

第 11 回科学技術予測調査 デルファイ調査

2020 年 6 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術予測センター

【調査研究体制】

赤池伸一	上席フェロー
横尾淑子	科学技術予測センター長
伊藤裕子	科学技術予測センター センター長補佐
浦島邦子	科学技術予測センター センター長補佐
重茂浩美	科学技術予測センター センター長補佐
蒲生秀典	科学技術予測センター 特別研究員
河岡将行	科学技術予測センター 特別研究員 (2020 年 3 月まで)
黒木優太郎	科学技術予測センター 研究官
小柴 等	第 2 調査研究グループ 上席研究官
白川展之	科学技術予測センター 主任研究官
林 和弘	科学技術予測センター 上席研究官

【Contributors】

AKAIKE Shinichi	Senior Fellow
YOKOO Yoshiko	Director, Science and Technology Foresight Center
ITO Yuko	Deputy Director, Science and Technology Foresight Center
URASHIMA Kuniko	Deputy Director, Science and Technology Foresight Center
OMOE Hiromi	Deputy Director, Science and Technology Foresight Center
GAMO Hidenori	Visiting Researcher, Science and Technology Foresight Center
KAWAOKA Masayuki	Visiting Researcher, Science and Technology Foresight Center (until March 2020)
KUROGI Yutaro	Research Fellow, Science and Technology Foresight Center
KOSHIBA Hitoshi	Senior Research Fellow, Second Policy-oriented Research Group
SHIRAKAWA Nobuyuki	Senior Research Fellow, Science and Technology Foresight Center
HAYASHI Kazuhiro	Senior Research Fellow, Science and Technology Foresight Center

本報告書の引用を行う際には、以下を参考に出典を明記願います。

Please specify reference as the following example when citing this NISTEP RESEARCH MATERIAL.

科学技術予測センター「第 11 回科学技術予測調査 デルファイ調査」, *NISTEP RESEARCH MATERIAL*, No.292, 文部科学省科学技術・学術政策研究所.

DOI: <http://doi.org/10.15108/rm292>

* 本報告書は、「第 11 回科学技術予測調査」の各論(区分 2-3)に該当する

Science and Technology Foresight Center “S&T Foresight 2019: Delphi Survey” *NISTEP RESEARCH MATERIAL*, No.292, National Institute of Science and Technology Policy, Tokyo.

DOI: <http://doi.org/10.15108/rm292>

第 11 回科学技術予測調査 デルファイ調査

文部科学省 科学技術・学術政策研究所 科学技術予測センター

要旨

第 11 回科学技術予測調査の一環で、2050 年までの科学技術の将来展望を行った。調査対象として科学技術トピック(実現が期待される研究開発課題)702 件を設定し、それらの重要度、国際競争力、実現見通し、実現に向けた政策手段について専門家の意見を収集した。具体的には、デルファイ法によるアンケート(同一内容の質問を 2 回繰り返す)を実施し、5352 名から回答を得た。調査から明らかになった事項は、以下の通りである。

- ・ 重要度を見ると、高齢化や災害など明確な社会課題に対応するトピックが上位に挙がった。
- ・ 国際競争力を見ると、災害、ロボット、光・量子関連のトピックが上位に挙がり、情報通信技術の社会適用に関するトピックは下位となった。
- ・ 実現見通しを見ると、健康・医療・生命科学分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野、環境・資源・エネルギー分野は、実現時期が遅めであった。
- ・ 実現に向けた政策手段を見ると、個人情報や生命倫理などが絡むトピックについて、法規制整備や倫理的・法的・社会的課題への対応が必要とされた。

S&T Foresight 2019: Delphi Survey

Science and Technology Foresight Center, National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP), MEXT

ABSTRACT

In the course of S&T Foresight 2019, the future outlook of science and technology by 2050 was conducted. 702 S&T topics (research and development issues expected to be realized) were set up as survey targets and the Delphi method questionnaire (same question to be replied twice) was applied in order to obtain opinions from the experts for the each topics regarding “Importance,” “International Competitiveness,” “Prospects for Realization,” and “Policy Measures for Realization.” Finally, 5,352 experts replied to the questionnaire. The results are summarized as follows.

- ・ Importance; the topics addressing clear social issues such as aging and disasters were ranked high.
- ・ International Competitiveness; the topics related to disasters, robots, light and quantum were ranked high, on the other hand, the topics related to social application of information and communication technology were ranked low.
- ・ Prospects for Realization; the realization time was delayed in the fields of health /medical /life sciences, materials /devices /processes, and environment /resources /energy.
- ・ Policy Measures for Realization; the topics related to personal information and bioethics pointed out necessity in establishment of legal regulations and in considerations in ethical, legal and social issues.

目次

概要	i
----------	---

【第Ⅰ編 全体結果】

1. 調査の実施概要.....	(1) 1
1.1. 第11回科学技術予測調査の背景と目的	1
1.2. 第11回科学技術予測調査における本調査の位置付け	2
1.3. 方法	3
1.4. アンケート実施概要	12
1.5. 結果の表記	17
1.6. 検討体制	20
2. アンケート結果概要	21
2.1. 各項目の結果	21
2.2. 重要度の高い科学技術トピックの特徴	45
2.3. 他分野に見られる情報通信関連技術	54
3. 属性別分析.....	60
3.1. 所属別分析結果	60
3.2. 年代別分析結果	66
参考文献	72

【第Ⅱ編 各分野の結果】

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

【付録】

付録1 アンケートページ	(付録) 1
付録2 検討体制	4
付録3 これまでの調査実施状況	9

概 要

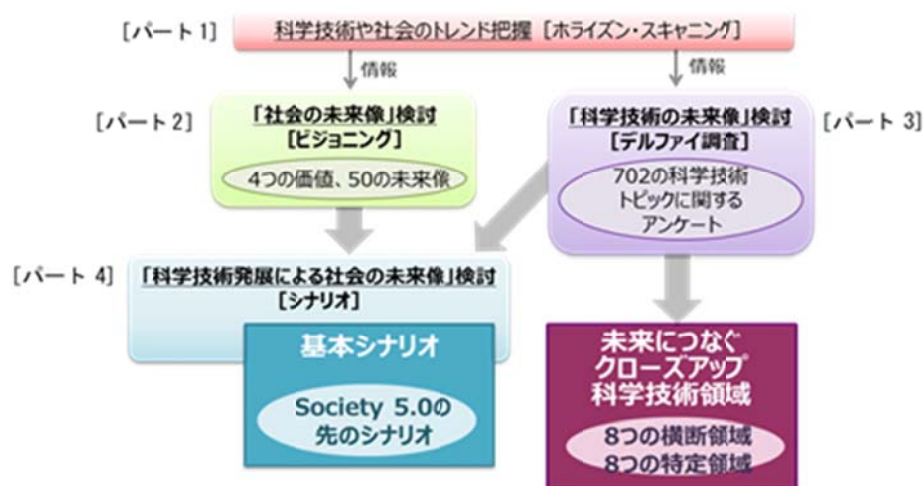
概要

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

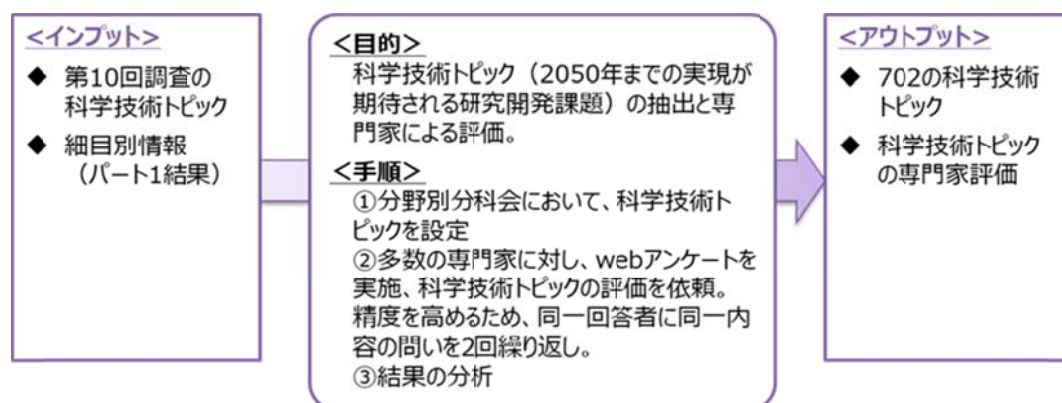


(本編図表 I-1-2)

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実現する時期	実現済、～2025 年、2026～2030 年、2031～2035 年、2036～2040 年、2041～2045 年、2046～2050 年、2051 年～、実現しない、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)	科学技術的な実現に向け、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実現に続き、日本で社会的に実現する時期	実現済、～2025 年、2026～2030 年、2031～2035 年、2036～2040 年、2041～2045 年、2046～2050 年、2051 年～、実現しない、わからない
社会的实现に向けた政策手段 (複数選択可)	日本での社会的な実現に向け、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、特に人間の高次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 I-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 I-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 ₂ 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 ₂ 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

*2 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込まれていた。

【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が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、重要度は比較的に高いが、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实现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、科学技術的实现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。

第 I 編 全体結果

1. 調査の実施概要

1.1. 第 11 回科学技術予測調査の背景と目的

我が国では、科学技術政策の基本的な枠組みとなる科学技術基本法が 1995 年に施行され、1996 年より 5 年毎に策定される科学技術基本計画の下、科学技術・イノベーション政策が推進されている。第 2 期及び第 3 期科学技術基本計画における分野の重点化、第 4 期科学技術基本計画における社会課題達成型の重点化を経て、第 5 期科学技術基本計画では、「超スマート社会」(Society 5.0)を実現することが目標に掲げられた。

科学技術・学術政策研究所では、図表 I-1-1 にあるように、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、科学技術政策形成側の要請に応えるべく調査設計を行うとともに、策定スケジュールに合わせて調査を実施してきた¹⁾。

近年の AI(人工知能)を始めとする情報通信技術の急速な進展は、社会の仕組みや人間の行動様式に大きな変化をもたらしている。一方、社会についても、政治や経済の国際的パワーバランスの変化、紛争や衝突の発生、地球温暖化の進行など、今後の世界の方向性を見通すことは難しく、さらに日本国内においては、生産年齢人口減と超高齢化の進行、経済情勢、社会保障制度や健康保険制度などの破綻のおそれ、地域インフラの維持・管理など、課題は山積している。このように未来の不確実性が高まる中にあることは、科学技術の進展とそれが社会にもたらす様々な可能性、また社会からの要請を中長期的な視点で幅広く捉えた上で、不確実性に柔軟に対応できる政策形成が求められる。

図表 I-1-1 科学技術政策の潮流と科学技術予測調査



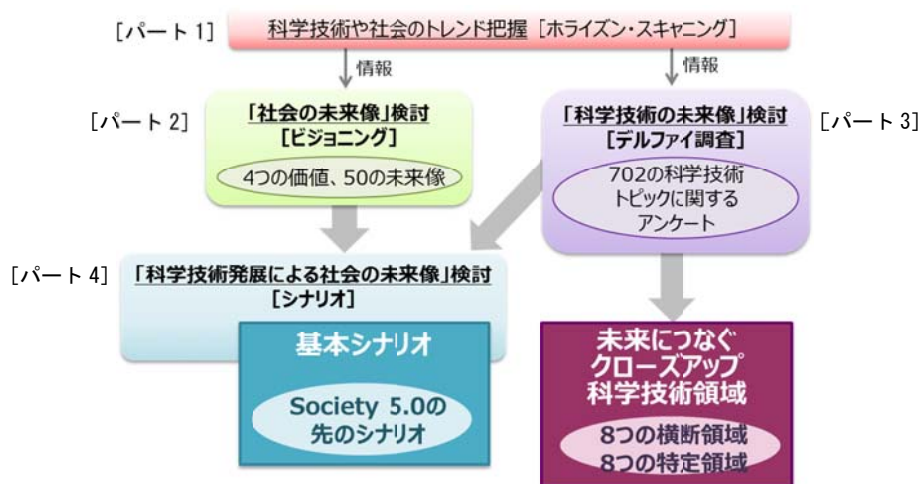
第 11 回科学技術予測調査は、こうした背景を踏まえ、第 6 期科学技術基本計画を始めとする科学技術イノベーション政策・戦略の検討に資する基礎的な情報を提供することを目的として、Society 5.0 の取組が進んだ中長期的な未来を展望し、科学技術発展と社会の未来について検討を行った。

1.2. 第 11 回科学技術予測調査における本調査の位置付け

第 11 回科学技術予測調査は、図表 I-1-2 に示すように、科学技術や社会のトレンドを把握する「ホライズン・スキャニング」(パート1)、社会の未来像を検討する「ビジョニング」(パート2)、科学技術の未来像を検討する「デルファイ調査」(パート 3)、科学技術発展による社会の未来像を検討する「シナリオ」(パート 4)の 4 部から構成される。

「科学技術や社会のトレンド把握[ホライズン・スキャニング]」(パート 1)²⁾では、文献調査、科学技術関連データベースからの情報抽出、クロウリングによる研究開発関連情報収集、専門家からの情報収集等により、科学技術や社会のトレンドを収集・整理した。「社会の未来像検討[ビジョニング]」(パート 2)³⁾では、パート 1 からの情報を踏まえ、2040 年に目指す日本社会の未来像についてワークショップ形式で検討した。「科学技術の未来像検討[デルファイ調査]」(パート 3)では、パート 1 からの情報を踏まえ、分野別分科会において 2050 年までの実現が期待される科学技術を抽出して科学技術トピックとして設定し、それらに対する多数の専門家の意見を収集する繰り返しアンケートを実施した。さらに、分野の枠にとらわれずに内容の類似度により科学技術トピックをグループ化して今後推進すべき科学技術領域を生成し、「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」を選定⁴⁾した。「科学技術発展による社会の未来像検討[シナリオ]」(パート 4)⁵⁾では、パート 2 で得られた日本社会の未来像、及び、パート 3 で設定された科学技術トピックを基に、科学技術起点と社会起点から検討を行い、全体を統合して「基本シナリオ」を作成した。

図表 I-1-2 第 11 回科学技術予測調査の構成



本デルファイ調査は、上述のように、第 11 回科学技術予測調査のパート 3 として位置づけられ、科学技術の視点から将来展望を行うものである。今回のデルファイ調査では、科学技術専門家の発想に基づいて、科学技術の視点からの検討に徹することとした。具体的には、将来の目指すべき社会の姿など社会的な目標を提示してその実現に寄与する科学技術を抽出する工程を設けず、目指すべき社会の姿や目標については、科学技術専門家が研究開発に携わる中や生活の中で得た情報等を前提として検討を進めた。これは、限定をかけずに科学技術がもたらす新しい可能性を幅広に取り上げるため、及び、特定の社会的目標とは結びつきにくい共通的・基盤的な科学技術も取り上げるためである。また、科学技術政策から科学技術イノベーション政策への流れ、科学技術がもたらしつつある大きな社会変化、自然災害の増加や高齢化の更なる進展など社会課題の深刻化などを背景に、科学技術専門家の間で科学技術と社会との関係性に関する認識が高まっていると考えられたためである。

第 1 回調査(1971 年)から第 7 回調査(2001 年)までは、「技術予測」と称して本調査のみが実施されてきたが、第 8 回調査以降は基礎科学から社会ニーズまでも含む俯瞰的な科学技術予測調査の一環として本調査が実施されるようになった。調査の全体像は科学技術政策上の要請に応じて変化しているものの、本調査が科学技術予測調査の基盤となっていることは変わらない。我が国がキャッチアップ段階にあった 1970～1980 年代には、科学技術発展を展望し、それを基に科学技術が快適・便利・安全な社会を実現する姿を描いた。保健・医療や材料などの科学技術分野と並んで、生活、教育、労働などの分野が設定されていたことから、取り上げた科学技術と社会との関係の近さが窺える。2000 年前後からは、科学技術側から社会に向かうシーズ指向ばかりでなく、社会の視点から科学技術を考えるニーズ指向の観点が取り入れられ、社会課題解決や社会的目標達成への科学技術の寄与や、倫理面や文化面への負の影響などが取り上げられるようになった。また、分野の枠を超えた連携や融合など、学際的取り組みに関する問いも設定された。今回の調査では、社会的課題解決や社会目標達成のための科学技術の貢献については「基本シナリオ」(パート 4)で、学際的取り組みについては「未来につなぐクローズアップ科学技術領域」検討を別途実施することとした。また、負の社会的影響については、本調査の中で、実現に向けた政策手段の選択肢として組み込むとともに、「基本シナリオ」(パート 4)の中でも検討を行った。

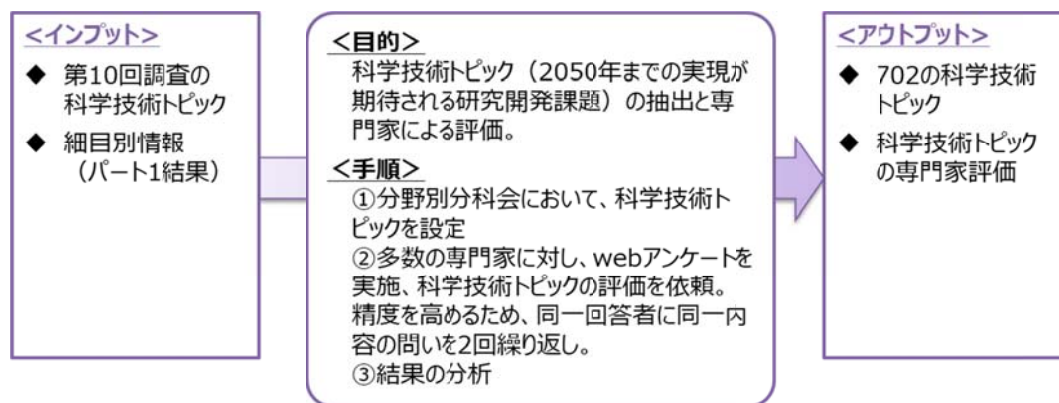
1.3. 方法

本調査の検討の流れを図表 I-1-3 に示す。まず、前回の第 10 回調査⁶⁾で設定した科学技術トピック、及び、パート 1「ホライズン・スキャニング」で収集した「細目別情報」等²⁾を基に、今後 30 年間を見通して実現が期待される研究開発課題をを科学技術トピックとして設定する。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多数の専門家の意見を収集する。意見収集は、デルファイ法*により同一内容のアンケートを 2 回繰り返して実施する。最後に、分野別分科会にてアンケート結果を分析する。

以降では、方法の詳細について記す。

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

図表 I- 1-3 検討の流れ



1.3.1. 展望期間

現在から 2050 年までの約 30 年間の将来展望を行う。

1.3.2. 調査対象

調査対象としたのは、2050 年までの実現が期待される研究開発課題計 702 件である。これを「科学技術トピック」という。

科学技術トピックは、「分野(7 分野)－細目(59 細目)－科学技術トピック(702 トピック)」という階層構造の下に整理される。設定した分野は、以下に示す7分野である。前回の第 10 回調査においては、ICT・アナリティクス分野とサービス化社会分野を別建てとしていたが、この 2 分野を合体させて「ICT・アナリティクス・サービス分野」とした。サービス分野は経営工学、社会工学、行動科学、認知科学など人文科学や社会科学を含む多くの領域から構成される学際的な分野であるが、本調査では社会での多様なサービス活動に応用されるロボット工学、人工知能、数理解析、データ科学等の科学技術要素を ICT・アナリティクス分野の科学技術トピックとして取り込むこととした。

- 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

次に分野ごとに 10 程度の細目を設定、さらに細目ごとに科学技術トピック 10 件程度を設定した。設定したトピックは、各分野 100 件程度、7 分野計で 702 件である。図表 I-1-4 に各分野で設定した細目と科学技術トピック数を示す。

図表 I- 1-4 各分野の細目及び科学技術トピック数

	分野	細目	トピック数
1	健康・医療・生命科学 (計 96 トピック)	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)	20
		医療機器開発	12
		老化および非感染性疾患	19
		脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	10
		健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	10
		情報と健康、社会医学	13
		生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)	12
2	農林水産・食品・ バイオテクノロジー (計 97 トピック)	生産エコシステム	19
		フードエコシステム	12
		資源エコシステム	14
		システム基盤	12
		次世代バイオテクノロジー	15
		バイオマス	9
		安全・安心・健康	9
		コミュニティ	7
3	環境・資源・ エネルギー (計 106 トピック)	エネルギー変換	25
		エネルギーシステム	12
		資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)	28
		水	12
		地球温暖化	7
		環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)	16
		リスクマネジメント	6
4	ICT・アナリティクス・ サービス (計 107 トピック)	未来社会デザイン	5
		データサイエンス・AI	11
		コンピュータシステム	12
		IoT・ロボティクス	9
		ネットワーク・インフラ	11
		セキュリティ、プライバシー	10
		サービスサイエンス	12
		産業・ビジネス・経営応用	10
		政策・制度設計支援技術	8
		社会実装	10
		インタラクション	9
5	マテリアル・デバイス・ プロセス (計 101 トピック)	物質・材料	11
		プロセス・マニファクチャリング	12
		計算科学・データ科学	13
		先端計測・解析手法	16
		応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)	14
		応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)	9
		応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)	11
		応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	15
6	都市・建築・土木・ 交通	国土利用・保全	11
		建築	12

	分野	細目	トピック数
	(計 95 トピック)	社会基盤施設	11
		都市・環境	9
		建設生産システム	9
		交通システム	12
		車・鉄道・船舶・航空	13
		防災・減災技術	9
		防災・減災情報	9
7	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤 (計 100 トピック)	宇宙	11
		海洋	10
		地球	13
		観測・予測	10
		計算・数理・情報科学	11
		素粒子・原子核、加速器	9
		量子ビーム:放射光	12
		量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	13
		光・量子技術	11
	計	59 細目	702

1.3.3. 科学技術トピックの設定

(1) 設定の基本方針

本調査は、1.2 節で述べたように、科学技術の未来像検討として、科学技術の視点から検討を行ったものであり、第 11 回科学技術予測調査のパート 2「社会の未来像検討」とは別建てで実施した。「社会の未来像検討」(パート 2)³⁾において抽出した「50 の社会像」に寄与する科学技術トピックの作成など直接的な紐づけは行わず、社会変化や将来社会ニーズについては、報道や既存資料等からの一般情報を基に分科会の判断で適宜考慮することとした。以下に、設定の基本的方針を示す。

- ・ 将来の社会変化に対応する、科学技術イノベーションを創出する、共通基盤的技術である、科学技術進展に寄与する等、様々な観点から重要と考えられる科学技術を抽出する。
- ・ 科学技術の進展と関連の深い社会制度・システム、市民の意識、社会変化等、科学技術以外の事項も、必要に応じ設定可とする。
- ・ 俯瞰性を担保しつつ、今後特に注目すべき事項を入れ込む。
- ・ 2050 年までを展望しつつ、ターゲットイヤーである 2040 年頃の(前倒し)実現も意識する。

(2) 検討手順

具体的な検討手順は以下の通りである。

- ① 各分野 10 程度の細目を設定した。設定に当たっては、前回第 10 回調査⁶⁾の細目を踏まえつつ、今後の科学技術発展及び社会変化の可能性を考慮し、細目が今後 30 年を見越して重要と考えられる科学技術の枠組みを示すものであることを意識した。あわせて、アンケート調査であることから回答者にとってのわかりやすさにも配慮した。したがって、本調査における細目は、大きさや性格などを整えて俯瞰性を担保した分野分類とは本質的に異なり、また細目として設定することがメッセージを持つ場合もある。

- ② 細目ごとに科学技術トピック候補を抽出した。抽出に当たっては、「ホライズン・スキャニング」(パート 1)で得られた細目別情報を参照した。情報の種類は図表 I-1-5 の通りである。詳細は報告書 ②を参照されたい。
- ③ 科学技術トピック候補のうち、他分野との関わりが深いと考えられるトピックを抽出し、分野間で相互参照を行った。この目的は、重要な科学技術が分野の狭間に落ちてしまっていないかを確認すること、及び、同一内容の科学技術トピックを避けること(類似性の高い科学技術トピックについては、最も適切な分野に集約する、視点の違いを明確にするなどの対応をとる)である。
- ④ 他分野の設定状況も参照しつつ当該分野の科学技術トピック候補を検討し、各細目 10 件程度、分野計 100 件程度を最終的に設定した。

図表 I-1-5 ホライズン・スキャニングにより収集した細目別情報

情報種類	HS 分類*	項目	情報源
研究情報	—	科学技術トピック	「第 10 回科学技術予測調査分野別科学技術予測」 ^⑥ の科学技術トピック計 932 件から抽出(関連度の高い 10 件)
	将来見通し/動向	注目研究領域	「サイエンスマップ 2016」 ^⑦ から関連領域を抽出(細目単位ではなく分野単位で抽出)
			「研究開発の俯瞰報告書 2017 年度版」 ^⑧ (科学技術振興機構)から抽出(関連度の高い 10 件)
	兆し/動向	研究テーマ	クローリングにより収集した大学等研究機関のプレスリリースから抽出(関連度の高い 10 件)
	将来見通し/目標		科学研究費助成事業データベース KAKEN から抽出(関連度の高い 100 件)
政策情報	将来見通し/目標		トップダウン型の競争的資金(文部科学省、JSPS、JST、NEDO 等)に関する情報(関連度の高い件数、金額、件名例)
			クローリングにより収集した政府審議会等の議事録から抽出(関連度の高い 10 件)

*ホライズン・スキャニングにおいては、認知度及び方向性の観点から情報を特徴づけた。認知度については、「将来見通し(専門家・有識者間あるいは社会一般の中で一定程度の共通認識)」と「兆し(個人的あるいは一部の見解)」に分類。方向性については、「動向(価値観や願望を含まない客観的な方向性)」と「目標(目指すべき規範的な方向性)」に分類。

1.3.4. 調査項目

調査対象である科学技術トピックに対して、重要度、国際競争力、科学技術的／社会的実現予測時期、実現に向けての政策手段、の質問項目を設定した。質問項目の概要を図表 I-1-6 に、詳細を以下に示す。

図表 I- 1-6 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
科学技術的実現予測時期(実現見通し) (単数選択)	日本を含む世界のどこかで科学技術的に実現する時期	実現済、～2025 年、2026～2030 年、2031～2035 年、2036～2040 年、2041～2045 年、2046～2050 年、2051 年～、実現しない、わからない
科学技術的実現に向けた政策手段 (複数選択可)	科学技術的な実現に向け、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
社会的実現予測時期(実現見通し) (単数選択)	日本を含む世界のどこかでの科学技術的な実現に続き、日本で社会的に実現する時期	実現済、～2025 年、2026～2030 年、2031～2035 年、2036～2040 年、2041～2045 年、2046～2050 年、2051 年～、実現しない、わからない
社会的実現に向けた政策手段 (複数選択可)	日本での社会的な実現に向け、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

○科学技術トピックに対する回答者の専門度

科学技術トピックに対する回答者の専門度について、以下の選択肢から一つ回答する。専門性がない場合は、当該科学技術トピックに回答しない。

- ・ 高 :例えば、現在、当該科学技術トピックに関連した研究又は業務に従事している(文献による調査研究を含む)等により、当該科学技術トピックに関連した専門的知識を持っている、など。
- ・ 中 :例えば、過去に当該科学技術トピックに関連した研究又は業務に従事したことがある。あるいは、隣接領域の研究又は業務に従事している等により、当該科学技術トピックに関連した専門的知識をある程度持っている、など。
- ・ 低 :例えば、当該科学技術トピックに関連した専門的な本や文献を読んだり、専門家の話を聞いたことがある、など。

○科学技術トピックの重要度

科学技術トピックの重要度について、以下の 5 段階で評価する。重要度とは、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である。具体的には、社会経済発展への寄与、地球的規模の諸課題の解決、生活者ニーズへの対応、人類の知的資源の拡大のいずれかの面からみた、あるいは複数の面からみた、日本にとっての現在の重要度を意味する。

- ・ 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

科学技術トピックに関する日本の競争力について、以下の 5 段階で評価する。国際競争力は、現在の日本の置かれた国際競争力の状況であり、主に科学技術の研究開発又はその事業化において日本が有する優位性(当該分野の発展をリードしている等)を意味する。

- ・ 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

○科学技術的実現予測時期

科学技術トピックの科学技術的な実現予測時期について、以下の選択肢から一つ回答する。科学技術的実現予測時期とは、例えば、研究室段階で技術開発の見通しがつく時期など、所期の性能を得るなど技術的な環境が整う時期を指す。また基礎的研究に関する科学技術トピックであれば、原理、現象が科学的に明らかにされる時期を指す。実現する場所については、日本を含む全世界のどこかでの実現とする。

- ・ 実現済
- ・ 2025 年以前
- ・ 2026 年～2030 年
- ・ 2031 年～2035 年
- ・ 2036 年～2040 年
- ・ 2041 年～2045 年
- ・ 2046 年～2050 年
- ・ 2051 年以降
- ・ 実現しない
- ・ わからない

○科学技術的実現に向けた政策手段

科学技術トピックの科学技術的実現に向けて求められる政策手段について、以下の選択肢から当てはまるものをいくつでも任意回答する。

- ・ 人材の育成・確保： 専門教育等を通じた人材育成及び研究関係従事者(研究者、研究補助者、技能者、研究マネジメント、その他の関係者)の確保
- ・ 研究開発費の拡充： 特定テーマ・プロジェクトへの研究開発費の拡充などの資金・支援制度
- ・ 研究基盤整備： 研究施設・設備や知的基盤・情報基盤などの基盤整備
- ・ 国内連携・協力： 産学官・分野間の連携など国内協力・連携体制の整備
- ・ 国際連携・標準化： 国際連携プロジェクトの推進又は標準化など国際的な連携と体制整備
- ・ 法規制の整備： 法令・基準の緩和・廃止又は強化・新設
- ・ ELSI 対応： 倫理的・法的・社会的課題(ELSI)への対応(ガイドライン策定、社会的コンセンサスづくりなど)

- ・ その他

○社会的実現予測時期

科学技術トピックの日本での社会的実現予測時期について、以下の選択肢から一つ回答する。社会的実現予測時期とは、実現された技術が製品やサービス等として利用可能な状況となる時期を指す。科学技術トピックによっては、普及の時期を指す場合もある。科学技術以外のトピックでは、制度が確立する、倫理規範が確立する、価値観が形成される、社会的合意が形成される等の時期を指す。実現する場所については、日本社会での実現を原則とするが、科学技術トピックによっては、日本社会での実現ではなく、日本が主体となって行う国際的な活動により実現する場合も含む。

- ・ 実現済
- ・ 2025 年以前
- ・ 2026 年～2030 年
- ・ 2031 年～2035 年
- ・ 2036 年～2040 年
- ・ 2041 年～2045 年
- ・ 2046 年～2050 年
- ・ 2051 年以降
- ・ 実現しない
- ・ わからない

○社会的実現に向けた政策手段

科学技術トピックの日本での社会的実現に向けて求められる政策手段について、以下の選択肢から当てはまるものをいくつでも任意回答する。

- ・ 人材の育成・確保： 専門教育を通じた人材育成、および、研究関係従事者（研究者、研究補助者、技能者、研究事務その他の関係者）の確保
- ・ 事業補助： 事業への直接補助・支援
- ・ 事業環境整備： ベンチャーや創業支援のための税制の措置、実証実験環境の整備など事業化のための間接支援施策
- ・ 国内連携・協力： 産学官・分野間の連携など国内協力・連携体制の整備
- ・ 国際連携・標準化： 国際連携プロジェクトの推進又は標準化など国際的な連携と体制整備
- ・ 法規制の整備： 法令・基準の緩和・廃止又は強化・新設
- ・ ELSI 対応： 倫理的・法的・社会的課題（ELSI）への対応（ガイドライン策定、社会的コンセンサスづくりなど）
- ・ その他

1.3.5. アンケート回答者群

アンケート回答者群を図表 I-1・7 に示す。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。これは、専門家の互選により構成されたネットワークで、所属機関・性別・年代・専門分野等の属性に配慮しつつ運営されているネットワー

クである。当研究所より科学技術イノベーション政策研究に関する情報を随時提供し、また関連するアンケート調査等に協力いただいているため、専門性と併せて政策に関わる知見も持つと想定される集団である。

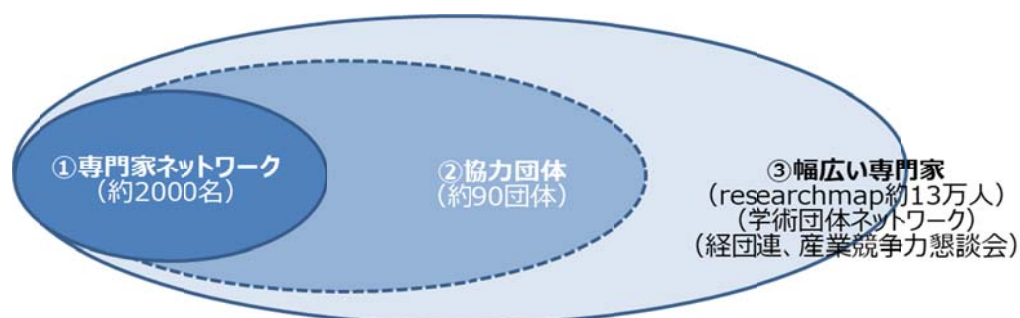
次に位置するのは、関連学術団体の会員等である。これは、分野別分科会から推薦された関連学協会約 90 団体に所属する専門家である。分科会は、調査内容を最もよく知っていることから、推薦された団体の会員等は専門性の観点から回答者として最も適性が高いと判断される。約 90 の推薦団体に対しては、会員ページへの掲載やメーリングリストによる配信の形で、会員等に対しての周知を依頼した。

最も幅広い層が、関係団体への周知依頼である。この層は、可能な限り幅広い専門家からの協力を得ることを目的としている。科学技術トピックは広範にわたり、現時点では研究に携わる研究者集団が十分に育っていない萌芽的な領域もあると想定されるため、幅広い協力依頼が必要となる。具体的には、大学等の研究者については、科学技術振興機構(JST)に協力いただき、研究者データベースresearchmap登録者のうちメール連絡を承諾した者(約 13 万人)に対して周知いただいた。また、日本学術会議に協力いただき、関係学術団体ネットワークの団体等に対して周知いただいた。企業等の研究者・技術者等については、日本経済団体連合会及び産業競争力懇談会に協力いただき、会員企業等に対して周知いただいた。

回答者については、以下の属性情報を取得した。

質問項目	回答項目
性別	男性、女性、無回答
年代	20 代以下、30 代、40 代、50 代、60 代、70 代以上、無回答
所属機関	大学等、公的研究機関、民間企業、その他
職種(職務内容)	研究・開発、マネジメント、その他

図表 I-1-7 回答者群



1.3.6. アンケート方法

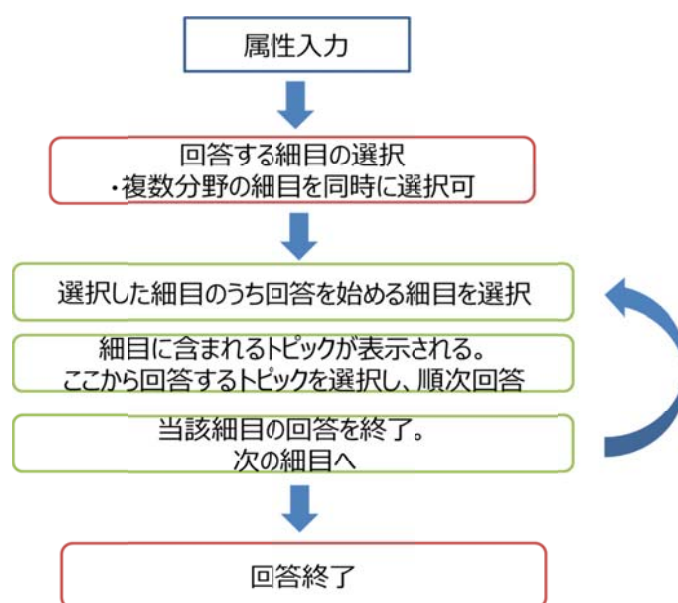
本調査は、ウェブアンケート形式により実施した。

アンケート回答の流れを図表 I-1-8 に示す。回答者は、アンケートサイトにアクセスして属性情報を入力後、回答画面に移った。アンケートページは全分野の細目が一覧できるよう設計されており、回答者はどの分野の細目でも選択することができる。細目選択後に、回答する細目を順次クリックすると、当該細目に含まれる科学技術トピック一覧が表示され、回答者は、一覧の中から回答する科学技術トピックを選択できる。したがって、分野や細目に限定されることなく、自身の専門性に近い科学技術トピックを選択して

回答することができる仕組みである。今回調査のシステムにおいては、細目や科学技術トピックの一覧性を高めることにより、回答者にとっては選択しやすく、調査実施者にとっては適切な専門性を持つ回答者の意見を収集する可能性が高まったと考えられる。なお、回答者は、所属組織を代表するものではなく、研究者・技術者としての個人的見解に基づき回答を行うものとした。

本調査では、前述の通り、デルファイ法によるアンケートとし、同一内容を同一回答者に2回繰り返した。2回目アンケート(R2)においては、ログインすると1回目アンケート(R1)に回答した科学技術トピックのみが表示される。回答するトピックをクリックすると、1回目の自身の回答がデフォルトで入力されており、あわせて1回目の集計結果が図示される。回答者は、回答変更なしのボタンを押すか、必要に応じ回答を変更して送信することを求められた。

図表 I-1-8 アンケート回答の流れ



1.4. アンケート実施概要

アンケートの実施時期及び回収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

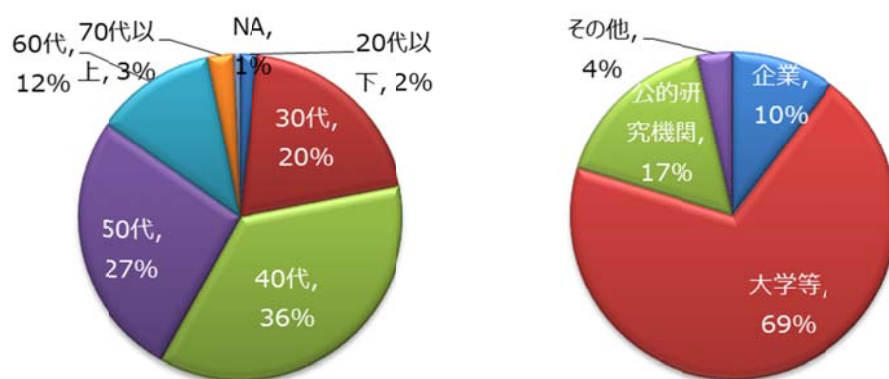
対象者：6697名(1回目回答者) 回答者：5352名(回答率 80%)

最終回答者数は5352名である。その属性を図表 I-1-9、図表 I-1-10 に示す。

年代については30代20%、40代36%、50代27%と、この3区分で全体の8割を占める。前回の第10回調査と比べると40代が大きく増加した。所属機関種別では大学等が69%を占め、前回調査比べて大学等の増加、企業の減少が目立つ。性別比では男性が86%と大多数を占め、職種では研究・開発従

事者が 87%と大多数を占める。また、性別については、男性 86%、女性 14%と、男性が圧倒的に多く、職種については、研究開発従事者が 87%を占める。

図表 I- 1-9 回答者の属性



図表 I- 1-10 分野別の回答者属性

	生命科学・健康・医療	農林水産・食品・バイオテクノロジー	環境・資源・エネルギー	ICT・アナリティクス・サービス	マテリアル・デバイス・プロセス	都市・建築・土木・交通	宇宙・海洋・地球・科学基盤	全体	第10回調査計
科学技術トピック数	96	97	106	107	101	95	100	702	932
回答者数	1887	714	834	794	1142	477	1140	5352	4309
20代	1%	2%	2%	2%	1%	1%	2%	2%	3%
30代	21%	19%	19%	17%	23%	14%	23%	20%	27%
40代	39%	38%	34%	33%	37%	34%	32%	36%	26%
50代	26%	25%	26%	30%	26%	32%	26%	27%	22%
60代	11%	12%	15%	14%	10%	14%	12%	12%	10%
70代以上	2%	3%	4%	3%	2%	4%	3%	3%	2%
無回答	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	1%	11%
企業	7%	8%	13%	18%	17%	16%	7%	10%	36%*2
大学等	80%	60%	58%	69%	66%	60%	60%	69%	49%
公的研究機関	10%	29%	24%	8%	15%	16%	29%	17%	14%
その他	3%	4%	6%	4%	3%	7%	4%	4%	—
主に研究・開発	86%	89%	86%	85%	89%	80%	90%	87%	78%
主にマネジメント	3%	4%	7%	5%	6%	8%	3%	5%	14%
上記以外の方	11%	7%	7%	10%	5%	13%	7%	9%	7%

*1 複数分野に回答した者がいるため、各分野の回答者数の合計と全体回答者数は一致しない。

*2 第10回調査では、電子メールのドメインにより所属組織を判別、企業ドメイン及びその他ドメインを「企業その他」として集計。

これを分野別に見ると、年代については、都市・建築・土木・交通分野において若干年齢層が高い傾向が見える。所属機関別では、健康・医療・生命科学分野において大学等の割合が 80%と高い。農林水産・食品・バイオテクノロジー分野、環境・資源・エネルギー分野、及び宇宙・海洋・地球・科学基盤分野では、大学等が 60%と低めであり、公的研究機関の割合が高い。マテリアル・デバイス・プロセス分野及び都市・建築・土木・交通分野では、同様に大学等が過半を占めるが、企業及び公的研究機関の所属が同程度となっている。

回答状況を分野数及び細目数から見たのが、図表 I-1-11 である。回答分野数については、1 分野のみの回答者が 78%を占め、2 分野までの回答者で 95%を占める。一方回答細目数を見ると、1 細目回答者が 47%と約半数を占め、2 細目回答者は 23%、3 細目回答者は 11%と、3 細目以内の回答者が全体の約 8 割を占める。3 細目以上の回答状況を見ると、回答分野数が 2 分野、3 分野に亘る回答者が一定数を占める。

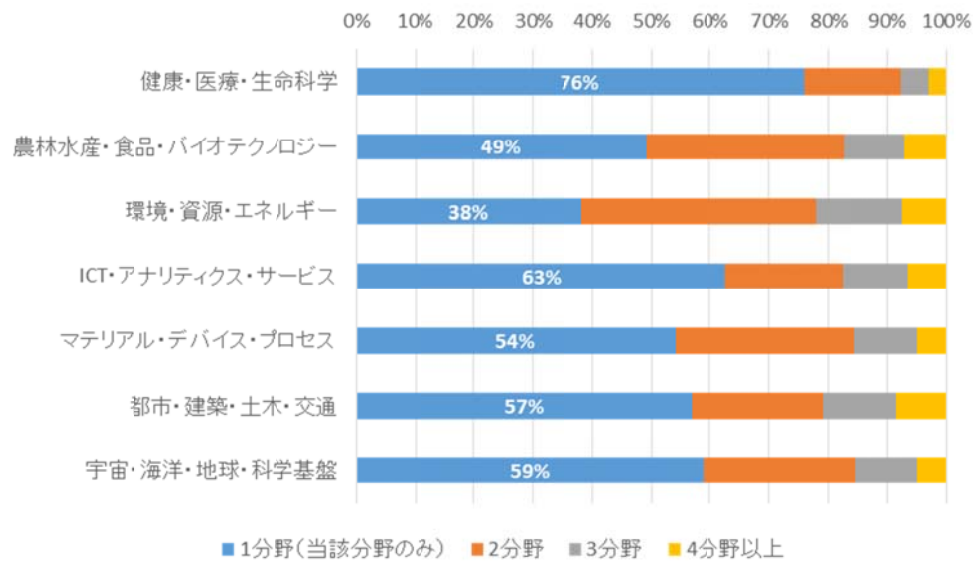
次に、回答した分野を見たのが図表 I-1-12 である。1 分野、つまり当該分野のみに回答した者の割合を見ると、健康・医療・生命科学分野の回答者では 76%が該当するのに対し、環境・資源・エネルギー分野の回答者では 38%、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の回答者では 49%と半数未満である。

他分野にも回答した者の割合が多い、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野及び環境・資源・エネルギー分野における回答状況を見ると、図表 I-1-13 にあるように、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野回答者では、その 29%が健康・医療・生命科学分野にも、21%が環境・資源・エネルギー分野にも回答している。また、環境・資源・エネルギー分野回答者では、その 24%がマテリアル・デバイス・プロセス分野にも、23%が宇宙・海洋・地球・科学基盤分野にも回答している。また、都市・建築・土木・交通分野回答者は、2 分野以上の回答者は 43%であるが、その約半数である 23%が環境・資源・エネルギー分野にも回答している。

図表 I- 1-11 回答分野数と回答細目数

回答 細目数	回答分野数								計	構成%
	1	2	3	4	5	6	7			
1	2533							2533	47%	
2	890	363						1253	23%	
3	339	219	45						603	11%
4	161	135	52	4					352	7%
5	64	62	47	5	2				180	3%
6	35	54	18	12				119	2%	
7	69	22	15	7	2	1		116	2%	
8	37	14	16	5	2				74	1%
9	10	6	9	3	1				29	1%
10	1	7	7	2	1				18	0.3%
11	17	4	3	1	1				26	0.5%
12～		9	10	6	9	7	8	49	1%	
計	4156	895	222	45	17	8	9	5352	100%	
構成%	78%	17%	4%	1%	0.3%	0.1%	0.2%	100%		

図表 I-1-12 各分野回答者が回答した分野数



図表 I-1-13 他分野への回答状況

当該回答分野	回答者数	他分野への回答状況(回答者数に対する割合)						
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦
①健康・医療・生命科学	1887	—	11%	5%	6%	9%	2%	5%
②農林水産・食品・バイオテクノロジー	714	29%	—	21%	8%	11%	6%	7%
③環境・資源・エネルギー	834	10%	18%	—	9%	24%	13%	23%
④ICT・アナリティクス・サービス	794	14%	7%	9%	—	13%	9%	15%
⑤マテリアル・デバイス・プロセス	1142	15%	7%	18%	9%	—	4%	18%
⑥都市・建築・土木・交通	477	9%	9%	23%	15%	9%	—	18%
⑦宇宙・海洋・地球・科学基盤	1140	8%	5%	17%	10%	18%	8%	

注:ある分野に回答した者の他分野の回答状況を示しており、3分野以上回答した301名(全回答者の6%)はその回答分野数に応じて重複計上されている。

各回答者の回答トピックス数を見たのが、図表 I-1-14 である。回答者 5352 名のうち、10 トピック以内の回答者が 56%と約半数を占め、20 トピック以内で約 80%に達する。平均は、15.9 トピックである。一方、各分野の回答者が当該分野の科学技術トピックにどの程度回答したかを見ると、図表 I-1-15 にあるように、他分野にも回答した者が少なめであった健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野において、当該分野への一人当たり回答トピック数が多い傾向にある。

図表 I-1-14 一人が回答したトピック数の分布

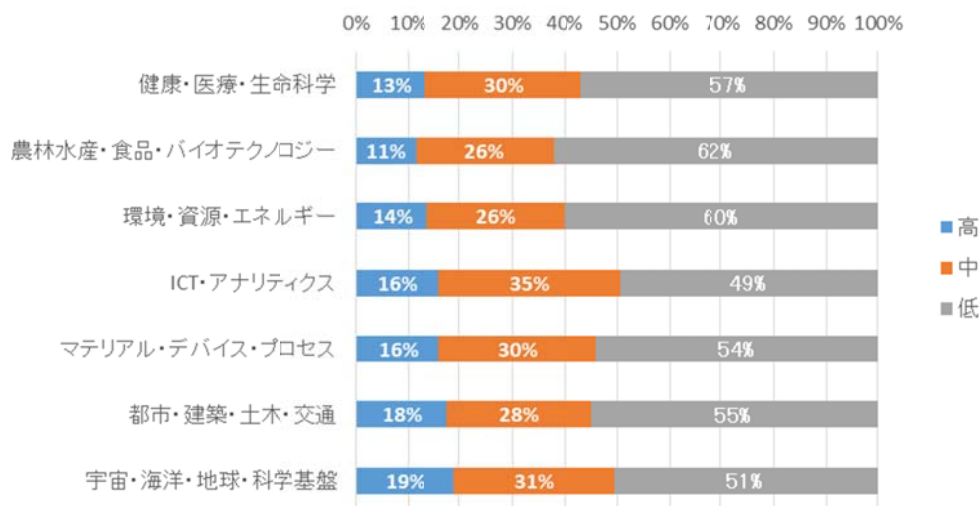


図表 I-1-15 各分野の回答者が当該分野トピックに回答した数(平均)

回答分野	当該分野の回答トピック数(平均)
健康・医療・生命科学	13.1
農林水産・食品・バイオテクノロジー	11.7
環境・資源・エネルギー	11.5
ICT・アナリティクス	14.5
マテリアル・デバイス・プロセス	12.8
都市・建築・土木・交通	10.7
宇宙・海洋・地球・科学基盤	9.9

回答者の専門度の分布を図表 I-1-16 に示す。すべての分野で専門度低の回答者が5～6割を占める。都市・建築・土木・交通分野及び宇宙・海洋・地球・科学基盤分野において専門度高の回答者が他分野と比較して多めであること、ICT・アナリティクス・サービス分野は中程度の専門度の回答者が他分野と比較して多めであるといった特徴が見える。

図表 I-1-16 回答者専門度の分布(分野平均)



細目別に特徴を見ると、図表 I-1-17 にあるように、回答者の専門度が相対的に高かった細目例として、ロボティクス、素粒子・量子ビーム関連など、低かった細目例として、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野の細目などが挙げられる。専門度高の細目には近年注目が集まっている領域や非常に限定的な領域が並び、専門度低の細目には広範な範囲を扱う領域や融合的な領域が並ぶ。

図表 I-1-17 細目別の回答者専門度の分布

傾向	細目名 ([]内は分野名)	専門度高	専門度中	専門度低
専門度高	データサイエンス・AI [ICT・アナリティクス・サービス]	20%	42%	38%
	IoT・ロボティクス [ICT・アナリティクス・サービス]	20%	39%	41%
	建設生産システム [都市・建築・土木・交通]	22%	38%	41%
	素粒子・原子核、加速器 [宇宙・海洋・地球・科学基盤]	24%	34%	43%
	量子ビーム・放射光 [宇宙・海洋・地球・科学基盤]	23%	33%	43%
専門度低	医療機器開発 [健康・医療・生命科学]	11%	24%	65%
	フードエコシステム [農林水産・食品・バイオテクノロジー]	9%	25%	66%
	システム基盤 [農林水産・食品・バイオテクノロジー]	10%	25%	66%
	コミュニティ [農林水産・食品・バイオテクノロジー]	6%	19%	75%
	エネルギー変換 [環境・資源・エネルギー]	11%	23%	66%
	車・鉄道・船舶・航空 [都市・建築・土木・交通]	12%	20%	68%

1.5. 結果の表記

1.5.1. 分析に用いる数値

分野間、細目間、科学技術トピック間の比較に当たっては、以下の数値を用いる。まず、科学技術トピック間の比較に当たっては、各科学技術トピックが持つ数値を用いる。分野間比較及び細目間比較に当たっては、当該分野あるいは当該細目に属する科学技術トピックがもつ数値の平均値、あるいは分布幅を用いる。同一分野あるいは同一細目に属する科学技術トピック間で傾向が異なる場合があるため、分野間及び細目間の比較は、そうした科学技術トピック間の違いを含んだものであり、傾向が相殺されて見えなくなる場合もあることに留意が必要である。

また、回答者は科学技術トピック毎に異なるため、回答者の専門性や属性等による見方の差異が結果に反映される可能性があるが、基準となる質問項目を設けて補正するなどの作業は行っていない。

各科学技術トピックの数値については、以下を分析に用いる。

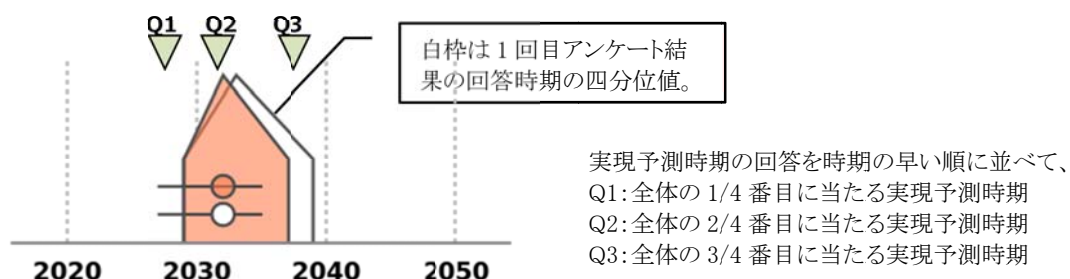
①重要度及び国際競争力

- ・ 5段階の回答を、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、指数化する。したがって、指数はゼロ(0)を中心として-2から+2までの値をとる。

②科学技術的／社会的実現予測時期

- ・ 回答を時期の早い順に並べてその両端の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(Q1～Q3)を回答の幅とし、中央値(Q2)を実現予測時期の代表値として用いる。したがって代表値は、「その年までに実現すると全回答者の半数が予測している時期」を意味する。
- ・ 算出に当たっては、Q1～Q3それぞれに該当する回答が存在する選択肢の区間(2031～2035年などの5年区間)において回答が等間隔に並んでいるとして実現年を算出する。
- ・ 算出の対象とする回答は、実現年を示す選択肢(2025年以前～2051年以降)であり、「実現済み」、「実現しない」、「わからない」の回答は除かれる。すなわち、実現予測時期とは、「将来的にいつかは実現すると考える者」による予測であり、「実現しない」と考える者が多数を占める場合もある。

- ・ 実現時期の回答の幅を五角形で示す。左辺は上述の Q1、頂点が Q2、右辺が Q3 に該当する。あわせて参考値として、当該科学技術トピックに対する専門度の高い回答者の回答の幅を実線でしめす。実線の左端が Q1、実線上の○印が Q2、右端が Q3 に該当する。
- ・ 1 回目アンケート(R1)の中央値と回答幅を白抜きで、2 回目アンケート(R2)の中央値と回答幅を網掛け(赤)で示す。



③科学技術的／社会的実現に向けた政策手段

- ・ 当該科学技術トピックの回答者に対する、各選択肢の選択者の割合(%)を分析に用いる。複数回答可のため、合計は 100%を超える。

1.5.2. 集計表及び図表の表記

第 I 編第 2 章の結果分析の記述においては、本文中あるいは図表中で分野名及び質問項目の表記について以下の略称を用いる場合がある。

分野名	略称
健康・医療・生命科学	健康医療
農林水産・食品・バイオテクノロジー	農水バイオ
環境・資源・エネルギー	環境エネ
ICT・アナリティクス・サービス	ICT
マテリアル・デバイス・プロセス	マテリアル
都市・建築・土木・交通	社会基盤
宇宙・海洋・地球・科学基盤	宇宙海洋地球

「実現に向けた政策手段」の選択肢	略称
人材の育成・確保	人材育成
研究開発費の拡充（科学技術的实现） 事業補助（社会的实现）	資金拡充
研究基盤整備（科学技術的实现） 事業環境整備（社会的实现）	環境整備
国内連携・協力	国内連携
国際連携・協力	国際連携
法規制の整備	法規制整備
倫理的・法的・社会的課題への対応	ELSI 対応

[illegible]

⑨

科学技術の実現に向けた政策手段							社会的実現予測時期							社会的実現に向けた政策手段											
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	国際連係・標準化	法規制の整備	倫理的課題への対応	その他	実現済み	2025年以前	2026年～2030年	2031年～2035年	2036年～2040年	2041年～2045年	2046年～2050年	2051年～	実現しない	わからない	人材の育成・確保	事業補助	事業環境整備	国内連携・協力	国際連係・標準化	法規制の整備	倫理的課題への対応	その他
(%)																(%)		(%)							

⑫

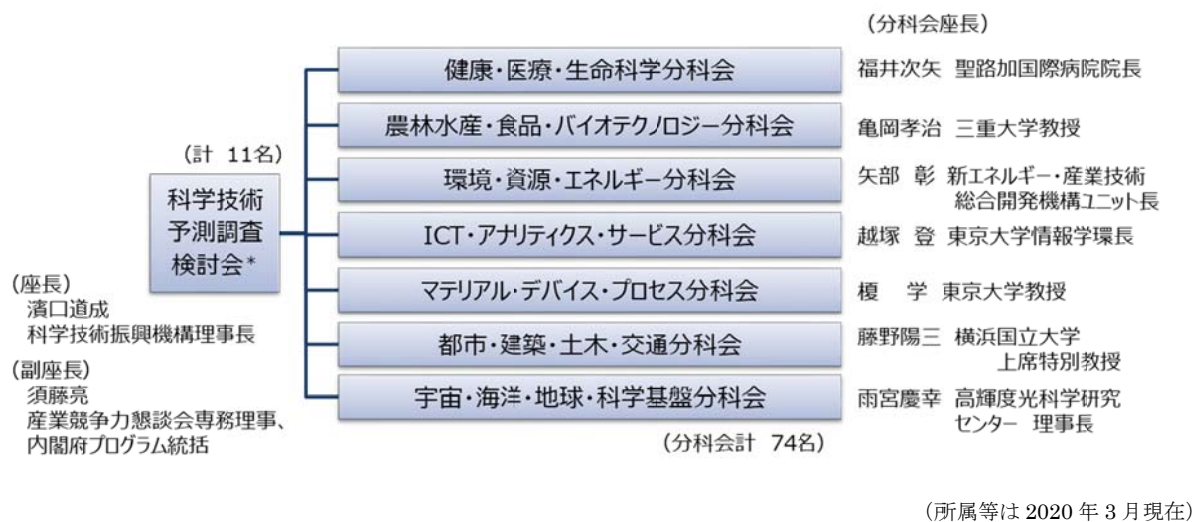
- (I) 19

1.6. 検討体制

本調査の検討に当たっては、調査対象とした 7 分野について分野別分科会を設置した(図表 I-1-18)。各分科会は、座長 1 名、委員 10 名程度の当該分野専門家から構成される。分科会では、細目及び科学技術トピックの設定、質問項目の設定、及び、アンケート結果の分析・解釈を行った。図表 I-1-19 に分科会での検討状況を示す。第 1 回～第 3 回の分科会において調査対象及び質問項目の検討を行い、第 4 回分科会において結果を基にその解釈や示唆等について議論を行った。

あわせて、「科学技術予測調査検討会」を設置し、本調査を含む第 11 回調査全般の検討を行った。検討会は、座長 1 名、副座長 1 名、メンバー 9 名から構成される。本調査分科会座長 7 名に検討会メンバーを依頼した。

図表 I- 1-18 検討体制



図表 I- 1-19 分科会の開催状況

会合	開催時期	内容
第 1 回分科会	2018 年 9～10 月	・ 調査対象範囲・細目の検討
第 2 回分科会	2018 年 11 月	・ 細目の詳細検討(概要、キーワード等) ・ 科学技術トピックの検討 ・ 回答者候補(関連学協会)の検討
第 3 回分科会	2018 年 12 月	・ 細目及び科学技術トピックの確定 ・ 回答者候補(関連学協会)の確定
第 4 回分科会	2019 年 5～6 月	・ アンケート結果の分析

2. アンケート結果概要

本章では、アンケートで得られた専門家の見解を基に、全般的な傾向を概観する。分野間あるいは細目間の比較に当たっては、当該分野あるいは当該細目に含まれる科学技術トピックの持つ値の平均値を用いる。前章で述べたように、分野内あるいは細目内の科学技術トピック間で傾向が異なる場合があり、そうした違いを含んでいること、回答者は科学技術トピック毎に異なるため、回答者の専門性や属性等による見方の差異を含む可能性があることに、留意が必要である。

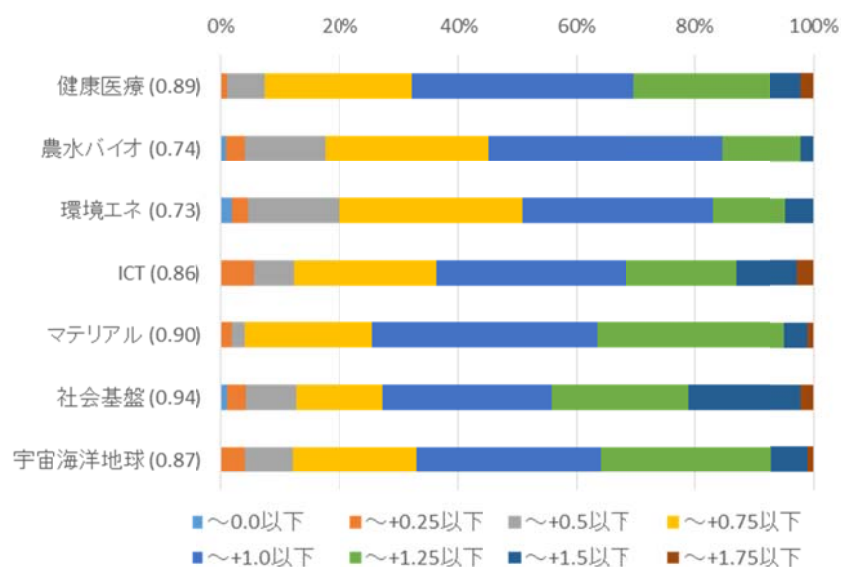
2.1. 各項目の結果

2.1.1. 重要度

重要度とは、30 年後の社会を実現する上での日本にとっての重要度であり、具体的には、経済的、社会的、学術的側面のいずれか、あるいは複数の側面から見た重要度である。調査では、回答者に対し、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)の 5 段階で評価を求め、結果を指数化した。

各分野科学技術トピックの重要度指数の分布を図表 I-2-1 に示す。全体的に、指数 0.5 超～1.25 以下の範囲に 8 割程度の科学技術トピックが収まり、本調査で取り上げた科学技術はいずれも重要な科学技術であると評価された。指数がマイナス値であったのは、実現見通しの立ちにくい 4 件であった(実現予測時期の質問に対し、約半数が「実現しない」または「わからない」を選択)。

図表 I-2-1 科学技術トピックの重要度指数の分布



注: 分野略称の後の()内の数値は、重要度指数の分野平均値

分野の特徴を見ると、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野及び環境・資源・エネルギー分野は他 5 分野と比べて重要度が相対的に低い傾向にある。例えば、重要度の高い(指数 1.0 超)の科学技術トピックの割合を見ると、他 5 分野では科学技術トピック総数の 30%を超えるのに対し、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野では 15%、環境・資源・エネルギー分野では 17%である。重要度が相対的に高く評価さ

れたのは都市・建築・土木・交通分野であり、指数 1.25 超の科学技術トピックが総数の 21%を占める。

重要度指数の高い細目(図表 I-2-2)を見ると、上位 10 細目中に、ICT・アナリティクス・サービス分野の 3 細目、都市・建築・土木・交通分野の 4 細目が挙げられており、情報インフラを含むインフラ及び安全・リスク管理が重要課題であることがわかる。さらに重要度指数の高い科学技術トピック(図表 I-2-3)を見ると、高齢化・人口減、災害、インフラの安全性など、現時点ですでに明白であり、生活にも身近な今後の社会課題への対応に寄与すると考えられる科学技術が多く挙がっている。

図表 I-2-2 重要度指数(平均値)の高い細目

順位	細目	分野	指数
1	セキュリティ、プライバシー	ICT・アナリティクス・サービス	1.17
2	防災・減災情報	都市・建築・土木・交通	1.12
3	建設生産システム	都市・建築・土木・交通	1.11
4	量子ビーム:放射光	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.10
5	社会実装	ICT・アナリティクス・サービス	1.08
6	IoT・ロボティクス	ICT・アナリティクス・サービス	1.08
7	リスクマネジメント	環境・資源・エネルギー	1.08
8	社会基盤施設	都市・建築・土木・交通	1.07
9	防災・減災技術	都市・建築・土木・交通	1.04
10	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	健康・医療・生命科学	1.04

図表 I-2-3 重要度指数の高い科学技術トピック

順位	科学技術トピック(先頭数字は ID)	分野	指数
1	389: 農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善する AI、IoT、ロボット等技術	ICT・アナリティクス・サービス	1.57
2	39: 老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	健康・医療・生命科学	1.56
3	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)	ICT・アナリティクス・サービス	1.56
4	58: アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	健康・医療・生命科学	1.55
5	541: インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	都市・建築・土木・交通	1.53
6	629: 日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくははしそうな火山を見い出すための切迫度評価	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.51
7	546: 詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	都市・建築・土木・交通	1.51
8	474: エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	マテリアル・デバイス・プロセス	1.50
9	328: ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	ICT・アナリティクス・サービス	1.50
10	644: 高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.50
11	227: 電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	環境・資源・エネルギー	1.48

順位	科学技術トピック(先頭数字は ID)	分野	指数
12	594: IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	都市・建築・土木・交通	1.48
13	335: 自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	ICT・アナリティクス・サービス	1.47
14	337: 大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	ICT・アナリティクス・サービス	1.47
15	21: 病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化と AI 導入	健康・医療・生命科学	1.46
16	33: 血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング	健康・医療・生命科学	1.46
17	560: 高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	都市・建築・土木・交通	1.43
18	667: 日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.43
19	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	都市・建築・土木・交通	1.42
20	566: 都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	都市・建築・土木・交通	1.42

2.1.2. 国際競争力

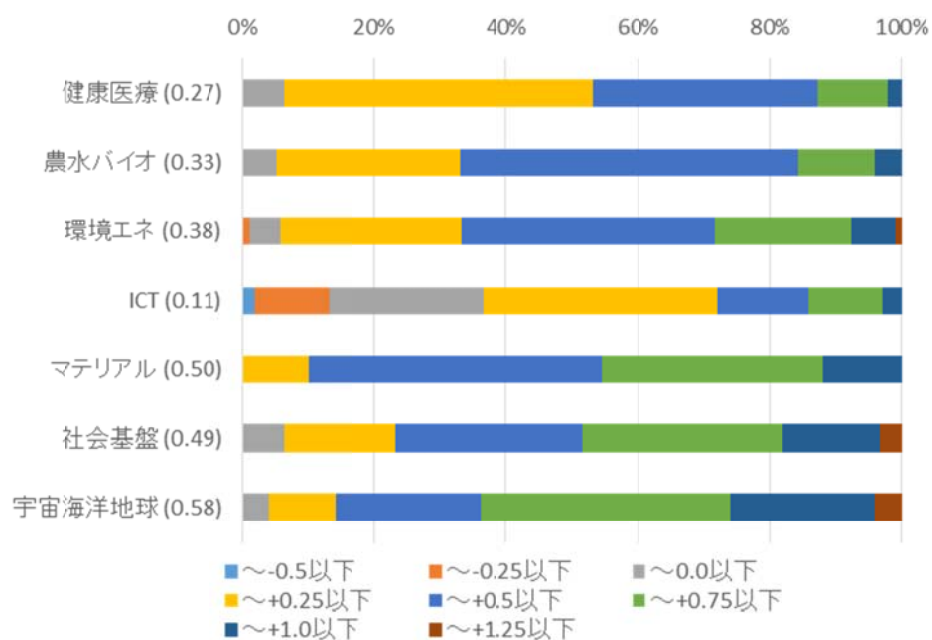
国際競争力とは、現在の日本の置かれた国際競争力の状況であり、主に科学技術の研究開発又はその事業化において日本が有する優位性を意味する。調査では、回答者に対し、非常に高い(+2)、高い(+1)、どちらでもない(0)、低い(-1)、非常に低い(-2)の5段階で評価を求め、結果を指数化した。

全科学技術トピック平均は 0.38 である。指数 1.0 以上の科学技術トピックは 10 件に留まり、全般的に国際競争力が高いとは言えない状況にある。分野別の科学技術トピックの国際競争力指数の分布状況を図表 I-2-4 に示す。健康・医療・生命科学分野及び農林水産・食品・バイオテクノロジー分野は、0.0 超～0.5 以下の範囲に約 8 割の科学技術トピックが収まる。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、0.0 超～0.5 以下の範囲に収まる科学技術トピックは 3～5 割程度であり、0.5 超の科学技術トピックが 5～6 割を占めるなど、競争力が相対的に高い。ICT・アナリティクス・サービス分野は、0.0 超～0.5 以下の範囲に収まる科学技術トピックは同様に 5 割程度であるものの、逆に 0.0 以下の科学技術トピックが 4 割近くを占め、競争力が相対的に低い。環境・資源・エネルギー分野は 7 分野の中で中庸であり、0.0 超～0.5 以下の範囲に収まる科学技術トピックは 7 割弱、0.5 超トピックが 3 割程度である。

国際競争力を細目別に見ると、図表 I-2-5 にあるように、上位 10 細目中の 6 細目を宇宙・海洋・地球・科学基盤分野細目が占め、下位 10 細目中の 8 細目を ICT・アナリティクス・サービス分野細目が占める。国際競争力の高い細目の内容を見ると、災害関連(防災・減災技術、地球、観測・予測など)、光・量子関連、ロボット関連の細目が上位に挙がっている。科学技術トピックについても、図表 I-2-6 にあるように、上位細目に見られたのと同様に災害関連が挙がり、また、宇宙科学、電池関連の科学技術トピックが挙がっている。一方、国際競争力の低い細目を見ると、特に ICT 関連技術の社会での適用に関する細目が上位に挙がっている。科学技術トピックも同様に、下位 20 件のうち 1 件(シェールガス採掘)を除く 19 件が

ICT の社会での適用に関する科学技術トピックである。

図表 I- 2-4 科学技術トピックの国際競争力指数の分布



注：分野略称の後の0内の数値は、国際競争力指数の分野平均値

図表 I- 2-5 国際競争力指数(平均値)の高い／低い細目

(指数の高い細目)

順位	細目	分野	指数
1	防災・減災技術	都市・建築・土木・交通	0.78
2	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.76
3	素粒子・原子核、加速器	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.75
4	地球	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.68
5	観測・予測	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.63
6	光・量子技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.61
7	IoT・ロボティクス	ICT・アナリティクス・サービス	0.59
8	防災・減災情報	都市・建築・土木・交通	0.58
9	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)	マテリアル・デバイス・プロセス	0.58
10	量子ビーム:放射光	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.57

(指数の低い細目)

順位	細目	分野	指数
1	産業、ビジネス、経営応用	ICT・アナリティクス・サービス	-0.33
2	未来社会デザイン	ICT・アナリティクス・サービス	-0.15
3	政策、制度設計支援技術	ICT・アナリティクス・サービス	-0.12
4	社会実装	ICT・アナリティクス・サービス	-0.11
5	サービスサイエンス	ICT・アナリティクス・サービス	0.04
6	データサイエンス・AI	ICT・アナリティクス・サービス	0.07
7	都市・環境	都市・建築・土木・交通	0.14

順位	細目	分野	指数
8	セキュリティ、プライバシー	ICT・アナリティクス・サービス	0.15
9	コンピュータシステム	ICT・アナリティクス・サービス	0.17
10	コミュニティ	農林水産・食品・バイオテクノロジー	0.19

図表 I- 2-6 国際競争力指数の高い／低い科学技術トピック

(指数の高い科学技術トピック)

順位	科学技術トピック(先頭数字は ID)	分野	指数
1	587: 高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	都市・建築・土木・交通	1.16
2	697: 地球上のどこでも 18 桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測(ジオイド計測)が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.11
3	581: アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速 360km での連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で 70dB(A)以下)を満たす技術	都市・建築・土木・交通	1.10
4	586: 線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダ	都市・建築・土木・交通	1.09
5	213: エネルギー効率が 50%の自動車エンジン	環境・資源・エネルギー	1.09
6	659: 宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.07
7	644: 高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.05
8	681: 超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.04
9	588: アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物	都市・建築・土木・交通	1.00
10	660: ニュートリノのマヨラナ性の解明	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1.00
11	625: 超高压・超高温実験ならびにデータ解析技術等による地球のマントル・コアの解明	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.99
12	683: 複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm～mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.99
13	546: 詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	都市・建築・土木・交通	0.99
14	664: 宇宙初期の軽元素合成から星の進化に伴う重元素合成までの進化過程の解明	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.98
15	227: 電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	環境・資源・エネルギー	0.98
16	624: 地球深部で試料採取するための大深度科学掘削技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.96
17	475: 水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	マテリアル・デバイス・プロセス	0.94
18	685: 大強度中性子イメージング技術の高度化による、金属材料内微細構造、磁場の 3 次元可視化計測技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.93

順位	科学技術トピック(先頭数字は ID)	分野	指数
19	589: 構造物の外乱や劣化による損傷時に深刻な被害を回避するための設計法・構造技術(「危機耐性」の確立)	都市・建築・土木・交通	0.93
20	412: 炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	マテリアル・デバイス・プロセス	0.92

(指数の低いトピック)

順位	科学技術トピック(先頭数字は ID)	分野	指数
1	372: クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の 30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる	ICT・アナリティクス・サービス	-0.64
2	379: あらゆるビジネスが少数の世界的なプラットフォームの上で提供されるようになり、販売、決済、仕入、マーケティング、販売分析等の業務がほぼ全てそれらのプラットフォームの上で行われるようになる	ICT・アナリティクス・サービス	-0.59
3	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	ICT・アナリティクス・サービス	-0.48
4	374: 一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	ICT・アナリティクス・サービス	-0.44
5	375: コミュニティや個人間で電力の融通・取引を行う、ブロックチェーン技術等を活用したエネルギーシステム	ICT・アナリティクス・サービス	-0.44
6	373: 移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	ICT・アナリティクス・サービス	-0.42
7	233: 環境汚染のないシェールガス採掘技術	環境・資源・エネルギー	-0.40
8	300: すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	ICT・アナリティクス・サービス	-0.39
9	393: 教育に AI・ブロックチェーンが導入され、学校法人の枠を超えた学習スタイルが構築され、生涯スキルアップ社会の実現	ICT・アナリティクス・サービス	-0.32
10	370: 顧客数や知的財産の重要度が高まり、企業価値を評価する際に、無形資産の評価割合が平均的に企業価値の 70%に達する	ICT・アナリティクス・サービス	-0.32
11	390: 行政サービスの 100%デジタル化、行政保有データの 100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現	ICT・アナリティクス・サービス	-0.31
12	371: 知的財産の扱いが明確化され、新規事業全体のうちオープンイノベーションによる新製品・サービスの割合が 30%を超える	ICT・アナリティクス・サービス	-0.30
13	365: 教育や育成のプロセスでの指標として様々な業種で横断的に使われるような、サービス提供者および組織のスキルや成熟度を診断する手法	ICT・アナリティクス・サービス	-0.28
14	381: 法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む)	ICT・アナリティクス・サービス	-0.27
15	376: AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	ICT・アナリティクス・サービス	-0.25
16	397: すべての国民が IT リテラシーを身につけることによる、誰もがデジタル化の便益を享受できるインクルーシブな社会の実現と IT 人材不足の解消	ICT・アナリティクス・サービス	-0.23

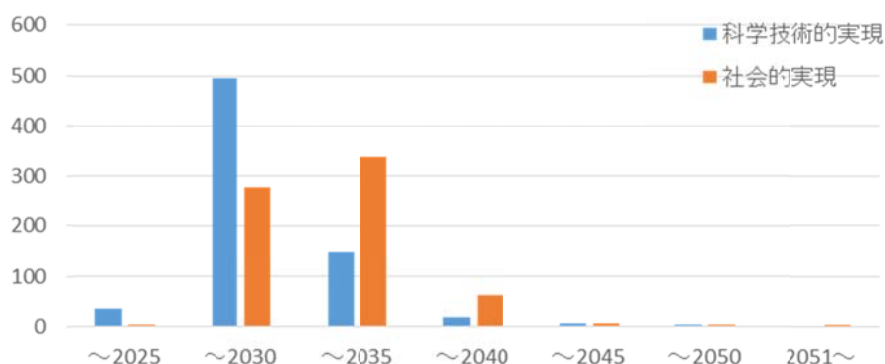
順位	科学技術トピック(先頭数字は ID)	分野	指数
17	228: コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	環境・資源・エネルギー	-0.23
18	302: 全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	ICT・アナリティクス・サービス	-0.22
19	327: あらゆるデータのオントロジーの統一による、世界中のデータ流通や共有コストの劇的減少	ICT・アナリティクス・サービス	-0.22
20	655: 社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	宇宙・海洋・地球・科学基盤	-0.22

2.1.3. 実現見通し

実現見通しについては、5 年刻みの選択肢を用いて回答を求めた。ここでは、回答の中央値を実現時期の代表値として用いる。選択肢には、「実現済」、「実現しない」、「わからない」も設けており、実現予測年はこれらの回答を除いて算出している。実現見通しについては、予測された実現時期とともに、これらの選択肢を選択した者の割合にも留意する必要がある。

予測された実現時期の分布を図表 I-2-7 に示す。科学技術的实现時期については、2026～2030 年がピークとなり、2030 年までに全科学技術トピック 702 件の 76%、2035 年までに 97%が実現すると予測された。一方社会的実現については、社会的実現を尋ねた 691 件のうち、2030 年までに 41%、2035 年までに 89%が実現するとされた。ターゲットイヤーとした 2040 年には、科学技術的实现は 99%、社会的実現は 98%に達する。

図表 I-2-7 実現予測時期の分布



科学技術的实现が 2036 年以降と予測された科学技術トピック 23 件を図表 I-2-8 に示す。このうち約半数の 12 件は社会的実現が 2041 年以降と予測されている。環境・資源・エネルギー分野の科学技術トピックが 11 件と半数を占め、次いで、都市・建築・土木・交通分野及び宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の科学技術トピックが 4 件ずつとなっている。内容を見ると、原子力・核融合、宇宙科学及び開発、資源採取・回収、脳科学等が挙がる。

図表 I- 2-8 科学技術的実現が 2036 年以降と予測された科学技術トピック

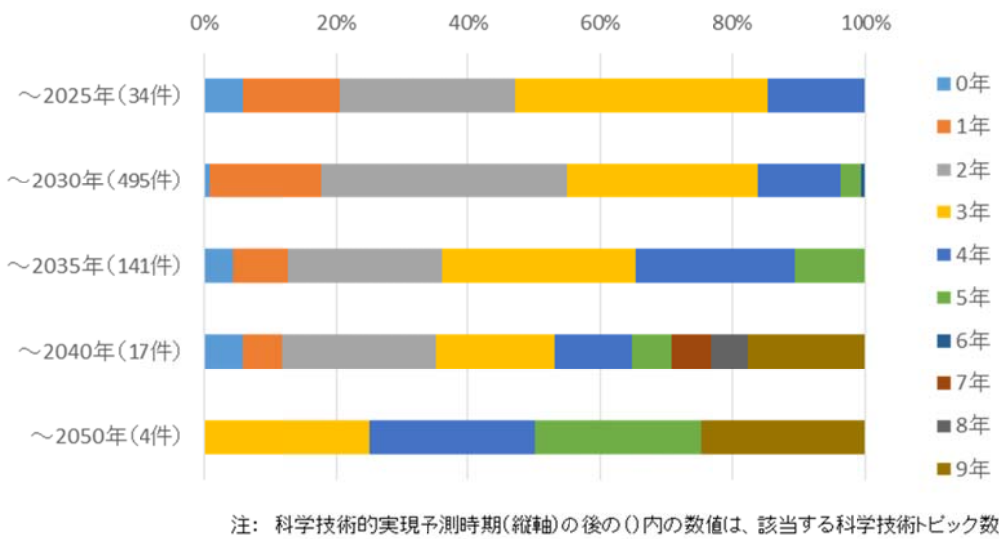
実現年 (技)*	実現年 (社)*	科学技術トピック (銭湯数字はID)	分野
2036	2045	206: 濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	環境・資源・エネルギー
2036	2043	240: 空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	環境・資源・エネルギー
2036	2040	168: 生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	農林水産・食品・バイオテクノロジー
2036	2039	55: うつ病・双極性障害の細胞レベルの脳病態分類に基づく、即効性で再発のない新規治療法	健康・医療・生命科学
2036	2039	479: CO ₂ 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	マテリアル・デバイス・プロセス
2036	2038	212: 物質やエネルギーのスマートユースに基づく、自立型都市圏の設計手法	環境・資源・エネルギー
2036	2038	236: メタンハイドレート採掘利用技術	環境・資源・エネルギー
2036	2038	536: 宇宙利用のためのインフラ設計・施工・維持管理技術	都市・建築・土木・交通
2036	2037	529: ZEB(ゼブ: ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築	都市・建築・土木・交通
2037	2046	215: 事故時にも避難が必要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	環境・資源・エネルギー
2037	2041	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	健康・医療・生命科学
2037	2039	613: 宇宙で利用可能な重力波干渉計	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2037	2036	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	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2038	2047	205: 核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	環境・資源・エネルギー
2039	2044	237: 海水中から経済的にウランなどの希少金属を回収する技術	環境・資源・エネルギー
2039	2042	256: 深度 5000m 程度に存在する超臨界水を利用した地熱発電技術	環境・資源・エネルギー
2040	2048	203: 宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	環境・資源・エネルギー
2041	2044	245: 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	環境・資源・エネルギー
2043	2051～	526: 長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術	都市・建築・土木・交通
2043	2048	525: 海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	都市・建築・土木・交通
2043	—	658: 量子重力理論の確立・検証	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2043	—	662: ダークエネルギーの正体の解明	宇宙・海洋・地球・科学基盤
2047	2051～	204: 核融合発電	環境・資源・エネルギー

*実現年(技):科学技術的実現予測時期、 実現年(社):社会的実現予測時期

科学技術的実現予測時期別に社会的実現までの期間を見たのが、図表 I-2-9 である。全科学技術トピックの平均は 2.6 年である。2030 年までに科学技術的実現すると予測された科学技術トピックについては、その 84%がその後 3 年程度で社会に適用されると予測されている。それ以降の科学技術的実現が見込まれる科学技術トピックについては社会的実現までにより長い期間を要すると予測されている。

科学技術的実現から社会的実現までの年数が 6 年以上の科学技術トピック 8 件を図表 I-2-10 に示す。環境・資源・エネルギー分野の科学技術トピックが 6 件を占め、そのうちの 5 件は図表 I-2-8 に示した科学技術的実現の遅いトピックである。マテリアル・デバイス・プロセス分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野の科学技術トピックは社会インフラの大幅な変革を求めるものであり、導入に時間を要すると予測された。

図表 I- 2-9 科学技術的実現予測時期別の科学技術的実現から社会的実現までの期間



図表 I- 2-10 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

期間	実現年 (技)*	実現年 (社)*	科学技術トピック (先頭数字は ID)**	分野
9	2038	2047	205: 核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	環境・資源・エネルギー
9	2037	2046	215: 事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	環境・資源・エネルギー
9	2036	2045	206: 濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	環境・資源・エネルギー
8	2040	2048	203: 宇宙太陽発電システム (宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	環境・資源・エネルギー
7	2036	2043	240: 空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	環境・資源・エネルギー
6	2030	2036	257: 枯渇を示す地熱貯留層に対する人工涵養技術	環境・資源・エネルギー
6	2030	2036	492: 重量物を積載したトラックの走行に対して耐える構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム	マテリアル・デバイス・プロセス

期間	実現年 (技)*	実現年 (社)*	科学技術トピック（先頭数字はID）**	分野
6	2027	2033	374: 一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	ICT・アナリティクス・サービス

*実現年(技):科学技術の実現予測時期、 実現年(社):社会的実現予測時期

**社会的実現が 2051 年以降と予測された科学技術トピック 2 件(図表 I-2-8 参照)を除く

「実現しない」あるいは「わからない」が多く選択された科学技術トピックについて見る。まず、「実現しない」の選択者が多かった計 12 件を見ると、図表 I-2-11 にあるように、環境・資源・エネルギー分野が 6 件、ICT・アナリティクス・サービス分野が 4 件を占める。環境・資源・エネルギー分野の科学技術トピックは、1 件を除いて実現時期の予測が 2036 年以降である。一方、ICT・アナリティクス・サービス分野の科学技術トピックは、技術的実現と社会的実現において割合に違いが見られるものが多く、技術的には可能となっても社会には適用されないと考える者の多いものが存在する。このうち、科学技術的実現について「実現しない」が最も多く選択された地震関連の科学技術トピック 2 件は、重要度指数が 1.0 を超え、実現が期待されているトピックである。

図表 I-2-11 「実現しない」が多く選択された科学技術トピック(科学技術的/社会的実現上位 10 件)

