千円/kW 以下(100 万台/年)、外部無加湿運転が可能なこと、作動が -40°C ~ 120°C で可能なことが要求される。またそのために水素の供給ステーションも日本国内において 5000 箇所以上は必要とされる。今回の調査では、この普及が可能となるレベルの技術の実現時期や社会的実現時期について設問している。

このような普及レベルを目指した技術開発は着実に進展しており、低温環境(零下)における起動性は車両で実証出来るレベルに到達している。また耐久性については、劣化メカニズムは理解されてきており、寿命 15 年の実現に向けて着実に技術の進展がみられる。最大の課題は、燃料電池システムのコスト低減になってきている。白金の使用量低減や高価な材料の安価な材料への転換、および外部加湿器などを不要にしてシステムのコストを低減する技術などの研究開発が、国の多大な支援も得ながら、産学官において活発に行われている。この状況は、米国や欧州においても同様で、日本と同規模の予算の政府支援が継続して行われている。

一方、水素ステーションの建設は、2015 年の商用化開始をめざす燃料電池実用化推進協議会のシナリオの実現にむけて、検討が進められている。課題は水素ステーションの建設コストが高いことで、その負担を国の支援に頼らざるを得ない状況にある。

燃料電池の鉄道や船舶への適用も試験的に行われるようになった。特に鉄道においては、非電化区間の営業を狙って試験的な車両が試作され、試験走行が行われるようになった。

(2) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

今回の調査では、水素インフラや自動車用燃料電池の技術が実現する予想時期が、5 年前の調査に比べて、数年ほど遅れると言う結果となっている。普及レベルの技術の実現や社会的普及のための課題の解決に、時間がかかるという認識が多くなった結果と思われる。燃料電池の燃料としての水素への期待は 5 年前の調査に比べて低下しており、原子力や化石資源に次ぐ期待度になっている。また、燃料電池自動車への水素供給インフラネットワークの実現を牽引するセクターのひとつとして政府に対する期待も高く、政府が牽引するべき課題の上位に入っている。

自動車用燃料電池の技術開発においては、車両における燃料電池スタックの劣化要因が特定されつつある。起動停止による触媒担体カーボンの腐食や、負荷のサイクルや停止時の高電位により白金触媒の溶解が見られることがわかってきた。この腐食や溶解を抑制することで、耐久性の向上が図られると考えられている。このため、腐食に強い触媒担体材料の開発や、溶解に強い触媒の開発がキーテクノロジーとなる。特に、白金触媒の溶解については、そのメカニズムの解明が必要な状況で、大規模な放射光などを活用した研究により、その溶解過程を明らかにし、材料の開発の指針を得ることが必要となっている。

また、コスト低減のために白金の使用量の低減が必要である。触媒層の中で白金が有効に利用できているかどうか新たに注目されてきている。触媒の活性向上と使用量低減の両立に向けた技術として、コアシェル構造など新たな技術が提案されてきている。目標とする普及期のコストを満足する白金の使用量低減は、活性の向上と、有効な利用度合いの向上などの組み合わせで、実現していくとおもわれる。

水素ステーションの建設コストの低減にむけては、使用圧力は 70MPa に世界的に統一されつつあり、国際的な規制の調和などによる機材の共通仕様化の有効性も注目されている。

(3) 今後の展望

燃料電池自動車と電気自動車は、相互に市場を住み分けて補完することで、走行段階におけるゼロエミッションを実現するための有効な技術と考えられる。今後、自動車用燃料電池の普及のためには、電池自体の低コスト化とともに、水素燃料の低コスト化も必要である。燃料電池が自動車用に量産されて価格が下がれば、船舶や鉄道などへの適用も実現性が大きく高まる。

燃料電池自動車の普及のためには、産業界における技術開発とそれを支える学官の連携がまだまだ必要な状況である。基盤技術の促進のため、産業界のみでは実施困難な、大規模な施設を活用する新しい解析技術の構築と導入が必要である。さらに、燃料電池内部で起きている現象の解明と、そこから得られる材料開発への指針を提言すること、それを受けて材料の開発を行うこと、そしてその開発された材料の自動車への適用可能性を実証すること、この3段階の技術開発を効果的に行う国全体としてのスキームの構築と、各段階相互が連携して進展できる効率的な運用の実施が望まれる。また、規制の国際調和により、水素ステーション建設費用を欧米並みレベルに低減すること、および水素インフラ網の構築の費用を産業界のみならず、国全体でも負担する仕組みの導入などを促進する必要がある。

(飯山 明裕、今井 哲也)

6. 1. 11. エネルギーマネジメント

(1)ここ数年の動向

近年、民生部門における省エネルギー対策とCO₂排出削減技術として、家庭用の HEMS (Home Energy Management System: ホームエネルギーマネジメントシステム) や業務用の BEMS (Building and Energy Management System: ビルエネルギーマネジメントシステム) など需要家サイドのエネルギーマネジメントシステムが注目されている。BEMSとHEMSは、建物全体のエネルギー供給や需要の状況を総合的に把握し、機器や設備の運転を効率的に行い、総合的に省エネルギーを実現するためのシステムをさす。これまで主に大規模ビルを中心に普及してきたが、ITコストの低下や需要家の環境意識の高まりに伴い、中小規模の簡易BEMSも商品化されてきた。HEMSは、住宅内のエネルギー消費機器を電灯線や無線ネットワークでつなぎ、自動制御する技術であり、技術的には完成しているが、経済性の面から限定された機能で商品化され、国のパイロットプロジェクト等で使用され始めている。

2030年頃のPV大量導入時代を視野に、次世代電力系統技術(スマートグリッド)の研究開発が国内外で急速に活発になっている。我が国では、PVの出力変動対策として、宅内エネルギーマネジメントシステムと連携したスマートグリッドの実証試験や、風力出力変動対策として、自動車の2次電池を用いた周波数制御の研究など地域レベルの広義のエネルギーマネジメント研究も立ち上がりつつある。

爆発的に増大する通信需要とそれに伴う電力消費増に対応して、日米でグリーンITに関する研究開発も加速されつつある。

(2)トピック及びキーテクノロジー

本区分「エネルギーマネジメント」の課題のうち、課題50「CPUの省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御などIT機器やデータセンターなどのグリーンITによる、大幅な省エネルギー化技術」いわゆるグリーンITが世界・日本の双方にとり重要な課題の上位に位置づけられている。また、技術的にも社会的にも実現時期が早期であることである。これは、インターネットなどをベースとした通信需要が爆発的に増大するというニーズ面から早期の実現が強く望まれていることと、デバイス面や仮想化などの技術進歩が著しい分野であることに起因する。

我が国では、エネルギー管理指定工場になるような大規模事業所では、エネルギーマネジメントシステムが導入されているが、これまで省エネルギー法の規制が厳しくなかった中小工場等では、導入コストの高さや使いこなす技術不足から、工場全体でエネルギー消費を最適化する状況にはいっていないため、課題55「中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギーマネジメントシステム(FEMS)」が日本にとり重要な課題と回答されてい

る。今後、エネルギー需要が伸びるのはアジア諸国の産業分野であり、我が国で導入されたエネルギーマネジメントシステムが各地域の実情に適合した形で移転されることが、グローバルな省エネルギーにつながる。

エネルギーマネジメントは、高度な要素技術を必要とするよりは、どのようなデータを計測し、処理することによって建物全体の省エネルギーを達成できるかといったシステム技術であり、現場に適用し、データを蓄積することにより、より進んだ管理方法へ進化するという技術的特性を有し、大学等での基礎研究より、民間主体で開発、普及が図られる技術である。そのため、民間企業を中心に技術的・社会的実現を牽引することが期待されている。ただし、個別課題ごとに回答をみると、HEMSのように多くの家電、住宅メーカーが関係するシステムでは、中立的な公的研究機関の役割が期待されている。BEMS や FEMS にも同様の傾向がみられる。また、都市や住宅におけるエネルギーの面的利用は、社会インフラ整備の分野であり、複数セクターの連携がないと技術的にも社会的に実現しないことが読み取れる。

(3) 今後の展望

HEMS の機能を省エネルギーに特化したものではなく、快適な生活、安心できる生活を提供できる機能を付加したものにすることで、より広い普及を図れるのではないかと考え方が注目されている。

多様な産業セクターを横断して、実証実験等を踏まえた、系統電力と出力変動の大きな再生可能エネルギー発電を親和させるスマートグリッドについての取り組みも必要である。

(浅野 浩志、吉野 博)

6. 1. 1 2. 低炭素製造技術・コプロダクション

(1) 概要

地球温暖化防止・環境保全(水、土地利用、生物多様性等)とエネルギー・食料安定供給の両立に向けて、環境調和型の低炭素製造技術・コプロダクション技術の研究開発の推進が急務となっている。特に、カーボンニュートラルで再生可能な林産系・廃棄物系バイオマスや資源作物等の革新的なコプロダクション製造プロセスの開発によって、エネルギー安定供給と化石資源代替を推進することが重要である。

(2) 関連する科学技術のここ数年の動向

ここ数年の研究開発傾向として、地球温暖化防止のためのCO₂削減とともに、環境保全(水、土地利用、生物多様性等)とエネルギー・ケミカルおよび食料との安定供給の両立を目指した、持続可能な非食用バイオマス(資源作物)生産技術、エネルギー効率の優れたバイオマス転換技術、およびエネルギー・ケミカル・水素等のコプロダクション技術の研究開発と実用化への展開が志向されている。

そこで、今回の区分「低炭素製造技術・コプロダクション」では、次の7つの課題を取り上げた。

- ・課題 56 バイオ・熱化学変換プロセス融合型バイオ燃料及び水素の併産プロセス開発
- ・課題 57: バイオリファイナリーによるバイオ燃料・バイオケミカル併産システムの開発
- ・課題 58: バイオマスエネルギーの燃料電池化
- ・課題 59: 熱帯地域等の日射量の高いサンベルト地帯における植物生産能力の高い遊休地でのエネルギー用バイオマスプランテーション
- ・課題 60: 非化石エネルギー(風力、地熱、太陽光・熱、廃熱等)利用、コジェネレーションシステム、据え置き型燃料電池システム等のCO₂排出の少ないエネルギー源を用いたシステムの開発
- ・課題 61: 地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村の実現
- ・課題 62: 水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システムの構築

今回のアンケート調査においても、日本だけではなく、アジア諸国など海外との連携強化によるバイオマスエネルギー資源の確保、複数セクターの共同研究・連携によりポスト石油社会に向けて低炭素社会構築を目指すバイオマスエネルギー・バイオ燃料の利活用・製造技術の実証とコプロダクション技術の開発が求められている傾向が伺えた。また、陸生バイオマスのみならず、水棲バイオマス資源のプランテーションによる水環境浄化とバイオマスエネルギー・バイオ燃料の製造に関する研究開発への期待も高まっている。

また、上述した技術開発項目のうち、実用化が期待されるバイオマス利活用技術の開発時期についても、2016～2020年頃の比較的近い将来の実用化が望まれている傾向があった。つまり、2020年以降の革新的な水素エネルギー、燃料電池、高効率エネルギー貯蔵、省エネルギー技術等の実用化までのブリッジテクノロジーとしてのバイオマス利活用技術の実用化が期待されているといえる。

(3)トピック及びキーテクノロジー

地球温暖化防止・環境保全(水、土地利用、生物多様性等)とエネルギー・食料安定供給の両立の観点から、次のポイントに沿って、課題を設定した。

- ・低炭素社会の実現による地球温暖化防止
- ・国産バイオマス利活用によるエネルギー安定供給と化石資源代替への貢献
- ・水・土地・大気に優しい低環境負荷バイオマス利活用技術

特に、本区分では、地球温暖化防止のためのCO₂削減に資する太陽エネルギー等の他の再生可能エネルギー(風力、地熱、太陽光・熱、廃熱等)との組合せ最適利用システムの構築、小規模・分散型エネルギーとしてのコージェネレーション・トリジェネレーションシステム(熱・電気プラスバイオ燃料やバイオケミカル等の併産システム)の構築と実現が、最も期待されているキーテクノロジーとして注目されている傾向があると考えられる。

(4)今後の展望

技術の将来性については、21世紀のエネルギー安定供給・環境保全・経済発展を実現できる循環型社会の実現に向けて、次の3つの点が重要と考えられる。

- ・バイオマス利活用による農工商連携の新産業創出
- ・エネルギー自立型低炭素製造技術・コプロダクションによるゼロエミッションの実現
- ・自然との共生を目指した地産地消型・循環型システムの構築

(坂西 欣也)

6. 1. 13. 省エネルギー

(1)区分の概要

地球温暖化防止が世界的な命題となっているが、排出されるCO₂のうち全世界では約60%、国内では約90%はエネルギー起源とされている。省エネルギーは、原子力、新エネルギー、再生可能エネルギーとともに、CO₂排出の抑制に最も有効な手段である。省エネルギーには広範な技術の応用が必要であるが、全72課題のうち、本区分の課題として以下の8課題を採り上げた。

課題63:発光効率10lm/Wを超える高効率LCD、高効率PDPパネル、発光効率および寿命を向上した有機ELディスプレイ、新原理のディスプレイ・デバイス・材料等

課題64:ICタグ用など、熱、振動エネルギー等による超小型高効率発電機

課題65:150℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ

課題66:民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用COP \geq 8、給湯用COP \geq 6、排熱回収も含む)

課題67:超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低NO_x化をはかった、家庭用

小型コジェネレーションシステム

課題.68:発光効率 150lm/W を超える、次世代高効率照明(LED、有機 EL 等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源

課題.69:自然エネルギー、自然通風、自然採光、及び雨水・地下水等の利用を可能とするエネルギー自立型建築技術

課題.70:CO₂フリーの未利用エネルギーを利用した外燃スターリングエンジンによる動力回収システム

このほか、別区分の「エネルギーマネジメント」に含まれる、HEMS、BEMS、FEMS(家庭用、ビル用、工場用のエネルギーマネジメントシステム)も省エネルギー関連であるが、ここでは除外する。

アンケート調査では、課題の重要性については、61.1%が「世界・日本双方にとり重要」、22%が「特に日本にとり重要」と答えた。一方、「重要度・優先度は低い」との回答は、15.5%であり、ほぼ課題の重要性が認識されている。

(2) 調査結果の概要

「特に日本にとって重要」な課題として、全 72 課題のうち 10 位(29.5%)に課題 67「小型コジェネレーションシステム」が挙げられた。一方、「重要度・優先度は低い」課題には、課題 70「外燃スターリングエンジンによる動力回収システム」が 5 位(34.4%)、課題 64「IC タグ用などの超小型高効率発電機」が 6 位(33.6%)であった。技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、「省エネルギー」分野全体では民間企業が最多であり、公的研究機関が続いた。

本区分に含まれる 8 課題の調査結果の概要を、課題の重要性が高い順に示すと、以下となる。

課題 63「高効率ディスプレイ」は、回答者の 75.5%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2016～2020 年、社会では 2021～2030 年が最多の回答であった。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 84.2%/92.7%であった。

課題 64「超小型高効率発電機」は、回答者の 43.4%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2016～2020 年、社会では 2021～2030 年が最多であった。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 77.5%/87.7%であった。

課題 65「産業用ヒートポンプ」は、回答者の 67.9%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2016～2020 年、社会では 2021～2030 年が最多であった。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 80.4%/90.4%であった。

課題 66「民生用超高効率ヒートポンプ」は、回答者の 69.1%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2016～2020 年、社会では 2021～2030 年が最多であった。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 87.3%/95.2%であった。

課題 67「家庭用小型コジェネレーションシステム」は、回答者の 42.1%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2016～2020 年、社会では 2021～2030 年が最多であった。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 86.9%/91.4%であった。

課題 68「次世代高効率照明」は、回答者の 76.1%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2016～2020 年、社会では 2021～2030 年が最多であった。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 87.0%/94.9%であった。

課題 69「エネルギー自立型建築技術」は、回答者の 61.7%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2011～2015 年、社会では 2016～2020 年が最多であった。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 76.6%/77.2%であった。

課題 70「外燃スターリングエンジンによる動力回収システム」は、回答者の 52.8%が「世界・日本双方にとり重要」と答えた。実現時期については、技術では 2021～2030 年、社会では 2021～2030 年が最多で

あったが、回答は他課題よりばらついた。また、技術的・社会的実現を牽引する主なセクターについては、民間企業との回答が 67.7%/75.0%であった。

(3) 最近の動向、トピックスとキーテクノロジー

日本では、2度のオイルショックを乗り越えるため、主に産業分野での省エネルギー設備・技術導入が進み、1979年には「エネルギーの使用の合理化に関する法律」、いわゆる省エネ法が制定され、地球温暖化問題の重要性が増すとともに改正・強化されてきた。その後約30年間、省エネ法で定められた年間1%以上の省エネ目標を遵守しつつ、産学官連携による省エネ技術開発と、高効率設備の導入を推進してきた。その結果、経済成長を遂げつつも、産業分野のエネルギー消費量はほぼ一定という成果を得た。その背景には、省エネ法でのトップランナー制度(家電製品、事務機器、自動車等、表1の23品目の省エネ基準を、各機器において現在商品化されている製品のうち最も優れている機器の性能以上にする制度、図1)や、省エネ法で工場や事業所で守るべき判断基準を具体的に示したこと、技術開発や設備導入への国の補助制度などが、日本が世界に誇る高い省エネ技術を生み出す原動力になっている。現在、世界標準の省エネ手法を定めたISO50001が審議中であり、2011年4月頃には成立する予定である。ISOでは、対象となる企業の範囲やエネルギー種別は省エネ法より拡大される方針であり、さらに優れた技術が世界的に求められるようになる。

特にヒートポンプ技術については、エネルギー効率を高める技術として日本が世界に誇れる技術であり、エアコン、冷蔵庫、給湯器、自動販売機などに広く応用されている。従来は寒冷地では効率が低いという問題があったが、冷媒、コンプレッサ、熱交換器の改良が進み、2008年から北欧で日本メーカー2社が実証試験を始めた。家庭用エアコンでは、入力エネルギーと出力エネルギーの比で表す性能指数COPが6を超える製品も多くあり(図2)、空調機器では8以上、給湯機器では6以上の製品が世界では2016~2020年、日本では2021~2030年頃までには実現すると考えられる。今年度からNEDOの研究開発として、機器単体の要素技術開発だけでなく、熱源の多様化、熱搬送の効率化、利用側の負荷変動への対応、躯体設計などを行なう「次世代型ヒートポンプシステム研究開発」が予定されており、上記課題の実現も遠くないと考えられる。

また、家庭用小型コージェネレーションシステムについても、高効率化、高出力化、小型化を実現する技術が、ヒートポンプ技術と歩調を合わせて実現するとの見方が多い。

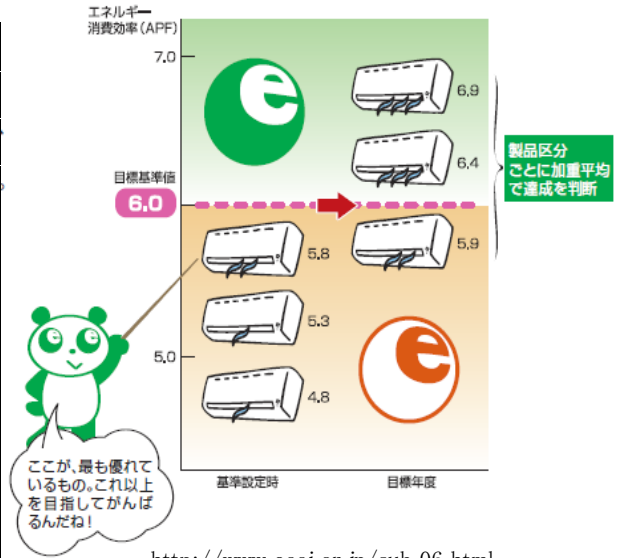
照明器具については、世界的に白熱電球を廃止し、高効率な蛍光灯やLEDに切り替える動向であるが、発光効率150lm/Wを超えるLED、有機EL等の素子の高効率化や材料の改善等が進むと見込まれる。

(4) 今後の展望

2008年3月に、国のCool Earth エネルギー革新技术計画が策定され、2050年までに温室効果ガスの半減を目標として、重点21テーマを選定した。そのうち、区分「省エネルギー」から「省エネ住宅・ビル」、「次世代高効率照明」、「超高効率ヒートポンプ」、「省エネ型情報機器・システム」の4課題が取り上げられた。本調査の「省エネルギー」区分の8課題の多くがこれらに含まれるため、今後産学官連携のもと重点的な研究開発が進められると考えられる。さらに、日本が特に進んでいるヒートポンプ技術を始めとする省エネ技術の世界展開も国際協力の下に促進され、技術開発が加速されると期待される。

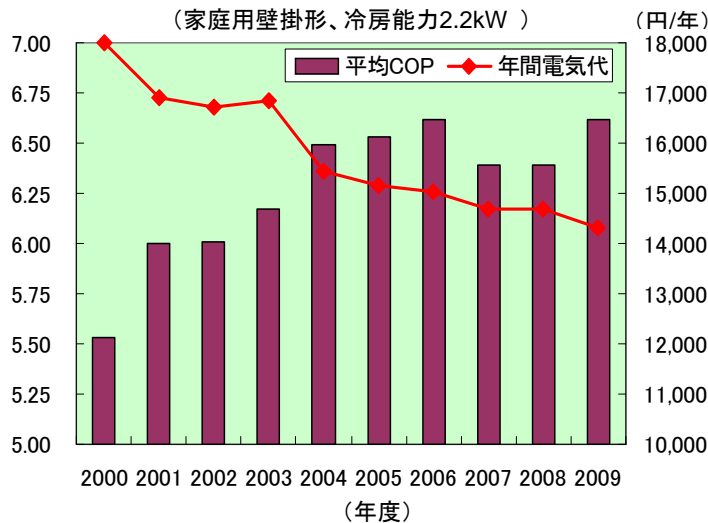
表 1 省エネ法トップランナー対象機器

1. 乗用自動車	13. ガス調理機器
2. 貨物自動車	14. ガス温水機器
3. エアコンディショナー	15. 石油温水機器
4. テレビジョン受信機	16. 電気便座
5. ビデオテープレコーダー	17. 自動販売機
6. 蛍光灯器具	18. 変圧器
7. 複写機	19. ジャー炊飯器
8. 電子計算機	20. 電子レンジ
9. 磁気ディスク装置	21. DVDレコーダー
10. 電気冷蔵庫	22. ルーティング機器
11. 電気冷凍庫	23. スイッチング機器
12. ストーブ	



http://www.eccj.or.jp/sub_06.html

図 1 トップランナー制度の仕組み



出典: 経済産業省 省エネ性能カタログ 2000年6月～2009年6月

図 2 家庭用エアコンの冷暖房平均 COP の推移

(工藤 博之、吉野 博)

6. 1. 1 4. その他、技術開発における評価ツール等地球診断技術

(1)ここ数年の動向

エネルギーの需要と供給には社会的・経済的な要因が大きな影響を及ぼす。例えば、消費者心理、エネルギー面でのセキュリティやリスク、各種政策である。これらの要因の影響を定量的に評価できる社会経済モデルやツールの開発に対するニーズが高まっている。また、税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法の開発に関しても同様である。これらのモデル・ツールや評価手法は

近年、大学やシンクタンクなどで研究が開始されており、いくつかの手法に関して論文の発表も散見される。しかし、これらの手法の開発については何を対象とするか、どのような評価法を適用するかによって極めて幅が広いので議論ができにくい面がある。現時点では、電力、石油などの供給セクター別あるいは交通、民生など需要セクター別に専門性のある機関が中心となり、モデル開発を行ってきており、政府の審議会等で活用されている。現在、温室効果ガス削減目標の設定に際して、エネルギー・経済・環境統合モデル分析が、国内外で試みられているが、ツールとしての評価は定まっていない。

さらに、政策評価は、工学的な評価とは異なり、手法の精度を検証することが容易ではなく、どの時点で開発ができたのかを判定することが難しいという面も持っている。

(2) トピック及びキーテクノロジー

今回のデルファイ調査では、課題 71「エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析できるエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール」、並びに課題 72「税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法」に関して回答を求めているが、回答することが容易ではなかったのではないかと推察される。

デルファイ調査の結果によれば、いずれも世界・日本双方にとり課題の重要度が高く、技術的实现予測時期は2011年から2015年の早い時期となっている。技術的实现を牽引する主なセクターとして、大学を挙げた比率が技術区分の中では最も多くなっている。また、セクターの中では前者が大学、後者が公的研究機関となっている。このことから、研究的な課題としては重要であるという認識で一致しており、比較的早期に実現できるという予測がされている。また、社会的実現予測時期は、2016年から2020年、社会的実現を牽引する主なセクターとしては、前者が公的研究機関、後者が政府となっている。

しかし、デルファイ調査では具体的なモデル・ツール或いは評価手法を示していないので、回答者がイメージする内容には大きな隔たりがあると推察される。

また、コメントとしては、「標準化されるような対象ではないのではないか」、「エネルギー経済モデル、計量経済学的手法などの基本的な手法は既にあるが、十分な活用や改良は行われていない」、「民間では担保できない。政府・国際機関が主導すべき」、「さまざまな部門の有識者の集まりで議論が必要」、「既に十分な技術があるということが一般的理解ではないか」、「エネルギー問題解決のため、これらの技術課題の推進は重要である」などの意見が得られており、この問題の認識に関して幅が広いことを示している。また、回答者が理工系研究者に偏っているため、社会経済モデルを専門とする社会科学系研究者の回答が十分得られていない可能性がある。

(3) 今後の展望

政策設計・評価支援ツールの活用上の課題に対しては、大学や学会など中立的で継続性のある機関で各種ツールの開発および比較、入力データの整備・更新を行い、モデラーと政策意思決定者が直接対話できるフォーラムを提供することが考えられる。

今後、政府が関与すべき技術開発領域の選定や重点化などの場面で、政策決定者が理解しやすい技術評価ツールとそのためのデータの整備は重要な役割を果たすことが期待される。これらの技術が重要であることは共通であり、どのようなモデルや手法の開発が必要なのかについて有識者の集まりで議論し、政府の主導で開発を進めることが必要であろう。

(吉野 博、浅野 浩志)

6. 2. アンケート調査の回収状況

No.6分科会「多彩なエネルギー技術変革を起こす」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下の表のようになっている。

表 6.2-1 No.6 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
543 人	468 人	86%	467 人	418 人	90%

性別	男	401 人	職業	会社員	197 人	専門度の平均	高	12.7%
	女	17 人		大学等教職員	113 人		中	26.0%
	無回答	なし		研究機関職員*	61 人		低	61.4%
年代	20 代	5 人	職種	団体職員	32 人			
	30 代	49 人		その他	15 人			
	40 代	110 人		無回答	なし			
	50 代	150 人		研究開発従事	313 人			
	60 代	88 人	上記以外	105 人				
	70 代以上	16 人	無回答	なし				
	無回答	なし	合計	418 人				

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

6. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、多彩なエネルギー技術変革を起こすために必要な要件等についての議論し、以下の課題の区分を設定した。

表 6.3-1 課題の区分

A	原子力エネルギー 将来を担う先進的な原子力発電技術、放射性廃棄物対策技術
B	核融合エネルギー 融合発電炉
C	化石エネルギー メガインフラ、石炭、ガスタービン、大型火力発電、変換技術、CO ₂ 分離・回収・貯留技術及びCO ₂ 固定化・有効利用技術、コプロダクション(ガス化)
D	再生可能エネルギー 太陽、風力、水力、地熱、メガソーラー
E	水素 CO ₂ フリー水素製造技術、革新的水素貯蔵材料技術、水素生産プロセス、超高温水素製造技術、国際需給ネットワーク、水素輸送・貯蔵技術
F	燃料電池 固体酸化物形、ハイブリッド形、固体高分子形
G	エネルギー輸送 高品質電力供給システム、超伝導配電網、国際連係電力ネットワークシステム、メタンハイドレートハンドリング技術、海上液化基地
H	低炭素エネルギー貯蔵 バッテリー(二次電池)、貯蔵(水素貯蔵、物質貯蔵、ガス貯蔵)
I	低炭素型移動体 水素供給インフラネットワーク、自動車用燃料電池、燃料電池を搭載した交通機関、燃料電池の適用等によらないCO ₂ 排出低減
J	エネルギーマネジメント HEMS、MEMS、マイクログリッド、パワーエレクトロニクス、グリーンICT
K	低炭素製造技術・コプロダクション バイオマス、ヒートポンプ、革新的製造プロセス
L	省エネルギー ヒートポンプ、次世代照明、省エネビル・住宅・IH
M	その他技術開発における評価ツール等地球診断技術

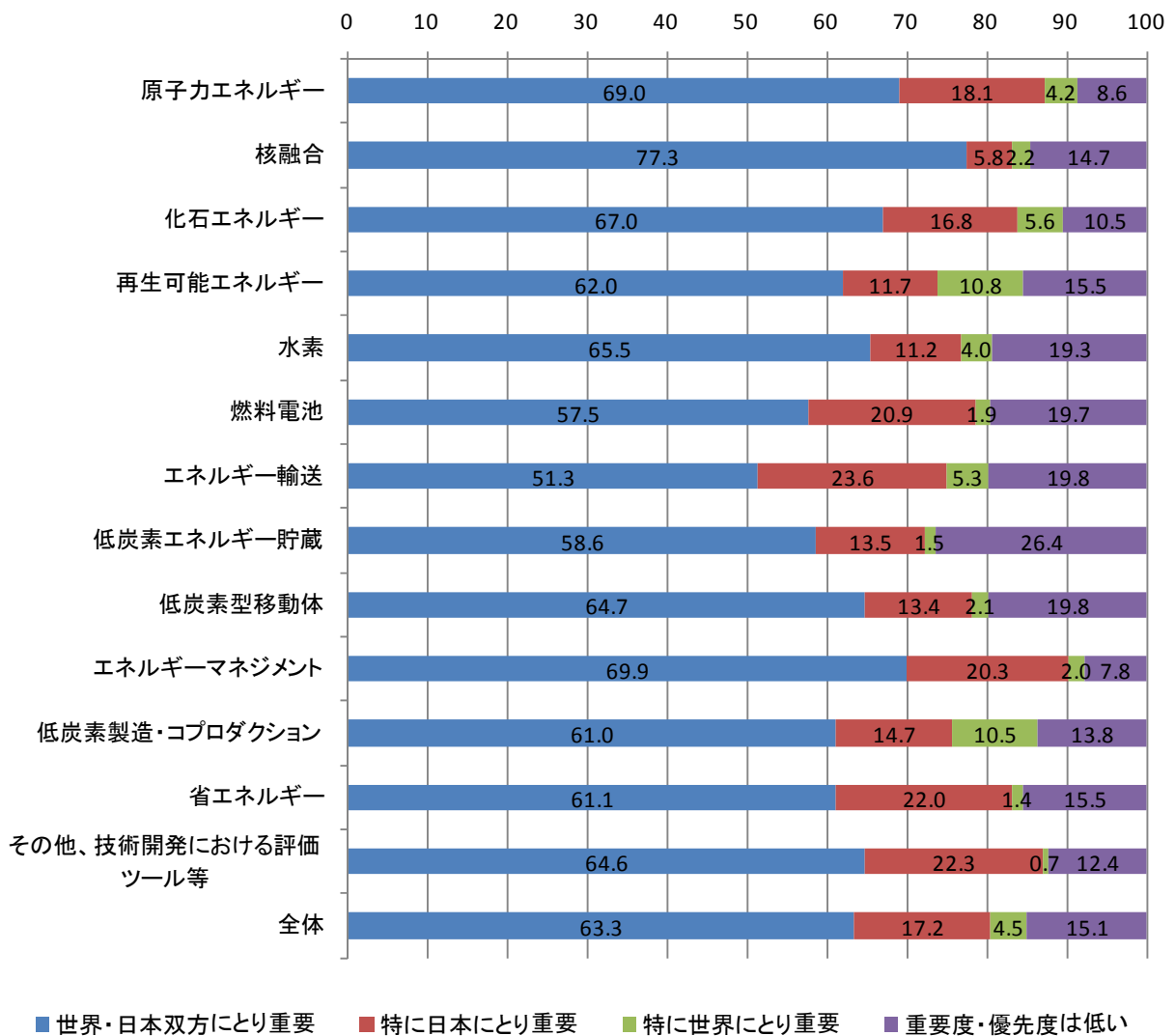
6. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

6. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題は、全ての区分において「世界・日本双方にとり重要」と評価され、全体としては63.3%を占める。次いで「特に日本にとり重要」と評価された区分が多く、全体では17.2%であった。

図 6.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、「核融合エネルギー」の区分において「世界・日本双方にとり重要」との回答の割合が最も多く、「エネルギー輸送」、「省エネルギー」、「その他技術評価ツール等地球診断技術」の区分では、他区分と比べ「特に日本にとり重要」との回答の割合が若干高い結果であった。また、「低炭素エネルギー貯蔵」の区分において、「重要度・優先度は低い」とする回答が他区分と比べ高い結果であった。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順の上位20位以内の課題は下表の通りである。「原子力エネルギー」、「エネルギーマネジメント」関連課題が各4課題、「化石エネルギー」、「省エネルギー」関連課題が各3課題含まれている。

表 6.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
04	商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術	100.0	2020	2028	原子力エネルギー
20	変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	98.9	2019	2027	再生可能エネルギー
68	発光効率 150 lm/W を超える、次世代高効率照明(LED、有機EL等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源	98.6	2018	2023	省エネルギー
02	高速増殖炉サイクル技術	97.7	2029	2038	原子力エネルギー
41	移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度100Wh/kg以上、力密度2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)	97.7	2019	2025	低炭素エネルギー貯蔵
06	高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	96.9	2022	2034	原子力エネルギー
66	民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用 COP \geq 8、給湯用 COP \geq 6、排熱回収も含む)	96.9	2017	2022	省エネルギー
01	濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	96.8	2026	2034	原子力エネルギー
19	シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	96.8	2021	2029	再生可能エネルギー
15	大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700°C以上)による大型複合サイクル発電	96.6	2018	2025	化石エネルギー
63	発光効率 10 lm/W を超える高効率 LCD、高効率 PDP パネル、発光効率および寿命を向上した有機 EL ディスプレイ、新原理のディスプレイ・デバイス・材料等	96.4	2017	2023	省エネルギー
50	CPU の省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御など IT 機器やデータセンターなどのグリーン IT による、大幅な省エネルギー化技術(ITシステムに係る電力利用効率がおよそ2倍になる)	95.9	2016	2020	エネルギーマネジメント
53	原子力をはじめとした大型電源から太陽光などの分散型電源および需要機器まで、全体の需給バランスを ICT を活用し最適に運用することにより、低コスト、安定供給、低炭素化電力供給が可能となるような次世代送配電ネットワーク技術	95.7	2018	2025	エネルギーマネジメント
51	各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム(Building Energy management System、BEMS)(各種の BEMS が中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む)	95.4	2013	2018	エネルギーマネジメント
60	非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによるCO ₂ 排出25%削減技術の開発	95.3	2020	2029	低炭素製造・コプロダクション
12	エネルギー消費が少なく、低コスト(1000円/CO ₂ トン以下)なCO ₂ 分離・回収技術	94.9	2022	2029	化石エネルギー
55	中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギーマネジメントシステム(FEMS)	93.5	2014	2019	エネルギーマネジメント
10	石炭やバイオマス、廃棄物等の多原料から、電力、合成燃料および化学原料を併産するプロセス技術(コプロダクション・コプロセッシング)	93.4	2017	2024	化石エネルギー
48	所要馬力が 20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	92.9	2019	2027	低炭素型移動体
42	MW 規模の系統連系安定化用低コスト二次電池(サイクル寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)	92.4	2021	2029	低炭素エネルギー貯蔵
72	税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法	92.4	2014	2019	その他、技術開発における評価ツール等

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「化石エネルギー」、「エネルギーマネジメント」、「原子力エネルギー」、「再生可能エネルギー」関連が各 2 課題含まれている。課題の多くは、技術的実現時期を概ね 2020 年前後としていると予測している。

表 6.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
04	商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術	89.0	2020	2028	原子力エネルギー
41	移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度100Wh/kg以上、力密度2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)	88.3	2019	2025	低炭素エネルギー貯蔵
12	エネルギー消費が少なく、低コスト(1000円/CO ₂ トン以下)なCO ₂ 分離・回収技術	87.9	2022	2029	化石エネルギー
06	高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	84.6	2022	2034	原子力エネルギー
50	CPUの省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御などIT機器やデータセンターなどのグリーンITによる、大幅な省エネルギー化技術(ITシステムに係る電力利用効率がおおよそ2倍になる)	84.6	2016	2020	エネルギーマネジメント
20	変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	83.8	2019	2027	再生可能エネルギー
19	シリコンやGaAsを用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	83.1	2021	2029	再生可能エネルギー
14	CO ₂ を物理的、化学的、生物的に固定し有効活用する技術	82.3	2022	2031	化石エネルギー
51	各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム(Building Energy management System、BEMS)(各種のBEMSが中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む)	79.2	2013	2018	エネルギーマネジメント
25	革新的水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量10重量%以上、放出温度100℃程度)	78.6	2026	2034	水素

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 6.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
11	メタンハイドレート採掘利用技術	58.4	2023	2031	化石エネルギー
37	天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術	45.9	2022	2032	エネルギー輸送
39	中小ガス田向きの天然ガスの海上液化基地(FLNG)	35.3	2017	2023	エネルギー輸送
02	高速増殖炉サイクル技術	34.3	2029	2038	原子力エネルギー
01	濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	34.0	2026	2034	原子力エネルギー
61	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	34.0	2019	2027	低炭素製造・コプロダクション
32	1kW級で50万円以下の固体高分子形定置用燃料電池	34.0	2019	2024	燃料電池
55	中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギーマネジメントシステム(FEMS)	33.3	2014	2019	エネルギーマネジメント

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
29	国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術	31.8	2021	2031	水素

(5) 特に世界にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に世界にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 6.4-4 「特に世界にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
18	集中型太陽熱発電(中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等)	39.7	2014	2023	再生可能エネルギー
59	熱帯地域等の日射量の高いサンベルト地帯における、植物生産能力の高い遊休地での資源作物バイオマスプランテーション	35.7	2016	2026	低炭素製造・コプロダクション

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

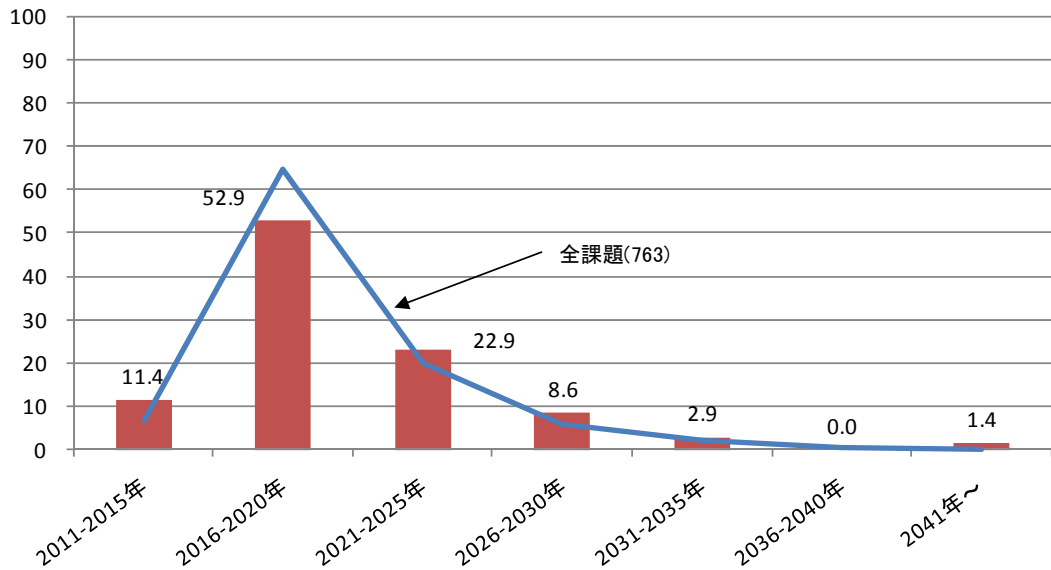
表 6.4-5 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
44	1MW、50kWh 級電力貯蔵用超伝導フライホイール	50.6	2024	2033	低炭素エネルギー貯蔵
23	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	46.0	2035	2041 以降	再生可能エネルギー
43	数十 kWh 級系統安定化用の SMES(超伝導磁気エネルギー貯蔵システム)(コスト 5~7 万円/kWh)	45.2	2025	2035	低炭素エネルギー貯蔵
30	携帯機器用小型燃料電池の本格普及	36.2	—	2019	燃料電池
70	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用した外燃スターリングエンジンによる動力回収システム	34.4	2018	2027	省エネルギー
64	IC タグ用など、熱、振動エネルギー等による超小型高効率発電機	33.6	2017	2023	省エネルギー
31	熔融炭酸塩形燃料電池による、数十万キロワット級の中・大規模発電	32.6	2022	2031	燃料電池
03	中・小型熱電併給原子炉	32.2	2023	2033	原子力エネルギー
16	発電効率40%のセラミックスマイクロガスタービン	30.9	2019	2027	化石エネルギー

6. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである No.6分科会で設定した課題の技術的実現予測時期の分布をみると、2016~2020 年に課題の半分が実現すると予測している。全体傾向は、全課題の傾向と類似している。

図 6.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「原子力エネルギー」、「核融合」の区分では、他の区分に比べ、技術的実現予測時期が遅めに予測されている。また、「再生可能エネルギー」、「エネルギーマネジメント」区分の課題は、他の区分と比べ、若干早めに技術の実現時期を迎えると予測されている。

表 6.4-6 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011 -2015	2016 -2020	2021 -2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040	2041-
原子力エネルギー			1	2	2	1		
核融合								1
化石エネルギー			7	3				
再生可能エネルギー		2	2	1		1		
水素			1	2	3			
燃料電池			3	1				
エネルギー輸送			2	2	1			
低炭素エネルギー貯蔵			1	3				
低炭素型移動体			3	1				
エネルギーマネジメント		3	4					
低炭素製造・コプロダクション			6	1				
省エネルギー		1	7					
その他、技術開発における評価ツール等		2						

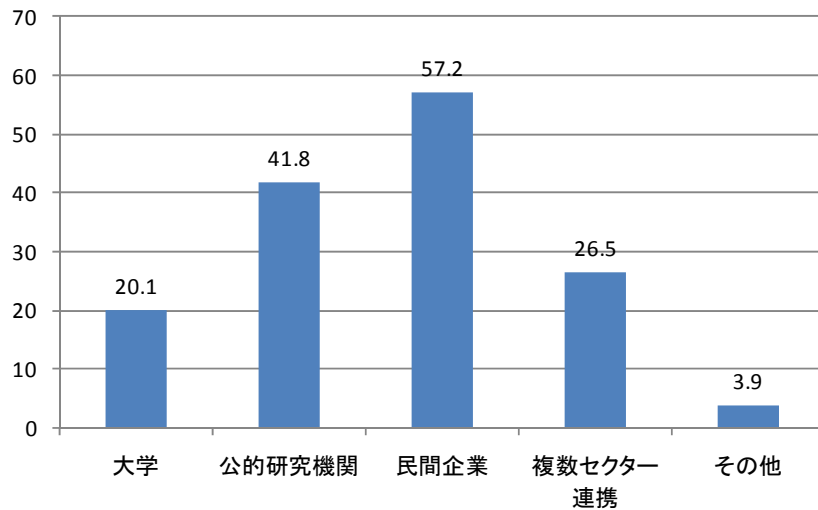
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高い(30%以上)はなかった。

6. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。技術的実現を牽引する主なセクターとして最も回答が多かったのは、「民間企業」(57.2%)であり、次いで「公的研究機関」(41.8%)である。

図 6.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「化石エネルギー」、「燃料電池」、「エネルギー輸送」、「低炭素エネルギー貯蔵」、「低炭素型移動体」、「エネルギーマネジメント」、「省エネルギー」区分で、技術的実現を牽引するセクターとして「民間企業 (NPOを含む)」をあげている。中でも、「燃料電池」、「低炭素型移動体」、「エネルギーマネジメント」、「省エネルギー」の回答は特に高い。また、「原子力エネルギー」、「核融合」、「水素」、「その他、技術開発における評価ツール」等の区分では、公的研究機関が技術的実現を牽引する主たるセクターとしている。「再生可能エネルギー」、「低炭素製造・コプロダクション」の区分では、「公的研究機関」と「民間企業」とする回答が分かれた。それ以外では、「大学」との回答が高かった区分は、「その他、技術開発における評価ツール等」であり、「複数セクター連携」区分では「低炭素製造・コプロダクション」が他の区分と比べ、回答比率が高い。

図 6.4-7 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
原子力エネルギー	10.9	58.8	38.7	33.1	4.2
核融合	27.3	70.0	5.5	20.5	25.5
化石エネルギー	16.6	41.6	60.8	26.0	2.9
再生可能エネルギー	33.0	49.7	46.5	20.9	4.6
水素	32.4	59.1	32.7	31.9	6.4
燃料電池	13.6	36.0	78.3	23.4	2.3
エネルギー輸送	10.7	34.4	56.5	30.4	7.5
低炭素エネルギー貯蔵	20.7	42.3	65.8	20.4	0.8
低炭素型移動体	14.2	32.8	71.2	29.3	2.2
エネルギーマネジメント	10.5	21.3	77.6	30.0	1.5
低炭素製造・コプロダクション	22.9	46.1	45.7	39.2	5.7
省エネルギー	21.0	26.8	80.9	12.6	0.8
その他、技術開発における評価ツール等	52.3	65.8	15.5	15.6	3.9

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-8 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
71	エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール	59.7	2015	2020	その他、技術開発における評価ツール等
19	シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	57.0	2021	2029	再生可能エネルギー
27	太陽光で水を分解する水素生産プロセス	53.3	2020	2032	水素
14	CO ₂ を物理的、化学的、生物的に固定し有効活用する技術	51.7	2022	2031	化石エネルギー
25	革新的水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)	50.6	2026	2034	水素

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-9 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
26	原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術	78.1	2026	2036	水素
02	高速増殖炉サイクル技術	74.4	2029	2038	原子力エネルギー
05	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術	74.2	2033	2040	原子力エネルギー
06	高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	70.8	2022	2034	原子力エネルギー
72	税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法	70.5	2014	2019	その他、技術開発における評価ツール等

○民間企業 (NPO を含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業 (NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-10 「民間企業 (NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期 (年)	社会的実現 時期 (年)	区分
15	大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電	90.6	2018	2025	化石エネルギー
51	各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム (Building Energy management System、BEMS) (各種の BEMS が中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む)	87.5	2013	2018	エネルギーマネジメント
66	民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用 COP \geq 8、給湯用 COP \geq 6、排熱回収も含む)	87.3	2017	2022	省エネルギー
68	発光効率 150 lm/W を超える、次世代高効率照明 (LED、有機 EL 等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源	87.0	2018	2023	省エネルギー
67	超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低 NO _x 化をはかった、家庭用小型コージェネレーションシステム	86.9	2018	2023	省エネルギー

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-11 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現時期 (年)	社会的実現時期 (年)	区分
54 都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネルギーを活用 (建物間で電力・熱・水などを融通)し、物質循環と一体となった面的利用エネルギーシステム (都市部のヒートアイランド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづくりに寄与する)	53.7	2017	2025	エネルギーマネジメント
45 燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク (水素ステーション:5000 箇所)	52.8	2020	2030	低炭素型移動体
60 非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによる CO ₂ 排出 25%削減技術の開発	51.9	2020	2029	低炭素製造・コプロダクション
61 地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	50.4	2019	2027	低炭素製造・コプロダクション
28 再生可能エネルギー (風力・太陽光等) で製造した CO ₂ フリー水素の国際的な需給ネットワーク	47.7	2026	2035	水素

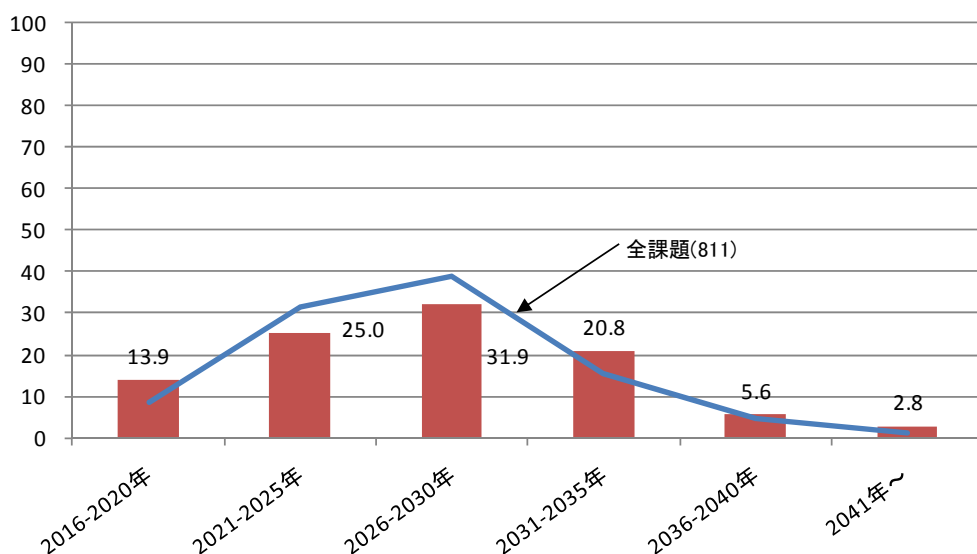
○その他 (国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他 (国際機関等)」とする割合の高い課題 (回答比率 30%以上の課題) はなかった。

6. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現時期は、2026~2030 年間に実現のピークを迎えるとしている。

図 6.4-4 社会的実現予測時期の分布 (単位: %)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「原子力エネルギー」、「核融合」、「水素」、「エネルギー輸送」区分は、他区分と比べ技術的実現時期が遅くなっている。

表 6.4-12 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2016 -2020	2021 -2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040	2041-
原子力エネルギー				1	3	2	
核融合							1
化石エネルギー			3	5	2		
再生可能エネルギー		1	1	3			1
水素				1	4	1	
燃料電池		2	2	1	1		
エネルギー輸送			1	1	2	1	
低炭素エネルギー貯蔵			1	1	2		
低炭素型移動体				3	1		
エネルギーマネジメント		4	3				
低炭素製造・コプロダクション			1	6			
省エネルギー		1	6	1			
その他、技術開発における評価ツール等		2					

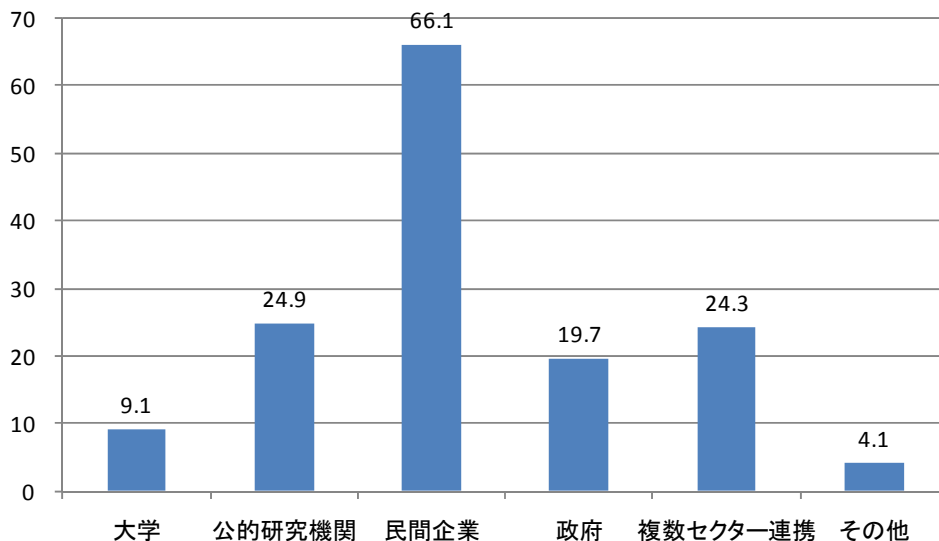
実現時期については、「実現しない」「わからない」といった選択肢を設けているが、いずれも割合の高い課題(回答比率 30%以上)はなかった。

6. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。回答が多いものとして「民間企業」(66.1%)が突出しており、次いで「公的研究機関」(24.9%)、「複数セクター連携」(24.3%)と続く。

図 6.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「核融合」、「その他、技術開発における評価ツール等」を除く、多くの区分で社会的実現の主たる牽引セクターは「民間企業(NPOを含む)」としている。中でも、「燃料電池」、「省エネルギー」においては「民間企業(NPOを含む)」に期待する回答が多い。また、「核融合」、「その他、技術開発における評価ツール等」で

は、実現を牽引するセクターとして「公的研究機関」をあげている。また、「政府」を主たるセクターとして回答の割合が多かったものとして、「その他技術開発における評価ツール等」や「原子力エネルギー」であった。

表 6.4-13 区別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
原子力エネルギー	5.1	37.0	47.6	30.3	26.1	4.9
核融合	15.1	56.9	13.3	28.0	22.5	25.7
化石エネルギー	7.6	26.0	68.9	17.4	24.5	3.2
再生可能エネルギー	15.8	31.7	57.2	16.8	20.6	5.0
水素	14.5	37.0	48.9	20.4	35.1	6.6
燃料電池	5.5	17.9	85.5	14.3	17.2	2.5
エネルギー輸送	6.1	19.7	67.0	21.3	25.1	7.4
低炭素エネルギー貯蔵	9.2	24.2	74.9	13.0	18.1	1.2
低炭素型移動体	6.0	16.3	77.6	21.0	24.0	1.9
エネルギーマネジメント	5.0	11.1	79.0	22.3	28.8	1.4
低炭素製造・コプロダクション	9.3	23.5	56.9	26.0	36.9	5.9
省エネルギー	8.8	14.8	88.0	7.8	11.9	1.1
その他、技術開発における評価ツール等	28.0	56.6	11.6	39.9	18.1	5.6

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 6.4-14 「大学」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的实现時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
71 エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール	30.8	2015	2020	その他、技術開発における評価ツール等

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-15 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的实现時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
71 エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール	62.2	2015	2020	その他、技術開発における評価ツール等
05 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術	61.4	2033	2040	原子力エネルギー
07 核融合発電	56.9	2041以降	2041以降	核融合
26 原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術	53.5	2026	2036	水素
72 税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法	51.0	2014	2019	その他、技術開発における評価ツール等

○民間企業(NPOを含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-16 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
66 民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用 COP \geq 8、給湯用 COP \geq 6、排熱回収も含む)	95.2	2017	2022	省エネルギー
68 発光効率 150 lm/W を超える、次世代高効率照明(LED、有機 EL 等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源	94.9	2018	2023	省エネルギー
30 携帯機器用小型燃料電池の本格普及	93.6	—	2019	燃料電池
63 発光効率 10 lm/W を超える高効率 LCD、高効率 PDP パネル、発光効率および寿命を向上した有機 EL ディスプレイ、新原理のディスプレイ・デバイス・材料等	92.7	2017	2023	省エネルギー
67 超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低 NO _x 化をはかった、家庭用小型コージェネレーションシステム	91.4	2018	2023	省エネルギー

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-17 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
72 税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法	49.0	2014	2019	その他、技術開発における評価ツール等
06 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	47.8	2022	2034	原子力エネルギー
61 地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	45.3	2019	2027	低炭素製造・コプロダクション
45 燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)	44.2	2020	2030	低炭素型移動体
02 高速増殖炉サイクル技術	38.9	2029	2038	原子力エネルギー

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.4-18 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

課題	複数 連携(%)	技術的 実現時期	社会的 実現時期	区分
28 再生可能エネルギー(風力・太陽光等)で製造した CO ₂ フリー水素の国際的な需給ネットワーク	51.7	2026	2035	水素
54 都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネルギーを活用(建物間で電力・熱・水などを融通)し、物質循環と一体となった面的利用エネルギーシステム(都市部のヒートアイランド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづくりに寄与する)	46.3	2017	2025	エネルギーマネジメント

課題		複数 連携 (%)	技術的 実現時期	社会的 実現時期	区分
60	非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによる CO ₂ 排出 25%削減技術の開発	44.6	2020	2029	低炭素製造・コプロダクション
62	水棲バイオマスプラランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	41.5	2022	2030	低炭素製造・コプロダクション
57	バイオリファイナリーによるケミカル・エネルギー併産システム	40.0	2019	2028	低炭素製造・コプロダクション

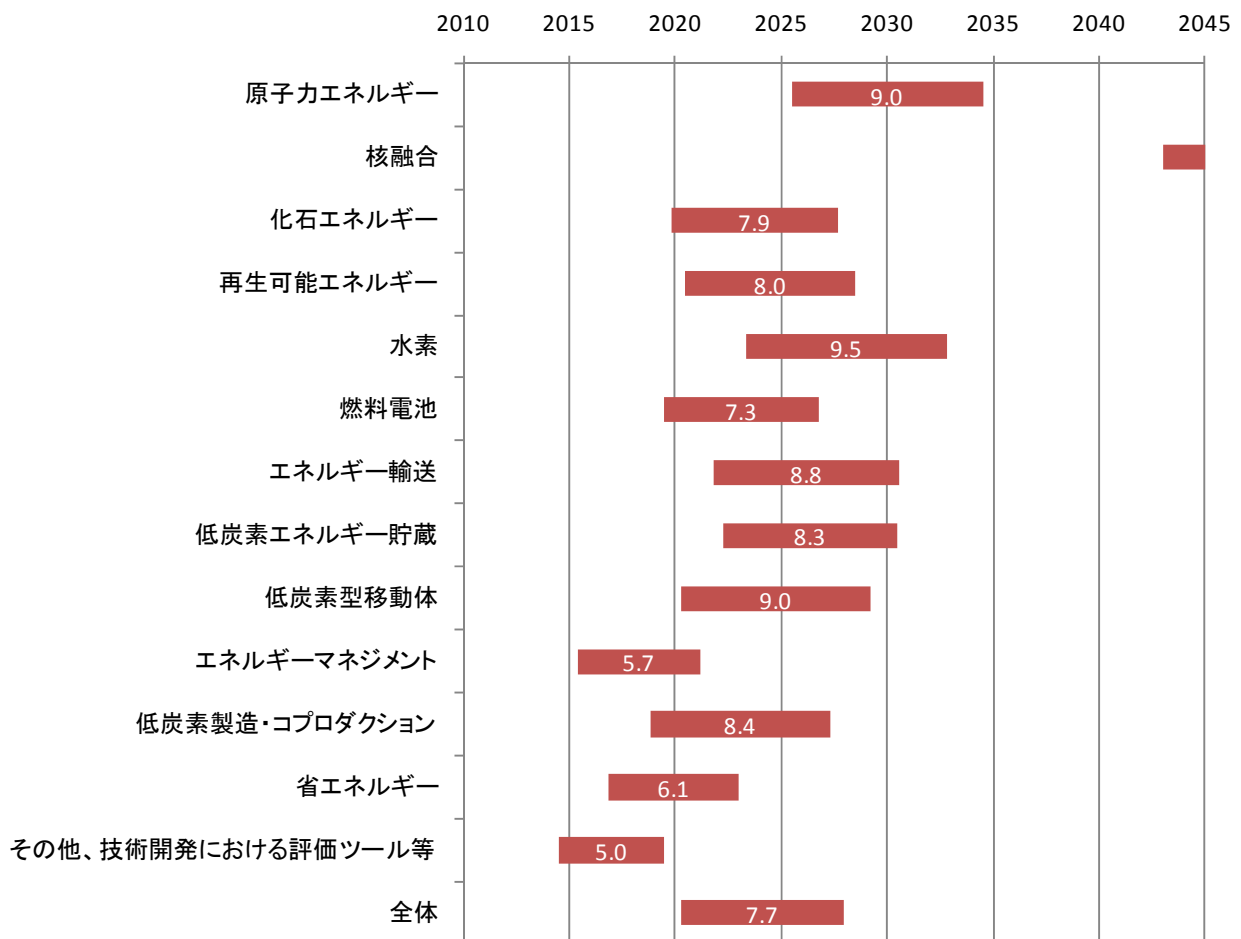
○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い課題(回答比率 30%以上)はなかった。

6. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

技術的実現から社会的実現までの期間を区分別にみると、最も期間を要するもので「水素」の 9.5 年であり、次いで「原子力エネルギー」、「エネルギー輸送」の 9.0 年であった。一方、期間が短い区分としては、「その他、技術開発における評価ツール」の 5.0 年であった。

図 6.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題、期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 6.4-19 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
27	太陽光で水を分解する水素生産プロセス	2020	2032	12	水素
06	高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	2022	2034	12	原子力エネルギー
21	メガワットクラス以上の出力を有する海洋エネルギー資源利用発電技術(波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等のいずれか)	2019	2030	11	再生可能エネルギー
43	数十 kWh 級系統安定化用の SMES(超伝導磁気エネルギー貯蔵システム)(コスト 5~7 万円/kWh)	2025	2035	10	低炭素エネルギー貯蔵
03	中・小型熱電併給原子炉	2023	2033	10	原子力エネルギー
36	日本を含む国際連系電力ネットワークシステム	2025	2035	10	エネルギー輸送
40	超伝導送配電網	2027	2037	10	エネルギー輸送
45	燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000 箇所)	2020	2030	10	低炭素型移動体
26	原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術	2026	2036	10	水素
37	天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術	2022	2032	10	エネルギー輸送
29	国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術	2021	2031	10	水素
59	熱帯地域等の日射量の高いサンベルト地帯における、植物生産能力の高い遊休地での資源作物バイオマスプランテーション	2016	2026	10	低炭素製造・コプロダクション
67	超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低 NO _x 化をはかった、家庭用小型コジェネレーションシステム	2018	2023	5	省エネルギー
71	エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール	2015	2020	5	その他、技術開発における評価ツール等
32	1kW 級で 50 万円以下の固体高分子形定置用燃料電池	2019	2024	5	燃料電池
52	宅内通信ネットワークを用いて家電機器、太陽光発電装置、蓄電池等を統合制御し、CO ₂ 排出を削減する家庭用エネルギーマネジメントシステム(HEMS)	2014	2019	5	エネルギーマネジメント
72	税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法	2014	2019	5	その他、技術開発における評価ツール等
55	中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギーマネジメントシステム(FEMS)	2014	2019	5	エネルギーマネジメント
51	各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム(Building Energy management System、BEMS)(各種の BEMS が中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む)	2013	2018	5	エネルギーマネジメント
66	民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用 COP \geq 8、給湯用 COP \geq 6、排熱回収も含む)	2017	2022	5	省エネルギー
68	発光効率 150 lm/W を超える、次世代高効率照明(LED、有機 EL 等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源	2018	2023	5	省エネルギー
22	風力発電出力予測技術	2015	2019	4	再生可能エネルギー
50	CPU の省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御など IT 機器やデータセンターなどのグリーン IT による、大幅な省エネルギー化技術(IT システムに係る電力利用効率がおよそ 2 倍になる)	2016	2020	4	エネルギーマネジメント

6. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 6.4-20 新規に提案された課題

提案課題
化石燃料と原子力の両方を利用した synergistic process (発電、水素製造、合成肥料製造など)
バイオマスと原子力の両方を利用した synergistic process
炭素循環型原子力製鉄
省エネ社会、低炭素化社会実現のためのあるべき税制の研究(燃費を基準とした自動車税制など)
肥料成分(特にリン)の回収を視野に入れた農村バイオマスエネルギー利用システム
複数のエネルギー源を組み合わせた火力発電の効率向上(エクセルギー利用の最適化)
マテリアル、エネルギー等の有効利用を前提とした廃棄物(ゴミ)の分別回収の徹底
「世界特許」システム(世界で統一された特許ルール)
着床式洋上風力発電
フロート式洋上風力発電
浮体式洋上風力発電
海上波浪発電出力予測技術
海洋エネルギーによる離島・地域の振興
業務用建物における熱源の実働効率向上(コミッションング)
蒸発脱水プロセスのエネルギー消費量を 1/10 にする VRC(蒸気再圧縮)技術の普及
太陽エネルギーや地中熱など多様な再生可能なエネルギーを利用して、冷暖房・給湯・冷凍など 多目的に利用するヒートポンプシステム
中小規模の低コスト地熱活用技術
バイオテクノロジー等を活用した CO ₂ を原料とする低コストメタン製造技術
CO ₂ の帯水層への溶解貯留技術
小型風力と太陽光発電のハイブリッド
有機系太陽電池
負荷変動対応原子力発電
再処理不要高速増殖炉
放射性廃棄物核変換安定化技術
住宅・ビル用小形太陽熱利用システム
屋根一体型太陽集熱システム
高密度(400kj/L)、低コスト(4kj/円)の熱貯蔵デバイス
kw クラス家庭用非集中型太陽熱発電・給湯
理工系離れを防止する教育システムの構築
大気循環可能な水素の液体ケミカルハイドランド
熱エネルギーの貯蔵、輸送、システム(高効率、安価な蓄熱材など)
地球規模の気候制御技術による発電など創エネルギー
低温排熱(40℃～60℃)で冷熱を発生する技術
都市型熱供給(個別分散)発電
都市エネルギーネットワーク(排熱利用)の構築

提案課題
海洋バイオマス利用による CO ₂ 固定化 増殖回生システム
マイクロ波利用による新製鋼プロセス
砂漠化するエネルギーを人類が利用可能なエネルギーに変換する技術開発
低コストで定型的施工が行える地中熱利用技術
高寿命地熱井の低コスト掘削技術
地熱井に及び設備におけるスケール発生予測、防止、抑制技術
CO ₂ 吸収源(森林等)確保拡大社会システム技術
資源エネルギー循環型(水資源を含む)都市生命化(Living Cities)社会システム技術
地球人口 100 億人生存シミュレーション技術
水素の大量輸送技術の開発
直流給配電技術
超高温など極限環境下における熱制御方法の開発。
SiC、GaN、などの新素材を用いた低損失パワーデバイスによる電力変換装置の大幅な効率化、小型化技術(J:エネルギーマネージメントに追加)
水蒸気電解による排熱を利用する水素製造
自動車用大型 PEFC システム 100kW 級で 3k円/kW

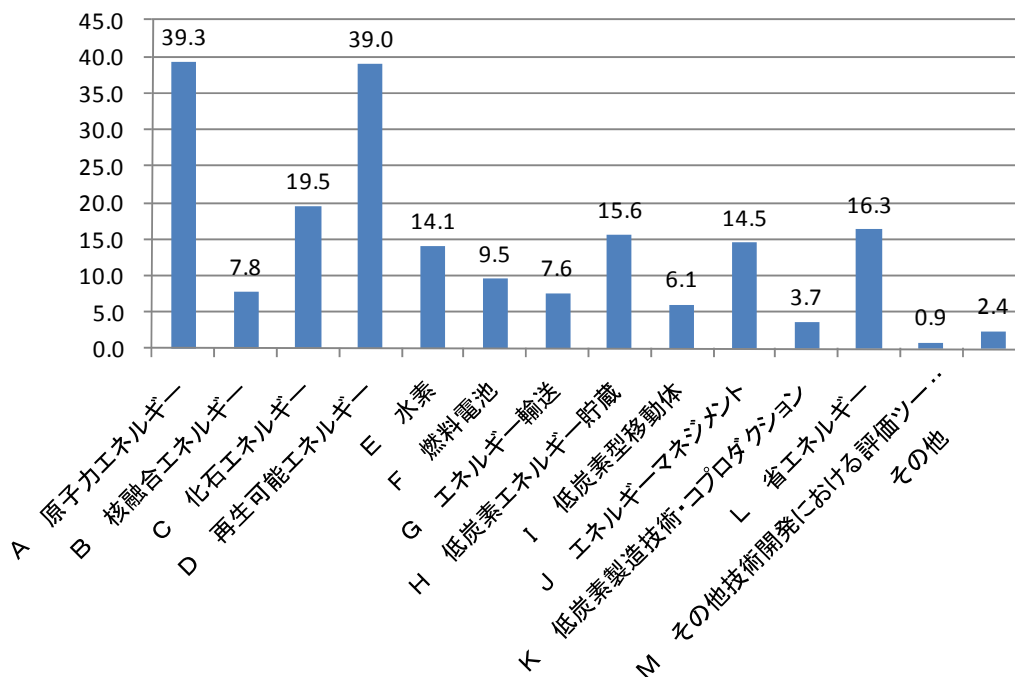
6. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

6. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

(1) 鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向け、鍵となる事項として最も回答が多かった区分は、「原子力エネルギー」(39.3%)であり、次いで「再生可能エネルギー」(39.0%)であった。

図 6.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=461 単位% 複数回答)



6. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

A. 原子力エネルギー

「原子力エネルギー」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=178>

課題	%
02 高速増殖炉サイクル技術	75.8
06 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	66.9
01 濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	54.5
04 商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術	52.2
05 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術	43.3

B. 核融合エネルギー

「核融合エネルギー」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 6.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=35>

課題	%
07 核融合発電	100.0

C. 化石エネルギー

「化石エネルギー」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答総数=87>

課題	%
12 エネルギー消費が少なく、低コスト(1000 円/CO ₂ トン以下)な CO ₂ 分離・回収技術	54.0
13 長期監視技術を伴った CO ₂ の地下貯留技術	41.4
09 超重質原油・非在来型石油資源(オイルシェール、オイルサンド等)の燃料化等の有効活用技術	39.1
15 大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電	35.6
10 石炭やバイオマス、廃棄物等の多原料から、電力、合成燃料および化学原料を併産するプロセス技術(コプロダクション・コプロセッシング)	35.6

D. 再生可能エネルギー

「再生可能エネルギー」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 6.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=178>

課題	%
20 変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池	68.0
19 シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	61.2
18 集中型太陽熱発電(中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等)	35.4

E. 水素

「水素」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=62>

課題	%
29 国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術	66.1
28 再生可能エネルギー(風力・太陽光等)で製造した CO ₂ フリー水素の国際的な需給ネットワーク	54.8
25 革新的水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)	51.6
27 太陽光で水を分解する水素生産プロセス	46.8
24 CO ₂ 回収・貯留(CCS)技術との組合せによる化石燃料を原料とした CO ₂ フリー水素製造技術	45.2

F. 燃料電池

「燃料電池」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 6.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=43>

課題	%
33 固体酸化物形定置用燃料電池	81.4
32 1kW 級で 50 万円以下の固体高分子形定置用燃料電池	65.1

	課題	%
34	燃料電池(熔融炭酸塩形、固体酸化物形)をベースにしたコンバインドシステム	53.5
35	太陽電池などの再生可能エネルギーと燃料電池などをハイブリッドした住宅のエネルギーシステムの本格普及	46.5

G. エネルギー輸送

「エネルギー輸送」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の(ただし回答比率30%未満の課題を省略)課題は以下の表に示す通りである。

表 6.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=34>

	課題	%
36	日本を含む国際連系電力ネットワークシステム	55.9
40	超伝導送配電網	55.9
38	自然エネルギーの活用が充分に行われ、さらに雷による停電のない高品質電力供給システム	52.9

H. 低炭素エネルギー貯蔵

「低炭素エネルギー貯蔵」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 6.5-8 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 H) <当該区分の回答総数=69>

	課題	%
41	移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度 100Wh/kg以上、力密度 2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)	88.4
42	MW規模の系統連系安定化用低コスト二次電池(サイクル寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)	72.5

I. 低炭素型移動体

「低炭素型移動体」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 6.5-9 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 I) <当該区分の回答数=27>

	課題	%
45	燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)	92.6
46	固体高分子形自動車用燃料電池(寿命:15年以上、コスト:4千円/kW以下(100万台/年)、外部無加湿、-40℃~120℃対応)	77.8
47	燃料電池を搭載した機関(船舶、鉄道)	40.7

J. エネルギーマネジメント

「エネルギーマネジメント」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.5-10 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 J) <当該区分の回答数=66>

	課題	回答割合%
53	原子力をはじめとした大型電源から太陽光などの分散型電源および需要機器まで、全体の需給バランスを ICT を活用し最適に運用することにより、低コスト、安定供給、低炭素化電力供給が可能となるような次世代送配電ネットワーク技術	71.2
52	宅内通信ネットワークを用いて家電機器、太陽光発電装置、蓄電池等を統合制御し、CO ₂ 排出を削減する家庭用エネルギーマネジメントシステム(HEMS)	60.6

	課題	回答割合%
51	各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム(Building Energy management System、BEMS)(各種の BEMS が中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む)	60.6
54	都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネルギーを活用(建物間で電力・熱・水などを融通)し、物質循環と一体となった面的利用エネルギーシステム(都市部のヒートアイランド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづくりに寄与する)	47.0
49	プラグインハイブリッド自動車などのバッテリーを用いて需要家内や配電系統の需給制御を行う(V2G)	40.9

K. 低炭素製造技術・コプロダクション

「炭素製造技術・コプロダクション」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.5-11 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 K) <当該区分の回答数=14>

	課題	%
57	バイオリファイナーによるケミカル・エネルギー併産システム	50.0
60	非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによる CO ₂ 排出 25%削減技術の開発	50.0
56	バイオマス発酵・ガス化融合型バイオ燃料・水素の併産プロセス	42.9
61	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	35.7
62	水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	35.7

L. 省エネルギー

「省エネルギー」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 6.5-12 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 L) <当該区分の回答数=73>

	課題	%
66	民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用 COP \geq 8、給湯用 COP \geq 6、排熱回収も含む)	71.2
65	150℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ	52.1
69	自然エネルギー、自然通風、自然採光、及び雨水・地下水等の利用を可能とするエネルギー自立型建築技術	45.2
68	発光効率 150 lm/W を超える、次世代高効率照明(LED、有機 EL 等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源	34.2

M. その他技術開発における評価ツール等地球診断技術

「その他技術開発における評価ツール等地球診断技術」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 6.5-13 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 M) <当該区分の回答数=4>

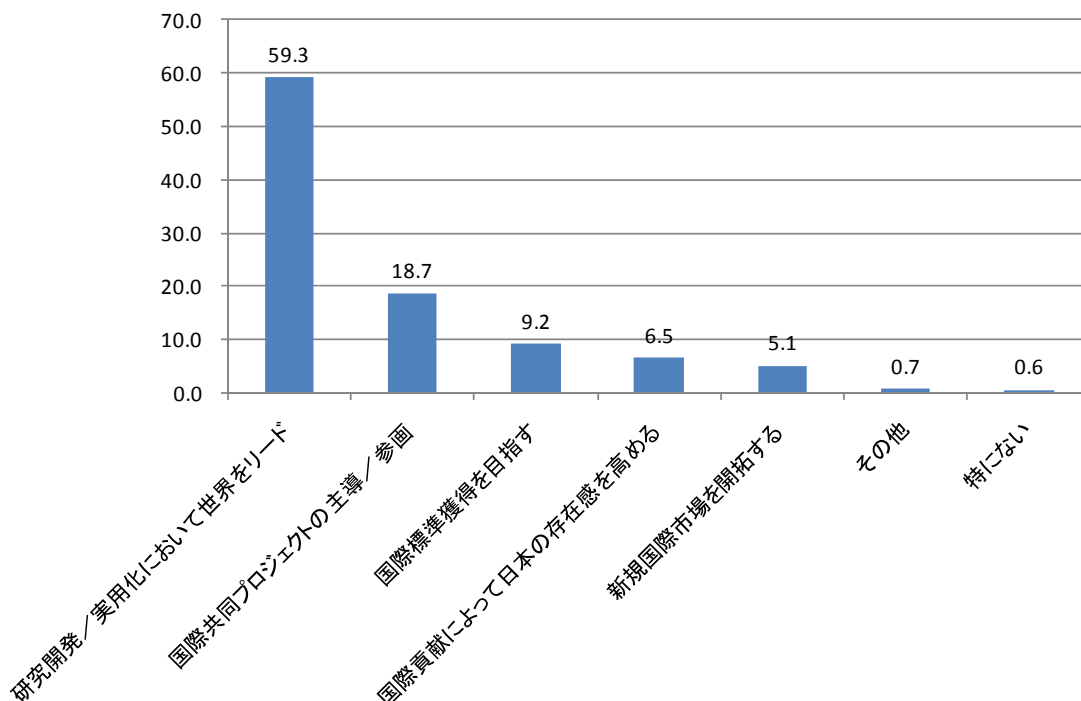
	課題	%
72	税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法	100.0
71	エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール	75.0

6. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答(59.3%)と最も多い。

図 6.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(n=850、単位%、複数回答)



区分別にみると、どの区分において「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が多い。特に「核融合エネルギー」では、最も力を入れるべき研究開発の国際戦略として「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」との回答が高い。

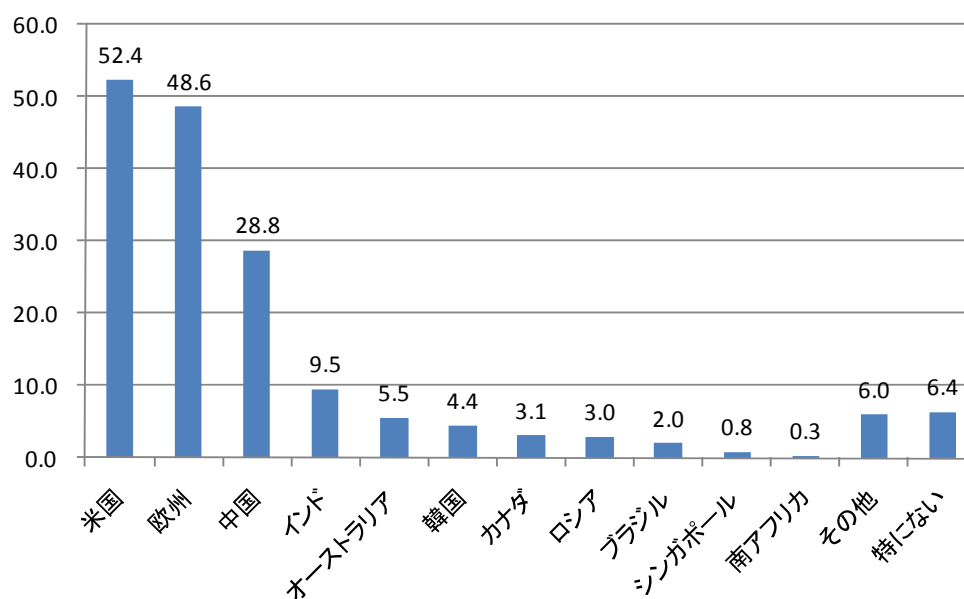
表 6.5-14 区分別最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	研究開発・実用化において世界をリード	国際共同プロジェクト主導・参画	国際標準の獲得	国際貢献により存在感を高める	新規国際市場の開拓	その他
A 原子力エネルギー (174)	59.2	21.3	6.9	6.3	4.6	0.6
B 核融合エネルギー (35)	37.1	60.0		2.9		
C 化石エネルギー (84)	50.0	25.0	4.8	13.1	6.0	
D 再生可能エネルギー (170)	68.2	12.9	7.1	7.1	4.1	
E 水素 (59)	61.0	28.8	5.1	1.7	3.4	
F 燃料電池 (40)	77.5	2.5	10.0	2.5	5.0	2.5
G エネルギー輸送 (31)	32.3	22.6	25.8	3.2	6.5	9.7
H 低炭素エネルギー貯蔵 (66)	77.3	6.1	12.1		3.0	1.5
I 低炭素型移動体 (28)	71.4	14.3	7.1	3.6	3.6	
J エネルギーマネジメント (64)	42.2	20.3	26.6	4.7	6.3	
K 低炭素製造技術・コプロダクション (15)	40.0	40.0		20.0		
L 省エネルギー (71)	62.0	2.8	8.5	12.7	14.1	
M その他技術開発における評価ツール等地球診断技術 (4)	50.0		50.0			

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を発展させる上で、関係を強化すべき国・地域として、最も多いのが「米国」(52.4%)であり、次いで「欧州」(48.6%)、「中国」(28.8%)と続く。

図 6.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域(n=862、単位%、複数回答)



各区分別の関係を強化すべき国は、次表に示す通りである。

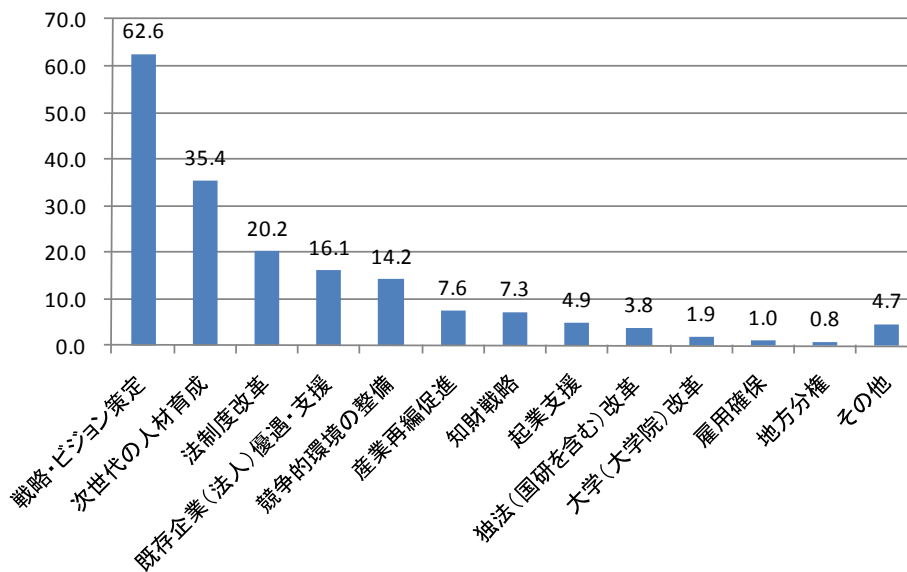
表 6.5-15 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域(単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	インド	オーストラリア	韓国	カナダ	ロシア	ブラジル	シンガポール	南アフリカ	その他	特にない
A 原子力エネルギー (178)	64.0	54.5	22.5	11.2	0.6	2.8	1.1	3.9	2.2			5.1	3.4
B 核融合エネルギー (34)	70.6	91.2	11.8	2.9		2.9		5.9					
C 化石エネルギー (86)	43.0	22.1	47.7	17.4	19.8	2.3	11.6	5.8	4.7		1.2	2.3	2.3
D 再生可能エネルギー (175)	41.1	48.0	25.7	6.9	10.3	4.0	1.1	2.3	2.3	1.1	1.1	11.4	7.4
E 水素 (61)	62.3	54.1	23.0	3.3	8.2	4.9	4.9	3.3	1.6			8.2	6.6
F 燃料電池 (43)	60.5	69.8	18.6	2.3	2.3	9.3	9.3	2.3				4.7	4.7
G エネルギー輸送(32)	46.9	25.0	53.1	9.4	6.3	18.8	3.1	9.4					6.3
H 低炭素エネルギー貯蔵 (66)	62.1	45.5	24.2	3.0			3.0		1.5			4.5	12.1
I 低炭素型移動体 (26)	73.1	57.7	19.2			3.8	3.8					7.7	3.8
J エネルギーマネジメント(62)	59.7	51.6	25.8	12.9		3.2			1.6			4.8	9.7
K 低炭素製造技術・コプロダクション(15)	6.7	26.7	46.7	6.7	13.3		6.7	6.7	13.3	6.7		20.0	
L 省エネルギー (70)	34.3	40.0	44.3	22.9	1.4	7.1	1.4	1.4		2.9		2.9	12.9
M その他技術開発における評価ツール等地球診断技術(4)	50.0	75.0	25.0			25.0						25.0	

6. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項として、最も多いのが「戦略・ビジョン策定」(62.6%)であり、次いで「次世代の人材育成」(35.4%)であった。以下、「法制度改革」(20.2%)、「既存企業(法人)優遇・支援」(16.1%)と続く。

図 6.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項(n=872、単位%、複数回答)



区分別にみると、どの区分とも「戦略・ビジョン策定」を政府が重点的に取り組むべきとの回答が多い。また、「核融合エネルギー」では、「次世代人材育成」との回答が多い(57.1%)。また、「エネルギーマネジメント」では

「法制度改革」に取り組むべきとの回答が、「燃料電池」では「既存企業(法人)優遇・支援」との回答が、他の区分と比べて高くなっている。

表 6.5-16 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	法制度改革	既存企業(法人)優遇・支援	競争的環境の整備	産業再編促進	知財戦略	起業支援	独法(国研を含む)改革	大学(大学院)改革	雇用確保	地方分権	その他
A 原子力エネルギー(179)	74.3	54.2	14.0	10.1	2.8	2.8	1.7	1.1	6.7	1.1	1.1	0.6	6.7
B 核融合エネルギー(35)	74.3	57.1	8.6	8.6	11.4		5.7	2.9	5.7	2.9	2.9		
C 化石エネルギー(86)	69.4	31.8	15.3	22.4	8.2	9.4	8.2	3.5	3.5	2.4	1.2		5.9
D 再生可能エネルギー(175)	60.6	25.1	24.6	16.6	17.7	9.7	5.1	9.1	2.9	1.7	1.1	0.6	4.6
E 水素 (63)	66.7	34.9	27.0	11.1	25.4	1.6	3.2	4.8	3.2	1.6			4.8
F 燃料電池 (43)	58.1	32.6	18.6	32.6	25.6	11.6	7.0	2.3					4.7
G エネルギー輸送(33)	63.6	33.3	15.2	9.1	9.1	18.2	6.1	3.0	6.1				6.1
H 低炭素エネルギー貯蔵(66)	42.4	36.4	9.1	21.2	24.2	10.6	16.7	7.6	6.1	1.5		1.5	6.1
I 低炭素型移動体 (28)	64.3	28.6	17.9	25.0	10.7	7.1	14.3	3.6		3.6			3.6
J エネルギーマネジメント(65)	58.5	18.5	41.5	9.2	15.4	12.3	12.3	1.5	1.5	3.1			1.5
K 低炭素製造技術・コプロダクション(15)	66.7	33.3	20.0	20.0	6.7		6.7	20.0	6.7			6.7	
L 省エネルギー (72)	45.8	25.0	25.0	23.6	19.4	9.7	15.3	8.3	1.4	5.6	1.4	2.8	2.8
M その他技術開発における評価ツール等地球診断技術(4)	50.0	50.0	25.0		50.0								

6. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

我が国が重点的に取り組むべき課題として選択された上位上位 10 以内の課題(ただし回答比率 10%未満の課題を省略)を以下に示す。課題 2「高速増殖炉サイクル技術」が 21.7%と最も多く、次いで課題 20「変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池」(15.6%)、課題 1「濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術」(14.2%)が続く。上位 10 課題のうち、「原子力エネルギー」、「再生可能エネルギー」、「化石エネルギー」の区分が各 2 課題含まれている。

表 6.5-17 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=424>

課題	%
2 高速増殖炉サイクル技術	21.7
20 変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池	15.6
1 濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	14.2
19 シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	13.0
41 移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度 100Wh/kg以上、力密度 2000W/kg以上、コスト 3 万円/kWh 以下)	11.8

6. 6. 集計結果一覧

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	高 中 低 全 く な し (%)	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要 (%)	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い			
原子力エネルギー	1	濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	1	205	12	21	67	-	55	36	3	6
			2	188	12	18	70	-	60	34	3	3
			専	23	100	0	0	-	65	22	0	13
	2	高速増殖炉サイクル技術	1	233	15	16	69	-	57	37	2	4
			2	218	14	16	70	-	62	34	2	2
			専	30	100	0	0	-	70	27	0	3
	3	中・小型熱電供給原子炉	1	185	12	17	71	-	36	13	18	33
			2	177	10	16	74	-	43	11	14	32
			専	18	100	0	0	-	39	6	33	22
	4	商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術	1	207	8	23	69	-	85	12	3	0
			2	194	8	19	73	-	89	9	2	0
			専	16	100	0	0	-	87	13	0	0
	5	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術	1	181	15	18	67	-	74	13	2	11
			2	168	14	16	70	-	77	10	2	11
			専	23	100	0	0	-	68	5	0	27
	6	高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	1	217	10	24	66	-	77	17	3	3
			2	198	11	23	66	-	85	10	2	3
			専	21	100	0	0	-	95	5	0	0
エネルギー	7	核融合発電	1	242	9	16	75	-	73	7	3	17
			2	232	7	17	76	-	77	6	2	15
			専	17	100	0	0	-	88	0	0	12
エネルギー	8	微粉炭火力発電の高効率化を目指した750°C級蒸気タービン仕様の超々臨界圧発電技術(A-USC)	1	214	8	25	67	-	58	17	13	12
			2	198	8	24	68	-	67	14	10	9
			専	15	100	0	0	-	73	13	7	7

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター												
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)		
						2	10	9	41	56	39	7								4	9	5	23	59	30	25	8
						2	9	7	37	61	39	3							3	7	2	20	68	24	26	4	
							4	0	4	35	83	26	0							9	0	4	17	83	30	22	0
						2	6	13	72	27	32	11								2	7	5	44	39	41	29	8
						1	2	9	74	27	34	5							2	5	4	48	38	39	29	4	
							0	0	10	80	27	43	7						10	0	7	63	43	33	30	3	
						11	10	13	47	50	28	7								21	14	9	24	55	24	23	11
						7	8	9	48	56	24	5							13	9	3	21	66	20	19	6	
							6	0	6	50	56	28	0						33	0	0	25	75	0	13	6	
						0	6	4	47	54	37	6								0	5	5	29	63	27	31	5
						0	4	4	48	53	39	4							1	2	3	29	67	24	30	3	
							0	0	6	38	75	38	0						0	0	13	27	80	20	27	0	
						7	14	30	75	13	25	7								9	16	17	61	24	31	25	9
						6	13	28	74	12	25	5							7	16	13	61	20	27	22	7	
							18	0	17	83	17	17	9						17	0	17	74	13	22	17	9	
						2	6	12	64	25	40	7								3	9	7	43	33	46	33	7
						2	4	9	71	24	38	3							1	5	5	44	27	48	30	5	
							0	0	5	70	30	40	0						0	5	0	58	26	53	32	5	
						13	17	33	63	8	23	30								14	23	17	48	17	29	27	28
						10	13	27	70	5	20	25							13	21	15	57	13	28	22	26	
							12	0	19	81	0	0	19						24	6	13	81	0	6	19	0	
						1	6	9	27	76	25	4								2	9	4	15	83	15	19	5
						1	5	7	22	82	17	2							0	7	2	14	91	10	13	3	
							0	0	20	27	80	33	7						0	0	0	14	93	21	7	7	

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
化 石 エ ネ ル ギ ー	9	超重質原油・非在来型石油資源(オイルシェール、オイルサンド等)の燃料化等の有効活用技術	1	229	12	29	59	-	57	15	18	10
			2	211	11	27	62	-	63	10	19	8
			専	23	100	0	0	-	73	9	18	0
	10	石炭やバイオマス、廃棄物等の多原料から、電力、合成燃料および化学原料を併産するプロセス技術(コプロダクション・コプロセッシング)	1	263	17	25	58	-	70	18	4	8
			2	246	13	26	61	-	73	16	4	7
			専	33	100	0	0	-	75	13	3	9
	11	メタンハイドレート採掘利用技術	1	240	9	23	68	-	35	53	2	10
			2	234	8	20	72	-	32	59	1	8
			専	18	100	0	0	-	44	50	0	6
	12	エネルギー消費が少なく、低コスト(1000円/CO ₂ トン以下)なCO ₂ 分離・回収技術	1	298	14	29	57	-	81	7	5	7
			2	275	13	27	60	-	88	3	4	5
			専	37	100	0	0	-	97	0	3	0
	13	長期監視技術を伴ったCO ₂ の地下貯留技術	1	269	9	28	63	-	69	7	9	15
			2	251	9	24	67	-	77	5	5	13
			専	22	100	0	0	-	86	14	0	0
	14	CO ₂ を物理的、化学的、生物的に固定し有効活用する技術	1	265	12	28	60	-	76	7	4	13
			2	245	10	24	66	-	82	4	3	11
			専	24	100	0	0	-	83	0	4	13
	15	大規模で高効率のガスタービン(入口温度1700°C以上)による大型複合サイクル発電	1	262	10	30	60	-	68	23	3	6
			2	240	9	31	60	-	74	21	2	3
			専	21	100	0	0	-	52	43	0	5
	16	発電効率40%のセラミックスマイクロガスタービン	1	200	5	34	61	-	43	23	3	31
			2	197	5	28	67	-	46	20	3	31
			専	10	100	0	0	-	40	20	0	40

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										1
						0	2	10	29	78	21	3							4	7	3	16	78	11	21	3
						0	0	27	36	95	9	0							4	4	0	19	86	24	19	0
						1	4	26	38	59	39	2							2	6	11	20	68	22	30	3
						1	2	20	33	68	33	2							1	3	7	17	76	17	25	2
						0	0	15	36	55	48	3							0	0	6	18	76	30	36	3
						3	6	19	62	38	40	8							6	9	13	35	42	35	39	9
						1	3	15	66	36	39	4							2	7	8	36	45	32	39	5
						0	6	33	67	56	44	22							0	6	28	50	50	56	50	22
						7	9	28	50	49	37	6							7	10	14	30	56	31	34	6
						5	7	21	57	51	33	4							5	7	8	32	64	24	33	5
						3	0	19	57	54	35	8							6	3	3	24	58	33	36	9
						7	6	17	55	34	39	12							11	8	11	40	36	38	34	11
						5	4	13	60	35	39	7							7	9	7	43	37	33	35	7
						0	0	14	50	50	45	5							0	0	10	38	33	33	43	10
						6	9	53	55	28	29	7							7	12	27	40	43	24	33	7
						6	7	52	63	22	24	5							5	10	23	45	46	18	30	5
						8	8	71	48	48	29	10							9	13	41	32	50	23	32	9
						2	5	11	24	83	19	1							2	5	7	14	86	12	17	2
						2	3	6	20	91	12	1							2	3	3	14	90	7	13	1
						0	0	5	24	95	14	0							0	0	5	14	76	19	24	0
						8	16	18	33	72	15	1							9	17	9	20	81	11	15	1
						5	11	13	28	81	9	1							6	10	9	19	86	6	10	1
						10	0	20	30	70	20	0							10	10	20	20	90	10	10	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
エ ネ ル ギ ー	17	石炭ガス化発電に燃料電池を組み合わせた高効率発電技術 (IGFC)	1	260	18	30	52	-	62	21	6	11
			2	246	16	29	55	-	68	17	5	10
			専	39	100	0	0	-	74	13	3	10
再 生 可 能 エ ネ ル ギ ー	18	集中型太陽熱発電(中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等)	1	303	11	31	58	-	45	5	38	12
			2	290	7	31	62	-	49	3	40	8
			専	19	100	0	0	-	48	5	47	0
	19	シリコンやGaAsを用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	1	263	11	28	61	-	78	16	2	4
			2	251	8	26	66	-	83	13	1	3
			専	19	100	0	0	-	79	16	0	5
	20	変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	1	291	11	30	59	-	79	17	3	1
			2	278	8	28	64	-	84	13	2	1
			専	21	100	0	0	-	89	11	0	0
	21	メガワットクラス以上の出力を有する海洋エネルギー資源利用発電技術(波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等のいずれか)	1	263	7	22	71	-	42	26	9	23
			2	253	6	19	75	-	50	24	6	20
			専	16	100	0	0	-	88	6	0	6
22	風力発電出力予測技術	1	271	8	25	67	-	52	16	14	18	
		2	251	8	23	69	-	62	13	11	14	
		専	19	100	0	0	-	76	6	18	0	
23	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	1	253	5	22	73	-	42	5	8	45	
		2	243	3	19	78	-	44	4	5	47	
		専	8	100	0	0	-	49	13	0	38	
水 素	24	CO ₂ 回収・貯留(CCS)技術との組合せによる化石燃料を原料としたCO ₂ フリー水素製造技術	1	258	22	30	48	-	61	13	6	20
			2	242	19	31	50	-	64	10	6	20
			専	46	100	0	0	-	64	9	7	20

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						3	9	17	41	59	36	4							5	9	9	26	72	20	32	3
						2	4	10	38	64	33	2							4	6	5	24	76	16	26	2
						3	0	15	28	56	59	3							10	0	11	18	74	21	39	0
						1	2	16	38	54	32	7							14	7	11	24	55	24	30	7
						1	2	12	32	64	30	5							11	5	6	19	68	19	24	4
						0	0	11	21	74	11	0							11	5	5	16	68	5	26	0
						4	10	58	47	50	18	2							5	11	24	29	66	17	19	2
						3	9	57	46	59	13	1							4	9	23	29	75	12	15	1
						0	11	83	44	61	11	0							6	11	17	28	72	17	11	0
						1	6	39	40	67	21	1							1	6	16	23	79	18	19	2
						0	4	38	39	72	17	1							1	4	15	19	84	12	15	1
						0	0	63	42	63	16	0							0	0	16	26	79	5	11	0
						8	8	29	54	30	34	6							12	13	15	35	39	25	35	5
						7	7	25	60	28	34	4							11	11	14	37	44	20	34	3
						0	0	56	69	56	38	0							6	0	38	63	63	38	31	0
						7	8	35	47	41	24	2							6	9	21	37	51	13	24	2
						5	5	33	52	47	16	2							4	6	18	38	61	9	16	2
						0	0	47	47	47	16	0							0	0	39	50	67	11	17	0
						25	16	34	61	11	22	20							29	19	21	38	17	30	24	23
						25	13	35	69	8	16	16							29	15	19	48	11	29	19	19
						25	25	38	63	0	25	13							50	13	25	38	13	38	25	25
						8	6	26	48	44	41	6							14	8	13	29	48	29	35	6
						8	4	19	52	45	36	5							11	7	10	29	56	22	32	5
						4	0	23	34	52	57	11							11	4	12	16	65	30	47	9

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要 (%)	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
水 素	25	革新的水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量10重量%以上、放出温度100°C程度)	1	201	17	20	63	-	72	9	3	16
			2	184	16	20	64	-	79	3	2	16
			専	29	100	0	0	-	85	4	0	11
	26	原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術	1	228	14	25	61	-	59	14	6	21
			2	208	10	27	63	-	64	11	5	20
			専	21	100	0	0	-	57	5	0	38
	27	太陽光で水を分解する水素生産プロセス	1	234	17	28	55	-	64	8	7	21
			2	223	13	29	58	-	71	6	4	19
			専	28	100	0	0	-	71	4	4	21
	28	再生可能エネルギー(風力・太陽光等)で製造したCO ₂ フリー水素の国際的な需給ネットワーク	1	251	16	29	55	-	58	7	8	27
			2	238	12	27	61	-	64	5	6	25
			専	29	100	0	0	-	80	3	10	7
	29	国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術	1	253	19	27	54	-	43	37	3	17
			2	226	16	26	58	-	50	32	2	16
			専	37	100	0	0	-	58	36	0	6
燃 料 電 池	30	携帯機器用小型燃料電池の本格普及	1	288	16	27	57	-	48	15	3	34
			2	264	13	26	61	-	52	10	2	36
			専	34	100	0	0	-	55	12	3	30
	31	熔融炭酸塩形燃料電池による、数十万キロワット級の中・大規模発電	1	241	16	28	56	-	49	16	5	30
			2	225	15	26	59	-	52	12	3	33
			専	33	100	0	0	-	52	3	0	45
	32	1kW級で50万円以下の固体高分子形定置用燃料電池	1	273	26	29	45	-	49	34	3	14
			2	256	22	28	50	-	50	34	2	14
			専	57	100	0	0	-	54	37	0	9

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																										(%)	(%)
						9	9	55	59	30	25	4								9	9	28	36	52	18	30	5
						8	8	51	64	30	24	3								9	9	22	37	58	12	27	4
						14	10	64	68	21	25	0								17	10	30	30	52	11	33	0
						8	9	31	70	26	27	6								12	11	18	45	36	25	35	5
						6	8	33	78	23	22	5								10	8	14	53	41	19	35	3
						14	5	33	76	14	33	5								16	5	16	37	42	21	32	0
						4	12	55	55	27	22	5								11	16	29	41	43	21	30	5
						5	8	53	62	25	17	3								11	11	21	49	48	11	25	3
						14	0	71	64	18	25	4								18	11	32	50	32	7	29	0
						13	9	26	48	25	45	25								17	14	17	27	27	36	44	26
						13	9	19	54	21	48	20								15	12	11	28	30	33	52	22
						0	3	28	55	24	66	28								3	7	14	28	41	45	59	31
						6	7	27	43	47	44	3								7	10	14	27	56	31	38	3
						3	5	20	46	52	43	2								6	8	9	26	60	26	39	2
						0	0	24	43	57	65	3								5	5	11	22	75	47	47	3
	/																			10	7	9	11	88	10	9	1
																				7	6	5	7	94	5	6	2
																				12	0	9	6	94	0	13	0
						16	11	13	42	63	33	4								20	14	9	30	63	21	28	5
						13	8	9	42	69	27	2								17	11	6	27	73	12	27	4
						30	3	0	33	63	40	10								40	3	0	26	63	19	44	11
						5	3	20	32	83	25	2								6	4	12	22	84	19	17	2
						4	3	12	27	87	20	2								5	3	6	18	91	12	13	2
						2	2	16	28	89	28	4								5	2	11	24	98	26	17	4

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
燃料電池	33	固体酸化物形定置用燃料電池	1	268	26	29	45	-	63	27	2	8
			2	250	24	28	48	-	70	21	1	8
			専	61	100	0	0	-	83	15	0	2
	34	燃料電池(溶融炭酸塩形、固体酸化物形)をベースにしたコンバインドシステム	1	238	19	30	51	-	61	22	3	14
			2	225	18	30	52	-	67	18	2	13
			専	40	100	0	0	-	82	3	0	15
	35	太陽電池などの再生可能エネルギーと燃料電池などをハイブリッドした住宅のエネルギーシステムの本格普及	1	345	20	33	47	-	49	35	1	15
			2	317	20	32	48	-	55	29	1	15
			専	64	100	0	0	-	60	29	0	11
エネルギー 輸送	36	日本を含む国際連系電力ネットワークシステム	1	231	13	25	62	-	45	12	10	33
			2	211	13	23	64	-	51	12	8	29
			専	27	100	0	0	-	69	8	0	23
	37	天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術	1	181	9	21	70	-	32	43	4	21
			2	175	9	21	70	-	32	46	3	19
			専	16	100	0	0	-	31	25	0	44
	38	自然エネルギーの活用が充分に行われ、さらに雷による停電のない高品質電力供給システム	1	254	21	31	48	-	56	25	6	13
			2	236	19	28	53	-	67	16	3	14
			専	44	100	0	0	-	73	14	2	11
	39	中小ガス田向きの天然ガスの海上液化基地 (FLNG)	1	143	12	26	62	-	45	33	5	17
			2	142	11	21	68	-	48	35	4	13
			専	16	100	0	0	-	62	38	0	0
40	超電導送配電網	1	237	13	24	63	-	54	10	10	26	
		2	216	11	24	65	-	58	9	8	25	
		専	23	100	0	0	-	70	9	4	17	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	1	3	30	42	77	27	3		2	4	14	26	80	21	22	4									
	1	1	21	37	81	22	2		2	2	8	24	85	16	18	2									
	0	0	31	39	89	31	7		0	0	17	28	93	25	22	5									
	2	6	22	40	72	30	4		3	7	10	25	77	20	23	3									
	2	5	13	37	77	25	3		2	5	5	22	83	12	24	3									
	0	3	18	31	82	28	5		3	0	8	16	86	24	27	3									
/													6	4	7	14	82	36	17	2					
/													4	2	3	9	88	29	15	1					
/													3	2	6	18	79	34	23	3					
	17	13	10	27	32	35	31		24	20	8	17	37	36	27	28									
	14	7	6	24	31	44	29		20	14	5	15	40	38	25	27									
	19	8	8	25	46	42	33		17	13	9	13	57	30	30	30									
	6	7	16	49	52	28	5		9	10	8	27	61	23	31	5									
	5	4	9	51	58	25	2		9	7	5	23	73	18	28	3									
	6	0	13	40	87	20	27		19	0	7	29	100	29	43	21									
	4	4	18	32	62	38	3		5	6	11	22	64	23	33	3									
	4	1	10	25	67	34	1		3	4	6	16	73	17	28	1									
	7	0	12	16	79	28	0		5	5	12	5	79	12	23	0									
	3	7	10	25	74	23	6		4	9	3	20	72	22	21	4									
	2	4	6	20	84	19	1		2	7	1	16	86	15	16	1									
	0	0	13	25	88	13	6		0	0	0	13	100	19	6	0									
	14	9	29	49	43	30	7		18	12	17	30	54	25	29	6									
	13	8	23	52	43	31	4		16	13	13	28	63	19	28	5									
	13	0	23	36	45	41	5		17	9	18	14	77	5	23	5									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・ 優先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
低 炭 素 エ ネ ル ギ ー 貯 蔵	41	移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度100Wh/kg以上、力密度2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)	1	233	18	29	53	-	82	15	1	2
			2	214	17	27	56	-	89	9	0	2
			専	36	100	0	0	-	94	6	0	0
	42	MW規模の系統連系安定化用低コスト二次電池(サイクル寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)	1	215	20	29	51	-	67	24	1	8
			2	199	19	27	54	-	72	19	1	8
			専	38	100	0	0	-	81	8	0	11
	43	数十kWh級系統安定化用のSMES(超電導磁気エネルギー貯蔵システム)(コスト5~7万円/kWh)	1	170	10	32	58	-	36	19	2	43
			2	157	10	31	59	-	41	11	3	45
			専	15	100	0	0	-	46	7	0	47
	44	1MW、50kWh級電力貯蔵用超伝導フライホイール	1	166	8	28	64	-	34	19	2	45
			2	159	7	26	67	-	33	15	2	50
			専	11	100	0	0	-	27	18	9	46
低 炭 素 型 移 動 体	45	燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)	1	290	19	29	52	-	47	25	2	26
			2	262	18	27	55	-	57	19	1	23
			専	47	100	0	0	-	74	15	2	9
	46	固体高分子形自動車用燃料電池(寿命:15年以上、コスト:4千円/kWh以下(100万台/年)、外部無加湿、-40℃~120℃対応)	1	246	24	26	50	-	59	12	4	25
			2	235	20	26	54	-	66	9	2	23
			専	47	100	0	0	-	85	4	0	11
	47	燃料電池を搭載した機関(船舶、鉄道)	1	250	17	27	56	-	54	13	6	27
			2	231	15	25	60	-	61	9	4	26
			専	35	100	0	0	-	77	0	6	17
	48	所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術	1	115	8	22	70	-	67	22	2	9
			2	113	7	21	72	-	75	16	2	7
			専	8	100	0	0	-	74	13	0	13

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																										(%)	(%)
						3	6	33	37	78	24	2								3	6	14	22	83	19	18	2
						3	4	24	33	84	20	0								3	4	9	17	88	14	15	1
							8	3	26	34	77	29		0							8	3	12	15	79	15	24
						5	8	27	39	72	25	1								5	8	13	24	79	19	21	3
						3	4	18	34	82	18	1								3	4	8	18	85	13	16	1
							5	3	19	28	78	28		0							5	3	11	19	69	17	28
						11	10	31	48	45	23	4								16	11	12	35	58	18	21	3
						10	11	22	54	46	22	1								14	11	9	32	64	12	20	1
							7	0	20	33	67	27		0							7	0	13	7	80	7	20
						9	13	28	46	48	24	5								14	14	15	32	56	19	22	4
						10	11	19	48	52	22	1								16	13	10	30	63	13	22	1
							9	0	10	30	60	30		0							20	0	9	9	73	9	27
						12	5	9	27	57	50	5								15	8	6	16	58	48	39	3
						9	3	4	22	61	53	3								13	6	2	11	63	44	38	2
							4	0	2	23	70	66		11							4	0	0	15	68	66	38
						8	7	29	37	76	26	4								12	8	13	23	78	25	23	4
						7	4	18	30	84	20	3								9	7	6	17	84	19	19	3
							6	0	24	33	87	31		2							9	2	9	20	87	20	29
						8	8	14	38	70	29	4								10	10	7	21	72	21	26	3
						7	6	8	30	76	25	3								8	7	3	15	82	15	25	3
							3	0	11	26	83	29		3							6	0	6	12	88	15	26
						2	8	38	50	61	22	3								4	8	15	26	78	13	15	3
						3	4	27	48	63	20	0								3	5	13	23	81	6	14	0
							25	0	25	63	63	25		0							25	0	0	38	63	25	25

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・ 優先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
エ ネ ル ギ ー マ ネ ジ メ ン ト	49	プラグインハイブリッド自動車などのバッテリーを用いて需要家 内や配電系統の需給制御を行う(V2G)	1	298	18	30	52	-	60	23	3	14
			2	275	16	31	53	-	68	17	2	13
			専	45	100	0	0	-	72	14	5	9
	50	CPUの省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設 備の電力制御などIT機器やデータセンターなどのグリーンITに よる、大幅な省エネルギー化技術(ITシステムに係る電力利用 効率がおよそ2倍になる)	1	217	11	28	61	-	77	14	3	6
			2	197	11	26	63	-	84	10	2	4
			専	22	100	0	0	-	90	10	0	0
	51	各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視 し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム<Building Energy management System、BEMS>(各種のBEMSが中小規模 の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギー が進む)	1	262	20	31	49	-	72	20	2	6
			2	242	19	29	52	-	78	15	2	5
			専	47	100	0	0	-	85	11	2	2
	52	宅内通信ネットワークを用いて家電機器、太陽光発電装置、蓄 電池等を統合制御し、CO ₂ 排出を削減する家庭用エネルギーマ ネジメントシステム(HEMS)	1	289	18	31	51	-	59	27	2	12
			2	262	18	31	51	-	66	22	2	10
			専	46	100	0	0	-	73	16	2	9
	53	原子力をはじめとした大型電源から太陽光などの分散型電源お よび需要機器まで、全体の需給バランスをICTを活用し最適に 運用することにより、低コスト、安定供給、低炭素化電力供給が 可能となるような次世代送配電ネットワーク技術	1	281	18	26	56	-	68	21	6	5
			2	260	16	26	58	-	75	17	4	4
			専	42	100	0	0	-	76	12	7	5
	54	都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネ ルギーを活用(建物間で電力・熱・水などを融通)し、物質循環と一 体となった面的利用エネルギーシステム(都市部のヒートアイラ ンド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづく りに寄与する)	1	257	21	31	48	-	53	31	3	13
			2	239	20	31	49	-	58	28	2	12
			専	47	100	0	0	-	71	19	5	5
	55	中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギー管理シ ステム(FEMS)	1	229	15	30	55	-	56	36	2	6
			2	220	14	28	58	-	60	33	1	6
			専	30	100	0	0	-	75	21	4	0
低 炭 素 製 造 技 術 ・ コ ン	56	バイオマス発酵・ガス化融合型バイオ燃料・水素の併産プロセス	1	204	17	25	58	-	61	12	11	16
			2	193	13	24	63	-	68	11	6	15
			専	26	100	0	0	-	72	12	4	12

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										3
						2	3	9	22	79	33	1							4	3	3	11	78	22	34	1
						5	2	24	31	79	38	5							10	2	7	14	76	31	38	5
						0	1	16	22	82	21	0							1	1	9	13	83	14	20	1
						1	1	11	22	85	17	0							2	0	6	11	88	10	18	0
						0	0	19	19	71	19	0							0	0	10	10	95	10	19	0
						0	0	14	19	82	25	2							0	0	7	12	80	23	24	2
						0	0	10	12	88	20	3							0	0	4	8	87	16	22	2
						0	0	9	7	87	24	7							2	0	4	7	85	15	22	4
						1	1	13	23	80	27	2							2	2	7	13	78	26	26	2
						0	1	8	17	86	25	1							2	2	4	7	86	21	23	1
						2	0	11	18	82	31	4							7	2	9	9	79	23	30	5
						3	3	22	40	61	43	3							3	3	12	27	64	33	36	4
						2	2	16	37	64	41	2							3	2	8	18	70	26	38	2
						5	0	33	38	68	45	3							5	0	16	14	76	32	41	3
						3	3	23	33	49	48	2							4	5	13	21	54	37	44	2
						2	4	15	29	56	54	2							3	5	6	17	61	39	46	2
						0	0	29	22	64	58	7							4	2	11	16	69	36	47	7
						0	1	12	17	80	24	2							1	1	4	10	75	26	23	2
						0	1	5	10	85	21	1							0	1	2	7	83	23	20	1
						0	0	7	7	85	30	7							0	0	4	4	92	19	23	8
						4	3	29	49	52	40	3							8	4	14	28	58	30	38	4
						4	1	23	47	53	38	2							6	3	9	25	67	22	38	2
						4	0	27	50	42	62	0							0	8	4	29	58	25	50	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)							
低炭素製造技術・コプロダクション	57	バイオリファイナリーによるケミカル・エネルギー併産システム	1	135	16	22	62	-	60	17	9	14
			2	130	12	24	64	-	67	14	5	14
			専	16	100	0	0	-	81	13	6	0
	58	非化石資源(低炭素資源)であるバイオマス由来の水素・メタン等を利用した燃料電池	1	201	20	30	50	-	48	17	10	25
			2	190	17	29	54	-	59	10	8	23
			専	32	100	0	0	-	66	3	3	28
	59	熱帯地域等の日射量の高いサンベルト地帯における、植物生産能力の高い遊休地での資源作物バイオマスプランテーション	1	145	8	23	69	-	46	6	37	11
			2	141	6	24	70	-	50	5	36	9
			専	8	100	0	0	-	61	13	13	13
	60	非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによるCO ₂ 排出25%削減技術の開発	1	206	17	32	51	-	68	25	3	4
			2	191	15	30	55	-	75	16	4	5
			専	29	100	0	0	-	76	14	0	10
	61	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	1	163	10	28	62	-	49	34	7	10
			2	148	8	23	69	-	51	34	5	10
			専	12	100	0	0	-	75	25	0	0
	62	水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム	1	114	8	27	65	-	51	19	11	19
			2	112	4	25	71	-	55	13	10	22
			専	5	100	0	0	-	40	40	0	20
省エネルギー	63	発光効率10 lm/Wを超える高効率LCD、高効率PDPパネル、発光効率および寿命を向上した有機ELディスプレイ、新原理のディスプレイ・デバイス・材料等	1	155	7	23	70	-	68	26	3	3
			2	141	5	23	72	-	75	20	1	4
			専	7	100	0	0	-	43	57	0	0
64	ICタグ用など、熱、振動エネルギー等による超小型高効率発電機	1	157	4	17	79	-	41	28	1	30	
		2	147	3	15	82	-	43	22	1	34	
		専	5	100	0	0	-	80	20	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																			
実現済み	2011年~2015年	2016年~2020年	2021年~2030年	2031年~2040年	2041年~	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの 連携	その他(国際機関等)	2011年~2015年	2016年~2020年	2021年~2030年	2031年~2040年	2041年~	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの 連携	その他(国際機関等)									
						1	5	36	45	49	37	5							5	5	12	28	60	26	36	5								
						1	2	35	44	57	37	2							5	3	10	26	66	22	40	3								
						0	0	25	50	63	44	6							6	0	0	15	77	31	46	0								
						5	8	38	44	58	24	4							8	11	19	28	66	27	27	4								
						4	6	29	43	62	22	3							8	10	12	24	75	23	22	2								
						0	3	31	41	66	19	3							6	13	14	21	86	38	7	0								
						2	4	18	36	41	36	21							7	8	12	23	47	29	32	23								
						4	3	11	36	42	39	20							5	7	7	19	54	19	34	19								
						0	0	25	50	38	50	0							0	13	0	14	71	43	43	0								
						3	9	29	47	42	50	9							5	10	15	29	39	37	46	9								
						3	4	18	48	42	52	5							4	5	7	25	48	32	45	5								
						7	3	23	46	42	62	19							4	4	4	20	40	48	56	16								
						3	7	24	47	31	46	5							4	9	10	24	32	45	41	5								
						3	5	18	48	30	50	4							5	7	6	19	37	45	38	4								
						0	0	8	50	50	58	0							0	0	0	18	55	45	36	9								
						4	11	31	53	39	37	5							7	9	16	28	49	27	40	6								
						4	8	26	58	33	36	5							7	7	14	25	51	19	42	5								
						0	0	40	40	60	40	0							0	0	25	25	75	50	25	0								
						0	3	36	36	82	16	1							0	2	19	21	91	12	10	2								
						0	2	30	32	84	11	0							0	1	13	18	93	7	8	0								
						0	0	57	71	71	14	0							0	0	33	33	100	0	0	0								
						9	5	40	39	68	13	3							11	5	20	23	81	6	14	3								
						8	5	37	30	77	8	2							8	4	13	18	88	3	11	1								
						0	0	80	100	80	20	0							0	0	50	75	100	0	0	0								

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
省 エ ネ ル ギ ー	65	150℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ	1	168	13	32	55	-	60	27	0	13
			2	167	12	31	57	-	67	21	0	12
			専	20	100	0	0	-	73	11	0	16
	66	民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用COP≥8、給湯用COP≥6、排熱回収も含む)	1	198	20	29	51	-	64	34	0	2
			2	197	17	29	54	-	69	27	1	3
			専	33	100	0	0	-	81	13	3	3
	67	超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低NOx化をはかった、家庭用小型コージェネレーションシステム	1	199	14	32	54	-	38	32	3	27
			2	190	13	33	54	-	41	30	2	27
			専	24	100	0	0	-	39	44	0	17
	68	発光効率150 lm/Wを超える、次世代高効率照明(LED、有機EL等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源	1	150	5	25	70	-	64	30	1	5
			2	141	4	27	69	-	77	22	0	1
			専	5	100	0	0	-	80	20	0	0
	69	自然エネルギー、自然通風、自然採光、及び雨水・地下水等の利用を可能とするエネルギー自立型建築技術	1	219	18	20	62	-	56	31	3	10
			2	207	18	21	61	-	62	25	3	10
			専	37	100	0	0	-	81	19	0	0
70	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用した外燃スターリングエンジンによる動力回収システム	1	141	11	31	58	-	47	13	5	35	
		2	133	10	27	63	-	53	8	5	34	
		専	13	100	0	0	-	41	17	0	42	
に お け る 他 の 評 価 ・ 技 術 開 発 等	71	エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール	1	149	8	22	70	-	52	28	1	19
			2	149	6	21	73	-	63	19	1	17
			専	9	100	0	0	-	78	11	0	11
72	税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法	1	164	9	25	66	-	55	34	2	9	
		2	161	7	24	69	-	65	26	1	8	
		専	12	100	0	0	-	92	8	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										2011年～2015年
						2	8	18	38	76	21	1							4	8	9	28	85	12	15	3
						2	4	15	34	80	14	1							3	4	5	20	90	7	10	2
							5	0	21	26	84	21		0						11	0	11	11	89	16	16
						1	5	17	29	85	16	1							1	5	9	21	88	13	15	1
						1	4	12	20	87	12	0							1	4	5	15	95	6	8	0
							3	0	16	16	94	10		0						0	0	6	10	100	10	3
						6	8	16	23	77	14	2							10	9	9	16	82	14	14	2
						4	6	11	19	87	9	0							6	6	4	11	91	5	13	0
							4	0	13	17	87	17		0						4	0	4	9	91	9	13
						0	5	33	35	84	15	0							1	5	15	19	89	9	8	1
						0	2	28	26	87	11	0							0	1	12	11	95	3	5	1
							0	0	60	40	80	0		0						0	0	40	40	100	0	0
						3	5	18	25	69	30	2							4	4	10	15	72	27	24	2
						3	3	11	22	77	23	1							4	4	5	9	77	24	24	3
							3	0	19	28	78	25		3						6	0	11	11	75	36	22
						9	9	29	35	62	16	3							16	9	13	25	67	14	19	4
						9	6	24	31	68	13	2							15	9	13	16	75	8	17	3
							17	0	17	17	58	25		0						25	0	25	8	67	8	17
						4	7	61	59	25	21	4							6	9	34	50	24	36	25	6
						2	6	60	61	19	14	1							4	8	31	62	15	31	18	3
							0	0	89	33	22	22		0						0	0	56	44	22	56	11
						3	4	50	63	19	25	9							3	7	31	47	16	48	27	7
						3	3	45	71	12	17	6							3	5	25	51	8	49	18	8
							0	0	67	67	8	25		17						0	0	50	58	17	67	33

6. 7. 課題別コメント

1	<p>濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術</p> <p>○技術論ではなく、政策規制が阻害要因となっている。○プラント寿命80年が必要かどうかは意見の分かれるところである。基本的な技術は確立していると考えられる。○立地地域の住民の方々の理解。○社会受容性の確立(広報・広聴活動の充実が望まれる)。○ウラン原料の入手の見直し、放射線廃棄物の蓄積、トリウム原子炉へ移行の可能性等課題を早急に整理すべき。○国民への十分な情報提供、国民の理解が必要不可欠。現状では情報提供が不足している。○「立地条件を選ばない」ところまで達成できるかは疑問。○技術的には十分可能であり、規制の問題という認識。○濃縮度 5%超でなければ、5%未満なら、優先度はもう少し上がると思う。○5%超燃料加工工程の臨海安全性。耐震評価における断層の特定。○安全性に関して、一般社会へのコンセンサスを得るために更なる努力をすることが必要である。○プラント寿命 80 年はメンテナンスフリーのことか。配管類の寿命も含めて考えれば実現まで時間がかかる。○濃縮度 5%超燃料は技術的には問題ないが、輸送や使用に当たっての規制上の問題がある。使用可能になれば、更なる高燃焼度化による発電所の稼働率向上に期待できる。○自治体の理解。○プラント寿命 80 年は材料の耐久性などの問題で実現が難しい。○セクター間の序列。○国の方針を決めて民間が R&D を行う。○国際展開を視野に入れたビジネスモデルの構築が必要。○技術的な実現可能性は高いが、日本においては規則の問題が大きい。○80 年先を見越したプラント建設が可能か? ○免震技術(耐震性)のみで立地条件をクリアできない。シビアアクシデントの確率が非常に低い(〜0)事が絶対必要である。(無視してもよい)</p>
2	<p>高速増殖炉サイクル技術</p> <p>○基礎的な技術は確立している。明確なニーズを提示し、牽引するリーダーシップが必要。○立地地域の住民の方々の理解。○役割分担を明確にすべきである。基礎:大学、公的機関 応用:民間○社会受容性の確立(広報・広聴活動の充実が望まれる)。○ウラン原料の入手の見直し、放射線廃棄物の蓄積、トリウム原子炉へ移行の可能性等課題を早急に整理すべき。プルトニウムの安全性をどう確保するか。○国民への十分な情報提供、国民の理解が必要不可欠。現状では情報提供が不足している。○各国とも独自開発を行なうので日本に限定される。○六ヶ所再処理工場の遅延、日本の FBR 開発遅延による仏等海外炉の導入。○エネルギーの価値が現在よりもずっと高くなった場合に実現すると考える。○Na の取扱技術。炉材料開発。○高速増殖炉の実用化を目指した研究と人材育成を目的として、H21 年 4 月に福井大学付属国際原子力工学研究所が設置された。○ウランも有限な資源であり、2050 年までには必要な技術。○もんじゅの運転開始により、開発が大いに促進されることを期待する。○ナトリウムとプルトニウムに対する正しい知識を普及させ、無用な拒否反応をなくすることが大切。○安全性に関して、一般社会へのコンセンサスを得るために更なる努力をすることが必要である。○早期に民間(電力会社)に移すべき。○国際的にコンセンサスが十分取れているとは思えない。○自治体の理解。マスメディアの報道。○国の方針を決めて民間が R&D を行う。○ロシア、中国、インドを中心に開発が加速されている。○研究機関→民間企業の責任とファンドの完全移行が重要。○国家基幹技術に指定されている、エネルギーセキュリティ上重要な技術と認識している。○当該技術は様々なバリエーションがある。日本と世界では実現した技術が同一ではない可能性も大きい。(ここでは同一のものについて答えた。)</p>
3	<p>中・小型熱電併給原子炉</p> <p>○社会的ニーズが不明確。燃料リサイクルが課題。○役割分担を明確にすべきである。基礎:大学、公的機関 応用:民間○社会受容性の確立(広報・広聴活動の充実が望まれる)。○ウラン原料の入手の見直し、放射線廃棄物の蓄積、トリウム原子炉へ移行の可能性等課題を早急に整理すべき。プルトニウムの安全性をどう確保するか。○農林3号の如き外熱式バイオマスガス化炉の熱源として期待。○国民への十分な情報提供、国民の理解が必要不可欠。現状では情報提供が不足している。○日本にはニーズなし。○高温ガス炉を想定。○日本国内では社会的に困難。熱併給する必要があるのか。電気でも熱を供給(原子炉に隣接を望まない)を考えるとと思われる。○原子炉を使って“熱”という低レベルなエネルギーを供給するコンセプトは疑問。○分散型熱電併給発電は必要となるものの、原子炉となるかは不明。(特に日本では)○電力以外の需要は低いと予想される。○日本で実現するかどうかは、未知数。○安全性に関して、一般社会へのコンセンサスを得るために更なる努力をすることが必要である。○国の政策としての推進が不可欠。技術以上に政策論が大事なため。○海外では、すでに熱・電併給している原子炉はあるが、寒冷地で PWR に限られるのではないだろうか。○電力特化ならあり得る。熱併給は立地が困難。○社会受容性に関して不透明。○市場が明確になれば 10〜20 年で実用化。○地域的実証。○熱と電力の需要変動への対応が、適当なコストで可能になると考えられない。○課題 1 のように、もう少し具体的な説明が必要。</p>
4	<p>商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術</p> <p>○まず、合理的な規制が確立する必要がある。○立地地域の住民の方々の理解。○社会受容性の確立(広報・広聴活動の充実が望まれる)。○解体が進行中の原子力発電でその技術。○国民への十分な情報提供、国民の理解が必要不可欠。現状では情報提供が不足している。○実現予測時期は期待値。○FEL 等の新規技術の導入により、技術開発が促進される。○レーザー解体、撤去、除染が実用化されつつある。○安全性に関して、一般社会へのコンセンサスを得るために更なる努力をすることが必要である。○民間に移行させるべき。○確保する安全性のレベルとコスト負担のあり方を社会的にどう位置付けるかによる。○極めて優先順位の高いテーマ。国際協力の目玉にもなる。○早急なる解決が必要。○現行で稼働している炉の寿命を考えると、早急な解決が必要。○安全確保は大前提だが、技術そのものは既に東海発電所の廃止措置に適用、実証されている。</p>
5	<p>高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術</p> <p>○役割分担を明確にすべきである。基礎:大学、公的機関 応用:民間○社会受容性の確立(広報・広聴活動の充実が望まれる)。○J-Park などを利用して、積極的に研究を進めるべき。○国民への十分な情報提供、国民の理解が必要不可欠。現状では情報提供が不足している。○ニーズが世間で求められている。OMA を核変換出来れば、処分場の面積低減等の合理化につながる。○長期にわたる事業なので、政府の関与が必要。○J-PARC の研究開発に期待する。○実現予測時期は期待値。○放射性廃棄物の管理は人間の時間スケールを超えている。蓄積を大幅に抑制することは不可欠。○安全性に関して、一般社会へのコンセンサスを得るために更なる努力をすることが必要である。○論理を学術から展開すべき。○極めて優先順位の高いテーマ。国際協力の目玉にもなる。○OMA 炉心の核変換物理実験装置の新設が必要。○経済性的問題を越えられるか疑問。</p>
6	<p>高レベル放射性廃棄物の地層処分技術</p> <p>○地域感情の解決が必要。○社会受容性の確立(広報・広聴活動の充実が望まれる)。○学校教育での国民の理解促進が急務。(課題1〜6全てに共通)○国民への十分な情報提供、国民の理解が必要不可欠。現状では情報提供が不足している。○大学での取り組みが不足しているように思われます。○国内においては、世論や建設箇所が課題。○埋設場所の確定。○地層処分に対する民意としての自治体の理解が key となる。○高いコスト。○実現予測時期は期待値。○候補地すら決まらない現状では実現すると考えられない。但し、原子力を推進するには重要な課題。○早期処分地の決定が必須。○地震対策。住民反対。○阻害要因①一般人の理解不足 ②隠蔽体質に対する不信感○安全性に関して、一般社会へのコンセンサスを得るために更なる努力をすること</p>

	とが必要である。○着実に実験展開する。○技術的には確立されているが、地点の選定が困難。○極めて優先順位の高いテーマ。国際協力の目玉にもなる。○国民のコンセンサスを得る努力が必要。○技術的課題よりも社会受容性の問題が解決されると思えない。
7	核融合発電 ○化石燃料に乏しい日本では、必ず核融合発電は必要である。○人材育成が重要。○炉材料技術。○技術の難しさ。○夢。○非常に難しい。22世紀まで実現しない可能性あり。○ITERの推進により、技術開発が進み技術が世界レベルで普及してゆく予想。○高中性子場の処理が難しそう。○ポスト化石燃料として最も重要なテーマ。○エネルギー増倍が実現(Q>10)されても、発電するまで工学に困難がある。トリチウムを含むブランケット工学、国際協力によるR&Dは重要。○安全性に関して、一般社会へのコンセンサスを得るために更なる努力をすることが必要である。○核融合の実現が近いパルス型のトカマク方式よりも、定常型の炉の方が、実用は望ましいが、実現には未だ相当時間が必要と思われる。○ITERの建設、ヘリカル系の研究の進展、J-T-60SAの建設。○国際協調体制が不可欠。○課題・問題点を世の中に公表すべきである。○大変に重要なテーマであるが、難しく、道が遠い。長期にわたる一定の開発計画が必要。○ITERが遅れつつある。
8	微粉炭火力発電の高効率化を目指した750℃級蒸気タービン仕様の超々臨界圧発電技術(A-USC) ○グリーンコール技術はあやしい点が多い。○いくつかの施策の1つとして、複数セクターで連携が望ましい。○短期では発現しない。劣化、寿命面での検証には時間を要す。エネルギーセキュリティとしての長期的ビジョンが必要。○材料実証に長期間要す。材料コストアップとの費用対効果が課題。○2030年以降に実現しても意味なし。○石炭利用には輸送の問題と廃棄物処分の問題があるので、我国での普及にはハードルが高い。○CO ₂ 削減に対して難点あり。○溶接技術。○材料開発のブレークスルーが無い限り実現化は難しい。○効率向上と設備コストのバランス(課題)。○IGCCとの棲み分けやCCSとの組み合わせを考える必要あり。○特に中国。○材料開発・実証及びコスト。○CCS無しの微粉炭火力は建設出来ないで、CCSを念頭に置かずに開発を進めても無意味。
9	超重質原油・非在来型石油資源(オイルシェール、オイルサンド等)の燃料化等の有効活用技術 ○燃料化よりも重金属等の不純物処理が重要。○CO ₂ を増加することになる。○商業化は原油価格に依存。○CO ₂ インセンティブとのリンク。○石油価格、経済メリットが出れば自然と進むが、オイルメジャーなど、海外が主導することとなる。国内技術を持てるかはNEDOやJOGMEC等と企業の公的連携が必要。○石油需給のショートポジションになった場合の液体燃料供給源となる可能性がある。○使いにくい炭素原料であるが、残り少ない化石炭素資源であり、石炭液化ガス化技術の適用で資源化できないか。○日本における実現は原油価格の動向に左右される。○低コスト化が図れば有望。○CO ₂ 排出量削減、経済性向上が課題。原油価格が普及に影響。○環境影響の低減。低コスト化。○30年後の在来型石油資源の枯渇に備えた開発が必要。○既開発技術である石炭系化石燃料をどう考えるか。○エネルギー危機があれば加速する。○エネルギーセキュリティとCO ₂ 問題を適正にバランスさせるポリシーが必要。○アルバータの今後次第(及びサスカチュワン)○低コスト性が重要。○燃料化(液体あるいはCOMのような輸送可能な状態など)は現地で、品質の改善は日本で、との役割分担が考えられる。
10	石炭やバイオマス、廃棄物等の多原料から、電力、合成燃料および化学原料を併産するプロセス技術(コプロダクション・コプロセスング) ○電力モノプロダクション以外のインセンティブを感じない。○技術的な問題より、既存技術に対する競争力、インセンティブ。○バイオマス・廃棄物処理は原料収集～製造プロセス～流通までを社会システムとして構築し、自治体が政府の援助で運営するものが望まれる。○食料問題とのバッティング。○CO ₂ インセンティブとのリンク。○EVに変換不可能な移動体用燃料のニーズは残ると思います。原油価格がどう動くかが普及のネックと考えます。○石炭は中国、アメリカ、オーストラリアなどの生産地向けか。電力や熱エネルギー利用が可能性あり。○将来の技術として重要である。現時点では経済性に課題はあるが、エネルギー源の多様化に必要な技術である。○材料の物流インフラの整備、低コスト化、小型化がkey point。○原油価格しだい。○cf.課題56、57。○ガス精成技術。○コスト削減。○種類が多く、時期についてはバラつきがある。○併産システムは経済性の面で成立が難しい。○部分的には既に技術開発が進んでいるが、全てを満たす技術開発が進むかどうかはニーズによる。○日本では発電プロセス・化学原料生産プロセスも十分な耐用年数があり、発展途上国を中心に導入がなされるものと考えられる。○小規模でのコスト低減(収集)、比較的低温の排熱利用を進めることで小規模プラントの経済性を上げる。○実用化済み技術。○異分野を統合するコンビナート形成が必要となるので、各企業をたばねる役目が鍵となる。○法的整備が必要。○産業界連携や企業間でのコスト、製品の分配方法など社会システムとして仕組みを考える必要あり。○おもしろいが、重要度は低い。特殊有価物が抽出できれば話は別。○ECO PROに対する新日鉄の取り組みが鍵。○技術を公平に見る力の欠如。○併産するのではなく、それぞれの原料が最も効果的なエネルギーになるようにすべきと考える。
11	メタンハイドレート採掘利用技術 ○海底にあるため、採掘技術が出来ても輸送手段がわからない。国と国との競争が予想される。○エネルギー収率的に厳しいのではないか。○商業的に成り立つか不明。○唯一日本領海に賦存するエネルギーであるが、地下地層の崩落やメタンの大量放出の懸念もある。慌てず安全性を見極める姿勢が重要。○非常に重要であると考えます。○地球温暖化ガスが空気中にもれるのでCO ₂ が増加。○ロードマップの目標、2022年実用化が実現できることを期待したい。○JOGMEC。○生産コストがkey。○日本が率先して取り組むべき技術。○採集段階が不安定で制御が困難と聞く。○コストの問題。他の化石燃料が高くなればペイする。○我国のエネルギー資源の命運を担う技術で非常に重要。中東依存を減少させ国際関係にまで効果が及ぶ技術。○技術的には適用可能な技術が開発されるが、国産資源としていくためには、国の強力な後押しが必要。○海底下資源の採掘は大規模災害問題回避を確信できるまで着手すべきではない。海外での地下資源採掘は早期実現もありうる。MH21の成果大。○油等のエネルギー価格の動向次第。○メタンハイドレートはその利用において、地球温暖化ガス、メタンの大量放出のリスクを大きくする。○採掘や使用による大気への影響などを検討すべき。○実用化済み技術。○資源戦略として国家指導が是非必要。○エネルギー密度が低すぎるため絶対に成立しえない。○手をつけるべきではない。○安全にメタンのリークがなく、経済的に採掘する必要あり。○Energy Profit Ratioからみて無駄。○国内において実地試験に成功すれば実現の時期は早い。○深海域の環境を壊すことのない技術が必須。○国の明確なビジョン提示と強力な後押しが必要。
12	エネルギー消費が少なく、低コスト(1000円/CO ₂ トン以下)なCO ₂ 分離・回収技術 ○日本国内でのCO ₂ 輸送・貯留に関する技術開発及び社会コンセンサスの醸成が前提。○1,000円/t-CO ₂ 台に下がっても、1,000円/t-CO ₂ を切ることはハードルが高いと考えられる。○エネルギー消費を減らすことは難しいのではないか? ○CCS全般についてまともなビジネスとなりうるかどうかかわからない。CO ₂ がIPCCのレポートなどで温暖化の犯人とされ、経済も政治もそれを前提で動いているが、Climate Gateでそれが冤罪となると状況が一変する可能性もある。使い道のないCO ₂ にトレードのための価値をつけるというのは不自然である。自然の炭素循環で発生分を抑制するだけで充分ではないか。○適切な触媒? レアメタル(白金)が必要。○CO ₂ に関しては貯留の実現の目的がつかなくては回収する意味なし。化石資源の枯渇を早めるだけ。○低コスト化は進むと思われるが、1,000円/CO ₂ トン以下になるのは難しいのではないか。○排出権取引による開発の促進。○他の技術との組

	<p>み合わせ(純酸素燃焼等)か革新的な膜の発明がなければ実現は困難ではないか。○化学ループプロセス(燃焼・ガス化)の普及○サバチエ反応の利用により CO₂を CH₄とし、これを燃料とする発電と組み合わせることによりエネルギーの再利用が可能。○CCSのコスト負担の在り方、日本としての安定な貯留サイトの確保を国として方向付けしていく必要あり。○種々のレベルの技術があるため、一律に議論することは難しい。○CO₂取引にかかる費用が限度であろうか、元のガス中の CO₂濃度毎の対応が求められる。○有限な化石資源をどれだけ長く有効に活用するかが重要。</p>
13	<p>長期監視技術を伴った CO₂の地下貯留技術</p> <p>○社会的コンセンサスの醸成が前提。○日本には適地が少ない。○社会受容性の確立。民間企業内のインセンティブのあり方。○地震への対応。○CCS全般についてまともなビジネスとなりうるかどうか分からない。CO₂がIPCCのレポートなどで温暖化の犯人とされ、経済も政治もそれを前提で動いているが、Climate Gate でそれが冤罪となると状況が一変する可能性もある。使い道のないCO₂にトレードのための価値をつけるというのは不自然である。自然の炭素循環で発生分を抑制するだけで充分ではないか。○短期・中期的な解決策としてはよいが、長期的な視点では本質的な有効策とは思えない。○温暖化の影響がさらに現実的に(人の生活に影響が出るくらいに)ならないと進まない。CO₂貯留は最後の最後の対策。○民間では担保できないと考えます。政府、国際機関主導とすべき。○CO₂がなくなるわけではない。一時的な技術で、長期の意味が不明。○CO₂地下貯留は、CO₂削減の緊急対策となりうるが、生命等に与える影響が心配。想定テスト、影響加速テストを考える必要がある。○地下に永久に貯留することは、エネルギーを浪費するだけだと思う。○貯留後の監視責任(期間と実施者)を示す必要がある。○CO₂を出さない(低減させる)技術の方が優先度は上。○ほぼ技術的には実現済み。○但し、日本のような地層が軟弱な国での適用には不適な技術かもしれない。○PAを含めた社会的合意形成が問題。○「長期」の定義による。○必要なし。○原子力廃棄物問題同様、貯蔵の限界(問題先送り)。○貯留場所。貯留 CO₂ 純度。○地下貯留そのものはすでに実証段階にある。長期監視技術→必要な監視ポイントがわかれば技術は達成可能だろうが、不具合がわかってどうするのであろうか。</p>
14	<p>CO₂を物理的、化学的、生物的に固定し有効活用する技術</p> <p>○希望的観測。○CO₂をコンクリート内に固定化する技術が開発進行中。○光合成促進と人工光合成であれば実現し易い。○小規模であれば近未来に実現される。○CCS全般についてまともなビジネスとなりうるかどうか分からない。CO₂がIPCCのレポートなどで温暖化の犯人とされ、経済も政治もそれを前提で動いているが、Climate gate でそれが冤罪となると状況が一変する可能性もある。使い道のないCO₂にトレードのための価値をつけるというのは不自然である。自然の炭素循環で発生分を抑制するだけで充分ではないか。○温暖化の影響がさらに現実的に(人の生活に影響が出るくらいに)ならないと進まない。CO₂貯留は最後の最後の対策。○樹脂化などあるが、大量に低コストとなると困難であろう。うまく循環系に組み込めるかが鍵。○光合成の様にCO₂を低コストで、かつ有効に炭素源として利用できれば、化石資源の乏しい日本にとって魅力。○CO₂の物理的固定は海外では実用化している。有効活用の意味が不明? ○経済的に実現は難しそう。○海洋バイオマスの有効利用。○CO₂の有効利用には化石燃料以外のエネルギー源の存在が必要。そんなエネルギー源があるなら化石燃料を燃やさない。○量的にエネルギー問題の範囲に入らない。(すでに実用技術もある尿素、メタノールの原料として利用)○微生物をCO₂で増殖させ食料源として活用する技術は今後重要。○化学的には困難。専門外であるが、生物的、もしくは生体反応をベースにした物理プロセスに可能性があるのでないか。○温暖化防止を目的とするなら量的に充分な寄与は困難。○ポリカーボネートとして再利用するための効率的プロセス技術。○バイオマス(CO₂の生物的固定)と原子力エネルギー供給の synergistic process で効果的固定と肥料として有効利用。○定義が不明。○ポリカーボネート(旭化成)などでは一部実用化済。○「有効活用」はあり得るとは想像できない。○「有効活用」とは再利用と同義と思うが、それでは「固定」ではないのでは? ○既存技術で可能であるが、エネルギー消費と経済性が課題である。</p>
15	<p>大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電</p> <p>○温暖化対策として期待できる。環境ビジネスで日本がリードできる立場になれる。○ナノテク・材料技術との融合が必要。○ベース運転で高効率のものよりも負荷変動に対応する火力の方が必要になっているのではないかと。○有望と思う。○電力会社と電機メーカーが主導。○予算面の支援があれば実現は早まる。○NITE法など先端開発によるSiC構造設計、製作技術の開発により、可能となると期待。○東京電力のMACCをもっと普及すべき。国としてもっと支援すべき。○効率向上と設備コストのバランス(課題)。○実用化済み。○入口温度の定義(メーカーで多少異なる)が可能。○1,700℃の耐熱材料開発が課題。○実用化への展開を加速する事。</p>
16	<p>発電効率40%のセラミックマイクロガスタービン</p> <p>○分散型電源は再生可能エネルギーを中心に展開されることを予想。本技術は、大気環境面に課題多い。○SOFCの方が優れている。○ベース運転で高効率のものよりも負荷変動に対応する火力の方が必要になっているのではないかと。変動に強い電源が求められるのではないかと。○高温燃料電池とのハイブリッドにするなら有意義。○エネルギー会社の積極性が鍵。○予算面の支援があれば実現は早まる。○NITE法など先端開発によるSiC構造設計、製作技術の開発により、可能となると期待。○セラミック材料の耐久信頼の課題がある。効率40%以上を実現できるSOFCの方が魅力的。○成型技術の開発力が必要となる。○セラミックである意義が限られる。整形が困難。○何故実用化しないのか疑問。○高難度の割に効果が小さい。○目的が不明。</p>
17	<p>石炭ガス化発電に燃料電池を組み合わせた高効率発電技術(IGFC)</p> <p>○H₂利用はFC以外の可能性もあると考えられる。○JパワーのEAGLEを見た感じでは当然実現しそうな気がしない。○燃料電池はSOFCを前提と考えた。○石炭と燃料電池のマッチングはわるいので止めるべき。CO₂がいっぱい出る。○石炭の超効率利用は意義のあることと考えます。○石炭発電の規模(大)と燃料電池の規模(小)に実感がわかない。○石炭ガス化ガスの発熱量を高めなければ燃料電池のメリットは少ない。○燃料電池は材料表面での物理現象が難解で、簡単には実用化できない。○石油資源の乏しい日本では可能性が低い。米国や中国なら可能性はあると思われる。○燃料電池の大型化と経済性が課題。○燃料電池の長期信頼性(課題)。○低コスト化が重要。○FCの大型化は非常に難しい。○IGCCですら実用化できるかどうか?(微粉炭火力で十分?)。勿来・若松と見るとよくわかる。○数10MW級のSOFCやMCFCを利用するシステムは巨額の開発費を要するので実現が懸念される。○IGCCで充分高い効率が得られている。○日本での可能性は低い。○課題;燃料電池のコストダウン、信頼性。</p>
18	<p>集中型太陽熱発電(中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等)</p> <p>○日本では大規模太陽光利用(日照時間等)ではないかと。○米国、中近東で建設中。課題はイニシャルとメンテナンス費用の削減。○海外での展開が必須。○アフリカ、オーストラリア。集光技術。○日照時間が長い場所のみ有効。実現は経済性に依存。これらのエネルギーは二次電池などの蓄エネルギー技術との組合せが必須。○日本ではPV。(サンベルト地帯で実施)○赤道、未利用地帯(砂漠など)で有望。中東、中央アフリカあたりか。○私が訪問した中国の山間部でも、集合住宅屋上に、数多く設置されていた。日本でも、街ぐるみで広げていくべきと思う。○利用率の高い地域ではPVよりも有力と思われる。○要素研究のみならず、先々、大幅なコストダウンが必須なシステム。30年前の仁尾町の歴史を繰り返さないようにしたい。○当技術は非常にコンベンショナルな技術で構成され、実用化できるならば既に普及していてもおかしくないはず。○降雨の少ない熱帯向け。既存の発電施設が充実していないアフリカ向けで可能性あり。○海外での活用は活路を見出すべき。○砂漠化のみ可能。○太陽光発電だけでは効率が悪いので、太陽熱発電は必要。数十年前、サンシャイン計画の実施によって試験データは得ている。○基本技術は</p>

	<p>開発済み。○サンベルトと近接しない日本にとって国際協力の枠組みがポイント。○施設設置場所が限定されている。○オーストラリアではデモ運転を実施中。○日本はPV(CSPは向かない)。熱化学法は実用化困難。○日照の多い地域ではPVより有望。○海外への技術輸出。</p>
19	<p>シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術</p> <p>○ナノテク・材料技術との融合が重要。○材料コスト、レアメタルを使う。毒性。○量子ドットなどを想定されているものと推測されるが、コストの面から基礎研究止まりで実用に至るとは考えにくい。○これらのエネルギーは二次電池などの蓄エネルギー技術との組合せが必須。○予算面の支援があれば実現は早まる。○太陽電池の社会的普及は、貯電技術の開発が鍵をにぎる。○民間企業が単独で研究を継続するのは難しいのではないかと。○材料研究の仕方を抜本的に見直す必要がある。○太陽電池と熱電発電のハイブリッド技術開発も重要。○実験室段階では一部実現されているのではないかと。○実用化が至近距離にある。○新材料、新デバイス、新システムが開発される。</p>
20	<p>変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池</p> <p>○CIGS で実現は意外と早いかもしれない。効率より W 当たりのコストが問題。○変換効率よりもコスト削減が優先されるべき。○これらのエネルギーは二次電池などの蓄エネルギー技術との組合せが必須。○予算面の支援があれば実現は早まる。○トピック(数万kw)・韓国:大規模潮流発電計画。イギリス:銀行の出資1~2 万kw 海流(潮流)発電計画○太陽電池の社会的普及は、貯電技術の開発が鍵をにぎる。○経済的に難点あり。○民間企業が実用化を目指した取り組みに期待。○製造技術も含め、透明電極、シール材等の材料、製膜技術の抜本的な見直しが必要。○薄膜太陽電池は普及すると思いますが 20%は技術的に困難。○課題 19 の素材研究が並行して進行する必要がある。○コストがPVの優先課題。結果的に低コストになるか? ○開発は加速されている。</p>
21	<p>メガワットクラス以上の出力を有する海洋エネルギー資源利用発電技術(波浪、潮流、潮流、海洋温度差発電等のいずれか)</p> <p>○経済性が問題。○潮流、潮流発電については、実証試験が行われている。○単機での実現には、技術的要素以外の要因が強いように思われます。○設備コストがかかりすぎる。発電可能な場所がある程度限定され、需要地と結び付かない。○コストの問題の制約次第で実現。適用時期は変わる。○これらのエネルギーは二次電池などの蓄エネルギー技術との組合せが必須。○海流、台風など、日本では実用化困難か。○海洋国である日本が利用しない手はないと思う。○メガワット級が可能な技術アプローチかどうか疑問。○海の自浄作用を阻害する可能性が高いと思われる。○民間企業が実用化を目指した取り組みに期待。○メガワットクラスの実現は困難。○海洋温度差は環境影響が大きすぎる。○発電主体から多目的利用システムへ発想転換すべきである。○海洋温度差(DTEC)は排熱利用と組み合わせると可能性あり。○我が国では漁業権の問題があり、実現は困難と考える。</p>
22	<p>風力発電出力予測技術</p> <p>○期間、精度により回答は変わってくる。○青森県の風力設備から東京丸ノ内に電力供給がされているが、電力が割高のため税の優遇が必要。○日本の国土形状及び、海洋での再現性に優れた予測技術が必須。○風力発電出力を制御し、安定供給する技術は確立されている。○太陽光発電出力予測技術も同様に予測技術が必要。○経済性に疑問あり。○電力の計画発電に利用するためには短期間でなく、長期間の予測が望まれる。○ローカルでの実用化は目前でしょう。グローバルでの天候予測との連動が今後の方向性。○これらのエネルギーは二次電池などの蓄エネルギー技術との組合せが必須。○太陽光・風力共現在でも出力予測は可能では? 気象予測との関係。必要性? ○一部実現しているが、十分な精度は得られていない。○狭い日本では難しい。○ニーズが明確に示されれば、短期間でできる。○気象庁マター。○蓄電等の別技術により補われると思われる。○実用化の目処が見えている。○予測してもバッテリーはいずれ必要。特殊はケースで重要か? ○NEDO の風況調査で十分では?(まず立地ありきではないか?) ○どの程度の予測精度をもって実現したと判断するのかわからない。○開発は加速される。</p>
23	<p>宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)</p> <p>○国際共同研究などのスキームが必要ではないか。○スケールメリットはないと思われる。○高エネルギーを宇宙から無線で送るのは考えられない。光線銃が連想され危険では。○2030~2040 年 IGW 商用システム実用化のロードマップの目標から 10 年以上遅れると思われる。実現しないかもしれない。○これらのエネルギーは二次電池などの蓄エネルギー技術との組合せが必須。○打上げを含めたライフサイクルで必要性を検討すべきと考えます。(検討したことがあるわけではありません。) ○地球に投入される太陽からのエネルギーが増大してもいいのだろうか。○30 年以上前から構想はあるが。○難易度が高い。○地上太陽光発電さえ経済的に無理があるため補助金を出している状態なのに宇宙ではコスト的に問題外である。○発電はできるようになると思うが伝達するのは困難。Li 電池の数 10 倍、数 100 倍のエネルギー密度の蓄電デバイスが出現すれば見込みあり。ワイヤレスで送るのは非現実的。○打上ロケットの費用が莫大。エネルギー収支比、電力伝送マイクロウェーブのエネルギー密度制限(健康安全上)で低。アンテナ直流変換(レクテナ)の面積が広大。地上のソーラーシステムに劣る。○コスト、セキュリティを考えると非現実的。○大電力 RF 発電における安全性の確認が必要。人類は宇宙優勝者となって良いか? ○宇宙空間で太陽電池パネルの劣化対策、原価償却を含めたコストの問題、電波送電の安定・安全性の課題に、更なる検討が必要と思われる。○国策としてすばらしく感じるのは誤解。大地上でも宇宙でも平米あたりのエネルギーは同じ。学者のトリック。○実証機会をどのように得るかが課題。○世界的技術連携が必要。○宇宙開発の一端として計画を構想すべきである。○伝送があまりに絵空事。○必要物量を軌道以上に打ち上げたりエレベーターで輸送する点がクリティカル。</p>
24	<p>CO₂回収・貯留(CCS)技術との組合せによる化石燃料を原料とした CO₂フリー水素製造技術</p> <p>○膜分離方式の高効率 CO₂分離技術の実用化研究が進展している。○採算を無視すれば実現可能。○水素が二次エネルギーとして優れているか疑問。○現状技術で実用可能。(ただし、CCS は中東等 EOR 利用等での海外適地となります。) ○CO₂回収技術は 2015 年までに実現される。貯留技術がネック。○設備コスト。○CCS の実現時期及び水素利用技術の普及時期に依存する。○日本では CCS は立地上実現するとは考えられない。海外で CO₂を排出してグリーン燃料を輸入することも倫理的に許容しがたい。○CO₂分離技術で CO₂が減るかどうかをよく検討しないといけない。○電力か、水素かの見極めが先決かと思います。(燃料・化成品への展開なら agree です。) ○水素コスト、インフラ、利用先が課題。○一時的な措置。○「水素」とする意味がない。○H₂製造以上に CCS 技術開発がキーとなる。○課題 12 と同じか。○地中改質技術。○システムとしての意義が理解される程のブレイクスルーはかならず困難では? ○CCS と水素を組み合わせるメリットを見出しにくい。○FC を前提とした水素社会は実現しない。ただし、CCS を前提とした H₂燃焼(GT)などであれば、重要と考える(H₂純度が低くても可能のため)。○CO₂を CO₂としてではなく C(カーボン)として固定する技術が重要。原理は既の実証済み。○水素単体のエネルギーキャリア利用のメリットは小さい。○技術的にはすでに実証がはじまっているが、普及の為には、CO₂を生成するローカルに CO₂をとじ込める必要がある困難。○コストの配分と安全性の証明、社会的合意が課題。○石炭火力推進派 VS 原子力派のいがみあいの産物。我が国が後を追うことはない。○水素を distribute するのか、CO₂を集めるのか、いずれにしてもインフラ整備が大変。○CO₂回収・貯留技術を優先すべき。○非常に現実的で有効な技術と思う。</p>
25	<p>革新的水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量 10 重量%以上、放出温度 100℃程度)</p>

	<p>○ナノテク・材料技術との融合が重要。○水素貯蔵材料については十分に探索済みのように思う。○水素化マグネシウムの加水分解技術は実現済み。課題は $Mg(OH)_2$ の Mg への再生工業化。○極めて重要。○水素コスト、インフラ、利用先が課題。○目標に対して現状があまりに低すぎるのではないか。○2015 年の FCED の動きにも大きく影響。Hydrostar (AIST), Hydrogenic (九大) などに世界をリードする活動を期待。水素社会実現のキー技術。○重要だが極めて難しい課題。○水素貯蔵材料はいろいろと研究されてきているが、決定打はまだ。ブレークスルーするものが見られるかどうかにかかっている。○水素は運んでまでして使う燃料でないと考えている。○長寿命化が難しい? ○革新性の高い材料はセレンディビティー的発見に依存するので予測は難しいが、この課題へ関心を持つことは重要。○水素社会は実現しない。○燃料電池自動車の実現の為に不可欠な技術。○主導原理の確立を大学等、先端研究機関で進める必要有。○二次エネルギーとしては水素以外ない(除く電池)。よって、貯蔵は重要。LH、MH、CH のいずれも現状は不十分。○ハードルは高い。革新的アイデア・材料の開発に依る。○ブレークスルー技術あれば。</p>
26	<p>原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術</p> <p>○水素製造技術も重要ではあるが、何を原料として水素を製造するかがより重要ではないか。○対象とする具体プロセス不明。○水素が二次エネルギーとして優れているか疑問。○日本では不要と思います。海外では現状技術でも実施可能です。○水素燃焼(水素→水→水素)のように大気循環が可能な原料で構成される水素貯蔵輸送用の液体の媒体。○高温ガス炉の商業化はロードマップの目標(実用炉 2025~2030 年)より 10 年は遅れそう。○水素コスト、インフラ、利用先が課題。○超高温である必要性は不明。普通に水素を作れるようになればよいのではないか。○水を原料とし、酸素+水素から分ける方式の実現は難しい。○地熱で発電した電気を使って水素を作ることの有効性不明。○超高温水素製造の実用的メリットは小さい。○これも一つのオプションとして重要か? ○太陽熱利用水素製造技術はオーストラリアで実証されているが、原子力利用技術は実験段階。○コストの面で実用化に進まない。○再生可能エネルギーに地熱に関する課題がないのに、何故にここでは地熱が出てくるのか。また、「超高温」とは何℃程度を想定しているのか? 500~600℃以上を想定しているのなら、地熱は無理であろう。○原子力を利用した水素製造技術は技術としては実現済。経済的に成立するかどうか課題。○再生可能エネルギー導入のための政府の積極的施策。</p>
27	<p>太陽光で水を分解する水素生産プロセス</p> <p>○対象とする具体プロセス不明。○人工光合成のことであれば評価は異なる。○水素が二次エネルギーとして優れているか疑問。○小規模な研究としては実現済み。商業化は 2031 年以後。○効率と設備コスト。○課題 25 との組合せが重要。○重要な技術。水素の本来の製造方法になると思う。○水素コスト、インフラ、利用先が課題。○間に太陽熱、太陽電池をかませないで、となるとおもしろそうです。○水を原料とし、酸素+水素から分ける方式の実現は難しい。○水素社会実現に向けたキー技術。○水素の分離技術の確立、効率の飛躍的アップがない限り無理。○太陽光エネルギーを H_2 で貯めるより二次電池で貯めることに向かう。○やればできるが、コストが膨大。○酸素製造の方が重要かもしれない。太陽光利用は別の方法がよい。限定的には既に行われているプロセス。○効率の問題。○高光量の集光技術と放熱に課題はあるものの既存技術の延長で対応可能かと思われる。月探査にも有効。○基礎研究が進んでいる。○光触媒≠かつての超伝導 流行ではない。きちんと使える技術が必要(現状は話にならないレベル)○水素発生量が極めて少ないのが問題。エネルギーとしての大量の水素生産には適さない。技術としては実験的なものがある。(光触媒)○太陽電池との効率比較がポイント。○開発は加速される。</p>
28	<p>再生可能エネルギー(風力・太陽光等)で製造した CO_2 フリー水素の国際的な需給ネットワーク</p> <p>○有機ハイドライド等のケミカルハイドライド技術の実用化、海外のメガソーラー発電による低コストな再生可能水素生産により、実現する。○水素はエネルギー輸送媒体として優れたものと言い難い。Ex. WE-NET ○水素が二次エネルギーとして優れているか疑問。○2031 年以後、徐々に拡がると予想。○需要の確立が重要。FCV の時代はくるのか? FCV が本当に必要とされるのか? ○基本的に H_2 は、爆発、安全性が問題。○効率と設備コスト。○途上国の今後のエネルギー需要の増加を考えると、技術的には実現しても輸入市場は成立しないのではないか。○LNG 並みのコストであれば意味があるかもしれませんが。○水素の様に嵩張りし漏れ易い形の燃料を媒体とするのは疑問。○まず、各国内のインフラ構築が不可欠。○日本にとっては必要性少ない。○地産地消。国単位での H_2 活用。○以前は We-Net 計画が進められていたが、やはり技術的には可能でも日本では成立が難しい。○スマートグリッドの大容量化。コスト削減。○電気を売った方がコスト的には優位。○エネルギー収支の計算をすれば、割に合わないはず。排出権のようなお金のやり取りの方が意味がある。○水素輸送・貯蔵が難しい。○水素単体のエネルギーキャリア利用のメリットは小さい。○国際的合意とコストのハードルが高い。○豪州などの砂漠国が水素大国になるであろう。○技術的には可能。巨額の投資を必要とするので、国の取組姿勢如何により実現時期が変わる。○コスト対効果を考えると、現状では実現の可能性が見えない。○日本は位置的に、ネットワークに入れないのではないかと。自給自足なら考える。○究極的なシステムであり、太陽(RE 全体)と水循環の利用は必須と思う。○日本は輸入になる。経済性の壁。</p>
29	<p>国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術</p> <p>○水素はエネルギー輸送媒体として優れたものと言い難い。Ex. WE-NET ○水素が二次エネルギーとして優れているか疑問。○水素を大量に供給可能となることから、CO_2 25%削減に必要な分の水素を利用することで日本の目標達成は可能と思います。○需要と供給のバランスのとれた推進が重要。○JHFC とその後継プロジェクトいかん。○低コストのレベルによるが、まずは 2015 年に向け、姿を具体化実現させる必要あり。○将来的には必要。○インフラとしての実現については疑問あり。○工場副生水素の利用は拠点が限られる。また、水素のパイプライン輸送はインフラ整備が大変。オンサイトの天然ガス改質の方を先にすべき。○水素のような密度の低く、危険なものは運搬して使うものではない。○水素がエネルギーキャリアになり得るか疑問。○二次エネルギーとしては水素以外ない(除く電池)。よって、貯蔵は重要。LH、MH、CH のいずれも現状は不十分。○有機ハイドライド法の開発を進めるべきと思う。(2020 年までに実現可能。)</p>
30	<p>携帯機器用小型燃料電池の本格普及</p> <p>○水素化マグネシウムに期待しているが、マグネシウムの再生リサイクル技術の工業化が急務。○コスト、イニシャル・ランニング共に:電池の 1/10 以下なら普及する。○必要性につき十分検討する必要があると考えます。(どこまで利便性を追求するか。○軍事用。○ある程度、中型機用に普及するかもしれないが大きな市場は占めない。○一部で既に商品化されているが、本格普及するには技術革新が必要。○通常の電池と比較しての優位性が疑問。○日本の技術でリードし、世界のデファクトスタンダードにしたい。○脱メタノール化。コスト削減。○必要性が不明。手回し発電機のようなものの方が ECO。○CO やアルデヒド等の除去や分離手法の向上が必要と考える。○事業化の目処が付いている。○掛け声倒れ。プレスリリースは聞きあきた。2次電池で十分。○他の電池技術との統合で普及に影響。○日本の技術リードが望ましい。</p>
31	<p>熔融炭酸塩形燃料電池による、数十万キロワット級の中・大規模発電</p> <p>○複合発電にしないと意味がない。○MCFC は CO_2 を排出する為、大型発電の意義が薄い。SOFC を大型化するべき。○燃料電池は、1 万 kw レベルがメリットが出るのではないかと。(大はタービンがベター)○普及は無駄だと思う。○地震の多い日本において大型タービンの故障が増えると大型 FC に注目が集まっても良いのではないかと。特に原発など。○設備コスト。○MCEC の大規模化は技術的に課題がある。発電効率が低い。○代替 FC の完成をまで。○コストが高すぎ、効率が低い。○CCS との組合せ。○熱効率 70% (HHV) も可能。○分散電源としては実現するであろうが、数 10 万 kW には達しないであろう。○製品レベルの技術</p>

	<p>はほぼ確立しているが、本格普及に向けたコストダウンがどこまで進むかが不透明。○SOFC やガスタービンの方が先行。○材料腐食の問題を解決できなければ難しい。○海外では可能性があるが、重要レベルの高い日本では実現が難しい。SOFC コンバインドの方が高効率期待でき、魅力がある。○化石燃料を使う大規模発電に向かうか疑問。○長期信頼性(課題)。○容積効率が低すぎる。○現在 MCFC の研究はほとんど行われていない。○MW 級発電は実証済み。ただし、SOFC が実用化されると MCFC でのシステム化はないかと思われる。○SOFC の可能性もあり。○理論的には可能であるが、巨額の開発費とセルの長期耐久性の問題。プラントコストの問題から、商用発電プラントの実現は困難。○不要な技術開発。SOFC に投資すべき。○CCS との組み合わせが有効。○日本では実現しがたい。</p>
32	<p>1kW 級で 50 万円以下の固体高分子形定置用燃料電池</p> <p>○複合発電にしないと意味がない。○コージェネよりもヒートポンプ給湯の方に将来性がある。○50 万円以下にコストダウンが進むまで市場導入がどのように支えられるかにかかっている(国の政策)。○普及は無駄だと思う。○設備コスト。○白金に代る触媒の開発が最大の課題。かなり困難。○初期需要をいかに形成するか。当面補助金で市場を誘導していく必要性が高いが、事業仕分けで切られて、はしごをはずされた感じ。○欧州(特にドイツなど)での FIT 精度が整備されている地域への普及が有力。○発電効率が低い。CO₂削減にはならない。○Pt を使う以上は無理。○普及の為にドライビングフォースが開発を加速させる(発電全量買い取りなど)。○PEM より高効率のガスエンジンもあり、開発する意味なし。○本格普及レベルのコストダウンが鍵。それまでの政府イニシアチブとサポートが重要。○50 万円は困難。60~70 万円くらいまでは可能。○50 万円以下にできれば海外に大量輸出もできると思われる。○低コスト化に対するインセンティブが必須。(当初量産までの補助等の政策)○コストダウンが実現するまで現状の機種レベルで国の補助を得ながら普及を進めていくことが必要。○脱レアメタル化。○使用する材料のコストダウンが鍵。現行システムの単なる延長ではきびしいのではない。化石燃料を使用する発電システムの将来が明るいのかも疑問。○1kW で 50 万円では価値が高すぎる。1kW で 10 万円は切るべき。○実用化はされている。あとはコストの問題のみ。○2015 年以降の自動車燃料電池が量産化を開始すれば、大幅に安価になると考えられる。○コスト削減は極めて困難かと思われる。○政府の支援が普及の鍵。送電網未整備の海外の方が普及が早い可能性大。○PEM と白金を新材料で置換できれば伸びるであろう。○一方で企業間の協力により比較的容易に実現可能と思われるので、民間の開発にまかせるのが良い。○実現まで国の導入補助が必要。</p>
33	<p>固体酸化物形定置用燃料電池</p> <p>○SOFC の生産コストダウンが必要。○耐久性の向上が課題。○水素の大量供給技術の実現によって SOFC の大型化は CO₂削減に意義を存する。○研究段階のものは日本でも実現済み。○京セラの頑張りや国の後押しいかん。高温蒸気を必要とする需要家(乳製品工場、コンビニ弁当工場など)への導入を進めること。○マイクロガスタービンとハイブリッドに組み合わせることが重要。○極めて重要。CO₂を本当に減らせる。○コスト低減が鍵。○家庭用が最も早く、次に 10kW 未満の業務用。○コストと耐久性が鍵。とくに現在はシステムレベルでのスタック耐久性。○定置用は集合住宅などである程度市場形成する。○1kW 程度の家庭用。大きなものはさらに長期的課題。○社会実現を牽引するのは主に民間企業だが、普及のためには補助金による国の支援が必要。○コスト削減。安定化。○コストダウン・製品寿命が普及の鍵。他の燃料電池と同様に化石燃料のシステムが将来普及するか疑問。○長期信頼性、コストダウン(課題)。○すでに実用化のための耐久社会実験が行われている。○急速昇温・降温が可能になれば非常に有望。定置以外にも用途が拡大する。○天然ガス系燃料が使えるので普及が容易。実証段階にあり信頼性の向上が必要。○大型/中型定常運転しか望めない。DSS 対応の非クラック性酸化物などという不可能に近い材料があらわれるのを待つか? ○民間企業が本気で取り組むかどうかにかかっている。○水の大量供給技術の実現によって重要な技術に変わる。○普及のために国の補助が必要。</p>
34	<p>燃料電池(熔融炭酸塩形、固体酸化物形)をベースにしたコンバインドシステム</p> <p>○コストダウンが必要。システムが出来てもコスト高では普及が困難だと思う。○SOFC コンバインドは意義を有する。MCFC は CO₂削減メリットが高い。○SOFC とマイクロガスタービンとの組み合わせが必須。○定置用 FC としては究極のシステム。それ故、技術ハードルも高い。○出力規模の大きい事業用となるので開発費用が大きい。国の開発支援が必要。○コストダウン・製品寿命が普及の鍵。他の燃料電池と同様に化石燃料のシステムが開発普及するか疑問。○効率とコストのバランス(課題)。○天然ガスならばすぐにも実現するのではないかと考えられる。○FC の大型化が難しい。○アイデアとしては良い、CAPEX 高すぎ。○燃料電池の容量が 10MW 以下は可能であるが、効果が少ない。効果が出せる 100MW 級の商業用燃料電池は実現が困難。○異質な 2 種類の複合化は容易ではなく、疑問視している。○220kw/SOFC/GT California, 300kw/hybrid Pittsburgh(SIEMENS) 実証試験 問題はコスト。○課題;信頼性。</p>
35	<p>太陽電池などの再生可能エネルギーと燃料電池などをハイブリッドした住宅のエネルギーシステムの本格普及</p> <p>○普及制度設計にあたっては太陽光発電の全量買い取り等の優遇制度が不可欠。○家庭用の FC は、現状の製品では(PEFC)普及は限定されると考えられる。○普及は技術課題よりも補助金等の政策課題ではないか。○単なる寄せ集め技術。○ゼロエナジ住宅の実現に関して、必須条件と考える。○家庭の有効な CO₂削減手段としての明確な位置づけが無いと普及は困難。コスト競争力が無いため国の補助あるいは、固定電力取引制度の導入が必要。○既に発売され普及が始まっている。○新しいエネルギーシステムの開発は必要不可欠だと思います。世界に遅れぬよう、全国規模で連携して実施しましょう。○燃料電池のコスト高。燃料電池の寿命。○NEDO の技術開発によるコスト低減は望み薄なので、国の普及支援策によるが、補助金なしでは当面難しい。○補助金見直しによる減速。(阻害要因)○期待は大きいですが、燃料電池効率向上が課題。○太陽電池+燃料電池の組み合わせは、余剰問題を悪化させるため、太陽光+MP の組み合わせを考えるべき。○電解技術が必要。○特に国内においては、電力網が出来ているので(離島は除きますが)、FC での分散電源の必要性は低いと思います。○太陽光(発電)と FC(発電と熱)は補完関係ではないので、需要の効率利用の点からメリットが少ない。日本の住宅は熱需要が少なく季節変動も大きい。太陽光で発電すると、FC が発電可能な量が減ってしまう。○太陽光発電と燃料電池のハイブリッド「W 発電」が住宅メーカーから提案されている。電力買い取り制度を充実させていくとよい。○コストの行き先が不明。○ハイブリッド化するメリットを明確化できないと普及は難しいのではない。○2つの発電方法を併用する意味があいまい。補助金が目的では将来性が低い。○パイロットプラントレベルの開発を展開すべき。○「住宅」が「小型の」を意味しているのであれば、あまりメリットがないように思える。○低コスト化。○コスト低減が課題。○組合せの技術的メリットはあまりないが、電力逆潮、買い上げなどでのメリットはある。○すでにあり、ただし重要度低。○民間の関心も高く、早期普及に向けたアクションが必要な状況。補器類の信頼性に課題。○欧州に比べ、日本の政策支援が遅れている。○まず断熱。次に電力の直流化。その後に考えるべきでは。(系統連係用のインバーターコスト高い+効率悪い)○補助金制度などの社会システムの検討が不可欠。○コストの大幅低減。電力業界との折り合い。○太陽電池と燃料電池のハイブリッド化のメリット不明。太陽熱電ハイブリッドの可能性大。○W 発電として昨年提案されている。</p>
36	<p>日本を含む国際連系電力ネットワークシステム</p> <p>○原子力や太陽光など、調整できない電源の増加により導入が望まれる可能性がある。○我が国のエネルギーセキュリティの観点から大陸の電力網と日本のネットワークを接続することは意義があると考えられる。○欧州等大陸内では実現可能。日本では困難。○一長一短あり、難しいかも。○政治的な問題が多分に含まれる課題ですが、我が国の電源のベストミックスの考え方を根本から変</p>

	<p>え、これまでと全く異なるアプローチを可能にすることができると思います。○地域性の強いエネルギー資源の低コスト分配技術が必要。Ex: 砂漠での太陽熱発電。○経度が異なる地域での太陽光エネルギー有効活用に有効である。○海底ケーブルを使ってまで日本にメリットが感じられません。○海外との電力ネットワーク構築困難では。○欧州等では国際連携が行われているが、日本の場合、海も深く、コスト面から成立しない。○地産地消が望ましいように思います。○理想的ではあるが、エネルギーセキュリティのことを考えると、実現は困難ではないかと考える(日本では)。○政治的側面の影響が大きい。○利害関係多く、うまく機能しない気がする。○日本は地理的に難しい。○国際協力が前提となるため、外交等の努力が優先。○ネットワークを構築することの是非を議論すべき。○これが必要な場所は日本以外には多い。日本を含む必要性は低い。○大陸内は良いが、大陸間では経済的にも実現しない。○政治問題(地政学的リスク)○海外とのネットワークは困難か。</p>
37	<p>天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術</p> <p>○化石燃料利用であり魅力は薄い。○日本近海で埋蔵量が多いと言われており、その有効活用のためには重要度が高い。○日本にとって重要な技術。○パイプライン網未整備地区への天然ガス輸送手段として可能性があるが、ハイドレートの資源化が前提。○CO₂固定技術がなければ、さらにCO₂を増やすことになるため、技術的にはできて社会的に受け入れられないのでは? ○パイプライン>LNG>間接液化>ガスハイドレードである。エネルギー効率悪すぎる。○メタンハイドレートの資源化が前提。</p>
38	<p>自然エネルギーの活用が充分に行われ、さらに雷による停電のない高品質電力供給システム</p> <p>○太陽光に偏った政策を、広く自然エネルギー全般へ広げることが必要。○マイクログリッドとしてのみ。○お金さえあれば出来る。○現在でも雷予測は難しく、また、日本の停電率は世界と比較しても低いので重要度は低いと思う。○スマートグリッドの一部。○電力供給側のビジネス確立が重要。○特に途上国向け。○ただし、適材適所での導入形態。○高品質電力供給システムは、ある程度。実現できていると思いますが、更なる研究開発を進めるべきです。○自然エネルギーの活用は進むが、高品質電力供給システムのニーズは低い。○「停電が全くない」は実現しないと思います。現在の日本のレベルを維持した自然エネルギーの活用が重要であると考えます。○電池の価格次第。○自然エネルギーの大量導入には一層の大幅なコスト低減が不可欠。○経産省主導のスマートグリッド標準化。○過剰品質は国際競争上不利。○自然エネルギー活用のためには重要な技術。雷への対応に対する重要度は低い。○あるに越したことはないと思います。コストが問題でしょう。○日本においては電力会社の意向次第。○雷による停電がなくなることはコスト面であり得ない。技術的には可能。○課題が抽象的すぎて評価できません。○電力供給システムを高品質にする必要性に疑問。高品質が必要な機器は機器側に品質を改善するパワーエレクトロニクス装置を設ける方が現実的。○電力会社の対応次第。○自然エネルギーで現状のような高品質電力供給を行うことは難しい。○技術的には、実現されており、経済性、国の方針などに依存され、社会的普及が進められている。○定義が不明確。○コストの問題。○日本の電力の質は十分に高い。送配電は◎</p>
39	<p>中小ガス田向きの天然ガスの海上液化基地(FLNG)</p> <p>○革新技術とは言えない。○自然エネルギーの活用は必要だが、コストが高いエネルギーが不安定。○中小規模ガス田は数多く存在するので、海上液化基地の実現。実用化は重要。○液化がいいのか、DME がいいのか要検討。○GTL も視野に。○技術的には可能。経済性の問題。日本にとってはメリット大。○日本にとっては重要な技術。○海上液化よりは海上ハイドレート化の方が経済性があるのではないか。天然ガスの需要が逼迫してくればニーズが高まる。○その気になれば今でも実現可。あとはコスト見合い○LNG、DME どちらが経済的か要検討。○中小ガス用向きにはハイドレート輸送の方が経済性が出る。</p>
40	<p>超伝導送配電網</p> <p>○「網」としての実現はしない。一部に適用される可能性。○阻害要因として、現在の送電線網と変更させるには相当な資金が必要と思う。○国内での普及よりも、砂漠で太陽光発電した電力を遠距離に送電する等の用途があるのではないかと。○常温での超伝導材料が必須。○冷却等コストがかかる。信頼性の問題あり。常温超電等が発見されると実現か。○中国、インドなどで政府主導で実用化。日本は技術支援。○送電しないで蓄電した方が良い。コストがかかりすぎる。○日本においては電力会社の意向次第。また、日本においては送配電の余裕あり。○経済的に難しそうである。○冷凍技術。コスト削減。○電力を消費するところで発電するシステムの方がスマートだと思います。小規模の分散電源システムに逆行か。○以前検討してみたが、経済性に疑問がある。○高温超伝導被覆線材の技術は完成されつつあるが、長尺化と高品質化への更なる技術進展と寒剤併用ケーブルの安心・安全性の実証に時間が相当かかるであろう。○直流送電システムを形成し、伝送ロスを抑えたシステムの構築がエネルギー効率の向上に役立つ。○分散電源、マイクログリッドの進展により、ニーズ低下。○高温超伝導線の低損失化が key point。○配電を行う意味は見出せない。○直流化(二線送電)を考えるべき。それにより超伝導は不要。○実験的には可能であるが、商業的にはコストの問題で実現しない。○線材の開発。○日本の超伝導送電線を用いた米 NY 州での一部実用化開始(2008年)○常温での超伝導材料の開発が先決と思う。○コストダウン(課題)。</p>
41	<p>移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度100Wh/kg以上、力密度2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)</p> <p>○ナノテク・材料技術との融合が重要。産業政策的にも積極的に国も後押しすべき課題。○利便性を考えると二次電池はエネルギー供給上補完的な役割以上は期待できない。○充電スピードが要求される。○近い将来、実現の見通しあり。○この分野の技術革新は目覚ましく、自動車(HEV)をけん引役に進むことを期待しています。○電極材料、高移動度材料等重要技術に関する基礎研究を促進すべき。○安全性確保。新材料必要。○コストの低減は課題。○重要だがハードル高い。○安全性の確保。大量普及のための補助金制度などの導入が不可欠。</p>
42	<p>MW 規模の系統連系安定化用低コスト二次電池(サイクル寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)</p> <p>○太陽光発電や風力発電による余剰電力の発生頻度から考えると、設備の利用率が低い。系統安定化にはほかに、安価な選択がある。○充放電効率の向上が技術的課題である。○コスト目標が厳しい。○電力が安定しない国で普及するのではないかと。日本は個別に安定化装置を導入する方向に進むのではないかと。○安全性確保。新材料必要。○需要の拡大により、低コスト化が急速に進展する。○加速評価試験が課題。○現状の Nas 電池の高度化、低コスト化で対応可能。オペレーションとトラブル現象の解析が必要。○技術的に不可能。</p>
43	<p>数十 kWh 級系統安定化用の SMES(超伝導磁気エネルギー貯蔵システム)(コスト5~7万円/kWh)</p> <p>○小規模では実験済み。○再生可能エネルギー等が普及すれば、それらを活用した系統安定化が現実的で、経済的である。○超伝導にするためのエネルギー消費が大きいと、SMES としてのメリットがでにく。○コスト目標が厳しい。○本件が実用化できるなら、ITER が既に 10 基世界に建設できている。○数十 kWh 級では系統安定化になるでしょうか。○日本国内は土地の確保が困難。常温の超伝導素材が安く普及するのが最低条件。○二次電池の技術進歩、低コスト化により、ニーズ縮小。○高温超伝導線の低損失化、低コスト化。○コスト条件は難しいかもしれない。バッテリーとの組み合わせなら有意義。○実現可能性には?</p>
44	<p>1MW、50kWh 級電力貯蔵用超伝導フライホイール</p> <p>○小規模では実験済み。○技術的に可能でも、経済的に成立しない。○規模が大きいほどエネルギー的にメリットを出し易い。○技術的には安易に実現可能。アプリケーションの選択が重要。○本件が実用化できるなら、ITER が既に 10 基世界に建設できている。</p>

45	<p>る。○エネルギー密度が高く貯蔵システムとしては有望。安全性、メンテナンスが課題。○既に大型発電等フライホイール発電機が実行化されている。起電導化する必要があるか疑問。○中小型クラスのニーズはあるのか。○揚水が良い？○本当に実現可能性には？</p> <p>燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)</p> <p>○輸送部門でCO₂排出量を2-5割削減するためには不可欠のインフラとなる。国の方針策定が重要。○相当な資金が必要、および燃料電池自動車のコストダウンも必要。○技術課題が不明。既に10ヶ所程度の水素ステーションはある。○水素は夢のエネルギー媒体とは言えない。○普及に資する価格の燃料電池自動車ができることが前提。○ステーションが自立できる必要がある。水素だけでなく、バス等へハイタン活用とセットで需要を担保することが重要。○燃料電池と二次電池を搭載したハイブリッド燃料電池車が実現すれば、車上改質を行っても起動停止の時間を短縮できる。○station数が少ない。○CO₂の目標では、2030年になっているが、少なくとも10年は遅れると思われる。○電気自動車との競争となるが、電気自動車に分がありそう。○水素製造との連携要。○欧米では先に燃料電池車を止めて、EV、PHVに軸足を移している。○2015年をターゲットに世界的に展開中。○エネルギー政策が重要。○石油が安定して利用できるうちはない。○燃料電池車のコストの問題がクリアされなければ意味がない。○FCV普及の基盤として必須。オンサイト改質が現実的。ただし、FCVの社会的実現が必須。○自動車はFCEVに注力しきれていないので普及するか疑問。○水素を何から作るかによる。化石燃料由来の水素+FCはメリットを見出しにくい。○FCV導入のメリット、実用性は小さい。○水素製造に関わる効率が課題。○水素インフラ整備は、政府のエネルギー政策に依るところが大きい。○水素社会実現に対する社会的理解と国の主導が必要。○EVとFCVとの棲み分けが不明。○水素を運搬・貯蔵する技術が前提。○規制。海外と比較すると厳しい。○安全基準等規制類の見直しが必要。○炭素フリーへの道。</p>
46	<p>固体高分子形自動車用燃料電池(寿命:15年以上、コスト:4千円/kW以下(100万台/年)、外部無加湿、-40℃~120℃対応)</p> <p>○ナノテク・材料技術との融合が重要。コストが最大の技術問題。○何を燃料にするのか？液体燃料ならばSOFC+プラグインハイブリッドの方が良い。○燃料電池と二次電池を搭載したハイブリッド燃料電池車であれば早く実現できると考えられる。○燃料電池よりも、電気自動車に重点が移っていく。○EVが普及すれば不要かと考えます。但し、ECに比べ本当に安くなるなら別かもいれません。(社会インフラを含めたコスト評価)○水素構造との連携要。○コストが最大の課題。非白金触媒などの技術革新が必要。○そこまで安くはならない。安くならなくても、石油が使えなくなれば必要。○量産効果はあるが、定置用より価格の目標が高く、触媒等のブレークスルーが必要。○自動車メーカーのFCVに対する真剣度が鍵。○自動車がFCEVに注力しきれていないので普及するか疑問。○技術的には可能になるが、FCV導入の可能性は小さいので重要性は低い。○寿命評価手法、コストの低減が課題。○車にFCは無理/無駄。ハイブリッドが最良。○要求性能を実現可能とするには現状の改善のみでは不可。○寿命に対する研究の強化必要。○FCV、EV等の位置づけ明確化が必要。</p>
47	<p>燃料電池を搭載した機関(船舶、鉄道)</p> <p>○何を燃料にするのか？液体燃料ならばSOFC+プラグインハイブリッドの方が良い。○船舶は、ディーゼルエンジンと電気、鉄道は電車に技術が集約されていく。○高効率という意味での燃料電池という意味なら価値はあると思います。日本については鉄道は電車でも十分と思います。熱利用のニーズが船舶でどのくらいあるかがネックでしょう。○水素製造との連携要。○日本は遅れている。○コストメリットを出すのが難しい。○鉄道ではJRの非電化区間で可能性が高い。船舶用にはSOFCが適しているが鉄道よりは後になるかと思われる。○ディーゼルからFCに置き換えられるメリットが不明。コスト、寿命でディーゼルに勝てないのではないかと。○鉄道に関しては早く実現するが、船舶は困難。○長距離タンカーや鉄道にSOFCの組み合わせはありうるのではないかと。○船舶、鉄道、飛行機で実現性は高い。大型飛行機ではジェットエンジン利用の実現性は高い。○技術実証は進みつつある。普及に向けた社会的コンセンサスが必要。○乗用車よりも意義がある。○ドイツの潜水艦、ハレググの運河遊覧船(100人乗り)で実用済。JR東日本が電車の実験走行実施。普及は燃料電池のコスト次第。○FC搭載潜水艦があるが、軍用は除外。</p>
48	<p>所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術</p> <p>○マイクロバブル。○追加エネルギーが不要な方法であれば、是非実現すべきと考えます。○泡で船底をつつむなど実現化しつつあり、期待できる。○日本にとって重要な技術。○見かけの吃水線を浅くできるか。○海洋国家日本にとっては特に重要。</p>
49	<p>プラグインハイブリッド自動車などのバッテリーを用いて需要家内や配電系統の需給制御を行う(V2G)</p> <p>○電気事業法改正等による普及制度整備、競争的な事業環境整備が不可欠。○系統が安定しておりかつ電気事業法の規制がある日本では実現は難しい。系統の問題がある米国では意義あり。○モビリティのドライブレンジを犠牲にすることのないような、グリッド制御の確立が大前提。○夜間電力でのEV充電は、需給がマッチしており、理想的と考えます。○PHVを深夜電力の蓄電池がわりに利用アイデアは悪くないが、高性能バッテリーができれば、バッテリーは住宅内設置でよい。○社会システムとしてニーズが不明。○グリッドと呼ばれる新産業創出に関わり、競争により進展は早まる。○電力需給用の家庭向けバッテリーは自動車向けとは別に設置される。自動車用は急速充電インフラからの給電が中心となろう。○エネルギー問題解決のため、これら技術課題の推進は重要である。最近のオバマ、鳩山会議で日米協力技術課題として、これらの課題(スマートグリッド)が取り上げられた。○ハイブリッド、EVが相当数普及した後のニーズ。○大規模電力網は自律分散型小規模グリッドにより構成されるようになる。(V2G利用)○緊急時や非日常時のみとなるのではないだろうか。車を日常使わない人には面白いコンセプトとなる。○おもしろいが、効果は先にならないと出ない。社会実験まで。○やる必要があるか。系統⇒自動車のみでONE WAYでも良い。○普及してもごくわずか。一般家庭のニーズは少ない。○高価なバッテリーの寿命を食いつぶしてまで行う経済上のメリットが見当たらない。○蓄電池とインバータに係る充放電ロスを減少させる技術が必要。○バッテリーはPHEVの中でなく住宅内で良い。○我が国の社会的実現は遅れる可能性が高い。(電力会社の積極的参画がない。)</p>
50	<p>CPUの省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御などIT機器やデータセンターなどのグリーンITによる、大幅な省エネルギー化技術(ITシステムに係る電力利用効率がおよそ2倍になる)</p> <p>○「ITシステムに係る電力利用効率」の定義が難しいと思われる。○クラウドコンピュータの進行。外気冷房空調方式、効率的排熱方式などの省エネ技術が採用されつつある。○冷却の場合は熱の棄てかたが重要。○データセンターを緯度の高い所で持つ。○既に省電力化は進展しており、今後も進展するだろう。○日本においては公的機関の後押しが必要。○近い将来実現すると推測。日本主導で世界に発信・リードしていくことに期待。○技術開発よりも、政府による、省エネ、省CO₂化の明確な指針と、導入のためのインセンティブ作りが重要。○エネルギー問題解決のため、これら技術課題の推進は重要である。最近のオバマ、鳩山会議で日米協力技術課題として、これらの課題(スマートグリッド)が取り上げられた。○クラウドコンピュータの進展に伴い、自ずとIT機器の消費電力は、低下していく。</p>
51	<p>各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム(Building Energy management System、BEMS)(各種のBEMSが中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む)</p> <p>○標準化が難しい。○技術はほぼ確立されており、いかに普及されるかが重要。○日本の技術としてパッケージ化できれば…○普及させるのが政府の責任。○大規模及び、中規模のビルでは、BEMSの適用が増加した。普及のためには、センサの低価格化が課</p>

