

NISTEP REPORT No.99

平成15年度～16年度科学技術振興調整費調査研究報告書

我が国における科学技術の状況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

文部科学省 科学技術政策研究所

Comprehensive Analysis of Science and Technology Benchmarking and Foresight
May, 2005

National Institute of Science & Technology Policy (NISTEP)

本報告書は、文部科学省の科学技術振興調整費による業務として、科学技術政策研究所が実施した「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」(平成15年度～16年度、(中核機関:科学技術政策研究所、委託機関:未来工学研究所))および「基本計画の達成効果の評価のための調査」(平成15年度～16年度)のうち、「我が国の研究活動のベンチマーキング」(中核機関:科学技術政策研究所、委託機関:三菱総合研究所、日本総合研究所)、「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」、「国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査」(中核機関:科学技術政策研究所、委託機関:三菱総合研究所)、の成果を取りまとめたものです。

従って、本報告書の複製、転載、引用等には科学技術政策研究所の承認手続きが必要です。

はじめに

科学技術政策研究所では、第3期科学技術基本計画の策定のための検討資料を提供すべく、科学技術振興調整費の配分を受け、2003年度から2ヵ年にわたり「基本計画の達成効果の評価のための調査」(基本計画レビュー調査)及び「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」(俯瞰的予測調査)に取り組みました。

本報告書は、基本計画レビュー調査のうち、

- 我が国の研究活動のベンチマーキング
- 科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析
- 国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査

の3つの調査と、俯瞰的予測調査を構成する以下の4つの調査、

- 社会・経済ニーズ調査
- 急速に発展しつつある研究領域調査
- 注目科学技術領域の発展シナリオ調査
- デルファイ調査

について総合的に分析した成果を取りまとめたものです。なお、これらの調査それぞれの詳細な結果については、別途、独立した報告書として公表しております。

これらの7つの調査は第3期科学技術基本計画の検討における分野・領域の重点化の方向性検討の基盤を提供するとともに、吟味すべき論点・視点を抽出することを目的としています。この報告書には、このような分野・領域の状況や動向に関する様々な分析結果が集約されています。

本報告書が、2006年度以降の科学技術政策の基本を定める第3期科学技術基本計画の検討に当たっての一助となれば幸いです。

2005年5月

文部科学省科学技術政策研究所長

永野 博

目次

| | |
|---|----|
| 第1部 調査計画の設計の概要 | 1 |
| 1. 調査の背景 | 1 |
| 2. 本報告書の構成 | 2 |
| 2.1. 各調査計画の概要 | 4 |
| 第2部 調査内容及び政策的含意 | 11 |
| 1. 研究活動の総合的ベンチマーキング | 12 |
| 1.1. 日本の論文の量と質 | 12 |
| 1.2. 世界各国の論文産出における論文シェアのバランス | 13 |
| 1.3. 各国の分野別論文産出量の変化 | 14 |
| 1.4. 分野別の日本のシェア-全論文・TOP10%論文 | 15 |
| 1.5. 日本の基礎科学における強い分野と弱い分野 | 16 |
| 1.6. 全論文及びTOP10%論文シェアにおける分野別構成 | 17 |
| 1.7. 急速発展領域における日本の強みと弱み | 19 |
| 1.7.1. 論文データベース分析による研究領域の把握 | 19 |
| 1.7.2. 153の急速に発展しつつある研究領域について | 21 |
| 1.7.3. 論文シェアの時系列変化 | 23 |
| 1.8. 海外の第一線の科学者・研究者からみた日本の強みと弱み | 25 |
| 1.9. 日本の研究成果の有効な発信方法 | 26 |
| まとめ1 | 28 |
| 2. 科学技術の進展とそのインパクト | 29 |
| 2.1. 技術のインパクト及びインパクト実現における公的研究開発・支援の役割の分析 | 29 |
| 2.2. 科学技術のもたらす多様なインパクト | 31 |
| 2.3. インパクト実現に対する公的研究開発・支援の寄与 | 33 |
| 2.4. 国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果 | 36 |
| まとめ2 | 41 |

| | |
|--|-----|
| 3. 分野・領域ごとの発展の俯瞰的展望 | 42 |
| 3.1. 科学技術に対する社会・経済ニーズ | 42 |
| 3.2. デルファイ調査 | 45 |
| 3.2.1. 重要度上位課題の予測年表 | 46 |
| 3.2.2. 重要度上位 100 課題の特徴 | 52 |
| 3.2.3. 各領域及びこれに属する予測課題の特徴 | 54 |
| 3.2.4. 130 領域の効果の特徴について | 61 |
| 3.2.5. 130 領域の研究開発水準の特徴について | 63 |
| 3.2.6. 130 領域の技術的実現時期と社会的適用時期について | 65 |
| 3.2.7. 13 分野の特徴 | 69 |
| 3.2.8. 分野融合・連携 | 71 |
| 3.2.9. 科学技術基本計画の分野分類に基づく検討 | 72 |
| 3.2.10. 第 1 回、第 2 回、第 3 回及び第 4 回調査の評価・分析 | 74 |
| 3.3. 注目科学領域の発展シナリオ調査 | 75 |
| 3.3.1. 発展シナリオテーマ及びシナリオライターの選定方法の検討 | 75 |
| 3.3.2. 発展シナリオの関係について | 83 |
| 3.3.3. 卓越した有識者による発展シナリオで指摘された将来の課題 | 83 |
| まとめ3 | 85 |
| | |
| 参考資料 | |
| 参考資料 1 公的研究開発・支援の役割の分析 | 87 |
| 参考資料 2 イラストで見る俯瞰的予測調査 | 104 |
| 参考資料 3 重要度上位 100 課題 | 108 |
| 参考資料 4 効果の大きい領域 | 112 |
| 参考資料 5 ニーズ項目と関連するデルファイ注目技術領域の抽出 | 117 |
| | |
| 委員名簿 | 123 |
| 本件に係る調査実施体制及び参加者一覧 | 131 |

第1部 調査計画・設計の概要

1. 調査の背景

我が国の科学技術政策は、5年毎に策定される科学技術基本計画(以後、基本計画と記述)に基づき推進されている。第1期基本計画は1996～2000年を計画期間とし、この間、17兆円あまりが科学技術関係経費として投資された。2001年より第2期基本計画が進行中であり、ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料の4分野を中心に重点的な投資がなされている。このようなこれまでの科学技術政策がもたらしたものを体系的に分析・評価することは、次期基本計画の策定の前提として必要である。さらに、こうした分析・評価は、科学技術分野への公的投資に関する国民への説明責任の観点からも重要である。

このような問題意識から、科学技術政策研究所では、第1期及び第2期基本計画を対象とする「基本計画の達成効果の評価のための調査」(以後、基本計画レビューと記述)を実施した。本報告書で扱う「我が国の研究活動のベンチマーキング」、「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」、及び「国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査」は基本計画レビューの一環として行われたものである。

一方、次期基本計画における重点化を考える場合、科学技術の分野・領域、さらにはより具体的な技術がどのように進展し、どのようなインパクトをもたらすと考えられるのか、社会は科学技術に何を期待するのか、さらに、技術発展の基盤を提供する基礎研究の最新の動向はどうなっているのかなどを俯瞰性をもって展望することが必要となる。

このような問題意識から、科学技術政策研究所では「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」(以後、俯瞰的予測調査と記述)を実施した。本報告書で扱う「社会・経済ニーズ調査」、「急速に発展しつつある研究領域調査」、「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」、「デルファイ調査」はそれぞれ俯瞰的予測調査の一環として行われたものである。

なお、基本計画レビュー調査及び俯瞰的予測調査は、科学技術振興調整費の配分を受けて2003年度及び2004年度の2年にわたり実施した。

2. 本報告書の構成

本報告書は、7つの調査の結果を第3期基本計画における重点化戦略の策定に資する観点から総合的にとりまとめたものである(図表1)。総合化に当たり、本報告書においては、以下の3点の分析を基軸とした。

I. 研究活動の総合的ベンチマーキング

基礎科学を中心に、我が国の研究活動の水準について、量及び質の両面から海外主要国と比較し、強みと弱み、分野ポートフォリオの特徴などを明らかにした。同時に、これらが時間軸でどのように推移してきたのかを明らかにした。

[関連する調査](NISTEP REPORT 以下 NR と記述)

我が国の研究活動のベンチマーキング(NR No.90)

急速に発展しつつある研究領域調査(NR No.95)

II. 事例分析による科学技術のインパクト分析

科学技術がこれまで具体的にどのようなインパクトを経済・社会・国民生活に対して与えてきたかを事例分析により明らかにした。同時に、これらのインパクトが実現する過程において、公的研究開発・支援がどのような役割を果たしてきているのかを分析した。また、第1期、第2期科学技術基本計画を通じて得られた国公立大学及び公的研究機関の代表的な研究成果についても述べる。

[関連する調査]

科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析
(NR No.89)

国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査
(NR No.93)

III. 科学技術の展望と分析

科学技術の各分野やこれを構成する領域、さらにより具体的な個々の技術が今後30年の時間軸で技術的にどのように展開し、社会に適用されていくのか、どのようなインパクトが期待されるのか、その際政府に求められる役割は何かについて、専門家集団のコンセンサスの状況を明らかにした。また、このようなコンセンサスに加えて、各分野の卓越した専門家が今後の科学技術発展がどうあるべきかを記述するシナリオ分析を実施した。さらに、将来の社会に向けて科学技術に何が期待されるかを整理した。

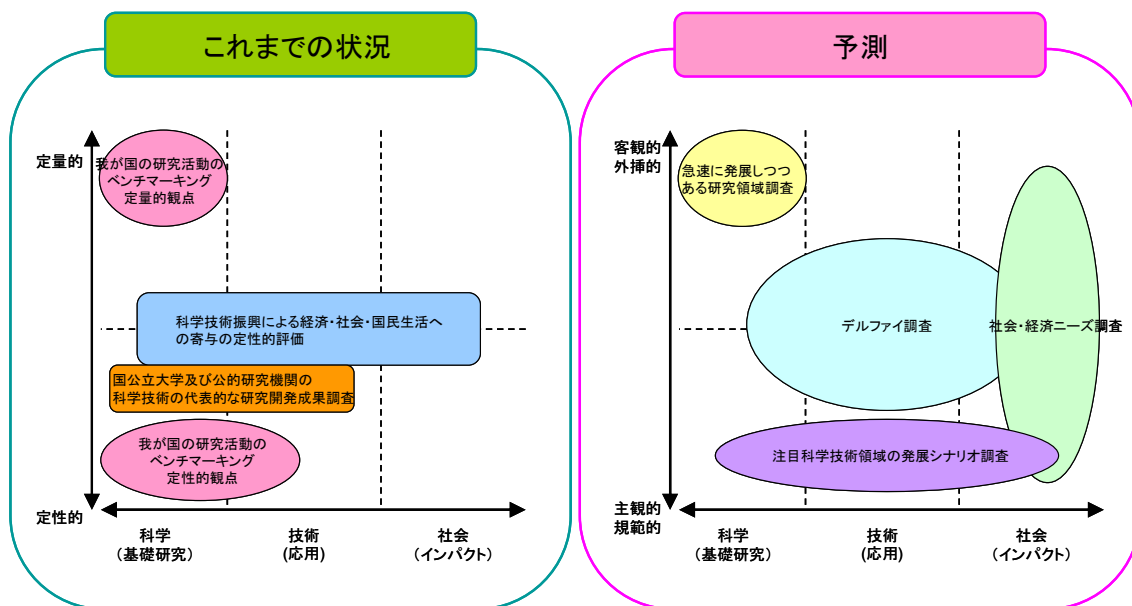
[関連する調査]

社会・経済ニーズ調査(NR No.94)

注目科学技術領域の発展シナリオ調査(NR No.96)

デルファイ調査(NR No.97)

図表 1 本報告書にて扱う7つの調査の設計



以下、各サブテーマ別に調査計画の概要を紹介する。

2.1 各調査計画の概要

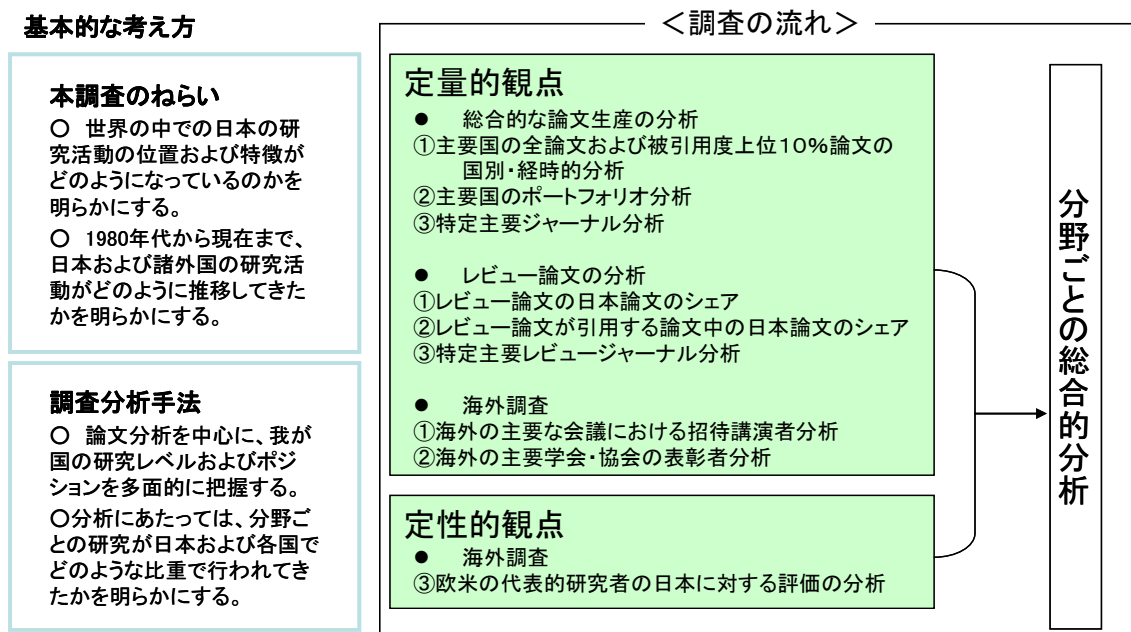
① 我が国の研究活動のベンチマーキング(NR No.90)

「我が国の研究活動のベンチマーキング」の目的は、世界の中での日本の研究活動の位置及び特徴がどのようになっているのか、また、1980年代から現在まで、日本及び諸外国の研究活動がどのように推移してきたかを明らかにすることである。

研究活動の対象となる分野は多岐にわたり、分野によって研究活動の成果の発表スタイルが異なるなどの理由から、単一の評価軸を用いて研究活動を捉えようとするには限界があり、研究活動の実態を的確に把握できないおそれがある。そこで、本調査の分析では、論文分析を中心とした定量的観点と、海外の第一線の研究者・科学者からみた日本の研究活動の評価という定性的観点の2つの観点から、我が国の研究レベル及びポジションを多面的に把握することとした(図表2)。また、分野ごとの研究活動が日本及び各国でどのような比重で行われてきたかを分析した。

定量的観点の中心となる論文分析では、論文を研究者・科学者の研究活動を表す一つの定量的な指標と考え、論文の「量」と「質(被引用回数が各分野でTOP10%に含まれる論文)」を国別・分野別に時系列分析した。一方、海外の第一線の研究者・科学者からみた日本の研究活動の評価では、アメリカ及び欧州の専門家を対象として、日本の研究機関による研究成果で注目しているもの、日本の研究機関が実施している研究レベルの評価、日本の研究機関の長期的な業績に対する評価についてヒアリングにより調査した。

図表2 我が国の研究活動のベンチマーキング



② 急速に発展しつつある研究領域調査 (NR No.95)

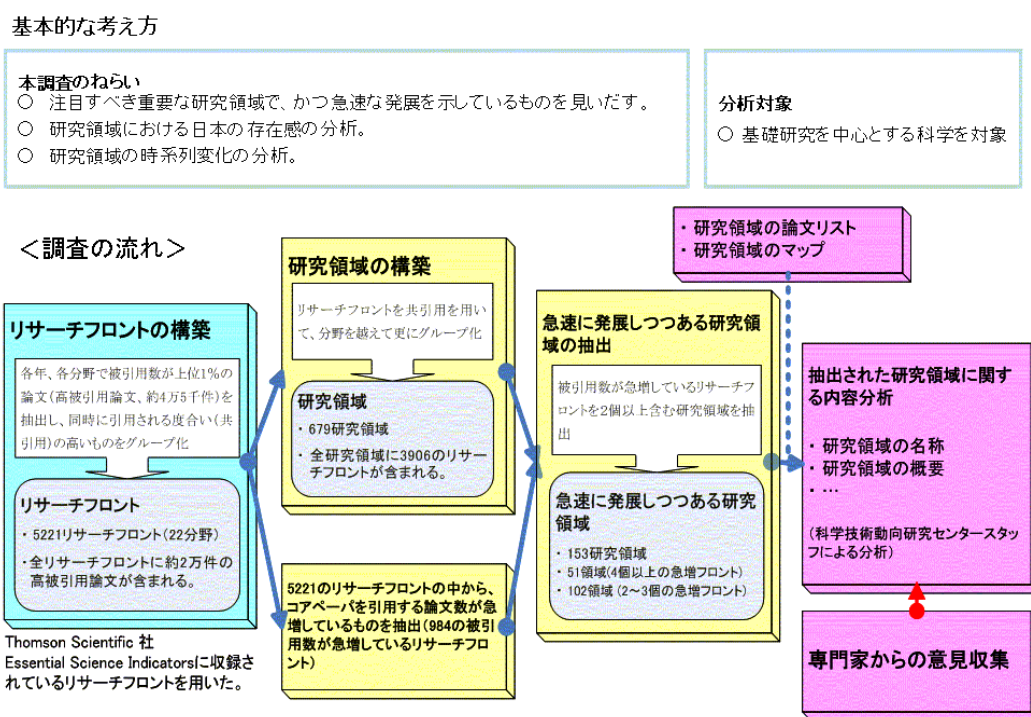
「急速に発展しつつある研究領域調査」の目的は、論文データベースの分析によって、基礎研究を中心とする科学において注目すべき重要な研究領域で、かつ急速な発展をみせている領域（以後 発展領域と記述）を見だし、これら発展領域における日本の研究活動の状況を把握することである（図表3）。本調査では、論文分析の出発点として、1997年から2002年までの6年間に発行された論文の中で、各年、各分野（臨床医学、植物・動物学、化学、物理学など22分野）の被引用数が上位1%である高被引用論文（約4万5千件）を用いた。これら高被引用論文に対して、「共引用」を用いた論文のグループ化を2段階で行うことで、一定の大きさを持つ研究領域を把握した。

ここで「共引用」とは、2つ以上の論文が1つの論文に同時に引用されることを指す。頻繁に共引用される論文は、その内容に一定の共通点があると考えられる。従って、共引用によって結びつけられる論文をグループ化することで、研究内容に共通性のある論文群を得ることが出来る。本調査では、これらの論文群をコアペーパー（研究領域の核を構成する論文）、コアペーパーを引用する論文をサイティングペーパーと呼ぶ。

第1段階のグループ化で得られる論文の集合として Thomson Scientific 社の Essential Science Indicators (ESI) に収録されているリサーチフロント(5221 リサーチフロント)を用いた。リサーチフロントのグループ化により 679 の研究領域が得られた。

これら679研究領域の中で、サイティングペーパー数が急増するリサーチフロント(以後 急増フロントと記述)を2個以上含む 153 領域を、発展領域として抽出した。

図表 3 急速に発展しつつある研究領域調査



③ 科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析 (NR No.89)

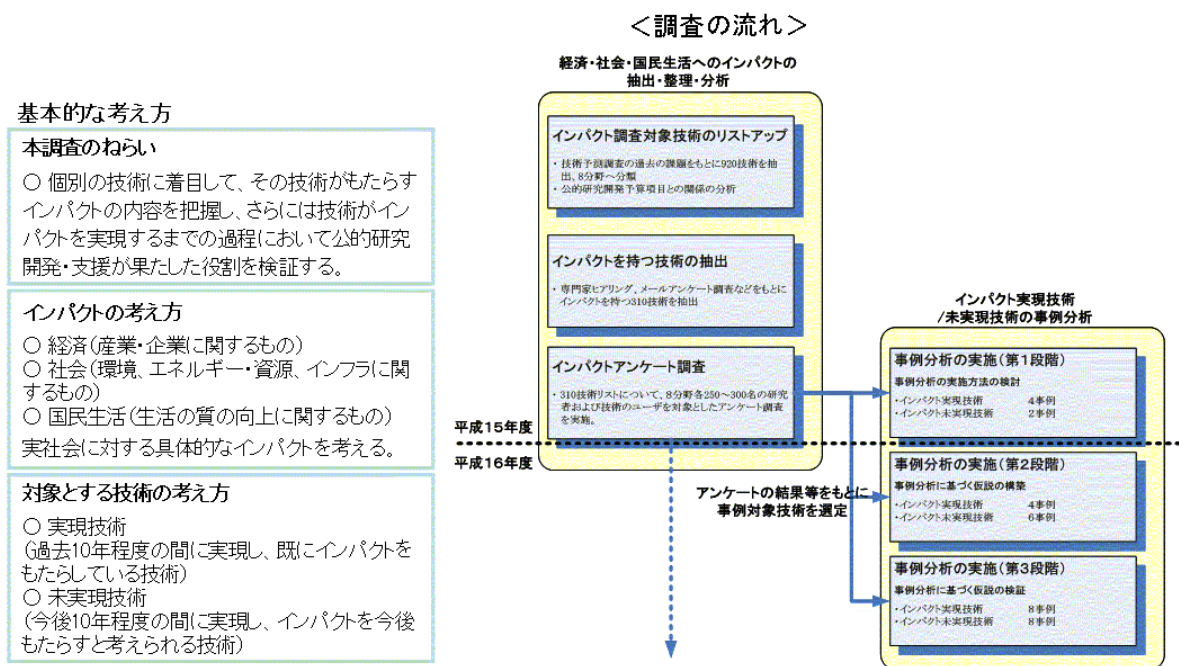
「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」の目的は、科学技術振興に向けた取り組みが、経済・社会・国民生活にもたらしたインパクトを計測するとともに、インパクト実現の過程において有効であった公的研究開発・支援の寄与を分析することによって、今後の科学技術振興における公的研究開発・支援のあり方を検討する際に役立つ資料を構築することである。

科学技術振興は、特定の科学技術領域に限定しても、長期間にわたる研究開発投資や市場開拓への条件整備など多様な施策が関連する。そこで、本調査では一つ一つの施策効果でなく、個別の技術に着目して、その技術がもたらすインパクトの内容を把握し、さらには技術がインパクトを実現するまでの過程において公的研究開発・支援が果たした役割を検証することを目指した。

調査のフローを図表4に示す。まず、第2期科学技術基本計画で定められた8分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア)に関連する310技術を抽出し、アンケート調査を通じて、技術のもたらすインパクトの俯瞰的な分析を試みた。次に、アンケート結果を踏まえて技術を選定し、技術を起点とした事例分析を実施した。8分野のそれぞれについて、過去10年程度の間に実現し、インパクトを既にもたらしている技術(実現技術)を2事例、今後10年程度の間に実現し、今後インパクトをもたらすと考えられる技術(未実現技術)を2事例抽出し、計32技術を事例分析の対象とした。

事例分析に際しては、関係者へのインタビューにより、技術のもたらした(もしくは、今後もたらすと考えられる)インパクト及びインパクトの実現過程を包括的に把握し、その過程における公的研究開発・支援の位置づけを明らかにするという手法をとった。

図表4 科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析

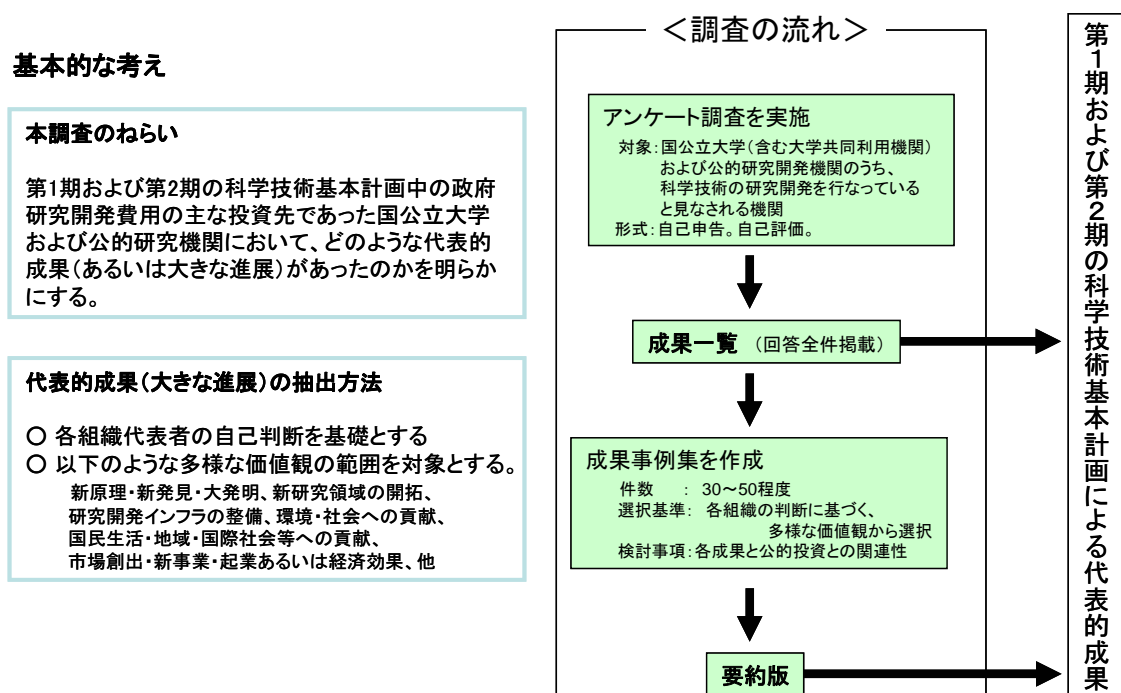


④ 国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査(NR No.93)

第1期及び第2期の基本計画実施中の政府研究開発投資は、それぞれ5年間で約17兆円、約24兆円(目標値)と増額されてきた。現在は、2006年度からの第3期科学技術基本計画策定にあたっての議論が始まっており、第3期にも政府科学技術投資の拡大を目指す場合には、その前提として、これまでの研究開発投資の成果を国民の目に目える形で積極的に情報発信することが求められる。そこで本調査は、政府研究開発予算の主な投資先である国公立大学及び公的研究機関において、第1期及び第2期の基本計画期間中に生み出された代表的成果(あるいは大きな進展)を収集し、それらの成果を多様な意義からとりまとめることを目的とした(図表5)。

「国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査」では、機関としてのミッション型の成果も研究者個人に由来する研究開発成果も、すべて当該機関に所属する上で成されたものと仮定し、機関別に各機関の代表者から回答を回収した。具体的には、成果名に加え、それらの成果がもたらした意義(複数回答可)、これらの意義が第1期及び第2期基本計画期間に実現したものか、今後に期待されるものかなどについて回答を求めた。なお、回答の有無、回答件数、詳細データ付属等はすべて各機関の判断によるものである。

図表5 国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査



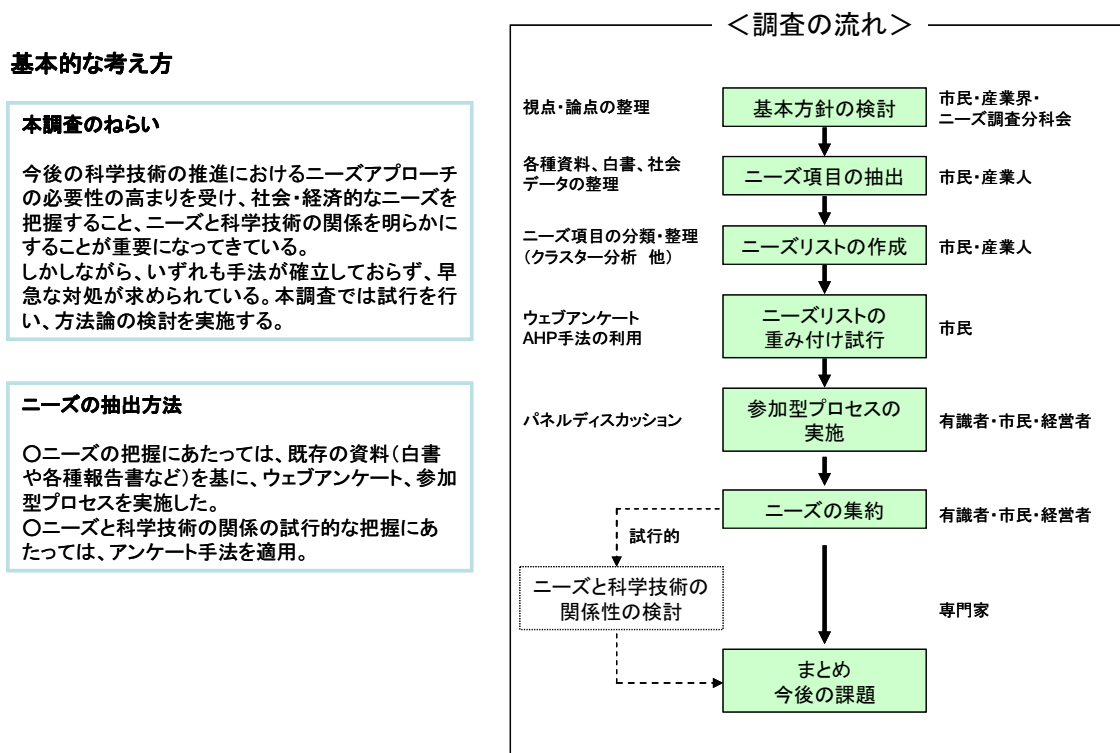
⑤ 社会・経済ニーズ調査(NR No.94)

科学技術政策の推進において、社会や経済からのニーズを反映させるアプローチの必要性が高まってきている。しかしながら、社会・経済ニーズに関する情報の取得法及び抽出された社会・経済ニーズに対応する科学技術にはどのようなものがあり、どの程度寄与するのかを明らかにする手法が確立していない。

このような背景を踏まえ、「社会・経済ニーズ調査」では、軸足を市民の視点に置き、今後 10 年から 30 年の社会・経済の変化が科学技術に対してどのようなニーズを生み出すのか、それらの優先順位としてどのようなことが考えられるのかを明らかにすることを目的とした(図表 6)。

2001 年に公表された第 7 回技術予測調査で抽出されたニーズ項目を基に、各省庁で発行している白書などの各種報告書に記述されているニーズ関連項目のうち欠落していた項目を補い、表現を統一するなどにより市民に馴染みやすいニーズ項目の素案(細目)を作成した。また、市民の視点を補うため、各種資料、有識者へのインタビューにより、産業界の視点からのニーズ項目を追記した。次に、ニーズ項目の素案をクラスター分析により構造化した。4000 人規模のウェブアンケート調査を行い、AHP(Analytic Hierarchy Process)を適用してニーズの重み付けを行なった。これらのニーズリストをもとに、3 つのパネル(有識者パネル、市民パネル、経営者パネル)において、今後 10 年から 30 年を展望しつつ望ましい社会像を検討し、社会・経済ニーズの集約を行なった。さらに、試行的に、ニーズに対する科学技術の寄与度について 109 人の専門家を対象にアンケートを実施した。

図表 6 社会・経済ニーズ調査



⑥ デルファイ調査(NR No.97)

「デルファイ調査」は、技術(応用)を中心として、科学(基礎研究)や社会(インパクト)も一部含む範囲を調査対象とする(図表 7)。多数の専門家の主観による評価を統計的に処理し、専門家集団の将来予測のコンセンサスを見いだす。なお、今回調査対象とする予測期間は、2006 年から2035 年までの 30 年間である。

調査対象分野は、13 分野(①情報・通信、②エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④保健・医療・福祉、⑤農林水産・食品、⑥フロンティア、⑦エネルギー・資源、⑧環境、⑨材料・プロセス、⑩製造、⑪産業基盤、⑫社会基盤、⑬社会技術)である。

通算第 8 回目である今回の調査では、調査設計について 2 点大きな変更を行なった。一点目は、分野ー領域ー予測課題という階層構造を前提として、領域(分野の発展可能性を示す技術群)を設定したことである。全体として 130 の領域が設定され、これらについて科学技術や社会、経済への効果、対外的な研究開発水準を調査した。

二点目は、予測課題について、実現時期を技術的環境が整う時期と技術が製品やサービスなどとして利用可能な状況となる時期の 2 点(技術的实现時期・社会的適用時期)を設定したことである。これにより、研究開発段階から実用段階に至るまでにどの程度の時間を要するかを見ることができる。加えて、技術的实现・社会的適用に向けて政府が取るべき施策(資金、連携、人材など)について調査をおこなった。設定した予測課題は858課題である。

図表 7 デルファイ調査

基本的な考え方

本調査のねらい

科学技術の将来像について、デルファイ法(同一のアンケートを繰り返し、意見を収れんさせる方法)を用いて、多数の専門家のコンセンサスを得ようとするもの。対象は、科学技術の応用面を中心にしており、基礎や社会応用も一部含む。

○ 分野・領域・予測課題

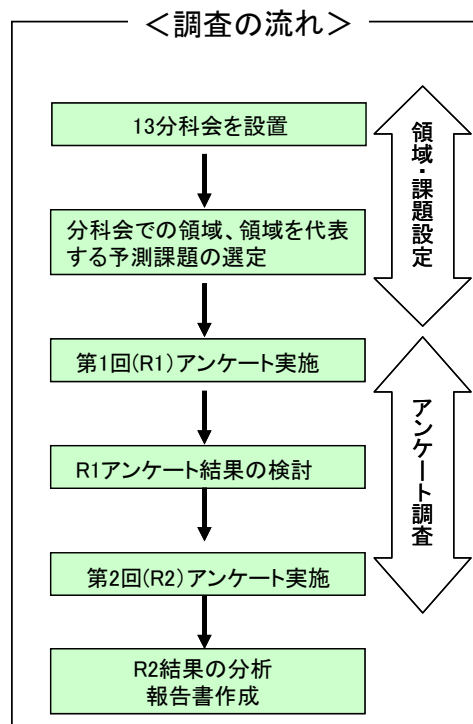
今回、分野ー領域ー予測課題という階層構造を前提として、領域(分野の発展可能性を示す技術群)を設定。領域について科学技術や社会、経済への効果、対外的な研究開発水準を調査。

○ 技術的实现時期・社会的適用時期

予測課題については、実現時期を技術的環境が整う時期と技術が製品やサービスなどとして利用可能な状況となる時期の2点を調査。

○ 政府がとるべき有効な手段

予測課題については、技術的实现、社会的適用に向けて政府が取るべき施策(資金、連携、人材など)について調査。



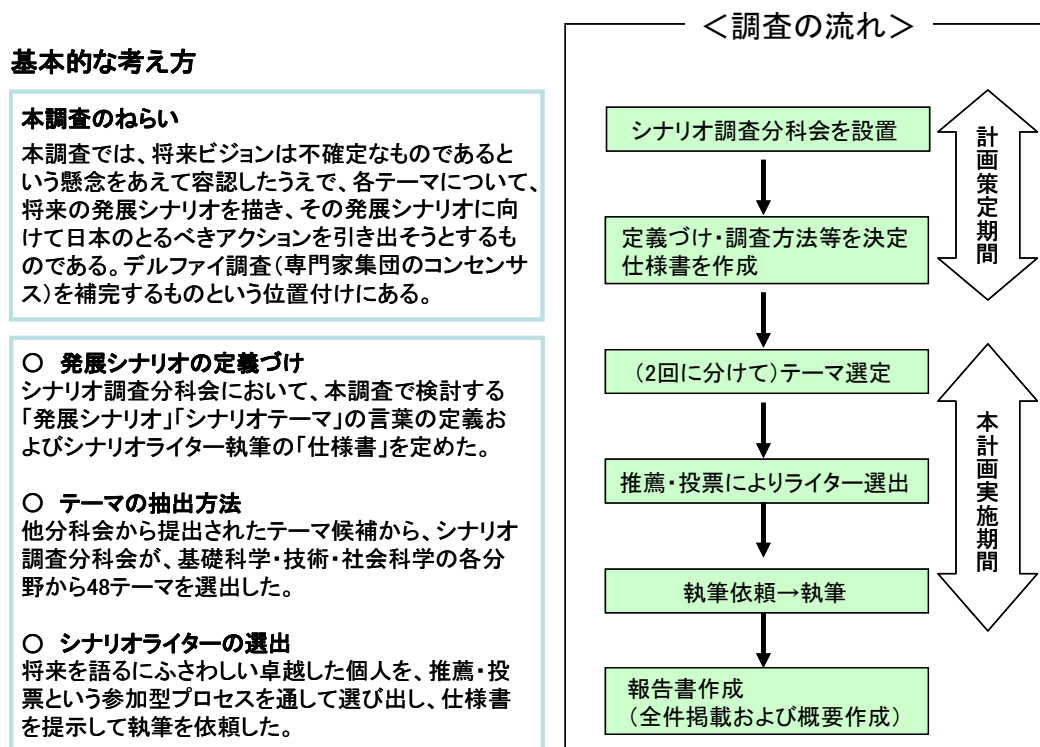
⑦ 注目科学技術領域の発展シナリオ(NR No.96)

「注目科学技術領域の発展シナリオ」では、将来ビジョンの不確定さという懸念をあえて容認したうえで、将来を語るにふさわしい卓越した個人を選び出し、過去・現在の状況分析をもとに、まず、将来の発展シナリオを描き、その発展シナリオに向けて日本のとるべきアクションを引き出そうとした(図表 8)。

科学・技術・社会の各分野において、主観的かつ規範的な将来のビジョンを描いてみるという意味において、「注目科学技術領域の発展シナリオ」は従来から行なわれてきたデルファイ調査(専門家集団のコンセンサス)を補完するものという位置付けにある。科学技術政策研究所において予測調査としてシナリオ分析を行うことは初めての試みであり、用語の定義から、調査段階の各手法に至るまで、すべて試行によって軌道修正しながら取り組んだ。

具体的な調査方法としては、まず、シナリオ調査分科会を設置し、今後 10~30 年程度を見通した場合に、社会・経済的な貢献が大きい科学技術領域あるいは革新的な知識を生み出す可能性を持つ領域などを、他の調査分科会からの提供情報を参考にしながら抽出した。次に、各テーマについて、発展的シナリオの執筆にふさわしいシナリオ作成者を、関連する学協会あるいは業界団体からの推薦及び投票という手段で 2 名ずつ選出し、シナリオの執筆を依頼した。受諾されたシナリオ作成者(シナリオライター)は、1 つのテーマに対して、提示されたシナリオ仕様書にしたがって、過去・現在の状況分析、発展シナリオ(将来イメージ)、日本のとるべきアクションの 3 項目について執筆を行なった。

図表 8 注目科学技術領域の発展シナリオ



第2部 調査内容および政策的含意

ここでは、以下の 3 つの観点から関連する調査のポイントを概説する。§1～2 では我が国における科学技術の状況について述べる。次に §3 では予測調査によって明らかになった科学技術の展望とその分析結果を示す。各章の最後にまとめを示した。

I. 研究活動の総合的ベンチマーキング(§1)

論文分析や海外有識者へのヒアリングによって、日本の研究活動の総合的ベンチマーキングを、基礎科学を中心に行なった結果について述べる。ここでは、我が国の研究活動の水準について、量及び質の両面から海外主要国と比較し、強みと弱み、分野ポートフォリオの特徴などを明らかにした。同時に、これらが時間軸でどのように推移してきたのかについての分析を行なった。

II. 事例分析による科学技術のインパクト分析(§2)

科学技術が経済・社会・国民生活にどのような影響や効果(インパクト)をもたらしているのか、インパクトを実現する過程において公的研究開発・支援がどのような役割を果たしてきたかについて事例分析によって把握した。また、第1期、第2期科学技術基本計画を通じて得られた国公立大学及び公的研究機関の代表的な研究成果についても述べる。

III. 科学技術の展望と分析(§3)

科学技術の各分野やこれを構成する領域、さらにより具体的な個々の技術が今後 30 年の時間軸で技術的にどのように展開し、社会に適用されていくのか、どのようなインパクトが期待されるのか、その際政府に求められる役割は何かについて、専門家集団のコンセンサスの状況を明らかにする。また、このようなコンセンサスに加えて、各分野の卓越した専門家が今後の科学技術発展がどうあるべきかを記述するシナリオ分析を実施する。さらに、将来の社会に向けて科学技術に何が期待されるかを整理する。これらを通じて分野・領域ごとに科学技術の発展についての俯瞰的展望を示す。

1. 研究活動の総合的ベンチマーキング

本章では、現状把握のため、日本の有している基礎科学の力、及び日本の強みと弱みを浮き彫りにする。

1.1. 日本の論文の量と質

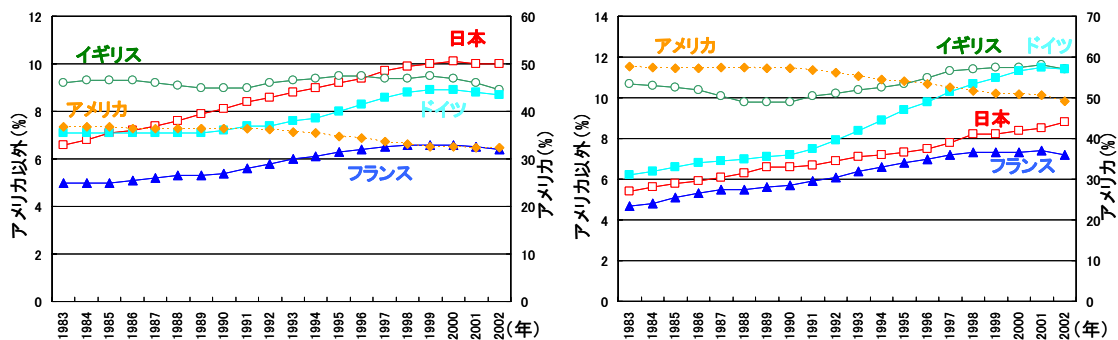
研究者・科学者の研究活動をとらえるため、定量的な指標の1つである論文を扱うこととした。論文の「量」と「質(被引用回数が各分野で TOP 10%に含まれる論文)」を国別に時系列分析した(図表 9)。

世界における日本の総論文数のシェアは、1980年代から一貫して着実に増加してきた。1980年代前半では、アメリカ、イギリス、ドイツに次ぐ第4位であったが、現在ではアメリカに次ぐ第2位となり、「量」において国の存在感を増したことがわかる。「失われた10年」と称されることの多い日本の1990年代であるが、科学知識の蓄えは増し、その地位を高めたと評してよいだろう。ただし、2000年以降、論文シェアは10%程度に安定する兆しを見せている。

一方、論文の「質」に目を向けると、論文の被引用回数が各分野で上位10%に入る論文(以後、TOP10%論文と記述)のシェアは、日本はこの20年間で着実に伸ばしている。しかしながら、現在においても世界第4位であり、アメリカはもとより、イギリス、ドイツにも水をあけられている。

興味深い点として、ドイツは1990年代前半から2000年にかけて、急激にTOP10%論文シェアを伸ばしており、2000年代にはイギリスと同程度のシェアを持つに至っている。

図表 9 総論文シェアと TOP10%論文シェアの推移



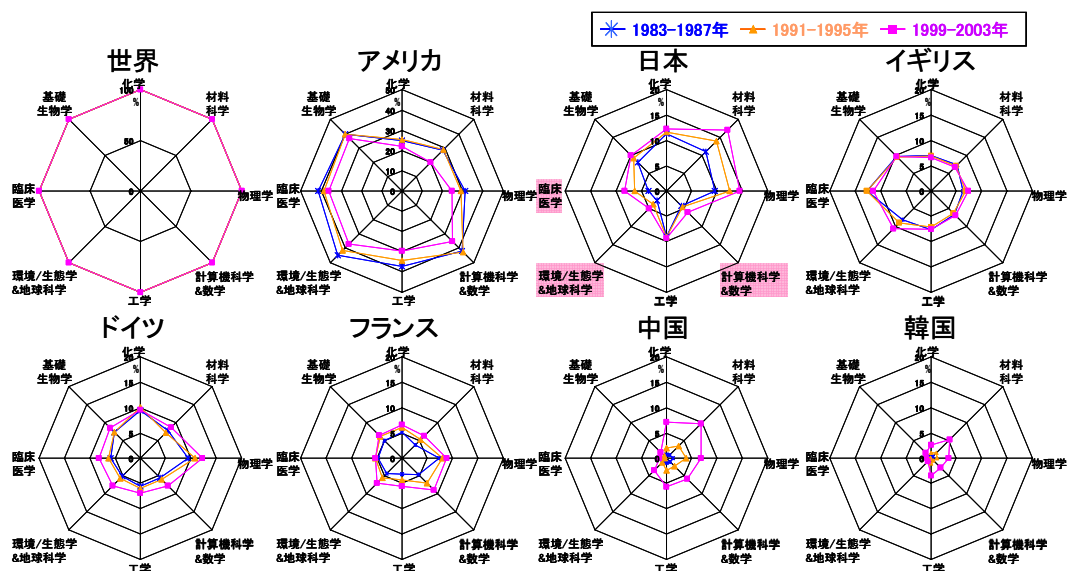
データ: Thomson Scientific 社 “Science Citation Index, CD-ROM 版” に基づき科学技術政策研究所が集計

1.2. 世界各国の論文産出における論文シェアのバランス

過去 20 年間で、世界各国がどのような分野の論文シェアを伸ばしてきたのだろうか。各国の論文産出におけるバランスの特徴を比較するため、論文シェアを用いて、分野バランスを示した(図表 10)。1980 年代、1990 年代前半、そして現在の 3 時点で比較した。

各国を比較すると、日本は、化学、材料科学、物理学のウェイトが高く、計算機科学、数学、環境・生態学、地球科学、臨床医学が低いというポートフォリオを有している。これは、基礎生物学、臨床医学などのウェイトが高いアメリカ、イギリスとは異なっている。また、イギリス、ドイツ、フランスというヨーロッパの国々は、分野バランスが補完関係となっていることがわかる。このような視点で、アジアの国々をみると、中国や韓国は、日本と同様のポートフォリオを示しており、補完関係にはなっていない。

図表 10 各国の論文産出における分野バランスの特徴



(注 1) 1983-1987 年の相对比较優位指数(青線)、1991-1995 年の相对比较優位指数(橙線)、1999-2003 年の相对比较優位指数(赤線)を示している。

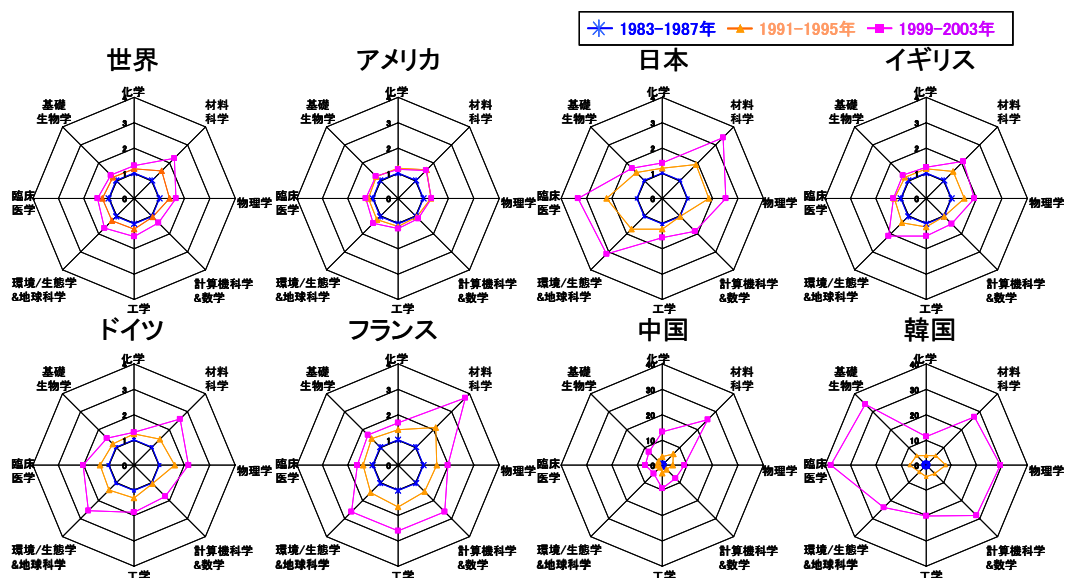
(注 2) このグラフでは、17 分野を 8 つに集約している。基礎生物学は、農学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物科学の分野を含む。

データ: Thomson Scientific 社 “Science Citation Index, CD-ROM 版” に基づき科学技術政策研究所が集計

1.3. 各国の分野別論文産出量の変化

各国の分野バランスを見るうえで、世界の分野別論文数自体がどのように変化してきたかを考慮する必要がある。1980年代の論文数をもとに、現在までの論文数の増加を示した(図表 11)。世界では材料科学の論文数の伸びが著しく、その分野において、日本は一貫した伸びを示している。また、日本は、臨床医学、環境・生態学、地球科学においても、論文数が著しく増加した。

図表 11 各国の分野別論文産出量の変化



(注1)1983-1987年を1(青線)とした場合の、1991-1995年の論文産出量の伸び(橙線)、1999-2003年の論文産出量の伸び(赤線)を示している。

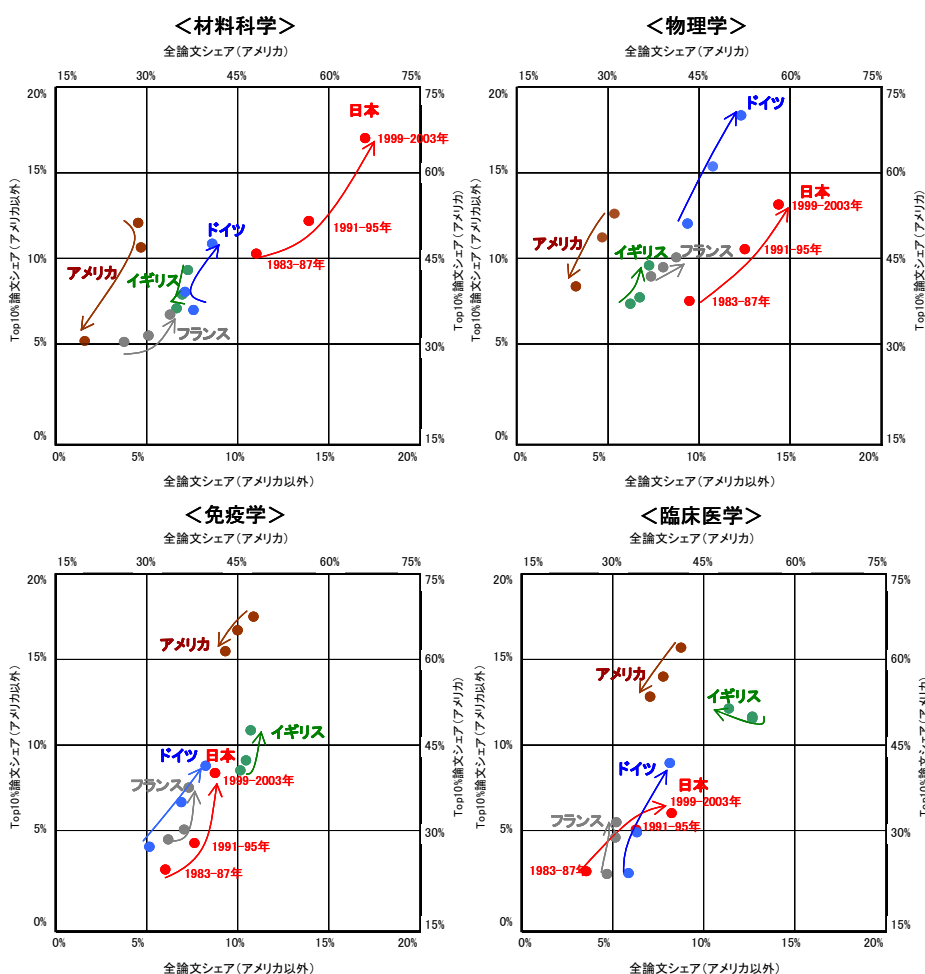
(注2)このグラフでは、17分野を8つに集約している。基礎生物学は、農学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物科学の分野を含む。

データ: Thomson Scientific 社 “Science Citation Index, CD-ROM 版”に基づき科学技術政策研究所が集計

1.4. 分野別の日本のシェア-全論文・TOP10%論文

各分野における各国の強みと弱みをさらに浮き彫りにするため、次に、論文シェア及びTOP10%論文シェアを1983-1987年、1991-1995年、1999-2003年の3時点で、分野ごとに比較した(図表12)。材料科学及び物理学においては、全論文シェア、TOP10%論文シェアともに20年間で順調に伸びている。日本の材料科学の全論文シェアはイギリス、ドイツ、フランスを引き離し、アメリカに追いつきつつある。一方、ライフサイエンス系をみると、免疫学では、1990年以降、TOP10%論文シェアの伸びが著しく、ドイツと同様のシェアを示している。しかし、臨床医学では、1990年以降、イギリス、ドイツ、フランスがTOP10%論文シェアを伸ばす中、日本の全論文シェアは拡大したが、TOP10%論文シェアは伸び悩んでいる。このように、論文シェア及びTOP10%論文シェアによる他国との比較を行うと、日本の存在感は、全体として上昇基調ではあるが、分野ごとに違いがあることが明らかになった

図表12 領域別日本のシェア-全論文・TOP10%論文

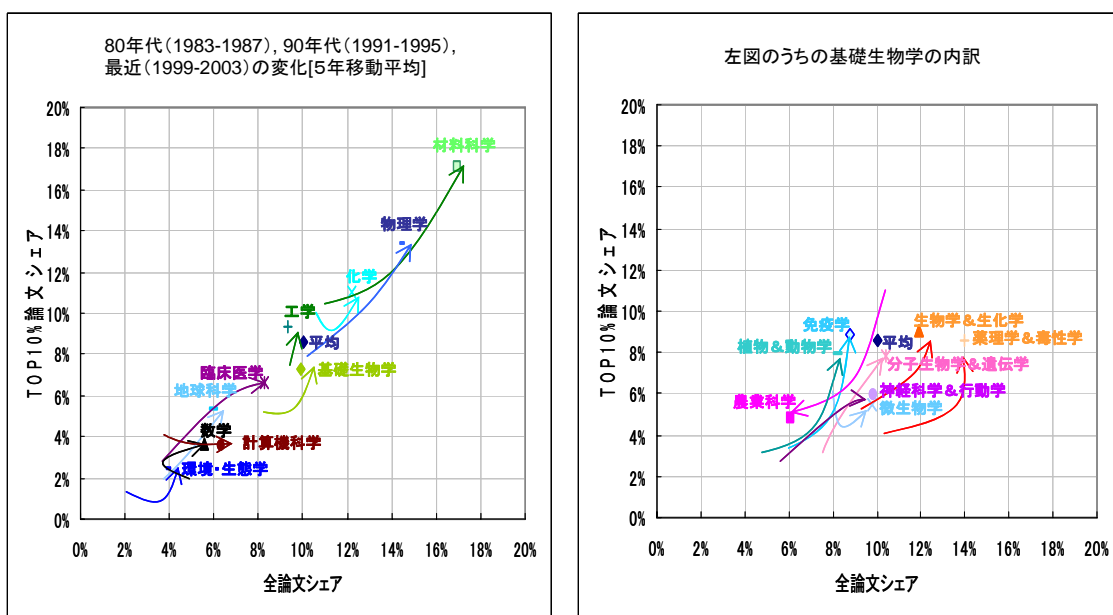


データ: Thomson Scientific 社 “Science Citation Index, CD-ROM 版”に基づき科学技術政策研究所が集計

1.5. 日本の基礎科学における強い分野と弱い分野

研究分野別で、この20年間の日本の「量」と「質」の変化を調べた(図表 13)。材料科学、物理学、化学は「量」「質」ともに他の分野をリードしている。さらに、材料科学及び物理は過去 20 年間の拡大も著しい。また、免疫学、分子生物学・遺伝学の「質」の向上が著しい。一方、環境・生態学、数学、計算機科学、地球科学のポジションは相対的に低い。強い分野をさらに強化するか、もしくは、弱点を補強するか、判断をすべき時期にきていると考えられる。

図表 13 日本における各分野の 20 年間の論文シェア及び TOP10%論文シェアの変化



(注1)この左グラフでは、基礎生物学には、農学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物科学の分野が含まれている。

(注2)矢印の根元は1983-1987年の5年移動平均シェア、矢印の先は1999-2003年の5年移動平均シェアを示している。

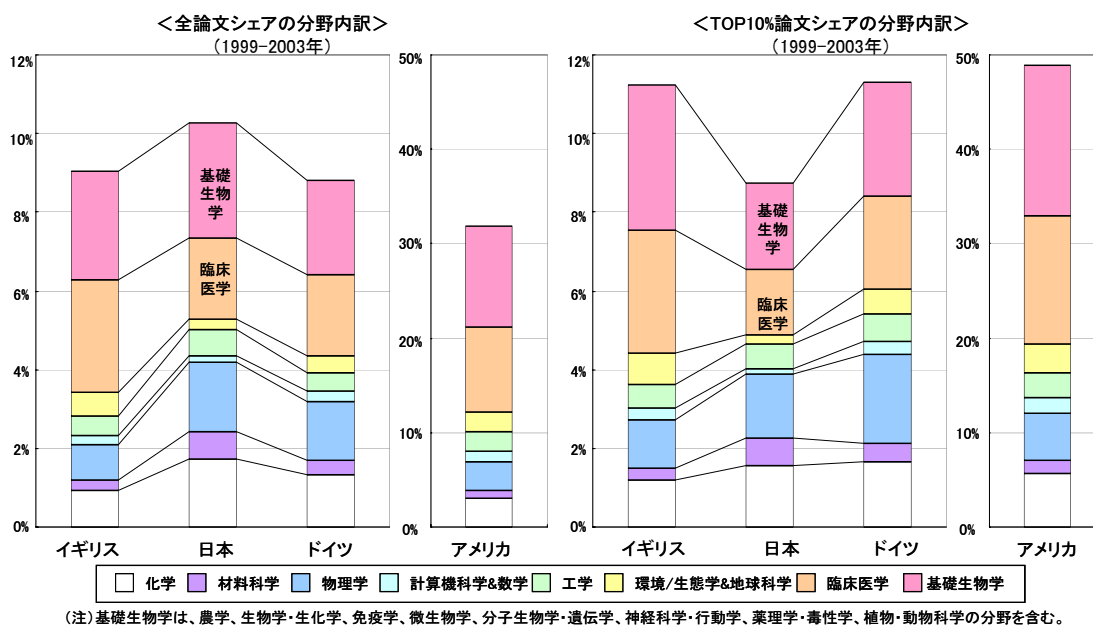
データ: Thomson Scientific 社 “Science Citation Index, CD-ROM 版” に基づき科学技術政策研究所が集計

1.6. 全論文及び TOP10%論文シェアにおける分野別構成

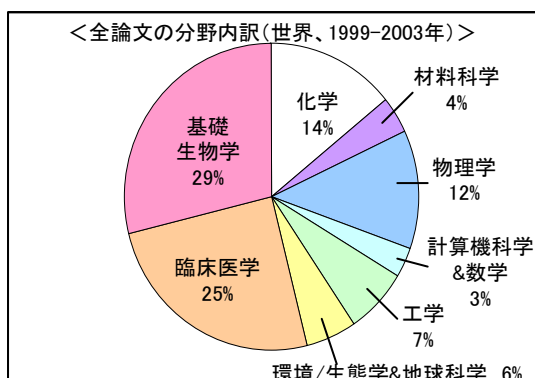
では、日本の次の課題が「質」の向上だとしたとき、どのような方針がたてられるのであろうか。そのために、まず、全論文及び TOP10%論文シェアにおける分野別構成を把握する必要がある。

全論文シェアでは、現在世界第 2 位の日本は、化学、材料科学、物理学のシェアが、イギリスやドイツに比べ高い(図表 14)。一方、TOP10%論文シェアと全論文シェアを比較すると、イギリスとドイツは全論文シェアより TOP10%論文シェアが高いのに対し、日本は全論文シェアの方が高い。また、日本の TOP10%論文シェアは、イギリスとドイツから、基礎生物学と臨床医学のシェアによって差をつけられている。

図表 14 各国における全論文シェア及び TOP10%論文シェアの分野別構造



データ: Thomson Scientific 社 “Science Citation Index, CD-ROM 版”に基づき科学技術政策研究所が集計



図表 15 全論文の分野内訳(世界、1999-2003年)

(注)基礎生物学は、農学、生物学・生化学、免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒性学、植物・動物科学の分野を含む。

データ: Thomson Scientific 社 “Science Citation Index, CD-ROM 版”に基づき科学技術政策研究所にて作成

本調査で用いている Thomson Scientific 社の SCI データベースは世界的に計量書誌学的分析を行う際非常によく用いられているが、収録論文の分野内訳をみると、半数強が基礎生物学と臨床医学で占められていることがわかる(図表 15)。このことは、ライフサイエンス系の TOP10%論文シェアが、トータルの TOP10%論文シェアに強い影響を与えることを意味しており、ライフサイエンス系のシェアが少ない日本にとっては不利な状況である。

「質」の指標として被引用回数のデータを用いることについては、議論があるところではあるが、これに代わる適当な指標があるというわけでもない。また、このような計量書誌学データをもとに各国の科学技術システムの特徴や論文生産性などのパフォーマンスを評価しようとする論文が NATURE に掲載されるなど、国際的注目度が高いことも事実である。今後日本として「量」のみならず「質」の向上を図っていく上で、どのような分野ポートフォリオを目指していくべきか、判断を要する。

1.7. 急速発展領域における日本の強みと弱み

ここまで、分野ごとの日本の研究活動の特徴を見てきた。以降では、さらに細かく領域レベルで分析を行なった結果について紹介する。

1.7.1. 論文データベース分析による研究領域の把握

急速に発展しつつある研究領域調査(以後 発展領域調査と呼ぶ)では、論文データベース分析を用いて、基礎研究を中心とする科学の動向を研究領域レベルで把握し、その中から急速な発展をみせている 153 の研究領域(以後 発展領域と記述)の抽出を行なった。論文の「共引用」という関係を用いて、同一の研究内容を持つと考えられる論文のグループを構築し、研究領域の把握を行なった点が、発展領域調査の特徴である。

共引用とは、2つ以上の論文が1つの論文に同時に引用されることを指す。頻繁に共引用される論文は、その内容に一定の共通点があると考えられる。従って、共引用によって結びつけられる論文をグループ化することで、研究内容に共通性のある論文群を得ることが出来る。ここでは、これらの論文群を「コアペーパー」(研究領域の核を構成する論文)、コアペーパーを引用する論文を「サイティングペーパー」と呼ぶ。

第1段階のグループ化で得られる論文の集合として Thomson Scientific 社の Essential Science Indicators (ESI)に収録されているリサーチフロント(5221 リサーチフロント)を用いた。共引用を用いてリサーチフロントをグループ化することで 679 の研究領域を得た。

論文データベース分析で得られた 679 研究領域の中で、サイティングペーパー数が急増するリサーチフロント(以後 急増フロントと記述)を 2 個以上含む 153 研究領域を発展領域として抽出した。

上記で述べた共引用による論文のグループ化で得られたコアペーパーのリスト(研究領域の論文リスト)と以下に述べる研究領域のマップを用いることで、研究領域に対する内容分析を行なった。

(1) 研究領域のマッピング

発展領域調査では論文データベース分析で得られた研究領域のマップを作製することで、研究領域の構造を視覚的に表現することを試みた。

図表 16 にその一例を示す。ここでそれぞれの円はリサーチフロントを示しており、横の数字はその ID 番号である。円の面積はリサーチフロントの各コアペーパーの被引用数の合計に比例している。すなわち円の大きな場合は、そのリサーチフロントに含まれるコアペーパーを引用する論文が多数存在する大きなリサーチフロントであることを意味する。

