

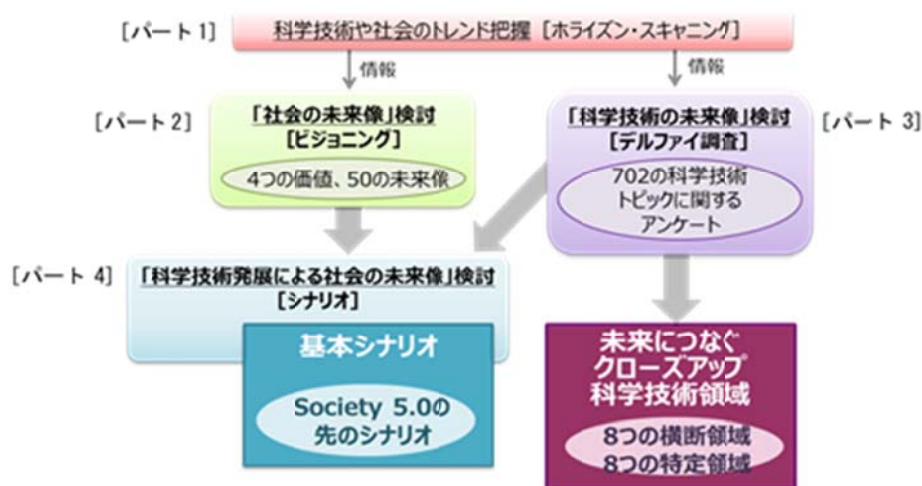
# 概要

## 1. 背景と目的

科学技術・学術政策研究所では、1971年から約5年毎に科学技術予測調査を実施しており、科学技術基本計画が策定されるようになって以降、その策定スケジュールに合わせて調査を実施してきた。第11回科学技術予測調査(以降、第11回調査)では、第6期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的として、科学技術発展と社会の未来について検討を行った。調査の構成を概要図表1に示す。

本デルファイ調査は、第11回調査のパート3として、科学技術の視点から将来展望する調査である。近年では、調査の一環で、社会的課題など横断的テーマを設定した検討や、分野の枠を超えた連携・融合の方向性の検討などにも併せて取り組んできた。第11回調査では、社会的課題と科学技術との関係性については「基本シナリオ」検討(パート4)として、学際的取組については「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」検討として別途実施する構成とした。したがって、本調査の結果は、広範な科学技術分野の中長期的発展に係る基盤的情報として意味を持つとともに、社会との関係性の検討や学際的検討の基情報としての役割を持つ。

概要図表1 第11回科学技術予測調査の構成

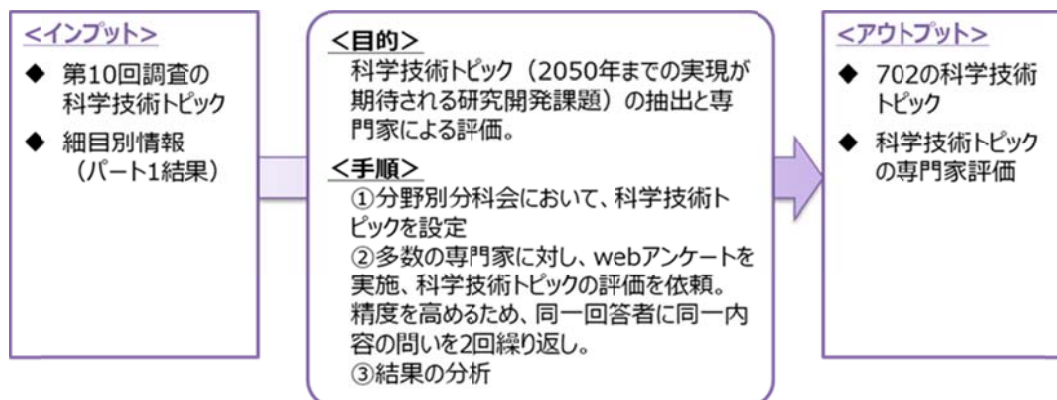


(本編図表 I-1-2)

## 2. 方法

検討の流れを概要図表2に示す。まず、分野別分科会において、前回の第10回調査(2015年)で取り上げた科学技術、及び、パート1「ホライズン・スキャンニング」で収集した「細目別情報」等を基に、2050年までを見通して実現が期待される研究開発課題を「科学技術トピック」として設定した。次に、それらの重要度、国際競争力、実現見通し(実現予測時期)、実現に向けた政策手段について同一内容のアンケートを2回繰り返して実施し、多数の専門家の意見を収集した。最後に、分野別分科会にてアンケート結果を分析した。