	<p>題である。○BEMS への過大な期待は間違いと思う。○BEMS はすでに使用されている。機能拡大や広い普及は今後。○スマートグリッドで開発される技術要素の活用により、普及が加速される。「規格」がポイント。既存設備を含めた連携制御技術が重要である。○エネルギー管理からエネルギーマネジメント、制御への反映が必要だと思われる。○導入による費用対効果が課題。○省エネ法などの規制強化が進めば普及すると思う。○ある程度まとまったユニットでの省エネ・効率のよい環境づくりはニーズが今後ますます高まると推測。○技術開発よりも、政府による、省エネ、省 CO₂化の明確な指針と、導入のためのインセンティブ作りが重要。○すぐれた要素技術を活用するためにもシステム化研究を推進すべし。○エネルギー問題解決のため、これら技術課題の推進は重要である。最近のオバマ、鳩山会議で日米協力技術課題として、これらの課題(スマートグリッド)が取り上げられた。○システム投資よりも、個別省エネ機器を更新した方が、投資メリット大ではないか。○政府補助等の後押しが必要。○標準化は課題。○BEMS 主要技術はほぼ実用化レベルにあるが、中小規模で使われるには低コストで使い易いシステムや国の普及策が必要。○要素技術開発は民間ベースですすむが、政策の支援がなく社会的実現は国外が先行。</p>
52	<p>宅内通信ネットワークを用いて家電機器、太陽光発電装置、蓄電池等を統合制御し、CO₂ 排出を削減する家庭用エネルギーマネジメントシステム(HEMS)</p> <p>○規格の統一化ができるか、コスト面、付加価値が必要。○政策に大きく依存。○普及させるのが政府の責任。○実証研究はされ始めている。直流送電の規格化・効率向上を始め、様々な技術課題がある。○既存技術の延長。○スマートグリッドに継がることが重要。○技術的には可能だがコストが高く当面普及は困難。○試験的には存在。○技術的には問題なし。経済性が成り立つ時期を如何に予測するかのみ。○電池の値段次第。○欧米で既に実証研究との話があるが。○太陽光+蓄電池までは実現の可能性が大きい。○家電機器までのネットワークのメリットなし。通信の電気使用量大。○契約&課金システムとの連携の話が主体で、エネルギー会社からの停止などとの指示と安全の両立、セキュリティ等がテーマとなる。また、電気以外にガス、水道も管理する必要がある。○費用対効果。補助などのインセンティブが必要。○家電の制御はすでに実現済み。但し、コントロールのためのエネルギー消費が多い。○システムとしての取り組みは重要。エネルギーの有効利用を各家庭で管理する時代が近々到来すると推測。○技術開発よりも、政府による、省エネ、省 CO₂化の明確な指針と、導入のためのインセンティブ作りが重要。○地域によるミニプラント型の試験研究を早急に実施すべし。○エネルギー問題解決のため、これら技術課題の推進は重要である。最近のオバマ、鳩山会議で日米協力技術課題として、これらの課題(スマートグリッド)が取り上げられた。○宅内というよりは、あるエリアでマイクログリッド的に進められると考える。(課題 49)○HEMS に PEV (PAEV+BEV) が組み込まれる。HEMS、BEMS などが中規模~大規模グリッドと協調するようになる。○技術的にはすぐにでもできそう。問題は統合すべき対象が日々進歩していることに合わせられないのでは?○この辺は日本が先導すべき。○標準化は課題。○HEMS 要素技術は実用レベルだが、低コスト化と国の普及支援策が必須。スマートグリッド関連として開発の加速化が進む。○技術的には今でも十分実現可能。エネルギー価格とシステム価格のバランスが実施の鍵。○規格の統一ができるか、コスト面、付加価値が必要。○スマート・メーター○地域の自主的な活動で促進される。</p>
53	<p>原子力をはじめとした大型電源から太陽光などの分散型電源および需要機器まで、全体の需給バランスを ICT を活用し最適に運用することにより、低コスト、安定供給、低炭素化電力供給が可能となるような次世代送配電ネットワーク技術</p> <p>○化石燃料の価格が低ければ、推進はおそくなり、高騰すれば、早まる可能性がある。○普及させるのが政府の責任。○日本ではインフラが整っておりかつ電力会社その他のプレイヤー調整が困難なため実現は困難。○スマートグリッドという言葉が提案されていますが、10 年前から日本で種々のシステムが提案されています。今こそ、日本発システムを見直すべきだと思います。○各種電源を組み合わせた低コスト、安定供給、低炭素電力供給の重要性はあるが、ICT を活用しなくても実現可能である。○経済性を考慮した上での、実施の時期の決断のみ。順次機能拡大されてゆく。○安定供給への貢献をコストで評価できるようになることが課題。○計画中との話あり。○経産省主導のスマートグリッド標準化。○標準化の問題(規格)である。スマートグリッドで米国中心に進む規格化に対して、日本が優位に立てる条文を打ち込めるかどうか最大の課題と思う。○いわゆる、マイクログリッド技術が先に進み、絡配電ネットワーク技術はそのあとか。○情報(モニタ)制御技術を駆使した全体最適はとても重要。○技術開発よりも、政府による、省エネ、省 CO₂化の明確な指針と、導入のためのインセンティブ作りが重要。需要家の電力メーター情報、系統情報の公開等、規制緩和が必要。○地域によるミニプラント型の試験研究を早急に実施すべし。○電力会社が主体的に取り組むべきテーマだが、その戦略策定等が不十分。政府主導での技術開発戦略が必要。○エネルギー問題解決のため、これら技術課題の推進は重要である。最近のオバマ、鳩山会議で日米協力技術課題として、これらの課題(スマートグリッド)が取り上げられた。○電力潮流を考えた場合、安定電源と不安定電源の併用・バランスは難しい。○大規模統合システムは、障害リスクが大きく、マイクログリッド的にエリア単位でのネットワークシステムが現実的。○政府補助等の後押しが必要。○レベルの問題。○この辺は日本が先導すべき。○我が国の先進的系統運用技術のリードを維持・発展させる政策支援が要。○化石燃料の価格が低ければ推進は遅くなり、高騰すれば早まる可能性がある。○電力会社の積極的な参加がない我が国の社会的な実現は遅れることが予想される。</p>
54	<p>都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネルギーを活用(建物間で電力・熱・水などを融通)し、物質循環と一体となった面的利用エネルギーシステム(都市部のヒートアイランド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづくりに寄与する)</p> <p>○法の制限。○都市・街区内バイオマス以外は技術的に実現している。○普及させるのが政府の責任。エネルギーの浪費を抑えることが何よりも重要。○アイデアはある。技術開発の方法が課題。○どのようなエリアで、この様な技術の導入が必要なのかの基本的な研究の蓄積が必要。○日本ではインフラが整っておりかつ電力会社その他のプレイヤー調整が困難なため実現は困難。○BEMS と同様。韓国の CES 等はこれに相当するのでは。○技術的には可能。需要の変化(人口、生活様式)への対応が困難であり普及は難しい。○政府自治体の主導力が必要だと思われる。○住宅とオフィス/工場を単位にしないと標準化は難しいかもしれません。会社のすぐ隣に住むシステム作りからでしょうか。○民間主導で進められると予測するが、企業間の利害調整が難航するおそれも心配。○技術開発よりも、政府による、省エネ、省 CO₂化の明確な指針と、導入のためのインセンティブ作りが重要。○地域によるミニプラント型の試験研究を早急に実施すべし。○技術的というより政策的課題である。○基本となる電力送配電用パワーエレクトロニクス技術の開発が遅れている。○エネルギー問題解決のため、これら技術課題の推進は重要である。最近のオバマ、鳩山会議で日米協力技術課題として、これらの課題(スマートグリッド)が取り上げられた。○政府補助等の後押しが必要。○課題52と同じ問題がある。○再開に金をかけられるのは、現状ではかなり先。○この辺は日本が先導すべき。○規制緩和が必要。○未利用エネルギーの回収の低コスト化。○電力会社の積極的な参加がない我が国の社会的な実現は遅れることが予想される。○技術的というより、政策的課題である。</p>
55	<p>中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギーマネジメントシステム(FEMS)</p> <p>○標準化が難しい。○省エネ法などの規制と連携すると普及が早まる。○達成の定義は困難。○普及させるのが政府の責任。日本は産業分野では世界に先行している。よって、日本以外においていかに普及させるかが必要。○経済性がなりたつ時期を予測するのみ。○支援策が必要。○工場の使用するエネルギーは非常に多く、しかも無駄が多い。測定し分析するためのインフラを低価格で導入できるように、各種の標準化もふくめて技術開発する必要がある。また、工場の生産プロセスにふみこみ、品種やロットにひもづけたエネルギー管理を行ったり、生産システムと動力&ユーティリティシステムを連携動作させることによる、より進んだ省エネ対策が進んでいく。(連携制御)○社会的な必要性の認知。導入意識を持たせる社会誘導が必要と思われる。○コストベネフィ</p>

	<p>ットに課題。補助金必要。○今後普及が進むと推測。技術的な難易度がそれほど高くないのではないか。○技術開発よりも、政府による、省エネ、省 CO₂化の明確な指針と、導入のためのインセンティブ作りが重要。○エネルギー問題解決のため、これら技術課題の推進は重要である。最近のオバマ、鳩山会議で日米協力技術課題として、これらの課題(スマートグリッド)が取り上げられた。○この辺は日本が先導すべき。○エネルギーコストが高騰すると実現する。○技術開発には、企業実績等に基づく EMS システム開発、大学等でのソフト開発と、国の導入支援策が必須。</p>
56	<p>バイオマス発酵・ガス化融合型バイオ燃料・水素の併産プロセス</p> <p>○日本にとってはバイオマス資源の安定確保が重要。農工連携の進化が求められる。○発酵よりも省エネ乾燥と熱化学変換の方が有望と考える。○何でも組み合わせた課題設定で無理がある。○EV に変換不可能な移動体用燃料のニーズは残ると思います。原油価格がどう動くかが普及のネックと考えます。(発酵とガス化の融合の必要性は疑問)○水素が妥当か要精査。○cf.課題10、57○化石燃料に比べコストが高いと普及が進まない。社会システムからの認知が必要。○要素技術はそれぞれある程度技術開発が進んでいると思うが、そこに適用される可能性があるかをまずは検討することが重要。特にバイオマスが限定的な国内では、それを見極めた後に全体システムとしての開発が必要。○ハイブリッド型にするメリットに疑問。○発酵とガス化の融合のメリットは小さいのではないかと。○定義が不明。バイオマス種による。セルロース系バイオマスとして回答。○何を作り、何に使うか? 実験は既存。普及は先。コストの問題が大きい。○エネルギーの大宗を支配するものにはなれない(あくまで地域型)○水素が妥当か要精査。</p>
57	<p>バイオリファイナリーによるケミカル・エネルギー併産システム</p> <p>○ブラジル等の特別なケースを除きバイオマスを大量に利用するバイオリファイナリーは経済性が合わず実現的ではない。○国内のバイオマス資源を前提にすると、全ての利用は経済性を失う。○農業と組み合わせるべき。○cf.課題10、56。○資源小国である日本にとっては、長期的には重要。但し、経済性を考慮すると外部環境(特に化石エネルギー価格)による。まずは高付加価値品を狙った開発テーマの見極めが重要。○技術の問題はほとんどない。コストだけの問題。○資源確保が阻害要因となる(製紙と同程度の大規模にしたい)。○課題57と59でリンクして海外で。(まず豪州か)</p>
58	<p>非化石資源(低炭素資源)であるバイオマス由来の水素・メタン等を利用した燃料電池</p> <p>○水素=燃料電池ではなく、工業燃料全般としての水素の価値を想定することが重要。○技術的な課題よりも経済性が問題。気体燃料よりも液体の方が良い。○地産地消のバイオマスの利用は東南アジアや中国等では将来的には可能性あり。○農業人口の減少、高齢化など、社会的課題が多い。○バイオマスとFCは組み合わせが良くない。○FC本体は特に課題はないかと思えます。○バイオマス由来の水素・メタンの製造法のことだろうか。水素・メタンになれば利用も可能。○リン酸型ではすでに実現。問題はコスト。○バイオマス由来は量的確保が難しいので、限定された所で行われ、日本では広域普及はしないと思われる。○コストが下がるか、バイオマスを集積する仕組み作りがポイント。○要素技術はそれぞれ開発が進んでいるが、燃料電池がどうしても必要か? という疑問。電力、熱を得るといふ目的であれば他の技術でもまずは良いのでは? ○燃料電池の開発とガス精製が問題となる。○バイオガスは、そのまま用いても低炭素であるため、水素に変換するドライブが掛からない。○必要性の認知度を上げる必要がある。○やる必要があるか?(ガス燃焼コジェネで充分?) ○下水汚泥や食品廃棄物の消化ガスを利用するリン酸型や溶融炭酸塩型燃料電池が市場で利用されている。○限定地域でのみ普及。広域普及はない。</p>
59	<p>熱帯地域等の日射量の高いサンベルト地域における、植物生産能力の高い遊休地での資源作物バイオマスプランテーション</p> <p>○遊休地開発リスクを低減するためには、国レベルの取組み(外交、協定等)が必要。○ブラジル、米国ではすでに大規模に実施している(サトウキビ、コーン)。○遊休地での資源作物作りが、自然環境の荒廃を招きかねない。○国際共同研究が必要。○「植物生産能力の高い」と「遊休地」の組み合わせはおかしいと思うのですが、利用されない理由があるのではないかと。○日本がメリットを受けられる仕組みが必要。○事業化が進められている。○日本では無意味。○課題57と59でリンクして海外で。(まず豪州か)○独法等では研究しているも、日本での産業にはならず、海外政府、企業との連携が必須。○すでに、東南アジア、ブラジルですすめられているはず。</p>
60	<p>非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによる CO₂ 排出 25%削減技術の開発</p> <p>○原子力の出力調整運転の実現。○再生可能エネルギーと既存技術の組み合わせか…。○バイオ燃料の導入にさえ否定的で25%減が実現できるはずがない。○今のところ日本でやる気がないから実現時期不明。○「最適利用システム」の意味が不明。○非化石ならば CO₂=0 でないでしょうか。○政府の強力なインセンティブがなければいつまでも実現しない。技術的な問題ではない。○非化石エネルギーが日本や世界のエネルギー源の 1/4 を占めることは考えにくい。○バイオマスと原子力の synergy は重要。カーボンマイナス(negative emission)が可能になる。○定義が不明。○抽象的にすぎる。○“CO₂ 排出”ではなく“化石資源消費”と読みかえるべき。</p>
61	<p>地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村</p> <p>○農工連携の更なる進展が必要。○wet 系バイオマスの利活用技術が重要。メタン発酵に代わる省エネ乾燥。○国の基盤ですから、「低コスト」に傾きすぎず、保護/助成コストを含めて割高でも、よいとは思いますが。○高コストだから利用しないのではないかと。○技術的には何時でも可能。問題はコスト。○肥料成分(リン)のリサイクルを考えたシステムが必要、単なるエネルギーとしてバイオマスを見るとコスト的に合わない。○長期的な取り組みが重要。○ローテクの組み合わせで、コスト面を解決した後に変更する効率化のためのハイテクを導入する。○バイオマスと原子力の synergy は重要。カーボンマイナス(negative emission)が可能になる。○農村の自立が先だが、低コストの条件が難しい。○農業法人を自由化して、そこで行うべき。○政府の支援による強力な推進が不可欠。○低コストでなくともすすめるべきと思う。(国策として)</p>
62	<p>水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム</p> <p>○省エネ乾燥技術の実用化が鍵。廃棄物にも処理が必要。○自治体プロジェクトとして社会システムで税金を使うべきところ。○浄化の規模と得られる燃料の量はインパクトあるのか疑問。○全体システムの目標設定とマネジメントがなければ実現不可。○低コスト化、高付加価値、併産が鍵。○水循環浄化を主眼とすべき。○バイオマスと原子力の synergy は重要。カーボンマイナス(negative emission)が可能になる。○農業法人を自由化して、そこで行うべき。</p>
63	<p>発光効率 10 lm/W を超える高効率 LCD、高効率 PDP パネル、発光効率および寿命を向上した有機 EL ディスプレイ、新原理のディスプレイ・デバイス・材料等</p> <p>○日本が技術開発のトップになることが重要。政府はこれを支援する責任を負う。○10lm/w は低い目標では? ○日本にとって重要な技術。世界との開発競争となる。○急速に技術開発が進む分野である。○日本の家電業界の発展に必要な技術。○開発の方向を絞るべき。</p>
64	<p>IC タグ用など、熱、振動エネルギー等による超小型高効率発電機</p> <p>○省エネとしての意義は小さいのでは。○ニッチな技術と考える。○省エネの視点よりも性能面で重要。○エネルギー量が小さいため、実現性に乏しい。○日本にとって重要な技術。世界との開発競争となる。○発電はできるか。高効率にはならない。○超小</p>

	型バッテリーへの電磁誘導充電の方が、現実的ではないか。○エネルギーが小さすぎる。
65	150℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ ○冷媒。○それ程需要は多くないと考える。○(熱源は何か？COPは3以上か？)が重要。150℃の根拠は？○排熱利用が必須。能力、温度、排熱形態の標準化が普及には必要。○太陽熱の利用で簡単にできる。○FEMS(特に熱マネジメント)との連携が必要。○エネルギー転換(化石燃料から電気)によるCO ₂ 削減効果は極めて大きい。○実現すればニーズは大きいと考えます。○150℃steamのエクセルギーは90℃温水の3倍あり、熱量は8倍以上あるので、相当な高効率化と大出力化が必要。○開発の必要性かなり。電気による熱を作るニーズはない。熱供給発電がベスト。○ニーズがどこまであるか不明。○環境から熱を吸い上げるとしたときにΔt(温度差)を大きくしたり、COPを大きく出来ないのではないか。○我が国がイニシアチブをとるべき。○実現されていると思う。
66	民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用COP≥8、給湯用COP≥6、排熱回収も含む) ○太陽光で発電し、太陽熱・地中熱などの自然エネルギーを活用することで、高効率なヒートポンプを開発中である。○既に(自分で)実証中。○今以上の効率向上には、熱交換の面積を劇的に大きくする必要があり、普及が難しい。○実効効率COPで判断。○NEDO主導「次世代型ヒートポンプシステムの研究開発」。○システム全体のCOP、その検定基準などが今後重要になる。○新冷媒の研究開発が重要。○実現すればニーズは大きいと考えます。○企業内での研究開発が進行中。近い将来に普及する可能性もあり。○地中熱の有効利用がポイントになるのではないか。しかしハードルがかなり高い気がする。○圧縮機の高効率化が必要。○我が国がイニシアチブをとるべき。○COPは熱源温度に依存するのでエクセルギー効率等の方が適切。○給湯用COP≥6がかなり難しい。冷媒問題。
67	超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低NO _x 化をはかった、家庭用小型コージェネレーションシステム ○一定の規模を持つ商用施設を中心に普及が図られるものと推測される。○高効率化しても家庭用コージェネはCO ₂ 低減に寄与しない。○コージェネでは脱化石ができない。○天然ガスと水素を混合したハイタンをローカルに生産し、家庭に供給するのが理想的。ローカルステーションでH ₂ も供給すればFCVの普及にも貢献。○家庭用コージェネの必要性をわからせる必要がある。○数kw級の家庭用エンジンの高効率は、技術的に達成が難しい。○HPの効率向上により無意味となる可能性大。○矛盾がある。希薄燃焼と高出力の両立はない。○家庭用システムには、高効率化できたとしても、燃料電池には対抗するのが難しい。○家庭内でのコージェネが普及するかが疑問。ニーズ、メンテナンスの手間などが課題。○家庭用SOFCがそろそろ実用化されようとしており、内燃機関の出番はないのではないかとと思われる。○PEFCに替わられる。○家庭用FCの方が普及する。
68	発光効率150lm/Wを超える、次世代高効率照明(LED、有機EL等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源 ○照明での省エネニーズは高い。技術革新も目覚ましく、今後普及が進むと推測。○20年後には、蛍光灯の生産は行われず、全てLEDになっている予感。○家庭の消費電力の削減による省エネルギー技術は重要。
69	自然エネルギー、自然通風、自然採光、及び雨水・地下水等の利用を可能とするエネルギー自立型建築技術 ○日本と欧米または、アジアなど地域により必要とされる技術や効果が異なることを明確にすることが大切。○比較的低層で、太陽光発電・自然採光・自然換気、雨水・地熱利用になじみがなく、熱負荷の少ない建物では、徐々にエネルギー自立型の試みが増えて行くと思われる。○気密断熱強化の方向もある。○要素技術は確立されている。コストの問題が課題である。○屋根、天井、床を高くし、軒を深く窓を大きく取ることで、冷暖房コストは大きく低減できる。建築規格、融資条件を見直すだけで普及加速。○やればすぐにでもできるが、重要性の流布をしていない。○環境共生住宅は鳴り物入りで始まったが、その後どうなったか。普及は望み薄な感じ。○日本発の提案にふさわしい。国際規格提案できると良い。○自然エネルギーを利用する建築技術は、百年住宅と共に、導入が進んでいく。○もっと本質的な省エネをやるべき。○コストがネックと思います。助成/義務化等を行えば、普及するのではないか。○ドイツの太陽エネルギー研究所ですでに実施。○日本が開発をリードできる分野。○既に技術はある。費用負担の解決のみ。○文化的な生活の日本には向かないのではないか。発展途上国ならではのニーズがありそう。○完全自立はハードルが高いが、さまざまな要素技術の組み合わせで一定の効果は見込めると思う。○技術的というより政策的課題である。○地中熱利用は大きなポイントになるはず。○ぜひ実現していただきたい。○低コスト化。○江戸時代の建築物で実現している。現在の建築物で実現することは困難(エネルギー密度の問題)。○レベルの問題。○住環境の目標レベル次第である。
70	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用した外燃スターリングエンジンによる動力回収システム ○太陽熱利用スターリングエンジンが実現している。但し、経済性、耐久性に問題。○効率は高くない。○まずは高効率化、低コスト化が普及の大前提。○CO ₂ フリーの未利用熱源である必要があるか？○スターリングエンジンの効率を向上させることが難しい。○太陽スターリングは実証済。排熱利用スターリングも実証済。○技術的難易度が高く実現できるか疑問。○スターリングエンジンは、限定された用途以外には、メリットがない。○低温スターリングエンジンは存在。普及の為の努力が必要。○地熱や海洋、廃熱で駆動できると良い。○技術的というより政策的な課題である。
71	エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール ○標準化されるような対象ではないと思います。○これがCO ₂ 排出量低減、省エネルギーの根本的課題。(重要)○基本的な手法は既にあるが、十分な活用や改良がなされていない。(エネルギー経済モデル、計量経済学的手法など)○スマートグリッドでGoogleが担当する領域であり、研究を日本で行うことは難しいのではないか(データがない)。○人間の心理を考慮した政策の重要度が増していく。○消費者心理は多様化しており、モデル化困難であり、その効果をあまり期待できない。それ以外の部分はある程度可能か。○さまざまな部門の有識者の集まりでの議論が必要。○評価対象によりモデルも変わると思うので、少しずつ改良しながら技術が進むという理解で記入。(完全無欠のモデルはないと考えられるため)○どう利用するかが重要。今まで日本はこの分野での戦略性に乏しい。○資源小国日本として重要。○永久に完成しない。モデル開発は重要であるが。
72	税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法 ○標準化されるような対象ではないと思います。○排出権取引に代わる施策が必要。(排出権取引は根本的解決にはならない。)○基本的な手法は既にあるが、十分な活用や改良がなされていない。(エネルギー経済モデル、計量経済学的手法など)○制度の組み合わせが重要になっていく。○さまざまな部門の有識者の集まりでの議論が必要。○どう利用するかが重要。今まで日本はこの分野での戦略性に乏しい。○日本にとって特に重要(政治的意味)。○結果は歴史でしかわからない。

6. 8. 未来技術年表

6. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分については 6.3.を参照

実現年	課題
2013	51 各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム (Building Energy management System、BEMS) (各種の BEMS が中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む) <区分J>
	69 自然エネルギー、自然通風、自然採光、及び雨水・地下水等の利用を可能とするエネルギー自立型建築技術 <区分L>
2014	18 集中型太陽熱発電(中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等) <区分D>
	52 宅内通信ネットワークを用いて家電機器、太陽光発電装置、蓄電池等を統合制御し、CO ₂ 排出を削減する家庭用エネルギー管理システム(HEMS) <区分J>
	55 中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギー管理システム(FEMS) <区分J>
	72 税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法 <区分M>
2015	22 風力発電出力予測技術 <区分D>
	71 エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール <区分M>
2016	49 プラグインハイブリッド自動車などのバッテリーを用いて需要家内や配電システムの需給制御を行う(V2G) <区分J>
	50 CPU の省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御など IT 機器やデータセンターなどのグリーン IT による、大幅な省エネルギー化技術(IT システムに係る電力利用効率がおよそ 2 倍になる) <区分J>
	59 熱帯地域等の日射量の高いサンベルト地帯における、植物生産能力の高い遊休地での資源作物バイオマスプランテーション <区分K>
2017	09 超重質原油・非在来型石油資源(オイルシェール、オイルサンド等)の燃料化等の有効活用技術 <区分C>
	10 石炭やバイオマス、廃棄物等の多原料から、電力、合成燃料および化学原料を併産するプロセス技術(コプロダクション・コプロセッシング) <区分C>
	33 固体酸化物形定置用燃料電池 <区分F>
	39 中小ガス田向きの天然ガスの海上液化基地(FLNG) <区分G>
	54 都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネルギーを活用(建物間で電力・熱・水などを融通)し、物質循環と一体となった面的利用エネルギーシステム(都市部のヒートアイランド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづくりに寄与する) <区分J>
	63 発光効率 10 lm/W を超える高効率 LCD、高効率 PDP パネル、発光効率および寿命を向上した有機 EL ディスプレイ、新原理のディスプレイ・デバイス・材料等 <区分L>
	64 IC タグ用など、熱、振動エネルギー等による超小型高効率発電機 <区分L>
	65 150℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ <区分L>
	66 民生用超高効率ヒートポンプ(空調機用 COP≥8、給湯用 COP≥6、排熱回収も含む) <区分L>
	15 大規模で高効率のガスタービン(入口温度 1700℃以上)による大型複合サイクル発電 <区分C>
2018	38 自然エネルギーの活用が充分に行われ、さらに雷による停電のない高品質電力供給システム <区分G>
	53 原子力をはじめとした大型電源から太陽光などの分散型電源および需要機器まで、全体の需給バランスを ICT を活用し最適に運用することにより、低コスト、安定供給、低炭素化電力供給が可能となるような次世代送配電ネットワーク技術 <区分J>
	56 バイオマス発酵・ガス化融合型バイオ燃料・水素の併産プロセス <区分K>
	58 非化石資源(低炭素資源)であるバイオマス由来の水素・メタン等を利用した燃料電池 <区分K>
	67 超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低 NO _x 化をはかった、家庭用小型コジェネレーションシステム <区分L>
	68 発光効率 150 lm/W を超える、次世代高効率照明(LED、有機 EL 等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源 <区分L>
	70 CO ₂ フリーの未利用熱源を利用した外燃スターリングエンジンによる動力回収システム <区分L>
2019	16 発電効率40%のセラミックスマイクロガスタービン <区分C>
	20 変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池 <区分D>
	21 メガワットクラス以上の出力を有する海洋エネルギー資源利用発電技術(波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等のいずれか) <区分D>
	32 1kW 級で 50 万円以下の固体高分子形定置用燃料電池 <区分F>

実現年	課題
2019	41 移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度100Wh/kg以上、力密度2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)〈区分H〉 48 所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術〈区分I〉 57 バイオリファイナリーによるケミカル・エネルギー併産システム〈区分K〉 61 地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村〈区分K〉
2020	04 商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術〈区分A〉 08 微粉炭火力発電の高効率化を目指した750℃級蒸気タービン仕様の超々臨界圧発電技術(A-USC)〈区分C〉 13 長期監視技術を伴ったCO ₂ の地下貯留技術〈区分C〉 17 石炭ガス化発電に燃料電池を組み合わせた高効率発電技術(IGFC)〈区分C〉 27 太陽光で水を分解する水素生産プロセス〈区分E〉 34 燃料電池(熔融炭酸塩形、固体酸化物形)をベースにしたコンバインドシステム〈区分F〉 45 燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)〈区分I〉 47 燃料電池を搭載した機関(船舶、鉄道)〈区分I〉 60 非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによるCO ₂ 排出25%削減技術の開発〈区分K〉
2021	19 シリコンやGaAsを用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術〈区分D〉 24 CO ₂ 回収・貯留(CCS)技術との組合せによる化石燃料を原料としたCO ₂ フリー水素製造技術〈区分E〉 29 国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術〈区分E〉 42 MW規模の系統連系安定化用低コスト二次電池(サイクル寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)〈区分H〉
2022	06 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術〈区分A〉 12 エネルギー消費が少なく、低コスト(1000円/CO ₂ トン以下)なCO ₂ 分離・回収技術〈区分C〉 14 CO ₂ を物理的、化学的、生物的に固定し有効活用する技術〈区分C〉 31 熔融炭酸塩形燃料電池による、数十万キロワット級の中・大規模発電〈区分F〉 37 天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術〈区分G〉 46 固体高分子形自動車用燃料電池(寿命:15年以上、コスト:4千円/kWh以下(100万台/年)、外部無加湿、-40℃~120℃対応)〈区分I〉 62 水棲バイオマスプランテーションによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム〈区分K〉
2023	03 中・小型熱電併給原子炉〈区分A〉 11 メタンハイドレート採掘利用技術〈区分C〉
2024	44 1MW、50kWh級電力貯蔵用超伝導フライホイール〈区分H〉
2025	36 日本を含む国際連系電力ネットワークシステム〈区分G〉 43 数十kWh級系統安定化用のSMES(超伝導磁気エネルギー貯蔵システム)(コスト5~7万円/kWh)〈区分H〉
2026	01 濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術〈区分A〉 25 革新的水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量10重量%以上、放出温度100℃程度)〈区分E〉 26 原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術〈区分E〉 28 再生可能エネルギー(風力・太陽光等)で製造したCO ₂ フリー水素の国際的な需給ネットワーク〈区分E〉
2027	40 超伝導送配電網〈区分G〉
2029	02 高速増殖炉サイクル技術〈区分A〉
2033	05 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術〈区分A〉
2035	23 宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)〈区分D〉
2041以降	07 核融合発電〈区分B〉

6. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については 6.3.を参照

実現年	課題
2018	51 各種センサ、計測器により室内環境や設備の運用状況を監視し、ビル内のエネルギー・環境負荷を管理するシステム (Building Energy management System、BEMS) (各種の BEMS が中小規模の建物まで広く普及し、業務部門の自動化された省エネルギーが進む) <区分J>
2019	22 風力発電出力予測技術 <区分D> 30 携帯機器用小型燃料電池の本格普及 <区分F> 35 太陽電池などの再生可能エネルギーと燃料電池などをハイブリッドした住宅のエネルギーシステムの本格普及 <区分F> 52 宅内通信ネットワークを用いて家電機器、太陽光発電装置、蓄電池等を統合制御し、CO ₂ 排出を削減する家庭用エネルギーマネジメントシステム (HEMS) <区分J> 55 中小企業でも導入可能な工場全体のエネルギーマネジメントシステム (FEMS) <区分J> 72 税制、法制度、排出権取引制度、グリーン認証制度の政策効果などを、定量的に評価できる手法 <区分M>
2020	50 CPU の省電力化、液体冷却、サーバーの統合・仮想化、空調設備の電力制御など IT 機器やデータセンターなどのグリーン IT による、大幅な省エネルギー化技術 (IT システムに係る電力利用効率がおよそ 2 倍になる) <区分J> 69 自然エネルギー、自然通風、自然採光、及び雨水・地下水等の利用を可能とするエネルギー自立型建築技術 <区分L> 71 エネルギー需給双方に影響を及ぼす消費者心理、セキュリティ、リスク、政策効果等が分析出来るエネルギーシステムの社会経済モデル・ツール <区分M>
2022	49 プラグインハイブリッド自動車などのバッテリーを用いて需要家内や配電システムの需給制御を行う (V2G) <区分J> 66 民生用超高効率ヒートポンプ (空調機用 COP \geq 8、給湯用 COP \geq 6、排熱回収も含む) <区分L>
2023	18 集中型太陽熱発電 (中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等) <区分D> 39 中小ガス田向きの天然ガスの海上液化基地 (FLNG) <区分G> 63 発光効率 10 lm/W を超える高効率 LCD、高効率 PDP パネル、発光効率および寿命を向上した有機 EL ディスプレイ、新原理のディスプレイ・デバイス・材料等 <区分L> 64 IC タグ用など、熱、振動エネルギー等による超小型高効率発電機 <区分L> 65 150℃を越える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ <区分L> 67 超希薄燃焼による高効率化、高圧縮比化による高出力化・小型化、低 NO _x 化をはかった、家庭用小型コージェネレーションシステム <区分L> 68 発光効率 150 lm/W を超える、次世代高効率照明 (LED、有機 EL 等の素子高効率化、材料の改善等)、マイクロキャビティ/クラスター発光等の高効率高演色白色光源 <区分L>
2024	10 石炭やバイオマス、廃棄物等の多原料から、電力、合成燃料および化学原料を併産するプロセス技術 (コプロダクション・コプロセッシング) <区分C> 32 1kW 級で 50 万円以下の固体高分子形定置用燃料電池 <区分F> 33 固体酸化物形定置用燃料電池 <区分F>
2025	09 超重質原油・非在来型石油資源 (オイルシェール、オイルサンド等) の燃料化等の有効活用技術 <区分C> 15 大規模で高効率のガスタービン (入口温度 1700℃以上) による大型複合サイクル発電 <区分C> 41 移動体用 (車載用など) 低コスト二次電池 (重量エネルギー密度 100Wh/kg 以上、力密度 2000W/kg 以上、コスト 3 万円/kWh 以下) <区分H> 53 原子力をはじめとした大型電源から太陽光などの分散型電源および需要機器まで、全体の需給バランスを ICT を活用し最適に運用することにより、低コスト、安定供給、低炭素化電力供給が可能となるような次世代送配電ネットワーク技術 <区分J> 54 都市部や住宅地域において街区単位で自然・未利用エネルギーを活用 (建物間で電力・熱・水などを融通) し、物質循環と一体となった面的利用エネルギーシステム (都市部のヒートアイランド現象を緩和し、都市部でも郊外でも低炭素コミュニティづくりに寄与する) <区分J> 56 バイオマス発酵・ガス化融合型バイオ燃料・水素の併産プロセス <区分K>
2026	38 自然エネルギーの活用が充分に行われ、さらに雷による停電のない高品質電力供給システム <区分G> 58 非化石資源 (低炭素資源) であるバイオマス由来の水素・メタン等を利用した燃料電池 <区分K> 59 熱帯地域等の日射量の高いサンベルト地帯における、植物生産能力の高い遊休地での資源作物バイオマスプランテーション <区分K>
2027	08 微粉炭火力発電の高効率化を目指した 750℃級蒸気タービン仕様の超々臨界圧発電技術 (A-USC) <区分C> 16 発電効率40%のセラミックマイクロガスタービン <区分C> 20 変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池 <区分D>

実現年	課題
2027	48 所要馬力が20%程度低減する船舶の摩擦抵抗低減技術〈区分I〉 61 地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村〈区分K〉 70 CO ₂ フリーの未利用熱源を利用した外燃スターリングエンジンによる動力回収システム〈区分L〉
2028	04 商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術〈区分A〉 34 燃料電池(熔融炭酸塩形、固体酸化物形)をベースにしたコンバインドシステム〈区分F〉 57 バイオリファイナリーによるケミカル・エネルギー併産システム〈区分K〉
2029	12 エネルギー消費が少なく、低コスト(1000円/CO ₂ トン以下)なCO ₂ 分離・回収技術〈区分C〉 13 長期監視技術を伴ったCO ₂ の地下貯留技術〈区分C〉 17 石炭ガス化発電に燃料電池を組み合わせた高効率発電技術(IGFC)〈区分C〉 19 シリコンやGaAsを用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術〈区分D〉 24 CO ₂ 回収・貯留(CCS)技術との組合せによる化石燃料を原料としたCO ₂ フリー水素製造技術〈区分E〉 42 MW規模の系統連系安定化用低コスト二次電池(サイクル寿命:20年以上、コスト1.5万円/kWh以下)〈区分H〉 47 燃料電池を搭載した機関(船舶、鉄道)〈区分I〉 60 非化石エネルギーの組合せ最適利用システムによるCO ₂ 排出25%削減技術の開発〈区分K〉
2030	21 メガワットクラス以上の出力を有する海洋エネルギー資源利用発電技術(波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等のいずれか)〈区分D〉 45 燃料電池自動車への水素供給インフラネットワーク(水素ステーション:5000箇所)〈区分I〉 62 水棲バイオマスプラントによる水環境浄化とバイオ燃料・ケミカル併産システム〈区分K〉
2031	11 メタンハイドレート採掘利用技術〈区分C〉 14 CO ₂ を物理的、化学的、生物的に固定し有効活用する技術〈区分C〉 29 国内の低コスト水素供給を可能とする水素輸送・貯蔵技術〈区分E〉 31 熔融炭酸塩形燃料電池による、数十万キロワット級の中・大規模発電〈区分F〉 46 固体高分子形自動車用燃料電池(寿命:15年以上、コスト:4千円/kWh以下(100万台/年)、外部無加湿、-40℃~120℃対応)〈区分I〉
2032	27 太陽光で水を分解する水素生産プロセス〈区分E〉 37 天然ガス輸送手段としてのメタンハイドレートのハンドリング技術〈区分G〉
2033	03 中・小型熱電併給原子炉〈区分A〉 44 1MW、50kWh級電力貯蔵用超伝導フライホイール〈区分H〉
2034	01 濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術〈区分A〉 06 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術〈区分A〉 25 革新的水素貯蔵材料技術(水素貯蔵量10重量%以上、放出温度100℃程度)〈区分E〉
2035	28 再生可能エネルギー(風力・太陽光等)で製造したCO ₂ フリー水素の国際的な需給ネットワーク〈区分E〉 36 日本を含む国際連系電力ネットワークシステム〈区分G〉 43 数十kWh級系統安定化用のSMES(超伝導磁気エネルギー貯蔵システム)(コスト5~7万円/kWh)〈区分H〉
2036	26 原子力・太陽熱・地熱等を利用した超高温水素製造技術〈区分E〉
2037	40 超伝導送配電網〈区分G〉
2038	02 高速増殖炉サイクル技術〈区分A〉
2040	05 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を核変換して、廃棄物量を激減させる技術〈区分A〉
2041以降	07 核融合発電〈区分B〉 23 宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)〈区分D〉

No.7 分科会「水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う」の調査結果

目次

7. 1. 将来展望.....	507
7. 1. 1. 総論.....	507
7. 1. 2. 未利用資源.....	509
7. 1. 3. 農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む).....	510
7. 1. 4. 水資源.....	512
7. 1. 5. 環境・再生資源・リサイクル(有害物質を資源に転換)・LCA.....	513
7. 1. 6. 炭化水素資源、鉱物資源および CCS.....	515
7. 1. 7. 太陽利用、宇宙放射線.....	516
7. 1. 8. 資源基盤技術(データベース)、資源にかかわる人文・社会融合領域(合理点合意点の模索等)、 資源を生み出す利益の訂正配分、人材育成.....	517
7. 2. アンケート調査の回収状況.....	520
7. 3. 課題の区分.....	521
7. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	522
7. 4. 1. 課題の重要性.....	522
7. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	525
7. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	526
7. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	529
7. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	530
7. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	534
7. 4. 7. 新規提案課題.....	536
7. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	537
7. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	537
7. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	537
7. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	539
7. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	541
7. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	542
7. 6. 集計結果一覧.....	544
7. 7. 課題別コメント.....	560
7. 8. 未来技術年表.....	565
7. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	565
7. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	567

7. 1. 将来展望

7. 1. 1. 総論

(1) 概略

本分科会では、人類、さらに日本が必要とする資源へのアクセスに関わる科学技術を対象とした。当然それらの精製や利用の技術と密接に結びついて初めて有用な資源となるが、既存技術の延長であれば、本分科会の対象とする科学技術には含めていない。一方、現時点で利用技術ができていない、あるいは利用技術が低いレベルにある資源もあり、資源供給の拡大のために必要な精製などの利用技術も一部包含されている。

さらに、現時点では資源と考えられていない地球や宇宙に賦存するエネルギー・資源のポテンシャルを利用して、資源が創出されることも考えられる。かなり主観的にはなるが、50年の間には実現する可能性もあり、場合によって資源問題の長期的なアクセス対象になりうる課題もある。

このような考えに基づき、①未利用資源、②農林水産資源、③水資源、④環境保全・回収再生資源、⑤炭化水素資源、鉍物資源および二酸化炭素貯留(CCS)、⑥太陽・宇宙を利用する資源、⑦資源基盤、資源に関わる人文・社会融合・人材育成療育の7区分を設定した。

未利用資源は、存在は明確に認識されているが、現時点では経済的採取技術が確立していない資源と定義し、その開発のための重要技術を掲げた。農林水産資源は、地球上の生物を資源として、高度・広範に活用するための技術の中から、海洋の有用生物資源の利用、砂漠等耕作不適地の活用、生物資源の分子生物科学的な改良、生物資源のカスケード利用、金属精錬への応用を選び出している。水資源について、地球上の賦存状況を水の質を含めて解明し、さらに気象科学との融合技術を設定している。加えて、造水・浄水技術、地球上での融通技術を掲げている。環境保全・回収再生資源は、産業・生活から排出されて環境負荷を増大する物質を捕捉して、環境を改善し、かつ資源として活用するための技術を掲げた。現在、人類が強く依存している炭化水素、鉍物資源、ならびに炭化水素の燃焼から排出されるCO₂を捕捉・隔離・貯留するサイトを資源と捉えて、今後これらの資源を継続利用するための技術を設定している。太陽・宇宙を利用する資源では、将来の太陽・宇宙のエネルギーと資源の利用における地球・宇宙空間規模の技術を設定した。最後の区分では、人類の利用できる資源を、地球規模の賦存をバーチャルな移動を含めて、より正確に把握し、さらに資源の開発利用に関わる社会受容を担う地球全域、国家間、地域および市民の合意を確立する技術方法論を設定した。

これら7区分に59の課題を設定し、意見・評価を聴取した。現在のみならず、今後人類が必要とする資源を広く捉え、資源間の融通変化を含めて資源として、その賦存・採取・輸送・精製・利用、さらに技術実施における合意形成に関する技術を本分科会対象と規定し、時代的な変化を認識しつつ、取り上げている。

(2) 調査のまとめ

(i) 期待と重要度

7区分において、聴取者の50%以上が世界と日本の双方にとり重要であると認定した課題は35に達している。これに対して、特に50%以上で日本にとり重要とされた課題は11に留まっている。資源が地球、さらに宇宙に賦存し、人類全体が利用する状況を考えれば、この分布は当然である。もちろん、日本国内には資源賦存が極めて限定されている事情を反映しているとも考えられる。つまり、日本国内に賦存しない資源が、日本にとって重要であり、かつ国際的な競争と協調の中で利用できるという現実に基づいて判断されていると考えられる。60%を超える重要判定は31課題である。70%を超える多数で重要と判定した課題は、①太陽エネルギーに関わる技術(3課題)、②植物系バイオマスの生産技術(4課題)、③水資源の地球規模把握(5課題)、④石炭等炭化水素資源の排出物を含めた高度利用技術(5課題)、⑤二酸化炭素地中貯留に関わる技術(2課題)、⑥資源、省エネルギー環境に関わる国際協同・国際合意の方法論・事業(3課題)、その他(1課題)で、計23課題となっている。これらの6課題群には50%以上の重要判定課題が複数随伴している。その内訳は①バイオマスの分子生物学関連(2課題)、②水資源管理についての技術(1課題)、③回収リサイクルについての技術(2課題)、④

化石資源提案(3課題)、⑤CO₂貯留技術(1課題)、⑥国際協同(2課題)となっており、11課題が最重要課題に関連している。つまり、最重要技術とその関連技術の合計が34課題になっているので、重要技術の対象課題が集中していると判定できる。

(ii) 技術的実現と社会的適用の予測

本分科会の重要課題で、2015年迄に技術的・社会的に実現すると予測された課題は、課題4「バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術」、課題23「逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築」、課題28「経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術」、課題52「コークス用炭の世界規模での品質と資源量の把握」の4課題であった。ほとんどの課題が、2020年頃までに技術的実現が予測されている。2030年以降の技術的・社会的実現を予測された技術は、宇宙資源の課題のみで、現時点では重要度はあまり高くないと判定されている。この分野は、専門度の低い集団からの回答が過半を占めることに留意する必要があるが、課題が長期的すぎるという判断と思われる。

(iii) 技術的実現および社会的実現を牽引するセクター

技術的実現を牽引するセクターは、2020年以降実現の長期的課題については大学、公的研究機関が主である。一方、2020年以降の社会的実現が予定される課題については、大学、公的研究機関、民間企業の連携によって実現されることが期待されていて、当然、これらの課題の社会的実現には企業の役割が大きい。モニタリングシステム構築等の、企業の直接的な事業になりにくい課題については、大学、公的研究機関が技術実現の牽引セクターとならざるを得ず、社会的実現には政府の果たす役割が大きい。特に国際的あるいは国家間交流を含む課題、紛争解決課題に対する政府への期待は大きい。一方、二酸化炭素貯留等の非採算事業についても民間・政府の連携が期待されていることは注目される。

(3) 本分科会で扱う科学技術、目的実現のための政策提言

資源全般にわたって乏しい我が国が自然環境を保全しつつ、高生産性、高生活水準を維持していくためには、多種多様な資源の獲得、一層の環境負荷低減、精錬高度利用、排出物の管理・再資源化などに関する科学技術を時代に適応して高度・先進化していく必要がある。加えて、全地球の資源、さらには宇宙空間の資源を広い視点から捉え、我が国のような資源の恩恵を受ける需要国には、資源産出国の利益にも十分に配慮する政治・経済的な倫理観の醸成が求められる。資源の需要拡大に伴って未利用資源への挑戦も長期的には必要となる。そのためには、遠い将来を見通した研究着想も必要で、その努力を継続できる社会の十分な理解と支援が不可欠である。従って、本分科会で扱う科学技術の実現、経済性の獲得に対して、相当に長期の構想を持つことが望ましく、さらに技術課題に対する努力を継続していかなければならない。ここで、新規な技術を生み出す資源の価値や経済性は、時代の要請するニーズによって著しく変化することにも留意しなければならない。つまり、現時点で技術的・経済的に不可の技術であっても、今後著しく増大する需要によって実現が加速されることもある。

我が国は、これまで大需要国として産出国に対し優位を主張できる状況に置かれていた事も否定できない。しかし、新興国の急速な経済成長は、そのような我が国の優位性を根底から覆すことは明瞭であり、今後、他の優位を強化することが不可欠である。そのための科学技術を目指すことも、本分科会の目標となる。もちろん、国として総合力の裏打があって、我が国の資源供給が保証されることも銘記しておかなければならない。つまり、一見陳腐な技術であっても、資源産出国の要求に合致することもあり、磨き上げておくことも大切である。一方、現時点ではサイエンスフィクションのような夢想的科学技術であっても、需要拡大の速度から21世紀内での実現もありうる。つまり、長期にわたる研究開発のコストをミニマムにしながら継続する知恵が必要になることも、本分科会の特徴である。

以下に各区分において、特に推進すべき重要課題ならびに長期実現性を目指す課題を掲げる。

- (i) 資源に関して地球上全人類の持続的な生存を可能にする科学技術・環境・経済・政府・社会を包括する理論と実践の総合的哲学の構築
- (ii) 大きな変貌が予見される資源の需給バランスの崩れを防止できる科学技術の体系的な運用企画、極端なバランスの崩れに対応する多種の企画
 - (a) 既製技術の地球規模での普及を可能とする画期的なイノベーション
 - (b) 宇宙空間をも視野に入れた未来科学技術へのブレークスルー
- (iii) 資源産出国との相互互惠の観点から、資源が乏しい我が国の存在を支える科学技術・産業の時間軸を考慮した振興開発の指針
- (iv) 資源の輸入・消費と製品輸出のサイクルで成長した我が国の産業立国モデルの 21 世紀における発展的再構築と鍵となる人材育成能力増強の指針
- (v) 地球上の生命資源に対する極限利用の追求と利用限界の明示を可能にする科学技術ブレークスルーと利用政策の論理的構築

(4) 政策提案

多様な資源に関わる科学技術の振興・推進すべき選択についての政策提案は、前述の要約と共に各区分のまとめを参照していただくことで、資源に関わる包括的な提案を上記5つの視点から発議できよう。この提案にはブレークダウンが必要であるが、本調査で汲み上げられた重要課題が概ね対応するであろう。

(持田 勲)

7. 1. 2. 未利用資源

(1) 区分の概要

未利用資源とは、存在や利用可能性は確認されているが、技術的・経済的な制約により開発・利用が進んでいないエネルギー資源や鉱物資源である。今回の調査では、これらの中でも深海底に存在するマンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床などの鉱物資源、深海底下や永久凍土下の地層に存在するメタンハイドレート資源、深部地熱資源、地表水・海水を使用した温度差エネルギーなどを取り上げた。

深海底における鉱物資源やメタンハイドレート資源は、探査・開発・操業コストの高さのために商業的生産は現状では困難であるが、日本の排他的経済水域内における豊富な資源量が確認されているため、資源の海外依存度が高い我が国にとって重要な資源であり、早期の開発技術の確立が望まれる。深部地熱資源はその多くが国立公園や温泉地域である火山・地熱地域に偏在するため、環境保護の観点や地元の反対により近年では新規開発が難しい状況である。しかしながら、地熱エネルギーは環境負荷の小さいかつ純国産の再生可能エネルギーであるため、効率的にこれらを利用するための探査・モニタリング技術の開発の重要性は高く、さらに防災面においても火山等のモニタリング技術は確立すべき重要な技術である。

低温の地熱資源や地表水・海水を熱源とし、ヒートポンプやバイナリー発電により利用する技術は国内外で研究が進んでおり、少数ではあるが国内でも実用化されている。これらは再生可能かつ省エネルギー効果やヒートアイランド現象抑制効果が高いため、技術開発により普及件数を増加させることは地球温暖化対策・低炭素化社会の実現という観点から重要性が高いと考えられる。これら技術の課題は熱源のエネルギー密度の低さ、初期投資が高額さであり、これらの克服が普及に重要である。

(2) 調査結果

今回のアンケート調査において、未利用資源では7課題中5課題において90%以上の回答者より重要であるという回答を得ており、特にメタンハイドレート資源、海底鉱物資源、深部地熱資源の重要度は高いと認識された。また未利用資源全体としては他分野と比較して「特に日本において重要」という回答が多く得られ

たが、これは海底鉱物資源、メタンハイドレート、地熱資源などは日本における豊富な賦存量が確実と考えられている資源であり、その開発が資源やエネルギーの安全保障という観点で我が国にとってきわめて重要と考えられているからであろう。技術的実現を牽引するセクターとしては複数セクター連携の割合が高いが、これはメタンハイドレート資源、海底鉱物資源、深部地熱資源などの開発には、非常に高度な技術を必要とする大水深海洋掘削や高温地層における掘削を必要とするため、これらの実現には政府による研究資金の投入に加えて、石油開発産業などの民間企業で培われた技術力が必要との認識に基づくと考えられる。社会的実現を牽引するセクターとしては民間企業の割合が高いが、これは未利用資源採取技術の確立後は民間企業を中心とした資源開発が行なわれるべきであるという予測に基づいていると考えられる。

(3) 今後の展望

今回の調査で取り上げた未利用資源において、今後 10 年以内に技術的に実現可能と予測された技術は低温地熱資源の利用技術、地熱資源モニタリング技術などであり、これらは技術的には一部実用化されていることを考えると妥当な結果と考えられる。環境負荷の小さいエネルギー供給を実現するこれら技術の普及促進には、地熱開発における規制緩和や地熱調査事業に対する政府の支援が重要である。

大水深掘削や海底探査を必要とする海底鉱物資源、メタンハイドレートなどの開発に関する技術的実現時期は 2021 年-2030 年、社会的実現時期は 2031 年-2040 年という意見が多数を占めた。すなわち、海底鉱物資源、メタンハイドレートの開発に関しては、現在政府主導による複数の技術開発プロジェクトが進んでいるものの、これら資源の開発が容易ではないという見方が一般的であることがわかる。しかしながら、天然資源に恵まれない我が国において、日本領海に大きいポテンシャルが存在すると予測されるこれら資源の開発のための技術開発の重要性は非常に高いと認識されており、これら実現のためには公的機関・大学・民間企業による一層の技術開発と政府の研究支援が重要であると考えられる。

(藤井 光)

7. 1. 3. 農林水産資源（森林保全、バイオハザード等を含む）

(1) 区分の概要

本区分では、生物とそれに由来する物質（ただし化石資源を除く）を中心に、資源の育成、保全（森林を含む）ならびに環境修復（バイオハザードを含む）を対象とした。従来の資源は、有限であるにもかかわらず、食料、素材、ケミカルズや燃料の原料として、利用推進が加速されてきた経緯がある。ところが、近年は、枯渇傾向に陥る資源が顕在化し、生物資源の有する再生産特性に配慮した利用手法の導入が重要性を増している。また、地球環境/地域環境の問題への関心が高まる中、生物資源が備える再生時/物質生産プロセス時における環境負荷軽減機能あるいは環境修復機能を活かした利用技術の開発は、今後ますます重要になると考えられる。一方において、生物資源の持つ膨大なポテンシャルに比較し、これまでに達成された利用範囲は限定的であり、多くが未開発のまま放置されていたり、廃棄物として処理されているのが現状である。本区分は、未利用資源の有効利用を通して、付加価値の高い製品（食糧、薬品、素材、エネルギー原料など）の創造に資する生産プロセスを具現化させる。あわせて、生物資源に内在する機能評価を介して、環境修復に資する持続可能性も追求する。さらに、生物資源の生産、利用、保全は、地域の社会システムにも大きく貢献できることから、他の分野との連携を図る。

(2) 調査結果

< 重要度 >

食糧、素材、薬品、エネルギー原料など本区分で扱う生物資源には、人間生活に直結する事項が多く含まれており、イメージを掴み易かったのかも知れない。そのため、アンケートに問われた 10 課題のほとんどにおいて、「世界・日本双方にとり重要」「特に日本にとり重要」との回答を得ている。わけでも、課題 9「形、大きさ、開花時

期など、植物の成長をコントロールする遺伝子基本ネットワークの解明」ならびに課題 16「バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術」において「特に世界・日本双方にとり重要」と回答する割合、課題 08「生物多様性の保全に資する、マグロ等の高度回遊性魚類の包括的な利用技術」において「特に日本にとり重要」と回答する割合、課題 12「砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技術(遺伝子組み換え作物等)」において「特に世界にとり重要」と回答する割合は、全区分の中でも高い数値を得ている。そのほか、課題 15「中緯度温帯地域でもシステム成立可能な高収量かつ輪作を可能とする草本系などのバイオマス商業生産技術」と課題 10「DNA マーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質(環境体制、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術」も重要課題として挙げられている。

<実現時期>

これらの課題の実現時期について、大半において「2016-2020 年」あるいは「2021 年-2025 年」の回答を得ている。「一括にはできない」とのコメントにもあるように、各課題の包括する範囲が広く、求められる要求レベルも多層にあることから、全てを 2025 年までに実現するのは困難であろうが、ここ 10 年のうちには可能なものから部分的・段階的に実用、導入されていくものと思われる。

<牽引セクター>

課題実現のための牽引セクターとしては、大学および公的研究機関に対する期待が高いが、民間企業や複数セクター連携に対しても一定の期待が寄せられている。これには、課題が広範囲に及んでいることに加えて、遺伝子操作、ゲノム技術ならびに微生物を利用した製品に関連する課題においては、基礎的・先端的研究を実施する大学や公的機関から実用化を担う企業に向けた情報伝搬が予想されたものと思われる。一方、砂漠緑化(植生再生)、原料バイオマスの商業生産、バイオマスのカスケード利用や広域森林モニタリングなどスケールの大きな課題では、単独の大学/公的機関による実施は難しいと判断されたため、企業や複数セクターによる実施が期待されたものと理解される。

<その他コメント>

アンケートに供された課題のほとんどにおいて、「重要である」あるいは「期待している」との回答を得ている。しかし、ゲノム、遺伝子操作ならびに土壌/植生改良(緑化や品種改良作物の商業規模生産)などの一部の課題については、「実用化は慎重に」、「有効利用以前に資源の確保を」あるいは「大規模の実施は本当によいのか?」といったコメントが寄せられている。技術的課題遂行に伴い、遺伝子操作や生態系変化などの社会、倫理への影響も指摘されており、穀物系バイオマスからバイオエタノール製造を世界的規模で始めたことによる世界規模での食糧価格の高騰などの間接的な副次効果も指摘されるなど、単なる技術開発に留まるだけでなく、社会的なコンセンサスを得ながら遂行していくことが、実用化の一端を担うことも示唆されている。

(3) 将来展望

生物資源は、食糧、素材、燃料、医薬品などを網羅し、人類の生存の根幹にかかわる資源である。再生可能であり、地球環境対策(CO₂ 固定、砂漠化防止、塩害化防止)および地域環境対策(土壌流出対策、洪水対策、廃棄物処理対策)にも効果を発揮させることができる。開発余地の乏しい我が国の現状を考慮すると、将来にわたる資源の有効利用には、全地球を視野に入れた取り組みが急務となる。そのためには、今後、持続可能性を担保に、諸外国との連携強化が必須となる。地域レベルの環境改修復技術の開発は、生物多様性の回復・保全に寄与する。健全な生態系の再建を通して、生態系サービスの享受が許されるようになる。波及効果によりもたらされる環境収容力の引き上げには、資源水準の向上が期待される。一方において、分子生物学的手法の導入により、利用効率に優れた新規資源の作出に道がひらかれる。生態系内におけるバイオハザード化の排除、あるいは消費者における安心・安全の確保が課題となる。農林水産資源の開発に際しては公共性が反映されるため、大学や公的機関等のセクターに牽引を担うことを要望する意見は多い。技術的実現予測時期と社会的実現予測時期の乖離を解消するためには、利益を共有しないグループを対象にした合意形成技術の開発が望ま

れる。

今回、本区分で取り上げた課題の中には、「深海微生物利用による食品、医薬品等の生産」あるいは「空中窒素固定向上の植物ゲノム技術」のように最先端の研究をラボスケールで実施することが要請されるものから、「バイオマスの商業生産技術」あるいは「砂漠における植生再生」のようにフィールドにおける実践が必要とされるものまで多岐にわたっているため、一概に展望を述べることは容易ではない。ただ、生物資源の有効利用に関しては、個々の技術の克服だけでなく、社会的な合意形成も含めて、地域における有効な社会システム(生産、収集、利用、後処理の一連のシステム)の構築が要となるが、体制を整えていく中で、新たに雇用創出を実現する需要の掘り起しも可能になり、その意味でも有望であると考えられる。

将来的には、生物生産の過程は多様化の道を進み、植物・動物工場 (and/or プランテーション) のように生産性の追及に特化した現場がある一方で、砂漠化や塩害による環境変化が著しい地域や海洋などのように環境修復と生産の両立が必要とされる空間が含まれることを念頭におきながら、最適な利用戦略を適応的に構築していくことが強く望まれる。

(小木 知子、井口 恵一朝)

7. 1. 4. 水資源

(1) 区分の概要

40 億年前に生まれた水は長い年月を経て、豊かな自然を育むとともに人類の持続的な発展を支えてきた。しかし、20 世紀に入り温暖化にともなう気候変動や技術革新、社会様式の変化にともない、地球規模の水循環の健全性が失われつつある。このため、水資源確保に向けた社会的な重要性は世界的課題として認識され、様々な分野で積極的な取り組みが行なわれている。

ここでは科学技術の側面から、a) 将来に向けた適正な水管理を実現するためのデータベースや予測技術の構築、b) 人類や生態系、産業を支える水処理技術、c) 水需要の拡大と水偏在化に対応する造水や水再利用技術、d) 生態系保全に向けた環境修復技術、などを中心とする水の資源管理・生産・利用に関する領域を対象とする。

水資源管理に関して、衛星による気象観測技術やコンピューターの計算能力は目覚ましい発展を遂げている。地球規模から都市部の地表面の流出まで正確に予測することは、豪雨や洪水被害を軽減するとともに水源管理の面でも重要な課題であり、信頼性を高めるための努力が続けられている。水処理や利用技術については、すでに実用化され普及が拡大している膜分離技術の省エネ・システム化、難分解性有機化合物を分解する新しい微生物(アナモックス菌、揮発性有機化合物分解菌など)の応用、バイオアッセイによる水のリスク管理技術などに大きな進展が見られる。

(2) 調査結果

今回のアンケート調査において、本区分では2 課題について80%以上の回答者が世界や日本にとって重要と回答しており、当然ではあるが生命の源である水への関心が高いことを示している。

水資源に関する課題の技術的実現予測については、2016 年～2020 年頃とする意見が多い。実現を牽引するセクターとして、水源や水文予測モデルそして地下水適正管理などの課題については、公的研究機関とする回答が多い。これはデータの収集・解析、モデル化にグローバルでかつ地道な取り組みが求められるため、主たるセクターとして回答されたものと判断される。社会的実現予測時期としては、2021 年～2030 年頃としており、社会的実現を牽引するセクターとしては技術的実現を牽引するセクターとほぼ同じような結果が得られている。日本の得意な技術分野である課題 23「逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築」と課題 22「水質管理、栄養塩循環および衛生保持を可能とする分散型生物学的下水処理技術」については、コスト面の追求と社会的責任を負うことができる民間企業が牽引するとの回答が多くなっている。また、社会的実現までの期間は 6.8

年程度と他の区分に比べて比較的短く、技術が確立した後は社会に普及するスピードが早いことが特徴である。

(3) 今後の展望

気候変動による降水量の変化、開発途上国での人口増加・技術レベル向上による水不足など、水資源環境はますます深刻化してきている。2025年には世界で18億人が年間水使用量1,000 m³を下回る「絶対的水不足」に見舞われ、55億人が「水ストレス」にさらされるとの予測が報告されている。このような水不足は国家間の紛争に発展する可能性もあり、本調査の「資源に関わる人文・社会融合領域」でも課題として取り上げられている。

水資源の今後のキーワードは、「水循環システム」、「省エネルギー」、「イーजीオペレーション」であり、ますます水資源の地域的な偏在化が進むなかで、貴重な資源のひとつである水を様々な形で共有できる環境を作ることが課題である。

日本でも各省庁を軸に、国内外の水事情に対応するための開発プロジェクトが開始されている。日本が地球温暖化で示したリーダーシップと同様に、水資源に関しても優れた水処理技術についてさらに磨きをかけ、国際貢献に資するため産官学一体となった取り組みが期待される。

(森 直道)

7. 1. 5. 環境・再生資源・リサイクル（有害物質を資源に転換）・LCA

(1) 区分の概要

今回本区分で取り上げられたテーマは、人工物からのレアメタル等の金属回収、今後のエネルギーコストの上昇から大量の石炭が利用される方向に対する排ガス等からの有害物除去、石炭灰の有効利用等が主である。

レアメタルについては、我が国は全量輸入であり、デルファイ調査から日本にとって重要との位置づけが多い結果であった。取りあえず、現段階ではレアメタル供給がネックとなって工場生産が止まったことは無いので、将来に向けたリスク対策のテーマとの認識であろう。よって、天然資源供給に対して経済的に成り立つのかどうかとの視点を全てに入れた。過去のテーマにはこの経済性の部分が無かった。

排ガスについては、途上国にも経済的に適用出来るような技術が出来れば、ゼロとまでは行かなくても全体量の削減という意味では、排出量の大幅な増加が予想されることから重要なテーマである。同様に、石炭関連の廃棄物、有害物の有効利用と無害化は重要と予想される。水銀については、火山等の自然由来の量は推定されていることから、使用量が増えつつある石炭が注目されている背景がある。廃棄物処理も安い処理方式では、今後混入が多くなることから同様である。

(2) 調査結果、トピックス

今回取り上げた課題は、課題28「経済的に成立する、廃電子機器(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離回収技術」、課題29「レアメタル価格上昇、供給リスクで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム」、課題34「金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有効成分を経済的に分離する技術」、課題33「環境配慮設計(DFE)製造を支えられる回収システム」が一つのくくりであり、課題30「新興国でも経済的に普及可能な排ガスからNO_x、SO_xゼロ排出技術」、課題31「我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用が出来るシステム」、課題32「石炭やバイオマス、廃棄物の燃焼ボイラーから発生する排ガス中の水銀を大気、水、土壌等の環境に対して影響のないまでに総量を低減する技術」がもう一つのくくりである。

前者は課題29を除いて実現済みの回答が多く、全体としては実現時期が今後10年レンジであり、テーマの実効性は高いと推定される。天然資源も価格上昇の傾向は続く前提では、経済性は高まって行くとも予想され、経済性評価が明確になり技術が確定するので、社会的技術の普及の可能性も高まると推定される。しかしなが

ら、経済性を高めるには大量に集める必要があり、課題 29 のテーマが社会システムとしては重要で、日本の廃棄物に関する法律のシステムを変える必要がある。その点では開発は日本が先行し、法システムの異なる海外で先に実現されると見るのが妥当であろう。日本におけるレアメタルの絶対的必要量は、ベースメタルに比較すれば僅かなトン数であり、ある程度の濃縮があれば処分場が数個あれば足りる程度である。そのような場所は現在でもあるし、可能である。実例としては、自治体として集めたが、結果として今は売れない色つきガラスの山が出来ている例がある。これも見方を変えれば将来に備えた資源ストックである。収集の社会実験は、携帯電話や比較的小型の廃電気製品で現在進行中であり、結果の評価が待たれている。それぞれのテーマの経済性評価により、先に分離しておくか、後で分離するかを経済的合理性が比較として示唆されると考える。

さらに、後者は実現時期も普及時期も今後 10~20 年であり、現在の開発のレベルは高いと推定しているものと思われる。課題 30 のテーマについては、日本並みの排出基準を適用しなければ経済的に適用可能な技術の開発は容易とも考えられ、世界の絶対量を低減する手段としては特に有効である。途上国ではエネルギー資源として安い石炭が使用されるので、このテーマは重要なポイントである。課題 31 テーマの石炭灰の有効利用はセメントでは実現されており、受入キャパと他の利用先の開発が課題であろう。国内の火力発電所からの石炭灰発生は 600 万トン程度とされており、セメントの受入キャパからは可能な量ではあるが、処理の経済性にかかっていると見えよう。社会システムから見ると現在は有価物として移動等がなされており、廃棄物として処理費用を支払うシステムが可能であれば、さらに簡単に利用は進むものと推定される。現行法では大量移動が難しい状況にある。廃棄物とすると有害物含有の課題もあるが、有価物では有害物は法的には無視される。これも日本の社会システムが関連している。

課題 32 のテーマについては、水銀の排出量データが整備されつつあり、石炭の影響が多くなると推定されていることが背景にあると考える。その意味では、絶対量の把握と火山等の自然由来の関係を明確にしつつ開発を進めるべきであろう。また日本では、水銀の最終処理のシステムでもある北海道のイトムカに戻っている量も僅かである。処理の経済性からは、溶出しなければ埋立最終処分、あるいは濃度測定は通常行わない廃棄物焼却で処理されることがほとんどであることからこの開発は意味がある。水銀は、不法な金の採掘等の汚染問題から、世界的には欧州における輸出禁止等の動きもあり、その場合は回収した水銀の保管方法も考慮する時期にきている。

(3) 今後の展望

さて、このまま行くと地球の人口は今世紀半ばには 90 億人は超えそうである。そうになると、そう遠くない将来は金属消費量も伸び、金属資源もある種のは枯渇が見えてきたり、天然鉱石からの供給が追いつかず、地上ストックも利用して循環しなければならぬ時代が来るのであろう。ベースメタルについては、既に中国はそうなりつつある。見方を変えると石油、石炭、ガス等のエネルギー資源は循環出来ないが、レアメタルを含む金属はエネルギーの風力、太陽光、水力のような再生可能な資源であり、ある程度は循環可能であるだけまだ救いが残っていると見えよう。

エネルギー資源については、価格の高騰と石油資源のオイルピークが近いとも言われていることから、どうしても資源量も多く安価な石炭の消費を抑制することは世界的には難しいステージも来るであろう。特に途上国はそのような傾向にあり、まさに中国がその段階にあると見えよう。

したがって今回取り上げたテーマは、30年先の姿からバックキャストすると重要な技術である。先ほどの前者のテーマの社会的実現は、レアメタルを含む金属を経済的に人工資源から回収することから、天然資源の消費を先送りする上では重要であろう。経済的な100%回収は、反応の分配率等から原理的に出来ないことを明確化しておく。経済的という意味では、LCA 的評価を天然資源からの回収と比較すべきであろう。天然資源の回収は、有害物、不要物の対策がなされていないケースも多く、環境影響評価も入れて価値を比較評価すべきでもある。

後者のテーマは石炭に関連して、排ガス処理、有害物の無害化、石炭灰の有効利用技術が開発され、世界に普及することが非常に有効と考える。石炭使用に関する CO₂ の削減課題についてはここでは言及しない。有害物については自然由来の量との比較が明確になって行くと予想され、石炭からの絶対量比較が温泉、火山、

土壌等からの対比で明確になりつつあり、社会的にどうすべきであるかの方向決めが必要な段階に来るであろう。別の例では、日本に輸入される銅鉛石等のヒ素の量は約 4000t/年と推定されている。しかし無害化のシステムは既にある。石炭についても明確化して対応してゆくべきであろう。石炭灰は、セメントにとっては石灰石の削減でもあり、結果的に CO₂ の削減につながっている。また有害物の無害化も同時に可能であり、進めるべき社会システムでもある。日本においては、多量の下水汚泥の処理もセメントが一部担っており、処理費としての経済性が高いので優先されるが、全体システムの調整は必要である。CO₂削減からみるとLCA的には下水汚泥は水分が多いため石炭灰に比較すると不利であり、別の有効利用が望ましい。

全体としては経済性とLCA的評価に留意しつつ、これらのテーマ開発を進めるべきである。

(加藤秀和)

7. 1. 6. 炭化水素資源、鉱物資源および CCS

(1) 区分の概要

炭化水素資源や鉱物資源は、人類の生活の基盤を成す重要なものである。とりわけ当該資源に乏しい我が国にあっては、その安定確保は極めて重要である。本調査では、石油、石炭、天然ガスに代表される在来型化石資源、オイルサンド等の非在来型化石資源、バイオマス資源、ウラン、鉄・非鉄金属、レアメタル等鉱物資源を対象とし、それらを環境と調和しつつ、効率的に採取・利活用するための技術に焦点を当てた。併せて、化石資源の利用に際しては、CO₂の排出を最小化することが重要であると共に、CO₂の回収・固定(CCS)も重要な選択肢となることから、CCSの実施可能容量もまた資源であると考えて、それに関連する技術についても本区分に含めて検討した。

本区分の大きな特徴として、資源の多くが海外に存在することから、グローバルな視点が不可欠になることが挙げられる。従って、開発する科学技術についても、国際的な競争・協調の観点で捉えることが重要となる。

(2) 区分の動向

資源を取り巻く大きな状況変化として、BRICSをはじめとする新興国の急速な経済成長による需要の増大と地球温暖化対策をはじめとする環境制約の増大が挙げられる。

化石資源については、利活用時に CO₂を排出することから、環境負荷軽減のための技術開発が強く求められ、石炭ガス化複合発電等とCCSを組み合わせた環境対応型高効率利用技術の開発が日本、米国、欧州、豪州、中国等で活発化し、国際共同プロジェクトも数多く進行している。但し、CCSについては、経済性以外にも貯留時の環境影響評価など難しい問題が数多く存在している。

化石資源の可採年数は、石油が約40年、天然ガスが約70年、石炭が約 150 年と言われ、在来型の資源量にも限界が見えてきたことから、石油・天然ガスの更新回収技術や非在来型資源の採掘・精製・利用技術の進展が期待されている。また、CO₂の排出と吸収が相殺されることからカーボンニュートラルと位置付けられるバイオマス資源のエネルギー利用技術開発も近年活発に行われている。

ベースメタル、レアメタル等の鉱物資源についても各国間での争奪競争や価格の高騰といった問題が顕在化しており、需給緩和に寄与する深部鉱床からの採取技術や廃電気・電子製品からのリサイクル技術が注目されている。

(3) 調査結果と現状におけるトピック、キーテクノロジー

本調査の結果において、世界・日本双方において重要な課題のトップ 10 に本区分の課題として課題 44(回答率 83.1%)と課題 35(同 81.0%)の2件がランクされた。また、地球温暖化対応と持続的発展のために重点的に取り組むべき課題として、課題 35(同 25.6%)が最上位にランクされるなど、本区分の科学技術の進展に専門家の期待が寄せられていることが示唆された。一方で、重要度・優先度は低いと評価された上位 10 課題中 5 課題が本区分の課題であり、社会的実現予測として「実現しない」および「わからない」と評価された上位各5課題

中、計 2 課題が本区分の課題であるなど、本区分の課題に対しての理解が十分に浸透していないことも伺える結果となった。今後、社会的な理解をより一層深める努力も重要と考える。

本区分が対象とする資源について、今後の課題の第一は需給のタイト化である。需給緩和のためには、化石資源、鉱物資源ともに採取サイトが深部化の傾向にあることから、地下深部や海底下に賦存する資源に適用可能な技術の開発が重要となる。また、品位や濃度が低く利用に至っていない資源を経済的に利用可能とするための技術革新も重要となる。これらのキーテクノロジーは、探査・計測、採取、濃縮、分離、精錬技術と考える。濃縮、分離、精製技術は、廃電子製品からのレアメタルのリサイクルに対しても鍵となる。

第二の課題は、資源の利活用における環境負荷軽減である。とりわけ化石資源については、高効率化と CO₂ 削減が不可欠となる。そのキーテクノロジーとして期待されるのは石炭および重質油のガス化技術である。システムとしては CCS との組み合わせが重要であり、燃料としてはバイオマスとの共利用技術が重要となる。

CO₂ 対策として今後不可欠となる CCS については、貯留に係わる環境影響評価技術、コスト削減のポイントとなる CO₂ の効率的な分離・回収技術が重要となる。

(4) 今後の展望

前述の通り、化石資源や鉱物資源については、今後益々世界的に需給がタイト化し、利活用における環境制約も高まる方向にある。その課題解決に対して、上記キーテクノロジーを中心とする科学技術の進展が極めて重要となる。世界的に資源ナショナリズムが台頭し、国家資源戦略が強化される中で、本調査においても日本として研究開発／実用化において世界をリードし、また国際共同プロジェクトを主導的に実施すべきとの結果が示されている。技術的・経済的に優れた技術を開発し、資源国の実情に合わせてそれをモディファイして、資源国にもメリットが与えられる二国間および多国間の取り組みが重要となる。

本調査において、本区分の課題の実現時期について、技術的実現から社会的実現までの期間が平均 8.0 年と比較的長いという結果を得た。このことは、技術の商業化において GG ベースのコンセンサスが必要となるケースが多いことや CCS に代表されるように経済性のハードルが高い課題が多いことによるものと考えられる。従って、技術の進展と併せて、産学官複数セクターの連携や低炭素社会形成のための社会システム、社会コストとして位置付ける仕組みも重要となるものと考えられる。

(谷口 一徳)

7. 1. 7. 太陽利用、宇宙放射線

(1) 区分の概要

本区分の課題は、『地球、宇宙に賦存する最大の資源である太陽光の地球規模での活用技術』ならびに、『かつて地球誕生時に形成された人類にとって重要ではあるが、限られた資源の宇宙規模での採取ならびに創生技術』について、各 2 計 4 課題を設定している。

太陽に起因する光と熱がもたらすエネルギーを、生物や地球の自然を介せずに、直接即時に利用する技術は 21 世紀以内に人類の要するエネルギーの担当分を賄うことが期待されているが、地球上でその利用の最適地とエネルギー利用地が隔離している場合には、その輸送の課題も大きい。例えば、太陽光の豊富なサハラ砂漠でエネルギーを生産し、需要の大きなヨーロッパ、さらにアジアへ送る地球上の融通を可能とする技術を掲げて、太陽エネルギーの適切な利用によって、環境保全や気候災害の防止をあげた。宇宙空間における資源確保とそこでの資源創生として、地球外で生産されたエネルギーや資源を地球へ輸送する技術と、宇宙空間内で制御されたビッグバン再現による資源の創造する技術を掲げた。

(2) 調査結果

太陽光、エネルギーの地球規模での生産・輸送の技術は世界、日本双方に特に重要で、原理的にはもちろん、現在でも可能であるが、2020～2030 年に実現とすると期待されている。民間企業を中心に、複数セクターが

連携して実現を推進すると予想される。太陽エネルギーを利用する環境保全や気候災害防止は世界、日本の双方にとって重要であるが、専門度の低い人々の回答が多いことから、温暖化防止以外に開発すべき技術の具体例も考える要があり、期待をこめて 2020～2030 年の実現が望まれている。宇宙空間における資源採集、さらに進んで人工ビックバンによる資源の創造については、重要度、優先度が低いとの判断が大勢であるが、世界、日本の双方で重要であるとの評価もあった。実現はいずれにしても、2030～2040 年と予想されている。月面利用、宇宙空間で人工衛星を利用した太陽光発電を地球に輸送する技術は、すでに提案されているが、現実的技術となるには、20～30 年以上の時間が必要なことは明らかであろう。ビックバンの再現は、核融合技術の先に生まれる可能性は否定できないと考えたい。

(3) 今後の展望

地球上での太陽光利用については、太陽光資源も十分とはいえない日本にとって、極めて重要である。太陽光が年中を通して豊富な地域は地球上に散在していることから、そこで変換し、地球上を輸送できる技術の開発は、今後 50 年を目標に取り組みべき課題である。有線の超伝導技術の大拡張によって達成できるので、超伝導技術の利用効率、低コスト化に加えて、地球上での長距離・堅牢・安全・長寿命の建設技術が必要である。同エネルギーの宇宙から地球への輸送も、サイエンスフィクションを超えて実現すると考えられ始めている。この場合は、無線によるエネルギー輸送になり、困難さは飛躍的に大きくなり、今世紀の実現を目指すべきであろう。地球温暖化の影響か否かの議論とは別に、地球の異常気象による災害は現在では後を立たず、特に発展途上国においては、多量の人命損失を含む大災害が少なくない。地球上の気候を支配する太陽のエネルギーを制御して、気候災害の予知・対策を超えて発生を防止することは人類の夢であろう。大洪水、大干ばつのいずれも被害は極めて大きいので、その緩和技術の開発は強く期待される場所であるが、その方向性は必ずしも明らかになっているわけではなく、真のブレークスルーが必要な領域技術である。宇宙、例えば月や火星からの資源輸送は必ずしも実現不可能ではない。経済的な成立のために、宇宙での探査・採掘・精錬後、地球への輸送になるが、無人・遠隔操作が不可欠になる。

一方、地球の希少な資源の制御されたビックバンの再現による創造は 21 世紀の錬金術のように映るかもしれないが、核エネルギー、特に核融合エネルギーを獲得すれば実現が可能な技術課題である。もちろん、核融合以上に困難であり、21 世紀中の実現が有望であるとはいえないであろう。

(持田 勲)

7. 1. 8. 資源基盤技術（データベース）、資源にかかわる人文・社会融合領域（合理点合意点の模索等）、資源を生み出す利益の訂正配分、人材育成

(1) 区分の概要

本区分では、環境負荷を低減化し、資源保有国と消費国、さらには開発に関わる地域社会との適正なる関係を維持しつつ、有限な資源を有効に開発・利用するために必要な技術とその方法論を検討するものである。また、資源開発、省エネルギー技術、環境技術の更なる高度化のための人材育成も本区分の重要課題である。

(2) 関連する科学技術とここ数年の動向

1962 年の国連による「天然資源に対する恒久的主権」宣言から、70 年代以降 2 度にわたるオイルショック、中東における紛争による石油価格の高騰、さらには、ここ数年のエネルギー資源並びに鉱物資源の急騰、資源保有国の資源開発に伴う自国への利益還元と自国資源の自国優先利用あるいは資源の温存といった資源ナショナリズムへの大きな流れ、資源開発企業メジャーによる資源の寡占化が進んでいる。このような資源を取り巻く環境下で、資源を持たざる国が今後、安定的に必要な資源を確保するための手当てがますます必要となってきている。資源開発を行う上で、探査データ等の資源情報がデータベース化され、それらが広く公開され利用されることが望ましいが、公的機関のデータの取り扱いに対する法的な裏付け、あるいは民間保有のデータに対する取

り扱いと公開するためのシステムが整備されていないのが現状である。日本での横断的データベースの活用に向けた動きとして、産業技術総合研究所が主体となった地質地盤情報の整備・活用に向けた公的研究機関、地方自治体、民間による協議会の設立があげられる。国外での注目すべき事例として、豪州タスマニア州では産学官が保有する膨大な地質・資源・インフラ等の情報を集積し、データベースシステム(3次元デジタルGISシステム)が構築された。企業はこれらのデータベースを活用することによって、当該州での資源探査・開発の活発化が促されることとなった。

資源保有国(生産国)との関係では、開発による環境破壊がもたらす地域とのトラブル、資源開発による利益配分に関しての生産国・生産者間、さらには、生産国内での国と地方政府・開発地域間の争いによる開発の遅延・停止、自然保護運動による開発規制化の動きも見られる。

(3) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

今回の本区分での調査では、「力を入れるべき国際戦略」の中で「国際貢献によって日本の存在感を高める」が、全体の47.1%と他の区分より圧倒的に多い結果となっている。これは、本区分の調査の課題となっているキーテクノロジーの中でも、課題53「太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術」、課題57「省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論」によって、国際間での貢献度が高くなるものと期待される。

○資源基盤技術としてのデータベース

必要資源の中で汎世界的に賦存するものは少なく、エネルギー・鉱物資源はむしろ偏在的に分布することから、それら資源がどこに(分布)、どの程度のもの(質)がどのくらい(量)といったデータ・情報を得るための探査システムの構築とそれらデータ・情報を集約・整備し、データベース化することが重要である。これら情報に、社会インフラ・輸送インフラ情報も加えることによって、資源のアセスメントに必要な基本情報が得られる。基盤的、分野横断的な調査・研究に活用するためには、高度な内容・機能を持つデータベースの開発整備が必要。このようなデータベース化は国・研究機関・企業それぞれによって情報量の差異はあるものの行われているが、情報基盤の未整備によって、情報の共有化が不十分である。国際的なデータベースの共同プロジェクトの動きも一部にあり(例:OECD原子力機関のデータベース)、これによって、より広範かつ共通のデータベースの構築が図れる利点はあるが、情報の所有権帰属の問題も大きな課題である。

○資源へのアクセス・適正な利益配分・社会的融合

資源の開発生産に当たっては、かつては、資源を有する国・地域で開発に係る制約の少ない環境下で生産を行い、それによって得た生産物を自国あるいは他地域で使用、あるいは製品化して利益を得る行為がかなりの自由度を持って可能であった。これに対し、資源の生産国・開発地域では、有限な資源の減少あるいは枯渇化、開発・輸送行為による環境破壊等々の問題を抱え、さらには、自国の原料から製品化されたものを購入する場合もあり、生産者側と資源の生産国・地域が受ける有形・無形の損益に対する格差が増大している。このような状況下で、資源保有国・地域からは、資源へのアクセス規制をより強化し、環境保護の強化、より多くの利益を還元させるべく、資源の生産と利用から得られる利益の配分、さらには開発協力、トレーニングを含む技術提供・移転等への要求が強くなってきている。現在では、生産国における資源政策の見直しと鉱業法・規則に関してもこのような観点からの規制を設けようとするところも多くみられる。

一方、生産者側にとっては、技術の提供あるいは移転については、それまでに培ってきた知識・技術開発に対する対価をどのように評価・反映させるかが、大きな課題となる。このように、資源の開発に当たって、資源保有国(生産国)・地域と生産者側(消費国)間の適正なる利益配分のメカニズムを形成していくことが今後、必要となってくる。このためには、2002年に生物多様性条約締約会議で採択された「ボン・ガイドライン」(遺伝資源へのアクセスとその利用から生じる利益・衡平な配分:財団法人バイオインダストリー協会資料より)にみられるような複数の国が関与する国際的規則の制定が必要となろう。

○人材育成

今回の調査結果では、全体の60%以上が課題59「我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム」の重要性を上げている。国際舞台でエネルギー・鉱物資源に深く依存する社会には、今後とも資源開発の促進が求められる一方、それに携わる技術者の育成が広く求められている。特に、天然資源の少ない我が国においては、産業構造の変遷・少子化傾向とともに資源開発にかかわる技術者、さらには省エネルギー技術者、環境技術者などの減少が顕著であることから、現在、産学官による人材育成のプログラム(国際資源開発人材育成事業)が進行中である。資源開発だけではなく、世界の先頭を走る我が国の技術の広範な普及と更なる技術の高度化のためにもそれらを担う技術者の育成も重要課題である。

(4) 今後の展望

資源に係るデータベースには基盤的なものと分野横断的なものがあり、これらの調査・研究に活用するためには、より高度な内容・機能を有し、かつユーザーフレンドリーなデータベースの開発整備、また、これら情報の公開にかかわる法的裏付けも必要となる。分野横断的あるいは国際的情報の共有を目指すのであれば統一的基準に沿ったデータベースの整備と効率化も求められる。

資源へのアクセスと資源国との適正な利益配分に係るメカニズム形成に向けては、当事国間のあるいは国際的なコンセンサスも求められることもあり、今回のアンケート調査結果でも50%以上の意見が、その実現性に時間を要するものの、政府あるいは国際機関による主体となって推し進める必要があると考えている。

少資源の日本、少子化に向かう日本の持続的発展を担うものの一つは、世界をリードするような技術の開発にある。資源開発・利用を担う人材の確保をするための高レベル域での養成、また、省エネルギー技術、環境技術など世界の先頭を走る我が国の技術の広範な普及と更なる技術の高度化のための技術者養成が求められる。

(石原 紀夫)

7. 2. アンケート調査の回収状況

No.7分科会「水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下の表のようになっている。

表 7.2-1 No.7 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
286 人	251 人	88%	251 人	223 人	89%

性別	男	216 人	職業	会社員	78 人	専門度の平均	高	12.1%
	女	7 人		大学等教職員	85 人		中	27.4%
	無回答	なし		研究機関職員*	38 人		低	60.6%
年代	20 代	4 人	職種	団体職員	15 人			
	30 代	12 人		その他	7 人			
	40 代	45 人		無回答	なし			
	50 代	100 人		研究開発従事	177 人			
	60 代	54 人	上記以外	46 人				
	70 代以上	8 人	無回答	なし				
	無回答	なし	合計	223 人				

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

7. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要な資源を確保するための要件等についての議論し、以下の課題の区分を設定した。

表 7.3-1 課題の区分

A	未利用資源 (極地資源、深海底、宇宙資源、宇宙精錬(有害物を地球に持ち込まない))
B	農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む) (生物資源、海洋生物資源、海洋微生物資源、海洋鉱物資源、植物機能強化、動物資源機能強化)
C	水資源 (水管理(観測、地下水)、水処理(上下水)、水利活用(造水)、水環境修復)
D	環境、再生資源、リサイクル(有害物を資源に変換)、LCA
E	炭化水素資源、鉱物資源および CCS (在来型・非在来型化石資源、バイオマス資源、鉱物資源)
F	太陽利用、宇宙放射線 (宇宙から地球に輸送させるエネルギー・資源、地球規模での把握と利用最適化、災害極小化／宇宙に賦存させる資源の調査、生産・精製、輸送の技術、地球からの距離と技術困難性／宇宙における資源の産出技術)
G	資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成

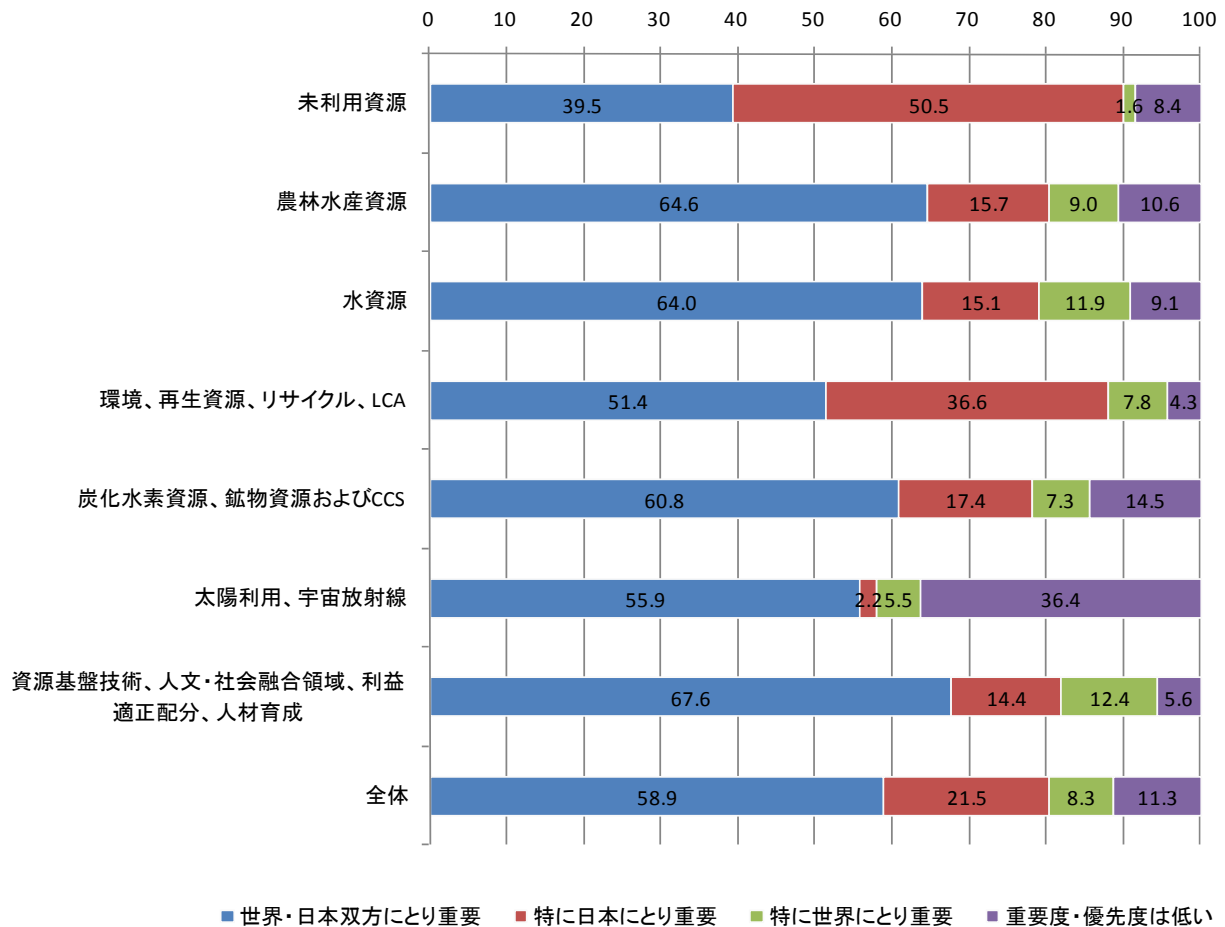
7. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

7. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題は、どの区分においても「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題が最も多く58.9%を占める。次いで、「特に日本にとり重要」と評価された課題が21.5%であった。

図 7.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、「未利用資源」の区分において、「特に日本にとり重要」と評価された課題が多い(50.5%)。また、それ以外の区分では、どの区分においても「世界・日本双方にとり重要」との回答が多く、中でも「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成」の区分が最も多く67.6%であった。また、「重要度・優先度は低い」との回答が他の区分と比べ多いものとして、「太陽利用、宇宙放射線」の区分で36.4%であった。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順に上位20位以内の課題を下表に示す。「環境、再生資源、リサイクル、LCA」区分の関連課題が6課題、次いで「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合

意点の模索等)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成」区分の関連課題が5課題含まれている。

表 7.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
53	太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術	100.0	2025	2034	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
59	我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム	99.2	—	2019	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	99.0	2015	2020	環境、再生資源、リサイクル、LCA
04	バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	99.0	2015	2021	未利用資源
57	省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	98.9	2019	2025	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
56	新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論	98.5	2020	2029	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
34	金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を経済的に分離する技術	98.0	2017	2022	環境、再生資源、リサイクル、LCA
30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスから NO _x 、SO _x ゼロ排出技術	97.8	2018	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
23	逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	97.8	2014	2020	水資源
26	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	97.5	2017	2024	水資源
37	従来未利用の低品位なレアメタル原料の経済的精製技術	97.4	2019	2027	炭化水素資源、鉱物資源および CCS
08	生物多様性の保全に資する、マグロ等の高度回遊性魚類の包括的な利用技術	97.1	2019	2024	農林水産資源
20	水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術	97.1	2018	2026	水資源
03	コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	97.1	2018	2024	未利用資源
16	バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	96.9	2019	2028	農林水産資源
33	環境配慮設計(DFE)製造を支えられる回収システム	95.5	2018	2025	環境、再生資源、リサイクル、LCA
32	石炭やバイオマス、廃棄物の燃焼ボイラーから発生する排ガス中の水銀を大気、水、土壌等の環境に対して影響のないまでに総量を低減する技術	95.2	2016	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
01	マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深海底金属資源の経済的採取技術	95.2	2025	2033	未利用資源
31	我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム	95.1	2017	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
54	開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成	95.1	2025	2033	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
12	砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技術(遺伝子組換え作物等)	95.1	2021	2029	農林水産資源

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通り

である。区分「資源基盤技術〈データベース〉、資源に関わる人文・社会融合領域〈合理的合意点の模索等〉、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成」関連が3課題、「水資源」、「炭化水素資源、鉱物資源および CCS（在来型・非在来型化石資源、バイオマス資源、鉱物資源、CCS）」、関連が各2課題含まれている。課題の大半は、技術的実現時期を概ね 2020 年前後としているが、課題 51 は長期を要する。

表 7.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
53	太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術	91.1	2025	2034	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
19	水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術	87.1	2019	2026	水資源
51	地球規模での太陽エネルギー利用による、環境保全、環境性向上、さらに水害、干ばつ等、気候災害防止	86.3	2031	2040	太陽利用、宇宙放射線
32	石炭やバイオマス、廃棄物の燃焼ボイラーから発生する排ガス中の水銀を大気、水、土壌等の環境に対して影響のないまでに総量を低減する技術	84.5	2016	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
18	水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球 1 キロメートルデータ整備:河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ひ素などの天然有害化学物質などを含む)	83.1	2019	2026	水資源
44	CO ₂ 地中貯留に関連するパッシブモニタリングを含む効率的な監視・漏洩検知・補修システム	83.1	2020	2026	炭化水素資源、鉱物資源および CCS
16	バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	82.5	2019	2028	農林水産資源
35	石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)	81.0	2020	2028	炭化水素資源、鉱物資源および CCS
58	国連等、国際機関の主導する極地、公海、宇宙の国際資源共同探査事業	79.2	—	2027	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
57	省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	78.3	2019	2025	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「未利用資源」、「環境、再生資源、リサイクル〈有害物質を資源に変換〉、LCA」関連が各4課題含まれる。課題の多くは技術的実現時期を 2020 年前後と予測している。

表 7.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
02	将来的な地熱資源の活用を目指した火山エネルギー監視・利用技術	71.3	2019	2029	未利用資源
29	レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム	67.1	2019	2026	環境、再生資源、リサイクル、LCA
59	我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム	64.1	—	2019	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
01	マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深海底金属資源の経済的採取技術	63.8	2025	2033	未利用資源
07	深海底下に賦存するメタンハイドレート等の経済的な生産技術	61.9	2026	2034	未利用資源
28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	56.7	2015	2020	環境、再生資源、リサイクル、LCA
04	バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	56.7	2015	2021	未利用資源
31	我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム	54.9	2017	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
45	海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術	53.8	2025	2035	炭化水素資源、鉱物資源および CCS
34	金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を経済的に分離する技術	52.0	2017	2022	環境、再生資源、リサイクル、LCA

(5) 特に世界にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に世界にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである

表 7.4-4 「特に世界にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
12	砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技術(遺伝子組換え作物等)	51.9	2021	2029	農林水産資源
54	開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成	45.9	2025	2033	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスから NO _x 、So _x ゼロ排出技術	37.0	2018	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
24	国際的な水保有量の偏在化を解消するための大量水輸送システム	35.2	2020	2028	水資源

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

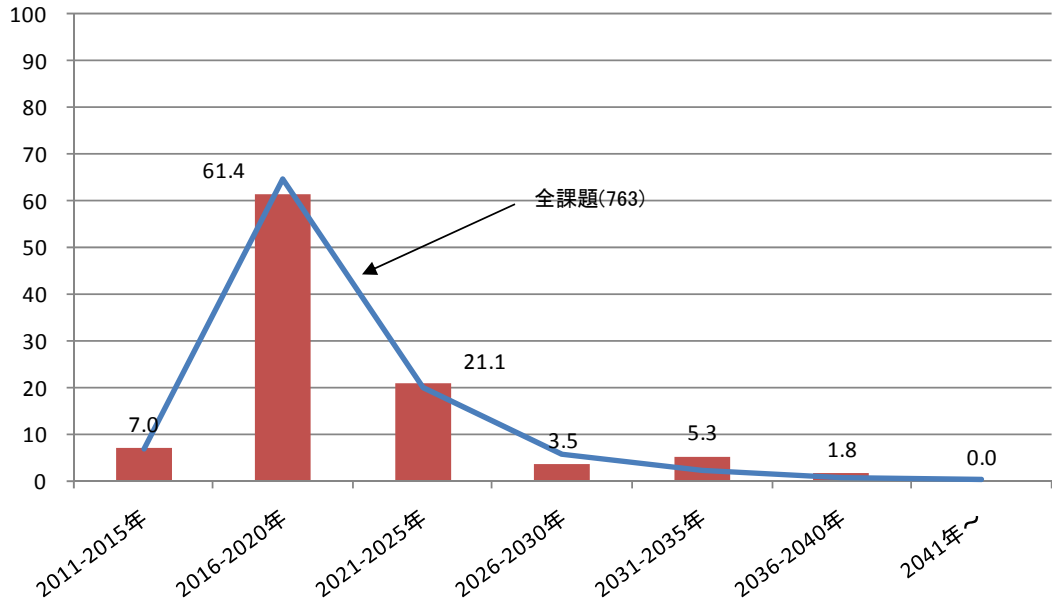
表 7.4-5 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
50	宇宙内で制御されたビックバンの再現による資源創造	78.1	2033	—	太陽利用、宇宙放射線
49	宇宙太陽資源の生産基地から地球への輸送技術	52.0	2037	2041 以降	太陽利用、宇宙放射線

7. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。全課題と No.7分科会で設定した課題の技術的実現予測時期の分布について、本分科会で設定した課題は 2016～2020 年に多くの課題が技術的実現時期を迎える。全課題の傾向と比べると、ほぼ同様の傾向を示している。

図 7.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「太陽利用、宇宙放射線」の区分において、他の区分に比べ、技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 7.4-6 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011 -2015	2016 -2020	2021 -2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040
未利用資源		1	3	2	1		
農林水産資源			6	4			
水資源		1	9				
環境、再生資源、リサイクル、LCA		1	6				
炭化水素資源、鉱物資源および CCS			8	3	1	1	
太陽利用、宇宙放射線				1		2	1
資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益 適正配分、人材育成		1	3	2			

実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けている。「実現しない」の回答の比率の高かった上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の通りである。「わからない」については、回答比率の高い課題(30%以上)はなかった。

表 7.4-7 「実現しない」という回答比率が高かった課題

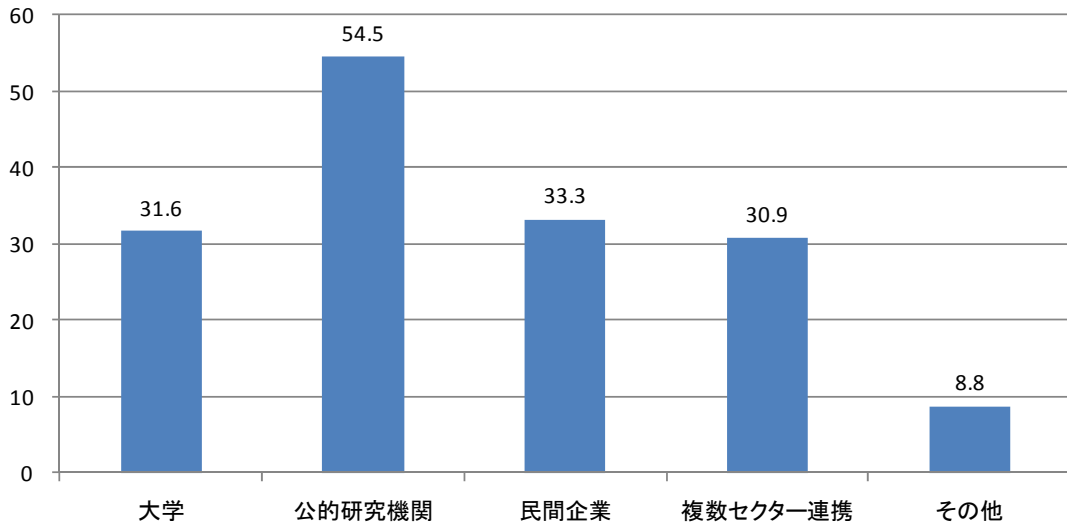
課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	区分
50 宇宙内で制御されたビックバンの再現による資源創造	56.3	2033	太陽利用、宇宙放射線

7. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。技術的実現を牽引する主なセクターとして最も回答が多かったのは、「公的研究機関」(54.5%)であり、次いで「民間企業」(33.3%)、「大学」(31.6%)、「複数セクター連携」(30.9%)と続く。

図 7.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「未利用資源」、「農林水産資源」、「水資源」、「炭化水素資源、鉱物資源および CCS」、「太陽利用、宇宙放射線」の区分では、「公的研究機関」が技術的実現を牽引する主たるセクターとしてあげている。また、「環境、再生資源、リサイクル」の区分では「民間企業」を、「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成」の区分では、「公的研究機関」と「その他(国際機関等)」を挙げる回答が拮抗している。

表 7.4-8 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
未利用資源	25.6	55.9	30.4	39.9	1.9
農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む)	51.7	62.5	27.9	24.7	3.5
水資源	37.0	66.4	30.1	26.6	7.4
環境、再生資源、リサイクル(有害物を資源に変換)、LCA	19.9	40.1	58.6	31.8	1.6
炭化水素資源、鉱物資源および CCS(在来型・非在来型化石資源、バイオマス資源、鉱物資源、CCS)	24.7	52.3	39.3	36.1	2.9
太陽利用、宇宙放射線	36.8	50.3	14.5	28.0	17.5
資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成	21.7	44.4	20.5	27.2	43.2

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-9 「大学」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
10 DNA マーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質(環境耐性、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術	67.7	2019	2028	農林水産資源
09 形、大きさ、開花時期など、植物の成長をコントロールする遺伝子基本ネットワークの解明	67.3	2022		農林水産資源

課題		比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
13	空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を飛躍的に向上させる植物ゲノム技術	65.5	2024	2032	農林水産資源
50	宇宙内で制御されたビックバンの再現による資源創造	60.7	2033		太陽利用、宇宙放射線
19	水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術	55.7	2019	2026	水資源

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-10 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

課題		比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
19	水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術	81.4	2019	2026	水資源
18	水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球 1 キロメッシュデータ整備:河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ひ素などの天然有害化学物質などを含む)	79.5	2019	2026	水資源
20	水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術	79.4	2018	2026	水資源
14	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム	77.4	2016	2023	農林水産資源
26	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	74.4	2017	2024	水資源

○民間企業(NPO を含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-11 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

課題		比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
23	逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	74.7	2014	2020	水資源
40	資源量の豊富な褐炭等の劣質石炭の製鉄用優良炭材への改質技術	73.9	2019	2027	炭化水素資源、鉱物資源 および CCS
30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスから NO _x 、SO _x ゼロ排出技術	70.3	2018	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	67.9	2015	2020	環境、再生資源、リサイクル、LCA
31	我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム	67.6	2017	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-12 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
03 コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	76.3	2018	2024	未利用資源
01 マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深海底金属資源の経済的採取技術	57.7	2025	2033	未利用資源
39 CO ₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留された CO ₂ の再資源化など、CO ₂ 地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術	48.5	2019	2027	炭化水素資源、鉱物資源 および CCS
29 レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム	47.5	2019	2026	環境、再生資源、リサイクル、LCA
35 石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)	45.7	2020	2028	炭化水素資源、鉱物資源 および CCS

○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

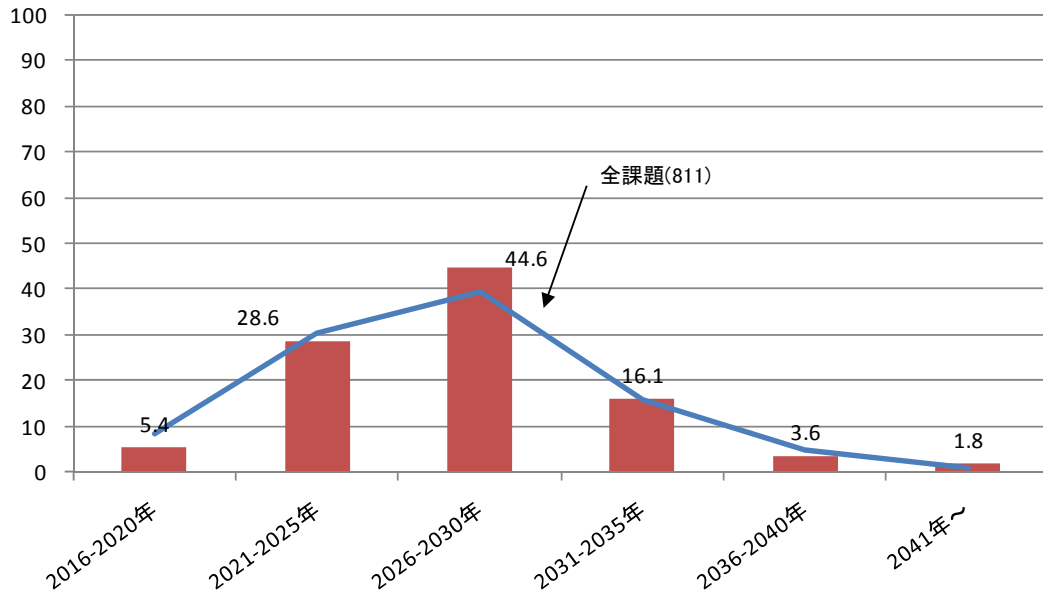
表 7.4-13 「その他(国際機関等)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
57 省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	63.0	2019	2025	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
56 新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論	59.1	2020	2029	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
54 開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成	56.9	2025	2033	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
55 農産物の生産・製品製造に必要な投入水量(バーチャルウォーター)の地球規模での輸出入量の体系的な移動解析にもとづいた国際トレードシステム	55.4	2020	2030	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成

7. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現時期は 2026～2030 年間に課題の実現のピークを迎え、全課題の傾向とほぼ同様である。一方で、2041 年以降に実現する課題も 1 課題見られる。

図 7.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「炭化水素資源、鉱物資源および CCS(在来型・非在来型化石資源、バイオマス資源、鉱物資源、CCS)」、「太陽利用、宇宙放射線」区分では、他の区分に比べ技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 7.4-14 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-
未利用資源			3	2	2		
農林水産資源			2	6	1		
水資源		1	5	4			
環境、再生資源、リサイクル、LCA		1	5	1			
炭化水素資源、鉱物資源および CCS				9	3	1	
太陽利用、宇宙放射線					1	1	1
資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成		1	1	3	2		

実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けている。「実現しない」の回答の比率の高かった上位 5 位以内の課題(ただし、回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の通りである。「わからない」の回答の比率が高い(30%以上)課題はなかった。

表 7.4-15 「実現しない」という回答比率が高かった課題

課題	比率(%)	社会的実現時期(年)	区分
49 宇宙太陽資源の生産基地から地球への輸送技術	31.3	2041-	太陽利用、宇宙放射線

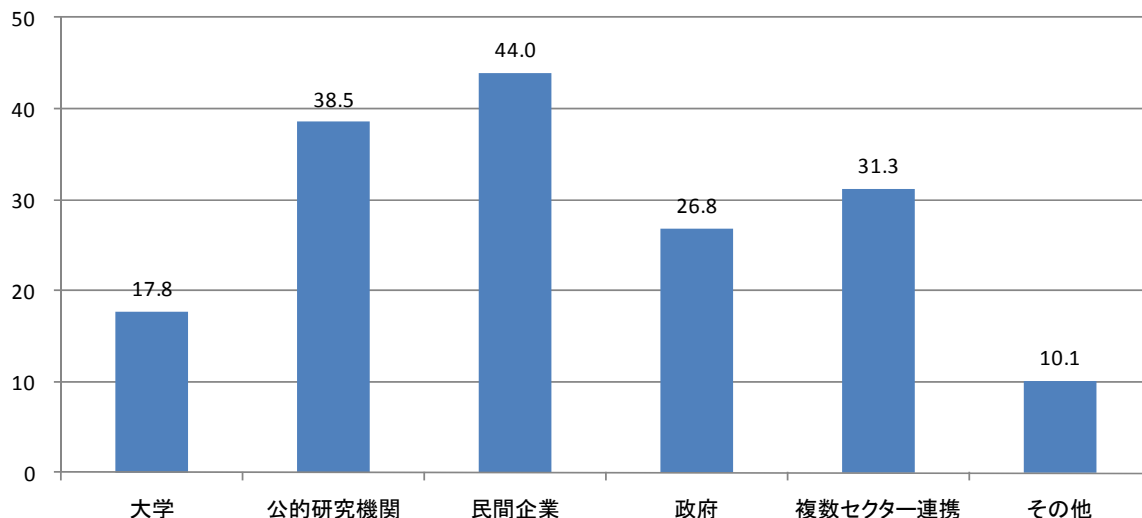
7. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。回答が多いものとして「民間企業」(44.0%)、「公的研究機関」(38.5%)、「複数セクター連携」(31.3%)と続く。また、「政府」との回答は、26.8%で

あった。

図 7.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「未利用資源」、「環境、再生資源、リサイクル(有害物を資源に変換)、LCA」、「炭化水素資源、鉱物資源および CCS」の区分では、「民間企業」が社会的実現を牽引するセクターとして回答する割合が高い。また、「農林水産資源(森林保全、バイオハザードを含む)」、「水資源」、「太陽利用、宇宙放射線」といった区分では、「公的研究機関」との回答が多い。「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成」については、「政府」との回答が最も多く、かつ「その他」との回答も他の区分と比べ多い。

表 7.4-16 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
未利用資源	11.6	36.0	50.4	24.5	37.8	2.5
農林水産資源	29.5	54.6	40.2	16.4	32.5	5.7
水資源	23.3	52.1	39.0	31.5	26.2	7.1
環境、再生資源、リサイクル、LCA	9.5	21.8	67.3	23.2	30.8	2.1
炭化水素資源、鉱物資源および CCS	14.4	33.8	53.2	21.2	33.3	3.1
太陽利用、宇宙放射線	13.2	37.5	24.7	30.3	34.1	25.2
資源基盤技術、資源に関わる人文・社会融合領域、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成	17.2	26.9	17.2	48.4	25.8	42.4

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-17 「大学」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的实现時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
59 我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム	54.2	—	2019	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
19	水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術	39.7	2019	2026	水資源
13	空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を飛躍的に向上させる植物ゲノム技術	39.3	2024	2032	農林水産資源
20	水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術	35.8	2018	2026	水資源
10	DNA マーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質(環境耐性、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術	35.7	2019	2028	農林水産資源

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-18 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
19	水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術	75.0	2019	2026	水資源
14	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム	73.5	2016	2023	農林水産資源
18	水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球 1 キロメッシュデータ整備: 河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ひ素などの天然有害化学物質などを含む)	70.9	2019	2026	水資源
20	水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術	68.7	2018	2026	水資源
10	DNA マーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質(環境耐性、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術	66.1	2019	2028	農林水産資源

○民間企業(NPO を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-19 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
40	資源量の豊富な褐炭等の劣質石炭の製鉄用優良炭材への改質技術	81.6	2019	2027	炭化水素資源、鉱物資源および CCS
30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスから NO _x 、So _x ゼロ排出技術	77.4	2018	2023	環境、再生資源、リサイクル、LCA
23	逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	75.9	2014	2020	水資源
28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	75.5	2015	2020	環境、再生資源、リサイクル、LCA
04	バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	73.5	2015	2021	未利用資源

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-20 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
59 我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム	57.5	—	2019	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
54 開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成	56.9	2025	2033	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
58 国連等、国際機関の主導する極地、公海、宇宙の国際資源共同探査事業	56.8	—	2027	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
57 省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	53.3	2019	2025	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
26 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	51.3	2017	2024	水資源

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-21 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
03 コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	60.7	2018	2024	未利用資源
16 バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	51.6	2019	2028	農林水産資源
35 石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)	46.9	2020	2028	炭化水素資源、鉱物資源および CCS
07 深海底下に賦存するメタンハイドレートの経済的な生産技術	45.5	2026	2034	未利用資源
44 CO ₂ 地中貯留に関連するパッシブモニタリングを含む効率的な監視・漏洩検知・補修システム	44.4	2020	2026	炭化水素資源、鉱物資源および CCS

○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.4-22 「その他(国際機関等)」という回答の比率が高かった課題

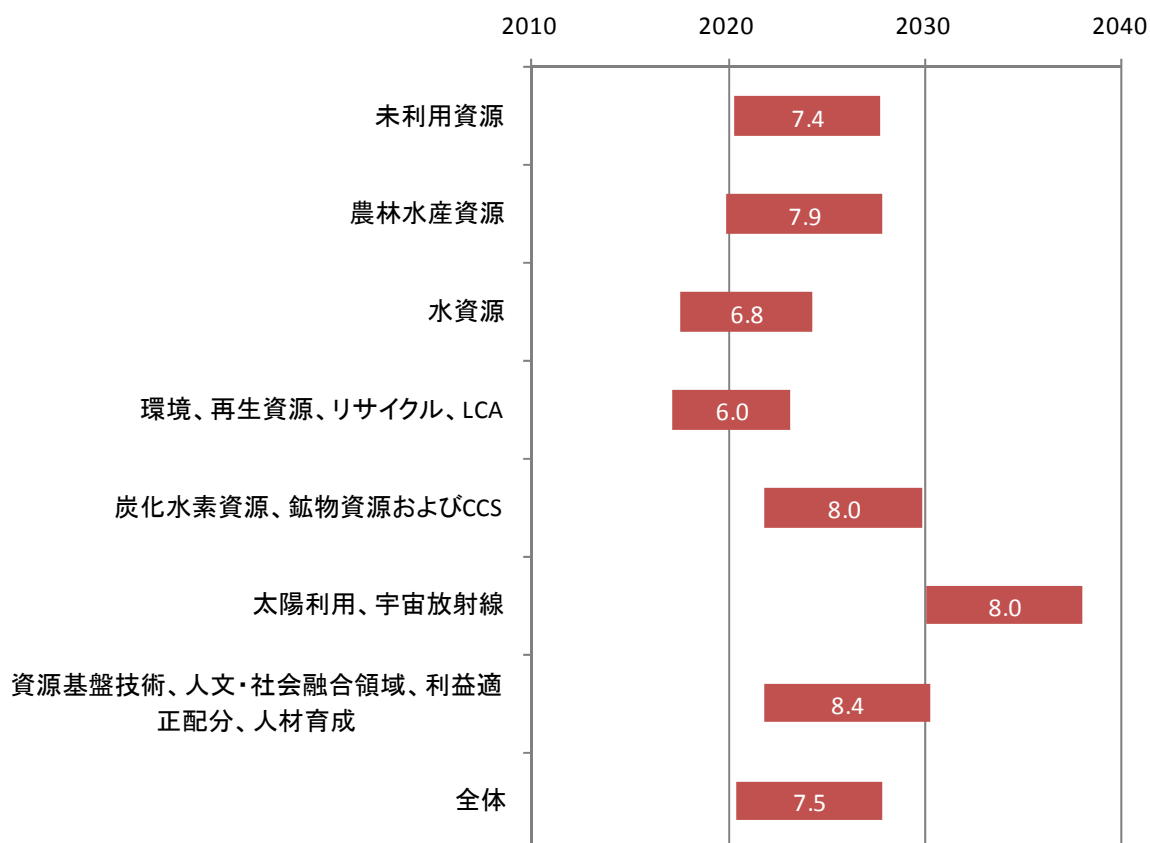
課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
56 新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論	60.0	2020	2029	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
57 省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	58.9	2019	2025	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
54 開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成	53.4	2025	2033	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
58 国連等、国際機関の主導する極地、公海、宇宙の国際資源共同探査事業	52.7	—	2027	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成

課題		比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
55	農産物の生産・製品製造に必要な投入水量(バーチャルウォーター)の地球規模での輸出入量の体系的な移動解析にもとづいた国際トレードシステム	52.6	2020	2030	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成

7. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

技術的実現から社会的実現までの期間を区分別にみると、最も期間を要するもので「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の適正配分、人材育成」の区分で、8.4年であった。次いで、「炭化水素資源、鉱物資源およびCCS(在来型・非在来型化石資源、バイオマス資源、鉱物資源)」、「太陽利用、宇宙放射線」の区分で各8.0年である。一方で、期間が短い区分として「環境、再生資源、リサイクル(有害物を資源に変換)、LCA」区分6.0年であった。

図 7.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題、期間の短い課題、それぞれ上位5位以内の課題は以下の表の通りである。

表 7.4-23 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

課題		技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	期間(年)	区分
55	農産物の生産・製品製造に必要な投入水量(バーチャルウォーター)の地球規模での輸出入量の体系的な移動解析にもとづいた国際トレードシステム	2020	2030	10	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
45	海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術	2025	2035	10	炭化水素資源、鉱物資源 および CCS
02	将来的な地熱資源の活用を目指した火山エネルギー監視・利用技術	2019	2029	10	未利用資源
42	安全性が検証され、国際的に承認された、CO ₂ 海洋隔離技術(中深層溶解・深海底貯留)	2026	2035	9	炭化水素資源、鉱物資源 および CCS
41	超臨界水を用いた超重質油(オイルサンド、ビチューメンなど)の経済的な精製技術	2020	2029	9	炭化水素資源、鉱物資源 および CCS
10	DNA マーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質(環境耐性、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術	2019	2028	9	農林水産資源
15	中緯度温帯地域でもシステム成立可能な高収量かつ輪作を可能とする草本系などのバイオマス商業生産技術	2020	2029	9	農林水産資源
11	未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術	2020	2029	9	農林水産資源
48	地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通	2022	2031	9	太陽利用、宇宙放射線
51	地球規模での太陽エネルギー利用による、環境保全、環境性向上、さらに水害、干ばつ等、気候災害防止	2031	2040	9	太陽利用、宇宙放射線
16	バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	2019	2028	9	農林水産資源
56	新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論	2020	2029	9	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
53	太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術	2025	2034	9	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
49	宇宙太陽資源の生産基地から地球への輸送技術	2037	2041 以降	6	太陽利用、宇宙放射線
27	安全な親水空間創出のために、都市河川、堀、公園における藻類や病原菌などをモニタリング・除去・発生抑制する水処理システム	2016	2022	6	水資源
21	上水供給システムにおける、有害微量化学物質やノロウイルスなどの連続微量モニタリングに基づく、新しい検出・除去技術	2018	2024	6	水資源
44	CO ₂ 地中貯留に関連するパッシブモニタリングを含む効率的な監視・漏洩検知・補修システム	2020	2026	6	炭化水素資源、鉱物資源 および CCS
25	栽培漁業や水産資源確保にむけた沿岸周辺での水循環(浄化・再利用)システム	2017	2023	6	水資源
31	我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム	2017	2023	6	環境、再生資源、リサイクル、LCA
03	コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	2018	2024	6	未利用資源
23	逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	2014	2020	6	水資源
57	省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	2019	2025	6	資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成
04	バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	2015	2021	6	未利用資源
08	生物多様性の保全に資する、マグロ等の高度回遊性魚類の包括的な利用技術	2019	2024	5	農林水産資源
30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスから NO _x 、So _x ゼロ排出技術	2018	2023	5	環境、再生資源、リサイクル、LCA
34	金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を経済的に分離する技術	2017	2022	5	環境、再生資源、リサイクル、LCA
28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	2015	2020	5	環境、再生資源、リサイクル、LCA

7. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 7.4-24 新規に提案された課題

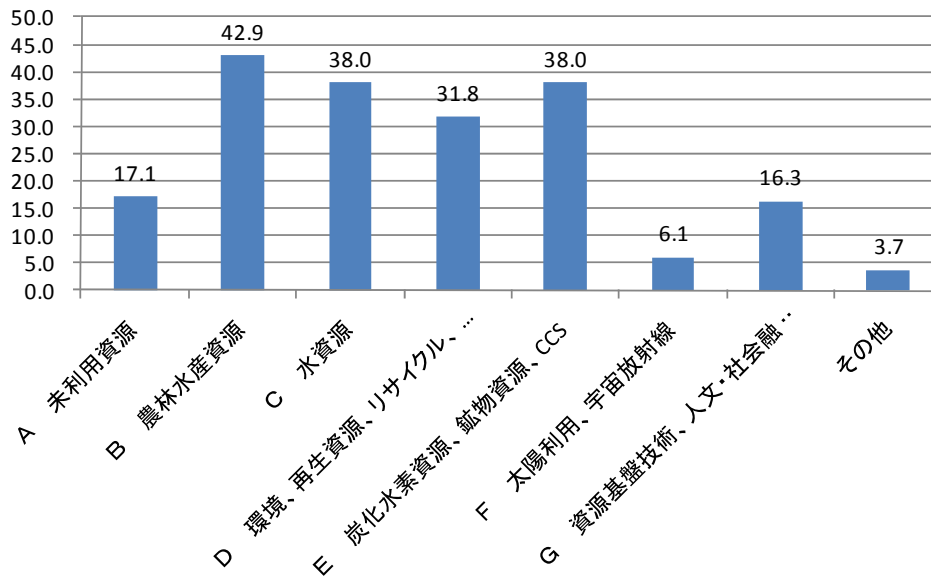
提案課題
未利用あるいは低利用植物資源の探査、評価と活用のための技術
熱帯未利用地(荒廃地)での持続的木質バイオマス生産技術
現在使用中の鉱石に準じた鉱石で、技術的・経済的に利用困難な鉱石が大量に存在するが、それを活用できる利用技術
産業生物における遺伝資源と利用資源の形成および、それらの利用法の確立
水域生態系保全に資する、水産資源管理及び保全技術
周辺環境に配慮した水産養殖技術

7. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

7. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目で、最も回答が多かったのは、「農林水産資源(森林保全、バイオハザードを含む)」(42.9%)であり、次いで「炭化水素資源、鉱物資源および CCS」(38.0%)であった。

図 7.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=245 単位% 複数回答)



7. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下の通りである。

A. 未利用資源

「未利用資源」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 7.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=41>

課題	%
07 深海底下に賦存するメタンハイドレートの経済的な生産技術	63.4
01 マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深海底金属資源の経済的採取技術	58.5
04 バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	51.2
03 コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	34.1

B. 農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む)

「農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 7.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=97>

	課題	%
15	中緯度温帯地域でもシステム成立可能な高収量かつ輪作を可能とする草本系などのバイオマス商業生産技術	40.2
12	砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技術(遺伝子組換え作物等)	40.2
16	バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	38.1

C. 水資源

「水資源」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 7.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=89>

	課題	%
23	逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	66.3
18	水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球 1 キロメッシュデータ整備:河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ヒ素などの天然有害化学物質などを含む)	42.7
20	水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術	34.8
22	水質管理、栄養塩循環および衛生保持を可能とする分散型生物学的下水処理技術	31.5

D. 環境、再生資源、リサイクル(有害物を資源に変換)、LCA

「環境、再生資源、リサイクル(有害物を資源に変換)、LCA」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 7.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=77>

	課題	%
28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	59.7
34	金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を経済的に分離する技術	53.2
30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスから NO _x 、So _x ゼロ排出技術	35.1
29	レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム	32.5

E. 炭化水素資源、鉱物資源および CCS

「炭化水素資源、鉱物資源および CCS」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 7.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=88>

	課題	%
35	石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)	60.2
39	CO ₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留された CO ₂ の再資源化など、CO ₂ 地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術	42.0
36	深部塩水層を対象とした CO ₂ 地中貯留のポテンシャルを拡大するための貯留管理技術	30.7

F. 太陽利用、宇宙放射線

「太陽利用、宇宙放射線」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択

された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 7.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=14>

	課題	%
48	地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通	92.9
51	地球規模での太陽エネルギー利用による、環境保全、環境性向上、さらに水害、干ばつ等、気候災害防止	64.3

G. 資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の最適配分、人材育成

「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の最適配分、人材育成」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)の課題は以下の表に示す通りである。

表 7.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=38>

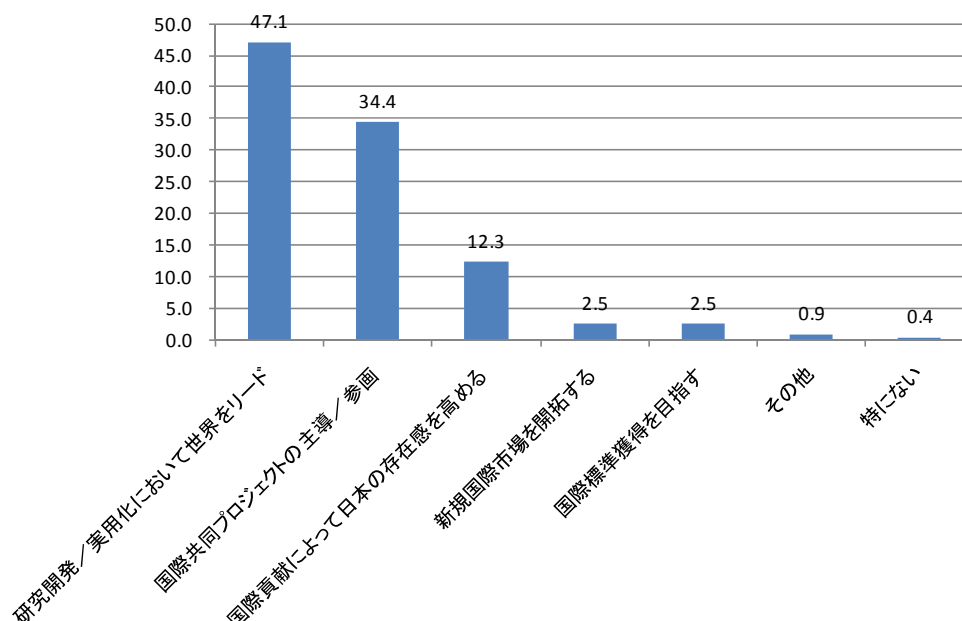
	課題	%
59	我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム	68.4
57	省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	63.2
56	新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論	52.6

7. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略として、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答(47.1%)と最も多く、次いで「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」との回答(34.4%)であった。

図 7.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(n=448、単位%、複数回答)



区分別にみると、「太陽利用、宇宙放射線」、「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の最適配分、人材育成」の区分を除いて、どの区分において「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が多い。「太陽利用、宇宙放射線」の区分では、「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」との回答が多い。それ以外では、「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の最適配分、人材育成」の区分では「国際貢献によって日本の存在感を高める」とする回答(37.5%)が他の区分と比べて多い。

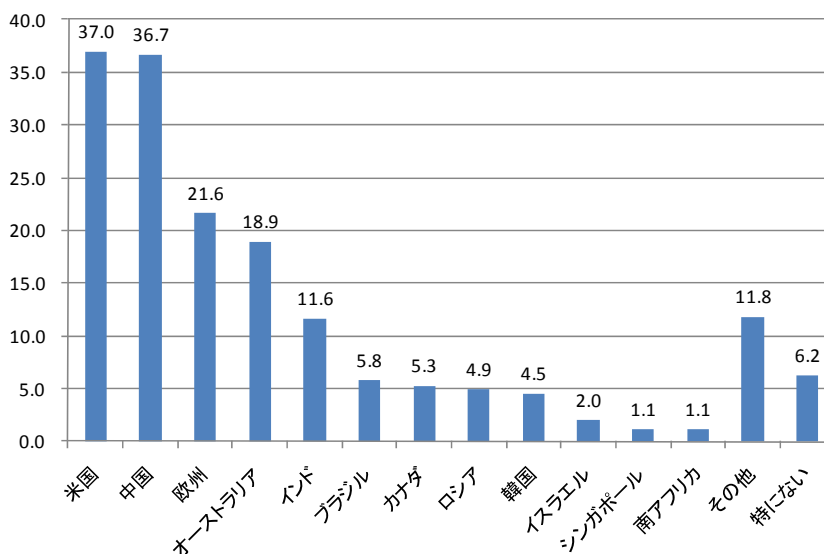
表 7.5-8 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	研究開発・実用化において世界をリード	国際共同プロジェクト主導・参画	国際貢献により存在感を高める	新規国際市場の開拓	国際標準の獲得	その他	特にない
A 未利用資源 (41)	63.4	36.6					
B 農林水産資源 (97)	50.5	36.1	11.3	1.0		1.0	
C 水資源 (87)	34.5	37.9	18.4	1.1	5.7	1.1	1.1
D 環境、再生資源、リサイクル、LCA (76)	67.1	17.1	6.6	5.3	3.9		
E 炭化水素資源、鉱物資源および CCS (90)	46.7	37.8	11.1	3.3		1.1	
F 太陽利用、宇宙放射線(重点予測、サンベルト地帯等) (14)	28.6	57.1		7.1	7.1		
G 資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成(38)	13.2	39.5	34.2	2.6	5.3	2.6	2.6

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

我が国が関係を強化すべき国として、最も多いのが「米国」(37.0%)であり、次いで「中国」(36.7%)、「欧州」(21.6%)、「オーストラリア」(18.9%)と続く。

図 7.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域(n=449、単位%、複数回答)



各区分別の関係を強化すべき国は、次に示す通りである。

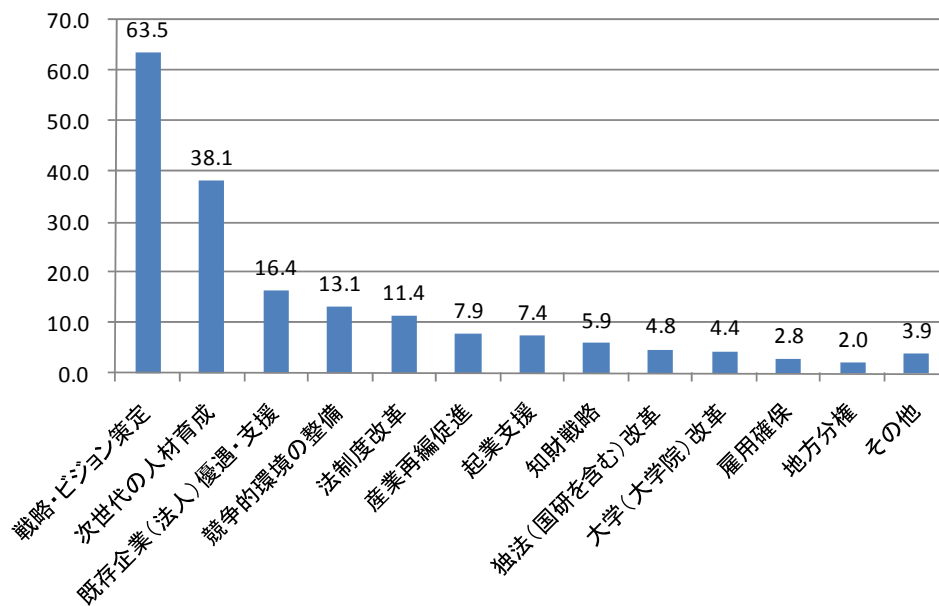
表 7.5-9 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	米国	中国	欧州	オーストラリア	インド	ブラジル	カナダ	ロシア	韓国	イスラエル	シンガポール	南アフリカ	その他	特にない
A 未利用資源 (40)	55.0	22.5	17.5	17.5	5.0	7.5	12.5	20.0			2.5		5.0	7.5
B 農林水産資源 (96)	34.4	37.5	16.7	16.7	9.4	13.5	3.1	5.2	7.3	2.1		1.0	16.7	6.3
C 水資源 (89)	24.7	42.7	27.0	4.5	18.0	1.1	1.1	1.1	6.7	4.5	3.4	1.1	18.0	9.0
D 環境、再生資源、リサイクル、LCA (76)	32.9	52.6	27.6	13.2	17.1	2.6	1.3	2.6	6.6	3.9		2.6	1.3	2.6
E 炭化水素資源、鉱物資源および CCS (91)	38.5	31.9	18.7	45.1	4.4	4.4	12.1	3.3				1.1	12.1	3.3
F 太陽利用、宇宙放射線(重点予測、サンベルト地帯等) (14)	92.9	7.1	28.6	7.1	14.3			14.3	7.1				14.3	
G 資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成 (38)	42.1	28.9	18.4	13.2	10.5	5.3	7.9		2.6				13.2	13.2

7. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

政府が重点的に取り組むべき事項として、最も多いのが「戦略・ビジョン策定」(63.5%)であり、次いで「次世代の人材育成」(38.1%)、「既存企業(法人)優遇・支援」(16.4%)であった。

図 7.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項(n=457、単位%、複数回答)



区分別にみると、「資源基盤技術(データベース)、資源に関わる人文・社会融合領域(合理的合意点の模索等)、資源を生み出す利益の最適配分、人材育成」を除いて、どの区分とも「戦略・ビジョン策定」が多い。それ以外では、「太陽利用、宇宙放射線」の区分では、「法制度改革」との回答が他の区分と比べて多い(28.6%)。

表 7.5-10 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	既存企業(法人)優	競争的環境の整備	法制度改革	産業再編促進	起業支援	知財戦略	独法(国研を含む)改	独法(国研院)改革	大学(大学院)改革	雇用確保	地方分権	その他
A 未利用資源 (42)	69.0	28.6	19.0	19.0	7.1	4.8	14.3	2.4	4.8	4.8	2.4			2.4
B 農林水産資源 (99)	54.5	44.4	6.1	12.1	7.1	13.1	5.1	9.1	11.1	4.0	7.1	3.0		5.1
C 水資源 (87)	71.3	32.2	23.0	13.8	8.0	6.9	5.7	5.7	2.3	3.4	1.1	3.4		1.1
D 環境、再生資源、リサイクル、LCA (77)	58.4	27.3	20.8	16.9	20.8	6.5	14.3	3.9	5.2	2.6	2.6	2.6		1.3
E 炭化水素資源、鉱物資源および CCS (92)	72.8	28.3	23.9	12.0	13.0	8.7	3.3	4.3	3.3	3.3				8.7
F 太陽利用、宇宙放射線(重点予測、サンベルト地帯等) (14)	42.9	35.7	21.4	14.3	28.6	7.1	21.4	14.3			7.1			
G 資源基盤技術、人文・社会融合領域、利益適正配分、人材育成 (40)	62.5	90.0		2.5	5.0	2.5		7.5			12.5	2.5		2.5

7. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 10%未達の課題を省略)を以下に示す。課題 35「石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)」が 25.6%と最も多く、次いで課題 53「太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術」(21.1%)、課題 3「コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術」(13.9%)、課題 39「CO₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留された CO₂ の再資源化など、CO₂ 地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術」(15.3%)が続く。

表 7.5-11 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

< 当該設問の回答数=223 >

課題	%
35 石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)	25.6
53 太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術	21.1
3 コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	13.9
39 CO ₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留された CO ₂ の再資源化など、CO ₂ 地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術	13.9
16 バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	12.6
36 深部塩水層を対象とした CO ₂ 地中貯留のポテンシャルを拡大するための貯留管理技術	12.1
57 省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	11.7
4 バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	10.8
48 地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通	10.3

7. 6. 集計結果一覧

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本に とり重要	特に世界に とり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
未 利 用 資 源	1	マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深 海底金属資源の経済的採取技術	1	115	14	24	62	-	40	52	0	8
			2	107	11	24	65	-	31	64	0	5
			専	12	100	0	0	-	25	67	0	8
	2	将来的な地熱資源の活用を目指した火山エネルギー監視・利 用技術	1	108	8	37	55	-	25	61	4	10
			2	103	8	36	56	-	20	71	2	7
			専	8	100	0	0	-	25	62	13	0
	3	コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循 環サイクルを形成する技術	1	155	17	28	55	-	62	26	6	6
			2	142	13	29	58	-	71	22	4	3
			専	18	100	0	0	-	75	6	19	0
	4	バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技 術	1	119	12	35	53	-	39	50	4	7
			2	105	12	34	54	-	41	57	1	1
			専	13	100	0	0	-	69	31	0	0
	5	重力測定・測地技術を利用した地熱資源モニタリング技術	1	76	9	30	61	-	34	45	3	18
			2	71	10	25	65	-	40	42	1	17
			専	7	100	0	0	-	71	29	0	0
	6	地表水・海水を熱源とした高効率エネルギー供給技術	1	96	3	34	63	-	41	35	4	20
			2	89	3	27	70	-	44	37	2	17
			専	3	100	0	0	-	67	0	0	33
	7	深海底下に賦存するメタンハイドレートの経済的な生産技術	1	137	15	32	53	-	39	52	1	8
			2	129	14	33	53	-	29	62	0	9
			専	18	100	0	0	-	25	75	0	0
8	生物多様性の保全に資する、マグロ等の高度回遊性魚類の包 括的な利用技術	1	76	13	32	55	-	45	49	3	3	
		2	70	11	26	63	-	44	50	3	3	
		専	8	100	0	0	-	62	38	0	0	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										2
						2	10	22	50	31	48	3							1	11	11	28	48	24	39	7
						2	5	17	59	20	58	3							2	7	6	28	58	25	42	5
						8	0	45	91	36	27	0							9	0	30	70	80	30	20	0
						2	9	31	61	29	26	0							1	10	15	41	40	28	34	1
						2	6	28	69	25	21	0							2	6	14	51	44	22	33	0
						0	13	38	63	13	25	0							0	13	43	57	29	57	29	0
						1	5	26	33	33	64	5							3	3	14	21	39	39	50	2
						0	4	14	31	29	76	1							1	4	8	14	36	41	61	0
						0	0	12	29	35	71	6							6	0	13	19	38	50	69	0
						1	3	26	37	57	31	2							3	3	13	19	65	21	27	2
						0	2	23	36	65	36	1							0	3	12	19	74	24	24	1
						0	0	31	31	77	31	0							0	0	17	8	92	33	25	0
						3	8	42	53	27	22	3							3	7	22	49	35	17	25	3
						1	4	43	63	30	16	3							3	3	18	66	45	10	24	3
						0	0	71	71	29	0	0							0	0	43	86	71	0	0	0
						4	13	30	50	23	32	4							5	9	14	28	44	25	34	9
						5	5	32	67	21	29	3							5	5	10	37	47	23	36	6
						0	0	67	67	33	67	33							0	0	33	33	67	33	33	33
						5	6	24	57	23	43	3							6	8	14	34	47	27	43	5
						4	2	22	67	24	44	2							4	7	13	38	50	27	45	2
						0	0	28	72	17	39	0							0	0	6	19	63	25	38	0
						0	7	48	60	23	32	16							0	8	31	48	32	32	31	17
						0	4	46	65	18	32	9							0	4	30	61	33	26	38	7
						0	0	50	75	13	50	13							0	0	38	75	38	13	63	13

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
農 林 水 産 資 源 （ 森 林 保 全 、 バ イ オ ハ ザ ー ド 等 を 含 む ）	9	形、大きさ、開花時期など、植物の成長をコントロールする遺伝子基本ネットワークの解明	1	59	24	19	57	-	75	3	3	19
			2	55	16	20	64	-	78	0	4	18
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
	10	DNAマーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質（環境耐性、耐病性等）を備えた水産生物を作出・養殖する技術	1	71	13	27	60	-	51	26	6	17
			2	63	8	25	67	-	60	21	3	16
			専	5	100	0	0	-	40	40	0	20
	11	未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術	1	76	8	24	68	-	61	20	3	16
			2	73	7	26	67	-	70	14	3	13
			専	5	100	0	0	-	60	0	0	40
	12	砂漠（乾燥地帯）における植生再生の新技術（遺伝子組換え作物等）	1	88	15	23	62	-	41	1	50	8
			2	82	13	21	66	-	43	0	52	5
			専	11	100	0	0	-	73	0	27	0
	13	空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を飛躍的に向上させる植物ゲノム技術	1	66	17	27	56	-	65	6	17	12
			2	62	15	26	59	-	74	3	10	13
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
	14	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム	1	98	12	32	56	-	68	16	9	7
			2	86	8	38	54	-	74	13	5	8
			専	7	100	0	0	-	86	14	0	0
	15	中緯度温帯地域でもシステム成立可能な高収量かつ輪作を可能とする草本系などのバイオマス商業生産技術	1	87	11	37	52	-	57	14	18	11
			2	79	10	38	52	-	69	10	8	13
			専	8	100	0	0	-	61	13	13	13
	16	バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	1	105	16	37	47	-	74	14	8	4
			2	99	15	38	47	-	83	11	3	3
			専	15	100	0	0	-	87	13	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター												
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)		
						0	7	71	55	24	10	0	/														
						0	2	67	65	22	15	0															
						0	0	89	78	11	0	0															
						1	6	60	62	21	21	1								3	9	31	55	37	15	31	4
						2	5	68	65	23	19	0								3	7	36	66	38	14	30	2
						0	0	80	100	0	0	0								0	0	25	75	50	25	50	25
						3	11	56	58	40	19	0								1	14	33	46	49	19	26	0
						1	7	50	59	41	21	0								1	9	29	53	53	9	23	0
						20	0	50	25	100	0	0								20	20	25	75	75	0	0	0
						2	5	51	54	31	23	14								6	7	36	44	32	25	27	25
						1	5	46	58	26	25	11								4	8	35	52	32	20	24	20
						0	0	64	55	55	18	9								0	0	64	55	64	9	18	18
						2	8	62	63	22	23	3								2	8	38	54	32	16	33	8
						0	3	66	67	17	19	2								0	5	39	64	30	11	30	4
						0	0	78	67	22	11	0								0	0	56	56	44	0	22	0
						0	5	48	68	13	31	7								0	6	33	59	20	27	34	14
						0	2	50	77	13	27	5								0	2	35	73	20	23	34	8
						0	0	86	86	14	29	0								0	0	29	100	14	14	43	0
						5	6	37	52	28	35	7								7	5	19	44	40	23	36	9
						4	5	37	56	31	33	7								5	5	14	46	46	17	39	7
						13	0	29	43	57	29	0								0	0	14	29	43	29	14	0
						0	5	37	47	49	38	4								1	9	16	28	53	19	45	8
						0	5	32	49	56	35	2								0	8	17	22	61	15	52	2
						0	0	40	33	67	40	0								0	13	27	20	60	20	33	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
(森林・農林・水産・水産資源ハザード等を含む)	17	バイオテクノロジーを使用したレアメタル金属元素の実用抽出・分離技術	1	90	4	31	65	-	48	38	3	11
			2	87	3	29	68	-	51	35	0	14
			専	3	100	0	0	-	0	33	0	67
水 資 源	18	水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球1キロメッシュデータ整備:河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ヒ素などの天然有害化学物質などを含む)	1	99	12	29	59	-	82	2	9	7
			2	90	7	28	65	-	83	2	7	8
			専	6	100	0	0	-	100	0	0	0
19	水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術	1	74	12	24	64	-	87	3	5	5	
		2	73	8	22	70	-	87	0	6	7	
		専	6	100	0	0	-	100	0	0	0	
20	水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術	1	76	12	33	55	-	69	11	17	3	
		2	72	10	32	58	-	77	4	16	3	
		専	7	100	0	0	-	86	0	14	0	
21	上水供給システムにおける、有害微量化学物質やノロウイルスなどの連続微量モニタリングに基づく、新しい検出・除去技術	1	78	12	23	65	-	62	18	8	12	
		2	73	5	25	70	-	72	11	6	11	
		専	4	100	0	0	-	50	0	25	25	
22	水質管理、栄養塩循環および衛生保持を可能とする分散型生物学的下水処理技術	1	74	18	22	60	-	62	12	18	8	
		2	65	15	23	62	-	70	5	14	11	
		専	10	100	0	0	-	70	10	20	0	
23	逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	1	103	12	31	57	-	57	6	36	1	
		2	93	9	35	56	-	66	3	29	2	
		専	8	100	0	0	-	86	0	14	0	
24	国際的な水保有量の偏在化を解消するための大量水輸送システム	1	74	5	32	63	-	37	3	37	23	
		2	73	3	33	64	-	41	1	35	23	
		専	2	100	0	0	-	100	0	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										6
						4	9	55	63	33	21	0							4	10	30	53	48	13	23	1
						0	33	67	100	33	0	0							33	0	33	67	33	0	0	0
						5	6	46	68	14	27	22							5	6	32	57	19	33	27	21
						5	5	48	80	8	22	22							5	7	29	71	10	31	22	21
						0	0	33	100	0	17	0							0	0	0	83	0	17	0	0
						0	3	61	79	11	14	13							0	3	43	66	20	31	20	16
						0	1	56	81	3	10	16							1	0	40	75	16	29	18	12
						0	0	33	100	17	0	33							0	0	0	100	20	20	0	0
						0	4	49	69	20	28	5							1	3	32	53	25	32	30	8
						0	1	49	79	13	19	6							0	3	36	69	19	27	25	4
						0	0	43	71	14	14	0							0	0	17	67	17	0	33	0
						0	6	43	66	29	25	1							1	5	23	47	45	31	27	3
						0	6	41	70	30	24	0							1	6	21	54	49	27	21	0
						0	0	75	50	50	0	0							0	0	25	50	75	50	0	0
						3	7	33	54	46	32	6							4	8	20	37	50	31	30	6
						3	5	32	71	49	19	5							3	7	13	49	61	30	18	5
						0	10	60	80	60	0	0							0	10	0	40	60	40	0	0
						0	2	21	36	67	31	5							3	4	14	24	66	22	37	8
						0	1	21	37	75	26	2							3	2	14	24	76	23	28	5
						0	14	14	57	71	14	0							0	14	0	29	71	43	0	0
						15	7	18	31	41	32	24							21	10	8	23	41	23	33	27
						14	4	15	34	45	35	18							14	10	6	22	46	27	33	21
						0	50	0	50	50	0	0							0	50	0	50	50	0	0	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
水 資 源	25	栽培漁業や水産資源確保にむけた沿岸周辺での水循環(浄化・再利用)システム	1	85	16	25	59	-	46	45	2	7
			2	80	14	26	60	-	46	45	3	6
			専	11	100	0	0	-	55	45	0	0
	26	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	1	88	17	26	57	-	52	45	1	2
			2	80	14	30	56	-	48	48	1	3
			専	11	100	0	0	-	64	36	0	0
	27	安全な親水空間創出のために、都市河川、堀、公園における藻類や病原菌などをモニタリング・除去・発生抑制する水処理システム	1	76	13	24	63	-	43	37	4	16
			2	69	10	22	68	-	50	30	3	17
			専	7	100	0	0	-	43	43	0	14
環 境 、 再 生 資 源 、 リ サ イ ク ル (有 害 物 を 資 源 に 変 換)、 L C A	28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	1	111	12	31	57	-	45	52	1	2
			2	107	11	30	59	-	41	57	1	1
			専	12	100	0	0	-	58	42	0	0
	29	レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム	1	85	14	21	65	-	24	62	1	13
			2	86	12	24	64	-	21	67	1	11
			専	10	100	0	0	-	40	60	0	0
	30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスからNOx、SOxゼロ排出技術	1	103	26	30	44	-	56	2	38	4
			2	97	28	31	41	-	60	1	37	2
			専	27	100	0	0	-	69	4	27	0
	31	我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム	1	110	24	25	51	-	36	53	5	6
			2	107	25	21	54	-	34	55	6	5
			専	27	100	0	0	-	35	53	8	4
	32	石炭やバイオマス、廃棄物の燃焼ボイラーから発生する排ガス中の水銀を大気、水、土壌等の環境に対して影響のないまでに総量を低減する技術	1	93	24	35	41	-	72	12	8	8
			2	87	24	33	43	-	84	6	5	5
			専	21	100	0	0	-	80	5	5	10

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										3
						4	10	36	64	40	35	4							3	10	23	44	47	29	32	3
						3	6	32	74	38	32	3							3	4	20	52	57	28	31	0
						0	0	64	91	64	55	9							0	0	27	55	82	64	45	0
						0	3	47	66	16	36	2							0	4	32	46	25	51	29	0
						0	3	45	74	15	40	3							0	3	31	56	22	51	33	0
						0	0	91	91	36	55	0							0	0	45	64	36	73	45	0
						4	5	37	61	33	36	1							3	7	27	45	37	38	34	1
						4	3	32	64	26	38	0							3	6	24	48	33	41	33	3
						0	14	57	71	43	43	0							0	14	43	71	43	43	43	0
						2	5	27	35	61	34	0							1	4	11	22	69	22	34	1
						1	3	19	33	68	32	0							0	4	8	24	75	18	29	0
						8	0	50	67	75	17	0							0	0	9	45	91	36	18	0
						2	8	20	51	37	44	0							4	7	7	28	51	35	35	1
						2	6	13	49	35	48	0							5	7	5	28	51	31	34	0
						0	0	56	67	56	33	0							0	0	20	50	50	50	30	0
						3	2	25	33	63	19	9							3	7	12	16	69	20	23	13
						2	1	24	36	70	18	7							2	4	13	18	77	23	24	9
						4	0	28	40	64	32	8							4	8	20	16	76	36	32	4
						1	6	24	34	60	33	3							1	8	12	19	61	18	34	4
						1	5	18	28	68	30	0							1	6	9	17	70	15	31	1
						0	0	25	42	63	42	0							0	0	16	20	68	32	36	4
						0	4	22	42	57	29	5							0	5	11	24	55	27	30	7
						0	5	19	42	62	29	4							0	5	9	21	67	22	29	5
						0	5	30	50	70	30	5							0	5	17	22	78	44	33	6

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
(有 害 物 を 資 源 に 変 換) 、 L C A	33	環境配慮設計 (DFE) 製造を支えられる回収システム	1	44	14	27	59	-	63	30	5	2
			2	44	14	23	63	-	72	18	5	5
			専	6	100	0	0	-	100	0	0	0
	34	金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を 経済的に分離する技術	1	105	12	25	63	-	44	55	0	1
			2	101	13	23	64	-	46	52	0	2
			専	13	100	0	0	-	54	46	0	0
(在 来 型 ・ 非 在 来 型 炭 化 水 素 資 源 、 炭 化 水 素 資 源 、 バ イ オ マ ス 資 源 、 お よ び C C S) 、 C C S	35	石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、 CCSを組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製 造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢 献できるシステム)	1	133	22	34	44	-	75	15	4	6
			2	119	22	30	48	-	81	9	3	7
			専	26	100	0	0	-	88	0	0	12
	36	深部塩水層を対象としたCO ₂ 地中貯留のポテンシャルを拡大す るための貯留管理技術	1	120	23	31	46	-	66	20	3	11
			2	108	25	31	44	-	70	17	3	10
			専	27	100	0	0	-	78	11	0	11
	37	従来未利用の低品位なレアメタル原料の経済的精製技術	1	87	11	28	61	-	46	49	1	4
			2	80	13	24	63	-	49	47	1	3
			専	10	100	0	0	-	40	50	10	0
	38	石炭地下ガス化技術(採掘困難な深部石炭層を地中でガス化 し、利用可能なガスを取り出す)	1	104	15	30	55	-	50	13	18	19
			2	99	14	32	54	-	61	5	16	18
			専	14	100	0	0	-	69	0	0	31
39	CO ₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、 貯留されたCO ₂ の再資源化など、CO ₂ 地中貯留に経済的インセ ンティブを付与する技術	1	120	23	32	45	-	66	9	14	11	
		2	109	24	31	45	-	75	3	9	13	
		専	26	100	0	0	-	80	0	8	12	
40	資源量の豊富な褐炭等の劣質石炭の製鉄用優良炭材への改 質技術	1	100	25	33	42	-	51	32	8	9	
		2	88	27	32	41	-	63	24	7	6	
		専	24	100	0	0	-	71	29	0	0	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										0
						0	5	23	48	43	36	0							0	5	14	26	49	35	42	0
						0	5	19	53	47	37	0							0	5	14	26	60	36	36	0
						0	0	50	67	50	50	0							0	0	20	40	100	60	20	0
						0	5	31	39	52	30	0							0	5	13	24	63	22	33	0
						1	4	28	39	61	29	1							0	4	9	19	71	18	33	0
						0	15	77	69	62	15	0							0	15	38	23	85	23	15	0
						5	6	24	46	47	47	4							6	6	15	30	50	25	47	6
						3	5	16	48	47	46	2							7	4	13	24	57	20	47	2
						15	0	24	40	60	40	4							23	0	21	25	58	21	42	4
						8	6	26	58	31	45	6							9	7	17	34	38	35	45	7
						6	4	28	59	32	44	5							8	4	19	34	40	35	43	3
						7	0	26	52	33	41	4							11	0	19	33	33	37	37	4
						1	8	37	47	47	29	1							1	10	13	30	63	22	29	2
						1	8	31	55	56	25	0							1	8	13	26	71	21	25	0
						11	0	60	70	60	10	0							11	11	40	50	70	30	20	0
						10	10	24	45	34	43	6							12	13	16	32	45	26	35	7
						6	7	24	51	35	44	2							6	9	14	36	53	24	36	3
						17	0	15	31	38	54	0							15	8	18	27	64	27	36	0
						7	6	25	45	40	47	4							12	7	14	29	50	29	39	4
						7	7	23	43	40	49	2							9	7	12	28	57	29	39	1
						8	0	21	25	42	54	4							13	0	13	13	52	17	57	0
						3	5	30	30	66	34	1							4	4	16	21	76	18	23	1
						2	2	24	31	74	32	0							1	2	10	18	82	16	21	0
						0	0	33	42	67	38	0							0	0	25	29	71	29	21	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・ 優先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
(在 来 型 ・ 非 在 来 型 炭 化 水 素 資 源 、 バ 釷 資 源 お よ び C C S)	41	超臨界水を用いた超重質油(オイルサンド、ピチューメンなど)の 経済的な精製技術	1	87	15	37	48	-	53	16	13	18
			2	83	14	37	49	-	63	8	11	18
			専	12	100	0	0	-	58	0	0	42
	42	安全性が検証され、国際的に承認された、CO ₂ 海洋隔離技術 (中深層溶解・深海底貯留)	1	107	14	33	53	-	48	26	5	21
			2	98	13	34	53	-	59	20	2	19
			専	13	100	0	0	-	54	23	0	23
	43	地下深部の資源を安全かつ経済的に採取するための地中遠隔 通信システム	1	66	8	38	54	-	49	16	8	27
			2	59	8	34	58	-	66	5	5	24
			専	5	100	0	0	-	50	0	25	25
	44	CO ₂ 地中貯留に関連するパッシブモニタリングを含む効率的な 監視・漏洩検知・補修システム	1	88	18	31	51	-	79	8	5	8
			2	83	17	31	52	-	83	4	2	11
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0
	45	海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術	1	87	10	24	66	-	29	52	2	17
			2	79	11	20	69	-	29	54	3	14
			専	9	100	0	0	-	45	44	11	0
	46	原子力エネルギーによる未利用炭素資源からの製鉄用還元ガ ス製造技術	1	73	14	22	64	-	33	32	6	29
			2	66	15	20	65	-	47	23	5	25
			専	10	100	0	0	-	40	10	0	50
	47	炭釷等の通気から排出される低濃度メタンガスの経済的な濃縮 技術	1	79	10	32	58	-	34	16	28	22
			2	71	10	35	55	-	44	7	28	21
			専	7	100	0	0	-	29	0	42	29
48	地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産 利用地間の融通	1	92	5	24	71	-	63	8	21	8	
		2	81	7	23	70	-	75	5	10	10	
		専	6	100	0	0	-	67	33	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	8	10	28	44	41	37	4		13	10	14	33	45	13	37	4									
	7	5	23	51	41	36	0		9	5	17	38	49	9	34	0									
	27	0	30	50	30	30	0		36	0	11	33	56	22	33	0									
	20	16	25	58	19	33	16		21	19	15	33	26	35	35	17									
	19	12	24	64	16	31	14		21	14	16	43	27	38	31	19									
	46	0	36	64	18	27	18		50	0	30	30	50	70	10	20									
	8	13	31	38	43	33	3		8	15	19	22	46	14	39	5									
	7	9	28	41	47	29	5		7	9	14	27	61	13	30	4									
	0	40	20	40	60	20	0		0	60	0	0	80	40	20	0									
	5	6	31	56	29	41	6		5	6	16	39	38	29	46	6									
	5	5	31	59	28	43	5		6	4	19	46	44	25	44	4									
	0	0	36	57	29	36	0		0	0	21	50	50	21	21	0									
	9	9	40	60	28	30	4		11	11	24	33	46	23	35	3									
	6	8	35	66	27	26	1		6	9	17	36	55	20	31	0									
	11	0	50	75	50	13	0		11	0	38	63	50	38	38	0									
	14	9	20	47	33	34	3		15	12	16	35	37	22	27	5									
	8	9	16	61	29	34	0		14	9	10	48	42	15	27	2									
	20	10	38	63	13	50	0		56	0	13	25	25	13	38	0									
	5	12	18	42	38	31	1		12	19	14	33	48	14	29	3									
	4	10	18	51	40	31	1		9	16	12	35	55	12	26	3									
	14	0	17	50	50	17	0		29	0	17	33	83	17	0	0									
	2	7	18	37	33	36	21		3	9	8	26	38	27	35	24									
	4	5	15	40	32	44	19		4	6	8	27	45	27	40	20									
	0	0	0	50	50	33	0		0	0	0	17	67	33	50	17									









区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
(黒点予測、太陽利用、サンベルト地帯)	49	宇宙太陽資源の生産基地から地球への輸送技術	1	53	4	13	83	-	40	6	6	48
			2	51	2	14	84	-	40	4	4	52
			専	1	100	0	0	-	0	0	100	0
	50	宇宙内で制御されたビックバンの再現による資源創造	1	34	3	6	91	-	24	6	6	64
			2	33	0	9	91	-	22	0	0	78
			専		0	0	0	-	0	0	0	0
	51	地球規模での太陽エネルギー利用による、環境保全、環境性向上、さらに水害、干ばつ等、気候災害防止	1	78	6	22	72	-	78	1	13	8
			2	73	5	21	74	-	87	0	8	5
			専	4	100	0	0	-	100	0	0	0
(資源基盤技術(データベース)、資源を生み出す利益の適正配分、社会融合領域)	52	コークス用炭の世界規模での品質と資源量の把握	1	91	23	33	44	-	64	22	6	8
			2	85	25	32	43	-	75	15	2	8
			専	21	100	0	0	-	80	15	0	5
	53	太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術	1	105	10	27	63	-	85	10	5	0
			2	93	10	27	63	-	91	7	2	0
			専	9	100	0	0	-	78	22	0	0
	54	開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成	1	65	9	23	68	-	45	2	50	3
			2	61	7	23	70	-	49	0	46	5
			専	4	100	0	0	-	50	0	50	0
55	農産物の生産・製品製造に必要な投入水量(バーチャルウォーター)の地球規模での輸出入量の体系的な移動解析にもとづいた国際トレードシステム	1	65	8	23	69	-	62	5	11	22	
		2	60	7	18	75	-	65	3	10	22	
		専	4	100	0	0	-	50	0	0	50	
56	新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論	1	76	13	25	62	-	61	7	31	1	
		2	70	10	24	66	-	71	6	22	1	
		専	7	100	0	0	-	71	0	29	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																										(%)	(%)
						28	21	34	59	9	27	16								29	18	18	41	14	30	27	23
						28	20	34	61	5	23	14								31	19	14	45	7	31	26	24
						0	0	0	0	0	100	0								0	0	0	0	0	100	0	
						59	18	48	39	9	22	17	/														
					56	16	61	36	7	14	14																
					0	0	0	0	0	0	0																
						10	19	32	49	15	35	28								11	18	19	23	22	32	35	33
						7	11	37	64	14	31	23								7	11	17	41	22	33	36	32
						25	0	25	50	0	25	0								25	0	25	0	25	25	25	0
						3	7	18	44	38	22	18	/														
					2	8	14	48	41	26	15																
					5	5	32	58	53	26	16																
						3	13	34	43	35	37	14								2	12	17	30	34	29	41	9
						2	8	33	52	42	34	10								2	9	15	35	45	27	42	10
						22	11	44	44	56	78	22								13	13	22	44	33	11	67	22
						6	20	23	37	11	29	48								8	18	13	21	13	58	24	44
						5	13	17	43	5	26	57								5	14	10	17	9	57	26	53
						0	0	0	25	0	50	25								25	0	0	25	0	25	25	25
						12	18	34	44	10	25	46								13	18	16	30	15	46	20	46
						10	12	34	46	11	20	55								9	16	14	28	18	47	19	53
						0	0	33	33	0	0	100								0	0	25	50	25	0	0	75
						7	18	19	31	10	28	56								10	20	13	21	13	41	19	54
						3	9	17	32	12	29	59								6	14	11	22	12	40	22	60
						0	0	29	43	43	29	29								0	14	29	43	29	57	14	29

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
資源基盤技術(データベース)、資源を生み出す利益の適正配分、社会融合領域 育成	57	省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国 間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合 意形成方法論	1	107	8	24	68	-	72	15	9	4
			2	94	7	23	70	-	78	13	8	1
			専	7	100	0	0	-	71	29	0	0
	58	国連等、国際機関の主導する極地、公海、宇宙の国際資源共 同探査事業	1	82	5	26	69	-	72	8	11	9
			2	78	3	26	71	-	80	6	8	6
			専	2	100	0	0	-	50	0	50	0
	59	我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍 できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム	1	136	15	28	57	-	38	56	3	3
			2	130	15	28	57	-	34	63	2	1
			専	20	100	0	0	-	30	70	0	0

図形の見方に関しては 73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)						(%)							
						6	9	19	41	13	32	60						7	10	9	26	12	54	27	55
						7	2	15	45	12	28	63						9	5	6	23	10	53	24	59
						0	0	29	43	29	29	57						0	14	17	33	33	50	17	33
																		8	15	16	30	11	49	22	49
																		5	9	11	26	5	57	18	53
																		0	0	50	100	100	100	50	0
																		2	10	49	37	21	53	26	11
																		2	10	54	38	22	58	30	9
																		0	6	78	56	44	61	17	0

7. 7. 課題別コメント

1	<p>マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深海底金属資源の経済的採取技術</p> <p>○領海問題、地域環境への影響。○陸上資源採取と競合。備蓄の考えで推進すべき。○短期的解決に走りすぎ。○リーチングなどの分離回収技術の確立。廉価化。○コストが問題。○海洋開発と生態系保全との間のトレードオフが制約となる。○実現時期は資源価格次第○漁業、海上交通との調整が必要。○資源価格動向、資源ナショナリズム展開如何で何とも言える。○熱水鉱床からのレアメタルの回収の可能性は戦略的に重要。○2010年頃よりパプアニューギニア近海で調査開始の可能性あり。○レアメタル等回収技術の基礎ははかり進んでいると思われるが、事業性が成り立つ“採取技術”を急ぐ必要あり。○海洋開発と生態系保全との間のトレードオフが制約となる。○公海法など諸外国との関係が尊重されるべきである。○領海領土問題、海洋(近隣海域)環境への影響。</p>
2	<p>将来的な地熱資源の活用を目指した火山エネルギー監視・利用技術</p> <p>○重金属等の水質汚濁。○国立公園地域内施設→規制緩和が必要。○利用規模や程度による。大規模な利用として回答。○資源開発と環境との間のトレードオフが制約となる。○公的規制が阻害要因の第一の原因である。○地域開発へのincentiveの有無が我国での問題。○小規模にとどめるべき。○温泉等利害関係者の反対。○火山列島を活かしたグリーンエネルギー活用技術は、各電力会社にノルマを与えてでも進める価値があると思う。○資源開発と環境との間のトレードオフが制約となる。○災害の防止にも重要である。</p>
3	<p>コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術</p> <p>○多様な地域性を考慮した様々なモデルを提案する必要がある。○ゼロエミッションでなければ即実現化。○一部地域で、大学の先生の主導で実施済み。全国展開が鍵。○バイオマスタウン構想等の具体化。○石油と景気次第。○地域住民との合意形成。○技術自体はあり、導入しさえすればすぐにでも適用可能だが、既得権者の反対で導入は時間がかかる。○普及の阻害要因は縦割り行政。○自然未利用エネルギーを活用することと物質循環サイクルを実現することを挙げることは困難ではないか。○実現に向けて、産官学の連携および政治的リーダーシップが必要。○間伐材を活用した化石燃料代替技術開発により、森の再生を同時に達成する取組みを国を挙げて進めてほしい。○耕作放棄地の利用が重要。○とても重要な技術だと考えます。○政府による財政的支援がポイント。○地域コミュニティと企業との間の融合をはかることが重要と思われる。</p>
4	<p>バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術</p> <p>○エネルギー源と金属資源回収の両面での検討。○石油化学コンビナートの300℃廃熱有効活用。○電力を地熱システムで自己調達できれば展望あり。○実現時期は資源価格次第。○ヒートポンプについては実用化済。普及が課題。○経済性が課題。技術的には低コスト化が重要。○技術開発と電力会社の理解があれば、導入が進む。潜在エネルギー量が大きいだけに期待したい。○施設園芸等の農業分野へのヒートポンプの普及が進みつつあり、地熱利用への展開を期待する。○本方法で期待できる発電量の見積りを急ぎ、他のグリーンエネルギーとの比較検討を急ぐべき。○グリーンエネルギーと金属資源開発(回収)の両面での検討、自国での金属資源開発(特にレアメタル)は重要。○省エネルギーに排熱利用が有効である。</p>
5	<p>重力測定・測地技術を利用した地熱資源モニタリング技術</p> <p>○資源より防災で重要。○火山列島を活かしたグリーンエネルギー活用技術は、各電力会社にノルマを与えてでも進める価値があると思う。</p>
6	<p>地表水・海水を熱源とした高効率エネルギー供給技術</p> <p>○都市下水放流水の熱回収技術、冷熱源が問題か?○スーパーヒートポンプ開発済み。下水熱利用地域冷暖房実施例あり。原油コスト高騰など外的要因次第。○小規模に可能であろう。○海洋開発と生態系保全との間のトレードオフが制約となる。○経済性成立条件を確保するのが難しい。○環境に悪影響が予測される。研究はよいが大規模に実施すべきでない。○技術開発と電力会社の理解があれば、導入が進む。潜在エネルギー量が大きいだけに期待したい。○他のグリーンエネルギーとの比較評価を急いで欲しい。○海洋開発と生態系保全との間のトレードオフが制約となる。○機器メンテナンスが頻繁に必要であり、コスト高の原因となっている。</p>
7	<p>深海底下に賦存するメタンハイドレートの経済的な生産技術</p> <p>○冷熱回収がポイントか?○採掘技術とトラブル時の環境負荷。国内で貴重なエネルギー資源。○環境汚染が心配。○現在JOGMEC、産総研が中心となり外国の研究機関と共同開発を行っているが、焦点は生産性に当てられている。地盤沈下等に関わる安全性の問題を解明するには、時間がかかると予想している。○近未来には無理。○海洋開発と生態系保全との間のトレードオフが制約となる。○経済性成立条件を確保するのが難しい。○原油価格低迷は阻害要因。○実用化の具体的イメージづくりと化石燃料(石油、石炭)との比較を急いで欲しい。○海洋開発と生態系保全との間のトレードオフが制約となる。○水素社会の実現に不可欠な技術開発。○メタンハイドレートの資源化は環境危機を招く可能性大。開発すべきでない。</p>
8	<p>生物多様性の保全に資する、マグロ等の高度回遊性魚類の包括的な利用技術</p> <p>○マグロの利用と生物多様性とは根本的に異なる。○採る技術から育てる技術が重要。○有効利用より先に資源がなくなる。○借腹生産の研究。ウナギ回遊ルートの解明。サケの系統解析と産卵の回遊機構。○資源の利用と保全の必要性のリテラシーが進めば、一気に解決する。○陸地と海の相互の関係を解明して、地球表面の問題として包括的にとらえて欲しい。</p>
9	<p>形、大きさ、開花時期など、植物の成長をコントロールする遺伝子基本ネットワークの解明</p> <p>○開花をコントロールする遺伝子が特定され、その制御機能が明らかになれば、種子生産産業に技術革新の波が押し寄せるだろう。○サントリーの技術のように、実用と開発がリンクしていなければ、なかなか実現化されないだろう。○開花ホルモン・フロリゲンの発見。○人類の食料安定確保の為の研究であるので、“自然の聖域”を犯すことの無い範囲で研究を大いに進めてほしい。○純粋なサイエンスとして解明すべき分野であると思う。</p>
10	<p>DNAマーカーなどのゲノム情報の解析技術を活用して、有利な形質(環境耐性、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術</p> <p>○拡散を制御できないので慎重にしたい。○天然資源への影響が大いに懸念される。○技術的には可能となったとしても、消費者の抵抗感が強く、流通にまわりにくいのではないか。○理論的には可能であるが、具体的な戦略がない。○人類の食料安定確保の為の研究であるので、“自然の聖域”を犯すことの無い範囲で研究を大いに進めてほしい。</p>
11	<p>未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術</p> <p>○JAMSTECの動向に注目。○深海底は微生物が豊富であった。○一部実現済み。○人類の食料安定確保の為の研究であるので、“自然の聖域”を犯すことの無い範囲で研究を大いに進めてほしい。○極限微生物の探索が大切である。</p>

12	<p>砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技術(遺伝子組換え作物等)</p> <p>○イワダレ草による砂漠緑化のテスト中。○乾燥地帯(砂漠)以外の不良環境も多いので、それらは包含すべきでは? ○GMOの受容は? ○導入失敗例が多いので、実用化は慎重にしたい。○砂漠で作物をつくるには、植物サイドを改良するだけでは無理。費用対効果を考えてと、とても実現不可能。○GMの環境拡散をいかに制御できるかがポイント。○人間の食料安定確保の為の研究であるので、“自然の聖域”を犯すことの無い範囲で研究を大いに進めてほしい。○土壌生態系についても研究が必要。○工学的発想と農学、理学的発想をうまく組み合わせることが重要。</p>
13	<p>空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を飛躍的に向上させる植物ゲノム技術</p> <p>○ゲノム技術に特化することは分野の発展を阻害する。○理論的には可能であるが、実現は困難。共生微生物との相互作用をもう少し深く掘り下げて研究すべきである。○人間の食料安定確保の為の研究であるので、“自然の聖域”を犯すことの無い範囲で研究を大いに進めてほしい。○GMOに対する国民の理解向上はどうか。</p>
14	<p>リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム</p> <p>○森林のモニタリングは現状で十分。コストパフォーマンス的にこれ以上予算をかけても得られるものは少ない。○陸上と海洋でのモニタリングの技術的難易度がちがうので一括りの判断は難しい。○要求する精度によるが、一部実現。○研究例が少なく、重要性がいま一つ認識されていない印象があります。○モニタリングをして何に活かすのか。○海外との協力が不可欠。○人間の食料安定確保の為の研究であるので、“自然の聖域”を犯すことの無い範囲で研究を大いに進めてほしい。○技術はある。温暖化防止のための全地球モニタリングシステムの整備が加速されよう。○モニタリングは、特に途上国において重要と思う。しかしながら、その活用において経済発展と環境破壊防止をいかに両立させるかが課題と思う。</p>
15	<p>中緯度温帯地域でもシステム成立可能な高収量かつ輪作を可能とする草本系などのバイオマス商業生産技術</p> <p>○草本系バイオマス生産は、グローバルには(大規模に)成立すべきではない。木本はあるべきですが。○不用品なテーマと思考。○休耕地やかつての里山薪炭林地帯の活用ができるか。○農協等の既存システムの中での農業形態の変更には時間がかかる。○セルロース系の資源作物は経済的に成立しない(技術より農家所得の問題)。糖質・セルロースの同時多収化技術が必要(高バイオマス量サトウキビなど)。○食料や飼料作物生産との両立が課題。○化石燃料に頼らない技術として、まずは研究を加速して欲しい。○バイオマス生産技術よりもバイオマスからの必要物質の安価な生産技術が必要。○連作障害の解決が日本の畑作に重要。○この生産技術は、食料生産量の向上と同時にバイオマス収量、すなわち、エネルギー・マテリアル原料の生産量増大を行う必要がある。</p>
16	<p>バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術</p> <p>○資源のない日本にとって重要。1,3-プロパンジオール、乳酸など一部実現済み。○何をターゲットにするかで一部実現済みから50年以上先のものまで。一つがクリアされれば次のターゲットにうつるといって、向こう50年必要な課題。○(課題)低コスト化。非食品系バイオマスの大量生産。○日本では原料の確保が問題。○変換技術だけでなく、原料も含めたプロセス改良(農工一体型のプロセス開発)が必要。阻害要因としては、セルロース系原料の変換技術に偏りすぎている現在の動向。○まずは、地球上で多くのマスが存在する資源である、森林バイオマスの利用促進が先決である。○化石燃料に頼らない技術として、まずは研究を加速して欲しい。○既に実用化しているものもあるが、今後多様な資材を用いた色々な技術が急速に開発されよう。○近年バイオマスはエネルギー源としての利用開発が目立っているが、マテリアルとしての利用にも力を注ぐべきである。○燃料化は早く、2015年までには実用化され、バイオケミカルズは2020年頃となる。</p>
17	<p>バイオテクノロジーを使用したレアメタル金属元素の実用抽出・分離技術</p> <p>○部分的にはすでに商業化しています。○日本は海に恵まれているので海中の有用金属回収を図るべき。○コスト的にひきあうのはまだ先と思われるが、レアメタルの要求度に伴う価格上昇で早く実現するかも。○銅では「バイオリッチング」という形で比較的普及しており、最近コバルトへの適応が始まっている。○レアアースメタルをバイオでどの程度の効率で回収出来るかの見極めを急いで欲しい。</p>
18	<p>水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球1キロメッシュデータ整備:河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ひ素などの天然有害化学物質などを含む)</p> <p>○水利用や水質汚濁等は地域限定の課題であり、地球規模観測の意義は小さい。○水の浄化は世界的に極めて重要である。ODAによる援助が必要な発展途上国が多い。○日本が得意な地球シミュレータ等を活用し、世界を牽引して欲しい。○全地球レベルの前に、複数国が関係する河川、海の汚染の共同モニタリングが先行。○全球1kmは非現実的ではないか?</p>
19	<p>水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術</p> <p>○日本が得意な地球シミュレータ等を活用し、世界を牽引して欲しい。○地球温暖化モデルの要素として、精度は低くとも早急に必要。</p>
20	<p>水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術</p> <p>○政府が管理をし、民間が業務代行する。民間会社で、実現を索引する。(地下水は国家の資源)○地下水は公共(国家)の資源。国のコントロールが必要。</p>
21	<p>上水供給システムにおける、有害微量化学物質やノロウイルスなどの連続微量モニタリングに基づく、新しい検出・除去技術</p> <p>○途上国での可能性。○現状の上水技術は十分安全であり、これ以上のリスク管理はコストのいたづらな上昇を招く。○ROによる汚染水源域の海水飲料水化については重要。○現状の基準(評価)は実態に則さないものがあるので、現実的な基準を早期にきちんと定めて欲しい。○ゲノム解析の進展に依存か。○対象となる有害物質/生物を特定できないと自動モニタリングは困難ではないか?</p>
22	<p>水質管理、栄養塩循環および衛生保持を可能とする分散型生物学的下水処理技術</p> <p>○分散にこだわる必要はない。○要求レベルによるが、一部実現済み。</p>
23	<p>逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築</p> <p>○日本でも既に? ○エネルギーを太陽光から得るとすればシステムは成り立つか? ○水資源確保は重要問題。○政府と複数セクターの協力が必須。○石油資源の枯渇にともなう原材料確保の困難性。○水の利用は増えている一方、不足も深刻であるが、先進国ではあまり問題となっていないため、取り上げられにくい。○日本が世界を牽引し、貢献すべき課題だと思われる。</p>
24	<p>国際的な水保有量の偏在化を解消するための大量水輸送システム</p> <p>○大量の水は重力で移送する以外に方法があるのだろうか? ○工業用水のタンカー輸送、現地飲料水(中水)製造。○水は国家に属する資源。水のトレードは、国家管理が必要。○技術要因ではなく、水の稀少性上昇とコストを誰が負担するかについての</p>

	世界的合意成立が前提。○一部は実現しているが、リスク管理。国際的取組はこれから。○どの程度の量を考えるのか？想像できない。○石油タンカーや石炭船等の空荷利用。○国際的なコンセンサス(利害調整)が必要。○必要だが時間がかかる。○日本では必要ない。
25	栽培漁業や水産資源確保にむけた沿岸周辺での水循環(浄化・再利用)システム ○どのような規模のものを想定しているかによるが、小規模であれば現在も存在する。大規模なものは、発生源対策の方が重要。○森が海を育てるといことばがある。○栽培漁業の普及している水域での浄化システムは必要であるのに、あまり取り上げられず、海域が汚濁され、天然資源に悪影響がでている。○市民レベルでの認識の低さが課題。○水は国家の資源。国のコントロールが必要。
26	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術 ○海の食物連鎖を再考すべき。○技術的に不十分でも取り組み事例を増やし、現場の技術からレベルの向上をはかることが重要。○既に鉄鋼や電力業で進められていることなので、政府の後押しによる普及を望む。
27	安全な親水空間創出のために、都市河川、堀、公園における藻類や病原菌などをモニタリング・除去・発生抑制する水処理システム ○課題 21 と連動。
28	経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術 ○レアメタルだけでは何を指すか、分かりかねますが、含有する殆どのレアメタルという意味では「実現しない」。特定の元素であれば実現する可能性はあります。○物質によってはすでに実現、経済性が課題。したがって公的援助が必要。○金などの高価金属については実現済み。廃品の回収、1ヶ所に集める方法が問題。○資源ナショナリズム、価格動向により再資源化への要求が加速される可能性大。○技術的には実現可能だが、廃製品をいかにして効率的に回収するか、社会システムが課題。○資源の無い日本、しかも日本が先行しているこの分野の開発は、他国に追従を許さない開発スピードが必要。
29	レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム ○困難では？PCB でも大変なのに。○技術的な課題はない。社会システムの問題がクリアできれば実現可能。○国家の管轄の下で民間が業務代行する。○政策の問題が大きいと思う。○空間の確保にもコストがかかる。非現実的。○「供給リスクが生じたタイミング」、「実現」のタイムラグ？どの程度をいっているのかが不明。○廃掃法を変更し、廃棄物を一定期間保管できるように法律を改善することが必要。○資源の無い日本、しかも日本が先行しているこの分野の開発は、他国に追従を許さない開発スピードが必要。○レアメタルの管理には国の関与が必要。
30	新興国でも経済的に普及可能な排ガスから NO _x 、SO _x ゼロ排出技術 ○ゼロは不可能。○技術的には可能。(限りなく0に近い)技術・資金援助が必要。(新興国)。○既に研究されつくしており、技術的な発展の余地があまり残されていない。○環境対策技術で経済性が成立するものか、はたして存在するのかが疑問です。○補助金、ODA が必要。電気バイクに変更する必要あり。○ODA 的な取り組みからビジネススペースの取り組みへ転換すべき。そのためには新興国の環境行政強化が必須。○結局はコスト。○日本の既存技術を大いに新興国に適用すると共に、日本の技術が常に先頭を走る必要がある。
31	我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム ○ある意味実現しているが、利用価値向上にはまだまだ。○無害化は比較的容易。○セメント原料以外の用途探索。○セメント利用など技術的には既に確立されている。100%再生利用のための法整備は必要。○セメント原料として活用することで、技術的には解決済ではないか？○課題 28 の分離技術と関連する。有害、有用物質の分離が可能かによる。○日本の技術の海外移転。○石炭灰を「資源」として位置付け、廃掃法等の規制緩和が必須。社会システムとして捉える必要あり。○石炭灰はコンクリート原料として極めて有効(自己修復能など)である事が判っているので、土木・建築分野で使う義務を与える位の推進策が必要である。
32	石炭やバイオマス、廃棄物の燃焼ボイラーから発生する排ガス中の水銀を大気、水、土壌等の環境に対して影響のないまでに総量を低減する技術 ○速やかに検討する事項である。○法規制の導入次第によっては早まる可能性有。○原料的から Hg を除去する技術開発。排ガス中 Hg 除去は NH ₄ Cl 吹込みか？○技術面での課題はあまりなく、健康被害、社会許容量などの基準整備が課題。○極めて狭い領域の問題で、マクロな視点からは優先度が低い。○中国からの越境移動が問題。2国間、多国間のコンセンサスづくりが必要。○一部実用化されている。○既存技術で充分適用可能と思われるので、早期に義務化し、その技術を世界に広げるべきである。○水銀規制は近いので重要。
33	環境配慮設計(DFE)製造を支えられる回収システム ○社会システムの視点。○法律による義務化を急ぐべきである。
34	金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を経済的に分離する技術 ○分子認識技術による選択的抽出技術開発。○課題 26 番との差違は？○物質によって技術が異なる。すべての物質を経済的に分離する技術はないが、一部の物質については実現されている、実現される。開発には公的援助が必要。○金属の価格次第。基本的に製錬所の役割が重要。○経済性が難しい。○研究予算が少ない。○高価値なメタルは一部実現済み。○既に実行出来る技術を日本が持っているので、政府からの助成をお願いしたい。
35	石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCS を組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム) ○CCS の前にやるべき対策は多々有る。エネルギーを浪費する CCS は最終手段。○核融合技術が実用化されるつなぎとして必要不可欠。○実現はしてほしくない。○地球温暖化防止に CCS は不可欠。海外でガス化(CCS)→メタン、液体燃料→国内へのスキームの検討が重要。○日本で CCS が実現可能か？○それぞれの要素技術は確立されつつあり、それらを統合した、効率的なシステムの構築が必要。○外国ではいくつかの実証実験が始められており、日本でも CCS を組み込んだ同様な試験が間もなく始まるという。どの程度の温室効果ガス排出削減につながるか未知数だが、大いに期待している。○このカラムは、範囲が広すぎてコメント不可。バイオ燃料は技術確立済み。○日本で技術を開発し、海外でのプロジェクトへ寄与すべき。○木質バイオマスのガス化によるメタノール、エタノールの製造技術が開発されている。○CCS のコストをいかに低減させるかが課題。○CCS は社会コストと考えるべき。合理性ある国際合意が必要。○従来型でなく、クリーンな化石燃料利用技術の開発は急ぐべきである。○ガス化だけでシステムの構築は難しいように思う。
36	深部塩水層を対象とした CO ₂ 地中貯留のポテンシャルを拡大するための貯留管理技術 ○深部塩水層は三陸沖で上昇するので、日本にとっては有害な技術である。○CCS の前にやるべき対策は多々有る。エネルギー

	<p>を浪費する CCS は最終手段。○実現はしてほしくない。○ノルウェーで実施中。○RITE による長岡での実証実験が行われある程度の成果はあげた。事業規模の貯留を行うには解明しなければならぬ問題が多くある。しかし、早急に研究・調査を進め実用化を図る必要がある。○社会的合意形成と法律等の整備が整えば直ぐにでも実現可。○民間貯留のほか、国家貯留があっても良い。○深部帯水層への天然ガス貯留は既に確立された技術。阻害要因は地下深部への流体圧入と地震の関係の風評被害。○一部アメリカの電気会社でやっているようだが、本質的には改善と成らない CCS は見直されている。○政府が主導的に進めるべき技術。○「深部塩水層」ではなく、「深部帯水層」が適切。○日本の貯留ポテンシャル拡大は重要。○CO₂を地中に戻す技術は地球規模の循環を実現する技術であり、開発の加速が必要。○安全性が担保されていないのに実現済みに回答する人は間違っている。</p>
37	<p>従来未利用の低品位なレアメタル原料の経済的精製技術 ○対象により異なり、徐々に。○リサイクルの方が重要。○課題 34 との差違は？技術的な違いを明確にしないといけないのでは。○技術的には可能、経済性は課題。その解決には、公的援助が必要。○金属の価格次第。基本的に製錬所の役割が重要。○レアメタルの価格次第で早期の実現が可能/要求されるかもしれない。○予算が少ない。○レアメタルの価格の動向に大きく左右される。○国家戦略として実施すべき。○極めて重要な技術である。低品位を純化してリサイクル出来れば、バージン資源不要。開発加速が必要。</p>
38	<p>石炭地下ガス化技術(採掘困難な深部石炭層を地中でガス化し、利用可能なガスを取り出す) ○日本で地下ガス化に向く炭層はないとの理解。○国内での実現は可能性が小さい。(海外実地)○地下環境への影響をモニターし、管理できる技術が必要。○日本では地下ガス化に対する技術及び環境に与える影響への懸念が強い。○経済的な実用化はまだ先。○日本の国産資源としての可能性もあり。○地下でなく、地上でのガス化技術の実用化が優先と思われる。○この技術を牽引する必要はない。</p>
39	<p>CO₂圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留された CO₂の再資源化など、CO₂地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術 ○技術は完成している。あえて研究開発を投入する必要は無い。○地球環境の劣化に対する費用を考慮すべきである。○国内での実現は可能性が小さい。(海外実地)○CO₂圧入による原油増産は既に米国等で経済的稼働を実現している。日本では適用できる油田がほとんどない。ガス層への圧入による再資源化は可能性が低いと思う。石炭層についても日本では同様な状況と聞いている。○課題設定に難あり。EOR 等は現状も可能性有、しかし CO₂の再資源化は全く判断できない。貯留 CO₂の再資源化を除いて評価。○09年5月、東大佐藤教授が地中 CO₂と同様条件下で CO₂からメタンを生成することに成功したと発表済み。地下での実証に数年を要すると思われる。○社会システムの視点。○CO₂回収技術次第。○CO₂を地中に戻す技術は地球規模の循環を実現する技術であり、開発の加速が必要。○技術は完成しており、あえて公的研究費を投入する必要はない。</p>
40	<p>資源量の豊富な褐炭等の劣質石炭の製鉄用優良炭材への改質技術 ○既に一部商業運転が開始されている。○少なくとも一部は使用可能。○従来通りの劣質炭利用がエコノミカル。○日本は、どんな石炭でも有効に使用出来る技術を保持することが必須である。</p>
41	<p>超臨界水を用いた超重質油(オイルサンド、ピチューメンなど)の経済的精製技術 ○日本で開発する必要性が見いだせない。○超臨界水(480℃～ 100気圧以上)を大規模エネルギーの製造に用いるのはエネルギー消費型で Pay しない。○超臨界水の特異な効果は優れているが、大規模の実現は不可能。高温高圧。○連続処理ができるか？○経済的には実現しない。技術的には実現しているが。○技術的難度(超臨界)と経済性に問題有りと思われる。</p>
42	<p>安全性が検証され、国際的に承認された、CO₂海洋隔離技術(中深層溶解・深海底貯留) ○安全性の検証のためには長時間を要するので、実証できるか、大いに疑問である。○検証はありえない。○地中貯留が困難な日本にとっては必須。安全性の確保を急ぐべき。○管理が困難。○CO₂を海洋に投棄した場合、地中貯蓄と比較し、影響範囲が相当広がる。熱塩循環などの説もあり、真偽の程は分からないが、海洋資源へのリスクが大きと思われる、その評価も難しいのではないか。○公海に於ける CO₂投棄は政府の強い管理が必要。○中深層溶解は、国際的に承認されない可能性が高いと推察される。○CCS 技術を進めるべきでない。○危険が大きすぎる。生物環境。津波の発生時。○海水酸性化等で安全性の検証や国際的に承認されることはまずない。○資源小国ながら、世界第6位の排他的経済水域を有する日本にとって、CO₂問題を優位に進めるための切り札。○必要性、技術的意味が今一つ判らない。○安全性、環境への長期的影響は将来とも確認できないと思われる。○公海における CO₂貯留は国家、国際機関による管理(含モニタリング)が必要。</p>
43	<p>地下深部の資源を安全かつ経済的に採取するための地中遠隔通信システム ○現状では国内で地下深部の資源が対象とされていない。</p>
44	<p>CO₂地中貯留に関連するパッシブモニタリングを含む効率的な監視・漏洩検知・補修システム ○帯水層での貯蓄では帽岩のシール性に不確定さがあり、漏洩監視は重要だが、現存の技術ではコストがかかりすぎる。何らかの経済的インセンティブを付与して現存技術を利用するか、早急に低コストの技術を開発する必要がある。漏洩が井戸で生じていれば、現在の技術で補修可能と思うが、断層を介したものでは補修は難しいのではないか。○補修システムはおそらく無理。○CCS の安全性確保に必須。○CO₂を地中に戻す技術は地球規模の循環を実現する技術であり、開発の加速が必要。</p>
45	<p>海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術 ○備蓄を図る。○実現性はきわめて低い。○ウランについては技術はある。他の物質については不明、しかし経済性が課題。○石油資源がまず枯渇する。○ウランの埋蔵量から考えて今世紀中には必要無い。○ウラン、リチウムは技術的に可能となっているが、価格の動向によって適用は左右される。○可能なら素晴らしい技術である。○実現性は極めて低い。</p>
46	<p>原子力エネルギーによる未利用炭素資源からの製鉄用還元ガス製造技術 ○意味不明。CO₂のことですか？○資源問題、環境問題の二つが重要。○未利用炭素資源とは？原子力製鉄のこと？○原子力に関する政策転換が不可欠。○原子力エネルギーが我が国で電力分野以外に活用されるか疑問。○原子力を使う必要性が不明である。</p>
47	<p>炭鉱等の通気から排出される低濃度メタンガスの経済的濃縮技術 ○日本での適用対象があるのか？○地球温暖化ガス対策としての重要性から評価。濃縮回収コストと燃焼処理のメリット対比が必要。○日本では炭鉱がほぼなくなっているが、中国等の一部では可能性あり。○資源確保とセットで産炭国と合意を得る仕組みが必要。</p>
48	<p>地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通 ○重要ですが、要は輸送のこと？○水素利用システムと並行して検討すべき。○CO₂削減の有力手段となりうる。○太陽光による技術は確立済み。残るはコストと各国のエネルギー戦略の問題。○分散型での利用に限定される。○2国間、多国間の合意形成</p>

