

NISTEP REPORT No.145

科学技術の将来社会への貢献に向けて
—第9回予測調査総合レポート—

2010年12月

文部科学省科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター

Contribution of Science and Technology to Future Society
- Summary on the 9th Science and Technology Foresight -

December 2010

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

目次

エグゼクティブサマリー

【第Ⅰ部 総合分析】

第1章 全体概要	1
1-1. 世界の変化と日本の科学技術政策の変化.....	1
1-2. 「将来社会を支える科学技術の予測調査」の全体像.....	2
1-3. 総合分析の枠組み.....	9
<参考1> 調査報告書一覧.....	10
第2章 将来社会像とその実現に貢献する科学技術	11
2-1. 科学技術の進展がもたらす将来の社会像 — デルファイ調査の結果から浮かび上がる2025年の国民生活 —	12
2-2. グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる科学技術 — デルファイ調査の回答者集団が考える課題解決の鍵 —	14
2-3. どのような科学技術が社会に対して貢献度が大きいと期待できるのか — デルファイトピックとシナリオライティングの統合分析 —	18
<参考2> 2-3節の検討方法	22
第3章 将来社会像の実現を加速するための要件	25
3-1. グリーンイノベーション推進の要件.....	26
3-2. ライフイノベーション推進の要件.....	34
3-3. イノベーション推進の共通的な視点.....	43
3-4. 国際戦略.....	45
3-5. 科学技術の実現までのスピード感.....	46
3-6. 多様化・多面化への対応.....	47
<参考3> 社会への貢献が期待できる科学技術の推進要件.....	49

【第Ⅱ部 「将来社会を支える科学技術の予測調査」の概要】

第1章 調査の全体像	51
第2章 「第9回デルファイ調査」の概要	53
第3章 「科学技術が貢献する将来へのシナリオ」の概要	61
第4章 「地域が目指す持続可能な近未来」の概要	79
(別添1) 我が国が重点的に取り組むべき科学技術.....	91
(別添2) 将来の国民生活のイメージ.....	101
(別添3) 予測の実現性.....	109

エグゼクティブサマリー

社会にイノベーションをもたらす上で、科学技術には何ができるのでしょうか。これは、21世紀の科学技術の進展にとって最も大きな問いである。科学技術の発展により将来社会を支えていくという明確な目的意識のもとに、社会にイノベーションをもたらしていくことが期待されている。これからの科学技術政策はイノベーション政策と一体化し、科学技術と社会との新たな関係構築を模索していくことになる。

今後の科学技術政策はどこに注力すべきであろうか。科学技術力で世界の注目を集めるとともに、大きな環境変化に伴う地球規模のグローバル課題や極端な少子高齢化時代を迎える我が国の国民的課題を、科学技術の成果で解決していくことが期待されている。これらの大きな課題に対し解決への道筋を明確化すること、また、それに貢献しうる科学技術の成果がいつそう求められることになるだろう。

2008年度から2009年度にかけて実施された我が国の第9回予測調査「将来社会を支える科学技術の予測調査」においては、のべ3200人の専門家の協力を得て、科学技術の各要素のみならず、安心・安全・国際協調・国際競争といった観点からの社会システム構築の議論、地域や若者の視点なども加え、3つの調査研究活動が実施された。今回の予測調査は、上述のような課題解決型を志向し、既存分野の概念を排除して学際的なアプローチを徹底した点が、これまでの予測調査とは大きく異なっている。得られた主な結果は以下の通りである。

—科学技術の進展がもたらす将来の社会像—

デルファイ調査における2900人の専門家アンケート結果を集約すると、2025年頃には、科学技術の進展により、以下の3点において現在より進んだ社会となると予測されている。

- 各種診断技術・システムが生活の中に適切に埋め込まれ、個人による健康維持が進み始めた社会
- 様々なエネルギーを、各個人が選択的に、あるいは総合的に価値判断して、利用することが可能になり、温暖化防止や環境保全に人々が積極的に関わるようになった社会
- 環境変化がもたらす様々な災害に対応しはじめた社会

—グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる科学技術—

デルファイ調査のアンケートにおいて、課題解決の鍵となる科学技術は何かとの問いに対し、多くの専門家は、エネルギー・資源・環境関連、健康・医療関連、人材問題やマネジメントなどの社会科学関連、および ICT 関連を挙げている。なかでも特に、エネルギー関係の科学技術と情報の社会化(情報化による新しい社会システムの構築)の重要性が強く認識されている。

—大きな社会貢献が期待できる科学技術領域—

専門家グループにより試みられた将来への道筋を示すシナリオライティングのうち、特に健康情

報インフラ、医療環境、資源の安全保障、食料安定供給、低炭素社会を実現するスマートグリッドなどのテーマは、要素となる科学技術との関係性が明確であり、今後は社会システムとして発展させることで、上述の将来社会像のうち「個人による健康維持が進み始めた社会」や「エネルギーの選択的利用により人々が温暖化防止や環境保全に積極的に関わる社会」の進展に大きく貢献すると期待される。

—特に大きなイノベーションが期待される方向性—

デルファイ調査トピックとシナリオライティングのテキスト全体の類似性に基づいてマップを生成することにより、イノベーションが期待される二つの方向性が浮かび上がった。

- エネルギー・資源・環境関連が、ゆるい関係をもつ大きなグリーンイノベーションのグループを形成
- 健康・医療関連が、もうひとつの異なる特徴をもつライフイノベーションのグループを形成

また、この二つの方向性には、ICT やインフラなどの基盤的技術、およびマネジメント、ライフスタイルなどの社会科学の要素が共通基盤となることが判明した。特に ICT は全体を左右する重要な位置を占めており、イノベーションを考えていく上での基盤技術となるものと考えられる。

—調査全体から見えるイノベーションの推進要件—

- グリーンイノベーションでは、国際展開が推進策の柱であり、統合化・システム化を促進できる広い視野と国際感覚という資質をもった人材育成を早急に進める必要がある。
- ライフイノベーションでは、個人の健康・医療情報に基づく個別化健康管理・医療を通じて予防医療を促進することが推進策の柱であり、他分野人材の積極参入を進める必要がある。

—総じて—

「将来社会を支える科学技術の予測調査」の総合的な分析から得られた多くの示唆のうち、今後の科学技術政策において特に強調すべき事項は以下である。

- ◆ グリーンイノベーションとライフイノベーションは、日本の望ましい将来の社会像を実現するに当たって推進すべきイノベーションの大きな方向性である。これらは、ICTを基盤技術とし、インフラ・マネジメント・ライフスタイルを共通基盤的な議論として推進すべきである。
- ◆ 実社会での課題解決に繋がるシステム化技術、すなわち制度設計やサービスの提供形態など社会的要素まで含めたシステム化技術に注力すべきである。
- ◆ 研究開発の初期段階から国際展開を念頭において進めるべきである。
- ◆ 地域・年齢層などにおいて多面化・多様化する社会の価値観に留意する必要がある。

第 I 部 総合分析

第 1 章 全体概要

1-1. 世界の変化と日本の科学技術政策の変化

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

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

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

1-2. 「将来社会を支える科学技術の予測調査」の全体像

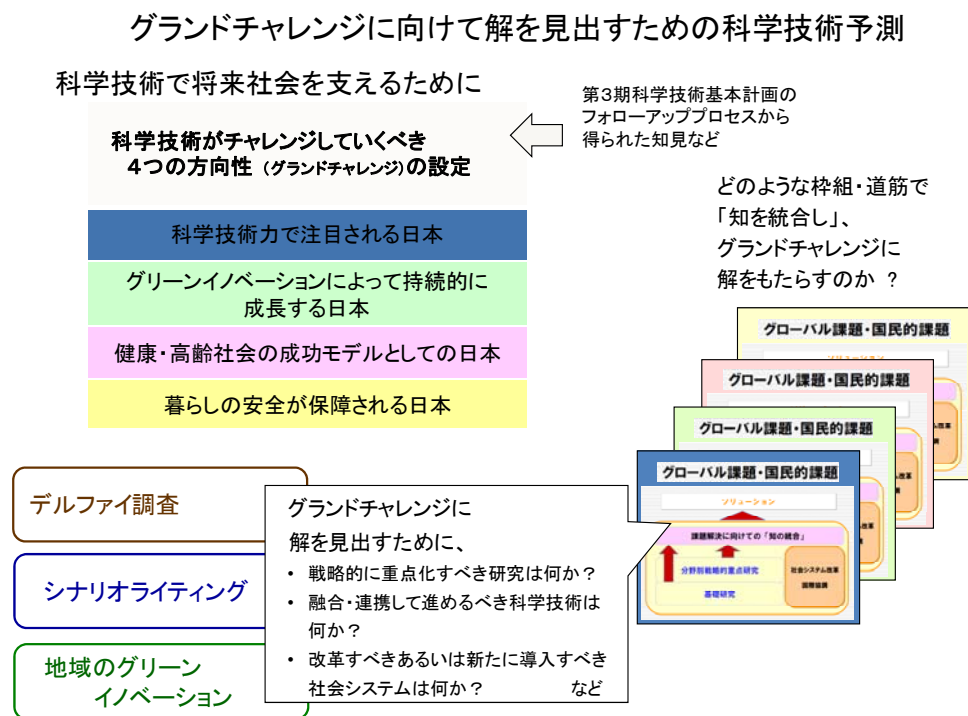
1-2-1. 調査の基本方針

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

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

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

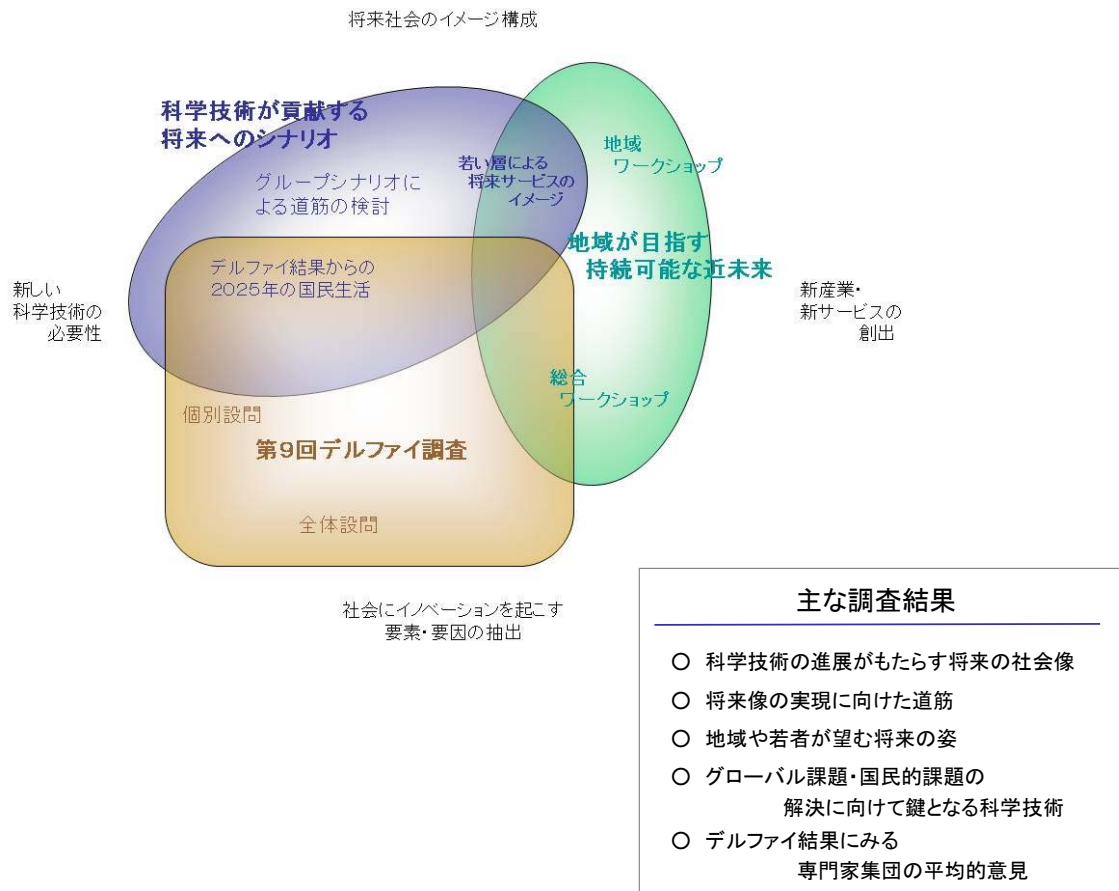
図表 1-1: 調査の全体像



1-2-2. 予測調査を構成する3つの調査研究活動

「将来社会を支える科学技術の予測調査」は、相互に関係し補完し合う3つの調査研究活動から構成されている(図表 1-2)。なお、第Ⅱ部に各調査研究活動の概要を掲載している。

図表 1-2: 3つの調査研究活動の位置づけ



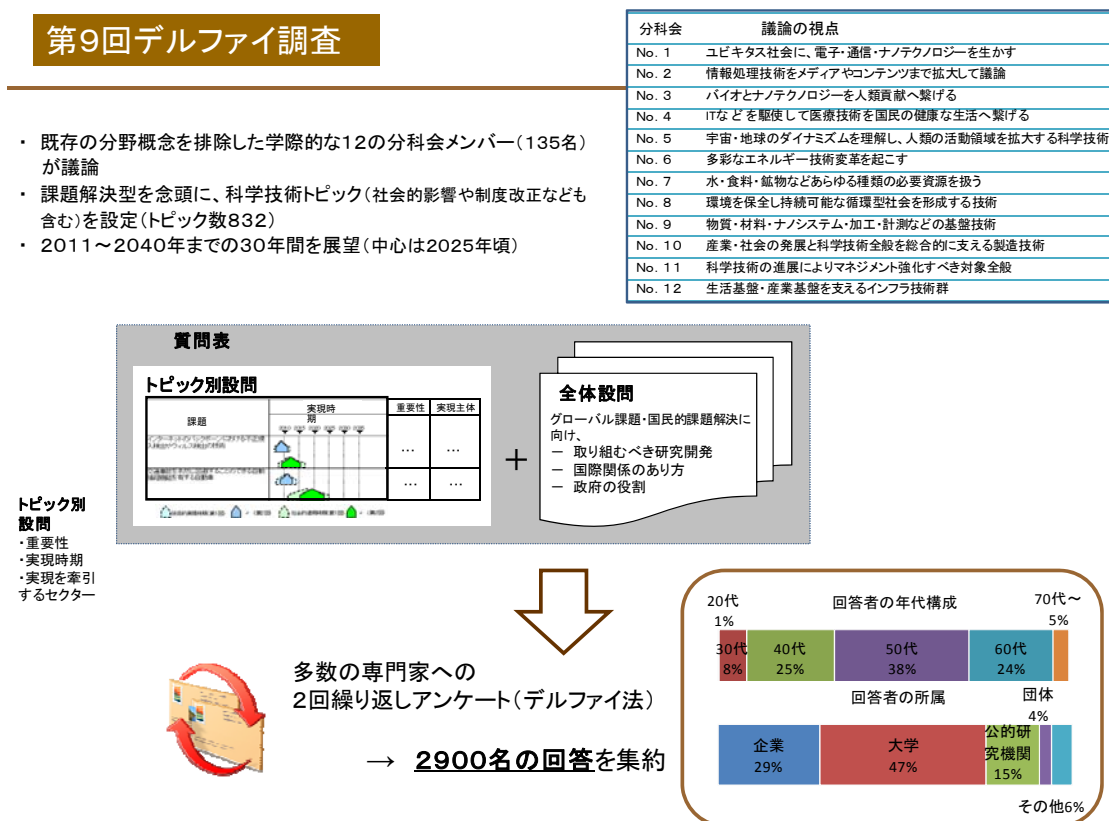
(1)「第9回デルファイ調査」

デルファイ法を用いた調査は、第1回予測調査(1971年)から継続的に実施され、今回は9回目の実施となる。デルファイ法とは繰り返しの質問により集団の意見を収斂させていく手法を指し、我が国では多くの科学技術の専門家を対象とした大規模なアンケートが行われてきた。

今回のデルファイ調査においては、既存分野の枠に囚われずに、将来目標への到達やグローバル課題・国民的課題の解決に向けて何をなすべきかという観点から重要と思われる科学技術を抽出し、その将来発展を展望することを目的とした。そのため、既存の分野概念の壁を取り払った番号呼称の分科会を設置し、グローバル課題・国民的課題を解決していくための科学技術に関する学際的な議論により、調査対象とするトピック*の設定や質問項目の設定を行った。すなわち、課題解決型であるとともに学際性を持たせたことが今回のデルファイ調査の大きな特徴である。40年の歴史の中でも分野名を排除した初めてのデルファイ調査である(図表 1-3)。

*トピックとは、将来の個別科学技術や社会システム等の記述である。「第9回デルファイ調査」報告書においては「科学技術課題」と呼んでいる。

図表 1-3: 「第9回デルファイ調査」の概要



(2)「科学技術が貢献する将来へのシナリオ」

特に科学技術がもたらす社会の変化に焦点を当て、それに至るための知の統合の枠組みや道筋を提案することを目的として、以下に示す3つの異なるシナリオライティングの手法を試みた(図表 1-4)。

①グループワークによるシナリオライティング

グランドチャレンジの一つを大目標とし、その中の一つの解をテーマとし取り上げ、科学技術の成果により起こりうる将来の変化とそれに至る科学技術の枠組みや道筋を、専門家の自発的グループによる学際的なディスカッションによって、シナリオの形で表現した。

②デルファイ調査結果に基づく将来シナリオ

第9回デルファイ調査から得られた多くの専門家の平均的な将来見通しを基にし、科学技術の成果により起こりうる将来の変化を、国民生活の観点で描いた。

③若い層による将来社会の検討

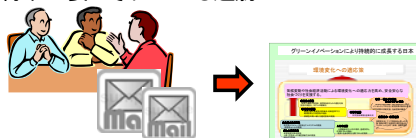
高度な専門性と幅広い知見を併せ持つ専門家という選定基準のため年代的に中高年に偏りがちな意見抽出を補うため、若手のみからなるグループディスカッションにより、①②とは異なる観点から将来への注目点を抽出した。

図表 1-4: 「科学技術が貢献する将来へのシナリオ」の概要

科学技術が貢献する将来へのシナリオ

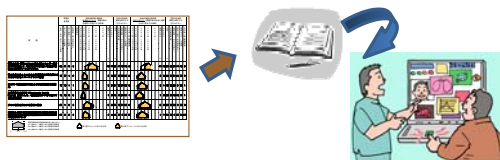
1. グループシナリオ

専門家グループによって議論された将来の姿とそれに至る道筋



2. デルファイ結果に基づくシナリオ

デルファイ調査結果のみをもとに描いた、科学技術の進展により起こりうる2025年の国民生活



3. 若い層による将来社会の検討

若手ICT研究者・技術者・起業家(20~30歳代)数名による将来像のディスカッション



(3)「地域が目指す持続可能な近未来」

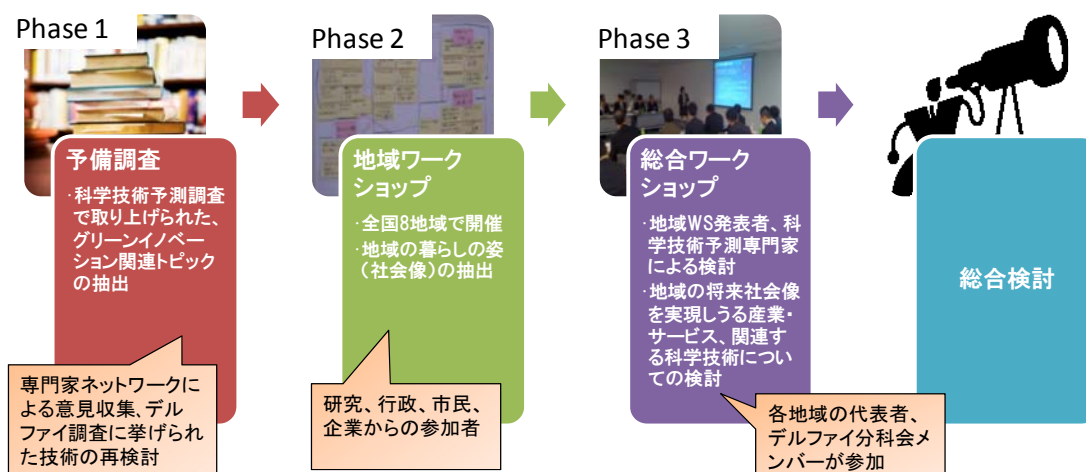
諸外国では地域の将来を見通すための予測活動が盛んであり、日本国内の各地域も地域自らによる予測活動の活発化が今後必要と考えられる。本調査は、地域が自ら行う議論により地域が発展するための目標を構築し、主体性を持って制度改革、地域間協力、グローバル化などを模索していく端緒となり得ることを目的とした。

国内8地域においてワークショップを開催し、各地域が理想とする将来の暮らしがどのようなものかを議論し、併せてそうした地域の理想の社会像を実現しうる科学技術は何かという視点からの検討を行った(図表 1-5)。特にグリーンイノベーション推進の観点を重視し、低炭素社会の構築を通じた新たな産業や雇用の創出を視野に入れ、科学技術の専門家の意見も取り入れる形で議論を進めた。

図表 1-5: 「地域が目指す持続可能な近未来」の概要

地域が目指す持続可能な近未来

- 低炭素社会構築のために、地域における理想とする将来像を地域自らが検討する
- 専門家の意見も交えて、どのような科学技術で何をどうすべきか検討する
- 優先度の高い課題の抽出と施策を検討する



(4) 予備的調査

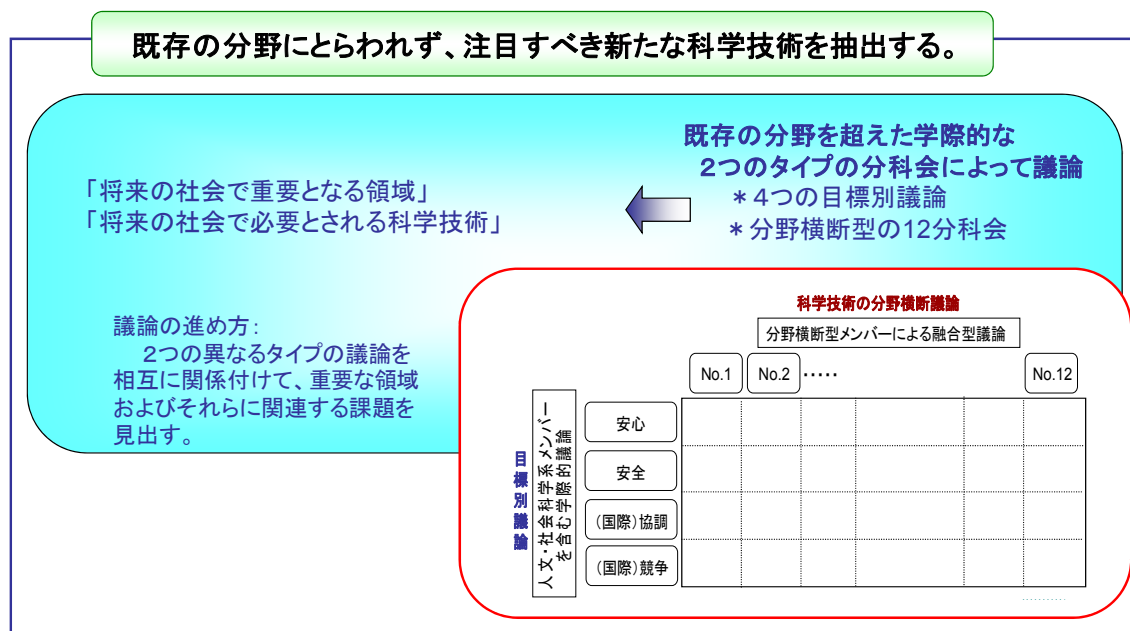
今回の科学技術予測は、目指すべき将来の姿を実現するための科学技術や社会システムについて検討するとい課題解決型の調査である。実施に当たっては、まず目指すべき将来の姿やその実現に向けて科学技術に期待されることは何であるかを予備的に議論する必要があった。

そこで、本調査実施に先立ち、将来社会を考える上で重要となる科学技術のミッション、並びに、それに関連する具体的な科学技術を抽出する予備的調査、「第4期基本計画で重視すべき新たな科学技術に関する検討」を実施した。

まず、安心、安全、国際協調、国際競争の4つの目標別分科会において科学技術のミッションを検討し、24の重要領域を設定した。12の学際的分科会がそれを考慮しつつ具体的な科学技術を検討した(図表 1-6)。

このような予備検討の結果、科学技術を「社会に適合したシステム」として取り込むこと、すなわちシステム化の重要性が強調された。これを実現するためには、①関連する科学技術の研究開発を系統立てて行うこと、②関連する科学技術を一つのシステムとして捉えること、③社会適用の方策の検討を行うこと、④制度など社会のシステムも含めて検討すること、が重要であるとされた。

図表 1-6: 予備的調査の概要



1-2-3. 実施までの経緯

我が国の科学技術予測は、1970～71年に行われた第1回調査から数えて約40年の歴史を持つ。科学技術発展の方向性に関する専門家アンケートのみが継続的に実施されていたが、近年には、国民ニーズの把握や将来へのシナリオ作成などが加えられ、多面的なアプローチにより科学技術とともにそれを取り巻く将来を見通すという方向へと展開している。

大きな転換点は、第8回調査(2005年)である。それまでは、分野横断的課題やニーズの検討は部分的にしか行われず、将来社会との関係性の議論はごく限られたものであった。第8回調査では、従来のデルファイ調査に加え、社会・経済ニーズ調査、シナリオライティング、論文引用データに基づく萌芽領域探索といった複数手法を用いて、広い範囲の検討が行われた。しかし、各調査から得られた相互補完的な情報の総合分析には至らなかった。また第8回調査までは技術の俯瞰性が追求され、個別科学技術や分野の重要度に大きな注目が集まった。

総合分析が初めて試みられたのは、「長期戦略指針：イノベーション25」(2007年6月閣議決定)の検討に資することを目的として実施された調査「2025年に目指すべき社会の姿」である。これは、第8回調査のデルファイ調査結果とシナリオライティングの結果を基に発展的な検討を行い、目標とするべき将来社会像を描いた調査である。この経験により、複数手法の組み合わせは、将来社会の姿と科学技術の貢献を検討する上で有効であるという示唆が得られた。

一方、第3期科学技術基本計画期間である2000年代後半には、国内外の大きな状況変化が強く意識されるようになった。この結果、次期の第4期科学技術基本計画の検討に当たっては、地球規模あるいは国内の社会的問題に対して科学技術がどのように貢献できるかが議論の焦点になることが予想された。第9回調査には、必然的に科学技術と社会の関係性の検討が求められた。欧州では、従来から個別の科学技術よりも将来社会を検討対象とする予測活動が盛んである。そこで、社会に変化を起こす要素を抽出する予測調査「FinnSight2015」を実施したフィンランド科学技術庁(Tekes)との共同研究により、ミッション指向の科学技術予測を試行した。3テーマを設定し、専門家パネル、デルファイ調査、シナリオ作成、ワークショップ、ロードマップといった複数手法の組み合わせの有効性を検討した。この結果、複数手法を統合するための要点として、①複数手法の調査の枠組みを統一すること、②複数手法のインタラクションをプロセスに内包すること、③プロセスの最後に統合を目的とした文書を作成することなどが明らかとなった。

こうした多くの経験を基に、今回の第9回調査では、将来社会と科学技術の成果との関係性を前面に押し出し、第8回までの調査活動とは全く異なる予測調査を試みた。特に既存の分野概念を徹底して排除し、より学際性を追求した。また、俯瞰性よりも戦略性を志向し、将来社会との関係性を重視した。

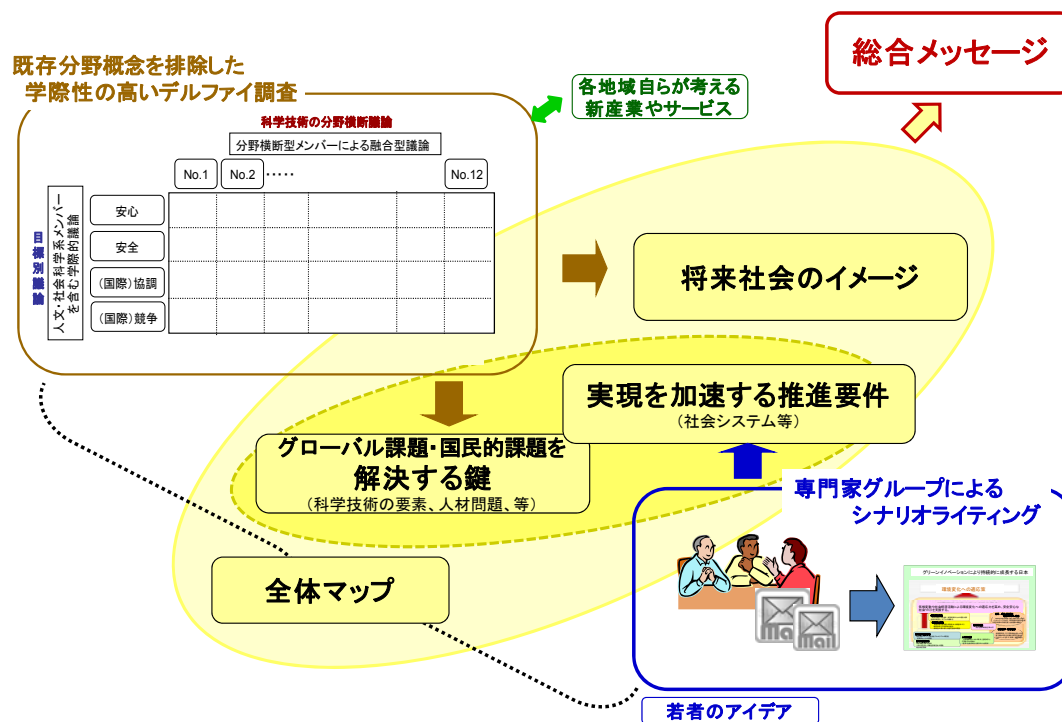
なお、これまでに実施してきたデルファイ調査については、調査実施から20年を経過した時点で実現状況の評価を行っている。ここからは、科学技術の進展を加速させる上での要件についての示唆を得ることができた。

1-3. 総合分析の枠組み

2章以降では、「将来社会を支える科学技術の予測調査」において実施した3つの調査研究活動(1-2-2項に記述)を基に分析を行い、総合的なメッセージを抽出する(図表 1-7)。

まず、デルファイ調査の結果から将来社会のイメージを抽出する。この将来像は、専門家による科学技術発展の予測を根拠とするものであり、実現可能な将来目標と言える。次いで、デルファイ調査の「課題解決の鍵となる事項」設問への回答、及び、デルファイ調査トピックと専門家グループによるシナリオの関連性を示した全体マップから、目標とする社会像の実現に向けて貢献度の高い科学技術は何かを明確にする。続いて、それらを推進するための社会的要件を3つの調査研究活動から抽出し、検討する。

図表 1-7: 新しい予測手法とそれらの統合



<参考 1> 調査報告書一覧

NISTEP REPORT No.140 将来社会を支える科学技術の予測調査 第9回デルファイ調査(2010年3月)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep140j/idx140j.html>

NISTEP REPORT No.141 将来社会を支える科学技術の予測調査 科学技術が貢献する将来へのシナリオ(2010年3月)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep141j/idx141j.html>

NISTEP REPORT No.142 将来社会を支える科学技術の予測調査 地域が目指す持続可能な未来(2010年3月)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep142j/idx142j.html>

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

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/mat168j/pdf/mat168j.pdf>

*これまで実施した関連の調査

Policy Study No.14 Foresight for Our Future Society – Cooperative Project between NISTEP (Japan) and TEKES (Finland) (2009年2月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/eng/pol014e/pdf/pol014e.pdf>

Policy Study No.13 複数手法の統合による新しい予測調査の試み 日本-フィンランド共同プロジェクト(日本側の結果)(2008年11月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/pol013j/pdf/pol013j.pdf>

NISTEP REPORT No.101 2025年に目指すべき社会の姿-「科学技術の俯瞰的予測調査」に基づく検討-(2007年3月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep101j/pdf/rep101j.pdf>

NISTEP REPORT No.94 科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 社会・経済ニーズ調査(2005年5月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep094j/idx094j.html>

NISTEP REPORT No.95 科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 急速に発展しつつある研究領域調査(2005年5月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep095j/idx095j.html>

NISTEP REPORT No.96 科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 注目科学技術領域の発展シナリオ調査(2005年5月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep096j/idx096j.html>

NISTEP REPORT No.97 科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 デルファイ調査(2005年5月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep097j/idx097j.html>

NISTEP REPORT No.98 科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査 概要版査(2005年5月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep098j/idx098j.html>

NISTEP REPORT No.99 我が国における科学技術の現状と今後の発展の方向性-基本計画レビュー調査及び俯瞰的予測調査による分野・領域の総合的動向分析-(2005年5月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep099j/pdf/rep099j.pdf>

NISTEP REPORT No.71 第7回技術予測調査(2001年7月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep071j/idx071j.html>

NISTEP REPORT No.52 第6回技術予測調査(1997年6月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/abs/jpn/rep052j/rep052aj.html>

NISTEP REPORT No.25 第5回技術予測調査(1992年11月) <http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep025j/idx025j.html>

第2章 将来の社会像とその実現に貢献する科学技術

2-1. 科学技術の進展がもたらす将来の社会像

— デルファイ調査の結果から浮かび上がる2025年の国民生活 —

今後の科学技術の進展により、将来の社会にはどのような見通しが得られるのであろうか。デルファイ調査の全トピックの中から、2025年において我が国の社会に普及していると予測されるトピック(2025年までに社会的に実現)、及び、研究開発の成果が公表されることにより人々に希望を与えているトピック(2025年までに技術的に実現)を抽出した。専門家は、科学技術の進展により、2025年頃には将来の生活は以下の3点において現在より進んだ社会となると予測している。

- 各種診断技術・システムが生活の中に適切に埋め込まれ、個人による健康維持が進み始めた社会
- 様々なエネルギーを、各個人が選択的に、あるいは総合的に価値判断して、利用することが可能になり、温暖化防止や環境保全に人々が積極的に関わるようになった社会
- 環境変化がもたらす様々な災害に対応しはじめた社会

図表 1-8 は、抽出したトピックのうち主なものをつなぎ合わせて国民生活のシーンを構成したものである。これらを見ると、15年後の2025年には、現在すでに発見や発明がなされている科学、あるいは一部で実用化が始まっている技術が社会に広く普及していくことで、より満足度の高い生活が送れるようになることが期待されていることがわかる。具体的には、個人個人が健康管理システムと密接につながることで個人の健康管理を自ら行うことが日常的になり、医療従事者も精神的サポートを含めてシステムチックに医療に従事できるようになっている姿がイメージされている。また、個人個人がより環境に配慮したエネルギーを利用できる社会システムが構築され、環境変化に対応する災害対策も整った暮らしが可能になっている姿がイメージされている(具体的なシーン例は、別添2参照)。

ここで示される将来の社会像は、科学技術的な考察に基づく現実的な目標と言える。技術的実現時期を問うたトピックの約9割、社会的実現時期を問うたトピックの約4割が2025年までに実現すると予測されており、これらから望ましい社会像への方向性を十分窺い知ることができる。

次の段階として、こうした将来社会像の実現に向けて貢献度の高い科学技術は何かを明らかにし、それらを着実に進展させる方策、及び、社会での実用や普及に必要な社会の仕組みの整備が、推進策として挙げられることが望ましい。それにより、初めて将来像は確実に現実のものとなり、あるいは予測より早く科学技術の成果が享受されるようになるだろう。このようなアプローチは、過去や現状の問題点のみから戦略を練るより建設的であると考えられる。

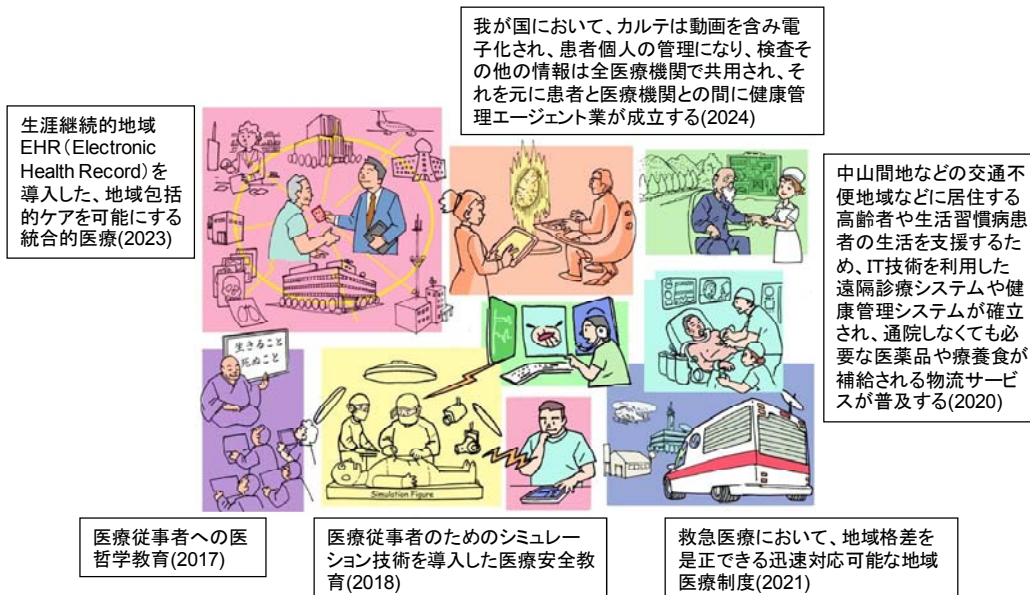
図表 1-8: 2025 年の生活シーン

「各種診断技術・システムが生活の中に適切に埋め込まれ、 個人による健康維持が進み始めた社会」



* ()内の数字は、デルファイ調査で予測された、社会で適用される・普及する時期(年)

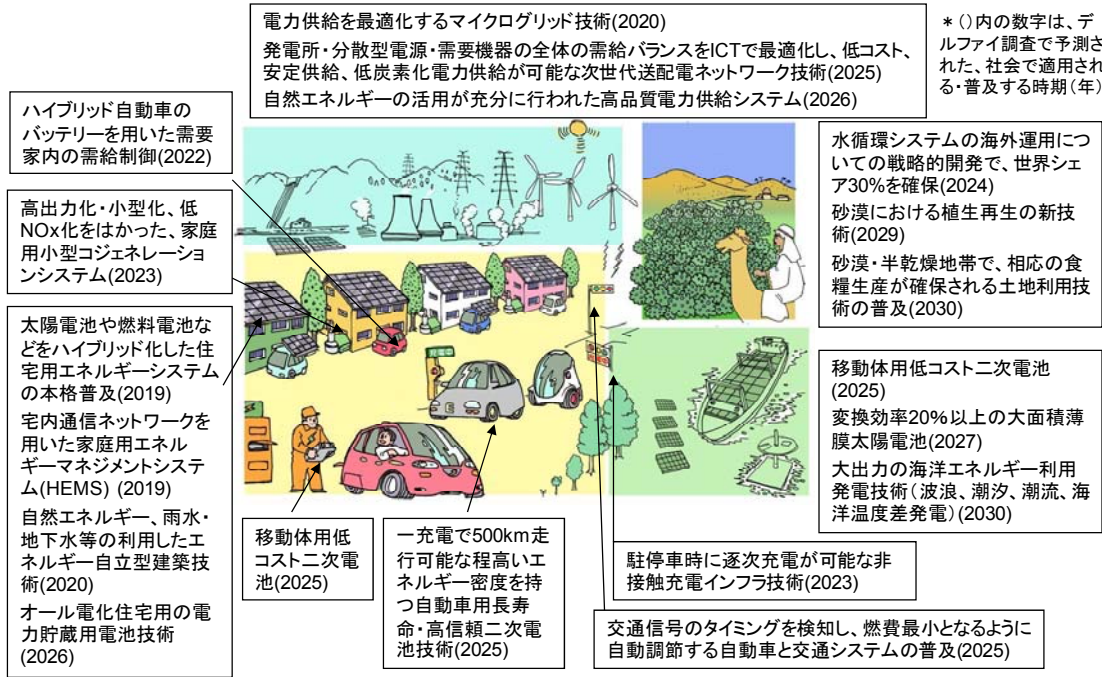
(「医療」の場面において)



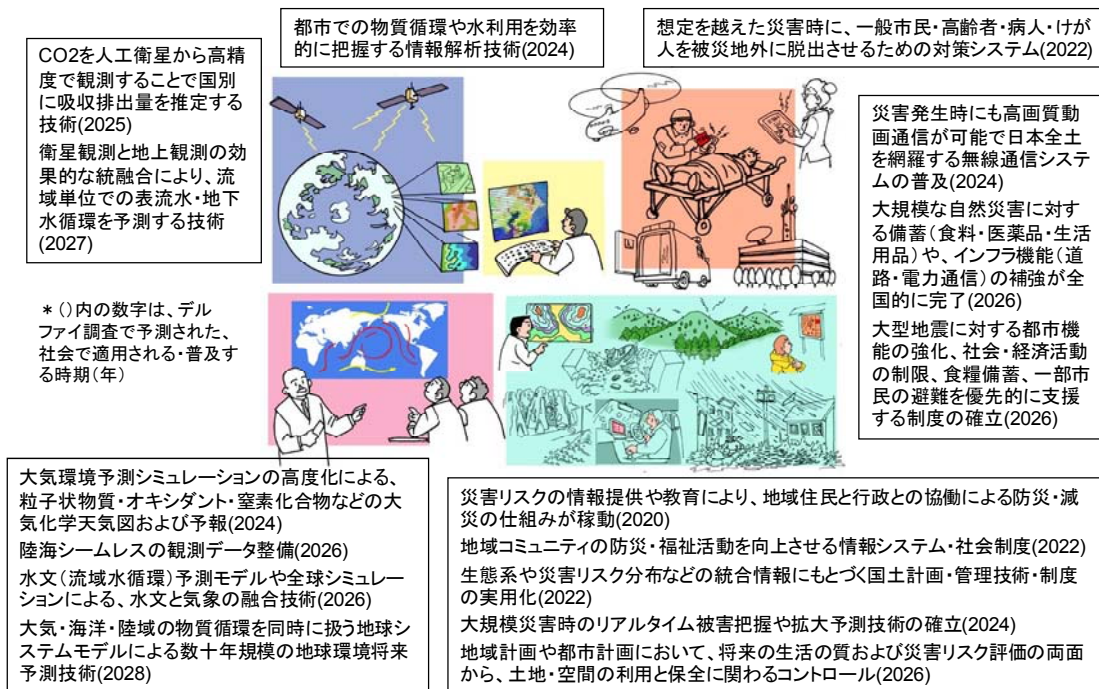
* ()内の数字は、デルファイ調査で予測された、社会で適用される・普及する時期(年)

(図表 1-8 続き)

「様々なエネルギーを、各個人が選択的に、あるいは総合的に価値判断して、利用することが可能になり、温暖化防止や環境保全に人々が積極的に関わることになった社会」



「環境変化がもたらす様々な災害に対応しはじめた社会」



2-2. グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる科学技術

— デルファイ調査の回答者集団が考える課題解決の鍵 —

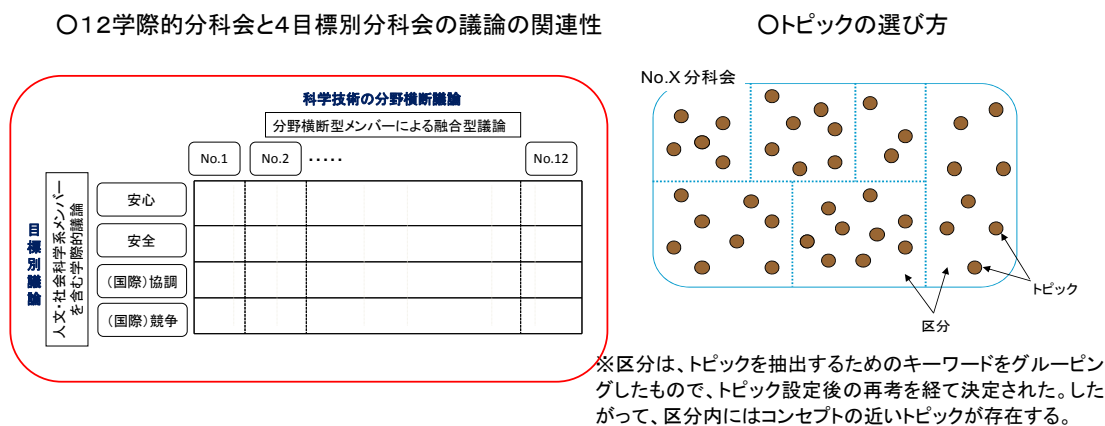
2-2-1. 設定プロセス

将来社会を支える科学技術の成果を次々と生み出し、また、それを社会の中で十分に生かすためには、既存の分野に囚われない学際的な議論が必要である。今回の第9回デルファイ調査では、既存分野の固定概念を排除するため、既存分野をイメージさせる分野名を分科会名から排して番号呼称の学際的分科会を設置し、分科会が取り上げる範囲を分科会自らが設定することとした。計135名の専門家が参加した12の学際的分科会(図表 1-9)は、①取り上げるべき内容を表すキーワードを設定、②関連の深いキーワードをとりまとめて区分を設定、③区分毎にトピックを設定、というプロセスにより、832のトピックを設定した。この際、この議論と平行して行われた、今後の科学技術の目標を考えるうえで重要となる領域を検討する分科会(安心・安全・国際協調・国際競争という4つの目標別分科会)での議論が参考にされた(図表 1-10、11)。