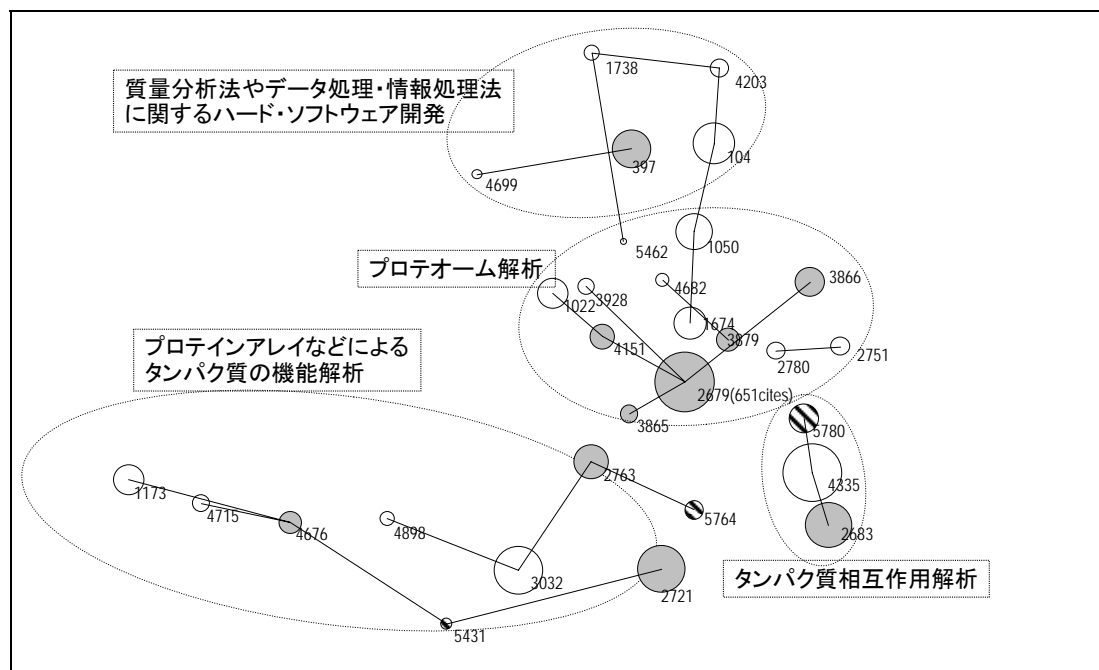
リサーチフロントを示す円は、共引用関係が強い場合に近くに配置され、弱い場合には遠くに配置されている。つまり、互いに研究内容の類似したリサーチフロントが近くに配置される。なお、研究領域のマップでは、リサーチフロントの相対的な位置関係が重要であり、上下左右のどこに配置されているかは特に意味を持たない。

また、各円について、最も強い共引用関係を持つものを直線で結んでいる。濃い色のリサーチフロントは含まれるコアペーパーの被引用数の増加が顕著なものを示し、斜線は 2002 年に新たに現れたリサーチフロントを示している。

(2) 研究領域に対する内容分析

研究領域のマップ及び研究領域の論文リストから、各リサーチフロントの研究内容を推測し、さらに近い位置にありかつ内容が似たものをグルーピングした。例えば図表 16 の右下にある 3 つのリサーチフロントは「タンパク質相互作用解析」に関連する研究内容である。図中では、関連するリサーチフロントを点線で囲み、その内容を示している。

図表 16 研究領域のマップの例(領域名:プロテオミクス)



これらの作業を経て、最終的に研究領域が全体としてどのような内容を示しているかを検討して、領域名(図表 16 の例では「プロテオミクス」)を決定した。

発展領域調査の報告書においては、各研究領域の内容分析として、

- 研究領域名
- 研究領域の統計情報(研究領域を構成するリサーチフロントの数、うち被引用数が急増するものの数、当該研究領域のコアペーパーの被引用数など)
- 研究領域の説明
- 研究領域のマップ

などの情報を 2 ページにまとめている。なお、これらの内容分析は科学技術政策研究所 科学技術動向研究センターの該当分野を専門とするスタッフが行なった。

研究領域の内容分析の結果については、外部の専門家の協力を求めて、研究領域名や研究領域の解釈が的確か、共引用を用いた研究領域の把握が妥当であるかなどについて意見収集を行なった。

1.7.2. 153 の急速に発展しつつある研究領域について

P24 は、論文データベース分析によって得られた 153 発展領域の相互関係を示したマップである。図表 16 で示したのは、研究領域内の構造を示すマップであり、P24 は研究領域間の関係を俯瞰したマップである。ここでは、領域を構成するコアペーパーの 22 分野の分布を比較し、似た分野分布の比率を持つ領域間に引力が働くモデル(重力モデル)を用いて、各領域を動かして全体が最も安定したときの配置を示している。従って、コアペーパーの分野分布が似た領域は一箇所に集まる傾向にある。なお、図では領域の相対的な位置関係が重要であり、上下左右のどこに配置されているかは特に意味を持たない。

マップ中に点線で描かれた円の外にある発展領域は、コアペーパーの 6 割以上が 22 分野の何れかに属する領域である。逆に、点線の内側は特定の分野に偏らない学際的・分野融合的領域であると考えることが出来る。

マップ中、研究領域名が橙色で示されているのは、日本論文の比率が 15%以上、黄色で示されているのは比率が 7~15%、水色で示されているのは比率が 3~7%、色が付けられていないのは比率が 3%より小さい研究領域である。なお、153 領域における日本論文の比率の平均値は7%である。

153 領域の分野分布をみると、47 領域が臨床医学や植物・動物学といったライフサイエンスの領域(ライフサイエンス系領域)であることが分かる。この内、約半数の 25 領域が臨床医学の領域である。また、物理、化学、工学、材料科学に関する領域(物理・化学系領域)が 33 領域、環境/生態学、地球科学に関する領域が 9 領域抽出された。少数であるが、宇宙科学、数学に関する領域も抽出されている。

加えて、153 領域の約 3 割である 54 領域が学際的・分野融合的領域であることが明らかになった。このことから、発展領域の相当数が学際的・分野融合的性格を持つといえる。

(研究領域に見る日本の研究活動の特徴)

研究領域を構成するコアペーパーに占める日本論文の比率は、研究領域における日本の存在感を示す指標の 1 つと考えることが出来る。以下では、コアペーパーに占める日本論文の比率をもとに、日本の存在感を考察した結果についてまとめる。図表 17 に日本論文の比率が、7%以上の研究領域を示す。ここでは、論文の著者(多くは複数)の所属機関に、1 つでも日本の組織が含まれれば日本論文としてカウントした。

153 領域の各々について、研究領域を構成するコアペーパー中の日本論文シェアを見ると、物理学、化学、植物・動物学の研究領域では、シェアが7%以上の領域が多数あり、日本の存在感が大きいことが分かった。一方、臨床医学、環境/生態学、工学の研究領域においては、シェアが7%以上の領域が少なく、日本の存在感は小さい。

一般に、学際的・分野融合的領域は日本の苦手とする領域とされているが、本調査においては学際的・分野融合的領域においても、7%以上のシェアを持っている領域が多数見いだされた。これらの領域は物理学、化学、植物・動物学など日本が強みを持つ分野に軸足を持つものが多い。

従って、日本が強みを持つ分野で蓄積された人材や知識を活用し、既存の学問分野に留まらず新たな研究領域を開拓していくことが求められる。

例えば、発展領域調査の分析結果を見ると臨床医学の発展領域においては、日本の論文シェアは低いとの結果が得られている。一方、臨床医学と免疫学、生物学・生化学などの基礎生物学との学際的・分野融合的領域である「プロスタグランジンの分子機能の解明」、「脂肪細胞分泌ホルモン」、「ペルオキシソーム増殖剤応答性受容体に関する研究」、「アポトーシスの分子機構」、「テロメラーゼ研究」などではシェアが7%以上であることが分かった。これは、学際的・分野融合的領域を構成しているコアペーパーのうち、免疫学、生物学・生化学などにおける日本論文の比率が高いためと考えられる。従って、免疫学、生物学・生化学などと臨床医学の境界領域の共同研究を拡大していくことにより、臨床医学の発展領域における日本の存在感を高めるという手段をとっていくことも考えられる。

図表 17 日本の存在感が高い研究領域

| 研究領域名 | コアペーパー数 | 日本論文数 | 日本論文比率 | 研究領域名 | コアペーパー数 | 日本論文数 | 日本論文比率 |
|---|---------|-------|--------|----------------------------|---------|-------|--------|
| ペロブスカイト型マンガ酸化物の物性研究 | 47 | 22 | 47 | 自己組織化 | 145 | 18 | 12 |
| プロスタグランジンの分子機能の解明 | 11 | 5 | 45 | 植物ホルモン・アブシジン酸の機能解析 | 66 | 8 | 12 |
| 有機フォトリソグラム材料およびその光応答機能利用 | 12 | 5 | 42 | 分子イメージング研究 | 33 | 4 | 12 |
| 酸化物高温超伝導物質 | 133 | 45 | 34 | 大腸がんの補助化学療法の効果評価 | 34 | 4 | 12 |
| 微生物に対する宿主防御機構の研究 (Toll-like receptor研究) | 55 | 15 | 27 | 神経変性疾患についての研究 | 258 | 30 | 12 |
| リチウムイオン二次電池の正極材料 | 20 | 5 | 25 | 病原微生物のゲノム解析 | 63 | 7 | 11 |
| リチウムイオン二次電池の負極材料 | 18 | 4 | 22 | ペルオキシソーム増殖剤応答性受容体に関する研究 | 236 | 24 | 10 |
| III族窒化物の半導体デバイス化研究 | 92 | 17 | 18 | 酵素・錯体触媒 | 141 | 14 | 10 |
| 生物時計に関する研究 | 135 | 24 | 18 | 植物細胞機能の調整 | 72 | 7 | 10 |
| ニュートリノ研究 | 117 | 20 | 17 | アポトーシスの分子機構 | 190 | 18 | 9 |
| 粘土鉱物系ナノ複合材料 | 24 | 4 | 17 | シロイヌナズナを用いた分子植物科学研究 | 95 | 9 | 9 |
| タンパク質フォールディングの研究 | 24 | 4 | 17 | 重イオン衝突による高温・高密度物質の探求 | 298 | 28 | 9 |
| 渦や欠損のギンツブルグ・ランダウ型エネルギーによる変分解析 | 6 | 1 | 17 | 弦理論に基づく素粒子論的宇宙論 | 347 | 32 | 9 |
| 高効率炭素-炭素結合形成反応を機軸とする有機合成反応 | 224 | 36 | 16 | 地殻・マントルの物質の研究／白金族元素の定量 | 11 | 1 | 9 |
| 大脳新皮質の発達と神経変性に関わる分子 | 26 | 4 | 15 | DNAメチル化 | 145 | 13 | 9 |
| 藻類による二酸化炭素吸収メカニズム・濃縮メカニズム | 13 | 2 | 15 | 抗体を用いたリンパ腫の治療法 | 56 | 5 | 9 |
| 非可換場の理論／背景場中のブレイン | 33 | 5 | 15 | 無線通信技術 | 69 | 6 | 9 |
| 高効率な有機化合物のメタル化反応 | 7 | 1 | 14 | ポリフェノールの生理作用 | 23 | 2 | 9 |
| 金属系超伝導物質と重い電子系超伝導物質 | 106 | 15 | 14 | テロメラーゼ研究 | 70 | 6 | 9 |
| リビングラジカル重合 | 78 | 11 | 14 | 量子コンピュータ | 309 | 26 | 8 |
| マラリア原虫のインプレノイド生合成経路に関する研究 | 64 | 9 | 14 | 近接場分光イメージング | 12 | 1 | 8 |
| 脂肪細胞分泌ホルモン | 184 | 25 | 14 | 辛み受容体等による侵害刺激受容と多種生理作用の統合系 | 111 | 9 | 8 |
| | | | | 植物ホルモン・オーキシンの機能解析 | 68 | 5 | 7 |
| | | | | バイオ分析用デバイス | 209 | 15 | 7 |
| | | | | シクロオキシゲナーゼ-2阻害剤の研究 | 70 | 5 | 7 |

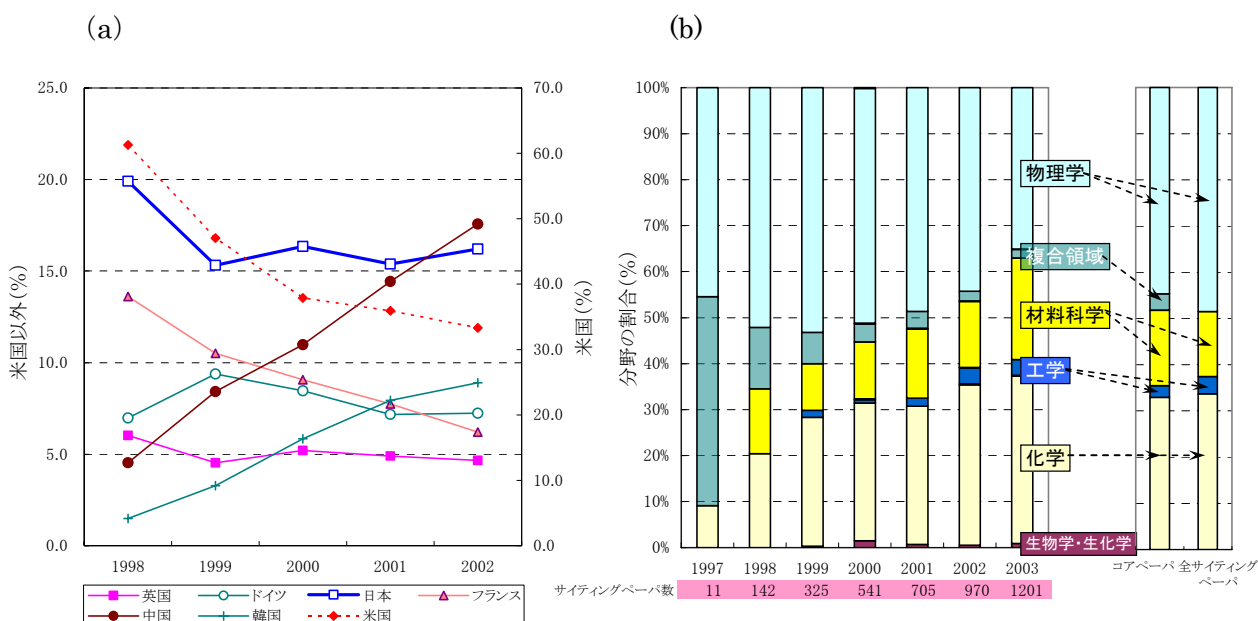
1.7.3. 論文シェアの時系列変化

ここでは、論文シェアの時系列変化を追跡することを目的として、カーボンナノチューブの研究領域についてサイティングペーパーの時系列変化の分析を行なった結果について紹介する。

図表 18 に「カーボンナノチューブ」の研究領域についての分析結果を示す。ここで図表 18(a)は、「カーボンナノチューブ」の研究領域の全サイティングペーパーについて、1998～2002 年の 5 年間における各国のシェア(日本、米国、英国、ドイツ、フランス、中国、韓国)を示したグラフである。なお、ここでは 3 年移動平均の値を用いた。また、図表 18(b)は、「カーボンナノチューブ」の研究領域の全サイティングペーパーについて、1998～2002 年の 5 年間における 22 分野比率の変化を示したグラフである。

まず、サイティングペーパーのシェアに注目すると 1998～2002 年にかけて米国は 1 番のシェアを持つが、その値は約 60% から約 30% へと大幅に減少している。日本論文のシェアは 1998 年の段階で約 20% であったが減少し、2002 年には 15% となっている。この間、中国、韓国のシェアが増大し、2002 年にはシェアにおいて、中国は日本を抜いて 2 位となっている。カーボンナノチューブの発見が日本でなされたにも関わらず、プロジェクトの実施が遅れたために、他国のキャッチアップを許したとの分析がある¹が、論文分析からもその様子が見られる。

図表 18 「カーボンナノチューブ」の研究領域についてのサイティングペーパーの分析



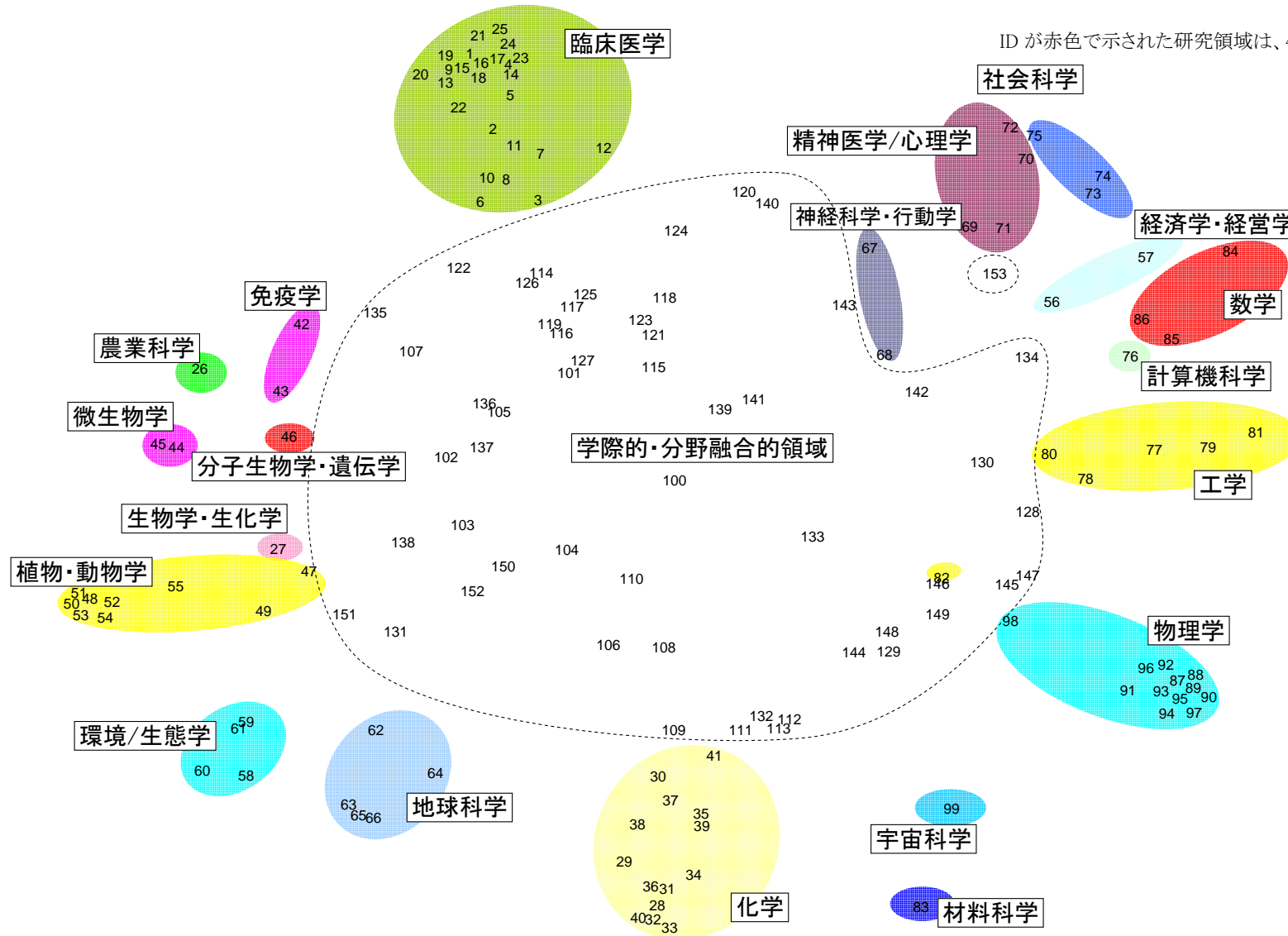
¹ 「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」のカーボンナノチューブ・デバイス技術の事例分析

153の急速に発展しつつある研究領域間の関連性

- この図は、研究領域を構成するコアペーパーの22分野の分布を比較し、似た分野分布を持つ領域間に引力が働くモデル(重力モデル)を用いて作成した。
- 約3割の54領域はコアペーパーの所属が特定の分野に偏らない学際的・分野融合的領域である。新たに発展しつつある研究領域の相当数が学際的・分野融合的な性格を持つことが考えられる。これらの領域で日本は健闘している。
- 物理学、化学、植物・動物学にコアペーパーが偏る研究領域において、日本の存在感が相対的に大きい。特に、物理学においてはブレークスルーとなる研究が日本で進んでいるケースがある。

| 分野 | ID | 研究領域名 |
|------|----|---------------------------------|
| 臨床医学 | 1 | 急性冠症候群に関する研究 |
| | 2 | シクロオキシゲナーゼ-2阻害剤の研究 |
| | 3 | 疾患治療を目的とした免疫研究 |
| | 4 | 高血圧症治療に関する研究 |
| | 5 | がんの分子標的薬剤研究 |
| | 6 | バイオテロに関連した天然痘、炭そ菌に関する研究 |
| | 7 | 致死性不整脈とそれによる突然死予防に関する研究 |
| | 8 | ウイルス性肝炎 |
| | 9 | 大腸がんの補助化学療法の効果評価 |
| | 10 | アスペルギルス症を中心とした深在性真菌症の治療法の研究 |
| | 11 | 抗体を用いたリンパ腫の治療法 |
| | 12 | 超急性脳虚血に対する初期治療 |
| | 13 | 機能性胃腸病および胃食道逆流症の治療研究 |
| | 14 | ホルモン療法 |
| | 15 | 循環器疾患の画像診断法の進歩と臨床への展開 |
| | 16 | 前立腺がんの非外科的治療方法 |
| | 17 | 2型糖尿病(インスリン非依存型糖尿病) |
| | 18 | 腎機能障害と心疾患の関連 |
| | 19 | クエン酸シトルデナフィルに関する研究 |
| | 20 | 多発性骨髄腫に対する骨髄移植に関する研究 |
| | 21 | 心不全治療研究 |
| | 22 | 白血病に対する新規治療法の臨床研究 |
| | 23 | メタボリック症候群と抗腫瘍剤としてのインターフェロンの効果評価 |
| | 24 | 外科手術における抗血液凝固剤治療 |
| | 25 | 膵がんの化学療法 |

| 分野 | ID | 研究領域名 |
|-----------|----|--|
| 農業科学 | 26 | ポリフェノールの生理作用 |
| 生物学・生化学 | 27 | タンパク質フォールディングの研究 |
| 化学 | 28 | 自己組織化 |
| | 29 | 酵素・錯体触媒 |
| | 30 | 有機/無機ハイブリッド材料 |
| | 31 | イオン性液体 |
| | 32 | リビンラジカル重合 |
| | 33 | 高効率炭素-炭素結合形成反応を機軸とする有機合成反応 |
| | 34 | 溶解効果/密度汎関法を中心とした計算化学手法によるアプローチ |
| | 35 | バイオ分析用デバイス |
| | 36 | デンドリマー |
| | 37 | ナノ結晶粒子のバイオ分野への応用技術 |
| 免疫学 | 42 | CD4およびCD8メモリーT細胞に関する免疫研究 |
| | 43 | 微生物に対する宿主防御機構の研究(Toll-like receptor研究) |
| | 44 | バイオフィルム研究 |
| 微生物学 | 45 | 大腸菌の遺伝子発現プロファイリング |
| 分子生物学・遺伝学 | 46 | DNAメチル化 |
| 植物・動物学 | 47 | 生物時計に関する研究 |
| | 48 | 植物細胞機能の調整 |
| | 49 | 大気二酸化炭素増加による陸上植物の成長促進 |
| | 50 | 植物ホルモン・アブジシン酸の機能解析 |
| | 51 | シロイヌナズナを用いた分子植物学研究 |
| | 52 | 植物ホルモン・オーキ신의機能解析 |
| | 53 | 植物ゲノム研究 |
| | 54 | フラボノイド研究 |
| | 55 | 藻類による二酸化炭素吸収メカニズム・濃縮メカニズム |



IDが赤色で示された研究領域は、4個以上の急増フロントを含む51領域を示す。

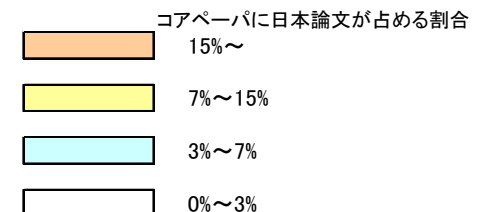
| 分野 | ID | 研究領域名 |
|-------------|------------|---------------------------------|
| 境界的・分野融合的領域 | 100 | 神経伝達物質放出を制御する神経終末タンパク質の働き |
| | 101 | 細胞の生存シグナルの分子生物学的研究 |
| | 102 | G-タンパク質共受容体の構造と機能に関する研究 |
| | 103 | 細胞膜チャンネル |
| | 104 | メタボミクス |
| | 105 | 老化およびカロリー制限による遺伝子発現プロファイリングへの影響 |
| | 106 | 緑色蛍光色素を用いた分子イメージング |
| | 107 | 活性酸素による心血管系への酸化ストレス |
| | 108 | プロテオミクス |
| | 109 | 粘土鉱物系ナノ複合材料 |
| | 110 | インフルエンザに関する研究 |
| | 111 | リチウムイオン二次電池の正極材料 |
| | 112 | 近接場分光イメージング |
| | 113 | リチウムイオン二次電池の負極材料 |
| | 114 | ヘルペスウイルス増殖応答性受容体に関する研究 |
| | 115 | ①グルタミンレセプター ②がんの成長阻害 |
| | 116 | アポトーシスの分子機構 |
| 117 | 脂肪細胞分泌ホルモン | |

| 分野 | ID | 研究領域名 |
|-------------|-----------------------------|-------------------------------|
| 境界的・分野融合的領域 | 118 | 幹細胞からの再生に関する研究 |
| | 119 | DNAマイクロアレイによる遺伝子発現解析 |
| | 120 | 自閉症に関するスクリーニングの必要性 |
| | 121 | 大気中粒状物質の健康影響 |
| | 122 | エストロゲンレセプターの機能の解明 |
| | 123 | 分子イメージング研究 |
| | 124 | うつ病に対する実践的治療計画 |
| | 125 | プロスタグランジンの分子機能の解明 |
| | 126 | c-MYC遺伝子の機能の研究 |
| | 127 | テロメラーゼ研究 |
| | 128 | 経済物理学/金融市場データ解析と数理モデル |
| | 129 | 地殻・マントルの物質の研究/白金族元素の定量 |
| | 130 | 計算論的学習理論サポート/ベクター・マシンとブースティング |
| | 131 | 小進出現象 |
| | 132 | メノポーズ材料とナノワイヤー |
| | 133 | 有限要素法、メッシュレス法などを用いた数値解析 |
| | 134 | モンテカルロ法の新しい応用 |
| 135 | 薬剤耐性を示す細菌性肺炎に関する臨床的および基礎的研究 | |

| 分野 | ID | 研究領域名 |
|-------------|---|-------------------------------------|
| 境界的・分野融合的領域 | 136 | 病原微生物のゲノム解析 |
| | 137 | ヒストン脱アセチル化の役割 |
| | 138 | RNAi (RNA interference) |
| | 139 | 神経変性疾患についての研究 |
| | 140 | 多発性硬化症の診断・治療方法開発 |
| | 141 | 辛み受容体等による侵害刺激受容と多種生理作用の統合系 |
| | 142 | 脳のニコチン性アセチルコリン受容体 |
| | 143 | コレステロール/放出ホルモン/受容体阻害とストレス、抗不安、抗うつ作用 |
| | 144 | カーボンナノチューブ |
| | 145 | III族窒化物の半導体デバイス化研究 |
| | 146 | 高誘電率ゲート絶縁膜 |
| | 147 | 核融合 |
| | 148 | 高分子発光素子の研究 |
| | 149 | 有機エレクトロニクス |
| | 150 | マラリア原虫のインフルエンザ/生合成経路に関する研究 |
| | 151 | 流域生態学 |
| | 152 | 森林を中心とする陸上生態系の炭素固定 |
| 153 | ①発達性言語障害(読み書き困難)の原因分析と指導法 ②教育学、心理学のデータ解析における信頼性と妥当性の検討 | |

| 分野 | ID | 研究領域名 |
|----------|------------------------|-----------------------------------|
| 経済学・経営学 | 56 | 労働力多様化時代における公正の問題 |
| 57 | 知識と情報技術をベースとした組織・経営論研究 | |
| 環境/生態学 | 58 | ハロゲン化残留性有機汚染物質による環境汚染と環境リスク |
| | 59 | 新規化学物質による環境汚染と生物影響 |
| | 60 | 捕食回避の生態学 |
| | 61 | 植物種多様性の機構と機能 |
| 地球科学 | 62 | 海洋における微生物元素の生物地球化学的要因がもたらす生物活動の制限 |
| | 63 | 地球規模の気候変動研究 |
| | 64 | 気候変動および大気に関するエアロゾル |
| | 65 | 古気候における地球規模の気候変動 |
| | 66 | 地球型惑星の構造解明 |
| 神経科学・行動学 | 67 | アルツハイマー病の認知症改善薬開発 |
| | 68 | 大脳新皮質の発達と神経変性に関わる分子 |
| 精神医学/心理学 | 69 | 神経症性障害、ストレス関連障害および身体表現障害 |
| | 70 | 統合失調症の薬物治療とその影響 |
| | 71 | 統合失調症 |
| 社会科学・一般 | 72 | 精神疾患(うつ病)に対する非薬物的治療法 |
| | 73 | 法学および経済学における行動主義的分析 |
| | 74 | 地域経済発展とネットワーク |
| | 75 | 臨床看護サービス |

| 分野 | ID | 研究領域名 |
|-------|----|-------------------------------|
| 計算機科学 | 76 | 無線通信技術 |
| 工学 | 77 | 生体試料や環境試料の微量元素分析 |
| | 78 | 高エネルギー環境下における材料挙動の解析と新規物質創製 |
| | 79 | 乱流の知的制御 |
| | 80 | 画像符号化圧縮技術 |
| | 81 | 軟骨組織の研究 |
| 材料科学 | 82 | 質量分析法と創薬、テーラード医療 |
| | 83 | 生体構造再生材料 |
| 数学 | 84 | スペクトル解析 |
| | 85 | 形態形成と微分方程式 |
| | 86 | 歳や欠損のギンツブルグ-ランダウ型エネルギーによる変分解析 |
| | 87 | ニュートリノ研究 |
| 物理学 | 88 | 重イオン衝突による高温・高密度物質の探求 |
| | 89 | 弦理論に基づく素粒子論的宇宙論 |
| | 90 | 酸化物質高温超伝導物質 |
| | 91 | ペロブスカイト型マンガノ酸化物の物性研究 |
| | 92 | 非可換時空/構成論的弦理論 |
| | 93 | 量子コンピュータ |
| | 94 | 金属系超伝導物質と重い電子系超伝導物質 |
| | 95 | 非線形現象の研究 |
| | 96 | 光の特異現象の研究 |
| | 97 | 非可換場の理論/背景場中のブレイン |
| | 98 | 分子モーター |
| 宇宙科学 | 99 | 宇宙の構造と進化 |



1.8. 海外の第一線の科学者・研究者からみた日本の強みと弱み

「公表された論文の被引用度や特許等の活用状況等に関する数量的指標には一定の客観性があり、評価の参考資料として活用することができる」と考えられている一方、「定量的な評価手法の適用が困難である場合がある」という議論がある。確かに、研究成果を論文という形体で公表しない傾向の領域も存在し、そのような領域では必ずしも論文数や被引用度が研究活動の有効な評価軸であるとは言えない。そこで、必ずしも論文に限らない「日本の研究活動」が海外の第一線の科学者・研究者からどのように評価されているのかをアメリカ及び欧州におけるヒアリング調査により調べた。個々の意見自体は研究者の主観が入る余地があるが、日本の国の枠の外からの評価であることと多くの海外研究者の意見を集約することにより、一定の客観性を持つと考えてよいだろう。

図表 19 に示されるように、日本の研究活動においては、ナノテクノロジー・材料系、環境系、情報通信系、ライフサイエンス系の順番で、良い評価を得ている。特に、環境系においては、定量的な論文分析では今ひとつであるが、海外の第一線の科学者・研究者の評価は高い。このことは、論文分析からは見ることでできなかった日本の研究活動の特徴を明らかにしたとともに、研究活動を捉えるには、多面的な把握が必要であることを示している。

図表 19 RAND 及び PREST のレポートを総合的にまとめた結果

| 分野名 | 良い点 | 問題点 |
|---|---|---|
| ライフサイエンス系 <small>(生物学・生化学・免疫学、微生物学、分子生物学・遺伝学、神経科学・行動学、薬理学・毒理学、植物・動物科学、農学、臨床医学)</small> | 【米国】 ○概して日本は、同分野における研究の重要な担い手であると認識されている。 ○多くの研究分野において意義深い貢献がなされていると回答された。 ○日本の研究は揺るぎないものであると認められている。 【欧州】 研究助成の増額から今後の発展が期待される。 | 【米国】 ○画期的な発見を生み出してきたとは考えられていない。 ○並外れたものではないと考えられている。 【欧州】 ○望ましい成果を生み出せるだけの研究量に達していない。 ○国際的刊行物で日本の記事が十分に見られない。 |
| 情報通信系 <small>(計算機科学、電気・電子工学、機械工学、数学)</small> | 【米国】 ○安定的で高品質な研究を遂行し、幅広い分野に対して多大な貢献を果たしていると見なされている。 【欧州】 ○応用研究において有意義な成果を残しているとともに、きわめて重要な貢献を果たしている。 | 【米国】 ○全体としては画期的な研究成果を挙げているとは位置づけられていない。日本の研究が国際的にあまり高い評価を得ていない理由として、多くの飛躍的な発明が国際的な学術界に広く伝えられていないという点を挙げている。 【欧州】 ○国際的露出度が低い。 |
| 環境系 <small>(環境学/生態学、エネルギー工学、地球科学)</small> | 【米国】 ○研究活動は一貫して素晴らしいという評価を受けた。 ○研究開発能力は、ここ数年で著しい進歩を遂げた。 ○概して、日本が応用研究においてすぐれた功績を残しているとともに、きわめて重要な貢献を果たしていると評価されている。 【欧州】 コメントなし | 【米国】 ○より活発な国際的交流を通じ、同分野における日本の地位をさらに向上させることができるであろうと指摘があった。 【欧州】 ○研究の量的面および質的面ともに弱い。 ○国際会議の出席や論文発表がないので日本の研究活動を認識できない。 |
| ナノテクノロジー・材料系 <small>(化学-基礎、化学-応用、材料工学-金属、材料工学-高分子、材料工学-無機材料、材料工学-半導体、物理学-基礎、物理学-応用)</small> | 【米国】 ○日本の研究活動は一貫した質の高さが特筆されている。 ○世界最高水準に匹敵すると評価された。 【欧州】 ○応用研究においてすぐれた功績を残しているとともに、きわめて重要な貢献を果たしている。 | 【米国】 ○研究の深さが不足している。 【欧州】 ○日本との国際共同プロジェクトには概して困難が伴う |

(注 1)米国での具体的な調査はRAND コーポレーションが担当した。欧州での具体的な調査は英国マンチェスター大学の PREST が担当した。

(注 2)本図表に示す分野のグループは基本計画の 4 分野に必ずしも対応するものではなく、調査した 25 領域を内容から 4 つのグループに分けたものである。

海外の第一線の研究者からみた日本の研究活動は、「世界的リーダーである」や「優れており、手堅く、信頼できるものである」と評価された分野がある一方、「画期的なものが少ない」や「研究の深さが足りない」との指摘もあった。「深さが足りない」の意味は以下 3 点があげられた。

◆ 問題追求の深さの不足

重要な役割のタンパク質を発見するなどの最初のアプローチは非常に優れているが、その後の研究を発展させるフォローがなされない。

◆ 理解の深さの不足

既知の概念の実践活用は非常に優れているが、新しい概念の創出がなされない。

◆ 人の層の深さ(厚み)の不足

世界の第一線で活躍する研究者が存在するが、その後続となる研究者群が十分には存在せず、ピラミッド構造になっていない。

1.9. 日本の研究成果の有効な発信方法

海外の第一線の科学者・研究者が良いと評価する場合、どのような成果をベースに答えているかを分析することは、“世界の中でのリーダーシップ”を具体的にどのように実現していくかの方策(成果の有効な発信方法)を考える上で、重要な視点である。図表 20 では、海外の第一線の科学者・研究者が各専門領域で高く評価した日本の代表的成果リストを示す。

各分野で様々な研究成果があげられ、日本が研究活動において世界の中で存在感を示していることがわかった。また、内容からこれらを、「研究成果」、「世界的研究施設」、「国際共同研究」の 3 つに分類した。「世界的研究施設」としては、地球シミュレータやスーパーカミオカンデ、「国際共同研究」ではヒトゲノムやイネゲノムなどのゲノムプロジェクトがあげられている。従って、個々の領域での「研究成果」に加え「世界的研究施設」や「国際共同研究」が世界の研究者に日本の研究活動を認識させる上では重要なポイントであると考えられる。

以上のような視点は、論文分析からでは抽出できない論点である。“世界の中でのリーダーシップ”という文脈の実現策(成果の有効な発信方法)として、「世界的研究施設」や「国際共同研究」の在り方を十分に考慮すべきである。

図表 20 海外の第一線の科学者・研究者が各専門領域で高く評価した日本の代表的成果リスト

| 分野名 | 地域 | ①研究成果 | ②世界的研究施設 ③国際共同研究 |
|--------------|----|--|---|
| ライフサイエンス系 | 米国 | 【生物1】糖鎖研究、グリカン構造の解明【生物2】アルツハイマー病関連のペプチド分解の酵素の機能の発見【免疫1】AIDタンパク質の発見、抑制性T細胞研究、インターフェロンやサイトカインの制御。【微生物1】抗生物質の開発【微生物2】嫌気性菌を利用した環境浄化、分子生物学レベルでの環境問題への微生物応用【臨床1】薬剤の安全性研究、ワクチン開発研究、肝炎(B型、C型)、癌、血液学、泌尿器科学、HIVなどの分野【神経2】脳の特異神経細胞の選択的除去と当該細胞の機能解析、抗癌薬として使われる結果になったタンパク質のクローニング【神経3】霊長類の神経生理と認知の脳機構に関する研究【薬学1】毒性化学物質の細胞内受容体であるアリルヒドロカーボン受容体の研究、食品の揚げに存在する発がん物質研究、薬剤毒性における解毒酵素のグルタチオンS-トランスフェラーゼ(GSTP)の研究、【薬学2】ディーゼルの免疫毒性学(喘息との関連)【植物1】遺伝子の機能解析、稲の分子遺伝学と稲作への応用、細胞生物学、植物発生生物学【植物2】植物生理学、特に光受容体と情報伝達 | 【分子1】cDNAプロジェクト、ヒトゲノム解読での貢献【分子2】cDNAプロジェクト、様々なゲノム解読での貢献【農学1】イネゲノムの解読【農学2】イネゲノムの解読【植物1】植物ゲノム情報汎用のためのデータベース |
| | 欧州 | 【免疫】細胞周期、腫瘍学、分子生物学の技法、遺伝子サイレンシング【微生物】シグナル伝達、染色体分配【薬学】チップテクノロジーを用いた化学物質の毒性ゲノミクス検査【分子】がんの遺伝学、アポトーシス【神経】生物分子学、認知神経学、細胞骨格、自律神経系の研究【植物】温室効果ガス排出関連の取り組み、C4光合成 | |
| 情報通信系 | 米国 | 【数学2】ボルツマン方程式、波動方程式【数学3】量子理論の形成、微積分学、因子分解法【計算1】グリッド・コンピューティング、バイオ・インフォマティクス、分散コンピューティングのハード面、フォルト・トレラントシステム、ネットワーク技術【計算3】音声処理【計算4】計算機科学(特にコンピュータネットワーク領域)【電電1】極小の半導体デバイス、シリコンをベースの単電子デバイス、分子スピントロニクス【電電2】宇宙空間でのレーザー装置の開発【機械1】溶接技術、鉄鋼材料技術、組み立てや建設プロセスの自動化【機械2】合成物質の土木建築物への応用、カーボンファイバー、ロケットやエンジンに用いられる合成物質の高温耐熱技術、合成物質 | |
| | 欧州 | 【数学】代数幾何学、微分幾何学【計算】ロボット工学、ユビキタス・コンピューティング、神経回路網、移動体通信【計算】地球科学における高性能シミュレーション、クラスタ・コンピューティング、生命情報科学【機械】高性能コンピューター・シミュレーション【電電】アクティブ・マトリックス液晶ディスプレイ | 【計算】地球シミュレータ |
| 環境系 | 米国 | 【環境1】温暖な地域の森林における暴風といった弊害の影響力などの研究【環境2】人類の起源や分子ベースの研究【地球1】GPS受信機による気象学的変動及び気候変動の計測【地球2】GPS時刻信号の遅延量による大気中の水蒸気分布の測定、局地的かつ精密な天気予報、数学的モデルによるシミュレーション【エネ1】ハイブリッド車の開発(特に、制御系アルゴリズム開発)、低燃費車【エネ2】ハイブリッド車、ハイブリッドエンジン、電気モーターなどの開発、商用化 | 【地球1】地球シミュレータによる天候及び気候変動のシミュレーション |
| | 欧州 | 【環境】大気の相互作用【地球】粘土鉱物学(特に、非晶質粘土)【エネ】ロボット制御システム | |
| ナノテクノロジー・材料系 | 米国 | 【化学1】ナノテクノロジー(特に、カーボンナノチューブ、先端材料)、ナノバイオテクノロジー、半導体技術【化学2】超高速分光へのレーザーの応用、複雑な分子力学を理解する為の手法の開発【化学3】原子核研究【材料金属1】材料科学(特に導熱、導電性酸化物質)、分子線エビタキシ、高温超伝導体格子、ファン・デア・ワールスエビタキシ、酸化チタン【材料金属2】材料の合成(例えば、YBCuO超伝導体)【材料半導体2】カーボンナノチューブとその燃料電池への応用【物理基礎2】カーボンのナノ構造、カーボンへのホウ素ドーピング【物理基礎3】高圧物理学、地震地質学【物理応用1】先端材料、ナノ科学、高温超伝導体、カーボンナノチューブ、ニュートリノ研究、半導体研究 | 【物理基礎1】スーパーカミオカンデ、KamLANDでの実験【物理応用1】スーパーカミオカンデ、シンクロトロン放射装置での実験 |
| | 欧州 | 【化学基礎】バッテリー燃料、有機合成、構造生物学、超伝導、スピントロニクスオーバー、分子力学【化学応用】燃焼に関する研究【材料高分子】材料科学、高分子科学、実際の関心のある性質についての量子力学分析【材料半導体】低次元半導体構造、窒化物半導体【材料無機】バルクの超伝導体の作製【物理基礎】ニュートリノ物理学、宇宙線物理学【物理応用】高エネルギー物理学、シンクロトロン放射物理学、核粒子物理学、新しいマルチクォーク状態 | 【物理基礎】スーパーカミオカンデ |

(注 1) 略字はそれぞれ以下の分野を示す。農学: 農業科学、微生物: 微生物学、神経: 神経科学&行動学、臨床: 臨床医学、分子: 分子生物学&遺伝学、植動: 植物&動物学、免疫: 免疫学、薬学: 薬理学&毒性学、生物: 生物学&生化学、計算: 計算機科学、電電: 電気・電子工学、機械: 機械工学、環境: 環境学&生態学、地球: 地球科学、エネ: エネルギー工学、材料: 材料科学、物理: 物理学。

(注 2) 【 】内はコメントした海外の第一線の科学者・研究者の専門領域を示す。数字は、回答者の番号である。

(注 3) 赤字下線で示した成果は、海外の第一線の科学者・研究者が特に高い評価を与えたものである。

まとめ1 ー研究活動のベンチマーキングー

1. 論文から見る基礎科学の状況

総論文のシェアでは英独を上回り、10%程度で安定化する兆し。質の面(TOP10%論文シェア)では英独に水をあげられている。これからの10年は質の向上がひとつの課題。この意味で、1990年代に急激に論文の質を向上させたドイツを分析する必要がある。

2. 分野間のバランスをどう考えるか

強い分野をさらに強化するか弱点を補強するか、要判断である。日本全体として質を上昇させようとするなら、まず臨床医学、ついで基礎生物学の向上が不可欠である。弱いとされる環境・生態学、数学、計算機科学等は基盤的性格も強い分野で他分野との関係も深いと考えられ、取り組みを強化すべきか検討する必要がある。

3. 多様な評価を行うことの重要性

論文分析では今ひとつでも、発展領域分析や海外の第一線の研究者へのヒアリング調査では高い分野(例えば神経科学)が存在する。脳科学のように集中推進策をとっている分野がこのようなパターンを示す可能性がある。研究活動を捉えるには、多面的に把握していく必要がある。また、日本の科学について、最初のアプローチは非常に優れているが、研究を発展させるフォローがなされないなど、分野によっては「研究の深さが足りない」との指摘に注目すべきである。

4. 学際的領域の状況

153の発展領域の中で、約3割の54領域が学際的・分野融合的領域であることから分かるように、学際的・分野融合的領域の重要性が高い。また、日本の存在感を示している領域もいくつかあり、これらの研究領域は「日本の弱点」とは一概に言えない。日本の存在感が低い臨床医学などは学際的・分野融合的領域から強化していくことも考えられる。

5. 基礎科学の成果の有効な発信方法

海外の第一線の研究者が注目する日本の成果の形として、世界的研究施設(地球シミュレータ、スーパーカミオカンデなど)や国際プロジェクトへの貢献(ヒトゲノムなど)、特定領域で基礎から応用に至る成果を継続的に出し続けること(糖鎖研究など)があげられた。

2. 科学技術の進展とそのインパクト

前章では、基礎科学を中心とした分野・領域における日本の研究活動の特徴を、論文分析や海外の第一線の科学者・研究者に対するヒアリングなどにより把握した。

この章では、これら基礎科学がどのような成果を生みだし、最終的に経済・社会・国民生活に対して如何なるインパクトをもたらしているのか、また、インパクト実現の過程において公的研究開発・支援がどのような役割を果たしているのかについて分析した結果について紹介する。

2.1. 技術のインパクト及びインパクト実現における公的研究開発・支援の役割の分析

「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」においては、科学技術振興に向けた取り組みが、経済・社会・国民生活にもたらしたインパクトを計測するとともに、インパクト実現の過程において有効であった公的研究開発・支援の寄与を分析した。

具体的には、第2期基本計画の8分野のそれぞれについて、過去10年程度の間の実現し、インパクトを既にもたらしている技術(実現技術)を2事例、今後10年程度の間の実現し、今後インパクトをもたらすと考えられる技術(未実現技術)を2事例抽出し、技術がもたらすインパクトの内容を把握し、さらには技術がインパクトを実現するまでの過程において公的研究開発・支援が果たした役割を検証した。図表21に事例分析対象とした32技術を示す。

次ページに「肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術」と「光触媒材料技術」の事例分析の結果を示す。32事例の詳細については、参考資料(P87)を参照のこと。

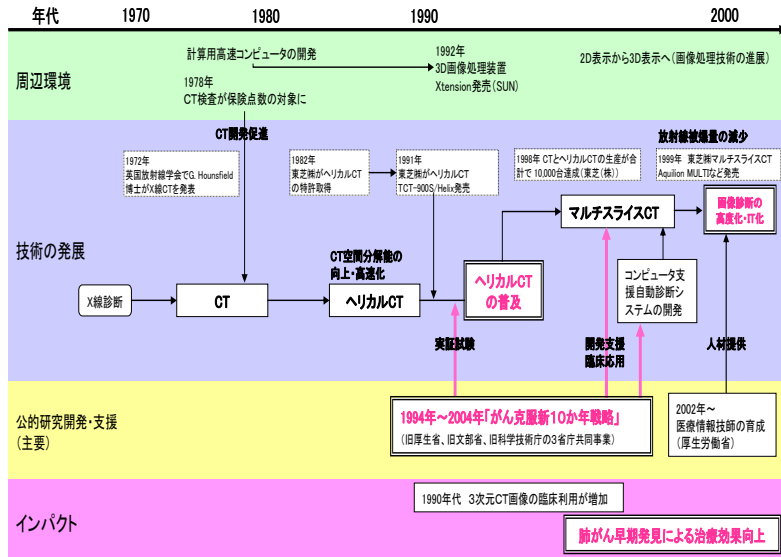
図表 21 事例分析の対象技術

| 分野 | 実現技術 | 未実現技術 |
|-------------|--|---------------------------------|
| ライフサイエンス | 肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術 | 幹細胞による培養自己組織を人工臓器・組織の材料として用いる技術 |
| | 個人の遺伝子多型等を検出する塩基配列決定技術とその応用(診断やテーラメイド医療) | 遺伝子操作による耐寒・耐乾・耐塩性作物の作出技術 |
| 情報通信 | 高演算速度の並列コンピュータ | 垂直磁気記録技術(ハードディスクドライブ用) |
| | ITS(カーナビゲーション、VICS、ETC、交通管理など) | ユビキタス・ネットワーク |
| 環境 | オゾン層を破壊せず地球温暖化への影響を考慮したフロン・ハロン代替品製造・利用技術 | 廃棄物処理用ガス化熔融炉及び灰熔融炉技術 |
| | 内分泌かく乱物質の人体、生体への影響解明技術 | 二酸化炭素の分離・回収・隔離技術 |
| ナノテクノロジー・材料 | リチウム電池の高密度化・高寿命化技術 | カーボンナノチューブ・デバイス技術 |
| | 光触媒材料 | 高温超伝導材料 |
| エネルギー | 住宅用太陽光発電システム | 水素吸蔵合金 |
| | 天然ガス等からの液体燃料製造・利用技術(GTL、DME) | 燃料電池自動車 |
| 製造 | 廃自動車及び廃家電の適正処理技術 | マイクロリアクタによる革新的化学品製造技術 |
| | レーザを利用した加工技術 | 多目的看護や身障者への機能補助を行うロボット(福祉ロボット) |
| 社会基盤 | 局地的な気象予測技術 | 地震検知全国ネットワークによる地震動到達前防災システム |
| | 地震動による構造物等の挙動シミュレーション技術 | 難分解性物質等を含む排水の高効率生物処理システム |
| フロンティア | 人工衛星によるリモートセンシング技術(データの解析・利用技術) | 海底からの石油の経済的採取技術 |
| | 高性能放射光発生技術 | 準天頂衛星システム |

肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術(ライフサイエンス)

<事例分析のポイント>

- 肺がんの早期発見には、1970年代から開発が進むCTスキャンの高性能化の寄与が高く、CT開発では日本が世界をリードしている。1980年代から民間企業を中心に開発されていたヘリカルCTにより、早期段階の非常に小さな腫瘍を発見できるようになった。1990年代に入り、民間企業がヘリカルCTをさらに高性能化したマルチスライスCTを開発するなど技術は着実な進歩を見せている。
- 旧厚生省・旧文部省・旧科学技術庁の共同事業「がん克服新10か年戦略」でヘリカルCTの実証試験がなされ、これによってヘリカルCTが普及した。
- 肺がんを早期に発見する検査技術として社会(検査の信頼性向上等)および国民生活(検査時間の短縮や早期発見による治療効果向上等)に幅広いインパクトを有する。



<経済的インパクト>

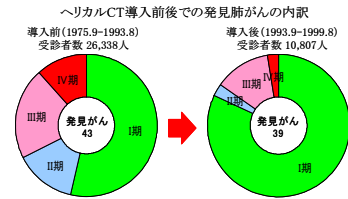
- 肺がん早期発見による医療費投入の適正化。
- 医療機器の市場拡大。
 2001年に496億円、シェアトップは東芝(47.3%)、ついでGE(横河メディカルシステムズ(32.5%)、シーメンス旭メディテック(10.5%))
- 検査の迅速化、自動化によるコストダウン。

<社会的インパクト>

- 検査の信頼性の向上。

<国民生活へのインパクト>

- 検査時間の短縮。
- 肺がん早期発見による治療効果向上。
 ヘリカルCT導入前は人口10万人に対して163名の発見率であったが、導入後は人口10万人に対して361名と倍以上の発見率
- 手術後の「生活の質」の向上。



出所: 東京から肺がんをなくす会(ALCA)

上記のデータは、ALCAの会員(約9割が男性、平均年齢は約60歳)のうち、1999年8月までにのべ37,145人に検診(93年8月までは胸部X線写真と喀痰細胞診、93年9月以降は胸部X線写真、喀痰細胞診に加えてヘリカルCT)を実施した結果で、82人の肺がんを発見している。

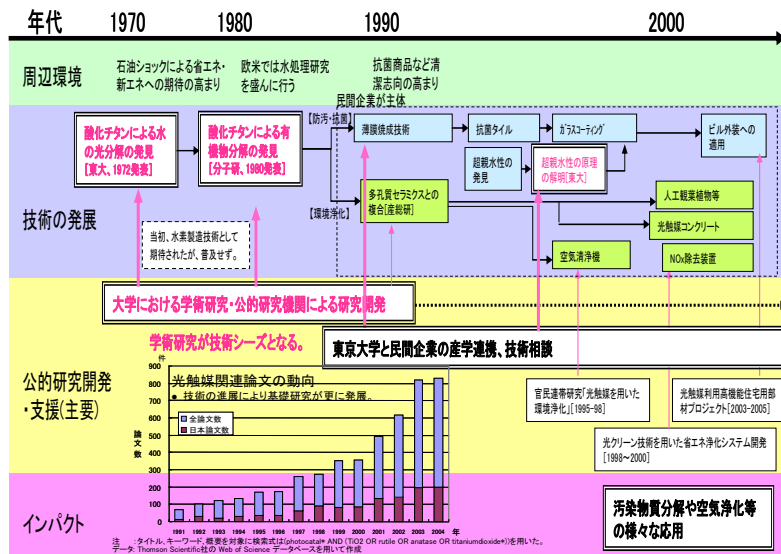
ヘリカルCT導入後に発見された肺がんは、早期(I期)のものが多くということが特徴になっている。

I期(がんが原発巣にとどまっている段階)であれば手術によって治すことが十分可能で、肺胞の表面にだけがん細胞があるようなごく早期であれば、100%治療できることがわかっている。II~IVに進むほど進行し、IV期は原発巣の他に、肺の他の場所、他の臓器に転移がある段階。術後の5年生存率は、I期: 80%、II期: 60%、III期: 40%、IV期: 10%未満とされている。

光触媒材料(ナノテクノロジー・材料)

<事例分析のポイント>

- 技術初期の発展過程では、東京大学や公的研究機関における学術研究が中心であり、1960年代末に水の光分解の発見、その後、有機物分解の発見がなされ、技術シーズとなった。
- 東京大学による基礎研究は、単に技術シーズとなっただけでなく、民間企業による酸化チタン薄膜開発への技術指導や超親水性の産学連携による原理説明等、技術の発展過程でも継続的に寄与してきた。この間、技術の発展により基礎研究が更なる発展をみせている(連鎖モデル)。
- 薄膜化技術の進展により、セルフクリーニングタイルや空気浄化等の様々な応用によりインパクトを実現した。



<経済的インパクト>

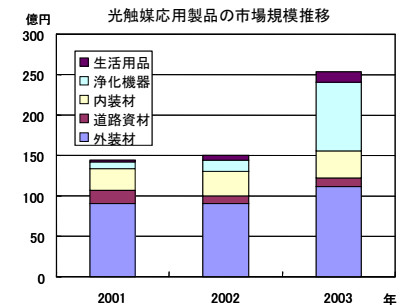
- 外壁材、空気浄化機、脱臭機など既存製品の高付加価値化、代替により約400億円(推定)の市場が出現(業界団体である光触媒製品フォーラム加入企業だけで250億円)。

<社会的インパクト>

- 道路周辺(遮音壁、ガードレール)やビルの清掃コストの削減。
- 農業(ハウス栽培)廃液の浄化。
- 道路周辺におけるNOx除去の期待。
- 夏の冷房にかかるエネルギーの削減の期待。

<国民生活へのインパクト>

- 住宅の外装・内装の清掃にかかる手間の削減。
- 都市や道路における美観の向上。



注: 2003年から浄化機器の金額が急増しているのは、集計方式の変更による(従前はフィルタ部分のみ、事後は機器全体の金額として計算)
 出所: 光触媒製品フォーラム資料

2.2. 科学技術のもたらす多様なインパクト

32 技術に対する事例分析を通じて、経済・社会・国民生活へのインパクトの具体的な内容を把握した。その結果、技術は多種多様な形で、経済・社会・国民生活に対してインパクトをもたらしている(あるいは期待される)ことが明らかとなった。例えば経済的インパクトを考えると、「住宅用太陽電池」のように技術が新製品・新サービスに繋がり市場を創出する場合もあれば、「高演算速度の並列コンピュータ」のように技術が利用されることで、研究開発期間の短縮、試作コスト削減がなされる場合もある。この様に、技術は直接的なインパクトに加えて、間接的なインパクトを通じて経済・社会・国民生活へ貢献しているといえる。以下では、32 技術のもたらした経済・社会・国民生活へのインパクトを紹介する。

(経済的インパクト)

経済的インパクトとしては、「市場(雇用)創出・拡大」、「コスト削減」、「経済リスク低減」、「国際競争力向上」の4種類が主なインパクトであった。事例分析から得られた経済的インパクトの具体事例を図表 22 に示す。

図表 22 経済的インパクトの具体事例

| インパクト種類 | 具体的内容例 |
|-------------|--|
| 市場(雇用)創出・拡大 | (レーザ加工) 約3,000億円(現在のレーザ加工機市場創出(2010年には約6,000億円)) (住宅用太陽電池) 約1,500億円(世界一の太陽光発電システム市場創出(2010年には約4,000億円)) (ITS技術) 関連市場8,814億円(2015年には約7兆円) (光触媒) 関連市場約400億円 (水素吸蔵材料) 約3兆円の水素供給ビジネス市場創出の期待 (カーボンナノチューブ) ディスプレイ市場約1,800億円、集積回路約1,200億円の市場創出の期待(2010年) |
| コスト削減 | (並列スパコン) 自動車や医薬品等で製品開発・試作コスト削減 (局地的気象予測) 天候依存型産業(流通、建設等)の業務効率化 (高温超伝導材料) 約3,700億円相当の送電ロス削減の期待 (ITS技術) 交通渋滞解消による社会的コスト削減等(1兆円規模)の期待 |
| 経済リスク低減 | (内分泌かく乱解明) 有害化学物質のスクリーニングによる化学物質被害の再発防止の期待 (地震動シミュレーション) 災害による被害の防止・軽減 (難分解性物質処理) 適切な排水処理による農産物の価格維持の期待 |
| 国際競争力強化 | (レーザ加工技術) 機械加工・微細加工等によるものづくり競争力向上(自動車、電子産業等) (フロン・ハロン代替) 他国企業に先駆けた規制への対応による国際競争力向上(空調機器産業) |

(注) 市場(雇用)創出・拡大、コスト削減の数値は、日本における値である。

(社会的インパクト)

社会的インパクトとしては、「環境問題への貢献」、「エネルギー・資源問題への貢献」、「高齢化等への対応」、「社会インフラ・防災性向上」の4種類が主なインパクトであった。

また、その他の社会的インパクトとしては、「高性能放射光発生技術」において、世界最高性能の施設(SPring-8)を保有することによる国際的地位向上とともに、分析機能による考古学的謎の解明という文化的なインパクトが見られた。さらに「高演算速度の並列コンピュータ」では、米国との貿易摩擦や米国の科学技術政策への影響(地球シミュレータによる世界最高の計算速度達成が米国の政策に影響)といった政策的なインパクトが見られた。事例分析から得られた社会的インパクトの具体事例を図表 23 に示す。

図表 23 社会的インパクトの具体事例

| インパクト種類 | 具体的内容例 |
|----------------|---|
| 環境問題への貢献 | (フロン・ハロン代替) (リサイクル) (燃料電池自動車) (CO ₂ 分離回収隔離) (溶融炉) オゾン層破壊防止(国際的取り決めの履行) 自動車・家電等の廃棄物の一層の削減(年間約76万t) 現在の0.5%程度のCO ₂ 排出削減の期待(年間約600万t-CO ₂ :2020年) 現在の0.8%程度のCO ₂ 排出削減の期待(年間約1000万t-CO ₂ :2015年) 最終処分廃棄物量の削減の期待 |
| エネルギー・資源問題への貢献 | (住宅用太陽電池) (ガス液化燃料) 約22万戸に普及(世界一)、国産エネルギー増加の期待 (発電シェア、現在 0.1%→2030年 10%へ) エネルギー源の多様化による石油依存度縮小の期待 |
| 高齢化等への対応 | (再生医療) (看護・補助ロボット) 疾病等に対する完治可能性向上の期待 介護者、被介護者双方の負担減少の期待 |
| 社会インフラ・防災性向上 | (地震動シミュレーション) (衛星リモートセンシング) (地震波到達前防災) 道路や橋梁、ビルや住宅等の地震に対する安全性向上 地震や火山等、災害・被害情報の伝達による対応・対策の有効性向上 都市の地震に対する安全性向上(火災防止、都市機能の早期復旧)の期待 |
| その他 | (並列スパコン) (放射光) (遺伝子操作作物) 米国の科学技術政策への影響 (地球シミュレータによる世界最高の計算速度達成が米国の政策に影響) 世界最高性能の施設(SPring-8)による国際的地位向上、考古学調査等へも応用 世界的な食糧危機における食料生産力向上に対する国際貢献の期待 (中国、アフリカ等の乾燥地域や塩害地域における食料生産) |

(国民生活へのインパクト)

国民生活へのインパクトとしては、「国民の生命・生活確保」、「国民の健康維持・回復」、「国民の利便性・快適性の向上」、「国民意識・ライフスタイルの変革」という 4 種類が主なインパクトであった。事例分析から得られた国民生活へのインパクトの具体事例を図表 24 に示す。

図表 24 国民生活へのインパクトの具体事例

| インパクト種類 | 具体的内容例 |
|-----------------|--|
| 国民の生命・生活確保 | (ヘリカルCT技術) (準天頂衛星) 肺がんの早期発見による治療効果向上 子どもや高齢者等の位置検出による災害・事故・犯罪等被害削減の期待 |
| 国民の健康維持・回復 | (塩基配列決定技術) (マイクロアクト) 難治性疾患の治療や副作用のない治療の期待 多項目・高速の臨床検査・診断による検査負担軽減、患者による自己・日常検査の簡便化の期待 |
| 国民の利便性・快適性の向上 | (光触媒) (リチウムイオン電池) (ITS技術) 防汚機能を有するタイヤ、防曇機能を有する車両ミラーによる美観・快適性向上 携帯電話やモバイルPC等、電子機器の小型・軽量化といった利便性向上 交通渋滞改善および自動車運転や運転環境の快適性向上およびガソリンスタンド、駐車場、ドライブスルー等における支払の簡便化の期待 |
| 国民意識・ライフスタイルの変革 | (太陽電池システム) (リサイクル) 省エネルギーに対する意識の向上 リサイクルに対する意識の向上 |

2.3. インパクト実現に対する公的研究開発・支援の寄与

32 事例の事例分析を通じて、インパクト実現に対する公的研究開発・支援の寄与として以下の 4 つを特徴的に見いだした。技術のインパクト実現までの過程においては、研究開発への投資のような直接的な寄与(下記①、②)のみでなく、調達や研究基盤整備といった間接的な寄与(下記③、④)も公的部門の役割として重要であることが明らかになった。

① 基礎研究に関する公的研究開発・支援

大学や公的研究機関で実施された基礎研究によって技術シーズの提供が行われた例、大学や公的研究機関による原理の解明により技術の進展が加速した例、基礎研究が継続的に維持されたことによって、国家プロジェクトを実施する上での基盤となる人材育成や科学的知見の蓄積が行われた例。

② 技術の発展・流れに合わせた公的研究開発・支援

国家プロジェクトの実施によって世界水準へのキャッチアップがなされた例、技術の発展にあわせて適切な方針転換が行われたために技術のインパクトが実現された例、実証試験の実施によって技術の有効性が見極めがなされた例。

③ 基盤技術や技術インフラに関する公的研究開発・支援

世界最高性能の設備が整備されることによって研究環境が向上した例、気象予測や防災など行政のミッションに応じた観測網やデータベースの整備がなされた例、標準や性能評価法など企業単独では取り組めない基盤技術・技術インフラの整備によって、日本全体の研究開発の活性化や民間の事業活動の促進がなされた例。