実現年 (技/社)* ¹	科学技術トピック（先頭数字はID）	分野	「実現しない」の 割合(技、社)* ²	
2037/2036	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	宇宙・海洋・地球・科学基盤	28%	26%
2034/2035	633: 地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード 8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤	27%	28%
2037/2046	215: 事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	環境・資源・エネルギー	26%	31%
2028/2032	301: すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	ICT・アナリティクス・サービス	21%	37%
2028/2032	373: 移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	ICT・アナリティクス・サービス	20%	25%
2036/2045	206: 濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	環境・資源・エネルギー	18%	24%
2040/2048	203: 宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	環境・資源・エネルギー	18%	(21%)
2032/2036	376: AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	ICT・アナリティクス・サービス	17%	25%
2041/2044	245: 高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	環境・資源・エネルギー	17%	(21%)
2038/2047	205: 核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	環境・資源・エネルギー	17%	23%
2030/2032	378: ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の 10%以下となる	ICT・アナリティクス・サービス	(15%)	22%
2031/2033	233: 環境汚染のないシェールガス採掘技術	環境・資源・エネルギー	(10%)	23%

*1 実現年(技/社): 科学技術の実現予測時期/社会的実現予測時期。計算上、実現時期が逆転しているものがある。

*2 科学技術的実現、社会的実現のそれぞれ上位 10 件を示す。該当しない場合、割合はカッコ書き。

続いて、「わからない」を選択した者の割合が多い科学技術トピック 13 件を見ると、図表 I-2-12 にあるように、農林水産・食品・バイオテクノロジー分野 4 件、都市・建築・土木・交通分野 3 件、マテリアル・デバイス・プロセス分野、環境・資源・エネルギー分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野各 2 件となっている。水、動植物、鉱物、エネルギーなど様々な資源の管理技術が多く見られる。

図表 I-2-12 「わからない」が多く選択された科学技術トピック(科学技術的/社会的実現上位 10 件)

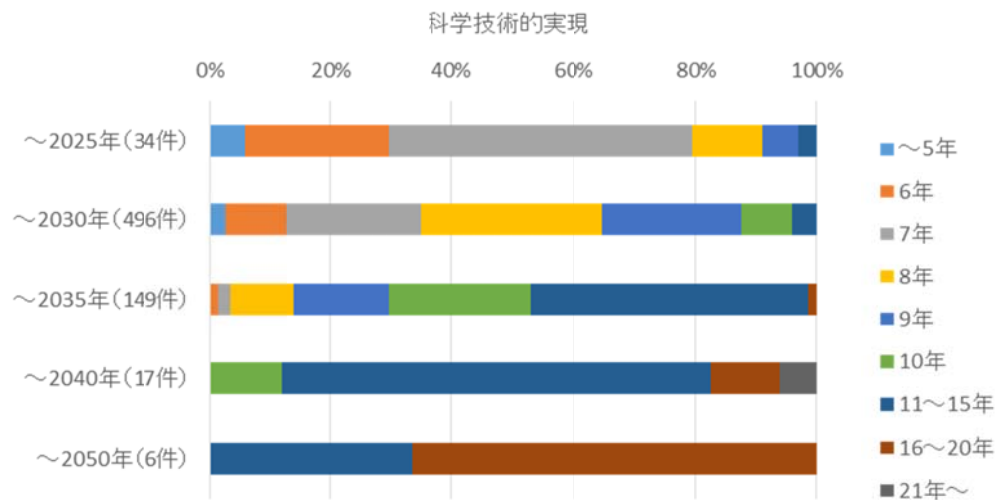
実現年 (技/社)* ¹	科学技術トピック (先頭数字は ID)	分野	「わからない」の 割合(技、社)* ²	
2029/2030	455: 角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	マテリアル・デバイス・プロセス	58%	60%
2029/2032	511: 適切な国際的管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	都市・建築・土木・交通	58%	61%
2032/2034	163: 萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	農林水産・食品・バイオテクノロジー	54%	55%
2036/2043	240: 空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	環境・資源・エネルギー	52%	52%
2043/2048	525: 海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	都市・建築・土木・交通	52%	58%
2033/2037	138: 森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	農林水産・食品・バイオテクノロジー	50%	50%
2031/2033	137: 異常気象等に対応する防災型林道仕様の科学的設計技術	農林水産・食品・バイオテクノロジー	49%	(43%)
2033/2036	505: 量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	マテリアル・デバイス・プロセス	48%	50%
2035/2039	238: 温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術	環境・資源・エネルギー	47%	(47%)
2043/ー	658: 量子重力理論の確立・検証	宇宙・海洋・地球・科学基盤	47%	ー
2030/2033	190: 水産資源管理のための人文社会科学と AI を駆使した社会システム	農林水産・食品・バイオテクノロジー	(45%)	52%
2036/2037	529: ZEB(ゼブ: ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築	都市・建築・土木・交通	(45%)	50%
2037/2039	613: 宇宙で利用可能な重力波干渉計	宇宙・海洋・地球・科学基盤	(24%)	51%

*1 実現年(技/社): 科学技術的実現予測時期/社会的実現予測時期。

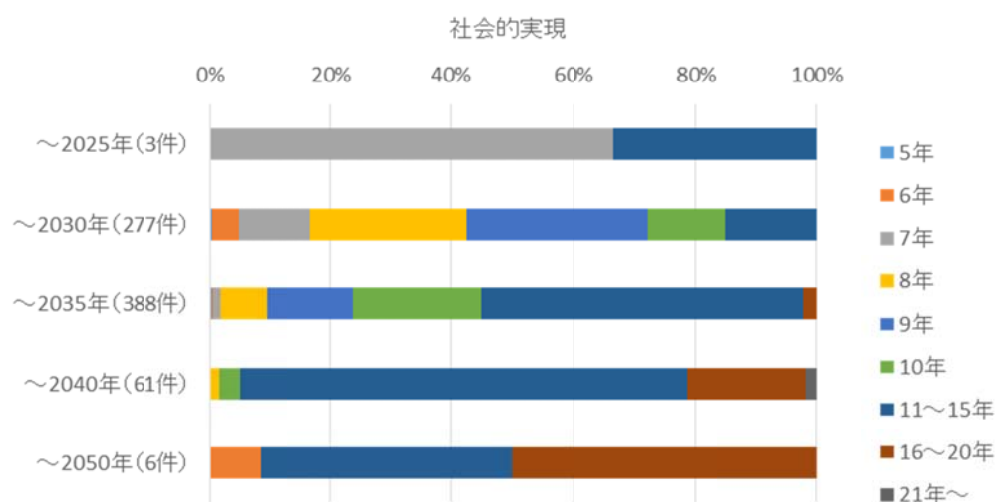
*2 科学技術的実現、社会的実現のそれぞれ上位 10 件を示す。該当しない場合、割合はカッコ書き。

次に、実現予測時期の回答の幅を図表 I-2-13 に示す。ここでは、実現予測時期回答のうち早い方から 1/4 番目と 3/4 番目との差(四分位範囲)を回答幅としている。

図表 I- 2-13 実現予測時期の回答幅の分布



注：科学技術的実現予測時期(縦軸)の後の()内の数値は、該当する科学技術トピック数

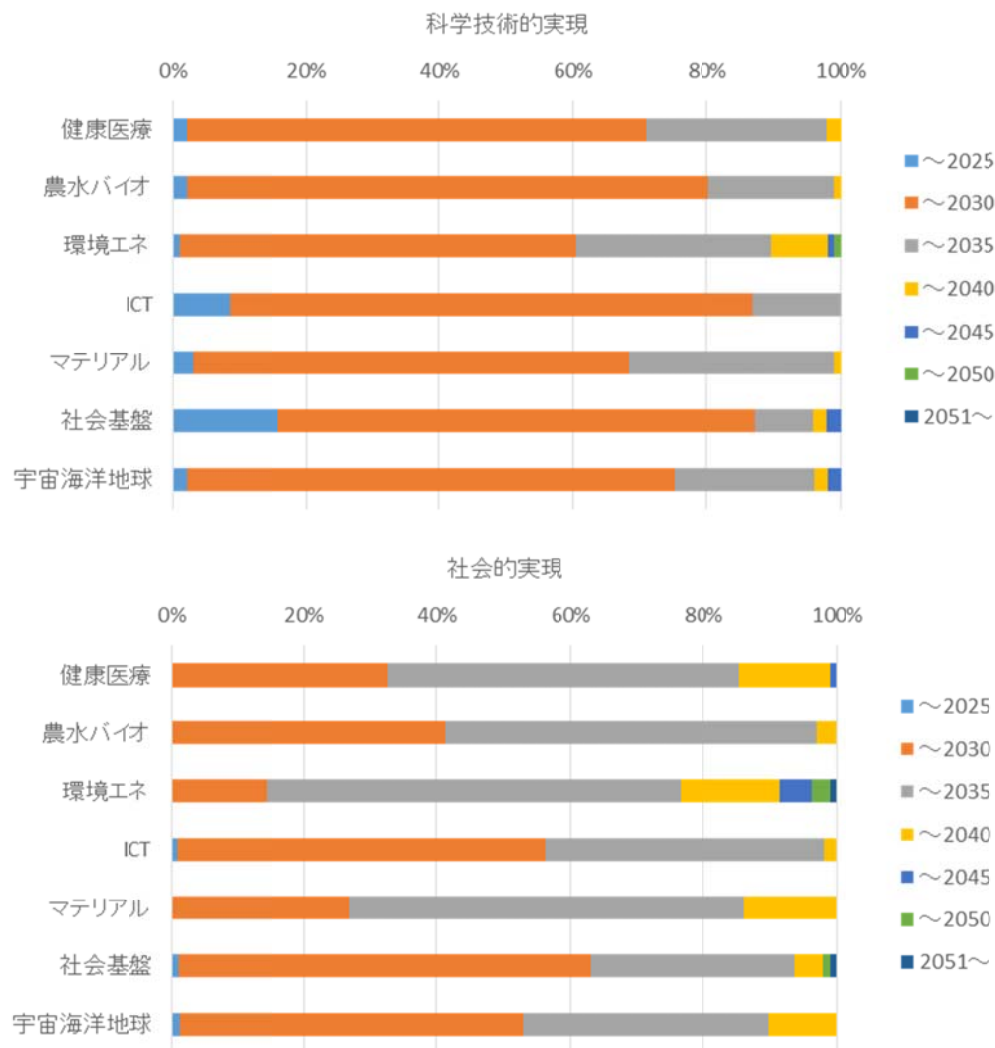


注：社会的実現予測時期(縦軸)の後の()内の数値は、該当する科学技術トピック数

科学技術的実現では全トピック平均 8.7 年、社会的実現では全トピック平均 10.3 年となっており、社会的実現において専門家の意見がより分かれている。また、2030 年までの実現が予測された科学技術トピックでは、そのうちの 96%(科学技術的実現)、85%(社会的実現)の科学技術トピックにおいて回答幅が 10 年以内に収まる一方、2031 年以降の実現が予測された科学技術トピックでは、回答幅が 10 年以内に収まるのは、そのうちの 47%(科学技術的実現)、38%(社会的実現)に減少する。10 年後以降の予測については、専門家の中でも意見が分かれていることがわかる。

次に、分野別の特徴を見る。分野別の実現予測時期の分布を見たのが、図表 I-2-14 である。科学技術的実現については、いずれの分野においても 2026~2030 年に実現すると予測された科学技術トピックが 6~8 割と最も多い。続いて割合の多い時期区分を見ると、健康・医療・生命科学分野、環境・資源・エネルギー分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野では、2031~2035 年の実現が予測された科学技術トピックが 3 割を占めており、科学技術的実現の遅い科学技術トピックが相対的に多い。

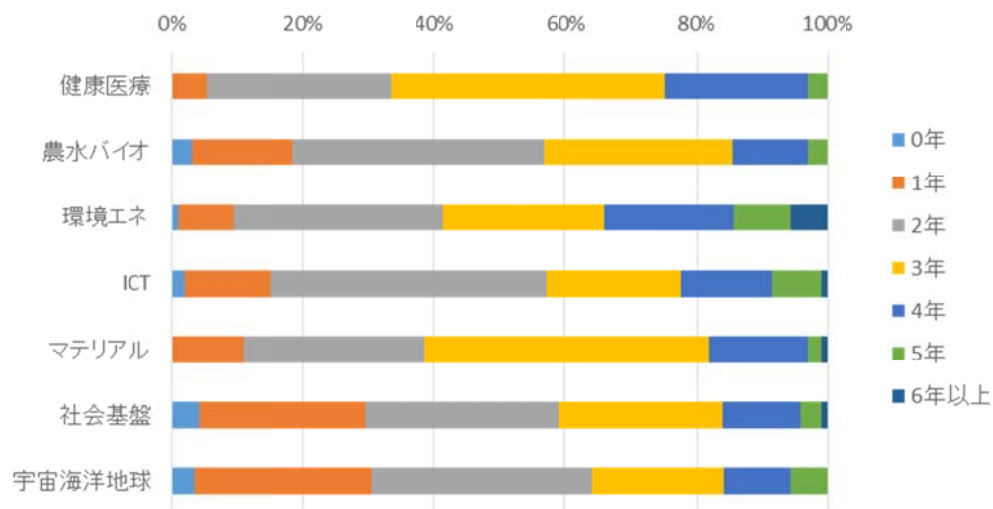
図表 I- 2-14 各分野の実現予測時期の分布



社会的実現については、2026～2030 年の実現をピークとする分野（ICT・アナリティクス・サービス、都市・建築・土木・交通、宇宙・海洋・地球・科学基盤）と 2031～2035 年の実現をピークとする分野（健康・医療・生命科学、農林水産・食品・バイオテクノロジー、環境・資源・エネルギー、マテリアル・デバイス・プロセス）に分かれる。後者の 4 分野のうちの 3 分野は、科学技術的実現が相対的に遅い分野でもある。

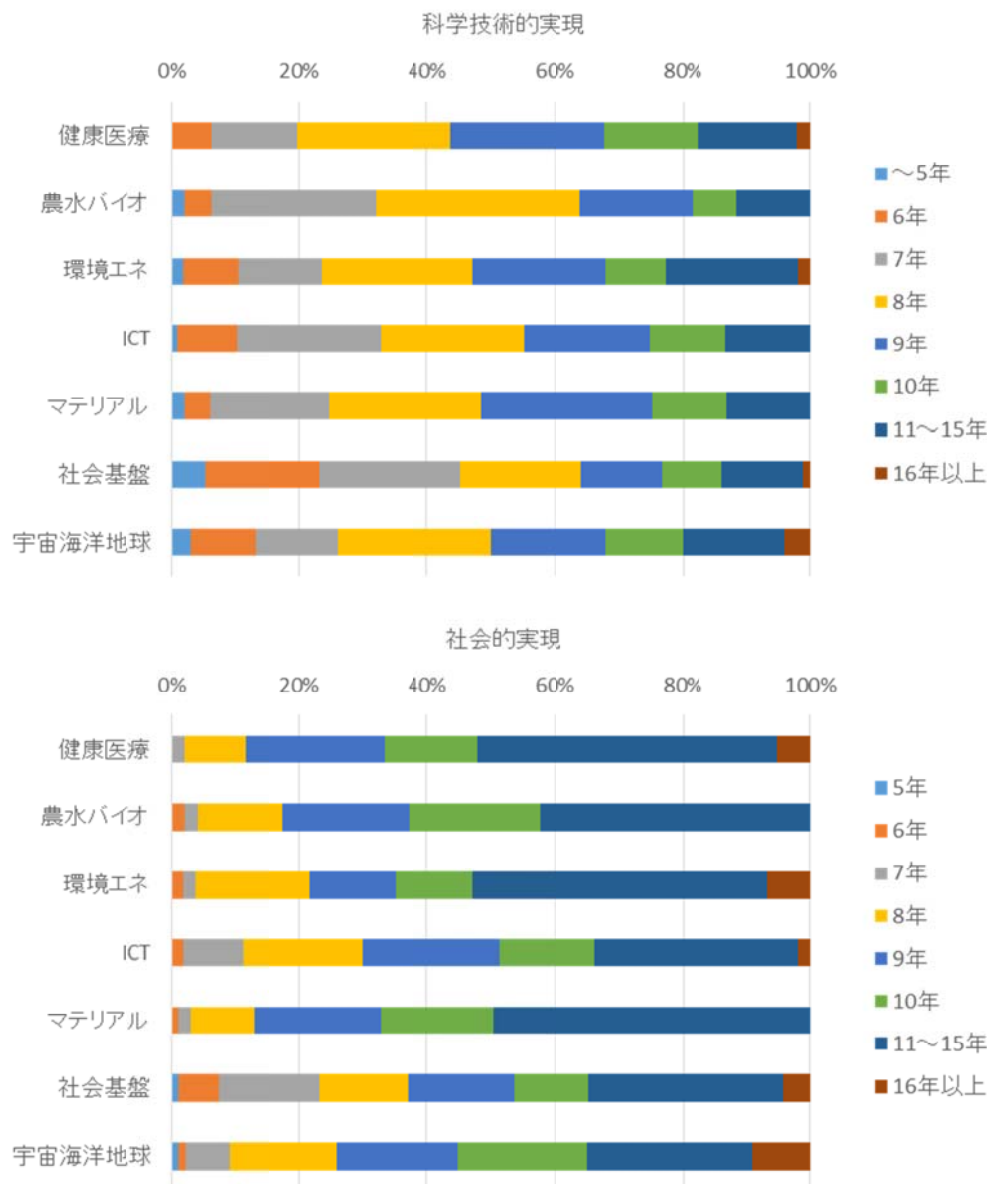
科学技術的実現から社会的実現までの期間を見ると、図表 I-2-15 にあるように、環境・資源・エネルギー分野において期間の長い科学技術トピックが多い。健康・医療・生命科学分野、環境・資源・エネルギー分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野の 3 分野は、上述のように科学技術的実現及び社会的実現が遅い分野であるが、環境・資源・エネルギー分野は、科学技術があっても社会的実現までに時間を要する分野と言える。

図表 I- 2-15 各分野の科学技術的実現から社会的実現までの期間の分布



図表 I-2-16 に実現予測時期の回答幅の分布を示す。科学技術的実現については、科学技術トピックの約半数が収まる 8 年以内に着目すると、健康・医療・生命科学分野、環境・資源・エネルギー分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野において回答幅が大きい科学技術トピックが多い。一方社会的実現時期については、同様に科学技術トピックの約半数が収まる 10 年以内に着目すると、健康・医療・生命科学分野、環境・資源・エネルギー分野、マテリアル・デバイス・プロセス分野において回答幅が大きい。全体傾向で見えたように、実現予測時期の遅い 3 分野において専門家の回答が分かれている。

図表 I- 2-16 各分野の実現予測時期の回答幅の分布



2.1.4. 実現に向けた政策手段

科学技術的実現に向けた政策手段について、分野ごとの平均値を図表 I-2-17 に示す。人材育成、研究開発費の拡充(資金拡充)、研究開発基盤整備(環境整備)がいずれの分野においても三大政策手段となっている。それに続く政策手段として、国内あるいは国際的な連携・協力が挙がる。法規制整備及び ELSI 対応については、分野による違いが大きい。

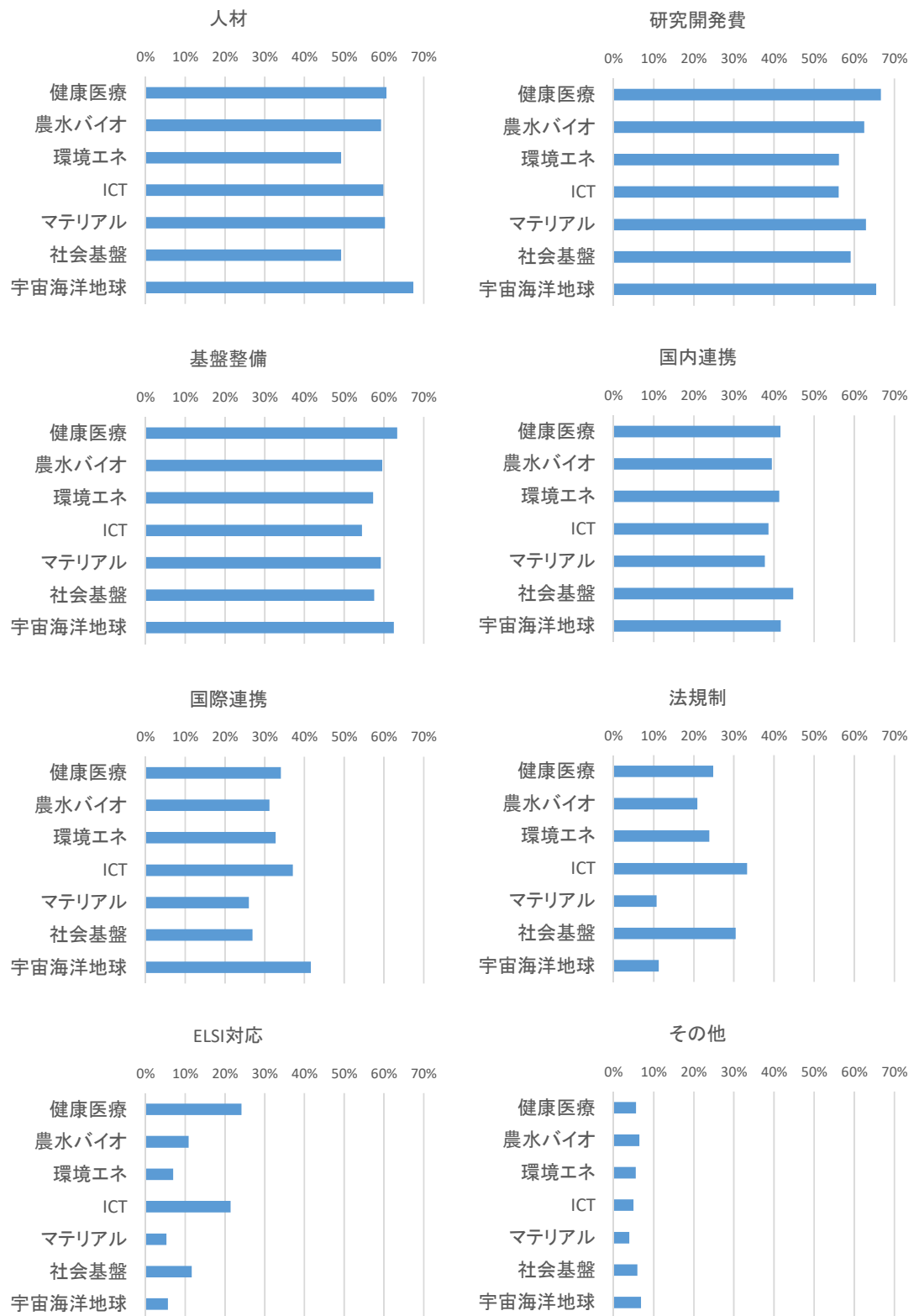
人材育成については、総じて 6 割程度の回答者が選択しているが、環境・資源・エネルギー分野及び都市・建築・土木・交通分野において他分野と比較して相対的に選択された割合が低い。国内あるいは国際的な連携・協力については、いずれも 3～4 割程度の回答者が選択している。国内と国際の差を見ると、国内の連携・協力の割合が大きい分野として、マテリアル・デバイス・プロセス分野及び都市・建築・土木・交通分野が挙げられる。ICT・アナリティクス・サービス分野及び宇宙・海洋・地球・科学基盤分野は、

国内連携・協力と国際連携・協力が同程度に必要とされている。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3割程度と多く選択されており、マテリアル・デバイス・プロセス分野及び宇宙・海洋・地球・科学基盤分野において選択された割合が小さい。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・サービス分野において選択された割合が大きい。

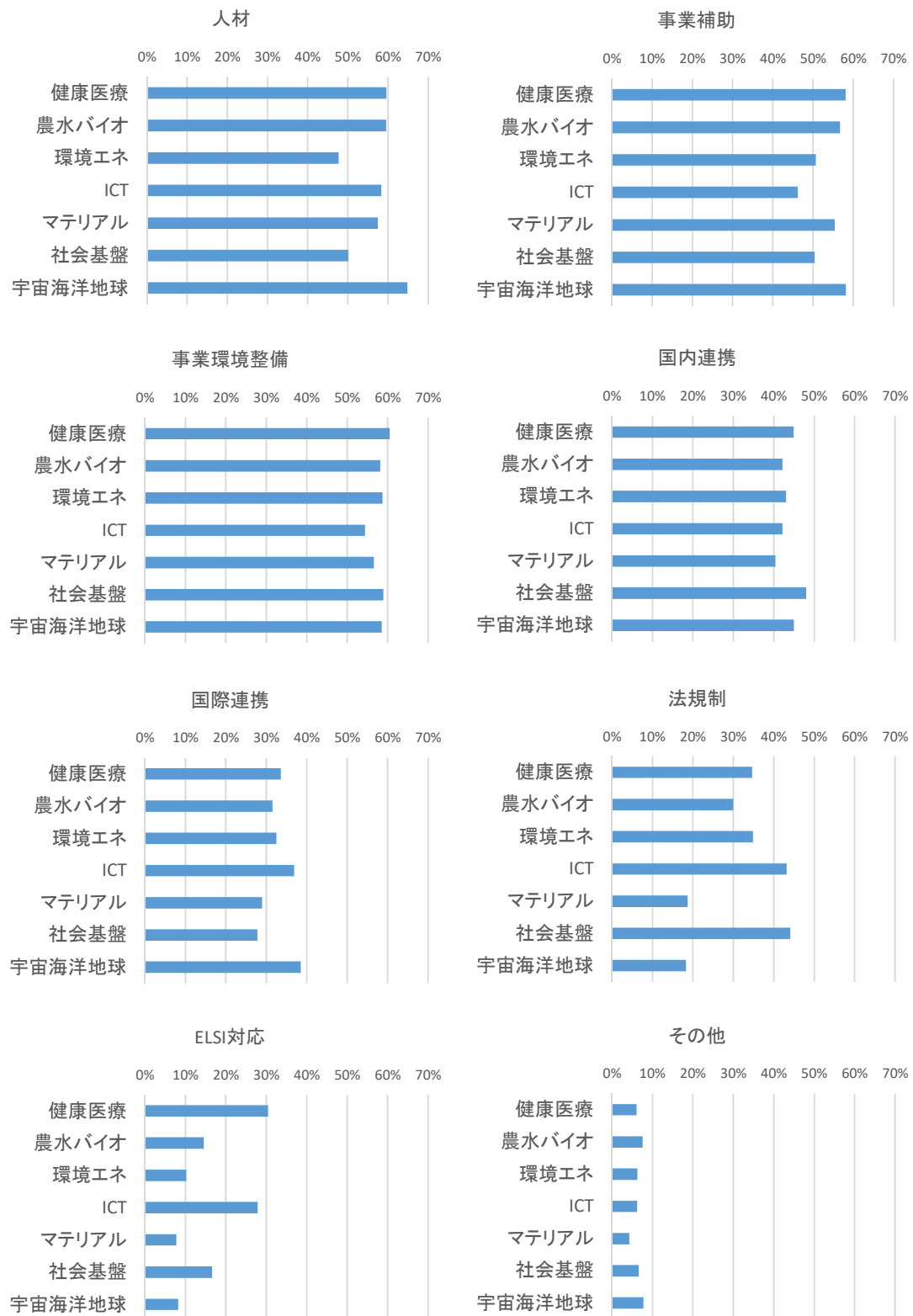
社会的実現に向けた手段を見ると、図表 I-2-18 に示すように、科学技術的实现と同様、人材育成、事業補助(資金拡充)、事業環境整備(環境整備)が三大政策手段となっているが、資金の必要性は科学技術的实现に比べて減少する。その一方、法規制整備及び ELSI 対応が科学技術的实现よりも多く選択され、特に法規制整備については、ほとんどの分野で選択された割合が10%程度以上多くなっている。

政策手段毎に選択された割合が多かった細目を図表 I-2-19 に示す。科学技術的实现に向けた政策手段と社会的実現に向けた政策手段で挙げた細目を見ると、順位の入替えはあるものの細目の一致度は高い。三大政策とされた人材、資金、環境について見ると、海洋、量子ビーム、脳科学の3細目はほとんどの項目で上位に挙げられている。その他の細目では、人材育成に関してデータ科学関連の2細目が挙げられていること、医薬品については科学技術的实现、環境エネルギー関連技術については社会的実現に向けて資金拡充が必要とされていること、システム構築関連の細目において環境整備が必要とされていることが注目される。また、国内連携・協力ではインフラやマネジメント関連の細目が挙がり、国際連携・標準化では、宇宙、海洋、地球温暖化など国際的な取組が関連する細目が挙がる。法規制整備では、ICT・アナリティクス・サービス分野の細目が挙がり、ELSI 対応では ICT・アナリティクス・サービス分野及び健康・医療・生命科学分野の細目が挙がる。

図表 I- 2-17 科学技術の実現に向けた政策手段が選択された割合(分野平均)



図表 I- 2-18 社会的実現に向けた政策手段が選択された割合(分野平均)



図表 I-2-19 各政策手段が多く選択された細目(回答者に対する選択者の割合の高い上位 5 細目)

政策 ^{*1}		細目(技) ^{*2}	細目(社) ^{*3}
人材育成	1	素粒子・原子核、加速器 [宇宙海洋地球]	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]
	2	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]	計算科学・データ科学 [マテリアル]
	3	データサイエンス・AI [ICT]	脳科学 [健康医療]
	4	脳科学 [健康医療]	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等 [宇宙海洋地球]
	5	計算科学・データ科学 [マテリアル]	データサイエンス・AI [ICT]
資金拡充	1	海洋 [宇宙海洋地球]	海洋 [宇宙海洋地球]
	2	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]
	3	脳科学 [健康医療]	観測・予測 [宇宙海洋地球]
	4	医薬品 [健康医療]	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野) [マテリアル]
	5	インタラクション [ICT]	脳科学 [健康医療]
環境整備	1	海洋 [宇宙海洋地球]	システム基盤 [農水バイオ]
	2	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]	建設生産システム [社会基盤]
	3	脳科学 [健康医療]	海洋 [宇宙海洋地球]
	4	健康危機管理 [健康医療]	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]
	5	システム基盤 [農水バイオ]	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野) [マテリアル]
国内連携	1	建設生産システム [社会基盤]	リスクマネジメント [環境エネ]
	2	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]	システム基盤 [農水バイオ]
	3	海洋 [宇宙海洋地球]	量子ビーム:放射光 [宇宙海洋地球]
	4	リスクマネジメント [(環境エネ]	海洋 [宇宙海洋地球]
	5	都市・環境 [社会基盤]	建設生産システム [社会基盤]
国際連携	1	宇宙 [宇宙海洋地球]	地球温暖化 [環境エネ]
	2	素粒子・原子核、加速器 [宇宙海洋地球]	宇宙 [宇宙海洋地球]
	3	地球温暖化 [(環境エネ]	観測・予測 [宇宙海洋地球]
	4	海洋 [宇宙海洋地球]	ネットワーク・インフラ [ICT]
	5	観測・予測 [宇宙海洋地球]	海洋 [宇宙海洋地球]
法規制	1	産業、ビジネス、経営応用 [ICT]	交通システム [社会基盤]
	2	未来社会デザイン [ICT]	社会実装 [ICT]
	3	政策、制度設計支援技術 [ICT]	未来社会デザイン [ICT]
	4	社会実装 [ICT]	産業、ビジネス、経営応用 [ICT]
	5	交通システム [社会基盤]	政策、制度設計支援技術 [ICT]
ELSI	1	情報と健康、社会医学 [健康医療]	情報と健康、社会医学 [健康医療]
	2	政策、制度設計支援技術 [ICT]	政策、制度設計支援技術 [ICT]
	3	未来社会デザイン [ICT]	社会実装 [ICT]
	4	社会実装 [ICT]	未来社会デザイン [ICT]
	5	医薬品 [健康医療]	医薬品 [健康医療]

*1 人材育成:人材の育成・確保、資金拡充:研究開発費の拡充/事業補助、環境整備:研究基盤整備/事業環境整備、国内連携:国内連携・協力、国際連携:国際連携・標準化、法規制:法規制の整備、ELSI:ELSI 対応

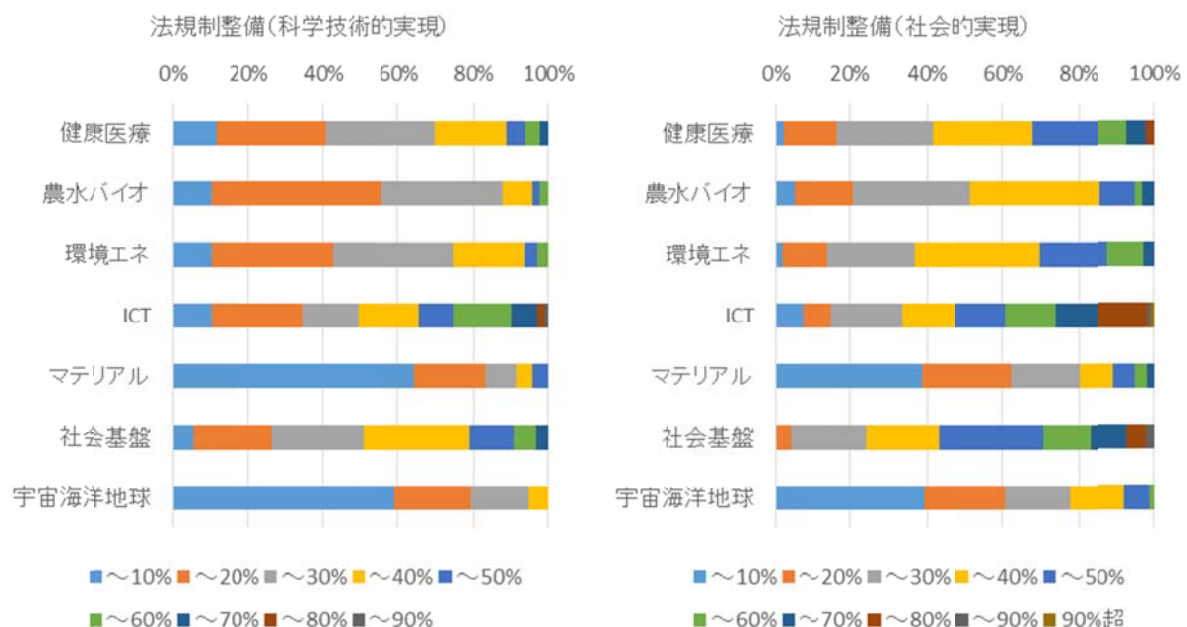
*2 科学技術の実現に向けた政策手段として、当該政策が多く選択された細目。[]内は細目の属する分野名略称。

*3 社会的実現に向けた政策手段として、当該政策が多く選択された細目。[]内は細目の属する分野名の略称。

今回調査において特に注目した法規制整備及び倫理的・法的・社会的課題(ELSI)対応について、その詳細を見る。

法規制整備が選択された割合(各科学技術トピックの回答者のうち法規制整備を選択した者の割合)の分布を分野別に示したのが、図表 I-2-20 である。いずれの分野においても、社会的実現の方が必要性が高まっている。分野別には、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(図表中では「社会基盤」)において、選択された割合の高いトピックが多く存在する。特に ICT・アナリティクス・サービス分野については、回答者の5割を超える者が法規制整備を選択した科学技術トピックの数が科学技術の実現では 27 件(25%)、社会的実現では 42 件(39%)に及ぶ。図表 I-2-21 に、法規制整備が選択された割合の高い科学技術トピックを示す。科学技術の実現に向けた政策手段あるいは社会的実現に向けた政策手段として選択された割合の多かったそれぞれ上位 10 件、計 14 件のうち、8 件が ICT・アナリティクス・サービス分野、5 件が都市・建築・土木・交通分野の科学技術トピックである。

図表 I- 2-20 「法規制整備」が選択された割合の分布



図表 I- 2-21 「法規制整備」が多く選択された科学技術トピック

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	割合 (技/社)*1	実現年 (技/社)*2
ICT・アナリティクス・サービス	302: 全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	81%/90%	2027/2032
都市・建築・土木・交通	566: 都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	(61%)/85%	2025/2029
都市・建築・土木・交通	568: レベル 5 の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	(58%)/85%	2030/2034
ICT・アナリティクス・サービス	300: すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	77%/81%	2027/2032

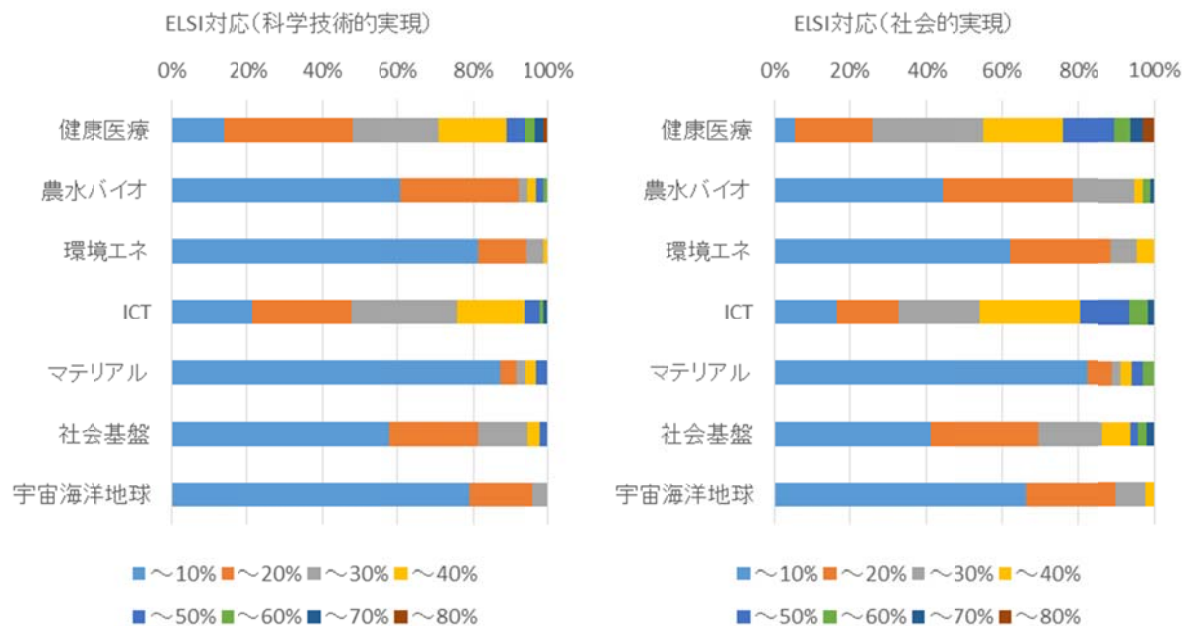
分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	割合 (技/社)*1	実現年 (技/社)*2
都市・建築・土木・交通	570: 都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	64%/ 80%	2029/ 2033
ICT・アナリティクス・サービス	374: 一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	71%/ 78%	2027/ 2033
都市・建築・土木・交通	567: 公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム	(48%)/ 78%	2024/ 2026
ICT・アナリティクス・サービス	355: 個人の社会活動や企業の経済活動を、ほぼ 100%キャッシュレス(暗号通貨含む)に実現できる、セキュアで効率的、かつ安心感を持てる経済基盤(金融機関だけでなく、商店、個人まで)	65%/ 77%	2026/ 2030
ICT・アナリティクス・サービス	387: AI 技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム(法令文書が紙媒体前提からリンクドデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることに伴う)	64%/ 77%	2028/ 2033
都市・建築・土木・交通	564: 歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ	(55%)/ 77%	2026/ 2027
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	63%/ (75%)	2027/ 2031
健康・医療・生命科学	73: プレシジョン医療の実現や医療の質向上に資する、IC チップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	64%/ (74%)	2026/ 2029
ICT・アナリティクス・サービス	382: 分散台帳技術やスマートコントラクトなどの活用による、知的財産の流通における中央機関のない自律分散化	66%/ (73%)	2031/ 2035
ICT・アナリティクス・サービス	380: 機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)	68%/ (71%)	2035/ 2035

*1 「科学技術の実現に向けた政策手段として選択された割合／社会的実現に向けた政策手段として選択された割合」を記載。それぞれ上位 10 件を表示(割合がカッコ書きの場合、上位 10 件には含まれないことを示す)。

*2 「科学技術の実現予測時期／社会的実現予測時期」を記載。

「倫理的・法的・社会的課題(ELSI)への対応」が選択された割合の分布を図表 I-2-22 に示す。法規制整備と同様、社会的実現においてより必要性が高まる。分野別に見ると、選択した回答者が多い分野は、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・交通分野である。全体では、選択された割合が 20%以下の科学技術トピックが 7～8 割を占めるのに対し、健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野では、科学技術の実現では 5 割程度、社会的実現では 3 割程度に留まる。図表 I-2-23 に、「倫理的・法的・社会的課題(ELSI)への対応」が選択された割合の高い科学技術トピックを示す。科学技術の実現に向けての上位 10 件と社会的実現に向けての上位 10 件は、9 件が共通しており、計 11 件である。このうち、健康・医療・生命科学分野の科学技術トピックが 6 件と半数を占め、次いで ICT・アナリティクス・サービス分野が 3 件挙がっている。内容を見ると、個人情報、遺伝子・ゲノム情報、生命倫理などに関するトピックである。

図表 I- 2-22 「倫理的・法的・社会的課題への対応」が選択された割合の分布



図表 I- 2-23 「倫理的・法的・社会的課題(ELSI)への対応」が多く選択された科学技術トピック

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	割合 (技/社)*1	実現年 (技/社)*2
健康・医療・生命科学	84: 新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI (倫理的・法的・社会的課題) の解決策	70%/73%	2028/2032
健康・医療・生命科学	15: 次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法	55%/72%	2029/2033
健康・医療・生命科学	16: 先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	58%/71%	2032/2037
健康・医療・生命科学	13: 動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	61%/69%	2031/2035
ICT・アナリティクス・サービス	380: 機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)	62%/69%	2035/2035
農林水産・食品・バイオ	160: 遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	54%/69%	2029/2034
健康・医療・生命科学	73: プレシジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	60%/67%	2026/2029
ICT・アナリティクス・サービス	388: ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム(未病社会を実現)	56%/67%	2028/2033
健康・医療・生命科学	74: ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)	56%/64%	2027/2029
都市・建築・土木・交通	568: レベル 5 の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	(37%)/63%	2030/2034

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	割合 (技/社)*1	実現年 (技/社)*2
ICT・アナリティクス・サービス	381: 法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む)	50%/ (50%)	2031/ 2033

*1 「科学技術的実現に向けた政策手段として選択された割合／社会的実現に向けた政策手段として選択された割合」を記載。それぞれ上位 10 件を表示(割合がカッコ書きの場合、上位 10 件には含まれないことを示す)。

*2 「科学技術的実現予測時期／社会的実現予測時期」を記載。

2.1.5. まとめ

各調査項目についてまとめると、以下のような結果であった。

重要度については、取り上げた 702 件のほとんどが重要とされた。重要度が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。該当する細目や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、今後の社会課題への対応に寄与すると考えられる科学技術トピックが上位に挙げられた。

国際競争力については、どちらかと言えば高い程度の指数を持つ科学技術トピックが多く、全般的に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。該当する細目や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 の社会適用技術が下位に挙げられている。

実現見通しについては、2040 年までに 702 の科学技術トピックのほとんどが実現すると予測されている。実現予測時期の遅い、科学技術的実現が 2036 年以降の科学技術トピックの半数を環境・資源・エネルギー分野が占める。該当する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、社会的実現までにも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。10 年後(2031 年)以降の実現が予測された科学技術トピックについては専門家の間で判断が分かれ、早い予測と遅い予測で 10 年超の差が見られるものが半数を超える。

実現に向けた政策手段を見ると、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。社会的実現に向けた政策手段としては、資金拡充の必要性が減少し、法規制整備や ELIS 対応の必要性が増加する。法規制整備及び ELSI 対応については、分野による特徴が非常によく表れている。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存在し、情報インフラ、社会インフラの整備に当たっての課題が浮かび上がっている。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く、個人情報、遺伝子・ゲノム情報、生命倫理に関わる内容が挙げられている。

図表 I-2-24 に各分野の結果概要を示す。

図表 I- 2-24 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、特に人間の高次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。
	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。

分野	項目	概要
	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。

2.2. 重要度の高い科学技術トピックの特徴

2.2.1. 重要度と国際競争力

分野別の重要度指数(平均値)及び国際競争力指数(平均値)を図表 I-2-25 に示す。前節で述べたように、重要度については、平均的には、都市・建築・土木・交通分野が相対的に最も高く、環境・資源・エネルギー分野が相対的に最も低い。国際競争力については、平均的には、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野が相対的に最も高く、ICT・アナリティクス・サービス分野が相対的に最も低い。

図表 I- 2-25 分野別の重要度及び国際競争力(指数の分野平均)

分野	重要度指数	国際競争力指数
健康・医療・生命科学	0.89	0.27
農林水産・食品・バイオテクノロジー	0.74	0.33
環境・資源・エネルギー	0.73	0.38
ICT・アナリティクス・サービス	0.86	0.11
マテリアル・デバイス・プロセス	0.90	0.50
都市・建築・土木・交通	<u>0.94</u>	0.49
宇宙・海洋・地球・科学基盤	0.87	<u>0.58</u>

*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

全 702 件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 の 234 件ずつにグループ分けしたときの科学技術トピックの分布を図表 I-2-26 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、全区分の中で最も多く、重要度の相対的に高い科学技術トピックには競争力も相対的に高いものが多い傾向が見られる。

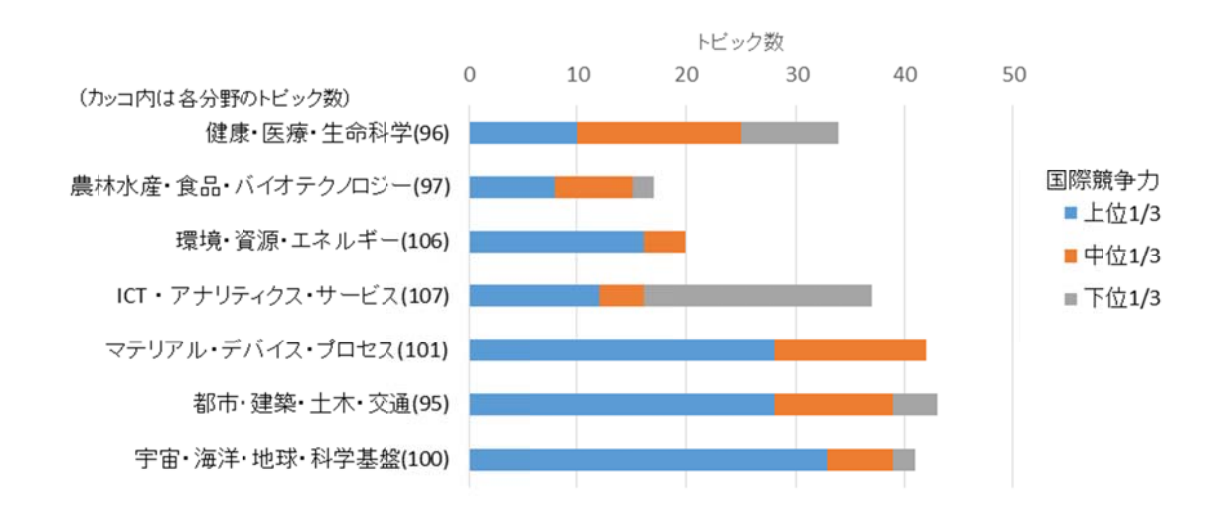
図表 I- 2-26 重要度と国際競争力の関係(全 702 トピックを分類)

	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

重要度の高い上位 1/3 に含まれる 234 件の分野別分布を図表 I-2-27 に示す。健康・医療・生命科学分野、ICT・アナリティクス・サービス分野、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、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野において、重要度上位に含まれる科学技術トピックが多い。これらの国際競争力について見ると、重要度上位トピックの多い分野のうち、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、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野では、国際競争力も上位 1/3 に含まれるものが多い。一方、健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野は、重要度上位 1/3 に含まれる科学技術トピックの中で国際競争力上位 1/3 に含まれるものが少ない。環境・資源・エネルギー分野は、重要度上位 1/3 に含まれる科学技術トピックは少ないが、その 8 割が国際競争力上位 1/3 に含まれる。重要度上位 1/3 に含まれる科学技術トピックの中で競争力上位 1/3 に含まれる科学技術トピックが多い細目は、「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」などである。

図表 I- 2-27 重要度の高い上位 1/3 の科学技術トピック(234 件)の分野別分布



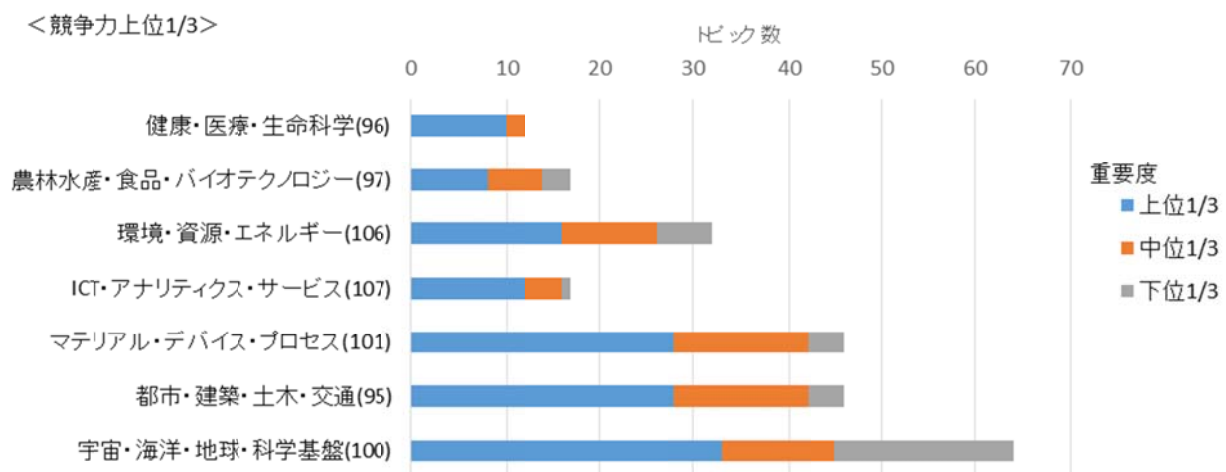
重要度上位 1/3 に半数以上の科学技術トピックが含まれる細目	
細目	分野
医療機器開発； 脳科学	健康・医療・生命科学
地球温暖化； リスクマネジメント	環境・資源・エネルギー
IoT・ロボティクス； ネットワーク・インフラ； セキュリティ； プライバシー； 社会実装	ICT・アナリティクス・サービス
計算科学・データ科学； 応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)； 応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	マテリアル・デバイス・プロセス
社会基盤施設； 建設生産システム； 交通システム； 防災・減災技術； 防災・減災情報	都市・建築・土木・交通
海洋； 地球； 量子ビーム:放射光； 光・量子技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤

重要度は相対的に高いが国際競争力が相対的に低い(重要度上位 1/3、競争力下位 1/3)科学技術トピック 38 件の内訳を見ると、ICT・アナリティクス・サービス分野が 21 件、続いて健康・医療・生命科学分野が 9 件である。ICT・アナリティクス・サービス分野では、「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・生命科学分野では「情報と健康、社会医学」細目の科学技術トピックが挙がる。このうち、重要度指数が 1.25 を超える科学技術トピックを図表 I-2-28 に示す。7 件のうち 6 件が ICT・アナリティクス・サービス分野の科学技術トピックであり、情報インフラの安全性が挙げられている。

図表 I-2-28 重要度は相対的に高いが国際競争力は相対的に低い科学技術トピック

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	重要度	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

図表 I-2-29 国際競争力の高い上位 1/3 の科学技術トピック(234 件)の分野別分布



国際競争力上位 1/3 に半数以上の科学技術トピックが含まれる細目

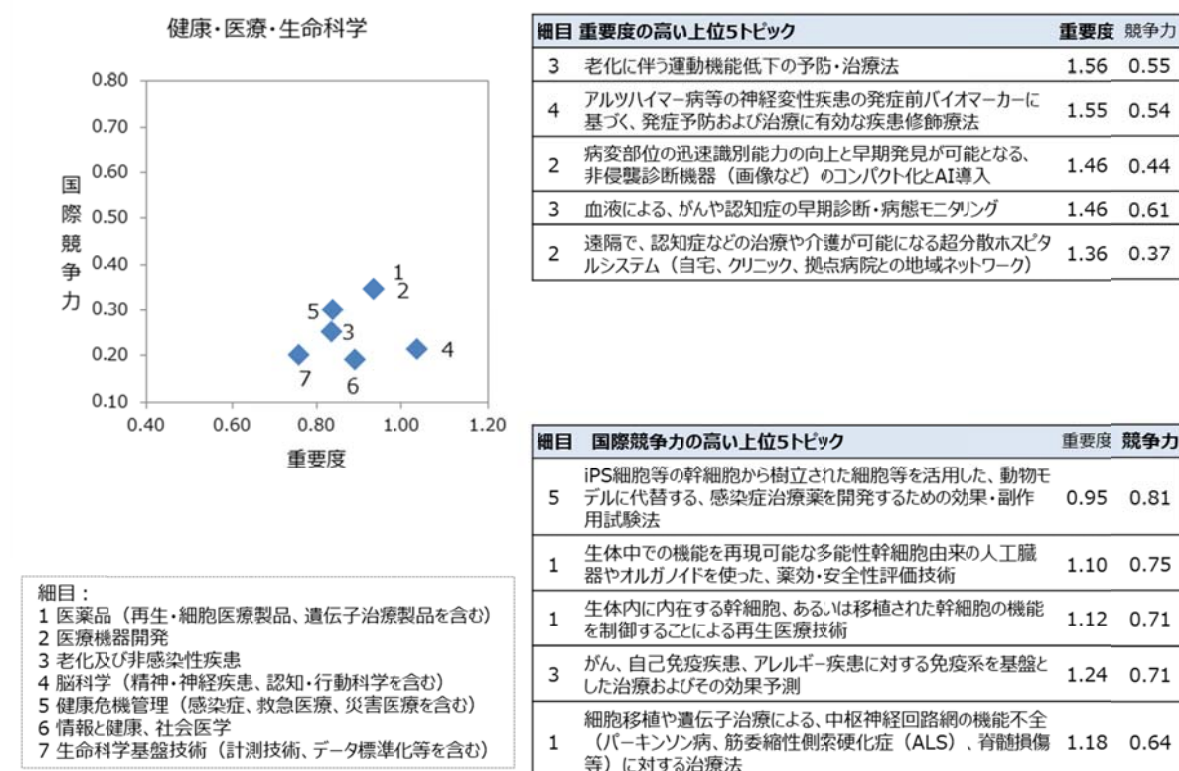
細目	分野
フードエコシステム	農林水産・食品・バイオテクノロジー
エネルギーシステム; 水; 地球温暖化	環境・資源・エネルギー
IoT・ロボティクス	ICT・アナリティクス・サービス
プロセス・マニュファクチャリング; 先端計測・解析手法; 応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野); 応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野); 応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	マテリアル・デバイス・プロセス
建築: 社会基盤施設; 車・鉄道・船舶・航空; 防災・減災技術; 防災・減災情報	都市・建築・土木・交通
宇宙; 海洋; 地球; 観測・予測; 量子ビーム: 放射光; 量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等; 光・量子技術	宇宙・海洋・地球・科学基盤

次に、国際競争力の高い上位 1/3 にあたる 234 件の分野別分布を見たのが図表 I-2-29 である。宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の科学技術トピックが最も多く、次いで、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、環境・資源・エネルギー分野となる。健康・医療・生命科学分野及び ICT・アナリティクス・サービス分野は、国際競争力上位 1/3 に入る科学技術トピックは少ないが、その中で重要度上位 1/3 にも入るトピックの割合が高い。

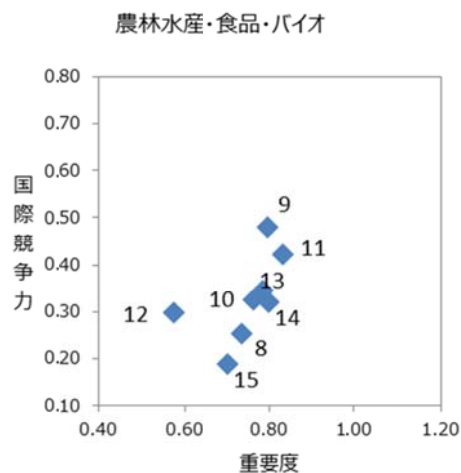
競争力は相対的に高いが重要度は相対的に低い(競争力上位 1/3、重要度下位 1/3)科学技術トピックは、37 件である。このグループにおける重要度の平均値は 0.55 であり、絶対評価としての重要度はやや高いレベルである。また、重要度の設問が「望ましい社会を実現する上で、日本にとっての現在の重要度」となっているため、実現が見通しにくいトピック、社会との直接的な関わりの見えにくいトピック、海外展開が主となるトピックなどについては、重要度の評価が低めとなる可能性がある。重要度の相対的に低かった科学技術トピックについては、前述の可能性を踏まえ、海外展開やブレイクスルーなど、将来的に重要度増となる可能性について一考が求められる。

図表 I-2-30 に各分野の重要度と国際競争力を細目平均で示す。それぞれの指数は各細目に含まれる科学技術トピックの数値を平均したものであり、同じ細目内でも科学技術トピックの評価が分かれていることに留意が必要である。

図表 I-2-30 各分野の重要度と国際競争力(細目平均)



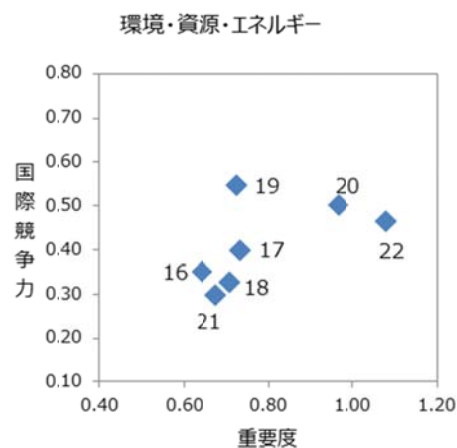
(図表 I-2-30 続き)



細目：
 8 生産エコシステム
 9 フードエコシステム
 10 資源エコシステム
 11 システム基盤
 12 次世代バイオテクノロジー
 13 バイオマス
 14 安全・安心・健康
 15 コミュニティ

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
8	人間を代替する農業ロボット	1.35	0.59
11	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	1.33	0.80
11	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	1.20	0.46
10	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	1.17	0.63
9	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	1.16	0.37

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
11	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	1.33	0.80
9	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	1.10	0.80
9	冷凍せずに生鮮食料品の鮮度と品質を維持するための短期保蔵技術	0.93	0.79
9	食品生産ラインにおける有機物（毛髪など）の混入検出のための識別技術	0.57	0.76
9	農林水産物の品質（成分・物性・熟度）を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	1.13	0.71

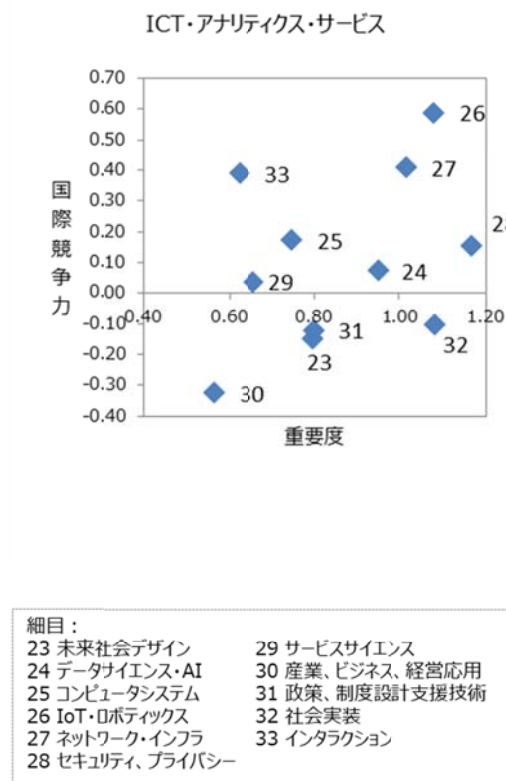


細目：
 16 エネルギー変換
 17 エネルギーシステム
 18 資源開発・リデュース・リユース・リサイクル（3R）
 19 水
 20 地球温暖化
 21 環境保全（解析・予測・評価、修復・再生、計画）
 22 リスクマネジメント

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
17	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池（寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下）	1.48	0.98
19	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	1.36	0.90
17	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストのMW規模二次電池（寿命：20年以上、コスト1.5万円/kWh以下）	1.32	0.70
21	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	1.27	0.91
18	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	1.27	0.86

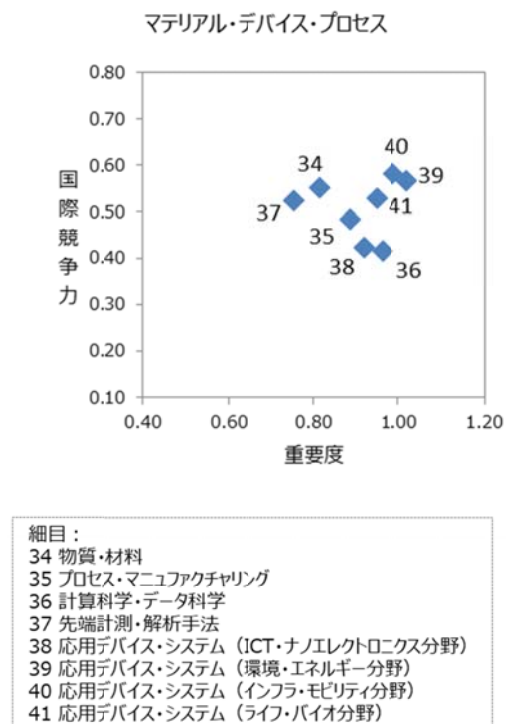
細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
16	エネルギー効率50%の自動車エンジン	0.94	1.09
17	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池（寿命15年・コスト0.5万円/kWh以下）	1.48	0.98
21	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	1.27	0.91
19	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	1.36	0.90
18	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	1.27	0.86

(図表 I-2-30 続き)



細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
32	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術	1.57	0.27
28	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
26	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	1.50	0.73
26	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	1.47	0.78
27	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	1.47	0.63

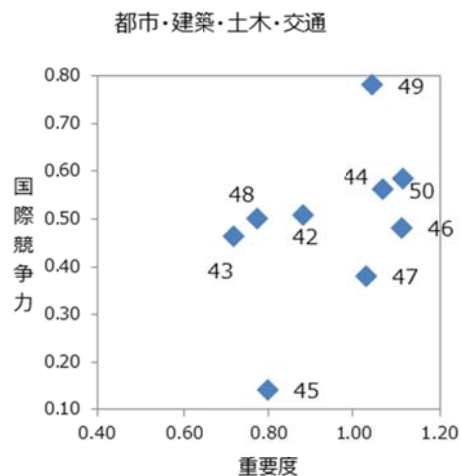
細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
27	マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術	1.07	0.82
26	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	1.47	0.78
25	現在用いられているものより電力性能比が大幅（100倍程度）に改善されたスーパーコンピュータ（並列化による大規模計算機システム）	1.33	0.75
26	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	1.50	0.73
27	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術	1.42	0.70



細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
39	エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上（自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が500kmに相当）の性能をもつ高容量高出力電池	1.50	0.91
41	体内情報（薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分）をモニタリングするウェアラブルデバイス	1.32	0.58
39	変換効率50%を超える太陽電池	1.31	0.71
40	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	1.29	0.71
41	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1.26	0.82

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
39	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対2018年比で10分の1以下となる燃料電池	1.23	0.94
34	炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	1.18	0.92
39	エネルギー密度1kWh/kg以上、出力密度1kW/kg以上（自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が500kmに相当）の性能をもつ高容量高出力電池	1.50	0.91
34	超大橋など大規模構造物に利用できる、軽量高強度・高耐食・長寿命の炭素系構造材料および、そのリサイクル技術	1.04	0.83
41	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1.26	0.82

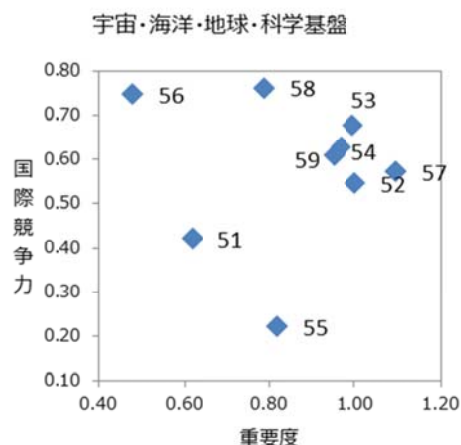
(図表 I-2-30 続き)



細目：
 42 国土利用・保全
 43 建築
 44 社会基盤施設
 45 都市・環境
 46 建設生産システム
 47 交通システム
 48 車・鉄道・船舶・航空
 49 防災・減災技術
 50 防災・減災情報

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
44	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	1.53	0.80
45	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	1.51	0.99
50	IoT機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	1.48	0.85
47	高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	1.43	0.35
47	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

細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
49	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	1.33	1.16
48	アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速360kmでの連続走行時に騒音の環境基準（住宅地で70dB(A)以下）を満たす技術	0.83	1.10
49	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダ	1.33	1.09
49	アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物	0.95	1.00
45	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	1.51	0.99



細目：
 51 宇宙
 52 海洋
 53 地球
 54 観測・予測
 55 計算・数値・情報科学
 56 素粒子・原子核、加速器
 57 量子ビーム（放射光）
 58 量子ビーム（中性子・ミュオン・荷電粒子等）
 59 光・量子技術

細目	重要度の高い上位5トピック	重要度	競争力
53	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはそうにない火山を見出すための切迫度評価	1.51	0.91
54	高解像度シミュレーションとデータ司化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雪、降雪等を予測する技術	1.50	1.05
57	日本国内での軟X線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	1.43	0.63
57	機能性材料（電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料）において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	1.38	0.74
51	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数cm程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術（原子時計の性能向上を含む）	1.32	0.80

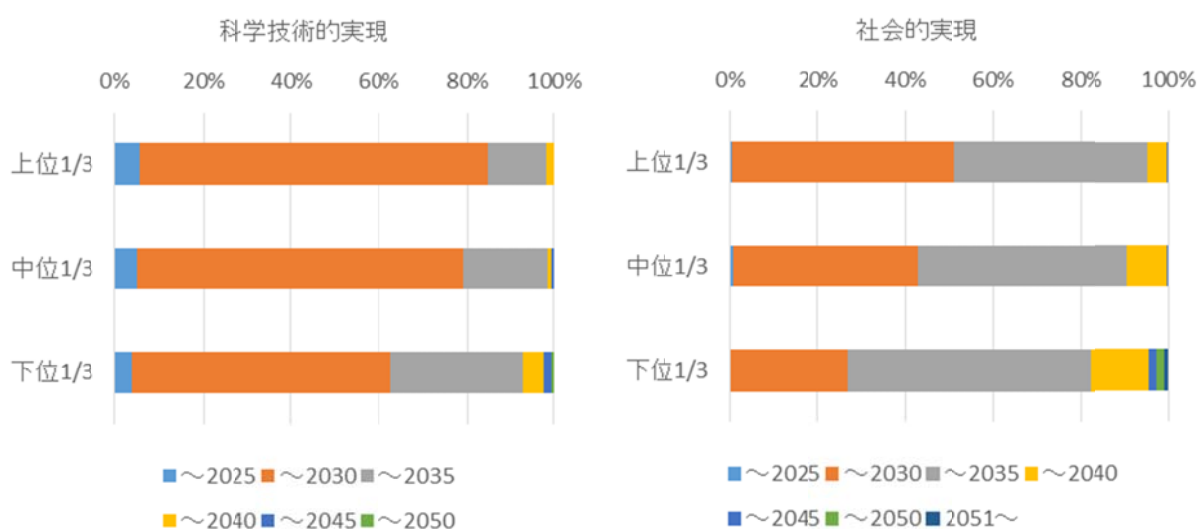
細目	国際競争力の高い上位5トピック	重要度	競争力
59	地球上のどこでも18桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測（ジオイド計測）が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク	0.74	1.11
56	宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明	0.53	1.07
54	高解像度シミュレーションとデータ司化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雪、降雪等を予測する技術	1.50	1.05
58	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	0.89	1.04
56	ニュートリノのマヨラナ性の解明	0.39	1.00

2.2.2. 重要度と実現予測時期

重要度指数の上位 1/3、中位 1/3、下位 1/3 のそれぞれ 234 件の科学技術トピックについて、実現予測時期の分布を見たのが、図表 I-2-31 である。科学技術的実現、社会的実現のいずれにおいても、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。これは、技術的に難しいという科学技術の内的要因のほか、社会的な状況変化や人々の意識変化など、社会における受容や必要性を見通しにくいいため、資源投入の優先順位が低く設定され研究開発が進まない、という科学技術の外的要因が想定されている可能性問題あると考えられる。

重要度上位 1/3 のグループの科学技術トピックは、その 8～9 割が 2030 年までに科学技術的に実現し、2035 年までに社会的に実現する。科学技術的実現が 2031 年以降の科学技術トピックは 36 件(上位 234 件中の 15%)、さらにその中で社会的実現が 2036 年以降の科学技術トピックは 11 件(上位 234 件中の 5%)である。科学技術的実現の遅い 36 件の内訳を見ると、マテリアル・デバイス・プロセス分野が 12 件と最も多く、次いで健康・医療・生命科学分野が 8 件となっている。社会的実現が遅い 11 件の内訳を見ると、同様に、マテリアル・デバイス・プロセス分野、健康・医療・生命科学分野とも、11 件中 4 件ずつを占める。図表 I-2-32 に、重要度が相対的に高い(上位 1/3)が、実現時期の遅い科学技術トピック例を示す。科学技術的実現が 2031 年以降で特に重要度の高い科学技術トピック 10 件(A 表)のうち、5 件を災害関連が占める。社会的実現が 2036 年以降に予測された科学技術トピック 11 件(B 表)では、健康・医療・生命科学分野の 4 件は「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」細目の科学技術トピック、マテリアル・デバイス・プロセス分野の 4 件は「応用デバイス・システム」(環境・エネルギー分野 2、ライフ・バイオ分野 1、ICT・ナノエレクトロニクス 1)細目の科学技術トピックである。これら 11 件の実現に向けた政策手段を見ると、科学技術的実現に向けた人材育成・確保(人材育成)及び研究開発費の拡充(資金拡充)が求められている。特に健康・医療・生命科学分野の脳科学関連の科学技術トピックに顕著である。

図表 I-2-31 重要度グループ別の実現予測時期分布



図表 I- 2-32 重要度は相対的に高いが、実現予測時期の遅い科学技術トピック

A. 重要度上位 1/3、科学技術の実現予測時期 2031 年以降のうち、重要度の高い 10 件
(下表 B 掲載のトピックを除く)

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	重要度	実現年*1 (技/社)	政策*2 (技/社)
健康・医療・生命科学	58: アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	1.55	2032/ 2035	人材育成・資金拡充・環境整備/人材育成・資金拡充
宇宙・海洋・地球・科学基盤	629: 日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見い出すための切迫度評価	1.51	2031/ 2033	人材育成/ 人材育成
宇宙・海洋・地球・科学基盤	633: 地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード 8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	1.29	2034/ 2035	—
マテリアル・デバイス・プロセス	475: 水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	1.23	2032/ 2033	資金拡充・基盤整備/資金拡充・環境整備
環境・資源・エネルギー	298: 稀頻度自然災害のリスクの評価手法	1.20	2031/ 2034	—
農林水産・食品・バイオテクノロジー	134: 土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	1.17	2031/ 2033	—
健康・医療・生命科学	47: 代謝臓器連関を標的とした、生活習慣病、神経変性疾患の予防・治療法	1.14	2031/ 2035	資金拡充/—
都市・建築・土木・交通	593: 知能化された無限定環境(未知環境)での自律移動が可能な災害対応ロボット	1.12	2031/ 2034	—
環境・資源・エネルギー	217: 経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術	1.10	2032/ 2034	—/環境整備
マテリアル・デバイス・プロセス	463: 単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子	1.10	2033/ 2035	人材育成・資金拡充/—

B.