図表 1-9: 12の学際的分科会の視点

分科会	視点	区分数	トピック数
No.1	ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす	6	70
No.2	情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論	12	76
No.3	バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる	8	58
No.4	ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる	5	85
No.5	宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術	7	64
No.6	多彩なエネルギー技術変革を起こす	13	72
No.7	水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う	7	59
No.8	環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術	10	68
No.9	物質・材料・ナノシステム・加工・計測などの基盤技術	5	84
No.10	産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術	8	76
No.11	科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般	8	58
No.12	生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群	5	62
計		94	832

図表 1-10: トピック設定のプロセス



これらの議論の特徴は、科学技術のすべてを網羅する「俯瞰性」よりも、何を重視すべきと考えているかという「重要性」を尊重している点である。したがって、分科会間の議論の重複はあってもよいものとし、むしろ議論が重なる点は、分野の壁を越えてより重要な視点であると見なした。このような議論を経てまとめられた12の分科会の視点は、今後の科学技術政策が重点的に取り組むべき事項の全体像とも言うことができる。

図表 1-11: 目標やテーマを設定する上で参考にした予備的な議論

安心に関する議論

議論の領域	議論の内容
ディペンダブルな公共システムの構築	システム構築学(ディペンダブル基盤技術の構築、オープンシステム学など)、全体最適化(効率化とリダンダンシーのバランス)、サイエンスやエビデンスに基づいた社会の意志決定システム、情報システムの統合(公共データベースの一元化)
システムの分かる化	システムの見える化(開示可能なシステムの構築、予測と評価)、安心工学、制御技術(カウンターテクノロジー、PDCA)
質の高い健康の確保	カスタマイゼーション(テーラーメイド)、健康の質の定量化、健康知識の普及・啓発(リスクコミュニケーション)、縦割りでない包括的な医療/治療体制
高齢者の自立のためのエージング社会の実現	自助(機械によらないリスク管理や運動による体の維持)、共助(孤独死防止など)、公助(ユニバーサルデザイン、高齢社会におけるインフラ整備) QOLのrecession(後退)(認知症対応インフラなど)
持続可能な生活の実現	食(トレーサビリティ、化学物質の生体へのリスク、安定供給)、資源(元素戦略、安定確保)、エネルギー(再利用エネルギー、利用と回収、低炭素化)
恒久平和の実現	防衛システム、ソフトパワー、ホームランドセキュリティ

安全に関する議論

議論の領域	議論の内容
データ・知識の連携・統合・提供	人間行動理解、高安全知識体系、オントロジー等 生活環境・年齢等により安全マップ作成(普及・教育) 安全に関わる項目の洗い出しと数値化
社会全体のシステム構築	防衛、ライフライン、食、水、大気 医療・福祉
個人個人の安全性確保	安全確保のための人間とコンピュータの相互理解技術
責任の分配	法制度、安全産業
安全文化・安全教育	安全知識体系、安全観、人間行動の欠陥モード分析
人工物(情報システム等も含む)の安全性確保	人口減少社会に向けて長く有効利用 避難しなくても居住者の安全確保可能な安全住宅 新技術に起因する危険性の発掘・評価・分析・対処技術 安全に対する配慮 情報システムの開発・利用・運用に関する人間行動理解 人間行動理解
人の安全性	加速的に変化する犯罪対応、犯罪防止、捜査支援、鑑定 運転阻止システム、迅速発見技術、正常運転自動判断 人身事故ゼロを目指した技術開発
環境・災害からの安全性確保	産業・社会システム等の安全性能評価、危険予測 発見・救出・脱出・避難技術、危険察知・危機回避能力 現場感知・検知簡易化、パニック・二次災害防止、運搬 予測・評価・防護、長期被災生活環境改善、危険可視化 災害応急活動終了後の安全安心(施設等早期修復など)

国際協調に関する議論

議論の領域	議論の内容
未発見・未利用資源エネルギーの探査・開発・確保	正当なデータの把握、未利用の資源やエネルギーの開拓、極地の資源 次世代エネルギー資源メタンハイドレート資源化、日本 海海洋資源探査と技術研究開発 資源管理国際ルール
地球規模の人間活動のウォッチングと制御	人口制御と安定社会 巨大地震・異常気象による災害の予測・対策 温暖化への適応技術と制度的対応 水資源(洪水・渇水)、食糧の適正な配分 地球に優しいエネルギー、省エネルギー 地球規模問題の地域対応
人類の生涯にわたる健康の実現	健康リスク管理・協調 途上国との相互理解による健康の実現 新興・再興感染症対策、感染症リスク評価 健康で快適な居住空間設計(都市、田舎)
日本発の科学技術の産業化	高品質ものづくり バイオ・ナノテクノロジー トランスポート・テレコミュニケーション領域(実環境の提供、遠隔)
教育機能の展開と活用	国際的にリーダーシップをとれる人材の育成、科学技術のリーダーの育成 一人一人の資質に応じた教育、教育人材育成および海外派遣 国外における教育、トレーニング手法の提供
国際的課題を解決するための方法論の開拓	科学技術外交、合意形成

国際競争に関する議論

議論の領域	議論の内容
国際社会に通用するインテリジェンスとタフネス	応用展開能力向上、知的労働への積極的評価、国際的インテリジェンスコミュニティの確立、アプリケーションおよびプロフェッショナルスクールの確立、多言語化の中での認識共有、ICTインフラ、タフネスな人材育成
認識の共有	認識共有技術(多言語を支える仕組み、データベース、国際的なコミュニケーション技術、オーギュメントリアリティ、タンジブルインタフェース、“雰囲気” “違い”の伝達・共有BMI)、美意識や哲学など文化的価値のある暗黙知、技術知識だけでなく総合的教養の向上、世界の多様性に接近できるクロスカルチャーの認識方法(人間認識支援)
日本的センスに基づく方法論の提示	方法論の提示(細胞レベルの診断・計測、医学診断分野の認識方法などにおいて)、新サステナビリティ学・調和(日本的な空間設定、環境設定、人や自然との関係性)人間への負担(交通発展段階での人間の身体負担の軽減)、計測・再生と修復学(世界および国内の産地証明、生産-消費時間の短縮、食品・農産物を捨てない社会技術など)
将来需要発掘のための贈与型技術移転	技術移転力(贈与):環境・エネルギー、省エネルギー技術、感染症対応技術、生産消費の見える化(トレーサビリティの高度化、フェアトレード)、実態世界の把握(予測能力、対応力を高めるためのデータ蓄積) ヒューマニティ(大学を通じた研究成果の出口の限界、投入方式の検討、互恵の贈与、共有化、贈与することによるヒューマニティ回復 贈与をきっかけとする競争力獲得、情報のハブ化(日本の魅力向上)

2-2-2. 課題解決の鍵となる科学技術

デルファイ調査では、「グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる科学技術は何か」との問いを設けた。各分科会の回答者は、当該分科会が設定した区分の中から2つまでを選択している。図表 1-12 に、回答者からの支持が多かった上位約1/3に当たる36区分を示す。

これらを見ると、エネルギー・資源・環境関連の区分が18区分と、上位1/3区分の半数を占める。将来社会像(2-1節参照)のうち、「エネルギーの選択的利用により人々が温暖化防止や環境保全に積極的に関わる社会」への関わりが大きく、その実現に向けての科学技術が多くの領域で重視されていると推察できる。健康・医療関連では、治療と共に予防医療の区分も挙げられている。またその他に分類された区分では、人材問題やマネジメント関連などの社会科学的な区分、及び、ICT 関連の区分が多く挙げられていることが注目される。

約半数の回答者の支持が集まった区分は全分科会で10区分あり、エネルギー・資源・環境関連4区分、健康・医療関連2区分、その他4区分となっている。この10区分中、「エネルギー」(No.1 分科会)、「宇宙・海洋管理技術」(No.5)、「エネルギー・資源・環境」(No.10 分科会)のエネルギー・資源・環境関連3区分、及び、「情報の社会化」(No.2 分科会)は、得票比率(各分科会において全票が各区分に均等に配分されたと仮定した場合の平均得票数を基準とした比率)においても特に上位に位置しており、重要性が強く認識されていることがわかる。最も得票比率の高い「情報の社会化」とは、ICT が社会システムの基本インフラとして使われ、人々が生活の中でその恩恵にあずかれること、すなわち、情報化による新しい社会システムの構築を扱った区分である。具体的には、グリーン ICT システム、高度医療電子情報システム、世界的な食品トレーサビリティシステム、技術や文化の継承システム、日常の生活補助やコミュニケーションのための知能ロボットシステムなどのトピックが挙げられている。

図表 1-12: グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる科学技術(36区分)

エネルギー・資源・環境関連(18区分)

区分(冒頭の No.は区分の属する分科会)	得票割合(%)	得票比率
* * No.1:エネルギー	68	2.0
No.3:エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術	34	1.4
* No.5:地球診断技術	49	1.7
* * No.5:宇宙・海洋管理技術(観測を含む)	58	2.0
* No.6:原子力エネルギー	39	2.6
No.6:化石エネルギー	20	1.3
* No.6:再生可能エネルギー	39	2.5
No.6:低炭素エネルギー貯蔵	16	1.0
No.6:省エネルギー	16	1.1
No.7:農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む)	43	1.5
No.7:水資源	38	1.3
No.7:環境、再生資源、リサイクル、LCA	32	1.1
No.7:炭化水素資源、鉱物資源およびCCS	38	1.3
No.8: ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)	25	1.3
No.8: 温暖化の評価と対策技術	22	1.1
No.8:都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品	33	1.7
No.8: 大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術	22	1.1
* * No.10:エネルギー、資源、環境	61	2.5

健康・医療関連(5区分)

区分	得票割合(%)	得票比率
No.3:バイオ・ナノテクノロジー応用技術	28	1.1
No.3:治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)	32	1.3
* No.4:安心・安全を目指す医療	47	1.2
* No.4:新しい医療技術の創造	53	1.3
No.4:予知・予防医療への展開	44	1.1

その他(13区分)

区分	得票割合(%)	得票比率
No.2:クラウドコンピューティング	22	1.3
No.2:情報通信新原理	18	1.1
* * No.2:情報の社会化	48	2.9
No.5:宇宙技術(宇宙医学を含む)	41	1.4
* No.9:ナノ基盤材料	67	1.7
* No.9:出口(デバイス・システム化及び応用技術)	67	1.7
No.10:グローバル化、価値付加、市場創成	37	1.5
No.10:理工系離れ、人材問題、少子高齢化	31	1.2
No.11:国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント	38	1.5
No.11:サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント	30	1.2
No.11:社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み	32	1.3
No.11:人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	40	1.6
* No.12:インフラシステムの持続化戦略	65	1.6

注) 全票が各区分に均等に配分されたと仮定した場合の平均得票数を基準とした比率(得票比率)が1を超えている36区分を抽出した。1列目の*は約半数の回答者から支持があった(得票割合45%以上)10区分を表す。2列目の*は得票比率の特に高い(比率2.0超)6区分を表す。

2-3. どのような科学技術が社会に対して貢献度が大きいと期待できるのか

— デルファイトピックとシナリオライティングの統合分析 —

2-3-1. 科学技術が貢献できる領域

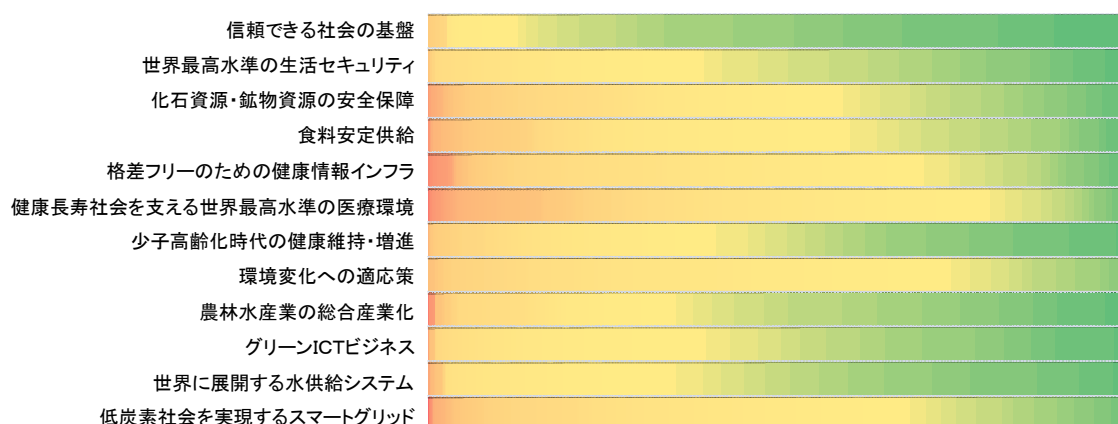
専門家グループにより作成されたシナリオ及びデルファイ調査トピックには、グランドチャレンジを出発点とした議論から抽出されたキーワードが共に含まれている。しかし、検討の視点や検討過程が異なることから、双方の記述には当然差異が生じる。デルファイ調査は、トピックの8割が技術的実現を伴うものであり、科学技術の要素が強い。したがって、シナリオに出現するキーワードがデルファイ調査トピックでも多く取り上げられている場合、そのシナリオテーマは科学技術の貢献の余地が大きいと推測することができる。そこで、専門家グループシナリオの記述から、出現頻度が高く、かつ、そのシナリオに特徴的なキーワードを抽出し、デルファイ調査トピックの記述と比較した。デルファイ調査トピックが上述のようなキーワードを多く含み類似度が高い場合、高スコアが与えられる(方法詳細は、参考2(1)参照)。

図表 1-13 は、シナリオ毎にトピックをスコア順に並べ、高スコアから低スコアに向かうにつれて赤から緑に色を変化させた図である。赤や橙の部分が多いシナリオテーマは、関連の深いデルファイ調査トピックが多く、様々な科学技術専門家が学際的に取り組むことによって社会の課題が解決される領域、すなわち、「科学技術の成果の貢献度が大きいと期待できる領域」と言える。「格差フリーのための健康情報インフラ」、「健康長寿社会を支える世界最高水準の医療環境」、「化石資源・鉱物資源の安全保障」、「食料安定供給」、「低炭素社会を実現するスマートグリッド」のシナリオテーマは、このような領域に該当する。これらのテーマについては、要素となる個々の科学技術の重要性は関係者間に共通に認識されていると考えられ、今後は、それらの要素を一つの枠組みの中で捉えていくことがより重要と考えられる。また、これらのテーマは主に、2-1節で示した将来社会像のうち、「個人による健康維持が進み始めた社会」や「エネルギーの選択的利用により人々が温暖化防止や環境保全に積極的に関わる社会」に関わるものであると言える。

一方、マッチングが少ない、すなわち緑部分が多いシナリオについては、シナリオやトピックに具体策や具体案が提示されていないという具体性の欠落を理由とする場合や、デルファイ調査の該当トピック不足を理由とする場合が考えられる。「農林水産業の総合産業化」は後者の例であり、専門家の再考を要するテーマと言える。こうしたマッチングの少ないテーマについては、科学技術の貢献について従来の発想を超えた議論の必要性があろう。

赤や橙で示された関連の深いトピックが多く存在する上述の5つのシナリオテーマについて、高スコアのトピックの分布を図表 1-14 に示す。医療及び資源に関わるテーマには多くの分科会が関わっており、特に学際性を必要としていることがわかる。一方、デルファイ調査の分科会別に見ると、インフラ関連(No.12 分科会)のトピックは最も多くのテーマと関わっている。また、マネジメント関連(No.11 分科会)のトピックも様々なシナリオテーマに関わっており、多くの場面でマネジメントのような社会科学の側面も考慮すべきであることがわかる。

図表 1-13: グループシナリオとデルファイ調査トピックとの関連性



※ 縦軸はグループシナリオが書かれたテーマ名
 ※ 横軸はデルファイ調査のトピック(計832)を、各シナリオのキーワードとのマッチングの強弱で並べ、関連性の強さを色で可視化した(赤:関連性が強い、黄:中程度、緑:関連性が弱い)。
 スコアと色の関係: 400 300 200 100 50 10 0

図表 1-14: シナリオと関連性の強いトピック(スコア100以上)の分科会別分布

シナリオテーマ	デルファイ分科会												デルファイトピックに出現する主なキーワード
	No.1 (電子・通信)	No.2 (情報)	No.3 (バイオ)	No.4 (医療)	No.5 (宇宙・地球)	No.6 (エネルギー)	No.7 (資源)	No.8 (環境)	No.9 (材料)	No.10 (製造)	No.11 (マネジメント)	No.12 (インフラ)	
化石資源・鉱物資源の安全保障					4	6	20	6	1	3	1	1	資源、利用、エネルギー、回収、鉱物資源、在来型化石資源、化石資源、CCS、廃棄
食料安定供給			12		1	1	9	3		12	9	5	生産、資源、エネルギー、利用、産業、生物、管理、バイオ、情報、作物
格差フリーのための健康情報インフラ	2	2	1	11				2	1	8	21	4	健康、管理、データベース、情報、教育、利用、サービス、医療、価値、活用
健康長寿社会を支える世界最高水準の医療環境	3	12	28	68			1		31		3	2	医療、情報、バイオ、機能、治療、診断、デバイス、応用、基盤、通信
低炭素社会を実現するスマートグリッド	9		3			24			3	1		2	エネルギー、電池、電力、ネットワーク、太陽、効率、発電、供給、材料、再生可能

2-3-2. 特に大きなイノベーションが期待される方向性

前項のシナリオとデルファイ調査の類似度評価を基に、専門家グループが作成したシナリオとデルファイ調査の区分(関連するトピック群)との関係を二次元にマッピングした(図表 1-15)。この方法では、類似性・関係性の強いものが近くに配置される。したがって、相対的に見て、共通的なものは中心付近に、特徴的なものは周辺に表示されることになる。図中では、近くに位置する関連の深いシナリオテーマやデルファイ区分を括っている(方法詳細は、参考2参照)。

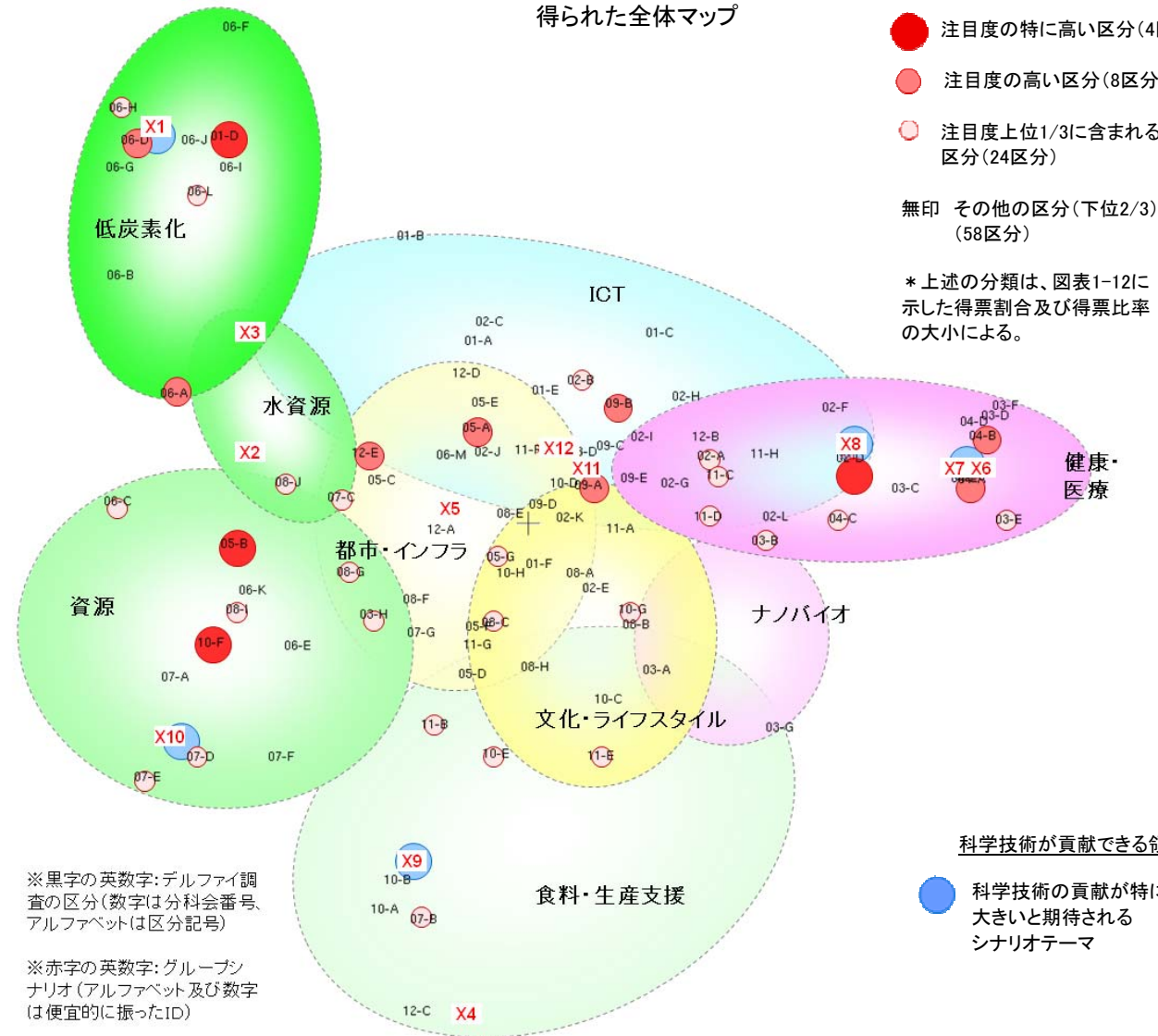
図では、エネルギー・資源・環境に関連するシナリオテーマやトピックが左側周辺に集まり、広い面積でゆるい関係をもつ大きなグループを形成している。また、健康・医療に関連するシナリオテーマやデルファイ区分は右側周辺に集まり、エネルギー・資源・環境関連とは異なる特徴をもつグループとして形成されている。ICT、インフラ、マネジメント等は図の中心付近に集まり、共通基盤的な位置づけになっている。エネルギー・資源・環境関連及び健康・医療関連は、2-1節で示した将来の社会像とよく合致しており、将来社会に向けた方向性であると言える。

グローバル課題・国民的課題解決の鍵となる科学技術(図表 1-12)、及び、科学技術の成果の貢献度が大きいと期待できる領域(図表 1-14)を併せて考えると、エネルギー・資源・環境関連は、課題解決に向けて重要とされた区分が多く、かつ科学技術の貢献度も高いことから、将来社会の課題解決に向けたイノベーションの第一の方向性と見なすことができる。健康・医療関連は、課題解決に向けて重要とされた区分は少ないものの科学技術の貢献が期待される領域であり、近くに位置する ICT やマネジメントと併せて第二の方向性と見なすことができる。この二つの方向性は離れた場所に配置されていることから、これらのイノベーションにより、異なる特徴を持つ課題解決型の科学技術を広くカバーできると考えられる。

また、重要性が高いとされる他の要素として、ICT やインフラなどの基盤技術、及び、ライフスタイルやマネジメントなどの社会科学的要素が、上述の二つのグループに重なるように中心付近に位置していることに留意する必要がある。すなわち、二つの方向性に注目する際には、ICT やインフラなどの基盤的技術、及びマネジメント・ライフスタイルなどの社会科学的観点を共通的な議論として加えて展開することが望ましい。なかでも、ICT は全体を左右する重要な位置を占めており、今後の科学技術全体の発展基盤技術となるものと考えられる。

次章では、上述の2つのイノベーションの方向性について、予測調査の結果全体から、その推進策を探る。

図表 1-15: デルファイ調査トピックとグループシナリオの類似度分析から得られた全体マップ



※黒字の英数字:デルファイ調査の区分(数字は分科会番号、アルファベットは区分記号)

※赤字の英数字:グループシナリオ(アルファベット及び数字は便宜的に振ったID)

グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる区分(図表 1-12)

- 注目度の特に高い区分(4区分)
- 注目度の高い区分(8区分)
- 注目度上位1/3に含まれる区分(24区分)
- 無印 その他の区分(下位2/3)(58区分)

* 上述の分類は、図表1-12に示した得票割合及び得票比率の大小による。

02-D	情報の社会化
10-F	エネルギー、資源、環境
05-B	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
01-D	エネルギー
06-A	原子力エネルギー
06-D	再生可能エネルギー
05-A	地球診断技術
09-B	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
09-A	ナノ基盤材料
12-E	インフラシステムの持続化戦略
04-B	新しい医療技術の創造
04-A	安心・安全を目指す医療
08-I	都市廃棄物極小化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品
11-E	人間のマネジメント、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持
11-B	国際競争力低下を防止するためのマネジメント、外国人と対等に戦える人材育成、異文化共創マネジメント
07-B	農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む)
10-E	グローバル化、価値付加、市場創成
05-G	宇宙技術(宇宙医学を含む)
03-H	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術
02-A	クラウドコンピューティング
07-C	水資源
07-E	炭化水素資源、鉱物資源およびCCS
11-D	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発
06-C	化石エネルギー
03-E	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
08-C	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
10-G	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
11-C	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント
07-D	環境、再生資源、リサイクル、LCA
0302	バイオ・ナノテクノロジー応用技術
04-C	予知・予防医療への展開
08-G	温暖化の評価と対策技術
08-J	大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利
06-L	省エネルギー
02-B	情報通信新原理
06-H	低炭素エネルギー貯蔵

科学技術が貢献できる領域(図表 1-13、14)

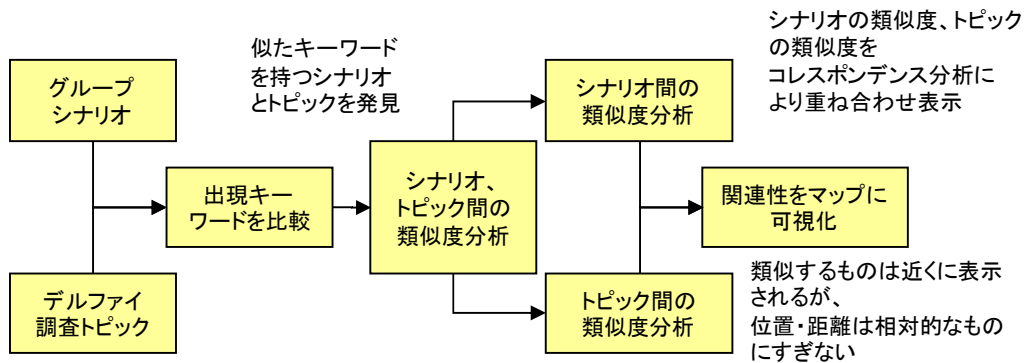
- 科学技術の貢献が特に大きいと期待されるシナリオテーマ

X1	低炭素社会を実現するスマートグリッド
X7	健康長寿社会を支える世界最高水準の医療環境
X8	格差フリーのための健康情報インフラ
X9	食料安定供給
X10	化石資源・鉱物資源の安全保障

＜参考 2＞ 2－3 節の検討方法

専門家グループにより作成されたシナリオ及びデルファイ調査トピックのテキスト比較を基に社会に対して貢献度の大きい科学技術の検討を行った。以下に検討の手順を示す。

参考図表 1:分析フロー



(1) グループシナリオとデルファイ調査トピックの類似度スコアの算出

専門家グループが作成したシナリオの記述から、出現頻度が高く、かつ、そのシナリオに特徴的なキーワードを抽出し、デルファイ調査トピックの記述と比較した。具体的な手順は以下の通りである。

- ① 各シナリオの記述から、3文字以上のアルファベット、3文字以上のカタカナ、漢字の繰り返しとひらがなの組み合わせ、といったパターンに合致するものをキーワードとして抽出し、シナリオ毎にキーワードリストを作成する。
- ② TF-IDF (term frequency - inverted document frequency) 手法により、抽出された全キーワードの重み付けを行う。これは、キーワードの出現頻度 (TF) とキーワードの出現するシナリオ数 (DF) の関係から、文中で特徴的なキーワードを導出する一般的な手法である。特定のシナリオにのみ出現する専門的なキーワードには高いスコア、多くのシナリオに共通的に出現する汎用的なキーワードには低いスコアが与えられる。

$$W_R(i) = tf_R(i) \cdot \log\left(\frac{n}{df_R(i)} + 1\right)$$

$W_R(i)$: キーワードの重要度

$tf_R(i)$: キーワードの出現頻度

$df_R(i)$: キーワードの出現する文書数

- ③ ②で抽出したキーワードとデルファイ調査トピック記述とのマッチングをシナリオ毎に行う。トピック文中にキーワードが含まれる場合、そのスコアの合計値をトピックのスコアとする。したがって、スコアの高低は、トピックのシナリオとの類似度の高低を表す。図表 1-13 及び 1-14 は、このスコアを基に作成している。

(イメージ)

	シナリオ 1 に関して	シナリオ 2 に関して	シナリオ 3 に関して
トピック 1 のスコア	15	10	8	
トピック 2 のスコア	83	7	4	
トピック 3 のスコア	0	58	3	
...		

(2) シナリオテーマとデルファイ区分の配置

(1)の方法により算出されたシナリオとデルファイの類似度を表すスコアの行列を基に、コレスポネンス分析により、シナリオ間、デルファイ区分間の類似度を重ね合わせて表示する二次元マップを作成した(参考図表 2 左)。

コレスポンデンス分析は、2種類の情報から対応関係を把握するために広く利用されている手法である。

ここでは、12次元(シナリオ)×94次元(デルファイ区分)のスコア行列を基にして、多次元の行列からその行列を表すのに最も適切な固有ベクトルを発見し、対応関係を図化している。デルファイ調査については、トピックの数は832と多いが、一つの文は短く情報が少ないため、関連するトピックの群である区分を一つのテキスト群として分析に用いている。図中では、相関のあるシナリオや区分は近傍に、相関のないものは離れた位置に表示される。したがって、相対的に見て、共通的なものは中心付近に、特徴的なものは周辺に表示されることになる。

具体的には、まず、シナリオ×区分のデータ行列から適切なベクトルを発見するため、シナリオと区分の対応関係が最も高くなるよう(行と列の相関が最も大きくなるよう)、コンピュータ処理により自動的に行列の行や列を入れ替える。次に、対応関係が最も高くなった行列から固有値の高い軸を2つ選び、この値に沿ってシナリオテーマやデルファイ区分を配置する。なお各軸の固有値を固有値の合計で割ったものを寄与率と呼び、固有値・寄与率が高い軸を選ぶことで、2次元空間における最も適切な図が作成される。

(3)シナリオテーマとデルファイ区分のグループ化

シナリオテーマ及びデルファイ区分の配置図の中で、近傍に位置する関連の深いシナリオテーマやデルファイ区分を括って名称を付した。グルーピングには、以下に示すシナリオ間及びトピック間の関連性分析を参照した。

シナリオ間の関連性:クラスタ分析の結果、2つのシナリオ(格差フリーのための健康情報インフラ、健康長寿社会を支える世界最高水準の医療環境)が一つの明確なクラスタとして抽出された。

デルファイ区分間の関連性:クラスタ分析の結果、医療システム・サービス、バイオ・医療、エネルギー、環境・資源、大気・水・土壌、生産技術・システム、その他技術群にグループ分けされた。

シナリオとデルファイ区分の総合的な関連性を示すグループ化後のマップ(参考図表2右)では、エネルギー・資源・環境に関連するシナリオテーマやデルファイ区分が図の左側周辺に集まり、広い面積でゆるい関係をもつ大きなグループを形成している。また、健康・医療に関連するシナリオテーマやデルファイ区分は右側周辺に集まり、エネルギー・資源・環境関連とは特徴を異にするグループとして形成されている。これらは、2-1節で示した将来の社会像とよく合致している。ICT、インフラ、マネジメント等の項目は中心付近に集まり、共通基盤的な位置づけになっている。

(4)課題解決に寄与する科学技術との関連

上述の手順で作成したマップ上に、グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる区分(図表1-12)、及び、科学技術の貢献への期待が大きいと考えられるシナリオテーマ(図表1-14)の位置を強調表示し、図表1-15を作成した。

(5)考察

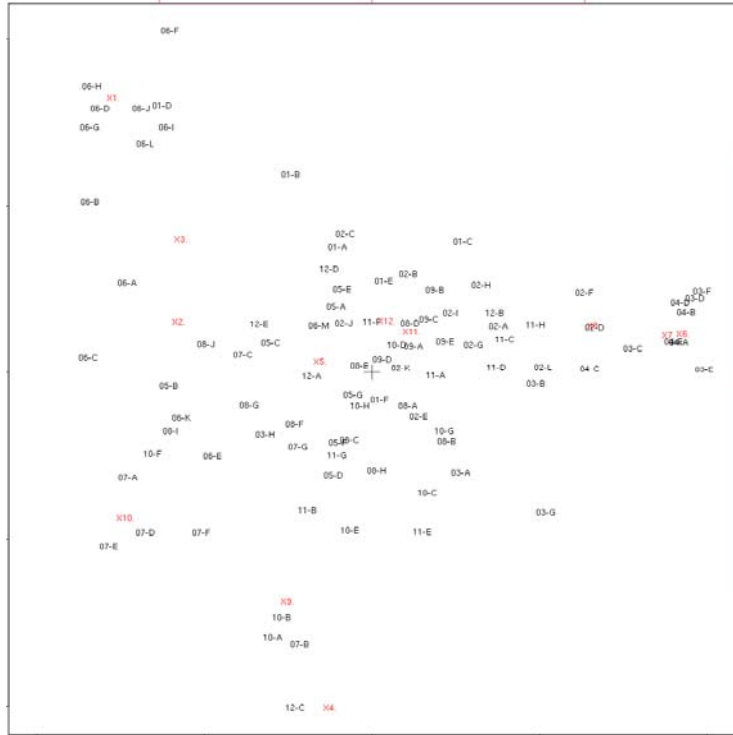
特徴的なグループを形成している、エネルギー・資源・環境関連、及び、健康・医療関連は、エネルギーと健康に関わる2つの将来社会像(2-1節)とよく合致しており、将来社会に向けた二つの方向性であると言える。なお、もう一つの将来像である災害関連は大きなグループを形成しておらず、専門家集団の注目度という観点からは、これを第三の方向性とするには至らないと考えられる。

エネルギー・資源・環境関連のグループには、グローバル課題・国民的課題の解決に向けて特に重要な鍵であると考えられた区分が多く含まれており、課題解決に向けたイノベーションの第一の方向性と見なすことができる。健康・医療関連は、特に重要な鍵であると考えられた区分は少ないものの、科学技術の貢献度が大きく、近傍に位置する「情報の社会化」区分や「サービスマネジメント」区分と併せて第二の方向性と見なすことができる。この二つのグループは離れた場所に配置されていることから、これらのイノベーションにより、異なる特徴を持つ課題解決型の科学技術を広くカバーできると考えられる。

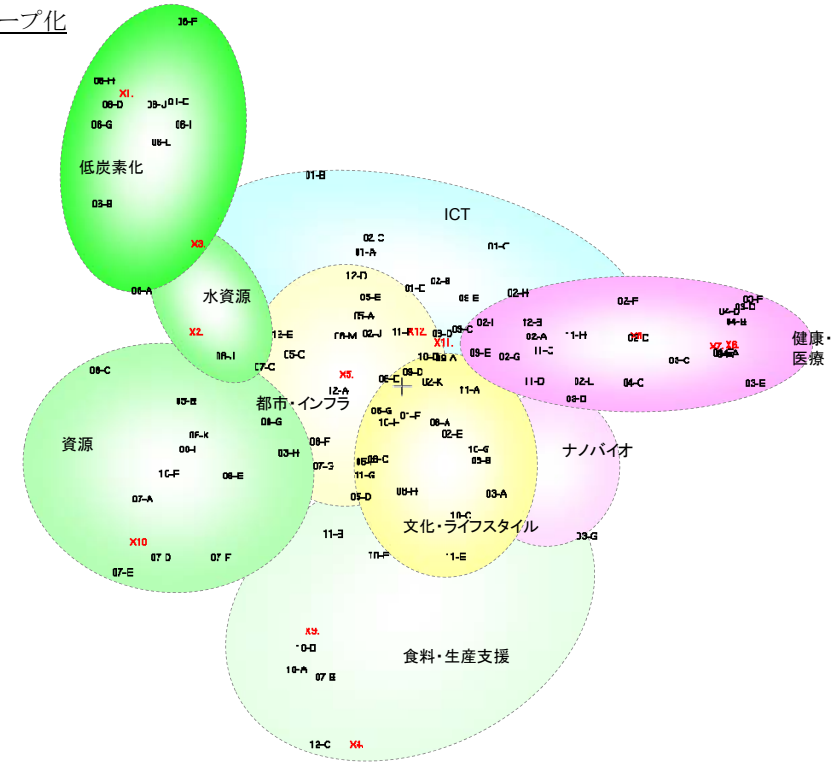
ICT、都市・インフラ、文化・ライフスタイルなどに関わるシナリオテーマやデルファイ区分は、上述の二つのイノベーションの方向性に重なるように中心付近に位置している。これらは、二つのイノベーションを進めていく上で、共通的に検討・推進すべき領域と見なせる。

参考図表 2: 全体マップの作成手順

シナリオテーマ及びデルファイ区分の配置



グループ化



24

- ※ 黒字の英数字: デルファイ調査の区分 (数字は分科会番号、アルファベットは区分記号)
- ※ 赤字の英数字: グループシナリオのテーマ名 (英数字は便宜的に振ったID)

括り	出現キーワードの例
低炭素化	エネルギー、電池、電力、発電、ネットワーク、太陽、変換、供給、材料、再生可能
水資源	下水、資源、水資源、循環、地下水、水道、観測、処理、水管理、汚染
資源	資源、エネルギー、回収、鉱物資源、非在来型、在来型化石資源、CCGS、廃棄、リサイクル、分離
食料・生産支援	生産、産業、エネルギー、資源、生物、バイオ、管理、情報、作物、微生物
健康・医療	医療、情報、バイオ、管理、健康、治療、感染、診断、デバイス、予防
ナノバイオ	健康、生産、作物、細胞、品種、予防、遺伝、適応、畜産、チップ
ICT	データベース、情報、ネットワーク、情報管理
都市・インフラ	下水、資源、地下水、水資源、汚染、上下水道、インフラ、建築、大気、観測
文化・ライフスタイル	生産、農業、災害、気候変動、グローバル、マネジメント、教育、コミュニケーション、心理

第3章 将来社会像の実現を加速するための要件

科学技術の成果によって社会にイノベーションをもたらすためには、目指すべき将来像のイメージを持ち、かつ、その実現に向けて道筋を示すことが必要である。この過程において、イノベーションをもたらすための優先事項は何か、どの領域の研究開発が特に重要か、何が未着手あるいは途上なのか、といったことが明らかになるはずである。また、当然ながら、グローバル課題や国民的課題のような大きな課題を解決しなければならない場合は、一つの分野や領域の研究開発で解決するものではなく、複数の分野融合や異なるセクター間の連携を必要とし、また社会システムの改革や国際的展開のあり方も検討しなければならないはずである。従来の分野重点化や分野別推進戦略の弱点は、その分野の中での重要性が優先的に議論され、それが将来社会にどの程度のイノベーションをもたらすのかが議論されにくいことである。また、課題解決までの道筋や距離感が明確でなくとも、重点分野に属しているかどうか基準によって重要性が議論され、科学技術全体から見て、あるいは社会との関係性において、どういう意味でどの程度に重要なのかという議論に至らないことも多い。

前章において、グローバル課題・国民的課題を解決し将来像を実現させるためのイノベーションの方向性として、エネルギー・資源・環境関連及び健康・医療関連を挙げた。これらは、新成長戦略(2010年6月閣議決定)や第4期科学技術基本計画骨子で取り上げられているグリーンイノベーション、ライフイノベーションに各々関連が深い。ここでは、この2つのイノベーションの方向性に焦点を当て、本調査における3つの調査研究活動の結果から、将来社会像の実現を加速するためのイノベーション推進要件を抽出する。併せて、共通基盤的な推進要件についても触れる。

3-1. グリーンイノベーション推進の要件

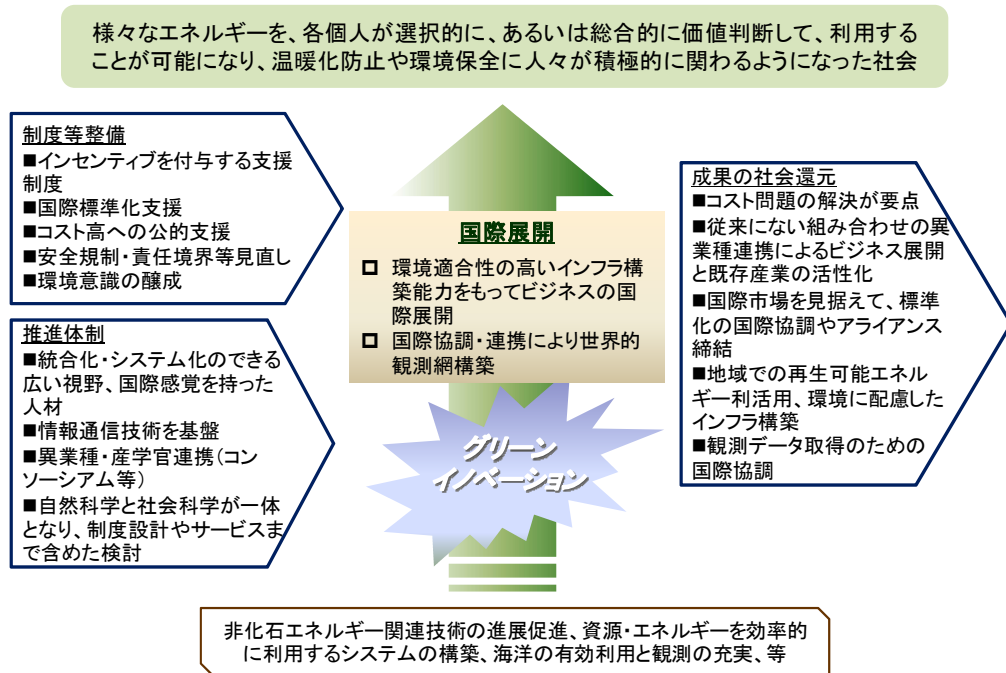
エネルギー・資源・環境関連のグリーンイノベーションは、将来の社会像のうち主に「様々なエネルギーを、各個人が選択的に、あるいは総合的に価値判断して、利用することが可能になり、温暖化防止や環境保全に人々が積極的に関わるようになった社会」の実現に関連する。

以下に示すグリーンイノベーション推進の要件は、このような将来社会を確実に実現するための要件と言える。また同時に、以下の要件により科学技術の成果を確実に国民生活への貢献に結びつけることは国力の持続的・発展的な成長を促し、国際的に日本のプレゼンスを高めることにも繋がる。

本調査全体から見えるグリーンイノベーション推進の要件

- 国際展開が推進策の柱である。我が国のライフラインをグリーンという視点から再構築するとともに、環境適合性の高いインフラ構築能力を強みとしてビジネスの国際展開促進を図る。地球規模の観測等については、国際的なリーダーシップをとって協調・連携を進める。
- グリーンイノベーションに関わる者の持つべき資質は、統合化・システム化を促進できる広い視野と国際感覚であり、そのような人材育成を早急に進める。
- 制度設計やサービス形態まで含めたシステム構築のために、ICT を基盤とし、様々な場面で産学官連携や異業種連携を促進し、自然科学と社会科学との一体的な推進体制で臨む。
- 政府は、インセンティブを付与する環境支援制度、国際標準化に向けての支援、環境教育の充実等を通じて国民の環境意識を醸成し、ライフスタイルを変えていく策を採る。また、開発・普及に向けた政策的支援やコスト高への支援等を行う。
- 注目すべき科学技術は、再生可能エネルギーを始めとする非化石エネルギー関連技術、資源・エネルギーに関しての高効率化とその利用システム構築、海洋の有効利用と観測の充実、全地球規模モニタリング等である。