	が必須。○何を対象？○最もクリーンであり余っている太陽光エネルギーの利用技術は、全てのエネルギーに優先して開発すべき。
49	宇宙太陽資源の生産基地から地球への輸送技術 ○不可能○京大生存圏研究所の研究に注目している。○宇宙を利用する必要性が判らない。地上での有効活用が先ずは優先されるべきである。
50	宇宙内で制御されたビックバンによる資源創造 ○見合うエネルギーが得られない。○不可能○宇宙を利用する必要性が判らない。地上での有効活用が先ずは優先されるべきである。
51	地球規模での太陽エネルギー利用による、環境保全、環境性向上、さらに水害、干ばつ等、気候災害防止 ○分散型での利用に限定される。○国際的な共同取組が必要。○最優先事項だと思われる。○太陽エネルギーが利用できることが究極の技術開発と思う。
52	コークス用炭の世界規模での品質と資源量の把握 ○資源の取り合いは必至。データベースは日本の財産となる。○資源量の定義にも依存。○コークス用炭の供給不安が常態化する時代になって実現。○資源保有国の利益優先がネック。○相当部分が既に把握されている。○国際的なコンセンサスが必須。
53	太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術 ○革新技術は困難でしょう。○非化石一次エネルギーが何をさしているか不明。太陽光、太陽熱、風力など、順次進められている。○具体的エネルギー/プロセスがしぼりこめないで、回答困難。○石油系エネルギーの供給制約の起きる将来で実現させざるを得ない技術。○阻害要因＝エネルギー関連業界の利害。○何を目標とするのか？○最優先で進めて欲しい。○本当に化石資源が無くなるという現実と直面しない限り、革新的技術は生まれないのではないだろうか。
54	開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成 ○日本では起こらない。○本件に関する社会的合意形成は無理であると考え。○合意形成における満足度が何に起因しているかの進化心理学的研究にかかっている。○政治的合意がポイント。○大昔からあると言えばある。○急ぐ必要あり。
55	農産物の生産・製品製造に必要な投入水量（バーチャルウォーター）の地球規模での輸出入量の体系的な移動解析にもとづいた国際トレードシステム ○経済の問題であり、科学技術では扱えない。○外圧によってトレードシステムを導入させられる前に、自律的な食料自給率向上施策の実施が必要。○バーチャルウォーターの取引市場が形成されれば実現するだろう。○大変重要な課題であるがトレードシステムの実現が可能かどうかは不明。○これがない方が我が国の国益にかなう。○よほどの問題が発生しないと困難。○急ぐ必要あり。
56	新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論 ○努力は必要。○「技術的」になじまないし、永遠の課題か。○社会合意形成における、進化心理学やゲーム理論を用いた要因とプロセスの分析が今後の鍵。○対象とする国により異なる。一般に資源国においては実現済みといえる。日本では未実現。○包括的な多国間の合意は難しいので、2国間の合意形成を目指すのが現実的。○大昔から市場がある程度の役割を担ってきた。○急ぐ必要あり。○途上国における経済発展を優先するか、環境保全を優先するかがキーになる。
57	省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論 ○CO ₂ 排出権は第一歩。○中国が相当の経済的發展を成し遂げた段階で可能となる。○COP15の結果次第。○現在、日本ではこの分野の研究が弱く、重点的に取り組むべき。○APEC、AP6等の枠組みを活用すべき。○急ぐべきと思われる。○国同士の意思の違いをどのようにまとめるか難しい問題であると思う。
58	国連等、国際機関の主導する極地、公海、宇宙の国際資源共同探査事業 ○公平な分配が必要。○日本は既に経済大国の座から下ってしまったのであるから、無理して主導的地位を狙う必要がない。○合意の形成は困難。
59	我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム ○資源の少ない我が国にとって重要。○資源の無い日本にとっては国際的視野を持つ技術者の養成は急務。○技術者個人な問題というより、国や企業といった社会システムの問題。○ある程度の努力は現在でも JOGMEC 等でなされているが、不十分。日本の大学での教育システムの抜本的改革が重要と考える。○海外研究機関へ優秀な学生を多数送り出すシステムと、彼らを再び日本の研究機関にうまく戻す仕組みが必要。○絵にかいた餅はすぐにできる。汗をかいて実行するだけの度量のある政府が存在しない。○早急に育成プログラムの構築と実施が必要。○早急に行ってほしい。○資源に関わる人材育成の政策次第で実現時期が変動する。○今すぐにも取り組むべき課題である。○とても重要で早急に制度化して欲しいものです。○近年、海外を目指す、海外で仕事や勉強をしたいと思っている人(特に若者)が減っていると聞く。日本が海外の国々より積極的に付き合う重要性をアピールすべきではないか。

7. 8. 未来技術年表

7. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分については7.3.を参照

実現年	課題
2014	23 逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築〈区分C〉
2015	04 バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術〈区分A〉 28 経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術〈区分D〉 52 コークス用炭の世界規模での品質と資源量の把握〈区分G〉
2016	14 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム〈区分B〉 27 安全な親水空間創出のために、都市河川、堀、公園における藻類や病原菌などをモニタリング・除去・発生抑制する水処理システム〈区分C〉 32 石炭やバイオマス、廃棄物の燃焼ボイラーから発生する排ガス中の水銀を大気、水、土壌等の環境に対して影響のないまでに総量を低減する技術〈区分D〉
2017	05 重力測定・測地技術を利用した地熱資源モニタリング技術〈区分A〉 22 水質管理、栄養塩循環および衛生保持を可能とする分散型生物学的下水処理技術〈区分C〉 25 栽培漁業や水産資源確保にむけた沿岸周辺での水循環(浄化・再利用)システム〈区分C〉 26 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術〈区分C〉 31 我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム〈区分D〉 34 金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を経済的に分離する技術〈区分D〉
2018	03 コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術〈区分A〉 20 水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術〈区分C〉 21 上水供給システムにおける、有害微量化学物質やノロウイルスなどの連続微量モニタリングに基づく、新しい検出・除去技術〈区分C〉 30 新興国でも経済的に普及可能な排ガスからNO _x 、So _x ゼロ排出技術〈区分D〉 33 環境配慮設計(DFE)製造を支えられる回収システム〈区分D〉
2019	02 将来的な地熱資源の活用を目指した火山エネルギー監視・利用技術〈区分A〉 08 生物多様性の保全に資する、マグロ等の高度回遊性魚類の包括的な利用技術〈区分B〉 10 DNA マーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質(環境耐性、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術〈区分B〉 16 バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術〈区分B〉 18 水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球1キロメッシュデータ整備:河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ひ素などの天然有害化学物質などを含む)〈区分C〉 19 水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術〈区分C〉 29 レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム〈区分D〉 37 従来未利用の低品位なレアメタル原料の経済的精製技術〈区分E〉 39 CO ₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留されたCO ₂ の再資源化など、CO ₂ 地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術〈区分E〉 40 資源量の豊富な褐炭等の劣質石炭の製鉄用優良炭材への改質技術〈区分E〉 47 炭鉱等の通気から排出される低濃度メタンガスの経済的な濃縮技術〈区分E〉 57 省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論〈区分G〉
2020	11 未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術〈区分B〉 15 中緯度温帯地域でもシステム成立可能な高収量かつ輪作を可能とする草本系などのバイオマス商業生産技術〈区分B〉 24 国際的な水保有量の偏在化を解消するための大量水輸送システム〈区分C〉 35 石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCSを組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)〈区分E〉 36 深部塩水層を対象としたCO ₂ 地中貯留のポテンシャルを拡大するための貯留管理技術〈区分E〉

実現年	課題
2020	41 超臨界水を用いた超重質油(オイルサンド、ビチューメンなど)の経済的な精製技術 <区分E> 44 CO ₂ 地中貯留に関連するパッシブモニタリングを含む効率的な監視・漏洩検知・補修システム <区分E> 55 農産物の生産・製品製造に必要な投入水量(バーチャルウォーター)の地球規模での輸出入量の体系的な移動解析にもとづいた国際トレードシステム <区分G> 56 新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論 <区分G>
2021	12 砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技术(遺伝子組換え作物等) <区分B> 17 バイオテクノロジーを使用したレアメタル金属元素の実用抽出・分離技術 <区分B>
2022	06 地表水・海水を熱源とした高効率エネルギー供給技術 <区分A> 09 形、大きさ、開花時期など、植物の成長をコントロールする遺伝子基本ネットワークの解明 <区分B> 48 地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通 <区分F>
2023	38 石炭地下ガス化技術(採掘困難な深部石炭層を地中でガス化し、利用可能なガスを取り出す) <区分E> 43 地下深部の資源を安全かつ経済的に採取するための地中遠隔通信システム <区分E>
2024	13 空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を飛躍的に向上させる植物ゲノム技術 <区分B>
2025	01 マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深海底金属資源の経済的採取技術 <区分A> 45 海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術 <区分E> 53 太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技术 <区分G> 54 開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成 <区分G>
2026	07 深海底下に賦存するメタンハイドレートの経済的な生産技術 <区分A> 42 安全性が検証され、国際的に承認された、CO ₂ 海洋隔離技術(中深層溶解・深海底貯留) <区分E>
2031	46 原子力エネルギーによる未利用炭素資源からの製鉄用還元ガス製造技術 <区分E> 51 地球規模での太陽エネルギー利用による、環境保全、環境性向上、さらに水害、干ばつ等、気候災害防止 <区分F>
2033	50 宇宙内で制御されたビックバン再現による資源創造 <区分F>
2037	49 宇宙太陽資源の生産基地から地球への輸送技術 <区分F>

7. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については7.3.を参照

実現年	課題
2019	59 我が国において、資源の開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム〈区分G〉
2020	23 逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築〈区分C〉 28 経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術〈区分D〉
2021	04 パイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術〈区分A〉
2022	27 安全な親水空間創出のために、都市河川、堀、公園における藻類や病原菌などをモニタリング・除去・発生抑制する水処理システム〈区分C〉 34 金属スクラップや非鉄金属廃棄物からレアメタル等有用成分を経済的に分離する技術〈区分D〉
2023	14 リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻/海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム〈区分B〉 25 栽培漁業や水産資源確保にむけた沿岸周辺での水循環(浄化・再利用)システム〈区分C〉 30 新興国でも経済的に普及可能な排ガスからNO _x 、So _x ゼロ排出技術〈区分D〉 31 我が国における石炭灰の無害化と合理的灰利用ができるシステム〈区分D〉
2024	32 石炭やバイオマス、廃棄物の燃焼ボイラーから発生する排ガス中の水銀を大気、水、土壌等の環境に対して影響のないまでに総量を低減する技術〈区分D〉 03 コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術〈区分A〉 05 重力測定・測地技術を利用した地熱資源モニタリング技術〈区分A〉 08 生物多様性の保全に資する、マグロ等の高度回遊性魚類の包括的な利用技術〈区分B〉 21 上水供給システムにおける、有害微量化学物質やノロウイルスなどの連続微量モニタリングに基づく、新しい検出・除去技術〈区分C〉 22 水質管理、栄養塩循環および衛生保持を可能とする分散型生物学的下水処理技術〈区分C〉 26 陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術〈区分C〉
2025	33 環境配慮設計(DFE)製造を支えられる回収システム〈区分D〉 57 省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論〈区分G〉
2026	18 水利用・水質汚濁実態の地球規模観測(全球1キロメッシュデータ整備:河川、湖沼、海水、地下水、取水、排水、ダム堆砂、都市汚染、鉱工業汚染、ひ素などの天然有害化学物質などを含む)〈区分C〉 19 水文予測モデルや全球シミュレーションによる、水文(流域水循環)と気象の融合技術〈区分C〉 20 水質・流動観測推定技術や水涵養技術などの発展による地下水の適正管理技術〈区分C〉 29 レアメタル価格上昇、供給リスクが生じたタイミングで回収可能な、分離したレアメタル含有部品、金属含有物質を天然資源(鉱床)と経済的に拮抗する規模の廃棄物貯蔵システム〈区分D〉 44 CO ₂ 地中貯留に関連するパッシブモニタリングを含む効率的な監視・漏洩検知・補修システム〈区分E〉
2027	37 従来未利用の低品位なレアメタル原料の経済的精製技術〈区分E〉 39 CO ₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留されたCO ₂ の再資源化など、CO ₂ 地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術〈区分E〉 40 資源量の豊富な褐炭等の劣質石炭の製鉄用優良炭材への改質技術〈区分E〉 47 炭鉱等の通気から排出される低濃度メタンガスの経済的な濃縮技術〈区分E〉 58 国連等、国際機関の主導する極地、公海、宇宙の国際資源共同探査事業〈区分G〉
2028	10 DNA マーカーなどのゲノム情報の解析技術を応用して、有利な形質(環境耐性、耐病性等)を備えた水産生物を作出・養殖する技術〈区分B〉 16 バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術〈区分B〉 17 バイオテクノロジーを使用したレアメタル金属元素の実用抽出・分離技術〈区分B〉 24 国際的な水保有量の偏在化を解消するための大量水輸送システム〈区分C〉 35 石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCSを組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)〈区分E〉 36 深部塩水層を対象としたCO ₂ 地中貯留のポテンシャルを拡大するための貯留管理技術〈区分E〉
2029	02 将来的な地熱資源の活用を目指した火山エネルギー監視・利用技術〈区分A〉 06 地表水・海水を熱源とした高効率エネルギー供給技術〈区分A〉

実現年	課題
2029	11 未利用の深海微生物の生理機能を利用した、食品や医薬品等の生産技術〈区分B〉 12 砂漠(乾燥地帯)における植生再生の新技术(遺伝子組換え作物等)〈区分B〉 15 中緯度温帯地域でもシステム成立可能な高収量かつ輪作を可能とする草本系などのバイオマス商業生産技術〈区分B〉 41 超臨界水を用いた超重質油(オイルサンド、ビチューメンなど)の経済的な精製技術〈区分E〉 56 新興国・途上国における、資源開発に対する地域社会合意形成の方法論〈区分G〉
2030	43 地下深部の資源を安全かつ経済的に採取するための地中遠隔通信システム〈区分E〉 55 農産物の生産・製品製造に必要な投入水量(バーチャルウォーター)の地球規模での輸出入量の体系的な移動解析にもとづいた国際トレードシステム〈区分G〉
2031	38 石炭地下ガス化技術(採掘困難な深部石炭層を地中でガス化し、利用可能なガスを取り出す)〈区分E〉 48 地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通〈区分F〉
2032	13 空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を飛躍的に向上させる植物ゲノム技術〈区分B〉
2033	01 マンガン団塊、重金属泥、熱水鉱床、コバルト・クラスト等の深海底金属資源の経済的採取技術〈区分A〉 54 開発に伴う水紛争の回避プロセスに関する社会的合意形成〈区分G〉
2034	07 深海底下に賦存するメタンハイドレートの経済的な生産技術〈区分A〉 53 太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技术〈区分G〉
2035	42 安全性が検証され、国際的に承認された、CO ₂ 海洋隔離技術(中深層溶解・深海底貯留)〈区分E〉 45 海水中から経済的にウランなどの稀少金属を回収する技術〈区分E〉
2038	46 原子力エネルギーによる未利用炭素資源からの製鉄用還元ガス製造技術〈区分E〉
2040	51 地球規模での太陽エネルギー利用による、環境保全、環境性向上、さらに水害、干ばつ等、気候災害防止〈区分F〉
2041 以降	49 宇宙太陽資源の生産基地から地球への輸送技術〈区分F〉

No. 8 分科会「環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する」の調査結果

目次

8. 1. 将来展望.....	569
8. 1. 1. 総論.....	569
8. 1. 2 【社会系】環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション.....	571
8. 1. 3 【社会系】環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法.....	572
8. 1. 4 【社会系】ライフスタイルと環境〈環境倫理を含む〉.....	574
8. 1. 5 【メカニズム・基礎系】環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術.....	574
8. 1. 6 【メカニズム・基礎系】環境モニタリング(地上観測を含む).....	576
8. 1. 7 【対策技術系】都市・農村環境(地域環境保全).....	577
8. 1. 8 【対策技術系】温暖化の評価と対策技術.....	578
8. 1. 9 【対策技術系】生態系・ランドスケープ／生物種・ハビタット／ 遺伝子の各レベルにおける多様性保全・復元・評価及び政策／野生生物との共存手法.....	579
8. 1. 10 【対策技術系】都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／ 省資源・省エネルギー製品.....	580
8. 1. 11 【対策技術系】大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術.....	581
8. 2. アンケート調査の回収状況.....	583
8. 3. 課題の区分.....	584
8. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	585
8. 4. 1. 課題の重要性.....	585
8. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	589
8. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	590
8. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	593
8. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	594
8. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	598
8. 4. 7. 新規提案課題.....	600
8. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	601
8. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	601
8. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	601
8. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	604
8. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	607
8. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	608
8. 6. 集計結果一覧.....	610
8. 7. 課題別コメント.....	628
8. 8. 未来技術年表.....	636
8. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	636
8. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	638

8. 1. 将来展望

8. 1. 1. 総論

(1) 検討範囲設定の背景

本分科会における検討範囲の設定は、今日的な環境科学の研究と技術開発について、

[実態把握]→[問題設定]→[問題解決]という流れを設定し、

[実態把握]をメカニズム・基礎系の科学として、観測などから実態解明、予測を行う科学として2区分(DとE)、[問題設定]を社会系の科学、何が問題なのか経済社会とのかかわりを重視して考える科学として、3区分(AからC)、

[問題解決]を対策技術系の科学技術、問題を解決するために工学的手法のみならず、社会科学や生態学と関わる新技術をも用いる科学技術として5区分(FからJ)、

に分けて、キーワード抽出と課題の設定を行った。

環境の科学技術の目的や方向性は、物質的な豊かさを今後より一層高めようというものではない。環境容量の限界が見えてきて資源の無制限な消費に制約が課せられるべき状況となった現代社会において、質の高い生活の維持はある面で相反するものである。そのため、物質的な消費を抑制しながらも生活の質を維持することを可能にするような科学技術の進歩が社会的に強く求められるようになった。そして、質の維持という観点だけでなくその長期的持続性が、さらには地域や国の範囲にとどまらず社会や経済にまで地球環境変動のフィードバックが広範に及びうると理解されるようになり、世界の持続性を導くための国際協調や協力の必要性が高まってきた。

このことから、環境の科学技術においては、地域から地球規模にわたる私物化できない環境という存在、それは手付かずの自然環境であったり、人と自然が複合的に作り出している農村の環境であったり、人が中心である都市の環境であったりするのだが、それらが将来世代にまで安定に維持されること、人が幸福に社会生活を営めることの必要性認識が前提となっている。20世紀までの環境問題の歴史で、人が活動しながら地域や地球と安定に共存してゆくにはさまざまな制約が生じることが理解された。このような歴史的背景のもとでは、環境の科学技術は、地域から地球レベルの環境の観察や観測と科学的予測という知的基盤に基づき、人やコミュニティや社会の活動の影響を評価して責任分担を明らかにすることを通し、将来社会を持続可能とする合理的な技術体系、というように捕えられるのではないだろうか。これが、2009年の検討の結論として得た[実態把握]－[問題設定]－[問題解決]という環境技術の流れのひとつの読み替えと考える。

(2) 今後伸びそうな区分、重視すべき区分とその理由

今回の本分科会における調査全体の結果を見ると、世界・日本・双方にとっての重要度の評価に特徴が現れている。[実態把握]の2区分は世界・日本双方にとり重要の評価がそろって高い一方、[問題解決]にあたる5区分は、日本にとり重要が最大の「F 都市・農村環境(地域環境保全)」から日本にとり重要が最小の「G 温暖化の評価と対策技術」まで、区分ごとに日本か、世界かの重要性評価が分かれた。「C ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」の区分も日本にとり重要とする比率が高く、「F 都市・農村環境(地域環境保全)」とともに、日本特有の社会を反映した方法論の必要性があると考えられる。重要度・優先度が低いとする回答はどの区分も15%以下にとどまり、環境技術においては、区分毎の優先順位はつけにくい。そこで、「本調査票が対象とする科学技術への取り組み」の設問である、2区分各5課題を鍵となる科学技術として選択した結果を見ると、「I 都市廃棄物極小化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品」と「C ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」の両区分の選択者が多い結果であった。これによれば「C ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」の区分に、通勤型農業や所有概念の変化など極端な生活スタイル事例を問うた設問があった結果として、重要度・優先度を低いとする比率を高めてしまったものとわかる。このことから、この分科会が扱う環境技術の分野に

において、環境教育、合意形成手法、政治判断のための科学的分析など、ハード型技術ではないことがらの重要性が、多くの回答者に既に認識されていることを実感する。循環型社会技術においては、都市廃棄物からの資源回収やリサイクルしやすい設計・製造技術など、我が国の環境対策として現実性の高いハード型に近い課題の重要性認識も一方にあることがわかる。そして、温暖化や水問題など地球と地域の環境問題として待ったなしの諸問題解決に、アジアを中心とする途上国への技術移転で我が国が世界をリードすべきという考え方が、関係強化の相手先として中国やインドがあげられる区分で多かったこと、特に「F 都市・農村環境(地域環境保全)」や「J 大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水利用技術」の相手先に「その他」の国という回答が多く、選択肢になかった東南アジア諸国が技術移転対象と考えられる結果であった。

このことから、環境技術の展開の方向性を、国内問題と国際問題に分けて考えたときに、国内問題では、都市と農村の健全な関係づくりや環境問題における合意形成の方法論などが重要であるということが専門家の判断に窺え、それと関連して生態系保全の問題もクローズアップされる。また、資源循環技術や公害関連技術では、現実の環境改善につながる具体的技術の重要性認識も高い。一方で、国際問題としては、環境モニタリング、予測・シミュレーションや環境リスク評価においては、欧米先進諸国と関係強化して国際プロジェクト参画を重視しながら進めるべきであるが、環境改善に関する技術では、我が国の独自性を反映して途上国に移転すること、またそれをビジネスチャンスとして捕えるべきで、関連区分(I 都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品、J 大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術)では欧米との関係強化は優先しないと考えられているのが明確であった。

もう一つの環境関連技術の特徴に、回答者による実現時期予測幅がかなり狭く、多くの技術が2020年頃までに開発され、2030年頃までに比較的早く社会実現されるという結果になったことである。個別課題を専門的に見ると、現実には実現困難な課題も多いが、回答者が解決を求めるといふ思いが実現性予測を早める結果になったのではないかと考える。

(3) 検討範囲を振興するための方策(政策提言)

[実態把握]の2区分である「D 環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術」と「E 環境モニタリング(地上観測を含む)」においては、大学と公的研究機関による技術的実現と、公的研究機関による社会的実現の重要性が回答から明確であった。しかしながら、現在の我が国の公的研究機関において、環境科学分野の知的基盤技術を維持、発展させてゆく体制が十分かといえ、はなはだ心もとない面がある。研究環境の競争化は、特に長期継続が必要な観測、モニタリングの強化とは相容れない側面があり、基盤技術として国が安定に支えるべきであろう。[問題設定]の3区分では、牽引すべきとされるセクターが分散している。これらの区分では法制度改革が政府の取り組みとして重要という指摘もあるが、人文社会科学との境界領域であるこれらの区分での研究体制整備の必要性は、第3期科学技術基本計画における分野別戦略で指摘されたところであるが、現状それが改善されたとは考えにくい。一方、[問題解決]の5区分では、「H 生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策」を除くと、技術的实现には民間企業の役割が大きいものが多いが、多くのもので政府主導の社会的実現の牽引が必要とされる。また、これら技術群での大学の役割が低く見積もられていることはむしろ問題であり、大学・公的機関・企業の共同推進、大学での人材育成、などセクター間の連携を進めることが重要であろう。加えて、「G 温暖化の評価と対策技術」など特に国際的な問題において、国際機関が推進先導することを促進すること、そこで我が国が関与を高めることが、技術の社会的実現のみならず我が国の国際的地位向上にも重要と考える。

(野尻 幸宏)

8. 1. 2 【社会系】環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション

一般に、「リスク」とは「人々が避けたいと考える望ましくない出来事の起こる可能性」と説明され、これを「環境問題」に限定した「環境リスク」を、その内容や範囲を包括的に整理して、明確に定義した例はこれまでに見当たらない。例えば、環境白書では「人の活動によって環境に加えられる負荷が環境中の経路を通じ、環境の保全上の支障を生じさせるおそれ(人の健康や生態系に影響を及ぼす可能性)」と説明している。この他にも、「環境」の範囲をより広く解釈して、グローバルな気候変動、生物多様性の危機、台風や地震などの自然災害、産業事故に伴う災害など、さまざまな問題を広義に含めて「環境リスク」と捉える場合もある。

「環境リスク」に着目することの要点は、望ましくない出来事の重大さとそれが人の健康や生態系、次世代の子孫、そして地球環境に影響を与える可能性について、人間の英知を集めてできるだけ科学的に認識し評価して、まだ見ぬその出来事を避けるためにはどこまでの管理を実施していくべきかを社会合意の上で判断し、必要と認められる具体的な対策を順応的に実施していくことである。第三期科学技術基本計画においても、科学技術の成果を社会に還元する際に必要なリスク管理を合理的に行うため、安全性の評価や試験法の考案、データの収集・整理・解析など、リスク評価のための科学技術活動が重要であること、また、国民の安心を得るため、科学的なリスク評価結果に基づいた社会合意形成活動が重要であることが掲げられている。

しかしながら、リスクを予見することは簡単なことではない。その原因は、避けたいと考える望ましくない出来事が、いつ、どこで、どれくらいの確率で起こるか、どの被害がどこまで及ぶかなどが不確実であることによる。化学物質による発がん性は、10万人に一人が一生涯にがんになる恐れがある物質を規制対象にするが、これほど低い確率で長期間を経て顕在化する出来事のリスクを直接調べることはできないので、様々な不確実性を認めたと上で、一定の仮定をもとにしたリスクとして評価されている。野生生物についても、100年後までの絶滅リスクが10%以上などという評価は、過去の減少率が今後も続くなどの仮定に基づいている。さらに、それらの不確実性に関する科学的知見があまりに不足しているために、リスクの評価すらできていない化学物質や野生生物種も多数存在する。このため、過去の悲惨な教訓事例ではなく、すぐには見えない懸念される出来事のリスクに対して、不確実な要素をどのように考慮していくかが、科学技術的な知見の集積においても、社会的な仕組み作りにおいても、極めて重要な技術課題となっている。

環境リスクの評価と管理に関する課題は、日本のみならず世界的に共通する潮流となっており、今回のアンケートでも「世界・日本双方にとって重要」との回答がいずれの課題についても過半数を占めた。2002年9月に開催された持続可能な開発に関する世界サミットにおいては、「予防的取組方法に留意しつつ、透明性のある科学的根拠に基づくリスク評価手順を用いて、2020年までにすべての化学物質を人の健康や環境への影響を最小化する方法で生産・利用されること」とする化学物質管理に関する世界共有の中長期目標(WSSD2020年目標)がすでに合意されており、これを実現するため、各国が従来の環境政策の修正・拡充に取り組んでいるところである。また、2010年に日本で開催される生物多様性条約締約国会議(COP10)においても、まさに生態リスクの観点から生態系の持続可能性を考え、生態系への負荷を低減するための様々な努力についての議論が期待されている。

こうした動きに対し、今回のアンケートでは、まず全体的な枠組みとして、課題1「環境リスクマネジメントの手法が規格化され普及することによる、リスクコミュニケーションの制度化」が世界あるいは日本にとって重要課題であるとの意見が75%に及び、2016年～2020年の比較的早期の社会的実現を予測する意見が多く寄せられた。環境リスクの概念自体は、すでに社会にかなり浸透してきており、その適切なマネジメントを行うために、公的研究機関や行政といった公的セクターを中心とした技術的、社会的な取組みの実現が望まれている。

また、中長期的な具体的研究課題として取り挙げた、課題2「新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法」、課題4「化学プラントやタンカーなどでの事故や災害による近隣への環境被害を未然に防止したり、早期の回復を可能とする減災技術」、課題5「人や家畜、農業技術、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術」、課題6「気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術」、課題7「全ての産業において、調達原材料や製品に関するMSDS: Material Safety Data Sheet(製品安全性データシート)を商品の物流とともに川下へ伝達

する情報システム」については、世界あるいは日本にとって重要課題であるとの意見が 93%～98%と極めて高い割合に達し、関心と期待の高さが伺えた。しかし、リスク概念の社会での認識やリスク管理の取組みは始まったばかりの段階であり、これらの社会的実現時期は、若干の準備期間を必要とした後の 2021 年～2030 年になるとの意見が中心であった。

なお、課題 3「各地域や事業所で生じる環境リスクをリアルタイムで解析して情報発信し、対策を可能とする技術と制度」については、83%が世界あるいは日本にとって重要課題であるとの意見であり、重要度・優先度は低いとする意見が 17%あった。これについては、地域で生じる環境リスクと事業所で生じる環境リスクの範囲が広く、一緒に論じることができないとの意見や、平常時のリスクと事故時のリスクをリアルタイムという同じ頻度で考えることの必要性に関する意見など、かなり専門技術的な疑問が指摘されたものと考えられるが、こうした具体的な提起を行いながら、課題とするひとつひとつの環境リスクの定義や範囲が整理され、必要な技術的・社会的課題が実現していくとも考えられた。

いずれも注目度の高い課題であるが、留意点もある。すでにある程度の技術や実施体制が存在するものや、今後やろうと思えば技術的に実現可能になるものも多いが、どの段階で何をどこまで実施するのか、そのための合意形成や意思決定のプロセスは重要課題となる。生態系へのリスクについては、化学物質に関する WSSD の 2020 年目標に向けて取組みがすでに始まっていたり、気候変動に関する IPCC の研究成果を参考にできるものの、生態リスクそのものの定義や評価方法、管理方法については、科学的知見を早急に整理するとともに、国や地域の事情や社会経済状況との関係も考慮する必要がある。また、事故等を含め事業所で生じるリスクについては、地域の安全に係わる課題であるため、リスクコミュニケーションを通じた関係者の相互理解のプロセスが重要な課題となる。こうした視点からも、環境リスクの評価と管理においては、早期の技術的实现を予測する高いニーズとともに、様々な主体が創意工夫しながら関与できる柔軟性をもつシステムとなることも望まれており、順応的なリスクマネジメントの技術や手法の実現が期待される。

また、技術的实现・社会的実現を牽引するセクターとして、大学は低い値であったが、技術的实现では公的研究機関、社会的実現では政府および公的研究機関で高い値が挙げられた。これは、環境リスク評価・リスク管理に関連する研究教育組織を有する大学が極めて少なく、体系的な人材の育成がまだ不十分であることにもよるが、社会的な制度設計との係わりが極めて強い環境リスク関連分野においては、研究開発や政策研究などのあらゆる面で大学と行政・公的研究機関の官学連携がかなり進んでおり、その最終的な実現段階では必然的に公共セクターが中心的役割を果たすことになるためと考えられる。科学的なリスク評価に基づくリスク管理をリスクコミュニケーションを通じて社会に定着させていくためにも、大学や民間のセクターにおいてさらなる人材育成や関与の拡大が期待される。

(亀屋 隆志、松田 裕之)

8. 1. 3 【社会系】環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法

総論にあるように、世界と日本にとって環境に関わる技術で緊急性の高いものとしては地球温暖化に関わるものと環境リスクに関わるものが多数を占めており、本区分「環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法」(以下「環境経済政策等」)に関わるものはトップテンにランクインしているものはなく、課題 8「誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的・定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント(LCA)およびライフサイクル費用評価(LCC)」の 23 位が最も高い順位である。しかし、地球温暖化防止の実現段階における社会的な浸透や企業経営の環境情報の「見える化」とよばれる情報の開示、環境リスクのコミュニケーションの部分などで商品の環境関連の情報開示などを含む環境経済政策等の領域は重要となる。モニタリングやライフサイクル等の「インフラ」を直接的には必要としない領域であることが特徴的であり、回答の傾向にも表れている。

技術的实现時期はそれぞれ 2011 年から 2020 年までに、環境経済政策等の実現が予測されており、比較的近い将来に技術的な実現が見込まれている。ただし、技術的な実現を牽引するセクターとしては公的研究機関(47.9%)と、民間企業(48.5%)がほぼ拮抗して、都市廃棄物や汚染防止に次いで、民間企業の順位が高いもの

となっている。一方で、環境の全ての項目を通じて「大学」に対する期待が最も低く(20.5%)、回答者数に大学関係者が多かった割には技術、社会の双方の面で大学の役割に対する期待の低さが目立った。

さらに環境経済政策等の区分で特色的なのは、社会的実現の牽引役として「政府」に対する期待が高いという点である。その牽引役も政府と民間企業に偏在している。大学は、7.8%と際立って低い。全体の「政府が重点的に取り組むべき事項」においても、「戦略・ビジョン策定」に次いで「法制度改革」が高かったことなどからも理解できる回答結果である。

社会的実現の時期についても2016年から2025年までとなっている。技術的实现から社会的実現の期間が、最も短く5年であり、区分「都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品、温暖化技術」、区分「温暖化の評価と対策技術」、区分「生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策」と比較して長い。個別の項目でも、「環境に関連する情報(カーボンフットプリント、フードマイレージなど)がほとんどの商品に表示」という項目については4年と、最も短い期間が予測されている。これは、インフラを必要とせず、法制度や組織の変更で実現するという見込みから比較的短期となっていると考えられる。一方で、企業行動や消費者行動に結びつくまでの時間の長さを十分に織り込んでいても考え難く、30年後の技術を考える上で、社会的な側面に対しては比較的短期に達成が見込まれている半面、インフラなどに関わる事項については時間がかかると見込まれている傾向が読み取れる。

上位に入っている環境リスクへの対処についても、「その性質ごとに政府と民間の研究機関が中心となってデータベース化を図る一方で、生態系リスク評価には大学・研究機関が連携して推進するのが望ましい」など、環境リスクの性質や適用の場面ごとに細分化された役割分担を求める指摘もなされており、社会経済分野における役割分担と合意形成において、情報開示などの重要性は高いといえる。ルールやデータベースの構築などでの役割と、実施フェーズでの研究機関の役割分担の明確化が、技術的な実現時期と社会的なそれを近づける要素と考えられる。ただし、役割分担については、現状では国が、戦略の立案、人材の育成、社会的実現の牽引など長期的で重要な要素が偏在している。このような傾向は、環境経済政策分野における環境経営や製品の情報開示にも当てはまる。

さて、30年後の技術として「環境経済政策等」ではどのような技術の展望がありえるのであろうか。まず、環境の排出や報告についての国際基準や規格化の議論が30年で更に進むことが予想される。牽引役として政府のみに期待するのではなく、大学や公的研究機関も、その交渉プロセスや科学的見地のインプットが重要となる。次に情報公開とリスクについては「金融危機」と言われた2008年から2009年にかけての時期に起きた一連の経済危機について、その原因や制度設計を巡る議論が活発であるが、「リスク」と情報開示を含む制度設計やコミュニケーションということが化学物質のみならず、企業の活動全般について求める機運が高まっている。企業家精神を損なうことなく、どのようにカーボンや生態系への情報開示の社会的実現を進めていくのかという問題は、法制度や組織の変革のみならず、消費者など幅広い社会での議論が必要となり、時間がかかることも予測される。また、気候変動と生物多様性の領域で相乗効果のある技術も、現時点では利点とデメリットがトレード・オフとなる技術もある。例えば、バイオ燃料の規格などエネルギー分野との関わる分野で「環境経済政策等」でのより一層の技術と社会的な実現に関わる議論も見込まれる。

しかし、一方でバックキャストの考え方では、全く違う次元の技術が生まれている可能性もある。これからの世の中をみると、石油や鉱物資源は枯渇の危機に有る一方で、人口はまだ増えると予測されている。今までの経済学では、自然・資源は無限、労働・資本は有限、が前提であった。しかし、これからの時代、資源制約が厳しくなると同時に、労働人口は増えていく。今までの技術はオートメーション化などエネルギーを使うが基本自動化など人手を省くことで培われてきた部分がある。しかしこれからは、資源エネルギーを節約するかわりに人手をかける、という技術が注目されるのではないだろうか。すでに、例えば宅配便は街中では自転車を使用するようになってきている。また生物多様性などは科学的に解明されていない部分が多いが、ここで活用できるのは、古来の先人の智慧ではないだろうか？因果関係が科学的に解明されていなくても経験則的に相関関係がわかっている自然現象は沢山ある。また、先人はそういう智慧を活用して一次産業に取り組んできた。こうした智慧を再度見直し現代技術と融合させるような技術も期待される。

(香坂 玲、協力:河口 真理子)

8. 1. 4 【社会系】ライフスタイルと環境〈環境倫理を含む〉

持続可能な社会の実現には、ライフスタイルについてのコンセンサスを得て、それに合致した環境技術の開発が求められる。そのためには、環境に関する思想・哲学・倫理が整理され、その内容が環境教育を通して普及していくことが重要である。また、地域的な環境問題を解決するために環境アセスメント手法に基づいた合意形成システムなど、社会科学的な要素を取り込んだ制度設計が必要である。そこで本区分では、社会科学的な調査研究成果に基づいて適切な環境技術開発のあり方に関するアンケート項目を設定した。

アンケート結果をみると、回答者の4人にひとりが「ライフスタイルと環境」を環境分野の鍵となるキーワードとして挙げている。これは多くの回答者が、日々の生活のあり方(ライフスタイル)が環境問題に直結しているとの認識に立っていることを示している。また、我が国が関係を強化すべき国として、米国よりも欧州と中国を挙げる回答者が多い。これは、消費的なアメリカのライフスタイルよりも環境意識の高い欧州のライフスタイルを参考にしながら、アジア的なライフスタイルを目指すべきとの意識の表れであると解釈できる。この点は、「都市・農村環境(地域環境保全)」について「特に日本にとり重要」な課題と評価されていることから理解できる。さらには、「ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」が、特定の組織ではなく複数セクター連携で実施されることを期待するとの回答割合が多いことも特徴である。

個々の課題についてしてみると、世界・日本双方にとり重要な課題として、課題 20「気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム」が挙げられている。逆に、重要度・優先度の低い課題として、課題 15「癒し効果の生理的解明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法」、課題 13「通勤型農業(生活の省エネ、高齢化対策等を進めるために、農業従事者も地方都市に生活するようになる)」等がある。ただし、課題 19「都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法」が技術的実現予測時期がわからないと評価されていることを考えると、回答者の多くが都市生活者であるため、農村環境そのものを十分に理解できていない可能性がある。課題 17「家庭でのCO₂削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮」は2018年までに社会的実現が可能と予測されており、環境教育の効果が社会に浸透しつつあることを伺わせる。

いずれにせよ、全ての環境技術は社会のニーズに応えられるものでなければならない。その意味で、ライフスタイルを意識し、社会ニーズに合致した環境技術開発の社会的意義はきわめて大きい。特に、人口が密集するモンスーンアジアの先進国の憧れとなるよう、都市と農村の環境調和を意識した日本型ライフスタイルの形成が期待される。

(溝口 勝)

8. 1. 5 【メカニズム・基礎系】環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術

環境評価を行うには、環境を変化させる要因が環境媒体とそこに生きるヒトや生物に及ぼしている現時点の影響を明らかにし、その要因が将来さらにどのような影響を環境に及ぼすか？あるいは要因が変化することで環境がどう変化するかを予測する技術が必要である。従来は定性的に行われてきたこのような影響評価、予測が、今日の計算機の進歩を受けて、モデルシミュレーションという手法で、数値的に行うことができる分野が増えてきた。

環境とモデルシミュレーションが密接に関わる周辺科学技術の一つとして天気予報があげられるが、社会的要請から気象のシミュレーションは早くから取り組まれ、実際に日々の天気予報に必須の技術となった。気象という現象が初期値に強く依存する問題であるという性質から、観測データ(地上・洋上・衛星)が豊富になるにしたがって、精度が高まり、短期予報の的中率はきわめて高くなり、都市気象に関する予測の高解像度化も、計算機技術の発達とともに進歩は著しい。その応用として、科学のみならず社会要請の元で最近の進歩が著しいものが将来気候予測である。また、将来気候とCO₂などの温室効果ガスの間には気候フィードバックが働き、他の

環境変動要因によっても温室効果ガスの地球循環が変化するので物質循環モデルが必要となっている。今回の調査で気候モデル関連の問いとして、課題 22「社会経済シナリオ毎に今世紀の気候変動を地方自治体スケール程度の空間解像度で予測する技術」、課題 23「大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術」の2問を設定した。また、長期予測ではなく短期予測のためのシミュレーション技術として実用化レベルに近いものと考えられている化学天気図の技術を課題 21「大気環境予測シミュレーションが高度化し、粒子状物質・オキシダント・窒素化合物などの大気化学天気図が報道され天気予報のように市民にも利用される」として出題した。

一方、気候モデルと比較すると、世界共通の技術フレームが出来上がっていないと考えられる健康や生態系のリスクを予測するモデル関連の問いとして、課題 24「大気・水質・土壌汚染の環境動態シミュレーション技術を用いた健康リスク・生態リスク評価とそのアセスメントへの利用」、課題 25「汚染物質に起因する災害や野生生物に起因する疾病の予測を可能とする大規模な環境システムのモデリング・シミュレーション技術」の2問を設定した。

さらには、環境科学における将来予測は社会経済要因抜きには行なえないものであるが、その技術展開を問うものとして、課題 27「環境指標の劣化を誘引する社会経済的要因を評価する技術」を設問とした。課題 26「将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定」という問いは、この調査シートが回答者に配布されたときにまさに開催されていた気候変動枠組み条約締約国会議 COP15 を意識した問いであり、途上国を含めた合意形成に科学が後押しできればどんなによいことか、と祈念しながら出題したものであった。

区分「環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術」を全体的集計の中で見ると、「世界・日本双方にとり重要」とされた割合が区分中で 2 番目に高い(71.3%)こと、技術的実現の牽引セクターが大学と特に公的研究機関に集中したことが挙げられる。また、技術的実現から社会的実現の牽引の変化を見たとき、下記の区分「環境モニタリング(地上観測を含む)」と同じように、より公的機関の比率が大きくなる。また複数セクター連携の期待が低いように統計値では見えるものの、公的機関が基本的に国の経費で維持されることを考えれば、技術的実現も社会的実現も公的機関主導で進めるべきであり、他の区分に比べれば民間に開発を求めるべきものではないという考え方であろう。

個別課題で結果を見ると、地球物質循環予測の課題 23 と、健康リスク・生態リスク評価の課題 24 の重要性を高く評価した回答者が多かった。これは、科学からの要望の大きさの反映であると考えられるが、災害と疾病予測の課題 25 と社会経済要因評価の課題 27 は比較的少なかった。これは、専門度がなく回答しないという回答者が多かったことも原因である。課題 22 の気候変動予測では重要度・優先度を低いとする回答率が高かった(28.2%)が、これは自治体レベルの予測を出しても確率論的な意味を考えると必ずしも意義がないかもしれないが、社会的要請は高い課題でもあり、科学と社会の関係の難しさを感じる。

実現時期に関する結果では、ほとんどばらつきがなく2019年前後に技術的実現、2025年前後に社会的実現という評価になった。これについては、健康リスク・生態リスク評価や、災害・疾病予測などの技術的確立がなかなか難しいと考えられる技術予測としては、比較的楽観的な結果かと思われるが、社会が後押ししてこのような技術実現を果たして欲しいという願望かもしれない。既に実用レベルにもっとも近いと考えられる大気化学天気図の課題 21 では、約 6%の回答が実現済みというものであるにせよ、他の設問とさほど変わらない技術的実現時期回答(2018年)を得た。

まとめの設問である、地球環境問題と持続的発展の両立における重要度では、物質循環シミュレーションの課題 23 が高順位であった。また、課題 26 は社会的実現の牽引にその他(国際機関等)をあげる回答者が全問のうちで1位であり、科学から国際政治への働きかけが重要となった現在の気候変動の問題を反映していると感じる。

(野尻 幸宏)

8. 1. 6 【メカニズム・基礎系】環境モニタリング（地上観測を含む）

環境の状況を的確に把握することは効果的な環境対策を行う上で不可欠である。一方、広い地域でさまざまな環境要素を精度よく把握するためには、情報量と作業効率の間でのトレードオフもある。このため、新たなセンサーやモニタリングシステム、それらから得られる情報を高度に解析する技術の開発が必要となる。本区分は、衛星を使った広い領域の面的なモニタリングや、地上のサンプリング地点でのモニタリングにおける要素技術と、それらの情報を活用する解析技術などから構成される。

衛星からの大気観測として、課題 28「刻々の変化が把握できる大気汚染物質(オキシダント、NO_x、VOC)の静止衛星観測システム」、課題 29「地域フラックス推定の要求を満たし(CO₂カラム量で1ppm精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO₂、CH₄など)衛星観測システム」を設問とした。後者については、本調査の期間に 2009 年 1 月に打ち上げられた GOSAT 衛星のデータ公開も始まり、研究者にとっても比較的身近な話題と考えて出題したが、両設問とも専門家と非専門家で異なった回答を予測した問題であった。課題 28 の静止衛星の問は、GOSAT のような周回型の観測衛星が地上数百 km という低い高度を飛ぶのと異なり、地上 36000km の軌道高さに限られる。赤道上のある地点の上空に常に静止しているので刻々の変化を観測できるものの、低濃度の化学物質の光学的観測を実現するにはどうしてもシグナルが弱いという、高い技術的ハードルを克服しなくてはならないものである。また、課題 29 の温室効果ガス観測の間では、雲の影響をほとんど受けないという書き方から、本来的には赤外分光という現在の方式を打破するブレークスルーが必要な技術である。一方、衛星観測と関連して課題 30「衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、流域単位での表流水、地下水循環を予測する技術」で、モニタリングから予測に至る水循環解明の技術実現を問うた。

化学物質のモニタリングでは、課題 31「発がん性などの遺伝毒性、内分泌かく乱性、自然生物に対する生態毒性などを有する有害物質を、数百種類まとめて一斉に分離・定量できる分析測定システム」および課題 33「POPs 等による海洋・沿岸汚染を世界的規模でモニタリングして解析するシステム」として、前者では分析化学技術の実現を、後者では現在では船の観測による点や線の計測でしかないものを世界規模にする技術実現を問うた。加えて、課題 32「身近な動植物への環境負荷を迅速に把握するための簡易な生態影響指標の確立」として、分析化学的ではない影響評価を、課題 34「各産業での物流情報や産業連関解析などを用いた、都市での物質循環や水利用を効率的に把握する情報解析技術」では、モニタリングだけでなく、関連データが膨大になってきた今日的な都市における環境情報処理技術の進展を問うた。

区分「環境モニタリング」を全体的集計の中で見ると、「世界・日本双方にとり重要」とされた割合が区分中で 3 番目に高く(71.2%)、技術的実現の牽引セクターが大学と特に公的研究機関に集中したことが挙げられる。これは、技術的実現から社会的実現の牽引の変化を見たとき、上記の区分「環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術」と同じように、より公的機関の役割の重要度が上がる傾向が見られた。これはモニタリングが大学や民間では長期継続的に実施することに大きな困難を伴うことの反映であり、公的機関によるモニタリング体制の維持への期待を表わすものである。また、最も力を入れるべき研究開発の国際戦略の間で、区分中最も「国際共同プロジェクト主導・参画」の率が高い。ただし、この区分は専門家が少なく回答率が比較的良かった。これは、衛星観測の問、化学分析など、設問が具体的であり専門の離れた方の答えが得にくかったようである。

個別設問で結果を見ると、技術的ハードルが高いと考えられる衛星大気観測の課題 28 と、課題 29 については、技術実現時期は 2019 年-2020 年、社会実現時期が 2025 年-2027 年という回答となった。これは、このような高度な衛星観測技術を世界では 2019 年-2020 年に、日本では 2025 年-2027 年に達成すると読むこともできる。この結果については、専門度の違いによる実現予測年の差異を確認したかったのであるが、質問内容を単に技術論として捉えるのではなく、必要性が高ければ実現させるべきであるというような技術期待論と考えるべきかもしれない。生態影響指標を問う課題 32 は技術的実現を牽引する大学の役割が極めて高かった(全体の 2 位、73.1%)。一方、POPs の海洋モニタリングを問う課題 33 では技術的実現および社会的実現の牽引におけるその他(国際機関等)の役割が高かった。これは、POPs の海洋モニタリングが POPs 条約下で対象物質や手法の議論が進められていることを反映しているものと考えられる。

各設問の実現時期は、この区分においてもほとんどばらつきがなく、平均として 2019 年に技術的実現、2026

年に社会的実現とされた。その中で、課題 32 の生態影響指標と課題 34 の都市における情報解析技術がやや近い実現時期の平均回答であり、簡易な生態影響指標の研究や、物流情報・産業連関解析などの分野の研究が進んでいるものと考えられた。

(野尻 幸宏)

8. 1. 7 【対策技術系】都市・農村環境（地域環境保全）

都市と農村の環境はいつの時代でも対比されて議論される問題である。人口が都市に集中することによる環境の悪化、逆に農村の過疎化に伴う自然管理の問題等、持続可能な社会のためには都市と農村をセットに考え、それらの調和を考慮することが重要である。特に、絶対的に人口が多く、経済発展が著しい中国やインド等では、我が国が数十年前に経験したような公害問題等を引き起こしており、それが地球環境に与える影響は甚大である。その意味で、地域環境保全を主眼とする都市・農村環境は、アジア諸国の中で早くから科学技術を駆使しながら公害問題に取り組んできた日本が貢献すべき重要な課題といえる。

こうした都市・農村環境に関する課題は、その多くが「特に日本にとって重要」と回答した割合が高いことからわかるように、地域性が強いという特徴がある。これは、(1)起伏に富んだ地形と、急流の河川を多く抱えるとともに、(2)温暖で多雨の気候のもと、(3)緑化やバイオマスなど高水準の技術力を有するという、日本特有の風土・社会経済に関係しているからであると考えられる。

課題 36「高齢者が生活しやすい生活環境が都市にも農村にも公平に整備され、老後の生活拠点を自由に選択できるようになる」については、高齢化社会の急速な進展を迎えている日本にとっては確かに重要な課題ではあるが、こうした生活環境の実現は明らかにオーバースペックであると言える。コンパクトシティの考え方からすれば、(高齢者に限らず)こうした便利な環境は限られた空間の中で実現すべきであり、経済性・効率性を考慮すると目標としてはやや不適であるとも考えられる。このことが「実現しない」という回答の多い理由の一つになっているように思われる。むしろ空間の使い方を適切に設計する「計画技術」と組み合わせることによって、その有効性が見えてくるものと考えられる。

課題 37「農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法」や課題 38「経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など、地域環境保全活動の価値評価手法」についても、「実現しない」という回答が比較的多い。これらは、「重要度・優先度は低い」と回答した割合も高いことから、そもそもこうした非物質的なものの価値を計るための信頼できる手法が本当に必要なのか、必要だとしても実現可能なのかどうかについて、専門家の間でも意見が分かれていると見ることができよう。

問題解決型の課題が主である本分野は、実現性を考える段階では地理的近接性やローカリティが重要であり、国内では地方分権や法制度改革、国際的には特にアジアの近隣諸国との連携が重要となる分野である。後者については、日本と同様の都市・農村環境を有し、技術力で台頭してきた中国や韓国などをはじめとする国々との連携が最重要である。ただ、都市・農村環境の「計画技術」は、途上国をはじめとする広い地域で有効に活用できる可能性を持っている。このためには、個別の技術開発というよりも、広く世界各国での都市・農村環境の将来目標像を描き、地域ごとのニーズは何かについて考えていく機会を増やすことが肝要であるように思われる。本分科会のテーマ全体にも言えることであるが、将来の価値やニーズが不確実であるため、実現までに長い時間のかかる課題 35「都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法」を除き、技術的・社会的に比較的早く実現できる技術しか考察の対象となっていない傾向にある。ハード技術とソフト技術を対等に相補的に捉え、ニーズ・オリエンテッドな視点からバックキャスト的に将来必要になると考えられる技術体系を再整理することも必要であろう。

(溝口 勝、鈴木 勉)

8. 1. 8 【対策技術系】温暖化の評価と対策技術

ここでは、化石燃料起源の CO₂ の問題、エネルギー問題は他の分科会で扱われるものと考え、気候変動関連のプロセス研究、CO₂ 以外の温室効果ガスの対策技術、森林や砂漠化の問題を地球環境問題としてとらえて設問をまとめた。CO₂ 以外の温室効果ガスは、温室効果全体の 30%を占める重要な原因要素である。メタン (CH₄) のような大気反応性の比較的高い温室効果ガスは、その対策が大気濃度に速やかに反映するので、短期的には対策投資効果が高い技術である。一方、一酸化二窒素 (N₂O) や六フッ化硫黄 (SF₆) のような長寿命温室効果ガスの対策が進まないと来世紀以降の気候に大きく影響するので、その対策技術をできるだけ早く始めることもあわせて必要である。農業関連の温室効果ガス排出対策は、食糧生産を確保した上で排出削減を進めることが求められ技術的な障壁が高いものである。フロン代替ガスである HFC、PFC には比較的反応性の高い短寿命のガスと長寿命のガスとがあり、特に長寿命ガスの対策が重要と考えられる。また、温室効果ガスの国別排出量を正確に把握する技術は、条約等の遵守判定に必要であることのみならず、排出源ごとの対策を進めるために必要な技術である。土地利用変化、森林伐採による CO₂ 排出を監視することは適正な森林管理を通じて温暖化対策につながるもので、施策へのフィードバックが望まれる研究分野である。

温室効果ガスのプロセス研究や観測として、課題 42「温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明」、課題 43「CO₂ を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術」を設定した。CO₂ 以外の温室効果ガスの対策について、課題 44「将来の温暖化をもたらす大気中の寿命が長い温室効果ガスである PFC、HFC、SF₆ などの代替化技術」、課題 45「農業・工業・廃棄物などの N₂O 排出削減技術が進むことによる大気 N₂O 濃度増加の停止」、課題 46「途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタン (CH₄) ガスを効率的に回収し活用する技術の普及」、課題 47「途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に活用する技術の普及」を設定した。森林と砂漠化の関連では、課題 48「熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域での熱帯林破壊防止と再生活動の実施」を設定した。

区分全体としての回答集計では、特に日本にとり重要という回答が区分中最も少なく、世界・日本双方にとり重要、特に世界にとり重要を合わせた率が区分中最高という当然の結果になった。これは、途上国関連の対策技術を問う課題 46 から課題 49 で特に世界にとり重要という回答が反映している。技術的実現と社会的実現を牽引するセクターの間では、プロセス研究から対策技術まで幅があったために、各セクターはばらついた結果となった。

個別設問の結果として特徴的なものに、温室効果ガスの循環メカニズム解明の課題 42 が、世界・日本双方にとり重要という観点で最も高い率 (92.7%、1 位) であり、地球環境問題対応と持続的発展の両立に重要という評価でも極めて高かった (3 位)。このことは、CO₂ を中心とする物質循環解明研究の科学的 중요度の高い評価を示すものである。同じく、CO₂ 以外の温室効果ガス対策である課題 44 と課題 45 も世界・日本の双方にとり重要という観点ではかなり高い率を得た (4 位、6 位)。ただし、N₂O 濃度増加の停止は大気化学的な観点では人為的排出量を半減させるというようなきわめて強い対策をとらない限り実現しない効果であり、その意味ではやはり専門度の高い回答者と一般回答者の違いを見たかった設問であるが、他の問とあまりかわらない実現時期予測であった。課題 44 のいわゆる 3 ガスの代替化技術については、進んでいる分野と遅れている分野がまちまちであると考えられるので、よい質問ではなかったかもしれない。実現済みという回答率が高いことはその反映であるし、実現しないという回答率はきわめて低かった。課題 49 の砂漠・半乾燥地帯での食糧生産については、将来とも実現しないとする回答率が比較的高く、水供給の問題であるとすれば、的確な判断とも思える。ただし、その場合でも、全体平均の実現時期は他の設問とあまり変わらない予測結果であった。

全体平均の技術的実現時期と社会的実現時期は他の区分と大きな違いがない。その中で、課題 46 と課題 49 のような途上国技術関係で、技術的実現から社会的実現の時間が長いものが見出され、途上国での技術展開の難しさを予測していると考えられる。また、この温暖化関連技術の区分では、政府の取り組むべき事項として戦略・ビジョン策定を上げる回答者が非常に多く、自発的な研究開発では間に合わず、推進力が必要という考え方が現れているようである。

(野尻 幸宏)

8. 1. 9 【対策技術系】生態系・ランドスケープ／生物種・ハビタット／遺伝子の各レベルにおける多様性保全・復元・評価及び政策／野生生物との共存手法

2010年、生物多様性条約国会議が日本の名古屋で開催されることになり、ようやく日本でも生物多様性保全の議論が高まりつつある。とはいえ温暖化防止の必要性に比べるとまだほとんどの国民が認知していないのが現状である。2009年6月の内閣府の調査によると、生物多様性という言葉を知ったことがないという比率も6割となっていた。実は、気候変動枠組条約と生物多様性条約の2つの国際条約は、1992年の地球サミットにおいて同時に採択されたものである。つまり、顕在化する地球環境問題の中でも、地球温暖化対策と生物多様性保全は最重要課題であると国際社会で合意されたのである。しかしながら、両者に対する取り組み方には大きな差があった。

今回の科学技術の専門家の調査結果からも、緊急度の高い技術の大多数が、リスクや温暖化に関わる技術であったのに対し、地域社会や生物多様性に関わるような技術についてはランクインしているものはほとんど見当たらなかった。また地球温暖化、都市部の議論がグローバルに優先順位の高い項目としてみなされているのに対して、生態系に関わる科学技術は比較的国内での優先度が高い項目という比率が目立っており、グローバルな問題としての生物多様性の理解は科学者であっても低いものに留まっている。その理由として、温暖化問題はその影響が直接的で比較的短期間で誰にもわかりやすい結果があるのに対して、生物多様性の損失の影響は温暖化以上に人類のカタストロフィーの原因になる恐れがあるにもかかわらず、間接的かつ長期的できわめてわかりにくいことが挙げられる。また対策についても、前者はCO₂などの温室効果ガスに絞った定量的な目標設定や評価が可能だが、後者は地球レベルのミレニアムアセスメントなどが行われているものの、対象が絞りきれないため地域ごとのより定量的な目標設定や評価が進んでいない。このような現状を反映して、(インフラ設備の必要性の有無なども影響しているが)技術と社会的実現の期間も生態系に関わる技術は長いものとなっている。さらに自然の残された僻地や農漁村の人口は減り続けており、都市生活者にとって生物多様性は現実感のないものになっていることが挙げられる。UN-HABITの報告では2007年には世界の人口がはじめて50億を超えた。

このような状況は日本においても例外ではない。1997年COP3における京都議定書の影響もあるが温暖化対策については「地球温暖化対策の推進に関する法律」が1998年に成立したのに対して、「生物多様性基本法」は10年後の2008年である。もちろんこの間に1992年の「絶滅の危機に瀕する動植物の種の保存に関する法律」、1997年の「環境影響評価法」、2002年の「自然再生推進法」、2007年の「戦略的環境アセスメント導入ガイドライン」、1995年の「生物多様性国家戦略」、2002年の「新・生物多様性国家戦略」などの関連法制度が成立しているが、民間企業における生物多様性保全は、最近そのガイドラインの必要性が議論され始めたばかりであり、国民一人ひとりの行動についてはまだ議論も始まっていない。このような世相と同様、日本の科学技術における生物多様性保全の位置づけは、温暖化問題と比較してきわめて低いという現実を直視する必要がある。

ところで日本は2010年の第10回生物多様性条約締約国会議(COP10)の議長国を勤めるが、この会議は「現在の生物多様性の損失速度を2010年までに大きく減少させる」という本条約の目標年に開催される。しかしながら、新・生物多様性国家戦略で述べているように、第1の危機である、人間の開発により日本在来のほ乳類の24%、両生類の22%、淡水魚類の25%、陸及び淡水貝類の25%、維管束植物の24%が絶滅危惧種、また多くの生物のハビタットである干潟面積(1994年時)は、埋立や干拓などの開発により1940年に比して約4割が消失しており、日本の生物多様性の損失速度は緩まっていらない。

生物多様性に直接、損失を与える開発などの人間活動は過去の出来事ではなく、21世紀以降も続く(あるいはより加速される)ものであり、過去の損失への対応だけでは全く追いつかない。自然破壊型の経済開発が止まらない根底には、自然生態系の市場経済価値がその本来の生態系サービスの価値に比べてきわめて低いという現状がある。また再生が困難で不可逆で加速しかねない生態系の変化に対するコスト等が適正に反映されていないといった問題点が考えられる。これを根本的に解決するのは今回の設問にもあった「生物多様性オフセット(代償ミティゲーション)」であるが、我が国の生態学分野の学識者においてはまだまだ認識が低い。

今後は、生物多様性に対する最大の脅威である開発などの人間活動と、生物多様性保全のバランスを実現

する科学技術や社会制度の開発と普及が最重要課題である。そのためには、開発などの人間活動に対する合意形成を図るための(戦略的)環境アセスメント、HEP(Habitat Evaluation. Procedures)などの生態系やハビタットの定量評価、開発により消失する生態系やハビタットの復元・再生(生物多様性オフセット)などの技術開発が、自然生態系のノーネットロスを含む科学的な定量的政策目標の設定とともに急務である。また、生態系やハビタットの保護・復元について市場メカニズムを利用して生物多様性オフセットを推進する生物多様性バンキングのような経済手法も日本の里山のようなアンダーユースの問題も同時に解決しうる仕組みとしての技術開発が必要である。「生物多様性分野」は実は「生物多様性問題分野」であり、生物学や生態学だけでは解決できる問題ではなく、工学、農学、経済学、法学、社会学などとの複合領域に位置するものであり、日本ではこのような複合的な生物多様性分野の研究基盤自体の整備が依然として遅れており、人材もきわめて限られている。今後は、人類の存続に直結しているこの分野自体の基盤研究支援および人材育成が必要である。

(田中 章、香坂 玲)

8. 1. 10 【対策技術系】都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品

生活や産業などの人間活動によって排出される廃棄物や公害、エネルギーの増加に伴う温室効果ガスや資源の枯渇などの問題に対応するべく、省資源・省エネルギー、環境保全の観点から対策への研究開発・実用化が進められてきた。また近年、持続可能な社会形成を目標とした、エネルギーの高効率化、そして気候変動問題へ対応する温室効果ガス排出低減のための技術開発、さらに社会的課題解決への施策といった点に視点がシフトして来ている。

人間活動を行えばそれに伴い必ずエネルギーを消費し廃棄物を排出することから、環境を保全する必要がある一方で、トレードオフとして別の環境負荷を発生させる場合がある。近年、いわゆる環境保全・対策技術にとどまらず、そこから発展する形で、物質を循環利用した再生可能エネルギーの技術開発が進められている。

循環型社会形成推進基本法では、廃棄物対策は、①発生抑制、②再使用、③再生利用、④熱回収、⑤適正処分と対策の優先順位を定めている。前三者は「3R」として概念と言葉も市民権を得つつある。これらの課題は、全ての生活者に密接に関わることであり、「社会システム、しくみ、環境教育」と「テクノロジー」の両輪での対応が必要である。技術側面については歴史的には最下流での対応がとられて来たが、昨今、製造段階から廃棄までのライフサイクルとしての視点を持ち、環境負荷低減への対応が求められるようになっている。

鉱物やエネルギーに使用する天然資源をほとんど有さない我が国では、石油ショックなどをきっかけとして、もの作り・製品利用の両面において世界一とも言われる省資源・省エネルギー技術を高度に発展させて来た。これまで蓄積して来た技術を適切に移転、あるいはモディファイして適用することにより世界に大きく貢献できる分野である。

本区分における技術課題は、対症療法的な公害対策型技術をベースとしているが、その後持続可能な循環型社会を形成するための技術へと発展をとげて来た。環境保全のみならず、省資源・省エネルギー、資源の循環利用、安心・安全などの観点で技術開発がなされ、我が国において蓄積した技術・ノウハウは世界的にも優位性が高く、今後世界の人々に貢献するためにさらなる向上、現地事情への適応化した上での活用が望まれる。

こうした環境保全技術は、今後技術的にブレークスルーして、科学技術面で大きなインパクトがあるということよりもむしろ、技術的には現段階においてすでに実用化が近付いていることから、今後はその効率を高め、より早く広く普及・実用化する事が先決ととらえている専門家が多い。それが、技術的実現予測時期が2016年～2025年に集中し、それ以降の実現を予測する回答は無いという傾向として現れている。

また、技術的実現を牽引する主なセクターとして、民間企業と公的研究機関を挙げる回答が比較的多いが、これは研究開発のこれまでの歴史的経緯から見ても納得の行く傾向であると思われる。すなわち、社会的課題に対して行政が対応、民間が技術でそれに答えるという形の官民連携で技術が発達して来たことを反映してい

ると考えられる。

ここで取り上げた課題は、全ての人々の生活や様々な産業に直接・間接的に関連し、社会的インパクトの大きい区分であると考えられる。究極的には社会構造そのものが物質・エネルギー・水など資源の循環利用を前提として設計、運用されるための技術、社会システムが構築され運用される事が理想である。ただし、これまでに蓄積して来た社会インフラなどの膨大な社会資産、運用のしくみとしての社会システムが現に存在するため、これらを有効利活用、改善さらには革新しながら進めて行くことが肝要と考えられる。つまり技術的な面もさることながら、社会的な面でブレークスルーすべき課題が多いと考えられる。これは技術的実現のイメージを持ちながら、その社会的実現を図るためにはどうしたら良いかを、同時並行的に検討することを意味する。

本区分で取り上げた技術的、社会的実現は、着実に実施することが望まれる。特に、希少鉱物やエネルギー資源をほとんど持たない我が国においては切実な問題である。さらにこれらの課題を解決する技術開発が達成された暁には、世界に広く貢献することが可能であり、そしてそれが求められていると考えるべきであろう。課題の重要度の選択肢で「日本と世界にとって重要」とされたものが多いことから、このことは広く支持されると考えられる。

(中村 弘志)

8. 1. 11 【対策技術系】大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術

戦後、社会的気運の高まりに裏づけられた積極的な投資により、社会インフラの整備がされてきた。しかし高度経済成長期には典型七公害(水質汚濁、大気汚染、土壌汚染、悪臭、騒音、振動、地盤沈下)と称された、人間活動による環境破壊問題が生じたが、その対応策として法整備や研究・技術開発が推進され、世界的に見ても優位性の高い技術・ノウハウを習得することができた。近年においては、持続的な循環型社会の形成、あるいは安心・安全を担保し、人々の快適性をも保証するという観点に方向性がシフトしている。また、利害関係者や社会的背景の多様化により技術開発のみならず、人々の合意形成や導入に当たってのしくみづくり、日本の技術で世界に貢献するための、社会的・社会システムの課題への解も求められる分野となっている。

ここ数年の動向として、頭痛やはきけ、がんなどの要因とされる揮発性有機化合物(VOC)に対する関心が高まり、現在、大気汚染防止技術分野で最も関心の高い研究対象物となっている。また、石綿については、現在、全面製造禁止となっているが、過去に使用されていた建材の解体による飛散で、人体への影響が問題視されるようになった2000年代半ばから、再び大気汚染対策技術への関心が高まっている。

また、水質汚濁に係る環境基準のうち、人の健康の保護に関する環境基準(健康項目)は、ほぼ全国的に基準を達成しているものの、生活環境の保全に関する環境基準(生活環境項目)については、湖沼、閉鎖性海域において達成率が低い状況にある。湖沼の水質改善には、汚濁メカニズムの解明に加えて面源負荷対策等流出水対策技術や自然浄化機能の回復・活用を目的とした湖内対策技術の開発が求められている。閉鎖性海域については、それぞれの海域の状況に応じた陸域・海域が一体となった、栄養塩類の円滑な循環を達成するための効率的かつ効果的な管理手法の構築が求められている。

工場・事業場が原因と推定される有害物質による土壌および地下水汚染事例が、毎年継続的に確認されている。これに対して、物理化学的や微生物学的手法による土壌や地下水浄化技術の更なる進展とともに、効果的な未然防止対策の構築が必要となっている。土壌中の炭素や窒素の物質代謝に係るメカニズムの解明については著しい進展を遂げており、今後はこれらの知見を活用し、温室効果ガスの排出低減などに効果的かつ実効性の高い農地管理手法や技術開発が求められている。

本区分は以上のように、水分野における日本の世界貢献、水関連インフラ技術、上下水道インフラの更新、土壌・地下水汚染対策技術、建築物の室内環境の改善、化学物質の除害・無害化、土壌中の炭素・窒素分解対策、などの技術課題から構成される。

今後は技術的にブレークスルーして、科学技術面で大きなインパクトがあるというよりもむしろ、技術的には現段階においてはほぼ見えている、そしてその完成度を高め、より早く実用に供する事が先決である、と見ている

専門家が多いということが、技術的実現予測時期が2016年～2020年に集中しそれ以降の実現を予測する回答は無い、というところに多少の願望も含めて表れていると考えられる。技術的実現を牽引する主なセクターとして、民間企業と公的研究機関を挙げる回答が比較的多いが、これは研究開発のこれまでの歴史的経緯から見ても納得の行く傾向と思われる。

本区分は、すべての人々が直接・間接に関与する重要な分野であり、人々の生活と環境を保全しながら持続可能な社会を成り立たせるために必須である。人類が持続して行くために、社会を根底から支える重要な技術分野の一つと位置づけられる。また、この分野の特性から社会の様々な事柄と複雑に関連しており、社会システム面からの変革も必要である。人類存続のために欠かせない基幹的技術分野の一つである。今後人類存続のために必須の技術分野であり、社会全体としても地道にしかし確実に推進していく必要性が高い。技術的新規性はいわゆるハイテク分野、先端分野ほどは高くなく、むしろ開発された技術を実行して行くための社会システムを変革していくことも求められる。今後社会構造やライフスタイルの変化に伴い、本区分の技術内容も進化を続け、社会システムやしぐみの変革と共に、その時代時代に適合したものとなると考えられる。個別課題に対するコメントとして、「価値観」や「利権」の問題を指摘する意見があり、「政府のリーダーシップ」を強く求める要望も出されている。客観的評価・総合指標、社会的合意形成といったキーワードで社会科学的側面での技術開発も必要な分野でもある。さらに、この分野の中で社会的インパクトの大きな際だった特性として、膨大な社会インフラストックの問題がある。長い年月と多額の費用をかけて整備、ストックとして営々と蓄積して来た現状における社会インフラを、社会的コンセンサスを得ながら如何に維持管理し、補修・更新・改善・高度化して行くかが将来への大きな課題である。世界でもトップレベルの技術力を持つ水処理技術は、我が国の強みになるとの指摘が多い。水問題については、飲料水や衛生施設の確保に関して深刻化している、アジア・アフリカ地域に対する国際協力を展開していく必要があり、とりわけ地理的にも近接し我が国の水環境への直接的な影響もあるアジア各国へは、排水処理技術や節水技術などの日本の優れた水処理技術を、官民が連携して当該国に適した技術開発を推進していくことが望まれる。こうした活動を通じて、我が国が世界の中で大きな貢献をすることが可能である。このような点からも技術の発展、社会への適用の早期化が希求される分野である。

(中村 弘志、林 誠二)

8. 2. アンケート調査の回収状況

No.8分科会「環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下の表のようになっている。

表 8.2-1 No.8 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
417 人	339 人	81%	339 人	281 人	83%

性別	男	255 人	職業	会社員	60 人	専門度の平均	高	11.6%
	女	26 人		大学等教職員	116 人		中	27.0%
	無回答	なし		研究機関職員*	65 人		低	61.4%
年代	20 代	0 人	職種	団体職員	12 人			
	30 代	29 人		その他	28 人			
	40 代	79 人		無回答	なし			
	50 代	90 人		研究開発従事	199 人			
	60 代	67 人	上記以外	82 人				
	70 代以上	16 人	無回答	なし				
	無回答	なし	合計	281 人				

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

8. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、環境を保全し持続可能な循環型社会を形成するために必要な要件等についての議論し、以下の課題の区分を設定した。

表 8.3-1 課題の区分

	区分・区分内容
社会系	A 環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション (環境リスクの評価・マネジメント技術、及び、リスクコミュニケーションのツール・手法等)
	B 環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法 (商品の環境関連情報開示、経営情報開示、税制整備、ライフサイクルアセスメントの確立等)
	C ライフスタイルと環境(環境倫理を含む) (社会科学的な調査研究成果に基づいた、適切な環境技術開発のあり方等)
メカニズム・基礎系	D 環境評価・環境予測・シミュレーション技術 (環境中の物質、地域の環境、環境リスク等の評価・予測・シミュレーション)
	E 環境モニタリング(地上観測を含む) (衛星を使った広い領域の面的なモニタリングや、地上のサンプリング地点でのモニタリングにおける要素技術と、それらの情報を活用する解析技術等)
対策技術系	F 都市・農村環境(地域環境保全) (都市と農村の調和を考慮して、地域環境保全を実現するための環境技術開発)
	G 温暖化の評価と対策技術 (温暖化を評価する技術、エネルギー起源 CO ₂ 以外にかかわる温暖化対策技術)
	H 生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策 (戦略的環境アセスメント、HEP(ハビタット評価手続き)などの生態系やハビタットの定量評価、開発／生態系、ハビタットの復元・再生(生物多様性オフセット)技術／保護・復元のための経済的手法)
	I 都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品 (廃棄物や焼却灰等からの希少金属の回収・利用、物質・エネルギー・水のコミュニティ単位での高効率活用による循環型社会の形成、製品ライフサイクルにおける低エントロピー化、化石燃料代替技術、家庭単位での廃棄物排出負荷低減、廃棄物の高リサイクル化)
	J 大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術 (水分野における日本の世界進出、水関連インフラ技術、上下水道インフラの更新、土壌・地下水汚染対策技術、建築物の室内環境の改善、化学物質の除害・無害化、土壌中の炭素・窒素分解対策)

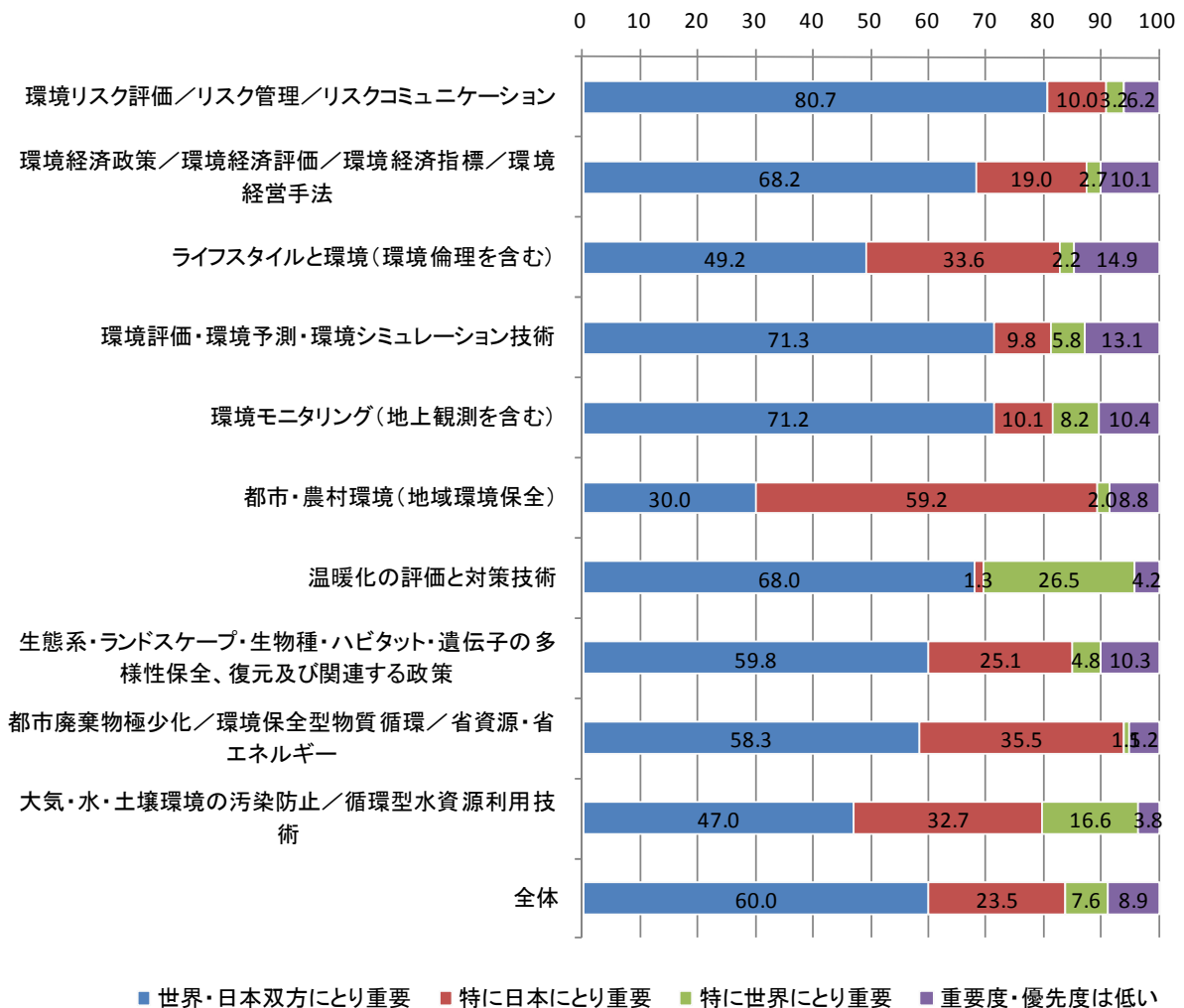
8. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

8. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題は、どの区分においても「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題が最も多く60.0%を占める。次いで「特に日本にとり重要」と評価された課題が23.5%であった。

図 8.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、「環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション」の区分において、「世界・日本双方にとり重要」との回答が80.7%と最も多い。また、「特に日本にとり重要」との回答が多かった区分として、「都市・農村環境(地域環境保全)」で59.2%であった。「特に世界にとり重要」との回答は全体として多くないが、「温暖化の評価と対策技術」の区分で26.5%と他の区分と比べると高い結果であった。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順に上位20位以内の課題を下表に示す。「温暖化の評価と対策技術」、「大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術」、「都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品」区分の関連課題が各4課題含まれている。

表 8.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
63	世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム	100.0	2018	2026	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
05	人や家畜、農業生産、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	99.5	2019	2026	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業	99.4	2019	2027	都市・農村環境(地域環境保全)
58	全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及	98.7	2021	2030	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
42	温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	98.4	2018	—	温暖化の評価と対策技術
62	化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	98.2	2016	2024	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
67	我が国の技術移転によって途上国の土壌・地下水汚染を著しく改善する、化学物質の除去・無害化技術	98.1	2018	2026	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
48	熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施	98.0	2018	2025	温暖化の評価と対策技術
02	新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法	97.8	2018	2023	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
44	将来の温暖化をもたらす大気中の寿命が長い温室効果ガスである PFC、HFC、SF ₆ などの代替化技術	97.7	2017	2023	温暖化の評価と対策技術
66	我が国の土壌・地下水汚染地域を無くする、物理化学的浄化と自然浄化の組み合わせによる、土壌汚染対策と順応的管理技術	97.5	2018	2025	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
14	タイミングを考慮した減農薬散布、CH ₄ ・N ₂ O 排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術	97.5	2017	2023	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
59	都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の 50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術	97.4	2018	2024	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
39	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会	97.4	2020	2028	都市・農村環境(地域環境保全)
17	家庭での CO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	96.7	—	2018	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
60	廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の 90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及	96.7	2019	2027	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
26	将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定	96.7	—	2025	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術
06	気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術	96.6	2020	2027	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
47	途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に利活用する技術の普及	96.6	2016	2024	温暖化の評価と対策技術
65	老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術	96.5	2017	2023	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション」、「温暖化の評価と対策技術」の関連課題が各4課題含まれる。課題の技術的実現時期は 2020 年までと予測している。

表 8.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
42	温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	92.7	2018	—	温暖化の評価と対策技術
05	人や家畜、農業生産、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	91.3	2019	2026	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
06	気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術	90.4	2020	2027	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
44	将来の温暖化をもたらす大気中の寿命が長い温室効果ガスである PFC、HFC、SF ₆ などの代替化技術	90.2	2017	2023	温暖化の評価と対策技術
26	将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定	89.4	—	2025	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術
45	農業・工業・廃棄物などの N ₂ O 排出削減技術が進むことによる大気 N ₂ O 濃度増加の停止	85.1	2019	2027	温暖化の評価と対策技術
04	化学プラントやタンカーなどでの事故や災害による近隣への環境被害を未然に防止したり、早期の回復を可能とする減災技術	84.7	2018	2025	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
02	新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法	84.3	2018	2023	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
20	気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	83.3	2020	2027	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
43	CO ₂ を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術	82.4	2019	2025	温暖化の評価と対策技術

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「都市・農村環境(地域環境保全)」関連が4課題、「ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」、「大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術」関連が各2課題含まれている。課題の技術的実現時期は 2020 年までと予測している。

表 8.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
36	高齢者が生活しやすい生活環境が都市にも農村にも公平に整備され、老後の生活拠点を自由に選択できるようになる	82.0	—	2027	都市・農村環境(地域環境保全)
13	通勤型農業(生活の省エネ、高齢化対策等を進めるために、農業従事者も地方都市に生活するようになる)	67.9	—	2023	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
65	老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術	67.8	2017	2023	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
41	都市におけるヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための、人工ビオトープ機能を有した屋上緑化あるいは垂直緑化技術の普及	67.6	2012	2018	都市・農村環境(地域環境保全)
59	都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術	66.7	2018	2024	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
66	我が国の土壌・地下水汚染地域を無くする、物理化学的浄化と自然浄化の組み合わせによる、土壌汚染対策と順応的管理技術	64.4	2018	2025	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
52	ハビタット適正指数(HSI)について希少種を含む在来種の知見が集積されるとともに、各地、各事業におけるハビタット評価手続き(HEP)適用の日本型モデルの確立	63.0	2018	—	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
35	都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法	61.9	2018	2026	都市・農村環境(地域環境保全)
16	家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム	57.1	2016	2020	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業	54.8	2019	2027	都市・農村環境(地域環境保全)

(5) 特に世界にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に世界にとり重要」と評価された上位10位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 8.4-4 「特に世界にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
49	砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上	62.6	2022	2030	温暖化の評価と対策技術
63	世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム	51.3	2018	2026	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
46	途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し活用する技術の普及	45.3	2017	2025	温暖化の評価と対策技術
47	途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に利活用する技術の普及	39.8	2016	2024	温暖化の評価と対策技術
48	熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施	39.5	2018	2025	温暖化の評価と対策技術

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位10位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

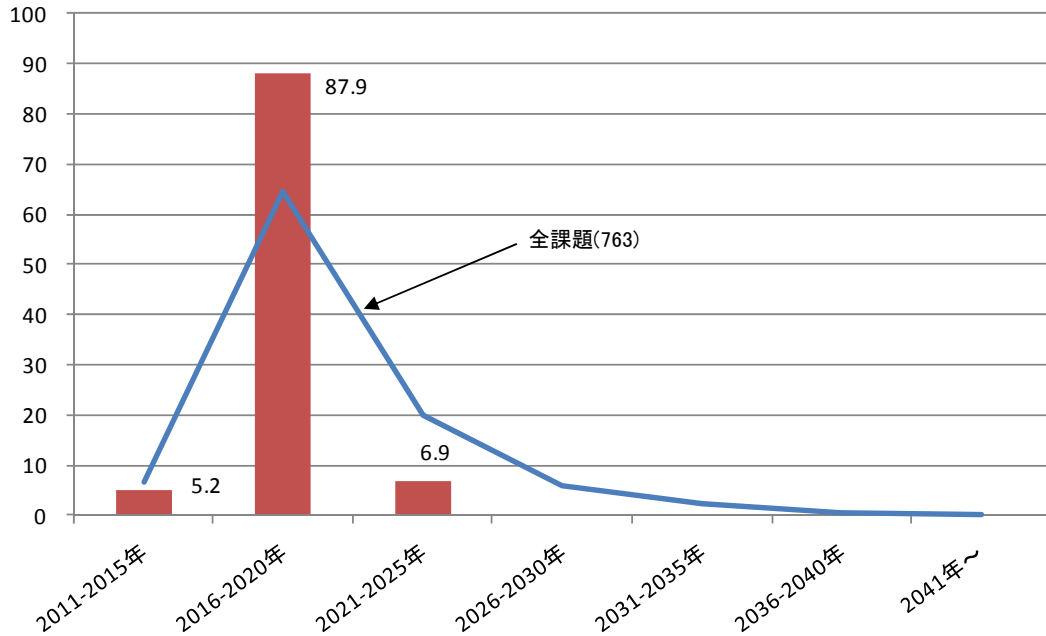
表 8.4-5 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
15	癒し効果の生理的解明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法	42.8	2017	2022	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)

8. 4. 2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。

図 8.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



全課題とNo.8分科会で設定した課題の技術的実現予測時期の分布をみると、2016～2020年の間に約90%の課題が技術的実現時期を迎え、全課題の傾向と比べ実現予測時期が集中している。

区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。どの区分も、技術的実現予測時期が2016年から2020年までに集中していることがわかる。

表 8.4-6 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)							
	2011 -2015	2016 -2020	2021 -2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040	2041-	
環境リスク評価/リスク管理/リスクコミュニケーション	1	5						
環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法	1	1						
ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)		6						
環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術		5	1					
環境モニタリング(地上観測を含む)		7						
都市・農村環境(地域環境保全)	1	5						
温暖化の評価と対策技術		7	1					
生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策		6						
都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品		4	2					
大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術		5						

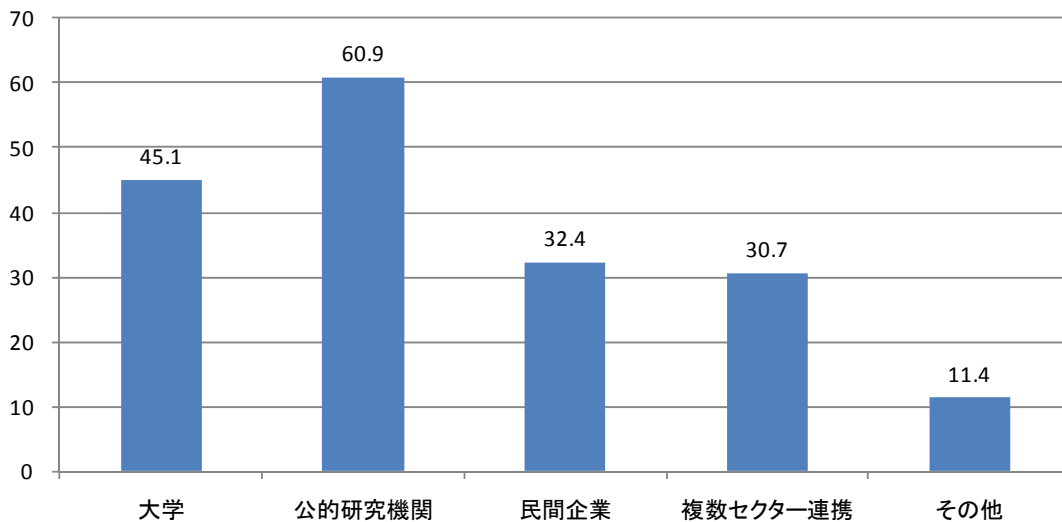
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答の比率の高かった課題(回答比率30%以上)はなかった。

8. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。技術的実現を牽引する主なセクターとして最も回答が多かったのは、「公的研究機関」(60.9%)であり、次いで「大学」(45.1%)であった。

図 8.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、どの区分においても「公的研究機関」を主たるセクターとする回答が多く、中でも回答が多かった区分は、「環境モニタリング(地上観測を含む)」区分で 76.8%、「環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術」の区分で 75.9%であった。また、「大学」を主たるセクターとして他の区分と比べ回答が多かったものは、「生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策」区分で 62.8%、「環境モニタリング(地上観測を含む)」区分で 61.1%であった。それ以外では、「都市廃棄物極小化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品」、「大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術」の区分では、「民間企業」を主たるセクターと回答する割合が多かった。

牽引セクターの回答が分かれた区分として、「環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法」区分で公的研究機関と民間企業、「生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策」区分で大学と公的研究機関の回答が分かれている。

表 8.4-7 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
環境リスク評価/リスク管理/リスクコミュニケーション	27.7	65.4	33.9	33.0	11.0
環境経済政策/評価/指標/経営手法	20.5	47.9	48.5	38.9	11.6
ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)	35.8	47.9	33.4	42.1	14.6
環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術	59.7	75.9	7.3	23.0	9.9
環境モニタリング(地上観測を含む)	61.1	76.8	13.1	22.1	11.9
都市・農村環境(地域環境保全)	46.8	55.8	27.6	39.8	3.6
温暖化の評価と対策技術	45.2	60.0	35.0	22.9	23.0
生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子多様性保全、復元・関連政策	62.8	67.3	15.7	28.8	11.4

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
都市廃棄物極少化技術／物質循環技術／省資源・省エネルギー製品	32.9	47.0	66.9	38.5	3.4
大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術	37.7	53.0	60.2	26.2	9.3

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-8 「大学」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
54 流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術	79.3	2018	2026	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
32 身近な動植物への環境負荷を迅速に把握するための簡易な生態影響指標の確立	73.1	2019	2025	環境モニタリング(地上観測を含む)
42 温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	72.8	2018	—	温暖化の評価と対策技術
68 農地の土壌中の炭素・窒素の物質代謝プロセスの解明による温室効果ガス対策の普及	68.5	2019	2028	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
55 環境アセスメント制度における、生物多様性の価値を含む総合的なランドスケープ(景観)評価	68.1	2018	2025	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
31 発がん性などの遺伝毒性、内分泌かく乱性、自然生物に対する生態毒性などを有する有害物質を、数百種類まとめて一斉に分離・定量できる分析測定システム	68.1	2020	2027	環境モニタリング(地上観測を含む)

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-9 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
30 衛星観測と地上観測の効果的な統合により、流域単位での表流水・地下水循環を予測する技術	82.7	2020	2027	環境モニタリング(地上観測を含む)
02 新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法	81.5	2018	2023	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション
43 CO ₂ を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術	80.5	2019	2025	温暖化の評価と対策技術
29 地域フラックス推定の要求を満たし(CO ₂ カラム量で 1ppm 精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO ₂ 、CH ₄ など)衛星観測システム	80.3	2020	2027	環境モニタリング(地上観測を含む)
21 大気環境予測シミュレーションが高度化し、粒子状物質・オキシダント・窒素化合物などの大気化学天気図が報道され天気予報のように市民も利用される	80.2	2018	2024	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術

○民間企業(NPO を含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-10 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分	
59	都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術	80.6	2018	2024	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
65	老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術	78.7	2017	2023	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
60	廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及	76.4	2019	2027	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
62	化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	76.0	2016	2024	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
41	都市におけるヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための、人工ビオトープ機能を有した屋上緑化あるいは垂直緑化技術の普及	73.7	2012	2018	都市・農村環境(地域環境保全)

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-11 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分	
19	都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法	65.9	2019	2025	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
57	物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	62.7	2021	2030	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
12	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム	54.2	2020	2028	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業	51.1	2019	2027	都市・農村環境(地域環境保全)
16	家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム	50.0	2016	2020	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)

○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

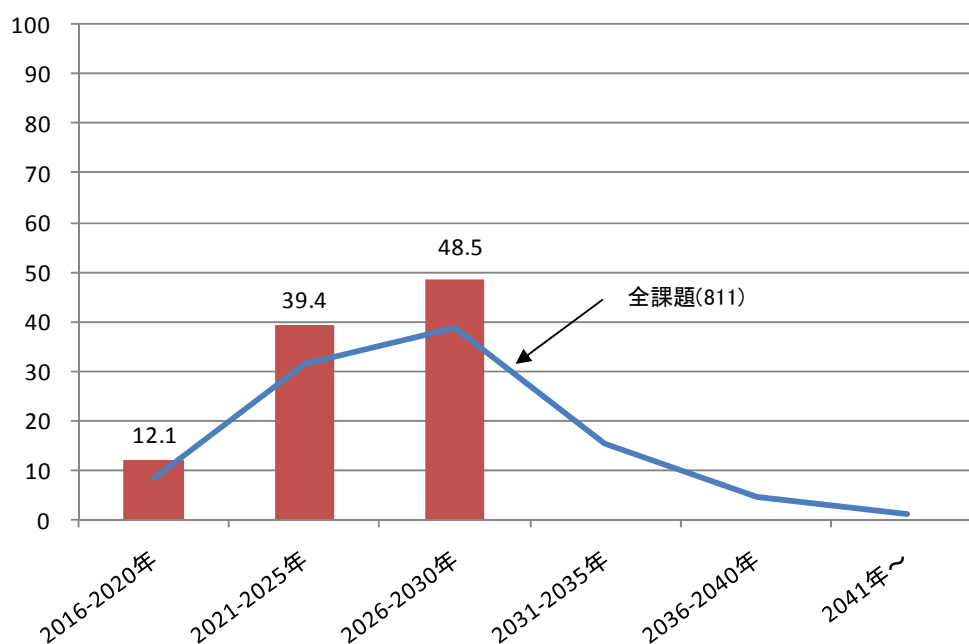
表 8.4-12 「その他(国際機関等)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
20 気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	60.2	2020	2027	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
49 砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上	44.6	2022	2030	温暖化の評価と対策技術
48 熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施	41.9	2018	2025	温暖化の評価と対策技術

8. 4. 4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現時期は 2021～2025 年の間に課題の実現のピークを迎え、全課題の傾向と比べ、早く実現するとしている。

図 8.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術」、「都市と農村環境(地域環境保全)」の区分では、他の区分と比べ実現予測時期が若干遅くなっている。

実現時期については、のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、割合の高い課題(回答比率 30%以上)はなかった。

表 8.4-13 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

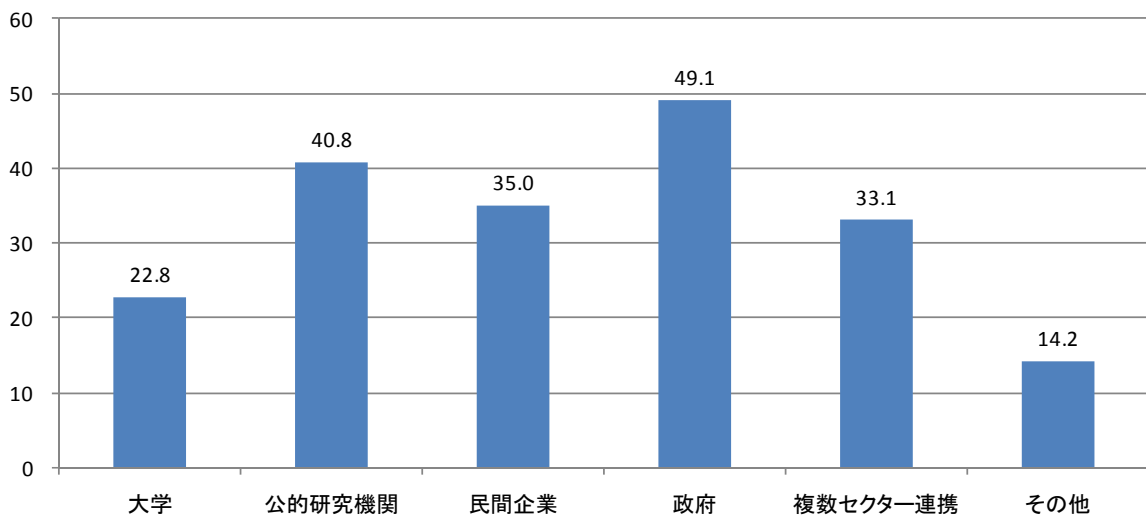
区分	実現予測時期(年)	2011 -2015	2016 -2020	2021 -2025	2026 -2030	2031 -2035	2036 -2040	2041-
環境リスク評価/リスク管理/リスクコミュニケーション			2	2	3			
環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法			3	1				
ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)			2	5	2			
環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術				2	5			
環境モニタリング(地上観測を含む)				3	4			
都市・農村環境(地域環境保全)			1	1	5			
温暖化の評価と対策技術				5	2			
生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策				2	4			
都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品				2	4			
大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術				3	3			

8. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター

(1)分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。回答が多いものとして「政府」(48.3%)とするものが最も多く、次いで「公的研究機関」(40.6%)と続く。

図 8.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2)区分別の傾向

区分別では、「環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法」、「ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」、「都市・農村環境(地域環境保全)」、「生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する技術」の区分では、社会的実現の主たる牽引セクターを「政府」としている。また、「公的研究機関」を主たるセクターとしてあげた区分としては、「環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術」、「環境モニタリング(地上観測を含む)」の区分であった。「民間企業(NPOを含む)」との回答の割合が多かったものとして、「温暖化の評価と対策技術」、「都市廃棄物極小化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・

省エネルギー製品」、「大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術」の区分であった。

それ以外では、「環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション」の区分では、牽引するセクターを「公的研究機関」、「政府」とする回答が分かれた。

表 8.4-14 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション	15.6	47.0	29.1	49.0	31.1	13.0
環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法	7.8	22.8	50.4	57.3	27.3	9.5
ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)	16.9	23.8	37.9	54.7	42.5	9.6
環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術	37.7	63.3	9.7	37.6	27.0	19.7
環境モニタリング(地上観測を含む)	42.2	71.4	14.9	31.4	26.6	17.1
都市・農村環境(地域環境保全)	22.7	31.3	27.8	59.4	40.4	3.4
温暖化の評価と対策技術	20.0	38.3	45.4	40.5	29.9	32.7
生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策	29.8	48.1	17.9	57.5	34.8	18.4
都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品	13.0	25.1	68.4	51.7	35.8	3.4
大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術	16.4	31.7	60.5	55.9	30.7	13.7

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-15 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的实现時期(年)	社会的实现時期(年)	区分
23	大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	58.0	2020	2028	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術
32	身近な動植物への環境負荷を迅速に把握するための簡易な生態影響指標の確立	54.3	2019	2025	環境モニタリング(地上観測を含む)
38	経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など、地域環境保全活動の価値評価手法	51.6	2019	2025	都市・農村環境(地域環境保全)
54	流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術	50.0	2018	2026	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
30	衛星観測と地上観測の効果的な統合により、流域単位での表流水・地下水循環を予測する技術	47.3	2020	2027	環境モニタリング(地上観測を含む)

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-16 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
29	76.2	2020	2027	環境モニタリング(地上観測を含む)
30	74.3	2020	2027	環境モニタリング(地上観測を含む)
23	72.9	2020	2028	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術
33	72.5	2019	2026	環境モニタリング(地上観測を含む)
24	72.0	2019	2026	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術

○民間企業(NPOを含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-17 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
59	82.5	2018	2024	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
58	76.9	2021	2030	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
62	74.9	2016	2024	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
44	74.8	2017	2023	温暖化の評価と対策技術
41	74.6	2012	2018	都市・農村環境(地域環境保全)

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-18 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
36	82.0	—	2027	都市・農村環境(地域環境保全)
11	81.0	—	2020	環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
17	家庭での CO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	75.4	—	2018	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
50	開発計画時に、在来生物のハビタットや生態系の消失を緩和するためにノーネットロス(開発などの前後で自然の質と量を一定に保つ政策)を基本とする合意形成プロセスの制度化	73.3	—	2027	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
35	都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法	67.6	2018	2026	都市・農村環境(地域環境保全)

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.4-19 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
19	都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法	61.9	2019	2025	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
12	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム	56.5	2020	2028	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
57	物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	53.6	2021	2030	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
37	農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法	52.0	2019	2026	都市・農村環境(地域環境保全)
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスイネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業	49.7	2019	2027	都市・農村環境(地域環境保全)

○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

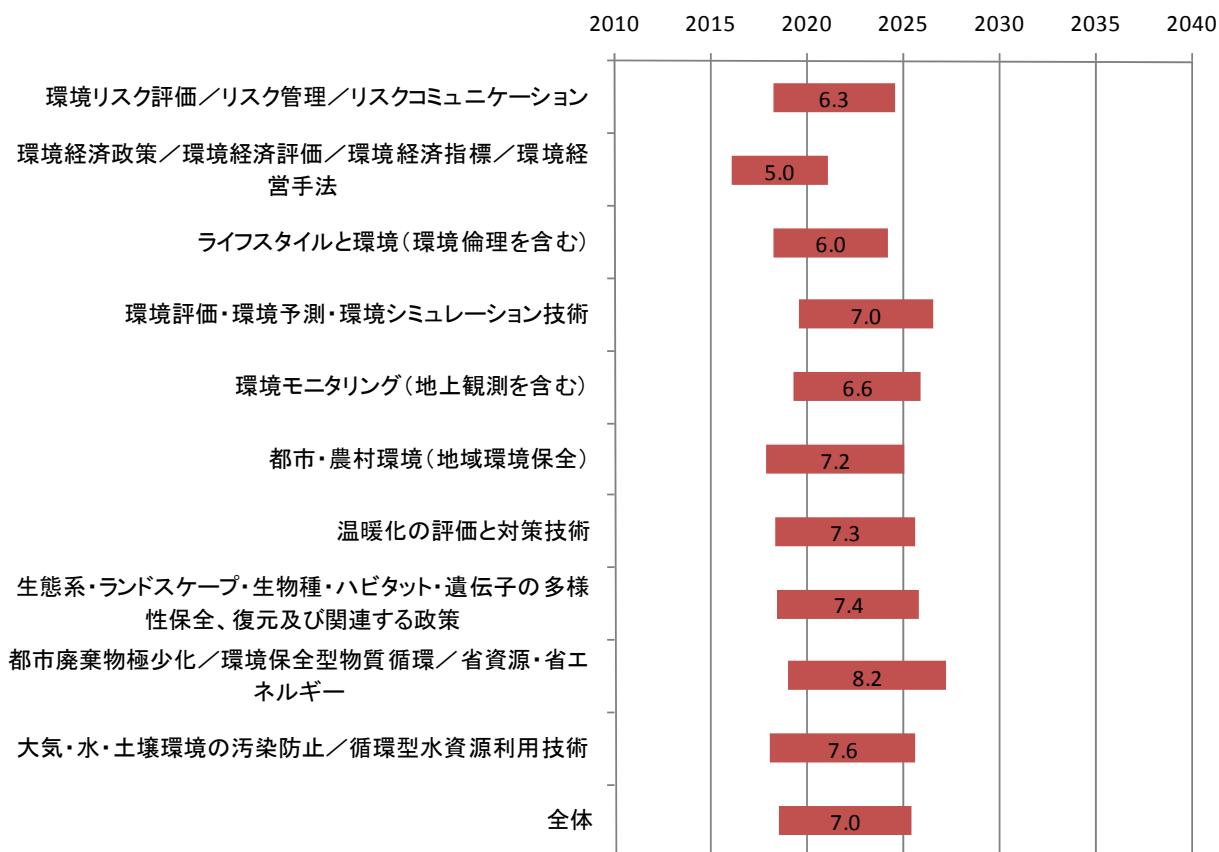
表 8.4-20 「その他(国際機関等)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
26	将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定	57.4	—	2025	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術
48	熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施	55.7	2018	2025	温暖化の評価と対策技術
49	砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上	53.9	2022	2030	温暖化の評価と対策技術
20	気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	52.1	2020	2027	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
33	POPs 等による海洋・沿岸域汚染を世界的規模でモニタリングして解析するシステム	37.7	2019	2026	環境モニタリング(地上観測を含む)

8. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

技術的実現から社会的実現までの期間を区分別にみると、最も期間を要するもので「都市廃棄物極小化技術／環境保全型物質循環技術／少資源・省エネルギー製品」の区分で 8.2 年であった。最も期間が短い区分でも「環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法」区分で 5.0 年であり、本分科会の区分において大きな差は見られなかった。

図 8.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題、期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 8.4-21 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

課題番号	課題	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	期間(年)	区分
61	家庭の廃棄物排出負荷を大幅に低減し収集も不要とする、家庭単位の廃棄物処理・循環技術	2019	2028	9	都市廃棄物極小化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
68	農地の土壌中の炭素・窒素の物質代謝プロセスの解明による温室効果ガス対策の普及	2019	2028	9	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
57	物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	2021	2030	9	都市廃棄物極小化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品

課題		技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
58	全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及	2021	2030	9	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
56	カーボンオフセットと生物多様性オフセットが融合したバンキング・システム	2019	2027	8	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
12	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム	2020	2028	8	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
54	流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術	2018	2026	8	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
51	エコトーンを含む、様々な生態的センシティブエリアに関する代償ミティゲーション(消失する生態系やハビタットの復元・再生)技術	2019	2027	8	生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策
23	大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	2020	2028	8	環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術
35	都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法	2018	2026	8	都市・農村環境(地域環境保全)
46	途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し活用する技術の普及	2017	2025	8	温暖化の評価と対策技術
49	砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上	2022	2030	8	温暖化の評価と対策技術
45	農業・工業・廃棄物などの N ₂ O 排出削減技術が進むことによる大気 N ₂ O 濃度増加の停止	2019	2027	8	温暖化の評価と対策技術
47	途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に活用する技術の普及	2016	2024	8	温暖化の評価と対策技術
60	廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の 90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及	2019	2027	8	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
39	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会	2020	2028	8	都市・農村環境(地域環境保全)
67	我が国の技術移転によって途上国の土壌・地下水汚染を著しく改善する、化学物質の除去・無害化技術	2018	2026	8	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
62	化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	2016	2024	8	都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業	2019	2027	8	都市・農村環境(地域環境保全)
63	世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム	2018	2026	8	大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術
15	癒し効果の生理的解明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法	2017	2022	5	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
07	全ての産業分野において、調達原材料や製品に関する MSDS:Material Safety Data Sheet(製品安全性データシート)を商品の物流とともに川下へ伝達する情報システム	2015	2020	5	環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション

	課題	技術的实现 時期(年)	社会的实现 時期(年)	期間 (年)	区分
02	新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、 化学物質リスクの迅速評価手法	2018	2023	5	環境リスク評価/リスク管理/リスクコミュニケーション
09	環境に関連する情報(カーボンフットプリント、フードマイレージなど)がほとんどの商品に表示	2015	2019	4	環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法
16	家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム	2016	2020	4	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)

8. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 8.4-22 新規に提案された課題

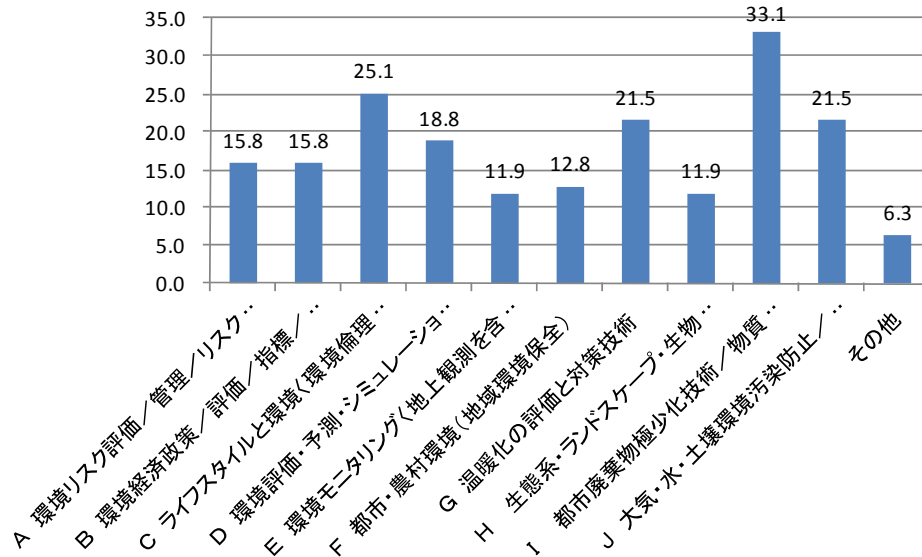
提案課題
SO ₂ 、NO _x 、VOC、PM の削減技術(途上国(含中国)でも使用可能な廉価なもの)
事故時のような非常時の科学物質の環境への放出をリアルタイムに予測し、住民や消防作業者の安全を確保できるシステム
各種技術の効率を評価する指標とそれに応じた社会負担を求めるシステム
交通騒音の健康リスクの評価手法の開発
低周波音の健康リスクの評価手法の開発
低周波音の低減対策技術の開発

8. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

8. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目で最も回答が多かったのは、「都市廃棄物極小化技術／環境保全型物質循環技術／少資源・省エネルギー製品」(33.1%)であり、次いで「ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」(25.1%)であった。

図 8.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=335 単位% 複数回答)



8. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下の通りである。

A. 環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション

「環境リスク評価／リスク管理／リスクコミュニケーション」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=53>

課題	%
01 環境リスクマネジメントの手法が規格化され普及することによる、リスクコミュニケーションの制度化	67.9
05 人や家畜、農業生産、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	47.2
06 気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術	43.4
02 新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法	37.7
07 全ての産業分野において、調達原材料や製品に関する MSDS: Material Safety Data Sheet (製品安全性データシート)を商品の物流とともに川下へ伝達する情報システム	35.8

B. 環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法

「環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法」を発展させる上で、我が国が今後重点

的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 8.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=52>

	課題	%
11	自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために、市場メカニズムを活用した仕組みや環境に配慮したファイナンスの仕組みが促進されるような税制・法制度	73.1
08	誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的・定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント(LCA)およびライフサイクル費用評価(LCC)	61.5
09	環境に関連する情報(カーボンフットプリント、フードマイレージなど)がほとんどの商品に表示	46.2
10	全ての企業に対して環境に対する社会責任(CSR)が求められ、環境報告と公開の仕組みが制度化	44.2

C. ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)

「ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=83>

	課題	%
17	家庭での CO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	66.3
19	都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法	49.4
20	気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	43.4
12	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム	34.9
16	家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム	33.7

D. 環境評価・環境予測・シミュレーション技術

「環境評価・環境予測・シミュレーション技術」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 8.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=62>

	課題	回答割合%
23	大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	54.8
24	大気・水質・土壌汚染の環境動態シミュレーション技術を用いた健康リスク・生態リスク評価とそのアセスメントへの利用	51.6
26	将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定	30.6

E. 環境モニタリング(地上観測を含む)

「環境モニタリング(地上観測を含む)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=40>

	課題	%
29	地域フラックス推定の要求を満たし(CO ₂ カラム量で 1ppm 精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO ₂ 、CH ₄ など)衛星観測システム	50.0
28	刻々の変化が把握できる大気汚染物質(オキシダント、NO _x 、VOC など)の静止衛星観測システム	47.5
30	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、流域単位での表流水・地下水循環を予測する技術	42.5
33	POPs 等による海洋・沿岸域汚染を世界的規模でモニタリングして解析するシステム	35.0
34	各産業での物流情報や産業関連解析などを用いた、都市での物質循環や水利用を効率的に把握する情報解析技術	35.0

F. 都市・農村環境(地域環境保全)

「都市・農村環境(地域環境保全)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=43>

	課題	%
35	都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法	60.5
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業	51.2
39	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会	41.9
36	高齢者が生活しやすい生活環境が都市にも農村にも公平に整備され、老後の生活拠点を自由に選択できるようになる	41.9
38	経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など、地域環境保全活動の価値評価手法	39.5

G. 温暖化の評価と対策技術

「都市・農村環境(地域環境保全)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 8.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=72>

	課題	%
42	温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	63.9
47	途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に利活用する技術の普及	37.5
48	熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施	33.3
46	途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し利活用する技術の普及	30.6

H. 生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策

「生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 8.5-8 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 H) <当該区分の回答数=38>

	科学技術課題	回答割合%
50	開発計画時に、在来生物のハビタットや生態系の消失を緩和するためにノーネットロス(開発などの前後で自然の質と量を一定に保つ政策)を基本とする合意形成プロセスの制度化	52.6
51	エコトーンを含む、様々な生態的センシティブエリアに関する代償ミティゲーション(消失する生態系やハビタットの復元・再生)技術	50.0

科学技術課題		回答割合%
54	流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術	47.4
55	環境アセスメント制度における、生物多様性の価値を含む総合的なランドスケープ(景観)評価	47.4

I. 都市廃棄物極小化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品

「都市廃棄物極小化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.5-9 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 I) <当該区分の回答数=107>

科学技術課題		回答割合%
59	都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の 50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術	58.9
60	廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の 90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及	56.1
57	物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	56.1
62	化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	51.4
58	全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及	43.0

J. 大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術

「大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 8.5-10 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 J) <分母:当該区分の回答総数=69>

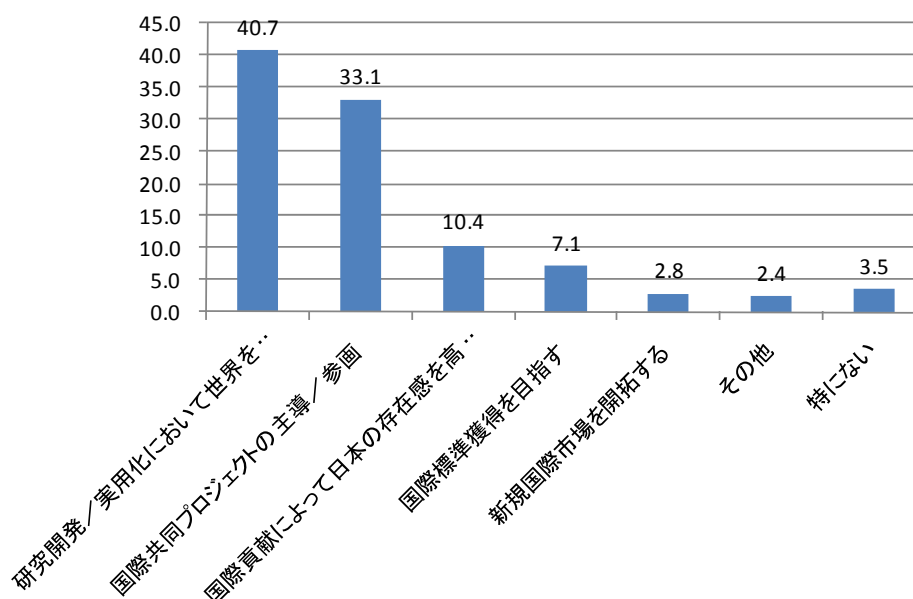
科学技術課題		回答割合%
63	世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム	69.6
64	水循環システムを、新興国を含む海外において運用するための技術・ノウハウ・しくみについて、素材・システム・運営・ファイナンス等必要要素を取り込み、オールジャパン体制で戦略的に開発を進め、この分野で 30%の世界シェアを確保する	52.2
67	我が国の技術移転によって途上国の土壌・地下水汚染を著しく改善する、化学物質の除去・無害化技術	40.6
66	我が国の土壌・地下水汚染地域を無くする、物理化学的浄化と自然浄化の組み合わせによる、土壌汚染対策と順応的管理技術	34.8
65	老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術	31.9

8. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略として、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答(40.7%)が最も多く、次いで「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画」との回答(33.1%)が続く。

図 8.5-2 最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(n=632、単位%、複数回答)



区分別にみると、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答が多い区分として、「都市廃棄物極小化技術/環境保全型物質循環/省資源・省エネルギー製品」(64.2%)、また、「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」との回答が多い区分として、「環境モニタリング(地上観測を含む)」(57.5%)、「環境リスク評価/リスク管理/リスクコミュニケーション」(42.3%)、および「生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子の多様性保全、復元及び関連する政策」(41.0%)であった。それ以外では、「環境経済政策/環境経済評価/環境経済指標/環境経営手法」の区分では、「国際標準獲得を目指す」との回答の割合が高い。

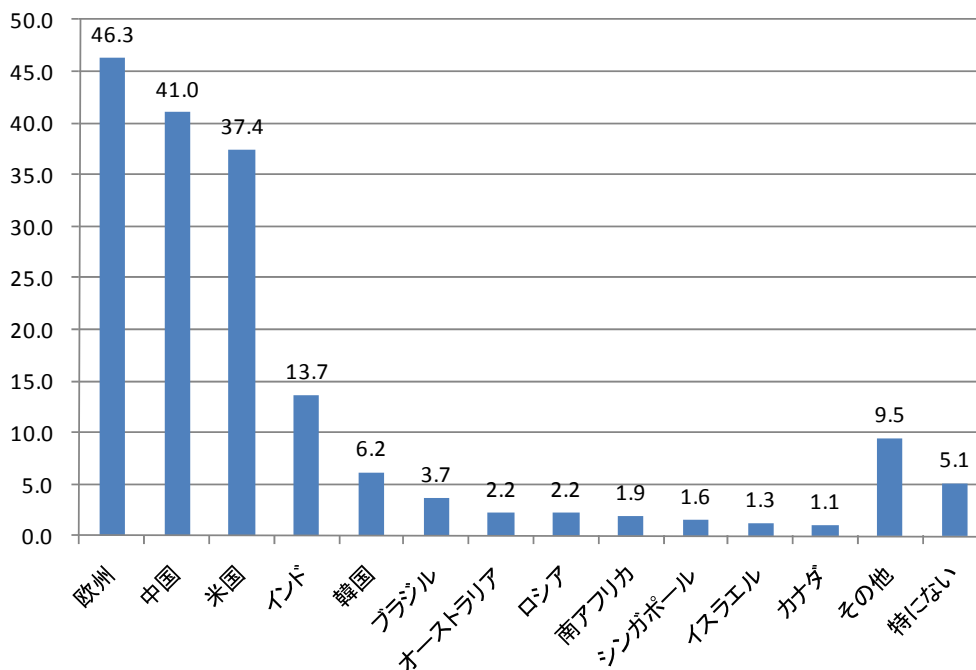
表 8.5-11 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	研究開発・実用化において世界をリード	国際共同プロジェクト主導・参画	国際貢献により存在感を高める	国際標準の獲得	新規国際市場の開拓	その他	特にない
A 環境リスク評価/管理/コミュニケーション (52)	26.9	42.3	13.5	15.4			1.9
B 環境経済政策/評価/指標/環境経営手法 (52)	25.0	30.8	5.8	26.9	7.7	1.9	1.9
C ライフスタイルと環境(環境倫理を含む) (81)	29.6	29.6	14.8	4.9	1.2	7.4	12.3
D 環境評価・環境予測・シミュレーション技術 (61)	41.0	49.2	4.9	4.9			
E 環境モニタリング(地上観測を含む) (40)	27.5	57.5	7.5	7.5			
F 都市・農村環境(地域環境保全) (42)	33.3	19.0	14.3	2.4	4.8	11.9	14.3
G 温暖化の評価と対策技術 (71)	49.3	40.8	5.6	2.8	1.4		
H 生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子多様性保全、復元 (39)	35.9	41.0	10.3	5.1		5.1	2.6
I 都市廃棄物極少化/環境保全型物質循環/省資源・省エネルギー製品 (106)	64.2	15.1	5.7	6.6	6.6		1.9
J 大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術 (68)	44.1	27.9	25.0		1.5		1.5

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を発展させる上で、関係を強化すべき国・地域として、最も多いのが「欧州」(46.3%)であり、次いで「中国」(41.0%)、「米国」(37.4%)と続く。

図 8.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域 (n=629、単位%、複数回答)



各区分別の関係を強化すべき国は、次表に示す通りである。

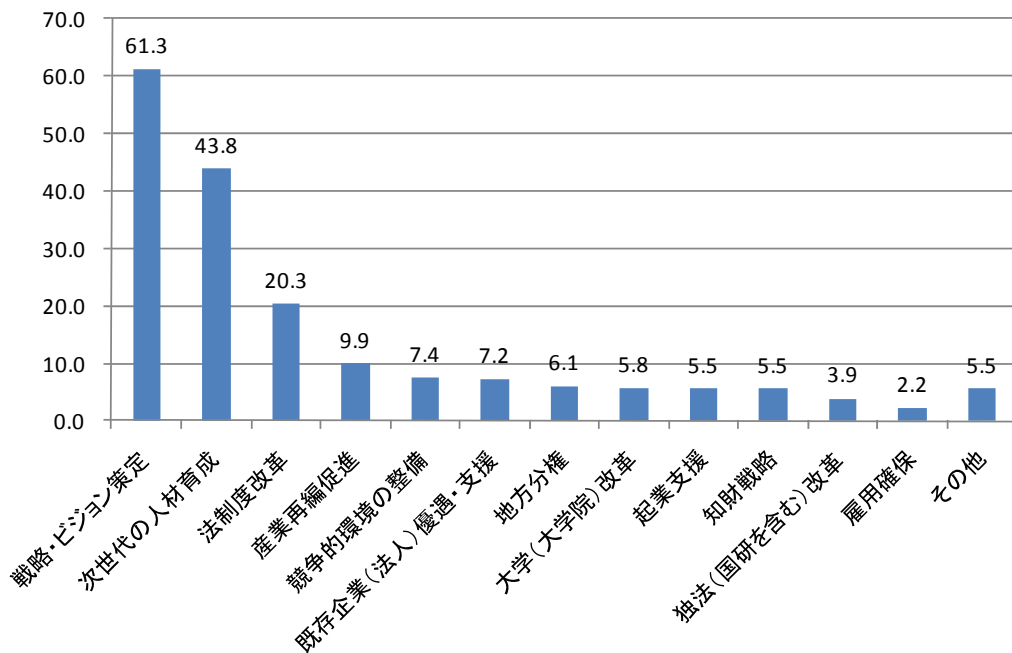
表 8.5-12 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域 (単位%、複数回答)

区分 (回答数)	欧州	中国	米国	インド	韓国	ブラジル	オーストラリア	ロシア	南アフリカ	シンガポール	イスラエル	カナダ	その他
A 環境リスク評価/管理/コミュニケーション (52)	69.8	34.0	54.7	1.9	1.9	3.8						1.9	1.9
B 環境経済政策/評価/指標/環境経営手法 (52)	69.2	38.5	55.8	3.8	1.9			3.8	1.9	1.9	1.9		3.8
C ライフスタイルと環境(環境倫理を含む) (81)	50.0	46.3	34.1	9.8	7.3	1.2	4.9		2.4	1.2	2.4	2.4	2.4
D 環境評価・環境予測・シミュレーション技術 (61)	66.1	25.4	61.0	13.6	5.1	1.7	3.4	3.4		1.7	1.7		1.7
E 環境モニタリング(地上観測を含む) (40)	50.0	40.0	52.5	7.5	7.5	2.5		7.5			2.5		7.5
F 都市・農村環境(地域環境保全) (42)	23.3	41.9	4.7	7.0	16.3	2.3	2.3	2.3	2.3				25.6
G 温暖化の評価と対策技術 (71)	39.4	47.9	43.7	19.7	1.4	7.0		1.4	1.4				8.5
H 生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子多様性保全、復元 (39)	45.9	16.2	54.1	5.4	8.1	13.5	8.1	2.7	2.7	2.7		2.7	13.5
I 都市廃棄物極少化/環境保全型物質循環/省資源・省エネルギー製品 (106)	38.5	45.2	25.0	18.3	10.6	3.8	1.0	2.9	1.0	3.8	1.9	1.0	8.7
J 大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術 (68)	20.6	51.5	8.8	36.8	2.9	2.9	2.9	1.5	7.4	2.9	1.5	2.9	26.5

8. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項として、最も多いのが「戦略・ビジョン策定」(61.8%)であり、次いで「次世代の人材育成」(43.8%)であった。以降、「法制度改革」(20.3%)と続く。

図 8.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項 (n=639、単位%、複数回答)



区分別にみると、「環境評価・環境予測・シミュレーション技術」、「環境モニタリング(地上観測を含む)」、「都市・農村環境(地域環境保全)」の区分では、「次世代の人材育成」とする回答が多いが、それ以外の区分では「戦略・ビジョン策定」を政府が重点的に取り組むべきとの回答が多い。また、「都市・農村環境(地域環境保全)」の区分では「地方分権」(44.2%)に取り組むべきとの回答が高い結果となった。それ以外では、「環境経済政策／環境経済評価／環境経済指標／環境経営手法」の区分で「法制度改革」との回答が他の区分と比べて高い。

表 8.5-13 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	法制度改革	産業再編促進	競争的環境の整備	既存企業(法人)優遇・支援	地方分権	大学(大学院)改革	起業支援	知財戦略	独法(国研を含む)改革	雇用確保	その他
A 環境リスク評価/管理/コミュニケーション (52)	64.2	47.2	37.7	1.9	5.7			5.7		3.8	13.2	1.9	3.8
B 環境経済政策/評価/指標/環境経営手法 (52)	59.6	23.1	55.8	9.6	11.5	5.8		1.9	1.9	3.8			11.5
C ライフスタイルと環境(環境倫理を含む) (81)	73.5	55.4	20.5	8.4	3.6		8.4	7.2	3.6	4.8		3.6	6.0
D 環境評価・環境予測・シミュレーション技術 (61)	62.3	73.8	6.6	1.6	4.9	3.3		9.8	1.6	1.6	9.8	3.3	1.6
E 環境モニタリング(地上観測を含む) (40)	57.5	62.5	5.0	5.0	12.5		2.5	12.5	2.5	5.0	10.0	2.5	2.5
F 都市・農村環境(地域環境保全) (42)	48.8	16.3	25.6	20.9		4.7	44.2	2.3	16.3			7.0	7.0
G 温暖化の評価と対策技術 (71)	74.3	47.1	5.7	10.0	4.3	11.4	1.4	5.7	2.9	4.3	4.3	1.4	2.9
H 生態系・ランドスケープ・生物種・ハビタット・遺伝子多様性保全、復元 (39)	53.8	56.4	30.8	5.1	7.7	5.1	5.1	2.6	5.1	10.3			2.6
I 都市廃棄物極少化/環境保全型物質循環/省資源・省エネルギー製品 (106)	49.5	28.0	18.7	19.6	12.1	18.7	4.7	4.7	10.3	8.4	3.7	1.9	3.7
J 大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術 (68)	62.9	32.9	12.9	11.4	10.0	12.9	5.7	4.3	10.0	10.0	1.4	1.4	7.1

8. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位10位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)を以下に示す。課題57「物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成」が16.8%、次いで課題62「化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術」が15.2%、課題42「温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明」が14.9%と続く。

表 8.5-14 地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて取り組むべき科学技術課題

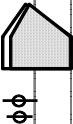
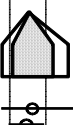

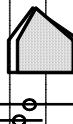


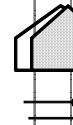
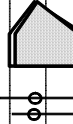

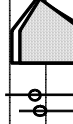
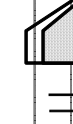
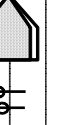
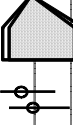
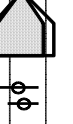
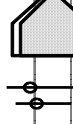
<当該設問の回答数=218>

課題	%
57 物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	16.8
62 化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	15.2
42 温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	14.9
20 気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	13.5
17 家庭での CO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	11.6
23 大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	11.2
58 全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及	10.2

8. 6. 集計結果一覧

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
環 境 リ ス ク 評 価 ／ リ ス ク 管 理 ／ リ ス ク コ ミ ュ ニ ケ ー シ ョ ン	1	環境リスクマネジメントの手法が規格化され普及することによる、リスクコミュニケーションの制度化	1	247	13	36	51	-	65	19	4	12
			2	214	13	33	54	-	75	12	3	10
			専	27	100	0	0	-	82	7	4	7
	2	新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法	1	218	14	27	59	-	75	16	4	5
			2	182	14	26	60	-	84	11	3	2
			専	26	100	0	0	-	84	16	0	0
	3	各地域や各事業所で生じる環境リスクをリアルタイムで解析して情報発信し、対策を可能とする技術と制度	1	225	11	32	57	-	50	26	2	22
			2	186	8	31	61	-	60	21	2	17
			専	15	100	0	0	-	54	33	0	13
	4	化学プラントやタンカーなどでの事故や災害による近隣への環境被害を未然に防止したり、早期の回復を可能とする減災技術	1	197	7	30	63	-	76	11	8	5
			2	175	4	26	70	-	85	6	5	4
			専	7	100	0	0	-	72	14	14	0
	5	人や家畜、農業生産、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	1	239	19	27	54	-	85	9	4	2
			2	202	15	28	57	-	90	6	3	1
			専	31	100	0	0	-	97	3	0	0
	6	気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術	1	253	15	38	47	-	88	2	8	2
			2	216	14	37	49	-	91	2	4	3
			専	31	100	0	0	-	100	0	0	0
	7	全ての産業分野において、調達原材料や製品に関するMSDS: Material Safety Data Sheet (製品安全性データシート)を商品の物流とともに川下へ伝達する情報システム	1	204	13	29	58	-	76	15	3	7
			2	179	10	27	63	-	78	12	3	7
			専	18	100	0	0	-	82	12	6	0
8	誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的・定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント(LCA)およびライフサイクル費用評価(LCC)	1	241	14	33	53	-	67	18	4	11	
		2	201	11	30	59	-	74	13	4	9	
		専	23	100	0	0	-	80	10	5	5	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
																		5	8	17	32	17	53	36	18
																		3	5	12	31	14	61	39	15
																		7	0	30	39	22	57	61	17
																		4	10	16	47	23	44	29	18
																		2	6	12	62	18	54	27	14
																		8	0	8	64	24	72	12	4
																		4	12	15	34	35	42	32	7
																		3	5	12	43	39	49	31	7
																		13	0	38	54	31	46	23	0
																		2	7	12	34	45	33	32	13
																		1	6	9	40	56	34	33	8
																		0	0	0	14	43	0	57	14
																		2	7	26	54	19	45	35	18
																		1	5	24	63	16	47	34	15
																		3	0	34	59	14	55	34	21
																		3	9	35	54	10	40	32	27
																		1	6	36	61	8	40	32	21
																		7	0	33	57	7	37	37	20
																		2	6	10	30	48	51	26	14
																		1	2	5	29	53	59	21	11
																		0	0	6	22	56	61	28	11
																		5	7	20	43	36	35	30	16
																		5	4	17	53	40	37	28	12
																		9	0	23	50	45	50	18	23

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
環境経済政策／環境経済指標／環境経済評価／環境経営手法	9	環境に関連する情報(カーボンフットプリント、フードマイレージなど)がほとんどの商品に表示	1	239	12	33	55	-	62	18	3	17
			2	206	10	28	62	-	68	14	3	15
			専	20	100	0	0	-	80	10	0	10
	10	全ての企業に対して環境に対する社会責任(CSR)が求められ、環境報告と公開の仕組みが制度化	1	241	16	30	54	-	64	21	3	12
			2	207	15	27	58	-	73	15	2	10
			専	31	100	0	0	-	77	17	3	3
	11	自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために、市場メカニズムを活用した仕組みや環境に配慮したファイナンスの仕組みが促進されるような税制・法制度	1	203	10	29	61	-	57	35	3	5
			2	169	8	28	64	-	58	34	2	6
			専	14	100	0	0	-	79	14	0	7
ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)	12	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム	1	204	11	32	57	-	59	22	3	16
			2	168	10	27	63	-	69	18	1	12
			専	16	100	0	0	-	93	7	0	0
	13	通勤型農業(生活の省エネ、高齢化対策等を進めるために、農業従事者も地方都市に生活するようになる)	1	189	7	26	67	-	4	63	1	32
			2	166	5	26	69	-	2	67	1	30
			専	9	100	0	0	-	13	62	0	25
	14	タイミングを考慮した減農薬散布、CH ₄ ・N ₂ O排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業ヘシフトさせる技術	1	189	13	33	54	-	60	30	6	4
			2	166	12	30	58	-	73	20	4	3
			専	20	100	0	0	-	85	15	0	0
	15	癒し効果の生理的解明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法	1	159	8	26	66	-	19	38	1	42
			2	147	6	20	74	-	17	39	1	43
			専	9	100	0	0	-	45	11	0	44
	16	家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム	1	246	16	32	52	-	40	51	2	7
			2	202	13	30	57	-	35	57	1	7
			専	27	100	0	0	-	54	42	0	4

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										2
						2	1	17	33	61	39	15							4	2	9	20	59	45	40	15
						1	1	7	31	70	41	13							3	1	6	15	71	50	37	9
						0	0	5	20	70	60	20							10	0	5	15	75	50	35	5
/						/												6	4	3	13	56	57	24	13	
/						/												5	2	1	11	63	62	22	9	
/						/												6	0	0	13	63	57	20	7	
/						/												3	7	8	17	25	75	26	10	
/						/												1	4	7	13	28	81	23	9	
/						/												0	0	14	21	21	86	14	7	
						11	9	40	45	23	51	15							11	11	22	31	28	39	51	15
						7	5	37	50	19	54	8							8	4	16	31	28	47	56	11
						13	0	36	57	29	50	21							13	0	21	43	29	64	43	29
/						/												20	10	7	6	36	58	35	2	
/						/												19	6	6	8	43	63	39	1	
/						/												0	0	13	0	13	13	75	0	
						2	6	34	61	35	42	11							2	7	20	44	36	46	45	8
						1	4	31	72	34	39	7							1	2	14	44	38	55	47	3
						0	0	50	61	22	50	0							0	0	21	42	37	47	42	0
						5	11	49	42	49	21	4							6	10	28	35	61	20	27	3
						4	8	53	41	56	14	2							5	8	27	35	70	13	19	1
						22	0	38	63	38	13	0							13	0	25	38	50	25	25	0
						3	4	29	41	59	48	3							4	5	18	29	47	53	42	3
						2	4	24	37	69	50	3							3	3	14	24	52	61	41	2
						7	0	26	26	67	37	11							8	0	15	33	48	48	48	4

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ライフスタイルと環境 (環境倫理を含む)	17	家庭でのCO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	1	261	19	29	52	-	68	24	4	4
			2	218	14	32	54	-	78	17	2	3
			専	31	100	0	0	-	83	17	0	0
	18	自動車などのエネルギー多消費型の耐久消費財に対する所有の概念が変化し、大部分がリースまたはシェアに置き換わる	1	203	16	26	58	-	42	32	3	23
			2	172	11	21	68	-	46	31	1	22
			専	19	100	0	0	-	42	32	0	26
	19	都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法	1	216	15	31	54	-	42	45	2	11
			2	185	11	28	61	-	40	49	2	9
			専	20	100	0	0	-	42	58	0	0
20	気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	1	211	15	30	55	-	76	5	10	9	
		2	176	12	27	61	-	84	4	6	6	
		専	21	100	0	0	-	90	10	0	0	
環境評価・環境予測・環境シミュレーション技術	21	大気環境予測シミュレーションが高度化し、粒子状物質・オキシダント・窒素化合物などの大気化学天気図が報道され天気予報のように市民も利用される	1	237	17	27	56	-	53	21	7	19
			2	202	16	23	61	-	55	17	7	21
			専	32	100	0	0	-	75	19	0	6
	22	社会経済シナリオ毎に今世紀の気候変動を地方自治体スケール程度の空間解像度で予測する技術	1	192	10	30	60	-	49	22	5	24
			2	166	9	27	64	-	49	18	5	28
			専	15	100	0	0	-	74	13	0	13
	23	大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	1	215	13	31	56	-	77	4	12	7
			2	190	11	25	64	-	81	4	8	7
			専	21	100	0	0	-	100	0	0	0
	24	大気・水質・土壌汚染の環境動態シミュレーション技術を用いた健康リスク・生態リスク評価とそのアセスメントへの利用	1	241	22	29	49	-	68	20	5	7
			2	209	19	26	55	-	75	16	3	6
			専	40	100	0	0	-	92	5	0	3

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																			3	7	26	16	19	69	42	9
																			3	5	24	13	17	75	46	8
																			7	0	32	7	25	75	54	7
																			20	9	6	9	55	51	40	6
																			20	4	5	5	70	54	36	3
																			24	6	6	6	71	65	53	6
						11	12	40	41	23	53	9							10	13	24	27	20	56	56	7
						6	8	38	39	17	66	8							8	8	22	23	17	66	62	5
						11	5	47	47	21	63	5							11	5	32	37	21	58	58	0
						10	10	41	46	7	32	50							12	10	26	29	9	53	35	45
						8	5	33	48	6	30	60							9	5	24	30	6	59	35	52
						10	0	40	45	5	45	65							10	0	40	30	5	50	50	50
						4	4	47	72	12	28	9							7	4	27	60	20	38	29	11
						3	4	44	80	11	26	5							5	4	25	72	18	35	28	9
						0	0	66	91	9	16	0							0	0	50	91	22	38	22	3
						10	5	60	71	8	24	14							10	6	44	58	10	35	29	14
						9	3	58	76	7	22	8							8	3	44	66	9	32	22	8
						7	0	67	87	7	0	7							7	0	60	80	0	27	7	13
						4	5	66	74	6	24	22							5	6	52	64	7	26	29	26
						3	1	68	78	4	22	17							4	3	58	73	5	22	28	26
						0	0	86	90	5	10	24							0	0	71	86	5	14	19	29
						2	5	62	73	17	31	12							3	6	46	61	20	40	36	14
						3	1	62	79	10	28	8							3	2	46	72	13	43	32	11
						3	0	54	82	15	23	13							3	3	41	72	21	46	31	15

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
環境 シミュ レー シ ョ ン 技 術	25	汚染物質に起因する災害や野生生物に起因する疾病の予測を可能とする、大規模な環境システムのモデリング・シミュレーション技術	1	182	5	26	69	-	71	7	11	11
			2	167	4	26	70	-	77	4	8	11
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	26	将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定	1	218	13	28	59	-	83	1	14	2
			2	182	9	29	62	-	90	1	6	3
			専	17	100	0	0	-	94	0	6	0
27	環境指標の劣化を誘引する社会経済的要因を評価する技術	1	161	9	26	65	-	65	15	7	13	
		2	144	5	26	69	-	72	9	4	15	
		専	7	100	0	0	-	86	14	0	0	
環境 モニ タ リ ン グ (地 上 観 測 を 含 む)	28	刻々の変化が把握できる大気汚染物質(オキシダント、NOx、VOCなど)の静止衛星観測システム	1	174	11	26	63	-	66	9	11	14
			2	154	10	22	68	-	71	3	9	17
			専	15	100	0	0	-	100	0	0	0
	29	地域フラックス推定の要求を満たし(CO ₂ カラム量で1ppm精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO ₂ 、CH ₄ など)衛星観測システム	1	151	8	27	65	-	74	1	11	14
			2	138	7	23	70	-	76	1	10	13
			専	10	100	0	0	-	90	0	10	0
	30	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、流域単位での表流水・地下水循環を予測する技術	1	167	10	30	60	-	63	13	16	8
			2	152	8	26	66	-	71	7	15	7
			専	12	100	0	0	-	83	17	0	0
	31	発がん性などの遺伝毒性、内分泌かく乱性、自然生物に対する生態毒性などを有する有害物質を、数百種類まとめて一斉に分離・定量できる分析測定システム	1	160	13	33	54	-	70	16	3	11
			2	149	11	30	59	-	79	9	3	9
			専	16	100	0	0	-	88	6	0	6
	32	身近な動植物への環境負荷を迅速に把握するための簡易な生態影響指標の確立	1	191	20	27	53	-	66	18	5	11
			2	171	16	26	58	-	72	12	4	12
			専	28	100	0	0	-	75	14	0	11

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
						8	8	61	69	9	29	16							9	9	41	61	9	33	30	24
						6	3	63	75	6	22	12							6	2	45	70	6	28	27	17
						0	0	67	67	0	17	33							0	0	57	71	0	14	14	29
																			8	8	15	22	8	58	30	53
																			7	2	11	26	5	66	30	57
																			0	0	7	33	7	80	20	60
						7	11	54	60	12	23	16							8	11	39	50	12	35	26	19
						6	7	64	68	6	17	10							6	7	36	65	12	36	22	9
						0	0	57	57	14	0	0							0	0	43	71	14	14	0	0
						4	11	51	72	16	27	22							6	12	38	59	14	39	28	25
						3	5	51	77	12	26	17							5	5	35	71	12	36	27	22
						0	0	53	80	0	7	13							0	0	27	80	7	33	0	7
						5	10	54	74	11	23	18							4	14	39	64	15	34	26	27
						4	3	55	80	8	24	15							4	6	37	76	9	28	25	21
						0	0	40	90	0	20	0							0	0	20	90	0	0	20	0
						2	10	58	74	10	25	17							4	12	46	65	15	32	28	22
						1	3	63	83	7	21	11							3	4	47	74	6	31	26	18
						0	0	58	67	0	8	8							0	0	58	67	0	17	25	8
						10	9	62	62	39	27	7							10	10	42	54	38	26	32	12
						8	5	68	73	35	20	4							8	4	45	69	37	20	25	9
						0	0	69	88	38	6	0							0	0	56	81	38	31	19	6
						6	6	71	64	9	24	8							6	9	49	57	13	38	31	12
						5	4	73	69	7	18	4							5	4	54	68	10	33	26	9
						7	0	71	68	4	29	4							7	4	57	75	14	43	29	7

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
(地上観測を含む) 環境モニタリング	33	POPs等による海洋・沿岸域汚染を世界的規模でモニタリングして解析するシステム	1	154	10	32	58	-	76	3	16	5
			2	142	8	29	63	-	77	2	15	6
			専	11	100	0	0	-	82	0	18	0
	34	各産業での物流情報や産業関連解析などを用いた、都市での物質循環や水利用を効率的に把握する情報解析技術	1	173	11	25	64	-	48	40	2	10
			2	151	8	22	70	-	52	36	2	10
			専	12	100	0	0	-	58	42	0	0
都市・農村環境 (地域環境保全)	35	都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法	1	171	16	31	53	-	31	58	5	6
			2	150	13	27	60	-	28	62	3	7
			専	19	100	0	0	-	37	63	0	0
	36	高齢者が生活しやすい生活環境が都市にも農村にも公平に整備され、老後の生活拠点を自由に選択できるようになる	1	164	9	24	67	-	9	78	1	12
			2	146	5	22	73	-	6	82	1	11
			専	8	100	0	0	-	0	100	0	0
	37	農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法	1	152	11	25	64	-	36	46	1	17
			2	132	9	22	69	-	31	51	3	15
			専	12	100	0	0	-	67	25	8	0
	38	経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など、地域環境保全活動の価値評価手法	1	160	16	24	60	-	33	48	1	18
			2	144	9	22	69	-	33	52	1	14
			専	13	100	0	0	-	31	61	0	8
39	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会	1	178	12	33	55	-	45	45	3	7	
		2	158	10	25	65	-	48	46	3	3	
		専	16	100	0	0	-	56	44	0	0	
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業	1	214	21	30	49	-	43	50	4	3	
		2	181	18	26	56	-	43	54	2	1	
		専	32	100	0	0	-	56	41	3	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										3
						2	2	52	80	6	22	27							4	4	33	72	9	36	27	38
						18	0	20	90	10	10	50							18	0	30	70	0	30	20	50
						2	8	63	66	24	28	7							3	9	46	55	25	39	37	9
						2	3	65	76	18	24	4							3	2	44	69	21	36	30	3
						0	0	83	58	17	17	0							0	0	58	50	17	25	8	0
						1	11	55	55	8	41	7							2	14	29	40	13	58	39	6
						1	8	59	68	6	37	4							2	7	25	51	11	68	33	4
						0	0	67	67	6	39	6							0	0	32	53	11	68	21	0
/																		21	11	9	18	15	74	29	2	
/																		18	10	7	14	16	82	30	2	
/																		25	0	25	25	25	75	25	0	
						10	8	41	49	28	47	4							13	13	18	29	31	47	46	7
						9	5	38	59	25	48	3							9	10	16	28	28	59	52	4
						0	0	75	67	33	33	8							0	0	45	36	45	64	27	9
						13	12	57	39	11	33	7							15	15	40	31	15	38	34	10
						12	7	65	40	9	35	6							15	7	52	27	9	41	44	8
						0	0	58	50	8	33	8							8	0	50	25	8	33	42	8
						6	8	50	61	18	42	4							6	11	30	42	24	50	45	5
						4	3	51	68	14	41	3							4	5	25	43	18	60	45	3
						0	6	56	56	13	50	0							0	6	31	44	13	50	38	0
						4	4	43	54	39	51	5							4	7	24	36	38	51	49	5
						3	2	42	68	37	51	3							4	3	23	38	38	62	50	3
						0	0	47	59	38	50	3							0	0	22	31	50	63	38	3

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
都市・農村環境（地 域環境保全）	41	都市におけるヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための、人工ビオトープ機能を有した屋上緑化あるいは垂直緑化技術の普及	1	217	12	31	57	-	28	57	1	14
			2	185	10	30	60	-	21	67	1	11
			専	18	100	0	0	-	33	67	0	0
温暖化の 評価と 対策技術	42	温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	1	218	21	36	43	-	88	4	6	2
			2	193	19	35	46	-	92	2	4	2
			専	36	100	0	0	-	97	3	0	0
	43	CO ₂ を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術	1	175	8	32	60	-	74	2	13	11
			2	155	8	31	61	-	82	1	8	9
			専	12	100	0	0	-	100	0	0	0
	44	将来の温暖化をもたらす大気中の寿命が長い温室効果ガスであるPFC、HFC、SF ₆ などの代替化技術	1	148	12	29	59	-	84	3	9	4
			2	134	12	25	63	-	90	2	6	2
			専	16	100	0	0	-	93	0	7	0
	45	農業・工業・廃棄物などのN ₂ O排出削減技術が進むことによる大気N ₂ O濃度増加の停止	1	157	13	31	56	-	76	7	12	5
			2	145	10	31	59	-	85	3	7	5
			専	15	100	0	0	-	100	0	0	0
	46	途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し利活用する技術の普及	1	174	13	32	55	-	46	2	46	6
			2	152	12	29	59	-	49	1	45	5
			専	18	100	0	0	-	89	0	11	0
	47	途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に利活用する技術の普及	1	206	16	30	54	-	49	3	44	4
			2	181	13	25	62	-	55	2	40	3
			専	23	100	0	0	-	92	4	4	0
48	熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施	1	178	12	26	62	-	51	2	45	2	
		2	154	10	21	69	-	59	0	39	2	
		専	15	100	0	0	-	80	0	20	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																										(%)	(%)
						2	1	30	32	71	30	2							2	2	15	21	70	43	33	3	
						1	1	25	32	74	26	2							1	1	11	19	75	45	29	1	
						0	0	39	39	67	33	0							0	0	28	28	72	50	28	0	
						2	8	70	67	11	23	23	/														
						2	4	73	75	6	19	16															
						0	0	80	83	6	23	11															
						7	12	51	68	13	25	28							6	14	34	51	15	38	24	41	
						5	6	53	81	8	17	21							7	7	31	69	7	41	20	34	
						8	0	45	91	18	18	18							17	0	40	90	20	40	20	20	
						1	7	39	48	64	19	6							1	9	24	33	62	34	22	16	
						1	3	38	52	71	11	5							1	4	20	31	75	32	15	8	
						0	0	56	69	81	6	6							0	0	25	31	88	31	19	13	
						6	9	46	60	39	28	10							7	10	28	44	42	39	34	14	
						5	4	53	71	38	16	7							4	4	23	51	55	42	28	10	
						13	0	60	87	27	20	13							13	0	33	60	40	60	27	13	
						4	5	41	49	50	34	25							5	7	23	30	46	35	39	37	
						3	3	34	46	63	28	19							3	3	21	28	62	39	35	30	
						6	0	39	56	67	33	44							6	0	33	44	61	61	56	33	
						2	3	38	43	49	34	31							4	5	19	27	47	42	35	41	
						2	2	35	45	58	32	30							1	3	16	25	60	45	36	37	
						4	0	52	52	65	39	39							0	0	30	30	70	52	48	39	
						1	7	38	51	22	33	44							5	11	21	35	25	37	35	54	
						1	3	34	59	16	30	42							3	7	15	39	26	44	34	56	
						7	0	33	53	33	47	33							7	0	20	40	33	53	33	73	

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
温暖化の 評価と 対策技術	49	砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上	1	159	10	20	70	-	34	2	58	6
			2	139	9	19	72	-	32	1	62	5
			専	12	100	0	0	-	58	0	42	0
生態系・ ランド スケープ・ 生物種・ ハビタット・ 遺伝子の 多様性 保全、 復元及 び関連 する 政策	50	開発計画時に、在来生物のハビタットや生態系の消失を緩和するためにノーネットロス(開発などの前後で自然の質と量を一定に保つ政策)を基本とする合意形成プロセスの制度化	1	131	13	34	53	-	62	16	9	13
			2	116	9	29	62	-	73	9	7	11
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0
51	エコトーンを含む、様々な生態的センシティブエリアに関する代償ミティゲーション(消失する生態系やハビタットの復元・再生)技術	1	132	19	31	50	-	61	18	11	10	
		2	122	16	26	58	-	73	11	8	8	
		専	20	100	0	0	-	69	21	5	5	
52	ハビタット適正指数(HSI)について希少種を含む在来種の知見が集積されるとともに、各地、各事業におけるハビタット評価手続き(HEP)適用の日本型モデルの確立	1	116	18	33	49	-	29	59	4	8	
		2	106	14	29	57	-	24	63	4	9	
		専	15	100	0	0	-	46	47	0	7	
53	外来種に関する侵略リスク評価技術の確立	1	139	12	27	61	-	53	36	4	7	
		2	131	10	27	63	-	67	25	2	6	
		専	13	100	0	0	-	62	38	0	0	
54	流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術	1	146	20	27	53	-	47	39	4	10	
		2	127	17	27	56	-	53	33	4	10	
		専	22	100	0	0	-	68	32	0	0	
55	環境アセスメント制度における、生物多様性の価値を含む総合的なランドスケープ(景観)評価	1	169	15	36	49	-	47	41	2	10	
		2	147	15	29	56	-	56	31	3	10	
		専	22	100	0	0	-	63	32	0	5	
56	カーボンオフセットと生物多様性オフセットが融合したバンキング・システム	1	140	8	37	55	-	59	12	9	20	
		2	124	6	30	64	-	70	5	7	18	
		専	8	100	0	0	-	87	0	13	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター													
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)						
						11	11	41	41	23	34	41							12	14	18	27	33	32	38	50					
						7	7	43	51	20	29	45							9	9	14	26	33	41	41	54					
						0	0	42	33	33	50	50							0	0	25	33	33	33	67	50					
/																			13	15	19	29	11	59	39	35					
											9	11		17	27	9	73	40	34												
											11	11		22	11	11	89	44	44												
						5	7	56	60	28	30	16							6	9	29	46	28	46	43	25					
						6	5	57	69	23	30	15							5	7	25	53	27	55	41	16					
						10	0	55	60	45	55	20							11	5	35	45	40	65	55	25					
						4	10	59	61	24	32	9	/																		
						2	7	59	73	18	29	5																			
						0	7	67	73	20	33	0																			
						6	7	68	68	10	24	15							6	7	34	54	15	52	34	23					
						4	4	68	76	6	20	13							3	5	32	61	12	54	32	18					
						15	0	92	85	0	46	38							8	0	54	54	23	85	54	38					
						5	10	72	64	9	27	12							5	10	44	50	15	50	34	16					
						4	6	79	70	8	23	7							4	6	50	64	10	52	27	11					
						0	0	82	73	9	32	5							0	0	55	59	18	64	18	14					
						2	9	63	54	18	32	9							2	11	37	44	22	50	34	11					
						1	5	68	62	13	29	6							3	6	35	51	17	59	30	5					
						0	0	64	68	18	45	0							0	0	27	50	23	73	32	5					
						10	10	44	46	29	36	22							12	10	23	35	32	44	38	30					
						4	8	46	54	26	41	23							7	9	20	34	33	51	39	26					
						0	13	63	75	25	38	13							0	13	38	63	25	63	38	25					

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
都市廃棄物極少化技術／環境保全型物質循環技術／省資源・省エネルギー製品	57	物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	1	232	19	30	51	-	69	23	3	5
			2	197	16	28	56	-	79	14	3	4
			専	32	100	0	0	-	81	13	3	3
	58	全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及	1	186	11	34	55	-	68	29	1	2
			2	160	9	34	57	-	78	19	2	1
			専	14	100	0	0	-	67	33	0	0
	59	都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術	1	187	13	29	58	-	35	62	0	3
			2	158	11	29	60	-	31	66	0	3
			専	18	100	0	0	-	24	76	0	0
	60	廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及	1	182	14	27	59	-	49	46	1	4
			2	155	14	26	60	-	53	44	0	3
			専	21	100	0	0	-	47	53	0	0
61	家庭の廃棄物排出負荷を大幅に低減し収集も不要とする、家庭単位の廃棄物処理・循環技術	1	189	14	25	61	-	36	44	1	19	
		2	164	11	25	64	-	33	48	1	18	
		専	18	100	0	0	-	35	47	0	18	
62	化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	1	207	18	29	53	-	67	27	3	3	
		2	173	17	28	55	-	75	22	1	2	
		専	29	100	0	0	-	75	25	0	0	
大気・水・土壌環境の汚染防止／循環型水資源利用技術	63	世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム	1	188	20	27	53	-	46	3	51	0
			2	160	17	23	60	-	47	1	52	0
			専	27	100	0	0	-	60	4	36	0
	64	水循環システムを、新興国を含む海外において運用するための技術・ノウハウ・しくみについて、素材・システム・運営・ファイナンス等必要要素を取り込み、オールジャパン体制で戦略的に開発を進め、この分野で30%の世界シェアを確保する	1	152	19	28	53	-	37	48	9	6
			2	132	17	24	59	-	34	53	8	5
			専	22	100	0	0	-	55	45	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										4
						3	3	37	54	34	63	8							2	4	16	31	39	64	54	7
						3	3	53	53	41	50	9							3	3	19	25	47	75	56	13
						2	9	42	43	59	39	7							3	9	16	27	63	43	44	8
						1	4	41	42	70	35	5							2	4	12	24	77	46	42	6
						0	8	54	54	77	15	8							0	8	15	23	77	54	31	23
						2	5	37	43	76	28	2							2	4	17	29	70	38	32	4
						3	2	34	45	81	24	1							3	1	11	29	82	37	26	1
						6	0	28	44	78	28	0							6	0	22	33	78	44	17	0
						4	7	23	43	61	44	6							5	8	13	26	55	57	36	7
						4	2	15	40	76	40	3							5	3	8	22	70	62	30	3
						5	0	24	33	81	33	0							5	10	19	19	76	62	19	0
						22	8	30	47	54	40	5							21	10	13	22	57	56	40	4
						21	1	29	46	65	39	3							22	4	9	17	68	58	32	1
						22	0	33	47	67	13	7							33	11	7	21	79	64	21	0
						2	6	46	52	68	34	4							2	6	27	34	66	43	33	6
						2	1	42	54	76	30	2							2	1	22	28	75	43	31	2
						3	0	59	48	83	24	0							3	3	34	28	83	41	38	0
						2	4	38	40	55	30	28							4	8	18	24	49	40	30	41
						1	1	33	40	63	31	26							3	1	14	23	58	39	27	36
						0	0	52	48	59	26	33							4	0	27	23	50	62	23	35
																			14	15	13	22	59	51	44	15
																			8	12	6	17	71	61	39	8
																			10	5	11	11	79	58	47	21

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
大 気 ・ 水 ・ 土 壌 環 境 の 汚 染 防 止 ／ 循 環 型 水 資 源 利 用 技 術	65	老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術	1	165	15	28	57	-	31	60	5	4
			2	146	12	27	61	-	26	68	3	3
			専	18	100	0	0	-	41	59	0	0
	66	わが国の土壌・地下水汚染地域を無くする、物理化学的浄化と自然浄化の組み合わせによる、土壌汚染対策と順応的管理技術	1	188	18	31	51	-	38	56	2	4
			2	165	15	30	55	-	31	65	2	2
			専	25	100	0	0	-	52	48	0	0
	67	わが国の技術移転によって途上国の土壌・地下水汚染を著しく改善する、化学物質の除去・無害化技術	1	186	20	28	52	-	54	7	37	2
			2	164	18	28	54	-	66	3	29	2
			専	30	100	0	0	-	67	4	29	0
	68	農地の土壌中の炭素・窒素の物質代謝プロセスの解明による温室効果ガス対策の普及	1	150	15	29	56	-	71	9	11	9
			2	131	17	24	59	-	77	7	7	9
			専	22	100	0	0	-	90	0	5	5

図形の見方に関しては 73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)
						1	5	18	47	64	39	5						2	7	12	27	60	58	31	4
						1	2	11	45	79	33	1						2	3	6	24	73	64	26	1
						11	0	18	41	65	41	6						11	0	6	24	71	76	29	0
						3	8	41	53	56	37	6						4	12	23	35	57	48	37	8
						1	2	40	60	69	28	3						2	4	21	43	68	57	30	5
						4	4	52	52	76	20	8						4	4	32	28	68	68	28	8
						1	6	38	47	56	30	21						2	9	23	32	55	45	32	27
						0	2	36	50	70	24	12						2	4	19	29	70	52	29	19
						0	3	50	40	67	23	7						0	3	23	27	70	53	30	13
						3	12	64	67	24	20	10						4	12	31	49	30	49	30	20
						3	7	69	69	20	16	5						3	7	31	55	23	62	32	14
						5	5	77	73	27	14	18						5	5	38	52	33	67	29	10

8. 7. 課題別コメント

1	<p>環境リスクマネジメントの手法が規格化され普及することによる、リスクコミュニケーションの制度化</p> <p>○ソフトランディングが重要。○市民の環境リスクに対する認識の向上が不可欠。○任意の取り組みが普及することはあるとしても、制度化は困難。○リスクコミュニケーションは制度化になじまないのではないか。○日本における“許容できる”リスクと“許容できない”リスクの概念の理解不足と社会的風潮、価値判断をマスコミに頼りすぎる。○種々の環境リスクに対しマネジメントの手法を規格化すべきではないと思う。環境リスクの種類により柔軟に対応すべきであると思う。○事業仕分けが阻害要因とならないことを望む。○リスクの概念そのものについて、初等、中等学校での教育が必要。○無宗教で多様化するハザードに対して、流動的になる気質が変わらない限り「共有」は難しい。特に官が主導になった時点でカスケード化する。○柔軟なシステムが望まれる。○リスクコミュニケーションとは何か、について非常に大きな誤解(間違った解釈)が存在している。この誤解を解消することが必要。○相対的にリスクに対する関心が低下している。○原発対応など、住民とのリスクコミュニケーションは著しく悪いと思う。制度化は手段であり、実現するためには事業者・行政側の意識改革が必要。○環境リスクの範囲が広くて回答できない。○ステークホルダーが目的・内容を共有できるものを作ることが難しい。○合意に向けた強い意志が必要。○制度化した方が関係者が無駄な時間を費やさなくてよいという観点からも検討すべき。○実態に則した規格化を望む。○「まちがった解釈」の原因のひとつが、行政が住民の反対運動をおこさないように「ごまかし」に使う道具という解釈が存在することにあると思う。</p>
2	<p>新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法</p> <p>○大学・研究所・企業では化学物質の取り扱いはいきちんと行われている。一般化が課題。(知識の普及)○有害物質の簡易測定法が開発されてきている。○リスク物質は政府と民間の研究機関が中心となってデータベース化を図る一方で、その生態系リスク評価には大学・研究機関が連携して推進するのが望ましいと考える。○(Q)SAR等の予測精度の向上。○バイオアッセイが有効であると思われる。○課題の「数ヶ月」には、毒性データ等の取得が含まれると解釈。構造との相関から毒性データ等を評価する手法をどこまで採用できるかが迅速化の鍵となる。○従来の毒性学者の不信感(QSAR等に対し)、信頼の判断基準の世界的一致が困難。○既存物質点検・審査の場合、特に関連領域の研究に従事した専門家の役割が重要であり、権威主義は排除すべきである。○数ヶ月で迅速とする根拠が不明。媒体により求められるリスクレベルが変わる。○努力は必要だが、単純には実現しない。○リスク評価より、有害性評価の迅速、精度向上が重要だろう。○通常毒性試験には半年以上の期間が必要。数ヶ月と限定すれば、モデルのみによる評価となり、実現時期は遅くなる。○初期評価に関しては、ほぼ技術的にはできている。○国際的にスクリーニング等の基準が定められた上での評価が必要になる。○数が膨大なものでデータのまとめ方が難しい。○実態に則した規格化を望む。○副生成物等のリスク・アセスが伴う必要もあるかもしれない。○新たな物質が次々と出てくるため、難しい課題である。</p>
3	<p>各地域や各事業所で生じる環境リスクをリアルタイムで解析して情報発信し、対策を可能とする技術と制度</p> <p>○環境リスクは地震や洪水などの災害ハザードのシステムに同化して制度化するのが効果的であり、それがすめば早期に実現できるのではないかと。○複数のリスクを包括的に把握する手法。○バイオアッセイを做った(メダカ、ミジンコ等)連続監視モニターの普及が望ましい。○必要性が高い技術とはいえない。○事故等のリスクと常時のリスクを同じ頻度で考える必要があるのか疑問。常時のリスクをリアルタイムで発信することはコストに見合うメリットがあるのか。○特に安全性に関わる情報は速やかに一般公開すべきで、企業の原理で動くべきではない。○地域と事業所を一緒には論ぜられない。○環境リスクの内容が不明。リアルタイムで何を誰に何のために発信するのか。○やろうと思えばできる技術と思われるが、どこにどのように発信するのか、環境リスクとはどこまでを指すのか、についての合意形成がネック。○経済情勢の悪化で手が回らなくなっている。未だに不利な情報を発信することへの抵抗感が強い。○発信者と受信者のニーズが合致しているかが課題。○技術は生まれるが、制度は遅れるだろう。○コストを考えた時、常時モニタリングをしている必要があるか(放射線等を除いて)、一部は公害防止協定で実現済み。○実態に則した規格化を望む。○こうした事業所の自主的モニタリングを制度化して、実施した事業所を税制面で優遇。○よく考えてみると、ここでいう「環境リスク」とは何をさすのか不明。</p>
4	<p>化学プラントやタンカーなどでの事故や災害による近隣への環境被害を未然に防止したり、早期の回復を可能とする減災技術</p> <p>○ある程度の技術と実行体制は存在する。○環境リスクは地震や洪水などの災害ハザードのシステムに同化して制度化するのが効果的であり、それがすめば早期に実現できるのではないかと。○企業より事故の原因と対策を開示することの抵抗、技術的には可能だが、法整備が必要。○団塊世代が文章に残してこなかったことにより、30年前に起きた事件(初歩的なもの)が繰り返されている。○到達目標の意志決定の問題。部分的には実現済みであり、目標を高く持てば永久に達成できない。○汚染による生態系影響評価は緊急解決課題。○この課題に近い事は既にかなり実施されているのではないかと。○特に地震対策が重要となる。○社会的実現時期は、どれくらいの事故や災害が起こるか(=ニーズ)による。○PRTRをより、アメリカのTRIに近い形にもっていく必要がある。</p>
5	<p>人や家畜、農業生産、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術</p> <p>○個々の物質では管理されている。途上国での使用が課題か? ○技術的には可能であり、問題は実施。○重金属など公害物質の人や生態系へのリスク管理低減技術については多くの経験があるが、新規物質の人や自然への安全性評価については、これからは不明なことがつづくのではないかと。○生態系へのリスクの定義・評価手法の明確化。○特に人の長期健康に係るリスクについては企業(比較的中小でも)においても物質代替等が進行している。○リスクトレードオフとPOPs等の国際的活動が不可欠。○到達目標の意志決定の問題。部分的には実現済みであり、目標を高く持てば永久に達成できない。○実現している長期的な有害性が媒体により差がある。例えば、農業生産と自然生態系では単年と数十年の違いがあり、技術としての普及期間が統一できない。○先進国、発展途上国で全く異なった時代的背景がある。これが問題かと思われる。○長期的な有害性、生体の解明が困難。技術の事前アセスメントの必要性が日本において全く理解されない。○全ての有害性の検出は難しいのではないかと。○要素技術としてはできている部分もあるのでは。○長期的影響の評価には時間がかかる。○人体に直接影響することなので、最優先事項と思われる。○テクノロジー・アセスメントが制度的に確立する必要がある。</p>
6	<p>気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術</p> <p>○周辺ビジネスをめぐる国家や有力企業のもくろみ、先進国と途上国の意識の対立等が阻害要因か。○IPCCの成果を基にして評価・予測技術の精度を向上するのが良いと思う。○複数の原因の関係性の整理。○到達目標の意志決定の問題。部分的には実現済みであり、目標を高く持てば永久に達成できない。○当面実現しない。○地域によって状況が全く異なっており、実現のパターンもそれぞれと考える。○プロトタイプは早くにできると思うが、どこにどんなリスクが発生するかについて新たな知見が次々に提言され、社会的には混乱が起きるかもしれない。○生態系に対する関心が低い。○光化学オキシダント(オゾン)の植物への影響が甚大。○重要な技術と考えるが、その達成には時間が必要と考える。○全てのリスクを評価しきるのには難しいのではないかと。○ある程度の実用に耐える海洋生態モデルが開発されており、さらに進化しつつある。○社会教育ダイナミクスと生物学的ダイナミクスを結合したモデルが研究されている。</p>
7	<p>全ての産業分野において、調達原材料や製品に関するMSDS:Material Safety Data Sheet(製品安全性データシート)を商品の物</p>

	<p>流とともに川下へ伝達する情報システム</p> <p>○産業環境管理協会が中心になって実施しつつある。○全ての産業では無理ではないか。重要な物質に限れば 10 年以内に可能かもしれない。○トレーサビリティシステムなどと合体して、費用対効果の高い情報システムを推進する段階にあるのではないか。○技術面よりも政策面のハードルが高いのではないか。○MSDS 制度は社会的に確立済み。情報の信頼性の確保と発展途上国への支援が必要。○JAMP 協議会で検討。○産業界からの情報公開が円滑に行われるとの前提に立つて。○企業において、マル秘にしたいデータが多く、現在 MSDS の内容に統一性がなくなってしまう。ビジネス取引上のメリットなど付加価値をつけるべき。○同じ物質については各社ではなく公的機関が行えば信頼性と効率化の両方が達成できる。○MSDS が廃棄時にまで伝達されることが望ましい。○技術的困難よりも企業のデータ開示に対する態度、考えが阻害になる。</p>
8	<p>誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的・定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント(LCA)およびライフサイクル費用評価(LCC)</p> <p>○ライフサイクルの評価が一般化できるか? ○カーボンフットプリント、ウォーターフットプリントなどの普及が見えてきたので、LCA、LCC についても近未来に実現するだろう。○基礎技術はさほど難易度の高いものではないと思うが、「スタンダード」の万人の納得感の醸成、対象の拡大などが課題か。○既存手法の整合性。○LCA の標準化、ツールの作成が必要。リスクトレードオフと国や地域、評価の目的により評価項目への配点を考慮すべき。○今年環境省から研究の公募がある。○「誰もが」の誰が重要。○インベントリの作成、検討が重要。方法は確立している。○どのレベル、完成度の LCA を行うのかが、実現までの時間を決めると考える。○企業において、マル秘にしたいデータが多く、現在 MSDS の内容に統一性がなくなってしまう。ビジネス取引上のメリットなど付加価値をつけるべき。○情報収集の仕組がネック。○保護目標は多様で且つ定量評価ができないので同じ解にはならない(そこが良いという考えもある)。○LCA の考え方からいって、意味があるのか不明。○ある程度は実現している。○一人ひとりが環境対策に対して一人称になれる手法なので急いで頂きたい。○「同じような解」ではなく、「それぞれの状況に応じた解」ではないか?</p>
9	<p>環境に関連する情報(カーボンフットプリント、フードマイレージなど)がほとんどの商品に表示</p> <p>○基礎となる原単位情報の整理。○国際規格づくりが重要。○基礎技術はさほど難易度の高いものではないと思うが、「スタンダード」の万人の納得感の醸成、対象の拡大などが課題か。○フランスの環境グルネル第一法。○効果の見込めるセクターでは任意に実施すると思うが、難しい領域もある。○企業と認証機関(政府系)が連携した体制が必要。○食糧の安定供給に対し、環境の側面からの規制などにより阻害されることを危惧。○算定方法の標準化。商品自体の輸出入の考慮。○産業界と無知な消費者を扇動する団体のせめぎ合いが阻害する。○重要度が低い。英国で見直し中。(環境影響を一面しかみておらず、該解を生じるため。)○消費者へのインセンティブ付与が鍵。○政府の指導次第で容易に実施可能。○表示された商品が、消費者の購買意欲に結びつくか?</p>
10	<p>全ての企業に対して環境に対する社会責任(CSR)が求められ、環境報告と公開の仕組みが制度化</p> <p>○全ての企業で義務化は難しい。○企業と認証機関(政府系)が連携した体制が必要。○人々の意識が大切。○外部不経済の財務会計への内部化。○本来は企業の自主的取り組みを提唱するためのよい道具であると思うが、CSR 報告書は制度化になじまないのではないか。○“全ての企業”では困難? CSR を実施することへの何らかのインセンティブも必要では? ○CSR の正しい意味が認知されるのに時間がかかる。○CSR は企業にとって当然の帰結であり、制度化するまでもない。環境影響の報告義務は当然すべき。○制度ではなく、自主的取り組みが望ましい。○但し、一定規模以上の企業体に限定。○オランダなど一部の国ではかなり現実化。○新たな市場の開拓という意味で、制度化は望ましい。○市場の要請があれば進む(EU など)。○当社(鉄鋼)では実施しているが、当り前の義務として広めて欲しい。○人材が豊富な企業ではCSR活動は活発に行われ、早期の実現が期待されるが、そうでない場合遅れる可能性が大きい。○自主的には済んでいる。法律で義務化するかどうか?</p>
11	<p>自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために、市場メカニズムを活用した仕組みや環境に配慮したファイナンスの仕組みが促進されるような税制・法制度</p> <p>○先進各国が輸入品も含めて商品のカーボンフットプリント値に炭素税をかければ、途上国も排出 CO₂ 量を削減せざるをえなくなる。○制度設計を検討・提案する機関と制度を実施する機関の連携が不可欠。○人々の意識が大切。○外部不経済の財務会計への内部化。○CO₂ の 25%削減の実現には税制や法制でバックアップしなければいけない。○科学技術との関連が不明。○環境税がどういった形で実現されるかにかかっているであろう。○実現には、政治改革(政治家の意識)が不可欠。現在の制度設計に、中長期的な視点は感じられない。○この分野(インセンティブ創出)は日本の弱点。○急ぐべき。○市場メカニズムを利用することで後退する側面もあることを認識して制度化すべし。</p>
12	<p>環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム</p> <p>○SEA など特に重要、日本は国土が狭いので特に重要。利害関係者が多い。○意思決定のベースとなる利害関係者の能力開発が不可欠である。地域の大学との連携も必要であろう。○PRTR が実現できたのだからこの手法を進めていけば実現できるのでは? ○そこまでのニーズがあるとは思えない。○情報基盤整備は技術の課題であるが、意思決定は技術の課題とは思えない。完全に社会のしくみの問題である。○環境化学物質の影響評価に関する知識、情報基盤については着手されている。○リスクトレードオフ評価に感情(心の点数)をいかに反映させるのだろうか。○意志決定の利害関係者は、その問題のもつ「文脈」で異なるため、制度化はできても協調的意思決定システムなどという形での実現は無意味。○概念は確立され、パイロット的な試みも多い、考え方自体の普及がネック。○ケースバイケースで考えるべき。全利害関係者を対象としたシステムは、どこかで矛盾が生じると思う。○科学技術よりも「政治」の問題。○あまり意味があるとは思えない。</p>
13	<p>通勤型農業(生活の省エネ、高齢化対策等を進めるために、農業従事者も地方都市に生活するようになる)</p> <p>○高齢化、特に高度医療対策として農村人口の低下が顕著になるのは止むを得ない現象と考える。この場合、農機具等の省エネ対策もより効果的に実施されると期待(農機具シェアあるいは農業そのものの民間企業化)。○農業のありかたとして不適。○この農業形態(非事業農業)が良いとは必ずしも言えないと思う。○農業従事者候補の年齢をどこに設定するかがカギ。○都市生活者の発想で、問題解決にはならない。本来なら、リスク分散の意味でも大都市集中を分散する施策が必要と考える。○都市への人口集中を促進する方向は問題。○すでに一部地域では、そのような状況が進みつつある。○法改正が必要であろう。○生活と通勤とどちらが省エネになるのか? ○日本の農業活性化は日本の重大課題である。○部分的には起きているが、全体としては一部であり、広大な中山間地を耕作放棄させる。○特に必要性を認めない。やはり、地域資源管理に重要な役割を果たす地域住民を増やす施策が大切か。○通勤にかかるエネルギーはどうなるのか?</p>
14	<p>タイミングを考慮した減農薬散布、CH₄・N₂O 排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業へシフトさせる技術</p> <p>○CO₂ の排出も抑制したい。フードマイレージ省エネルギー。○このような技術はある時点で可能になるのではなく、可能などところから次第に実現、普及していくもの。○農業が持つ生態系機能、多面的価値にも配慮した検討・研究も必要。○但し、この技術はコストの面から考え、途上国への適用は可能であろうか。○木村秋則の「リンゴがおしえてくれたこと」の英語出版を期待。○今の有</p>

	<p>機農業、減農薬農業とどう異なるのか。○現在、同様の研究は行われている。今後は、研究やビジネス化に対する政策的なフォローが必要と思う。○農家自らに取り組んでいる。○未来の為に急ぐべき。○農政シフトが何よりも必要。○農業者の技術協力が不可欠である。ただ、後継者不足がその実現の大きな阻害要因の可能性が高い。</p>
15	<p>癒し効果の生理的説明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法</p> <p>○すでに銘打った商品も多いが、本質的な効果の説明によって、恒常的な普及が必要となる。○森林療法はすでにある。生理的説明は大学。○森林がもつ多面的な機能と、その機能を生かした療法の設計には、地域の特性を生かすことがポイントになるだろう。○療法に結び付けるまで「癒し効果」の科学的根拠が明らかでなく、予測の対象になり得る。○療法といった学問の完成を待たず、効果があると考えるグループが行動すべき。○健康商法に結びついて、ブームになることはあると思う。何に対する療法？○森林セラピーが取り組まれ、これまでの経験や研究を見直すことにより実現は早まると思う。○その様な世界があることをもっとPRして欲しい。○癒し効果の生理的説明というのは難しいと思う。</p>
16	<p>家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム</p> <p>○地域特性を生かした処理技術の普及が課題。○一部は実施している。○地域の連携と政府の補助が重要。○地域の行政が中心になって、可能な地域から推進すべき段階になっている。○生ごみなどの持つエネルギーポテンシャルはそれほど高くないので、分散型エネルギーシステムの構築は難しいのではないかと。○コストが下がらず阻まれる。○家庭生ごみと分散型エネルギーシステムは結びつかない。○廃棄物処理法上実現不可。○住民参加できる環境に限界。ダイオキシンの問題をクリアする小型の焼却炉の開発。○生ごみ処理機はネットで4~6万である。1万円を切れるだろうか。○埼玉県小川町など、事例は多い。○ベンチャー企業による取組みもみられる。政策的なフォローも重要になると思う。○態度変容等、心理学的、社会学的アプローチも重要。○電力会社との協調を図ることが必要。○現在完成している技術。○一部地域では早期にできる。全国的には難しい。○分散型生ごみ処理なら技術はある。○どのようなものなのかイメージがわからない。○すぐにでも広めて欲しい。江戸時代回帰である。○ごみのエネルギーの活用度はまだまだ低い。○既に先進事例はある。</p>
17	<p>家庭でのCO₂削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮</p> <p>○ESDの強化、必修科目にする、入試に出題するなどすることが必要。○環境教育の根本的な仕組みの改革が必要。小中高の理科・社会教育の中に取り入れていく仕組みが必要。○効果的な普及啓発活動を考える必要。○教育だけでは効果小さい。システム構築と同時進行が必要。○期待を込めて。○教育システムの改革。○保育園、幼稚園からやっても良い。保護者が対応するため。○環境教育とは正式カリキュラムの学校教育を指すのか？果たして教育なのか。○現在の大人世代への意識改革は無理と思う。将来世代への導入が効果を発揮するには、それらの人が政治に関与できるまでの時間が必要と考える。○態度変容等、心理学的、社会学的アプローチも重要。○研究というより政策の問題。○子供に農業体験をさせることが重要。教育カリキュラムに入れて欲しい。○ごみを発生させないという対策が最も効果的です。○環境教育？学校での教育か？実態にあっていない。</p>
18	<p>自動車などのエネルギー多消費型の耐久消費財に対する所有の概念が変化し、大部分がリースまたはシェアに置き換わる</p> <p>○個人所有と共有の2つの概念が存続するのではないかと。○相当程度の社会インフラの変化がないと実現しないと思う。○政財界が積極的に推進する段階に入っている。○日本では難しい。○資本主義、経済優先型社会である限り不可。○大部分とすればいささか時間がかかる。○リースについては自動車よりも自転車であろう。○モノによる。使われ方など。○地域特性を考慮しないと実現も有効性も期待できない。○研究というより政策の問題。必ずしも重要とはいえない。○設問不適。作るのにエネルギーを要するものでなければシェアの意味がない。○自転車、鉄道、バスの活用拡大。自動車は必要最小限へ。○自動車を個人で使うこと自体がすたれるような気がする。例えば今の若い人は自動車免許をとりたがらない。○避けられないと思います。○日本の国民性が大きく変わらなければ、リース・シェアはしないと思う。</p>
19	<p>都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法</p> <p>○合意形成の基盤となる環境保全への人々の能力開発には、環境研究機関(大学)-地域(行政)が連携した体制が不可欠。○合意形成手法はできても、日本で適用するのは難しい。教育との連携が必要。○日本で実施されないだけ。ドイツなどでは多くの事例がある。○平成25年には、都市部での高齢化も表面化するとのこと。迅速な問題解決が必要な時期は目前と考える。○手法を開発せざるを得なくなる。○合意形成手法の確立と具体的活動が大切。○合意の形成の実現はかなり困難だろう。○「環境負荷」を統合できない限り不可。(CO₂か景観保全か、など)○いわゆる村落内での共同活動が少なくなっている事の弊害をいかに克服するかが問われている。○合意形成しなければならなくなると思います。</p>
20	<p>気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム</p> <p>○IPCC、IEA など一部には存在、もっと広範な課題でこのようなシステムを作り上げることが急務である。○多数派の科学的知見が勝つか、少数派の科学的知見は併記するか程度の事しかできない。○モデルは作られるかもしれないが、実用は難しい。問題のスケール、関係者の価値観の多様性にもよる。○生物多様性や物質循環についてもIPCCのようなシステムを作り、総合的に地球環境を評価・分析する必要がある。○各国の価値判断を統一することは、非常に困難であり、政治判断も客観的情報から決定されることは考えにくい。○各主体の立ち位置、価値観をどう考えるか。○社会的に実現する課題ではない。政府の意志決定の問題。○システムは可能であるが、合理的な政治判断は不可。○経済問題がからむので、分析はできても判断材料には良いとこ取りとなるおそれ。○初歩的なシステムは何らかの形で実現すると思われるが、それが実際に有効に働くまでにさらに時間を要すると予測される。○システムができてうまくいくようなものと考えていること自体が間違い。技術過信ではないか。○現実の温暖化交渉をみると、極めて困難かと思う。○NPOの関与の必要性あり。○学術的にできたとしても、例えばアメリカが従うとは思えない。○APECの報告書などが該当。支援システムがあっても、国の利害の対立は残る。○早めが良い。○コンピュータシステム？違うとしたら現在の国連システムが、それを目指しているものだと思う。</p>
21	<p>大気環境予測シミュレーションが高度化し、粒子状物質・オキシダント・窒素化合物などの大気化学天気図が報道され天気予報のように市民も利用される</p> <p>○既にシミュレーションは可能。排出インベントリの不確かさが課題。VOCなどの化学反応も課題。○健康天気予報の分野は現在でも多く活用されてきている。○排出源からの排出を抑えることにより、市民への情報は不要。○そのような予報が必要な急性被害を生じるような科学物質があってはならない。○網羅的な予測は不要であるが、オゾンPMのように重い急性影響のある物質については、基準を上回りそうな地域での予報は有効。○科学天気予報は出来つつあるが、一部の化学物質に留まっている。アメダスのように予報に広く利用されるには、アメリカのNADPのようなシステムの導入が不可欠と考える。○気にしてたら生きていけなくなりそう。○日本では意味がない(利用しない)。○市民の理解を深めるためのツール、普及啓発も必要。○発生源が多様だったり、2次生成が多かったりすると、地理的分布の把握は極めて困難。○市民は物質の分布ではなく、それらによる影響(例:酸性雨確率や、光化学スモッグ予報)に置き換えないと注目の仕方がわからないのではないかと。○PAHs等の排出削減とその技術のグローバル化が先決。○出来るか、利用されるか疑問である。○日本では不要ではないか。○シミュレーション技術の高度化よりも、排出削減対策の方が重要。○そのような公害が、10年先にまだ発生していること自体が問題だが…。○天気予報並の精度にするだけで</p>

	<p>もまだまだ研究が必要。○シミュレーション技術的には既に出来るレベル。天気予報のように、となると報道体制と民間の需要次第。(発生源インベントリの充実が必要)○すでに一部実現している。インターネットの普及が不可欠。○環境汚染が減る方向に推移し、必要性が高い途上国では整備する財力がない。○普通になるのではと思います。○諸外国では予報が報道されているが、濃度ではなくインデックス。</p>
22	<p>社会経済シナリオ毎に今世紀の気候変動を地方自治体スケール程度の空間解像度で予測する技術 ○スーパーコンピュータの性能に依存。○気候シミュレーションによる予測の原理的制約があり、予測の不確定性をどう伝達するかが問題。○気候変動モデルが大事で、解像度はスパコンの性能向上で、現在でも可。○局所気象モデルは、衛星技術・情報と一体になって着実に進歩すると考える。○社会経済シナリオの構築が必要。予測技術ツールはほぼできあがっていると思う。○スパコンの能力に依存大。○地方自治体スケールでの社会・シナリオは開発中。社会シナリオグループと気候変動予測グループとの連携が進んでいる。○地方自治体スケールとすれば時間がかかる。○地方自治体のレベルによる。都道府県レベルならコンピュータの性能次第では？○今もあるのでは？○不確実性が大きすぎる。○「社会経済シナリオ」が地方自治体レベルでフィットするかどうか？</p>
23	<p>大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術 ○海洋の取り扱いが問題か？○この設問は、'どのような予測'を意味するかによって実現時期は異なってくる。○これが理想のシステム、物質循環の部分が難しいのではないか。○地球システムモデルの構築は、精度(予測)のよいものは、少しずつよくなるが、非常に困難。○予測精度を向上させるには、過去の地球環境の復元も必要であり、今後は固体地球科学の成果も取り入れていく必要があると考える。○物質循環の全てがはいっているわけではないが。○スパコンの能力に依存大。○シミュレーションというゲーム感覚でエネルギーがついてしまうのではないか。○物質循環のレベルによるかも。その統計情報の整備のほうネックになるかもしれない。○これもすでに精度、物質種の豊富さを問わなければ実現済みと思われる。○計測、データの解析を正しく行うことが前提。○予測精度の向上には弛まぬ技術開発が必要。○20年以上の数値情報が必要。○個別切り分けしたシステムでなく、この様な地球トータルを見るシステムが極めて重要と思われる。○すでに研究中です。○データの整備のほうネックになる？</p>
24	<p>大気・水質・土壌汚染の環境動態シミュレーション技術を用いた健康リスク・生態リスク評価とそのアセスメントへの利用 ○環境動態シミュレーションは可能。しかしリスク評価が難しい。○前提条件を限定的にすることにより、ある程度の実用性のあるものは可。○OEUではSO_x、NO_xについてはモデルが作られているのではないかと。対策オプションの選択は有効だと思う。○環境動態については、様々な地球化学的手法が開発・適用されているので、日本が中心となり発展途上国などに展開するフェーズに入っている。○日本が世界的に進んでいる分野。○生態リスク評価手法は評価軸が難しい。○精度が高く非常に手間のかかるものよりも、多少精度が落ちても行政などインプット情報を担う主体が利用出来る程度の簡易なものが必要。○評価対象のスクリーニングが必要。現実的かつ短期・長期の影響評価のための複数のリスクマージンの設定が必要。○始まっている。○アセスメントの実施主体が不明。○大変重要な課題。但し、健康、生態、リスクとも、何を指標としてリスクとするかは要議論。○健康リスク、生態リスクの定義と曝露にかかる評価が残る。○シミュレーションの精度向上にはまだまだ研究が必要。なお、リスク評価に必要な毒性情報の不備はさらに致命的。○シミュレーション技術は進歩していると思うが、評価軸の設定が重要と考える。○健康や生活に対するリスクがきちんと定まっていない。アセスメントにもっていくには手法のコストも重要である。○最終的に生態に反映される高精度のシミュレーションが望まれる。○「リスク」の内容が多岐にわたるので。○生物学リスクの評価法が発展している。</p>
25	<p>汚染物質に起因する災害や野生生物に起因する疾病の予測を可能とする、大規模な環境システムのモデリング・シミュレーション技術 ○汚染物質に起因する災害モデルは可能性があっても野生生物起因の疾病の予測は不可能ではないか？○大規模になるほど不確実性が増しニーズが薄れる。○予測モデルの構築が困難。○技術的には既存のもので可能。○災害のイメージわかない。○局地的なシミュレーション技術が必要ではないか。○すべての災害、疾病を対象にした技術ではなくいくつかの重要な項目を予測するための技術は10-20年で現れるのではないか。○重要な課題と思うが技術的課題が多岐にわたり予測は難しい。○対象とする生物、現象の空間スペースによって対応は様々。○20年以上の数値情報が必要。○何を指しているのかよくわからない。○感染症の予測、管理が最も重要。</p>
26	<p>将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定 ○ポスト2020年の枠組み作りには科学による予測が活かされることを期待。○政策と科学の双方の知識をもつ人材の育成が可能か？○COP15がみじめな失敗に終わったように政策と科学のコミュニケーションがもっとも困難である。しかし今後5年間くらいでこれを乗り越える必要がある。○中国とインドの姿勢が大きなキーワードになる。○国際合意が出来るほどの信頼性のある将来予測技術の進歩が、困難。○科学者のあいだには温暖化に対する様々な意見があるが、温室効果の削減については早期に実現すべき課題である。○COP10との関連性大。○政治的なコミュニケーションが大きいのではないか。○必要性に鑑みて。○課題の文章の前半が条件なのか？後半だけならいずれ策定される。○文化・宗教の差はそう簡単にはうまらぬ。○すぐにも合意策定して欲しい。○途上国との協調ができれば進むと考えられる。○課題20と26に関しては、あまりに世界観が単純で現実にはあわないのでは？</p>
27	<p>環境指標の劣化を誘引する社会経済的要因を評価する技術 ○グローバル化、貧困などがもたらす要因の評価はあり得るが、おそらく技術ができたかどうかの検証が困難だろう。○重要な課題。○すでに適用されている。○重要な課題と思うが、技術的課題が多岐にわたり予測は難しい。○課題27の問いは設定自体が何やら嘘くさい。抽象的すぎる。○“劣化”の概念自体が時代で変化するので、技術で解決出来るものとは思えない。○社会経済的要因を把握することに、時間が必要と考える。国際機関やNGO等によって適切な要因分析が行われることを望む。○そうあってほしいという希望的なもの。○すぐにも合意策定して欲しい。○指標自体がさまざまなものである。</p>
28	<p>刻々の変化が把握出来る大気汚染物質(オキシダント、NO_x、VOCなど)の静止衛星観測システム ○難しい技術とは思いますが遠い将来に実現○すでにGOME,SCHZAMACYなど観測システムはある。日本上空で静止する東アジア監視衛星が必要。○技術的には可能でも、費用対効果(ニーズ)の関係から実用システムとしては不要。○衛星観測やデータ解析技術は進歩しており、日本がイニシアティブをとって推進すべき課題である。○一部行われている。○必要性が認められない。○実現までの時間は予算次第だろう。都市域を重点化するべき。○VOCなど非常に極所的であり、また室内で起きることなので、衛星で観測可能なものなのか疑問である。</p>
29	<p>地域フラックス推定の要求を満たし(CO₂ガラム量で1ppm精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO₂、CH₄など)衛星観測システム ○難しい技術とは思いますが遠い将来に実現○「雲の影響を受けない」ことが可能かどうか分かりません。○衛星観測やデータ解析技術は進歩しており、日本がイニシアティブをとって推進すべき課題である。○必要性が認められない。○最初に精度の高くない技術ができ、時間をかけて精度を上げていくことになると思うが、(設問の要求が高いので)実現時期は不明。○インベントリとの整合</p>