重要度上位 1/3、科学技術の実現 2031 年以降、社会的実現 2036 年以降の科学技術トピック(11 件)

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	重要度	実現年*1 (技/社)	政策*2 (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 ₂ 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/ —

分野	科学技術トピック(先頭数字は ID)	重要度	実現年*1 (技/社)	政策*2 (技/社)
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 ₂ 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 科学技術の実現予測時期／社会的実現予測時期

*2 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

2.2.3. まとめ

重要度と国際競争力それぞれを上位・中位・下位の 3 グループに分けて関係を見ると、重要度も国際競争力も上位の科学技術トピック、及び、重要度も国際競争力も下位の科学技術トピックが多く存在し、重要度の相対的に高いものは競争力も相対的に高い傾向にある。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。

重要度と実現予測時期の関係を見ると、科学技術の実現、社会的実現のいずれにおいても、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。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。

2.3. 他分野に見られる情報通信関連技術

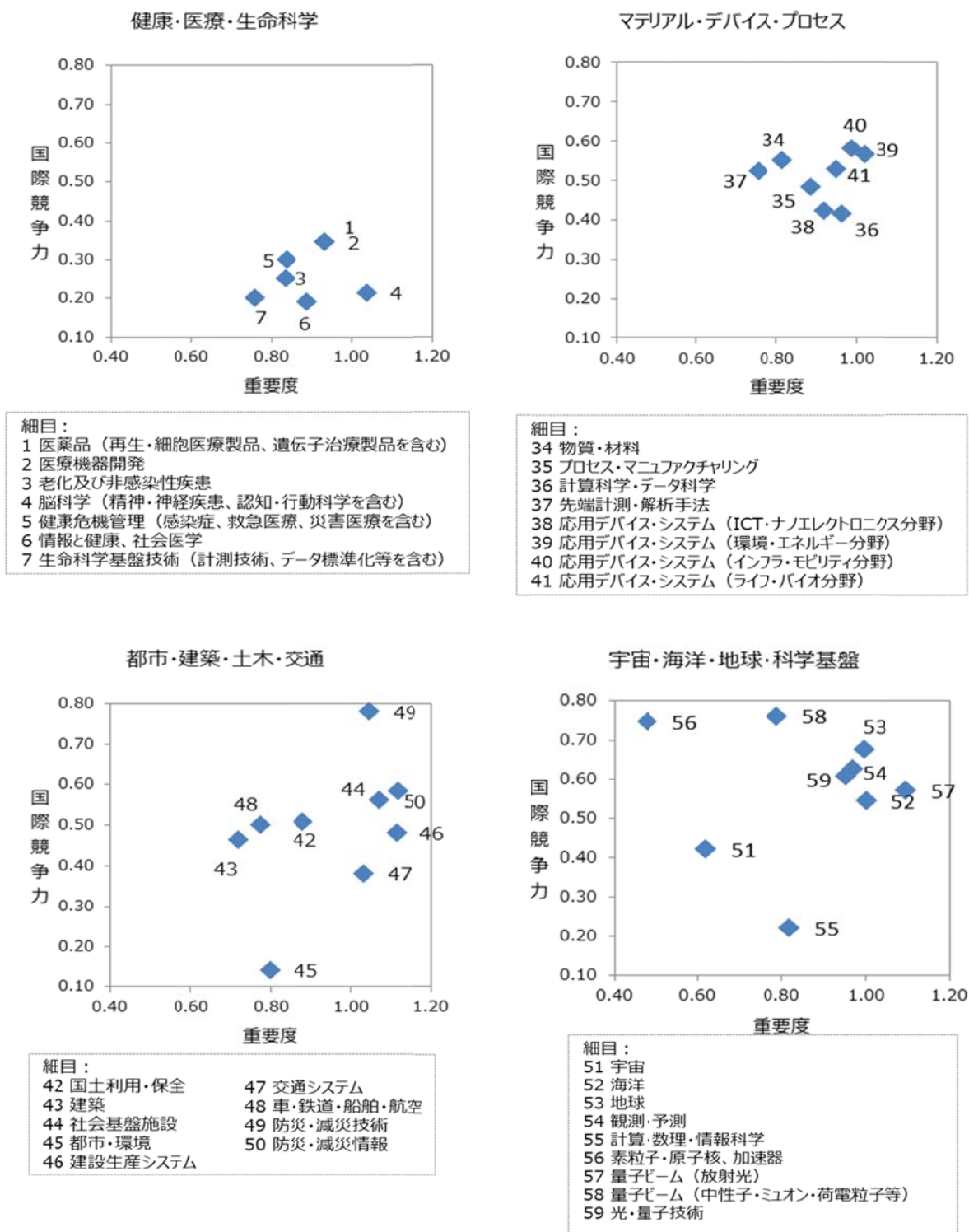
分野別分科会における科学技術トピック設定のための検討の中で、複数分野に跨る領域の取り扱いが課題として挙げられた。情報通信関連技術は社会や科学技術の発展の基盤となり、新しいアプローチをもたらす可能性が高いことから、ICT・アナリティクス・サービス分野の科学技術トピック設定は他分野との関わりの中で論ずべきとの指摘もなされた。

情報通信関連技術の基盤化については、第 7 回調査(2001 年)の中ですでに言及があった。当時想定されていた基盤化は、他分野の中での活用が進展して融合し、独立分野としての存在感が薄れるというものであったが、情報通信関連技術は当時の想定を超えて発展し、社会や様々な科学技術分野の発展を支え、時には社会や他分野を新しい方向に先導するなど、基盤としての存在感を際立たせている。

本調査においては、他分野の検討の中で、情報通信関連技術に関わる議論が多く見られた。例えば分野の下に設定された細目を見ると、「情報と健康、社会医学」(健康・医療・生命科学分野)、「計算科学・データ科学」(マテリアル・デバイス・プロセス分野)、「防災・減災情報」(都市・建築・土木・交通分野)、「計算・数理・情報科学」(宇宙・海洋・地球・科学基盤分野)が設けられている。これらの細目の重要度及び国際競争力(含まれる科学技術トピックの持つ指数の細目平均)を同分野の他細目との比較において見ると(図表 I-2-33)、「情報と健康、社会医学」細目は、重要度は中庸であるが、国際競争力は最も低い。「計算科学・データ科学」細目は、重要度は高く評価されているが、国際競争力は最も低い。「防災・減災情報」細目は、重要度、国際競争力とも高く評価されている。「計算・数理・情報科学」は、重要度は中庸であるが、国際競争力は最も低い。このように、情報通信関連技術に関わる細目は、重要度は一定程度以上認識されているが、国際競争力が低いことが共通している。これらの細目について、実現に向けた政策手段を見ると、「情報と健康、社会医学」細目及び「計算・数理・情報科学」細目では法規制整備と ELSI 対応が同分野の他細目比較してより必要とされ、「計算科学・データ科学」細目では人材育成が同分野の他細目と比較してより必要とされている。一方、ICT・アナリティクス・サービス分野には、「産業、ビジネス、経営応用」「社会実装」など社会への応用を想定した細目が設定されており、これらの細目は国際競争力が相対的に低く、実現に向けて法規制整備と ELSI 対応が多く選択されていることと合致する。

図表 I-2-34 に情報通信関連技術との関連がトピック文中に明示された他分野科学技術トピック例、図表 I-2-35 に他分野との関わりが明示された ICT・アナリティクス・サービス分野の科学技術トピック例を示す。これらの中には、互いに類似する内容の科学技術トピックが見られる。

図表 I- 2-33 情報通信科学技術関連細目の重要度と国際競争力(図表 I-2-30 から一部抜粋、再掲)



図表 I-2-34 各分野における情報通信関連科学技術トピックの例

分野	細目	科学技術トピック
健康・医療・生命科学	医薬品	医薬品開発の成功確率を現在比で 2 倍 にする、化合物生成・最適化(有効性・安全性・動態予測を含む)のための <u>人工知能・シミュレーション技術</u>
	医療機器開発	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化と <u>AI 導入</u>
		ノート PC レベルで、体内の脳動脈瘤など疾患シミュレーション、インプラント機器による治療効果、有効性の予測、術前シミュレーションが可能になるような <u>統合的医療ソフトウェア</u>
		遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる <u>超分散ホスピタルシステム</u> (自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)
		次世代手術 <u>ロボット</u> と <u>AI</u> による、外科医の熟練によらない標準化された手技
		手術室やベッドサイドの全てのケーブルが消失可能となる、 <u>次世代半導体</u> によるモニター機器のミニチュア化と無線化
	健康危機管理	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム
		マスギャザリング災害における、 <u>人工知能</u> による重傷者搬送調整システム
	情報と健康、社会医学	日常生活(購買・飲食等)から集積されるライフスタイル <u>ビッグデータ</u> (匿名加工情報)活用による健康政策
		プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、 <u>IC チップ</u> が組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム
		ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した <u>健康医療データベース</u> (大規模コホート研究の推進に資する)
		医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用した <u>モニタリングシステム</u>
		生活環境のセンシングやライフログセンシングによる、脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知に基づいた <u>救急医療情報システム</u>
		医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の <u>人工知能</u> を搭載した医療情報システム
		気候変動に起因する感染症、熱中症など健康課題に資する情報システム
農林水産・食品・倍テクノロジー	生産エコシステム	X 線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイス、オミックス・化学分析と <u>ICT</u> を用いた携帯型の農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
		短・中期気象予報と生物学的知識と <u>AI</u> を融合した高精度作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
		フィールドオミックス、フェノミクスなどから得られた <u>ビッグデータ</u> と <u>AI</u> による育種の超高速化(テラーメイド)
		人間を代替する農業 <u>ロボット</u>
	フードエコシステム	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル <u>調理システム</u>
		「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学・ <u>AI</u> など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
	資源エコシステム	水産養殖履歴に係る自動収集とデータベース化を通じた <u>ICT</u> による科学的養殖管理システム
		<u>ICT</u> による科学的な森林管理計画の作成技術
	システム基盤	地球規模の <u>IoT</u> を用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
		漁業の操業履歴の自動収集と <u>ICT</u> による科学的な漁場管理基盤データベース化
		森林施業履歴の自動収集と <u>ICT</u> による森林管理技術基盤データベース化

分野	細目	科学技術トピック
	安全・安心・健康	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
		<u>ブロックチェーン</u> などを用いた透明性を保証する新技術に基づくトレーサビリティ・システム
環境・資源・エネルギー	エネルギー変換	バイオマス収集コスト低減技術の確立 (<u>ロボティクス</u> ・産業機械の融合技術など)
	資源開発・3R	AI を活用した廃棄物処理・リサイクル施設のメンテナンス自己診断を含む自動運転
	環境保全	携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム
		情報技術 (IoT 、 AI 、ビッグデータ等)を用いた暑熱リスクのリアルタイム監視・警報システム
マテリアル・デバイス・プロセス	プロセス・マニファクチャリング	匠(熟練技能者など)の技能の計測と <u>モデリング</u> を通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム
	計算科学・データ科学	物質・材料に関する画像情報(電子顕微鏡写真、 X 線回折パターン、電荷分布の計算結果等)から、現在および将来(劣化等)の物性・特性を推定する 人工知能
		<u>インフォマティクス</u> 技術と第一原理計算や分子動力学法などのシミュレーション技術の協奏・共同技術
都市・建築・土木・交通	建築	建築&設備と一体化された AI 、 IoT 、ロボット活用等による、高齢者、障がい者、子育て世帯等の住生活機能改善、ノーマライゼーション化
		日常時環境省エネ性、非常時避難容易性、経年時可変更新性を向上する、住宅とモビリティと ICT・AI の新しい統合技術
	社会基盤施設	<u>ロボット</u> 、新材料、三次元プリンターを用いた社会基盤施設の延命および迅速更新技術
	都市・環境	都市に関するオープンデータ化を図り、多様な主体が保有するデータを共有・連携して活用できるプラットフォーム
	建設生産システム	設計・施工・過去の点検データに基づき、 <u>ロボット・センサー</u> が自動的・自律的に点検・診断し、異常を発見・通知する技術
		BIM データに基づいて、設計～施工～出来形確認まで建築プロジェクト管理し、センサーや <u>ロボット</u> により維持管理する技術
	交通システム	都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス
	車・鉄道・船舶・航空	機体毎の不具合検出等を含む膨大な情報群(ビッグデータ)と AI を組み合わせることで事前予測を行うことにより、メンテナンスの効率化及び最適化を通してメンテナンスコストを低減する整備システム
		知能化された無限定環境(未知環境)での自律移動が可能な災害対応 <u>ロボット</u>
		IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム
		国民一人一人の防災行動を誘導するための ICT 利用技術
		リアルタイム津波予測に地域住民に必要な避難に必要な情報を提供する SNS 情報分析システム

図表 I- 2-35 ICT・アナリティクス・サービス分野における他分野関連の科学技術トピック例

分野	細目	科学技術トピック
ICT・アナリティクス・サービス	データサイエンス・AI	シミュレーションと機械学習を融合した実世界現象予測と実世界システム制御
	IoT・ロボティクス	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術
		都市空間のすべての人や車両(鉄道車両、自動車など)の位置情報がリアルタイムに把握可能となる都市全体の効率良い交通管制システム
		自動運転トラクタ等による無人農業、IoTを利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム
		自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術
	セキュリティ、プライバシー	個人データを保護しながら、安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するために、プライバシー情報を漏らさずに機微な個人データを活用する技術(安全性レベルの標準化を含む)
	サービスサイエンス	情報技術を用いたエンドユーザでも容易に利用可能なデザインツールやパーソナルファブリケーション技術(ハイアマチュアや複数人の共同によって制作される製品・サービスのコンテンツが増加し、それを享受する一般利用者の元でも簡単にカスタマイズできるようになる)
	産業、ビジネス、経営応用	コミュニティや個人間で電力の融通・取引を行う、ブロックチェーン技術等を活用したエネルギーシステム
	社会実装	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム(未病社会を実現)
		農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善する AI、IoT、ロボット等技術
		マイナンバーとの連携によるデジタル技術を活用した災害情報伝達と生活再建手続の円滑化の実現
		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
	インタラクション	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)
		群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)

3. 属性別分析

1.3.5 項にあるように、本調査では、回答者の属性情報として、性別、年代、所属機関、職種をそれぞれ収集した。それらの項目一覧を図表 I-3-1 に示す。本章では、これらの属性のうち、所属機関別及び年代別に実現予測時期の差異について分析した結果を示す。

図表 I- 3-1 本調査における回答者属性(1.3.5 節 再掲)

質問項目	回答項目
性別	男性、女性、無回答
年代	20 代以下、30 代、40 代、50 代、60 代、70 代以上、無回答
所属機関	大学等、公的研究機関、民間企業、その他
職種(職務内容)	研究・開発、マネジメント、その他

3.1. 所属別分析結果

ここでは、科学技術的実現時期及び社会的実現時期について所属機関別に比較する。

3.1.1. 科学技術的実現時期

細目別に、科学技術的実現時期を比較したのが図表 I-3-2 である。全体的には、顕著な差や傾向は見られないが、一部の細目については、所属機関別に違いが見られた。

図表 I- 3-2 科学技術的実現時期の所属別比較

分野	細目	大学 平均	公的研究機関 平均	企業 平均	その他 平均
健康医療	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)	2030	2027	2029	2030
健康医療	医療機器開発	2029	2028	2029	2029
健康医療	老化及び非感染性疾患	2030	2030	2029	2032
健康医療	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	2035	2036	2033	2033
健康医療	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	2030	2029	2032	2032
健康医療	情報と健康、社会医学	2028	2027	2025	2030
健康医療	生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)	2030	2030	2030	2032
農水バイオ	生産エコシステム	2030	2029	2029	2028
農水バイオ	フードエコシステム	2028	2027	2028	2028
農水バイオ	資源エコシステム	2030	2029	2030	2029
農水バイオ	システム基盤	2030	2028	2032	2032
農水バイオ	次世代バイオテクノロジー	2031	2029	2030	2030
農水バイオ	バイオマス	2030	2029	2030	2026
農水バイオ	安全・安心・健康	2031	2028	2030	2025
農水バイオ	コミュニティ	2030	2027	2030	2030
環境エネ	エネルギー変換	2032	2033	2032	2032
環境エネ	エネルギーシステム	2030	2030	2029	2028

分野	細目	大学 平均	公的研究機関 平均	企業 平均	その他 平均
環境エネ	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)	2033	2032	2034	2035
環境エネ	水	2029	2029	2032	2028
環境エネ	地球温暖化	2032	2032	2030	2030
環境エネ	環境保全(解析・予測・評価・修復・再生、計画)	2030	2030	2034	2031
環境エネ	リスクマネジメント	2029	2030	2031	2029
ICT	未来社会デザイン	2028	2028	2028	2028
ICT	データサイエンス・AI	2028	2027	2027	2030
ICT	コンピュータシステム	2031	2030	2031	2032
ICT	IoT・ロボティクス	2027	2030	2027	2029
ICT	ネットワーク・インフラ	2028	2033	2029	2030
ICT	セキュリティ、プライバシー	2028	2029	2029	2032
ICT	サービスサイエンス	2027	2029	2029	2029
ICT	産業、ビジネス、経営応用	2029	2029	2028	2034
ICT	政策、制度設計支援技術	2030	2029	2033	2033
ICT	社会実装	2027	2028	2029	2029
ICT	インタラクション	2029	2034	2030	2036
マテリアル	物質・材料	2031	2032	2030	2028
マテリアル	プロセス・マニファクチャリング	2028	2028	2028	2025
マテリアル	計算科学・データ科学	2029	2031	2029	2032
マテリアル	先端計測・解析手法	2030	2029	2030	2033
マテリアル	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)	2032	2032	2031	2032
マテリアル	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)	2032	2031	2033	2029
マテリアル	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)	2031	2029	2029	2031
マテリアル	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	2030	2029	2031	2026
社会基盤	国土利用・保全	2028	2027	2030	2030
社会基盤	建築	2033	2030	2032	2028
社会基盤	社会基盤施設	2029	2028	2028	2032
社会基盤	都市・環境	2028	2027	2029	2030
社会基盤	建設生産システム	2027	2027	2029	2032
社会基盤	交通システム	2027	2027	2029	2030
社会基盤	車・鉄道・船舶・航空	2029	2027	2027	2036
社会基盤	防災・減災技術	2031	2030	2027	2030
社会基盤	防災・減災情報	2026	2024	2027	2031
宇宙海洋地球	宇宙	2032	2032	2032	2036
宇宙海洋地球	海洋	2029	2030	2030	2038
宇宙海洋地球	地球	2031	2031	2029	2033
宇宙海洋地球	観測・予測	2028	2029	2029	2027
宇宙海洋地球	計算・数理・情報科学	2030	2031	2030	2030
宇宙海洋地球	素粒子・原子核、加速器	2036	2037	2038	2034
宇宙海洋地球	量子ビーム:放射光	2028	2027	2029	2030
宇宙海洋地球	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	2029	2027	2034	2035
宇宙海洋地球	光・量子技術	2029	2029	2030	2037

続いて、それぞれの所属機関別の違いの大きい細目について分析する。大学と企業間において、実現年差が3年以上見られた細目が図表 I-3-3 である。特に量子ビームについての細目において、企業ではより遅く実現する見込みとされた。

図表 I・3-3 大学と企業間で科学技術的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	大学 平均	公的 研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均	大学- 企業 差	大学- 公的 差	公的- 企業 差
宇宙海洋地球	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	2029	2027	2034	2035	4	2	7
社会基盤	防災・減災技術	2031	2030	2027	2030	4	1	3
ICT	政策、制度設計支援技術	2030	2029	2033	2033	4	0	4
環境エネ	環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)	2030	2030	2034	2031	3	0	3
宇宙海洋地球	地球	2031	2031	2029	2033	3	0	3
環境エネ	水	2029	2029	2032	2028	3	0	2

次に、大学と公的研究機関間において、実現年差が3年以上見られた細目が図表 I-3-4 である。ネットワークやインタラクションの細目については、公的研究機関の方が大学に比べて遅く実現すると見込み、コミュニティや農林水産分野の安全・安心の細目については、大学の方が公的研究機関に比べて遅く実現すると見込んだ。

図表 I・3-4 大学と公的研究機関間で科学技術的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	大学 平均	公的 研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均	大学- 企業 差	大学- 公的 差	公的- 企業 差
ICT	ネットワーク・インフラ	2028	2033	2029	2030	1	5	4
ICT	インタラクション	2029	2034	2030	2036	1	5	4
農水バイオ	コミュニティ	2030	2027	2030	2030	0	3	3
農水バイオ	安全・安心・健康	2031	2028	2030	2025	1	3	2

次に、公的研究機関と企業において、実現年差が3年以上見られた細目が図表 I-3-5 である。特に量子ビームについては差が大きく、企業の方が7年遅く実現する見込みとなった。逆に、ネットワーク・インフラについては公的研究機関の方が4年遅く実現する見込みとなった。

図表 I- 3-5 公的研究機関と企業間で科学技術的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	大学 平均	公的 研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均	大学- 企業 差	大学- 公的 差	公的- 企業 差
宇宙海洋地球	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	2029	2027	2034	2035	4	2	7
ICT	ネットワーク・インフラ	2028	2033	2029	2030	1	5	4
農水バイオ	システム基盤	2030	2028	2032	2032	2	2	4
ICT	政策、制度設計支援技術	2030	2029	2033	2033	4	0	4
ICT	インタラクション	2029	2034	2030	2036	1	5	4
環境エネ	環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)	2030	2030	2034	2031	3	0	3
健康医療	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	2030	2029	2032	2032	2	1	3
健康医療	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	2035	2036	2033	2033	2	1	3
社会基盤	国土利用・保全	2028	2027	2030	2030	2	1	3
社会基盤	防災・減災情報	2026	2024	2027	2031	1	2	3
農水バイオ	コミュニティ	2030	2027	2030	2030	0	3	3
社会基盤	防災・減災技術	2031	2030	2027	2030	4	1	3
宇宙海洋地球	地球	2031	2031	2029	2033	3	0	3

3.1.2. 社会的実現予測時期

次に、それぞれの細目別に社会的実現時期を比較したのが図表 I-3-6 である。全体的には、所属別で顕著な差や傾向は見られない。ただし、後述する一部の細目では差が見られた。

図表 I- 3-6 社会的実現時期の年代別比較

分野	細目	大学 平均	公的 研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均
健康医療	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)	2033	2031	2032	2033
健康医療	医療機器開発	2032	2030	2031	2031
健康医療	老化及び非感染性疾患	2033	2033	2032	2034
健康医療	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	2039	2039	2035	2035
健康医療	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	2032	2030	2035	2034
健康医療	情報と健康、社会医学	2030	2030	2027	2032
健康医療	生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)	2033	2033	2034	2035
農水バイオ	生産エコシステム	2032	2031	2033	2030
農水バイオ	フードエコシステム	2030	2028	2028	2031
農水バイオ	資源エコシステム	2032	2031	2033	2033
農水バイオ	システム基盤	2032	2031	2033	2032
農水バイオ	次世代バイオテクノロジー	2034	2033	2033	2041
農水バイオ	バイオマス	2033	2030	2035	2026

分野	細目	大学 平均	公的研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均
農水バイオ	安全・安心・健康	2033	2030	2031	2036
農水バイオ	コミュニティ	2032	2029	2028	2032
環境エネ	エネルギー変換	2036	2038	2035	2034
環境エネ	エネルギーシステム	2034	2035	2033	2031
環境エネ	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)	2036	2036	2036	2036
環境エネ	水	2031	2032	2032	2029
環境エネ	地球温暖化	2035	2034	2034	2030
環境エネ	環境保全(解析・予測・評価・修復・再生、計画)	2034	2033	2033	2032
環境エネ	リスクマネジメント	2031	2033	2033	2032
ICT	未来社会デザイン	2031	2033	2032	2032
ICT	データサイエンス・AI	2029	2030	2028	2032
ICT	コンピュータシステム	2033	2034	2033	2034
ICT	IoT・ロボティクス	2029	2031	2029	2031
ICT	ネットワーク・インフラ	2029	2035	2030	2031
ICT	セキュリティ、プライバシー	2030	2031	2030	2033
ICT	サービスサイエンス	2029	2032	2032	2032
ICT	産業、ビジネス、経営応用	2032	2034	2034	2045
ICT	政策、制度設計支援技術	2032	2034	2035	2038
ICT	社会実装	2031	2032	2031	2036
ICT	インタラクション	2032	2035	2033	2038
マテリアル	物質・材料	2034	2035	2033	2029
マテリアル	プロセス・マニファクチャリング	2031	2031	2030	2026
マテリアル	計算科学・データ科学	2032	2036	2031	2033
マテリアル	先端計測・解析手法	2033	2031	2032	2033
マテリアル	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)	2035	2035	2034	2035
マテリアル	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)	2035	2035	2035	2034
マテリアル	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)	2033	2033	2032	2032
マテリアル	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	2034	2031	2034	2028
社会基盤	国土利用・保全	2031	2028	2030	2031
社会基盤	建築	2035	2033	2036	2028
社会基盤	社会基盤施設	2031	2030	2028	2031
社会基盤	都市・環境	2030	2030	2028	2033
社会基盤	建設生産システム	2028	2030	2031	2034
社会基盤	交通システム	2029	2031	2031	2032
社会基盤	車・鉄道・船舶・航空	2032	2030	2029	2036
社会基盤	防災・減災技術	2033	2030	2029	2030
社会基盤	防災・減災情報	2029	2026	2028	2033
宇宙海洋地球	宇宙	2035	2033	2033	2035
宇宙海洋地球	海洋	2031	2033	2033	2040
宇宙海洋地球	地球	2033	2033	2030	2033
宇宙海洋地球	観測・予測	2030	2032	2029	2028
宇宙海洋地球	計算・数理・情報科学	2032	2033	2033	2034
宇宙海洋地球	素粒子・原子核、加速器	2040	2039	2044	2031

分野	細目	大学 平均	公的研 究機関 平均	企業 平均	その他 平均
宇宙海洋地球	量子ビーム:放射光	2029	2028	2030	2030
宇宙海洋地球	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	2031	2029	2034	2035
宇宙海洋地球	光・量子技術	2032	2031	2033	2042

続いて、それぞれの所属機関別の違いの大きい細目について分析する。大学と企業間において、実現年差が3年以上見られた細目が図表 I-3-7 である。特に農林水産分野のコミュニティや、防災・減災技術については企業より、大学の方がより遅く実現すると見込まれた。

図表 I- 3-7 大学と企業間で社会的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	大学 平均	公的 研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均	大学- 企業 差	大学- 公的 差	公的- 企業 差
農水バイオ	コミュニティ	2032	2029	2028	2032	4	3	1
社会基盤	防災・減災技術	2033	2030	2029	2030	4	3	1
宇宙海洋地球	素粒子・原子核、加速器	2040	2039	2044	2031	3	1	5
健康医療	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	2032	2030	2035	2034	3	1	5
ICT	サービスサイエンス	2029	2032	2032	2032	3	3	1
健康医療	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	2039	2039	2035	2035	3	1	4
宇宙海洋地球	地球	2033	2033	2030	2033	3	0	3
社会基盤	建設生産システム	2028	2030	2031	2034	3	1	2
健康医療	情報と健康、社会医学	2030	2030	2027	2032	3	0	3
ICT	政策、制度設計支援技術	2032	2034	2035	2038	3	2	1
社会基盤	社会基盤施設	2031	2030	2028	2031	3	1	2
社会基盤	車・鉄道・船舶・航空	2032	2030	2029	2036	3	2	1
宇宙海洋地球	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	2031	2029	2034	2035	3	2	5

次に、大学と公的研究機関間において、実現年差が3年以上見られた細目が図表 I-3-8 である。特にネットワーク・インフラについては、公的研究機関の方が大学に比べて5年遅く実現すると見込んだ。

図表 I- 3-8 大学と公的研究機関間で社会的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	大学 平均	公的 研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均	大学- 企業 差	大学- 公的 差	公的- 企業 差
ICT	ネットワーク・インフラ	2029	2035	2030	2031	1	5	4
マテリアル	計算科学・データ科学	2032	2036	2031	2033	0	4	4
社会基盤	防災・減災情報	2029	2026	2028	2033	1	3	2

農水バイオ	安全・安心・健康	2033	2030	2031	2036	2	3	1
農水バイオ	コミュニティ	2032	2029	2028	2032	4	3	1
社会基盤	防災・減災技術	2033	2030	2029	2030	4	3	1
ICT	インタラクシオン	2032	2035	2033	2038	1	3	2
農水バイオ	バイオマス	2033	2030	2035	2026	2	3	5
社会版	国土利用・保全	2031	2028	2030	2031	1	3	2
ICT	サービスサイエンス	2029	2032	2032	2032	3	3	1

次に、公的研究機関と企業間において、実現年差が3年以上見られた細目が図表 I-3-9 である。特にバイオマス、素粒子の細目については、公的研究機関の方が企業に比べて5年遅く実現すると見込んだ。逆に、量子ビームについては企業の方が公的研究機関より5年遅く実現すると見込んだ。

図表 I-3-9 公的研究機関と企業間で社会的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	大学 平均	公的 研究 機関 平均	企業 平均	その他 平均	大学- 企業 差	大学- 公的 差	公的- 企業 差
農林	バイオマス	2033	2030	2035	2026	2	3	5
宇宙	素粒子・原子核、加速器	2040	2039	2044	2031	3	1	5
宇宙	量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等	2031	2029	2034	2035	3	2	5
健康	健康危機管理（感染症、救急医療、災害医療を含む）	2032	2030	2035	2034	3	1	5
ICT	ネットワーク・インフラ	2029	2035	2030	2031	1	5	4
マテ	計算科学・データ科学	2032	2036	2031	2033	0	4	4
健康	脳科学（精神・神経疾患、認知・行動科学を含む）	2039	2039	2035	2035	3	1	4
宇宙	地球	2033	2033	2030	2033	3	0	3
健康	情報と健康、社会医学	2030	2030	2027	2032	3	0	3
都市	建築	2035	2033	2036	2028	1	2	3
環境	エネルギー変換	2036	2038	2035	2034	1	2	3
農林	システム基盤	2032	2031	2033	2032	1	2	3

3.2. 年代別分析結果

ここでは、科学技術の実現時期及び社会的実現時期について年代別に比較する。

3.2.1. 科学技術の実現時期

細目別に、科学技術の実現時期を比較したのが図表 I-3-10 である。全体的には、年代別で顕著な差や傾向は見られない。

図表 I-3-10 科学技術的実現時期の年代別比較

* 空白は回答が無かった、あるいは「実現済」「実現しない」「わからない」であった細目。

分野	細目	20代 以下 平均	30代 平均	40代 平均	50代 平均	60代 平均	70代 以下 平均
健康医療	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)	2026	2030	2030	2029	2029	2026
健康医療	医療機器開発	2023	2029	2029	2029	2028	2027
健康医療	老化及び非感染性疾患	2033	2032	2030	2030	2030	2025
健康医療	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	2038	2036	2035	2033	2033	2034
健康医療	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	2031	2029	2030	2030	2030	2026
健康医療	情報と健康、社会医学	2027	2027	2028	2028	2027	2025
健康医療	生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)	2034	2030	2030	2030	2030	2030
農水バイオ	生産エコシステム	2030	2029	2030	2029	2031	2025
農水バイオ	フードエコシステム	2029	2029	2029	2026	2028	2024
農水バイオ	資源エコシステム	2037	2031	2030	2029	2032	2030
農水バイオ	システム基盤	2028	2030	2030	2028	2030	2023
農水バイオ	次世代バイオテクノロジー	2030	2030	2030	2030	2032	2028
農水バイオ	バイオマス	2029	2030	2030	2030	2030	2025
農水バイオ	安全・安心・健康	2036	2030	2030	2029	2032	2026
農水バイオ	コミュニティ	2029	2031	2030	2028	2030	2034
環境エネ	エネルギー変換	2033	2033	2032	2032	2032	2034
環境エネ	エネルギーシステム	2025	2030	2029	2030	2030	2032
環境エネ	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)	2029	2029	2034	2034	2033	2036
環境エネ	水	2033	2029	2029	2030	2029	2030
環境エネ	地球温暖化	2036	2034	2031	2031	2032	2030
環境エネ	環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)	2039	2030	2030	2030	2031	2033
環境エネ	リスクマネジメント	2027	2031	2030	2031	2028	2031
ICT	未来社会デザイン		2028	2028	2027	2028	2026
ICT	データサイエンス・AI	2026	2027	2028	2027	2027	2027
ICT	コンピュータシステム	2028	2030	2033	2029	2032	2029
ICT	IoT・ロボティクス	2029	2029	2028	2027	2027	2026
ICT	ネットワーク・インフラ	2024	2026	2031	2028	2029	2024
ICT	セキュリティ、プライバシー	2027	2029	2030	2027	2030	2024
ICT	サービスサイエンス		2029	2027	2026	2030	2026
ICT	産業、ビジネス、経営応用		2026	2030	2028	2030	2027
ICT	政策、制度設計支援技術	2034	2033	2032	2030	2030	2028
ICT	社会実装		2027	2028	2027	2028	2026
ICT	インタラクション		2032	2029	2029	2033	2027
マテリアル	物質・材料	2033	2031	2031	2030	2030	2030
マテリアル	プロセス・マニファクチャリング	2033	2028	2028	2028	2028	2027

分野	細目	20代 以下 平均	30代 平均	40代 平均	50代 平均	60代 平均	70代 以下 平均
マテリアル	計算科学・データ科学	2036	2029	2030	2028	2033	2029
マテリアル	先端計測・解析手法	2030	2030	2031	2028	2032	2028
マテリアル	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)	2030	2032	2032	2031	2033	2029
マテリアル	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)	2042	2033	2032	2032	2033	2033
マテリアル	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ分野)	2023	2031	2033	2028	2031	2032
マテリアル	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ分野)	2037	2029	2031	2030	2031	2030
社会基盤	国土利用・保全		2029	2030	2026	2031	2028
社会基盤	建築		2031	2033	2033	2031	2028
社会基盤	社会基盤施設		2027	2029	2029	2029	2033
社会基盤	都市・環境	2034	2029	2027	2026	2029	2033
社会基盤	建設生産システム		2029	2028	2028	2028	2032
社会基盤	交通システム	2028	2029	2029	2026	2027	2031
社会基盤	車・鉄道・船舶・航空	2027	2029	2029	2027	2028	2041
社会基盤	防災・減災技術	2039	2030	2030	2029	2029	2032
社会基盤	防災・減災情報		2026	2026	2026	2026	2037
宇宙海洋地球	宇宙	2035	2034	2032	2032	2034	2030
宇宙海洋地球	海洋	2029	2030	2030	2029	2033	2029
宇宙海洋地球	地球	2028	2033	2032	2029	2032	2029
宇宙海洋地球	観測・予測	2030	2031	2029	2027	2028	2026
宇宙海洋地球	計算・数理・情報科学	2036	2030	2030	2029	2029	2031
宇宙海洋地球	素粒子・原子核、加速器	2037	2038	2037	2037	2034	2028
宇宙海洋地球	量子ビーム：放射光		2028	2028	2027	2029	2023
宇宙海洋地球	量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等	2031	2029	2028	2029	2026	2023
宇宙海洋地球	光・量子技術	2029	2029	2029	2029	2030	2033

30代・40代平均と、50代・60代平均の差について示したのが図表 I-3-11 である。もっとも大きな細目でも3年の差であり、大きな差は見られない。

図表 I-3-11 科学技術的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	30・40代 平均	50・60代 平均	差
健康医療	脳科学 (精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	2036	2033	3
社会基盤	交通システム	2029	2027	3

3.2.2. 社会的実現予測時期

それぞれの細目別に社会的実現予測時期を比較したのが図表 I-3-12 である。全体的には、年代別で顕著な差や傾向は見られない。ただし、後述する一部の細目では差が見られた。

図表 I-3-12 社会的実現時期の年代別比較

* 空白は回答が無かった、あるいは「実現済」「実現しない」「わからない」であった細目。

分野	細目	20 代 以下 平均	30 代 平均	40 代 平均	50 代 平均	60 代 平均	70 代以下 平均
健康医療	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)	2030	2033	2034	2032	2032	2028
健康医療	医療機器開発	2029	2034	2032	2032	2030	2029
健康医療	老化及び非感染性疾患	2038	2037	2033	2032	2031	2027
健康医療	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	2037	2041	2039	2036	2036	2034
健康医療	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	2034	2032	2032	2032	2032	2028
健康医療	情報と健康、社会医学	2032	2032	2031	2030	2028	2028
健康医療	生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)	2039	2036	2034	2032	2032	2033
農水バイオ	生産エコシステム	2040	2033	2033	2030	2032	2025
農水バイオ	フードエコシステム	2032	2033	2030	2028	2030	2024
農水バイオ	資源エコシステム	2045	2040	2032	2030	2034	2039
農水バイオ	システム基盤	2032	2040	2033	2031	2031	2028
農水バイオ	次世代バイオテクノロジー	2034	2035	2034	2033	2034	2033
農水バイオ林	バイオマス	2036	2034	2032	2032	2031	2026
農水バイオ	安全・安心・健康	2037	2034	2032	2030	2035	2030
農水バイオ	コミュニティ	2039	2037	2032	2030	2032	2032
農水バイオ	エネルギー変換	2034	2038	2036	2036	2036	2038
環境エネ	エネルギーシステム	2028	2036	2033	2033	2034	2039
環境エネ	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)	2030	2034	2036	2035	2035	2043
環境エネ	水	2035	2031	2031	2032	2031	2030
環境エネ	地球温暖化	2035	2038	2033	2034	2035	2033
環境エネ	環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)	2039	2032	2033	2034	2033	2036
環境エネ	リスクマネジメント	2026	2034	2031	2034	2030	2032
ICT	未来社会デザイン		2033	2033	2031	2030	2030
ICT	データサイエンス・AI	2027	2030	2030	2029	2028	2030
ICT	コンピュータシステム	2034	2033	2035	2032	2033	2031
ICT	IoT・ロボティクス	2031	2032	2031	2029	2028	2028
ICT	ネットワーク・インフラ	2028	2028	2033	2029	2030	2023
ICT	セキュリティ、プライバシー	2032	2033	2031	2029	2032	2026
ICT	サービスサイエンス		2030	2030	2029	2032	2030
ICT	産業、ビジネス、経営応用		2030	2033	2032	2035	2030
ICT	政策、制度設計支援技術	2041	2035	2036	2032	2033	2028

分野	細目	20 代 以下 平均	30 代 平均	40 代 平均	50 代 平均	60 代 平均	70 代以下 平均
ICT	社会実装		2032	2032	2031	2031	2030
ICT	インタラクション		2038	2032	2031	2035	2031
マテリアル	物質・材料	2033	2036	2035	2033	2032	2032
マテリアル	プロセス・マニファクチャリング	2035	2031	2031	2031	2030	2029
マテリアル	計算科学・データ科学	2037	2032	2033	2032	2033	2032
マテリアル	先端計測・解析手法	2030	2034	2033	2031	2033	2031
マテリアル	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)	2037	2035	2035	2034	2034	2033
マテリアル	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)	2043	2036	2036	2035	2035	2036
マテリアル	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ分野)	2029	2035	2035	2031	2033	2033
マテリアル	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ分野)	2043	2033	2034	2033	2031	2035
社会基盤	国土利用・保全		2033	2031	2029	2034	2028
社会基盤	建築		2034	2035	2037	2034	2028
社会基盤	社会基盤施設		2029	2031	2030	2030	2029
社会基盤	都市・環境	2040	2032	2030	2029	2032	2034
社会基盤	建設生産システム		2031	2030	2029	2032	2033
社会基盤	交通システム	2030	2030	2031	2029	2030	2033
社会基盤	車・鉄道・船舶・航空	2037	2031	2032	2031	2029	2043
社会基盤	防災・減災技術	2039	2032	2032	2032	2031	2032
社会基盤	防災・減災情報		2031	2028	2029	2027	2037
宇宙海洋地球	宇宙	2040	2037	2034	2034	2037	2031
宇宙海洋地球	海洋	2029	2035	2032	2031	2034	2029
宇宙海洋地球	地球	2029	2040	2033	2030	2032	2029
宇宙海洋地球	観測・予測	2032	2034	2031	2029	2028	2027
宇宙海洋地球	計算・数理・情報科学	2036	2033	2034	2033	2031	2031
宇宙海洋地球	素粒子・原子核、加速器	2042	2048	2040	2038	2035	2030
宇宙海洋地球	量子ビーム・放射光		2029	2029	2028	2030	2024
宇宙海洋地球	量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等	2027	2030	2031	2030	2027	2023
宇宙海洋地球	光・量子技術	2032	2034	2033	2032	2031	2033

30 代・40 代平均と、50 代・60 代平均の差について示したのが図表 I-3-13 である。もっとも大きな細目は「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・科学基盤分野における「地球」、農林・水産・バイオテクノロジー分野における「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想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。

図表 I- 3-13 社会的実現時期の年代差の大きい細目

* 差の計算には、小数点以下も含める。

分野	細目	科学技術的实现時期			社会的实现時期		
		30・40 代 平均	50・60 代 平均	差	30・40 代 平均	50・60 代 平均	差
宇宙海洋地球	素粒子・原子核、加速器	2037	2035	2	2044	2037	7
宇宙海洋地球	地球	2033	2031	2	2037	2031	6
農水バイオ	システム基盤	2030	2029	0	2036	2031	5

参考文献

1) 研究領域「科学技術予測・科学技術動向」:

<https://www.nistep.go.jp/research/science-and-technology-foresight-and-science-and-technology-trends>

2) 科学技術予測センター、「第11回科学技術予測調査 科学技術や社会のトレンド把握」、Discussion Paper No.183、科学技術・学術政策研究所(2020年): DOI: <https://doi.org/10.15108/dp183>

3) 科学技術予測センター、「第11回科学技術予測調査 2040年に目指す社会の姿(ワークショップ報告)」、調査資料-276、科学技術・学術政策研究所(2018年):

DOI: <https://doi.org/10.15108/rm276>

4) 重茂浩美・蒲生秀典・小柴等、「第11回科学技術予測調査 2050年の未来につなぐクローズアップ 科学技術領域-AI 関連技術とエキスパートジャッジの組み合わせによる抽出・分析」、調査資料-290、科学技術・学術政策研究所(2020年): DOI: <https://doi.org/10.15108/rm290>

5) 科学技術予測センター、「第11回科学技術予測調査 科学技術の発展による2040年の社会-基本シナリオの検討」、調査資料-291、科学技術・学術政策研究所(2020年):

DOI: <https://doi.org/10.15108/rm291>

6) 科学技術予測センター、「第10回科学技術予測調査 分野別科学技術予測」、調査資料-240、科学技術・学術政策研究所(2015年): <http://hdl.handle.net/11035/3080>

7) 科学技術・学術基盤調査研究室、「サイエンスマップ 2016-論文データベース分析(2011-2016年)による注目される研究領域の動向調査」、NISTEP Reort No. 178、科学技術・学術政策研究所(2018年): <http://doi.org/10.15108/nr178>

8) 研究開発戦略センター、「研究開発の俯瞰報告書 ライフサイエンス・臨床医学分野、ナノテクノロジー・材料分野、システム・情報科学技術分野、環境分野、エネルギー分野」、国立研究開発法人科学技術振興機構(2017年)

第Ⅱ編 各分野の結果

第Ⅱ編 目次

1. 健康・医療・生命科学分野	(Ⅱ-1)
1.1. 将来の展望	1
1.1.1. 総論	1
1.1.2. 細目概要	3
1.2. 細目及びキーワード	10
1.3. アンケートの回収状況	11
1.4. 科学技術トピックに関する調査結果	12
1.4.1. 重要度	12
1.4.2. 国際競争力	14
1.4.3. 科学技術的実現予測時期	16
1.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段	18
1.4.5. 社会的実現予測時期	26
1.4.6. 社会的実現に向けた政策手段	28
1.4.7. 科学技術的実現から社会的実現までの期間	35
1.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期	38
1.4.9. 未来科学技術年表	40
2. 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野	(Ⅱ-2)
2.1. 将来の展望	1
2.1.1. 総論	1
2.1.2. 細目概要	2
2.2. 細目及びキーワード	10
2.3. アンケートの回収状況	11
2.4. 科学技術トピックに関する調査結果	12
2.4.1. 重要度	12
2.4.2. 国際競争力	13
2.4.3. 科学技術的実現予測時期	16
2.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段	17
2.4.5. 社会的実現予測時期	25
2.4.6. 社会的実現に向けた政策手段	27
2.4.7. 科学技術的実現から社会的実現までの期間	34
2.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期	36
2.4.9. 未来科学技術年表	39

3. 環境・資源・エネルギー分野	(II-3)
3.1. 将来の展望	1
3.1.1. 総論	1
3.1.2. 細目概要	2
3.2. 細目及びキーワード	9
3.3. アンケートの回収状況	10
3.4. 科学技術トピックに関する調査結果	11
3.4.1. 重要度	11
3.4.2. 国際競争力	12
3.4.3. 科学技術的实现予測時期	15
3.4.4. 科学技術的实现に向けた政策手段	16
3.4.5. 社会的实现予測時期	24
3.4.6. 社会的实现に向けた政策手段	26
3.4.7. 科学技術的实现から社会的实现までの期間	33
3.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期	34
3.4.9. 未来科学技術年表	38
4. ICT・アナリティクス・サービス分野	(II-4)
4.1. 将来の展望	1
4.1.1. 総論	1
4.1.2. 細目概要	1
4.2. 細目及びキーワード	13
4.3. アンケートの回収状況	14
4.4. 科学技術トピックに関する調査結果	15
4.4.1. 重要度	15
4.4.2. 国際競争力	17
4.4.3. 科学技術的实现予測時期	20
4.4.4. 科学技術的实现に向けた政策手段	22
4.4.5. 社会的实现予測時期	30
4.4.6. 社会的实现に向けた政策手段	32
4.4.7. 科学技術的实现から社会的实现までの期間	40
4.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期	42
4.4.9. 未来科学技術年表	45
5. マテリアル・デバイス・プロセス分野	(II-5)
5.1. 将来の展望	1
5.1.1. 総論	1
5.1.2. 細目概要	1
5.2. 細目及びキーワード	10
5.3. アンケートの回収状況	11

5.4.	科学技術トピックに関する調査結果	12
5.4.1.	重要度	12
5.4.2.	国際競争力	14
5.4.3.	科学技術的実現予測時期	16
5.4.4.	科学技術的実現に向けた政策手段	18
5.4.5.	社会的実現予測時期	26
5.4.6.	社会的実現に向けた政策手段	28
5.4.7.	科学技術的実現から社会的実現までの期間	36
5.4.8.	他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期	38
5.4.9.	未来科学技術年表	41
6.	都市・建築・土木・交通分野	(II-6)
6.1.	将来の展望	1
6.1.1.	総論	1
6.1.2.	細目概要	2
6.2.	細目及びキーワード	12
6.3.	アンケートの回収状況	13
6.4.	科学技術トピックに関する調査結果	14
6.4.1.	重要度	14
6.4.2.	国際競争力	16
6.4.3.	科学技術的実現予測時期	18
6.4.4.	科学技術的実現に向けた政策手段	20
6.4.5.	社会的実現予測時期	28
6.4.6.	社会的実現に向けた政策手段	30
6.4.7.	科学技術的実現から社会的実現までの期間	38
6.4.8.	他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期	41
6.4.9.	未来科学技術年表	44
7.	宇宙・海洋・地球・科学基盤分野	(II-7)
7.1.	将来の展望	1
7.1.1.	総論	1
7.1.2.	細目概要	2
7.2.	細目及びキーワード	11
7.3.	アンケートの回収状況	12
7.4.	科学技術トピックに関する調査結果	13
7.4.1.	重要度	13
7.4.2.	国際競争力	15
7.4.3.	科学技術的実現予測時期	17
7.4.4.	科学技術的実現に向けた政策手段	19
7.4.5.	社会的実現予測時期	27

7.4.6.	社会的実現に向けた政策手段	29
7.4.7.	科学技術的実現から社会的実現までの期間	37
7.4.8.	他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期	40
7.4.9.	未来科学技術年表	43

1. 健康・医療・生命科学分野

1.1. 将来の展望

1.1.1. 総論

(1) 細目の構成

本分野は、「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」、「医療機器開発」、「老化および非感染性疾患」、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」、「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」、「情報と健康、社会医学」、「生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)」の7つの細目で構成される。

前回調査(第10回調査)では10の細目を設定した(「その他」を含む)。今回の調査では、我が国の社会・研究ニーズの観点から、老化、救急医療・災害医療、社会医学を細目名に含めた。また、細目内容を整理し、細目数を7つに減らした。細目名称の対応は以下のとおりである(前回調査→本調査)。

- ・「医薬」→「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」
- ・「医療機器・技術」→「医療機器開発」
- ・「コモンディーズ、外傷、生殖補助医療」→「老化および非感染性疾患」
- ・「精神・神経疾患」→「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」
- ・「新興・再興感染症」→「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」
- ・「健康・医療情報、疫学・ゲノム情報」→「情報と健康、社会医学」
- ・「生命科学基盤技術」→「生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)」

なお、前回調査の細目「再生医療」の科学技術トピックは、今回調査では「医薬品」「医療機器開発」、「老化および非感染性疾患」の3つの細目で取り上げ、前回調査の細目「難病・希少疾患」の科学技術トピックは、「医薬品」と「情報と健康、社会医学」の2つの細目で取り上げた。

これらの7つの細目に合計96件の科学技術トピックを設定した。

(2) 本分野の今後の方向性

(調査結果について)

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピックの上位20位までを見ると、細目別では、「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」及び「老化及び非感染性疾患」関連トピックが各5件、次いで「医療機器開発」及び「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」関連トピックが各4件を占めた。重要度1位のトピックは、「老化に伴う運動機能低下の予防・治療法」(細目:「老化及び非感染性疾患」)、2位は「アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法」(細目:「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」)であり、老化に関連するトピックが上位にきた。超高齢社会における課題解決に直結した科学技術が重要と判断されている。また、3位、4位のトピックはそれぞれ「病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化とAI導入」(細目:「医療機器開発」)、「血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング」(細目:「老化及

び非感染性疾患)」であり、早期診断、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が重要と判断された。

これらの重要度 20 位までのトピックについて、科学技術的実現時期は平均で 2030 年であり、半数以上のトピックで、科学技術的実現時期は 2028 年から 2030 年に実現すると予測されている。

次に、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 位まで)は、細目別では、「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」関連トピックが 8 件を占めた。国際競争力が 1 位とされたトピックは「iPS 細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法」(細目:「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」)だった。国際競争力が上位のトピック(1~4 位)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った。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よう。

国際競争力 20 位までのトピックについて、科学技術的実現時期は平均で 2029 年であった。

(今後の方向性)

本分野で取り上げた科学技術トピック 96 件のうち、68 件(約 71%)については 2030 年までに、94 件(約 98%)については 2035 年までに科学技術的に実現するとしている(各トピックの実現時期についての回答の中間値)。「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」細目では、他の細目に比べ、2036 年以降に実現するトピックが含まれていた。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「研究開発費の拡充」(67%)、「研究基盤整備」(63%)、「人材の育成・確保」(61%)だった。細目別に見ると、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」の細目では、重要施策として「人材の育成・確保」、「研究開発費の拡充」、「研究基盤整備」、「国際連携・標準化」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高かった。また、「情報と健康、社会医学」の細目では、「法規制の整備」、「ELSI の対応」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高かった。

なお、現在(2020 年 4 月)、新型コロナウイルス感染症が世界的に急速にまん延し、甚大な影響が出ているところである。細目概要の「⑤健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」でも説明されているように、感染症については、「特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー」と「新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム」の 2 つの科学技術トピックが取り上げられた(細目:「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」)。これらのトピックの科学技術的実現時期はそれぞれ 2029 年、2030 年と予測され、科学技術的実現のための政策手段としては、「研究開発費の拡充」(それぞれ 68%と 69%)、「研究基盤整備」(それぞれ 67%と 72%)、「人材の育成」(それぞれ 60%と 65%)を選択する回答が多かった。研究開発投資の拡大とともに、基盤整備・人材育成のための地道な取組が求められる。

次に、本分野の科学技術トピックのうち、31 件(約 32%)については 2030 年までに、82 件(約 85%)については 2035 年までに社会的に実現するとしている。「医療機器開発」細目の科学技術トピックは、他の細目に比べ、社会的実現時期が若干早期となっている。他方、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」細目の課題は、社会的実現時期が長期の予測となっている。

社会的実現に向けた政策手段として最も回答が多いのは、「事業環境整備」(61%)、「人材の育成・確保」(60%)、「事業補助」(58%)だった。細目別では、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」の細目で、「人材の育成・確保」、「事業補助」が必要とする回答比率が高い。「脳科学」では科学技術的・社会的実現時期も遅く予測されており、「人材の育成・確保」を含め、長期的な取組が必要だと考えられる。また、「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」の細目では、「事業環境整備」、「国際連携・標準化」が必要とする回答比率が高い。「情報と健康、社会科学」細目では、他の細目と比べ、社会的実現に向けて「法規制の整備」、「ELSI への対応」を必要とする回答が高かった。特に、「情報と健康、社会医学」では、「ELSI への対応」が選択された割合が7つの細目の中で最も大きく、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。

1.1.2. 細目概要

①医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)

i) 検討範囲

医薬品は、疾病治療の中核をなす基盤技術として、引き続き新規な技術開発が期待されていることから、創薬技術、再生医療、遺伝子治療を取り上げた。

創薬技術においては、医薬品として抗体医薬などのバイオ医薬品の開発が進み今後ともその傾向は続くと推察されるが、従来の技術では克服できない細胞内や脳内をターゲットとしたバイオ医薬品開発が進められている。また、免疫制御によるがん治療の開発が進められている。

再生医療については既に実用化の時代に入っているが、体性細胞のみならず ES 細胞や iPS 細胞を用いた開発が進められており治験も実施されようとしている。

遺伝子治療については日本での開発が遅れているが、世界的には複数の製品が承認され、特に単一遺伝子疾患や眼科領域、難治性がんで有効性が見られている。さらにゲノム編集を用いた遺伝子治療開発が進められており、特定遺伝子を改変するという新しい概念の遺伝子治療につながる可能性がある。

ii) 社会的意義

創薬技術においては、先天性難病やこれまで治療法の無かった進行性疾患の治療につながる可能性があることから、二重特異性抗体など医薬の限界に挑戦する技術開発や、脳内や細胞内へ送達性を目指した新技術の開発が進められている。

再生医療では、iPS 細胞や ES 細胞を用いてパーキンソン病や ALS などの難病治療開発が進められており、社会的期待が非常に大きくなっている。

遺伝子治療では、特に究極の遺伝子治療になる可能性を秘めている「ゲノム編集を用いた治療法開発」に期待が集まっている。その一方でゲノム編集では想定外の変異を引起す可能性が指摘されているため、ゲノムを切らないゲノム編集技術の開発も精力的に進められており、今後の開発によっては遺伝子治療の大きな柱になっていく可能性がある。

iii) 今後の展望

医薬品分野の重要度の高い開発項目として、幹細胞を含む再生医療や遺伝子治療製品の開発が挙

げられており、iPS 細胞、移植臓器、体内の幹細胞の活性化製品の開発など日本の再生医療技術へ期待されている結果と考えられる。これは細目④「脳科学」の結果とも重なる部分があるが、中枢神経の遺伝子細胞治療法の開発への期待も高く、このような先進医療製品の開発が期待されていると考えられる。また国際競争力についても、細胞治療や遺伝子治療に関連する製品において高い国際競争力があると判断をされている。再生医療に関しては多くの開発研究が実施されているが、遺伝子治療については欧米に比べて開発候補品目が少ないので、実態との乖離があるかもしれない。ただ iPS 細胞技術を遺伝子改変の一部と見なしている結果かもしれない。

一方でこれらの医薬品の実用化が6-11年で可能という評価をされており、この点は通常の医薬品の開発スケジュール考えると医薬品として市販されるにはかなり期待が過ぎている可能性がある。ただ、医薬品の先駆け制度や再生医療等製品の条件期限付き承認により加速できる可能性もある。

再生医療や遺伝子治療分野への高い期待がうかがえるが、新たな技術として細胞を投与する再生医療から体内の幹細胞を活性化する医薬品開発や臓器移植のドナー不足を解消するためのヒト動物キメラ胚からの臓器作製技術などの期待が高い。ただこの技術の開発には倫理面等の法整備が必要と考えられることがアンケートでも指摘されている。体内での幹細胞の直接活性化には従来の医薬品だけでなく核酸医薬や遺伝子治療など非常に多様な技術が含まれ、再生医療の次の時代を担う技術としての期待があると推定されるが、安全性評価の進展が重要となる。またキメラ胚については特に法整備や安全性評価技術の開発が不可欠となる。

遺伝子治療についてもゲノム編集技術の実用化の期待と単一遺伝子疾患の治療法として期待が大きいが、多くの単一遺伝子疾患が新生児期からの治療が有効性確保に不可欠であることの認識が高まっており、新生児診断の整備が関連した環境整備として必要となってくる。

中枢神経系疾患に対する再生医療や遺伝子治療の期待に加えて脳や眼内など医薬品送達の困難さを克服する技術の優先度も高いが、脳血液関門を容易に通貨可能な薬剤の開発は高齢化社会においていっそうの開発促進策が必要な技術であろう。

また、国際競争力の高い技術として造血幹細胞の増幅技術や細胞内標的に対する新規技術に基づく医薬品開発があげられているが、日本が造血幹細胞増幅に関する先進的な研究実績を反映して可能性が高い。マウス造血幹細胞の画期的な *in vitro* 増幅技術が日本の科学者により公表されており、ヒトでの適用が期待されている。

(山口照英、知場伸介)

②医療機器開発

i) 検討範囲

第10回調査からの4年間において、日本医療研究開発機構(AMED)などの公的機関の支援や指導が強化された背景もあり、国内での医療機器開発が加速的に進展していると同時に、海外の医療機器開発が目覚ましい。今後の超高齢化社会を迎えるにあたって、医療機器は益々医療現場で重要な役割を演じ、既に新しいコンセプトの基での機器が医療現場に現れ始めている。そのような現状を踏まえて、今後の進展を予測するトピックを選択した。

ii) 社会的意義

今後の超高齢化社会、生産年齢人口の減少社会において、医療機器が担う役割を3つ取り上げ、それぞれに関わるトピックを選択した。

- ①健康寿命延伸を可能にする機器:疾患の予防、早期発見、生体機能補助、社会復帰促進を可能にする機器の実現
- ②最適医療による患者・医療者の負担軽減:デジタル技術を含む先端技術により、最適条件の基での適切な診断治療を可能にすることにより、患者・医療者双方の負担軽減を実現
- ③超分散ホスピタルのコンセプトの実現:次世代遠隔・在宅医療の実現

iii) 今後の展望

医療機器開発の重要度が高い(2位)と認識され、国際競争力が最も高いと予測されている。社会の高齢化が進行中の基で、精度の高い非侵襲診断機器や遠隔医療のための地域ネットワーク構築や身体運動補助技術の重要度が高いとして、2030年までには社会的実現が予測されている。医療機器開発の国際競争力は最も高いと予測された一因は、日本の製造業の高い技術力ではないだろうか。優れた医療ニーズと技術シーズとの融合によって、医療現場に有用で独自性の高い医療機器を日本から創出する潜在力が大きい。さらに国際競争力が高いトピックは、重要度も高い。科学技術的実現に向けた政策手段は、ほぼ平均で、社会的実現に向けた政策手段では、事業補助や事業環境整備が平均より上となっている。臨床治験に対する支援の必要性にも繋がる。疾病を予防又は早期発見して健康寿命を延伸させるための技術やインフラの整備が急務であり、日本に続いて高齢化を迎える諸外国への優れた前例となるだろう。

(谷下一夫)

③老化および非感染性疾患

i) 検討範囲

がん、認知症、循環器疾患、糖尿病など生活習慣病は、きわめて国民の罹患数、死亡数の多い疾病が対象である。疾病が進行した段階での治療の進歩には限界があり、早期診断、早期治療、さらに発病前での生活習慣への介入による発病予防へと研究の対象は移行してきている。症状を伴わない発病前に介入の効果をj得るためには、個人がその効果を確認しながら介入を継続できるよう、国民へのエンゲージメントを行うことが必須となる。

ii) 社会的意義

65歳人口は、2042年に3,878万人でピークを迎え、その後は減少に転じ、生産年齢人口/高齢者は、2015年2.27から2040年1.50に低下すると推計されている。2018年6月に成立した「働き方改革」法案では、病気の治療と仕事の両立、高齢者の就業促進が求められている。NCDの克服と健康寿命の延伸は、これらの課題の前提となり、本領域の科学技術イノベーションは生産年齢人口の増加に直結する。

iii) 今後の展望

身近な社会的課題である超高齢社会における生産性低下、社会保障費増加等の課題を、科学により解決してほしいとの願いが込められているためか、運動機能低下の回避、アルツハイマー病克服等、健康寿命の延伸を目指す老化研究への高い注目度が目立つ。ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法の確立に関して、重要度が高く実現可能時期も早いと評価されている。本評価法を用いることで、ゲノム医療の技術を出生前診断(ELSI問題を同時並行で進めることが不可欠である)、疾病予防、遺伝性腫瘍患者家族のサーベイランス等に広く応用させていくための資源配分根拠を

示すことが可能となる。限られた研究資源の有効利用が求められている。

自己免疫疾患、アレルギー疾患、がんの病態解明と治療開発に対する期待は大きい一方で、同義である「発症頻度に性差のある疾病(即ち自己免疫疾患、アレルギー、がん等)の病因解明(特に性染色体、性ホルモンから観た研究という意味だった)」に対する重要度指数は低くなっている。課題提示の仕方によって評価が異なることもあり、そのわかり易さに留意し、設問を作成するよう注意すべきであった。また、がん、認知症等のように、潜伏して進行し、不可逆的な状況に陥る可能性の大きい疾病では、非侵襲的早期診断、経時的な生体変化の可視化に対する期待が大きい。さらにアルツハイマー病のように直接的な治療介入が困難な疾病では、臓器連関の機構解明を明らかにすることで、間接的な介入可能性も重要と考えられている。

病院を受診しなくても自身の体の変化を監視することができ、自ら異常を修正していくことを可能にする研究は重要であるとのアンケート結果が、参加者より得られている。今後のヘルスケア、産業育成の方向性に合致している考え方である。一方、心血管疾患、脳卒中を回避する目的で作成した設問である非侵襲性ポータブル血管障害モニタリングの開発では、その重要性が低くなっている。これは、高血圧、高脂血症等、健康診断で実施する検査項目により、動脈硬化の程度をある程度、類推できることもあるためか、がん同様に生命を脅かす疾病であるにもかかわらず、研究重要度としては低くなっている点が興味深い。

「メタゲノム解析・制御による生体恒常性の維持」について、重要度は高く、実現可能時期が 2034 年と考えられている。これまで、国内の研究規模は小さく、人種差のため海外研究成果を外挿できないことも想定され、治療介入可能でプロバイオティクス等産業化が期待される領域であるため、規制を適正化し、早期に研究開発の推進を行う必要があると考えられる。

(山田康秀、矢部大介)

④脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)

i) 検討範囲

脳の病である精神・神経疾患は、診断法・治療法が未発達なものが多く、神経科学の基礎研究と疾患研究を平行して行っていく必要がある。多くの神経疾患では、既に原因遺伝子や神経病理学的な所見が特定されており、動物モデルを用いた研究が進展している。

一方、精神疾患においては、未だゲノム要因は探索中であり、神経病理学的所見も乏しいため、疾患モデル動物もほとんど確立されていない。即ち神経疾患と精神疾患の研究戦略には共通性も多いが、両者の研究ステージには大きな違いがある。

ii) 社会的意義

精神・神経疾患は、社会負担の大きな疾患群であり、特に認知症、うつ病、統合失調症、自閉スペクトラム症などの疾患は社会的にも大きな問題となっている。そのため、これらの疾患の診断法、治療法、予防法、介入法の開発が急務となっている。脳はネットワークとして機能する複雑な臓器であるため、高次精神機能の物質的基盤は未だ不明な点が多いが、多くの社会問題は脳の問題でもあり、脳機能の全容解明は喫緊の課題である。

iii) 今後の展望

今回の結果で、脳科学領域は重要度の高い科学技術トピックの中に多く含まれ、特にアルツハイマー

病の治療法、高次精神機能の神経基盤の解明、うつ病・双極性障害の新規治療法などが上位にランクされた。このうちアルツハイマー病は、国際競争力の高いトピックでも上位であった。しかし、科学技術的・社会的実現時期は、あらゆる細目の中でも最も遅く、軒並み科学科学技術的実現見通しが 2035 年以降、社会的実現見通しが 2039 年以降と、あらゆるトピックの中で最も遅いものとなった。一方、人材の育成、研究開発費の拡充、研究基盤整備などの必要性では高いランクを示した。意外なことに、ELSI への対応の必要性においては、高くランクされず、遺伝子治療などに比べ、もはや倫理面がハードルになっている訳ではないといえる。

このように、精神・神経疾患を含む脳科学領域は、重要性が高く、国際競争力も少なくとも一部では高いが、実現時期は科学技術的にも社会的にも遅く、長期的な取り組みが必要な分野であることが明らかになった。そして、長期的な取り組みの必要性が、人材育成や研究基盤整備の必要性や、研究開発費拡充の必要性に繋がっていると思われ、今回の調査結果は、脳科学領域の研究の特徴を如実に示していると言えるだろう。

(加藤忠史)

⑤健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)

i) 検討範囲

ここ数年におけるウイルス感染症の予防・治療に係る医薬品開発の進歩は著しい。一方で、いかに高額なコストを下げていくかが課題である。一方で、薬剤耐性菌に対する技術開発の遅れは否めない。この点において、新たな消毒技術の導入が期待される。また、首都直下地震等の巨大災害に向けて災害医療技術の高度化、ネットワーク化が期待されているが、少子高齢化により効率化が求められる救急医療の能力向上にもつながる人工知能の活用が現実化してきている。また、緊急時に安全に使用可能な新たな血液代替物の開発促進と普及が喫緊の課題である。

ii) 社会的意義

厚生労働省は、「保健医療 2035 提言書」の中で、わが国は 2035 年に向けて国際新興・再興感染症の封じ込めや災害時の支援などに貢献する機能の強化が盛り込まれている。また、これから創られるわが国の医療システムの国際展開は、諸外国の保健医療水準を向上するとともに、ひいてはわが国の保健医療の向上や経済の成長に資するような好循環をもたらすことが期待されている。

iii) 今後の展望

今回のアンケートにおいて、科学技術トピックの重要度上位 20 件の中で唯一、健康危機管理としてとりあげられたものとして「薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム・社会技術」が取り上げられたことは、国際的にも抗生物質の多用に伴う耐性菌の出現に対して頭打ちの現状に対する危機感の現れと理解できる。技術実現に向けた政策手段について、他分野と比較して研究基盤整備が上位にあげられている点については、安全に感染性、致死性の高い病原体を扱える研究施設が欧米と比して脆弱であることも影響しているものと思われる。この点に関して、「新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)」について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム」が政策手段として取り組むべきトピックとして取り上げられている。科学技術的実現時期について 2030 年、社会的実現時期として 2031 年とされている点からもこの分野への投資が喫緊の課題といえる。また、「薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム・社会技術」の推進に際して、国際連

携・標準化に加え、国内連携・協力があげられている点については十分な配慮が必要であり、人材育成、研究資金の効果的な活用にもつながるものとする。一方で、その他として上位に「マシガザリング災害における人工知能による重傷者搬送調整システム」があげられているが、政府として巨大災害に向けた減災技術の開発・実装を戦略的イノベーション創造プログラムの中核的課題として取り組んでいる点も早期実現時期を2019年と早期に見込んでいるものと考えられる。健康危機管理は、技術開発のみならずこれらの技術をいかに効果的に用いるかというオペレーションの視点からも合わせた総合的な研究体制整備が求められる。

(金谷泰宏)

⑥情報と健康、社会医学

i) 検討範囲

包括的な予防医学の実施のためにビッグデータの活用は不可欠であり、その情報収集など基盤の整備及び活用に関する技術の開発と社会変革につながる効果的な社会実装のあり方を、健康寿命延伸という生涯を通じた健康支援の視点から行うことが必要となってくる。

また、気候変動による健康影響、健康格差の問題についても、科学的な知見を領域架橋的研究により科学的に要因を解明し、改善の道筋を見つけることが必要である。

ii) 社会的意義

少子高齢化、人口減少が進む中、健康支援を担う人材の減少も必然で、それを補うための情報の活用、科学イノベーションの社会実装につながる。既存の年齢ステージにおける健康管理・健康支援を、生涯を通じた健康支援(ライフコース・ヘルスケア)の視点からの方略を提供できる。

iii) 今後の展望

データヘルス時代の健康増進、健康寿命の延伸の戦略は個人の健康関連情報をいかに利活用するかであり、そのための基盤整備とともに、デバイス、アプリケーションの研究・開発に期待がかかっている。その推進に寄与する健康関連ビッグデータ利活用の気運の高まりと自治体が保有する健康情報の電子化などの政策が進んでいることを背景に、社会的実現見通しが早いと評価された。スマートフォンなどの通信端末、IoTの普及や通信の高速化などのICTの急速な発展により、個人の健康増進、行政や健康保険組合などの健康支援、健康産業の経済活動に健康関連ビッグデータの利活用の社会実装は大きく進展するであろう。その際のキーポイントはデータリンケージであり、種々の健康関連情報を個別に突合するための基盤整備が欠かせない。

一方で、個人情報保護法の改訂によって、匿名加工情報などによるビッグデータの利活用に法的対応がなされたものの、依然として、ELSI(倫理的・法的・社会的課題)についての懸念があり、法的整備や倫理的課題の解決の必要性が指摘された。特に、ゲノム情報の研究利用、社会実装については、個人情報保護法で個人識別符号としてゲノム情報が個人情報となったことから、これまで以上にその取扱いには慎重にならざるを得ない。また、健康関連ビッグデータを取り扱う法的整備とは別の視点での情報倫理についての議論も必要であり、国際情報を踏まえながら、わが国の文化と国民性を反映したガイドラインの作成は研究とその社会実装に寄与する。

(山縣然太郎)

⑦生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)

i) 検討範囲

本細目では、健康・医療に限定されない生命科学研究の基盤を支える科学技術について、その未来動向を問う課題設定を行った。生命基盤技術として、①生命の数理的理解・合成生物学②様々な測定技術③タンパク質機能予測④ゲノム科学⑤実験環境を選び、それらにつき将来実現されるであろう基盤技術・データベース等に関するトピックスをあげてみた。そのトピックスの実現時期、または、広く研究で使われる時期の予測をお願いしたい。

ii) 社会的意義

現在の生命科学は、生命を多数の多様な分子からなる機械ととらえ、その分子レベルでの構成と動作原理を明らかにしようとしている。すなわち 20 世紀の後半から始まった分子生物学の流れである。このような研究の基盤となる科学技術は生命科学全分野の極めて高いニーズをうけ、それに根源的な形で対応しようとして発展してきた歴史がある。したがって、これらは健康医療分野へのイノベーションをもたらす背景であると同時に、健康・医療・生命科学分野のみならず、より広く農学、環境科学、バイオテクノロジーなど他分野のイノベーションにも資するものと考えられる。

iii) 今後の展望

本細目については、その重要性の評価が、健康・医療・生命科学分野で最も低かった。設問・細目の切り方がやや異なるものの、比較的高い評価であった前回と対照的である。研究者間で、出口重視の研究志向が広がっていることの反映かもしれない。実現時期については、脳科学に次いで遅いとされ、実現に向けては、人材の育成、研究費の拡充、研究基盤の整備が必要とされた。これらの認識は前回と変わっていない。人材を養成し研究費や研究基盤を拡充して時間をかけて行う基礎・基盤のための研究を、重要と考える傾向が研究者間で低下している可能性がある。この結果が、昨今懸念されている、日本の基礎研究力低下の反映とすると問題である。基礎的・基盤的研究の成果が、多分野でのイノベーションにつながることは良く知られた事実である。研究者自身が、基礎・基盤的成果をイノベーションにつなげる研究を重視するあまり、その成果の元となる基礎的・基盤的研究を軽視することは、イノベーションそのものの停滞にもつながる可能性がある。

(菅野純夫)

1.2. 細目及びキーワード

本分野は、「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」、「医療機器開発」、「老化および非感染性疾患」、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」、「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」、「情報と健康、社会医学」、「生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)」等の7つの細目で構成される。

図表 II- 1-1 「健康・医療・生命科学」分野の細目及びキーワード

	細目	キーワード
1	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)	再生医療、細胞医療、遺伝子治療、抗ウイルス薬、タンパク質間相互作用、核酸医薬、細胞内、DDS (Drug Delivery System)、幹細胞、iPS-ES 細胞、初期化、細胞プリンティング、同種移植、自己免疫疾患、ゲノム編集、人工臓器、オルガノイド、人工知能・シミュレーション技術
2	医療機器開発	介護機器、非侵襲診断機器、統合的医療ソフトウェア、がん細胞孤立化治療材料、微小血管吻合支援機器、ウェアラブル透析装置、超分散ホスピタル、モニター機器、外科医の熟練手技、ナノテク医療、在宅医療機器、排泄補助機器、ニューロリハビリ機器
3	老化および非感染性疾患	非感染性疾患(NCD)、早期診断、予防、非侵襲、免疫、アレルギー、生活習慣、がん、疲労、オミックス、老化、生殖細胞、臓器連関、メタゲノム、栄養、運動
4	脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)	神経回路、ニューロン・グリア相互作用、記憶・学習、認知・情動、意識、社会性、神経変性疾患、認知症、統合失調症、抗精神薬、うつ病、双極性障害、気分安定薬、依存症、自閉スペクトラム症、深部脳刺激療法、神経筋疾患、睡眠障害
5	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)	新興・再興感染症、病原微生物、薬剤耐性菌、ワクチン、サーベイランス、消毒、抗体医薬品、災害医療、救急医療、血液代替物、集中治療、トリアージ、多臓器不全、マスギャザリング、病院前救急診療、航空医学
6	情報と健康、社会医学	ウェアラブルセンサー、スマートデバイス、電子カルテ、診療情報、ゲノム情報、医療用人工知能、遺伝-環境相互作用、地域保健、環境医学、社会疫学、DOHaD (Developmental Origins of Health and Disease)、医療安全、健康格差、気候変動、ELSI(倫理的・法的・社会的課題)
7	生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)	計算生物学、人工細胞、動的ネットワークバイオマーカー、脳機能イメージング、1 細胞解析、生体分子相互作用、蛋白質の動的構造解析、ゲノム情報データベース、非コード領域の機能解析、実験環境、量子計測

1.3. アンケートの回収状況

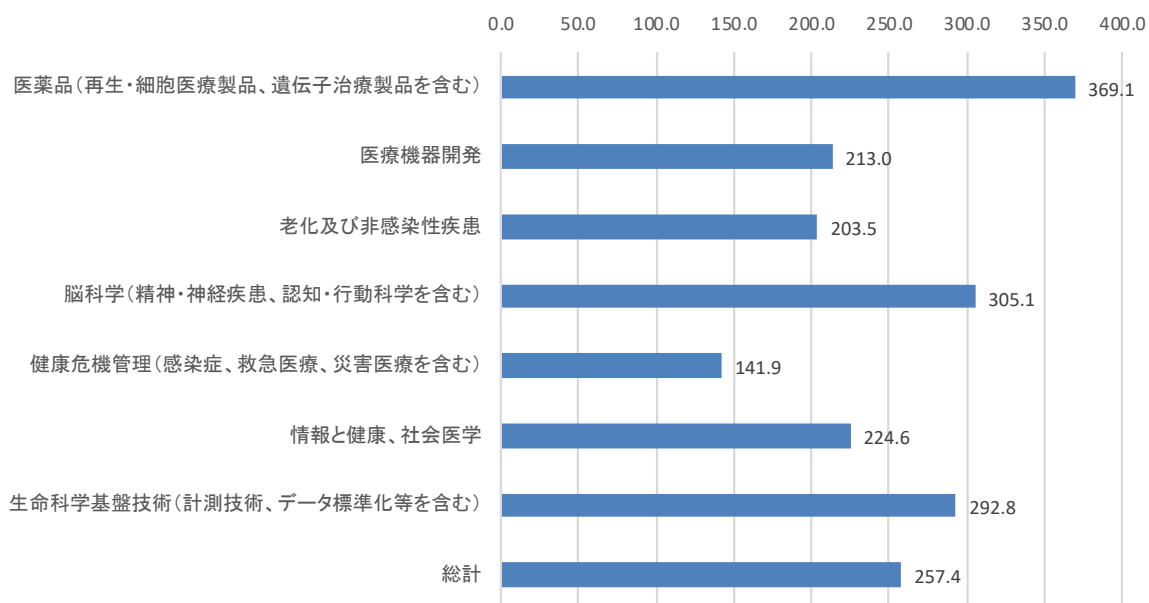
本分野についての回答者内訳(2回目アンケート)は以下のようになっている。

図表 II- 1-2 健康・医療・生命科学分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20 代	21 人	職業	企業その他	187 人
	30 代	393 人		学術機関	1519 人
	40 代	734 人		公的研究機関	181 人
	50 代	484 人	職種	研究開発従事	1618 人
	60 代	207 人		マネジメント	58 人
	70 代以上	35 人		その他	211 人
	無回答	13 人		合計	1887 人

以下、細目別の回答者数の平均を示す。

図表 II- 1-3 細目別回答者数の平均



1.4. 科学技術トピックに関する調査結果

1.4.1. 重要度

①重要度上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 位)は、図表 II-1-4 に示すとおりである。細目別では、「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」及び「老化及び非感染性疾患」関連トピックが各 5 件、次いで「医療機器開発」及び「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」関連トピックが各 4 件を占めた。科学技術的実現時期は平均で 2030 年であり、半数以上のトピックで、科学技術的実現時期は 2028 年から 2030 年に実現すると予測している。

図表 II- 1-4 科学技術トピックの重要度(上位 20 位)

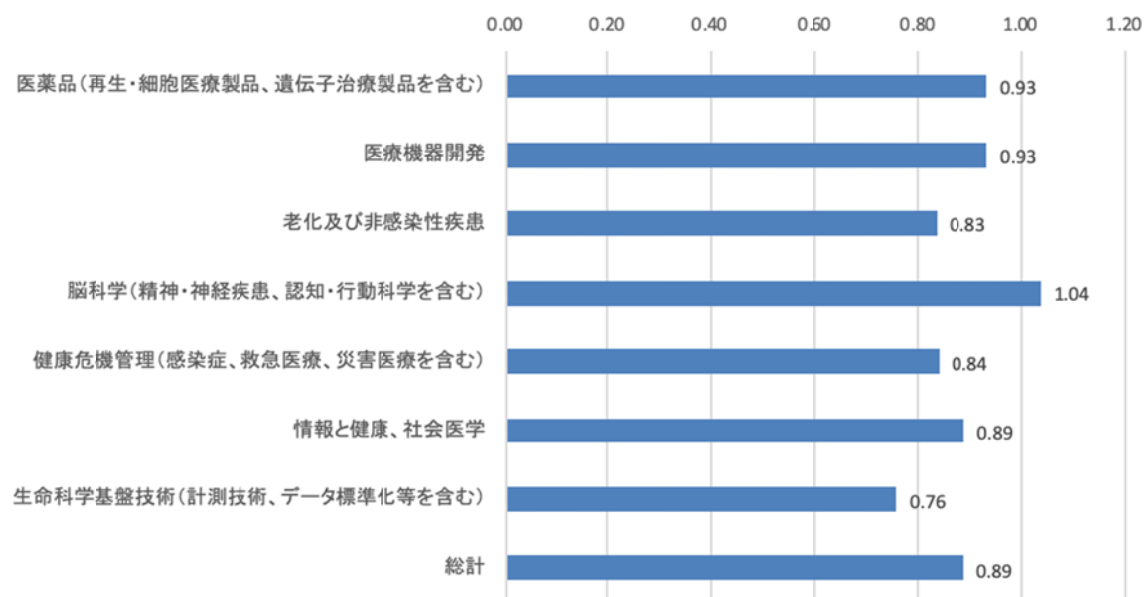
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	1.56	2028	2030	老化及び非感染性疾患
58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	1.55	2032	2035	脳科学
21	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化と AI 導入	1.46	2026	2028	医療機器開発
33	血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング	1.46	2027	2029	老化及び非感染性疾患
27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)	1.36	2028	2030	医療機器開発
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	脳科学
67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))	1.27	2029	2032	健康危機管理
34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	1.24	2029	2030	老化及び非感染性疾患
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	脳科学
9	細胞移植や遺伝子治療による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症(ALS)、脊髄損傷等)に対する治療法	1.18	2029	2032	医薬品
35	自律神経系・精神的ストレス・うつ病と生活習慣病の相互作用の解明による、悪循環をたちきる方法	1.16	2030	2034	老化及び非感染性疾患
29	疾患や加齢により衰えた筋骨格系の簡便で安価な機能補助技術	1.16	2026	2029	医療機器開発

	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
75	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム	1.15	2025	2028	情報と健康、社会医学
47	代謝臓器連関を標的とした、生活習慣病、神経変性疾患の予防・治療法	1.14	2031	2035	老化及び非感染性疾患
10	生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術	1.12	2030	2033	医薬品
14	膵β細胞を再生・増加させる技術に基づく、糖尿病を治癒させる薬剤	1.10	2030	2033	医薬品
1	慢性疾患の病態のシステムの把握（遺伝子ネットワーク把握）に基づく薬物療法	1.10	2028	2032	医薬品
5	生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術	1.10	2028	2030	医薬品
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	脳科学
87	予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出技術	1.08	2029	2033	生命科学基盤技術

②細目別の科学技術トピックの重要度

細目別の科学技術トピックの重要度を平均でみた場合、「脳科学（精神・神経疾患、認知・行動科学を含む）」が 1.04 と最も大きく、次いで「医薬品（再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む）」、「医療機器開発」が 0.93 であった。

図表 II- 1-5 科学技術トピックの重要度（細目別：指数）



1.4.2. 国際競争力

①国際競争力の高い上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 位)は、図表 II-1-6 に示すとおりである。細目別では、「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」関連トピックが 8 件を占める。科学技術的実現時期は平均で 2029 年であるが、2035 年頃に科学技術的実現時期を迎えるとするトピックも 1 件(「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」)含まれる。

図表 II- 1-6 科学技術トピックの国際競争力(上位 20 位)

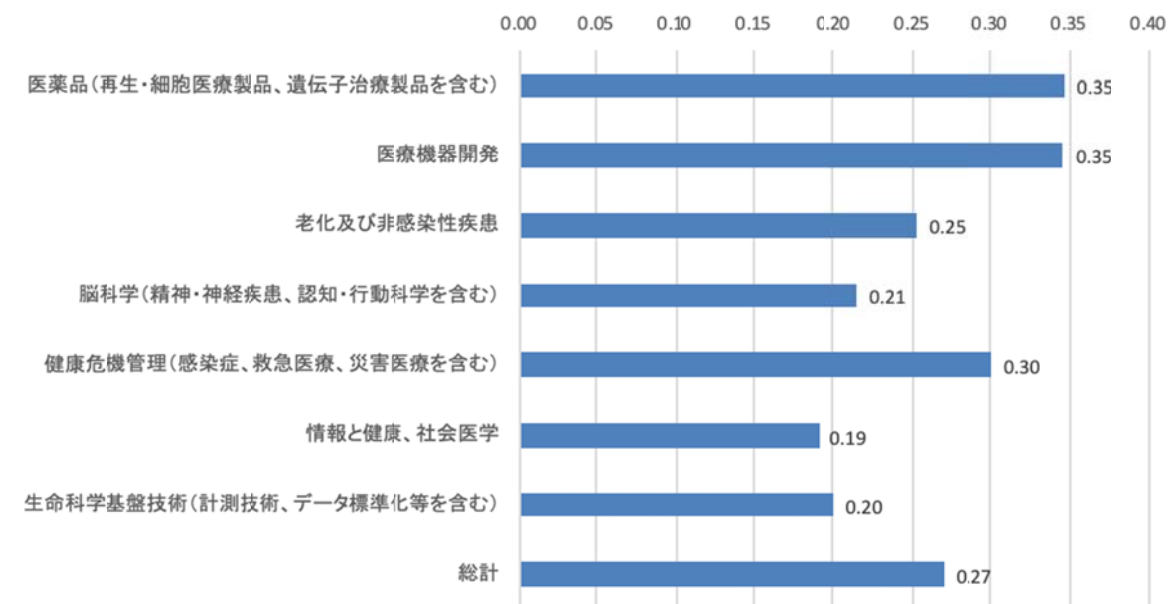
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
63	iPS 細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法	0.81	2028	2029	健康危機管理
5	生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術	0.75	2028	2030	医薬品
10	生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術	0.71	2030	2033	医薬品
34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	0.71	2029	2030	老化及び非感染性疾患
9	細胞移植や遺伝子治療による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋委縮性側索硬化症(ALS)、脊髄損傷等)に対する治療法	0.64	2029	2032	医薬品
33	血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング	0.61	2027	2029	老化及び非感染性疾患
29	疾患や加齢により衰えた筋骨格系の簡便で安価な機能補助技術	0.57	2026	2029	医療機器開発
39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	0.55	2028	2030	老化及び非感染性疾患
58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	0.54	2032	2035	脳科学
32	ナノテクノロジーによる生体人工物界面制御の精密化に基づく、高機能インプラント機器やドラッグデリバリーシステム(DDS)技術を可能とする高度な生体適合性材料	0.53	2029	2032	医療機器開発
12	細胞医療・遺伝子治療などによる、聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術	0.53	2031	2034	医薬品
75	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム	0.50	2025	2028	情報と健康、社会医学
18	固形がんを標的とする遺伝子改変 T 細胞を用いた、細胞性免疫を制御することによる免疫療法	0.48	2028	2030	医薬品
11	免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品	0.48	2031	2034	医薬品

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
21	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化と AI 導入	0.44	2026	2028	医療機器開発
8	造血幹細胞移植のドナー不足を解決する造血系幹細胞の大量培養技術	0.43	2027	2030	医薬品
2	細胞内標的に作用するペプチド・抗体医薬の新規技術	0.42	2027	2029	医薬品
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	0.41	2035	2039	脳科学
92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	0.39	2029	2033	生命科学基盤技術
88	脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術	0.39	2030	2035	生命科学基盤技術

②細目別の科学技術トピックの国際競争力

細目別の科学技術トピックの国際競争力を平均でみた場合、「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」、「医療機器開発」が 0.35 と最も大きく、次いで「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」が 0.3 であった。

図表 II- 1-7 科学技術トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の相対的に小さいトピック

本分野の科学技術トピックのうち、「国際競争力」は相対的に小さいと評価されたトピック(下位 5 位)は、図表 II-1-8 に示すとおりである。「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」のトピックが 2 件を占める。

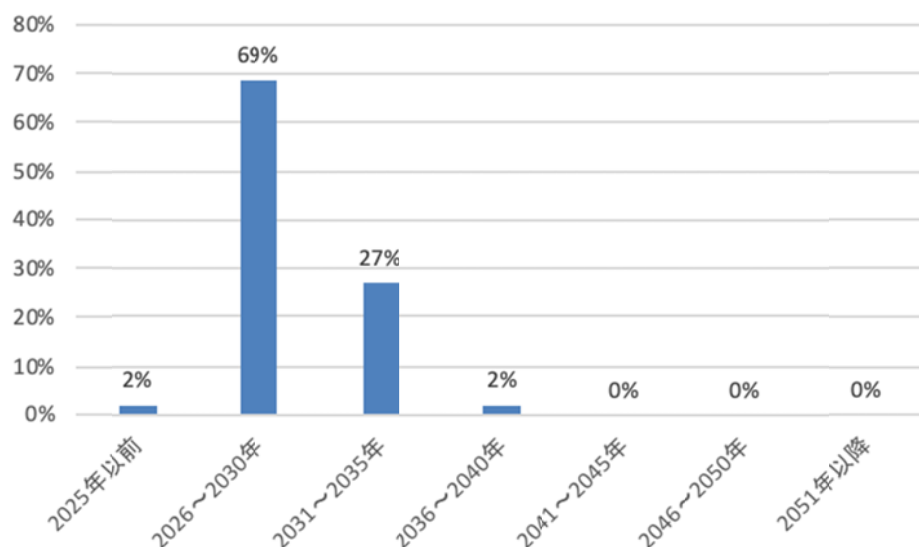
図表 II- 1-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 位)

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
56	依存症(薬物、アルコール等)に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法	-0.05	2034	2037	脳科学
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	-0.05	2028	2032	情報と健康、社会医学
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	-0.06	2032	2037	医薬品
61	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	-0.07	2034	2038	脳科学
94	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	-0.15	2027	2029	生命科学基盤技術

1.4.3. 科学技術的実現予測時期

科学技術的実現予測時期の分布は図表 II-1-9 のとおりである。

図表 II- 1-9 本分野の科学技術的実現予測時期の分布(%)



細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-1-10 のとおりである。

科学技術トピックの約 71 %が 2030 年までに科学技術的に実現するとしている。「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」細目では、他の細目に比べ、2036 年以降に実現するトピックが含まれている。

図表 II- 1-10 科学技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)		16	4				
医療機器開発		9	3				
老化及び非感染性疾患		13	6				
脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)			8	2			
健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)		8	2				
情報と健康、社会医学	2	11					
生命科学基盤技術(計測技術、データ標準化等を含む)		9	3				
総計	2	66	26	2			

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位5位)は図表 II-1-11～12 のとおりである。「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」細目で「実現しない」とするトピックが、「老化及び非感染性疾患」細目で「わからない」とするトピックが複数含まれる。

図表 II- 1-11 「実現しない」の回答比率が多いトピック

科学技術トピック		重要度	実現しない	科学技術的 実現時期	細目
61	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	0.95	11.5%	2034	脳科学
94	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	0.74	7.8%	2027	生命科学基盤技術
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	0.49	6.6%	2031	医薬品
82	生命科学・社会学を融合した包括的な要因分析に基づく、健康格差を是正する方法	0.92	6.4%	2028	情報と健康、社会医学
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	0.38	6.4%	2032	医薬品

図表 II- 1-12 「わからない」の回答比率が多いトピック

科学技術トピック		重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法	0.74	40%	2027	老化及び非感染性疾患
70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術	0.37	37%	2032	健康危機管理
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	0.62	36%	2028	情報と健康、社会医学
96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術	0.47	36%	2032	生命科学基盤技術

科学技術トピック		重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
45	発症頻度に性差のある疾患の病因解明	0.22	36%	2032	老化及び非感染性 疾患

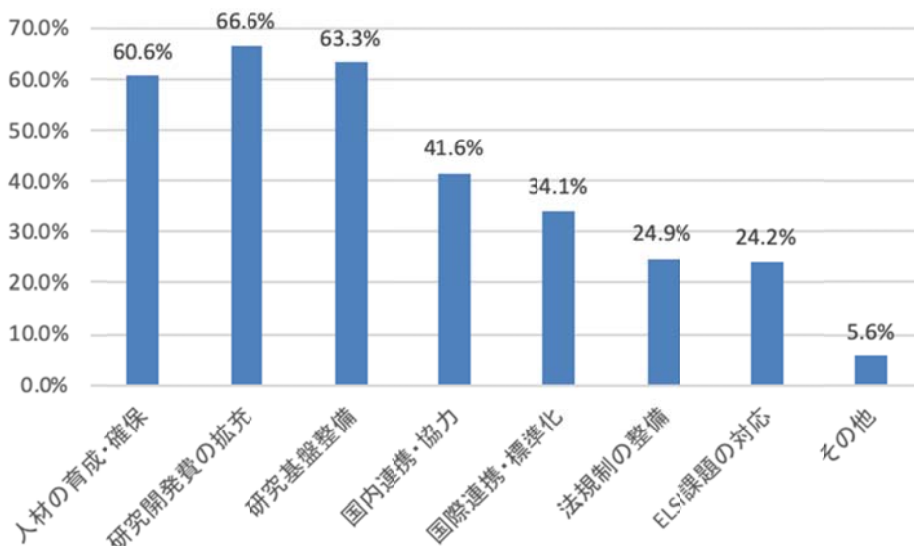
1.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般的傾向

科学技術的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-1-13 のとおりである。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「研究開発費の拡充」(66.6%)であり、次いで「研究基盤整備」(63.3%)、「人材の育成・確保」(60.6%)と続く。

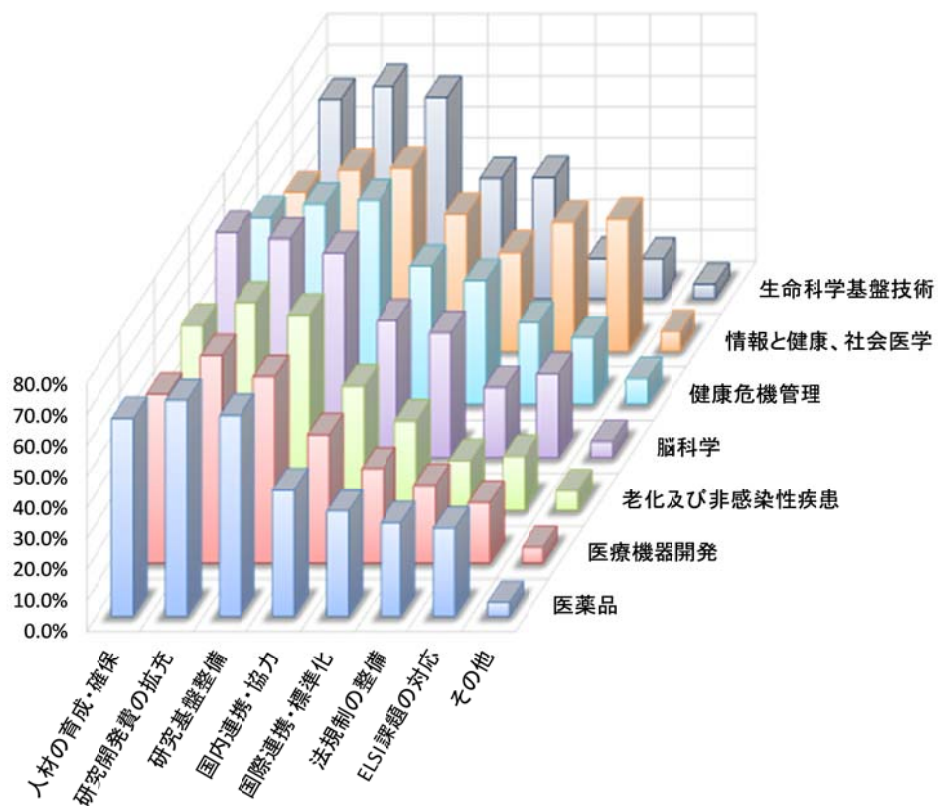
図表 II- 1-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」の細目では、重要施策として「人材の育成・確保」、「研究開発費の拡充」、「研究基盤整備」、「国際連携・標準化」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高い。また、「情報と健康、社会医学」の細目では、「法規制の整備」、「ELSI 対応」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高い。

図表 II- 1-14 科学技術的実現に向けた政策手段(細目別)(%)



	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	ELSI対応	その他
医薬品	63.7%	69.5%	64.8%	40.7%	34.0%	30.1%	28.4%	4.4%
医療機器開発	54.4%	66.8%	60.1%	41.5%	30.5%	25.1%	19.6%	5.0%
老化及び非感染性疾患	59.5%	66.9%	62.9%	39.9%	28.8%	16.0%	17.4%	6.3%
脳科学	72.5%	70.4%	65.8%	44.0%	40.1%	22.4%	26.8%	5.2%
健康危機管理	60.1%	64.5%	65.7%	44.6%	39.9%	26.2%	21.3%	8.1%
情報と健康、社会医学	51.2%	58.5%	59.1%	44.1%	31.9%	41.6%	42.6%	6.3%
生命科学基盤技術	64.3%	68.7%	65.0%	38.7%	39.0%	12.8%	12.7%	4.6%
総計	60.6%	66.6%	63.3%	41.6%	34.1%	24.9%	24.2%	5.6%

○人材の育成・確保

科学技術的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位5位）と割合の小さいトピック（下位5位）は図表 II-1-15 に示すとおりである。

図表 II- 1-15 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	82.3%	2037	2041	脳科学
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	77.7%	2035	2039	脳科学
85	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	76.1%	2031	2035	生命科学基盤技術
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	74.4%	2034	2037	脳科学
39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	73.5%	2028	2030	老化及び非感染性疾患
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	47.4%	2028	2032	情報と健康、社会医学
77	医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の人工知能を搭載した医療情報システム	47.1%	2026	2029	情報と健康、社会医学
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	46.7%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	40.3%	2026	2029	情報と健康、社会医学
31	手術室やベッドサイドの全てのケーブルが消失可能となる、次世代半導体によるモニター機器のミニチュア化と無線化	37.1%	2027	2029	医療機器開発