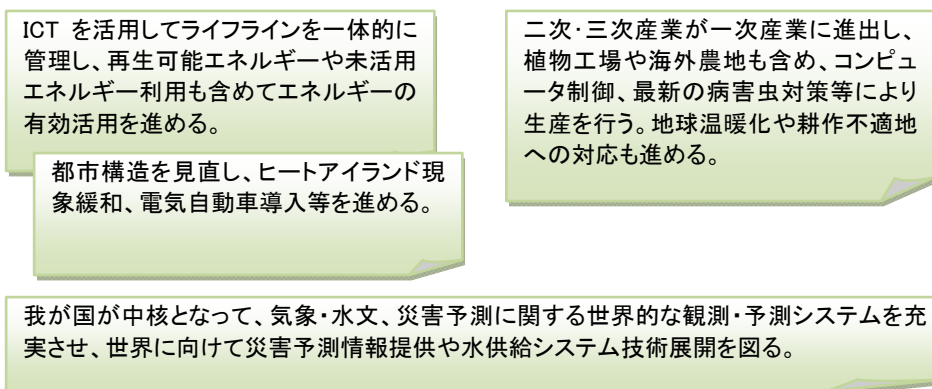
図表 1-16: グリーンイノベーション推進の要件の全体像



(1) 推進の方向性－環境適合性の高いインフラ構築を強みに国際展開

グループシナリオでは、グリーンイノベーション推進の方向性として、グリーンという視点から、サービス提供形態やライフスタイル等を考慮した、制度設計までも含むシステムとして、我が国のライフラインのシステム再構築を図るとともに、システムの構築能力と管理技術を強みとして国際展開を図ることが提案されている。一方、グリーンイノベーションの基盤となるデータ収集・解析のため、我が国がリーダーシップをとって国際連携によって世界的な観測網を構築し、継続的かつ網羅的なデータ収集を行うことも重要であると指摘されている(図表 1-17)。

図表 1-17: グループシナリオに見られるグリーンイノベーション推進の方向性の例



(2) 科学技術専門家集団の注目点

デルファイ調査では、「将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項」を見出すため、各分科会の専門家集団に対して、当該分科会が設定した区分(関連するトピック群)の中から該当する区分を選択することを求めている。専門家の支持が多かった36区分を見ると、グリーンイノベーションに関連するトピックを含む区分が23区分と6割を占める(図表 1-18、1-19)。

専門家集団は、再生可能エネルギーや原子力エネルギーなど非化石エネルギー関連技術の進展促進、エネルギー・資源の生産・供給の高効率化、ものづくりの現場などにおけるエネルギー・資源の高効率利用システムの構築、海洋の有効利用、基盤となる海洋観測や全球規模モニタリングの充実等に特に注目している(具体的な科学技術は、別添1参照)。

「情報の社会化」は、情報関連を扱った分科会(No.2)において最も注目された区分であり、他のグリーンイノベーションに関連する区分と同等の支持を得ている。ICTをグリーンイノベーションにどれだけ生かせるかも大きな鍵である。

図表 1-18: 「将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項」として専門家の支持が多かった、グリーンイノベーション関連トピックを含む区分

区分(カッコ内は当該区分を設定した分科会名)	得票比率*
情報の社会化(No.2)	2.9
原子力エネルギー(No.6)	2.6
再生可能エネルギー(No.6)	2.5
エネルギー、資源、環境(No.10)	2.5
エネルギー(No.1)	2.0
宇宙・海洋管理技術(観測を含む)(No.5)	2.0
地球診断技術(No.5)	1.7
都市廃棄物極少化技術/環境保全型物質循環技術/省資源・省エネルギー製品(No.8)	1.7
ナノ基盤材料(No.9)	1.7
出口(デバイス・システム化及び応用技術)(No.9)	1.7
インフラシステムの持続化戦略(No.12)	1.6
農林水産資源(No.7)	1.5
エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術(No.3)	1.4
化石エネルギー(No.6)	1.3
炭化水素資源、鉍物資源および CCS(No.7)	1.3
水資源(No.7)	1.3
ライフスタイルと環境(No.8)	1.3
サービスマネジメント、教育分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント(No.11)	1.2
温暖化の評価と対策技術(No.8)	1.1
大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術(No.8)	1.1
省エネルギー(No.6)	1.1
環境、再生資源、リサイクル、LCA(No.7)	1.1
低炭素エネルギー貯蔵(No.6)	1.0

* 得票比率とは、全票が各区分に均等に配分されたと仮定した場合の平均得票数を基準とした比率。

図表 1-19: 特に専門家の支持が多かった6区分(得票比率 2.0 超)の内容

	区分(カッコ内は分科会名)	当該区分を発展させる上で重点的に取り組むべきトピックの例*
シミュレーション、省エネルギー	情報の社会化 (No.2)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム ◆ 情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム
非化石エネルギーの利用	原子力エネルギー (No.6)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 高速増殖炉サイクル技術 ◆ 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術 ◆ 濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術
	再生可能エネルギー (No.6)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池 ◆ シリコンや GaAs を用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術 ◆ 集中型太陽熱発電(中央タワー、ソーラー・トラフ、太陽熱化学システム等)
ものづくりにおけるエネルギー・資源の効率的利用	エネルギー、資源、環境 (No.10)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム ◆ 間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術 ◆ CO₂に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術
クリーンエネルギー導入、省エネルギー	エネルギー (No.1)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ エネルギー変換効率60%以上の太陽電池 ◆ 電力効率を向上させ日本の総発電量を20%削減するスマートグリッド技術 ◆ 一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術
海洋の観測と利用	宇宙・海洋管理技術(観測を含む) (No.5)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術 ◆ 熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術 ◆ CO₂を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立

* 専門家が、自身が選んだ区分について、それを発展させる上で重点的に取り組むべきトピックを5つまで選んだ。ここでは、得票数の多い上位3位までのトピック(関連するトピック数が3未満のものは全トピック)を示した。

専門家集団は、グリーンイノベーション関連では海外と国内での重要性の違いをほとんど感じていない。国際競争するにせよ国際協調するにせよ、エネルギー・資源・地球観測などすべてにおいて、国際展開することが前提となっていると考えてよい。特に資源関係では、世界の数多くの国々に目が向いている。

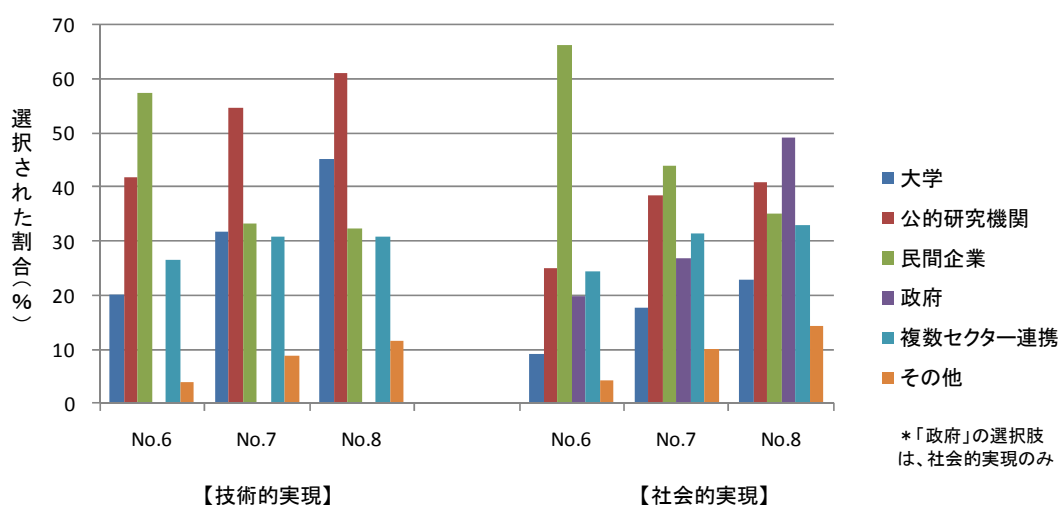
(3) 推進体制

グリーンイノベーションの推進に当たっては、エネルギー関連では民間企業、環境関連では公的研究機関への期待が総じて大きい。例えば、デルファイ調査結果のうち、エネルギー関連を扱った No.6 分科会では、多くのトピックについて、連携も含めて民間企業が技術的実現から社会的実現までを牽引するとされている(図表 1-20)。公的研究機関が担うのは、原子力・核融合・水素利用など、技術的実現が10年後以降と遅いトピックである。また、大学が実現を牽引するのは技術開発の評価ツールのみとされている。一方、環境関連を扱った No.8 分科会では、技術的実現に当たっては公的研究機関と大学が、社会的実現に当たっては政府と公的研究機関が牽引セクターであ

ると考えられている。

推進には、様々な分野の専門家が関わるが必要とされている。グループシナリオでは、グリーンイノベーションは社会インフラに関わる要素が大きいため、社会科学との連携が欠かせないとされている。理工連携・農工連携など自然科学分野内での連携とともに、公共経済学・経営学・国際法学・政策学等の社会科学と連携し、制度設計まで含めて全体の枠組みを構築すべきであるとされている。要素技術開発のみに陥ることなく、それらをシステム化する技術及び制度設計への注力が望まれる。また、ICTは基盤技術として必須とされている。

図表 1-20: 実現を牽引するセクター(複数選択可)



グリーンイノベーションに関わる専門家は統合化・システム化のできる幅広い横断的な視野、及び、海外で活躍できるような国際感覚を身につけるべきである。具体的な人材像として、「個別分野の専門家であると同時に新規研究開発を先導できる洞察力を備える」、「ジェネラリストの視点を持ったスペシャリスト(スペシャリストの視点を持ったジェネラリスト)」がグループシナリオに挙げられている。デルファイ調査では、資源関連を扱ったNo.7分科会において「資源開発・利用に関与し、国際舞台で活躍できる知識と専門性を有する技術者育成プログラム」というトピックが挙げられ、6割の専門家が「特に日本にとり重要」と回答している。

一方、20～30代の若手 ICT 技術者・起業家に ICT との関わり視点からグリーンイノベーションに関する新たな産業やサービスの展開のアイデアを求めたが、環境問題に対して実感が湧かないためか、他の領域に比較するとこれらの領域への関心が低い傾向が見られた。環境教育などを通じて若年層の意識の底上げが必要と考えられる。

(4) イノベーションを加速する環境整備

グループシナリオには、グリーンイノベーション推進に必要な環境として、まず、技術進歩や普及状況などを含めた社会や経済の状況変化に応じて、関係法規の見直しや整備を適時に行うことが

挙げられている。例として、安全規制、責任境界、料金設定などの見直しが挙げられる。また、研究開発の成果の実用化や普及を促進するためには、何らかのインセンティブを付与する支援制度が欠かせない。異業種間あるいは産学官の相互連携のためのコンソーシアムの創設や、国際標準化に向けての支援策も必要である。

特に地域では、再生可能エネルギー利活用推進を地域単位で展開できる仕組みが必要とされている。例えば、地域間キャップ&トレード、CO₂ 森林吸収交付金、再生可能エネルギー自給交付金、税制優遇の支援などである。

デルファイ調査では、環境関連において新たな制度やライフスタイルの変化に関する事項が多く挙げられている(図表 1-21)。制度整備を進めるとともに、環境教育等を通じて、国民の環境意識を高めライフスタイルを変えていく策を採る必要がある。併せて、環境意識の高い層のみでなく、すべての人々が価値観やライフスタイルに合わせて自然にイノベーションの恩恵を受け入れられるような対策も求められる。

図表 1-21: 環境関連の制度やライフスタイル等に関してデルファイ調査で取り上げられた事項

トピック	社会的実現 予測時期(年)	特に日本に とり重要(%)*
農地などの土地の保全管理を維持するため、都市と地方の間の UIJ ターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及する	2022	83
通勤型農業(生活の省エネ、高齢化対策等を進めるために、農業従事者も地方都市に生活するようになる)	2023	68
地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される	2027	59
農地・森林を保全・再生するための水資源(治水・利水・水環境)の重要性に対する社会的コンセンサスと新たな法・制度が確立する	2023	51
自然環境、公共財、住環境の保持・整備のために、市場メカニズムを活用した仕組みや環境に配慮したファイナンスの仕組みが促進されるような税制・法制度	2020	34
自動車などのエネルギー多消費型の耐久消費財に対する所有の概念が変化し、大部分がリースまたはシェアに置き換わる	2024	31
地域や各事業所で生じる環境リスクをリアルタイムで解析して情報発信し、対策を可能とする技術と制度	2026	21
家庭での CO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	2018	17
全ての企業に対して環境に対する社会責任(CSR)が求められ、環境報告と公開の仕組みが制度化	2019	15
電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	2019	13
環境リスクマネジメントの手法が規格化され普及することによる、リスクコミュニケーションの制度化	2020	12
開発計画時に、在来生物のハビタットや生態系の消失を緩和するためにノーネットロス(開発などの前後で自然の質と量を一定に保つ政策)を基本とする合意形成プロセスの制度化	2027	9
カーボンオフセットと生物多様性オフセットが融合したバンキング・システム	2027	5

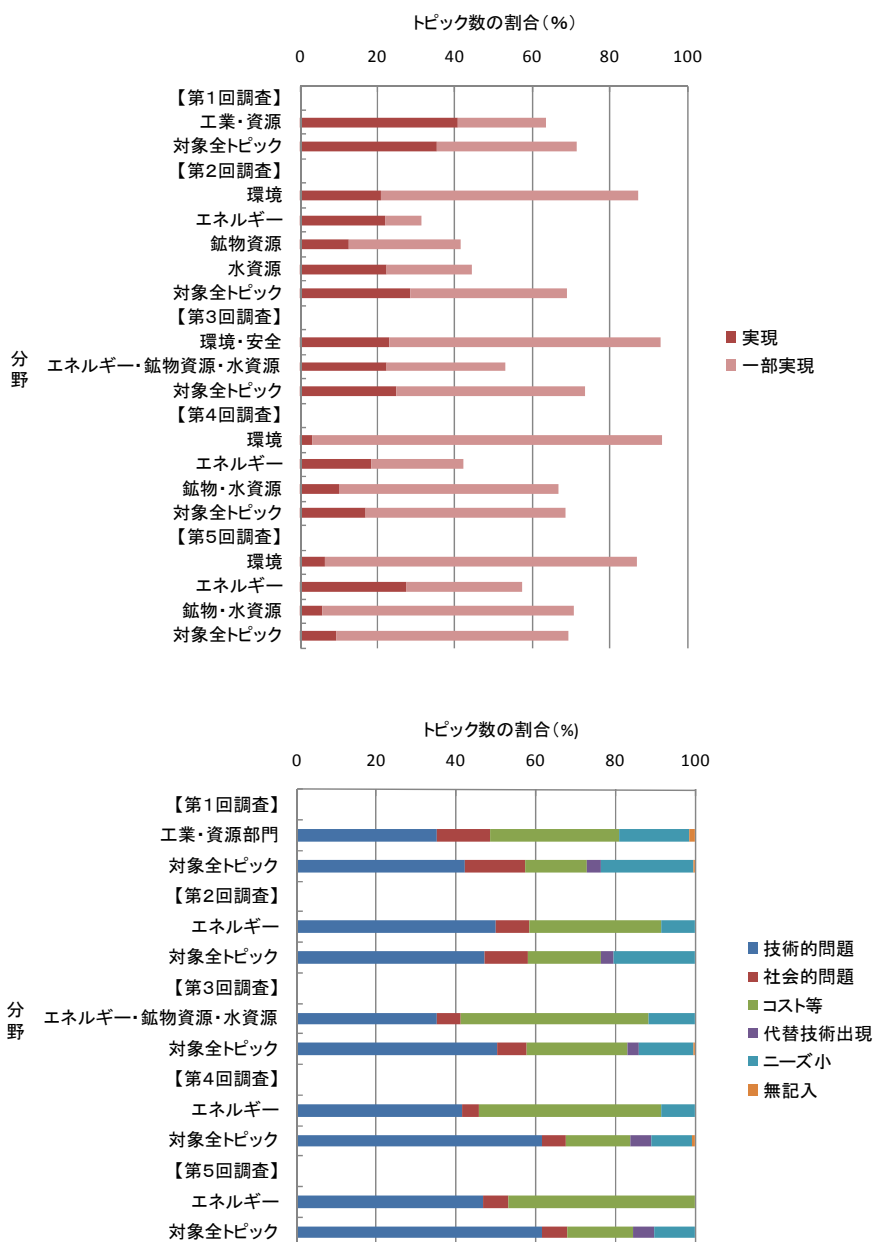
* 専門家が、重要性について「世界・日本にとり重要」「特に世界にとり重要」「特に日本にとり重要」「重要度・優先度は低い」から選択した。このうち「特に日本にとり重要」の割合を表に示した。

(5) 成果の社会還元

社会還元の促進

実施から20年以上が経過した過去のデルファイ調査の実現状況を見ると、グリーンイノベーションに関わる分野のうち、環境分野は実現率が高く、エネルギー分野は実現率が低い(図表 1-22)(別添3参照)。エネルギー分野で実現していない理由としては、他の分野と比べコスト問題の割合が大きい。インフラを含めた初期投資コスト低減及び一般に普及するまでの政策的支援が社会還元の要点であると言える。

図表 1-22: エネルギー分野の実現率と実現していない理由(第1~5回デルファイ調査の評価)



また、エネルギー・資源・環境関連技術の実現には、牽引セクターとして政府が多く挙げられていることからわかるように、資源の多くを輸入に頼っている中での国としての基本方針・戦略や環境規制など、政策の影響力が大きいことに改めて留意すべきである。

ビジネスの展開

グループシナリオによれば、グリーンイノベーションの推進により、電気自動車・スマートメータなど新たなインフラ構築に関わる産業の成長と、それに伴う雇用増が見込まれている。また、従来の組み合わせとは異なる異業種間連携、異なる産業分類からの新規参入や新規連携により、新たなビジネス展開の可能性が指摘されている。こうした新たな動きは、同時に既存産業も活性化させると考えられている。

また、特にビジネスの国際展開が重点事項とされている。グループシナリオでは、これまでの考え方とは異なる社会インフラのシステムを構築し、その技術体系や産業を我が国の強みとすべきと提案されている。その際には、海外資源の獲得や海外農地での生産なども視野に入れること、及び、国際標準策定のための国際協調やアライアンス締結など、国際市場を見据えた上での戦略性を持った取り組みが必要である。一方、観測・モニタリング等、世界的なデータ収集・分析の重要性についての認識を海外諸国に広め、技術支援や技術交流によって他国での研究を可能にして成果を共有するなどの方法による多国間協調・協力が必要とされる。

地域における産業やサービスを考える上では、特に「エネルギーの利活用」や「地域モデルと社会基盤」といったキーワードが注目される(図表 1-23)。バイオマス(畜糞や森林など)、雪・冷熱利用、地熱・地下熱利用、海洋利用など、地域の地理的条件や産業構造を生かした再生可能エネルギーの利活用により、地域外への電力販売や主要産業である農林水産業の CO₂ 排出低減などの可能性が示されている。また、コンパクトシティや低炭素移動手段など、環境に配慮した地域の実情に合った社会インフラ構築も新しいサービスを生み出す可能性がある。各地域における検討では、先進的な農林水産業の点でアジアの教育拠点となる、地理的条件を生かしてアジアからの人材を呼び込む等、地域からの国際展開も挙げられている。

図表 1-23: 地域における新しい産業・サービスの可能性

「エネルギーの利活用」

関連する科学技術

- 地域特性(産業、気候、地形等)の利用:
 - バイオマス発電(畜糞、森林)
 - 雪・冷熱、地熱・地下熱、
 - 海洋温度差発電、潮力発電、海洋深層水の冷熱、海藻の利用(燃料生産、CO₂固定)
- 電力ネットワーク網、通信網の開発と高度利用など

推進に必要な制度等

1. 資金や優遇税制等の支援
 2. CO₂森林吸収交付金、新・省エネルギー自給交付金、地域間キャップ&トレードなどの制度創設
- など

「地域モデルと社会基盤」

関連する科学技術

- 高齢化対応交通システム、交通事故が起きないシステム、高速移動交通網、GPS活用、環境負荷の低い公共交通
- 都市計画、積雪地域仕様の住宅技術
- 住宅地域の河川・雪のエネルギー利用技術など

推進に必要な制度等

1. 地域における公共交通への投資
 2. 電気自動車のカーシェアリング
 3. コンパクト化と一体化した公共交通の整備
- など

3-2. ライフイノベーション推進の要件

健康・医療関連のライフイノベーションは、将来の社会像のうち主に「各種診断技術・システムが生活の中に適切に埋め込まれ、個人による健康維持が進み始めた社会」の実現に関連する。

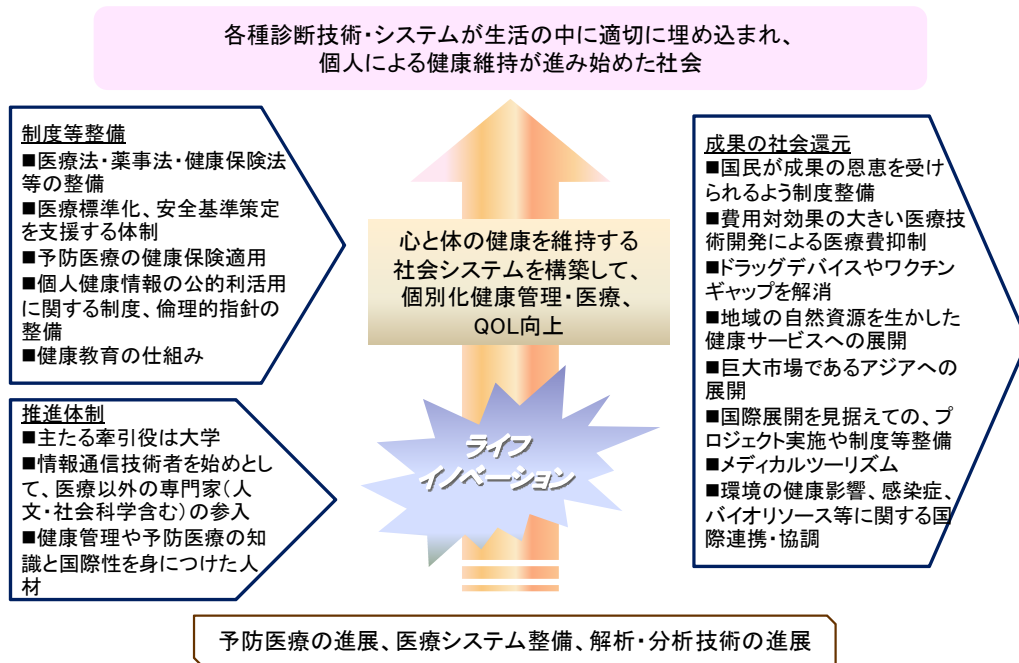
以下に示すライフイノベーション推進の要件は、このような将来社会の確実な実現の要件になり得るとともに、2025年以降の実現が予測されている多くの医療技術やシステムの社会への普及を早める可能性もある。過去の予測調査結果によれば、ライフイノベーションに関連する科学技術について専門家は20年後以降の実現といった長期予測を行う例が多いが、目標がぶれにくいために、実際にはブレークスルーが起こり、実現が当初の予測より早まる傾向が見られる。

ライフイノベーションの推進により、心身ともに健康な状態を維持している健康寿命が伸び、生活の質(QOL)も高まると期待される。個々人が満足度の高い充実した生活を送れるようになった我が国は、高齢化先進国として、今後の高齢化進展が見込まれる国々にとっての良い先行事例となりうる。健康管理システムや医療機器・医薬品等の競争力向上を通じて、国際的評価も高めることができる。

本調査全体から見えるライフイノベーション推進の要件

- 個人の健康・医療情報に基づく個別化健康管理・医療を通じて予防医療を促進することが今後の推進策の柱である。ICT を活用して個人の生涯に亘る健康・医療情報を蓄積し、それを基に最適な健康管理・医療を行うとともに、医薬品開発等に役立てる。
- 健康・医療情報システムを社会で稼働させるため、ICT を始めとして人文・社会科学を含む多くの分野の人材の積極的な参入を進める。他分野専門家が医療に関する専門知識を早期に身につけられる、あるいは、医療専門家が他分野の専門知識を身につけられる仕組みを作る。
- 政府は、国民が医療技術進展の恩恵を受けられるよう、関係法規の整備、例えば、予防医療の健康保険適用、個人情報等の公的利用に関する制度、倫理的指針の作成等の検討を行う。
- ライフイノベーションを日本の経済成長につなげるため、地域発展や新ビジネスの可能性を探るとともに、今後の巨大市場となるアジア地域等への国際展開の可能性を織り込んだ形で研究開発や国内のシステム整備を進める。
- 予防医療と併せて、新しい医療技術の進展、医療システムの整備、解析・分析技術の進展、ICT 等を活用した安全や QOL の確保・向上も重要である。他の科学技術に比べて大学への期待が大きい。

図表 1-24: ライフイノベーション推進の要件の全体像

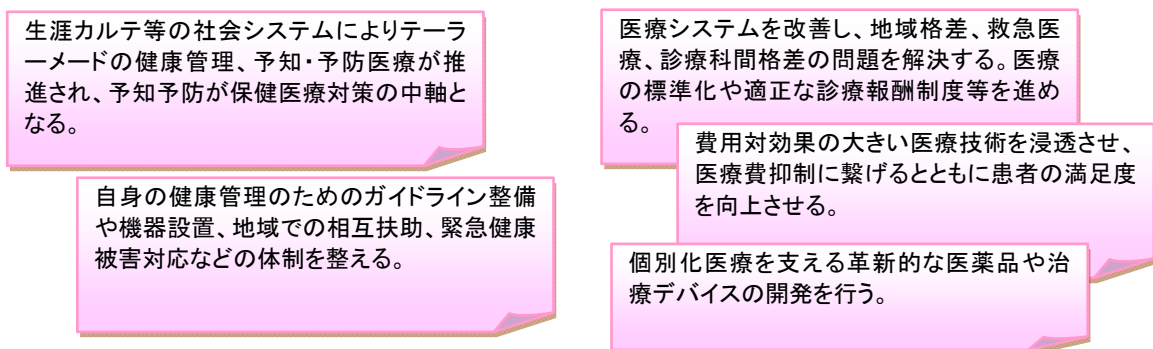


(1) 推進の方向性ー生涯に亘る健康・医療情報に基づく個別化健康管理・医療

グループシナリオでは、ライフイノベーション推進の方向性として、個人の生涯に亘る健康・医療情報データベースを基盤として心と体の健康を維持するための社会システムを構築し、テーラーメイドの健康管理・予防医療・治療、医薬品・医療機器の開発、機能の代替・支援技術の開発等を推進し、生活の質を高めることが提案されている(図表 1-25)。

こうした取り組みの成果を高齢化先進国としての我が国の強みとして、海外、特に将来の巨大市場であるアジア地域に展開することができる。

図表 1-25: グループシナリオに見られるライフイノベーション推進の方向性の例



(2) 科学技術専門家集団の注目点

デルファイ調査では、「将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項」を見出すため、各分科会の専門家集団に対して、当該分科会が設定した区分(関連するトピック群)の中から該当する区分を選択することを求めている。専門家の支持が多かった36区分のうち、ライフイノベーションに関連するトピックを含むのは10区分である(図表 1-26)。これらは、心身の疾病の診断及び治療法の進展の促進、医療機器の高度化、高齢者等の生活の質向上、予防医療の進展と社会への浸透、及び解析・分析などの基盤技術の進展の促進に関わる区分である。

「情報の社会化」は、情報関連を扱った分科会(No.2)において最も注目された区分であり、全区分の中で最も得票比率が高い。同区分では、高度医療電子情報システムその他、食品トレーサビリティシステム、感染症伝播シミュレーションシステム、高齢者・障害者等の生活支援ロボットなど、健康・医療・QOL 向上に関するトピックが取り上げられている。デルファイ調査トピックと専門家グループシナリオの全体マップ(図表 1-15)において、「情報の社会化」とライフイノベーションに関連する区分が近傍に位置していることに注目すべきである。

ライフイノベーションにおいては、生活の安全と質を維持・向上させることが大きな要点である。この点から、今後さらに高齢化が進む我が国において予防医療の社会システムを医療の枠組みの中に明確に位置づけることの意義は大きい。また高齢者等については、情報通信技術を活用したシステム構築や脳・神経との直接やりとりを始めとする QOL 向上のための新たな補綴技術も重要である。一方、イノベーション推進の基盤となる研究を海外の後追いでなく行うためには、先進的な解析・分析技術を進展させることが不可欠と考えられる。

図表 1-26: 「将来の世界的課題や国民的課題の解決に向けて鍵となる事項」として専門家の支持が多かった、ライフイノベーション関連トピックを含む区分

区分(カッコ内は当該区分を設定した分科会名)	得票比率*1
情報の社会化(No.2)	2.9
出口(デバイス・システム化及び応用技術)(No.9)	1.7
グローバル化、価値付加、市場創成(No.10)	1.5
治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)(No.3)	1.3
新しい医療技術の創造(No.4)	1.3
水資源(No.7)	1.3
安心・安全を目指す医療(No.4)	1.2
サービスマネジメント、教育分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント(No.11)	1.2
予知・予防医療への展開(No.4)	1.1
バイオ・ナノテクノロジー応用技術(No.3)	1.1

*得票比率とは、全票が各区分に均等に配分されたと仮定した場合の平均得票数を基準とした比率。

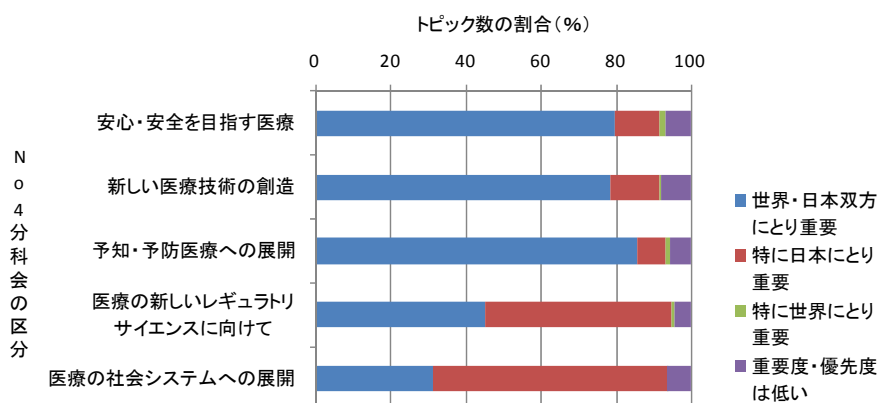
(図表 1-26 続き)各区分の内容

	区分(カッコ内は分科会名)	当該区分を発展させる上で重点的に取り組むべきトピックの例*2
診断及び治療法の進展	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)(No.3)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ がんの転移機構の解明 ◆ アルツハイマー病やその他の変性疾患の原因の分子レベルでの解明により、進行を阻止する技術 ◆ 自己免疫疾患を治癒させる治療法
	安心・安全を目指す医療(No.4)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法 ◆ 麻痺した運動機能を神経幹細胞の移植により、回復させる評価法・治療法 ◆ 幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術
医療機器の高度化、QOL向上	新しい医療技術の創造(No.4)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ マイクロマシンを用いた体腔内治療技術 ◆ 高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム ◆ 高齢者および要介護者等の機能評価と機能回復訓練・機能補助機器
	出口(No.9)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 生体エネルギーで半永久的に動き続ける体内埋め込み健康管理デバイス ◆ 人骨とほぼ同等の機能を有する生体用材料 ◆ 幹細胞の分化誘導を精密に制御できる人工環境(ニッチ)基材
	グローバル化、価値付加、市場創成(No.10)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 体内埋め込み型デバイスにおいて、10年以上の長期にわたり、生体適合性を維持できる皮膜加工形成技術
医療機器の高度化、QOL向上、予防医療の進展	情報の社会化(No.2)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム ◆ 遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術 ◆ ヒトのアンチエイジングのために体内や体外に使用される高度医療電子情報システムが開発され、その効果により平均寿命が2010年の値よりも5年長くなる
予防医療の進展	予知・予防医療への展開(No.4)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ゲノム情報による罹患リスク診断技術 ◆ 生活習慣病のリスクを正確に反映するバイオマーカーに基づく療養指導 ◆ がんを効果的に予防する化学予防薬
	サービス/教育分野/環境経営/政府機関のマネジメント(No.11)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する
	水資源(no.7)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 上水供給システムにおける、有害微量化学物質やノロウイルスなどの連続微量モニタリングに基づく、新しい検出・除去技術 ◆ 水質管理、栄養塩循環および衛生保持を可能とする分散型生物学的下水処理技術
解析・分析の進展	バイオ・ナノテクノロジー応用技術(No.3)	<ul style="list-style-type: none"> ◆ タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質とDNAやRNAとの相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術 ◆ 体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術 ◆ 薬物の体内動態および作用のシミュレーションを可能とする in silico 医薬品開発技術

*2 専門家が、自身が選んだ区分について、それを発展させる上で重点的に取り組むべきトピックを5つまで選んだ。ここでは、得票数の多い上位3位までのトピック(関連するトピック数が3未満のものは全トピック)を示した。

これらの区分とともに、専門家が特に我が国にとって非常に重要であると考えているのは、医療に関わる社会システム整備である(図表 1-27)。世界と国内の重要性に関する回答において、区分間に明確な差が表れたのは医療関連を扱った No.4 分科会のみであり、国内でライフイノベーションを起こすために社会システムの整備が必須というメッセージは特徴的である。また、ライフイノベーション関連のシナリオとマネジメント関連(No.11 分科会)のトピックのキーワードに類似性が見られる(2-3節参照)ことから、経営も含めたマネジメント概念の導入も併せて重要と考えられる。

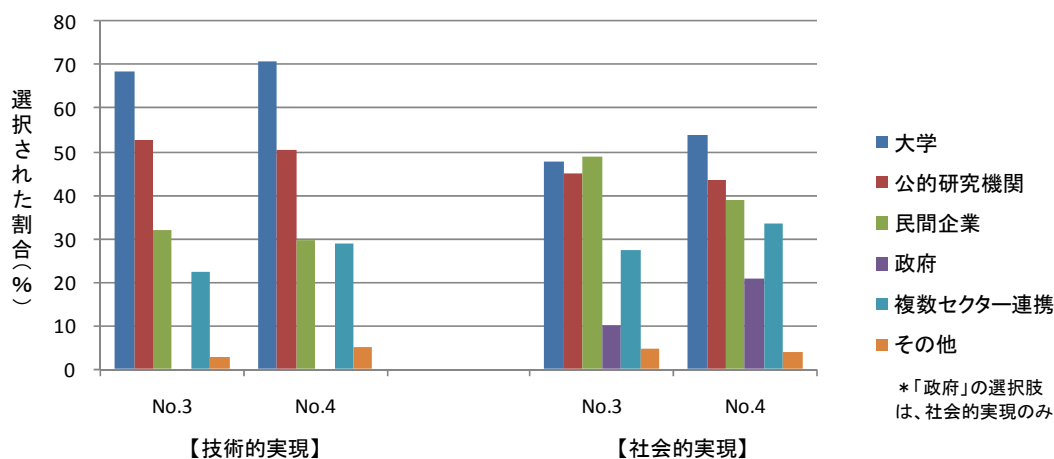
図表 1-27: No.4 分科会の区分の重要性



(3) 推進体制

ライフイノベーションの推進に当たっては、大学への期待が総じて大きい。デルファイ調査のうちライフイノベーションに関連が深いと思われる No.3(バイオ・ナノテクノロジー関連)及び No.4(医療関連)分科会のトピックの実現を牽引するセクターを見ると、技術的実現に当たっては大学・公的研究機関が、社会的実現に当たっては大学・公的研究機関・民間企業の三者が牽引する、というのが専門家の見解である(図表 1-28)。

図表 1-28: 実現を牽引するセクター



*「政府」の選択肢は、社会的実現のみ

また、グループシナリオでは、様々な分野の連携が必要であることが指摘されている。医療専門家ではない他分野の研究者・技術者も積極的に参入する必要性が指摘されている。具体的には、医学以外の工学系や理学系との連携、心理学・行動科学・経営学などを含めた人文科学や社会科学との連携の必要性が挙げられている。

ICTは基盤技術として必須とされており、短期的には、ICTの研究者・技術者が予防医療や健康管理に関する知識を身につける、あるいは、医療専門家の中からICT技術者を養成して、ライフイノベーションを推進していくべきと述べられている。他分野の専門家が予防医療の専門知識を身につける、あるいは、医療の専門家が他分野の専門知識を身につけることのできる仕組みが必要であろう。

一方、環境汚染や地球温暖化等の健康影響や感染症等に関しては世界規模での対応が必要であり、ヒトの疾病に関するバイオリソース整備等に関しては国際連携・協調が求められている。また、後述するように、今後我が国では国際協力に加えてビジネス上の国際展開も必須と見られることから、国際的に通用するライフイノベーション人材の育成が必要である。

(4)イノベーションを加速する環境整備

グループシナリオでは、技術進歩や普及状況に合わせて、また社会や経済の状況変化に応じて、関係法規の整備が必須事項として挙げられている。具体的には、医療法・薬事法・健康保険法等の整備、個人の健康情報の公的利活用に関する制度の整備、倫理的指針の整備、個人の健康管理を支援する体制整備などである。特に地域における心身の健康維持産業やサービス展開を考える上では、予防医療への健康保険適用や、健康維持の自助努力やサービスに対する税制優遇措置の検討などが必要とされている。

デルファイ調査では、各地域での医療・介護体制の整備、医療標準化や安全基準策定など医療に直接関わる制度策定、生命倫理など社会受容に関する取り組み、個々人の健康管理に向けた教育や情報提供の仕組みに関するトピックが取り上げられている(図表 1-29)。

図表 1-29: 医療制度やシステム等に関してデルファイ調査で取り上げられた事項

トピック	社会的実現 予測時期(年)	特に日本に とり重要(%)*
救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度	2021	82
医療の質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度	2019	88
医療と介護のシームレスな連携に基づいた地域医療システム化技術	2022	79
我が国独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度	2020	83
ドラッグデリバリーシステム(DDS)のカプセル材料や投与量の安全基準の策定	2023	9
遺伝関連個人情報の管理技術	2022	32
再生医療の臨床応用への倫理に関するガイドラインの構築	2018	34
生命倫理と研究活動との調和のための、多面的で多数の国民が参加する国民的討議の実現	2019	66

トピック	社会的実現 予測時期(年)	特に日本に とり重要(%)*
ゲノム情報を用いた個別医療に関する一般向け健康教育	2020	59
生活習慣病及び高齢化に対する予防・対応のための家庭医学教育	2018	62
我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する	2024	56

* 専門家が、重要性について「世界・日本にとり重要」「特に世界にとり重要」「特に日本にとり重要」「重要度・優先度は低い」から選択した。このうち「特に日本にとり重要」を選択した専門家の割合を表に示した。

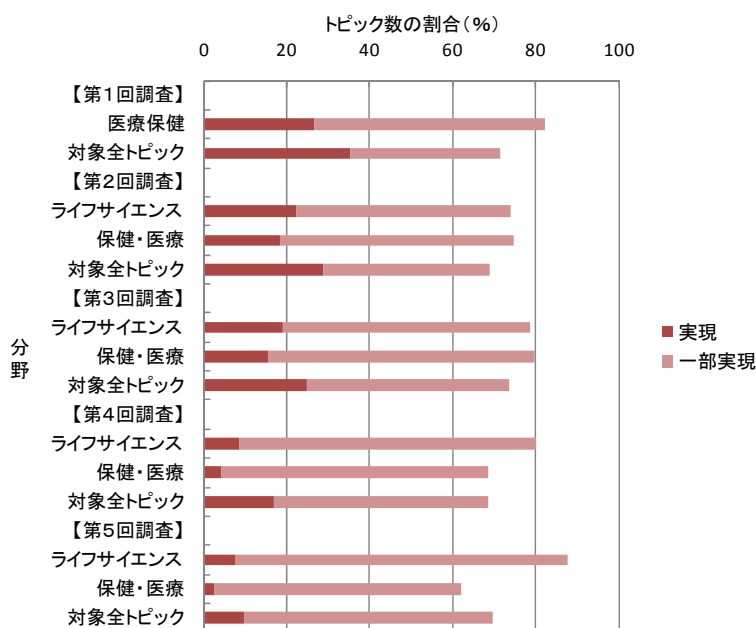
(5) 成果の社会還元

社会還元促進

ライフイノベーションと関連が深いデルファイ調査の No.3 及び No.4 分科会のトピックは、他と比較して技術的実現予測時期が遅めであり、かつ、社会的実現までに時間を要すると予測されたものが多い。これまでのデルファイ調査でもライフイノベーション関連のトピックは、成果が社会還元されるまでに長期間を要すると予測されてきた。また、それゆえ毎回継続的に同じトピックが取り上げられるという傾向が見られた。

しかし、実施から20年以上が経過した過去のデルファイ調査の実現状況を見ると、ライフサイエンスや医療関連の分野では取り上げられたトピックの実現率が総じて平均より高い(図表 1-30)。また、全般的には、実現時期が遅いと予測されたトピックは実現率が低い傾向が見られるのに対し、特にライフサイエンス分野では、実現時期の予測が20年後以降と遅いトピックが前倒して実現している例が多く見られる(図表 1-31)(別添3参照)。

図表 1-30: ライフサイエンス・医療関連分野の実現率(第1～5回デルファイ調査の評価)



図表 1-31: 前倒して実現(一部実現を含む)したライフイノベーション関連のトピック数

調査回	公表年	評価年	前倒して実現したトピック数	
			全体	うち、ライフイノベーション関連
第1回	1971	1992	19	13(医療保健部門13)
第2回	1977	1997	26	7(ライフサイエンス分野3、保健医療分野4)
第3回	1982	2000	64	30(ライフサイエンス分野17、保健医療分野13)
第4回	1987	2004	70	24(ライフサイエンス分野10、保健医療分野14)
第5回	1992	2009	73	38(ライフサイエンス分野29、保健医療分野9)

注:調査実施から約20年経過した時点での評価。複数回に亘って取り上げられているトピックがあるため、各回のトピックは一部重複している。

このように、ライフイノベーション関連のトピックは、実現までに時間を要するものの、研究開発の目標は長期にわたってぶれにくく、また成果が得られれば社会に還元される確実性も高い。また、成果が社会還元される時期が専門家の平均的な予測時期より早まる可能性も高い。

これは世界的に見ても研究開発目標が明確に立てられることを意味し、今後、知の競争を勝ち抜いた国や地域で科学技術のブレークスルーが生み出される可能性が高まる。しかしながら、研究成果がその国や地域において還元されるかどうかはまったく別の問題であり、その国や地域が研究開発の成果を受容できる社会であるかどうか、国民が成果の恩恵を受けられるような制度が整っているかが社会還元の要件である。

ビジネスの展開

グループシナリオでは、医療や介護に関する新ビジネス展開の可能性が提案されている。医療に関しては、費用対効果の大きい新たな医療技術の開発とその意義の認識を高めることにより、医療費の抑制を図ること、新規医療技術の導入を加速してドラッグデバイスやワクチンギャップを解消させること等が挙げられている。一方、健康管理や予防医療に関しては、健康のための安全な食品開発、バリアフリー住宅建築、各種センサーが実装された生活環境などが挙げられている。

特に地域においては、観光資源としてだけでなく、地域住民の心身の健康維持のための資源としても地域の自然環境資源を活用し、新たな産業やサービスとする提案がなされている。若手 ICT 技術者・起業家による検討においては、情報通信技術を活用した様々な新サービスが挙げられている(図表 1-32)。

また、グループシナリオでは、今後の巨大市場となるアジア諸国へのビジネス展開が必須であると述べられている。具体的には、アジア地域の人種特有の遺伝子多型解析等のプロジェクト実施、医薬品の承認審査基準を共有するための我が国における英語標準言語化など、国際展開を見据えた取り組みが求められている。我が国の高品質な医療サービスを国際的に提供するメディカルツーリズムもこの視野に入る。国際展開の視点を研究開発やシステム整備のプログラムに織り込んでおくことが望ましい。

図表 1-32 若手 ICT 技術者が提案するライフイノベーション関連の新サービス

サービス	内容
ICT 医療コンサルジェ エ	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 遠隔コミュニケーションによる医療診断サービスの効率化。特に深夜に海外の医師による診察を可能にする。 ◆ 簡易検査キットによる患者自身の検査、長時間モニタリング ◆ 医師が処方した薬剤を海外からネットサービスで購入
医療ツーリズム	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 高度医療サービス、東洋医学に基づくサービスを提供
医療ロジスティクス	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ICTを利用した遠隔診療、スケジューリング等により診察待ち時間をゼロにする ◆ 救急搬送から臓器輸送まで、ロジスティクスを最適化
長期ライフログ医療	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 食事履歴、生体モニタリング、ゲノム情報、投薬への反応等の個人データを記録し、個別化医療に利用
インテリジェント食器・ トイレ	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 食器にセンサーを組み込み、栄養データをモニタリング ◆ トイレを利用した健康モニタリング
介護・育児サービスの 効率化	<ul style="list-style-type: none"> ◆ ネット検索により適切なサービスを選択 ◆ 生体モニタリングやブレインマシンインタフェースを装備した介護用ベッドや車椅子を海外展開