概要図表 2 検討の流れ



(本編図表 I-1-3)

● 調査対象

以下の 7 分野について分野別分科会で検討を行い、科学技術トピック計 702 件を設定した。各分野は、「分野(7)－細目(59)－科学技術トピック(702)」の階層構造を持つ。

- ① 健康・医療・生命科学分野
- ② 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野
- ③ 環境・資源・エネルギー分野
- ④ ICT・アナリティクス・サービス分野
- ⑤ マテリアル・デバイス・プロセス分野
- ⑥ 都市・建築・土木・交通分野
- ⑦ 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野

● 質問項目

科学技術トピックに対する質問項目及び選択肢を概要図表 3 に示す。

概要図表 3 質問項目

項目	内容	選択肢
重要度 (単数選択)	30 年後の望ましい社会を実現する上で、日本にとっての現在の重要度	非常に高い、高い、どちらでもない、低い、非常に低い、わからない
国際競争力 (単数選択)	現在の日本が置かれた国際競争力の状況	非常に高い、高い、どちらでもない、低い、非常に低い、わからない
科学技術的实现予測時期 (単数選択)	日本を含む世界のどこかで科学技術的に实现する時期	实现済、～2025 年、2026～2030 年、2031～2035 年、2036～2040 年、2041～2045 年、2046～2050 年、2051 年～、实现しない、わからない
科学技術的实现に向けた政策手段 (複数選択可)	科学技術的な实现に向け、求められる政策手段	人材の育成・確保、研究開発費の拡充、研究基盤整備、国内連携・協力、国際連携・標準化、法規制の整備、倫理的・法的・社会的課題への対応、その他
社会的实现予測時期 (単数選択)	日本を含む世界のどこかで科学技術的な实现に続き、日本で社会的に实现する時期	实现済、～2025 年、2026～2030 年、2031～2035 年、2036～2040 年、2041～2045 年、2046～2050 年、2051 年～、实现しない、わからない
社会的实现に向けた政策手段 (複数選択可)	日本での社会的な实现に向け、求められる政策手段	人材の育成・確保、事業補助、事業環境整備、国内連携・協力、国際連携・標準化、法規制の整備、倫理的・法的・社会的課題への対応、その他

- アンケート回答者

アンケート回答者群は、3層から成る。核となるのは、科学技術・学術政策研究所の持つ専門家ネットワークの専門調査員(約2000名)である。次に位置するのは分野別分科会から推薦された関連学協会約90団体の会員等の専門家である。最も幅広い層が、研究者データベース(researchmap)、学術団体ネットワーク(日本学術会議)、企業ネットワーク(日本経済団体連合会、産業競争力懇談会)に属する専門家である。

- アンケート方法

本調査では、ウェブアンケート形式により、任意協力による回答を求めた。回答協力の意志のある専門家は、アンケートサイトにアクセスして属性情報を入力、その後回答画面に移り、自身の専門性に応じて科学技術トピックを任意に選択して回答した。同一内容を同一回答者に2回繰り返すことにより、意見の精度を高めた。

- アンケート実施概要

アンケートの実施時期及び回答協力状況は以下のとおりである。2回目アンケート(R2)回答を最終回答として分析対象とした。

1回目アンケート(R1)	実施時期:2019年2月20日～3月25日	回答者:6697名
2回目アンケート(R2)	実施時期:2019年5月16日～6月14日	回答者:5352名

### 3. 結果

#### 【第I編 全体結果】

##### (1) 全体概要

###### ○重要度

ほとんどの科学技術トピックが重要とされた。重要度が相対的に高い科学技術トピックが多かったのは、都市・建築・土木・交通分野であった。個別科学技術トピックを見ると、高齢化・人口減への対応、災害対応、インフラ(情報インフラを含む)の安全性など、社会課題に対応した科学技術が上位に挙がっている。

###### ○国際競争力

ほとんどの科学技術トピックが、どちらかと言えば高い程度の指数であり、一部を除いて国際競争力が高いとは言えない。マテリアル・デバイス・プロセス分野、都市・建築・土木・交通分野、及び、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野は相対的に国際競争力が高い科学技術トピックが多く、ICT・アナリティクス・サービス分野は相対的に国際競争力が低い科学技術トピックが多い。個別科学技術トピックを見ると、災害関連、光・量子関連、ロボット関連が上位に挙がり、ICTの社会適用技術が国際競争力下位に挙がっている。