○研究開発費の拡充

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究開発費の拡充」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-1-16 に示すとおりである。

図表 II- 1-16 政策手段を「研究開発費の拡充」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	81.3%	2037	2041	脳科学
34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	80.4%	2029	2030	老化及び非感染性疾患
3	低分子化合物・ペプチド・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬	79.1%	2029	2032	医薬品
58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	78.3%	2032	2035	脳科学

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	77.7%	2035	2039	脳科学
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	54.7%	2032	2037	医薬品
94	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	48.6%	2027	2029	生命科学基盤技術
73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	48.1%	2026	2029	情報と健康、社会医学
51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法	44.7%	2027	2030	老化及び非感染性疾患
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	42.6%	2028	2032	情報と健康、社会医学

○研究基盤整備

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究基盤整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-1-17 に示すとおりである。

図表 II- 1-17 政策手段を「研究基盤整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	71.8%	2037	2041	脳科学
66	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム	71.8%	2030	2031	健康危機管理
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	71.0%	2035	2039	脳科学
58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	71.0%	2032	2035	脳科学
67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))	70.7%	2029	2032	健康危機管理
72	日常生活(購買・飲食等)から集積されるライフスタイルビッグデータ(匿名加工情報)活用による健康政策	53.7%	2025	2028	情報と健康、社会医学
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	52.7%	2032	2037	医薬品
73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	50.2%	2026	2029	情報と健康、社会医学

科学技術トピック		研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法	48.8%	2027	2030	老化及び非感染性疾患
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	46.4%	2028	2032	情報と健康、社会医学

○国内連携・協力

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-1-18 に示すとおりである。

図表 II- 1-18 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))	57.3%	2029	2032	健康危機管理
81	ライフコース・ヘルスケアのための大規模コホート	56.6%	2027	2029	情報と健康、社会医学
27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)	56.6%	2028	2030	医療機器開発
82	生命科学・社会学を融合した包括的な要因分析に基づく、健康格差を是正する方法	55.3%	2028	2031	情報と健康、社会医学
72	日常生活(購買・飲食等)から集積されるライフスタイルビッグデータ(匿名加工情報)活用による健康政策	52.3%	2025	2028	情報と健康、社会医学
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	32.2%	2032	2037	医薬品
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	32.1%	2031	2035	医薬品
44	ライブイメージングと生化学的解析等の融合による、オルガネラを標的とした非感染性疾患の新規診断法	31.7%	2031	2034	老化及び非感染性疾患
48	生体のエネルギー収支を非侵襲的に定量化する技術に基づく、生活習慣病の治療法	31.7%	2030	2033	老化及び非感染性疾患
70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術	30.8%	2032	2035	健康危機管理

○国際連携・標準化

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-1-19 に示すとおりである。

図表 II- 1-19 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
66	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム	60.9%	2030	2031	健康危機管理
91	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化	55.5%	2029	2030	生命科学基盤技術
67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))	52.9%	2029	2032	健康危機管理
83	気候変動に起因する感染症、熱中症など健康課題に資する情報システム	49.0%	2028	2030	情報と健康、社会医学
58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	48.7%	2032	2035	脳科学
76	生活環境のセンシングやライフログセンシングによる、脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知に基づいた救急医療情報システム	23.4%	2027	2029	情報と健康、社会医学
27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)	22.2%	2028	2030	医療機器開発
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	21.7%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
75	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム	19.7%	2025	2028	情報と健康、社会医学
28	がん末期での腸瘻や介護現場において利用可能な、人手が不要の排泄補助機器	14.3%	2028	2030	医療機器開発

○法規制の整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-1-20 に示すとおりである。

図表 II- 1-20 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
73	プレシジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	64.1%	2026	2029	情報と健康、社会医学
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	61.7%	2028	2032	情報と健康、社会医学
74	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)	56.7%	2027	2029	情報と健康、社会医学

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	55.1%	2031	2035	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)
15	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広くに実現する遺伝子治療法	54.2%	2029	2033	医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)
93	ゲノムの非コード領域の50%以上の領域の機能解明	7.0%	2029	2033	生命科学基盤技術
85	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	6.6%	2031	2035	生命科学基盤技術
90	細胞の位置情報を保持した上での1細胞オミックス解析技術	5.3%	2028	2030	生命科学基盤技術
96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術	3.2%	2032	2035	生命科学基盤技術
92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	2.7%	2029	2033	生命科学基盤技術

○ELSI への対応

科学技術の実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は図表 II-1-21 に示すとおりである。

図表 II- 1-21 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位5位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	70.3%	2028	2032	情報と健康、社会医学
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	61.0%	2031	2035	医薬品
73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	60.2%	2026	2029	情報と健康、社会医学
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	58.1%	2032	2037	医薬品
74	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)	55.8%	2027	2029	情報と健康、社会医学
95	多くの一般的な実験室で利用可能なラボラトリーオートメーション・実験ロボット	6.7%	2028	2031	生命科学基盤技術
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	6.5%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
90	細胞の位置情報を保持した上での1細胞オミックス解析技術	5.3%	2028	2030	生命科学基盤技術

	科学技術トピック	ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	3.1%	2029	2033	生命科学基盤技術
96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術	2.8%	2032	2035	生命科学基盤技術

○その他

科学技術の実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-1-22 に示すとおりである。

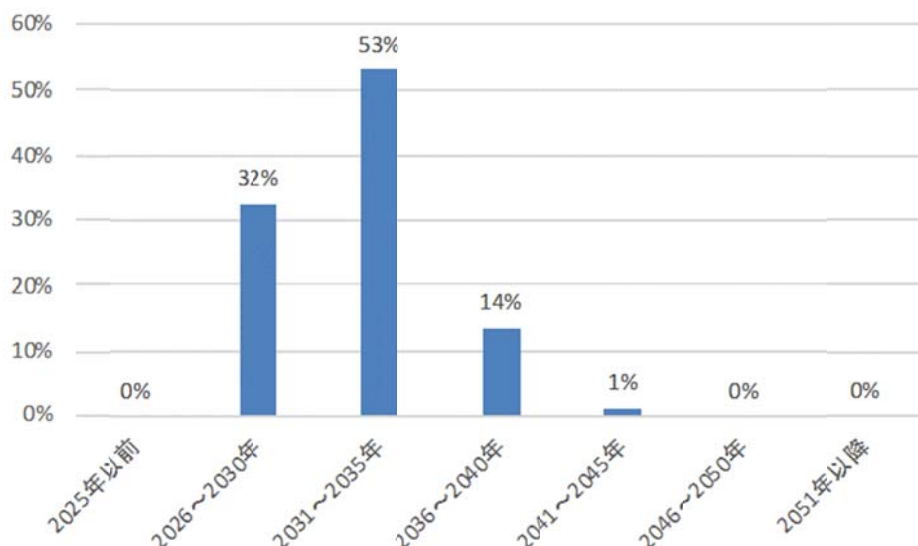
図表 II- 1-22 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
71	マスギャザリング災害における、人工知能による重傷者搬送調整システム	11.3%	2029	2031	健康危機管理
70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術	9.8%	2032	2035	健康危機管理
63	iPS 細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法	9.7%	2028	2029	健康危機管理
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	9.2%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
46	退行性骨粗しょう症の骨折リスクのメカニズム解明による集学的予防法	8.8%	2030	2032	老化及び非感染性疾患
89	循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム	3.3%	2030	2033	生命科学基盤技術
27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)	3.3%	2028	2030	医療機器開発
1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法	3.1%	2028	2032	医薬品
34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	2.9%	2029	2030	老化及び非感染性疾患
5	生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術	2.4%	2028	2030	医薬品
21	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化と AI 導入	1.9%	2026	2028	医療機器開発

1.4.5. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は図表 II-1-23 のとおりである。

図表 II- 1-23 社会的実現時期の分布



本分野の科学技術トピックの約 32%が 2030 年までに、約 85%が、2035 年までに社会的実現時期を迎える。また、2041 年以降に社会的実現を迎えるとしたトピックも 1 件を含まれる。

細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-1-24 のとおりである。「医療機器開発」細目の科学技術トピックは、他の細目に比べ、社会的実現時期が若干早期となっているのに対して、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」細目の科学技術トピックは、社会的実現時期が長期の予測となっている。

図表 II- 1-24 社会的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
医薬品 (再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)		5	14	1			
医療機器開発		7	3	2			
老化及び非感染性疾患		5	13	1			
脳科学 (精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)			1	8	1		
健康危機管理 (感染症、救急医療、災害医療を含む)		3	7				
情報と健康、社会医学		8	5				
生命科学基盤技術 (計測技術、データ標準化等を含む)		3	8	1			
総計		31	51	13	1		

ここでは、社会的実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位)は図表 II-1-25～26 のとおりである。「医薬品(再生・細胞医療製品、遺伝子治療製品を含む)」、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」細目の関連科学技術トピックで、「実現しない」との回答比率が高く、また、「老化及び非感染性疾患」細目のトピックで、社会的実現について「わからない」との回答比率の高いトピックが含まれる。

図表 II- 1-25 「実現しない」の回答が多いトピック

科学技術トピック		重要度	実現しない	社会的 実現時期	細目
61	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	0.95	14.6%	2038	脳科学
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	0.38	9.7%	2037	医薬品
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	0.49	9.5%	2035	医薬品
94	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	0.74	9.1%	2029	生命科学基盤技術
15	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法	0.99	8.1%	2033	医薬品

図表 II- 1-26 「わからない」の回答比率が多いトピック

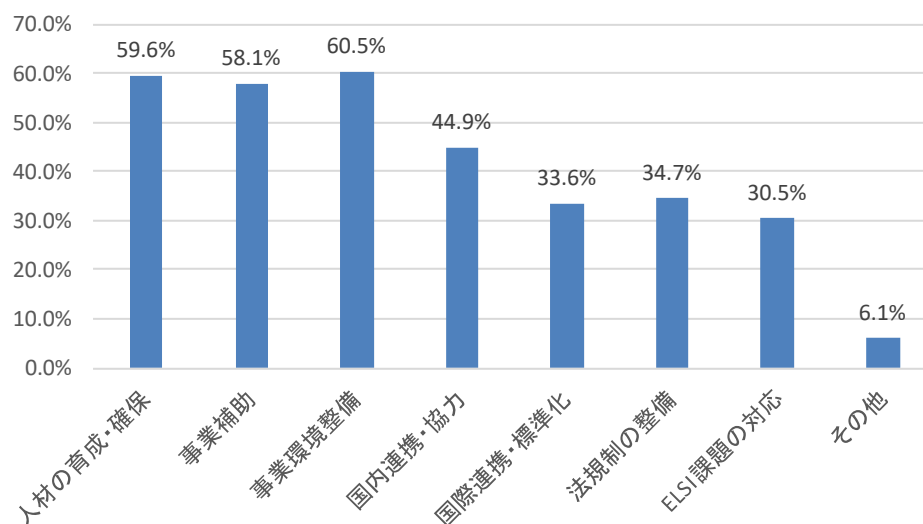
科学技術トピック		重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法	0.74	42.9%	2030	老化及び非感染性疾患
96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術	0.47	39.0%	2035	生命科学基盤技術
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	0.62	38.3%	2032	情報と健康、社会医学
45	発症頻度に性差のある疾患の病因解明	0.22	38.0%	2035	老化及び非感染性疾患
41	メタゲノム解析・制御による生体恒常性の維持	0.58	37.6%	2034	老化及び非感染性疾患
70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術	0.37	37.6%	2035	健康危機管理

1.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

社会的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-1-27 のとおりである。最も回答が多いものとして、「事業環境整備」(60.5%)があげられ、次いで「人材の育成・確保」(59.6%)、「事業補助」(58.1%)と続く。

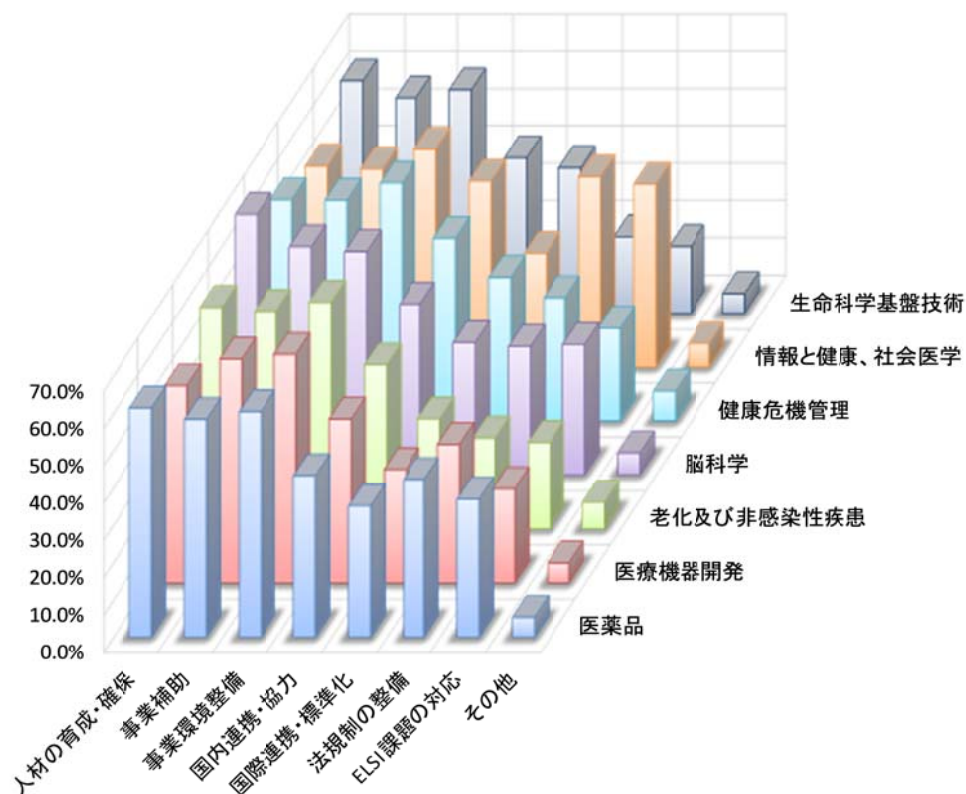
図表 II- 1-27 社会的実現に向けた政策手段



(2) 細目別の傾向

細目別では、「脳科学(精神・神経疾患、認知・行動科学を含む)」の細目で、科学技術トピックの社会的実現に向けて、「人材の育成・確保」、「事業補助」が必要とする回答比率が高い。また、「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」の細目で、「事業環境整備」、「国際連携・標準化」が必要とする回答比率が高い。「情報と健康、社会科学」の細目では、他の細目と比べ、社会的実現に向けて「法規制の整備」、「ELSI 対応」を必要とする回答が高い。

図表 II- 1-28 社会的実現のための政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI対応	その他
医薬品	61.3%	58.2%	60.4%	43.0%	35.0%	42.0%	36.8%	5.3%
医療機器開発	52.8%	60.0%	61.2%	43.8%	30.3%	37.0%	25.1%	5.3%
老化及び非感染性疾患	59.4%	58.4%	60.8%	43.9%	29.5%	24.3%	23.1%	7.0%
脳科学	69.8%	61.1%	59.8%	45.9%	35.5%	34.5%	35.0%	5.8%
健康危機管理	59.2%	59.1%	63.7%	48.9%	38.5%	33.0%	24.9%	8.0%
情報と健康、社会医学	53.7%	53.0%	58.2%	49.7%	30.4%	50.9%	48.9%	6.2%
生命科学基盤技術	62.2%	57.6%	59.8%	41.5%	38.8%	20.4%	17.8%	5.2%
総計	59.6%	58.1%	60.5%	44.9%	33.6%	34.7%	30.5%	6.1%

○人材の育成・確保

社会的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-1-29 に示すとおりである。

図表 II- 1-29 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	78.6%	2037	2041	脳科学
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	75.3%	2035	2039	脳科学
39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	74.3%	2028	2030	老化及び非感染性疾患
85	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	72.7%	2031	2035	生命科学基盤技術
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	72.1%	2034	2037	脳科学
76	生活環境のセンシングやライフログセンシングによる、脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知に基づいた救急医療情報システム	47.2%	2027	2029	情報と健康、社会医学
28	がん末期での腸瘻や介護現場において利用可能な、人手が不要の排泄補助機器	46.4%	2028	2030	医療機器開発
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	45.1%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	43.3%	2026	2029	情報と健康、社会医学
31	手術室やベッドサイドの全てのケーブルが消失可能となる、次世代半導体によるモニター機器のミニチュア化と無線化	38.6%	2027	2029	医療機器開発

○事業補助

社会的実現に向けた政策手段として、「事業補助」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は以図表 II-1-30 に示すとおりである。

図表 II- 1-30 政策手段を「事業補助」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	70.2%	2029	2030	老化及び非感染性疾患
58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	70.0%	2032	2035	脳科学
29	疾患や加齢により衰えた筋骨格系の簡便で安価な機能補助技術	68.8%	2026	2029	医療機器開発
47	代謝臓器連関を標的とした、生活習慣病、神経変性疾患の予防・治療法	68.5%	2031	2035	老化及び非感染性疾患
39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	68.0%	2028	2030	老化及び非感染性疾患

	科学技術トピック	事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
94	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム	49.0%	2027	2029	生命科学基盤技術
51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法	48.2%	2027	2030	老化及び非感染性疾患
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	47.5%	2031	2035	医薬品
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	40.6%	2032	2037	医薬品
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	37.8%	2028	2032	情報と健康、社会医学

○事業環境整備

社会的実現に向けた政策手段として、「事業環境整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-1-31 に示すとおりである。

図表 II- 1-31 政策手段を「事業環境整備」とするトピック(上位・下位 5 件)

	科学技術トピック	事業 環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
66	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム	70.5%	2030	2031	健康危機管理
27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)	67.9%	2028	2030	医療機器開発
95	多くの一般的な実験室で利用可能なラボラトリーオートメーション・実験ロボット	67.7%	2028	2031	生命科学基盤技術
42	元気高齢者の遺伝子解析と環境要因の分析による、疾患抑制機構・老化機構の解明	67.6%	2032	2035	老化及び非感染性疾患
65	病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 ※病原体データベース:ヒトおよびヒト以外の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース	67.4%	2028	2030	健康危機管理
45	発症頻度に性差のある疾患の病因解明	50.3%	2032	2035	老化及び非感染性疾患
1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法	50.0%	2028	2032	医薬品
51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法	50.0%	2027	2030	老化及び非感染性疾患
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	46.6%	2032	2037	医薬品
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	43.1%	2028	2032	情報と健康、社会医学

○国内連携・協力

社会的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-1-32 に示すとおりである。

図表 II- 1-32 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
81	ライフコース・ヘルスケアのための大規模コホート	63.5%	2027	2029	情報と健康、社会医学
67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))	61.1%	2029	2032	健康危機管理
82	生命科学・社会学を融合した包括的な要因分析に基づく、健康格差を是正する方法	60.6%	2028	2031	情報と健康、社会医学
39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法	56.3%	2028	2030	老化及び非感染性疾患
27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)	56.1%	2028	2030	医療機器開発
85	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	34.9%	2031	2035	生命科学基盤技術
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	34.9%	2032	2037	医薬品
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	34.8%	2031	2035	医薬品
45	発症頻度に性差のある疾患の病因解明	34.6%	2032	2035	老化及び非感染性疾患
70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術	33.8%	2032	2035	健康危機管理

○国際連携・標準化

社会的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-1-33 に示すとおりである。

図表 II- 1-33 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
66	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム	53.8%	2030	2031	健康危機管理
67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))	52.2%	2029	2032	健康危機管理

科学技術トピック		国際連携	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
91	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化	50.2%	2029	2030	生命科学基盤技術
83	気候変動に起因する感染症、熱中症など健康課題に資する情報システム	46.4%	2028	2030	情報と健康、社会医学
58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法	45.7%	2032	2035	脳科学
46	退行性骨粗しょう症の骨折リスクのメカニズム解明による集学的予防法	22.5%	2030	2032	老化及び非感染性疾患
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	21.7%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
76	生活環境のセンシングやライフログセンシングによる、脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知に基づいた救急医療情報システム	21.3%	2027	2029	情報と健康、社会医学
75	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム	19.3%	2025	2028	情報と健康、社会医学
28	がん末期での腸瘻や介護現場において利用可能な、人手が不要の排泄補助機器	16.8%	2028	2030	医療機器開発

○法規制の整備

社会的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-1-34 に示すとおりである。

図表 II- 1-34 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	74.0%	2026	2029	情報と健康、社会医学
15	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広くに実現する遺伝子治療法	70.1%	2029	2033	医薬品
74	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)	66.5%	2027	2029	情報と健康、社会医学
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	66.5%	2028	2032	情報と健康、社会医学
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	66.2%	2031	2035	医薬品
46	退行性骨粗しょう症の骨折リスクのメカニズム解明による集学的予防法	12.6%	2030	2032	老化及び非感染性疾患
50	非感染性疾患(NCD)に対する、運動の効用の科学的裏付けによる新規治療法	12.6%	2029	2032	老化及び非感染性疾患

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
93	ゲノムの非コード領域の 50%以上の領域の機能解明	11.7%	2029	2033	生命科学基盤技術
90	細胞の位置情報を保持した上での 1 細胞オミックス解析技術	11.3%	2028	2030	生命科学基盤技術
92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	5.8%	2029	2033	生命科学基盤技術
96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術	5.7%	2032	2035	生命科学基盤技術

○ELSI への対応

社会的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-1-35 に示すとおりである。

図表 II- 1-35 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	73.2%	2028	2032	情報と健康、社会医学
15	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法	71.6%	2029	2033	医薬品
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	70.8%	2032	2037	医薬品
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	69.2%	2031	2035	医薬品
73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム	67.1%	2026	2029	情報と健康、社会医学
50	非感染性疾患(NCD)に対する、運動の効用の科学的裏付けによる新規治療法	9.1%	2029	2032	老化及び非感染性疾患
95	多くの一般的な実験室で利用可能なラボラトリーオートメーション・実験ロボット	8.8%	2028	2031	生命科学基盤技術
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	8.7%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術	4.3%	2032	2035	生命科学基盤技術
92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	4.1%	2029	2033	生命科学基盤技術

○その他

社会的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-1-36 に示すとおりである。

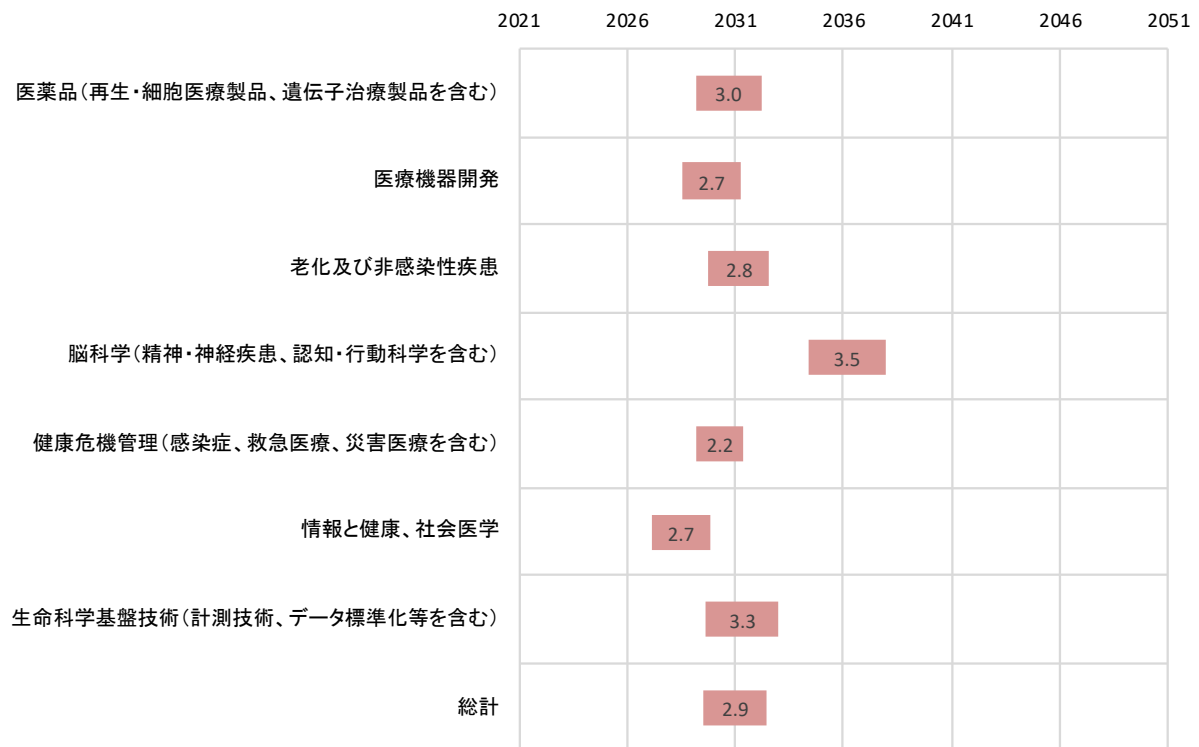
図表 II- 1-36 政策手段を「その他」とするトピック（上位・下位 5 位）

	科学技術トピック	その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
48	生体のエネルギー収支を非侵襲的に定量化する技術に基づく、生活習慣病の治療法	10.6%	2030	2033	老化及び非感染性疾患
38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断	10.3%	2028	2031	老化及び非感染性疾患
70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術	9.8%	2032	2035	健康危機管理
71	マスギャザリング災害における、人工知能による重傷者搬送調整システム	9.7%	2029	2031	健康危機管理
51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法	9.4%	2027	2030	老化及び非感染性疾患
89	循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム	3.3%	2030	2033	生命科学基盤技術
34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	3.3%	2029	2030	老化及び非感染性疾患
27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム（自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク）	2.8%	2028	2030	医療機器開発
5	生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術	2.4%	2028	2030	医薬品
21	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器（画像など）のコンパクト化と AI 導入	1.5%	2026	2028	医療機器開発

1.4.7. 科学技術の実現から社会的実現までの期間

科学技術の実現から社会的実現までの期間を細目別にみると、「脳科学（精神・神経疾患、認知・行動科学を含む）」細目が 3.5 年と最も長く、一方で、「健康危機管理（感染症、救急医療、災害医療を含む）」の細目は 2.2 年と短い。

図表 II- 1-37 図 1 科学技術的実現から社会的実現までの期間(年)



科学技術的実現から社会的実現までの期間の長い科学技術トピック(上位5位)および期間の短いトピック(下位5位)はそれぞれ図表 II-1-38 のとおりである。

図表 II- 1-38 科学技術的実現から社会的実現までの期間が長いトピック及び短いトピック

	科学技術トピック	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
88	脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術	2030	2035	5	生命科学基盤技術
16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法	2032	2037	5	医薬品
86	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞	2034	2039	5	生命科学基盤技術
1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法	2028	2032	4	医薬品
84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策	2028	2032	4	情報と健康、社会医学
15	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法	2029	2033	4	医薬品
17	眼、脳等(到達困難な組織)への薬剤輸送を可能とする技術	2029	2033	4	医薬品
68	植物により病原体に対して迅速かつ安価に中和抗体を大量生産する技術	2029	2033	4	健康危機管理

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
87	予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出技術	2029	2033	4	生命科学基盤技術
92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術	2029	2033	4	生命科学基盤技術
93	ゲノムの非コード領域の 50%以上の領域の機能解明	2029	2033	4	生命科学基盤技術
35	自律神経系・精神的ストレス・うつ病と生活習慣病の相互作用の解明による、悪循環をたちきる方法	2030	2034	4	老化及び非感染性疾患
41	メタゲノム解析・制御による生体恒常性の維持	2030	2034	4	老化及び非感染性疾患
13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器	2031	2035	4	医薬品
47	代謝臓器連関を標的とした、生活習慣病、神経変性疾患の予防・治療法	2031	2035	4	老化及び非感染性疾患
85	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築	2031	2035	4	生命科学基盤技術
25	全ての皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手	2032	2036	4	医療機器開発
26	筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させるニューロリハビリ機器	2032	2036	4	医療機器開発
36	胎生期から乳幼児期の環境因子に起因する生活習慣病の予防・治療薬	2032	2036	4	老化及び非感染性疾患
59	精神・神経疾患に対する深部脳刺激療法、ニューロフィードバック、ウイルスベクター等を用いた神経回路を標的とした治療法	2033	2037	4	脳科学
61	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法	2034	2038	4	脳科学
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	2035	2039	4	脳科学
54	統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰を可能にする新規治療薬	2035	2039	4	脳科学
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	2037	2041	4	脳科学
63	iPS 細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法	2028	2029	1	健康危機管理
34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	2029	2030	1	老化及び非感染性疾患
49	薬理遺伝学的検査による薬剤投与の最適化	2029	2030	1	老化及び非感染性疾患

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
91	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化	2029	2030	1	生命科学基盤技術
66	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム	2030	2031	1	健康危機管理

1.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックの実現時期は、図表 II-1-39 のとおりである。

図表 II- 1-39 他分野の本分野関連の科学技術トピックの科学技術的実現時期の分布(トピック数)

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
農林水産 食品	生産エコシステム		8					
	フードエコシステム		7					
	資源エコシステム		2	1				
	次世代バイオテクノロジー		7	3	1			
	安全・安心・健康		5	2				
	コミュニティ	1	2	2				
環境・資源・ エネルギー	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)		2					
	リスクマネジメント		3					
ICT・アナリ ティクス・サ ービス	IoT・ロボティクス		1					
	政策、制度設計支援技術			1				
	社会実装		1					
マテリアル・ デバイス・プ ロセス	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)		1					
	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)		5	5				
都市・建築・ 土木・交通	建築		2					
	防災・減災情報		1					
宇宙・海洋・ 地球・科学 基盤	計算・数理・情報科学			1				
	量子ビーム:放射光		2					
	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等		1					
	光・量子技術		2					
総計		1	31	8	1	0		

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックのうち、重要度指数の高い科学技術トピック(上位 20 位)は、図表 II-1-40 に示すとおりである。

分野・細目別では、マテリアル・デバイス・プロセス分野の「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」関連トピックが 7 件、次いで、農林水産・食品・バイオ分野の「フードエコシステム」関連トピックが 3 件、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の「量子ビーム:放射光」関連トピックが 2 件占めた。

図表 II- 1-40 他分野で設定された本分野関連の科学技術トピック(重要度上位 20 位)

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
335	ICT・アナリティクス・サービス	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	1.47	2028	2030
599	都市・建築・土木・交通	国民一人一人の防災行動を誘導するための ICT 利用技術	1.32	2026	2029
497	マテリアル・デバイス・プロセス	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	1.32	2028	2031
501	マテリアル・デバイス・プロセス	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1.26	2029	2033
500	マテリアル・デバイス・プロセス	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術	1.21	2030	2034
459	マテリアル・デバイス・プロセス	運動や記憶、情報処理、自然治癒など、人の心身における各種能力を加速・サポートするための、センシング・情報処理・アクチュエーション機能が統合された超小型 HMI(ヒューマン・マシンインターフェイス)デバイス	1.20	2029	2032
296	環境・資源・エネルギー	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定	1.18	2030	2033
182	農林水産・食品・バイオテクノロジー	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	1.15	2027	2029
119	農林水産・食品・バイオテクノロジー	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	1.13	2026	2028
295	環境・資源・エネルギー	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	1.13	2030	2032
498	マテリアル・デバイス・プロセス	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
121	農林水産・食品・バイオテクノロジー	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	1.10	2027	2029
120	農林水産・食品・バイオテクノロジー	アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	1.10	2029	2030
188	農林水産・食品・バイオテクノロジー	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システム	1.09	2032	2033
100	農林水産・食品・バイオテクノロジー	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術	1.08	2029	2030
696	宇宙・海洋・地球・科学基盤	創薬や投資・金融の意思決定等に係る効率を 3 桁改善する、従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲート型量子コンピュータのハイブリッドシステム	1.08	2030	2035
499	マテリアル・デバイス・プロセス	バイオミメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料	1.07	2028	2031
502	マテリアル・デバイス・プロセス	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造(バイオファブリケーション)	1.06	2031	2034
674	宇宙・海洋・地球・科学基盤	活性状態下でのタンパク質の構造とダイナミクスの解析	1.00	2028	2030
673	宇宙・海洋・地球・科学基盤	タンパク質 1 分子を試料として構造解析を行うイメージング技術	0.99	2029	2030

1.4.9. 未来科学技術年表

(1) 科学技術的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2025	72	日常生活(購買・飲食等)から集積されるライフスタイルビッグデータ(匿名加工情報)活用による健康政策
	75	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム
2026	21	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化とAI導入
	29	疾患や加齢により衰えた筋骨格系の簡便で安価な機能補助技術
	73	プレシジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム
	77	医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の人工知能を搭載した医療情報システム
2027	2	細胞内標的に作用するペプチド・抗体医薬の新規技術
	8	造血幹細胞移植のドナー不足を解決する造血系幹細胞の大量培養技術
	22	ノートPCレベルで、体内の脳動脈瘤など疾患シミュレーション、インプラント機器による治療効果、有効性の予測、術前シミュレーションが可能になるような統合的医療ソフトウェア
	31	手術室やベッドサイドの全てのケーブルが消失可能となる、次世代半導体によるモニター機器のミニチュア化と無線化
	33	血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング
	51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法
	64	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム
	74	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)
	76	生活環境のセンシングやライフログセンシングによる、脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知に基づいた救急医療情報システム
	81	ライフコース・ヘルスケアのための大規模コホート
2028	94	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム
	1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法
	5	生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術
	6	目的とする組織・器官への送達と細胞内ドラッグデリバリーシステム(DDS)技術を実現させる核酸医薬品
	18	固形がんを標的とする遺伝子改変T細胞を用いた、細胞性免疫を制御することによる免疫療法
	20	医薬品開発の成功確率を現在比で2倍にする、化合物生成・最適化(有効性・安全性・動態予測を含む)のための人工知能・シミュレーション技術
	23	患者への負担や医療費を軽減できる簡便なウェアラブル透析装置
	27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)
	28	がん末期での腸瘻や介護現場において利用可能な、人手が不要の排泄補助機器
	38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断
	39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法
	63	iPS細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法
	65	病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 ※病原体データベース:ヒトおよびヒト以外の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース
	79	ゲノムに加え、オミックスデータ(エピゲノム・プロテオーム・メタボローム)を数時間以内に1万円以下で体液サンプルからモニタリングする検査技術
	82	生命科学・社会学を融合した包括的な要因分析に基づく、健康格差を是正する方法
	83	気候変動に起因する感染症、熱中症など健康課題に資する情報システム
	84	新生児期からのゲノム情報の活用のためのELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策

年	No.	科学技術トピック
	90	細胞の位置情報を保持した上での 1 細胞オミックス解析技術
	95	多くの一般的な実験室で利用可能なラボラトリーオートメーション・実験ロボット
2029	3	低分子化合物・ペプチド・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬
2029	4	タンパク質高次構造解析に基づき、タンパク質間相互作用 (Protein-Protein Interaction:PPI) を阻害する化合物を設計する技術
	9	細胞移植や遺伝子治療による、中枢神経回路網の機能不全 (パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症 (ALS)、脊髄損傷等) に対する治療法
	15	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法
	17	眼、脳等 (到達困難な組織) への薬剤輸送を可能とする技術
	19	食べるワクチン等、経口投与を可能とする次世代ワクチン技術
	30	次世代手術ロボットと AI による、外科医の熟練によらない標準化された手技
	32	ナノテクノロジーによる生体人工物界面制御の精密化に基づく、高機能インプラント機器やドラッグデリバリーシステム (DDS) 技術を可能とする高度な生体適合性材料
	34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測
	40	疼痛、疲労の定量的診断法と新規治療法
	49	薬理遺伝学的検査による薬剤投与の最適化
	50	非感染性疾患 (NCD) に対する、運動の効用の科学的裏付けによる新規治療法
	62	特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー
	67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム (科学 (医薬品等)・社会技術 (感染対策の新規アプローチ等))
	68	植物により病原体に対して迅速かつ安価に中和抗体を大量生産する技術
	71	マスギャザリング災害における、人工知能による重傷者搬送調整システム
	78	分子薬理知識や生体分子相互作用および患者ゲノムに関する情報に基づく、医薬品の個人別副作用リスクの知的推論アルゴリズムを実装した情報システム
	80	Developmental Origins of Health and Disease (DOHaD) の解明などに基づく、ライフコース・ヘルスケアの視点からの各年齢ステージでの適切な予防・治療
	87	予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出技術 ※動的ネットワークバイオマーカー: 個々の単一のバイオマーカーとしての性能は高くなくても、それらのネットワークとしては極めて高機能な、複雑系数理モデル学に基づく新しい概念のバイオマーカー
	91	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得 (植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化
	92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術
	93	ゲノムの非コード領域の 50% 以上の領域の機能解明
2030	7	(核酸以外の) 薬や遺伝子を標的細胞内部の特定部位に運ぶナノキャリアシステム
	10	生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術
	14	膵β細胞を再生・増加させる技術に基づく、糖尿病を治癒させる薬剤
	35	自律神経系・精神的ストレス・うつ病と生活習慣病の相互作用の解明による、悪循環をたちきる方法
	37	非感染性疾患に対する、統合的オミックス解析による病因・病態分類に基づく治療法
	41	メタゲノム解析・制御による生体恒常性の維持
	46	退行性骨粗しょう症の骨折リスクのメカニズム解明による集学的予防法
	48	生体のエネルギー収支を非侵襲的に定量化する技術に基づく、生活習慣病の治療法
	66	新興感染症が及ぼすヒトへの影響 (世界的流行を引き起こす可能性、病原性) について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム
	88	脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術
	89	循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム
2031	11	免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品
	12	細胞医療・遺伝子治療などによる、聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術
	13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚 (動物性集合胚) から作出されるヒト移植用臓器

年	No.	科学技術トピック
	24	がん細胞を包み込んだり、がん細胞特異的に吸収したりする材料(ポリマーなど)により、がん細胞を物理的に孤立させて死滅させる治療法
	44	ライブイメージングと生化学的解析等の融合による、オルガネラを標的とした非感染性疾患の新規診断法
	47	代謝臓器連関を標的とした、生活習慣病、神経変性疾患の予防・治療法
	69	緊急時(多臓器不全)及び大量出血時に対応可能な血液代替物
2031	85	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築
2032	16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法
2032	25	全ての皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手
	26	筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させるニューロリハビリ機器
	36	胎生期から乳幼児期の環境因子に起因する生活習慣病の予防・治療薬
	42	元気高齢者の遺伝子解析と環境要因の分析による、疾患抑制機構・老化機構の解明
	43	生殖細胞劣化予防による不妊回避
	45	発症頻度に性差のある疾患の病因解明
	58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法
	70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術
	96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術
2033	59	精神・神経疾患に対する深部脳刺激療法、ニューロフィードバック、ウイルスベクター等を用いた神経回路を標的とした治療法
2034	56	依存症(薬物、アルコール等)に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法
	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
	60	神経疾患患者にみられる精神症状や睡眠障害の発症機構の解明による、新規治療法
	61	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法
	86	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞
2035	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
	54	統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰を可能にする新規治療薬
2036	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
2037	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

(2) 社会的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2028	21	病変部位の迅速識別能力の向上と早期発見が可能となる、非侵襲診断機器(画像など)のコンパクト化とAI導入
	72	日常生活(購買・飲食等)から集積されるライフスタイルビッグデータ(匿名加工情報)活用による健康政策
	75	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム
2029	2	細胞内標的に作用するペプチド・抗体医薬の新規技術
	22	ノートPCレベルで、体内の脳動脈瘤など疾患シミュレーション、インプラント機器による治療効果、有効性の予測、術前シミュレーションが可能になるような統合的医療ソフトウェア
	29	疾患や加齢により衰えた筋骨格系の簡便で安価な機能補助技術
	31	手術室やベッドサイドの全てのケーブルが消失可能となる、次世代半導体によるモニター機器のミニチュア化と無線化
	33	血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング
	63	iPS細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法
	64	電子カルテシステム、検査・処方等医療データや様々なウェブデータを活用した網羅的感染症サーベイランスシステムによる感染症流行予測・警報発出システム
	73	プレジジョン医療の実現や医療の質向上に資する、ICチップが組み込まれた保険証等による病歴、薬歴、個人ゲノム情報の管理システム
	74	ゲノム・診療情報、およびウェアラブルセンサーやスマートデバイスにより得られる生体・行動情報を継続的に収集した健康医療データベース(大規模コホート研究の推進に資する)
	76	生活環境のセンシングやライフログセンシングによる、脳血管障害・心筋梗塞・致死的不整脈などの血管イベントの検知に基づいた救急医療情報システム
	77	医療機器・システムの誤操作や患者状態に合わない設定などに起因する医療過誤の解消に向けた、知的アラート・意思決定支援の人工知能を搭載した医療情報システム
	81	ライフコース・ヘルスケアのための大規模コホート
	94	研究成果の真正を証明するための、研究により生じた全計測データ・全画像データを記録・保存し、原データとして認証・保証するシステム
2030	5	生体中での機能を再現可能な多能性幹細胞由来の人工臓器やオルガノイドを使った、薬効・安全性評価技術
	6	目的とする組織・器官への送達と細胞内ドラッグデリバリーシステム(DDS)技術を実現させる核酸医薬品
	8	造血幹細胞移植のドナー不足を解決する造血系幹細胞の大量培養技術
	18	固形がんを標的とする遺伝子改変T細胞を用いた、細胞性免疫を制御することによる免疫療法
	23	患者への負担や医療費を軽減できる簡便なウェアラブル透析装置
	27	遠隔で、認知症などの治療や介護が可能になる超分散ホスピタルシステム(自宅、クリニック、拠点病院との地域ネットワーク)
	28	がん末期での腸瘻や介護現場において利用可能な、人手が不要の排泄補助機器
	34	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測
	39	老化に伴う運動機能低下の予防・治療法
	49	薬理遺伝学的検査による薬剤投与の最適化
	51	ゲノム医療に対する保健医療政策の立案に向けた医療経済学的評価法
	65	病原体データベースを用いた未知の病原体の分離・同定技術 ※病原体データベース:ヒトおよびヒト以外の動物等の病原体の網羅的な遺伝子・タンパク情報データベース
	83	気候変動に起因する感染症、熱中症など健康課題に資する情報システム
	90	細胞の位置情報を保持した上での1細胞オミックス解析技術
	91	ヒトが接することのできる全生物のゲノム情報の取得(植物・単細胞真核生物・原核生物も含む)・データベース化
2031	4	タンパク質高次構造解析に基づき、タンパク質間相互作用(Protein-Protein Interaction:PPI)を阻害する化合物を設計する技術
	20	医薬品開発の成功確率を現在比で2倍にする、化合物生成・最適化(有効性・安全性・動態予測を含む)のための人工知能・シミュレーション技術
	38	非侵襲性ポータブル血管イメージングによる定量的血管障害の診断
	40	疼痛、疲労の定量的診断法と新規治療法

年	No.	科学技術トピック
	62	特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー
2031	66	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム
	71	マスギャザリング災害における、人工知能による重傷者搬送調整システム
	78	分子薬理知識や生体分子相互作用および患者ゲノムに関する情報に基づく、医薬品の個人別副作用リスクの知的推論アルゴリズムを実装した情報システム
	79	ゲノムに加え、オミックスデータ(エピゲノム・プロテオーム・メタボローム)を数時間以内に1万円以下で体液サンプルからモニタリングする検査技術
	82	生命科学・社会学を融合した包括的な要因分析に基づく、健康格差を是正する方法
	95	多くの一般的な実験室で利用可能なラボラトリーオートメーション・実験ロボット
2032	1	慢性疾患の病態のシステムの把握(遺伝子ネットワーク把握)に基づく薬物療法
	3	低分子化合物・ペプチド・抗体・核酸に次ぐ新規機能分子の医薬
	9	細胞移植や遺伝子治療による、中枢神経回路網の機能不全(パーキンソン病、筋萎縮性側索硬化症(ALS)、脊髄損傷等)に対する治療法
	19	食べるワクチン等、経口投与を可能とする次世代ワクチン技術
	30	次世代手術ロボットとAIによる、外科医の熟練によらない標準化された手技
	32	ナノテクノロジーによる生体人工物界面制御の精密化に基づく、高機能インプラント機器やドラッグデリバリーシステム(DDS)技術を可能とする高度な生体適合性材料
	46	退行性骨粗しょう症の骨折リスクのメカニズム解明による集学的予防法
	50	非感染性疾患(NCD)に対する、運動の効用の科学的裏付けによる新規治療法
	67	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))
	80	Developmental Origins of Health and Disease(DOHaD)の解明などに基づく、ライフコース・ヘルスケアの視点からの各年齢ステージでの適切な予防・治療
	84	新生児期からのゲノム情報の活用のための ELSI(倫理的・法的・社会的課題)の解決策
2033	7	(核酸以外の)薬や遺伝子を標的細胞内部の特定部位に運ぶナノキャリアシステム
	10	生体内に内在する幹細胞、あるいは移植された幹細胞の機能を制御することによる再生医療技術
	14	膵β細胞を再生・増加させる技術に基づく、糖尿病を治癒させる薬剤
	15	次世代ゲノム編集技術による、遺伝子修復治療や単一遺伝病の治療を広汎に実現する遺伝子治療法
	17	眼、脳等(到達困難な組織)への薬剤輸送を可能とする技術
	37	非感染性疾患に対する、統合的オミックス解析による病因・病態分類に基づく治療法
	48	生体のエネルギー収支を非侵襲的に定量化する技術に基づく、生活習慣病の治療法
	68	植物により病原体に対して迅速かつ安価に中和抗体を大量生産する技術
	69	緊急時(多臓器不全)及び大量出血時に対応可能な血液代替物
	87	予防医療・先制医療に資する、動的ネットワークバイオマーカーを用いた疾病発症・病態悪化の予兆検出技術
	89	循環体液中の生体高分子や低分子の低侵襲リアルタイムモニタリングシステム
	92	タンパク質の一次配列情報およびそのタンパク質に作用する物質の立体構造情報から、活性状態のタンパク質の動的立体構造を推定する技術
	93	ゲノムの非コード領域の50%以上の領域の機能解明
2034	11	免疫拒絶回避を完全にできる同種由来再生医療技術・製品
	12	細胞医療・遺伝子治療などによる、聴覚や視覚の機能を再生させる医療技術
	24	がん細胞を包み込んだり、がん細胞特異的に吸収したりする材料(ポリマーなど)により、がん細胞を物理的に孤立させて死滅させる治療法
	35	自律神経系・精神的ストレス・うつ病と生活習慣病の相互作用の解明による、悪循環をたちきする方法
	41	メタゲノム解析・制御による生体恒常性の維持
	44	ライブイメージングと生化学的解析等の融合による、オルガネラを標的とした非感染性疾患の新規診断法
2035	13	動物の胚とヒト幹細胞由来細胞のキメラ胚(動物性集合胚)から作出されるヒト移植用臓器
	42	元気高齢者の遺伝子解析と環境要因の分析による、疾患抑制機構・老化機構の解明

年	No.	科学技術トピック
	43	生殖細胞劣化予防による不妊回避
	45	発症頻度に性差のある疾患の病因解明
	47	代謝臓器連関を標的とした、生活習慣病、神経変性疾患の予防・治療法
	58	アルツハイマー病等の神経変性疾患の発症前バイオマーカーに基づく、発症予防および治療に有効な疾患修飾療法
2035	70	細胞内オルガネラ間移動を標的とした新規感染制御技術
	85	多種多体分子システムとしての生体機能を記述する定量的関係式の構築
	88	脳機能を細胞レベルで非侵襲的に測定できるイメージング技術
	96	タンパク質の機能において、量子(力学)レベルでの作動メカニズムを理解する上で必要なパラメータを得るための量子計測技術
2036	25	全ての皮膚感覚の脳へのフィードバック機能を備えた義手
	26	筋委縮性側索硬化症(ALS)患者等の重度な運動機能障害者の日常生活動作を支援するための、脳活動を直接反映させるニューロリハビリ機器
	36	胎生期から乳幼児期の環境因子に起因する生活習慣病の予防・治療薬
2037	16	先天性遺伝子疾患を対象とした安全性の高い子宮内遺伝子治療法
	56	依存症(薬物、アルコール等)に共通な脳病態の解明に基づく、予防法・再発防止法
	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
	59	精神・神経疾患に対する深部脳刺激療法、ニューロフィードバック、ウィルスベクター等を用いた神経回路を標的とした治療法
	60	神経疾患患者にみられる精神症状や睡眠障害の発症機構の解明による、新規治療法
2038	61	情動等の脳機能解明に基づく、いじめや不登校への対処法
2039	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
	54	統合失調症の脳病態解明に基づく、社会復帰を可能にする新規治療薬
	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
	86	多数で多種類の生体分子が協働して生命システムを作り上げる作動原理を理解した上での人工細胞
2041	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

2. 農林水産・食品・バイオテクノロジー分野

2.1. 将来の展望

2.1.1. 総論

(1) 細目の構成

「農林水産・食品・バイオテクノロジー」分野を構成する細目は、情報・ロボット・栽培技術が協働する「生産エコシステム」、食を通して社会を支える「フードエコシステム」、環境・生態系・食を仲介する「資源エコシステム」、ICT を援用して全地球的視点から構築されるべき「システム基盤」、データ駆動型のオミックス解析を用い食料生産に寄与する「次世代バイオテクノロジー」、バイオエコノミーを駆動する再生可能エネルギーとバイオ材料に繋がる「バイオマス」、安全・安心な食による健康増進を科学的にとらえる「安全・安心・健康」、農林水産業と食を支える新しい「コミュニティ」の 8 つとした。

(2) 本分野の今後の方向性

人口減少下の日本では、人機能を代替する汎用ロボット開発と、農業の自動化・施設化が生産エコシステム(農林水産業)の喫緊の課題である。また、IoT やドローンからの広範囲の作物情報と生物学的知識に基づく AI 支援型高精度作物モデルなどによる、不確実性にも対処できる栽培管理技術の確立や、作物や樹木の高速テーラーメイド育種技術の開発が急務である。生産エコシステムは地域コミュニティを必要とするが、地域コミュニティが縮小しデータ駆動型のバーチャルコミュニティが拡大する中で、これらを繋ぐ新たな地域コミュニティ形成を研究する数理社会工学的な研究分野の創生が必須である。

フードエコシステムでは、食品加工側の要求品質を満たす原料農産物生産を可能とする生産エコシステムの実現と農産物の短期保蔵システム開発は必須で、フードロス削減にも効果的である。消費者志向の「食」のデジタルマーケティングや「食」を通じた健康医療増進の実現は極めて重要であり、AI 支援型応用技術開発と関連ビッグデータ整備が急務である。また、消費者に安全な「食」とフードエコシステムの安全性・透明性を保証する「ブロックチェーンなどに基づく食品追跡システム」の開発も重要である。

資源システムはフードエコシステム(生産エコシステム)と連携する重要システムである。人間活動と気候変動は今後も自然生態系・農林水産資源の変動の主要因であり続けることが予想されるため、海洋・森林資源の賦存量や変動を高精度予測するシステム開発と資源保全や持続的利用に向けた研究開発がさらに重要となる。特に森林保全では、科学的で効率的な管理計画作成技術とともに、防災・減災や野生動物被害防止のためのレジリエントな革新的技術開発が急務である。農林水産業の持続的な営農を支えるための地域資源の循環利用や、事業性評価研究も重要となろう。また、バイオエコノミー社会の駆動輪としてのバイオマス(エネルギーと材料の両面)の利用拡大が、化石資源利用の抑制や近年世界的重要課題となっている海洋プラスチックゴミ問題解決に対しても有効となる。しかし、この実現には、研究開発費の拡充、研究基盤の整備とともに、社会的実現に向けた政策支援が不可欠である。

これらのエコシステムの運用には、マクロレベルでは大気・海洋・森林資源・海洋資源の観測・予測システム基盤、またミクロレベルでは土壌微生物のモニタリング・機能解析技術開発とその総体の機能解明を行うシステム基盤構築が必要である。「次世代バイオテクノロジー」は、このミクロ基盤技術、大量 CO₂ 固定

植物、大気や土壌中から栄養素を取込む作物、耕作不適地での農作実現、種の保存のための生殖細胞の保存などの基礎分野での貢献が期待されるが、生産エコシステムに資する実用技術としての早期の具体化が必要である。この実現には国際連携研究によるデータ蓄積、農学・分子生物学・工学・情報科学などの関連分野の融合、さらには倫理的・法的・社会的課題への対応が強く求められる。

未来においても日本の「食(和食)」が持続的に国際的にインパクトを持ち続けるために、「農林水産・食品・バイオテクノロジー」分野の核となるフードエコシステムの研究・開発への人・カネといった資源の重点投資が強く求められる。

(亀岡 孝治)

2.1.2. 細目概要

①生産エコシステム

i) 概要

自然面でも社会面でも不確実性が増すと予想される近未来に於いても、十分かつ持続的に農業生産を実現するシステムを情報科学と協働して目指す。作物が本来備えている能力を野生種から引き出し新たな栽培種を育成することや、遺伝情報と発現メカニズムを超高速表現型計測と組みあわせながら解析することによって新品種を迅速に意図する形で育成することを可能とする。栽培や養殖の場面では、生体情報と環境情報を的確に把握することで高精度生育予測や診断を実現し高度な持続的農業生産を実現する。また、自動化、無人化、閉鎖系循環型生産システムを確立することで、人類にとっても環境にとっても負荷を低減させた農業生産を実現する技術開発を計る。

ii) 社会的意義

我が国の限られた国土と資源という制限下にあっても、高い自給率の達成は安全保障上、重要課題である。量的確保に加え健康長寿時代を支える高度付加価値農産物の持続的な生産ができる、環境負荷を抑えた循環型社会に適応する農を築くことが求められている。本課題により生物に秘められた遺伝的能力を最大限に引き出し作物の高品質・多収化或いは水産物の高品質・健全養殖を実現する。また情報科学との協働により、労働力や場所、環境、気候変動などに依存することなく高品質かつ安全な食を安定生産できるシステムが確立することは、産業としての農林水産業を躍進させ、人類に対する大いなる貢献に繋がると考えられる。

iii) 今後の展望

農業生産現場の労働力不足、高齢化は深刻で、将来にわたる安全・高品質で十分な食料の持続的生産や林業の大きな障壁となっている。ロボット化が進む中でも、人間が介在する作業は膨大で人機能を代替できる汎用ロボットの開発による農業の自動化が急がれる。また、AI と生物学的知識を融合した高精度のハイブリッド型高精度作物モデルなどによる不確実性にも対処できる栽培管理技術の確立や、作物や樹木の高速テーラーメイド育種技術開発を急がなくてはならない。

農林水産業による環境負荷の低減も極めて重要で、微生物共生を最大限に活かす生態調和型農業

生産システムの確立や、環境負荷の小さい植物・昆虫起源の飼料による閉鎖型陸上養殖技術の実現も期待する。この他、中長期的にはゲノム編集などで野生種の持つ高機能性を活かした栽培化や宇宙・極地無人農業を支える技術開発の支援も重要となる。なお、動植物体内での医薬品製造やゲノム編集に関わる法規制など ELSI に関わる取り組みも合わせて進める必要がある。

(二宮正士、加々美勉)

②フードエコシステム

i) 概要

SDGs、バイオエコノミーなどを踏まえ、データ駆動型の食糧生産を起点とし、安全・安心と品質を繋ぐ新たなトレーサビリティシステム、食品加工 CPS、新保蔵技術を備えた流通システム、デジタルマーケティング対象の消費者を出口とするフードエコシステムと要素技術の開発が求められる。オミックスを人の健康まで広げるフードミクス研究とそれを実現するフード3D プリンター開発、人口タンパク質・昆虫資源活用、デジタル農業・EC・物流機能・実店舗・レストランを結合したフードロスに対応可能なビジネスモデル開発などの展開が予想される。

ii) 社会的意義

デジタル社会の深化と気候変動やエネルギー問題などの深刻化の中で、食糧生産、加工、流通、販売が持続可能性を持つフードエコシステムとして機能することが必要である。また、GAP、HACCP、トレーサビリティなどの食の安全・安心のデジタル社会にマッチしたシステムの整備は不可欠となろう。人口減の日本社会にあつては、AI の高度化に伴い、人の健康と美味しさを意識した調理の自動化・人工食材開発、食品保蔵技術開発が進むと考えられる。さらに高齢化社会に対応する、自宅から食品・料理を注文・配達してくれる食分野の EC 化が必要であろう。

iii) 今後の展望

環境負荷の低い食品生産システムの実現は国際社会から強く求められており、食品ロスの低減や Footprints の改善は喫緊の課題となっている。

環境問題や食の安全・安心に関わる課題では、どこか一つのプロセスだけを最適化しても、他のプロセスに大穴が開いていたら意味が無い。生産から消費までのプロセス全体を一つのシステムとしてとらえて、全体の最適化を図り、機能を強化していくことが求められている。食品ロス低減などいくつかの課題では、社会的実現に向けた政策手段として、事業環境整備や国内連携協力の重要度が高かったが、これはシステムとしてのアプローチの必要性を示唆するものである。

フードエコシステムの課題解決には、個々の技術開発もさることながら、それらを社会システムの中にどの様に実装していくかというビジョンが求められる。フードエコシステムのネットワークは広範に広がっているため、個々の企業や自治体では、社会実装のための体制づくりが難しいケースも想定される。このような場合には、国がリーダーシップをとって、多様なステークホルダーが参加するプラットフォームをつくり、法整備も含めて支援をしていく必要があるだろう。

フードエコシステムの課題のうち、高齢化対応やアレルギー対応などの機能性食品、保蔵技術、品質

の定量分析は、国際競争力のスコアが高かった。高齢化社会や食の安心・安全などは、日本国内の問題として重要であるだけでなく、今後、世界の多くの国が直面する課題でもある。我が国が直面している課題を解決するために、技術開発と社会実装を推進することで、結果として国際的な競争力が強化され、将来的には国際ビジネスへの展開も期待できる。

(勝川俊雄、亀岡孝治、西出香)

③資源エコシステム

i) 概要

人間の社会・経済活動による気候変動による環境変化は、極端気象現象の頻度上昇とともに自然生態系・農林水産資源の変動に大きな影響を与えている。農林水産資源の利用に関しては、いまだ収奪的な側面があることや将来変動の不確実性を考慮した利用計画が明確でない状況がある。しかし生態系サービス機能は人間が一方的に享受しているのではなく、農林水産業という人間の営みと生態系との相互作用の上に成り立っていることから、我々自身が生態系サービスの中に位置することを意識する必要がある。そこで、積極的な管理の重要性を認識し、科学的根拠に基づく生態系機能の理解、資源量把握と持続的利用のための技術開発、それらに基づく管理指針や施策への反映をこれまで以上に進めることが重要である。

ii) 社会的意義

生態系サービスの適切な維持管理は、食料・生活資材の安定供給とともに、温暖化・防災・環境負荷などの緩和、低減につながる。また、農林水産資源の維持管理は、それを利用する一連の産業構造(エコシステム)の発展や、地域社会や文化の継承にも重要な機能を持っている。さらに、フードチェーン・情報通信技術の発達により、地域資源の評価、食・生活文化の多様性の認識、未利用資源の効率的利用などへの発展が期待される。これらの研究開発は農林水産業においてすでに喫緊の課題となっている担い手の減少への対応としても重要であるとともに、SDGs における飢餓ゼロ(開発目標2)はもちろんのこと、気候変動対応(同 13)、海の豊かさ・陸の豊かさを守る(同 14, 15)へ大きく貢献する課題である。

iii) 今後の展望

人間活動、気候変動が自然生態系・農林水産資源の変動に与える影響は、今後も増大することが予想されることから、資源の賦存量や変動の精度良い推定とともに、資源の保全や持続的利用に向けた研究開発がこれまで以上に重要となる。海洋資源においては、急速に発達しているバイオリギングや環境DNA、さらには衛星情報などの利用による資源分布や変動推定、養殖情報データベースの構築や主要漁業対象種の養殖対応に向けた遺伝資源の保存技術の開発などが期待されている。森林資源においては、保全と利用を両立させる科学的で効率的な管理計画の作成技術とともに、土砂災害の事前防止や野生動物被害防止のための革新的技術開発が必要とされている。農業においても、地域や国内での持続的な営農を支えるための地域資源の循環利用や、新たな技術導入時や気候変動の環境経済的な影響評価研究も進める必要がある。近年、環境保全上世界的に重要な課題として、海洋プラスチックゴミ問題が取り上げられてきた。プラスチックはその廃棄や処理過程に多くの課題があり、陸域・海域資源の持

続性にも大きな影響を与えつつある。そのため環境負荷の少ない処理技術、排出削減や循環利用技術、生分解性資材の利用などの研究開発推進に向けた施策支援が望まれる。

(渡邊朋也)

④システム基盤

i) 概要

農林水産業と関連する社会経済活動の持続可能性を担保する水資源・各種自然資源の管理・保全、循環システムに関わる個別技術とサービス体系の確立が期待される。農林水産業の大きなリスクとなる気候変動に対する予測・防御、農林水産業の生産・遺伝資源の確保に密接に関わる自然資源の測定管理、環境保全のための技術開発と社会システムの構築が求められる。また、持続可能と生産活動の両立を実現する観点から、農業生産の基盤技術、食品の流通や保存に関わる基盤技術(ICT、IoT、AI、輸送関連装置や物流設備)等の革新を促進させていくことが求められる。

ii) 社会的意義

地球温暖化の進行や我が国の人口減少という、これまで経験のない環境条件の変化に直面する時代を迎えるということを踏まえた持続可能なシステムを構築していかなければならない。これを実現するための具体的な技術として、農林水産資源の広域モニタリングシステム、地球規模センサーネットワーク利用、全球グリッドデータベース化、資源変動予測・管理技術、高空間・高時間解像度気象予測、ICT 漁場管理、ICT 森林管理技術、微生物リアルタイムモニタリングといった環境・資源の保全・管理・利用にかかる基盤技術の開発・普及を促進することが望まれる。これにより、持続可能性と効率性を両立した農林水産業の生産性向上及び経済社会の実現に寄与することが期待される。

(後藤英司)

⑤次世代バイオテクノロジー

i) 概要

引き続き高性能な分析器機、或いは新たな計測技術が開発されることにより、ゲノムやメタボロームといった一連のオミックスデータが、高速かつ大量に解析できるようになり、これらビッグデータと諸形質発現との関連性を、情報科学と生物学的知見を統合して分析することによって、今後は期待する性能を保持する農林水産物を予めシミュレーションし、意図的にデザインして開発することが可能となる。また、進化の歴史にも繋がる生物記憶を紐解くことにより、生物に保存されている潜在能力を最大限に引き出し、利用する可能性が広がると期待される。

ii) 社会的意義

気候変動、人口増加、資源不足、環境問題など、地球規模で人類が対峙している諸問題に対し、次世代バイオテクノロジーに期待するところは大きい。センサー類の更なる発達と新たな計測手法の開発により、これまで把握できなかった領域からも高速かつ大量の分析データを確保し、これらを先端の情報科学と生物学的知見の統合によって解析することで、農業上の有用諸形質のメカニズムと制御方法が明らか

にされる。これら知見を応用することで、生物の持つ潜在能力を最大限に引き出した農産物を能動的にデザインし創出することが可能になる。さすれば、単なる生産性の向上のみならず、環境負荷を抑えた持続的農業の実現に寄与できる植物、或いは医療等、多岐に渡る応用ができる動物が育成され全球レベルで人類への貢献が期待される。

iii) 今後の展望

「次世代バイオテクノロジー」の細目においては、大量 CO₂ 固定植物、大気や土壌中から栄養素を取込む作物、耕作不適地での農作実現、種の保存のため生殖細胞の保存といったトピックが高い重要度を得ており、全球規模で抱える温暖化、生物多様性の喪失、人口増加といった課題を解決し、国連が掲げる SDGs 目標の実現のためにも早期の具体化が求められる。この実現には国際連携研究によるデータ蓄積が必須であり、加え農学、分子生物学、工学、情報科学といった関連分野の融合が非常に重要である。また、従前のゲノムやメタボローム解析に加え、これまで把握できなかった領域からデータ抽出する手法や各種センサーが開発されることで更に生体内で生じている現象把握が行われ同時に周辺情報が大量かつ多様に得られることから遺伝子と環境相互作用の解明が進み、生物学的な知見と AI を融合させることで高精度作物モデリングや生育シミュレーションの実現に対する期待も大きい。しかし多くは基礎段階であり中長期的な戦略が重要であり全球問題トピックへの重点投資、情報科学系トピックでは人材創出が喫緊の課題であろう。医療分野への応用として異種移植が可能な医用モデルブタが比較的高い重要度を得ているが、社会的実現見込みが 2034 年度となっているように、倫理的・法的・社会的課題への対応が強く求められている。最後に日本の国際競争力を鑑みたとき「食の未来」に対する注目は大きい。それは食物の栄養学的な進化もさることながら嗜好に関わる食味・形状・芳香・老化の制御を期待するものである。日本は「和食」に代表されるように類まれなる文化として「食」を育んできた。未来でも日本が世界に誇れる文化とするならば「食」に対する研究は人・カネといった資源の重点投資が望まれる。

(加々美勉、高野誠、二宮正士)

⑥ バイオマス

i) 概要

バイオマスの供給拡大を図るため、生産量自体を増加させる作物の開発、セルロース等の分解、端材等副産物の付加価値化等を進める。また、その利用先として肥料、生分解性素材、化石資源代替製品及び高強度、高耐久性木材の開発を進める。さらに、バイオマス発電、熱利用の一層の効率化、低コスト化を図る、

ii) 社会的意義

今後の社会においては化石資源を使わず、それをバイオマス等に置き換えていくことが求められている。そのため、バイオマスによりどこまで代替できるかを追求することが必要である。そのことにより、CO₂ を排出しない社会を現出し、地球温暖化の防止を図っていかなければならない。そのことは、農林水産業、農山村社会の振興にもつながる。

iii) 今後の展望

農林水産・食品・バイオテクノロジー分野について回答数を見ると、「次世代バイオテクノロジー」が多いのに次いで、「生産エコシステム」、「バイオマス」となっており、「バイオマス」についての関心は低い。

そこで挙げられているトピックとしては、生産量の多い作物の生産技術等バイオマスの生産に関するものと、高強度木質部材開発に基づく木質耐火構造設計技術等バイオマスの需要拡大につながるもの、及びフードエコシステムに関わる生分解性、光分解性素材等化石資源の代替に係るものに区分できる。

このうち、重要度としては、化石資源の代替に係るものが高くなっており、次いで需要拡大につながるものとなっている。このことは、バイオマスの利用拡大が、化石資源の利用を抑制していくことために重要と理解されていると受け止めることができる。

そのためには、研究開発費の拡充、研究基盤の整備が必要とされており、社会的実現に向けた政策手段としても事業補助、事業環境整備、人材の育成・確保が取り上げられている。いわば、バイオマスに関する科学技術開発としては、公的な推進が期待されているといえることができる。

化石資源の利用が地球環境にもたらす負の影響が顕在化してきており、化石資源をバイオマスが代替していくべきことが大きな課題として認識されている。そして、それを進めるためには、公的助成のみならず、研究基盤や事業環境の整備、人材育成が求められていることからすれば、推進のあり方を総合的に検討し、その強化を図ることが必要である。

(加藤鐵夫、亀岡孝治)

⑦安全・安心・健康

i) 概要

ITC やゲノム解析技術などの急速な発展に伴い、食品に含まれる危害要因の検出・解析・防除技術が高度化していくとともに、フードチェーンの衛生管理を徹底し、トレーサビリティの透明性を保証する技術の開発が求められる。さらに、そのような科学的な安全性に対する信頼を高め、消費者の安心を得ることが重要になる。また、「食」の三次機能(生体調節)の解析・活用が進み、食による健康増進のメカニズム解明が進むと期待される。

ii) 社会的意義

食の安全を確保するために、「食」自体の安全性はもちろん、由来の明らかな食物を安全に流通させ、それが消費者にも確認できるフードチェーンの構築が求められている。また、これからの高齢化社会では、「食」を通じて健康を維持することが重要になるが、そのためには科学的根拠を明らかにする必要がある。一方で、これから人類が直面する食料・環境問題への解決策を提供できるバイテク技術が生まれてきているが、それらを社会実装するためには生産者・消費者の理解が欠かせない。

iii) 今後の展望

「⑦安全・安心・健康」で最も重要度が高いトピックは、「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」であり、分野全体でも6番目であった。しかも、科学技術的、社会的実現見込み

共に比較的早い実現を予測しており、「食」を通した健康増進とそれを実現する AI 技術の進展に強い期待感が読み取れる。

近年、食を通して摂取する成分と体内微生物叢との相互作用が内臓疾患や精神状態に影響しているとの研究報告がなされ、食品業界でも注目を集めている。今後食品が未病状態への介入も含めて健康状態の維持・増進に果たす役割は、ますます重要になると考えられる。

食を健康に生かすには、ビッグデータの活用も重要になる。医療・ヘルスケア分野では、東京大学が 2017 年 12 月から、国内 6773 万人分の健康診断、医療費、生活習慣などのデータを集計した分析・支援ウェブサイトを活用するなど膨大なデータが既に存在する。また、センサ技術の進展に伴いリアルタイムのバイタルデータも得られるようになりつつある。一方、食生活に関するデータは未整備だが、IoT の急速な普及に伴い、情報デバイスによる食品の購入・消費履歴のビッグデータが蓄積されつつある。もしこれらが PHR(Personal Health Record)システムの導入などにより紐付けされれば、AI 技術の進展により、カスタムメイドの健康食生活が実現するかもしれない。日本における先導的な取組として弘前大学が進めている「岩木健康増進プロジェクト」の成果が注目される。もちろん、このような取組には、ビッグデータにおけるセキュリティ／プライバシー保護、消費者の理解等、ELSI への慎重な対応が求められる。

また、「食」を通した健康増進のためには、「食」自体の安全とそれを提供するフードチェーンの安全が前提である。さらに、その安全性を消費者に納得してもらうために「ブロックチェーンなどを用いた透明性を保証する新技術に基づくトレーサビリティシステム」の開発も重要と考えられる。

(高野誠、西出香)

⑧コミュニティ

i) 概要

今後わが国では価値観の多様化にともない、経済活動としての食糧生産・供給から、生きがいや幸福感を高める食糧生産・供給へのシフトが予想される。地域や社会環境に応じて個々のライフスタイルが見直され、より細分化されたマーケットの需要が生じると思われる。一方 AI や 5G などの技術開発の結果、データ駆動型のコミュニティも発展しつつある。このような状況下では従来の基礎研究—経済活動の距離感がぐっと縮まり、科学技術が社会に浸透する即効性も高められる。ネット社会の確立で人の疎遠化が進む一方、地域社会の中では人と人のつながりが見直され、コミュニティを形成し、新たな生きがいや価値観がローカル・トレンドとして共有される。地域社会のニーズに見合った食糧生産・供給も環境負荷の観点から限りなく地産地消に近づき、他地域との食文化の交流・共有も可能ながら、地域内での循環経済に貢献する科学技術が食分野でも期待される。

ii) 社会的意義

わが国では少子高齢化、地方の過疎化、独身世帯の割合増加にともない、特に都市部では近隣とのつながりが希薄になりつつある中、地域社会での食糧供給、災害時の自給自足体制、近隣住民の見守り・支え合い(共存ネットワーク)を農林水産業やガストロノミーで活性化することが望ましい。また超高齢化社会の大きな問題である孤独＝心的ストレスに着眼し、生活者の社会貢献機会の創出、生きがいを見出すためのコミュニケーションや人とのつながりを望むがゆえ、今まで発展してきた量産体制のみならず、特

に調理現場ではマス・カスタマイゼーションを主軸に経済活動を再構築する意義が高まるであろう。

iii) 今後の展望

大都市では既にシニア世代向けの集合住宅、子育て世代向けの居住地域などと、複合施設の隣接で生活の利便性が高まりつつあるが、今後それぞれの世代やライフスタイルに見合った生活がしやすい居住施設や住環境は、リモートワークの普及と共に更に進化すると思われる。ワークライフバランスや自分らしさを見直して自己啓発を求める人らが主導となって人と人とのつながりが広がり、地域社会の中で共通の価値観を持つ者同志が次第に集まりコミュニティを形成していく。食の位置づけはこの中でも趣味と並んで重要と考えられ、生産活動から供給、調理、消費までコミュニティ構成員のネットワークと密接な関係を保ち、政府や業界主導でない、生活者主導のマイクロ社会が形成されていくことが期待される。一方コミュニティ単位の需給予測をもとに個別のニーズに応じた無駄のない食糧供給の必要性が生じ、循環経済とともに地産地消が今後求められていくであろう。コンビニや外食チェーン店もそれぞれのマイクロ社会に応じて形態を柔軟に変えていくことが望まれる。一方レシピや栄養管理、更には健康状態のモニタリング・予測・アドバイス・未病のための食事介入では、ネット・コミュニティの発展も予想される。データ駆動型のバーチャルコミュニティとリアルコミュニティが共存する中、そのバランスも見直されていくであろう。

(西出香、亀岡孝治)

2.2. 細目及びキーワード

本分野は、「生産エコシステム」、「フードエコシステム」、「資源エコシステム」、「システム基盤」、「次世代バイオテクノロジー」、「バイオマス」、「安全・安心・健康」、「コミュニティ」等の8つの細目で構成される。

図表 II- 2-1 「農林水産・食品・バイオテクノロジー」分野の細目及びキーワード

	細目	キーワード
1	生産エコシステム	野生種の栽培作物化、機能性高分子等生産技術、閉鎖型陸上循環養殖、環境負荷低減飼料、伐採等自動化技術、生育予測・診断システム、自動化・無人化循環型植物工場、育種の超高速化、生態調和型農業生産システム、農業ロボット
2	フードエコシステム	データ駆動型食糧生産、食品加工 CPS、デジタルマーケティング、人工タンパク質、調理ロボット、トレーサビリティ、美味しさの設計、フードミクス、フードロス、新保蔵技術、昆虫資源、フード 3D プリンター、食の EC 化、フードエコシステム
3	資源エコシステム	魚類生殖細胞バンク、高度ライフタイムロギング、革新的獣害防止技術、病害虫対策技術、災害防止の森林管理技術、ICT 養殖管理、森林地質自動把握技術、海洋プラスチックゴミ、環境 DNA、環境生態インパクト評価
4	システム基盤	農林水産資源広域モニタリングシステム、地球規模センサーネットワーク利用、全球グリッドデータベース化、資源変動予測・管理技術、高空間・高時間解像度気象予測、ICT 漁場管理、ICT 森林管理技術、微生物リアルタイムモニタリング
5	次世代バイオテクノロジー	生殖細胞作出技術、生育シミュレーション、ゲノム改変技術、窒素固定能付与、異種移植、昆虫の行動制御・監視技術、植物機能の包括的可視化、萌芽更新促進技術、CO ₂ 大量・大規模固定、エピゲノム制御、高精度作物モデリング、生物記憶解読
6	バイオマス	植物性繊維分解利用技術、耕畜連携生産システム、中高層木造構築物、高耐久木材、高効率低コスト発電・熱利用技術、生分解性・光分解性素材、化石資源由来製品代替化、副産物の付加価値化
7	安全・安心・健康	人獣共通感染症病原体排除技術、フードディフェンスシステム、食・健康医療のためのビッグデータと AI 技術、防除資材開発システム、重金属・放射性物質、無病化処理技術、トレーサビリティ
8	コミュニティ	家族農業、ネットワーク、バイオエコノミー、森林療法、食料需給予測、、水産資源管理、伝統的な調理法、水産物のトレーサビリティ、コミュニティの見える化、ブロックチェーン、SDGs、多世代共創

2.3. アンケートの回収状況

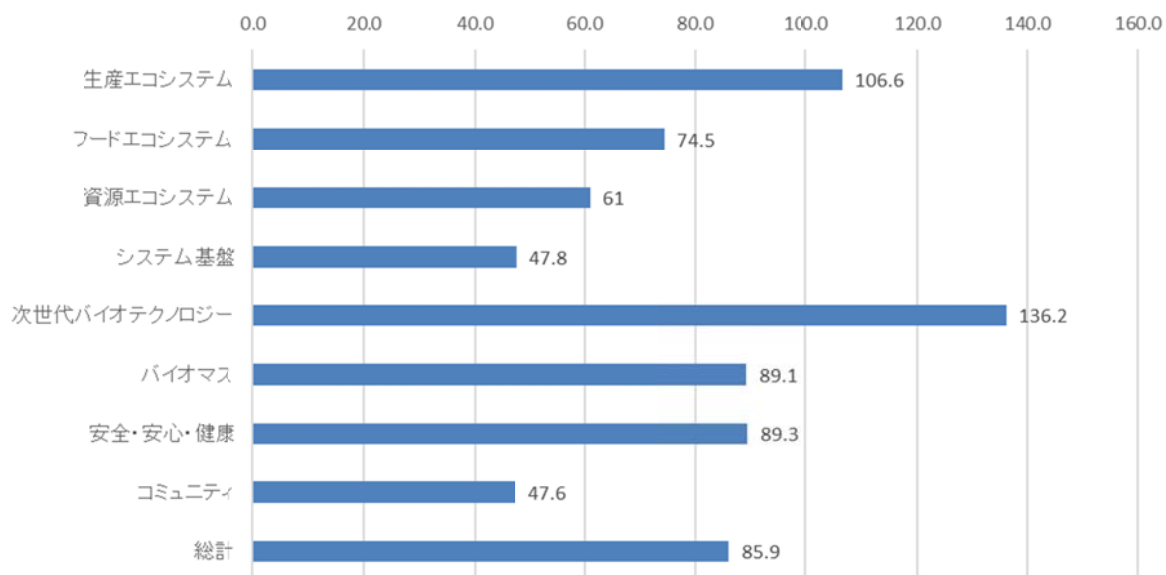
本分野についての回答者内訳(2回目調査)は図表 II-2-2 のようになっている。

図表 II- 2-2 農林水産・食品・バイオ分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20 代	17 人	職業	企業その他	82 人
	30 代	135 人		学術機関	427 人
	40 代	269 人		公的研究機関	205 人
	50 代	182 人	職種	研究開発従事	638 人
	60 代	86 人		マネジメント	29 人
	70 代以上	20 人		その他	47 人
	無回答	5 人		合計	714 人

以下、細目別の回答者数の平均を示す。

図表 II- 2-3 細目別回答者数の平均



2.4. 科学技術トピックに関する調査結果

2.4.1. 重要度

①重要度上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 位)は、図表 II-2-4 に示すとおりである。細目別では、「生産エコシステム」及び「システム基盤」「フードエコシステム」関連トピックが各4件、次いで「資源エコシステム」が3件を占めた。科学技術的実現時期は平均で 2028 年であり、全体の 4 分の 3 にあたるトピックで、科学技術的実現時期は 2027 年から 2029 年に実現すると予測している。

図表 II- 2-4 科学技術トピックの重要度(上位 20 位)

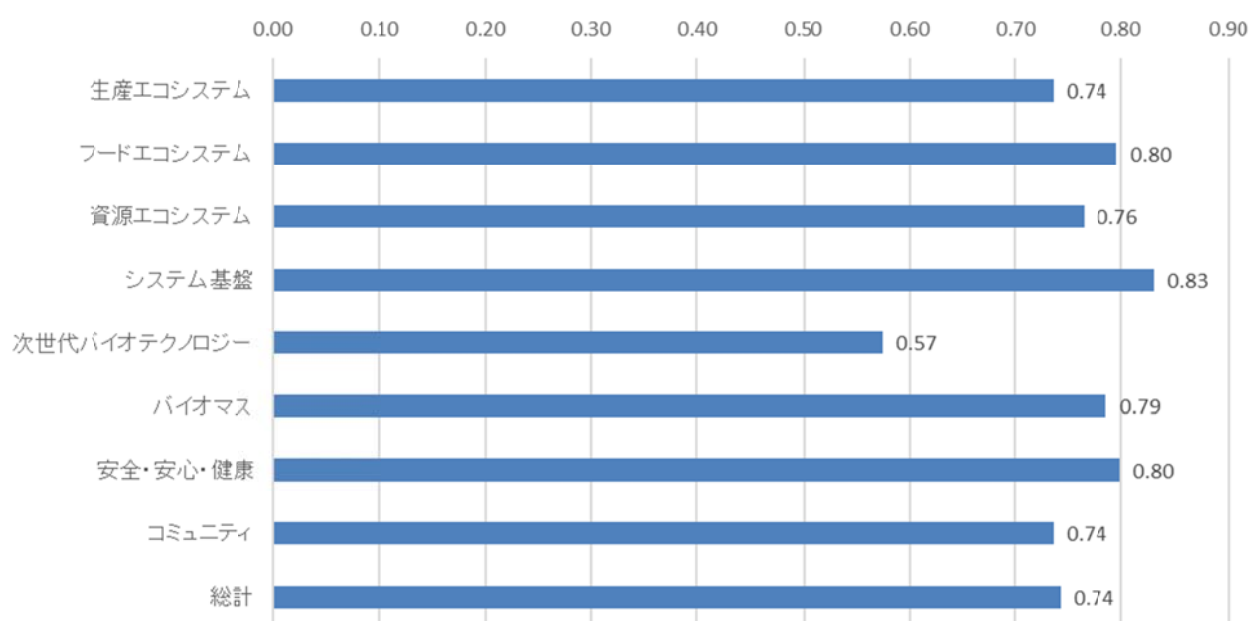
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
115	人間を代替する農業ロボット	1.35	2026	2029	生産エコシステム
146	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	1.33	2028	2030	システム基盤
145	地球温暖化が農林水産資源に与える影響評価に基づく資源変動予測・管理技術	1.20	2028	2031	システム基盤
134	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	1.17	2031	2033	資源エコシステム
122	食品ロスの低減に向けたフードバリューチェーンのモニタリング・解析技術	1.16	2027	2028	フードエコシステム
182	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	1.15	2027	2029	安全・安心・健康
176	森林資源による化石資源由来製品の代替化のための技術(道路舗装、建築用材、服飾素材、塗料、消費財)	1.15	2029	2031	バイオマス
119	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	1.13	2026	2028	フードエコシステム
121	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	1.10	2027	2029	フードエコシステム
120	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	1.10	2029	2030	フードエコシステム
188	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システム	1.09	2032	2033	コミュニティ
100	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術	1.08	2029	2030	生産エコシステム
139	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽減システム	1.08	2029	2032	資源エコシステム
108	短・中期気象予報と生物学的知識と AI を融合した高精度作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム	1.02	2028	2031	生産エコシステム

	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
149	環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングし、 農林水産現場の異常を早期に察知するシステム	1.02	2028	2030	システム基盤
113	生産性を損なわずに高品質を実現する生態調和型農 業生産システム	0.98	2029	2032	生産エコシステム
128	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バ ンク構築による遺伝子資源の永久保存	0.98	2027	2029	資源エコシステム
189	バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の 経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術	0.98	2029	2033	コミュニティ
150	漁業の操業履歴の自動収集と ICT による科学的な漁 場管理基盤データベース化	0.97	2027	2030	システム基盤
178	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物 体内から排除する技術	0.97	2030	2033	安全・安心・健康

②細目別の科学技術トピックの重要度

細目別の科学技術トピックの重要度を平均でみた場合、「システム基盤」が 0.83 と最も大きく、次いで「フードエコシステム」及び「安全・安心・健康」が 0.80 であった。

図表 II- 2-5 科学技術トピックの重要度(細目別:指数)



2.4.2. 国際競争力

①国際競争力の高い上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 位)は、図表 II-2-6 に示すとおりである。細目別では、「フードエコシステム」関連トピックが 6 件、「次世

代バイオテクノロジー」関連トピックが 4 件を占める。科学技術的実現時期は平均で 2028 年であるが、最も多かったのは 2029 年の 7 件であった。

図表 II- 2-6 科学技術トピックの国際競争力(上位 20 位)