3-3. イノベーション推進の共通的な視点

イノベーションを起こす共通基盤としていずれの科学技術領域においても共通的に重要な視点として、以下を考慮していく必要性が調査全体から浮かび上がっている。これらは、従来の科学技術政策の推進においては議論の必要性はさほどなかったが、科学技術の成果を社会的貢献度の高いものにしていく上で避けて通れない議論である。

(1) システム化の視点からの検討

予備的調査及び専門家グループによるシナリオの記述を総括すると、グローバル課題・国民的課題の解決に寄与する科学技術を社会に適合させた形で取り込むためには、関連する科学技術要素の集合を一つのシステムとして捉えて総合的に検討を行うことの重要性和、さらには社会への適用形態、例えばサービス形態や制度などの社会的システムを含めて検討を行うことの重要性が強調されている。そこでは、既存分野の概念を排除した学際性が求められることは必然である。また、デルファイ調査では、科学技術要素を社会適合させるシステム化に当たっての基盤として、特に ICT 活用の重要性が指摘されている。

実社会において科学技術を含むシステムをうまく稼働させる上で考慮すべきもう一つの重要な点は、社会の構成要素である各コミュニティの力を、全体システムの中でどう生かせるかである。特に防災・減災を始めとする安全に関わる事項については、地域自らが自律的に災害に対処していく素地を作り社会防災力強化を図るなど、地域コミュニティの力を十二分に活用できる仕組みを構築することが必要である。少子高齢化や国際化が進展し、住民の年齢構成や文化的背景を異にする多様なコミュニティの誕生が予想される。このような新たなコミュニティの力を科学技術の成果とどう組み合わせるかを全体システムとしていくかという検討が必要である。

さらに、実社会におけるシステム化を考える上では、人々のライフスタイルや価値観との関係をどのように考えるか、国民にどのような方法で適切に必要な情報を伝達するかなどの検討とともに、誰がどこまで責任を負うのかという責任の所在の明確化などの議論も必要とされる。今回の調査結果全体を通して、イノベーション政策を進める上で、人文・社会科学的な視点からの多くの検討を必要とすることが顕著に表れている。

(2) マネジメント能力の強化

デルファイ調査及びシナリオの記述の多くの部分において、科学技術をイノベーションに結びつけるためマネジメントの重要性が指摘されている。図表 1-15 においてもマネジメントは共通基盤的な事項として表れている。特に重視されているのは、人材のマネジメント、国際化に対応したマネジメント、社会イノベーション創出のためのマネジメントである。

人材と国際化対応のマネジメントの議論は同様の結論に到達する。すなわち、人材マネジメントの要点は多様性と国際化への対応である。少子高齢化が進展する中での国内の人材確保は、性別や国籍などを異にする多様な人材の活用以外に活路はない。海外拠点における現地人材の登

用と活用も必至である。雇用形態の多様化や国内外の人材流動の仕組みも含め、多様な人材の適切なマネジメントが求められる。国際化マネジメントの要点は、国際競争激化への早急な対応である。資源獲得競争に象徴されるように、国際的な課題に対しては、国際的な人的ネットワークに積極参入できる人材が必要である。また、現地生産機会の増大に対しても、真の意味で国際化し、海外で活躍できる人材が求められる。このようなマネジメント力強化という意味での人材育成は、学校教育課程における若手育成の枠に留まらず、社会人の再教育も含めて、日本全体として国際的に通用するマネジメント力の強化が必要である。研究開発の国際化対応は無論のこと、国際競争力のあるものづくり技術やサービスの競争力向上のための企業経営という意味でのマネジメント力向上も含まれる。

一方、社会イノベーション創出のためのマネジメントの要点は、社会的価値の創造である。企業の社会的責任(CSR)の議論に終わらず、持続的な社会の実現を最終目的とするサービスシステムの枠組み、例えば社会的企業の創出などによって、社会的価値が創造されやすい社会をいかに形成していくかが重要となる。

科学技術が個別要素の追求に終わらないようにするためにも、こうしたマネジメント能力を強化できるかどうか、イノベーション推進を大きく左右する。

(3) 基礎データ取得・蓄積とその共有活用

課題解決を進めるためには、まず現状を正確に把握することが必要である。現状把握のための基礎データを取得・蓄積し、その共有活用を進める必要性が、調査結果全体において示されている。対象となる基礎データは、環境や災害に関わる地球規模の観測情報、気象・水文観測、地殻構造の高精度探査情報、都市のセンサネットワークからのインフラ管理情報、災害時の被災者・物の地理空間情報、感染症発生・伝播情報、個々人の生涯に亘る健康情報、超深度資源探査情報など、多岐に亘る。

しかし、単に取得・蓄積するだけでは、データは意味を持たない。例えば、関連する複数の情報源のデータについて必要に応じて統合的に利用できるデータベースを整備して広範な利用に供し、予測・シミュレーション・新たな研究開発などに展開しなければ意味がない。ここでも、ICT がこれらを支える基盤として重要な位置を占める。

また、地球規模の観測に代表されるように、国際的な協力体制の下にデータ取得と共有のシステムを構築しなければ意味を持たないものも多い。国際的なデータネットワークへのより積極的な関与も求められる。

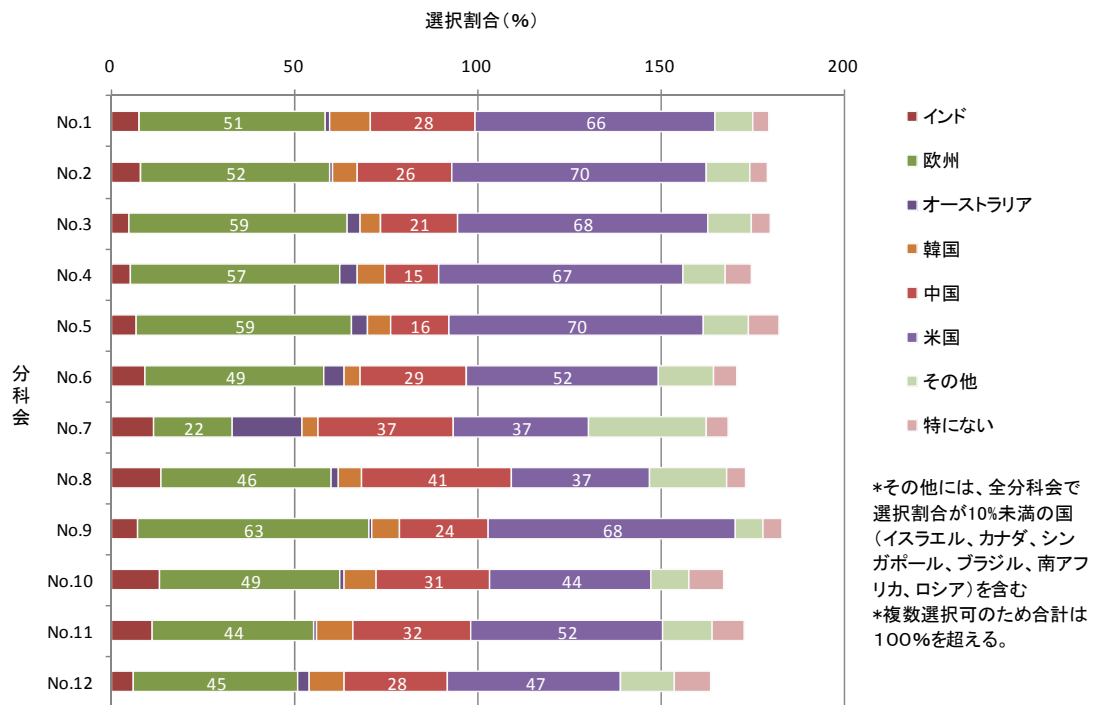
3-4. 国際戦略

3-1～3節で述べたように、課題解決に向けてイノベーションを進めるためには国際化を念頭に置くことが必須である。

デルファイ調査においては、多くの科学技術が「世界にとっても日本にとっても共通に重要」と認識されており、日本国内に拘らず常に国際的な視点に立って科学技術を進展させるべきであることが示されている。例外は、医療システム、防災・減災、地域環境(都市と農村)、人材育成、資源確保など社会的地理的条件など我が国独自の事情が絡む事項であり、これらのみは「特に日本にとり重要」と判断されている。

国際戦略としては、「研究開発あるいは実用化において世界をリード」することが最も重要との回答が多いが、環境関連や予防医療等では「国際共同プロジェクト主導／参画」も重要視されている。今後、関係を強化すべき国や地域については、かつては米・欧の二極に目が向いていたが、現在は米・欧・中の三極構造へと変わってきている。また、資源関係ではオーストラリアなど資源保有国との関係も重視されている(図表 1-33)。

図表 1-33: 我が国が関係を強化すべき国・地域



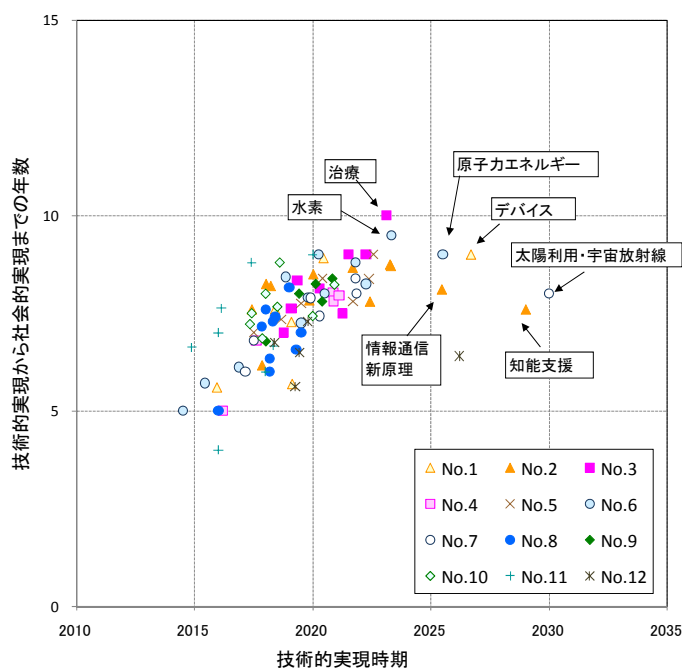
3-5. 科学技術の実現までのスピード感

科学技術の実現までのスピード感にも変化が起きつつある。世界が知の競争時代を迎えたことで、発明や発見といったブレークスルー型の解決は世界の至る所で起こる可能性が高まりつつある。情報伝達スピードも極めて高くなっているため、技術的実現を成し遂げた国や地域が、科学技術の成果を社会的に実現するうえで優位に立てるとは、必ずしも言えなくなっている。社会の課題を解決していく、すなわち、科学技術の成果とイノベーションをリンクさせる上では、科学技術的に実現してから社会的に実現されるまでの時間が短い社会のほうが有利となる。

技術的に実現してから社会的に実現するまでは、どのくらいかかるかというイノベーションギャップの測定結果をみると、全体的に5～10年、平均的には7年程度である。今後10年以内の実現が期待される区分は、医療システム・エネルギー・マネジメント・環境経済といった評価やマネジメント関連である。逆に社会に適用されるまでの期間が10年程度と長い区分は、医療技術やエネルギー関連である(図表1-34)。なお、実現までの期間が長いとされても、実際には実現が予測より早まる傾向にある分野や領域があることにも留意すべきである。

これらの結果は5年前の前回調査と類似傾向にあるが、かつて社会に適用されるまでの期間が10年以上と長かった科学技術の区分についてはその期間が短くなる傾向にあり、10年を超える区分はほとんど見られなくなってきた。全体的に社会にイノベーションを起こすまでのスピードアップが求められていると言えるだろう。この要因の一つには、今回の予測調査全体の学際性も関与している可能性がある。逆に言えば、社会における科学技術の成果の実現が難しい領域は、学際性の追求によって加速が期待できるとも言える。

図表 1-34: 技術的実現から社会的実現までの期間



3-6. 多様化・多面化への対応

今後の社会は、多様化、多面化が進展すると考えられ、大都市と地域、高齢者と若年層など、価値観の異なるコミュニティが数多く形成されていく可能性がある。それぞれのコミュニティを支える科学技術は何なのか、どのような価値観において先進性が求められるのか、それらは地域住民や若い世代が自ら思い描くことが必要であり、答えは画一的ではない。

科学技術の専門家集団の意見は、専門分野や所属先の学際性を追及してもなお、地域性や年齢層などの点において、やや偏りがあると言わざるを得ない。専門家集団という性格上、地域的には日本の都市部を中心とする考え方に偏りがちであり、年齢的には中高年以上の層が中心になる。よって、地域性や年代差を考慮する試みも補完的に必要と考えられる。諸外国では、州や省といった国内地域単位、あるいは数か国からなる地域単位での予側活動が盛んであり、日本でも地域単位の予側活動がもっと盛んになるべきであろう。

全国8地域における、グリーンイノベーションを中心にした将来の理想の姿とそれらを実現しうる産業やサービスについての検討において、各地域の社会的地理的条件を生かした独自の将来像と新しい産業の可能性が挙げられ(図表 1-35)、多様な視点からの検討の必要性が示唆された。

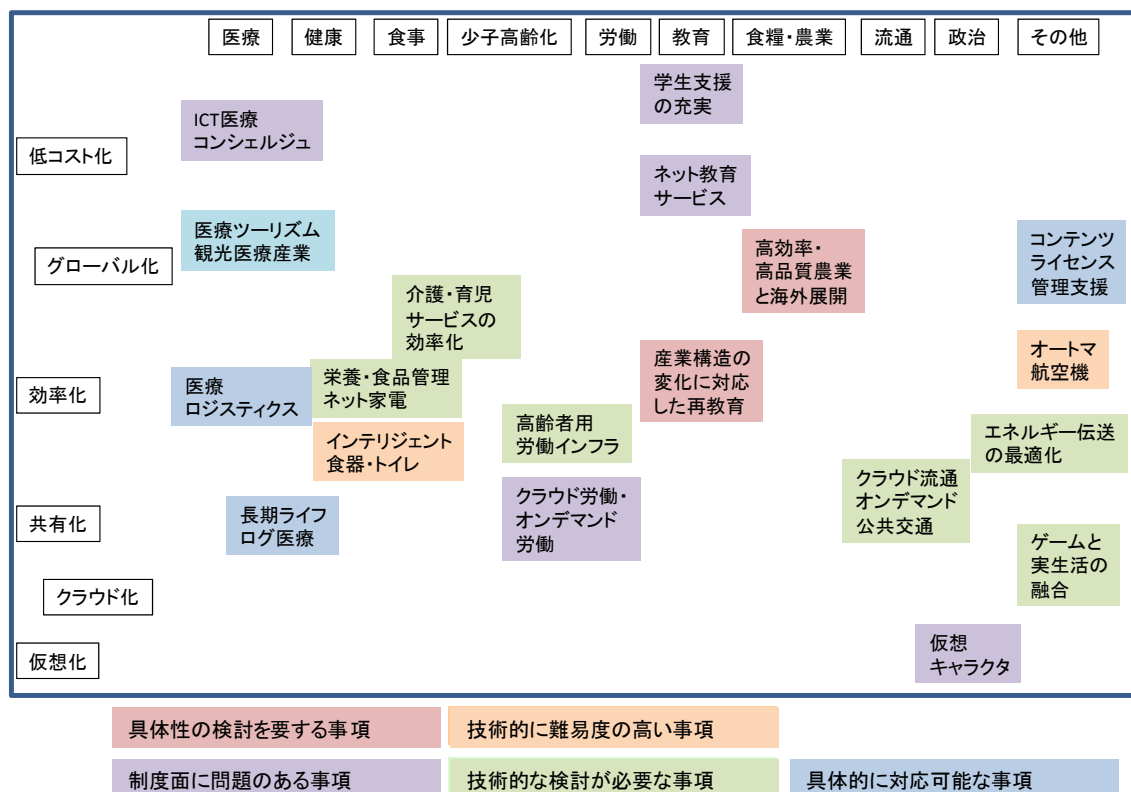
現時点では地域単位の議論は国内に目を向けたものが主であったが、一部には地域から国際展開を図るといった展望も見られた。今後は地域単位でのグローバル展開という視点も加える必要性があるだろう。地域住民の視点が世界に向けられることにより、我が国全体のグローバル化も進展すると考えられる。

図表 1-35: 地域の理想とする社会像を実現するための産業やサービスの検討例

	エネルギーの利活用	地域モデルと社会基盤	心身の健康維持	新たな産業サービス
キーワード	LCA、農産物、物流、食物工場、ICT、コンパクトシティ	交通、観光、農業、家族、ローカルタイム、新3K、ライフスタイル	健康、温泉、スポーツ、ICT、ライフスタイル	付加価値農業、ファームステイ、健康維持、教育拠点
関連する科学技術	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域資源の利用(バイオマス、雪、地熱、海洋) ■ 電力ネットワーク網、通信網の開発と高度利用 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域における公共交通への投資 ■ 電気自動車のカーシェアリング ■ コンパクト化と一体化した公共交通の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ■ ウェブドクター ■ 健康データに基づく病院レス医療システム ■ 健康医学・スポーツ医学 ■ リハビリテーション技術 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 農産物の高付加価値化 ■ 自然資源の利用、農業用小型電気自動車、環境配慮の物流、植物工場
必要な制度等	<ul style="list-style-type: none"> ■ 資金や優遇税制等の支援 ■ CO₂森林吸収交付金、新・省エネルギー自給交付金、地域間キャップ&トレードなどの制度創設 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 地域における公共交通への投資 ■ 電気自動車のカーシェアリング ■ コンパクト化と一体化した公共交通の整備 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 予防医学への保険制度適用を含め、心身の健康維持に対する自助努力 ■ 心身の健康維持に係るサービスを提供する事業に税制優遇措置 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 自然環境を生かした健康サービスや観光産業展開 ■ 生産・流通・販売のワンストップサービス ■ 顧客とコミュニケーションできる人材の育成 ■ 地元での開発・製造のための支援(公共調達、優遇税制)

一方、若手 ICT 技術者・起業家の議論においては、医療・介護・雇用などの身近な問題に対して、若い層ならではの国内に留まらない発想が展開されたが(図表 1-36)、環境問題についてはイメージが貧弱であり、環境教育充実の必要性が浮き彫りとなった。新たな科学技術の展開をイメージするには日頃からの「将来を考える」訓練が必要であり、将来を担う若い層にこそ議論の機会を数多く提供すべきである。また、若手がそのような発想を活発に展開できる環境も必要である。

図表 1-36: 若い層が描く将来の生活サービスのイメージ



<参考3> 社会への貢献が期待できる科学技術の推進要件

2-3節において、グローバル課題・国民的課題の解決に向けて重要であり、かつ、社会への貢献が期待される科学技術の領域としてエネルギー・資源・環境及び健康・医療が挙げられ、これらと共に推進すべき領域として、ICT、都市・インフラ、文化・ライフスタイルが挙げられた。これらの領域について政府が取り組むべき事項として、以下の点が挙げられる。

○低炭素化、資源、水資源

- ◆ ネットワーク構築とその活用(制度設計を含む)
 - スマートグリッドをはじめとする電力ネットワーク網の高度利用
 - ◇ 今後消費電力が急増すると予想されるデータセンターの低消費電力化をはじめ、スマートグリッドに流れる情報を有効活用して工場や家庭の電力使用を抑制する。
 - ◇ 必要なデータの収集・伝送・還元の技術開発と同時に、それが可能となる制度設計を行う。
 - IPv6等の通信網も含めた情報ネットワークを構築する。
- ◆ 地域の社会基盤の構築
 - 利便性の高い交通システムの実現
 - ◇ 都市のコンパクト化により、適切な公共交通整備や電気自動車のカーシェアリングを可能とする。
- ◆ マネジメントの強化
 - 地域単位でのエネルギーや資源の有効利用の推進のため、市町村単位でのマネジメントを行う。そのため、全体を俯瞰できる人材の育成、システムの構築、管理能力の向上、複数セクターとの連携を行う。
- ◆ 政府による戦略や方針の策定
- ◆ 制度的支援
 - 補助金など、再生可能エネルギーの生産・利用・普及のための既存制度を継続させる。
 - 地域間キャップ&トレード制度(CO₂森林吸収交付金、新・省エネルギー自給交付金など)を創設する。

○食料・生産支援

- ◆ 農林水産業の総合産業化
 - 一次産業と二次産業・三次産業を融合・連携させる経営形態、いわゆる六次産業化を促進し、食品に新たな付加価値を生み出すビジネスや新産業を創出する。
- ◆ 効率的な一次生産の促進
 - ロボット工学、及び、有用植物・家畜のゲノムあるいはポストゲノム科学を発展させる。
 - 農業経済学・経営学により経営意識を高める。
 - 少ない耕作面積で効率的・効果的な生産を可能とするマイクロファームや植物工場に関する技術開発を行う。
- ◆ 農林水産業におけるICT活用
 - センサネットワークによる環境観測・気象予測から流通まで含めた、農林水産業を高度化するためのシミュレーション技術に関する研究を推進する。また、ICT を利用した食料の安全性を確保するための高度トレーサビリティ技術を確立する。
- ◆ 農林水産業における衛星を使ったモニタリング
- ◆ GM作物への対処
 - 食料の増産と安定供給のためには、人為的な遺伝子組換え技術による生物生産がより重要になると考えられるため、分子生物学的な先端技術の開発と安全性評価手法の開発を両輪に推進する。また、それらの科学技術的な要素に加えて、遺伝子組換え食物に対する社会合意形成活動のサポートを行う。
- ◆ 人材育成
 - 一次産業に優秀な若者を取り込むために、農業に対する理解増進事業を進める。農業に対する古典的なイメージを固定化させず、機械化された施設での生産やポストハーベストなど、最新の一次産業に対

する正しい理解を促す教育体系を構築する。

○医療、ナノ・バイオ

- ◆ 予防医学への保険制度の導入
 - 病気だけではなく、防ぐことにも保険制度が必要となる。
- ◆ 個別化した健康管理と医療に向けた、健康・医療情報の集約・管理・提供に資する技術開発
 - 疾病コントロールのための予知・予防医療に資する技術と疾病に対する先端診断・医療技術の双方をバランスよく推進する。
- ◆ 制度やシステムの改善、国民意識向上のための環境整備
 - 医療に関わる法制度・システムの改善とともに、医学研究者・医療従事者や国民の倫理観の醸成、再生医療等の先端医療技術に対する国民的合意形成、及び国民の健康情報リテラシーの向上を目指す。
- ◆ 専門領域を横断的にカバーする人材のキャリアパス構築
 - 医学のみならず情報工学などの専門領域を横断的にカバーする研究者・技術者、及び市場化を睨みながら研究開発を戦略的に進める研究者等の人材が常勤職を得られやすいキャリアパスを構築する。
- ◆ オープンデータベースの整備
 - ゲノムコホート研究の推進するためのオープンなデータベースを整備し、異分野の研究者が研究を開始しやすい環境を構築する。具体的には、テキスト・データマイニング研究を自由に行えるように、個人情報保護を考慮したカルテのデータベースを公開する。医療だけでなく、農林水産業に関連するデータベースについてもオープンに研究用途の利用が可能な環境を整備して、学際的な研究を推進する。

○ICT

- ◆ 低炭素化、生活の利便性や豊かさの向上、新たなライフスタイル構築等に向けた ICT の有効活用
 - 電子カルテ、商品のトレーサビリティ、電子教科書、e-ラーニング(学校教育、高等教育、生涯教育を含む)、e-博物館(e-劇場を含む)など、コンテンツを充実させる。
 - ICTを活用したウェブドクターによる健康管理技術、遠隔介護など、生活の中での利用を進める。
 - 高齢者に代わる作業や、危険区域での作業をするロボット技術の開発を推進する。

○都市・インフラ

- ◆ 有効活用されていない既存インフラの活用促進
 - 光ケーブル網や大学・公的機関のスーパー・コンピュータを民間や個人に解放して有効活用する。
- ◆ 物流を支えるサービスの促進
 - 公的機関や事業組合などにより、生産・流通・販売を促進するためのワンストップサービスを行う。
- ◆ 犯罪を防ぐ科学技術の検討
 - 議論が十分になされていない犯罪に関わる科学技術、例えば、犯罪を抑止するためのバイオメトリクス技術やセンサネットワークなど ICT インフラを始めとする科学技術の活用を検討する。また、犯罪とどう向き合うべきか社会科学・人文科学の見地からの研究も併せて推進する。

○文化・ライフスタイル

- ◆ 地域における新しい産業の展開
 - 公的機関が中心となって、コーディネーター(マーケティング、そして消費者とのコミュニケーションができる人材)を育成し、地域の新しい産業に関連するサービスを事業展開する。
 - 地方自治体が積極的に関与し、地域から自らのすばらしさを情報発信する体制を作る。
 - 地域における事業展開を可能とする財政的支援(資金提供、優遇税制、公的調達等)を行う。
- ◆ 産業構造の変化を想定した教育・人材育成
 - グローバル化と ICT によって新しく成長する産業がある一方で、衰退する産業もある。こうした産業構造の変化に対応するため、高度人材育成や社会人再教育制度を充実させる。さらに、将来の産業構造と労働市場を見据えた教育の量的規模について検討を行う。

第Ⅱ部 「将来社会を支える科学技術の予測調査」の概要

第1章 調査の全体像

文部科学省科学技術政策研究所は、平成21年度科学技術振興調整費により「将来社会を支える科学技術の予測調査」を実施した。本調査の目的は、将来課題の解決に向けて科学技術・イノベーション政策において何をなすべきかを明らかにすることである。そこで、目指す方向性へのイメージを持ち、想定されるグローバル課題・国民的課題を解決していくための科学技術を議論の中心に据え、既存分野の枠に囚われない検討を行った。課題解決型アプローチ(グローバル課題・国民的課題を解決していくための議論)、及び、学際的アプローチ(既存分野概念の壁を取り払った学際的議論)の二つのアプローチが今回調査の手法的特徴である。

本調査では、まず、世界の動向および日本の状況を考慮して、科学技術がチャレンジしていくべき方向性(グランドチャレンジ)を以下の4つに絞りこんだ。

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

次いで、どのような枠組みや道筋で知を統合し、グランドチャレンジに対して解をもたらすのかといった観点から、既存分野の壁を取り払った学際的議論を行った。具体的には、分野概念を排除して今後の社会の目標を念頭にトピック抽出を行ったデルファイ調査、目指すべき将来への道筋をイメージした複数手法によるシナリオライティング、地域が自ら行った持続可能な地域社会の議論と、多面的な検討を組み合わせた(図表 2-1)。

検討結果は、以下の3つの報告書にとりまとめられている。

【デルファイ調査】

第9回デルファイ調査 (NISTEP REPORT No. 140)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep140j/idx140j.html>

【シナリオライティング】

科学技術が貢献する将来へのシナリオ (NISTEP REPORT No. 141)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep141j/idx141j.html>

【地域グリーンイノベーション】

地域が目指す持続可能な近未来 (NISTEP REPORT No. 142)

<http://www.nistep.go.jp/achiev/ftx/jpn/rep142j/idx142j.html>

図表 2-1: 調査の全体像

グランドチャレンジに向けて解を見出すための科学技術予測

科学技術で将来社会を支えるために

科学技術がチャレンジしていくべき
4つの方向性 (グランドチャレンジ) の設定

科学技術力で注目される日本

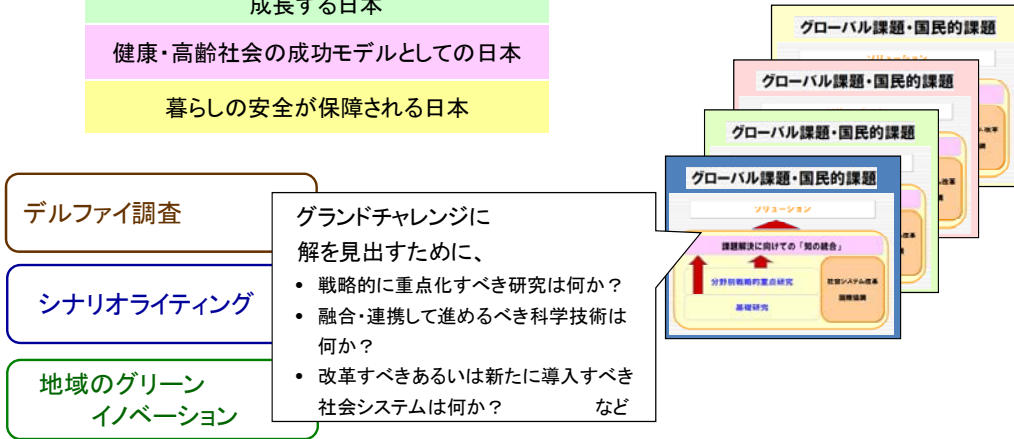
グリーンイノベーションによって持続的に
成長する日本

健康・高齢社会の成功モデルとしての日本

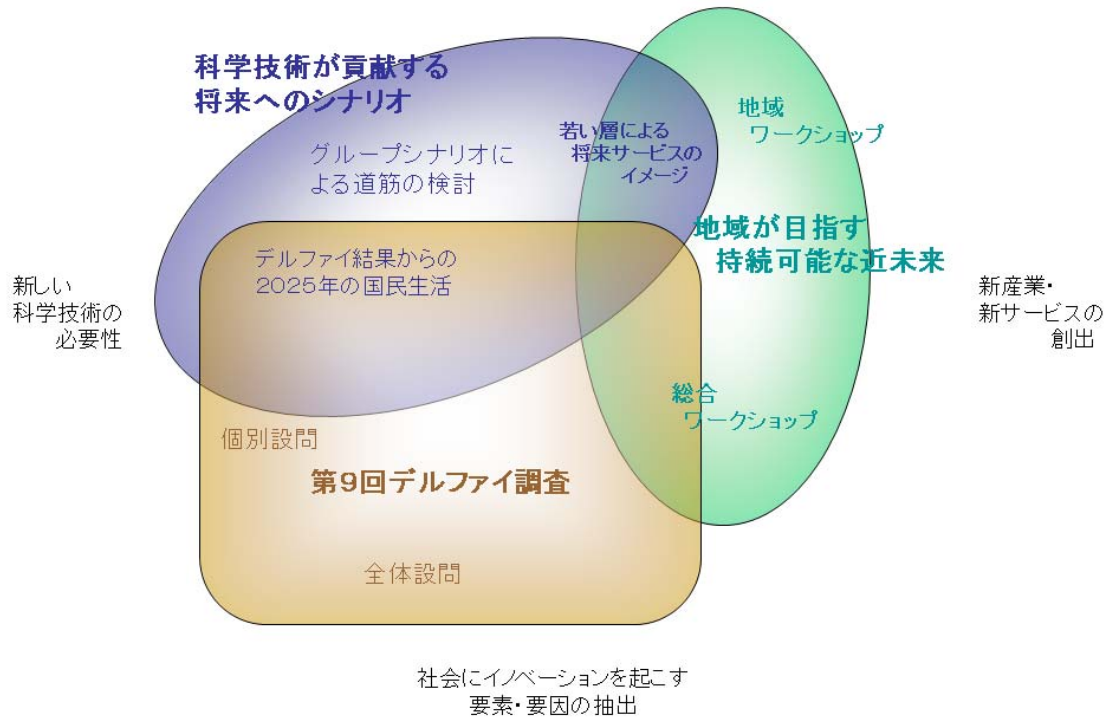
暮らしの安全が保障される日本

第3期科学技術基本計画の
フォローアッププロセスから
得られた知見など

どのような枠組・道筋で
「知を統合し」、
グランドチャレンジに
解をもたらすのか？



将来社会のイメージ構成



第2章 「第9回デルファイ調査」の概要

我が国における科学技術の予測調査は、40年の歴史をもつ。デルファイ法*¹を用いた調査は第1回予測調査(1971年)より継続的に実施され、今回は9回目の調査となる。

今回のデルファイ調査においては、将来目標への到達やグローバル課題・国民的課題の解決に向けて何をなすべきかという観点から重要と思われる科学技術を既存分野の枠に囚われずに抽出し、その将来発展を展望することを試みた。すなわち、従来の技術分野別分科会とは異なる、既存の分野概念の壁を取り払った番号呼称の分科会を設置し、学際的な議論により調査項目の設定、質問項目の設定、並びに、結果の分析を行った。

*1:デルファイ法とは、同じ質問を同じ回答者に繰り返して意見を収れんさせるアンケート手法である。2回目以降のアンケートでは、回答者は前回の集計結果(全体の傾向)を参考に自らの回答を再考する。一部の回答者は意見を変えるため、意見が収れんする。

2-1. 調査の流れ

まず、安心、安全、協調、競争の名を冠した4つの分科会を設け、人文・社会科学系専門家を交えて科学技術が寄与し得る将来目標や解決すべきグローバル課題・国民的課題について議論を行い、24の「重要領域」(図表 1-11 参照)を設定した。

自然科学系のみならず人文・社会科学系も含む大学・産業界・研究機関等の専門家135名から構成される12の学際的分科会(図表 2-2)が、上述の「重要領域」との関連性を考慮しつつ、グローバル課題・国民的課題の解決に資する科学技術を中心に抽出し、調査対象とするトピック*²及び区分*³を設定した(図表 2-3)。既存の分野概念の壁を取り払うため分科会名から分野名を排し、また分科会での議論の範囲や中心的事項は分科会自身が定めた。

調査対象設定のための議論の総括として、今後は科学技術が「社会に適合したシステム」として社会に取り込まれていく道筋が重要であり、①関連する科学技術の研究開発を系統立てて行うこと、②関連する複数の科学技術を一つのシステムとして捉えること、③社会への適用方策に関する研究を行うこと、④社会システムを含めた科学技術を俯瞰すること、の必要性が挙げられた。

*2:トピックとは、将来の個別科学技術や社会システム等の記述である。「第9回デルファイ調査」報告書においては「科学技術課題」と記述している。「グローバル課題・国民的課題」「課題解決型」の文脈における「課題」との混同を避けるため、本報告書では「トピック」の記述で統一した。

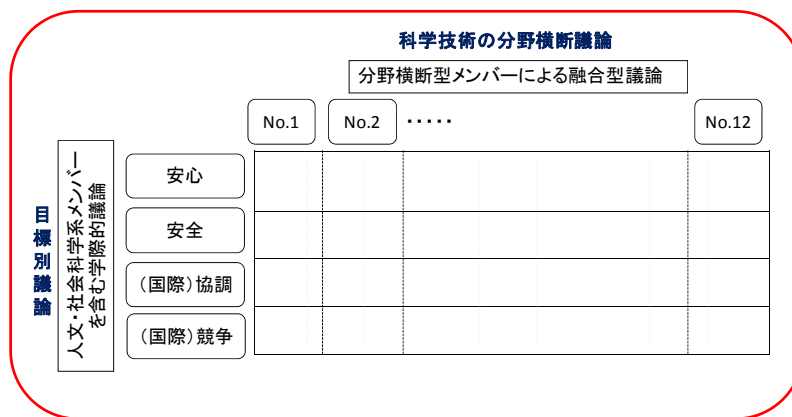
*3:区分とは、関連するトピックのグループである。

図表 2-2: 分科会構成

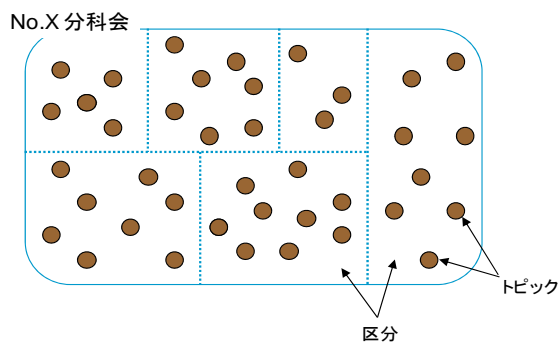
分科会	視点(分科会が設定)	区分数	トピック数
No. 1	ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす	6	70
No. 2	情報処理技術をメディアやコンテンツまで拡大して議論	12	76
No. 3	バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる	8	58
No. 4	ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる	5	85
No. 5	宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術	7	64
No. 6	多彩なエネルギー技術変革を起こす	13	72
No. 7	水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う	7	59
No. 8	環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術	10	68
No. 9	物質・材料・ナノシステム・加工・計測などの基盤技術	5	84
No. 10	産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術	8	76
No. 11	科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般	8	58
No. 12	生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群	5	62
計		94	832

図表 2-3: トピック設定の方法

○12学際的分科会と4目標別分科会の議論の関連性



○トピックの設定方法



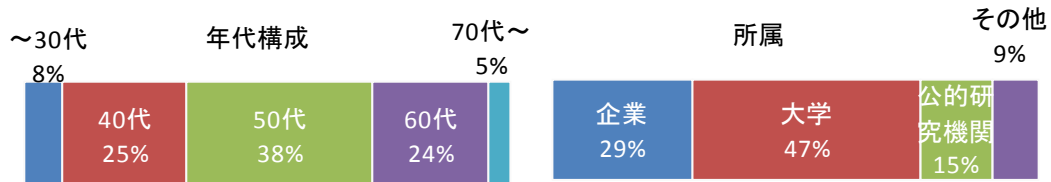
設定方法:

- ①取り上げるべき内容を表すキーワードを設定
- ②関連の深いキーワードをとりまとめて区分を設定(ただし、トピック設定後に再考)
- ③区分毎にトピックを設定

※区分内にはコンセプトの近いトピックが存在。

設定された計832のトピックについて2040年までの今後30年間の将来展望を尋ねるアンケートを2009年11月(第1回アンケート)及び2010年2月(第2回アンケート)に実施し、のべ2900名の専門家から回答を得た(図表 2-4)。この第2回アンケートの結果を最終結果として分析を行った(図表 2-5、2-6)。また、第1回アンケート時には、分科会ごとにグローバル課題・国民的課題の解決に向けての我が国の取り組みについて尋ねる設問を設けた。

図表 2-4: 回答者の属性



図表 2-5: アンケートの質問項目

個別トピックに対する設問	グローバル課題・国民的課題の解決に向けた我が国の取り組みに関する設問
<ul style="list-style-type: none"> * トピックの重要性 * トピックの(技術的、社会的)実現予測時期 * トピックの(技術的、社会的)実現を牽引するセクター 技術的実現: 技術的な環境が整うこと 社会的実現: 製品やサービスなどとして、利用可能になること	<ul style="list-style-type: none"> * グローバル課題・国民的課題の解決に向け、鍵となる事項 * 課題解決に向け取り組むべき研究開発 * 研究開発における国際関係(国際戦略、関係を強化すべき国・地域) * 政府が重点的に取り組むべき事項 * 地球環境問題対応と持続的発展の両立に向け、取り組むべき研究開発

図表 2-6: 集計イメージ

区分	トピック	トピックの重要性			技術的実現予測時期 (世界のどこかで、課題内容が技術的に可能になる時期)					左記の技術的実現を牽引する主なセクター					社会的実現予測時期 (日本において、課題内容が社会に適用される/普及する時期)					左記の社会的実現を牽引する主なセクター													
		世界・日本双方にとり重要	特に日本にとり重要	特に世界にとり重要	重要度・優先度は低い	実現済み	2011年	2016年	2021年	2031年	2041年	わからない	実現しない	大学	民間企業(NPOを含む)	公的研究機関	その他(国際機関等)	2011年	2016年	2021年	2031年	2041年	実現しない	わからない	大学	民間企業(NPOを含む)	公的研究機関	その他(国際機関等)					
26	情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム	95	2	0	3								12	11	55	47	48	18	3							14	12	26	33	64	17	19	3
52	電力効率を向上させ日本の総発電量を20%削減することのできるスマートグリッド技術	72	27	1	0								2	2	23	47	66	52	2							2	2	10	26	71	41	50	2
26	低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	79	19	1	1								2	2	51	50	57	22	0							2	1	18	26	80	9	23	1
80	生薬継続的地域EHR (Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療	19	73	0	8								1	3	40	47	34	64	1							1	3	30	34	43	49	47	1
77	がんの転移を抑制する薬剤の開発	96	1	0	3								0	3	75	48	51	23	8							0	3	59	33	65	6	28	3
1	生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした50年から100年将来のモデリング	89	0	9	2								2	4	48	76	2	27	22							1	7	22	69	5	27	24	27

実現予測時期の回答を時期の早い順に並べて、
 Q1: 全体の1/4番目に当たる実現予測時期
 Q2: 全体の1/2番目に当たる実現予測時期
 Q3: 全体の3/4番目に当たる実現予測時期

第1回アンケートにおける分布
 第2回アンケートにおける分布

2-2. 主な調査結果

(1) グローバル課題・国民的課題の解決に向けて重点的に取り組むべき事項

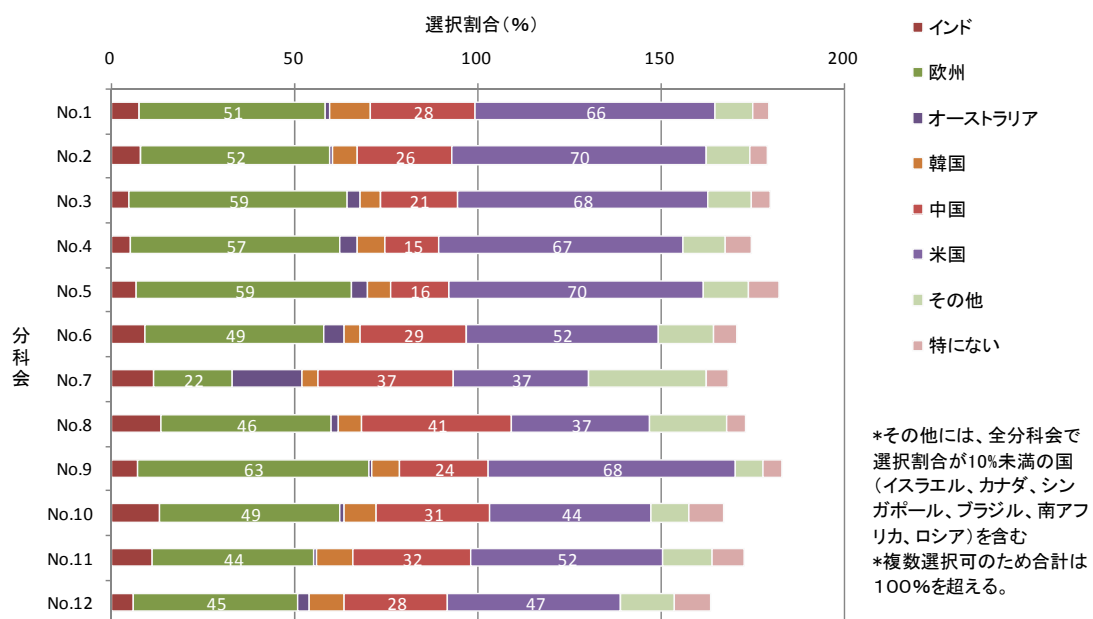
- ◇ グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項として、エネルギー・資源・環境に関する事項が多く挙げられている(図表 2-7)。健康・医療関連では、治療とともに予知・予防医療が挙げられる。その他、ICTインフラ、人材育成やマネジメントにかかわる事項、基盤技術などが挙がる。

図表 2-7: グローバル課題・国民的課題の解決に向けて鍵となる事項

	分科会	鍵となる事項(分科会が設定した区分から選択されたもの)
エネルギー・資源・環境関連	No.1	エネルギー
	No.3	エネルギー・環境関連バイオ・ナノ産業技術
	No.5	地球診断技術
	No.5	宇宙・海洋管理技術(観測を含む)
	No.6	原子力エネルギー
	No.6	再生可能エネルギー
	No.6	化石エネルギー
	No.6	低炭素エネルギー貯蔵
	No.6	省エネルギー
	No.7	農林水産資源(森林保全、バイオハザード等を含む)
	No.7	水資源
	No.7	環境、再生資源、リサイクル、LCA
	No.7	炭化水素資源、鉱物資源およびCCS
	No.8	ライフスタイルと環境(環境倫理を含む)
	No.8	温暖化の評価と対策技術
	医療関連	No.8
No.8		大気・水・土壌環境の汚染防止/循環型水資源利用技術
No.10		エネルギー、資源、環境
No.3		バイオ・ナノテクノロジー応用技術
その他	No.3	治療(外来因子・代謝性疾患、精神疾患等)
	No.4	安心・安全を目指す医療
	No.4	新しい医療技術の創造
	No.4	予知・予防医療への展開
	No.2	情報の社会化
	No.2	クラウドコンピューティング
	No.2	情報通信新原理
	No.5	宇宙技術(宇宙医学を含む)
	No.9	ナノ基盤材料
	No.9	出口(デバイス・システム化及び応用技術)
	No.10	グローバル化、価値付加、市場創成
	No.10	理工系離れ、人材問題、少子高齢化
No.11	国際競争力低下を防止するためのマネジメント(国際的マネジメント)、外国人と対等に戦える人材育成、異文化の共働マネジメント	
No.11	サービスマネジメント、教育研究分野のマネジメント、環境経営マネジメント、政府機関のマネジメント	
No.11	社会イノベーション、ネットワーク創発、創発誘発する仕組み	
No.11	人間のマネジメント(格差や多様性への対応)、ナレッジの創出・管理・伝達、教育、標準化による教育の質の維持	
No.12	インフラシステムの持続化戦略	