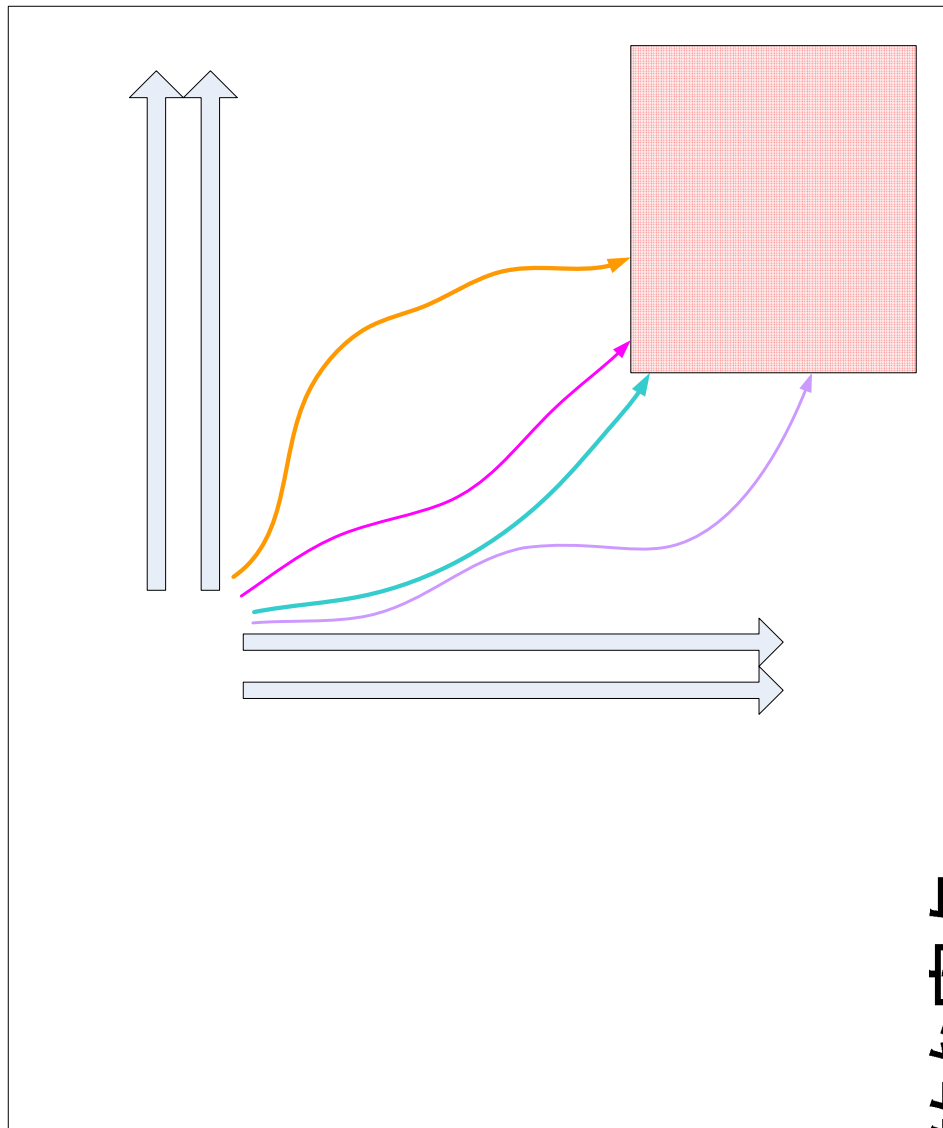
④ 政策連携によるインパクト実現の促進

規制の導入や緩和によって研究開発が促進された例、調達によって継続的な技術開発が可能となった例、補助金制度によって初期市場が形成された例など、研究開発政策以外の政策との連携によってインパクトの実現がなされた例。

技術がインパクトを実現する過程にはリニアモデル、連鎖モデルなど多様な道筋があるが、技術の特徴に応じて①～④の公的研究開発・支援が様々な形で寄与することで、技術のインパクトは実現されている。

ここで重要な点は、①～④が単発的に実施されるのではなく、「出口」(経済・社会・国民生活へのインパクト)までの「道筋」を想定し、研究開発と並行してインパクト実現に必要な環境を整備する必要がある点である(図表 25 参照)。例えば、環境問題や少子高齢化への対応といった社会的な問題への対応など加速を要するテーマについては、インパクトを実現する上で何が律速となっているかのシステム分析を随時行っていくことが必要である。また、技術の進展及び社会環境等の変化がともに激しいことを踏まえて、柔軟性のある公的研究開発・支援が求められる。

図表 25 公的研究開発・支援の位置付け



や研究環境整備による間接的な寄与

図表 26、27 に示すように、上記の公的研究開発・支援については、事例分析の対象とした技術の性格に応じて関与の仕方は異なるが、32 事例のうち 24 事例では、上記①～④のいずれかの大きな寄与があり、7事例では中程度の寄与が見られた。このことから、公的研究開発・支援が科学技術の進展や技術のインパクト実現過程において、重要な機能を果たしていることが確認された。

インパクト実現、未実現技術という観点では、①～③については、その傾向に大きな相違は見られない。一方、④政策連携によるインパクト実現の促進については、寄与があった事例のほとんどは実現技術であった。これは、未実現技術は技術の発展段階にあり、現段階ではインパクト実現の促進が求められる段階には至っていないためと考えられる。

③

④

図表 26 事例分析で確認された実現技術における公的研究開発・支援(寄与大:○、中:△)

| 分野 | 技術名 | 基礎研究に関する公的研究開発・支援 | 技術の発展・流れに合わせた公的研究開発・支援 | 基盤技術や技術インフラに関する公的研究開発・支援 | 政策連携によるインパクト実現の促進 |
|-------------|--|-------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|
| ライフサイエンス | 肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術 | — | △ | — | — |
| | 個人の遺伝子多型等を検出する塩基配列決定技術とその応用(診断やテーラメイド医療) | △ | ○ | ○ | — |
| 情報通信 | 高演算速度の並列コンピュータ | — | △ | ○ | ○ |
| | ITS(カーナビゲーション、VICS、ETC、交通管理など) | — | △ | ○ | ○ |
| 環境 | オゾン層を破壊せず地球温暖化への影響を考慮したフロン・ハロン代替品製造・利用技術 | △ | △ | ○ | ○ |
| | 内分泌かく乱物質の人体、生体への影響解明技術 | ○ | — | — | — |
| ナノテクノロジー・材料 | リチウム電池の高密度化・高寿命化技術 | — | — | — | — |
| | 光触媒材料 | ○ | ○ | — | — |
| エネルギー | 住宅用太陽光発電システム | △ | ○ | △ | ○ |
| | 天然ガス等からの液体燃料製造・利用技術(GTL、DME) | △ | △ | — | — |
| 製造 | 廃自動車及び廃家電の適正処理技術 | — | △ | — | ○ |
| | レーザを利用した加工技術 | △ | ○ | △ | — |
| 社会基盤 | 局地的な気象予測技術 | ○ | — | ○ | △ |
| | 地震動による構造物等の挙動シミュレーション技術 | ○ | — | ○ | ○ |
| フロンティア | 人工衛星によるリモートセンシング技術(データの解析・利用技術) | △ | — | △ | — |
| | 高性能放射光発生技術 | △ | — | ○ | — |

図表 27 事例分析で確認された未実現技術における公的研究開発・支援(寄与大:○、中:△)

| 分野 | 技術名 | 基礎研究に関する公的研究開発・支援 | 技術の発展・流れに合わせた公的研究開発・支援 | 基盤技術や技術インフラに関する公的研究開発・支援 | 政策連携によるインパクト実現の促進 |
|-------------|---------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|-------------------|
| ライフサイエンス | 幹細胞による培養自己組織を人工臓器・組織の材料として用いる技術 | ○ | ○ | — | — |
| | 遺伝子操作による耐寒・耐乾・耐塩性作物の作出技術 | ○ | △ | ○ | — |
| 情報通信 | 垂直磁気記録技術(ハードディスクドライブ用) | ○ | — | — | — |
| | ユビキタス・ネットワーク | △ | △ | ○ | — |
| 環境 | 廃棄物処理用ガス化熔融炉及び灰熔融炉技術 | — | △ | △ | ○ |
| | 二酸化炭素の分離・回収・隔離技術 | — | ○ | — | — |
| ナノテクノロジー・材料 | カーボンナノチューブ・デバイス技術 | ○ | △ | — | — |
| | 高温超伝導材料 | ○ | ○ | — | — |
| エネルギー | 水素吸蔵合金 | ○ | ○ | — | — |
| | 燃料電池自動車 | — | △ | △ | — |
| 製造 | マイクロアクタによる革新的化学品製造技術 | △ | △ | △ | — |
| | 多目的看護や身障者への機能補助を行うロボット(福祉ロボット) | △ | △ | △ | — |
| 社会基盤 | 地震検知全国ネットワークによる地震動到達前防災システム | ○ | △ | ○ | — |
| | 難分解性物質等を含む排水の高効率生物処理システム | — | — | △ | ○ |
| フロンティア | 海底からの石油の経済的採取技術 | — | △ | △ | — |
| | 準天頂衛星システム | △ | — | ○ | — |

2.4. 国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果

第 1 期及び第 2 期の科学技術基本計画実施中に焦点をあて、政府研究開発予算の主な投資先であった国公立大学及び公的研究機関において達成された代表的成果(あるいは大きな進展)を各機関に対するアンケート調査により収集した。本アンケート調査の回収状況は、結果的に、以下の図表 28 の通りである。

図表 28 アンケート回収状況

| | 送付 | 回収 | |
|-------------------|--------|--------|-------|
| | | 機関数 | 回答件数 |
| 国公立大学(含む大学共同利用機関) | 103 機関 | 77 機関 | 566 件 |
| 公的研究機関 | 56 機関 | 31 機関 | 282 件 |
| 合計 | 159 機関 | 108 機関 | 848 件 |

総計 848 件のうち、48 件の事例を図表 29 に示す。ここでは、国民への成果の例示という意味で、成果の内容やその意義が分かりやすく記述されているものを優先して抽出した。このリストから、国公立大学及び公的研究機関において達成された科学技術の成果が、新原理・新発見・大発明だけにとどまらず、国民生活・地域への貢献、国際社会への貢献、市場創出・新事業・起業など、幅広くかつ多様な意義をもたらしていることが明らかとなった。図表 30 には、一部の代表的成果事例の内容を紹介する。

図表 29 国公立大学及び公的研究機関における成果(進展)抜粋リスト

| 最大の意義 | 成果名 | 研究機関名 |
|-------------|--|----------------------|
| 新原理・新発見・大発明 | ニュートリノ天体物理学の開拓から始まった素粒子物理の飛躍的発展 | 東京大学 |
| | 比較認知科学研究 －「進化の隣人」チンパンジーの習得する知識や技術とその世代間伝播など霊長類を対象とした比較研究による人間の心の進化的基盤の解明－ | 京都大学 |
| | すばる望遠鏡の建設と宇宙の解明 | 自然科学研究機構国立天文台 |
| | イネゲノム解析 －イネゲノム塩基配列完全解読を達成－ | (独)農業生物資源研究所 |
| | 知識メディア技術 －知識の連携統合と再利用のための再編集・再流通メディア技術－ | 北海道大学 |
| | がんの本態解明と予防、診断、治療法の開発 | 国立がんセンター研究所 |
| | Bファクトリーによる素粒子物理学研究の推進 | 高エネルギー加速器研究機構 |
| | ヒトES細胞の樹立と分配体制の確立 | 京都大学 |
| | 技術試験衛星「おりひめ/ひこぼし」の開発及び運用 －自動ランデブ・ドッキングシステムの開発・軌道上実証－ | (独)宇宙航空研究開発機構 |
| | 脳の記憶メカニズムの解明 －記憶を科学する－ | 東京大学 |
| | 高効率・長寿命有機EL材料および素子の開発 | 山形大学 |
| | 高速原子間力顕微鏡の開発 －溶液中の生体分子のリアルタイム撮影－ | 金沢大学 |
| | テラビット情報ナノエレクトロニクスの研究・開発 | 広島大学 |
| | 生殖細胞を用いた魚類の新たな発生工学技法 | 東京海洋大学 |
| 新研究領域の開拓 | 加速器科学研究の発展による113番新元素等の発見 | (独)理化学研究所 他 |
| | 生物科学と情報科学の融合 －生物界に学ぶ新たな情報技術の創出－ | 大阪大学 |
| | 三次元高速バイオマイクロマニピュレーションシステムの開発プロジェクト | 名古屋大学 |
| | 国際宇宙ステーションを中心とした宇宙環境利用の推進 | (独)宇宙航空研究開発機構 |
| | 放射線災害に対する先進的総合医療開発 | 広島大学 |
| | 光を用いた生体計測・診断技術の研究 | 電気通信大学 他 |
| 研究開発インフラの整備 | 地球シミュレータ －世界最高の演算性能を達成－ | (独)海洋研究開発機構 他 |
| | シリコンシーベルトプロジェクト －システムLSI設計開発拠点の構築－ | 九州大学 他 |
| | 燃料電池の劣化要因解析と加速寿命評価法の確立 | 山梨大学 |
| | 世界最高分解能NMRマグネットの開発 | (独)物質・材料研究機構 |
| | 文化遺産オンライン構築への技術協力 | 情報・システム研究機構 国立情報学研究所 |

(次項に続く)

(前項から続く)

| 最大の意義 | 成果名 | 研究機関名 |
|-----------------------------------|---|-------------------|
| 環境・社会への貢献 | 生ゴミからの生分解性プラスチックの生産 | 九州工業大学 |
| | 防風効果を兼ねたマイクロ風力発電システムの開発 | 埼玉大学 |
| | 人工衛星センサによるオゾン層モニタリング － 南北両半球のオゾン破壊メカニズムを解明 － | (独)国立環境研究所 他 |
| | 温暖化防止世界統合モデル － 気候変動国際政策へのインパクト － | (独)国立環境研究所 他 |
| | 雲解像非静力学モデルの開発 － 豪雨・豪雪の定量的予測 － | 気象研究所 |
| | DNA型鑑定システム － 機器分析による新しい鑑定システムの構築 － | 科学警察研究所 |
| | 氷床コアによる気候・環境変動の解明 | 情報・システム研究機構 極地研究所 |
| | 我が国初の高温ガス炉である高温工学試験研究炉 － 原子力エネルギー利用の多様化への途を拓く技術の確立 － | 日本原子力研究所 |
| | 昼夜・天候を問わない地表面観測 － 高分解能の航空機搭載映像レーダを開発 － | (独)情報通信研究機構 |
| | 共生微生物を利用した普賢岳火砕流跡地の緑化とその効果の科学的判定 | 山口大学 |
| 深海観測・探査による沈没タンカーの調査および落下ロケット部品の発見 | (独)海洋研究開発機構 | |
| 国民生活・地域への貢献 | 重粒子線がん治療装置によるがん治療 | (独)放射線医学総合研究所 |
| | 成人T細胞白血病原因ウイルスの母子間感染経路の解明と感染予防による地域内発がんの克服 | 長崎大学 |
| | GPSを用いた知床峠の除雪支援システムの開発 | 北見工業大学 |
| | ダイヤモンド状炭素膜応用技術開発 － 地域密着型産学連携による低摩擦・高耐摩耗性部材の開発 － | 東京工業大学 |
| 国際社会への貢献 | 対人地雷検知装置の開発とアフガニスタンにおける適用 | 東北大学 |
| | 難治性寄生虫病に関する免疫・分子診断法の開発 － 疫学への応用および流行国研究者への技術移転 － | 旭川医科大学 |
| 市場創出・新事業・企業 | 触媒的不斉合成法の発案と確立 － 実用的な触媒的不斉水素化反応の発見・開発および工業化 － | 名古屋大学 他 |
| | 大口径・高密度プラズマ処理装置の開発 － 低ダメージ・省エネルギー型半導体処理装置の実用化 － | 東北大学 |
| | Ti-Ni系形状記憶合金の開発と産業の創出 | 筑波大学 |
| | 機能性トリアジンジテオール － ナノ薄膜利用技術 － | 岩手大学 |
| | MEMS技術の産業化 － 民間への技術移転と地域産業振興 － | 東北大学 |
| | 急速充放電できるリチウムイオン二次電池の基盤技術開発 | 山形大学 |

図表 30 国公立大学及び公的研究機関における成果事例

アイちゃん親子は、ヒトの心の謎まで教えてくれる

比較認知科学研究

—「進化の隣人」チンパンジーの習得する知識や技術とその世代間伝播など霊長類を対象とした比較研究による人間の心の進化的基盤の解明—
(京都大学)



松沢哲郎教授とアイちゃん親子
<http://www.pri.kyoto-u.ac.jp/ai/>

京都大学霊長類研究所では、チンパンジーの知性や認識の研究を国内の研究室とアフリカの自然の生息地の双方において進めている。「アイ・プロジェクト」と呼ばれる研究では、チンパンジーの見ている世界を数字や漢字などの文字を媒体として実証している。基本計画実施中の特に大きな発見としては、チンパンジーが数字を一瞬に記憶する容量は、人間の大人と比肩しうるほど高いことを見出したことが挙げられる。高い知性を基盤として、アフリカの森では石器使用などの多様な道具を使用する行動が観察されており、また、このような知識や技術が世代を超えて文化的伝統として引き継がれていることも発見した。

このようなヒト以外の近縁種とヒトの比較を通じて、人間の本性の進化的起源を探求する「比較認知科学」の研究領域を開拓することができた。模倣・観察学習・愛着等の発達的变化に関する研究成果を踏まえて、学習と教育、親子関係・仲間関係などが、本来どのように人間に備わっているかを指摘した。

学術成果を背景に、人間の本性がどのような進化の基盤をもっているかを著書等の発表を通じて一般国民に解説しており、一般書は学校の教科書の教材等としても利用されている。

本研究に関するデータ

主な推進者：京都大学霊長類研究所思考言語分野教授 松沢哲郎

推進した主な公的投資：

- ・ 科学研究費補助金特別推進研究「チンパンジーの言語・認知機能の獲得と世代間伝播」(平成 7～11 年度)
- ・ 科学研究費補助金特別推進研究「認知と行動の霊長類的基盤」(平成 12～16 年度)
- ・ 科学研究費補助金特別推進研究「思考と学習の霊長類的基盤」(平成 16 年度～)

成果に対して授与された表彰等：

紫綬褒章(2004)、中日文化賞(2004)、日本神経科学会時実利彦記念賞(2004)、
ジェーン・グドール賞(2001)、日本心理学会研究奨励賞(1998)、中山賞特別賞(1996)

大型加速器で宇宙創世期の謎に迫る

Bファクトリーによる 素粒子物理学研究の推進

(高エネルギー加速器研究機構)



BELLE 検出器

<http://www.kek.jp/kids/closeup/b-news/b-factory.html>

Bファクトリー計画は、電子・陽電子衝突型加速器であるBファクトリー加速器(KEKB)を用いて、電子と陽電子を衝突させ、これにより発生するB中間子と反B中間子の崩壊現象を観測することで、物質と反物質に物理法則の違いがあるという自然界の対称性の破れ(CP対称性の破れ)を明らかにし、素粒子物理学の飛躍的發展を目指すものである。この計画は 1994 年から建設が開始され、高エネルギー加速器研究機構は 1999 年に実験を開始した。実験開始後、Bファクトリー加速器と BELLE 検出器の性能向上が図られ、衝突型加速器の性能を示すルミノシティ(衝突回数)が世界最高値を達成した。この結果、目標とするB中間子などの大量生成に成功し、2001 年に 99.999%以上の確率で、B中間子衝突において物質と反物質にCP対称性の破れが存在することを示した。

現代素粒子物理学には、宇宙創世期には同数あったとされる物質と反物質は、CP対称性が破れたことによって物質のみの世界に変化したのではないかという大きな謎がある。1973年の小林・益川理論は、CP対称性の破れを説明する最も有力な理論であり、これらの実験は、この理論の検証につながると考えられている。

また、Bファクトリー加速器は、従来では困難であった種々の新粒子の発見にも大きく寄与している。

主な推進組織 : 高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設 KEKB 加速器チーム、

Belle 実験グループ(13の国と地域、50を越える大学や研究機関から参加する

約 400名の研究者で構成される国際共同研究グループ)

成果に対して授与された表彰 : 米国物理学会ロバート R. ウィルソン賞(2004)、

第 47 回仁科記念賞(2001)、第 20 回井上學術賞(2003)、

第 24 回猿橋賞(2004)、第7回日本女性科学者の会奨励賞(2002)、他

まとめ2 ー 科学技術の進展とそのインパクトー

1. 科学技術のもたらす多様なインパクト

技術に対する詳細な事例分析から、第2期科学技術基本計画で示された8分野に関連する技術は、多種多様な形で、経済、社会、国民生活に大きなインパクトをもたらしている(あるいは期待される)ことが確認された。

2. 公的部門の重要性

技術の性格に応じて公的研究開発・支援の関与の仕方は異なるが、多くの場合、最終的なインパクト実現までの過程(科学技術の実現過程)で、公的部門は多様かつ重要な役割を果たしている。科学技術振興による経済・社会・国民生活へのインパクトをより一層拡大させるには、今後更なる公的研究開発・支援の充実を要する。また、国公立大学及び公的研究機関において達成された科学技術の成果は、新原理・新発見・大発明だけにとどまらず、国民生活・地域への貢献、国際社会への貢献、市場創出・新事業・起業など、幅広くかつ多様な意義をもたらしたことがわかった。

3. 基礎研究の重要性

技術がインパクトを実現する過程には多様な道筋があるが、その基盤として厚みのある基礎研究が不可欠である。具体的には基礎研究の多様性の確保及び継続的な実施が求められる。基礎研究は、発明・発見を通じた技術シーズの提供、原理の解明による民間における技術開発の進展、基礎研究を通じた人材の厚みの形成などを通じて、インパクトの実現に寄与する。

4. 「出口」までの「道筋」の考慮

「出口」(経済・社会・国民生活へのインパクト)までの「道筋」を想定し、研究開発と並行してインパクト実現に必要な環境を整備することが重要である。例えば、環境問題や少子高齢化への対応といった社会的な問題への対応など加速を要するテーマについては、インパクトを実現する上で何が律速となっているかのシステム分析を随時行っていくことが必要である。また、技術の進展及び社会環境等の変化がともに激しいことを踏まえて、柔軟性のある公的研究開発・支援が求められる。

5. 調達や研究基盤整備などの重要性

技術のインパクト実現までの過程においては、研究開発への直接的な寄与のみでなく、調達や研究基盤整備といった間接的な寄与も公的部門の役割として重要である。特に、調達に関しては技術を政府が積極的に導入することで一定量の市場を確保し、民間における継続的な技術開発を可能とするという点で、技術のインパクト実現において大きな寄与がある。今後は、産業に軸足のある研究開発の推進の手段として、特に「調達」を明確に位置づける必要がある。

3. 分野・領域ごとの発展の俯瞰的展望

3.1. 科学技術に対する社会・経済ニーズ

近年、科学技術政策の推進において、最終的に科学技術の成果を受容する社会や経済からのニーズを反映させるアプローチの必要性が高まってきている。社会・経済ニーズ調査では、軸足を市民の視点に置き、ニーズ項目の抽出・整理を行うとともに、参加型プロセスを導入し、今後 30 年間の想定して優先的に実現すべき社会・経済ニーズを展望することを目的とした。ただし、プロセスの一環として、科学技術に関わる産業界の視点も含めている。

本調査においては、基本的な設計として、今の生活において失いたくない「必須」のニーズと「ゆとり・贅沢」といったニーズについて、市民の視点で抽出することとした。確かに、ロケットやロボットなど科学技術のシーズによって未来の夢を語ることは知的探求心を育み、心の充足を得るためにも一層の取り組みが求められるところである。一方、テロや紛争、自然環境の劣化といった地球規模の問題が深刻化するなかで、従来、先進社会が享受してきた健康や身体的自由、生活の質といった基本的な権利を保全することが難しくなりつつある。このような状況の下では、ユートピア的な明るい未来を目指すことと共に、社会が直面する問題に 대응することが、“望ましい将来社会”に向けて求められることは自然な流れと考えられる。

そのような背景の中で、ウェブアンケートや関係者への聞き取り調査、また市民、経営者、有識者の各パネルから抽出した将来社会に向けたニーズ項目について、類似の内容を取りまとめたところ、12 のクラスターに集約された(図表 31)。これら 12 の将来に向けたニーズの中には、科学技術が深く関与してニーズを満たすことができる項目のみでなく、XI や XII に見られるように、科学技術に加えてその他の取り組みが必要な項目も存在する。

また、これらのニーズ項目の実現のため、科学技術のどのような分野や領域の取り組みが期待されるかという観点から、ニーズに対する寄与の関連性の分析を試行的に行なった(参考資料 5 参照)。ニーズ項目に重み付けを与えた 3 つの将来像ケースを設定すると、直接的寄与としては、健康を重視する場合には保健・医療分野というように、各項目に深く関わる分野がそれぞれ多く抽出された。一方、間接的寄与では、情報通信、エレクトロニクス、フロンティア、産業基盤、社会基盤分野の領域が 3 つの将来社会像ケースのいずれにおいても共通に抽出された。このことは、これらの分野が基盤的性格を持ち、様々なニーズを満たすために必要とされるものであることを示唆している。

図表 31 得られたニーズ項目

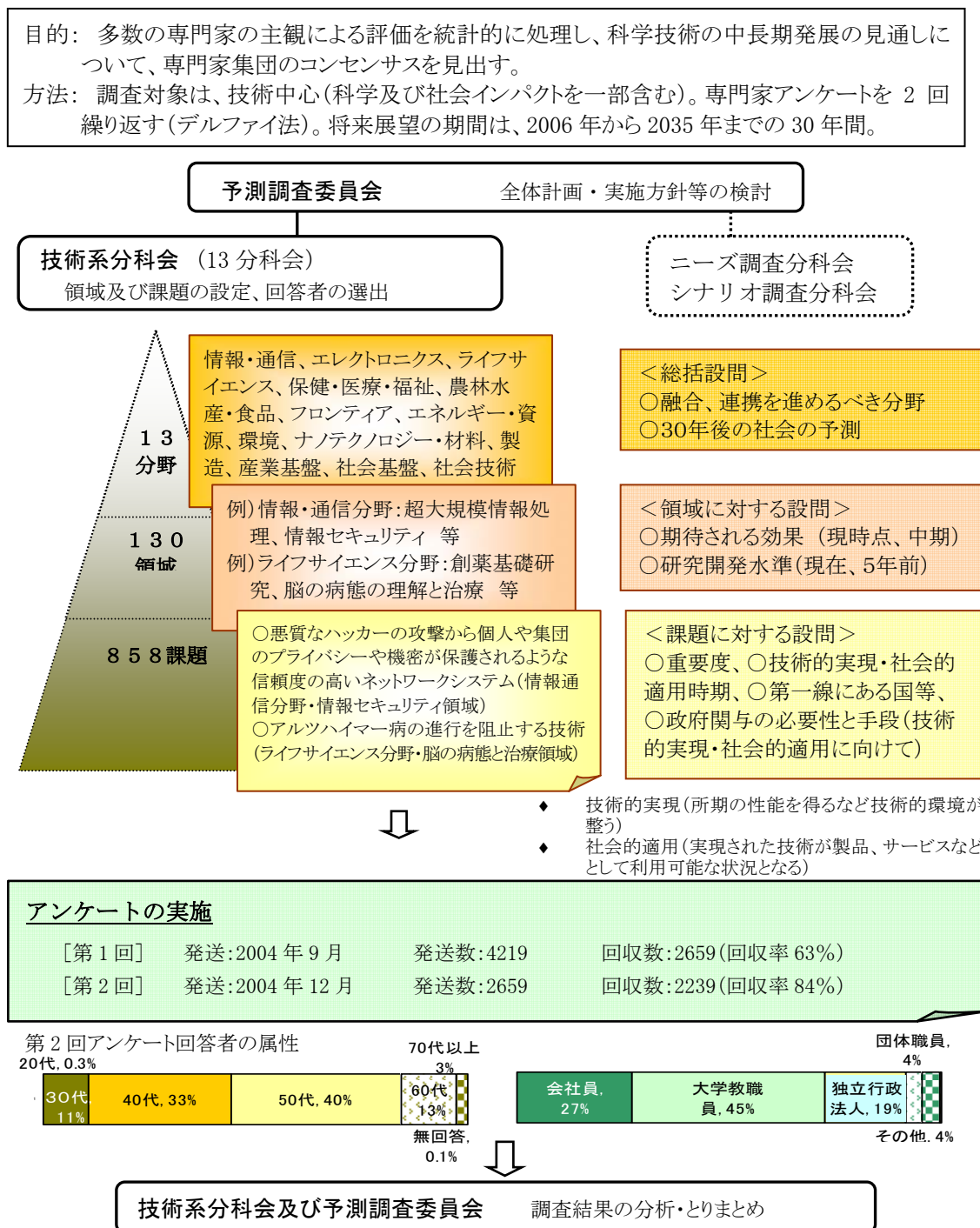
| ニーズ項目 | 下部項目 |
|---|---|
| I. 科学技術の成果で日本が一目置かれる国であり続ける | <ul style="list-style-type: none"> ① 世界の科学技術の発展に、大きなインパクトをもたらす成果をあげる ② 日本の科学技術の成果を世界に誇示する ③ 日本がいろいろな分野で国際的な人材養成の場として貢献する ④ 日本独自の文化を世界に発信する ⑤ 日本人が国際的に活躍する(市民パネル) ⑥ 日本が国際社会で発言力を持つ(産業界パネル) |
| II. 科学技術の未踏領域への挑戦で夢や希望を得る | <ul style="list-style-type: none"> ① 未知世界の探求を通して、人類の知の創造に貢献する ② 科学技術の成果で未来の夢を与える ③ 夢や希望が持てて、心の豊かさが実感できる |
| III. 地球規模の問題の解決に積極的に貢献する | <ul style="list-style-type: none"> ① 地球規模の環境問題(地球温暖化、オゾン層の破壊、熱帯林の減少、開発途上国の公害、酸性雨、砂漠化、生物多様性の減少、海洋汚染、有害廃棄物の越境移動など)に対処する ② 地球規模で生じているその他の問題(食料問題、エネルギー問題、淡水管理、感染症対策、災害の防止や被害の低減など)に対処する ③ グローバル化に伴って人類が直面している社会の問題(民族、宗教、精神生活、社会規範や制度をめぐる問題など)に対処する |
| IV. 新たな産業分野を開拓して、日本が経済的な国際的競争力を維持し続ける | <ul style="list-style-type: none"> ① 高品質な製造技術・省エネルギー技術などの強みを活かして、基盤・基幹産業を革新する ② 国際規格づくりを主導して、日本が、国際競争力のある商品をつくる ③ ファッションや音楽・アニメなど、日本発の文化産業が世界市場に拡大・展開する ④ 新領域の技術(ナノテクノロジーなど)を適切に活用する ⑤ 先端技術を生む環境を作る(シリコンバレーなど) ⑥ 複雑・高コストな流通システムが改善する ⑦ 敗者復活が可能で起業しやすい ⑧ 経営責任の度合いを限定して、積極的にリスクがとり易い社会となる ⑨ 日本で生まれた知識・ノウハウを国際的に活用する(知財の活用) ⑩ 消費の多様化に即した産業ビジョンを作る(個人消費を重視) ⑪ 産業人教育の充実(対人コミュニケーションに関する基礎教育、科学技術と商・法実務とに通じた人材) |
| V. 持続可能な社会システムを目指した新しい仕組みを構築する(都市と農村の連関・一次産業の保全を含む) | <ul style="list-style-type: none"> ① つくったものを自然に返す、循環型の社会システムが確立されている ② 水・食料・エネルギーが合理的にいきわたる仕組みが整う ③ リユース・リサイクル・つくったものを自然に返していく産業が展開する ④ 社会基盤を支える産業(原子力・鉄鋼業など)における伝統的な技術を継承し、人材を育成する ⑤ 一次産業(農業・漁業など)の役割が見直され、経営も革新する ⑥ 食料自給率が向上する(政府がバックアップして農業の生産が促進) ⑦ 巨大な流通に依存しないで自給(地産地消)できる ⑧ グローバル市場に対応しながら地域と連携した産業スタイルを確立する ⑨ 自然の豊かさを活かして地域が自立して生活できる(ex.温泉を利用) ⑩ 豊かな住環境(田園都市計画など)が整う ⑪ 農村地域社会・環境に注目して住民参加型で地域が進展し、地域活性化が進む ⑫ 都市と農村の交流を促進する(農村ツーリズムを促進する)。 |
| VI. 社会の構造変化に対応する(少子・高齢化、人口減少に対応する) | <ul style="list-style-type: none"> ① 高度に発達した科学技術や社会システムに対応して、教育・再教育システムを強化する ② シニア世代が能力を発揮できる ③ 柔軟・多様な雇用体制を整備し、人材の流動化を促進する |

| ニーズ項目 | 下部項目 |
|--|---|
| | ④ 在留外国人の受入環境を整備する(異文化理解の促進、受入外国人の生活環境を整備) ⑤ 男女共同参画が実質を伴って実現している ⑥ 少子化が回避されている(子どもを産み、育てやすい環境が整う) ⑦ 市民が相互に多様な宗教・文化・価値を認め合う ⑧ 日本独自の文化を継承する |
| VII.社会が平和で安全・安心に暮らせる(交通事故・犯罪・テロを回避する) | ① 交通事故の少ない社会・交通システムを構築する ② 犯罪やテロを防止するセキュリティシステムを整備する ③ 交通事故・犯罪・テロの被害を軽減できる防御システムを装備する ④ 戦争を回避する ⑤ 社会の秩序維持のため、科学技術の視点から人類社会の進むべき方向を示す(犯罪やテロへ向かう意識への啓発) |
| VIII.災害に強い | ① 事故・災害に強く、2次・3次の災害も起こりにくい社会インフラが整備されている ② 気象・災害の短期・地域長期の予知・予測ができる ③ 事故・災害発生時の地点と規模を即時に把握できる ④ 事故・災害発生時に即時に対応して、人命救助や速やかな生活の復旧が可能となる |
| IX.健康に生活できる | ① 新しい医療技術の開発・展開により、医療サービスが充実する ② 医療に関して、適切な情報を得て、治療法などを個人が選択できる ③ 個人の健康維持努力(自己管理)を支援する ④ 健全な心と体を保ち健康寿命を延伸する |
| X.個人の可能性が広がって、生活の豊かさが実感できる | ① 雇用・収入確保の不安がない ② 高齢者・障害者が独りで自立して暮らせる ③ キャリアコースのパスが多重になっている ④ 個性に応じて社会参画の機会が得られる(年齢・身体障害により排除されない) ⑤ 若年齢層の雇用機会を創出する ⑥ 生活環境を便利にする ⑦ 男女共同参画が実質を伴って実現している ⑧ 長く使えて広い家に住める(住宅ローン負担からの開放) ⑨ 職業生活と家庭生活・社会生活とのバランスの取れた人間生活がおくれる ⑩ 生活コストが低下して、食べるために働かなくていい(働くことが楽しい) |
| XI.誰もが家庭や社会でやりがいを持ってそれぞれの役割を担い、互いに助け合う | ① 自由・自我や利便性のみの追求を見直し、規矩のある社会を目指す ② 足るを知る ③ 心の健康が保たれ、生き甲斐が持てる(自殺者が3万人も出ない) ④ 子どもが夢を持ち、子ども時代を子どもらしく過ごせる ⑤ 家族・人間関係を大切にする ⑥ 若いうちからやり甲斐と責任ある役割を担い、社会的にも早く自立できる ⑦ 地域住民間のパートナーシップが回復している |
| XII.子どもも大人も目的を持って学び、真の学力を養う | ① 全国民が科学的合理性を養える仕組みが整う ② 教育の質を上げ、真の学力を身につけられる教育を実施する ③ 国際的に学力の高い社会を実現する(高等教育に対して教育資金の拡充) ④ 教育が規制緩和され、個性に応じた多様な教育機会が提供される ⑤ 学習現場とそれを活かせる場が密着している ⑥ 子供が学ぶことが楽しめる新しい教育学習方法が確立する ⑦ 子どもの知力を増強する教育システム・環境が構築される |

3.2. デルファイ調査

今後 30 年間の技術発展の方向性を把握するため、国内の技術専門家を対象とするデルファイ調査を実施した。デルファイ法とは、同じ質問を複数回繰り返し、回答者間のコンセンサスを見出す手法である。2 回目のアンケートでは、回答者に初回の集計結果を示した上で再評価を求めるため、意見が収れんする。調査の流れを図表 32 で示す。

図表 32 調査の流れ



3.2.1. 重要度上位課題の予測年表

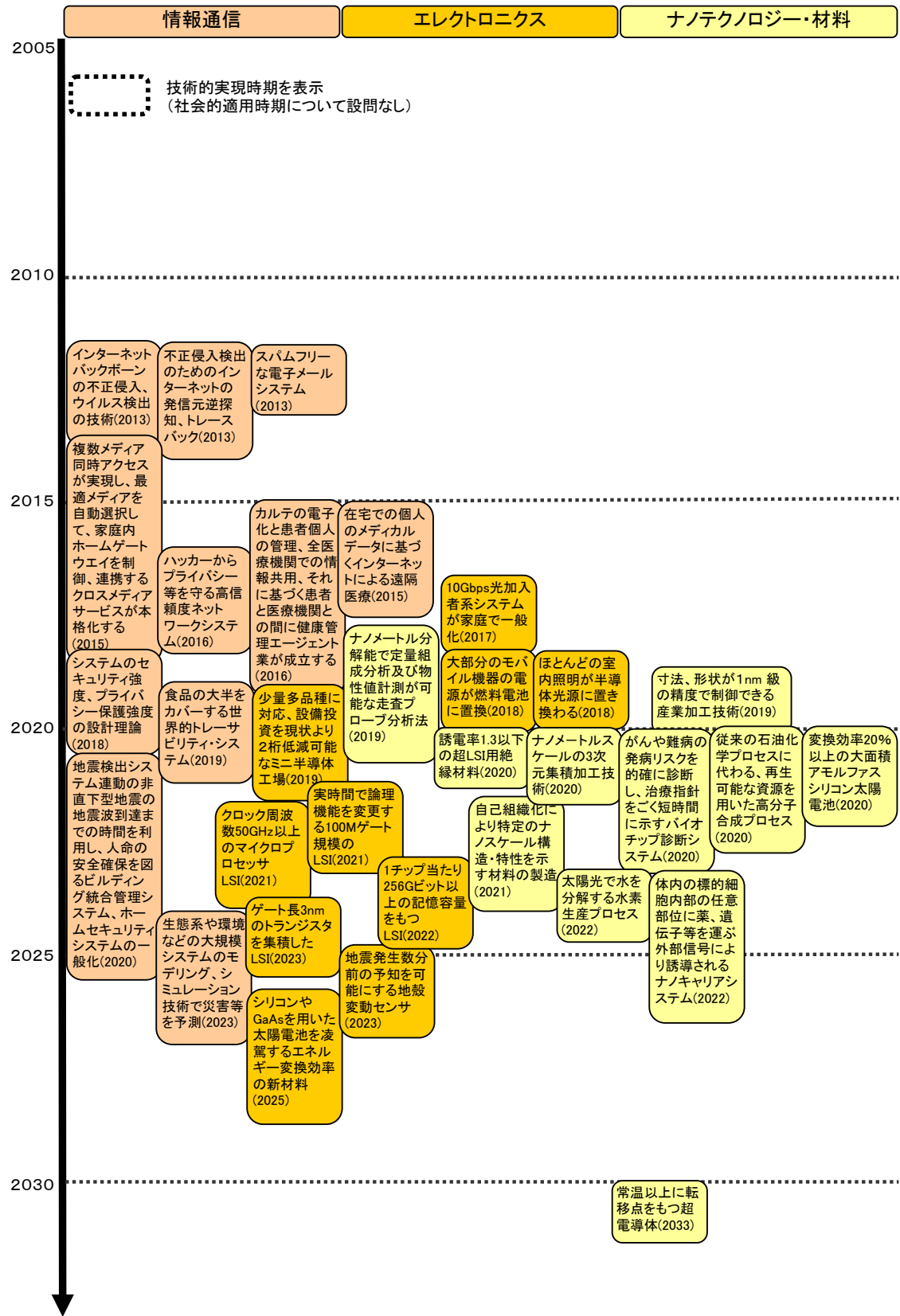
デルファイ調査の対象とした 858 課題について、13 の各分野で重要度が上位 15%以内の課題を抽出し、その社会的適用の予測時期を年表にした結果を図表 33 に示す。

情報通信、産業基盤では 2015 年以前という比較的早い時期での社会的適用が見込まれている課題が多いが、ライフサイエンス、保健・医療・福祉、農林水産では 2015 年以降という比較的社会的適用時期の遅い課題が多いことがわかる。

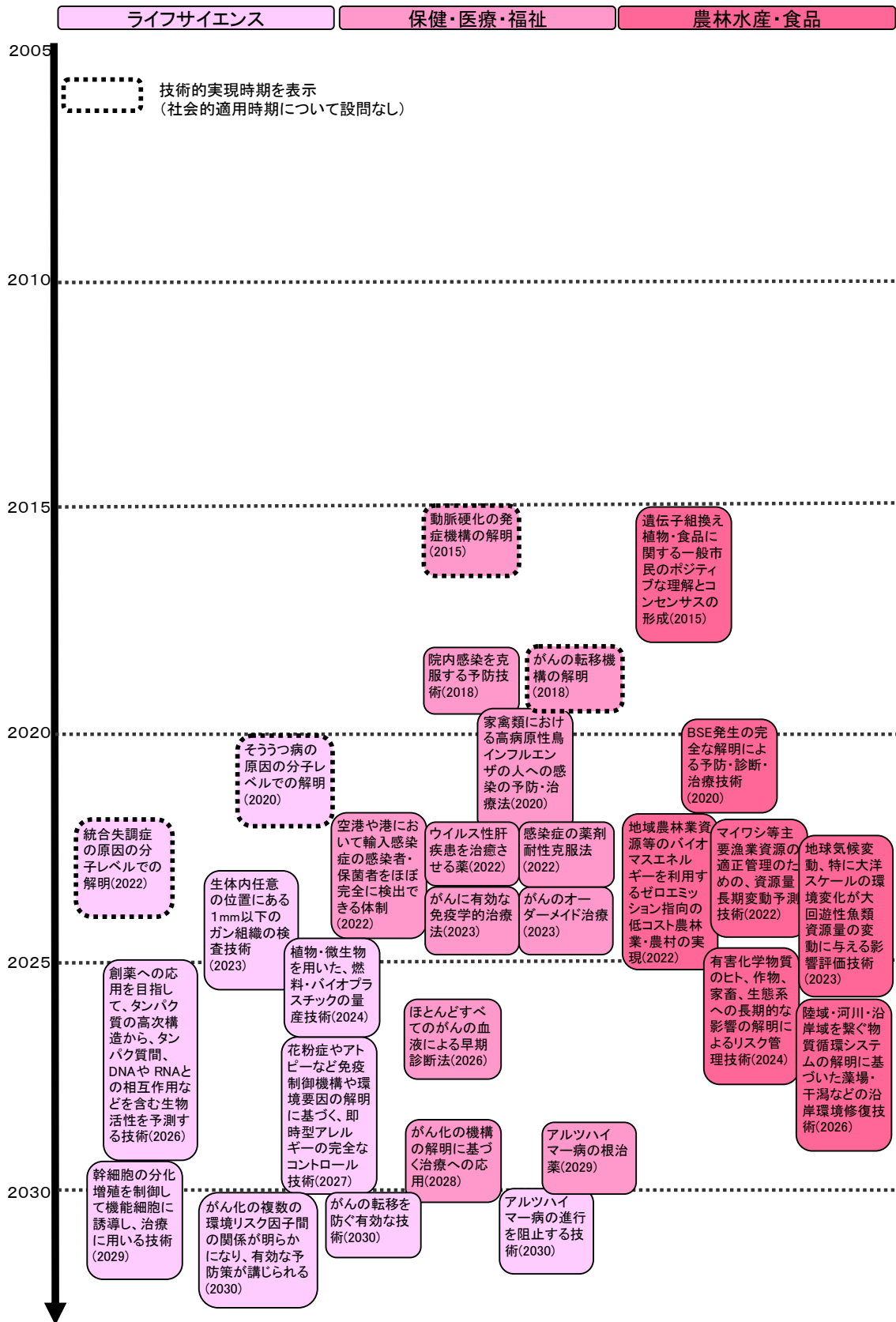
- 我が国にとっての重要度
 - ・ 大:非常に重要、中:重要、小:多少重要、なし:重要でない(不要である、実施すべきではないを含む)から1つ選択する。
 - ・ 我が国にとっての重要度については、前回調査との比較を可能とするため、前回と同様の算出方式(100点満点)をとる。
求め方(「大」回答数×100+「中」回答数×50+「小」回答数×25+「なし」回答数×0)÷重要度回答総数(無回答を除く)
- 社会適用時期
 - ・ 社会的適用時期は、2006～2010年、2011～2015年、2016～2025年、2026～2035年、2036年以降、適用されない、わからないから1つ選択する。
 - ・ 回答の1/2の値(中位値)を実現時期の代表値とする。

なお、アンケート集計結果の表記は、実現予測時期(年)については、少数第1位以下を切り捨てた整数を使用し、重要度については、小数第1位を四捨五入した整数を使用する。

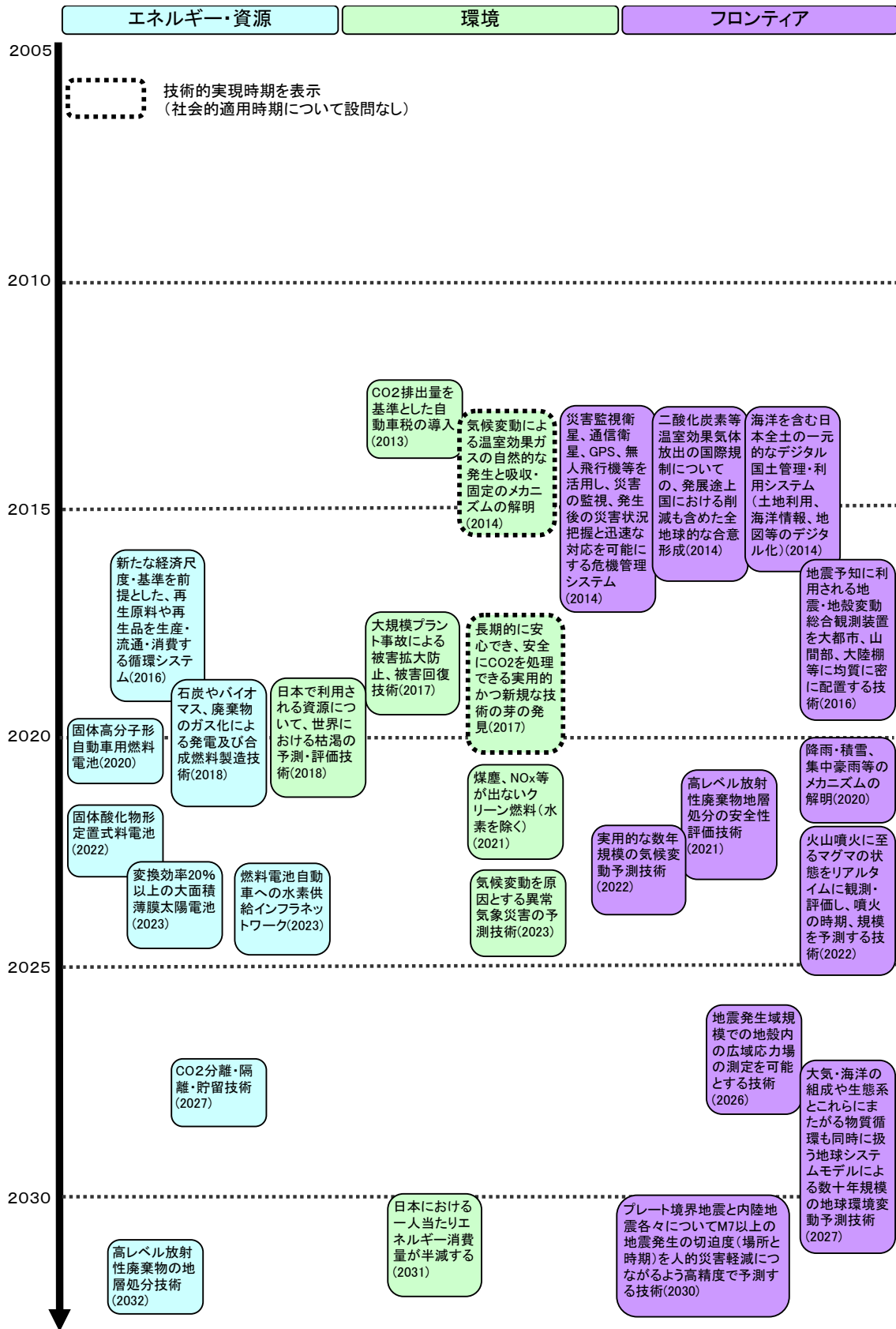
図表 33 重要度上位課題の予測年表



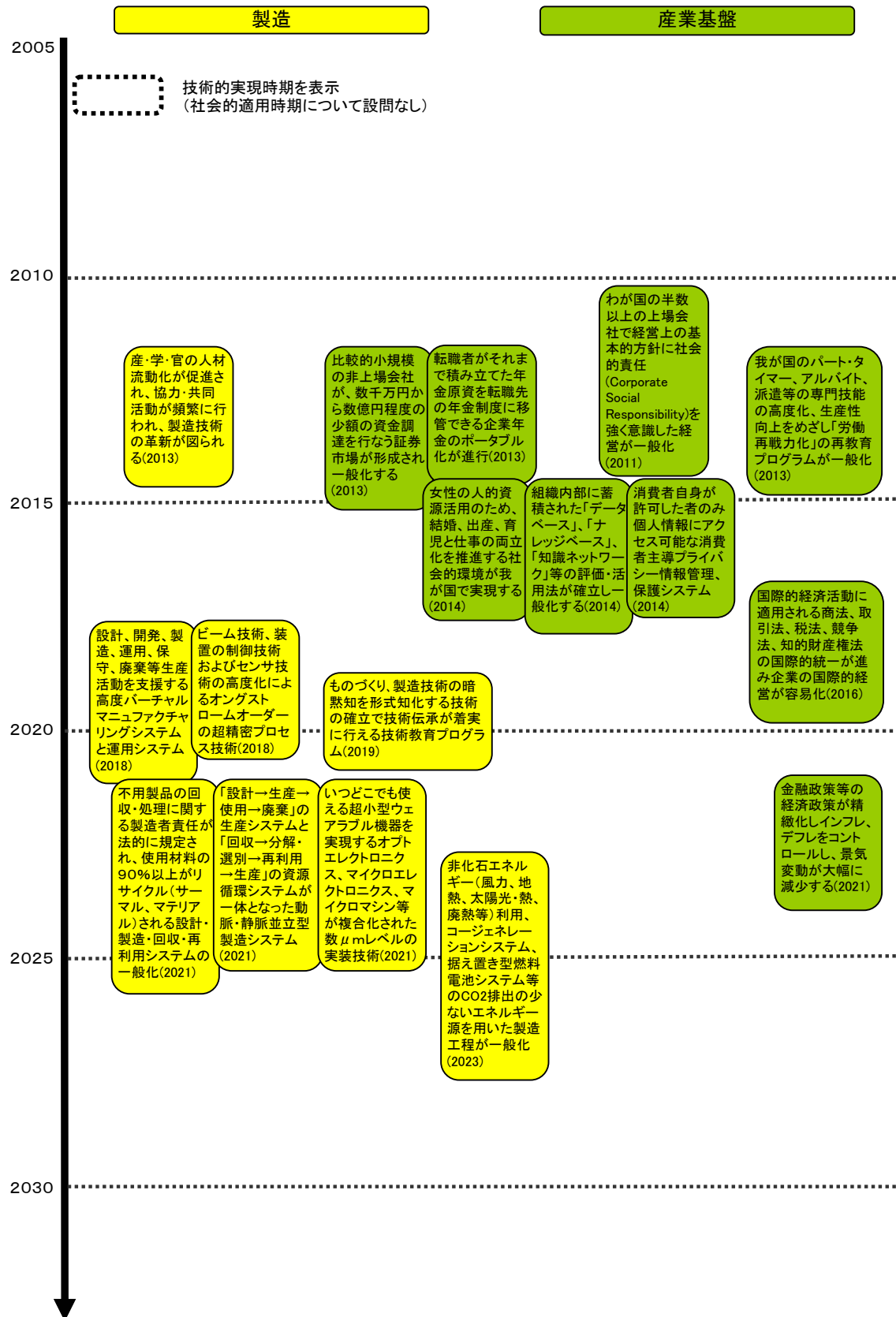
図表 33 重要度上位課題の予測年表(続き)



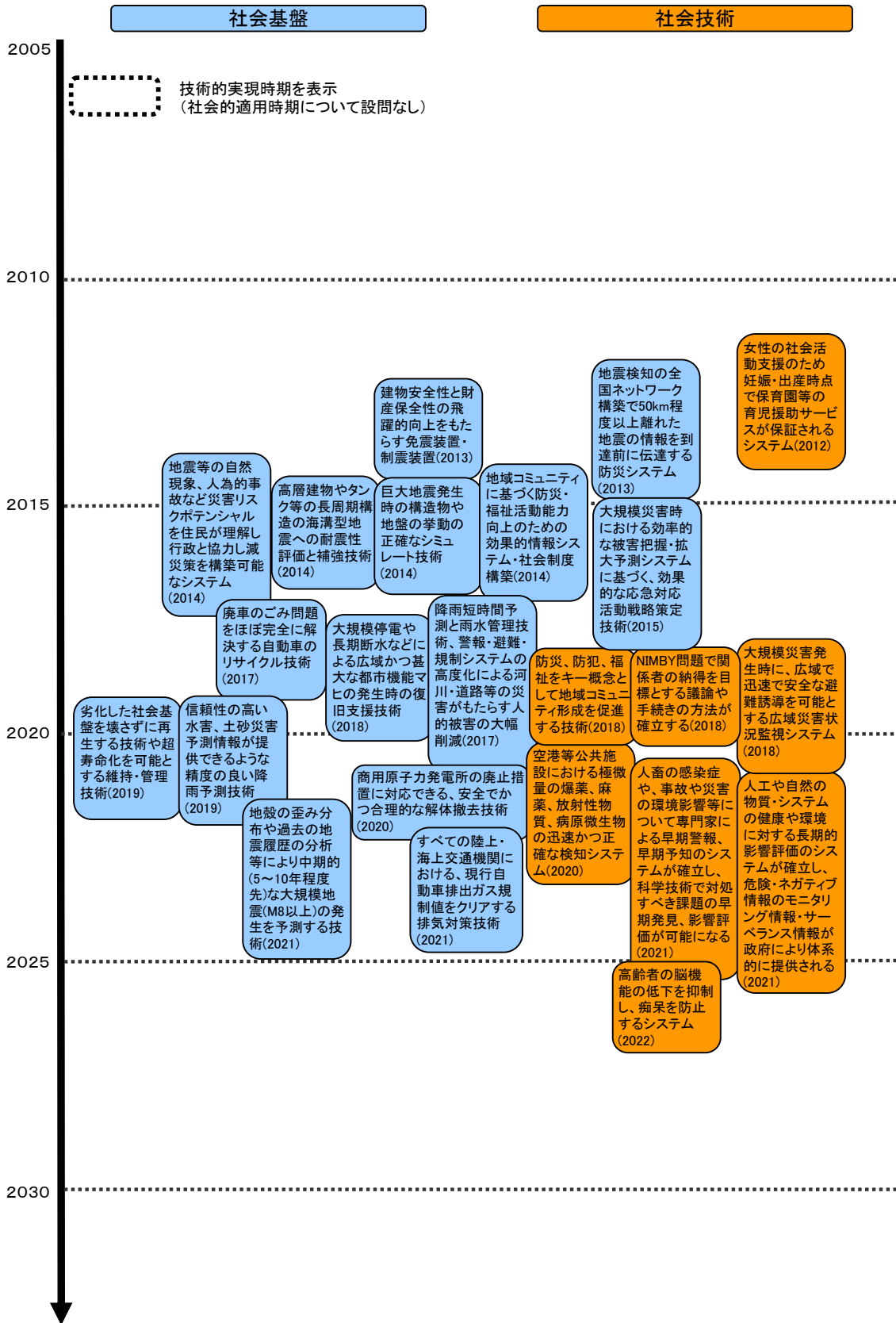
図表 33 重要度上位課題の予測年表(続き)



図表 33 重要度上位課題の予測年表(続き)



図表 33 重要度上位課題の予測年表(続き)



3.2.2. 重要度上位 100 課題の特徴

第 5 回(1992 年)、第 6 回(1997 年)、第 7 回(2001 年)、及び今回の調査における重要度上位 100 課題を、環境関連、情報関連、生命関連、災害関連、エネルギー関連、及びその他に分類し、重要課題の推移をみた(図表 34)。第 7 回までと今回では調査設計が異なっており、データの連続性に関して議論の余地はあるが前回調査と比較を行うと、災害関連が大きく増加し、環境関連、情報関連、生命関連が大きく減少していることがわかる。また、構造物の健全性評価、感染症などの早期予知と影響評価、公共の場での爆薬や病原微生物等の検知など、安全性確保のための予測課題もあがっており、防災関連や情報セキュリティの課題と合わせると、全般的には「安全」というキーワードで括れる課題が多い。

重要度上位 100 課題の特徴は以下の通りである。

図表 34 重要度上位 100 課題の区分別内訳の推移

| 区分 | 今回 | 第 7 回 (2001 年) | 第 6 回 (1997 年) | 第 5 回 (1992 年) |
|---------|----|-------------------|-------------------|-------------------|
| 環境関連 | 17 | 26 | 25 | 28 |
| 情報関連 | 13 | 21 | 24 | 10 |
| 生命関連 | 19 | 26 | 17 | 37 |
| 災害関連 | 23 | 8 | 11 | 9 |
| エネルギー関連 | 8 | 10 | 11 | 6 |
| その他 | 21 | 9 | 12 | 10 |

* 今回の結果で、生命と災害は 1 課題が重複している。

○環境関連

CO₂、NO_xなど排出ガスに関する課題(7 課題)や循環型社会に関する予測課題(5 課題)が多くあげられている。

○情報関連

高性能 LSI やウェアラブル機器実現のための微細加工技術、ネットワークへの不正侵入やウイルス検出といったセキュリティに関わる予測課題が重要とされている。

○生命関連

がんの転移機構解明や検査技術などがん関連の予測課題が 4 課題と最も多く、また動脈硬化、アルツハイマーといった高齢化に伴う病気に関わる予測課題があげられている。さらに、近年問題となっている感染症の薬剤耐性、アレルギー疾患、精神疾患の原因解明や予防・コントロールも重要とされる。BSE や有害化学物質の影響など、安全性に関わる予測課題も見受けられる。

○災害関連

23 課題が含まれており、第 7 回までに比べて倍増し、重要度上位 100 課題の 20%を占める。その半数が地震に関する予測課題であり、予知やシミュレーションから人的被害の削減対策まで幅広くあがっている。

○エネルギー関連

非化石エネルギー等を用いた製造工程、燃料電池搭載交通機関、太陽電池などがあがっている。

○その他の技術

上記の区分におさまらないその他区分の予測課題が多い。その内訳を見ると、教育、人材流動、技能・ノウハウ伝達、女性の社会参加支援など、人材に関する予測課題(7 課題)が多い。

また、過去の分類においてナノテクノロジーという区分は無い。今回過去との連続性を保つため、従来通りの区分でおこなったが、ナノテクノロジー関連の予測課題が 4 課題と目立つ。

3.2.3. 各領域及びこれに属する予測課題の特徴

今回の調査では、13 の各分野においてまず領域の選定を行い、次に各領域を代表する予測課題を選定した(ただし、例外として領域に属さない課題もある)。

以下、代表的な領域を取り上げ、領域に期待される効果、水準の状況、及び当該領域に属する予測課題の技術的実現時期・社会適用時期、さらに領域の技術的実現や社会的適用に向けて政府が取るべき手段の概要を示す。

<領域に対する設問>

○ 効果

- ・ 10 点満点で回答を指数化する。
- ・ 知的資産増大、経済的効果、社会的効果については、それぞれ細分された 2 項目の指数のうちの大きい方を当該効果の指数とする。
求め方(「大」回答数×10+「やや大」回答数×7.5+「中」回答数×5+「やや小」回答数×2.5+「なし」回答数×0)÷各効果回答総数(無回答を除く)

○ 研究開発水準

- ・ 10 点満点で回答を指数化する。
求め方(「優位」回答数×10+「やや優位」回答数×7.5+「対等」回答数×5+「やや劣位」回答数×2.5+「劣位」回答数×0)÷水準回答総数(無回答を除く)

<予測課題に対する設問>

○ 技術的実現時期及び社会的適用時期

- ・ 回答の両端の 1/4 ずつを除いた中間の 1/2 の値を用いる。中間 1/2 の両端(バー)を回答の幅とし、中位値(白及び水色ダイヤ印)を実現予測時期の代表値とする。

○ 技術的実現に向けて、及び、社会的適用に向けての政府関与の必要性

- ・ 10 点満点で回答を指数化する。
求め方(「大」回答数×10+「中」回答数×6.7(10×2÷3)+「小」回答数×3.3(10÷3)+「なし」回答数×0)÷必要性回答総数(無回答を除く)

○ 現在第一線にある国等、並びに、実現に向けて政府がとるべき有効な手段(技術的実現、社会的適用とも)

- ・ 選択割合(選択された数/必要性「大」「中」「小」回答者数)を算出する。

○効果及び政府がとるべき手段の略記:

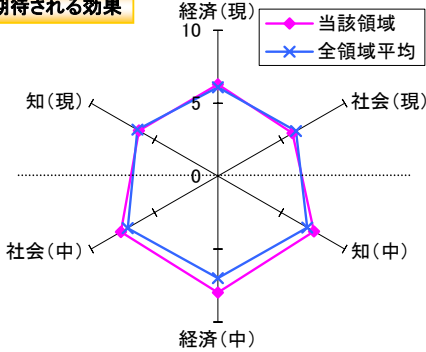
効果:知(知的資産の増大)、経済(経済的効果)、社会(社会的効果)、現(現時点:今後 10 年程度)、中(中期:2016 年以降の 10 年間程度)

政府がとるべき手段:人材育成(人材の育成と確保)、連携強化(産学官・分野間の連携強化)、基盤整備(研究開発基盤の整備)、資金拡充(研究開発資金の拡充)、国際展開(国際展開の推進)、規制緩和(関連する規制の緩和・廃止)、規制強化(関連する規制の強化・新設)、起業環境(起業環境の整備)、税制調達(税制・補助金・調達による支援)

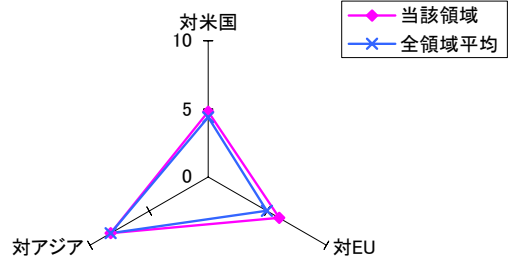
8 ユビキタスネットワークング

この領域を代表する技術の進展を見ると、まず通信、ネットワークの利便性向上に関する技術について具体化が進み、次にセンサーやシステムの制御といった要素技術が、さらに微小ロボット間の相互連携といった複雑なシステムが実現し、その先には生体と融合するシステムへと展開していく筋道が考えられる。期待される効果は、中期的時点(2015年以降)で、知的資産増大、経済的効果、社会的効果の3つの効果いずれについても期待が大きい。研究開発水準は、対米、対EUのいずれについてもこの5年間で改善し、ほぼ対等のレベルにある。