	性評価も重要。
30	衛星観測と地上観測の効果的な統合により、流域単位での表流水・地下水循環を予測する技術 ○地下水循環は未知だろう。○GRACE 衛星による地下水観測技術は進んでいるが、水管理という流域規模へとダウンスケールするには克服すべき技術的課題が多い。○水資源問題十生態系サービスについては世界的に全力で取り組むべき環境問題。○大学を中心に、これらの研究が行われていると思う。○国土の狭い日本では必要性が低いと思われる。日本が取り組む課題とも思えない。○森林の予測技術・手法は確立されていない。○地下情報をどうやって集めるかが問題。それができればすぐ出来る。
31	発がん性などの遺伝毒性、内分泌かく乱性、自然生物に対する生態毒性などを有する有害物質を、数百種類まとめて一斉に分離・定量出来る分析測定システム ○数百の物質の同時定量技術はあり得ても社会実現というほど普及しない(高コストすぎる)だろう。○どの物質に生態毒性があるか確定するのが課題。分離定量だけなら可能と思われる。○有機物質の分析技術は飛躍的に進歩しており、日本がアジアの発展途上国に対して主導的な役割を果たすべき課題である。○一斉に出来る必要はないのでは？○特に農薬などを行政が管理する際に利用価値が高いと思われる。○生物種間の感受性の違い、標準化とツール(モデル生物、セルライン、その他)の開発が必要。○既に開発されている。○手法開発にはきりが無いが、高分離と高選択検出を組み合わせた分析法の実用化が見えてきている。
32	身近な動植物への環境負荷を迅速に把握するための簡易な生態影響指標の確立 ○主体的な索引者の不在。技術的には既存のもので可能。○生態系は地域特性が大きく、それを考慮したモニタリングが重要。簡素化は必要だが、あまり汎用性を強調すれば地域特性を見失う。○生物多様性の研究と分析化学技術との融合が望まれる。○SSD 的評価と長期・短期、Local/Global の評価の両立と優先度。○遺伝子解析による生命現象の把握あるいは総合化がどこまで進展するかが大きなポイントではないか。○個体レベルの実験に頼らない、細胞培養技術の発達が著しい。我々も、このような評価法の確立に向けて、検討している。○簡易なものほど実現には難しいはず。○“環境負荷”の定義次第だろう。○植物への大気汚染ガスの影響を、身近な品種で観察出来ることは 30 年前から知られている。(O3-アサガオ、サトイモ PAN-ペチュニアなど。)○HEP などの基本的な考え方をベースに、日本独自の指標が出来ると考える。○NPO の貢献が大きい。○ある程度のもものは、すぐにも可能。
33	POPs 等による海洋・沿岸域汚染を世界的規模でモニタリングして解析するシステム ○社会実現といえる普及レベルが不明である。○個別の地域で年数日程度ならすでに実施されている。「世界的規模」が課題。(資金人材)○既設のシステムを利用した、費用対効果が高い分析解析システムが必要ではないか。○モニタリング結果の representativeness コスト。○簡易な手法でモニタリングできなければ無理。
34	各産業での物流情報や産業連関解析などを用いた、都市での物質循環や水利用を効率的に把握する情報解析技術 ○国内でも都市単位では研究が進んでいる。○一部実現している。○大学・研究機関-地域行政-民間(住民)が三位一体となった体制で推進する必要がある。○この技術によりリスク評価などにも迅速化が期待出来る。○用途がよくわからない。○技術的には既に可能ではないか。統計情報の整備次第。○横国大などでやっていると思う。他の地域に広めるには、必要な情報をどう集めるかが問題。○産業連関表自体の作成に、数年のラグが発生する。
35	都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法 ○道州制の導入が必要。○EU 等では一定の実績。日本では土地利用計画に将来目標の設定がない。技術的には可能。○流域を単位とする流域圏設計の重要性については認識されているが、行政全体合意形成には地域の個別的な課題が多くその個性を越える方法は意外と難しい。○都市と農村を包括する必要性がない。○研究の推進と同時に次世代の育成も非常に重要。○地域単位で、産学官連携による研究等が進んでいると思う。地域づくりを考える上で重要な視点であり、複数セクターの連携が社会実現の時期を左右すると思う。○手法確立は急いで欲しい。○断片ケースで普及。○その方向にすすんでいると思う。
36	高齢者が生活しやすい生活環境が都市にも農村にも公平に整備され、老後の生活拠点を自由に選択できるようになる ○高齢者の農村生活は困難になるのではないかと？○産地農村の過疎化は実際はかなり深刻。○全国一律の環境整備は非効率な面がある。○公平にすべきかどうかは議論必要。○理想だが、実現は難しい。医療施設の整備。○社会が高齢者をどれくらい大切に考えるかにかかっている。○環境負荷、社会資本の整備・維持、経済状況など制約が大きい。○高齢化は、あと 20 から 30 年の間の問題と考える(日本)。その後は人口減でバランスがとれると思う。20~30 年のうちに解決しないと意味がないと思う。○少子高齢化がもっと進行することによる国民の意識の変化を待つ。○コストが問題。○国民への安心感につながる。○理想論としては良いが、実現は無理だと思う。
37	農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法 ○EU の生物多様性保全に対する農業所得補償がこれに該当するだろう。○ゲーム感覚としては面白いかもかもしれないが、研究者の趣味で終わってしまわないだろうか。○農村の自然資源の価値を都市生活の価値に反映させるシステムは必要と思う。しかし、評価軸の構築が必須事項であり、現状で適正な議論はないと思う。
38	経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など、地域環境保全活動の価値評価手法 ○一律の評価手法を開発する必要性はあるのか。○地域の文化的側面の評価は重要だが、現在の市場経済社会の枠組みでの価値評価には多様な切り口が必要と思う。○価値評価手法ができるのと、それが実用的であるかどうかとは別。○時間がかかっても地道に継続して研究を継承すべき。○価値は時代で変わるので、開発された手法はその時点でのものにすぎない。○世の中の全ての事象を評価する必要はあるのか。評価軸を作ると優劣が発生するのではないかと。それは、本末転倒である。文化などは評価すべきではない。○地方自治体を中心。○すぐにも取り組めることと思われる。○評価手法としてマニュアル化される性質のものではない。○この手の評価は何のために使うのか、という目的次第。
39	都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会 ○当面の温暖化対策はCO ₂ が先だが、将来的にはN ₂ O排出規制に取り組む必要が生じてから本格化する。○日本の国土は窒素過剰であり、その解決はすぐには困難。○窒素循環だけ見ても循環型社会にはならない。枯渇性資源全体を見据えた循環型社会への制度設計が必要と考える。○負荷対象を窒素に限定するのは問題。○流域負荷を把握するための研究は、現時点で進行中である。各地域で行われている研究を進めてもらい、お互い情報交換することが重要と考える。○まず窒素循環を解明する必要がある。
40	地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業 ○行政主導で積極的推進すべき事業。○経済性に森林保護が都市や海洋へのプラスの影響を入れないと、持続可能な農林業の成立は難しい。○次世代の従事者の確保がまず第一。○経済性は、その時点の状況によって変化するので、実現するかどうかは

	<p>不明。○重要課題であり、産学連携によって達成時期は早まるものとする。○バイオ燃料関係では法令との関係が生じる。○技術的には殆ど完成。○地方自治体が重要。○CO₂ 排出権市場の形成が大きな影響力を持つ。○実現しないのではない。○急げばだけ急いで欲しい事項。○今後の日本の農村を活性化するための有効な方法となることが期待される。○技術的には殆ど完成。○課題が難解。もっとわかりやすい表現にすべき。こういう役所的発想が阻害要因です。○経済的かどうかは、その時点の経済情勢次第。</p>
41	<p>都市におけるヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための、人工ビオトープ機能を有した屋上緑化あるいは垂直緑化技術の普及</p> <p>○ヒートアイランドの問題解決にはならない。○一部実現、しかし普及が遅れている。○都市計画への予算拡大と個人住宅まで視野に入れた援助が必要。○技術的には可能であるが、優先性は低い。本質的課題ではない。○どのような技術にも負の側面があるので、屋上緑化の多面的な価値評価とともに発生する問題点の検討も必要ではないか。○「人工ビオトープ」が緩和する為の唯一の方法ではない。他の方法で実現されると考える。○無理な都市開発の免罪符にならないことが大切。○屋上緑化は広域的かつ長期的かつライフサイクルでの環境コストを考えたとき、その効果が疑問。○都市におけるビオトープネットワークの視点は欠けているが、現状でも基本的な技術やビジネスは行われている。制度面でのフォローや生物多様性の視点の具体化が必要と考える。○国・自治体の後押しが必要。○人間の関心度に左右される。○コストが問題。○大いに推進・拡大すべき。○国、自治体の後押しが必要。○屋上緑化がそのようなことに効果があるのか自体から評価すべきでは？</p>
42	<p>温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明</p> <p>○現状でも大づかみの把握は間違っていないので、どの程度の精度向上で実現とするか不明。○長期間安定かどうか検証が必要。○技術の種類によって実現時期は様々と思う。○温室効果ガスだけでなく、大気物質全体の発生、吸収、固定に向けた効率的・効果的な観測技術と体制の整備が不可欠。○実現とはどの程度実現したことを示すのか求められる精度などの議論が必要。○地球の気候は常に変化しているので、メカニズム解明の取組は完了することはない。○スパコンの技術の向上とともに、精度は向上していると思う。予算面での支援が必要ではないかと考える。○N₂O 生成微生物の寄与率の見積り(新規 N₂O 生成微生物が見つかったので)。</p>
43	<p>CO₂を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術</p> <p>○国別吸収排出量は今の技術の延長では困難だろう。○既にCO₂ 測定の衛星はある。Dataの精度の問題。○CO₂ 排出量削減については、その吸収・排出の高精度化より、むしろ政策を優先すべきであろう。○実現できるころには必要がないことになっていると思われる。○今後10年で粗い推定方法が提案され、それから20年かけて精度を上げていく、というような実現の仕方をする予想する。○高額な事業予算が必要となるため、納税者への説明責任が重要。○インベントリとの整合性をつける必要がある。○リモートセンシング技術は昔から研究されていると考える。○自然起源と人為起源を区別するか否かで回答は大きく変わってくる。○陸域だけでなく、管轄海域を含めて吸収排出量を推定することが必要である。○実態を知る上で必要。</p>
44	<p>将来の温暖化をもたらす大気中の寿命が長い温室効果ガスである PFC、HFC、SF₆などの代替化技術</p> <p>○技術開発と普及はリアタイム。この課題は全面代替であり、すでに実現済みのものも多い。○一部実現。○炭素規制⇒カーボンコスト次第で時期は前後する。○CFGの代替化技術はオゾン層を回復させている。しかし、代替化技術の負の側面の評価、評価するための技術も必要である。○代替物質の他の影響(人健康等)を考慮した開発。○急ぐべき。</p>
45	<p>農業・工業・廃棄物などの N₂O 排出削減技術が進むことによる大気 N₂O 濃度増加の停止</p> <p>○農業、廃棄物対策は難しいが将来の実施に期待。○炭素規制⇒カーボンコスト次第で時期は前後する。○N₂O 濃度上昇が停止するかどうかは排出だけでなく大気中の消滅過程にもよるので排出削減できても濃度増加が止められるかどうか疑問。○産業に伴って発生するN₂Oの削減技術は、産学連携で推進する課題。○農業からのN₂O 排出削減は難しい○食糧増産が今後必須となる中特に農業分野では削減は難しいかもしれない。○課題42に依存。</p>
46	<p>途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し活用する技術の普及</p> <p>○CDMなどの仕組みで実施はすすむ。○途上国の様々な階層に適合する簡便で安価な排水処理技術が必要。○日本の海外戦略技術としての位置付け。○CDMで一部実施中。日本のプレゼンスを出すにはODA化が必須。○日本がリードすべき。○現在、海外で進めて実用化への途中である。</p>
47	<p>途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に活用する技術の普及</p> <p>○CDMなどの仕組みで実施はすすむ。○初歩の技術は既にあると思うが国ごとの情勢によって実現には時間差があると思う。○国や地域に応じたきめ細かい利活用技術。日本の環境技術推進のインセンティブになる。○日本の海外戦略技術としての位置付け。○日本は途上国ではないので…○バイオマス資源の活用研究は、企業レベルでも活発と考える。日本発の有効な技術になりえるのでは。○科学技術のアンケートであり、「途上国で安易に」といった表現は不適切。○CDMで一部実施中。日本のプレゼンスを出すにはODA化が必須。○日本がリードすべき。○エネルギー的に重要。</p>
48	<p>熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施</p> <p>○技術実現は観測評価技術。○東南アジア熱帯林については日本の貢献が大きいので、従来以上に相手国と連携してその保全に取り組むべきと思う。○観測・評価だけでは解決しない。○活動を実施することは可能であるが、効果を長期にわたって上げていくには相当の努力が必要。○世界の主要な地域での実現は時間がかかる。○活動は世界中で実施されていると思う。しかし、それが社会全体にいきわたるには時間が必要。日本での企業CM、企業による植林活動は、世界に広がるきっかけになるのでは。○NPOが中心となる。○観測評価技術で防止・再生ができるのか？○途上国との協調の必要性が重要である。</p>
49	<p>砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上</p> <p>○乾燥地域の生産に見合う適正な人口配置を実現する政策支援も重要だろう。○技術的にはある程度確立されていると思いますが、それを普及するには多大な困難を伴います。○土地利用技術はある程度あっても、住民の生活の質の向上には、現地政府・権力者のガバナンスの問題があり、実現は困難。○乾燥地域では、食糧が確保されても適切な水管理が行われなければ持続できない。水、食糧、生活の質を確保することが可能な資源利用技術を考える必要がある。○技術より資金の問題。○どこまで質を向上すれば実現と言えるか分からないので、実現予測時期を不明とした。○土地利用技術で「水」を得られるのか○日本がリード貢献すべき。○先進国の協調が必要である。</p>
50	<p>開発計画時に、在来生物のハビタットや生態系の消失を緩和するためにノーネットロス(開発などの前後で自然の質と量を一定に保つ政策)を基本とする合意形成プロセスの制度化</p> <p>○日本ではこのような社会合意を形成する力が未だ弱い。また、生態系と生物多様性に係る基礎データの集積が必要。○COP10における議論を期待したい。○日本において市民と行政の合意形成プロセスはまだ未熟。教育の課程で市民を育てる事が必要なのでは？○ノーネットロスを基本とした合意形成プロセスは一見合理的に思えるが、実体を促えるには無理がある。参考技術にはなるが、制度化すべきではないと考える。○現在の環境アセスにもこの考え方はとり入れられているはず。</p>

51	<p>エコトーンを含む、様々な生態的センシティブエリアに関する代償ミティゲーション(消失する生態系やハビタットの復元・再生)技術</p> <p>○開発に伴う代償措置だけでなく、既存施設・空間における積極的な導入が必要となる。○既存の技術で可能。また一部で実施。日本での定義については同上(日本ではこのような社会合意を形成する力が未だ弱い。また、生態系と生物多様性に係る基礎データの集積が必要。)の理由により不明。○生態系の完全な復元は不可能。○地域によって大きく異なる環境に対応したミティゲーション技術が望まれる。○限られた種に関する技術やモデルが確立することはあるが、どこまで範囲を広げれば重要な種・生態系をカバーすると言えるかが不明であるため、現在は実現時期不明とした。○自分の研究の中心である。まずは取り組める事から実践。行動しながら研究すべき。○様々な生態系の中には復元不可なものも有。○産学連携を進めるべき。現時点でも個別事例は点在する。既存技術を収集し、公開するシステムが必要。そこに、公の役割があると思う。</p>
52	<p>ハビタット適正指数(HSD)について希少種を含む在来種の知見が集積されるとともに、各地、各事業におけるハビタット評価手続き(HEP)適用の日本型モデルの確立</p> <p>○技術的には可能であり、現在の取組みを加速する必要。アメリカでは GAP として確立。○知見が蓄積されている種は限られている。○COP10での議論を期待したい。○限られた種に関する技術やモデルが確立することはあるが、どこまで範囲を広げれば重要な種・生態系をカバーすると言えるかが不明であるため、現在は実現時期不明とした。○日本では生物情報の集積、データベース化が非常に遅れていて、この課題の実現可能性はわからない。○自分の研究の中心である。HIS、HEPを対象とする研究が縮小しているように感じ危惧している。○現状では机上検討が多い。本来は、現場をよく観察し、その生態系を把握できる視点が必要。まずは、その人材育成が重要と考える。○世界をリードして欲しい。</p>
53	<p>外来種に関する侵略リスク評価技術の確立</p> <p>○技術的には可能(北海道ブルーリストなど)だが、対策実施は別問題。○生物多様性は、短期(～数年)の影響より長期的に考えるべき。○日本では生物情報の集積、データベース化が非常に遅れていて、この課題の実現可能性はわからない。○外来種の益、害はもっと多面的に解析すべきだと思う。○何を以て「リスク」とするかの合意が必要。基礎研究はされていると思うが、評価するには視点を固める必要あり。その議論を望む。○先ず、防止が優先されるべき。○侵略リスクは予測不可能。侵略が生じて初めて他地域への拡散防止の必要性が示される。</p>
54	<p>流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術</p> <p>○生物多様性だけで生態系サービスを評価するには問題が残される。水や土のサービスの評価を取り入れる必要がある。○まずアダプティブな管理と現場で行動しつつ解析できる研究者が必要である。○日本では公的機関のうち、その役割をきちんと担う体制、人材を持つところがない。他の機関も財政的に無理。○生態系サービスを評価するには、一般人の意識改革が必要。技術的側面より価値観を成立させるのに時間がかかりそう。○流域圏には沿岸海域(特に閉鎖性の高い海域)を含める必要がある。○生物多様性条約COP10が開催されるが、それにとまって国連が提唱している生態系サービスの評価がある程度公表されてくる。○技術的には形になるだろうが、生態系サービスは全てが定量化できるものではないので、不完全なものになるだろう。</p>
55	<p>環境アセスメント制度における、生物多様性の価値を含む総合的なランドスケープ(景観)評価</p> <p>○生態系の評価における生物多様性価値を景観評価へ導入する手法が未確立。○様々な手法があるが、日本では生物多様性の価値評価が不十分。○地域的・文化的側面が強い景観に対して、総合的評価を行うことは相当難しい気がする。○人の価値観をどこまで定量評価できるか? ○日本では景観評価という単語に多面性があり、そこを解決する新しい視点が必要。○生態系サービスを評価するには、一般人の意識改革が必要。技術的側面より価値観を成立させるのに時間がかかりそう。景観というわかりやすい視点に生態系という側面をいかに入れ込むか、というプロセスでもよい。</p>
56	<p>カーボンオフセットと生物多様性オフセットが融合したバンキング・システム</p> <p>○生態系保全の推進に向けた試みとして評価できる。○オフセットの有効性を考える必要。○安易な抱き合わせには危険を感じる。○ノーネットロスの基本とした合意形成プロセスは、一見合理的に思えるが、実体を促えるには無理がある。参考技術にはなるが、制度化すべきではないと考える。バンキング・システムに解決の方向性を感じない。あくまでも参考技術であるべきと考える。他の評価の基礎情報になると思う。</p>
57	<p>物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成</p> <p>○エコシティの建設が急速に進んでいる。○物質の対象をどこまで拡張するかによっても異なるが、ドイツや北欧などの例を参考に、地域の実情に沿った検証が必要と考える。○高度経済成長期に整備されたインフラの入れ替え時のタイミングにやらなければ実現不可能。○技術よりも、価値観の変化によって実現できると考える。1～2世代後に社会的に実現するのではないか。○まとも役の不在が課題。○コミュニティ単位で物質循環は不可。</p>
58	<p>全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及</p> <p>○政府、自治体を中心になって推進すべき課題。○評価軸が多様。総合化を目指すのか、総合評価手法が考えうるか。○半減? ○この技術をどこまで高められるかが日本再生の鍵。○立地を含めた評価、特異的に効く影響の正確な評価が難しい。○酸化チタンを利用したゴミ処理。○オイルビークを考えた時に、エコファクトリー化・低エントロピー技術が完成するためのエネルギーがわからない。○急いで欲しい。○「産業ごと」というのはないと思う。(文脈上)製品ごと、なら OK。</p>
59	<p>都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の 50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術</p> <p>○「必要資源量の 50%」はきつい。希少金属で具体例が浮かばない。○回収・利用技術のエネルギー負荷・環境負荷を評価すると共に、鉱山を開発することによる環境負荷・エネルギーコストの検討も併せて実施していく必要があるように思う。○やっているのでは? ○国際的な意味で先進国の担う責任である。○製品設計、販売段階からの回収・利用計画や仕組みができていない。○企業による取り組みが効果的と考える。政策による基盤整備が重要。○政府のリーダーシップが不可欠。○極めて重要で、開発の進展・加速が望まれる。</p>
60	<p>廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の 90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及</p> <p>○「法的に規定」「90%以上」はハードルが高い。○鉱物資源が乏しい日本にとって、エネルギー負荷が少ない廃棄物利用システムは他国への技術貢献という観点からも重要。○非常に重要。○製品の特性による。○社会的啓蒙と同時に政府の財政的支援も最初は必要。○大変重要と考える。○技術ではなく制度の問題。○極めて重要で、開発の進展・加速が望まれる。</p>
61	<p>家庭の廃棄物排出負荷を大幅に低減し収集も不要とする、家庭単位の廃棄物処理・循環技術</p> <p>○収集不要は今世紀後半では無理ではないか? ○目標として掲げるには面白いが、「収集不要」は想像しがたい。○集中か分散かは技術の優位性に依る。○各種処理、循環技術の推進にインセンティブを与えるような社会の制度設計も必要である。○食品の生産段階から一環したマネジメントが必要。○技術の実現は早いと思うが、社会的実現にはコスト低下が必要と考える。</p>

62	<p>化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術</p> <p>○合成液体燃料がやや遠い時期に実現されるのではない。固定化は易しい。○バイオマスに期待しすぎ。エネルギー利用の低減が最重要。○化石燃料の価格推移による。○この種の技術開発研究への優遇措置も必要である。○一部はできている。○現在、経済的要因(コスト等)で停滞している。技術面で実現段階。○RPF 技術はある。ごみ発電も高効率化されてきている。課題の意図不明。○コストとLCA が問題。○急がれる。</p>
63	<p>世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム</p> <p>○イコール貧困からの脱却とすれば 30 年後くらいか? ○浸透膜をつかえば可能でしょう。価格の問題。○政府、財界主導で推進すべき課題。○実現済み。○ODA と NGO の活動の連携が必要。○今世紀の水戦争回避と日本の先端技術振興のためにぜひとも必要。○水の絶対量が足りない。海水淡水化も含むのか?</p>
64	<p>水循環システムを、新興国を含む海外において運用するための技術・ノウハウ・しくみについて、素材・システム・運営・ファイナンス等必要要素を取り込み、オールジャパン体制で戦略的に開発を進め、この分野で 30%の世界シェアを確保する</p> <p>○日本以外の国がシェアをとる可能性も含めて 30 年後。○目標として掲げるには面白いが、「オールジャパン体制」「30%シェア」は根拠が見つかからない。○早急に推進すべき課題。○日本においては、総合的な水循環システムが未確立である。○資金抛出のしくみが重要。○完成するが 30%は無理。○この課題だけ目標値(30%)が出ているのが不思議である。○日本企業の戦略的連携と政府の援助が必要。○面白いアイデア。アイデアを出すことは大変良いと思う。○日本の独自技術で世界をリードすべき。○日本企業の戦略的連携と政府の援助が必要。○オールジャパンとして先進国の中心となり、技術提供することが重要である。</p>
65	<p>老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術</p> <p>○利権が大きすぎる。○下水道:現在の方式の転換が必要。中水道:不要。○広域下水道の見直しを含めて長期的な視点で安全性と費用対効果の高いシステムへの移行も必要と思う。○日本が一番早く手に入れると思う技術。○技術に対するコンセンサスが得られるか否かがキー。○完成している。○費用対効果を含めて考えるべき。</p>
66	<p>我が国の土壌・地下水汚染地域を無くする、物理化学的浄化と自然浄化の組み合わせによる、土壌汚染対策と順応的管理技術</p> <p>○この課題は「我が国の」ではない。世界中で大きな課題。○汚染をなくす意味が不明瞭。重金属元素と、リンや窒素の動態は異なる。自然界の物質循環システムのさらなる研究が必要であろう。○水資源の有効利用と確保が先決。バイオレメディエーション技術の開発と国際協力が必要。○規模とコスト面において、どの程度実現性があるのか、方向性は良いが成果を見せるべき。○自然由来を含めれば「無くする」ことは不可能。課題が不明。金とエネルギーをかければ何でもできる。○日本の管理技術が各国の土壌等の浄化に対応できることを進めるべき。</p>
67	<p>我が国の技術移転によって途上国の土壌・地下水汚染を著しく改善する、化学物質の除去・無害化技術</p> <p>○大学や研究機関などで汚染メカニズムや動態の研究を十分に行う必要がある。○技術はあるが、いかに技術移転するか。土壌汚染以外の環境問題(廃棄物対策、上下水道整備等)を解決した後にできるものと考え。○各自の実状を踏まえた技術移転。人材育成もかねる必要。○国際協力と政治的・経済的利害関係。○金をあまりかけずにできるようになる技術があればいいが、金をかければいくらでもできると思われる。○国際貢献、技術振興のために国家的に行うべき。○問題は費用。○世界をリードするカード技術とすべき。</p>
68	<p>農地の土壌中の炭素・窒素の物質代謝プロセスの解明による温室効果ガス対策の普及</p> <p>○窒素(N₂O)への取り組みは難しく、CO₂の次になると考えられるのでやや遅れる。○メカニズムの研究を推進する段階にあるように思う。○研究レベルで技術改良が進みつつあるが、まだプロセスの測定手法開発が一部必要な段階である。</p>

8. 8. 未来技術年表

8. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分については8.3.を参照

実現年	課題
2012	41 都市におけるヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための、人工ビオトープ機能を有した屋上緑化あるいは垂直緑化技術の普及 <区分F>
	07 全ての産業分野において、調達原材料や製品に関するMSDS:Material Safety Data Sheet (製品安全性データシート)を商品の物流とともに川下へ伝達する情報システム <区分A>
	09 環境に関連する情報(カーボンフットプリント、フードマイレージなど)がほとんどの商品に表示 <区分B>
2016	16 家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム <区分C>
	47 途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に利活用する技術の普及 <区分G>
	62 化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術 <区分I>
2017	08 誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的・定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント(LCA)およびライフサイクル費用評価(LCC) <区分B>
	14 タイミングを考慮した減農薬散布、CH ₄ ・N ₂ O 排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業へシフトさせる技術 <区分C>
	15 癒し効果の生理的解明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法 <区分C>
	44 将来の温暖化をもたらす大気中の寿命が長い温室効果ガスである PFC、HFC、SF ₆ などの代替化技術 <区分G>
2018	46 途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し利活用する技術の普及 <区分G>
	65 老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術 <区分J>
	02 新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法 <区分A>
	04 化学プラントやタンカーなどでの事故や災害による近隣への環境被害を未然に防止したり、早期の回復を可能とする減災技術 <区分A>
2019	21 大気環境予測シミュレーションが高度化し、粒子状物質・オキシダント・窒素化合物などの大気化学天気図が報道され天気予報のように市民も利用される <区分D>
	34 各産業での物流情報や産業連関解析などを用いた、都市での物質循環や水利用を効率的に把握する情報解析技術 <区分E>
	35 都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法 <区分F>
	42 温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明 <区分G>
	48 熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施 <区分G>
	52 ハビタット適正指数(HSI)について希少種を含む在来種の知見が集積されるとともに、各地、各事業におけるハビタット評価手続き(HEP)適用の日本型モデルの確立 <区分H>
	53 外来種に関する侵略リスク評価技術の確立 <区分H>
	54 流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術 <区分H>
	55 環境アセスメント制度における、生物多様性の価値を含む総合的なランドスケープ(景観)評価 <区分H>
	59 都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術 <区分I>
63 世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム <区分J>	
66 我が国の土壌・地下水汚染地域を無くする、物理化学的浄化と自然浄化の組み合わせによる、土壌汚染対策と順応的管理技術 <区分J>	
67 我が国の技術移転によって途上国の土壌・地下水汚染を著しく改善する、化学物質の除去・無害化技術 <区分J>	
2019	03 各地域や各事業所で生じる環境リスクをリアルタイムで解析して情報発信し、対策を可能とする技術と制度 <区分A>
	05 人や家畜、農業生産、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術 <区分A>
	19 都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法 <区分C>
	24 大気・水質・土壌汚染の環境動態シミュレーション技術を用いた健康リスク・生態リスク評価とそのアセスメントへの利用 <区分D>
27 環境指標の劣化を誘引する社会経済的要因を評価する技術 <区分D>	

実現年	課題
2019	<p>28 刻々の変化が把握できる大気汚染物質(オキシダント、NO_x、VOC など)の静止衛星観測システム <区分E></p> <p>32 身近な動植物への環境負荷を迅速に把握するための簡易な生態影響指標の確立 <区分E></p> <p>33 POPs 等による海洋・沿岸域汚染を世界的規模でモニタリングして解析するシステム <区分E></p> <p>37 農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法 <区分F></p> <p>38 経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など、地域環境保全活動の価値評価手法 <区分F></p> <p>40 地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業 <区分F></p> <p>43 CO₂を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術 <区分G></p> <p>45 農業・工業・廃棄物などの N₂O 排出削減技術が進むことによる大気 N₂O 濃度増加の停止 <区分G></p> <p>51 エコトーンを含む、様々な生態的センシティブエリアに関する代償ミティゲーション(消失する生態系やハビタットの復元・再生)技術 <区分H></p> <p>56 カーボンオフセットと生物多様性オフセットが融合したバンキング・システム <区分H></p> <p>60 廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の 90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及 <区分I></p> <p>61 家庭の廃棄物排出負荷を大幅に低減し収集も不要とする、家庭単位の廃棄物処理・循環技術 <区分I></p> <p>68 農地の土壌中の炭素・窒素の物質代謝プロセスの解明による温室効果ガス対策の普及 <区分J></p>
2020	<p>06 気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術 <区分A></p> <p>12 環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム <区分C></p> <p>20 気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム <区分C></p> <p>22 社会経済シナリオ毎に今世紀の気候変動を地方自治体スケール程度の空間解像度で予測する技術 <区分D></p> <p>23 大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術 <区分D></p> <p>29 地域フラックス推定の要求を満たし(CO₂ カラム量で 1ppm 精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO₂、CH₄ など)衛星観測システム <区分E></p> <p>30 衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、流域単位での表流水・地下水循環を予測する技術 <区分E></p> <p>31 発がん性などの遺伝毒性、内分泌かく乱性、自然生物に対する生態毒性などを有する有害物質を、数百種類まとめて一斉に分離・定量できる分析測定システム <区分E></p> <p>39 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会 <区分F></p>
2021	<p>25 汚染物質に起因する災害や野生生物に起因する疾病の予測を可能とする、大規模な環境システムのモデリング・シミュレーション技術 <区分D></p> <p>57 物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成 <区分I></p> <p>58 全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及 <区分I></p>
2022	<p>49 砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上 <区分G></p>

8. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については8.3.を参照

実現年	課題
2018	17 家庭でのCO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮〈区分C〉
	41 都市におけるヒートアイランド、乾燥化、ハビタット消失を緩和するための、人工ビオトープ機能を有した屋上緑化あるいは垂直緑化技術の普及〈区分F〉
2019	09 環境に関連する情報(カーボンフットプリント、フードマイレージなど)がほとんどの商品に表示〈区分B〉
	10 全ての企業に対して環境に対する社会責任(CSR)が求められ、環境報告と公開の仕組みが制度化〈区分B〉
2020	01 環境リスクマネジメントの手法が規格化され普及することによる、リスクコミュニケーションの制度化〈区分A〉
	7 全ての産業分野において、調達原材料や製品に関するMSDS:Material Safety Data Sheet(製品安全性データシート)を商品の物流とともに川下へ伝達する情報システム〈区分A〉
	11 自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために、市場メカニズムを活用した仕組みや環境に配慮したファイナンスの仕組みが促進されるような税制・法制度〈区分B〉
2022	16 家庭から出る生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム〈区分C〉
	15 癒し効果の生理的解明による、森林や木材などの生物資源の持つ特性を利用した新たな療法〈区分C〉
2023	02 新規物質審査や既存物質点検が数ヶ月で可能となる、化学物質リスクの迅速評価手法〈区分A〉
	08 誰もが同じような解を簡単に算出できる、客観的・定量的手法として標準化されたライフサイクルアセスメント(LCA)およびライフサイクル費用評価(LCC)〈区分B〉
	13 通勤型農業(生活の省エネ、高齢化対策等を進めるために、農業従事者も地方都市に生活するようになる)〈区分C〉
	14 タイミングを考慮した減農薬散布、CH ₄ ・N ₂ O 排出抑制など、生産中心の農業から環境負荷を軽減する農業へシフトさせる技術〈区分C〉
2024	44 将来の温暖化をもたらす大気中の寿命が長い温室効果ガスである PFC、HFC、SF ₆ などの代替化技術〈区分G〉
	65 老朽化が進む上下水道インフラの更新や、中水道など水の循環利用システムを含む再構築を効率的に行う技術〈区分J〉
	18 自動車などのエネルギー多消費型の耐久消費財に対する所有の概念が変化し、大部分がリースまたはシェアに置き換わる〈区分C〉
	21 大気環境予測シミュレーションが高度化し、粒子状物質・オキシダント・窒素化合物などの大気化学天気図が報道され天気予報のように市民も利用される〈区分D〉
	34 各産業での物流情報や産業連関解析などを用いた、都市での物質循環や水利用を効率的に把握する情報解析技術〈区分E〉
	47 途上国において安易に焼却されているバイオマス廃棄物を有効に利活用する技術の普及〈区分G〉
	53 外来種に関する侵略リスク評価技術の確立〈区分H〉
	59 都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術〈区分I〉
	62 化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術〈区分I〉
	64 水循環システムを、新興国を含む海外において運用するための技術・ノウハウ・しくみについて、素材・システム・運営・ファイナンス等必要要素を取り込み、オールジャパン体制で戦略的に開発を進め、この分野で30%の世界シェアを確保する〈区分J〉
2025	04 化学プラントやタンカーなどでの事故や災害による近隣への環境被害を未然に防止したり、早期の回復を可能とする減災技術〈区分A〉
	19 都市や農村などにおける地域的な環境問題を解決するために、環境負荷を最小にするための合意形成手法〈区分C〉
	26 将来社会予測技術が進歩し政策と科学のコミュニケーションが進むことで国際合意がなされ、温室効果ガス半減に向けて途上国を含めた具体的な計画策定〈区分D〉
	28 刻々の変化が把握できる大気汚染物質(オキシダント、NO _x 、VOC など)の静止衛星観測システム〈区分E〉
	32 身近な動植物への環境負荷を迅速に把握するための簡易な生態影響指標の確立〈区分E〉
	38 経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など、地域環境保全活動の価値評価手法〈区分F〉
	43 CO ₂ を人工衛星から高精度で観測することで国別に吸収排出量を推定する技術〈区分G〉
46 途上国の未発達な排水処理から発生する大量のメタンガスを効率的に回収し利活用する技術の普及〈区分G〉	
2025	48 熱帯林を観測・評価する技術の進歩による、世界の主要な地域でも熱帯林破壊防止と再生活動の実施〈区分G〉
	55 環境アセスメント制度における、生物多様性の価値を含む総合的なランドスケープ(景観)評価〈区分H〉

実現年	課題
2025	66 我が国の土壌・地下水汚染地域を無くする、物理化学的浄化と自然浄化の組み合わせによる、土壌汚染対策と順応的管理技術〈区分J〉
2026	03 各地域や各事業所で生じる環境リスクをリアルタイムで解析して情報発信し、対策を可能とする技術と制度〈区分A〉
	05 人や家畜、農業生産、自然生態系に及ぼす、長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術〈区分A〉
	24 大気・水質・土壌汚染の環境動態シミュレーション技術を用いた健康リスク・生態リスク評価とそのアセスメントへの利用〈区分D〉
	27 環境指標の劣化を誘引する社会経済的要因を評価する技術〈区分D〉
	33 POPs等による海洋・沿岸域汚染を世界的規模でモニタリングして解析するシステム〈区分E〉
	35 都市と農村を包括した、流域を単位とした環境配慮型土地利用計画手法〈区分F〉
	37 農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法〈区分F〉
	54 流域圏を区切りとした地域ごとの生態系サービスの定量的評価技術〈区分H〉
	63 世界中の人々が、安心して飲める水に容易にアクセスできるための、新興国等でも利用可能な、廉価で維持管理の容易な水処理・供給インフラシステム〈区分J〉
	67 我が国の技術移転によって途上国の土壌・地下水汚染を著しく改善する、化学物質の除去・無害化技術〈区分J〉
2027	06 気候変動や人為活動の拡大による生態系の機能低下に対するリスクの評価・予測技術〈区分A〉
	20 気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム〈区分C〉
	22 社会経済シナリオ毎に今世紀の気候変動を地方自治体スケール程度の空間解像度で予測する技術〈区分D〉
	29 地域フラックス推定の要求を満たし(CO ₂ カラム量で 1ppm 精度)、雲の影響をほとんど受けない全球温室効果ガス(CO ₂ 、CH ₄ など)衛星観測システム〈区分E〉
	30 衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、流域単位での表流水・地下水循環を予測する技術〈区分E〉
	31 発がん性などの遺伝毒性、内分泌かく乱性、自然生物に対する生態毒性などを有する有害物質を、数百種類まとめて一斉に分離・定量できる分析測定システム〈区分E〉
	36 高齢者が生活しやすい生活環境が都市にも農村にも公平に整備され、老後の生活拠点を自由に選択できるようになる〈区分F〉
	40 地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを効率よく利用して高付加価値農林産物を低コストで産出し、経済的にも持続可能な農林業〈区分F〉
	45 農業・工業・廃棄物などの N ₂ O 排出削減技術が進むことによる大気 N ₂ O 濃度増加の停止〈区分G〉
	50 開発計画時に、在来生物のハビタットや生態系の消失を緩和するためにノーネットロス(開発などの前後で自然の質と量を一定に保つ政策)を基本とする合意形成プロセスの制度化〈区分H〉
	51 エコトーンを含む、様々な生態的センシティブエリアに関する代償ミティゲーション(消失する生態系やハビタットの復元・再生)技術〈区分H〉
	56 カーボンオフセットと生物多様性オフセットが融合したバンキング・システム〈区分H〉
	60 廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の 90%以上がリサイクル(サーマル、ケミカル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムが普及〈区分I〉
2028	12 環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用し、リスクトレードオフ評価をも活用する、全利害関係者による協調的意思決定システム〈区分C〉
	23 大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術〈区分D〉
	25 汚染物質に起因する災害や野生生物に起因する疾病の予測を可能とする、大規模な環境システムのモデリング・シミュレーション技術〈区分D〉
	39 都市と農村が連携して窒素循環を有効に機能させ、流域の窒素負荷を最小にする循環型地域社会〈区分F〉
	61 家庭の廃棄物排出負荷を大幅に低減し収集も不要とする、家庭単位の廃棄物処理・循環技術〈区分I〉
	68 農地の土壌中の炭素・窒素の物質代謝プロセスの解明による温室効果ガス対策の普及〈区分J〉
2030	49 砂漠・半乾燥地帯において、相応の食糧生産が確保される土地利用技術が普及することによる住民の生活の質の向上〈区分G〉
	57 物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成〈区分I〉
	58 全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及〈区分I〉

No. 9 分科会：「物質、材料、ナノシステム、加工、計測などの基盤技術」の調査結果

目次

9. 1. 将来展望.....	641
9. 1. 1. 総論.....	641
9. 1. 2. ナノ基盤材料.....	643
9. 1. 3. 出口(デバイス・システム化及び応用技術).....	645
9. 1. 4. ナノ計測・分析技術.....	651
9. 1. 5. モデリング・シミュレーション.....	655
9. 1. 6. 社会システム・その他.....	656
9. 2. アンケート調査の回収状況.....	658
9. 3. 課題の区分.....	659
9. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	660
9. 4. 1. 課題の重要性.....	660
9. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	662
9. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	663
9. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	666
9. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	666
9. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	669
9. 4. 7. 新規提案課題.....	670
9. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	672
9. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	672
9. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	672
9. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	674
9. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	675
9. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	677
9. 6. 集計結果一覧.....	678
9. 7. 課題別コメント.....	700
9. 8. 未来技術年表.....	707
9. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	707
9. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	710

9. 1. 将来展望

9. 1. 1. 総論

(1) 分野概要

材料科学技術は、環境・エネルギー、バイオ・情報の諸問題を解決するための分野横断的な基幹科学技術として位置づけられる。

その技術領域（本分科会における区分）は、

- A: ナノ基盤材料
- B: 出口(デバイス・システム化及び応用技術)
- C: 計測・分析手法
- D: モデリング・シミュレーション
- E: 社会システム・その他

と分類され、入口(ナノ基盤技術)から、出口(社会応用)へ、あるいは計測(診る)から、モデリング(考える)を経て、社会システムへと、シームレスに体系化され、かつダイナミックに発展している。

また、基礎学術としても、ナノメートルスケールでの加工・造形・物質材料合成・機能発現、あるいは、超高分解能・超高速応答の計測・分析、大規模複雑系の第一原理計算など、今までにない新しいブレークスルーをもたらし、世界にリーダーシップを発揮する可能性が高い分野である。

特に、材料科学技術は、環境・エネルギー、高齢化・健康、国際競争・協調、雇用創出・人材育成等の、喫緊の国家的戦略課題の解決に向けて、キーとなる科学技術分野であり、本分野総体としてそれらの課題解決に具体的に貢献することができる。

(2) 材料科学技術分野の注目科学技術区分設定の背景としては、以下の諸点が上げられる。

- ・ ナノテクノロジー分野の成果に基づき、環境・エネルギー等の国家的課題に対して、出口(社会応用)や社会システムを見据えて、戦略的に課題解決と結びつける研究開発が重要である。
- ・ ナノテク基盤研究は普遍的に重要であり、戦略的なシナリオの下で、さらに深化・飛躍させなければならない。性急な課題解決追求による弊害に陥らないよう、学術的にも世界最先端を目指すことが重要である。
- ・ 新しい成長戦略の実現のためには、環境調和と経済成長が両立するような、循環型で持続可能な材料科学技術が重要である。
- ・ 国際競争力のある「もの作り」や理科系「人材育成」など、イノベーションを追求する科学・技術立国戦略に合致するもの、あるいは、雇用創出や子供達が夢を持って目標にするような科学技術が重要である。
- ・ 材料科学技術分野においては、学際性・融合性が重要であり、異分野の融合は発展の駆動力となる場合が多い。また、課題解決型研究においては、大学等を中心として産学独連携をより強めていく必要がある。
- ・ 課題の中には、大型研究施設を要するものや安全保障関連のものなど、国レベルで実施すべきものがある。それらは中核機関を設定し、国全体としての整合性を保ちつつ戦略的に推進すべきである。
- ・ 出口に近い課題については企業の研究所に期待されるところが大きく、その基礎研究への取り組みには国の資金的支援、あるいは異なるセクター間の連携マネジメントを行うことが今後一層必要である。
- ・ 技術の領域としては、ナノ基盤技術、先端計測技術、計算材料科学や社会システムなどの領域で今後特に重要な課題が抽出された。それらの中の具体的課題には新産業の創出を予感されるものがある。
- ・ 環境・エネルギー等の課題解決には、インターフェイス、パッケージ化、システム化等の技術が不可欠となる。そういう技術分野に光を当て、また学問としても発展させることが不可欠である。
- ・ 材料科学技術については、課題解決型研究の必要性和実効性が高まっているが、一方、室温超伝導等のような一見不可能な萌芽的・挑戦的研究がブレークスルーを生むことがあることに留意する。

(3) 各論からの政策提言は、以下のように要約される。

- ▶ 安心・安全、競争・協調の諸課題に応える材料科学技術 → 我が国がリーダーシップを維持し世界と連携する研究開発運営体制の構築。人材育成の強化。
- ▶ 環境・エネルギーの諸課題に応えるイノベーション、循環型で持続可能な材料科学技術 → ナノ技術の深化・発展活用による研究開発システムの構築。人材育成の強化。
- ▶ ナノ粒子等ナノ基盤材料の応用科学技術 → ナノテク支援ネットワーク強化。知財権利化支援。中小企業支援(基盤強化と雇用促進)。
- ▶ 社会基盤材料、マテリアルフロー技術 → 低炭素化、エネルギー高効率化、原子力エネルギー、希少資源リサイクル等のための基盤材料の研究開発の促進。
- ▶ ナノ情報通信材料およびエレクトロニクス材料 → 界面制御、自己組織化、3次元集積等の研究開発の促進。シミュレーション技術活用。
- ▶ バイオ・医療材料 → 我が国がリーダーシップを発揮し、安心・安全な豊かな生活につながるための研究開発の推進。バイオ医療連携センター。
- ▶ ナノ計測・分析技術 → 高分解能計測、その場計測、複合・統合計測、量子ビーム応用等、世界の科学技術への人材・資源の集中投資。
- ▶ モデリング・シミュレーション → 理論的基礎教育・人材育成の強化。我が国がリーダーシップを発揮してモデリング・シミュレーションの基礎科学を推進。高性能ハードウェアとソフトウェア構築に対して重点投資。マテリアルズ・インフォマティクス技術の推進。
- ▶ 社会システム化材料技術 → 国レベルでの安心・安全性評価技術、安全性評価基準に関する研究開発の促進。国際標準の戦略的獲得。

(4) 推進方策

材料科学技術分野の各区分は、環境・エネルギー問題等を根本的に解決する可能性のある材料科学技術、及び、ナノ基盤材料のように、大きなブレークスルーを求めつつも技術的な実現から社会的に適用するまで時間のかかるものがある。これらに対し、中長期的に支援する体制を戦略的に整備する必要がある。

我が国を取り巻く世界情勢は、地球温暖化ガスの削減問題、エネルギー確保、あるいは地球規模の経済不況が続くなど、困難な状況下で、研究成果の社会・国民への速やかな還元が強く求められており、環境・エネルギー問題等、国民総意の課題に対して、今までに培ったナノテクノロジーの成果を活用して、実りある成果を社会に対して速やかに具体的に提示する必要がある。一方、イノベーションの根幹は、基礎・基盤研究にあることが多いことから、課題解決のターゲットに至る全体シナリオを提示して、その中の位置づけを明確にして進めることが求められる。その際、材料科学技術は、要素技術は分野横断的に相互に関係しており、融合性・学際性が重要であることから、細分化して別々のシナリオにはめ込むよりも、材料科学技術を重点にしたある程度大きな括りで進めることが相応しい場合が多々ある。

本調査結果によれば、区分毎に実現予想時期は異なり、短期に実現されそうなものの他に、社会的には2026年以降頃に実現すると予想されるものが多いことから、今後5年間の計画は、より長期の研究開発シナリオの中で具体的に位置づける必要がある。すなわち、必要な要素技術の組み合わせだけでなく、研究開発の時間軸に配慮した、課題毎のきめ細かい研究開発シナリオが必要である。

課題解決シナリオを実施に移すためには、大型施設を含め研究インフラストラクチャーの充実や効率化、連係研究開発システムの構築、あるいは人材の確保、人材育成の強化が不可欠である。特に、基礎的手法、原理的な分野でフロントランナーの地位を譲らないようにすることが重要である。国家的課題を解決する切り札として、材料科学技術を中心とした新しい融合科学技術分野を切り拓いて、経済発展の国際競争力を取り戻し、世界的なリーダーシップを発揮することが望まれる。

(岸本 直樹)

9.1.2. ナノ基盤材料

(1) 調査結果の概要と要約

区分「ナノ基盤材料」は、ナノ技術の基盤となる高機能・高性能材料を意味し、今回のアンケート調査(第2回)では、21個の「個別科学技術課題」(以下「課題」)が設定されている。これらの課題は、大別して、「材料」(特定の機能や性能を指定した材料)、「合成」(特定の基盤材料の合成・創成方法)、および「加工」(ナノ創出のため加工・制御技術)に分類される。

【材料】 課題 1「マクロ変形アクチュエータ材料」、課題 3「異種物質複合材料」、課題 7「室温有機強磁性体」、課題 8「耐環境性高電気伝導高分子材料」、課題 9「鉛フリー強誘電体」、課題 10「高転移点有機超伝導体」、課題 11「低誘電率絶縁材料」、課題 12「半導体ダイヤモンド」、課題 14「自己潤滑機能機械材料」、課題 17「負屈折率光学素子材料」、課題 21「大陸間送電用低抵抗材料」

【合成】 課題 6「完全タンパク質化学合成法」、課題 18「非可食植物起源高分子合成法」、課題 19「非石油起源燃料・バイオプラスチック量産技術」、課題 20「人工光合成技術」

【加工】 課題 2「自己組織化ナノ構造制御技術」、課題 4「3次元ナノ集積加工技術」、課題 5「ナノ型形成技術」、課題 13「表面改質・トライボロジー技術」、課題 15「超精密半導体プロセス技術」、課題 16「自己組織化ナノ製造技術」

これらの課題の実現予測時期に関するアンケート調査の結果は、もちろん回答者によるばらつきが否めないが、大局的には「実現予測年」(実現が予測される最も早い年; 予測時期五角形の最左端の年)および「実現予測幅」(実現予測年の振れ幅; 予測時期五角形の幅)に関して、比較的明確に次の3群に分かれるように見える。

『近く狭い(実現予測年が2020年付近で近く、実現予測幅が狭い)』

実現の端緒となる材料や技術がすでに見出されており、多くの回答者が比較的近い未来に課題が実現すると予測している。

『近く広い(実現予測年が2020年付近で近く、実現予測幅が広い)』

実現の端緒となる材料や技術がすでに見出されているが、課題の実現時期については回答者の意見が分かれている。

『遠く広い(実現予測年が2020年以降で遠く、実現予測幅が広い)』

実現の端緒となる材料や技術さえ見出されておらず、課題実現の可能性についても回答者の意見が分かされており、むしろ実現が困難と予想している

上記の項目に基づくと、本区分の課題は下の表 9.1-1 のように分類できる。

表 9.1-1 課題の分類結果

予測	近く狭い	近く広い	遠く広い
材料	[課題 1]アクチュエータ材料	[課題 12]半導体ダイヤモンド	[課題 7]室温有機強磁性体
	[課題 3]異種物質複合材料	[課題 14]自己潤滑機能機械材料	[課題 8]耐環境高伝導高分子材料
	[課題 9]鉛フリー強誘電体	[課題 17]負屈折率光学素子材料	[課題 10]高転移点有機超伝導体
	[課題 11]低誘電率絶縁材料		[課題 21]大陸間送電用低抵抗材料
合成	[課題 18]非可食植物系高分子合成	[課題 19]バイオプラスチック量産	[課題 6]完全タンパク質化学合成
			[課題 20]人工光合成
加工	[課題 2]自己組織化ナノ構造制御	[課題 16]自己組織化ナノ製造技術	
	[課題 4]3次元ナノ集積加工		
	[課題 5]ナノ型形成技術		
	[課題 13]表面改質・トライボロジー		
	[課題 15]超精密半導体プロセス		

(2)ここ数年の動向

ナノ材料(カーボンナノチューブ、フラーレンなど)自体の極めて高い特性を利用する研究とは別に、従来材料であってもナノスケールで組織を微細制御するナノテクノロジー(アロイ技術)が盛んに研究されている。例えば、熱可塑性樹脂同士をナノ分散させて、逆粘弾性(変形速度が小さい場合には脆性で大きい場合には延性)を示すポリマーが創出された。自動車のフェンダーなど、安全・安心部材としての実用化が期待されている。

また、宇宙エレベーター構想のように、カーボンナノチューブを直接構造材に使えるオーダーにまでスケールアップする検討も始まっている。数mオーダーでありながら、ナノレベルで均質構造が制御された繊維である。

また、環境・エネルギー問題への関心の高まりを反映し、エネルギーデバイス分野でカーボン材料が注目されており、フラーレン、カーボンナノチューブに加え、安価な既存材料であるグラフェン、多孔質炭素、カーボンアロイ触媒といったナノカーボン材料の研究開発も盛んになっている。

(3)現状におけるトピック、キーテクノロジー

インクジェットインクは従来、着色剤として染料が使用されてきた。しかし、耐久性を向上させるために、特にブラックインクではカーボンブラックの粒子をナノ分散させたインクが使用されている。ここでのキーテクノロジーは分散安定化技術である。粒子が小さくなれば比表面積が大きくなり、ファンデルワールス力による凝集が生じやすくなる。カーボンブラックの表面に酸性基を導入し静電反発力による分散安定化を実現した自己分散型インクが広く使用されている。

薄型テレビに用いられる液晶ディスプレイの高コントラスト化は、カラーフィルターの画素形成に用いられる有機顔料をナノ分散安定化することによって実現されている。

国産ジェット機に用いられる炭素繊維複合材料にもナノ粒子が用いられている。材料の湿熱環境での耐久性を向上させるために、マトリクス樹脂中にナノ粒子を含有させた材料が開発されている。この技術においても、ナノ粒子を樹脂中分散安定化する技術がキーとなっている。

ナノ基盤材料の実用化においては、ナノ基盤材料を作製する技術よりも、ナノ基盤材料をハンドリングする技術がより重要な役割を占めているといえる。フラーレン、カーボンナノチューブ、グラフェンといったナノテクを代表する材料についても、それらをハンドリングする技術が重要になるであろう。

ナノ基盤材料の使用に関する安全基準としては、2009年3月31日の厚生労働省通達「ナノマテリアルに対するばく露防止等のための予防的対応について」がある。この中で「ナノマテリアルの生体への健康影響については調査研究が進められているものの、未だ十分に解明されていないところであるが、予防的アプローチの考え方にに基づき、ナノマテリアルに対する暴露防止等の対策を講じることが重要である」との記述がある。ナノマテリアルは多種多様であり、実用化に向けては材料毎の生体への安全性、リサイクル法も含めた検討が、時間と経費をかけて慎重に進められると推定する。

前述のナノ材料を使用しないで、既存材料をナノスケールで組織を微細制御するナノテクノロジーから先に実用化が進むと推定する。

(4)今後の展望

平均 2~5nm の球状の微粒子が融合したクラスター構造を有しているエアロゲルは驚異的な断熱性を示し、宇宙探査に用いられている。エアロゲルの断熱性は、熱が伝わる方法である対流、伝導、放射の3方法のほとんどを遮断することにより実現している。低コスト化が実現すれば、一般的な断熱材としての使用が期待される。

ナノ材料は当初、トランジスターやフィールド・エミッション・ディスプレイなど、電子材料分野での実用化が期待されてきた。しかし、これらの分野では、既存のシリコンベースの技術の進展に追従することができていない。従来から、ナノスケールの微細加工技術が電子材料分野では用いられてきた。しばらくは、この所謂トップダウン型のナノテクノロジーが電子材料分野では主流であろう。

ナノ粒子、ナノファイバーなどを分散、凝集させて光学特性、熱特性、力学特性を向上させた材料が、今後も実用化されていくものと思われる。この場合、ナノ材料を作製する技術よりも、ナノ材料をハンドリングする技術が重要な役割を占めていくものと推定する。

電池の分野でもナノ材料の応用が検討されている。JST事業でヨウ化銀ナノ粒子を作製し、高温から低温まで、広い温度範囲で高いイオン導電性を実現している。今後、電池分野でも金属ナノ粒子の研究が進展すると思われるが、実用化にあたっては、ハンドリング技術とともに安全性の確保が重要になると予想される。

(澤本 光男、北野 彰彦)

9. 1. 3. 出口(デバイス・システム化及び応用技術)

(1) 社会基盤材料、マテリアルフロー分野

① 関連する科学技術のここ数年の動向

【課題の重要度】

社会基盤材料は人間社会の安全・安心を支える根幹の分野であり、本分野が及ぼす社会的影響、波及効果が大きいため、持続的な研究・開発を常に必要とする。また、それら使用量も多く、関連する分野が広範に亘ることから、地球上に広く分布する金属資源を用いた材料開発ならびに金属資源の循環的マテリアルフロー(元素循環)を確立し、持続的な人類の生存と社会の発展を支えることが求められる。本区分では、デバイスシステムおよび応用技術などの材料の出口に関して、広範な区分からの課題を調査した結果、本区分の31課題の中で、6課題が社会基盤・マテリアルフローに直接的に関連する課題である(課題24、28、29、30、33、46)。また、環境・エネルギー材料などの分野の中で、課題32、36、45は、希少金属、希土類元素、貴金属元素などのマテリアルフローが密接に関係する課題である。

本区分において、日本にとり重要な課題として、2課題があげられている(課題30、52)。課題30は原子力の有効利用に関するもので、CO₂削減に対する期待も大きい。これは、この分野の材料開発において、日本が先進的な立場にあることに起因していると考えられる。課題52は、環境調整機能を持った内外装材料に関するもので、日本のエネルギー問題、住宅問題が背景になって、日本独自の取り組みが期待されているものと思われる。

【課題の実現予測時期】

出口の区分に関する課題の実現予測時期は、ほぼ2016～2020年が多いが、35年にまで亘る課題として捉えられているものが他の区分の課題に比べてやや多い。特に、本区分に分類される課題49と課題29はともに原子力の実用化に関する課題であり、実現までは長期間を要するのは当然であるが、その実現による社会的な影響は極めて大きいことから、持続的な研究開発が求められる。

【課題の実現を牽引するセクター】

出口区分の社会基盤に関する課題として、課題49(核変換に関する課題)は公的研究機関にリードされるものと考えられている。原子力および核関連の研究課題は社会的な影響が甚大であり、国策として継続的な研究が求められる。民間企業に技術的実現を期待する課題として課題52の環境調整機能を持った内外装材料があるが、これは、実用的、経済的な観点から重視されることによるものと考えられる。社会的実現において、課題45および課題30は、それぞれ再生可能エネルギー変換貯蔵および高速増殖炉に関する課題であるが、複合セクターの連携が必要とされ、その社会的な重要性は極めて大きく、今後、国際的な協力の下に研究を推進する必要がある。

② 現状におけるトピック、キーテクノロジー

現代および近未来の社会にとって、環境・エネルギー問題、希少資源の有効活用とリサイクルなど、多くの課題を解決しなければならないが、出口区分の中でも本分野に関わるものとして、特に、原子力関連のトピックスがある。原子力発電は、CO₂を削減し、地球温暖化を抑える期待が大きい。核燃料もまた有限な地下資源であり、高速増殖炉および耐照射材料の開発(課題30)、さらに、使用済み核廃棄物の無害化技術(課題49)は、

人類の生存、社会の持続的な発展にとって重要な今後のキーテクノロジーであり、国際的に連携しながら、国全体での総合的な取り組みが必要である。

低炭素社会の実現は、我が国だけでなく、世界の懸案であり、太陽電池の普及のための技術革新はもちろん、省エネルギー、エコロジーの追求を図らなければならない。特に、省エネルギーは、社会全体で追求しなければならないが、そのための材料のイノベーションは不可欠である。我が国の材料科学、材料開発の技術レベルは世界最高の域にあり、特にセラミックスの分野では高強度・高靱性セラミックス材料の開発(課題24)をはじめ、社会基盤を支える材料の開発は現代社会を支えるキーテクノロジーであり、大学・公的研究機関・民間企業の連携が求められる。

③今後の展望

出口区分の本分野における今後の重要課題は、エネルギー・環境問題、資源問題を解決し、低炭素社会の実現のための基盤となる材料開発である。多くの地下資源は現状の使用量を継続すれば近い将来涸渇するのは明らかであり、希少資源のリサイクルおよび代替技術の開発が急がれる。また、耐照射損傷材料、高強度・高靱性セラミックス材料など、原子力エネルギーの有効利用やエネルギーの高効率利用を実現するための材料開発は、長期間の研究開発を要することから、国全体の施策として継続的に研究開発を推進する必要がある。

(後藤 孝)

(2)環境・エネルギー材料分野

①ナノ技術・材料研究の背景

21世紀に入り世界の経済も科学や技術も厳しい現実に直面しており、循環型で持続可能な発展を、文字通りグローバルに推進することが求められている。地球環境問題の最大の原因は、人間活動による資源・エネルギーの大量消費と廃棄による環境負荷の急激な増加であり、気候リスクのみならず、資源リスクにより、近い将来に人間社会の基盤となる地球生命圏を破壊するとの認識が全世界で共通化しつつある。さらに、昨年末に開催された COP15 では、この問題に対する環境と経済のバランスを取ることの難しさが再確認された。このような観点から、我が国は率先して、ナノ技術による最先端材料科学・技術(要素技術)を“ものづくり”に生かし、世界トップレベルの環境技術を創出し、グローバルに実践し普及させることが強く求められている。そのためには、環境効率を上げることを第一の条件に、ナノ技術による実用材料の更なる性能向上、新物質・材料の開発と用途展開のための要素技術の開発が極めて重要となる。

②ナノ技術・材料研究の重要性と実現時期

本区分の出口(デバイス・システム化及び応用技術)の課題は、ITなどの快適性の追求に関わる技術、バイオなどの生命に関わる技術、環境・エネルギーに関わる技術の3項目に分類される。上記の観点(背景)を反映して本区分の31件(全課題の37%)の課題のうち、環境・エネルギーに関わる課題は、15件(課題22、24、26、28、29、30、32、33、34、35、36、45、46、49、50)に及ぶ。これらの調査の分析結果の特徴として下記の点が挙げられる。

- 各課題の重要度は極めて高い。5件(課題24、29、30、32、49)を除く10件の課題は、世界・日本双方にとり重要との回答が多い。課題24は構造用セラミックス、課題29、30、49は原子力、課題32は燃料電池材料に関わる課題であり、これらは特に日本にとり重要との回答が多かった。
 - 環境効率と環境負荷の低減に関わる7件(課題22、26、28、32、36、45、50)の世界・日本双方または日本にとり重要との回答が実に90%を超えている。これらの背景にある研究開発者の考え方は、ナノ技術を活用することによって経済効率を上げる(競争力を上げる)にとどまらず、ナノ技術による希少金属代替のための技術革新などへの強い認識の現れである。これは、他区分の原子レベルでの材料創製に不可欠な計測技術が近年急速に進歩していることと関連がある。
- 技術的実現予測時期は、数値目標が明確に設定された課題22、24、29、30、34、35を除いて、概ね2020

年までの実現予測になっている。

▶ 最近の国際的金融バブルの倒壊は各国の経済基盤を脅かし、日本版グリーンニューディールの推進も検討されている。これらの技術革新への展開を促進し、環境技術という日本の強みをサステナブルな産業、社会、生活を生み出す方向へ展開するための革新的な要素技術(エコイノベーション)の創出が重要となる。エコイノベーションが期待される最大の原因は、2020年、2050年と中長期的な目標が世界的に設定される中、その目標が現在の技術の延長線上で達成されないという危機感にある。分析結果は、2020年の中期目標に対する研究開発者の意識の高さが現われている。

・ 技術的実現を牽引するセクターは、3件(課題26、28、32)を除いて、大学または公的研究機関が6割を占め、民間企業はその半分ほどと予測されている。

▶ 今世紀に入り、機能重視から環境重視・人間重視の技術革新・社会革新としてのエコイノベーションにより、優れた環境技術を活かして生産システム、社会的インフラ・国民生活をより良いものに変革する施策がスタートしている。また、これまでの製造業重視でサービスとの連携による発展志向型の構造が、農業や水産業の活性化(復活)が重視されるなどの産業構造そのものの根本的な改革が始まっている。すなわち、エコイノベーションが各産業分野に不可欠であり、大学または公的研究機関が先導することへの期待の表れである。

③今後の展望について

20世紀型の大量生産、大量消費、大量廃棄を伴う経済成長はもはや限界を迎えており、これは先進国、発展途上国の枠を越えて、共通の認識になりつつある。環境・資源・エネルギーが、今後の経済成長の大きな制約要因となる。石油から再生可能エネルギーへ、つまり燃やす文明から燃やさない文明への大転換が始まっている。一方では、20世紀末から始まったナノ技術を支える基盤技術の発展により、新しい現象や機能が次々と見つかっている。

今後は、古い価値観で高機能を追い求めるのではなく、新しい価値観、循環型で持続可能な発展に寄与する技術が最優先される。全ての材料技術に対し環境効率の概念が不可欠で、環境調和と経済成長が両立するために貢献できる技術が、これからの時代に求められる。80年代に進展したナノ技術にさらに磨きをかけて、今後は、我が国が得意とする要素技術、たとえばリチウムイオン電池、太陽電池、燃料電池、熱電材料、光触媒、断熱材、各種構造材、省エネルギー照明、低エネルギーIT機器、環境浄化材、希少資源代替技術、都市鉱山技術(リサイクルによる国際資源戦略)など、さまざまな環境・エネルギー材料へナノ技術を活用することが必要になる。

(鈴木 淳史)

(3) バイオ・医療分野

①ここ数年の動向

近年、研究グラントのアウトプットとして特許や試作品作製あるいは製品化などが要求されることが少なくない。本区分に於いては、我が国における物質、材料、ナノシステム、加工、計測などの基盤技術の実用化・応用化について広範な領域からの課題について調査した。その結果、「出口(デバイス・システム化および応用技術)」の31項目のうち10項目がバイオ・医療分野に属する課題である。

驚くことに、今回の全84課題の中で、「世界・日本双方に取り重要な課題」のトップ10のうち6課題が出口区分のバイオ・医療区分からの課題であった。高齢化社会を迎え社会や国民の医療分野への関心が大きいためか、あるいは、医療分野には大きなビジネスチャンスがあるとの期待からかも知れない。確かに、第3期科学技術基本計画の重点推進4課題の一つであり、多くの研究費も投じられているところである。しかしながら、人工血管、人工弁、ペースメーカー、ステント、ICD(埋め込み型除細動器)などの医療機器のほぼ全ては海外製品に頼っているのが現状であり、また、「課題の技術的実現を牽引する主なセクター」として最も力を発揮すべき産業界(企業)は、アンケートの結果、少ない値にとどまっているのが現状である。我が国の産業界が自ら基盤研究を

行う開発力や技術力を有していることは疑う余地もないが、それが効率的なアウトプットに結びついているとは評価できない。

②トピック・キーテクノロジー

近年、医療分野として急速に拡大した応用技術の一つは、薬物放出ステント(Drug Eluting Stent)であろう。ステントの適応後の再狭窄の防止を目的に、再狭窄抑止効果のある薬物を徐放するDESは、2004年に輸入承認され国内販売が始まった。同年のDESの市場は約160億円で、翌年には約600億円にまで達した。近年の、ステントの全市場が900億円程度であることから、DESのシェアは75%にもものぼる。残念なことに、全て輸入製品である。一方、2006年米国心臓学会で、遅発性ステント血栓症(LST;Late Stent Thrombosis)の発症率がDES適応例で優位に高いことが示され、現在も、その有効性と安全性が議論されていることもあり、そのシェアに動きが出始めている。LSTのメカニズムは未だ解明されていないが、その解決を目指した次世代DESの研究が急速に進んでいる。

また、我が国で創出されたiPS細胞は世界中の注目を集め、さまざまな領域への応用研究が精力的に行われている。我が国においても多くの研究費が投じられているところであるが、この素晴らしい研究成果を早期に実用化に結びつけるために、産業界および政府の積極的な関与が期待される

③今後の展望

今回の調査結果を見ると、我が国のバイオ・医療の分野での科学技術が、世界に先駆けて実用化されて、医療経済にも大きな影響を与え、国民の安心・安全な豊かな生活につながるかは疑問である。米国では大きなビジネスチャンスとなっている医療分野も、我が国ではリスクが高いだけの領域と言うことであろうか。従来から実用化へのバリアーとしてレギュレーションや政策などが議論されてきたが、今回の調査で、「課題の社会的実現を牽引する主なセクター」として政府を選択した人は10%にも満たない。社会的実現を大学が牽引すると信じられている限り、これまでの状況は変わらない。2008年より始まった先端医療開発特区(スーパー特区)の思想はこれを打破できる大きな可能性があり、今後、バイオ・医療の分野での世界的レースに打ち勝つためのプラットフォームとなることが強く期待される。

(山岡 哲二)

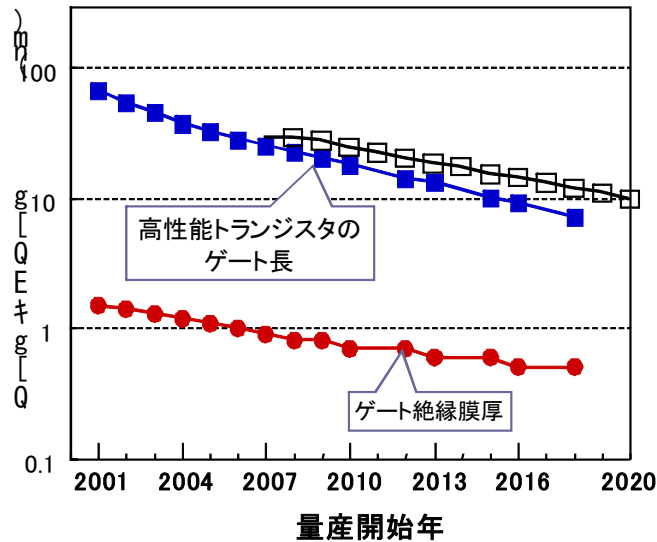
(4)ナノ情報通信材料およびエレクトロニクス材料

①動向およびトピック

シリコン LSI の微細化は、今でも情報通信機器の高性能化や低消費電力化、さらには低コスト化を実現する主要技術である。図9.1-1は、国際半導体技術ロードマップに描かれている微細化のトレンドである。現状では、32nm代のLSIが量産に移行しつつある。研究開発は、20nm代に主力が移り、10nmレベルも対象に上っている。しかし、微細化の速度を維持し続けることは、次第に困難になり、今後は減速が予測されている。図9.1-1でも、2005年に発表されたロードマップに比べ、2008年度版では、微細化が鈍化している。

加工寸法が100nm以下のナノテクノロジーの領域に入るにつれ、微細加工が困難になると同時に、LSIの構成材料の限界も見え始めた。同時に、様々な本質的な要因に基づく特性バラツキが顕在化し、微細化のメリットが出にくくなっている。これらの要因により、LSIの消費電力が微細化しても低減できないことが、大きな課題である。

図 9.1-1 LSI を構成する高性能トランジスタの微細化トレンド



※国際半導体技術ロードマップ(ITRS)に基づく。四角(■と□)はトランジスタのゲート長、●はゲート絶縁膜の厚さを表す。塗りつぶした記号(■と●)は ITRS の 2005 年版に、□は 2008 年版に基づく。

このような問題を解決するために、表 9.1-1 のように、シリコン LSI に種々の新材料の導入が進んでいる。これまで、LSI を構成するトランジスタのほとんどの部分は、シリコンまたはシリコン化合物で構成されてきた。これによって、異種材料を組み合わせることに起因する問題に煩わされることなく、微細なトランジスタを高密度に集積して、高い信頼性の下で LSI を動作させることができた。しかし、微細化の進展により、トランジスタのサイズよりも構成材料の物性で特性が決まるようになってきている。例えば、従来は微細化と共にトランジスタの電流駆動力が増加してきたが、もはや微細化してもトランジスタのキャリア速度は上昇しなくなっている。これへの対処として、Si のキャリア速度を向上させるために、トランジスタのチャネル部分の Si に機械的な歪みを加える手法が、普及している。図 9.1-1 で、微細化が後ろ倒しされた理由の一つとしては、ひずみの利用により、微細化しなくても、特性向上が達成できたことがあげられる。ひずみの印加は、様々な手法で行うことができるが、正孔の移動度向上に有効な、チャネルに圧縮応力を加えるための最も直接的な手法は、ソース・ドレイン領域に、Si よりも原子半径の大きな Ge あるいは SiGe を選択的に形成する方法である。今後は、シリコンよりも電子あるいは正孔速度の大きな半導体の利用が検討されているが、基礎的な要素技術の研究段階であり、学会レベルでは有望な結果が次々と報告されているものの、技術の可能性を見極めるには、まだ、しばらく時間を要する。

表 9.1-1 シリコントランジスタに導入が図られている新材料

	従来	新材料
チャネル材料	シリコン	ひずみ Si、高移動度材料 (SiGe、Ge、InGaAs など III-V 族化合物)
ゲート絶縁膜	酸化(窒化)シリコン	高誘電率(High-k)絶縁材料 (HfSiO ₄ 、HfAlO ₃ 、LaAlO ₃)
ゲート電極	多結晶シリコン	メタル(金属、シリサイド)
ソース/ドレイン	シリコン	Ge、SiGe、SiC、金属シリサイド

図 9.1-1 に示したように、トランジスタの構造の中で最も微細な寸法を要求される部分が、ゲート絶縁膜の厚さである。従来の SiO₂ あるいは窒化 Si 膜では、1nm レベルに薄膜化すると、量子力学的なトンネル電流が過大に流れてしまう。これを解決するために、誘電率の高い Hf 酸化物などの、いわゆる High-k 絶縁膜を使って、物理的な膜厚を保ったままゲート構造の静電容量を向上させる技術が、2000 年頃から活発な研究対象となってきた。

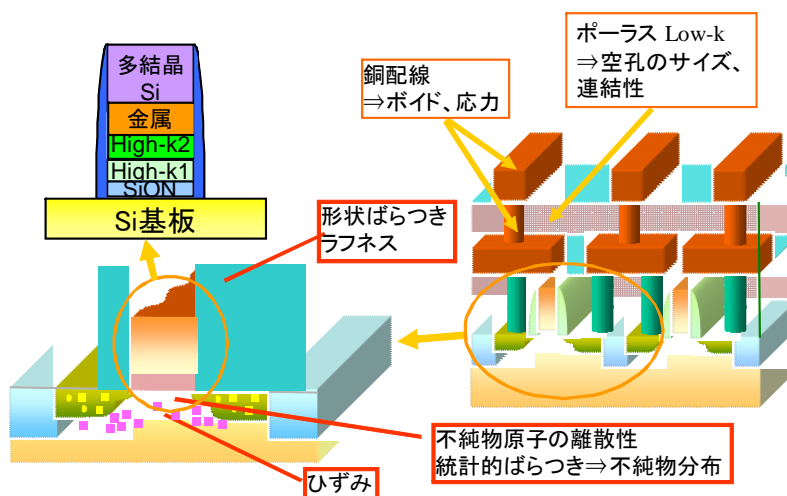
しかし、新材料の導入には様々な課題が出現し、これまでのトランジスタ構造や作製プロセスをそのままにして、ゲート絶縁膜をHigh-k絶縁膜に置き換えることには成功していない。High-k絶縁膜と、多結晶Siに代えて金属をゲート電極に用いる技術を組み合わせる構造が、ようやく実用技術としての出番を迎えているところである。

以上のようなLSIの性能改善の他、電子機器の使用目的が多様化し、要求性能が高度化するのに対応して、様々な材料が採用を迎えている。例えば、微細化に代わる発展軸として、3次元集積が注目を集めているが、複数枚のチップを貼り合わせ、ウェーハを貫通するビア電極(Through Si Via: TSV)で高密度の相互接続を行うために、新しい材料やプロセス技術を必要とする。このような技術は、MEMSやセンサとシリコンLSIを集積する手法としても、期待が高い。また、パワーデバイス用に、シリコンの材料限界を超えて、高耐圧、高動作温度を実現する半導体材料として、SiCへの期待が高く、近い将来の実用化に向けて、活発な研究開発が進行している。GaNも、有力な候補材料である。

②今後の展望

上記のように、微細化を進めると同時に、LSIを構成する各要素部分に最適の材料を導入することと、LSIに加速度センサや化学センサなどの他機能を集積することが、今後の主要な方向性である。しかし、多種の材料を用いて、数10nmレベルの微細素子を高密度に集積し、特性ばらつきを一定値以内に留めて大規模な回路を構成して、信頼性を確保することは、難度の高い課題である(図9.1-2)。エレクトロニクス機器の利用目的も多様化しており、それぞれの目的に即して、最適の材料と構造および作製プロセスを選択し、特性バラツキを抑制する技術が、キーテクノロジーとなる。エレクトロニクス機器の需要が増大する中で、低消費電力化や環境負荷低減の実現が重要な課題である。

図 9.1-2 LSIの材料的な課題と関連する計測技術



このためには、まず、材料プロセスの制御精度をナノ・原子レベルに向上させること、特に、異種材料の界面を原子レベルで制御する技術が重要である。このとき、自己組織的な構造形成を活用できるかどうか、バラツキ低減にとっても鍵となる。これらの技術には、期待が高く、今回の調査でも課題2(「自己組織化による10nm以下の産業用ナノ構造制御技術」)や課題3(「ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料」)に対して2016-2020年の比較的早い時期に技術的に実現するとの結果が出ていることと一致する。単独の要素技術は、予測通りに立ち上がる可能性が高いが、実用に供されるようになるには、階層の異なる他の技術と総合化して、完成度の高い技術に仕上げるのが重要である。例えば、LSIの配線層を構成する層間絶縁膜に、SiO₂よりも誘電率が低い低誘電率(Low-k)を導入することは、配線間の静電容量を下げ、LSIの低消費電力化に有効である。しかし、比誘電率2.5以下の材料は、必然的にポーラス材料となり、最終的な目標は、誘電率1.5(課題11「誘電率1.5以下の超LSIのための実用絶縁材料」)程度になる。このような材料自体は、空孔をシリカなどの中に自己組織的に導入することで形成可能であるが、そのような空孔率の高い材料は、機

械的強度や化学的安定性が脆弱で、層間絶縁膜として使いこなすには、周辺材料や配線構造の作製プロセスを含む、広範な技術開発が必要である。

上述の High-k 絶縁膜の研究開発の過程では、High-k 絶縁膜の界面で膜の組成に依存した電位のずれが発生し、トランジスタのしきい値電圧が制御できなくなるという、予想されていなかった問題が発生した。この機構はまだ完全には解明されていないが、材料と電気的特性の相関についての知見の蓄積により、High-k 絶縁膜の組成制御と金属ゲートの導入をセットで設計することで、しきい値電圧制御を実現するとの解決が図られている。この時、CMOS(相補型 MOS)を構成するのに必要な、n 型と p 型の両方のトランジスタについて、しきい値電圧を適切な値に制御するために、ゲート電極/ゲート絶縁膜の構造は、図 9.1-2 のような多層構造をとる必要がある。図 9.1-2 では、一例として 2 層構造の High-k 膜を使って、2 つのしきい値を実現する場合を示してある。この多層膜の膜厚はいずれもナノメートルレベルで、通常のトランジスタ作製プロセスでは、不純物のイオン注入後の活性化に必要な高温プロセスを経るので、組成分布や電気的特性を正確に制御するのは困難な課題である。

このような課題を解決するには、微細な素子構造の形状や組成分布、および局所的な物性を、高精度・高空間分解能で的確に計測できる技術が必要である(課題 57「原子識別イメージングが可能な収差補正・超高分解能電子顕微鏡(分解能 0.05nm)」、課題 58「0.1 ナノメートルの空間分解能で、金属または酸化物ナノクラスター、金属-酸化物の境界面、ソフトマテリアルなどの化学状態、定量分析、イメージングが同時に取得できる汎用計測技術」)。同時に、予測能力のあるシミュレーション技術の活用が重要となる(課題 66「4元系までの実用上重要なすべての物質の熱力学値や基盤的物性値を高品位かつ網羅的に獲得するための理論計算技術と、それを検証する実験技術との融合」、課題 67「第一原理計算に基づいたシミュレーションを材料設計、プロセス設計、材料評価に応用する技術」)。この時、例えば第一原理シミュレーションのような単一の手法では扱える対象が限られるので、階層の異なるシミュレーション手法を統合して、原子レベルから実際の素子レベルまでを統一的に扱える、マルチスケールのシミュレーション技術(課題 71「電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術」)が待たれる。また、経験的あるいは非経験的な手法に限らず、シミュレーション技術は実測の裏付けがあり、予測精度が把握できていることが重要である。これをできるだけ効率的に行うために、インフォマティクスの手法への期待が高い(課題 69「計算と実験に基づいた情報獲得、整理(データベース化)を材料設計に応用する技術(マテリアルズ・インフォマティクス)」)。

また、いずれは到来すると予想される CMOS の微細化限界を乗り越えるために、「beyond CMOS」と称される新原理の情報処理デバイスの研究が、特に米国を中心に組織的に行われている。電子の電荷に基づく CMOS 動作を代替するために、電子のスピンを用いた情報処理や情報伝達などが研究の対象であるが、ここでも、当然ながら、新材料開発の比重が大きい。ナノ材料に特有の物性を利用して新動作原理の実現を目指すことが主要な方向性になる。しかし、CMOS も新材料、特にナノレベルで制御した材料の導入で、継続して技術的進展が図られており、これを代替して格段の性能向上や低消費電力化に結びつく新原理デバイスが登場するかどうかは、今後の研究を待つところが大きい。

(金山 敏彦)

9.1.4. ナノ計測・分析技術

(1) 区分の概要

ナノ計測・分析技術は、ナノ材料の加工、創成、制御、評価、あるいは出口であるナノデバイス・システムの構築やナノ・バイオ診断など、全てのナノテクノロジー分野において設計指針を与える必要不可欠な共通基盤技術である。ここ数年のナノ計測・分析技術は様々なブレークスルーにより空間分解能、エネルギー分解能、時間分解能などに飛躍的な向上が得られた。また、従来は困難だと思われた計測手法でもその場観察が実現されつつある。しかし、ナノスケールで制御された材料がもつ特異な物性がサイズや構造とどのような相関をもつか

については未だに不明な点が多い。従って、今後のナノ計測・分析技術としては、1)既存の分析・計測技術をさらに高度化しつつ、2)これらを複合化することでナノ材料を総合的に識別、同定、分析できる技術の開発に加え、3)これまでにない新たな計測・分析の理論や高速・高精度解析技術の開発が求められる。そして、こうした課題を乗り越え、ナノ計測・分析技術をリードするためには、長期的な観点からの人材育成が早急に求められる。

(2) 区分及び技術の変遷

計測機器のデジタル化や低ノイズ検出、収差補正、量子ビーム(高品位の放射光、レーザー、中性子、電子線等の放射線の総称)の高度化など数々のブレークスルーにより計測・分析手法にめざましい進展があった。電子分光(光電子分光、X線吸収分光)では光源のナノ化・高度化により空間分解能、エネルギー分解能ともに測定原理の限界値に近づいている。一方、透過型電子顕微鏡(TEM)では空間分解能がすでに0.5Åのレベルにまで到達しており、電子線損失エネルギー分光(EELS)を組み合わせることで、局所領域の電子状態を原子分解能で解析できるようになっている。また、その場(in-situ)条件での測定も汎用的になりつつある。プローブ顕微鏡(SPM)では、周波数変調型原子間力顕微鏡(FM-AFM)が急速に発展し、これまで到底不可能と思われていた溶液中での精密測定が可能になった。ナノ材料が機能するその場、すなわち、ダイナミクスを明らかにできる超高速分光法ではパルスレーザーや検出系が大きく向上し、大気中や反応中でのその場観察が可能な時間分解VSFG法(ピコ秒温度ジャンプ法)の開発に結びついた。

このように近年のナノ計測・分析技術は、空間分解能、エネルギー分解能、時間分解能の高度化に加え、その場計測といった総合的な分析技術として研究が進められており、今後も物理や化学、生命科学分野を支える基幹技術として役割を果たして行くことが予測される。また計測の観る機能(プローブ)や分析・加工の創る機能としての量子ビームの利用は、原子炉・加速器・レーザー等の光源、ビーム輸送・検出技術の発展により驚くべき進化をとげつつある。

(3) 現状におけるトピックス、キーテクノロジー

透過型電子顕微鏡(TEM)は、球面収差補正法、高角度暗視野走査型透過電子顕微鏡法(HAADF-STEM)、高エネルギー分解能EELSやエネルギーフィルター法などにより、空間分解能が飛躍的に向上し、今後も高分解能材料分析法として基幹的役割を果たして行くものと思われる。新たな動向としては、大気圧のガス雰囲気下の高温などでの原子レベルの観察可能なその場観察技術、パルスレーザーを用いたダイナミックTEM、電子構造のマッピング、3D観察など、次代に向けた装置開発競争が世界中で熾烈化している。

プローブ顕微鏡(SPM)による高空間分解能計測では、走査トンネル顕微鏡(STM)／走査トンネルスペクトル(STS)により単一原子・分子の電子分光・振動分光により分子反応素過程の直接可視化、分子と金属ナノワイヤとの接続界面の電子状態解析などの研究が盛んに行われている。一方、原子間力顕微鏡(AFM)では、ダイナミックモードAFMによる非接触高分解能測定はSTMと同等の空間分解能で静電気力による高分解能電気計測が汎用的に計測できるようになった。また、カンチレバーの共鳴振動数の変化を計測量として、探針-試料間に働くピコニュートンオーダーの力を定量的に計測する周波数変調型原子間力顕微鏡(FM-AFM)が急速に発展し、溶液中でも非接触原子分解能観察精密測定が可能になり、化学や生命科学分野への応用が期待される。さらに、高分解能計測には至っていないがX線や可視光などの光とカンチレバーとの相互作用、または化学修飾カンチレバーにより、表面物性(磁性、摩擦、局所電子状態、化学状態、元素種)を分析する研究も活発に展開されつつある。

放射光を用いた電子分光(光電子分光、X線吸収分光)に関しては高分解能化(エネルギー、波数)はすでに原理的な測定限界に近づきつつある。ここ数年の動向としては、1)空間分解能、2)時間分解能などに関連する分光技術開発が行われている。1)についてはナノ量子ビームによる「電子状態の空間分布観測」、2)については放射光のパルス光による「動的な(時間分解)観測」が上げられる。また、空間分布のデータ数値処理による「埋もれた界面の計測技術」が挙げられる。

フェムト秒からナノ秒の実時間でナノメートル領域を測定する超高速分光法技術では、単分子層(厚さ:サブ

ナノメートル)以下の検出感度を持つ表面分光手段や各種顕微鏡手段と超短パルスレーザーを組み合わせた計測装置の研究が急進している。近年、ピコ秒、フェムト秒レーザーを用いた時間分解 VSGF 法は、現在唯一、大気中や反応中でのその場観察 (in situ) が可能な超高速時間分解表面分光法であり、今後、有機デバイスや有機太陽電池の動作、あるいは生体物質の機能の解明などに重要な役割を果たすことが期待される。

軽元素(特に水素)や磁性に高い検出能力を有する中性子ビームを用いた計測・分析技術は、これまでの原子炉中性子(時間的に定常ビーム)に加えて、大強度陽子加速器 J-PARC を用いた世界最強のパルス中性子を発生する施設の完成(2008年12月)によりさらに高度な発展をとげている。また、J-PARC では中性子のみならず世界最強のミュオンビーム施設も併設されており、局所的な磁性プローブや超低速ミュオンによる表面物性計測手法として期待されている。

(4) 今後の展望等

高分解能計測、その場計測、複合・統合計測、量子ビーム応用

電子顕微鏡法では、さらなる収差補正技術の開発に加え、その場測定やソフトな材料(を原子分解能で観察する技術、原子分解能で3次元観察する技術、原子結合を直接観察する技術)に今後10年で大きな進展が期待される(課題番号:57,59)。しかし、近年、“装置あれど、人おらず”が現状であり、抜本的で長期的な人材育成策がない限り、日本のお家芸とも言える電子顕微鏡技術は衰退の一步を辿ることが予測される。

走査プローブ顕微鏡では、急速な進歩をとげつつあるFM-AFMの能力をさらに活かす方策として、高い力検出感度を利用して微弱な静電気力や磁気力を精密計測し、凝縮相内の電荷分布や電流分布を遠隔計測する研究が期待される。また、溶液中での非接触原子分解能観察が可能になり、原子レベルでの in vivo 生体分子計測の実現も期待できる(課題番号 58,59)。また、X線や可視光などの光とカンチレバーとの相互作用、または化学修飾カンチレバーにより組成や化学状態を分析する分野ではさらなる空間分解能やエネルギー分解能の向上が期待され、今後、電子顕微鏡法とともに高分解能計測を支える基幹技術になることが予測される。

放射光を用いた電子分光(光電子分光)に関しては、上述の研究1)~3)をさらに高度化するために、X線自由電子レーザーをはじめとする量子ビームのナノ化技術が挙げられる。X線吸収分光については、時間+空間の4次元の計測がすでに実現されている。今後は、X線吸収分光(XAFS)と光電子顕微鏡(PEEM)とを組み合わせることで同時に元素分析も可能な5次元 X線吸収分光の開発が期待される(課題番号:64,65)。次に、近年の測定装置の発展に伴って、取得される膨大な計測データを高速・高精度で解析できるインフォマティクス技術の早急な開発が望まれる。

世界最強のパルス中性子ビームの出現(J-PARC)により、これまでの限界を超える分解能の達成に伴い新しい計測手法が開発されている。粉末構造解析では $\Delta d/d=0.035\%$ の世界最高分解能を、非弾性散乱実験でも neV オーダーのエネルギー分解能を達成しているほか、エネルギー選択型イメージング手法が利用できるようになってきた。これらは、燃料電池、リチウム電池、水素貯蔵材料等(課題番号 32, 35, 60)内部の水(プロトン)、リチウムイオンなどの軽元素の挙動把握、超伝導、強誘電・磁性(マルチフェロイックス)等(課題番号 7, 9, 11, 61)の機構解明と新物質開発、さらにはソフトマター、高分子等(課題番号 63)の機能解明に重要な役割を果たすことが期待される。さらに中性子の高い透過性を利用した金属材料内部(橋梁、建物)の残留応力測定等による非破壊による材料健全性・余寿命予測などの応用が期待されている(課題番号 55)。

今回の調査では取り上げなかったが、放射光、中性子に加えて、物質科学の新たな研究手法として超低速ミュオンを用いた超低速ミュオンスピン回転緩和法が挙げられる。既に J-PARC では世界最強のミュオンビームが得られており、技術的な開発が進んでいる。この超低速ミュオンは、電場で再加速することにより、打ち込む深さをナノメータスケールの高空間分解能で変えることが可能であり、表面から物質内部への電子状態の移り変わりを連続的に調べることができるので、研究手法の少ない表面近傍の水素研究、触媒反応や電池等の計測・分析プローブとして今後の発展が期待される。

超高速時間分解表面分光法については、時間分解 VSGF 法の可視領域の光を通常の光学顕微鏡や近接場顕微鏡を利用して、時間分解能を保ったまま挙動を観察する研究が今後期待される。また、測定対象もこれまでのような取り扱いが容易な均一系の金属、半導体からより難しい不均一系の有機結晶、酸化物、化合物へシ

フトする必要がある。

ナノ計測基礎技術への人材育成の重要性

ナノ計測・分析技術に関しては、慢性的な人材不足とともに装置の精密化・大型化により、大学の研究室レベルでは新しい計測理論や手法の開発が難しい状況に陥っている。人材不足の原因には、教育・研究体制、社会政策など様々なものがある。教育体制については、大学院博士課程から企業へとつなぐ明確なキャリア教育の不足が挙げられる。研究体制についても、プロジェクト型の研究が先行し、数十年単位の長期スパンを必要とする基礎研究が欧米に比べ採択されにくい現状が上げられる。また、プロジェクト型の研究では似たような分野の研究者が集まりやすく、異質な分野の研究者同士が対等な立場で行える共同研究の推進や、異質な分野を理解したり、融合したりできる人材の育成が難しい問題もある。

教育・研究体制および社会政策がともに手を組んで、早急に解決しなければならない課題の一つに、高度な知識をもつ Instrumental scientist の養成、および彼等の適切な評価体制の構築がある。多くの欧米の大学・研究機関では、Instrumental scientist が豊富でいわゆる Scientist との連携により、強力な研究開発体制が整っている。日本では、Scientist が必要に迫られて装置開発を個々で行っているケースが大半であり、また、装置開発等に関して正当な評価が与えられていないのが現状である。今後、Instrumental scientist と Scientist からなる研究体制を構築し、かつ大学や研究機関のみならず企業への明確なキャリアパスを提案できる Instrumental Scientist の育成システムを早急に構築しないと、日本のナノ計測・分析技術は制度疲労のため急速に衰退してゆくものと思われる。

(5) 重要度・優先度の低い課題(計測・分析手法)に対するコメント

○課題 62「大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性子源(加速器)ならびに実験施設 10m×10m)」

現在では放射光やレーザーに比べて中性子利用の馴染みが薄く、その人口が圧倒的に少ないためこのような判断となっていると思われる。しかし、実験室系のX線源から放射光、各種の家電製品にまで組み込まれるようになったレーザー、さらにはラジアルタイヤ生産現場での電子線照射装置などの発展の歴史により、現在原子炉や大型加速器を線源としている中性子利用についても小型化により利用は格段に広まることは容易に想像できる。製鉄現場での鉄鋼材料の連続的製品評価、製造過程での電線ケーブルの残留応力評価、携帯型線源による橋梁・建物の内部構造非破壊検査による健全性評価などが可能になる。

○課題 56「超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa 以上)など極限環境での、触媒、金属、溶融塩などその場電子顕微鏡観察技術」

近年、走査型や透過型電子顕微鏡ではその場測定技術が向上され、高温でかつ大気圧に近い圧力で反応ガスを導入しながらの観測が可能になっているため、このような判断になっていると推測する。しかし、大気圧程度では触媒や課題番号 28 のように高圧反応条件で機能する材料の真の姿を捉えることは難しい。そのため、より高圧の環境でも観測ができる光源や検出器、排気機構などのさらなる向上が望まれる。また、この課題で得られるその場測定・制御技術は電子顕微鏡のみならず、光電子分光法のように超高真空を必要とする様々な表面分析法にも応用できる。

○課題 60「燃料電池高分子膜内水/プロトン移動を空間分解能 1 μm でイメージングするための中性子マイクロビーム生成・検出技術」

現在世界中で開発中の燃料電池車(FCV)のキーとなる技術が高性能高分子膜の開発であり、そのためには各種運転条件下での膜内水分分布とプロトン輸送現象の解明が必要とされており、各国が競って画期的な評価技術を開発しているのが現状である。従って、その分野の専門家にとっては必須の計測手法と考えられていると思われる。問題設定が狭い範囲の専門家向けであったためかも知れない。

○課題 63「ソフトマターやヘテロ構造(磁気ドメイン)のスローダイナミクス観測のための超高分解能中性子散乱技術」

同課題は同時に「世界にとり重要な課題」としても挙げられており、回答者が2極化していて、より専門家から

は必要な手法とみなされていると思われる。

(田 旺帝・藤井保彦)

9. 1. 5. モデリング・シミュレーション

(1) 区分の概要

今回の調査の結果、材料・ナノテクノロジー研究開発において、モデリングとシミュレーションが実験と理論に並ぶ第3の柱として、世界・日本双方にとって重要と考える回答者が全体の7割強を占めた。その中で第一原理計算に基づいたモデリング・シミュレーションや、電子スケールから原子、分子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材まで空間的、時間的に階層的なマルチフィジックス材料シミュレーション技術が注目されている。さらに、これら計算科学手法で得られた物性情報と、実験的に得られた様々な基盤的物性値を組み合わせでデータベース化し、材料設計に応用するマテリアルズ・インフォマティクス技術への展開が重要とする回答が多い。そして技術的ならびに社会的実現を牽引するセクターとして『大学』を選択した回答者が本 No.9 分科会のなかで突出して多いことも特徴的である。基礎学術の推進と応用技術の展開を両輪とした積極的な展開が期待されている。

(2) 最近数年の動向

基礎となる学術の進歩と相俟って、スーパーコンピュータをはじめとするハードウェアの性能向上と並列計算等の技術革新の結果、これまで不可能と考えられていた大規模計算が実行できるようになってきた。そして具体的な材料・ナノテクノロジーの研究開発に於いて、モデリング・シミュレーションをイノベーションに活かそうという機運が高まりつつある。さらに国家プロジェクトとしての次世代スーパーコンピュータの建設と、それに向けての学域の壁を越えたオールジャパンでの研究者の結集は刮目に値する。

(3) 現状におけるトピックス、キーテクノロジー

計算による材料設計のための基礎学術の探求と応用技術 (課題 69、70、73)

多数の高精度第一原理計算を系統的に実行し、その結果を統計熱力学にしたがって処理することで、温度など与えられた環境についてのシミュレーションが可能となり、物質設計のみならず、合成や熱処理条件などのプロセス設計を第一原理計算をもとに行うことが可能になりつつある。また界面や表面、格子欠陥のような特異点における精確なシミュレーションも現実のものになりつつある。

高精度かつ高速電子状態計算のための基礎学術の探求と計算技術の開発 (課題 66、68)

電子相関の高精度かつ高速な計算のための基礎理論の構築と計算技術の開発が、分子科学と物性物理の両分野において精力的に進められ大きな進歩が得られつつある。これによって、超伝導や磁性、励起電子物性など、強い電子相関が重要となる系についての高精度計算が可能になりつつある。

マルチスケール・マルチフィジックス材料シミュレーションのための理論構築と計算技術開発 (課題 70、71、72)

量子力学が支配する電子スケールから、原子、分子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材スケールまで空間的、時間的に階層的で複数の現象が相互に影響しあう巨大系を対象とした統合的なシミュレーションを可能とする理論の構築と、計算技法の開発が精力的に進められている。

高度物性計測と理論計算の融合展開のための基礎学術の探求と計算技術の開発 (課題 69)

新規高分解能電子顕微鏡や大型放射光、大強度陽子加速器など高度な物性計測技術が近年大きく進展し、それと平行して解析評価のための基礎学術の探求と計算技術開発が大きく進展している。

戦略的分野への計算科学手法の貢献（課題 67、72）

蓄電池や燃料電池、太陽電池、熱電変換素子などのエネルギー変換材料、資源戦略や地球環境問題に関わる代替元素探索など、国家プロジェクトとして強く推進することが求められている戦略的分野において、第一原理計算をはじめとした計算科学が、実験的研究と連携して大きな成果を上げ始めている。

(4) 今後の展望

急務としての人材育成

今回の調査の回答者のうちの多くが、モデリング・シミュレーション分野において次世代人材育成に重点的に取り組むべきであると回答した。これは、No.9 分科会の区分別で突出して高い数字である。我が国が今後とも材料立国の地位を確保し、ナノテクノロジー・材料分野での持続的発展を続けるためには、その基盤となる理論的基礎教育の充実と、理論の定式化やプログラム作成能力を有する人材育成が欠かせない。とくに、この分野は欧州が人材豊富であるが、最近では中国、韓国といったアジア諸国が熱心に取り組んでおり、我が国が人材養成を加速させることは、将来の競争力維持のために極めて重要な課題である。

計算材料科学の基礎学術の推進と国際的リーダーシップ

計算技術の開発や高度化の前提となるのは、その根幹となる理論や基礎学術の深化である。課題解決を意識しすぎるあまりに、根幹をおろそかにしては、モデリング・シミュレーションが真のイノベーション創出に繋がることはない。本調査では、モデリング・シミュレーション分野が世界・日本双方にとって重要とする回答が多く、我が国がリーダーシップを発揮し世界と連携して基礎科学を精力的に推進していくことが重要である。

高性能ハードウェアとソフトウェアによる計算技術の継続的な推進

近年、並列環境の高度化が急速に進んでおり、計算に用いられるコア数の桁レベルでの増加と、それに合わせた超並列計算アルゴリズムの開発により、今後、大規模計算の新しい地平が拓かれると予想される。しかし、我が国の計算資源は、国際的ランキングとして低下の一途を辿り、欧米はおろか、アジアでも優位性を失いつつある。高性能ハードウェアや国産ソフトウェア構築推進など、継続的な重点投資が不可欠である。

計算と実験を融合させた物質情報のデータベース化とマテリアルズ・インフォマティクス技術

第一原理計算の精度向上と、物質・材料における機能と構造の相関を解析する技術進歩により、巨大な物質情報をデータベースとして獲得できるようになってきた。これを、既存の実験によるデータベースと統合整理し、様々な情報科学手法を活用して多元組成と複雑構造を持つ新しい物質・材料の設計を行うことが可能になると期待できる。これはバイオ技術においてゲノム解析に基づいた巨大データを創薬や医療に活用するのと同様であり、このようなマテリアルズ・インフォマティクス分野が今後大きく成長することが期待される。

(田中 功)

9. 1. 6. 社会システム・その他

(1) 区分の概要

本区分「社会システム・その他」の位置付けを明確にすることは、本領域の概要を把握する上で重要である。すなわち、本領域「社会システム・その他」では、ナノテクノロジーの社会への受容性を高めるための社会的仕組みを支える技術あるいは施策に関する課題を対象としており、ナノテクノロジーの直接的な研究開発には該当しない。また、本領域の課題は No.9 分科会の全課題の 13%を占めており、その課題の内容は、以下の3種類に

分類される。

- ナノ・バイオの分析技術汎用化(3 課題)
- ナノ・バイオの安心・安全性評価技術(6 課題)
- ナノ・バイオの安全性評価基準(2 課題)

(2) 調査結果の分析

本調査結果の特徴として、本領域の課題の重要度が全体的に高位にランクされており、重要度に関する認識は高い点が挙げられる。すなわち、ナノテクノロジーが一般にも認知され、その全貌と実現可能性が見えてくることにより、技術的実現あるいは社会的実現のためには分析技術汎用化、安心・安全性評価技術、安全性評価基準が重要であるとの認識が高まってきたと考えられる。これは、本領域での課題 74「ナノ材料の生理学的安全性を社会的に認知される、評価・推測技術」に関する回答割合が高いことから容易に推測することが出来る。

また、本領域の課題の技術的実現予測時期については、他の領域に先行する形で 2016-2020 年に期待されている。同様に、社会的実現予測時期も他の領域に先行しており、2016-2025 年に期待されている。これは、分析技術汎用化、安心・安全性評価技術、安全性評価基準が先行しなければ、ナノテクノロジーの社会への普及に際して大きな障害になるとの考えによるためと考えられる。技術的実現から社会的実現予測時期までの期間は、他の領域と比較しても 6.8 年と短い。これは安心・安全性評価技術、安全性評価基準の開発期間が技術的なイノベーションに依存するのではなく、社会の必要度合いに依存するとの考えによるためであろう。

一方、技術的実現と社会的実現を牽引するセクターについては、分析技術汎用化、安心・安全性評価技術、安全性評価基準という課題内容からして、複数セクター、政府、その他国際機関が高位にランクされるのは当然の結果であろう。

(3) 今後の展望について

本区分において重要技術として上位にリストアップされているのが、課題 74「ナノ材料の生理学的安全性を社会に認知される、評価・推測技術」、課題 82「材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品のLCA技術」、課題 81「化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定」などである。いずれも直近の問題として社会からの要求度が高い課題であり、重要技術と位置付けられることは当然であろう。一方で、安心・安全性評価技術、安全性評価基準が後追いとなっているのが現状であるという認識もなされる。今後は、国レベルでの安心・安全性評価技術、安全性評価基準に関する研究開発の加速が行われるべきであり、バイオ医療関係など技術開発速度が速いものに関しては、後追いとならぬような開発の仕組み作りが重要である。

一方、本区分における課題の設定であるが、ナノ・バイオの安心・安全性評価技術に重きが置かれていることが課題の設定数から明らかである。この課題の設定数のバランスは、ナノ・バイオの成熟化と共に変化すべきであり、今後は、安心・安全性評価技術から安全性評価基準の策定に重点を移すべきであろう。

また、本区分で最も力を入れるべき研究開発の国際戦略として、国際標準の獲得(47.1%)があげられている。これも当然の結果と考えられるが、新規国際市場の開拓は 3.9%と低いことは問題であり、国益のためには新規国際市場を開拓するための国際標準の獲得であることを忘れてはならない。欧州はもちろんのこと、近年は韓国、中国も国際標準化には国レベルでの推進を強化しており、国際標準化のための人材育成も重要である。

以上のような観点から、本領域は政府が重点的に取り組むべき課題が多く、今後も、国レベルで戦略・ビジョンの策定が積極的になされるべきである。

(伊藤 義康)

9. 2. アンケート調査の回収状況

No.9分科会:「物質、材料、ナノシステム、加工、計測などの基盤技術」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下の表のようになっている。

表 9.2-1 No.9 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
359 人	307 人	86%	307 人	268 人	87%

性別	男	253 人	職業	会社員	44 人	専門度の平均	高	11.5%
	女	15 人		大学等教職員	146 人		中	26.2%
無回答	なし	研究機関職員*	57 人	低	62.2%			
年代	20 代	2 人	職種	団体職員	3 人			
	30 代	19 人		その他	18 人			
	40 代	76 人		無回答	なし			
	50 代	102 人		研究開発従事	241 人			
60 代	46 人	上記以外	27 人					
70 代以上	23 人	無回答	なし					
無回答	なし	合計	268 人					

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

9. 3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、物質、材料、ナノシステム、加工、計測などの基盤技術についての必要な要件等についての議論し、以下の課題の区分を設定した。

表 9.3-1 課題の区分

A	ナノ基盤材料 物質の創成・探索、原子・分子操作、構造制御、ナノ加工、融合化、機能組織化、統合化
B	出口(デバイス・システム化及び応用技術) ナノ情報通信材料、エレクトロニクス材料、環境・エネルギー材料、社会基盤材料、マテリアルフロー(元素循環)、バイオ・医療材料、その他新機能材料(高強度、分離・精製など)
C	計測手法 高分解能計測、極限環境計測、その場計測、複合・統合計測、ユビキタス計測・評価、汎用技術、量子ビーム応用
D	モデリング・シミュレーション 大規模第一原理計算、マルチスケールシミュレーション、マテリアルインフォマティクス、実験とモデリングを橋渡しする技術、種(材料)をイノベーションに発展させる技術、基礎的研究(物性研究、インフラづくりなど)
E	社会システム・その他 標準化(分析プロセス、手法)、安全・安心、製造プロセス、安全性のDB化・アセスメント技術

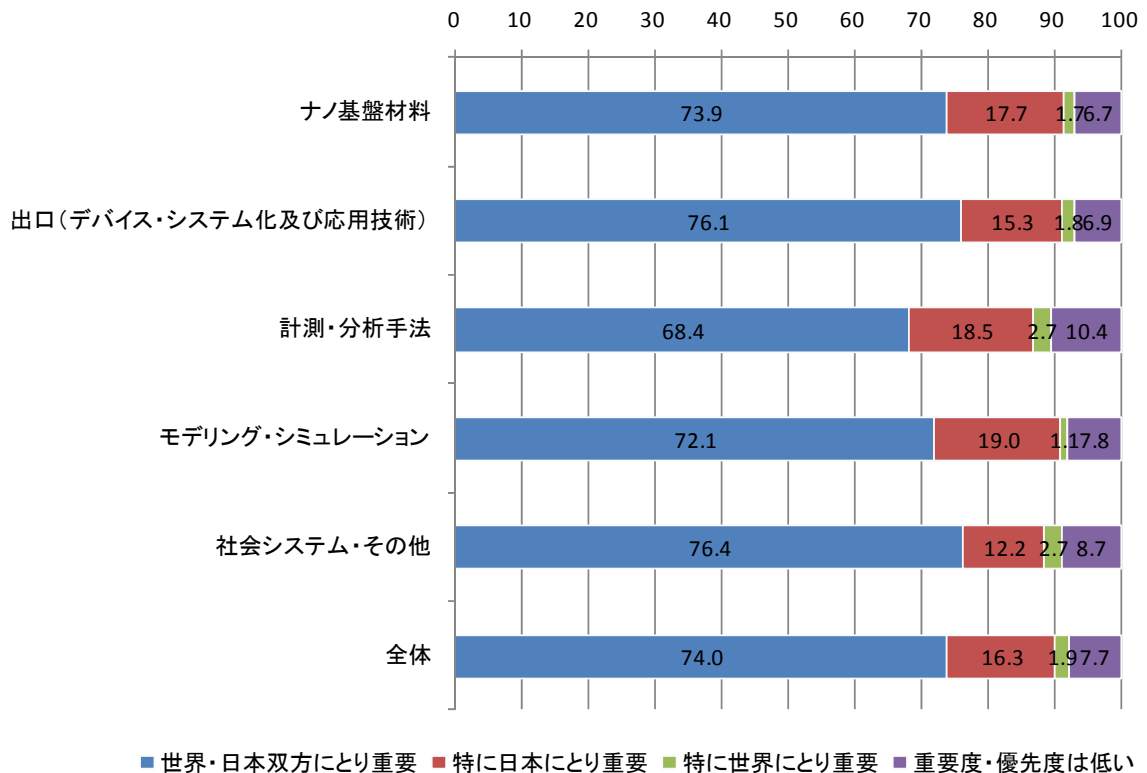
9. 4. 個別科学技術課題に関する設問について

9. 4. 1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題は、どの区分においても「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題が大半を占める(全体平均で74.0%)。

図 9.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、全体の傾向と同様に、「世界・日本双方にとり重要な課題」との回答が最も多い。それ以外では、「特に日本にとり重要」との回答に大きな差は見られないが、他の区分と比べ、若干高い区分として「モデリング・シミュレーション」(19.0%)であった。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順に上位 20 位以内の課題を下表に示す。「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」区分の関連課題が10課題、次いで「ナノ基盤材料」区分の関連課題が7課題含まれている。

表 9.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
26	低コストで変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池	99.4	2019	2027	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
45	再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料	99.3	2021	2030	出口(デバイス・システム化及び応用技術)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
03	ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料	99.1	2017	2023	ナノ基盤材料
38	ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管	98.7	2018	2026	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
15	ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストROOMオーダーの超精密半導体プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング)	98.7	2018	2027	ナノ基盤材料
11	誘電率 1.5 以下の超 LSI のための実用絶縁材料	98.4	2018	2025	ナノ基盤材料
22	変換効率 10% 以上の熱電発電モジュール	98.4	2022	2031	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
19	非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術	98.3	2018	2025	ナノ基盤材料
14	潤滑油を不要とする自己潤滑機能をもった軸受け機構を持ち、メンテナンスフリーの実用機械要素	97.9	2019	2028	ナノ基盤材料
04	ナノスケールの産業用 3 次元集積加工技術	97.7	2018	2025	ナノ基盤材料
55	金属材料の劣化を非破壊検査し、残存寿命を使用状態で推測する技術	97.5	2018	2026	計測・分析手法
54	20 個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する装置	97.4	2020	2031	計測・分析手法
36	低環境負荷元素のみで構成した発光デバイス	97.3	2019	2028	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
23	抗凝固剤の不要な抗血栓性人工弁・血管	97.3	2019	2027	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
25	深紫外半導体レーザー	96.8	2019	2026	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
50	蛍光灯に代わる照明用の有機高分子・面発光体	96.7	2016	2023	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
32	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	96.5	2020	2030	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
34	太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術	96.2	2024	2031	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
80	ドラッグデリバリーシステム(DDS)のカプセル材料や投与量の安全基準の策定	96.2		2023	社会システム・その他
13	部品の超長寿命化(現在の 2 倍以上)のための表面改質・トライボロジー	96.1	2019	2026	ナノ基盤材料

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」関連が 6 課題、「ナノ基盤材料」関連が 3 課題となっている。技術的実現時期は、課題の約 7 割が概ね 2020 年前後に実現すると予測している。

表 9.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
20	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	90.8	2028	2037	ナノ基盤材料
38	ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管	89.9	2018	2026	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
23	抗凝固剤の不要な抗血栓性人工弁・血管	88.0	2019	2027	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
39	人骨とほぼ同等の機能を有する生体用材料	87.5	2018	2026	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
41	生体由来組織に対して脱細胞処理などを施して作成した、安全性が担保された移植用心臓弁	87.2	2019	2027	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
40	インスリンやワクチンなど、経口投与が困難な薬物の	86.2	2018	2025	出口(デバイス・システム

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
	経口投与を可能にする製剤技術				化及び応用技術)
22	変換効率 10%以上の熱電発電モジュール	86.2	2022	2031	出口(デバイス・システム 化及び応用技術)
80	ドラッグデリバリーシステム(DDS)のカプセル材料や投 与量の安全基準の策定	85.9	—	2023	社会システム・その他
19	非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃 料・バイオプラスチックを量産する技術	85.2	2018	2025	ナノ基盤材料
21	大陸間の送電時のエネルギーロスが実用レベルに低 減された材料	85.2	2025	2035	ナノ基盤材料

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 9.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
30	実用経済的な高速増殖炉用の耐照射性材料	35.6	2023	2032	出口(デバイス・システム 化及び応用技術)
15	ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御 技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストロ ームオーダーの超精密半導体プロセス技術(加工・分 析・試験・in-situ モニタリング)	35.5	2018	2027	ナノ基盤材料
05	安価で簡便なナノスケールの型形成技術	34.5	2017	2023	ナノ基盤材料
52	湿度、温度を同時に調整する環境調整機能を持った 内外装材料	30.2	2018	2025	出口(デバイス・システム 化及び応用技術)
04	ナノスケールの産業用 3 次元集積加工技術	30.1	2018	2025	ナノ基盤材料

(5) 特に世界にとり重要な課題

「特に世界にとり重要」の回答比率が高い(30%以上)課題はなかった。

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

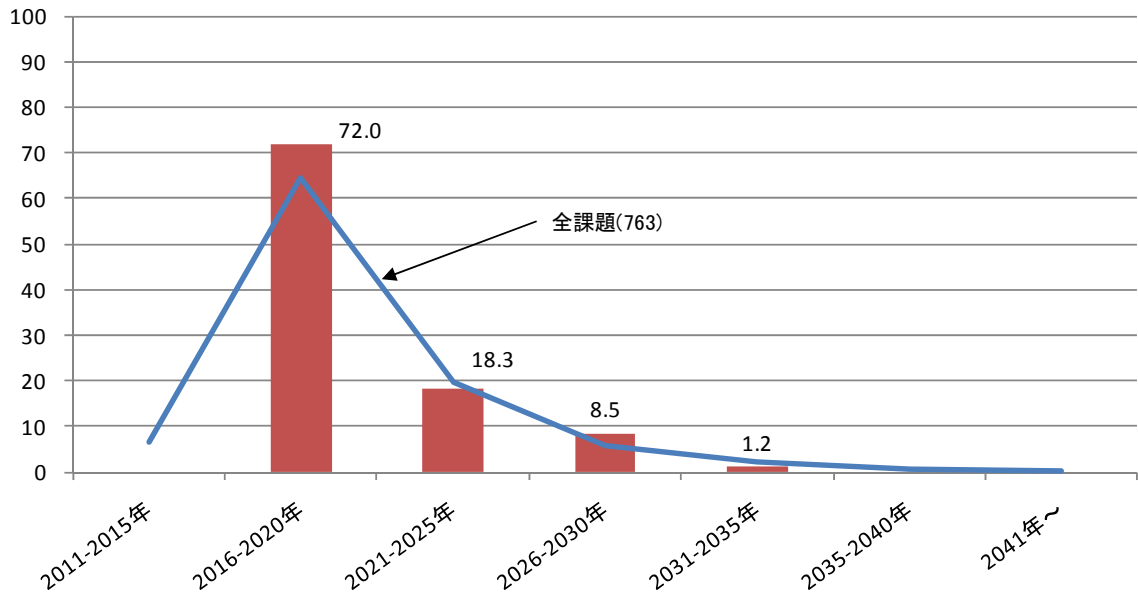
表 9.4-4 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
62	大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性 子源(加速器)ならびに実験施設(10mx10m)	31.0	2020	2029	計測・分析手法

9.4.2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。全課題の技術的実現予測時期の分布と No.9 分科会で設定した課題の技術的実現予測時期の分布は、2016～2020 年をピークにはほぼ同様の傾向を示していることがわかる。

図 9.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」区分では、他の区分に比べ、若干、技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 9.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)			
	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035
ナノ基盤材料	15	2	4	
出口(デバイス・システム化及び応用技術)	18	9	3	1
計測・分析手法	12	1		
モデリング・シミュレーション	5	3		
社会システム・その他	9			

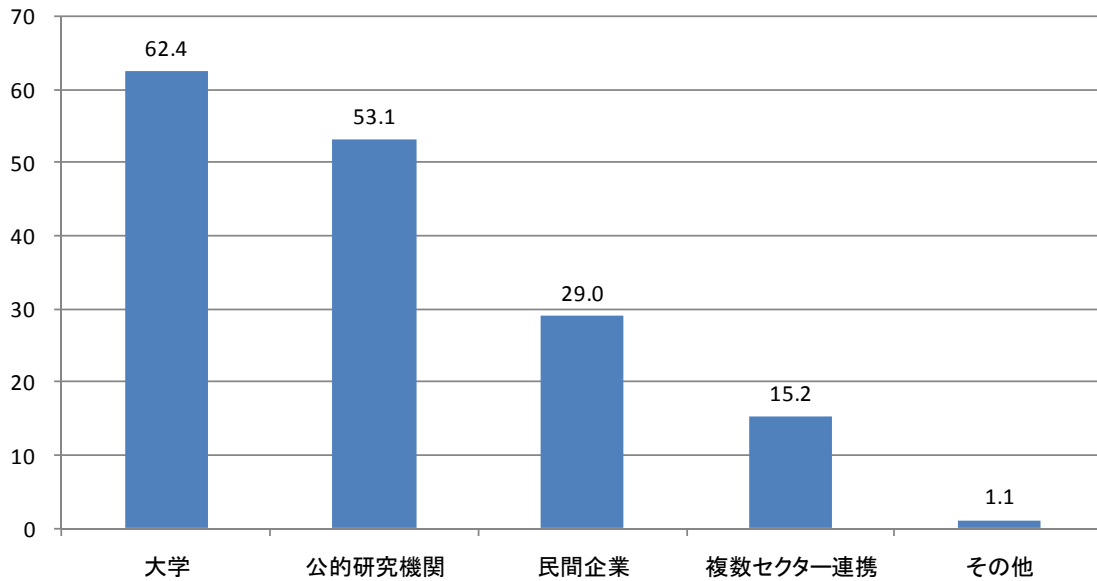
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、いずれも回答の比率の高い(回答比率 30%以上)課題はなかった。

9. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。技術的実現を牽引する主なセクターとして最も回答が多かったのは、「大学」(62.4%)であり、次いで「公的研究機関」(53.1%)である。

図 9.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「モデリング・シミュレーション」において、技術的実現を牽引するセクターとして「大学」と回答する割合が最も多い(74.5%)。「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」、「計測・分析手法」では大学に加え、「公的研究機関」を技術的実現の牽引セクターとして回答している。

表 9.4-6 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
ナノ基盤材料	64.1	45.7	35.6	14.6	0.8
出口(デバイス・システム化及び応用技術)	63.0	51.5	31.4	16.2	1.2
計測・分析手法	61.6	62.9	20.1	12.8	0.4
モデリング・シミュレーション	79.8	50.6	12.6	13.9	0.2
社会システム・その他	42.5	63.9	32.6	18.1	3.5

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.4-7 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
44	幹細胞の分化誘導を精密に制御できる人工環境(ニッチ)基材	89.6	2020	2029	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
10	液体窒素温度以上に転移点を持つ有機超伝導体	88.9	2027	2036	ナノ基盤材料
73	界面および表面での化学反応や物質移動を、温度や化学ポテンシャルなどの変数に応じて非経験的に正確にシミュレーションする技術	88.5	2020	2028	モデリング・シミュレーション
20	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	86.6	2028	2037	ナノ基盤材料
07	室温以上のキュリー点をもつ有機強磁性体	86.5	2026	2034	ナノ基盤材料

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.4-8 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
49	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を経済的に核変換して、放射能を 1/10 にする技術	82.7	2032	2038	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
61	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	82.3	2018	2026	計測・分析手法
62	大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性子源(加速器)ならびに実験施設(10mx10m)	80.2	2020	2029	計測・分析手法
63	ソフトマターやヘテロ構造(磁気ドメインなど)のスローダイナミクス観測のための超高分解能中性子散乱技術	80.0	2020	2028	計測・分析手法
30	実用経済的な高速増殖炉用の耐照射性材料	78.7	2023	2032	出口(デバイス・システム化及び応用技術)

○民間企業(NPO を含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.4-9 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
52	湿度、温度を同時に調整する環境調整機能を持った内外装材料	66.3	2018	2025	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
04	ナノスケールの産業用 3 次元集積加工技術	64.6	2018	2025	ナノ基盤材料
05	安価で簡便なナノスケールの型形成技術	62.6	2017	2023	ナノ基盤材料
11	誘電率 1.5 以下の超 LSI のための実用絶縁材料	60.6	2018	2025	ナノ基盤材料
32	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	58.2	2020	2030	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
50	蛍光灯に代わる照明用の有機高分子・面発光体	58.2	2016	2023	出口(デバイス・システム化及び応用技術)

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 9.4-10 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
82	材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品の LCA 技術	32.1	2017	2023	社会システム・その他

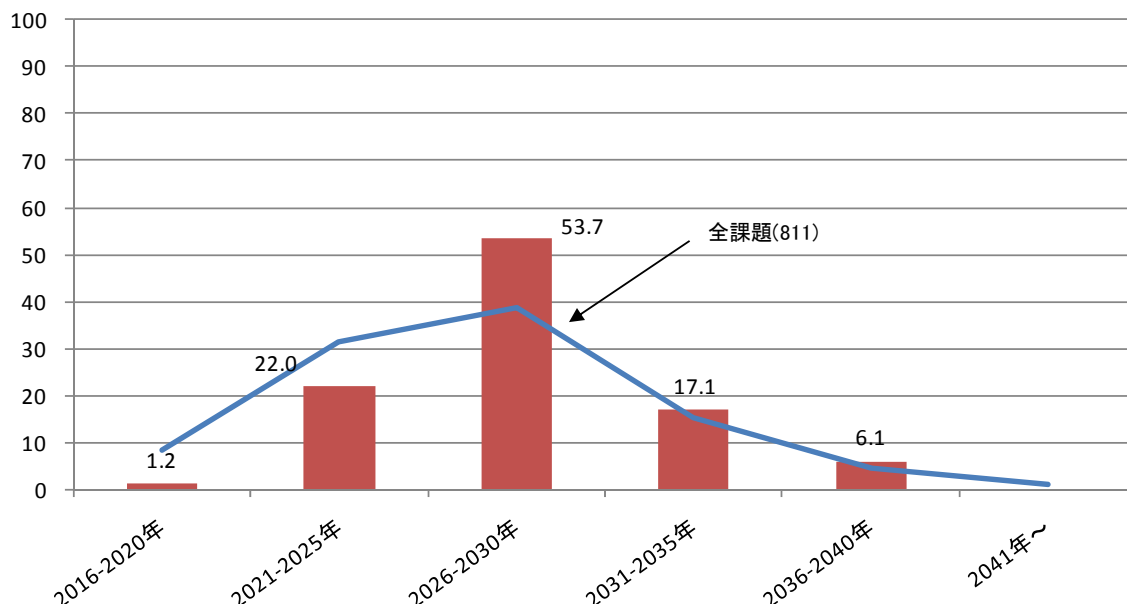
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(回答比率 30%以上)の課題はなかった。

9.4.4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現時期は 2026～2030 年間に最も多くの課題が実現時期を迎え、全課題の傾向と若干異なっている。

図 9.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別適用時期別の課題数は下表の通りである。「ナノ基盤材料」、「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」区分では、他の区分に比べ技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 9.4-11 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
ナノ基盤材料			6	9	3	2
出口(デバイス・システム化及び応用技術)			5	14	9	3
計測・分析手法			1	10	1	
モデリング・シミュレーション				7	1	
社会システム・その他		1	6	4		

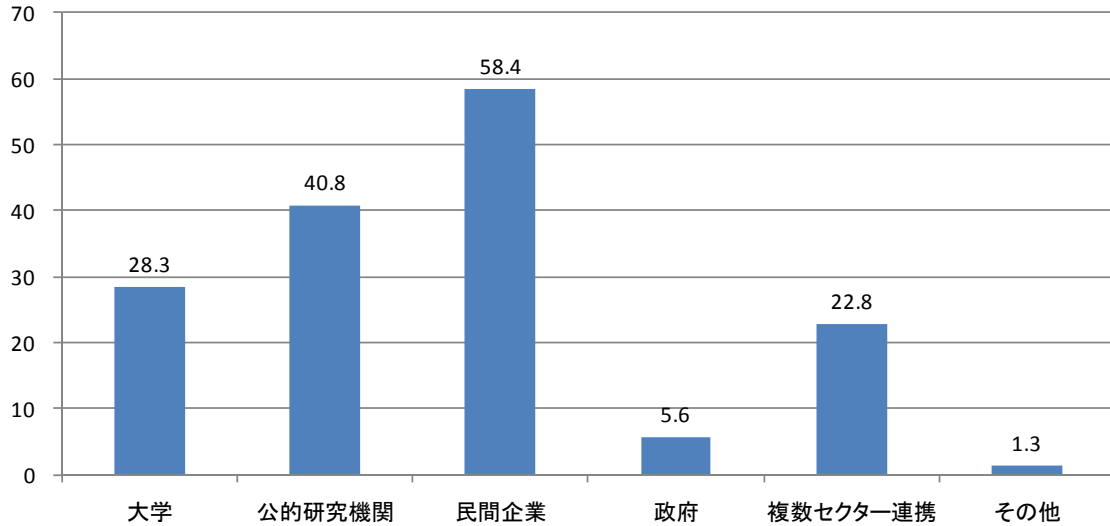
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、割合の高い(回答比率 30%以上)課題はなかった。

9.4.5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。最も回答が多いものとして、「民間企業」(58.4%)があげられ、次いで「公的研究機関」(40.8%)、「大学」(28.3%)と続く。

図 9.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「ナノ基盤材料」、「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」、「社会システム・その他」の区分では、いずれも社会的実現を牽引するセクターとして「民間企業」と回答する割合が高い。また、「計測・分析手法」の区分では、「公的研究機関」と回答する割合が高く、「モデリング・シミュレーション」の区分では、「大学」と回答する割合が高い。社会的実現を牽引するセクターとして「政府」をあげる区分は、「社会システム・その他」であり、他の区分と比べ比較的多い。

表 9.4-12 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
ナノ基盤材料	24.2	28.2	70.2	3.1	20.6	0.7
出口(デバイス・システム化及び応用技術)	25.6	36.5	63.5	5.7	22.9	1.4
計測・分析手法	33.2	55.8	47.2	2.0	23.6	0.3
モデリング・シミュレーション	54.2	49.7	36.4	2.1	21.9	0.1
社会システム・その他	19.5	53.0	50.5	16.4	26.1	4.1

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.4-13 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的实现時期(年)	社会的实现時期(年)	区分
73	界面および表面での化学反応や物質移動を、温度や化学ポテンシャルなどの変数に応じて非経験的に高精度にシミュレーションする技術	68.8	2020	2028	モデリング・シミュレーション
66	4元系までの実用上重要なすべての物質の熱力学値や基盤的物性値を高品位かつ網羅的に獲得するための理論計算技術と、それを検証する実験技術との融合	61.8	2024	2032	モデリング・シミュレーション
68	超高精度量子化学計算手法を高機能分子設計に応用する技術	57.1	2019	2027	モデリング・シミュレーション
67	第一原理計算に基づいたシミュレーションを材料設計、プロセス設計、材料評価に応用する技術	55.5	2018	2026	モデリング・シミュレーション

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
41	生体由来組織に対して脱細胞処理などを施して作成した、安全性が担保された移植用心臓弁	53.3	2019	2027	出口(デバイス・システム化及び応用技術)

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.4-14 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
49	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を経済的に核変換して、放射能を 1/10 にする技術	81.3	2032	2038	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
61	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	80.0	2018	2026	計測・分析手法
63	ソフトマターやヘテロ構造(磁気ドメインなど)のスローダイナミクス観測のための超高分解能中性子散乱技術	77.9	2020	2028	計測・分析手法
64	放射光によるナノ～メソスケール機能材料の計測・分析技術(サブナノメートルの空間分解能で、0.05eV 以下のエネルギー分解能を持ち、マイクロ秒以下で、様々な反応条件において、化学種と化学状態を同時にイメージングできる計測・分析技術)	74.5	2020	2028	計測・分析手法
62	大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性子源(加速器)ならびに実験施設(10mx10m)	74.4	2020	2029	計測・分析手法

○民間企業(NPO を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.4-15 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
27	不揮発性のロジック LSI	87.5	2017	2025	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
50	蛍光灯に代わる照明用の有機高分子・面発光体	84.7	2016	2023	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
04	ナノスケールの産業用 3 次元集積加工技術	83.7	2018	2025	ナノ基盤材料
11	誘電率 1.5 以下の超 LSI のための実用絶縁材料	82.9	2018	2025	ナノ基盤材料
05	安価で簡便なナノスケールの型形成技術	80.1	2017	2023	ナノ基盤材料

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 9.4-16 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
80	ドラッグデリバリーシステム(DDS)のカプセル材料や投与量の安全基準の策定	36.4	—	2023	社会システム・その他
81	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	34.2	—	2019	社会システム・その他

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 9.4-17 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
82	材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品の LCA 技術	35.2	2017	2023	社会システム・その他
46	CO ₂ 削減のための炭素固定材料	34.7	2021	2030	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
45	再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料	32.8	2021	2030	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
30	実用経済的な高速増殖炉用の耐照射性材料	32.4	2023	2032	出口(デバイス・システム化及び応用技術)

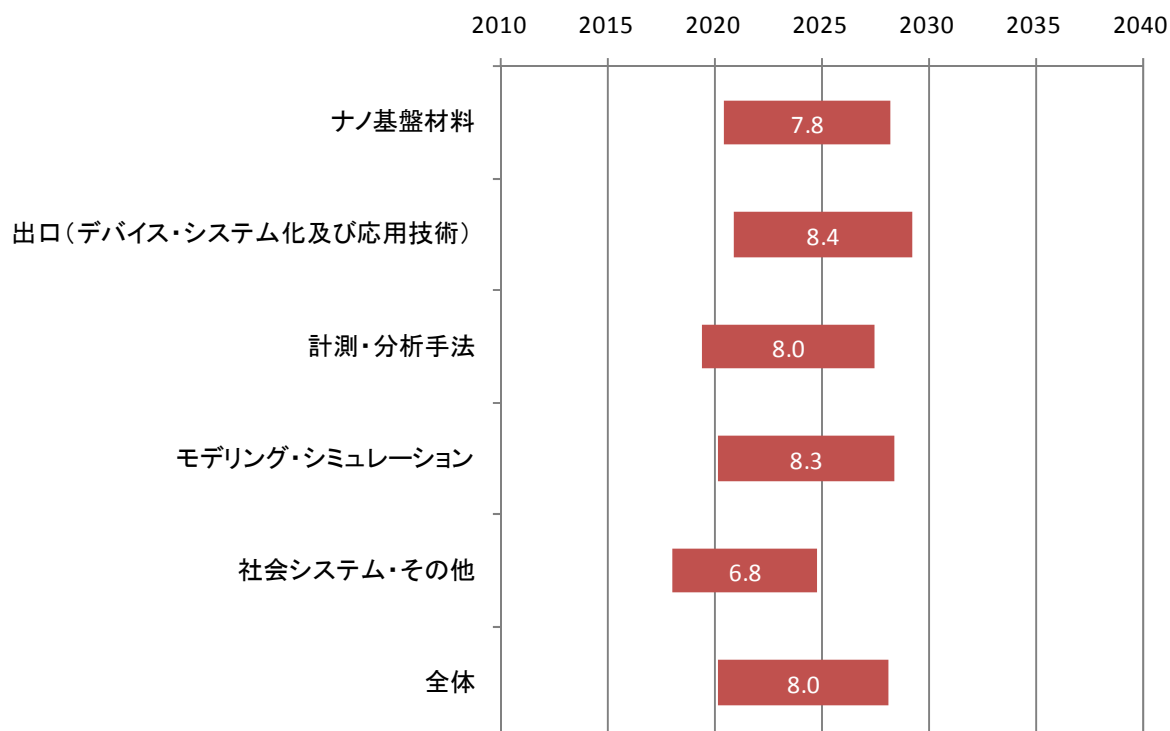
○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の課題(回答比率 30%以上)はなかった。

9. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間

技術的実現から社会的実現までの期間を区分別にみると、「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」、「モデリング・シミュレーション」の区分が 8.4 年、8.3 年と長く、一方で「社会システム・その他」区分では 6.8 年と短い。

図 9.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題、期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 9.4-18 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
43	ほ乳類受精卵を孵化させるための人工システム(人工胎盤)	2020	2031	11	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
24	曲げ強度が 2000MPa で、破壊靱性値が 15MPa・m ^{1/2} を超える構造用セラミクス材料	2021	2032	11	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
48	電子のスピンを原子・分子レベルで測定・制御する技術	2021	2032	11	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
54	20 個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する装置	2020	2031	11	計測・分析手法
17	負の屈折率を持つ材料を用いた光学素子	2018	2028	10	ナノ基盤材料
21	大陸間の送電時のエネルギーロスが実用レベルに低減された材料	2025	2035	10	ナノ基盤材料
32	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	2020	2030	10	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
78	家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報を高感度かつリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	2017	2023	6	社会システム・その他
84	ナノスケールオーダーの長さ、変位、表面粗さの測定が、製造工程で実用的に使える汎用プロセス技術	2017	2023	6	社会システム・その他
83	発がん性、内分泌かく乱性を持つ微量水質汚染物質に関する高精度の計測・影響評価技術	2018	2024	6	社会システム・その他
57	原子識別イメージングが可能な収差補正・超高分解能電子顕微鏡(分解能 0.05nm)	2017	2023	6	計測・分析手法
09	圧電率が PZT (Pb(Zr,Ti)O ₃) なみの鉛フリー強誘電体	2018	2024	6	ナノ基盤材料
05	安価で簡便なナノスケールの型形成技術	2017	2023	6	ナノ基盤材料
82	材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品の LCA 技術	2017	2023	6	社会システム・その他
49	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を経済的に核変換して、放射能を 1/10 にする技術	2032	2038	6	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
03	ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料	2017	2023	6	ナノ基盤材料

9.4.7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 9.4-19 新規に提案された課題

提案課題
石油化学製品のリサイクルを実現するための社会システムの構築
高性能低コスト機能材料
汎用硬度測定システムの開発
天然プロセスに学ぶ水素・メタンの製造
ユビキタス元素による先進材料の代替技術
天然プロセスに学ぶ非生物起源石油精製技術
レーザーによって粒子線を発生させ、粒子線がん治療装置を超小型化させ、普及させる。
高圧水素ガス環境で使用する材料の評価
巨大磁気抵抗 Mn 系酸化物(p型)と ZnO(n型)を用いた p-n 接合特性を、温度や磁場により大きく変調する

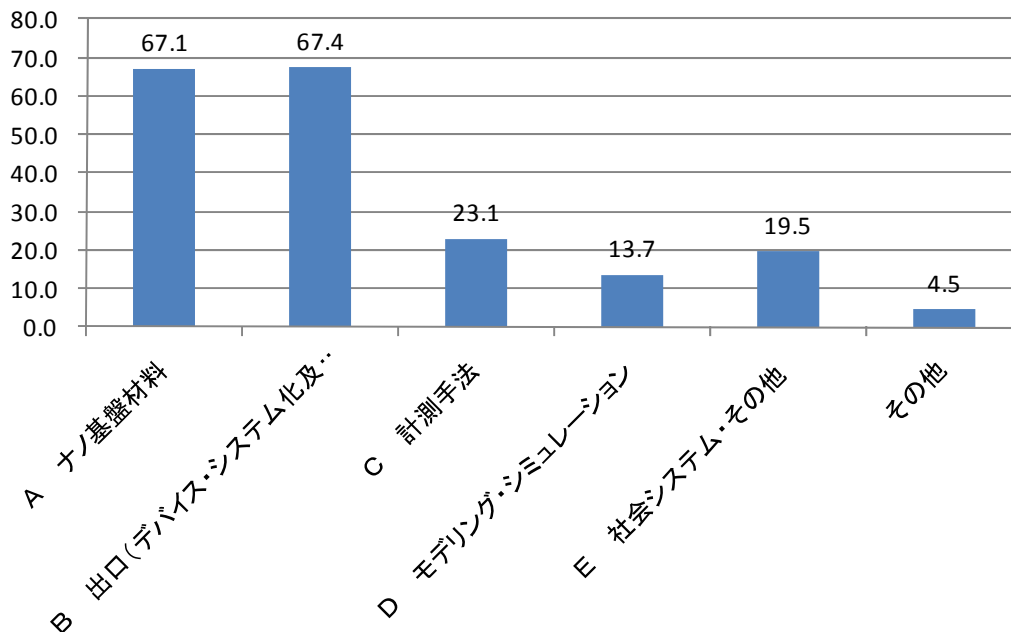
提案課題
高温超伝導(YBCO)/Mn系強磁性積層薄膜を用いたチューナブル・マイクロ波フィルターの実現
高分子絶縁フィルム(アラミド紙やPPSなど)の接着剤を用いないラミネート化と電気自動車モーターへの応用
風力洋上発電など日本の環境を生かした代替エネルギー開発
資源探査ならびに利用技術
非侵襲で体表面から血液成分(血糖など)を連続的に計測するセンサー・システム技術
ナノスケールの複合材料の精密混合、分散技術
高分子技術の動的粘弾性の制御技術
ナノ物性評価技術

9. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

9. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目で最も回答が多かったのは、「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」(67.4%)であり、次いで「ナノ基盤材料」(67.1%)と続く。

図 9.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=307 単位% 複数回答)



9. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下の通りである。

A. ナノ基盤材料

「ナノ基盤材料」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 9.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=202>

	課題	%
03	ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料	61.4
16	ナノオーダーの自己組織化技術を活用した製造技術	39.6
02	自己組織化による10nm以下の産業用ナノ構造制御技術	35.1

B. 出口(デバイス・システム化及び応用技術)

「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 9.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=193>

	課題	%
26	低コストで変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池	50.8
32	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	35.8

C. 計測手法

「計測手法」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべきかが区技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=68>

	課題	%
58	0.1 ナノメートルの空間分解能で、金属または酸化物ナノクラスター、金属-酸化物の境界面、ソフトマテリアルなどの化学状態、定量分析、イメージングが同時に取得できる汎用計測技術	54.4
59	環境制御雰囲気下で、原子・分子を 1 個 1 個観察しつつ、化学組成や化学状態の情報が得られるプローブ技術	50.0
57	原子識別イメージングが可能な収差補正・超高分解能電子顕微鏡(分解能 0.05nm)	44.1
64	放射光によるナノ～メソスケール機能材料の計測・分析技術(サブナノメートルの空間分解能で、0.05eV 以下のエネルギー分解能を持ち、マイクロ秒以下で、様々な反応条件において、化学種と化学状態を同時にイメージングできる計測・分析技術)	33.8
55	金属材料の劣化を非破壊検査し、残存寿命を使用状態で推測する技術	32.4

D. モデリング・シミュレーション

「モデリング・シミュレーション」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=42>

	課題	%
67	第一原理計算に基づいたシミュレーションを材料設計、プロセス設計、材料評価に応用する技術	69.0
71	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術	61.9
70	次世代スーパーコンピュータなど革新的ハードウェアによって可能となる 10^6 個の原子の第一原理計算やマイクロ秒レベルのダイナミクスなどの巨大計算に基づいた材料設計技術	54.8
69	計算と実験に基づいた情報獲得、整理(データベース化)を材料設計に応用する技術(マテリアルズ・インフォマティクス)	50.0
73	界面および表面での化学反応や物質移動を、温度や化学ポテンシャルなどの変数に応じて非経験的に精確にシミュレーションする技術	45.2

E. 社会システム・その他

「社会システム・その他」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 9.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=53>

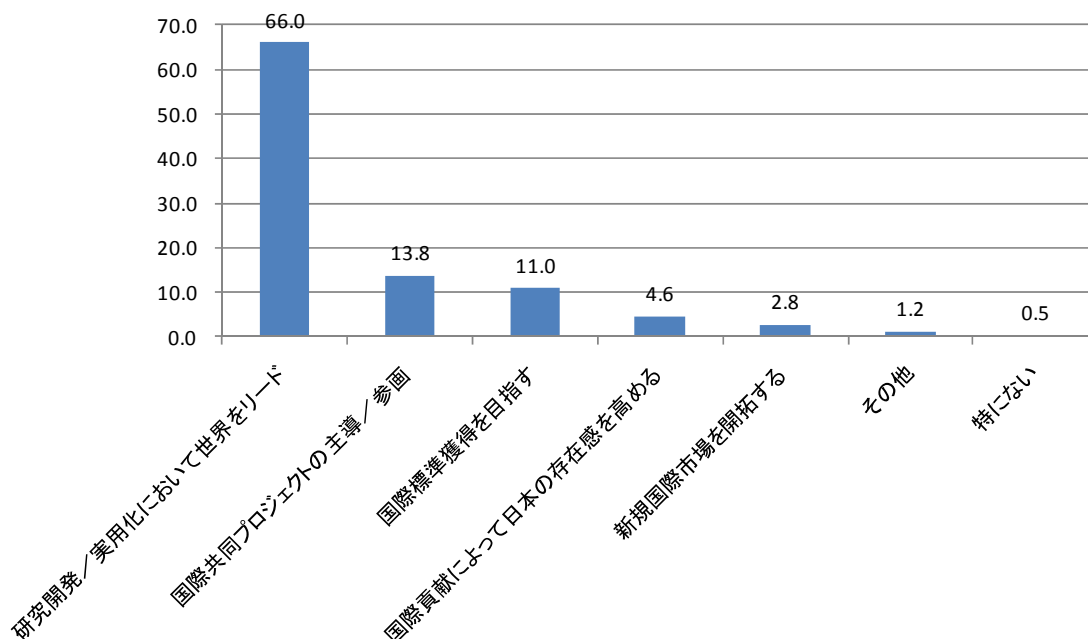
	課題	%
74	ナノ材料の生理学的安全性を社会的に認知される、評価・推測技術	56.6
82	材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品の LCA 技術	39.6
81	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	37.7
77	食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム	35.8
83	発がん性、内分泌かく乱性を持つ微量水質汚染物質に関する高精度の計測・影響評価技術	32.1

9.5.3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を進展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を進展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略として、最も多いのは「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答(66.0%)で他と比べて圧倒的に多く、2番目に多い「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」との回答は(13.8%)にとどまる。

図 9.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(n=565、単位%、複数回答)



区分別にみると、多くの区分において「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」とする回答が多い。中でも「ナノ基盤材料」の区分が最も多く、82.7%であった。また、「社会システム・その他」区分のみ、「国際標準獲得を目指す」(47.1%)とする回答が多い結果となった。それ以外では、「モデリング・シミュレーション」の区分において、「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」に力を入れるべきとの回答(24.4%)が他の区分と比べて若干高い結果であった。

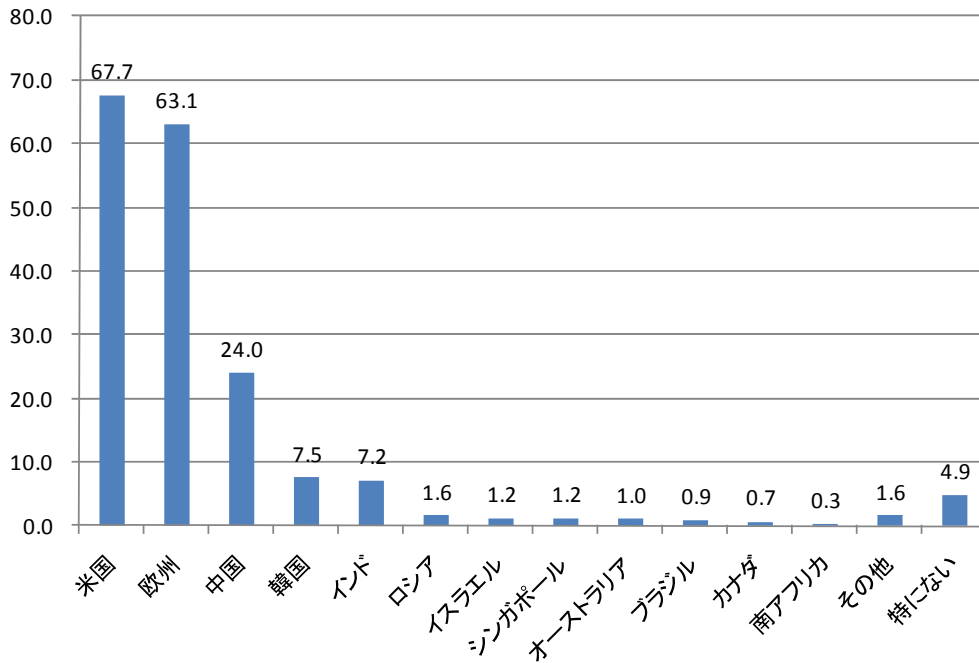
表 9.5-6 区分別最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発・実用化において世界をリード	国際共同プロジェクト主導・参画	国際標準の獲得	国際貢献により存在感を高める	新規国際市場の開拓	その他
A ナノ基盤材料(197)	82.7	8.6	2.5	3.0	1.5	0.5
B 出口(デバイス・システム化及び応用技術)(198)	68.2	12.1	9.6	4.0	4.5	1.5
C 計測手法(67)	53.7	20.9	16.4	4.5	3.0	1.5
D モデリング・シミュレーション(41)	58.5	24.4	4.9	9.8		2.4
E 社会システム・その他(51)	15.7	21.6	47.1	7.8	3.9	2.0

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を進展させる上で、関係を強化すべき国・地域として、最も多いのが「米国」(67.7%)であり、次いで「欧州」(63.1%)、「中国」(24.0%)と続く。

図 9.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域 (n=572、単位%、複数回答)



各区分別の関係を強化すべき国は、次表に示す通りである。

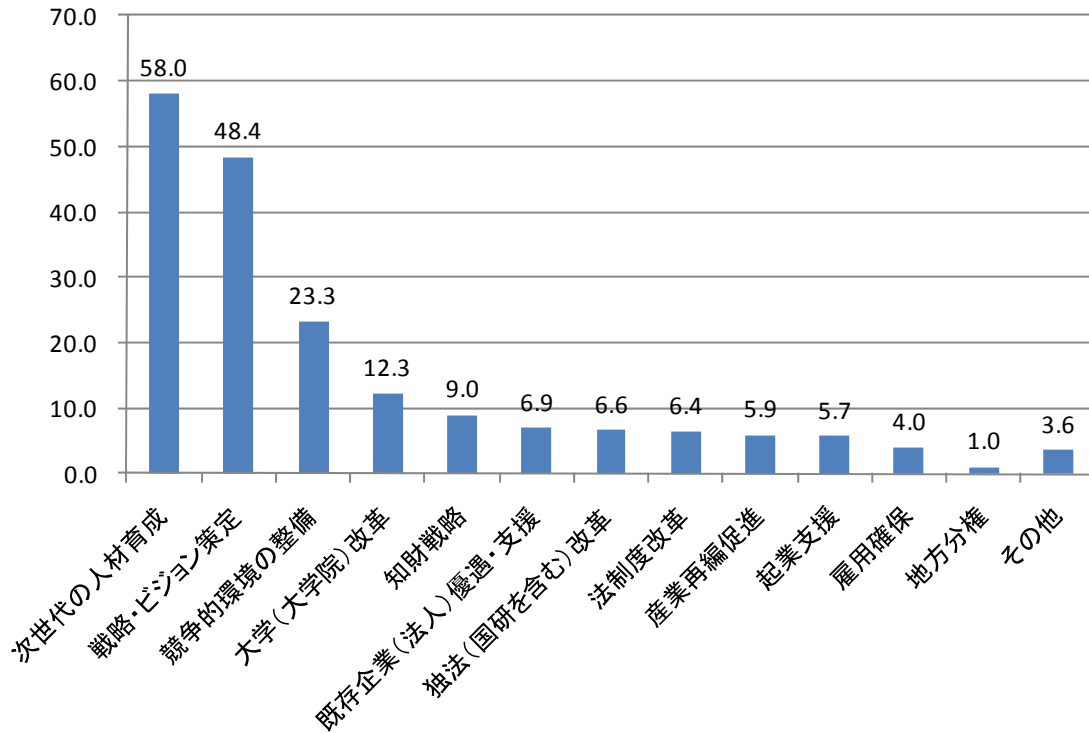
表 9.5-7 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域 (単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	韓国	インド	ロシア	イスラエル	シンガポール	オーストラリア	ブラジル	カナダ	南アフリカ	その他	特にない
A ナノ基盤材料(201)	71.1	61.7	21.4	8.5	4.5	0.5	0.5	2.0	1.5	1.5		0.5	1.5	7.0
B 出口(デバイス・システム化及び応用技術)(199)	65.8	60.3	28.6	8.5	9.5	1.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	1.0	4.0
C 計測手法(68)	72.1	70.6	11.8	5.9	1.5	1.5	2.9	1.5	1.5		2.9		2.9	5.9
D モデリング・シミュレーション(40)	60.0	67.5	12.5	2.5	25.0	7.5	7.5	2.5					5.0	
E 社会システム・その他(52)	59.6	67.3	38.5	7.7	3.8				1.9	1.9				3.8

9.5.4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を進展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を進展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項として、最も多いのが「次世代の人材育成」(58.0%)であり、次いで「戦略・ビジョン策定」(48.4%)であった。

図 9.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項 (n=579、単位%、複数回答)



区分別にみると、「社会システム・その他」、「出口(デバイス・システム化及び応用技術)」の区分で、「戦略・ビジョン策定」に取り組むべきとの回答の割合が高いが、それ以外の区分では「次世代の人材育成」に取り組むべきとの回答の割合が最も多い。それ以外では、「ナノ基盤材料」、「計測手法」、「モデリング・シミュレーション」区分にて「大学(大学院)改革」との回答が他の区分と比べ高い。

表 9.5-8 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	次世代の人材育成	戦略・ビジョン策定	競争的環境の整備	大学(大学院)改革	知財戦略	既存企業(法人)優遇・支援	独法(国研を含む)改革	法制度改革	産業再編促進	起業支援	雇用確保	その他	地方分権
A ナノ基盤材料(204)	63.7	42.2	27.0	17.2	10.8	5.9	6.9	1.5	4.4	1.0	5.4	3.4	0.5
B 出口(デバイス・システム化及び応用技術)(201)	51.7	53.2	24.9	7.0	10.4	7.0	7.5	7.0	10.0	8.5	2.0	4.5	0.5
C 計測手法(68)	63.2	47.1	13.2	17.6	5.9	8.8	10.3	1.5	2.9	10.3	2.9	5.9	2.9
D モデリング・シミュレーション(41)	80.5	41.5	29.3	17.1	2.4		2.4	4.9		4.9	4.9	2.4	2.4
E 社会システム・その他(53)	35.8	62.3	11.3	3.8	7.5	11.3	1.9	30.2	5.7	9.4	5.7		

9.5.5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位10以内の課題(ただし回答比率10%未満の課題を省略)を以下に示す。課題26「低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池」が46.2%と最も多く、次いで課題45「再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料」(26.0%)、課題34「太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術」(23.5%)と続く。

表 9.5-9 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=277>

	課題	%
26	低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	46.2
45	再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料	26.0
34	太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術	23.5
46	CO ₂ 削減のための炭素固定材料	17.7
19	非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術	16.6
32	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	16.2
33	環境にCO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	13.0
22	変換効率10%以上の熱電発電モジュール	10.5

9. 6. 集計結果一覧

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ナ ノ 基 盤 材 料	1	能動型ソフトマテリアルが開発されるためのマクロ変形アクチュエータ材料、高分子材料、あるいは有機半導体材料	1	165	11	24	65	-	63	25	2	10
			2	147	10	22	68	-	68	19	1	12
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0
	2	自己組織化による10nm以下の産業用ナノ構造制御技術	1	230	21	38	41	-	67	26	2	5
			2	199	22	35	43	-	72	22	1	5
			専	43	100	0	0	-	84	14	0	2
	3	ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料	1	265	37	35	28	-	73	24	1	2
			2	231	34	35	31	-	74	25	0	1
			専	80	100	0	0	-	86	14	0	0
	4	ナノスケールの産業用3次元集積加工技術	1	211	16	35	49	-	64	33	2	1
			2	180	12	37	51	-	67	30	1	2
			専	21	100	0	0	-	90	10	0	0
	5	安価で簡便なナノスケールの型形成技術	1	198	15	36	49	-	55	34	3	8
			2	169	13	34	53	-	57	35	1	7
			専	22	100	0	0	-	66	24	0	10
	6	完全な高次構造をもつタンパク質の化学的合成法	1	98	8	16	76	-	74	8	4	14
			2	96	7	17	76	-	83	6	1	10
			専	7	100	0	0	-	86	0	0	14
	7	室温以上のキュリー点をもつ有機強磁性体	1	119	8	33	59	-	62	15	4	19
			2	113	6	27	67	-	67	12	4	17
			専	7	100	0	0	-	86	0	14	0
	8	室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料	1	154	12	27	61	-	70	20	1	9
			2	143	7	27	66	-	74	16	1	9
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						1	9	67	45	29	25	2							2	12	24	19	73	4	23	2
						1	4	67	46	23	23	1							1	6	22	18	77	2	14	1
						0	0	64	50	29	29	0							0	0	64	29	57	14	21	0
						2	7	63	47	40	21	1							2	8	25	22	75	4	23	1
						1	4	65	48	35	15	1							2	4	25	19	79	2	20	1
						0	0	69	43	33	26	0							0	0	43	29	67	0	29	0
						0	3	67	46	40	23	1							0	4	25	26	74	4	23	1
						0	1	69	47	39	20	0							0	1	22	25	78	2	22	0
						0	0	67	44	41	22	0							0	0	21	27	78	1	19	0
						0	3	48	44	60	25	1							0	3	18	21	80	4	25	0
						0	2	42	43	65	20	1							1	1	13	20	84	1	21	1
						0	0	57	43	81	33	0							0	0	35	25	80	0	35	0
						1	4	46	35	57	24	0							1	4	19	16	75	2	24	0
						0	1	42	33	63	17	1							1	1	15	16	80	0	20	1
						0	0	38	33	52	33	0							5	0	18	23	73	0	45	0
						7	11	76	43	12	19	2	/													
						5	7	82	42	14	13	2														
						14	0	86	43	29	0	0														
						6	15	85	41	15	10	2							10	17	41	33	46	3	20	1
						6	14	86	35	10	7	1							8	15	39	39	45	1	19	1
						0	0	86	43	0	14	0							0	0	43	29	43	0	29	0
						8	14	78	49	24	11	1							10	13	40	31	56	5	21	1
						9	11	79	47	18	9	1							11	12	45	32	56	1	18	1
						10	10	90	70	40	10	0							10	0	80	50	80	0	20	0

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ナ ノ 基 盤 材 料	9	圧電率がPZT (Pb(Zr,Ti)O ₃) なみの鉛フリー強誘電体	1	143	17	32	51	-	63	25	4	8
			2	134	18	28	54	-	72	18	3	7
			専	24	100	0	0	-	79	13	0	8
	10	液体窒素温度以上に転移点を持つ有機超伝導体	1	142	8	27	65	-	63	14	1	22
			2	129	8	23	69	-	72	9	2	17
			専	10	100	0	0	-	80	10	0	10
	11	誘電率1.5以下の超LSIのための実用絶縁材料	1	145	14	32	54	-	68	28	1	3
			2	129	13	32	55	-	75	21	2	2
			専	17	100	0	0	-	65	35	0	0
	12	エレクトロニクス用途の実用レベルの半導体ダイヤモンド	1	163	12	31	57	-	64	25	4	7
			2	152	11	30	59	-	67	21	2	10
			専	16	100	0	0	-	50	38	6	6
	13	部品の超長寿命化(現在の2倍以上)のための表面改質・トライポロジー	1	149	14	31	55	-	65	24	3	8
			2	128	13	34	53	-	74	21	1	4
			専	16	100	0	0	-	88	6	6	0
	14	潤滑油を不要とする自己潤滑機能をもった軸受け機構を持ち、メンテナンスフリーの実用機械要素	1	106	8	35	57	-	70	22	5	3
			2	98	7	31	62	-	77	18	3	2
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	15	ビーム技術(イオン、電子、レーザなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オングストロームオーダーの超精密半導体プロセス技術(加工・分析・試験・in-situモニタリング)	1	172	19	31	50	-	57	39	2	2
			2	155	17	28	55	-	64	35	0	1
			専	26	100	0	0	-	65	35	0	0
	16	ナノオーダーの自己組織化技術を活用した製造技術	1	219	25	33	42	-	67	25	1	7
			2	194	20	30	50	-	71	21	1	7
			専	39	100	0	0	-	87	8	0	5

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										2011年～2015年
						2	7	67	47	46	16	1							2	9	28	29	73	6	22	3
						1	4	68	44	38	10	0							1	5	29	26	76	2	16	0
							0	0	83	46	33	0		0						0	0	33	29	79	0	0
						9	14	84	48	15	7	1							11	15	41	36	46	3	21	1
						9	11	89	44	9	6	1							12	14	45	38	50	2	17	1
							11	0	90	60	10	0		0						11	0	30	50	80	0	0
						1	8	53	48	57	20	0							0	9	19	31	78	5	22	0
						1	2	51	49	61	13	0							0	2	11	31	83	2	21	0
							6	0	50	38	63	13		0						0	0	6	19	81	0	19
						1	9	51	56	42	19	1							2	9	20	40	62	4	24	1
						0	7	54	58	37	14	1							1	6	16	42	66	1	24	1
							0	0	29	57	36	21		0						0	0	0	33	73	0	20
						1	5	52	43	49	21	1							0	5	25	25	69	3	24	2
						0	0	57	37	49	15	0							0	1	20	22	77	1	22	0
							0	0	56	38	50	25		0						0	0	19	25	81	6	38
						2	5	54	43	50	24	1							1	6	23	26	75	4	20	1
						0	3	52	38	53	14	0							0	3	14	23	80	1	18	0
							0	0	71	29	29	0		0						0	0	0	14	86	0	14
						2	4	54	56	49	25	1							2	4	24	36	74	6	21	1
						1	1	57	56	41	14	1							1	1	18	36	79	2	18	0
							0	0	54	69	42	15		4						0	0	8	35	81	0	12
						4	6	74	49	35	22	1							4	7	33	35	65	5	23	0
						2	5	77	44	32	13	1							2	7	31	28	72	2	20	1
							0	3	79	49	26	15		0						0	3	36	44	67	3	21

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本に とり重要	特に世界に とり重要	重要度・優 先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ナ ノ 基 盤 材 料	17	負の屈折率を持つ材料を用いた光学素子	1	114	13	28	59	-	66	20	2	12
			2	105	10	25	65	-	74	15	0	11
			専	11	100	0	0	-	82	18	0	0
	18	非可食の植物資源から基幹分子(特にポリオレフィン系高分子材料)を量産する化学プロセス	1	84	14	29	57	-	65	17	7	11
			2	81	15	27	58	-	78	9	5	8
			専	12	100	0	0	-	83	17	0	0
	19	非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術	1	126	12	24	64	-	75	17	5	3
			2	116	12	22	66	-	85	11	2	2
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0
	20	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術	1	106	2	29	69	-	77	13	4	6
			2	100	2	26	72	-	91	4	1	4
			専	2	100	0	0	-	50	0	0	50
	21	大陸間の送電時のエネルギーロスが実用レベルに低減された材料	1	118	9	25	66	-	79	8	9	4
			2	111	7	18	75	-	84	5	6	5
			専	8	100	0	0	-	100	0	0	0
出 口 (デ バ イ ス ・ シ ス テ ム 化 及 び 応 用 技 術)	22	変換効率10%以上の熱発電モジュール	1	134	15	28	57	-	75	19	3	3
			2	127	14	28	58	-	85	11	2	2
			専	18	100	0	0	-	88	12	0	0
	23	抗凝固剤の不要な抗血栓性人工弁・血管	1	84	21	30	49	-	82	10	6	2
			2	79	14	28	58	-	87	7	3	3
			専	11	100	0	0	-	90	10	0	0
	24	曲げ強度が2000MPaで、破壊靱性値が $15\text{MPa}\cdot\text{m}^{1/2}$ を超える構造用セラミックス材料	1	119	22	29	49	-	56	30	5	9
			2	109	18	28	54	-	64	25	2	9
			専	20	100	0	0	-	75	20	0	5

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										1
						1	8	82	44	19	14	1							1	11	33	36	58	5	24	1
						1	7	84	44	17	11	0							1	8	29	33	63	1	24	0
						0	0	82	45	0	0	0							0	0	18	45	64	0	9	0
						4	7	54	43	43	27	1							4	6	21	27	63	14	21	1
						3	4	53	44	35	23	1							3	3	22	26	71	9	21	1
						0	0	75	42	42	25	0							0	0	33	33	58	17	8	0
						2	6	48	52	56	29	2							2	7	20	26	68	15	28	2
						0	3	43	52	54	19	2							0	2	19	21	71	8	24	1
						0	0	64	43	64	21	0							0	0	43	21	57	21	14	0
						4	8	89	50	16	14	2							7	13	36	43	40	14	29	4
						2	4	87	49	14	13	1							4	7	40	45	46	8	29	1
						50	0	100	100	0	0	0							50	0	100	50	50	0	0	0
						3	10	45	51	42	26	4							6	11	18	26	63	20	28	7
						3	3	41	60	43	18	2							3	5	10	25	72	14	23	3
						0	0	38	50	75	13	0							0	0	25	38	88	13	13	0
						2	8	64	51	37	23	2							2	9	30	38	65	11	22	4
						0	5	71	55	27	18	1							0	5	25	36	68	4	21	1
						0	0	89	50	28	11	0							0	0	28	39	83	6	22	0
						1	7	72	44	46	23	2							2	5	33	28	69	8	25	3
						0	5	74	42	39	19	1							1	4	28	27	75	3	20	1
						0	0	73	64	27	0	0							0	0	36	18	64	0	18	0
						3	14	66	55	32	16	0							3	15	32	38	63	3	26	2
						1	7	69	56	27	13	0							0	8	23	37	70	2	22	0
						5	0	55	60	45	5	0							0	5	20	45	80	0	20	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
出 口 (デ バ イ ス ・ シ ス テ ム 化 及 び 応 用 技 術)	25	深紫外半導体レーザー	1	110	20	34	46	-	65	28	1	6
			2	96	17	35	48	-	69	26	2	3
			専	16	100	0	0	-	75	25	0	0
	26	低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	1	194	18	26	56	-	73	23	3	1
			2	170	14	28	58	-	79	19	1	1
			専	24	100	0	0	-	83	13	4	0
	27	不揮発性のロジックLSI	1	88	19	27	54	-	63	21	6	10
			2	84	19	32	49	-	71	21	2	6
			専	16	100	0	0	-	94	6	0	0
	28	耐用温度1200℃以上の高効率ガスタービン(動翼)用超耐熱合金材料	1	110	23	26	51	-	66	25	3	6
			2	99	21	26	53	-	79	14	1	6
			専	21	100	0	0	-	85	15	0	0
	29	実用経済的な核融合炉用のプラズマ対向材料・耐照射性材料	1	86	14	24	62	-	59	17	7	17
			2	79	11	25	64	-	67	14	4	15
			専	9	100	0	0	-	78	22	0	0
	30	実用経済的な高速増殖炉用の耐照射性材料	1	80	11	29	60	-	48	35	6	11
			2	76	9	33	58	-	51	36	3	10
			専	7	100	0	0	-	71	29	0	0
	31	生体エネルギーで半永久的に動き続ける体内埋め込み健康管理デバイス	1	116	13	18	69	-	72	14	2	12
			2	102	7	21	72	-	77	9	1	13
			専	7	100	0	0	-	71	0	0	29
	32	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	1	172	16	31	53	-	64	32	1	3
			2	149	13	33	54	-	70	26	1	3
			専	19	100	0	0	-	74	26	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター												
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)				
																										2011年	2012年	2013年	2014年
						2	6	64	56	42	15	1								0	6	27	34	74	7	21	0		
						0	3	67	48	37	14	0								0	2	20	31	75	1	18	0		
						0	0	69	56	38	6	0									0	0	25	50	81	0	13	0	
						2	4	53	52	59	27	1								2	4	20	29	77	14	26	1		
						2	2	51	50	57	22	0								2	1	18	26	80	9	23	1		
						0	4	75	63	54	17	0								0	5	14	32	95	23	18	0		
						0	10	46	51	56	25	2								0	10	18	26	79	6	23	1		
						0	4	45	52	57	22	0								0	4	14	23	88	1	20	0		
						0	0	50	63	63	38	0									0	0	13	31	88	0	25	0	
						2	7	41	59	50	16	0								3	9	19	42	70	9	20	0		
						1	5	36	65	47	13	0								1	7	10	38	77	6	20	0		
						0	0	40	85	30	0	0									0	0	16	53	79	5	21	0	
						8	10	44	58	25	29	8								11	12	25	44	36	19	30	10		
						12	8	38	63	16	24	5								14	12	15	53	36	16	26	8		
						0	0	11	67	11	0	11									11	0	0	50	25	0	25	13	
						3	9	37	66	30	30	3								4	10	20	57	43	25	34	3		
						3	7	33	79	23	20	0								3	8	12	66	42	12	32	1		
						0	0	14	86	0	0	0									0	0	0	86	14	0	14	0	
						5	9	64	49	28	25	4								7	13	27	25	61	15	31	4		
						5	7	69	43	19	22	2								4	9	29	26	67	4	29	3		
						0	0	71	43	0	14	0									0	0	43	29	71	0	29	14	
						5	9	52	48	55	26	4								4	9	20	28	76	14	28	2		
						3	6	51	45	58	21	2								3	6	14	26	79	11	26	2		
						0	0	56	33	33	33	0									0	0	6	17	61	17	22	0	

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・ 優先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
出 口 (デ バ イ ス ・ シ ス テ ム 化 及 び 応 用 技 術)	33	環境にCO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	1	112	10	34	56	-	68	18	6	8
			2	108	8	29	63	-	76	17	0	7
			専	9	100	0	0	-	89	11	0	0
	34	太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術	1	146	10	27	63	-	74	18	3	5
			2	131	9	29	62	-	84	11	1	4
			専	12	100	0	0	-	84	8	0	8
	35	水素密度10wt%以上で放出温度100℃以下の高密度水素貯蔵材料	1	108	10	30	60	-	66	22	4	8
			2	102	12	25	63	-	80	11	2	7
			専	12	100	0	0	-	92	8	0	0
	36	低環境負荷元素のみで構成した発光デバイス	1	135	21	31	48	-	68	24	2	6
			2	114	18	30	52	-	78	19	0	3
			専	21	100	0	0	-	90	10	0	0
	37	移植用臓器を長期間保存できる保存液・技術(心臓2日・腎臓1カ月)	1	48	10	25	65	-	78	11	7	4
			2	46	7	24	69	-	83	9	4	4
			専	3	100	0	0	-	67	33	0	0
	38	ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管	1	85	24	29	47	-	83	13	2	2
			2	80	16	35	49	-	90	9	0	1
			専	13	100	0	0	-	77	15	0	8
	39	人骨とほぼ同等の機能を有する生体用材料	1	135	19	30	51	-	79	13	3	5
			2	122	15	30	55	-	87	7	2	4
			専	18	100	0	0	-	89	11	0	0
	40	インスリンやワクチンなど、経口投与が困難な薬物の経口投与を可能にする製剤技術	1	64	20	27	53	-	76	5	6	13
			2	59	10	25	65	-	86	2	2	10
			専	6	100	0	0	-	100	0	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター												
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																										(%)	(%)
						7	8	50	59	38	26	4								8	10	22	33	51	15	29	4
						5	5	52	65	29	23	3								6	6	17	36	59	9	29	2
						0	0	56	89	22	0	0									11	0	22	44	67	0	11
						6	9	66	54	34	25	1								8	10	28	41	51	15	29	1
						2	3	69	54	27	18	2								2	4	21	42	62	9	26	2
						8	0	73	64	27	9	0								0	0	0	55	64	9	9	0
						6	12	66	57	28	22	2								7	13	28	35	57	14	28	3
						3	9	71	53	21	17	2								3	9	18	39	71	4	26	2
						0	17	73	55	18	18	0								0	17	18	36	73	0	27	0
						2	8	67	45	37	21	1								2	8	26	23	67	10	26	2
						1	3	71	45	27	15	1								1	4	24	22	75	5	22	2
						0	0	76	48	19	5	0								0	0	30	35	75	5	15	0
						0	9	72	52	17	24	2								2	9	47	40	49	7	28	2
						0	4	78	48	11	15	2								2	4	44	42	60	4	20	2
						0	0	100	67	0	0	0								0	0	0	67	67	67	0	0
						0	9	72	52	37	26	1								0	9	34	28	56	9	31	3
						0	5	72	51	35	18	0								0	5	36	29	63	3	28	0
						0	15	77	31	31	8	0								0	23	54	15	54	8	8	0
						2	8	71	52	34	27	2								2	7	39	34	63	9	29	2
						2	4	75	51	41	15	1								2	5	34	37	74	6	22	1
						0	0	89	50	28	17	0								0	0	44	39	72	0	17	0
						3	11	68	41	42	17	2								5	8	33	28	71	5	24	2
						0	9	69	33	41	17	0								0	6	26	19	74	0	20	0
						0	0	50	50	50	0	0								0	0	17	17	83	0	17	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
出 口 (デ バ イ ス ・ シ ス テ ム 化 及 び 応 用 技 術)	41	生体由来組織に対して脱細胞処理などを施して作成した、 安全性が担保された移植用心臓弁	1	48	19	21	60	-	76	9	2	13
			2	48	15	19	66	-	88	6	0	6
			専	7	100	0	0	-	86	0	0	14
	42	人工角膜材料の量産技術	1	56	14	23	63	-	76	11	4	9
			2	53	8	21	71	-	84	8	2	6
			専	4	100	0	0	-	75	25	0	0
	43	ほ乳類受精卵を孵化させるための人工システム(人工胎 盤)	1	28	14	18	68	-	68	7	7	18
			2	28	14	4	82	-	67	11	4	18
			専	4	100	0	0	-	100	0	0	0
	44	幹細胞の分化誘導を精密に制御できる人工環境(ニッチ)基 材	1	51	22	20	58	-	78	12	2	8
			2	49	16	18	66	-	79	13	2	6
			専	8	100	0	0	-	100	0	0	0
	45	再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネル ギー変換・貯蔵・低環境負荷材料	1	153	18	28	54	-	76	20	3	1
			2	137	15	26	59	-	82	14	3	1
			専	21	100	0	0	-	90	5	5	0
	46	CO ₂ 削減のための炭素固定材料	1	138	14	22	64	-	78	11	4	7
			2	128	12	21	67	-	80	10	2	8
			専	15	100	0	0	-	93	7	0	0
	47	フォトニック結晶光集積回路によるテラヘルツ光コンピュ ーター	1	108	10	28	62	-	55	24	3	18
			2	94	9	30	61	-	69	16	2	13
			専	8	100	0	0	-	75	0	0	25
	48	電子のスピンを原子・分子レベルで測定・制御する技術	1	142	21	26	53	-	61	24	6	9
			2	129	19	25	56	-	72	18	1	9
			専	25	100	0	0	-	88	4	0	8

図形の見方に関しては 73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						4	4	70	43	17	24	2							4	6	43	32	36	9	30	2
						0	4	74	43	15	17	0							0	7	53	33	44	2	24	0
						0	0	86	57	29	0	0							0	14	57	57	86	0	0	0
						2	5	58	53	42	25	2							2	7	23	28	57	6	30	4
						0	4	65	51	31	20	0							0	6	27	24	65	2	27	0
						0	0	100	50	50	0	0							0	0	50	25	75	0	0	0
						8	4	73	65	15	15	4							11	0	27	46	46	8	19	4
						7	7	70	59	15	0	4							8	8	35	65	50	4	4	4
						0	0	100	50	0	0	0							0	0	25	75	25	25	0	0
						2	12	84	55	12	14	2							2	10	38	36	34	12	34	2
						2	6	90	46	19	4	2							2	6	47	45	47	0	19	2
						0	0	100	38	0	0	0							0	0	63	38	50	0	0	0
						1	5	61	56	35	32	1							1	5	27	41	52	23	34	1
						1	5	60	51	34	25	1							1	5	20	40	63	15	33	1
						0	10	62	57	48	19	0							0	10	24	48	71	24	29	0
						4	5	63	59	25	23	4							4	5	27	45	42	20	30	5
						4	2	63	53	22	19	3							4	4	20	53	45	14	35	3
						0	0	67	33	27	20	7							0	0	7	47	53	20	27	7
						6	10	77	52	29	17	2							10	13	37	33	61	10	27	2
						3	5	79	46	20	13	1							7	6	36	33	64	3	26	1
						13	0	57	57	14	29	0							13	0	14	57	57	14	43	0
						2	5	86	53	19	12	1							3	7	52	47	42	7	21	3
						2	2	83	44	11	11	2							2	6	53	48	41	2	19	2
						4	0	78	52	9	13	4							4	4	38	58	42	0	21	4

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
出 口 （ デ バ イ ス ・ シ ス テ ム 化 及 び 応 用 技 術 ）	49	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を経済的に核変換して、放射能を1/10にする技術	1	57	12	26	62	-	59	25	5	11
			2	55	13	25	62	-	69	21	4	6
			専	7	100	0	0	-	86	0	0	14
	50	蛍光灯に代わる照明用の有機高分子・面発光体	1	142	11	28	61	-	68	26	1	5
			2	124	11	27	62	-	77	19	1	3
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0
	51	ナノポアによる原子・分子の高効率分離材料	1	142	13	34	53	-	67	24	3	6
			2	129	13	29	58	-	75	18	1	6
			専	17	100	0	0	-	88	12	0	0
	52	湿度、温度を同時に調整する環境調整機能を持った内外装材料	1	101	11	29	60	-	41	35	3	21
			2	90	7	31	62	-	49	30	2	19
			専	6	100	0	0	-	66	17	0	17
計 測 ・ 分 析 手 法	53	1つの細胞を試料として、細胞内の全てのmRNAの種類とコピー数を計測する装置	1	40	10	25	65	-	67	15	8	10
			2	40	5	15	80	-	82	5	5	8
			専	2	100	0	0	-	100	0	0	0
	54	20個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する装置	1	40	3	38	59	-	66	24	5	5
			2	41	2	20	78	-	79	13	5	3
			専	1	100	0	0	-	100	0	0	0
	55	金属材料の劣化を非破壊検査し、残存寿命を使用状態で推測する技術	1	134	12	39	49	-	75	20	2	3
			2	125	9	34	57	-	82	15	1	2
			専	11	100	0	0	-	100	0	0	0
	56	超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa以上)など極限環境での、触媒、金属、熔融塩などのその場電子顕微鏡観察技術	1	124	15	31	54	-	55	23	2	20
			2	110	13	29	58	-	62	19	1	18
			専	14	100	0	0	-	77	8	0	15

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																										(%)	(%)
						16	7	34	77	13	21	6								23	13	23	69	19	31	23	6
						17	4	31	83	4	10	2								22	4	19	81	17	19	15	2
						17	0	0	100	0	0	0									17	0	0	100	17	0	0
						0	2	53	43	59	22	1								1	3	16	20	83	8	24	1
						1	0	51	43	58	16	0								1	0	10	15	85	3	17	0
						0	0	71	57	50	7	0									0	0	21	36	79	7	21
						0	5	71	50	42	18	1								1	6	29	29	68	4	27	1
						1	3	74	48	38	14	0								1	3	22	26	74	1	21	0
						0	0	65	35	35	12	0									0	0	29	18	59	0	18
						3	9	47	36	59	21	2								2	9	22	20	72	4	23	2
						3	3	50	33	66	8	0								1	5	20	16	80	2	21	0
						17	0	50	33	50	17	0									0	17	17	17	50	0	33
						3	8	70	51	24	24	0								3	5	36	33	36	3	41	0
						0	3	74	49	13	10	0								0	5	43	38	46	3	27	0
						0	0	100	50	0	0	0									0	0	50	50	0	0	50
						0	5	77	51	23	20	0								0	3	38	36	49	0	36	0
						0	0	83	45	15	10	0								0	0	46	41	54	0	23	0
						0	0	100	0	0	0	0									0	0	100	0	0	0	0
						1	10	57	58	38	22	1								1	10	32	38	64	14	24	1
						0	9	61	61	34	15	1								0	9	26	39	73	7	22	0
						0	9	73	73	27	9	0									0	9	45	73	82	0	27
						7	6	65	54	34	16	1								7	10	38	40	53	4	23	1
						6	4	72	59	23	9	1								7	5	35	51	61	0	23	1
						7	0	79	57	14	0	0									7	0	23	54	62	0	15

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・ 優先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
計 測 ・ 分 析 手 法	57	原子識別イメージングが可能な収差補正・超高分解能電子顕微鏡(分解能0.05nm)	1	143	17	28	55	-	65	26	1	8
			2	127	15	28	57	-	68	24	1	7
			専	19	100	0	0	-	74	26	0	0
	58	0.1ナノメートルの空間分解能で、金属または酸化物ナノクラスター、金属-酸化物の境界面、ソフトマテリアルなどの化学状態、定量分析、イメージングが同時に取得できる汎用計測技術	1	149	18	40	42	-	68	24	1	7
			2	133	13	41	46	-	72	23	0	5
			専	17	100	0	0	-	88	12	0	0
	59	環境制御雰囲気下で、原子・分子を1個1個観察しつつ、化学組成や化学状態の情報が得られるプローブ技術	1	169	20	33	47	-	76	16	1	7
			2	149	15	32	53	-	79	16	1	4
			専	23	100	0	0	-	91	9	0	0
	60	燃料電池高分子膜内水/プロトン移動を空間分解能1 μ mでイメージングするための中性子マイクロビーム生成・検出技術	1	74	11	30	59	-	44	33	4	19
			2	71	10	25	65	-	53	26	4	17
			専	7	100	0	0	-	72	14	0	14
	61	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	1	67	18	30	52	-	62	27	1	10
			2	64	16	27	57	-	70	18	2	10
			専	10	100	0	0	-	70	10	0	20
	62	大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性子源(加速器)ならびに実験施設(10mx10m)	1	91	13	26	61	-	38	26	4	32
			2	84	12	20	68	-	44	20	5	31
			専	10	100	0	0	-	60	20	0	20
	63	ソフトマターやヘテロ構造(磁気ドメインなど)のスローダイナミクス観測のための超高分解能中性子散乱技術	1	81	16	23	61	-	46	30	4	20
			2	72	13	22	65	-	55	25	6	14
			専	9	100	0	0	-	67	11	0	22
	64	放射光によるナノ～メソスケール機能材料の計測・分析技術(サブナノメートルの空間分解能で、0.05eV以下のエネルギー分解能を持ち、マイクロ秒以下で、様々な反応条件において、化学種と化学状態を同時にイメージングできる計測・分析技術)	1	122	16	30	54	-	65	21	2	12
			2	106	12	28	60	-	68	20	3	9
			専	13	100	0	0	-	62	23	0	15

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)															
																										1	9	62	50	46	17	0	1	9	32	40	71	5	21	1
						0	6	63	52	42	15	0							0	0	63	53	42	26	0							0	0	28	44	78	0	22	0	
						5	9	64	53	36	15	0							3	10	33	44	63	4	18	1							2	5	31	46	69	0	17	0
						2	5	68	51	32	12	0							0	0	24	41	71	0	24	0														
						0	0	76	53	24	12	0							4	10	39	44	49	6	22	0														
						5	10	72	54	29	16	0							3	6	42	44	51	1	21	0														
						3	6	78	48	23	12	0							0	4	35	48	70	0	22	0														
						0	4	78	48	22	9	0							4	7	36	58	42	6	21	6														
						3	10	53	63	26	17	3							5	3	29	65	32	0	25	3														
						3	3	48	61	18	15	3							14	0	33	100	33	0	17	0														
						0	0	57	100	0	0	0							4	13	36	63	36	8	30	3														
						0	11	52	72	25	18	0							3	8	27	80	30	0	25	0														
						0	6	52	82	15	10	0							20	10	25	88	13	0	25	0														
						0	0	50	90	0	0	0							9	16	32	63	39	13	29	2														
						11	15	49	70	23	17	1							8	11	22	74	28	2	27	0														
						6	13	40	80	12	15	0							0	10	20	60	10	10	50	0														
						0	10	30	70	0	30	0							3	18	39	67	32	11	27	3														
						2	12	51	72	18	19	0							3	11	32	78	25	3	24	0														
						1	8	47	80	13	10	0							11	0	25	88	13	0	25	0														
						0	0	44	89	11	11	0							2	14	40	67	30	12	28	3														
						2	11	60	74	13	19	2							1	10	38	75	23	7	29	0														
						0	7	57	75	10	18	0							8	8	67	75	25	0	25	0														
						0	8	69	92	8	15	0																												

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
分 析 計 測 ・ 手 法	65	放射光X線吸収分光法の高度化(様々な反応条件で長距離周期をもたないナノスケールの機能材料の局所領域の構造情報をサブナノスケール空間分解能・マイクロ秒以下で計測できる技術と高速解析技術)	1	110	17	27	56	-	67	23	3	7
			2	102	14	26	60	-	74	17	2	7
			専	14	100	0	0	-	93	0	0	7
モ デ リ ン グ ・ シ ミュ レ ー シ ョ ン	66	4元系までの実用上重要なすべての物質の熱力学値や基盤的物性値を高品位かつ網羅的に獲得するための理論計算技術と、それを検証する実験技術との融合	1	103	17	28	55	-	64	27	2	7
			2	93	13	26	61	-	71	21	1	7
			専	12	100	0	0	-	83	17	0	0
	67	第一原理計算に基づいたシミュレーションを材料設計、プロセス設計、材料評価に応用する技術	1	166	19	22	59	-	74	18	1	7
			2	152	17	22	61	-	76	19	0	5
			専	26	100	0	0	-	80	20	0	0
	68	超高精度量子化学計算手法を高機能分子設計に応用する技術	1	104	17	22	61	-	67	19	2	12
			2	97	11	27	62	-	76	14	1	9
			専	11	100	0	0	-	82	18	0	0
	69	計算と実験に基づいた情報獲得、整理(データベース化)を材料設計に応用する技術(マテリアルズインフォマティクス)	1	133	17	24	59	-	63	25	1	11
			2	125	12	28	60	-	70	21	0	9
			専	15	100	0	0	-	80	13	0	7
	70	次世代スーパーコンピュータなど革新的ハードウェアによって可能となる 10^6 個の原子の第一原理計算やマイクロ秒レベルのダイナミクスなどの巨大計算に基づいた材料設計技術	1	121	16	25	59	-	58	28	2	12
			2	116	10	29	61	-	62	24	3	11
			専	12	100	0	0	-	83	17	0	0
	71	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術	1	129	13	28	59	-	62	29	2	7
			2	120	9	28	63	-	73	19	3	5
			専	11	100	0	0	-	82	9	9	0
	72	分子における機能-構造相関解析技術による、高機能・高付加価値分子の精密設計技術	1	103	12	32	56	-	62	28	2	8
			2	94	10	33	57	-	72	23	1	4
			専	9	100	0	0	-	89	11	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										3
						0	14	59	75	16	15	1	/													
						1	9	59	76	12	16	1														
						0	0	71	93	0	14	0														
						4	10	74	56	18	23	2							3	11	56	49	29	9	31	2
						3	2	76	55	10	16	1							3	4	62	54	26	2	26	0
						0	0	83	58	0	8	0							0	0	67	67	33	0	8	0
						2	8	80	56	22	17	1							2	8	55	50	41	4	24	1
						1	3	83	51	17	12	1							1	5	55	51	38	2	21	0
						0	0	85	65	15	15	0							0	4	77	69	35	0	8	0
						1	8	79	48	24	18	1							2	5	53	51	39	5	18	2
						1	2	85	44	13	15	0							2	2	57	47	35	2	14	0
						0	0	64	27	0	18	0							0	0	64	36	9	0	9	0
						0	9	69	58	25	20	1							1	8	44	50	45	9	27	2
						0	4	71	61	16	14	0							1	4	41	53	47	2	24	0
						0	0	73	53	7	0	0							0	0	53	53	40	0	7	0
						0	10	69	58	22	21	1							1	9	49	50	35	13	26	2
						0	6	71	60	15	18	0							1	7	46	55	32	6	26	1
						0	0	83	42	0	8	0							0	0	50	42	25	0	17	0
						0	9	78	53	17	18	1							1	8	54	46	36	6	24	2
						0	2	84	47	9	12	0							0	3	53	47	38	2	22	0
						0	0	73	27	9	18	0							0	0	36	27	36	0	18	0
						1	13	80	45	19	17	1							2	9	44	40	40	7	24	3
						0	0	80	41	12	12	0							0	1	51	44	51	0	22	0
						0	0	89	44	0	11	0							0	0	56	67	44	0	11	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
ミ ュ デ レ ィ ン グ ・ シ ョ ン	73	界面および表面での化学反応や物質移動を、温度や化学ポテンシャルなどの変数に応じて非経験的に精確にシミュレーションする技術	1	133	17	27	56	-	73	13	2	12
			2	119	16	26	58	-	76	12	0	12
			専	19	100	0	0	-	95	0	0	5
社 会 シ ス テ ム ・ そ の 他	74	ナノ材料の生理学的安全性を社会的に認知される、評価・推測技術	1	129	5	32	63	-	81	13	2	4
			2	120	4	25	71	-	85	10	1	4
			専	5	100	0	0	-	80	20	0	0
	75	分析プロセスの自動化とナノ材料分析技術の標準化(試料づくり、計測、解析、ソフトウェアなど)	1	139	12	30	58	-	61	25	2	12
			2	121	7	29	64	-	71	18	2	9
			専	8	100	0	0	-	74	13	13	0
	76	ウイルス等の院内感染連続モニターシステムのためのセンシング素子・材料	1	67	6	30	64	-	80	5	6	9
			2	66	2	23	75	-	82	6	6	6
			専	1	100	0	0	-	0	100	0	0
	77	食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム	1	87	7	21	72	-	66	19	6	9
			2	79	3	18	79	-	74	13	4	9
			専	2	100	0	0	-	50	0	0	50
	78	家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報を高感度かつリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク	1	54	4	26	70	-	59	15	13	13
			2	54	0	17	83	-	70	9	4	17
			専		0	0	0	-	0	0	0	0
	79	DNAに基づく個人認証を迅速に行う小型認証技術	1	70	6	16	78	-	73	6	7	14
			2	70	3	9	88	-	80	1	4	15
			専	2	100	0	0	-	100	0	0	0
80	ドラッグデリバリーシステム(DDS)のカプセル材料や投与量の安全基準の策定	1	90	11	28	61	-	81	11	2	6	
		2	80	8	20	72	-	86	9	1	4	
		専	6	100	0	0	-	83	17	0	0	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター												
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)		
						2	10	84	54	11	15	1								2	10	64	49	30	6	20	1
						2	5	88	46	9	12	0								2	5	69	46	25	1	20	0
						0	5	89	37	11	11	0									0	5	58	42	21	0	11
						2	7	54	68	20	27	9								2	6	34	60	30	27	30	10
						1	5	44	69	14	23	5								1	4	30	69	29	20	30	6
						0	0	80	80	40	0	20									0	0	40	100	40	20	40
						1	6	48	62	36	21	6								1	6	29	52	49	15	28	4
						0	3	41	66	29	17	4								0	3	18	59	50	9	26	2
						0	13	63	63	13	0	25									0	13	13	75	38	13	25
						2	2	66	55	32	27	5								2	2	35	45	42	16	29	6
						0	0	64	58	22	16	3								0	0	33	49	54	6	22	3
						0	0	100	0	0	0	0									0	0	100	0	0	0	0
						5	4	51	52	38	22	5								4	4	21	34	54	15	30	4
						3	4	49	60	36	12	3								1	4	16	36	72	5	24	3
						0	0	50	0	50	0	0									0	0	0	0	50	0	50
						2	2	38	51	32	32	0								2	2	19	32	55	19	30	2
						0	4	35	67	29	16	0								0	4	14	42	66	10	28	0
						0	0	0	0	0	0	0									0	0	0	0	0	0	0
						1	7	39	52	47	22	5								2	6	17	33	51	27	27	10
						0	6	34	55	46	13	3								0	7	12	37	60	18	22	5
						0	0	50	0	0	50	0									0	0	0	0	50	0	50
																				1	5	29	45	37	47	28	7
																				0	3	25	53	36	36	23	3
																					0	0	67	50	17	0	17