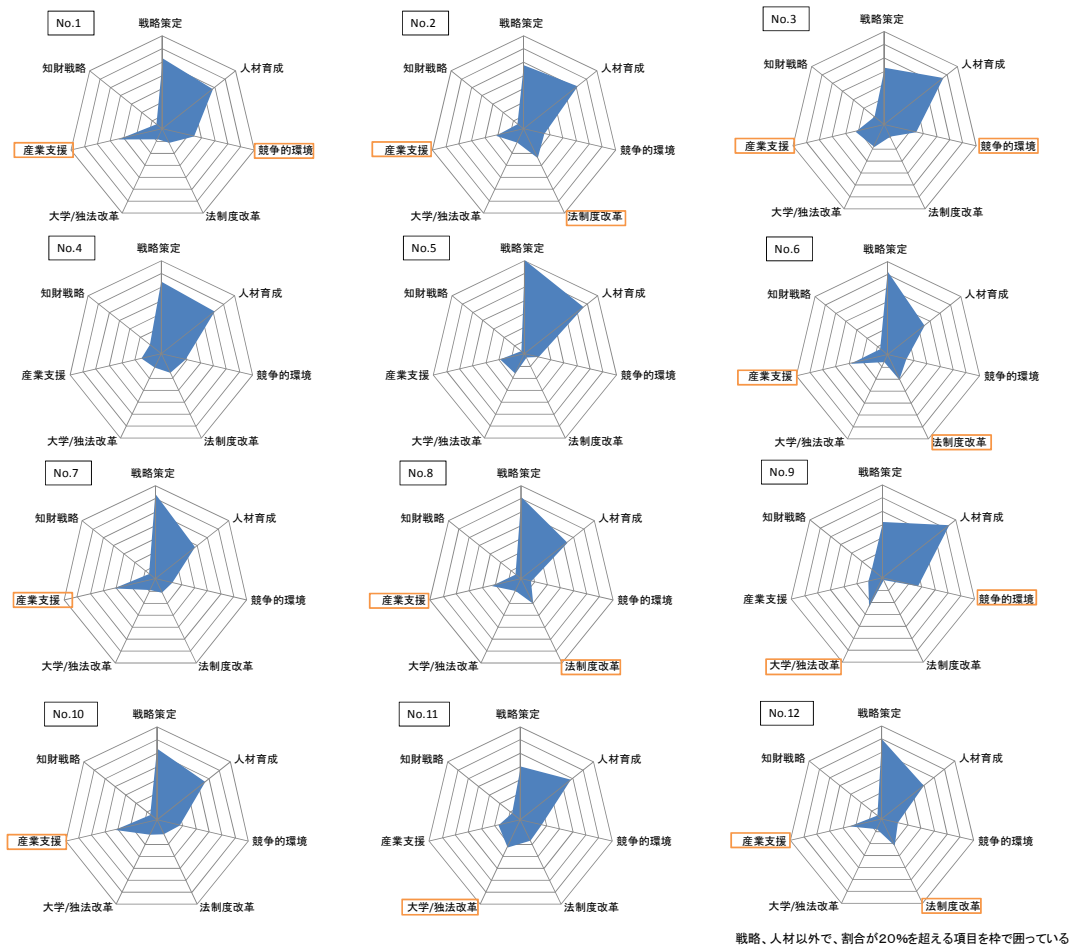
- ◇ 鍵となる事項を発展させる上で我が国が重点的に取り組むべき科学技術、及び、地球環境問題に対応するため我が国が重点的に取り組むべき主な事項として、エネルギー・資源・環境関連のトピック90、健康・医療関連のトピック7、その他のトピック23が挙げられた(別添1)。
- ◇ 「我が国の国際戦略」としては、研究開発あるいは実用化で世界をリードすることが最も多く支持されている。地球環境観測や予知・予防医療では、国際共同プロジェクトへの参画も支持されている。我が国が今後「関係を強化すべき国・地域」としては、米国・欧州に加え、中国が上位に挙げられている(図表 2-8)。特に、環境や資源を扱う分科会(No.7、No.8)では、米・欧・中の三極への関心が同等である。

図表 2-8: 我が国が関係を強化すべき国・地域



- ◇ 「政府が重点的に取り組むべき事項」として、すべての分科会の回答者が「戦略・ビジョンの策定」と「次世代の人材育成」を1、2位に挙げている(図表 2-9)。第3位は、情報、エネルギー、環境、インフラ技術などを扱う分科会(No.2、No.6、No.8、No.12)では「法制度改革」、エレクトロニクス、バイオテクノロジー、ナノテクノロジーなどを扱う分科会(No.1、No.3、No.9)では「競争的環境の整備」である。インフラ整備や資源・エネルギー確保といった国全体の設計図が必要とされる分科会では、全体方針としての戦略・ビジョン策定が求められ、要素としての基盤的性格が強い分科会では、次世代人材育成や競争的環境の整備が求められている。また、社会システムとしての基盤に関わる分科会では、法制度改革による推進が必要とされている。

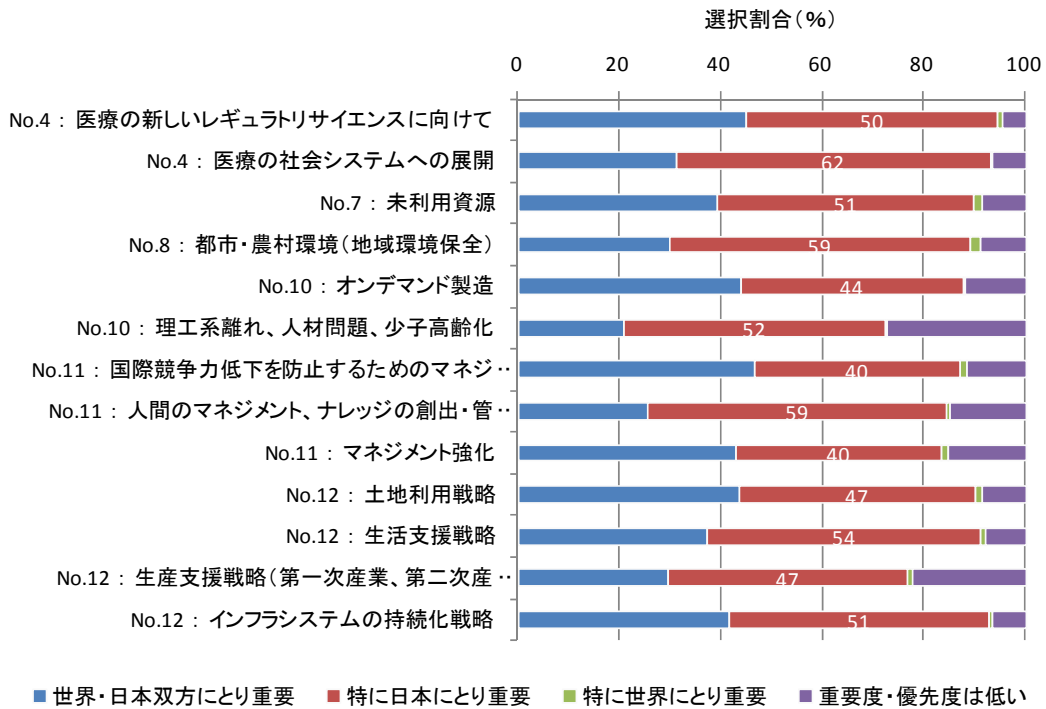
図表 2-9: 政府が戦略的に取り組むべき事項



(2) 個別トピックの将来発展動向

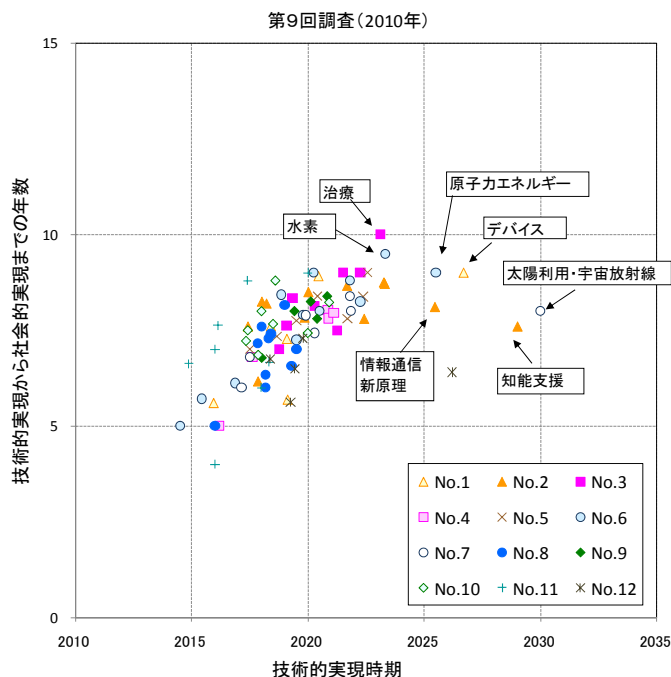
- ◇ トピックは概ね全世界共通に重要と認識されている。社会インフラ、医療システム、防災・減災、地域環境など社会のシステム作りに関わるトピック、資源確保に関わるトピック、人材確保に関わるトピックは、特に我が国にとって重要とされている(図表 2-10)。

図表 2-10: 「特に日本にとり重要」とされた区分(選択割合が40%以上の区分)



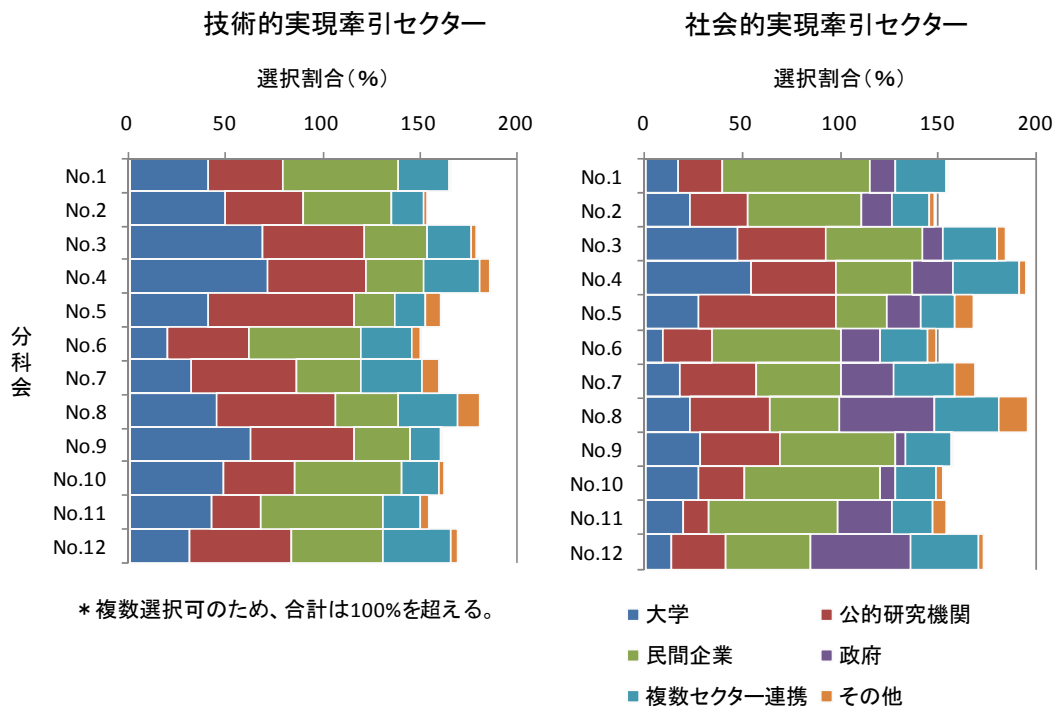
◇ 今後10年以内に日本の社会で実現する事項として、医療システム、エネルギーマネジメント、クラウドコンピューティング、サービスマネジメントなどが挙げられた。一方、治療、再生医療、水素、原子力エネルギーなどは、技術的実現から社会的実現まで10年近くを要すると予測されている(図表 2-11)。

図表 2-11: 技術的実現から社会的実現までの期間



◇ トピックの実現を牽引するセクターは、科学技術の種類により異なる。バイオテクノロジーや医療に関わるトピック(No.3, No.4 分科会)については、技術の確立においても社会への適用においても大学が牽引すると考えられている。一方、エネルギーに関わるトピック(No.6 分科会)については、技術の確立においても社会への適用においても民間企業が牽引すると考えられている。環境(No.8 分科会)や社会インフラ(No.12 分科会)に関わるトピックの社会への適用に当たっては、政府の役割が期待されている。

図表 2-12: 実現を牽引するセクター



第3章 「科学技術が貢献する将来へのシナリオ」の概要

本調査は、将来的に科学技術が目指す将来のイメージを明らかにし、併せて、そこで生じるグローバル課題・国民的課題を解決していくための科学技術を明らかにしようとしたものである。

科学技術がチャレンジしていくべき方向性に対し、将来社会の変化と知の統合による枠組みや道筋を、(1)グループワークによるシナリオライティング、(2)デルファイ調査結果に基づく将来シナリオ、(3)若い層による将来社会の検討、3つのアプローチにより描き出すことを試みた。

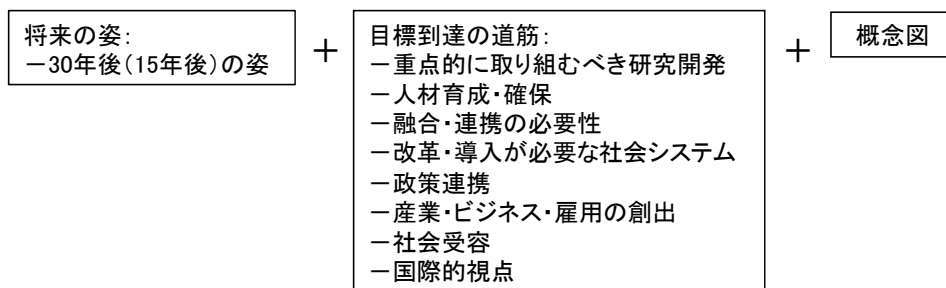
3-1. グループワークによるシナリオライティング

(1)実施概要

専門家が形成する自発的グループが学際的な議論を行い、15～30年後の将来社会像とそれに貢献すると考えられる科学技術について考察した。シナリオは、将来像到達への道筋を中心とすることとし、重点的に取り組むべき研究開発から、必要な人材、整備すべき社会システム、国際展開まで幅広く記述することを求めた(図表 2-13)。

のべ54人の専門家によって12の将来シナリオ(図表 2-14)が検討され、複数領域の科学技術の複合的な成果と社会システムの整備によって、グローバル課題や国民的課題に向けて一つの解を示していく枠組みや道筋が例示された。

図表 2-13:シナリオの構成



図表 2-14:シナリオのテーマ

大目標(グランドチャレンジ)	シナリオテーマ
グリーンイノベーションによって持続的に成長する日本	低炭素社会を実現するスマートグリッド
	世界に展開する水供給システム
	グリーンICTビジネス
	農林水産業の総合産業化
	環境変化への適応策
健康・高齢社会の成功モデルとしての日本	少子高齢化時代の健康維持・増進
	健康長寿社会を支える世界最高水準の医療環境
	格差フリーのための健康情報インフラ
暮らしの安全が保障される日本	食料安定供給
	化石資源・鉱物資源の安全保障
	世界最高水準の生活セキュリティ:減災型社会の実現
	信頼できる社会の基盤

※グランドチャレンジとしては、この他「科学技術力で注目される日本」を掲げたが、すべての科学技術に共通の目標であるため、個別のシナリオライティングは行わなかった。

(2) 将来シナリオ

シナリオ1 <低炭素社会を実現するスマートグリッド>

リーダー：財団法人電力中央研究所、東京大学 浅野浩志氏

鍵となる事項：

- スマートグリッドの技術開発と国際的な普及
- 低炭素型電力需給システムづくりをリードし、世界の温室効果ガス(GHG)削減、新産業振興、雇用創出、地域活性化に寄与

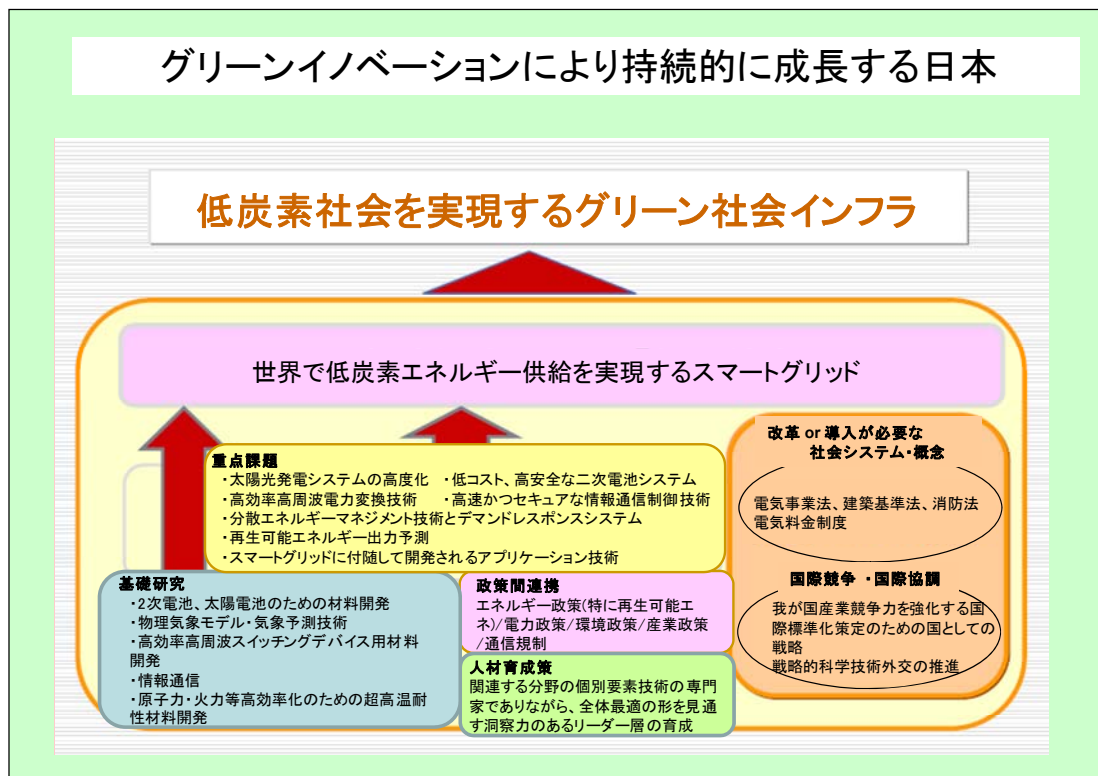
2040年頃の将来の姿：

- 需給両サイドが連携し、需要側と集中型大規模電源と送配電網などの供給側の一体運用により、高効率、高品質、高信頼度のエネルギー/電力供給システムを実現
- 新興国においても、基幹系統から需要家系までの電力需給チェーンの市場拡大

到達への道筋：

- 太陽光・風力発電の本格利用を円滑に行うための要素技術・通信技術・制御技術の開発
 - 太陽光発電システム、二次電池、高効率高周波電力変換技術、高速大容量情報通信制御技術、分散エネルギーマネジメントシステム、等
- 基礎的研究のブレークスルー
 - 二次電池材料、次世代高効率太陽電池の新材料、再生可能エネルギー出力予測に向けた気象予測技術、高効率スイッチングデバイス、情報通信セキュリティ技術
- 制度設計まで含めた総合的研究。生活の総合ソリューション提供サービスを目指す。
- システム統合化のできるリーダー人材を確保
- 技術進歩や普及状況、社会経済環境の変化に応じた規制等の見直し(電気事業法、分散型電源の系統連系基準、建築基準法や消防法、消費者保護法、等)
- 国際標準化策定のための国際協調や戦略的なアライアンス締結

(図表 2-15:シナリオ 1 概念図)

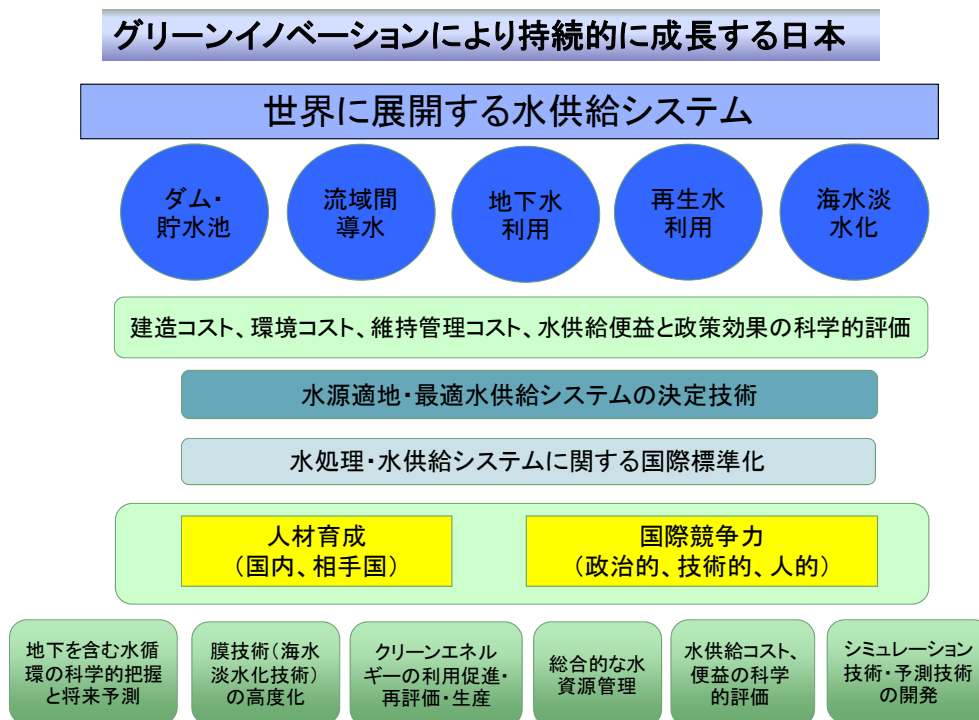


シナリオ2 <世界に展開する水供給システム>

リーダー： 京都大学 寶馨氏

<p>鍵となる事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 地域の実情(気候・風土・社会条件等)に応じた水供給システムの技術を世界に展開し、安全で安心して水が利用できる社会の構築に貢献する。 <p>2040年頃の将来の姿：</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 環境負荷の少ない廉価な水供給が行われるが、水不足の状況は続く。湖沼の縮小・汚染、帯水層・化石水の枯渇により、内陸部における新たな水源の確保が課題となる。 □ 我が国の水供給システムや気象・水象予測システムが世界各国に受け入れられ、多くの国々から引き合いがある。 <p>到達への道筋：</p> <ul style="list-style-type: none"> □ 低炭素化を指向し、我が国のビジネスチャンスが広がる形で世界的に水供給システムの展開を実現する。 <ul style="list-style-type: none"> □ 適切な水供給システムを明らかにするため、地球、各大陸、各流域等における地下水を含む水循環の科学的把握と将来予測 □ 海水淡水化の工学的技術のさらなる高度化 □ 太陽光エネルギー、風力、地熱などの利用 □ 流域内あるいは流域間で総合的に水資源を管理 □ 水を得るためのコストと利用便益の評価 □ 高度な水供給システム開発に向けたシミュレーション技術・予測技術の精緻化 □ 水文学、気象学、土木工学、エネルギー科学、公共経済学、国際法学、政策学等との連携 □ ジェネラリスト的視点を持ったスペシャリスト、スペシャリスト的視点を持ったジェネラリストとして、国際的センスと倫理観・使命感を持つ人材の育成 □ 水供給バックアップシステムや気象等観測の重要性認識を国際的に共有。現地の専門家との共同研究・事業を実施。
--

(図表 2-16:シナリオ 2 概念図)

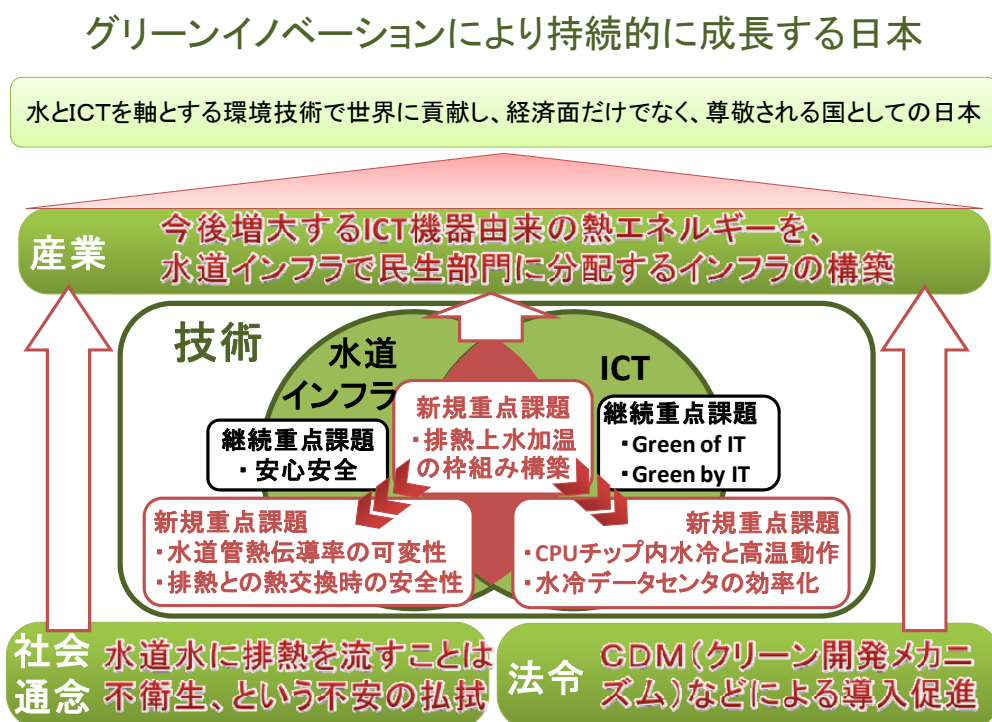


シナリオ3 <グリーンICTビジネス>

リーダー： 日本電気株式会社 中台慎二氏

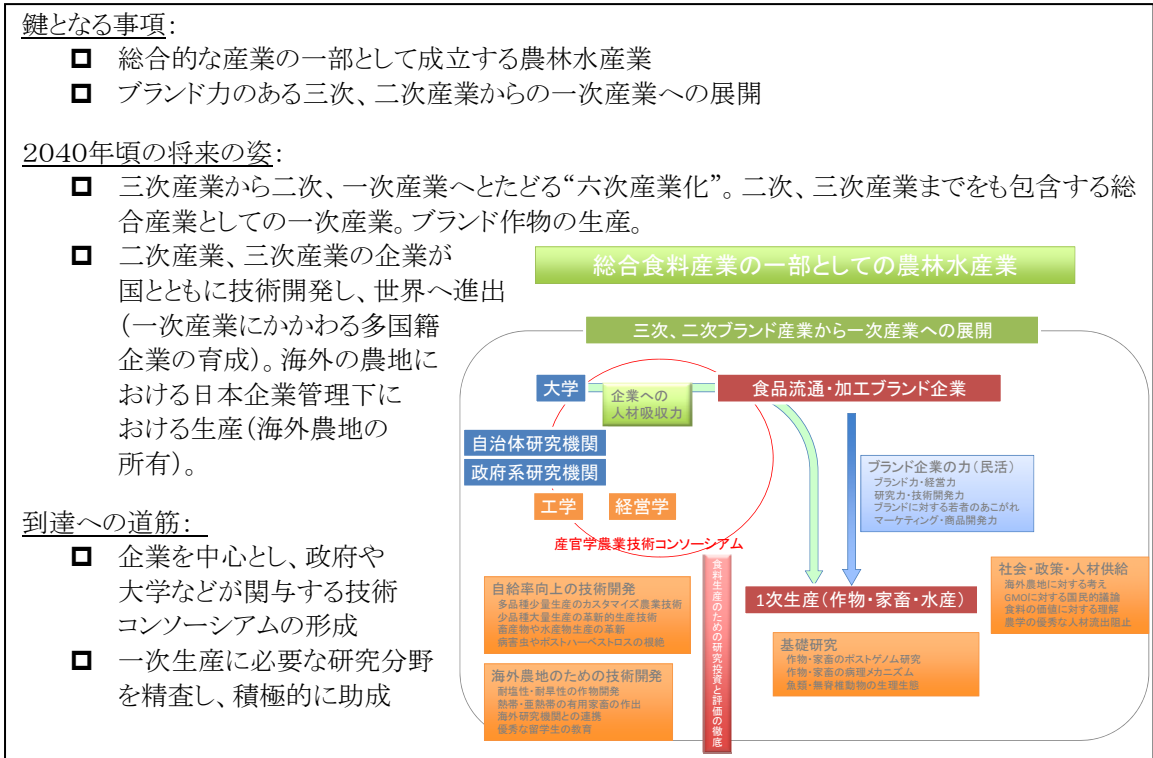
<p>鍵となる事項：</p> <ul style="list-style-type: none"> ICT で消費されるエネルギーを、水道網で家庭の熱需要に分配供給するインフラの実現 <p>2040年頃の将来の姿：</p> <ul style="list-style-type: none"> 排熱を利用する上水システムが稼働（浄水場に与えられた排熱を冬場に効率的に家庭に届ける、夏場に地中にうまく逃がす） 浄水場とデータセンターが隣接して立地し、浄水場の冷たい水でサーバの冷却水を冷やす 日本で培った排熱による上水加温の運用ノウハウを生かし、海外進出 <p>到達への道筋：</p> <ul style="list-style-type: none"> ICT で発生する熱エネルギーを民生部門の熱需要の一部を賄う手段として、ICT におけるエネルギー消費を水インフラとの関連で捉え直し、ICT ネットワークと水道ネットワークを利用（データセンターと浄水場を隣接配置）する 重点的に取り組むべき課題として、 <ul style="list-style-type: none"> 地熱利用とIT 排熱利用の水道網上の最適配置問題 水道管に熱伝導率の可変性をもたせる 熱交換時に、水道管に異物が混入しない保障 CPU チップ内の水冷技術の開発 データセンター水冷システムの効率化 データセンター以外の排熱源の模索 これまで連携の少ない領域が連携し、全体枠組みの下で個別研究開発を行う 制度等改革として、水道事業の責任境界の緩和、クリーン開発メカニズムによる導入促進 水資源政策、温暖化防止政策、水道網整備政策と科学技術政策の協調 人々が水道水に求める品質の把握、水道事業者の「冷熱提供者」としての認識
--

(図表 2-17:シナリオ 3 概念図)

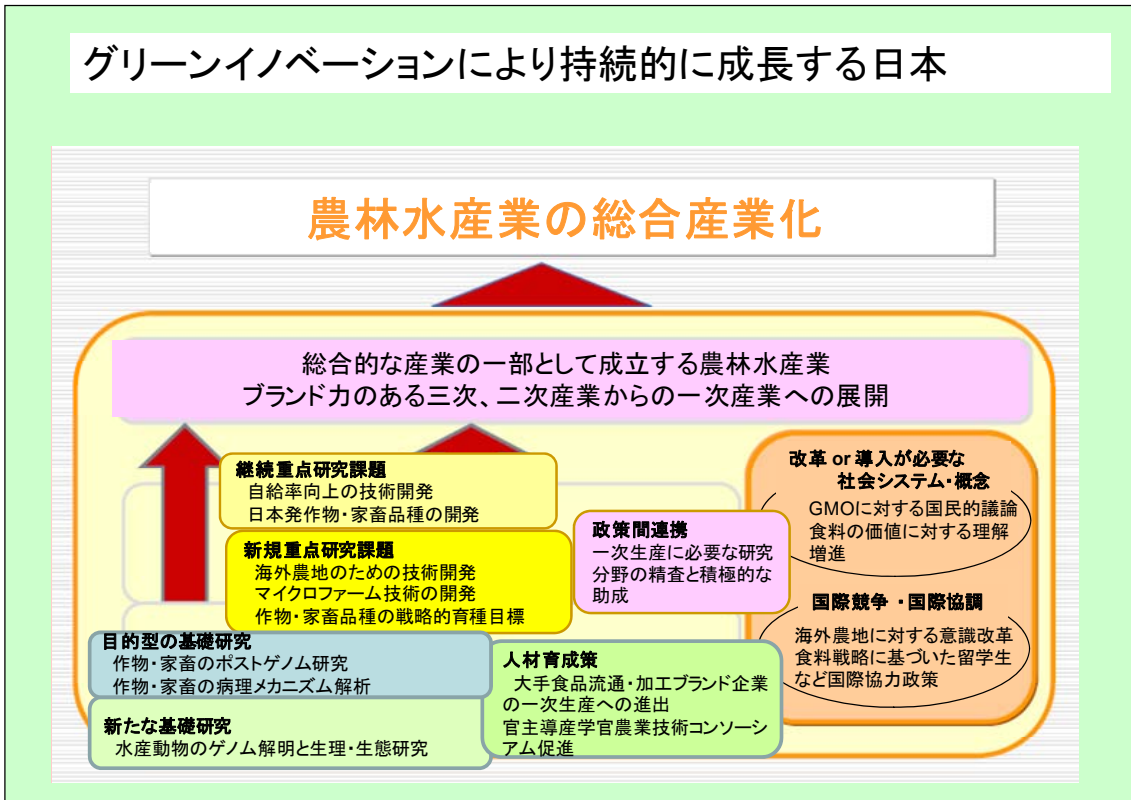


シナリオ4 <農林水産業の総合産業化>

リーダー：名古屋大学 前多敬一郎氏



(図表 2-18:シナリオ 4 概念図)



シナリオ5 <環境変化への適応策>

リーダー： 東京大学 滝沢智氏

鍵となる事項：

- 気候変動や社会経済活動による環境変化への適応力を高め、安全安心な社会づくりを支援

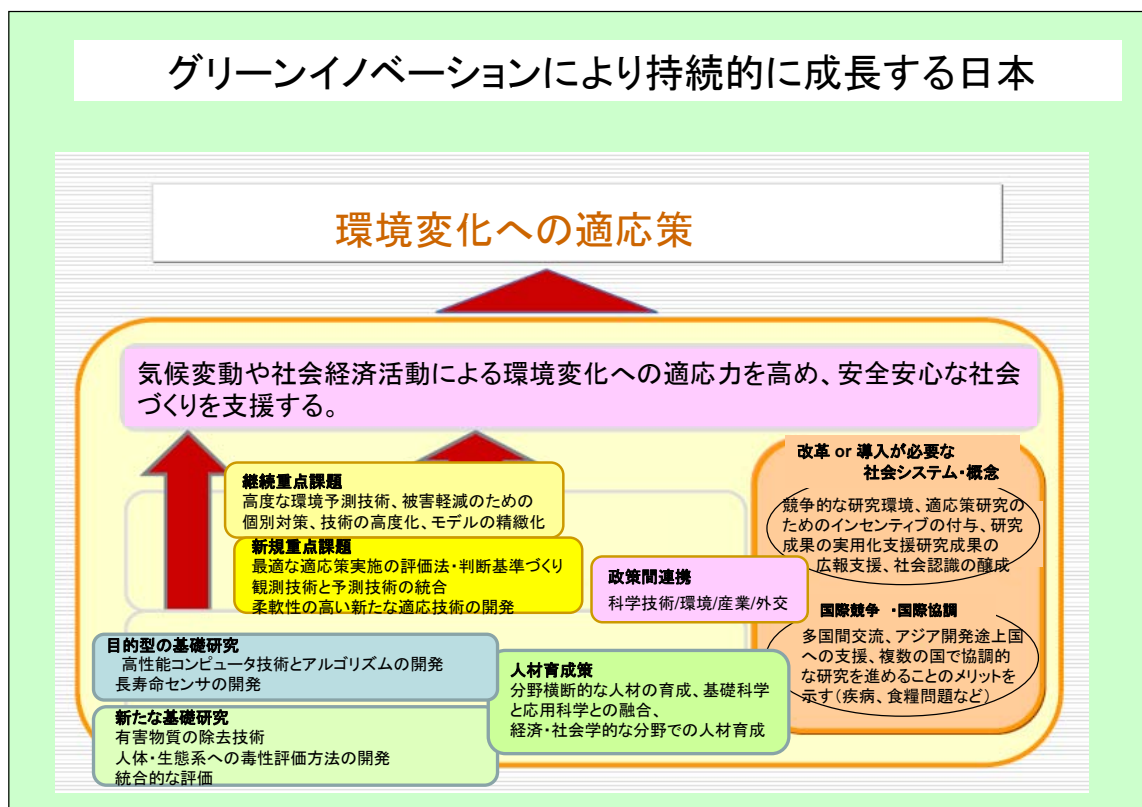
2040年頃の将来の姿：

- 開発途上国での爆発的な都市化に伴う都市域の環境問題の解決に大きく貢献。自然エネルギーを利用した生活のための技術を開発し、環境難民発生による地域紛争が頻発するアフリカに技術移転、地域紛争解決に貢献。
- 国内では、ヒートアイランド現象を緩和するため都市構造の抜本的な見直し。公共交通への電気自動車導入等により CO₂ 排出量削減。高緯度地方や高地でそれまでとは異なった作物生産。
- 高度な災害予測技術を開発し、アジア太平洋諸国にリアルタイムで災害予測情報を提供するシステム運営の中核。

到達への道筋：

- 水資源、生態系、農林水産業、沿岸・防災、健康などの人間社会に関連する様々な分野において、高度な環境予測技術を構築して、将来の環境悪化を回避する処方箋を準備。
- 環境変化への対応策に関する科学技術は、地球規模による国際協調の中において、その真価が求められる。二国間・多国間の技術交流や技術支援を通じ、他国でも研究に取り組むことにより効果を共有化。
- 総合、統合、複合といった横断的観点で、経済学や社会学等と分野連携。

(図表 2-19:シナリオ 5 概念図)



シナリオ6 <少子高齢化時代の健康維持・増進>

リーダー： 国立国際医療センター研究所 加藤規弘氏

鍵となる事項：

- 予防医療を中軸として、生涯カルテに基づき、“テーラーメイド”の心身の健康管理を行う。

2040年頃の将来の姿：

- 三大疾患の予防のために‘食育’が精力的に推進され、個人個人の体質に基づいた、きめ細かな食生活管理
- 「生涯電子カルテ」に基づいて、環境と体質との相互作用も含めた“テーラーメイド”の心身の健康管理、予知・予防医療

到達への道筋：

- トランスレーショナル疫学の開発と推進。
- 発症における環境要因の同定、健康食品開発、病態悪化防止
- 医療と介護の連携強化、要介護者のQOL向上(機能代替技術等)、心の健康、健康を自らの努力で獲得するという意識醸成
- 物理・化学、建築学・都市工学、人文科学・行動科学との連携
- 生涯カルテ運用のための倫理的指針策定、医療経済学的検討

従来の疫学研究

in vivo生体情報
生体由来試料
血清・血漿・尿
バイオマーカー情報
ゲノム情報

in vitro実験情報
生体機能を模倣する人工臓器・組織を用いて環境曝露の影響を検証・評価

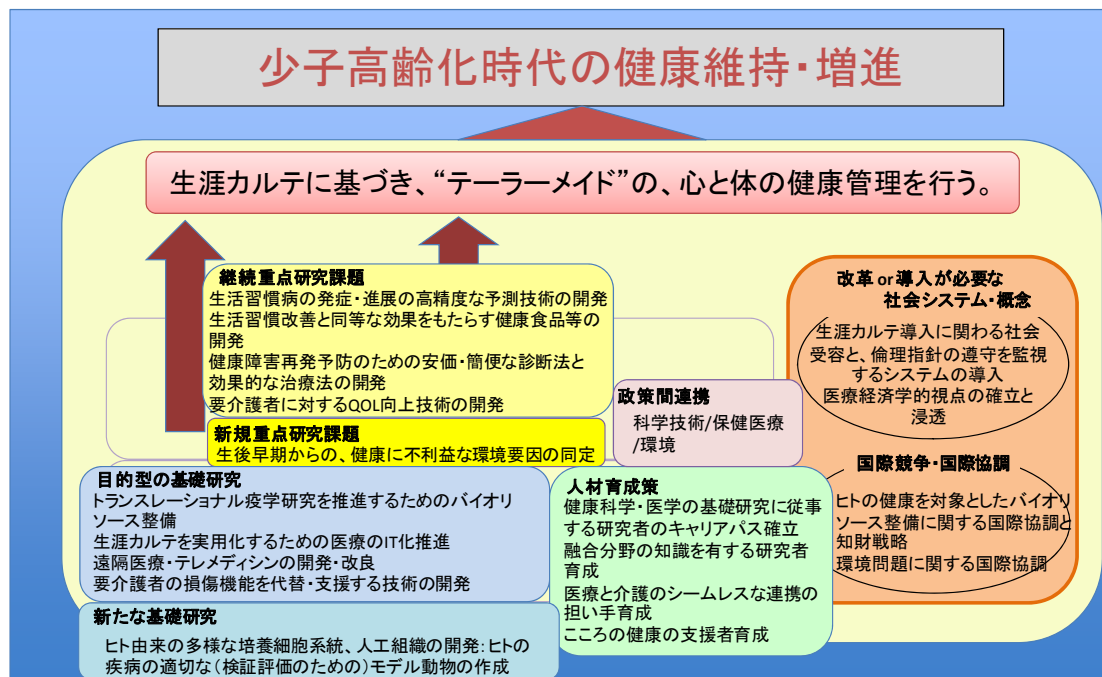
トランスレーショナル疫学研究

ヒトの再生医療技術の検証・評価系への応用

これまでも培養細胞やモデル動物での検証・評価実験は行われていたが、ヒトの生体機能へと直接的に結びつける(展開する)ため、個々人の“(人工)臓器・組織”を用いたin vitro実験を組み入れる。

(図表 2-20:シナリオ 6 概念図)

健康・高齢社会の成功モデルとしての日本



シナリオ7 <健康長寿社会を支える世界再最高水準の医療環境>

リーダー： 東京医科歯科大学 川渕孝一氏

鍵となる事項：

- 日常生活に組み込まれた安心医療空間と、革新的医薬品・治療デバイスを生み出す国際競技場の融合

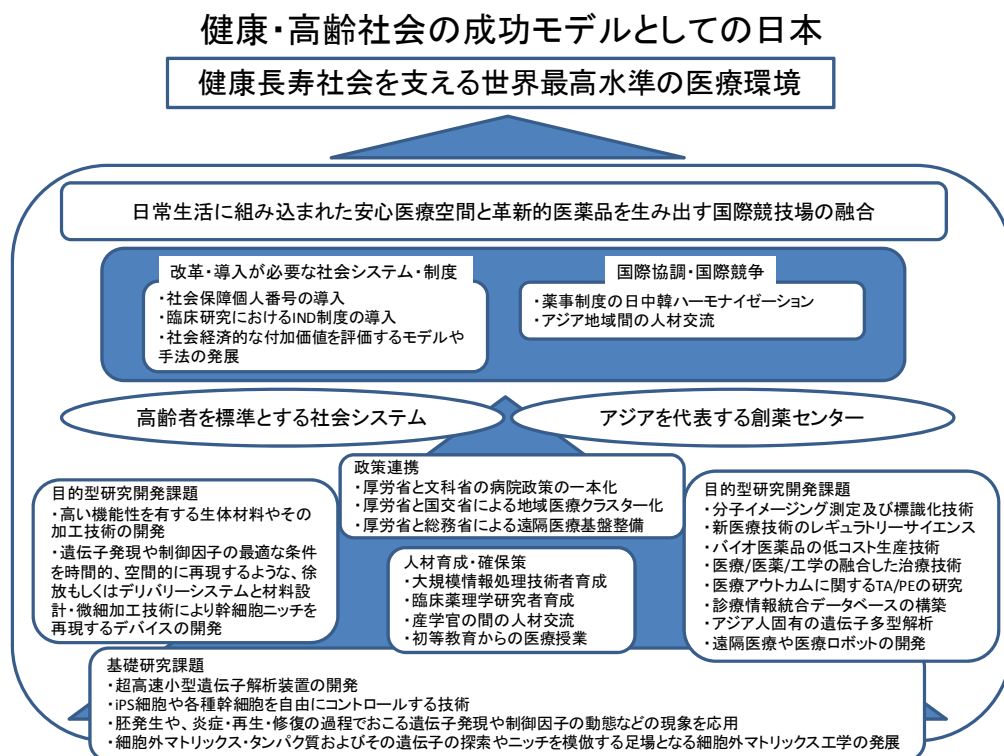
2040年頃の将来の姿：

- 1枚のカードで生涯健康資産を管理、世界最高の医療サービスを受けられる健康資源大国
- アジア最大の医薬品研究者の集積地かつアジアにおける先進治療医薬品の最大輸出国
- 生活様式と人生観に適した個別化医療を小さな経済的負担で享受