期待される効果

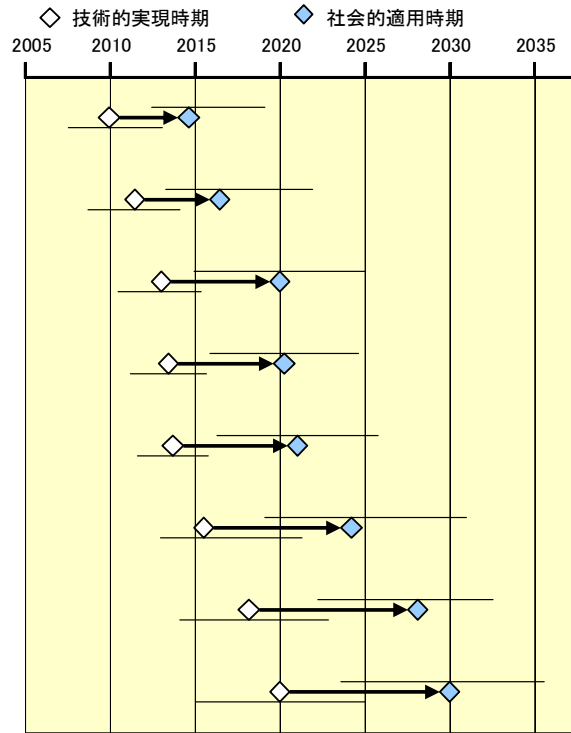


我が国の研究開発水準

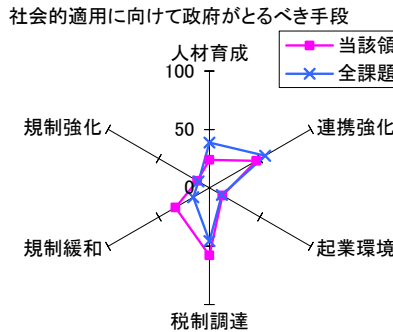
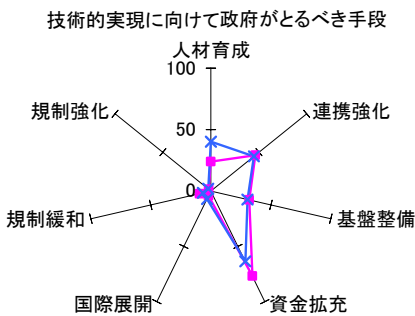


実現年表

- 67 周辺の無線情報端末間でアドホックに通信するシステム(アプリケーションも含めインターネットとシームレスに通信する機能を持つ)
- 61 1000人程度のユーザをもつネットワークで、ターミナルの接続やネットワークの運用が自動的に行われ、ネットワーク管理者を必要としない管理システム
- 62 もの同士が相互に存在、性質、状況を感じし自動的に危険回避や協調作業を行う技術
- 64 熱、光、電波、雑音からエネルギーをもらい半永久的に動作する微小通信チップあるいはセンサー
- 68 絶えず発生し、また、消滅していく超多数のものの識別子(ID)の管理を行い、それぞれのIDの意味づけや情報を整理し、陳腐化した情報を自動的に廃棄する技術
- 63 単機能(小規模機能)のたくさんの小さなロボットが集まって、互いに連携、機能分担することにより複雑な機能を実現する技術
- 65 人体に埋め込まれ、体温や血流などの生体エネルギーを利用して半永久的に動き続け、健康状態のモニターやペースメーカーのような生体機能補助を行うことができる医療チップ
- 66 外部から通信・制御可能で、体の中に埋め込まれたり血管の中を動き回ることができるナノチップやマイクロセンサーを用いた医療技術



政府の関与(課題の平均値)



技術的実現には、人材育成、資金拡充が重視されている。社会的適用に関する特徴は、人材、税制調達、規制緩和など多角的な政策の展開が必要であることである。例えば、電波の利用などの規制緩和が含まれる。

技術的実現に向けて政府関与の必要性



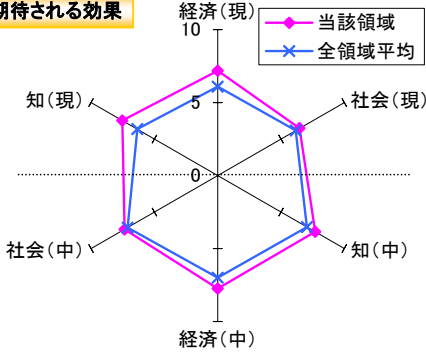
社会的適用に向けて政府関与の必要性



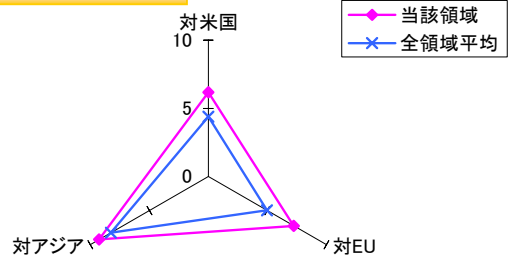
12 オプト&フォトニックデバイス

オプトエレクトロニクスは、日本が世界の先導的な位置にあり、中期的時点で知的資産増大と経済的効果への寄与が大きいと期待されている。我が国の研究開発水準は対米国、対EUのいずれにも優位にある。代表的な技術について、ブロードバンドの普及を背景にして、10Gbpsの光加入線や関連する高周波レーザの実現、ユビキタス環境を想定した100Tbpsの多重化装置、10THzまでのフォトニックセンシング技術が実現していく道筋が展望できる。長期的には、現状では実験室レベルの技術である光バッファメモリ、量子情報光通信などが2020年前後に技術的に実現し、10年程度で社会的に適用していくと見られる。

期待される効果

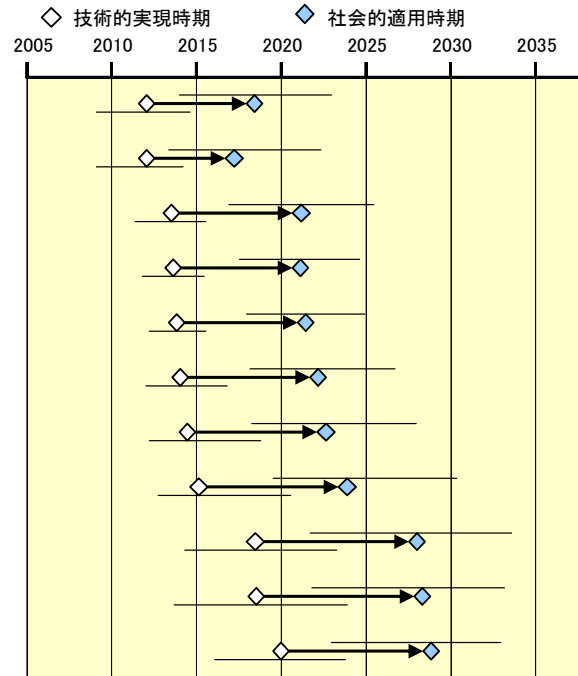


我が国の研究開発水準

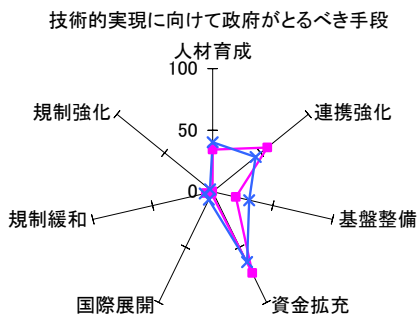


実現年表

- 17 ほとんどの室内照明が半導体光源に置き換わる
- 15 10Gbps光加入者系システムが家庭で一般化
- 19 紫外・深紫外半導体レーザ
- 14 固体有機材料による、例えばレーザや光スイッチなどのデバイス
- 20 100Tbpsの多重化信号を1本の光ファイバで伝送できる光多重通信装置
- 18 1THz～10THzの未利用であった電磁波帯を利用したフォトニックセンシング技術
- 21 超低損失(例えば0.1dB/km以下)のホーリーファイバ(フォトニック結晶ファイバ)
- 23 フォトニック結晶を用いた光集積回路
- 24 大容量光バッファメモリ
- 22 高い安全性を保證する量子情報光通信システム
- 16 波長数十Åの領域で発振する軟X線レーザ



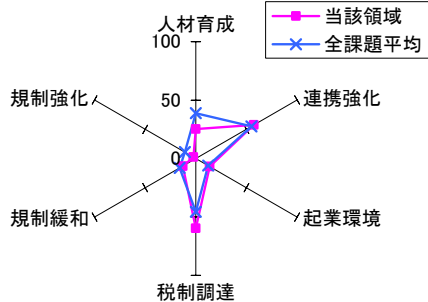
政府の関与(課題の平均値)



技術的実現に向けて政府関与の必要性



社会的適用に向けて政府がとるべき手段



社会的適用に向けて政府関与の必要性

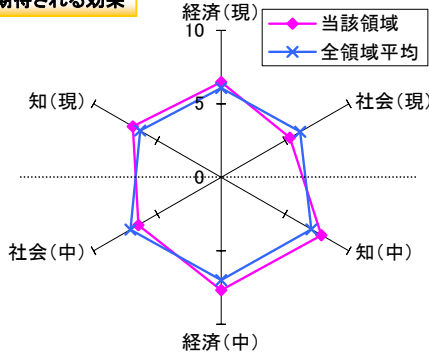


比較的規模の大きな先進的実験施設が必要であるため、技術的実現においては、連携強化や基盤整備に政府の関与が必要であると考えられる。また、社会的適用に関しては、人材育成が最も重視されている。

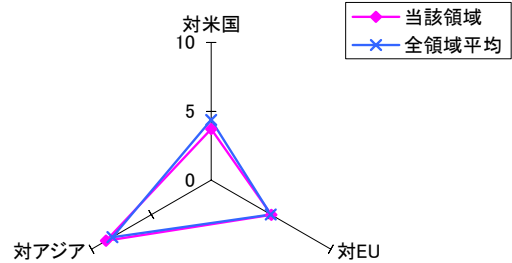
31 生体物質測定技術

この領域はライフサイエンスの様々な分野の発展を支える基盤といえ、期待される効果は知的資産増大への寄与が現時点、中期で大きい。同時にライフサイエンスの研究成果の産業化とその成長への期待から、基盤であるこの領域の経済的効果も見込まれている。研究開発水準はこの5年間で改善しており、対EUでは同等以上になっている。組織、ゲノム、糖鎖といった個別対象の計測に関する高感度化、時間・空間分解能の向上が2015年前後に技術的に実現すると予測されているが、多数の物質間相互作用を同時に計測するとなると実現は少し遅れ、生体内自走式ではさらに遅くなる。社会的適用までには10年以上を見込む必要がある。

期待される効果

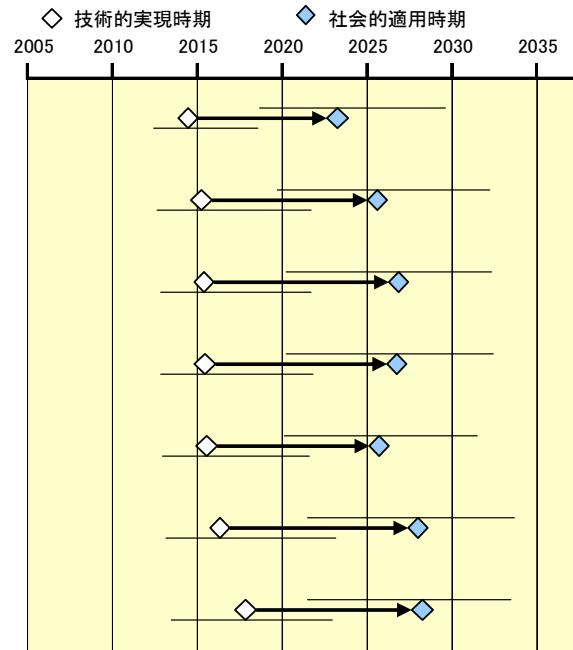


我が国の研究開発水準

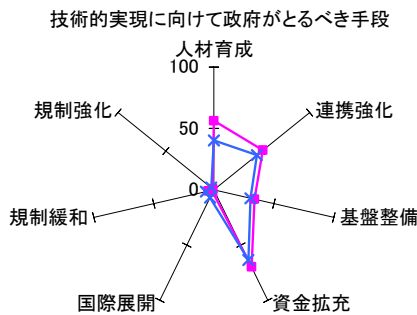


実現年表

- 33 生体内の任意の位置にある1mm以下のガン組織の検査技術
- 34 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
- 36 ヒトゲノムの塩基配列解析を一日で完了することができる技術
- 37 1つの細胞を試料として、細胞内の全てのmRNAの種類とコピー数を計測できる装置
- 38 20個以上の糖単位が連なった糖鎖の配列を、分岐やリンケージを含めて自動解析する装置
- 35 細胞内外での多数の物質間相互作用を観察と同時に対象物を同定し、その物質の分布形状をモニターする技術
- 32 生体(管腔臓器)内を自走する診断・治療用マイクロマシン



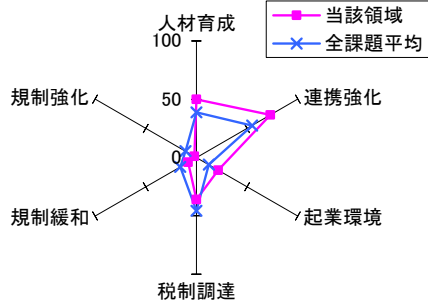
政府の関与(課題の平均値)



技術的実現に向けて政府関与の必要性



社会的適用に向けて政府がとるべき手段



社会的適用に向けて政府関与の必要性

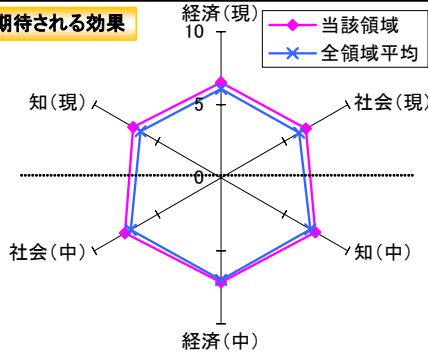


この領域は生命系、化学系、物理系など融合領域で、基礎的な研究と装置などへ応用の連携が必要である。こうしたことから、広汎な研究の知識・経験を有する人材の育成、産学官・分野の連携強化といった取り組みが技術、社会的適用のいずれにおいても期待され、特に研究成果の産業化が重要となる社会的適用の推進において産学官・分野連携強化への期待が大きい。

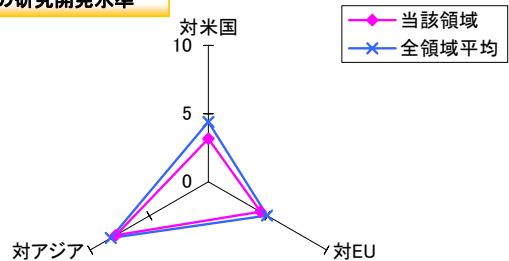
36 個別医療

この領域を代表する技術は、がんその他の生活習慣病についての診断技術と治療技術である。このうち、がんの治療では、現在の治療技術の中心である薬物療法や放射線療法の改良技術、オーダーメイド治療技術、免疫学的治療技術そして遺伝子治療技術へと段階を進め、最終的にがん化の機構解明に基づく治療技術が実現すると見込まれる。がん以外の動脈硬化、高コレステロール血症、糖尿病に対する遺伝子治療を含め、個別医療を実現する主要技術は2025年から2030年までに社会的適用(治療として一般化)が進むと予測されている。期待される効果では、知的資産増大、経済的効果、社会的効果の3つの効果いずれへも寄与すると期待されており、現時点での期待が大きい。我が国の研究開発水準は対米国に対してまだ差は大きいものの、この5年間で改善はしている。

期待される効果

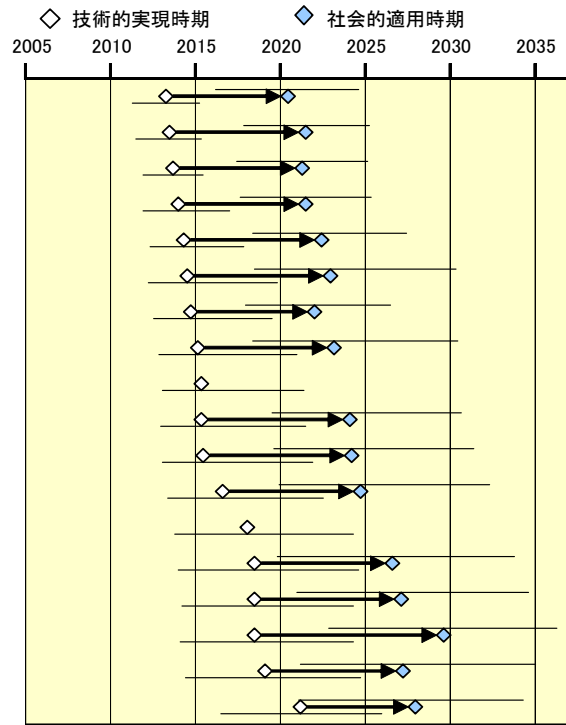


我が国の研究開発水準

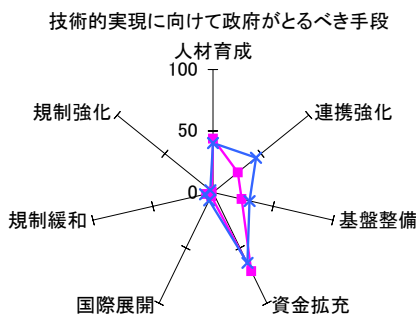


実現年表

- 15 ドラッグデリバリーシステム (DDS)
- 13 がんの薬物耐性検定法
- 14 がん治療に有効な放射線治療および増感薬
- 7 経口によるインスリン治療法
- 11 血液中の希望する成分を選択的に除去する血液浄化器
- 16 がんのオーダーメイド治療
- 18 標的とする感染症に対する特異性と持続性の高い免疫学的治療法
- 9 がんにも有効な免疫学的治療法
- 3 動脈硬化の発症機構の解明
- 17 がん冬眠療法
- 12 動脈硬化病巣の局所治療が可能な遺伝子治療法
- 8 家族性高コレステロール血症の遺伝子治療法
- 1 がんの転移機構の解明
- 4 ほとんどすべてのがんの血液検査による早期診断法
- 6 糖尿病の遺伝子治療法
- 10 がんに対する遺伝子治療法
- 5 腎生検を行うことなく治療法の選択に役立つ腎病変の診断法
- 2 がん化の機構の解明に基づく治療への応用



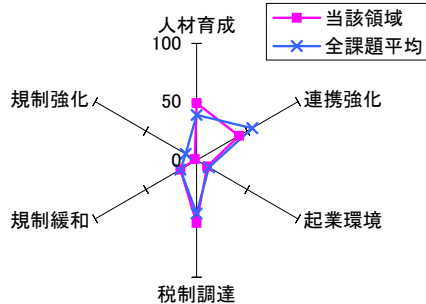
政府の関与(課題の平均値)



技術的实现に向けて政府関与の必要性



社会的適用に向けて政府がとるべき手段



社会的適用に向けて政府関与の必要性

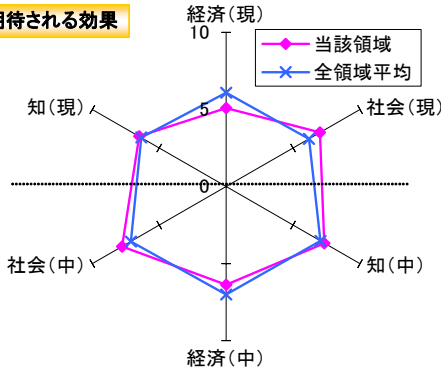


社会的適用に向けて、人材育成への期待が高い。個別医療は今後、世界的に医療の中心になると考えられるが、この技術の社会的適用に関する人材に不足感があり、政府による人材育成策が期待されている。

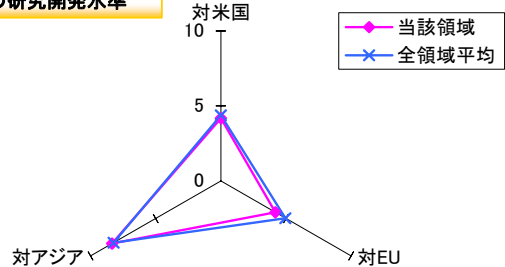
72 生態影響の解明と対策(土壌、水を含む)を中心とした領域

この領域を代表する技術は、まず環境モニタリング、人間活動によりもたらされる環境への負荷の影響評価といった技術が技術的に実現し、その後、汚染物質の除去、生態系の再生を可能にする技術、生態系への原因を制御する技術が実現すると予測される。技術的実現時期は2010年ごろから2015年過ぎで、その後2020年から2025年頃にかけて社会的適用が進むと見られる。期待される効果は、安全・安心や生活の質の向上といった社会的効果について大きいと評価され、また、生態系への理解を進めることから知的資産の増大も評価される。我が国の研究開発水準は、対米国、対EUについてこの5年間でかなり改善してきている。

期待される効果

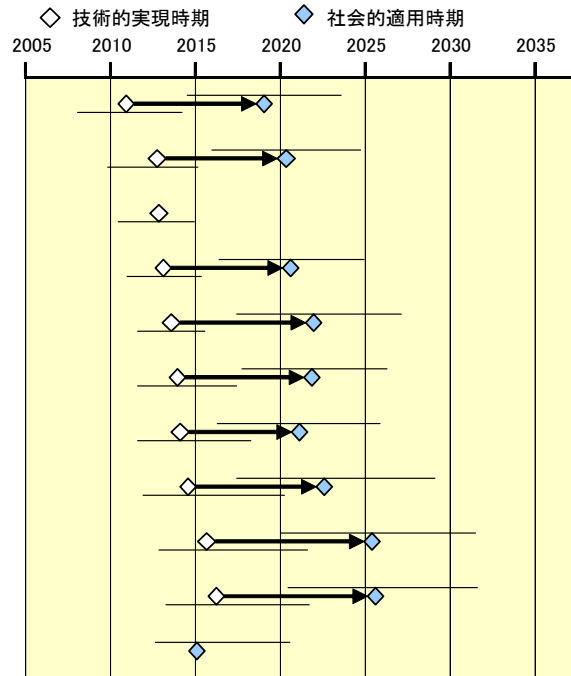


我が国の研究開発水準

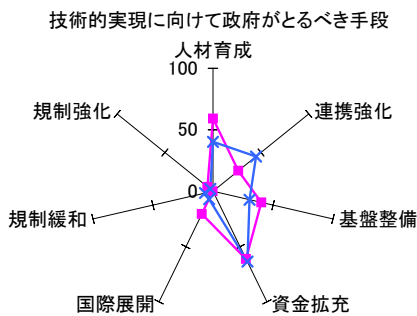


実現年表

- 24 植生の分布に関する高精度衛星搭載センサおよびインターネットを利用した環境モニタリング技術
- 25 干潟生態系構造・機能に与える流動場の影響の定量的解明
- 20 酸性雨が動植物や生態系に及ぼす影響のメカニズムの解明
- 27 下水から河川に排出される内分泌かく乱物質への対応技術
- 23 侵略的外来種判定のための生態学的評価技術
- 29 ダイオキシン等のPOPs(難分解性環境汚染物質)を海底土壌から除去する技術
- 21 湿地における生態系および生物多様性の再生技術
- 30 砂漠における高効率な植生再生技術
- 22 絶滅危惧種について遺伝的多様性を保存し再生する技術
- 26 自然生態系の保全・再生における阻害原因生物種の制御技術
- 28 開発計画作成時に、生態系の保全・再生に関して合意形成プロセスに基づく目標値を含めることの制度化



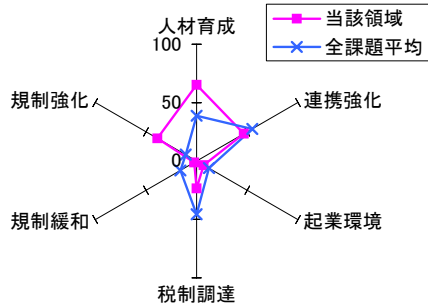
政府の関与(課題の平均値)



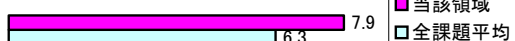
技術的実現に向けて政府関与の必要性



社会的適用に向けて政府がとるべき手段



社会的適用に向けて政府関与の必要性

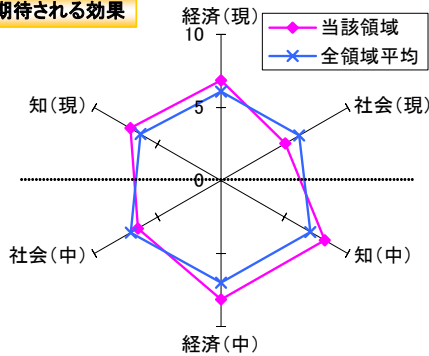


生物の多様性・生態系の保全は全地球的な問題であるため、対応技術の国際展開が求められる。この領域の研究や応用を担う人材の育成への期待も強い。社会的適用に向けては、科学技術的な取り組みと同時に生態系への影響を減じるような規制強化について政府の役割が期待されている。

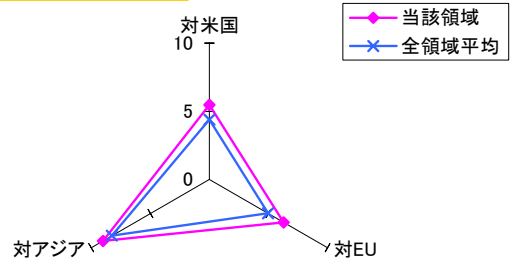
81 ナノレベル構造制御による新規材料

領域を代表する技術は、大半の技術は2015年までに技術的に実現し、その後7、8年で社会的に適用されると予測される。一方で、全有機強磁性体や常温超伝導など、構造制御に加えて、電子の多体効果などより複雑な現象まで考慮する必要のある技術では、技術的実現は2015年以降と見られ、社会的適用にいたるのは2030年前後になる。期待される効果は、現時点で知的資産の増大と経済的効果への期待が大きい。代表する技術の社会的実現時期が全て2020年以降であることから、中期的時点では、その効果がさらに大きくなる。研究開発水準は、5年前と現在ともにアジアに対して優位、米国やEUに対してもやや優位にある。

期待される効果

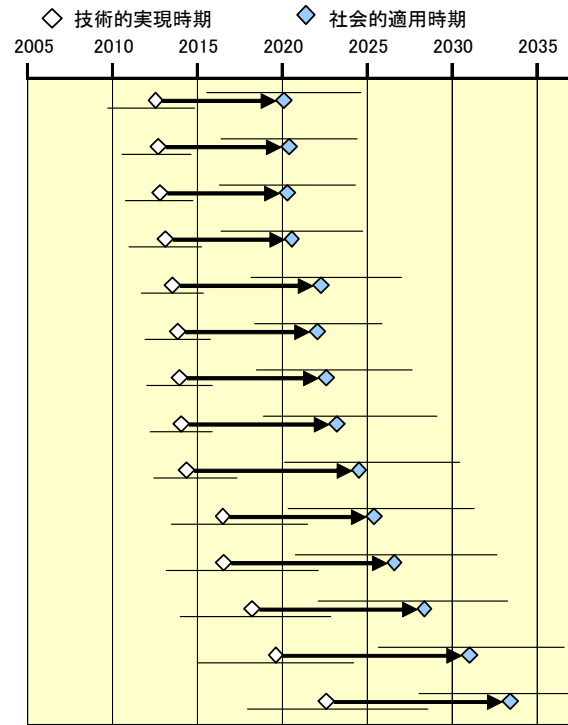


我が国の研究開発水準

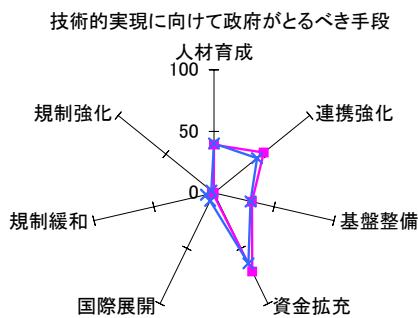


実現年表

- 42 カーボンナノチューブによる軽量・コンポジット構造材料
- 38 変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池
- 29 人骨とほぼ同等の機能を有する生体用セラミックス
- 37 誘電率1.3以下の超LSI用絶縁材料
- 39 ナノメートルスケールで制御された構造を持つことにより新機能または革新的物性を発現する有機・無機複合材料
- 32 圧電率がPZT (Pb(Zr,Ti)O₃)なみの鉛フリー強誘電体
- 41 実用レベルの半導体ダイヤモンド
- 40 必要な時に必要な場所で実用的に意味のある刺激応答機能を示すナノ材料
- 34 1200℃の高温(大気)中において15kgf/mm²(約150MPa)の荷重に1000時間以上耐えられる耐熱合金
- 36 ナノメートルスケールでヘテロ構造を制御することによる、(BH)_{max}=400kJ/m³(50.3MGoe)以上の異方性ナノコンポジット磁石
- 31 室温で銅と同等の電気伝導度と耐環境性を有する高分子材料
- 30 室温以上のキュリー点をもつ全有機強磁性体
- 33 液体窒素温度以上に移転点を持つ高分子超電導材料
- 35 常温以上に転移点をもつ超電導体



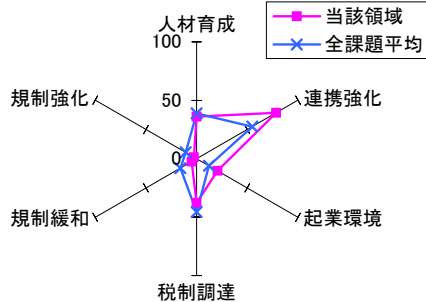
政府の関与(課題の平均値)



技術的実現に向けて政府関与の必要性



社会的適用に向けて政府がとるべき手段



社会的適用に向けて政府関与の必要性



技術的実現に向けては、資金の拡充、社会的な実現に際しては産学官・分野間の連携強化が強く求められている。基礎研究によって実現された技術を産業へと進めるための連携の強化が求められる。

3.2.4. 130 領域の効果の特徴について

130 領域の効果の特徴を概観するため、領域ごとに求めた効果(知的資産の増大、経済的効果、社会的効果)の大きさを用いて、下記条件により領域の選定を行なったところ、112 領域が抽出された。

<抽出条件>

* 知的資産の増大(現時点)

- ・知的資産増大:当該分野自体の知的資産増大への寄与効果の大きい上位 1/3
- ・他分野発展:他分野の発展への寄与効果の大きい上位 1/3

* 経済的効果(現時点)

- ・既存産業発展:我が国の既存産業発展への寄与効果の大きい上位 1/3
- ・新産業創出:新産業・新事業の創出への寄与効果の大きい上位 1/3

* 社会的効果(現時点)

- ・安全安心:安全安心の確保への寄与効果の大きい上位 1/3
- ・生活の質向上:社会の活力や生活の質向上への寄与効果の大きい上位 1/3

* その他

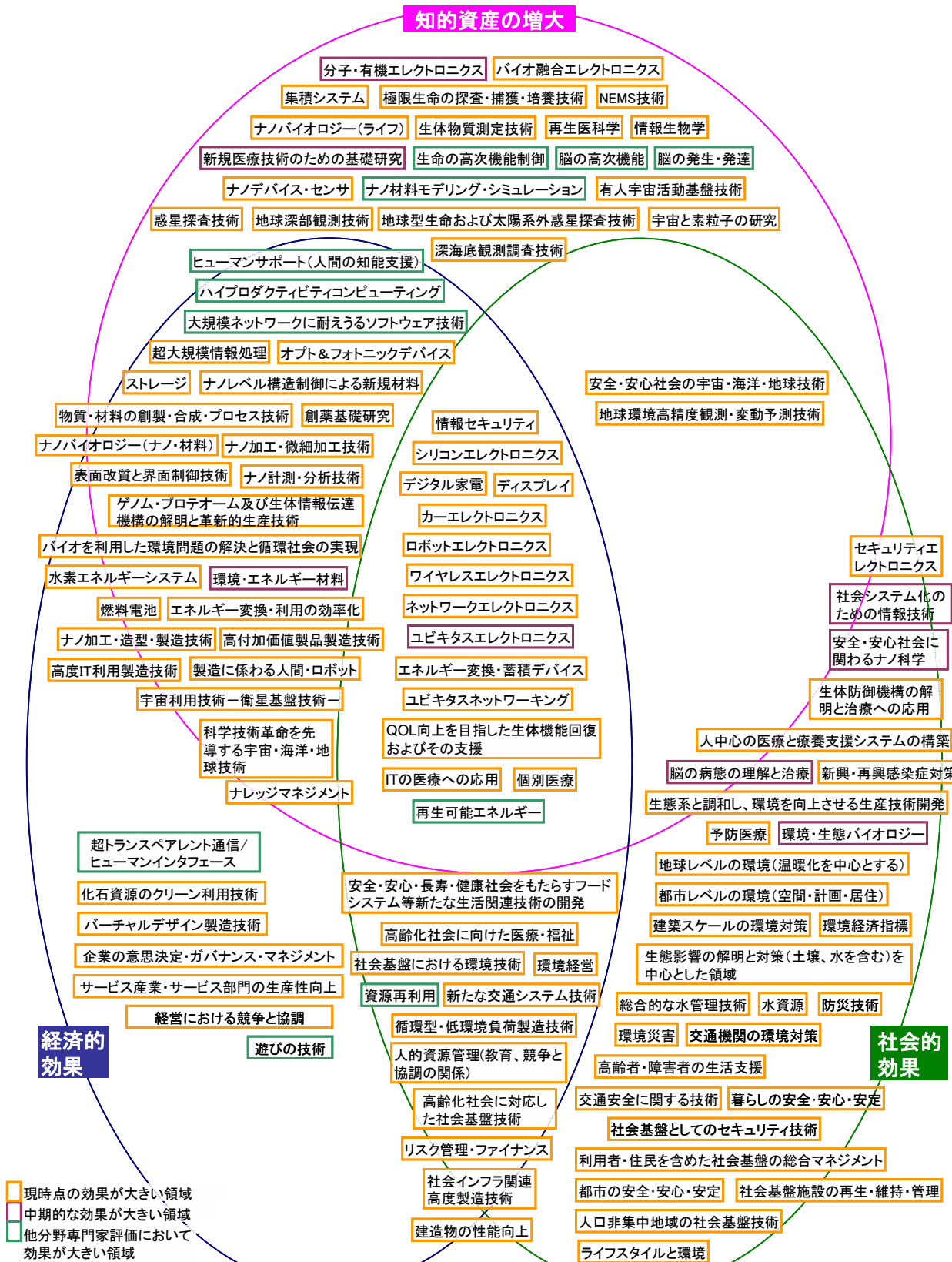
現時点 6 つの効果で上位 1/3 に含まれないが、以下のいずれかの項目に該当するもの

- ・中期的な時点(2016 年以降)で期待される効果の大きい上位 1/3
- ・B票(当該分野以外の専門家の評価)の現時点もしくは中期的な時点で期待される効果の大きい上位 1/3

112 領域がもたらすと考えられる効果により分類すると、図表 35 のようになる。知的資産の増大と経済的効果とが共に大きい領域が多い。多くの領域において新たな科学技術の知見の拡大が同時に経済発展をもたらす傾向を有しているとみることもできる。一方、社会的効果と知的資産の増大が共に大きい領域は、わずか 2 領域にとどまる。

中期的な効果が大きい領域としては、社会システム化のための情報技術や安全・安心社会に関わるナノ科学などで社会的効果が大きい。また、当該分野以外の専門家評価において効果が大きい領域として、ハイプロダクティビティコンピューティングや大規模ネットワークに耐えるソフトウェア技術といった他の技術の基盤となりうるものや、生命の高次機能制御、脳の高次機能、脳の発生・発達といった脳研究があげられている。

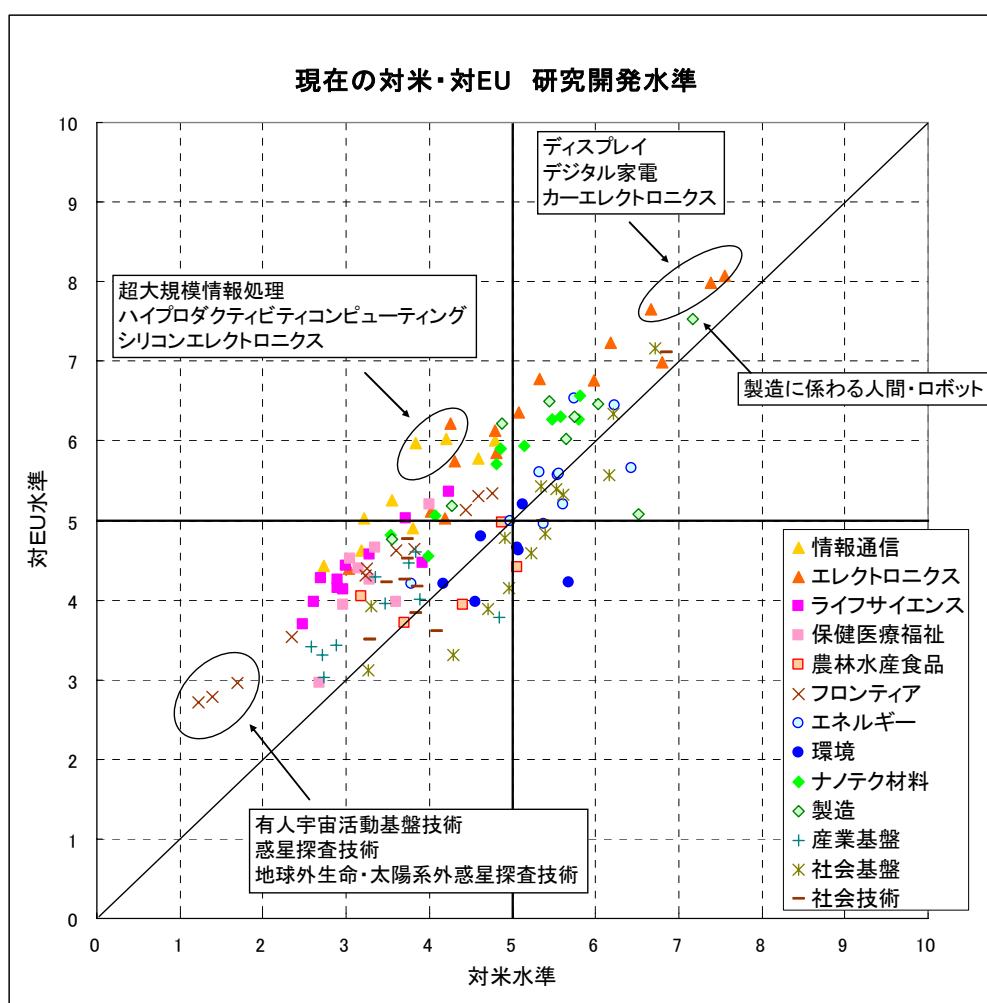
図表 35 効果大きい領域



3.2.5. 130 領域の研究開発水準の特徴について

130 領域で、我が国の現在の研究開発水準を対米及び対 EU で評価した(図表 36)。我が国の現在の研究開発水準を見ると、エレクトロニクス、ナノテクノロジー・材料分野の領域については、全般に対 EU で日本が高く、また多くの領域で米国よりも高い水準であると評価されている。一方、ライフサイエンス、保健・医療・福祉、農林水産・食品の 3 分野の領域は、EU に比べてやや低く、また対米国では水をあけられている。

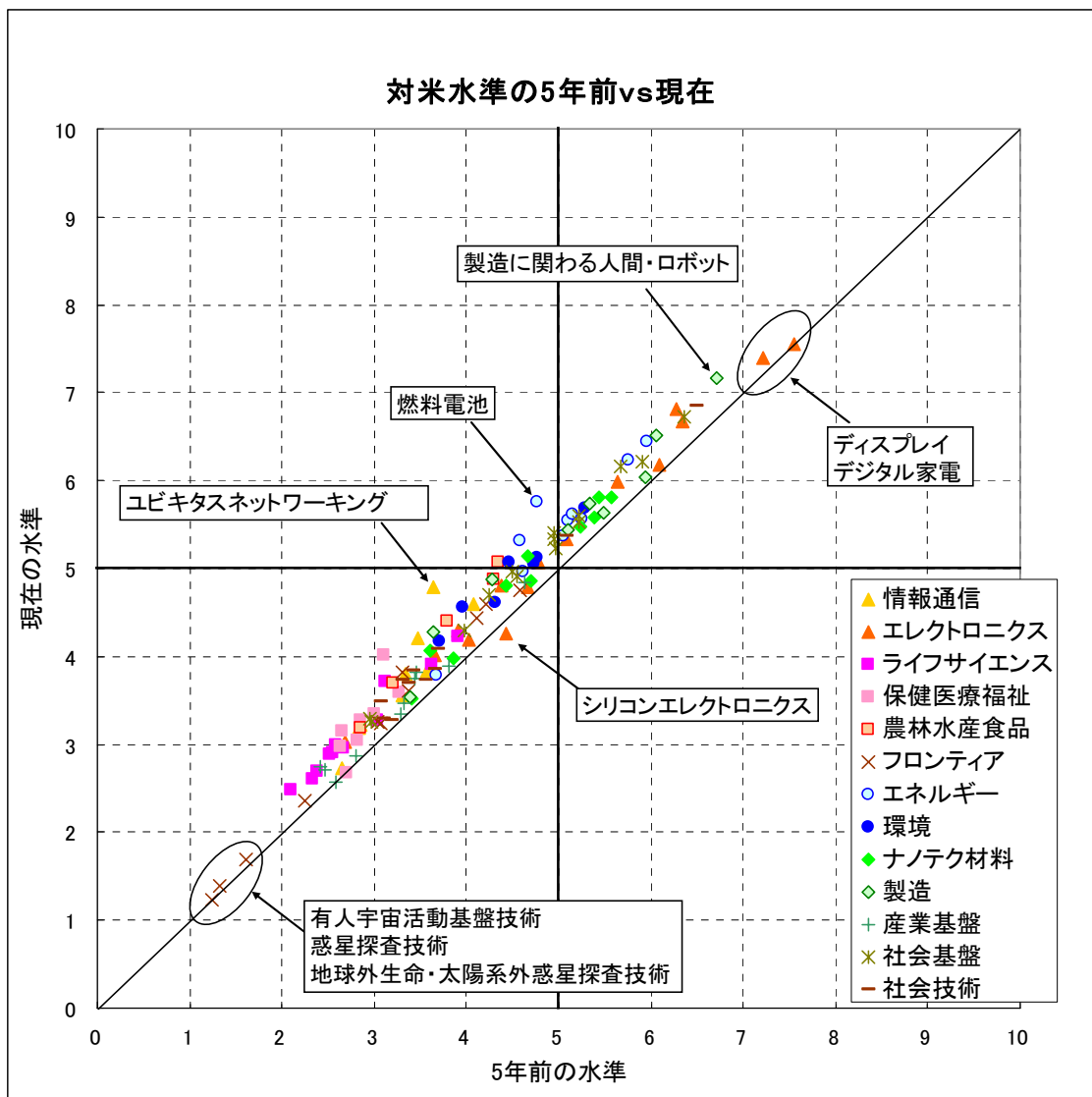
図表 36 現在の対米国・対EU水準



(注1) 対米・対EU と対等であれば、5 となり、数字が大きくなるほど日本の水準が高いこと、数字が小さくなるほど日本の水準が低いことを示している。

5年前と現在の研究開発水準を比較すると、対米国、対EUの水準はほとんど全ての領域で上昇している(図表 37)。一方、対アジア水準は、いずれも優位にあるものの、エレクトロニクス関連領域をはじめ、全般的に差が縮小する傾向にある。

図表 37 現在と5年前の対米国研究開発水準



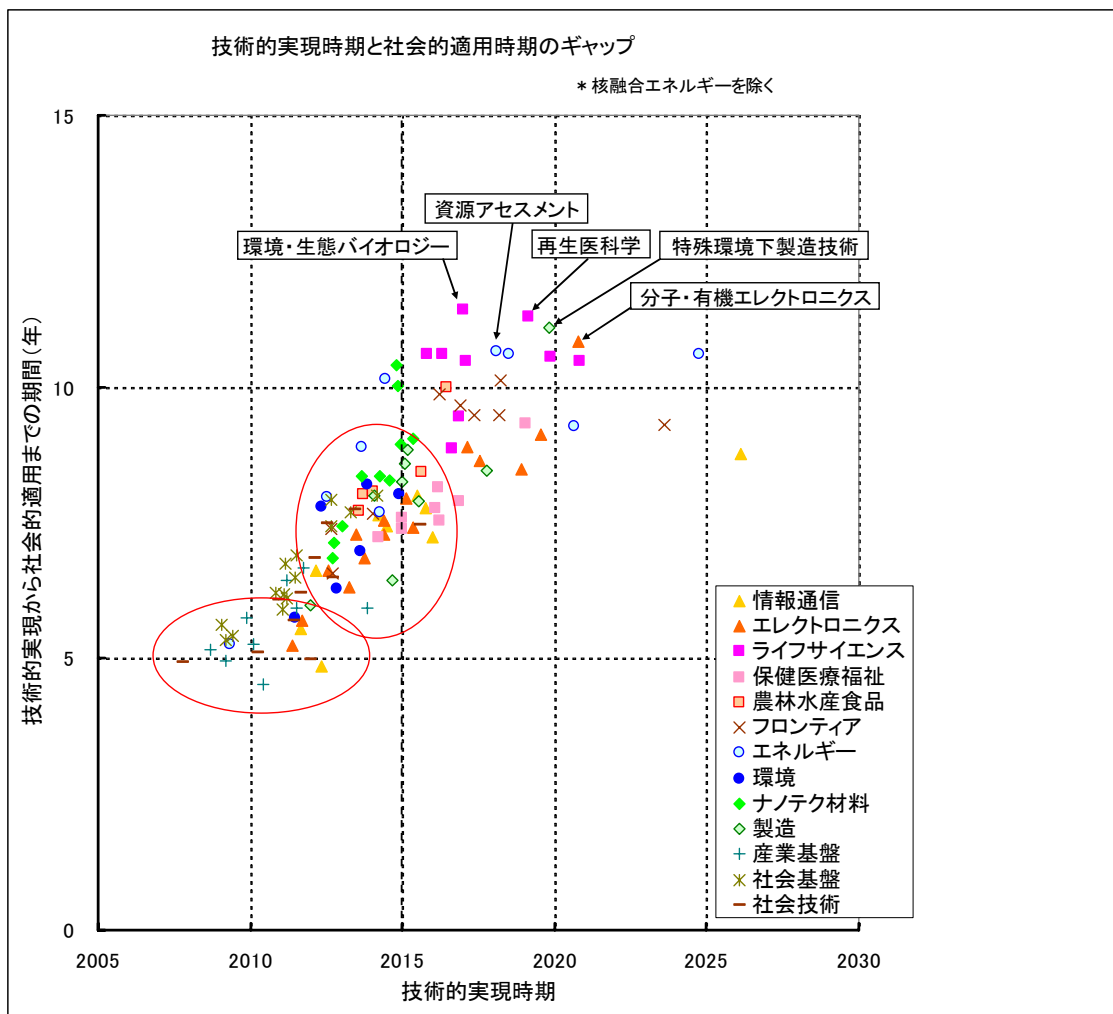
3.2.6. 130 領域の技術的実現時期と社会的適用時期について

予測課題の調査結果を用いて、領域の実現予測時期及び政府関与の必要性に関する検討を行う。ここで扱う領域の数値は、領域ごとの予測課題の該当データの平均である。

(1) 領域の実現予測時期

技術的実現時期を見ると、全領域の7割が2015年までに実現すると予測されている(図表38)。すべての領域の実現予測時期が2015年以前となっているのは、ナノテクノロジー・材料分野、社会基盤分野、社会技術分野である。情報・通信分野、農林水産・食品分野、環境分野、製造分野、産業基盤分野もほとんどの領域が2015年までに技術的に実現する。ただし、情報・通信分野では実現の早い領域と遅い領域が混在している。一方、ライフサイエンス分野では、1領域を除いて2016年以降の実現が予測されている。

図表 38 技術的実現時期から社会的適用時期までの期間



2015年までに技術的に実現すると予測されている領域の社会的適用までの期間を見ると、5年前後の領域と7～8年程度の領域に大きく分かれる。技術的実現が遅い領域は、社会適用までの期間が長い傾向にある。ライフサイエンス分野、エネルギー・資源分野の領域では社会的適用までの年数がほとんどの領域で9年を超える。技術的実現から社会的適用までの期間が長い領域をあげると、環境・生態バイオロジー(11.4年)、再生医科学(11.3年)、特殊環境下製造技術(11.1年)、分子・有機エレクトロニクス(10.8年)、資源アセスメント(10.7年)の順となっている。これらは、技術的実現も2015年以降である。

(2) 技術的実現及び社会的適用のための政府関与の必要性

図表 39 では、技術的実現及び社会的適用のための政府関与の必要性を示した。技術的実現に政府関与が必要な領域は社会的適用にあたっては政府関与が必要となる事が分かる。

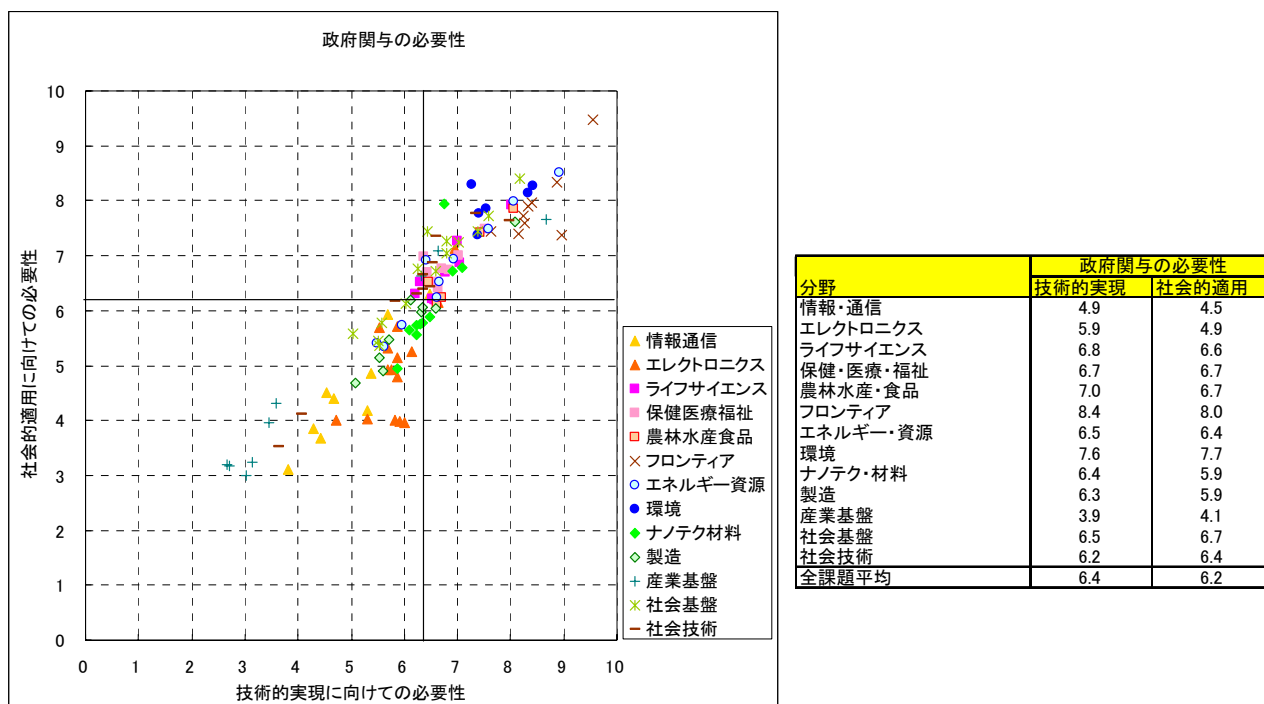
○ 政府関与の必要性が高い領域

大規模な施設・設備を必要とするなど巨額の費用を要するものや環境問題や災害など不特定多数の人が選択の余地なく影響を受けるもの等が多い。フロンティア分野並びに環境分野の領域が多い。

○ 政府関与の必要性が低い領域

民間企業が主体となっている情報通信関連や企業経営に関する領域を含む産業基盤分野が多い。

図表 39 技術的及び社会適用実現のための政府関与の必要性



(3) 技術的実現及び社会的適用に関して政府のとりべき有効な手段

各分野において、政府がどのような手段を講じることが求められているのか。各分野の数値は、領域ごとに予測課題の該当データの平均を求め、さらに分野に含まれる領域の平均から算出した。技術的実現に向けて政府のとりべき有効な手段を図表 40 に示す。

○ 資金拡充が重視されている分野

産業基盤以外の 12 分野

○ 連携強化が重視されている分野

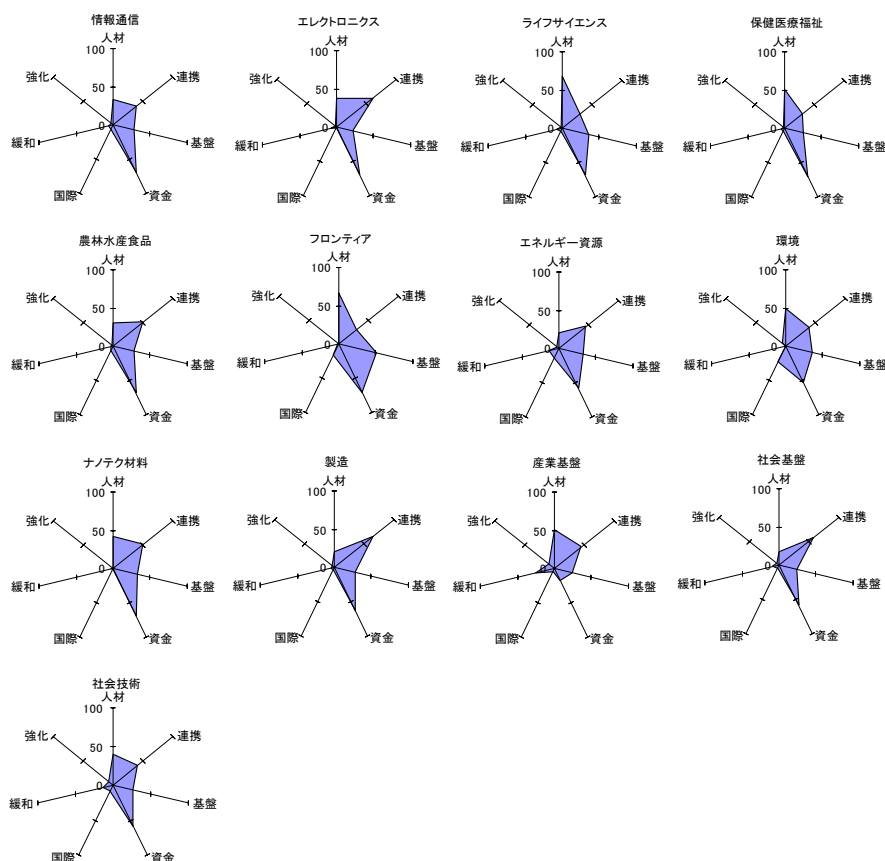
エレクトロニクス、農林・水産・食品、ナノテク材料、製造、社会基盤

○ 人材育成が重視されている分野

ライフサイエンス、保健・医療・福祉、フロンティア、産業基盤

その他、フロンティア分野、エネルギー・資源分野では基盤整備が重視されている。

図表 40 技術的実現に関して政府のとりべき有効な手段



(注 1) 人材: 人材の育成と確保、連携: 産学官・分野間の連携強化、基盤: 研究開発基盤の整備、資金: 研究開発資金の拡充、国際: 国際展開の推進、緩和: 関連する規制の緩和・廃止、強化: 関連する規制の強化・新設
 (注 2) 複数選択可 (注 3) 領域の平均を分野のデータとした。

社会的適用に関して政府のとるべき有効な手段を、図表 41 に示す。

○ 連携強化が重視されている分野

エレクトロニクス、ライフサイエンス、農林・水産・食品、フロンティア、環境、
ナノテク・材料、製造、社会基盤

○ 税制・補助金・調達が重視されている分野

情報通信、エレクトロニクス、保健・医療・福祉、エネルギー資源、製造、社会
基盤、社会技術

○ 人材育成が重視されている分野

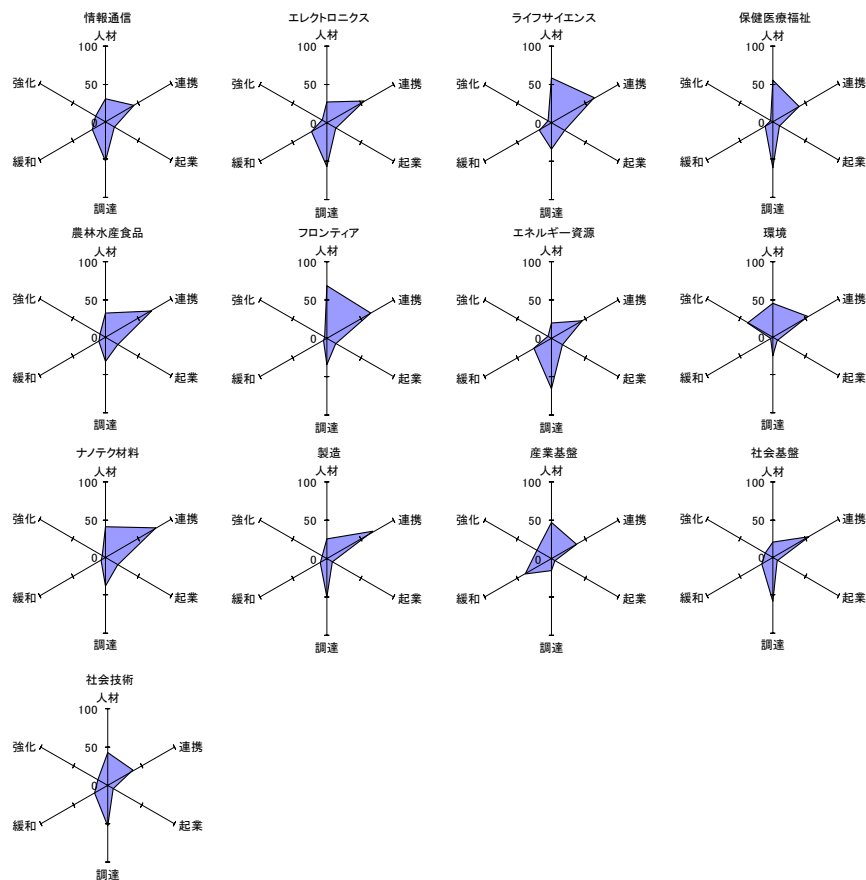
ライフサイエンス、保健・医療・福祉、フロンティア

○ 規制緩和が重視されている分野

産業基盤

例えば、社会基盤分野で税制・補助金・調達が強く求められている領域は、交通機関の環境対策や環境にやさしい効率的な物流システム技術、情報通信分野では情報セキュリティなどがある。

図表 41 社会的適用に関して政府のとるべき有効な手段



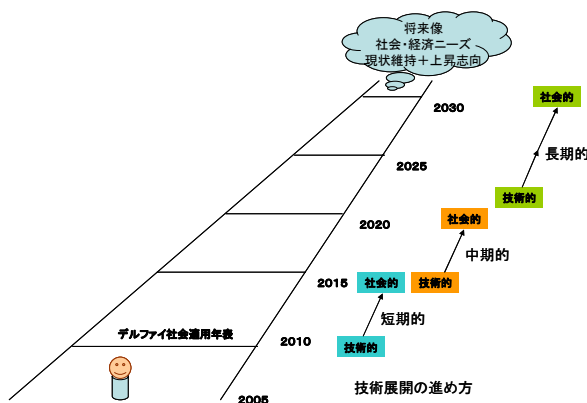
(注 1) 人材: 人材の育成と確保、連携: 産学官・分野間の連携強化、起業: 起業環境の整備、調達: 税制・補助金・調達による支援、緩和: 関連する規制の緩和・廃止、強化: 関連する規制の強化・新設

(注 2) 複数選択可 (注 3) 領域の平均を分野のデータとした。

3.2.7. 13分野の特徴

技術的展開を考える上での、分野ごとの技術の特徴をまとめる。デルファイ調査で作成した予測年表を時間軸として設定し、技術的実現時期と社会的適用時期について調べると、以下の3つに大別できる(図表 42)。

図表 42 デルファイ調査の予測年表イメージ



(注) 2010年付近に技術的実現をし、2015年ごろに社会的適用が行われる短期的技術(青色)
 2015年付近に技術的実現をし、2020年ごろに社会的適用が行われる中期的技術(橙色)
 2020年付近に技術的実現をし、2030年ごろに社会的適用が行われる長期的技術(緑色)

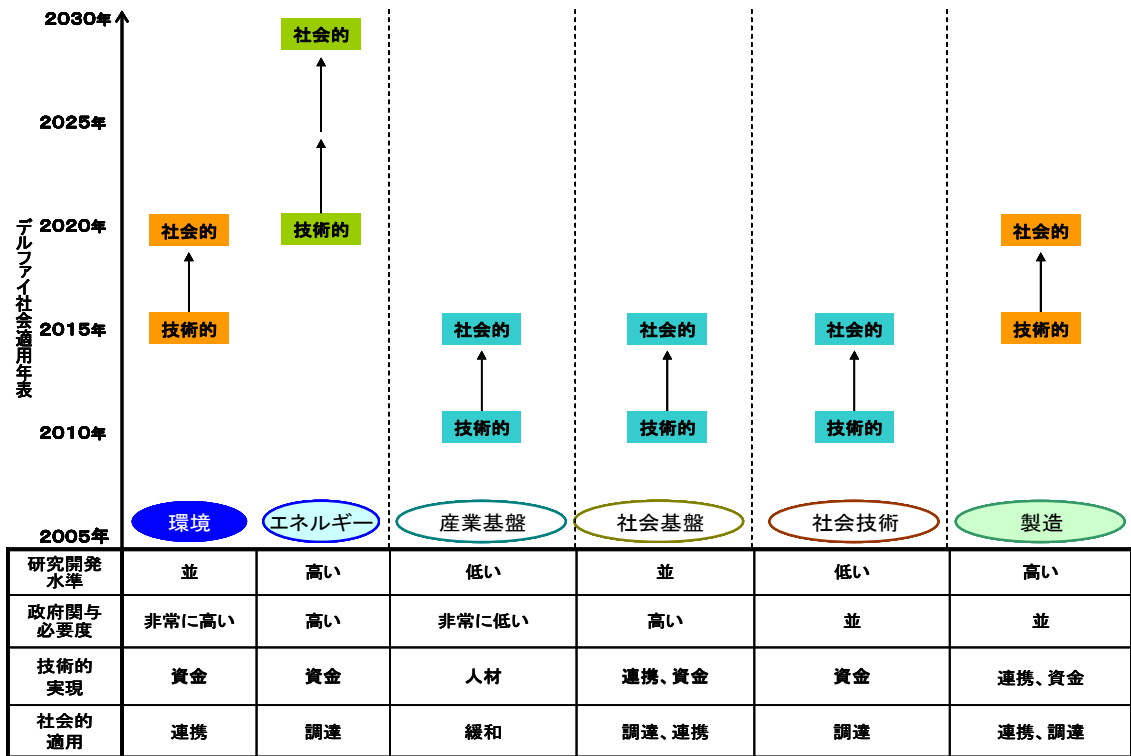
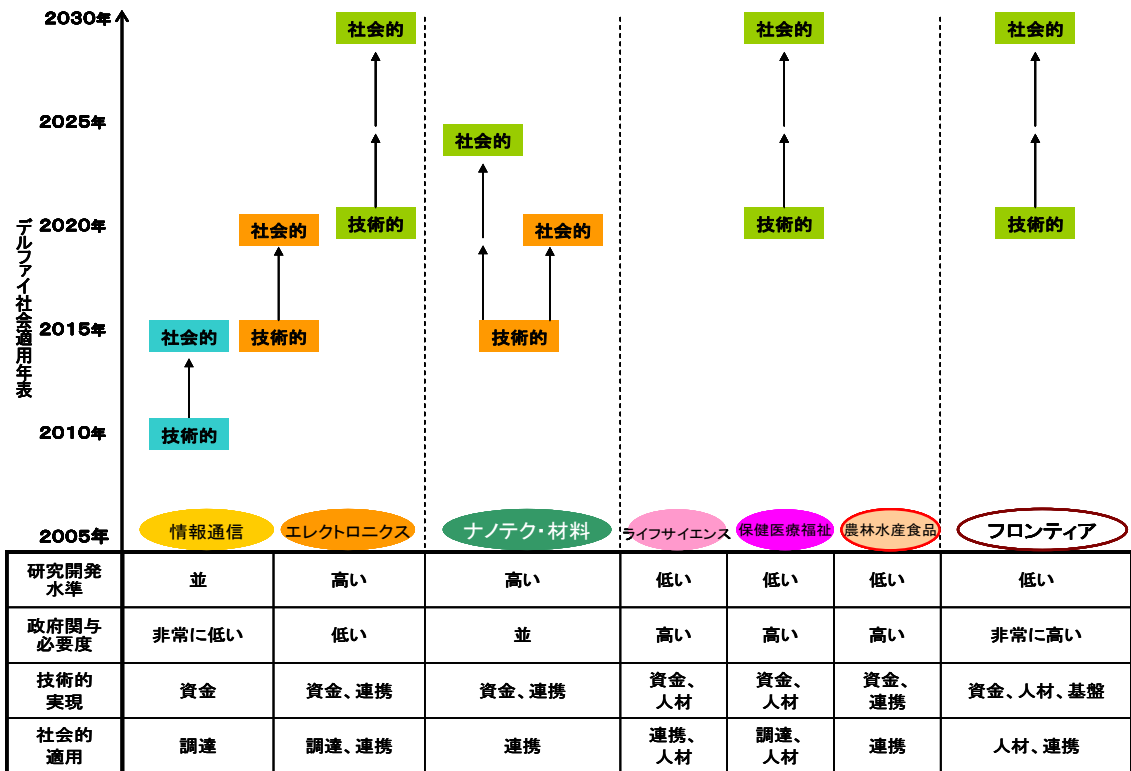
これに基づいて、13分野の特徴をまとめると、図表 43 となる。