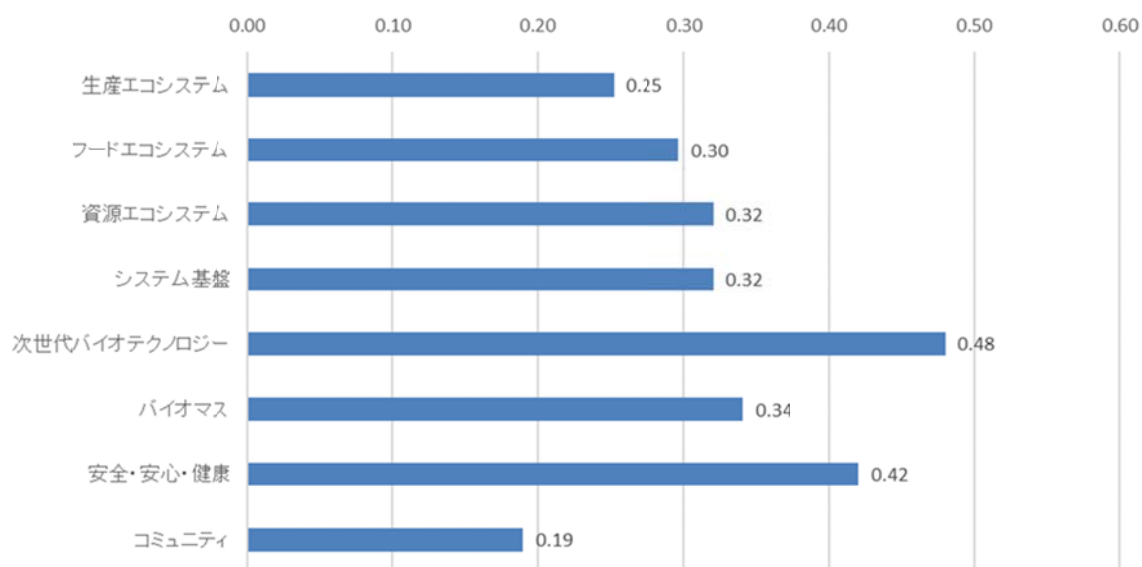
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
146	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	0.80	2028	2030	システム基盤
121	高齢社会を意識したフードミックスの考え方に基づく多様な機能性食品	0.80	2027	2029	フードエコシステム
123	冷凍せずに生鮮食料品の鮮度と品質を維持するための短期保蔵技術	0.79	2026	2027	フードエコシステム
117	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)の混入検出のための識別技術	0.76	2025	2026	フードエコシステム
119	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	0.71	2026	2028	フードエコシステム
100	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術	0.67	2029	2030	生産エコシステム
120	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	0.66	2029	2030	フードエコシステム
134	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	0.63	2031	2033	資源エコシステム
115	人間を代替する農業ロボット	0.59	2026	2029	生産エコシステム
176	森林資源による化石資源由来製品の代替化のための技術(道路舗装、建築用材、服飾素材、塗料、消費財)	0.57	2029	2031	バイオマス
180	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	0.57	2028	2030	安全・安心・健康
140	環境 DNA を利用した生態系の理解と解析を援用した希少種の保存・管理技術	0.57	2028	2029	資源エコシステム
164	光合成能力を飛躍的に高めた植物(イネ・藻類)による CO ₂ の大量・大規模固定(sequestering)と生産性向上システム	0.55	2031	2035	次世代バイオテクノロジー
154	植物並びに水産物の食味、形状、芳香、老化といった嗜好性に関連する形質の制御技術	0.53	2027	2030	次世代バイオテクノロジー
118	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学・AI など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	0.52	2028	2029	フードエコシステム
175	フードエコシステムに関わる生分解性、光分解性素材	0.50	2029	2031	バイオマス
152	製造・輸送・貯蔵中の微生物のリアルタイムモニタリングシステム	0.50	2029	2032	システム基盤
155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術	0.49	2028	2031	次世代バイオテクノロジー

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
147	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術	0.49	2029	2031	システム基盤
160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	0.48	2029	2034	次世代バイオテクノロジー

②細目別の科学技術トピックの国際競争力

細目別の科学技術トピックの国際競争力を平均でみた場合、「次世代バイオテクノロジー」が最も大きく0.48、次いで「安全・安心・健康」が0.42であった。

図表 II- 2-7 科学技術トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の相対的に小さいトピック

本分野の科学技術トピックのうち、「国際競争力」は相対的に小さいと評価されたトピック(下位 5 位)は、図表 II-2-8 に示すとおりである。「次世代バイオテクノロジー」の課題が 2 課題占める。

図表 II- 2-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 件)

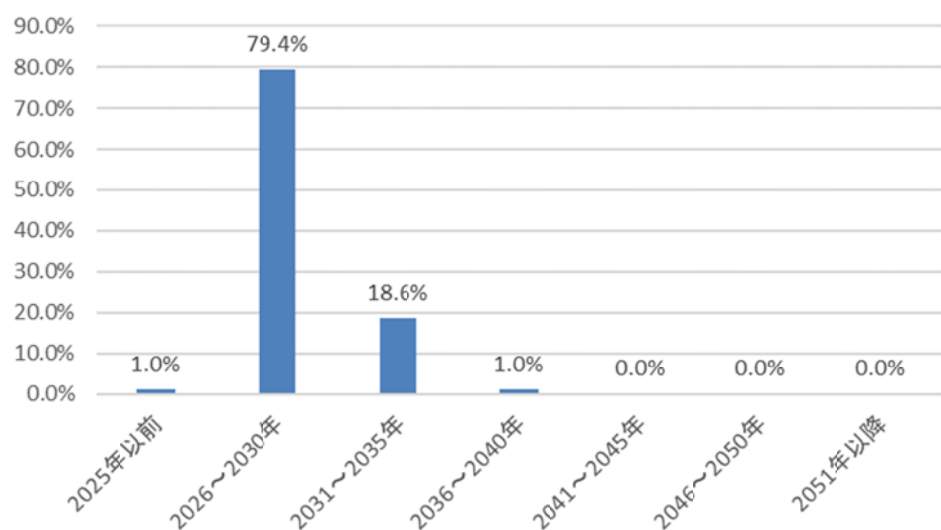
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	0.00	2036	2040	次世代バイオテクノロジー
110	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	-0.01	2029	2030	生産エコシステム
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	-0.02	2028	2030	コミュニティ

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
141	身近な生態系の変化を指標とした、農林水産業に資する環境生態インパクト評価手法	-0.04	2030	2033	資源エコシステム
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	-0.11	2032	2034	次世代バイオテクノロジー

2.4.3. 科学技術的实现予測時期

科学技術的实现予測時期の分布は図表 II-2-9 のとおりである。

図表 II- 2-9 本分野の科学技術的实现予測時期の分布 (%)



細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-2-10 のとおりである。

科学技術トピックの 79.4 %が 2030 年までに科学技術的に実現するとしている。「次世代バイオテクノロジー」では、唯一 2036 年以降に実現するというトピックがある。

図表 II- 2-10 科学技術的实现予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
生産エコシステム		17	2				
フードエコシステム	1	11					
資源エコシステム		9	5				
システム基盤		10	2				
次世代バイオテクノロジー		11	3	1			
バイオマス		8	1				
安全・安心・健康		6	3				
コミュニティ		5	2				
総計	1	77	18	1			

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位)は図表 II-2-11～12 のとおりである。「実現しない」というトピックには「資源エコシステム」が 2 つ含まれる。また、「わからない」というトピックは「資源エコシステム」が 2 つ含まれる。

図表 II- 2-11 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	科学技術的 実現時期	細目
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	0.04	14.6%	2033	資源エコシステム
184	重金属・放射性物質を吸収しない作物	0.52	14.1%	2031	安全・安心・健康
168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	0.07	11.2%	2036	次世代バイオテクノロジー
130	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物の高度ライフタイムロギングシステム	0.55	7.8%	2027	資源エコシステム
118	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学・AI など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	0.58	7.1%	2028	フードエコシステム

図表 II- 2-12 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	-0.05	53.6%	2032	次世代バイオテクノロジー
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	0.04	50.0%	2033	資源エコシステム
137	異常気象等に対応する防災型林道仕様の科学的設計技術	0.59	49.0%	2031	資源エコシステム
190	水産資源管理のための人文社会科学とAIを駆使した社会システム	0.71	45.2%	2030	コミュニティ
103	完全不妊養殖魚	0.26	40.6%	2028	生産エコシステム

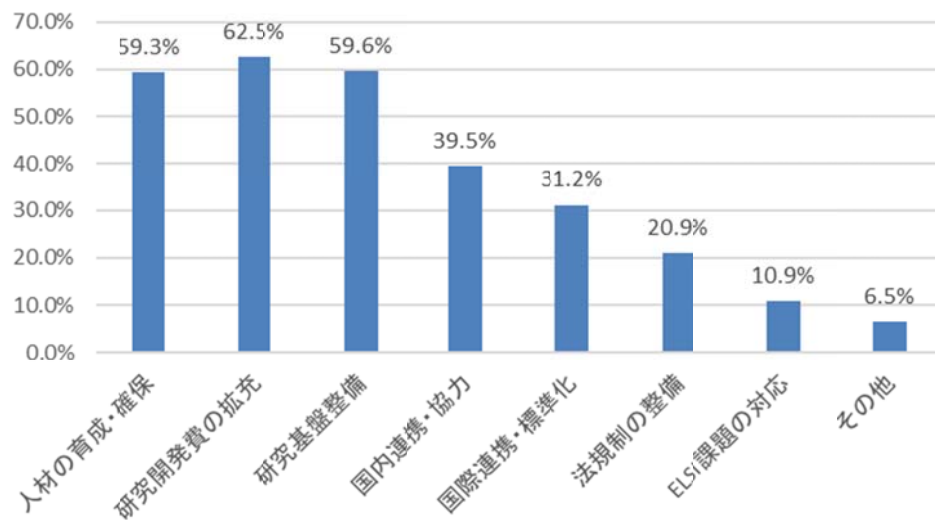
2.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

科学技術的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-2-13 のとおりである。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「研究開発費の拡充」(62.5%)であり、次いで「研究基盤整備」(59.6%)、「人材の育成・確保」(59.3%)と続いている。

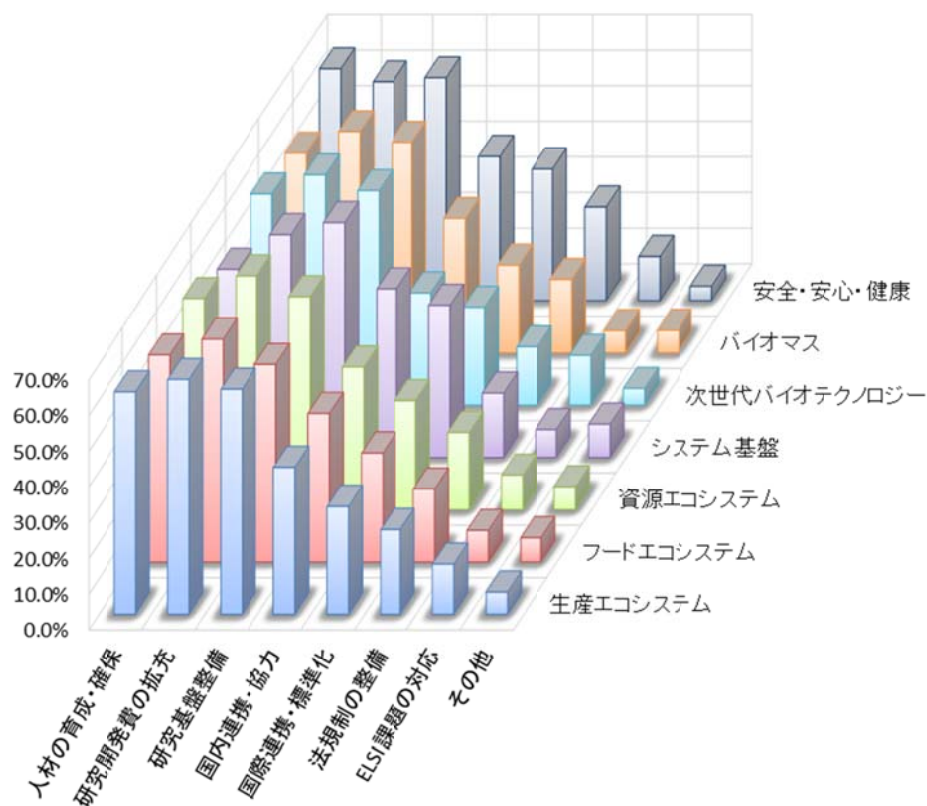
図表 II- 2-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「生産エコシステム」の細目では、重要施策として「人材の育成・確保」、「研究開発費の拡充」、「研究基盤整備」、「倫理的課題の対応」が比較的高い。また、「資源エコシステム」の細目では、「研究開発費の拡充」、「システム基盤」の細目では、「研究基盤整備」「国内連携・協力」「国際連携・標準化」、「安全・安心・健康」の細目では、「法規制の整備」が比較的高くなった。

図表 II- 2-14 科学技術的実現に向けた政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI 対応	その他
生産エコシステム	62.3%	65.7%	63.0%	41.1%	30.2%	23.7%	14.0%	6.2%
フードエコシステム	58.0%	62.4%	55.3%	41.6%	30.5%	20.4%	8.8%	6.8%
資源エコシステム	59.1%	65.5%	59.6%	39.9%	30.5%	21.6%	9.6%	6.4%
システム基盤	52.7%	62.3%	65.7%	47.2%	42.6%	18.0%	7.8%	9.3%
次世代バイオテクノロジー	59.1%	64.5%	60.0%	31.4%	27.3%	16.3%	13.9%	4.7%
バイオマス	55.9%	62.0%	58.9%	37.6%	24.6%	20.6%	6.2%	6.3%
安全・安心・健康	65.1%	61.4%	62.5%	40.3%	36.8%	26.2%	12.3%	4.0%
コミュニティ	62.2%	46.1%	43.6%	35.8%	26.3%	20.9%	11.0%	9.3%
総計	59.3%	62.5%	59.6%	39.5%	31.2%	20.9%	10.9%	6.5%

○人材の育成・確保

科学技術的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-2-15 に示すとおりである。

図表 II- 2-15 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
191	伝統的な調理法の再評価システム	76.9%	2024	2028	コミュニティ
167	生物学的知識を AI と融合した高精度作物モデリング	75.0%	2029	2032	次世代バイオテクノロジー
108	短・中期気象予報と生物学的知識と AI を融合した高精度作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム	72.7%	2028	2031	生産エコシステム
178	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	72.4%	2030	2033	安全・安心・健康
182	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	71.0%	2027	2029	安全・安心・健康
151	森林施業履歴の自動収集と ICT による森林管理技術基盤データベース化	47.2%	2029	2033	システム基盤
137	異常気象等に対応する防災型林道仕様の科学的設計技術	46.9%	2031	2033	資源エコシステム
150	漁業の操業履歴の自動収集と ICT による科学的な漁場管理基盤データベース化	45.5%	2027	2030	システム基盤
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	45.5%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー
152	製造・輸送・貯蔵中の微生物のリアルタイムモニタリングシステム	41.7%	2029	2032	システム基盤

○研究開発費の拡充

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究開発費の拡充」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-16 に示すとおりである。

図表 II- 2-16 政策手段を「研究開発費の拡充」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
115	人間を代替する農業ロボット	79.3%	2026	2029	生産エコシステム
119	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	77.0%	2026	2028	フードエコシステム
120	アレルギー計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	76.7%	2029	2030	フードエコシステム
139	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽減システム	76.2%	2029	2032	資源エコシステム
114	微生物共生を最大限活かした各種マイクロデバイスの開発による高精度・広域土壌診断を含む栽培・計測技術	75.8%	2030	2032	生産エコシステム
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	45.5%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
125	生産場所から消費場所への距離短縮(Footprints 改善)に向けたマスカスタマイゼーション実現の製造・加工・調理技術	45.0%	2028	2029	フードエコシステム
191	伝統的な調理法の再評価システム	40.4%	2024	2028	コミュニティ
187	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	40.0%	2032	2032	コミュニティ
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	37.0%	2028	2030	コミュニティ

○研究基盤整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「研究基盤整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-17 に示すとおりである。

図表 II- 2-17 政策手段を「研究基盤整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
115	人間を代替する農業ロボット	76.0%	2026	2029	生産エコシステム
149	環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングし、農林水産現場の異常を早期に察知するシステム	74.6%	2028	2030	システム基盤
112	フィールドオミックス、フェノミクスなどから得られたビッグデータと AI による育種の超高速化(テラーメイド)	74.0%	2029	2031	生産エコシステム
146	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	73.9%	2028	2030	システム基盤
145	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	72.3%	2028	2031	システム基盤
191	伝統的な調理法の再評価システム	40.4%	2024	2028	コミュニティ
187	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	40.0%	2032	2032	コミュニティ
192	水産物のトレーサビリティを確立する社会システム	39.1%	2026	2028	コミュニティ
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	39.1%	2028	2030	コミュニティ
125	生産場所から消費場所への距離短縮(Footprints 改善)に向けたマスカスタマイゼーション実現の製造・加工・調理技術	38.3%	2028	2029	フードエコシステム

○国内連携・協力

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-18 に示すとおりである。

図表 II- 2-18 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
182	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	59.0%	2027	2029	安全・安心・健康
143	地球規模の IoT を用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム	56.6%	2029	2032	システム基盤
115	人間を代替する農業ロボット	56.2%	2026	2029	生産エコシステム
153	準リアルタイム作物生育診断情報の全球グリッドデータベース化	55.6%	2031	2034	システム基盤
142	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム	54.4%	2028	2030	システム基盤
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	22.9%	2033	2037	資源エコシステム
162	各種機能センサーの LSI 化による植物機能の可視化技術	22.0%	2029	2031	次世代バイオテクノロジー
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	21.8%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	20.9%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー
168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	20.7%	2036	2040	次世代バイオテクノロジー

○国際連携・標準化

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-19 に示すとおりである。

図表 II- 2-19 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
145	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	60.0%	2028	2031	システム基盤
148	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	59.5%	2031	2033	システム基盤
156	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	58.1%	2030	2034	次世代バイオテクノロジー
143	地球規模の IoT を用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム	56.6%	2029	2032	システム基盤
139	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽減システム	55.6%	2029	2032	資源エコシステム
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	15.2%	2028	2030	コミュニティ

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	14.6%	2033	2037	資源エコシステム
191	伝統的な調理法の再評価システム	13.5%	2024	2028	コミュニティ
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	12.7%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	10.9%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー

○法規制の整備

科学技術的实现に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-2-20 に示すとおりである。

図表 II- 2-20 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
97	世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化(ネオドメスティケーション)	56.8%	2027	2032	生産エコシステム
98	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	53.0%	2027	2030	生産エコシステム
160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	50.0%	2029	2034	次世代バイオテクノロジー
132	野生動物の個体数管理のための効果的な捕獲技術及び革新的な獣害防止技術	42.9%	2029	2031	資源エコシステム
180	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	39.1%	2028	2030	安全・安心・健康
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	5.5%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	4.5%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー
162	各種機能センサーの LSI 化による植物機能の可視化技術	4.2%	2029	2031	次世代バイオテクノロジー
168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	3.4%	2036	2040	次世代バイオテクノロジー
165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に 3 次元構造を再構築する技術	0.8%	2028	2032	次世代バイオテクノロジー

○ELSI への対応

科学技術的实现に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-2-21 に示すとおりである。

図表 II- 2-21 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	53.9%	2029	2034	次世代バイオテクノロジー
97	世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化(ネオドメスティケーション)	46.6%	2027	2032	生産エコシステム
98	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	41.0%	2027	2030	生産エコシステム
132	野生動物の個体数管理のための効果的な捕獲技術及び革新的な獣害防止技術	35.1%	2029	2031	資源エコシステム
155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術	31.8%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
152	製造・輸送・貯蔵中の微生物のリアルタイムモニタリングシステム	2.8%	2029	2032	システム基盤
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	2.7%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
173	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材	1.4%	2031	2033	バイオマス
162	各種機能センサーの LSI 化による植物機能の可視化技術	0.8%	2029	2031	次世代バイオテクノロジー
165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に 3 次元構造を再構築する技術	0.8%	2028	2032	次世代バイオテクノロジー

○その他

科学技術の実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-22 に示すとおりである。

図表 II- 2-22 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

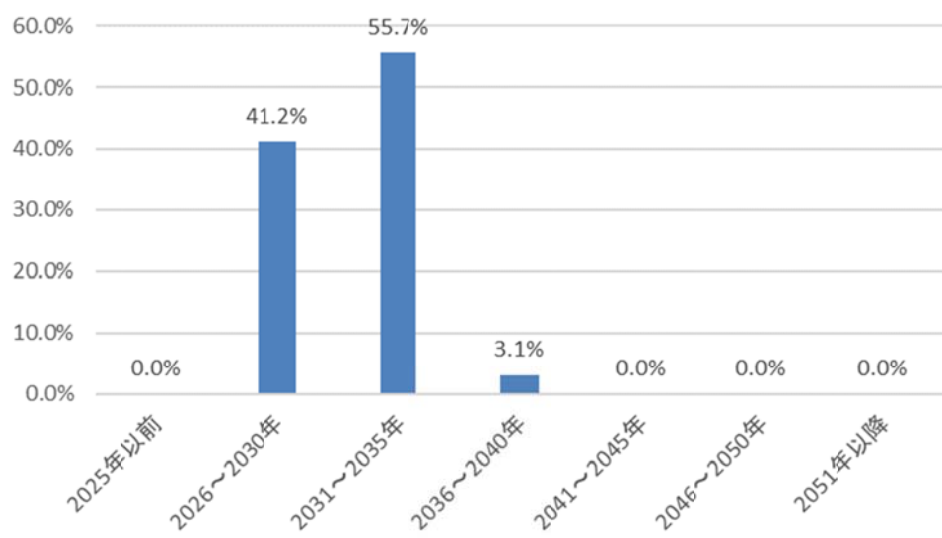
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
148	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	14.3%	2031	2033	システム基盤
187	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	14.0%	2032	2032	コミュニティ
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	12.5%	2033	2037	資源エコシステム
133	森林の病虫害対策システム	11.4%	2031	2033	資源エコシステム
153	準リアルタイム作物生育診断情報の全球グリッドデータベース化	11.1%	2031	2034	システム基盤
154	植物並びに水産物の食味、形状、芳香、老化といった嗜好性に関連する形質の制御技術	2.8%	2027	2030	次世代バイオテクノロジー
102	環境負荷低減を含めた植物・昆虫による魚類飼料	2.7%	2027	2028	生産エコシステム

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
157	遺伝子・環境相互作用の解明に基づく生育過程のシミュレーションと、それを用いた遺伝子構成の最適化	2.6%	2030	2034	次世代バイオテクノロジー
178	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	2.3%	2030	2033	安全・安心・健康
155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術	2.0%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー

2.4.5. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は図表 II-2-23 のとおりである。

図表 II- 2-23 社会的実現時期の分布



本分野の科学技術トピックの半数を超える 55.7%が、2031～2035 年までに社会的実現時期を迎える。細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-2-24 のとおりである。

「フードエコシステム」のトピックは、12 件のうち 11 件が 2030 年までに実現するとしており、他の細目に比べ、社会的実現時期が早めの傾向が出ている。一方、「次世代バイオテクノロジー」のトピックは 15 のうち 14 が、「システム基盤」のトピックは 12 のうち 8 が 2031 年以降と、社会的実現時期がやや遅くなるという予測となっている。

図表 II- 2-24 社会的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
生産エコシステム		9	9	1			
フードエコシステム		11	1				
資源エコシステム		6	7	1			

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
システム基盤		4	8				
次世代バイオテクノロジー		1	13	1			
バイオマス		3	6				
安全・安心・健康		3	6				
コミュニティ		3	4				
総計		40	54	3			

ここでは、社会的実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位)は図表 II-2-25～26 のとおりである。「実現しない」では、「資源エコシステム」のトピックが 14.6%で最も高く、また「わからない」というトピックのうち 3 つが「資源エコシステム」となっている。

図表 II- 2-25 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	社会的 実現時期	細目
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	0.04	14.6%	2037	資源エコシステム
184	重金属・放射性物質を吸収しない作物	0.52	14.1%	2034	安全・安心・健康
168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	0.07	12.1%	2040	次世代バイオテクノロジー
169	乾物で 50t/ha/年を超えるバイオマス生産作物の作出	0.77	11.7%	2033	バイオマス
111	宇宙や極地利用を目指した自動化・無人化循環型植物工場	0.36	11.4%	2037	生産エコシステム

図表 II- 2-26 「わからない」の回答の多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	-0.05	55.5%	2034	次世代バイオテクノロジー
190	水産資源管理のための人文社会科学とAIを駆使した社会システム	0.71	52.4%	2033	コミュニティ
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	0.04	50.0%	2037	資源エコシステム
137	異常気象等に対応する防災型林道仕様の科学的設計技術	0.59	42.9%	2033	資源エコシステム
136	ICT による科学的な森林管理計画の作成技術	0.77	41.1%	2033	資源エコシステム

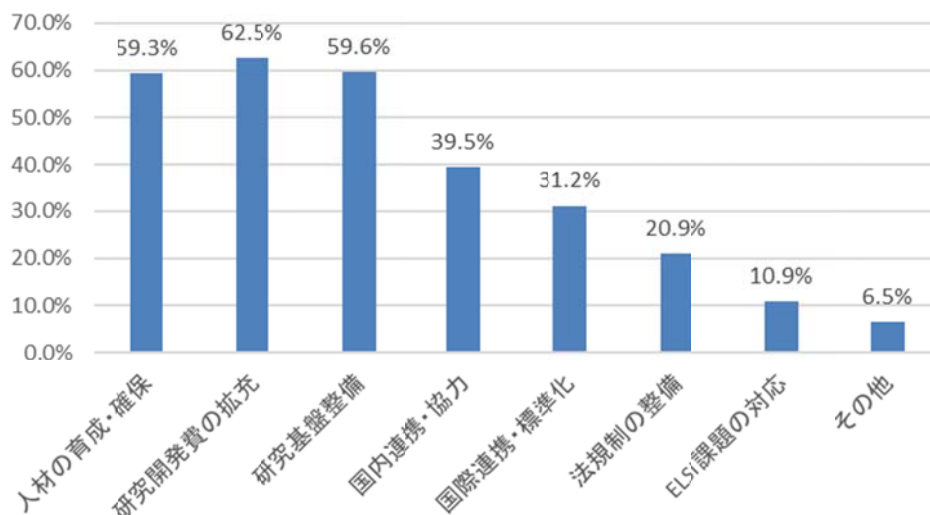
2.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

社会的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-2-27 のとおりである。

最も回答が多かったのは、「研究開発費の拡充」(62.5%)で、次いで「研究基盤整備」(59.6%)、「人材の育成・確保」(59.3%)などとなっている。

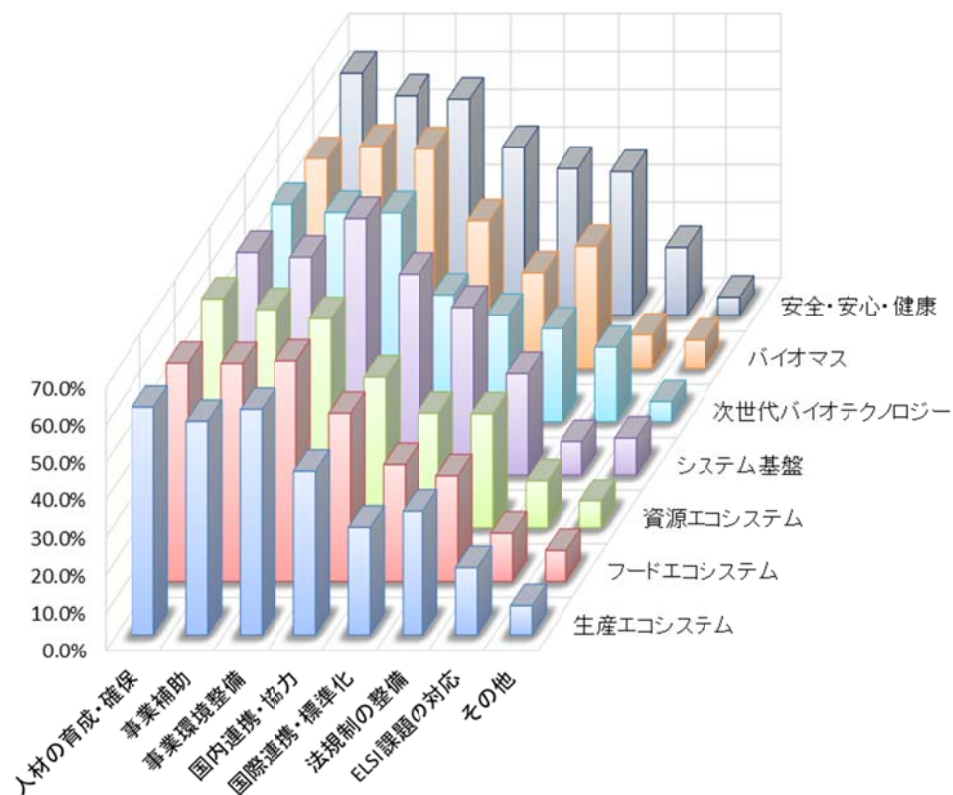
図表 II- 2-27 社会的実現に向けた政策手段



(2) 細目別の傾向

細目別では、「システム基盤」の細目で、科学技術トピックの社会的実現に向けて、「事業環境整備」、「国内連携・協力」、「国際連携・標準化」という回答が比較的高くなった。また、「次世代バイオテクノロジー」では「倫理的課題の対応」、「安全・安心・健康」では「人材の育成確保」、「国際連携・標準化」、「法規制の整備」が比較的高くなった。

図表 II- 2-28 社会的実現のための政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI対応	その他
生産エコシステム	60.5%	56.7%	59.9%	43.5%	28.4%	32.7%	17.8%	7.7%
フードエコシステム	58.0%	57.9%	58.6%	44.7%	31.1%	28.1%	12.7%	8.1%
資源エコシステム	61.0%	58.1%	55.7%	40.1%	30.5%	30.4%	12.6%	7.1%
システム基盤	59.1%	57.9%	68.1%	53.4%	44.6%	26.9%	8.8%	9.8%
次世代バイオテクノロジー	57.6%	55.5%	55.5%	33.7%	28.3%	24.7%	19.8%	5.3%
バイオマス	55.6%	58.9%	58.2%	39.2%	25.4%	32.4%	8.9%	7.5%
安全・安心・健康	64.2%	58.2%	57.3%	44.5%	38.8%	38.0%	18.0%	4.8%
コミュニティ	61.1%	47.5%	47.7%	37.7%	25.7%	28.6%	14.1%	12.0%
総計	59.6%	56.7%	58.2%	42.1%	31.5%	30.0%	14.5%	7.6%

○人材の育成・確保

社会的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-2-29 に示すとおりである。

図表 II- 2-29 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
178	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	73.6%	2030	2033	安全・安心・健康
191	伝統的な調理法の再評価システム	73.1%	2024	2028	コミュニティ
167	生物学的知識を AI と融合した高精度作物モデリング	71.3%	2029	2032	次世代バイオテクノロジー
157	遺伝子・環境相互作用の解明に基づく生育過程のシミュレーションと、それを用いた遺伝子構成の最適化	70.4%	2030	2034	次世代バイオテクノロジー
180	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	70.1%	2028	2030	安全・安心・健康
152	製造・輸送・貯蔵中の微生物のリアルタイムモニタリングシステム	50.0%	2029	2032	システム基盤
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	50.0%	2028	2030	コミュニティ
192	水産物のトレーサビリティを確立する社会システム	50.0%	2026	2028	コミュニティ
117	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)の混入検出のための識別技術	50.0%	2025	2026	フードエコシステム
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	48.2%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	46.4%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー

○事業補助

社会的実現に向けた政策手段として、「事業補助」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-30 に示すとおりである。

図表 II- 2-30 政策手段を「事業補助」とするトピック(上位・下位 5 件)

科学技術トピック		事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
115	人間を代替する農業ロボット	73.6%	2026	2029	生産エコシステム
174	木材等バイオマスによる高効率・低コストな発電・熱利用技術	70.5%	2028	2030	バイオマス
120	アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	68.5%	2029	2030	フードエコシステム
176	森林資源による化石資源由来製品の代替化のための技術(道路舗装、建築用材、服飾素材、塗料、消費財)	67.8%	2029	2031	バイオマス
155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術	66.9%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー

	科学技術トピック	事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
188	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システム	42.6%	2032	2033	コミュニティ
190	水産資源管理のための人文社会科学とAIを駆使した社会システム	40.5%	2030	2033	コミュニティ
99	雑種強勢のメカニズムを利用した家畜生産のための系統作出	39.3%	2028	2031	生産エコシステム
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	39.1%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	34.8%	2028	2030	コミュニティ

○事業環境整備

社会的実現に向けた政策手段として、「事業環境整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-31 に示すとおりである。

図表 II- 2-31 政策手段を「事業環境整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	事業 環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
115	人間を代替する農業ロボット	74.4%	2026	2029	生産エコシステム
149	環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングし、農林水産現場の異常を早期に察知するシステム	72.9%	2028	2030	システム基盤
146	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	71.7%	2028	2030	システム基盤
113	生産性を損なわずに高品質を実現する生態調和型農業生産システム	71.1%	2029	2032	生産エコシステム
119	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	71.0%	2026	2028	フードエコシステム
165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に 3 次元構造を再構築する技術	46.3%	2028	2032	次世代バイオテクノロジー
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	45.8%	2033	2037	資源エコシステム
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	45.5%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー
190	水産資源管理のための人文社会科学とAIを駆使した社会システム	42.9%	2030	2033	コミュニティ
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	34.8%	2028	2030	コミュニティ

○国内連携・協力

社会的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-2-32 に示すとおりである。

図表 II- 2-32 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
142	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム	61.4%	2028	2030	システム基盤
143	地球規模の IoT を用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム	60.4%	2029	2032	システム基盤
119	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム	60.0%	2026	2028	フードエコシステム
145	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	58.5%	2028	2031	システム基盤
122	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	57.1%	2027	2028	フードエコシステム
166	生物記憶を活かしたエピゲノム制御による形質発現自在化技術	24.6%	2031	2034	次世代バイオテクノロジー
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	24.5%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	23.9%	2028	2030	コミュニティ
162	各種機能センサーの LSI 化による植物機能の可視化技術	23.7%	2029	2031	次世代バイオテクノロジー
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	20.0%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー

○国際連携・標準化

社会的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-2-33 に示すとおりである。

図表 II- 2-33 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
148	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	66.7%	2031	2033	システム基盤
143	地球規模の IoT を用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム	58.5%	2029	2032	システム基盤
156	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	54.4%	2030	2034	次世代バイオテクノロジー

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
139	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽減システム	54.0%	2029	2032	資源エコシステム
145	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	53.8%	2028	2031	システム基盤
173	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材	18.1%	2031	2033	バイオマス
100	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術	16.5%	2029	2030	生産エコシステム
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	14.6%	2033	2037	資源エコシステム
193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術	13.0%	2028	2030	コミュニティ
163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術	10.0%	2032	2034	次世代バイオテクノロジー

○法規制の整備

社会的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-34 に示すとおりである。

図表 II- 2-34 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	69.5%	2029	2034	次世代バイオテクノロジー
98	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	67.9%	2027	2030	生産エコシステム
97	世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化(ネオドメスティケーション)	66.9%	2027	2032	生産エコシステム
132	野生動物の個体数管理のための効果的な捕獲技術及び革新的な獣害防止技術	58.4%	2029	2031	資源エコシステム
139	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽減システム	55.6%	2029	2032	資源エコシステム
168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	7.8%	2036	2040	次世代バイオテクノロジー
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	5.5%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
131	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム	5.4%	2028	2030	資源エコシステム
165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に 3 次元構造を再構築する技術	5.0%	2028	2032	次世代バイオテクノロジー
162	各種機能センサーの LSI 化による植物機能の可視化技術	4.2%	2029	2031	次世代バイオテクノロジー

○ELSI への対応

社会的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-35 に示すとおりである。

図表 II- 2-35 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	68.8%	2029	2034	次世代バイオテクノロジー
97	世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化(ネオドメスティケーション)	54.1%	2027	2032	生産エコシステム
98	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術	53.7%	2027	2030	生産エコシステム
132	野生動物の個体数管理のための効果的な捕獲技術及び革新的な獣害防止技術	39.0%	2029	2031	資源エコシステム
155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術	35.1%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
125	生産場所から消費場所への距離短縮(Footprints 改善)に向けたマスカスタマイゼーション実現の製造・加工・調理技術	3.3%	2028	2029	フードエコシステム
161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術	2.7%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に 3 次元構造を再構築する技術	2.5%	2028	2032	次世代バイオテクノロジー
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	2.1%	2033	2037	資源エコシステム
162	各種機能センサーの LSI 化による植物機能の可視化技術	0.8%	2029	2031	次世代バイオテクノロジー

○その他

社会的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック (上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-2-36 に示すとおりである。

図表 II- 2-36 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

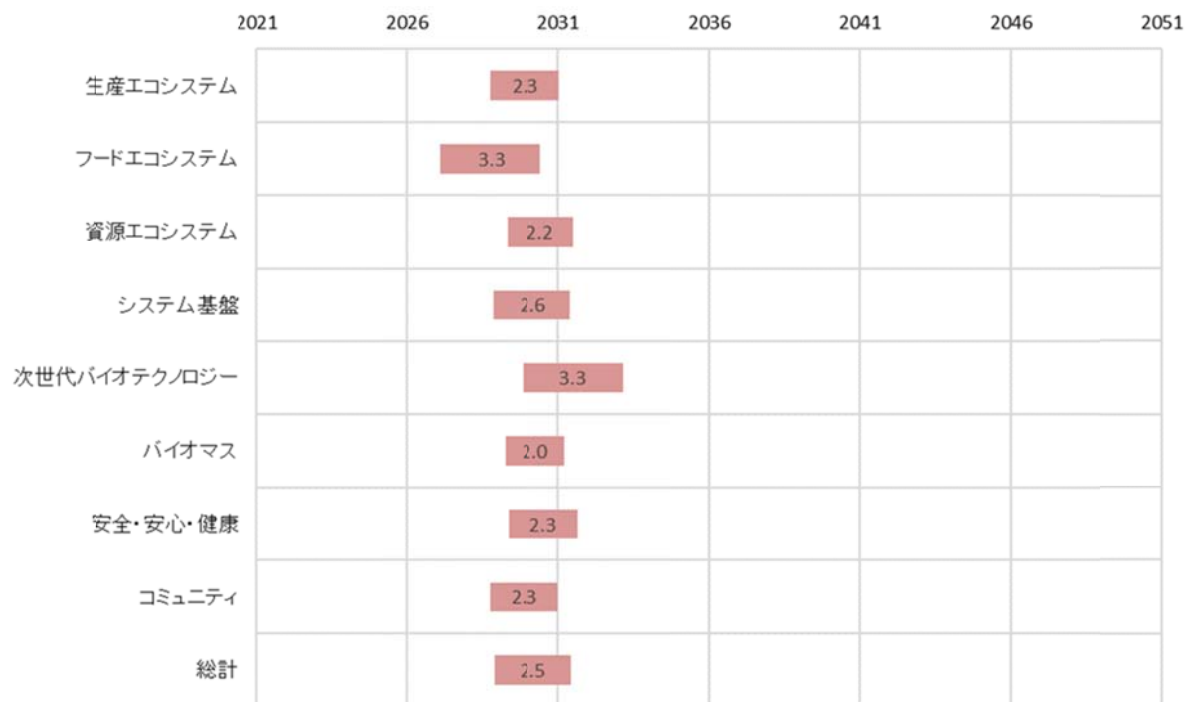
	科学技術トピック	その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
187	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	18.0%	2032	2032	コミュニティ
150	漁業の操業履歴の自動収集と ICT による科学的な漁場管理基盤データベース化	15.2%	2027	2030	システム基盤
188	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システム	14.9%	2032	2033	コミュニティ

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
144	農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握に向け、リモートセンシング技術等を活用した作物データの全球グリッド(格子間隔:10m 四方)データベース化	14.5%	2029	2031	システム基盤
148	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術	14.3%	2031	2033	システム基盤
167	生物学的知識を AI と融合した高精度作物モデリング	3.7%	2029	2032	次世代バイオテクノロジー
154	植物並びに水産物の食味、形状、芳香、老化といった嗜好性に関連する形質の制御技術	3.4%	2027	2030	次世代バイオテクノロジー
155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術	2.7%	2028	2031	次世代バイオテクノロジー
178	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術	2.3%	2030	2033	安全・安心・健康
180	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム	2.3%	2028	2030	安全・安心・健康

2.4.7. 科学技術の実現から社会的実現までの期間

科学技術の実現から社会的実現までの期間を細目別にみると、「フードエコシステム」及び「次世代バイオテクノロジー」が 3.3 年と最も長い一方、「バイオマス」は 2.0 年と比較的短くなっている。

図表 II- 2-37 科学技術の実現から社会的実現までの期間(年)



科学技術の実現から社会的実現までの期間の長い科学技術トピック(上位5位)および期間の短いトピック(下位5位)は図表 II-2-38 のとおりである。

図表 II- 2-38 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及び短いトピック

	科学技術トピック	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
97	世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化(ネオドメスティケーション)	2027	2032	5	生産エコシステム
111	宇宙や極地利用を目指した自動化・無人化循環型植物工場	2032	2037	5	生産エコシステム
160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ	2029	2034	5	次世代バイオテクノロジー
106	スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木	2031	2035	4	生産エコシステム
165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に3次元構造を再構築する技術	2028	2032	4	次世代バイオテクノロジー
156	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物	2030	2034	4	次世代バイオテクノロジー
157	遺伝子・環境相互作用の解明に基づく生育過程のシミュレーションと、それを用いた遺伝子構成の最適化	2030	2034	4	次世代バイオテクノロジー
164	光合成能力を飛躍的に高めた植物(イネ・藻類)によるCO ₂ の大量・大規模固定(sequestering)と生産性向上システム	2031	2035	4	次世代バイオテクノロジー
168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術	2036	2040	4	次世代バイオテクノロジー
138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術	2033	2037	4	資源エコシステム
127	生産・流通・加工・消費を通した完全循環型フードバリューチェーン	2028	2032	4	フードエコシステム
151	森林施業履歴の自動収集とICTによる森林管理技術基盤データベース化	2029	2033	4	システム基盤
191	伝統的な調理法の再評価システム	2024	2028	4	コミュニティ
189	バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術	2029	2033	4	コミュニティ
102	環境負荷低減を含めた植物・昆虫による魚類飼料	2027	2028	1	生産エコシステム
110	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術	2029	2030	1	生産エコシステム
104	木材の伐採・搬出・運材・加工の自動化技術	2029	2030	1	生産エコシステム
100	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術	2029	2030	1	生産エコシステム
105	伐採後の再生産を確保するための現状森林に即した効率的かつ体系的な森林造成技術	2030	2031	1	生産エコシステム
129	計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術	2028	2029	1	資源エコシステム

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
140	環境 DNA を利用した生態系の理解と解析を援用した希少種の保存・管理技術	2028	2029	1	資源エコシステム
185	検疫問題を克服する無病化処理技術	2032	2033	1	安全・安心・健康
117	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)の混入検出のための識別技術	2025	2026	1	フードエコシステム
123	冷凍せずに生鮮食料品の鮮度と品質を維持するための短期保蔵技術	2026	2027	1	フードエコシステム
122	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	2027	2028	1	フードエコシステム
125	生産場所から消費場所への距離短縮(Footprints 改善)に向けたマスカスタマイゼーション実現の製造・加工・調理技術	2028	2029	1	フードエコシステム
118	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学・AI など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化	2028	2029	1	フードエコシステム
120	アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術	2029	2030	1	フードエコシステム
188	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システム	2032	2033	1	コミュニティ
101	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術	2029	2029	0	生産エコシステム
177	木材副産物の付加価値化技術(収穫時の端材や規格外産物、加工ラインでの可食廃棄物の再利用・精製・分離・抽出技術)	2030	2030	0	バイオマス
187	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法	2032	2032	0	コミュニティ

2.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックの実現時期は、図表 II-2-39 のとおりである。

図表 II- 2-39 他分野の本分野関連の科学技術トピックの科学技術的実現時期の分布(トピック数)

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
健康・医療・生命科学	老化及び非感染性疾患			1				
	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)		5	2				
環境・資源・エネルギー	エネルギーシステム		1					
	水		1					
	地球温暖化		2					
	環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)		5	1				

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
	リスクマネジメント		2					
ICT・アナリティクス・サービス	IoT・ロボティクス	1	1					
	社会実装		1					
マテリアル・デバイス・プロセス	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)		3					
都市・建築・土木・交通	建築		1					
宇宙・海洋・地球・科学基盤	海洋		2					
	量子ビーム:放射光		2					
	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等		2					
総計		1	28	4				

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックのうち、重要度指数の高い科学技術トピック(上位 20 位)は、図表 II-2-40 に示すとおりである。

分野・細目別では、健康・医療・生命科学分野の「健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)」関連トピックが 5 件、次いで、環境・資源・エネルギー分野の「環境保全(解析・予測、評価、修復・再生、計画)」、「地球温暖化」、「リスクマネジメント」、ICT・アナリティクス・サービス分野「IoT・ロボティクス」、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の「海洋」、「量子ビーム:放射光」等の関連トピックが各 2 件を占めた。環境・資源・エネルギー分野の細目・トピックが多くを占めた。

図表 II- 2-40 他分野で設定された本分野関連の科学技術トピック(重要度上位 20 位)

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
389	ICT・アナリティクス・サービス	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善する AI、IoT、ロボット等技術	1.57	2029	2031
328	ICT・アナリティクス・サービス	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	1.50	2025	2027
332	ICT・アナリティクス・サービス	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム	1.35	2026	2027
67	健康・医療・生命科学	薬剤耐性感染症の発生・まん延を制御するシステム(科学(医薬品等)・社会技術(感染対策の新規アプローチ等))	1.27	2029	2032
280	環境・資源・エネルギー	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	1.27	2030	2031
620	宇宙・海洋・地球・科学基盤	分子生物学的手法を活用した漁業資源量の高精度の評価技術	1.20	2030	2032
272	環境・資源・エネルギー	海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響の解明	1.14	2030	2032

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
295	環境・資源・エネルギー	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	1.13	2030	2032
273	環境・資源・エネルギー	気候変動による食料生産への地域ごと、品目ごとの影響予測技術	1.11	2029	2032
621	宇宙・海洋・地球・科学基盤	完全自動化した外洋養殖施設	1.05	2030	2033
62	健康・医療・生命科学	特定の感染症への感染の有無や感染者の他者への感染性、未感染者の感受性を迅速に検知・判定する、汚染区域や航空機内等でも使用可能な超軽量センサー	1.00	2029	2031
674	宇宙・海洋・地球・科学基盤	活性状態下でのタンパク質の構造とダイナミクスの解析	1.00	2028	2030
673	宇宙・海洋・地球・科学基盤	タンパク質 1 分子を試料として構造解析を行うイメージング技術	0.99	2029	2030
494	マテリアル・デバイス・プロセス	食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム	0.98	2027	2029
63	健康・医療・生命科学	iPS 細胞等の幹細胞から樹立された細胞等を活用した、動物モデルに代替する、感染症治療薬を開発するための効果・副作用試験法	0.95	2028	2029
286	環境・資源・エネルギー	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術	0.95	2032	2036
684	宇宙・海洋・地球・科学基盤	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術	0.90	2026	2029
66	健康・医療・生命科学	新興感染症が及ぼすヒトへの影響(世界的流行を引き起こす可能性、病原性)について、環境・病原体・宿主等因子を総合的に勘案し定量的に予測・評価するシステム	0.89	2030	2031
69	健康・医療・生命科学	緊急時(多臓器不全)及び大量出血時に対応可能な血液代替物	0.86	2031	2033
294	環境・資源・エネルギー	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	0.84	2026	2028

2.4.9. 未来科学技術年表

(1) 科学技術的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2024	191	伝統的な調理法の再評価システム
2025	117	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)の混入検出のための識別技術
2026	115	人間を代替する農業ロボット
	119	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム
	123	冷凍せずに生鮮食料品の鮮度と品質を維持するための短期保蔵技術
	124	昆虫資源を含む新規タンパク源の製造加工技術
	192	水産物のトレーサビリティを確立する社会システム
2027	97	世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化(ネオドメスティケーション)
	98	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
	102	環境負荷低減を含めた植物・昆虫による魚類飼料
	116	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理システム
	121	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
	122	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
	128	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
	130	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物の高度ライフタイムロギングシステム
	135	水産養殖履歴に係る自動収集とデータベース化を通じた ICT による科学的養殖管理システム
	150	漁業の操業履歴の自動収集と ICT による科学的な漁場管理基盤データベース化
	154	植物並びに水産物の食味、形状、芳香、老化といった嗜好性に関連する形質の制御技術
	171	メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム
	182	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
	186	ブロックチェーンなどを用いた透明性を保証する新技術に基づくトレーサビリティ・システム
2028	99	雑種強勢のメカニズムを利用した家畜生産のための系統作出
	103	完全不妊養殖魚
	107	X 線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイス、オミックス・化学分析と ICT を用いた携帯型の農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
	108	短・中期気象予報と生物学的知識と AI を融合した高精度作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
	118	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学・AI など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
	125	生産場所から消費場所への距離短縮(Footprints 改善)に向けたマスカスタマイゼーション実現の製造・加工・調理技術
	126	廃棄食品再利用による新規資源生成技術(例えばフード3D プリンターのような)
	127	生産・流通・加工・消費を通じた完全循環型フードバリューチェーン
	129	計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
	131	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム
	140	環境 DNA を利用した生態系の理解と解析を援用した希少種の保存・管理技術
	142	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
	145	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
	146	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム
	149	環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングし、農林水産現場の異常を早期に察知するシステム
	155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術
	161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術
	165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に 3 次元構造を再構築する技術
	174	木材等バイオマスによる高効率・低コストな発電・熱利用技術
	180	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフー

年	No.	科学技術トピック
		ドディフェンスシステム
	193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術
2029	100	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術
2029	101	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
	104	木材の伐採・搬出・運材・加工の自動化技術
	110	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術
	112	フィールドオミックス、フェノミックスなどから得られたビッグデータとAIによる育種の超高速化(テラーメイド)
	113	生産性を損なわずに高品質を実現する生態調和型農業生産システム
	120	アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
	132	野生動物の個体数管理のための効果的な捕獲技術及び革新的な獣害防止技術
	139	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽減システム
	143	地球規模のIoTを用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
	144	農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握に向け、リモートセンシング技術等を活用した作物データの全球グリッド(格子間隔:10m 四方)データベース化
	147	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
	151	森林施業履歴の自動収集とICTによる森林管理技術基盤データベース化
	152	製造・輸送・貯蔵中の微生物のリアルタイムモニタリングシステム
	159	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
	160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ
	162	各種機能センサーのLSI化による植物機能の可視化技術
	167	生物学的知識をAIと融合した高精度作物モデリング
	172	CO ₂ 排出削減の難しい鉄鋼・セメント(鉄筋コンクリート)の代替によるCO ₂ 削減が期待できる、中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材開発に基づく木質耐火構造設計技術
	175	フードエコシステムに関わる生分解性、光分解性素材
	176	森林資源による化石資源由来製品の代替化のための技術(道路舗装、建築用材、服飾素材、塗料、消費財)
	179	食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価
	183	植物害虫・病原菌の標的種特異的な防除資材の開発システム
	189	バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術
2030	105	伐採後の再生産を確保するための現状森林に即した効率的かつ体系的な森林造成技術
	109	腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性向上技術
	114	微生物共生を最大限活かした各種マイクロデバイスの開発による高精度・広域土壌診断を含む栽培・計測技術
	141	身近な生態系の変化を指標とした、農林水産業に資する環境生態インパクト評価手法
	156	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物
	157	遺伝子・環境相互作用の解明に基づく生育過程のシミュレーションと、それを用いた遺伝子構成の最適化
	158	植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物の作出
	169	乾物で50t/ha/年を超えるバイオマス生産作物の作出
	170	セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
	177	木材副産物の付加価値化技術(収穫時の端材や規格外産物、加工ラインでの可食廃棄物の再利用・精製・分離・抽出技術)
	178	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
	190	水産資源管理のための人文社会科学とAIを駆使した社会システム
2031	106	スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木
	133	森林の病害虫対策システム
	134	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術
	136	ICTによる科学的な森林管理計画の作成技術
	137	異常気象等に対応する防災型林道仕様の科学的設計技術
	148	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術

年	No.	科学技術トピック
	153	準リアルタイム作物生育診断情報の全球グリッドデータベース化
	164	光合成能力を飛躍的に高めた植物(イネ・藻類)によるCO ₂ の大量・大規模固定(sequestering)と生産性向上システム
	166	生物記憶を活かしたエピゲノム制御による形質発現自在化技術
	173	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で50年程度の長期使用可能な高耐久木材
2031	181	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
	184	重金属・放射性物質を吸収しない作物
2032	111	宇宙や極地利用を目指した自動化・無人化循環型植物工場
	163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術
	185	検疫問題を克服する無病化処理技術
	187	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
	188	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システム
2033	138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術
2036	168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術

(2) 社会的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2026	117	食品生産ラインにおける有機物(毛髪など)の混入検出のための識別技術
2027	123	冷凍せずに生鮮食料品の鮮度と品質を維持するための短期保蔵技術
2028	102	環境負荷低減を含めた植物・昆虫による魚類飼料
	119	農林水産物の品質(成分・物性・熟度)を生産現場で非破壊でリアルタイムに定量分析するシステム
	122	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
	191	伝統的な調理法の再評価システム
	192	水産物のトレーサビリティを確立する社会システム
2029	101	魚類の免疫機構とその制御因子の解明に基づく、感染症予防技術
	115	人間を代替する農業ロボット
	116	飲食店用の多様なメニューに対応可能なフレキシブル調理システム
	118	「美味しさ」を簡便に再現するための、味覚・香り・食感(テクスチャ)を考慮した認知科学・言語学・化学・AI など分野融合的なアプローチによる研究成果の国際的なデータベース化
	121	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
	124	昆虫資源を含む新規タンパク源の製造加工技術
	125	生産場所から消費場所への距離短縮(Footprints 改善)に向けたマスカスタマイゼーション実現の製造・加工・調理技術
	128	養殖対象品種および主要漁業対象種の生殖細胞バンク構築による遺伝子資源の永久保存
	129	計量魚群探知システム(魚種判別・サイズ測定)の高精度化による多種一括資源量評価技術
	130	超小型電子チップの埋め込みによる水産資源生物の高度ライフタイムロギングシステム
	140	環境 DNA を利用した生態系の理解と解析を援用した希少種の保存・管理技術
	182	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
	186	ブロックチェーンなどを用いた透明性を保証する新技術に基づくトレーサビリティ・システム
2030	98	作物の可食部・カイコ・ウシやヤギの乳に、医薬や機能性高分子を効率的に産生させる技術
	100	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術
	103	完全不妊養殖魚
	104	木材の伐採・搬出・運材・加工の自動化技術
	107	X 線からテラヘルツにいたる広帯域超小型光デバイス、オミックス・化学分析と ICT を用いた携帯型の農作物のハイスループット(高速大量処理)表現型計測システム
	110	アニマルウェルフェアに基づいた家畜および養殖魚のストレス低減による生産性向上技術
	120	アレルゲン計測技術に基づいたアレルギーを起こさない食品の製造技術
	126	廃棄食品再利用による新規資源生成技術(例えばフード3D プリンターのような)
	131	微小海洋生物(微生物・プランクトン等)の識別が可能な 3 次元画像解析システム
	135	水産養殖履歴に係る自動収集とデータベース化を通じた ICT による科学的養殖管理システム
	142	リモートセンシングやネットワークを活用した森林/海藻・海草などの農林水産資源の広域モニタリングシステム
	146	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム
	149	環境情報や生物情報をリアルタイムにモニタリングし、農林水産現場の異常を早期に察知するシステム
	150	漁業の操業履歴の自動収集と ICT による科学的な漁場管理基盤データベース化
	154	植物並びに水産物の食味、形状、芳香、老化といった嗜好性に関連する形質の制御技術
	171	メタン発酵消化液の濃縮等による成分安定肥料生産技術を利用した耕畜連携生産システム
	174	木材等バイオマスによる高効率・低コストな発電・熱利用技術
	177	木材副産物の付加価値化技術(収穫時の端材や規格外産物、加工ラインでの可食廃棄物の再利用・精製・分離・抽出技術)
	180	食の安全・安心を実現するための、フードチェーンを対象とし、有害物質の混入や細菌汚染等を防止するフードディフェンスシステム
	193	最先端デジタル技術を用いたコミュニティの可視化モニタリング技術
2031	99	雑種強勢のメカニズムを利用した家畜生産のための系統作出
	105	伐採後の再生産を確保するための現状森林に即した効率的かつ体系的な森林造成技術

年	No.	科学技術トピック
	108	短・中期気象予報と生物学的知識と AI を融合した高精度作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム
2031	112	フィールドオミックス、フェノミックスなどから得られたビッグデータと AI による育種の超高速化(テラーメイド)
	132	野生動物の個体数管理のための効果的な捕獲技術及び革新的な獣害防止技術
	144	農林水産業にかかわるあらゆる情報の把握に向け、リモートセンシング技術等を活用した作物データの全球グリッド(格子間隔:10m 四方)データベース化
	145	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
	147	陸域・河川・沿岸域を繋ぐ物質循環システムの解明に基づいた、藻場・干潟などの沿岸環境修復技術
	155	絶滅危惧種の維持と保存のための、効率的な生殖細胞の作出および保存技術
	161	超音波や振動などによる昆虫の行動制御ならびに行動監視技術
	162	各種機能センサーの LSI 化による植物機能の可視化技術
	172	CO ₂ 排出削減の難しい鉄鋼・セメント(鉄筋コンクリート)の代替による CO ₂ 削減が期待できる、中高層木造建築物を実現するための高強度木質部材開発に基づく木質耐火構造設計技術
	175	フードエコシステムに関わる生分解性、光分解性素材
	176	森林資源による化石資源由来製品の代替化のための技術(道路舗装、建築用材、服飾素材、塗料、消費財)
2032	97	世界の様々な環境に適応した野生種のゲノム編集による栽培作物化(ネオドメスティケーション)
	109	腸内細菌を制御することによる非反芻家畜の生産性向上技術
	113	生産性を損なわずに高品質を実現する生態調和型農業生産システム
	114	微生物共生を最大限活かした各種マイクロデバイスの開発による高精度・広域土壌診断を含む栽培・計測技術
	127	生産・流通・加工・消費を通じた完全循環型フードバリューチェーン
	139	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽減システム
	143	地球規模の IoT を用いた、農林水産生態系における主要元素・物質(窒素・炭素など)循環モニタリングシステム
	152	製造・輸送・貯蔵中の微生物のリアルタイムモニタリングシステム
	159	作物の雑種強勢と近交弱勢の分子遺伝学的解明
	165	非可視部分(根域を含む)の植物個体群を高精細に 3 次元構造を再構築する技術
	167	生物学的知識を AI と融合した高精度作物モデリング
	170	セルロースの結晶度を緩和させる人工タンパク質の利用による植物性繊維の分解利用技術
	179	食品における複数の危害因子の相互作用がもたらす毒性評価
	183	植物害虫・病原菌の標的種特異的な防除資材の開発システム
	187	森林や木材の快適性増進効果の生理的解明に基づく森林療法
2033	133	森林の病害虫対策システム
	134	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術
	136	ICT による科学的な森林管理計画の作成技術
	137	異常気象等に対応する防災型林道仕様の科学的設計技術
	141	身近な生態系の変化を指標とした、農林水産業に資する環境生態インパクト評価手法
	148	熱帯林破壊防止と再生活動のための観測・評価技術
	151	森林施業履歴の自動収集と ICT による森林管理技術基盤データベース化
	158	植物ゲノム技術による、空中の窒素固定能、土壌中のリン酸利用能力等を持つ植物の作出
	169	乾物で 50t/ha/年を超えるバイオマス生産作物の作出
	173	土木分野等での需要拡大を目的とする、屋外で 50 年程度の長期使用可能な高耐久木材
	178	人の健康を損なう人獣共通感染症病原体などを動物体内から排除する技術
	181	植物・微生物を利用して土壌中のダイオキシン類や重金属、レアメタルを効果的に除去、抽出する技術
	185	検疫問題を克服する無病化処理技術
	188	世界の人口増、経済発展及び作物生産技術の動向を踏まえた食料の需給予測システム
	189	バイオマス等再生可能エネルギーを利用した社会の経済的活力・社会影響・環境負荷等を評価する技術
	190	水産資源管理のための人文社会科学と AI を駆使した社会システム
2034	153	準リアルタイム作物生育診断情報の全球グリッドデータベース化
	156	砂漠(乾燥地帯)等の耕作不適環境でも収穫が期待できる作物

年	No.	科学技術トピック
	157	遺伝子・環境相互作用の解明に基づく生育過程のシミュレーションと、それを生用いた遺伝子構成の最適化
	160	遺伝子改変技術を利用した異種移植が可能な医用モデルブタ
	163	萌芽更新が困難な針葉樹および高齢広葉樹の萌芽更新促進技術
	166	生物記憶を活かしたエピゲノム制御による形質発現自在化技術
2034	184	重金属・放射性物質を吸収しない作物
2035	106	スギ・ヒノキなど各種樹木のゲノム情報を利用した高速育種によるスーパー樹木
	164	光合成能力を飛躍的に高めた植物(イネ・藻類)によるCO ₂ の大量・大規模固定(sequestering)と生産性向上システム
2037	111	宇宙や極地利用を目指した自動化・無人化循環型植物工場
	138	森林地質の自動把握技術を用いた林道の自動開設技術
2040	168	生物記憶から過去の様々な環境記憶を引き出す技術

3. 環境・資源・エネルギー分野

3.1. 将来の展望

3.1.1. 総論

(1) 細目の構成

「環境・資源・エネルギー」分野を構成する細目は、エネルギー関連の細目として、エネルギーの生産・輸送・消費に係る技術からなる「エネルギー変換」、エネルギーの貯蔵・輸送技術等からなる「エネルギーシステム」等を設定した。資源関連の細目には、新資源を含む資源確保技術や希少資源の回収・有効利用を推進するための「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」、水ストレスにさらされる地域の拡大防止に向けた水資源の観測・モニタリング・最適化等からなる「水」細目を設定した。環境関連の細目では、地球温暖化の現象解明、将来予測、影響評価、適応策等からなる「地球温暖化」と、環境の負の要因が環境中に放出・形成され劣化した環境を以前の状態に戻すこと、良好な状態にある環境を保つこと、そして積極的に人的インパクトにより良い環境を形成する行為からなる「環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)」を設定した。そして、上記で設定した細目・トピック等を含め、当該分野の技術が社会に導入していくための細目として「リスクマネジメント」を設定した。

(2) 本分野の今後の方向性

環境・資源・エネルギー分野を取り巻く状況は、気候変動問題への世界全体での対応に向けて、2015年にパリ協定が採択され、2020年以降の温室効果ガス排出削減に向けた世界全体での対応の枠組みが合意された。我が国においては、2011年の東日本大震災以降、環境・エネルギー分野の政策は大きく転換し、科学技術に対しては、再生可能エネルギーをはじめ低炭素社会に資する科学技術に対する期待が高まっている。また、近年、地球温暖化に係る影響として、激甚気象災害等の環境災害も激化してきている。これらの地球温暖化への適応も中長期にわたる社会的課題である。

細目別の重要度では、エネルギーシステム、リスクマネジメント細目のトピックが上位に複数を占める。エネルギーシステムでは、二次電池、再生可能エネルギーの余剰電力を用いた水素製造等のトピックで、リスクマネジメントでは、自然災害に対する分散電源の制御や自然災害リスク評価手法等のトピックであった。細目別の国際競争力では「水」細目に対する評価が高い。本分野の科学技術の実現時期は、多くの細目で2026年から2030年にかけて実現時期を迎えるものの、資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)細目は、2031年から2035年が実現時期のピークでやや長期的な予測であった。科学技術の実現に向けた施策では、資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)、水、地球温暖化の細目で研究基盤整備を求める回答が多く見られた。また、地球温暖化では国際連携等を必要とする回答が多い。技術の社会的実現に向けた政策手段では、エネルギーシステム、水の細目で事業補助を求める回答が多い。また、リスクマネジメントの細目では、法規制の整備、ELSIへの対応が必要とされた。

2050年のパリ協定の達成とそれに至る温暖化ガス排出削減に貢献する革新技術の早期からの研究開発の推進が、重要な段階に至っている。そのための短期で実現可能な技術として、二次電池、水素製造・貯蔵技術、また、長期での持続可能社会的実現のための再生可能エネルギー技術、化石燃料を使

用しない航空機などが重要技術として注目されている。また、地球温暖化に関する技術は、国際連携の重要性が強く認識されている。さらに、シェアリングエコノミーにも関連する資源問題では、情報技術やデジタル技術の活用が重要視され、革新的な解体技術やサプライチェーンの飛躍的効率化が重要と判断されている。また、環境保全技術として、ビッグデータ利用によるモニタリングシステムなど、環境の修復・再生、創成、適格な計画に基づく制御の重要性が示唆されている。

また、温暖化に伴う異常気象等の気候変動に関しては、ゲリラ豪雨に対する統合的水管理技術などの自然災害を克服するための技術が、重要と判断されており、国際競争力も大きいと判断されている。

さらに、技術開発の社会との接点であり、技術の社会受容性にも関連するリスクマネジメントは、重要度が高いと判断され、そのための人材育成・確保、法規制整備が重要と判断されている。その実現のため、ステークホルダーが意見交換を通じて、共通認識を形成し、コンセンサスに達する仕組みが求められている。

(矢部 彰)

3.1.2. 細目概要

①エネルギー変換

i) 概要

エネルギーの本質は、「S+3E」であり、本細目はエネルギーの「生産」、「輸送」、「消費」に係るトピックで構成される。一般に「エネルギー変換」に係る内容は、従来のエネルギー消費が中心的であるが、変換技術の進展のみでは社会実装に至らない。このため、エネルギーの本質である経済性にも焦点を当て、環境対応・経済性等の今後のエネルギー選択に関わる社会実装を見据えたエネルギー生産も考慮した。このため、本細目のキーワードは多岐にわたり、エネルギーの生産、消費、輸送、CO₂回収・低減、炭化水素合成、再生可能エネルギー、センシング・モニタリング、ヒートポンプ・熱変換等に加え、一部で法整備・経済性に係るトピックで構成した。

ii) 社会的意義

持続可能な社会の形成に向け、バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション、CO₂回収型ガス化複合発電、高効率なIGCCシステム等により、地球温暖化の原因となるCO₂の発生削減への寄与が期待される。また、再生可能エネルギーでは、洋上浮体式風力発電や海洋エネルギー資源を利用した発電技術、中低温の地熱資源の利用技術を取り上げた。近年、地域・地区を対象としたスマートエネルギーシステムに関する実証実験が行われているが、本細目では、新規建築の30%以上に普及可能な汎用型ZEB/ZEHやスマートグリッドの制御、自立型都市圏の設計手法等の社会の姿を設問として取り上げた。これらの知見が広く展開され、省エネルギーシステムの実現に向けた取組みが期待される。

iii) 今後の展望

〈A〉調査結果からの見立て

エネルギー変換分野技術の特徴は根源的・画期的技術への希求である。「時間を要する」「実現が未知」の特徴の技術が多いとの見立てである。また今回エネルギーシステム分野を分けたことにより、実証や社会的システムの技術進化より政策支援が必要とされるものは上流側つまり学術の重要が明らかになっていると見立てる。VG17 などに示されるが、他分野に比べ大規模な金額の支援が求められてはいない。

洞察される今後の科学技術分野の重点政策とは、明らかに質の高い大学・大学院研究を前提とし、基礎科学・基礎技術／社会システムとしての理系文系の学術研究群を、単発研究として評価するのではなく、全体戦略の中で位置づける教育に立脚する教育構想に基づく『学』と、企業研究の『産』の学産連携であろう。

時間軸とエネルギー規模をより明示したことが今回、本分野の調査上の工夫だった。この結果見えた個々の分野は、短期に自動車の熱効率向上や、二次電池への期待などが高く、本丸の中長期(2050年)では気候変動・温暖化環境対策の本命の再生可能エネルギーを用いる持続社会、さらにエネルギーの消費者・一般ユーザーからは比較的に見えにくい災害対策・レジリエンスが特に注目された。

〈B〉提言

方法論として、『重点分野を絞りこむより、基礎的な切り口に特化したゼロから”1”を生み出すテーマ群が求められる』をエネルギー分野の政策方針として提言する。エネルギー変換分野では今、注目する。全体戦略との整合性も健全なテーマ採択上、重要である。

例えば日本のノーベル賞受賞は過去の科学技術政策や研究者の優秀性の結果するものと理解すれば、『2060-2100年程度にて役立つ、再生可能エネルギー分野に立脚する持続可能なエネルギーシステムに应用できる、革新的な学術挑戦』が研究者の今の視野に入ることによって将来に格段の成果を本分野で上げることが期待することは有力な一案であろう。

(古関恵一)

②エネルギーシステム

i) 概要

気候変動問題への対策として、化石燃料の燃焼による CO₂ 排出量の更なる抑制を目的に、太陽光発電や風力発電などの出力が天候や時間で変動する自然変動電源の割合が高まることが予見され、また運輸部門などにおいても大幅な省エネルギーの推進も望まれている。エネルギーシステムにおける自然変動電源の貢献度を高めるためには、電力負荷を超える出力が得られた際に発生する余剰電力をいかに有効活用するかが、科学技術的にも制度的にも重要な課題となる。また、再生可能エネルギーは地理的に偏在するために、生産地から消費地までの長距離のエネルギー輸送も課題となる。本細目では、電力や水素エネルギーの貯蔵や輸送に関する技術、余剰電力活用技術などを中心としたトピック設定を行った。

ii) 社会的意義

電力や水素エネルギーの貯蔵や輸送が安価に効率的に実現できれば、エネルギーシステムにおける

太陽光発電や風力発電などの再生可能エネルギーの割合を高められ、また運輸部門の石油への依存度を低減できるため、化石燃料の利用に伴う環境負荷を低減でき、国としてのエネルギー安全保障も高められる。また、エネルギー貯蔵や輸送技術の高度化は一般に、社会における電力などのエネルギーの供給安定性や災害に対するレジリエンスを高める効果が期待できる。自然変動電源による余剰電力の有効利用とその円滑な電力取引の実現は、新規の技術課題であり、革新的なエネルギーシステムと新産業の創成に繋がる可能性がある。

iii) 今後の展望

アンケート結果からは、電気自動車用や系統連系安定化用の二次電池、そして太陽光・風力発電の余剰電力を用いた水素製造の重要度が高く、国際競争力もあるとされ、社会的実現も2030年代前半になされたと予測されている。これらの科学科学技術的実現に向けては研究開発費の拡充、そして社会的実現に向けては事業環境整備や事業補助が望ましいことがうかがえる。普及支援制度により太陽光発電の導入拡大が想定より早まったことで、周辺技術に関しても雰囲気として楽観的な見通しがなされているように思われ、結果の解釈には注意が必要である。これらに次いで、自動車の走行中の非接触充電技術も重要性が高いとされ、ほぼ同様の対策が望まれている。その一方、超電導送電ケーブル、電力貯蔵用超電導フライホイール、電力取引技術の重要度は低いとされ、同ケーブルと同フライホイールの社会的実現時期は2030年代後半と比較的遅くなると予想されている。電力取引技術に関しては、ビジネス試行の報告もあつたりするためか、既に実用段階にあるものと判断され、社会的実現時期は比較的早いと楽観視されている。その社会的実現に向けては、事業補助などよりも法規制の整備がもつとも重要と考えられているのが特徴である。ビジネス試行の結果によるが、現状とは根本的にことなる技術が必要とされる可能性があり、そうすると実現は大幅に先延ばしとなる。ウィンドファーム用の直流送電ケーブルシステムの重要度も比較的高いが、これはケーブルというよりはウィンドファームの重要性が評価されているように思われる。木質系バイオマス発電に関しては、人材の育成・確保の必要性が高いと評価されている。

(藤井康正)

③資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)

i) 概要

金属鉱物資源、エネルギー資源共に著しく乏しい我が国において、これらの資源確保に向けた技術開発は不可欠である。資源開発の分野においては、在来型に加え、大水深の海洋や大深度等の難地域に賦存しているもの、シェール、メタンハイドレート、熱水鉱床、地熱等の新資源など、開発の対象が拡大している。さらには、ITの利用、コストの軽減、環境への配慮等、開発手法も大きく変化している。

3Rでは、希少資源の回収や資源の有効利用を一層推進するため、部品の再利用やリサイクルを容易にする製品設計や、廃棄物の高度なリサイクルとエネルギー回収技術の導入が進む。また、少子高齢化に伴う労働力不足に対応して、廃棄物等の収集や処理プロセスにおいて、ロボットの導入や情報技術を活用した自動化や最適化が進展する。

ii) 社会的意義

国内資源に乏しい我が国においては、資源確保は喫緊の、かつ恒久的な課題である。資源開発においては、近年、対象とする資源、その賦存領域、開発手法等が、大きく変化・進化しているが、これらに対応した技術を開発することが、海外資源鉱区の獲得や国内資源埋蔵量の増加に繋がると期待できる。

3R の一層の推進も、資源の国内自給率を高めることに貢献する。製品の使用時だけでなく、製造や使用後の環境性能の向上は、社会の持続可能性を高めるとともに、国際社会において責任を果たし、競争力を維持する上でも重要である。

iii) 今後の展望

資源開発に関する技術では、情報技術やデジタル技術を活用したもの（探査、評価、等）と、海洋資源開発（メタンハイドレート、熱水鉱床、等）について、重要度が高いと評価されている。ただし、前者は比較的早期に実現すると期待されているが、後者については実現までにまだ 20 年くらいを要すると推測されている。一方で、海水や大気中から資源を回収する技術や超大深度からの地熱開発に関しては、期待度は低くないものの、実現可能性が低いと評価されている。また、環境に配慮したシェールガス開発技術は重要度、国際競争力ともに極めて低いとの評価を得た。従って今後は、IT の利用や海洋資源の開発が加速される一方で、陸上での資源開発は慎重に進められていくものと考えられる。

3R に関する技術では、含有濃度の低い廃棄物等からもレアメタルを回収することのできる技術の重要度が高く評価された。続いて、リサイクル材料の質を高めるための高度物理的分離濃縮技術及び、廃棄物焼却炉で製造した蒸気を工場等で利用する技術が重要度の高い技術として評価された。これらは科学技術的にも社会的にも 2030 年代前半までには実現が見込まれているなど、材料利用とエネルギー利用の両面から、資源循環を高度化する具体的な対策が期待を集めている。また、リユースを推進するための部品としての機能を維持した革新的な解体技術や、情報技術を活用したサプライチェーンの飛躍的効率化技術にも関心が集まった。今回はリデュースを明示的に扱うトピックが選択肢に含まれなかったが、シェアリングエコノミー等による脱物質化の推進も重要であると考えられる。

（栗原正典、藤井実）

④水

i) 概要

水については、今世紀以降、エネルギー資源、食糧資源と同様に、重要な資源の一つである。世界人口の増加基調の中、一人当たりの水資源の資料量の増加が見込まれる一方で、気候変動等に伴い、資源の賦存量や地域性等に変化が生じることが懸念される。本細目では、水資源の観測・モニタリングに係るトピック、水資源及びエネルギーの最適化に係るトピック、経済的に利用可能な浄水技術・汚染水処理技術、水圏の環境影響評価等で構成される。これらの科学技術の進展により、水需要が拡大し、水ストレスにさらされる地域の拡大防止に寄与することが期待される。

ii) 社会的意義

2050 年までを見据えた場合、気候変動に伴う水環境の脆弱化が懸念される。水資源は、国家戦略を担う重要課題となりうることから、水資源の確保、水に関連するビジネス領域の拡大等、社会的要請となる。

他方、持続可能な開発目標(SDGs)においても、「すべての人々に水と衛生へのアクセスと持続可能な管理の確保」を掲げており、本予測の中間年に相当する 2030 年までに、すべての人々に安全で安価な飲料水へのアクセス、適切かつ平等な下水施設・衛生施設へのアクセス、水利用効率の大幅な改善等をターゲットとしている。これらから、研究開発成果の社会的な展開が期待されている。

iii) 今後の展望

アンケート結果では、「線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術」が、重要度、国際競争力とも高く評価された(国際競争力では、「途上国で一般利用できる循環型汚染水処理技術」、「上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術」等のトピックの評価も高い)。社会的実現時期は本細目のトピックの多くが 2026 年から 2030 年までに実現する。技術の実現のための施策では、下水処理水に残存する抗生物質の分析評価・除去技術で、研究開発費の拡充や研究開発基盤の整備を求める意見が多く、水域同時連続モニタリング技術で研究開発費の拡充が期待された。また、前述の統合的水管理技術は、国内連携・協力が技術の実現のために必要とされた。途上国で一般利用できる循環型汚染水処理技術は、国際連携が期待された。

(藤野純一)

⑤地球温暖化

i) 概要

人間活動に起因する大気中の温室効果ガス濃度の増加により、地表付近の気温が長期的に上昇する地球温暖化(または気候変動)が生じている。これに伴い、異常気象の増加や海面上昇などの様々な悪影響が懸念され、その一部は既に顕在化していると考えられる。地球温暖化対策の主要な部分はエネルギー利用(化石燃料燃焼)に伴う CO₂ 排出を削減することであるが、そのトピックはエネルギー関連の細目に譲った。本細目では、エネルギー関連に分類されなかった対策技術の他、地球温暖化の現象解明、将来予測、影響評価、適応策等に関わるトピックを扱う。

ii) 社会的意義

国連気候変動枠組条約のパリ協定では、世界平均気温の上昇を産業化以前を基準に2℃や1.5℃といった水準に抑えることを長期目標としており、そのためには今世紀後半に世界の温室効果ガス排出量を正味でゼロにする必要がある。これを実現するために、エネルギーシステム転換等の対策のみならず、地球システムの現状を精度よく把握し、将来の気候変動とその影響を高い信頼性で予測する科学技術の進展が強く求められる。これによって、必要な排出削減量の見通しの精度を上げるとともに、当面の気候変動リスクへの対応力を高めることが可能となる。

iii) 今後の展望

対策技術のトピックである「化石燃料を使用しない航空機」は 2035 年に科学的に、2039 年に社会的に実現との回答になった。それ以外の将来予測、影響評価に関するトピックはいずれもそれより早い実現と

の回答になった。全体的に、重要度、国際競争力とも比較的高いと評価された。実現に向けては、他の細目と比較して、国際連携の必要性が高いと評価されたトピックが多かった。「気候感度」の推定精度向上には人材育成と研究基盤整備の必要性が高いと評価された。

地球温暖化の将来予測と影響評価に関する研究開発のうち、シミュレーションを用いる部分は、IPCC 評価報告書のサイクルに合わせて、大規模な国際相互比較が行われる。近年、モデル解像度と実験数の増加によりデータ量が膨大になり、その流通と処理が困難になりつつある。日本がこの分野で貢献を続けていくためには、スーパーコンピュータと合わせてデータインフラの整備の重要性が増していだろう。同時に、観測データについても国際的な共有を促進するためにオープンデータのインフラ整備を進めることが、研究開発の加速につながると考えられる。航空機にバイオ燃料、水素、電気を用いる取り組みはそれぞれ進行しているようだが、継続的な研究開発投資が得られるかが課題ではないだろうか。

(江守正多)

⑥環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)

i) 概要

環境保全には、修復・再生、維持、創成の3つの側面がある。「修復・再生」は、負の要因が環境中に放出・形成され劣化した環境を、影響が発生する以前の状態に戻すことをさす。そのためには各種の環境基準の設定や環境の調査・予測・評価にもとづく環境アセスメントの枠組みが有効である。「維持」は、良好な状態にある環境をそのままに保つことを目的とした行為であり、自然保護上の多くの技術や施策を通じて達成される。「修復・再生」と「維持」が一般に、人的インパクトがない状態で成立する環境を達成目標に据えるのに対し、「創成」は、積極的に人的インパクトを与えつつ、より良い環境を形成しようとする行為であるため、その目標は一元的には定めにくい。計画は、修復・再生、維持、創成を俯瞰し、総合的にそれらの適用のあり方を規定するものだが、とくに創成にあたっては、目標の定めにくさゆえに、的確な計画もとづく制御が重要となる。

ii) 社会的意義

環境の修復・再生、維持、創成、およびそれらを俯瞰しつつ制御する計画は、良好な環境を形成する上で不可欠な、社会に直結した行為であり、その意義は非常に高い。また、これらの行為にかかわる科学技術は、先端的な科学研究を通じて開発がなされた後に、その成果が社会還元されるものではなく、開発それ自体が常に社会とともにあるべきものである。その意味で、Future Earth の枠組みが標榜する、今後の科学技術のあり方を象徴するものとも言える。

iii) 今後の展望

アンケート結果は、「放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術」が重要度、国際競争力の高いトピックとして評価された。本細目の科学技術的实现時期は、2026 年から 2030 年にピークを迎える。本細目では、科学技術的实现に向けた政策手段として、人材育成、研究開発費の拡充、国際連携、ELSI の対応を求める意見が相対的に高かった。中でも「携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム」では

研究開発基盤の整備が、「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」では ELSI への対応が期待されている。科学技術の実現年と社会的実現年の差を見ると、「塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術」、「放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術」のトピックは、実現年差が 1 年であり、技術の実現とともに早期の社会的実現が期待されていると評価される。

(横張真)

⑦リスクマネジメント

i) 概要

社会に技術が導入されるためには性能やコストだけでなく、安全面や環境面でのリスクが重視される。とりわけ、原子力・放射線や化学物質の利用に当たっては、そのリスクについて、社会的コンセンサスの構築が求められる。社会のコンセンサスを得るためにリスクを包括的に検討する「リスクマネジメント」は、健康被害、影響評価、リスク管理、安全基準の策定、リスクコミュニケーションなどからなる。リスクマネジメントは、社会を対象にするものであり、国や地域によって大きく異なりうる。環境・資源・エネルギー分野におけるリスクマネジメントは多岐に及ぶが、細目では日本社会が直面しているリスク問題のうち社会的影響力が大きいと考えられるものを取り上げた。

ii) 社会的意義

リスクマネジメントは、本細目で取り上げたトピックスだけでなく科学技術すべてに係わっている課題である。科学技術がもたらすベネフィットとリスクをできるだけ正確に分析することで未来予測の精度が高まる。リスクマネジメントのための取り組みとしては、リスクについての情報伝達だけでなく、リスクへの対処の仕方や安全を高める行動についても適切な知識を共有することが大切になる。そのためには、専門家による一方的な情報伝達ではなく、それぞれのリスクに関わるステークホルダーが意見を交換することを通じて共通の認識を形成し、コンセンサスに達する仕組みが求められる。

iii) 今後の展望

自然災害対応や放射線防護に関するリスクマネジメントは、特に重要度の高い科学技術トピックと見られており、今後の進展が強く期待される。ナノ粒子安全基準が 2020 年代半ばに実現するのを皮切りに多くの技術が 2035 年ごろまでに実現すると見込まれる。こうした進展を科学技術的あるいは社会的に実現していくに当たっては、人材の育成・確保の必要性が高いと考えられる。さまざまなリスクに関してコンセンサスに到達していくためには、多くの人材を必要とするからであろう。また、法規制の整備も必要性が高いと見込まれている。リスクに関して形成されたコンセンサスを社会に定着させるためには、法規制の方式が必要となる場合が多くなるためと考えられる。このほか、自然災害に対応する分散電源制御技術に関して、特に国内連携・協力の必要性が指摘されている。発電電分離を踏まえ、発電・送電・配電に関わる多くの事業主体間の協調を前提とする技術であるためであろう。

(入江一友)

3.2. 細目及びキーワード

本分野は、「エネルギー変換」、「エネルギーシステム」、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」、「水」、「地球温暖化」、「環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)」、「リスクマネジメント」等の7つの細目で構成される。

図表 II- 3-1 「環境・資源・エネルギー」分野の細目及びキーワード

	細目	キーワード
1	エネルギー変換	エネルギー生産、エネルギー消費、エネルギー輸送、CO ₂ 回収・低減、炭化水素合成、再生可能エネルギー、センシング・モニタリング、ヒートポンプ・熱変換、法整備・経済性
2	エネルギーシステム	再生可能エネルギー、余剰電力利用、送電、電力貯蔵、水素等の長距離輸送、水素等の大規模貯蔵、電力取引、電力需給制御、未利用熱
3	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)	金属資源・非金属資源、石油資源、地熱資源、環境、シェアリング・サービサイジング、省力化・自動化、資源効率、廃棄物のエネルギーとしての活用、リサイクル、サーキュラーエコノミー
4	水	地下水マップ、連続モニタリング、ゲリラ豪雨、水管理技術、下水処理技術、浄水技術、汚染水浄化再利用技術、水質指標、水圏マイクロプラスチック、環境科学技術
5	地球温暖化	温室効果ガス、化石燃料、気候変動、異常気象、将来予測、大気、海洋、生態系、氷床、水、食糧
6	環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)	土壌修復技術、除染技術、病原微生物検知システム、外来種の移動拡散、越境大気汚染、遺伝的多様性、環境負荷管理、生物多様性、植生維持管理
7	リスクマネジメント	生物多様性、環境リスク、レジリエンス、安全規制、ナノ粒子、化学物質、放射線、自然災害