到達への道筋：

- 重点的に取り組むべき研究開発課題
 - 探索的早期ヒト臨床試験のための技術開発
 - 診療情報の電子化と各種データベースの構築
 - 細胞の導入を行わない体内再生医療を基本概念とした治療デバイス
 - 個別化医療のため、個人の遺伝子情報の超高速遺伝子解析機器の開発
 - 細胞外マトリックス工学の発展
 - iPS などヒト幹細胞を利用した各種臓器機能の再生研究、等
- 情報通信技術や都市づくり等との連携、研究開発と臨床応用の高度マネジメント(臨床効果推計、社会経済的付加価値のモデル化)
- 医療法や薬事法等の関係法規の整備(探索的早期ヒト臨床試験を可能にする IND 制度(Investigational New Drug Applications)の導入、健康保険制度の見直し)
- “医療版出島”創設等、医療の産業化に向けた新たなビジネスチャンスや新雇用の創造
- 高齢化が急速に進む日中韓を核として、世界に輸出できる社会システムを創出

(図表 2-21:シナリオ 7 概念図)



シナリオ8 <格差フリーのための健康情報インフラ>

リーダー： 東京大学 小山博史氏

鍵となる事項：

- 健康情報インフラ整備による内需拡大と健康立国の実現

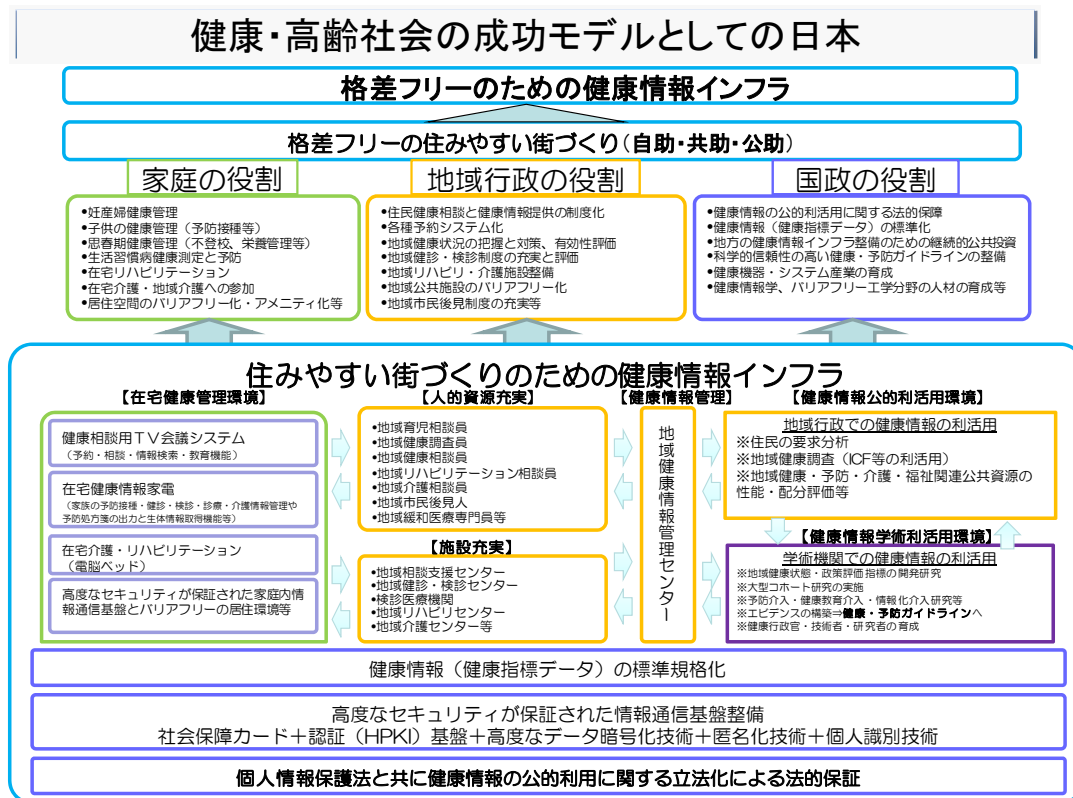
2040年頃の将来の姿：

- 国民健康・予防ガイドラインが整備され、健康管理の格差解消に役立つインフラとして機能
- 家庭には、自治体貸し出しにより、健康情報管理ユニットや電脳ベッドが完備
- 個人の状態に応じた予測アルゴリズムが開発され、再検診時期や検診内容が個別化
- 地域介護ポイント制、市民後見人制度等、相互に助け合う社会モデルの構成要素が揃う
- 緊急健康被害を監視する地域のセンターが設置、蓄積データを安全・治療等に利用

到達への道筋：

- 国民の健康格差をなくすため、①各人の健康状態データの正確な把握、②信頼性の高い健康情報を利用できる環境整備、③地域の自助・共助・公助システム構築、を実施する
 - ①のためには、超小型生体センサの家庭内ネットワーク、健康データ蓄積装置の開発、自宅で健康ナビゲーションを行う環境整備、高齢単身者の孤独死予防のための活動測定技術(モーションキャプチャ等)
 - ②のためには、健康に関するデータベース構築(文献情報、Q&A、類似症例)のためのシステムティックレビューの自動化、検診データ等の標準規格化、高機密性の暗号技術開発、健康情報・解析のためのネットワークと超高速情報処理基盤技術開発。併せて、暗黙知(行動、対話、体験等)データベース開発。
- ヘルスケア IT への公共投資増により規模を拡大し、人材を呼び込む
- 公共における健康情報保証推進制度の導入、医療機器審査制度再検討(在宅健康情報機器への対応)、地域医療設計の見直し(地域での健康管理や予防)等のシステム改革

(図表 2-22:シナリオ 8 概念図)



シナリオ9 <食料安定供給>

リーダー:名古屋大学 山内章氏

鍵となる事項:

- 我が国の住民に対して安定的に食料を供給
- 国内ならびに海外の農地における食料増産を保障する革新的技術開発

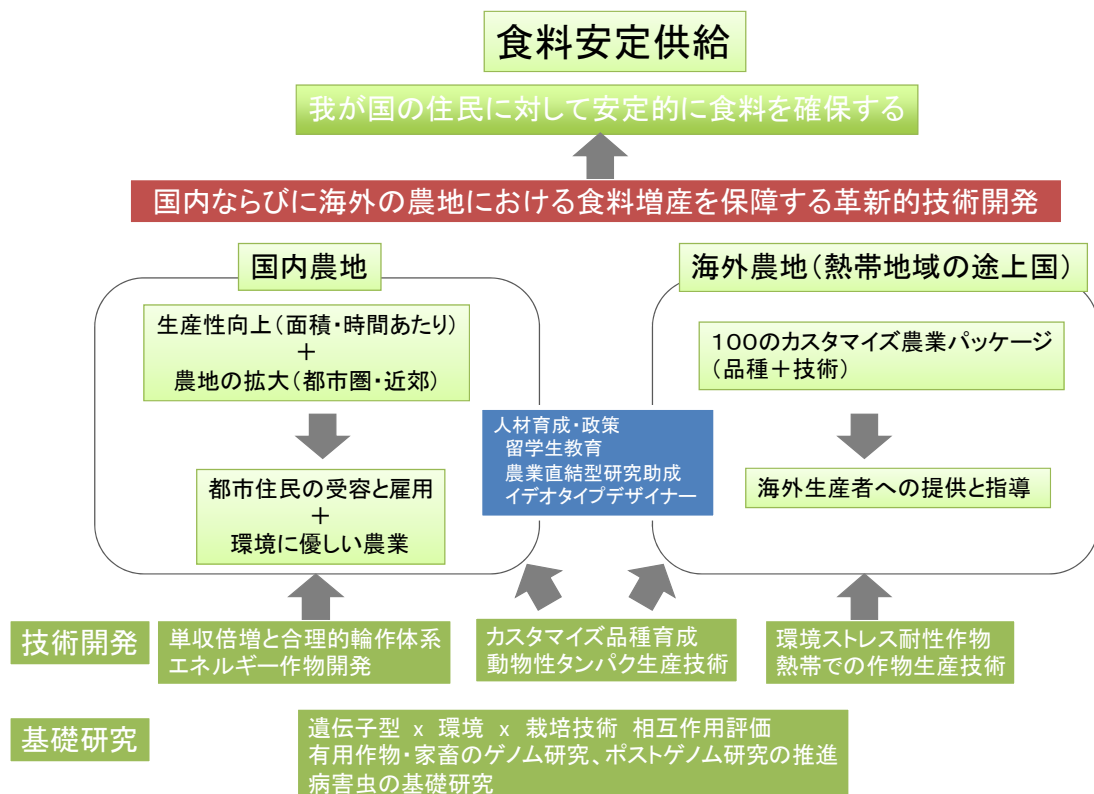
2040年頃の将来の姿:

- 国内における単収ならびに耕地面積の増大、海外における耕地の確保と我が国発の技術開発による生産性の向上により、食料が安定的に供給される体制が整う。
 - 単収や技術レベルの向上
 - 都市圏や都市近郊で、産業構造の転換や人口減少によって生まれている広大な土地が農地に転換
 - 海外の農地において、我が国の技術管理下で生産

到達への道筋:

- 技術開発
 - 生物的要因、環境要因、社会的要因等を考慮したカスタマイズ品種の作出
 - 作物、家畜の生産技術の向上
 - 海外における作物生産環境管理技術の確立、等
- 人材育成
 - 作物・動物の収量等の遺伝制御とその環境等との相互作用、社会経済的要因を考慮し、最適な品種と技術の組み合わせを提案する能力
 - 海外での農業生産向上の研究や実際の農業に取り組むことのできる能力

(図表 2-23:シナリオ 9 概念図)



シナリオ10 <化石資源・鉱物資源の安全保障>

リーダー： 出光興産(株) 谷ロー徳氏

鍵となる事項:

- 資源の量的確保、循環による補填、利用効率の向上、環境負荷軽減で世界の産業をリードする技術とそれを実用化する産業を育てる。

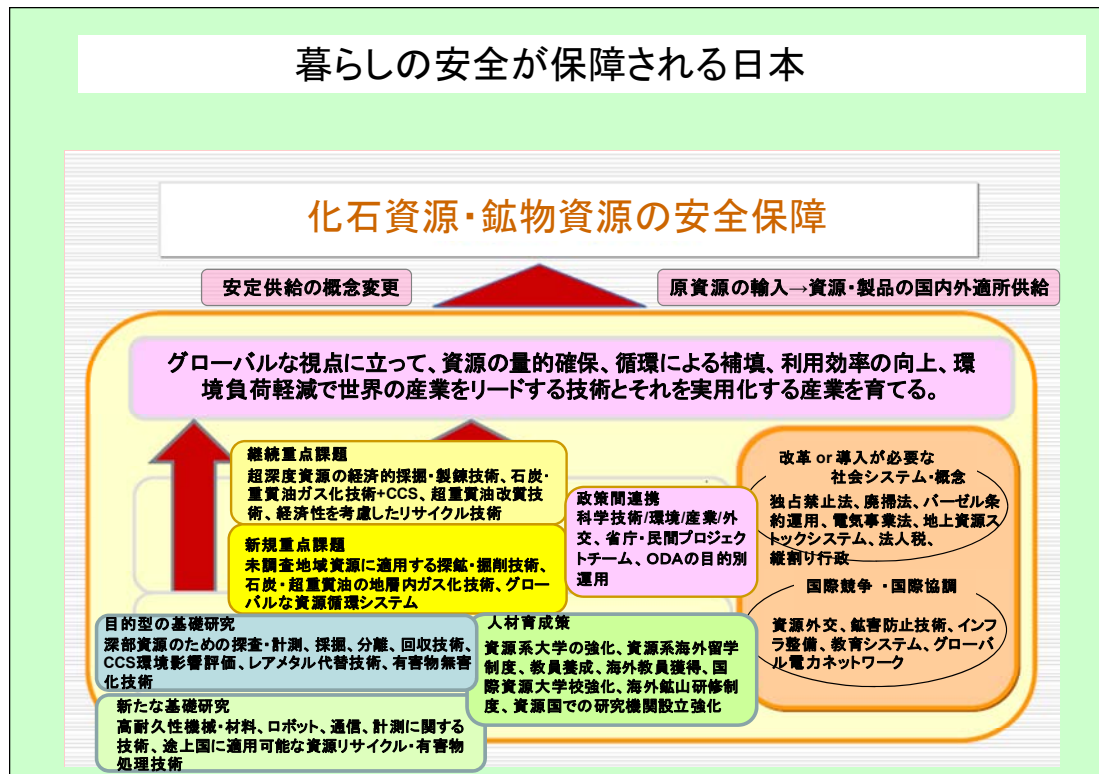
2040年頃の将来の姿:

- 必要な資源は確保されるが、価格上昇傾向は続き、地政学的リスクや投機資金の流入リスクも収束しない。
- グローバル競争力を有する資源調達企業連合が大きな力を発揮
- 資源国と共同で現地に上下流一体の生産・製造拠点等、資源国との重層的な協力関係と相互依存関係を構築。

到達への道筋:

- 新興国の急速な経済成長を考慮した需給バランスの維持と環境制約増大への対応が命題。解決策となる科学技術を開発して商業化、技術・産業で世界をリード。
- 超深度資源、海底資源、非在来型資源の開発・利用、金属資源の循環利用、化石資源の利用効率の向上。
- 生産・利用時の CO₂ の抑制、有害物の抑制・無害化等。
- 未調査地域の資源開発や採掘以外の方法で資源を取り出す方法、国を超えたレベルでの資源循環システムなど発想を転換した取り組みが重要
- 資源国において上下流一体の取り組みを行う必要がある。そのため、海外でも活躍できる人材の育成が急務。
- 国策による鉱山・製錬・精製に係わる海外投資と ODA の資源開発目的運用。

(図表 2-24:シナリオ 10 概念図)



シナリオ11 <世界最高水準の生活セキュリティ:減災型社会の実現>

リーダー： 京都大学 多々納裕一氏

鍵となる事項:

- 都市の安全性の見える化の促進と生活安全性診断・処方箋の提示。

2040年頃の将来の姿:

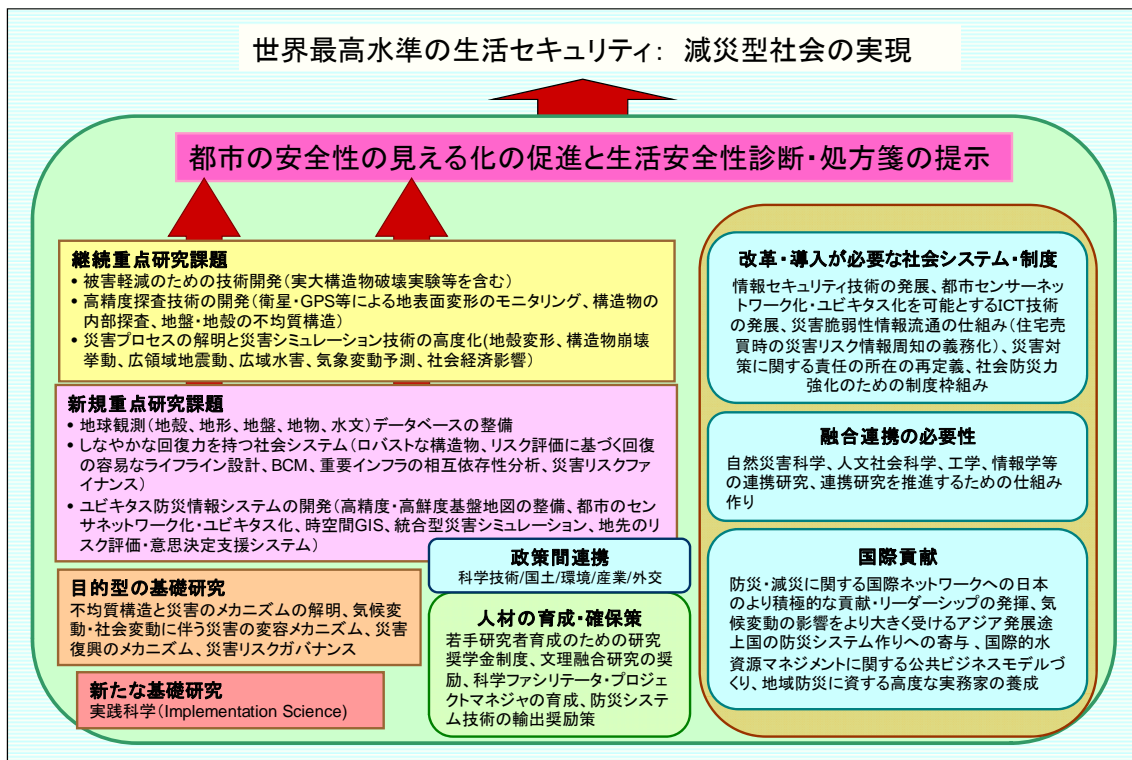
- センサネットワーク化したユビキタス都市環境の中で、センサノードから住民に働きかけ、平常時のインフラ管理や災害時の人間行動に有益な情報を提供。
- 極端な気象現象の頻度は増加するが、予測技術の進歩等により住民は適切に対応。
- 災害発生時には、リアルタイム被災情報伝達により初期対応を迅速に実施。

到達への道筋:

- 被害軽減のための技術開発。
 - シミュレーション技術の高度化(大型構造物、災害現象、降雨)
 - 高精度探査技術の開発(構造物の内部の状況把握、地殻構造、地盤)
 - 流域内対策や情報提供、土地利用の規制・誘導等の対策
- 社会システムの回復力を高めるための研究・技術開発(しなやかな回復力を持つ社会システム)。
- 防災情報をユビキタス化された情報ネットワーク上に展開(ユビキタス防災情報システム)。
- 地球観測データベースの整備(地殻、地形、地盤、地物、水文等の分野の観測データを統合的に管理し、相互利用)。
- 発見が減災社会の実現に寄与するような、目的型(問題解決指向型)の基礎研究。

(図表 2-25:シナリオ 11 概念図)

暮らしの安全が保障される日本



シナリオ12 <信頼できる社会の基盤>

リーダー： 駒沢大学 飯田泰之氏

鍵となる事項:

- 治安・コミュニティ・メディアの有機的連帯を通じて達成される安心安全な社会の構築。

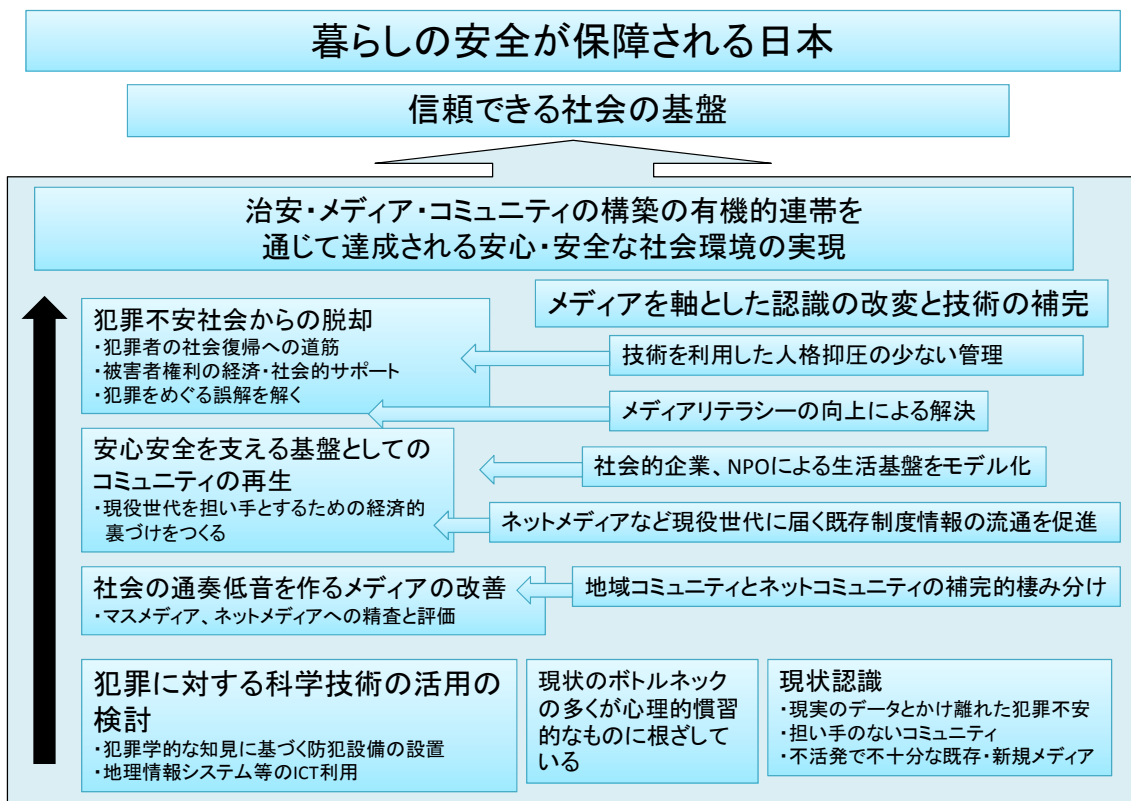
2040年頃の将来の姿:

- 治安、コミュニティ、メディアの三者が相互補完的な機能を果たし、実感として安心・安全・信頼を感じられる。

到達への道筋:

- 犯罪不安社会からの脱却。
- 安心安全を支える基盤としてのコミュニティの再生。
- 社会の通奏低音を作るメディアの改善。
- 犯罪に対する科学技術の活用の検討。

(図表 2-26:シナリオ 12 概念図)



3-2. デルファイ調査結果に基づく将来シナリオ

デルファイ調査(第Ⅱ部第2章参照)の結果を基に、2025年の科学技術の社会への貢献を以下に示す3つの社会像に集約し、国民生活の観点から生活シーンとして描いた。日常的に健康を享受し、また、環境に配慮したインフラが当たり前になっている国民生活の様子を、技術の完成度や普及度の予測に基づいて、できる限り客観的かつ中立的に描くことを試みた。

*各シナリオについては、別添2を参照。

*各イラストには、該当するデルファイ調査トピックが示されている。トピックの冒頭数字はトピックのID(分科会-トピック番号)を、最後のカッコ内の数字は専門家による社会的実現予測年を表す。

○各種診断技術・システムが生活の中に適切に埋め込まれ、個人による健康維持が進み始めた社会
○様々なエネルギーを、各個人が選択的に、あるいは総合的に価値判断して、利用することが可能になり、温暖化防止や環境保全に人々が積極的に関わるようになった社会
○環境変化がもたらす様々な災害に対応しはじめた社会

(1) 各種診断技術・システムが生活の中に適切に埋め込まれ、個人による健康維持が進み始めた社会

主たる話題：

- ・ 遺伝子情報、生体モニタリング等を生かした健康増進・予防医療が大きく発展、一般向けの健康教育も充実し、ニセ情報に惑わされず個々人が生活の仕方を自己管理し健康を維持できるようになった。病気になっても悪化させずに、うまく折り合いをつけて、健康な生活を送れる。
- ・ 再生医療など新しい治療法の目処がつきつつある(技術的には可能になってきた)ので、新たな治療の可能性に期待が寄せられている。

従たる話題：

- ・ 医療の地域格差や貧弱な救急医療などの喫緊の問題がある程度は解決されている。
- ・ 医療の標準化や適正な診断報酬制度により医療行為が適正に評価され、医療が平準化されるとともに、医療従事者の不足や激務も軽減されている。
- ・ 医療教育の充実により、医師・医療機関への信頼感が高まっている。

図表 2-27: 生活シーン(個人による健康維持が進み始めた社会)

1-16: 日常生活における健康維持と増進(カロリー計算、運動強度等)をソフトウェアで支援するユビキタスコンピューティング技術(2018)

3-33: iPS細胞により作成された、ヒトの細胞、組織を組み込んだ人工臓器(人工すい臓、人工腎臓、人工肝臓等)(2033)
 3-34: iPS細胞を利用した再生治療技術(2032)
 3-35: がん化などのリスクを回避して、iPS細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し、治療に用いる技術(2030)
 4-10: 幹細胞を用いた筋再生および臓器再生技術(2031)



2-05: 個人の生活、健康状態、労働状況等を個人ごとに常時総合的に把握し、日常行動に適切なアドバイスをするシステム(2022)

2-19: 医者が遠隔地にいる患者と直接向き合っているかのように、優しく聴診器をあてたり、触診したり、口臭などを感じたりできる遠隔診察システム(2029)

4-51: ゲノム情報による罹患リスク診断技術(2023)

4-80: 生涯継続的地域EHR(Electronic Health Record)を導入した、地域包括的ケアを可能にする統合的医療(2023)

11-17: 我が国において、カルテは動画を含み電子化され、患者個人の管理になり、検査その他の情報は全医療機関で共用され、それを元に患者と医療機関との間に健康管理エージェント業が成立する(2024)

12-20: 中山間地などの交通不便地域などに居住する高齢者や生活習慣病患者の生活を支援するため、IT技術を利用した遠隔診療システムや健康管理システムが確立され、通院しなくても必要な医薬品や療養食が補給される物流サービスが普及する(2020)



4-83: 医療従事者への医哲学教育(2018)

4-84: 医療従事者のためのシミュレーション技術を導入した医療安全教育(2018)

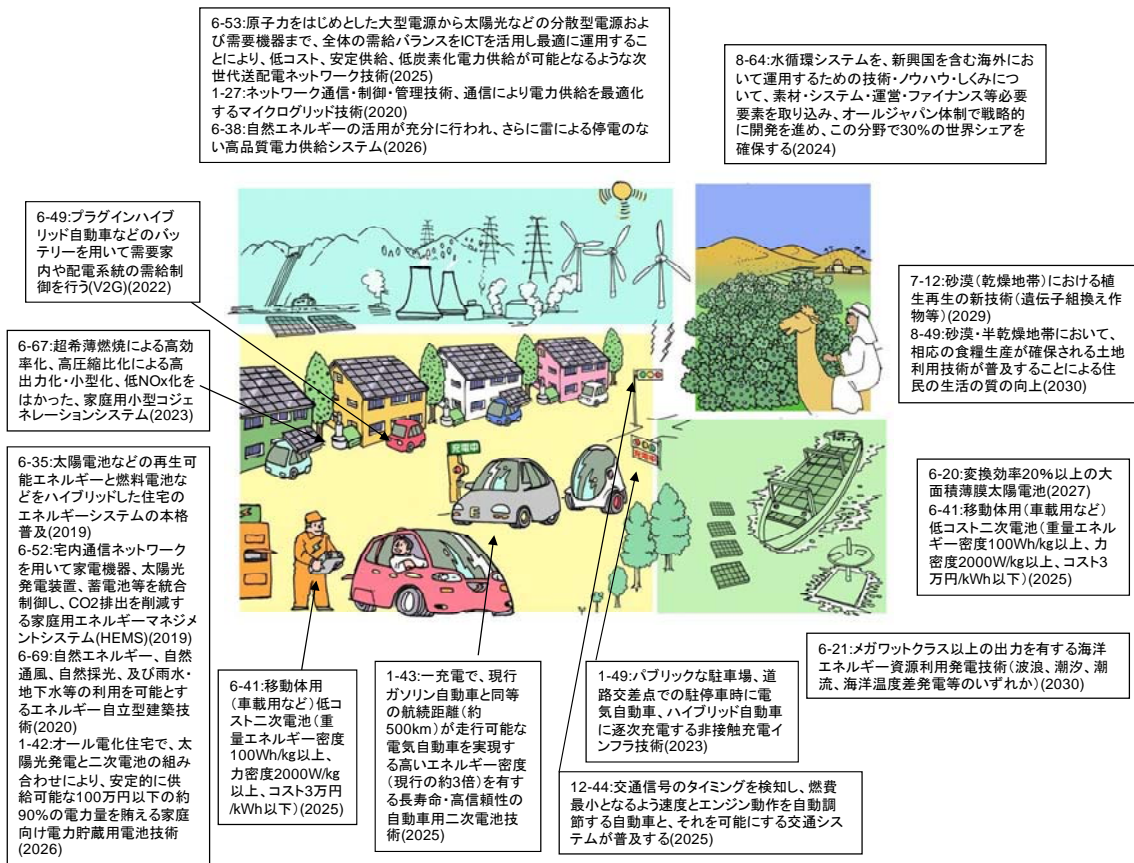
4-66: 救急医療において、地域格差を是正できる迅速対応可能な地域医療制度(2021)

(2) 様々なエネルギーを、各個人が選択的に、あるいは総合的に価値判断して、利用することが可能になり、温暖化防止や環境保全に人々が積極的に関わるようになった社会

主たる話題：

- ・ 非化石エネルギーを十分に利用できる住宅が増加している。
- ・ 各家庭あるいは地域コミュニティ単位で、ごみ、雨水など、未利用だったエネルギーが有効利用されつつある。
- ・ 性能向上とインフラ整備により、電気自動車が普及している。
- ・ 電気、ガス、水道などのライフラインが一括で管理され、生活者は選択的に、あるいは総合的にもっともエコになる配分を選んで、各エネルギーを利用できる(同じ電気でも、非化石エネルギーによるものの割合を増やす、遠く離れた地域の自然エネルギーを買うなどの自由度が生まれる)。それにより獲得したポイントを使って、森林保全への寄付、電気自動車レンタル料割引など、さらにエコにつながる行動をとることができる。

図表 2-28: 生活シーン(温暖化防止や環境保全に人々が積極的に関わるようになった社会)

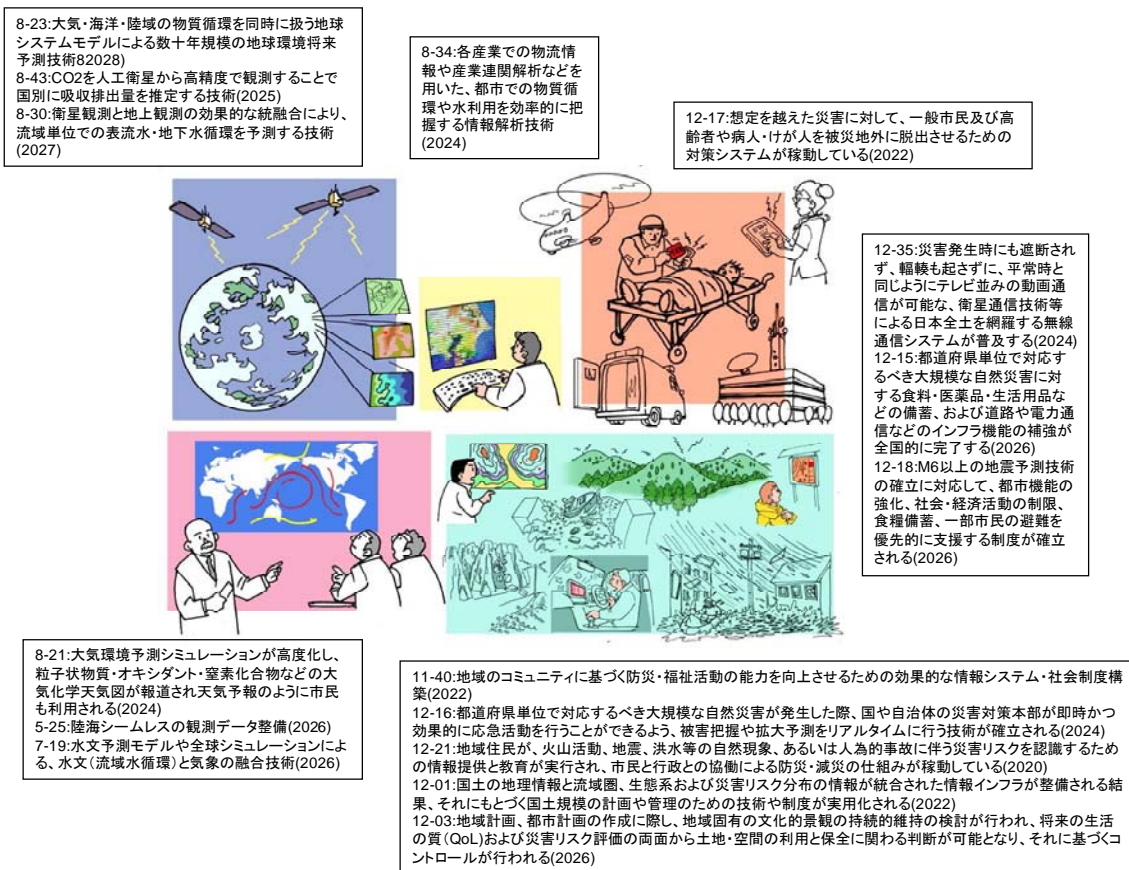


(3) 環境変化がもたらす様々な災害に対応しはじめた社会

主たる話題:

- ・ 全球的観測網が整備され、様々な地球規模の環境情報が観測されるようになる。予測やシミュレーションにも利用され、それらの精度も向上する。
- ・ 一般市民も、グローバルな環境情報にオンタイムでアクセスできるようになり、環境教育や環境意識醸成に役立てられている。
- ・ しかし、そうしたグローバルな情報が地域社会の中で十分に生かされ大きな効果を生む(例えば防災システムの中で有効利用される)には至っていない。
- ・ ローカルな環境情報も、必要に応じて提供されるようになる。感染症、集中豪雨、洪水などの突発的の事項について、地域的な予測・シミュレーションがある程度は可能になり、自治体の初期対応にも活かされるようになる。

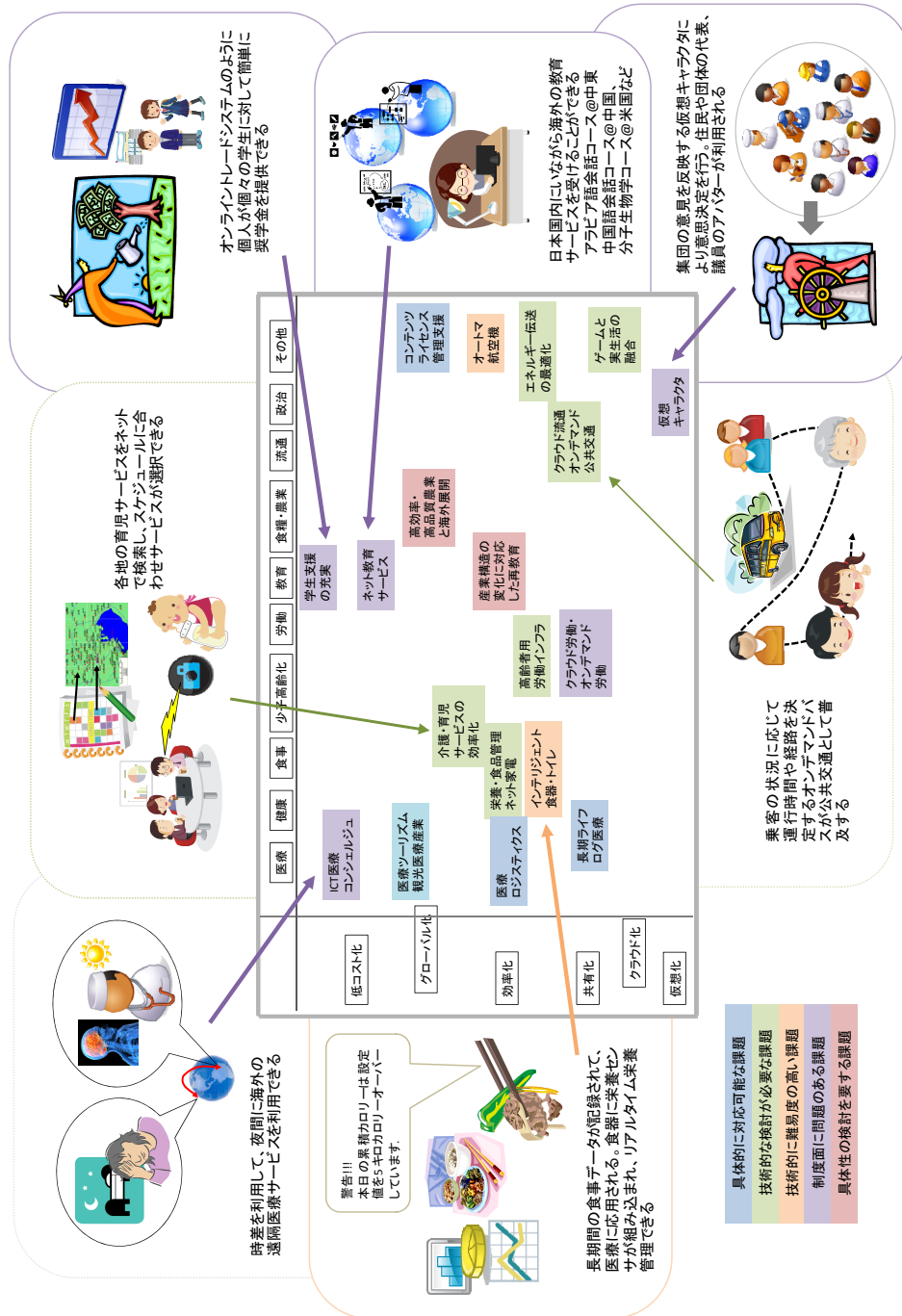
図表 2-29: 生活シーン(様々な災害に対応しはじめた社会)



3-3. 若い層による将来社会の検討

前述の3-1及び3-2を補完する目的で、若手(20~30代)のみからなるグループのディスカッションにより、特に ICT が医療・介護・教育・労働・環境などにどのように貢献しうるかというサービスの例が検討された(図表 2-30)。

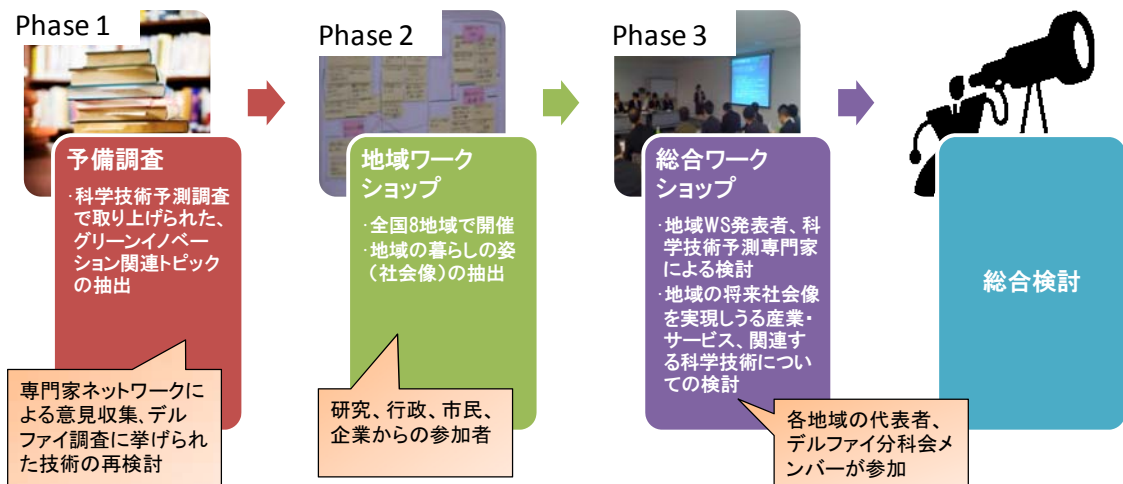
図表 2-30: 若い層が描く将来のイノベーション



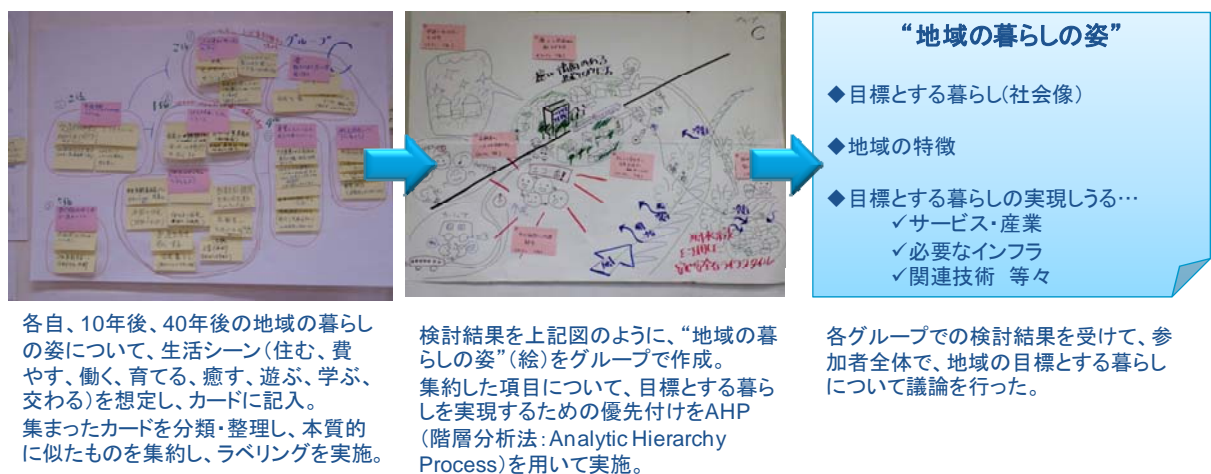
第4章 【地域グリーンイノベーション】「地域が目指す持続可能な近未来」の概要

本調査は、早急に対応が必要とされるグローバル課題の一つであるグリーンイノベーションに焦点を当てたものである。グリーンイノベーションが、単に低炭素社会の形成のみを目指すものではなく、むしろ低炭素社会の構築を通じた新たな産業や雇用の創出をも視野に入れたものであることを考慮しつつ、各地域における理想とする将来社会像の検討を行った(図表 2-31)。具体的には、全国8地域でワークショップを開催、各地域の研究者、企業、行政、市民の代表者が将来の理想とする社会像について議論した(図表 2-32、2-33)。総合ワークショップでは、地域ワークショップでの検討結果をもとに、理想とする社会像の実現を可能とする産業・サービスおよび関連する科学技術等について検討を行った。

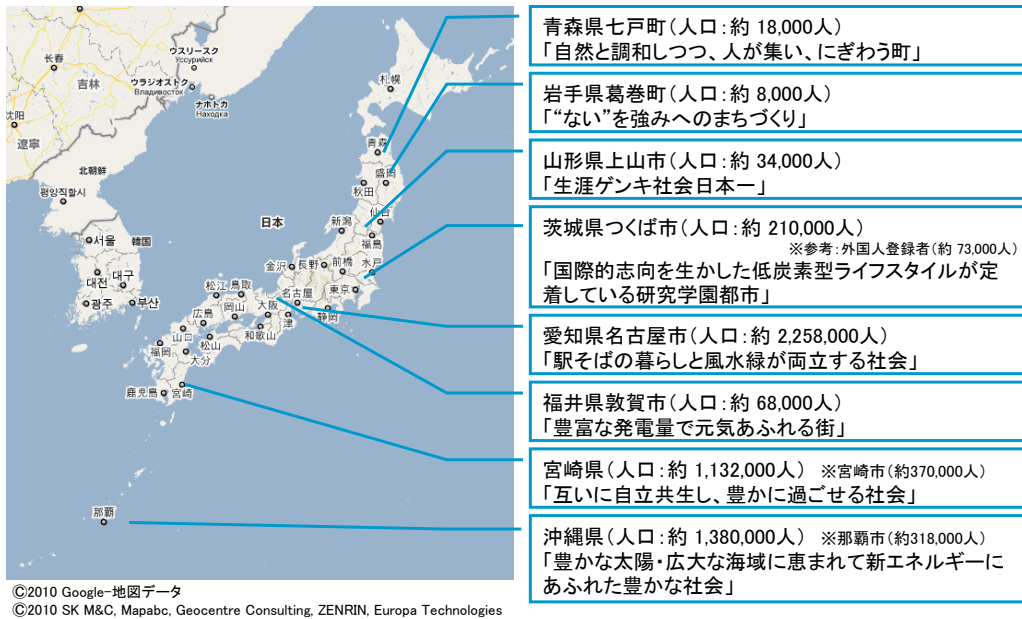
図表 2-31: 調査の流れ



図表 2-32: 地域ワークショップでの検討過程



図表 2-33: 地域ワークショップ開催地



4-1. 将来の理想とする社会像

以下に、8地域のワークショップで検討された理想とする社会像を示す。

①青森県七戸町

2050年の理想とする社会像	
「自然と調和しつつ、人が集い、にぎわう町」	
・	八甲田山麓のふもと、自然の恵みが守られ、城跡と縄文遺跡を活かした観光で魅力が高まり、訪れる人が多くなっている町
・	東北新幹線「七戸十和田駅」が有り、周辺都市への移動も、町中の移動も、便利なインフラが魅力で、住む人も、使う人も集まって来る町
・	雪やゴミなど、やっかいなものもプラスに変えて、未利用エネルギーの有効活用をしている賢い町
・	自然やエコについて、賢く考えられる人を育てられている、人づくりの盛んな町
・	安全・安心で豊かな水と食に恵まれ、心の豊かさに浸りながら快く暮らせる町