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
社会システム・その他	81	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	1	128	6	27	67	-	74	15	2	9
			2	125	8	22	70	-	79	11	2	8
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0
	82	材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品のLCA技術	1	111	8	34	58	-	62	27	4	7
			2	113	8	27	65	-	72	21	1	6
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
	83	発がん性、内分泌かく乱性を持つ微量水質汚染物質に関する高精度の計測・影響評価技術	1	78	6	13	81	-	70	16	7	7
			2	76	7	8	85	-	83	5	4	8
			専	5	100	0	0	-	80	20	0	0
	84	ナノスケールオーダーの長さ、変位、表面粗さの測定が、製造工程で実用的に使える汎用プロセス技術	1	157	10	31	59	-	57	35	1	7
			2	147	7	30	63	-	61	29	1	9
			専	10	100	0	0	-	70	20	0	10

図形の見方に関しては 73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業（NPOを含む）	複数セクターの連携	その他（国際機関等）	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業（NPOを含む）	政府（地方公共団体含む）	複数セクターの連携	その他（国際機関等）
						(%)		(%)										(%)		(%)					
																		0	9	19	60	31	39	27	12
																		0	4	16	67	27	34	25	9
																		0	0	10	40	10	30	30	0
																		2	7	16	52	43	31	35	13
																		1	4	10	62	44	20	35	11
																		0	0	22	56	33	22	33	0
																		0	7	50	70	32	23	1	
																		1	1	50	75	28	16	4	
																		0	0	75	75	50	25	0	
																		3	5	42	56	56	25	1	
																		1	3	40	59	58	18	1	
																		0	0	30	40	70	10	0	

9. 7. 課題別コメント

1	<p>能動型ソフトマテリアルが開発されるためのマクロ変形アクチュエータ材料、高分子材料、あるいは有機半導体材料</p> <p>○(CN+エラストマー)アクチュエータ。耐用期間の向上。○市場が立ち上がるか不明。○ソフトマテリアル(ハイドロゲル)などは次世代マテリアルとして特に有望。○ロボット構成要素として重要である。システム研究者からの願望である。○メゾポーラスシリカ材料を LSI の層間絶縁膜として適用する研究がコンソーシアムにて進んだ。○ソフトマテリアルの強度、信頼性(耐久性)をいかに保証できるか、応答速度をいかに速くできるか等が問題。</p>
2	<p>自己組織化による 10nm 以下の産業用ナノ構造制御技術</p> <p>○半導体 MIRAI プロジェクトで開発された自己組織化ポーラスシリカ材料がコンソーシアムの半導体先端テクノロジーズにてさらに開発を進め、産業界移管されている。磁性薄膜分野では nm オーダー積層を PVD 法で形成している。chip 積層を想定。○ナノ構造の作製は実現はできて、その性能と安定性・信頼性の実現には時間がかかる。○世界的に重要な課題であるが、日本の産業のお家芸である。製造技術を支える点で、日本にとって、極めて重要な課題である。○10nm スケールで微細加工することは難しいため、3 次元的なナノ構造制御を自己組織化による方法で行う事は、非常に重要(電子デバイスの高集積化、高機能化)。○ナノスケールでの薄膜作製技術がそれに該当し、一部は実現されていると考える(ハードディスクドライブの磁気ヘッドなど)。○ナノスケールの産業における必要性、具体的製品イメージがよくわからない。○ソフトインターフェース。○近接場光の非断熱プロセス。○自己組織化の駆動力は非常に弱い。したがって、有益な構造物を作るのは困難。もし、フィルターや反射板等を指すのなら基盤技術はできている。○どの程度の大きさ範囲で構造制御できるかが課題である。目的によって狭い範囲で制御できれば良いのなら、実用化も早い。数 nm ~ 数 10nm となると簡単ではない。○ブロック共重合体鋳型合成○わずかな部分は実現済。○ナノ・マイクロマシン構成要素技術として重要であり、システム研究者からの願望である。○課題の範囲が広すぎて、一概には言えません。</p>
3	<p>ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料</p> <p>○10nm スケールで微細加工することは難しいため、3 次元的なナノ構造制御を自己組織化による方法で行う事は、非常に重要(電子デバイスの高集積化、高機能化)。○ナノスケールでの薄膜作製技術がそれに該当し、一部は実現されていると考える(ハードディスクドライブの磁気ヘッドなど)。○一言で「新機能材料」といっても、いろいろです。既の実現済もあり、未だのものもあります。○金属・無機・有機各材料の接合界面プロセス。○高分子フィルム(PPS など)同士を接着剤なしで接着することが可能になるープラズマ照射。○近接場光の非断熱プロセス。○阻害要因:ものを知らない人が権力を持ち、いわゆる予算の仕分を行うこと。○新規デバイスの出現がまず最初に必要。○材料開発は活発だが基礎研究が多い。量産化が課題。○実用化しているものもいくつかあるが、コストが高くニーズと結びつかない傾向。○世界的にも日本はトップの水準。○開発ターゲットを明確にしていた方が、実現可能性が高いと思う。○文科省ナノテク材料融合研究開発「複層鋼板」プロジェクト推進中。○どの程度の大きさの範囲で構造制御ができるかが課題。狭い範囲で良ければ実用化も早い。数 nm ~ 数 10nm オーダーとなると、簡単ではない。</p>
4	<p>ナノスケールの産業用 3 次元集積加工技術</p> <p>○chip 積層を想定。○半導体プロセスは 90nm ~ 65nm の世代に入っており、既に、ナノスケール加工は実用化されている。○過度な集積化より、効率等他のブレークスルーが必須か。○近接場光の非断熱プロセス。○XY 方向と Z 方向の技術的困難は異なると考えるが、いずれも 10nm 以下(数 nm に近い)加工として判断した。○これもどの程度の大きさの集積ができるかが問題。○部分的には MEMS、NEMS 技術として研究レベルでも産業レベルでも実現されている。</p>
5	<p>安価で簡便なナノスケールの型形成技術</p> <p>○ナノインプリント適用を想定。周期的パターンはメモリーにおいて重要。大口径化可能か? ○ナノインプリントは安価で簡便と考える。○基礎技術は実証済み。○サイズの問題だけだからかなり小さなものは次々に実現されるだろう。○機能性を問わなければ、いろいろな手法(ソフトリソグラフィ)が考えられる。○応用製品イメージがわからない。○近接場光の非断熱プロセス。○ナノインプリント技術とデバイス応用。○XY 方向が 10nm 以下(数 nm に近い)の加工と考えて判断した。安価で簡便の程度によるが、かなり時間が必要と思う。○出来上がったナノスケール体の物性、構造解析手法が必要。○一部は実現されているが、安価という観点からは未実現と思われる。○PDMS のような簡便なリソグラフィ技術が作りだされると良い。○Printed Electronics の分野で現在研究開発が一部成功をおさめているように思います。○実用化しているものもいくつかあるが、コストが高くニーズと結びつかない傾向。○出来上がったナノスケール体の物性、構造解析(特に 3 次元)が必要。</p>
6	<p>完全な高次構造をもつタンパク質の化学的合成法</p> <p>○化学的には困難。生物の力を借りる必要がある。○化学合成のアドバンテージがない。○化学的に成功するとは思えない。あくまでも生物学的アプローチが必然ではないか。○作文的には面白いが、タンパク質にも多種あり、有用性も不確定。予算の無駄。○“完全な”タンパク質”という表現があいまいです。○人類に貢献する目標を示さないと良い研究者が育たない。○タンパク質にも多種あり。集中と選択が必要。</p>
7	<p>室温以上のキュリー点をもつ有機強磁性体</p> <p>○原理的に可能かどうかわからない。○金属元素を内包しない純粋な有機化合物に対する問か。○物理的限界による制約が大きいため、応用できるものができるとは考えにくい。○作文的には面白いが、金属系の強磁性体以上の実現は困難。耐久性を考えると無理。○これまでの研究成果から判断すると極めて難しいと判断する。</p>
8	<p>室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料</p> <p>○伝導機構をイメージできない。○原理的に可能かどうかわからない。ただし、これは浅知恵のためかもしれません。○個別の特性についてはすぐ実現するが、未実現の特性をもたせるには時間がかかる。○可能性が殆どない。○すでに達成できているかも。10⁵/cm²のレベルは 1988 年に達成している。○以前ポリアセチレン系で銅並の性能は出たと聞いているが、耐久性が駄目。相当の革新がないと困難。○CNT やグラフェンを高分子という実現(材料として)されている。○カーボンナノチューブが最有力と思います。低コストで製造できるプロセス開発にあるかと思えます。○「同等」の定義が不明。</p>
9	<p>圧電率が PZT (Pb (Zr, Ti) O₃) なみの鉛フリー強誘電体</p> <p>○Pbに加えて、Sn の有効性が理論的に予測されており、価数制御が実現のポイントである。○鉛の毒性を高く見すぎている。○社会的要請が強いので、困難ではあるがなんとかなるのでは? ○最近の発表データによればその芽は出つつある。EU の有害物質等規制でそのリーダーシップを EU に取られつつある。○豊田中央研究所が特長的に近い材料を発表。○所定の性能が出なければ、鉛入でも利用され続ける可能性が高く、重要性は不明としか言いようがない。○(Ba, Ca)TiO₃ で巨大電歪が 2008 年に見つかっている(東工大 腰原、伊藤)。</p>
10	<p>液体窒素室温度以上に転移点を持つ有機超伝導体</p> <p>○実現不可能とは思わないが、何か基礎的なブレークスルーが必要。○見込みを判断できる段階にない。○実用的意味はない。○実現は非常に難しいと思う。○2000 年に 3K 達成。○作文的には面白いが殆んど不可能。有機物で巨大結晶を作るのは困難。</p>

	○実現可能性が？○ガイディング、プリンシプルが明確でないため、予測が困難。○液体窒素温度では社会的実用に供しない。(実現しないために牽引するセクターもなし。)
11	誘電率 1.5 以下の超 LSI のための実用絶縁材料 ○製膜工程の複雑さが、製品製造で許容されるコストを超えてしまう。○物質開発は、努力に比例して実現されるというわけでもないので予測不可能。○コストの問題解決。○構造で回避できるようになれば材料開発は不要。○ $k < 1.5$ の材料はもろいので、骨となる補強材料の低誘電率化が必須。そうでなければ、せつかくの $k < 1.5$ の材料を活かせない。○多くの組み合わせ、高次構造の探索によって可能か？○空孔を利用した複合化などで実現は可能だが。○これは政府等からの公的研究補助金がなくても進む分野。○ニーズが見えない研究は収束方向である。他の用途はありえる。○多くの組合せ、高次構造制御によって可能か？
12	エレクトロニクス用途の実用レベルの半導体ダイヤモンド ○アプリケーションの拡大、特定用途向けだけでは産業化は難しい。○多くのプロジェクトが進行中。○コスト、加工性が障害となるが、ダイヤモンドの耐熱性が必要とされるエネルギー応用が開発を持続させる。○パワーデバイス、電子エミッターに関して最近の発展がめざましい。特に日本がリードしている。○デバイス試作はすでに実行されている。○研究レベルでは、かなり進んでいると思うが、実用レベルではまだ時間がかかると考える。○コストを無視すれば可能か？○“実用レベル”を“シリコンに置き換える”と理解すると無理。○用途が現時点では不明。(量子コンピュータの実現は来世紀以降)○コストを無視すれば可能か？
13	部品の超長寿命化(現在の 2 倍以上)のための表面改質・トライボロジー ○これが実現することで従来技術がすたれるほどのインパクトがあるか？コスト的にどうか？○知識の体系化が遅れている。○ポリマーブラシ、イオン性液体による低摩擦化。○これをデバイスに組み込む研究が必要。○DLC(ダイヤモンドライクカーボン)による成果が近年目立つ。非常に重要な技術で、特に民間に広く知らせる必要有り。○トライボロジーの基本、ナノトライボロジーの深化が先決。○極低摩擦表面の研究が進んでいる。
14	潤滑油を不要とする自己潤滑機能をもった軸受け機構を持ち、メンテナンスフリーの実用機械要素 ○耐久性が問題。○メンテナンスフリーという実現は不可能。○設定によるが、実現済みとも言える。○耐久性をどうする？
15	ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オングストロームオーダーの超精密半導体プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング) ○日本が半導体で復活するための 1 つのキーテクノロジーは、日本が得意とするモニタリング、センサ技術の活用にある。○量子ビーム発生装置の開発部門と物質構造改変の基礎研究分野と in-situ モニター研究分野の協力と連携が必要。○オングストロームオーダーのプロセス技術開発は無理と思える。ナノメートルオーダーなら可能。○ナノオーダーならわかるが、オングストロームオーダーの半導体がまともに動作するか不明。作文的には良いが、予算の無駄使いか？○全てのビーム技術でオングストロームのプロセスは無理。○日本の得意分野。
16	ナノオーダーの自己組織化技術を活用した製造技術 ○自己組織化と場所の制御。組織化方向の制御には制限があり、うまい用途を見出す必要がある。○どの程度までの構造を作るかによるので回答が難しい。○自己組織化の度合いにもよるが、それをメリットとする製品イメージがわからない。○レベルを問題としなければ実現している。○パターンメディアへの応用。○課題 2 との違いは何か。トピックの整理が必要では。○自己組織化を何にどのように使うかが問題。○これを実現するためには異なる分野の有機的融合が必要である。これを動かすために政府のサポートが不可欠。○これもどの程度のグレインで自己組織化可能かが問題。論文では都合のよい部分しか発表されない。目利きが必要。○全系を自己組織化技術でという無理。○ポストシリコン系太陽電池技術の確立がこの技術を代表すると思います。低コスト、高効率、耐久性の面での進展が不可欠。○基礎研究から応用の段階、実用化は製造コストと高機能の兼ね合いで用途が限定されている。○限られた分野では実現しているが、製造技術には至っていない。○要求される精度やスケールのレベルによって回答が変わってくる。○原理実証は行われているとも考えられる。○日本が強い技術。
17	負の屈折率を持つ材料を用いた光学素子 ○定常応答に対しては実現できると思うが、パルス光に対する応答での実現は難しそうである。○材料の選択枝を増やすことが重要。○メタマテリアルの開発は国際共同研究によって牽引される。○損失を伴った素子は赤外領域で実現されつつあるが、産業応用のためにはこの損失を根本的に解決する必要がある。○原理的に可能なか？○実験室的なメタマテリアルで実現されている。しかし実用化はまだ先。○波長域に依存。○プロトタイプは比較的近い未来に実現されると思うが、実用化の道は遠い。
18	非可食の植物資源から基幹分子(特にポリオレフィン系高分子材料)を量産する化学プロセス ○実証プロジェクトが NEDO 予算により進行中であり、コスト面のみが問題になってくる。○非石油系材料からの高分子材料の創成技術。今後、我が国にとって重点的に取り込むべき課題だと思います。○実験室的にはできて、量産化、コスト等で大丈夫かは問題。○大変に重要なテーマ。○コストパラダイムが必要。○植物資源が太陽と CO ₂ から作った精巧な高分子構造を有効に生かすべきである。
19	非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術 ○すでに多くの指摘がなされていると思うが、対投入エネルギーに対する生産効率が高くなければ意味がない。○資源に乏しい日本では必須。○実証プロジェクトが NEDO 予算により進行中であり、コスト面のみが問題になってくる。及び、政府等の施策次第。○非石油系かつ非金属系で、世界にとって食糧事情を悪化させないものが大変重要。○非石油系材料からの高分子材料の創成技術。今後、我が国にとって重点的に取り込むべき課題だと思います。○一部は実現しているが石油系とのコスト競争か？石油資源が欠乏してくれば絶対必要。○樺カネカでバイオポリマーの実現が進められていると聞きます。○コストが阻害要因であろう。○コストパラダイムが必要。意味がないのではないか。○2020 年くらいまでに技術的に実現しなければ違う方法を検討すべきではないかと思う。○バイオプラスチックの開発は石油系プラスチックの製造・使用に何らかの制限を加えない限り、大幅な進展は難しいと思う。
20	植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術 ○炭水化物への変換効率の問題である。○相当な難易度。アプローチの方向は化学なのか、バイオなのか。○すでに多くの指摘がなされていると思うが、対投入エネルギーに対する生産効率が高くなければ意味がない。○製品化は難しいかも。○これも量産性、耐久性が問題。○これまで光触媒の研究分野がこのような技術の一つのターゲットとして提案されていましたが、水の可視光による酸素発生が極めて困難であり、実現は難しいと思います。○非常に重要なテーマ。多種多様なアプローチ・試みが必要。○量産性、耐久性が課題。
21	大陸間の送電時のエネルギーロスが実用レベルに低減された材料 ○超電導線を対象とするのであれば、技術は実現済みであるが、実施は難しい。○これからはスマート・グリッドの時代。必要性なし。○高温超電導線材。○システムとして実現。○別の方法の可能性もあるので、重要性には疑問が残る。○CNF、CNT の利用。

	○高温超電導ケーブルの開発。Y 系か Bi 系で実現する。
22	変換効率 10%以上の熱電発電モジュール ○タンデム型など、わずかな温度差を有効に利用する技術の開発が必要(単に素材開発だけではなく)。○材料レベルでは実現している。○太陽光発電と並び大切な技術である。○ベンチャーによる普及が見込まれる。○酸化物半導体(TiO ₂ など)の開発が国際共同で行なわれ、宇宙船などで実用化される。○熱力学的に見てもかなり困難では。○最後にすてられる熱エネルギーをけなげに拾い上げる技術のため、軽視されがち。民生応用が容易なため、本当は分かりやすい研究テーマであるのに。○実験室レベルでは 10%近傍は、既に到達できていると思われる。○動作範囲が問題。コストも。○材料面で低コスト化が困難であり、熱そのものの利用が有利でないかと判断します。○温度域による? ○重要なテーマであるが、コストを考えないといけない。多面的な検証が必要。○動作温度、コスト。
23	抗凝固剤の不要な抗血栓性人工弁・血管 ○技術的問題より社会的問題の方が大きい。○セラミックス粒子を用いた優れた材料を開発済みである。○PNPC 系材料。○材料の表面・界面の研究が必要。あとは耐久性、自己修復性か。○CNT の利用技術。カーテールチューブへの CNT の混合で一部実現。○ソフト材料の表面、界面の研究投資。耐久性、自己修復性の研究。
24	曲げ強度が 2000MPa で、破壊靱性値が 15MPa・m ^{1/2} を超える構造用セラミックス材料 ○2007 年に民間で 1000MPa、10MPa・m ^{1/2} が実用化されている○ナノジルコニア系で近いものができる。○実験室で小さい試料で達成できても実用化は難しいと思われる。○可塑性体のクリープ強度を高める画期的な構造ないしは添加剤の発見が必要。○破壊核の制御が困難なため、大型構造物には不向き。○強度と靱性の両立はある程度達成されているが、よりブレイクスルーが必要。○セラミックスである必然性が弱い。○日本が強い分野。○材料の信頼性に疑問がある。○ナノ化、複合材料化により可能と考えられる。
25	深紫外半導体レーザー ○欠陥反応の防止と修復への対策が今後重要となり、それが実用化への step となるであろう。○酸化物半導体薄膜の作製技術が飛躍的に高度化し、実現可能となる。○実験では既に実証済み。○超ワイドギャップ半導体(ダイヤモンド、BN、ALN)の研究開発はめざましい。研究成果をもっとアピールして研究人口を増やすことが重要。○EUV 光源は早めに実現される。○原理的に可能なのか。
26	低コストで変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池 ○低コストの目標値次第である(三洋電機)。○発光素子のみならず、このような受光素子でも欠陥反応の解明が要となる。○コストを無視すれば到達している。○エネルギーものは、日本においては必須。○高分子透明フィルム上に ZnO などの太陽電池薄膜の作製が可能となり、実現される。○近接場光を用いた太陽電池の高効率化。○時間の問題かもしれない。むしろ、複合的発電モジュールを考えるべきかも。○変換効率自体は 20%前後は既にある。低コスト化、大規模化が今後の鍵。政府機関の強力バックアップが必要。○大面積で耐久性までいれると、製造工程を含め問題が多い。○CIGS で近い値が報告されているが、低コスト、実用化という点からは疑問。○最優先で実現させなければならない技術である。○COP 合意後目標作りに入っている。温暖化防止交渉に沿って技術開発が実現されねばならない。
27	不揮発性のロジック LSI ○MTJ を用いた MFF の研究が盛んになってきている。繰り返し耐性も高く有望である。○省エネにも関連する。ロジックを動的に書き換えられるため、応用範囲が大きく、波及効果が高い。○原理実証の報告はあったと思うので、プロセス開発次第。○商品化検討中のはず。○MTJ を用いた技術が注目を集めている。
28	耐用温度 1200℃以上の高効率ガスタービン(動翼)用超耐熱合金材料 ○1100℃程度なら金属間化合物で存在する。但し、限定的な使用で実用にはブレイクスルーが必要。○NIMS の原田先生のグループの単結晶合金がかなりゴールに近いと思われる。
29	実用経済的な核融合炉用のプラズマ対向材料・耐照射性材料 ○本質的に無理な性能を要求しているのかもしれませんが。○所定の材料は開発できたとしても、核融合そのものの実現可能性は? ○設計法開発、許認可に時間も要す。廃棄物への対処法にも強く依存。
30	実用経済的な高速増殖炉用の耐照射性材料 ○本質的に無理な性能を要求しているのかもしれませんが。○高速増殖炉自体の feasibility 不明。
31	生体エネルギーで半永久的に動き続ける体内埋め込み健康管理デバイス ○日本では厚生労働省の規制が大きく、困難と考えます。○高齢化社会において、重要な技術である。○ベンチャーが主導。日本では制度上の問題で普及が遅れる。○人工心臓等は生体エネルギー(体温等)では稼働できない。○“半永久的に”という点を重視すると実現は困難。○エネルギー源が課題である。小型のセンサや通信モジュールも必要である。センサネットワークモジュールの小型化により、一部適用可能と考えられる。○物が出来ても、臨床試験に時間がかかる。生体エネルギーの変換効率の向上も課題。○発電効率と低エネルギーデバイスの双方が必要。In situ モニタリングは必要か。○電源などの開発を考えると、実現は相当遠い。
32	希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池 ○ブレイクスルーは期待できると思う。○電池技術ではなく、新規技術開発の取り組みが求められる。○酸化還元を制御するのは遷移金属が最適であり、それ以外の金属では困難ではないか? ○カーボン系での研究が始まっていると聞くと、性能は不十分。○“高効率”の意味はなにか。電気自動車が先に来るのではないか。水素を使うものを念頭にするのか。○イオン液体燃料電池→稼働温度の高温化○実現できるのは企業しかない。○原理的には可能。○リサイクルによる対応もあろう。○十分可能性有。○コストに制限されるべきではない。
33	環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術 ○何かをするには必ずエネルギーを消費する。CO ₂ を出さないのは不可能。○実用化すればすばらしいが feasibility があるか不明。○原理的には可能だが経済性を有する大規模化が困難。○ポリイミド膜。セラミック膜。○技術的に不可能ではないが回収した CO ₂ の処理が大問題であろう。
34	太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術 ○光触媒技術の応用。○期待がかかる技術。最後の壁がなかなか手ごわいが、近い将来には必ず実現できると思う。○H のオゾン層への影響評価は必要。

35	水素密度 10wt%以上で放出温度 100°C以下の高密度水素貯蔵材料 ○コスト大事(パラジウムなど高価、Mg 系か?)。○水素利用の際に水素貯蔵材料は軽量化しない限り普及は難しい。○重要テーマだが、目標値が高くて実現が困難。○5wt%は 2040 年頃には実現するが、10wt%についてはコメント不能。
36	低環境負荷元素のみで構成した発光デバイス ○定義不明瞭(低環境負荷元素のみ)。○高効率と低環境負荷を両立できるかは難しい問題である。○ZnO で実現される。○Si、O、C のみの発光材料が見出されている。問題は経年劣化である。○原理原則は? ○低濃度の不純物も含めて、低環境負荷元素のみとするのは難しい。○有機 EL、無機 EL での照明が最有力であろう。
37	移植用臓器を長期間保存できる保存液・技術(心臓 2 日・腎臓 1 カ月) ○N ₂ で十分可能なはず。○臓器のみならず、ES/iPS 細胞の安全・安心な保存が特に重要。
38	ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管 ○生分解性セラミックス、生分解性金属との複合・ハイブリッドの利用による技術展開が予想される。○PLG 等の再生血管は臨床試用されている。技術としての課題ではなく、臨床側のニーズに課題があるのでは? ○臨床実験をいかに多くできるかが律速。○コストの問題。○実用化には価格や承認など材料技術以外の要素への取組が必要。○技術は実現済み。○臨床実験をいかにやりやすくするか制度改善が必要。
39	人骨とほぼ同等の機能を有する生体用材料 ○日本では普及が遅れる。○造血は不可能であるが、機械的強度については金属で達成されている。○酸化物伸縮セラミックスの開発で実現する。○機械的特性、生物学的特性に加えて、周囲からの刺激に应答する機能の付加に進むと予想される。○課題の表現が広範囲かつ曖昧で可能性を判断できない。○自己修復機能以外は、現状でも技術力はかなりある。○臨床実験をいかに多くできるかが律速。○骨置換材はすでにできている。高強度化と骨置換速度とのバランスが重要。認可が最大の問題。○「ほぼ同等」の定義が不明。○機能の意味が不明。構造材料としてならば実現済。靱などとの結合性も含めたものとして回答。○人骨と同等では不十分ではないか。人骨よりも早く治癒する材料が必要。米国等では人骨の応用もある。○「同等」のレベルによる。○課題が不明確。○臨床実験をいかにやりやすくするか制度改善が必要。
40	インスリンやワクチンなど、経口投与が困難な薬物の経口投与を可能にする製剤技術 ○すでに達成できているかも。○経口投与の必要はない。注射で対応。○実現済では? ○ODDS 技術。担体材料とデリバリー技術のブレークスルーが必要。○インスリンはバイオ MEMS で実現可。ワクチンは一時的なもので製剤技術以前の問題では。○投与はできても、制御が困難。適量投与は可能か。○経口投与用の製剤技術は実現済み。
41	生体由来組織に対して脱細胞処理などを施して作成した、安全性が担保された移植用臓器 ○安全性の担保に疑問です。○足場よりも臓器を構成する細胞の組織化が困難。部分再生は、もっと早期に実現する可能性大。
42	人工角膜材料の量産技術 ○不十分な能力ながら、モノは存在する。○alpha core という人工角膜がある。オーストラリア。大量の需要がない。○角膜応用のセルシートは既にベンチャーが立ち上がっている。○日本が先行している。是非推進の枠組みを作り実用化を目指すべき。○我々が 3 年後は開発予定。
44	幹細胞の分化誘導を精密に制御できる人工環境(ニッチ)基材 ○部分的には実証されている。制御性が課題。医工連携がポイント。○本課題は我が国のバイオ戦略として特に重要になると考えます。○Cell Therapy は商業ベースにのりにくいと思われるので公的な枠組みが必要。○生物医学と工学技術との連携がまだまだ未熟、細胞学研究者の材料学への興味不足と境界領域の人材が不足。○基礎研究段階にあるが、日本がリードすべき分野。幅広い支援が必要。○現在、可能性のある材料が見出されつつある。
45	再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料 ○対象の具体的なイメージの記述が不足している。○関連技術として、高エネルギー密度の電池技術がこの分野の鍵。○内容が広すぎる。○技術的ブラックボックスが多い。○高温超電導体。○最重要研究課題。
46	CO ₂ 削減のための炭素固定材料 ○CO ₂ 固定材料では? ○固定する材料は見つかるであろうが、低エネルギーでなければ意味がない。全ては、全地球的循環の中のバランスが重要である。○CO ₂ 削減の科学的意味はない。植物を増やした方が早い。○CO ₂ 問題は客観的な議論の積み重ねが大幅に不足しているように見える。○CO ₂ 還元による炭化水素と、それを原料としたカーボン材料合成。ダイヤモンド、CNT 等を用いたオールカーボンデバイス。○木材や森林を活用すべきである。○若干意味不明。○中国では CO ₂ を原料にしたポリマーのプラントが動いている。但し、基本発明は日本(40 年前)。日本の判断ミス。○Ca が現実的。○NAS 電池(2 次電池、NGK)は既に実用化済で普及の段階にある。○植物バイオマスについては「燃やさない」「腐らせない」ことが炭素固定につながる。○新エネルギー開発と並んで最重要課題。
47	フォトニック結晶光集積回路によるテラヘルツ光コンピュータ ○原理的に集積化できない。
48	電子のスピンを原子・分子レベルで測定・制御する技術 ○量子もつれとの関係で非破壊的な測定とその応用の両立は難しそうである。とくに常温下においては。○ナノ構造技術向上により、いずれは可能になると思われる。一方で、大きな出力を室温で得られるデバイスがすぐに開発されるとは考えにく。○低温でしか動作しないデバイスは実用化難しい。○量子コンピューティングの基盤。○社会的に意味があるか不明。○スピン偏極電子源を収差補正 STEM に搭載できれば可能となる。
49	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を経済的に核変換して、放射能を 1/10 にする技術 ○仮に可能となったとしても、それが経済的に成り立つかどうかを見極める必要あり。○1/10 にしたところで地層処分による負荷はかわらない。○放射性同位元素の半減期はそれ固有のもの。仮に放射能を 1/10 とするのは不可能。現実的でない。○実用化は無理。○原理的な現実可能性がないように思われる。○日本にとって重要。○若手の育成・研究者の長期雇用。○原理実証については、見通し得るところにあると考えよう。
50	蛍光灯に代わる照明用の有機高分子・面発光体 ○案外早く実現するかもしれない。○モノ自体は存在する。あとはコスト。○LED が優位。○ほぼ実現されている。寿命などに関する特定問題の解決を加速すべき。○山形大の城戸教授を中心に実現中。但し、「事業仕分け」で廃止コメント。何故廃止か理由不明。○有機 EL で一部は実現されている。○コストの問題。○有機 EL による面発光素子が進展している。

51	<p>ナノポアによる原子・分子の高効率分離材料</p> <p>○選択的効率的分離材料はほぼ実現。実用化へのステップ。○ゼオライト○何を分離するかによって、材料を精査する必要有り。○原子、低分子の場合、マイクロ孔(1nm 以下)が適切と思われる。○様々な可能性があることは理解できるが、実用的な「速さ」を実現できるのかがわからない。○原理実証は見通せる範囲。既に指摘もあつたと思う。実用化はコスト次第。○システムとして構築することが必要。</p>
52	<p>湿度、温度を同時に調整する環境調整機能を持った内外装材料</p> <p>○建築物に関する技術は普及に時間がかかる。塗装のような表面改質は低コスト化が鍵。抜本的な効果は低い。○スマート材料の利用が有効。○基本的にはポーラス材で OK。耐久性が問題。○コスト対効果で経済的な理由も含めて実現可能性が疑問。○大学と民間の連携事業。○INAX エコカラット</p>
53	<p>1つの細胞を試料として、細胞内の全ての mRNA の種類とコピー数を計測する装置</p> <p>○細胞材料の評価としての標準化が望ましい。特に取り組むべき課題。○ナノ計測技術は大いに進展しており、実現性は高い。</p>
55	<p>金属材料の劣化を非破壊検査し、残存寿命を使用状態で推測する技術</p> <p>○検査技術のロボット化は急激な進展をみせている。○外挿推定する程度の技術はあるが、強度、破壊を理論的背景とした技術の開発は容易ではない。○ポジロンが有望。○残存寿命と使用状態の相関を明らかにすることが重要。○センシングの基本的な手法は出そろっている。寿命予測のモデル化やデータベースが必要となる。○逆問題としての数学解析をおこない、単なる試行錯誤的な考え方から、根本的に脱却する必要がある。基礎からみつめなおす必要がある。○中性子残留応力測定により可能。○精度だけの問題。○開発したとの指摘もあるが、実用化は距離がある。○データベースの整備が必要。センサ技術、現場との協力も必要。</p>
56	<p>超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa 以上)など極限環境での、触媒、金属、熔融塩などのその場電子顕微鏡観察技術</p> <p>○放射光ではほぼ実現。○社会実現はない。○SEM か TEM(STEM)にかよってかなり異なるはず。○800℃以上観察は実現済み。高圧ガス雰囲気でのその場観察はまだ実現されていない。○可能となっている。○名古屋大学の新超高温電子顕微鏡が最もこの目標に近い。○800℃、3kPa は決して、超がつく環境ではない。電顕としては難しいというだけ。しかし、電顕メットである原子に近い分解能が得られるか、甚だ疑問である。○現在類似の装置を開発中である。○高圧反応をその場電子顕微鏡観察する直接的手法は原理的に無理なのは?800℃以上の技術はすでにかなり完成されている。○実用化しても、その結果が新材料開発等に貢献できるとは思えない。膨大な開発費を投じて1 台作って終わりである。</p>
57	<p>原子識別イメージングが可能な収差補正・超高分解能電子顕微鏡(分解能 0.05nm)</p> <p>○時間分解能を必要としなければ、実現は早いと思う。○計測・分析は不況で真っ先にカットされる分野。景気が上向けば研究費が投入され、実現されるかも。○純科学的には意味あり、社会的に意味なし。○「原子識別」の意味と効率に強くよるとされる。ちょっとトリッキーな問題設定と思われる。○2008 年の時点で 0.063nm が達成されている。○特定の観察しやすい試料に関しての報告のみ。広く材料を観察できるように発展させる必要あり。○実現済。○収差補正の技術の基本的なところは実用済み。研究的要素は乏しい(他の重要研究と比較して)。○現在 0.1nm 程度なので近い未来に達成可能と考える。○原子のイメージングは相当以前から行われている。分解能の要求値によるが、普及はニーズとコストの問題であろう。○本当に単原子で可能かが問題。論文的には良いが、実用的な意義は低い?</p>
58	<p>0.1 ナノメートルの空間分解能で、金属または酸化物ナノクラスター、金属-酸化物の境界面、ソフトマテリアルなどの化学状態、定量分析、イメージングが同時に取得できる汎用計測技術</p> <p>○複数の計測技術を総合化できるかどうか重要。○レーザー駆動の超小型電子加速器を用いることで放射光装置を小型にすることが可能。○実用化は大変困難ではないか。○STEM-HAADF で課題のあるものは実現していると認識。○日本の研究がやや世界に遅れをとっている感がある。○名古屋大学の画像物性診断法はこの要求をほぼ満たしつつある。○試料のダメージが問題。○STM や AFM の改良でということなのであろうが、全てを同時というのは困難と思われる。○太陽電池の高効率化の解析のために不可欠の技術である。○現在の解析技術+コンピュータシミュレーションなら可能かもしれない。○APFIM 等が相当すると考える。○AFM。</p>
59	<p>環境制御雰囲気下で、原子・分子を1個1個観察しつつ、化学組成や化学状態の情報が得られるプローブ技術</p> <p>○spring8 で実現。○プローブチップの開発。○1個1個観ることの意味による。課題 57 と同様、あぶない問題設定ではないか。○STEM-HAADF、STM で実現しつつあると認識。○化学状態分析のブレークスルーが必要。EXPEEM、XANAM が有力。○試料のダメージが問題。○対象物が何かによるが、Si 系では一部実現されている。○どんな環境かによる。○太陽電池の高効率化の解析のために不可欠の技術である。○個々の要件を満たす分析機器は存在する。○若手の有能な研究者の安定雇用。○プローブ顕微鏡の技術はますます進歩している。○トンネル顕微鏡による部分的に似た観察は可能性ある。○AFM。</p>
60	<p>燃料電池高分子膜内水/プロトン移動を空間分解能 1μm でイメージングするための中性子マイクロビーム生成・検出技術</p> <p>○J-PARK で準備中。○社会的に普及しない。○実現すれば素晴らしいが、反応断面積、集束、フラックス等々常識的には不可能。○μm まで絞って何がわかるのか不明。NMR で実現しているのでは?「電池内で動作中に」ということであると非常に困難と思う○中性子は物質との相互作用が小さいのでナノスケールの測定には不向き。○J-PARK の本格的運用が開始されれば可能ではないだろうか。○1μm では意味がない。</p>
61	<p>高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術</p> <p>○J-PARK で準備中。○社会的に普及しない。○中性子を使った技術は中性子源の開発がネック。原子炉や加速器の民生化は無理。○一部実しているのでは。○中性子は物質との相互作用が小さいのでナノスケールの測定には不向き。○J-PARK の本格的運用が開始されれば可能ではないだろうか。</p>
62	<p>大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性子源(加速器)ならびに実験施設(10mx10m)</p> <p>○安全性実現困難。○実用化されれば、便利であるが、放射線防護等の観点からすると重要度は低い。○レーザー加速で、加速器の小型化。○J-PARC の 1/1000 出力のものが、安価でできる可能性があれば、価値はあると考える。○必要性が理解できない。○法改正が必要/重要である。○安全性等の観点から、果たして必要なか。○中性子は物質との相互作用が小さいのでナノスケールの測定には不向き。○要求性能にもよるが、ニーズとコストによっては普及し得る。</p>
63	<p>ソフトマターやヘテロ構造(磁気ドメインなど)のスローダイナミクス観測のための超高分解能中性子散乱技術</p> <p>○検出器開発。○J-PARC に高分解能装置がつくれる。○中性子は物質との相互作用が小さいのでナノスケールの測定には不向き。○米国 SNS-NSE により次の 10 年で実現されると思われる。</p>
64	<p>放射光によるナノ〜メソスケール機能材料の計測・分析技術(サブナノメートルの空間分解能で、0.05eV 以下のエネルギー分解能</p>

	<p>を持ち、マイクロ秒以下で、様々な反応条件において、化学種と化学状態を同時にイメージングできる計測・分析技術)</p> <p>○放射光発生と短パルスとの両立が難しい。○社会的普及は不明。○具体的なパラメータによると思われるが、このようなプローブにより、見ている反応が修正を受ける可能性が大きい。○Spring8の維持費を削らない。</p>
65	<p>放射光 X 線吸収分光法の高度化(様々な反応条件で長距離周期をもたないナノスケールの機能材料の局所領域の構造情報をサブナノスケール空間分解能・マイクロ秒以下で計測できる技術と高速解析技術)</p> <p>○課題 64 同様プローブにより、見ている現象がどの程度乱されるか不明。○放射源に依存する。○Spring8 の維持費を削らない。</p>
66	<p>4元系までの実用上重要なすべての物質の熱力学値や基盤的物性値を高品位かつ網羅的に獲得するための理論計算技術と、それを検証する実験技術との融合</p> <p>○理論計算法の開発は大学で、実験との融合は公的研究所で。○課題が意味不明。○元素の種類によっては、第一原理熱力学計算と高解像度顕微鏡技術の連携により可能になりつつある。</p>
67	<p>第一原理計算に基づいたシミュレーションを材料設計、プロセス設計、材料評価に応用する技術</p> <p>○一般的な材料開発現場で広く使われるようになる。○すでに一部実現している。どこまでを要求するかで異なる。順次進化していくであろう。○一部は実現され、研究現場では利用されつつある。○モデリングをどうするかが問題。○第 1 原理計算だけですべてを理解することは計算量が多いかに関わらず不可能と思われる。それよりもモデルの工夫が必要。○第一原理計算で予測可能な特性と実際の材料には乖離がある部分が多く実用化には相応の時間が必要。○社会的実現を目指すには民間企業による技術の発展・転換が不可欠。○既にかなり研究分野では使用されている。○固溶合金についてはすでに高い技術レベルと思う。析出合金は今から発展していくと思う。○日本の企業にこれを行う体力はもはやない。(人材を育てられない)○どのようなモデリングをするかが問題。</p>
68	<p>超高精度量子化学計算手法を高機能分子設計に応用する技術</p> <p>○できれば反応経路の開発も行えればなおよい。○費用が不明。○創薬分野のスクリーニングにはすでに活用されつつあると言っている。○コンピュータのスピードに依存。○実用性は不明。</p>
69	<p>計算と実験に基づいた情報獲得、整理(データベース化)を材料設計に応用する技術(マテリアルズ・インフォマティクス)</p> <p>○課題が漠然としすぎ。○原型は存在するとも考えられるが、普及には 10 年以上は必要。予測精度に限界。</p>
70	<p>次世代スーパーコンピュータなど革新的ハードウェアによって可能となる10^6 個の原子の第一原理計算やマイクロ秒レベルのダイナミクスなどの巨大計算に基づいた材料設計技術</p> <p>○巨大計算から質的な進歩が得られるかどうか疑問である。○マルチスケールのシミュレーションで代替可能な部分もある。○課題が漠然としすぎ。○大変重要と考えられるが、実現可能性に疑問がある(第一原理の意味にもよる)。○高機能かつ新機能の材料を得るためのキーになるはず。○それぞれのスケールでの方法論は存在するが実材料設計に使うための汎用性が課題。○分子ダイナミクスの巨大計算も重要だが、その計算をどう実用上に生かしていくのがマルチスケールの材料設計技術もより重要と考えている。材料設計にかかるマルチスケールシミュレーション技術の開発は米国等で盛んに行われている。もっと力を入れて取り込むべきであろう。○このような力任せのやり方では、おそらく日本は世界をリードできないと思われる。経費がかなりすぎる。○限られた範囲では計算されているが、「材料設計」に結びつく範囲は将来も限られよう。○実用性は不明。</p>
71	<p>電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジクス材料シミュレーション技術</p> <p>○コンピュータ本体(ハード)の進歩に負うところが大きい。○どのレベルを問題とするのか? 低レベルなら実現済。高レベルなら 100 年以上先。○大変重要と考えられるが、実現可能性に疑問がある。○対象が複雑であるため、なかなか難しいと考えるが、工業材料の高度応用にとって不可欠の技術と考える。○現在取り組んでおり、原理的検証から実験観察との整合性、実設計へむけて開発中。○原子分子のナノから実用材料のメガスケールまでつなぐシミュレーションは重要。一部 OCTA で実現。○対象をもう少し絞り込むべき。○限られた範囲であれば、実用化し得ると考えられる。○重要。○それぞれの要素シミュレーション技術はある程度完成されているので、それを相互に連携させていくことがポイントと思う。○分子ダイナミクス計算も重要だがその計算(結果)をどう実用上生かしていくのか? それと連動したマルチスケールの材料設計技術をより重要と考える。マルチスケールシミュレーション技術を用いた材料設計は米国でもさかんに行われている。力を入れて取り組むべき案件の一つと思料する。</p>
72	<p>分子における機能-構造相関解析技術による、高機能・高付加価値分子の精密設計技術</p> <p>○漠然としすぎ。○課題があいまいな感じがする。○重要。</p>
73	<p>界面および表面での化学反応や物質移動を、温度や化学ポテンシャルなどの変数に応じて非経験的に高精度にシミュレーションする技術</p> <p>○本当に実用化するのには大変困難ではないか。○燃料電池等のデバイス開発や高温で機能する特性の解析評価のキーとなる技術。○精度の問題。○人件費以外の経費を必要としないので、特に重要。ただ、数学的基礎をしっかりとさせないで、垂れ流的に計算することは危険。○分野によってはかなりの精度でシミュレーションが可能になってきていると思われます。○表面、界面の未解決問題は多いので、強気に推進願いたい。</p>
74	<p>ナノ材料の生理学的安全性を社会的に認知される、評価・推測技術</p> <p>○米国等と連携。○完全に安全であるとは断言する事はできない。~の条件、~の範囲のもとで安全であるとしか言えない。このことを一般の人に認識してもらうのはむずかしい。○「社会的」に認知されるには、臨床など長期的なデータ取得が不可欠。統計データからの推測データでは納得されにくいのかも。○避けられない必要技術(無矛盾なものができるかは不明)。○パブリックアクセプタンスを早期に得る必要がある。○ナノ材料の安全性については各方面で取り組んでいる。○新しいナノ材料の発現に伴う規格化が必要。○専門家による集中的な研究が必要。</p>
75	<p>分析プロセスの自動化とナノ材料分析技術の標準化(試料づくり、計測、解析、ソフトウェアなど)</p> <p>○世界のトップランナーの研究成果が自然と標準となる。○データの信頼性は極めて重要。日本発のグローバルスタンダードの発信を願いたい。○何を標準化するかが鍵。○ナノ材料は基礎段階にあるものが多く、規格化には多少時間が必要と思う。○漠然とした目的。</p>
76	<p>ウイルス等の院内感染連続モニターシステムのためのセンシング素子・材料</p> <p>○現在の技術のシステム化でもある程度可能。</p>
77	<p>食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム</p> <p>○国民の生活(衣食住)の食を支える大変重要な技術であり、世界的な需要は大きい。○異物検査は実現されており、化学分析も高速でなければ可能。○曖昧。</p>

78	<p>家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報を高感度かつリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク</p> <p>○どのレベルの情報を指しているのか。○安全性の定義は一義的に決まるものではない。○一部は既に実証、実用化が進んでいる。○曖昧。</p>
79	<p>DNAに基づく個人認証を迅速に行う小型認証技術</p> <p>○技術的には到達しており、コスト、時間の問題を解決する事が求められる。○“小型”の意味が不明。○不要。個人情報である。</p>
80	<p>ドラッグデリバリーシステム(DDS)のカプセル材料や投与量の安全基準の策定</p> <p>○技術的にはかなり成熟している。法律の制約のため、欧州にて臨床が進んでいる。○DDS 担体の発展に伴い、基準も進化すべきだが、担体材料で定番となっているものがまだ少ない。○ケースバイケースなので基準化は無理。</p>
81	<p>化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定</p> <p>○通常ナノ粒子は凝縮しているためナノ粒子の安全基準自体あまり意味がない。○ナノマテリアルの社会受容研究は複数機関であまり目立つことなく行われているように見える。もっと重視すべき分野であり、積極的にすべき。○標準化基準はISO化も進める必要あり。○ナノ粒子の安全性データ不足による科学的視点の欠如。</p>
82	<p>材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品のLCA技術</p> <p>○経済活動と環境保全意識のバランスが取ればすぐにも導入できる。○CO₂排出量削減とも関連すると思われます。○限られた範囲であれば、利用されるようになると思う。○インベントリが整ったとしても、最終的な国際取決めが必要ではないかと思ます。</p>
83	<p>発がん性、内分泌かく乱性等を持つ微量水質汚染物質に関する高精度の計測・影響評価技術</p> <p>○内分泌かく乱性物質の存在そのものを問う必要がある。○計測技術は既にある。○いわゆる環境ホルモンは、再現性がなく、化学的な証明がない。</p>
84	<p>ナノスケールオーダーの長さ、変位、表面粗さの測定が、製造工程で実用的に使える汎用プロセス技術</p> <p>○機能性材料分野では、実用レベルにある。構造材料については、開発課題がある。○製造現場でナノスケールの測定は必要性が乏しい。○ナノメートルというと温度等によっても変化する。設問の意図が不明。○用途によっては原子間力顕微鏡が実現レベルに達していると思います。</p>

9. 8. 未来技術年表

9. 8. 1. 技術的実現予測時期

区分については9.3.を参照

実現年	課題
2016	50 蛍光灯に代わる照明用の有機高分子・面発光体 <区分B>
2017	03 ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料 <区分A>
	05 安価で簡便なナノスケールの型形成技術 <区分A>
	27 不揮発性のロジック LSI <区分B>
	51 ナノポアによる原子・分子の高効率分離材料 <区分B>
	57 原子識別イメージングが可能な収差補正・超高分解能電子顕微鏡(分解能 0.05nm) <区分C>
	78 家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報を高感度かつリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク <区分E>
	82 材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品の LCA 技術 <区分E>
	84 ナノスケールオーダーの長さ、変位、表面粗さの測定が、製造工程で実用的に使える汎用プロセス技術 <区分E>
2018	04 ナノスケールの産業用 3 次元集積加工技術 <区分A>
	09 圧電率が PZT (Pb(Zr,Ti)O ₃) なみの鉛フリー強誘電体 <区分A>
	11 誘電率 1.5 以下の超 LSI のための実用絶縁材料 <区分A>
	15 ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストロームオーダーの超精密半導体プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング) <区分A>
	17 負の屈折率を持つ材料を用いた光学素子 <区分A>
	19 非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術 <区分A>
	38 ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管 <区分B>
	39 人骨とほぼ同等の機能を有する生体用材料 <区分B>
	40 インスリンやワクチンなど、経口投与が困難な薬物の経口投与を可能にする製剤技術 <区分B>
	52 湿度、温度を同時に調整する環境調整機能を持った内外装材料 <区分B>
	55 金属材料の劣化を非破壊検査し、残存寿命を使用状態で推測する技術 <区分C>
	61 高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術 <区分C>
	67 第一原理計算に基づいたシミュレーションを材料設計、プロセス設計、材料評価に応用する技術 <区分D>
	69 計算と実験に基づいた情報獲得、整理(データベース化)を材料設計に応用する技術(マテリアルズ・インフォマティクス) <区分D>
	75 分析プロセスの自動化とナノ材料分析技術の標準化(試料づくり、計測、解析、ソフトウェアなど) <区分E>
	76 ウイルス等の院内感染連続モニターシステムのためのセンシング素子・材料 <区分E>
	83 発がん性、内分泌かく乱性を持つ微量水質汚染物質に関する高精度の計測・影響評価技術 <区分E>
2019	01 能動型ソフトマテリアルが開発されるためのマクロ変形アクチュエータ材料、高分子材料、あるいは有機半導体材料 <区分A>
	02 自己組織化による 10nm 以下の産業用ナノ構造制御技術 <区分A>
	13 部品の超長寿命化(現在の 2 倍以上)のための表面改質・トライボロジー <区分A>
	14 潤滑油を不要とする自己潤滑機能をもった軸受け機構を持ち、メンテナンスフリーの実用機械要素 <区分A>
	16 ナノオーダーの自己組織化技術を活用した製造技術 <区分A>
	18 非可食の植物資源から基幹分子(特にポリオレフィン系高分子材料)を量産する化学プロセス <区分A>
	23 抗凝固剤の不要な抗血栓性人工弁・血管 <区分B>
	25 深紫外半導体レーザー <区分B>
	26 低コストで変換効率 20%以上の大面積薄膜太陽電池 <区分B>
	28 耐用温度 1200℃以上の高効率ガスタービン(動翼)用超耐熱合金材料 <区分B>
	36 低環境負荷元素のみで構成した発光デバイス <区分B>
	37 移植用臓器を長期間保存できる保存液・技術(心臓 2 日・腎臓 1 カ月) <区分B>
	41 生体由来組織に対して脱細胞処理などを施して作成した、安全性が担保された移植用心臓弁 <区分B>

実現年	課題
2019	42 人工角膜材料の量産技術 <区分B> 58 0.1 ナノメートルの空間分解能で、金属または酸化物ナノクラスター、金属-酸化物の境界面、ソフトマテリアルなどの化学状態、定量分析、イメージングが同時に取得できる汎用計測技術 <区分C> 60 燃料電池高分子膜内水/プロトン移動を空間分解能1 μm でイメージングするための中性子マイクロビーム生成・検出技術 <区分C> 65 放射光 X 線吸収分光法の高度化(様々な反応条件で長距離周期をもたないナノスケールの機能材料の局所領域の構造情報をサブナノスケール空間分解能・マイクロ秒以下で計測できる技術と高速解析技術) <区分C> 68 超高精度量子化学計算手法を高機能分子設計に応用する技術 <区分D> 74 ナノ材料の生理学的安全性を社会的に認知される、評価・推測技術 <区分E> 77 食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム <区分E> 79 DNA に基づく個人認証を迅速に行う小型認証技術 <区分E>
2020	12 エレクトロニクス用途の実用レベルの半導体ダイヤモンド <区分A> 32 希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池 <区分B> 43 ほ乳類受精卵を孵化させるための人工システム(人工胎盤) <区分B> 44 幹細胞の分化誘導を精密に制御できる人工環境(ニッチ)基材 <区分B> 54 20 個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する装置 <区分C> 56 超高温(800℃以上)かつ高压反応(3kPa 以上)など極限環境での、触媒、金属、溶融塩などのその場電子顕微鏡観察技術 <区分C> 59 環境制御雰囲気下で、原子・分子を1個1個観察しつつ、化学組成や化学状態の情報が得られるプローブ技術 <区分C> 62 大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性子源(加速器)ならびに実験施設(10mx10m) <区分C> 63 ソフトマターやヘテロ構造(磁気ドメインなど)のスローダイナミクス観測のための超高分解能中性子散乱技術 <区分C> 64 放射光によるナノ～メソスケール機能材料の計測・分析技術(サブナノメートルの空間分解能で、0.05eV 以下のエネルギー分解能を持ち、マイクロ秒以下で、様々な反応条件において、化学種と化学状態を同時にイメージングできる計測・分析技術) <区分C> 72 分子における機能-構造相関解析技術による、高機能・高付加価値分子の精密設計技術 <区分D> 73 界面および表面での化学反応や物質移動を、温度や化学ポテンシャルなどの変数に応じて非経験的に精確にシミュレーションする技術 <区分D>
2021	24 曲げ強度が2000MPa で、破壊靱性値が15MPa・m ^{1/2} を超える構造用セラミックス材料 <区分B> 45 再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料 <区分B> 46 CO ₂ 削減のための炭素固定材料 <区分B> 48 電子のスピンを原子・分子レベルで測定・制御する技術 <区分B> 70 次世代スーパーコンピュータなど革新的ハードウェアによって可能となる10 ⁶ 個の原子の第一原理計算やマイクロ秒レベルのダイナミクスなどの巨大計算に基づいた材料設計技術 <区分D> 71 電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術 <区分D>
2022	22 変換効率10%以上の熱電発電モジュール <区分B> 53 1つの細胞を試料として、細胞内の全ての mRNA の種類とコピー数を計測する装置 <区分C>
2023	30 実用経済的な高速増殖炉用の耐照射性材料 <区分B> 33 環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術 <区分B> 35 水素密度10wt%以上で放出温度100℃以下の高密度水素貯蔵材料 <区分B>
2024	34 太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術 <区分B> 66 4元素までの実用上重要なすべての物質の熱力学値や基盤的物性値を高品位かつ網羅的に獲得するための理論計算技術と、それを検証する実験技術との融合 <区分D>
2025	06 完全な高次構造をもつタンパク質の化学的合成法 <区分A> 21 大陸間の送電時のエネルギーロスが実用レベルに低減された材料 <区分A>
2026	07 室温以上のキュリー点をもつ有機強磁性体 <区分A> 08 室温で銅と同等の電気伝導性と耐環境性を有する高分子材料 <区分A> 31 生体エネルギーで半永久的に動き続ける体内埋め込み健康管理デバイス <区分B>
2027	10 液体窒素温度以上に転移点を持つ有機超伝導体 <区分A>

実現年	課題
2027	47 フォトニック結晶光集積回路によるテラヘルツ光コンピュータ <区分B>
2028	20 植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術 <区分A>
	29 実用経済的な核融合炉用のプラズマ対向材料・耐照射性材料 <区分B>
2032	49 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を経済的に核変換して、放射能を 1/10 にする技術 <区分B>

9. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については9.3.を参照

実現年	課題
2019	81 化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定 <区分E>
2023	03 ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料 <区分A>
	05 安価で簡便なナノスケールの型形成技術 <区分A>
	50 蛍光灯に代わる照明用の有機高分子・面発光体 <区分B>
	57 原子識別イメージングが可能な収差補正・超高分解能電子顕微鏡(分解能 0.05nm) <区分C>
	78 家畜の異常を早期に察知するため、圃場・畜舎・養殖池等の環境情報や生物情報を高感度かつリアルタイムにモニタリングするセンサネットワーク <区分E>
	80 ドラッグデリバリーシステム(DDS)のカプセル材料や投与量の安全基準の策定 <区分E>
	82 材料のライフサイクルアセスメント(LCA)のデータベースの確立に基づく、製品のLCA技術 <区分E>
	84 ナノスケールオーダーの長さ、変位、表面粗さの測定が、製造工程で実用的に使える汎用プロセス技術 <区分E>
2024	09 圧電率がPZT(Pb(Zr,Ti)O ₃)なみの鉛フリー強誘電体 <区分A>
	83 発がん性、内分泌かく乱性等を持つ微量水質汚染物質に関する高精度の計測・影響評価技術 <区分E>
2025	04 ナノスケールの産業用3次元集積加工技術 <区分A>
	11 誘電率1.5以下の超LSIのための実用絶縁材料 <区分A>
	19 非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術 <区分A>
	27 不揮発性のロジックLSI <区分B>
	40 インスリンやワクチンなど、経口投与が困難な薬物の経口投与を可能にする製剤技術 <区分B>
	51 ナノポアによる原子・分子の高効率分離材料 <区分B>
	52 湿度、温度を同時に調整する環境調整機能を持った内外装材料 <区分B>
	76 ウイルス等の院内感染連続モニターシステムのためのセンシング素子・材料 <区分E>
2026	02 自己組織化による10nm以下の産業用ナノ構造制御技術 <区分A>
	13 部品の超長寿命化(現在の2倍以上)のための表面改質・トライボロジー <区分A>
	18 非可食の植物資源から基幹分子(特にポリオレフィン系高分子材料)を量産する化学プロセス <区分A>
	25 深紫外半導体レーザー <区分B>
	37 移植用臓器を長期間保存できる保存液・技術(心臓2日・腎臓1カ月) <区分B>
	38 ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管 <区分B>
	39 人骨とほぼ同等の機能を有する生体用材料 <区分B>
	42 人工角膜材料の量産技術 <区分B>
	55 金属材料の劣化を非破壊検査し、残存寿命を使用状態で推測する技術 <区分C>
	58 0.1 ナノメートルの空間分解能で、金属または酸化物ナノクラスター、金属-酸化物の境界面、ソフトマテリアルなどの化学状態、定量分析、イメージングが同時に取得できる汎用計測技術 <区分C>
	61 高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術 <区分C>
	67 第一原理計算に基づいたシミュレーションを材料設計、プロセス設計、材料評価に応用する技術 <区分D>
	69 計算と実験に基づいた情報獲得、整理(データベース化)を材料設計に応用する技術(マテリアルズ・インフォマティクス) <区分D>
	74 ナノ材料の生理学的安全性を社会的に認知される、評価・推測技術 <区分E>
	75 分析プロセスの自動化とナノ材料分析技術の標準化(試料づくり、計測、解析、ソフトウェアなど) <区分E>
	77 食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム <区分E>
2027	01 能動型ソフトマテリアルが開発されるためのマクロ変形アクチュエータ材料、高分子材料、あるいは有機半導体材料 <区分A>
	15 ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストロームオーダーの超精密半導体プロセス技術(加工・分析・試験・in-situモニタリング) <区分A>
	16 ナノオーダーの自己組織化技術を活用した製造技術 <区分A>
	23 抗凝固剤の不要な抗血栓性人工弁・血管 <区分B>
	26 低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池 <区分B>

実現年	課題
2027	41 生体由来組織に対して脱細胞処理などを施して作成した、安全性が担保された移植用心臓弁〈区分B〉
	56 超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa 以上)など極限環境での、触媒、金属、溶融塩などのその場電子顕微鏡観察技術〈区分C〉
	60 燃料電池高分子膜内水/プロトン移動を空間分解能1μmでイメージングするための中性子マイクロビーム生成・検出技術〈区分C〉
	68 超高精度量子化学計算手法を高機能分子設計に応用する技術〈区分D〉
	79 DNAに基づく個人認証を迅速に行う小型認証技術〈区分E〉
2028	14 潤滑油を不要とする自己潤滑機能をもった軸受け機構を持ち、メンテナンスフリーの実用機械要素〈区分A〉
	17 負の屈折率を持つ材料を用いた光学素子〈区分A〉
	28 耐用温度1200℃以上の高効率ガスタービン(動翼)用超耐熱合金材料〈区分B〉
	36 低環境負荷元素のみで構成した発光デバイス〈区分B〉
	59 環境制御雰囲気下で、原子・分子を1個1個観察しつつ、化学組成や化学状態の情報が得られるプローブ技術〈区分C〉
2029	63 ソフトマターやヘテロ構造(磁気ドメインなど)のスローダイナミクス観測のための超高分解能中性子散乱技術〈区分C〉
	64 放射光によるナノ～メソスケール機能材料の計測・分析技術(サブナノメートルの空間分解能で、0.05eV以下のエネルギー分解能を持ち、マイクロ秒以下で、様々な反応条件において、化学種と化学状態を同時にイメージングできる計測・分析技術)〈区分C〉
	72 分子における機能-構造相関解析技術による、高機能・高付加価値分子の精密設計技術〈区分D〉
	73 界面および表面での化学反応や物質移動を、温度や化学ポテンシャルなどの変数に応じて非経験的に高精度にシミュレーションする技術〈区分D〉
	12 エレクトロニクス用途の実用レベルの半導体ダイヤモンド〈区分A〉
2030	44 幹細胞の分化誘導を精密に制御できる人工環境(ニッチ)基材〈区分B〉
	62 大学・研究機関や工場の現場に設置可能な小型中性子源(加速器)ならびに実験施設(10mx10m)〈区分C〉
	32 希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池〈区分B〉
	45 再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料〈区分B〉
	46 CO ₂ 削減のための炭素固定材料〈区分B〉
2031	53 1つの細胞を試料として、細胞内の全ての mRNA の種類とコピー数を計測する装置〈区分C〉
	70 次世代スーパーコンピュータなど革新的ハードウェアによって可能となる10 ⁶ 個の原子の第一原理計算やマイクロ秒レベルのダイナミクスなどの巨大計算に基づいた材料設計技術〈区分D〉
	71 電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までマルチスケールでのマルチフィジックス材料シミュレーション技術〈区分D〉
	22 変換効率10%以上の熱電発電モジュール〈区分B〉
	33 環境にCO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術〈区分B〉
2032	34 太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術〈区分B〉
	43 ほ乳類受精卵を孵化させるための人工システム(人工胎盤)〈区分B〉
	54 20個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する装置〈区分C〉
	24 曲げ強度が2000MPaで、破壊靱性値が15MPa・m ^{1/2} を超える構造用セラミックス材料〈区分B〉
	30 実用経済的な高速増殖炉用の耐照射性材料〈区分B〉
2033	35 水素密度10wt%以上で放出温度100℃以下の高密度水素貯蔵材料〈区分B〉
	48 電子のスピンを原子・分子レベルで測定・制御する技術〈区分B〉
	66 4元素までの実用上重要なすべての物質の熱力学値や基盤的物性値を高品位かつ網羅的に獲得するための理論計算技術と、それを検証する実験技術との融合〈区分D〉
	08 室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料〈区分A〉
	2034
2035	21 大陸間の送電時のエネルギーロスが実用レベルに低減された材料〈区分A〉
	31 生体エネルギーで半永久的に動き続ける体内埋め込み健康管理デバイス〈区分B〉
2036	10 液体窒素温度以上に転移点を持つ有機超伝導体〈区分A〉
	29 実用経済的な核融合炉用のプラズマ対向材料・耐照射性材料〈区分B〉
	47 フォトニック結晶光集積回路によるテラヘルツ光コンピュータ〈区分B〉

実現年	課題
2037	20 植物同等の効率(1%以上)の人工光合成技術 <区分A>
2038	49 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を経済的に核変換して、放射能を 1/10 にする技術 <区分B>

No. 10 分科会「産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術」 の調査結果

目次

10. 1.	将来展望.....	713
10. 1. 1.	総論.....	713
10. 1. 2.	少品種大量生産.....	715
10. 1. 3.	変種変量生産.....	717
10. 1. 4.	オンデマンド製造.....	718
10. 1. 5.	設計・生産支援とその他製造形態.....	720
10. 1. 6.	グローバル化、価値創造、市場創成.....	721
10. 1. 7.	エネルギー、資源、環境.....	723
10. 1. 8.	理工系離れ、人材問題、少子高齢化.....	724
10. 1. 9.	安心・安全.....	726
10. 2.	アンケート調査の回収状況.....	729
10. 3.	課題の区分.....	730
10. 4.	個別科学技術課題に関する設問について.....	731
10. 4. 1.	課題の重要度.....	731
10. 4. 2.	技術的実現予測時期.....	735
10. 4. 3.	技術的実現を牽引するセクター.....	736
10. 4. 4.	社会的実現予測時期.....	738
10. 4. 5.	社会的実現を牽引するセクター.....	739
10. 4. 6.	技術的実現から社会的実現までの期間.....	742
10. 4. 7.	新規提案課題.....	744
10. 5.	グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	745
10. 5. 1.	将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	745
10. 5. 2.	今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	745
10. 5. 3.	将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	748
10. 5. 4.	将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	750
10. 5. 5.	温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	751
10. 6.	集計結果一覧.....	752
10. 7.	課題別コメント.....	772
10. 8.	未来技術年表.....	780
10. 8.	未来技術年表.....	780
10. 8. 1.	技術的実現予測時期.....	780
10. 8. 2.	社会的実現予測時期.....	783

10. 1. 将来展望

10. 1. 1. 総論

(1) 背景

科学技術先進国に追いつけ追い越せから、すでに肩を並べ、新進の国から追われる立場になり、科学技術創造立国を取りまく国際環境は歴史的に大きく変わった。より高性能な製品をより安く製造するという目標がゆらぎ、新しい価値の創造が目標として取って代わり、技術の評価指標としては、単なる性能から人と環境への配慮も重要になっている。

このような歴史的な転機にあって、科学技術戦略の中で製造技術をどのようにとらえるか。まず、No.10 分科会における議論はそこから始まった。「ものづくり」が科学技術立国を象徴するキーワードとして語られ、中でも「製造技術」は産業に最も近い「ものづくり」の技術、あるいは製造産業技術そのものとさえ認識されている。しかし、学術的な基礎研究からプロトタイプに到る応用研究まで高度な研究開発は優れた製造技術が支え、製造技術そのものの研究開発も高度な研究が支えている。また、製造技術は小さな装置や工場から巨大なプラントや高度な研究機関に到るまで大きさも複雑さも実に広範囲に渡る。製造に伴うエネルギー消費と廃棄物の排出は環境問題に密接に関係し、製造に携わる人々の育成や生活基盤まで考えると、国のレベルで直接的に社会にも深く関係していることに気付く。

一方で、製造技術の対象も形のある物体から形のないソフトウェアに及び、その規模も産業として相当の規模に達している。また、視覚や聴覚に接することで価値が認められるコンテンツについてもかつてのように芸術家だけが産み出す領域ではなくなり、既に製造する技術や一般的な市場も存在して産業として成立している。かつてはサービスと言えは製品のアフターサービスであったが、現代にあってはこうしたソフトやコンテンツに深く関連したサービスも製造技術とは切り離すことはできない。こうしたソフトやコンテンツ、サービスを触ることのできる「ハードウェア(ハード)」との対比において「ソフトウェア(ソフト)」と総称すると、ハードの商品としての階層的分類、部品・部材、製品、システムのいずれにおいても質・量ともに対応するソフトが存在する時代になってきた。

さらに、最終製品に求められ付与する機能も技術開発から生まれる価値から、市場、すなわち人々が潜在的に欲する価値を導きだし、その価値に向けて最速最廉価にものを造り製品として製造する技術もますます重要になってきた。バリューチェーンという考え方やそのための設計法も、これまでは企業のノウハウであったが学術的な研究対象になっている。既に存在している市場に対して如何に効率的に製品を製造することが重要であった技術から、新たな価値創出を設計して市場を創成する現代のバリューチェーンに対応する柔軟かつ即応性のある製造技術が新たに求められていると言えよう。

市場創成という観点では、新規市場創成が我が国の科学技術の最弱点と認識されて久しい。膨大な国家予算が投じられても、独創研究からなかなか新しい市場は生まれてこない。こうした背景を考慮すると、マーケティングや基礎研究から製品開発と市場創成に至る業務プロセスにおける製造技術の課題は科学技術立国の政策課題として極めて重要な意味を持つ。

(北森 武彦)

(2) 設定経過とその意義: 重要性

以上のような共通認識の元に、No.10 分科会では学術・産業・社会との総合的な関連において製造技術をとらえ、産業技術に関わる製造技術と社会問題に関わる製造技術の両観点から次世代の課題を考えることにした。

まず、課題抽出にあたって、A、B、二つのキーワードマトリクスを用意することにした(調査資料 168 の 135 ページ参照)。A表のキーワードマトリクスでは縦軸に少品種大量や変種変量などの製造形態・製造手法をとり、横軸に部品、部材、製品、システム、コンテンツと製造対象をとりそれぞれにハードとソフトを掲げた。この分類は比較的オーソドックスな分類である。一方、B表のキーワードマトリクスでは縦軸に基礎研究から製品開発、市場創成までの業務プロセスをとり、横軸に社会的効果として市場創成、エネルギー・資源・環境の問題、少子高齢・理科離れ・人材育成の問題、そして安全安心の問題を取った。その結果、科学技術や産業技術として取り組む

べき問題と、社会問題の解決に向けて取り組むべき問題が明確になってきた。課題発掘に際してはこれらを十分に考慮した。

以上のようにして抽出した課題は、産業経済における製造業の抱える技術課題のみならず、四半世紀先の科学技術を取りまく環境を予測しつつ、科学技術創造立国の維持発展に必要な今取るべきアクションを示すことに本調査報告の意義があると考えられる。したがって、本アンケート調査は、そうしたアクションに直結した課題に対する意識調査と位置づけることもできる。

(北森 武彦)

(3) 結果および方策

以下、そうした背景と位置付けのもとに行ったアンケート調査から得られた結果の概要を述べる。

まず、区分「エネルギー・資源・環境」に属する課題が世界・日本双方にとって今後重要となると予測されている。これは、この2、3年において環境問題やエネルギー問題、またレアメタルに代表される材料/資源枯渇への危機感が、世界共通の課題と認識されてきたため相対的に関心が高まっていることの表れと考えられる。

次に区分「理工系離れ、人材問題、少子高齢化」に属する課題が日本にとって今後重要となると予測されている。これは、特に日本における高齢化社会の進展や若者の理工系離れを反映して、将来に互る生産力、技術力低下への懸念から関心が高いことの表れと見られる。

一方、世界と日本にとって今後重要になると予測している上位の課題は、課題 65「CO₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術」、課題 40「ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するための累積暴露量の計数技術」、課題 38「体内埋込み型デバイスにおいて 10 年以上の長期にわたり生体適合性を維持できる皮膚加工形成技術」を挙げている。

課題 65 の CO₂ に代わる環境負荷指標については、上記の区分と同様、環境分野全般に対する関心の高まりによるものと考えられる。

課題 40 については、ナノテクノロジーは技術的インパクトの大きさと併せて、拙速な実用化がもたらす人間社会への弊害への懸念が払拭されていないことが総和として反映されたものと推測される。

課題 65 の CO₂ に代わる環境負荷指標については、上記の区分と同様、環境分野全般に対する関心の高まりによるものと考えられる。

また、比較的具体的な内容を含む課題 38 が上位に位置づけられたのは、医療技術進展への期待と、人工物の体内埋め込みというソリューションが現実のものになりつつあるとの認識が高まっている結果と推測される。

次に日本にとって重要になると予測している上位の課題は、課題 68「従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム」、課題 58「加工精度が1 μm以下のネットシェイプ成形(casting, sintering, plastic)加工技術」、課題 52「先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論」、などが挙げられている。これらの課題はいずれも日本の強みであるものづくりの継続的進展に対する期待の結果と考えられる。特にものづくりにおいて世界をリードしていくためには、製造工程のさらに上流側のプロセスである、世界市場を相手にした製品企画・創出や、より高い付加価値を与える製品設計・製造技術などが今後重要となるとの認識の表れと見られる。

次にアンケート調査結果を受けて今後取り組むべき課題や政府による支援などについて分科会からの展望・方策の概要を以下に示す。

1. 少品種大量生産は、その産業裾野の広さ、さらに生産の上流から下流への一貫性を保った精緻な垂直連繋形の生産・製造技術は今後とも日本のものづくりの根幹であることから、これらの継続的革新のための産業技術開発プロジェクト、さらに製造に係る科学を担う人材育成も同時に推進することが重要である。
2. 国内における嗜好の多様化への対応、また高い付加価値を持つ製品をタイムリーに合理的な価格で提

供するために、少品種大量生産でありながら、それにアドオンする形で多様化するニーズに応える多品種少量生産技術の拡大・振興が今後重要となる。

3. 多品種少量生産の究極である一品一様の生産形態、すなわちオンデマンド生産の実現には顧客と生産現場を双方向に結ぶ迅速・高信頼の情報伝達手段の整備やリコンフィギュラブルな生産ラインの構築が不可欠である。またロスのない高品質生産が期待できるマイクロ化学プラントは化学品製造分野で日本の優位性を維持する鍵となるため市場創成を含めた支援が重要である。
4. パーソナルファブ리케이션はホビー用途を含めた新たな市場創成や個人ベンチャー育成のきっかけとなる可能性を秘めているため、社会動向を含め継続的な注視が必要である。
5. グローバル化、価値創造、市場創成という観点では、従来の製造プロセスを対象とした科学技術から、新たな価値創生の方法論や人を含むワールドワイドな資源供給の最適化など広義の製造プロセスについての科学技術、方法論が重要であり、研究推進のあり方を含めた戦略的な取り組みが求められる。
6. 製造という側面から見ても、エネルギー、資源、環境に関わる課題は現在世界共通の課題との認識であり、現時点での国際貢献度が高く、重点的に取り組むことが期待される。特に循環型製造システム、未利用熱エネルギーの有効利用、新しい環境負荷評価指標/計測技術の研究推進が期待される。
7. 少子高齢化等に伴う国内での労働力減少に対しては作業を補助するインテリジェントで安全なロボット・システムの開発が望まれる。また若者の製造業への回帰を図るためには、より上流側の付加価値を与える仕事(含コンテンツ作成など)へのシフトを促進するための人材育成の仕組みづくりが重要である。
8. 安心・安全な製品の提供、すなわち品質バラツキ、製品事故を起こさない対策として、組込みソフトなど大規模アプリの高信頼開発技術、生産過程に高密度(立体内部3次元)・迅速な品質トレースが可能な計測評価技術が重要である。また一方で科学技術の進展と歩調を合わせた法制度(新たな製造方法の承認など)の整備も必要である。

(三宅 亮)

10. 1. 2. 少品種大量生産

(1)背景

製造は、消費者に優れた製品を早く安く提供するための手段であり、高い生産性で大量に低コストで造ることは、製造に課せられた基本的な要件の一つである。この製造方式すなわち少品種大量生産は、組立産業でのライン生産、部品産業での高速大量生産、素材産業での大規模プラントといった形として発展し、さらに高度な自動化技術、省人化技術と融合して高度化することによって我が国産業を支えてきた。1970年代を境として少品種大量生産における我が国の優位性は次第に失われていったが、この時期からは生産ラインのフレキシブル化や多品種少量生産への緩やかなシフトが進み、商品開発力の向上、高付加価値製品への重点化と相まって、1990年初頭までは我が国における製造は堅調であった。近年の我が国での製造とりわけ少品種大量生産は、経済のグローバル化、人口の減少による国内市場の縮小に見舞われ、まことに厳しい状況にある。事実、1990年からの20年間で我が国の製造業従事者数は20%もの減少に見舞われている。

この間、ある期間は製造技術で優位に立ち世界を席卷した我が国の製品が、その後海外製品に市場を奪われていった例が多く存在する。この様な例には、製造設備に大きく依存した製品、技術イノベーションの進展で単純化し造りやすくなった製品、といった特徴を見ることができる。我が国は、ノウハウを結晶化した精緻かつ複雑な製品の製造を得意とするわけで、汎用部品をもとにした製品や汎用化設備によって製造された製品の製造は今後も難しい局面が続くであろう。これらの製品の大量生産を我が国で継続するのは困難である。しかし、高い生産性で大量に低コストに造る技術が我が国で今後不要かという必ずしもそうではない。大量に生みだされるエンドユーザ向けの製品には数多くの部品部材が関わり、我が国製造業の地理的な広がり、製造業種の広がりを支えている。少品種大量生産であったとしても、我が国でなければ実現できない高度な製造設備、高品位な製品を世に生み出し、我が国に利益を還元できる状況を今後も維持せねばならない。

(2)トピックス

新たな発展段階に入ることで、少品種大量生産の新たな展開が生まれ、この分野での研究開発が盛んになることが大いに期待されているところである。発展段階を睨みつつ少品種大量生産の分野で設定された課題は、種々の技術分野を含んだ多様なものとなった。すなわち、①現状での製造の延長戦上の課題:「大重量構造物について、従来の溶融接合に替わる液相もしくは固相拡散接合等による低変形・低歪み接合技術(課題 1)」「製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の不具合追跡システム(課題 3)」、②未来の製造方式に関連した課題:「自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術(課題 2)」、③設計に関連した課題:「脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発支援技術(課題 4)」、そして④未来の製造設備要素に関連した課題:「生物と同等の運動機能や環境適応性を実現する柔軟機械技術(課題 7)」、「24 時間にわたるロボットの自律作業を可能にするためのバッテリー・省エネルギー技術(課題 6)」、「メカトロニクス機器の超小型化を可能にするための放熱・省エネルギー・アクチュエータ技術(課題 5)」である。調査回答は別紙にある通りである。

課題の重要度についてみると、「自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術(課題 2)」は世界・日本にとって重要な課題であるとされたが、これ以外の課題の重要度への評価は押し並べて高いとは言えない。設問の仕方にもよろうが、今回の設問の様な少品種大量生産に関わる設問が重要とはされないということは、解答者が今後も、少品種大量生産の基本的な生産様式が変化しないと考えていることの裏返しと言うこともできる。それ故なおさら、「脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発支援技術(課題 4)」は実現の可能性が低いと判断されている。実現予測時期は、「製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の不具合追跡システム(課題 3)」が最も早い。

(3)展望

新たな製品は、まず少量の生産から始まり大量生産へと移行する。多数の新たな製品のうち大量にエンドユーザによって消費されるのはごく一握りである。こう考えると、「優れた製品を早く安く提供する」少品種大量生産と「多様な価値を持つ製品をタイムリーに合理的な価格で提供する」多品種少量生産は、製造における車の両輪であってどちらも欠かすことができない。是非、本調査における少品種大量生産の部分と、変種変量生産、オンデマンド製造の部分と併せてご覧いただきたいと思う。社会が豊かになるにつれより多くの製品が生み出される。そのため多品種少量生産の比重がより高まったと言いつつも、エンドユーザに優れた製品を早く安く提供するための手段としての少品種大量生産は製造の基本であって、その技術開発を継続して行うことが我が国では重要な地位を占めていることに変わりはない。

少品種大量生産によって利益を上げることが難しくなりつつある我が国では、画期的な製品の開発により利益を上げることが求められている。商品開発への重点化である。いままでの我が国は、新たな価値の創造、新たな価値を持つ商品の創造に必ずしも得意では無いとされており、そのため、「価値の創造」あるいはコンテンツをより重視する方向での転換が求められている。国内での商品開発重点化、製造の海外シフトは少品種大量生産のアウトソーシングに繋がる。電子機器の EMS (Electronics Manufacturing Service) はその典型であろう。ただ我が国では、数万人規模の EMS は現実的とは言えず、またこれは我が国製造業の地理的な広がり、製造業種の広がり・多様性を到底維持することはできない。我が国では、上流から下流に至る一貫した製造プロセスの中で、ノウハウを結晶化した精緻かつ複雑な製品の製造を得意とするのであるから、この上流から下流へのプロセスの一貫性を分断することは必ずしも得策とは言えない。つまり我が国は、「価値の創造」をより重視する技術・商品開発への転換(プロダクトイノベーション)と、上流から下流への一貫性を保った垂直連携形の研究開発や生産・製造(プロセスイノベーション)を、同時に指向する必要がある。この背反するイノベーションの連携には、国の産業技術開発プロジェクトを通じた関わりが必要と思われる。関連して、現在既に製造の基盤技術開発に人材と資源を投入することが困難となる状況が生まれつつあることを指摘せざるを得ない。機械加工などの素形材・部材

加工、あるいは汎用化学製品製造に関わる研究を担う大学の研究室は激減し、企業への人材供給が困難となりつつある。企業でも、無くては困ると言いつつも成長分野では無い素形材・部材加工あるいは汎用化学製品製造の基盤技術開発に、人材や資源を投入する意欲は薄い。製造基盤技術の研究を個々の企業の自発的な取り組みに全面的に依存することはもはや難しいが、基盤研究とこれを担う人材の厚み無くしては、製造の基本である『少品種大量生産』のためのプロダクト、プロセスのイノベーションを期待することはできない。先に下線を付した 2 つのイノベーションを継続するためには、製造に関わる科学の振興を人材育成の必須条件と捉えて国が推進する仕組みが必要と思われる。このことは、若年層の理科離れといった問題への一つの解答となるかもしれない。

海外に目を転じると、先端製造科学への米国の意欲は衰えておらず、EU では Manufature と名付けられた研究のプラットフォームが存在し、実学としての製造学術を尊重する気風がある。一方、中国や韓国での製造基盤技術の伸びは著しい。我が国が世界の潮流から取り残されないためにも、製造基盤技術への研究、教育を維持・活性化する仕組みや施策を大いに求めたい。

(柳本 潤)

10. 1. 3. 変種変量生産

(1) 背景

高度経済成長時代の生産の基本形は、少品種大量生産であり、この生産システムは、豊かな日本を作るのに多大な寄与をした。半導体素子のように、今後も大量生産が必要なものもあるが、物があふれるという意味で豊かになった日本においては、消費者ニーズが多様化して、もはや、少品種大量生産のみでは、その要求に対応できなくなっている。また、コンピュータ、特にインターネットの発達、および生産システムに用いられる機能部品の高度化は、ものの作り方に大きな変革をもたらし、短時間でのツーリング(工作機械設備)変更、グローバルな情報ニーズにもとづくシステムコントロールを一部可能にしている。今後、ますますこの傾向は続き、変種変量生産できる領域が拡大していくものと予想される。

(2) 現状におけるトピックス

変種変量生産を加速する要素として、最近の動向を以下に記載する。

- ① 環境意識の高まりで、より効率よく生産システムを運用しようと、センサーネットワークの研究・開発・適用が行われている。すなわち、生産システムとそのシステムが設置された環境を最善にコントロールすることで、消費エネルギーを削減し、効率よく、必要なものを生産しようという考え方が具現化され始めている。
- ② 形ある工業製品は、職人による手作りである場合を除いて、設計図面に基づいて製造される。この設計図面は、最近では、3D-CAD で設計されることが多い。そこで、このCADデータを検査装置に直接データインプットして検査の合理化を行おうという動きが出てきた。特に半導体素子の製造では、欠陥を探し出すのに有用であり、徐々に普及している。また、設計にもとづいて製造対象の動作・機能のシミュレーションも実施され、部品変更などをおこなう場合の不具合の検出、動作の確認が机上で行われ、地域の事情に合わせた生産、グローバルな部品調達などを可能にしておき、変種変量生産を可能にする要素が確立されつつある。

(3) 調査結果と考察

課題 20「50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対し、再構成可能な製造システム」は、特に日本で重要な技術とされた比率が 67.1%で、8 位に入っている。これは、高度経済成長期にある中国やブラジルに比べて、日本の消費者ニーズが多様化しているとの認識の強さの現れであろう。また、業種によっては既に、このコンセプトで実施されているものもあるとの認識から、実現時期の予測は 2011 年から 2020 年に集中している。一方、様々な業種がある中で、50%以上の工場で導入されるというのは、無理があるとの意見もあった。

課題 12「大面積接合も可能とするような光エネルギーの界面吸収を利用した局部加熱接合技術」が重要度・優先度が低いとされたが比率が 25.0%と高い。重要度が低いとされた理由として、光エネルギーを利用する接合技術がすでに存在している、用途が狭いとの意見が寄せられている。

課題 9「ITER などの大型の熱核癒合炉に比べて制御性のよいナノ・マイクロサイズの高温・高密度プラズマ技術」が実現しないとされた比率が 8.2%と他の課題に比べて大きい。さらに課題 18「物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー」、課題 17「材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確立し実現する)」のわからないとされた比率がそれぞれ 13.2%、12.9%と高い値を示している。これらはいずれもナノテクノロジーもしくはその先の技術に関するものである。ナノテクノロジーが注目されて久しいが、その実現性については、まだ、懐疑的な目で見られている部分もある。また、これらの課題が実現する時期の予測では、2021 年以降と遠い将来に実現すると予想されている比率が高い。したがって、技術の牽引先は、大学、公共研究機関とする割合が高くなっている。これらの技術は、従来の生産形態を革新する可能性を持つ技術であるので、理解されない側面もあるが、地道な研究活動の継続が必要である。

(4) 今後の展望

変種変量生産は、究極的には、ユーザーニーズを取り込んで生産を行う一品一様の生産に近づいていく。また、拡大、進化が続くインターネットを利用しながら、グローバルな生産形態となっていくことであろう。

生産システムは、対象となる製造物によって様々であるが、基本部品は共通化され、むしろ、少品種大量生産されながら、それにアドオンする形で多様化するニーズに応える変種変量生産がなされる構成となっていくと推定される。

また、ナノテクノロジーなどの革新技术をとり入れながら、異種材料を高度に組み合わせ、対象製造物に新たな機能を持たせる生産システムも出現する可能性もあると考えられる。

(古田 一吉)

10. 1. 4. オンデマンド製造

(1) 背景と概要

社会のニーズの多様化とその変化の加速化に伴い、製品在庫の極少化と短納期対応の両立が企業生き残りの鍵となっている。そのため、生産形態も見込み生産から受注生産に近い生産形態に移行している。組み立て産業ではこの移行はかなり進んでいるが、化学や鉄鋼といった装置産業では、連続生産が主流であることと生産のリードタイムが長いことからこの移行は十分進んでいない状況にある。

オンデマンド生産では、1) 仕様を含むデマンド情報の迅速かつ正確に収集する仕組み、2) 得られたデマンドにあう製品を迅速に生産するための情報伝達法(ソフトウェア)、3) 得られたデマンドにあう製品を迅速かつ柔軟に生産するための設備構成(ハードウェア)をどう構築するかが課題である。消費者に密着した産業ではネットワークを利用した顧客情報収集、販売管理がかなり進展してきている。この動向は今後より一般的になることが予想され、需要情報にいかに対応できる生産販売体制を確立するかが、企業生き残りの鍵となる。

(2) トピックス

上記項目 1): 多様化する顧客のニーズを製品形状や色、質感等の情報に落とし込むのは容易ではない。これを達成する1つの技術として、課題 21「消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術」が考えられる。今回の調査では、この技術が区分「オンデマンド製造」の中で我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発テーマの最上位に挙げられている。消費財のインターネットを用いた販売が加速していることから、今後は既製品のみならず消費者が自由に設計した製品のネット販売へと拡大する可能性が高い。そのような状況を踏まえると、消費者(受注者)と直結した受注・生

産情報・品質管理システム開発は、今後注目すべき開発課題である。一方、この項目については、重要度/優先度は低い。という回答も多く見られた。回答者は、既に実現している、あるいは実現が近い(2016～20年の前半)ことから、一方ですでに研究対象ではないと判断し、一方では重点的に開発を進めて実用化に持ち込むべきテーマと判断したと思われる。

上記項目2):メカトロニクス分野では、共通アーキテクチャや標準モジュールを用いて複雑なシステムをいかに迅速に設計するかが課題である。その意味で、課題 24「メカ・エレキ・情報を高次元で統合した新しい意味でのメカトロニクス製品を合理的かつ迅速に設計するための方法論・支援技術」が日本にとって重要な技術と判断されているのは妥当である。「日本にとって重要」との回答例が多いことは、世界における日本のこの分野の先進性を維持する必要性が認識されての結果と考えられる。また、課題 29「設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特性、製造手段等、全てを評価する技術」が、本区分の中で我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発テーマの第2位に挙げられている。過去の生産実績のデータベースと詳細なシミュレーションを連携させた製品品質の推定システム等を、今後の研究課題と考える。

上記項目3):組立産業では、設備の稼働・停止を比較的容易に繰り返すことができることから、オンデマンド生産への対応は、迅速性を確保しつつ、いかにして生産効率を上げるかというソフト面が重要視されてきた。ただし、より広範囲の要求に迅速に対応するには、ソフト同様、各加工・組み立て機能をモジュール化し、それらの結合関係を製品に合わせて変えられるようなリコンフィギュラブル生産ラインを指向していく必要がある。設問では、課題 28「3次元イメージをもとに10分以内に試作金型を製造し、試成形を行うRPM(Rapid Product Manufacturing)技術」が日本にとって重要な技術と判断されている。すなわち、設計者の意図をその場で反映してものづくりを行うことに高いニーズがある。これも、課題 24と同様、日本のこの分野の競争力維持の必要性が認識されての結果と考えられる。RPM技術については、日本において10年以内の実現を想定する回答者が多くいることは、実現への期待が高いことを示している。

一方、装置産業では流体を扱うケースが多く本質的にオンデマンド生産には対応しにくい。これまでオンデマンド生産に対しては、バッチ的に運転する設備を用いて対応してきたが、仕様の高度化に伴う生産法確定までの試作品生産回数の増加等、問題点も多い。設備の設計情報や過去に生産された製品のレシピ情報のデータベース化等、ハード・ソフト両面での開発が必要である。すなわち、課題 29であげられたヴァーチャルマニュファクチャリング技術などは、組立産業のみならず装置産業においても重要な検討課題である。マイクロ化学プラントは設備内での転用が容易であることから、設備の立ち上げ、停止が容易な連続プラントの候補となり得る。調査では、課題 26「装置産業を対象に、多品種のオンデマンドな生産要求に対して、在庫を持たず、迅速かつフレキシブルに対応できるマイクロ化学を用いた連続生産システム」が、オンデマンド製造の調査項目の中で我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発テーマの第3位にあげられており、今後の研究開発が待たれる。

(3) 展望

これまで日本の製造業は、労働者の優秀性と絶え間ない設備・製造法の改良・改善により、世界におけるもの作りの優位性を維持してきた。近年におけるインターネットの普及は情報収集の手段を変えようとしている。特に双方向型の情報伝達手段は、オンデマンド生産にとって新たな情報収集手段となる可能性がある。日本の製造業の優位性を維持するためにも、ハードウェアと勤勉な労働者の存在を前提としたソフトウェア開発が必要である。また、逆にハードウェアについても、完全な自動化システムでは日本で生産する意義を見いだせない可能性がある。オンデマンド生産と勤勉な労働者の存在を前提としたハードウェア開発が必要である。

世界における日本の製造業の優位性を維持していくためには、単に生産設備の改良ではなく全く新しい製造法の検討も必要である。マイクロ化学プラントは、化学品製造分野で新たな製造法となる可能性をもつ技術であり、今後の発展が期待される。また、医薬品等で品質劣化(活性低下)の早い製品については、オンサイトでオンデマンド製造することにより、ロスのない高品質生産が期待できる。場所をとらずかつ家電製品のように扱えるマイクロ化学プラントは、そのような設備となる可能性を有している。

(長谷部 伸治、古田 一吉)

10. 1. 5. 設計・生産支援とその他製造形態

(1)背景と概要

本節では、前項までの様々な生産形態全体に係わる設計・生産支援システムと、前項までの分類に入らない個人ベースの製造形態について述べる。

団塊の世代の退職による現場固有技術の継承が、「2007年問題」として話題になった。この問題に対しては、雇用期間の延長、再雇用やマニュアル整備等の対策がとられてきた。最近、5年の雇用延長が終了する「2012年問題」の発生が懸念されており、このことは、2007年問題への対応が十分ではないことを示している。その意味で、経験豊かな労働者のノウハウや暗黙知を形式知化し、設計や生産を支援するシステムの構築が望まれるが、この形式知化は日本の製造業の強みである「労働者による柔軟な対応、職人的作業」の比重を小さくすることも意味する。日本の製造業の特徴を生かしつつ、どのような支援システムを構築していくか、今後慎重な検討が必要である。

日本におけるベンチャービジネスには、ソフトウェアを中心としたものが多い。これは、アイデアや知識があれば、安価なパソコンにより個人ベースで始められることが大きく寄与している。現在、関係企業に所属していない個人が、製造に係わるアイデアを実用化することは、製造設備が高価なことから非常にハードルが高い状況にあると言える。

(2)トピックス

我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発テーマとして、課題31「新規な設計を導き出す際に活用し、創造した設計知識を明示的に記録し、参照・再利用するための知識管理型設計支援システム」、課題34「様々な設計方法論における枠組みやシナリオに対応しながら、その具体的な過程を支援できる数理的なモデリングの枠組みとそれに呼応する最適化手法」が上位1、2位となっている。これらはいずれも、これまで経験的に行われ明示化されていなかった知識や手順を、いかに整理し迅速かつ容易に利用できるようにするかという課題である。現場技術者のノウハウ、暗黙知を形式知化することは、日本のものづくり技術の水準維持のためにも非常に重要な課題である。ただし、背景と概要の項でも述べたように、競争力維持のためどのような形式で知識を取り込み整理すべきか、議論が必要な課題でもある。

現在、パーソナルコンピュータや各種ソフトウェア等の普及により個人が製品を設計することは比較的容易になっているが、製品を製造するための手段を消費者自身が所有することは困難である。製造、検査、分析等を消費者が自由に利用できる環境の構築は、消費者のニーズにあった製品製造を可能にするのみならず、新たな市場の創出やベンチャーの育成につながる可能性を有している。また、オンデマンド生産の項でも述べたマイクロ化学プラントは、モジュールとして汎用化され市販されれば、個人が考案した新規物質を購入したモジュールの組み合わせで生産する、と言ったことも可能になる。今回の調査では、課題32「パーソナルファブリケーションのための、3Dプリンタやマイクロファクトリーなどの汎用型個人用加工システム」の重要度、優先度は低いと判断されている。個人向けの専門機器となれば需要が限られ採算が取れない可能性もある。同様なニーズのもとづくパーソナルプリンタは、年賀状作成用途とビジネス文書作成用途があり普及した。3Dプリンタとしては、ねじの現場での製作などがあるが、ボタンやアクセサリなど、一般ホビー用途を含めた市場開拓等、普及させるためには別の視野からの検討が必要であろう。

(3)展望

設計・生産支援システムは古くからある考え方であり、これまでも様々なシステムが提案されてきている。今後、より高度なシステムとしていくためには、今のシステム化技術の何が問題かを精査する必要がある。効率よい情報蓄積法、技術者の暗黙知の引き出し法、一度作成した知識ベースを他の問題に展開利用する方法など、解決すべき問題は多く残っている。これらの問題は大学研究者のみで解決できるものではなく、まさに産学の連携が必要とされている課題と言える。また、ものづくりを支援するためには、ものづくりの現場を日本に残すことが不可欠である。様々な産業が海外展開する中、今後も日本のものづくりの優位性を保つためには、最先端の生産

設備を日本に残し、それをベースにノウハウを組み込んだ設計・生産支援システムを開発する、と言う戦略が必要である。

(長谷部 伸治、古田 一由)

10. 1. 6. グローバル化、価値創造、市場創成

(1) 区分の背景とその概要

製造を取り巻く環境は、21 世紀に入って以降、大きく変貌してきている。例えば、先進工業国の拡大や情報通信技術の進展は、いわゆるグローバル化をもたらし、多様なながらも従来にはなかった規模で一体となった巨大市場をつくりだしたのみならず、製造業における競争を激化させており、我が国の製造業のポジションを相対的には低下させることにつながっている。その背後にあつては、社会や生活の成熟を受けて、単に新たな機能を持つだけの製品では市場に受け入れられることが難しくなり、感性や使いやすさに訴えることなどを通じて、新たな価値を製品に付与することも求められるようになってきている。また、ナノテクノロジーなどの基盤となる科学技術のますますの高度化を受けて、製品の可能性は格段に広がりつつあるが、社会や生活の中での製品の使われ方やそれら自体への影響をも総合的な見地から考えていくことが必要になっている。さらに、国内に限らず世界的なスケールで多様な製品を柔軟に提供することなどを通じて、質的な意味でも量的な意味でも従来にはなかった新たな市場を創成することが本質的な要請となっている。

従来からの製造関連の科学技術は、狭義には、製造を原材料から素材・部材を経て部品をつくり製品を生産する活動と位置付けて、一連のプロセスを構成する要素技術やシステム技術を対象として、汎用的であり横断的であることを特徴としてきたと言える。それに対して、上記のようなグローバル化・価値創造・市場創成のもとで提起されている新たな課題群は、さらに広範な内容に対する俯瞰的な考え方とそれに基づいた方法論の構築を要請するものとなっている。それらの課題を解決するための科学技術の実現と実用化は、特に資源に乏しい我が国にとって、ものづくりを通じてその豊かさを持続的に追求していく上での鍵となるものである。

(2) 区分における動向と調査での課題項目設定

上記のような要請に対する個々の課題項目(全 24 項目)は、既に着手されているものから将来に期待すべきものにまで広がっているが、従来の製造技術が対象としてきたプロセスの範囲を拡大するという意味において、以下の 5 つのカテゴリーに大別することができる。

- ① 顧客との密接な関係による新たな製品価値を創り出すための科学技術 (6 項目):顧客により密着した機能を実現するインタフェース。複雑化する製品内容に対応するための新たなシミュレーション技術。意匠・エルゴノミクス・感性などに関するモデリング手法や設計方法論。
- ② ナノレベルからの材料制御に立脚して新たなシステムを創り出すための科学技術 (5 項目):ナノ材料の操作、取り扱い、および、ナノメートルレベルの微細構造の創成などに基づいて、新たな機能を発現させるためのナノ関連での実装技術や影響評価技術・加工技術。
- ③ サービスによる価値創出を目指すための科学技術 (4 項目):機能からサービスへと製品の価値を転換するための技術、求められるサービスの内容を適切に認識するための技術。個別顧客情報を活用したパーソナル製造技術。
- ④ 狭義の製造に対するポストプロセスをも含めた総合化のための科学技術 (5 項目):バリューチェーンやサプライチェーンの全体を俯瞰することでより高い価値を創り出す技術。設計・製造の各工程についての知識や情報を包括的に管理活用するデータベース技術、巨大ソフトウェアの信頼性の高い開発維持技術、原材料から製造工程までを統合管理することにより高い品質を柔軟に保証する技術。
- ⑤ 狭義の製造よりも上流工程にある製品設計や製品開発についての科学技術 (4 項目):グローバルな市場に対して、日本独自の製品を世界的に創り出すためのものづくりの方法論。国際的に分散した人材や製造拠点を効果的に連携させるための組織論・プロセス構成手法や情報システム。

(3) 今回の調査結果

本区分「グローバル化、価値付加、市場創成」についての全般的傾向として、調査結果から以下の事項を読み取ることができる。

- ◆ 全課題項目 76 件のうち、世界と日本、日本、あるいは、世界のいずれにとって重要な課題として認識されているもの上位 20 件 をみた場合、世界と日本、日本のそれぞれにおいて、本区分内にある課題項目が 3 割を占めている。また、区分毎の重要性においても、本区分を「将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項」とする回答が 37.1%になっており、当該方面の重要性そのものは高く認識されている。
- ◆ 技術的実現および社会的実現の時期については、全 76 項目での分布に対して、本区分のものは、2016 年から 2020 年に技術的に実現すると予測されている比率、また、2021 年から 2025 年に社会的に実現すると予測されている比率が、それぞれ、他の区分に比べて高くなっている。
- ◆ 技術的実現から社会的実現に至る期間は、平均的には 7.5 年となっている。ただし、カテゴリ④と⑤について多少短く予測されているものがある一方で、カテゴリ①から③の一部に 10 年以上として長く予測されているものもある。
- ◆ カテゴリ①および②については、技術的実現を大学が牽引した後、社会的実現を公的研究機関が牽引するとする課題項目が見受けられることが特徴的である。一方、カテゴリ④および⑤については、技術的実現・社会的実現の両者を民間企業が牽引するとの見方が多い。

また、課題項目毎の特徴については以下の事項を読み取ることができる。

- ◆ 「グローバル化、価値付加、市場創成」の発展に向けて、我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発テーマとしては、以下の 3 つが特に重要なものとして挙げられている。
 - 課題 50「単なるものづくりから脱却し、価値の創生を重視する産業構造へパラダイム転換するための基盤となる方法論(サービス工学など)」[37.0%、カテゴリ③に分類、「特に日本にとり重要」では 60.9%]
 - 課題 53「複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外(現地)の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法」[32.0%、カテゴリ⑤に分類、「特に日本にとり重要」では 61.6%]
 - 課題 52「先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など、独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ、日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論」[30.0%、カテゴリ⑤に分類、「特に日本にとり重要」では 71.6%]
- ◆ 上記の傾向とは別に、課題項目毎の重要度については、以下のものが「世界・日本双方にとり重要な課題」としてあげられている。
 - 「38:体内埋込み型デバイスにおいて、10 年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術」[84.2%、カテゴリ②に分類]
 - 「39:液相中、気相中における 10nm 以下のナノ粒子の形状分析・計数技術」[76.6%、カテゴリ②に分類]
 - 「40:ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術」[84.5%、カテゴリ②に分類]
 - 「42:個人の能力に過度に依存しない信頼性の高い巨大ソフトウェアの設計・開発・評価・メンテナンス手法」[75.9%、カテゴリ④に分類]
- ◆ 個々の課題項目に対しては、一部には、必要性や実現性の程度を疑問視したり、課題解決に要する期間が長くなることを指摘したりするコメントも見受けられるものの、例えば、課題 40 についての「早急に解決しないと、材料開発に支障をきたす」、課題 42 についての「重要度・緊急度はかなり高い」など、各課題項目に対しても重要性を具体的に指摘するコメントが行われている。

(4) 展望と提言

本区分とそれに分類された課題項目は、昨今の大きな環境変化を踏まえつつ、今回の調査で新たに設定された内容である。上記の調査結果は、概して、当該の内容の重要性、特に、我が国の製造業における今後の革

新に向けた重要性を確認する内容となっている。しかしながら、その一方では、そもそもの前提や方向性が従来にはなかったより大局的な視点に立脚したものになっていることを受けて、各課題項目の内容は抽象的なものとなり、その結果として、実現の時期やそれを牽引するセクターについての結果は平均的なところに落ち着いている傾向が否めない。例えば、広義の製造プロセスに関わる課題項目については、特に、**カテゴリー④と⑤**についてのものは、具体的実態の全体像は個々の企業活動の中に存在していることから、牽引主体を民間企業とする向きも多い。しかしながら、様々な企業活動に対して普遍的に展開可能な科学技術としての解決を目指すのであれば、本来は大学などの研究機関に期待すべき課題として位置付けるべき内容となる。すなわち、本区分における科学技術課題については、そもそもの研究推進のあり方をも含めた戦略的な取り組みが重要になってくるものと考えられる。

(藤田 喜久雄、古田 一由)

10. 1. 7. エネルギー、資源、環境

(1) 本区分の概要

世界各国は、温室効果ガス削減や省エネルギー等、地球環境負荷を軽減する継続的な取り組みであるポスト京都議定書の枠組みについて、2009 年末から 2010 年にかけて議論しつつある。今や低環境負荷の取り組みは、世界共通の課題である。一方、21 世紀の重要技術である電池技術などに不可欠なレアメタル等の材料／資源の枯渇問題も世界にとって大きな課題である。

製造技術あるいは生産技術分野においても、これらの課題に対応するため、本区分の以下の3つの取り組みが鍵となる。

- ① 再資源化、循環型製造ものづくり
- ② 未利用熱エネルギーの有効利用
- ③ 新しい環境負荷評価指標の構築

①は、「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システムや、レアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム等、②は、製造・生産工程で廃棄している間欠的な未利用熱エネルギーを効率よく回収し、製造・生産のエネルギー効率を高めるシステム等、③は、CO₂ に代わるエネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標の構築・計測技術の開発等である。本区分は、地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて日本が重点的に取り組むことが期待されている、極めて重要な領域である。

(2) 調査結果とその考察

本区分の課題のうち、「エネルギー、資源、環境」関連の課題 63「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム、課題 65「CO₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術」の2課題が、世界、日本双方にとり重要な上位10課題に評価された。特に、課題65は重要度90.7%で全課題の中でトップである。日本の有識者は、今後、世界で新しい環境負荷評価指標の構築が重要になると認識している。

「エネルギー、資源、環境」関連課題の技術的実現予測時期は、全課題の7割以上を占める2016-2020年に含まれ、社会的実現予測時期も、全課題の約4割以上を占める2021-2025年にほとんどの課題が含まれる。ところが、技術的実現から社会的実現までの期間の平均は、「エネルギー、資源、環境」関連課題が6.9年と全区分で最も短い。日本の有識者が、「エネルギー、環境、資源」関連課題は技術的に克服されると社会への普及が急速に進展すると予測していることがわかる。

「エネルギー、資源、環境」関連課題の技術的実現牽引セクターは、民間企業(52.8%)と公的研究機関(45.5%)が高いが、他区分と比較して特別に高い数字ではない。一方、複数セクターの連携(26.37%)と国際機関等その

他(4.7%)が他区分に比較して高く、専門家は、世界の機関との連携した技術的克服を予測している。社会的実現牽引セクターも、上記とほぼ同様な結果。政府を含めた連携が期待されている。

(3) 今後の展望と提言

将来の世界的課題、国民的課題に解決に向けて鍵となる事項は、本区分「エネルギー、資源、環境」が61.4%と全区分で最も多く、専門家は、本区分の課題解決が世界的課題、国民的課題解決の鍵と認識している。特に、本区分で今後重点的に取り組むべき研究開発テーマとして、(1)で上述の課題 63 および課題 65 に加えて、課題 61(「間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術」)が注目されている

次に、今後の国際関係のあるべき姿については、本区分は、我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略として、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」ことが期待されているが、「国際貢献によって日本の存在感を高める」という戦略も他区分に比較して高い。日本の有識者は、「エネルギー、資源、環境」分野での日本の国際貢献を望んでいる。本区分で関係を強化すべき地域は、米国、欧州、中国の順である。他区分に比較してロシア、豪、ブラジルが多い。専門家は、日本とこれら資源国との関係強化を期待している。

さらに、地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて重点的に取り組むべきテーマを見ると、トップ10の上位5課題がすべて、「エネルギー、資源、環境」関連の課題である。有識者は、上記 3 課題の「循環型製造システム」、「未利用熱エネルギーの有効利用」、「新しい環境負荷評価指標／計測技術」のすべてが、重点的に我が国が取り組むべきテーマであると考えている。

これらの 3 課題は、日本が今後強化すべき、また、国際関係も強化すべき重点テーマとして認識されている。政府としても、上記課題解決に注力していく必要性、重要性が高いことを提言する。

(大平 竜也)

10. 1. 8. 理工系離れ、人材問題、少子高齢化

(1) 本区分の概要

少子高齢化は多くの先進国の問題である。日本において少子化は、2009年の出生率が1.37と前年より0.03改善されてはいるものの、全体の流れとして少子化の問題は続いている。高齢化に関しても、65歳以上の人口比率で定義される高齢者率は2009年度において22.8%であり、2025年には30%に達すると予想されている。

少子高齢化が経済に及ぼす影響の一つとして、生産能力人口(15歳から64歳)の減少、すなわち労働力の減少が直接的に経済成長の低下をもたらすことが挙げられる。フランスは少子化に対し、出生後の女性が働きやすい環境、子供を持つ親の税制優遇など政策的な対応により2009年で出生率が2.0を超えた。また、移民などで生産能力人口を上げるなどの政策をとっている。

これらは急激に改善できるものではなく時間をかけて取り組まなければならないが、技術的な立場からこの少子高齢化の労働力の問題に対する貢献は考えられるか？それらはa)労働力不足をロボットなどのインテリジェントなシステムで直接的に補う、b)高齢者、女性を活かし、彼らをサポートするインテリジェントなシステムで生産力を上げる、などが挙げられる。後述するが、a)は課題67「老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット」、b)は課題66「ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム」に対応する。

人材に関する問題として、もう一つ理工系離れと呼ばれるものがある。文部科学省の2002年度の報告では、研究者、技術者の人数は、2040年では270万人から200万人を切ると予想され、その比率も、2002年の約2.15%から1.4%まで減少すると予想している。

理工系離れがもたらす問題として、戦後の日本の経済発展を牽引してきた技術系産業界の人材の問題が挙

げられる。自然資源の少ない日本においては技術力こそが日本経済の原動力であるが、この原動力が低下することになる。科学力、技術力を上げることが今ある産業において競争力を上げ、また新しい産業を創出する力となる。

理工系離れを防ぐためには、社会的認知や待遇の改善などが挙げられている。その理由としてあげられるものが、医学離れ、というものはなく、工学離れ、というものが進んでいる事実である。医者に対する社会認知と待遇は高く、工学に対するそれらは低い、という指摘である。一方で、技術という視点で見たときの方法は何だろうか？中国などに展開される数万人を超える大規模製造拠点などの展開をみると、c)より上流の設計力を向上させる。d)物理的なものではなく、コンテンツやサービスの生産力を向上させる。などが挙げられる。後述するが、c)は課題68「従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム」に、d)は課題69「コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の50%で設立される」と課題70「コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の75%で設立される」に対応する。

(2) 調査結果が示す事項

少子高齢化、人材問題、理工系離れの全体傾向をまず見ている。将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項および科学技術課題においては、上位3位にランクされており、この区分の科学技術課題が重要である、という認識にあることがわかる。

次に各課題について調査結果をみってみる。少子高齢化と理工系離れを技術的視点、生産的視点で見た場合の対策として上記のa)からd)と関係する調査内の課題の番号として、66、67、68、69、70がある。

課題66は、「特に日本にとり重要」の上位にランクされている。これは、前述のb)に対応し、高齢者や女性という人材を活かすことが望まれている。

課題67は、「特に世界・日本にとり重要」と答えた人が比較的多い。これは、単純に少子高齢化に伴う労働力不足の対策というよりは、危険作業などをインテリジェントシステム・ロボットに人の代わりに実行させる、というとらえかたをしているためであろう。

課題68は、前述のc)に対応する。この課題も「特に日本にとり重要」の上位にランクされている、中国などの大規模製造拠点に対して、より上位層の設計力を上げ、そこに競争力をつけることが重要である、という認識であろう。

課題69と課題70は、その上流設計というコンセプトにおいて、コンテンツ作成という階層に関する課題提示である。課題69は、コンテンツ創出をする人材、課題70は、コンテンツ創出を支援する技術に関する人材、に関するものである。しかし、この2つの課題はともに「重要度・優先度は低い」の上位にランクされた。この2つの課題に対するコメントを具体的にみると、これほどの数は必要としない、といったものと、コンテンツ創出は教育では得られない、といったものがあった。

これら調査結果では、少子高齢化の問題と、理工系離れという問題が、ともに日本にとって取り組むべき重要な問題である、という認識は高く、その方法として、高齢者という人材を活かす技術の重要性と、従来型の製造業から上位階層の産業へシフトの重要性、が認識されていることが明らかになった。

(3) 今後の取り組みについて

少子高齢化の問題は、安心して子供を産み、育てる環境を作ることが重要であることがフランスなどの例からあげられる。しかし、医療が進み、平均寿命が伸びていることを考えると、65歳からの労働力をどう活用するか、が重要になる。そのために、高齢者をサポートし、高齢者の経験、知識、技術を活かすための技術が、今後の日本において重要になるであろう。前述の通り、今回の調査では多くの人がこの方向を重要と考えている。一方、前述のa)のように、労働力不足をロボットのようなインテリジェントシステムで直接補う、に関して、製造という役目での直接的な質問がないため、確定的にいうことができないが、危険作業のような状況では重要である、ということが確認された。

関係する事項として、今回の調査には含まれていないが、子供を育てる環境としてインテリジェントシステムを活用する方法や、高齢者を介護する環境としてインテリジェントシステムを活用する、という方法も考えられる。そのインテリジェントシステム自体が産業として成立する可能性もあるし、そこで必要とされていた人材を別の産業で活かすことで、日本の生産力を上げる、という立場である。

理工系離れに関しては、それを防ぐ手立てとして、理工系待遇の改善や、社会における貢献の認知向上などが有効といわれている。一方、中国に展開されている数万人を超える労働者からなる大規模製造拠点という流れがさらに進むことになるだろう。この状況に対応するためにも科学力、技術力で同じ領域での競争に勝つ方法を見つけるか、科学力、技術力で異なる領域、階層で新しい産業を創出するか、が必要になる。課題68の調査では、“今までよりも上流の設計”に対して重要性が確認されているが、さらに具体的には、ビジネスモデルを含めた水平分業化された産業構造の理解と必要な技術を見出す人材が求められるべきであろう。

一方、水平分業の産業構造の中で、コンテンツ配信という産業においては、コンテンツ創出というものが最も上位の階層に位置するものと考えられる。クラウド時代になり、誰でも情報発信、コンテンツ発信ができる時代であるがゆえに、質の高いコンテンツをいかに効率よくつくるか、という時代はすでに始まっている。また、2010年は3DTVが家庭に登場する年であり、このような新しい表現方法を駆使できるクリエイターと、コンテンツを簡便に作成できる技術が重要になると予想することができる。課題70および71の調査では、重要性は低い、という評価となっているが、新しいコンテンツやサービス創出が今後新しい産業を作り出す可能性が高いのではないだろうか。すなわち、水平分業化された産業構造の最上流に近いコンテンツ創出に関して、強い人材と技術というものが、課題68の“今までのよりも上流の設計”で新しい展開のできる人材、というものの一つの具体的な例と考えることができないだろうか。

(藤田 雅博)

10. 1. 9. 安心・安全

(1)背景

消費者の製品を選ぶときの基準として、安心・安全が重要視されてきている。従来、製品を選択する基準は、「安くて、良いもの」が一般的であった。しかし、食品への異物混入事件、そして産地偽装など食の安全性の問題が話題となり、機能の高さや見栄えを意味していた「良いもの」の定義に、安心・安全が大きな地位を占めるようになってきた。このような動向は、使用する原料や製造方法の安全基準など公的な規制の強化の方向に向かい、製品開発における制約事項になっている。さらに、EUと発展途上国の基準を見れば明らかなように、地域ごとに安全に対する考え方の違いがあり、輸出産業にとっては難しい課題である。

安心・安全重視の傾向は、消費者から見えないところでも顕著になっている。例えば、自動車の部品は、従来は、品質が高く、安ければよかった。しかし、現在では、部品の製造過程が重要視されている。個人の能力に依存している工程があると、品質のばらつきが大きいだけではなく、事故が起こった時に、その原因を特定できない。このような工程を含む部品を使うことは、もはやできなくなっている。品質について、通常はほぼ問題ないが、まれに原因不明の不具合が起こる、というような部品を、数十万、数百万台に及ぶ製品に使うことは、問題が起きた時の影響を考えれば、とてもできないからである。このような、安全の考え方は、製造技術および関連する研究開発に大きな影響を与えている。

(2)トピック

ロボットの民生利用は、有望な市場であることは間違いない。介護を考える上で、介護する側の負担の大きさ、人手不足の問題だけでなく、介護される側の「お願いしなければならない」精神的な負担も大きな問題である。介護ロボットの利用は、この両面において、大きな効果を生む可能性を持っている。しかし、安心・安全の観点では課題がある。産業用ロボットは工場内において、人間と隔離することで、安全性を保っている。しかし、介護ロボットなど民生用ロボットの市場を考えると、その安心・安全を保障することは容易ではない。アンケートにおけるロボット市場を牽引する役割として政府への期待はこれを示している。

インターネットを利用して様々な情報の取得やサービス・商品の購入を行う行為は、現代では不可欠の要素

になりつつある。一方で、インターネット接続機器の操作に困難を感じる高齢者や障害者が、疎外される傾向も見られる。また、暴力的な内容、不適切な内容を含む情報から、未成年者を保護する重要性は増大している。インターネットにおける安心・安全の確立は急務であるが、完璧を期することは不可能である、という意見も多く、課題が多い。

製品の機能においてソフトウェアの占める役割は飛躍的に増えている。インターネットはもちろん、家電、自動車、航空機などの製品は、コンピュータとソフトウェアがその機能を担っており、それは急速に巨大化、複雑化している。半世紀近く前から、大型汎用計算機メーカーでは、オペレーティングシステム(OS)開発における大規模ソフトウェア開発の困難さが指摘されている。現在、一般の製品開発において、その同じ困難に直面している。

コンピュータの発展に伴い、大量のデータを蓄積し、高速に検索することができるようになった。この結果、様々なデータベースが構築され、利用されている。製品開発において、使用する材料の性質を迅速かつ的確に知ることの重要性は高い。このような、データベースの意義は今後ますます増えるであろう。しかし、巨大なデータベースは構築するだけでは不十分で、常に最新の情報に更新することも、同様な重要性を持っている。

設計開発においてもコンピュータの利用は進み、計算機を利用した設計ツール(CAD)、事前予測のためのシミュレーション(CAE)は不可欠の道具となっている。しかし、設計した CAD 情報に基づいているものの、切削加工などにより生産された部品の形状は、必ずしも設計した CAD 情報と一致しているわけではない。生産の過程で当初とは異なった形になることは避けられないからである。また、加工された部品に対し、ノギスなどによる寸法計測を行い、図面の指示の確認を行うことは可能であるが、その情報量は少なく、生産された形状情報を網羅しているとは言い難い。現在では、生産された形状の膨大な位置情報を CAD に取り込み、設計に生かすことで、高品位で安心・安全な製品を作成することができる。レーザを用いた計測装置が一般的に用いられているが、寸法精度の保証の体系はまだ十分整備されていない。最近では、X 線を利用した計測装置も使用され始めている。また、中性子を用いた計測技術の研究も進められているが、安全性の確保のための方策も同時に検討を進める必要がある。

(3) 展望

安心・安全の観点から、今後の科学技術の方向性を考えるとき、次の項目が注目される。

(A) 大規模ソフトウェア開発支援技術

日本人は擦り合わせや改善は得意であるが、システム開発で必要とされる論理思考が苦手だと言われるが、制御用の組み込みソフトウェアなど、大規模なアプリケーションを早く、信頼性高く開発する技術への要望は大きい。また、開発したソフトウェアの運用時の信頼性の保証技術も同時に重要である。これら情報技術の開発競争において遅れを取ることは、激化する製造業の国際競争で致命的であろう。同様に、ソフトウェアを活用するための、質の高いコンテンツの提供も求められている。公共性の高い大規模データベースの開発・維持は、地味ではあるが企業への波及効果は大きい。国の積極的な関与が必要である。

(B) 現場利用のための計測技術

工業製品では、経験や勘で作る時代は終焉を迎えている。迅速で正確な計測技術による試作品や量産品の計測に基づく品質向上と維持が、製品の安心・安全を保証するために不可欠である。従来の、点計測から面計測、さらには立体内部の計測へと技術は進んでいるが、大量のデータのトレーサビリティとそれに関する標準化が重要となる。また橋梁や発電所など公共性の高い建造物の寿命が議論されている。これら建造物の劣化を適切に評価できる非破壊検査技術への要望は強い。

(C) 現状に即した法制度の整備

新しい技術と現状の法制度とは必ずしも相性が良いとは言えない。たとえば、個体差の大きいと言われる利用者の体質に合った化粧品のオンデマンド開発技術が出来たとしても、現状では薬事法に抵触する可

能性が高い。時代の変化は速いが法律を改定するためには多くの時間と労力が必要である。特区の活用などの方策も重要であるが、新たな産業育成のためには科学技術の進展と歩調を合わせた法制度の整備が肝要である。また、このためには国民の合意が前提であり、民意形成のための方策も同時に進める必要がある。

(松木 則夫)

10. 2. アンケート調査の回収状況

No.10 分科会:「産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下の表のようになっている。

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
328 人	276 人	84%	274 人	241 人	88%

性別	男	241 人	職業	会社員	84 人	専門度の平均	高	11.9%
	女	0 人		大学等教職員	109 人		中	27.3%
	無回答	なし		研究機関職員*	27 人		低	60.8%
年代	20 代	1 人	職種	団体職員	6 人	合計		
	30 代	16 人		その他	15 人			
	40 代	60 人		無回答	なし			
	50 代	94 人	研究開発従事	178 人				
	60 代	60 人	上記以外	61 人				
	70 代以上	10 人	無回答	2 人				
	無回答	なし	合計	241 人				

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

10.3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術の要件等について議論し、これに基づいて以下の課題の区分を設定した。

表 10.3-1 課題の区分

A	少品種大量生産 低変形・低歪み接合技術、量産型製品・材料製造技術、追跡システム、機器の小型化、柔軟機械技術
B	変種変量生産 異種材料接合技術、フレキシブル生産、サプライチェーン
C	オンデマンド製造 各加工・組み立て機能のモジュール化、リコンフィギュラブル生産ライン、生産情報管理システム、データベース
D	その他製造形態 次世代システム工学、知識管理型設計支援システム、協調的な連携活動、個人用小型加工システム
E	グローバル化、価値付加、市場創成 価値創成、インタフェース技術、環境負荷の統合的・客観的評価指標・計測技術、顧客情報サービス・情報保護技術、生産管理システム
F	エネルギー、資源、環境 低環境負荷・資源循環型ものづくり、新たなマイクロエネルギーシステム、新たな環境負荷評価指標・計測技術
G	理工系離れ、人材問題、少子高齢化 人材創出、教育コンテンツ
H	安全・安心 バーチャルプラントシステム、4レスマニュファクチャリング

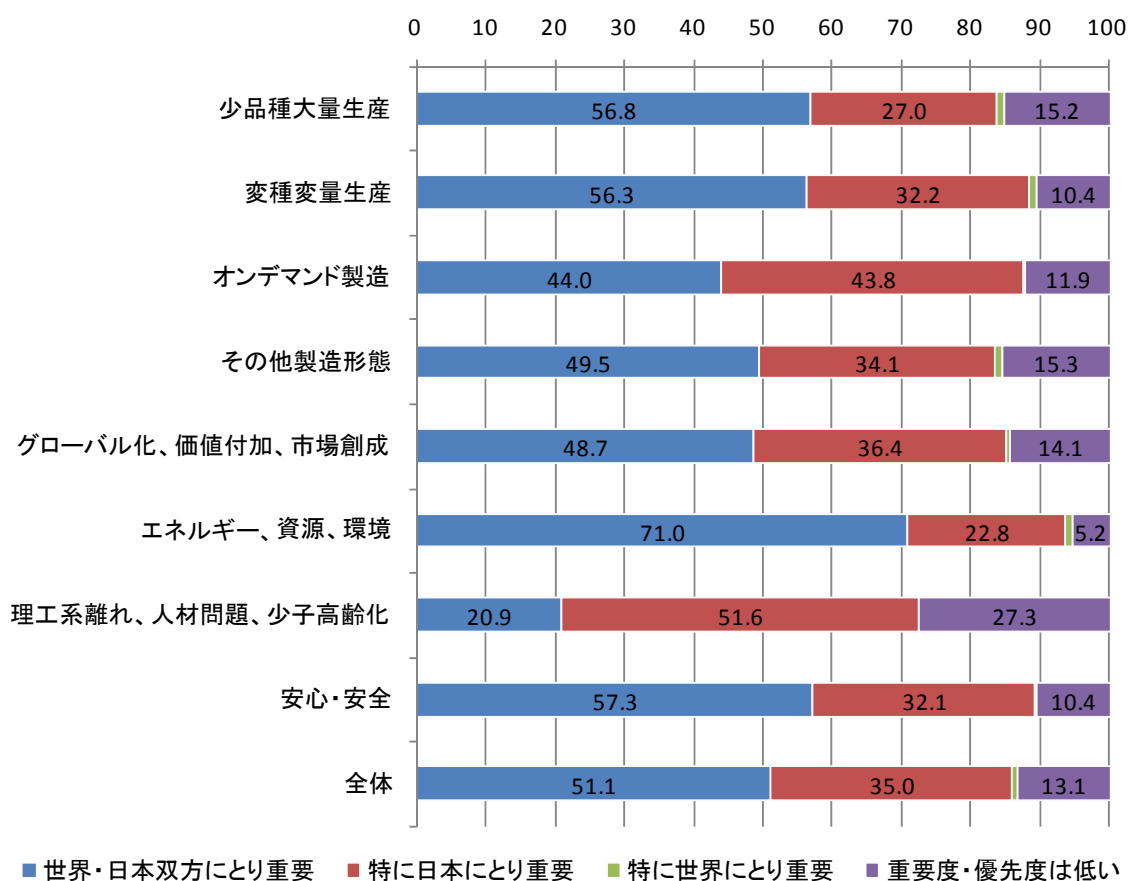
10.4. 個別科学技術課題に関する設問について

10.4.1. 課題の重要度

(1) 課題の重要度の分布

本分科会の科学技術課題全体では、「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題(51.1%)が最も多く、次いで「特に日本にとり重要」と評価された課題(35.0%)が続く。

図 10.4-1 課題の重要度の分布(単位:%)



区分別にみると、世界・日本双方にとり重要な課題が含まれる区分としては、「エネルギー、資源、環境」(71.0%)が最も多く、次いで「安心・安全」(57.3%)、「少品種大量生産」(56.8%)が続いている。特に日本にとり重要な課題が含まれる区分としては「理工系離れ、人材問題、少子高齢化」(51.6%)が最も多い。特に世界にとり重要な課題については、どの区分についても割合はそれほど大きくはなかった。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順に上位20位以内の課題を以下に示す。「グローバル化、価値付加、市場創成」が6課題、「変種変量生産」と「エネルギー、資源、環境」区分の関連課題がそれぞれ5課題含まれている。

表 10.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
59	現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	100.0	2017	2023	エネルギー、資源、環境
38	体内埋込み型デバイスにおいて、10年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術	100.0	2020	2029	グローバル化、価値付加、市場創成
10	現在の半導体デバイス(フラッシュメモリ)の概念を超えた原子メモリ、分子メモリ、自己組織化メモリなどの1PB(peta bytes)を超える超大容量メモリ	98.9	2022	2030	変種変量生産
63	「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	98.7	2018	2025	エネルギー、資源、環境
11	シリコンの物性限界を超えた、GaNやSiCと言ったパワーエレクトロニクスの実用化による、個別のデバイス(ディスプレイデバイス)の域を超えた多機能高集積化素子	97.7	2018	2026	変種変量生産
05	メカトロニクス機器の超小型化を可能にするための放熱・省エネルギー・アクチュエータ技術	97.1	2017	2023	少品種大量生産
65	CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	96.9	2017	2023	エネルギー、資源、環境
67	老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所の点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット	96.5	2019	2028	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
02	自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	96.5	2021	2030	少品種大量生産
14	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術	96.4	2019	2028	変種変量生産
57	ある製品(サービス)の顧客地域に対し、Q(品質向上)C(コスト低減)D(納期短縮)を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品(サービス)をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術	96.0	2013	2018	グローバル化、価値付加、市場創成
33	人間・ロボット・機械が仕事場所を共有し、安全・安心に仕事をするために必要な技術と制度	96.0	2019	2027	その他製造形態
25	製品や装置の超長期に渡る使用(循環型のものを含む)を実現するための初期設計情報や信頼性やメンテナンスなどの履歴に係わる情報を統合的かつ長期に渡って継続的に記録・保存し、それらの情報の存在を前提として超長期使用をより合理的に行うための技術	95.9	2016	2023	オンデマンド製造
66	ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム	95.6	2017	2024	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
62	廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム	95.4	2017	2024	エネルギー、資源、環境
58	加工精度が1μm以下のネットシェイプ成形(鋳造、焼結、塑性)加工技術	94.8	2017	2024	グローバル化、価値付加、市場創成
39	液相中、気相中における10nm以下のナノ粒子の形状分析・計数技術	94.8	2016	2022	グローバル化、価値付加、市場創成
53	複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外(現地)の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法	94.6	2017	2023	グローバル化、価値付加、市場創成
61	間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術	94.4	2018	2025	エネルギー、資源、環境

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
15	スパン 4000メートルを超える長大橋や深海海洋開発で用いる大型・特殊環境下構造物のための超微細制御技術を活用した超高強度・高耐食材料	94.2	2020	2029	変種変量生産

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「グローバル化、価値付加、市場創成」関連が 4 課題、「エネルギー、資源、環境」関連が 2 課題となっている。技術的実現時期は 2014 年から 2022 年の間に分布している。

表 10.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
65	CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	90.7	2017	2023	エネルギー、資源、環境
40	ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術	84.5	2016	2024	グローバル化、価値付加、市場創成
38	体内埋込み型デバイスにおいて、10 年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術	84.2	2020	2029	グローバル化、価値付加、市場創成
02	自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	78.8	2021	2030	少品種大量生産
63	「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	78.5	2018	2025	エネルギー、資源、環境
10	現在の半導体デバイス(フラッシュメモリ)の概念を超えた原子メモリ、分子メモリ、自己組織化メモリなどの 1PB(peta bytes)を超える超大容量メモリ	76.9	2022	2030	変種変量生産
39	液相中、気相中における 10nm 以下のナノ粒子の形状分析・計数技術	76.6	2016	2022	グローバル化、価値付加、市場創成
42	個人の能力に過度に依存しない信頼性の高い巨大ソフトウェアの設計・開発・評価・メンテナンス手法	75.9	2021	2031	グローバル化、価値付加、市場創成
25	製品や装置の超長期に渡る使用(循環型のものを含む)を実現するための初期設計情報や信頼性やメンテナンスなどの履歴に係わる情報を統合的かつ長期に渡って継続的に記録・保存し、それらの情報の存在を前提として超長期使用をより合理的に行うための技術	75.0	2016	2023	オンデマンド製造
71	未成年が安全にインターネットを使えることを目的とした自動コンテンツ監視システム(成人認証システムを含む)	74.2	2014	2019	安心・安全

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「グローバル化、価値付加、市場創成」関連が 5 課題、「理工系離れ、人材問題、少子高齢化」関連が 2 課題となっている。技術的実現時期は 2016 年から 2018 年の間に分布している。

表 10.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
68	従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム	73.8		2022	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
58	加工精度が 1 μm 以下のネットシェイプ成形(casting、焼結、塑性)加工技術	72.4	2017	2024	グローバル化、価値付加、市場創成

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
52	先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など、独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ、日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論	71.6	2017	2023	グローバル化、価値付加、市場創成
66	ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム	71.3	2017	2024	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
28	3次元イメージをもとに10分以内に試作金型を製造し、試成形を行うRPM(Rapid Product Manufacturing)技術	69.0	2016	2022	オンデマンド製造
20	50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対応し、再構成可能な製造システム	67.1	2017	2023	変種変量生産
53	複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外(現地)の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法	61.6	2017	2023	グローバル化、価値付加、市場創成
50	単なるものづくりから脱却し、価値の創生を重視する産業構造へパラダイム転換するための基盤となる方法論(サービス工学など)	60.9		2020	グローバル化、価値付加、市場創成
51	より高い顧客ニーズの充足に向けて、意匠やエルゴノミクス、感性などの面についての設計(デザイン)を合理的に進めるためのモデリング技術・設計方法論	57.9	2018	2025	グローバル化、価値付加、市場創成
31	新規な設計を導き出す際に活用し、創造した設計知識を明示的に記録し、参照・再利用するための知識管理型設計支援システム	54.7	2017	2024	その他製造形態

(5) 特に世界にとり重要な課題

「特に世界に取り重要」との回答比率が高い(30%以上)課題はなかった。

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位10以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

表 10.4-4 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

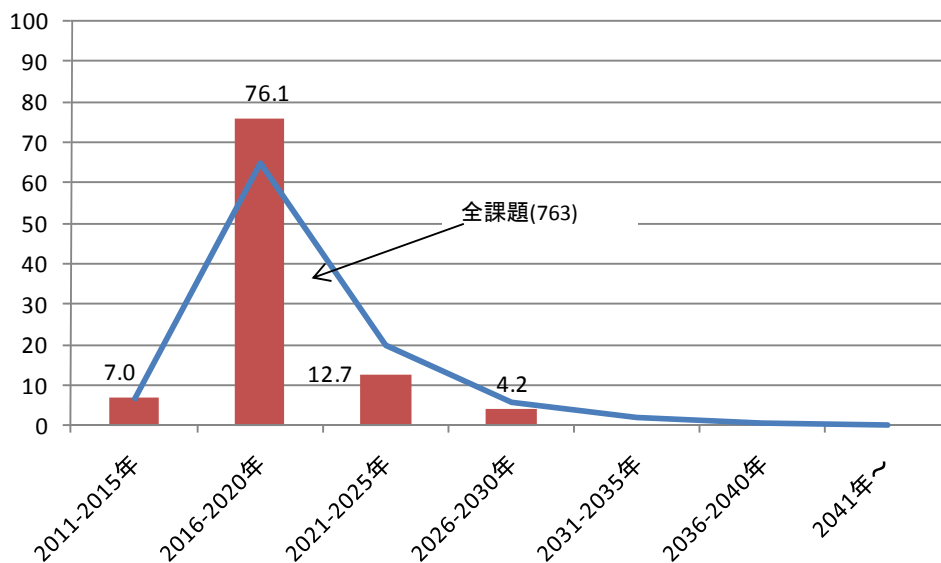
	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
70	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の75%で設立される	64.8		2028	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
69	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の50%で設立される	56.2		2026	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
04	脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発支援技術	40.7	2027	2035	少品種大量生産
36	DNAの二重らせん構造を利用した接着技術	37.8	2020	2031	グローバル化、価値付加、市場創成
55	パーソナルファブリーケーターで作った製造品のパッチェル売買市場(ITオークション等)の形成を可能とする、データグローブ等による製造品の遠隔五感モニター技術	37.2	2018	2026	グローバル化、価値付加、市場創成
32	パーソナルファブリーケーション(欲しい仕様のモノを自ら製造・利用あるいはグループシェア)のための、3Dプリンタやマイクロファクトリーなどの汎用型個人用小型加工システム	33.9	2017	2025	その他製造形態

	課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
45	個人情報保護に配慮した、パーソナル製造受注時に蓄積される、顧客製造情報の2次利用技術	33.8	2015	2020	グローバル化、価値付加、市場創成

10.4.2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。全課題の技術的実現予測時期の分布と本分科会の課題の技術的実現予測時期の分布は、2016～2020年をピークにほぼ同様の傾向を示しているが、パーセンテージは高い。

図 10.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「グローバル化、価値付加、市場創成」の区分では、2016年から2020年に実現すると予測された課題の割合が他の区分に比べて多い。

表 10.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030
少品種大量生産		1	3	2	1
変種変量生産			7	4	2
オンデマンド製造			9		
その他製造形態			4	1	
グローバル化、価値付加、市場創成		3	18	1	
エネルギー、資源、環境			7		
理工系離れ、人材問題、少子高齢化			2		
安心・安全		1	4	1	

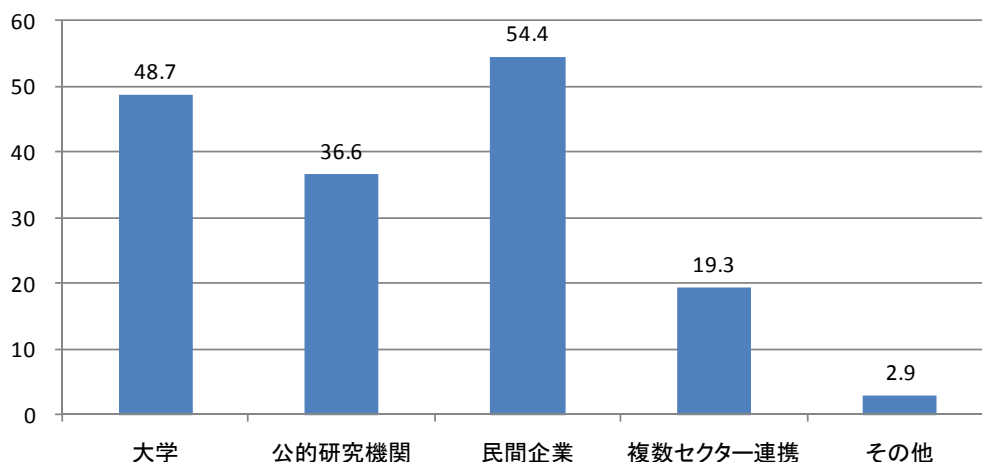
実現時期については「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答比率が高い(30%以上)の課題はなかった。

10. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「民間企業 (NPO を含む)」を挙げる割合が 54.4%を占め、「大学」も 48.7%を占めている。

図 10.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「オンデマンド製造」では特に「民間企業(NPO を含む)」を挙げる割合が高い。

表 10.4-6 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
少品種大量生産	50.7	30.7	52.2	19.6	1.6
変種変量生産	53.2	43.0	48.5	17.9	3.8
オンデマンド製造	42.8	26.0	67.5	19.9	1.8
その他製造形態	56.3	31.2	46.3	18.7	3.3
グローバル化、価値付加、市場創成	49.4	31.4	55.8	16.5	2.5
エネルギー、資源、環境	38.8	45.5	52.8	26.3	4.7
理工系離れ、人材問題、少子高齢化	37.9	47.2	57.8	27.8	1.8
安心・安全	52.0	54.6	52.9	21.0	3.6

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-7 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
36	DNA の二重らせん構造を利用した接着技術	88.6	2020	2031	グローバル化、価値付加、市場創成
17	材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確立し実現する)	85.2	2027	2037	変種変量生産

	課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
18	物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー	84.6	2024	2034	変種変量生産
07	生物と同等の運動機能や環境適応性を実現する柔軟機械技術	83.8	2025	2034	少品種大量生産
47	分子の挙動から巨視的な反応・流れまでを統合したマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション技術	83.3	2019	2029	グローバル化、価値付加、市場創成

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-8 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
72	構造材料(鉄鋼、Cu 合金、Al 合金、Mg 合金、Ti 合金)の 95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース	75.6	2018	2025	安心・安全
09	ITER などの大型の熱核融合炉に比べて制御性の良いナノ・マイクロサイズの高温・高密度プラズマ技術	69.5	2030	2036	変種変量生産
40	ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術	68.4	2016	2024	グローバル化、価値付加、市場創成
65	CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	66.1	2017	2023	エネルギー、資源、環境
73	1000℃で 10 の 7 乗回の利用に耐える長寿命、低摩擦(摩擦係数 0.05)金型技術(コーティングと材料を含む)	64.9	2020	2030	安心・安全

○民間企業

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-9 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
57	ある製品(サービス)の顧客地域に対し、Q(品質向上) C(コスト低減) D(納期短縮)を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品(サービス)をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術	88.6	2013	2018	グローバル化、価値付加、市場創成
28	3次元イメージをもとに 10 分以内に試作金型を製造し、試成形を行う RPM(Rapid Product Manufacturing)技術	84.8	2016	2022	オンデマンド製造
44	オンサイトでの製造時に、原材料から製造工程までをトータルでモニタリング、フィードバック調整して最終品質を保証する技術	83.6	2017	2023	グローバル化、価値付加、市場創成
20	50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対応し、再構成可能な製造システム	83.2	2017	2023	変種変量生産
21	消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術	82.4	2016	2023	オンデマンド製造

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-10 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率 (%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
59	現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	39.5	2017	2023	エネルギー、資源、環境
63	「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	38.0	2018	2025	エネルギー、資源、環境
72	構造材料(鉄鋼、Cu 合金、Al 合金、Mg 合金、Ti 合金)の 95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース	36.1	2018	2025	安心・安全
33	人間・ロボット・機械が仕事場所を共有し、安全・安心に仕事をするために必要な技術と制度	35.9	2019	2027	その他製造形態
02	自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	35.1	2021	2030	少品種大量生産

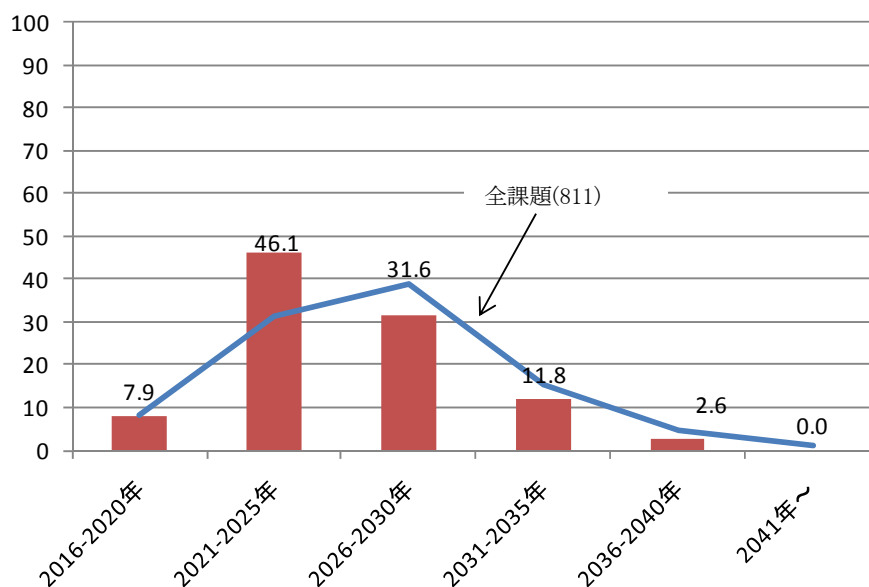
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い課題(回答比率 30%以上)はなかった。

10.4.4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。本分科会における社会的実現予測時期は、2021-2025 年の比率が高い。

図 10.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位: %)



区分別・実現時期別の課題数は下表の通りである。

表 10.4-11 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
少品種大量生産		1	2	2	2	
変種変量生産			3	6	2	2
オンデマンド製造			6	3		
その他製造形態			2	2	1	
グローバル化、価値付加、市場創成		4	13	4	3	
エネルギー、資源、環境			5	2		
理工系離れ、人材問題、少子高齢化			2	3		
安心・安全		1	2	2	1	

実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けている。「実現しない」の回答の比率の高かった上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の通りである。「わからない」については回答比率が高い(30%以上)課題はなかった。

表 10.4-12 「実現しない」という回答比率が高かった課題

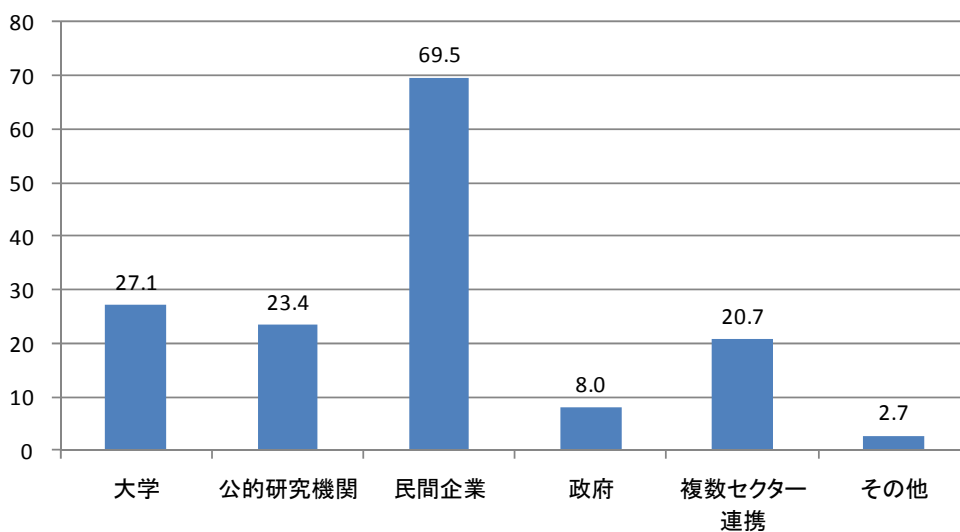
	課題	実現しない(%)	社会的実現時期(年)	区分
70	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の75%で設立される	44.7	2028	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
69	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の50%で設立される	35.7	2026	理工系離れ、人材問題、少子高齢化

10.4.5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「民間企業(NPOを含む)」の比率が69.5%と最も高い。

図 10.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「オンデマンド製造」では特に「民間企業(NPOを含む)」を挙げる割合が高い。

表 10.4-13 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位: %)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
少品種大量生産	22.9	17.1	70.2	4.5	18.0	1.4
変種変量生産	28.0	27.9	68.6	6.7	19.3	2.5
オンデマンド製造	18.8	13.3	83.3	1.6	19.2	2.2
その他製造形態	35.1	23.2	65.1	6.2	19.7	4.0
グローバル化、価値付加、市場創成	28.0	22.9	72.6	3.7	19.5	2.4
エネルギー、資源、環境	18.1	26.1	66.0	21.9	32.4	5.6
理工系離れ、人材問題、少子高齢化	45.3	15.3	42.1	26.8	19.8	1.2
安心・安全	27.8	41.5	68.8	11.8	21.9	3.5

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-14 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
17	材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確立し実現する)	69.5	2027	2037	変種変量生産
70	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の 75%で設立される	68.0		2028	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
69	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の 50%で設立される	68.0		2026	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
30	System of Systems に対する次世代のシステム工学(従来のシステム工学が対象としていた範疇の問題を超え、そのような対象がより広い範囲で何らかの階層関係や相互依存関係を伴いながら連成している高次システム)	63.2	2021	2032	その他製造形態
18	物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー	62.7	2024	2034	変種変量生産
68	従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム	61.2		2022	理工系離れ、人材問題、少子高齢化

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-15 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
72	構造材料(鉄鋼、Cu 合金、Al 合金、Mg 合金、Ti 合金)の 95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース	70.7	2018	2025	安心・安全
40	ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術	63.2	2016	2024	グローバル化、価値付加、市場創成
09	ITER などの大型の熱核融合炉に比べて制御性の良いナノ・マイクロサイズの高温・高密度プラズマ技術	62.1	2030	2036	変種変量生産
17	材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確立し実現する)	55.9	2027	2037	変種変量生産
65	CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	53.5	2017	2023	エネルギー、資源、環境

○民間企業(NPO を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-16 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
20	50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対応し、再構成可能な製造システム	93.7	2017	2023	変種変量生産
28	3次元イメージをもとに 10 分以内に試作金型を製造し、試成形を行う RPM(Rapid Product Manufacturing) 技術	93.6	2016	2022	オンデマンド製造
57	ある製品(サービス)の顧客地域に対し、Q(品質向上) C(コスト低減) D(納期短縮)を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品(サービス)をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術	93.4	2013	2018	グローバル化、価値付加、市場創成
44	オンサイトでの製造時に、原材料から製造工程までをトータルでモニタリング、フィードバック調整して最終品質を保証する技術	92.5	2017	2023	グローバル化、価値付加、市場創成
21	消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術	92.1	2016	2023	オンデマンド製造

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-17 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
69	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の 50%で設立される	41.3		2026	理工系離れ、人材問題、少子高齢化

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
71	未成年が安全にインターネットを使えることを目的とした自動コンテンツ監視システム(成人認証システムを含む)	41.1	2014	2019	安心・安全
70	コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の75%で設立される	40.0		2028	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
59	現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	37.0	2017	2023	エネルギー、資源、環境
65	CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	32.3	2017	2023	エネルギー、資源、環境

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.4-18 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
59	現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	40.3	2017	2023	エネルギー、資源、環境
49	製造分野における基礎的科学技术研究と実用技術との間を埋めるためのMOTの方法論	40.0		2021	グローバル化、価値付加、市場創成
63	「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	36.3	2018	2025	エネルギー、資源、環境
67	老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所の点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット	35.2	2019	2028	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
72	構造材料(鉄鋼、Cu合金、Al合金、Mg合金、Ti合金)の95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース	34.1	2018	2025	安心・安全

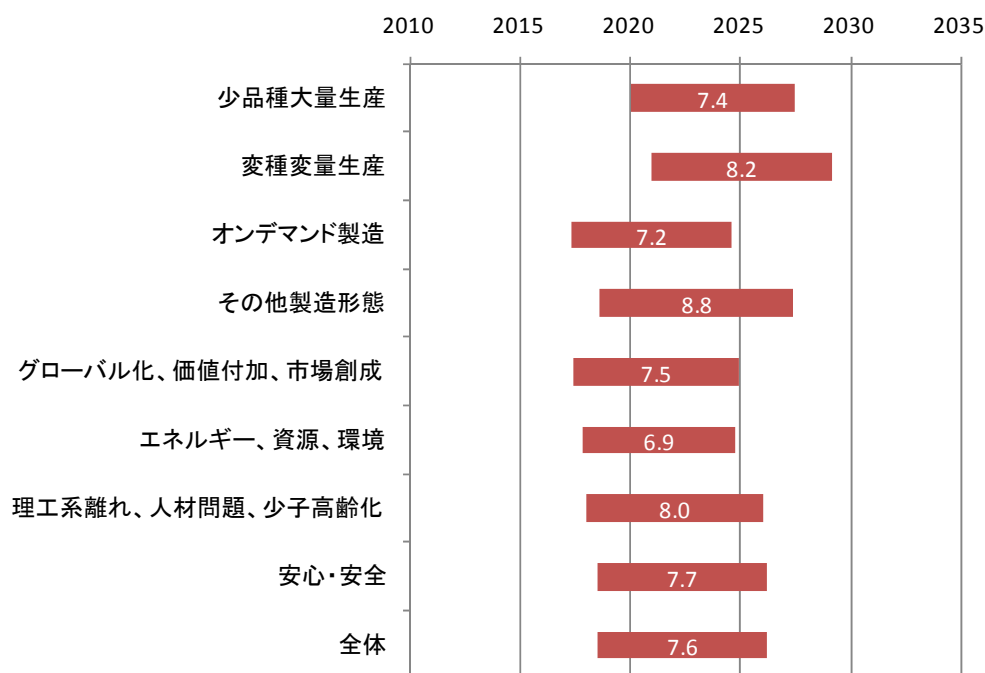
○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い(回答比率 30%以上)の課題はなかった。

10.4.6. 技術的実現から社会的実現までの期間

本分科会の課題全体における技術的実現から社会的実現までの期間の平均は7.6年である。これを区分別にみると、「エネルギー、資源、環境」の区分では6.9年と最も短く、「その他製造形態」の区分では8.8年と最も長くなっている。

図 10.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題、期間の短い課題、それぞれ上位 5 位以内の課題は以下の通りである。

表 10.4-19 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
37	磁場・電場・重力などの外部環境を複数組み合わせ て制御して、微細対象を組み立てる技術(ナノ粒子 を操作してデバイスを製造する)	2020	2032	12	グローバル化、価値付 加、市場創成
16	量子伝導体や機能触媒を実現するための、機能発 現原子の制御を目的とした原子レベルでのものづく り技術による、異種原子からなる新しい原子ワイヤや 原子クラスターなどの創成技術(1原子制御技術、2 元原子ワイヤ、多元原子クラスター)	2022	2033	11	変種変量生産
30	System of Systems に対する次世代のシステム工学 (従来のシステム工学が対象としていた範疇の問題 を超え、そのような対象がより広い範囲で何らかの階 層関係や相互依存関係を伴いながら連成している 高次システム)	2021	2032	11	その他製造形態
36	DNA の二重らせん構造を利用した接着技術	2020	2031	11	グローバル化、価値付 加、市場創成
17	材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子 効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、 量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成 技術を確立し実現する)	2027	2037	10	変種変量生産
18	物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・ 生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノ ロジー	2024	2034	10	変種変量生産
34	様々な設計方法論における枠組みやシナリオに対 応しながら、その具体化の過程を支援できる数理的 なモデリングの枠組みとそれに呼応する最適化手法 (システムレベルの最適設計に軸足を置くこと、大規 模で複雑な組合せ的要素を含むシステムについて の設計を最適化できる実践的な枠組みを目指すこと などが重要)	2019	2029	10	その他製造形態

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
42	個人の能力に過度に依存しない信頼性の高い巨大ソフトウェアの設計・開発・評価・メンテナンス手法	2021	2031	10	グローバル化、価値付加、市場創成
47	分子の挙動から巨視的な反応・流れまでを統合したマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション技術	2019	2029	10	グローバル化、価値付加、市場創成
73	1000°Cで10の7乗回の利用に耐える長寿命、低摩擦(摩擦係数0.05)金型技術(コーティングと材料を含む)	2020	2030	10	安心・安全
03	製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できるICチップを埋め込んだ、工業製品の不具合追跡システム	2014	2019	5	少品種大量生産
45	個人情報保護に配慮した、パーソナル製造受注時に蓄積される、顧客製造情報の2次利用技術	2015	2020	5	グローバル化、価値付加、市場創成
54	グローバルな遠隔地間で展開される設計活動を総合的に支援し、必要な連携活動を円滑に促進するための情報システム	2014	2019	5	グローバル化、価値付加、市場創成
57	ある製品(サービス)の顧客地域に対し、Q(品質向上) C(コスト低減) D(納期短縮)を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品(サービス)をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術	2013	2018	5	グローバル化、価値付加、市場創成
71	未成年が安全にインターネットを使えることを目的とした自動コンテンツ監視システム(成人認証システムを含む)	2014	2019	5	安心・安全

10. 4. 7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 10.4-20 新規に提案された課題

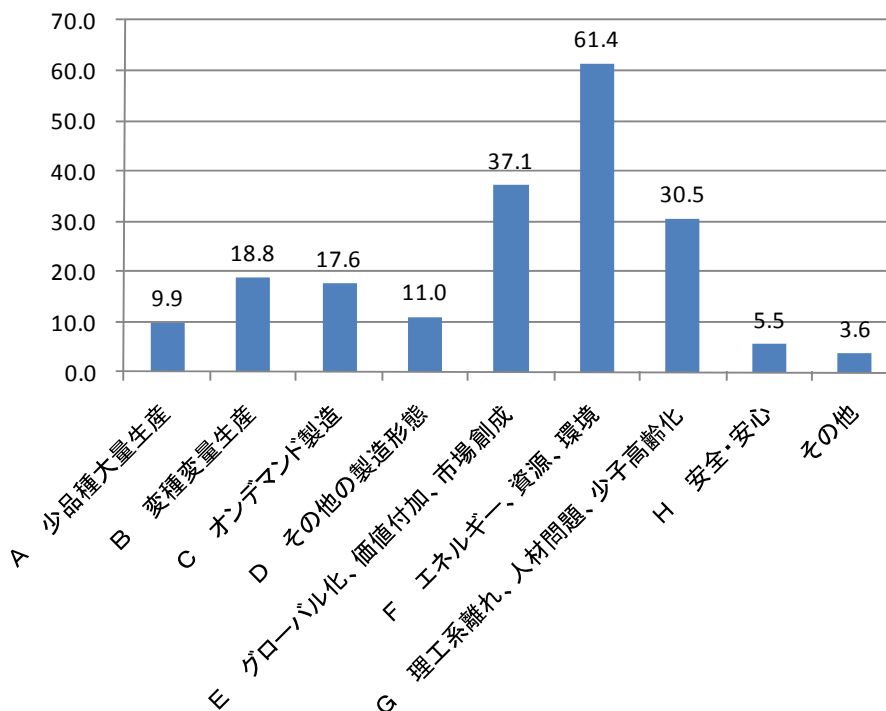
提案課題
製造業向けコンピュータシミュレーションソフトウェア技術の推進
自然エネルギーをベースとした分散型化学工学の創生
エクセルギー損失を最小限にするプロセスオリエンテッド化学合成とスマート化学プロセス技術
現在の石油化学工業の原料の脱石油化技術
製造業向けのコンピュータシミュレーション技術の推進
原子力の安全性に関する研究
理工(特に電気)系離れの原因、対策の検討
宇宙エレベータの建造(低コスト宇宙搬送手段の確立)
感性に基づき、安心感を得ることのできる設計・製造技術
量子論、素粒子論による新発見に基づく装置(例えばエネルギー関連)の設計製作技術など
宇宙利用による資源エネルギー環境技術(太陽光発電、月面利用資源)
人を対象とした手術、健康支援ロボットの設計、製造
切削加工性能の進化: 重切削速度増倍工具寿命の増倍、ナノメートル精度加工
トライボロジー技術による製造設備の省エネルギー化

10.5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

10.5.1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目は、区分F「エネルギー、資源、環境」が61.4%と最も多く、E「グローバル化、価値付加、市場創成」の37.1%、G「理工系離れ、人材問題、少子高齢化」が30.5%と続いている。

図 10.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=272 単位% 複数回答)



10.5.2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下の通りである。

A. 少品種大量生産

「少品種大量生産」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=26>

課題	%
2 自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	65.4
5 メカトロニクス機器の超小型化を可能にするための放熱・省エネルギー・アクチュエータ技術	46.2
7 生物と同等の運動機能や環境適応性を実現する柔軟機械技術	42.3
1 大重量構造物について、従来の溶融接合に替わる液相もしくは固相拡散接合等による低変形・低歪み接合技術	38.5
6 24時間にわたるロボットの自律作業を可能にするためのバッテリー・省エネルギー技術	30.8

B. 変種変量生産

「変種変量生産」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満を省略)は以下の表に示す通りである。

表 10.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=51>

課題	%
13 用途に応じた金属-金属や金属-プラスチックなどの組み合わせの複層材を即納で安価に製造できるオーダーメイド異種材料接合技術	47.1
19 設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論	33.3
11 シリコンの物性限界を超えた、GaN や SiC と呼ぶパワーエレクトロニクスの実用化による、個別のデバイス(ディスクリートデバイス)の域を超えた多機能高集積化素子	31.4
18 物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー	31.4

C. オンデマンド製造

「オンデマンド製造」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=47>

課題	%
21 消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術	46.8
29 設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特性(強度、信頼性、廃棄)、製造手段(環境調和性、生産性、保守)等、全てを評価する技術(ヴァーチャルマニュファクチャリング/デジタルモックアップ)	40.4
26 装置産業を対象に、多品種のオンデマンドな生産要求に対して、在庫を持たず、迅速かつフレキシブルに対応できるマイクロ化学を用いた連続生産システム	36.2
28 3次元イメージをもとに10分以内に試作金型を製造し、試成形を行うRPM(Rapid Product Manufacturing)技術	31.9
23 企画や概念設計などの設計対象の内容が具体的には詳細化されていない段階にあっても、対象となるシステムがどのような振舞いや機能を実現・達成し得るかを、粗く、しかし的確に予測するためのシミュレーション技術(FOA関連技術等)	31.9

D. その他製造形態

「その他製造形態」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 10.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=29>

課題	%
31 新規な設計を導き出す際に活用し、創造した設計知識を明示的に記録し、参照・再利用するための知識管理型設計支援システム	62.1
34 様々な設計方法論における枠組みやシナリオに対応しながら、その具体化の過程を支援できる数理的なモデリングの枠組みとそれに呼応する最適化手法(システムレベルの最適設計に軸足を置くこと、大規模で複雑な組合せの要素を含むシステムについての設計を最適化できる実践的な枠組みを目指すことなどが重要)	58.6
30 System of Systems に対する次世代のシステム工学(従来のシステム工学が対象としていた範疇の問題を超え、そのような対象がより広い範囲で何らかの階層関係や相互依存関係を伴いながら連成している高次システム)	48.3

E. グローバル化、価値付加、市場創成

「グローバル化、価値付加、市場創成」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の(ただし回答比率30%未満の課題を省略)課題は以下の表に示す通りである。

表 10.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=100>

課題	%
50 単なるものづくりから脱却し、価値の創生を重視する産業構造へパラダイム転換するための基盤となる方法論(サービス工学など)	37.0
53 複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外(現地)の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法	32.0
52 先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など、独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ、日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論	30.0

F. エネルギー、資源、環境

「エネルギー、資源、環境」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 10.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=161>

課題	%
63 「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	61.5
61 間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術	49.1
65 CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	41.6
59 現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	40.4
60 エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術	36.6

G. 理工系離れ、人材問題、少子高齢化(機能性食品等を含む)

「理工系離れ、人材問題、少子高齢化」への対策を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 10.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=77>

課題	%
68 従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム	72.7
66 ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム	42.9
67 老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所の点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット	37.7

H. 安心・安全(n=14)

「安心・安全」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 10.5-8 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 H) <当該区分の回答数=14>

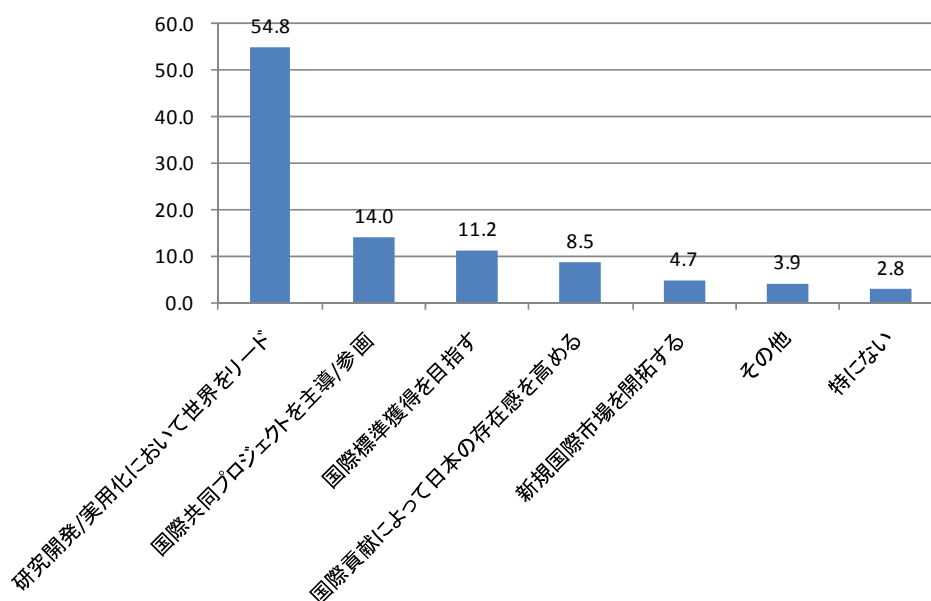
課題	%
72 構造材料(鉄鋼、Cu 合金、Al 合金、Mg 合金、Ti 合金)の 95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース	42.9
74 オイルレス、洗浄レス、スクラップレス、ノイズレスの(4レス)マニファクチュアリング	42.9
76 反応器の中の状態や将来のプラントの劣化状態などを可視化する、バーチャル・プラント運転支援システム	42.9

10.5.3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が全体で54.8%と最も多く、次に「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画」が14.0%で続いている。

図 10.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略 (n=507、単位%、複数回答)



区分別にみると、「少品種大量生産」の比率が80.8%と高く、「変種変量生産」が72.0%、「エネルギー、資源、環境」が61.5%と続いている。

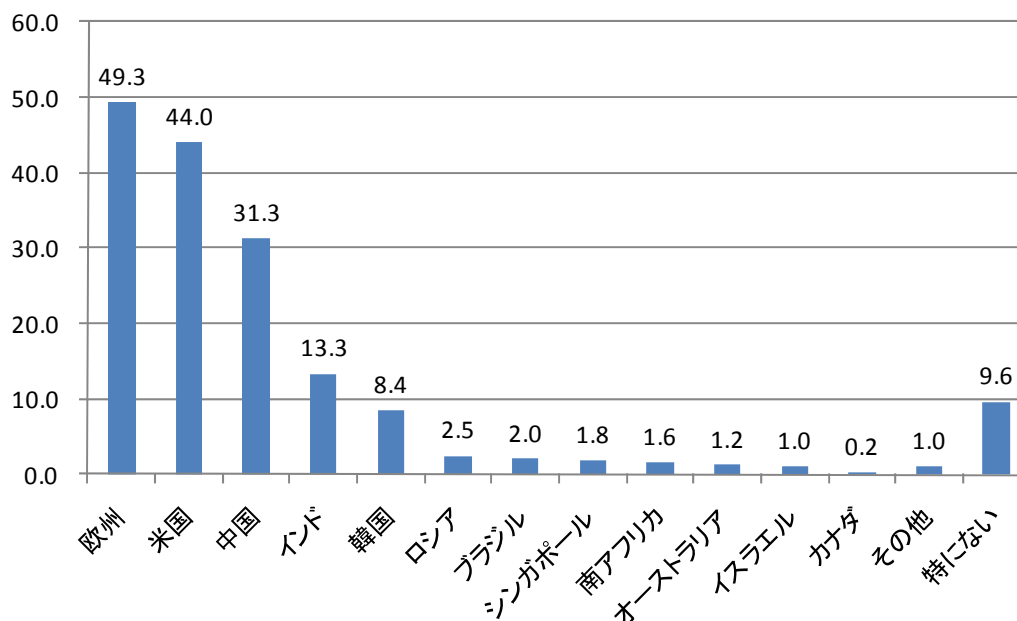
表 10.5-9 区分別最も力を入れるべき研究開発の国際戦略 (単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発あるいは実用化において世界をリードする	国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画	国際標準獲得を目指す	国際貢献によって日本の存在感を高める	新規国際市場を開拓する	その他	特にない
A 少品種大量生産(26)	80.8	7.7	7.7		3.8		
B 変種変量生産(50)	72.0	10.0	12.0		6.0		
C オンデマンド製造(47)	55.3	21.3	12.8	2.1	4.3	2.1	2.1
D その他製造形態(27)	51.9	25.9	7.4		3.7	7.4	3.7
E グローバル化、価値付加、市場創成(96)	46.9	12.5	16.7	10.4	10.4	2.1	1.0
F エネルギー、資源、環境(161)	61.5	10.6	10.6	13.7	3.1	0.6	
G 理工系離れ、人材問題、少子高齢化(76)	34.2	15.8	5.3	10.5	1.3	18.4	14.5
H 安全・安心(15)	46.7	26.7	20.0	6.7			

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を發展させる上で、関係を強化すべき国・地域として、全体で、最も多いのが欧州の 49.3%であり、米国の 44.0%が続いている。

図 10.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域 (n=442、単位%、複数回答)



区分別では、「F エネルギー、資源、環境」や「H 安全・安心」で中国の割合が高くなっている。

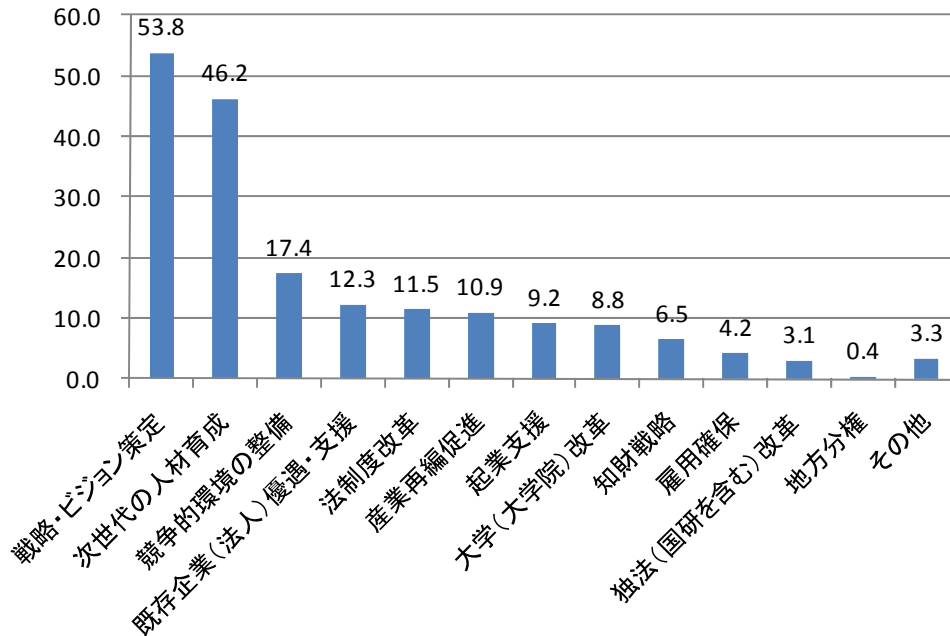
表 10.5-10 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域 (単位%、複数回答)

区分(回答数)	欧州	米国	中国	インド	韓国	ロシア	ブラジル	シンガポール	南アフリカ	オーストラリア	イスラエル	カナダ	その他	特にない
A 少品種大量生産(26)	57.7	61.5	26.9	7.7	3.8	3.8		3.8				3.8		11.5
B 変種変量生産(49)	55.1	46.9	24.5	10.2	4.1						2.0			14.3
C オンデマンド製造(46)	60.9	34.8	21.7	4.3	13.0	4.3	2.2	2.2			2.2			13.0
D その他製造形態(29)	62.1	58.6	20.7	3.4	3.4		6.9	3.4						3.4
E グローバル化、価値付加、市場創成(97)	49.5	46.4	32.0	25.8	4.1	1.0	2.1	2.1	2.1		1.0			7.2
F エネルギー、資源、環境(164)	42.7	43.3	41.5	14.0	9.8	4.9	3.0	1.8	2.4	3.7	0.6		1.8	4.9
G 理工系離れ、人材問題、少子高齢化(78)	43.6	32.1	20.5	9.0	12.8				2.6		1.3		2.6	21.8
H 安全・安心(14)	57.1	57.1	50.0	14.3	14.3									

10.5.4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項では、「戦略・ビジョン策定」が全体で53.8%と最も多く、次いで「次世代の人材育成」の46.2%が続いている。

図 10.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項(n=522、単位%、複数回答)



区分別にみると、「F エネルギー、資源、環境」で「戦略・ビジョン策定」が強く求められていることがわかる。

表 10.5-11 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	競争的環境の整備	既存企業(法人)優遇・支援	法制度改革	産業再編促進	起業支援	大学(大学院)改革	知財戦略	雇用確保	独法(国研を含む)改革	地方分権	その他
A 少品種大量生産(26)	30.8	69.2	26.9	26.9		7.7	11.5	3.8		3.8	7.7		3.8
B 変種変量生産(51)	47.1	54.9	19.6	21.6	5.9	5.9	3.9	9.8	5.9	3.9	9.8		2.0
C オンデマンド製造(48)	45.8	35.4	29.2	18.8	4.2	18.8	14.6	2.1	8.3		4.2		
D その他製造形態(29)	55.2	51.7	17.2	10.3	6.9	10.3	6.9	3.4	10.3		10.3		
E グローバル化、価値付加、市場創成(99)	53.5	44.4	23.2	9.1	8.1	13.1	14.1	6.1	13.1	1.0	2.0		1.0
F エネルギー、資源、環境(163)	75.5	23.9	16.0	11.0	23.3	15.3	8.6	2.5	4.3	1.8	1.2	0.6	4.3
G 理工系離れ、人材問題、少子高齢化(83)	26.5	81.9	3.6	4.8	4.8	1.2	2.4	33.7	3.6	15.7		1.2	7.2
H 安全・安心(14)	64.3	42.9	14.3	7.1	14.3	7.1	7.1		7.1	14.3			7.1

10.5.5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として、上位 10 課題(ただし回答比率 10%未満の課題を省略)を以下に示す。循環型製造システム、未利用熱エネルギー利用技術、低品位熱エネルギーの高エクセルギーへの転換技術、などが上位にあがっている。

表 10.5-12 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=245>

課題	%
63 「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	37.1
61 間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術	23.7
60 エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術	22.9
65 CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	21.6
62 廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム	15.9
2 自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	15.1
19 設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論	12.2

10. 6. 集計結果一覧

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
少 品 種 大 量 生 産	1	大重量構造物について、従来の溶融接合に替わる液相もしくは固相拡散接合等による低変形・低歪み接合技術	1	111	14	32	54	-	50	23	2	25
			2	99	10	31	59	-	57	20	2	21
			専	10	100	0	0	-	70	30	0	0
	2	自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	1	189	7	35	58	-	74	17	3	6
			2	171	6	34	60	-	79	16	1	4
			専	11	100	0	0	-	82	18	0	0
	3	製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴（製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等）を識別できるICチップを埋め込んだ、工業製品の不具合追跡システム	1	212	14	35	51	-	63	23	1	13
			2	193	11	34	55	-	65	23	2	10
			専	22	100	0	0	-	72	23	0	5
	4	脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発支援技術	1	158	8	25	67	-	42	15	3	40
			2	146	6	24	70	-	46	12	1	41
			専	9	100	0	0	-	67	0	0	33
	5	メカトロニクス機器の超小型化を可能にするための放熱・省エネルギー・アクチュエータ技術	1	196	16	38	46	-	49	47	1	3
			2	177	14	38	48	-	50	46	1	3
			専	25	100	0	0	-	68	32	0	0
	6	24時間にわたるロボットの自律作業を可能にするためのバッテリー・省エネルギー技術	1	180	10	25	65	-	51	40	1	8
			2	161	7	25	68	-	54	38	1	7
			専	12	100	0	0	-	84	8	0	8
	7	生物と同等の運動機能や環境適応性を実現する柔軟機械技術	1	159	13	26	61	-	46	31	1	22
			2	145	12	23	65	-	46	34	0	20
			専	17	100	0	0	-	62	19	0	19
変 種 変 量 生 産	8	屋内外を問わず地図と連動したインテリジェントな製造管理を実現するための新たなインフラ設営が不要な測位技術	1	119	11	33	56	-	51	27	6	16
			2	111	10	30	60	-	61	22	3	14
			専	11	100	0	0	-	64	18	0	18

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	4	19	46	37	52	25	0		5	20	18	14	74	4	15	0									
	4	12	49	36	64	17	0		5	16	18	12	78	3	14	0									
	0	10	50	50	90	30	0		0	10	40	20	80	0	30	0									
	2	10	48	34	37	37	5		2	9	15	18	67	16	24	3									
	1	6	54	35	40	35	3		1	8	12	15	74	11	20	2									
	0	0	73	36	64	45	9		0	0	22	33	89	22	11	11									
	1	4	11	14	77	23	9		1	5	2	10	73	15	23	10									
	2	2	10	10	79	23	5		1	3	3	7	83	11	20	6									
	0	0	0	15	80	35	10		0	0	0	0	85	15	35	10									
	20	8	75	42	13	15	2		24	13	43	31	35	3	23	1									
	17	4	78	45	13	13	2		19	6	54	31	37	1	20	0									
	0	0	71	71	14	29	0		13	0	57	43	43	0	14	0									
	1	4	51	37	62	18	2		2	4	20	19	80	3	17	0									
	0	1	51	31	69	15	1		0	1	19	15	84	2	13	0									
	0	0	46	29	63	17	0		0	0	13	8	79	4	17	0									
	0	4	30	25	73	26	1		1	5	13	17	82	8	18	1									
	0	1	29	24	81	18	0		1	1	10	13	87	3	12	1									
	0	0	27	27	100	0	0		0	0	0	0	100	0	0	0									
	9	6	77	34	22	20	2		10	8	35	28	47	3	26	1									
	7	3	84	35	20	15	1		8	5	44	26	49	0	27	1									
	6	0	88	50	19	6	0		0	6	41	29	59	0	24	0									
	1	3	32	36	55	24	7		1	3	11	18	73	10	25	9									
	1	5	28	35	65	17	4		1	4	13	18	79	7	20	2									
	0	0	20	10	60	30	0		0	0	18	0	82	0	9	0									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
変 種 変 量 生 産	9	ITERなどの大型の熱核融合炉に比べて制御性の良いナノ・マイクロサイズの高温・高密度プラズマ技術	1	69	6	23	71	-	58	22	4	16
			2	61	5	25	70	-	73	17	2	8
			専	3	100	0	0	-	67	0	33	0
	10	現在の半導体デバイス（フラッシュメモリ）の概念を超えた原子メモリ、分子メモリ、自己組織化メモリなどの1PB (peta bytes) を超える超大容量メモリ	1	98	5	27	68	-	72	21	1	6
			2	91	3	29	68	-	77	22	0	1
			専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	11	シリコンの物性限界を超えた、GaNやSiCと言ったパワーエレクトロニクスの実用化による、個別のデバイス（ディスクリットデバイス）の域を超えた多機能高集積化素子	1	99	7	24	69	-	61	30	2	7
			2	86	6	24	70	-	65	31	2	2
			専	5	100	0	0	-	80	20	0	0
	12	大面積接合も可能とするような光エネルギーの界面吸収を利用した局部加熱接合技術	1	82	15	23	62	-	44	32	1	23
			2	70	14	19	67	-	41	34	0	25
			専	10	100	0	0	-	30	50	0	20
	13	用途に応じた金属-金属や金属-プラスチックなどの組み合わせの複層材を即納で安価に製造できるオーダーメイド異種材料接合技術	1	138	13	28	59	-	45	41	2	12
			2	119	13	25	62	-	47	40	2	11
			専	15	100	0	0	-	53	40	0	7
	14	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術	1	100	9	37	54	-	49	44	1	6
2			88	10	32	58	-	54	42	0	4	
専			9	100	0	0	-	78	11	0	11	
15	スパン4000メートルを超える長大橋や深海洋開発で用いる大型・特殊環境下構造物のための超微細制御技術を活用した超高強度・高耐食材料	1	107	10	35	55	-	56	34	2	8	
		2	90	10	33	57	-	61	31	2	6	
		専	9	100	0	0	-	67	33	0	0	
16	量子伝導体や機能触媒を実現するための、機能発現原子の制御を目的とした原子レベルでのものづくり技術による、異種原子からなる新しい原子ワイヤや原子クラスターなどの創成技術（1原子制御技術、2元原子ワイヤ、多元原子クラスター）	1	93	4	29	67	-	46	38	3	13	
		2	86	3	27	70	-	50	36	1	13	
		専	3	100	0	0	-	67	33	0	0	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)
						10	9	44	67	11	23	15						12	16	33	56	25	19	30	17
						8	5	53	69	8	19	8						11	15	34	62	24	21	22	9
						67	0	50	50	0	0	50						67	0	50	50	0	0	0	50
						1	7	57	38	53	25	5						3	7	20	21	77	7	20	2
						0	3	58	31	67	21	5						1	4	18	19	82	8	18	2
						0	0	67	67	33	33	0						0	0	33	33	67	33	67	0
						0	6	41	44	59	29	5						1	8	16	22	82	7	22	1
						0	7	38	42	69	21	2						0	9	15	16	91	6	16	0
						0	0	40	40	60	40	0						0	0	20	20	80	20	60	0
						5	12	53	40	34	25	3						5	16	22	20	70	4	27	1
						3	4	61	43	33	22	1						3	13	25	17	72	3	23	0
						10	0	60	20	20	20	0						10	0	50	10	70	0	0	0
						3	4	51	46	54	19	3						3	5	25	23	70	5	19	2
						3	4	54	44	62	12	2						3	4	26	22	77	5	18	1
						0	0	71	36	71	14	0						7	0	33	20	80	7	20	0
						1	6	35	32	70	24	4						0	8	14	15	82	19	23	3
						1	3	34	34	81	15	4						1	6	15	16	86	12	16	4
						0	0	63	25	75	25	0						0	0	56	22	67	44	22	11
						2	6	46	55	59	25	2						3	7	21	28	76	14	24	2
						2	3	47	59	59	17	1						2	5	16	28	84	7	15	1
						0	0	78	67	78	11	0						0	0	22	33	100	33	11	0
						3	7	73	57	18	15	6						7	10	35	39	54	5	21	4
						0	5	82	56	17	8	5						5	7	39	40	61	4	17	1
						0	0	67	33	33	33	33						0	0	33	0	67	33	33	0

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要 (%)	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
変 種 変 量 生 産	17	材料の機能を決定するフロントアトム制御技術（量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確立し実現する）	1	68	4	24	72	-	46	33	0	21
			2	64	5	25	70	-	49	28	0	23
			専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	18	物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー	1	118	9	25	66	-	56	30	3	11
			2	108	6	26	68	-	65	22	1	12
			専	7	100	0	0	-	71	29	0	0
	19	設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論	1	191	25	34	41	-	63	30	1	6
			2	170	24	31	45	-	67	26	0	7
			専	40	100	0	0	-	72	25	0	3
	20	50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対応し、再構成可能な製造システム	1	179	20	41	39	-	27	64	1	8
			2	164	18	35	47	-	24	66	1	9
			専	30	100	0	0	-	27	63	0	10
オ ン デ マ ン ド 製 造	21	消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術	1	185	19	32	49	-	34	43	0	23
			2	170	17	29	54	-	32	47	0	21
			専	29	100	0	0	-	38	38	0	24
	22	物理的な意味での新たな機能を実現することを超えて、新たな価値やサービスを生み出すための製品アーキテクチャや製造システムを具体化するための方法論	1	125	20	29	51	-	35	44	3	18
			2	118	17	27	56	-	30	48	1	21
			専	20	100	0	0	-	35	50	0	15
	23	企画や概念設計などの設計対象の内容が具体的には詳細化されていない段階にあっても、対象となるシステムがどのような振舞いや機能を実現・達成し得るかを、粗く、しかし的確に予測するためのシミュレーション技術（FOA関連技術等）	1	141	22	31	47	-	52	37	1	10
			2	128	19	29	52	-	54	33	0	13
			専	24	100	0	0	-	62	25	0	13
	24	メカ・エレキ・情報を高次元で統合した新しい意味でのメカトロニクス製品を合理的かつ迅速に設計するための方法論・支援技術（統合化により複雑化するシステムの設計を迅速かつ簡便に進めるための標準的な基盤としての共通アーキテクチャや標準モジュールなどを設計し、それらの基盤のもとでカスタマイゼーションにより多様な製品を展開するための各種設計技術等）	1	152	22	34	44	-	40	50	2	8
			2	139	20	34	46	-	36	52	0	12
			専	28	100	0	0	-	43	53	0	4

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	0	15	82	52	11	15	6		2	15	59	50	36	5	22	3									
	0	13	85	51	10	11	3		0	15	69	56	34	0	12	0									
	0	33	100	33	0	0	0		0	33	100	50	0	0	0	0									
	3	21	81	53	17	23	6		3	22	52	38	38	10	32	4									
	1	13	85	58	17	15	4		1	14	63	43	37	7	25	4									
	14	14	100	50	33	0	0		14	14	67	33	33	17	33	33									
	2	5	46	29	49	37	8		2	5	24	19	62	14	36	8									
	2	2	45	24	58	31	8		2	1	24	18	70	6	32	6									
	5	0	58	20	55	33	15		5	0	23	15	67	8	31	10									
	5	5	25	19	75	23	2		6	5	13	12	85	5	20	3									
	4	4	22	12	83	22	1		4	4	8	7	94	3	16	3									
	3	0	30	3	83	13	3		3	3	7	3	97	0	10	3									
	8	5	27	16	69	22	1		9	9	11	11	84	2	19	2									
	5	4	25	12	82	15	1		7	5	8	9	92	1	12	2									
	0	3	29	4	86	11	4		3	3	7	11	86	0	4	4									
	5	15	54	15	44	30	3		5	14	33	12	60	3	29	3									
	4	11	56	14	54	22	2		4	11	28	9	76	0	20	3									
	10	5	60	5	40	25	0		10	5	40	0	70	0	5	0									
	5	7	60	30	44	22	1		4	9	29	21	64	4	23	1									
	4	6	60	22	51	19	2		3	7	25	15	74	0	15	2									
	4	0	70	13	48	26	0		4	0	33	0	75	0	8	0									
	3	8	43	26	55	33	5		3	9	21	17	73	3	21	5									
	3	4	42	21	67	28	2		2	5	19	10	83	1	19	3									
	0	0	43	14	64	29	0		0	0	18	7	82	0	11	0									

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
オンデマンド製造	25	製品や装置の超長期に渡る使用（循環型のものを含む）を実現するための初期設計情報や信頼性やメンテナンスなどの履歴に係わる情報を統合的かつ長期に渡って継続的に記録・保存し、それらの情報の存在を前提として超長期使用をより合理的に行うための技術	1	170	20	31	49	-	65	24	2	9
			2	151	19	29	52	-	75	21	0	4
			専	29	100	0	0	-	90	7	0	3
	26	装置産業を対象に、多品種のオンデマンドな生産要求に対して、在庫を持たず、迅速かつフレキシブルに対応できるマイクロ化学を用いた連続生産システム	1	118	19	28	53	-	42	42	0	16
			2	106	19	23	58	-	43	44	0	13
			専	20	100	0	0	-	70	30	0	0
	27	活性の低下が早い薬品、化粧品、中間活性材料などを、オンサイトで生産するマイクロ化学プロセス（法規制の緩和対策も含む）	1	80	21	30	49	-	52	33	1	14
			2	75	20	28	52	-	58	31	0	11
			専	15	100	0	0	-	67	33	0	0
	28	3次元イメージをもとに10分以内に試作金型を製造し、試成形を行うRPM（Rapid Product Manufacturing）技術	1	188	18	42	40	-	30	59	1	10
			2	161	18	37	45	-	23	69	1	7
			専	29	100	0	0	-	31	59	0	10
	29	設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特長（強度、信頼性、廃棄）、製造手段（環境調和性、生産性、保守）等、全てを評価する技術（ヴァーチャルマニュファクチャリング/デジタルモックアップ）	1	178	22	34	44	-	47	45	1	7
			2	158	21	33	46	-	45	48	1	6
			専	33	100	0	0	-	52	45	0	3
その他製造形態	30	System of Systems に対する次世代のシステム工学（従来のシステム工学が対象としていた範疇の問題を超え、そのような対象がより広い範囲で何らかの階層関係や相互依存関係を伴いながら達成している高次システム）	1	87	16	32	52	-	57	21	7	15
			2	80	15	26	59	-	60	22	0	18
			専	12	100	0	0	-	78	22	0	0
	31	新規な設計を導き出す際に活用し、創造した設計知識を明示的に記録し、参照・再利用するための知識管理型設計支援システム	1	155	19	27	54	-	43	49	2	6
			2	142	17	26	57	-	36	55	1	8
			専	24	100	0	0	-	57	38	0	5
	32	パーソナルファブリケーション（欲しい仕様のモノを自ら製造・利用あるいはグループシェア）のための、3Dプリンタやマイクロファクトリーなどの汎用型個人用小型加工システム	1	146	14	31	55	-	31	34	2	33
			2	131	12	27	61	-	26	38	2	34
			専	16	100	0	0	-	46	47	0	7

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)
	2	3	32	30	63	30	5		2	4	14	19	68	14	34	7									
	1	1	28	29	71	28	3		1	1	11	15	79	8	31	5									
	0	0	24	24	79	28	3		0	0	7	14	86	18	25	11									
	3	7	52	35	50	24	2		4	8	21	19	73	4	26	3									
	4	4	50	35	65	15	2		4	6	24	15	84	2	20	2									
	0	0	80	55	75	15	0		0	0	42	26	84	11	26	5									
	1	9	49	45	58	27	5		1	9	23	25	70	9	32	4									
	1	8	52	42	64	21	3		1	10	28	21	81	1	25	1									
	0	0	73	60	87	7	0		0	0	50	36	93	0	14	0									
	2	6	31	32	80	16	1		2	8	11	16	88	2	16	1									
	1	1	27	28	85	12	1		0	1	10	14	94	0	11	1									
	3	0	29	7	86	11	0		0	0	18	4	93	0	14	0									
	2	5	45	32	62	25	1		3	5	22	17	76	4	25	2									
	1	2	45	31	68	19	1		1	3	18	13	88	1	19	1									
	3	0	34	25	75	13	0		3	3	16	9	84	0	9	0									
	2	16	72	27	19	19	2		2	20	50	23	32	9	26	7									
	4	9	80	25	17	11	1		4	14	63	26	34	3	22	4									
	0	0	82	27	9	27	0		0	0	82	18	27	0	36	9									
	3	5	51	32	53	22	1		4	5	30	22	67	1	23	1									
	1	3	54	25	62	17	1		1	5	26	16	81	1	16	1									
	0	0	48	13	57	17	0		0	4	21	13	75	4	13	0									
	3	8	35	40	59	17	1		6	8	18	23	72	2	15	1									
	4	5	33	36	71	12	2		5	5	15	21	80	2	12	1									
	0	0	40	47	67	0	0		0	0	13	20	87	0	0	0									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
その他製造形態	33	人間・ロボット・機械が仕事場所を共有し、安全・安心に仕事をするために必要な技術と制度	1	161	19	34	47	-	55	39	2	4
			2	149	18	30	52	-	60	35	1	4
			専	27	100	0	0	-	55	41	0	4
	34	様々な設計方法論における枠組みやシナリオに対応しながら、その具体化の過程を支援できる数理的なモデリングの枠組みとそれに呼応する最適化手法（システムレベルの最適設計に軸足を置くこと、大規模で複雑な組合せ的要素を含むシステムについての設計を最適化できる実践的な枠組みを目指すことなどが重要）	1	113	27	27	46	-	59	24	2	15
			2	107	23	24	53	-	64	21	2	13
			専	25	100	0	0	-	64	20	0	16
グローバル化、価値付加、市場創成	35	顧客によりよい体験を与えるインタフェースの製造技術	1	111	6	28	66	-	46	38	4	12
			2	102	5	24	71	-	52	34	1	13
			専	5	100	0	0	-	80	20	0	0
	36	DNAの二重らせん構造を利用した接着技術	1	41	5	17	78	-	44	22	0	34
			2	37	5	14	81	-	48	14	0	38
			専	2	100	0	0	-	50	0	0	50
	37	磁場・電場・重力などの外部環境を複数組み合わせることで制御して、微細対象を組み立てる技術（ナノ粒子を操作してデバイスを製造する）	1	111	9	27	64	-	49	38	2	11
			2	101	9	24	67	-	51	37	1	11
			専	9	100	0	0	-	56	33	0	11
	38	体内埋込み型デバイスにおいて、10年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術	1	87	8	24	68	-	82	15	3	0
			2	77	9	21	70	-	84	12	4	0
			専	7	100	0	0	-	86	14	0	0
39	液相中、気相中における10nm以下のナノ粒子の形状分析・計数技術	1	91	14	25	61	-	65	24	3	8	
		2	77	18	22	60	-	77	18	0	5	
		専	14	100	0	0	-	79	14	0	7	
40	ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術	1	66	9	29	62	-	80	6	3	11	
		2	58	12	24	64	-	84	7	0	9	
		専	7	100	0	0	-	72	14	0	14	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	0	3	39	43	49	42	13		1	3	20	31	58	28	33	13									
	0	3	35	46	54	36	9		0	3	16	27	68	23	32	9									
	0	0	48	44	59	19	15		0	0	22	19	74	15	11	11									
	2	8	75	31	26	23	6		6	7	46	30	46	5	27	5									
	1	5	80	24	27	17	4		4	5	54	26	62	2	16	5									
	4	4	79	21	25	21	4		4	8	58	25	54	0	13	0									
	2	10	46	30	61	20	4		4	12	22	18	77	3	16	3									
	1	10	50	22	61	14	2		2	10	21	14	82	2	13	3									
	0	0	80	40	40	40	0		0	0	40	0	60	0	20	0									
	7	27	87	38	13	10	3		12	27	59	30	43	3	16	0									
	11	22	89	29	20	9	3		11	22	60	31	51	0	9	3									
	50	50	100	0	0	0	0		50	50	100	0	0	0	0	0									
	0	9	78	46	28	29	3		1	9	43	31	50	7	35	1									
	0	5	80	51	24	25	2		1	6	47	32	62	4	30	0									
	0	0	89	67	56	22	0		0	0	67	56	67	11	11	0									
	1	8	76	51	36	21	2		1	9	48	27	56	9	29	0									
	1	4	78	47	38	16	3		1	5	48	28	65	7	23	0									
	14	0	86	71	71	14	14		14	0	57	57	57	43	29	0									
	1	4	66	56	34	19	4		2	6	40	44	56	5	23	3									
	1	3	67	59	29	13	3		3	4	41	49	59	3	20	3									
	7	0	79	71	29	0	0		7	0	64	57	71	0	7	0									
	2	5	61	70	24	24	8		3	8	34	57	38	18	25	3									
	2	2	60	68	25	16	5		4	4	33	63	37	11	18	4									
	0	0	57	71	14	14	0		0	0	57	57	29	0	14	0									