###### ○実現見通し(実現予測時期)

2040年までに702件の科学技術トピックのほとんどが実現すると予測された。実現が遅いとされた科学技術トピック(科学技術的実現が2036年以降)の半数を環境・資源・エネルギー分野が占め

る。個別科学技術トピックを見ると、原子力・核融合、宇宙科学及び開発、資源採取・回収、脳科学等が挙げられている。

科学技術的実現から社会的実現までの期間については、科学技術的実現が遅い科学技術トピックは、社会的実現までに長期間を要する傾向にあり、6 年以上を要するとされた科学技術トピックの過半を環境・資源・エネルギー分野が占める。

#### ○実現に向けた政策手段

科学技術的実現、社会的実現いずれも、人材育成、資金拡充、環境整備が三大政策手段となっている。法規制整備及び ELSI 対応については、分野による特徴が表れている。法規制整備については、ICT・アナリティクス・サービス分野及び都市・建築・土木・交通分野において必要性の高い科学技術トピックが多く、ELSI 対応については、健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野、次いで農林水産・食品・バイオテクノロジー分野及び都市・建築・土木・交通分野において、必要性の高い科学技術トピックが多い。

#### (2) 各分野の結果概要

概要図表 7 に、各分野の結果概要を示す。

概要図表 7 各分野の結果概要

分野	項目	概要
健康・医療・生命科学	重要度	老化、脳科学、医療機器関連が高い。
	競争力	再生・細胞医療、遺伝子治療、免疫系を基盤とする治療関連が高い。
	実現時期	脳科学、特に人間の hochi 精神機能の神経基盤解明の実現が遅い。
	政策手段	「情報と健康、社会医学」で、ELSI 対応の必要性が高い。
農林水産・食品・バイオテクノロジー	重要度	人間を代替する農業ロボット、次いで、資源変動予測・管理技術などシステム基盤構築関連、食と情報技術の融合関連が高い。
	競争力	気象予測と災害リスク評価、フードミクスに基づく機能性食品が高い。
	実現時期	「資源エコシステム」の科学技術的実現が遅い。「次世代バイオテクノロジー」の社会的実が遅い。
	政策手段	「安全・安心・健康」は、法規制整備の必要性が高い。
環境・資源・エネルギー	重要度	二次電池、自然災害、放射線除去、地球温暖化、リスクマネジメント関連が高い。
	競争力	自動車関連、自然災害、水処理、廃棄物の回収・有効活用関連が高い。
	実現時期	「エネルギーシステム」「水」「リスクマネジメント」の科学技術的実現が早い。「エネルギー変換」「資源開発」の実現が遅い。「水」の社会的実現時期早く、「エネルギー変換」の関連が遅い。
	政策手段	「リスクマネジメント」は人材の育成・確保、「資源開発」「リスクマネジメント」は国内連携、「地球温暖化」「水」は国際連携・標準化の必要性が高い。
ICT・アナリティクス・サービス	重要度	「社会実装」、「セキュリティ・プライバシー」、「IoT・ロボティクス」、「ネットワーク・インフラ」が高い。
	競争力	「ネットワーク・インフラ」、「IoT・ロボティクス」、「コンピュータシステム」、「インタラクション」が高い。
	実現時期	「政策、制度設計支援技術」の科学技術的実現が遅く、「コンピュータシステム」「産業、ビジネス、経営応用」「政策、制度設計支援技術」「社会実装」、「インタラクション」の社会的実現が遅い。