例えば、情報通信分野やエレクトロニクス分野については、短期的・中期的・長期的技術の3パターンがある。技術的実現と社会的適用までのタイムラグは他分野に比べて短い。政府関与の必要性は低く、民間が主導する分野と見られる。有効な推進手段は、「研究開発資金の拡充」、「産学官・分野間の連携強化」、「税制・補助金・調達による支援」が重視されている。

生命関連理分野(ライフサイエンス分野、保健・医療・福祉分野、農林水産・食品分野)とフロンティア分野は長期的技術が主である。研究開発水準が必ずしも高くなく、政府関与の必要性が高い。有効な推進手段は、「人材育成と確保」をあげていることから、長期的なスパンでの政策が必要である。

環境分野とエネルギー分野は、一般的に深いかかわりを持つと考えられるが、デルファイ調査のデータにおいては独立性が高い。すなわち、環境分野は中期的技術であり、研究開発水準は中程度である。一方、エネルギー分野は、長期的技術であり、研究開発水準は高い。このような差が生ずる理由として、環境分野において取り上げられている課題が、環境の観測、メカニズムの解明、社会システム等に関わるものが多いことがあげられる。一方で、エネルギー分野は、具体的な対策技術や代替エネルギー技術等が中心と言う相異のあることが考えられる。分野特異な有効な推進手段としては、環境分野では、「産学官・分野間の連携強化」、エネルギー分野では、「税制・補助金・調達による支援」があげられている。

図表 43 13 分野の技術の特徴



政府がとるべき手段: 人材育成(人材の育成と確保)、連携強化(産学官・分野間の連携強化)、基盤整備(研究開発基盤の整備)、資金拡充(研究開発資金の拡充)、国際展開(国際展開の推進)、規制緩和(関連する規制の緩和・廃止)、規制強化(関連する規制の強化・新設)、起業環境(起業環境の整備)、税制調達(税制・補助金・調達による支援)

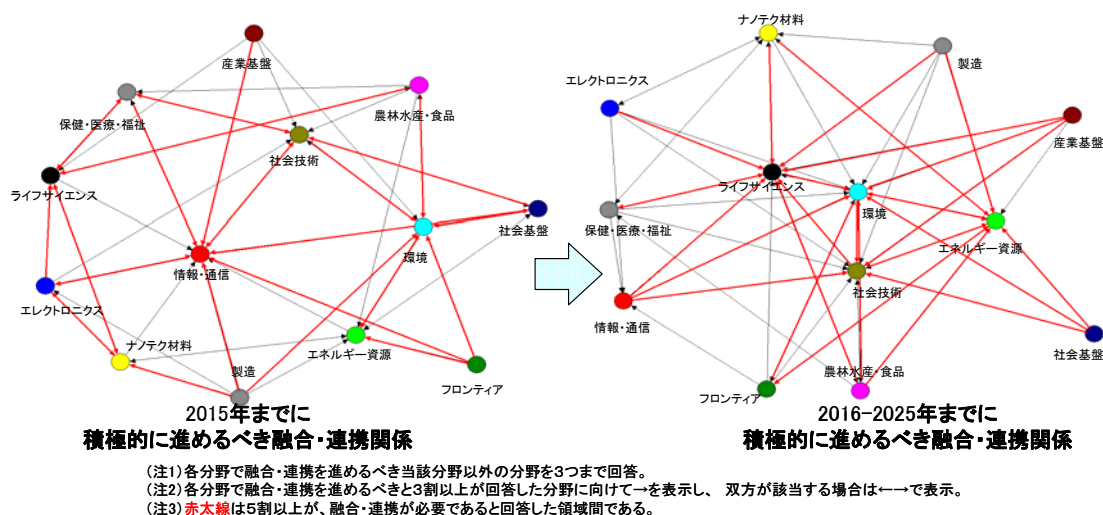
3.2.8. 分野融合・連携

分野間の融合・連携を進展させることは、今後の科学技術政策上の重要課題である。各分野の回答者に対して、今後 10 年間及びそれ以降の 10 年間に融合・連携すべき相手分野を 3 つまで選択することを求めた。結果を図表 44 に示す。

2015 年までの 10 年間、融合・連携の中心になると考えられているのは、情報通信、環境、社会技術であり、さらにその後 10 年間に融合・連携の中心になると考えられているのは、環境、ライフサイエンス、社会技術、エネルギー・資源分野である。

情報通信は 2015 年以降においては、連携の中心ではなくなるが、これはその重要性が低下すると解釈すべきではなく、次の 10 年のうちに各分野との融合・連携を徹底的に進める必要があるととらえるべきであろう。また、2015 年以降において、ライフサイエンスとともにエネルギー・資源が連携・融合の中心となると考えられていることは注目される。図表 43 から明らかなようにこれらの分野は長期的技術の多いことが特徴となっている。

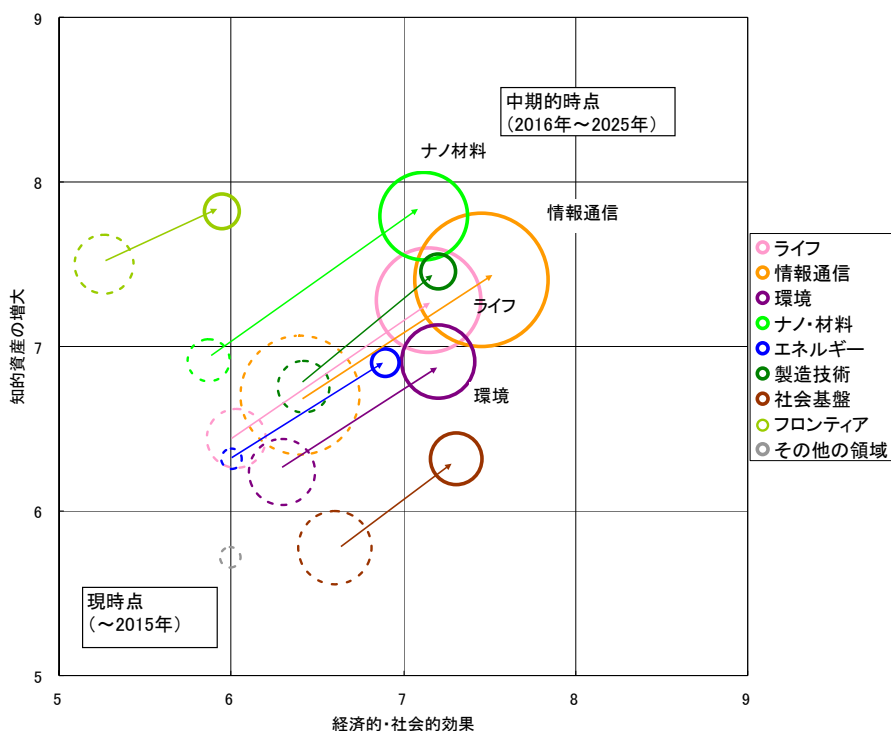
図表 44 積極的に進めるべき融合・連携関係



3.2.9. 科学技術基本計画の分野分類に基づく検討

130 領域を現行科学技術基本計画での分野記述に従って8分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、製造、社会基盤、フロンティア)とそれ以外に分類し、現時点(今後 10 年)から中期(2015~2025 年)にかけての効果の推移を見た(図表 45)。

図表 45 基本計画 8 分野に属する領域の効果推移



知的資産の増大(縦軸): 知的資産増大(指数)

経済的・社会的効果(横軸): 経済的効果(指数)と社会的効果(指数)の平均値

円の大きさ: 総合的に効果の大きい領域の数*

* 総合的に効果の大きい領域の数とは、総合効果(下記参照)で上位 1/3 に入る 43 領域、及び、各効果の上位 10% の領域(13 領域)を合計した領域数である。現時点では 51 領域、中期では 50 領域が抽出される。これを 8 分野に割り振った。

* 複数分野に関係する領域を重複して計上するため、数値算出の根拠となる領域数はのべ 178 領域となる。

矢印: 時間軸でのインパクトの変化の傾向

○ 総合効果

・ 10 点満点で回答を指数化する。

求め方 $\sqrt{\{(\text{知的資産増大指数})^2 + (\text{経済的効果指数})^2 + (\text{社会的効果指数})^2\}}$

なお、少数第 2 位を四捨五入した値を使用する。

情報通信、ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料、環境は、中期的時点において、総合的に効果が大きい領域数が多く、かつ知的資産の拡大と経済・社会的効果双方のインパクトが高い。特に、ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料では、総合的に効果が大きい領域数が時間軸で拡大している。また、これら4分野は、現時点から中期的時点に向けて、各分野がもたらすであろう効果の増加が著しい。

また、図表46に示すように、複数分野に関係する領域が多く、重点4分野以外の分野の領域でも重点4分野と関連がある領域が多く存在することがわかる。

図表 46 複数分野にまたがる領域の例

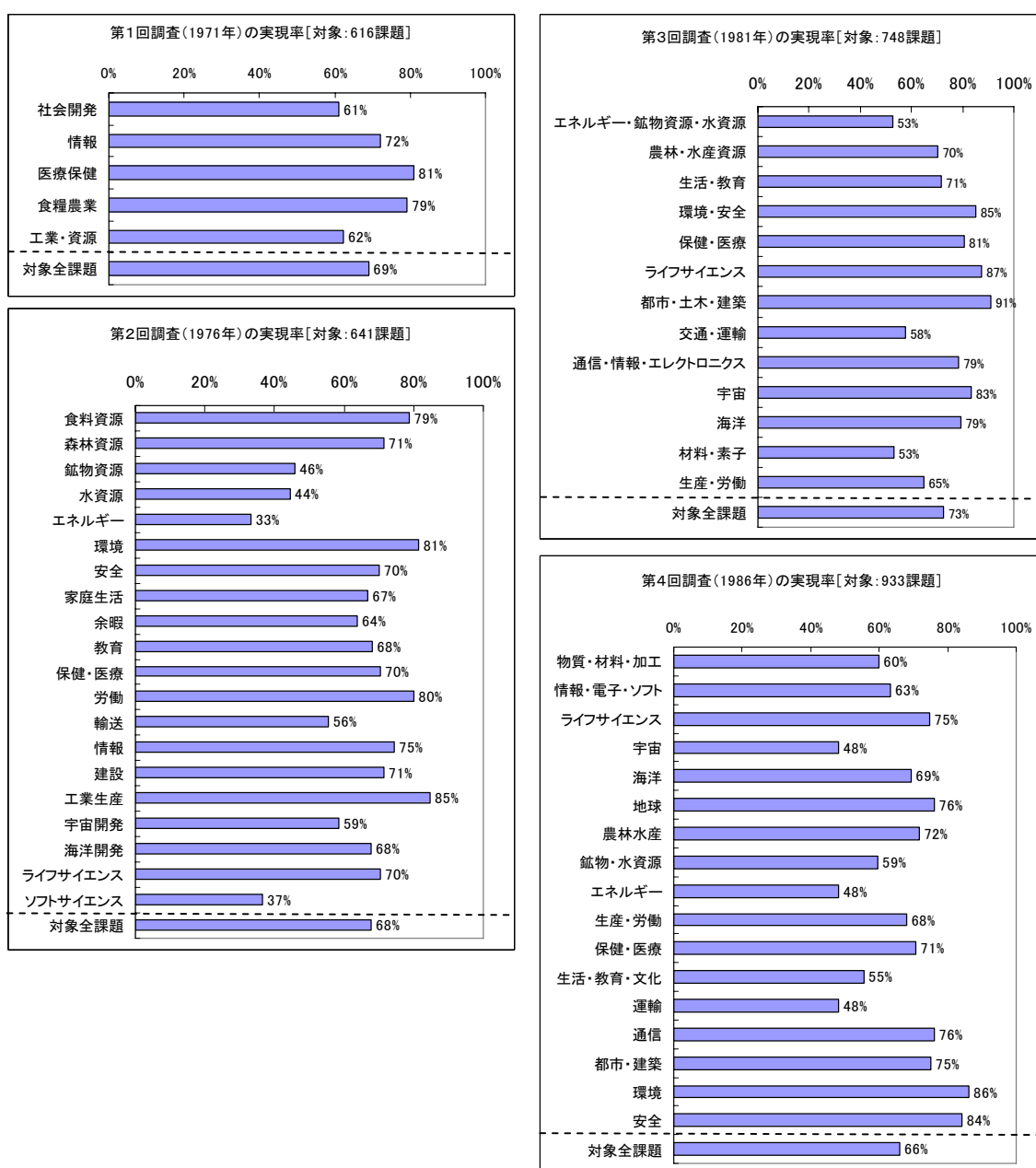
| 領域名 | 分野 |
|-------------------------|----------------------|
| バイオを利用した環境問題の解決と循環社会の実現 | ライフサイエンス、環境、エネルギー |
| ナノバイオロジー | ライフサイエンス、ナノテクノロジー・材料 |
| ナノデバイス・センサ | 情報通信、ナノテクノロジー・材料 |
| 高度IT利用製造技術 | 情報通信、製造 |
| セキュリティエレクトロニクス | 情報通信、社会基盤 |
| 循環型・低環境負荷製造技術 | 環境、製造 |
| 交通機関の環境対策 | 環境、社会基盤 |
| 地球環境高精度観測・変動予測技術 | 環境、フロンティア |
| 燃料電池 | 環境、エネルギー |
| ナノ加工・造型・製造技術 | ナノテクノロジー・材料、製造 |

3.2.10. 第1回、第2回、第3回及び第4回調査の評価・分析

調査実施から20年以上が経過した第1回調査(1971年)、第2回(1976年)、第3回(1981年)、第4回調査(1986年)について、当時予測した課題が2004年までにどの程度実現しているかを評価した(図表47)。ここでは、内容の一部が実現した課題も含めて実現率を算出している。

第1回から第4回までの一部実現を含む実現率は、69%、68%、73%、66%と、対象となる課題のうち約2/3の課題が予測されていることがわかる。実現率が高い分野はライフサイエンス、保健・医療、農林・水産、環境・安全、都市・土木・建築などであり、一方実現率が低い分野は交通・運輸、エネルギー・資源などである。

図表47 第1回、第2回、第3回及び第4回の実現率



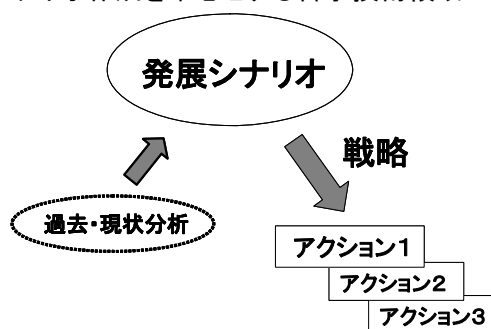
3.3. 注目科学領域の発展シナリオ調査

「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」では、将来を語るにふさわしい卓越した個人(シナリオライター)を選び出し、過去・現在の状況分析をもとに、まず、将来の発展シナリオを描き、その発展シナリオに向けて日本のとるべきアクションを引き出そうとした。発展シナリオ(将来イメージ)をひとつのステップとして加えることで、過去の問題解決だけでなく、これから起こりうる問題への対処法も抽出できると考えた(図表 48)。

また、従来から予測調査として行なわれてきたデルファイ調査では、専門家集団のコンセンサス形成を行うため、少数派の先見的な意見が埋没してしまうという課題があった。シナリオ調査は、以下の2点において、デルファイ調査を補完するものという位置付けにある。

- ①卓越した個人の、平均化されていない意見を収集できる点
- ②デルファイ調査のように調査対象が技術中心でなく、基礎科学や社会的なテーマも取り扱う点

図表 48 発展シナリオ作成を中心とする科学技術領域の将来像探索手法



3.3.1. 発展シナリオテーマ及びシナリオライターの選定

「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」では、発展シナリオを作成するテーマを「発展シナリオテーマ」、また発展シナリオテーマでシナリオを作成する人を「シナリオライター」とした。

○ 発展シナリオテーマの選定

シナリオ調査分科会を設置し、今後10～30年程度を見通した場合に、社会・経済的な貢献が大きい科学技術領域あるいは革新的な知識を生み出す可能性を持つ領域などを、「急速に発展しつつある研究領域調査」の中間結果、「デルファイ調査」の各分科会における領域検討の結果などを踏まえて、発展シナリオテーマの原案として抽出した。これに他の分科会や関連行政部局等からの提案も集約し、統合・分割など整理・調整を行なった。選定のスケジュールとしては、領域網羅性をある程度確保するために、2回の選定を、時間差を付けて行なった。最終的に、48テーマについてシナリオを作成することとなった。

○ シナリオライターの選定

発展シナリオテーマについてシナリオを作成するのにふさわしい卓越した見識のある個人を選定するために、まずシナリオライター候補リストの作成に際して、第1次テーマ(29テーマ)ではシナリオテーマに関連する学会など 524 団体に、第2次テーマ(19テーマ)では 242 団体にシナリオライター候補の推薦を依頼した。その結果を図表 49 で示す。

図表 49 シナリオライター候補者の推薦

| | 推薦時期 | 発送数 (団体数) | 回答数 | 推薦された候補者 (重複者を除く) |
|-------------------|---------|--------------|-----|----------------------|
| 第1次テーマ (29テーマ) | 2004年6月 | 254 | 105 | 391名 |
| 第2次テーマ (19テーマ) | 2004年9月 | 242 | 78 | 211名 |

(注)シナリオ調査分科会委員は、上記発送対象外として推薦の権利を有し、その結果は推薦者に含まれている。

推薦されたシナリオライター候補者を、テーマ毎に整理して候補者リストを作成した。これを選挙人(推薦団体と固定選挙人(独立行政法人、大規模学会、各種団体、マスコミなど)よりなる)に送付して、原則的に第1次は5テーマまで、第2次は4テーマまでについて、各テーマ2名までの投票を依頼した。ただし、適当な候補者が推薦されていないと考えられる場合には、2名までの範囲で追加推薦も可とした。その結果を図表 50 で示す。第1次及び第2次テーマの2回に分けて投票が行われ、執筆依頼順位が決定した。最終的に、96人のシナリオライターに執筆を依頼した。

図表 50 候補者への投票

| | 投票時期 | 発送数 | 回答数 | 投票数 |
|-------------------|-------------|-------|-------|-----|
| 第1次テーマ (29テーマ) | 2004年7～8月 | 501団体 | 180団体 | 701 |
| 第2次テーマ (19テーマ) | 2004年10～11月 | 472団体 | 124団体 | 418 |

(注)シナリオ調査分科会委員は、上記発送対象外として投票の権利を有し、その結果は投票数に含まれている。

図表 51 に、最終的な発展シナリオテーマ及び実際にシナリオを提出したシナリオライターを示す。結果的に、47の発展シナリオテーマに対して、85編のシナリオが提出された。一部のテーマは、シナリオ作成受諾者の未提出により1編のみとなり、2編以上のシナリオが揃ったのは、38のシナリオテーマである。

図表 51 最終的な発展シナリオの提出者

(シナリオライター名は五十音順(敬称略)、所属は平成 17 年 3 月現在である)

| 番号 | 領域 | 発展シナリオテーマ | シナリオライター | 所属 |
|----|---|------------------------|--------------------------|--|
| 1 | 一般 的 課 題 の 科 学 技 術 の | 科学技術進化モデルの再構築 | 長尾 真 長谷川真理子 | (独)情報通信研究機構 理事長 早稲田大学政治経済学部 教授 |
| 2 | | 学協会の意味と活動のあり方 | 吉川弘之 | (独)産業技術総合研究所 理事長 |
| 3 | | 科学技術人材の育成と処遇 | | |
| 4 | 基 礎 科 学 | 数学の研究発展と数学教育 | 広中平祐 ピーター・フランクル | (財)数理科学振興会 理事長 算数オリンピック財団 評議員 |
| 5 | | 基礎科学の位置付け | 小林信一 平澤 冷 | (独)科学技術振興機構社会技術研究システム研究センター長 東京大学 名誉教授 |
| 6 | | 宇宙科学 | 海部宣男 松本 紘 | 大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台台長 京大大学生存圏研究所 所長 |
| 7 | ラ イ フ サ イ エ ン ス | 長寿社会に対応する再生医療 | 桜井靖久 森下竜一 | 東京女子医科大学 名誉教授 大阪大学大学院臨床遺伝子治療学 教授 |
| 8 | | ナノバイオ技術を利用した創薬 | 橋田 充 馬場嘉信 | 京都大学大学院薬学研究科 教授 名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻 教授 |
| 9 | | 個人のニーズに対応する新規医療 | 新井賢一 田中 博 | 東京都臨床医学総合研究所 所長 東京医科歯科大学情報医学センター長・教授 |
| 10 | | 低侵襲生体計測技術と低侵襲医療 | 橋爪 誠 森川康英 | 九州大学医学研究院先端医療医学部門 教授 慶應義塾大学医学部外科学教室(小児科) 教授 |
| 11 | | 脳科学に基づく認知と情動神経機構の統合的理解 | 甘利俊一 加藤元一郎 | (独)理化学研究所 脳科学総合研究センター センター長 慶應義塾大学 医学部精神神経科 助教授 |
| 12 | | 感覚補綴(ほてつ)技術 | 赤居正美 清水 豊 福田 淳 | 国立身体障害者リハビリテーションセンター病院運動機能系障害研究部 電気通信大学電気通信学部システム工学科 教授 大阪大学大学院医学系研究科 情報伝達医学専攻 |
| 13 | | 疾病構造の変化と医療 | 岩本愛吉 長谷川敏彦 | 東京大学医科学研究所 先端医療研究センター センター長 国立保健医療科学院政策科学部 部長 |
| 14 | | 予防医学とリンクした食品科学 | 阿部啓子 伏木 亨 | 東京大学大学院農学生命科学研究科応用生命化学専攻 教授 京都大学大学院農学研究科食品生物科学専攻 教授 |
| 15 | | 生命科学の学際的发展 | 臼井支朗 | (独)理化学研究所 脳科学総合研究センター チームリーダー |
| 16 | | 五感を活用するコミュニケーション | 柏野牧夫 舘 暉 | 日本電信電話(株)コミュニケーション科学基礎研究所 東京大学大学院情報理工学系研究科 教授 |
| 17 | 情 報 通 信 | 超大容量情報処理デバイス | 根元義章 | 東北大学 情報シナジーセンター長 |
| 18 | | 情報通信システムにおける超低消費電力技術 | 中村 徹 松島裕一 | 法政大学工学部情報電気電子工学科 教授 (独)情報通信研究機構 情報通信部門 部門長 |
| 19 | | 超高速大容量ネットワーク | 井上友二 | 日本電信電話(株) 取締役 第三部門部門長 |
| 20 | | 生活支援ロボティクス | 小菅一弘 萩田紀博 | 東北大学大学院工学研究科機械知能工学専攻 教授 (株)国際電気通信基礎技術研究所知能ロボティクス研究所所長 |
| 21 | | ヒューマノイド(人型ロボット)技術 | 井上博允 土井利忠 | 日本学術振興会 監事 ソニー・インテリジェンス・ダイナミクス研究所(株) 所長 |
| 22 | | GPS技術による情報サービス | 柴崎亮介 玉真哲雄 | 東京大学空間情報科学研究センター 教授 (財)ディフェンス リサーチセンター(DRC) 理事 |
| 23 | | ソフトウェアエンジニアリング | 玉井哲雄 山本修一郎 | 東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系 教授 (株)NTTデータ 技術開発本部 |
| 24 | | 情報技術による生物模倣 | 大森隆司 川人光男 | 北海道大学大学院情報科学研究科複合情報学専攻 教授 (株)国際電気通信基礎技術研究所 脳情報研究所 所長 |
| 25 | | 量子情報技術 | 今井 浩 山本喜久 | 東京大学大学院情報理工学系研究科コンピュータ科学専攻教授 国立情報学研究所&スタンフォード大学電気工学科 教授 |

| 番号 | 領域 | 発展シナリオテーマ | シナリオライター | 所属 |
|----|----------------|----------------------|---------------|---|
| 26 | | 情報通信環境 | 坂村 健 土井美和子 | 東京大学大学院情報学環 教授 (株)東芝研究開発センター ヒューマンセントリックラボラトリー 研究主幹 |
| 27 | 環境 | 低エミッション都市 | 安井 至 | 国際連合大学 副学長 |
| 28 | | 環境観測 | 秋元 肇 | (独)海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センタープログラムディレクター |
| 29 | | 環境問題解決のための 科学技術指標 | 平 啓介 山本良一 | 琉球大学 監事 東京大学 生産技術研究所 教授 |
| 30 | | 環境修復技術 | 西村 実 和田英太郎 | (株)日本総合研究所 創発戦略センター (独)海洋研究開発機構地球環境フロンティア研究センタープログラムディレクター |
| 31 | 材料 ナノテク | 計算機シミュレーションによる材料設計 | 土井正男 宮本 明 | 東京大学大学院工学系研究科物理学専攻 教授 東北大学工学部化学・バイオ工学科応用化学専攻 教授 |
| 32 | | 計測技術 | 合志陽一 | (独)国立環境研究所 理事長 |
| 33 | エネルギー | 燃料電池開発と社会への普及 | 太田健一郎 本間琢也 | 横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 燃料電池開発情報センター 常任理事 |
| 34 | | 省エネルギー | 殿村重彰 松井一秋 | (独)新エネルギー・産業技術総合開発機構省エネルギー技術開発部部長 (財)エネルギー総合工学研究所 研究理事 |
| 35 | 技術 製造 | 容易に真似の出来ない設計・製造技術 | 赤池 学 新木 柝 | (株)ユニバーサルデザイン総合研究所 所長 (株)トヨタケーラム 代表取締役社長 |
| 36 | | 超多品種少量自動生産システム | 中馬宏之 橋向博昭 | 一橋大学 イノベーション研究センター 教授 (株)山武 藤沢工場 制御機器事業部 Java コンソーシアム |
| 37 | 基盤 社会 | 社会インフラの再生と維持管理 | 魚本健人 中村英夫 | 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター教授 武蔵工業大学 学長 |
| 38 | フロンティア | 地球深部探査 | 大久保修平 平 朝彦 | 東京大学 地震研究所 教授 (独)海洋研究開発機構 地球深部探査センター長 |
| 39 | | 衛星技術 | 住 明正 畚野信義 | 東京大学 気候システム研究センター 教授 (株)国際電気通信基礎技術研究所 社長 |
| 40 | 安全・安心な社会のための技術 | 食料安定供給 | 貝沼圭二 高橋正郎 | (財)農業技術協会 会長 女子栄養大学大学院 客員教授 |
| 41 | | 災害後の復旧 | 河田恵昭 藤原広行 | 京都大学 防災研究所 巨大災害研究センター長 教授 (独)防災科学技術研究所 防災基盤科学技術研究部門 室長 |
| 42 | | 自動車社会 | 小林敏雄 大聖泰弘 | (財)日本自動車研究所 所長 早稲田大学理工学部機械工学科 教授 |
| 43 | 産業・社会 | 金融におけるリスク管理 | 今野 浩 | 中央大学理工学部経営システム工学科 教授 |
| 44 | | 経済変動の予測技術 | 高安秀樹 西村和雄 | ソニーコンピュータサイエンス研究所 シニアリサーチャー 京都大学経済研究所 複雑系経済研究センター 教授 |
| 45 | | 少子社会における「次世代」の心身健全育成 | 別所文雄 | 杏林大学 医学部 教授 |
| 46 | | 情報投資による効率向上 | 青木利晴 平野雅章 | (株)NTTデータ 取締役相談役 早稲田大学 ビジネススクール 教授 |
| 47 | | 科学技術におけるアジアの多様性と融合 | 石井威望 | 東京大学 名誉教授、(株)東京海上研究所 理事長 |
| 48 | | 芸術・文化・遊びと科学技術 | 中津良平 松原 仁 | 関西学院大学理工学部情報科学科 教授 公立ほこだて未来大学情報アーキテクチャ学科 教授 |

(注1) 作業分類上、図中に領域名を設定したが、この領域名はシナリオライターには提示されない。

(注2) 48 テーマに対して2名ずつの作成受諾者を決定したが、実際には、受諾されながら提出いただけなかった受諾者もあったため、空欄箇所がある。

シナリオテーマ 4 「数学の研究発展と数学教育」

算数オリンピック財団評議員 ピーター・フランクル氏

1. 現状分析

昔は数学の研究者と物理学の研究者がほぼ一致していた。今でも物理学者には数学を学んでいた人が多く、2004年度のノーベル物理学賞受賞者の一人は数学博士号を取得している。21世紀に入ると化学も非常に数学を駆使する学問になり、最近では生物学でもこの傾向が強くなっている。ヒトゲノム計画を通して医学の分野まで数学は深く入り込むようになった。この20年間に作られたCTスキャンやMRTなどの医療機器は、どちらも非常に高いレベルの数学、フーリエ解析を利用している。また、経済学でも数学の比重が増えてきた。さらに、コンピュータも、数学者たちが開発したものである。以上のように、数学は、他の様々な科学分野と密接な関係性を持ち、その発展に大きく貢献している学問である。その傾向が今後ますます強まるであろうと考えられる。

2. 発展シナリオ

「離散数学、確率理論、リーマン予想の完全証明」

魅力的な良問の存在によってある分野に研究者が集まるが、解決されることによってその分野を研究する人が少なくなる。こういうことが数学史上繰り返されてきた。現在の最大の良質問題は「 $P \neq NP$ 」であろう。これはコンピュータの発展によって出てきた離散数学の難問である。簡単に言うと、いくつかの問題に関してコンピュータで解決するとき効率の良い手法が存在しないことを証明しようというものだ。これから30年間は、この問題とその周辺である理論的コンピュータサイエンスが目覚ましい成長を見せるだろう。同様に大きく発展するのは、確率理論とその周辺である。また、リーマン予想の完全証明とそれに関連する研究は大きく発展していくだろう。

3. 日本のとるべきアクション

- (1) 外からの客観的な評価がなければ実情を把握するのは難しい。日本を代表するいくつかの大学もしくは数学界全体に関する外部(海外)からの評価が必要。
- (2) 外国人研究者を積極的に呼ぶべきである。
- (3) サバティカル制度を強制として、数年経ったらどこか外国の研究機関で研究させる。
- (4) 優秀な留学生在が日本に留まって研究を続けるような環境作りを考えなければならない。
- (5) 若い数学者のために、縦社会をやめて大学内の民主化に努める。
- (6) 研究に没頭できる環境の国立高等数学研究所を作る。年毎にテーマを決め、関連する分野に造詣が深い人材を一年限定で世界中から呼び寄せ、教員や学生と交流しながら研究を行なう。
- (7) 数学の才能のある若者に研究の道に進んでもらうような方策。①高等学校などでもっとコンピュータを使わせる、②運動部と同等な数学部の発足の奨励、③選ばれた学生を一箇所に集めて、問題を作ったり解いたりするコンテストを行ないながら交流を深め、第一線で活躍する研究者の講演も聞けるようなサマースクール(合宿)を実現する、④国際数学オリンピック(IMO)その国内版(JMO)で優秀な成績を上げた学生を、大学へ無条件で入学させる。

シナリオテーマ9 「個人ニーズに対応する新規医療」

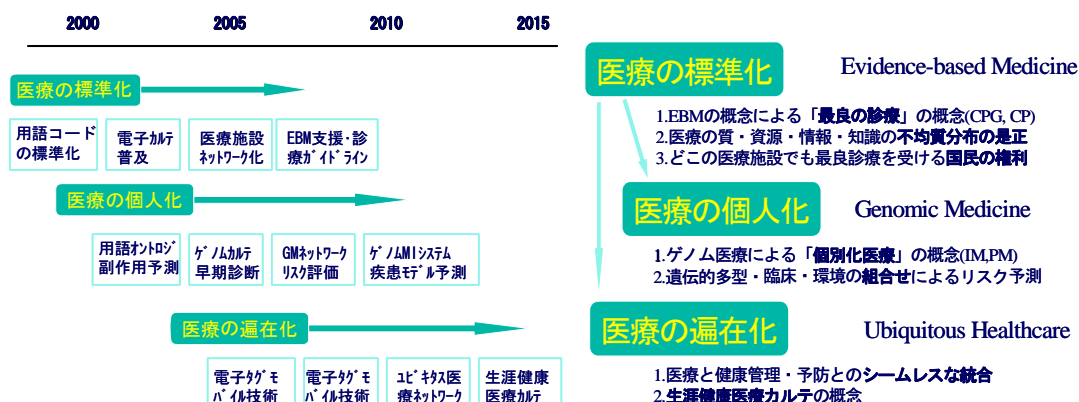
東京医科歯科大学大学院 田中博教授

1. 現状分析

わが国の医療は、GDP 比率 7-8%程度と先進諸国では低いにもかかわらず世界一の長寿国であることを考えると、国民的医療は効率よく運営されているようにみえるが、これは国民の健康意識のレベルの高さと医療を取りまく関係者の努力によるものでわが国の医療を取り巻く制度・システムは多くの問題点を抱えている。たとえば医療施設間の医療格差の是正なども大きな問題で、現在最良とされている標準的医療をだれでもどここの施設でも受療できる状態にはなっていない。

2. 発展シナリオ

- (1) 早期実現(今後 5 年程度):抗がん剤を始めとする薬剤の個別化投与
- (2) 短中期的実現(今後 8 年程度):ゲノム・プロテオームなどの網羅的生命情報の計測によるがんを中心に超早期診断による個別化医療
- (3) 長中期的実現(今後 12 年程度):国民の個別性に合わせた疾病発生・重篤化予防のケアの確立
- (4) 長期的実現(今後 15 年程度):疾患と健康をシームレスにつなぐユビキタス健康医療情報による個別化医療



3. 日本のとるべきアクション

- (1) 薬剤ゲノム学を中心とした医薬開発における個別化医療の推進
- (2) 生活習慣病の発症・進展・重症化をもたらす個別化遺伝子群の多型性の同定及び「遺伝子-環境相互作用」の解明とそれに基づいた個人化医療
- (3) 個別化医療を支える情報システムの研究開発
 - 第1期:ゲノム医療実現のための基盤IT技術の確立
 - 第2期:実際の病院や医療情報ネットワークの試行的開発へのコンソーシアムの連携
 - 第3期:実証実験の段階
- (4) ユビキタス医療健康情報管理の国家的情報インフラの整備へ

シナリオテーマ 20 「生活支援ロボティクス」

(株)国際電気通信基礎技術研究所 知能ロボティクス研究所 萩田紀博氏

1. 現状分析

生活支援ロボティクスの研究開発には、人の機械的代行としての「メカロボット」と、コミュニケーション機能に重点をおいた「コミュロボット」の2つの流れがある。生活支援ロボティクスには、特に後者の「人とのコミュニケーション手段」という要素が不可欠であり、以下の要素あるいは考え方が注目される。

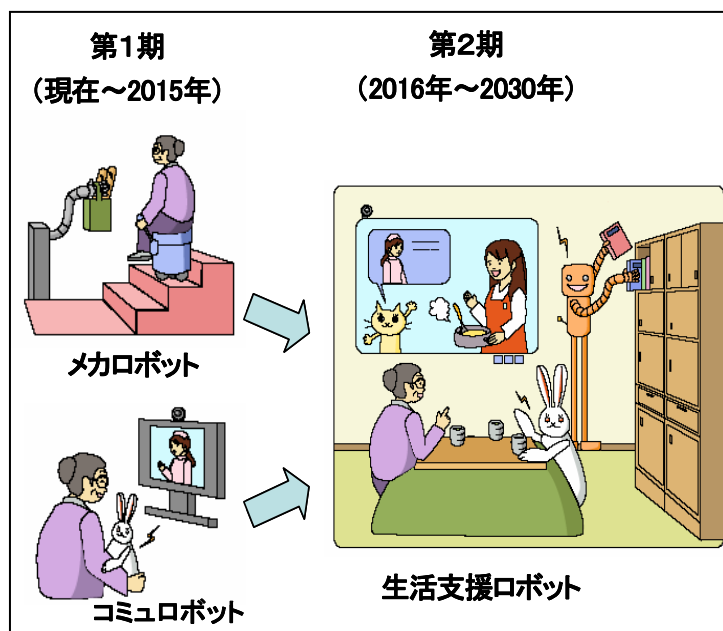
- * スキンシップ:他のコミュニケーションメディアではできないロボット独自のコミュニケーション形態に「スキンシップ」があり、フレンドリーなコミュニケーション行動に繋がる。
- * ネットワークロボット:ロボット単体での機能追求よりも、ネットワーク化することによってサービスを生み出すという「ネットワークロボット」の考え方は、日本のフラグシップテクノロジーである。
- * 存在感メディア:呼びかけに対する反応や応答により、ひとつの「存在感メディア」であることが、高齢化社会における話し相手の候補になりうる要素である。

2. 発展シナリオ

生活支援ロボティクスの開発は、現在～2015年頃までの第1期には、「メカロボット」と「コミュロボット」において、別々に技術進展が進み、2016年以降の第2期に融合技術に進展していくと考えられる。

また、第1期中の進展は以下のように進むと考えられる。

単機能の家庭ロボット
↓
ネットワークを介し機能拡充
↓
ネットワークロボットの連携サービス



3. 日本にとるべきアクション

戦略1: 様々なロボットをネットワーク情報通信基盤につなげることが先決である。

戦略2: パワーアシストできる技術を優先的に高度化すべきである。

戦略3: 単体の知能だけでなく、社会的知能(対人コミュニケーション)技術でイニシアティブをとる。

特に、ロボットと人間の互いの関係に関する研究分野(ロボットを用いた社会的知能の研究)は、社会科学、認知科学、脳科学研究などとの連携を積極的に進め、日本のイニシアティブを確保すべきである。

比較分析:シナリオテーマ 44「経済変動の予測技術」

京都大学経済研究所 西村和雄教授

(株)ソニーコンピュータサイエンス研究所 高安秀樹氏

本テーマでは、経済学者で複雑系経済学の専門家である西村和雄教授と、物理学を基本とした新分野である経済物理学を推進中の高安秀樹氏がシナリオライターに選出された。

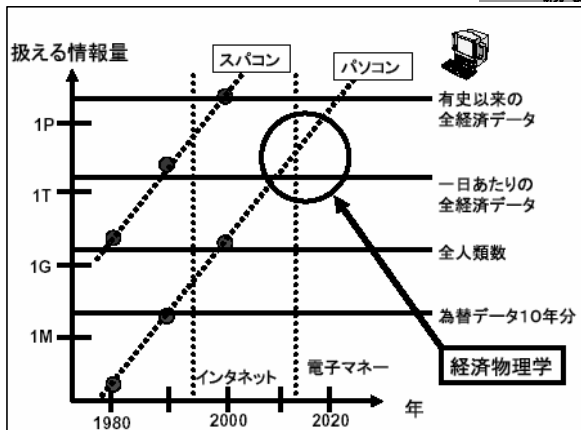
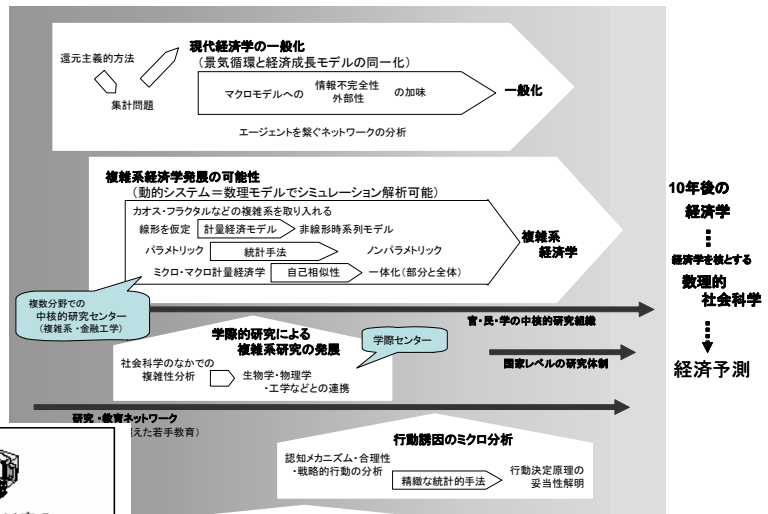
西村和雄教授は、発展シナリオのなかで経済学全体の今後 10 年を俯瞰し、現在経済学が一般化され、それと平行して複雑系経済学が発展していく過程において、データ量増大とその蓄積、行動誘因のマイクロ分析、異種の科学技術分野との学際的研究などが要因として関与し、結果的に経済学全体が数理的社会科学へ変化していく方向性を示している。

一方、高安秀樹氏は、膨大なデータ量がリアルタイムで誰にでも入ってくる情報環境への変化により、新しいデータ処理技術と信頼性の高いコンピュータシステムを有する国だけが金融の世界を支配するという 10 年後を予測し、現在は黎明期にある経済物理学の寄与を示唆している。

全く異なる分野からこのテーマにアプローチしている両氏は、ほぼ同じような将来を予測し、また、日本のとるべきアクションとして、学術的中核となる学際的研究センターを設立すべきと提案している。

経済学全体の変化
(西村和雄教授)

経済物理学の
ターゲット(高安秀樹氏)



西村和雄教授が提案する「日本のとるべきアクション」

- * 日本が先行する複雑系経済学を重点的に促進。
- * 先端経済理論の学術的中核センター・学際的科学センターを設立。
- * 大学院教育をネットワーク化。

高安秀樹氏が提案する「日本のとるべきアクション」

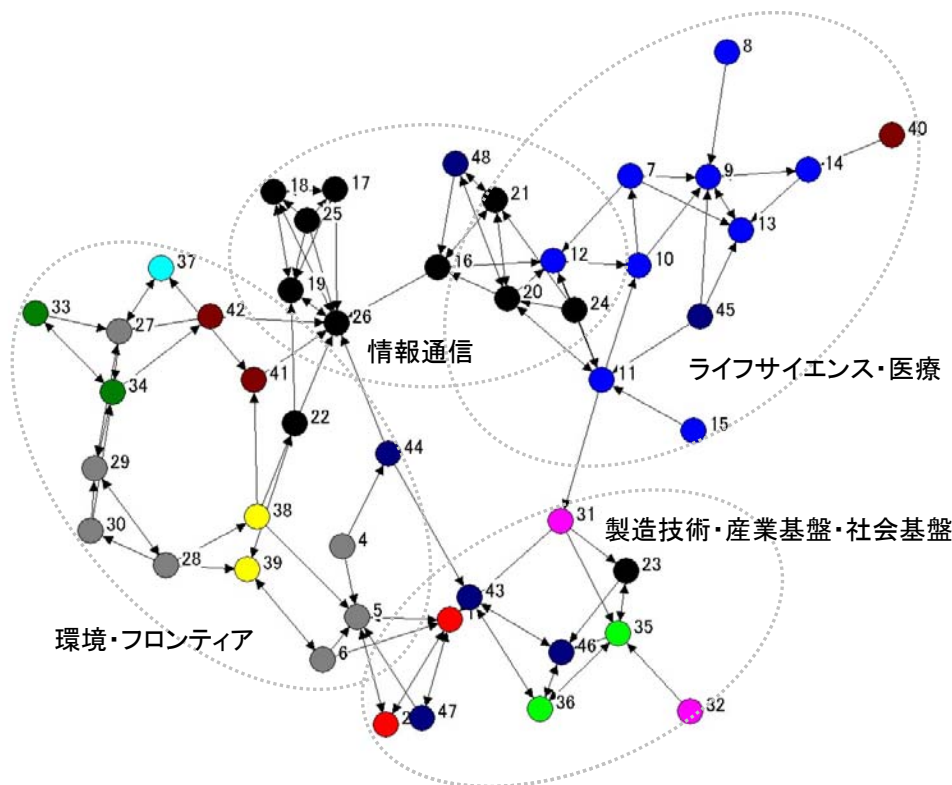
- * 全く新しい金融コンピュータシステムを実現することをミッションとした公的研究所を設立。

本シナリオ概要は事務局においてシナリオの要点をまとめたものである。

3.3.2. 発展シナリオの関係について

各発展シナリオに書かれた内容からシナリオテーマ間の関連をマップにすると、図表52のようになる。他のテーマと関連性が強いテーマとしては、「情報通信環境(No.26)」、「個人のニーズに対応する新規医療(No.9)」、「基礎科学の位置付け(No.5)」があげられる。また、図中の点線のように大きな括りをしてみると、「ライフサイエンス・医療」と「情報通信」の重なりが非常に大きいことが特徴的である。

図表52 シナリオテーマ間の関係



3.3.3. 卓越した有識者による発展シナリオで指摘された将来の課題

執筆された発展シナリオには、分野を問わず共通に指摘された点や、分野特有に指摘された提案がある。下記にそのポイントを示す。これらは、デルファイ調査からは得られない意見であり、我が国の研究活動を推進していく上で留意が必要な点と考えられる。

(分野を問わず多くのテーマにおける指摘について)

- 他分野との融合・学際的研究・組織間障壁打破などの必要性が指摘されている。
- 国レベルでの戦略的計画の必要性が訴えられている。また、特定の目的を持った研究拠点を設立し、複数分野の人材を集合させるべきとの提案が多い。

- 科学技術の社会とのつながり、特に、国民的理解を得る努力の必要性が指摘されている。
- 日本の科学者・研究者が現在直面している、あるいは今後直面する社会環境変化に対応するような制度面での改善が提案されているテーマも数多い。
- 推進される各政策の迅速な評価を行なうために、評価データを整備し、逐次評価が行なえるような体制作りが望まれている。
- 「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」では日本のとるべきアクションを問うているため、欧米追従ではない日本の独自性を打ち出した研究開発の必要性(必然性)が訴えられている一方で、モデルや成功例としては欧米のケースが数多くあげられている。
- 「注目科学技術領域の発展シナリオ調査」では発展的な将来像を描くことを要請したが、いくつかのテーマにおいては、ネガティブな方向性を考えざるを得ないとの記述が見られる。

(分野・領域固有の指摘について)

- 数学のような基盤的学問領域、あるいは実現困難度が高い研究に関わるテーマ
 - 人的資源の確保、特に分野固有の教育体制確立が提案されている。
- ライフサイエンスに関わるテーマ
 - 関連する9テーマに共通にあげられている今後のキーワードは「計算機科学あるいは情報科学の利用」及び「そのシステム構築」であり、これらに関して不足感があるものと考えられる。
- 情報通信に関わるテーマ
 - ユビキタス社会の実現が前提になっており、2015年頃を境として社会全体が知識活用の時代を迎えるとされている。来たるべき社会の状況を表現するため、ユビキタス以外にも新しい概念用語を作り出す試みが始まっている。
- エネルギーや社会基盤などに関わるテーマ
 - 自然科学的アプローチに先立って、特に、社会的問題の解決あるいは社会的目標設定の明確化の必要性が提案されている。
- 産業発展に関わるテーマ
 - 情報通信技術に対する的確な投資や施策が、安心な社会や産業競争力の維持に結びつくという指摘がなされている。特に、ハードウェアに比べてソフトウェアの技術開発の遅れが指摘されている。

まとめ3 一分野・領域ごとの発展の俯瞰的展望一

今後想定される主要 4 分野及びその他の分野の発展を俯瞰的観点でみると、以下のようにまとめることが出来る。

○ 情報通信関連領域

情報通信分野は、領域によって、短期的技術、中期的技術、長期的技術の 3 つのパターンがある。技術的実現と社会的適用までのタイムラグは他分野に比べて短いことが特徴である。政府関与の必要性が低いことから、今後も民間主導で発展していくと考えられるが、政府の有効な推進手段として「研究開発資金の拡充」、「産学官・分野間の連携強化」、「税制・補助金・調達による支援」が求められている。今後は、ユビキタス社会の実現が前提になっており、2015 年ごろを境として社会全体が知識活用の時代を迎えるとされている。さらに、情報通信分野は今後 10 年間における分野間の融合・連携の中心的存在と考えられており、これを着実に進展させる必要がある。なお、情報通信関連領域を支える基礎研究と考えられる数学や計算機科学は、日本の弱い部分であり、この強化を行うことで更なる技術開発の躍進が期待される。

○ 生命関連領域

ライフサイエンス分野は、長期的技術である。2015 年以降において、分野間融合の中心的存在となると考えられている。政府の有効な推進手段として、「人材の育成と確保」が特に強く指摘されていることから、長期的なスパンでの政策が必要である。今後の方向性を考えると、「計算機科学あるいは情報科学の利用」が重要なポイントとされており、このような領域と接点を増やしていくことが必要である。そして、安全・安心や健康を求めるといったニーズを満たすための技術としての役割も出てくるであろう。これらの技術を推進していくためには、基礎研究の厚みが必須である。先進国の基礎科学のポートフォリオと比較すると、基礎生物学や臨床医学は、我が国ではこれまでの 20 年間相当拡大してきたが、量的にもまだ十分でなく、多くの分野で質においては米・英・独に水をあけられている。海外の第一線の科学者・研究者による“深さの欠如”の指摘があったことも踏まえて、“出口”を明確にしつつ基礎研究を着実に積み上げていくことが求められる。

○ 環境関連領域

デルファイ調査で設定された環境分野は、中期的技術である。その内容は、環境の観測、メカニズムの解明、社会システム等に関わるものが多くあり、直接的なニーズに対応した技術はむしろ、エネルギー・資源、製造、社会基盤等の分野に含まれるという構造になっている。ちなみに、エネルギー分野は、長期的技術であり、また長期的には分野間融合の中心的存在の一つとなると考えられている。環境科学については、論文分析でシェアが他分野に比べて低い水準にある一方で、応用技術や対策技術については海外の第一線の科学者・研究者からも高い評価を受けている。

デルファイ調査の結果からも、環境対策技術の中心となるエネルギー・資源、製造、社会基盤等の分野は、日本の水準が高いと評価されており、“出口”を明確に設定した推進策によりその強みを活かしていくことが重要な分野であると言える。その一方で、「地球規模の問題の解決に積極的に貢献する」というようなニーズに対応していくためには要素技術や個別対策技術に加えて、システムとしての環境の理解を深めていくことが不可欠であり、その基礎としての環境科学を長期的な視点から充実させていく必要がある。政府関与の必要性が高い分野であり、「産学官・分野間の連携強化」、「税制・補助金・調達による支援」、「研究開発資金の拡充」が有効な推進手段である。

○ ナノ関連領域

ナノテク材料関連分野は、技術実現時期は比較的早いものの、社会的適用までのタイムラグに短いものと長いものがある。政府間与の有効な手段としては“連携”があげられており、産学官連携とともに、分野融合を推進していくことが重要である。デルファイ調査では、インパクトとして経済効果の側面がかなり強く出ており、国内専門家の目的意識が応用を強く志向していることが伺える。これを具体的な成果につなげていく仕組みの強化が必要である。

この領域は日本が強みを持つ物理学、材料科学、化学を基盤としており、長期的視点からナノサイエンスを充実させこれを基盤として新たなナノテクノロジーの開拓を目指すべきである。5年後、10年後に、海外の研究者から“深さ”が足りないとの評価を受けるようなことがあってはならない。材料科学を中心に、近年の中国や韓国の台頭は目を見張るものがあり、日本は、これまでの知識のストックを活かしつつ、急速に発展しつつある領域にみられるような境界的・学術的領域に軸足を置いた新しい領域を生み出しやすい動的な研究環境を整備すべきである。

○ その他

デルファイ調査全体として、今回、安心や安全に関わる技術の重要度が上昇していることが注目される。これは、社会・経済ニーズ調査においても、健康をはじめとする安全・安心関連のニーズ項目が重視されていることに呼応したものであると考えられる。

フロンティア分野は、デルファイ調査において重要度の評価が高かった分野の一つである。この分野は、社会・経済ニーズと130領域の試行的マッチングの結果で、ニーズに対して間接的寄与が大きいことが示されている。しかしながら、研究開発水準において欧米と差があり、政府主導の推進が求められる分野である。

デルファイ調査において、複数分野に関係する領域が多く、重点4分野以外の分野の領域でも重点4分野と関連がある領域がかなり存在したことや、急速発展領域調査での学際的領域の数からも分かるように、問題解決の際、従来の枠組みでの対処というのは難しくなっていることに留意する必要がある。また、産業基盤に含まれるマネジメントやシステムの技術は文理融合の性格が強く、また水準が低いとされている。日本の強みを持っている要素技術を社会システムとして上手く機能させていくためには、このようなシステムの側面の研究を充実させていく必要がある。

參考資料

参考資料 1 インパクト調査の事例分析について

インパクト調査では、技術がもたらしたインパクト及びインパクト実現過程における公的研究開発・支援の寄与を詳細に把握する目的で、8 分野(ライフサイエンス、情報通信、環境、ナノテクノロジー・材料、エネルギー、製造技術、社会基盤、フロンティア)のそれぞれについて、過去 10 年程度の間の実現し、インパクトを既にもたらしている技術(インパクト実現技術)を2事例、今後 10 年程度の間の実現し、今後インパクトをもたらすと考えられる技術(インパクト未実現技術)を 2 事例それぞれ抽出し、計 32 技術に対して事例分析を実施した。以下に、それぞれの事例分析のポイントをまとめる。

事例分析にあたっては専門家や関係者に対する聞き取り及び文献調査を実施し、各技術について技術動向、公的研究開発・支援の位置づけ、技術の経済的・社会的・国民生活へのインパクトの把握を試みた。参考としてインパクト実現技術／未実現技術の事例分析の視点を図表 参 1-1 に示す。

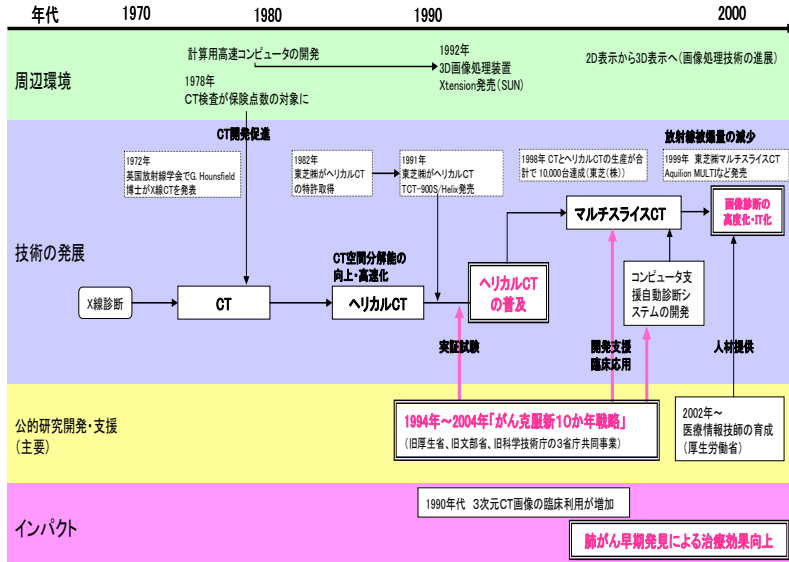
図表 参 1-1 インパクト実現技術／未実現技術の事例分析の視点

| | インパクト実現技術 | インパクト未実現技術 |
|----------------------|---|--|
| 技術動向 | <ul style="list-style-type: none"> ● 技術の種類／内容 ● 技術開発の背景 ● 関連する社会環境変化 ● インパクト実現までの技術動向 | <ul style="list-style-type: none"> ● 技術の種類／内容 ● 技術開発の背景 ● 関連する社会環境変化 ● インパクト実現に向けた技術動向における現在までの位置づけ |
| 公的研究開発・支援の位置づけ | <ul style="list-style-type: none"> ● 関連する公的研究開発・支援 ● 公的研究開発・支援の寄与 | <ul style="list-style-type: none"> ● 関連する公的研究開発・支援 ● 公的研究開発・支援の寄与 |
| 技術の経済・社会・国民生活へのインパクト | <ul style="list-style-type: none"> ● 実現しているインパクトの種類・内容 ● インパクトの実現プロセス ● 上記の用途分野ごとの相違 | <ul style="list-style-type: none"> ● 期待されるインパクトの種類・内容 ● インパクトの実現プロセス ● インパクト実現のための課題・阻害要因 ● 上記の用途分野ごとの相違 |
| その他 | <ul style="list-style-type: none"> ● 当該技術の置かれている状況 ● これまでの公的研究開発・支援の課題 ● 今後の公的研究開発・支援のあり方 | <ul style="list-style-type: none"> ● 当該技術の置かれている状況 ● これまでの公的研究開発・支援の課題 ● 今後の公的研究開発・支援のあり方 |

肺がんの早期発見に有効なヘリカルCT技術(ライフサイエンス)

<事例分析のポイント>

- 肺がんの早期発見には、1970年代から開発が進むCTスキャンの高性能化の寄与が高く、CT開発では日本が世界をリードしている。1980年代から民間企業を中心に開発されていたヘリカルCTにより、早期段階の非常に小さな腫瘍を発見できるようになった。1990年代に入り、民間企業がヘリカルCTをさらに高性能化したマルチスライスCTを開発するなど技術は着実な進歩を見せている。
- 旧厚生省・旧文部省・旧科学技術庁の共同事業「がん克服新10か年戦略」でヘリカルCTの実証試験がなされ、これによってヘリカルCTが普及した。
- 肺がんを早期に発見する検査技術として社会(検査の信頼性向上等)および国民生活(検査時間の短縮や早期発見による治療効果向上等)に幅広いインパクトを有する。



<経済的インパクト>

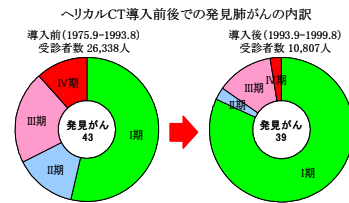
- 肺がん早期発見による医療費投入の適正化。
- 医療機器の市場拡大。
 2001年に496億円、シェアトップは東芝(47.3%)、ついでGE横河メディカルシステムズ(32.5%)、シーメンス旭メディック(10.5%)
- 検査の迅速化、自動化によるコストダウン。

<社会的インパクト>

- 検査の信頼性の向上。

<国民生活へのインパクト>

- 検査時間の短縮。
- 肺がん早期発見による治療効果向上。
 ヘリカルCT導入前は人口10万人に対して163名の発見率であったが、導入後は人口10万人に対して361名と倍以上の発見率
- 手術後の「生活の質」の向上。



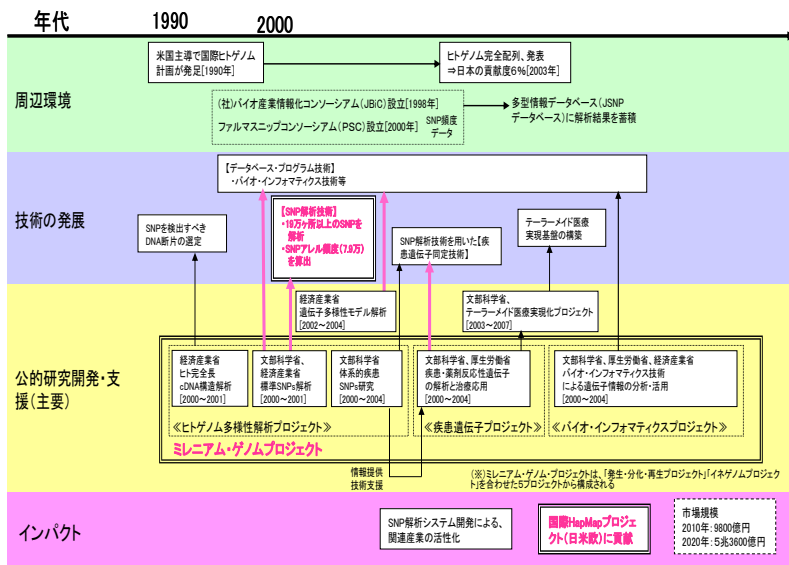
出所: 東京から肺がんをなくす会(ALCA)

- 上記のデータは、ALCAの会員(約9割が男性、平均年齢は約60歳)のうち、1999年8月までの約37,145人に検診(93年8月までは胸部X線写真と喀痰細胞診、93年9月以降は胸部X線写真、喀痰細胞診に加えてヘリカルCT)を実施した結果で、2人の肺がんを発見している。
- ヘリカルCT導入後に発見された肺がんは、早期(I期)のものが多くという特徴になっている。
- I期(がんが原発巣にとどまっている段階)であれば手術によって治すことが十分可能で、肺胞の表面にだけがん細胞があるようなごく早期であれば、100%治療できることがわかってきている。II~IVに進むほど進行し、IV期は原発巣の他に、肺の他の場所、他の臓器に転移がある段階。術後の5年生存率は、I期:80%、II期:60%、III期:40%、IV期:10%未満とされている。

個人の遺伝子多型等を検出する塩基配列決定技術とその応用(診断やテラメド医療)(ライフサイエンス)

<事例分析のポイント>

- 「ミニアム・ゲノム・プロジェクト」等による大学および民間への研究開発資金提供や産学連携による研究開発等が、技術の進展に寄与した。また公的研究開発により、日本人の遺伝子領域有用SNPデータの蓄積が行われた。
- これらの情報は国際HapMapプロジェクトにおいても、活用されている。このプロジェクトに対して、理化学研究所遺伝子多型研究センターは、データ公開開始以降、5カ国8研究機関中で最大の貢献を見せている。
- テラメド医療の実現化や薬剤の副作用減少、難治性疾患の治療等の国民生活へのインパクトとともに、医療費の削減(2020年の市場規模5兆3600億円)等の経済的インパクトが期待される。
- 今後は、データベースの維持管理コストや情報公開範囲のルール作り、SNPデータを活用したたばく質機能・構造解析のための基礎的なインフラ整備・基盤技術開発研究等が求められている。



<経済的インパクト>

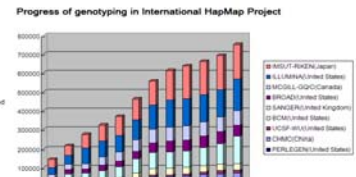
- SNP解析システム開発による、関連産業の活性化。
- テラメド医療の実現化、薬剤の副作用減少による医療費の削減の期待。
- ゲノム創薬(テラメド医療)の市場規模2010年9,800億円、2020年5兆3,600億円
- 社会福祉費の削減の期待。
- 製薬企業、診断企業の活性化の期待。
- ITと医療の領域融合型の技術開発により医療機器産業の活性化の期待。

<社会的インパクト>

- 知的所有権の確保。
- 国際HapMapプロジェクトへの貢献により、当該分野における日本の地位向上

<国民生活へのインパクト>

- 医療の質の向上の期待。
- 健康な長寿社会の実現の期待。
- がん転移防止やアルツハイマー病等の治療の期待。
- 個々の患者に最適な医療の提供の期待。
- 副作用の回避の期待。
- 国民の健康維持・向上の期待。