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内は AHP によるスコア)

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D
1	地域エネルギー製造・利用 【11.0 点】	朝型健康観光サービスが、日本一発達している町になっている 【16.0 点】	働きやすく、住みやすくして、楽しく住める人を増やす 【13.0 点】	命の水(きれいな水が保持される) 【14.0 点】
2	教育全般 【9.0 点】	コンパクトな町が出来、住民や人が活発に移動できる乗合交通が発達している 【8.5 点】	七戸に人が集まる魅力を増やす 【12.3 点】	地産地消 【9.3 点】
		七戸の歴史と馬を活かした観光サービスが実現している 【8.5 点】	どこにでも行きやすい七戸にする 【12.3 点】	

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D
3	交通手段の発達で人口を増やす【7.0 点】	雪を活かした高付加価値の食品産業が実現している【3.9 点】	農業をもっとハリのある仕事にしていく【11.7 点】	コミュニケーションあふれる暮らし【4.6 点】
4	自然にやさしい住環境・生活環境【6.3 点】	小学生から大学生まで学べる農業、自然教育システムが実現する(都会からも受け入れる)【3.7 点】	雪やゴミの有効利用を考えて、逆手にとる【1.6 点】	高速移動手段(移動手段、運搬手段)【1.7 点】
5	観光ルートを作り活性化【2.9 点】			

②岩手県葛巻町

2050 年の理想とする社会像	
「“ない”を強みへのまちづくり」	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然の恵みを活かしたエネルギー(太陽、風、川、森林、畜産、省エネ、制度) ・ 教育、福祉、人が集まる場(教育連携、体験の場、ICT 医療、コミュニティ、住まい、雇用、農業高付加価値化、定在型自然学校) ・ インフラと価値創造(公共交通インフラ、情報インフラ、新しい豊かさ、安全・安心の葛巻ブランド) 	

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内は AHP によるスコア)

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D
1	エネルギーの効率利用が行われる【26.0 点】	環境全般【21.0 点】	お金に変えられない価値を生み出す【12.0 点】	葛巻の自然に調和した家と地域【21.0 点】
2	農業の高付加価値化が実現する【24.0 点】	地域にある資源が高収益産業になっている【17.0 点】	地域で豊かなくらしを送る【12.0 点】	お年寄りが安心して暮らす家が整う【12.2 点】
3	人が集まる魅力のある町【14.1 点】	地域の再生可能エネルギーの自給率が 100%をはるかにこえる【12.6 点】	葛巻地域にあるものを活かす【2.4 点】	お年寄りが安心して使うことができる交通手段ができる【7.5 点】
4	雇用環境の改善【5.5 点】	医療・まちづくり・教育【13.0 点】	お金を生み出す(仕事)【2.4 点】	日本一の農業・福祉大学ができる【4.7 点】
5	自然の中でエコを学ぶ【3.8 点】	光ファイバー網【12.3 点】		福祉の雇用が増える街【2.1 点】
6	安心・安全のためのインフラが整備されている【3.5 点】	地域の資源(木材)で住環境が豊かになる【11.4 点】		
7		遊び【1.9 点】		

③山形県上山市

2050 年の理想とする社会像	
「生涯ゲンキ社会日本一」	
<p>上山型温泉クアオルト事業が定着し、</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 地元の人が「体と心の健康」づくりを楽しんでいる(元気な「体と心」が育まれている) ・ 世代を超えて地域の良さを伝え合い学ぶ(元気な「地域の絆」が育まれている) ・ 「体と心の健康」を求めて、全国からの体験者であふれている(元気な地域経済が育まれている) 	

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内は AHP によるスコア)

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D
1	上山クアオルトが実現している(制度設計を含む)【17.0 点】	住みやすい施設や制度がゆきとどいている【19.0 点】	地域を愛する教育【19.0 点】	地産地消【23.0 点】
2	温泉を中心にした地域エネルギーが行き渡っている【12.6 点】	肉体的にも生活も不安なく暮らしている(不安のない町になっている)【14.2 点】	地元に根ざした温泉と農作物を利用した潤いのあるまちづくり【12.2 点】	上山の資源を利用した独自のライフスタイルの確立【17.0 点】
3	地元の農産物を地元が活かしている【10.3 点】	便利な生活を送っている【9.4 点】	人が根付く住みよい町【11.0 点】	子育て・定住促進のエコなインフラ整備【15.2 点】
4	外国からのお客様に対応できる地域としての品格を高める教育・学習機会が整う【4.6 点】	生涯楽しく学んでいる(様々な学びの機会がある)【7.5 点】	エコな町(エネルギー、3R)【4.8 点】	循環型環境の教育【9.2 点】
5	坊平(蔵王)を近づけるインフラが実現している【2.0 点】	町は観光客で活気にあふれている【2.5 点】	他地域との架け橋【1.7 点】	温泉と雪を活用する【1.4 点】

④茨城県つくば市

2050 年の理想とする社会像	
「国際的志向を活かした低炭素型ライフスタイルが定着している研究学園都市」	
<ul style="list-style-type: none"> 各セクターが連携したコンパクトでスマートな街(現在より温室効果ガス 80%削減)で暮らしている 地域の環境や文化の発展を支える科学的思考を背景としたライフスタイルが定着している 次世代に研究職以外の様々な職業が提供されている 国際的に通用する教育が行き渡り、コミュニケーションが容易で健康でストレスフリーな生活を営んでいる 	

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内は AHP によるスコア)

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D
1	Social health policy 健康社会政策【17.0 点】	Compact city plan コンパクトシティ計画【19.3 点】	Communities, education, work コミュニティ、教育、労働【10.0 点】	Scientific life style make it stylish 科学的思考を背景としたライフスタイルが構築される【15.0 点】
2	Energy エネルギー【14.3 点】	Stress free and health social life ストレスフリーで健康的な社会生活【16.2 点】	Environment 環境【9.3 点】	Collaborative efforts to reduce CO ₂ , CFCs, CO, City 温室効果ガス削減連携都市【14.3 点】
3	Life style Education Communication ライフスタイル・教育・コミュニケーション【7.5 点】	Clean energy high efficiency クリーンエネルギー・高効率【15.3 点】	Smart city スマートシティ【8.0 点】	Work life balance ワークライフバランス【10.2 点】
4	Environmental foods recycle and waste 環境配慮型食品リサイクル・廃棄【4.6 点】	Eco public transportation and bicycle “Give up my cars” 環境配慮型公共交通・自転車交通【6.3 点】	Sport and health スポーツ・健康【1.5 点】	Education (more efficient flexible) 教育(より効率的、柔軟的)【6.8 点】
5	Transportation Infrastructure 交通・インフラストラクチャー【2.8 点】	International communication and education 国際コミュニケーション・教育【1.7 点】		Local, natural, and organic food 地域、自然、有機食品【1.8 点】

⑤愛知県名古屋市

2050年の理想とする社会像	
「駅そばの暮らしと風水緑が両立する社会」	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 風水緑を活かし、都市エリア内外で環境に配慮し災害にも強固な暮らしが実現している ・ 世界の誰もが知る「NAGOYA」となるよう、国際的に通用する教育と、文化財やアートに造詣の深い文化的な生活が実現している ・ 市民協働が定着し、エネルギー、リサイクル、食料、水(きれいな川を含む)が地域内で供給できる ・ 勤め先へ30分、市内どこでも15分以内を実現する公共交通と賢い車利用ができています ・ 安心して子どもを産み育てられ、寿命100歳の生活が可能な福祉サービスと医療サービスが行き渡った暮らしが実現している 	

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内はAHPによるスコア)

	グループA	グループB	グループC	グループD
1	災害に強い街【21.0点】	医療の充実【23.0点】	風水緑を活かしたライフスタイル【22.0点】	交通手段の充実【19.0点】
2	公共サービスが充実している【12.3点】	教育の充実【17.0点】	市民協働エコ生活都市【21.3点】	育てる教育【10.3点】 科学技術・環境・エネルギー【10.3点】
3	国内外から人が集まる魅力ある街【8.2点】	エネルギー・交通・インフラの整備【7.3点】	癒しと快適のある駅そば生活【12.5点】	住む・暮らす・介護【4.9点】
4	省創エネ・リサイクル・リユースのモデル都市【4.7点】	ライフスタイルの転換【4.6点】	かしこい車利用と公共交通が融合した町【7.6点】	あそぶ【1.8点】
5	美しい名古屋【2.0点】		快適で低エネルギーな生活【3.0点】	

⑥福井県敦賀市

2050年の理想とする社会像	
「豊かな発電量で元気あふれる街」	
<ul style="list-style-type: none"> ・ 原発に関連する産業や研究機関が活発な活動を行い、雇用環境が質的にも量的にも整備されている ・ 電気の街として、豊かな電力を活かした魅力あふれるモデル都市になる ・ コンパクト化した安心・安全な街で三世代が心豊かに暮らすことを見て、自然に人が集まる ・ 電気を活かした公共交通や病院、教育などのインフラが充実しつつ、自然や歴史を大切に暮らす 	

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内はAHPによるスコア)

	グループA	グループB	グループC
1	電気の街【19.0点】	多様な人を育てる街【23.1点】	産:原発を中心とした産業(雇用)【6.0点】
2	雇用環境の整備【10.0点】	安全な街【22.0点】	安:安心・安全【3.3点】
3	コンパクト化した町に三世代が豊かに暮らす【7.5点】	インフラ整備【16.5点】	住:都市デザイン/まち【0.6点】
4	自然と一緒に住める街【6.3点】	にぎわう街【8.3点】	
5	インフラが整備された街【2.5点】	原子力を利用した産業【1.9点】	

⑦宮崎県

2050年の理想とする社会像 「互いに自立共生し、豊かに過ごせる社会」	
<ul style="list-style-type: none"> 健康も仕事も楽に運んで(出来て)、生活が潤っている 自然と人とが継続的に自立共生している 森、農地、生活などのエリアが良くデザインされ、様々な人々で賑わっている 域内だけでなく、地域間でも共助ができ、疎外のないエコ社会 	

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内はAHPによるスコア)

	グループA	グループB	グループC	グループD
1	健康でムダのない暮らし【13.0点】	食【23.0点】	農村エネルギーの再掘【19.0点】	健康も仕事も楽にこなせて暮らせる社会【12.0点】
2	人と人が支えあう自立した地域【11.0点】	エリアデザイン【17.0点】	健康ランド宮崎【10.3点】	自然と人とが自立共生出来ている社会【9.3点】
3	地域エネルギーの活用と安定性の確保【5.7点】	人づくり【16.3点】	人がにぎわう街(スポーツ愛好家など多彩な人客)【9.6点】	人が疎外されない形のエコ社会【8.0点】
	ゼロエミッション農業が実現している【5.7点】			
4	環境にやさしい公共交通の整備【2.2点】	新エネルギー【11.0点】	緑の地域づくり<脱コンクリート>【4.8点】	自然に暮らしていてもエコになるレベルに達している社会【1.5点】
5		ICT【6.1点】	車社会からの脱却【1.9点】	
6		移動【3.9点】		
7		自然環境【3.7点】		

⑧沖縄県

2050年の理想とする社会像 「豊かな太陽・広大な海域に恵まれて新エネルギーにあふれた豊かな社会」	
<ul style="list-style-type: none"> 「住む」、「観る」、「働く」いずれでも、沖縄の環境に調和し、注目される存在となっている 国際色豊かで自立型の教育システムが確立し、実効をあげている 仕事も教育も選択肢が豊富で、かつ、伝統的精神も失われることなく、生き生きと暮らせる環境となっている 海洋深層水や太陽光・太陽熱など、沖縄の特色を活かした自然エネルギーの産出と活用で注目されている 	

各グループの検討結果(優先付け結果。【 】内はAHPによるスコア)

	グループA	グループB	グループC	グループD
1	幸福を感じる社会【17.0点】	コミュニティ【15.0点】	都市と農村をリンクさせる仕事(医、食、観光がリンクする)【18.0点】	石油代替エネルギーとしての海洋深層水の利用【25.0点】
2	自然環境の保全【15.0点】	エネルギー【8.3点】	インターナショナルな沖縄型教育(地域のやる気up)【14.0点】	様々な自然エネルギーが活用され、注目されている沖縄【16.2点】
3	省エネ、安全な暮らし【7.0点】	健康【7.6点】	ハイテク・地域特性型食料生産【9.9点】	自然生態の保護がしっかりとされる中で、住みやすく、観光客も増えて豊かになっている【7.3点】

	グループ A	グループ B	グループ C	グループ D
4	仕事－教育サイクル【6.4点】	教育【7.4点】	広域分散配置型燃料フリーな交通網【7.9点】	沖縄の伝統的精神が息づいて、その良さが認められている【4.6点】
5	沖縄型エネルギー利用【1.9点】	産業・観光・雇用【2.8点】	世界に注目される環境テーマパーク(観光)沖縄【7.7点】	家族とか身近な人たちが共に働けるスタイルが整っている【2.1点】
6			沖縄色の強い持続可能な住まいと暮らしの実現【2.3点】	

4-2. 将来社会像を実現するための産業・サービス

各地域の理想とする社会像の実現に向けた産業やサービスに関して、総合ワークショップで出された意見を図表 2-34 に、またこれらをまとめた結果を図表 2-35 に示す。ここでは、実現のための産業・サービスを「エネルギーの利活用」、「地域モデルと社会基盤」、「心身の健康維持」、「新たな産業・サービス」の4つに分類している。

図表 2-34: 他地域から評価された点

①「エネルギーの利活用」に関して

地域	評価された点
七戸	【新エネルギーの高普及率】 <ul style="list-style-type: none"> ● 新エネルギーの産業の実現⇒EVタウン ● 新エネルギー・省エネルギー導入促進交付金
葛巻	【食料・エネルギー自給率の高さ】 <ul style="list-style-type: none"> ● 食品自給率180%、エネルギー自給率160% ● エネルギーと食料自給率の高さ ● 風力発電 ● バイオマス⇔糞尿⇔家畜－草地・森林、酪農業、酒(wine) ● 様々なクリーンエネルギーの導入、取組み実績はすばらしい ● クリーンエネルギーに対する住民の理解
つくば	【自動車レス社会】 <ul style="list-style-type: none"> ● 自動車(マイカー)から自転車へ ● give up my car
敦賀	【エネルギーを発生する街・原発に対する理解】 <ul style="list-style-type: none"> ● エネルギーの発生施設(原発)を持つ「まち」の考え方 ● 電気の町という特徴を重点化した町づくり ● 原発電力、豊かな街。しかし、転出者が多いため研究所作りの導入は？ ● 原発に対する理解、期待が地元では非常に高いこと ● 電力産業依存型が名古屋の車産業依存型に近い ● 自己完結型、との都市に依存しない地方都市
宮崎	【新エネルギー活用】 <ul style="list-style-type: none"> ● 太陽エネルギー、小水力発電
沖縄	【エネルギーファームについて】 <ul style="list-style-type: none"> ● エネルギーファーム ● 海を利用したエネルギー産業などは、山間部の葛巻では出なかった意見 ● 太陽、風力、深層海洋水、波力、潮、マリンバイオマスによるCO₂固定化 ● 豊かな自然環境を活用した取組み ● エネルギーの自立

②「地域モデルと社会基盤」に関して

地域	評価された点
七戸	<p>【歴史・自然の観光資源化・観光サービス化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 周りの地域(三内丸山など)とのつながりも強く意識した点 ● 縄文ルート ● 行ってみたいと感じる自然の雄大さ⇒観光視点での集客力 ● 自然はそのまま守られている ● 日本一を目指すツツジロード ● 自然の保護、人口の集約への取組み <p>【高付加価値の食品産業・農業】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 雪を活かした高付加価値の食品産業 ● 安全安心の食糧供給 ● 「はりあいのある農業」
葛巻	<p>【高付加価値農業生産】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 生産過程における高付加価値化:電気をういたしいたけの生産方法 ● 新規技術を使った農業の高付加価値化
上山	<p>【地域コミュニティの形成】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 「きずな」を重要視 <p>【ガイドの職業化】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● ガイドの職業化 ● 地域振興、循環型教育ガイドの職業化
つくば	<p>【国際的に通用する街づくり・外国人の受け入れ方】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 国際的に通用する町 ● 対応性の高い街づくり ● 外国から来た人を想定した街づくり ● 外国人の滞在
名古屋	<p>【大都市機能と自然環境とのバランスがとれた都市設計】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 風水緑に代表されるように大都市でも自然を大きくキーワードに入れる点 ● 都市機能と自然環境のバランスがとれている ● 川(水)への愛着 ● 自然等PR点へのアクセス ● 産業・地域文化のPR方法
敦賀	<p>【コンパクト化した街・ゾーニング】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コンパクト化した安全・安心な街 ● 街の中でのゾーニングという考え方 ● 三世代が集まって暮らすコンパクトシティ、エリアゾーニングを目指している点
宮崎	<p>【第一次産業の活性化とNPOとの連携】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 新3K(かっこいい、稼げる、感動する)農業 ● 第一次産業の内容:県として各地域をどのようにつなげて県全体での活性化につなげるか、および、これへのNPOの関わり方 ● 全国一位の食料自給率(246%) ● 農業の力、食料自給率
沖縄	<p>【街・コミュニティの設計について】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● コミュニティ重視のゾーニング、それに合わせたコンパクトシティのミニチュア版 ● 車の乗り入れのないコミュニティ ● 歩くコミュニティ/ARUKUコミュニティ ● ライトレールトレイン ● 燃料フリーの交通網 ● コミュニティ形成の考え方

③「心身の健康維持」に関して

地域	評価された点
七戸	<p>【省エネルギー型ライフスタイル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 朝型健康観光サービス
上山	<p>【クアオルト:気候性地形療法・健康・予防医学の取組み】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 自然を運動コースにする考え

地域	評価された点
	<ul style="list-style-type: none"> ● 気候性地形療法と健康機能性食品による予防医学 ● 地形や地元の資源(温泉)を活かした健康、魅力の創出 ● 地形療養コース ● 地元の資源(温泉)を活用した「心と体の健康」への取り組み ● 転地療法 ● 病院レス医療システム ● 温泉療養・・・健康長寿の視点 【健康関連技術】 <ul style="list-style-type: none"> ● 健康への取り組みから生まれる新技術等
つくば	【海外からの知の受け入れと社会展開】 <ul style="list-style-type: none"> ● 国際的な視点での分析 ● 海外からの知を積極的に受け入れ、国際的な地域づくりを図っているところ ● オープンラボでの市民や生徒等との交流 ● 国際的に通用(共通)する教育 ● 科学技術に触れる機会が多い 【国際性のある市民社会の形成】 <ul style="list-style-type: none"> ● あいさつして礼儀正しい ● 「つくば人」概念の浸透 ● 地域住民の概念「つくば人」 ● 田園的環境が保たれている⇒人々の心が豊かで礼儀正しい
名古屋	【バランス感覚】 <ul style="list-style-type: none"> ● 色々なバランスを考えた地域作り ● バランス感覚のある地域 【大都市における住民生活の快適性の確保】 <ul style="list-style-type: none"> ● 「大都市にもかかわらず、住民が生活しやすい」を実現できた点 ● 地域の特徴が大都市と田舎では大きく異なることへの再認識
敦賀	【三世代交流を目指す街づくり】 <ul style="list-style-type: none"> ● 三世代交流を目指した街づくり ● 三世代が心豊かに暮らせる街
宮崎	【中山間地の安定化】 <ul style="list-style-type: none"> ● 「中山間地盛り上げ隊」が自殺防止対策、地域交流の活性化につながっている ● 災害に強い地域・・・中山間地の活性化 ● 自殺率の高さは自然との共生では解決しない
沖縄	【大家族を中心としたコミュニティ形成、文化・風土の継承】 <ul style="list-style-type: none"> ● 大家族ベースのコミュニティ作り ● 琉球文化を取り入れる、皆が支えあう

④「新たな産業・サービス」に関して

地域	評価された点
七戸	【CO₂吸収量交付金】 <ul style="list-style-type: none"> ● 低減するための交付金制度 ● CO₂森林吸収交付金 【先端技術】 <ul style="list-style-type: none"> ● 携帯原子力、農業ロボットのコンセプトは面白い
葛巻	<ul style="list-style-type: none"> ● 第三セクターが黒字
上山	【各種エコポイント】 <ul style="list-style-type: none"> ● 各種エコポイントの制定 ● 予防医学に対する保険 ● 地産地消「農産物エコポイント」 ● 「健康エコポイント」制度

図表 2-35: 各地域における社会像を実現しうる新しい産業・サービス

理想とする社会像を実現しうる産業・サービス	エネルギーの利活用	地域モデルと社会基盤	心身の健康維持	新たな産業サービス
関連するキーワード	LCA、農産物、物流、食物工場、ICT、コンパクトシティ、など	交通、観光、農業、家族、ローカルタイム、新3K、ライフスタイル、など	健康、温泉、スポーツ、ICT、ライフスタイル、など	高付加価値農業、ファームステイ、健康維持、教育拠点、など
青森県七戸町	□●	●	□	
岩手県葛巻町	□●		□●	
山形県上山市	□		□●	□●
茨城県つくば市	□●	●	□●	
愛知県名古屋市			□●	□
福井県敦賀市	□●	□●		
宮崎県	□●		●	□
沖縄県	□●	●	□●	

□... 地域WSで優先度の高い「地域の暮らしの姿」として提案された産業・サービス

●... 科学技術の専門家からも「新しい発展(産業など)の可能性ある」と評価された産業・サービス

4-2. 総合検討

各地域の将来社会像を実現するための産業・サービスに関連する科学技術及び推進策を図表 2-36 に示す。

今回対象とした全部の地域において、CO₂ を排出しない新エネルギー等の技術開発が挙げられ、既存技術との組み合わせ、技術マネジメントやビジネスモデルの開発の重要性が指摘された。実現に当たっては、技術の普及と利用に向けた制度的隘路についての詳細検討が必要である。

最も考慮すべきは、こうした理想とされる社会像を実現させるために、誰が主体となって取り組むかである。住民が快適な生活をするためには、市民を含めた合意形成の場を設定した上で、地域の環境に適応した地域モデルを作り上げ、そのための社会基盤の整備がまず必要である。そして、市民の多くが必要とする環境の整備については、公的な投資を継続することが重要である。その実現に向けて、新たな産業・サービスによる雇用の拡大、および地域の付加価値生産の向上による財源の確保も必要となる。

新たな産業・サービスは、その事業主体の自助努力によることが前提とされるが、地域によっては大規模の投資を行うことは困難な場合がある。環境負荷の低い社会を構築するには、例えば地域間におけるCO₂のキャップ&トレードなどの制度を導入することで資金を確保するなどしたうえで、投資や融資を通じ新産業・サービスの自律的な展開を支援することも考慮しなければならない事項である。また、エネルギー・食料ともに自立した社会基盤の構築を各地域で進める中で、近隣の地域だけではなく、例えば東北と九州などのように遠く離れた地域間の協力も、今後は積極的に検討すべきである。さらに、高齢化社会に向けた社会基盤作りも、低炭素社会の構築を進める上で十分考慮しなければならない課題である。

図表 2-36:新しい産業・サービスに関連する科学技術及び推進策

「エネルギーの利活用」

関連する科学技術

- 地域特性(産業, 気候, 地形等)の利用:
 - ー バイオマス発電(畜糞, 森林)
 - ー 雪・冷熱、地熱・地下熱、
 - ー 海洋温度差発電、潮力発電、海洋深層水の冷熱、海藻の利用(燃料生産、CO₂固定)
- 電力ネットワーク網、通信網の開発と高度利用など

推進に必要な制度等

1. 資金や優遇税制等の支援
2. CO₂森林吸収交付金、新・省エネルギー自給交付金、地域間キャップ&トレードなどの制度創設など

	関連する第9回デルファイ調査トピックの例 (カッコ内は社会で適用・普及すると予測された年)
農林畜産廃棄物を利用して発電し、それを売電する産業・サービス	バイオマス発酵・ガス化融合型バイオ燃料・水素の併産プロセス(2025年) バイオリファイナリーによるケミカル・エネルギー併産システム(2028年)
水や新エネルギーを用いた植物工場	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)
雪や冷熱を野菜の保冷に使用	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)

「地域モデルと社会基盤」

関連する科学技術

- 高齢化対応交通システム、交通事故が起きないシステム、高速移動交通網、GPS活用、環境負荷の低い公共交通
- 都市計画、積雪地域仕様の住宅技術
- 住宅地域の河川・雪のエネルギー利用技術など

推進に必要な制度等

1. 地域における公共交通への投資
2. 電気自動車のカーシェアリング
3. コンパクト化と一体化した公共交通の整備など

	関連する第9回デルファイ調査トピックの例 (カッコ内は社会で適用・普及すると予測された年)
交通関係	自動車内に各種センサが配備され、一般道における追突事故や出会いがしらの衝突事故などを未然に防ぐとともに、エンジンやタイヤなど故障の予知が可能となる運転システム(2023年)
電力関係	家庭の生ごみ処理技術など、住民参加型で廃棄物を有効利用する分散型エネルギーシステム(2020年)
インフラ関係	人口減少に伴う市街地縮小の際、水循環、生態系、生活文化の持続性を踏まえた、コンパクトなインフラ計画による自然共生型の市街地形成(2027年)
マネジメント	地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備(2027年)

(図表 2-36 続き)

「心身の健康維持」

関連する科学技術

- ICTを活用したウェブドクター健康管理技術
- 健康データに基づく病院レス医療システム
- 健康医学・スポーツ医学
- リハビリテーション技術
など

推進に必要な制度等

1. 予防医学への保険制度適用を含め、心身の健康維持に対する自助努力
2. 心身の健康維持に係るサービスを提供する事業に税制優遇措置
など

	関連する第9回デルファイ調査トピックの例 (カッコ内は社会で適用・普及すると予測された年)
ウェブドクター	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)
ノーマライゼーションまちづくり技術	都市・農村において、多世代が交流するコミュニティが形成され、街区や集落規模で生活の質(QoL)を高めるための高品質・長寿命の街区計画(2025年)
温泉の熱利用	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)
健康医学・スポーツ医学	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)
リハビリテーション技術	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)
ICT活用の健康管理技術	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)
健康データに基づく病院レス医療システム	(デルファイ調査で取り上げられなかった地域からの提案)

「新たな産業・サービス」

関連する科学技術

- 農産物の高付加価値化
- 自然資源(雪、海洋深層水等)利用技術、農業用小型電気自動車、自然環境に配慮した物流、植物工場技術等の要素技術
など

推進に必要な制度等

1. 自然環境を生かした健康サービスや観光産業展開のため、地域からの情報発信
2. 生産・流通・販売のワンストップサービス
3. 顧客とコミュニケーションができる人材の育成
4. 地元で電気軽トラックなど開発・製造し、公共調達と優遇税制で支援
など

	関連する第9回デルファイ調査トピックの例 (カッコ内は社会で適用・普及すると予測された年)
生活、教育、文化	経済性指標では計れない地域の伝統的な祭りや文化など地域環境保全活動の価値評価手法(2025年)
マネジメント	農村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷をトレードオフするミティゲーション・バンキング(生物多様性オフセットバンキング)などの市場経済手法(2026年)
	農地などの土地の保全管理を維持するため、都市と地方の間のUIターン、マルチハビテーションなどの支援制度が普及(2022年)
	市民を主体とする「新しい公」が地域戦略を主導し、地域の安全安心および活力を継続させるための地域マネジメントを実行(2024年)

(別添1) 我が国が重点的に取り組むべき科学技術

- * 実現時期: 「技術」=技術的実現予測時期(年)(世界のどこかでの実現) 「社会」=社会的実現予測時期(年)(日本での実現)
- * 重要性: 世・日:世界・日本双方にとり重要、日本:特に日本にとり重要。「世界にとり重要」「重要度・優先度は低い」は該当全トピックにおいて選択割合が40%以下のため欄を省略
- * 重要性及び牽引セクター: 当該選択肢を選んだ回答者の割合が70%超の場合を◎、40%超の場合を○で表す。
- * 牽引セクター: 公研=公的研究機関、企業=民間企業(NPOを含む)、連携=複数セクター連携
- * 分類毎に、社会的実現時期(年)の早い順にトピックを並べた。

○エネルギー・資源・環境関連

非化石エネルギーの利用

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
5-11:風、波、潮流等の海洋エネルギーの商業ベース利用技術	2016	2024	◎			○	○					○			
8-62:化石燃料への依存度を低減させる、未利用バイオマスや廃棄物を用いるガス化発電あるいは合成燃料製造技術	2016	2024	◎		○	○	◎					◎	○		
1-42:オール電化住宅で、太陽光発電と二次電池の組み合わせにより、安定的に供給可能な100万円以下の約90%の電力量を賄える家庭向け電力貯蔵用電池技術	2019	2026	◎				◎					◎			
6-20:変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	2019	2027	◎				◎					◎			
9-26:低コストで変換効率20%以上の大面積薄膜太陽電池	2019	2027	◎		○	○	○					◎			
6-04:商用原子力発電所の廃止措置に対応できる、安全でかつ合理的な解体撤去技術	2020	2028	◎			○	○					○			
6-19:シリコンやGaAsを用いた太陽電池を凌駕するエネルギー変換効率の新材料技術	2021	2029	◎		○	○	○					◎			
1-44:エネルギー変換効率60%以上の太陽電池	2023	2030	◎		○	○	○					◎			
9-45:再生可能エネルギー源を活用するための高効率エネルギー変換・貯蔵・低環境負荷材料	2021	2030	◎		○	○						○			
7-48:地球規模で太陽エネルギー利用の最適地における実施と生産利用地間の融通	2022	2031	◎						○			○			
9-34:太陽光と水からエネルギー変換効率5%以上で水素を製造する技術	2024	2031	◎		○	○						○	○		
6-01:濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、免震技術の採用により立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代標準化軽水炉技術	2026	2034	○				○					○			

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
7-53:太陽光等、非化石一次エネルギー利用の地球規模での普及を可能とする革新技術	2025	2034	◎		○	○					○			○	
6-06:高レベル放射性廃棄物の地層処分技術	2022	2034	◎		◎					○			○		
5-44:電力をマイクロ波またはレーザーで地上に伝送する宇宙空間太陽光発電所	2027	2037	○		◎					○					
6-02:高速増殖炉サイクル技術	2029	2038	○		◎					○					

効率的なエネルギー変換・利用

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
11-15:電力のピーク需要を下げるためのさまざまなインセンティブシステムにより、電力需要の平準化と資源の有効利用が進む	-	2019	◎		-	-	-	-	-			◎	○	○	
2-61:我が国の一般家庭の30%以上で、「白物家電」(冷蔵庫、洗濯機、電子レンジ、炊飯器、エアコンなど)の半数以上がホームネットワークに接続される	2015	2022					◎					◎			
7-03:コミュニティ単位で自然・未利用エネルギーを活用した、物質循環サイクルを形成する技術	2018	2024	◎					◎					○	○	
1-52:電力効率を向上させ日本の総発電量を20%削減することのできるスマートグリッド技術	2019	2026	◎		○	○	○					◎	○	○	
1-51:パワー密度100W/cc以上を実現するSiC、GaN等の新材料デバイス	2019	2026	◎				◎					◎			
12-58:地域・地区単位で自然・再生可能エネルギーを最大限に活用し、かつ物資と物質循環に対しても地産池消を実現するための技術と法制度が整備される	2020	2027		○	○			◎					○	○	
1-18:ナノフォトニック技術などにより、消費電力が1/1000に低減されたネットワークノード	2020	2027	◎		○	○	○					◎			
12-59:都道府県あるいは道州単位の地域レベルにおける森林資源・動物の排泄物・穀類の未利用材料等によるバイオマスエネルギーおよび副生成物・機能性物質等の物質連関による物質・エネルギー循環システムが構築される	2020	2028	○	○	○			○					○	○	
8-57:物質、エネルギー、水がコミュニティ単位で高効率に活用される、循環型社会の形成	2021	2030	◎		○			○					○	○	

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
9-22:変換効率10%以上の熱発電モジュール	2022	2031	◎		◎	○									○
3-55:バイオ系有機物を利用した酵素反応電池に向けた、ナノスケール電位差分離素子開発とその集積化によるスケールアップ	2025	2032	○		◎	○				○		○			
3-54:化学エネルギーを力学エネルギーに変換する運動タンパク質(分子モーター)を利用した高効率のエネルギー変換技術	2028	2035	○		◎	○				○					
2-26:情報の伝達・蓄積システムに係る必要エネルギー量が2010年と比較して、100万分の1(取り扱い情報量で正規化)になるグリーンICTシステム	2030	2036	◎		○	○	○								○

循環型社会における産業

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
4-85:リサイクルを含む一貫した医療廃棄物処理システムの産業化	2016	2020	○	○		○	○	○				○	○	○	
10-62:廃棄時の低環境負荷での再生・再利用を考慮した太陽電池システム	2017	2024	○				○					◎			
9-19:非石油系材料から植物・微生物の作用を用いて、燃料・バイオプラスチックを量産する技術	2018	2025	◎		○	○	○					◎			
10-63:「資源投入→設計・生産→使用→廃棄」と「回収→選別→再資源化」が一体となった循環型製造システム	2018	2025	◎				○					◎			
10-19:設計生産から廃棄循環に至るライフサイクル、グローバルなサプライチェーンの全体像、多様な顧客ニーズに柔軟に対応できる製品系列などを俯瞰した全体最適を実現するための統合的な設計方法論	2017	2025	○		○		○					◎			
3-52:工業生産で利用可能な化学触媒に匹敵するあるいはそれ以上の生産性を示す生物触媒	2019	2026	◎		◎	○	○			○	○	○			
7-16:バイオマスのカスケード利用としての植物・微生物を用いた、商業ベースの燃料/バイオケミカルズの製造技術	2019	2028	◎			○	○					○		○	
3-51:石油を原料としていた化学ポリマーの半分以上が、再生可能なバイオマス資源由来となる	2022	2030	◎		○	○	○			○	○	○			
8-58:全ての産業ごとに、製品の製造から廃棄までのライフサイクルと生態系影響を考慮して環境負荷を半減させるエコファクトリー化・低エントロピー化技術が普及	2021	2030	◎		○	○	○					◎	○	○	
10-02:自然や生物の機構に学んだ、安全かつクリーンで、エネルギー効率が良い、量産型の製品・材料製造技術	2021	2030	◎		○							◎			

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
12-50:都市および地域全域レベルでのインフラ資産のアセットマネジメントを可能とすべく、インフラの投資履歴および劣化情報データの統一データベース(鉄道、道路、電力、地方公共団体などの事業主体にまたがる)が構築される	2018	2025		○		○		○							○
12-52:構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサ技術が普及する	2019	2026	○		○	○	○								○
12-56:大型構造物等の機能拡張、更新、撤去、リユースを可能とする設計体系、構造性能、資産価値評価システムが普及する	2019	2027	○	○	○	○	○								○
12-51:インフラ劣化防止・修繕・新設に関する設計・施工技術に基づいた劣化環境の高精度モデル化が可能となり、ライフサイクルマネジメントやアセットマネジメントが十分な精度をもって実用化される	2019	2025	○	○	○	○						○			○
3-38:環境適応能力(耐塩性、耐乾性、耐寒性)の向上と成長をコントロールすることによる砂漠などでの作物生産・緑化技術	2020	2028	○		○	○				○	○	○			
3-56:地域農林業資源・有機性廃棄物などを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村	2019	2027	○	○			◎					○			○
3-57:化学合成農薬・肥料の利用を半減させる、生物学的な作物保護方法の技術	2018	2026	◎		○	◎						○			○
3-49:植物における成長調節物質の生合成、輸送、受容体を介したシグナル伝達機構の解明に基づく、作物・樹木の成長制御技術	2020	2029	◎		◎	○				○	○				

CO₂削減、CCS

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
8-17:家庭でのCO ₂ 削減を実践する等、国民の生活スタイルを変化させるような環境教育導入が効果を発揮	-	2018	◎		-	-	-	-	-					◎	○
10-65:CO ₂ に代わる、エネルギー・資源消費、製造過程(工場)や製品の環境負荷についての統合的かつ客観的な評価指標・計測技術	2017	2023	◎		○	○						○			
5-32: CO ₂ を海中に溶解あるいは海底下に固定する技術の確立	2018	2026	◎			◎						○			
7-39: CO ₂ 圧入による油層・ガス層・炭層からのエネルギー資源開発、貯留されたCO ₂ の再資源化など、CO ₂ 地中貯留に経済的インセンティブを付与する技術	2019	2027	◎			○		○				○			

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
7-35:石炭、重質油、バイオマス等の炭化水素資源に適用可能な、CCSを組み入れたガス化による経済性ある発電および水素製造、合成燃料製造技術の実用(温暖化防止に対して実際に貢献できるシステム)	2020	2028	◎		○	○	○				○			○	
7-36:深部塩水層を対象としたCO ₂ 地中貯留のポテンシャルを拡大するための貯留管理技術	2020	2028	○		○		○								○
9-46: CO ₂ 削減のための炭素固定材料	2021	2030	◎		○	○					○	○			
9-33:環境に CO ₂ を排出せずに石炭から水素を製造する膜分離技術	2023	2031	◎		○	○						○			

未利用資源、再資源化

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期(年)		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
7-28:経済的に成立する、廃電機・電子製品(WEEE)、焼却灰等からのレアメタル等の選択的分離・回収技術	2015	2020	○	○			○					◎			
7-23:逆浸透膜などによる経済的・実用的な海水淡水化技術や、汚染水浄化再利用技術などを活用し、水の偏在化に対応した地域固有の水循環利用システムの構築	2014	2020	○				◎					◎			
7-04:バイナリー発電・ヒートポンプなどによる中低温地熱資源利用技術	2015	2021	○	○			○					◎			
10-59:現時点で効率的な処理法、利用法が開発されていないレアメタルなどを含む家電製品などの一般廃棄物を、将来利用可能な形態で安全・安価に貯蔵するシステム	2017	2023	○	○		○	○					○			○
8-59:都市鉱山として多くの希少金属の必要資源量の50%以上が供給されるような、一般・産業廃棄物と焼却灰・飛灰から希少金属を合理的に回収・利用する技術	2018	2024		○		○	◎					◎			
10-61:間欠的に生じる未利用熱エネルギーを効率よく利用する技術	2018	2025	◎		○	○	○					○			
10-60:エクセルギー的にみて使いにくい低品位熱エネルギーを効率よく高エクセルギー状態に転換する技術	2019	2026	○		○	○	○					○			
5-12:熱水鉱床などの海底資源の商業ベースの回収技術	2020	2027		◎		○	○				○	○			
8-60:廃棄物の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、製品の90%以上がリサイクルされる設計・製造・回収・再利用システムが普及	2019	2027	○	○			◎					○	○		

移動、交通システム

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
2-23:我が国において、すべてのオフィスワーカーの仕事の8割が遠隔勤務となるようなシステム(異なるオフィスにいる同僚と常時同じオフィスにいるのと同等のコミュニケーションで協力できる)	2017	2024	○				◎					◎			
4-59:医療社会および医療都市(高齢者の居住地域など)の設計技術	2018	2024		○	○	○	○					○		○	
1-43:一充電で、現行ガソリン自動車と同等の航続距離(約500km)が走行可能な電気自動車を実現する高いエネルギー密度(現行の約3倍)を有する長寿命・高信頼性の自動車用二次電池技術	2018	2025	◎				◎					◎			
2-24:我が国において、現在のリアルオフィスの勤務者が半分になるようなバーチャルオフィスシステム	2018	2025	○				◎					◎			
6-41:移動体用(車載用など)低コスト二次電池(重量エネルギー密度100Wh/kg以上、力密度2000W/kg以上、コスト3万円/kWh以下)	2019	2025	◎				◎					◎			
11-16:地球温暖化、環境問題深刻化に対処するための、エネルギー多消費型の人の移動手段を代替する技術	2018	2026	◎				○					○		○	
12-46: CO ₂ 排出量を半減及びNO _x 排出量を今の20%程度に低減する次世代の環境にやさしい船(クリーンシップ)が実現する	2019	2026	◎				◎					◎			
12-42:都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステムが開発される	2020	2027	○	○	○	○	○					○	○	○	
9-32:希少金属を用いない自動車用の高効率燃料電池	2020	2030	○		○	○	○					◎			
2-53:現在の高速道路の利用効率が3倍に向上する、専用レーンによる自動車の自動運転技術	2020	2031	○			○	○					○	○		

観測、モニタリング、シミュレーション、予測

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
8-42:温室効果ガスの自然による発生・吸収・固定の現状とメカニズムの解明	2018	-	◎		◎	◎				-	-	-	-	-	-
4-61:微量環境汚染物質の生体への影響の解明	2019	-	◎		◎	○				-	-	-	-	-	-
4-63:生態系や環境などの大規模システムのモデリングおよびシミュレーション技術の進展による、感染症の発生リスクの予測	2018	2025	◎		○	○		○		○	○			○	

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
5-02:温室効果ガスと大気汚染物質濃度を陸域においては水平方向5km×5kmかつ鉛直方向で1km、また海域においては同じく20km×20km×4kmの枠で識別できる全地球観測システム	2020	2027	◎				◎						◎		
5-01:生態系と人間の住環境を含む地球大気層の二酸化炭素収支ならびに水循環変動を目的とした50年から100年将来のモデリング	2020	2027	◎		○	◎							○		
12-10:開発行為が自然界(地形・地質・地下水・動植物など)に与える影響が定量的に予測可能となり、開発行為に対し、規模、代替案、緩和処置および自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価が可能となる	2019	2027	◎		○	○							○		○
5-03:大気の水蒸気含有量・風速ベクトルとそれによって発生する雲量を、陸域においては水平方向5km×5kmかつ鉛直方向で1km、また海域においては同じく20km×20km×4kmの枠で識別できる全地球観測システム	2020	2027	◎				◎						◎		
8-23:大気・海洋・陸域の物質循環を同時に扱う地球システムモデルによる数十年規模の地球環境将来予測技術	2020	2028	◎		○	◎							○	◎	
5-22:熱やCO ₂ の全球的収支を明らかにするための海底面広域観測技術	2022	2029	◎		○	◎							◎		
2-30:地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	2022	2030	◎		○	○							○		

評価、合意形成

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
7-57:省エネルギー等、環境に関わる技術の先進国、新興国、途上国間協力・移転が国益・地域益・世界益に結実するための国際合意形成方法論	2019	2025	◎				○		○				○		○
11-37:過度に投機的なマネー、地球温暖化、搾取工場などの世界的問題に対処するために、各国政府の枠を超えて世界共通の枠組みで「監視」、「管理」、「調整」するガバナンスの体制が確立される	-	2025	◎		-	-	-	-	-				○		○
8-20:気候変動などのグローバルな環境問題に対して、多様な科学的知見や主張・価値判断を整理・分析して問題の全体把握を可能にし、関係国の合理的な政治判断を支援するシステム	2020	2027	◎				○		○				○		○
11-55:環境にかかわるデータベース・知識ベース等の知識情報基盤を活用した多様な利害関係者による協調的意志決定システム	2019	2027	◎		○		○						○		

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
11-57:リスクマネジメント技術の中で、健康や環境に対する人工および自然の物質・システムの長期的影響評価の仕組みが確立する	2019	2028	◎		◎	○				○	○				

○ライフイノベーション関連

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
3-27:がんの転移機構の解明	2019	-	◎		◎	○				-	-	-	-	-	-
3-3:細胞内および細胞内外間における物質間相互作用の同定・機能解析技術	2018	2025	◎		◎	○				○		○			
3-2:1分子計測の精度で生体内を分子イメージングできる技術	2019	2027	◎		◎	○				○		○			
3-9:タンパク質の高次構造から、タンパク質-タンパク質間の相互作用、タンパク質と DNA や RNA との相互作用、タンパク質と合成化合物の相互作用などを含む生物活性を精緻に予測する技術	2019	2028	◎		◎	○				○	○	○			
3-7:体内で機能状態のタンパク質の立体構造を、動的かつ精緻に解析する技術	2023	2032	◎		◎	○				○	○				
3-34:iPS 細胞を利用した再生治療技術	2021	2032	◎		◎	○				○	○	○		○	
4-15:高齢者の脳機能の低下を抑制し、痴呆の体系的な予防・治療法	2024	2033	◎		◎	○				○	○				

○その他

インフラ管理(IT インフラ含む)