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
グ ロ ー バ ル 化 、 価 値 付 加 、 市 場 創 成	41	メートルオーダーの距離を隔てた自律移動型マイクロロボットに、移動に必要なエネルギーを非接触で伝送する技術	1	115	4	33	63	-	45	34	2	19
			2	109	3	31	66	-	49	33	1	17
			専	3	100	0	0	-	67	0	0	33
	42	個人の能力に過度に依存しない信頼性の高い巨大ソフトウェアの設計・開発・評価・メンテナンス手法	1	123	8	27	65	-	72	19	0	9
			2	109	8	25	67	-	76	13	0	11
			専	9	100	0	0	-	89	11	0	0
	43	設計・製造の各工程における事前評価に利用可能な、製造関連知識、実験データ、製品事例および公知の事実と企業ノウハウを常に最新状態に維持可能な情報データベース技術	1	168	11	36	53	-	48	43	1	8
			2	151	11	31	58	-	50	42	0	8
			専	16	100	0	0	-	19	56	0	25
	44	オンサイトでの製造時に、原材料から製造工程までをトータルでモニタリング、フィードバック調整して最終品質を保証する技術	1	156	17	33	50	-	47	42	1	10
			2	136	15	28	57	-	50	41	1	8
			専	21	100	0	0	-	67	33	0	0
	45	個人情報保護に配慮した、パーソナル製造受注時に蓄積される、顧客製造情報の2次利用技術	1	81	5	26	69	-	35	30	1	34
			2	73	4	23	73	-	34	32	0	34
			専	3	100	0	0	-	67	0	0	33
	46	サプライチェーン管理、生産計画、スケジューリングにおいて、対象の状況に応じてシステム自身が自己の改良を行い、フレキシブルに状況変化に対応できる、自己修正メカニズムを有する生産管理システム	1	123	16	32	52	-	42	36	1	21
			2	113	13	29	58	-	43	37	1	19
			専	15	100	0	0	-	54	33	0	13
	47	分子の挙動から巨視的な反応・流れまでを統合したマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション技術	1	136	16	35	49	-	72	18	1	9
			2	123	15	32	53	-	72	19	0	9
			専	18	100	0	0	-	94	6	0	0
	48	産業毎に異なるバリューチェーン（例：市場・顧客調査⇒開発・設計⇒調達⇒製造⇒販売⇒サービス）でどこに価値を付加すれば、その産業振興と雇用創出が最大になるかを評価する技術	1	108	10	31	59	-	37	40	2	21
			2	100	10	29	61	-	29	49	1	21
			専	10	100	0	0	-	20	60	0	20

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	2	2	63	41	37	22	2		3	4	35	30	62	5	29	1									
	1	3	67	38	42	18	2		3	3	34	28	76	2	22	1									
	0	0	100	0	33	0	0		0	0	0	33	100	0	0	0									
	8	9	54	38	44	24	6		8	9	30	30	58	3	26	5									
	6	8	62	36	46	16	3		7	7	24	28	74	0	16	2									
	11	0	78	56	56	0	0		11	11	38	13	75	0	0	0									
	3	4	25	34	71	28	7		2	6	14	25	77	7	27	8									
	1	3	21	34	80	21	3		1	3	8	23	87	3	22	5									
	6	0	13	25	75	19	0		6	6	0	20	80	0	20	0									
	4	5	26	27	76	23	5		5	5	14	19	79	5	24	4									
	2	3	22	26	84	18	3		2	3	11	15	92	2	20	2									
	0	0	14	10	81	19	5		0	0	10	10	100	0	19	0									
	4	6	14	26	70	19	3		5	9	7	21	76	7	13	5									
	3	4	11	23	79	11	3		6	4	6	15	85	3	8	4									
	33	0	0	67	67	0	0		33	0	0	0	100	0	0	0									
	7	8	34	24	65	21	1		7	8	17	12	77	1	17	2									
	7	4	34	16	72	13	0		7	4	16	10	87	0	14	1									
	7	0	50	7	64	7	0		7	0	27	7	80	0	13	0									
	1	6	77	50	27	25	4		1	8	52	44	47	7	27	2									
	2	3	83	49	25	16	3		2	4	55	45	48	4	19	2									
	0	0	82	59	47	12	0		0	0	61	50	61	6	11	0									
	6	11	41	40	51	23	4		7	10	21	23	69	17	17	3									
	6	8	41	38	64	15	2		5	7	22	23	78	13	17	2									
	10	10	50	50	63	13	0		0	0	13	25	88	13	13	0									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方に とり重 要	特に 日本に とり重 要	特に 世界に とり重 要	重要 度・優 先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
グ ロ ー バ ル 化 、 価 値 付 加 、 市 場 創 成	49	製造分野における基礎的科学技术研究と実用技術との間を埋めるためのMOTの方法論	1	144	8	32	60	-	39	44	1	16
			2	130	8	29	63	-	34	50	1	15
			専	11	100	0	0	-	36	46	0	18
	50	単なるものづくりから脱却し、価値の創生を重視する産業構造へパラダイム転換するための基盤となる方法論（サービス工学など）	1	145	12	28	60	-	34	52	1	13
			2	130	12	26	62	-	27	60	0	13
			専	15	100	0	0	-	13	67	0	20
	51	より高い顧客ニーズの充足に向けて、意匠やエルゴノミックス、感性などの面についての設計（デザイン）を合理的に進めるためのモデリング技術・設計方法論	1	131	15	27	58	-	38	47	0	15
			2	123	11	27	62	-	28	58	0	14
			専	14	100	0	0	-	21	72	0	7
	52	先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など、独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ、日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論	1	119	7	29	64	-	20	65	3	12
			2	106	8	25	67	-	16	71	2	11
			専	8	100	0	0	-	0	83	0	17
	53	複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外（現地）の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法	1	125	8	34	58	-	38	53	2	7
			2	114	7	31	62	-	31	62	2	5
			専	8	100	0	0	-	29	57	0	14
	54	グローバルな遠隔地間で展開される設計活動を総合的に支援し、必要な連携活動を円滑に促進するための情報システム	1	144	13	28	59	-	58	34	1	7
			2	127	13	26	61	-	69	23	1	7
			専	16	100	0	0	-	86	14	0	0
	55	パーソナルファブリケーターで作った製造品のバーチャル売買市場（ITオークション等）の形成を可能とする、データグローブ等による製造品の遠隔五感モニター技術	1	81	15	30	55	-	37	22	4	37
			2	80	14	21	65	-	38	21	4	37
			専	11	100	0	0	-	67	11	0	22
	56	人間が求めているサービスを解析し、サービス提供者に対して適切なアドバイスやガイダンスを与えるための認識技術	1	94	13	20	67	-	45	32	1	22
			2	91	12	16	72	-	45	31	0	24
			専	11	100	0	0	-	40	30	0	30

図形の見方に関しては73-74ページを参照

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
価 値 グ ロ ー バ リ ゼ ー シ ョ ン 創 成	57	ある製品（サービス）の顧客地域に対し、Q（品質向上）C（コスト低減）D（納期短縮）を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品（サービス）をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術	1	139	12	28	60	-	53	41	1	5
			2	125	12	30	58	-	58	38	0	4
			専	15	100	0	0	-	100	0	0	0
	58	加工精度が1μm以下のネットシェイプ成形（鋳造、焼結、塑性）加工技術	1	136	24	41	35	-	28	63	1	8
			2	118	24	36	40	-	22	73	0	5
			専	28	100	0	0	-	39	57	0	4
エ ネ ル ギ ー 、 資 源 、 環 境	59	現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	1	135	6	28	66	-	51	47	1	1
			2	121	7	27	66	-	53	47	0	0
			専	9	100	0	0	-	67	33	0	0
	60	エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術	1	108	12	30	58	-	65	22	2	11
			2	104	12	30	58	-	68	20	1	11
			専	12	100	0	0	-	84	8	8	0
	61	間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術	1	139	9	23	68	-	63	29	1	7
			2	126	11	25	64	-	71	23	0	6
			専	14	100	0	0	-	79	21	0	0
	62	廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム	1	119	8	25	67	-	64	29	2	5
			2	112	10	23	67	-	67	26	2	5
			専	11	100	0	0	-	46	27	18	9
63	「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	1	172	12	34	54	-	72	26	1	1	
		2	161	11	34	55	-	79	19	1	1	
		専	17	100	0	0	-	88	6	0	6	
64	資源のリユースのため、工場製造設備等の9割以上を廃棄時に、構成素材を単一素材まで分解する技術	1	135	9	27	64	-	58	27	1	14	
		2	126	9	23	68	-	66	22	1	11	
		専	11	100	0	0	-	73	9	0	18	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	1	3	24	16	82	18	2		2	4	11	9	90	3	19	3									
	0	1	24	10	89	13	2		1	2	8	6	93	1	17	3									
	0	0	47	7	93	0	0		0	0	7	0	100	0	7	0									
	2	7	57	42	66	22	2		2	7	30	23	80	6	20	0									
	1	6	57	39	71	20	2		1	4	28	24	89	4	17	0									
	4	4	68	29	82	11	0		4	4	37	26	96	4	7	0									
	1	5	35	44	50	44	2		1	4	18	27	52	39	41	3									
	1	2	31	44	53	39	3		1	1	14	23	66	37	40	3									
	0	0	56	56	44	33	0		0	0	33	11	67	44	22	11									
	4	12	50	39	40	30	1		4	12	31	28	50	17	38	1									
	5	8	61	40	41	16	0		5	7	30	23	60	13	30	0									
	0	0	58	50	58	17	0		8	0	25	25	58	25	50	0									
	1	9	46	46	46	29	2		1	10	23	27	57	20	33	2									
	2	6	50	55	53	18	3		1	5	18	25	68	13	32	1									
	7	0	69	69	62	15	0		0	0	29	29	71	21	36	0									
	2	3	35	35	67	26	3		2	3	15	21	76	18	27	3									
	2	1	33	35	70	19	4		2	1	15	17	83	15	29	4									
	9	0	55	36	55	0	0		9	0	36	27	73	9	9	0									
	2	5	29	42	62	41	6		2	6	16	29	66	28	37	7									
	1	1	25	39	65	38	2		1	2	13	22	76	27	36	3									
	6	0	44	44	63	38	0		6	0	29	35	71	41	41	0									
	6	8	26	38	63	32	4		7	9	15	23	68	23	29	5									
	4	5	23	39	67	28	3		5	4	13	20	77	16	30	3									
	9	0	45	36	73	18	0		9	0	45	18	73	18	27	0									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
資源・ 環境	65	CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程（工場）や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	1	139	13	27	60	-	88	6	2	4
			2	129	14	20	66	-	91	4	2	3
			専	18	100	0	0	-	94	6	0	0
理工系 離れ、 人材 問題、 少子 高齢 化	66	ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム	1	152	9	38	53	-	26	67	0	7
			2	138	9	35	56	-	24	72	0	4
			専	12	100	0	0	-	33	59	0	8
	67	老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所の点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット	1	154	11	38	51	-	55	39	1	5
			2	146	10	35	55	-	60	36	1	3
			専	14	100	0	0	-	71	29	0	0
	68	従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム	1	165	16	32	52	-	24	67	0	9
			2	144	16	28	56	-	18	74	0	8
			専	23	100	0	0	-	14	81	0	5
	69	コンテンツ（映画、音楽、書物、マンガ等）を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の50%で設立される	1	98	3	14	83	-	1	41	0	58
			2	91	4	13	83	-	1	43	0	56
			専	4	100	0	0	-	0	50	0	50
70	コンテンツ（映画、音楽、書物、マンガ等）の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の75%で設立される	1	98	3	15	82	-	1	35	0	64	
		2	92	4	14	82	-	1	34	0	65	
		専	4	100	0	0	-	0	50	0	50	
安心・ 安全	71	未成年が安全にインターネットを使えることを目的とした自動コンテンツ監視システム（成人認証システムを含む）	1	110	5	13	82	-	64	20	1	15
			2	99	5	11	84	-	74	13	0	13
			専	5	100	0	0	-	75	25	0	0
	72	構造材料（鉄鋼、Cu合金、Al合金、Mg合金、Ti合金）の95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース	1	142	20	32	48	-	52	37	0	11
			2	125	21	30	49	-	62	29	0	9
			専	26	100	0	0	-	69	31	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										1
						0	6	50	66	21	25	19							1	6	24	54	31	32	28	25
						0	0	67	78	22	17	11							0	0	39	67	44	50	28	22
						1	7	35	37	56	32	1							2	10	17	21	73	22	28	2
						2	1	30	37	66	27	2							2	2	9	18	80	17	23	1
						8	0	42	33	58	8	0							8	0	17	17	75	0	17	8
						0	5	47	49	42	39	3							3	7	25	34	53	21	40	5
						0	2	46	57	50	28	2							0	3	20	32	70	14	35	2
						0	0	50	50	36	14	0							0	0	21	21	71	7	14	0
																		4	15	59	18	36	27	23	3	
																	2	12	61	13	40	22	20	1		
																	5	5	67	19	33	24	19	0		
																		35	19	68	5	18	36	11	3	
																	36	21	68	8	12	41	11	1		
																	0	33	67	33	0	67	0	0		
																		43	22	67	5	14	32	9	3	
																	45	22	68	5	8	40	9	1		
																	33	33	67	33	0	33	0	0		
						2	6	26	42	51	24	10							2	10	13	31	50	44	23	11
						1	5	22	45	60	14	8							1	8	12	29	56	41	18	8
						0	0	40	60	40	20	0							0	20	40	60	60	0	0	0
						3	8	42	65	29	36	9							3	9	34	61	40	15	33	10
						1	4	40	76	28	36	8							2	6	29	71	44	10	34	8
						0	0	52	76	36	40	16							0	0	52	72	56	12	40	8

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・ 優先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
安 心 ・ 安 全	73	1000℃で10の7乗回の利用に耐える長寿命、低摩擦（摩擦係数0.05）金型技術（コーティングと材料を含む）	1	106	17	35	48	-	42	50	0	8
			2	96	14	38	48	-	42	50	0	8
			専	13	100	0	0	-	62	38	0	0
	74	オイルレス、洗浄レス、スクラップレス、ノイズレスの（4レス）マニファクチュアリング	1	110	11	30	59	-	49	35	1	15
			2	97	10	27	63	-	54	32	1	13
			専	10	100	0	0	-	60	30	10	0
	75	電磁波・中性子線による製品内部構造の非接触測定による品質保証、および鋳造・成形加工中の状態変化のその場測定のための品質向上	1	116	9	41	50	-	46	45	0	9
			2	105	9	43	48	-	47	43	0	10
			専	9	100	0	0	-	45	44	0	11
	76	反応器の中の状態や将来のプラントの劣化状態などを可視化する、バーチャル・プラント運転支援システム	1	109	23	27	50	-	55	35	0	10
			2	101	23	26	51	-	65	25	0	10
			専	23	100	0	0	-	83	13	0	4

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学 (%)	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの 連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない	大学 (%)	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの 連携	その他 (国際機関等)		
																										5	13
							3	9	71	65	51	23	1							4	8	36	47	76	3	24	1
							0	0	77	85	54	0	0							0	0	46	54	92	8	8	0
							16	14	52	46	50	25	2							13	15	33	33	61	6	28	1
							13	14	60	47	58	19	2							13	11	31	29	78	2	19	1
							0	0	70	40	90	0	0							0	0	60	40	100	0	0	0
							1	5	57	54	54	20	1							1	5	33	40	71	6	23	0
							1	4	59	55	59	16	1							1	4	32	42	79	7	18	0
							0	0	88	63	63	25	0							0	13	50	50	88	13	13	0
							1	6	49	36	57	27	2							1	6	27	29	71	10	22	3
							1	5	59	40	61	17	2							1	5	27	31	81	7	18	2
							4	0	78	52	70	17	0							4	0	39	43	83	9	26	0

10.7. 課題別コメント

1	<p>大重量構造物について、従来の溶融接合に替わる液相もしくは固相拡散接合等による低変形・低歪み接合技術</p> <p>○研究人材の激減が問題。○FSW が広く適用され始めているが、効率、コスト、ツールの寿命などの課題あり。○溶接が困難な Al と異種金属間の摩擦攪拌接合等、要素技術は実用レベルに近い。○低変形、低歪は可能になっても大型構造物で高生産性は達成できないのでは？○液相、固相拡散接合できる温度域に大重量構造物を加熱することが難しい。○摩擦攪拌接合 (FSW) は列車製造で実用化された。○鉄道車両では実績があるので、大重量構造物への適用も遠くないと思う。○小規模の物では実現しているが、大規模の物となるとリスクが大きく、信頼性を得るには時間とお金がかかる。○FSW 等は既に実用レベルに有るが大型構造物への適用は、大規模な設備投資を要し、それに合ったメリットを探すことが重要、従来の分野 (造船) を足掛かりに、より高性能な高速船等の開発と併せて技術開発すべき。○鉄道車両で適用されている摩擦攪拌接合が、自動車、航空機、建設等に応用展開されるものと思われる。○経済ベースで実現に疑問。○比較的に付加価値の高い製品分野で実現。○現在、イオン電導現象を利用した陽極接合に関する基礎的研究を行っているが、本技術も低変形、低歪み接合技術のひとつと考えて良いと思う。○研究・開発人材が心配。</p>
2	<p>自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術</p> <p>○課題内容が不明確。○情報システム技術への応用。○一部は既に実用化。○低CO₂型高炉プロセスをイメージした。○実現したときの影響は大きい。○多種多様な可能性があるが、昔からこれにチャレンジして来ているので、新しくかつ社会にインパクトを与えるものは予測不可。○一部実現済みであるが、これからも継続して行う必要がある。○メカニカルな物なら、すでにいくつも発案されている。あとは企業がかすめとって自分で考えましたってふりをするだけ。○自然生物を模倣する必要はないが、再生可能なメカニズムを社会・産業全体で導入する努力が必要であろう。初期投資の大きさが大きな導入障壁。○技術の定義が、やや曖昧に思えます。○求めるレベルにより難度の違いが激しい。○食物連鎖のような階層性を有する排出物の循環構造形式が課題。</p>
3	<p>製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴 (製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等) を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の不具合追跡システム</p> <p>○センシング部分が鍵。通信と記憶は実現済。○中国等で製造されたイミテーションパーツの排除のためにも重要。○技術よりコスト的要因が大きい。○RFID は一部実用化済。磁性材料の適用など用途拡大が今後の開発課題。○IC チップの低コスト化がどこまで推進できるかが課題。○必要性が感じられない。○マイクロチップ等で技術的には既に実現。システムとしてのコストパフォーマンスの見極めが残されている。○不具合のみならず、リサイクル情報も重要。○特性変化が検知できるかどうか？保証できる領域がどれだけのなるか。そういう手間を考えると、一定の期間で交換した方がよい。○技術的な困難さは、耐久性等システムよりは、IC チップそのものにある。○RFID をトレーサビリティ実現の為に使用する例はあるので、今後増加していくと思う。阻害要因はチップの価格。○高い信頼性を必要とする製品には早く普及するかもしれないが、決め手は情報管理を含めてコストであろう。IC チップを埋め込むことが困難な部品もあると思う。○不具合追跡のみではメリットが薄いのではないか。製造→運用→廃棄のライフサイクルで管理する事も視野に入れば、より有効かもしれない。○効果と経済性 (コスト) のバランスがネック。○追跡可能性を法的に義務化しなければ普及は望めない。○高品質のあかしになる。○性能・特性変化、使用者等をモニター記憶する手法の確立。○EPCglobal が電子タグの規格を実質的にコントロールしており、メーカーとしての活用を前提にした機能は乏しい。チップベンダーも EPC 規格に追従しており、大容量 (>2kb) メモリを搭載するものは少なく価格も高い。メーカー主導で規格化を進める必要がある。○「安さだけではダメ」という認識が拡がりつつある。○トレーサビリティのニーズは高い。通信 (情報回収)、コスト (小型化)、セキュリティ等が克服すべき課題。○限定的には実現済み。低価格のものには展開するには低コスト化が課題。○小型の部品ひとつひとつに埋め込むことはコストに見合わないし、意味がない。○部品が高コストになる。部品の安全率の確保が重要ではないのか○システム側よりも IC チップの耐環境性に技術課題あり。</p>
4	<p>脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発支援技術</p> <p>○「考えていること」は脳波ではわからない。○「脳波」では無理と思われる。○脳の活性部位を f-MRI 等で計測する技術はすでに実現済みであるが脳のどの部位を使っているか≠何を考えているかなので、設計に使えるかどうかは疑問。○現場の設計への必要性がない。○できるように思うが、この技術で設計開発業務が大幅に効率化するとは思えない。○身体障害者の生活向上のためには有効であろう。○個人差をどのようにキャリブレーションするか、思考のゆらぎをどう取り扱うかが課題。○ロボットを動かすという研究があるが設計・開発への応用はかなり先のことだと思う。○1, 2 実現 (技術) している例はある。(範囲を規制すべきではないか?) ○脳波では、脳の記憶情報及びどの脳細胞との通信かを特定できないと思う。○東大、柳沢先生が取り組んでいる感性工学と組み合わせるとよいかもしれない。個人的には脳波を利用する意義がまだ理解できていない。○専門外ですが福祉への利用はありえると思います。工学への利用は難しいのではないのでしょうか。○障害者の意思伝達手段としての活用はニーズも高く、実用化の突破口となる。○考えていること (脳幹の活動) の計測は無理。身体障害者の自立支援はある。○完全にはできないが、部分的に実現可能。○目的は何なのか？はつきりさせる必要がある。○現場の設計への必要性がない。○一、二実現している例はある。発展させる範囲は限定し、転用は規制すべきではないか？</p>
5	<p>メカトロニクス機器の超小型化を可能にするための放熱・省エネルギー・アクチュエータ技術</p> <p>○マイクロ化学システムの利用。○MEMS は一部で実用化済の認識。用途拡大・開拓が今後の課題か？○自動化と機械化との範囲の広がりが期待できる。○規制あるいはインセンティブによって進展。○各メーカーとも力を入れている分野だと思う。○「超小型」の定義がないので、とりあえず現状より小型と解釈すると、現状との差異の程度で回答は変わる。○相対論なので、実現時期はいえない。○急速なニーズの高まりと同時にシーズの提供が増加すると予想される。○ヒューマノイド型ロボットの技術開発が牽引すると考えられ、労働人口の急激な減少が想定される日本には重要な技術であろう。介護・医療で応用されれば、産業分野に拡大する。○機構・制御・環境 (外界) 認識を融合する事の意義が認識されつつある。○永久に続くテーマではないか。○近年、金属基複合材料による放熱板が多く利用されるようになってきている。分散材としてカーボン系材料を用いると高特性が見込めるが、技術的課題、コスト性に問題が多い。○科研費特定領域 438「アクチュエータ」で研究成果多数出現する。○現状の高発熱素子は、より低発熱の省エネルギー型素子となる可能性もあり、その場合の放熱への要求は低下する可能性がある。</p>
6	<p>24 時間にわたるロボットの自律作業を可能にするためのバッテリー・省エネルギー技術</p> <p>○判断が難しい。○非接触電気エネルギー供給システムが面白いと思う。○日進月歩。○現在の技術でも 24 時間は可能ではないか？バッテリーの性能を上げる必要があるのは電気自動車分野。○ロボットの使用エネルギーは作業内容に依存するため用途により異なる。○EV での技術転用がすすむと思う。○少品種大量生産に自律作業ロボットの需要は少ないと思う。長寿命バッテリー及び省エネルギー技術は電気自動車技術を転用すればよいと思う。○「ロボット」に限定する意味が分からない。○非常に重要な課題である。○材料、原理からの見直し。○省エネルギー技術とバッテリー大容量化により、いずれ達成されるものと思われるが、安全性など民間企業の利益に直結しない技術の拡がりが重要。○車文化が転換した。○大きさによる。</p>

7	<p>生物と同等の運動機能や環境適応性を実現する柔軟機械技術</p> <p>○一部は既に実用化段階。○人と共存するロボットに不可欠な技術だが、ハードルも高く実現には時間がかかると思う。○この技術は少品種大量生産にとって重要は少ないと思う。○非常に重要な課題である。○基盤理論は有る。○生物と同等である必要や機械自体が柔軟である必要性は乏しい。○自由度の高い人工筋肉が実用化できれば、ロボット、医療、福祉分野への活用が期待できる。</p>
8	<p>屋内外を問わず地図と連動したインテリジェントな製造管理を実現するための新たなインフラ設営が不要な測位技術</p> <p>○すでに測位技術自体は技術的にはほぼ確立済。土木、建設分野でどの程度浸透するかが鍵。○GPSで技術的には既に実現。コストパフォーマンスのみ。○必要性を感じない。○製造分野の GPS 技術導入は有益である。○作業移動ロボットの導入に不可欠な分野だと思う。○デジタル地図の DB 化と標準化を国ができるか(やっていない、遅い)。○経済合理性の問題。○社会の安全、安心に必須の技術である。○安全にかかわらない分野なら実現早い。</p>
9	<p>ITER などの大型の熱核融合炉に比べて制御性の良いナノ・マイクロサイズの高温・高密度プラズマ技術</p> <p>○トカマク方式等すでに研究は進んでいるが原理的ブレイクスルーが必要で、大規模な実験の段階ではないと考えられる。</p>
10	<p>現在の半導体デバイス(フラッシュメモリ)の概念を超えた原子メモリ、分子メモリ、自己組織化メモリなどの1PB(peta bytes)を超える超大容量メモリ</p> <p>○単一チップでは実現性は低く、システム全体としての取組が必要。○ヒューマノイドロボットのメモリへの応用や脳科学との連携により、知的活動の本質に理解が進むと思われる。</p>
11	<p>シリコンの物性限界を超えた、GaN や SiC と言ったパワーエレクトロニクスの実用化による、個別のデバイス(ディスクリートデバイス)の域を超えた多機能高集積化素子</p> <p>○新日鉄が既に開発済。○SiC 研究拠点での今後の進展に期待。○シリコンデバイスの高機能化がさらに進み、他の材料の出番がディスクリート素子に限られる。○各メーカーが力を入れている分野だと思う。○GaN、SiC とも技術的には発展している。シリコンを主体としてシリコンで実現できないところをそれという集積化技術の構築がキー。○Si 系半導体量産技術では追いつけない状況を打破するため、化学物・ワイドバンドギャップの集積化技術に注力する必要がある。○機能デザイン技術が先行する必要がある。○GaN や SiC は近い将来に実現する。なお、次世代のダイヤモンドデバイスの開発等は時間がかかるため政府の関与が必要。</p>
12	<p>大面積接合も可能とするような光エネルギーの界面吸収を利用した局部加熱接合技術</p> <p>○樹脂接合ではレーザーの波長特性を利用し、一部で実現済。○ウシオ電機が販売している。○用途が狭いように思うので需要が少ないと思う。○局部加熱接合で大面積接合を目指す必要性は低いと思われる。</p>
13	<p>用途に応じた金属-金属や金属-プラスチックなどの組み合わせの複層材を即納で安価に製造できるオーダーメイド異種材料接合技術</p> <p>○リサイクルできないゴミにならないように注意すべき。○対象が少量生産品になるので重要が少ないと思う。○一部は既に出来ている。○自然に存在しない材料の組み合わせで、新機能を実現するメタマテリアル技術は資源小国の日本にとって重要である。センサ、アクチュエータ等の分野で期待。○安価の度合による。○大学では可能でも、経済的にわりに合わないから企業がのらない。○異材接合は原理の異なる要因が多面的にかかっているため、すぐに確立できる技術ではないと思う。実現にはかなりの投資が必要と思う。○限定的には実現している。○三次元プリンタの応用として発展する可能性があると考えている。</p>
14	<p>直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術</p> <p>○原理はかなり研究されていると思うので、近い将来実用化されるのではないかと？○従来製造システムと比べてコストが同程度かそれ以下でないと思えないと思う。○化石燃料を使わない精錬・鋳造技術が実現できれば付随的に実現されると思われる。(電気的に還元は可能。成形には熱や圧力が必要であるが、化石エネルギー以外から生じた電力で可能。)○CO₂削減(2050 年半減)に必須。○製鉄の水素還元は現在行われている国プロのため、近い将来実現可能性が示される。社会的実現は高炉のリプレースに合わせて普及していくため、2031 年以降と予測される。</p>
15	<p>スパン 4000 メートルを超える長大橋や深海海洋開発で用いる大型・特殊環境下構造物のための超微細制御技術を活用した超高強度・高耐食材料</p> <p>○炭素繊維の低価格化により実現されると思う。○このような技術は日本でしかできない。○超微細制御に拘る理由がない。○材料の研究は重要。○経済的インパクトが小さい。○超高強度・高耐食であって、容易に分解・回収・再生可能な材料の研究として行うべきであるが、長大橋の必要性は疑問。深海海洋開発は別的手段で達成できる。</p>
16	<p>量子伝導体や機能触媒を実現するための、機能発現原子の制御を目的とした原子レベルでのものづくり技術による、異種原子からなる新しい原子ワイヤや原子クラスターなどの創成技術(1原子制御技術、2元原子ワイヤ、多元原子クラスター)</p> <p>○基本技術はできています。応用領域の問題。○化学における制御なら既存。機械的な制御によって産業化されるとは思えない。○触媒はナノテクノロジーが有効で有益な分野の一つと思う。○量子効果を活用した新機能素子・触媒は期待できるが、理論的・原理的なブレイクスルーが必要。○機能デザイン技術の先行が前提となる。</p>
17	<p>材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確立し実現する)</p> <p>○安全性などに関わる法規制が阻害する。○量子計算科学の進歩に期待するが、ナノマシン生成技術を確立すべきかどうかはわからない。</p>
18	<p>物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー</p> <p>○概念的であるが、流れをつくる必要がある。○はやりもの、あるいは予算獲得のレトリックとしてナノテクの次を担う各分野融合の都合の良い言葉が生み出されると思う。○日本は諸外国に比べ著しい遅れが生じている。○開発するシーズをはっきりさせること。○課題の目標が不明。○課題の具体的なイメージがわからない。○今後の科学技術の方向の一つ。○ポストナノテクは漠然としている。部分的にはもう始まっている(Beans)</p>
19	<p>設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論</p> <p>○定義が少し不明確。○学術振興会第 177 委員会の主テーマとなっている。○Process Intensification(プロセス強化)の基本コンセプト。○エネルギーや資源の需要供給状況の究極かつ極端な変化。○実現と実用はかなり困難。○グローバルなデータベース構築が壁。一企業系列ならもっと容易。○全てではないが、部分的にこのような思想の製品が現れると思う。○ヨーロッパでは進められていると聞く。○循環型社会システムの開発が遅れている。○今後の設計の方向の一つ。○東大、青山和浩先生が研究されている。○産業界における実用化がネック。○大手企業では実現するも、日本は東南アジアに負ける。○段階的に社会に入り込んでゆくとされる。○定義の明確化必要。○国際機関、国の標準化がサプライチェーン構築に必要。</p>

20	<p>50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対応し、再構成可能な製造システム</p> <p>○現状でも可能な技術。開発要素が不明確。○自立分散協調システム。○ごく少数で 50%以上にはならない。○極めて重要な課題と考える。日本の優位性を発現させるテーマ。○製造システムは多様であり、50%以上は困難である。○統一したものにはならないだろう。○大工場ならともかく全ての工場の 50%は実現不可能では。○ロボットを利用したセル生産の目標なので各メーカーが力を入れている分野だと思う。○「50%以上の工場で」というのは、「1 企業 1 地域あるいは 1 国の 50%以上」といろいろ解釈できるので予測できない。○「再構成可能」のレベルによる。○既に導入されている業種もあるかもしれない。自動車など。○基本的なシステムはできている。今後高度化は必要である。○省資源、省エネ、景気循環振幅低減のためには、必要なものを必要なだけ生産する社会インフラが必要。しかし、人類が望んでいる社会だろうか。○製造品質の見極めが課題。</p>
21	<p>消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術</p> <p>○消費者側が自分で考え、設計することに対して本当にニーズを感じるのか？○技術としては必要だと思うが、普及するかどうかはわからない。○何を提供するのか不明。ニッチな範囲(アパレル等)で需要があるかもしれない。○一部の商品(PC 等)では、すでに類似のシステムができています。ただし、多くの商品に展開されるには相当時間がかかりそう。○製品によって状況は大きく異なる。ペイしないものは実現しない。○こうすることのデメリットの方が大きい。やる意味がない(最終消費者なら)。○情報機器等で、ソフトウェア入れ換え程度で実現できるものは実現性が高い。○出現し、実用されると思う。○需要とコストパフォーマンスの問題。○長く使えるようにグレードアップ機能も必要。○安全性および安全管理と関連してくる。○安全性、信頼性などをどうギャランティするか。○究極のカスタマイズだと思うが、ハードルが非常に高いと思う。○今後の生産技術の一つの方向。○一部は既に社会的実現済み。○特定分野を除いて、必要性は疑問である。○新しい製品ビジネスが出現するか否かに依存する。○基盤要素技術は有る。○消費者にその能力がない。今だって然るべきところに図面を出せば迅速に作ってくれる(金はかかるが)。○自動車やPC では実現されているが、本質的な進歩だとは思えない。○設計は無理。消費者と設計を結ぶインターフェース(人間)が必要。○プリンタによる印刷物は、既にそれにあたる。質問にレベルの設定が必要。○設問の文章があいまいで定量的に記述すべき。研究は今でもあるが完成は難しい。</p>
22	<p>物理的な意味での新たな機能を実現することを超えて、新たな価値やサービスを生み出すための製品アーキテクチャや製造システムを具体化するための方法論</p> <p>○技術としては必要だと思うが、普及するかどうかはわからない。○一般化にそぐわない課題だと思う。○主旨不明。○方法論の成功事例が思いあたらない。○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。○新たな価値、サービスは生まれるが、その方法論として新しいものが出てくるか？○こういう課題はシステム化には向かないと思う。○革新的設計は理論でなく感性から生まれる。○要素技術・部品にとられないサービスの構築は先進国の製造業が移行すべき方向である。○価値設計(上流)は企業が主導し、大学にテーマを与えるべき。○設問の文章があいまいで定量的に記述すべき。研究は今でもあるが完成は難しい。</p>
23	<p>企画や概念設計などの設計対象の内容が具体的に詳細化されていない段階にあっても、対象となるシステムがどのような振舞いや機能を実現・達成し得るかを、粗く、しかし的確に予測するためのシミュレーション技術(FOA 関連技術等)</p> <p>○技術としては必要だと思うが、普及するかどうかはわからない。○可能な範囲で実施中。○CAE のみに限定すれば実現は可能。○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。○似たようなシミュレーション技術はすでにあるのでは？今後進捗ににくいはず。○プロの設計者の仕事。単純なものならば、容易に予測できる。複雑なものは少しの変更が振舞いや機能に大きく影響することがあるので、有効性に疑問。○宇宙開発分野での発展が要望されており、それに応えるべきと思う。○ヒトをバカな動物にする。ヒトの想像力を劣化させるのではないですか。○数学においてトポロジーが他の分野を牽引したように、解析的な方向ではない、シミュレーション技術は必要であろう。モデル化技術か。</p>
24	<p>メカ・エレキ・情報を高次元で統合した新しい意味でのメカトロニクス製品を合理的かつ迅速に設計するための方法論・支援技術(統合化により複雑化するシステムの設計を迅速かつ簡便に進めるための標準的な基盤としての共通アーキテクチャや標準モジュールなどを設計し、それらの基盤のもとでカスタマイゼーションにより多様な製品を展開するための各種設計技術等)</p> <p>○技術としては必要だと思うが、普及するかどうかはわからない。○ミドルウェアの規格統一が重要。○シミュレーションソフトウェア統合化の標準化活動等が必要。(SYSML 等)公的研究機関に期待したい。○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。○摺り合せ型ものづくりで日本は優位にたてる。○組み合わせが天文学的になるので、非現実的と思う。○阪大、佐藤先生の取組が有名。○複数分野のデータの共通化が問題。○そんなものができたら技術者が不要になる。日本の国力を削ぎたい外国が投資するかもしれないけど、参加すべきでない。○標準化、モジュール化(共通インターフェース)により実現される。実現が簡単ではないのは、分担によって収益が大きくばらつくからである。○技術的に可能になる時期は早い、普及は 10~20 年かかる。</p>
25	<p>製品や装置の超長期に渡る使用(循環型のものを含む)を実現するための初期設計情報や信頼性やメンテナンスなどの履歴に係わる情報を統合的かつ長期に渡って継続的に記録・保存し、それらの情報の存在を前提として超長期使用をより合理的に行うための技術</p> <p>○一般化にそぐわない。○人の欲望が阻害する。○ニーズが生まれるかが問題。○大型プラントや社会インフラ(橋梁等)まで含めた方が実現性はある。○技術的課題は小さい。○社会インフラは重要であり、実用化されるのではないかと？研究としては成立する。○進歩やファッションの余地が少ない製品の場合には有効かもしれないが、そういう製品は少ないと思う。○既存のシステムデータをどう改善するかが重要。そのままつなぐ前提では不可能。○高額な製品については一部実現済み。○一部実用化された。化学プラントの設備管理データベースは存在する。○難易度の低いものは、一部実現している。○NECA では工業センサ等で検討中。○メーカーの保障外であっても履歴によっては再利用・継続使用可能なものもあるが、動作や強度について保障する機関が必要。使用者に判断させるには履歴情報に基づく、寿命予測が必要。○社会システムの根本的改革が要。○技術的課題は小さい。</p>
26	<p>装置産業を対象に、多品種のオンデマンドな生産要求に対して、在庫を持たず、迅速かつフレキシブルに対応できるマイクロ化学を用いた連続生産システム</p> <p>○マイクロリアクタのナンバリング技術の開発が鍵である。○ナンバリングアップ技術が難しい。○マイクロ化学に限定する理由がわからない。○素材系では困難。組立系では可能か？○品種切り替え時の原料ロスを減らす技術開発が必要。○光造型的なものを CAD、CAM と連携したものか、既に実現しているものもあり。○創薬分野での応用に期待。患者の遺伝情報に基づいたテーラーメイド医薬品製造装置。○「マイクロ化学」とは？</p>
27	<p>活性の低下が早い薬品、化粧品、中間活性材料などを、オンサイトで生産するマイクロ化学プロセス(法規制の緩和対策も含む)</p> <p>○制御技術が難しい。○原料保管や生成物の品質保証が法規制を含めて課題と考える。○技術的にはできそう。でも、運用費が回らない気がする。○インシュリン合成装置の体内埋め込みなど期待は大きいが医薬品製造の許認可等、法規制の問題が大きい。</p>
28	<p>3 次元イメージをもとに 10 分以内に試作金型を製造し、試成形を行う RPM(Rapid Product Manufacturing) 技術</p> <p>○試作金型に求められる耐久性や品質の程度により実現時期は左右される。○20 分以内でも応用は広いはず。○日本ならではの技術として、何らかの形で実用化されるのでは？○摺り合せ型ものづくりに必要。○10 分以内に試作する意味、重要がわからない○金型は日本主導で進めてほしい。○10 分以内は難しい長くて 60 分。○企業が必要とする生産システムは、前後設計に時間が十分</p>

	必要。金型だけ早くてもしかたない。コストについても疑問。○10分かどうかはサイズによる。小さければ今でもできる。安くできれば欲しい。○10分以内で行う必要性に疑問があるが、Rapid Prototyping + Manufacturing はある程度実現されており、重要性は低い。○つくられた prototype とどのような価値を与えるかがはっきりしない。○「10分以内」という条件を満たすには大きなブレークスルーが必要。○現場の技術者との連携が重要である。○設問に疑問。20分、30分以内でも十分応用は広いはず。
29	設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特性(強度、信頼性、廃棄)、製造手段(環境調和性、生産性、保守)等、全てを評価する技術(ヴァーチャルマニュファクチャリング/デジタルモックアップ) ○汚れ作業(実験)を嫌う風潮が加速する可能性もある。○可能な範囲で実施中。○「廃棄のシミュレーション」のイメージが出てこない。LCA? ○全ての製品であれば無理。○日本ならではの技術として、何らかの形で実用化されるのでは? ○生産技術におけるシミュレーション技術の一つの方向と思う。○基本技術は既にあるのではないか。○化学プロセスでは部分的には存在。○複数セクターの連携が十分な型でできるか。○製造を海外に委ねるようになれば、工程・設計・歩留まり予測技術は、日本の製造業にとっては重要である。○ヴァーチャルマニュファクチャリングはほとんど完成。
30	System of Systems に対する次世代のシステム工学(従来のシステム工学が対象としていた範疇の問題を超え、そのような対象がより広い範囲で何らかの階層関係や相互依存関係を伴いながら達成している高次システム) ○成功事例・具体例が必要。○system of systems はコンセプトが主。宇宙事業やソフトウェアに利用されているが製造に適用するか不明。○宇宙等の大規模システムを扱う分野で発展する事が期待されている。○ハードシステムのみでは意味がない。
31	新規な設計を導き出す際に活用し、創造した設計知識を明示的に記録し、参照・再利用するための知識管理型設計支援システム ○職人の技能のデータベース化など一度に全てではなく、少しずつ実用化していると思う。○一般化にそぐわない。○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。○東北大・大林教授らと三菱重工が次期航空機設計(MRJ)で実用化。今後他分野展開が期待される。○設計知識の記録及び更新に設計者の人手が必要であるので、実用化には疑問。○設計知識という暗黙知の存在すら疑わしい。単なるひらめきであって、それを記録した所で成果にはつながりにくいと思う。○実用性の課題。○一部実現済み(大切なツール)。○「デザイン」に価値を認めるようになるには時間がかかる。○設問の文章があいまいで定量的に記述すべき。研究は今でもあるが完成は難しい。
32	パーソナルファブリケーション(欲しい仕様のモノを自ら製造・利用あるいはグループシェア)のための、3D プリンタやマイクロファクトリーなどの汎用型個人用小型加工システム ○大学の研究室レベルでは既に実現しているが、コストが問題。○必要性が低い。○趣味の世界。○知識データベースの進化がとまっている。○趣味の領域にとどまる。○重要、マーケットが不明。○基本技術は有るのではないか。○必要性、経済性が疑問。○値段の問題。プラスチック用ならすでに数十万円で買える。普通のプリンタくらいの値段を想定した答え。○何をつくるのか(what to make)に依存する。○産業革命以前の「伝統的モノづくり文化」がかなりの部分で復活する。(時間がかかる。)○経済的合理性を欠く。
33	人間・ロボット・機械が仕事場所を共有し、安全・安心に仕事をするために必要な技術と制度 ○普及コストをどこまで下げられるかと消費者に受け入れられるかが課題。○ロボットは安心をもたらさない。○すでに制度により日本では実現している。○これに相当するプロセスはある。安心・安全のレベルを上げる改善は永遠に続く。○技術的には可能だが制度はかなり遅れる。○NEDO のプロジェクトの成果が活用されると思う。○世界の先端をいく日本のロボット技術を有機的に生産現場に活用すれば、日本の強みとして期待できる。○相対論なので答えにくい。○工場内ではかなりできている。介護等の一般環境が対象として評価した。○重要な課題である。○標準化、規格化、ならびに法制化によって、実現可能。○日本での人材育成が不安。○既に「まともな工場」では実施されている。○ロボットの活用の基盤となる技術。一部は既に実現段階にある。○制度はもっと時間を要する? ○技術より制度が重要。製造では制度はすでにある。
34	様々な設計方法論における枠組みやシナリオに対応しながら、その具体化の過程を支援できる数理的なモデリングの枠組みとそれに呼応する最適化手法(システムレベルの最適設計に軸足を置くこと、大規模で複雑な組合せの要素を含むシステムについての設計を最適化できる実践的な枠組みを目指すことなどが重要) ○最適化学を提案。○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。○最適化手法は、ある範囲で実用化されている。○化学プロセスの設計に於ける conceptual design の様な設計法を想定。○ものづくりの核である設計の最適化は重要。○ゼミ宇宙分野で。○抽象的でテーマが不明。相対論。○解析的な数理モデルではパラメータに依存するが、不十分なモデルでも最適化できる手法が望まれる。○「数理モデリング」の枠組みを越えられるのだろうか。(現実はより広い。)○設問の文章があいまいで定量的に記述すべき。研究は今でもあるが完成は難しい。
35	顧客によりよい体験を与えるインタフェースの製造技術 ○文化が異なる中で標準化するこのメリットは少なく、単なるベース設計に留まる。○個人差の取り扱い。○課題が抽象的すぎる。○定量的評価技術の確立がネック。(開発期間とコストとの関係)○技術内容の意味が不明。○具体性がない。○物づくりの今後の一つの方向。○テーマの意味が分からない。○すでにゲーム産業では一部実現済み。○「よりよい体験」が漠然として定義されていない。大学の先生の遊び。○これは設計方法論として考えるべきである。○VR 技術そのものの発展次第で実現予想時期は異なる。
36	DNA の二重らせん構造を利用した接着技術 ○不明確。○不要な技術と思われる。○DNA 間は水素結合でつながっており、水素結合を利用した接着技術は意味があるが、DNA を利用する理由はない。○「接着」の定義が曖昧。分野によっては実現済み。
37	磁場・電場・重力などの外部環境を複数組み合わせることで制御して、微細対象を組み立てる技術(ナノ粒子を操作してデバイスを製造する) ○デバイスまで作成する技術開発は、まだ時間がかかると予測される。現状は、外力場を利用した組織制御程度。
38	体内埋込み型デバイスにおいて、10年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術 ○信頼性確保の検証に10年以上の時間がかかる。○検証で時間を要す。
39	液相中、気相中における10nm以下のナノ粒子の形状分析・計数技術 ○先端半導体プロセス管理技術の一部として重要性は理解できるが、優先度は低い。
40	ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術 ○早急に解決しないと、材料開発に支障をきたす。○先端半導体プロセス管理技術の一部として重要性は理解できるが、優先度は低い。
41	メートルオーダーの距離を隔てた自律移動型マイクロロボットに、移動に必要なエネルギーを非接触で伝送する技術

	<p>○マイクロロボットに必要なエネルギー源にもよるが、基礎実験は完了。実用化に向かったレベルにあるのでは？ただし、普及にはコストがネックである。○かなり特殊な状況においてのみ必要とされる技術。一般には不要。○電波利用に関する規制許容範囲等の再構築が必要かもしれない。○環境や用途によって難易度が大きく異なるので回答が難しい。○技術は必要だが、「ロボット」を対象とする事が妥当か？○エネルギーの非接触伝送は容易ではない。○安全性の問題。○せまいエアギャップでの非接触給電は実現されているので実現可能と思う。○マーケットが小さすぎる。○重要な課題である。○用途が不明。○電波・光以外の安全な方法・効率的な伝送手段の発見が必要。電波・光では実現済み。○電磁波伝送における安全性の問題。</p>
42	<p>個人の能力に過度に依存しない信頼性の高い巨大ソフトウェアの設計・開発・評価・メンテナンス手法</p> <p>○完成するとバーチャルが主となり、実験がおろそかになることで、発展性がなくなる。日本の技術も低下。○運用時に信頼性の問題が浮上する。○このような手法は常に存在するが、未完。○重要度・緊急度はかなり高い。○巨大ソフトウェアに依存する設計・開発法が企業に受け入れられるかが疑問。○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。「過度に依存しない」の語句があいまいで時期を特定できない。○過度に依存しない水準が不明であるが、高度な知識・技能をもつ SE を要しないと解する。○完全な実現は不可能と思われるが努力は必要。技術というよりも、文化に近い形での進化は進む可能性はある。○そもそも魅力あるソフトウェアと信頼性を高めることは相反する面がある。それは職人芸というべき面が残る。○IEC61508 の枠組みが使いやすく成熟すれば実現化。○自分の雇用を失うようなプログラムノウハウをプログラマーは教えるか疑問。○個人能力は大切。○実現手段の発見が必要。(ベンチャーと大企業の力の差はなくなる方向だが目指すべき方向のひとつ。)○完全な実現は不可能。努力は必要。</p>
43	<p>設計・製造の各工程における事前評価に利用可能な、製造関連知識、実験データ、製品事例および公知の事実と企業ノウハウを常に最新状態に維持可能な情報データベース技術</p> <p>○最新状態に保つのは技術的に難しくない。○知財の有償化をどう考慮するか？構築に要するコストを誰が負担するかがポイントと考える。○完全な実現は不可能。データベース化より新しい情報の発生速度の方が早い。○基本技術はある。○あるレベルでは実現済み(社内情報のみ)。最新状態に維持が課題。○ノウハウのデジタル化は難しそう。○製品のライフサイクル管理や稼働中データ収集が必要であるが、顧客の価値にもなるようなサービスモデルが現状見当たらない。○「後追いの後出し」文化をのりこえる一部企業に必要。(後ろは既に実施している。)○設問の文章があいまいで定量的に記述すべき。研究は今でもあるが完成は難しい。</p>
44	<p>オンサイトでの製造時に、原材料から製造工程までをトータルでモニタリング、フィードバック調整して最終品質を保証する技術</p> <p>○レベルにもよるが、システムとしてはできていると思う。できるだけコストが低く、高品位な技術にすることが重要。○特に半導体デバイスの製造に最重要と思われる。○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。製品によって異なる。○品質は日本製の命。○部分的には可能と思う。○グレードアップは必要。○「安さ」以上の価値は認められつつある。</p>
45	<p>個人情報保護に配慮した、パーソナル製造受注時に蓄積される、顧客製造情報の2次利用技術</p> <p>○不明確。○法的な課題であり、技術的な課題ではないのでは？○個人情報管理の安全性。○重要なテーマと思われる。○2次利用の中身が問題。</p>
46	<p>サプライチェーン管理、生産計画、スケジューリングにおいて、対象の状況に応じてシステム自身が自己の改良を行い、フレキシブルに状況変化に対応できる、自己修正メカニズムを有する生産管理システム</p> <p>○信頼性の面で疑念がある。効果が期待できるシーンを想像できない。○不確定要因が種々あり、プロセス/システム制御のようにまくいかない。○研究者の延命のための研究課題。○技術としては重要であるが企業内ノウハウとして埋没しやすいため共有技術となりにくい。○各主体が意思決定すべき事項。</p>
47	<p>分子の挙動から巨視的な反応・流れまでを統合したマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション技術</p> <p>○そこまでの精度が必要なアプリケーションはあるか？○完全な実現は難しい。永遠の課題。○半導体デバイス等の製造に有効。○ミクロからマクロまでをシミュレーションで統合する事の必要性が疑問。現場の製品開発には使えない。○研究事例は1,2ある。○世界的に、開発の方向。どこまでやるかの程度問題。コンピュータの性能に依存する。○分子動力学による材料設計がうまくいようになってきている。技術内容によってはかなり早い時期に成果が期待される。計算速度がネックになると思われる。○このような大規模シミュレーションが実設計現場で使用できるとは思えない。○コンピュータの性能向上が重要なファクターであるが、現状のコンピュータ技術の延長では難しいと思われるため、実現予測時期は不明。○研究事例は既にある。</p>
48	<p>産業毎に異なるバリューチェーン(例:市場・顧客調査⇒開発・設計⇒調達⇒製造⇒販売⇒サービス)でどこに価値を付加すれば、その産業振興と雇用創出が最大になるかを評価する技術</p> <p>○評価し、企画し、商品化し、販売しているのではないか？○社会・経済システムとの融合が困難。○政府にとって重要な課題。データベースが不十分。○産業毎の枠組みでは無理がある。○産業毎というよりも、ビジネスモデルごとに異なる。問題設定そのものが間違っている。○日本が優位性を確保できていない領域。インテル等、実現済み。早急なキャッチアップが必要。○経営工学の一つのターゲットではないか(既に)。○「アイデアのなさ」は方法論ではカバーできない。○そもそも販売予測すらちゃんとできないのに、どうやって計算するのか、意味不明。○政府にとって産業構造を考える上で重要。</p>
49	<p>製造分野における基礎的科学技術研究と実用技術との間を埋めるための MOT の方法論</p> <p>○常に存在するが、未完。○一般的な方法論はないと思う。○課題が漠然としている。○戦略と関わるのでパターン化はなじまない。○相対論。○早い実現が必要。○MOT への社会的関心向上が必要。現状では不可。○各企業が試行錯誤し、淘汰の上立証されるべきもの。定式化された方法論は作り得ないのではないか。○MOT が現実離れしているのが危惧される。○進化し続けるのではないか。○研究者が少ない。○方法論が確立できて役に立たないだろう。○理論的にはおもしろそうだが、市場の変化の速度に、方法論のフィードバック速度が追いつかないと思われる。</p>
50	<p>単なるものづくりから脱却し、価値の創生を重視する産業構造へパラダイム転換するための基盤となる方法論(サービス工学など)</p> <p>○産業構造変化を予測・評価する研究が必要と思うが、ほとんどなされていない。データベースの整備等が必要。○所有ではなく使用のトレンドを作り出す必要がある。○スウェーデン、リンジェーピン大学、坂尾教授が第一人者。○早い実現が必要。○実動は大学だが、データ収集、実証に市場の協力が必要。○まずサービス概念の共有が必要である。○政府の産業政策にとって重要。</p>
51	<p>より高い顧客ニーズの充足に向けて、意匠やエルゴノミクス、感性などの面についての設計(デザイン)を合理的に進めるためのモデリング技術・設計方法論</p> <p>○課題が定量的でなくあいまい。研究は今でもあるが完成は難しい。○一般的評価は困難。自動車、家電、運輸等の分野ごとに考えるべき。○設計方法論の従来からある課題である。成功例がある程度出てこないと普及しないであろう。○既に取り組みは日本でも行われている。○製品に対する顧客の評価の価値観が社会状況により変化することで、急速に重要度が増す可能性がある。○方法論よりも教育。○世界的な情報が不足しているので「分からない」。</p>
52	<p>先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など、独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ、日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論</p>

	○抽象的。○「方法論」としては実現不可。○必要性は高いが、一般解はなく、方法論ではないのではないか？○日本企業が真にグローバル化できるかによる。○モノづくりではダメ。○日本企業の課題。
53	複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外(現地)の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法 ○抽象的。○政治問題(国家間のエゴ、平和)。○常に存在するが、未完。○人口減の中、国際競争力を維持するために必要。○国際的人材交流が進んでいない。(留学は減少、技術者の企業内配置も積極的に伸びていない) 海外への工場移転は進んでいるが。○今後、この方向に行くと思うが、問題はどこまできめ細かくできるかであろう。○一部実現しつつある。○日本企業の課題。
54	グローバルな遠隔地間で展開される設計活動を総合的に支援し、必要な連携活動を円滑に促進するための情報システム ○情報技術的に難しくないが、標準化が必要。○現在もそこそこあると思う。○規格や言語の統一が必要。○国々の文化の違いなどをきちんと知った上での商品開発は重要であり、そのための情報をグローバルに得られれば良いかも。○今後、この方向に行くと思うが、問題はどこまできめ細かくできるかである。○既に取り組みは行われているが、さらなる向上が必要。○相対論。○IT に関して標準化が必要。
55	パーソナルファブリケーターで作った製造品のバーチャル売買市場(IT オークション等)の形成を可能とする、データグローブ等による製造品の遠隔五感モニター技術 ○ほぼ完成。○不要な技術。○やればできるがコストパフォーマンスが悪い。○生身の人間の生物性。○部分的には現在も可能。五感の全てをカバーするのは難易度が高い。○情報技術的に難しくないが、標準化が必要。○単なる組み合わせ技術。○遠隔五感モニターは重要。用途はここで述べられているものではない。一部実現済み。○誰が必要とするのか不明。○IT に関して標準化が必要。
56	人間が求めているサービスを解析し、サービス提供者に対して適切なアドバイスやガイダンスを与えるための認識技術 ○不要な技術。○実現のレベル、精度による。○すでに AMAZON 等で実現済？○情報技術的に難しくないが、標準化が必要。○技術的には可能でも事業への適用は実現しない。○マルチモーダル・インタフェースの研究が重要だと思う。○スウェーデン、リンジェービン大学、坂尾教授が第一人者。○設問が抽象的すぎる。○日本語の流通度が低い中、世界のサービスを提供するには言語以外でサービス提供する(コミュニケーション)する技術は大切。○誰が必要とするのか不明。○既存産業や法規制が阻害要因となる。○技術のみでは不可能。○IT に関して標準化が必要。
57	ある製品(サービス)の顧客地域に対し、Q(品質向上) C(コスト低減) D(納期短縮)を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品(サービス)をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術 ○実現していると判断する人が多いと思う。客観的な評価ができるシステムはまだだと思う。○実現のレベルによるが、一部は既に実現済み。○常に存在するが、未完。○評価規準そのものが時代とともに変化する。フレームワークは既に出来ている。○摺り合せが重要でマネジメント技術のみでは無理では？○工場出荷以降の問題。○一般論としては成立しない。○バックグラウンドで個別検証していくシステムの構築が課題。○我が国製造業の競争力を考える上で重要。我が国の弱いところ。
58	加工精度が1 μ m以下のネットシェイプ成形(casting, 焼結, 塑性)加工技術 ○シミュレーションとの連携が鍵となる。○ハードルは大きさ及び形状の複雑さなどに依存する。○既に実施されている。あまり広がらないのは「欲しい人が居ない」からと考える。○分野の指定が広すぎたため回答困難。塑性加工はものにより1 μ m以下も加工できている。○塑性では可能(2011年～)。 casting, 焼結で1 μ m以下は無理ではないか。○材料に依存。○基本的には従来技術をもとに精密に制御すれば実現可能と考えられる。
59	現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム ○ゴミが資源になり、リサイクル社会が構築できるので、日本にとって重要。○レアメタルのリサイクル技術は重要。○必要性は高い。○レアメタルは重要なアイテムなのでこれらを管理できる仕組み作りは良い。○析出のおそれのある有害物質を含む製品や放射性物質のニーズならあるだろうがレアメタルの場合、容易ではない。○資源の枯渇により、採算性が向上し、開発が加速する。○企業間ネットワークは整備されている。「設計・デザイン成果」に価値を認める文化も成立しつつある。○「将来利用」という悠長なことを言っている段階ではない。○技術的にはレアメタルの分離技術は存在するが、経済的には引き合わない。
60	エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術 ○熱力学の原理にまで踏み込んだ開発ならできないのではないか？○まず低品位のまま回収・再利用ではないか？○現時点では経済性からインセンティブが低い。○蒸気圧縮式サイクルを超えるヒートポンプが実現すれば、より広範囲での応用が期待される。○化学反応を活用するシステムがある。○原理的に矛盾しているように思う。○どの程度の低品位熱エネルギーかにより、実現時期は異なる。○設問の意図が分かりません。○低品位でも比較的質の良いものは、順次実用化される。○転換するために使うエネルギーはどうするのか。自然エネルギーなのか。トータルエネルギー効率は改善するのか。○永続的課題。○大学や公的研究機関からのアイデア的なもので終る可能性大。(効率が著しく低いため。)
61	間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術 ○省エネ技術として各企業が実施済では？○重要だと思う。○現時点では経済性からインセンティブが低い。○貢献度は小さい。○順次実用化される。○エネルギーは日本にとって本質的に重要な課題。○ある程度レベルまで機器の温度上昇が必要。そのためのエネルギーはどうするのか。○間欠的に低密度な熱エネルギーを発生させない発明が近道ではないか。○永続的課題。○試験的なものは実現されているが、温度範囲を広げる等の研究開発が必須。社会的な実現は2021年以降と予測。
62	廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム ○環境負荷が高いのだろうか？○低環境負荷の課題はエネルギー分野では重要○意味不明のテーマ。○永続的課題。○そのためには国プロ等を立ち上げる必要がある。
63	「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム ○一部実現済。○社会的・政治的主導性の限界。○標準化、環境制約など政策的取組みが重要。○今までも鉄、アルミなどはある。範囲を拡大しなければならぬ。○ライフサイクルの短いものから優先的に取り組むべき。○TPA→PET→TPA が実用化されている。○この方向に行きつつある。○一部製品では実施済み。全ての製品について行うには相当な努力が必要。○どうせ見た目しか変わっていない物なのだから出来るはずなのに、使い捨ての方が安いから企業も消費者もこっちを選ばない。○社会構造がこれを受け入れられるようになっていない。○永続的に拡大すべき課題。「産業革命」文化からは脱しつつある。○富士フィルムが「写るんです」で既に実現。○経済性が悪い。○標準化、環境に関する法制度など政策的取組みが重要。○社会システム化が遅れる。
64	資源のリユースのため、工場製造設備等の9割以上を廃棄時に、構成素材を単一素材まで分解する技術

	<p>○一部実現済。○この技術に適した製品設計に依存する技術。○社会的・政治的主導性の限界。○標準化、環境制約など政策的取組みが重要。○実用化済と思う。○コストとコンセンサスの問題。○長期間使用後の工場設備等は素材劣化等で再資源化できるのだろうか？○実現するか否かは必要コストで決まる。○必要性を感じない。○リユース→リサイクルが適当な表現。コストが主阻害要因。○分解技術も大切だが、設計での取り組みが重要かつ効果大きい。○永続的に拡大すべき課題。「産業革命」文化からは脱しつつある。○経済的に成立しない(コストが合わない)。○設備設計によって対応可能と考えられる。溶接や表面処理の分離についてはかなり難しい。○経済性が悪い。</p>
65	<p>CO₂に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術</p> <p>○技術としては実現済。導入する意思があれば現在でも可能。○多様な側面をもつ評価に対する統合化の困難性。○社会的観点から早く実現すべき課題。○当面 CO₂ でのよいのでは？○マテリアルフローコストも一法である。○Eco Factor。逼迫度と寄与度を用いた環境負荷統合評価法。○CO₂ 削減効果よりも生産活動への経済的マイナス効果の方が大きいと思う。○日本国内でも LIME がある。枠組は ISO 化されている。○分野によって、既にできている。○定量的に評価して、その値を元に外国叩きをすべき。特にアメリカとか中国とか。○LCA技術はかなりできている。○排出権取引のようなルール形成が課題。○早急に実現すべき課題で重要性が高い。○現在も LCA 解析である程度行われているが、今後は標準化を行って、世界共通の評価手法とする必要がある。</p>
66	<p>ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム</p> <p>○世界によって事情が異なる社会的インフラの整備が追いつかない。○技術というより社会問題。対応が真に必要となったら、瞬間に対応してしまうだけの話だと思う。○技術より政策の問題が大きい。○部分的かもしれないが少しずつその方向に変化する。○早期の実現が期待される技術。○我が国の少子高齢化問題を救う、重要なテーマだと思う。○社会システム。○経済的に成り立つマーケットが小さいと思う。○あるレベルのシミュレーションやロボットによる Power Assist はスタートしている。○投資効果不明なため日本での実現は遅れる。○サポートは重要だと思うが、「インテリジェント生産システム」かどうかは議論が必要。○高齢者、女性の「持ち味」を活かす部分から拡大してゆく。○徐々に実現していくのではないかと。○サポートの程度により実現予測は異なる。○インテリジェントである必要はない。○社会システム化が遅れると思われる。</p>
67	<p>老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット</p> <p>○実現していると考えてもよいが、普及させるには汎用化開発が必要。○要素技術は存在するが必要性が少ないためか、なぜか普及していない。○部分的には実現済。「効率的」、「安価」は研究投資が進めば早まる。○レスキューロボットの研究開発の成果が活用されると思う。○公共投資なし。(少ない)○ロボットのメンテナンス、故障対策、動力源などを考えると、コストに見合わないと思う。○非常に重要な課題である。○達成すべき技術目標レベルに際限がない。社会的牽引力を維持することが大切。○技術はあるが、社会制度の不備なため、日本で発達しにくい。○大きさによっては実現している。ただし、ロボットの値段より、人命の方が安い扱いを受けている間は実用化されない。○使いものになるこの種のロボットは、英知を集めた、その仕様の決定が必須。でない「動く塊」。○極限環境ロボット等すでに研究成果はあるのではないかと。○そろそろ社会インフラの寿命が尽きつつある。○一部実現済み。</p>
68	<p>従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム</p> <p>○モデル化が重要。○「経営学」と「工学」の Double Degree 制度などを積極的に推進する。○CAE 教育が一例。○下流の設計を知らなければ、上流の設計を的確に展開することはできないと思う。○教育は効果を測定しにくく、教育システム研究に金が出ないとすすまない。○教育は重要。○技術者教育の本質を「デザイン能力」ととらえる文化が広がっている。○急務。○大学と企業の連携が重要。○企業が取り組んでおり、文科省で考えることではない。○大学の技術者育成のデザイン、教育システムが弱い。</p>
69	<p>コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の 50%で設立される</p> <p>○コンテンツクリエイタはこれほど多く必要とされていない。○50%は無理。30%程度。○コンテンツ創出には、教育によっては得られない才能と、それに続く膨大な作業が必要であり、後者での我が国の優位性は長期間維持することが難しい。○技術は教育できるが、創出は教育できないと思う。○専門学校が担当するべきです。大学の対象とすることではありません。5%以下の大学で十分です。○この事態は大学のサロン化、大学教育の変質を招きかねない。○趣味に口出しするなってみんな思っている。アニメーション学園なんて、やる気のない人のたまり場になっている。クリエイタの給料だけ保障してくれればいい。○コンテンツは重要だがもって産業創出をしないと卒業生は安くみられる(失業者になる)。○人材の育成→人材の活用。人材の活用に関する方法論の議論なくして入口の話だけをしているように思える。It looks like no strategy.○学問として体系化できないのでは？創造力を向上させる技術？○総合大学には一般的には不向きである。(社会学的研究対象としては成立するが…)</p>
70	<p>コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の 75%で設立される</p> <p>○コンテンツ産業従事者は必要だが、これほど多く必要とされていない。○50%は無理。30%程度。○コンテンツ創出には、教育によっては得られない才能と、それに続く膨大な作業が必要であり、後者での我が国の優位性は長期間維持することが難しい。○技術は教育できるが、創出は教育できないと思う。○画像や音声の解析のための理論開発は大学も含めて進めていくべきです。○この事態は大学のサロン化、大学教育の変質を招きかねない。○趣味に口出しするなってみんな思っている。アニメーション学園なんて、やる気のない人のたまり場になっている。クリエイタの給料だけ保障してくれればいい。○コンテンツは重要だがもって産業創出をしないと卒業生は安くみられる(失業者になる)。○人材の育成→人材の活用。人材の活用に関する方法論の議論なくして入口の話だけをしているように思える。It looks like no strategy.○技術的には可能。お金がとれないので企業は難しい。○総合大学には一般的には不向きである。(社会学的研究対象としては成立するが…)</p>
71	<p>未成年が安全にインターネットを使えることを目的とした自動コンテンツ監視システム(成人認証システムを含む)</p> <p>○あるといえばあるし、信頼度は今後上がるだろう。しかし、100%完璧なものは無理では？○必要性は高いが、完全な監視は不可能に近い。○子供にネットを使わせるべきではない。タスポみたいにしてしまえ。別にそんなものなくても困らない。○絶対的な安全はあり得ない。「コンテンツ監視」では問題は解決できない。○グレードアップのみ。○認証機能付き PC とサイト登録で実現できており、それ以上の管理は教育の問題であろう。</p>
72	<p>構造材料(鉄鋼、Cu 合金、Al 合金、Mg 合金、Ti 合金)の 95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース</p> <p>○データベースはそろそろ、新材料が多数開発されている現状を踏まえれば不可能。○網羅的なものができるのではないかと。現在でも必要性の高いものについては企業がもっていると思う。○知財の有償化をどう考慮するか？構築に要するコストを誰が負担するかがポイントと考える。○理想だが、理想にすぎない。この加工データベースが完成する時には、構造材料の開発は終わっていることを意味する。○材料のデータベースは基盤技術なため、国の公的研究機関が必ず実施すべきことである。○範囲の広い知的財産権を、誰がどのような形で有し、それを元にデータベースが維持・発展されるかが鍵。○学会が中心となって組織を作るべきだと思う。○</p>

	<p>強度は寸法、ひずみ速度、残留応力、温度などの影響を受けるので、完全なデータベースは不可能と思われる。どの程度にするかによる。○リスト規制品以外の材料データベースは製造業にとって重要である。○学会レベルで強気に推進すれば可能。○METAQ、METADEX、MatPro など知る限りでも多くのデータベースがすでに存在している。○理想だが理想にすぎない。このデータベースが実現する時には、構造材料の開発は終了していることを意味する。○範囲の広い知的財産権を誰がどのように有しあるいは管理しにデータベースを維持・発展させるかが課題。</p>
73	<p>1000℃で10の7乗回の利用に耐える長寿命、低摩擦(摩擦係数0.05)金型技術(コーティングと材料を含む)</p> <p>○この技術は材料とトライボロジー技術が鍵を握っており、高温環境下のロボットなどの機械の軸受け、しゅう動部にも転用できる。ハードルは高いが、昔からの技術の一つの夢。○金型の使用対象により異なるので、時期予測は不可能。○10の7乗ショットも必要な製品は存在しなくなるため、金型として過剰品質になると思う。</p>
74	<p>オイルレス、洗浄レス、スクラップレス、ノイズレスの(4レス)マニファクチュアリング</p> <p>○実現されるとしても適用領域は限定的である。○原子レベルでのマニピュレーション、精密化学などの基盤技術が大量かつ安定的にインテグレートされる必要がある。○この方向を目指すことは間違いないが、各「レス」は実現済みであり、4レスを同時に満たす必要があるかどうかは疑問。○4項目全てをなくした製造の実現可能性についてはわからない。○魅力的ではあるが。○オイルレス、洗浄レス、ノイズレスはかなり可能。スクラップレスは不可能。○“レス”は実現しないと思いますが“レスに近づく”ことは可能です。</p>
75	<p>電磁波・中性子線による製品内部構造の非接触測定による品質保証、および casting・成形加工中の状態変化のその場測定のための品質向上</p> <p>○過剰品質では？○これだけで保証はNG。○品質競争力の向上につながるので重要。○品質保証については意味なし。○市場ニーズが現状では低い。一部既存技術でも対応できるが、研究の域を出ない。○残留放射能等に対するガイドラインが必須。○実験室的にはオフラインで測定されているが、その場測定となると中性子線発生装置のコンパクト化と低コスト化が不可欠と思う。○法整備は必要。最低限の問題はあると思う。○現状ではこれらの非接触測定機器は高価な印象がある。低価格化が必要。○既にX線撮像技術は使われている。今後は、コヒーレントなX線源、マイクロフォーカスX線源等を安価に作成する技術を開発し、分解能向上、高精度化等が望まれる。また、非接触で内部温度を計測する技術開発も重要である。</p>
76	<p>反応器の中の状態や将来のプラントの劣化状態などを可視化する、バーチャル・プラント運転支援システム</p> <p>○品質競争力の向上につながる所以重要。鉄鋼高炉ではこれに近いものが実用化されているのではない？○現在でもある程度技術確立されているが、高度な材料生産に対してはより高精度で多量なセンシング技術が必要。○トラッキングシミュレーターを用いて実現可能。○プラントの劣化については従来からの経験で劣化部分についてはメンテナンスを行なっているので、重要が少ないと思う。○化学プラントについては、プラント可視化のためのミラープラントが実用化されようとしている。○公的支援は不可欠。○先端現場では実施されている。「安全性」への価値を認める文化も成立しつつある。</p>

10.8. 未来技術年表

10.8.1. 技術的実現予測時期

区分については10.3.を参照

実現年	課題
2013	57 ある製品(サービス)の顧客地域に対し、Q(品質向上) C(コスト低減) D(納期短縮)を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品(サービス)をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術 <区分D>
2014	03 製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できるICチップを埋め込んだ、工業製品の不具合追跡システム <区分A>
2014	54 グローバルな遠隔地間で展開される設計活動を総合的に支援し、必要な連携活動を円滑に促進するための情報システム <区分D>
2014	71 未成年が安全にインターネットを使えることを目的とした自動コンテンツ監視システム(成人認証システムを含む) <区分G>
2015	45 個人情報保護に配慮した、パーソナル製造受注時に蓄積される、顧客製造情報の2次利用技術 <区分D>
2016	08 屋内外を問わず地図と連動したインテリジェントな製造管理を実現するための新たなインフラ設営が不要な測位技術 <区分A>
	21 消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術 <区分B>
	25 製品や装置の超長期に渡る使用(循環型のものを含む)を実現するための初期設計情報や信頼性やメンテナンスなどの履歴に係わる情報を統合的かつ長期に渡って継続的に記録・保存し、それらの情報の存在を前提として超長期使用をより合理的に行うための技術 <区分B>
	28 3次元イメージをもとに10分以内に試作金型を製造し、試成形成を行うRPM(Rapid Product Manufacturing)技術 <区分B>
	39 液相中、気相中における10nm以下のナノ粒子の形状分析・計数技術 <区分D>
	40 ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術 <区分D>
	43 設計・製造の各工程における事前評価に利用可能な、製造関連知識、実験データ、製品事例および公知の事実と企業ノウハウを常に最新状態に維持可能な情報データベース技術 <区分D>
2017	05 メカトロニクス機器の超小型化を可能にするための放熱・省エネルギー・アクチュエータ技術 <区分A>
	06 24時間にわたるロボットの自律作業を可能にするためのバッテリー・省エネルギー技術 <区分A>
	19 設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論 <区分A>
	20 50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対応し、再構成可能な製造システム <区分A>
	29 設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特性(強度、信頼性、廃棄)、製造手段(環境調和性、生産性、保守)等、全てを評価する技術(ヴァーチャルマニュファクチャリング/デジタルモックアップ) <区分B>
	31 新規な設計を導き出す際に活用し、創造した設計知識を明示的に記録し、参照・再利用するための知識管理型設計支援システム <区分C>
	32 パーソナルファブリケーション(欲しい仕様のモノを自ら製造・利用あるいはグループシェア)のための、3Dプリンタやマイクロファクトリーなどの汎用型個人用小型加工システム <区分C>
	35 顧客によりよい体験を与えるインタフェースの製造技術 <区分D>
	41 メートルオーダーの距離を隔てた自律移動型マイクロロボットに、移動に必要なエネルギーを非接触で伝送する技術 <区分D>
	44 オンラインでの製造時に、原材料から製造工程までをトータルでモニタリング、フィードバック調整して最終品質を保証する技術 <区分D>
	48 産業毎に異なるバリューチェーン(例:市場・顧客調査⇒開発・設計⇒調達⇒製造⇒販売⇒サービス)でどこに価値を付加すれば、その産業振興と雇用創出が最大になるかを評価する技術 <区分D>
	52 先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など、独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ、日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論 <区分D>
	53 複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外(現地)の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法 <区分D>
	58 加工精度が1μm以下のネットシェイプ成形(鋳造、焼結、塑性)加工技術 <区分D>
	59 現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム <区分E>
	62 廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム <区分E>
	65 CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術 <区分E>

実現年	課題
2017	66 ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム <区分F>
2018	11 シリコンの物性限界を超えた、GaN や SiC と言ったパワーエレクトロニクスの実用化による、個別のデバイス(ディスプレイデバイス)の域を超えた多機能高集積化素子 <区分A> 23 企画や概念設計などの設計対象の内容が具体的には詳細化されていない段階にあっても、対象となるシステムがどのような振舞いや機能を実現・達成し得るかを、粗く、しかし的確に予測するためのシミュレーション技術(FOA 関連技術等) <区分B> 24 メカ・エレキ・情報を高次元で統合した新しい意味でのメカトロニクス製品を合理的かつ迅速に設計するための方法論・支援技術(統合化により複雑化するシステムの設計を迅速かつ簡便に進めるための標準的な基盤としての共通アーキテクチャや標準モジュールなどを設計し、それらの基盤のもとでカスタマイゼーションにより多様な製品を展開するための各種設計技術等) <区分B> 26 装置産業を対象に、多品種のオンデマンドな生産要求に対して、在庫を持たず、迅速かつフレキシブルに対応できるマイクロ化学を用いた連続生産システム <区分B> 27 活性の低下が早い薬品、化粧品、中間活性材料などを、オンサイトで生産するマイクロ化学プロセス(法規制の緩和対策も含む) <区分B> 46 サプライチェーン管理、生産計画、スケジューリングにおいて、対象の状況に応じてシステム自身が自己の改良を行い、フレキシブルに状況変化に対応できる、自己修正メカニズムを有する生産管理システム <区分D> 51 より高い顧客ニーズの充足に向けて、意匠やエルゴノミクス、感性などの面についての設計(デザイン)を合理的に進めるためのモデリング技術・設計方法論 <区分D> 55 パーソナルファブリケーターで作った製造品のバーチャル売買市場(IT オークション等)の形成を可能とする、データグローブ等による製造品の遠隔五感モニター技術 <区分D> 61 間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術 <区分E> 63 「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム <区分E> 72 構造材料(鉄鋼、Cu 合金、Al 合金、Mg 合金、Ti 合金)の 95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース <区分G> 75 電磁波・中性子線による製品内部構造の非接触測定による品質保証、および鋳造・成形加工中の状態変化のその場測定のための品質向上 <区分G>
2019	01 大重量構造物について、従来の溶融接合に替わる液相もしくは固相拡散接合等による低変形・低歪み接合技術 <区分A> 13 用途に応じた金属-金属や金属-プラスチックなどの組み合わせの複層材を即納で安価に製造できるオーダーメイド異種材料接合技術 <区分A> 14 直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術 <区分A> 22 物理的な意味での新たな機能を実現することを超えて、新たな価値やサービスを生み出すための製品アーキテクチャや製造システムを具体化するための方法論 <区分B> 33 人間・ロボット・機械が仕事場所を共有し、安全・安心に仕事をするために必要な技術と制度 <区分C> 34 様々な設計方法論における枠組みやシナリオに対応しながら、その具体化の過程を支援できる数理的なモデリングの枠組みとそれに呼応する最適手法(システムレベルの最適設計に軸足を置くこと、大規模で複雑な組合せ的要素を含むシステムについての設計を最適化できる実践的な枠組みを目指すことなどが重要) <区分C> 47 分子の挙動から巨視的な反応・流れまでを統合したマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション技術 <区分D> 60 エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術 <区分E> 64 資源のリユースのため、工場製造設備等の 9 割以上を廃棄時に、構成素材を単一素材まで分解する技術 <区分E> 67 老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所の点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット <区分F> 76 反応器の中の状態や将来のプラントの劣化状態などを可視化する、バーチャル・プラント運転支援システム <区分G>
2020	15 スパン 4000 メートルを超える長大橋や深海海洋開発で用いる大型・特殊環境下構造物のための超微細制御技術を活用した超高強度・高耐食材料 <区分A> 36 DNA の二重らせん構造を利用した接着技術 <区分D> 37 磁場・電場・重力などの外部環境を複数組み合わせで制御して、微細対象を組み立てる技術(ナノ粒子を操作してデバイスを製造する) <区分D> 38 体内埋込み型デバイスにおいて、10 年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術 <区分D> 56 人間が求めているサービスを解析し、サービス提供者に対して適切なアドバイスやガイダンスを与えるための認識技術 <区分D> 73 1000°Cで10の7乗回の利用に耐える長寿命、低摩擦(摩擦係数0.05)金型技術(コーティングと材料を含む) <区分G>

実現年	課題
2021	02 自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術〈区分A〉 12 大面積接合も可能とするような光エネルギーの界面吸収を利用した局部加熱接合技術〈区分A〉 30 System of Systems に対する次世代のシステム工学(従来のシステム工学が対象としていた範疇の問題を超え、そのような対象がより広い範囲で何らかの階層関係や相互依存関係を伴いながら連成している高次システム)〈区分C〉 42 個人の能力に過度に依存しない信頼性の高い巨大ソフトウェアの設計・開発・評価・メンテナンス手法〈区分D〉
2022	10 現在の半導体デバイス(フラッシュメモリ)の概念を超えた原子メモリ、分子メモリ、自己組織化メモリなどの 1PB (peta bytes)を超える超大容量メモリ〈区分A〉 16 量子伝導体や機能触媒を実現するための、機能発現原子の制御を目的とした原子レベルでのものづくり技術による、異種原子からなる新しい原子ワイヤや原子クラスターなどの創成技術(1原子制御技術、2元原子ワイヤ、多元原子クラスター)〈区分A〉 74 オイルレス、洗浄レス、スクラップレス、ノイズレスの(4レス)マニュファクチャリング〈区分G〉
2024	18 物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー〈区分A〉
2025	7 生物と同等の運動機能や環境適応性を実現する柔軟機械技術〈区分A〉
2027	04 脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発支援技術〈区分A〉 17 材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確認し実現する)〈区分A〉
2030	09 ITER などの大型の熱核融合炉に比べて制御性の良いナノ・マイクロサイズの高温・高密度プラズマ技術〈区分A〉

10. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については 10.3.を参照

実現年	課題
2018	57 ある製品(サービス)の顧客地域に対し、Q(品質向上) C(コスト低減) D(納期短縮)を最適化するには、部材部品をどこで調達し、その製品(サービス)をどこで製造すればよいかを評価できるサプライチェーンマネジメント技術 <区分D>
2019	03 製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できるICチップを埋め込んだ、工業製品の不具合追跡システム <区分A> 54 グローバルな遠隔地間で展開される設計活動を総合的に支援し、必要な連携活動を円滑に促進するための情報システム <区分D> 71 未成年が安全にインターネットを使えることを目的とした自動コンテンツ監視システム(成人認証システムを含む) <区分G>
2020	45 個人情報保護に配慮した、パーソナル製造受注時に蓄積される、顧客製造情報の2次利用技術 <区分D> 50 単なるものづくりから脱却し、価値の創生を重視する産業構造へパラダイム転換するための基盤となる方法論(サービス工学など) <区分D>
2021	49 製造分野における基礎的科学技術研究と実用技術との間を埋めるためのMOTの方法論 <区分D>
2022	28 3次元イメージをもとに10分以内に試作金型を製造し、試成形を行うRPM(Rapid Product Manufacturing)技術 <区分B> 39 液相中、気相中における10nm以下のナノ粒子の形状分析・計数技術 <区分D> 68 従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム <区分F>
2023	05 メカトロニクス機器の超小型化を可能にするための放熱・省エネルギー・アクチュエータ技術 <区分A> 08 屋内外を問わず地図と連動したインテリジェントな製造管理を実現するための新たなインフラ設営が不要な測位技術 <区分A> 20 50%以上の工場で導入される、多様な製品・変動する生産量に対応し、再構成可能な製造システム <区分A> 21 消費者が自分の好みに合わせて製品を設計し、その情報をもとに迅速に生産に結びつけ供給するためのシステム化技術 <区分B> 25 製品や装置の超長期に渡る使用(循環型のものを含む)を実現するための初期設計情報や信頼性やメンテナンスなどの履歴に係わる情報を統合的かつ長期に渡って継続的に記録・保存し、それらの情報の存在を前提として超長期使用をより合理的に行うための技術 <区分B> 43 設計・製造の各工程における事前評価に利用可能な、製造関連知識、実験データ、製品事例および公知の事実と企業ノウハウを常に最新状態に維持可能な情報データベース技術 <区分D> 44 オンサイトでの製造時に、原材料から製造工程までをトータルでモニタリング、フィードバック調整して最終品質を保証する技術 <区分D> 48 産業毎に異なるバリューチェーン(例:市場・顧客調査⇒開発・設計⇒調達⇒製造⇒販売⇒サービス)でどこに価値を付加すれば、その産業振興と雇用創出が最大になるかを評価する技術 <区分D> 52 先進国に準じる水準の市場を含む世界規模の巨大市場の存在や発展途上国で求められる超低価格製品の創出など、独自のコア技術についての知的財産に基づきつつ、日本市場の特性からは根本的に異なる製品を創り出すためのものづくりの方法論 <区分D> 53 複雑化するグローバルな製造の問題に対して、グローバルに分布する多様な人的資源を選択的に活用し、国内と国外(現地)の拠点を連携させることにより、従来にはなかった形態や水準での設計生産を実現する組織・設計プロセス構成手法 <区分D> 59 現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム <区分E> 65 CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術 <区分E>
2024	6 24時間にわたるロボットの自律作業を可能にするためのバッテリー・省エネルギー技術 <区分A> 31 新規な設計を導き出す際に活用し、創造した設計知識を明示的に記録し、参照・再利用するための知識管理型設計支援システム <区分C> 35 顧客によりよい体験を与えるインタフェースの製造技術 <区分D> 40 ナノ粒子の存在する環境下における滞在による吸入量・皮膚への付着量を想定するためのナノ粒子の累積暴露量の計数技術 <区分D> 58 加工精度が1μm以下のネットシェイプ成形(鑄造、焼結、塑性)加工技術 <区分D> 62 廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム <区分E> 66 ものづくりの過程において、高齢者や女性の特性に配慮してその労働をサポートするインテリジェント生産システム <区分F>
2025	19 設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論 <区分A>

実現年	課題
2025	<p>24 メカ・エレキ・情報を高次元で統合した新しい意味でのメカトロニクス製品を合理的かつ迅速に設計するための方法論・支援技術(統合化により複雑化するシステムの設計を迅速かつ簡便に進めるための標準的な基盤としての共通アーキテクチャや標準モジュールなどを設計し、それらの基盤のもとでカスタマイゼーションにより多様な製品を展開するための各種設計技術等)〈区分B〉</p> <p>27 活性の低下が早い薬品、化粧品、中間活性材料などを、オンサイトで生産するマイクロ化学プロセス(法規制の緩和対策も含む)〈区分B〉</p> <p>29 設計情報をもとに、材料から製品に至る状態を再現し、製品の特性(強度、信頼性、廃棄)、製造手段(環境調和性、生産性、保守)等、全てを評価する技術(ヴァーチャルマニュファクチャリング/デジタルモックアップ)〈区分B〉</p> <p>32 パーソナルファブ리케이션(欲しい仕様のモノを自ら製造・利用あるいはグループシェア)のための、3D プリントやマイクロファクトリーなどの汎用型個人用小型加工システム〈区分C〉</p> <p>41 メートルオーダーの距離を隔てた自律移動型マイクロロボットに、移動に必要なエネルギーを非接触で伝送する技術〈区分D〉</p> <p>46 サプライチェーン管理、生産計画、スケジューリングにおいて、対象の状況に応じてシステム自身が自己の改良を行い、フレキシブルに状況変化に対応できる、自己修正メカニズムを有する生産管理システム〈区分D〉</p> <p>51 より高い顧客ニーズの充足に向けて、意匠やエルゴノミクス、感性などの面についての設計(デザイン)を合理的に進めるためのモデリング技術・設計方法論〈区分D〉</p> <p>61 間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術〈区分E〉</p> <p>63 「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム〈区分E〉</p> <p>72 構造材料(鉄鋼、Cu 合金、Al 合金、Mg 合金、Ti 合金)の 95%以上を網羅した、強度・疲労寿命、塑性流動応力、Texture/異方性、材料組織変化等の成形加工データベース〈区分G〉</p> <p>75 電磁波・中性子線による製品内部構造の非接触測定による品質保証、および鑄造・成形加工中の状態変化のその場測定のための品質向上〈区分G〉</p>
2026	<p>11 シリコンの物性限界を超えた、GaN や SiC と呼ぶパワーエレクトロニクスの実用化による、個別のデバイス(ディスプレイデバイス)の域を超えた多機能高集積化素子〈区分A〉</p> <p>13 用途に応じた金属-金属や金属-プラスチックなどの組み合わせの複層材を即納で安価に製造できるオーダーメイド異種材料接合技術〈区分A〉</p> <p>22 物理的な意味での新たな機能を実現することを超えて、新たな価値やサービスを生み出すための製品アーキテクチャや製造システムを具体化するための方法論〈区分B〉</p> <p>23 企画や概念設計などの設計対象の内容が具体的には詳細化されていない段階にあっても、対象となるシステムがどのような振舞いや機能を実現・達成し得るかを、粗く、しかし的確に予測するためのシミュレーション技術(FOA 関連技術等)〈区分B〉</p> <p>26 装置産業を対象に、多品種のオンデマンドな生産要求に対して、在庫を持たず、迅速かつフレキシブルに対応できるマイクロ化学を用いた連続生産システム〈区分B〉</p> <p>55 パーソナルファブリエーターで作った製造品のバーチャル売買市場(IT オークション等)の形成を可能とする、データグループ等による製造品の遠隔五感モニター技術〈区分D〉</p> <p>60 エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術〈区分E〉</p> <p>69 コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)を創出できる人材の育成を目的とした学部・学科等が我が国の総合大学の 50%で設立される〈区分F〉</p>
2027	<p>01 大重量構造物について、従来の溶融接合に替わる液相もしくは固相拡散接合等による低変形・低歪み接合技術〈区分A〉</p> <p>33 人間・ロボット・機械が仕事を共有し、安全・安心に仕事をするために必要な技術と制度〈区分C〉</p> <p>64 資源のリユースのため、工場製造設備等の 9 割以上を廃棄時に、構成素材を単一素材まで分解する技術〈区分E〉</p> <p>76 反応器の中の状態や将来のプラントの劣化状態などを可視化する、バーチャル・プラント運転支援システム〈区分G〉</p>
2028	<p>14 直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術〈区分A〉</p> <p>67 老朽化したインフラ、自然災害の被害を受けた危険箇所の点検と補修工事、自然・人為災害の人的被害を最小化するために、人に代わって安全・効率的・安価な屋外作業の遠隔化・半自律化・自動化を実現するインテリジェントシステム・ロボット〈区分F〉</p> <p>70 コンテンツ(映画、音楽、書物、マンガ等)の創出を支援する技術に関する学部・学科等が我が国の総合大学の 75%で設立される〈区分F〉</p>
2029	<p>12 大面積接合も可能とするような光エネルギーの界面吸収を利用した局部加熱接合技術〈区分A〉</p> <p>15 スパン 4000 メートルを超える長大橋や深海洋洋開発で用いる大型・特殊環境下構造物のための超微細制御技術を活用した超高強度・高耐食材料〈区分A〉</p> <p>34 様々な設計方法論における枠組みやシナリオに対応しながら、その具体化の過程を支援できる数理的なモデリングの枠組みとそれに呼応する最適手法(システムレベルの最適設計に軸足を置くこと、大規模で複雑な組合せ的要素を含むシステムについての設計を最適化できる実践的な枠組みを目指すことなどが重要)〈区分C〉</p> <p>38 体内埋込み型デバイスにおいて、10 年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術〈区分D〉</p>

実現年	課題
2029	47 分子の挙動から巨視的な反応・流れまでを統合したマルチスケール・マルチフィジックスシミュレーション技術 <区分D> 56 人間が求めているサービスを解析し、サービス提供者に対して適切なアドバイスやガイダンスを与えるための認識技術 <区分D>
2030	02 自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術 <区分A> 10 現在の半導体デバイス(フラッシュメモリ)の概念を超えた原子メモリ、分子メモリ、自己組織化メモリなどの 1PB (peta bytes)を超える超大容量メモリ <区分A> 73 1000℃で10の7乗回の利用に耐える長寿命、低摩擦(摩擦係数0.05)金型技術(コーティングと材料を含む) <区分G>
2031	36 DNA の二重らせん構造を利用した接着技術 <区分D> 42 個人の能力に過度に依存しない信頼性の高い巨大ソフトウェアの設計・開発・評価・メンテナンス手法 <区分D> 74 オイルレス、洗浄レス、スクラップレス、ノイズレスの(4レス) マニュファクチュアリング <区分G>
2032	30 System of Systems に対する次世代のシステム工学(従来のシステム工学が対象としていた範疇の問題を超え、そのような対象がより広い範囲で何らかの階層関係や相互依存関係を伴いながら連成している高次システム) <区分C> 37 磁場・電場・重力などの外部環境を複数組み合わせることで制御して、微細対象を組み立てる技術(ナノ粒子を操作してデバイスを製造する) <区分D>
2033	16 量子伝導体や機能触媒を実現するための、機能発現原子の制御を目的とした原子レベルでのものづくり技術による、異種原子からなる新しい原子ワイヤや原子クラスターなどの創成技術(1原子制御技術、2元原子ワイヤ、多元原子クラスター) <区分A>
2034	7 生物と同等の運動機能や環境適応性を実現する柔軟機械技術 <区分A> 18 物理・化学・生物・工学、無機・有機・高分子、物質・生体などの多次元学際融合による、ポストナノテクノロジー <区分A>
2035	04 脳波を検知することで、人間の考えていることをコンピュータ上に表現できる設計・開発支援技術 <区分A>
2036	09 ITER などの大型の熱核融合炉に比べて制御性の良いナノ・マイクロサイズの高温度・高密度プラズマ技術 <区分A>
2037	17 材料の機能を決定するフロントアトム制御技術(量子効果の最大化や新しい量子機能の探求を通じて、量子計算科学から機能が決定されたナノマシン生成技術を確認し実現する) <区分A>

No. 11 分科会「科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般」の調査結果

目次

11. 1. 将来展望.....	787
11. 1. 1. 総論.....	787
11. 1. 2. 小さな現象から将来を洞察する手法.....	788
11. 1. 3. 国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、 外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント.....	789
11. 1. 4. サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、 政府機関のマネジメント.....	790
11. 1. 5. 社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み.....	791
11. 1. 6. 人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、 教育、標準化による教育の質の維持.....	792
11. 1. 7. ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント.....	792
11. 1. 8. マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、 思考停止にならないマネジメント).....	793
11. 1. 9. 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント (データベース)／知の構造化(知識を関連して保存).....	795
11. 2. アンケート調査の回収状況.....	797
11. 3. 課題の区分.....	798
11. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	799
11. 4. 1. 課題の重要性.....	799
11. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	804
11. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	805
11. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	808
11. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	810
11. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	813
11. 4. 7. 新規提案課題.....	815
11. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	816
11. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	816
11. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	816
11. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	819
11. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	821
11. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	823
11. 6. 集計結果一覧.....	824
11. 7. 課題別コメント.....	840
11. 8. 未来技術年表.....	848
11. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	848
11. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	850

11. 1. 将来展望

11. 1. 1. 総論

科学技術とマネジメントは、産業立国の両輪であり、その意味ではこれら二者の役割は補完的と考えられる。ここでは、科学技術がいかにマネジメントに資するかという視点から、科学技術の将来予測を考える。

一概にマネジメントと言っても、在庫管理や生産管理などの業務・オペレーションのレベルのマネジメントから、比較的明確に定義された個別の問題を扱う戦術レベルのマネジメント、さらに設備投資や新製品開発の意思決定、さらにガバナンス構造の決定などの企業の戦略レベルのマネジメントまで、幅広いスペクトラムがある。ここで、業務・オペレーションのレベルのマネジメント(低いレベルでの意思決定)を軽視するものではないことに注意する。たとえば、トヨタ生産方式で重視されることはムダの排除であり、このような業務レベルでの改善が、企業の圧倒的な競争力の源泉となっている。

科学技術のマネジメントへの貢献は、マネジメントのレベルによって、そのあり方が大きく変わるであろうことは異論を待たない。歴史的に言えば、科学的手法のマネジメントへの適用は、インダストリアル・エンジニアリングの名のもとで、生産現場における業務・オペレーションのレベルのマネジメントから始まった。この研究の流れは、生産管理、生産物流、さらにサプライチェーンマネジメントへと進展し、部門内の効率化から、企業全体の最適化、さらに企業間の連携推進と対象の規模を大きくしている。実際、物流管理の効率化により物流コストの対GDP比は下がっているという報告があり、これは国全体の競争力に資するところが大きい。

また、別な方向への進展として、サービス・オペレーションズ・マネジメントという分野で、対象範囲を製造業からサービス業へも広げている。その背景には、産業界全体が、製造業からサービス業にシフトしていることと、それにもかかわらずサービス業の生産性が低いというよく知られた事実がある。このような研究の展開と社会的実現を支えているものとして、データベースやデータマイニングなどのさまざまな情報技術の高度化が重要な役割を担っていることは言うまでもない。

上記の分野は、主に理工学をベースにしており、業務・オペレーションのサポートや、問題が比較的明確に定義された戦術レベルのマネジメントをサポートするために道具(意思決定支援システム)を提供している。一方、戦略レベルの意思決定は、問題自体が明確でない場合も多い。このような場合においては、理工学的をベースとした手法のみでは果せる役割に限られてくることがあり、自然科学・社会科学・人文科学の連携が重要である。分野が違う人たちの連携だけでなく、さらに一歩進めて、教育の段階で、理系・文系の垣根を取り払うことも重要であろう。そのような環境では、文理混合ではなく、真に文理融合型の研究者が生まれることであろう。実際、国外では、文理学部(School of Art and Science)という形の学部が一般的であり、そのような仕組みのもとで、たとえば数学と経済学の2分野を専攻する学生は多い。

本分科会では、広範な課題を検討するが、これを8区分に分けた。

第1の区分「小さな現象から将来を洞察する手法」では、社会や消費者の意見や考えを全体として把握・洞察する技術を扱った。

第2の区分「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」では、国際化とマネジメントに焦点を当てた。日本の企業社会の国際化は、日本企業の海外進出と外国企業の日本進出の両面で、これからも進むであろう。日本人が国際的な環境で仕事をしなければならない状況は、急激に増えつつきている。そのような環境で外国人と対等に渡り合える人材を育成することは、教育界の喫緊の責務といえる。また、国際化した職場は多様な労働力を擁することになり、我国にとっては多様化した人材のマネジメントは新たな課題となる。

第3の区分「サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント」では、サービス業におけるマネジメントを取り上げる。サービス分野での生産性向上は課題と言われ続けており、古くて新しい問題と言える。

第4の区分「社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み」では、比較的新しい研究領域であるネットワークダイナミクスとネットワーク創発を扱う。この研究領域がマネジメントに将来的にどのような貢献をす

るか興味深い。

第5の区分「人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持」では、教育や格差社会など、人を中心とした問題に焦点を当てる。

第6の区分「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」は、高いレベルでの意思決定に関する問題であり、マネジメント問題のスペクトラムの端に位置するものである。重要ではあるが、いわゆる科学技術が適用しにくい分野ともいえる。

第7の区分「マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)」では、知的財産権管理法や金融工学など、直接的にマネジメントに貢献する科学的手法に焦点を当てる。知的財産権がどの程度強化されるべきか、社会的に大きな問題と考えられている。知的財産権が弱すぎれば、研究開発に対するインセンティブを弱めるであろうし、強すぎれば、有用な技術の有効利用が妨げられるかもしれない。リーマンショックの影響で金融工学に対する風当たりが現在は強いようであるが、長期的には、金融工学は、今後より一般に使われる手法として広く普及していくであろう。

最後の第8の区分「工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)」では、データベースや知識ベースを扱う。過去数十年間データベース関連技術の発達は著しかった。一方、知識ベースの実用的な実装には至っているようには見えない。しかし、一旦実用的な知識ベースが開発されれば、その影響には、マネジメントだけではなく人々の社会生活全般へ及び計り知れないものがあるだろう。

本分科会の課題の技術的実現時期の分布は2011～2020年になだらかなピークがあり、他の分科会の課題と比較して、全体に実現時期が早い傾向にある。その理由としては、マネジメントの分野を扱っている性質上、科学技術はすでに確立されている、またはほぼ確立されており、その技術をいかに社会的に実現するかが問題であるような課題が多いことが挙げられる。

(増田 靖)

1.1. 1. 2. 小さな現象から将来を洞察する手法

社会や消費者や組織の将来の動向を予測するためには、まずそれらが総体としてどのような意見・考えを持っているかを把握する必要がある。社会的な方向性が見えにくくなっている状況、人の嗜好の変化が激しい状況で、人々が現状をどのように把握しているか、またどのような意識を持っているかを知ることが、マネジメント・政策決定に関わる人や、商品開発やマーケティングに携わる人にとってきわめて重要なことである。

このような問題に適用できる科学技術として、ミクロの視点からは、個々人の心理や感情を分析するという方法として脳科学や認知科学が挙げられる。また、経済学は、個人の嗜好や意識が経済に与える影響を理論的に予測する手段であるが、理論を実験的に検証する実験経済学の進展により、予測の説得力を増している。

マクロ的に把握する手法としては、さまざまな統計手法やデータマイニング手法があるが、近年研究が著しいものとして、データの可視化が挙げられる。表では表現しにくいものを地図情報またはネットワークの形で提供する技術であり、データをマクロ的に把握する方法として有効である。

統計手法や伝統的なデータマイニング手法は、工学的方法であり、大量のデータを前提としている。そのような手法では、稀にしか起こらない現象は、例外として間引かれてしまうかもしれない。近年、そのような例外的知識にこそ価値があり、将来を洞察するための鍵があるという考えを元に、新たなマイニング手法も開発されている。

この区分の課題は、課題1「実験経済学等の研究で行う個人の心理、意識の分析に基づく、企業組織、市場等の制度設計及び企業の製品開発、技術開発に用いられる意思決定予測技術」と、課題2「研究開発やマーケティング等に応用するために、認知心理学や脳科学などの理論から、消費者自身が自覚していないニーズやウォンツを理解(言語化が困難な考えや感情を可視化)する技術」の2つだけである。いずれの課題も、回答者はそれなりに重要と判断している。この区分に関連した分野としてデータマイニングが近年進展著しいが、マネジメ

ントへの応用面で、データマイニングのさらなる展開が期待される。

(増田 靖)

1 1. 1. 3. 国際競争力低下を防止するためのマネジメント（国際的マネジメント）、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント

本区分の課題数は 10 個であった。即ち、課題 3「大企業での英語の社内公用語化」、課題 4「海外企業との技術提携数」、課題 5「東アジア経済統合」、課題 6「異文化理解能力開発」、課題 7「高度専門家のボーダレス化」、課題 8「製造支援のバーチャルシステム」、課題 9「デジタルモックアップ」、課題 10「法規の国際標準化」、課題 11「日本企業管理職の外国人比率」、課題 12「日本でのインターナショナルスクール普及」に関する課題であった。

本調査では、社会的実現予測時期について、「実現しない」という選択肢が用意されていた。本区分では、課題 12 で 47.7%が、「実現しない」と回答しており、全 58 課題中、2 番目に「実現しない」の回答率が高かった。これは、日本における英語の普及に関するもので、このような環境は今回の予測年範囲では実現を疑問視する見方が多いと言えるだろう。

このことが、国際競争力に与える影響は大きなものがあると思われる。即ち、国際公用語とも言える英語が日本では使い難いという環境が続くことを意味する。これでは、高度専門人材が日本に集まり難いとともに、デジタル化と国際化の進展で今後益々世界市場を相手にビジネスを展開することが競争力となる時代にあつて、製品やサービスでの優位性を担保することにとっての大きな障害となる要因に見通しを持ってないことを意味するからである。第二次世界大戦後の高度経済成長を果たした日本の経済に貢献したのは、国際ビジネスを展開する日本人材が世界中に広がったことが一要因と考えられるが、そうした活力が他国との相対的な視点で今後失われていく可能性に危惧を与えるデータと言えないだろうか？

このように考えた時、課題 10 の重要度は「世界・日本双方にとり重要」との判断が 86.6%と大変高く、実現予測時期が 2024 年と、ゆっくりではあるが着実に進むと予測される中で、国際標準化における国際交渉においては多面的アプローチができるよう意識的に人材強化をする必要があることを示していると言えるだろう。その結果としての国際的経営の容易化を十分に活用できるように準備をしておかねばならないだろう。しかし、課題 11 の日本における社会的実現予測時期が 2028 年という結果は、他の課題に比べて実現時期が比較的遠く、人材の国際化の遅れを予想しているとも見ることができ、競争力の視点から懸念が感じられる。

以上の課題に比べて、技術力を基礎とする製造支援のバーチャルシステムに関する課題 8 やデジタルモックアップに関する課題 9 では、社会的実現予測時期が 2020 年付近と比較的近い将来と予想されている。このように技術的競争力の維持は続くものの、前述のように人的且つ社会システム的な分野での国際化と競争力についての後進性の予測が気になる。

課題 5 については、社会的実現予測時期の分散が極めて大きかった。「実現しない」との回答は特段に多いとは言えなかったものの、実現時期は遠い将来であるとの回答が多く、回答者の 1/2 が入る年の幅は、第 1 回調査では約 2020～2040 年と 20 年もの幅をもっており第 2 回調査で幅が狭まったものの他の課題と比べて大きく、政治的・歴史的な背景が大きく左右する課題のため予測をすることが困難な課題と言えよう。一方で、課題 4 の社会的実現予測時期の中央値は 2019 年付近と比較的近い将来であり、企業ベースで国際化が進むとの予測と解釈される。そのために必要な異文化理解能力開発(課題 6)は、意思があれば実行可能であり、産業構造の国際化で自律的に進展が進むと考えられる。

全体をまとめると、将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で政府が重点的に取り組むべき事項として、「次世代の人材育成」について、本区分(国際的マネジメント等)に対する期待がトップの 67.2%となっており、これには、異文化理解と英語言語能力をもった人材の育成が含まれると考えられ、この視点での意図的で大胆な改革の検討とその実行可能性が日本の国際競争力を左右すると思われるが、具体的な課題では「実現しない」との回答が多く、将来に向けての懸念事項である。ただ、我が国が強化すべき

国・地域については、米国・欧州が重要との意見が多いことは他の区分と同一ではあるものの、第三番目に中国を挙げる結果が本区分では 49.3%と他の区分に比べて際立って多く、これが中国語の重要性を意識すべきであるのか、或いは国際用語としての英語能力向上への注力で対応できるのか、議論と検討が求められると思われる。

(井川 康夫)

11. 1. 4. サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント

本区分の調査結果から得られる今後の技術動向は、「要素技術や単一物だけではなく、複数のものを一体化して社会のメリットの為に最適化されたマネジメントを実現する枠組みを与えるシステムとしてのサービスが重要になる」と言う事である。それは、「インテリジェントな社会サービス・システム」の実現と言ってもよい。

今回の調査における特徴を見てみると、世界・日本双方にとり重要な課題のトップ 10 に、3つの課題がはいっている。これらは、課題 16「地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術」(92.4%)、課題 15「電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む」(82.8%)、課題 18「製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム」(76.2%)である。

また、技術的実現予測時期は、8区分中、最も早い 2011 年から 2015 年にピークがある。

この二つの結果から、本区分は、世界と日本において重要であり、且つ今後 5 年以内において実現されるであろう技術課題を有する最重要区分であると、考えることができる。

「将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項および科学技術課題」において、本区分内の 10 の課題の中で、今後最も重点的に取り組むべき科学技術課題は、1 位が課題 16、2 位が課題 13、3 位が課題 15 となっている。1 位と 3 位は、環境や資源に関する社会サービスに関する指摘で新しいものではないが、2 位はいわゆる emerging な技術的指摘と見ることができる。すなわち、社会的メリットの為にサービス・システム構築の要求とともに、その構築のもととなる「価値」に関する具体的検討がなされるべきであるという回答者の意図の表れと考えられる。

以上の結果から考えられるのは、人の社会・経済に対する意識の変化が起こりつつあり、それが、科学技術に対する要望に反映されていることが顕著に表れているのが、このサービスに関する「区分」であるということである。その意識の変化とは、全くの自由競争市場を望むのではなく、秩序ある自由市場を望むようにあっている、ということである。この意識の変化は、環境問題や地球温暖化への対応、リーマンショックなどの金融不安の解消、深刻な経済不況の解消、失業問題の解消、食、工業製品、サービスの品質保証の実現、など自由競争市場のデメリットに関係するものと思われる。

利潤を最終目的にしない、社会価値の創造と、持続的な社会の実現そのものを最終目的にするための枠組みとして、サービス・システムの実現が求められ、それを具現化する手段として様々な技術開発が行われるようになると思われる。

それは、「サービス社会基盤」の研究開発と言ってもよい。サービス社会基盤は、情報通信技術、数理モデリング、ヒューマンモデリング、プロセスモデリング、およびこれらを支える自然・社会科学の多種多様な領域の融合によって構築されるものである。したがって、個々の領域における研究開発もさることながら、如何にそれらを融合させるのかの研究も不可欠と思われる。

(日高 一義)

11. 1. 5. 社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み

現代の企業経営ではソーシャルキャピタル＝「社会関係資本」と呼ばれる社会ネットワーク資源が重要になっている。それは、経営の三要素といわれる、「カネ、モノ、ヒト」である金融資本、物的資本、人的資本を補完、拡張し、第四の要素である、「情報」機能を持つ「コネ」である。この資本は特に様々な目的のために使用できるような転用性の高いものであり、それを上手く組織することによって物的資本、人的資本の投入以上の付加価値を生み出し、イノベーションを創発するための重要な動脈でもある。イノベーションは知識のネットワークの新結合による新たな知識の発生でありそれ自体が知識のネットワークの生成である。社会イノベーションとはビジネスを通じて、社会問題の解決を実現するような社会制度の革新を指し、狭い意味での(技術的)イノベーションとは異なり社会の組織そのものにも変革＝社会イノベーションにもつながる。

社会ネットワークの有するこのような「変革性」に注目し、本区分では、番号23から29までの7つの課題を設けた。やや未来的な視野の設問を含めたこともあるが、この区分の課題への回答の第1の特徴としては、技術的実現から社会的実現までの平均期間が他の区分に比べ9.0年と長いことである。例えば、すでに技術的には実現可能といえるバーチャル・オフィス(課題26「ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる」に関連)についてさえ、技術的実現から社会的実現までの期間が長く必要とされ、社会組織そのものの変革に至るまでの仕組み作りの難しさ、モノの普及に比べ、社会や文化が遅滞するとする「社会文化遅滞論」を実証する結果となっている。

課題24「貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出すGDPが国全体レベルの15%を超えるようになる」は、世界にとっても重要だが、その実現はやはりかなり先と予測されており、それに向けた政府の具体的ビジョン、促進策が待たれるところである。このテーマは欧米のビジネススクールでは「社会的起業」教育として、現在では主流になりつつある。日本ではまだまだ旧来のビジネススクール教育が主流となっているが、今後は日本でも急速にこの分野の教育が進んでいくと思われる。

本区分の第2の特徴として、課題24を除き「重要度・優先度は低い」とされた割合が高いことである。

課題23「大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える“知識シーズ＝知的遺伝子”を“遺伝子”のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの“知的遺伝子”のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム」のようなやや未来的な視野の設問を含めたことが原因と思われる。この課題は大学での研究に任されるとされているが、現在の俯瞰工学でも研究され、科学政策とも関連するので、今後とも重要な課題ではある。

さて社会そのものにイノベーションをもたらし、同時に技術的なイノベーションをも促進するための今後重要になる技術や課題としては、社会ネットワークをいかに社会的、個人的ニーズや目的ににあったように組織するかに関する科学である「ネットワーク科学」が重要になる。特に個人の属性に対する粘着性の高い社会ネットワークの特殊性に注目した科学が必要である。アメリカでは「ネットワーク科学」は軍が注目しているので莫大な研究予算が付いている。日本では軍事的な利用は避けたいところであり、民生的活用に向けて研究の重点化も必要になってこよう。最近では「コミュニティ科学」も提唱されているが、停滞した社会の活性化、社会ネットワークの組み替えには社会ネットワークの科学は重要である。

今後の新しい課題として、SNS、Twitterといった現在急速にウェブ上で広まっている「ソーシャル・ネットワーク技術」とそれによって生成される社会ネットワークに対する理解が欠かせない。とりわけTwitterは世論の形成のみならず、ロコマーケティングや技術シーズなどの表明など、いろいろな可能性があり、急速に研究が進むと思われる。またその社会的活用について倫理的な議論も必要になってこよう。

(金光 淳)

11. 1. 6. 人間のマネジメント（格差や多様性への対応）、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持

技術を使うのは人間であり、技術をつくるのもまた人間である。このように人間、人的資源をいかに蓄積していくかは、国や企業レベルでも重要な点である。

上記の点を受けて、本分科会では8個の区分を設定した。それらの中でも本区分は、「特に日本にとり重要」と回答した割合が最も高いことが特徴的である。

本区分の7課題のうち、課題34「女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境（例えば上場企業の3割で託児保育施設が設置される等）が我が国で実現する(87%)」、課題31「大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる(81%)」、課題30「我が国において、雇用を確保して格差縮小社会を実現しつつ、国際競争力も保持することができる、ワークシェアリングを機能的に活用するマネジメント手法(80%)」などは、いずれも我が国が直面する重要な課題であると認識されている。

これらの課題については、科学技術的な対応ではないと考えて実現時期については質問していないが、社会的な実現時期は2021年から2022年となっている。女性の社会進出、リカレント教育など、北欧や西欧の成功事例などを学びつつ、日本に導入するための技術的、社会的な仕組みを整備する必要がある。そのためには、科学技術的な研究とあわせて、国の制度、国民の行動や意識などを対象とした社会科学的な研究も極めて重要である。

一方、課題36「脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる」については、「重要度・優先度は低い(45%)」との回答割合が高くなった。この設問は脳科学という科学技術的な知見を社会に応用するという二つの要素から構成されている。脳科学、および取り上げている社会的な問題はともに重要であることから、自然科学的知見を応用につなげる部分に無理があると評価された可能性が高い。日本企業はR&Dの成果を製品や市場化につなげる効率が低いと指摘されており、自然科学的知見をどのように社会や企業の問題に応用するかという古くて新しい問題に取り組む必要がある。

ここで挙げた課題は高齢化や女性の社会進出、より創造的な企業や産業を育成し、企業や国の競争力を確保するという明確なニーズを前提としたものである。我が国では他の国に先行してこれらの課題に直面しているともいえる。これを解決することは、企業や国の競争力の確保のためにも重要であろう。そのためには、科学技術的なアプローチとあわせて、社会科学的なアプローチも重要である。

(濱岡 豊)

11. 1. 7. ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント

科学技術のマネジメントへの適用として、本区分では安定している組織が危機に陥ることを防ぐためのマネジメントを対象とした。具体的には、食品偽装・リコール隠しなど一部の経営者の行き過ぎた行為から発生するコーポレートガバナンスの問題、無理な計画を実行しないためのプロジェクトリスクアセスメント、地震・台風・洪水・感染症などの自然災害による被害を最小化するマネジメント等を対象としている。

最近国内の企業で行われている科学技術の危機マネジメントへの適用を調べると、企業内で発生する様々なリスク、例えば、情報セキュリティ、コンプライアンス、ハラスメント問題の未然防止に、センシング技術及び情報通信技術の適用が進んでいることがわかる。情報セキュリティの問題の例を挙げると、社内をいくつかの立ち入り区域に分け、ICチップ付きのIDカードの認識により入場者を制限したり、不自然な入出行動をチェックすることで、機密漏洩の未然防止に効果を上げている。また各種のセンサー及びカメラを用いて不審者の入場を監視して、警報で必要時に知らせるシステムなども一般化している。電子データの漏洩に関しては、アクセス権をつけてデータへのアクセスを制限する他、アクセス者と引き出したデータの記録を残すことが行われている。これによ

り不正なアクセスを防ぎ、同時に不正行為を牽制する役割を果たしている。経理上の不正に関しても、決済の電子化が進んでいることから、不正をチェックする機能を、申請から承認までのプロセスに入れることが行われている。また、疑惑がある場合は直ちに関係者によるチェックを実施することで、不正の防止につながっている。さらに加えると、ハラスメントに関しても、最近では通信手段として E メールが使われることが多いことから、送受信履歴と内容から事実が発覚し、被害の拡大防止に役立っている。

次に自然災害のリスクマネジメントに関しては、被害を最小化するため予めコンティンジェンシープランを定める企業が多い。リスクが顕在化すると、定めたプランにしたがって情報や指示を速やかに伝達し、対策を講じる。例えば、気象庁の出す警報・注意報に基づき危険度を判断し、インターネット、携帯電話、E メールなどの通信手段を用いて情報を伝達して、通勤や通学の安全を確保する取り組みがそれである。この場合、情報通信機器の進化と普及が被害を最小化するマネジメントに役立っている。

最近私たちの組織活動において、指示、情報伝達、提案、申請等の行為が、従来の紙ベースから情報通信機器を用いた電子情報に移行し始めている。このため、そこに流れる情報から問題の有無、適正なマネジメントの実施状況などが監視できるようになってきている。更に被害の発生や発生の恐れがある場合に、情報通信機器の普及により伝達が速やかに行えることから、被害を最小化するマネジメントの実施に効果を上げている。情報通信技術の組織のリスクマネジメントへの適用はまだ限られているが、今後本区分で取り上げる課題への拡大が見込まれる。この時に研究課題として今後重要となるのは、入手できる情報からどのように問題またはその予兆を発見するかのロジック開発である。このロジックの良さが、将来リスクを防ぐ決め手となると考える。

次に調査の結果を見てみる。本区分では四つの課題に関して調査をした。

これらは、

課題 37「過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで“監視”、“管理”、“調整”するガバナンスの体制が確立される」

課題 38「プロジェクト・リスクに関する共通化・普遍化された評価・管理システム」

課題 39「ほとんどの企業において自然災害(台風、地震、洪水等)リスクマネジメント手法が導入される」

課題 40「地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築」

についてである。

調査結果を見ると、4 つの課題に共通して言えるのは、いずれも社会的実現予測時期は 2021～25 年の間という比較的早い時期と予測されている点である。

「社会的実現を牽引するセクターは？」との問いに関しては、課題 40 が政府(地方公共団体を含む)との回答が最も多い。コミュニティの問題は、政府や地方公共団体が役割を果たすべきとの考え方が強いようである。

「将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項および科学技術課題」の問いに関しては、本区分「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」の全体では、11.4%と比較的低い評価となっている。しかし、「今後重点的に取り組むべき科学技術課題」の問いには、課題 37 が 77.8%、課題 40 が 50.0%と高い。これは、リーマンショック後の経済危機の影響から、行き過ぎた投機の国際的な監視システムの構築を望むこと、また高齢社会において災害から身を守るために地域コミュニティの防災・福祉システムの構築が必要という現在身近と感じる問題の解決を望む気持ちが、重要度の評価に反映されているようである。

(山ノ井 利美)

11. 1. 8. マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)

(1) 知的財産

特許については、従来の大量出願戦略からコアテクノロジーに基づく基本特許重視型戦略への転換により、基本特許と改良特許のバランスの取れた特許先進国を目指すべきである。すでに国際出願への大規模な転換

が進んでいるが、EUの特許制度の動向や新興国の動きを注視しつつ、国際特許をベースとした日本の国際競争力の強化を図ることが必要である。

このためには、知的財産権に関する国際間、とりわけ我が国にとっては中国はじめ東アジア領内での共通運用の体制を政府が確立し、イノベーションが日本経済の活性化に繋がるような政策・制度の強化が必要である。

(2) リスク管理

上場企業においては、会社が抱える事業リスク等を数量的に把握する手法を確立し、事業リスク等を定期的に外部に公表する制度を構築すべきであろう。加えて、その事業リスクを緩和するような事業ポートフォリオの効率化が図られる必要がある。

また、事業資金の提供者と経営者の間で、事業リスクの負担を適切にマネージする枠組みの再検討も急務である。欧米で発展した資本市場を介した株主と経営者の利害の対立を緩和するためのコーポレートガバナンス手法に対して、日本企業では欧米とは違った株主主権一辺倒ではないガバナンス理念に特徴があり、どのような方法がより有効であるかについて見直しが迫られている。

(3) 人材管理

企業内部における人材育成と登用については、従業員の業績評価や昇級、昇進制度の改善が図られてきたが、実効性の評価は確立されていない。大幅な権限の委譲により、新しい経済・技術環境に速やかに対応できる柔軟な経営体制を構築する必要がある。高度な知識をもった社会人の育成に関して、専門職大学院などが社会人の高度教育の実施機関として機能を高めてきており、こうした高度な経営手法を取得した従業員を積極的に活用していく企業文化の転換が同時に進められなければならない。

(3) 金融市場・金融政策

企業経営が通貨や国際エネルギー商品等の価格変動に左右される程度が拡大しており、価格変動によって生じる「マーケットリスク」を管理する必要性が高まっている。こうした価格変動リスクを適切に管理するためには、これを計量化し、具体的なリスクの大きさを把握することが必要であり、さらに、これを緩和するための事業ポートフォリオの調整やデリバティブ等を使ったヘッジ戦略の構築など企業内部での対応力の強化を優先して進める必要がある。

一方、金融政策によるインフレーションやデフレーションといった景気変動のコントロールは、グローバルに重要な課題であるという認識はあるものの、これを管理する方法の確立については極めて困難性が高い。政府、大学、研究機関においてこうした問題は長年研究され、2008年秋のリーマンショック後の世界経済の混乱を最小限に抑制する協調的行動などに成果が結実しているとはいえないものの、この発生をコントロールすることにはあまり成功しているとはいえない。経済・市場活動の変動は人間行動に根ざす要因が深く関係しているのではないかと心理学分野など異分野の知見を結合した「行動経済学」や「行動ファイナンス」などの視点から応用可能な技術の研究を進めることが先行しなければならない。

(4) 研究開発

研究開発におけるプロジェクト・マネジメントでは、研究計画、実施、コントロール、評価が科学的方法に基づいて実施され、研究開発の効率性向上が図られなければならないが、これがイノベーションの効率的な実現に結びつくという科学的な検証が必要であろう。

(宇野 淳)

11. 1. 9. 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント（データベース）／知の構造化（知識を関連して保存）

絶え間なく生まれるデータやナレッジを蓄積し、それを新たな知の創造のために用いるという作業は、企業や研究機関の活動の中でたえず行われている。今後はこの作業をより効率的・体系的に行うことで、イノベーションのいっそうの促進がなされることが期待される。そのためには、知識を構造化する手法の開発やマイニング手法の開発が必要である。また、今後は、ナレッジの蓄積の形式として、テキストだけでなく映像やバーチャルリアリティが導入され活用されるようになるだろう。

ある知識に対し、関連する知識を速やかに取り出せるよう知識を構造化する手法や、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術は、技術的には既にある程度実現されている。その技術開発は主として企業や大学によって行われている。今後、さらに使いやすく効果的なツールが開発され、2020年代には多くの企業が導入し新たな知の創造のために用いることになるだろう。

企業が必要としている支援ツールは、新たな知の創造のためのものだけでなく、技術伝承のツールの開発もまた、極めて重要である。特に、ものづくり・製造技術の暗黙知は、それを保有する人が引退するとともに、ともすると伝承されず消滅してしまう危険性がある。こうした暗黙知（基本技術・技能、ノウハウ、経験など）を形式知化する技術が開発され、技術の伝承が着実に行われることが望まれる。これは特に日本の製造業にとって重要な課題であるが、ものづくりの技術伝承以外にも、マーケティングのノウハウなどにおいても形式知化しにくいものがあると考えられ、そうしたノウハウの伝承ツールも同時に開発されることが望まれる。技術伝承のためには、対象とする技術によってはテキスト情報だけでなくデジタル映像やバーチャルリアリティの形式での記録も必要となり、こうした情報を蓄積し活用していくための技術は現在もある程度実現しているが、今後さらなる開発がなされ、2010年代後半には標準化がなされ広く社会的に普及することが期待される。とはいえ、暗黙知の形式知化については、すべての暗黙知が形式知化されるわけではないし、そのような形式知化されない暗黙知にこそ価値があるという見方もあり、情報ツールを活用した伝承方法以外（昔ながらの徒弟制度的な伝承方法など）についても十分な研究がなされ、その効率化・精緻化・他の分野への適用可能性などが議論される必要がある。なお、暗黙知を形式知化すると、伝承しやすくなる反面、模倣されやすくなるという二面性も生じるので、形式知化にあたって特許などの形で権利化できるものは権利確保を着実にいき、権利化できないものについては社内の営業秘密として外部への漏洩を防ぐことが必要となる。もちろん、社会全体で共有すべき暗黙知は、形式知化されオープンにアクセス可能なものとされることが望ましく、そのような活動は企業の社会的責任（CSR）を実現する方策の一つとして推奨されるべきである。

新たな知の創造や技術伝承のために企業内部に蓄積されたデータベースやナレッジベースは、それ自体が取引可能なものであろうか。もちろん、基本的にはそれらは各企業の知的資産であるから、軽々に他企業に移転されるものではない。ただし、企業が特定の事業の継続を断念する際や、業界の知識基盤として他社と共有したほうがよいと判断する場合などにおいては、データベースやナレッジベースが契約のもとで取引されることも生じるであろう。企業に死蔵されたデータベースやナレッジベースについては、積極的に公開したり、他社に移転したりするという慣行が定着すれば、社会的には二重投資が避けられイノベーションが生み出されやすくなる。たとえば製薬企業がある疾患に適用される医薬品の開発を臨床試験の途中の段階で副作用があるなどの理由で断念する場合、それまでに得られたデータ（副作用の態様や医薬品投与量などのデータ）を他社に移転することにより、当該企業は資金を得ることができ、データを移転された企業はそれを自社の研究開発の参照データとして用いることができる。また、社会的には二重投資が避けられ、そのことは長期的にみれば医薬品の価格の低下につながるし、異なる企業間でデータが共有されることによって結果として質のよい医薬品が迅速に生み出されれば社会的なメリットは大きい。

知識の蓄積とマイニングのためのツールは、企業内での活用だけでなく、政策立案や国際的な意思決定を支援するためにも使うことができる。もちろん、意思決定をツールに委ねるのではなく、意思決定をするために必要な情報を効率よく提示するという意味で、こうしたツールは有用である。インターネット上におけるブログやSNSやツイッターは、頻繁に検索されるキーワードをランキング化して表示する機能等も備えることにより、人類社会

におけるナレッジベースとしての役割を果たしている。したがって、企業におけるナレッジベースの技術面での高度化が図られるのは時間の問題であり、それをどのようにして自社内で活用するか、また他社といかなるナレッジを共有してどのようなナレッジを自社内のみにとどめるか、といったことに関する戦略の有無が、今後の各社の競争力を左右することになるものと考えられる。

(隅藏 康一)

11.2. アンケート調査の回収状況

No.11 分科会 No.11 分科会「科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下のようにになっている。

表 11.2-1 No.11 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
230 人	180 人	78%	179 人	156 人	87%

性別	男	151 人	職業	会社員	39 人	専門度の平均	高	12.5%
	女	5 人		大学等教職員	94 人		中	29.0%
無回答	なし		研究機関職員*	10 人	低	58.5%		
	年代	20 代	なし	団体職員	4 人			
30 代		12 人	その他	9 人				
40 代	39 人	無回答	なし					
50 代	61 人	職種	研究開発従事	104 人				
	60 代		37 人	上記以外	52 人			
70 代以上	7 人	無回答	なし					
無回答	なし	合計	156 人					

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

11.3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般における要件等について議論し、これに基づいて以下の課題の区分を設定した。

表 11.3-1 課題の区分

A	小さな現象から将来を洞察する手法 〈社会や消費者の意見・考えの分布を全体として把握・洞察、将来動向の予測:脳科学、認知科学、実験経済学、データの可視化等〉
B	国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント 〈国際競争力低下を防止するための語学教育、外国人と対等に仕事ができる国際人材育成、異文化との協働等の国際的マネジメント〉
C	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント 〈ユーザーの潜在的な要求を掘り出す手法開発、ハード・ソフト・サービスの一体開発:機会損失、平滑化による資源の有効利用、健康管理エージェント、生涯追跡システム、公共的価値の把握、最適化〉
D	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み 〈知識シーズのデータベース化、ソーシャルキャピタル、社会的問題の解決型の雇用形態、オープンな知的交流、ボトムアップ的集合知の利活用等〉
E	人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持 〈格差社会の縮小、人材の再教育、ノウハウなどの継承、高齢化のサポート、女性の社会進出、生産性の向上、創造性の向上等〉
F	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント 〈自然災害・感染症・偽装等の行き過ぎた行為から発生するコーポレートガバナンス、被害の未然防止・被害最小化のマネジメント手法〉
G	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
H	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)

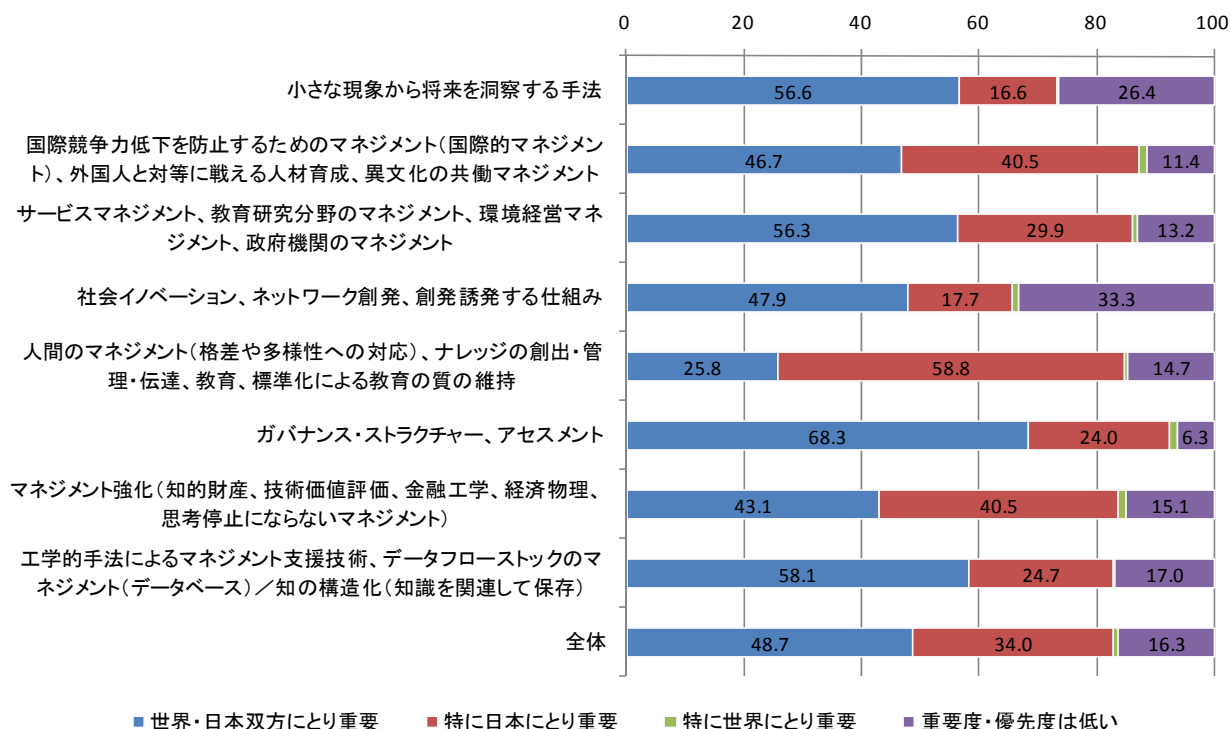
11.4. 個別科学技術課題に関する設問について

11.4.1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性の分布

本分科会の科学技術課題全体では、「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題(48.7%)が最も多く、次いで「特に日本にとり重要」と評価された課題(34.0%)が続く。

図 11.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、世界・日本双方にとり重要な課題が含まれる区分としては、「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」(68.3%)が最も多く、次いで「工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)」(58.1%)、「小さな現象から将来を洞察する手法」(56.6%)と続いている。特に日本にとり重要な課題が含まれる区分としては「人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持」(58.8%)が最も多い。特に世界にとり重要な課題については、どの区分についても割合はそれほど大きくはなかった。一方で、重要度・優先度が低いと評価された課題が比較的多く含まれた区分は、「社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み」(33.3%)で重要度の評価が分かれている。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の優先度・重要度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「とくに日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足しあわせた合計割合の高い上位 20 位以内の課題を以下に示す。「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」関連が 6 課題、「人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持」、「マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)」、「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」関連がそれぞれ 3 課題含まれている。

表 11.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
4	日本企業と海外企業との技術提携数が、現在の提携数の2倍を超える	99.2		2019	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
16	地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	98.3	2018	2026	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
10	国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化	98.2		2024	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
33	高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア	98.2	2014	2019	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
34	女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の3割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する	98.1		2021	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
30	我が国において、雇用を確保して格差縮小社会を実現しつつ、国際競争力も保持することができる、ワークシェアリングを機能的に活用するマネジメント手法	97.4		2021	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
9	デジタルモックアップにより、研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術	97.2	2015	2019	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
41	我が国において、基本特許重視型の特許戦略への転換が図られ、それぞれの特許保有者が基本特許と改良特許をバランスよく取り揃えたポートフォリオ構築を戦略に組み込み、特許先進国となる	97.1		2021	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
37	過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される	97.1		2025	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント
24	貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出すGDPが国全体レベルの15%を超えるようになる	97.0		2030	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
7	国際的なネットワーク人材マネジメントシステムが構築され、高度専門家が国境を越えて自由に移動することが促進されるようになる	96.8		2022	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
15	電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	96.7		2019	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
40	地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築	96.2		2022	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント
57	リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	95.8	2019	2028	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
50	金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する	95.7	2025	2036	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
6	異文化を前提とする国際マネジメント能力の向上によって、諸外国の歴史、文化、言語、法制度、価値観などを理解するための、能力開発プログラムが実施される	95.7		2021	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
42	国内出願重視から国際出願重視への方針転換が大規模に進められ、諸外国での特許取得による国際競争力の更なる向上が図られる	95.3		2018	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
52	ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験など)を形式知化する技術が確立され、技術の伝承が着実に行われる	95.3	2016	2023	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
8	設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援(最適化・効率化・許認可申請など)する高度なバーチャルマニュファクチャリングシステム	94.7	2017	2021	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
39	ほとんどの企業において自然災害(台風、地震、洪水等)リスクマネジメント手法が導入される	93.8	2016	2023	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント」関連が 3 課題、「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」関連、「工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)/知の構造化(知識を関連して保存)」関連がそれぞれ 2 課題含まれている。

表 11.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
16	地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	92.4	2018	2026	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
50	金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する	92.4	2025	2036	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
37	過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される	91.3		2025	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント
10	国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化	86.6		2024	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
57	リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	86.5	2019	2028	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
15	電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	82.8		2019	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
55	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム	82.6	2019	2027	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
24	貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出す GDP が国全体レベルの 15%を超えるようになる	77.8		2030	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
39	ほとんどの企業において自然災害(台風、地震、洪水等)リスクマネジメント手法が導入される	77.0	2016	2023	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント
18	製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム	76.2	2013	2019	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。区分「サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント」関連が 4 課題、「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」関連が 3 課題含まれている。

表 11.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
41	我が国において、基本特許重視型の特許戦略への転換が図られ、それぞれの特許保有者が基本特許と改良特許をバランスよく取り揃えたポートフォリオ構築を戦略に組み込み、特許先進国となる	90.4		2021	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
34	女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の 3 割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する	86.5		2021	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
42	国内出願重視から国際出願重視への方針転換が大規模に進められ、諸外国での特許取得による国際競争力の更なる向上が図られる	85.0		2018	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
31	大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる	80.6		2022	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
30	我が国において、雇用を確保して格差縮小社会を実現しつつ、国際競争力も保持することができる、ワークシェアリングを機能的に活用するマネジメント手法	80.0		2021	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
20	我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される	76.4	2016	2023	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
11	売上額の 1/2 が海外で発生するようなグローバル化した日本の大企業では、国内法人においても新たな協働システムが構築され、その中枢を担う管理職、専門職の 1/3 以上に外国人労働者を採用するようになる	74.0		2028	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
52	ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験など)を形式知化する技術が確立され、技術の伝承が着実に進む	71.7	2016	2023	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
46	従業員の業績評価方法と昇給・昇進制度の改善により、大幅な権限委譲が可能となり、労働生産性が現在の 2 割増まで上昇する	65.5		2024	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
3	グローバル化の進展により、日本の大企業の約半数で社内公用語が英語になる	65.4		2026	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント

(5) 特に世界にとり重要な課題

「特に世界に取り重要」の回答比率が高い(30%以上)課題はなかった。

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位 10 位以内の課題は、次表に示す通りである。

表 11.4-4 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

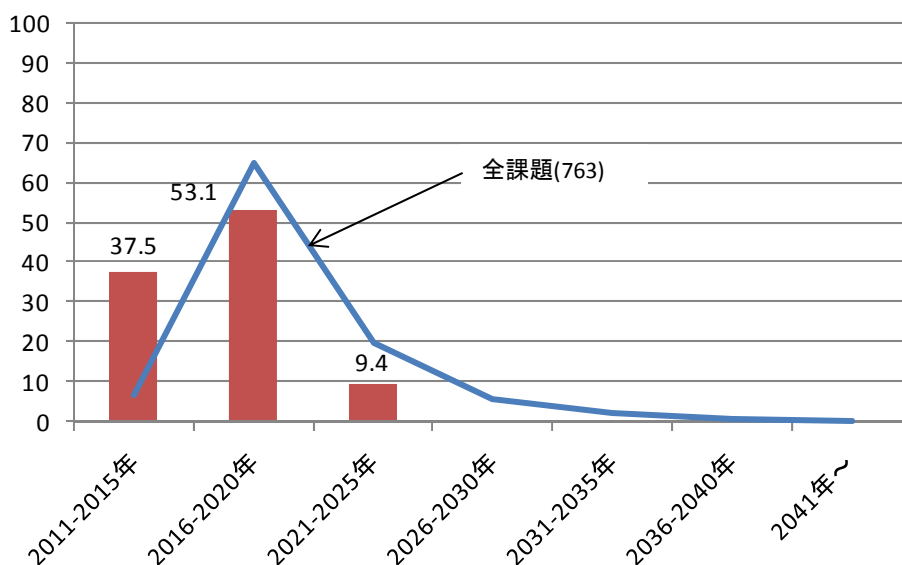
	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
25	個人が、家族単位を超えたレベルで、どのような地域社会集団、生活支援組織とどのように関わっているかを、社会資源とそのネットワークについて悉皆調査し、個人ベースの国勢調査に加えて、社会ネットワーク(連結個人)ベースの「ソーシャルキャピタル調査」が国によって行われるようになる	53.4		2025	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
27	上場企業において、個人が企業への所属の有無を問われることなく、個人あるいはフリーランスとして、プロジェクト方式により、その企業のために商品開発や戦略構築を行う方式が標準的経営スタイルとなる	49.1		2026	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
12	初等教育において国外留学する生徒や、インターナショナルスクールに通う生徒が 20%以上になる	48.6		2032	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる	45.3	2025	2035	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
49	ゲーム理論による競争、交渉、協調の分析が進み、現実の政策決定、企業的意思決定に応用される	44.7	2014	2024	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
58	政策立案を支援するために、新聞・論説記事間の関係を把握し、社会問題の構造を可視化する技術	42.7	2016	2023	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
23	大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ=知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム	39.1	2024	2033	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
35	我が国において、個人の動機付けと報酬の関係を明確にした雇用契約が一般化する	34.3		2025	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
19	レジ、接客など人的サービスを代替できるロボットや情報システム	33.0	2015	2022	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
26	ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる	31.3	2016	2025	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み

11.4.2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。

図 11.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



全課題の技術的実現予測時期の分布に比べると、本分科会の課題の実現時期は全体に早い傾向にある。また、2026年以降に実現すると予測された課題はない。

区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント」の区分では、2011年から2015年に実現すると予測された課題の割合が他の区分に比べて多い。

表 11.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030
小さな現象から将来を洞察する手法		2		
国際競争力低下を防止するためのマネジメン、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント	1	1		
サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント	5	3		
社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み		1	1	
人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	1	1	1	
ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント		2		
マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)	2	2	1	
工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化	3	5		

実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けている。それぞれの回答の比率の高かった上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の通りである。「マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)」の区分で「実現しない」という回答比率が比較的高い課題がみられる。「わからない」については、回答比率が高い(30%以上)課題はなかった。

表 11.4-6 「実現しない」という回答比率が高かった課題

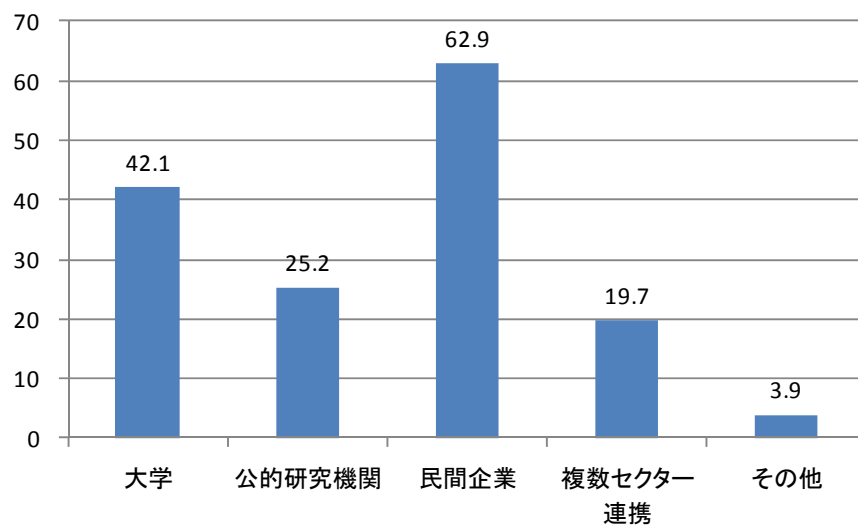
	課題	実現しない (%)	技術的实现 時期(年)	区分
50	金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する	50.0	2025	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
23	大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ=知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム	33.9	2024	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる	31.4	2025	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持

11.4.3. 技術的实现を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的实现を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「民間企業(NPOを含む)」をあげる割合が6割以上を占めている。

図 11.4-3 技術的实现を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「小さな現象から将来を洞察する手法」、「工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)」の区分では「大学」を挙げる

割合が高く、また、「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」、「サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント」、「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」、「マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)」などの区分では「民間企業」を挙げる割合が高くなっている。

表 11.4-7 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
小さな現象から将来を洞察する手法	61.3	18.2	46.2	24.9	1.8
国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント	20.7	13.3	86.7	16.6	2.6
サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント	25.6	24.6	68.1	26.0	3.9
社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み	45.3	25.6	49.4	22.3	1.9
人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	58.4	36.7	57.8	16.6	0.3
ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント	32.4	28.2	73.9	17.4	4.3
マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)	42.5	24.2	61.1	16.6	8.6
工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化	54.3	25.9	59.6	15.9	3.6

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-8 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる	83.5	2025	2035	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
58	政策立案を支援するために、新聞・論説記事間の関係を把握し、社会問題の構造を可視化する技術	78.7	2016	2023	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
23	大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ=知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム	75.2	2024	2033	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
57	リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	71.7	2019	2028	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
49	ゲーム理論による競争、交渉、協調の分析が進み、現実の政策決定、企業の意思決定に応用される	71.2	2014	2024	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-9 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実 現時期(年)	区分
57	リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	65.2	2019	2028	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
20	我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される	57.3	2016	2023	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
50	金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する	48.8	2025	2036	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
33	高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア	46.4	2014	2019	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
16	地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	37.7	2018	2026	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント

○民間企業

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPO を含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-10 「民間企業(NPO を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実 現時期(年)	区分
53	企業において、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術・プロセス、および、その活用の質・量を評価する技術・プロセスが確立し、有効に利用されるようになる	89.5	2014	2021	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
8	設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援(最適化・効率化・許認可申請など)する高度なバーチャルマニュファクチャリングシステム	88.3	2017	2021	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
14	過剰在庫や欠品による機会損失がほぼ解消されるような、高効率な需要予測・生産物流システム	87.6	2016	2021	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
18	製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム	86.8	2013	2019	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
47	通貨価値の変動や、エネルギーをはじめとする国際商品価格の変動によって生じるマーケットリスクを軽減するために、我が国の主要企業(上場企業の 3 割以上)は、このリスクをもたらす要因を事前に特定し、リスク量を日次ベースで計測して、管理するようになる	86.1	2016	2023	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-11 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
20	我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される	48.8	2016	2023	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
17	我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する	41.3	2015	2024	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
16	地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	37.7	2018	2026	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
55	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム	34.6	2019	2027	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化

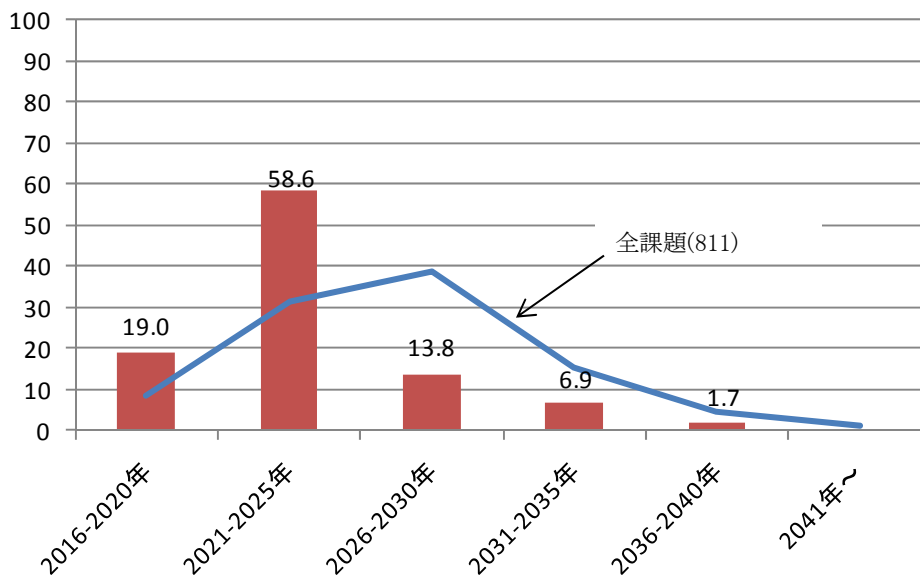
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い課題(回答比率 30%以上)の課題はなかった。

11.4.4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。本分科会における科学技術課題の社会的実現予測時期は2021-2025年にピークがあり、全課題の傾向よりも早めに実現すると予測された課題が多い傾向にある。

図 11.4-4 社会的実現予測時期の分布



区分別・実現予測時期別の課題数は下表の通りである。「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」や「社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み」、「工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)」の区分では、他の区分に比べ社会的実現予測時期が比較的遅い課題が多くなっている。

表 11.4-12 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
小さな現象から将来を洞察する手法			2			
国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント		2	4	2	2	
サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント		5	4	1		
社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み			4	2	1	
人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持		1	5		1	
ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント			4			
マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)		2	7			1
工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント／知の構造化		1	4	3		

実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けてある。「実現しない」の回答の比率の高かった上位5以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の通りである。「わからない」については、回答比率の高い(30%以上)の課題はなかった。

表 11.4-13 「実現しない」という回答比率が高かった課題

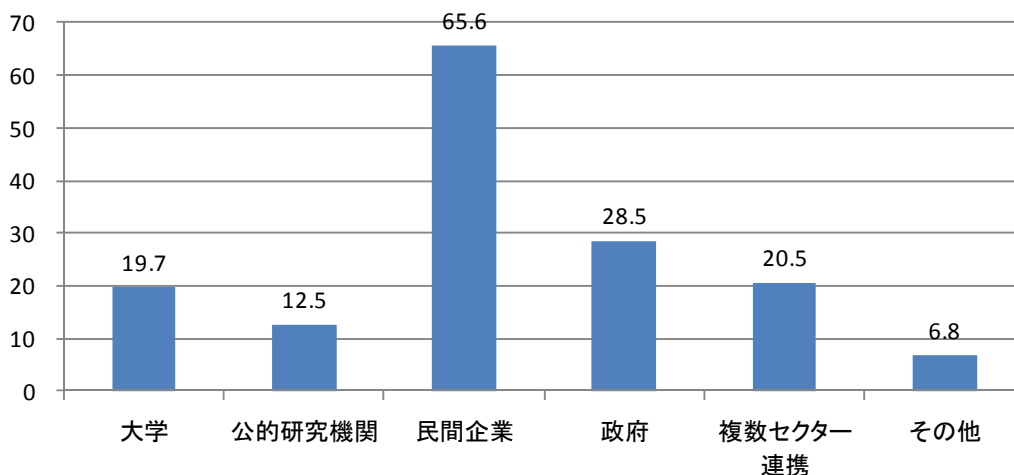
	課題	比率(%)	社会的実現時期(年)	区分
50	金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する	55.4	2036	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
12	初等教育において国外留学する生徒や、インターナショナルスクールに通う生徒が20%以上になる	47.7	2032	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
25	個人が、家族単位を超えたレベルで、どのような地域社会集団、生活支援組織とどのように関わっているかを、社会資源とそのネットワークについて悉皆調査し、個人ベースの国勢調査に加えて、社会ネットワーク(連結個人)ベースの「ソーシャルキャピタル調査」が国によって行われるようになる	39.8	2025	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる	38.3	2035	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
27	上場企業において、個人が企業への所属の有無を問われることなく、個人あるいはフリーランスとして、プロジェクト方式により、その企業のために商品開発や戦略構築を行う方式が標準的経営スタイルとなる	37.5	2026	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み

11.4.5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。本分科会全般では、「民間企業 (NPO を含む)」をあげる割合が 6 割以上を占めている。

図 11.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別にみると、「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」の区分で政府(地方公共団体を含む)の割合が民間企業(NPO を含む)よりも高く、他の区分の傾向とは若干異なっている。

表 11.4-14 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
小さな現象から将来を洞察する手法	27.6	8.4	78.1	4.0	12.7	1.3
国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント	10.9	5.8	64.9	29.1	18.0	11.5
サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント	16.5	12.3	68.9	29.1	26.6	2.7
社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み	17.2	12.6	55.6	29.1	27.5	4.0
人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	27.5	12.4	69.3	33.9	21.7	1.7
ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント	12.3	16.2	46.2	47.3	27.0	14.9
マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)	16.4	13.0	70.6	30.4	13.5	11.0
工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化	35.9	19.8	67.8	16.2	16.5	5.0

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-15 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	大学(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
58	政策立案を支援するために、新聞・論説記事間の関係を把握し、社会問題の構造を可視化する技術	67.7	2016	2023	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
23	大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ=知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム	65.7	2024	2033	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる	65.3	2025	2035	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
13	サービス価値に関する一般理論が確立され、それが具体的な事例に適応され始める	63.1		2020	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
31	大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる	60.7		2022	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 11.4-16 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	公的機関(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
57	リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	53.8	2019	2028	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
23	大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ=知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム	33.3	2024	2033	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み

○民間企業(NPOを含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-17 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	民間企業(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
4	日本企業と海外企業との技術提携数が、現在の提携数の 2 倍を超える	95.2		2019	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント

	課題	民間企業(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
53	企業において、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術・プロセス、および、その活用の質・量を評価する技術・プロセスが確立し、有効に利用されるようになる	95.1	2014	2021	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化)
11	売上額の1/2が海外で発生するようなグローバル化した日本の大企業では、国内法人においても新たな協働システムが構築され、その中枢を担う管理職、専門職の1/3以上に外国人労働者を採用するようになる	94.0		2028	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
22	資源配分やスケジューリング等に関する最適化問題が効率的に解決されるようになり、企業の費用削減に貢献する	91.3	2012	2018	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
46	従業員の業績評価方法と昇給・昇進制度の改善により、大幅な権限委譲が可能となり、労働生産性が現在の2割増まで上昇する	89.9		2024	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-18 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	政府(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
20	我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される	81.2	2016	2023	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
25	個人が、家族単位を超えたレベルで、どのような地域社会集団、生活支援組織とどのように関わっているかを、社会資源とそのネットワークについて悉皆調査し、個人ベースの国勢調査に加えて、社会ネットワーク(連結個人)ベースの「ソーシャルキャピタル調査」が国によって行われるようになる	78.5		2025	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
40	地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築	76.9		2022	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント
43	イノベーションを推進する視点で、過度の知的財産権の主張が制限されるようになる	76.6		2020	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
10	国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化	74.3		2024	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.4-19 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	複数セクター (%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
16	地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	46.6	2018	2026	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
24	貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出すGDPが国全体レベルの15%を超えるようになる	45.9		2030	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
17	我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する	44.0	2015	2024	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
15	電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	40.9		2019	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
40	地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築	39.8		2022	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント

○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする割合の高い上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

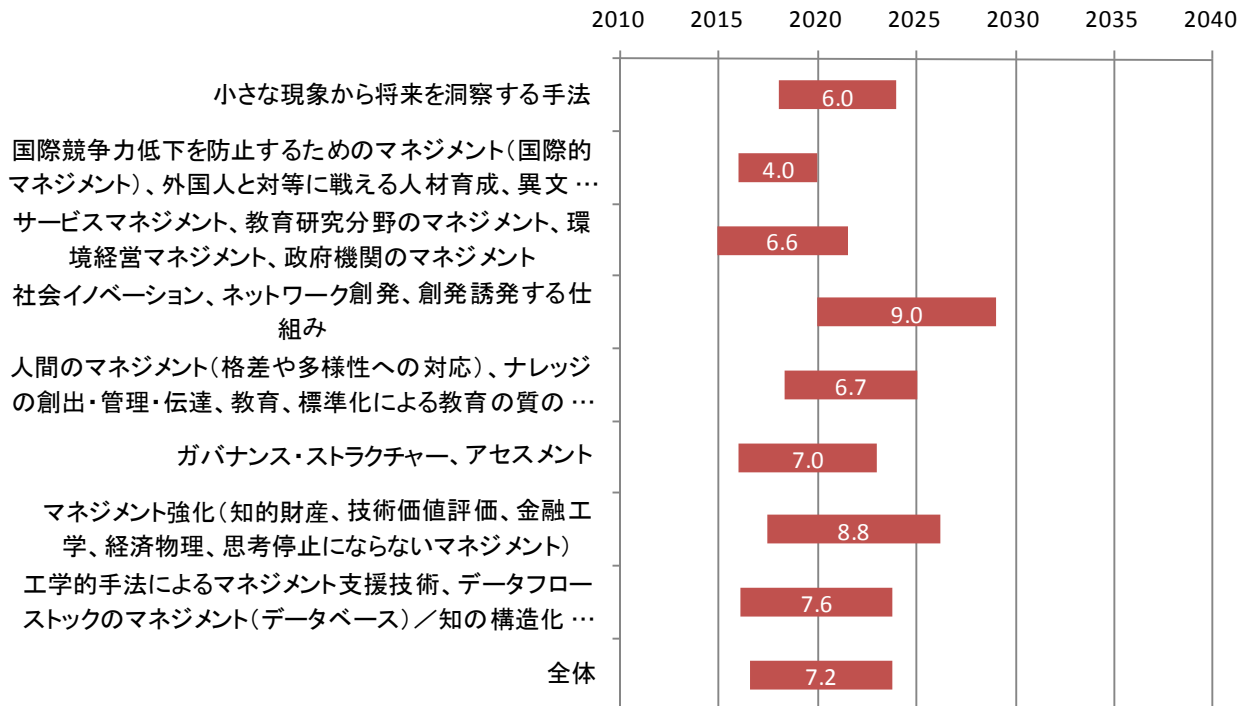
表 11.4-20 「その他(国際機関等)」という回答の比率が高かった課題

	課題	その他(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
37	過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される	51.5		2025	ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント
10	国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化	32.1		2024	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント

11.4.6. 技術的実現から社会的実現までの期間

本分科会の課題全体における技術的実現から社会的適用までの期間の平均は 7.2 年である。これを区分別にみると、「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」の区分では 4.0 年と最も短く、また、「社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み」の区分では 9.0 年と最も長くなっている。

図 11.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題および期間の短い課題、それぞれ 5 位以内の課題は以下の表の通りである。

表 11.4-21 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	期間(年)	区分
50	金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する	2025	2036	11	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる	2025	2035	10	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
49	ゲーム理論による競争、交渉、協調の分析が進み、現実の政策決定、企業の意思決定に応用される	2014	2024	10	マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)
23	大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ＝知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム	2024	2033	9	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
57	リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	2019	2028	9	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)
54	企業内部に蓄積された「データベース」や「ナレッジベース」等の取引の仕組みが、企業の内外に形成され、経済的動機に基づいて、「データベース」や「ナレッジベース」が活発に取引される	2017	2026	9	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント／知の構造化

	課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間 (年)	区分
26	ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる	2016	2025	9	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み
17	我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する	2015	2024	9	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
51	企業経営において、新たな創造のために、ある知識に対して関連する知識を速やかに取り出せるよう、知識を構造化する手法(例えば、キーグラフに類する手法)が定着する	2014	2023	9	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
14	過剰在庫や欠品による機会損失がほぼ解消されるような、高効率な需要予測・生産物流システム	2016	2021	5	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
32	熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム	2016	2021	5	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
21	我が国の公共部門、企業部門の組織において必要とされるIT投資管理において、要件定義を明確に行う手法	2014	2019	5	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
33	高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア	2014	2019	5	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
56	映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した、技術伝承のための仕組みの構築	2014	2019	5	工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化
8	設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援(最適化・効率化・許認可申請など)する高度なバーチャルマニュファクチャリングシステム	2017	2021	4	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント
9	デジタルモックアップにより、研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術	2015	2019	4	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント

11.4.7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 11.4-22 新規に提案された課題

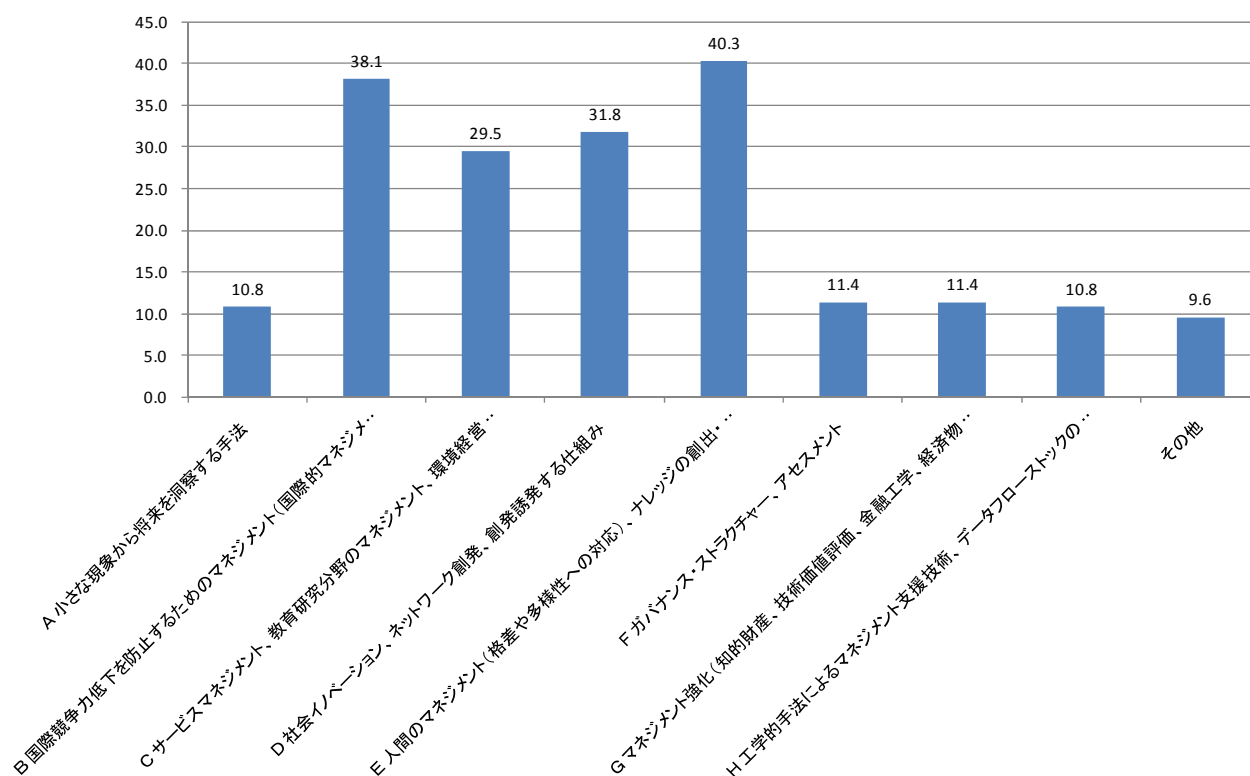
提案課題
民主主義 2.0 の構想
ustream + twitter によるジャーナリズム 2.0 の構想
著作権政策の転換(既存権利団体の解体とコピーライト 2.0 の構想)
東アジア漢字圏の知的財産制度の調和
マネジメントシステム規格、標準が発行され、マネジメント活動が国際的な規模で標準化される
複雑系のリスクを把握するための金融工学の研究の深化

11.5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

11.5.1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目は、区分E「人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持」が40.3%と最も多く、B「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」の38.1%、D「社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み」が31.8%と続いている。

図 11.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=176 単位% 複数回答)



11.5.2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下の通りである。

A 小さな現象から将来を洞察する手法(n=19)

「小さな現象から将来を洞察する手法」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 11.5-1 今後重点的に取り組むべき研究開発テーマ(区分A) <当該区分の回答数=19>

課題	%
1 実験経済学等の研究で行う個人の心理、意識の分析に基づく、企業組織、市場等の制度設計及び企業の製品開発、技術開発に用いられる意思決定予測技術	68.4
2 研究開発やマーケティング等に应用するために、認知心理学や脳科学などの理論から、消費者自身が自覚していないニーズやウォンツを理解(言語化が困難な考えや感情を可視化)する技術	68.4

B. 国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント

「国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 11.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=67>

課題	%
7 国際的なネットワーク人材マネジメントシステムが構築され、高度専門家が国境を越えて自由に移動することが促進されるようになる	70.1
6 異文化を前提とする国際マネジメント能力の向上によって、諸外国の歴史、文化、言語、法制度、価値観などを理解するための、能力開発プログラムが実施される	61.2
10 国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化	38.8
3 グローバル化の進展により、日本の大企業の約半数で社内公用語が英語になる	37.3

C. サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント

「サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=52>

課題	%
16 地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	50.0
13 サービス価値に関する一般理論が確立され、それが具体的な事例に適応され始める	44.2
15 電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	44.2
14 過剰在庫や欠品による機会損失がほぼ解消されるような、高効率な需要予測・生産物流システム	34.6
18 製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム	32.7
22 資源配分やスケジューリング等に関する最適化問題が効率的に解決されるようになり、企業の費用削減に貢献する	32.7

D. 社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み

「社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 11.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=53>

課題	%
28 オープンソース・ソフトウェアの供給方法のように、消費者が自分の欲しい財・サービスを、自分たちが中心になって共同で開発、生産、販売、サポートするシステムが、価格の高低を問わず多様な財・サービスについて行われるようになる	50.9
27 上場企業において、個人が企業への所属の有無を問われることなく、個人あるいはフリーランスとして、プロジェクト方式により、その企業のために商品開発や戦略構築を行う方式が標準的経営スタイルとなる	43.4
24 貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出す GDP が国全体レベルの 15%を超えるようになる	41.5
29 新発見・新技術開発の速度を加速化するために、企業や各産業分野の技術課題の多くが広く公告され、公募による解決策が提案され、またはコンテストの要領で審査されるようになる	32.1

E. 人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持

「人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 11.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 E) <当該区分の回答数=67>

課題	%
31 大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる	59.7
32 熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム	50.7
34 女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の 3 割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する	49.3
30 我が国において、雇用を確保して格差縮小社会を実現しつつ、国際競争力も保持することができる、ワークシェアリングを機能的に活用するマネジメント手法	37.3
33 高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア	34.3

F. ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント

「ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 11.5-6 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 F) <当該区分の回答数=18>

課題	%
37 過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される	77.8
40 地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築	50.0
39 ほとんどの企業において自然災害(台風、地震、洪水等)リスクマネジメント手法が導入される	38.9

G. マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)

「マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位 5 位以内の課題(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 11.5-7 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 G) <当該区分の回答数=18>

課題	%
41 我が国において、基本特許重視型の特許戦略への転換が図られ、それぞれの特許保有者が基本特許と改良特許をバランスよく取り揃えた特許ポートフォリオ構築を戦略に組み込み、特許先進国となる	72.2
42 国内出願重視から国際出願重視への方針転換が大規模に進められ、諸外国での特許取得による国際競争力の更なる向上が図られる	61.1
48 研究開発のプロジェクト・マネジメントにおいて、研究計画、実施、コントロール、評価、それぞれの方法が確立し、研究開発の効率性が平均で 2 割増になる	61.1
44 上場会社の抱える事業リスク等を数量的に把握し、定期的に公表することが制度化され、数値化されたリスクを最適事業ポートフォリオの構築などによって効率的に低減させることが、我が国の企業の経営において広く実行されるようになる	50.0

H. 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)

「工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化

(知識を関連して保存)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 11.5-8 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分H) <当該区分の回答数=19>

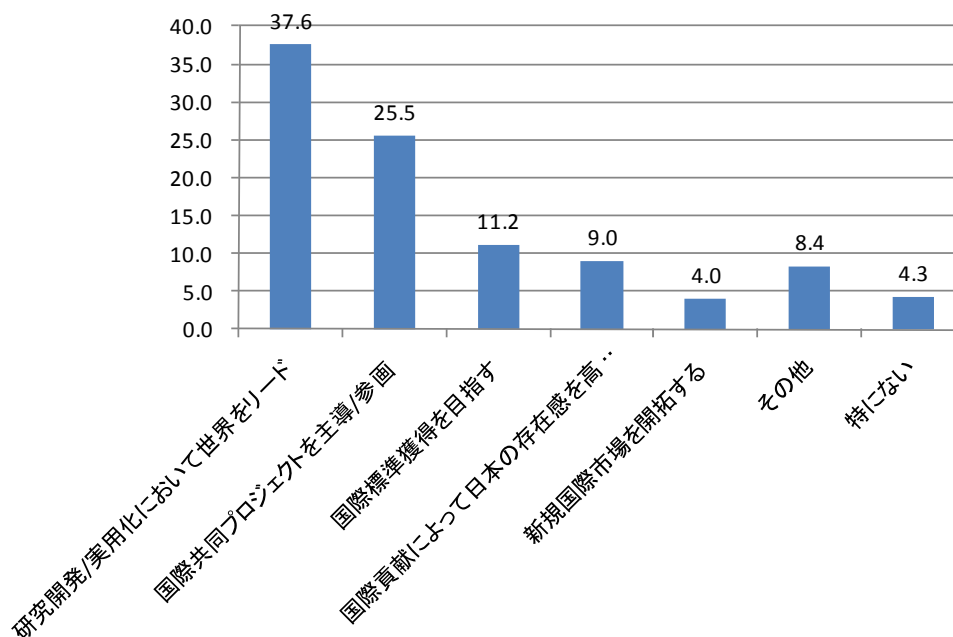
課題	%
53 企業において、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術・プロセス、および、その活用の質・量を評価する技術・プロセスが確立し、有効に利用されるようになる	63.2
52 ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験など)を形式知化する技術が確立され、技術の伝承が着実に進む	63.2
51 企業経営において、新たな創造のために、ある知識に対して関連する知識を速やかに取り出せるよう、知識を構造化する手法(例えば、キーマップに類する手法)が定着する	47.4
55 環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム	36.8

11.5.3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が全体で37.6%と最も多く、次に「国際共同プロジェクトを主導、国際共同プロジェクトに参画」が25.5%で続いている。

図 11.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(n=322、単位%、複数回答)



区分別にみても同様の傾向であるが、「A 小さな現象から将来を洞察する手法」や「H 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)」では特に「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」の回答数が多くなっている。

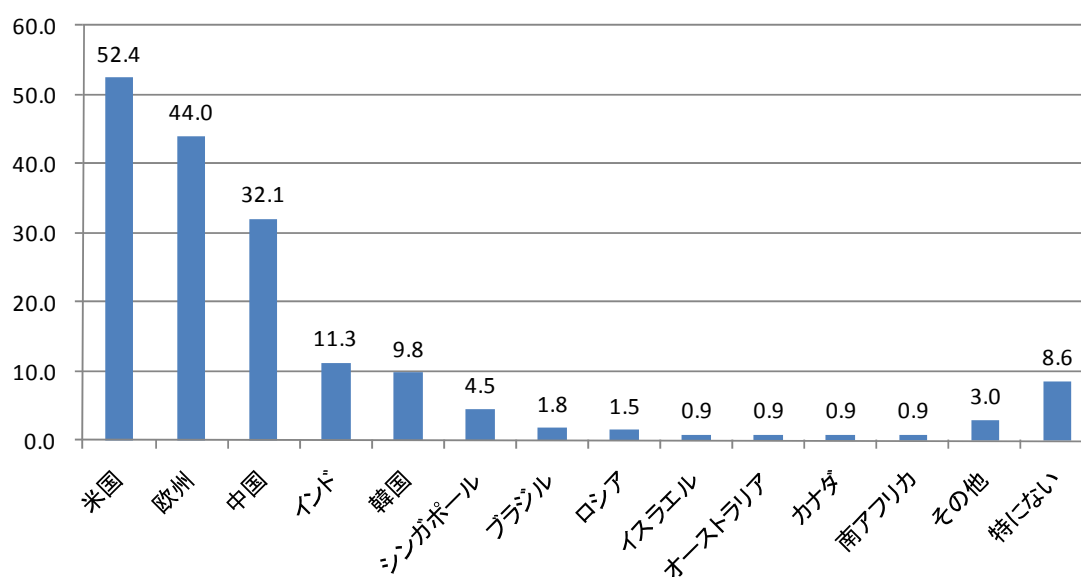
表 11.5-9 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分(回答数)	研究開発あるいは実用化において世界をリードする	国際共同プロジェクトに参画	国際共同プロジェクトを主導	国際標準獲得を目指す	国際貢献によって日本の存在感を高める	新規国際市場を開拓する	その他	特にない
A 小さな現象から将来を洞察する手法(19)	73.7	10.5			5.3	5.3		5.3
B 国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント(62)	17.7	37.1	22.6		6.5	3.2	11.3	1.6
C サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント(50)	64.0	16.0	4.0		4.0	10.0		2.0
D 社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み(53)	41.5	37.7	3.8		7.5	1.9	3.8	3.8
E 人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持(64)	29.7	20.3	3.1		20.3	3.1	17.2	6.3
F ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント(19)	21.1	31.6	26.3		15.8		5.3	
G マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)(20)	25.0	15.0	50.0			5.0		5.0
H 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)(19)	63.2	21.1	5.3		5.3			5.3
合計	37.6	25.5	11.2		9.0	4.0	8.4	4.3

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を発展させる上で、関係を強化すべき国・地域としては、全体では、もっとも多いのが米国の52.4%であり、次いで欧州が44.0%となっている。

図 11.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域 (n=336、単位%、複数回答)



区分別では、「B 国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」で中国も注目されている。

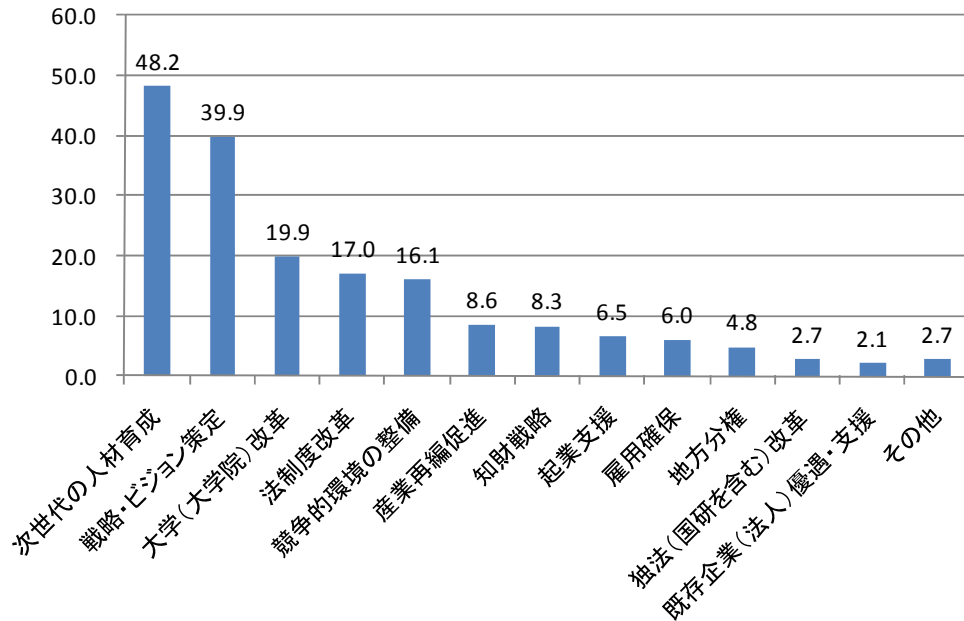
表 11.5-10 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域(単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	インド	韓国	シンガポール	ブラジル	ロシア	イスラエル	オーストラリア	カナダ	南アフリカ	その他	特 に な い
A 小さな現象から将来を洞察する手法(19)	57.9	52.6	10.5	15.8	5.3		5.3		5.3					10.5
B 国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント(67)	49.3	37.3	49.3	23.9	9.0	4.5	3.0			1.5	1.5		4.5	1.5
C サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント(51)	58.8	49.0	39.2	5.9	7.8	3.9			2.0			2.0		7.8
D 社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み(54)	59.3	46.3	27.8	11.1	3.7	3.7	1.9	1.9					1.9	11.1
E 人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持(69)	39.1	46.4	23.2	8.7	10.1	4.3	2.9	2.9	1.4		2.9	1.4	2.9	15.9
F ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント(20)	40.0	65.0	35.0	5.0	15.0	5.0		5.0		5.0			5.0	5.0
G マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならないマネジメント)(20)	85.0	30.0	30.0	5.0	15.0	5.0							5.0	
H 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化(19)	68.4	36.8	26.3	10.5	10.5	10.5								10.5

11.5.4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項では、「次世代の人材育成」が全体で48.2%と最も多く、次いで「戦略・ビジョン策定」の39.9%が続いている。

図 11.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項(n=336、単位%、複数回答)



区分別にみると、「B 国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント」、「H 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント(データベース)／知の構造化(知識を関連して保存)」で「次世代の人材育成」が強く求められており、また、「F ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント」、「D 社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み」で「法制度改革」が求められていることが分かる。

表 11.5-11 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答数)	次世代の人材育成	戦略・ビジョン策定	大学(大学院)改革	法制度改革	競争的環境の整備	産業再編促進	知財戦略	起業支援	雇用確保	地方分権	独法(国研を含む)改革	既存企業(法人)優遇・支援	その他
A 小さな現象から将来を洞察する手法(19)	52.6	36.8	15.8		15.8	5.3	10.5	10.5	5.3			10.5	
B 国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント(67)	67.2	37.3	23.9	13.4	17.9	13.4	7.5	1.5		1.5			4.5
C サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント(52)	42.3	51.9	25.0	19.2	21.2	17.3	3.8	7.7		1.9	1.9		
D 社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み(52)	42.3	34.6	11.5	25.0	17.3	11.5	7.7	13.5	1.9	5.8	5.8	1.9	
E 人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持(70)	50.0	30.0	28.6	17.1	11.4	1.4	1.4	10.0	20.0	5.7	1.4	2.9	2.9
F ガバナンス・ストラクチャー、アセスメント(20)	15.0	55.0	10.0	45.0	10.0		5.0		5.0	25.0	10.0		
G マネジメント強化(知的財産、技術価値評価、金融工学、経済物理、思考停止にならない)	35.0	25.0	10.0	15.0	20.0	5.0	50.0		5.0		5.0	5.0	5.0

区分(回答数)	次世代の人材育成	戦略・ビジョン策定	大学(大学院)改革	法制度改革	競争的環境の整備	産業再編促進	知財戦略	起業支援	雇用確保	地方分権	独法(国研を含む)改革	既存企業(法人)優遇・支援	その他
マネジメント(20)													
H 工学的手法によるマネジメント支援技術、データフローストックのマネジメント/知の構造化(19)	63.2	52.6	5.3		10.5	10.5	15.8	5.3	5.3			5.3	5.3

11.5.5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題として挙げられた上位10位以内の課題(ただし回答比率10%未満を省略)を以下に示す。エネルギー多消費型の移動手段の代替技術や電力需要の平準化などが上位に挙げられている。

表 11.5-12 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=151>

課題	%
16 地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人々の移動手段を代替する技術	58.9
15 電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	38.4
55 環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム	25.8
37 過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される	14.6
57 リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	13.2
24 貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出す GDP が国全体レベルの15%を超えるようになる	12.6

11.6. 集計結果一覧

区分	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
将来を洞察する手法から	1	実験経済学等の研究で行う個人の心理、意識の分析に基づく、企業組織、市場等の制度設計及び企業の製品開発、技術開発に用いられる意思決定予測技術	1	128	13	30	57	-	55	20	0	25
			2	117	12	29	59	-	56	16	0	28
			専	14	100	0	0	-	57	36	0	7
	2	研究開発やマーケティング等に応用するために、認知心理学や脳科学などの理論から、消費者自身が自覚していないニーズやウォンツを理解（言語化が困難な考えや感情を可視化）する技術	1	135	6	31	63	-	52	24	1	23
			2	123	4	25	71	-	57	17	1	25
			専	5	100	0	0	-	25	75	0	0
国際競争力低下を防止するために戦えるための人材育成、異文化の共働的マネジメント（国際的マネジメント）	3	グローバル化の進展により、日本の大企業の約半数で社内公用語が英語になる	1	148	11	36	53	-	17	54	2	27
			2	134	10	34	56	-	14	65	0	21
			専	13	100	0	0	-	8	84	0	8
	4	日本企業と海外企業との技術提携数が、現在の提携数の2倍を超える	1	143	21	29	50	-	45	51	1	3
			2	132	20	27	53	-	46	52	1	1
			専	26	100	0	0	-	58	42	0	0
	5	東アジア地域の経済統合がなされる	1	127	3	23	74	-	55	29	3	13
			2	119	3	23	74	-	60	25	3	12
			専	3	100	0	0	-	33	67	0	0
	6	異文化を前提とする国際マネジメント能力の向上によって、諸外国の歴史、文化、言語、法制度、価値観などを理解するための、能力開発プログラムが実施される	1	130	12	25	63	-	43	47	2	8
			2	119	11	18	71	-	47	46	3	4
			専	13	100	0	0	-	50	50	0	0
7	国際的なネットワーク人材マネジメントシステムが構築され、高度専門家が国境を越えて自由に移動することが促進されるようになる	1	142	12	32	56	-	62	31	3	4	
		2	129	11	28	61	-	72	24	1	3	
		専	14	100	0	0	-	71	29	0	0	
8	設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援（最適化・効率化・許認可申請など）する高度なバーチャルマニュファクチャリングシステム	1	128	17	30	53	-	59	28	4	9	
		2	119	13	26	61	-	67	25	3	5	
		専	16	100	0	0	-	72	21	0	7	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										12
						12	15	58	23	41	25	5							13	17	31	13	72	10	16	5
						12	10	59	17	47	24	2							12	14	28	10	78	6	12	2
						14	0	62	38	54	23	15							14	0	31	8	69	8	23	8
						9	10	57	21	47	26	3							8	11	30	6	76	3	13	4
						8	12	63	19	45	26	2							9	12	28	7	78	2	14	1
						0	0	60	20	80	20	0							0	0	40	0	80	0	0	0
																			37	7	8	5	84	17	11	8
																			37	2	6	2	90	14	10	4
																			15	0	15	8	85	15	15	0
																			2	5	2	3	91	9	11	4
																			2	5	2	2	95	6	8	2
																			4	4	4	4	92	0	15	4
																			21	8	3	2	24	70	23	25
																			19	3	1	1	23	74	21	23
																			33	0	0	0	33	33	100	0
																			6	7	30	15	44	22	30	17
																			3	6	34	9	61	12	25	11
																			0	0	23	8	62	8	23	23
																			4	6	24	18	61	27	26	20
																			2	4	20	12	72	21	26	18
																			0	0	14	7	79	14	29	7
						2	3	26	19	81	21	7							2	4	20	12	78	12	23	5
						1	4	17	12	88	20	4							1	3	15	10	86	8	22	4
						7	0	45	9	91	27	18							0	0	25	13	69	19	38	6

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント	9	デジタルモックアップにより、研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術	1	121	17	31	52	-	53	43	1	3
			2	110	15	29	56	-	60	37	0	3
			専	17	100	0	0	-	87	13	0	0
	10	国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化	1	122	11	27	62	-	81	13	3	3
			2	113	9	25	66	-	86	10	2	2
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0
	11	売上額の1/2が海外で発生するようなグローバル化した日本の大企業では、国内法人においても新たな協働システムが構築され、その中枢を担う管理職、専門職の1/3以上に外国人労働者を採用するようになる	1	137	12	26	62	-	19	61	4	16
			2	126	9	28	63	-	10	73	2	15
			専	11	100	0	0	-	9	91	0	0
	12	初等教育において国外留学する生徒や、インターナショナルスクールに通う生徒が20%以上になる	1	113	9	19	72	-	8	43	0	49
			2	110	7	12	81	-	6	46	0	48
			専	8	100	0	0	-	13	49	0	38
サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント	13	サービス価値に関する一般理論が確立され、それが具体的な事例に適用され始める	1	136	25	34	41	-	56	25	1	18
			2	123	19	33	48	-	64	18	0	18
			専	23	100	0	0	-	65	35	0	0
	14	過剰在庫や欠品による機会損失がほぼ解消されるような、高効率な需要予測・生産物流システム	1	141	21	30	49	-	66	21	3	10
			2	124	18	32	50	-	74	15	2	9
			専	22	100	0	0	-	90	5	0	5
	15	電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	1	141	16	35	49	-	75	19	4	2
			2	125	16	30	54	-	83	13	1	3
			専	20	100	0	0	-	90	10	0	0
	16	地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移手段を代替する技術	1	137	12	36	52	-	89	6	3	2
			2	122	11	30	59	-	92	4	2	2
			専	14	100	0	0	-	93	7	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が技術的に可能になる時期)										左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター						
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						0	2	26	20	79	18	3							0	4	16	13	83	5	19	2
						0	2	24	15	85	13	1							0	2	14	9	84	2	17	0
						0	0	24	0	71	29	0							0	6	13	0	67	0	33	0
																			11	5	10	12	36	60	25	35
																			6	4	8	7	35	74	21	32
																			10	10	10	10	10	60	20	20
																			16	8	2	2	90	20	8	8
																			21	5	2	2	94	17	6	5
																			36	0	9	9	73	9	18	0
																			43	12	11	7	15	44	28	19
																			48	6	7	4	11	62	24	15
																			38	0	0	25	13	50	13	0
																			13	10	57	15	53	9	23	3
																			14	8	63	12	58	5	23	2
																			9	0	65	22	52	4	30	0
																			14	7	29	7	87	13	2	
																			12	3	23	3	88	20	0	
																			20	0	42	11	84	32	0	
																			2	1	16	27	58	48	36	7
																			2	1	9	19	71	57	41	3
																			0	0	10	15	75	55	45	0
																			2	3	40	44	58	42	10	
																			1	0	36	38	64	38	7	
																			0	0	29	36	43	21	0	

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方に とり重 要	特に 日本に とり重 要	特に 世界に とり重 要	重要 度・優 先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
環境経営マネジメント、 サービスマネジメント、 教育研究分野のマネジ メント、政府機関の マネジメント	17	我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する	1	122	8	27	65	-	36	52	1	11
			2	112	6	25	69	-	34	56	0	10
			専	7	100	0	0	-	29	57	0	14
	18	製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴（製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等）を識別できるICチップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム	1	140	16	39	45	-	64	21	2	13
			2	127	13	38	49	-	76	11	1	12
			専	16	100	0	0	-	74	13	0	13
	19	レジ、接客など人的サービスを代替できるロボットや情報システム	1	125	9	38	53	-	34	33	2	31
			2	115	5	36	59	-	32	35	0	33
			専	6	100	0	0	-	50	17	0	33
	20	我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される	1	96	8	21	71	-	19	65	2	14
			2	90	8	16	76	-	10	77	0	13
			専	7	100	0	0	-	43	57	0	0
	21	我が国の公共部門、企業部門の組織において必要とされるIT投資管理において、要件定義を明確に行う手法	1	112	22	32	46	-	30	49	0	21
			2	97	22	30	48	-	29	53	0	18
			専	21	100	0	0	-	47	43	0	10
22	資源配分やスケジューリング等に関する最適化問題が効率的に解決されるようになり、企業の費用削減に貢献する	1	139	19	35	46	-	59	22	2	17	
		2	121	17	34	49	-	67	18	2	13	
		専	20	100	0	0	-	78	11	0	11	
23	大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ＝知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム	1	119	13	32	55	-	47	16	1	36	
		2	113	9	29	62	-	53	8	0	39	
		専	10	100	0	0	-	78	11	0	11	
24	貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出すGDPが国全体レベルの15%を超えるようになる	1	103	9	30	61	-	66	21	7	6	
		2	102	5	25	70	-	78	13	6	3	
		専	5	100	0	0	-	60	40	0	0	

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						4	3	29	37	50	39	4							7	7	17	24	45	45	39	3
						5	2	24	37	58	41	2							6	5	12	22	49	56	44	2
						29	0	14	29	43	57	0							29	0	29	29	29	29	57	0
						3	2	20	15	86	20	4							6	4	12	13	79	23	23	6
						3	1	18	10	87	18	5							5	2	11	8	87	21	23	6
						6	0	33	7	80	13	0							7	0	14	0	79	29	21	7
						5	6	38	26	77	16	1							8	8	15	12	86	8	17	1
						3	4	32	15	81	16	1							7	6	14	6	88	7	19	1
						0	17	83	67	67	0	0							17	17	33	50	67	17	0	0
						5	13	21	43	7	40	23							6	19	9	12	13	74	30	10
						2	7	16	57	2	49	16							7	13	6	11	9	81	29	6
						0	14	17	83	0	17	17							0	14	17	50	0	33	33	17
						5	9	27	29	73	18	2							6	10	14	17	75	25	16	4
						6	3	22	24	81	11	1							6	6	9	11	82	23	11	2
						10	0	19	14	86	10	0							11	0	10	15	75	10	10	0
						4	5	42	18	77	14	1							5	4	15	15	86	8	13	2
						2	4	35	14	84	15	0							3	4	13	13	91	4	10	1
						0	0	47	5	84	11	0							0	0	20	10	95	5	10	0
						36	10	72	41	23	21	2							35	13	55	36	32	13	23	2
						34	8	75	38	15	22	3							34	10	66	33	29	8	19	3
						40	0	89	44	0	0	0							40	0	67	22	22	11	0	0
																			15	11	11	10	39	49	45	14
																			12	11	8	4	39	58	46	14
																			0	20	40	40	40	20	40	0