分野	項目	概要
	政策手段	「データサイエンス・AI」の人材育成の必要性が高い。「政策、制度設計支援」は、ELSI 課題への対応の必要性が高い。
マテリアル・デバイス・プロセス	重要度	二次電池・太陽電池・燃料電池、ウェアラブルデバイス・バイオマテリアル、構造物診断関連トピックが高い。
	競争力	燃料電池、パワー半導体、二次電池関連トピックが高い。
	実現時期	「応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)」「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」の科学技術的実現が遅い。「プロセス・マニファクチャリング」の社会的実現が早く、「応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)」が遅い。
	政策手段	「計算科学・データ科学」の人材育成・確保の必要性が高い。「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」の研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備の必要性が高い。「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」の法規制の整備と ELSI 課題への対応の必要性が高い
都市・建築・土木・交通	重要度	「社会基盤施設」、「都市・環境」、「防災・減災情報」、次いで「交通システム」が高い。
	競争力	「防災・減災情報」及び「車・鉄道・船舶・航空」が高い
	実現時期	実現が早いのは、「防災・減災情報」、「交通システム」、「国土利用・保全」のうち、災害、危険情報とモビリティに関するトピック。
	政策手段	自動運転など交通システム、車・鉄道・船舶・航空関係について、国際連携・標準化の必要性が高い。インフラメンテナンスに関するトピックは、国内連携・協力の必要性が高い。
宇宙・海洋・地球・科学基盤	重要度	量子ビームによる計測・解析、災害予測につながる技術、自動化のための測位技術のトピックが高い。
	競争力	現象解明に関わる基礎科学、局地豪雨等の予測及び複数ビームを利用した材料構造解析のトピックは、重要度も国際競争力も高い。
	実現時期	「量子ビーム:放射光」「量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等」の実現が早く、「宇宙」「素粒子・原子核、加速器」の実現が遅い。
	政策手段	「宇宙」「海洋」は総じて政策的支援の必要性が高い。全体的に、人材、研究費、基盤整備に加え、国際連携の必要性も高い。

(本編図表 1-2-24)

### (3) 重要度の高い科学技術トピックの分析

全 702 の科学技術トピックの重要度と国際競争力について、それぞれ上位 1/3、中位 1/3、下位 1/3 にグループ分けした結果を概要図表 4 に示す。重要度・国際競争力ともに上位 1/3 に入る科学技術トピックが 135 件、ともに下位 1/3 に入るトピックが 117 件と、全区分の中で多く、重要度の相対的に高いものは競争力も相対的に高いものが多い傾向が見られる。

概要図表 4 重要度と国際競争力の関係(全 702 トピックを分類)

	競争力上位 1/3	競争力中位 1/3	競争力下位 1/3
重要度上位 1/3	135	61	38
重要度中位 1/3	62	93	79
重要度下位 1/3	37	80	117

(本編図表 1-2-26)

重要度・国際競争力とも上位に入る科学技術トピックが多く含まれる細目は、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」、「IoT・ロボティクス」、「応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)」、「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」、「社会基盤施設」、「防災・減災技術」、「防災・減災情報」、「海洋」、「地球」、「量子ビーム:放射光」、「光・量子技術」等である。一方、重要度は上位だが国際競争力が下位の科学技術トピックを見ると、ICT・アナリティクス・サービス分野の「セキュリティ、プライバシー」、「社会実装」、「データサイエンス・AI」細目、健康・医療・生命科学分野の「情報と健康、社会医学」細目の科学技術トピックが挙がる。

概要図表 5 重要度上位 1/3、国際競争力下位 1/3 の科学技術トピックの例

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	重要度*	国際競争力*
ICT・アナリティクス・サービス	350: 重要インフラ、自動車などの制御システムや個人用 IoT 機器・サービスに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率を事実上無視できる程度に低減する技術)	1.56	0.24
都市・建築・土木・交通	561: 超高齢社会において、高齢者が単独で安心してドアからドアの移動ができる、地区から広域に至るシームレスな交通システム	1.42	0.19
ICT・アナリティクス・サービス	349: プライバシーを保護しつつ、PC や個人用 IoT 機器に加え、走行中の自動車など、異なる環境からインターネット上の多くのサイトに長期間にわたりアクセスする場合にも、使いやすさと低コストを実現し、安全性面から安心して使える個人認証システム	1.35	0.23
ICT・アナリティクス・サービス	348: 情報システムや制御システムにアクセスすることが許された人たちの内部犯罪を防止するための技術(行動科学的技術を含み、内部犯罪の発生率を無視できるぐらい小さくすることが可能)	1.29	0.05
ICT・アナリティクス・サービス	305: 非定形の文章・会話から所望の情報を抽出できる自然言語処理技術	1.28	0.03
ICT・アナリティクス・サービス	392: 出社不要・複業を前提とした自由度の高い就業形態による高生産性社会への移行	1.27	-0.48
ICT・アナリティクス・サービス	396: 地域における公共交通網の維持や、物流分野の変革を実現する、自動走行、ドローンなど多様な移動手段、およびそれらの管理・運用支援技術	1.25	0.21

\*非常に高い(+2)、高い(+1)、どちらでもない(0)、低い(-1)、非常に低い(-2)として、指数を算出

(本編図表 I-2-28)