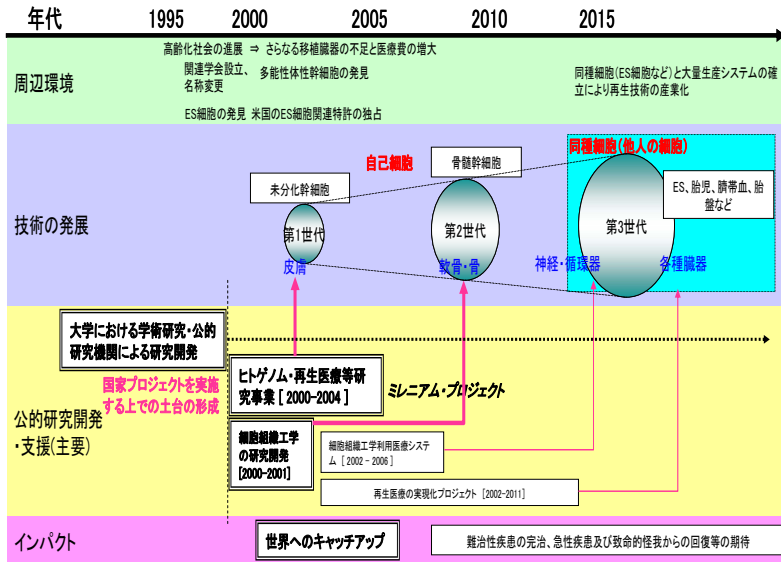


出所: International HapMap Project HP.104抜粋

幹細胞による培養自己組織を人工臓器・組織の材料として用いる技術(ライフサイエンス)

<事例分析のポイント>

- 大学や公的研究機関による基礎研究の積み重ねにより、国家プロジェクトを実施する上での土台が形成された。
- 1998年ごろから関連学会が設立され、2000年からは開始されたミレニアムプロジェクトでは研究資金の集中投資が行われたことより研究水準が世界にキャッチアップ。世界をリードする分野もでてきているが、トップである米国とは差がある。
- 疾病等に対する完治可能性が期待され、高齢化社会への対応として社会的インパクトが期待される。
- 今後は研究開発の拡充に加え臨床例の増加や産業化の支援等、国民の受容性も考えた実用化に向けた施策強化が求められる。



<経済的インパクト>

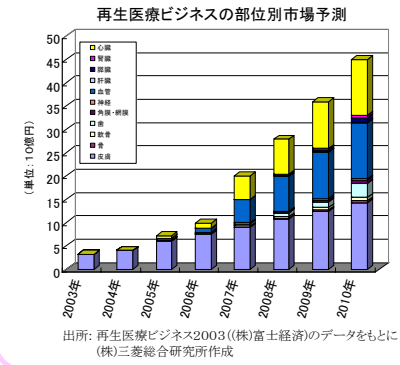
- 新規ビジネスの創出の期待。
- 2010年における市場規模予測は合計450億円
- 幹細胞の医療全体へ潜在的波及効果は5~10兆円
- 医療費の削減の期待。
- ベンチャー企業の創出、特許ビジネスの進展の期待。

<社会的インパクト>

- ドナー不足の解消の期待。
- 高齢者介護負担の軽減の期待。
- 高齢化社会の活力増大の期待。

<国民生活へのインパクト>

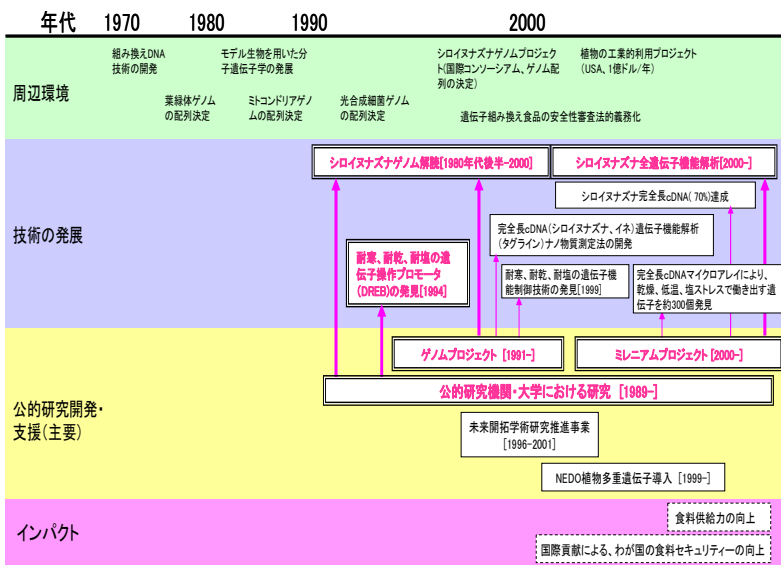
- 難治性疾患の完治可能性の期待。
- 急性疾患及び致命的怪我からの回復の期待。
- 患者のQOLの飛躍的向上の期待。



遺伝子操作による耐寒・耐乾・耐塩性作物の作出技術(ライフサイエンス)

<事例分析のポイント>

- 耐寒・耐乾・耐塩性に関わる遺伝子及び機能制御技術は、シロイヌナズナというモデル植物を用いて世界に先駆けて日本の公的研究機関で発見・開発された。
- 理化学研究所、農業技術研究機構等の公的研究機関や大学における基礎研究、基盤技術・研究基盤の確立が主な公的寄与である。
- 世界的な食料危機における食料生産向上に対する国際貢献(社会的インパクト)が期待される技術である。
- 応用フェーズに入りつつあるが、国内では遺伝子組み換え作物への国民の受容性が低く、ほとんどの企業は研究開発から撤退している。



<経済的インパクト>

- 遺伝子組換え作物の作出技術輸出の拡大の期待。
- 海外の塩害、砂漠化の進展する国、地域への遺伝子組換え作物の作出技術の輸出
- 海外における遺伝子組換え作物の作出・販売の期待。
- イネについてはインパクトの実現は数十年先

<社会的インパクト>

- 世界の食料不足時の食料供給力の向上の期待。
- 耐乾性付与技術の輸出により、アフリカ、中国等の乾燥地域に対して国際貢献できる。また、耐塩性付与技術の輸出により、アフリカ、中国、オーストラリア等の塩害に対して国際貢献可能
- 日本の食料セキュリティの維持への期待。
- 諸外国に対して技術的に国際貢献することにより、日本への食料輸入を維持したり、冷害等の悪天候時にも代替作物を確保できたりする関係を構築

<国民生活へのインパクト>

- 将来起こると予想される食料危機への不安の軽減の期待。
- 安定した食生活の確保の期待。

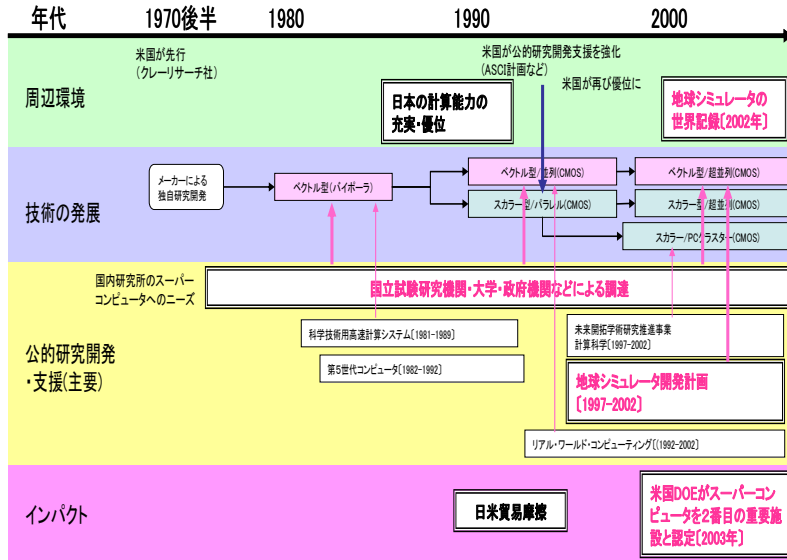
各国の組換え作物栽培面積(58.7百万ha、2002年)

出所: 農林水産省資料をもとに(株)三菱総合研究所作成

高演算速度の並列コンピュータ(情報通信)

＜事例分析のポイント＞

- 1970年代以降、大学、公的研究機関などの調達により民間企業の研究開発が促進され、80年代後半～90年代前半には世界的に優位性を持つに至る。その後米国政府が投資を強化し、ベクトル型でなくスカラ型型のスーパーコンピュータの占める割合が大きくなった。
- これに対応し、幾つかの公的プロジェクトが実施され、地球シミュレータはベクトル型での日本の技術力を示し、2002年～2004年にかけて世界一の計算速度を達成。米国に危機感をいだかせた。
- 産業分野での利用が進んでいる。非産業分野でも地球温暖化影響等の長期予測が実施されており、今後は災害発生想定による予防研究への展開が見込まれる。



＜経済的インパクト＞

- スーパーコンピュータの売上(国内市場):
 価格3,000万円以上のシステム 約1,000億円/年
 価格1億円以上のシステム 約500億円/年
 (上記のうち、公的調達が半分以上を占める。)
- ベンチャー企業創造の期待(ソフト、PCクラスターメーカー等)。

＜社会的インパクト＞

- 地球環境変動および気象予測精度の向上。
- 都市・交通等インフラの信頼性・安全性向上 (高層ビルの耐震性、航空機の安全性等)。

＜国民生活へのインパクト＞

- 自動車の安全・快適性の向上。
- 地震、台風、津波等の災害予防の期待。

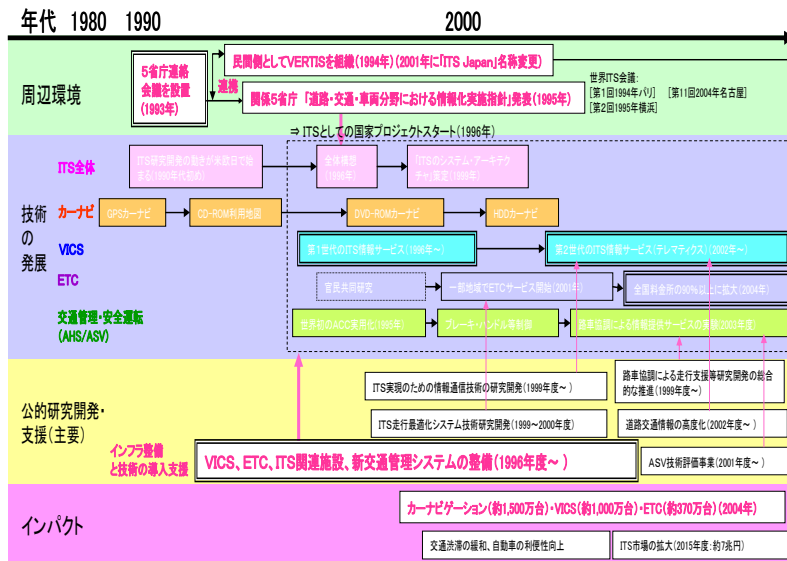
＜その他(世界への影響)＞

- 米国DOEは地球シミュレータの成果に注目し、スーパーコンピュータをITERに続く2番目の重要施設と認定(2003年)。

ITS(カーナビゲーション、VICS、ETC、交通管理など)(情報通信)

＜事例分析のポイント＞

- カーナビゲーション、VICS、ETC、交通管理(AHS、ASV等)などの要素技術では世界でもトップクラスにあり、ITSの実現によるインパクトは広範に及ぶ。
- 1990年代までは各省庁において個別に研究開発が実施されており要素基盤技術の開発に成功した。1990年代中ごろからは、関係省庁の連携が進められ、国主導で計画的に研究開発が推進されている。
- ITS市場の拡大(2015年度で約7兆円)等の経済的インパクトの他、交通渋滞の解消や交通事故の削減、環境負荷軽減、省エネ等の社会的インパクトおよびITS社会の実現を通じた人々の生活・行動様式の変革等の国民生活へのインパクトが期待されている。
- 今後は、個々の技術開発の成果を集約し、ITS全体の目指すべき姿を実現するために、関係省庁が一体となって研究開発を進めるとともに、社会システムや人々の行動様式の変化をスムーズに進めるための広域活動等が求められる。



＜経済的インパクト＞

- カーナビゲーション(約1,500万台)、VICS(約1,000万台)、ETC(約370万台)の普及によるITS市場の拡大(2004年)。
- 利用産業でのコスト削減、製品・サービスの競争力向上。
- ITS情報通信関連分野の市場。
 ・8,814億円(2000年度単年度)、7兆3,616億円(2015年度単年度)、60兆3,154億円(2015年度までの累計)
- 雇用効果(約107万人(2015年度))。
- 渋滞解消効果(年間1.2兆円(2015年))。

＜社会的インパクト＞

- 交通渋滞の緩和、解消。
- 交通事故の削減(交通死亡事故件数半減(2025年目標))。
- 環境負荷軽減(燃料消費量・CO₂15%削減、都市部のNO_x30%削減(2025年目標))。
- 省エネルギー。
- 物流分野の効率化、高度化。

＜国民生活へのインパクト＞

- ドライバの利便性向上による快適生活の実現。
- ITS社会の実現を通じた人々の生活様式、行動様式の変革。

ITSの情報通信関連分野の市場規模

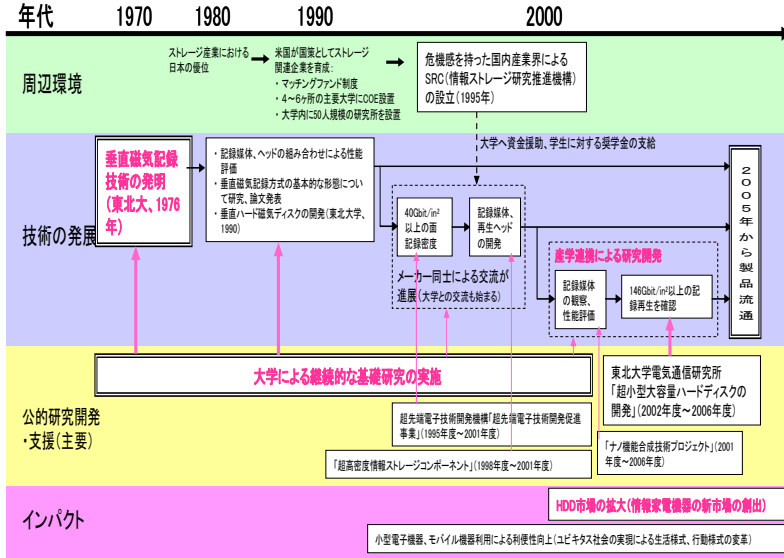
| 市場の分類 | 2000年度 | 2005年度 | 2010年度 | 2015年度 | 2015年度までの累計 |
|----------------------|--------|--------|--------|--------|-------------|
| ITSの情報通信サービス | 768 | 9,449 | 24,950 | 47,729 | 309,903 |
| 車載機等の端末機器 | 4,452 | 10,182 | 15,068 | 17,417 | 186,705 |
| ITSの情報通信システム(インフラ関連) | 3,594 | 6,500 | 7,470 | 8,470 | 106,546 |
| 合計 | 8,814 | 26,131 | 47,488 | 73,616 | 603,154 |

出所:「電気通信技術審議会ITS情報通信システム委員会報告をもとに(株)三菱総合研究所作成

垂直磁気記録技術(ハードディスクドライブ用)(情報通信)

＜事例分析のポイント＞

- 日本は2.5および1.8インチのハードディスクドライブ(HDD)市場で現在優位に立っている。
- 大学での継続的な基礎研究(垂直磁気記録の発明等)が苗床となり、技術が実用化されつつある。但し、本格的な国家プロジェクトの実施に到るまでは時間がかかった。
- 情報家電向け新市場を創出するなどHDD市場の拡大等の経済的インパクトが顕著である。
- HDDに関する技術は年々難易度を増しており、今後は短期的なものだけでなく、次世代の技術シーズにつながる継続的な公的研究開発・支援が期待される。



＜経済的インパクト＞

- 電気機器等の当該技術利用による超小型化、大容量化を通じたHDD市場の拡大の期待(情報家電機器の新市場の創出)。

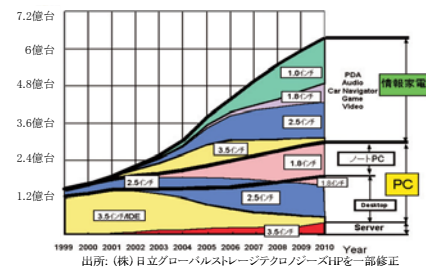
＜社会的インパクト＞

- 小型による電力消費量の削減の期待。
- モバイルインフラの整備の期待(パーソナル用途に向くネットワーク接続可能な超小型大容量モバイルストレージの実現)。
- 医療技術の向上による健康な長寿社会の実現の期待。

＜国民生活へのインパクト＞

- 小型電子機器、モバイル機器利用による利便性向上の期待。
- ユビキタス社会の実現を通じた人々の生活様式、行動様式の変革の期待(場所、時間に対する概念の変化)。

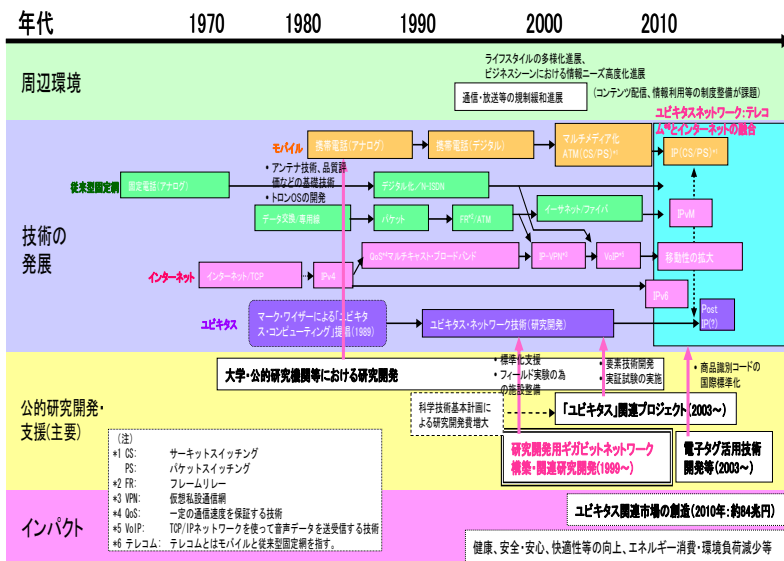
HDDの需要予測



ユビキタス・ネットワーク(情報通信)

＜事例分析のポイント＞

- 大学・公的研究機関等はモバイル通信技術に関する研究開発全般で寄与した。また、無線通信に関する基礎技術(アンテナ技術、品質評価等)や標準化に対しては学術的なアドバイスを実施した。さらに、大学等で開発されたOSである「トロン」が携帯電話に組込まれたり、ユビキタス・ネットワークへ応用されたりしている。
- 電子タグ活用技術開発等では、電子タグ活用のための技術として、商品識別コードの国際標準化がなされた。また、メーカーへの資金提供により低価格化のための技術開発やユーザー業界ごとの実証試験が行われた。
- 多様な分野で利用が期待され、経済的インパクト(2010年の関連市場規模が約84兆円と試算される)とともに、社会的インパクトおよび国民生活へのインパクトも大きいと期待される。



＜経済的インパクト＞

- ユビキタス関連市場の創出の期待(2010年:約84兆円)。
- 日本産業全般の生産性・効率の向上による国際競争力強化の期待。
- 雇用拡大効果・地域経済活性化の期待。

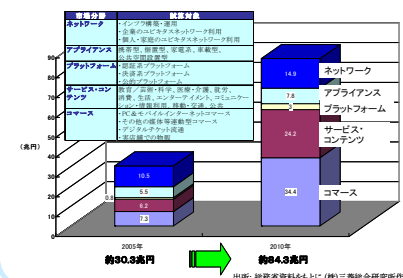
＜社会的インパクト＞

- エネルギー・環境問題への対応への期待。
- 各種効率向上によるエネルギー消費・環境負荷の低減
- 障害者・高齢者の社会参加の促進への期待。
- 障害者・高齢者が不自由しない都市インフラのバリアフリー化や、適切な形で情報提供等
- 就労効率化・労働負荷軽減による高齢化社会対応等への期待。

＜国民生活へのインパクト＞

- 健康や食品品質管理等による保健向上の期待。
- むだの排除による、生活や就労のゆとりや利便性向上の期待。
- セキュリティ向上による安全・安心の向上の期待。
- 生活や余暇の快適性や楽しみの向上の期待。
- 創造性のある活動参画による生き甲斐向上の期待。

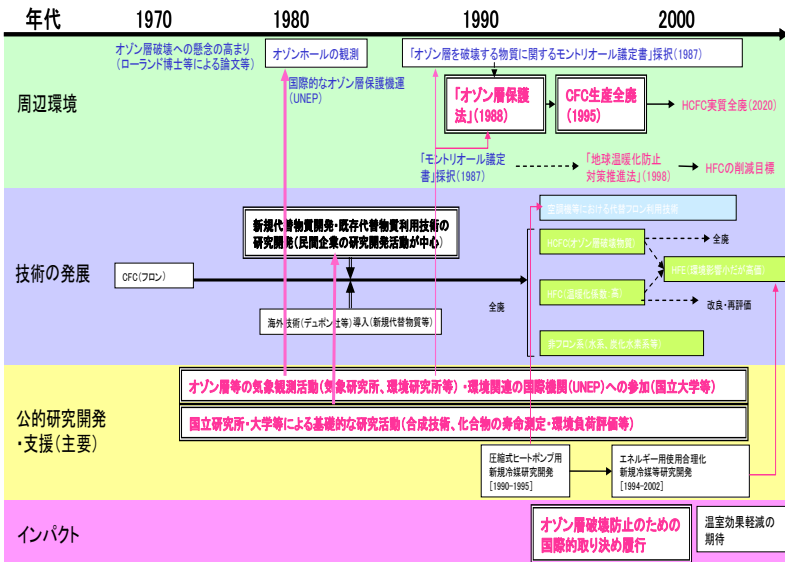
ユビキタスネットワークの波及効果市場規模(試算例)



オゾン層を破壊せず地球温暖化への影響を考慮したフロン・ハロン代替品製造・利用技術(環境)

〈事例分析のポイント〉

- 国際的なオゾン層保護機運の切っ掛けとなったオゾンホール発見が、南極昭和基地の観測によってなされた。
- 規制に誘導される形で、代替品製造・利用技術の開発・利用が促進され、オゾン層破壊係数の大きい特定フロンの実質全廃を実現した。
- 研究開発の主体は民間企業だが、法律による規制とともに、技術開発などに対する基盤的側面からの支援(温暖化係数などの環境負荷の評価、化合物の寿命測定等)が有効に働いた。
- オゾン層破壊物質の大幅削減によるオゾン層破壊の抑制(社会的インパクト)およびフロン・ハロン代替品市場や他国企業に先駆けた環境規制対応に関する国際競争力向上等(経済的インパクト)が顕著である。
- 代替物質の環境影響評価等の総合的な科学的知識に基づいて、規制等の政策を合理的に形成することが課題である。



〈経済的インパクト〉

- フロン・ハロン代替への産業界における幅広い対応促進(環境対応技術・研究開発力の向上、企業の環境ブランド確立)。
- 国際競争力向上。
 ・欧州の環境規制に対し、日本の空調機器産業の対応は米国に先行
- フロン・ハロン市場の代替。
 ・HCFCとHFCの合計で約360億円、CFCはピーク時の約600億円より消失

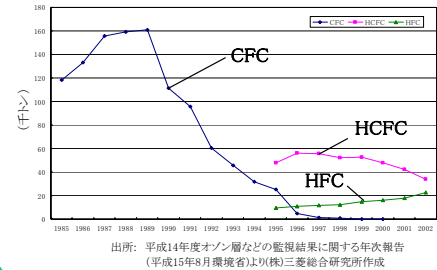
〈社会的インパクト〉

- オゾン層破壊の防止・抑制。
 ・CFC全廃、HCFCは2020年から実質全廃予定、ハロン実質全廃
- 地球温暖化ガス(HFC)の削減。
 ・HFCは全温室効果ガスに対しCO₂換算で約2%
- 国際規制(モントリオール議定書)の遵守。

〈国民生活へのインパクト〉

- オゾン層破壊抑制、紫外線による健康影響を防止(皮膚がん等)。
- 地球温暖化や異常気象等による生活への影響の抑制。

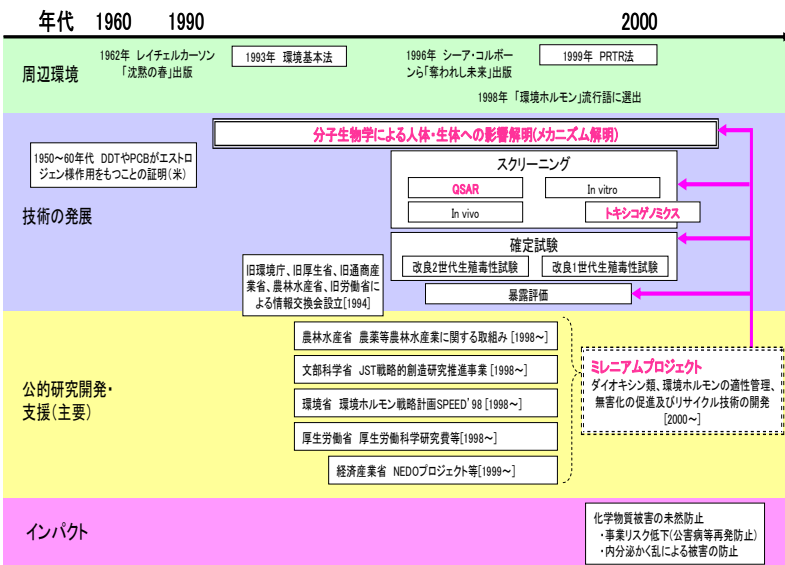
フロン転換：CFC全廃と代替品の動向(出荷量)



内分泌かく乱物質の人体、生体への影響解明技術(環境)

〈事例分析のポイント〉

- 20,000種類以上にもおよぶ既存化学物質のスクリーニングおよびリスク評価を、如何に迅速にコストを抑えて実施できるかが課題であり、そのための研究開発が行われている。
- 大学や公的研究機関で行われていた分子生物学の知見の蓄積が、各種影響解明手法の確立に大きく寄与した。
- 化学物質の内分泌かく乱作用に関するデータベースの作成とそれに伴う適切な規制により、企業の経済リスク低減や国民生活の安全性の確保といったインパクト表現が見込まれる。
- 省庁間の連携やプロジェクト間の知識共有が今後より一層望まれる。



〈経済的インパクト〉

- 有害性評価コストの低減。
- 化学物質被害による事業リスクの低減。

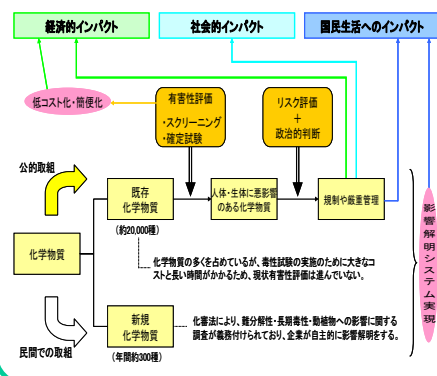
〈社会的インパクト〉

- 内分泌かく乱物質による環境汚染の回避。
- 野生動物の内分泌系障害の回避。

〈国民生活へのインパクト〉

- 化学物質に対する安全・安心の向上。
- 新生児や胎児に対する不可逆的内分泌系の障害の回避。

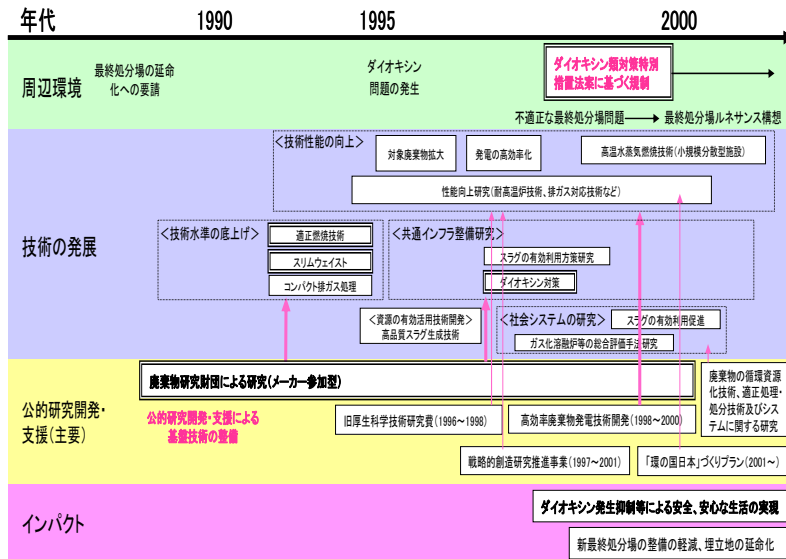
内分泌かく乱物質の人体・生体への影響解明によるインパクト実現プロセス



廃棄物処理用ガス化溶融炉及び灰溶融炉技術（環境）

＜事例分析のポイント＞

- 溶融技術は、もともと海外のものが中心であるが、処分場の逼迫という我が国の特殊事情から独自の発展を遂げている。
- 民間企業主体で研究開発が行われており、法律による規制と自治体への補助制度が相互に有効に働き、インパクトを実現しつつある。また、共通の基礎技術整備は民間企業と公的研究機関の共同研究により進められた。
- 最終処分場の延命や浸出水による地下水汚染防止等の社会的インパクトのほか、ガス化溶融炉、灰溶融炉の市場拡大や新たな最終処分場の整備の軽減等の経済的インパクトおよび廃棄物処理やリサイクル技術への国民意識の向上が期待される。
- ガス化溶融炉及び灰溶融炉技術は、一通り完成し実機も普及し始めたところである。今後は、安定稼働の技術研究やランニングコスト・メンテナンスコストを含めたライフサイクルコストの低減を図っていく必要がある。



＜経済的インパクト＞

- ガス化溶融炉、灰溶融施設の市場拡大の期待。
- 海外への技術輸出、パテント収入の期待。
- 新最終処分場の整備の軽減の期待。
- 金属、スラッグ製品による収入の期待。
- 電力コスト削減の期待。
- 熱利用によるコスト削減、産業創出の期待。

＜社会的インパクト＞

- 浸出水による地下水、土壌汚染防止の期待。
- 埋立地の延命化の期待。
- 不法投棄の防止の期待。
- 金属資源のリサイクルの実現の期待。
- ダイオキシン発生抑制と捕集処理の期待。
- 化石燃料の使用減によるCO₂排出削減の期待。

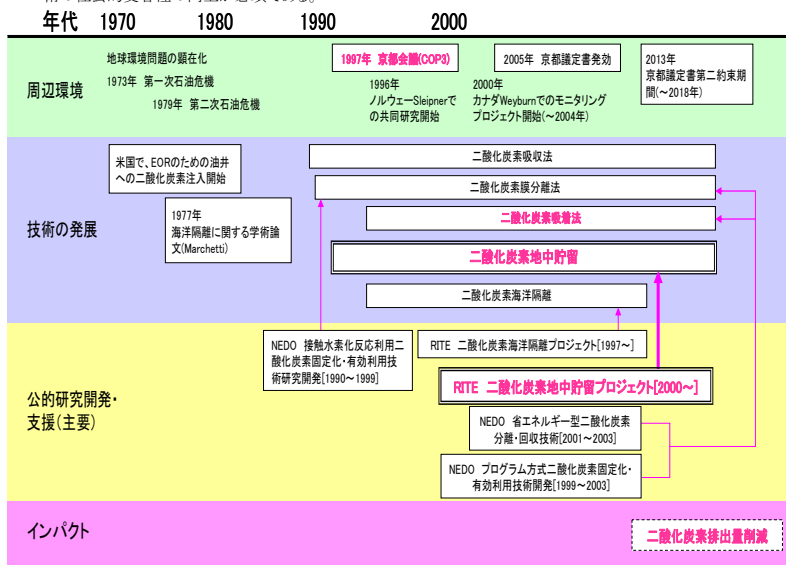
＜国民生活へのインパクト＞

- 安全、安心な生活の実現の期待。
- 住民福祉の向上の期待。
- 快適性、利便性の向上の期待。
- 廃棄物処理、リサイクル技術に対する国民の環境保護意識の向上の期待。
- 健康、保健問題の向上と医療費の低減の期待。

二酸化炭素の分離・回収・隔離技術（環境）

＜事例分析のポイント＞

- 二酸化炭素の回収・隔離は欧米において盛んに進められてきた。日本においては、回収技術(特に吸収法)は民間ベースで、隔離技術は公的支援によって研究開発がなされてきた。
- 社会的な地球温暖化防止への取り組みの本格化に伴い、国のプロジェクトとして地中貯留の実証試験が始まり、技術的可能性を検証する段階になっている。
- 二酸化炭素の排出量削減というインパクトは大きいですが、技術の転用によって派生的なメリットを生まない技術であるため、民間主体では進まず公的研究開発・支援が不可欠である。
- インパクトの実現のためには、コスト削減と共に隔離・貯留候補地の地質データの蓄積や安全性の担保など技術の社会的受容性の向上が必須である。



＜経済的インパクト＞

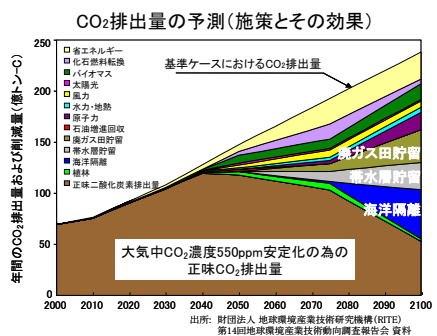
- 二酸化炭素隔離事業の創出の期待。
- 年間1,000万t-CO₂の隔離: 約100億~1,000億円
- 二酸化炭素処理費用の低減の期待。
- 石油の増産、メタンガスの採取の期待(主に海外)。

＜社会的インパクト＞

- 二酸化炭素削減効果の期待。
- 年間国内で1,000万t-CO₂の隔離: 2015年頃(1カ所:100万t-CO₂規模)
- 京都議定書の遵守の期待。

＜国民生活へのインパクト＞

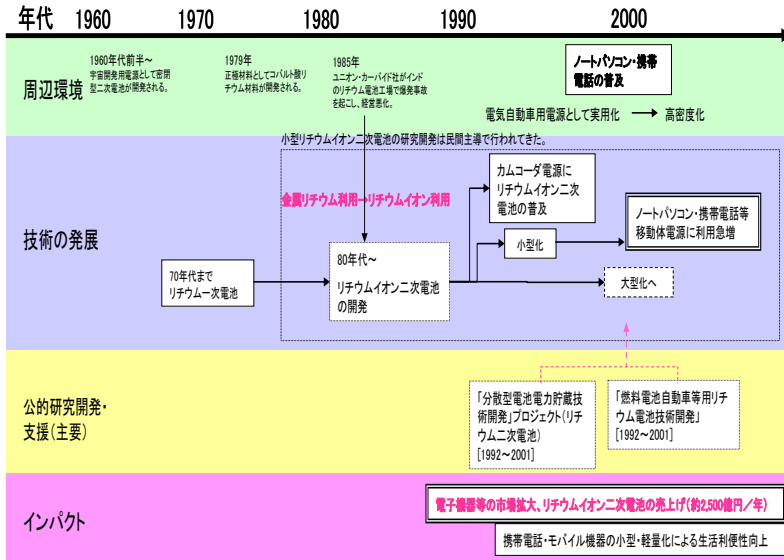
- 貯留地域の環境意識の向上の期待
- 地球温暖化防止の期待。



リチウム電池の高密度化・高寿命化技術(ナノテクノロジー・材料)

<事例分析のポイント>

- モバイル用リチウム電池は日本のメーカーが世界に先駆け製品化したもので、技術水準は世界をリードしている。
- 民間主導で研究開発が行われ、顕著な公的研究開発・支援は見られなかった。ただし、電池材料開発への支援、軽量アルミ外装の加工へのレーザ加工技術の利用などを通じて、基礎研究に対する間接的な寄与があったと考えられる。
- 携帯電話・モバイル機器の小型・軽量化に大きく寄与し、電気機器の基盤技術として経済・社会および国民生活に幅広いインパクトを有している。
- 電池の基盤技術への支援が求められている(電池の開発には、材料・加工技術、電解質開発などの基盤技術の研究開発が重要)。



<経済的インパクト>

- 小型化・軽量化を通じた電子機器等の市場拡大。
- リチウムイオン二次電池の売上げ(約2,500億円/年)。
- 2002年に日本がシェア第1位。

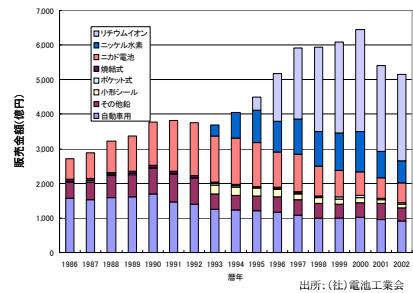
<社会的インパクト>

- 土壌汚染の改善(従来の二次電池で用いられる鉛や水銀、カドミウムを使用しないため)。
- 電力供給の安定性・信頼性の向上。
- 新エネルギー利用促進の可能性(太陽光発電等)。
- 地震、台風、津波等の災害時の非常電源の確保。

<国民生活へのインパクト>

- 小型電子機器・モバイル機器利用による便益。
- ユビキタス社会の実現を通じた生活の変革。

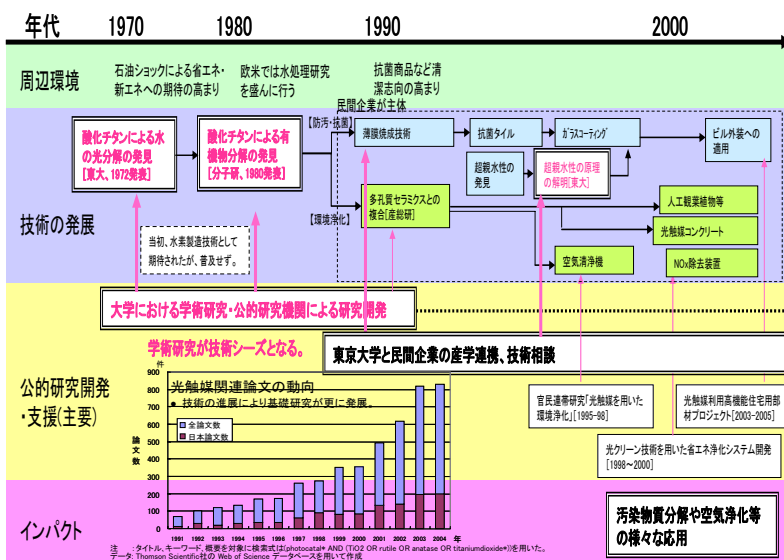
二次電池販売金額の推移



光触媒材料(ナノテクノロジー・材料)

<事例分析のポイント>

- 技術初期の発展過程では、東京大学や公的研究機関における学術研究が中心であり、1960年代末に水の光分解の発見、その後、有機物分解の発見がなされ、技術シーズとなった。
- 東京大学による基礎研究は、単に技術シーズとただでなく、民間企業による酸化チタン薄膜開発への技術指導や超親水性の産学連携による原理説明等、技術の発展過程でも継続的に寄与してきた。この間、技術の発展により基礎研究が更なる発展をみせている(連鎖モデル)。
- 薄膜化技術の進展により、セルフクリーニングタイルや空気浄化等の様々な応用によりインパクトを実現した。



<経済的インパクト>

- 外壁材、空気清浄機、脱臭機など既存製品の高付加価値化、代替により約400億円(推定)の市場が出現(業界団体である光触媒製品フォーラム加入企業だけで250億円)。

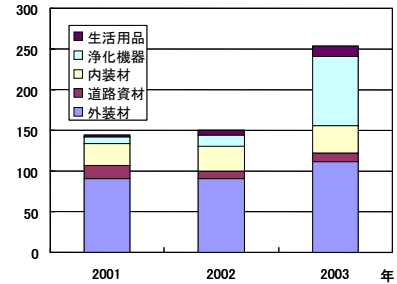
<社会的インパクト>

- 道路周辺(遮音壁、ガードレール等)やビルの清掃コストの削減。
- 農業(ハウス栽培) 廃液の浄化。
- 道路周辺におけるNOx除去の期待。
- 夏の冷房にかかるエネルギーの削減の期待。

<国民生活へのインパクト>

- 住宅の外装・内装の清掃にかかる手間の削減。
- 都市や道路における美観の向上。

光触媒応用製品の市場規模推移

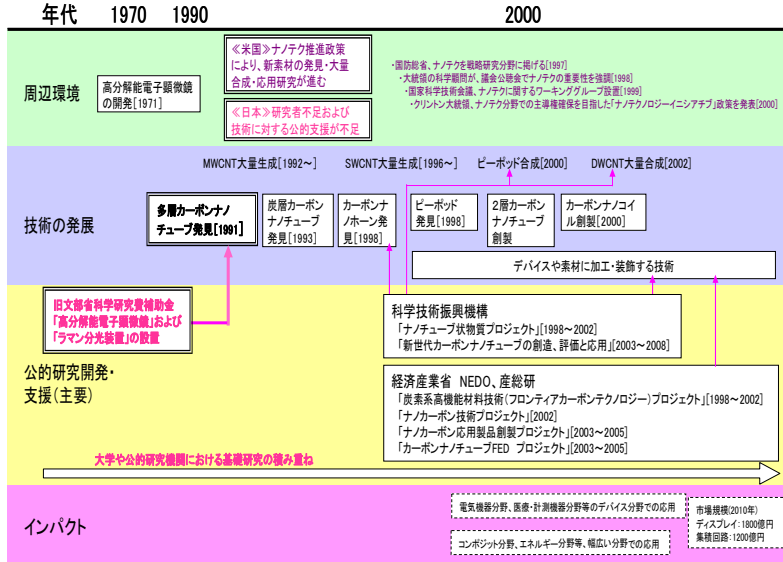


注: 2003年から浄化機器の金額が急増しているのは、集計方式の変更による(従前はフィルタ部分のみ、事後は機器全体の金額として計算)
 出所: 光触媒製品フォーラム資料

カーボンナノチューブ・デバイス技術(ナノテクノロジー・材料)

＜事例分析のポイント＞

- カーボンナノチューブ(CNT)は1991年に日本で発見されたが、これには1970年代から続く高分解能電子顕微鏡の研究開発、大学や公的研究機関における基礎研究の積み重ねが寄与している。一方で、1990年代後半までは、CNTについて大規模な公的研究開発・支援は行われず、この間に米国が大量合成、応用研究において日本をリードするに至った。
- 当該技術に対する本格的な公的研究開発・支援は1990年代後半に入ってからである。大学および民間への研究開発資金提供、産学連携による研究開発等により、当該技術の進展に寄与した。
- ディスプレイ市場・集積回路市場・医療市場における新規ビジネスの創出、雇用拡大等(経済的インパクト)および小型電子機器による国民生活の利便性向上、健康維持・向上等が顕著なインパクトである。
- 今後は、応用または実用化が早期に見込まれる課題に公的研究開発・支援を行う一方で、応用または実用化に時間のかかる課題については、基礎研究が途切れることがないよう継続的な支援が求められている。



＜経済的インパクト＞

- 新規市場、ビジネスの創出による経済効果の期待。
 ・ 2010年にディスプレイ市場約1,800億円、集積回路市場約1,200億円
- 利用産業での、コスト削減、開発期間短縮、製品・サービスの競争力向上の期待。
- 利用産業での雇用拡大の期待。

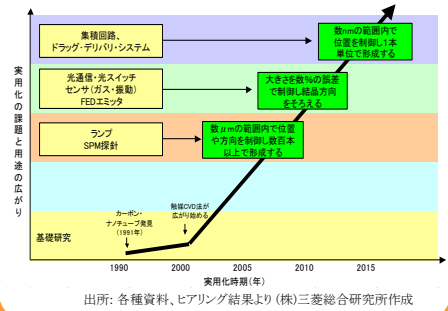
＜社会的インパクト＞

- 温暖化防止(CO₂排出削減)による地球環境負荷軽減の期待。
- エネルギー消費の大幅削減(省エネルギー)の期待。
- 医療技術の向上により健康な長寿社会の実現の期待。

＜国民生活へのインパクト＞

- 小型電子機器による利便性向上の期待。
- ユビキタス社会の実現を通じた生活スタイルの変革の期待。
- 国民の健康維持・向上の期待。

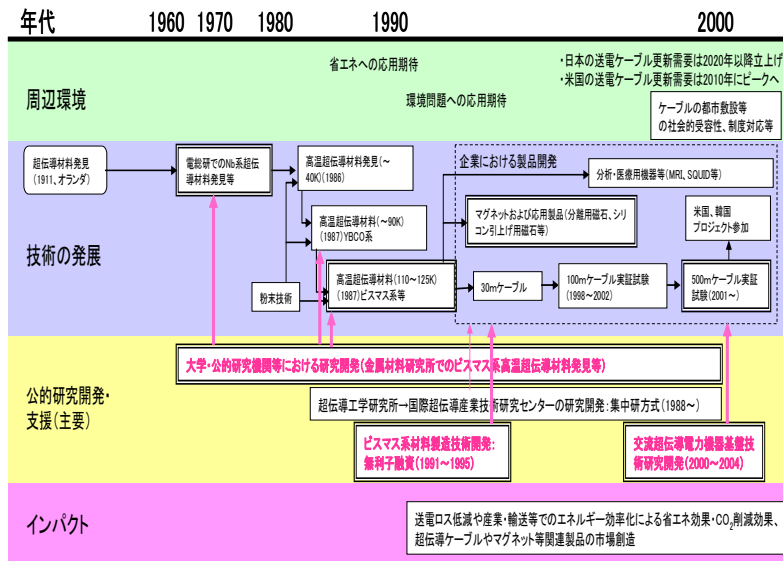
応用分野へのカーボンナノチューブの普及イメージ



高温超伝導材料(ナノテクノロジー・材料)

＜事例分析のポイント＞

- 日本は学術・基礎研究では世界をリードしているが、応用段階では、欧米のベンチャー企業が研究開発のための資金調達で有利と言われており、日本のリードが縮小する可能性がある。
- 東京大学工学部でランタン系酸化化物による超伝導材料が発見され、金属材料研究所ではビスマス系酸化化物による高温超伝導材料が発見された。また、リスクの大きい製品開発や実証試験といった形でも公的研究開発・支援の寄与が見られた。
- 超伝導ケーブル(送電用)や超伝導マグネット、モーター等の応用製品の利用による、関連製品の市場創出等の経済的インパクト、省エネルギー・CO₂削減等の社会的インパクトが大きく期待される。
- 超伝導ケーブル(送電用)の研究開発は応用フェーズに入っているものの、実用化までには解決すべき課題も多く、また、早期に市場が立ち上がらないことから、実証研究や調達を含む公的研究開発・支援により、蓄積された高度な技術を維持・強化し、市場創出に結び付けていくことが必要と考えられる。



＜経済的インパクト＞

- 超伝導ケーブル市場の期待。
 ・ 当面は米国市場が有望、今後10年で全米の電力ケーブル更新費用は総額約10兆円であり、超伝導利用の可能性が存在する。なお、日本のケーブル更新は約20年後に立ち上がる見通し。
- 送電ロス低減によるエネルギーコスト節約の期待。
 ・ 日本全国に超伝導ケーブルを張り巡らすと、年間約3,700億円節約
- 超伝導マグネットおよび応用製品、超伝導線材市場の創出の期待。
 ・ ビスマス系線材市場: 国内約500億円、世界約600億円との予測
- 鉄道、産業プラント等のエネルギー効率化によるコスト低減の期待。
- シリコンの品質向上による半導体製品の付加価値化の期待。

＜社会的インパクト＞

- 送電ロス低減や産業・輸送等でのエネルギー効率化による省エネ効果・CO₂削減効果の期待。
 ・ 日本全国に超伝導ケーブルを張り巡らすと、年間約1,570万t-CO₂削減が可能
- 都市稠密地域における空間有効利用・電磁波影響削減の期待。
- 排水や湖沼の汚染除去による環境改善の期待。

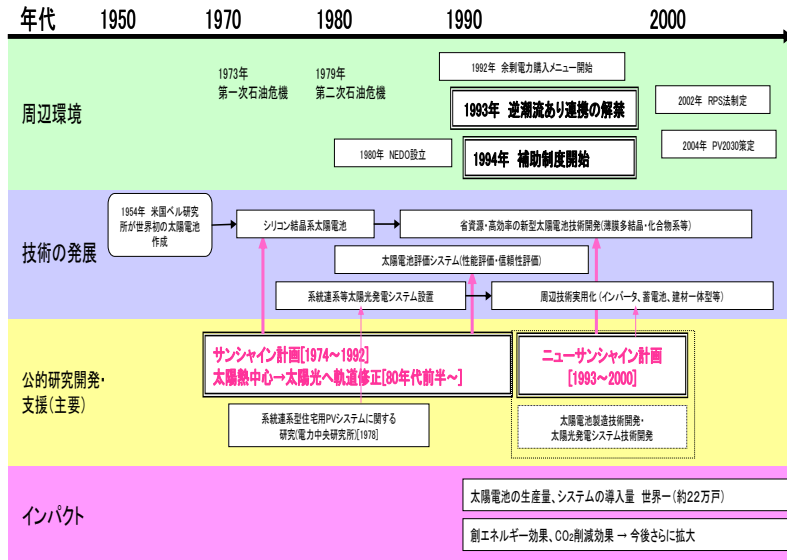
＜国民生活へのインパクト＞

- 送電コスト低減による電力料金低減の期待。
- 画像診断等の高度化による健康向上の期待(一部実現)。

住宅用太陽光発電システム(エネルギー)

＜事例分析のポイント＞

- 30年後を見据えた長期的なビジョンを国が掲げて研究開発を進めたことが成功の大きな要因。
- 当初太陽熱が主目標であったが、途中から太陽光に軌道修正、技術の発展の流れに合わせた公的研究開発・支援がなされた。
- 規制緩和による逆潮流^(注1)ありの系統連系の解禁と、導入への補助金により初期市場を形成。市場拡大と低コスト化の好循環により、太陽電池の生産量、太陽光発電システムの導入量ともに現在日本が世界一。



注1: 逆潮流とは発電設備設置者の構内から系統側へ向かう有効電力の流れ(潮流)のこと

＜経済的インパクト＞

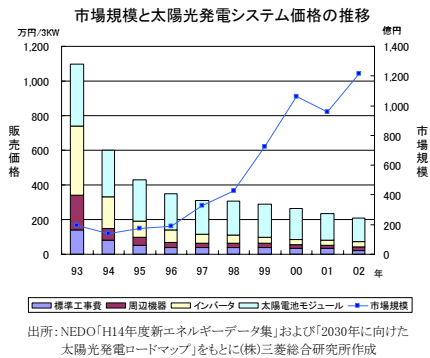
- 市場の創出。
- 2003年に1,500億円超、2010年には4,000億円
- 国際競争力の強化。
- 太陽電池生産量の50%弱は日本製
- 製造・導入・保守運用による直接、誘発の雇用創出効果。
- 2003年推計値 約30,000人

＜社会的インパクト＞

- 約22万戸に普及(2004年)。
- 2002年発電シェア約0.02% → 2030年10%へ
- CO₂削減効果。
- 2002年 約23万t-CO₂、2010年 約170万t-CO₂

＜国民生活へのインパクト＞

- 発電電力の利用と売電収入による電気料金の削減。

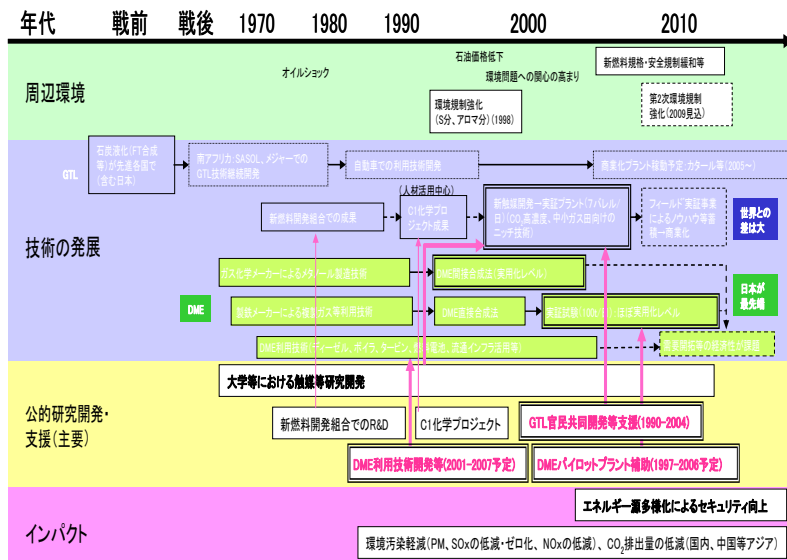


出所: NEDO「H14年度新エネルギーデータ集」および「2030年に向けた太陽光発電ロードマップ」をもとに(株)三菱総合研究所作成

天然ガス等からの液体燃料製造・利用技術(GTL、DME)(エネルギー)

＜事例分析のポイント＞

- GTLは既存灯油との混合利用が想定され、海外では2005年の商業化が予測されているが、日本は小規模な実証プラントレベルに留まっている。一方、DMEは新規の燃料であり、利用技術開発が進められれば実用化可能なレベルにあり、日本は最も進んでいる。
- GTL技術およびDME技術は事業化リスクが大きく、特に投資規模が大きい実証試験を中心として公的研究開発・支援の寄与が不可欠であった。
- 将来予想される石油需給の逼迫に際して、天然ガス等の各種炭化水素原料から発電、加熱、輸送等多様な用途に利用できる各種合成液体燃料を得ることで、エネルギー源を多様化しセキュリティを向上させるという社会的インパクトが大きく期待される。
- インパクトを実現するためには、長期的な国のエネルギー戦略を踏まえた観点からの公的研究開発・支援および科学技術政策以外の政策との連携が必要である。



＜経済的インパクト＞

- 新燃料(DME)市場創造の期待。
- 2010年で約200万t(約300億円)、2020年で約2,800万t(約4,200億円)との試算あり
- GTLによる軽油・灯油・ナフサ市場の代替の期待。
- 事業化シナリオの例: 2015～2020年に、2～4万バレルのプラント稼動、国内石油市場規模の約0.5～1%相当、その後段階的に規模拡大
- GTL・DMEプラントビジネス市場創造の期待。
- LPG代替による価格低下効果の期待(DME)。
- 森林・農産物のバイオマスからのGTL、DME合成による地域の内需・雇用創出効果の期待。
- 石油化学産業の天然ガス化学産業への展開の期待。

＜社会的インパクト＞

- エネルギー源多様化によるセキュリティ向上の期待。
- 石油需給逼迫への対応、米国・メジャーの支配力への対応、日本の独自技術・資源によるコスト競争力のあるエネルギー確保
- 2020年においてGTL・DME生産規模は国内一次エネルギー供給の約4%程度と試算されている
- 環境汚染軽減の期待。
- PM、SO_xの低減・ゼロ化、NO_xの低減
- CO₂排出量の低減の期待。
- ディーゼルエンジンの燃焼後処理装置不要化等による燃料効率化の期待。

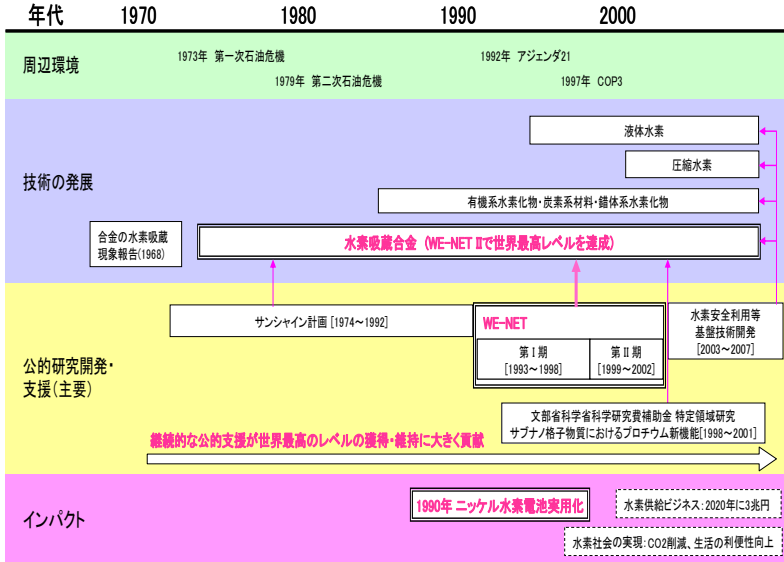
＜国民生活へのインパクト＞

- 環境清浄化による快適性向上、健康向上の期待。
- バイオマス利用による農林業等活性化を通じた地域の伝統的生活・文化の維持の期待。
- 灯油・同代替燃料の価格の安定およびその波及による物価全般の安定の期待。

水素吸蔵合金(エネルギー)

<事例分析のポイント>

- 日本は水素吸蔵合金で世界トップの地位にある。水素吸蔵・貯蔵技術として実用化が最も近い高压ガスボンベでは米国が先行している。
- 1970年代から現在まで、材料開発等の基礎研究を中心に継続的に公的研究開発・支援が行われてきた。特にWE-NETでは高い研究開発目標が設定され、それを目標に開発を行うことで世界トップの地位を得るに至った。
- 水素エネルギー社会の実現を通じて、経済・社会(エネルギー安全保障、CO₂排出削減等)および国民生活(良好な環境の享受等)に大きなインパクトをもたらすと期待される。
- 物質探索等の研究開発は、投資額が大きくリスクも高いため民間では行いにくく、今後も公的研究開発・支援が不可欠である。



<経済的インパクト>

- 水素供給ビジネスの創出の期待。
 ・ 2020年に400億m³/年、3兆円規模
- 分散型エネルギー供給ビジネスの創出の期待。
- 水素自動車産業創出の期待。
- 水素エネルギー機器産業創出の期待。

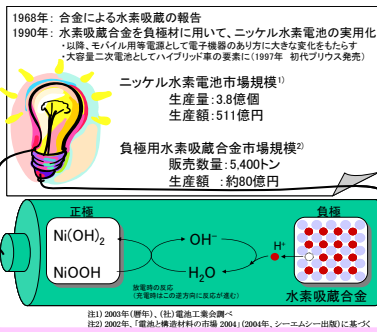
<社会的インパクト>

- CO₂排出削減による温暖化防止の期待。
- エネルギー安全保障への期待。
- 燃料電池自動車普及の期待。
 ・ 2020年に500万台、2030年に1,500万台
- 定置型燃料電池普及の期待。
 ・ 2020年に1,000万kW、2030年に1,250万kW
- 大型発電所の削減の期待。

<国民生活へのインパクト>

- 安全性の高い燃料の供給の期待。
- 大気汚染やエンジン騒音・振動のない生活への期待。

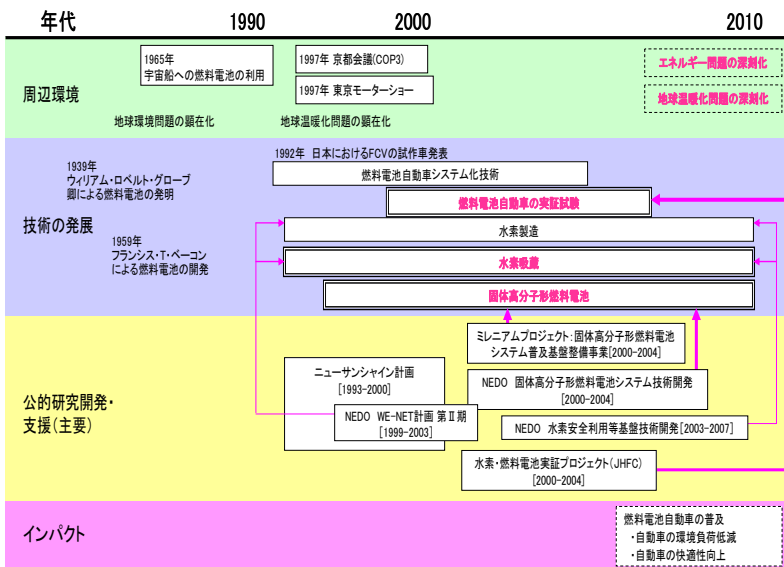
水素吸蔵合金に関連して既に実現しているインパクト



燃料電池自動車(エネルギー)

<事例分析のポイント>

- 燃料電池自動車に関わる研究開発は、ほぼ自動車メーカーが独自で行っている。
- 公的研究開発・支援は人材面や実証試験、安全性試験という基盤的側面で寄与した。
- 二酸化炭素削減、エネルギー効率向上、騒音問題の解決など、多くの社会的インパクト、燃料電池自動車市場の創出による経済的インパクト、および自動車の性能向上による国民生活へのインパクトが大きいと期待される。
- インパクト実現には、エネルギー問題および環境問題への社会的機運の高まりが必要であり、また今後燃料電池にも水素貯蔵技術にも技術的なブレイクスルーが必要であり、大学等での基礎研究の充実が求められる。



<経済的インパクト>

- 燃料電池自動車の市場創出の期待。
 ・ 2005~2010年の導入段階で5万台、2020年に500万台の導入シナリオと目標
- 水素インフラの新規整備の期待。
- 新燃料の利用の促進(バイオマス等)による産業の創出の期待。

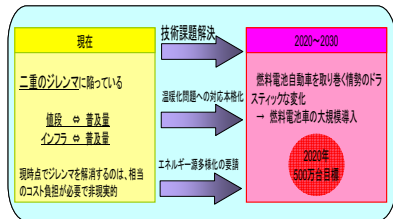
<社会的インパクト>

- 二酸化炭素削減効果の期待。
 ・ ガソリン自動車の4割のCO₂排出、2010年に5万台普及すると約6万t-CO₂の削減効果があるとの試算
- 大気汚染物質(NO_x、HC、CO、PM等)削減の期待。
- 燃料の多様化による国の燃料セキュリティの向上の期待。
- エネルギー総合効率(Well to Wheel)の向上の期待。
 ・ 燃料電池自動車はガソリン車と比べ車両効率3倍、総合効率2倍となる
- 道路の騒音問題の低減の期待。

<国民生活へのインパクト>

- 住環境の改善の期待(大気汚染、騒音の改善)。
- 車の快適性の向上の期待(静粛性、空間性の向上、デザインの多様化)。
- 環境意識向上の期待。

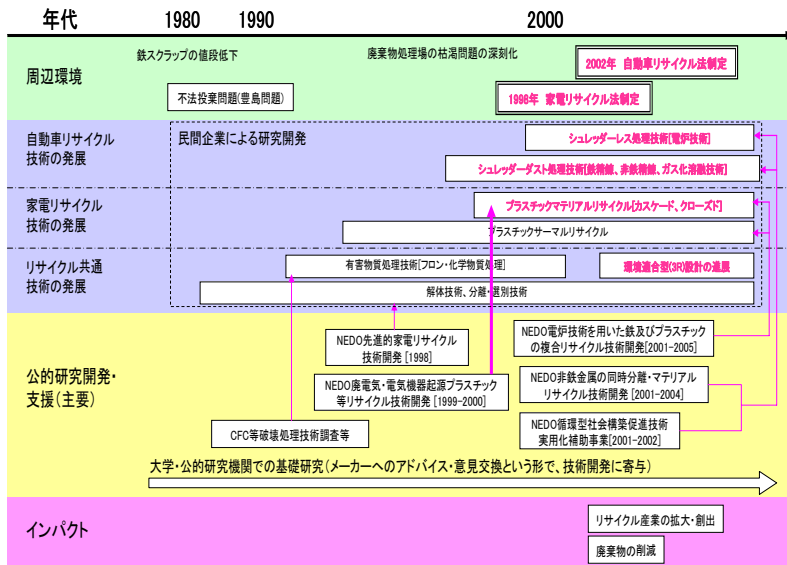
燃料電池自動車の普及シナリオ



廃自動車及び廃家電の適正処理技術(製造)

<事例分析のポイント>

- 自動車および家電のリサイクルは、基本的には産業界の研究開発により実現された。
- 法律による規制と技術開発や実証試験、プラント製造に対するNEDOの研究開発プロジェクトや補助金等が相互に有効に働いた。
- 自動車や家電のリサイクル率の向上による廃棄物削減という社会的インパクトが最大であり、リサイクルに関する新たな産業・市場創出や自動車リサイクル容易化技術によるリサイクルコストのユーザー負担減少等の経済的インパクトも大きい。
- インパクトの継続的な実現・拡大のためには、自動車では鉄スクラップの値段低下や、廃自動車の海外(中国等)流出に対応する政策、家電では再生プラスチックの使用義務化などリサイクル材料の競争力を向上させるための政策が求められる。