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方に とり重 要	特に 日本に とり重 要	特に 世界に とり重 要	重要 度・優 先度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
社会イノベーション、ネットワーキング、ネットワーク開発、	25	個人が、家族単位を超えたレベルで、どのような地域社会集団、生活支援組織とどのように関わっているかを、社会資源とそのネットワークについて悉皆調査し、個人ベースの国勢調査に加えて、社会ネットワーク（連結個人）ベースの「ソーシャル・キャピタル調査」が国によって行われるようになる	1	101	9	34	57	-	20	34	0	46
			2	90	3	31	66	-	19	27	0	54
			専	3	100	0	0	-	0	33	0	67
	26	ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる	1	148	18	32	50	-	46	22	3	29
			2	131	15	28	57	-	54	15	0	31
			専	19	100	0	0	-	50	17	0	33
	27	上場企業において、個人が企業への所属の有無を問われることなく、個人あるいはフリーランスとして、プロジェクト方式により、その企業のために商品開発や戦略構築を行う方式が標準的経営スタイルとなる	1	129	15	26	59	-	26	29	0	45
			2	116	12	26	62	-	26	25	0	49
			専	14	100	0	0	-	35	36	0	29
	28	オープンソース・ソフトウェアの供給方法のように、消費者が自分の欲しい財・サービスを、自分たちが中心になって共同で開発、生産、販売、サポートするシステムが、価格の高低を問わず多様な財・サービスについて行われるようになる	1	128	15	33	52	-	49	17	1	33
			2	113	11	32	57	-	57	14	1	28
			専	12	100	0	0	-	55	18	0	27
	29	新発見・新技術開発の速度を加速化するために、企業や各産業分野の技術課題の多くが広く公告され、公募による解決策が提案され、またはコンテストの要領で審査されるようになる	1	125	19	34	47	-	41	28	1	30
			2	115	12	36	52	-	48	22	1	29
			専	14	100	0	0	-	57	29	0	14
人間のマネジメント（格差や多様性への対応）、ナレッジの創出・管理・伝達、標準化による教育の質の維持	30	我が国において、雇用を確保して格差縮小社会を実現しつつ、国際競争力も保持することができる、ワークシェアリングを機能的に活用するマネジメント手法	1	121	13	31	56	-	22	68	1	9
			2	118	10	26	64	-	16	79	2	3
			専	12	100	0	0	-	27	55	9	9
	31	大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる	1	137	26	36	38	-	16	70	1	13
			2	126	23	36	41	-	10	81	1	8
			専	29	100	0	0	-	21	76	0	3
	32	熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム	1	140	20	34	46	-	33	56	0	11
			2	129	17	30	53	-	26	64	1	9
			専	22	100	0	0	-	33	62	0	5

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全くなし	世界・日本 双方にとり重要	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
人間の マネジメント (格差や多様性 への対応)、ナ レッジの創出・ 維持・伝達、 教育、標準化	33	高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい 情報端末機器及びソフトウェア	1	126	17	29	54	-	61	34	1	4
			2	113	16	26	58	-	68	29	1	2
			専	18	100	0	0	-	78	22	0	0
	34	女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と 仕事の両立化を推進する社会環境（例えば上場企業の3割 で託児保育施設が設置される等）が我が国で実現する	1	106	9	31	60	-	15	81	0	4
			2	105	8	25	67	-	12	86	0	2
			専	8	100	0	0	-	25	75	0	0
	35	我が国において、個人の動機付けと報酬の関係を明確に した雇用契約が一般化する	1	110	18	26	56	-	13	55	2	30
			2	109	14	23	63	-	6	59	1	34
			専	15	100	0	0	-	7	60	0	33
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メ カニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるよう になる	1	115	8	34	58	-	43	11	2	44	
		2	107	7	28	65	-	42	12	0	46	
		専	8	100	0	0	-	75	25	0	0	
ガバナンス・ ストラクチャー、 アセスメント	37	過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界 的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界 共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバ ナンスの体制が確立される	1	113	10	34	56	-	90	1	5	4
			2	106	7	31	62	-	91	2	4	3
			専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
	38	プロジェクト・リスクに関する共通化・普遍化された評価・ 管理システム	1	124	15	33	52	-	58	21	4	17
			2	118	13	31	56	-	71	15	2	12
			専	15	100	0	0	-	86	7	7	0
	39	ほとんどの企業において自然災害（台風、地震、洪水 等）リスクマネジメント手法が導入される	1	126	19	25	56	-	59	31	1	9
			2	117	16	26	58	-	77	17	0	6
			専	19	100	0	0	-	69	26	0	5
	40	地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向 上させるための効果的な情報システム・社会制度構築	1	117	15	28	57	-	35	58	1	6
			2	110	12	26	62	-	34	62	0	4
			専	13	100	0	0	-	69	31	0	0

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
						(%)	(%)											(%)	(%)							
						0	2	49	44	63	24	1							0	3	30	21	63	31	29	1
						0	1	54	46	67	23	0							0	1	27	18	73	27	29	0
						0	0	50	61	61	28	0							0	0	39	28	72	22	39	0
																			3	5	5	9	64	61	27	1
																			3	1	4	5	73	67	22	0
																			0	0	0	0	50	50	63	0
																			32	15	5	8	76	30	15	5
																			35	5	3	5	82	34	14	2
																			64	7	0	0	86	21	14	0
																			35	18	53	29	50	9	22	5
						25	15	74	44	30	19	3							38	7	65	24	51	4	13	5
						31	8	84	37	27	12	1							0	38	63	25	75	13	25	0
						0	38	100	63	50	25	0							23	8	7	13	16	62	28	51
																			21	4	6	7	9	70	25	52
																			14	14	0	14	29	86	0	43
						13	9	42	29	60	31	10							14	11	29	22	63	19	32	6
						12	4	40	21	68	23	5							12	5	25	19	74	11	24	1
						7	0	64	7	64	14	7							7	0	47	20	80	7	13	0
						6	2	32	36	66	23	6							11	3	17	23	71	36	25	11
						5	0	25	36	80	12	4							10	0	10	18	81	32	19	5
						0	0	28	44	72	11	11							11	0	11	21	79	32	21	5
																			3	9	12	23	26	74	33	2
																			0	5	8	21	20	77	40	2
																			0	8	15	38	23	69	23	0

区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高 (%)	中	低	全 く な し	世 界 ・ 日 本 双 方 に と り 重 要 (%)	特 に 日 本 に と り 重 要	特 に 世 界 に と り 重 要	重 要 度 ・ 優 先 度 は 低 い
マ ネ ジ メ ン ト 強 化 (知 的 財 産 、 技 術 価 値 評 価 、 金 融 工 学 、 経 済 物 理 、 思 考 停 止 に な ら な い マ ネ ジ メ ン ト)	41	我が国において、基本特許重視型の特許戦略への転換が図られ、それぞれの特許保有者が基本特許と改良特許をバランスよく取り揃えた特許・ポートフォリオ構築を戦略に組み込み、特許先進国となる	1	113	19	35	46	-	12	83	0	5
			2	105	17	35	48	-	7	90	0	3
			専	18	100	0	0	-	22	61	0	17
	42	国内出願重視から国際出願重視への方針転換が大規模に進められ、諸外国での特許取得による国際競争力の更なる向上が図られる	1	115	17	37	46	-	14	77	2	7
			2	108	16	33	51	-	10	85	0	5
			専	17	100	0	0	-	29	59	0	12
	43	イノベーションを推進する視点で、過度の知的財産権の主張が制限されるようになる	1	121	23	32	45	-	57	21	6	16
			2	116	18	32	50	-	71	14	4	11
			専	21	100	0	0	-	76	19	5	0
	44	上場会社の抱える事業リスク等を数量的に把握し、定期的に公表することが制度化され、数値化されたリスクを最適な事業ポートフォリオの構築などによって効率的に低減させることが、わが国の企業の経営において広く実行されるようになる	1	119	17	29	54	-	32	38	0	30
			2	110	15	27	58	-	30	40	0	30
			専	16	100	0	0	-	33	47	0	20
	45	アジア、ラテンアメリカ、大陸ヨーロッパ等の企業において、アメリカ合衆国、イギリスの株主主権型とは異なる固有のコーポレートガバナンスが、一定の地位を確立する	1	98	14	32	54	-	53	17	14	16
			2	93	10	28	62	-	66	13	9	12
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0
	46	従業員の業績評価方法と昇給・昇進制度の改善により、大幅な権限委譲が可能となり、労働生産性が現在の2割増まで上昇する	1	117	13	28	59	-	20	57	2	21
			2	113	11	26	63	-	15	65	1	19
			専	12	100	0	0	-	42	50	0	8
	47	通貨価値の変動や、エネルギーをはじめとする国際商品価格の変動によって生じるマーケット・リスクを軽減するために、我が国の主要企業（上場企業の3割以上）は、このリスクをもたらす要因を事前に特定し、リスク量を日次ベースで計測して、管理するようになる	1	95	15	26	59	-	41	44	1	14
			2	89	10	22	68	-	44	46	0	10
			専	9	100	0	0	-	78	22	0	0
	48	研究開発のプロジェクト・マネジメントにおいて、研究計画、実施、コントロール、評価、それぞれの方法が確立し、研究開発の効率性が平均で2割増になる	1	141	24	34	42	-	45	39	1	15
			2	127	20	37	43	-	49	39	0	12
			専	25	100	0	0	-	54	42	0	4

図形の見方に関しては73-74ページを参照

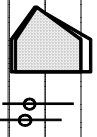
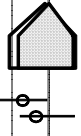
区 分	課題 番号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高	中	低	全 く な し	世界・ 日本 双方 にとり 重要	特に 日本 にとり 重要	特に 世界 にとり 重要	重要 度・ 優先 度は 低い
					(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
マ ネ ジ メ ン ト 強 化 （ 知 的 財 産 、 技 術 面 面 臨 評 価 ） （ 金 融 工 学 、 経 済 物 理 、 思 考 停 止 に な ら な い マ ネ ジ メ ン ト ）	49	ゲーム理論による競争、交渉、協調の分析が進み、現実の政策決定、企業の意味決定に応用される	1	130	20	28	52	-	41	14	2	43
			2	116	18	27	55	-	44	10	1	45
			専	21	100	0	0	-	40	15	0	45
	50	金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する	1	99	12	25	63	-	83	7	1	9
			2	94	11	23	66	-	93	3	0	4
			専	10	100	0	0	-	90	10	0	0
デ ィ タ フ ロ ー ス ツ ツ ク の マ ネ ジ メ ン ト （ デ ィ タ ベ ー ス ） ／ 知 の 構 造 化 （ 知 識 を 関 連 し て 保 存 ） （ 工 学 的 手 法 に よ る マ ネ ジ メ ン ト 支 援 技 術 、 知 の 構 造 化 ）	51	企業経営において、新たな創造のために、ある知識に対して関連する知識を速やかに取り出せるよう、知識を構造化する手法（例えば、キーグラフに類する手法）が定着する	1	129	16	33	51	-	51	27	0	22
			2	118	14	31	55	-	63	16	0	21
			専	16	100	0	0	-	68	19	0	13
	52	ものづくり、製造技術の暗黙知（基本技術・技能、ノウハウ、経験など）を形式知化する技術が確立され、技術の伝承が着実に行われる	1	150	23	39	38	-	27	65	1	7
			2	129	24	40	36	-	23	71	1	5
			専	31	100	0	0	-	30	57	3	10
	53	企業において、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術・プロセス、および、その活用の質・量を評価する技術・プロセスが確立し、有効に利用されるようになる	1	143	16	40	44	-	57	29	1	13
			2	125	14	40	46	-	68	21	0	11
			専	18	100	0	0	-	83	6	0	11
	54	企業内部に蓄積された「データベース」や「ナレッジベース」等の取引の仕組みが、企業の内外に形成され、経済的動機に基づいて、「データベース」や「ナレッジベース」が活発に取引される	1	139	16	33	51	-	51	21	1	27
			2	123	14	33	53	-	58	15	1	26
			専	17	100	0	0	-	58	24	0	18
	55	環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム	1	121	16	32	52	-	70	11	1	18
			2	110	14	33	53	-	82	6	0	12
			専	15	100	0	0	-	80	7	0	13
	56	映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した、技術伝承のための仕組みの構築	1	131	15	33	52	-	43	44	0	13
			2	121	13	34	53	-	46	41	0	13
			専	16	100	0	0	-	62	25	0	13

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター							
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)
	19	10	67	19	38	18	4		22	12	47	14	55	15	17	7									
	22	7	71	13	40	15	4		26	10	48	8	63	8	14	5									
	29	10	74	21	32	26	0		30	15	68	16	42	5	21	0									
	51	9	42	45	15	32	31		54	8	31	31	18	54	25	28									
	50	10	55	49	14	28	20		55	11	34	24	13	62	17	21									
	40	10	80	70	10	30	20		44	11	70	40	10	40	20	20									
	9	4	63	21	64	12	1		11	4	37	17	74	7	16	2									
	5	3	66	12	67	9	0		9	2	35	9	84	4	10	1									
	19	0	56	6	75	6	0		19	0	33	7	73	0	13	0									
	12	10	47	24	68	20	1		14	10	25	17	79	8	21	2									
	9	5	42	17	79	16	1		11	6	27	13	87	5	16	2									
	10	0	45	13	81	13	0		10	0	33	17	80	3	17	3									
	6	4	38	18	83	14	1		8	5	25	12	88	6	15	2									
	2	4	33	10	90	8	0		5	5	24	8	95	3	9	1									
	0	0	33	11	94	11	0		0	6	44	22	94	6	11	0									
	17	11	35	17	73	13	9		19	16	23	13	79	8	16	6									
	15	8	32	8	79	7	3		17	11	21	7	83	7	11	4									
	18	0	38	19	88	13	6		20	7	31	19	81	13	19	6									
	17	12	44	33	42	37	23		16	14	28	25	45	35	33	25									
	13	7	55	31	47	35	15		14	9	31	25	51	39	25	24									
	7	7	53	67	47	20	13		7	7	47	47	60	33	13	7									
	2	3	50	33	67	17	1		3	4	31	21	75	10	21	1									
	3	2	56	27	71	14	0		3	3	29	17	82	5	16	0									
	6	0	53	27	87	7	0		7	0	33	27	100	0	7	0									

区 分	課 題 番 号	課 題	ア ン ケ ー ト 区 分	回 答 者 (人)	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度			
					高 (%)	中	低	全 く な し	世界・日本 双方にとり 重要 (%)	特に日本 にとり重要	特に世界 にとり重要	重要度・優先 度は低い
<small>（注）本調査は、調査対象者の回答に基づき、調査結果を公表するものではない。また、調査結果は、調査対象者の回答に基づき、調査結果を公表するものではない。</small>	57	リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	1	104	13	31	56	-	79	11	1	9
			2	97	11	32	57	-	87	9	0	4
			専	11	100	0	0	-	91	9	0	0
	58	政策立案を支援するために、新聞・論説記事間の関係を把握し、社会問題の構造を可視化する技術	1	111	13	33	54	-	38	20	0	42
			2	106	13	25	62	-	40	17	0	43
			専	14	100	0	0	-	62	0	0	38

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																										(%)	(%)
						8	7	66	61	29	26	21							8	11	44	46	33	41	31	23	
						6	4	72	65	24	22	9							6	6	52	54	29	37	24	9	
						9	9	82	73	45	18	9								10	10	60	80	50	50	10	0
						11	10	65	36	25	23	1								15	12	49	26	30	31	26	2
						12	8	79	37	20	17	1							18	8	68	25	31	30	22	0	
						17	8	91	55	45	27	0							25	0	82	27	45	45	36	0	

11. 7. 課題別コメント

1	<p>実験経済学等の研究で行う個人の心理、意識の分析に基づく、企業組織、市場等の制度設計及び企業の製品開発、技術開発に用いられる意思決定予測技術</p> <p>○そもそも経営学でいう商品開発では理性的な行動(合理的な行動)よりも心理学を重要視している。○このような行動工学的思想に基づく課題設定は 70 年代的に古くまともに取り組む機関があるとは考えられない。○「意思決定予測技術」とは企業が行うであろう意思決定を「予測」するための技術ということですか? ○どのレベルまで想定するかによって時期は大きく異なる。○質問の意図が不明。過去の心理学ベースの調査法は誰でも使っている。もう少し特定すべき。○実験経済学→経済物理学と読みかえた方がよい。○IBM、オラクル、SAP などが BI 分野に多大な投資を始めたこと。○部分的な予測ツールは民間企業や研究機関などにより開発されるだろうが、意志決定手段の本流になるとは思えない。○欧米で先に実現、普及するのではないか。○従来の合理的経済人のモデルを超えて実用性の高い経済学モデルを作る可能性がある。○マーケティングのような狭い領域で実験手法は役立つと分るが、制度設計や製品開発では「距離」が遠いままにとどまるのではないか? ○信頼できる結果は得られないものの、参考情報としての予測は意義あるものになる。○人間の非・限定合理性を前提とした制度設計には無理がある。○消費者モニタリングなどで、マーケティング・製品開発などに対しては、既に実施済みと思う。一方、制度設計等に対しては、参考データとしては重要だが、意思決定技術としては課題が多いと思う。○この種の研究は某社や MIT が取り組んでいるものであり、実現は早いと思われる。○部分的にはすでに実現されている。○常に変化し常時実現が試みられる。○強者の論理を米国から輸入している現状を脱却しないと…。○日本型のモデルが作れるなら意義があると思う。○感性工学は既に食品の製品開発に活用しています。</p>
2	<p>研究開発やマーケティング等に応用するために、認知心理学や脳科学などの理論から、消費者自身が自覚していないニーズやウォンツを理解(言語化が困難な考えや感情を可視化)する技術</p> <p>○感覚の可視化は既に取り組まれている。○このような行動工学的思想に基づく課題設定は 70 年代的に古くまともに取り組む機関があるとは考えられない。○日本企業が海外市場のニーズをつかむためにも有効。○どのレベルまで想定するかによって時期は大きく異なる。○可視化できても再言語化できなければあまり意味がない。○暗黙知から形式知に変換するために、プロセスワーク、ファシリテーション等の手法の普及が大切。○ネットワーク理論が統合のツールとなる可能性あり。○コミュニケーションを増強する技術という観点に立てば、世界(含、日本)に意義ある技術であると考え。○信頼できる結果は得られないものの、参考情報としての予測は意義あるものになる。○未だ脳科学とマーケティング応用への GAP が大きく、長期的な取組必要。○画像を使う方法は有効と思う。○脳科学は開発中の技術分野であることから、日本にとっては大変に重要。喜怒哀楽の傾向把握は実現済み。ただし、「潜在意識を明確化」できる技術になるかは不明。○光トポグラフィなどの計測技術が重要。○この種の研究は某社や MIT が取り組んでいるものであり、実現は早いと思われる。○常に変化し常時実現が試みられる。○味覚や嗅覚の脳による認知の研究は、既に行われています。fNMR を使用しています。</p>
3	<p>グローバル化の進展により、日本の大企業の約半数で社内公用語が英語になる</p> <p>○既に一部企業において兆候が見られている。○海外の企業にとって日本語のバリアが大きいのか? 日本の企業内での認識は不明。○英語と日本語が併存するものとして回答しました。○それは日本の大企業とはいわない。単なるグローバル企業であり、日本は pivot になりえない。○従業員の一定割合を占めるようにならないと公用語にする意味がない。○保護主義的少数政党○複数公用語の一つとして、更に自動通訳の利用と併用してならば、2041 年～社会的実現予想。○不可能に近い例。○2018 年頃の東アジア経済統合が転機になると予想。○複数必要となる(中国語)。○重要課題であるが、次のステップが必要。①小・中学校からの実践的な英語教育。②国・企業での外国人雇用の促進。従って、国の教育制度・雇用制度の変更と浸透に20年以上かかる。○英語と日本語の両方を話す人が増え、公用語は日本語だと思う。○大企業の半数なら、20~30 年で実現しそうである。今後は実施スピードを上げざるを得ない。尚、日本の大企業がどの位、「日本」であり続けられるかは疑問。○「公用語」というより「二言語併用」に。○「グローバル化」(設問の表現)が資本構成の多国籍化を示すか否かで回答が異なる、と史料する。</p>
4	<p>日本企業と海外企業との技術提携数が、現在の提携数の 2 倍を超える</p> <p>○今後、欧米企業が中国へ向かう分、日本企業との提携は減るのではないか? ○既にかかなりの数の提携が行われている。○あまり重要ではない。○保護主義的少数政党○研究開発フェーズの阻害要因→自前主義・研究開発戦略立案能力未熟。事業化フェーズの阻害要因→事業戦略、協業戦略能力未熟○2018 年頃の東アジア経済統合が転機になると予想。○国内市場は縮小していくので、海外での技術活用が求められる。○単に「提携数」を目標に掲げるのではなく、「提携による効果」、「事業上の価値」等を含めた「戦略の構築」、「技術の事業化シナリオの構築」がより重要。このための人材教育や、こうした仕事の供給が優先されるべき。○既に提携は多く行われている。</p>
5	<p>東アジア地域の経済統合がなされる</p> <p>○日本人は中国に統合されることを望んでいないと考えられる。○関税撤廃まで。○不確定要因が多すぎる。○保護主義的少数政党○東アジアである必要性はない。○高度な政治課題。○急成長する国と成熟した国の統合は難しい。実現は中国が低成長に移行してから。○EU と民主主義のレベル、歴史が異なっている。○それぞれの国の体制次第ではあるが。○2018 年頃の東アジア経済統合が転機になると予想。○意義、効果についての研究がさらに必要と思う。○①各国文化の違いが多く、②日本のイニシアティブが弱い。つまり、統合への政治力が日本にも地域内の国にもない。○日本の国家財政が破たんしている今の状況では不可能。</p>
6	<p>異文化を前提とする国際マネジメント能力の向上によって、諸外国の歴史、文化、言語、法制度、価値観などを理解するための、能力開発プログラムが実施される</p> <p>○異文化理解は将来の海外展開上必須。能力開発プログラムのニーズは大きい。○多国籍企業では既に実施。○既にビジネススクール等で試みられているプログラムとどこが異なるのか不明。○「国際マネジメント能力を向上する」ためのプログラム? それとも「文化…を理解する」ためのプログラム? ○やればできること。やるかどうかの判断が残るだけ。○保護主義的少数政党○発展途上国のいくつかは日本を勉強しており、その熱心さはかつての日本の欧米勉強と比肩できる。○能力開発プログラムの品質はさまざま。名ばかりのものならすぐにも実現。○どこで、どの程度という定義が質問にないので回答できません。○2018 年頃の東アジア経済統合が転機になると予想。○「能力開発プログラム」の意味が不明。○課題の展開は、各国・地域の政治的・経済的状況に大きく依存する。○急務。</p>
7	<p>国際的なネットワーク人材マネジメントシステムが構築され、高度専門家が国境を越えて自由に移動することが促進されるようになる</p> <p>○課題の意味がわからない。「マネジメントシステム」の構築と、国境を越えた自由な移動とは異質な課題である。○「ネットワーク人材マネジメントシステム」とは? フォーマルな制度を意味する? ○あまり重要ではない。○日本の入国管理制度が障害。○阻害要因→語学力の未熟さ(英語力の低さ)、情報収集能力の未熟さ、異文化理解力の未熟さ(島国育ち)。○NIMS の MANA(国際ナノ</p>

	<p>アーキテクトニクス研究拠点)は、世界的ネットワークの構築が行われており今後の良い事例となる。○日本の少子高齢化や経済低迷期が終る頃に日本の社会が更にグローバルになる。○どこで、どの程度という定義が質問にないので回答できません。○実現はするだろうが、頻度があるかは疑問である。○医療技術者(医師等)のアジアを中心としたネットワーク化。○2018年頃の東アジア経済総合が転機になると予想。○分野によっては既に、整備されていると思うが、移住(移動)よりも短期出張でカバーされているのではないかと。○単なる交換留学的な制度ではなく、実質的に専門能力を発揮できる Position を設定する必要がある。産学官+国際機関共同で推進すべき。○Linked-In など専門家をつなぐネットワークインフラはすでに普及している。○ある程度実現されている。</p>
8	<p>設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援(最適化・効率化・許認可申請など)する高度なバーチャルマニュファクチャリングシステム</p> <p>○既に一部企業の一部業務において兆候が見られている。○課題の意味がわからない。そのようなシステムならば、既に試行されている。しかし、なぜ「バーチャル」である必要があるのか。○経営情報システム、戦略情報システム、ERP など企業活動支援システムは次々と発生してくるようになり、ソフトベンダーは開発、普及を図ると思うが、実際にニーズがあるとは思えない。○どのレベルの支援を想定しているのか意味不明。○製造支援では、DFM、VPS(Virtual Product Simulator)が活用されているが、他の分野は今後のニーズしだいと考える。○どこで、どの程度という定義が質問にないので回答できません。○「システムのシステム」にどれだけの効果があるかは不明。○「高度な」というのが何を指すのか不明。一部はすでに実現できている。○2018年頃の東アジア経済総合が転機になると予想。○「バーチャルマニュファクチャリングシステム」が何を指すのか想像できない。○5年前に比べ、製品のライフサイクルが平均で20%短くなり、いかに市場変化へ素早く製品を開発するかが、利益確保のポイントとなりつつある。その為のソリューションとして必要。しかし、システム以前の社内設計ノウハウの整備等が遅れているのが実情である。○許認可申請以外は早期の実現ありうる。○ネット犯罪、ハッキングによる妨害。○AR(拡張現実)応用技術開発に当社でも取り組みつつあり、エンドユーザーの当社が取り組むくらいなので、この分野は急速に普及すると考える。</p>
9	<p>デジタルモックアップにより、研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術</p> <p>○既に一部企業の一部業務において兆候が見られている。○総合的な程度問題。○やるかどうかだけの問題。○社会的にも実現済みと考えている。○精度・水準による。○半導体のさらなる高性能化により、リアルタイムなレイトレーシング技術の進化が望まれる。○どこで、どの程度という定義が質問にないので回答できません。○目的によって評価軸は異なるはずなので、「総合的に」評価するニーズはあまりないと思われる。○5年前に比べ、製品のライフサイクルが平均で20%短くなり、いかに市場変化へ素早く製品を開発するかが、利益確保のポイントとなりつつある。その為のソリューションとして必要。しかし、システム以前の社内設計ノウハウの整備等が遅れているのが実情である。○一部企業では、すでに実践している。○これは、対象とする製品(部品、デバイス)を何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないかと。</p>
10	<p>国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化</p> <p>○日本よりも相手国の問題。特に新興国。○国際標準が進むとしても、経営が容易になるわけではない。差違がなければ経済が成立しない。○知財の国際化ルールは10年以内に相当進展。○すべての法規が統一されることはないだろう。概ね半分程度が統一されることあるとしても2041年～。○知財法など一部は20年後には実現しているが、税法などは30年以上たっても難しい。○特に税法の統一化は、かなり困難であろうと思われる。○現実としては難しいと思う。○この課題は、国際司法裁判所に在席された方を中心に非常に早い段階から学習院大学で討論されたことがある。だが、持続できなかった。今こそ再挑戦しなければ、歴史的な機会損失になる。○法制度の各国の多様性は簡単に標準化されない。○日本のコンテンツ等無形のプロパティの輸出。</p>
11	<p>売上額の1/2が海外で発生するようなグローバル化した日本の大企業では、国内法人においても新たな協働システムが構築され、その中枢を担う管理職、専門職の1/3以上に外国人労働者を採用するようになる</p> <p>○既に一部企業において兆候が見られている。○2050年には、日本の出生数が50万人を割り込み、労働力として外国人を採用しないと経営が成り立たない。○そのような企業も出現するだろうが、全てがどうかは疑問。○中枢を担う業務といえども、社外にアウトソースされる可能性大。アウトソース先を含めて回答した。○現在20才代の人材がトップになるまでは難しい。○外国人比率が33%を大きく超える企業と、3%を下回る企業、二極化するのではないだろうか。○人件費高い日本での採用は最小限に抑えられる。○日本国内での子弟への学校教育(国際教室等)の充実の遅れ。文科省の対応の遅れ。○管理職、専門職の1/3は難しい。せいぜい1/10～1/5程度ではないかと。</p>
12	<p>初等教育において国外留学する生徒や、インターナショナルスクールに通う生徒が20%以上になる</p> <p>○授業料が高額(年間300万円超)なインターナショナルスクールに20%以上の家庭が進学させることができる裕福な社会は訪れない。○個々の家庭の判断。○国内に4500校のインターナショナルスクールをつくるか、500万人の子供と保護者が海外移住をすることになる。○文科省の許認可(通常の中・高卒にならない、補助がないので高額費等)では実現不可能。○重要なのは高等教育とリダー層育成。○実現をけん引するのは家庭すなわち社会通念であり、特定セクターの影響力は限られる。○国際教育を受ける社会的インセンティブが低すぎる。○初等教育から英語の教育がインテンシブに行われる方が現実的。○現政権下、公立学校で今まで以上の偏った教育が予想されることから、より以上に推進していく必要がある。○多様性が増して、特定の言語には偏らないと思う。○初等教育においては日本語が大事であり、へたに英語を導入すべきではないとする意見が強く残る。○日本語でコミュニケーションができるようになったら。○日本人、特に若者の海外に対する興味は既に低下し始めている。</p>
13	<p>サービス価値に関する一般理論が確立され、それが具体的な事例に適用され始める</p> <p>○世界のどこか、日本の一部の分野では採択されるが、日本をはじめ広く一般論が通用するとは思えない。○「サービス価値に関する一般論」とは何のことか。全く意味不明。課題に関する記述の質が低すぎる。○「一般理論」とは「統一された」という意味? ○そのような企業も出現するだろうが、全てがどうかは疑問。一般理論(普遍的な)は存在しないだろう。○サービスに「一般理論」は困難。○質問が抽象的すぎた... ○米国では、IBMを中心にサービスサイエンスの研究が盛んだが、日本ではまだこうした活動は顕著ではない。産学が協力してサービスの標準化を目指すべきと思う。○日本国内の場合は、新古典派経済学の枠組みではなく、企業等現場主導で労働時間価値に近いものが普及するのでは? (それを後追いで理論化する)。○コンシューマー系のサービスは大学や公的機関でも研究しうるが、企業間取引を含むサービスは、民間企業でない(例えば)データ入手が難しく、研究が難しいだろう。○経済学の領域であり、サービス価値(準公共財を含む)を入れた理論となる。○どこで、どの程度という定義が質問にないので回答できません。○サービス産業自身の理解不足がある。○技術的ブレイクスルーを含む。○一般理論と社会的実現とは一致するようにならないと思う。○コストに対するサービスの貢献度が不明確であり、1つの関係式で評価することが困難。これを別々に議論することで過剰なコスト削減、過剰なサービス提供が生じると考える。</p>
14	<p>過剰在庫や欠品による機会損失がほぼ解消されるような、高効率な需要予測・生産物流システム</p> <p>○物流最適化は進歩する。一方、需要予測はますます難しくなる。○社会が変化し、その対象システムも変化するので、システムは変わる。「ほぼ」の程度問題。○実現する/しないの問題ではなく、予測と実績の誤差率の程度の問題があり、それを小さくできる</p>

	<p>企業とできない企業がある。これが競争優位、劣化に影響する。○すでに数多くの事例が存在している。○消費者の「気まぐれ」は強まる一方と思われているので、システムがどこまで対応できるか。○部分的に実現する業種はあるかもしれない。○既に実現しているが、精度の改善は永遠に続く。○市場競争の中で限りなく近づくと、完全なものはない。○人間の暗黙知を取り込んだシステムである必要があると感じる。○川下から川上、業界を超えた需要データの互換性が重要。また、全ての顧客に対して、同じサービス、欠品率を設定する日本流のやり方は過剰なコストアップとつながる。米国の取組も参照要。○これも、対象とするシステムを何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。</p>
15	<p>電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む ○日本のスマートグリッドとして進む。○何故「インセンティブシステム」なのか？○既にマイクログリッド技術として当社(民間企業)でも普及を進めつつある。○スマートグリッドは重要である。○25%実現には不可欠。○オバマ政権の電力グリッド政策○東大 藤井グループの通信機能を使った電力出力のトレース技術は、電力需要平準化のキーテクノロジーとなりうる。○ピークの問題は、電気自動車の電池を家庭予備電源にする等で徐々に解消される。総使用量の方が大きな問題。○蓄電システムの発達によって、平準化は大きな問題ではなくなる。○Smart Gridの実現は企業・産業をまたぐ連携が必要。米国では活発に活発化している。日本の技術的優位性を失わないためには、急速な All Japan での Initiative 発揮と、そのためのマネジメントの確立が必要。○CO₂削減目標達成状況において加速される課題。○部分的導入は 2010 から。○スマートグリッドなど、インフラレベルでの整備が先。○既に当社でも最重要案件として取り組みつつある。</p>
16	<p>地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術 ○既に世界の先進都市で様々な実験的取り組みがなされているが、普及には至っていない。○具体的にはどのような手段を指すのか？電気自動車は近く普及するが、ジェット機の代替は、現技術の延長では不可能。○EV、HV、TV 会議、テレワーク技術も含む。○課題の記述があまりにも抽象的で予測のしようがない。○時期を特定するのは困難。○電気自動車、ハイブリッドカー。○税制との関係が重要。○都市構造や流通構造社会ネットワークの改変と連動する必要がある○蓄電技術の革新的進歩により実現可能。10 年以上で実現か？○移動しなくても済む人は移動しなくなる。○日本の CO₂ 25%削減構想。○実用化とともに普及の問題が重要。○電子会議の拡充がキーとなる。このための技術開発(ディスプレイ、通信方式、セキュリティ、PC 上の資料の読み取りやメモ表示等)が望まれる。○日本企業が国際貢献できる余地大。○移動エネルギー不変であり、エネルギー源は変わるが、エネルギーが減るわけではない。○日本では既存利権構造が強すぎ、又それを克服する政治力も生まれにくい。浪費型が続く。○移動はエネルギーの観点のみから、なされるものでないで、実現時期は判らない。○これは、対象とする技術を何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。</p>
17	<p>我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する ○このビジネスにより、医療費は上昇。日本では費用を負担する人がいないため、事業が成り立たない。○米国のグーグル、マイクロソフトのイメージか。○「我が国において」の設定で「世界にとり重要」の意味は？(「世界のどこかで」も同様)政治判断と規制のウェイト大○デンマーク等ではすでに実用化されつつある。○医療機関側の決断がポイント。その為には、医師個人、医療機関にとってメリットがある仕組み作りをすることが現実的。○エージェント業を介さない。個人でのデータ管理、健康アドバイザーコンサルティング業。○いわゆる国際情報化は、2000 年代に失敗。低コスト化が鍵。○カルテは医師・病院のものという意識が続く限りは実現困難。○カルテの電子化は技術的には既にクリアされており、社会的合意形成の問題。○電子カルテの普及率を上げるには、医師の PC への入力操作を簡便にする必要がある。米国では、電子カルテは 2010 年に 25%普及すると予想されている。○課題に「我が国において」とあるのでその範囲での重要度。実現は政策決定次第。○医療分野でこのようなエージェントは信頼されないだろう。○標準化が鍵。○技術的には可能でも低所得階層を含め実現には 30 年かかる。○情報の扱いはどうするか？○技術的課題というよりは、むしろ社会的課題。(医療機関間の政治的課題も)○電子カルテの開発動向が現在民間の意思に委ねられており、本課題は総論賛成各論反対にあり、制度的な対応が必要。○技術はすでに実用化に近いが、実施には様々な規制など、クリアすべき課題多し。○個人情報保護の点からみて、これは進まないと考えます。○限定された集団を対象とした実現は可能。国民全体を対象とする段階は極めて困難。○医師会が反対する。○政府のリードが前提。○制度の充実が必須。○個人情報の範囲の拡大になるので法整備も。○現在でも、一人当たり、治療当たりの医療費は削減されている。コスト的に不可能。○「患者個人の管理」になるのは遅れそう。</p>
18	<p>製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム ○実験的に一部の製品には適用される。コスト負担やそれを行うメリットがあるのは一部の産業に限られ、広く普及しない。○「ひとつひとつ」というよりも、コストパフォーマンスの問題で普及の範囲が決まる。○社会的・経済的な必要性の高さが普及のポイントとなる。○工業製品よりも生鮮食品の方が重要で早いかと思ひ、それを想定して回答。○業種によって可能？むしろ食品トレースのほうが。○高信頼性が必要となる製品、人命にかかわる製品などでは部品のトレーサビリティが必要と思われるが、全ての製品には必要ないと考える。○安全・環境などの面から重要な部品に限ってよいのでは？○製品によっては既に実現している。○標準化が鍵。○一部食品などは 10 年以内には実現する。○普及するとされながら進展しない技術の典型的な事例。課題の体系化と克服へ向けての戦略構築が不可欠。○高品質な SCM と製造物責任制度の普及に伴い主要な工業製品の Key Parts に組み込まれる可能瀬は大きい。日本での普及は早いと考える。○技術はすでにあるが全部品・メーカーへの普及は遠いか。○日本が海外より遅れるのは、政策による誘導の遅れによる。○コスト、プライバシー。○IC チップの劇的なコスト低減が前提。○対費用効果がなく、不可能。○既に実現済、普及済の技術と考える。</p>
19	<p>レジ、接客などの人的サービスを代替できるロボットや情報システム ○無人レジは既に存在。自動販売機と同じで新しい概念ではない。○サービスの基本は、人ではなくてはならないところは人、そうでなくてもいいところは機械と棲み分け。すべて代替はない。○サービスの範囲を限れば今でも可能。○介護ロボットを想定して回答。○セルフレジコンビニ、セルフファーストフード○安全ガイドラインが鍵。○2025 年には、日本の労働力人口が 470 万人減少する。(2005 年比)。この対策として、次世代ロボットの活用が期待される。○簡単なチェックインとカード決済なら実現は早いのでは。○部分的に実現できても、社会システム全体からみて普及しない。○定型サービスはほとんど代替されている。○セルフレジ、回転ずしのコンベアなど、一部実現済み。現状技術で適用可能なビジネスから着手することが、技術・産業の発展につながる。戦略的構築が重要。○犯罪(万引き)抑止ができないので、実現されない。○これは、対象とするシステムを何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。○自動販売機、無人レジは既に存在。セルフガソリン給油所では、音声ナビも既に存在。○村田製作所、本田技研以外にも各種実用ロボットがリリースされつつあり、普及も時間の問題と考える。</p>
20	<p>我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される ○世界遺産は既に存在。日本でも法整備が進む。資金拠出には結びつかない。事業仕分けで廃止される運命。○法律にはならない。○「法整備」と技術の関係は？またこれは政治判断では？○寄付税制の見直しだけで、技術開発は特に必要ないように思</p>

	<p>えます。○そうあってほしい。○税制が有効。○観光産業による経済成長と貿易外収支に有効。○次世代において税金で賄われる。○日本においては、政治によるイニシアティブが遅れ、政策化が遅れる。○資金の拠出以外の法整備も必要。○課題の展開は、政治的・社会的状況に大きく依存する。○実行すれば良い。○意見を今回変更。民主党を支持する今の日本人の国民性では、実現は不可能。</p>
21	<p>我が国の公共部門、企業部門の組織において必要とされる IT 投資管理において、要件定義を明確に行う手法</p> <p>○是非実現してほしい。安価なシステムを望む。○ベンダー側がユーザー側に入りこんでユーザーの真のニーズも明確に聞き出す方法となる。○「明確」、「効率的」といった文言が曖昧に過ぎる。その程度のとらえ方によっては既に適用されているとみられる。○完全には無理でもある程度はできると期待。○単にできて(して)ないだけでは？○要件定義を明確化するためには、現場の仕事内容の見える化と、業務の把握が必須。○先進企業が導入するのは早い。普及は時間がかかる。○経済低迷のなかで必須となる。○ユーザーがより参加度を高めていこう。○要件定義は一義的に決定される物でなく、システムの開発過程で、又運用上の不都合で変更を余儀なくされることが多い。従って開発技術と要件定義策定を一体化した技術が必要。○これも、対象とする手法を何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。</p>
22	<p>資源配分やスケジューリング等に関する最適化問題が効率的に解決されるようになり、企業の費用削減に貢献する</p> <p>○資源や事業環境は考慮すべき条件が常に変化しており、最適化プログラムも、それに応じて改良する必要がある。部分的に実現するも、費用削減に貢献するのかわかり。○程度問題。○「明確」、「効率的」といった文言が曖昧に過ぎる。その程度のとらえ方によっては既に適用されているとみられる。○すでに企業との事例が多く報告されている。我が国では経営におけるデータ活用能力がネックとなっている。○理論面とハードの面(コンピュータの能力)の二つの点で課題がある。○技術の問題ではなくて、コストの問題か？○どの程度の効率を求めるとかによる。○多くの最適化問題は現実には条件付の複雑な問題で近似解を求めることになる。どのレベルの最適化によって回答は異なる。○技術的には可能。経営トップが判断できるまで時間がかかる。○RFID等のIT技術普及を前提にした最適化。○それらしいシステムが出来ても企業が一般的に利用できるレベルには至らず。限定条件下での適用。○古くて永遠の課題。しかし、国の資源管理においては重要。関連する企業にとっては欠かせない課題。一般の企業活動ではそれほど重要ではない。</p>
23	<p>大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ＝知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム</p> <p>○社会が課題に記載の機能を頼る水準に至ることは難しいように感じる。○イノベーションは不連続な展開であり、予知できない。予知できるものはイノベーションではない。○課題の内容がさながら質の悪い SF のようである。○「知識遺伝子」と「知識」のちがいは？また「社会的なニーズ」とは「社会が必要とする知識」を指す？「正確にシミュレーション」とは？○実現しないがアイデアとしてはおもしろいかも。○誰にとって必要となるシステムか？○データベース化できるシーズの範囲は増えて行くだろうが、つねに記述可能範囲外のシーズとイノベーションの可能性が存在する。○脳は単純ではない。○実現済み？○個人情報保護との関係で技術的・社会的実現には問題がある。○扱う変数が多すぎることとコストがかかりすぎることでおそらく実現しない。○ニーズとシーズのマッチングだけではイノベーションは起こらない。○マッチングには深い洞察が必要であり、シミュレーションになじみにくいため、実現しないと考える。○「ほぼ正確に」は無理(判断の責任の与え方による)だが、推論の行動の中で役立つ事項は多い。</p>
24	<p>貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出す GDP が国全体レベルの 15%を超えるようになる</p> <p>○日本 GDP500 兆円 15%は 75 兆円。農林水産系 8 兆円、医薬品 7 兆円と比べて、その 10 倍の市場が生まれるとは思えない。○社会的企業の意味不明。NPO であろうか。○既存の GDP に対して外部性を持つ活動を測定する手法を開発することが先決。○そうあってほしい？○株式会社のミッションが変化する。○NPO の経営者として、規制が多く、社会的評価が低いと実感。○教育、慣例から変えられれば今から可能。</p>
25	<p>個人が、家族単位を超えたレベルで、どのような地域社会集団、生活支援組織とどのように関わっているかを、社会資源とそのネットワークについて悉皆調査し、個人ベースの国勢調査に加えて、社会ネットワーク(連結個人)ベースの「ソーシャルキャピタル調査」が国によって行われるようになる</p> <p>○予算がない。対費用効果が疑わしい。○既存データである程度把握可能な調査対象であり、そのような調査が計画されても事業仕分けの対象となるであろう。○政治判断の対象。○個人情報保護の過剰な対応からみて、国による調査は相当困難(あるいは必要ないかも)○それは国によって行われると怖い。○個人の関係性情報は個人情報の保護の問題もあり、実施は困難ではないか？○国際比較できないと意味がない。○重要な問題。○プライバシーへの対策が、データベースの実現性とデータ精度(有用性)を左右する。○この概念に意味がなくなる。○このようなアンケートで「悉皆」などの難しい言葉は使うべきでない。○社会ネットワークは柔軟性が大事なので、調査しても困難。○人権との問題があり、困難と思う。○国が行うことに反発が出るだろう。○統計調査の実施においては、何を統計単位や観測単位とするかが重要である。また、個人のネットワークについて国として統計量を把握する必然性について理解を得ることは容易ではないのではないか。○目的が不明なのでよくわからないが、興味深い考え方。○税金の無駄。即廃止。</p>
26	<p>ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる</p> <p>○部分的に可能な職種はあるが、人と会うことが重要で、広く普及するとは思えない。○リアルでやるべきはリアルでやり、バーチャルでいいのはバーチャルでやることになり、共存する。主流、非主流の対立ではない。○在宅勤務など一か所に集まる就業形態から各人が最適な場所で勤務するという方法が増えることは予想できるが、将来それが主流になるとは思えない。○主流にならないが、部分的に実現はされる。○知の創造にはリアルが主流である必要がある。○さらに都市化が進んだ日本において、「主流」になるか不明。技術的には 2030 年代には大量導入可になっているのでは。○主流になるとは考えていない。しかし環境の悪化など、リアルな世界での生活が厳しくなれば、必然的に移行するシナリオもあるかもしれない。○一部には今も可能。主流にはならない。○技術的実現と社会的実現とはかい離する対象と思う。○ライフスタイルに関わるので、二世帯くらいの時間が普及しかかりそう。○バーチャル・オフィスはかなり普及するが「主流」にはならない。複雑な商談には対応できない。○機能的にはすでに実現している。「主流」になるとは考えにくい。○これは、対象とするバーチャル・オフィスを何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。○在宅勤務は、既に減少しつつある。○SOHO として普及していると考え。○基盤として的高速ネット(光ファイバ)も普及し、ネット利用の TV 会議システムもある。普及は運用上の問題と考える。</p>
27	<p>上場企業において、個人が企業への所属の有無を問われることなく、個人あるいはフリーランスとして、プロジェクト方式により、その企業のために商品開発や戦略構築を行う方式が標準的経営スタイルとなる</p> <p>○一部では行われるが、可能な領域は限られるため、広く普及しない。○一部はなるが、標準的にはならない。上場するには、大量の資金がいるため、そういう会社は固定社員がいるため、小さい会社ならなる。○業界によっては急速に進むと見られる。○既にかなり実現されているのでは？○標準的にはならないが、部分的に実現される。○(株)リクルートでは実現している？○政府機関</p>

	<p>等が率先して実施すればすぐ普及する。○プロジェクト企画者(企画社)の利益と、そのためのコストが見合わないだろう。○「標準的」になるか不明。○一部可能でも、一般には無理がある。○サービス分野で先行する可能性はあるが、IT 技術のさらなる革新が必要。○標準とはならないと思われる。(商品開発や戦略構築は企業の差別化のカギだから。)○イノベーションの実現に当たっては、世界 Top 技術や世界初の技術を開発する以上に戦略構築、シナリオの作成が重要となる。こうした有効な人材を増やすためには、教育だけでなく、政府や企業が仕事として職務機会を与えることが重要となる。○興味ある課題であるが企業のレーズンデートルが歪められる可能性がある。○課題の展開は、税制や社会保険等といった社会的制度の進展に大きく依存する。○変えられるか？</p>
28	<p>オープンソース・ソフトウェアの供給方法のように、消費者が自分の欲しい財・サービスを、自分たちが中心になって共同で開発、生産、販売、サポートするシステムが、価格の高低を問わず多様な財・サービスについて行われるようになる</p> <p>○一部のみで普及。○これに適する製品はソフトなど一部。有形財の生産には適さない。製品は限定的。○ソフトウェアと他の製品では消費者のかかわり方が異なるのではないか。「システムが…行われる」とはどのような意味か。○ソフトウェア開発者数は利用者に比べ限られている。○既にかなり実現されているのでは？○それは消費者とは呼ばず、ベンチャーと呼ぶのでは？○知的財産保護の仕組みが必要。○オープンソースは、その上でビジネスをやるのが可能でなければ、社会的には広がらない(実現しない)。○すべての分野でというより、まとめ役の組織が育った分野で、供給側に競争が生まれるなど、狭い領域でのみ成立するのではないか？○販売の中心が自分達になるということが矛盾。○一部の特殊技術者を除き、形を変えた非正規雇用に陥る。○これは、対象とするシステムを何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。すでに適用されている財・サービスもある。○サービス=有料というコスト感を全国民が理解できるのはかなり先。</p>
29	<p>新発見・新技術開発の速度を加速化するために、企業や各産業分野の技術課題の多くが広く公告され、公募による解決策が提案され、またはコンテストの要領で審査されるようになる</p> <p>○今後、重要な開発プロセスとして定着していくものと思われる。○オープンイノベーションは重要であるが最も重要な課題は、外部に開示されない。それが適している一部のみ普及。○一部は実現済みだが、広まっていない。インナーなネットワークに関わったシーズを求めようになり、全くオープンではない。(相手の評価が難しい)○「公募による解決策が提案され」とは手をあげる人がいるという前提なのか。そのインセンティブは何か。○既にインターネットによりそれに近いものは実現されている。普及は運用上の問題であって技術なものではないと考える。○既にかなり実現されているのでは？○公告応募による知的財産権のゆくえ？○NEDOでは2009年から一部試行。米政府では既に実行中。IBMの手法か？○現実的には、競争や市場原理という形式で既に実現していると考ええる。○知的財産保護の仕組みが必要。○IBMのグランド・チャレンジ(例えばサービス・サイエンス)のような取り組みは、日本の企業ではできない。日本では、産官学連携で提案する仕組みが良いと思う。○課題設定自体が創造性を害する。一部には現在も行われているが、見本にならない。○NEDO、JST では既に施行されているのではないか。○知財、インセンティブ、守秘義務など多くの課題がある。○一部企業ではすでに実施。○公募でよい提案が集まることはない。○民間の今の体制では無理なので政府主導。○今後、自然な流れとして、重要な開発プロセスとして定着していくものと感じている。○オープンイノベーションで既に実現している。○既にインターネットにより、それに近いものは実現されている。普及は運用上の問題と考える。</p>
30	<p>我が国において、雇用を確保して格差縮小社会を実現しつつ、国際競争力も保持することができる、ワークシェアリングを機能的に活用するマネジメント手法</p> <p>○格差縮小は、人々の望むところでない。人々の能力に応じて、ふさわしい仕事を創出させマネジメントすべき。○解決策はワークシェアではない。競争参加者と雇用保障者の2分割化。○夢物語。○既にかなり実現されているのでは？○政府がその気にさせなれば可能だが…○格差縮小と国際競争力向上とは両立しない。○行き過ぎた成果主義を修正することで可能(昨今の成果主義はインセンティブ理論で既に指摘されている不効用を無視している。)○すでに一部行われているが、主流になることはない。○ワークシェアリングの経済的な価値を評価する手法が必要。○課題の展開は、労働関係の制度の進展に大きく依存する。○雇用環境は容易に変わらない。○民主党政権の政策は、ほとんどが国際競争力を低下させる。格差も拡大している。</p>
31	<p>大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる</p> <p>○日本にとって非常に重要で求められている。○課題の文語が日本語になっていない「リカレント教育の一般化」と「人材の流動」は直結しない。○入学金・授業料の所得控除など税制。退職金、年金などの福利厚生制度。人材流動化のためには、動きやすい仕組み作りが必要○既にかなり実現されているのでは？○何のための大学院教育なのかを考える必要がある。○専門職大学院で推進しているが、「一般的」にはなかなか進まない。○今の現役世代が定年になる頃実現。○厳しい雇用環境になり、必然的に行わざるを得なくなる。○人材の流動はあっても、リカレント教育が「一般的になる」ということを表す基準(程度)が不明であることから、社会に適用される/普及する時期を判断することが困難である。○日本型会社組織の変革が可能なら、○日本の大学に対する社会貢献圧力、大学の生き残り戦略を背景に、課題の状態は確実に進んで行く。○日本の教育で最重要課題。</p>
32	<p>熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム</p> <p>○団塊世代のノウハウ伝授で、各分野で既に行われている。○既存のエキスパートシステムとの相違が不分明。○部分的に？○程度により、実現時期は大きく変わる。○限定された業務ではエキスパートシステムの有効性が明らかになっている。○個別に行われ続ける。○どのレベルまで考えるかで大きく変わる。○すでに取り組んでいる。最近ではWEBトレーニングシステムがあり、ICTを使った音声・ビジュアルシステムもある。○過程の記録システムとデータマイニングシステムの開発が不可欠。○判断プロセスやノウハウは開示化できないからこそ意味があるのでは？○熟練者は自らの優位を保つためノウハウを明示化したくない。○①IBMや、その他コンサルティング会社での、ビジネス・プロセス・テンプレートとして存在しているようである。②コールセンターやSAP社のCRMシステムの中の顧客問合せデータベースとして実現されているようである。○設計部門では、すでに暗黙知のデジタル化を進めている。○第五世代コンピュータとおなじ傾向になると思う。(失敗)○技術学習の補助となるだろう。再利用は困難。○ただし、研修プログラムとして制度化し、スクリーニング方式にする必要がある。○「熟練者」のレベルをどう設定するかが問題。○これは、対象とするシステムを何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。○社会が頼る水準まで課題の機能が高められる可能性は低いと感じられる。○既に過去から採用している。最近ではWBTであり、近くはAR(拡張現実)応用システムとなる予定。</p>
33	<p>高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア</p> <p>○既に開発され、今後も改良される。○らくらくホンならできています。脳波で意志を伝える方法ならもっと先と幅がありすぎ。○レベルによるが徐々に良くなる。○重要な課題である。○法律による強制と同時に、予算措置(税金からの)が必要。○日本が世界をリードしようとするビジネス領域。○五感通信技術への投資。○これは、対象とする機器等を何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。○ビジネスとして成立するプランにする必要。</p>
34	<p>女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の3割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する</p> <p>○首都圏と地方では対策が異なる。専業主婦が多いのは首都圏。地方で女性は働いている。○最優先課題の一つ。○むしろ早く実現しないといけないという圧力が高まる。○政治のイニシアティブが弱く、又民間企業の協力も少なく実現はかなり先になる。○</p>

	急務。○手法として過去からあると思う。運用上完全なものになりえないのが課題と考える。
35	我が国において、個人の動機付けと報酬の関係を明確にした雇用契約が一般化する ○公務員の年功序列型賃金はなくすべき。国民の 8 割は賛成するであろう。○「個人の動機付けと報酬の関係を明確にした雇用契約」とは何のことか。○長期雇用が崩れる仕組みは、日本人のメンタリティに合わない。○個人のやりかたを重視した社会の構築が我が国でも必要。○実現?○従業員まで普及するかどうかは不明。役員は現在進行中。○いわゆる成果運動および評価ポイント運動は「一般化」しないであろう。(報酬以外による動機づけが発達する)ただし半数近くの契約で導入される可能性は 2020 年代頃にある。○サービス残業の一般状況が当分は続くので、契約概念が意味を持たない。○一律ではなく、職種や労働者の国籍などによって、部分的に導入されるだろう。○日本の雇用慣行の良さが見直され、米国型の制度は根付かない。○課題文にある「個人の動機付け」ということが、この文脈で具体的に何を示そうとしているかが不明確である。○現在の経営論理を持っている人がいなくなるとは限り無理(アメリカ型はダメ)。
36	脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる ○興味深い研究課題であるが、実務応用は無理。○程度問題。○明らかになったメカニズムを超える発想を人間はしようとするので、実務利用できるのは一部の業務に限られる。○脳はそれほど単純ではない。○技術的実現は困難。○メカニズムが明らかにならずとも、直感や創造力はすでに利用されている。○脳科学は、基礎科学の領域であり、経営実務への適用については疑問。
37	過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される ○世界で管理することが望ましいが、南北問題など利害が対立するものは、近年さらに対立が深まっている。人命にかかわる、テロ問題をまず解決すべき。○すべての世界的問題への対処は不可能。しかし、部分的な解はある。○いつかは実現するだろうが。○遠い将来の話では。○現在の国家システムがいつまで続くかに依存する。○リーマンショック以降なかなか進んでいない。○体制確立のための対話・議論の枠組が重要。○まず先進国の大企業から採用するであろう。○ガバナンスは確立しないが、NGO 等の活動は活発になり、政府レベルでない圧力は高まる。○理論レベルに留まる。○課題文に例示されている項目は擱いておくとしても、さまざまな領域(例 原子力安全、貿易、公衆衛生等)において世界的問題に対処するための世界共通の枠組みで「調整」等は図るしくみは実現しているとはいえないか。○ガバナンスは欲しい。○ガバナンスでは解決しない。
38	プロジェクト・リスクに関する共通化・普遍化された評価・管理システム ○プロジェクト・リスクとは優れて個別的、特殊なものであり、それを共通化、普遍化されたシステムで評価しようという研究テーマは筋が悪すぎる。○何のプロジェクトを想定?(R&D?)対象により主なやり方は異なるのではないか。○手法としては過去からある。情報システムとしても存在するが、運用上完璧なものの実現は難しいと思う。○一般化できない。○共通化は普遍化より容易。○各種リスクを比較評価することが、企業の統合リスク管理、政府の危機管理の強化をしようにすれば必要になる。○シミュレーションシステムは発達するが、普通化とは異なる。○話題が明確にイメージにできない。○「共通化、普遍化」という観点はプロジェクトの多様性を考えると無理。○開発(発明)にそぐわない。○アカデミックな領域にとどまる。
39	ほとんどの企業において自然災害(台風、地震、洪水等)リスクマネジメント手法が導入される ○工場立地や、データベースの分散化など既に対応されている。○既にできている。○今後 30 年間に天変地異でもなければ、「ほとんどの企業」に導入されることはない。○レベルによる。○「ほとんど」は無理かもしれない。災害がある程度頻繁に起きないと進展しない。○コンティンジェンシープランのある上場企業や大企業には多くあるが、中小企業にはほとんど認識がないのでは。○BPM は ISO に近々、組み込まれると予想されるが、日本に合ったリスクマネジメント手法を導入(テロ対策は、日本ではサイバーテロに限定)するべきと考える。○多くの小規模な企業には、特別のマネジメントは導入されないだろう。○一部企業は実現しているが、どの企業でもできることではない。○実現の為に、スーパーコンピュータの開発が不可欠。○「ほとんどの企業」の意味は何か。○企業の営利優先主義があるため、実現はかならず。○従業員数が 0 ~ 9 人程度の極小企業まで含めれば、社会に適用される/普及するという事は考えにくい。
40	地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築 ○民度次第か。○レベルによる。○実現済みなのではないか。○情報システム=コンピュータが介在するシステムというならば、実現しても効果がないのではないか?○経済・社会の混乱が日本で起こり、その修復過程が構築される。○政治的イニシアティブの欠如で非常に遅れる。○完成度をどこまで期待するか。○これは、対象とするシステム/制度を何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないか。○ニンテンドーゾーン。○急務。
41	我が国において、基本特許重視型の特許戦略への転換が図られ、それぞれの特許保有者が基本特許と改良特許をバランスよく取り揃えたポートフォリオ構築を戦略に組み込み、特許先進国となる ○事業戦略作成のため特許戦略は重要。○努力目標としてはあるが、コントロールできない。完成時はない。○基本特許を重視し、バランスの良いポートフォリオを構築することが、あらゆる企業にとって戦力的に最適であるとは限らない。○特許先進国とは?企業戦略を予測することがこの目的?○先進国とは何か不明。○米国との競争は困難。○中国も含めて国際的な共通運用の枠組みが実現してからのことと考える。○科学技術政策が後退しているため、そもそも特許が生まれにくい。○戦略として立てたとしても実現は難しい。○特許と標準化の戦略性が重要で、特許だけに焦点をあてても仕方ない。○何も手を打たなければ、時間がたつても特許先進国になることはありえない。それを目指すなら何らかの施策が必要だろう。○国際的ハーモナイゼーションが実現することは難しいので、日本のみで考えることはできない。○特許戦略は、日本にとって大変重要。しかし、PV でもあった通り、技術・特許以上に事業化シナリオ、産業戦略、制度設計等がさらに重要となる。これらに基づいた上で、特許戦略は有効となる。
42	国内出願重視から国際出願重視への方針転換が大規模に進められ、諸外国での特許取得による国際競争力の更なる向上が図られる ○既に国際出願優先。市場が急減する日本は、新事業の魅力は少ない。○取得、ブラックボックス化(ノウハウ化)など多様な戦略あり。完成時はない。○国際競争力の向上は、日本企業にとって重要な課題であるが、それは特許出願方針の転換のみでは実現できない。○中国も含めて国際的な共通運用の枠組みが実現してからのことと考える。○国内出願が減少しているのに比べ、国際出願(PTC)は増加傾向。○海外で生産するコストに国際特許出願のコストが上乗せされる。国際競争は新興国で決まるが、そこでは特許が無効。○EU の特許制度の共通化により一部その方向に動いている。○欧米だけとは限らず、東アジア(韓国、中国)への出願が増加する。○日本企業(製造業)の再構築の必要があり、30 年後になる。○PTC 出願、USPTO、EPO への出願は従来からの基本的な考え方。統一制度の早期確立を期待。○経済状況とリンクするので今ではない。○過去においても、既に国際特許重視です。国内特許重視とは誰のことか?私には理解できない。
43	イノベーションを推進する視点で、過度の知的財産権の主張が制限されるようになる ○特許出願での制限はできない。過度かどうかは裁判で争うべき。○せめぎ合いは、いつまでも続き、完成時はない。○「主張の制限」ならば、すでに行われている。○「制限」とは国がそのようなルールを導入するという事?その場合政治判断になりますが。○所有権から適用権や実行権に重要度がシフトしていく。○そう望みたいが、希望的観測に過ぎる。○著作権マフィアを抑えること。(JASRAC)○著作権法改正が必要だが、クリエイティブ・コモンズ等の動きで一部実現済。○推進者と知財権者の利害が一致しな

	<p>い。○パークレー、ワイアレス・リサーチ・センターの産学連携プログラムで、産学共に個別に IP を取らない取組みが良いモデル。</p> <p>○欧米企業の知財権が世界シェアで低下した時にそのような主張が始まるか。○国際的枠組みが実現できない。○材料分野、人材分野は実現しない。システム、SW 分野は可能性ある。○ビジネス(知的財産を利用する側)が引っ張る必要あり。○中国のような国も含めた国際的共通枠組みが実現してからの話になると思う。</p>
44	<p>上場会社の抱える事業リスク等を数量的に把握し、定期的に公表することが制度化され、数値化されたリスクを最適な事業ポートフォリオの構築などによって効率的に低減させることが、我が国の企業の経営において広く実行されるようになる</p> <p>○リスクの定量化は、重要であるが、信頼性が低く、経営判断に用いるのは危険である。予知できないリスクに対する対応を重要視すべき。○数量化が制度化されることはないと思う。○課題の中にあまりに多くの要素が含まれており、予測時期を特定することができない。○事業リスクの数量化は部分的に進んでいるが、「公表」することにより、新たなリスクを生むことも考えられる。よって「公表⇒効率化」のロジックに実効性が見えない。○数量化はなかなか難しいのではないかと？○リスクマネジメントの研究教育の推進。</p> <p>○数量的把握は可能となりつつあるが、問題は精度である。○金融・不動産・特殊会社など、主として資産管理を行なう企業の導入は早い。実体活動を主とする企業は定量化しにくいリスク、想定評価しにくいリスクがある。○公表することと経営戦略は異なる。○既に一部の企業は現在も取り組んでいるが、「広く実行」となると難しい。○規制化は難しいのではないかと。○数値化は困難、ニーズも生まれにくい。</p>
45	<p>アジア、ラテンアメリカ、大陸ヨーロッパ等の企業において、アメリカ合衆国、イギリスの株主主権型とは異なる固有のコーポレートガバナンスが、一定の地位を確立する</p> <p>○株主は、事業に対する責任感が不足している。違う型のコーポレートガバナンスが出てくるはず。○日本、大陸ヨーロッパはそうになっている。中国はまったく異なる。ラテンアメリカもすでに米型と思う。○「1 国 1 システム」からの脱却が進むと予測できる。(米・英においてもコーポレートガバナンスの再考が進むと考えられる。)○すでに確立している。(特に東アジア。)○既にそうになっているようにも見える(あるいは、ガバナンス不在か?)○米国、インド、ブラジルへのシフト。○英国の制度は EU に導入済、中国や韓国は米国の制度を導入済。○具体的なガバナンスのあり方に、まだ流動する部分はあるだろうが、すでに欧州大陸やアジアの一部において一定の地位を確立している。○U.S, U.K も必ずしも株主主権ではない。○アングロサクソンとは異なるコーポレートガバナンスはすでに実現しているのではないかと。</p>
46	<p>従業員の業績評価方法と昇給・昇進制度の改善により、大幅な権限委譲が可能となり、労働生産性が現在の 2 割増まで上昇する</p> <p>○権限委譲が労働生産性向上に寄与するかは、理解不能。○課題の記述が論理的に混乱している。何故、業績評価方法が改善されると権限委譲が拡大するのか、権限委譲が生産性の向上に結び付くとも限らない。○一般論としては断定できる内容ではない。○ホワイトカラーの生産性向上を、終身雇用原則の下で実現するのは難しい。○労組のリニューアルが必要。○失業率の上昇を避けるのであればある程度低い能動生産性を維持せざるをえないのではないかと。○世代交代が必要。○業績評価、人事制度と権限委譲と生産性の因果関係がわからない。○人事マネジメントの改善効果だけなら時間がかかる。実際は労働環境の方が大きいだろう。○良い企業とダメな企業の差であり、時代とは関係がない。○評価制度の改善だけでは権限委譲は難しいのではないかと。○労働者の雇用制度がどう変化するかに関わっている。○経済状況とリンクするので今ではない。</p>
47	<p>通貨価値の変動や、エネルギーをはじめとする国際商品価格の変動によって生じるマーケットリスクを軽減するために、我が国の主要企業(上場企業の 3 割以上)は、このリスクをもたらず要因を事前に特定し、リスク量を日々ベースで計測して、管理するようになる</p> <p>○そうなると思われる。○通貨リスクは予知できない。その日のリスクは計測できるが。○経済物理では解決できない。冷やかな見方が共通認識か。○数量化はなかなか難しいのではないかと？○IT によりほとんど実現可能。1/2 世代交代すれば OK。○優れた企業はすでに先物取引でリスク回避をしている。○シミュレーションできても効果は限定的。○商品の国際流通の進展状況に依存する。</p>
48	<p>研究開発のプロジェクト・マネジメントにおいて、研究計画、実施、コントロール、評価、それぞれの方法が確立し、研究開発の効率性が平均で 2 割増になる</p> <p>○製薬業界において、開発マネジメントの効率化にもかかわらず、新薬創出率は低下した。重要性は、わかるが、効率化につながるかは不明。○研究開発の成果が論文、特許、製品売上高なら可能性はあるが、利益なら不可能。(相手企業があるので平均とはならない。)○何を以て方法が「確立」したと言うのか。何らかの方法論がらば、既に存在している。○効率性の測定は不可能。あるいは環境要因の方が大きい。○効率性よりも、イノベーションの重要度がさらに増大する。○このような技術・運用方法・システムはすでに存在するが、完全なものにはならないと思う。○ホワイトカラーの生産性向上を、終身雇用原則の下で実現するのは難しい。○研究開発マインドの後退が致命的。マネジメントでは解決しない。○代表的な研究評価法として、ステージ・ゲートがあるが、日本ではベースとなるシーズ研究の数が極めて少ない。大学のシーズを企業はもっと取り入れるべきと考える。○優れた企業とダメな企業の差であり、予測の問題とは異なる。○分野によって方法も実現時期も大きく異なる。○マネジメントだけで 2 割増は考えにくい。(現状はプロジェクトマネージャーの努力で一定の効率性を確保している。)○経営人材の変化が欲しい。○過去からそのような技術、運用システムは存在するが、人間を対象とする以上、完全なものにはならないと思う。</p>
49	<p>ゲーム理論による競争、交渉、協調の分析が進み、現実の政策決定、企業の意思決定に応用される</p> <p>○理論上、研究・解決しなければならない課題が多い。○ゲーム理論で説明できない心理学的部分で、重要なことが決まる。○そのような試みは 70 年代に終わっており、既に限界も明らかになったため、今後新たに普及することはない。○部分的に試行が進むという予想。○程度によって変動。○既に応用されている。○実現しない。核軍縮みたいなもの。○理論的に応用の可能性は高いが、同じ行動をゲーム理論以外でも分析、発見が可能。課題の重要度は、データが得られる脳科学や実験経済学の方が高い。○分析は進むが、現実にも広く応用されることはないのではないかと。○参考情報とはなっても、それが意思決定になるわけではない。○現実的意思決定における情報処理量を考慮すると応用はなかなか困難。○カオス理論的思考も必要。○応用すべきではない。</p>
50	<p>金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する</p> <p>○ここ近年、景気変動幅が大きくなっている。この傾向は続く。○相手国の政治方針もあり、自国では制御不可能。国際的統一も不可能。○資本主義が続く限り、実現しない。○他のアプローチが必要。○振れを縮小することは、現在でも行われている。20 世紀初頃と比べれば明らか。一方、リーマンショックに見られるように、無くすことはできない。○コントロールは不可能でしょう。○複雑系のコントロールは不可欠。社会主義 2.0 の失敗。○特定圏で特定局面のインフレ・デフレを回避できる可能性は今でもあるが、継続的に安定化させるのは難しい。○全世界の経済が均一化するまでは、実現しない。○絶対無理。○バブルのコントロールは人間の本質にも関わることで、実現した社会は活気に乏しい可能性あり。○財政規律と連動するため、政策的に変動しうる。○過去に比して、すでに実現しているとは言えないか。○政府の本気度による。○1990 年グローバル経済の発展により、投機的マネーが多く市場に流入し、景気変動の場が大きくなったのは、誰の目にも明らか。</p>
51	<p>企業経営において、新たな創造のために、ある知識に対して関連する知識を速やかに取り出せるよう、知識を構造化する手法(例えば、キーマン図に類する手法)が定着する</p> <p>○経営以外の分野で、知識構造化の手法が使われる。○既に BI として存在するが、一定の企業にしか普及せず、「定着」はしない</p>

	<p>い。○業種による差あり。○基礎領域では有りうる。○構造化しても実際は使えない。○「キークラフ」というキーワードが出てくるころがすでにアウト。○キークラフが実用的かどうかは不明。○特定業務については我が国でも実用例があるが、経営レベルではもう少し先であらう。○経営で参照されるだけであって、それに依存して経営がされるようにはならないと考える。○「速やかに」の目安は、60秒間くらいではないだろうか。○知識構造化のアルゴリズムが明らかになれば急速に進む可能性あり。○ツールとして手法を使える人材の育成が先。今は危険。</p>
52	<p>ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験など)を形式知化する技術が確立され、技術の伝承が着実に行われる</p> <p>○既にある。「着実」に行われることは不可能と思われる。完成系はない。○程度による。○暗黙知の形式知化を実現する技術は少しずつ確立されてきているが、完全に実現される時期を予測するのは難しい。○マイニング技術として実現済。○中小企業等で行われている伝統的な技能等は、政府によるサポートを必要とする。○グーグル対策としても、この分野の研究が進むことに期待。○形式知にできないことに価値が存在しているというパラドックス。○日本にとって重要な課題であり、課題 56 のような映像・バーチャルリアリティの技術の活用が有効と考える。○ビジネス的には、形式知化すると模倣しやすくなり価値が下がり、その一歩先の暗黙知の価値が上がることを繰り返す。○技術伝承は属人的性格が大。技術のみでは不十分。○形式知になったとしてもそれは一部分なので伝承にはある一定の年月がかかるだろう。○国家的大型プロジェクトには、技術伝承の方法論が今以上に大きな研究テーマになろう。○5年前に比べ、製品のライフサイクルが平均で20%短くなり、いかに市場変化へ素早く製品を開発するかが、利益確保のポイントとなりつつある。その為のソリューションとして、必要。しかし、システム以前の社内設計ノウハウの整備等が遅れているのが実情である。○技術の価値の正しいポジショニングが先。○確立されないが、成果は出ると思う。</p>
53	<p>企業において、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術・プロセス、および、その活用の質・量を評価する技術・プロセスが確立し、有効に利用されるようになる</p> <p>○知識の活用は、求められていることであるが、活用は、利用する人の知識に依存するため、なかなか難しい。○「および」の前は既にあるが、後は実現しない。クラウドコンピューティング方式に向かう。○「活用する技術」と「それを評価する技術」の両方を確立する?程度による。○マイニング技術として実現済。○グーグル対策としても、この分野の研究が進むことに期待。○データベースという名のデータ廃棄物(処理物)○従来のフォーマット形式のデータベースからはインバーティブな活用が難しかったが、テキスト分析を使うとインバーティブな活用を評価しやすくなるのでは。入力の問題も軽減される。○技術はあるが「有効に」利用されるかは不明。○技術と社会の間にはかい離がある。○活用の質を評価するのが高コストになると思われる。○課題の中に多くのサブ課題が含まれているため、判断が難しい。○5年前に比べ、製品のライフサイクルが平均で21%短くなり、いかに市場変化へ素早く製品を開発するかが、利益確保のポイントとなりつつある。その為のソリューションとして必要。しかし、システム以前の社内設計ノウハウの整備等が遅れているのが実情である。○これは、対象とする技術・プロセスを何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないかと。○確立されないが、成果は出ると思う。</p>
54	<p>企業内部に蓄積された「データベース」や「ナレッジベース」等の取引の仕組みが、企業の内外に形成され、経済的動機に基づいて、「データベース」や「ナレッジベース」が活発に取引される</p> <p>○ノウハウの取引は難しい。○クラウドコンピューティング方式に向かう。データプラットフォームができる。○程度による。○マイニング技術として実現済。○グーグル対策としても、この分野の研究が進むことに期待。○そうやって大学/研究者にだまされるサギ2.0。○真に有効なナレッジベースは市場に出てこないのではないかと。○課題 32 と共通している部分が多い。○経済的動機はなじまない。オープンソースのようなモデルの方が広がるかと考える。○企業内データベース等は経営資産であり、取引されるものではない。○技術と社会の間にはかい離がある。○「データベース」や「ナレッジベース」で価値あるものは取引になじまないと思われる。○5年前に比べ、製品のライフサイクルが平均で22%短くなり、いかに市場変化へ素早く製品を開発するかが、利益確保のポイントとなりつつある。その為のソリューションとして必要。しかし、システム以前の社内設計ノウハウの整備等が遅れているのが実情である。○これは、対象とするデータベースを何と考えるかによって、その実現性の判断は大きく異なるのではないかと。○アカデミックな領域にとどまる。</p>
55	<p>環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム</p> <p>○自分の意志に反した決定をシステムに判断されても、従う人はいない。○グループウェアのようなシステムは既にある。○このような意思(意志ではない)決定支援システムにおいては技術よりも組織的な要因の方が重要だと思ふ。○このような取り組み、情報システムは既にある。○およそ不可能ではないでしょうか?○解決はもう戦争?○利害関係者の協調の枠組みが先であり、データベースにより促進されるものではない。○環境問題に係る利害関係者間の協調は殆ど不可能と思われる。○化学物質に関するデータベースは実用化済み。○環境に関する最重要情報は隠匿される傾向が続く。○アカデミックな領域にとどまる。○そのような取組、情報化システムは既に存在する。</p>
56	<p>映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した、技術伝承のための仕組みの構築</p> <p>○バーチャルリアリティはない。○部分的には既に実現。○このような取り組み、情報システムは既にある。○グーグル対策としても、この分野の研究が進むことに期待。○バーチャルリアリティは可能だが、技術は伝承されない/経済学の基礎原理。○技術的な仕組みはできても、技術伝承が実現するには企業組織面の条件も必要であり、そちらの方に時間がかかるのではないかと。○普及してきている。○課題 52 と関連して、我が国では重要テーマである。○5年前に比べ、製品のライフサイクルが平均で23%短くなり、いかに市場変化へ素早く製品を開発するかが、利益確保のポイントとなりつつある。その為のソリューションとして必要。しかし、システム以前の社内設計ノウハウの整備等が遅れているのが実情である。○製造業の現場技能については実現済み。○高齢化による、技術を有する熟練者の他界の前に、こうした仕組みの構築が急がれる。○どのくらい高いレベルスキルを想定しているのかで、課題の難しさは全く異なる。○技術伝承の重要性の確立が先。</p>
57	<p>リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する</p> <p>○「リスクがリスクを呼ぶ」再帰的近代では、課題が次々に出てきて技術が追いつけないのでは?○重要な課題。○個々の環境パラメータによる。○特に、安全な食品・病気に強い食品と、健康・福祉を連携した新しいビジネス・モデルの構築が望まれる。○つねに把握し切れない長期的影響は残るのではないかと。○ウィルス等に関し、すでに取り組みがなされつつある。○健康や環境リスクマネジメントを効果的に推進するために重要。比較的簡易な方法は20年以内に開発される可能性がある。○アスベスト問題など、評価は遅れ、日本では実現しない。(政治力の欠如)○問題のフレーミングについての合意は困難。○確立されない。</p>
58	<p>政策立案を支援するために、新聞・論説記事間の関係を把握し、社会問題の構造を可視化する技術</p> <p>○新聞記事間の関係を把握しても社会問題の構造を可視化したことにはならず、したがって政策立案の役に立たない。○無意味。むしろインターネットのブログへの集約・可視化へ。○実験レベルではすでにある。○マスメディアをそれほど信用していませんので。○やればできる。○Googleのような企業が実現するのではないかと。日本なら、Yahoo かもしれない。○可視化可能なものは限られる。○情報が氾濫しているので、この技術のニーズは高まると思う。○新聞や論説記事といった、いわば2次資料が、真に政策立案を支援するための重要な情報源たり得ることはないのではないかと。○既存の技術を応用できる。</p>

11.8. 未来技術年表

11.8.1. 技術的実現予測時期

区分については 11.3.を参照

実現年	課題
2012	22 資源配分やスケジューリング等に関する最適化問題が効率的に解決されるようになり、企業の費用削減に貢献する <区分C>
2013	18 製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できる IC チップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム <区分C>
2014	21 我が国の公共部門、企業部門の組織において必要とされる IT 投資管理において、要件定義を明確に行う手法 <区分C> 33 高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア <区分E> 49 ゲーム理論による競争、交渉、協調の分析が進み、現実の政策決定、企業の意思決定に応用される <区分G> 51 企業経営において、新たな創造のために、ある知識に対して関連する知識を速やかに取り出せるよう、知識を構造化する手法(例えば、キーグラフに類する手法)が定着する <区分H> 53 企業において、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術・プロセス、および、その活用の質・量を評価する技術・プロセスが確立し、有効に利用されるようになる <区分H> 56 映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した、技術伝承のための仕組みの構築 <区分H>
2015	09 デジタルモックアップにより、研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術 <区分B> 17 我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する <区分C> 19 レジ、接客などの人的サービスを代替できるロボットや情報システム <区分C> 44 上場会社の抱える事業リスク等を数量的に把握し、定期的に公表することが制度化され、数値化されたリスクを最適な事業ポートフォリオの構築などによって効率的に低減させることが、我が国の企業の経営において広く実行されるようになる <区分G>
2016	14 過剰在庫や欠品による機会損失がほぼ解消されるような、高効率な需要予測・生産物流システム <区分C> 20 我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される <区分C> 26 ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる <区分D> 32 熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム <区分E> 38 プロジェクト・リスクに関する共通化・普遍化された評価・管理システム <区分F> 39 ほとんどの企業において自然災害(台風、地震、洪水等)リスクマネジメント手法が導入される <区分F> 47 通貨価値の変動や、エネルギーをはじめとする国際商品価格の変動によって生じるマーケットリスクを軽減するために、我が国の主要企業(上場企業の3割以上)は、このリスクをもたらす要因を事前に特定し、リスク量を日次ベースで計測して、管理するようになる <区分G> 52 ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験など)を形式知化する技術が確立され、技術の伝承が着実に行われる <区分H> 58 政策立案を支援するために、新聞・論説記事間の関係を把握し、社会問題の構造を可視化する技術 <区分H>
2017	01 実験経済学等の研究で行う個人の心理、意識の分析に基づく、企業組織、市場等の制度設計及び企業の製品開発、技術開発に用いられる意思決定予測技術 <区分A> 08 設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援(最適化・効率化・許認可申請など)する高度なバーチャルマニュファクチャリングシステム <区分B> 48 研究開発のプロジェクト・マネジメントにおいて、研究計画、実施、コントロール、評価、それぞれの方法が確立し、研究開発の効率性が平均で2割増になる <区分G> 54 企業内部に蓄積された「データベース」や「ナレッジベース」等の取引の仕組みが、企業の内外に形成され、経済的動機に基づいて、「データベース」や「ナレッジベース」が活発に取引される <区分H>
2018	16 地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術 <区分C>
2019	02 研究開発やマーケティング等に応用するために、認知心理学や脳科学などの理論から、消費者自身が自覚していないニーズやウオントを理解(言語化が困難な考えや感情を可視化)する技術 <区分A> 55 環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム <区分H> 57 リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する <区分H>

実現年	課題
2024	23 大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ＝知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようにするシステム <区分D>
2025	36 脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる <区分E> 50 金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する <区分G>

11. 8. 2. 社会的実現予測時期

区分については 11.3.を参照

実現年	課題
2018	22 資源配分やスケジューリング等に関する最適化問題が効率的に解決されるようになり、企業の費用削減に貢献する <区分C>
	42 国内出願重視から国際出願重視への方針転換が大規模に進められ、諸外国での特許取得による国際競争力の更なる向上が図られる <区分G>
2019	04 日本企業と海外企業との技術提携数が、現在の提携数の2倍を超える <区分B>
	09 デジタルモックアップにより、研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性などを総合的に評価する技術 <区分B>
	15 電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む <区分C>
	18 製造された工業製品の部品ひとつひとつにその履歴(製造者、材料、部品、性能・特性変化、使用者等)を識別できるICチップを埋め込んだ、工業製品の生涯追跡システム <区分C>
2020	21 我が国の公共部門、企業部門の組織において必要とされるIT投資管理において、要件定義を明確に行う手法 <区分C>
	33 高齢者、身体障害者が情報ネットワークに参加しやすい情報端末機器及びソフトウェア <区分E>
	56 映像デジタル化、バーチャルリアリティ技術を活用した、技術伝承のための仕組みの構築 <区分H>
	13 サービス価値に関する一般理論が確立され、それが具体的な事例に適用され始める <区分C>
2021	43 イノベーションを推進する視点で、過度の知的財産権の主張が制限されるようになる <区分G>
	06 異文化を前提とする国際マネジメント能力の向上によって、諸外国の歴史、文化、言語、法制度、価値観などを理解するための、能力開発プログラムが実施される <区分B>
	08 設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援(最適化・効率化・許認可申請など)する高度なバーチャルマニュファクチャリングシステム <区分B>
	14 過剰在庫や欠品による機会損失がほぼ解消されるような、高効率な需要予測・生産物流システム <区分C>
2022	30 我が国において、雇用を確保して格差縮小社会を実現しつつ、国際競争力も保持することができる、ワークシェアリングを機能的に活用するマネジメント手法 <区分E>
	32 熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム <区分E>
	34 女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の3割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する <区分E>
	41 我が国において、基本特許重視型の特許戦略への転換が図られ、それぞれの特許保有者が基本特許と改良特許をバランスよく取り揃えたパテントポートフォリオ構築を戦略に組み込み、特許先進国となる <区分G>
2023	53 企業において、データベース等に蓄積された知識を有効に活用する技術・プロセス、および、その活用の質・量を評価する技術・プロセスが確立し、有効に利用されるようになる <区分H>
	07 国際的なネットワーク人材マネジメントシステムが構築され、高度専門家が国境を越えて自由に移動することが促進されるようになる <区分B>
	19 レジ、接客など人的サービスを代替できるロボットや情報システム <区分C>
	29 新発見・新技術開発の速度を加速化するために、企業や各産業分野の技術課題の多くが広く公告され、公募による解決策が提案され、またはコンテストの要領で審査されるようになる <区分D>
2023	31 大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる <区分E>
	40 地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築 <区分F>
	01 実験経済学等の研究で行う個人の心理、意識の分析に基づく、企業組織、市場等の制度設計及び企業の製品開発、技術開発に用いられる意思決定予測技術 <区分A>
	20 我が国において、歴史的建造物や景勝地の保護がより重視されるようになり、自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために個人、法人による資金の拠出が促進されるように法律が整備される <区分C>
2023	38 プロジェクト・リスクに関する共通化・普遍化された評価・管理システム <区分F>
	39 ほとんどの企業において自然災害(台風、地震、洪水等)リスクマネジメント手法が導入される <区分F>
	44 上場会社の抱える事業リスク等を数量的に把握し、定期的に公表することが制度化され、数値化されたリスクを最適事業ポートフォリオの構築などによって効率的に低減させることが、我が国の企業の経営において広く実行されるようになる <区分G>
	45 アジア、ラテンアメリカ、大陸ヨーロッパ等の企業において、アメリカ合衆国、イギリスの株主主権型とは異なる固有のコーポレートガバナンスが、一定の地位を確立する <区分G>
2023	47 通貨価値の変動や、エネルギーをはじめとする国際商品価格の変動によって生じるマーケットリスクを軽減するために、我が国の主要企業(上場企業の3割以上)は、このリスクをもたらす要因を事前に特定し、リスク量を日次ベースで計測して、管理するようになる <区分G>
	51 企業経営において、新たな創造のために、ある知識に対して関連する知識を速やかに取り出せるよう、知識を構造化する手法(例えば、キーマップに類する手法)が定着する <区分H>

実現年	課題
2023	52 ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験など)を形式知化する技術が確立され、技術の伝承が着実に行われる <区分H> 58 政策立案を支援するために、新聞・論説記事間の関係を把握し、社会問題の構造を可視化する技術 <区分H>
2024	10 国際的経済活動に適用される、商法、取引法、税法、競争法、知的財産法の国際的統一化が進み、そのような国際標準に基づく企業の国際的経営の容易化 <区分B> 17 我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する <区分C> 28 オープンソース・ソフトウェアの供給方法のように、消費者が自分の欲しい財・サービスを、自分たちが中心になって共同で開発、生産、販売、サポートするシステムが、価格の高低を問わず多様な財・サービスについて行われるようになる <区分D> 46 従業員の業績評価方法と昇給・昇進制度の改善により、大幅な権限委譲が可能となり、労働生産性が現在の2割増まで上昇する <区分G> 49 ゲーム理論による競争、交渉、協調の分析が進み、現実の政策決定、企業の意思決定に応用される <区分G>
2025	02 研究開発やマーケティング等に応用するために、認知心理学や脳科学などの理論から、消費者自身が自覚していないニーズやウォンツを理解(言語化が困難な考えや感情を可視化)する技術 <区分A> 25 個人が、家族単位を超えたレベルで、どのような地域社会集団、生活支援組織とどのように関わっているかを、社会資源とそのネットワークについて悉皆調査し、個人ベースの国勢調査に加えて、社会ネットワーク(連結個人)ベースの「ソーシャルキャピタル調査」が国によって行われるようになる <区分D> 26 ネットワークインフラの発達により居住・仕事の物理的場所の差がなくなり、リアルなオフィスに代わってバーチャル・オフィスが主流になる <区分D> 35 我が国において、個人の動機付けと報酬の関係を明確にした雇用契約が一般化する <区分E> 37 過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される <区分F> 48 研究開発のプロジェクト・マネジメントにおいて、研究計画、実施、コントロール、評価、それぞれの方法が確立し、研究開発の効率性が平均で2割増になる <区分G>
2026	03 グローバル化の進展により、日本の大企業の約半数で社内公用語が英語になる <区分B> 16 地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術 <区分C> 27 上場企業において、個人が企業への所属の有無を問われることなく、個人あるいはフリーランスとして、プロジェクト方式により、その企業のために商品開発や戦略構築を行う方式が標準的経営スタイルとなる <区分D> 54 企業内部に蓄積された「データベース」や「ナレッジベース」等の取引の仕組みが、企業の内外に形成され、経済的動機に基づいて、「データベース」や「ナレッジベース」が活発に取引される <区分H>
2027	55 環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム <区分H>
2028	11 売上額の1/2が海外で発生するようなグローバル化した日本の大企業では、国内法人においても新たな協働システムが構築され、その中枢を担う管理職、専門職の1/3以上に外国人労働者を採用するようになる <区分B> 57 リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する <区分H>
2030	24 貧困の根絶、環境保全、育児支援、介護支援などの社会的問題の解決を目標とした社会的企業の生み出すGDPが国全体レベルの15%を超えるようになる <区分D>
2032	05 東アジア地域の経済統合がなされる <区分B> 12 初等教育において国外留学する生徒や、インターナショナルスクールに通う生徒が20%以上になる <区分B>
2033	23 大学、企業、研究所、そして研究者個人が抱える「知識シーズ=知的遺伝子」を「遺伝子」のようにデータベース化することにより、社会的なニーズと最適にマッチングさせながら、設定した目標に対して、どの「知的遺伝子」のどのような組み合わせで、どのような分野でイノベーションが起こりそうかを、ほぼ正確にシミュレーションできるようになるシステム <区分D>
2035	36 脳科学の進展により、人間の直感や創造力などの高次メカニズムが明らかになり、経営の実務で利用されるようになる <区分E>
2036	50 金融政策等の経済政策が精緻化し、インフレーション、デフレーションをコントロールし、景気変動が大幅に減少する <区分G>

No. 12 分科会：「生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群」の調査結果

目次

12. 1. 将来展望.....	853
12. 1. 1. 総論.....	853
12. 1. 2. 土地利用戦略.....	854
12. 1. 3. 生活支援戦略.....	857
12. 1. 4. 生産支援戦略.....	859
12. 1. 5. 交流・交易戦略(運輸・通信).....	861
12. 1. 6. インフラシステムの持続化戦略.....	862
12. 2. アンケート調査の回収状況.....	866
12. 3. 課題の区分.....	867
12. 4. 個別科学技術課題に関する設問について.....	868
12. 4. 1. 課題の重要性.....	868
12. 4. 2. 技術的実現予測時期.....	872
12. 4. 3. 技術的実現を牽引するセクター.....	873
12. 4. 4. 社会的実現予測時期.....	876
12. 4. 5. 社会的実現を牽引するセクター.....	877
12. 4. 6. 技術的実現から社会的実現までの期間.....	880
12. 4. 7. 新規提案課題.....	882
12. 5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について.....	883
12. 5. 1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項.....	883
12. 5. 2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題.....	883
12. 5. 3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 国際関係のあるべき姿.....	885
12. 5. 4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、 政府が重点的に取り組むべき事項.....	887
12. 5. 5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、 我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題.....	888
12. 6. 集計結果一覧.....	890
12. 7. 課題別コメント.....	906
12. 8. 未来技術年表.....	913
12. 8. 1. 技術的実現予測時期.....	913
12. 8. 2. 社会的実現予測時期.....	915

12. 1. 将来展望

12. 1. 1. 総論

社会が基礎的な機能を保つために必要なインフラストラクチャーは、自然と共生しつつその猛威から人々を守り、経済を成長・維持し、そして人々のクオリティ・オブ・ライフを維持・向上させるための装置である。その装置に求められる使命は、近未来の日本および世界の国土、都市、農村が置かれる境遇によって大きく異なってくる。「生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群」を展望するに当たっては、この境遇の変化に対する豊かな想像力が必要となる。このテーマを担当するNo.12分科会では、近未来を次のように想定している。

日本の社会は、少子高齢化に伴い生産年齢人口(15歳以上64歳以下)が減少してゆき、2000年に2.14人の生産年齢人口が1人の非生産年齢人口(子供・高齢者)を支えているが、2050年には1.04人の生産年齢人口が1人の非生産年齢人口を支えねばならない。しかも、2000年には子供と高齢者はほぼ同数であるが、2050年には、高齢者が子供の約2倍となる。このように、2050年の人口構成は今日と比べて遙かにトップヘビーとなって、国の潜在生産力が低下する。また、今後は高齢化により社会保障費や年金支払いが増大していくことから、世帯の公共投資負担率は今日のそれがほぼ限界であると考えられるべきであろう。さらに、多くの要介護高齢者を抱えている状況であることから想像は容易であるが、その社会はいかにも脆弱である。加えて、モータリゼーションのさらなる進展により、都市も農村も一層スプロールし、その拡大した市街地の維持コストは増大し続け、コミュニティが崩壊して地域社会が一層脆弱化することは否定しがたく、インフラ技術の展望においては、これを強く念頭に置くべきである。

一方で、気候変動により気象災害が一層激しく、また巨大化すると想定される。また、気候変動とは直接には関係はないが、東海・東南海地震をはじめとして、太平洋ベルト地帯の人口稠密地域を中心に、巨大地震の生起確率は上昇の一途をたどっている。このように、日本において、これらの巨大自然災害が、脆弱化した社会に襲いかかる図式が見えてくる。したがって、インフラ技術の展望に際しては、こうした気候への影響を最小化する「気候変動緩和型インフラ」、および、その被害を最小限に食い止めるための「気候変動適応型インフラ」という視点が求められる。

世界に目を転ずると、気象災害や地震は日本と同様に、地域によってはそれ以上に強度と規模が上昇している。また、少子高齢化は、先進諸国では、所得上昇と共に長期間かけて進展したが、アジア開発途上国においては、所得上昇がわずかであるにもかかわらず急速に進展し、女性1人あたりの生涯出産数は、多くの国において過去30年間に急低下し、すでに2人前後という低い値に到達した。このように、日本がインフラ構築に貢献すべきアジアの国々においては、社会の脆弱化と自然災害の強大化がより速い速度で進行していると言わなければならない。

本分科会では、以上のような将来の基本認識に立って、いかなる道筋を描くかを検討した結果、5つの視点から展望する。

- 1) 人間活動のプラットフォームである都市・農村のかたちと自然保全の基本戦略としての「土地利用戦略」
- 2) 少子高齢化し脆弱化する社会を支えるための「生活支援戦略」
- 3) 食糧安全保障および競争力の低下する2次産業や、少子高齢化により大きくニーズの変化する3次産業を支えるための「生産支援戦略」
- 4) 少子高齢化し、また環境制約が強まる社会の経済社会活動を支える「交流・交易(運輸・通信)戦略」
- 5) 環境負荷を低減させると共に、将来維持コストを低下させるための「インフラシステムの持続化戦略」

以下に、各々の戦略にかかわる展望を述べる。

(林 良嗣)

12. 1. 2. 土地利用戦略

(1) 戦略の概要

厳しさの増す環境制約や財政制約の中で、将来世代に引き継ぐことのできるストックを構築するための時間は限られている。歴史的観点から国土や都市の存続基盤を問い直し、環境資源の浪費、災害リスクの拡大、そして過剰な財政支出の増大を生み出してきた空間消費＝土地利用のあり方を見直すことが急務とされる。土地利用は、生活、生産、交流・交易等の人間活動のプラットフォームであり、各分野の技術のインテグレーション(統合)の場である。本項が注目する「土地利用戦略」とは、こうしたプラットフォームの(再)構築に必要とされる空間管理、評価・モニタリング、シミュレーション等に関する技術開発や制度整備を対象とするものである。

戦略の具体的内容は、下記のサブ戦略の概要に示す通りであるが、調査の回答結果において土地利用戦略が「世界・日本双方にとり重要」と「特に日本にとり重要」と回答した割合は、それぞれ4割強を占める。両者を合計すれば9割の回答者が土地利用戦略の重要性を強く認識していることが読み取れる。

(2) サブ戦略の概要

土地利用戦略においては、「都市・農村のかたち」と「自然の保全」に関わる二つのサブ戦略を設定した。前者は、1)統合的な情報インフラの整備に基づく国土レベルの計画管理のための技術と制度、2)地域・都市計画レベルでの地域固有の文化的景観の持続的維持、将来の生活の質および災害リスク評価と制御、3)街区計画レベルでの高品質・長寿命の建築・インフラ計画の普及、4)コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地形成、5)市民を主体とする「新たな公」による地域戦略の主導と地域マネジメントの実行、6)自然ストックの会計技術に基づく農林業再生や広域自然管理などを含むものである。また、後者は、1)土地利用変化に伴う地域環境の急激な変化の兆候を検出できる統合的な環境影響評価技術、2)開発行為が自然界に及ぼす影響の定量的予測および自然の再生速度を考慮した動的なシミュレーション技術、および3)メソスケールでの環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーション技術に基づく定常的な環境管理を柱とするものである。

(3) 調査結果の概要

- 土地利用戦略に関する技術的実現時期の回答結果を見ると、設問が有効な全ての課題(8課題)で2016～2020年と比較的早い時期の実現が期待されていることが読み取れる。また、社会的実現時期については、2021年～2030年との回答が多い。技術的実現時期と社会的実現時期とのギャップが大きいものとしては、課題8「森林会計等の自然ストックに関わる会計技術の開発により、農山村の都市に対する貢献が定量的に評価され、都市の所得を農山村に還元することによる農林業再生と広域自然管理が実現される」、課題11「流域・海域を一体的に捉えたメソスケールでの環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される」などが挙げられている。
- 土地利用戦略の技術的実現を牽引するセクターとして、公的研究機関を挙げた回答は67%を占め、この割合はNo.12分科会の5つの戦略の中で最も大きな値となっている。これに次いで、複数セクター連携を挙げる回答も多い。民間企業が牽引すべきとの回答割合は1割程度に過ぎない。一方、社会的実現を牽引するセクターについては、政府が61%を占め、次いで複数セクター連携が高い割合を示している。上記の、技術的実現時期と社会的実現時期のギャップを埋める上では、特に政府の果たすべき役割が大きいと言えよう。
- 各課題の重要度に注目すると、課題10「世界・日本双方にとり重要」との回答割合が多かったものは、課題10「開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる」、課題9「人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される」および課題11「流域・海域を一体的に捉えたメソスケールでの環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーション」

レーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される」である。これらの回答割合は 8 割を超えている。また、「特に日本にとり重要」との回答割合が多かったものは、課題 6「人口減少に伴って市街地を縮小する際、水循環と生態系、および生活文化の持続性を踏まえた、土地利用戦略が創り出され、コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地が形成される」および課題 5「都市・農村において、多世代が交流するコミュニティが形成され、街区や集落規模で生活の質(QoL)を高めるための高品質・長寿命の街区計画(建築・インフラ計画)が普及する」であり、これらも 80%前後の値を示している。

(4) 今後の展望

経済・環境・社会の「持続性」と「発展性」を支える土地利用戦略を実施するためには、それに先立つ、都市と農村にまたがる空間ビジョンが不可欠である。国土レベルの視点からは既に、平成 20 年の「国土形成計画」(国土交通省)において、従来の開発基調、量的拡大を目指す計画から、国土の質的向上を目指し、国土の利用と保全を重視した成熟社会型計画へのビジョンの転換が図られた。その中には、生態系を含む環境を重視した国土形成への方向転換も含まれている。こうしたビジョンの実現のためには、いま一度、目指すべき社会目的を明確にした上で、将来世代のニーズを先取りし、それを満たす国土システムを生み出そうとするリ・イノベーション志向の考え方が求められる。近年強調される「少子・高齢化」や「低炭素化」はあくまで社会の境界条件あるいは制約条件であり、これらへの対応を自己目的化するのではなく、現世代と将来世代の QOL の維持・向上という本来目的の達成に向けた統合戦略、すなわち土地利用というプラットフォーム上での全体知の動員が不可欠である。また、戦略の統合化においては、マネジメント型の柔軟な思考と手法が重要である。

なお、プラットフォームの空間単位となるのは都市と農村、そして陸域と海域にまたがる「流域圏」である。流域圏レベルでの環境モニタリングや変動モデリングをベースとする「持続性立案支援技術」が重要な意味をもつ。本項の締めくくりとして、この持続性立案支援技術に関する技術動向と将来展望をまとめる。

① 科学技術のここ数年の動向

地球観測技術衛星 ADEOS(みどり)シリーズの相次ぐ不都合を受けて、広範囲をそれなりの空間・時間解像度で観測する日本の地球観測はしばらく停滞していたが、低頻度高空間解像度で地表面を観測する ALOS(だいち)による地表面観測は災害や土地利用・植生変化のモニタリングに威力を発揮し、また、熱帯降雨観測衛星(TRMM)は設計寿命を超えて現在も観測を継続し、これまで特に観測の少なかった熱帯から中緯度地方の降水情報を取得収集している。2011 年度以降、これまで準備されてきた GCOM(全球気候変動観測計画)衛星など、日本による地球観測衛星の打ち上げが相次いで計画されており、その準備も着々と進んでいる。

いわゆる地球温暖化に伴う気候変動を算定する気候モデルに加えて、大気循環を駆動する重要な単位である積乱雲を陽に表現可能な雲解像度全球モデルが開発され、また、計算機的能力向上に伴い、海洋大循環モデルの空間解像度も向上し、大気海洋を包括的に取り扱う数値モデルの性能は向上しつつある。

陸域の水循環モデリングに関しては、特定の湖の生態系の動態や特定の河川の洪水を再現しようとする従来のモデルに加えて、全日本域、あるいは全陸面を対象としたモデリングシステムの構築が進んでおり、これには大気からの外力や、リモートセンシングなどによる地球観測情報が重要な役割を持っている。さらに、水循環に伴う土砂や栄養素、あるいは同位体比などの循環が計算されるようになっただけでなく、取水や貯留、土地改変や物質投入など、水の量的、質的循環に及ぼす人間活動も数値モデル化され、取り込まれつつあり、この分野に関して、日本のモデリング技術は世界をリードしている。

都市河川などにおいては、流域を一体的に捉えた水循環シミュレーションに基づき、開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測され、その結果を流域住民など関係者(ステークホルダー)が共有することで戦略的な環境アセスメント、合意形成を行う先進的な試みがなされている。しかし、水質や生態系のモデリング、影響評価が適切なレベルまで考慮できていないとはいえず、今後の課題となっている。

② 現状におけるトピック、キーテクノロジー

流域の水、物質循環とその変動が動植物など生態系を含めた流域環境に及ぼす影響を適切に評価できる数

値モデリングシステムの構築には、モデリングそのものだけでなく、衛星による定期的な広域観測、ならびに、素過程の観測によるメカニズムの解明やモデリングの評価に不可欠な地上検証情報の取得のための現地観測の3つの領域における研究が融合的に開発される必要があり、そうした機運が高まって、研究者間の情報交換、連携した研究予算申請、シンポジウムの開催などが試みられている。

モデリングでは、従来、表流水とは別途取り扱われることの多かった地下水過程を組み込み、また、土砂や栄養素、汚染物質、同位体比など、水質や溶存物質、懸濁物質についてもその発生や負荷と輸送、流去、分解過程を数値モデル中に取り込むことが焦眉の課題となっている。これに伴い、水温や製氷、解氷のモデリングも必要となり、一方で、氾濫や浸水など、従来は扱われていなかった量的過程についても考慮され始めている。これらの要素をきちんと再現、予測できるようになって初めて、陸域と海域の水循環を統一的に考える意味が出るため、今後の発展が大いに期待される。

また、気温や降水量、河川流量や土壌水分、雪氷や氷河などに限らず、植生や水面面積などの変動の探知と、いわゆる人間活動に起因する地球温暖化影響の attribution がグローバルに進められており、特に、夏の北極海の海氷の消失には世界中が注目している。

一方で、豪雨や異常高温などの極端現象に関しては、社会影響は大きいものの、観測事例が少ないことから長期変動の探知も難しく、気候変動との関連を明らかにすることも容易ではない。そのため、数値モデルによる将来推計に現れる変化のメカニズムの解明と、過去の観測データによるその仮説検証が行われるようになりつつある。

こうしたグローバル変化が地域の環境変化に及ぼす影響、地域の環境変化の探知と将来推計などの情報は現在精力的に研究が進められているところであるが、それをいかに身近に感じてもらえる情報に変換し、必要なアクションを促すように市民に伝えるか、は今後の大きな課題である。

③将来展望

今後打ち上げ計画が目白押しの人工衛星による地球観測が、継続的に維持され、地球環境が広域、地域の両方にわたって適切にモニタリングされる。日本域や特定地域のみを高速にスキャン観測する静止衛星からの監視技術の発達や、機動的な航空機観測の現業的な導入により、災害発生域の早期発見や災害直後の救出・救助、復旧活動を地球観測が支援できるようになる。

そうした人工衛星や航空機といったプラットフォームによる地球観測、地上設置型レーダなどのリモートセンシングにより、広域が定期的に観測されるようになるが、それらは基本的に電磁波情報であり、水や植生、大気といった観測対象の属性を高精度に推計するためには地上観測網の維持が不可欠であり、選択と集中を伴いながら、地上の基幹環境観測網がいつそう充実する。

水の量と質、その大気環境や生態系との相互作用、人間活動の影響も考慮した統合型水循環・水資源・水環境モデルシステムが稼動し、それらが宇宙、航空機、地上からの地球観測データとデータ同化技術によって融合されて、定常的な環境観測システムとして稼動するとともに、森林の伐採や減少、水害や土砂崩れ、早魃や水質事故など突発現象・長期環境変動の探知にも用いられる。

開発行為に伴って、水循環や水環境、生態系などの環境要素にどのような影響が考えられ、どういう対策をすればどの程度軽減できるか、が定量的に検討可能となり、流域の意思決定、合意形成の支援ツールとして利用されるようになる。これにあわせて法的・組織的取り組みも整備され、都市計画と都市環境、防災が一体となった開発・保全計画の策定が可能となる。

こうした取り組みは、短期の都市・水環境計画のみならず、低炭素社会を構築して気候変動への緩和策に資するとともに、水災害に対しては安心・安全な都市の構築を通じて適応策としても機能し、日本が世界に誇る総合技術として認知されるようになる。こうした知見と社会実装のノウハウは途上国を中心としてアジア、アフリカにも社会技術移転され、世界の幸福の実現に役立つと共に、世界における日本の地位を高め、経済発展にも貢献する。

(土井 健司、沖 大幹)

12. 1. 3. 生活支援戦略

(1) 安全・安心の確保戦略

テロや環境汚染を防止するために爆発物・兵器・毒物を早期に発見すること、および災害発生時に被害者の命を救うために早期に発見すること(課題 12)は、他の課題に比べ、「特に世界にとり重要」とした回答者が多い。この理由として、前者は日本よりも世界各地での発生が懸念され、後者も建築物の耐震化が日本以上に進んでいない地域が世界各地に多いためであると考えられる。加えて、技術的な実現予測時期と社会的な実現予測時期が長期間に及ぶことも本課題の特徴であり、この理由として、国内以上に世界での実現が重要であることを考慮すると、世界各地で本課題を社会的に実現すること自体が困難であると捉えられているようである。実際、中国四川、ハイチ、チリ等、近年大規模な地震の発生に伴う建物倒壊による犠牲者は、日本におけるものに比べ圧倒的に大きい。日本で確立した技術を世界に展開していくことも重要な方策となろう。

課題 12「爆発物や兵器、毒物等を迅速に発見してテロや環境汚染等を未然に防いだり、災害発生時には被災者を速やかに発見し救助を支援できるよう、人間の知覚能力を超えた視覚・嗅覚・聴覚等を有するロボットが自治体や警察に配置され、稼働している」

M6 以上の地震の発生を予測する技術(課題 14)については、技術的实现時期も社会的实现時期も「実現しない」「わからない」という回答が他の課題に比べ特出している。地震の予測は今後も解決困難な課題として存在し続けるものと思われる。技術的实现を牽引するセクターとして「大学」と挙げた割合も他の課題に対し最も大きく、単一分野に依らない新しい技術の開発にも期待がかけられている。一方、気象現象による自然災害の発生を予測する技術(課題 13)については、将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる課題として上位に位置づけられており、社会的に取り組むべき課題として重要視されていることが窺える。

課題 13「気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる」

課題 14「M6 以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する」

(2) 多様化対応(既存技術の活用含む)戦略

都道府県単位で対応するほどの自然災害に対する備蓄、インフラ機能の補強(課題 15)、リアルタイムでの被害把握や拡大予測(課題 16)については、「特に日本にとり重要」という回答が他の課題に比べ特出している。将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる課題としても上位に位置しており、早期実現への期待が大きいことが窺える。また、これらに加え、災害時の被災地からの脱出システム(課題 17)、及び地震予測技術に対応した都市機能の強化、社会・経済活動の制限、食糧備蓄、一部市民の避難を優先的に支援する制度(課題 18)に共通しているのは、社会的な実現を牽引するセクターとして政府(地方公共団体含む)であるとする割合が非常に大きい点である。これに対しては、大学や研究機関での成果を踏まえつつ、国と地方が連携し、具体的な実現方策を議論することが急務であろう。一方で、政府機関のみによる災害対策には限界があることがすでに多くの事例から明らかとなっており、コミュニティ形成戦略としての自助、共助の推進も重要である。

課題 15「都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する」

課題 16「都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される」

課題 17「想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼働している」

課題 18「M6 以上の地震予測技術の確立に対応して、都市機能の強化、社会・経済活動の制限、食糧備蓄、一部市民の避難を優先的に支援する制度が確立される」

(3) 少子高齢化対応戦略

我が国における少子高齢化は、以前は地方山間部の過疎地の問題であったが、現在では団塊世代が 60 歳代に達しており全国的課題である。その意味で高齢者の機能低下を考慮した道路構造や標識、信号を整備し(課題 19)、さらには快適な道路景観や移動手段を準備し移動の質を高めることは高齢者の長期的な社会参加を促すため、社会と個人の双方にとって緊急かつ重要な課題である。このアンケート結果に基づけば、技術的実現予測時期の幅が比較的狭い傾向があり、多くの回答者が今後 10 年以内に達成できると考えていることを示す。その一方で、社会的実現時期にはばらつきがあり、普及方法によっては長期間を要する課題であると考えていることを窺わせる。なお、少子高齢化は我が国だけの課題ではなく、中国においても一人っ子政策の影響が就労人口の減少に繋がると予想され、数十年の遅れで国際的な課題となると予想される。

課題 19「加齢による機能低下(動体視力、判断時間、誤判断リスク)などを織り込んだ道路構造、標識、信号などが普及する」

中山間地などの交通不便地区に居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT 技術を活用する技術(課題 20)はすでに存在するとの意見が大勢である。当面の課題は全国末端までシステムとサービスが普及するための費用と時間である。そもそも過疎地に高齢者だけが居住する状況を生み出し、それを IT やロボット技術で補おうとすることを選択すべきかとの課題別コメントは本質的であり、限界集落などの実態研究に基づく達成すべき生活の質を再考した上で、国土規模の過疎地政策を立案し同時に技術開発を進めるべきであろう。

課題 20「中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT 技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する」

(4) コミュニティ形成戦略

地域住民が災害リスクを正確に認識するため、情報の提供や教育(課題 21)は一部ではすでに実現している。今後は情報を知識としてストックするだけでなく、避難や回避行動に反映させるためのリスクコミュニケーションツールとしての機能が期待される。アンケート結果においても技術はすでに存在しており、むしろ防災・減災対策の存在を住民が理解し、行政と住民組織が常に協力する社会的実現時期までには 10 年程度必要であり、内容から判断して政府が牽引すべきであるとのアンケート結果は妥当である。

課題 21「地域住民が、火山活動、地震、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクを認識するための情報提供と教育が実行され、市民と行政との協働による防災・減災の仕組みが稼働している」

(5) 生活クオリティ向上(既存技術の活用含む)戦略

携帯端末で現在位置を自動検出し、周辺のレストランなどを案内するシステムはすでに実用化・普及している。ただし個人の属性に基づき情報が自動的に選択・提供される(課題 22)までには至っていない。この点に関しては技術的な課題ではなく、情報選択技術の需要があるか否か、個人情報保護の視点から判断して実用化が可能か、などの課題を解決する必要がある。むしろ属性による情報選択だけでなく、災害の事前事後の情報提供、仮想避難訓練、カーシェアリングなど移動手段の予約および非常時のレスキューへの通報など、常時・非常時の携帯端末の機能連携のほうが重要と思われる。

課題 22「日常的な携帯端末で個人の現在位置を自動検出し、周辺情報(施設情報、天気、環境情報な

ど)と本人の属性情報(年齢、性別、障害、健康状態など)に基づき、その時点で必要とされる情報を判断し自動的に届けるシステムが普及する」

高齢者世代の移動を確保し社会との関係を長期間継続する(課題 23)ことは、高齢者の能力を最大限に社会に役立てる点において有望な技術である。しかしながら、都市市街地では電気自動車はあっても安全に走行する道路空間が無い、電気自動車の充電設備が無いなど、普及に対するハードルは高い。社会的実現予測時期が 2020 年代後半にわたって広く分布しているのは、この問題の社会性の高さと難しさを物語っている。高速道路を 100km/h以上の速度で走る車が都心にまで乗り入れるのではなく、都心は歩行者と共存できる 30km/h以下の速度の移動手段を優先する道路構造と充電インフラの整備が電気自動車の普及を促進すると予想される。

課題 23「健康上の理由による徒歩移動、または機能低下による自動車移動が制約される高齢者世代の増加に対応した対策メニュー(例:高齢者用電気自動車、自動車が無くても生活できる住宅地など)が選択できる」

(6) 今後の展望

人口減少下のインフラ整備においては、空間を建築物や都市施設により埋めるデザインから、計画的に何も造らない(厳密には緑や水のネットワークなどが存在する)空間をリザーブする思想が求められる。この理由は、物質やエネルギーのフローを最小化し、質の高いストックを最大化する国土を形成することが、高い生活質を生み出すためには必要と考えられつつあるからである。この点で、上述した空間リザーブの思想はテロや自然災害に備えた国土や都市の構造と合致し、何も造らないデザインが国内外でますます重要な要素になると予想される。

また、先進各国で高齢者の割合が増加するに伴い、高齢者の生活の質をどのようにして確保するかが大きな課題となりつつある。この点でわが国は課題先進国といわれ、急速な高齢化が過疎地だけでなく、大都市にも及びつつある。この対策として、かねてから医療や年金の充実が叫ばれてきたが、高齢者の移動手段を確保し社会参加を促し精神的な老化を防止すると同時に、IT 技術の応用により地域情報の伝達や遠隔地医療の実現および災害時の情報提供システムを国土レベルで完成することが必要となろう。

すなわち、これまでは災害時を特別な時期として日常生活から区別する考え方から、空間利用、移動手段、情報伝達において、常に非常時を意識したインフラとコミュニティ形成が、生活の質の最も基本である安全・安心を実現するとの意識改革と、実現のための既存技術の改良と早期の社会的な適用が、生活先進国としてわが国の存在価値を高めることに大きく貢献すると予想される。

(臼田 裕一郎、杉山 郁夫)

12. 1. 4. 生産支援戦略

社会の経済の基盤は各種産業であり、その健全な発展は快適な国民生活の重大な要素である。同時に、生産は衣食住の根本を支えるものであり、特に第一次産業はその中でも重要な任務を負っている。日本では近代化とともに先進国に追いつき、追い越して順調に発展して来たが、追われる立場になった今、中国・インド等の大規模・急速な台頭による、原材料開拓競争、安全性不安等地球規模の状況の変化に対応に迫られている。と同時に、国内でも地方格差、産業間格差等のアンバランスが問題とされている。本分野では、このような状況での生産の有り方とそれを支えるインフラ技術の有り方についての調査を行った。

生産支援戦略は、生産そのものではなく長期的視野で人間の生活環境と適合した生産を実現していくという角度からスポットを当てる境界分野・複合領域的技術であり、継続的・包括的取り組みが重要である。

(1) 調査結果の概要

①原材料・食料の枯渇対策

国際規模の人口増加、工業化進行により、原材料・食料の枯渇問題が既に顕在化、今後益々深刻化することが予想されている。廃棄物からの原材料リサイクルは進んでいるように見えるが、現在は目的の中心は廃棄物処理対策であり、将来の生産のための原材料の枯渇対策という観点では未だ不十分と考えられる。希少材料を求める戦いが激化する現在、手遅れになる以前に、今後の産業ニーズ、採掘可能性等を勘案した対策の観点から組織的・政治主導の取り組みが必要と考えられる。食の安全・安定した供給も希少材料と同様に、手遅れになる前の確立が必要と考えられる。調査結果を見ると課題 30「リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から 90%以上を回収する技術が実用化される」は、「世界・日本双方にとり重要」と「特に日本にとり重要」の合計が約 99%という高い関心を示しており、「民間」の牽引が予想されているが、枯渇による高騰になる前に政府等による主導、支援が効果的と思われる。一方、課題 31「ニッケル(Ni)、コバルト(Co)等希少金属の必要量の 50%以上を他の惑星、衛星から採掘するシステムが実用化される」では重要度評価はあまり高くないが、先進国の取り組みも始まっており可能性の見極め等の長期的取組みが必要と考えられる。

②環境対策

産業は生産性だけを追及した時期があり公害等の問題を経験したが、日本では日常生活排出物も含めた対策が進められ改善中ではあるが一応は収束しているように見える。しかし、それは人間の生活活動で排出される有毒物を処理するという範囲であり、我々の祖先がそうであったような自然との共生が実現されている訳ではない。自然改変が水・空気、更に農林水産業、また人間の精神面にどのような影響を与えるかは現在も充分には理解されておらず、今日も問題が発生している。自然環境と人間の活動との相互作用の分析・評価と、共生の為の技術的、社会的課題の解決が必要と考えられる。

③産業振興策・構造改革

世界的な社会構造の変化により、従来のような先進国が加工貿易で利益をあげるという形態の継続が疑問視されている。同時に、日本国内では産業の都市集中、農林業の空洞化等のアンバランスが問題となり、食料自給不安の一要素ともなっている。農林業の再興、地方に根ざした産業の育成等の対策は重要な課題である。調査結果では、課題 27「地方の過疎化対策としての成熟製造業の支援システム(技術的イノベーションの達成、ノウハウのソフト化による伝承教育、経済的支援、文化としての継承)が確立する」、課題 26「農地などの土地の保全管理を維持するため、都市と地方の間の UIJ ターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する」、課題 24「我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な大規模企業化農業(海外生産、室内生産を含み、50%は全国合計値)が普及する」が日本にとって重要と高く評価されており、認識の広がりを見せている。一方、課題 25「農地・森林を保全・再生するための水資源(治水・利水・水環境)の重要性に対する社会的コンセンサスと新たな法・制度が確立する」は、「特に世界にとって重要」と評価され、人口低減の日本だけで考えるのではなく、人口爆発国との間で水資源も国際的流動化が進むであろうという認識を表していると考えられ、世界を視野に入れた取り組みが必要と考えられる。

(2) 今後の展望

人類の発展と生活環境とが相反事象となる事態が時により現れる。人口爆発、高齢化、環境破壊等々が懸念される状況で、生活を支える生産と生活環境を両立させるための生産支援戦略分野の重要性は益々増大していくと考えられる。

- 生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群に関する戦略は、ある意味で日本の将来を決定付ける、社会・経済発展と国際競争力に関わる問題であり、大きく以下の2つに集約される。
- 電気電子産業から建設産業、ソフトウェア産業に至るまで、日本の既存産業は急速に成長性と発展性を失いつつある。高度経済成長期とその後の安定成長期に維持していた各産業の発展は、発展途上の状況にあった各産業が基礎技術をベースにした発展モデルを持っていたことによる。しかし、同様の段階にある韓

国・中国などの追い上げが急速な状況下では、基礎技術の開発のみならずこれらを統合する構成力やマネジメント力による新たな価値創造が必要不可欠である。現時点では、既存産業における技術優位は依然保たれ、先端技術開発においても優位であるにも関わらず、韓国・中国企業との競争に負けつつある状況は、各産業および各学術分野における知識・技術統合のための構成力やマネジメント力をベースとした科学技術開発が全面展開されない限り、日本の経済発展を危うくし、国力に関わる問題となっている現状を変えることが出来ない。

- 生活や環境の維持・改善、地域活性化を推進する上でもインフラ技術が社会経済システムと関わりを持つことが重要であることに異議を持つ人はない。しかし、個々の技術発展は推進されてきたが、それが課題克服の為のシステム創造へと展開する段階において大きな問題が存在する。例えば地球環境問題では、理学的な気候変動予測から工学的な影響評価と社会経済的インパクト評価に至る多様な学術領域やインフラ技術を統合して初めて本当の理解が進み、対応策が得られる。例えば、新幹線技術は、単なるハードやソフトの技術ではなく、幅広いサポート体制や人間的要素を踏むんだ総合的なマネジメント技術である。このような社会経済科学を含む統合技術の分野の発展が無い限り、生活・環境の問題は、包括的に捉えた曖昧な解決策に終始することになる。地域活性化の分野においても同様の状況であることから、根本的な課題解決に至っていない。社会経済分野を含む学術・技術分野の協力と統合技術の開発が望まれる。

(市川 雅也、那須 清吾)

1.2. 1. 5. 交流・交易戦略（運輸・通信）

(1) 区分および関連する科学技術のここ数年の動向

環境問題、高齢化社会、そして安全・安心の確保など、本分野は極めて身近なテーマであることから、アンケート結果の「課題の重要度」でも、他と比較して格段に、「世界・日本双方にとり重要」の回答比率が高かった。それだけに、すでに着手済みのテーマも多い。環境負荷半減技術や、事故対策など安全技術については、多くの項目で技術的実現予測時期が「2020年まで」と回答されており、ここ数年の技術開発動向の延長線上に位置づけられる結果といえよう。

(2) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

安全・安心の確保戦略:海難事故防止技術への期待が大きい結果となっているが、一方、トレーサビリティ確保や、災害対応無線システムなど、安全技術も重要な関心事であった。いずれも情報処理技術や、通信技術などの複合利用に立脚したシステム構築が不可欠であり、各々の要素技術の開発動向を注視する必要があるといえよう。また、これら技術は、日本のみならず、世界・日本双方にとり重要性は高いため、高度技術展開の世界戦略としても重要視されるべきであろう。

高齢社会対応戦略:アンケート結果では、高齢者の door-to-door 支援型システム(課題 39)の重要性は高かったが、危険回避型の自転車(課題 40)の重要性は対照的に低かった。高齢者の移動を支える、真に必要な移動システムのあり方にはまだ議論の余地が大きく、一層の新規技術や、まちづくりと一体となった技術開発が考えられるべきであろう。また、単に移動を支援するだけではなく、移動機会の創出や、コミュニティの創成など、技術が活かされるべき「場」を生み出す戦略も必要であったかも知れない。

環境保全・低負荷化戦略:CO₂ 削減に関わる技術(課題 46、47)の重要性は言うまでもないし、アンケート結果もそれを裏付けている。しかし、クリーンシップは電池船も建造されつつあり、実用可能性は高い。化石燃料に依存しない航空機開発は、将来の資源の枯渇への備えとして必要であり、既存技術の延長上にあるバイオ燃料が最も現実的であるが、抜本的な対策としての電気推進等の航空機材開発への道程は遠く、他と比較しても際だって実現予測時期が遅いが、アジアを中心とした国際流動量の激増を目の当たりにすれば、継続して検討

されるべきである。また、環境対応型の都市内の物流システム(課題 45)構築も重要なテーマであるが、回答結果では重要度は低く、未だ、その必要性が十分PRされていないことを痛感する。一方で、環境対応型の都市間物流システム(課題 42)については、重要性も高く認識されており、対照的である。

その他:羽田空港の離発着容量拡大に資する航空管制システムは、世間の耳目を集めている関心事であり、技術開発への期待も大きい。新たな滑走路建設を代替する効果もあり、効率的な運用の実現は重要事項である。同様に、交通信号と自動車の一体型環境低減システムも、交通を制御する技術として今後の進展が期待される。これら、環境対応型交通制御技術については、陸海空、個別の開発に止まらない、相互乗り入れを可能とする横断的な技術についても視野に入れるべきである(海上-陸上の一体型経路情報提供システムなど)。

(3) 今後の展望

喫緊の課題が多く含まれる分野であり、かつ、個別の要素が民間企業により開発されているケースが多い(船舶、飛行機、自動車、信号、無線など)。それ故、技術開発を牽引するセクターとして、民間企業が果たすべき役割が大きな分野であるともいえる。しかしながら、実現予測時期が遅い項目については、公的研究機関や大学への期待も小さくない。「環境ビジネス」のみに依存することなく、社会にとっていかなる技術が、長期的に見て望まれているかを、様々な技術者、各個人が認識し、技術開発に取り組むことが一層重要となりつつある。

(兵藤 哲朗、児玉 良明)

1.2. 1. 6. インフラシステムの持続化戦略

○「個別インフラ構造の性能高度化」

インフラシステムの構成単位である個々の構造(施設)に着目して、設計計画管理技術の未来に言及する。下記のアンケート課題を引用する。

『関連するアンケート課題』

- ・インフラ単体構造物・材料長寿命化戦略(課題数=1)
- ・インフラシステムのリダンダンシー強化戦略(課題数=1)
- ・新材料活用・材料性能発現化設計戦略(課題数=1)
- ・不用需要の削減戦略(課題数=2)

人口減少、低経済成長、循環型社会への転換といった社会の動向は今後も変わらないものと予想される。これらから見えてくる、個別インフラ施設に対する要求は、既存ストックやこれからの新設構造物を可能な限り長期間にわたって有効利用することである。本区分ではそのための技術として、構造物の長寿命化、陳腐化した機能の再生、撤去・更新時の資源回収とその再利用を進めていくための技術課題から構成されている。

インフラ施設や建築物の撤去、更新に対するニーズは、劣化の進行によるものもちろんあるが、都市構造や人口分布の変化、経済動向、市民の価値観の変化などによっても生じるものと考えられ、今後益々高まっていくことが予想される。課題 56「大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する」は次世代技術の重要キーワードとしてのポイントが高いのもその現れといえる。また、課題 57「超高層建築物や橋梁等の大型構造物において、将来的な解体、補修、機能拡張を容易にするために、物理的、熱的あるいは化学的な性質などを利用することで解体性を備えた接合技術が実用化される」は課題 56 を実現するための要素技術として位置づけられる。課題 56 を実用化できる技術開発と、それに対してインセンティブを与える政策的手段が求められている。

調査項目に挙げた課題 54「建築物のストック化を促進するために必要な構造物の長寿命設計とこれに対応する設備・内装の改修を前提にしたスケルトンとインフィルを分離する設計法が実用化される」は、設計段階に

において部分改修を前提とした長寿命設計を指向するものであり、特に我が国にとって重要となるという意見が多い。このような設計法は建築分野では一部普及しており、回答が示すように技術的には5～10年後には実現可能とも考えられるが、コストや制度面においてこれを支援する制度づくりが望まれている。

鋼やコンクリートに替わる新たな材料の開発は、個別インフラの性能を革新的に変える可能性があり、期待は大きい。しかしインフラ施設や建築物に使えるようなコストレベルと供給性とを兼ね備えた新材料は今のところ見えていない。課題55「従来の鉄鋼材料やコンクリート材料に替わる軽量高強度材料による、建築物、橋梁、発電施設、船舶などの大重量構造物の建設・製造技術が実用化される」に対する回答は、これらの点を反映して、課題の重要性を指摘する一方で、実現予測時期はだいぶ先、実現しない、あるいは実現時期はわからないとする意見が多い。革新的な開発は当面不可能であっても、徐々にではあるが新たな材料が出現し続けている。材料開発のような基礎技術開発は、長期的視点に立って継続的に推進していくことが重要であり、そのための環境が望まれているといえる。

(館石和雄)

○「インフラ構造群の維持管理システムの合理化」

インフラ構造(建物や橋など)ならびにその集合体(交通施設網や都市街区など)に着目し、維持管理システムに関する未来の技術に、下記のテーマを引用しつつ論ずる。

『関連するアンケート課題』

・維持管理の低コスト化・簡便化戦略(課題数=4)

(1) 区分および関連する科学技術のここ数年の動向

インフラシステムは、国民生活の根幹を成す極めて重要な社会基盤であるが、これらの構造物やシステムの多くが戦後復興期に建設され、近年その老朽化が懸念されている。例えば供用年数50年を越える橋梁数の割合は、現在の8%から25年後には50%を超えると試算されている¹⁾。道路施設整備で30年程度先行するといわれる米国では、1980年代初頭には米国の道路施設の多くが老朽化し、「荒廃するアメリカ」と呼ばれるほど劣悪な状態に陥った。

このような状況の下、地球環境負荷低減や経済的な観点から、老朽化した構造物を壊してから建て直す思想(スクラップアンドビルド)から、適切な維持補修を繰り返していく思想(ストックメンテナンス)への転換が重要視されている。

また、大地震などの災害が発生してインフラシステムが被害を受けると、国民生活や官民の活動に甚大な影響が発生する。被災後速やかに国民の生活を復旧するためには、インフラシステムの健全性を早期に確認する必要があるが、現状では人手に頼る部分が多いため、震災後の社会基盤の復旧には多大な労力が必要である。インフラシステムの健全性を迅速に、あるいは常時検知できれば、災害後の速やかな復興に対して多大な貢献が期待できる。しかしながら、既存のインフラシステムに後から設置して迅速かつ広範囲にその状態を評価・診断する技術は実現しておらず、今後の課題とされている。

このようにインフラシステムの維持管理は我が国にとって喫緊かつ重要であり、各機関で研究開発が進められてきた。その結果、様々なセンサーの開発などその技術ポテンシャルは高まってきているが、費用的にも作業的にも多大なコストが必要となることが予測されるため、その低コスト化や簡略化が求められる。

(2) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

本区分に関する現状の課題や今後の展望を考察するため、インフラ資産のアセットマネジメント関連の課題とインフラシステムの健全性評価に関する課題を設定して調査を行った。前者は、課題50「インフラの投資履歴及び劣化情報データの統一データベースの構築」及び課題51「劣化環境の高精度モデル化によるLCMやアセットマネジメントの実用化」の2課題から成り、後者は課題52「構造物の劣化度などを知らせる半永久的な埋込み型センサー技術の普及」及び課題53「斜面崩壊や地滑りなどを事前に知らせる埋込み型センサー技術と避

難支援システムの実用化」の2課題から成る。

アセットマネジメント関連の課題については、いずれも公的研究機関の技術的な牽引が必要であり、その社会的実現には政府の主体性が不可欠との回答を得た。技術的には今後10年以内に実現可能と予測されている一方で、データベースの共通利用を可能にするための基準の統一化や活用の制度などが実現への課題との認識も示された。本技術分野については、政策的推進が期待される。

一方で、インフラシステムの健全性評価関連においては、その実現には民間企業の果たす役割が多いとの回答が得られた。課題53などは、既に技術的には完成度が高まっているが、コストが実現へのネックであるとの意見が得られた。課題52については特にコンクリート構造物への対策が喫緊とのコメントもあり、補助金の給付や政策的な推進が望まれる。

また、全4課題について概観すると、90%以上の回答者が本技術区分は、世界または日本いずれかにとって重要であり、技術的には2019年までに、社会的には2026年までに実現すると予測している。上述した通り、我が国におけるインフラ構造物の老朽化の進行を見れば、より早期の実現に向けて本区分での官民挙げての取り組みが必要であるため、政策的推進の下での産学官連携の強化や研究開発資金援助が求められる。

(3) 今後の展望

(2)において述べた通り、本区分については、実用化を後押しするための、「データベースの共通利用を可能にするための基準の統一化」、「政策的推進」及び「研究開発資金援助」が強く求められている。

- 1) 多田宏行編著『橋梁技術の変遷・道路保全技術者のために』(鹿島出版会、2000年)

(戸河里 敏)

○「持続化戦略の社会への実装」

上記の2テーマを受けて、これらのハード技術戦略を実社会に実装・実現するために求められるソフト技術の未来について、下記のアンケート結果を引用しつつ論ずる。

『関連するアンケート課題』

- ・インフラの省資源・低環境負荷化戦略(課題数=2)
- ・エネルギー源・供給単位を変更するための技術戦略(課題数=3)

(1) 区分および関連する科学技術のここ数年の動向

温暖化防止対策や環境負荷低減に貢献するエネルギー供給源の変更や、原単位の低減技術、限りある資源とエネルギーの有効活用により、社会や地域の持続的な維持を実現することの重要性が増している。今後において展開される社会基盤インフラの維持や更新における低環境負荷の実現も同様である。地球レベルでは森林資源の有効活用技術の普及、地方における地域社会を維持するためのエネルギーの地産地消や物質循環・物質連関が進むための取り組みが求められている。

(2) 現状におけるトピック、キーテクノロジー

世界レベルでは、エネルギー資源としての将来性を見越して森林資源の抱え込みが始まっている。発展途上国においては直接燃焼によるエネルギー化や、植物からのバイオディーゼル燃料の抽出技術の開発が進んでいる。欧米を中心とする先進国では、ペレットやチップの燃焼技術は確立されており、その燃焼効率を高める技術開発が行われている。その他、風力や地熱などの自然エネルギーの利用技術が実用化されている。特に風力によるエネルギー開拓が大きく加速されている。

(3) 今後の展望

エネルギー供給源の変更や原単位の低減技術利用を具体化する為には、個々の要素技術の高度化と一般化のみならず、関与するセクターが工業社会の中でそれぞれが利益を得ることができるような仕組みが求められ

る。すなわち、低環境負荷を実現するための歯車を回すように、法制度等の整備による支援と社会システムのグランドデザインが不可欠である。また、地域において定着させるには利害関係者による地域経営システム整備を進めるための社会技術開発が必要である。

市民の生活・経済・環境等を支える社会基盤のハード・ソフト技術を社会に実装し、その機能を持続・発展させるには、上記の基盤インフラ技術とともにマネジメント技術の開発、およびこれらの整合性のとれた統合技術の開発を進めることが今後、益々重要視されるようになるであろう。インフラ技術では、点検技術および健全度評価技術で得られる情報内容、現実のインフラで得られる状態情報の精度との整合性のとれたアセットマネジメントシステムの開発が、あわせて必要となる。また、インフラ技術やエネルギー技術を社会に実装する場合、社会システムとの相互作用を考慮した社会の受容性、持続性を確保する為のマネジメント技術の開発、社会システムの開発が必要である。これらのハード・ソフト技術の整合のとれた展開が、低環境負荷を実現する条件となっている。

(那須 清吾、前川 宏一)

12.2 アンケート調査の回収状況

No.12分科会:「生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群」という視点からの重要な科学技術についての調査の回答者内訳は以下の表のようになっている。

表 12.2-1 No.12 分科会のアンケート回収状況および内訳

回収状況					
R1 発送	R1 回収	回収率	R2 発送	R2 回収	回収率
272 人	227 人	83%	227 人	207 人	91%

性別	男	202 人	職業	会社員	84 人	専門度の平均	高	8.9%
	女	5 人		大学等教職員	77 人		中	25.5%
無回答	なし	研究機関職員*	21 人	低	65.6%			
年代	20 代	なし	団体職員	14 人				
	30 代	7 人	その他	11 人				
	40 代	55 人	無回答	なし				
	50 代	88 人	研究開発従事	147 人				
60 代	52 人	職種	上記以外	60 人				
70 代以上	5 人		無回答	なし				
無回答	なし	合計	207 人					

*…「独立行政法人・その他公的研究機関職員」の区分

(注)・専門度の平均:各課題の専門度に関する3つの選択肢(高、中、低)の回答割合の合計を課題数で割った値を示す。

12.3. 課題の区分

個別科学技術課題を検討するにあたっては、その前提として、生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群について必要な要件等についての議論し、以下の課題の区分を設定した。

表 12.3-1 課題の区分

生活基盤・産業基盤の究極の目的は、我が国および人類全体のクオリティ・オブ・ライフ（以下、QOL）の維持・向上にある。QOL の維持・向上の中には、経済（一次、二次、三次産業）、環境（資源・エネルギー・地球環境・生物多様性・防災等）、社会（歴史・文化・伝統・高齢社会等）の「持続性」と「発展性」への対応が求められる。これらの目的を達成するため、下記のA～Eの戦略がある。

A 土地利用戦略

（都市・農村のかたち戦略、自然の保全戦略）

B 生活支援戦略

（多様化対応戦略、少子高齢化対応戦略、安全・安心の確保戦略、コミュニティ形成戦略、生活クオリティ向上戦略、既存技術の活用戦略）

C 生産支援戦略（第一次産業、第二次産業、第三次産業）

（原材料・食品の枯渇対策戦略、安全確保戦略、環境対策戦略、産業振興・構造改革戦略）

D 交流・交易戦略（運輸・通信）

（高速化戦略、省エネルギー戦略、環境保全・低負荷化戦略、高齢社会対応戦略、安全・安心の確保戦略、インターモーダル戦略、モビリティマネジメント戦略）

E インフラシステムの持続化戦略

（不用需要の削減戦略、エネルギー源・供給単位を変更するための技術戦略、インフラの省資源・低環境負荷化戦略、インフラ単体構造物・材料長寿命化戦略、インフラシステムのリダンダンシー強化戦略、維持管理の低コスト化・簡便化戦略、新材料活用・材料性能発現化設計戦略）

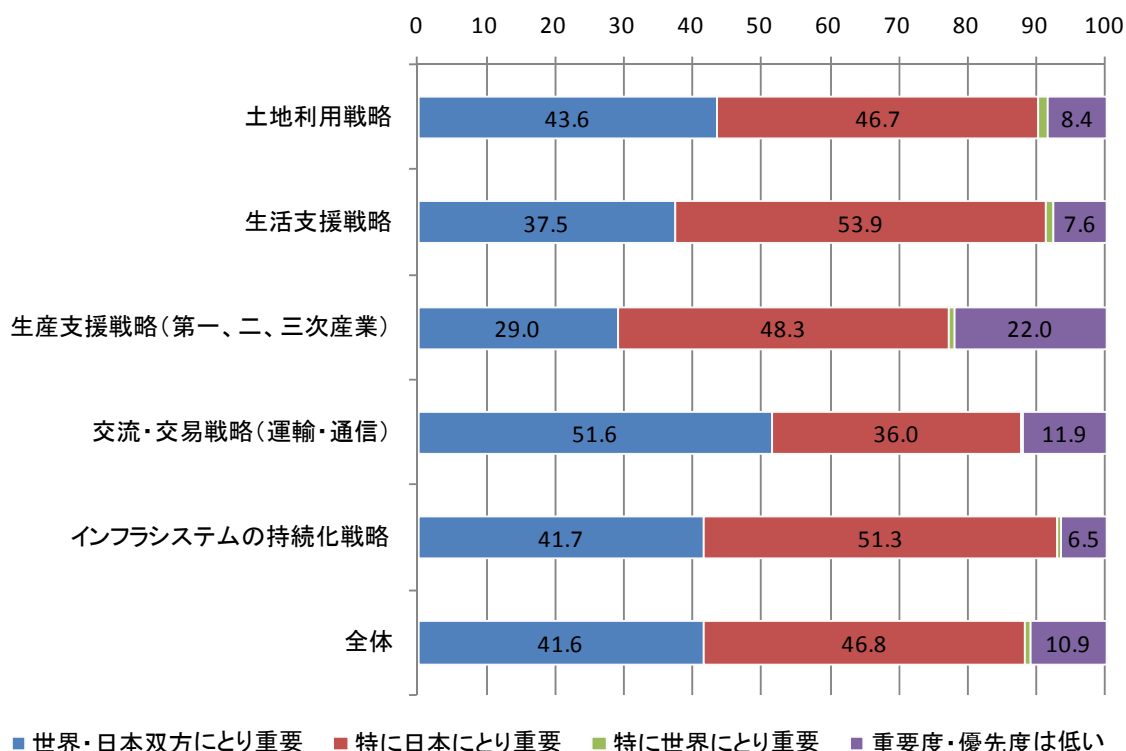
12.4. 個別科学技術課題に関する設問について

12.4.1. 課題の重要性

(1) 課題の重要性度の分布

本分科会の科学技術課題は、「特に日本にとり重要」と評価された課題(46.8%)と最も多いが、次いで「世界・日本双方にとり重要」と評価された課題も(41.6%)である。

図 12.4-1 課題の重要性の分布(単位:%)



区分別にみると、「交流・交易戦略(運輸・通信)」区分を除く、すべての区分で「特に日本にとり重要」とする回答が多い。中でも、「生活支援戦略」区分が最も多く 53.9%であった。また、「土地利用戦略」では、「特に日本にとり重要」と「世界・日本双方にとり重要」とする回答が拮抗している。また、重要度・優先度が低いとの回答比率はいずれも低い。他の区分と比べ、「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」区分が若干多く、22.0%であった。

(2) 重要課題(重要度・優先度の高い課題)

課題の重要度・優先度の回答のうち、「世界・日本双方にとり重要」、「特に日本にとり重要」、「特に世界にとり重要」を足し合わせた合計値順に 20 位以内の課題を以下に示す。「インフラシステムの持続化戦略」区分の関連課題が7課題、次いで「土地利用戦略」、「生活支援戦略」区分の関連課題が各5課題含まれている。

表 12.4-1 重要との回答が多く得られた課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
42	都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される	99.2	2020	2027	交流・交易戦略(運輸・通信)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
13	気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる	98.7	2019	2027	生活支援戦略
16	都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される	98.6	2018	2024	生活支援戦略
30	リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から90%以上を回収する技術が実用化される	98.6	2018	2024	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
58	地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物質と物質循環に対しても地産地消を実現するための技術と法制度が整備される	98.2	2020	2027	インフラシステムの持続化戦略
61	あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する	97.9	2025	2034	インフラシステムの持続化戦略
15	都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する	97.9	—	2026	生活支援戦略
53	斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術と警報・避難支援システムが実用化される	97.8	2018	2024	インフラシステムの持続化戦略
21	地域住民が、火山活動、地震、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクを認識するための情報提供と教育が実行され、市民と行政との協働による防災・減災の仕組みが稼働している	97.5	—	2020	生活支援戦略
51	インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される	97.4	2019	2025	インフラシステムの持続化戦略
01	国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される	97.2	2017	2022	土地利用戦略
14	M6以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する	97.2	2031	2037	生活支援戦略
59	都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される	97.1	2020	2028	インフラシステムの持続化戦略
60	既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する	97.1	2019	2026	インフラシステムの持続化戦略
10	開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	97.1	2019	2027	土地利用戦略
46	CO ₂ 排出量を半減及びNO _x 排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(グリーンシップ)が実現する	96.7	2019	2026	交流・交易戦略(運輸・通信)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
09	人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される	95.7	2017	2023	土地利用戦略
11	流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される	95.5	2019	2027	土地利用戦略
03	地域計画、都市計画の作成に際し、地域固有の文化的景観の持続的維持の検討が行われ、将来の生活の質(QoL)および災害リスク評価の両面から土地・空間の利用と保全に関わる判断が可能となり、それに基づくコントロールが行われる	95.3	2019	2026	土地利用戦略
54	建築物のストック化を促進するために必要な構造物の長寿命設計とこれに対応する設備・内装の改修を前提にしたスケルトン(構造躯体)とインフィル(設備・内装)を分離する設計法が普及する(50%以上)	95.3	2017	2025	インフラシステムの持続化戦略

(3) 世界・日本双方にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「世界・日本双方にとり重要」と評価された上位10位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「交流・交易戦略(運輸・通信)」関連が6課題、「土地利用戦略」関連が3課題含まれる。技術的実現時期は課題47を除き、2020年前後に集中していることがわかる。

表 12.4-2 「世界・日本双方にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
37	転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システムが実現する	92.9	2017	2023	交流・交易戦略(運輸・通信)
47	化石燃料に依存しない推進機関による航空機が実現する	91.7	2030	2038	交流・交易戦略(運輸・通信)
34	離着陸時の航空機が経験するであろう微細スケールの気象状態を航空機に知らせる精密モニター・予測システムが普及する	91.1	2019	2024	交流・交易戦略(運輸・通信)
10	開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	89.1	2019	2027	土地利用戦略
09	人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される	87.9	2017	2023	土地利用戦略
46	CO ₂ 排出量を半減及びNO _x 排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する	86.7	2019	2026	交流・交易戦略(運輸・通信)
11	流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される	81.3	2019	2027	土地利用戦略
36	自動車内に各種センサーが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システムが普及する	79.8	2017	2023	交流・交易戦略(運輸・通信)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
38	物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する（このことによりインターモーダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる）	78.6	2016	2021	交流・交易戦略(運輸・通信)
12	爆発物や兵器、毒物等を迅速に発見してテロや環境汚染等を未然に防いだり、災害発生時には被災者を速やかに発見し救助を支援できるよう、人間の知覚能力を超えた視覚・嗅覚・聴覚等を有するロボットが自治体や警察に配置され、稼働している	77.7	2020	2027	生活支援戦略

(4) 特に日本にとり重要な課題

本分科会の課題のうち、「特に日本にとり重要」と評価された上位10位以内の課題は、次表に示す通りである。キーワード区分「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」関連が3課題、次いで「交流・交易戦略(運輸・通信)」、「土地利用戦略」、「生活支援戦略」関連が各2課題含まれている。課題の多くは技術的実現時期を設問していないものであり、技術的実現を設問している課題でも2020年前後に実現すると予測している。

表 12.4-3 「特に日本にとり重要」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
60	既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する	84.6	2019	2026	インフラシステムの持続化戦略
24	我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な大規模企業化農業(海外生産、室内生産を含み、50%は全国合計値)が普及する	84.1	—	2030	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
26	農地などの土地の保安全管理を維持するため、都市と地方の間のUIターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する	83.3	—	2022	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
41	羽田空港の離発着容量を増加することが可能な航空管制システムが開発される	82.7	2018	2023	交流・交易戦略(運輸・通信)
27	地方の過疎化対策としての成熟製造業の支援システム(技術的イノベーションの達成、ノウハウのソフト化による伝承教育、経済的支援、文化としての継承)が確立する	82.1	—	2023	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
06	人口減少に伴って市街地を縮小する際、水循環と生態系、および生活文化の持続性を踏まえた、土地利用戦略が創り出され、コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地が形成される	80.6	—	2027	土地利用戦略
15	都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する	80.0	—	2026	生活支援戦略
05	都市・農村において、多世代が交流するコミュニティが形成され、街区や集落規模で生活の質(QoL)を高めるための高品質・長寿命の街区計画(建築・インフラ計画)が普及する	78.8	—	2025	土地利用戦略
43	平常時及び非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な通勤・通学を確保するためのコミュニティ組織の整備など、数十万人規模のモビリティマネジメントシステムが普及する	77.9	2022	2029	交流・交易戦略(運輸・通信)
23	健康上の理由による徒歩移動、または機能低下による自動車移動が制約される高齢者世代の増加に対応した対策メニュー(例:高齢者用電気自動車、自動車が無くても生活できる住宅地など)が選択できる	77.7	—	2024	生活支援戦略

(5) 特に世界にとり重要な課題

「特に世界に取り重要」の回答比率が高い(30%以上)課題はなかった。

(6) 重要度・優先度は低い課題

本分科会の課題のうち、「重要度・優先度は低い」と評価された上位 10 位以内の課題(ただし回答比率 30% 未満の課題を省略)は、次表に示す通りである。

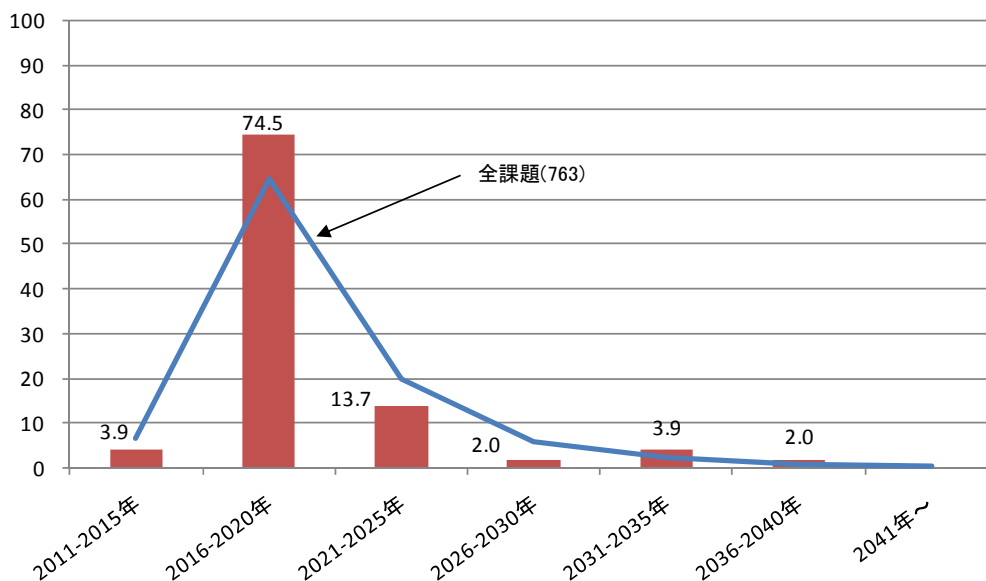
表 12.4-4 「重要度・優先度は低い」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
29	現在の海外旅行並みの安全性で、百万円(現在価値)以下の宇宙旅行が実現する	88.2	2035	2041 以降	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
40	高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車が普及する	37.5	2020	2027	交流・交易戦略(運輸・通信)
45	地下鉄空間や共同溝の余剰スペースおよび建物内のパイプスペースを活用して、トラックターミナルや配送センターから建物の各フロアーまで、宅配便や郵便物を自動的に搬送するシステムが大都市中心部で実用化される	35.9	2024	2033	交流・交易戦略(運輸・通信)
22	日常的な携帯端末で個人の現在位置を自動検出し、周辺情報(施設情報、天気、環境情報など)と本人の属性情報(年齢、性別、障害、健康状態など)に基づき、その時点で必要とされる情報を判断し自動的に届けるシステムが普及する	31.8	2014	2019	生活支援戦略
07	市民を主体とする「新しい公」が地域戦略を主導し、地域の安全安心および活力を継続させるための地域マネジメントを実行する(例えば、NGOが審議会の議題を準備し議論の運営主体となる)	30.8		2024	土地利用戦略

12.4.2. 技術的実現予測時期

技術的実現予測時期の分布は下図の通りである。

図 12.4-2 技術的実現予測時期の分布(単位:%)



全課題の技術的実現予測時期の分布と No.12 分科会で設定した課題の技術的実現予測時期の分布は、2016～2020 年をピークにほぼ同様の傾向を示していることがわかる。また、2036～2040 年に実現する課題も全課題の傾向と比べ多い。

区分別実現時期別の課題数は下表の通りである。「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」区分では、他の区分に比べ、技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 12.4-5 区分別にみた課題の技術的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011- 2015	2016- 2020	2021- 2025	2026- 2030	2031- 2035	2036- 2040
土地利用戦略			8				
生活支援戦略		1	6			1	
生産支援戦略(第一次・第二次・第三次産業)			3	1		1	1
交流・交易戦略(運輸・通信)		1	10	3	1		
インフラシステムの持続化戦略			11	3			

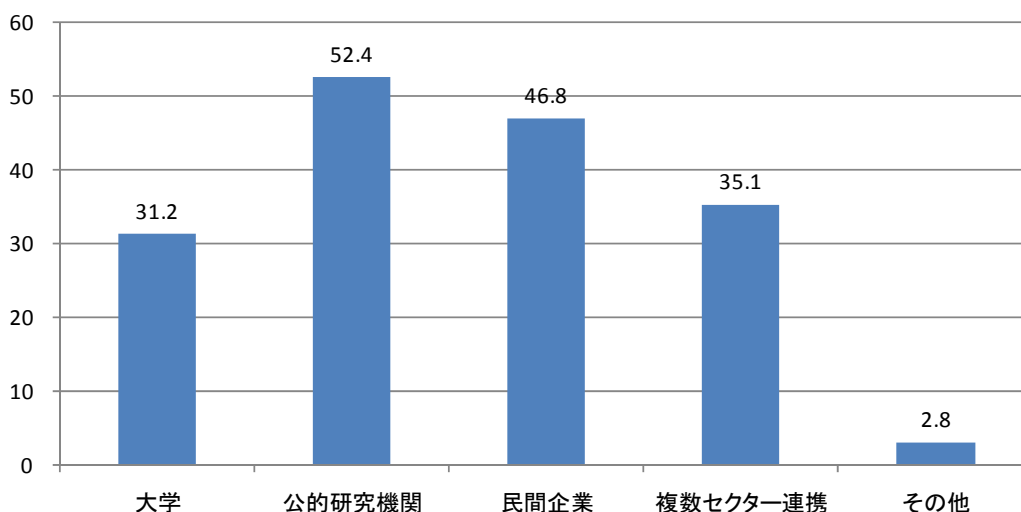
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答比率が 30%以上の課題はなかった。

12.4.3. 技術的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

技術的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。技術的実現を牽引する主なセクターとして最も回答が多かったのは、「公的研究機関」(52.4%)であり、次いで「民間企業」(46.8%)、「複数セクターの連携」(35.1%)と続く。

図 12.4-3 技術的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「土地利用戦略」、「生活支援戦略」、「インフラシステムの持続化戦略」において、「公的研究機関」が技術的実現を牽引するとの回答が高い。また、「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産

業)」「交流・交易戦略(運輸・通信)」では、民間企業が技術的実現を牽引するとの回答が高い。

表 12.4-6 区分別にみた技術的実現を牽引するセクター(単位:%)

	大学	公的研究機関	民間企業	複数セクター連携	その他
土地利用戦略	39.0	67.4	11.9	40.2	4.9
生活支援戦略	35.9	56.1	31.9	41.5	2.5
生産支援戦略 (第一次産業、第二次産業、第三次産業)	26.9	38.6	51.2	37.8	7.7
交流・交易戦略(運輸・通信)	20.3	42.5	69.7	28.4	1.4
インフラシステムの持続化戦略	37.5	58.4	48.8	34.7	1.4

○大学

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-7 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
14	M6 以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する	71.9	2031	2037	生活支援戦略
10	開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	57.8	2019	2027	土地利用戦略
11	流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される	56.5	2019	2027	土地利用戦略
09	人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される	53.5	2017	2023	土地利用戦略
57	超高層建築物や橋梁等の大型構造物において、将来的な解体、補修、機能拡張を容易にするために、物理的、熱的あるいは化学的な性質などを利用することで解体性を備えた接合技術が実用化される	53.2	2024	2032	インフラシステムの持続化戦略

○公的研究機関

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位 5 位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-8 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
60	既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する	77.1	2019	2026	インフラシステムの持続化戦略
13	気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる	75.8	2019	2027	生活支援戦略

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
08	森林会計等の自然ストックに関わる会計技術の開発により、農山村の都市に対する貢献が定量的に評価され、都市の所得を農山村に還元することによる農林業再生と広域自然管理が実現される	75.6	2020	2029	土地利用戦略
61	あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する	74.7	2025	2034	インフラシステムの持続化戦略
19	加齢による機能低下(動体視力、判断時間、誤判断リスク)などを織り込んだ道路構造、標識、信号などが普及する	73.9	2017	2023	生活支援戦略

○民間企業(NPOを含む)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-9 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
36	自動車内に各種センサーが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システムが普及する	92.2	2017	2023	交流・交易戦略(運輸・通信)
38	物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する(このことによりインターモーダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる)	89.4	2016	2021	交流・交易戦略(運輸・通信)
40	高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車が普及する	88.0	2020	2027	交流・交易戦略(運輸・通信)
30	リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から90%以上を回収する技術が実用化される	84.5	2018	2024	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
54	建築物のストック化を促進するために必要な構造物の長寿命設計とこれに対応する設備・内装の改修を前提にしたスケルトン(構造躯体)とインフィル(設備・内装)を分離する設計法が普及する(50%以上)	82.0	2017	2025	インフラシステムの持続化戦略

○複数セクター連携

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-10 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
58	地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される	70.8	2020	2027	インフラシステムの持続化戦略
32	市民環境運動の加速化に伴い、SATOYAMAイニシアチブ等の世界各国の伝統的な自然共生システムを再評価する手法が普及する	69.7	2018	2024	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
33	地域環境・景観の維持改善のための多様な市民主体の地域活動を組織化し活性化する技術が開発される	65.3	2017	2021	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)

課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
20 中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する	63.2	2017	2020	生活支援戦略
17 想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼動している	61.9	2018	2022	生活支援戦略

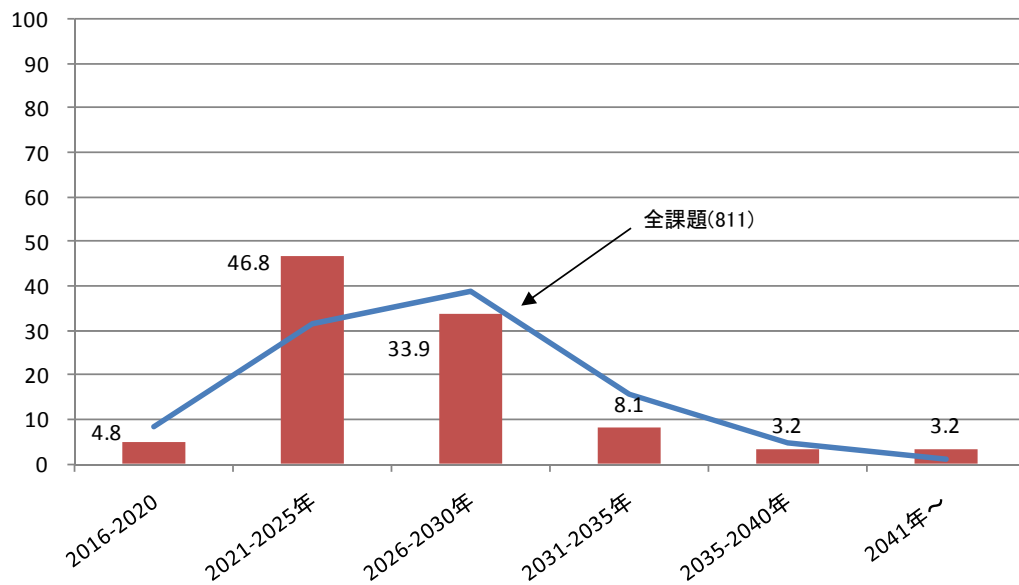
○その他(国際機関等)

技術的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする回答比率が高い(30%以上)課題はなかった。

12.4.4. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は下図の通りである。社会的実現時期は2021～2025年の間に本分科会で設定した課題の約半数が実現するとしている。これは全課題の傾向とは異なり、比較的早い時期の実現となっている。

図 12.4-4 社会的実現予測時期の分布(単位:%)



区分別社会的実現時期の課題数は下表の通りである。「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」区分では、他の区分に比べ技術的実現予測時期が遅くなっている。

表 12.4-11 区分別にみた課題の社会的実現予測時期

区分	実現予測時期(年)	2011-2015	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040
土地利用戦略			5	6			
生活支援戦略		3	4	4		1	
生産支援戦略(第一次・第二次・第三次産業)			6	1	1		2
交流・交易戦略(運輸・通信)			8	5	1	1	
インフラシステムの持続化戦略			6	5	3		

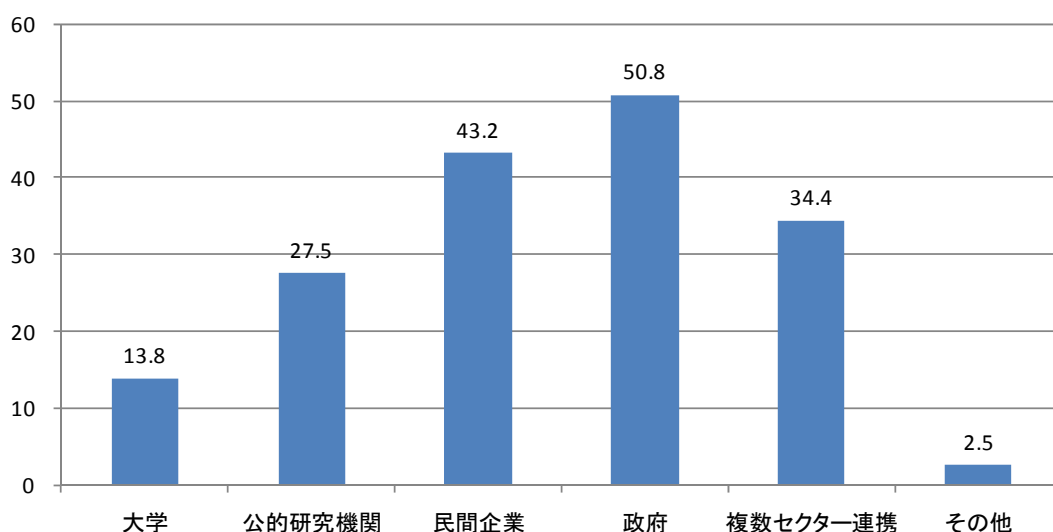
実現時期については、「実現しない」、「わからない」という選択肢を設けているが、回答比率が 30%以上の課題はなかった。

12.4.5. 社会的実現を牽引するセクター

(1) 分科会全般の傾向

社会的実現を牽引する主なセクターの回答結果は以下の図の通りである。最も回答が多いものとして、「政府」(50.8%)があげられ、次いで「民間企業」(43.2%)、「複数セクター連携」(34.4%)と続く。

図 12.4-5 社会的実現を牽引するセクター(単位:%)



(2) 区分別の傾向

区分別では、「土地利用戦略」、「生活支援戦略」、「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」、「インフラシステムの持続化戦略」の区分で、社会的実現を牽引するセクターとして「政府」を最も多くあげている。ただし、「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」、「インフラシステムの持続化戦略」の区分では、「政府」とする回答に次いで「企業」とする回答も拮抗している。また、「交流・交易戦略(運輸・通信)」区分では、「民間企業」が主たる牽引セクターとの回答が最も多い(71.7%)。

表 12.4-12 区分別にみた社会的実現を牽引するセクター(%)

	大学	公的研究機関	民間企業	政府	複数セクター連携	その他
土地利用戦略	18.4	34.1	16.0	60.5	41.4	2.9
生活支援戦略	12.6	25.6	28.3	66.4	33.9	1.8
生産支援戦略(第一次・第二次・第三次産業)	12.8	19.6	41.8	48.2	37.3	5.5
交流・交易戦略(運輸・通信)	9.3	24.0	71.7	32.7	29.3	2.4
インフラシステムの持続化戦略	16.9	33.5	47.6	50.9	32.8	0.9

○大学

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「大学」とする割合の高い上位 5 位以内(ただし回答比率 30%未満の課題を省略)の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-13 「大学」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
14	M6以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する	42.8	2031	2037	生活支援戦略
11	流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される	36.8	2019	2027	土地利用戦略
10	開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	30.5	2019	2027	土地利用戦略
09	人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される	30.2	2017	2023	土地利用戦略

○公的研究機関

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「公的研究機関」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-14 「公的研究機関」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
09	人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される	58.3	2017	2023	土地利用戦略
11	流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される	52.8	2019	2027	土地利用戦略
14	M6以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する	52.2	2031	2037	生活支援戦略
61	あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する	51.0	2025	2034	インフラシステムの持続化戦略
13	気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる	46.7	2019	2027	生活支援戦略

○民間企業(NPOを含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「民間企業(NPOを含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-15 「民間企業(NPOを含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
30	リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から90%以上を回収する技術が実用化される	91.7	2018	2024	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
36	自動車内に各種センサーが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システムが普及する	90.4	2017	2023	交流・交易戦略(運輸・通信)
40	高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車が普及する	88.9	2020	2027	交流・交易戦略(運輸・通信)
38	物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する(このことによりインターモーダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる)	88.1	2016	2021	交流・交易戦略(運輸・通信)
29	現在の海外旅行並みの安全性で、百万円(現在価値)以下の宇宙旅行が実現する	84.5	2035	2041以降	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)

○政府(地方公共団体を含む)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「政府(地方公共団体を含む)」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-16 「政府(地方公共団体を含む)」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
26	農地などの土地の保全管理を維持するため、都市と地方の間の UIJ ターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する	90.1	—	2022	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
15	都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する	88.7	—	2026	生活支援戦略
25	農地・森林を保全・再生するための水資源(治水・利水・水環境)の重要性に対する社会的コンセンサスと新たな法・制度が確立する	87.3	—	2023	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
18	M6以上の地震予測技術の確立に対応して、都市機能の強化、社会・経済活動の制限、食糧備蓄、一部市民の避難を優先的に支援する制度が確立される	85.6	—	2026	生活支援戦略
16	都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される	79.9	2018	2024	生活支援戦略

○複数セクター連携

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「複数セクター連携」とする割合の高い上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.4-17 「複数セクター連携」という回答の比率が高かった課題

	課題	比率(%)	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	区分
07	市民を主体とする「新しい公」が地域戦略を主導し、地域の安全安心および活力を継続させるための地域マネジメントを実行する(例えば、NGOが審議会の議題を準備し議論の運営主体となる)	77.4	—	2024	土地利用戦略
32	市民環境運動の加速化に伴い、SATOYAMA イニシアチブ等の世界各国の伝統的な自然共生システムを再評価する手法が普及する	74.2	2018	2024	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)

	課題	比率(%)	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	区分
33	地域環境・景観の維持改善のための多様な市民主体の地域活動を組織化し活性化する技術が開発される	73.4	2017	2021	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
59	都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される	55.1	2020	2028	インフラシステムの持続化戦略
43	平常時及び非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な通勤・通学を確保するためのコミュニティ組織の整備など、数十万人規模のモビリティマネジメントシステムが普及する	53.8	2022	2029	交流・交易戦略(運輸・通信)

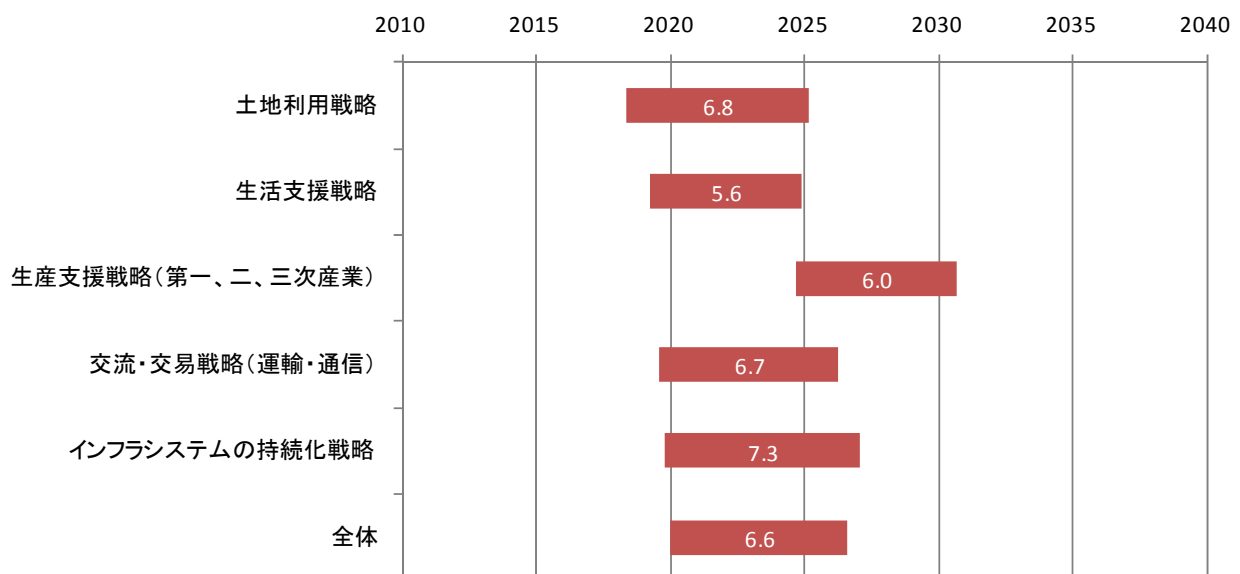
○その他(国際機関等)

社会的実現を牽引する主なセクターとして、「その他(国際機関等)」とする回答比率に高い(30%以上)の課題はなかった。

12.4.6. 技術的実現から社会的実現までの期間

技術的実現から社会的実現までの期間を区分別にみると、「インフラシステムの持続化戦略」の区分で7.3年と最も長く、逆に「生活支援戦略」の区分で5.6年と短い。

図 12.4-6 技術的実現から社会的実現までの期間(年)



技術的実現から社会的実現までの期間の長い課題および期間の短い課題、それぞれ5位以内の課題は以下の表の通りである。

表 12.4-18 技術的実現から社会的実現までの期間が長い課題及び短い課題

	課題	技術的実現時期(年)	社会的実現時期(年)	期間(年)	区分
28	漁場や海流などの海域環境と共存可能で、低コストで耐久性が高い有脚式または浮遊式構造物を主体とする海上都市(交通、通信、研究、生産、資源採掘、余暇活動の基地)が実現する	2022	2032	10	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)

課題	技術的実現 時期(年)	社会的実現 時期(年)	期間(年)	区分
45 地下鉄空間や共同溝の余剰スペースおよび建物内のパイプスペースを活用して、トラックターミナルや配送センターから建物の各フロアまで、宅配便や郵便物を自動的に搬送するシステムが大都市中心部で実用化される	2024	2033	9	交流・交易戦略(運輸・通信)
55 従来の鉄鋼材料やコンクリート材料に替わる軽量高強度材料による、建築物、橋梁、発電施設、船舶などの大重量構造物の建設・製造技術が実用化される	2023	2032	9	インフラシステムの持続化戦略
08 森林会計等の自然ストックに関わる会計技術の開発により、農山村の都市に対する貢献が定量的に評価され、都市の所得を農山村に還元することによる農林業再生と広域自然管理が実現される	2020	2029	9	土地利用戦略
61 あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する	2025	2034	9	インフラシステムの持続化戦略
22 日常的な携帯端末で個人の現在位置を自動検出し、周辺情報(施設情報、天気、環境情報など)と本人の属性情報(年齢、性別、障害、健康状態など)に基づき、その時点で必要とされる情報を判断し自動的に届けるシステムが普及する	2014	2019	5	生活支援戦略
02 自然情報(植生、地形地質、水系、動植物など)および、人工物情報(建築、集落、商業空間など)について、1/10,000から1/25,000で地域の基盤となる情報図と、都市部や農村集落では、1/2500の都市計画基礎調査と連動する情報図が定期的観測により経年的に蓄積・整備され、これらの情報は無料化される	2016	2021	5	土地利用戦略
49 風水害と地震災害が同時に発生した場合を想定した避難・復旧の情報提供技術が普及する	2018	2023	5	インフラシステムの持続化戦略
34 離着陸時の航空機が経験するであろう微細スケールの気象状態を航空機に知らせる精密モニター・予測システムが普及する	2019	2024	5	交流・交易戦略(運輸・通信)
38 物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する(このことによりインターモーダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる)	2016	2021	5	交流・交易戦略(運輸・通信)
41 羽田空港の離発着容量を倍増することが可能な航空管制システムが開発される	2018	2023	5	交流・交易戦略(運輸・通信)
01 国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される	2017	2022	5	土地利用戦略
31 ニッケル(Ni)、コバルト(Co)等希少金属の必要量の50%以上を他の惑星、衛星から採掘するシステムが実用化される	2038	2041以降	4	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
33 地域環境・景観の維持改善のための多様な市民主体の地域活動を組織化し活性化する技術が開発される	2017	2021	4	生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)
17 想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼働している	2018	2022	4	生活支援戦略
20 中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する	2017	2020	3	生活支援戦略

12.4.7. 新規提案課題

調査課題以外で重要な研究テーマや社会システム等として、以下の新規提案があった。

表 12.4-19 新規に提案された課題

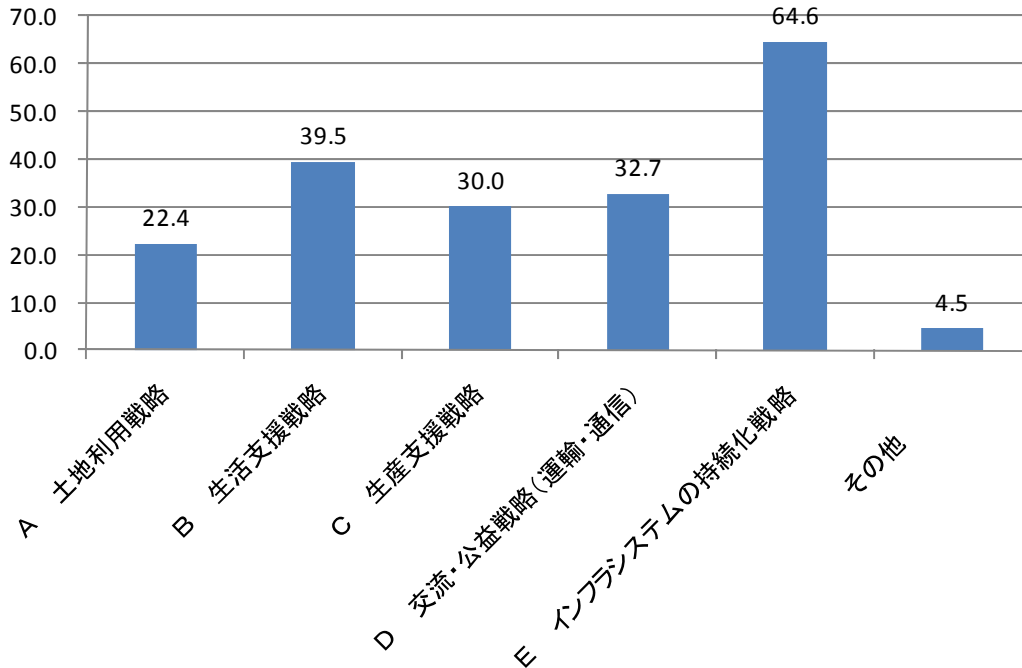
提案課題
材料開発 Oil Based Material から Bio Based Material へ
遺伝子組換による機能性植物の設計と開発
クリーンエネルギーの開発、高効率太陽電池の開発
メタンハイドレード等の新しいエネルギーを実用的なコストで採掘・運搬する技術
我が国の豊富な水資源を輸出する社会システム(水利権の調整)
酸性雨対策技術
黄砂対策技術
民間企業の防災対策(BCP)への公的支援が普及する
民間企業による過疎地域への社会貢献活動を推進させる政策の策定
陸上施設に代る海上風力発電システムの実用化。
道州制に向けた土地利用計画、交通ネットワーク計画が普及する
特に都市部における電線の地中化技術が開発され、主要都市部から電線がなくなる
インフラ整備・保全のための推進機構の創設、技術者の育成システムの整備
自動車用高効率・急速充電・長寿命電池の開発

12.5. グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問について

12.5.1. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として選ばれた項目で、最も回答が多かったのは、「インフラシステムの持続化戦略」(64.6%)が突出している。次いで多い区分は「生活支援戦略」である。

図 12.5-1 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項(n=223、単位%、複数回答)



12.5.2. 今後重点的に取り組むべき科学技術課題

各区分別の重点的に取り組むべき科学技術課題は以下の通りである。

A. 土地利用戦略

「土地利用戦略」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.5-1 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 A) <当該区分の回答数=48>

課題	%
01 国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される	50.0
10 開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	50.0
06 人口減少に伴って市街地を縮小する際、水循環と生態系、および生活文化の持続性を踏まえた、土地利用戦略が創り出され、コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地が形成される	43.8

	課題	%
03	地域計画、都市計画の作成に際し、地域固有の文化的景観の持続的維持の検討が行われ、将来の生活の質(QoL)および災害リスク評価の両面から土地・空間の利用と保全に関わる判断が可能となり、それに基づくコントロールが行われる	39.6
04	都市・農村間および地域の物質循環、産業構造、災害リスクを対象にして、自然システムと人工システムを一体的に分析する技術が確立される結果、物質循環、産業構造、災害リスクの分析や予測が可能となる	35.4

B. 生活支援戦略

「生活支援戦略」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題は以下の表に示す通りである。

表 12.5-2 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 B) <当該区分の回答数=87>

	課題	%
13	気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる	58.6
16	都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される	44.8
15	都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する	41.4
21	地域住民が、火山活動、地震、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクを認識するための情報提供と教育が実行され、市民と行政との協働による防災・減災の仕組みが稼働している	33.3
20	中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する	31.0

C. 生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)

「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 12.5-3 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 C) <当該区分の回答数=66>

	課題	%
30	リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から90%以上を回収する技術が実用化される	51.5
24	我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な大規模企業化農業(海外生産、室内生産を含み、50%は全国合計値)が普及する	42.4
27	地方の過疎化対策としての成熟製造業の支援システム(技術的イノベーションの達成、ノウハウのソフト化による伝承教育、経済的支援、文化としての継承)が確立する	37.9
25	農地・森林を保全・再生するための水資源(治水・利水・水環境)の重要性に対する社会的コンセンサスと新たな法・制度が確立する	30.3

D. 交流・交易戦略(運輸・通信)

「交流・交易戦略(運輸・通信)」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 12.5-4 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分 D) <当該区分の回答数=71>

	課題	%
42	都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される	67.6

E. インフラシステムの持続化戦略

「インフラシステムの持続化戦略」を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき科学技術課題として選択された上位5位以内の課題(ただし回答比率30%未満の課題を省略)は以下の表に示す通りである。

表 12.5-5 今後重点的に取り組むべき科学技術課題(区分E) <当該区分の回答数=139>

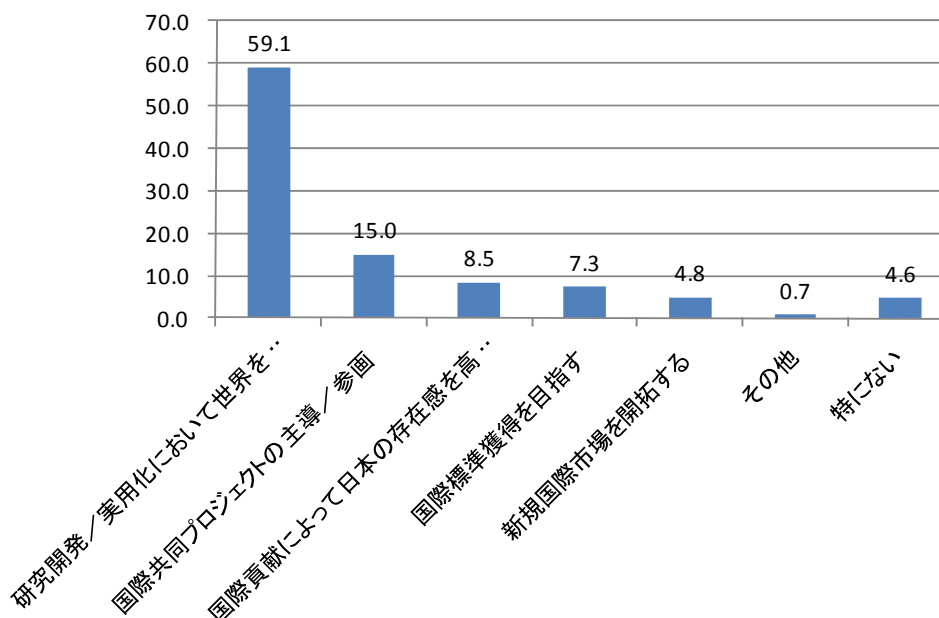
課題	%
51 インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される	60.4
50 都市および地域全域レベルでのインフラ資産のアセットマネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される	43.2
56 大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する	36.0
52 構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術が普及する	33.8

12.5.3. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、国際関係のあるべき姿

(1) 我が国において最も力を入れるべき研究開発の国際戦略

鍵となる事項を発展させる上で、我が国が最も力を入れるべき国際戦略として、最も多いのは「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答であり、全体の半分以上(59.1%)を占めた。次いで、「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」(15.0%)であった。

図 12.5-2 最も力を入れるべき研究開発の国際戦略(n=413、単位%、複数回答)



区分別にみると、どの区分においても「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」が最も多く、次いで、「生活支援戦略」以外では、「国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する」である。なお、「生活支援戦略」、「インフラシステムの持続化戦略」の区分では、「研究開発あるいは実用化において世界をリードする」との回答が高い。

それ以外では、「生活支援戦略」区分では、「国際貢献によって日本の存在感を高める」とする回答が他の区分と比べて高い。また、「交流・交易戦略(運輸・通信)」の区分では、「国際標準獲得を目指す」とする回答が他の区分と比べ高い結果となった。

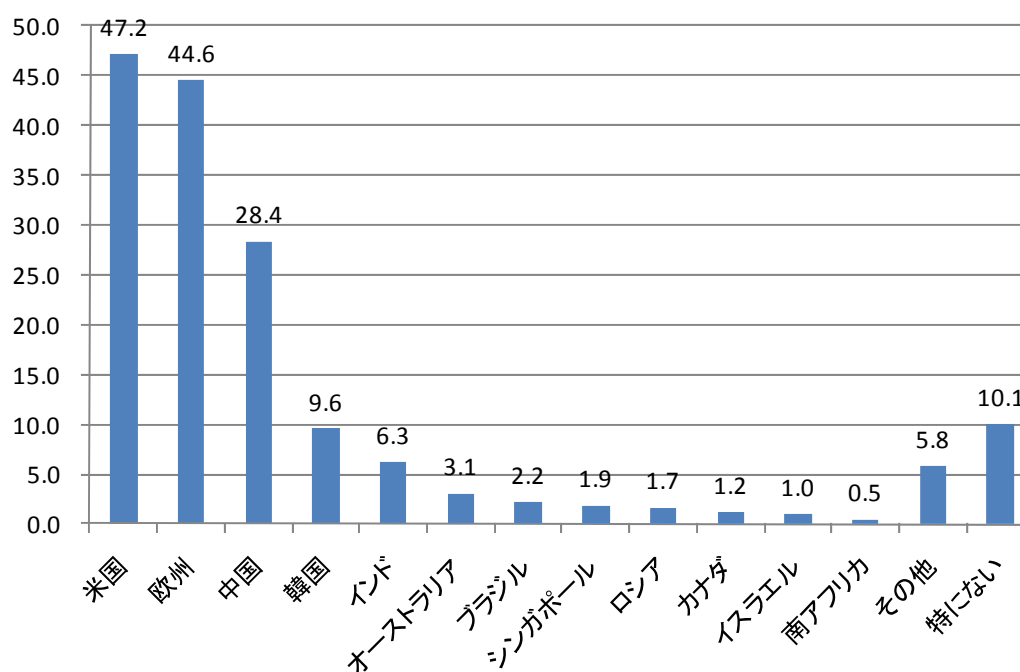
表 12.5-6 区分別最も力をいれるべき研究開発の国際戦略(単位%、複数回答)

区分 (回答数)	研究開発・実用化において世界をリード	国際共同プロジェクト主導・参画	国際貢献により存在感を高める	国際標準の獲得	新規国際市場の開拓	その他
A 土地利用戦略(47)	46.8	21.3	8.5	2.1		
B 生活支援戦略(86)	66.3	7.0	12.8	4.7	7.0	
C 生産支援戦略(第一次、第二次、第三次産業)(63)	55.6	15.9	6.3	6.3	9.5	
D 交流・交易戦略(運輸・通信)(72)	51.4	20.8	8.3	12.5	5.6	1.4
E インフラシステムの持続化戦略(138)	64.5	15.2	6.5	8.7	2.9	

(2) 我が国が関係を強化すべき国・地域

鍵となる事項を発展させる上で、関係を強化すべき国・地域として、最も多いのが「米国」(47.2%)であり、「欧州」(44.6%)、「中国」(28.4%)と続く。

図 12.5-3 我が国が関係を強化すべき国・地域(n=442、単位%、複数回答)



区分別では、「インフラシステムの持続化戦略」で米国、「交流・交易戦略」で欧州の割合が特に高くなっている。

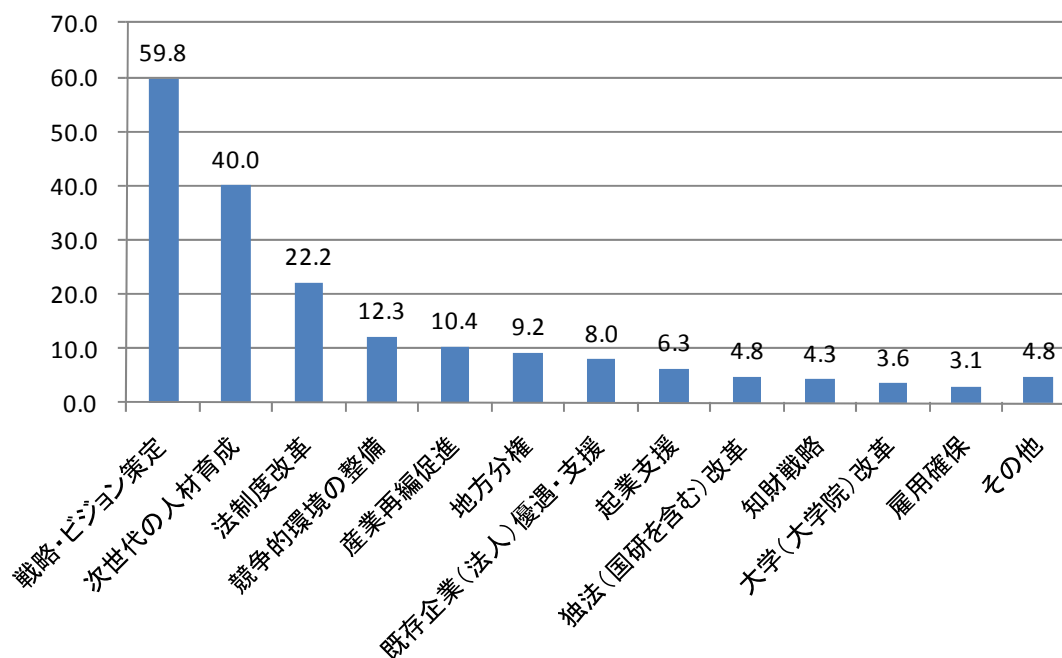
表 12.5-7 区分別我が国が関係を強化すべき国・地域(単位%、複数回答)

区分(回答数)	米国	欧州	中国	韓国	インド	オーストラリア	ブラジル	シンガポール	ロシア	カナダ	イスラエル	南アフリカ	その他	特にない
A 土地利用戦略(48)	35.4	41.7	33.3	10.4	4.2	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1			12.5	10.4
B 生活支援戦略(86)	43.0	39.5	31.4	11.6	3.5	1.2		1.2		3.5	1.2		4.7	15.1
C 生産支援戦略(第一、二、三次産業)(65)	43.1	30.8	35.4	6.2	6.2	10.8	3.1	1.5	4.6	1.5	1.5	1.5	3.1	10.8
D 交流・交易戦略(運輸・通信)(70)	47.1	58.6	32.9	7.1	7.1	2.9	4.3	4.3	1.4				2.9	4.3
E インフラシステムの持続化戦略(137)	58.4	50.4	21.2	11.7	6.6		1.5	0.7	1.5		1.5	0.7	5.1	10.2

12.5.4. 将来の世界的課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項

鍵となる事項を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項として、最も多いのが「戦略・ビジョン策定」(59.8%)であり、次いで「次世代の人材育成」(40.0%)、「法制度改革」(22.2%)であった。

図 12.5-4 政府が重点的に取り組むべき事項(n=415、単位%、複数回答)



区分別にみると、どの区分においても「戦略・ビジョン策定」の回答の割合が高く、次いで「次世代の人材育成」が続く。それ以外では、「土地利用戦略」、「生活支援戦略」において「法制度改革」や「地方分権」に取り組むべきとの回答が他の区分と比べ多い。また、「生産支援戦略(第一次産業、第二次産業、第三次産業)」では「産業再編促進」や「起業支援」に取り組むべきとの回答が他の区分と比べ多い。

表 12.5-8 区分別政府が重点的に取り組むべき事項(単位%、複数回答)

区分(回答総数)	戦略・ビジョン策定	次世代の人材育成	法制度改革	競争的環境の整備	産業再編促進	地方分権	既存企業(法人)優遇・支援	起業支援	独法(国研を含む)改革	知財戦略	大学(大学院)改革	雇用確保	その他
A 土地利用戦略(49)	65.3	36.7	30.6		4.1	20.4		8.2	2.0	2.0		10.2	4.1
B 生活支援戦略(86)	61.6	41.9	23.3	7.0	7.0	19.8	2.3	5.8	3.5	2.3	1.2	4.7	7.0
C 生産支援戦略(第一、二、三次産業)(65)	50.8	36.9	18.5	13.8	27.7	4.6	12.3	10.8	1.5	1.5	3.1	4.6	3.1
D 交流・交易戦略(運輸・通信)(68)	66.2	38.2	19.1	17.6	5.9	1.5	14.7		5.9	11.8	5.9	1.5	1.5
E インフラシステムの持続化戦略(138)	59.4	42.0	23.2	16.7	8.7	3.6	8.7	6.5	8.0	3.6	3.6		6.5

12.5.5. 温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けて、我が国が重点的に取り組むべき科学技術課題

温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立に向けた重点的に取り組むべき科学技術課題として挙げられた上位10位以内の課題(ただし回答比率10%未満を省略)を以下に示す。

表 12.5-9 地球環境問題対応と持続的発展の両立にむけて取り組むべき科学技術課題

<当該設問の回答数=194>

課題	%
58 地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される	28.9
59 都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される	19.6
42 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される	17.5
46 CO ₂ 排出量を半減及びNO _x 排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する	13.9
10 開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	13.4
51 インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される	10.3