重要度と実現予測時期の関係を見ると、重要度が相対的に低い科学技術トピックの実現時期の予測は遅い傾向が見られる。重要度が相対的に高いにも関わらず実現予測時期の遅い科学技術トピックは、マテリアル・デバイス・プロセス分野及び健康・医療・生命科学分野に多い。内容を見ると、災害、脳科学、応用デバイス・システム関連の科学技術トピックが挙がる(概要図表 6)。



概要図表 6 重要度上位 1/3、科学技術的実現時期 2031 年以降、社会的実現予測時期 2036 年以降の科学技術トピック

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	重要度 *1	実現年*2 (技/社)	政策*3 (技/社)
マテリアル・デバイス・プロセス	473: 変換効率 50%を超える太陽電池	1.31	2033/ 2036	資金拡充/ 資金拡充
健康・医療・生命科学	53: 記憶・学習、認知・情動等の脳機能および意識、社会性、創造性等の高次精神機能における神経基盤の全容解明	1.27	2037/ 2041	人材育成・資金拡充・環境整備/人材育成
健康・医療・生命科学	55: うつ病・双極性障害の細胞レベルの脳病態分類に基づく、即効性で再発のない新規治療法	1.18	2036/ 2039	人材育成・資金拡充/—
宇宙・海洋・地球・科学基盤	622: 海底鉱物資源の環境攪乱を伴わない経済的採取技術	1.18	2032/ 2036	—
宇宙・海洋・地球・科学基盤	632: マグニチュード 7 以上の内陸地震の発生場所、規模、発生時期(30 年以内)、被害の予測技術	1.17	2037/ 2036	—
環境・資源・エネルギー	275: 気候感度(大気中 CO <sub>2</sub> 濃度が倍増して十分に時間がたったときの世界平均地表面気温上昇量)の推定精度の 3℃から 1℃への向上	1.13	2034/ 2036	人材育成・環境整備/—
マテリアル・デバイス・プロセス	498: 生体エネルギーで半永久的に動き続ける体内埋め込み健康管理(検査・診断・治療)デバイス	1.11	2032/ 2037	資金拡充/ —
健康・医療・生命科学	52: ニューロン-グリア回路網の発達・維持・老化機構および情報処理機構の全容解明	1.09	2035/ 2039	人材育成・資金拡充・環境整備/人材育成
マテリアル・デバイス・プロセス	479: CO <sub>2</sub> の還元による再資源化(燃料や化学原料を合成)をエネルギー効率 20%以上で可能とする、光還元触媒および人工光合成	1.07	2036/ 2039	—
健康・医療・生命科学	57: 自閉スペクトラム症の脳病態に基づく、自律的な社会生活を可能とする治療・介入法	1.06	2034/ 2037	人材育成/ 人材育成
マテリアル・デバイス・プロセス	468: 量子コンピュータ間の量子インターネットを可能にする高効率な量子通信素子技術	1.00	2034/ 2038	人材育成/ —

\*1 非常に高い(+2)、高い(+1)、どちらでもない(0)、低い(-1)、非常に低い(-2)として、指数を算出

\*2 科学技術的実現予測時期/社会的実現予測時期

\*3 科学技術的/社会的実現に向けた政策手段として、回答者の 70%以上が選択した項目

(本編図表 I-2-32)

#### (4) 他分野に見られる情報関連技術

細目「情報と健康、社会医学」(健康・医療・生命科学分野)、細目「計算科学・データ科学」(マテリアル・デバイス・プロセス分野)、細目「防災・減災情報」(都市・建築・土木・交通分野)、細目「計算・数理・情報科学」(宇宙・海洋・地球・科学基盤分野)など、様々な分野で情報・データに関連する細目が設定された。これらの重要度及び国際競争力を同分野の他細目との比較において見ると、全般的に、重要度は一定程度以上認識されているが、国際競争力が低い。実現に向けた政策手段としては、法規制整備、ELSI 対応、人材育成が必要とされている。

## (5) 属性別分析

「年代」「性別」「所属機関」「職種」の回答者属性のうち、年代別及び所属機関別に実現予測時期の差異を分析した。

所属機関別では、特に「量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等」等の量子ビームに関する細目については、大学・公的研究機関と比べ、企業においては相対的に実現が遅く見込まれた。また、「ネットワーク・インフラ」における公的機関の実現時期は比較遅く、これらの傾向は社会的実現時期においても同様であった。