<経済的インパクト>

- リサイクル産業の拡大・創出。
 - 家電: 1,000億円規模(2005年における推計値)
 - 自動車: 3,000億円規模(自動車リサイクル法施行前) + 400~480億円(自動車リサイクル法施行後)
- リサイクル関連産業での雇用創出効果。
 - 家電リサイクルプラント: 約1,600人
- リサイクルコスト低減。
 - 自動車: 200億円程度
- 自治体の家電ごみ回収コスト低減。

<社会的インパクト>

- リサイクル率の向上による廃棄物の削減。
 - 家電: 約28万トン/年
 - 自動車: 約48万トン/年(ASR処理分)
- 循環型社会の一部実現。
- 地球温暖化防止、オゾン層の保護。

<国民生活へのインパクト>

- コスト負担による、リサイクルへの意識の向上。
- リサイクルコスト低下による、負担の減少。
 - 当初20,000円前後と見られていた購入者負担費用が10,000~15,000円へと低下(自転車リサイクル)
- 廃棄物量削減による、生活環境の悪化防止。

家電リサイクルの実施により創出される市場規模

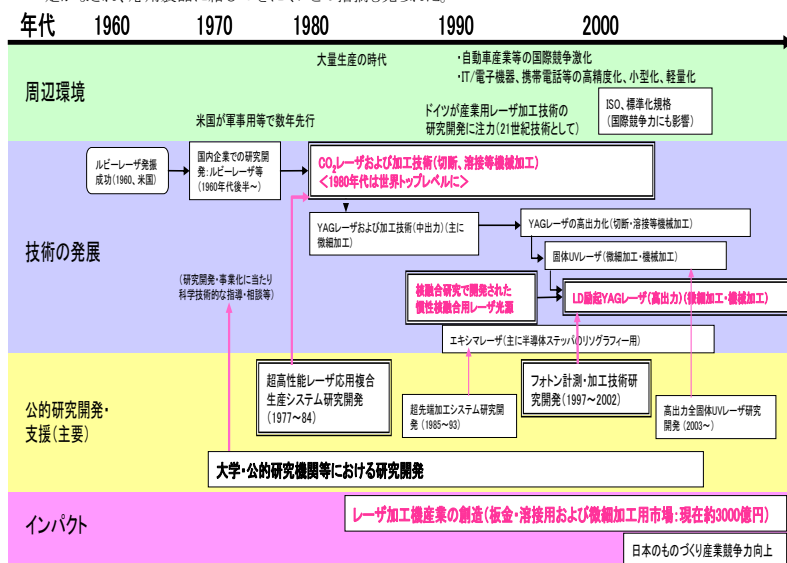
| | 再商品化料金 (メーカー公表値) | 一次運送費 (仮定) | 計 | 想定廃棄台数 (千台) | 市場規模 (億円) |
|------|---------------------|---------------|-------|----------------|--------------|
| 冷蔵庫 | 4,600 | 1,000 | 5,600 | 4,521 | 253 |
| 洗濯機 | 2,400 | 1,000 | 3,400 | 4,403 | 150 |
| テレビ | 2,700 | 1,000 | 3,700 | 7,615 | 282 |
| エアコン | 3,500 | 1,000 | 4,500 | 6,273 | 282 |
| 計 | - | - | - | 22,812 | 967 |

一次運送費は未決定のため仮置き。想定廃棄台数は、実績値より2006年時点を想定。
出所: 政策投資銀行 調査レポート 2001 「家電リサイクルシステム導入の影響と今後」

レーザを利用した加工技術(製造)

<事例分析のポイント>

- 公的研究開発プロジェクトにより開発されたCO₂レーザやYAGレーザは、レーザ加工産業創出に大きく寄与し、1980年代には世界でトップとなった(その後ドイツ政府およびEUレベルでの投資が強化され、現在ではドイツが世界をリードしている)。
- 機械加工・微細加工等によるものづくり競争力向上(自動車、電子産業等)のための基盤技術となっており、経済的インパクトが大きい。
- 核融合研究で開発された慣性核融合用レーザ光源が、産業用レーザの光源に応用されている。
- 公的研究開発・支援プロジェクトの目標設定において、近年「世界最高水準」等の産業ニーズとは乖離した設定がなされ、応用製品に結びつきにくいとの指摘も見られた。



<経済的インパクト>

- レーザ加工機産業の創出。
 - 板金・溶接用加工機市場規模: 現在約1,000億円→数年後約2,000億円、日本メーカーシェアを1/3として試算。世界市場は現在約3,000億円→数年後に約6,000億円(地域別には現在、欧州2、日本1、米国1程度であるが、将来的には日本が拡大の余地がある)。
 - 微細加工用加工機市場規模: 現在約2,000億円→数年後に約4,000億円。ほとんどがアジア市場であり、日本メーカーが圧倒的。
- 日本のものづくり産業競争力の向上(コスト競争力、高性能・高精度、小型・軽量化、デザイン性、信頼性)とそのコアとなる基盤技術保持。
- レーザ加工機産業および自動車産業、電子産業等のユーザー産業の売上・利益・雇用拡大。

<社会的インパクト>

- 自動車燃費向上による省エネ効果。
- 省資源効果(材料削減等による)。
- 自動車排気ガス浄化による環境汚染低減。
- 工場におけるパンチプレス代替による騒音削減。

<国民生活へのインパクト>

- 生活関連機器(自動車、携帯電話等)の利便性向上や価格低下を通じた生活の質向上。

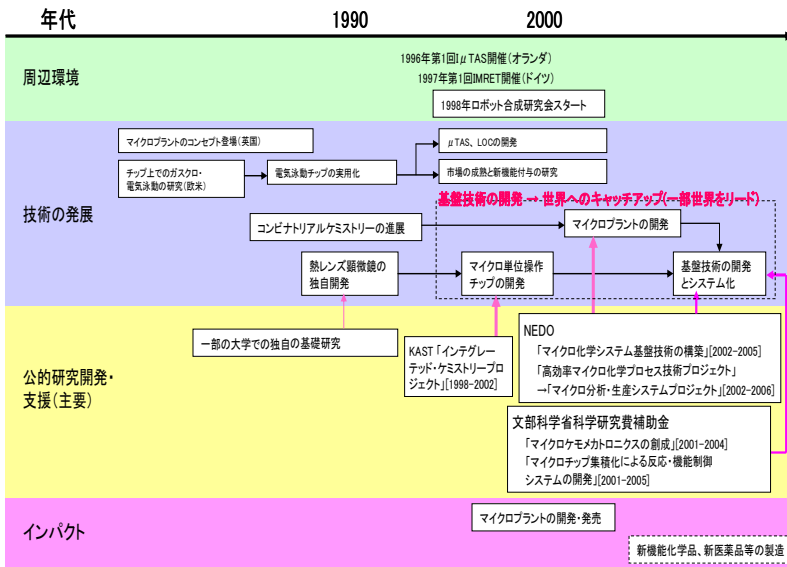
(国際競争力)

- 機械部品加工用では現在はドイツが先行(高性能のYAG, LD励起YAG、半導体)、日本が次。
- 微細加工用では日本が圧倒的。
- 米国は軍事・科学研究用および半導体リソグラフィ用で優位。

マイクロリアクタによる革新的化学品製造技術(製造)

<事例分析のポイント>

- マイクロリアクタの技術開発では米国、ドイツが先導的な役割を担ってきたが、日本でも2001年から相次いで公的プロジェクトが実施されキャッチアップを果たした。
- 基盤技術開発の段階にあり、企業が独自に取り組むにはリスクが大きいことから、「マイクロ分析・生産システムプロジェクト」等の公的研究開発・支援が基盤技術の確立と、企業における研究の蓄積に極めて大きく寄与している。
- マイクロリアクタによって製造された化学品、分析装置等の市場創出による経済的インパクト、および化学品製造プロセス革新による廃棄物削減効果や省エネ効果・二酸化炭素削減効果等による社会的インパクトが大きい。
- 初期市場の形成のための公的部門によるマイクロリアクタ導入や、技術の標準化に対するわが国の関与が期待される。



<経済的インパクト>

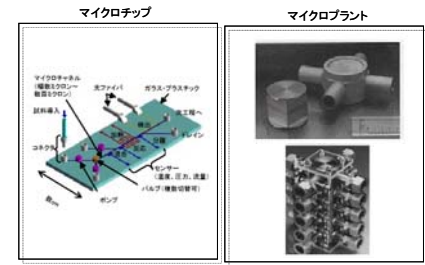
- 当面は研究市場である。市場規模は現在20~30億円程度。
- 2006年から市場が立ち上がり始め、2010年には1,000~2,000億円規模との予想。
(マイクロリアクタおよびマイクロリアクタによって製造された化学品、分析装置等の市場。ただし、研究開発後まだ間もないため、どのような化学品を製造するか自体は未確定。)

<社会的インパクト>

- 廃棄物削減効果の期待。
- 省エネ効果・二酸化炭素削減効果の期待。
- 化学反応の安全性向上の期待。
- 精密化学品の製品化、低価格化の期待(医薬中間体等)。
- 環境物質分析の簡便化の期待。
- ポータブル燃料電池実現への寄与の期待。

<国民生活へのインパクト>

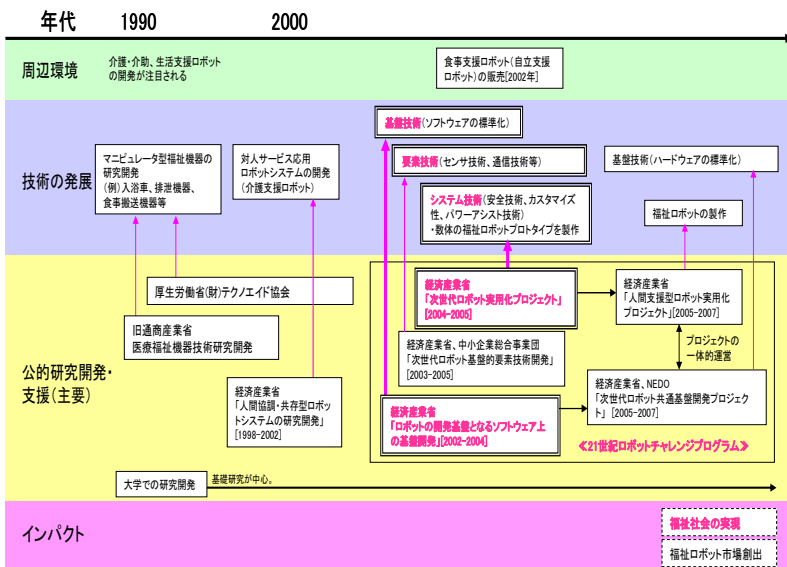
- 新機能化学品、新医薬品等の製品化による生活水準の向上の期待。
- 多項目・高速臨床検査・診断、自己・日常検査の簡便化の期待。
- 高性能小型人工臓器実現への寄与の期待。



多目的看護や身障者への機能補助を行うロボット(福祉ロボット)(製造)

<事例分析のポイント>

- 福祉ロボットは、自立支援ロボットと介護支援ロボットに大別され、欧州では前者を中心に実用化が進んでいる。
- 1990年頃、高齢化社会の進展を背景に、福祉ロボットの研究開発が注目され、公的プロジェクトも実施されたが、マニピュレータ型機器または介護支援ロボットに集中したため、安全面の課題等により、多くは実用化にいたってはいない。
- 福祉分野のロボット市場の拡大や在宅看護化による費用削減等(経済的インパクト)、障害者・高齢者の社会参加の促進等(社会的インパクト)、およびゆとりや癒しの向上や被介護者・介護者双方の心理的・身体的負担軽減等(国民生活へのインパクト)が期待される。
- 介護支援ロボットは、ハイテクでありマーケットも大きいロボットである一方、安全面で課題が多く当面の実用化は2010年以降と見られる。



<経済的インパクト>

- 福祉分野におけるロボット市場の拡大および関連産業における雇用創出の期待。
- 2010年の医療・福祉分野市場規模 1,670億円、2025年の医療・福祉分野市場規模 9,310億円
- ロボット技術の推進によるソフトウェア、ハードウェア市場の拡大の期待。
- 在宅看護化による費用の削減の期待(医療機関等における看護人員への負担削減、医療費の低下)。

<社会的インパクト>

- 障害者、高齢者の社会参加の促進の期待。
- 介護負担軽減による介護者の社会参加の促進の期待。
- 福祉社会の実現の期待。
- 住宅環境の改善の期待。

<国民生活へのインパクト>

- ゆとりや癒しを実現する新たなライフスタイルの実現やQOL(Quality of life)の向上の期待。
- 被介護者、介護者双方の心理的・身体的負担軽減の期待。

次世代ロボットの市場規模の試算結果(2025年時点)

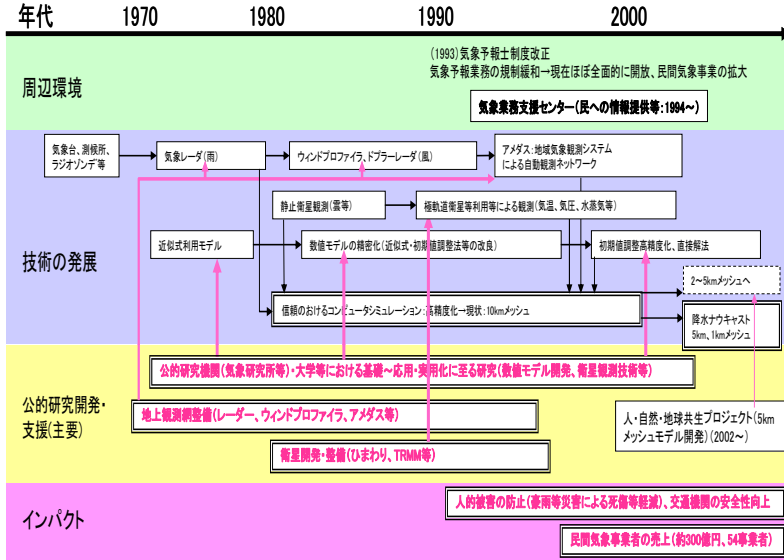
| 区分 | 行動 | ロボット製品の内容 | 市場規模 |
|------|------|----------------|--------|
| 国内市場 | 福祉分野 | 介護用、在宅介護支援 | 14,100 |
| | | 在宅介護用ロボット | 2,500 |
| | | 在宅介護用ロボット | 20 |
| | | 在宅介護用ロボット | 400 |
| | | 在宅介護用ロボット | 400 |
| | 公共分野 | 福祉・介護・通達機器等の開発 | 2,270 |
| | | 産業用ロボット | 200 |
| | | 産業用ロボット | 20 |
| | | 産業用ロボット | 20 |
| | | 産業用ロボット | 20 |
| 国外市場 | アジア圏 | 23,000 | |
| | 欧米圏 | 2,000 | |
| | 中東圏 | 200 | |
| | 南米圏 | 200 | |
| | その他 | 200 | |

出所: 次世代ロボットビジョン懇談会をもとに(株)三菱総合研究所作成

局地的な気象予測技術(社会基盤)

<事例分析のポイント>

- 観測網の充実、数値モデルの精密化に伴い局地的な気象予報が可能となり(10kmメッシュ、2001年)、日本は世界でもトップレベルである。
- 公的研究機関による数値予測モデル研究開発等の地道な研究開発および観測網の整備(アメダスや各種レーダー)の全国的な観測網、衛星による世界的な気象観測体制が行われ、規制緩和により民間事業活動が可能となり、インパクトが拡大した。
- 社会のインフラとなる技術として、豪雨や豪雪等の際の防災における人命損失・負傷の防止による国民生活の安全・安心向上等の国民生活へのインパクトが大きい。また、交通システムの災害安全性向上等の社会的インパクトも大きい。
- 当該技術において、定常的研究の継続が難しくなり、長期的に必要な研究が着目されにくい傾向が危惧される。



<経済的インパクト>

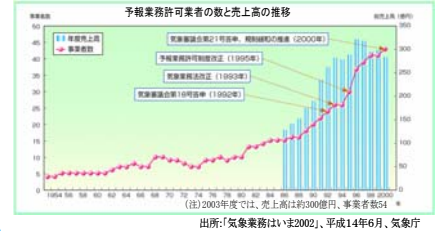
- 民間気象事業者の売上(約300億円、54事業者)。
- 気象予報士の雇用創出(約900人が公務以外の業務についている)。
- 運転の最適化等を通じた電力・ガス・新エネルギー供給産業におけるコスト削減(新エネルギー関係の気象情報関連業務を実施している事業者は、国内で約50億円、海外で約500億円の市場を期待)。
- ビル・工場等のエネルギーコスト削減。
- コンビニ等流通業のコスト削減。
- 農産物生産増大・天候災害による被害縮小。
- 建設業のコスト削減。

<社会的インパクト>

- 交通機関の安全性向上(鉄道、航空機、船舶、道路)。
- エネルギー供給安定化・効率向上。
- 原発事故災害への対応準備。
- 豪雨・土砂崩れ等の都市・国土の防災性向上。

<国民生活へのインパクト>

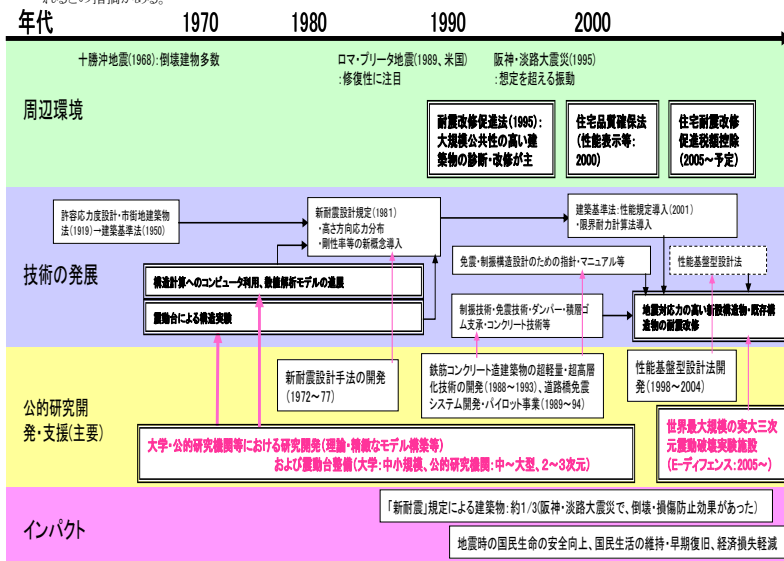
- 人的被害の防止(豪雨等災害による死傷等軽減)。
- 天候への備え、計画的な休暇活動の可能化による生活の質向上。
- コンビニエンスストア等での品揃え適切化による利便性向上。



地震動による構造物等の挙動シミュレーション技術(社会基盤)

<事例分析のポイント>

- 大学と官庁(公的研究機関)および民間が交流や協力をして技術指針や基準を策定し、認可された技術が幅広く応用されることで、インパクトを実現してきた。
- 大学により、数値解析シミュレーションの理論や精緻なモデル開発がなされ、公的研究機関により、実験用の振動台の整備がなされた。これら理論面での整備を通じて、設計規定の導入が可能となり、ハードウェアや設計法が確立され、建築物の耐震性向上に繋がった。
- 国内の建築物および道路橋の地震に対する防災性向上が主であり、社会的インパクトが大きい(震災時の安全性・機能維持が着実に向上し、都市・国土インフラの耐震性が向上)。
- 制振・免震技術により柱や梁等をコンパクト化し→コストを下げるとともに、安全性を確保するための法整備や、住宅等の民間建築物の耐震改修促進に向けて建築物オーナーへのより一層の情報提供や経済的な支援制度の充実が望まれるとの指摘がある。



<経済的インパクト>

- 地震時の経済損失の軽減。
- 耐震改修市場創出の期待。
- 耐震性に問題があるのは約2,500万戸:潜在市場規模約10~20兆円
- 制振・免震デバイス産業および施工業の市場創出。
- 制振・免震バイスメーカー・独自製造建設業、約40社
- 国内建築実績、制振400棟、免震1,000棟
- 米国へ輸出実績、A社免震支保は市庁舎・アニメスタジオ等5棟、B社制振鉄鋼プレース30棟
- 超高層鉄筋コンクリート構造によるマンション市場創出。
- 建設業におけるコンパクトな設計によるコスト削減。

<社会的インパクト>

- 都市・国土インフラの耐震性向上(震災時の安全性・機能維持が着実に向上)。
- 「新耐震」規定による建築物、約1/3(阪神・淡路大震災で、倒壊・損傷防止効果があった)。
- 制振・免震等の最新の地震対応技術を利用した建築物、新築件数の約1/10(限界耐力設計を含む)。
- 免震技術による道路橋(阪神・淡路大震災級の地震力(2G)に耐え得る):既存橋梁の概ね1割

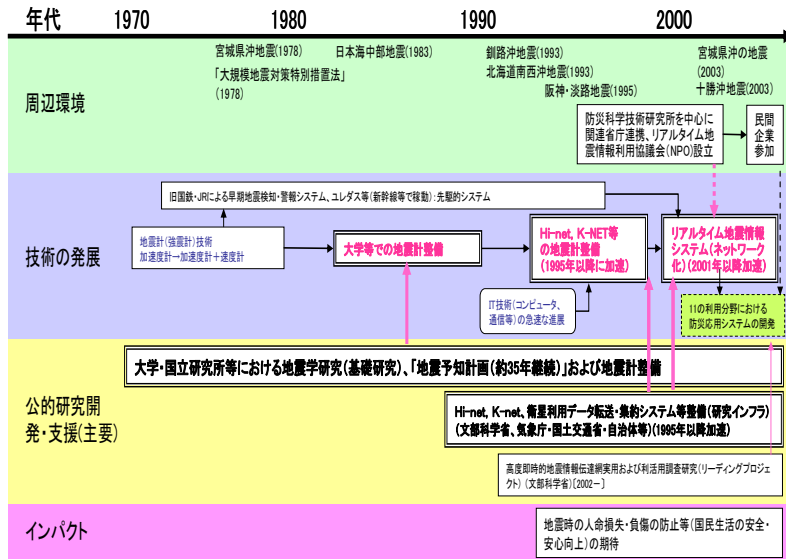
<国民生活へのインパクト>

- 地震時の国民生命の安全向上。
- 地震時の国民生活の維持・早期復旧。
- 住宅・都市施設の高層化・大規模化による利便性向上。

地震検知全国ネットワークによる地震動到達前防災システム(社会基盤)

＜事例分析のポイント＞

- 大学や公的研究機関による地震学等研究の地道な基礎研究の一環として整備された全国の地震計をベースとして、関連省庁や自治体の地震計を含めた全国的な地震観測網がネットワーク化され、各種研究のインフラとして活用されるようになった。
- 公的研究機関、大学により構築されたリアルタイム地震情報システムが試験運用に至るとともに、防災への応用システムが官民共同で進められているが、これらは公的投資がなければ実現困難であったと見られる。
- インパクトとしては地震防災における人命損失・負傷の防止による国民生活へのインパクト、および都市の火災防止や交通システムの地震安全性向上等の社会的インパクトが特に大きい。
- インパクト実現には、社会への普及が課題であり、同技術による防災システムを社会基盤として位置付け、導入のために公共機関や公益的な分野からの先行導入を通じて効果と必要性を多くの人に認識してもらう必要がある。



＜経済的インパクト＞

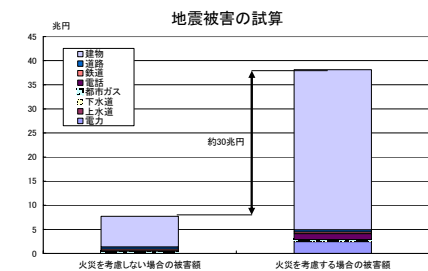
- 地震被害の縮小の期待(火災防止が主)。
 ・関東大震災規模の地震による火災被害者が約30兆円との試算
- 当該システムに対応する機器の売上の期待。
- 情報家電等、当面の市場総計約1,000億円
- 損害保険会社における業務改善の期待。

＜社会的インパクト＞

- 都市の地震に対する安全度向上の期待(火災防止、都市機能の早期復旧)。
- 交通システム(鉄道、高速道路等)の地震に対する安全度向上の期待。
- ビルの耐震性検証(高精度地震計導入による間接効果)。

＜国民生活へのインパクト＞

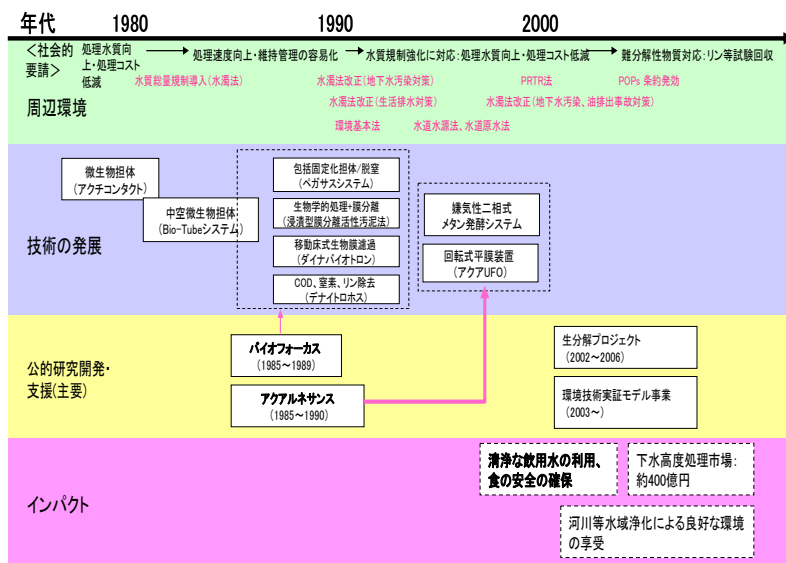
- 地震に対する安全・安心向上の期待(人命損失・負傷の防止)。
- 地震情報システムを活用した訓練・教育による地震防災意識等向上の期待。



難分解性物質等を含む排水の高効率生物処理システム(社会基盤)

＜事例分析のポイント＞

- 日本の排水処理技術は世界をリードしている。
- 排水処理技術は、排水規制等の法規制等強化に対応して進歩し、また、下水道関連の排水処理開発においては、規制強化に対応した公的部門の調達が開発を促進した(公的研究開発・支援が我が国の排水処理技術全体の底上げに寄与した)。
- 排水処理技術は「なければ困る」技術であり、当該技術がなかった場合の「負のインパクト」はきわめて大きい。
- 大学の基礎研究と企業の応用研究との共同や、要素技術のシステム化が重要であるとされている。



＜経済的インパクト＞

- 下水高度処理市場の期待(400億円)。
- 事業用除害施設、家庭用オン・サイト排水処理設備市場の期待。
- 適切な排水処理による農産物の価格維持の期待(適切な排水処理が行われないと、農産物の価格低下をまねく)。

＜社会的インパクト＞

- 河川等水域浄化による良好な環境の享受の期待。
- 「食の安全」の確保の期待。
- 未規制物質による未知の環境影響不安の軽減の期待。
- 産業廃棄物による地下水汚染、土壌汚染防止の期待。
- 汚物処理困難な状況でも利用できる災害時トイレの配備の期待。
- 排水再利用普及による上下水負担の軽減の期待。
- 資源(窒素、リン等)リサイクル促進の期待。
- 下水処理に要する電力等の削減の期待。

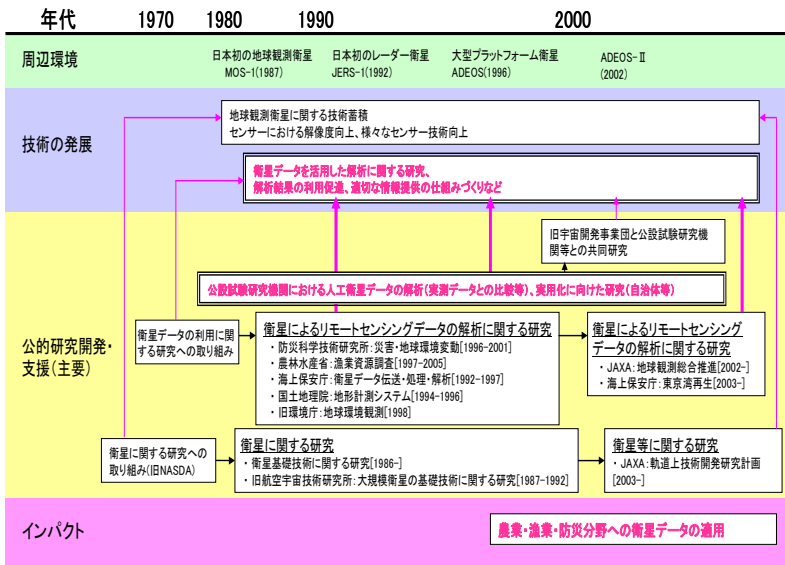
＜国民生活へのインパクト＞

- 清浄な飲用水の利用の期待。
- 浄化槽汚泥処理負担軽減の期待。
- 生ゴミ処理負担軽減の期待(ディスプレイ普及)。
- 排水再利用導入による上水節約の期待。
- 介護用トイレの汚物負担軽減の期待。

人工衛星によるリモートセンシング技術(データの解析・利用技術)(フロンティア)

<事例分析のポイント>

- 人工衛星によるリモートセンシング技術は米国で先導的な技術開発が進められてきたが、日本における技術開発は宇宙航空研究開発機構(JAXA、旧宇宙開発事業団)を中心に行われている。
- JAXAと公設試験研究機関との共同研究(衛星データの提供、データの解析に関する技術開発や地上における比較データ(グラントゥルース)の蓄積)が実施されることでインパクトが拡大しつつある。
- 社会のインフラ(画像データを様々な分野に応用する点から)となる技術として経済・社会および国民生活に幅広いインパクトを有している(インパクトを及ぼしている分野も、農業や水産、環境、防災など多分野にわたっている)。
- 更に利用範囲を拡大するには、必要な衛星データが定期的かつ継続的に入手できる体制の構築が望まれる。



<経済的インパクト>

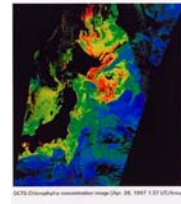
- データに基づく適切な農業指導等に伴う単価の高い農作物の生産による生産額の増加。
- 漁場の適切な把握による漁業の効率化、船舶の燃料コストの削減。
- 漁場データを活かし、市場ニーズに対応した的確な水産資源の水揚げが可能となることによる水産物売上の適正化。
- プラントンなどの把握に伴う水産資源量の把握による適切な資源量の把握と、それに伴う計画的な漁業の実施。
- 閉鎖系水域における赤潮・青潮発生予測に伴う漁業等への影響の軽減化

<社会的インパクト>

- 地震や火山などの被害範囲の情報提供。
- 火山噴火予知に対する火山情報の提供。
- 海水による事故防止に伴う船舶の航行安全の実現。
- 閉鎖系水域における水質の改善への寄与
- 環境モニタリングの実施
- 火山や地震等における事前評価への活用

<国民生活へのインパクト>

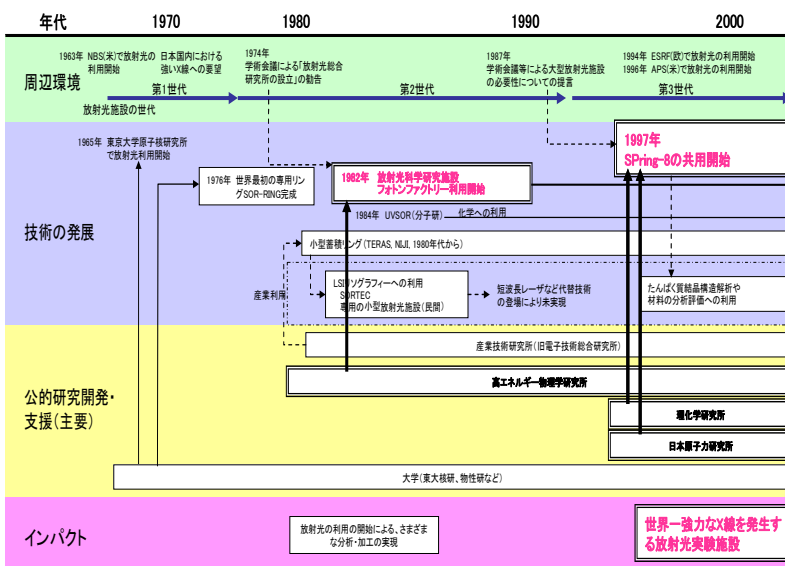
- 正しい地形情報による地図の作成、提供。
- 衛星データによる、災害発生地の被害エリアの広がりに関する情報の入手
- 環境分野での予測や水質保全による、快適な環境の実現



高性能放射光発生技術(フロンティア)

<事例分析のポイント>

- 日本の高性能放射光発生施設は、世帯変化に対応して整備が進められてきた。SPring-8は8GeVという高エネルギーを持つ世界一の放射光実験施設である。同規模の施設は、他に米欧に各一施設存在するのみである。
- 施設整備には、1960年代から継続的に続けられている大学や公的研究機関における研究開発が寄与している。
- 放射光施設は研究開発インフラとしてさまざまな科学技術研究に役立っているとともに、産業界による利用、海外との共同研究も進みつつある(エレクトロニクス、材料などの分野で製品性能の向上やコスト低減へのインパクトが見られ、今後創薬分野等でインパクトが期待される)。



<経済的インパクト>

- 新材料による売上増大。
- 開発された排気ガス用触媒の高性能の要因を理論的に解明することにより、車への搭載に貢献
- リチウム二次電池の充放電能の劣化解明により、サイクル寿命向上に貢献
- 微細加工による新機能製品創出。
- 超音波内視鏡に用いる超音波検査用複合圧電振動子
- MEMSやLSIなどの加工
- イメージングを用いた広告効果。
- スタッドレスタイヤのファイバが氷に刺さる所の撮影に成功し、宣伝へ利用
- 放射光発生装置の売上。
- 微細加工等の研究開発に用いる小型放射光発生装置を少数販売
- たんぱく質の構造解明等による新薬開発への期待。

<社会的インパクト>

- 考古学上の謎(三角縁神獣鏡)の解明。
- 世界最高性能の施設の存在による日本の国際的研究地位の向上。
- 新材料による各種環境負荷低減。

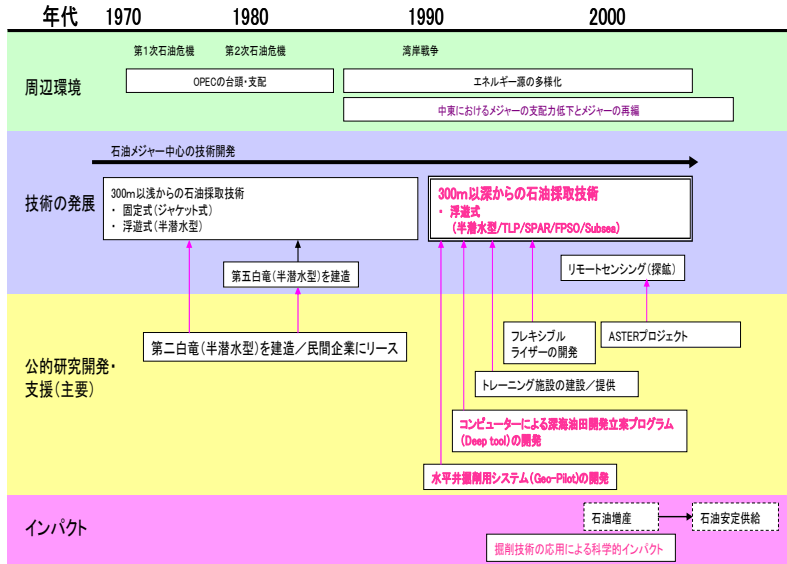
<国民生活へのインパクト>

- 犯罪捜査への活用。
- 新薬による疾病の克服の期待。
- 心臓冠動脈診断など診断技術の向上の期待。

海底からの石油の経済的採取技術(フロンティア)

<事例分析のポイント>

- 海洋石油開発は、世界的な規模で活動する国際石油資本を中心に行われているが、日本では、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC、旧石油公団)を中心として実施され、特に掘削技術などの開発に重点がおかれてきた。
- 民間で培われた掘削技術が科学掘削船「ちきゅう」や雲仙菅野岳科学掘削調査など公的機関の科学技術研究に役立っている。
- 経済的なインパクトが最も大きく、経済活動の基盤としての石油の供給や、石油の探鉱・開発への投資の増加が見込まれる。
- 国が自立的に海洋石油開発を行なう能力を保有することはエネルギーの安定供給の面から重要であり、東シナ海での開発が行えるよう政策的支援が必要である。また、公的融資、国の資金による探鉱等の基礎調査、インフラ整備が必要である。



<経済的インパクト>

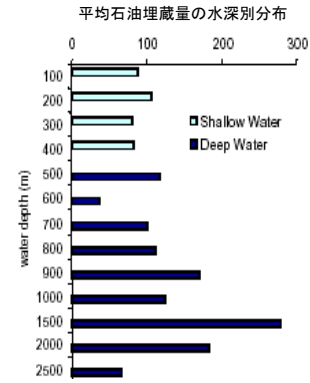
- 経済活動の基盤としての石油の増産の期待。
- 石油の探鉱・開発への投資増加の期待。

<社会的インパクト>

- 石油エネルギーの延命の期待。

<国民生活へのインパクト>

- 石油の安定供給の期待。
- 石油価格の安定化の期待。

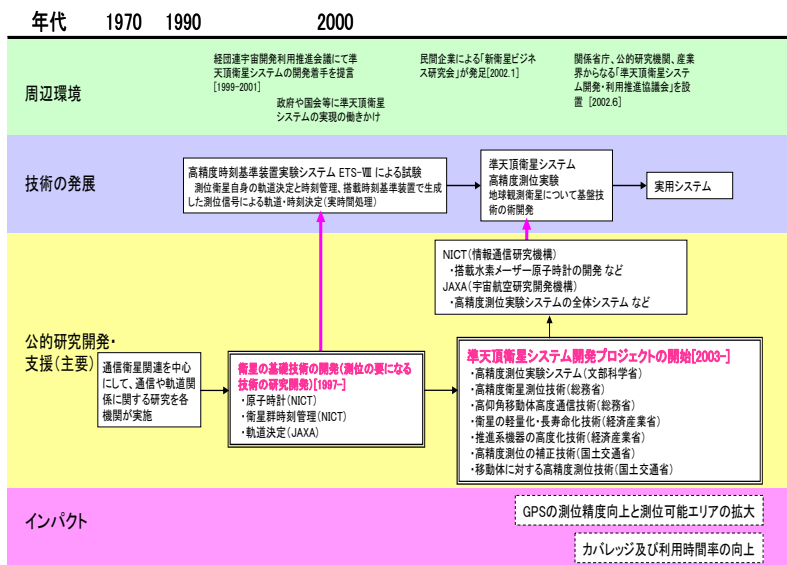


出所: <http://www.dw-1.com>, "The World Deep Water Market"

準天頂衛星システム(フロンティア)

<事例分析のポイント>

- 測位技術は、日本における社会的な基盤技術のひとつとして重要性が認識されており、その一環として準天頂衛星システムに対して重点的な取り組みがなされている。
- 官は測位に関する研究開発と実証を行い、民がその実用化を担うという役割分担で推進されてきた(測位関連の研究開発は、公的研究開発機関が主体になり着実に推進されてきている)。
- 研究開発や実証研究と事業化が一体的に進められているシステムであること、科学技術政策とビジネスが相互に影響し合っているシステムであること、測位というインフラを所掌する主体が明確でないことなどが、推進上の課題である。



<経済的インパクト>

- GPSの測位精度向上と測位可能エリアの拡大によるインパクト実現の期待。
- 輸送の効率化(ナビゲーションによる渋滞緩和、人の移動時間の削減、物流の効果)
- カバレッジおよび利用時間率の向上によるインパクト実現の期待。

<社会的インパクト>

- 都市部や山間部での測位実現の期待。
- 緊急通報への対応能力向上(早く、正確な場所の確認等)による対応時間の短縮化に伴う安心・安全の向上の期待。

<国民生活へのインパクト>

- マンナビによる子どもや高齢者等の所在把握の実現の期待。
- 緊急時の連絡・通報による安心・安全な社会の実現の期待。

アプリケーション事例(マン・ナビゲーションの場合)



出所: 総合科学技術会議 宇宙開発利用専門調査会 測位分野検討会(第2回)資料

自然のエネルギー、通風、採光などを利用したエネルギー自立型建築システム(2014年)

いつでも、どこでも、誰とでも情報がやり取りできるワンチップのユビキタスコンピュータ(2017年)

生活習慣病の予防を可能とする個人の体質に応じた機能性食品(2022年)

新聞紙の代替ができる柔軟性をもつポータブルな電子ディスプレイ(2016年)

DNAに基づく個人認証を迅速に行う携帯型認証技術の一般化(2023年)

遠隔地の核家族同士が相互に安全や健康を確認できるロボット(2017年)

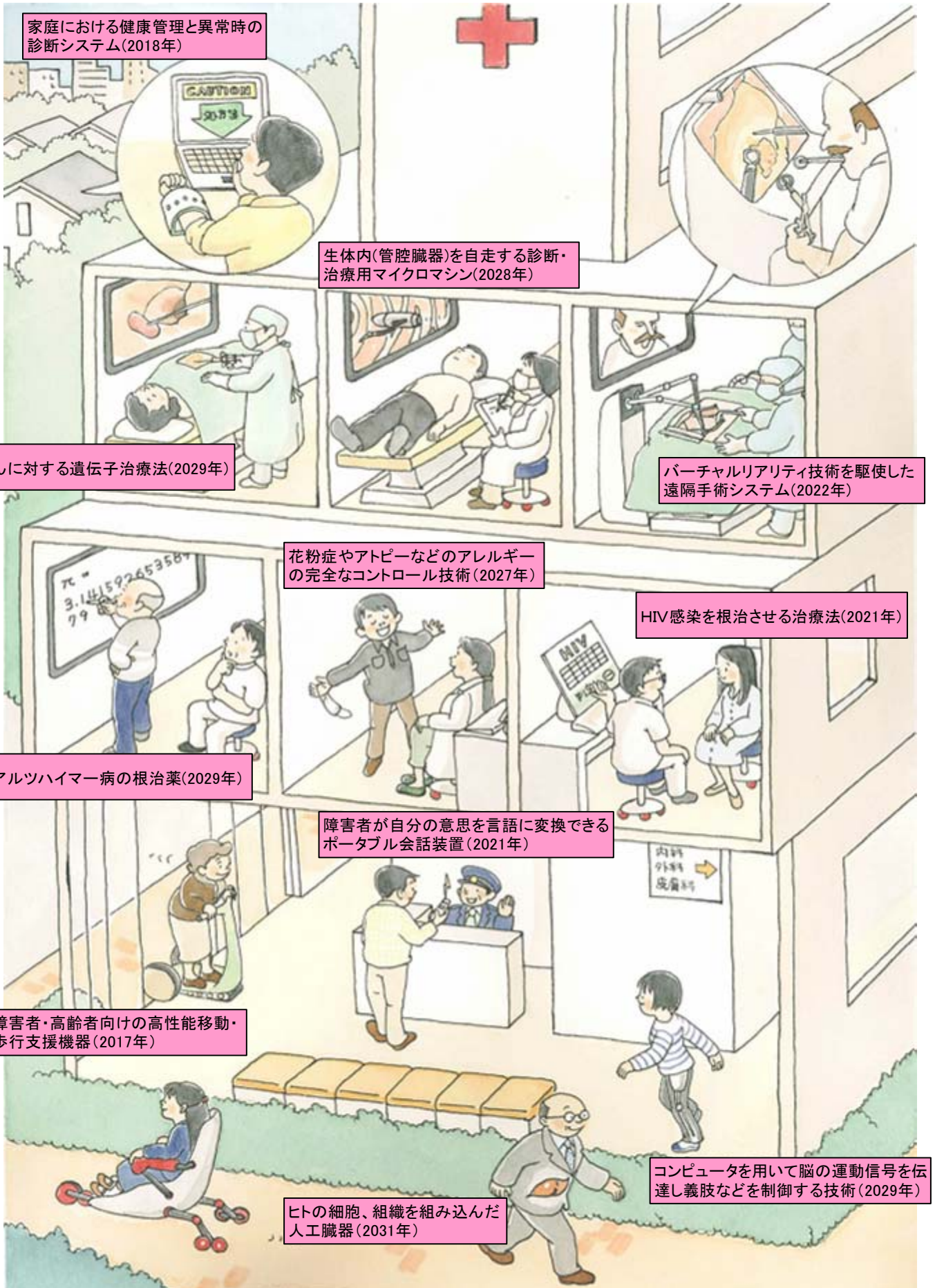
眼鏡をかけず、疲れないで視聴できる立体テレビの一般化(2023年)

排出負荷がなく収集不要な家庭単位の廃棄物処理・循環技術(2023年)

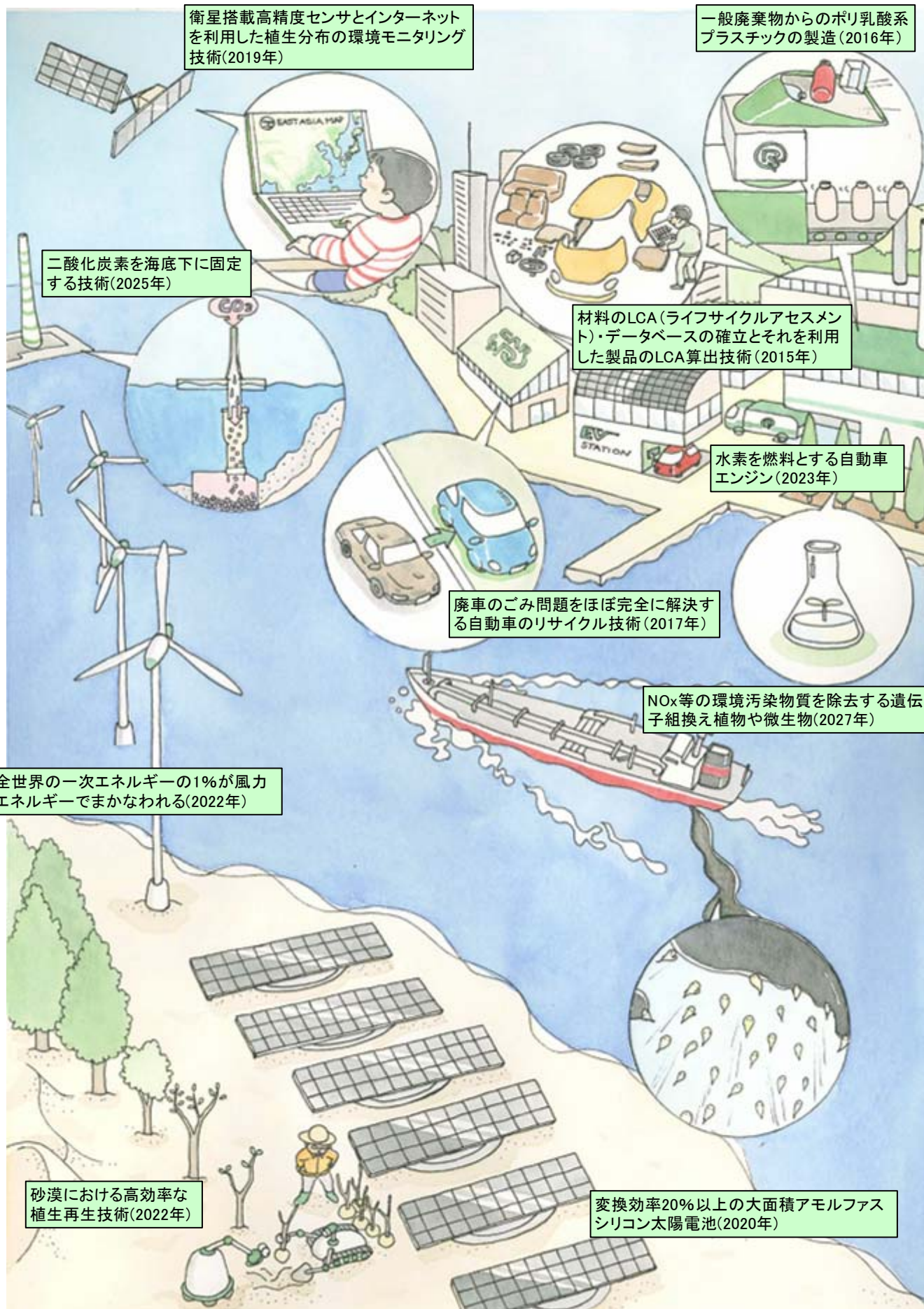
家庭に一台、掃除、洗濯などを行う「お手伝いロボット」が一般化する(2023年)



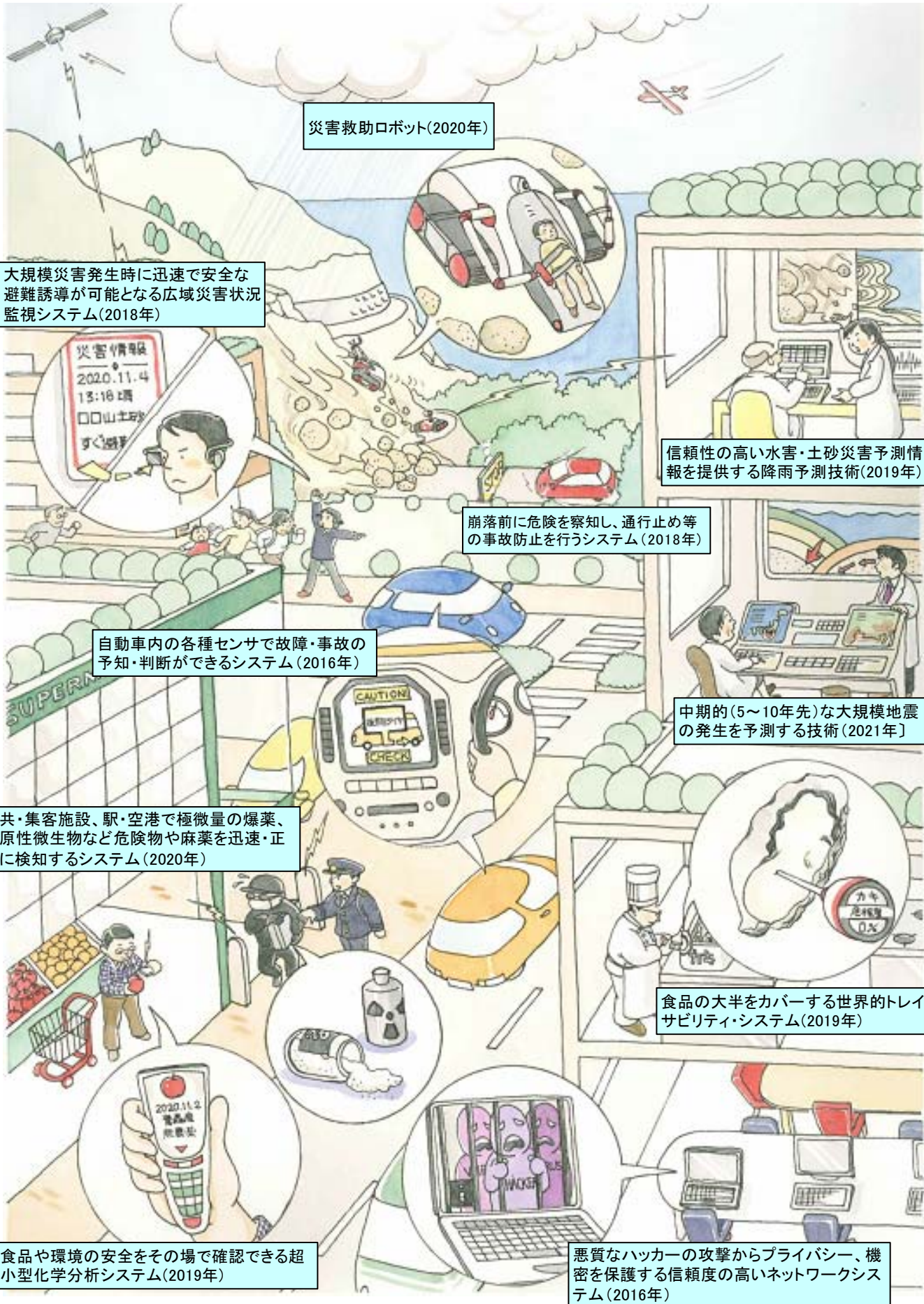
医療・福祉



環境・エネルギー



防災・安全



災害救助ロボット(2020年)

大規模災害発生時に迅速で安全な避難誘導が可能となる広域災害状況監視システム(2018年)

信頼性の高い水害・土砂災害予測情報を提供する降雨予測技術(2019年)

崩落前に危険を察知し、通行止め等の事故防止を行うシステム(2018年)

自動車内の各種センサで故障・事故の予知・判断ができるシステム(2016年)

中期的(5~10年先)な大規模地震の発生を予測する技術(2021年)

公共・集客施設、駅・空港で極微量の爆薬、病原性微生物など危険物や麻薬を迅速・正確に検知するシステム(2020年)

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年)

食品や環境の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム(2019年)

悪質なハッカーの攻撃からプライバシー、機密を保護する信頼度の高いネットワークシステム(2016年)

参考資料 3 重要度上位 100 課題

| 重要度 | 課題 | 分野 | 区分 |
|-----|---|----------|-------|
| 1 | 98 52:災害監視衛星、通信衛星、GPS、無人飛行機などを活用して、災害の監視、発生後の災害状況の把握及び迅速な対応(必要などころに必要な情報を配信する)を可能にする危機管理システム | フロンティア | 災害 |
| 2 | 98 58:火山噴火に至る火山体内部のマグマの状態の推移をリアルタイムに観測・評価し、噴火の時期、規模を予測する技術 | フロンティア | 災害 |
| 3 | 98 57:プレート境界地震と内陸地震それぞれについて、被害の発生が予想されるマグニチュード 7 以上の地震発生の切迫度(場所と時期)を人的災害の軽減につながるような高精度で予測する技術 | フロンティア | 災害 |
| 4 | 96 60:地震予知に利用される地震・地殻変動総合観測装置を大都市、山間部、大陸棚等に均質に密に配置するための技術 | フロンティア | 災害 |
| 5 | 96 59:二酸化炭素等温室効果気体放出の国際規制についての、発展途上国における削減も含めた全地球的な合意形成 | フロンティア | 環境 |
| 6 | 95 61:降雨・積雪、集中豪雨等のメカニズムの解明 | フロンティア | 災害 |
| 7 | 95 15: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 | 社会基盤 | エネルギー |
| 8 | 95 45:地震発生域規模での地殻内の広域応力場の測定を可能とする技術 | フロンティア | 災害 |
| 9 | 95 51:信頼性の高い水害、土砂災害予測情報が提供できるような精度の良い降雨予測技術 | 社会基盤 | 災害 |
| 10 | 95 27:非化石エネルギー(風力、地熱、太陽光・熱、廃熱等)利用、コージェネレーションシステム、据え置き型燃料電池システム等のCO2 排出の少ないエネルギー源を用いた製造工程が一般化 | 製造 | エネルギー |
| 11 | 95 59:科学技術立国を目指し、主に理数系に力点を置いた新たな初等中等教育の展開 | 製造 | その他 |
| 12 | 94 47:地震検知の全国ネットワークの構築による、50km 程度以上離れた地震に関して地震到達前に情報が伝達される防災システム | 社会基盤 | 災害 |
| 13 | 94 23:実用的な数年規模の気候変動予測技術 | フロンティア | 環境 |
| 14 | 94 45:気候変動を原因とする異常気象災害の予測技術 | 環境 | 災害 |
| 15 | 94 56:ものづくり、製造技術の暗黙知(基本技術・技能、ノウハウ、経験など)を形式知化する技術の確立による、技術の伝承が着実にこなえる技術教育プログラム | 製造 | その他 |
| 16 | 93 55:高レベル放射性廃棄物の地層処分の安全性に関する評価技術 | フロンティア | エネルギー |
| 17 | 93 53:海洋を含む日本全土をカバーする一元的なデジタル国土管理・利用システム(地球観測衛星のデータとGPS、通信衛星、GIS等を活用して土地利用、海洋情報、地図等の情報をデジタル化する) | フロンティア | その他 |
| 18 | 93 48:地殻の歪みの分布や過去の地震履歴の分析等により、中期的(5~10 年程度先)な大規模地震(M8 以上)の発生を予測する技術 | 社会基盤 | 災害 |
| 19 | 93 19:劣化した社会基盤を壊さずに再生する技術や、超寿命化を可能とする維持・管理技術 | 社会基盤 | その他 |
| 20 | 93 59:大規模災害時における効率的な被害把握・拡大予測システムに基づく、効果的な応急対応活動戦略策定技術 | 社会基盤 | 災害 |
| 21 | 93 58:産・学・官の人材流動化が促進され、協力・共同活動が頻繁に行われ、製造技術の革新が図られる | 製造 | その他 |
| 22 | 93 68:地震発生数分前の予知を可能にする地殻変動センサ | エレクトロニクス | 災害 |
| 23 | 93 34:日本で利用される資源について、世界における枯渇の予測・評価技術 | 環境 | その他 |
| 24 | 93 36:悪質なハッカーの攻撃から個人や団体のプライバシーや機密が保護されるような信頼度の高いネットワークシステム | 情報・通信 | 情報 |

| 重要度 | 課題 | | 分野 | 区分 |
|-----|----|---|----------|-------|
| 25 | 93 | 33:有害化学物質(内分泌かく乱物質、重金属など)のヒト、作物、家畜、生態系への長期的な影響の解明による、そのリスク管理技術 | 農林水産・食品 | 生命 |
| 26 | 93 | 50:巨大地震発生時の構造物や地盤の挙動を正確にシミュレートする技術 | 社会基盤 | 災害 |
| 27 | 92 | 12:高層建物やタンクなどにおける、長周期構造の海溝型地震に対する耐震性評価と補強技術 | 社会基盤 | 災害 |
| 28 | 92 | 03:動脈硬化の発症機構の解明 | 保健・医療・福祉 | 生命 |
| 29 | 92 | 54:降雨短時間予測と雨水管理(輸送、貯留、処理)の技術及び警報・避難・規制システムの高度化による、河川・道路等の災害をもたらす人的被害の大幅な削減 | 社会基盤 | 災害 |
| 30 | 92 | 40:日本における一人当たりエネルギー消費量が半減する | 環境 | エネルギー |
| 31 | 92 | 35:地震検出システムに連動し、非直下型地震の地震波到達までの時間を利用して人命の安全確保を図るビルディング統合管理システムやホームセキュリティシステムの一般化 | 情報・通信 | 災害 |
| 32 | 91 | 28:不用製品の回収・処理に関する製造者責任が法的に規定され、使用材料の90%以上がリサイクル(サーマル、マテリアル)される設計・製造・回収・再利用システムの一般化 | 製造 | 環境 |
| 33 | 91 | 55:大規模停電や長期断水などによる広域かつ甚大な都市機能マヒの発生時の復旧支援技術 | 社会基盤 | 災害 |
| 34 | 91 | 17:ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術及びセンサ技術の高度化による、オンストロームオーダーの超精密プロセス技術(加工・分析・試験・in-situ モニタリング) | 製造 | その他 |
| 35 | 91 | 63:地震や火山、洪水等の自然現象、あるいは人為的事故に伴う災害リスクポテンシャルを住民が認識、理解し、行政と協力して減災策を構築できるシステム | 社会基盤 | 災害 |
| 36 | 90 | 25:「設計→生産→使用→廃棄」の生産システムと「回収→分解・選別→再利用→生産」の資源循環システムが一体となった、動脈・静脈並立型(ものづくりものこわし型)製造システム | 製造 | 環境 |
| 37 | 90 | 24:大気・海洋の組成や生態系そしてこれらにまたがる物質循環も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変動予測技術 | フロンティア | 環境 |
| 38 | 90 | 44:大規模プラント事故による被害拡大防止、被害回復技術 | 環境 | 災害 |
| 39 | 90 | 36:女性の人的資源活用のため、結婚、出産、育児と仕事の両立化を推進する社会的環境(例えば上場企業の3割で託児保育施設の設置される等)が我が国で実現する | 産業基盤 | その他 |
| 40 | 90 | 39:我が国において、転職などを容易にする仕組みとして、転職者がそれまで加入していた企業年金制度において積み立てた年金原資を転職先の年金制度に移管できるようになる「企業年金のポータブル化」が進行する | 産業基盤 | その他 |
| 41 | 90 | 14:寸法、形状が1nm級の精度で制御できる産業加工技術 | ナノテク・材料 | その他 |
| 42 | 90 | 04:高レベル放射性廃棄物の地層処分技術 | エネルギー・資源 | エネルギー |
| 43 | 90 | 42:CO2排出量を基準とした自動車税の導入 | 環境 | 環境 |
| 44 | 90 | 34:遺伝子組換え植物・食品に関する一般市民のポジティブな理解とコンセンサスの形成 | 農林水産・食品 | 生命 |
| 45 | 90 | 13:建物安全性と財産保全性の飛躍的向上をもたらす免震装置・制震装置 | 社会基盤 | 災害 |
| 46 | 90 | 14:煤塵、NOx等が出ないクリーン燃料(水素を除く) | 環境 | 環境 |
| 47 | 89 | 02:がん化の機構の解明に基づく治療への応用 | 保健・医療・福祉 | 生命 |
| 48 | 89 | 58:地域のコミュニティに基づく防災・福祉活動の能力を向上させるための効果的な情報システム・社会制度構築 | 社会基盤 | その他 |
| 49 | 89 | 12:がんの転移を防ぐ有効な技術 | ライフサイエンス | 生命 |

| 重要度 | 課題 | | 分野 | 区分 |
|-----|----|--|----------|-------|
| 50 | 89 | 18:いつでもどこでも使える超小型のウェアラブル機器を実現する、オプトエレクトロニクス、マイクロエレクトロニクス、マイクロマシン等が複合化された数 μ mレベルの実装技術 | 製造 | 情報 |
| 51 | 89 | 84:廃車のごみ問題をほぼ完全に解決する自動車のリサイクル技術 | 社会基盤 | 環境 |
| 52 | 89 | 32:BSE 発生の完全な解明による予防・診断・治療技術 | 農林水産・食品 | 生命 |
| 53 | 89 | 87:すべての陸上・海上交通機関における、現行自動車排出ガス規制値をクリアする排気対策技術(現行のガソリン・乗用車の規制値(g/km)は一酸化炭素 1.27(0.67)、炭化水素 0.17(0.08)、窒素酸化物 0.17(0.08)。試験モードは 10・15M で、数値は1台当たりの上限値、カッコ内は形式当たりの平均値) | 社会基盤 | 環境 |
| 54 | 88 | 10:花粉症やアトピーなどのアレルギーを引き起こす免疫制御機構や環境要因の解明に基づく、即時型アレルギーの完全なコントロール技術 | ライフサイエンス | 生命 |
| 55 | 88 | 71:メタンハイドレート採掘利用技術 | フロンティア | エネルギー |
| 56 | 88 | 38:変換効率20%以上の大面積アモルファスシリコン太陽電池 | ナノテク・材料 | エネルギー |
| 57 | 88 | 15:地域農林業資源・有機性廃棄物などのバイオマスエネルギーを利用する、ゼロエミッションを指向した低コスト農林業・農村の実現 | 農林水産・食品 | 環境 |
| 58 | 88 | 22:アルツハイマー病の進行を阻止する技術 | ライフサイエンス | 生命 |
| 59 | 88 | 86:燃料電池(Fuel Cell)を搭載した交通機関(自動車、船舶など) | 社会基盤 | エネルギー |
| 60 | 88 | 39:インターネットのバックボーンにおける不正侵入検出やウイルス検出の技術 | 情報・通信 | 情報 |
| 61 | 88 | 09:大規模災害発生時に、衛星からの画像、レーザレーダ装置による解析等を用い広域にわたり災害状況を監視し、迅速で安全な避難誘導が可能となる広域災害状況監視システム | 社会技術 | 災害 |
| 62 | 88 | 13:少量多品種に対応でき、設備投資を現状より2桁低減可能なミニ半導体工場 | エレクトロニクス | 情報 |
| 63 | 88 | 55:太陽光で水を分解する水素生産プロセス | ナノテク・材料 | 環境 |
| 64 | 87 | 09:長期的に安心でき、安全に CO ₂ を処理できる実用的かつ新規な技術の芽の発見 | 環境 | 環境 |
| 65 | 87 | 01:気候変動による温室効果ガスの自然的な発生と吸収・固定のメカニズムの解明 | 環境 | 環境 |
| 66 | 87 | 65:がんや難病の発病リスクを的確に診断するとともに、治療指針を示すための情報をごく短時間に供給するバイオチップ診断システム | ナノテク・材料 | 生命 |
| 67 | 87 | 07:設計、開発、製造、運用、保守、廃棄などの生産活動を支援(最適化・効率化・許認可申請など)する高度なバーチャルマニファクチャリングシステムと運用システム | 製造 | その他 |
| 68 | 87 | 02:熟練者の判断過程や技能・ノウハウを明示化して、他の者による再利用や学習を可能とするサポートシステム | 製造 | その他 |
| 69 | 87 | 02:マイワシ等主要漁業資源の適正管理のための、資源量長期変動予測技術 | 農林水産・食品 | その他 |
| 70 | 87 | 22:ナノメートルのスケールで原子や分子を操作・制御したり、物質の構造や配列を制御することによって革新的な機能・特性を発現させる製造技術 | 製造 | その他 |
| 71 | 86 | 17:ほとんどの室内照明が半導体光源に置き換わる | エレクトロニクス | 情報 |
| 72 | 86 | 47:新たな経済尺度・基準を前提とした、再生原料や再生品を生産・流通・消費する循環システム | エネルギー・資源 | 環境 |
| 73 | 86 | 40:不正侵入検出のための、インターネットにおける発信元の逆探知、トレースバック | 情報・通信 | 情報 |
| 74 | 86 | 10:公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の爆薬、麻薬、放射性物質、病原微生物の迅速かつ正確な検知システム | 社会技術 | その他 |

| 重要度 課題 | | | 分野 | 区分 |
|--------|----|---|----------|----------|
| 75 | 86 | 06:実時間で論理機能を変更する 100M ゲート規模の LSI | エレクトロニクス | 情報 |
| 76 | 86 | 01:がんの転移機構の解明 | 保健・医療・福祉 | 生命 |
| 77 | 86 | 51:わが国の半数以上の上場会社において、経営上の基本的な方針として、社会的責任(Corporate Social Responsibility)を強く意識した経営が一般化する | 産業基盤 | その他 |
| 78 | 86 | 07:生態系や環境などの大規模システムのモデリング及びシミュレーション技術の進展による病気や災害等の予測 | 情報・通信 | 情報 |
| 79 | 85 | 17:非破壊検査により既存建造物の健全性を調査し、合理的な補強をする技術 | 社会基盤 | その他 |
| 80 | 85 | 51:人畜の感染症の早期発見と影響の予測、事故や災害による環境影響の早期警報など、専門家による早期警報、早期予知のシステムが確立し、科学技術によって対処すべき課題の早期発見、影響評価が可能になる | 社会技術 | 生命 災害 |
| 81 | 85 | 57:地震発生確率の長期評価手法の確立に基づく、地震リスクマネジメントの一般化 | 社会基盤 | 災害 |
| 82 | 85 | 15:10Gbps 光加入者系システムが家庭で一般化 | エレクトロニクス | 情報 |
| 83 | 85 | 14:多種製品について、製品ごとの生産量を迅速かつ柔軟に調整することのできるリコンフィギュラブル(再構築可能)な製造システム | 製造 | その他 |
| 84 | 85 | 06:自律適応、多種少量生産、短納期をサポートする日本オリジナルの製造用ソフトウェア技術 | 製造 | 情報 |
| 85 | 85 | 05:クロック周波数 50GHz 以上のマイクロプロセッサ LSI | エレクトロニクス | 情報 |
| 86 | 85 | 30:院内感染を克服する予防技術 | 保健・医療・福祉 | 生命 |
| 87 | 85 | 50:メソスケール(10km メッシュ程度)での降雨シミュレーション | 環境 | 環境 |
| 88 | 85 | 28:建物を識別できる約 100~500m メッシュで、数時間先の大気汚染、都市型洪水等を予測できる高精度地域環境モデル | フロンティア | 環境 |
| 89 | 84 | 08:研究開発・設計の期間短縮、製品競争力強化を狙いとして、強度、性能、信頼性、環境性、生産性など製品評価項目の全てを評価できるデジタルモックアップ技術 | 製造 | 情報 |
| 90 | 84 | 54:東京湾、大阪湾等利用密度の高い海域を対象とする湾全体の総合的利用・保全技術 | フロンティア | 環境 |
| 91 | 84 | 13:ナノメートルスケールの 3 次元集積加工技術 | ナノテク・材料 | その他 |
| 92 | 84 | 23:そううつ病の原因の分子レベルでの解明 | ライフサイエンス | 生命 |
| 93 | 84 | 33:生体内の任意の位置にある1mm 以下のガン組織の検査技術 | ライフサイエンス | 生命 |
| 94 | 84 | 24:統合失調症の原因の分子レベルでの解明 | ライフサイエンス | 生命 |
| 95 | 84 | 19:女性の社会活動を支援するために、妊娠・出産の時点において、将来、保育園等の育児援助サービスを受けることが保証されるシステム | 社会技術 | その他 |
| 96 | 84 | 07:ゲート長 3nm のトランジスタを集積した LSI | エレクトロニクス | 情報 |
| 97 | 83 | 07:海洋汚染の世界的規模のモニタリングシステム | 環境 | 環境 |
| 98 | 83 | 25:二酸化炭素ガスの国別吸排出量を人工衛星により高精度で観測する技術 | フロンティア | 環境 |
| 99 | 83 | 71:感染症の薬剤耐性克服法 | 保健・医療・福祉 | 生命 |
| 100 | 83 | 62:体内の標的細胞内部の任意の部位に薬や遺伝子を運ぶ、外部からの信号によって誘導されるナノキャリアシステム | ナノテク・材料 | 生命 |