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
2-1:1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、システム障害を起こすことなく常に安定したサービスを半自動的に効率的に構築する技術	2018	2023	◎					◎				◎			
2-28:情報の発生源でコンテンツに付与された電子刻印された ID が伝達段階で抹消・改変されずに維持されることにより、盗まれた情報や一度散ってしまった情報を追跡できる情報トレーサビリティシステム	2017	2024	◎		○	○	○					○			

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
12-52:構造物の劣化度、寿命、更新時期を知らせる半永久的な埋め込み型センサ技術が普及する	2019	2026	○		○	○	○					○			
2-2:1 億台以上のコンピュータを柔軟に結合し、多様なユーザに多様なサービスを提供する系において、提供する機能サービスや介在するデータ群から、新たな付加価値を持つ情報を生み出し、新たな機能サービスを創出する自律的サービス進化型システム	2020	2027	◎					○				◎			

危機管理・災害対応

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
12-16:都道府県単位で対応すべき大規模な自然災害が発生した際、国や自治体の災害対策本部が即時かつ効果的に応急活動を行うことができるよう、被害把握や拡大予測をリアルタイムに行う技術が確立される	2018	2024		◎			◎		○					◎	
12-13:気象現象(降雨、台風、豪雨、降雪)により発生する、都道府県単位で対応する大規模な自然災害(洪水、地すべり、土石流、雪崩)から人的被害を未然に防ぐため、気圏、水圏、地圏に対する全国高精度観測システムが完成し、災害の事前予測(1時間程度)に基づく警報・避難・規制が可能となる	2019	2027	○		○	◎						○		○	
2-30:地球規模の未知の危機に対応するため、実時間データに基づき全地球的な気象・海洋・環境・生態系・伝染病・経済・人の動きなどを、トータルにシミュレーションして予測するシステム	2022	2030	◎		○	○						○			

生活の安全

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
4-42:高齢者および障害者の生活支援ロボットを含めた知的コミュニケーション型住環境システム	2019	2027	○		○		○	○				○		○	
2-29:食品の大半をカバーする世界的トレーサビリティシステム	2019	2028	◎					○				○			
2-31:遠隔地にいる高齢者や軽度障害者に対して、家族等の遠隔操作により生活援助を安全に行うことができる知能ロボット技術(ロボットは遠隔操作者が気がつかない危険を回避するなどの知能を有する)	2020	2028	○		○	○	○					○			

人材育成・流動・多様化

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
11-32:熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他者による再利用や学習を可能とするサポートシステム	2016	2021		○			◎								◎
11-34:女性の社会参加を容易にするため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会環境(例えば上場企業の3割で託児保育施設が設置される等)が我が国で実現する	-	2021		◎	-	-	-	-	-						◎ ○
11-6:異文化を前提とする国際マネジメント能力の向上によって、諸外国の歴史、文化、言語、法制度、価値観などを理解するための、能力開発プログラムが実施される	-	2021	○	○	-	-	-	-	-						○
11-31:大学院教育から職業訓練においてリカレント教育が一般的になり、社会・経済の変動に対応して人材が流動するようになる	-	2022		◎	-	-	-	-	-	○		○			○
10-68:従来の設計が主に対象としていた段階よりもより上流の設計を的確に展開することができる技術者を育成し、その能力を継続的に発展させるための教育システム	-	2022		◎	-	-	-	-	-	○		○			○
11-7:国際的なネットワーク人材マネジメントシステムが構築され、高度専門家が国境を越えて自由に移動することが促進されるようになる	-	2022		◎	-	-	-	-	-						◎

基盤技術、フロンティア

デルファイ調査トピック(先頭数字は、「分科会トピック番号」を表す)	実現時期		重要性		技術的実現牽引セクター					社会的実現牽引セクター					
	技術	社会	世・日	日本	大学	公研	企業	連携	他	大学	公研	企業	政府	連携	他
9-3:ナノスケールの構造制御、界面制御により異種材料を複合化した新機能材料	2017	2023		◎	○	○									◎
9-4:ナノスケールの産業用3次元集積加工技術	2018	2025		○	○	○	○								◎
9-2:自己組織化による10nm以下の産業用ナノ構造制御技術	2019	2026		◎	○	○									◎
9-16:ナノオーダーの自己組織化技術を活用した製造技術	2019	2027		◎	◎	○									◎
5-57:高信頼性(高ロバスト性等)で、競争力(低コスト化、超小型・超軽量化等)のある日本製宇宙機器(輸送系・衛星系等)	2017	2022		◎			○	○				○	○		
5-64:デブリ問題の抜本的対策技術(デブリフリーの宇宙システム、既放置デブリの回収または大気圏投入処理など)	2023	2032		◎			◎					◎			
5-60:日本独自の有人宇宙輸送システム(有人ロケット、有人宇宙船)	2024	2033		○			◎					◎			

(別添2) 将来の国民生活のイメージ

*文中の()内は、対応するデルファイ調査トピックのID(分科会トピック番号)を表す。対応するトピックは、NISTEP REPORT No.141 に記載されている。

【 各種診断技術・システムが生活の中に適切に埋め込まれ、 個人による健康維持が進み始めた社会 】

朝のニュース番組を見ていた森本英子は、急にひどい頭痛がして顔をしかめた。横で夫の幸一が心配そうに見つめる。数年前におきた脳梗塞で、英子の右手と右足は不自由になっている。日常生活をサポートしてもらうための在宅介護を受けながら、脳梗塞が再発しないように日々の健康管理を怠らない矢先の出来事だった。「念のために病院で検査を受けよう」という幸一に付き添われて、英子は市内の病院を訪れた。

「先日の検査の結果は特に異常なかったですよ」、英子を診察した内科医の本田はほほえみながら言った。「このところ寒暖の差が激しいので、体調を少し崩されたのでしょうか。特に心配な病気の兆候はみられません」との本田の言葉に、英子の脳梗塞再発に対する不安は消えた。幸一に付き添われて診察室を出る英子を見つめながら、本田自身も安堵し、電子カルテが表示された高精細タブレット端末を閉じ診察室をあとにした。これで、きょう最後の外来患者の診察が終った。帰宅前、最新の医学電子ジャーナルに目を通そうかと本田は思う。

本田が医師免許を取得し臨床研修を終えた後、この病院に勤務して数年が経った。はじめは患者を診療するだけで精一杯だったが、最近、やっと患者と向き合えるようになった気がする。患者とのコミュニケーション技術は、大学で習っただけでは、なかなか実践はできない。経験の積み重ねが必要なのだ。先輩医師らと話をしていると、本田が学生・研修医時代に受けた教育は、彼らの頃とはずいぶん変わっているらしい。医師が患者やその家族と接する際のコミュニケーション方法などは、かつてはカリキュラムとして教えられることはなかったという。また学生時代、本田は医哲学教育の一環としてさる高名な僧侶の説法を聴き深く感銘を受けたことを覚えている(4-83)。生とは何か、死とは何かを真摯に考えることで、常に生死の場面と向き合う医師としてのモラルが養われたと思う。

先輩たちが言う「医療崩壊」の時代は、本田には想像しにくい昔話だ。産科・小児科や救急外来の担当医、また地域医療に従事する医師の不足が問題になっていた頃は、医師は日々の激務に追われ過重な負担を強いられていた。報酬・労働負担・専門家としてのやりがいのバランスが崩れていたと先輩たちは言う。しかし現在では、診断報酬がより医療現場の実情に即したかたちに改定され、医師が行う医療行為が適正に評価されるようになった。診療報酬制度は、安全かつ安心な医療への対価を国が保証する形で確立されている(4-70)。

さらに日本独自の医療標準化(Japan Medical Standard)制度が確立(4-71)し、「質と資源の至適マネジメントを可能にする医療社会制度」という言葉で医療が表現される機会が増えた(4-72)。実際、大都市の病院に医師が集中するなどの偏りは少しずつ是正され、医療の平準化が進んでいる。そして、コメディカルのマンパワーが強化され、医療現場の激務も少しずつ軽減されつつある。

診療の体験型シミュレーション技術を導入した医療安全教育が充実したこと(4-84)も手伝って、医師や医療機関に対する市民の信頼感が高まっている。医師側は仕事の忙しさが緩和されたことで、患者

一人ひとりとじっくり話せるようになった。本田もまた、コミュニケーションを円滑にとることが医療と患者の結び付きを強くすることを再認識している。さきほどまで診療していた英子も、いつも付き添ってくる夫の幸一も、この外来を訪れた当初は動揺していた。普段はかかりつけの近所の開業医に診てもらっており、本田が勤務する市内の病院を訪れるのは久しぶりなようだ。大きな病院なので率直に話せる雰囲気ではないと思ったらしい。

地域医療システム化技術が進んだ結果、英子が受けている在宅介護と医療とはシームレスかつ密接な連携で結びつくようになった(4-78)。「地域が包括的に患者を診る」というシステムを構築するには、医療情報ネットワークが不可欠だ。そしてこれは、家庭の可能な限りの努力と、これを補う公的・私的介護サービスを最適化することではじめて本当に威力を発揮できる。テクノロジー面からは、生涯継続的地域 EHR(Electronic Health Record)が導入され、患者中心の統合的医療は完成へのスピードを速めた(4-80)。

電子カルテの普及は、患者個人による病歴管理への移行を促し、検査結果や服用薬の情報などは、すべての医療機関で本人の承諾を得たうえで共用が可能になっている。その情報をもとに、患者と医療機関との間に「健康管理エージェント業」が成立しているのも新しい動きだろう(11-17)。英子が開業医を受診していた際の医療情報も、本田の病院へスムーズに移行したので病歴や健康状態が直ぐにわかり、本田は適切な診療を進めることができた。医療情報の電子化で、動画によって検査内容などがデジタルに閲覧できるのも、診察時のメリットだ。これと逆に、病院での診療情報を、かかりつけの開業医もまた共有できる。先日の受診時、幸一は本田にこんな話をした。「できるだけ大きな病院で診てもらいたいという患者心理は、現在ではかなり希薄になったと思います。だって地元でも、医療のクオリティは変わりませんしね」。

日本の医療は、この20年でベクトルを大きく転換した。患者が健康を害した後に着手する、いわば受動的な医療ではなく、事前準備を怠らない予防医学を重視するようになった。これは高齢者のみならず、若い世代からも浸透している。第一に、カロリー計算や運動強度など、日常生活における健康維持・増進をソフトウェアでサポートする「ユビキタスコンピューティング技術」によるところが大きい(1-16)。ユビキタス時代の到来によって、必要な医療情報を患者自身が都合の良いタイミングで取り出すことができる。市民は医療をより身近なものと感じ、関心は一気に高まったといえる。

日々、連動機能を持った各種の健康測定機器でデータが自動的に記録されているので、人々は生活や健康の状態、労働の状況などを個人単位で常時、総合的に把握している。英子も脳血管を健やかに保つための多くの情報を得るとともに、本田は彼女の日常生活に対して適切なアドバイスを送ることができた(2-05)。また英子の生活習慣病全般のリスクを低減するため、本田は「バイオマーカー」による検査結果に基づいて療養指導をしたり(4-50)、ゲノム情報によって罹患リスクを診断している(4-51)。生活習慣病や高齢化に対応する家庭医学教育が浸透していることもあり(4-81)、英子が今後予期せずに大きな病気にかかる可能性は低いといっていだろう。

とはいえ、すべての病気を「予知」できるわけではない。がんや難病の発症リスクを、バイオチップなどを用いて的確に診断するシステム(3-18)や、網羅的分子(オミックス)情報や過去の健康診断データから早期診断・健康管理を行う(4-46)にはもう少し時間がかかるという。英子も本田から「もしものことがあるから、毎日の健康状態はこまめにチェックしてくださいね」と言われている。

救急医療体制においては迅速かつ確かな対応が可能な地域医療制度が確立し、地域格差は是正されている(4-66)。医療社会および医療都市の設計技術(4-59)の成長スピードは目をみはるほどだ。しかし、中山間地では、交通をはじめ生活を営むためのインフラが整っていないエリアもまだまだ目立つ。

高齢で寝たきりの幸一の父がそのような過疎地に住んでいるが、IT 技術を駆使した遠隔診療システムや必要分の医薬品や療養食が提供できる物流サービスが普及しているので(12-20)、特に不自由はないと介護福祉士が言っていた。とはいえ、過疎は止めようもなく、こうした地域の医療がコスト高に苦しんでいることは否めない。

今後は遠隔診察がさらに進化し、来院できない患者と医師が直接向き合っているかのような診療が可能になると言われている。聴診器をあてる感覚、口臭などの感覚までも具現化できる画期的なシステム(2-19)が開発され、実用化まであと一歩だが、技術が進歩したからといって人と人との結び付きをおろそかにしてよいはずがない。医師のコミュニケーションスキルが一層重視されることだろう。メンタルヘルス分野でも、さまざまな病態メカニズムが解明(3-25)されつつある。少年期の登校拒否や学習障害などへの対処(4-28)、精神神経疾患の早期診断(4-26)に関する開発が進んでいるが、やはり最終的には医師と患者の結び付きが最も大事なのだ。

診察室を出た後、本田は病院内のオフィスに立ち寄った。備え付けのパソコン上で、電子ジャーナルに掲載された再生医療に関する最新の研究論文を閲覧する。病気のみならず、不慮の事故で損なわれた体の機能を取り戻すことのできる再生医療への期待は大きく、大学教員と臨床医という二足のわらじを履く同期も、国際的な研究コンソーシアムの下で精力的に研究を続けている。

本格的な再生医療の実現は近い。再生医療の臨床応用への倫理に関するガイドラインは(4-69)、医療従事者に周知されている。間もなく、ポリ乳酸などの分解性足場材料を用いた組織再生型人工血管(9-38)、人骨とほぼ同等の機能を持つ生体用材料(9-39)などの新技術が医療現場に持ち込まれる、と本田を採用した病院長は言っていた。本田自身は、がん化のリスクを回避し iPS 細胞を含む幹細胞を機能細胞に誘導し治療する技術(3-35)について、一般的な医療として提供できるかどうか見極めるために、医療現場での試験研究に携わっている。

再生医療を展開する上では生命倫理と研究活動との調和が欠かせない。多数の国民が多面的に参加する国民的討議(4-74)が活発化するなど、再生医療に対する国民のコンセンサスづくりも盛んである。一方、本田は医療現場の声を反映させるために、学会のみならず地域での集会・勉強会などへも積極的に参加する日々を送っている。新たな時代の医療へ向かって本田の想いは熱い。

【 様々なエネルギーを、各個人が選択的あるいは総合的に価値判断して利用することが可能になり、温暖化防止や環境保全に貢献していると実感できるようになった社会 】

最近では驚かなくなったが、今朝もメールボックスは仕事の依頼でいっぱいだ。英二のような、“自然エネルギーアドバイザー”が引っ張りだこなのは、政府がゼロエミッション住宅と呼ばれるエネルギー自立型住宅(6-69)に対する補助金制度(8-11)を 5 年前に大幅増額してからだ。日本は、排出権取引などを効果的に使い(8-11)、2020 年に温室効果ガス 25%削減をどうにか達成したものの、企業に比べ生活者分野の実績が目標に達しなかった。このため住宅関連などの促進制度がさらなる削減に向けて強化されたのだ。

通信ネットワークの急速な進歩のおかげでテレワーカー(2-23,2-24,11-26)を中心に郊外型生活を選ぶ人は前から増えてはいたが、この促進制度によって従来の農山村への定住のメリットが一気に大きく

なり、全国の元「田舎」の再開発が進められている。バイオマスや太陽光発電などの自然エネルギーを活用し、家庭用エネルギーマネジメントシステム(6-52)を導入して化石エネルギーの使用量を最低限に抑える住宅が普及し(6-35)、これまでは考えられなかったような価格で購入できるようになった。高効率で大面積の薄膜太陽電池(6-20,9-26)も開発され、一部の住宅から導入され始めているので、普及も時間の問題である。補助金の対象となるゼロエミッション基準を満たす設計と診断ができる資格を持った英二に仕事が殺到するのは当然のことである。

地方移住ブームを見越してこの村に引っ越してきた英二の予想どおり、現在では「町」となったこの地の自宅オフィスでの仕事は快適だが、仕事が忙し過ぎるのが難点だ。この町では、従来から酪農と養豚業や近郊型農業も盛んで、今では、農業廃棄物からメタンガスが作られ(6-56)、各家庭にパイプで供給されている。この様に、地域農林業からの廃棄物を有効利用して、ゼロエミッション地域が全国的に出現するのももう間もなくのことだろう(3-56,6-61)。敷地が広く取れる郊外では、通風や自然採光が優れ、これらを最大限に生かした設計(6-69)が可能となり、ゆったりとした快適な家に住めるのが嬉しい。通勤の必要もないオフィス環境を実現できるのも、自然エネルギー住宅でのテレワークの醍醐味だ。この町で3つ掘った深井戸から、温度が一定している地下水を各家庭に供給して循環させ始めたため(6-54,7-03)、最近では、夏でも冬でもファンを回しているだけで済むことが多くなり、電気代はおおいに節約できている。

英二と妻の直美は、週に一度、隣村に借りた家庭菜園に行き、自家用の野菜を栽培している。この村では、住民の過疎化と高齢化が進み限界集落に近づいている。耕作放棄地も多く、環境維持と集落維持のため、都会の住民に無料で農地や空家屋を貸しているが(12-26)、需要は必ずしも多くはない。英二たちは、無料で家庭菜園を借りる代わりに、年に2回、村の森林の間伐材の伐採のボランティアに参加する。このボランティアには、都会に住む友人の雄一を誘うこともある。現在はまだこうしたボランティア(12-32)に支えられているが、森林の持つ効果にも着目され(8-15)、農山村を国全体で支える森林会計(12-8)の導入も議論に上っている。

この村にも、電力供給を最適化するマイクログリッド技術(1-27)などのインフラは整備されているが、伝統的な日本家屋に住むこの住民達は、もともとエネルギー消費量が少なく、その様なインフラを必ずしも必要としていない。しかし、山の麓の傾斜地にあるこの村は、溪流が多く水量も豊富なため、所々には小型の水力発電機が置かれ、村に必要な電力をまかなっている。余剰電力はスマートグリッド配線網(6-53)を通じて販売し、村の財政を助けている。また、伝統的な水車小屋も復元され、発電と同時に観光にも役だっている。炭焼きも行われ、高級木炭は一部の外食産業向けに出荷されている。村の豊かな自然環境は観光資源になり得るであろうが、それを活かせる若い人材は村にはなく、かろうじて廃村を逃れている状況である。

一方で、農業の大規模化や若者を呼び込むことに成功し、新たな活路を見いだした農山村も存在する。米や野菜の有機栽培は手間が掛かり、バイオマスエネルギーを使ったとしてもコストでは外国産と比較にはならない(6-61,3-56,12-59)。しかし、国民の健康・安全志向は、生産者直売システムやトレーサビリティを発達させ、その様な農山村を支持する結果となっている(8-40)。今では、安全な食材として外国にも輸出できる程にもなっている。また本格的な有機栽培の拡大と同時に、どの農地でも農薬の使用は最小限に抑えられるようになってきた(8-14)。日本の農業は、国民の安全志向に応えつつ環境負荷を軽減する農業へと変貌を遂げている。

付加価値の高い農業(8-40)は、農家に新しい収入の道を拓き、ライフスタイルにも大きな変化をもたらしている。とくに都市近郊の「通勤農業」(8-13)や「都市・農村二重生活」の拡大は農業に新しい活力

を与えている。本格的な農家経営をするには、職住近接でなければならないが、土地の利用密度を高めて小規模の経営をする“カジュアル”な農家には、こうしたやり方も可能だ。生活の省エネ、高齢化対策の推進施策、税制面の支援制度充実などで、一般の人にも「マルチハビテーション」が可能となり(8-26)、農村と都市の両方に生活拠点を持つことは珍しくなくなった。これは非農家の退職者や脱サラの人たちが続々と農業に参入するようになったのと並行した動きであり、労働時間の短縮やワークシェアリングの拡大なども後押し要素になっている。

英二の友人の雄一は、仕事の関係で、東京の都心に近いマンションに住んでいる。水の浄化施設や太陽光パネルや発電用風車の設置など、幅広く環境技術を扱う会社に勤務しており、海外出張も多い。この会社は、かつては石油化学製品の大手企業だったが、原油の高騰や国際条約による原油の使用制限により業態を変化させざるを得ず、数年前に現在の様な環境企業へと転換した。原油に変えてバイオマス原料を用いた化学工業(3-51)への転換も議論されたが、均質かつ大量の原料の確保は難しく、バイオマス化学への転換を断念した経緯がある。ブラジルやインドなどで、大規模プランテーションによる資源作物栽培とバイオマス由来資源の開発(6-59)が進んできており、中規模のバイオマス化学工場は、その様な大規模農場に隣接して立地するケースが多い。その様な化学工場では合成燃料(8-62)をも製造しており、重要な輸出品となっている。

世界を飛び回っている雄一は、オーストラリアの砂漠に設置した太陽光発電プラント(9-26,7-48)の設備更新と新たな水素製造プラント(6-27,6-34)の建設準備のために、1週間ほど海外出張して、昨日帰国したところだ。高速インターネットを使った遠隔視察も可能だが、天候や風向きなど微妙な問題はやはり現地に来てみないと分からない。雄一の会社は、そこで太陽光発電プラントを持っており、高性能な蓄電池(1-43)を船に積んで、電力貿易(7-48)を行っているが、超高性能な太陽電池が開発された(1-44)ので設備更新を行い、ついでに水素ビジネス(6-28,6-29,9-35)にも乗りだそうとしている。化石燃料の使用は、国際条約により制限されているため、この様なエネルギー・ビジネスには大きなチャンスがある。超伝導の海底電力ケーブル網(6-40,9-21)がつながれば、エネルギー貿易はもっと効率よくなるだろうが、まだそこまでは至っていない。アフリカのサハラ砂漠にも、大規模な国際太陽光発電所の計画があり、雄一の会社もいくつかの日本企業と組んで応じた。しかし、価格が高過ぎたためか、性能が劣っても価格の安い外国製の太陽電池パネルを使った外国企業が選定された。

しかし、雄一の会社が開発した低コストの水浄化技術(8-63,8-67)は絶好調だ。製品はアジア地域を中心に海外で広く採用され、最近ではアフリカや南米にも広がりつつある。しかし、内紛や経済問題で破綻した国もあり、地球上の全ての人が安全な水にアクセスできるのはもう少し時間がかかるようだ。雄一の会社では、単に施設を建設するだけでなく、ノウハウやしくみの移転、実効性のあるファイナンスをセットにしたため(8-64)、新興国に受け入れられ、シェアを伸ばしてきたが、現在では外国企業との競争が激しくなっている。同時に雄一の会社が開発した、海水の大規模淡水化プラントは、既にサハラ砂漠の大西洋岸に建設し終え、そこに大規模農園を造成中である。これには、作物の品種改良(7-12)が進んだ影響も大きい。農園の通常の作業は地元住民が行うが、高度な判断を必要とする作業については、日本から遠隔操作できるヒューマノイド型の農業ロボットが行うことになっている。雄一の同僚たちは、そのロボットの試運転に出かけている。また、米国の情報会社と手を組み、作物市場や天候・気候を細かく予測し、それに応じて米、小麦、豆などの作物を植え付け、ほとんどは市場を通じて販売する予定であるが、一部は地元で販売することになっている(8-49)。雄一の会社では、この様にして、食料、水、環境、そして住民の生活向上をセットにして、世界に貢献したいと考えている。

雄一の会社が電力貿易に使っている様な高性能な蓄電池は、電気自動車にも積載され、1回の充電で500km以上走行できるようになった(1-43)。雄一もこのタイプの自動車を持っており、通常は割安な夜

間電力で充電するが、必要ならば、信号の待ち時間や駐車中に非接触充電することもできる(1-49)。まだこの種の電気自動車は高価なため、従来のハイブリッド車に乗っている人も多い。それでも道路状況に合わせて、エンジン動作を自動調整する交通システムが普及している(12-44)ので、燃費は以前よりさらに改善している。例えば、目的地に着くまで、一度も信号待ちをしなくても良いように、スピードを自動調節することもできる。最近では、カーシェアリングの新しいサービス(8-18)も始まり、電気自動車を買えない人でも、手軽に利用できるようになってきた。

雄一たち家族が住む都心に近い賃貸マンションでは、地域協定により、建物には太陽光発電システムや雨水再利用設備を設置することが義務づけられている(6-54)。また、この地域協定に参加すれば、ゴミ焼却場から温水が配給されるという特典も得られる(8-16)。ゴミ焼却場から排出される有害物質は100%完全に除去され、排出されるのは水蒸気と若干の二酸化炭素のみという状況になっている。そのため、温水配給という特典を期待して、ゴミ焼却場を誘致する地域も多い。雄一たちの住むマンションは比較的新しいので、通信・室温・照明・電力・飲料水・温水・排水などが総合的に管理されるインテリジェント・マンション(1-41)になっている。照明自体は、LED や有機 EL を用いた高効率の照明が普及し(6-63,6-68,9-50)、蛍光灯はあまり使われていない。まだ残る古い住宅やマンションが、温室効果ガス削減の目標達成の障害となっていたが、補助金制度により、今後の建て替えやリフォームが促進されるので、目標達成も間近と思われる。

【 環境変化がもたらす様々な災害に対応しはじめた社会 】

鈴木は、この春、市役所の消防防災課に異動となった。この課は防災に関する地方行政の要となるべき部署だ。昨年は南米に続いて中国山岳部でも大きな地震が起き、アイスランドでも火山が大規模噴火してヨーロッパ中で飛行機の欠航が相次ぐなど、世界中で災害が大規模化している。3年前には、この地域も大きな台風におそわれ、豪雨、土砂崩れ、家屋倒壊などで死傷者 40 人という甚大な被害を受け、海拔が低い市南部では、多くの家屋が床下浸水した。こういう状況の中、行政には、より迅速・適切な対応が求められるようになってきている。そのための技術やツールも日々進歩しており、地方都市の行政担当者も最新の知識をもっていなければならない。住民に直結する鈴木たちの役目は重要性を増すばかりだ。

日本では、2年前からテーマを決めて毎年2回、国をあげての本格的な防災訓練が行われている(12-21)。そして、防災訓練の有効性を世界にもアピールしてきた。今日の防災訓練は、鈴木が住む沿岸地方都市だけでなく、日本中の全ての沿岸地域は津波がテーマとなっており、内陸地域については、地震などによる大規模火災がテーマになっている。津波については、チリ沿岸部の震源地を想定しており、この日はチリやインドネシアとタイも日本と歩調を合わせて防災訓練を行っている。最近の海面上昇の影響のせいで、これらの国々でも、洪水や高潮の被害が続出しており、各国政府も防災訓練を重要視するようになってきた。スーパーコンピュータによる太平洋全域のシミュレーション結果に基づく詳細な津波予報は、通信衛星と放送衛星とを通じて日本全土のみならず必要であれば外国にも時々刻々と提供される(12-35)。この無線通信システムは去年稼働し始めたばかりだが、防災訓練に合わせて点検を実施すると同時にさらなる改善点を探っている。

鈴木達は、津波予報が出されると直ちに市の対策本部を立ち上げ、詳細な津波警報に基づき、市南

部の住民に避難勧告を出し、高台にあるいくつかの中学校や小学校に避難させた。ハザードマップなどは、とくに出来上がっているが、この様に実地訓練をしてみないと、住民達にはその危険性はなかなか伝わらない。普段は各家庭へのエネルギー供給を最適化するマイクログリッド網(3-2節①1-27)を、非常時モードに切り替えれば、そのネットワーク通信を用いて地域の被害把握や拡大予測を瞬時に予測できる(12-16)。鈴木は、その装置を非常時モードに切り替え、実際に正常に動作するかを入念にチェックした。遠隔操作で各家庭のガスの元栓を閉め、電気のブレーカーを遮断することができるかも実験してみた。また、防潮堤の監視や可動防潮堤が動くかどうかもチェックした。消防防災課では、市南部の防潮堤のかさ上げを検討していたが、景観や土地利用を考慮した災害リスク評価(12-3)により、緊急時にのみコンクリート板が上方にせり上がる方式を採用し、昨年完成した。これもマイクログリッド網で自動的にコントロールされているが、やはり半年に1回の検査は欠かせない。河川の水位や地滑りなどの危険箇所も自動で常時モニターができ、危険水位に達したり、地滑りの兆候がキャッチされると防災センターに警報が届くと同時に、危険地域の住民達にも知らされる(12-13)。河川上流を含めて、現在の水位値と今後の水位予測がインターネット上で公開されており、リアルタイムで更新されるので(12-1)、的確な警報や避難勧告を出せる様になった。流域の魚の生息数や川岸の植物の様子などの付加情報もリアルタイムで公開され、生体系の保護にも役立っている。

各家庭に設置が義務付けられていた火災報知器も、マイクログリッド網を通じて地域の消防署に直接通報されるようになってからは、焼死者は劇的に激減した。特に、Twitterを通じて家屋内に人がいるかどうかを逐次報告してくれるセンサーシステムは、消火方法を大きく変えた。このシステムは地震などによる家屋倒壊現場から人を救出するのにも大きく役立つと期待されている。また、非常時には、携帯電話もその人の位置や状況などを自動的にかつ的確に消防署や防災センターに通報してくれる。この機能のおかげで、3ヶ月ほど前に、漁船の転覆事故によって海で漂流していた全員を速やかに救助できた。人体が出す遠赤外線や炭酸ガスをキャッチして生存者を識別して救助するロボット(2-51)も稼働し始めており、まだ数は多くはないが、配備している自治体もある。このロボットは昨年中国山岳部地震の時に派遣され、救援隊員が高山病で次々と倒れる中、大活躍した。

消防防災課が中心となって住民の相互扶助の体制を整え(11-40)、近隣住民の中からリーダーの役割を担う人々を育ててきたが、住民の高齢化もあって緊急時には必ずしも頼れる組織にはなっていない。高齢者世帯の実情の把握など、むしろ、市の高齢者・障がい者福祉課との連携が必要となり、鈴木が福祉課から防災課に異動になったのは、この理由のためである。今回の訓練では、数名の高齢者が水没しつつある家屋で孤立したという設定が急に提案され、対処することになった。ボートを使う案も出されたが津波のため危険で、急きょ自衛隊の救助ヘリを要請することになった。すでに全国で20件以上の救助要請が来ているそうだが、要請を受け入れてくれた。この様に、自衛隊・消防庁・海上保安庁・警察庁なども連携して訓練に参加している(12-17)。この訓練は、同時多発的に発生する災害に、国としてどう対処すべきかの指針を策定する上で重要な役割を果たしている。

中野医師は、本州内陸部の地方都市にある病院に勤務している。この日の防災訓練のテーマは、地震と同時に発生した大規模火災による負傷者をどの程度受け入れることができるかである。地震予測については、観測網や観測手段は進展したが、いまだに確実な予測ができるに至っていない(5-8)。従って、今回の訓練は何の前準備もなしの訓練である。地震発生から10分を過ぎると負傷者は救急車で病院に到着し始めた。中野医師は、負傷者数の規模を消防本部に確認すると、職員と協力して待合室の半分を仕切って応急処置室に作り変えた。この日は通常の診察に来ている人も、可能な人は訓練に参加し、また、決められた避難所に避難する人もいる。負傷者の話から、医師は怪我の状態を判断して、次々と治療していく。緊急時には、電子カルテは国内の全ての病院や医院宛に公開されるので、電子カルテの番号さえ分かれば、意識のない負傷者でも、血液型や過去の病歴がわかる。頭部を打撲して、

意識不明の患者は、電子カルテの番号を持っていたので、緊急輸血をすることができた。負傷者が 40 名収容されたところで、これ以上の搬入は断り、他の病院に搬送してもらった。その夜、病院では、災害や伝染病に備えて、どのような医薬品をどの程度備蓄するか(12-15)、近隣の病院とどう役割分担するかが話し合われた。この様な情報は、近隣病院や自治体とも共有される。

この様な大規模の防災訓練により、実際にどういう対策が必要なのかが良く分かる。昨年、地震により大都市圏で交通網が1日遮断されるという防災訓練を行った時には、実際に十万人近い通勤難民が発生した。現在もこの対策についての目処はたっていない。避難場所が充分確保できず、また、復旧情報が十分に伝わらなかった(12-49)というのがその時の反省点だった。かつてのアイスランドの火山の大規模噴火で、ヨーロッパの航空網が混乱し、日本にも影響を及ぼしたが、非常時の交通網や流通網の早急な復旧や代替手段の確保という点では、まだ結論は出ていない(12-18)。

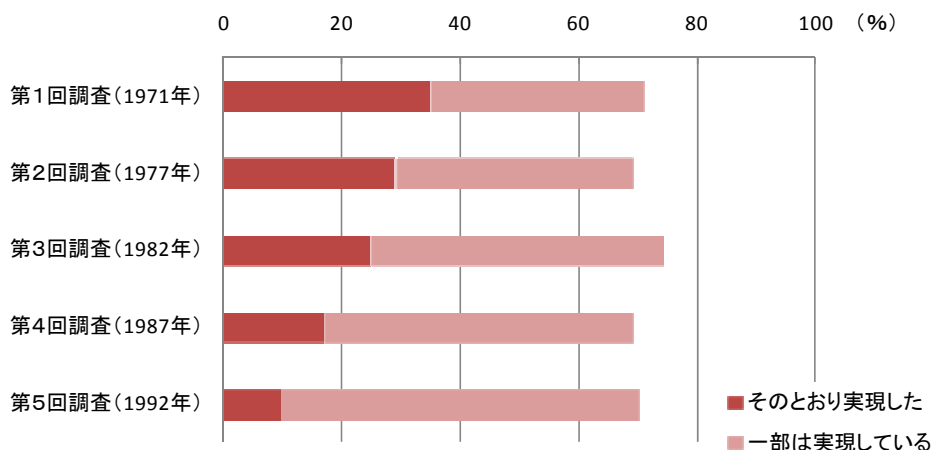
最近では、冷夏や暖冬、また春には異常高温と異常低温を一日毎に繰り返すという異常気象が頻発している。作物の収穫だけではなく、人々の健康をもむしばみ始めている。この様な異常気象に対応するため、100 を超える国や国際機関が、包括的な地球観測を行う「全球地球観測システム」の開発を推進している。人工衛星と地上観測を統合して、グローバルな気象モニタリングを行うシステム(5-02, 5-03, 5-07)の精度が再来年には大幅に高まる予定なので、こういった異常気象の根本的な原因究明や対策には役立つだろう。また、陸海シームレスの過去 100 年間の観測データの整備と解析(5-25)も行われており、結果がでるのももう直ぐのようだ。様々なシミュレーション技術(2-30)や予測技術も発展してきており、実用まであと一歩のところまで来ている。今後、地球がさらなる温暖化に向かうのか、それとも世界中の火山の大規模噴火が影響して、徐々に寒冷化に向かうのかということは現在不明だが、それが予測できるのもそう遠い未来ではないと多くの人は感じている。

(別添3) 予測の実現性

専門家の予測は、どの程度、実現性があると言えるのだろうか。過去のデルファイ調査に挙げられていたトピックが、現時点でどの程度まで実現したかを見ることにより、その確率を推測できる。

1970年代から1990年代初頭の予測調査の実現率(実現済みトピック数/対象トピック数)を見ると、現時点で約7割が何らかの形で実現している(別添図表 1)。ただし、そのとおりに言えるほどまでに実現するまでには、やや時間を要することが分かる。一方、残りの3割程度は時間が経っても実現しないか、あるいは発想の異なる展開になっていく可能性が高い。

別添図表 1: 過去の予測調査の実現率

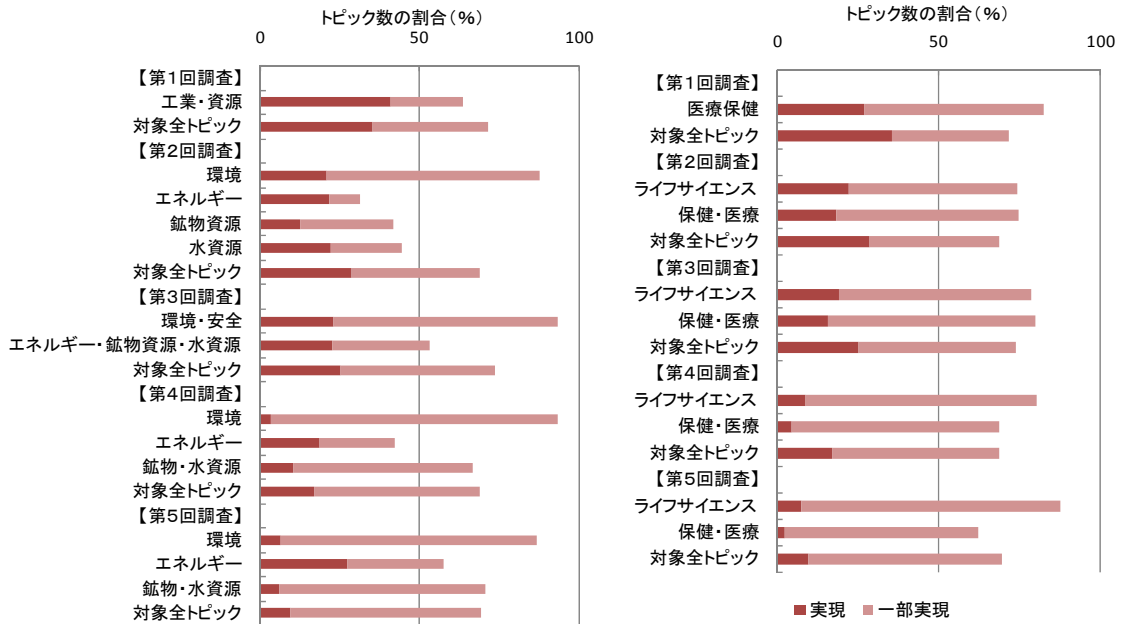


ただし、過去の傾向として、医療や環境といった国民の日々の暮らしに直接関係する科学技術領域は総じて実現率が高く、また、情報通信関連の科学技術領域は全般的な実現率は高くないものの、そのとおりに実現する確率がかかなり高かった。一方、総じて実現率が低かったのは、交通関連(運輸・輸送など)やエネルギー関連などの社会インフラに関わる科学技術領域であり、計画性が重んじられるこれらの科学技術領域で実現率が低いという事実は、大規模な計画ほど常に見直しが必要なことを表しているだろう。また、ライフサイエンスや医療・保健といった科学技術領域は、最終目標が長期にわたってぶれないため、長期にわたって同じトピックが継続される傾向がある。実現までの時間も長くかかると予測される傾向にあるが、実際には実現が予測より早まる確率も高い。デルファイ調査は、発明や発見というブレークスルー型の解決を予測しにくいという弱点もあるが、ライフサイエンスや医療・保健といった科学技術領域は特に要注意である。

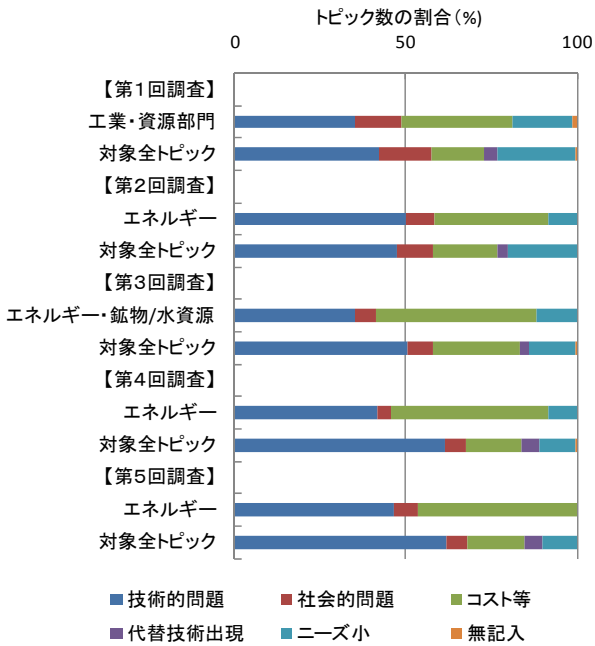
このような過去の傾向は、将来を考えるうえでも参考にしてよいと考えられる。

参考)「過去の過去の予測調査に挙げられた科学技術は実現したのか」(科学技術動向 2010年7月号)

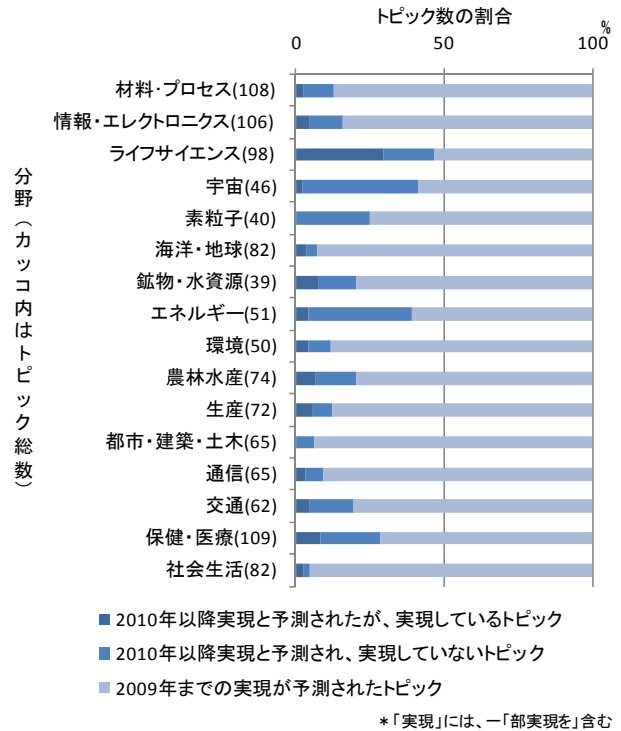
別添図表 2: エネルギー・資源・環境関連、およびライフサイエンス・医療関連分野の実現率



別添図表 3: 実現していない理由(エネルギー関連)



別添図表 4: 実現が早まったトピック数



「将来社会を支える科学技術の予測調査」関係者

各調査関係者は、以下の報告書の該当頁を参照されたい。

○デルファイ調査

分科会メンバーリスト

NISTEP REPORT No.140「第9回デルファイ調査」 948～953 頁

○シナリオライティング

グループシナリオ執筆者リスト

NISTEP REPORT No.141「科学技術が貢献する将来へのシナリオ」 5～6 頁

若手 ICT 技術者フリーディスカッション参加者

NISTEP REPORT No.141「科学技術が貢献する将来へのシナリオ」 187 頁

○地域グリーンイノベーション

地域ワークショップ参加者リスト

NISTEP REPORT No.142「地域が目指す持続可能な近未来」 69～73 頁

総合ワークショップ参加者リスト

NISTEP REPORT No.142「地域が目指す持続可能な近未来」 177 頁

○予備的調査

分科会メンバーリスト

調査資料-168「第4期基本計画で重視すべき新たな科学技術に関する検討」203-208 頁

調査担当

総合分析(本報告書)、及び、分析の基とした「将来社会を支える科学技術の予測調査」(予備的調査を含む)の担当は、以下の通りである。

文部科学省科学技術政策研究所

科学技術動向研究センター

(統括)

奥和田 久美 科学技術動向研究センター長

(担当)

市口 恒雄

浦島 邦子

重茂 浩美

加藤 寛治

白川 展之

横尾 淑子

赤坂 一人 (2010年11月から)

家近 泰 (2009年7月から)

伊藤 裕子 (2009年6月まで)

岡嶋 秀樹 (2010年4月から)

岡田 義明 (2009年6月まで)

柿崎 文彦 (2009年7月から)

金間 大介 (2010年3月まで)

蒲生 秀典 (2010年4月から)

鴨川 慎 (2010年4月から)

河本 洋 (2009年3月まで)

清水 貴史 (2010年3月まで)

白石 栄一 (2010年3月まで)

鷺見 芳彦 (2009年10月まで)

関根 進 (2010年10月まで)

武井 義久 (2010年3月まで)

玉城 わかな (2010年4月から)

戸潤 敏孔 (2010年6月まで)

野村 稔 (2009年3月まで)

藤本 博也 (2009年9月まで)
古川 貴雄 (2009年4月から)
古西 真 (2010年7月から)
吉永 孝司 (2010年11月まで)
和田 潤 (2010年7月から)

株式会社三菱総合研究所 (総合分析)

鵜戸口 志郎
小関 悠

財団法人未来工学研究所 (将来社会を支える科学技術の予測調査)

菊田 隆
上野 元治
千葉 勝
大川 晋司
大竹 裕之
川島 啓
小松 正和
森 康子
依田 達郎
米川 聡
山田 健智
和田 佳子

本レポートに関するお問い合わせ先

文部科学省科学技術政策研究所
科学技術動向研究センター

〒100-0013 東京都千代田区霞が関三丁目2番2号
中央合同庁舎7号館東館16階
TEL: 03-3581-0605
FAX: 03-3503-3996

* 本報告書の引用を行う際は、出典を明記願います。