年代別では、30代・40代平均と、50代・60代平均間で細目別比較した結果、最も差の大きな細目は「素粒子・原子核、加速器」の7年差であり、5年以上の差が見られた。その他、宇宙・海洋・科学基盤分野の「地球」、農林・水産・バイオテクノロジー分野の「システム基盤」においても5年以上の差が見られた。これらの細目は、科学技術的実現の予測時期では大きな差は見られず、社会的実現時期についてのみ大きな差が見られた。総じて、これらの細目については、社会的実現時期は若い年齢層でより遅く見積もられていた。

## 【第II編 各分野の結果】

### (1) 健康・医療・生命科学分野

#### ①細目の設定

- ・ 健康・医療戦略を参考にしつつ、我が国での社会・研究ニーズの観点から、以下の研究領域も新たに設定。
- ・ 老化研究:超高齢社会への対応を考慮。
- ・ 災害・救急医療:自然災害への対応、2020年東京オリンピック・パラリンピック等のマスコギアザリングへの対応を考慮。
- ・ 環境疫学:世界保健機関(WHO)が大気汚染による健康被害を報告するなど、世界的な課題への対応を考慮。
- ・ 社会医学:健康格差等、医学と社会科学の横断・融合領域として注目。
- ・ 医薬品のモダリティの観点から、再生・細胞医療製品と遺伝子治療製品を医薬品の細目に分類。

#### ②結果概要

- ・ 重要度が高いとされたのは「老化」、「脳科学」、「医療機器」に関するトピックであった。その中でも「老化」関連のトピックが上位2位を占めており(運動機能低下、アルツハイマー病等)、超高齢社会における課題解決に直結した科学技術である。
- ・ 加えて重要度が高いとされたのは、非侵襲診断機器や血液を用いる疾病の早期診断であり、患者の負担を軽減してQOLの向上を目指す医療に向けた科学技術である。
- ・ 国際競争力が高いとされたのは、iPS細胞等の幹細胞を用いる「再生・細胞医療」、「遺伝子治療」、「免疫系を基盤とする治療」に関するトピックであり、これまで我が国が先導してきた研究の成果を医療技術に効果的につなげることが今後一層期待される。



- ・ 科学技術的・社会的実現の見通しが相対的に遅いとされたのは「脳科学」に関するトピックであり、特に人間の高度精神機能における神経基盤の解明は最も遅いとされた(社会的実現見通しは2041年)。「脳科学」は、科学技術的・社会的実現に向けた政策手段として「人材の育成・確保」への回答率が最も高いことを考え合わせると、本領域での研究開発には長期的な取組が必要だと考えられる。
- ・ 科学技術的・社会的実現に向けた政策手段として「ELSI 課題への対応」に最も回答率が高かったのは細目6「情報と健康、社会医学」であり、ゲノム、医療・介護、日常生活といった個人にまつわる様々な情報を適切に取り扱いつつ、医療技術の進展と現場への導入につなげる取組が今後一層重要になると考えられる。

## (2) 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野

### ①細目の設定

- ・ 本分野は科学や技術のみでは進まないもので、システムとそれを支える要素技術や科学の全体を、エコシステムと捉えて進めることが必要。
- ・ 生産と環境保全との両立、生産を向上させる環境保全型の農林水産食品業という観点の本分野の推進に必要。

### ②結果概要

- ・ 重要度がもっとも高いトピックは「人間を代替する農業ロボット」である。次いで重要度が高いのは、「人工衛星・気象観測データ等を活用した気象予測と災害リスク評価システム」や、「地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術」といった、システム基盤の構築に関する科学技術である。
- ・ 加えて重要度が高いトピックは、「食品ロスの低減に向けたフードバリューチェーンのモニタリング・解析技術」や、「食と健康医療のためのビッグデータを用いた健康に資する AI 応用技術」といった、食と情報技術の融合に関する科学技術である。
- ・ 国際競争力が相対的に高いトピックは、重要度も高い「人工衛星・気象観測データ等を活用した気象予測と災害リスク評価システム」や、「高齢社会を意識したフードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品」である。
- ・ 科学技術的実現の見通しが相対的に遅い細目は「資源エコシステム」であり、実現に向けた政策手段として「研究開発費」の回答率が高い。
- ・ 社会的実現の見通しが相対的に遅い細目は「次世代バイオテクノロジー」であり、実現に向けた政策手段として「人材育成・確保」の回答率が高い。
- ・ 科学技術的・社会的実現に向けた政策手段として「法規制整備」にもっとも回答率が高い細目は「安全・安心・健康」である。