参考資料 4 効果の大きい領域

現時点(2015年頃まで)の6つの効果が大きい領域(上位1/3(1~43位)に含まれる)、及びその他(中期的な効果が大きい領域、当該分野以外の専門家評価において効果が大きい領域)に○を付した。

| 分野 | 領域 | 現時点 | | | | | | | | | | その他 | | | |
|----------------|---|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|----|-----|-----|-----|---|
| | | 産増大 | 知的資 | 発展 | 他分野 | 業発展 | 既存産 | 創出 | 新産業 | 安心 | 安全 | | 質向上 | 生活の | |
| 情報・通信 | 超大規模情報処理 | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | | | |
| | ハイプロダクティビティコンピューティング | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | ヒューマンサポート(人間の知能支援) | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 超トランスペアレント通信(空間共有)/ヒューマンインタフェース(人間の筋力を支援) | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 情報セキュリティ | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| | 社会システム化のための情報技術 | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 情報通信新原理 | | | | | | | | | | | | | | |
| | ユビキタスネットワークング | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 大規模ネットワークに耐えうるソフトウェア技術 | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| エレクトロニクス | 集積システム | ○ | | | | | | | | | | | | | |
| | シリコンエレクトロニクス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | ○ | | | |
| | オプト&フォトニックデバイス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | | | |
| | ワイヤレスエレクトロニクス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| | バイオ融合エレクトロニクス | ○ | | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 分子・有機エレクトロニクス | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | ストレージ | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | | | |
| | ディスプレイ | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | ○ | | |
| | エネルギー変換・蓄積デバイス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| | デジタル家電 | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| | ユビキタスエレクトロニクス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| | ロボットエレクトロニクス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | ○ | | | |
| | カーエレクトロニクス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| | ネットワークエレクトロニクス | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | |
| セキュリティエレクトロニクス | | | | | | | | | ○ | | ○ | | | | |
| ライフサイエンス | 創薬基礎研究 | ○ | | | | ○ | | | | | | | | | |
| | 新規医療技術のための基礎研究 | | | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 脳の発生・発達 | | | | | | | | | | | | | | ○ |

| 分野 | 領域 | 現時点 | | | | | | | | その他 | | | |
|----------|--|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| | | 産増大 | 知的資 | 発展 | 他分野 | 業発展 | 既存産 | 創出 | 新産業 | | 安心 | 安全 | 質向上 |
| ライフサイエンス | 脳の高次機能 | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 脳の病態の理解と治療 | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 再生医科学 | | | ○ | | | | | | | | | |
| | 生体物質測定技術 | ○ | | ○ | | | | | | | | | |
| | 生命の高次機能制御 | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 情報生物学 | | | ○ | | | | | | | | | |
| | 環境・生態バイオロジー | | | | | | | | | | | | ○ |
| | ナノバイオロジー(ライフ) | | | ○ | | | | | | | | | |
| 保健・医療・福祉 | 個別医療 | ○ | | | | | ○ | | ○ | | ○ | | |
| | 生体防御機構の解明と治療への応用 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| | QOL 向上を目指した生体機能回復及びその支援 | | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | |
| | IT の医療への応用 | | | ○ | | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | |
| | 人中心の医療と療養支援システムの構築 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| | 予防医療 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| | 新興・再興感染症対策 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| | 高齢化社会に向けた医療・福祉 | | | | | ○ | ○ | | ○ | | ○ | | |
| 農林水産・食品 | 生物多様性と生態系の複雑な相互作用の解明 | | | | | | | | | | | | ○ |
| | バイオを利用した環境問題の解決と循環社会の実現 | | | ○ | | | ○ | | | | | | |
| | 生態系と調和し、環境を向上させる生産技術開発 | | | | | | | | | ○ | | | |
| | 安全・安心・長寿・健康社会をもたらすフードシステム等新たな生活関連技術の開発 | | | | | | | ○ | | ○ | | ○ | |
| | ゲノム・プロテオーム及び生体情報伝達機構の解明と革新的生産技術 | ○ | | ○ | | | | ○ | | | | | |
| フロンティア | 惑星探査技術 | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 地球型生命及び太陽系外惑星探査技術 | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 宇宙と素粒子の研究 | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 有人宇宙活動基盤技術 | ○ | | ○ | | | | | | | | | |
| | 宇宙利用技術－衛星基盤技術－ | ○ | | ○ | | ○ | ○ | | | | | | |
| | 地球環境高精度観測・変動予測技術 | ○ | | ○ | | | | | | ○ | | ○ | |

| 分野 | 領域 | 現時点 | | | | | | | | | その他 | | |
|-----------------|-----------------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| | | 産増大 | 知的資 | 発展 | 他分野 | 業発展 | 既存産 | 創出 | 新産業 | 安心 | | 安全 | 質向上 |
| フロンティア | 極限生命の探査・捕獲・培養技術 | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 地球深部観測技術 | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 深海底観測調査技術 | ○ | | | | | | | | | | | |
| | 安全・安心社会の宇宙・海洋・地球技術 | ○ | ○ | | | | | | | ○ | ○ | | |
| | 科学技術革命を先導する宇宙・海洋・地球技術 | ○ | ○ | | ○ | ○ | | | | | | | |
| エネルギー・資源 | 革新的原子力システム | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 核融合エネルギー | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 水素エネルギーシステム | ○ | ○ | | | | ○ | | | | | | |
| | 燃料電池 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | |
| | 分散型エネルギーシステム | | | | | | | | | | | | |
| | 再生可能エネルギー | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 化石資源のクリーン利用技術 | | | | | | | | | | | | ○ |
| | エネルギー変換・利用の効率化 | | | ○ | ○ | ○ | | | | | | | |
| | 資源アセスメント | | | | | | | | | | | | |
| | 資源再利用 | | | | | | | | | | | | ○ |
| 環境 | 地球レベルの環境(温暖化を中心とする) | | | | | | | | | ○ | | | |
| | 都市レベルの環境(空間・計画・居住) | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| | 生態影響の解明と対策(土壌、水を含む)を中心とした領域 | | | | | | | | | ○ | | | |
| | 環境経済指標 | | | | | | | | | ○ | | | |
| | ライフスタイルと環境 | | | | | | | | | | | | ○ |
| | 環境災害 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| | 水資源 | | | | | | | | | ○ | ○ | | |
| ナノテクノロジー・材料 | ナノ材料モデリング・シミュレーション | | | | | | | | | | | | ○ |
| | ナノ計測・分析技術 | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | |
| | ナノ加工・造型・製造技術 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | |
| | 物質・材料の創製・合成・プロセス技術 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | |
| | ナノレベル構造制御による新規材料 | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | |
| | ナノデバイス・センサ | ○ | ○ | | | | | | | | | | |
| | NEMS 技術 | ○ | ○ | | | | | | | | | | |
| | 環境・エネルギー材料 | | | | | | | | | | | | ○ |
| ナノバイオロジー(ナノ・材料) | ○ | ○ | ○ | ○ | | | | | | | | | |

| 分野 | 領域 | 現時点 | | | | | | | | その他 | | | |
|-------------------|-------------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|-----|----|----|-----|
| | | 産増大 | 知的資 | 発展 | 他分野 | 業発展 | 既存産 | 創出 | 新産業 | | 安心 | 安全 | 質向上 |
| | 安全・安心社会に関わるナノ科学 | | | | | | | | | | | | ○ |
| 製造 | 高度 IT 利用製造技術 | | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | |
| | バーチャルデザイン製造技術 | | | | | ○ | | | | | | | |
| | 高付加価値製品製造技術 | | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | |
| | ナノ加工・微細加工技術 | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | |
| | 循環型・低環境負荷製造技術 | | | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| | 製造に係わる人間・ロボット | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | |
| | 特殊環境下製造技術 | | | | | | | | | | | | |
| | 社会インフラ関連高度製造技術 | | | | | ○ | | | | ○ | | ○ | |
| | 表面改質と界面制御技術 | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | |
| 産業基盤 | 産業基盤の地域的な分散・集中による最適化 | | | | | | | | | | | | |
| | ナレッジマネジメント | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | | | | | |
| | 企業の意思決定・ガバナンス・マネジメント | | | | | ○ | | | | | | | |
| | 公的部門のガバナンス・マネジメント | | | | | | | | | | | | ○ |
| | リスク管理・ファイナンス | | | | | ○ | | | | ○ | | | |
| | 人的資源管理(教育、競争と協調の関係) | | | | | ○ | | ○ | | | | ○ | |
| | 経営における競争と協調 | | | | | ○ | | ○ | | | | | |
| | サービス産業・サービス部門の生産性向上 | | | | | ○ | | ○ | | | | | |
| | 環境経営 | | | | | ○ | | ○ | | ○ | | ○ | |
| 産業の牽引役となる芸術・文化・遊び | | | | | | | | | | | | | |
| 社会基盤 | 人口非集中地域の社会基盤技術 | | | | | | | | | | | ○ | |
| | 建造物の性能向上 | | | | | ○ | | | | ○ | | ○ | |
| | 社会基盤施設の再生・維持・管理 | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| | 高齢化社会に対応した社会基盤技術 | | | | | | | ○ | | ○ | | ○ | |
| | 社会基盤における環境技術 | | | | | | | ○ | | ○ | | ○ | |
| | 総合的な水管理技術 | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| | 建築スケールの環境対策 | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| | 社会基盤としてのセキュリティ技術 | | | | | | | | | ○ | | | |
| | 防災技術 | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| | 利用者・住民を含めた社会基盤の総合マネジメント | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| 新たな交通システム技術 | | | | | ○ | | ○ | | | | ○ | | |

| 分野 | 領域 | 現時点 | | | | | | | | | その他 | | |
|--------------|---------------------|-----|-----|----|-----|-----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|
| | | 産増大 | 知的資 | 発展 | 他分野 | 業発展 | 既存産 | 創出 | 新産業 | 安心 | | 安全 | 質向上 |
| | 交通安全に関する技術 | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| | 交通機関の環境対策 | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| | 環境にやさしい効率的な物流システム技術 | | | | | | | | | | | | ○ |
| 社会技術 | 暮らしの安全・安心・安定 | | | | | | | | | ○ | | | |
| | 都市の安全・安心・安定 | | | | | | | | | ○ | | ○ | |
| | サービスのユニバーサル化 | | | | | | | | | | | | |
| | 高齢者・障害者の生活支援 | | | | | | | | | | | ○ | |
| | 脳研究の社会応用 | | | | | | | | | | | | |
| | 国際的課題解決技術 | | | | | | | | | | | | |
| | 教育・学習支援技術 | | | | | | | | | | | | |
| | 文化と技術の継承保全 | | | | | | | | | | | | |
| | 知識生産システム | | | | | | | | | | | | |
| | 遊びの技術 | | | | | | | | | | | | ○ |
| テクノロジーアセスメント | | | | | | | | | | | | ○ | |

参考資料 5 ニーズ項目と関連するデルファイ領域の抽出

参 5.1. 調査の方法

将来社会に向けたニーズへの対応のために、どのような取り組みが期待されるか、特に科学技術による寄与の大きさや内容を予測することを考え、科学技術対応のニーズ項目毎に、注目されているデルファイ領域に対する寄与の関連性を試みた。

ニーズ項目に対応させる科学技術領域は、「科学技術の中長期発展に係わる俯瞰的予測調査」の一環として社会・経済ニーズ調査と並行して実施された、デルファイ調査で設定された 130 領域(デルファイ領域)とした。

デルファイ領域の選定を担った分科会委員(13 分野:延べ 170 名)に対して、アンケート方式により、ニーズ項目対応のためのデルファイ領域の寄与度を調査した。質問表は図表 参 5-1 の通りである。

図表 参 5-1 調査票のイメージ(一部抜粋)

情報通信

| デルファイ領域 | 概要 | | I. 安全・安心 | II. 大事故・大災害 |
|------------------------|---|---|------------|--------------------------------|
| 記入例 | 記入例 | 記入例 | 2 | 3 |
| | | 記入例 | 1 | 1 |
| | | 記入例 | | 〇〇〇技術 |
| 1 超大規模情報処理 | 高速モバイル通信、無線LAN、デジタル放送、ETC、無線タグなどの広域・超分散・超高速コンピューティング環境が融合したプラットフォームが利用可能となろう。ライフサイクルの早いこれらの要素技術を総合的に運用するにあたって、個別の機能部分の相互接続や相互運用を自律的・自己秩序形成的に実施できることが必要となる。これにより、複合メディアによる大量な情報が共通のプラットフォーム上で利用可能となる。 | (1)寄与度 1.大 2.中 3.小 4.寄与なし (2)寄与の方法 1.直接的寄与 2.間接的寄与 (3)具体例 | 1 1 | 2 1 |
| 2 ハイプロダクティビティコンピューティング | ハイプロダクティビティコンピューティングは、スーパーコンピュータを、多くの科学・技術・産業分野において高度な価値を生み出すためのツールと考えて、ハードウェア技術、ソフトウェア技術並びにネットワーク技術を総合的に推進する注目科学技術領域である。スーパーコンピュータハードウェアの単なる高性能化だけではなく、実効性能の高いソフトウェアを開発し、ネットワークを通じて計算処理能力の一層の向上を図る等、計算資源を効率よく活用することで、ツールとしてのスーパーコンピュータの利用の一層の効率化を図ることが可能になる。 | (1)寄与度 1.大 2.中 3.小 4.寄与なし (2)寄与の方法 1.直接的寄与 2.間接的寄与 (3)具体例 | 2 2 | 2 災害等の発生推測システム |
| 3 ヒューマンサポート(人間の知能支援) | 人工知能は、脳の認知・判断機構の知見に基づき、人間の知的機能をコンピュータで代替することを目指す面と、それを支援・補強する面とがある。前者の研究は、自然言語理解などの進展が期待される。後者に関しては、大量の情報が流通・共有される環境に対応する機能が重要である。情報を選別し分かり易く整理・提示できる機能、記憶・記録の支援を行う機能等である。その | (1)寄与度 1.大 2.中 3.小 4.寄与なし (2)寄与の方法 1.直接的寄与 2.間接的寄与 (3)具体例 | 2 1 | 2 1 災害等の発生推測システム |

領域の抽出にあたっては、試行的に図表参 5-3 上に示した、9 つのニーズ項目毎に、個別のデルファイ領域の寄与の度合い(大・中・小)、またその寄与が直接的か間接的か、さらに寄与の具体例をアンケート形式で収集した(図表 参 5-2)。

図表 参 5-2 記入の要領

(1) 寄与の度合い

望ましい将来社会の課題を実現するため、対応するデルファイ領域の寄与の程度が大きい"1"、中"2"、小"3"、寄与なし"4"と記入。

(2) 寄与の方法

対応するデルファイ領域の直接的な成果として、将来社会の課題が実現される場合は、解答欄に"1"と記入。一方、その科学技術の成果が課題実現のための手段やツールなどで間接的な寄与と想定される場合は、解答欄に"2"と記入。

(3) 寄与の具体例

直接的・間接的な寄与に係わらず、特に注目される科学技術が想定される場合、あるいは技術の適用によって懸念される事項があれば、具体例を記入。

参 5.2. デルファイ領域との関連性

すべての分科会から延べ 109 件の回答(分野平均 8.4 件)を得た。得られた回答を基に、個別領域の寄与の度合いを指数化して直接的寄与、間接的寄与毎に集計した。集計結果は図表参 5-3 である。ニーズと科学技術の関係の全体像を俯瞰するために数値化したもので、ここで指数化されたデータは、数値の差がわずかなものもあり、政策的に優先して利用すべき数値ではない。データの利用にあたっては数値だけが一人歩きすることのないよう取り扱いに注意が必要である。

集計結果から、ニーズ項目に対応して直接的寄与及び間接的寄与が大きいと見なされたデルファイ領域には傾向がある。直接的寄与としては、各項目に深く関わる分野がそれぞれ多く抽出され、間接的寄与としては、産業基盤や社会基盤の中でもソフト系の領域や、エレクトロニクス、フロンティア、環境などの分野のポイントがそれぞれ高い結果となった。しかし、この評価では、デルファイ領域以外の科学技術は取り上げていないこと、回答数が 109 と限られていることから、この結果のみでニーズに対応する科学技術を判断するには不十分である、という課題も残った。

図表 参 5-3 ニーズ項目とデルファイ領域との関連性

| 分野 (サンプル数: 総計109) | 分野名 | 領域 | 直接的寄与(標準値) | | | | | | | | | 間接的寄与(標準値) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|-------|-----|------------|------------|-----|------------|------|-------------|-------------|-------|-------------|------------|------------|-----|------------|------|-------------|-------------|-------|-------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| | | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 安全 安心 | 大事故 大災害 | 健康 | 可能性の 拡大 | 人口減少 | 持続可能な 社会 | 地球規模の 問題 | 国際競争力 | 一目置かれる 国 | 安全 安心 | 大事故 大災害 | 健康 | 可能性の 拡大 | 人口減少 | 持続可能な 社会 | 地球規模の 問題 | 国際競争力 | 一目置かれる 国 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 (8) | 情報・通信 | 1 | 1.5 | 2.0 | 0.4 | 0.5 | 1.8 | 1.0 | 1.3 | 1.8 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 1.5 | 2.0 | 0.4 | 0.5 | 1.8 | 1.0 | 1.3 | 1.8 | 1.3 | 1.8 | 1.5 | 1.3 | 1.0 | 1.5 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | | | | |
| | | 2 | 0.4 | 2.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.3 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 0.6 | 1.1 | 0.9 | 1.3 | 0.8 | 0.4 | 2.0 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 0.3 | 1.5 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 0.9 | 0.6 | 1.1 | 0.9 | 1.3 | 0.8 | |
| | | 3 | 1.0 | 0.5 | 1.3 | 2.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 2.8 | 1.5 | 1.4 | 0.9 | 0.5 | 1.1 | 1.1 | 1.3 | 0.8 | 0.6 | 1.0 | 0.5 | 1.3 | 2.0 | 1.0 | 0.0 | 0.0 | 2.8 | 2.8 | 1.5 | 1.4 | 0.9 | 0.5 | 1.1 | 1.1 | 1.3 | 0.8 | 0.6 | | |
| | | 4 | 0.8 | 0.3 | 1.5 | 2.8 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 2.0 | 1.0 | 1.3 | 0.0 | 1.0 | 1.5 | 1.8 | 0.9 | 1.4 | 0.9 | 1.1 | 0.8 | 0.3 | 1.5 | 2.8 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 1.8 | 2.0 | 1.0 | 1.3 | 0.0 | 1.0 | 1.5 | 1.8 | 0.9 | 1.4 | 0.9 | 1.1 |
| | | 5 | 4.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 1.4 | 1.9 | 1.3 | 0.0 | 1.0 | 1.5 | 1.8 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 0.8 | 1.1 | 4.0 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 1.4 | 1.9 | 1.3 | 0.0 | 1.0 | 1.5 | 1.8 | 1.9 | 1.4 | 0.9 | 0.8 | 1.1 | | |
| | | 6 | 4.0 | 3.5 | 1.5 | 0.0 | 2.5 | 1.0 | 0.8 | 1.8 | 2.0 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 0.5 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | 4.0 | 3.5 | 1.5 | 0.0 | 2.5 | 1.0 | 0.8 | 1.8 | 2.0 | 0.0 | 0.3 | 0.5 | 1.5 | 0.5 | 1.4 | 1.0 | 1.3 | 1.0 | | |
| | | 7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 1.5 | 1.1 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 1.8 | 1.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 1.5 | 1.1 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 1.8 | 1.1 | | |
| | | 8 | 3.0 | 3.3 | 1.5 | 1.0 | 1.3 | 0.8 | 1.5 | 2.3 | 2.5 | 0.0 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 1.3 | 0.8 | 3.0 | 3.3 | 1.5 | 1.0 | 1.3 | 0.8 | 1.5 | 2.3 | 2.5 | 0.0 | 0.5 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 1.3 | 1.1 | 1.3 | 0.8 | | |
| | | 9 | 2.0 | 2.3 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | 0.3 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | 2.0 | 2.3 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | 0.3 | 0.8 | 1.3 | 1.8 | 1.0 | 1.0 | 1.3 | 1.4 | 1.4 | 1.0 | 1.4 | 1.3 | 1.3 | | |
| | | 10 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 1.8 | 0.7 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.3 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 1.8 | 0.7 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.3 | 1.2 | 0.9 | 0.7 | | |
| | | 11 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.7 | 1.8 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 1.3 | 1.9 | 1.3 | 1.3 | 1.3 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.7 | 1.8 | 1.6 | 1.8 | 2.0 | 1.7 | 1.3 | 1.9 | 1.3 | 1.3 | 0.4 | 0.7 | |
| 12 | 1.1 | 1.1 | 0.7 | 0.0 | 0.2 | 0.9 | 0.9 | 2.2 | 1.6 | 1.4 | 1.9 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.7 | 1.1 | 1.1 | 0.7 | 0.0 | 0.2 | 0.9 | 0.9 | 2.2 | 1.6 | 1.4 | 1.9 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.7 | | | | |
| 13 | 2.0 | 2.0 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 1.2 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 1.4 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 0.7 | 2.0 | 2.0 | 0.2 | 0.2 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 1.2 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 1.4 | 0.8 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.0 | 0.7 | | | |
| 14 | 0.7 | 0.2 | 0.8 | 0.0 | 0.2 | 1.1 | 0.2 | 2.0 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 0.4 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.2 | 0.8 | 0.0 | 0.2 | 1.1 | 0.2 | 2.0 | 1.2 | 0.8 | 0.9 | 0.4 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.3 | 0.6 | | | | |
| 15 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.0 | 1.1 | 0.2 | 2.1 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.6 | 1.0 | 0.7 | 0.7 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 0.4 | 0.0 | 1.1 | 0.2 | 2.1 | 1.6 | 1.3 | 1.1 | 1.0 | 0.9 | 0.9 | 0.6 | 1.0 | 0.7 | 0.7 | | | | |
| 16 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 2.7 | 1.8 | 1.3 | 1.4 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 2.7 | 1.8 | 1.3 | 1.4 | 0.8 | 1.0 | 1.2 | 1.0 | 1.2 | 0.2 | 0.3 | | | | |
| 17 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 1.3 | 0.2 | 1.1 | 0.2 | 3.0 | 2.8 | 0.7 | 1.4 | 0.9 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.3 | 0.2 | 0.0 | 0.2 | 1.3 | 0.2 | 1.1 | 0.2 | 3.0 | 2.8 | 0.7 | 1.4 | 0.9 | 1.2 | 1.4 | 1.0 | 1.0 | 0.9 | 0.3 | | | | |
| 18 | 0.0 | 1.8 | 0.0 | 0.9 | 0.2 | 1.6 | 2.4 | 2.7 | 1.2 | 2.0 | 1.2 | 1.3 | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.9 | 0.0 | 1.8 | 0.0 | 0.9 | 0.2 | 1.6 | 2.4 | 2.7 | 1.2 | 2.0 | 1.2 | 1.3 | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.9 | | | | |
| 19 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 1.6 | 1.2 | 1.4 | 1.8 | 0.7 | 0.8 | 1.3 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 2.0 | 0.4 | 0.0 | 0.0 | 2.7 | 1.6 | 1.2 | 1.4 | 1.8 | 0.7 | 0.8 | 1.3 | 0.9 | 0.7 | 0.4 | | | | |
| 20 | 2.0 | 2.0 | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 0.4 | 0.7 | 2.4 | 2.2 | 0.4 | 0.7 | 2.4 | 0.9 | 0.9 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | 2.0 | 2.0 | 0.2 | 0.2 | 0.7 | 0.4 | 0.7 | 2.4 | 2.2 | 0.4 | 0.7 | 2.4 | 0.9 | 0.9 | 0.4 | 0.2 | 0.2 | 0.2 | | | | |
| 21 | 1.6 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.0 | 0.9 | 0.0 | 2.2 | 1.8 | 0.7 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 1.6 | 2.0 | 1.8 | 1.7 | 1.0 | 0.9 | 0.0 | 2.2 | 1.8 | 0.7 | 0.2 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | | | | |
| 22 | 4.0 | 2.0 | 0.0 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 2.4 | 1.6 | 0.0 | 0.6 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.9 | 4.0 | 2.0 | 0.0 | 0.7 | 0.4 | 0.2 | 0.7 | 2.4 | 1.6 | 0.0 | 0.6 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 1.1 | 1.0 | 0.8 | 0.9 | | | | |
| 23 | 1.6 | 3.4 | 0.2 | 0.9 | 0.4 | 1.1 | 0.4 | 1.8 | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 1.2 | 0.9 | 1.2 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 1.6 | 3.4 | 0.2 | 0.9 | 0.4 | 1.1 | 0.4 | 1.8 | 0.9 | 0.8 | 0.9 | 1.2 | 0.9 | 1.2 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | | | | |
| 24 | 3.8 | 3.1 | 0.9 | 0.2 | 0.7 | 1.3 | 1.6 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 3.8 | 3.1 | 0.9 | 0.2 | 0.7 | 1.3 | 1.6 | 2.9 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.8 | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | | | | |
| 25 | 0.0 | 0.4 | 3.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 1.9 | 2.0 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.0 | 0.4 | 3.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 | 1.9 | 2.0 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | 0.4 | 0.6 | | | | |
| 26 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.3 | 0.1 | 0.6 | 2.1 | 2.0 | 0.6 | 0.7 | 0.0 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.0 | 0.3 | 0.1 | 0.6 | 2.1 | 2.0 | 0.6 | 0.7 | 0.0 | 1.1 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | | | | |
| 27 | 0.6 | 0.0 | 1.4 | 1.7 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 1.3 | 1.3 | 0.4 | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | 0.6 | 0.0 | 1.4 | 1.7 | 0.1 | 0.3 | 0.1 | 1.3 | 1.3 | 0.4 | 0.9 | 0.6 | 0.6 | 0.6 | 0.7 | 0.1 | 0.4 | 0.3 | | | | |
| 28 | 1.0 | 0.0 | 2.6 | 2.0 | 0.4 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.0 | 0.0 | 2.6 | 2.0 | 0.4 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | | | | |
| 29 | 1.1 | 0.3 | 2.6 | 2.0 | 0.4 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 0.3 | 2.6 | 2.0 | 0.4 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | | | | |
| 30 | 0.0 | 0.3 | 2.6 | 2.0 | 0.4 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 2.6 | 2.0 | 0.4 | 0.1 | 0.7 | 1.3 | 1.0 | 0.4 | 0.6 | 0.6 | 0.3 | 0.7 | 0.4 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | | | | |
| 31 | 0.0 | 0.1 | 2.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 1.7 | 2.0 | 0.7 | 0.3 | 1.0 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | 0.0 | 0.1 | 2.1 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 1.7 | 2.0 | 0.7 | 0.3 | 1.0 | 0.7 | 0.4 | 0.4 | 0.7 | 0.7 | 0.9 | | | | |
| 32 | 0.0 | 0.1 | 2.9 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 1.0 | 1.4 | 0.1 | 0.6 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | 0.0 | 0.1 | 2.9 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.6 | 1.0 | 1.4 | 0.1 | 0.6 | 0.0 | 0.6 | 0.0 | 0.6 | 0.6 | 0.4 | 0.3 | | | | |
| 33 | 0.1 | 0.0 | 1.6 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 2.5 | 2.5 | 1.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.1 | 0.0 | 1.6 | 0.7 | 0.3 | 0.3 | 0.6 | 2.5 | 2.5 | 1.4 | 0.4 | 0.4 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | | | | |
| 34 | 0.3 | 0.7 | 1.1 | 1.4 | 0.7 | 2.4 | 1.3 | 2.6 | 1.3 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.3 | 0.7 | 1.1 | 1.4 | 0.7 | 2.4 | 1.3 | 2.6 | 1.3 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.9 | 0.3 | 0.9 | | | | | |
| 35 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 2.9 | 2.9 | 0.4 | 0.6 | 1.6 | 0.7 | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.1 | 0.1 | 0.3 | 0.3 | 2.9 | 2.9 | 0.4 | 0.6 | 1.6 | 0.7 | 0.1 | 0.4 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | | | | |
| 36 | 0.2 | 0.8 | 3.8 | 1.1 | 0.9 | 0.4 | 0.4 | 1.9 | 1.6 | 0.6 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.2 | 0.8 | 3.8 | 1.1 | 0.9 | 0.4 | 0.4 | 1.9 | 1.6 | 0.6 | 0.3 | 0.0 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | | | | |
| 37 | 0.0 | 0.2 | 4.0 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 1.0 | 1.4 | 1.5 | 0.9 | 0.7 | 1.4 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | 0.0 | 0.2 | 4.0 | 0.4 | 0.7 | 0.4 | 1.0 | 1.4 | 1.5 | 0.9 | 0.7 | 1.4 | 0.9 | 0.7 | 0.5 | 0.4 | 0.4 | 0.3 | | | | |
| 38 | 0.0 | 1.6 | 3.6 | 1.6 | 0.9 | 0.4 | 0.0 | 2.3 | 2.2 | 0.9 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | 0.0 | 1.6 | 3.6 | 1.6 | 0.9 | 0.4 | 0.0 | 2.3 | 2.2 | 0.9 | 0.2 | 0.1 | 0.7 | 0.4 | 0.5 | 0.9 | 0.2 | 0.2 | | | | |
| 39 | 0.2 | 2.0 | 3.6 | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 2.4 | 1.8 | 0.7 | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | 0.2 | 2.0 | 3.6 | 0.6 | 0.7 | 0.4 | 0.6 | 2.4 | 1.8 | 0.7 | 0.6 | 0.0 | 1.1 | 0.6 | 0.7 | 0.5 | 0.2 | 0.3 | | | | |
| 40 | 0.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

参 5.3. 将来社会像とデルファイ領域との関連性

参 5.3.1 将来社会像ケースに対応した優先領域の抽出

将来社会像は、想定する将来社会の前提条件や個人の価値尺度に応じてニーズ項目への重み付けの組み合わせが異なる、多様なケースが想定されることになる。実際には、検討したい社会の動向を反映したケースや、大きく傾向の異なる数種類のケースなどを用意し、将来社会像に対応した分析を実施することが考えられる。

ニーズ項目の社会的対応に向けた科学技術の関連性については、図表参 5-3 にてその傾向を示したが、さらに将来社会像ケースの重み付けと組み合わせることによって、個別のケースに対応して寄与の大きなデルファイ領域を抽出できる可能性がある。

そこで、市民や産業活動の立場からのパネルで提示された将来社会像や、将来社会に係わる既存の報告などを参照し、図表参 5-4 に示す3ケースを設定した。そして、ケース毎に重視されるニーズ項目に重み付けして、将来社会像に対応する領域の抽出を試行した(図表参 5-5)。

図表 参 5-4 将来社会像ケース

| 将来社会像ケース | 優先事項 | 着目するキーワード |
|----------|---------------------------------------|---|
| ケース A | 市民生活重視 (ニーズ項目 I、II、III を重視) | <ul style="list-style-type: none"> 世界一の健康寿命 快適な生活環境 安全社会の実現 など |
| ケース B | 持続可能な経済成長重視 (ニーズ項目 V、VI、VIII を重視) | <ul style="list-style-type: none"> 少子高齢化 産業の持続的発展 国際競争力の維持 など |
| ケース C | 心の豊かさ・世界貢献重視 (ニーズ項目 IV、VII、IX を重視) | <ul style="list-style-type: none"> 物質的充足よりも世界貢献等を通じた心の充足 科学技術で夢を育む など |

図表 参 5-5 将来社会像ケースに応じた重み付け

| | I 安全・安心 | II 大事故・大災害 | III 健康 | IV 可能性の拡大 | V 人口減少 | VI 持続可能な社会 | VII 地球規模の問題 | VIII 国際的競争力 | IX 一目置かれる国 |
|------|------------|---------------|-----------|--------------|-----------|---------------|----------------|----------------|---------------|
| ケースA | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| ケースB | 2 | 1 | 1 | 1 | 4 | 4 | 2 | 4 | 2 |
| ケースC | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 1 | 4 | 2 | 4 |

(注) 重み付けの考え方: 最優先(4ポイント)、優先(2ポイント)、標準(1ポイント)

上記の将来社会像ケースについて、図表参 5-3 を基に、個別のデルファイ領域がどのように関連するか検討した結果が図表参 5-6 である。なお、図中では、デルファイ領域が属する分野名で表記する。

ここでは、直接的寄与が高いとみなされた分野は、将来社会像の各ケースでキーワードとして挙げられた要素に直接結びつくことから、各ケースに固有の要素的寄与が認められる分野と考えた。一方、間接的寄与が高いとみなされる分野は、すべての将来社会像ケースに共通する傾向が認められ、総合的寄与が大きい分野とした。

図表 参 5-6 将来社会像に寄与する分野例

| 将来社会像ケース | 要素的寄与 | 総合的寄与 |
|-------------------------|---|--|
| ケース A (市民生活重視) | <ul style="list-style-type: none"> ・保健・医療・福祉 ・ライフサイエンス ・社会基盤 ・エレクトロニクス ・環境 ・フロンティア ・ナノテクノロジー・材料 ・情報・通信 など | <ul style="list-style-type: none"> ・情報・通信 ・エレクトロニクス ・産業基盤 ・フロンティア ・社会基盤 ・社会技術 ・ナノテクノロジー・材料 ・環境 |
| ケース B (持続可能な経済成長重視) | <ul style="list-style-type: none"> ・エネルギー・資源 ・ナノテクノロジー・材料 ・フロンティア ・エレクトロニクス ・製造 ・情報・通信 ・社会基盤 など | |
| ケース C (心の豊かさ・世界貢献重視) | <ul style="list-style-type: none"> ・環境 ・ナノテクノロジー・材料 ・エネルギー・資源 ・フロンティア ・製造 ・情報・通信 ・産業基盤 ・社会基盤 など | |

ナノテクノロジー・材料の分野は、分野全体の傾向として直接的寄与が大きい結果となっており、ケースを問わず要素的寄与の大きい優先領域として抽出された。この解釈を行うため、回答者へ

のフォローアップを行なったところ、材料や微細な対象を扱う技術の高度化によって、社会・経済ニーズに対応する製品やシステムの機能向上が直接的に見込まれ、その効果が画期的とみなされる点を強く意識していることが認められた。経済・社会ニーズ調査においては、当該領域の技術が「望ましい将来社会」を実現するための解決策に対して寄与をする場合は間接的寄与と見なしていること、また、本分野の技術の動向は周辺領域への波及効果も大きいと考えられることから、この分野の寄与はむしろ間接的な性格が強いと判断して、総合的寄与へ加えた。

また、環境の関わる技術において、アセスメントや計測・予測などソフト系の領域は「環境」分野に含まれ、また対策技術などハード系の領域は「エネルギー・資源」や「農林水産・食品」などの環境分野以外の領域に含まれる。このうちソフト系の「環境」分野のデルファイ領域は、将来社会像ケースによらず総合的な寄与の傾向が認められる結果となった。

委員名簿(敬称略)

「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」

＜予測調査委員会＞

| | | | |
|-----|--------|-------------------------------------|------------|
| 委員長 | 生駒 俊明 | 一橋大学大学院国際企業戦略研究科 客員教授 | |
| | 軽部 征夫 | 東京工科大学バイオニクス学部 教授 | (技術系統括) |
| | 村上 陽一郎 | 国際基督教大学大学院 教授 | (ニーズ調査) |
| | 原島 文雄 | 東京電機大学 学長 | (シナリオ調査) |
| | 齋藤 忠夫 | (株)トヨタアイティ開発センター CTO | (情報・通信) |
| | 荒川 泰彦 | 東京大学先端科学技術研究センター 教授 | (エレクトロニクス) |
| | 榎 佳之 | 独立行政法人理化学研究所 ゲノム科学総合研究センター センター長 | (ライフサイエンス) |
| | 猿田 享男 | 慶應義塾大学 常任理事 | (保健・医療・福祉) |
| | 三輪 睿太郎 | (独)農業・生物系特定産業技術研究機構 理事長 | (農林水産・食品) |
| | 的川 泰宣 | 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 執行役 | (フロンティア) |
| | 山地 憲治 | 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授 | (エネルギー・資源) |
| | 安井 至 | 国際連合大学 副学長 | (環境) |
| | 川合 知二 | 大阪大学産業科学研究所 所長 | (ナノテク・材料) |
| | 小林 敏雄 | 財団法人日本自動車研究所 所長 | (製造) |
| | 姉川 知史 | 慶應義塾大学大学院経営管理研究科 教授 | (産業基盤) |
| | 家田 仁 | 東京大学大学院工学系研究科 教授 | (社会基盤) |
| | 中島 尚正 | 放送大学 副学長 | (社会技術) |
| | 尾形 仁士 | 三菱電機(株) 上席常務執行役開発本部長 | |
| | 田村 真理子 | 日本ベンチャー学会 事務局長 | |
| | 平山 定夫 | 独立行政法人科学技術振興機構 基礎研究参与 | |

＜ニーズ調査分科会＞

| | | | |
|----|--------|---------------------------------|--|
| 主査 | 村上陽一郎 | 国際基督教大学大学院 教授 | |
| | 堺 孝夫 | 東横学園女子短期大学 学長 | |
| | 佐倉 統 | 東京大学大学院情報学環 助教授 | |
| | 杉井 清昌 | セコム株式会社 取締役 IS 研究所長 | |
| | 妹尾 堅一郎 | 東京大学先端科学技術研究センター 特任教授 | |
| | 辻 篤子 | 朝日新聞東京本社論説委員室 | |
| | 恒松 直幸 | 株式会社 NTT データ技術開発本部システム科学研究所 副所長 | |
| | 丹羽 富士雄 | 政策研究大学院大学 教授 | |

<シナリオ調査分科会>

| | | |
|----|-------|---------------------------------|
| 主査 | 原島 文雄 | 東京電機大学 学長 |
| | 井上 恵太 | 株式会社コンポン研究所 顧問 |
| | 大西 公平 | 慶應義塾大学理工学部 教授 |
| | 桜井 照夫 | 技術研究組合フェムト秒テクノロジー研究機構 常務理事・研究所長 |
| | 品川 万里 | 株式会社NTT データ 代表取締役副社長 |
| | 谷江 和雄 | 独立行政法人産業技術総合研究所 首席評価役 |
| | 坪井 賢一 | 株式会社ダイヤモンド社ビジネス情報事業局長 取締役 |
| | 山内 進吾 | 石川島汎用機械株式会社小型過給機事業部 副事業部長・取締役 |

<情報・通信分科会>

| | | |
|----|-------|---|
| 主査 | 齊藤 忠夫 | 株式会社トヨタ IT 開発センター CTO |
| | 浅見 徹 | 株式会社KDDI研究所 所長 |
| | 安達 淳 | 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立情報学研究所 情報学資源研究センター 教授・センター長 |
| | 池田 佳和 | 東京工業大学大学院理工学研究科 教授 |
| | 石塚 満 | 東京大学情報理工学系研究科 教授 |
| | 市川 晴久 | NTT先端技術総合研究所未来ねっと研究所 所長 |
| | 大賀 公子 | NTT東日本株式会社コンシューマ事業推進本部・情報機器部 部長 |
| | 神竹 孝至 | 株式会社東芝デジタルメディアネットワーク社 統括技師長 |
| | 河合 直樹 | NHK放送技術研究所 研究企画部長 |
| | 佐野 晋 | 株式会社日本レジストリサービス 代表取締役副社長 |
| | 津田 俊隆 | 株式会社富士通研究所 取締役 |
| | 中川 正雄 | 慶應義塾大学理工学部 教授 |
| | 並木 淳治 | 日本電気株式会社 支配人 |
| | 正村 達郎 | 株式会社NTTドコモワイヤレス研究所 所長 |

<エレクトロニクス分科会>

| | | |
|----|-------|--|
| 主査 | 荒川 泰彦 | 東京大学生産技術研究所・先端科学技術研究センター 教授 ナノエレクトロニクス連携研究センター センター長・教授 |
| | 有信 睦弘 | 株式会社東芝研究開発センター センター長 |
| | 今井 元 | 日本女子大学理学部 教授 |
| | 岩井 洋 | 東京工業大学フロンティア創造共同研究センター 教授 |
| | 久間 和生 | 三菱電機株式会社先端技術総合研究所 所長 |

小松 一彦 NTTアドバンステクノロジー株式会社先端技術事業本部 統括部長
 小山 二三夫 東京工業大学精密工学研究所マイクロシステム研究センター 教授
 曾根 純一 日本電気株式会社基礎・環境研究所 所長
 鳥海 明 東京大学大学院工学系研究科 教授
 西野 壽一 株式会社日立製作所中央研究所 所長
 馬場 俊彦 横浜国立大学工学研究院電気電子ネットワーク 助教授
 平本 俊郎 東京大学生産技術研究所 教授
 藤田 博之 東京大学生産技術研究所マイクロメカトロニクス国際研究センター
 教授

<ライフサイエンス分科会>

主査 榎 佳之 独立行政法人理化学研究所ゲノム科学総合研究センター センター長
 伊藤 隆司 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
 小笠原 直毅 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科 教授
 小此木 研二 武田薬品工業株式会社開拓研究所 所長
 甲斐 知恵子 東京大学医科学研究所実験動物研究施設 教授
 唐木 幸子 オリジナル株式会社ライフサイエンスカンパニー バイオサイエンス事業部
 バイオ事業推進部 グループリーダー
 神原 秀記 株式会社日立製作所中央研究所 フェロー
 北野 宏明 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所 取締役副所長
 郷 通子 長浜バイオ大学バイオサイエンス学部 学部長・教授
 五條堀 孝 大学共同利用機関法人情報・システム研究機構国立遺伝学研究所
 生命情報・DDBJ 研究センター 教授
 桜井 正樹 帝京大学医学部生理学講座 主任教授
 島津 光三 株式会社島津製作所分析計測事業部 副事業部長
 杉山 達夫 独立行政法人理化学研究所植物科学研究センター センター長
 高津 聖志 東京大学医科学研究所感染・免疫大部門 教授
 中内 啓光 東京大学医科学研究所ヒト疾患モデル研究センター 教授

<保健・医療・福祉分科会>

主査 猿田 享男 慶応義塾大学 常任理事
 今井 裕 東海大学医学部 教授
 景山 茂 東京慈恵会医科大学総合医科学研究センター 教授
 加藤 規弘 国立国際医療センター研究所遺伝子診断治療開発研究部 部長
 木村 彰男 慶応義塾大学月が瀬リハビリテーションセンター 所長・教授
 木村 哲 国立国際医療センターエイズ治療・研究開発センター センター長

小松 浩子 聖路加看護大学 教授
福内 靖男 足利赤十字病院 院長
別所 正美 埼玉医科大学第1内科 教授
武藤 徹一郎 財団法人癌研究会付属病院 院長
山口 直人 東京女子医科大学医学部 主任教授

<農林水産・食品分科会>

主査 三輪 睿太郎 (独)農業・生物系特定産業技術研究機構 理事長
生田 和正 独立行政法人水産総合研究センター中央水産研究所
内水面研究部 生態系保全研究室長
池口 厚男 独立行政法人農業工業研究所農地整備部 主任研究官
池谷 祐幸 (独)農業・生物系特定産業技術研究機構果樹研究所遺伝育種部
主任研究官
石川 豊 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究調査官
犬伏 和之 千葉大学園芸学部 教授
岡 裕泰 独立行政法人森林総合研究所林業経営・政策研究領域 主任研究官
小川 欽也 信越化学工業株式会社有機合成事業部 技術顧問
尾関 秀樹 農林水産省農林水産技術会議事務局 研究開発企画官
加藤 順子 株式会社三菱化学安全科学研究所リスク評価研究センター
副センター長
兼松 誠司 農林水産省大臣官房企画評価課技術調整班 研究調査官
田島 眞 実践女子大学生活科学部 教授
中村 雅美 日本経済新聞社編集局科学技術部 編集委員
平藤 雅之 独立行政法人農業技術研究機構中央農業総合研究センター
農業情報研究部 モデル開発チーム長
前田 美紀 独立行政法人農業生物資源研究所基盤研究部門 主任研究官

<フロンティア分科会>

主査 的川 泰宣 独立行政法人宇宙航空研究開発機構 執行役
飯田 尚志 独立行政法人情報通信研究機構 顧問
浦 環 東京大学生産技術研究所海中工学研究センター 教授
加藤 千明 独立行政法人海洋研究開発機構海洋生態環境研究部 研究主幹
木下 肇 独立行政法人海洋研究開発機構 理事
小池 勲夫 東京大学海洋研究所 所長
杉ノ原 伸夫 独立行政法人海洋研究開発機構地球環境観測研究センター
センター長

住 明正 東京大学気候システム研究センター 教授
 浜野 洋三 東京大学大学院理学系研究科 教授
 樋口 清司 独立行政法人 宇宙航空研究開発機構 理事
 藤井 敏嗣 東京大学地震研究所火山噴火予知研究推進センター 教授・センター長
 牧島 一夫 東京大学大学院理学系研究科 教授
 丸山 茂徳 東京工業大学大学院理工学研究科 教授
 水谷 仁 独立行政法人宇宙航空研究開発機構惑星研究系 教授
 渡邊 興亞

<エネルギー・資源分科会>

主査 山地 憲治 東京大学大学院新領域創成科学研究科 教授
 浅野 浩志 財団法人電力中央研究所社会経済研究所
 電力・エネルギー経営領域リーダー、上席研究員
 荒川 裕則 東京理科大学工学部 教授
 稲葉 敦 独立行政法人産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント
 研究センター センター長
 内山 洋司 筑波大学大学院システム情報工学研究科 教授
 大木 良典 三菱重工業株式会社本社技術企画部 主幹部員
 岡野 一清 水素エネルギー協会 理事
 正路 徹也 東京大学新領域創成科学研究科 名誉教授
 長谷川 裕夫 独立行政法人産業技術総合研究所企画本部 総括企画主幹
 原田 道昭 財団法人石炭利用総合センター事業部技術開発グループ
 グループリーダー
 疋田 知士 社団法人日本エネルギー学会 専務理事
 藤井 康正 東京大学大学院工学系研究科 助教授
 松井 一秋 財団法人エネルギー総合工学研究所 研究理事

<環境分科会>

主査 安井 至 国際連合大学 副学長
 浅野 直人 福岡大学法学部 教授
 伊藤 泰郎 桐蔭横浜大学 客員教授
 稲葉 敦 独立行政法人産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント
 研究センター センター長
 上野 潔 三菱電機株式会社リビング・デジタルメディア事業本部渉外部
 技術担当部長
 大木 良典 三菱重工業株式会社本社技術企画部 主幹部員

岡田 光正 広島大学大学院 工学研究科長・工学部長
 乙間 末廣 北九州市立大学大学院国際環境工学研究科 教授
 貴田 晶子 独立行政法人国立環境研究所循環型社会形成推進・廃棄物研究
 有害センター 主任研究員
 竹内 邦良 山梨大学工学部 教授
 中村 慎一郎 早稲田大学政治経済学部 教授
 新田 裕史 独立行政法人国立環境研究所 総合研究官
 林 良嗣 名古屋大学大学院環境学研究科 教授
 安岡 善文 東京大学生産技術研究所 教授
 鷺谷 いづみ 東京大学大学院農学生命科学研究科 教授

<ナノテクノロジー・材料分科会>

主査 川合 知二 大阪大学産業科学研究所 所長
 池澤 直樹 株式会社野村総合研究所コンサルティング・セクター
 チーフ・インダストリー・スペシャリスト
 井上 明久 東北大学金属材料研究所 所長
 岩本 正和 東京工業大学資源化学研究所 教授
 岡野 光夫 東京女子医科大学先端生命医科学研究所 所長・教授
 岡部 豊 伊藤忠商事株式会社経営企画先端技術戦略室 室長代理
 片岡 一則 東京大学大学院工学系研究科 教授
 川勝 英樹 東京大学生産技術研究所 教授
 川添 良幸 東北大学金属材料研究所 教授・計算材料学センター長
 中西 八郎 東北大学多元物質科学研究所 所長・教授
 板東 義雄 独立行政法人物質・材料研究機構物質研究所
 ディレクター・主席研究員
 山下 一郎 松下電器産業株式会社先端技術研究所 主幹研究員
 山田 啓文 京都大学大学院工学研究科 助教授
 横山 浩 独立行政法人産業技術総合研究所ナノテクノロジー研究部門 部門長
 横山 直樹 株式会社富士通研究所フォト・エレクトロニクス研究所 所長

<製造分科会>

主査 小林 敏雄 財団法人日本自動車研究所 所長
 青山 藤詞郎 慶応義塾大学理工学部 教授
 大木 博 株式会社日立ハイテクノロジーズナノテクノロジー製品事業部
 研究開発本部 本部長
 帯川 利之 東京工業大学大学院理工学研究科 教授

鈴木 慎一 株式会社三菱化学科学技術研究センターR&TD事業部門
光電材料研究所 グループマネージャー

徳田 君代 九州工業大学情報工学部 教授

長瀬 高志 トヨタ自動車株式会社生技開発部 主査

平松 金雄 財団法人日本自動車研究所 主席研究員

村上 碩哉 東京工業大学大学院理工学研究科 教授

森 和男 独立行政法人産業技術総合研究所ものづくり先端技術研究センター
センター長

柳本 潤 東京大学生産技術研究所 教授

山田 豊 日産自動車株式会社車両生産技術本部車両技術統括部 主管

<産業基盤分科会>

主査 姉川 知史 慶應義塾大学大学院経営管理研究科 教授

安達 智彦 武蔵大学経済学部 教授

金光 淳 財団法人政治経済研究所 研究員

濱岡 豊 慶應義塾大学商学部 助教授

増田 靖 慶應義塾大学理工学部 教授

山口 不二夫 明治大学大学院グローバル・ビジネス研究科 教授

吉田 耕作 青山学院大学大学院国際マネジメント研究科 教授

<社会基盤分科会>

主査 家田 仁 東京大学大学院工学系研究科 教授

石橋 忠良 東日本旅客鉄道株式会社建設工事部 担当部長兼構造技術センター長

糸井川 栄一 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 教授

沖 大幹 東京大学生産技術研究所 助教授

笠井 和彦 東京工業大学建築物理研究センター 教授

日下部 治 東京工業大学大学院理工学研究科 教授

柴崎 亮介 東京大学空間情報科学研究センター 教授

谷口 栄一 京都大学大学院工学研究科 教授

能島 暢呂 岐阜大学工学部 助教授

原 加代子 日産自動車株式会社第四技術研究所 主任研究員

日野 孝則 独立行政法人海上技術安全研究所 CFD 研究開発センター
センター長

船水 尚行 北海道大学大学院工学研究科 助教授

布野 修司 京都大学大学院工学研究科 助教授

野城 智也 東京大学生産技術研究所 教授

李家 賢一 東京大学大学院工学系研究科 教授

<社会技術分科会>

主査 中島 尚正 放送大学 副学長
井上 孝太郎 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター 上席フェロー
川島 隆太 東北大学未来科学技術共同研究センター 教授
岸 徹 科学警察研究所 法科学第三部長
吉川 肇子 慶應義塾大学商学部 助教授
小林 信一 独立行政法人 科学技術振興機構社会技術研究システム
システム研究センター長
奈良 由美子 放送大学教養学部 助教授
林 秀樹 三菱重工業株式会社機械事業本部風水力・一般機械部 次長
細野 光章 独立行政法人科学技術振興機構社会技術研究システム 研究員
堀井 秀之 東京大学大学院工学系研究科 教授
松浦 弘幸 株式会社テクノバ調査・開発研究部 次長、主席研究員
吉田 文 独立行政法人メディア教育開発センター研究開発部 教授

「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」

<インパクト調査検討会>

座長 榊原 清則 慶應義塾大学 総合政策学部 教授
委員 菊池 純一 青山学院大学法学部・大学院ビジネス法務専攻 教授
隅蔵 康一 政策研究大学院大学 政策研究科 助教授
永田 晃也 九州大学大学院 経済学研究院 助教授
山口 栄一 同志社大学大学院 ビジネス研究科 教授
吉本 陽子 (株)UFJ 総合研究所 経済・社会政策部 主任研究員
渡辺 孝 芝浦工業大学大学院 工学マネジメント研究科 教授

本件に係る調査実施体制及び参加者一覧

本報告書では、「我が国の研究活動のベンチマーキング」、「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」、「国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査」及び「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」の調査結果総合的に分析した成果を取りまとめたものである。

調査の全体的な運営について科学技術政策研究所が担当した。なお、調査にあたっては、多くの有識者の方々のご協力を得ている。ここに、ご協力を頂いた方々に対して、厚く御礼申し上げます。報告書の担当者及び実施体制は以下のとおりである。(平成 17 年 3 月 31 日現在)

文部科学省 科学技術政策研究所

(全体統括)

桑原 輝隆 科学技術動向研究センター長

(取りまとめ)

阪 彩香 科学技術動向研究センター特別研究員

(分野分析担当)

| | |
|--------|---------------------------------------|
| 伊神 正貫 | 科学技術動向研究センター研究員 |
| 石井 加代子 | 科学技術動向研究センター主任研究官 |
| 伊藤 裕子 | 科学技術動向研究センター主任研究官 |
| 今田 順 | 科学技術動向研究センター特別研究員 |
| 浦島 邦子 | 科学技術動向研究センター上席研究官 |
| 大平 竜也 | 科学技術動向研究センター特別研究員 |
| 大森 良太 | 科学技術動向研究センター主任研究官[平成 16 年 6 月 30 日まで] |
| 奥和田 久美 | 科学技術動向研究センター上席研究官 |
| 草深 美奈子 | 科学技術動向研究センター客員研究官 |
| 小松 裕司 | 科学技術動向研究センター特別研究員 |
| 阪 彩香 | 科学技術動向研究センター特別研究員(再掲) |
| 島田 純子 | 科学技術動向研究センター研究官 |
| 菅沼 克敏 | 科学技術動向研究センター上席研究官 |
| 多田 国之 | 科学技術動向研究センター客員研究官 |
| 刀川 眞 | 科学技術動向研究センター客員研究官 |
| 立野 公男 | 科学技術動向研究センター客員研究官 |
| 玉生 良孝 | 科学技術動向研究センター特別研究員[平成 16 年 3 月 31 日まで] |
| 辻野 照久 | 科学技術動向研究センター特別研究員 |
| 中塚 勇 | 科学技術動向研究センター特別研究員[平成 16 年 9 月 30 日まで] |

| | |
|-------|--|
| 野村 稔 | 科学技術動向研究センター技術参与 |
| 橋本 幸彦 | 科学技術動向研究センター特別研究員[平成 16 年 2 月 29 日まで] |
| 浜田 真悟 | 科学技術動向研究センター客員研究官 |
| 福島 宏和 | 科学技術動向研究センター特別研究員 |
| 藤井 章博 | 科学技術動向研究センター主任研究官 |
| 細坪 護挙 | 企画課 |
| 牧山 康志 | 第2調査研究グループ主任研究官 |
| 茂木 伸一 | 科学技術動向研究センター主任研究官[平成 15 年 12 月 31 日まで] |
| 山本 桂香 | 科学技術動向研究センター上席研究官 |
| 横尾 淑子 | 科学技術動向研究センター上席研究官 |
| 横田 慎二 | 科学技術動向研究センター主任研究官 |
| 渡辺 政隆 | 第2調査研究グループ上席研究官 |
| 渡井 久男 | 科学技術動向研究センター特別研究員 |
| 亘理 誠夫 | 科学技術動向研究センター特別研究員[平成 16 年 6 月 30 日まで] |

(調査補助)

| | |
|--------|-------------------|
| 秋山 紀代美 | 科学技術動向研究センター事務補助員 |
| 香月 理恵子 | 科学技術動向研究センター事務補助員 |
| 坂本 馨 | 科学技術動向研究センター事務補助員 |
| 谷村 幸枝 | 科学技術動向研究センター事務補助員 |
| 早坂 ルミ | 科学技術動向研究センター事務補助員 |

(財)未来工学研究所

| | |
|--------|-------|
| 菊田 隆 | 主席研究員 |
| 佐脇 政孝 | 主席研究員 |
| 鈴木 潤 | 主席研究員 |
| 伊藤 貴和 | 主任研究員 |
| 緒方 三郎 | 主任研究員 |
| 中原 いづみ | 主任研究員 |
| 森 康子 | 主任研究員 |
| 大竹 裕之 | 研究員 |
| 高橋 寿征 | 研究員 |
| 中島 裕明 | 研究員 |
| 美馬 正司 | 研究員 |
| 浦川 伸子 | 副研究員 |
| 和田 佳子 | 副研究員 |

株式会社 三菱総合研究所

| | |
|-------|---------------------------------------|
| 芝 剛史 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部産業政策研究部長 |
| 中野 正也 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部主席研究員 |
| 石川 健 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部主任研究員 |
| 岡田 光浩 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部主任研究員 |
| 阪本 大介 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部主任研究員 |
| 重富 徳夫 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部主任研究員 |
| 渋谷 往男 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部主任研究員[平成16年3月31日まで] |
| 吉村 哲哉 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部主任研究員 |
| 古川 柳蔵 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部研究員 |
| 平野 公康 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部研究員 |
| 杉江 周平 | 産業・市場戦略研究本部産業政策研究部 |
| 岡谷 直明 | 産業・市場戦略研究本部産業戦略研究部主任研究員[平成16年3月31日まで] |
| 小池 勲 | 産業・市場戦略研究本部産業戦略研究部主任研究員[平成16年3月31日まで] |
| 保坂 孝信 | 地域経営研究センター主任研究員 |

株式会社 日本総合研究所

| | |
|-------|---------------|
| 市川 元幸 | 創発戦略センター主任研究員 |
|-------|---------------|

<実施体制>

○ 「我が国の研究活動のベンチマーキング」NR.90

中核機関: 科学技術政策研究所、委託機関: 三菱総合研究所、日本総合研究所

「論文の計量学的分析」は科学技術政策研究所が担当した。「表彰・招待講演における日本の研究活動の評価」及び「海外の第一線の科学者・研究者の評価(アメリカ編)」の調査は、(株)三菱総合研究所が実施した。そのうち、アメリカでの具体的な調査は RAND コーポレーションが担当した。「海外の第一線の科学者・研究者の評価(欧州編)」の調査は、(株)日本総合研究所が実施した。そのうち、欧州での具体的な調査は英国マンチェスター大学の PREST が担当した。

○ 「科学技術振興による経済・社会・国民生活への寄与の定性的評価・分析」NR.89

中核機関: 科学技術政策研究所、委託機関: 株式会社三菱総合研究所

○ 「国公立大学及び公的研究機関の科学技術の代表的な研究開発成果調査」NR.93

中核機関: 科学技術政策研究所、委託機関: 株式会社三菱総合研究所

○ 「科学技術の中長期発展に係る俯瞰的予測調査」NR.94, 95, 96, 97, 98

中核機関: 科学技術政策研究所、委託機関: 未来工学研究所

我が国における科学技術の状況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

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

〒100-0005 東京都千代田区丸の内二丁目5番1号 文部科学省ビル5階
TEL 03-3581-0605
FAX 03-3503-3996