3.3. アンケートの回収状況

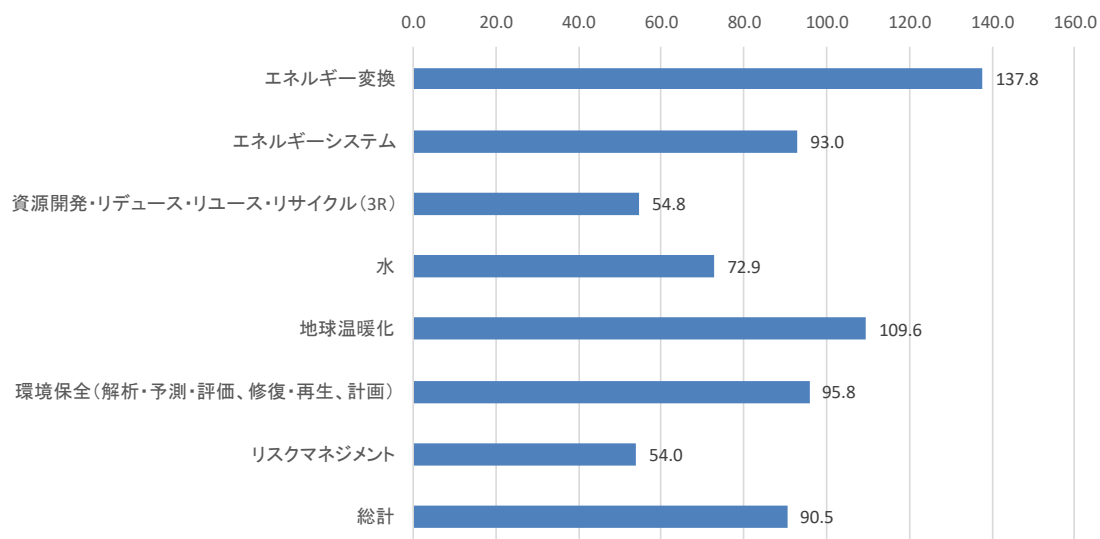
本分野についての回答者内訳(2回目調査)は以下の表のようになっている。

図表 II- 3-2 環境・資源・エネルギー分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20 代	15 人	職業	企業その他	156 人
	30 代	156 人		学術機関	482 人
	40 代	281 人		公的研究機関	196 人
	50 代	217 人	職種	研究開発従事	717 人
	60 代	124 人		マネジメント	56 人
	70 代以上	33 人		その他	61 人
	無回答	8 人		合計	834 人

以下、細目別の回答者数の平均を示す。

図表 II- 3-3 細目別回答者数の平均



3.4. 科学技術トピックに関する調査結果

3.4.1. 重要度

①重要度上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 位)は、図表 II-3-4 に示すとおりである。細目別では、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」関連トピックが 5 件、「リスクマネジメント」及び「地球温暖化」関連トピックが各 4 件を占めた。科学技術的実現時期は平均で 2030 年であり、社会的実現時期は 2031 年から 2035 年までに多くのトピックが実現すると予測している。

図表 II- 3-4 科学技術トピックの重要度(上位 20 位)

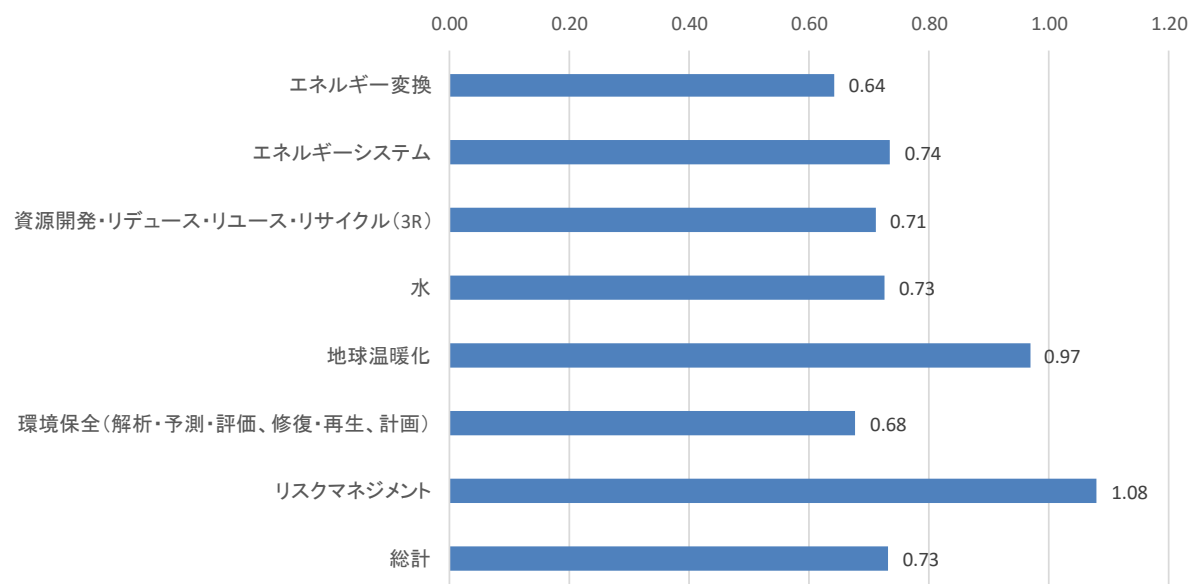
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	1.48	2029	2032	エネルギーシステム
261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	1.36	2028	2029	水
226	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストの MW 規模二次電池(寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)	1.32	2030	2033	エネルギーシステム
280	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	1.27	2030	2031	環境保全
242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	1.27	2028	2031	資源開発・3R
299	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)	1.24	2028	2031	リスクマネジメント
298	稀頻度自然災害のリスクの評価手法	1.20	2031	2034	リスクマネジメント
229	太陽光・風力発電の余剰電力を用いた水素製造	1.18	2027	2031	エネルギーシステム
296	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定	1.18	2030	2033	リスクマネジメント
272	海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響の解明	1.14	2030	2032	地球温暖化
241	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	1.14	2030	2032	資源開発・3R
275	気候感度(大気中 CO ₂ 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	地球温暖化
295	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	1.13	2030	2032	リスクマネジメント
273	気候変動による食料生産への地域ごと、品目ごとの影響予測技術	1.11	2029	2032	地球温暖化

	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
217	経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術	1.10	2032	2034	エネルギー変換
277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100年にわたる長期地球環境変動予測	1.07	2032	2035	地球温暖化
232	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	1.05	2032	2035	資源開発・3R
208	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	1.03	2028	2030	エネルギー変換
244	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術	1.00	2030	2031	資源開発・3R
250	金属系の高度リサイクルを促進するための高度物理的分離濃縮技術	1.00	2032	2034	資源開発・3R

②細目別の科学技術トピックの重要度

細目別の科学技術トピックの重要度を平均でみた場合、「リスクマネジメント」が 1.08 と最も大きく、次いで「地球温暖化」が 0.97 であった。

図表 II- 3-5 科学技術トピックの重要度(細目別:指数)



3.4.2. 国際競争力

①国際競争力の高い上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 位)は、図表 II-3-6 に示すとおりである。細目別では、「エネルギー変換」、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」、「地球温暖化」が上位 20 位に入っている。

ース・リサイクル(3R)」関連トピックが各 4 件を占める。科学技術的実現時期は平均で 2029 年であるが、2036 年頃に科学技術的実現時期を迎えるとするトピックも 1 件(「メタンハイドレート採掘利用技術」)含まれる。社会的実現時期は、平均で 2032 年であった。

図表 II- 3-6 科学技術トピックの国際競争力(上位 20 位)

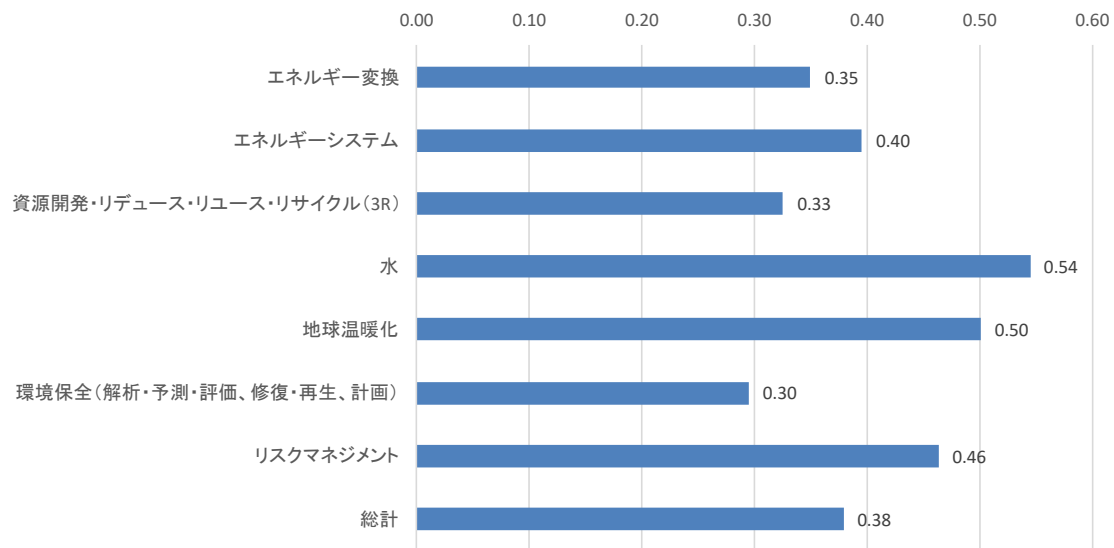
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会実現時期	細目
213	エネルギー効率が 50%の自動車エンジン	1.09	2029	2031	エネルギー変換
227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	0.98	2029	2032	エネルギーシステム
280	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	0.91	2030	2031	環境保全
261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	0.90	2028	2029	水
242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	0.86	2028	2031	資源開発・3R
198	ガスタービンの排熱も活用し、高効率化する IGCC システム(石炭ガス化複合発電)	0.83	2027	2029	エネルギー変換
267	途上国で一般利用できる循環型汚染水処理技術	0.80	2026	2029	水
263	上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術	0.76	2028	2030	水
275	気候感度(大気中 CO ₂ 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	0.73	2034	2036	地球温暖化
217	経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術	0.72	2032	2034	エネルギー変換
277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100 年にわたる長期地球環境変動予測	0.72	2032	2035	地球温暖化
226	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストの MW 規模二次電池(寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)	0.70	2030	2033	エネルギーシステム
229	太陽光・風力発電の余剰電力を用いた水素製造	0.67	2027	2031	エネルギーシステム
252	半数以上の焼却炉で実現する、廃棄物焼却から発生する蒸気を工場や発電へ利用する技術	0.66	2031	2032	資源開発・3R
232	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	0.66	2032	2035	資源開発・3R
298	稀頻度自然災害のリスクの評価手法	0.65	2031	2034	リスクマネジメント
241	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	0.65	2030	2032	資源開発・3R
265	加圧エネルギーを 50%以上低減した逆浸透膜による浄水技術	0.64	2030	2032	水
236	メタンハイドレート採掘利用技術	0.63	2036	2038	資源開発・3R

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
208	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	0.63	2028	2030	エネルギー変換

②細目別の科学技術トピックの国際競争力

細目別の科学技術トピックの国際競争力を平均でみた場合、「水」が 0.54 と最も大きく、次いで「地球温暖化」が 0.5 であった。

図表 II- 3-7 科学技術トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の相対的に小さいトピック

本分野の科学技術トピックのうち、「国際競争力」は相対的に小さいと評価されたトピック(下位 5 位)は、図表 II-3-8 に示すとおりである。「エネルギー変換」、「エネルギーシステム」の関連トピックが各 2 件を占める。

図表 II- 3-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 位)

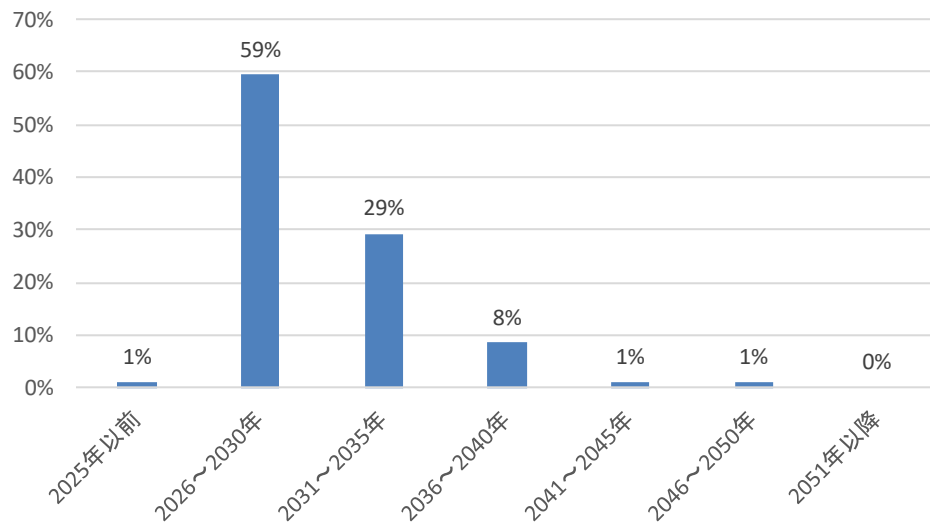
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
201	50MW 級洋上浮体式風力発電	-0.05	2028	2032	エネルギー変換
206	濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	-0.07	2036	2045	エネルギー変換
225	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための人工林循環生産システムの構築	-0.08	2030	2035	エネルギーシステム
228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	-0.23	2026	2031	エネルギーシステム

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
233	環境汚染のないシェールガス採掘技術	-0.40	2031	2033	資源開発・3R

3.4.3. 科学技術的実現予測時期

科学技術的実現予測時期の分布は図表 II-3-9 のとおりである。

図表 II- 3-9 本分野の科学技術的実現予測時期の分布(%)



細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-3-10 のとおりである。

科学技術トピックの約 90%が 2035 年までに科学技術的に実現するとしている。「エネルギー変換」、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」細目では、他の細目に比べ、2041 年以降に実現するトピックが含まれている。

図表 II- 3-10 科学技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
エネルギー変換		15	4	5		1	
エネルギーシステム	1	8	3				
資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)		9	14	4	1		
水		11	1				
地球温暖化		4	3				
環境保全(解析・予測・評価・修復・再生・計画)		11	5				
リスクマネジメント		5	1				
総計	1	63	31	9	1	1	

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位5位)は図表 II-3-11～12 のとおりである。「エネルギー変換」細目で「実現しない」とするトピックが、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」細目で「わからない」とするトピックが複数含まれる。

図表 II- 3-11 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	科学技術的 実現時期	細目
194	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	0.08	26%	2037	エネルギー変換
195	濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	-0.14	18%	2036	エネルギー変換
196	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	-0.05	18%	2040	エネルギー変換
197	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	0.94	17%	2041	資源開発・3R
198	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	0.07	17%	2038	エネルギー変換

図表 II- 3-12 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
217	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	0.52	52%	2036	資源開発・3R
257	温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術	0.55	47%	2035	資源開発・3R
201	枯渇を示す地熱貯留層に対する人工涵養技術	0.31	43%	2030	資源開発・3R
220	物質やエネルギーのスマートユースに基づく、自立型都市圏の設計手法	0.61	42%	2036	エネルギー変換
250	環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術	0.26	41%	2029	環境保全

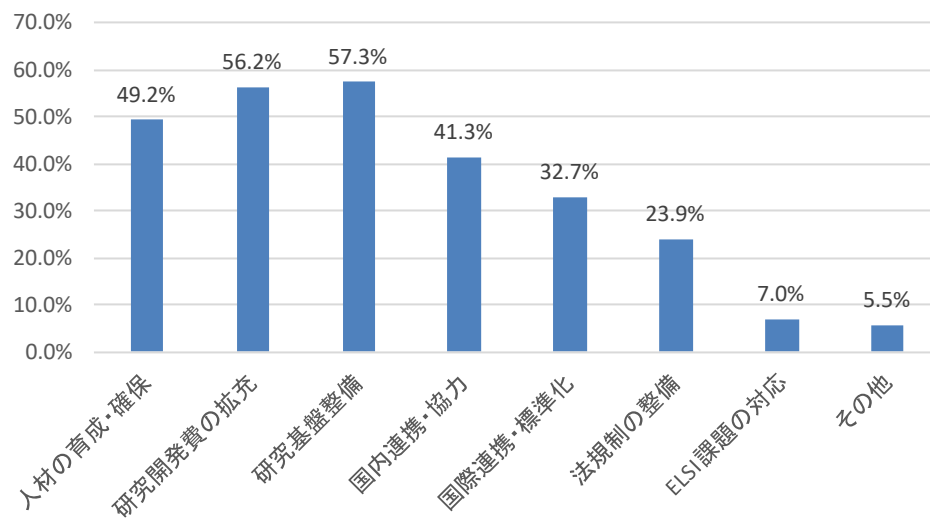
3.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

科学技術的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-3-13 のとおりである。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「研究基盤整備」(57.3%)であり、次いで「研究開発費の拡充」(56.2%)、「人材の育成・確保」(49.2%)と続く。

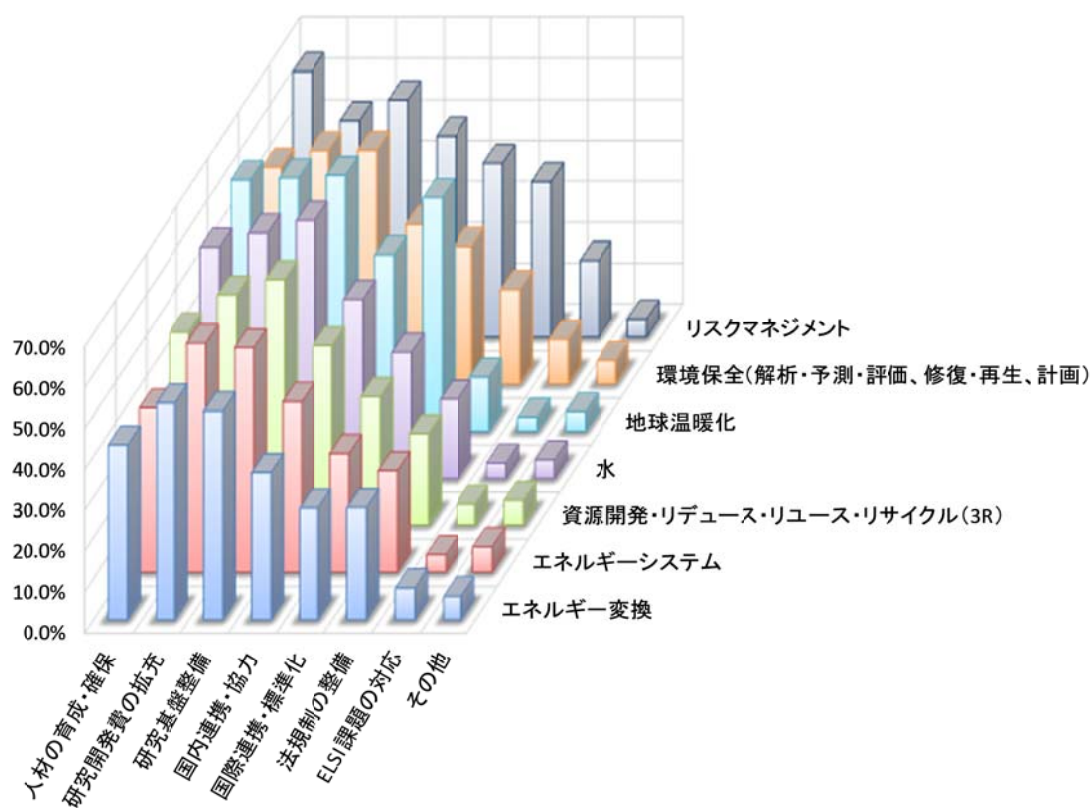
図表 II- 3-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「地球温暖化」、「リスクマネジメント」細目で「人材の育成・確保」とする回答が他の細目と比べ高い。また、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」、「水」、「地球温暖化」等の細目では、「研究基盤整備」とする回答が高く、「リスクマネジメント」細目では「法規制の整備」、「ELSI の対応」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高い。

図表 II- 3-14 科学技術的実現に向けた政策手段(細目別) (%)



	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	ELSIへの対応	その他
エネルギー変換	42.7%	52.9%	51.0%	36.0%	27.2%	27.3%	7.7%	5.7%
エネルギーシステム	40.2%	56.0%	54.9%	41.7%	29.1%	24.9%	4.2%	6.2%
資源開発・3R	47.2%	56.3%	60.1%	43.9%	31.4%	22.4%	5.1%	6.0%
水	56.5%	59.9%	63.0%	43.8%	30.8%	19.3%	3.7%	4.5%
地球温暖化	61.4%	61.9%	62.5%	43.1%	57.1%	13.1%	3.4%	4.7%
環境保全	53.0%	57.1%	57.2%	39.0%	33.6%	23.1%	10.9%	5.7%
リスクマネジメント	64.8%	52.9%	57.9%	49.1%	42.4%	37.9%	18.7%	4.3%
総計	49.2%	56.2%	57.3%	41.3%	32.7%	23.9%	7.0%	5.5%

○人材の育成・確保

科学技術的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-3-15 に示すとおりである。

図表 II- 3-15 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
297	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	72%	2030	2031	リスクマネジメント
275	気候感度(大気中 CO ₂ 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	72%	2034	2036	地球温暖化
296	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定	71%	2030	2033	リスクマネジメント
295	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	70%	2030	2032	リスクマネジメント
298	稀頻度自然災害のリスクの評価手法	69%	2031	2034	リスクマネジメント
198	ガスタービンの排熱も活用し、高効率化する IGCC システム(石炭ガス化複合発電)	33%	2027	2029	エネルギー変換
219	ウインドファーム用の直流送電ケーブルシステム	33%	2025	2028	エネルギーシステム
223	5MW 級の電力貯蔵用超電導フライホイール	33%	2031	2035	エネルギーシステム
228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	30%	2026	2031	エネルギーシステム
201	50MW 級洋上浮体式風力発電	29%	2028	2032	エネルギー変換

○研究開発費の拡充

科学技術的实现に向けた政策手段として、「研究開発費の拡充」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-3-16 に示すとおりである。

図表 II- 3-16 政策手段を「研究開発費の拡充」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	77%	2028	2031	資源開発・3R
241	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	76%	2030	2032	資源開発・3R
227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	70%	2029	2032	エネルギーシステム
264	下水処理水に残存する抗生物質の迅速な分析評価と除去技術	69%	2028	2030	水
260	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術	69%	2029	2030	水
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	41%	2037	2046	エネルギー変換

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
206	濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	40%	2036	2045	エネルギー変換
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	39%	2038	2047	エネルギー変換
251	情報技術を活用した収集運搬など資源循環に関わるサプライチェーンの飛躍的効率化技術	37%	2029	2032	資源開発・3R
228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	33%	2026	2031	エネルギーシステム

○研究基盤整備

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究基盤整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 件)と割合の小さいトピック(下位 5 件)は図表 II-3-17 に示すとおりである。

図表 II- 3-17 政策手段を「研究基盤整備」とするトピック(上位・下位 5 件)

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
284	携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム	75%	2028	2030	環境保全
275	気候感度(大気中 CO ₂ 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	72%	2034	2036	地球温暖化
264	下水処理水に残存する抗生物質の迅速な分析評価と除去技術	71%	2028	2030	水
270	大気から水資源を得る、ジオエンジニアリング(環境化学技術)やバイオミメティック技術	70%	2033	2036	水
226	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストの MW 規模二次電池(寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)	69%	2030	2033	エネルギーシステム
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	43%	2038	2047	エネルギー変換
219	ウインドファーム用の直流送電ケーブルシステム	42%	2025	2028	エネルギーシステム
294	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	40%	2026	2028	リスクマネジメント
228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	40%	2026	2031	エネルギーシステム
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	39%	2037	2046	エネルギー変換

○国内連携・協力

科学技術的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位

5 位)と割合の小さいトピック（下位 5 位)は図表 II-3-18 に示すとおりである。

図表 II- 3-18 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
299	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)	69%	2028	2031	リスクマネジメント
261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	64%	2028	2029	水
251	情報技術を活用した収集運搬など資源循環に関わるサプライチェーンの飛躍的効率化技術	61%	2029	2032	資源開発・3R
252	半数以上の焼却炉で実現する、廃棄物焼却から発生する蒸気を工場や発電へ利用する技術	58%	2031	2032	資源開発・3R
242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	58%	2028	2031	資源開発・3R
196	ナトリウム、マグネシウムをエネルギー資源として利用する技術	27%	2031	2034	エネルギー変換
270	大気から水資源を得る、ジオエンジニアリング(環境化学技術)やバイオメテック技術	27%	2033	2036	水
203	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	27%	2040	2048	エネルギー変換
281	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の病原微生物の迅速かつ正確な検知システム	25%	2028	2032	環境保全
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	22%	2037	2046	エネルギー変換

○国際連携・標準化

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック（下位 5 位)は図表 II-3-19 に示すとおりである。

図表 II- 3-19 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100 年にわたる長期地球環境変動予測	72%	2032	2035	地球温暖化
267	途上国で一般利用できる循環型汚染水処理技術	70%	2026	2029	水
274	CO ₂ 濃度分布等の観測データをもとにして、各国の CO ₂ 排出量を評価するシステム	64%	2028	2030	地球温暖化
275	気候感度(大気中 CO ₂ 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	61%	2034	2036	地球温暖化

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
276	グリーンランド氷床融解の不安定化が起こる臨界温度(ティッピングポイント)の推定精度の1℃以下への向上	59%	2030	2034	地球温暖化
200	バイナリー発電やヒートポンプなどによる5MWクラスの中低温地熱資源利用技術	17%	2029	2031	エネルギー変換
207	200℃を超える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ	16%	2029	2032	エネルギー変換
252	半数以上の焼却炉で実現する、廃棄物焼却から発生する蒸気を工場や発電へ利用する技術	15%	2031	2032	資源開発・3R
264	下水処理水に残存する抗生物質の迅速な分析評価と除去技術	15%	2028	2030	水
287	生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立する、自然と共存可能な最適化されたビルなどの整備技術	8%	2030	2034	環境保全

○法規制の整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-3-20 に示すとおりである。

図表 II- 3-20 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	56%	2026	2031	エネルギーシステム
299	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)	53%	2028	2031	リスクマネジメント
294	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	52%	2026	2028	リスクマネジメント
210	小都市(人口 10 万人未満)における 100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、スマートグリッド制御システム	49%	2029	2033	エネルギー変換
211	小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足や完全資源循環のクローズドサイクル化の実現	48%	2033	2035	エネルギー変換
222	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム	7%	2029	2032	エネルギーシステム
270	大気から水資源を得る、ジオエンジニアリング(環境化学技術)やバイオメテック技術	7%	2033	2036	水
276	グリーンランド氷床融解の不安定化が起こる臨界温度(ティッピングポイント)の推定精度の1℃以下への向上	5%	2030	2034	地球温暖化
277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100 年にわたる長期地球環境変動予測	5%	2032	2035	地球温暖化
266	経済的にリサイクル可能な逆浸透膜による浄水技術	5%	2029	2031	水

○ELSI への対応

科学技術的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 件)と割合の小さいトピック (下位 9 件)は図表 II-3-21 に示すとおりである。

図表 II- 3-21 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 9 件)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
296	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定	32%	2030	2033	リスクマネジメント
288	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	29%	2032	2036	環境保全
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	27%	2038	2047	エネルギー変換
206	濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	25%	2036	2045	エネルギー変換
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	24%	2037	2046	エネルギー変換
239	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術	0%	2035	2040	資源開発・3R
231	ICT、人工衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術	0%	2029	2031	資源開発・3R
244	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術	0%	2030	2031	資源開発・3R
243	各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成	0%	2033	2035	資源開発・3R
224	数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム	0%	2032	2037	エネルギーシステム
234	チタンを現在の 50% 以下のコストで製錬する技術	0%	2033	2035	資源開発・3R
208	民生用超高効率ヒートポンプ (空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	0%	2028	2030	エネルギー変換
259	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化	0%	2029	2032	水
266	経済的にリサイクル可能な逆浸透膜による浄水技術	0%	2029	2031	水

○その他

科学技術的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック (上位 5 件)と割合の小さいトピック(下位 5 件)は図表 II-3-22 に示すとおりである。

図表 II- 3-22 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 件)

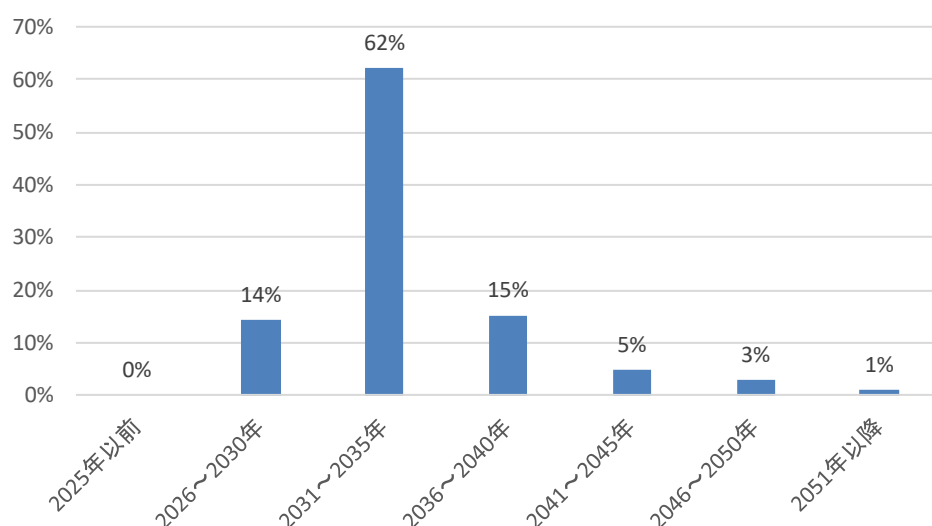
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
257	枯渇を示す地熱貯留層に対する人工涵養技術	12%	2030	2036	資源開発・3R

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
238	温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術	12%	2035	2039	資源開発・3R
245	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	12%	2041	2044	資源開発・3R
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	11%	2037	2046	エネルギー変換
222	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム	11%	2029	2032	エネルギーシステム
250	金属系の高度リサイクルを促進するための高度物理的分離濃縮技術	2%	2032	2034	資源開発・3R
269	水圏マイクロプラスチックの迅速分析手法の確立と健康リスク評価	1%	2027	2029	水
227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	1%	2029	2032	エネルギーシステム
213	エネルギー効率が 50%の自動車エンジン	1%	2029	2031	エネルギー変換
251	情報技術を活用した収集運搬など資源循環に関わるサプライチェーンの飛躍的効率化技術	0%	2029	2032	資源開発・3R

3.4.5. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は図表 II-3-23 のとおりである。

図表 II- 3-23 社会的実現時期の分布



本分野の科学技術トピックの約 76%が、2035 年までに社会的実現時期を迎える。また、2051 年以降に社会的実現を迎えるとしたトピックも 1 件含まれる。

細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-3-24 のとおりである。

「水」細目の科学技術トピックは、他の細目に比べ、社会的実現時期が若干早期となっているのに対して、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」細目の課題は、社会的実現時期が長期の予測となっている。

図表 II- 3-24 社会的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
エネルギー変換		2	16	2	1	3	1
エネルギーシステム		1	9	2			
資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)			19	5	4		
水		7	4	1			
地球温暖化		1	4	2			
環境保全(解析・予測・評価、修復・再生、計画)		3	9	4			
リスクマネジメント		1	5				
総計		15	66	16	5	3	1

ここでは、社会的実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 件)は図表 II-3-25～26 のとおりである。「エネルギー変換」細目の関連科学技術トピックで、「実現しない」との回答比率が高く、また、「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」細目のトピックで、社会的実現について「わからない」との回答比率の高いトピックが含まれる。

図表 II- 3-25 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	社会的 実現時期	細目
194	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	0.08	31%	2046	エネルギー変換
195	濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	-0.14	24%	2045	エネルギー変換
198	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	0.07	23%	2047	エネルギー変換
202	環境汚染のないシェールガス採掘技術	0.15	23%	2033	資源開発・3R
197	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	0.94	21%	2044	資源開発・3R

図表 II- 3-26 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
217	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	0.52	52%	2043	資源開発・3R

科学技術トピック		重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
257	温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術	0.55	47%	2039	資源開発・3R
207	海水中から経済的にウランなどの希少金属を回収する技術	0.61	46%	2044	資源開発・3R
250	環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術	0.26	45%	2031	環境保全
220	物質やエネルギーのスマートユースに基づく、自立型都市圏の設計手法	0.61	44%	2038	エネルギー変換

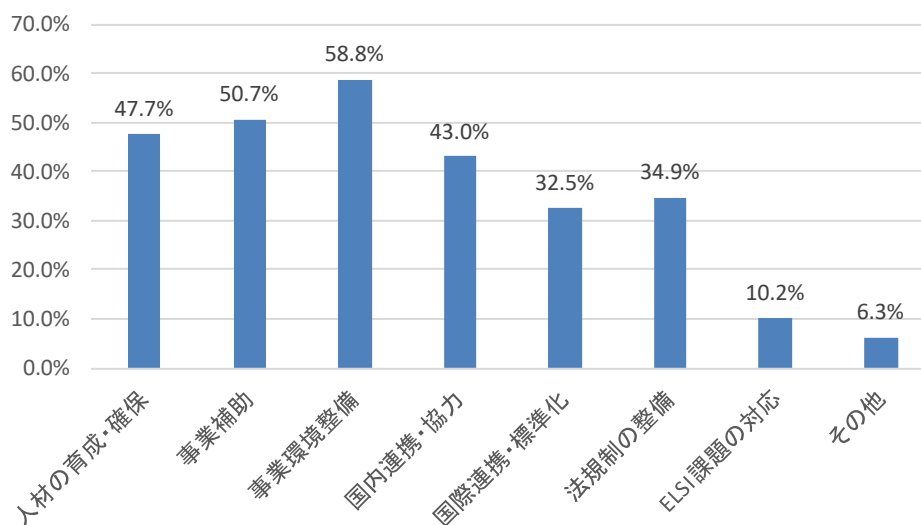
3.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

社会的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-3-27 のとおりである。

最も回答が多いものとして、「事業環境整備」(58.8%)があげられ、次いで「事業補助」(50.7%)、「人材の育成・確保」(47.7%)と続く。

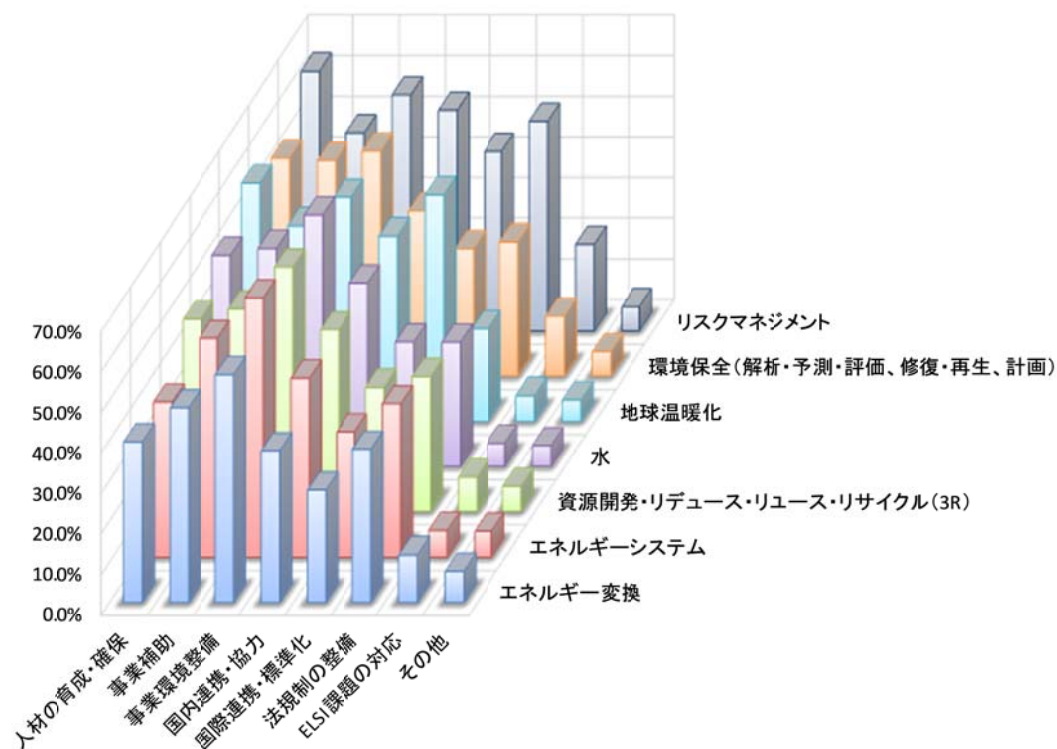
図表 II- 3-27 社会的実現に向けた政策手段



(2) 細目別の傾向

細目別では、「エネルギーシステム」、「水」の細目で、科学技術トピックの社会的実現に向けて、「事業補助」、「事業環境整備」が必要とする回答比率が高い。また、「地球温暖化」の細目では、「国際連携・標準化」が必要とする回答比率が高い。「リスクマネジメント」の細目では、他の細目と比べ、社会的実現に向けて「法規制の整備」、「ELSI への対応」を必要とする回答が高い。

図表 II- 3-28 社会的実現のための政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI への 対応	その他
エネルギー変換	39.5%	48.0%	56.1%	37.3%	27.6%	37.6%	11.6%	7.6%
エネルギーシステム	38.3%	53.9%	63.9%	44.0%	30.8%	37.8%	6.4%	6.3%
資源開発・3R	47.5%	50.1%	60.5%	44.9%	30.7%	33.3%	8.4%	6.2%
水	52.2%	53.9%	62.0%	45.3%	30.7%	30.7%	5.6%	5.0%
地球温暖化	58.7%	48.3%	55.2%	45.7%	55.8%	22.8%	6.3%	5.3%
環境保全	53.8%	53.2%	55.5%	40.7%	31.5%	33.1%	14.8%	5.9%
リスクマネジメント	64.0%	48.8%	58.2%	54.4%	44.2%	51.7%	21.4%	6.0%
総計	47.7%	50.7%	58.8%	43.0%	32.5%	34.9%	10.2%	6.3%

○人材の育成・確保

社会的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-3-29 に示すとおりである。

図表 II- 3-29 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
296	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定	73%	2030	2033	リスクマネジメント
295	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術	73%	2030	2032	リスクマネジメント
275	気候感度(大気中 CO ₂ 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	68%	2034	2036	地球温暖化
298	稀頻度自然災害のリスクの評価手法	67%	2031	2034	リスクマネジメント
277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100 年にわたる長期地球環境変動予測	67%	2032	2035	地球温暖化
228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	32%	2026	2031	エネルギーシステム
200	バイナリー発電やヒートポンプなどによる 5MW クラスの中低温地熱資源利用技術	31%	2029	2031	エネルギー変換
198	ガスタービンの排熱も活用し、高効率化する IGCC システム(石炭ガス化複合発電)	31%	2027	2029	エネルギー変換
219	ウインドファーム用の直流送電ケーブルシステム	30%	2025	2028	エネルギーシステム
201	50MW 級洋上浮体式風力発電	29%	2028	2032	エネルギー変換

○事業補助

社会的実現に向けた政策手段として、「事業補助」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-3-30 に示すとおりである。

図表 II- 3-30 政策手段を「事業補助」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	70%	2028	2031	資源開発・3R
241	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	67%	2030	2032	資源開発・3R
195	バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション	65%	2029	2032	エネルギー変換
261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	64%	2028	2029	水
227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	64%	2029	2032	エネルギーシステム
203	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	37%	2040	2048	エネルギー変換

科学技術トピック		事業補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
248	資源開発に伴う誘発地震の原因・実態解明	35%	2033	2035	資源開発・3R
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	32%	2037	2046	エネルギー変換
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	31%	2038	2047	エネルギー変換
206	濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	30%	2036	2045	エネルギー変換

○事業環境整備

社会的実現に向けた政策手段として、「事業環境整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-3-31 に示すとおりである。

図表 II- 3-31 政策手段を「事業環境整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		事業環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	79%	2028	2029	水
242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	75%	2028	2031	資源開発・3R
217	経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術	75%	2032	2034	エネルギー変換
226	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストの MW 規模二次電池(寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)	73%	2030	2033	エネルギーシステム
221	自動車の走行中の非接触充電技術	72%	2028	2031	エネルギーシステム
238	温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術	45%	2035	2039	資源開発・3R
206	濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	42%	2036	2045	エネルギー変換
203	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	42%	2040	2048	エネルギー変換
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	41%	2038	2047	エネルギー変換
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	39%	2037	2046	エネルギー変換

○国内連携・協力

社会的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-3-32 に示すとおりである。

図表 II- 3-32 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
299	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)	64%	2028	2031	リスクマネジメント
261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	62%	2028	2029	水
227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	59%	2029	2032	エネルギーシステム
242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術	58%	2028	2031	資源開発・3R
298	稀頻度自然災害のリスクの評価手法	57%	2031	2034	リスクマネジメント
206	濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	29%	2036	2045	エネルギー変換
292	乾燥・砂漠地帯における植生の再生・維持管理技術	28%	2033	2038	環境保全
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	28%	2038	2047	エネルギー変換
233	環境汚染のないシェールガス採掘技術	27%	2031	2033	資源開発・3R
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	22%	2037	2046	エネルギー変換

○国際連携・標準化

社会的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-3-33 に示すとおりである。

図表 II- 3-33 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100 年にわたる長期地球環境変動予測	68%	2032	2035	地球温暖化
275	気候感度(大気中 CO ₂ 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	65%	2034	2036	地球温暖化
274	CO ₂ 濃度分布等の観測データをもとにして、各国の CO ₂ 排出量を評価するシステム	64%	2028	2030	地球温暖化
267	途上国で一般利用できる循環型汚染水処理技術	60%	2026	2029	水
294	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	58%	2026	2028	リスクマネジメント
264	下水処理水に残存する抗生物質の迅速な分析評価と除去技術	16%	2028	2030	水

科学技術トピック		国際連携	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
200	バイナリー発電やヒートポンプなどによる5MWクラスの中低温地熱資源利用技術	16%	2029	2031	エネルギー変換
262	雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、水資源及びエネルギー最適化技術	15%	2029	2032	水
225	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための人工林循環生産システムの構築	13%	2030	2035	エネルギーシステム
287	生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立する、自然と共存可能な最適化されたビルなどの整備技術	10%	2030	2034	環境保全

○法規制の整備

社会的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-3-34 に示すとおりである。

図表 II- 3-34 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化	68%	2026	2031	エネルギーシステム
294	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定	68%	2026	2028	リスクマネジメント
221	自動車の走行中の非接触充電技術	63%	2028	2031	エネルギーシステム
299	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)	58%	2028	2031	リスクマネジメント
217	経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術	57%	2032	2034	エネルギー変換
277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100年にわたる長期地球環境変動予測	14%	2032	2035	地球温暖化
222	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム	13%	2029	2032	エネルギーシステム
208	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	13%	2028	2030	エネルギー変換
234	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術	8%	2033	2035	資源開発・3R
276	グリーンランド氷床融解の不安定化が起こる臨界温度(ティッピングポイント)の推定精度の 1℃以下への向上	7%	2030	2034	地球温暖化

○ELSI への対応

社会的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-3-35 に示すとおりである。

図表 II- 3-35 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
206	濃縮度 5%超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	40%	2036	2045	エネルギー変換
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	39%	2038	2047	エネルギー変換
296	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定	39%	2030	2033	リスクマネジメント
288	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	38%	2032	2036	環境保全
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	32%	2037	2046	エネルギー変換
262	雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、水資源及びエネルギー最適化技術	1%	2029	2032	水
259	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化	1%	2029	2032	水
224	数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム	1%	2032	2037	エネルギーシステム
208	民生用超高効率ヒートポンプ (空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)	1%	2028	2030	エネルギー変換
244	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術	0%	2030	2031	資源開発・3R

○その他

社会的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック (上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-3-35 に示すとおりである。

図表 II- 3-36 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

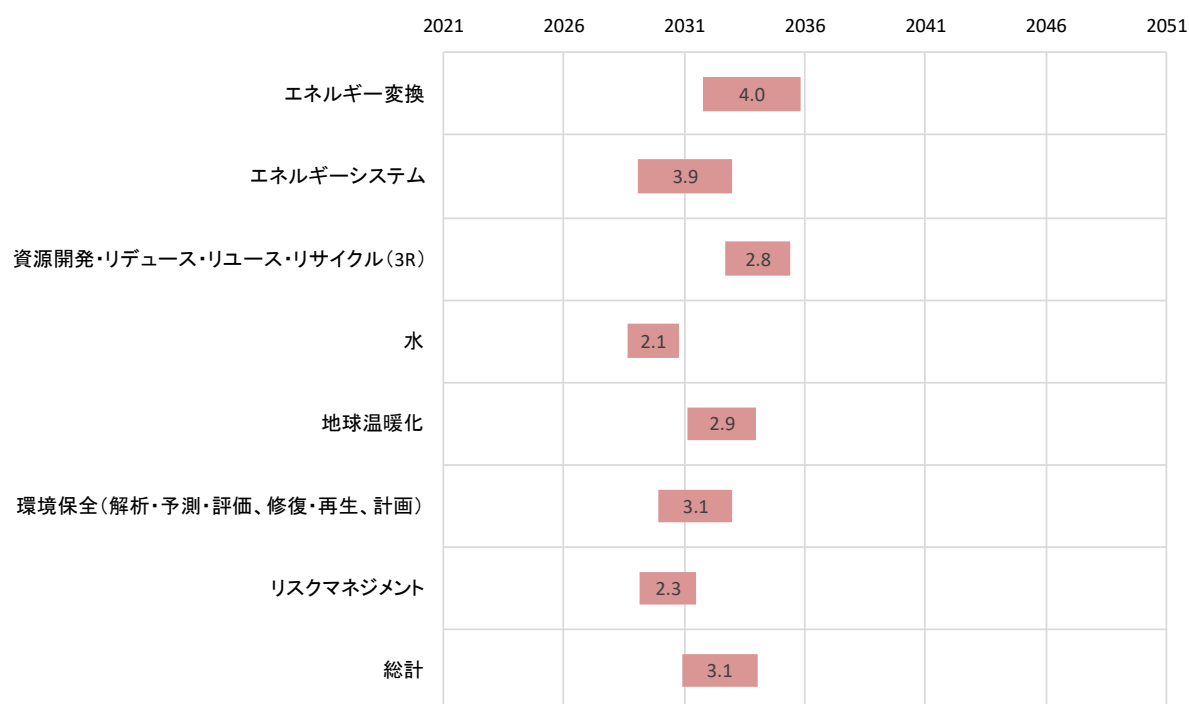
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
203	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	14%	2040	2048	エネルギー変換
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術	14%	2038	2047	エネルギー変換
257	枯渇を示す地熱貯留層に対する人工涵養技術	12%	2030	2036	資源開発・3R
238	温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術	12%	2035	2039	資源開発・3R
245	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術	12%	2041	2044	資源開発・3R
227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池 (寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	2%	2029	2032	エネルギーシステム

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
250	金属系の高度リサイクルを促進するための高度物理的分離濃縮技術	2%	2032	2034	資源開発・3R
260	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術	1%	2029	2030	水
289	農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)	1%	2030	2034	環境保全
251	情報技術を活用した収集運搬など資源循環に関わるサプライチェーンの飛躍的効率化技術	0%	2029	2032	資源開発・3R

3.4.7. 科学技術的実現から社会的実現までの期間

科学技術的実現から社会的実現までの期間を細目別にみると、「エネルギー変換」細目が4.0年と最も長く、一方で、「水」の細目は2.1年と短い。

図表 II- 3-37 科学技術的実現から社会的実現までの期間



科学技術的実現から社会的実現までの期間の長い科学技術トピック(上位5位)および期間の短いトピック(下位5位)は図表 II-3-38 のとおりである。

図表 II- 3-38 科学技術的実現から社会的実現までの期間が長いトピック及び短いトピック

	科学技術トピック	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
205	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術	2038	2047	9	エネルギー変換
206	濃縮度5%超燃料が使用可能、プラント寿命が80年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術	2036	2045	9	エネルギー変換
215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉	2037	2046	9	エネルギー変換
203	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)	2040	2048	8	エネルギー変換
240	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術	2036	2043	7	資源開発・3R
244	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術	2030	2031	1	資源開発・3R
252	半数以上の焼却炉で実現する、廃棄物焼却から発生する蒸気を工場や発電へ利用する技術	2031	2032	1	資源開発・3R
255	超臨界地熱も視野に入れた地熱資源利用のための高温坑内機器	2034	2035	1	資源開発・3R
260	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術	2029	2030	1	水
261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術	2028	2029	1	水
268	BOD、COD、T-N等に代替して水環境の質を評価できる統合水質指標の確立	2028	2029	1	水
278	塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術	2030	2031	1	環境保全
280	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術	2030	2031	1	環境保全
297	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	2030	2031	1	リスクマネジメント
246	資源開発における地層解釈、埋蔵量評価、開発計画策定等へのデジタル利用技術	2031	2031	0	資源開発・3R

3.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックの実現時期は、図表 II-3-39 のとおりである。

図表 II- 3-39 他分野の本分野関連の科学技術トピックの科学技術的実現時期の分布(トピック数)

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
健康・医療・生命科学	情報と健康、社会医学		1					
農林水産・食品・バイオテクノロジー	生産エコシステム		3					
	フードエコシステム		1					
	資源エコシステム		3	5				
	システム基盤		5	1				
	バイオマス		8	1				
	安全・安心・健康		2	3				
	コミュニティ		2					
ICT・アナリティクス・サービス	IoT・ロボティクス		2					
	産業、ビジネス、経営応用		1					
マテリアル・デバイス・プロセス	先端計測・解析手法		1					
	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)	1						
	応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)		3	5				
	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)			1				
都市・建築・土木・交通	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)			2				
	国土利用・保全		2	1				
	建築		2	1				
	都市・環境		2					
	交通システム		1					
	車・鉄道・船舶・航空		2	1				
宇宙・海洋・地球・科学基盤	防災・減災技術	1	3					
	海洋		5	1				
	地球		2					
	観測・予測		7					
総計	計算・数理・情報科学			1				
		2	58	23				

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックのうち、重要度指数の高い科学技術トピック(上位 20 位)は、図表 II-3-39 に示すとおりである。

分野・細目別では、マテリアル・デバイス・プロセス分野の「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」関連トピックが 3 件、次いで、農林水産・食品・バイオ分野の「資源エコシステム」、「システム基盤」、都市・建築・土木・交通分野の「防災・減災技術」、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の「海洋」、「観測・予

測」関連トピックが各 2 件占めた。

図表 II- 3-40 他分野で設定された本分野関連の科学技術トピック(重要度上位 20 位)

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
474	マテリアル・デバイス・プロセス	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上 (自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に 相当)の性能をもつ高容量高出力電池	1.50	2030	2032
644	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下 の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落 雷、降雪等を予測する技術	1.50	2027	2029
586	都市・建築・土木・ 交通	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レー ダ	1.33	2025	2026
146	農林水産・食品・ バイオ	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの 高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システ ム	1.33	2028	2030
473	マテリアル・デバイス・プロセス	変換効率 50%を超える太陽電池	1.31	2033	2036
568	都市・建築・土木・ 交通	レベル 5 の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを 操作する)	1.24	2030	2034
475	マテリアル・デバイス・プロセス	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮 した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	1.23	2032	2033
523	都市・建築・土木・ 交通	日常時環境省エネ性、非常時避難容易性、経年時可変 更新性を向上する、住宅とモビリティと ICT・AI の新しい 統合技術	1.22	2029	2030
145	農林水産・食品・ バイオ	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	1.20	2028	2031
622	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	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
134	農林水産・食品・ バイオ	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	1.17	2031	2033
122	農林水産・食品・ バイオ	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	1.16	2027	2028
176	農林水産・食品・ バイオ	森林資源による化石資源由来製品の代替化のための技 術(道路舗装、建築用材、服飾素材、塗料、消費財)	1.15	2029	2031
628	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	人工衛星、海洋・海中センサー及び自律無人探査機 (AUV)等により地下資源・海洋資源等を発見するための 観測・データ処理システム	1.15	2028	2030
585	都市・建築・土木・ 交通	原子力発電所建屋・配管・原子炉のデジタルツインを 利用した地震被害リアルタイム判定技術	1.11	2028	2029
139	農林水産・食品・ バイオ	海洋プラスチックゴミの現状把握・影響評価技術と排出軽 減システム	1.08	2029	2032
641	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	人工衛星等により、海水、海面温度、波浪、海流、クロロ フィル、基礎生産等を全球規模でリアルタイムに把握する 海況監視システム	1.06	2028	2029
507	マテリアル・デバイス・プロセス	CO ₂ 固定化や廃棄物の再資源化プロセスを実現する、生 分解性材料あるいは生化学的機能を有する材料	1.06	2031	2034

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
614	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	海洋酸性化の状況を地球規模で自動計測可能な安価なシステム	1.06	2028	2030
485	マテリアル・デバイス・プロセス	燃料電池車向けに、水素貯蔵密度 100kg/m ³ 以上かつ質量貯蔵密度 10wt%以上の高密度水素キャリア	1.05	2031	2035

3.4.9. 未来科学技術年表

(1) 科学技術的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2025	219	ウィンドファーム用の直流送電ケーブルシステム
2026	228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化
	267	途上国で一般利用できる循環型汚染水処理技術
	294	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定
2027	198	ガスタービンの排熱も活用し、高効率化するIGCC システム(石炭ガス化複合発電)
	229	太陽光・風力発電の余剰電力を用いた水素製造
	269	水圏マイクロプラスチックの迅速分析手法の確立と健康リスク評価
	293	情報技術(IoT、AI、ビッグデータ等)を用いた暑熱リスクのリアルタイム監視・警報システム
2028	194	太陽熱等を利用した水素製造技術
	197	褐炭などの低品位化石燃料を利用するCO ₂ 回収型ガス化複合発電
	201	50MW 級洋上浮体式風力発電
	208	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)
	221	自動車の走行中の非接触充電技術
	242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術
	261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術
	263	上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術
	264	下水処理水に残存する抗生物質の迅速な分析評価と除去技術
	268	BOD、COD、T-N 等に代替して水環境の質を評価できる統合水質指標の確立
	274	CO ₂ 濃度分布等の観測データをもとにして、各国のCO ₂ 排出量を評価するシステム
	281	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の病原微生物の迅速かつ正確な検知システム
	284	携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム
	285	身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法
	299	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)
2029	195	バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション
	199	燃料として水素 100%を用いるガスタービンによる 1GW 級の大型発電技術
	200	バイナリー発電やヒートポンプなどによる 5MW クラスの中低温地熱資源利用技術
	207	200℃を超える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ
	209	新規建築の 30%以上に普及可能な汎用型 ZEB/ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル/ハウス)システム
	210	小都市(人口 10 万人未満)における 100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、スマートグリッド制御システム
	213	エネルギー効率が 50%の自動車エンジン
	214	ハーバー・ボッシュ法に代わる、小規模かつ高効率なアンモニア製造法
	218	バイオマス収集コスト低減技術の確立(ロボティクス・産業機械の融合技術など)
	222	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム
	227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)
	231	ICT、人工衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術
	251	情報技術を活用した収集運搬など資源循環に関わるサプライチェーンの飛躍的効率化技術
	259	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化
	260	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術
	262	雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、水資源及びエネルギー最適化技術
	266	経済的にリサイクル可能な逆浸透膜による浄水技術
	273	気候変動による食料生産への地域ごと、品目ごとの影響予測技術

年	No.	科学技術トピック
	279	環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術
2030	202	10MW クラス以上の出力を有する波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等の海洋エネルギー資源利用発電技術
	225	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための人工林循環生産システムの構築
2030	226	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストの MW 規模二次電池(寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)
	230	アンモニアをエネルギー媒体としたエネルギーシステム
	235	銅鉱山におけるヒ素処理保存技術
	241	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術
	244	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術
	249	リユースを促進するための機能を維持する革新的解体・設計技術
	253	物質フローの共通データベース化による資源・有害物質の管理
	257	枯渇を示す地熱貯留層に対する人工涵養技術
	265	加圧エネルギーを 50%以上低減した逆浸透膜による浄水技術
	272	海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響の解明
	276	グリーンランド氷床融解の不安定化が起こる臨界温度(ティッピングポイント)の推定精度の 1℃以下への向上
	278	塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術
	280	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術
	282	外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術
	283	森林に対する越境大気汚染等の高精度影響評価技術
	287	生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立する、自然と共存可能な最適化されたビルなどの整備技術
	289	農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)
	295	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術
	296	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定
	297	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術
2031	196	ナトリウム、マグネシウムをエネルギー資源として利用する技術
	223	5MW 級の電力貯蔵用超電導フライホイール
	233	環境汚染のないシェールガス採掘技術
	246	資源開発における地層解釈、埋蔵量評価、開発計画策定等へのデジタル利用技術
	252	半数以上の焼却炉で実現する、廃棄物焼却から発生する蒸気を工場や発電へ利用する技術
	254	AI を活用した廃棄物処理・リサイクル施設のメンテナンス自己診断を含む自動運転
	290	都市空間における生態系および生物多様性の再生技術
	291	ヒートアイランド、乾燥化によるハビタット消失を緩和するための技術
	298	稀頻度自然災害のリスクの評価手法
2032	217	経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術
	220	現在の 275kV CV ケーブル(架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル)と同等の容量をもつ 66-77kV 超電導送電ケーブル
	224	数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム
	232	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術
	250	金属系の高度リサイクルを促進するための高度物理的分離濃縮技術
	277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100 年にわたる長期地球環境変動予測
	286	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術
	288	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
2033	211	小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足や完全資源循環のクローズドサイクル化の実現
	234	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術
	243	各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成
	248	資源開発に伴う誘発地震の原因・実態解明

年	No.	科学技術トピック
	258	地下水流動モデルに基づく地中熱ポテンシャルマップの全国展開
	270	大気から水資源を得る、ジオエンジニアリング(環境化学技術)やバイオメディック技術
	292	乾燥・砂漠地帯における植生の再生・維持管理技術
2034	247	バイオ・ナノ技術を使った新規 EOR/EGR(石油・天然ガス増進回収)技術
	255	超臨界地熱も視野に入れた地熱資源利用のための高温坑内機器
2034	275	気候感度(大気中 CO ₂ 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
2035	216	大気から回収された CO ₂ と非化石エネルギー起源の水素からの炭化水素燃料(航空機燃料など)の製造
	238	温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術
	239	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術
	271	化石燃料を使用しない航空機
2036	206	濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉技術
	212	物質やエネルギーのスマートユースに基づく、自立型都市圏の設計手法
	236	メタンハイドレート採掘利用技術
	240	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術
2037	215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉
2038	205	核燃料サイクル及び一体型高速炉(IFR)を含む高速増殖炉(FBR)システム技術
2039	237	海水中から経済的にウランなどの希少金属を回収する技術
	256	深度 5000m 程度に存在する超臨界水を利用した地熱発電技術
2040	203	宇宙太陽発電システム(宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)
2041	245	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術
2047	204	核融合発電

(2) 社会的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2028	219	ウインドファーム用の直流送電ケーブルシステム
	294	化粧品、食品などの消費財に関するナノ粒子使用の安全基準の策定
2029	198	ガスタービンの排熱も活用し、高効率化するIGCC システム(石炭ガス化複合発電)
	261	線状降水帯・ゲリラ豪雨による都市洪水、高潮、地盤沈下等の人口密集地における統合的水管理技術
	267	途上国で一般利用できる循環型汚染水処理技術
	268	BOD、COD、T-N 等に代替して水環境の質を評価できる統合水質指標の確立
	269	水圏マイクロプラスチックの迅速分析手法の確立と健康リスク評価
2030	208	民生用超高効率ヒートポンプ(空調冷房用 COP \geq 12、給湯用 COP \geq 8)
	260	水環境質の非接触型連続センシングによる水域同時連続モニタリング技術
	263	上水供給における有害微量化学物質、病原微生物等の連続モニタリング技術
	264	下水処理水に残存する抗生物質の迅速な分析評価と除去技術
	274	CO ₂ 濃度分布等の観測データをもとにして、各国の CO ₂ 排出量を評価するシステム
	284	携帯情報端末やリモートセンシング等に基づくビッグデータ 利用による植生分布と生態系機能のモニタリングシステム
	285	身近な生態系の変化を指標とした環境生態インパクト評価手法
2031	293	情報技術(IoT、AI、ビッグデータ等)を用いた暑熱リスクのリアルタイム監視・警報システム
	197	褐炭などの低品位化石燃料を利用する CO ₂ 回収型ガス化複合発電
	200	バイナリー発電やヒートポンプなどによる 5MW クラスの中低温地熱資源利用技術
	213	エネルギー効率が 50%の自動車エンジン
	221	自動車の走行中の非接触充電技術
	228	コミュニティ内や個人間での電力取引を中心とした電力市場の一般化
	229	太陽光・風力発電の余剰電力を用いた水素製造
	231	ICT、人工衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術
	242	小型電子機器類、廃棄物・下水汚泥焼却飛灰からレアメタルを合理的に回収・利用する技術
	244	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別センサー技術
	246	資源開発における地層解釈、埋蔵量評価、開発計画策定等へのデジタル利用技術
	266	経済的にリサイクル可能な逆浸透膜による浄水技術
	278	塩害農耕地土壌の簡易・迅速修復技術
	279	環境中への拡散・移動と蓄積を考慮した石炭燃焼排ガス中の水銀を除去する技術
	280	放射性物質で汚染された水や土壌を健康に影響を及ぼさない程度に除染する技術
	297	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術
	299	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)
2032	194	太陽熱等を利用した水素製造技術
	195	バイオマスからのエネルギーと有用物質のコプロダクション
	201	50MW 級洋上浮体式風力発電
	207	200℃を超える蒸気生成が可能な産業用ヒートポンプ
	209	新規建築の 30%以上に普及可能な汎用型 ZEB/ZEH(ネット・ゼロ・エネルギー・ビル/ハウス)システム
	222	CO ₂ フリーの未利用熱源を利用したスターリングエンジンによる動力回収システム
	227	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)
	235	銅鉱山におけるヒ素処理保存技術
	241	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術
	249	リユースを促進するための機能を維持する革新的解体・設計技術
	251	情報技術を活用した収集運搬など資源循環に関わるサプライチェーンの飛躍的効率化技術
	252	半数以上の焼却炉で実現する、廃棄物焼却から発生する蒸気を工場や発電へ利用する技術
	259	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化

年	No.	科学技術トピック
	262	雪を資源として有効利用するための気候・降雪モデルや観測に基づく、水資源及びエネルギー最適化技術
	265	加圧エネルギーを 50%以上低減した逆浸透膜による浄水技術
2032	272	海水酸性化による生物多様性、とりわけ漁業資源への影響の解明
	273	気候変動による食料生産への地域ごと、品目ごとの影響予測技術
	281	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける、極微量の病原微生物の迅速かつ正確な検知システム
	283	森林に対する越境大気汚染等の高精度影響評価技術
	295	人の健康、農業生産、自然生態系に対して長期的な有害性を持つ化学物質のリスクを管理・低減する技術
2033	199	燃料として水素 100%を用いるガスタービンによる 1GW 級の大型発電技術
	210	小都市(人口 10 万人未満)における 100%再生エネルギーのスマートシティ化を実現する、スマートグリッド制御システム
	214	ハーバー・ボッシュ法に代わる、小規模かつ高効率なアンモニア製造法
	218	バイオマス収集コスト低減技術の確立(ロボティクス・産業機械の融合技術など)
	226	系統連系安定化のための長寿命かつ低コストの MW 規模二次電池(寿命:20 年以上、コスト 1.5 万円/kWh 以下)
	233	環境汚染のないシェールガス採掘技術
	253	物質フローの共通データベース化による資源・有害物質の管理
	254	AIを活用した廃棄物処理・リサイクル施設のメンテナンス自己診断を含む自動運転
	290	都市空間における生態系および生物多様性の再生技術
	296	低線量放射線による健康リスクのメカニズムの解明と合理的な安全規制基準の設定
2034	196	ナトリウム、マグネシウムをエネルギー資源として利用する技術
	202	10MW クラス以上の出力を有する波浪、潮汐、潮流、海洋温度差発電等の海洋エネルギー資源利用発電技術
	217	経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術
	230	アンモニアをエネルギー媒体としたエネルギーシステム
	250	金属系の高度リサイクルを促進するための高度物理的分離濃縮技術
	276	グリーンランド氷床融解の不安定化が起こる臨界温度(ティッピングポイント)の推定精度の 1℃以下への向上
	282	外来種の移動拡散を支配する因子と侵略リスクの解析評価に基づく対策技術
	287	生物生息環境の維持と水循環の健全化を両立する、自然と共存可能な最適化されたビルなどの整備技術
	289	農山漁村の自然資源の復元・保全と都市の環境負荷を総合的に管理する市場経済的手法(生物多様性ミティゲーション・バンキングやオフセット・バンキングなど)
	298	稀頻度自然災害のリスクの評価手法
2035	211	小都市(人口 10 万人未満)における、エネルギー自給自足や完全資源循環のクローズドサイクル化の実現
	223	5MW 級の電力貯蔵用超電導フライホイール
	225	木質系バイオマス発電の経済性を向上させるための人工林循環生産システムの構築
	232	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術
	234	チタンを現在の 50%以下のコストで製錬する技術
	243	各種の基礎工業品生産が可能となるバイオマスリファイナリー形成
	248	資源開発に伴う誘発地震の原因・実態解明
	255	超臨界地熱も視野に入れた地熱資源利用のための高温坑内機器
	258	地下水流動モデルに基づく地中熱ポテンシャルマップの全国展開
	277	高解像度大気循環モデルと海洋大循環モデルおよび社会活動に伴う物質・エネルギー循環をデータ同化によって考慮した地球環境予測モデルに基づく、100 年にわたる長期地球環境変動予測
2036	257	枯渇を示す地熱貯留層に対する人工涵養技術
	270	大気から水資源を得る、ジオエンジニアリング(環境化学技術)やバイオミメティック技術
	275	気候感度(大気中 CO ₂ 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
	286	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術
	288	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
	291	ヒートアイランド、乾燥化によるハビタット消失を緩和するための技術

年	No.	科学技術トピック
2037	220	現在の 275kV CV ケーブル (架橋ポリエチレン絶縁ビニルシースケーブル) と同等の容量をもつ 66-77kV 超電 導送電ケーブル
	224	数十 kWh 規模の電力安定度向上用の超電導磁気エネルギー貯蔵システム
2038	212	物質やエネルギーのスマートユースに基づく、自立型都市圏の設計手法
	236	メタンハイドレート採掘利用技術
2038	292	乾燥・砂漠地帯における植生の再生・維持管理技術
2039	216	大気から回収された CO ₂ と非化石エネルギー起源の水素からの炭化水素燃料 (航空機燃料など) の製造
	238	温度 250℃、圧力 500 気圧以上の条件下の資源開発技術
	247	バイオ・ナノ技術を使った新規 EOR/EGR (石油・天然ガス増進回収) 技術
	271	化石燃料を使用しない航空機
2040	239	熱水鉱床からの深海底金属資源の経済的採取技術
2042	256	深度 5000m 程度に存在する超臨界水を利用した地熱発電技術
2043	240	空気中から効果的にヘリウムを回収する技術
2044	237	海水中から経済的にウランなどの希少金属を回収する技術
	245	高レベル放射性廃棄物中の放射性核種を加速器の使用により核変換して、廃棄物量を激減させる技術
2045	206	濃縮度 5% 超燃料が使用可能、プラント寿命が 80 年、立地条件を選ばないなどの特徴を有する次世代軽水炉 技術
2046	215	事故時にも避難が不要になるレベルまで安全性が高められた商業利用可能な小型モジュール原子炉
2047	205	核燃料サイクル及び一体型高速炉 (IFR) を含む高速増殖炉 (FBR) システム技術
2048	203	宇宙太陽発電システム (宇宙空間で太陽光を利用して発電を行い、電力を地上に伝送するシステム)
2051	204	核融合発電

4. ICT・アナリティクス・サービス分野

4.1. 将来の展望

4.1.1. 総論

(1) 細目の構成

ICT・アナリティクス・サービス分野は、社会・経済の成長と変化に適応する社会課題解決技術や、新たなデータ流通・利活用システム、人間社会に溶け込みあらゆる人間活動を支援・拡張するロボット技術、次世代通信・暗号技術などを含む分野横断的な取組内容であることが特徴と言える。

細目は、「未来社会デザイン」「データサイエンス・AI」「コンピュータシステム」「IoT・ロボティクス」「ネットワーク・インフラ」「セキュリティ、プライバシー」「サービスサイエンス」「産業、ビジネス、経営応用」「政策、制度設計支援」「社会実装」「インタラクション」の11より構成された。

今回の調査では、これらの分野における基礎・応用から社会への実装までを網羅するとともに、最近注目されるトピックも盛り込み、それぞれの細目に対応する計107トピックを取り上げた。

(2) 本分野の今後の方向性

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である。

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」であった。

科学技術的・社会的実現に向けた政策手段として「ELSI 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、「政策、制度設計支援」であった。今回の調査結果をもとにした、人材育成や ELSI への対応などに関する戦略的な取り組みが期待される。

(越塚 登)

4.1.2. 細目概要

①未来社会デザイン

i) 概要

本細目は、他の多くの細目とは趣きが異なり、本科学技術予測調査(デルファイ調査)と並行して実施されているシナリオ策定とも関係性が強いと言える。トピック数は5つと他より少ないが、これは本分野の細目「社会実装」などと内容が重なるトピックがあったための調整結果である。2040 年頃の将来社会を見据えて、電子化や認証技術の浸透、自動翻訳や AI の応用といったキーワードを内包している。

ii) 社会的意義

2040 年頃を見据えた将来社会のデザインの視点から考えることは、個々の技術分野ベースからボトムアップ的に社会を考えるアプローチの足りない点をうまく補完できる可能性がある。本調査の回答者群としては、科学技術分野の研究者のみならず、社会人文系の研究者なども想定される。幅広いバックグラウンドの研究者等の意見を踏まえつつ、調査結果をシナリオ策定などにも活用できるだろう。

iii) 今後の展望

作成した5つのトピックに関係する主なキーワードとしては、社会デザイン、スマートシティ、ソサエティ 5.0、政治、経済活動、働き方、娯楽などが挙げられる。

アンケート回答者の全体的な回答傾向を見ると、他の 10 細目と比べて本細目は、重要度は高いが、国際競争力は低いことがわかる。これは、本細目と内容的に近いと言える細目「社会実装」でも同じ傾向であることから、確度が高い結果情報として扱うことができよう。

トピックレベルでは、「全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術」および「すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)」の2つが、科学技術的・社会的実現に向けて、法規制の整備の必要性が高いトピックとして、当分野全体の中でもトップ 2 を占めている。また、「全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術」は社会的実現に向けて ELSI の対応の必要性が高いトピックとして当分野全体の中でトップ 5 に入っている。

これらの結果を踏まえると、国際競争力を高めていく必要がある。将来社会を意識した AI 等の次世代を担う科学・技術の活用に係る研究開発や人材の育成・確保については、他の分野・トピックとも連携させながら進めていくことが肝要であるとともに、その成果の実社会への展開や普及に関しては、法規制や、今後ますます重要視されると思われる ELSI・RRI (Responsible Research & Innovation)などを考慮しつつ、小規模の社会実験を行い、そこから教訓を得てより良い制度や仕組みとなるような取組(施策やプログラム)がこれまで以上に求められる。今回の選挙に関するトピックの回答結果の背景には、個人認証技術などの新たな技術により、選挙制度そのものも柔軟に変えていくことが期待されていることが窺われる。

(中島秀之、暦本純一)

②データサイエンス・AI

i) 概要

ビッグデータと深層学習を中核とする機械学習技術によって、画像、自然言語、音声などの認識精度が飛躍的に向上し、適切に制限された環境ではヒトと同等以上の性能を達成しつつある。ビジネス界では、このような AI 技術を用いたサービスやシステムの開発に、国際的な巨大企業や米欧中を中心としたスタートアップ企業が巨額の投資を行っている。学術界では、医学、薬学、生命科学、材料科学などの研究において、AI の活用が活発化している。また、AI が人間社会に広く浸透することを想定した経済政策、法制度、倫理指針等の検討も国際的に進められている。

ii) 社会的意義

自動運転、医療診断補助、介護、創薬、教育、新材料開発など、社会的に影響の大きい分野において AI の活用が今後より一層進むと予想される。また、モノづくりから金融までありとあらゆるビジネス分野で AI の導入が活発化されるとともに、ほとんど全ての学術研究分野において AI の活用が不可欠になると考えられる。このように AI 技術の発展は幅広い分野に大きな影響を与えることから、本細目では機械学習、画像処理、自然言語処理、音声音響処理などの AI の基盤技術における今後の進展を予測することにした。

iii) 今後の展望

AI・データサイエンスに関する研究開発は、その重要性が広く認識されているにもかかわらず、必ずしも日本が高い国際競争力を有している分野であるとは認識されていない。実際、日本国内では当該分野の研究者・技術者数が少なく、北米や中国の巨大 IT 企業や、欧米の研究所・大学が規模の面で日本を圧倒している。特に、機械学習のアルゴリズムや理論の構築は、日本において研究開発を支える人材が圧倒的に不足していることが顕著である。また、AI 基盤技術のプラットフォーム化などは、他分野と比べて比較的早く実現すると予想されているため、早急に積極的な施策を講じていくことが必要である。

日本の国際競争力を高めるためには、国内で専門性の高い人材を育てつつ、国際的な市場からも多様な視点をもった人材を継続的に確保できる枠組みの早期構築が不可欠である。そして、アルゴリズム・理論の基礎研究から、基礎技術のビジネス・サイエンス諸分野への応用まで、幅広い分野で研究開発人材の強化を進めていく必要がある。

(杉山将)

③コンピュータシステム

i) 概要

情報通信基盤を支える欠かせない要素としてハードウェア、ソフトウェアを含むコンピュータシステムがある。ハードウェアに関してはムーアの法則の終焉についての観測がなされる一方で、セキュアな IoT システム構築のための CPU にハードウェアを利用したソフトウェア保護機能を持たせるなどの新たな流れもある。

また、量子メカニズムを取り入れたシステムも研究され、量子アニーリング機械等の特殊な用途の量子計算システムは実用化段階に近づいている。ソフトウェアに関しては AI 技術の進展によるプログラムの自動生成、自動デバッグ、自動検証、自動テスト技術が再び注目を集めることが予想される。量子アニーリング機械等の特殊な用途の量子計算システムは実用化段階に近づいているものの、数百ビットの汎用的な量子コンピュータの実現については未だ不明である。

ii) 社会的意義

述べるまでもなくコンピュータシステムは、IC カード、スマートフォンのような小型のものから大規模並列計算システムのような大型のものまで社会の中で広く用いられている。スマートフォンが高度に活用される

現在の生活においては、小型のコンピュータシステムの進歩はそのまま日常生活の快適性に直結しているといっても過言ではない。大規模並列計算システムは、製品開発や自然現象予測などでコンピュータシミュレーションの実行環境として用いられ様々な問題解決のサポートする役割を果たしている。

さらに、量子メカニズムを取り入れた汎用的および特殊用途量子計算システムは、通常の計算システムでは手に負えない計算問題を高速に計算する能力を持つ可能性がある。特に、数百ビットの汎用的量子計算システム実現した場合に、現在広く用いられている情報セキュリティ要素に対するインパクトは非常に大きい。

iii) 今後の展望

本細目のトピックの重要性は他細目のトピックと比較すると、おおまかにはその重要性が認識されている結果とはならなかった。

しかしながら、AI、IoT、セキュリティなどの細目で重要性が高く認識されている特定のトピック実現のためには、現在一般的に用いられているよりもサイズも小さく省電力のハードウェアが不可欠だったり、多数デバイス間プロトコルを効率的かつセキュリティを損なうことなく実現するような優れたソフトウェアとその設計手法も必要となる。

このことを踏まえると、並列化による大規模計算機システムも含め、インフラストラクチャーとしてのコンピュータシステムの重要性は非常に高く認識されていると考えてよい。量子メカニズムを取り入れた汎用的および特殊用途量子計算システムはその重要性があまり高く認識される結果とはならなかった。現在の情報セキュリティ要素に対するインパクトは大きいものの影響は限定的であることからこのような結果になったものと考えられる。

今後の展望として、コンピュータシステムの汎用的な要素としてのハードウェアやソフトウェアよりも、AI、IoT、セキュリティ等の特定目的のための専用ハードウェア・ソフトウェアの重要性がより認識される状況にあり、今後の研究開発施策等によっては研究開発が大きく進展し国際競争力も高めることにつながる可能性は大きい。

また、汎用的量子計算システムで基本的に効果的な手法として、Shor の素因数分解アルゴリズムと Grover の検索アルゴリズム以外の開発や、特殊用途量子計算システムの適用可能性についての解明が期待され、こちらも今後の研究開発施策等によっては研究開発が大きく進展し国際競争力も高めることにつながる可能性は大きいと考えられる。

(田中圭介、越塚登)

④IoT・ロボティクス

i) 概要

あらゆるモノが無線でインターネットに接続し、電子タグが付いて自動認識され、位置が分かる IoT 技術により、多種多様なスマートサービスが実現すると予想される。また、農機の自動運転、高齢者等の交通弱者の移動支援技術、製造業以外の分野での自動作業ロボットの普及により、IoT 技術とも連携して、第1次・第3次産業を含む広範な産業の生産性が飛躍的に向上する。

ii) 社会的意義

スマートサービスの普及、広範な産業の生産性向上、高齢者の自立支援等の実現により、少子高齢化社会の到来による生産年齢人口の減少、高齢者介護負担の増大等の社会問題の解決に大きく貢献することが期待される。具体的には、IoT 技術により得られる大規模データの利用によるサービスの最適化、農業の自動化による労働者不足対策、高齢者の自立支援による要介護者数の抑制、サービス業の無人化による高効率化等が実現される。

iii) 今後の展望

重要度ならびに国際競争力において、他の細目と比べて相対的にスコアが高い。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かったこと、ロボットに関するトピックが多かったことが理由として考えられる。

トピックレベルで見ると、「ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術」「自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術」が重要度および国際競争力の両方において、本分野全体の中でもトップ 10 に入っている。「自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム」も重要度ならびに国際競争力が高いトピックである。測位技術や交通管制システム、工場や店舗の無人化なども国際競争力が高いとの結果であった。

また、事業補助が必要なトピックとして「自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム」「ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術」「自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術」が本分野全体の中でもトップ5に入っている。

「自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術」は研究基盤整備の必要性が高く、「自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム」は事業環境整備ならびに社会的実現に向けた国内連携・協力の必要性が求められている。「三品産業、サービス産業、物流産業に作業用ロボットが広く普及することによる、無人工場、無人店舗、無人物流倉庫、無人宅配搬送の実現」は事業環境整備ならびに科学科学技術的実現に向けた国内連携・協力の必要性が求められている。

このように、トピック別に力点を置くべき事項が異なっていることから、各対応について細やかで迅速な実施・実践が期待される。

(越塚登、比留川博久)

⑤ネットワーク・インフラ

i) 概要

情報通信基盤はあらゆる社会経済活動で生成されるデータを流通させるための最重要インフラである。

現在、第五世代移動通信(5G)に代表されるように、有線・無線その統合技術が、帯域・低遅延・接続数などの観点で革新的な進化を遂げつつあり、世界中で次世代情報通信への更なる進化を求めて研究開発が進められている。近年、都市部でのインフラ整備だけではなく地域におけるデジタルデバイド(地域デバイド)を緩和するため地域の情報通信基盤整備が推進されている。一般に、社会情勢に大きなインパクトを与える技術として、各国における周波数割当・規制緩和・法制度整備、および、世界で共通して使える技術として国際標準化などが急ピッチで進められている。このようは背景を踏まえ、将来の情報通信基盤の在り方を議論し更なる発展を考える上で重要な論点を整理する目的で、本細目を設定している。

ii) 社会的意義

情報通信基盤は、今後も社会を支えるライフラインとして利活用されることは間違いないため、大容量・低遅延・接続数などの通信の品質の尺度に加えて、信頼性・安全性の高度化、消費電力削減、新たな課題に対応するための柔軟性、エンドユーザの行動を予測し最適な通信を提供したり、自動運用をしたりするための機械学習・AIのインテグレーションなど社会課題解決のための KPI が重要である。また、自然災害の多い我が国においては、平時における通信品質の確保はもとより、被災時のための情報通信インフラの確保、および、喫緊の課題である。このように、国の屋台骨を支える性能・柔軟性・堅牢性を兼ね備える次世代情報通信基盤の構築に向けた研究開発の推進に繋げることが、本細目の設定の社会的意義である。

iii) 今後の展望

アンケート調査結果によると、他の細目と比べて当細目は、重要度および国際競争力が概して高いと言える。トピックレベルで見ると、「大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術」および「平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術」が重要度および国際競争力において、本分野全体の中でもトップ 10 に入っている。また、「マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術」は国際競争力において本分野全体の中で最上位となっている。

実現に向けた政策手段としては、「転送データ量あたりの消費電力を飛躍的に削減する通信ネットワーク・通信ノード技術」については研究開発費の拡充が、「大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術」は、研究基盤整備や国際連携・標準化の必要性において、本分野全体の中でもトップ5に入っている。「量子暗号を利用した革新的にセキュアな量子通信」も研究基盤整備の必要性が非常に求められているが、科学科学技術の実現時期が 2033 年と他のトピックより遅めであり、長期的視点が求められる。

また、「平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術」は、科学科学技術の実現に向けて、国内連携・協力の必要性が求められている。「高密度多重化による大容量通信、端末の動きを予測・追従し、選択的に大容量通信、端末間通信を実現する移動通信技術」は、社会的実現に向け

て国内連携・協力の必要性が求められている。(いずれも本分野全体の中でトップ5に入っている。)

このように、トピック別に力点を置くべき事項が異なっていることから、各対応について細やかで迅速な実施・実践が期待される。

(中尾彰宏)

⑥セキュリティ、プライバシー

i) 概要

社会経済を支える情報通信システムと将来のIoTサービスをサイバー攻撃から守り、プライバシーを含めて安心・便利に利用するためのセキュリティ技術とプライバシー管理技術を対象とする。

セキュリティ技術では、重要インフラや制御システムへの不正な侵入を防止する技術、運用者の内部犯罪を防止する技術、機器メンテナンスを自動的に実施できる遠隔メンテナンス技術、さらに、AI 技術を活用したマルウェア検出・排除技術等の課題を抽出した。

プライバシー管理技術では、利用者が主体的に関わることで、プライバシーと利便性をバランスできる行動履歴等の利用技術や様々な利用環境からインターネット上のサービス・情報に、安全・安心してアクセスするための個人認証システムの課題を選択した。

更に、ネット上の情報の信憑性・信頼性の分析技術、安心な電子投票や電子カルテ共有等に向けた安全性レベルの標準化等の関連技術を対象とした。

ii) 社会的意義

個人の日々の社会生活から企業ITシステムや生産設備、さらには重要インフラに至るまで、情報通信システムへの依存度は益々高まっている。さらに、情報システムがインターネットを介して全世界とつながるだけでなく、いわゆる IoT として、ヒトによる操作なしで、物同士が直接ネットワークで相互接続される時代を迎えている。我々が情報通信システム、インターネット、さらにIoTシステムによる新たな価値創造を享受するためには、巧妙化、悪質化するサイバー攻撃から重要インフラや産業設備の防御するために、最先端のAI技術やビッグデータ技術を総合的に活用したサイバーセキュリティ対策技術と、利用者のプライバシーを守りながら、新しい金融サービス・医療サービスや公共サービスを安心して便利に利用できるプライバシー管理技術が求められる。

iii) 今後の展望

個々人の社会生活から公共サービス、産業経済まで、多様な IoT 技術の恩恵や新たな価値創造を享受するためには、それらを取り巻くセキュリティ技術とプライバシー管理技術が相互に連携して発展することが期待されている。