## (3) 環境・資源・エネルギー分野

### ①細目の設定

- ・ 細目の設定は、前回の第10回調査でエネルギー生産、エネルギー消費の細目を「エネルギー

一変換」として集約、また環境解析・予測・評価、修復・再生、計画も「環境保全」として一つに統一し、全体として7細目とした。

- ・ リサイクルには世界的に取り上げられている「サーキュラーエコノミー」を付加した。

## ②結果概要

- ・ 全体的に重要度と国際競争力は比例する結果がみられた。
- ・ 重要度は、二次電池、自然災害、放射線除去、地球温暖化など、リスクマネジメントに関するものが上位に挙げられた。
- ・ 国際競争力は、自動車に関連するものや、自然災害、水に関する処理やモニタリング、廃棄物の回収や有効活用、といったものが上位に挙げられた。
- ・ 技術的実現の見通しが早いものとして、「エネルギーシステム」や「水」「リスクマネジメント」が挙げられた。一方で、遅いものとして「エネルギー変換」や「資源開発」が挙げられた。
- ・ また、社会的実現の見通しが早いものとして「水」が多く、一方で、遅いものとして「エネルギー変換」が挙げられた。
- ・ 科学技術的実現から社会的実現までの期間が長い科学技術トピックは、「エネルギー変換」で約9年かかる見込みとなった。
- ・ 全体傾向として、ほとんどの技術が2030年までに実現し、社会への普及が5年以内に実現する見込みとなった。これは前回の結果と比較すると短くなっている。
- ・ 科学技術的および社会的実現に向けた政策手段として、どちらも同様な傾向がみられ、研究費の拡充や研究基盤の整備が特に求められている。各細目ごとに比較してもほぼ同様な傾向がみられたが、国際連携や法整備では違いがみられた。
- ・ 人材の育成・確保が必要な細目は「リスクマネジメント」、国内連携には「資源開発」や「リスクマネジメント」、そして国際連携・標準化が必要な細目は「地球温暖化」「水」であった。

## (4) ICT・アナリティクス・サービス分野

### ①細目の設定

- ・ 前回の第10回調査における「ICT・アナリティクス分野」「サービス化社会分野」の複合分野であり、社会実装等の細目も含まれる。

### ②結果概要

- ・ 重要度では、細目「社会実装」、細目6「セキュリティ・プライバシー」、細目「IoT・ロボティクス」、細目「ネットワーク・インフラ」が相対的にスコアが高い。
- ・ 国際競争力では、細目「ネットワーク・インフラ」、細目「IoT・ロボティクス」、細目「コンピュータシステム」、細目「インタラクション」が相対的にスコアが高い。
- ・ 重要度と国際競争力に強い相関は見られない。
- ・ 重要度で全体的に上位にランクされたのは、「セキュリティ、プライバシー」、「IoT・ロボティクス」、「ネットワーク・インフラ」「データサイエンス・AI」「社会実装」に関するトピックであり、実装に近いトピックや、個人の活動や行動に関連するトピックが多い。

- ・ 国際競争力で全体的に上位にランクされたのは、「ネットワーク・インフラ」、「IoT・ロボティクス」、「コンピュータシステム」、「インタラクション」といった基礎に近いトピックであり、ロボット関連のトピックは特に多い傾向。
- ・ 科学技術的・社会的実現に向けた政策手段として「人材の育成・確保」への回答率が最も高い細目は、科学技術的・社会的実現共に、細目「データサイエンス・AI」。
- ・ 科学技術的・社会的実現に向けた政策手段として「ELSI 課題への対応」への回答率が最も高い細目は、科学技術的・社会的実現共に、細目「政策、制度設計支援」。

## (5) マテリアル・デバイス・プロセス分野

### ①細目の設定

- ・ コア(材料、プロセス)、ツール(計算・データ、計測・解析)、応用(デバイス・システム)として体系化し細目を設定。
- ・ 応用デバイス・システムに、ライフ・バイオ分野を新設。
- ・ 細目毎に科学技術トピックを網羅的に取り上げるとともに、デジタルファブリケーション・インフォマティクス・量子技術など、本分野において最近注目されるトピックを盛り込んでいる。