12.6. 集計結果一覧

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
土地利用戦略	都市・農村集落のかたち戦略	1	国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される	1	158	9	41	50	-	50	44	2	4
				2	145	8	37	55	-	56	41	0	3
				専	11	100	0	0	-	73	27	0	0
		2	自然情報(植生、地形地質、水系、動植物など)および、人工物情報(建築、集落、商業空間など)について、1/10,000から1/25,000で地域の基盤となる情報図と、都市部や農村集落では、1/2500の都市計画基礎調査と連動する情報図が定期的観測により経年的に蓄積・整備され、これらの情報は無料化される	1	146	8	35	57	-	40	47	1	12
				2	134	5	35	60	-	38	52	0	10
				専	7	100	0	0	-	43	57	0	0
		3	地域計画、都市計画の作成に際し、地域固有の文化的景観の持続的維持の検討が行われ、将来の生活の質(QoL)および災害リスク評価の両面から土地・空間の利用と保全に関わる判断が可能となり、それに基づくコントロールが行われる	1	142	11	30	59	-	36	55	0	9
				2	130	9	28	63	-	32	63	0	5
				専	12	100	0	0	-	58	42	0	0
		4	都市・農村間および地域の物質循環、産業構造、災害リスクを対象にして、自然システムと人工システムを一体的に分析する技術が確立される結果、物質循環、産業構造、災害リスクの分析や予測が可能となる	1	137	7	34	59	-	45	42	2	11
				2	126	6	30	64	-	44	45	2	9
				専	8	100	0	0	-	87	13	0	0
		5	都市・農村において、多世代が交流するコミュニティが形成され、街区や集落規模で生活の質(QoL)を高めるための高品質・長寿命の街区計画(建築・インフラ計画)が普及する	1	122	11	31	58	-	16	67	2	15
				2	113	10	30	60	-	11	78	1	10
				専	11	100	0	0	-	36	55	0	9
		6	人口減少に伴って市街地を縮小する際、水循環と生態系、および生活文化の持続性を踏まえた、土地利用戦略が創り出され、コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地が形成される	1	138	12	30	58	-	12	76	1	11
				2	125	10	30	60	-	11	81	0	8
				専	12	100	0	0	-	33	67	0	0
		7	市民を主体とする「新しい公」が地域戦略を主導し、地域の安全安心および活力を継続させるための地域マネジメントを実行する(例えば、NGOが審議会の議題を準備し議論の運営主体となる)	1	116	10	28	62	-	12	56	0	32
				2	107	9	27	64	-	9	60	0	31
				専	10	100	0	0	-	40	60	0	0
		8	森林会計等の自然ストックに関わる会計技術の開発により、農山村の都市に対する貢献が定量的に評価され、都市の所得を農山村に還元することによる農林業再生と広域自然管理が実現される	1	95	4	21	75	-	29	58	0	13
				2	90	3	18	79	-	21	72	0	7
				専	3	100	0	0	-	67	33	0	0

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										1
						1	5	32	67	17	44	7							1	6	13	35	15	65	32	5
						1	1	28	72	11	45	4							1	1	9	41	11	73	29	2
						0	0	55	82	18	27	0							0	0	36	36	9	91	18	0
						1	4	24	65	25	40	4							3	6	9	39	27	53	30	3
						1	3	19	71	18	40	3							2	2	7	39	18	70	30	1
						0	0	14	86	29	14	0							0	0	14	43	14	71	43	0
						3	6	34	55	10	48	5							3	7	14	32	16	57	38	4
						1	4	28	61	6	54	2							1	4	12	31	12	71	39	1
						0	0	50	75	17	42	0							0	0	25	25	33	75	42	0
						4	8	42	52	17	42	9							6	9	18	37	18	48	37	5
						2	7	37	63	10	42	3							4	8	17	41	14	60	38	0
						0	0	63	63	25	38	0							0	0	50	38	38	63	38	0
																			10	11	20	21	28	56	37	3
																			7	6	15	20	25	72	45	0
																			11	0	33	22	56	78	22	0
																			8	9	17	20	21	64	40	3
																			7	7	15	17	16	75	46	0
																			10	0	10	20	40	70	60	0
																			16	17	13	14	24	40	63	5
																			13	12	14	6	16	47	77	2
																			0	0	22	22	33	44	67	0
						9	7	35	63	19	38	12							11	9	19	27	19	58	41	6
						6	3	32	76	12	45	4							7	5	16	20	17	70	47	2
						0	0	33	100	33	0	0							0	0	33	33	33	67	33	0

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者(人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
土地利用戦略	自然の保全戦略	9	人工衛星や航空機を利用したりリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される	1	151	5	32	63	-	77	11	9	3
				2	144	5	24	71	-	88	4	4	4
				専	7	100	0	0	-	86	14	0	0
		10	開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	1	147	9	31	60	-	78	12	5	5
				2	140	6	32	62	-	89	7	1	3
				専	9	100	0	0	-	89	11	0	0
		11	流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される	1	122	7	24	69	-	69	14	9	8
				2	115	6	18	76	-	82	9	5	4
				専	7	100	0	0	-	100	0	0	0
生活支援戦略	安全・安心の確保戦略	12	爆発物や兵器、毒物等を迅速に見つけてテロや環境汚染等を未然に防いだり、災害発生時には被災者を速やかに発見し救助を支援できるよう、人間の知覚能力を超えた視覚・嗅覚・聴覚等を有するロボットが自治体や警察に配置され、稼働している	1	110	3	26	71	-	65	8	19	8
				2	113	2	23	75	-	77	4	12	7
				専	2	100	0	0	-	100	0	0	0
		13	気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる	1	165	11	32	57	-	53	44	1	2
				2	158	8	29	63	-	60	38	1	1
				専	13	100	0	0	-	77	23	0	0
	14	M6以上の地震の発生時期(数か月~1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する	1	151	14	34	52	-	51	43	1	5	
			2	149	13	32	55	-	65	32	0	3	
			専	19	100	0	0	-	72	28	0	0	
	安全・安心の確保、多様な対応戦略	15	都道府県単位で対応すべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する	1	153	15	27	58	-	23	71	1	5
				2	148	14	28	58	-	18	80	0	2
				専	21	100	0	0	-	29	71	0	0
16		都道府県単位で対応すべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される	1	160	18	26	56	-	25	71	1	3	
			2	151	17	25	58	-	22	77	0	1	
			専	25	100	0	0	-	44	52	0	4	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
						0	4	51	62	24	29	16							1	3	30	51	26	36	29	14
						0	3	54	67	18	26	9							0	2	30	58	22	37	29	6
						0	0	43	57	14	29	0							0	0	14	57	29	43	29	14
						3	5	56	58	19	35	13							4	7	31	44	22	45	35	12
						1	4	58	64	13	32	7							1	5	31	47	17	51	39	7
						0	0	67	56	22	44	0							0	0	38	63	50	38	63	0
						0	8	51	61	10	41	16							1	8	35	49	17	36	35	19
						0	4	56	65	6	38	6							0	3	37	53	9	40	37	10
						0	0	83	67	17	33	0							0	0	50	17	0	67	33	17
						2	5	47	43	37	33	11							3	6	21	29	45	38	30	12
						1	2	51	46	39	34	3							3	5	17	26	56	44	30	5
						0	0	100	100	50	0	0							50	0	50	50	100	50	0	0
						2	3	44	66	19	40	7							3	4	21	45	19	50	35	9
						2	1	51	76	13	37	3							2	2	19	47	11	65	37	4
						0	0	46	77	15	31	8							0	0	31	46	31	62	31	8
						25	17	67	58	4	28	6							27	16	40	45	7	46	25	5
						26	10	72	62	2	21	3							24	10	43	52	3	52	20	3
						26	0	89	67	0	11	6							28	0	39	44	11	50	17	11
																			5	5	10	19	19	83	26	3
																			3	3	7	13	16	89	27	0
																			5	5	5	10	38	81	52	0
						1	5	41	64	21	49	6							1	4	24	38	20	68	33	4
						1	3	37	70	15	52	3							2	3	17	38	15	80	31	1
						0	0	48	64	24	52	0							0	4	24	40	20	72	40	0

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者(人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
生活支援戦略	多様化対応、既存技術の活用戦略	17	想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼働している	1	130	8	23	69	-	44	44	2	10
				2	123	8	19	73	-	54	37	0	9
				専	10	100	0	0	-	67	33	0	0
		18	M6以上の地震予測技術の確立に対応して、都市機能の強化、社会・経済活動の制限、食糧備蓄、一部市民の避難を優先的に支援する制度が確立される	1	143	12	27	61	-	29	62	1	8
				2	134	11	24	65	-	29	65	0	6
				専	15	100	0	0	-	50	36	0	14
	少子高齢化対応戦略	19	加齢による機能低下(動体視力、判断時間、誤判断リスク)などを織り込んだ道路構造、標識、信号などが普及する	1	123	6	27	67	-	26	61	1	12
				2	122	4	23	73	-	18	72	0	10
				専	5	100	0	0	-	0	100	0	0
		20	中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する	1	113	7	19	74	-	25	65	2	8
				2	111	6	14	80	-	19	72	0	9
				専	7	100	0	0	-	50	50	0	0
	コミュニティ形成戦略	21	地域住民が、火山活動、地震、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクを認識するための情報提供と教育が実行され、市民と行政との協働による防災・減災の仕組みが稼働している	1	146	15	33	52	-	36	59	2	3
				2	134	14	27	59	-	33	64	0	3
				専	19	100	0	0	-	53	47	0	0
	既存技術の活用戦略、生活クオリティ向上	22	日常的な携帯端末で個人の現在位置を自動検出し、周辺情報(施設情報、天気、環境情報など)と本人の属性情報(年齢、性別、障害、健康状態など)に基づき、その時点で必要とされる情報を判断し自動的に届けるシステムが普及する	1	133	4	32	64	-	37	29	1	33
				2	133	2	27	71	-	40	28	0	32
				専	3	100	0	0	-	67	0	0	33
23		健康上の理由による徒歩移動、または機能低下による自動車移動が制約される高齢者世代の増加に対応した対策メニュー(例:高齢者用電気自動車、自動車がなくても生活できる住宅地など)が選択できる	1	118	5	25	70	-	17	70	1	12	
			2	116	3	20	77	-	13	78	0	9	
			専	3	100	0	0	-	0	100	0	0	
産業振興・構造改革戦略	24	我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な大規模企業化農業(海外生産、室内生産を含み、50%は全国合計値)が普及する	1	82	4	13	83	-	12	75	2	11	
			2	89	2	12	86	-	7	84	0	9	
			専	2	100	0	0	-	0	50	0	50	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)						左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター						社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)						左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター								
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)		
																									4	10
						4	10	22	54	22	56	11						4	11	12	27	17	74	34	8	
						4	8	16	58	17	62	6						4	7	7	24	12	78	34	4	
						0	0	33	56	22	56	0						0	0	25	38	13	75	38	0	
/						/						/						/								
						3	3	36	62	40	38	2						9	12	12	21	11	77	33	5	
						1	1	29	74	37	35	1						7	9	7	17	8	86	35	2	
						0	0	20	60	20	40	0						21	0	7	29	7	71	57	0	
						2	2	24	46	52	58	3						3	3	14	32	28	64	30	1	
						2	1	17	39	51	63	1						2	2	8	29	23	78	30	0	
						0	0	29	43	71	71	0						0	0	0	0	0	80	20	0	
						2	2	24	46	52	58	3						4	4	11	22	43	55	48	2	
						2	1	17	39	51	63	1						1	3	7	13	44	67	46	0	
						0	0	29	43	71	71	0						0	0	0	0	67	67	17	0	
/						/						/						/								
						3	5	26	29	74	31	2						1	5	14	26	18	69	51	4	
						2	5	15	24	81	29	1						1	3	8	26	14	77	53	2	
						0	0	0	33	67	33	0						0	0	11	22	22	67	61	0	
						3	5	26	29	74	31	2						5	5	13	14	70	26	32	2	
						2	5	15	24	81	29	1						2	4	7	10	77	20	31	0	
						0	0	0	33	67	33	0						0	0	0	0	67	33	67	0	
/						/						/						/								
						4	5	13	21	55	55	37	2						4	5	13	21	55	55	37	2
						4	2	6	14	59	61	34	0						4	2	6	14	59	61	34	0
						0	0	0	33	33	67	33	0						0	0	0	33	33	67	33	0
/						/						/						/								
						11	11	9	24	50	68	30	7						11	11	9	24	50	68	30	7
						7	8	6	16	50	71	27	0						7	8	6	16	50	71	27	0
						50	0	0	0	100	100	0	0						50	0	0	0	100	100	0	0

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者(人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
生産支援戦略（第一次産業、第二次産業、第三次産業）	産業振興・構造改革戦略	25	農地・森林を保全・再生するための水資源(治水・利水・水環境)の重要性に対する社会的コンセンサスと新たな法・制度が確立する	1	104	5	24	71	-	36	48	8	8
				2	103	2	17	81	-	39	51	4	6
				専	2	100	0	0	-	0	50	50	0
		26	農地などの土地の保安全管理を維持するため、都市と地方の間のUIターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する	1	68	3	26	71	-	7	77	0	16
				2	73	1	14	85	-	3	83	0	14
				専	1	100	0	0	-	0	100	0	0
		27	地方の過疎化対策としての成熟製造業の支援システム(技術的イノベーションの達成、ノウハウのソフト化による伝承教育、経済的支援、文化としての継承)が確立する	1	75	4	23	73	-	5	77	0	18
				2	80	3	15	82	-	5	82	0	13
				専	2	100	0	0	-	0	100	0	0
	28	漁場や海流などの海域環境と共存可能で、低コストで耐久性が高い有脚式または浮遊式構造物を主体とする海上都市(交通、通信、研究、生産、資源探掘、余暇活動の基地)が実現する	1	134	12	39	49	-	21	50	0	29	
			2	126	11	38	51	-	17	59	0	24	
			専	14	100	0	0	-	7	79	0	14	
	29	現在の海外旅行並みの安全性で、百万円(現在価値)以下の宇宙旅行が実現する	1	71	3	13	84	-	15	1	1	83	
			2	79	3	6	91	-	11	0	1	88	
			専	2	100	0	0	-	100	0	0	0	
原材料・食料の枯渇対策戦略	30	リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から90%以上を回収する技術が実用化される	1	66	2	23	75	-	57	41	0	2	
			2	73	1	16	83	-	67	32	0	1	
			専	1	100	0	0	-	100	0	0	0	
	31	ニッケル(Ni)、コバルト(Co)等希少金属の必要量の50%以上を他の惑星、衛星から採掘するシステムが実用化される	1	45	4	11	85	-	65	5	7	23	
			2	53	2	9	89	-	63	6	2	29	
			専	1	100	0	0	-	100	0	0	0	
環境対策戦略	32	市民環境運動の加速化に伴い、SATOYAMAイニシアチブ等の世界各国の伝統的な自然共生システムを再評価する手法が普及する	1	93	4	20	76	-	49	34	1	16	
			2	91	3	18	79	-	55	29	0	16	
			専	3	100	0	0	-	67	33	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
交流・交易戦略（運輸・通信）	安全・安心の確保戦略	33	地域環境・景観の維持改善のための多様な市民主体の地域活動を組織化し活性化する技術が開発される	1	101	8	29	63	-	30	49	0	21
				2	101	7	27	66	-	24	56	0	20
				専	7	100	0	0	-	57	29	0	14
		34	離着陸時の航空機が経験するであろう微細スケールの気象状態を航空機に知らせる精密モニター・予測システムが普及する	1	73	4	16	80	-	80	3	3	14
				2	80	4	14	82	-	91	0	0	9
				専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
		35	災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに、平常時と同じようにテレビ並みの動画通信が可能な、衛星通信技術等による日本本土を網羅する無線通信システムが普及する	1	90	3	19	78	-	51	39	0	10
				2	93	3	18	79	-	62	29	0	9
				専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	36	自動車内に各種センサが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システムが普及する	1	121	6	27	67	-	67	19	2	12	
			2	118	3	25	72	-	80	9	0	11	
			専	3	100	0	0	-	100	0	0	0	
	37	転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システムが実現する	1	85	12	24	64	-	89	5	1	5	
			2	89	10	16	74	-	93	1	0	6	
			専	9	100	0	0	-	100	0	0	0	
	38	物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する（このことによりインターモーダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる）	1	89	8	24	68	-	69	21	0	10	
			2	88	6	20	74	-	79	13	0	8	
			専	5	100	0	0	-	100	0	0	0	
	高齢社会対応戦略	39	超高齢社会において高齢者が単独で安心してdoor-to-doorの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システムが普及する	1	108	7	28	65	-	17	67	2	14
				2	106	5	22	73	-	13	77	0	10
				専	5	100	0	0	-	0	100	0	0
		40	高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車が普及する	1	100	4	25	71	-	26	41	1	32
				2	100	3	17	80	-	19	43	0	38
				専	3	100	0	0	-	0	67	0	33

図形の見方に関しては73-74 ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										5
						1	10	43	36	19	65	3							2	8	27	19	20	34	73	3
						0	0	43	29	43	86	0							0	0	29	14	43	57	86	0
						3	7	40	53	49	28	4							1	10	17	33	56	28	21	11
						0	3	37	67	52	20	4							0	3	13	37	69	26	18	9
						0	0	33	100	67	0	0							0	0	0	33	100	33	0	0
						1	5	24	40	66	34	3							2	5	12	26	58	41	26	3
						0	2	19	42	77	24	1							0	2	11	28	78	40	19	2
						0	0	33	33	67	0	0							0	0	0	0	67	33	0	0
						3	3	22	23	90	18	0							2	3	12	19	85	20	15	0
						1	2	16	21	92	15	0							1	2	7	15	90	18	14	0
						0	0	0	0	67	33	0							0	0	0	0	100	0	0	0
						0	1	23	49	63	22	11							0	0	14	33	63	29	26	12
						0	2	16	51	75	21	6							1	0	11	35	78	21	24	7
						0	0	44	67	56	22	11							0	0	25	50	75	38	13	25
						0	3	21	35	80	25	2							2	3	13	18	74	22	26	7
						0	1	18	32	89	21	1							0	1	8	13	88	14	27	4
						0	0	0	20	100	0	0							0	0	0	0	80	0	40	0
						7	9	29	44	52	43	0							11	7	17	23	48	41	48	1
						3	5	22	43	59	41	1							6	3	15	21	63	43	52	2
						0	0	0	20	60	60	0							0	0	0	0	40	0	100	0
						12	7	23	24	82	17	1							15	9	15	17	77	23	18	1
						8	6	17	18	88	13	0							10	7	10	13	89	21	16	0
						0	0	0	33	67	33	0							33	0	0	0	100	0	50	0

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
交流・交易戦略 (運輸・通信)	高速化戦略	41	羽田空港の離発着容量を倍増することが可能な航空管制システムが開発される	1	81	4	28	68	-	16	75	0	9
				2	81	1	22	77	-	11	83	0	6
				専	1	100	0	0	-	0	100	0	0
	インターネットモード	42	都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される	1	134	8	35	57	-	50	45	4	1
				2	130	4	32	64	-	51	47	1	1
				専	5	100	0	0	-	60	40	0	0
	モビリティ戦略	43	平常時及び非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な通勤・通学を確保するためのコミュニティ組織の整備など、数十万人規模のモビリティマネジメントシステムが普及する	1	95	4	27	69	-	22	67	0	11
				2	96	1	24	75	-	14	78	0	8
				専	1	100	0	0	-	100	0	0	0
	省エネルギー戦略	44	交通信号のタイミングを検知し、燃費最小となるよう速度とエンジン動作を自動調節する自動車と、それを可能にする交通システムが普及する	1	110	7	24	69	-	35	46	2	17
				2	104	4	18	78	-	32	52	1	15
				専	4	100	0	0	-	50	50	0	0
	環境保全・低負荷化戦略	45	地下鉄空間や共同溝の余剰スペースおよび建物内のパイプスペースを活用して、トラックターミナルや配送センターから建物の各フロアまで、宅配便や郵便物を自動的に搬送するシステムが大都市中心部で実用化される	1	111	5	30	65	-	9	50	0	41
				2	104	3	23	74	-	12	51	1	36
				専	3	100	0	0	-	0	67	0	33
	環境保全・低負荷化戦略	46	CO ₂ 排出量を半減及びNO _x 排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する	1	95	20	18	62	-	85	11	2	2
				2	93	15	16	69	-	87	7	3	3
				専	14	100	0	0	-	86	7	7	0
	環境保全・低負荷化戦略	47	化石燃料に依存しない推進機関による航空機が実現する	1	75	8	13	79	-	88	0	7	5
				2	74	4	14	82	-	92	0	0	8
				専	3	100	0	0	-	100	0	0	0
	環境保全・低負荷化戦略	48	市街地において、雨水を浸透し、輻射熱を反射しにくい路面材料が使われ、植物に覆われた道路が普及する	1	161	6	39	55	-	40	44	3	13
				2	152	5	36	59	-	39	50	1	10
				専	7	100	0	0	-	0	83	0	17

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター							社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター									
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない	わからない	大学	公的研究機関	民間企業(NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	
																										(%)
						8	10	10	49	55	36	3							9	10	8	31	43	38	32	1
						4	6	5	51	61	33	3							4	8	4	29	62	35	29	1
						0	0	0	100	0	0	0							0	0	0	100	0	100	0	0
						2	6	23	49	47	47	4							2	5	9	29	48	42	45	4
						1	4	16	55	50	51	2							1	3	6	29	56	44	47	2
						0	20	25	50	25	75	0							0	0	0	25	25	50	50	0
						8	6	32	48	38	52	0							10	5	14	25	38	46	48	1
						6	2	24	58	36	53	0							5	2	12	26	40	52	54	0
						0	0	0	100	0	0	0							0	0	0	0	0	0	100	0
						8	5	20	36	73	27	3							11	5	12	19	64	36	29	1
						6	2	16	36	77	28	0							6	2	8	19	74	37	29	0
						0	0	0	50	75	25	0							25	0	0	25	50	25	25	0
						20	7	16	35	56	39	1							24	9	8	20	51	38	42	1
						15	5	13	37	68	36	0							20	5	5	17	68	35	39	0
						0	0	0	33	100	0	0							33	0	0	0	67	33	33	0
						2	4	22	41	71	24	2							3	5	11	25	72	19	27	3
						1	4	18	39	78	22	0							1	3	7	25	84	19	24	3
						7	0	21	36	71	36	0							7	0	8	23	77	15	31	8
						11	10	39	30	58	32	4							13	11	19	25	69	19	31	7
						12	5	39	30	75	24	1							13	7	16	26	84	17	30	6
						0	0	33	33	33	33	0							0	0	0	33	67	0	33	0
						7	5	38	53	61	31	2							6	5	14	31	46	56	25	1
						4	2	28	58	69	25	2							4	1	8	26	53	67	17	1
						0	14	0	71	71	0	0							0	0	0	50	33	50	0	0

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者(人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
インフラシステムの持続化戦略	インフラシステムの強化戦略	49	風水害と地震災害が同時に発生した場合を想定した避難・復旧の情報提供技術が普及する	1	146	14	36	50	-	32	55	0	13
				2	139	15	33	52	-	31	59	0	10
				専	21	100	0	0	-	57	43	0	0
	維持管理の低コスト化・簡便化戦略	50	都市および地域全域レベルでのインフラ資産の資産マネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される	1	154	21	42	37	-	34	59	0	7
				2	144	22	42	36	-	30	64	0	6
				専	31	100	0	0	-	39	55	0	6
		51	インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントや資産マネジメントが十分な精度をもって実用化される	1	162	31	38	31	-	49	47	0	4
				2	156	30	33	37	-	49	48	0	3
				専	47	100	0	0	-	53	47	0	0
	52	構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサ技術が普及する	1	163	29	41	30	-	47	41	0	12	
			2	152	28	40	32	-	56	36	0	8	
			専	42	100	0	0	-	68	22	0	10	
	53	斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる半永久的な埋め込み型センサ技術と警報・避難支援システムが実用化される	1	149	19	37	44	-	34	60	1	5	
			2	139	17	37	46	-	33	64	1	2	
			専	24	100	0	0	-	50	50	0	0	
	インフラ長寿命化戦略	54	建築物のストック化を促進するために必要な構造物の長寿命設計とこれに対応する設備・内装の改修を前提にしたスケルトン(構造躯体)とインフィル(設備・内装)を分離する設計法が普及する(50%以上)	1	118	19	34	47	-	32	60	1	7
				2	111	18	33	49	-	25	69	1	5
				専	20	100	0	0	-	30	65	0	5
新材料活用・材料性能発現化設計戦略	55	従来の鉄鋼材料やコンクリート材料に替わる軽量高強度材料による、建築物、橋梁、発電施設、船舶などの大重量構造物の建設・製造技術が実用化される	1	145	36	38	26	-	57	25	1	17	
			2	139	33	38	29	-	67	17	0	16	
			専	46	100	0	0	-	68	15	0	17	
削減戦略	56	大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する	1	141	28	37	35	-	45	45	0	10	
			2	138	25	39	36	-	51	43	0	6	
			専	34	100	0	0	-	75	25	0	0	

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター																										
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府(地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他(国際機関等)																
																										6	6	39	61	26	36	2	6	8	21	38	20	61	34	1	
						4	2	35	74	18	37	1							4	3	18	35	14	76	34	2							0	0	43	48	24	81	48	5	
						3	3	28	59	40	47	1							4	3	19	38	34	59	41	1							3	2	11	38	29	65	40	1	
						3	0	24	69	24	52	3							7	3	14	41	21	72	45	0							1	3	24	43	38	56	36	1	
						2	2	48	60	40	40	2							1	1	18	43	34	63	34	1							0	0	29	42	33	62	38	0	
						1	1	43	66	38	38	1							1	1	18	43	34	63	34	1							9	5	24	30	56	37	25	1	
						7	4	52	47	57	31	2							4	4	20	25	68	38	24	1							5	5	33	33	68	35	30	0	
						3	3	52	45	68	21	2							9	5	24	30	56	37	25	1							4	5	23	32	46	49	28	1	
						5	2	58	38	73	20	3							4	4	20	25	68	38	24	1							3	1	17	32	55	58	20	0	
						3	5	47	54	54	31	1							3	1	17	32	55	58	20	0							0	5	17	46	58	63	13	0	
						2	1	44	62	65	23	0							3	3	15	28	59	35	31	3							0	0	38	71	71	25	0		
						0	3	38	44	71	30	2							3	0	14	25	73	35	25	1							3	0	5	25	55	45	35	0	
						0	0	20	35	80	30	0							5	0	5	25	55	45	35	0							9	20	26	27	69	23	30	1	
						10	17	52	44	61	31	1							7	15	25	24	77	23	27	1							15	9	25	23	77	20	30	0	
						7	12	50	43	70	25	1							2	5	19	38	54	36	36	1							1	3	19	40	64	37	32	1	
						13	7	52	39	73	23	0							3	0	3	12	36	67	21	39	0							0	3	12	36	67	21	39	0
						4	3	42	52	57	32	1							2	5	19	38	54	36	36	1							1	3	19	40	64	37	32	1	
						2	1	44	55	63	28	2							0	3	12	36	67	21	39	0							3	0	42	48	61	23	3		
						3	0	42	48	61	23	3							0	3	12	36	67	21	39	0															

区分	区分内容	課題番号	課題	アンケート区分	回答者 (人)	課題に対するあなたの専門度				課題の重要度			
						高	中	低	全くなし	世界・日本双方にとり重要 (%)	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い
インフラシステムの持続化戦略	削減戦略 削減戦略	57	超高層建築物や橋梁等の大型構造物において、将来的な解体、補修、機能拡張を容易にするために、物理的、熱的あるいは化学的な性質などを利用することで解体性を備えた接合技術が実用化される	1	130	28	39	33	-	47	35	0	18
				2	128	27	38	35	-	55	33	0	12
				専	34	100	0	0	-	64	24	0	12
	変更するための技術戦略 エネルギー源・供給単位を	58	地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される	1	123	11	28	61	-	41	54	1	4
				2	115	7	27	66	-	39	59	0	2
				専	8	100	0	0	-	38	62	0	0
	59	都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される	1	117	7	29	64	-	44	50	3	3	
			2	109	6	27	67	-	41	55	1	3	
			専	7	100	0	0	-	29	71	0	0	
	60	既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する	1	115	17	36	47	-	19	73	1	7	
			2	106	15	39	46	-	12	84	1	3	
			専	16	100	0	0	-	19	81	0	0	
61	あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する	1	102	18	35	47	-	65	33	1	1		
		2	100	15	34	51	-	74	21	3	2		
		専	15	100	0	0	-	69	31	0	0		
62	森林保全の過程で発生する間伐材を基礎杭などの半永久構造の部材・要素に適用することで、森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステムが実用化される	1	112	12	25	63	-	29	50	1	20		
		2	107	9	27	64	-	20	65	1	14		
		専	10	100	0	0	-	10	50	0	40		

図形の見方に関しては73-74ページを参照

技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)					左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)					左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター											
実現済み	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	2011年～2015年	2016年～2020年	2021年～2030年	2031年～2040年	2041年～	実現しない (%)	わからない (%)	大学	公的研究機関	民間企業 (NPOを含む)	政府 (地方公共団体含む)	複数セクターの連携	その他 (国際機関等)	
																										6
						4	5	53	45	73	18	1							6	6	25	28	80	19	25	1
						9	0	55	24	73	15	0							9	0	18	12	79	21	24	0
						2	4	35	45	35	60	5							2	4	19	28	36	58	48	3
						2	3	27	42	27	71	3							1	3	12	24	33	69	49	2
						13	0	43	43	57	14	0							0	0	14	57	71	86	14	0
						4	1	39	48	40	52	3							7	3	22	33	36	49	50	2
						5	0	29	54	34	58	1							5	1	14	27	38	50	55	0
						0	0	43	43	57	57	0							0	0	14	14	43	71	71	0
						5	4	36	70	39	31	1							5	4	17	34	34	61	25	0
						0	4	30	77	35	28	0							1	3	12	30	29	75	22	0
						0	0	38	63	50	13	0							0	0	19	38	44	56	13	0
						8	10	39	67	44	36	6							8	11	22	46	32	48	37	4
						7	8	30	75	39	32	4							7	7	13	51	27	62	29	3
						13	0	29	71	50	43	0							7	0	14	50	29	36	50	0
						12	11	42	54	41	41	4							12	13	24	41	42	39	40	1
						8	8	33	62	39	39	2							9	11	19	45	45	41	43	0
						10	0	30	70	60	20	0							20	0	10	40	70	20	40	0

12.7. 課題別コメント

1	<p>国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される</p> <p>○技術的には難しくない。地元公共団体や民間等での活用法が課題。○情報インフラの更新が難。○気象、海流、降雨災害、エルニーニョ。○すでに一部の地下利用情報では情報インフラが整備されている。○データさえ整備できれば、技術はすでにあるので実用化は早い。○高度な情報インフラについては、大学・研究機関レベルでは実証しつつある。一部省庁・自治体でも取り上げられているが、特に災害関連については、並行して行われている標準化、規制等整備に更なる加速化が必要である。また、標準化民間企業の積極的な参加などにより周辺デバイスのコストダウンを図ることが必須。○大学と民間と政府とが協力して経費をかけてよい例となる事業を始めてほしい。○情報格差による受益者のかたよりが阻害要因となる。○総合化するのに時間を要する。○技術制約というより財政政策的制約が大きい。○制度が実現してもその示すリスクが正しいかどうかは別の問題である。○国内では各種災害のハザードマップが自治体レベルで作成されつつある。○リスク管理の信頼性が得られるかどうかは鍵。</p>
2	<p>自然情報(植生、地形地質、水系、動植物など)および、人工物情報(建築、集落、商業空間など)について、1/10,000 から1/25,000 で地域の基盤となる情報図と、都市部や農村集落では、1/2500 の都市計画基礎調査と連動する情報図が定期的観測により経年的に蓄積・整備され、これらの情報は無料化される</p> <p>○無料化する必要はなく、情報を欲しい人への有償提供でよい。○建物の形が判るレベルにスケールが統一されることが望ましい。○人工物情報は個人情報保護など社会的反発が予想される。○データに負けないでほしい。○データ、技術ともにある。無料化のしくみが課題。○調査の進捗状況や更新確度が、実現時期の要因であるが、背景に情報セキュリティや他国からの脅威に対する障壁があるため、当課題の効果を議論すべき。○情報の Quality が重要。また、衛星データレベルなら、一部既に実現済み。○情報図の情報因子の特定のための研究蓄積が必要。○これからの国土計画には地表面態や人工物の位置等の物理情報だけでなく、地質、水系や自然、環境の認識が重要となる。○衛星画像で可能な範囲では実現すると思うが、それ以外ではコストの問題から難しいように思います。○環境保全の見地から望ましいが、発展途上国では変化が激しく情報更新が大変。○技術制約というより財政政策的制約が大きい。○地質地盤情報協議会による地質情報共有化活動(産業技術総合研究所地質調査情報センターが事務局)。○土地、建物の私権の強さ。○一部の空間分析では、技術的に実現しています。</p>
3	<p>地域計画、都市計画の作成に際し、地域固有の文化的景観の持続的維持の検討が行われ、将来の生活の質(QoL)および災害リスク評価の両面から土地・空間の利用と保全に関わる判断が可能となり、それに基づくコントロールが行われる</p> <p>○建物の形が判るレベルにスケールが統一されることが望ましい。○個人の権利は益々強くなり、相対的に国などの行政機関の力は弱体化する。とくに日本はその傾向が強まる。○景観に対する関心の高まりがカギ。まだ優先度が高いとは言えない。○いくつかの大学の研究センターでテーマ化していると思います。○都市計画における理想的な考察である。これまで日本では実践されていると言いつても、欧米に見られるような決定プロセスにおける専門家の介入が、制度化されていないことによることが大きい。市民参加プログラムについても、注力すべきである。○地域的個別解の評価軸が画一的になりがち。固有の地域文化を評価する指標が必要。○今後の地域、都市計画では持続性ある質の確保が重要となり、地域の文化、環境を認識した土地、空間の利用技術がポイントとなる。○技術制約というより財政政策的制約が大きい。○一部実用化しつつあるが、著作権の解決必要か。○技術的には既に可能だが、判断には価値観が伴い、コントロールには政治が関る。これが社会的実現を左右する。○リスク管理の信頼性が得られるかどうかは鍵。</p>
4	<p>都市・農村間および地域の物質循環、産業構造、災害リスクを対象にして、自然システムと人工システムを一体的に分析する技術が確立される結果、物質循環、産業構造、災害リスクの分析や予測が可能となる</p> <p>○リスク予測は難しい。予測精度に依るが、正確でないと社会的意味がない。○「災害」の定義・範囲にもよる。○日本の人件費の高さが致命的で農村は過疎へ。産業の空洞化が進み、都市とその周辺のみが存在する方向へ。○スマートグリッドを想定すると、閉じた系での循環が広域の移動に影響があるとの考えもあるが、マクロで捕らえるとストックの在庫管理システムとも言える。ルーティンと危機管理マニュアルとを区別した整備が必要。災害リスクについては、経済損失についての分析が困難。○里山に関する各地の取組は社会実験として有意義な事例だと思う。○災害リスクに関しては、本質的に自然-人工システムのインターアクションであり、一部実現済み。○技術制約というより財政政策的制約が大きい。○制度としては実現してもその示すリスクが正しいかどうかは別の問題である。○リスク管理の信頼性が得られるかどうかは鍵。○どの程度の予測かによる。</p>
5	<p>都市・農村において、多世代が交流するコミュニティが形成され、街区や集落規模で生活の質(QoL)を高めるための高品質・長寿命の街区計画(建築・インフラ計画)が普及する</p> <p>○日本の人件費の高さが致命的で農村は過疎へ。産業の空洞化が進み、都市とその周辺のみが存在する方向へ。○都市はともかく農村では普及に時間がかかるだろう。(予算がない)○3年前町内会役員をやっていたが、こういった意見もあったことを覚えていく。○コミュニティ形成の根源には、強固な生活基盤の確保が必要である。ハードの整備と同様コミュニティを支える地域ボランティア(見守り隊)、NPO、NGO への支援が急務。○土地所有制度(利用権の積極的導入が必要)。○市街地と農山村地域との領域区分を明確にした土地利用政策がさらに推進されるべき。日本全国均質な都市化は都市・農村双方の活力を削ぐ。○地方公共団体に加えて、NPO 等の活動が重要となる。○技術制約というより財政政策的制約が大きい。○社会的実現は、価値観と政治が左右する。○政府の指導力に加えて、NPO 等の活動が重要となる。</p>
6	<p>人口減少に伴って市街地を縮小する際、水循環と生態系、および生活文化の持続性を踏まえた、土地利用戦略が創り出され、コンパクトインフラ計画による自然共生型の市街地が形成される</p> <p>○そこまで人口は減少しない。○自然共生型の市街地は現在のニーズにマッチしており、実現は早い。○2010年は、国際生物多様性年であるが、目標達成には厳しい見方がある。コンパクトシティ構想と自然共生が直結していないこともあるが、パーチカルガーデンシティのようになかなかビジネスを見いだせないことも阻害要因である。○技術制約というより財政政策的制約が大きい。○私権の強さ。</p>
7	<p>市民を主体とする「新しい公」が地域戦略を主導し、地域の安全安心および活力を継続させるための地域マネジメントを実行する(例えば、NGO が審議会での議題を準備し議論の運営主体となる)</p> <p>○そこまで NPO,NGO ができるとは思わない。○「新しい公」の定義があいまい。政治形態を含めた抜本的改革と市民の意識変革も必要。非常に難しい。○「新しい公」の概念が良く分かりません。直接民主制的な形?○リーダーシップマネジメントについては、我が国は遅れていると言わざるを得ない現状である。地域活動を義務教育だけでなく高等教育・社会人教育の課程に取り入れることで啓蒙はできる。○日本の地域社会で蓄積されてきた地域マネジメントのノウハウを再発見、再評価することが必要ではないか。○技術制約というより財政政策的制約が大きい。○validity, reality に疑問を感じる。○民度による。○「新しい公」とは何を言いたいのか分からない。市民に意味を込めすぎていないか?</p>
8	<p>森林会計等の自然ストックに関わる会計技術の開発により、農山村の都市に対する貢献が定量的に評価され、都市の所得を農山</p>

	<p>村に還元することによる農林業再生と広域自然管理が実現される</p> <p>○農村、山村が数10年で活力を取り戻すことはない。○CO₂の吸収。バイオマス。○森林会計のインセンティブを民間企業に与える方が早い。J-VER(オフセット・クレジット)をもっと使いやすい形に整備してほしい。○山林保全と活用は急務。○都市は近隣農村の豊かな自然ストックにより、良質な水や自然環境さらには健全な人材の供給まで支援を受けており、その貢献に応じたコスト負担はトータルシステム維持の必須条件である。○価値判断を伴い立場で利害が異なる議論は集束しないのではないかと。○各地域ごとに管理システムを形成すれば良い。○大変重要と思う。特に日本は森林国であり地球レベルの重要なストックである。違法伐採の問題と併せた検討が必要と思う。</p>
9	<p>人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される</p> <p>○気象、軍事などと相俟って10年程度で実現する。○環境問題でもモニタリング技術は非常に重要であり、必要度は高い。○統合はすぐにでもできる。○基本的なツール、技術はすでに存在しているのではないのでしょうか？○NEDO や JAXA が頑張っている。特に課題とは思われないが、競争的資金の圧縮は後退要因となるであろう。○地球規模での温暖化対応や環境保全は国境や地域を越えて、取り組む課題であり、国際機関等のマクロセンシングやアセスメントは現実的で有効な手段である。○一部技術が利用されている部分もあるので、この実施されているものを中心に拡大すれば良い。</p>
10	<p>開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる</p> <p>○シミュレーション結果の利用は開発事業者。自然速度を上げるための植物開発も必要なのでは？○高レベル核廃棄物は難。○自然界への影響評価は無理。○開発行為が自然界に与える影響は一部表現済み。○一部ではすでに可能となっている分野もある。○これらの評価はアウトプットを考える。我が国の企業は、提供できる環境技術を保有しており、政府は条約や外交政策における緩和措置、機関は技術輸出の調整など役割分担を実行し、その結果、技術輸出国としてのスタンスが明確になる。○程度問題であるが、自然界全体への定量的予測が満足のいくレベルで実現できるとは思えない。○予測という行為は現象を理解、知っているからこそ可能である。未知の問題まで予測できるわけではない。盲信をしないでいただきたい。○既に部分的評価はなされているが、全項目評価に至っていない。○開発行為が生態系に及ぼす影響等、互いの要因が複雑に絡み合っているため、グローバルな最適解が得られるかどうかは難。○自然界の中ですすめている項目もある。</p>
11	<p>流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される</p> <p>○気象への要求と併走すると考えます。○すでに技術はあると思うが、「定常的な環境管理」までいくかどうか。○スーパーコンピュータの発展で可能となると考える。民主党権に理解が足りない。○民主党の科学技術音痴を見ていると実現が先送りされそう。○海上輸送については、いまだ経験則が高く、環境影響評価視点のみではシステム化することが難しい。公表については、評価を適正に判断できる知見者のクッションが必要。○広く市民に公表されても利用率を考えると低いと考えられる。公表の必要性を考えるべき。</p>
12	<p>爆発物や兵器、毒物等を迅速に見出してテロや環境汚染等を未然に防いだり、災害発生時には被災者を速やかに発見し救助を支援できるよう、人間の知覚能力を超えた視覚・嗅覚・聴覚等を有するロボットが自治体や警察に配置され、稼働している</p> <p>○感覚機能の機械化の実現は時間がかかりそうである。○2009年度のNEDOのロボット支援実用化プロジェクトでも警備ロボットの実証試験がなされている。○次々と新たなテロ手段が出現する。○研究段階にあるロボット技術が実用化してくる。○既に米国連邦捜査局、EODなどで採用されている。国内では、危機管理の認識度による。○今後10年以内に、このようなシステムが稼働するであろう。○判定基準(しきい値)の数値化はむずかしい。○災害を未然に防ぐ、テロ等の発生状況をなくす工夫に力を注ぐべき。○国際機関が中心となる項目である。国際的に対応する問題である。</p>
13	<p>気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる</p> <p>○天候と災害の予測は早急に。○気象予想への要求は食糧問題とともに先鋭化する。○例えばダム、橋、トンネルなど施設毎の被災予測は可能。○地滑り、土石流については少し時間がかかるだろう。○近年、センサーネットワークや自然エネルギーの利活用技術の発展によって、これまでにない細やかなセンシングが可能になりつつある。○都市型洪水シミュレーション技術などの開発はすでに始まっています。○スーパーコンピュータの発展で可能となる。○スーパーコンピュータの予算がつけば10年以内には実現可能かもしれない。○ネットワークの整備、標準化が急務。1時間がどの災害を適用しているのかは不明だが、長期予測が可能。○自然災害もあるため、ハザードマップや災害発表マニュアルの確立が可能。○全国レベルではコスト面で無理だろう。○先端的なセンサー技術の発展により、このようなシステムが可能となろう。ただし、日本がこの分野をリードしてははいないように思える。○もっと条件がゆるやかならば、もう少し早く実行できる可能性あり。○どの程度高精度か？○地域的且つ短時間の降雨予測が困難である。</p>
14	<p>M6以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する</p> <p>○海溝型は可能であるが、モニタリングは難。○地震は地球規模の現象であり、簡単ではない。○地震発生の予測は困難。(地脈と規模がわかれば被害予測は可能。) ○地震発生予知に関しては、ギリシャでのVAN法が有名と思います。○M7以上なら可能性が少しはあるが、M6以上となると困難であろう。○地震の発生時期(1年程度)予知はできないと考えて、最大被害の予測や地域の弱点を調べる事業を大学と民間でできるように事業費を支出する。○直前予知より、短期～中期確率予報に期待される。○直下型地震については直前予測での対応となるか。○無理と確信する。○地震の発生時期を詳細に特定した予測は不可能ではないか。○地震予知は、地震のひずみ分布や過去の地震履歴を分析するのが通例となっているが、単一的な分野だけでは、説明が困難なこともあり、電磁気学的なアプローチからの研究者との共同研究が望まれる。○観測技術のよほどのブレークスルーがない限り、この100年は不可能。○本当に大切なことであるが、実現は難しそうである。</p>
15	<p>都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する</p> <p>○全ての現場で備蓄するよりも大都市からの配送支援が重要。○国内のインフラを維持する予算は確保できず、インフラは荒廃する。○やる気の問題。今すぐにも予算が整えば可能。○予算を確保して地道に補強していくしかない。○大規模災害は各県で定期的に発生する訳ではないので、広域圏で協力する体制が望ましい。○ニーズは高いと考える。○備蓄を搬送する輸送路の確保、インフラフリーの通信設備については、緊急対策費用ではなく個別に予算化していただければと希望する。○全国展開には経済復興＋公共投資増が不可欠である。○多くの被害実績がフォローされ対応ノウハウや研究開発が進展している我が国の国際貢献は意味がある。○行政に頼るのは限界があり、財政事情を考えると不可能。○現政権の優先性は低いと判断。○技術的には可能だが、災害リスク評価の信頼性と、コスト・ベネフィットをどのように考えるかが課題。○「完了する」の質問はおかしいと思う。</p>

16	<p>都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される</p> <p>○被害情報の応急活動へのフィードバックが重要。○機能損傷の被害予測は難。○権限の錯綜は良い結果を招かない。現場に任せるべき。○既に軍事技術としては確率している。災害用に組み替えればよい。○一部実現済みだが、高精度化が必要。拡大予測にはまだ時間がかかる。○大規模地震の発生が危惧されている折、特に急ぐべきである。○技術的には可能だが、災害リスク評価の信頼性と、コスト-ベネフィットをどのように考えるかが課題。○対応は複数の NGO/NPO 組織も含め考える。○人工衛星である程度(約 24 時間間隔)は把握できる。</p>
17	<p>想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼働している</p> <p>○現在の各自治体で定めている危機管理で達成しているのでは？但し、訓練が必要。○搬送先である病院等の受入施設・態勢が重要。○原資さえあれば、技術的には可能であるため、整備は即できる。○大きな災害は予想を超えるものが多く、対策システムが意味をなさない。○システムだけでなく近隣都市との受け入れ協定等が重要。大規模の脱出はむりだろう。(少人数に限られる。)</p> <p>○「システム」の定義により、解釈は異なるが、ソフトハードの連携が必要であり、長期間を要する。○意味がよく分からない。○課題があいまい。○技術的問題より制度的問題が中心であろう。○全ての組織で対応すべき。</p>
18	<p>M6 以上の地震予測技術の確立に対応して、都市機能の強化、社会・経済活動の制限、食糧備蓄、一部市民の避難を優先的に支援する制度が確立される</p> <p>○現レベルのシステムで充分のように思われる。○予報技術は実現しない。地震が生じた時に降の対応制度は期待したい。○予測技術の確立には時間がかかるが諸制度については前倒して進められるだろう。○地震だけを対象にすると、市民および市町村レベルで実効性を確保するのが難しい。広く災害地生活改善を目的にして取り組むのがよい。○対応しなくとも制度の確立は早急にすべき。○M6 以上の地震予測技術の確立時期が分からないと、社会的実現時期の予測はできないだろう。○課題 14(M6 以上の地震の発生時期(数か月～1 年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する)と関連して、短期～中期的な確率予報の形であれば、強制的な活動制限は困難である等と考える。あくまで参考情報として一時的な備えの強化等に関する活用になるのではなかろうか。○「予測技術が確立して」という条件付きでは「わからない」と答えることになるが、発生に備えて、課題のようなシステムを確立しておくことは可能。○課題があいまい。(特に時間軸が不明。)</p> <p>○特に急ぐべきである。○本技術が普及するかどうかは、M6 以上地震の生起確率が、一定の信頼性をもって得られるかどうかと、その確率の大きさに依存。○M6 以上の地震予測技術は確立できないのでこの質問は余り意味はない。○地震予測と直接関係なく、有用な制度であるが、経済的・制度的障壁がありそうである。○全ての組織で対応すべき。○これはすぐにでも実現できる技術になっていると思われる。</p>
19	<p>加齢による機能低下(動体視力、判断時間、誤判断リスク)などを織り込んだ道路構造、標識、信号などが普及する</p> <p>○技術的には実現済。課題は普及度。○信号の明度(LED)は実現済み。路車間情報システムも進行中。○ITS の応用(カーナビ)による判断補助が普及する。(被災情報、渋滞情報等についても同様)○技術自体の実現は早い普及には10年ほどかかるかも。○政府による予算付けも必要)○これまでの失敗が、単体からの視点である。まず、都市構造自体をヒューマンのスケールで設計することが必要。小さなディストリクトであれば、必然的に都市設備もスケールダウンすることとなる。○車輪サイドのセンシング技術やマネージメントシステムとの連動での効果発揮が現実的となろう。○財政事情を考えると無理であるし、そこまでやる必要性を感じない。○加齢に関らず、人の判断を支援する技術は応用されそうである。</p>
20	<p>中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する</p> <p>○「支援を必要とする方を遠隔に居住させない」福祉制度こそ必要である。○2009 年度の NEDO の戦略的先端ロボット要素技術開発プロジェクトで高齢者対応コミュニケーションロボット技術システムが採用された。○これも実行待ちの状態。技術的な課題はない。○ある程度実現してきている。○既に技術はあるが、全国末端までシステム、サービスが普及するには10年程かかるのではないかと。○Eメール、インターネットの発展により可能となる。○日本は 65 歳以上の方が 21%を越える超高齢社会。かつ香港に抜かれたらしいが世界で最長寿国である。また、高齢単身世帯 414 万世帯と、高齢者医療負担は増加の一方である。ニッチビジネスを發揮するベンチャーへの支援規制など考えてほしい。○公的負担大。(対応可能地域に移すべき。)</p> <p>○交通不便地域へのサービス(行政・商業)は急速に減少する。○遠隔診療や健康管理は実現しそうだが、患者が居住地で医療サービスを受けることにはならないのではないかと。○中山地域の高齢者対応を。○システムを維持する資金の問題だけである。</p>
21	<p>地域住民が、火山活動、地震、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクを認識するための情報提供と教育が実行され、市民と行政との協働による防災・減災の仕組みが稼働している</p> <p>○「情報提供」とは？仮想体験するような技術が必要ではないか？○住民と自治体のセンチメンタルな関係は良くない。科学的情報の開示が大切。○相対的に、災害リスクの情報の重要度は低下する。○ある程度実現している。○すでに始まっているところもあり、徐々に普及していくだろう。協働のしくみがポイント。○既に取り組みがあるが、意識の高い住民だけが参加するため、真の実効性が違う。「文化」を形成するため、子供からの教育が必要。○地域レベルでの取り組み例は出てきていると思います。○2004 年の新潟中越地震で被災した調査家屋のうち、3 年後の 2007 年新潟中越沖地震でも被害を受けた世帯で、家具の転倒防止などを行っていたのは数件であるという報告がある。被災者でさえ、災害リスクに対しての危機意識が低い。自治体にとっては、どのように啓蒙を行っていくかが課題である。○普及は期待を込めて。○協働を維持するための事業費(年間 20 万円程度)の公的支援が必要。○一部実現済み(NIED の災害リスク情報 PF など)。普及、利活用にはやや時間を要する。○地学教育の衰退が阻害要因となっている。○ハザードマップの提供や講演会などによる啓蒙はすでに実施されている。技術も開発が進んでいる。</p>
22	<p>日常的な携帯端末で個人の現在位置を自動検出し、周辺情報(施設情報、天気、環境情報など)と本人の属性情報(年齢、性別、障害、健康状態など)に基づき、その時点で必要とされる情報を判断し自動的に届けるシステムが普及する</p> <p>○技術的にはあるレベルを達成している。課題は個人情報管理する法制度の確立。○情報コンテンツの充実には民間のアイデアが重要。○支援を必要とする人たちには重要なシステムである。○老人(徘徊)、小児(誘拐)対策で要求が増し、技術が加速する。○この種の開発スピードは目覚ましく、普及は早い。○行き過ぎた個人情報保護のため実現困難では？○現在でも電池パックを取らない限り、GPS による位置検出は可能。現在の行政の情報セキュリティレベルや情報技術への知識レベルでは、管理として実現不可能と思われる。○個人情報保護。○技術的には可能と思われるが、そこまでコストをかけて実現する必要があるかどうかと、プライバシーに問題がある。○個人情報を取り扱うため情報収集のシステムを確立してからこの項目を考えるべきである。</p>
23	<p>健康上の理由による徒歩移動、または機能低下による自動車移動が制約される高齢者世代の増加に対応した対策メニュー(例:高齢者用電気自動車、自動車が無くても生活できる住宅地など)が選択できる</p> <p>○課題は、援助する福祉制度の確立。○情報コンテンツの充実には民間のアイデアが重要。○2009 年の NEDO のプロジェクトでトヨタ自動車の搭乗型生活支援ロボットの開発が進行中。○機器を使うとかえって体力が衰えることが明白となり進歩しない。○ロボットとの協働により実現にむけて動き出すだろう。○高齢者や交通弱者の QOL における本当の意味の自立支援について、ハード整備のみを取り上げることは危険であると思われる。常にそれを運営サポートする組織団体や地域との合わせ技であることを意識すべき。○我が国の高齢化のスピードと核家族化(人間関係の希薄化)を考えた場合、実現に向けて検討やむなしか？○これを維</p>

	持する資金の問題だけではないか？
24	我が国における、農作物の 50%以上を生産する効率的な大規模企業化農業(海外生産、室内生産を含み、50%は全国合計値)が普及する ○企業農業を公的支援して、企業として成り立つようにすれば達成すると思う。○逆に屋内育成などの小規模分散化による補完事業も重要。○日本向け海外生産よりも推進は期待できる。cost がわからない。○企業の農業介入自由化と JA の解体が進めば意外と早く実現可能。○農業への関心が高まっており実現は遠くないだろう。大規模だけでなく小規模も増えるだろう。○農業政策や実務の実態と逆行しているようなので、なぜこれが課題として取り上げられているのか疑問。○我が国の食料自給に向けた技術開発・システムを大規模企業化に特化せず、考えるべきと思う。○民主党の個別補償制度では赤字農家を作るだけで逆行になる。○日本の持続的発展のために必要。○農業に対する他分野技術との融合が重要かつ加速される。○機械化による農業の生産性向上は必要。
25	農地・森林を保全・再生するための水資源(治水・利水・水環境)の重要性に対する社会的コンセンサスと新たな法・制度が確立する ○世界における水不足は深刻化する。○日本は水資源にたいする関心が低いので防災がまず優先。資源としての見直しはその後になる。○世界の水資源の危機に対して、認識を広めてほしい。○水資源の重要性を認識しなければならない。○何度かの水不足の経験を経て実現すると予測する。○プラズマを用いた水の浄化技術及び水質モニターの開発に成功(名大)。
26	農地などの土地の保全管理を維持するため、都市と地方の間の UIJ ターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する ○自治体の自助努力だけでは現状維持が限度と思われる。○NPO、NGO と地方自治体が機能する必要があると思います。○マルチハビはもう特別のことではなくなっている感もある。目的は土地保全かもしれないが、実際に参画している方たちは、そこに田舎暮らしという生活様式を求めたり、現実的には物価が安いとか、自分自身の価値観で選んでいる。個人的にはシャッター商店街の方にマルチハビ支援があればと考える。
27	地方の過疎化対策としての成熟製造業の支援システム(技術的イノベーションの達成、ノウハウのソフト化による伝承教育、経済的支援、文化としての継承)が確立する ○地域の得意産業を立ち上げる公的支援が必要。○伝統文化と先端技術の融合は大切であり、地元文化は国際性を得た時に活性化する。○地域主権の実現可否が鍵を握る。○過疎化対策は人口問題、高齢化などと関連しており、国地域でのグランドデザインが必要。○技術伝承に課題があるとすれば、市場の整備である。認証制度・ブランディング・技術版フィードインタリフを発動するなどの覚悟があれば、守る目的は達成される。
28	漁場や海流などの海域環境と共存可能で、低コストで耐久性が高い有脚式または浮遊式構造物を主体とする海上都市(交通、通信、研究、生産、資源採掘、余暇活動の基地)が実現する ○「実現しない」というより「実現してほしい」。環境維持の開発は無理(不可能)と思う。○少子化が止まる時点で、土地に対する広まる。渡海橋梁への浮体構造の利用の可能性はある。○技術的には現在も可能だが、コスト耐久性の観点で実現はなしになる。○はたして高いニーズがあるのかどうか。コストが課題だろう。錆びない材料も。○競合業界による抵抗。○海洋基本法の下に様々な固定プログラムができ、実現に向かうのでは。○羽田、関空など、土木の政治的圧力によって浮遊式は実現できなかった。今後はどうなるか？○メガ・フロートにて技術的には可能。○まず、海上風力発電で実現できれば。○ハード技術としては羽田空港(第 4 滑走路)プロジェクトで大きな技術進展がある。○浮体に人が住むための技術開発は相当に大変である(係留技術、維持補修技術がネックになる)。埋立の方が安全で確実である。○技術的には十分可能になるだろうが、真の有用性があるか否か。○国際協力が必要であるため時間がかかると思う。
29	現在の海外旅行並みの安全性で、百万円(現在価値)以下の宇宙旅行が実現する ○余暇としての宇宙旅行の必要性を感じない。○人間の要望に応じ研究は加速する。○格安にするには新たな技術や仕組みが必要。○意味があるのかどうかわからない。
30	リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から 90%以上を回収する技術が実用化される ○レアメタルのプライスが上がり技術は必然的に発展する。○希少金属にたいするニーズの高まりから実現はそう遠くないのではないか。○Total でのリサイクルの枠組みの中で社会的実現を図るべき。○都市鉱山の概念が普及する。○エンクロージャーが、資源保有国の国家戦略のひとつとなっている。機能代替や回収技術が対抗要件となるためには、コストダウンが課題。○アークプラズマにより廃品から希少金属の熔融化による選別技術。○材料コストの問題。
31	ニッケル(Ni)、コバルト(Co)等希少金属の必要量の 50%以上を他の惑星、衛星から採掘するシステムが実用化される ○プライスが上がりコストもそれに従って上昇する。○人類が宇宙空間に進出していくにはしばらく時間がかかる。○他の衛星からの採取とリサイクルコストとの競争により成立しない。○資源戦争の前に、CO ₂ 削減目標があり、資源消費型社会は現状維持と思われる。HV 車が普及しても、宇宙から採掘するくらいなら二次電池からキャパシタヘシフトすることも TOYOTA は視野に入れるのでは。○地球上の物質収支を考慮する必要がある。○他の天体に手を出すまで食欲になるのはよくない。
32	市民環境運動の加速化に伴い、SATOYAMA イニシアチブ等の世界各国の伝統的な自然共生システムを再評価する手法が普及する ○自然共生型の生活はこれからますますニーズが高まるので実現も遠くない。○NPO、NGO○里山予算が仕分け対象となり、残念です。○里山イニシアチブのメンバーですすめているが、里山の言葉を広めるところから始める必要あり。○伝統的な自然共生を「再評価」することには賛成だが、それを評価する「手法」まで必要だろうか？
33	地域環境・景観の維持改善のための多様な市民主体の地域活動を組織化し活性化する技術が開発される ○職能としての人材育成(教育)をすることが大切。大学院 GP 等の申請傾向。○経済活動に重きがおかれ、環境・景観は後回しの傾向がでてくる。○既に取組みが行われており、成果もあがりつつある。○地域活動を組織化・活性化する技術開発というのは、機械的なことではなく制度開発だと理解するが、政府もファンドなどの金融商品開発を行ってはどうか。○この技術開発は現状に処方する適正な技術を指向していなければ実用されない。○課題があいまい。○観光立国を目指すためにも重要な事項○地方毎に特徴を活かして知的クラスターの創立。○「技術」の意味がわからない。
34	離着陸時の航空機が経験するであろう微細スケールの気象状態を航空機に知らせる精密モニター・予測システムが普及する ○真のニーズは低い。○ニーズが高く技術もほとんどできてきている。○離着陸に限定すれば難しさは減るだろう。○メソスケールの気象分析は航空・海洋では既に行われている。○早くすすめてほしい項目である。特に途上国の航空路にとり大切なシステムと考える。○コスト削減が鍵。
35	災害発生時にも遮断されず、輻輳も起きずに、平常時と同じようにテレビ並みの動画通信が可能な、衛星通信技術等による日本全

	<p>土を網羅する無線通信システムが普及する</p> <p>○ICT 技術の開発スピードは目覚ましく実現は早い。○現在でも可能な技術はあるが、実用性に障壁が残る気がする。</p>
36	<p>自動車内に各種センサーが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システムが普及する</p> <p>○課題 19 同様、カーナビ型情報端末が発達する。○既に一部の技術は開発されているが普及するまでにしばらくかかる。</p>
37	<p>転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システムが実現する</p> <p>○海気象を配信する航行支援システムによる航路選択と危険回避。○航海支援システムの発展により可能となる。○技術はある。個々の船に取り付ける費用の問題。特に小型船にはスケールメリットがないと…○漁船等の小型船への普及は大型船のあと。○国際的に検討してすすめる項目である。</p>
38	<p>物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する（このことによりインターモダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる）</p> <p>○「成分変化」の対象が曖昧。○新しいセンサーが開発されればニーズが高いので普及する。○国内の関心高い。ORFID として実現されているが、バルク輸送はどのように管理していくか課題と思われる。○鉄道へのモーダルシフトを促進するために、鉄道分野での技術革新が必要。</p>
39	<p>超高齢社会において高齢者が単独で安心して door-to-door の移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システムが普及する</p> <p>○元気な老人は自力で行動し、そうでない老人は入院や民間の老人ホーム住まいとなる。○社会資本(特に交通インフラ)の再整備が必要のため費用負担が課題となる。○現在も、ムーバスなどのコミュニティバスが路線をカバーするアクセシビリティとして運行されているが、それを TAXI まで落とし込むと、その費用負担は自治体で持つことになるか、技術ロードマッピングとして体制は整理しておきたい。○超高齢者がその様なシステムが必要か。</p>
40	<p>高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車普及する</p> <p>○自転車に限定されると実現は難しいと感じる。○インフラ側での対応に課題。(資金)○機能的に自転車でなくなる。○双方向の自転車専用道など、やはり環境整備を別物に、機械単体だけ取り上げられている課題と思われる。複数乗りも決して安全とは考えられない。○大変重要だと思う。○なぜ自転車なのか？</p>
41	<p>羽田空港の離発着容量を増やすことが可能な航空管制システムが開発される</p> <p>○管制システムで解決できるとは思えない。○人に頼るシステムを最小化し、ミスの生じないシステム構築が開発される。○管制システムができて飛行機の性能や気象条件のことを考えると不可能では。○今でも過密だと思われるので管制システムだけでは解決できないのではないかと。○地上を含めた管制を考えると、物理的には無理。単に航空の管制であれば OK。○情報の大量送受信が可能となれば実現する。○何故に対象が羽田空港に限定されているのか不明である。○離発着容量を増加は、航空管理システムなのか、拡張なのか。○空気力学に関する課題は管理システムでは解決しない。○羽田空港拡張に伴い、リスク回避には必要なシステムである。</p>
42	<p>都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される</p> <p>○国内 1 日、国際 2 日といった明確な数値目標が必要。○夢物語としか思われぬが。○過疎の町村では鉄道・道路併用車両をすでに開発できている。人口減少により加速する。○ニーズは高いが実現には時間がかかる。○日本においても、韓国の釜山港や仁川空港のように 1 か所に大きなものを作れば、すぐにでも可能。○まず、時間・コスト・環境負荷が半減すると考えられる根拠が明らかにされていない。結節点では横もちが発生する事から課題を整理すべき。○輸送機関の組合せ、時間コスト等の要素別に低減の方法、達成目標などが大きく異なるため判断は難しい。○鉄道へのモーダルシフトを促進するための技術開発が必要。○旅客輸送に余裕ができた鉄道を活用する必要があるとそうである。</p>
43	<p>平常時及び非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な通勤・通学を確保するための通勤組織の整備など、数十万人規模のモビリティマネジメントシステムが普及する</p> <p>○携帯 Tel のようなツールがベースになるため技術が開発されれば普及は早いだろう。○災害リスクに対して、現実感が湧かないことは否めない。デモンストレーションを定期的に行い、啓蒙活動を行う。○意味不明。</p>
44	<p>交通信号のタイミングを検知し、燃費最小となるよう速度とエンジン動作を自動調節する自動車と、それを可能にする交通システムが普及する</p> <p>○エンジンはいづれなくなる。○現行のオイルエンジンではあまり効果が期待できない。○自動運転制御システムは運転者に大きな拒否反応がある。○ITS と自動車同士の相互通信によるインフラは進む。○イメージしやすいので開発は早いと普及するまでには時間がかかる。○日本では電気自動車の普及の方が進むと考えられる。○是非実現して欲しいと思う。○現在の高度なセンシング技術から、早期に実現可能な範囲である。燃費対効果や企業の研究開発優先順位に依存すると思われる。○優れた技術者不在の交通警察が業務を担当しているのでは実現が難しい。○車両の開発と交通システムの開発の連携が重要。○必要とあれば、現状でも作れそうであるが、投資と効果の関係が十分有効ではなさそうである。</p>
45	<p>地下鉄空間や共同溝の余剰スペースおよび建物内のパイプスペースを活用して、トラックターミナルや配送センターから建物の各フロアまで、宅配便や郵便物を自動的に搬送するシステムが大都市中心部で実用化される</p> <p>○目的が不明確なので、過剰サービス、アイデアに遊びがある。○事例はあるが、消滅したのでは？○コストの問題が課題。○調整が大変な割にニーズが高いとは言えない。○大型店舗の物流のみだと思えます。○規格化が重要。○なぜ、この課題が取り上げられたのかは疑問。消防法や管理者分断を考えると、回転寿司のようなわけにはいかない。○システムのメンテナンス中や災害、事故、テロ等の対策のために、膨大なコストがかかりそう。○総合的な交通・物流体系を広い視野で捉える政府が存在しなければ実現不可。○実用可能性、必要性は低いと思う。</p>
46	<p>CO₂ 排出量を半減及び NO_x 排出量を今の 20% 程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する</p> <p>○個人的趣味のバラエティーが拡大し、郵送や宅配の不定型化が加速する。また、町村では配達時の人と人のコミュニケーションが評価される。○原子力船。○法規制の動きもあり、海運における現在の最重要課題。○現在、業務として取り組んでいる。○NO_x は可。CO₂ は半減まではきびしい。○エコシップは存在し、既存の船舶でもエコタービンなどで燃費をあげているものはあるので、設備投資環境が整うかであろう。○原子力船の評価をどう扱うべきか。○エコシップの完成。○プラズマによる CO₂ 及び NO_x の完全分解技術の確立。</p>
47	<p>化石燃料に依存しない推進機関による航空機が実現する</p> <p>○米軍等、軍事ネットワークの影響も大きい。○水素燃料のエンジンは可能性がそれほど高くない。○バイオマスの発展が可能に</p>

	<p>させる。ONZ 航空がバイオ燃料にて飛行したというニュースが報道された。今後も、バイオ燃料側の原料開発に依存度が高くなる。また、素材としては、特にプラスチック部品の多い二輪自動車にイえるが白化しない有機系素材の適用も開発要素として挙げられる。○重要であるが実現の可能性の芽も見えない。○システムトラブルは付き物。超過密は大災害を招く。○現状の航空機開発も遅れ気味である。○化石燃料でない液体燃料という可能性は技術的にあるが、経済的には疑問。○重要であるが、不可能であると思う。</p>
48	<p>市街地において、雨水を浸透し、輻射熱を反射しにくい路面材料が使われ、植物に覆われた道路が普及する ○工事費が高むことから、公共事業として支出の妥当性が問題。○排水性、透水性舗装や光触媒技術はすでに供用されている。ヘチマやゴーヤによる緑化も推進されている。○インフラの整備として資金に課題。○建築物の緑化、省エネ化が進む。○既に技術はあるが、緑に覆われた道路は現実には無理。(交通量の問題)○既に雨水浸透舗装はある。植物に覆われた道路のイメージ、ニーズがつかめない。○保水性のある緑化舗装用コンクリート・ブロックの開発により、道路や駐車場の緑化を一部実現している。(打水グラスパーク)○基本的な技術はほぼ揃っていると思います。○透水・排水・保水性舗装は、材料や技術としてあるので、いまだアスファルトなのは疑問。企業もロビー活動をしてよいかと思われる。植生は道路管理者が嫌がるので、メンテナンスフリーの緑化システムが確立できればよい。○透水性舗装はすでに実用化されており、透水性の路盤や路床もシーズ技術はある。最大の課題は耐久性とコストである。○植物に路面が覆われると危険物を発見することができず、交通が極めて危険となる。○現在使用されている材料のリサイクルも同様に考える必要あり。○「植物に覆われる」は疑問あり。むしろ「自動車騒音を吸収する」材料も含めたい。○植物に覆われた道路とは？道路の機能と矛盾する。○興味あるアイデアである。</p>
49	<p>風水害と地震災害が同時に発生した場合を想定した避難・復旧の情報提供技術が普及する ○次世代スパコン研究課題のひとつとなっている。○単一災害に対しても、現在十分に整備されていない。複合災害に関してまでは、時間を要しよう。○確率の低い事象を対象に検討をする余裕は日本にはない。○河川の氾濫と地震が同時に発生する複合災害について議論が始まっており、早い段階で普及するのではないかと。○同時発生確率が低いので、特殊な災害のみ、特殊な施設のみに対して研究される程度であろう。○基本的なツールは出来つつあると思います。○前述の災害関連課題との差異が不明瞭であるが、情報提供だけでは人は行動しないので、日頃からの刷り込みが必要。風水害と地震が同時発生するよりは、地震と火災が同時発生する確率が高い。そのため、被害予測は季節や時間、風速などのファクターがある。復旧については被災後ケアも含めマニュアル化の徹底、市民への告知が必要。○複合災害は低頻度であるが、重要な課題である。○このケースは激甚災害につながり、対応はむづかしくなるが、発生確率は極めて小さく、総論が各論にまで進展しないと考える。○今後、温暖化で地球規模の大きな気候変動が無い限りは、コスト・ベネフィットを考えた場合、そこまでの必要性は感じられない。○同時発生の確立は極めて低い。○軍事的技術と類似性がありそうなので、十分現実的だとは思われるが。</p>
50	<p>都市および地域全域レベルでのインフラ資産のアセットマネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される ○個別管理には限界があり情報の統一化と透明化が必要。○鉄道・電力等民間のインフラについては、少なくとも取り込むのはむづかしい。○すでに国から地方公共団体に計画書を出すようにとの指示がでている。○事業主体にまたがる AMS は意味を持たないと思慮される。○全国的な公共インフラのアセットマネジメントの普及は、国内では、あと 10 年必要。(統一した点検評価基準の整備、データ収集予算付けが必要、法整備がネック)○技術的にはすでに可能でも、管理者間の意思統一に時間がかかると考える。○民間が地方行政のフォローに取り組む事例が出ており、早い時期に実現するだろう。○個々の組織単位で独自のルールで進められている。DB の共通利用を可能にする技術や活用の制度が必要。○IC タグなどの利用も含めて、情報と現物の内容が一致しているような統一された DB の構築が期待される。○法整備とセットで行う必要あり。○劣化情報としてどのような指標が有効かを明らかにすべく。○民間企業としては非整備してもらいたい DB であるが、実際、自治体としてはあったところで更新費用が捻出できない。公共事業で言うアセットマネジメントの対象は、インフラだけでなくその名の通り、資産を運用すべきで、自治体はそろそろプロ第 3 者機関へ資産運用業務を委託してもよいのではないかと。○このインフラの中には乱立している公共建築を加えて、社会資本としてある公共空間のデータベースとすべき。○総合的な政策を提言できる政府機関の確立が第一で技術が主体の問題ではない。○各施設・構造物の劣化モデルの構築が必要。同時に修復方法をセットにして検討する必要あり。○有用な技術だが、制度上の困難がありそうである。</p>
51	<p>インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される ○すでに国から地方公共団体に計画書を出すようにとの指示がでている。○より精度を高めるための開発が進められるが、実用化には時間がかかる。○建築基準法の改正が必要。○「中」程度のツールは揃いつつあると思います。○補修の有効性を適切に評価するには、ある程度の時間が必要。○LCC や LCCO₂ と評価体系の確立が必要である。○重要。特にコンクリート構造物への対策が急がれる。</p>
52	<p>構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術が普及する ○構造物の種類・材料費等によって実現性は異なる。○そのようなセンサーはありえない。○構造物の劣化判断の自動化は難しいが、重大損傷についての警報システムを組み入れた点検が 5~10 年で実用化。○センサー技術の開発スピードは早く普及は早い。ニーズも高い。○現在でも可能であるが、維持管理コストが高いこと、精度の高い判定が難しいことから普及していない。○法整備とセット。○「中」程度のツールは揃いつつあると思います。○埋め込みセンサーの耐久性が疑問。○既に技術としては確立しているが、施主や管理者の費用対効果とマッチしていない。用途展開を視野に入れるべきか、政策として実行すべきかが課題である。○劣化・修復モデルが確立できることが前提であるが、設計思想も変更する必要がある。○構造物全体の劣化度を評価するシステムの構築が課題。</p>
53	<p>斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術と警報・避難支援システムが実用化される ○基盤技術は開発済み。コストと耐久性が課題。○原資さえあれば、即整備可能。○センサーの寿命が問題。センサーの点検などの cost がかかりすぎる。○光ファイバセンサが実用化されている。これを利用した警報システムの整備が進んでおり、5~10 年で、順次実現する。○半永久的なセンサー技術の開発に時間を要する。半永久的でなければならないか？○現在でも可能であるが、維持管理コストが高いこと、精度の高い判定が難しいことから、普及していない。○法整備とセット。○「中」程度のツールは揃いつつあると思います。○実現しつつある。○センサーの埋設位置を誤ると適切な警報が出せない。この点が最大の課題である。○施工箇所が多く、すべてに展開するのは困難。○システムの適用場所の選定とその判断基準(コストパフォーマンス)。○光 fiber センサー等の耐久性の高いセンサー、無線によるデータ通信技術、MEMS によるシステム。○技術レベルによってはすでに応用可能なものもありそうである。</p>
54	<p>建築物のストック化を促進するために必要な構造物の長寿命設計とこれに対応する設備・内装の改修を前提にしたスケルトン(構造躯体)とインフィル(設備・内装)を分離する設計法が普及する(50%以上)</p>

	<p>○ニーズがあるとは思えない。○橋梁において、規格化、共通部品化が進む。(中小スパン橋)○既に技術はあるが、この技術が普及するには制度面での支援も合わせて行う必要がある。○スケルトン-インフィルの考え方は、長寿命型住宅の基本的な技術として普及してきているが、コスト増が大きなハードルとなっている。社会的資産として認識し、経済的な支援が望まれる。○法整備とセット。○旧公団が定借などを制度として持ち込んだが、結局日本の住まい方にはフィットしなかった。分離発注は、現場で統合が取れず結局徒労に終わっている。既存不適格改装についての緩和措置をもっと使いやすくした方が、ストック市場は活性化するのでは。○コスト。○特に公共建築において重要と思われる。○建築物のストック化、長寿命化の切り札となるが、公共インフラとの連動が重要となり、政府主導での対応が必須となる。○今後、新築の建築物は減少するはずであるため、既存の建築物の長寿命化のための補強・リニューアル技術・設計法の開発が重要。法律整備も必要。</p>
55	<p>従来の鉄鋼材料やコンクリート材料に替わる軽量高強度材料による、建築物、橋梁、発電施設、船舶などの大重量構造物の建設・製造技術が実用化される</p> <p>○軽量化のメリットを求めると対象は少ない。○高強度材であるアラミドやカーボンファイバーなどはすでに存在しているが、変形にたいする拘束が効かず、鋼、コンクリートの補助としてしか使えない。○軽量高強度材料のイメージが不明。○部分的な適用は既にあり。○いかに安価に多量に新技術を供給できるかがキーポイント。○法整備とセット、インセンティブ。○新しい工法、技術は次々と開発、提唱、適用されています。○高価すぎる。○CNT かどうかの素材を想定しているのか不明瞭。単純に材料を置き換える発想は無責任。その産業構造のパラダイム変換全体を構想し、人や設備や資金の流れまで探掘する必要がある。○軽量高強度以外の材料特性も含めれば重要(高耐久性、リサイクル性、コンクリートの高品質性の容易な確保等)。○CFRP、超高強度繊維補強コンクリートなど試作品の提案がある。○技術シーズの研究開発や船舶、航空機への普及は進展するも、インフラでの進展はコスト、産廃リサイクルがネックとなっている。○性能保証(長期)とその実証。○鋼やコンクリートと同等以上の(構造的)機能を持ち、且つ安価な材料を見出せるかが鍵。○価格の問題で実現しないのではないだろうか。</p>
56	<p>大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する</p> <p>○「大型構造物」の範囲が多様で一括で取り扱えない。○環境意識の高まりがこういうシステムへと移行させる可能性はある。○法整備とセットでインセンティブの付与。○標準化、事業化まで考える。システムだけで運用できていない。○民間の技術開発の指向も既存構造物の維持等にシフトしつつある。開発技術を民間企業のメリットにできる仕組みが必要。</p>
57	<p>超高層建築物や橋梁等の大型構造物において、将来的な解体、補修、機能拡張を容易にするために、物理的、熱的あるいは化学的な性質などを利用することで解体性を備えた接合技術が実用化される</p> <p>○鋼はすでにそのような接合技術(溶接や添接)をもちあわせている。○課題 54 に加え、大型構造の解体、補修を考えた設計が実現する。○解体を念頭にした構法の研究がすでに始まっているが熱や化学についてはもう少し時間がかかるだろう。○法整備とセット。○自動車・家電では実現できているので、建造物でも環境影響評価のうえで重要と思われる。そこに、何かしらのインセンティブは必要。○新設構造物の解体性より既設構造物の解体技術が重要。○超高層建築物や橋梁よりも、原子力施設の安全且つ合理的な解体方法の開発がより重要ではないか? ○在来の技術で所要の要求は満たせるのではないか。</p>
58	<p>地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産地消を実現するための技術と法制度が整備される</p> <p>○日本にとってグリーンエネルギーは重要であり、死活問題といつてよい。しかし、バイオマスエネルギーは必ずしも重要とは思えない。○スマートグリッドは注目集めているので、実用化は早い普及には時間がかかる。○地産地消に対するプライオリティは行政マター。○「地産地消」は、都市近郊において物質循環やベッドタウンとしてようやく成立している。大都市から離れた地域では、地域の消費では間に合わない、「地産地消」を行い財政を運営する必要がある。地方の町・村が健全になるためにはこれからの課題である。○化石エネルギーに依存しないエネルギーの自給に向けた技術開発・システム化が重要。特に中小水力発電・太陽熱利用は我が国では遅れている。○大変興味深い。○100%の地産地消は不経済なので、無駄なフードマイルを削減するような最適化を目指す。</p>
59	<p>都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される</p> <p>○既に個々の技術はあると思うが、事業として成り立つには、木材の取集方法などがキーとなる。○公的助成システムとセット。○都道府県レベルで一貫したシステム構築はもっと先かもしれません(妥当でしょうか?) ○当社でもバイオマス研究に取り組んでいますが、○単純にマテリアルフローとエネルギー消費のバランスだけを見ると、国内では実現できる規模ではないが、中国・米国では実現してほしい課題である。○技術的には可能と思われるが、主体性を持って施策を実行できる政府機関を設置するのは現行では不可能。○要素技術ないし、その基本はすでに存在しているのではないか。</p>
60	<p>既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する</p> <p>○技術的には開発済み。○天竜川水系三峰川の美和ダムなどで実施しているが、コスト面を含めた普及の予想とした。○堆積に関する技術は近い将来に出来上がると思うが、普及するまでに少し時間がかかる。○基礎的な研究開発は実現されていますが、... ○なぜ、この課題が取りあげられたのかが疑問。消防法や管理者分断を考えると、回転寿司のようなわけにはいかない。堆積土砂が多いのか、プールの計画時に地勢に因らない安易設計を行い、その結果地盤が緩み必要以上の土砂が流出することとなったためである。河道に戻すのは、対処法でしかなく、河川断面の許容にも限界がある。計画のプロセスを見直す必要がある。○排砂パイパストネル。水力エネルギー回復コストと排砂のコストが見合うかどうか。○河川環境の回復には、土地利用も同時に検討する必要がある。</p>
61	<p>あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する</p> <p>○電力中研や日本原研などは地層処分を実験しているが、減衰までの時間稼ぎとしても自分自身の足元にあつたらちよつと怖い。○地震の影響評価が困難なので日本では実現しない。○耐久性の検証が問題である。○ブルトニウム処理技術が優先する。</p>
62	<p>森林保全の過程で発生する間伐材を基礎杭などの半永久構造の部材・要素に適用することで、森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステムが実用化される</p> <p>○森と森林の直接的な関係は、細いつながりにとどまると思う。○技術的に課題はないが、実行した場合の効果が疑問。○間伐材の利用技術は限られ有効な用途が見つからない。○既に技術としてはあるが、広く普及してこの技術だけで森林維持保全までうまくいくかどうか。○法整備とセット。○海外では実施例があると思います。(木製ガードレールなど) ○基礎杭は取り替え不能。○現実的に間伐は進んでいない(安価な材料と勝負するなら切り出すだけ無駄)。また、構造部材として使用するには十分な乾燥が必要で、在庫金利の考え方がない業界では伐採後放置している。アウトプットを建設だけでなく、ペレットなどの燃料として用途展開を探索する。○木材の自給率が向上している。○半永久は無理。○木材チップ、コンクリートからの再利用は既にはじまっている。民間で開発された技術の公共事業への導入方法と、開発者へのメリットが明確になるシステム構築が必要。○CO₂の固定化(大気中からの削減)に貢献する。</p>

12.8. 未来技術年表

12.8.1. 技術的実現予測時期

区分については12.3.を参照

実現年	課題
2014	22 日常的な携帯端末で個人の現在位置を自動検出し、周辺情報(施設情報、天気、環境情報など)と本人の属性情報(年齢、性別、障害、健康状態など)に基づき、その時点で必要とされる情報を判断し自動的に届けるシステムが普及する <区分B>
	48 市街地において、雨水を浸透し、輻射熱を反射しにくい路面材料が使われ、植物に覆われた道路が普及する <区分C>
2016	02 自然情報(植生、地形地質、水系、動植物など)および、人工物情報(建築、集落、商業空間など)について、1/10,000 から1/25,000 で地域の基盤となる情報図と、都市部や農村集落では、1/2500の都市計画基礎調査と連動する情報図が定期的観測により経年的に蓄積・整備され、これらの情報は無料化される <区分A>
	38 物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する(このことによりインターモーダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる) <区分C>
2017	01 国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される <区分A>
	09 人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される <区分A>
	19 加齢による機能低下(動体視力、判断時間、誤判断リスク)などを織り込んだ道路構造、標識、信号などが普及する <区分B>
	20 中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する <区分B>
	33 地域環境・景観の維持改善のための多様な市民主体の地域活動を組織化し活性化する技術が開発される <区分C>
2018	36 自動車内に各種センサーが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システムが普及する <区分C>
	37 転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システムが実現する <区分C>
	54 建築物のストック化を促進するために必要な構造物の長寿命設計とこれに対応する設備・内装の改修を前提にしたスケルトン(構造躯体)とインフィル(設備・内装)を分離する設計法が普及する(50%以上) <区分D>
	16 都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される <区分B>
	17 想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼働している <区分B>
	30 リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から90%以上を回収する技術が実用化される <区分B>
	32 市民環境運動の加速化に伴い、SATOYAMA イニシアチブ等の世界各国の伝統的な自然共生システムを再評価する手法が普及する <区分B>
	35 災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに、平常時と同じようにテレビ並みの動画通信が可能な、衛星通信技術等による日本全土を網羅する無線通信システムが普及する <区分C>
	41 羽田空港の離発着容量を増やすことが可能な航空管制システムが開発される <区分C>
	44 交通信号のタイミングを検知し、燃費最小となるよう速度とエンジン動作を自動調節する自動車と、それを可能にする交通システムが普及する <区分C>
2019	49 風水害と地震災害が同時に発生した場合を想定した避難・復旧の情報提供技術が普及する <区分D>
	50 都市および地域全域レベルでのインフラ資産のアセットマネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される <区分D>
	53 斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術と警報・避難支援システムが実用化される <区分D>
	62 森林保全の過程で発生する間伐材を基礎杭などの半永久構造の部材・要素に適用することで、森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステムが実用化される <区分D>
	03 地域計画、都市計画の作成に際し、地域固有の文化的景観の持続的維持の検討が行われ、将来の生活の質(QoL)および災害リスク評価の両面から土地・空間の利用と保全に関わる判断が可能となり、それに基づくコントロールが行われる <区分A>
	10 開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる <区分A>
	11 流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される <区分A>

実現年	課題
2019	<p>13 気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる〈区分B〉</p> <p>34 離着陸時の航空機が経験するであろう微細スケールの気象状態を航空機に知らせる精密モニター・予測システムが普及する〈区分C〉</p> <p>46 CO₂排出量を半減及びNO_x排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する〈区分C〉</p> <p>51 インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技术に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される〈区分D〉</p> <p>52 構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術が普及する〈区分D〉</p> <p>56 大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する〈区分D〉</p> <p>60 既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する〈区分D〉</p>
2020	<p>04 都市・農村間および地域の物質循環、産業構造、災害リスクを対象にして、自然システムと人工システムを一体的に分析する技術が確立される結果、物質循環、産業構造、災害リスクの分析や予測が可能となる〈区分A〉</p> <p>08 森林会計等の自然ストックに関わる会計技術の開発により、農山村の都市に対する貢献が定量的に評価され、都市の所得を農山村に還元することによる農林業再生と広域自然管理が実現される〈区分A〉</p> <p>12 爆発物や兵器、毒物等を迅速に発見してテロや環境汚染等を未然に防いだり、災害発生時には被災者を速やかに発見し救助を支援できるよう、人間の知覚能力を超えた視覚・嗅覚・聴覚等を有するロボットが自治体や警察に配置され、稼働している〈区分B〉</p> <p>40 高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車が普及する〈区分C〉</p> <p>42 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される〈区分C〉</p> <p>58 地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産地消を実現するための技術と法制度が整備される〈区分D〉</p> <p>59 都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される〈区分D〉</p>
2022	<p>28 漁場や海流などの海域環境と共存可能で、低コストで耐久性が高い有脚式または浮遊式構造物を主体とする海上都市(交通、通信、研究、生産、資源採掘、余暇活動の基地)が実現する〈区分B〉</p> <p>39 超高齢社会において高齢者が単独で安心してdoor-to-doorの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システムが普及する〈区分C〉</p> <p>43 平常時及び非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な通勤・通学を確保するためのコミュニティ組織の整備など、数十万人規模のモビリティマネジメントシステムが普及する〈区分C〉</p>
2023	<p>55 従来の鉄鋼材料やコンクリート材料に替わる軽量高強度材料による、建築物、橋梁、発電施設、船舶などの大重量構造物の建設・製造技術が実用化される〈区分D〉</p>
2024	<p>45 地下鉄空間や共同溝の余剰スペースおよび建物内のパイプスペースを活用して、トラックターミナルや配送センターから建物の各フロアまで、宅配便や郵便物を自動的に搬送するシステムが大都市中心部で実用化される〈区分C〉</p> <p>57 超高層建築物や橋梁等の大型構造物において、将来的な解体、補修、機能拡張を容易にするために、物理的、熱的あるいは化学的な性質などを利用することで解体性を備えた接合技術が実用化される〈区分D〉</p>
2025	<p>61 あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する〈区分D〉</p>
2030	<p>47 化石燃料に依存しない推進機関による航空機が実現する〈区分C〉</p>
2031	<p>14 M6以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する〈区分B〉</p>
2035	<p>29 現在の海外旅行並みの安全性で、百万円(現在価値)以下の宇宙旅行が実現する〈区分B〉</p>
2038	<p>31 ニッケル(Ni)、コバルト(Co)等希少金属の必要量の50%以上を他の惑星、衛星から採掘するシステムが実用化される〈区分B〉</p>

12.8.2. 社会的実現予測時期

区分については12.3.を参照

実現年	課題
2019	22 日常的な携帯端末で個人の現在位置を自動検出し、周辺情報(施設情報、天気、環境情報など)と本人の属性情報(年齢、性別、障害、健康状態など)に基づき、その時点で必要とされる情報を判断し自動的に届けるシステムが普及する <区分B>
2020	20 中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する <区分B>
2021	21 地域住民が、火山活動、地震、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクを認識するための情報提供と教育が実行され、市民と行政との協働による防災・減災の仕組みが稼働している <区分B> 02 自然情報(植生、地形地質、水系、動植物など)および、人工物情報(建築、集落、商業空間など)について、1/10,000 から1/25,000 で地域の基盤となる情報図と、都市部や農村集落では、1/2500の都市計画基礎調査と連動する情報図が定期的観測により経年的に蓄積・整備され、これらの情報は無料化される <区分A> 33 地域環境・景観の維持改善のための多様な市民主体の地域活動を組織化し活性化する技術が開発される <区分C> 38 物資や商品の温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、輸送や保管の履歴を、実用可能な価格で記録・検査・照合するシステムが実現する(このことによりインターモーダル輸送において生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレーサビリティが可能となる) <区分C> 48 市街地において、雨水を浸透し、輻射熱を反射しにくい路面材料が使われ、植物に覆われた道路が普及する <区分C>
2022	01 国土の地理情報と流域圏、生態系および災害リスク分布の情報が統合された情報インフラが整備される結果、それにもとづく国土規模の計画や管理のための技術や制度が実用化される <区分A> 17 想定を越えた災害に対して、一般市民及び高齢者や病人・けが人を被災地外に脱出させるための対策システムが稼働している <区分B> 26 農地などの土地の保全管理を維持するため、都市と地方の間のUIJターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する <区分B>
2023	09 人工衛星や航空機を利用したリモートセンシングの技術と戦略アセスなどの環境影響評価技術が統合され、土地利用変化に伴い地域環境が急激に変化する兆候を検出する技術が実用化される <区分A> 19 加齢による機能低下(動体視力、判断時間、誤判断リスク)などを織り込んだ道路構造、標識、信号などが普及する <区分B> 25 農地・森林を保全・再生するための水資源(治水・利水・水環境)の重要性に対する社会的コンセンサスと新たな法・制度が確立する <区分B> 27 地方の過疎化対策としての成熟製造業の支援システム(技術的イノベーションの達成、ノウハウのソフト化による伝承教育、経済的支援、文化としての継承)が確立する <区分B> 36 自動車内に各種センサーが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システムが普及する <区分C> 37 転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システムが実現する <区分C> 41 羽田空港の離発着容量を増やすことが可能な航空管制システムが開発される <区分C> 49 風水害と地震災害が同時に発生した場合を想定した避難・復旧の情報提供技術が普及する <区分D>
2024	07 市民を主体とする「新しい公」が地域戦略を主導し、地域の安全安心および活力を継続させるための地域マネジメントを実行する(例えば、NGOが審議会の議題を準備し議論の運営主体となる) <区分A> 16 都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される <区分B> 23 健康上の理由による徒歩移動、または機能低下による自動車移動が制約される高齢者世代の増加に対応した対策メニュー(例:高齢者用電気自動車、自動車が無くても生活できる住宅地など)が選択できる <区分B> 30 リチウム(Li)、ベリリウム(Be)、Ta(タンタル)、Co(コバルト)等、希少金属を廃品の中から90%以上を回収する技術が実用化される <区分B> 32 市民環境運動の加速化に伴い、SATOYAMA イニシアチブ等の世界各国の伝統的な自然共生システムを再評価する手法が普及する <区分B> 34 離着陸時の航空機が経験するであろう微細スケールの気象状態を航空機に知らせる精密モニター・予測システムが普及する <区分C> 35 災害発生時にも遮断されず、輻輳も起さずに、平常時と同じようにテレビ並みの動画通信が可能な、衛星通信技術等による日本全土を網羅する無線通信システムが普及する <区分C> 53 斜面の崩壊、地滑り、盛土の不安定化を事前に知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術と警報・避難支援システムが実用化される <区分D>
2025	05 都市・農村において、多世代が交流するコミュニティが形成され、街区や集落規模で生活の質(QoL)を高めるための高品質・長寿命の街区計画(建築・インフラ計画)が普及する <区分A> 44 交通信号のタイミングを検知し、燃費最小となるよう速度とエンジン動作を自動調節する自動車と、それを可能にする交通システムが普及する <区分C>

実現年	課題
2025	<p>50 都市および地域全域レベルでのインフラ資産のアセットマネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される〈区分D〉</p> <p>51 インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される〈区分D〉</p> <p>54 建築物のストック化を促進するために必要な構造物の長寿命設計とこれに対応する設備・内装の改修を前提にしたスケルトン(構造躯体)とインフィル(設備・内装)を分離する設計法が普及する(50%以上)〈区分D〉</p> <p>62 森林保全の過程で発生する間伐材を基礎杭などの半永久構造の部材・要素に適用することで、森林と都市インフラ機能の両者を維持保全する横断的なシステムが実用化される〈区分D〉</p>
2026	<p>03 地域計画、都市計画の作成に際し、地域固有の文化的景観の持続的維持の検討が行われ、将来の生活の質(QoL)および災害リスク評価の両面から土地・空間の利用と保全に関わる判断が可能となり、それに基づくコントロールが行われる〈区分A〉</p> <p>04 都市・農村間および地域の物質循環、産業構造、災害リスクを対象にして、自然システムと人工システムを一体的に分析する技術が確立される結果、物質循環、産業構造、災害リスクの分析や予測が可能となる〈区分A〉</p> <p>15 都道府県単位で対応するべき大規模な自然災害に対する食料・医薬品・生活用品などの備蓄、および道路や電力通信などのインフラ機能の補強が全国的に完了する〈区分B〉</p> <p>18 M6以上の地震予測技術の確立に対応して、都市機能の強化、社会・経済活動の制限、食糧備蓄、一部市民の避難を優先的に支援する制度が確立される〈区分B〉</p> <p>46 CO₂排出量を半減及びNO_x排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する〈区分C〉</p> <p>52 構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサー技術が普及する〈区分D〉</p> <p>60 既存ダムに堆積した土砂を低環境負荷のもとで河道に戻し、河川と沿岸環境の回復とあわせて、水力エネルギー生産力の回復を可能にする技術が普及する〈区分D〉</p>
2027	<p>06 人口減少に伴って市街地を縮小する際、水循環と生態系、および生活文化の持続性を踏まえた、土地利用戦略が創り出され、コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地が形成される〈区分A〉</p> <p>10 開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置(ミチゲーション)および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる〈区分A〉</p> <p>11 流域・海域を一体的に捉えたメソスケール(数百キロ規模)での環境モニタリングや水循環・物質輸送シミュレーションに基づく定常的な環境管理が可能となり、その結果が広く市民に公表される〈区分A〉</p> <p>12 爆発物や兵器、毒物等を迅速に発見してテロや環境汚染等を未然に防いだり、災害発生時には被災者を速やかに発見し救助を支援できるよう、人間の知覚能力を超えた視覚・嗅覚・聴覚等を有するロボットが自治体や警察に配置され、稼働している〈区分B〉</p> <p>13 気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる〈区分B〉</p> <p>40 高齢者や子供乗せ利用者が安全かつ高速で車道を走行できる、様々なセンサーと、危険回避システムを備えた実用価格帯の自転車が普及する〈区分C〉</p> <p>42 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される〈区分C〉</p> <p>56 大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する〈区分D〉</p> <p>58 地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される〈区分D〉</p>
2028	<p>59 都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される〈区分D〉</p>
2029	<p>08 森林会計等の自然ストックに関わる会計技術の開発により、農山村の都市に対する貢献が定量的に評価され、都市の所得を農山村に還元することによる農林業再生と広域自然管理が実現される〈区分A〉</p> <p>43 平常時及び非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な通勤・通学を確保するためのコミュニティ組織の整備など、数十万人規模のモビリティマネジメントシステムが普及する〈区分C〉</p>
2030	<p>24 我が国における、農作物の50%以上を生産する効率的な大規模企業化農業(海外生産、室内生産を含み、50%は全国合計値)が普及する〈区分B〉</p> <p>39 超高齢社会において高齢者が単独で安心してdoor-to-doorの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システムが普及する〈区分C〉</p>
2032	<p>28 漁場や海流などの海域環境と共存可能で、低コストで耐久性が高い有脚式または浮遊式構造物を主体とする海上都市(交通、通信、研究、生産、資源採掘、余暇活動の基地)が実現する〈区分B〉</p> <p>55 従来の鉄鋼材料やコンクリート材料に替わる軽量高強度材料による、建築物、橋梁、発電施設、船舶などの大重量構造物の建設・製造技術が実用化される〈区分D〉</p> <p>57 超高層建築物や橋梁等の大型構造物において、将来的な解体、補修、機能拡張を容易にするために、物理的、熱的あるいは化学的な性質などを利用して解体性を備えた接合技術が実用化される〈区分D〉</p>

実現年	課題
2033	45 地下鉄空間や共同溝の余剰スペースおよび建物内のパイプスペースを活用して、トラックターミナルや配送センターから建物の各フロアまで、宅配便や郵便物を自動的に搬送するシステムが大都市中心部で実用化される〈区分C〉
2034	61 あらゆる地下深度において放射性廃棄物の地層処分技術が実証され、千～万年オーダーの耐久設計と品質保証システムが確立する〈区分D〉
2037	14 M6以上の地震の発生時期(数か月～1年先)、規模、発生地域、被害の予測技術が確立する〈区分B〉
2038	47 化石燃料に依存しない推進機関による航空機が実現する〈区分C〉
2041以降	29 現在の海外旅行並みの安全性で、百万円(現在価値)以下の宇宙旅行が実現する〈区分B〉 31 ニッケル(Ni)、コバルト(Co)等希少金属の必要量の50%以上を他の惑星、衛星から採掘するシステムが実用化される〈区分B〉

参 考

＜参考＞

A. 第1回調査～第5回調査における科学技術課題の実現状況

1. 目的

予測調査をより有効なものとするためには、過去の調査について一定の評価・分析を行い、予測手法等の検討に供することが必要である。これまでの予測調査はいずれも向こう30年を予測対象期間としており、第1回(1971年)、第2回(1977年)及び第3回(1982年)調査については、予測対象期間を経過している。また、第4回(1987年)及び第5回(1992年)調査については、調査実施から20年以上が経過している。したがって、これらの調査において設定された科学技術課題の大部分が、実現予測時期を過ぎており、各科学技術課題が現時点で実現しているか否か等について評価を行うのに適当な時期であると考えられる。

そこで今回、上述の過去5回の調査で取り上げた科学技術課題の実現度について評価を行った。なお、第1～4回調査の科学技術課題については、2004年(前回調査時)に評価を実施しているが、5年を経過したことから今回必要に応じて再評価した。ただし、前回調査時に「実現した」と評価された科学技術課題は、その評価をそのまま用いた。

2. 評価方法

第1～5回調査の全科学技術課題をその内容に応じて各分科会に割り振った。分科会では、メンバーが担当する科学技術課題を検討し、実現(2009年までに実現)、一部実現(2009年までに課題の一部が実現)、非実現のいずれかの評価及びその理由づけを行った。

なお、一部実現とは、以下の内容をいう。

- ・一つの科学技術課題に複数の事柄が含まれており、その一方が実現し、他方は実現していない。
- ・科学技術課題の中で表現された言葉(性能を表わす形容詞を含む)の定義が定量的でないため、その解釈によってどちらにもとれる。
- ・科学技術課題で要求されている内容の一部が実現されている。

評価結果の分析においては、評価時点(2009年末)までに実現すると予測された科学技術課題、及び、2010年以降に実現すると予測されたがすでに実現した科学技術課題(一部実現を含む)を対象とする。

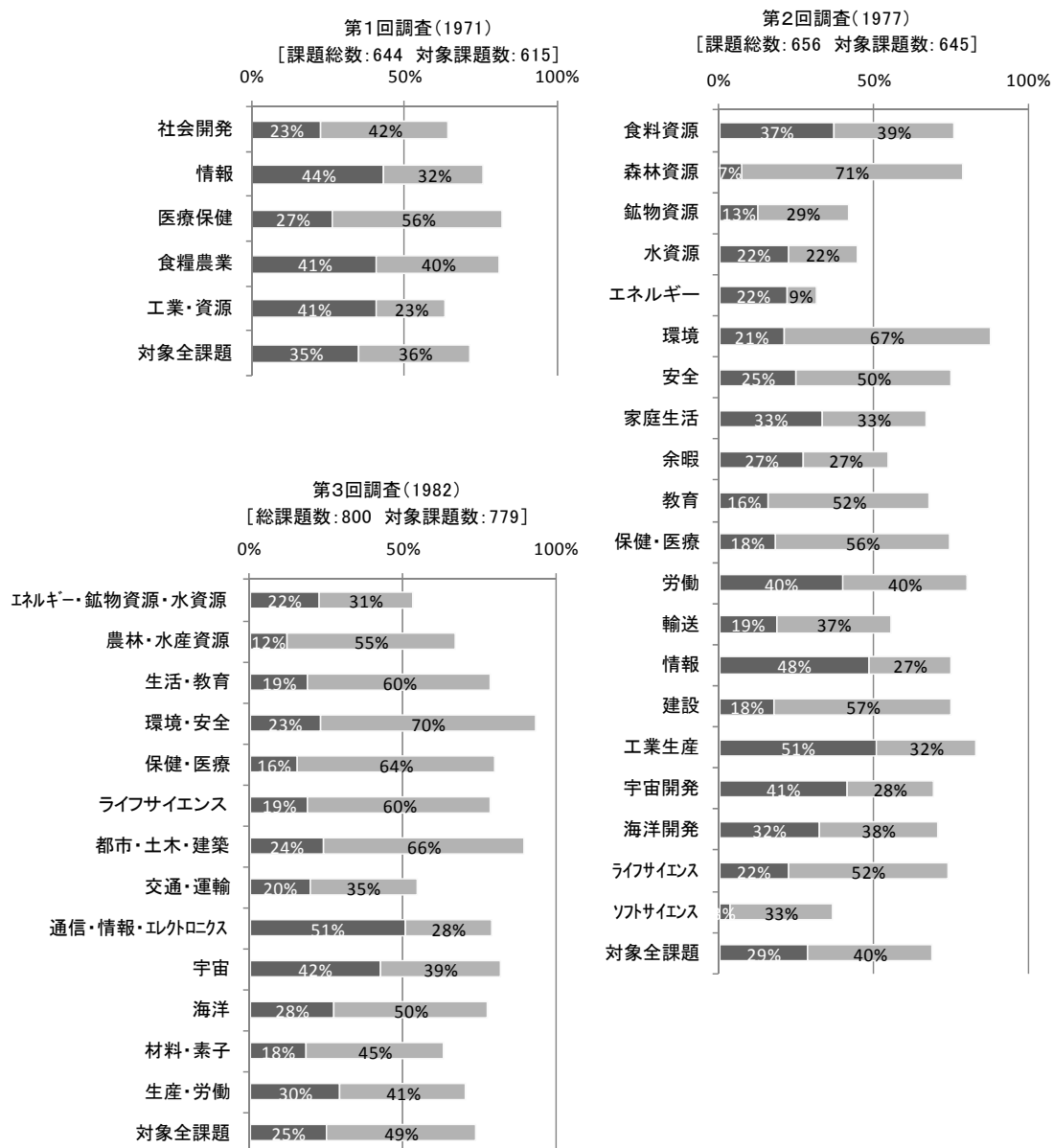
3. 実現状況

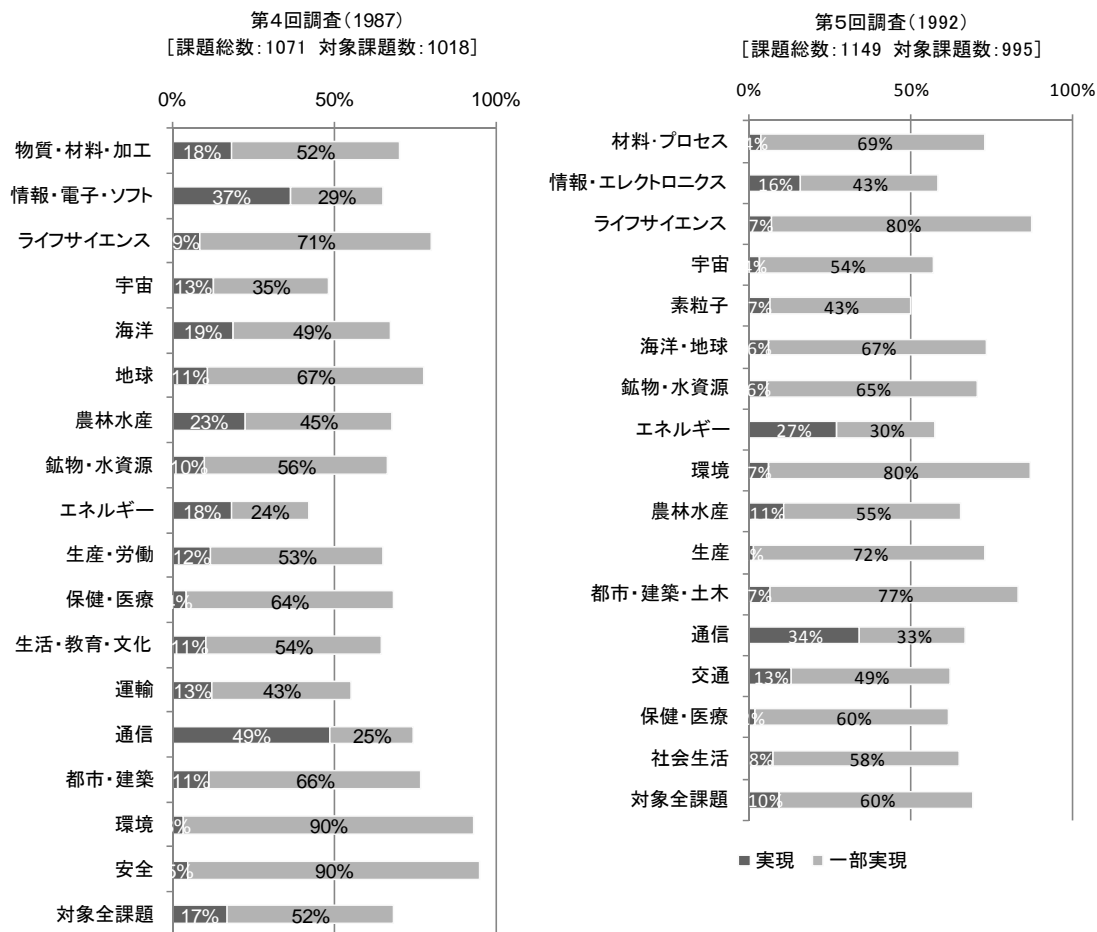
(1) 実現率

第1回から第5回までの各回の一部実現を含む実現率(実現済み課題数/対象課題数)は、順に72%、69%、74%、69%、69%であり、対象となる科学技術課題のうち約7割の課題が何らかの形で実現している(図表 A-1)。

分野別に見ると、環境、安全あるいは医療といった生活や暮らしに比較的密接に関わる分野では、一部実現を含む実現率が高い。また、情報通信関連の分野は、一部実現を含む実現率はそれほど高くないが、一部実現を含まない厳密な実現率が高い。交通（運輸、輸送）関連、及びエネルギー関連の分野は、5回を通じて全般に実現率が低い。

図表 A-1: 第1～5回調査における実現率(実現している課題数の割合%)





○第1回技術予測調査(1971年)

対象とした科学技術課題のうち、「実現」は217課題、「一部実現」は223課題、「非実現」は175課題であり、一部実現を含む実現率は72%である。部門別に見ると、情報部門、食糧農業部門、工業・資源部門が高く、社会開発部門、医療保健部門が低い。一部実現を含む実現率は、医療保健部門及び食糧農業部門が約8割と高く、工業・資源部門及び社会開発部門が低い。

○第2回技術予測調査(1977年)

対象とした科学技術課題のうち、「実現」は185課題、「一部実現」は259課題、「非実現」は201課題であり、一部実現を含む実現率は69%である。実現率の高かった分野は、工業生産分野、情報分野、宇宙開発分野、労働分野であり、低かったのは、ソフトサイエンス分野及び森林資源分野である。また、一部実現を含む実現率は、環境分野、工業生産分野、労働分野が高く、エネルギー分野、ソフトサイエンス分野が低い。

○第3回技術予測調査(1982年)

対象とした科学技術課題のうち、「実現」は195課題、「一部実現」は379課題、「非実現」は205課題であり、一部実現を含む実現率は74%である。通信・情報・エレクトロニクス分野の実現率が5

1%と最も高く、次いで、宇宙分野が42%であり、この2分野が突出している。また、一部実現を含む実現率は、環境・安全分野、都市・建築・土木分野、宇宙分野が高く、エネルギー・鉱物資源・水資源分野、交通・運輸分野が低い。

○第4回技術予測調査(1987年)

対象とした科学技術課題のうち、「実現」は172課題、「一部実現」は527課題、「非実現」は319課題であり、一部実現を含む実現率は69%である。通信分野の実現率が49%と最も高く、次いで、情報・電子・ソフト分野が37%と情報通信関連の2分野が突出している。また、一部実現を含む実現率は、安全分野及び環境分野が高く、エネルギー分野、宇宙分野が低い。

○第5回技術予測調査(1992年)

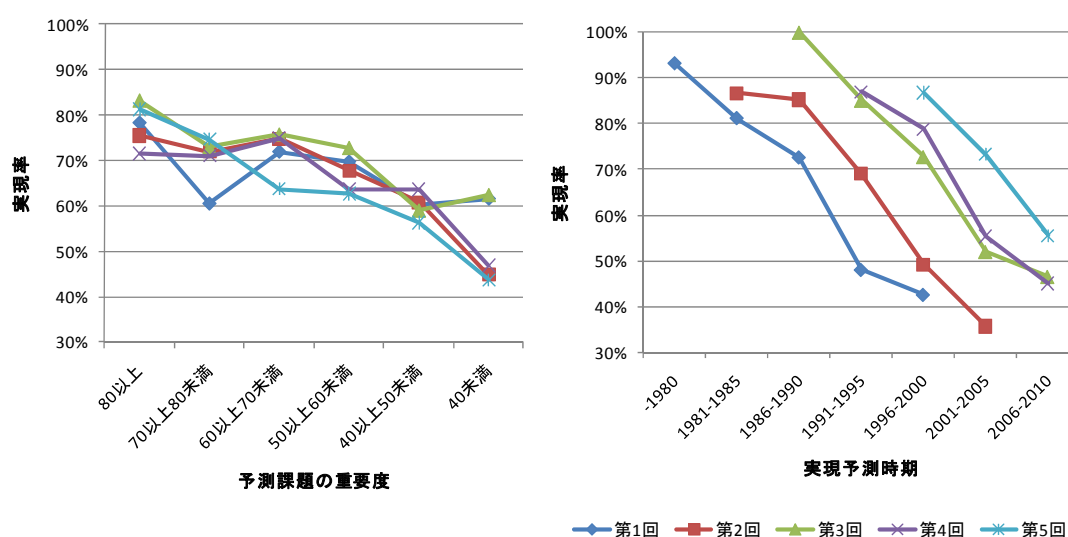
対象とした科学技術課題のうち、「実現」は95課題、「一部実現」は596課題、「非実現」は304課題であり、一部実現を含む実現率は69%である。通信分野の実現率が34%と最も高く、次いで、エネルギー分野が27%となっている。また、一部実現を含む実現率は、ライフサイエンス分野、環境分野、都市・建築・土木分野が高く、素粒子分野、宇宙分野、情報・エレクトロニクス分野が低い。

(2) 重要度及び実現予測時期と実現率との関係

重要度と実現率の関係、及び、実現予測時期と実現率の関係を図表 A-2 に示す。

重要度については、いずれの回においても、重要度が高いほど実現率(一部実現を含む)が高い傾向にある。重要性が高いと評価された課題は、実現に向けての取り組みがより優先的に実施されてきていることがわかる。

図表 A-2: 重要度及び実現予測時期と実現率(一部実現を含む)



注:2010年に実現と予測された科学技術課題は、すでに実現している課題のみを含めている。

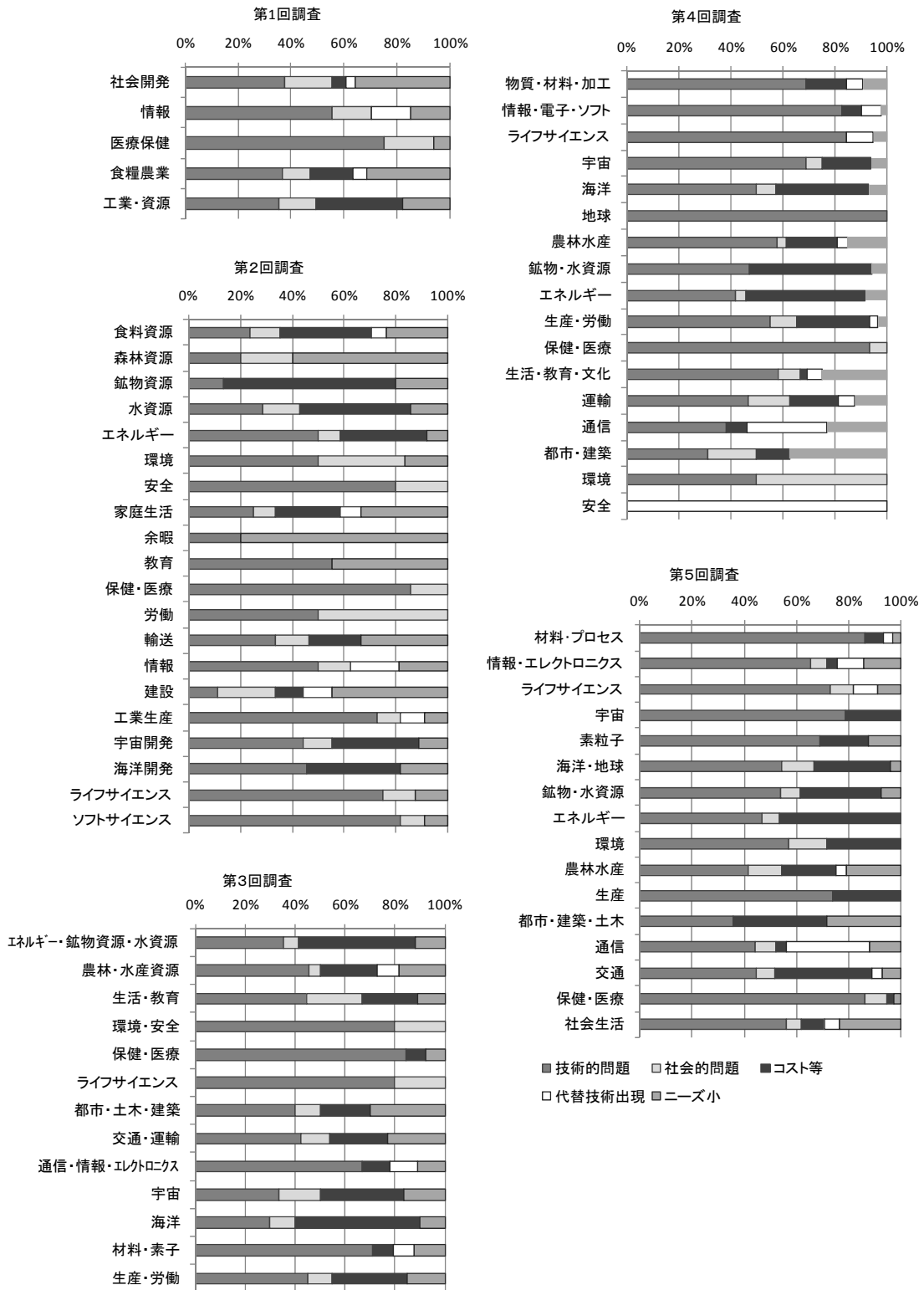
実現予測時期については、予測時期が調査時点から近いほど実現率が高くなっている。特に、調査の実施から30年を経過した第1回から第3回までの調査では、調査時点から15年以内を実現すると予測された課題の8割以上、16～20年後と予測された課題の約7割、21～25年後と予測された課題の約5割、25～30年後と予測された課題の3割以上が実現している。近い将来の課題については、その実現予測の精度が高い。

(3) 実現していない科学技術課題

実現予測時期が評価時点(2009年末)より前であるにもかかわらず、実現していないと評価された科学技術課題に関しては、実現していない理由を尋ねた。多くの分野で技術的問題が比較的高い割合を示していることが分かる(図表 A-3)。

第1回調査に関しては、社会開発部門、食料農業部門においてニーズが小さかったという理由も多い。工業・資源部門では、コストも問題である。第2回調査では、保健・医療、ソフトサイエンス、安全、ライフサイエンス、工業生産などにおいて、技術的問題が非常に大きな理由となっている。余暇、森林資源に関しては、ニーズ小が圧倒的な理由である。第3回調査では、第2回と同様、保健・医療、環境・安全、ライフサイエンス、通信・情報・エレクトロニクスの4分野について、技術的問題が非常に大きな理由となっている。海洋分野、エネルギー・鉱物資源・水資源分野ではコスト等、都市・建築・土木分野ではニーズ小が大きな理由として挙げられる。第4回調査では、やはり、地球、保健・医療、ライフサイエンス、情報・電子・ソフト、物質・材料・加工、宇宙分野において、技術的問題が大きな理由となっている。鉱物・水資源、エネルギー分野では、コスト等も技術的問題と同程度に大きな課題となっている。第5回調査では、材料・プロセス、保健・医療、宇宙、生産、ライフサイエンス等の分野で技術的問題が非常に大きな理由となっている。エネルギー、交通、都市・建築・土木分野ではコスト等の問題が、また、通信分野では代替技術の出現が実現していない理由の比較的高い割合を占めている。

図表 A-3: 実現していない理由



(4) 実現の早まった科学技術課題

評価時点(2009年末)より後に実現が予測されていたにもかかわらず、すでに実現(一部実現を含む)した科学技術課題の数は、第3回調査では2課題、第4回調査では26課題、第5回調査では73課題である。

第5回調査の73課題(実現5、一部実現68)の分野別内訳を見ると、ライフサイエンス(29課題)、及び保健・医療・福祉(9課題)の課題が多い。これの分野の科学技術課題は、実現予測時期が比較的遅いものが多いが、ブレークスルーが起これ実現が前倒しとなるものも多い傾向にあると言える。一方、素粒子、都市・建築・土木分野では、予測時期より早く実現する科学技術課題はなかった。

図表 A-4: 実現が早まった課題(第5回調査(1992年)の例)

【課題数】

分野	課題総数	2010年以降実現が予測された課題数	そのうち、実現済みの課題の数*
材料・プロセス	108	14	3
情報・エレクトロニクス	106	17	5
ライフサイエンス	98	46	29
宇宙	46	19	1
素粒子	40	10	0
海洋・地球	82	6	3
鉱物・水資源	39	8	3
エネルギー	51	20	2
環境	50	6	2
農林水産	74	15	5
生産	72	9	4
都市・建築・土木	65	4	0
通信	65	6	2
交通	62	12	3
保健・医療	109	31	9
社会生活	82	4	2
計	1149	227	73

*一部実現を含む

【課題例】

分野	課題	実現状況	実現予測時期
ライフサイエンス	胚性幹細胞(極初期の胚芽の細胞)だけで個体にまで発生させる技術が開発される。	実現	2011
ライフサイエンス	ヒト染色体のDNAの全塩基配列が決定される。	実現	2010
エネルギー	オイル・シェールのIN-SITU法回収技術が実用化される。(注)IN-SITUは、その位置(原位置)という意味で、オイルシェールを採掘することなく、地層状態のまま油化し、又はガス化して採取利用する技術	実現	2011
交通	最高時速500KM程度の常電導磁気浮上鉄道が実用化される。	実現	2010
交通	道路に設置され、道路交通騒音をエネルギー的に吸収し、環境基準を満足する程度に減音する装置が実用化される。	実現	2014
ライフサイエンス	老化の機構が解明される。	一部実現	2013
保健・医療	ほとんどすべての種類のがんについてがん化の機構が解明される。	一部実現	2010

B. 属性別分析

本調査では、回答者の属性として、性別、年代、所属（職業）、職種を尋ねている。このうち、年代、所属（職業）、職種について、回答の差異を検討する。各科学技術課題の属性別回答数はほとんどが100未満、場合によっては10未満であり(図表 B-1)、信頼性が不十分であることに留意が必要である。

○年代

調査票の選択肢は、20代、30代、40代、50代、60代、70代以上、である。回答者分布を考慮し、40代以下、50代、60代以上の3区分にまとめて分析を行う。

○所属

調査票の選択肢は、民間企業(会社員)、大学(大学教職員)、公的研究機関(公的研究機関職員)、団体(団体職員)、その他、である。このうち、回答数が多い、民間企業、大学、公的研究機関の回答を分析する。

○職種

調査票の選択肢、研究開発に従事、それ以外、の2つに分けて分析する。

図表 B-1: 分科会別、属性別、科学技術課題への平均回答数

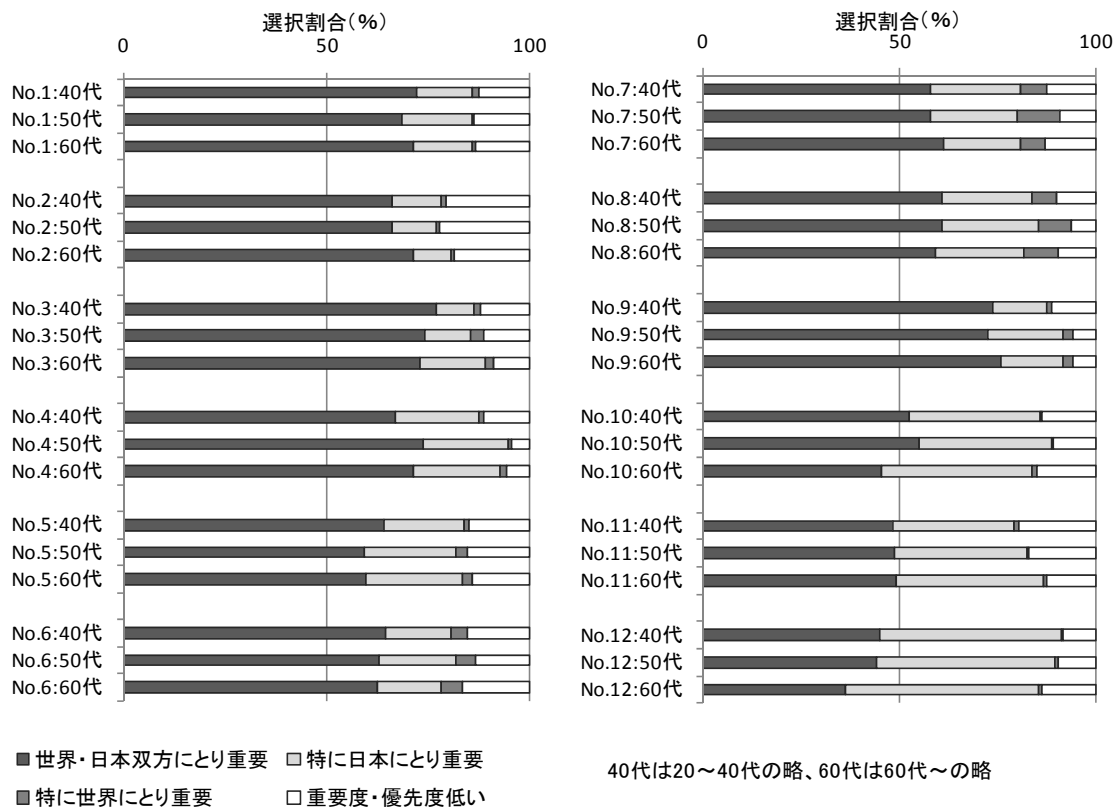
分科会	年代			所属			職種		回答数
	～40代	50代	60代～	民間企業	大学	公的研究機関	研究開発	それ以外	
1	29	56	41	47	64	10	107	19	126
2	52	45	52	58	63	15	115	34	149
3	51	55	46	24	99	15	125	26	152
4	16	37	25	7	55	8	52	25	78
5	29	33	35	11	47	29	78	19	97
6	70	79	61	100	58	25	154	56	210
7	19	36	29	34	30	11	67	16	84
8	53	53	58	37	71	33	117	47	164
9	36	39	33	21	56	22	97	12	108
10	33	46	38	41	50	14	88	28	116
11	33	44	38	28	70	7	78	36	115
12	28	46	41	51	37	10	76	39	115

1. 年代による違い

(1) 科学技術課題の重要性

科学技術課題の重要性を年代別に見た結果を図表 B-2 に示す。ほとんどの分科会において年代による違いは見られない。「特に日本において重要」の選択割合が大きいNo. 10(製造)、No. 12(インフラ)において、60代以上の「世界・日本双方にとり重要」の割合がやや小さく、代わって「重要度・優先度は低い」の割合がやや大きい。

図表 B-2: 年代別、分科会別、科学技術課題の重要性



(2) 実現予測時期

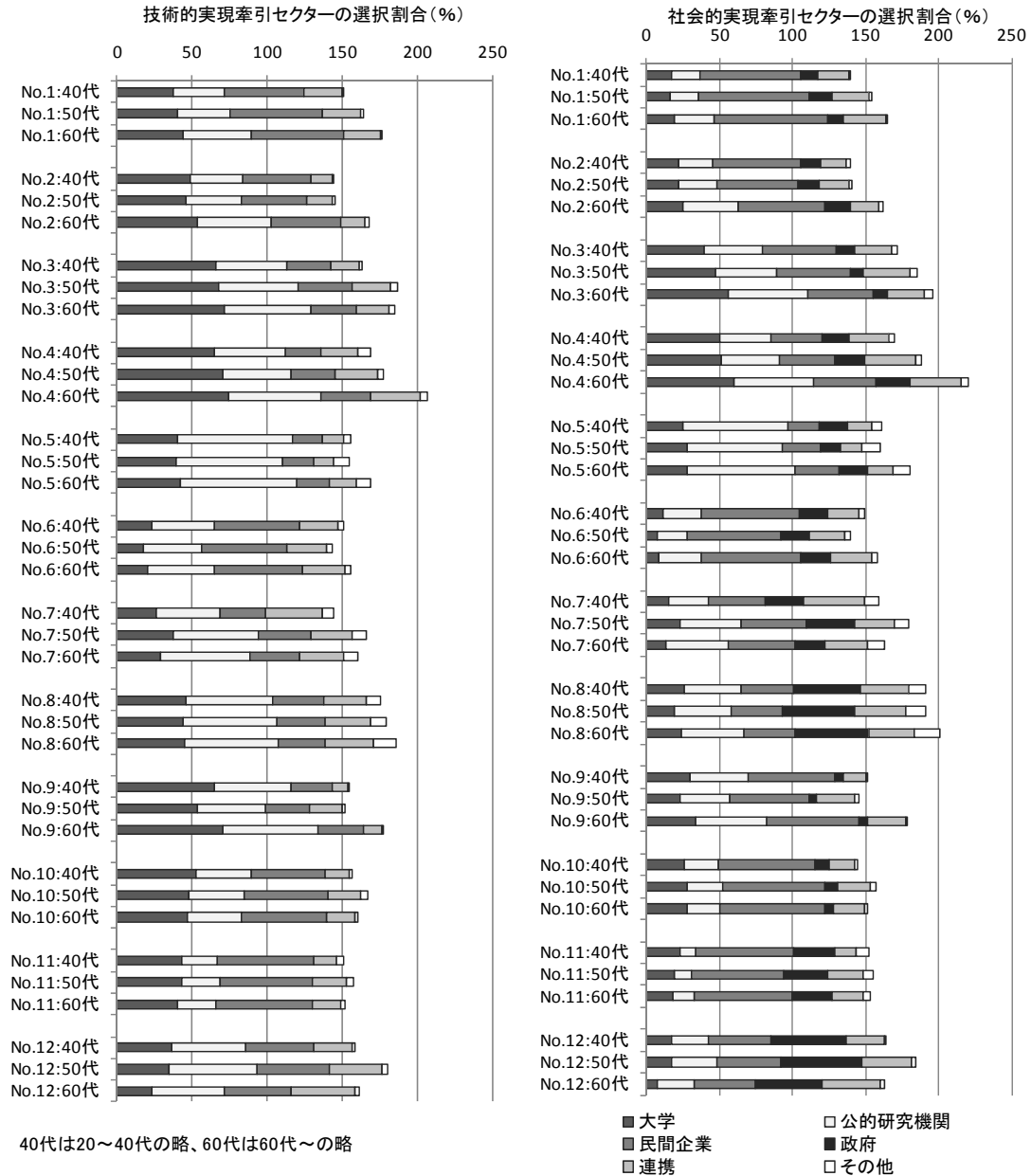
実現予測時期の選択肢が5年あるいは10年刻みであることから、回答の差が5年以上あるものを「差がある」と見なすこととする。いずれの分野においても84%以上の科学技術課題において差は5年未満である。

やや特徴が見られる分科会は、No. 4(医療)とNo. 7(資源)である。No. 4では、社会的実現時期において40代以下と60代以上の回答で15%程度の違いが見られ、40代以下の方が実現を遅く予測している。No. 7でも、社会的実現時期において40代以下と50代以上の回答に同程度の違いが見られ、同様に40代以下の方が実現時期を遅く予測している。

(3) 実現を牽引するセクター

年代別の実現牽引セクターを図表 B-3 に示す。技術的实现、社会的实现ともに年代による若干の差が見られる。ほとんどの分科会において公的研究機関の割合に年代差が見られ、60代以上においてその割合が大きい。これらの分科会の回答者の所属を見ると、全体的には、40代以下において民間企業に属する者が多く、60代以上において大学に属するものが多いが、公的研究機関については大きな違いが見られない。

図表 B-3:年代別、分科会別、技術的実現牽引セクターの選択割合



○技術的実現牽引セクターの年代による違い

- No. 2(情報) : 公的研究機関の選択割合が 40代以下(35%) < 60代以上(49%)
- No. 4(医療) : 公的研究機関の選択割合が 40代(47%)・50代(45%) < 60代以上(61%)
- No. 7(資源) : 公的研究機関の選択割合が 40代(43%) < 50代(57%)・60代以上(59%)
- No. 9(材料) : 大学の選択割合が 50代(54%) < 60代以上(71%)
公的研究機関の選択割合が 50代(46%) < 60代以上(63%)
- No. 12(インフラ) : 複数セクター連携の選択割合が 40代以下(25%) < 60代以上(42%)

○社会的実現牽引セクターの年代による違い

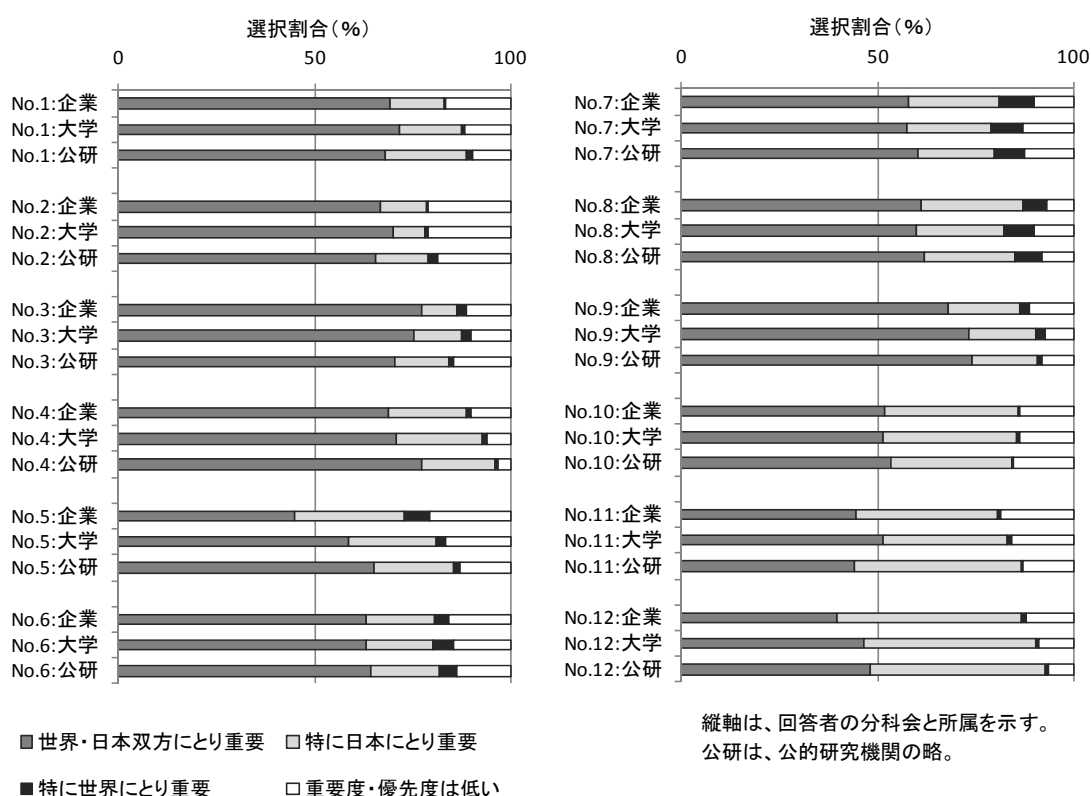
- No. 2(情報) : 公的研究機関の選択割合が 40代以下(35%) < 60代以上(49%)
- No. 3(バイオ) : 大学の選択割合が 40代以下(39%) < 60代以上(56%)
- No. 4(医療) : 公的研究機関の選択割合が 40代以下(35%)・50代(40%) < 60代以上(54%)
- No. 7(資源) : 公的研究機関の選択割合が 40代以下(28%) < 50代(41%)・60代以上(49%)
- No. 9(材料) : 公的研究機関の選択割合が 50代(34%) < 60代以上(49%)
- No. 12(インフラ) : 複数セクター連携の選択割合が 40代以下(27%) < 60代以上(40%)

2. 所属セクターによる違い

(1) 科学技術課題の重要性

No. 5(宇宙・地球)の企業所属者の回答において「世界・日本双方にとり重要」の選択割合が小さいことを除き、所属セクターによる大きな違いはほとんど見られない。企業所属者の回答において、「重要度・優先度は低い」の選択割合が若干大きい、No. 1(電子・通信)、No. 2(情報)、No. 3(バイオ)以外で「特に日本にとり重要」の割合が若干大きい、といった傾向が見られる程度である。

図表 B-4: 所属セクター別、分科会別、科学技術課題の重要性



(2) 実現予測時期

技術的実現、社会的実現とも、ほとんどの課題において実現予測時期回答の所属セクター間の差が5年未満である(図表 B-5)。特に技術的実現時期については、No. 5(宇宙・地球)を例外として回答者の所属セクターによる違いは見られない。

社会的実現時期に5年以上差がある科学技術課題数が20%以上を占める分科会は、No. 1(電子・通信)、No. 4(医療)、No. 5(宇宙・地球)、No. 7(資源)、No. 11(マネジメント)である。これらは、回答者の所属セクターが偏っているため一部の所属についての回答数が極端に少なく、回答が振れている可能性がある。

図表 B-5: 実現予測時期の回答者所属セクター間差5年以上の課題が多かった分科会

分科会	民間企業－大学		民間企業－公的研究機関		大学－公的研究機関	
	技術的実現	社会的実現	技術的実現	社会的実現	技術的実現	社会的実現
1				企業<公研		大学<公研
4				企業<公研		
5	大学<企業	大学=企業	公研<企業	公研=企業		
7				公研<企業		
11				企業<公研		大学<公研

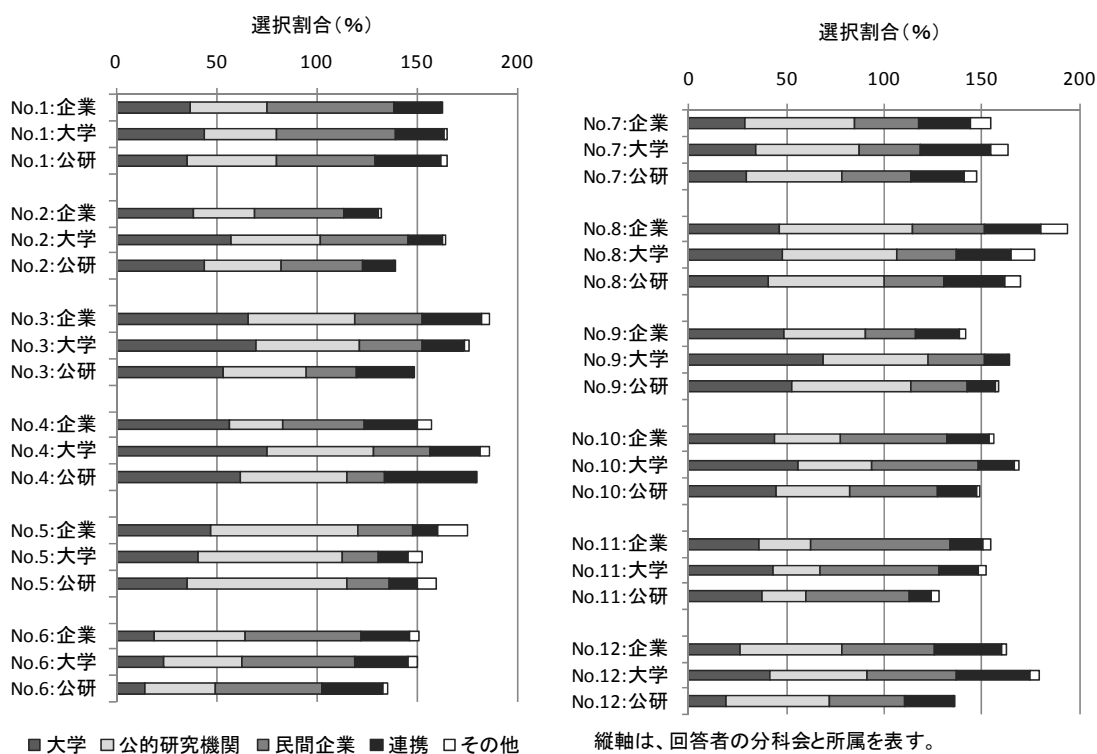
* A<Bは、Aの方が実現時期の早い科学技術課題が多いことを表す。A=Bは、実現時期が早い科学技術課題と遅い科学技術課題が同数程度存在することを表す。

(3) 実現牽引セクター

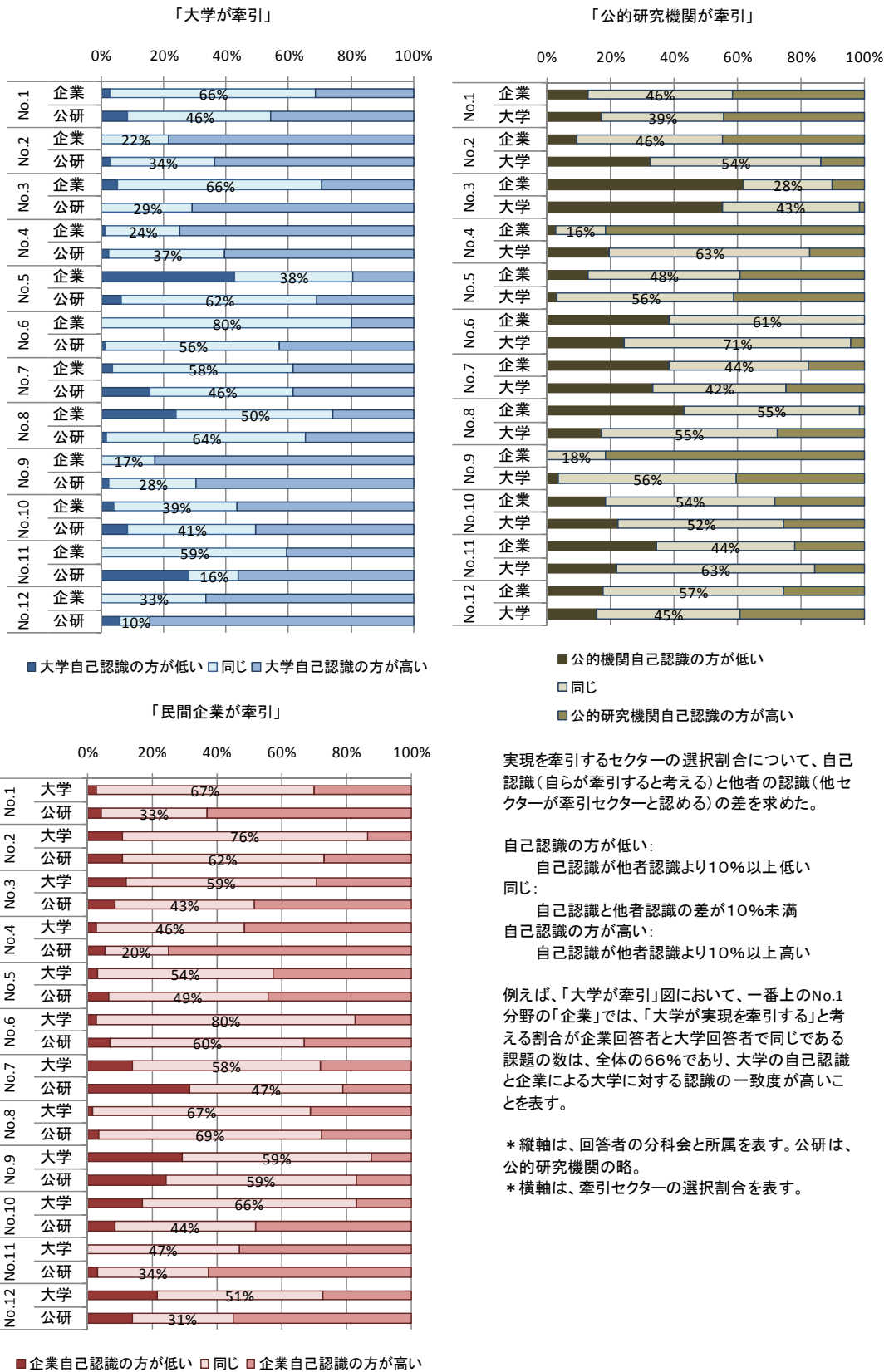
① 技術的実現牽引セクター

図表 B-6 に所属別の技術的実現牽引セクターの選択割合を示す。全体的に、自身の所属するセクターが牽引するとの回答がやや多くなる傾向にあるが、大学所属者においてその傾向が若干強い。特に傾向が強いのは、No. 4(医療)、No. 9(材料)、No.11(マネジメント)の3分科会である。複数セクターの連携は、公的研究機関所属者において若干割合が大きくなる傾向にあり、特に、No. 1(電子・通信)及びNo. 4(医療)の公的研究機関所属者に多い。その他、No. 7(資源)及びNo. 12(インフラ)の大学所属者、No. 9(材料)の民間企業所属者において連携がやや多い。

図表 B-6: 所属別、分科会別、技術的実現牽引セクター



図表 B-7: 技術的実現を牽引するセクターに関する認識の違い



次に、実現牽引セクターについて、自身の所属するセクターが牽引すると回答した割合と他のセクターがそう評価した割合の差をとり、その差10%を境として、科学技術課題を「自己認識が高い課題」「認識が同じ課題」「自己認識が低い課題」に分類した。図表 B-7 に、「大学が牽引」「公的研究機関が牽引」「民間企業が牽引」の割合について前述の3種類に分類した科学技術課題数の分布を示す。「大学が牽引」において自己認識(大学所属者が「自ら牽引する」と考える)と他者認識(民間企業所属者や公的研究機関所属者が「大学が牽引する」と考える)の差が大きく、「公的研究機関が牽引」や「民間企業が牽引」は自己認識と他者認識の差が小さい。「公的研究機関が牽引」については、他セクター所属者の方が「公的研究機関が牽引」と考える課題の数が多く、特に No. 3(バイオ)において顕著である。

全体傾向として、以下のことが言える。

- 大学所属者は、他セクター所属者の認識以上に「大学自らが牽引する」と考えている。
- 公的研究機関については、所属者自らの認識と他セクター所属者の認識が比較的一致しているが、自らの認識以上に「公的研究機関が牽引する」とみなされている科学技術課題も少なくない。複数セクター連携への意識も高めである。
- 民間企業については、「民間企業が牽引する」ことについて所属者自らの認識と他セクター職者の認識とが比較的一致している。

②社会的実現牽引セクター

図表 B-8 に所属別の社会的実現牽引セクターの選択割合を示す。数値自体は小さいが、大学所属者の回答において「大学が牽引」の選択割合が若干大きいこと、いくつかの分科会では公的研究機関において複数セクター連携の割合が大きいことが見て取れる。

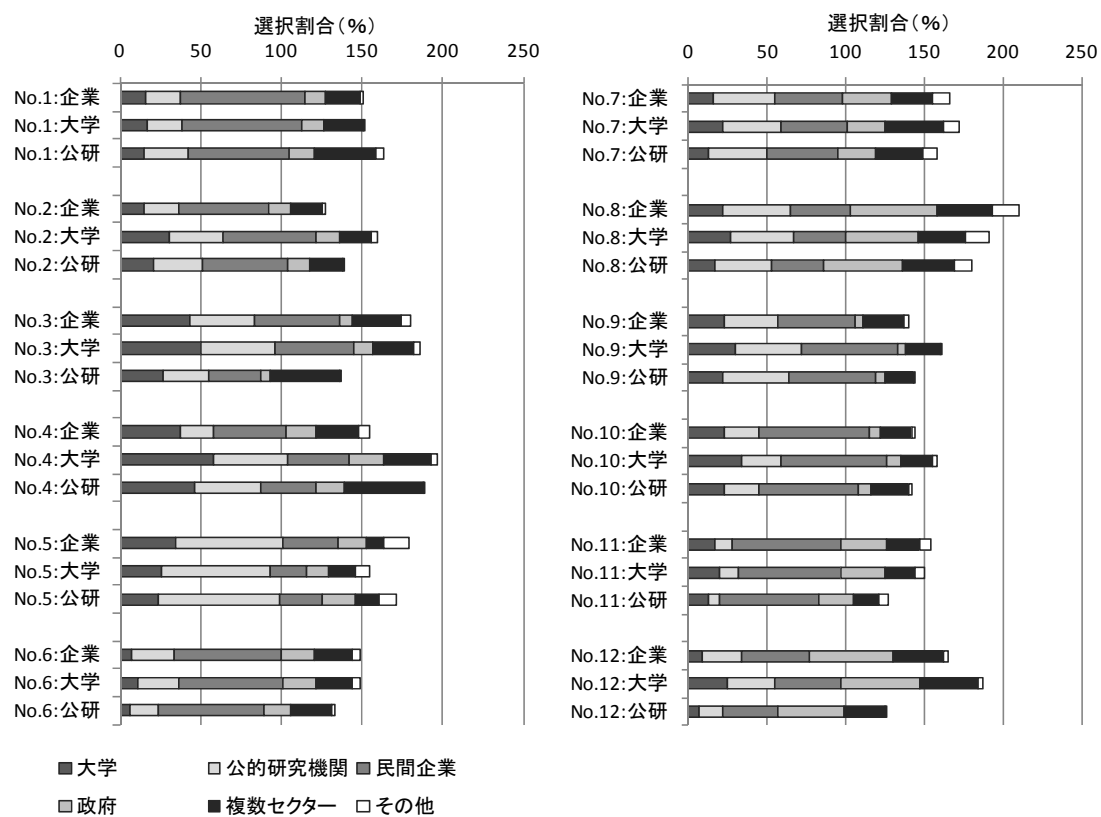
技術的实现牽引セクターと同様に、「自己認識が低い課題」「同じ課題」「自己認識が高い課題」に3分類してその分布を見ると、全般的には、「大学が牽引」と「民間企業が牽引」については、自己認識と他者認識が比較的一致している。

「大学が牽引」については、社会的実現に対しての大学の関わりは全般的に小さいこともあり、企業や公的研究機関の見方と大学自身の考えと一致度合いが高い。民間企業所属者の見方と比べて大学所属者自身の認識が高いのは、No. 2(情報)、No. 4(医療)、No. 9(材料)、No. 12(インフラ)であり、逆に民間企業所属者の大学への期待が大きいのはNo. 5(宇宙・地球)である。

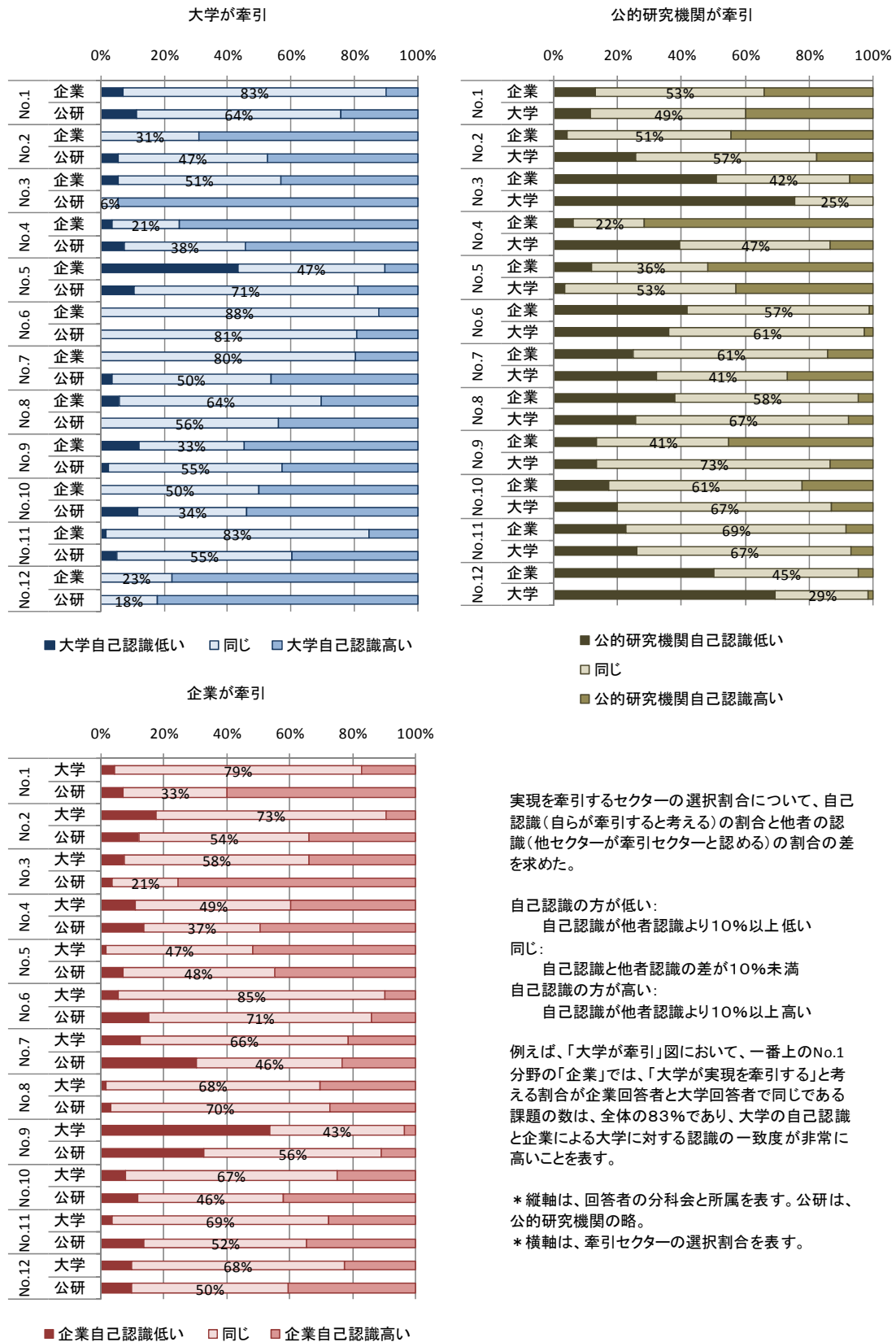
「公的研究機関が牽引」については、技術的实现と比べ、自己認識と他者認識の一致度が高い一方、公的研究機関の自己認識が低い課題数も多い。特に、No. 3(バイオ)、No. 12(インフラ)において、公的研究機関への期待が高い。

「民間企業が牽引」については、技術的实现と比べ、さらに一致度合いが高まる。例外は、No. 3(バイオ)の公的研究機関所属者の民間企業に対する認識が民間企業所属者自身の認識よりかなり低いことである。No. 3(バイオ)では、公的研究機関所属者は、複数セクター連携を第1位に挙げていることから、民間企業単独ではなく連携による実施に期待していることがわかる。

図表 B-8: 所属別、分科会別、社会的実現牽引セクター



図表 B-9: 社会的実現を牽引するセクターに関する認識の違い



3. 職種による違い

重要性、実現予測時期については、研究開発に従事しているか否かによる違いは見られない。実現牽引セクターについては、以下について若干の違いが見られる。

- No. 1(電子・通信):社会的実現牽引セクターとして、「公的研究機関」の選択割合が研究開発に従事していない者について若干多い。
- No. 5(宇宙・地球):社会的実現牽引セクターとして、「民間企業」の選択割合が研究開発に従事していない者について若干多い。
- No. 7(資源):社会的実現牽引セクターとして、「大学」の選択割合が研究開発従事者において若干多い。
- No. 8(環境):技術的实现牽引セクターとして、「複数セクター連携」の選択割合が研究開発に従事していない者において若干多い。
- No. 9(材料):技術的实现牽引セクター及び社会的実現牽引セクターとして、「複数セクター連携」の選択割合が研究開発に従事していない者において若干多い。社会的実現牽引セクターとして、「民間企業」の選択割合が研究開発従事者において若干多い。

資 料

<資料>

資料1 アンケート票の例(No.1 分科会の一部)



回答者整理番号

第9回 科学技術予測調査 アンケート票 (第2回)

No.1 「ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす」という視点から重要な科学技術

御氏名 (太枠内にご記入ください)

氏名
E-mail アドレス (任意) @

該当する事項の番号を太枠内に御記入ください。

性別	1. 男 2. 女	
年代	1. 20代 2. 30代 3. 40代 4. 50代 5. 60代 6. 70代以上	
職業	1. 会社員 2. 大学等教職員 3. 独立行政法人・その他公的研究機関職員 4. 団体職員 5. その他	
職種	1. 主として研究・開発に従事している方 2. 上記以外の方	

■このアンケートは、同じ質問に2回お答えいただく方法(デルファイ法)で実施しています。今回お願ひしますのは第2回アンケートです。調査票には第1回アンケートの集計結果を示してありますので、これを参考に再度の検討をお願いいたします。

■2040年までの今後30年間を展望し、次頁以降の設問にお答え下さい。

p. 2~p. 21に分科会が設定した将来の科学技術や社会システム等に関する課題がいくつかの区分に分類されて並んでいます。各区分に含まれる課題について、重要度や実現予測時期などの質問にお答え下さい。個々の質問に関する詳細、並びに、第1回アンケート集計結果の見方については、同封の「記入の手引き」をご参照下さい。

■総合コメント

我が国の科学技術の目指すべき方向、科学技術基本計画に関するご意見、今後の重要科学技術領域・課題、あるいは本調査全体に対するコメント等を自由にご記入下さい。

御記入いただきました調査票は、2月19日(金)までに御投函下さい。

*1「全くなし」を選ばれた場合、以降の質問への回答は不要です。ご関心があり回答いただける場合は、「低」をお選び下さい。

区 分	課 題 番 号	課 題	回 答 者	課題に対する あなたの 専門度				課題の 重要度				技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が 技術的に可能になる時期)										
				高	中	低	全くなし *1	世界・ 日本双方 にとり重要	特に 日本にとり 重要	特に 世界にとり 重要	重要度・ 優先度は 低い	実 現 済 み	2011年	2016年	2021年	2031年	2041年	実 現 し な い	わ か ら な い			
													2015年	2020年	2030年	2040年						
													(1つ選択)				(1つ選択)				(1つ選択)	
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8							
コ ン ピ ユ ー テ ィ ン グ 、 シ ス テ ム 系	1	半導体の高集積化の恩恵をスケーラブルに享受可能なネットワークオンチップを駆使した階層型システムLSI	152人	%	14	28	58	-	%	72	18	2	8	4						%	0	7
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8		
	2	無人で無停止でシステム内部や外部の動作状況と環境状態に動的に適応し、所望のサービスを高信頼に提供できるネットワークシステム	167人	%	10	37	53	-	%	76	14	2	8	3						%	2	5
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8		
	3	実行環境（OS、利用可能な機器と能力、ネットワーク環境等）に自動的に適応し、所望のサービスを実現するソフトウェアを最適な方法で提供できるネットワークサービス技術	158人	%	8	37	55	-	%	77	9	4	10	5						%	1	3
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8		
	4	高度情報化社会が必要とする、今の100000倍の計算能力を実現するスーパーコンピューティング技術	170人	%	5	36	59	-	%	65	18	6	11	0						%	2	7
					1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8		
5	ゲート長3nmのトランジスタ等を用いて、数千個オーダーのプロセッサコアを集積して、消費電力あたりの処理能力を現在より3桁以上向上させる技術	152人	%	18	40	42	-	%	66	21	3	10	0						%	7	4	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8			
6	1週間以上無充電で動作可能な携帯PC	191人	%	8	35	57	-	%	68	13	4	15	3						%	4	3	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8			
7	多様なユビキタスサービスをサポートするために、RFID等からの信号を弁別して受信し、現在位置の環境を収集できるユビキタス環境スキャナー技術	181人	%	16	33	51	-	%	64	21	3	12	9						%	1	2	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8			
8	いつでもどこでも自身の情報環境に安全に自由にアクセスできる社会インフラとしてのユビキタス環境	203人	%	18	36	46	-	%	75	15	2	8	11						%	4	3	
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	5	6	7	8			

*2 NPOを含みます。
す。

*3 国内に適用の場が想定されない場合、
日本が主体となって行い、海外で適用され
ることを含みます。

左記の技術的 実現を牽引する 主なセクター					社会的実現予測時期 *3 (日本において、課題内容が社会に適用 される/普及する時期)							左記の社会的 実現を牽引する 主なセクター					コメント(自由記入) ・最近のトピック ・阻害要因 等をご記入下さい	
大学	公的 研究機関	民間 企業 *2	複数 セクターの 連携	その他(国際 機関等)	2011年 ~2015年	2016年 ~2020年	2021年 ~2030年	2031年 ~2040年	2041年 ~	実現 しない	わから ない	大学	公的 研究機関	民間 企業 *2	政府(地方 公共団体 含む)	複数 セクターの 連携		その他(国際 機関等)
(複数選択可)					(1つ選択)							(複数選択可)						
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	6	7	1	2	3	4	5	6	
29	24	68	35	1						0	7	7	14	81	8	18	2	
36	38	60	24	3						2	5	11	18	74	14	20	5	
33	28	69	20	4						2	3	10	14	82	10	20	3	
31	48	36	46	2						4	8	15	35	41	26	35	2	
34	33	57	36	3						8	5	14	17	74	11	26	3	
18	20	86	14	0						3	3	6	6	93	4	9	1	
29	30	65	31	1						1	2	10	18	70	17	25	2	
28	32	69	32	5						4	3	13	18	70	27	30	3	

(※以下については、第1回アンケートにおいてのみ実施した)

2. 「本調査票が対象とする科学技術への取り組み」に関する設問

本調査票は、「ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす」という視点から重要な科学技術を対象としています。

前ページまでには、次の表1に示す区分毎に、関連する科学技術や社会システム等に関する課題が設定されています。

表1:本調査票における区分(本調査の分科会が作成)

A	コンピューティング、システム系 高品質なコンピューティングを実現するシステム技術:半導体の集積度向上と高速化、システム構築技術、アプリケーション・ソフトウェア技術、および、これらの技術の協調・統合
B	通信 幹線系通信技術、アクセス系通信技術、センサーネットワーク応用技術、地球環境配慮型ネットワーク技術
C	I/O(家電を含む) ディスプレイ(分子・有機エレクトロニクス)、ヒューマンインタフェース(非接触型、体内埋め込み型)、ブレイン・マシン・インタフェース、ヒューマンサポート(運動・筋力支援、知能支援)、センサー計測(環境、物体、臭い)、センサーネットワーク、建築(光・電磁波・音響空間の制御)、キャッシュレス社会
D	エネルギー 省エネルギー対策、エネルギーの長寿命化、新エネルギー、電子機器の発電、送電、給電、充電、ハイブリッド
E	デバイス シリコン微細化技術・加工技術、メモリの極限、多様なエネルギーの利用、フレキシブルディスプレイ、光センシング、量子暗号通信、汎用量子コンピューティング、スピン、CNT、生体埋込チップ、生体埋込デバイスの低電圧動作、生体機能を利用したエレクトロニクス、フォトニック結晶、五感通信、ポストCMOS、バイオチップ
F	メカトロニクス カーエレクトロニクス(動力制御、運転補助、ITS 関連技術、セーフティ技術など)、ナノエレクトロニクス(バイオコンピュータ)、マイクロマシン、ナノマシン、バイオ・ナノ融合メカトロニクス、ロボット技術

2040年までの今後30年間で展望し、本調査票が対象とする上記の科学技術に対する我が国の取り組みについて、以下の質問にお答え下さい。

問1: 将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて、鍵となる事項は何でしょうか。表1に挙げられたA～Fの中から選んで、記号を下欄にご記入下さい。(自由記入を含め2つまで)

①

②

表1に挙げられた以外に鍵となる事項が存在する場合は、具体的にご記入下さい。

③

④

問2: 問1で選んだ鍵となる事項(①～④)を発展させる上で、我が国が今後重点的に取り組むべき研究開発テーマは何でしょうか。2ページから21ページに挙げられた課題の中から選んで、課題番号を下欄にご記入下さい。(問1の番号ごとに、自由記入を含め5つまで)

問1の番号

(①～④の
いずれか)

課題番号

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

挙げられた課題以外に重要な課題が存在する場合は、具体的にご記入下さい。

問1の番号

(①～④の
いずれか)

課題番号

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

挙げられた課題以外に重要な課題が存在する場合は、具体的にご記入下さい。

問3:問1で選んだ鍵となる事項(①～④)を発展させる上で、国際関係はどうあるべきでしょうか。

(1) 我が国が最も力を入れるべき研究開発の国際戦略は何でしょうか。以下から選び、記号を下欄にご記入下さい。(問1の番号ごとに1つまで)

- a. 研究開発あるいは実用化において世界をリードする
- b. 国際共同プロジェクトを主導する、国際共同プロジェクトに参画する
- c. 国際貢献によって日本の存在感を高める
- d. 新規国際市場を開拓する
- e. 国際標準獲得を目指す
- f. その他(具体的にご記入下さい)
- g. 特にない

問1の番号	回答 (a～gから1つ)

問1の番号	回答 (a～gから1つ)

(2) 我が国が関係を強化すべき国や地域はどこでしょうか。以下から選び、記号を下欄にご記入下さい。(問1の番号ごとに2つまで)

- a. イスラエル
- b. インド
- c. 欧州(特にあれば、国名をご記入下さい)
- d. オーストラリア
- e. カナダ
- f. 韓国
- g. シンガポール
- h. 中国
- i. ブラジル
- j. 米国
- k. 南アフリカ
- l. ロシア
- m. その他(国名・地域名をご記入下さい)
- n. 特にない

問1の番号	回答 (a～n から2つまで)

問1の番号	回答 (a～n から2つまで)

問4:問1で選んだ鍵となる事項(①～④)を発展させる上で、政府が重点的に取り組むべき事項は何でしょうか。

鍵となる事項毎に、以下から選んで、記号を下欄にご記入下さい。(問1の番号ごとに2つまで)

- a. 戦略・ビジョン策定
- b. 次世代の人材育成
- c. 競争的環境の整備
- d. 法制度改革
- e. 大学(大学院)改革
- f. 独法(国研を含む)改革
- g. 産業再編促進
- h. 雇用確保
- i. 既存企業(法人)優遇・支援
- j. 起業支援
- k. 地方分権
- l. 知財戦略
- m. その他(具体的にご記入下さい)

問1の番号

--

回答 (a～mから2つまで)

--	--

問1の番号

--

回答 (a～mから2つまで)

--	--

問5:我が国は、温室効果ガス削減などの地球環境問題対応と持続的発展の両立を目指すことを世界に対して表明しています。この観点から、我が国が重点的に取り組むべき研究開発テーマがあれば、2ページから21ページに挙げられた課題の中から選んで、課題番号を下欄にご記入下さい。(自由記入を含め3つまで)

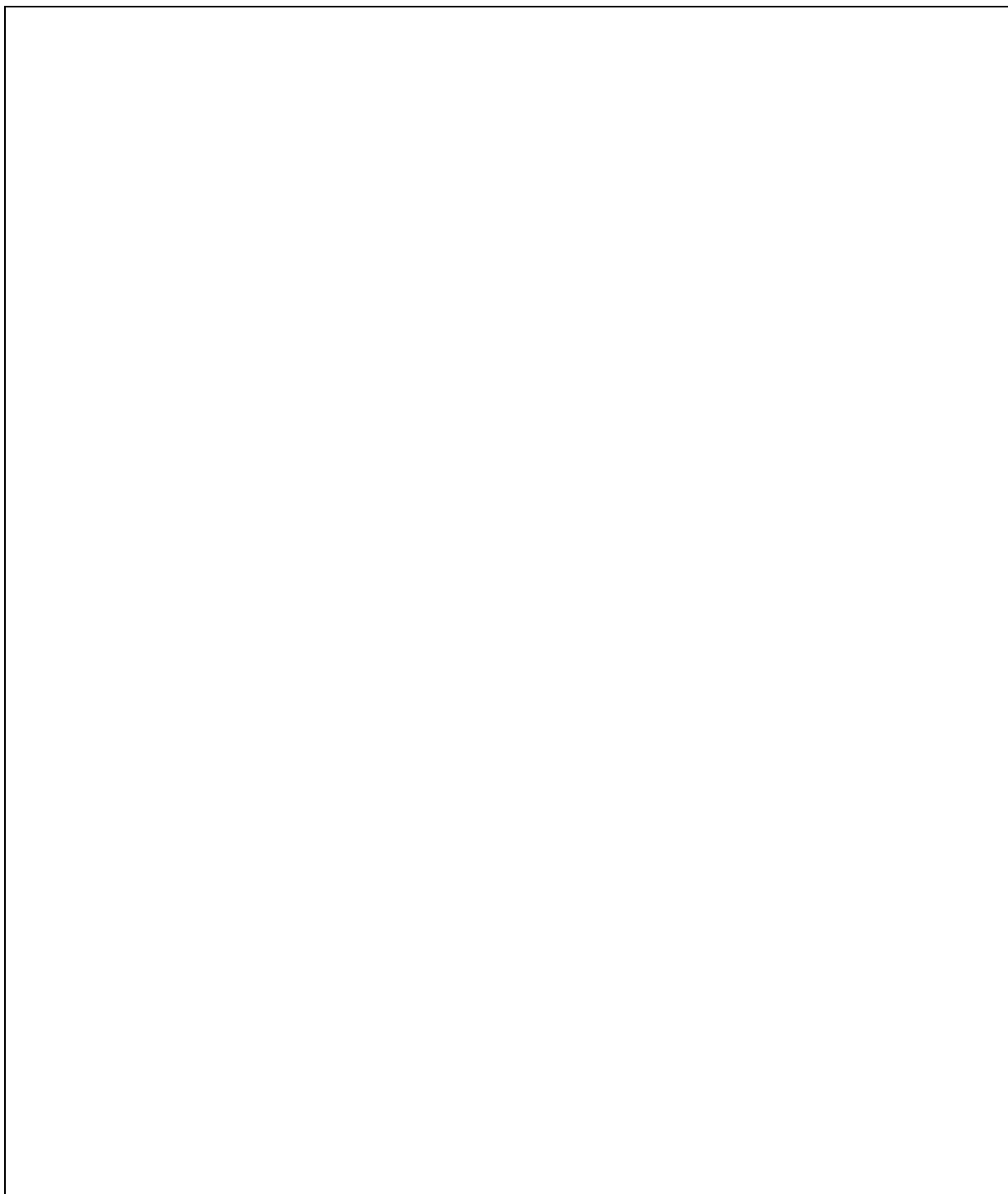
--	--	--

挙げられた課題以外に研究開発テーマが存在する場合は、具体的にご記入下さい。

--

問6:その他、我が国の科学技術政策について、ご見解をご記入下さい。

(例えば、融合・連携して進めるべき分野や領域について、改革すべき・新たに導入すべき社会システムについて、等)



ご協力ありがとうございました。

資料2 これまでの調査実施状況

注1:技術開発をとりまく周辺事項に関する設問にてアンケートを実施

注2:個別技術開発課題に関する課題にてアンケートを実施

	調査の対象	予測期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者(人)	回収数(人)	回収率(%)
第1回調査	①社会開発(生活の向上(衣・食・住)、レジャー、都市開発、交通機関の向上、公害・災害の防止、教育の向上、②情報、③医療保健、④食糧農業、⑤工業・資源(宇宙開発、海洋開発、エネルギー開発、資源開発、鉱工業の高度化、新材料の開発)	2000年までの30年間	(1)課題の設定 アンケート対象者に仮の設問を掲示して、それに関連した課題を発掘してもらう。 (2)アンケート対象者の選定 ゼネラリスト及びスペシャリストを対象とし、第1回アンケートを実施 (3)アンケートの実施 課題発掘のため第1回アンケートを実施し、そこで設定した課題について、重要度の評価や実現時期の予測等を行うため第2回及び第3回のアンケートを実施した。	課題発掘のためのアンケート調査 課題数49 個別技術開発課題に関する設問 課題数644	第1回	1970年 9月18日	1970年 10月15日	2,414	1,863	77
					第2回	1971年 1月18日	1971年 1月30日	4,100	3,108	76
					第3回	1971年 3月5日	1971年 3月23日	3,108	2,482	80
第2回調査	①資源・エネルギー(食料資源、森林資源、水資源、エネルギー)、②環境・安全(環境、安全)、③家庭生活・教育(家庭生活、余暇、教育)、④健康(保健・医療、労働)、⑤国土利用(輸送、情報、建設)、⑥工業生産、⑦先導的・基盤的科学技术(宇宙開発、海洋開発、ライフサイエンス、ソフトサイエンス)	2005年までの30年間	(1)課題の設定 技術予測検討会及び分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 ゼネラリスト及びスペシャリスト (3)アンケートの実施 ゼネラリストに対しては「技術開発をとりまく周辺事項に関する設問」及び「個別技術開発課題に関する設問」について、第1回及び第2回のアンケートを実施した。なお、アンケート対象者に対して課題の設定及び設問に関する視点を明確にするため、当該分野における現状、問題点、今後の展望等を明示したシナリオ及び関連樹木図を提示した。	技術開発をとりまく周辺事項に関する設問 設問数87 個別技術開発課題に関する設問 課題数656	第1回	1976年 3月6日	1976年 3月19日	注1 1,037	注1 720	注1 69
								注2 2,239	注2 1,576	注2 70
					第2回	1976年 6月14日	1976年 6月30日	注1 720	注1 606	注1 84
								注2 1,576	注2 1,316	注2 84

	調査の対象	予測期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者(人)	回収数(人)	回収率(%)
第3回調査	①エネルギー・鉱物資源・水資源、②農林・水産資源、③生活・教育、④環境・安全、⑤保健・医療、⑥ライフサイエンス、⑦都市・建築・土木、⑧交通・運輸、⑨通信・情報・エレクトロニクス、⑩宇宙、⑪海洋、⑫材料・素子、⑬生産・労働	2010年までの30年間	(1)課題の選定 技術予測検討会及び分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 産・学・官等各界の自然科学分野だけでなく、人文、社会科学分野にわたる、各分野の専門家を対象とし、年齢層が広い範囲にわたるよう配慮して選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。なお、アンケートに当たっては、課題の選定及び設問に関する頂点を明確にすることより技術開発の信頼性を高めるため当該分野の「客観的背景」を提示した。	技術開発課題に関する設問 課題数800	第1回	1981年 12月11日	1981年 12月25日	2,242	1,962	88
					第2回	1982年 7月19日	1982年 7月31日	1,962	1,727	88
第4回調査	①物資・材料・加工、②情報・電子・ソフト、③ライフサイエンス、④宇宙、⑤地球、⑥農林水産、⑦鉱物・水資源、⑧エネルギー、⑨生産・労働、⑩生産・労働、⑪保健・医療、⑫生活、教育、文化、⑬運輸、⑭通信、⑮都市・建築、⑯環境、⑰安全	2015年までの30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 産・学・官等各界の自然科学分野だけではなく、人文、社会科学分野にわたる、各分野の専門家を対象とした。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,071	第1回	1986年 6月15日	1986年 6月30日	3,142	2,487	79
					第2回	1986年 11月25日	1986年 12月10日	2,487	2,007	81
第5回調査	①材料・プロセス、②情報・エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④宇宙、⑤素粒子、⑥海洋・地球、⑦鉱物・水資源、⑧エネルギー、⑨環境、⑩農林水産、⑪生産、⑫都市・建築・土木、⑬通信、⑭交通、⑮保健・医療、⑯社会生活	2020年までの30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 産・学・官等各界の各分野の専門家を対象とした。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,149	第1回	1991年 7月17日	1991年 8月5日	3,334	2,781	83
					第2回	1991年 12月9日	1992年 1月17日	2,781	2,385	86

	調査の対象	予測期間	アンケートの進め方	課題数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者(人)	回収数(人)	回収率(%)
第6回調査	①材料・プロセス、②エレクトロニクス、③情報、④ライスサイエンス、⑤宇宙、⑥海洋・地球、⑦資源・エネルギー、⑧環境、⑨農林水産、⑩生産・機械、⑪都市・建築・土木、⑫通信、⑬交通、⑭保健・医療・福祉	2025年までの30年間	(1)課題の選定 分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,072	第1回	1996年 8月7日	1996年 8月26日	4,868	4,220	87
					第2回	1996年 12月10日	1996年 12月24日	4,196	3,586	85
第7回調査	①情報・通信、②エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④保健・医療、⑤農林水産・食品、⑥海洋・地球、⑦宇宙、⑧資源・エネルギー、⑨環境、⑩材料・プロセス、⑪製造、⑫流通、⑬経営・管理、⑭都市・建築・土木、⑮交通、⑯サービス	2030年までの30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測、全分野共通に「我が国の重点科学技術分野」を問う設問、30年後の世界や日本の状況を問う分野固有の設(5分野のみ)を設けて、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,065 重点科学技術分野に関する設問 設問数 2	第1回	2000年 8月7日	2000年 8月31日	4,448	3,813	86
					第2回	2000年 12月5日	2000年 12月27日	3,809	3,106	82
第8回調査	①情報・通信、②エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④保健・医療・福祉、⑤農林水産・食品、⑥フロンティア、⑦エネルギー・資源、⑧環境⑨材料・プロセス⑩製造⑪産業基盤⑫社会基盤⑬社会技術	2035年までの30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 分野-領域-予測課題という階層構造を前提として調査対象として領域を導入した。領域については、現時点および中期的な効果、現在および5年後の日本の研究開発水準を問う設問を設けた。個別課題については、技術的实现時期と社会的適用時期の2つの実現時期、それぞれにおける政府の関与等を問う質問を設けた。また、全分野共通に「我が国の科学技術分野の展開」を問う設問、30年後の社会の予測を問う分野固有の設問を設けて、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数 858 領域に関する設問 設問数 4 全分野共通設問 設問数 2	第1回	2004年 9月24日	2004年 10月18日	4,219	2,659	63
					第2回	2004年 12月2日	2005年 1月5日	2,659	2,239	84

資料3 技術系分科会メンバーリスト

〈No.1 分科会〉

リーダー	荒川 泰彦	東京大学ナノ量子情報エレクトロニクス研究機構 機構長
メンバー	岩田 誠	高知工科大学情報学群 教授
	尾内 享裕	株式会社日立製作所研究開発本部 研究開発統括センター センター長
	折原 良平	株式会社東芝研究開発センター ヒューマンセントリックラボラトリー 室長
	加藤 喜昭	アイシン精機株式会社 常務役員
	白鳥 則郎	東北大学電気通信研究所 教授
	寒川 哲臣	日本電信電話株式会社先端技術総合研究所 企画部 担当部長(人材開発担当)
	高柳 英明	東京理科大学 理事(研究担当)
	中村 宏	東京大学大学院情報理工学系研究科・先端科学技術研究 センター 准教授
	日比野 靖	北陸先端科学技術大学院大学情報科学研究科 教授
	平本 俊郎	東京大学生産技術研究所 教授
	藤田 博之	東京大学生産技術研究所 副所長
	松本 充司	早稲田大学大学院国際情報通信研究科 教授
	三浦 道子	広島大学大学院先端物質科学研究科 教授

〈No.2 分科会〉

リーダー	齊藤 忠夫	株式会社トヨタ IT 開発センター CTO・チーフサイエンティスト
メンバー	荒川 薫	明治大学理工学部情報科学科 教授
	池田 佳和	大谷大学文学部人文情報学科 教授
	榎並 和雅	独立行政法人情報通信研究機構けいはんな研究所 所長
	加藤 俊一	中央大学理工学部経営システム工学科 教授
	加藤 洋一	日本電信電話株式会社サイバーソリューション研究所 プロジェクトマネージャー
	高野 明彦	国立情報学研究所コンテンツ科学研究系 教授
	所 眞理雄	株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 代表取締役社長
	西田 豊明	京都大学大学院情報学研究科知能情報学専攻 教授
	平山 雅之	株式会社東芝ソフトウェア技術センター 参事
	森川 博之	東京大学先端科学技術研究センター 教授
	山口 浩	駒沢大学グローバル・メディア・スタディーズ学部 准教授

吉川 厚 東京工業大学大学院総合理工学研究科 連携教授

〈No.3 分科会〉

リーダー 小此木 研二 大阪大学産学連携推進本部 産学連携教授
メンバー 穴澤 秀治 財団法人バイオインダストリー協会
事業企画部長、組織長、国際担当部長
阿部 啓子 東京大学大学院農学生命科学研究科 教授
(代理) 朝倉 富子 東京大学大学院農学生命科学研究科 准教授
加藤 元一郎 慶應義塾大学医学部精神神経科 准教授
五條堀 孝 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構
国立遺伝学研究所 副所長・教授
橋田 充 京都大学大学院薬学研究科 教授
古市 喜義 アステラス製薬株式会社研究本部 常勤顧問
前多 敬一郎 名古屋大学大学院生命農学研究科 教授
森下 竜一 大阪大学大学院医学系研究科 臨床遺伝子治療学 教授

〈No.4 分科会〉

リーダー 田中 博 東京医科歯科大学大学院生命情報科学教育部 教育部長・教授
メンバー 伊関 洋 東京女子医科大学先端生命医学研究所 教授
小山 博史 東京大学大学院医学系研究科臨床情報工学分野 教授
加藤 規弘 国立国際医療センター研究所遺伝子診断治療開発研究部 部長
木村 彰男 慶應義塾大学月ヶ瀬リハビリテーションセンター 所長
坪井 俊明 NTT アイティ株式会社ヘルスケア事業部 SE・開発部 担当部長
橋爪 誠 九州大学大学院医学研究院 教授
松浦 弘幸 国立長寿医療センター研究所長寿医療工学研究部 部長
山口 隆美 東北大学大学院医工学研究科医工学専攻 教授

〈No.5 分科会〉

リーダー 的川 泰宣 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 技術参与・名誉教授
メンバー 浦 環 東京大学生産技術研究所 海中工学国際研究センター
センター長・教授
(代理) 尾崎 雅彦 東京大学新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻 教授
(代理) 高木 健 東京大学新領域創成科学研究科海洋技術環境学専攻 教授
木下 肇 独立行政法人海洋研究開発機構 機構Fellow
小久保 英一郎 国立天文台理論研究部 准教授
小澤 秀司 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 理事

	高崎 史彦	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 理事
	玉木 賢策	東京大学大学院工学系研究科 エネルギー・資源フロンティアセンター 教授
	続橋 聡	社団法人日本経済団体連合会産業技術本部 部長
	中島 映至	東京大学気候システム研究センター センター長・教授
	不破 健	元 独立行政法人海上技術安全研究所 理事
	松永 三郎	東京工業大学大学院理工学研究科 准教授
	山本 哲生	北海道大学低温科学研究所 教授
(執筆)	高井 研	独立行政法人海洋研究開発機構極限環境生物圏研究センター PD

〈No.6 分科会〉

リーダー	柏木 孝夫	東京工業大学統合研究院ソリューション研究機構 教授
メンバー	浅野 浩志	財団法人電力中央研究所社会経済研究所 上席研究員
	飯山 明裕	日産自動車株式会社総合研究所燃料電池研究室 室長
	今井 哲也	三菱重工業株式会社技術本部 技師長
	岩村 公道	独立行政法人日本原子力研究開発機構 次世代原子力システム研究開発部門 副部門長
	工藤 博之	財団法人省エネルギーセンター機器普及総括部 部長
	坂西 欣也	独立行政法人産業技術総合研究所バイオマス研究センター センター長
	佐々木 一成	九州大学大学院工学研究院 教授
	中川 泰仁	シャープ株式会社研究開発本部 DC エコハウス推進センタ
	武藤 昭一	東京電力株式会社開発計画部 部長
	吉田 正寛	新日本石油株式会社 執行役員・研究開発企画部長
(代理)	前田 征児	新日本石油株式会社研究開発本部 研究開発企画部 R&D 企画グループ チーフスタッフ
	吉野 博	東北大学大学院工学研究科 教授
	渡辺 尚生	東京ガス株式会社 常務執行役員

〈No.7 分科会〉

リーダー	持田 勲	九州大学炭素資源国際教育研究センター 特任教授
メンバー	井口 恵一朗	独立行政法人水産総合研究センター生態系保全研究室 室長
	石原 紀夫	財団法人石炭エネルギーセンター 参事
	小木 知子	独立行政法人産業技術総合研究所バイオマス研究センター 主任研究員

加藤 秀和	財団法人国際資源大学校 教学長
佐藤 光三	東京大学大学院工学系研究科 教授
柴田 明夫	丸紅株式会社経済研究所 所長
谷口 一徳	出光興産株式会社先進技術研究所 副所長
長野 研一	新日本製鐵株式会社原料第二部 シニアマネジャー
藤井 光	九州大学大学院工学研究院 地球資源システム工学部門 准教授
森 直道	株式会社日立プラントテクノロジー環境システム営業本部 技術開発部 担当部長

〈No.8 分科会〉

リーダー 野尻 幸宏	独立行政法人国立環境研究所地球環境研究センター 副センター長
メンバー 亀屋 隆志	横浜国立大学大学院環境情報研究院 准教授
河口 真理子	株式会社大和総研経営戦略研究所 経営戦略研究部 部長
栗山 浩一	京都大学農学研究科 生物資源経済学専攻 教授
香坂 玲	名古屋市立大学大学院経済学研究科 准教授
鈴木 勉	筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授
田中 章	東京都市大学環境情報学部環境情報学科 准教授
中村 弘志	株式会社荏原製作所技術・研究開発統括部 技術企画室 室長
林 誠二	独立行政法人国立環境研究所水圏環境研究領域 土壌環境研究室 室長
松田 裕之	横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授
溝口 勝	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 教授

〈No.9 分科会〉

リーダー 岸本 直樹	独立行政法人物質・材料研究機構量子ビームセンター ナノテクノロジー基盤領域コーディネータ
メンバー 伊藤 義康	株式会社東芝電力システム社 電力・社会システム技術開発センター 首席技監
金山 敏彦	独立行政法人産業技術総合研究所 ナノ電子デバイス研究センター センター長
北野 彰彦	東レ株式会社 リサーチフェロー・複合材料研究所所長
後藤 孝	東北大学金属材料研究所複合機能材料学研究部門 教授
澤本 光男	京都大学大学院工学研究科 教授
鈴木 淳史	横浜国立大学大学院環境情報研究院 教授

田中 功	京都大学大学院工学研究科 教授
田 旺帝	国際基督教大学教養学部 物質科学デパートメント 准教授
藤井 保彦	独立行政法人日本原子力研究開発機構 量子ビーム応用研究部門 部門長
山岡 哲二	国立循環器病センター研究所先進医工学センター 生体工学部 部長

〈No.10 分科会〉

リーダー	北森 武彦	東京大学大学院工学系研究科 副研究科長・教授
メンバー	大平 竜也	三菱重工株式会社先進技術研究センター インテリジェンスグループ 主席研究員
	田所 諭	国際レスキューシステム研究機構 会長
	豊田 政男	独立行政法人科学技術振興機構 JST イノベーションプラザ大阪 館長
	長谷部 伸治	京都大学大学院工学研究科 教授
	藤田 喜久雄	大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻 教授
	藤田 雅博	ソニー株式会社システム技術研究所 所長・主幹研究員
	古田 一吉	セイコーインスツル株式会社 部長
	松木 則夫	独立行政法人産業技術総合研究所 デジタルものづくり研究センター センター長
	三宅 亮	広島大学ナノデバイス・バイオ融合科学研究所 教授
	柳本 潤	東京大学生産技術研究所 教授

〈No.11 分科会〉

リーダー	増田 靖	慶應義塾大学理工学部管理工学科 教授
メンバー	井川 康夫	北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 教授
	宇野 淳	早稲田大学大学院ファイナンス研究科 教授
	金光 淳	京都産業大学経営学部 准教授
	隅藏 康一	政策研究大学院大学政策研究科 准教授
	濱岡 豊	慶應義塾大学商学部 教授
	日高 一義	北陸先端科学技術大学院大学知識科学研究科 教授
	山ノ井 利美	日産自動車株式会社技術企画部 部長

〈No.12 分科会〉

リーダー	林 良嗣	名古屋大学大学院環境学研究科 教授
メンバー	石川 幹子	東京大学工学系研究科都市工学専攻 教授

市川 雅也	三菱重工業株式会社航空宇宙事業本部 技監・技師長
臼田 裕一郎	独立行政法人防災科学技術研究所防災システム研究センター 主任研究員
沖 大幹	東京大学生産技術研究所 教授
児玉 良明	独立行政法人海上技術安全研究所流体設計系 CFD 研究開発センター 上席研究員
杉山 郁夫	株式会社 日建設計シビル 理事・技師長・企画部長
舘石 和雄	名古屋大学エコトピア科学研究所 教授
土井 健司	香川大学工学部 教授
戸河里 敏	鹿島建設株式会社鹿島技術研究所 執行役員所長
那須 清吾	高知工科大学工学研究科基盤工学専攻 教授
兵藤 哲朗	東京海洋大学海洋工学部流通情報工学科 教授
前川 宏一	東京大学大学院工学系研究科社会基盤工学専攻 教授

調査担当

文部科学省科学技術政策研究所が調査の全般的な運営を担当し、財団法人未来工学研究所が各分科会の調査と事務局を担当した。

(2010年3月現在)

文部科学省科学技術政策研究所

奥和田 久美	科学技術動向研究センター長	
家近 泰	科学技術動向研究センター特別研究員	
市口 恒雄	科学技術動向研究センター客員研究官	
浦島 邦子	科学技術動向研究センター上席研究官	
重茂 浩美	科学技術動向研究センター上席研究官	
柿崎 文彦	科学技術動向研究センター主任研究官	
加藤 寛治	科学技術動向研究センター上席研究官	
金間 大介	科学技術動向研究センター研究員	
清水 貴史	科学技術動向研究センター特別研究員	
白石 栄一	科学技術動向研究センター上席研究官	
白川 展之	科学技術動向研究センター上席研究官	
鷺見 芳彦	科学技術動向研究センター特別研究員	(2009年10月まで)
関根 進	科学技術動向研究センター特別研究員	
武井 義久	科学技術動向研究センター特別研究員	
戸澗 敏孔	科学技術動向研究センター特別研究員	
藤本 博也	科学技術動向研究センター特別研究員	(2009年9月まで)
古川 貴雄	科学技術動向研究センター上席研究官	
横尾 淑子	科学技術動向研究センター上席研究官	
吉永 孝司	科学技術動向研究センター特別研究員	
今井 民	科学技術動向研究センター事務補助員	(2010年2月まで)
中山 梨江	科学技術動向研究センター事務補助員	

財団法人未来工学研究所

菊田 隆	科学技術政策研究センター	主席研究員
上野 元治	特別研究室	主席研究員
千葉 勝	政策科学研究センター	主席研究員
大竹 裕之	科学技術政策研究センター	主任研究員
川島 啓	政策科学研究センター	主任研究員
森 康子	情報通信研究センター	主任研究員

依田 達郎	科学技術政策研究センター	主任研究員
米川 聡	科学技術政策研究センター	主任研究員
山田 健智	21C 社会システム研究センター	研究員
和田 佳子	科学技術政策研究センター	副研究員

本レポートに関するお問い合わせ先

文部科学省科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター

〒100-0013 東京都千代田区霞が関三丁目2番2号
中央合同庁舎7号館東館16階

TEL: 03-3581-0605

FAX: 03-3503-3996

* 本報告書の引用を行う際は、出典を明記願います。