今回のアンケートでも、重要インフラなどの社会基盤のセキュリティから、電子投票や医療情報などのプライバシー保護まで、幅広い項目について重要性が認識されている。

国際競争力の観点では、特段に低くはないものの、世界をリードできているとの認識が得られているものではなく、セキュリティとプライバシー管理の技術開発においては、広く世界と連携して進めることが必要であるとの認識である。

また、AI 技術やビッグデータ技術の活用が効果的との認識とともに、行動科学・心理学などの社会科学からの取組が重要であるとの認識も高まっている。ひとりひとりが認識している以上に、IoT 技術が日々の生活に浸透している今、法制度・経済政策なども一体となって、学際的課題・総合科学としての課題として取り組むことが重要かつ必要であるとの認識で一致していることが、本分野の特徴である。

(後藤厚宏)

⑦サービスサイエンス

i) 概要

サービスサイエンスは「サービスに関わる科学的な概念、理論、技術、方法論を構築する学問的活動、およびその成果活用」の総称である。実は前回調査におけるサービス関連の多くのトピック、特にセンシング、データ解析、ロボット、社会制度のトピックは、今回の調査では他の細目にて直接扱われている。つまり、ここ5年の間に、超スマート社会に代表とされるように、サービスサイエンス(あるいはサービス学/サービスロジ)という呼称を取上げてせずとも、今後の科学技術と社会の姿が浸透したといえる。そこで今回、サービスサイエンスでは何を独自に研究すべきかという問題意識の元、他の細目との関係を鑑みながら、サービス理論と価値共創、品質測定と価値評価、利用者の行動、提供者の活動、サービスデザインに関するトピックを設定した。

ii) 社会的意義

本細目のサービスは、いわゆる旧来の対面サービスだけでなく、人、技術、組織、情報の社会技術的(Socio-Technical)構成としてのサービスシステム、および提供者・利用者が相互に影響し合うことで価値が生み出されるという価値共創としてのサービスが強調される。そのため、サービス産業に限定せず、様々な産業と社会システムにおけるサービス全般を対象とする。本細目の研究開発が進展することによって、科学的・工学的手法を活かしたサービスの生産性向上、様々な分野におけるサービス化の支援、および価値共創を中核概念とした産業構造や社会システムのデザインが期待される。

iii) 今後の展望

供者の行動では、自動化などが進んだサービス産業における人の役割と働き方の変革(62)に関する重要度が最も高い結果となり、主要テーマと捉えられる。一方で、この変革の過程で求められる、スキルの標準化や成熟度の評価などに関する横断的な取り組み(67)で国際競争力での遅れが指摘されており、この点を踏まえた推進が今後重要である。

品質測定技術(65)は、重要度と国際競争力ともに高く、今後も研究開発費の拡充による政策的支援が有効である。また、こうした品質測定を、生理計測を併用しながら効果的に行い、利用体験の解明や研究開発へと上手くつなげていく(60)には、科学技術的にも社会的にも時間を要すると見込まれる。そのため、単発でない継続的な支援が重要である。

利用者の行動(59,61)では、個に適したサービスを実現しようとするほど、その社会的実現には国際協調も含めた法制度整備や ELSI 対応が求められるという、およそ想定通りの結果が得られた。さらに、科学技術的実現の段階での早期対応も同様に必要との結果も出ており、科学技術と制度整備の共進化

が欠かせない。

サービスデザイン(68)では、利用者の積極的な関与の取り込みが重要と認識されており、想定通りであった。一方、ウェルビーイングや SDGs など新たな価値基準を元にしたデザイン(64)についても尋ねたが、実現時期の判断不可との回答も多く、本調査では際立った重要度はみられなかった。共創のトピック(66,63)として尋ねた、分野を超えてのデータ利活用やシェアリング経済に対する発展研究についても同様の結果であった。次回以降の調査に注目したい。

サービスの新たな基礎理論(70)について、国際競争力が十分でない結果は残念であるが、ここ十数年での進展もあってか、そもそも想定したほどの高い重要度が示されなかった。一方で、サービス化社会においてサービスを正しく理解し活用していく教養(69)に強い関心が示されており、今後は、種々の理論を一般知識として展開していく国内連携・協力の強化が望まれる。

(原辰徳)

⑧産業・ビジネス・経営応用

i) 概要

本細目は、技術の発展が人々の働き方、ビジネスモデル、産業構造等と与える影響を対象としている。特に近年、人工知能の普及が雇用にどのような影響を与えうるかについて活発な議論が行われている。また、世界的なプラットフォーム企業が広範囲にサービスを提供することにより、個人でも世界に対してサービスを提供したり、シェアリング・エコノミーの概念のもと、個人のリソースを社会に提供することが可能となりつつある。さらに、ブロックチェーン技術は、従来の中央銀行や組織に依存せずに、通貨発行や決済サービスを行えることから注目されている。本細目はこうした技術発展の経済的影響について取り上げるものである。

ii) 社会的意義

本細目は技術発展が雇用、働き方、産業構造等と与える影響を主たる対象としているが、これらの領域における影響については専門家の間でも意見の違いが大きい。例えば人工知能の雇用への影響についても、いわゆる「強いAI」と「弱いAI」のどちらが実現すると想定するかによっても予測は大きく異なる。また、ブロックチェーン技術についても仮想通貨を評価する見方や、ブロックチェーン技術そのものに注目すべきとの考え方もある。このように専門家によって意見の分かれる分野について調査を行い、意見の分布を把握することで、今後の政策形成に役立てることが想定される。

iii) 今後の展望

本細目は、他の細目と比較して全体として国際競争力が低いとの評価が見られた。とりわけ、プラットフォームを活用した働き方や商取引の実践、またブロックチェーン技術を用いた仮想通貨の利用や、コミュニティでの電力融通などにおいて、国際競争力の低さが顕著であった。その一方で、重要度については項目によってばらつきが見られた。プラットフォーム上での商取引については極めて重要と評価される一方、シェアリング・エコノミーの実践や、電力融通、仮想通貨の利用においては重要度が低く評価された。本細目では技術がもたらす社会像を客観的に記述し、評価に委ねることとしたため、それが望ましい社会

であるかどうかについて、明確なコンセンサスが得られていない状況を反映している可能性がある。国際競争力に関する危機感は共有されているが、今後は、技術を実際に運用した際の社会的インパクトを考慮した上で、どのような社会を創っていくべきか、議論の深まりが必要であろう。

(高木聡一郎)

⑨政策・制度設計支援技術

i) 概要

社会・経済活動において AI 利用が浸透しつつあると同時に、広範囲の自由なデータ流通が目指されている中、公共政策の立案や社会制度の設計のあり方も大きく変容することが見込まれる。ICT 関連の技術やサービスの進歩は、こうした政策・制度設計のあり方に影響するとともに、社会からの新たな要請による技術の進歩も期待される場所である。このような観点から、本項目では、技術進歩によって変容が見込まれる政策や制度設計のあり方を扱うとともに、従来とは異なる政策立案や制度構築を実現する際に求められる支援技術を対象とする。

ii) 社会的意義

本項目に掲げる項目が実現する場合には、主に 3 つの社会的意義が期待される。第 1 はリアルタイム性である。政策・制度を検討する際のエビデンスとなるデータをリアルタイムに利用可能となることで、タイムラグのない政策立案・制度構築や新たな合意形成が期待される。第 2 は予測可能性である。リアルタイムデータに基づき、政策・制度の導入による効果や影響について、より実用可能な形で予測することが期待される。第 3 は多様な価値の計測である。政策・制度の導入効果や影響について、大規模データと AI 等の活用により、貨幣的価値で把握が困難な社会的価値でも評価可能となることが期待される。

iii) 今後の展望

アンケートの回答結果によると、全体傾向として他の細目と比べると、重要度は平均的であるが、国際競争力は概して低いことがわかる。

個別のトピックレベルでは、「機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)」が科学技術的・社会的実現の見通しが 2035 年頃と他細目のトピックと比べて遅い。また、「分散台帳技術やスマートコントラクトなどの活用による、知的財産の流通における中央機関のない自律分散化」については、社会的実現時期が 2035 年と同様に遅い。この 2 トピックは、科学技術的実現に向けて法規制の整備の必要性が高いものとして本分野全体の中でトップ 5 に入っている。前者のトピックは科学技術的・社会的実現に向けて ELSI の対応の必要性が高いものとして、本分野全体の中で最上位ともなっている。本細目で最も重要度が高いのは「AI 技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム(法令文書が紙媒体前提からリンクトデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる)」であるが、これは社会的実現に向けて法規制の整備の必要性の高いトップ 5 に入っている。その他、ELSI の対応の必要性が高いものとして、「早期の意思決定を可能とする、ソーシャル・メディアからの状況把握

(situational awareness) 関連情報をリアルタイムに処理化するシステム」が科学技術的・社会的実現に向けて、また、「法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む)」が科学技術的実現に向けて、それぞれ本分野全体の中でトップ5に入っている。

このように、本細目「政策、制度設計支援技術」は、実現までの時期が長めであるとともに、法規制の整備や ELSI への対応がより重視される特徴を有している。個人や家庭、企業や大学などの組織、地域、国家のどのレベルにも大きなインパクトを与えうる内容であることから、丁寧な対応が求められる。

(田中秀幸)

⑩社会実装

i) 概要

世界最先端デジタル国家創造宣言で謳われているように、「ITを活用した社会システムの抜本改革」が求められている。本細目では、全ての産業や生活に先端技術を取り入れ、安全安心で豊かな社会を実現すべく、健康医療、農業、行政、金融、働き方、教育、防災、外国人、移動、人材育成の10の領域における社会実装目標を設定した。技術開発と社会実装は両輪であり、各領域における社会実装要請に応えることにより、さらなる技術発展が期待される。

ii) 社会的意義

高齢化、自然災害、地域社会の疲弊、働き方改革など社会課題が多様化・複雑化する中で、先端技術を活用することによる社会課題の解決とイノベーションの創出、そしてそれを促進するための社会・制度面での環境整備が求められている。

本細目で設定した社会実装目標が示すように、あらゆる分野や領域へ技術浸透を促すことにより、健康長寿社会や高生産性社会の実現、地域経済の活性化など、包摂的で持続可能な社会の実現につながる。

iii) 今後の展望

アンケートの結果から、社会実装項目は「重要度」は高いが「国際競争力」は低いという回答が多い傾向が顕著に見られた。それこそが最大の課題であると言えよう。また、他分野との比較においては、科学技術的実現と社会的実現の見通し時期のタイムラグが大きい傾向があることも特徴と言える。その理由として科学技術の実現に向け「法規制整備」及び「倫理的・法的・社会的課題」への必要性が高い領域として ICT・アナリティクス・サービス分野が多くを占めることから、規制・倫理的課題が大きく響いている可能性に関する考察が議論においてはあった。しかし、アンケート回答者の7割が学術機関関係者であり、社会実装する産業界の声が反映されていない点には留意が必要である。社会実装スピードの加速が今後の課題であるが故に、産業界の声を踏まえてその原因の解明は重要であると考え。実現に向けた政策手段に関しては、「人材の育成・確保」、「国内連携・協力」の必要性の指摘が多く見られたが、社会実装に当たっての全国民、全産業領域における人材育成と、組織や分野を超えての連携を実現するオ

オープンイノベーション創出の環境整備は必須であろう。

(石戸奈々子)

⑪インタラクション

i) 概要

本細目は、計算機と人間との間で行われるインタラクション技術に関する研究開発について扱う。当該分野の研究開発は人間とは何かを明らかにする学際的な領域であり、情報通信技術を利用する活動全般に深く関わる点で特に重要といえる。生体情報を取得するウェアラブルデバイスが多く製品化され、計算機と人間との距離はますます密接になっている。近年では日々の活動を記録するだけに留まらず、その情報を解析・学習し、適切に刺激を提示することで、人間の身体動作や知覚・感情の操作すらも可能になってきた。このような研究開発動向を踏まえ、本細目では個人の過去の体験や身体の共有、運動・認知能力の増強、知覚の操作などを科学技術トピックとして設定した。

ii) 社会的意義

人間・人工知能・機械がそれぞれの特性を生かし適切に分業し協調することで、空間や知識技能・身体能力など個々人の持つ異なる制約を超越して人々を結びつける、気軽に容姿を切り替えて別人格で働くなど、より多様なライフスタイルが根付いていくものと考えられる。また対人関係だけでなく、プライバシーや言語化しにくい感覚的な情報など属人的要素を含む作業においても、人工知能や機械のサポートを受けながら、自分自身が主導権を持って能動的に対処することができることから、生活の質の向上や健康寿命の延伸が期待できる。

iii) 今後の展望

インタラクションの細目に関しては概ねどの科学技術トピックについても、比較的重要で国際競争力も高いとの回答がなされた。特に、人間の運動機能や認知機能を増強する人間拡張に関するトピックについては、専門分野だけでなく他分野の研究者からも重要度が高く、現在でも国際競争力は高いものの、さらなる研究開発費の拡充や事業補助の必要性が高いとの回答がなされた。これは高齢化する世界人口の中でもとりわけその割合が顕著な日本の持つ、働き手不足の問題意識や自然災害への不安感などが反映された結果であろう。その一方で、人間拡張デバイスを取り外した後もその効果による行動変容が継続するような生身の身体そのものを強化するトピックについては重要度が低い結果となった。人間拡張技術による即時的能力増強は災害のようなインフラ壊滅時に誰もが恩恵を享受できるとは限らない。日常的な運動を習慣づけて心身の健康を維持するような技術についても今後議論がなされるものと考えられる。

(濱田健夫)

4.2. 細目及びキーワード

本分野は、「未来社会デザイン」、「データサイエンス・AI」、「コンピュータシステム」、「IoT・ロボティクス」、「ネットワーク・インフラ」、「セキュリティ、プライバシー」、「サービスサイエンス」、「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」等の 11 つの細目で構成される。

図表 II- 4-1 「ICT・アナリティクス・サービス」分野の細目及びキーワード

	細目	キーワード
1	未来社会デザイン	社会デザイン、スマートシティ、ソサエティ 5.0、政治、経済活動、働き方、都市、娯楽
2	データサイエンス・AI	機械学習、深層学習、最適化、コンピュータビジョン、自然言語、音声・音響、対話、創作、ソフトウェアプラットフォーム
3	コンピュータシステム	コンピュータシステム、コンピュータアーキテクチャ、ハードウェア、量子コンピュータ、スーパーコンピュータ、大規模並列計算、スケーラビリティ、省電力化、ソフトウェア基盤、大規模ソフトウェア、ビッグデータ、ソフトウェア工学
4	IoT・ロボティクス	サイバーフィジカルシステム、実時間通信、環境認識、動作計画、運動制御、産業用ロボット、サービスロボット、移動ロボット、自動運転、無線通信、測位、スマートシティ、電子タグ
5	ネットワーク・インフラ	ネットワークアーキテクチャ、ネットワークプロトコル、ネットワークセキュリティ技術、モバイルネットワーク(有線・無線・アクセス網)技術、トランスポート技術、クラウドネットワーク・エッジコンピューティング、ネットワーク仮想化・ソフトウェア化(SDN/NFV)技術、トラフィックエンジニアリング・QoS・QoE、ネットワーク運用・計測技術、大規模ネットワークシミュレーション・エミュレーション、量子通信・量子暗号、情報指向ネットワーク技術
6	セキュリティ、プライバシー	プライバシー、個人認証システム、制御システム、IoT機器・サービス・システム、遠隔メンテナンス技術、信憑性・信頼性、セキュアで効率的な経済基盤、新たな安全性のフレームワーク、個人データ活用、内部犯罪防止、マルウェア検出・防御
7	サービスサイエンス	サービス理論、共創(Co-creation)、協働(Co-production)、サービスデザイン、サービス品質と評価、利用者行動(消費者行動)、個別適応、提供組織、従業員活動、データ利活用、サービスエコシステム、サービス化社会
8	産業・ビジネス・経営応用	ビジネスモデル、プラットフォーム、働き方、人工知能と雇用、組織、フリーランス、クラウドソーシング、シェアリング・エコノミー、サービス化、仮想通貨、ブロックチェーン、企業価値、オープンイノベーション
9	政策・制度設計支援技術	法的整備、政策助言、知的財産、政策立案、統計データ、社会的合意、ソーシャル・メディア、ブロックチェーン
10	社会実装	健康医療、農業、行政、金融、働き方、教育、防災、外国人、移動、人材育成
11	インタラクション	Human Computer Interaction (HCI)、VR、AR、ハプティクス、テレイグジスタンス、マルチモーダル、ユーザインタフェース、ユーザエクスペリエンス、人間拡張、ウェアラブル、ゲーミフィケーション、コミュニケーション

4.3. アンケートの回収状況

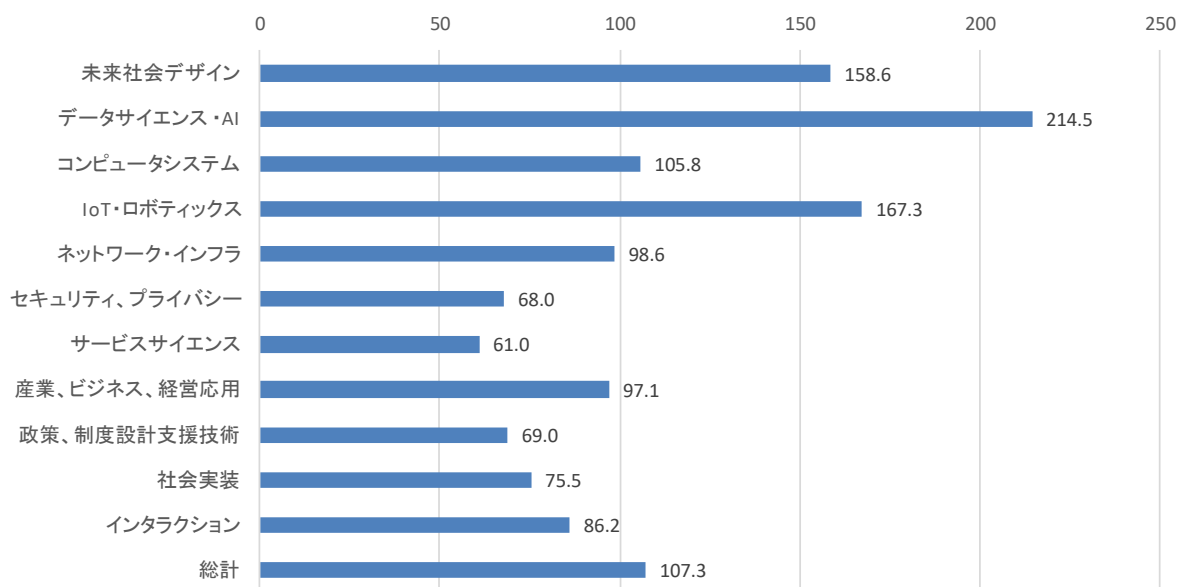
本分野についての回答者内訳(2回目調査)は以下の表のようになっている。

図表 II- 4-2 ICT・アナリティクス・サービス分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20 代	15 人	職業	企業その他	176 人
	30 代	135 人		学術機関	551 人
	40 代	259 人		公的研究機関	67 人
	50 代	242 人	職種	研究開発従事	672 人
	60 代	113 人		マネジメント	43 人
	70 代以上	21 人		その他	79 人
	無回答	9 人		合計	794 人

以下、細目別の回答者数の平均を示す。

図表 II- 4-3 細目別回答者数の平均



4.4. 科学技術トピックに関する調査結果

4.4.1. 重要度

①重要度上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 位)は、図表 II-4-4 に示すとおりである。細目別では、「IoT・ロボティクス」及び「セキュリティ、プライバシー」関連トピックが各 5 件、次いで「社会実装」関連トピックが各 4 件を占めた。科学技術的実現時期は平均で 2027 年であり、半数以上のトピックで、科学技術的実現時期は 2027 年から 2028 年に実現すると予測している。

図表 II- 4-4 科学技術トピックの重要度(上位 20 位)

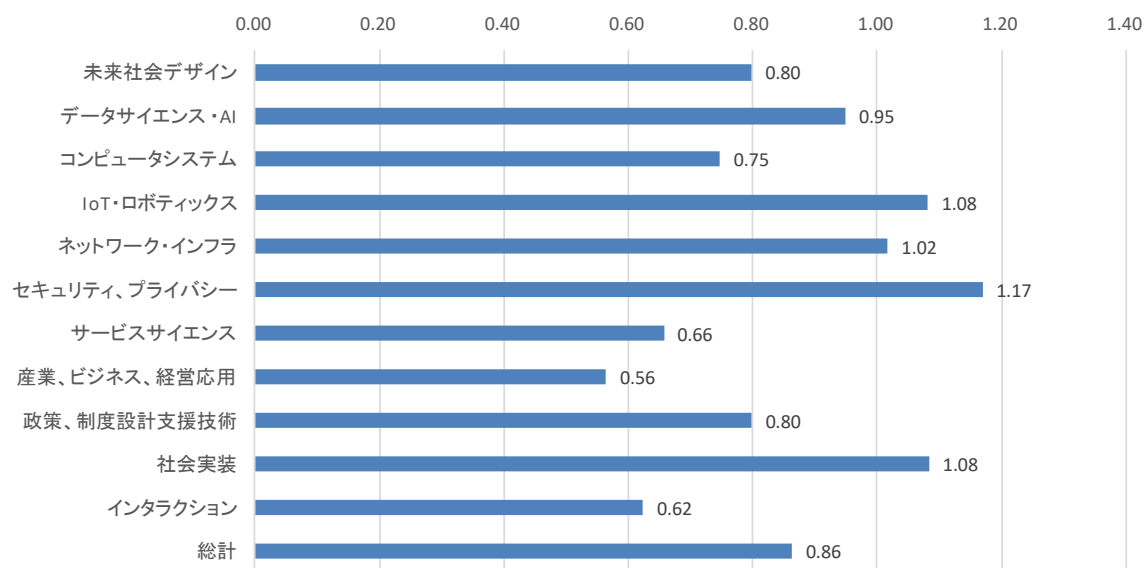
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
389	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善する AI、IoT、ロボット等技術	1.57	2029	2031	社会実装
350	重要インフラ、自動車などの制御システムや個人用 IoT 機器・サービスに対し不正な侵入を防止する技術(不正な通信の実現確率を事実上無視できる程度に低減する技術)	1.56	2028	2029	セキュリティ、プライバシー
328	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	1.50	2025	2027	IoT・ロボティクス
335	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	1.47	2028	2030	IoT・ロボティクス
337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	1.47	2027	2028	ネットワーク・インフラ
343	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術	1.42	2027	2029	ネットワーク・インフラ
353	個人データを保護しながら、安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するために、プライバシー情報を漏らさずに機微な個人データを活用する技術(安全性レベルの標準化を含む)	1.39	2028	2029	セキュリティ、プライバシー
332	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム	1.35	2026	2027	IoT・ロボティクス
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	2028	2030	セキュリティ、プライバシー

	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	1.33	2028	2029	コンピュータシステム
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	2028	2031	セキュリティ、プライバシー
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	2026	2029	データサイエンス・AI
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	2027	2030	社会実装
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	2027	2031	社会実装
352	個人に関わる全てのセンサ類や、それらを通して自分の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を誰にどのようにセンサされているかを把握可能にするとともに、その利活用に個人利用者が主体的に関わる(情報の削除を含む)ことで、プライバシーと利便性のバランスを柔軟に設定できる IoT セキュリティ技術とプライバシー管理技術	1.25	2028	2030	セキュリティ、プライバシー
336	三品産業、サービス産業、物流産業に作業用ロボットが広く普及することによる、無人工場、無人店舗、無人物流倉庫、無人宅配搬送の実現	1.24	2026	2029	IoT・ロボティクス
384	従来の統計データに加え、ビッグデータやAIも活用した政策立案支援技術	1.22	2028	2032	政策、制度設計支援技術
309	シミュレーションと機械学習を融合した実世界現象予測と実世界システム制御	1.20	2028	2030	データサイエンス・AI
331	都市空間のすべての人や車両(鉄道車両、自動車など)の位置情報がリアルタイムに把握可能となる都市全体の効率良い交通管制システム	1.18	2027	2030	IoT・ロボティクス
390	行政サービスの100%デジタル化、行政保有データの100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現	1.16	2027	2032	社会実装

②細目別の科学技術トピックの重要度

細目別の科学技術トピックの重要度を平均でみた場合、「セキュリティ、プライバシー」が 1.17 と最も大きく、次いで「IoT・ロボティクス」、「社会実装」が 1.08 であった。

図表 II- 4-5 科学技術トピックの重要度(細目別:指数)



4.4.2. 国際競争力

本分野の科学技術トピックのうち、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック(上位20位)は、図表 II-4-6 に示すとおりである。細目別では、「IoT・ロボティクス」関連トピックが9件、次いで「ネットワーク・インフラ」関連トピックが5件を占めた。を占める。科学技術的実現時期は平均で2028年であるが、半数以上のトピックで、科学技術的実現時期は2027年から2028年に実現すると予測している。

図表 II- 4-6 科学技術トピックの国際競争力(上位20位)

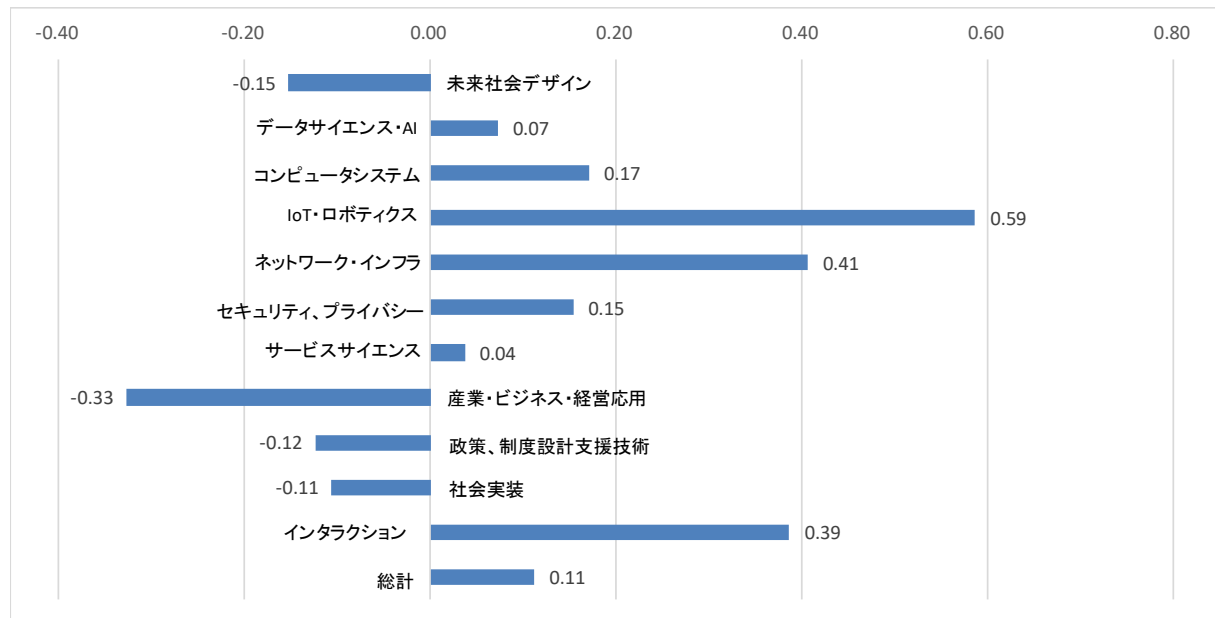
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
344	マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術	0.82	2027	2028	ネットワーク・インフラ
335	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	0.78	2028	2030	IoT・ロボティクス
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	0.75	2028	2029	コンピュータシステム
328	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	0.73	2025	2027	IoT・ロボティクス
343	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術	0.70	2027	2029	ネットワーク・インフラ

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
317	現在用いられているものよりスケーラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	0.64	2028	2029	コンピュータシステム
399	誰もが遠隔地の人やロボットの動作の一部もしくは全身を自在に操り、身体賃貸主や周囲の人と協調して作業を行うことができる身体共有技術	0.64	2030	2033	インタラクション
337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	0.63	2027	2028	ネットワーク・インフラ
403	表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別のできない対話的なバーチャルエージェント(受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる)	0.63	2028	2030	インタラクション
333	地下施設や屋内を含む、日本国土のあらゆる場所での、誤差 5cm 以内の測位技術	0.62	2027	2029	IoT・ロボティクス
332	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム	0.61	2026	2027	IoT・ロボティクス
331	都市空間のすべての人や車両(鉄道車両、自動車など)の位置情報がリアルタイムに把握可能となる都市全体の効率良い交通管制システム	0.57	2027	2030	IoT・ロボティクス
400	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・筋力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)	0.55	2030	2032	インタラクション
336	三品産業、サービス産業、物流産業に作業用ロボットが広く普及することによる、無人工場、無人店舗、無人物流倉庫、無人宅配搬送の実現	0.54	2026	2029	IoT・ロボティクス
329	当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることを実現する、等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットの開発と普及	0.52	2029	2031	IoT・ロボティクス
404	群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)	0.50	2029	2032	インタラクション
338	転送データ量あたりの消費電力を飛躍的に削減する通信ネットワーク・通信ノード技術	0.50	2028	2030	ネットワーク・インフラ
330	電子タグの小型近距離無線通信などにより、1 兆個のインテリジェントデバイスのインターネット接続実現	0.48	2027	2029	IoT・ロボティクス
340	高密度多重化による大容量通信、端末の動きを予測・追従し、選択的に大容量通信、端末間通信を実現する移動通信技術	0.45	2027	2028	ネットワーク・インフラ
334	人が直接触れるデジタルデバイスの通信がすべて無線通信化され、通信ケーブルが消滅	0.44	2028	2030	IoT・ロボティクス

②細目別の科学技術トピックの国際競争力

細目別の科学技術トピックの国際競争力を平均でみた場合、「IoT・ロボティクス」が 0.59 と最も大きく、次いで「ネットワーク・インフラ」が 0.41 であった。

図表 II- 4-7 科学技術トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の相対的に小さいトピック

本分野の科学技術トピックのうち、「国際競争力」は相対的に小さいと評価されたトピック(下位 5 位)は、図表 II-4-8 に示すとおりである。「産業、ビジネス、経営応用」のトピックが 4 件を占める。

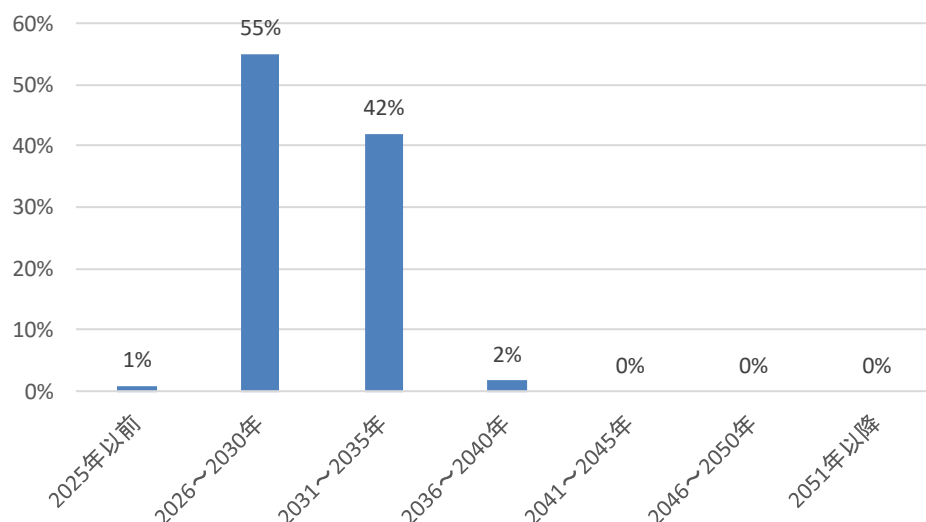
図表 II- 4-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 位)

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
375	コミュニティや個人間で電力の融通・取引を行う、ブロックチェーン技術等を活用したエネルギーシステム	-0.44	2028	2033	産業、ビジネス、経営応用
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	-0.44	2027	2033	産業、ビジネス、経営応用
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	-0.48	2027	2030	社会実装
379	あらゆるビジネスが少数の世界的なプラットフォームの上で提供されるようになり、販売、決済、仕入、マーケティング、販売分析等の業務がほぼ全てそれらのプラットフォームの上で行われるようになる	-0.59	2028	2030	産業、ビジネス、経営応用
372	クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の 30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる	-0.64	2028	2031	産業、ビジネス、経営応用

4.4.3. 科学技術的実現予測時期

科学技術的実現予測時期の分布は図表 II-4-9 のとおりである。

図表 II- 4-9 本分野の科学技術的実現予測時期の分布 (%)



細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-4-10 のとおりである。

科学技術トピックの約 98 %が 2035 年までに科学技術的に実現するとしている。「コンピュータシステム」および「産業、ビジネス、経営応用」細目では、他の細目に比べ、2036 年以降に実現するトピックが含まれている。

図表 II- 4-10 科学技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
未来社会デザイン		2	3				
データサイエンス・AI	1	9	1				
コンピュータシステム		3	8	1			
IoT・ロボティクス		8	1				
ネットワーク・インフラ		10	1				
セキュリティ、プライバシー		8	2				
サービスサイエンス		11	1				
産業、ビジネス、経営応用		2	7	1			
政策、制度設計支援技術		1	7				
社会実装		3	7				
インタラクション		2	7				
総計	1	59	45	2			

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 件まで)は図表 II-4-11～12 のとおりである。「データサイエンス・AI」細目で「実現しない」とするトピックが、「インタラクション」細目で「わからない」とするトピックが複数含まれる。

図表 II- 4-11 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	科学技術的 実現時期	細目
301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	0.30	21%	2028	未来社会デザイン
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	0.12	20%	2028	産業、ビジネス、 経営応用
376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	0.46	17%	2032	産業、ビジネス、 経営応用
324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の 10 倍程度、LSI の微細化は今の 100 倍程度)	0.56	16%	2031	コンピュータシステム
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	0.28	15%	2027	産業、ビジネス、 経営応用
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の 10%以下となる	0.63	15%	2030	産業、ビジネス、 経営応用
327	あらゆるデータのオントロジーの統一による、世界中のデータ流通や共有コストの劇的減少	0.60	15%	2030	コンピュータシステム

図表 II- 4-12 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム	0.58	46%	2031	コンピュータシステム
362	モノとの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上での、Service Dominant Logicなどをより発展させた新理論	0.39	41%	2028	サービスサイエンス
323	TEE(Trusted Execution Environment)等の、ハードウェアを利用したソフトウェア保護機能やソフトウェア安全実行環境の活用方法に関する体系化と整備	0.58	38%	2028	コンピュータシステム
326	1000 億行クラスのソースコードをもった実社会で稼働するソフトウェア	0.25	38%	2030	コンピュータシステム
361	(個人や社会が持つ資源・スキルの効果的組み合わせや、共創における相互作用のダイナミズムが理論化された結果、)様々な資源・スキルの遊休状況を複合したシェアサービスの可能性を計算機上で検討可能なシステム	0.55	32%	2027	サービスサイエンス

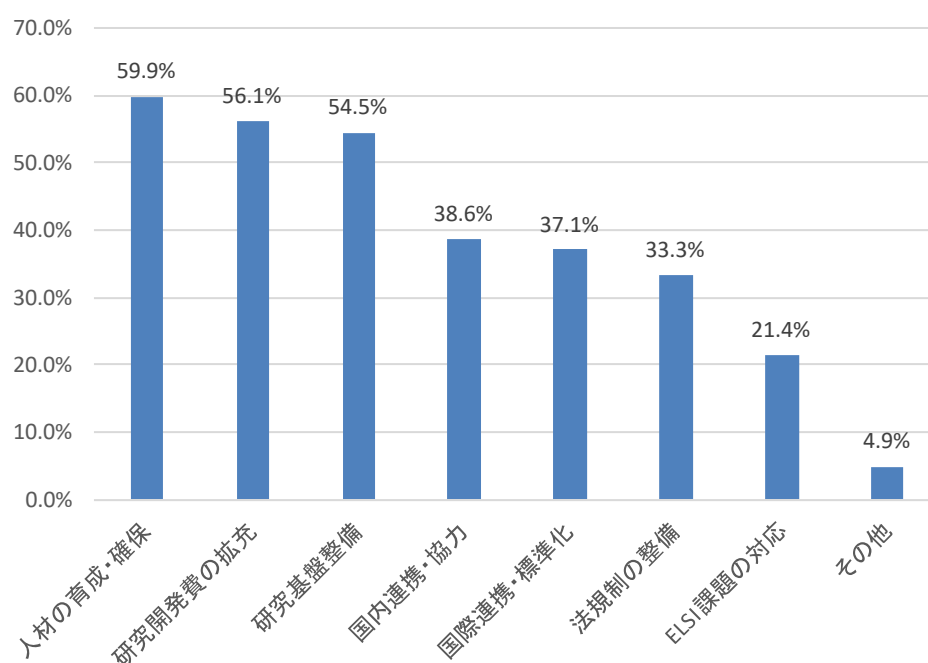
4.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

科学技術的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-4-13 のとおりである。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「人材の育成・確保」(59.9%)であり、次いで「研究開発費の拡充」(56.1%)、「研究基盤整備」(54.5%)と続く。

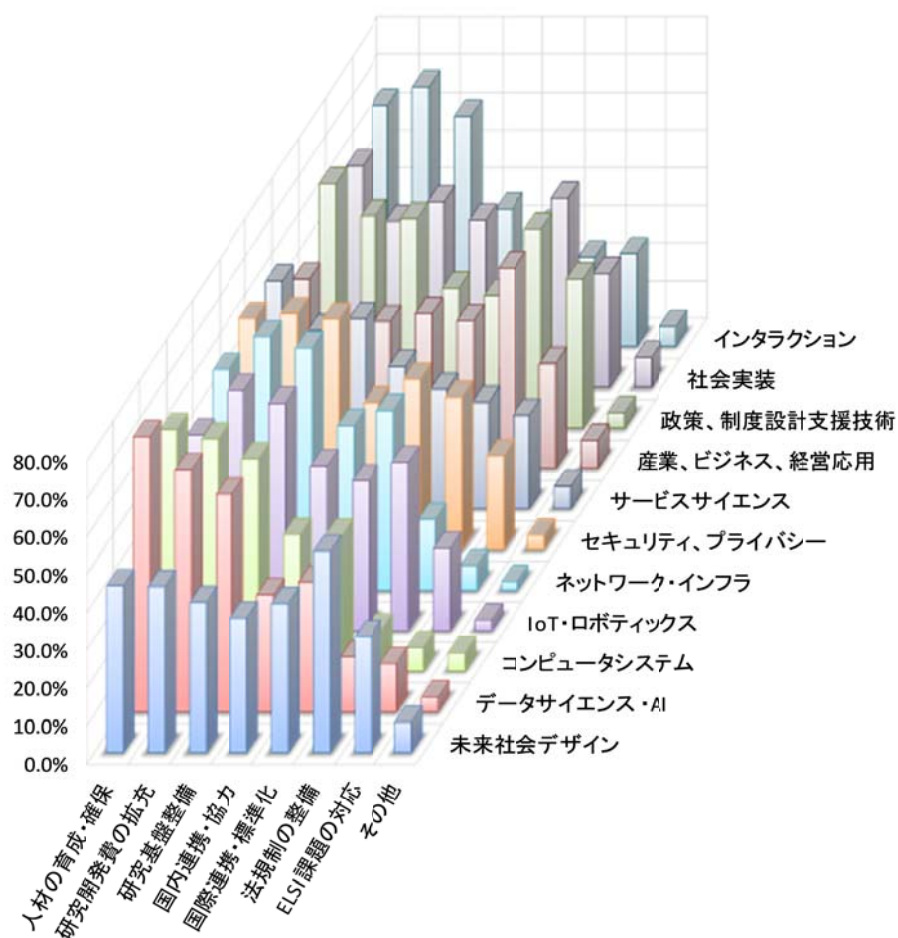
図表 II- 4-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「データサイエンス・AI」の細目において、重要施策として「人材の育成・確保」とする回答の比率が 72.8%と最も高い。また、「政策、制度設計支援技術」の細目では、「ELSI の対応」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高い。

図表 II- 4-14 科学技術的実現に向けた政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI 対応	その他
未来社会デザイン	44.0%	43.9%	39.6%	35.5%	39.4%	53.1%	30.5%	7.9%
データサイエンス・AI	72.8%	63.9%	57.5%	30.9%	34.2%	14.4%	12.7%	3.8%
コンピュータシステム	63.9%	61.4%	56.1%	36.0%	35.8%	10.9%	6.1%	4.8%
IoT・ロボティクス	51.7%	63.4%	60.1%	43.5%	39.5%	44.4%	21.7%	2.9%
ネットワーク・インフラ	58.3%	66.9%	63.9%	43.4%	47.5%	18.5%	6.3%	2.3%
セキュリティ、プライバシー	61.1%	62.3%	60.9%	38.8%	44.9%	40.2%	24.8%	3.7%
サービスサイエンス	60.3%	47.1%	50.3%	37.5%	31.5%	28.1%	24.7%	5.9%
産業、ビジネス、経営応用	50.0%	34.1%	38.8%	40.9%	39.1%	53.1%	27.6%	7.4%
政策、制度設計支援技術	64.7%	56.1%	55.2%	37.0%	35.0%	52.6%	39.4%	4.0%
社会実装	58.6%	43.9%	49.1%	44.1%	30.1%	50.1%	30.2%	7.7%
インタラクション	64.0%	68.9%	61.1%	36.5%	31.9%	23.7%	24.6%	5.2%
総計	59.9%	56.1%	54.5%	38.6%	37.1%	33.3%	21.4%	4.9%

○人材の育成・確保

科学技術的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-4-15 に示すとおりである。

図表 II- 4-15 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック（上位・下位 5 位）

	科学技術トピック	人材 育成	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
308	情報欠損・雑音・非定常性を含む大規模な非構造データから高速に精度良く機械学習を行う技術	79%	2027	2029	データサイエンス・AI
310	深層学習の最適化と汎化の原理の理論的解明	79%	2028	2030	データサイエンス・AI
309	シミュレーションと機械学習を融合した実世界現象予測と実世界システム制御	79%	2028	2030	データサイエンス・AI
351	ニュースの取りまとめサイトや、ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報、これらからマイニングで得られる情報の信憑性・信頼性を、分野毎の特性（政治、経済、学術、等）に応じて分析する技術（自動翻訳技術、デジタル画像鑑定技術も含む）	77%	2027	2029	セキュリティ、プライバシー
305	非定形の記事・会話から所望の情報を抽出できる自然言語処理技術	77%	2026	2029	データサイエンス・AI
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の 10%以下となる	38%	2030	2032	産業、ビジネス、経営応用
333	地下施設や屋内を含む、日本国土のあらゆる場所での、誤差 5cm 以内の測位技術	35%	2027	2029	IoT・ロボティクス
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	35%	2028	2032	産業、ビジネス、経営応用
302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	31%	2027	2032	未来社会デザイン
301	すべての書籍が電子ブックとなる（紙による本の消滅）	23%	2028	2032	未来社会デザイン

○研究開発費の拡充

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究開発費の拡充」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-4-16 に示すとおりである。

図表 II- 4-16 政策手段を「研究開発費の拡充」とするトピック（上位・下位 5 位）

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅（100 倍程度）に改善されたスーパーコンピュータ（並列化による大規模計算機システム）	85%	2028	2029	コンピュータシステム
317	現在用いられているものよりスケラビリティが大幅（100 倍程度）に改善されたスーパーコンピュータ（並列化による大規模計算機システム）	83%	2028	2029	コンピュータシステム

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
400	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)	79%	2030	2032	インタラクション
338	転送データ量あたりの消費電力を飛躍的に削減する通信ネットワーク・通信ノード技術	79%	2028	2030	ネットワーク・インフラ
399	誰もが遠隔地の人やロボットの動作の一部もしくは全身を自在に操り、身体の貸主や周囲の人と協調して作業を行うことができる身体共有技術	78%	2030	2033	インタラクション
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の 10%以下となる	28%	2030	2032	産業、ビジネス、経営応用
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	28%	2027	2030	社会実装
372	クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の 30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる	21%	2028	2031	産業、ビジネス、経営応用
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	20%	2028	2032	産業、ビジネス、経営応用
301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	17%	2028	2032	未来社会デザイン

○研究基盤整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「研究基盤整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 件)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-4-17 に示すとおりである。

図表 II- 4-17 政策手段を「研究基盤整備」とするトピック(上位・下位 5 件)

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
400	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)	75%	2030	2032	インタラクション
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	69%	2028	2029	コンピュータシステム
335	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	69%	2028	2030	IoT・ロボティクス
337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	69%	2027	2028	ネットワーク・インフラ
345	量子暗号を利用した革新的にセキュアな量子通信	69%	2033	2034	ネットワーク・インフラ
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の 10%以下となる	32%	2030	2032	産業、ビジネス、経営応用

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	28%	2027	2032	未来社会デザイン
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は10%以下となる	26%	2028	2032	産業、ビジネス、経営応用
372	クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる	21%	2028	2031	産業、ビジネス、経営応用
301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	21%	2028	2032	未来社会デザイン

○国内連携・協力

科学技術的实现に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は図表 II-4-18 に示すとおりである。

図表 II- 4-18 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の10%以下となる	55%	2030	2032	産業、ビジネス、経営応用
394	マイナンバーとの連携によるデジタル技術を活用した災害情報伝達と生活再建手続の円滑化の実現	52%	2026	2031	社会実装
343	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術	52%	2027	2029	ネットワーク・インフラ
336	三品産業、サービス産業、物流産業に作業用ロボットが広く普及することによる、無人工場、無人店舗、無人物流倉庫、無人宅配搬送の実現	51%	2026	2029	IoT・ロボティクス
389	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術	51%	2029	2031	社会実装
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	27%	2026	2029	データサイエンス・AI
314	ヒトが見聞きしても違和感のないレベルで所望の文章・画像・音などを自動生成する技術	27%	2027	2029	データサイエンス・AI
326	1000 億行クラスのソースコードをもった実社会で稼働するソフトウェア	24%	2030	2032	コンピュータシステム
362	モノとの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上での、Service Dominant Logicなどをより発展させた新理論	23%	2028	2030	サービスサイエンス
307	超大規模な組合せ最適化問題・非凸最適化問題の数理構造の解明と実時間近似解法の開発	22%	2029	2031	データサイエンス・AI

○国際連携・標準化

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-4-19 に示すとおりである。

図表 II- 4-19 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	67%	2027	2028	ネットワーク・インフラ
379	あらゆるビジネスが少数の世界的なプラットフォームの上で提供されるようになり、販売、決済、仕入、マーケティング、販売分析等の業務がほぼ全てそれらのプラットフォームの上で行われるようになる	61%	2028	2030	産業、ビジネス、経営応用
327	あらゆるデータのオントロジーの統一による、世界中のデータ流通や共有コストの劇的減少	57%	2030	2033	コンピュータシステム
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	55%	2027	2033	産業、ビジネス、経営応用
300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	54%	2027	2032	未来社会デザイン
369	サービスに関する学術的知見に基づいた、提供者・利用者など各々の立場でサービスを活用していく能力(サービスリテラシー)のモデル構築、並びに身の回りの様々な分野でサービス化が進行した社会における教養科目化	22%	2026	2028	サービスサイエンス
387	AI 技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム(法令文書が紙媒体前提からリンクドデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる)	20%	2028	2033	政策、制度設計支援技術
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	20%	2027	2030	社会実装
390	行政サービスの 100%デジタル化、行政保有データの 100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現	18%	2027	2032	社会実装
394	マイナンバーとの連携によるデジタル技術を活用した災害情報伝達と生活再建手続の円滑化の実現	17%	2026	2031	社会実装

○法規制の整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-4-20 に示すとおりである。

図表 II- 4-20 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	81%	2027	2032	未来社会デザイン
300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	77%	2027	2032	未来社会デザイン
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	71%	2027	2033	産業、ビジネス、経営応用
380	機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)	68%	2035	2035	政策、制度設計支援技術
382	分散台帳技術やスマートコントラクトなどの活用による、知的財産の流通における中央機関のない自律分散化	66%	2031	2035	政策、制度設計支援技術
317	現在用いられているものよりスケラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	5%	2028	2029	コンピュータシステム
326	1000 億行クラスのソースコードをもった実社会で稼働するソフトウェア	4%	2030	2032	コンピュータシステム
320	汎用量子コンピュータ(量子回路)は実現できないが、量子アニーリング機械に続くものとして、特定の量子メカニズムを利用した特化型量子コンピュータの多様化	3%	2031	2033	コンピュータシステム
322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム	2%	2031	2035	コンピュータシステム
324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の 10 倍程度、LSI の微細化は今の 100 倍程度)	1%	2031	2033	コンピュータシステム

○ELSI への対応

科学技術的实现に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-4-21 に示すとおりである。

図表 II- 4-21 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
380	機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)	62%	2035	2035	政策、制度設計支援技術
388	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム(未病社会を実現)	56%	2028	2033	社会実装

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
381	法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む)	50%	2031	2033	政策、制度設計支援技術
376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	50%	2032	2036	産業、ビジネス、経営応用
385	早期の意思決定を可能とする、ソーシャル・メディアからの状況把握(situational awareness)関連情報をリアルタイムに処理化するシステム	48%	2025	2029	政策、制度設計支援技術
322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム	2%	2031	2035	コンピュータシステム
320	汎用量子コンピュータ(量子回路)は実現できないが、量子アニーリング機械に続くものとして、特定の量子メカニズムを利用した特化型量子コンピュータの多様化	2%	2031	2033	コンピュータシステム
307	超大規模な組合せ最適化問題・非凸最適化問題の数理構造の解明と実時間近似解法の開発	2%	2029	2031	データサイエンス・AI
324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の 10 倍程度、LSI の微細化は今の 100 倍程度)	2%	2031	2033	コンピュータシステム
317	現在用いられているものよりスケラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	1%	2028	2029	コンピュータシステム

○その他

科学技術的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-4-22 に示すとおりである。

図表 II- 4-22 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

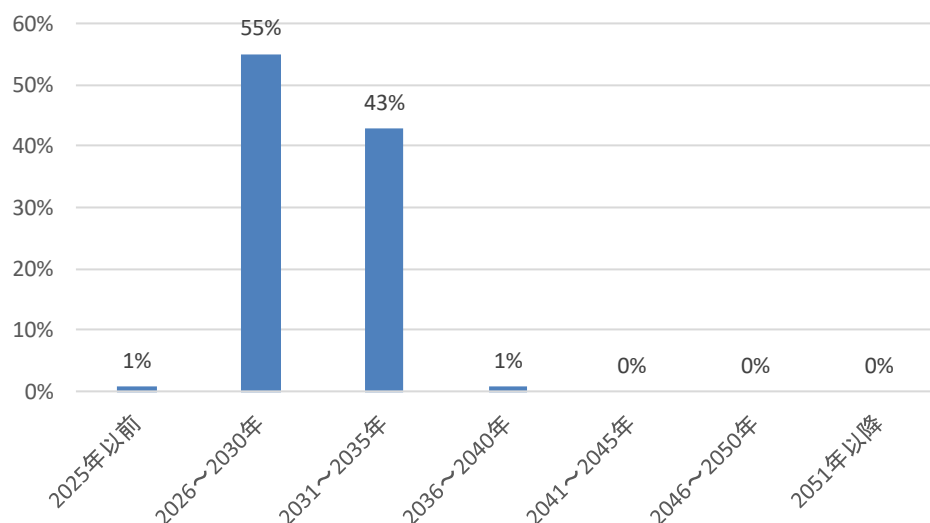
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	17%	2028	2032	未来社会デザイン
393	教育に AI・ブロックチェーンが導入され、学校法人の枠を超えた学習スタイルが構築され、生涯スキルアップ社会の実現	11%	2028	2032	社会実装
392	出社不要・複業を前提とした自由度の高い就業形態による高生産性社会への移行	11%	2027	2030	社会実装
376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	11%	2032	2036	産業、ビジネス、経営応用
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の 10%以下となる	11%	2030	2032	産業、ビジネス、経営応用

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
353	個人データを保護しながら、安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するために、プライバシー情報を漏らさずに機微な個人データを活用する技術(安全性レベルの標準化を含む)	1%	2028	2029	セキュリティ、プライバシー
338	転送データ量あたりの消費電力を飛躍的に削減する通信ネットワーク・通信ノード技術	1%	2028	2030	ネットワーク・インフラ
317	現在用いられているものよりスケーラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	1%	2028	2029	コンピュータシステム
337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	1%	2027	2028	ネットワーク・インフラ
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	1%	2028	2029	コンピュータシステム

4.4.5. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は図表 II-4-23 のとおりである。

図表 II- 4-23 社会的実現時期の分布



本分野の科学技術トピックの約 55%が、2026～2030 年までに社会的実現時期を迎える。また、2036 年以降に社会的実現を迎えるとしたトピックも 1 件を含まれる。

細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-4-24 のとおりである。

「データサイエンス・AI」「IoT・ロボティクス」「ネットワーク・インフラ」「セキュリティ、プライバシー」「サービスサイエンス」細目の科学技術トピックは、他の細目に比べ、社会的実現時期が若干早期(26-30 が多い)となっている。

図表 II- 4-24 社会的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
未来社会デザイン		2	3				
データサイエンス・AI	1	9	1				
コンピュータシステム		3	8	1			
IoT・ロボティクス		8	1				
ネットワーク・インフラ		10	1				
セキュリティ、プライバシー		8	2				
サービスサイエンス		11	1				
産業、ビジネス、経営応用		2	8				
政策、制度設計支援技術		1	7				
社会実装		3	7				
インタラクション		2	7				
総計	1	59	46	1			

ここでは、社会的実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位5位)は図表 II-4-25～26 のとおりである。「データサイエンス・AI」細目の関連科学技術トピックで、「実現しない」との回答比率が高いトピックが含まれる。

図表 II- 4-25 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	社会的 実現時期	細目
301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	0.30	37%	2032	未来社会デザイン
376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	0.46	25%	2036	産業、ビジネス、 経営応用
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	0.12	25%	2032	産業、ビジネス、 経営応用
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の 10%以下となる	0.63	22%	2032	産業、ビジネス、 経営応用
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	0.28	22%	2033	産業、ビジネス、 経営応用

図表 II- 4-26 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム	0.58	45%	2035	コンピュータシステム
362	モノとの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上での、Service Dominant Logicなどをより発展させた新理論	0.39	43%	2030	サービスサイエンス

	科学技術トピック	重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
323	TEE(Trusted Execution Environment)等の、ハードウェアを利用したソフトウェア保護機能やソフトウェア安全実行環境の活用方法に関する体系化と整備	0.58	39%	2031	コンピュータシステム
326	1000 億行クラスのソースコードをもった実社会で稼働するソフトウェア	0.25	38%	2032	コンピュータシステム
361	(個人や社会が持つ資源・スキルの効果的組み合わせや、共創における相互作用のダイナミズムが理論化された結果、)様々な資源・スキルの遊休状況を複合したシェアサービスの可能性を計算機上で検討可能なシステム	0.55	33%	2029	サービスサイエンス

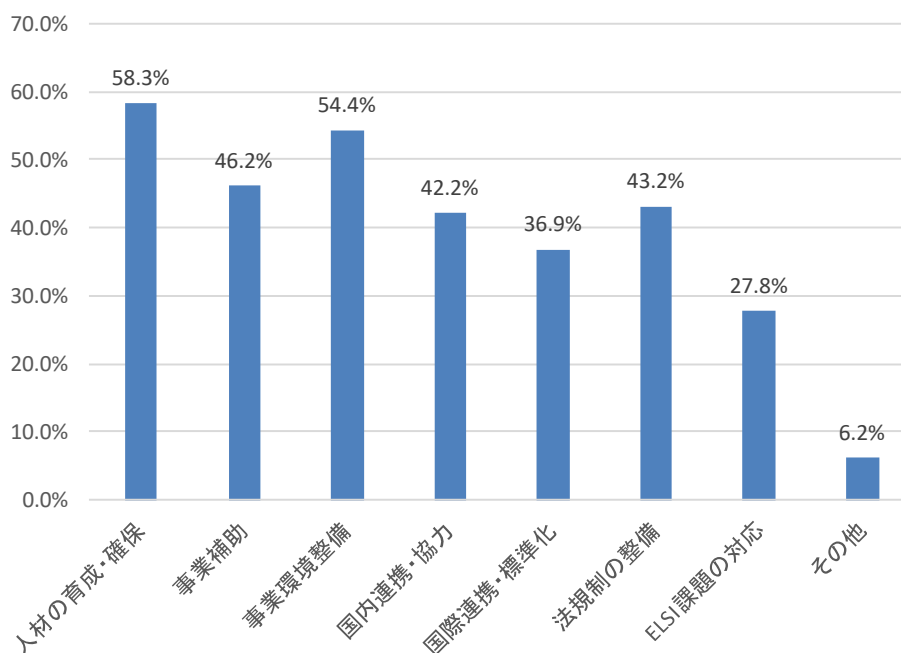
4.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

社会的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-4-27 のとおりである。

最も回答が多いものとして、「人材の育成・確保」(58.3%)があげられ、次いで「事業環境整備」(54.4%)、「事業補助」(46.2%)と続く。

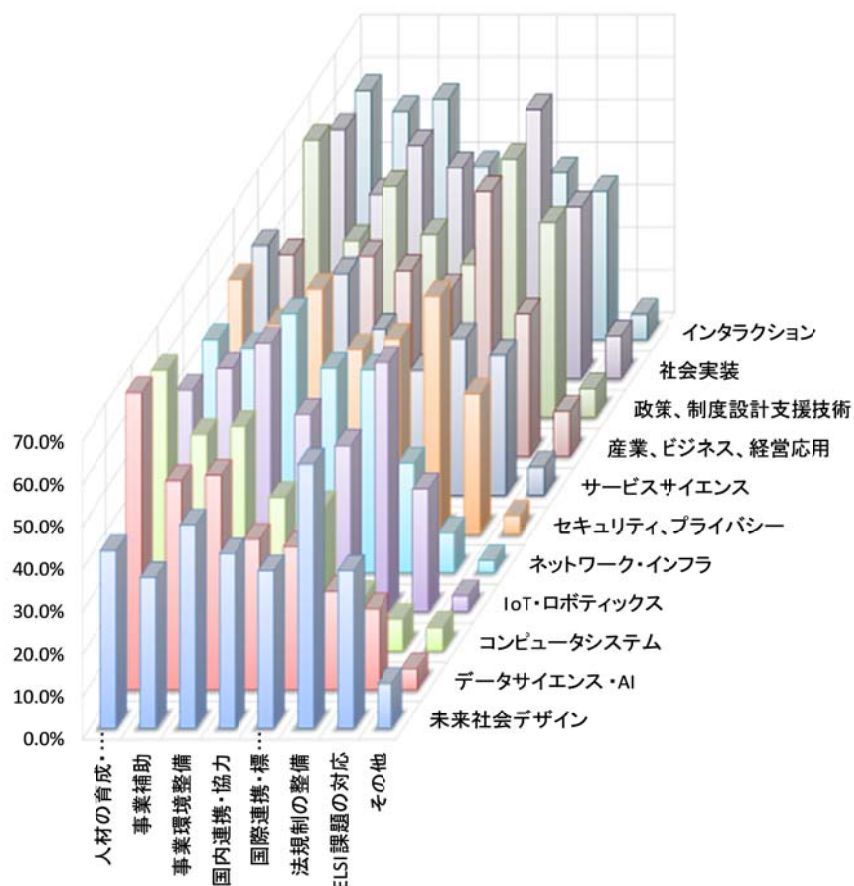
図表 II- 4-27 社会的実現に向けた政策手段



(2) 細目別の傾向

細目別では、「データサイエンス・AI」「コンピュータシステム」「政策、制度設計支援技術」の細目で、科学技術トピックの社会的実現に向けて、「人材の育成・確保」が必要とする回答比率が高い。また、「ネットワーク・インフラ」の細目で、「事業環境整備」、「国内連携・協力」、「国際連携・標準化」が必要とする回答比率が高い。「政策、制度設計支援技術」「社会実装」の細目では、他の細目と比べ、社会的実現に向けて「ELSI への対応」を必要とする回答が高い。

図表 II- 4-28 社会的実現のための政策手段(細目別)(%)



	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	ELSI対応	その他
未来社会デザイン	41.7%	35.4%	47.7%	41.1%	37.0%	62.2%	37.0%	10.5%
データサイエンス・AI	69.6%	49.1%	50.4%	35.3%	33.6%	22.9%	18.8%	4.9%
コンピュータシステム	65.8%	50.7%	52.6%	36.0%	33.8%	12.7%	7.2%	5.4%
IoT・ロボティクス	52.0%	57.1%	63.1%	46.3%	39.1%	58.6%	28.9%	3.7%
ネットワーク・インフラ	54.8%	52.7%	60.9%	48.1%	47.6%	25.9%	9.4%	2.8%
セキュリティ、プライバシー	59.8%	49.2%	57.6%	43.2%	45.9%	55.9%	32.8%	4.3%
サービスサイエンス	58.6%	42.1%	52.1%	39.1%	29.2%	36.8%	32.8%	6.6%
産業、ビジネス、経営応用	47.3%	28.0%	47.0%	43.6%	39.1%	62.1%	33.5%	10.4%
政策、制度設計支援技術	65.2%	41.5%	54.3%	42.8%	35.9%	60.7%	45.7%	6.7%
社会実装	58.6%	43.2%	54.8%	49.6%	32.7%	63.2%	40.2%	10.0%
インタラクション	58.5%	53.6%	56.6%	40.6%	33.2%	39.2%	34.8%	5.9%
総計	58.3%	46.2%	54.4%	42.2%	36.9%	43.2%	27.8%	6.2%

○人材の育成・確保

社会的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5

位)と割合の小さいトピック（下位 5 位)は以下の表に示すとおりである。

図表 II- 4-29 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
308	情報欠損・雑音・非定常性を含む大規模な非構造データから高速に精度良く機械学習を行う技術	77%	2027	2029	データサイエンス・AI
397	すべての国民がITリテラシーを身につけることによる、誰もがデジタル化の便益を享受できるインクルーシブな社会の実現とIT人材不足の解消	77%	2028	2032	社会実装
389	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術	76%	2029	2031	社会実装
318	核磁気共鳴や超伝導など現在考察されている量子ゲート実現手法のスケラビリティの大幅な改良による、数百ビットのコヒーレンスが保たれるゲート型量子コンピュータ(量子回路)	76%	2033	2035	コンピュータシステム
309	シミュレーションと機械学習を融合した実世界現象予測と実世界システム制御	75%	2028	2030	データサイエンス・AI
378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の10%以下となる	38%	2030	2028	産業、ビジネス、経営応用
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	38%	2027	2032	産業、ビジネス、経営応用
302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	33%	2027	2027	未来社会デザイン
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は10%以下となる	33%	2028	2033	産業、ビジネス、経営応用
301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	25%	2028	2032	未来社会デザイン

○事業補助

社会的実現に向けた政策手段として、「事業補助」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位)と割合の小さいトピック（下位 5 位)は図表 II-4-30 に示すとおりである。

図表 II- 4-30 政策手段を「事業補助」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
317	現在用いられているものよりスケラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	75%	2028	2029	コンピュータシステム
332	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム	71%	2026	2027	IoT・ロボティクス

	科学技術トピック	事業補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
328	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	71%	2025	2027	IoT・ロボティクス
335	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	67%	2028	2030	IoT・ロボティクス
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	66%	2028	2029	コンピュータシステム
370	顧客数や知的財産の重要度が高まり、企業価値を評価する際に、無形資産の評価割合が平均的に企業価値の70%に達する	23%	2028	2032	産業、ビジネス、経営応用
372	クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる	23%	2028	2031	産業、ビジネス、経営応用
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は10%以下となる	23%	2028	2032	産業、ビジネス、経営応用
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	23%	2027	2033	産業、ビジネス、経営応用
300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	20%	2027	2032	未来社会デザイン

○事業環境整備

社会的実現に向けた政策手段として、「事業環境整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は図表 II-4-31 に示すとおりである。

図表 II-4-31 政策手段を「事業環境整備」とするトピック(上位・下位5位)

	科学技術トピック	事業環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
332	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム	73%	2026	2027	IoT・ロボティクス
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	72%	2027	2031	社会実装
336	三品産業、サービス産業、物流産業に作業用ロボットが広く普及することによる、無人工場、無人店舗、無人物流倉庫、無人宅配搬送の実現	69%	2026	2029	IoT・ロボティクス

	科学技術トピック	事業環境	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
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）	69%	2028	2029	セキュリティ、プライバシー
389	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術	67%	2029	2031	社会実装
322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム	41%	2031	2035	コンピュータシステム
376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	40%	2032	2036	産業、ビジネス、経営応用
380	機械（AI、ロボット）と人間の関係について社会的合意に達する（新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する）	39%	2035	2035	政策、制度設計支援技術
301	すべての書籍が電子ブックとなる（紙による本の消滅）	38%	2028	2032	未来社会デザイン
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	38%	2028	2032	産業、ビジネス、経営応用

○国内連携・協力

社会的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-4-32 に示すとおりである。

図表 II- 4-32 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国内連携	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
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	61%	2027	2031	社会実装
340	高密度多重化による大容量通信、端末の動きを予測・追従し、選択的に大容量通信、端末間通信を実現する移動通信技術	58%	2027	2028	ネットワーク・インフラ
390	行政サービスの 100%デジタル化、行政保有データの 100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現	57%	2027	2032	社会実装
332	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム	55%	2026	2027	IoT・ロボティクス
389	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術	54%	2029	2031	社会実装

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
323	TEE(Trusted Execution Environment)等の、ハードウェアを利用したソフトウェア保護機能やソフトウェア安全実行環境の活用方法に関する体系化と整備	36%	2028	2031	コンピュータシステム
324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の 10 倍程度、LSI の微細化は今の 100 倍程度)	30%	2031	2033	コンピュータシステム
307	超大規模な組合せ最適化問題・非凸最適化問題の数理構造の解明と実時間近似解法の開発	30%	2029	2031	データサイエンス・AI
362	モノとの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上での、Service Dominant Logicなどをより発展させた新理論	26%	2028	2030	サービスサイエンス
326	1000 億行クラスのソースコードをもった実社会で稼働するソフトウェア	26%	2030	2032	コンピュータシステム

○国際連携・標準化

社会的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 件)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-4-33 に示すとおりである。

図表 II- 4-33 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
355	個人の社会活動や企業の経済活動を、ほぼ 100%キャッシュレス(暗号通貨含む)に実現できる、セキュアで効率的、かつ安心感を持てる経済基盤(金融機関だけでなく、商店、個人まで)	61%	2026	2030	セキュリティ、プライバシー
337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	57%	2027	2028	ネットワーク・インフラ
379	あらゆるビジネスが少数の世界的なプラットフォームの上で提供されるようになり、販売、決済、仕入、マーケティング、販売分析等の業務がほぼ全てそれらのプラットフォームの上で行われるようになる	55%	2028	2030	産業、ビジネス、経営応用
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	55%	2027	2033	産業、ビジネス、経営応用
340	高密度多重化による大容量通信、端末の動きを予測・追従し、選択的に大容量通信、端末間通信を実現する移動通信技術	54%	2027	2028	ネットワーク・インフラ
369	サービスに関する学術的知見に基づいた、提供者・利用者など各々の立場でサービスを活用していく能力(サービスリテラシー)のモデル構築、並びに身の回りの様々な分野でサービス化が進行した社会における教養科目化	22%	2026	2028	サービスサイエンス

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
372	クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の 30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる	22%	2028	2031	産業、ビジネス、経営応用
387	AI 技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム(法令文書が紙媒体前提からリンクデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる)	20%	2028	2033	政策、制度設計支援技術
390	行政サービスの 100%デジタル化、行政保有データの 100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現	19%	2027	2032	社会実装
394	マイナンバーとの連携によるデジタル技術を活用した災害情報伝達と生活再建手続の円滑化の実現	19%	2026	2031	社会実装

○法規制の整備

社会的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-4-34 に示すとおりである。

図表 II- 4-34 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	90%	2027	2032	未来社会デザイン
300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	81%	2027	2032	未来社会デザイン
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	78%	2027	2033	産業、ビジネス、経営応用
355	個人の社会活動や企業の経済活動を、ほぼ 100%キャッシュレス(暗号通貨含む)に実現できる、セキュアで効率的、かつ安心感を持てる経済基盤(金融機関だけでなく、商店、個人まで)	77%	2026	2030	セキュリティ、プライバシー
387	AI 技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム(法令文書が紙媒体前提からリンクデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる)	77%	2028	2033	政策、制度設計支援技術
318	核磁気共鳴や超伝導など現在考察されている量子ゲート実現手法のスケラビリティの大幅な改良による、数百ビットのコヒーレンスが保たれるゲート型量子コンピュータ(量子回路)	5%	2033	2035	コンピュータシステム
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	4%	2028	2029	コンピュータシステム
324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の 10 倍程度、LSI の微細化は今の 100 倍程度)	3%	2031	2033	コンピュータシステム

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム	2%	2031	2035	コンピュータシステム
320	汎用量子コンピュータ(量子回路)は実現できないが、量子アニーリング機械に続くものとして、特定の量子メカニズムを利用した特化型量子コンピュータの多様化	2%	2031	2033	コンピュータシステム

○ELSI への対応

社会的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-4-35 に示すとおりである。

図表 II- 4-35 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
380	機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)	69%	2035	2035	政策、制度設計支援技術
388	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム(未病社会を実現)	67%	2028	2033	社会実装
385	早期の意思決定を可能とする、ソーシャル・メディアからの状況把握(situational awareness)関連情報をリアルタイムに処理化するシステム	54%	2025	2029	政策、制度設計支援技術
360	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し携帯端末などで持ち歩くことにより、初めて訪れる店舗や場所でも、個別的かつ状況に応じたサービスを受けられるシステム	53%	2025	2029	サービスサイエンス
302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	53%	2027	2032	未来社会デザイン
317	現在用いられているものよりスケーラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	3%	2028	2029	コンピュータシステム
320	汎用量子コンピュータ(量子回路)は実現できないが、量子アニーリング機械に続くものとして、特定の量子メカニズムを利用した特化型量子コンピュータの多様化	3%	2031	2033	コンピュータシステム
322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム	2%	2031	2035	コンピュータシステム
324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の 10 倍程度、LSI の微細化は今の 100 倍程度)	1%	2031	2033	コンピュータシステム
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	1%	2028	2029	コンピュータシステム

○その他

社会的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は以下の表に示すとおりである。

図表 II- 4-36 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)	19%	2028	2032	未来社会デザイン
397	すべての国民がITリテラシーを身につけることによる、誰もがデジタル化の便益を享受できるインクルーシブな社会の実現とIT人材不足の解消	16%	2028	2032	社会実装
376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる	15%	2032	2036	産業、ビジネス、経営応用
390	行政サービスの 100%デジタル化、行政保有データの 100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現	14%	2027	2032	社会実装
373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は 10%以下となる	13%	2028	2032	産業、ビジネス、経営応用
341	クラウド・エッジ・端末が連携し、分散した計算資源とストレージ資源、通信資源が有機的に結合した、最適に利用可能な通信基盤技術	2%	2028	2029	ネットワーク・インフラ
309	シミュレーションと機械学習を融合した実世界現象予測と実世界システム制御	2%	2028	2030	データサイエンス・AI
317	現在用いられているものよりスケラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	2%	2028	2029	コンピュータシステム
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%	2028	2029	セキュリティ、プライバシー
338	転送データ量あたりの消費電力を飛躍的に削減する通信ネットワーク・通信ノード技術	1%	2028	2030	ネットワーク・インフラ

4.4.7. 科学技術的实现から社会的实现までの期間

科学技術的实现から社会的实现までの期間を細目別にみると、「社会実装」、「未来社会デザイン」細目が 3.8 年と最も長く、一方で、「ネットワーク・インフラ」の細目は 1.5 年と短い。

図表 II- 4-37 科学技術的実現から社会的実現までの期間(年)

	2021	2026	2031	2036	2041	2046	2051
IoT・ロボティクス		2.1					
インタラクション			2.7				
コンピュータシステム			2.5				
サービスサイエンス		2.2					
セキュリティ、プライバシー		2.3					
データサイエンス・AI		2.2					
ネットワーク・インフラ		1.5					
産業、ビジネス、経営応用			3.5				
社会実装		3.8					
政策、制度設計支援技術			2.75				
未来社会デザイン		3.8					
総計		2.7					

科学技術的実現から社会的実現までの期間の長い科学技術トピック(上位5位)および期間の短いトピック(下位5位)は図表 II-4-38 のとおりである。

図表 II- 4-38 科学技術的実現から社会的実現までの期間が長いトピック及び短いトピック

	科学技術トピック	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の 30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる	2027	2033	6	産業、ビジネス、経営応用
390	行政サービスの 100%デジタル化、行政保有データの 100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるブッシュ型行政の実現	2027	2032	5	社会実装
300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)	2027	2032	5	未来社会デザイン
394	マイナンバーとの連携によるデジタル技術を活用した災害情報伝達と生活再建手続の円滑化の実現	2026	2031	5	社会実装
375	コミュニティや個人間で電力の融通・取引を行う、ブロックチェーン技術等を活用したエネルギーシステム	2028	2033	5	産業、ビジネス、経営応用
319	量子しきい値ゲートや学習のフィードバック含めた量子通信路、量子メモリ等の実現による、量子ニューラルネットワーク	2035	2040	5	コンピュータシステム
387	AI 技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム(法令文書が紙媒体前提からリンクデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる)	2028	2033	5	政策、制度設計支援技術

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
388	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム(未病社会を実現)	2028	2033	5	社会実装
302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術	2027	2032	5	未来社会デザイン
317	現在用いられているものよりスケーラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	2028	2029	1	コンピュータシステム
337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術	2027	2028	1	ネットワーク・インフラ
316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)	2028	2029	1	コンピュータシステム
380	機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)	2035	2035	0	政策、制度設計支援技術
383	社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的／定量的にシミュレーションする技術	2032	2032	0	政策、制度設計支援技術

4.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックの実現時期は、図表 II-4-39 のとおりである。

図表 II- 4-39 他分野の本分野関連の科学技術トピックの科学技術的実現時期の分布(トピック数)

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
健康・医療・ 生命科学	老化及び非感染性疾患		3	1				
	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)		2					
	情報と健康、社会医学	2	5					
農 林 水 産・ 食品・バイオ	生産エコシステム		3					
	フードエコシステム		1					
	資源エコシステム		3					
	システム基盤		4					
	次世代バイオテクノロジー		5		1			
	安全・安心・健康		1					
	コミュニティ		1					
環境・資源・ エネルギー	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)		2	3				

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
	環境保全(解析・予測・評価・修復・再生、計画)		1					
	リスクマネジメント		1					
マテリアル・デバイス・プロセス	プロセス・マニファクチャリング	1	1					
	計算科学・データ科学		2	1				
	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)	1	3	7				
	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)		1	1				
	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)		1					
都市・建築・土木・交通	建設生産システム		1					
	交通システム	1						
	防災・減災技術			1				
	防災・減災情報	1	1					
宇宙・海洋・地球・科学基盤	海洋		1					
	観測・予測		1					
	計算・数理・情報科学		2					
	光・量子技術		2					
総計		6	48	14	1			

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックのうち、重要度指数の高い科学技術トピック(上位 20 位)は、次表に示す通りである。

分野・細目別では、マテリアル・デバイス・プロセス分野の「応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)」関連トピックが 4 件、次いで、健康・医療・生命科学分野の「情報と健康、社会医学」、「老化及び非感染性疾患」、農新水産・食品・バイオ分野の「生産エコシステム」、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の「光・量子技術」の関連トピックが各 2 件占めた。マテリアル・デバイス・プロセス分野の「応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)」を除くと、健康・医療・生命科学分野、農林水産・食品・バイオ分野のトピックが多くを占めた。

図表 II- 4-40 他分野で設定された本分野関連の科学技術トピック(重要度上位 20 位)

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
594	都市・建築・土木・交通	IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	1.48	2026	2028
33	健康・医療・生命科学	血液による、がんや認知症の早期診断・病態モニタリング	1.46	2027	2029
115	農林水産・食品・バイオ	人間を代替する農業ロボット	1.35	2026	2029

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
146	農林水産・食品・バイオ	人工衛星・気象観測データ等を活用したリアルタイムの高空間・高時間解像度気象予測と災害リスク評価システム	1.33	2028	2030
34	健康・医療・生命科学	がん、自己免疫疾患、アレルギー疾患に対する免疫系を基盤とした治療およびその効果予測	1.24	2029	2030
299	環境・資源・エネルギー	自然災害に対する電力システムのレジリエンスを高めるための分散電源制御技術(再生可能エネルギーを含む)	1.24	2028	2031
459	マテリアル・デバイス・プロセス	運動や記憶、情報処理、自然治癒など、人の心身における各種能力を加速・サポートするための、センシング・情報処理・アクチュエーション機能が統合された超小型HMI(ヒューマン・マシンインターフェイス)デバイス	1.20	2029	2032
695	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1000kmに渡り量子状態を保つ量子暗号通信ネットワークを実現する量子中継技術	1.17	2029	2034
422	マテリアル・デバイス・プロセス	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム	1.16	2026	2029
75	健康・医療・生命科学	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム	1.15	2025	2028
182	農林水産・食品・バイオ	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	1.15	2027	2029
439	マテリアル・デバイス・プロセス	データ同化による精緻化した予測モデルによるシミュレーション、情報統計力学などを、材料学上の逆問題に適用し、求める機能・物性を有する材料の構造や成分、プロセスを推定する技術	1.13	2029	2032
593	都市・建築・土木・交通	知能化された無限定環境(未知環境)での自律移動が可能な災害対応ロボット	1.12	2031	2034
463	マテリアル・デバイス・プロセス	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子	1.10	2033	2035
465	マテリアル・デバイス・プロセス	急峻 on/off トランジスタ・アナログ記憶素子のモノリシック三次元集積により実現する超並列・低消費電力 AI チップ	1.06	2030	2032
555	都市・建築・土木・交通	建設現場で、AI を用いて作業進捗状況を常時把握・分析し、適切に工程管理、自動的に工程を最適化・修正する技術	1.03	2029	2030
72	健康・医療・生命科学	日常生活(購買・飲食等)から集積されるライフスタイルビッグデータ(匿名加工情報)活用による健康政策	1.03	2025	2028
700	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1 波長当たり 1T bit/s の超高速伝送システムを備えた、WDM 方式による 1Pbit/s のフォトニクスネットワーク	1.02	2028	2031
483	マテリアル・デバイス・プロセス	経年劣化・損傷に対する自己修復機能を有し、ビル等の建築構造物の機能を維持できる構造材料	1.02	2033	2035
108	農林水産・食品・バイオ	短・中期気象予報と生物学的知識と AI を融合した高精度作物モデルの統合による農作物の生育予測・診断システム	1.02	2028	2031

4.4.9. 未来科学技術年表

(1) 科学技術的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2024	313	初心者でも使える機械学習活用基盤の普及
	315	AI ソフトウェアの開発環境の標準化
2025	312	自然画像から所望の情報を抽出できる画像処理技術
	328	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術
	358	ウェブルーミングやショールーミング(実店舗で商品を見てWEB で購入、もしくはその逆)など、サイバー空間と実空間を行き来する利用者の行動を統合して解明できる技術
	360	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し携帯端末などで持ち歩くことにより、初めて訪れる店舗や場所でも、個別的かつ状況に応じたサービスを受けられるシステム
	364	情報技術を用いたエンドユーザでも容易に利用可能なデザインツールやパーソナルファブリケーション技術(ハイアマチュアや複数人の共同によって制作される製品・サービスのコンテンツが増加し、それを享受する一般利用者の元でも簡便にカスタマイズできるようになる)
	385	早期の意思決定を可能とする、ソーシャル・メディアからの状況把握(situational awareness) 関連情報をリアルタイムに処理化するシステム
	395	外国人受け入れを背景とした、翻訳技術の向上による、外国人の受け入れ環境の充実化
2026	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
	332	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム
	336	三品産業、サービス産業、物流産業に作業用ロボットが広く普及することによる、無人工場、無人店舗、無人物流倉庫、無人宅配搬送の実現
	339	クラウドデータセンタにおける通信大容量化やアーキテクチャの進化可能性を実現するデータプレーン技術
	354	PC、スマートフォン、個人用 IoT 機器のメンテナンス(ソフトウェア更新等)が利用者の負担無く自動的に実施できる新たなOSやソフトウェア技術、遠隔メンテナンス技術
	355	個人の社会活動や企業の経済活動を、ほぼ 100%キャッシュレス(暗号通貨含む)に実現できる、セキュアで効率的、かつ安心感を持てる経済基盤(金融機関だけでなく、商店、個人まで)
	369	サービスに関する学術的知見に基づいた、提供者・利用者など各々の立場でサービスを活用していく能力(サービスリテラシー)のモデル構築、並びに身の回りの様々な分野でサービス化が進行した社会における教養科目化
	391	キャッシュレス化による支払・決済の省力化、消費者購買履歴データの蓄積・活用の推進による新たなサービス創出の基盤構築
2027	394	マイナンバーとの連携によるデジタル技術を活用した災害情報伝達と生活再建手続の円滑化の実現
	300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)
	302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術
	303	画像認識と音声認識が融合した、映画音声のリアルタイム自動翻訳
	304	AI による予算執行、多人数の会議の時間と場所の調整、業務に必要な資料の準備、提案書や報告書の作成等の秘書業務代替システム
	308	情報欠損・雑音・非定常性を含む大規模な非構造データから高速に精度良く機械学習を行う技術
	314	ヒトが見聞きしても違和感のないレベルで所望の文章・画像・音などを自動生成する技術
	321	社会基盤としてブロックチェーンが広く用いられたときに最適なコンピュータアーキテクチャ
	330	電子タグの小型近距離無線通信などにより、1 兆個のインテリジェントデバイスのインターネット接続実現
	331	都市空間のすべての人や車両(鉄道車両、自動車など)の位置情報がリアルタイムに把握可能となる都市全体の効率良い交通管制システム
	333	地下施設や屋内を含む、日本国土のあらゆる場所での、誤差 5cm 以内の測位技術
	337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術
	340	高密度多重化による大容量通信、端末の動きを予測・追従し、選択的に大容量通信、端末間通信を実現する移動通信技術
	343	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術
	344	マルチコアファイバ・シリコンフォトニクスなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術

年	No.	科学技術トピック
	346	性能・柔軟性・堅牢性を兼ね備えるソフトウェア化されたネットワーク機器の構成技術
2027	351	ニュースの取りまとめサイトや、ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報、これらからマイニングで得られる情報の信憑性・信頼性を、分野毎の特性(政治、経済、学術、等)に応じて分析する技術(自動翻訳技術、デジタル画像鑑定技術も含む)
	357	AI 技術により自ら能力を向上・維持できるマルウェア検出・排除機能のネットワークへの実装整備
	359	サービスにおける利用者の主観性や多様性を考慮した品質測定技術
	361	(個人や社会が持つ資源・スキルの効果的組み合わせや、共創における相互作用のダイナミズムが理論化された結果、)様々な資源・スキルの遊休状況を複合したシェアサービスの可能性を計算機上で検討可能なシステム
	367	従来の顧客満足度に加え、サービスを新たにデザインしたり評価したりする際の尺度として重要な、個々人にとってのウェルビーイングと Sustainable Development Goals (SDGs) への寄与に関する解析を実現する理論・技術
	371	知的財産の扱いが明確化され、新規事業全体のうちオープンイノベーションによる新製品・サービスの割合が30%を超える
	374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる
	390	行政サービスの100%デジタル化、行政保有データの100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現
	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
	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
2028	301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)
	306	ヒトと違和感なくコミュニケーションが取れる対話技術
	309	シミュレーションと機械学習を融合した実世界現象予測と実世界システム制御
	310	深層学習の最適化と汎化の原理の理論的解明
	311	自然環境においてヒト以上の性能を持つ音声音響認識・話者識別技術
	316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)
	317	現在用いられているものよりスケラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)
	323	TEE(Trusted Execution Environment)等の、ハードウェアを利用したソフトウェア保護機能やソフトウェア安全実行環境の活用方法に関する体系化と整備
	334	人が直接触れるデジタルデバイスの通信がすべて無線通信化され、通信ケーブルが消滅
	335	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術
	338	転送データ量あたりの消費電力を飛躍的に削減する通信ネットワーク・通信ノード技術
	341	クラウド・エッジ・端末が連携し、分散した計算資源とストレージ資源、通信資源が有機的に結合した、最適に利用可能な通信基盤技術
	342	情報や機能を名前により指定し、網内で情報処理を実施する情報指向・コンテンツ指向ネットワーク
	347	エンド・ツー・エンドでアプリケーションやサービスを非干渉に収容するスライス技術
	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)
	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
	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)
	352	個人に関わる全てのセンサ類や、それらを通して自分の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を誰にどのようにセンサされているかを把握可能にするとともに、その利活用に個人利用者が主体的に関わる(情報の削除を含む)ことで、プライバシーと利便性のバランスを柔軟に設定できる IoT セキュリティ技術とプライバシー管理技術
	353	個人データを保護しながら、安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するために、プライバシー情報を漏らさずに機微な個人データを活用する技術(安全性レベルの標準化を含む)
	362	モノとの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上での、Service Dominant Logic などにより発展させた新理論