### ②結果概要

- ・ 重要度が特に高いとされたのは、応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)の二次電池・太陽電池・燃料電池関連、応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)のウェアラブルデバイス・バイオマテリアル関連、応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)の構造物診断関連。
- ・ 燃料電池、パワー半導体、二次電池関連トピックは、国際競争力が特に高くかつ重要度も高い。炭素系材料・防食技術などの構造材料およびバイオマテリアル・生体適合材料などの生体材料関連トピックが、特に国際競争力が高い。
- ・ 細目別では、応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)と応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)は、重要度・国際競争力ともに高く、計算科学・データ科学と応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)は、重要度は比較的が高いが、国際競争力は低い。
- ・ 実現時期は、技術的実現では 2026～2030 年が最も多く、細目別では応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)と応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)は 2030～2035 年と遅い。社会的実現では 2031～2035 年が最も多く、細目別ではプロセス・マニュファクチャリングは 2026～2030 年と早く、応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)は 2035～2040 年と遅い。2039 年までに、全 101 科学技術トピックが社会的実現を果たす
- ・ 実現に向けた政策手段では、技術的・社会的実現共に、人材の育成・確保、研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備は、ほとんどの細目で回答率(回答者の選択割合)が 50%を超える。
  - ・ 人材の育成・確保の回答率は、計算科学・データ科学が最も高く、研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備の回答率は、応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

が最も高い。

・法規制の整備と ELSI 課題への対応の回答率は、応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)が最も高い。

## (6) 都市・建築・土木・交通分野

### ①細目の設定

- ・ 行政上の施策領域に細目を対応させ、合計 9 細目 95 科学技術トピックを設定。

### ②結果概要

- ・ 全体的に細目別に見ると、細目中の科学技術トピックの重要度及び国際競争力については程良く分散。特に「建築」の分散が顕著。
- ・ 全体的には、科学技術的・社会的実現についてはほぼ一致したピークとなっている。細目別には、いずれの細目においても科学技術的実現が社会的実現よりやや先行する形になっている。
- ・ 国際競争力が高いとされた科学技術トピックが多い細目は、「防災・減災情報」と「車・鉄道・船舶・航空」。実現が早いのは、細目「防災・減災情報」と「交通システム」、「国土利用・保全」のうち、災害、危険情報と交通移動(モビリティ)に関するトピック。
- ・ 実現が遅いのは、細目「建築」、「社会基盤施設」のうち、宇宙、海洋、インフラフリーに関するトピックで、重要度が低いとされた科学技術トピックは、インフラ構築の対象が「海洋」、「宇宙空間」、「月」、「火星」など従来の延長にない大胆かつ挑戦的なもので、科学技術的実現から社会的実現までの最長期間は9年(全分野中最大値)と、社会での実現までの期間も長い。
- ・ 政策対応については、特に自動運転などの交通システム、車・鉄道・船舶・航空関係については、国際連携・標準化、研究基盤整備、事業環境整備が必要であり、また ELSI 課題の対応の必要性や法規制の整備についても強く求められる結果となっている。
- ・ 少子高齢化の中でインフラメンテナンスなどに関する研究開発にはステークホルダーの国内連携・協力が必須と認識されている。
- ・ 科学技術的・社会的実現についての政策対応には、社会的に新たなガバナンス・ルール形成が求められることから、人文・社会科学とも連携した研究開発の推進が期待される結果となっている。

## (7) 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野

### ①細目の設定

- ・ 大きな対象(宇宙、海洋、地球、観測・予測)を扱う縦軸と、基盤技術を扱う横軸(計測、解析、シミュレーション)から構成。

### ②結果概要

- ・ 重要度が高いとされたのは、量子ビームによる計測・解析、災害予測につながる技術、自動

化のための測位技術等のトピックである。上位 10 件には、基盤的なトピックと社会課題対応型のトピックが半数ずつ含まれる。

- 国際競争力が高いとされたトピックには、現象解明に関わるものが多い。また、局地豪雨等の予測及び複数ビームを利用した材料構造解析は、重要度も国際競争力も高い。
- 科学技術的・社会的実現の見通しが早いのは、「量子ビーム:放射光」、「量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等」のトピックである。一方遅いのは、「宇宙」、「素粒子・原子核、加速器」のトピックである。また、「地球」の地震や火山など災害発生予測に関するトピックは、科学技術的に実現しないと考える者が比較的多い。科学技術の実現から社会的実現までの期間が長いトピックとしては、量子技術が挙げられる。
- 科学技術的・社会的実現に向けた政策手段としては、総じて「宇宙」、「海洋」の必要性が高い。また、人材、費用、環境整備に加え、国際連携の必要性が高いものが多い。例えば、科学技術実現では「宇宙」、「素粒子・原子核、加速器」など、社会的実現では「宇宙」、「海洋」、「観測・予測」など。