年	No.	科学技術トピック
	363	共創によって生成される価値の測定尺度の理論化、および現実世界から得られるデータを基にした評価化（様々な分野におけるサービスエコシステムの形成への貢献）
2028	365	教育や育成のプロセスでの指標として様々な業種で横断的に使われるような、サービス提供者および組織のスキルや成熟度を診断する手法
	368	サービス産業における接客・対人業務の大半が、人が得意とする領域のみとなった状況下での、生産性とQoW（Quality of Work）の向上の両方を実現する技術・制度
	370	顧客数や知的財産の重要度が高まり、企業価値を評価する際に、無形資産の評価割合が平均的に企業価値の70%に達する
	372	クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる
	373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は10%以下となる
	375	コミュニティや個人間で電力の融通・取引を行う、ブロックチェーン技術等を活用したエネルギーシステム
	379	あらゆるビジネスが少数の世界的なプラットフォームの上で提供されるようになり、販売、決済、仕入、マーケティング、販売分析等の業務がほぼ全てそれらのプラットフォームの上で行われるようになる
	384	従来の統計データに加え、ビッグデータやAIも活用した政策立案支援技術
	387	AI技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム（法令文書が紙媒体前提からリンクトデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる）
	388	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、健康維持システム（未病社会を実現）
	393	教育にAI・ブロックチェーンが導入され、学校法人の枠を超えた学習スタイルが構築され、生涯スキルアップ社会の実現
	397	すべての国民がITリテラシーを身につけることによる、誰もがデジタル化の便益を享受できるインクルーシブな社会の実現とIT人材不足の解消
2029	403	表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別のできない対話的なバーチャルエージェント（受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる）
	405	過去の自分自身や偉人、遠隔地の人、ビデオゲームのキャラクタなどと競うことが可能な、実空間上での自然な情報提示によるARスポーツ
	307	超大規模な組合せ最適化問題・非凸最適化問題の数理構造の解明と実時間近似解法の開発
	325	AI技術等を活用したソフトウェアによるプログラムの自動生成、自動デバッグ、自動検証、自動テストが可能になることで、ソフトウェアの生産性が飛躍的に向上し、世界中のオープンソース・ソフトウェアモジュールがワンストップで検索・ダウンロード可能になる
	329	当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることを実現する、等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットの開発と普及
	366	財・サービスの利用によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情と生理計測の研究が進み、顧客経験を直接に分析、測定、評価できるようになり、かつ研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法の確立
	377	マス・カスタマイゼーションが自動車、衣服、レジャー用品など幅広い分野で普及し、既製品を購入するよりも自分のニーズに合ったものを個別に発注して購入する形態が主流となる
	389	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術
	401	専門的知識を持たない一般ユーザが、自動車や家などの複雑な人工物を、既存のライブラリから機能要素を選択するなどして、自分で設計・製作できるようにする技術
	404	群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム（大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効）
2030	326	1000億行クラスのソースコードをもった実社会で稼働するソフトウェア
	327	あらゆるデータのオントロジーの統一による、世界中のデータ流通や共有コストの劇的減少
	378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の10%以下となる
	398	個人の体験を、感覚情報のみならず、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを編集・伝達・体験・共有できるようにするメディア
	399	誰もが遠隔地の人やロボットの動作の一部もしくは全身を自在に操り、身体の貸主や周囲の人と協調して作業を行うことができる身体共有技術
	400	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス（消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される）
	406	カメラレスモーションキャプチャにより、いつでもどこでも自身の感覚フィードバックの量や質を調整し、無意識のうちに身体動作を変化させられるバーチャルエンボディメント

年	No.	科学技術トピック
2031	320	汎用量子コンピュータ(量子回路)は実現できないが、量子アニーリング機械に続くものとして、特定の量子メカニズムを利用した特化型量子コンピュータの多様化
	322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム
2031	324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の 10 倍程度、LSI の微細化は今の 100 倍程度)
	356	量子情報通信技術の発展により、ICT システムの安全性の根拠が、既存の暗号技術に基づくものから、量子技術等に基づく新たな安全性のフレームワークへ置換
	381	法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む)
	382	分散台帳技術やスマートコントラクトなどの活用による、知的財産の流通における中央機関のない自律分散化
	386	超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術
	402	発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置
2032	376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる
	383	社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的／定量的にシミュレーションする技術
2033	318	核磁気共鳴や超伝導など現在考察されている量子ゲート実現手法のスケーラビリティの大幅な改良による、数百ビットのコヒーレンスが保たれるゲート型量子コンピュータ(量子回路)
	345	量子暗号を利用した革新的にセキュアな量子通信
2035	319	量子しきい値ゲートや学習のフィードバック含めた量子通信路、量子メモリ等の実現による、量子ニューラルネットワーク
	380	機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)

(2) 社会的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2025	313	初心者でも使える機械学習活用基盤の普及
2027	315	AI ソフトウェアの開発環境の標準化
	328	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術
	332	自動運転トラクタ等による無人農業、IoT を利用した精密農業の普及と、それらを通じて取得した環境データ等に基づいた環境制御システム
2028	312	自然画像から所望の情報を抽出できる画像処理技術
	337	大容量、超信頼・超低遅延、超多数端末通信の複数を同時に実現する有無線移動通信技術
	339	クラウドデータセンタにおける通信大容量化やアーキテクチャの進化可能性を実現するデータプレーン技術
	340	高密度多重化による大容量通信、端末の動きを予測・追従し、選択的に大容量通信、端末間通信を実現する移動通信技術
	344	マルチコアファイバ・シリコンフォトリソグラフィなどの、革新的に大容量かつ高密度収容可能な光通信技術
	354	PC、スマートフォン、個人用 IoT 機器のメンテナンス(ソフトウェア更新等)が利用者の負担無く自動的に実施できる新たなOSやソフトウェア技術、遠隔メンテナンス技術
	358	ウェブルーミングやショールーミング(実店舗で商品を見てWEB で購入、もしくはその逆)など、サイバー空間と実空間を行き来する利用者の行動を統合して解明できる技術
	364	情報技術を用いたエンドユーザでも容易に利用可能なデザインツールやパーソナルファブリケーション技術(ハイアマチュアや複数人の共同によって制作される製品・サービスのコンテンツが増加し、それを享受する一般利用者の元でも簡便にカスタマイズできるようになる)
	367	従来の顧客満足度に加え、サービスを新たにデザインしたり評価したりする際の尺度として重要な、個々人にとってのウェルビーイングと Sustainable Development Goals (SDGs) への寄与に関する解析を実現する理論・技術
	369	サービスに関する学術的知見に基づいた、提供者・利用者など各々の立場でサービスを活用していく能力(サービスリテラシー)のモデル構築、並びに身の回りの様々な分野でサービス化が進行した社会における教養科目化
	395	外国人受け入れを背景とした、翻訳技術の向上による、外国人の受け入れ環境の充実化
2029	303	画像認識と音声認識が融合した、映画音声のリアルタイム自動翻訳
	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
	308	情報欠損・雑音・非正常性を含む大規模な非構造データから高速に精度良く機械学習を行う技術
	314	ヒトが見聞きしても違和感のないレベルで所望の文章・画像・音などを自動生成する技術
	316	現在用いられているものより電力性能比が大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)
	317	現在用いられているものよりスケラビリティが大幅(100 倍程度)に改善されたスーパーコンピュータ(並列化による大規模計算機システム)
	321	社会基盤としてブロックチェーンが広く用いられたときに最適なコンピュータアーキテクチャ
	330	電子タグの小型近距離無線通信などにより、1 兆個のインテリジェントデバイスのインターネット接続実現
	333	地下施設や屋内を含む、日本国土のあらゆる場所での、誤差 5cm 以内の測位技術
	336	三品産業、サービス産業、物流産業に作業用ロボットが広く普及することによる、無人工場、無人店舗、無人物流倉庫、無人宅配搬送の実現
	341	クラウド・エッジ・端末が連携し、分散した計算資源とストレージ資源、通信資源が有機的に結合した、最適に利用可能な通信基盤技術
	343	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術
	346	性能・柔軟性・堅牢性を兼ね備えるソフトウェア化されたネットワーク機器の構成技術
	347	エンド・ツー・エンドでアプリケーションやサービスを非干渉に収容するスライス技術
	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)
	351	ニュースの取りまとめサイトや、ウェブ・ソーシャルメディアなどのネット上の情報、これらからマイニングで得られる情報の信頼性・信頼性を、分野毎の特性(政治、経済、学術、等)に応じて分析する技術(自動翻訳技術、デジタル画像鑑定技術も含む)
	353	個人データを保護しながら、安心な電子投票や電子カルテ共有を実現するために、プライバシー情報を漏らさずに機微な個人データを活用する技術(安全性レベルの標準化を含む)
	357	AI 技術により自ら能力を向上・維持できるマルウェア検出・排除機能のネットワークへの実装整備

年	No.	科学技術トピック
	359	サービスにおける利用者の主観性や多様性を考慮した品質測定技術
2029	360	個々人のセンサデータをはじめとしたプロフィールを個人で管理し携帯端末などで持ち歩くことにより、初めて訪れる店舗や場所でも、個別的かつ状況に応じたサービスを受けられるシステム
	361	(個人や社会が持つ資源・スキルの効果的組み合わせや、共創における相互作用のダイナミズムが理論化された結果、) 様々な資源・スキルの遊休状況を複合したシェアサービスの可能性を計算機上で検討可能なシステム
	363	共創によって生成される価値の測定尺度の理論化、および現実世界から得られるデータを基にした評価化(様々な分野におけるサービスエコシステムの形成への貢献)
	385	早期の意思決定を可能とする、ソーシャル・メディアからの状況把握(situational awareness) 関連情報をリアルタイムに処理化するシステム
	391	キャッシュレス化による支払・決済の省力化、消費者購買履歴データの蓄積・活用の推進による新たなサービス創出の基盤構築
2030	304	AI による予算執行、多人数の会議の時間と場所の調整、業務に必要な資料の準備、提案書や報告書の作成等の秘書業務代替システム
	306	ヒトと違和感なくコミュニケーションが取れる対話技術
	309	シミュレーションと機械学習を融合した実世界現象予測と実世界システム制御
	310	深層学習の最適化と汎化の原理の理論的解明
	311	自然環境においてヒト以上の性能を持つ音声音響認識・話者識別技術
	331	都市空間のすべての人や車両(鉄道車両、自動車など)の位置情報がリアルタイムに把握可能となる都市全体の効率良い交通管制システム
	334	人が直接触れるデジタルデバイスの通信がすべて無線通信化され、通信ケーブルが消滅
	335	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術
	338	転送データ量あたりの消費電力を飛躍的に削減する通信ネットワーク・通信ノード技術
	342	情報や機能を名前により指定し、網内で情報処理を実施する情報指向・コンテンツ指向ネットワーク
	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
	352	個人に関わる全てのセンサ類や、それらを通して自分の行動情報(センサ情報、購買履歴など)を誰にどのようににセンサされているかを把握可能にするとともに、その利活用に個人利用者が主体的に関わる(情報の削除を含む)ことで、プライバシーと利便性のバランスを柔軟に設定できる IoT セキュリティ技術とプライバシー管理技術
	355	個人の社会活動や企業の経済活動を、ほぼ 100%キャッシュレス(暗号通貨含む)に実現できる、セキュアで効率的、かつ安心感を持てる経済基盤(金融機関だけでなく、商店、個人まで)
	362	モノとの二分論によるサービスの定義が完全に過去のものとなり、個人や社会に対して価値をもたらす行為全般との認識が浸透した上での、Service Dominant Logic などをより発展させた新理論
	365	教育や育成のプロセスでの指標として様々な業種で横断的に使われるような、サービス提供者および組織のスキルや成熟度を診断する手法
	368	サービス産業における接客・対人業務の大半が、人が得意とする領域のみとなった状況下での、生産性と QoW (Quality of Work) の向上の両方を実現する技術・制度
	371	知的財産の扱いが明確化され、新規事業全体のうちオープンイノベーションによる新製品・サービスの割合が 30%を超える
	379	あらゆるビジネスが少数の世界的なプラットフォームの上で提供されるようになり、販売、決済、仕入、マーケティング、販売分析等の業務がほぼ全てそれらのプラットフォームの上で行われるようになる
	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
	403	表情・身振り・感情・存在感などにおいて本物の人間と簡単には区別のできない対話的なバーチャルエージェント(受付や案内など、数分間のやりとりが自然に行えるようになる)
	405	過去の自分自身や偉人、遠隔地の人、ビデオゲームのキャラクタなどと競うことが可能な、実空間上での自然な情報提示による AR スポーツ
2031	307	超大規模な組合せ最適化問題・非凸最適化問題の数理構造の解明と実時間近似解法の開発
	323	TEE (Trusted Execution Environment) 等の、ハードウェアを利用したソフトウェア保護機能やソフトウェア安全実行環境の活用方法に関する体系化と整備
	329	当人の代わりに買い物をしたり、他の人と出会ったりすることを実現する、等身大のパーソナルロボットやテレプレゼンスロボットの開発と普及

年	No.	科学技術トピック
	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)
	366	財・サービスの利用によって生じる快、不快、好き、嫌い等の感情と生理計測の研究が進み、顧客経験を直接に分析、測定、評価できるようになり、かつ研究開発、販売、マーケティング等に用いる方法の確立
2031	372	クラウドソーシングやジョブマッチングのプラットフォームが普及し、労働人口の30%以上が企業等の雇用労働者ではなくフリーランスとして働くようになる
	377	マス・カスタマイゼーションが自動車、衣服、レジャー用品など幅広い分野で普及し、既製品を購入するよりも自分のニーズに合ったものを個別に発注して購入する形態が主流となる
	389	農業の生産性、人手不足・担い手不足の解消を抜本的に改善するAI、IoT、ロボット等技術
	394	マイナンバーとの連携によるデジタル技術を活用した災害情報伝達と生活再建手続の円滑化の実現
	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
2032	300	すべての経済取引を電子化する技術(すべての貨幣が電子マネーとなって現金が消滅し、貨幣経済の仕組みが根本から変わる)
	301	すべての書籍が電子ブックとなる(紙による本の消滅)
	302	全ての選挙がインターネット上で実施可能となるレベルのネット上での個人認証技術
	325	AI 技術等を活用したソフトウェアによるプログラムの自動生成、自動デバッグ、自動検証、自動テストが可能になることで、ソフトウェアの生産性が飛躍的に向上し、世界中のオープンソース・ソフトウェアモジュールがワンストップで検索・ダウンロード可能になる
	326	1000 億行クラスのソースコードをもった実社会で稼働するソフトウェア
	370	顧客数や知的財産の重要度が高まり、企業価値を評価する際に、無形資産の評価割合が平均的に企業価値の70%に達する
	373	移動、レジャー、食事、衣服など幅広い分野でシェアリングエコノミーとサービス化が進展し、一般生活者の消費支出のうち購買が占める割合は10%以下となる
	378	ネット販売と配送サービスが普及することにより、実店舗での購入は全消費額の10%以下となる
	383	社会実装前のサービスシステムを、経済的・技術的・社会的な観点から、定性的／定量的にシミュレーションする技術
	384	従来の統計データに加え、ビッグデータやAIも活用した政策立案支援技術
	390	行政サービスの100%デジタル化、行政保有データの100%オープン化による、役所での申請手続等を最小化できるプッシュ型行政の実現
	393	教育にAI・ブロックチェーンが導入され、学校法人の枠を超えた学習スタイルが構築され、生涯スキルアップ社会の実現
	397	すべての国民がITリテラシーを身につけることによる、誰もがデジタル化の便益を享受できるインクルーシブな社会の実現とIT人材不足の解消
	400	視覚・嗅覚・触覚・記憶力・膂力など、人間の身体能力・知的能力を、自然な形で拡張する小型装着型デバイス(消防やレスキューなど超人的な能力が要求される現場で実際に利用される)
	404	群衆のウェアラブルデバイスによって取得した一人称視点映像群から建物・人間・自動車などを認識し、事故・危険予測情報を装着者に提供するシステム(大規模災害発生時の救助・避難支援でも有効)
	406	カメラレスモーションキャプチャにより、いつでもどこでも自身の感覚フィードバックの量や質を調整し、無意識のうちに身体動作を変化させられるバーチャルエンボディメント
2033	320	汎用量子コンピュータ(量子回路)は実現できないが、量子アニーリング機械に続くものとして、特定の量子メカニズムを利用した特化型量子コンピュータの多様化
	324	ムーアの法則が終焉するのに伴い、シリコンを用いたプロセッサのクロック周波数の改善(今の10倍程度、LSIの微細化は今の100倍程度)
	327	あらゆるデータのオントロジーの統一による、世界中のデータ流通や共有コストの劇的減少
	374	一般生活者が日常生活で行う決済の総額の30%以上を、中央銀行がコントロールせずブロックチェーン技術で管理される仮想通貨で行うようになる
	375	コミュニティや個人間で電力の融通・取引を行う、ブロックチェーン技術等を活用したエネルギーシステム
	381	法規制のもたらす社会・経済的インパクトの推定を可能とする、個人や集団が置かれている状況把握のリアルタイム化を含む、適切な助言やリスクの提示を行うシステム(政策助言システム、高度医療助言システムなどを含む)
	387	AI 技術などを活用した法令文書自動作成・変更システム(法令文書が紙媒体前提からリンクトデータなどを活用するデジタル媒体前提に変わることによる)
	388	ブロックチェーン技術を用いた、出生から現在に至るまでの健康・医療・介護等情報の紐づけデータに基づく、

年	No.	科学技術トピック
		健康維持システム(未病社会を実現)
	398	個人の体験を、感覚情報のみならず、その時の心理状態なども含めて生々しい肌感覚として記録し、それを編集・伝達・体験・共有できるようにするメディア
	399	誰もが遠隔地の人やロボットの動作の一部もしくは全身を自在に操り、身体の貸主や周囲の人と協調して作業を行うことができる身体共有技術
	401	専門的知識を持たない一般ユーザが、自動車や家などの複雑な人工物を、既存のライブラリから機能要素を選択するなどして、自分で設計・製作できるようにする技術
2034	345	量子暗号を利用した革新的にセキュアな量子通信
	386	超多数ノード(個人)により構成されたネットワーク上での実社会をリアルに再現できるシミュレーション技術
	402	発話ができない人や動物が、言語表現を理解したり、自分の意志を言語にして表現したりすることを可能にするポータブル会話装置
2035	318	核磁気共鳴や超伝導など現在考察されている量子ゲート実現手法のスケールビリティの大幅な改良による、数百ビットのコヒーレンスが保たれるゲート型量子コンピュータ(量子回路)
	322	Shor のアルゴリズム、Grover のアルゴリズム以外の古典的なアルゴリズムを本質的に改良する基本的量子アルゴリズム
	356	量子情報通信技術の発展により、ICT システムの安全性の根拠が、既存の暗号技術に基づくものから、量子技術等に基づく新たな安全性のフレームワークへ置換
	380	機械(AI、ロボット)と人間の関係について社会的合意に達する(新たな機械三原則が確立され、法的整備も進み、機械が人間と協調的に共存する安定した社会・経済システムが実現する)
	382	分散台帳技術やスマートコントラクトなどの活用による、知的財産の流通における中央機関のない自律分散化
2036	376	AI が普及し、大半の業務を自動化することができるようになることで、現役世代の約 30%が働かない社会となる
2040	319	量子しきい値ゲートや学習のフィードバック含めた量子通信路、量子メモリ等の実現による、量子ニューラルネットワーク

5. マテリアル・デバイス・プロセス分野

5.1. 将来の展望

5.1.1. 総論

(1) 細目の構成

マテリアル・デバイス・プロセス分野は、ICT、環境・エネルギー、ライフサイエンス、インフラ等に関わる社会課題解決のための分野横断的な基幹科学技術分野である。細目は、コアである「物質・材料」「プロセス・マニュファクチャリング」、ツールとしての「計算科学・データ科学」「先端計測・解析手法」、応用としての「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)」「応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)」および新設の「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」の 8 つから構成された。今回の調査では、これら分野における基礎から応用までを体系的に網羅するとともに、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、最近注目されるトピックも盛り込み、それぞれの細目に対応する計 101 トピックを取り上げた。

(2) 本分野の今後の方向性

調査で重要度が特に高いとされたのは、環境・エネルギー分野の二次電池・太陽電池・燃料電池関連、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、インフラ・モビリティ分野の構造物診断関連の科学技術トピックであった。細目別では、環境・エネルギー分野とインフラ・モビリティ分野は、重要度・国際競争力ともに高く、一方、計算科学・データ科学と ICT・ナノエレクトロニクス分野は、重要度は比較的高いが国際競争力は低いという結果であった。また実現時期は、科学技術的実現では 2026～2030 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が 2026～2030 年と早く、ICT・ナノエレクトロニクス分野は 2035～2040 年と遅かった。実現に向けた政策手段としては、科学技術的および社会的実現において、人材の育成・確保、研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備の重要性について指摘があった。計算科学・データ科学においては、人材の育成・確保が必要とされ、環境・エネルギー分野では研究開発費・事業補助、研究基盤整備・事業環境整備が重要とされた。ライフ・バイオ分野では、法規制の整備と ELSI への対応が求められている。今回の調査結果をもとにした、人材育成、資源配分、法整備に関する戦略的な取り組みが期待される。

(榎学)

5.1.2. 細目概要

① 物質・材料

i) 概要

細目「物質・材料」では、具体的には「新しい物質・材料・機能の創成」を検討範囲として設定した。新規な物質、材料の合成およびそれらの実現による新たな機能の発現を意図するもので、まさしくマテリア

ル分野の根幹になるものである。近年のテクノロジーの発展の多くの部分(あるいはほとんどの部分)が新たな材料の合成、材料の高品質化、材料の組み合わせ・加工が基礎となっていることは誰も否定できない。今後もこの分野の重要度が高く、今回のアンケートにおいても 11 のトピックを取り上げた。

ii) 社会的意義

「新しい物質・材料の創成」は、一見地味な開発領域であり研究開発にも時間・労力の掛かる分野であるが、これまでに無かった物質・材料が生み出す「新たな機能」は昨日までの社会を大きく変化させ得る魅力を持つ領域である。これまでも半導体や超電導材料等の電子材料の発展が現在の電子技術の発展につながり、ICT 情報インフラの基盤になってきた。これら「新しい物質・材料の創成」による「新しい機能」は、いったん開発・普及が進めば不可逆的に社会生活を進展させる可能性のあるものである。新しい構造体、新しいデバイス、新しいエネルギーインフラ、すべての分野において物質・材料の研究開発、製造技術開発が基礎となり、その波及効果の大きさ、重要性は今後も変わることはない。

iii) 今後の展望

「物質・材料」に対するアンケート回答数の多さは、本分野の中でも突出している。総じて特定のデバイスやシステムを構成するに必要な「物質・材料」は多岐に亘っているが、素材開発に強い日本の底力が、今回のアンケート回答数にも反映されていると解釈できる一方で、ますます少量多品種化が進む懸念も残る。そうした中でも国際競争力が期待できるトピックとしては燃料電池用触媒や、パワー半導体、二次電池などのエネルギーデバイス関連材料の重要度が高い他、炭素系材料・防蝕技術など構造材料関連トピックが挙げられる。気候変動対策に向けて、エネルギーデバイスの更なる効率化を図ると共に、インフラの保全・強靱も推進するといった攻めと守りの両輪を支える物質・材料への関心が強い。また製造プロセス含めサーキュラーエコノミーの実現に資する材料への関心もみられる。

科学技術の実現時期は、2026～2030 年、社会的実現時期は 2031～2035 年とする回答が多くなっている。また、科学技術的、社会的実現のための政策手段として人材育成、研究開発費拡充、研究基盤整備が重要であるとなっており、国際競争力強化のための基盤整備の必要性を示した。一方で ELSI、法規制整備、国際連携・標準化、といった政策手段への注目度は低いという結果となった。特にグローバルな社会的実現を図る際には、これら 3 点は今後ますます重要な視点となることを鑑みれば、別途なんらかの政策手段を講じるべきであろう。

(小山珠美、安藤寿浩)

②プロセス・マニファクチャリング

i) 概要

1900 年代後半は大量生産の時代であり、プロセス・マニファクチャリングは高性能な製品を安く速く大量に提供するものづくりを支えてきた。このような時代に技術に求められる価値は精度、微細性、生産性などであった。一方 2000 年に以降は、単に性能の良い製品を作るにとどまらず、カスタマイゼーションやサステナビリティが新たな価値観として重要視されるようになってきた。そのような時代においては、少量生産に適した付加製造(3D プリンティング)などの新たな加工法の高度化や IoT 等の活用により多

様性を向上させる技術、環境負荷の小さいプロセスもしくは環境負荷の小さい製品を製造するプロセスが重要になる。

ii) 社会的意義

大量生産大量消費の時代は、同じものを大量に生産することで製品一個あたりの設計コスト、開発コスト、生産コストを低減することで製品の価格を低減し、人類の物質的欲求を満たしてきた。本細目では、画一化された物質的欲求の他に、個人々々にあった欲求にきめ細かく対応することでより高いレベルで幸福を実現し、環境へのインパクトを低減することで、全地球的で持続的な発展に資する新たなものづくりを実現するための技術を項目として上げた。

iii) 今後の展望

アンケート結果によれば、マテリアル・デバイス・プロセス分野の各課題は重要度・国際協力と他の分野に比べて高いという結果が得られた。これは、アンケートの回答者の 87%を占める(おそらくは当該分野の)研究者・技術者がこの分野の重要度を感じかつ国際的競争力の強さを自認しているためであると考えられる。次に分野内の細目は、物質・材料、プロセス・マニファクチャリング、計算科学・データ科学、先端計測・解析手法の基盤的技術に関わるものと、各種応用デバイス・システムの出口に紐付けられたものとに二分できるが、応用に紐付けられた技術分野の重要度の方が総じて高くなったのは、目的が明確になっている技術の方が、重要性が見えやすいためである。

本細目プロセス・マニファクチャリングの特徴の一つは、科学技術的实现時期、社会的实现時期ともに早いと考えられていることであった。これは基盤的技術分野のトピックの設定時に实现時期の遠いものを設定すると応用が見えにくくなるため、出口の想像しやすい基盤的技術を選んだ結果であると考えられる。また、基盤技術研究開発と考えた場合、科学技術的实现と社会的实现の間の境目が見えにくいいため、国際連携・標準化、法規制の整備、ELSI の対応など社会的实现に必要な項目の回答数が少なく、結果として社会的实现時期と科学技術的实现時期の差が小さくなった。

本調査で選定される応用分野は一般的・社会的に広く重要度が認められているものになるが、昨今のイノベーションの中にはそのようないわゆる「王道」以外のものも少なくなく、基盤技術の多様性を維持しておくことが重要である。そのためには適宜適切な資源投資が重要であり、そのような小さな課題を見逃さないためのバランスを持った施策の枠組みが必要である。

(新野俊樹、昌原明植)

③計算科学・データ科学

i) 概要

社会の技術的ニーズが高度なものとなるにつれ、マテリアル・デバイス・プロセスの分野における計算科学・データ科学応用の重要性が広く認識されるようになり、各国の技術開発競争が激化している。計算モデルの高度化・大規模化に加え、実用化のためにはマルチスケール・マルチフィジックス計算が必要であり、統合的なシミュレーション技術の開発が進められている。

また一方では、新しい測定技術や実験の自動化・計算の高速化などから生まれるデータについて機械

学習やベイズ推計などを用いたデータ駆動型研究手法の適用にも注目が集まっており、高コストであり時間を要するこの分野の実験の効率化・データの集積と新たな知見の導出が重要となっている。

ii) 社会的意義

この分野は多くの産業の基盤であり、我が国の産業競争力の源泉の一つともなっており、この分野における進展は産業界全体に対する効果大きい。特に計算科学・データ科学の活用によって、非常に多くの組み合わせが必要であり、実験では困難であった新しい物質系・反応系などの発見が期待される。

また、数値計算やデータ科学の活用によって新材料・新デバイス・新プロセスの開発・評価が加速されることにより、社会基盤の信頼性の向上、エネルギー効率の向上、新しいセンシングデバイスなど多くの革新的技術の社会実装の加速、低コスト化が可能になるものと考えられる。

iii) 今後の展望

アンケート調査の結果、マテリアル・デバイス・プロセス分野において、計算科学・データ科学は、重要度は高いが、8 個の細目中において国際競争力は最も低いとの傾向が得られた。また、計算科学・データ科学の技術トピックを実現するための政策手段としては、研究開発費、研究基盤整備などに比べ、人材の育成・確保が最重要であるとの回答が大半を占めた。特に、マテリアル・デバイス・プロセス分野の 8 個の細目の中でも、計算科学・データ科学が最も人材の育成と確保が必要な細目であるとの結果が得られた。これらの調査結果から、日本のマテリアル・デバイス・プロセス分野において、計算科学・データ科学の重要度は非常に高く、今後、日本としてこの分野を発展・加速する必要があると多くの方が認識していると判断される。しかしその一方で、その発展を牽引していくための人材が明らかに不足しており、それが計算科学・データ科学の低い国際競争力の原因であると認識されている。

データ科学については、この分野への応用の取り組みが本格化したのが近年のことであり、人材不足感は必然的と言える。しかしながら欧米を中心としたこの分野への情報分野からの人材の参入とそれによるツールの開発・パッケージ化の進展は著しく、ある程度「定番」ともいえるツールが普及することにより一段落することが考えられる。材料科学と情報科学にまたがった分野であり、国内連携の重要性について高めの値が出ていることにも留意すべきであろう。

今後、日本の計算科学・データ科学の国際競争力を上昇させるためには、計算科学・データ科学の研究者人口を増加させることが喫緊の課題であり、若い研究者を育てるための人材育成プロジェクトを国が主導して打ち立てていくことが強く求められる。ソフトウェア開発者、データアナリスト、スーパーコンピュータを活用する計算科学者などの多様な人材育成を国が中心となって進めて行くことが、日本の産業競争力強化のための基盤として切望されている。

(久保百司、芦野俊宏)

④先端計測・解析手法

i) 概要

解析技術は、近年では、「ナノスケールの空間分解能を持つ計測技術」「生体高分子の計測技術」「生体由来物質の検出・分析技術と診断デバイスの開発」「資源・エネルギーの計測技術」「計測技術に深く

関連する ICT 技術」といったように、従来の金属・無機材料だけでなく、生体や生体由来の材料、そして資源・環境・エネルギー、さらに ICT に係る計測が注目されている。

空間や時間の分解能の高度化、高感度化、ハイスループット化に加え、材料を創製したそのままの状態(in situ)で観察する、デバイスが動作している状態(in operando)で観察する、更には生体の細胞内での状態(in cellulo)で観察する、といった計測・解析が求められている。本アンケートではこのような科学技術動向を鑑みて 12 トピックが設定された。

ii) 社会的意義

現在の社会的要請や技術の成熟という背景を鑑みると、企業で行われる産業技術・材料・デバイスの研究開発へと応用するための実用技術開発を進める必要がある。しかし、計測技術の研究を行うアカデミアや国研のグループと、それを使って企業の製品・技術の研究開発を行いたい企業との共同研究・連携は十分に進められているとはいえない。そのギャップを埋めるための技術・装置開発には、大学と企業の両方の研究者が協力して取り組むことが必要であり、例えばナノポア技術を応用した一分子シーケンスのように、こうした連携を戦略的に支援することが求められる。本アンケートではこのような社会的意義を鑑みたトピックの設定を行った。

iii) 今後の展望

科学技術トピックの重要度という観点でみると、他の細目と比較して本細目は最も低い 0.75 となっているが、他の分野を支える基盤技術として本細目分野は重要であり、近年のノーベル賞の対象となった業績の多くは革新的な解析技術によってもたらされており、2017 年ノーベル化学賞(クライオ電子顕微鏡)のように先端計測・解析法そのものが対象になっている場合も多い。また、オペラント構造物性解析や低加速電圧電子顕微鏡など、我が国において国際競争力の高いトピックがあり、これらの分野の進展が期待されるとともに、研究開発費の拡充と共創場としてのプラットフォームの整備が科学技術的実現に向けた政策手段であると言える。

(高見知秀、藤田大介)

⑤ 応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)

i) 概要

Society5.0 で示される様に、ビッグデータの取得から利活用がビジネスや公共サービスの成功の鍵になってゆく。それに伴い、情報処理への要求が質的に変化している(「大体正しい」を素早く。)。一方、半導体の微細化が物理限界に近づき(ムーア則の終焉)、情報処理システム自体のエネルギー消費増大が極めて大きな問題となっている。このような背景のもと、本細目では、新しい概念に基づく情報処理(4 件)・通信(4 件)・ユーザインターフェース(3 件)・記録(2 件)・センシング(1 件)を目的とした技術 14 件を採り上げた。それらの内 6 件が、将来の情報化社会基盤を支えるであろう量子関連技術である。

ii) 社会的意義

本細目で取り上げた新規デバイス・センサ・通信技術は、省エネルギーといった環境負荷低減に貢献

するのみならず、その他の様々な社会課題の解決をも可能とする。例えば、AI チップは、従来のコンピューティングでは困難であった学習・認識・推論を社会実装にマッチする速度で提供でき、医療や自動運転といったリアルタイム性を求める分野で大いに役立つ。また、量子コンピュータや量子センサといった量子関連技術は、交通サービス、気象予測、創薬のみならずセキュリティの求められる金融システムをも劇的に高効率化する。まさに、次世代の産業技術の中心的役割を果たすものと考えられる。

iii) 今後の展望

科学技術の深化のみならず、社会や環境、経済活動の複雑度が増してきており、その結果、それらを支える情報処理技術として、新型コンピューティング(ポストノイマン型コンピューティング)への期待がますます高まってきている。新型コンピューティング実現に向けとりわけ重要となる要素技術は、メモリ技術、量子関連技術である。その中でも、我が国の産業面や国際競争力維持の観点から重要な研究開発項目はメモリ技術である。新型コンピューティング(特に AI 処理系)においては、メモリの役割が今まで以上に大きくなり、市場もますます拡大していくものと予想される。今後も、産業界のみならず学官においても研究開発を推進し、高い国際競争力を維持していくことが我が国経済にとって重要と考えられる。一方、量子関連技術に関しては、実用化への道のりが幾分長い。ただ、実用化された暁には社会構造を劇的に変化させてしまう巨大なポテンシャルを秘めている。それ故、現時点において、世界に先駆け、国を挙げて研究を推進する必要がある。併せて、地球規模での社会課題解決にもつなげることから、国内に閉じず、国際連携も必要不可欠である。

なお、ヒトは今後も益々情報処理技術に依存する様になると思われ、それを主導するHMIも併せて必要である。

(昌原明植、根本香絵)

⑥応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)

i) 概要

エネルギー基本計画で示される通り、エネルギーの安定供給、経済効率性の向上、環境への適合、安全、は国家の安全保障上必要であり、エネルギー資源が乏しい日本の構造的課題である。外交上必要となる「特定国の資源に依存しないエネルギーミックス」に向けて、水素グリッドと電力グリッドが繋がった再生可能エネルギー社会を想定し、創エネ・蓄エネ・送エネそれぞれについてトピックを立てた。一方、環境面では温暖化による気候変動が世界的に激しくなり、CO₂ の削減が切に求められている。日本では、東日本大震災で生じた放射能汚染への対策を始めとした環境浄化も重要である。そこで、CO₂ の削減と環境浄化に対してもトピックを立てた。

ii) 社会的意義

細目はエネルギーと気候変動に関わるテーマであり、国際目標として 2015 年に掲げられた持続可能な開発目標(SDGs)に挙げられている。日本国内で創出可能なエネルギー源(太陽光や偏西風、中低温排水)、特に海に囲まれた国である日本に特徴のある潮流も活用することで日本の構造的課題を緩和して、ナショナリズムや不安定な社会情勢に対して日本をロバスト化することが期待される。

また、トピックは上流技術である半導体・電池・触媒などの材料研究と、下流のサービスに近い発電システムやスマートグリッドといったシステム開発に寄るように意図しており、収益率の高いスマイルカーブの両端産業の強化が期待される。

iii) 今後の展望

本分野は、インフラ・モビリティ分野と並んで重要度と国際競争力が共に高いとの評価を受けた。分野内では、蓄エネと創エネに当たる「高容量高出力電池」、「燃料電池」、「太陽電池」の3つの電池がそのトップである。これらは何れも実用化されていて性能向上を図るものだが、特に高容量高出力電池は人材育成とともに研究費拡充、研究基盤整備、国内・国際連携、事業補助など政策への要望が強い。用途には自動車などモビリティを想定しているが、不安定な再生可能エネルギーの調整インフラとしても期待できる。

これら電池に次いで重要度・国際競争力の高いトピックとして「CO₂の再資源化」と「有害物質の除去」が挙げたが、「CO₂の再資源化」の実現予想年は本分科会の中で最も遠い将来となっており、難易度が高いことが判る。しかし、地球規模で生じている気候変動への対応手段として実用化すれば、日本が世界に対して環境問題でイニチアチブを取れる可能性のあるトピックである。また、「偏西風や潮流を用いた発電」は唯一、重要度も国際競争力も低い評価であった。技術の完成度が低く、コスト競争力も見えない点が原因と思われる。なお、送エネについては、直流送電に対する法整備が求められている。

今回の調査では重要度が上流技術に集中し、ナショナリズムへの対応やサービスに対する対応が弱いと思われ、環境・エネルギー分野でのプラットフォームの台頭に備える必要を感じる。

(西川恒一、小山珠美)

⑦応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)

i) 概要

日本は地勢的にエネルギー資源に乏しいだけでなく、地震と降雨が多く、海による塩の影響も大きいので耐久性の高いインフラ技術が求められる。さらに戦後の高度経済成長時代に整備されたインフラは老朽化が進行しているが、人口オーナスによってその維持・点検に人手不足が生じると予測される。そこで、モビリティには再生可能エネルギーをより活用できる水素や電力のインフラ技術、人手を要しない自動運転を用いてインフラを維持する技術について細目を立てた。また、建造物には長寿命な新規材料の創製に加え、人手を要しない点検診断・劣化予測、補修技術について細目を立てている。

ii) 社会的意義

日本は他の先進国に比べて高齢化・人口減少が急速に進んでおり、世界に先駆けてそれらの課題に対応する新技術を創り出すことが期待される。インフラ分野に関わる材料は量的需要が大きいことから、新興国での人口爆発を鑑みて、リサイクルや高耐久性に関する研究に焦点を当てて材料資源の課題へ、再生可能エネルギーの活用につながる技術に焦点を当ててエネルギー資源の課題へ、それぞれ対応している。自動運転や自動診断システムについて細目を設けており、人口オーナスへ対応している。いずれ

の技術も確立されれば、世界的な普及が見込まれ、日本基幹産業の強化につながると期待される。

iii) 今後の展望

インフラ・モビリティ分野のトピックスはおしなべて重要度・国際競争力がともに高いと評価された。特に重要度が高いと評価されたトピックスはインフラ構造物の内部劣化状況をリアルタイムに診断する技術である。自動診断技術の発展と今後の少子化に伴う人手不足を念頭に重要度が評価されたものと思われる。

実現にむけての施策については、インフラ分野では特段の指摘はなく、人材育成・研究開発費の拡充など多面的な政策手段が重要である。なかでも科学技術的实现から社会的实现までの期間が長いと指摘されるテーマもあることから、研究開発資源の集中的維持や、社会的实现までつなげる長期の人材育成などが重要と考えられる。

モビリティ分野において立てたエネルギー供給やゴミ回収を自動運転で行うモビリティシステムについては国内連携・協力の必要性が高いと評価されており、政策面での支援が必要と考えられる。また燃料電池車向けの高密度水素キャリアの開発については、他のエネルギー関連のテーマと同様、事業環境整備の必要性が指摘されている。科学技術的实现から社会的实现までの期間が長いと指摘されるテーマも含まれることから、インフラ分野と同様、研究開発資源維持や、長期の人材育成が重要となる。

(岸本康夫、西川恒一)

⑧応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)

i) 概要

AI やロボティクスの黎明期を迎えた現在、複雑な生命現象をさらに読み解く技術が要望されている。さらに解明された生物のもつ優れた機能を知としてマテリアルやデバイス創成に活かすことも期待されている。本分野については、健康医療(ライフ・バイオ)で用いられるマテリアル・デバイス・プロセスの将来を展望し、バイオテクノロジー、プロセッシング、IT 技術等の融合、生産システムや医療など(大規模)データ流通といった今後の産業構造のゲームチェンジの源となる要素も入れた。

ii) 社会的意義

ライフ・バイオ分野という曖昧な定義の中で、なるべく広い分野に関連されるようトピックを選定した。現実には体内留置デバイスは広がりを見せており、今後の発展の方向性を問う意味で、いわゆる生体内の情報取得を重視したトピックを設定した。近年、量子効果を利用した材料が見られるが用途が未確定であることから、生命現象解明へ期待される技術をトピックに加えた。

iii) 今後の展望

体内情報をモニタリングするウェアラブルデバイス、埋込型健康管理デバイス、生体組織や移植臓器の長期保存を実現する技術について重要度が高い。さらに生体適合材料や生体外で使うマテリアルについては国際競争力が高いと判定されている。2020 年代末から 2030 年代初期に科学技術的实现に達するという予測になっているが、人を含めた生体そのものを扱うテーマについて国際競争力が低いという

結果である。研究開発費の拡充、研究環境基盤の整備だけでなく、国際連携や標準化の法整備や ELSI への対応が重要と認識されていることが本分野の特徴といえる。技術的優位性が確立されれば、社会、産業ともに発展が見えているテーマであるが、法整備や ELSI に対する対応の遅れが、研究開発自体、ひいては、研究者の人材育成の遅れにも影響しないような対策が求められる。

近年の海洋プラスチックや国際的なゴミの廃棄に関わる問題の顕在化もあり、バイオデグラダブル(生分解性)マテリアルによるデバイスや日用品の実用化技術に対する重要度も高いとみられた。量子光もつれの利用について、わからない、という回答が多かった。量子センサの実現予測時期が 2030 年代に入ってからと予測されていることから、ライフ・バイオ分野の研究者にとって量子技術はまだまだ遠いということが言える。

(高井まどか、瀬山倫子)

5.2. 細目及びキーワード

本分野は、「物質・材料」、「プロセス・マニファクチャリング」、「計算科学・データ科学」、「先端計測・解析手法」、「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)」、「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)」等の8つの細目で構成される。

図表 II- 5-1 「マテリアル・デバイス・プロセス」分野の細目及びキーワード

	細目	キーワード
1	物質・材料	可塑性無機材料、ハイブリッド材料、リサイクル架橋性樹脂、導電性高分子材料、炭素系構造材料、パワー半導体、室温量子材料、熱電素子、電磁波吸収体、リサイクル成形材料、圧電素子
2	プロセス・マニファクチャリング	マスカスタマイゼーション、4D プリンティング・4D マテリアル、半導体ファブシステム、オンデマンド生産、付加製造技術(3D プリンティング)、暗黙知のアーカイブ化、マルチマテリアル加工、形状・材料同時加工、ニアネットシェイプ技術、メタマテリアル加工、低環境負荷精錬技術、超精密プロセス技術
3	計算科学・データ科学	マルチスケールシミュレーション、プロセスシミュレーション、逆問題、マルチフィジックスシミュレーション、スーパーコンピュータ、特性・機能・劣化予測、複合材料・高次構造、マテリアルズ・インフォマティクス、データ同化、人工知能、特性データベース、プロセスデータ
4	先端計測・解析手法	時空分解解析、リアルタイム三次元可視化、固体欠陥解析、オペランド(実働環境)解析、触媒反応素過程解析、実時間解析、磁気構造解析、ナノ計測、界面計測、マルチスケール解析、データ駆動型計測、マイクロ・ナノマシン
5	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)	超小型ヒューマン・マシン・インターフェイスデバイス、フレキシブルトランジスタ、大容量・高速不揮発メモリ、単一スピン情報素子、単一光子、モノリシック三次元集積 AI チップ、量子コンピュータ・シミュレータ、量子イメージング、量子通信素子、量子センサ・メモリ、高度 VR システム、微細アンテナ・微小通信機
6	応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)	太陽電池、高容量高出力電池、燃料電池、エネルギーハーベスト、水素社会、再生可能エネルギー、スマートグリッド、CO ₂ 再資源化、光還元触媒・人工光合成、膜分離技術、有害元素除去
7	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)	簡便接合技術、金属・非金属ハイブリッド構造材料、超長寿命耐食材料、リアルタイムモニタリング、構造物健全性評価、自己修復機能材料、3D プリンター製造用素材、水素キャリア、自動運転、高速道路送電網、非接触受給電
8	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	人工食材・フードプリンタ、ソフトマターロボティクス、バイオメティクス・ナノマシン、ウェアラブルデバイス、インプラントブルデバイス、バイオマテリアル、3D バイオプリンティング、バイオフィアブ리케이션、バイオイメージング、光・量子計測・センシング、バイオデグラブル、生体内センサ

5.3. アンケートの回収状況

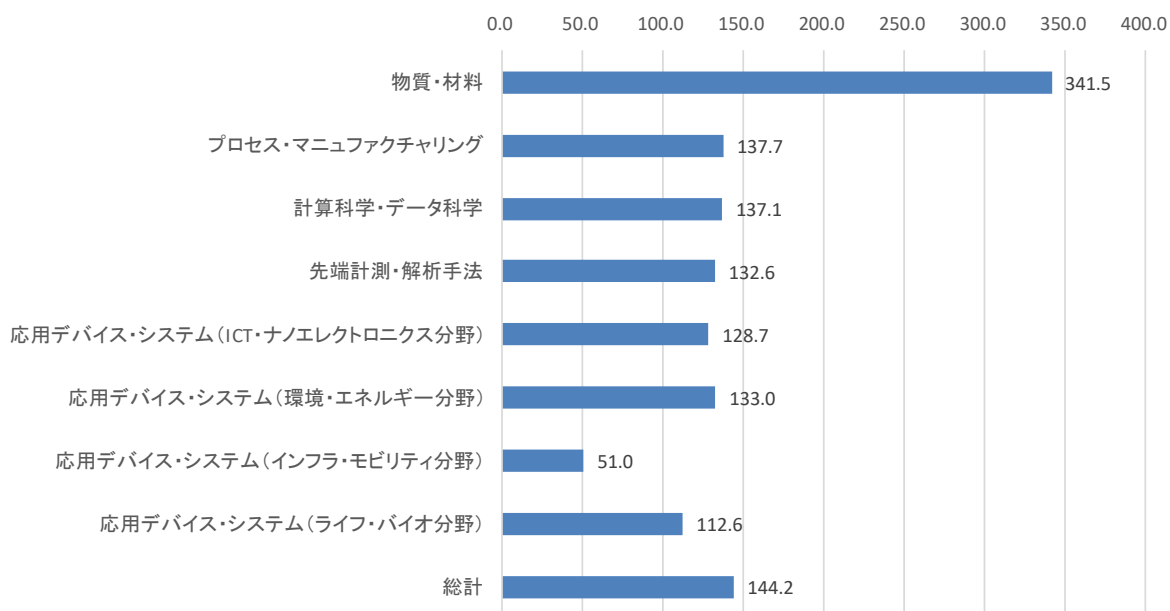
本分野についての回答者内訳(2回目調査)は以下の表のようになっている。

図表 II- 5-2 マテリアル・デバイス・プロセス分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20 代	17 人	職業	企業その他	223 人
	30 代	266 人		学術機関	751 人
	40 代	423 人		公的研究機関	168 人
	50 代	293 人	職種	研究開発従事	1016 人
	60 代	112 人		マネジメント	64 人
	70 代以上	24 人		その他	62 人
	無回答	7 人		合計	1142 人

以下、細目別の回答者数の平均を示す。

図表 II- 5-3 細目別回答者数の平均



5.4. 科学技術トピックに関する調査結果

5.4.1. 重要度

①重要度上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 位)は、図表 II-5-4 に示すとおりである。細目別では、「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」関連トピックが 5 件、次いで「計算科学・データ科学」、「応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)」関連トピックが各 4 件を占めた。科学技術的実現時期は平均で 2029 年であり、半数以上のトピックで、科学技術的実現時期は 2029 年から 2030 年に実現すると予測している。

図表 II- 5-4 科学技術トピックの重要度(上位 20 位)

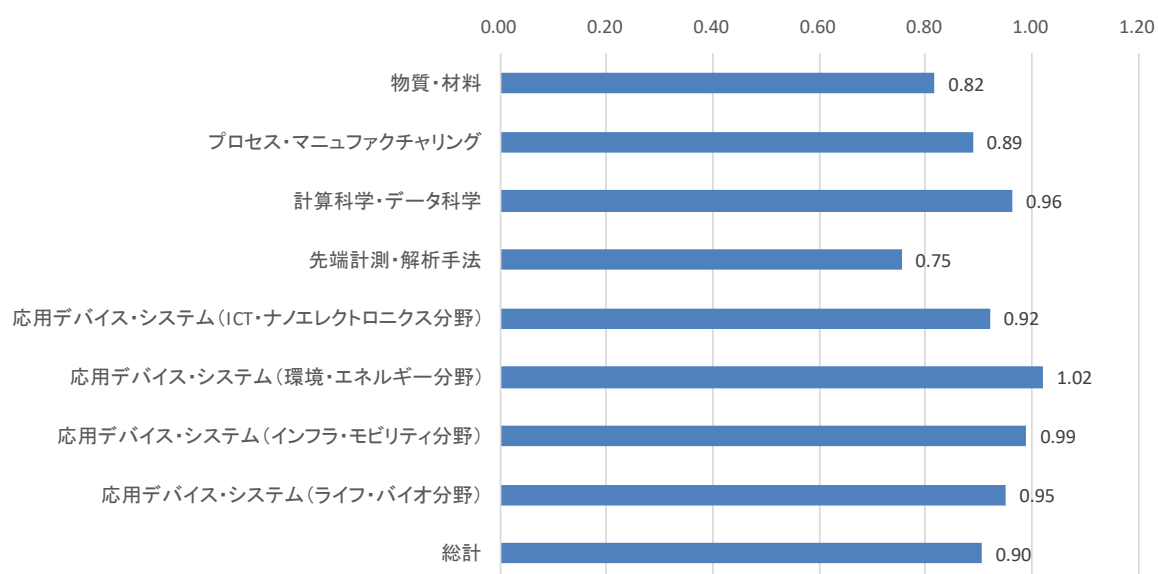
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	1.50	2030	2032	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	1.32	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
473	変換効率 50%を超える太陽電池	1.31	2033	2036	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
489	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	1.29	2028	2029	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1.26	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	1.23	2032	2033	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
462	フラッシュメモリ並みに大容量でありながら DRAM 並みの高速読み書きが可能で、50 年以上の寿命を持つ不揮発メモリ	1.21	2029	2030	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術	1.21	2030	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
459	運動や記憶、情報処理、自然治癒など、人の心身における各種能力を加速・サポートするための、センシング・情報処理・アクチュエーション機能が統合された超小型 HMI(ヒューマン・マシンインターフェイス)デバイス	1.20	2029	2032	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
431	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、実利用環境における機能予測を一環して可能とするシミュレーション技術	1.18	2029	2032	計算科学・データ科学
412	炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	1.18	2029	2033	物質・材料
491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	1.17	2029	2031	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)

	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
422	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム	1.16	2026	2029	プロセス・マニュファクチャリング
506	全てバイオデグラダブル(生分解性)マテリアルで構成されたデバイスや日用品の実用化技術(例えば、環境中、生体中に放置できるもの)	1.16	2030	2032	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
488	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術(塗膜を含む)	1.16	2030	2032	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
439	データ同化による精緻化した予測モデルによるシミュレーション、情報統計力学などを、材料学上の逆問題に適用し、求める機能・物性を有する材料の構造や成分、プロセスを推定する技術	1.13	2029	2032	計算科学・データ科学
490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要となる、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム	1.13	2028	2030	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
432	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までを一環して対象とするマルチフィジックス材料シミュレーション技術	1.13	2030	2033	計算科学・データ科学
430	摩擦、応力、電磁場、熱、光、媒質などの外場要因のある系での原子スケールの化学反応から、マクロスケールの特性やその劣化などの経時変化を総体的に解析・予測するマルチスケールシミュレーション技術	1.12	2029	2032	計算科学・データ科学
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	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

②細目別の科学技術トピックの重要度

細目別の科学技術トピックの重要度を平均でみた場合、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」が 1.02 と最も大きく、次いで「応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)」が 0.99 であった。

図表 II- 5-5 科学技術トピックの重要度(細目別:指数)



5.4.2. 国際競争力

①国際競争力の高い上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック(上位 20 位)は、次表に示す通りである。細目別では、「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」関連トピックが 4 件、次いで「物質・材料」「先端計測・解析手法」「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)」「応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)」関連トピックが各 3 件を占める。科学技術的実現時期は平均で 2029 年であるが、半数以上のトピックで、科学技術的実現時期は 2028 年から 2030 年に実現すると予測している。

図表 II- 5-6 科学技術トピックの国際競争力(上位 20 位)

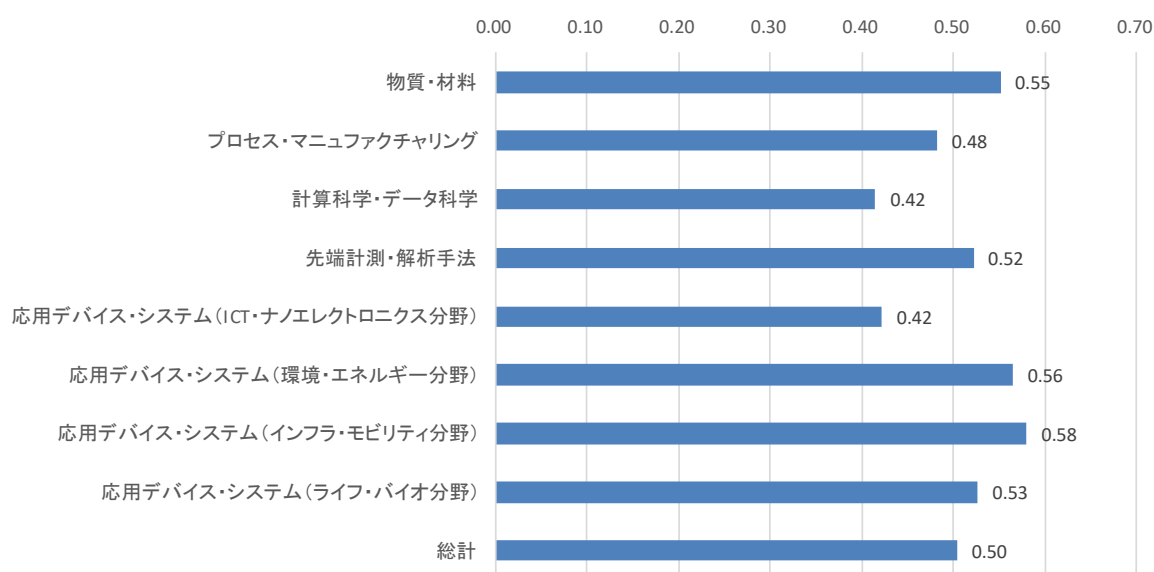
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	0.94	2032	2033	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
412	炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	0.92	2029	2033	物質・材料
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	0.91	2030	2032	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
411	超大橋など大規模構造物に利用できる、軽量高強度・高耐食・長寿命の炭素系構造材料および、そのリサイクル技術	0.83	2030	2034	物質・材料
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	0.82	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
462	フラッシュメモリ並みに大容量でありながら DRAM 並みの高速読み書きが可能で、50 年以上の寿命を持つ不揮発メモリ	0.81	2029	2030	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
499	バイオミメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料	0.80	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
447	全固体二次電池、パワーデバイス、太陽電池などの固固界面におけるオペランド構造物性解析	0.80	2027	2028	先端計測・解析手法
488	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術(塗膜を含む)	0.78	2030	2032	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
444	充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム 3 次元可視化技術	0.78	2027	2028	先端計測・解析手法
482	鉄と非金属材料(木材、コンクリート、CFRP 等)の高機能ハイブリッド構造材料(構造性能、意匠性、耐食性等)	0.76	2029	2032	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
495	人と同じソフトな動きと感触を可能にするためのロボット向けの機能をもつソフトマテリアル	0.75	2028	2030	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
429	ビーム技術（イオン、電子、レーザなど）、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲストROOM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）	0.75	2027	2030	プロセス・マニュファクチャリング
450	絶縁材料や生体材料を観察するための原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡	0.74	2029	2031	先端計測・解析手法
460	低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ	0.71	2029	2030	応用デバイス・システム（ICT・ナノエレクトロニクス）
494	食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム	0.71	2027	2029	応用デバイス・システム（ライフ・バイオ）
489	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	0.71	2028	2029	応用デバイス・システム（インフラ・モビリティ）
473	変換効率 50%を超える太陽電池	0.71	2033	2036	応用デバイス・システム（環境・エネルギー）
408	自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料	0.70	2027	2030	物質・材料
463	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子	0.70	2033	2035	応用デバイス・システム（ICT・ナノエレクトロニクス）

②細目別の科学技術トピックの国際競争力

細目別の科学技術トピックの国際競争力を平均でみた場合、「応用デバイス・システム（インフラ・モビリティ分野）」が 0.58 と最も大きく、次いで「応用デバイス・システム（環境・エネルギー分野）」が 0.56 であった。

図表 II- 5-7 科学技術トピックの国際競争力（細目別：指数）



③国際競争力の相対的に小さいトピック

本分野の科学技術トピックのうち、「国際競争力」は相対的に小さいと評価されたトピック(下位 5 位)は、図表 II-5-8 に示すとおりである。

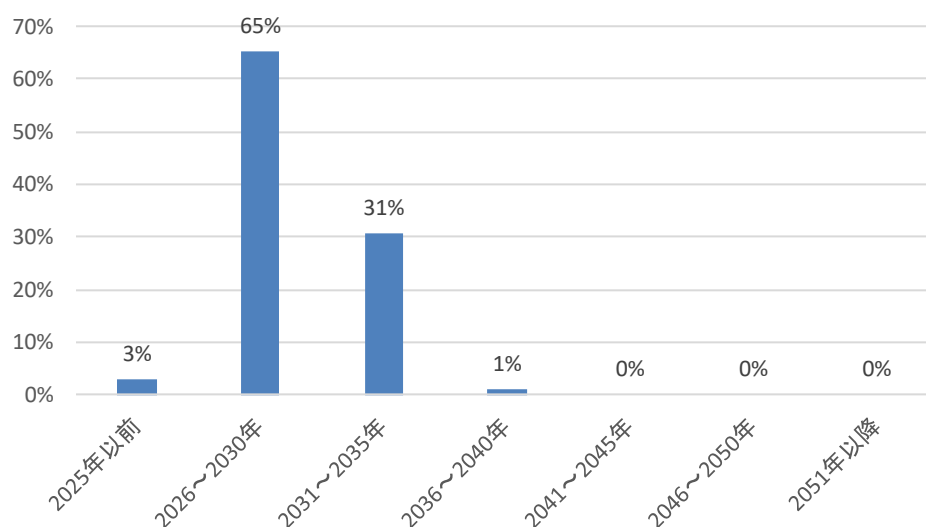
図表 II- 5-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 位)

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	0.19	2029	2030	先端計測・解析手法
418	IoT・ICT による製品情報を活用した、コンシューマー製品のマスカスタマイゼーションとそのビジネスモデル	0.18	2025	2027	プロセス・マニュファクチャリング
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する 3Dフードプリンティング技術	0.17	2028	2030	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
440	三次元造形のプロセス・材料・設計事例データをオープンな場を集めて集合知として活用し、新たな造形・プロセスを生み出す技術	0.16	2028	2030	計算科学・データ科学
477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム	0.12	2033	2034	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)

5.4.3. 科学技術的实现予測時期

科学技術的实现予測時期の分布は図表 II-5-9 のとおりである。

図表 II- 5-9 本分野の科学技術的实现予測時期の分布(%)



細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-5-10 のとおりである。

科学技術トピックの約 65%が 2026～2030 年までに科学技術的に実現するとしている。「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」細目では、他の細目に比べ、2036 年以降に実現するトピックが含まれている。

図表 II- 5-10 科学技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
物質・材料		8	3				
プロセス・マニファクチャリング	2	10					
計算科学・データ科学		12	1				
先端計測・解析手法		11	5				
応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)	1	4	9				
応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)		3	5	1			
応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)		9	2				
応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)		9	6				
総計	3	66	31	1			

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位)は図表 II-5-11～12 のとおりである。「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」細目で「実現しない」とするトピックが、「先端計測・解析手法」細目で「わからない」とするトピックが複数含まれる。

図表 II- 5-11 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	科学技術的 実現時期	細目
467	既存のコンピュータに組み込み可能な手のひらサイズの量子コンピュータ・アクセラレータ	0.93	11%	2035	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
488	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術(塗膜を含む)	1.16	10%	2030	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
479	CO ₂ 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	10%	2036	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
480	環境に CO ₂ を排出せずに石炭を原料に水素を製造する膜分離技術	0.87	10%	2032	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム	0.52	9%	2033	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)

図表 II- 5-12 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	0.08	58%	2029	先端計測・解析手法
505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	0.48	48%	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

科学技術トピック		重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚 100mmを一度に溶接できる建築構造材料)	0.64	42%	2029	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
454	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	0.64	40%	2032	先端計測・解析手法
413	室温で量子コヒーレンスを長時間保つ新材料	0.73	39%	2034	物質・材料

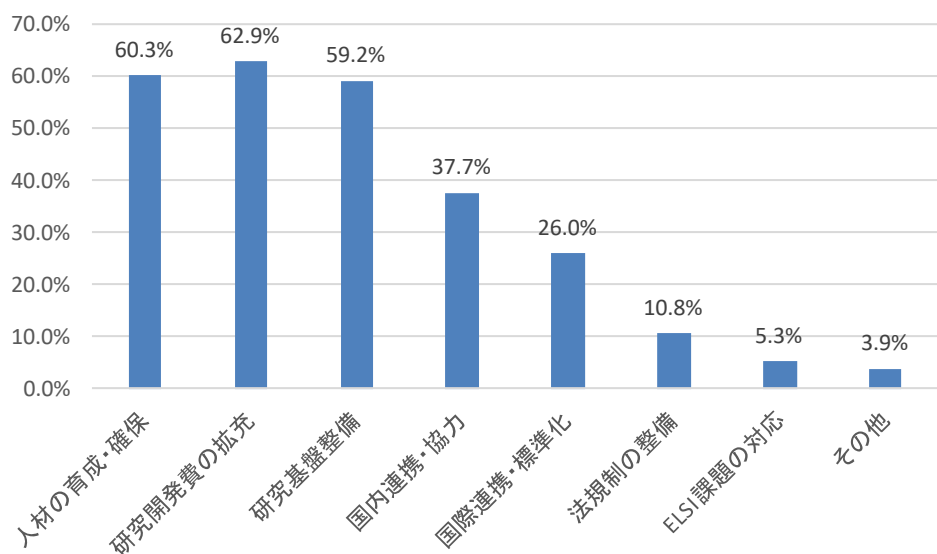
5.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

科学技術的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-5-13 のとおりである。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「研究開発費の拡充」(62.9%)であり、次いで「人材の育成・確保」(60.3%)、「研究基盤整備」(59.2%)と続く。

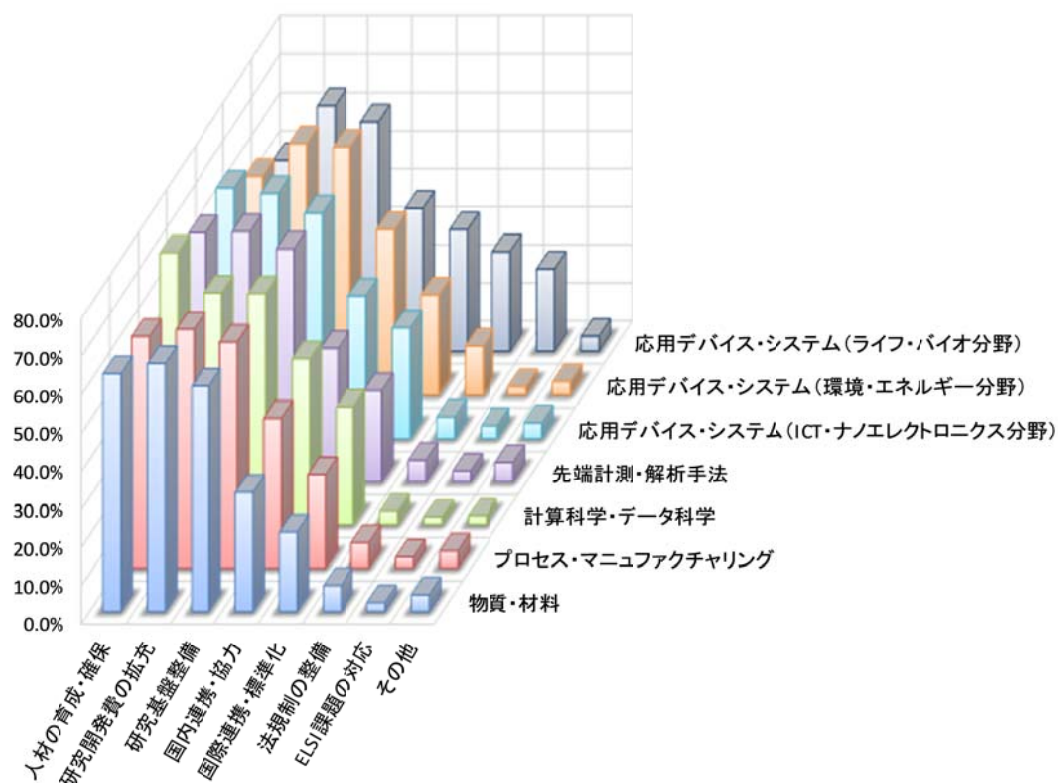
図表 II- 5-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「計算科学・データ科学」の細目において、重要施策として「人材の育成・確保」、「国内連携・協力」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高い。また、「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」の細目では、「研究開発費の拡充」「研究基盤整備」「国内連携・協力」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高い。「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」の細目では、「法規制の整備」、「ELSI の対応」とする回答が他の細目と比べ、回答比率が高い。

図表 II- 5-14 科学技術的実現に向けた政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI対応	その他
物質・材料	62.2%	64.8%	59.0%	31.2%	20.7%	6.7%	2.2%	4.3%
プロセス・マニュファクチャリング	60.6%	62.4%	59.1%	39.3%	24.6%	6.6%	2.9%	4.5%
計算科学・データ科学	71.3%	60.7%	60.5%	43.3%	30.9%	3.5%	1.9%	2.2%
先端計測・解析手法	65.2%	65.5%	60.9%	34.8%	23.7%	5.6%	2.8%	5.0%
応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)	65.5%	64.0%	59.0%	37.2%	28.8%	5.5%	3.3%	4.0%
応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)	57.2%	65.8%	64.9%	43.3%	26.1%	12.7%	2.0%	3.4%
応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ分野)	47.7%	54.4%	49.8%	36.4%	18.6%	19.4%	1.5%	3.7%
応用デバイス・システム (ライフ・バイオ分野)	50.1%	64.5%	60.3%	37.5%	31.9%	26.1%	21.6%	3.9%
総計	60.3%	62.9%	59.2%	37.7%	26.0%	10.8%	5.3%	3.9%

○人材の育成・確保

科学技術的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック (上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-5-15 に示すとおりである。

図表 II- 5-15 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
436	インフォマティクス技術と第一原理計算や分子動力学法などのシミュレーション技術の協奏・共同技術	77%	2027	2029	計算科学・データ科学
432	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までを一貫して対象とするマルチフィジックス材料シミュレーション技術	77%	2030	2033	計算科学・データ科学
439	データ同化による精緻化した予測モデルによるシミュレーション、情報統計力学などを、材料学上の逆問題に適用し、求める機能・物性を有する材料の構造や成分、プロセスを推定する技術	76%	2029	2032	計算科学・データ科学
431	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、実利用環境における機能予測を一貫して可能とするシミュレーション技術	76%	2029	2032	計算科学・データ科学
430	摩擦、応力、電磁場、熱、光、媒質などの外場要因のある系での原子スケールの化学反応から、マクロスケールの特性やその劣化などの経時変化を総体的に解析・予測するマルチスケールシミュレーション技術	75%	2029	2032	計算科学・データ科学
477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム	44%	2033	2034	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
494	食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム	44%	2027	2029	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	40%	2029	2031	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム	39%	2030	2036	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する 3Dフードプリンティング技術	35%	2028	2030	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

○研究開発費の拡充

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究開発費の拡充」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-16 に示すとおりである。

図表 II- 5-16 政策手段を「研究開発費の拡充」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
473	変換効率 50%を超える太陽電池	80%	2033	2036	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	79%	2030	2032	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	78%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
462	フラッシュメモリ並みに大容量でありながら DRAM 並みの高速読み書きが可能で、50 年以上の寿命を持つ不揮発メモリ	76%	2029	2030	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス)
499	バイオミメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料	75%	2028	2031	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	75%	2032	2033	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要な、エネルギー供給 (燃料・ガス) やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム	47%	2028	2030	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造 (造形) する 3Dフードプリンティング技術	46%	2028	2030	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)
440	三次元造形のプロセス・材料・設計事例データをオープンな場集めて集合知として活用し、新たな造形・プロセスを生み出す技術	45%	2028	2030	計算科学・データ科学
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材 (780MPa 板厚 100mm を一度に溶接できる建築構造材料)	44%	2029	2034	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	38%	2029	2031	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)

○研究基盤整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「研究基盤整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-17 に示すとおりである。

図表 II- 5-17 政策手段を「研究基盤整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上 (自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当) の性能をもつ高容量高出力電池	82%	2030	2032	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	76%	2032	2033	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
497	体内情報 (薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分) をモニタリングするウェアラブルデバイス	71%	2028	2031	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)
429	ビーム技術 (イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲ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)	70%	2027	2030	プロセス・マニュファクチャリング
423	複数の材料 (マルチマテリアル) で構成され、かつ自由な形状を有する機能的な構造体を製造する技術	68%	2028	2031	プロセス・マニュファクチャリング

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
461	高度 VR システム(会議、製造現場の状態管理)と、それを支える高速情報流通システム	46%	2025	2027	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス)
487	熟練工不足に対応した人の技量によらない、簡便な構造材料用接合・接着技術	45%	2028	2031	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚 100mmを一度に溶接できる建築構造材料)	44%	2029	2034	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	38%	2029	2031	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する 3Dフードプリンティング技術	37%	2028	2030	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)

○国内連携・協力

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-5-18 に示すとおりである。

図表 II- 5-18 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
474	エネルギー密度 kWh/kg 以上、出力密度 kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	54%	2030	2032	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	53%	2032	2033	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
422	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム	50%	2026	2029	プロセス・マニュファクチャリング
441	物質・材料に関する画像情報(電子顕微鏡写真、X 線回折パターン、電荷分布の計算結果等)から、現在および将来(劣化等)の物性・特性を推定する人工知能	49%	2028	2031	計算科学・データ科学
490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要な、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム	49%	2028	2030	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
503	細胞や細胞内のタンパク質、アミノ酸、イオン等の動態を、マイクロ秒以下の時間分解能で追尾可能なモニタリング技術	26%	2031	2033	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)
419	形状加工後に自発的に変形・結合することで機能発現やシステム融合を可能にする技術(4D プリンティング・4D マテリアル)	26%	2030	2033	プロセス・マニュファクチャリング
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する 3Dフードプリンティング技術	25%	2028	2030	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	22%	2029	2030	先端計測・解析手法
466	ナノ共鳴子の非線形応答を用いた微細アンテナによる微小通信機	21%	2031	2034	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)

○国際連携・標準化

科学技術的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-19 に示すとおりである。

図表 II- 5-19 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	41%	2032	2037	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	41%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
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	39%	2034	2038	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術	38%	2030	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	38%	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
414	水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子	15%	2030	2033	物質・材料
487	熟練工不足に対応した人の技量によらない、簡便な構造材料用接合・接着技術	14%	2028	2031	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	10%	2029	2030	先端計測・解析手法
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚 100mm を一度に溶接できる建築構造材料)	9%	2029	2034	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	7%	2029	2031	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)

○法規制の整備

科学技術的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-20 に示すとおりである。

図表 II- 5-20 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	46%	2032	2037	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	43%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
502	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造(バイオフィabrication)	43%	2031	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要となる、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム	43%	2028	2030	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術	38%	2030	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
471	超小型でショットノイズ限界を超える量子センサ	1%	2034	2037	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
424	製品の幾何学的形状と、材料の微細構造やその配置とを同時に制御できる加工技術	1%	2028	2030	プロセス・マニュファクチャリング
433	数値シミュレーションと革新的測定技術の共同により、ナノスケールの微細構造と化学反応を含むダイナミクスを解明可能な協奏技術	1%	2029	2032	計算科学・データ科学
431	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、実利用環境における機能予測を一環して可能とするシミュレーション技術	1%	2029	2032	計算科学・データ科学
465	急峻 on/off トランジスタ・アナログ記憶素子のモノリシック三次元集積により実現する超並列・低消費電力 AI チップ	0%	2030	2032	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)

○ELSI への対応

科学技術の実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-21 に示すとおりである。

図表 II- 5-21 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	43%	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
502	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造(バイオフィabrication)	42%	2031	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
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	41%	2032	2037	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	39%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術	35%	2030	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
486	任意形状のインフラ補修部材を安価で製造できる3Dプリンター素材	0%	2028	2029	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
487	熟練工不足に対応した人の技量によらない、簡便な構造材料用接合・接着技術	0%	2028	2031	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
488	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術(塗膜を含む)	0%	2030	2032	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
489	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	0%	2028	2029	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム	0%	2030	2036	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)

注)0%のトピックは他に 14 件ある。

○その他

科学技術の実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位件)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 ii-5-22 に示すとおりである。

図表 II- 5-22 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	10%	2029	2030	先端計測・解析手法
505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	10%	2033	2036	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
426	除去加工を必要としない素形材技術(ニアネットシェーブ技術)	9%	2027	2029	プロセス・マニュファクチャリング
454	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	8%	2032	2035	先端計測・解析手法
428	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術	7%	2030	2033	プロセス・マニュファクチャリング
441	物質・材料に関する画像情報(電子顕微鏡写真、X 線回折パターン、電荷分布の計算結果等)から、現在および将来(劣化等)の物性・特性を推定する人工知能	2%	2028	2031	計算科学・データ科学
433	数値シミュレーションと革新的測定技術の共同により、ナノスケールの微細構造と化学反応を含むダイナミクスを解明可能な協奏技術	1%	2029	2032	計算科学・データ科学

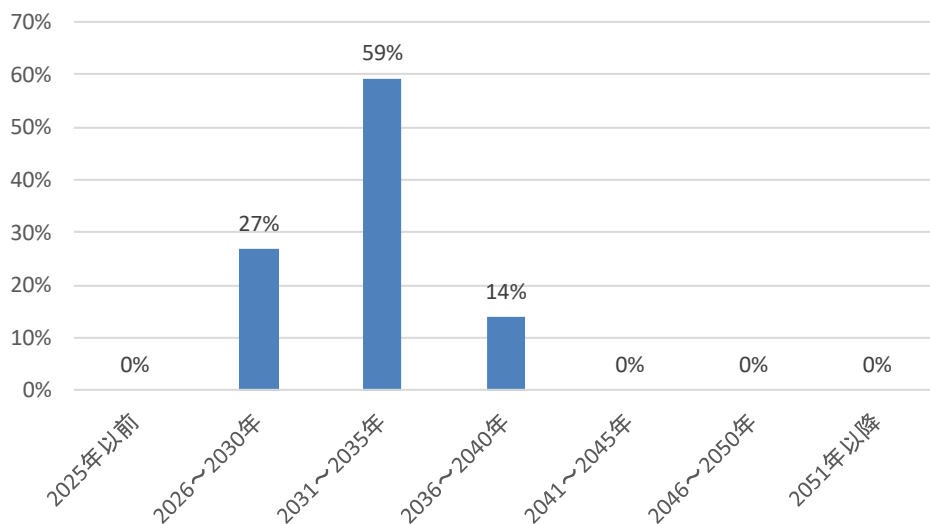
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1%	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
435	複合材料における高次構造の解明とその理解に基づく特性、機能、劣化などの予測を可能とするシミュレーション技術	1%	2029	2032	計算科学・データ科学
499	バイオメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料	0%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

注)2%のトピックは他に 20 件ある。

5.4.5. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は図表 II-5-23 のとおりである。

図表 II- 5-23 社会的実現時期の分布



本分野の科学技術トピックの約 59%が、2031～2035 年までに社会的実現時期を迎える。また、2036 年以降に社会的実現を迎えるとしたトピックも 14 件を含まれる。

細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-5-24 のとおりである。

「プロセス・マニファクチャリング」細目の科学技術トピックは、他の細目に比べ、社会的実現時期が若干早期(26-30 が多い)となっている。

図表 II- 5-24 社会的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
物質・材料		2	8	1			
プロセス・マニファクチャリング		8	4				

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
計算科学・データ科学		3	10				
先端計測・解析手法		5	11				
応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)		3	5	6			
応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)			6	3			
応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ分野)		3	7	1			
応用デバイス・システム (ライフ・バイオ分野)		3	9	3			
総計		27	60	14			

ここでは、社会的実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック (上位 5 位) は図表 II-5-25～26 のとおりである。「プロセス・マニファクチャリング」細目の関連科学技術トピックで、「実現しない」との回答比率が高いトピックが含まれる。また、「先端計測・解析手法」細目の関連科学技術トピックで、「わからない」との回答比率が高いトピックが含まれる。

図表 II- 5-25 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	社会的 実現時期	細目
479	CO ₂ 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	13%	2039	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
480	環境に CO ₂ を排出せずに石炭を原料に水素を製造する膜分離技術	0.87	12%	2036	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム	0.55	12%	2036	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
467	既存のコンピュータに組み込み可能な手のひらサイズの量子コンピュータ・アクセラレータ	0.93	12%	2038	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス)
477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム	0.52	11%	2034	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)

図表 II- 5-26 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が 1 ミクロン以上の楕円メッシュ	0.08	60%	2030	先端計測・解析手法
505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	0.48	50%	2036	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)

科学技術トピック		重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚 100mmを一度に溶接できる建築構造材料)	0.64	42%	2034	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
454	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	0.64	41%	2035	先端計測・解析手法
413	室温で量子コヒーレンスを長時間保つ新材料	0.73	40%	2038	物質・材料

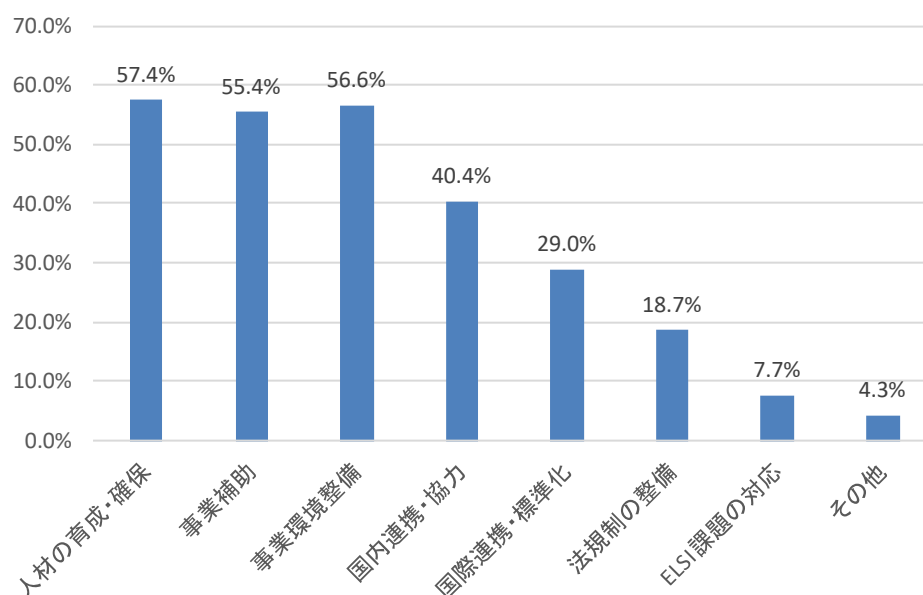
5.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

社会的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-5-27 のとおりである。

最も回答が多いものとして、「人材の育成・確保」(57.4%)があげられ、次いで「事業環境整備」(56.6%)、「事業補助」(55.4%)と続く。

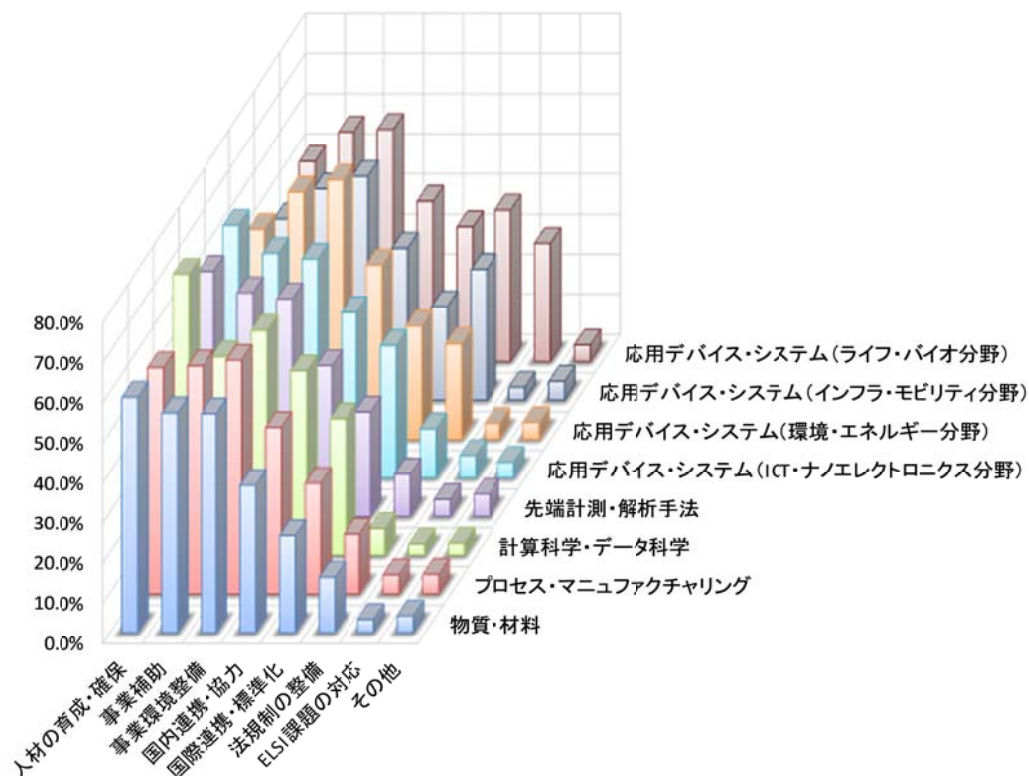
図表 II- 5-27 社会的実現に向けた政策手段



(2) 細目別の傾向

「計算科学・データ科学」の細目で、他の細目と比べ、社会的実現に向けて「人材の育成・確保」、「国内連携・協力」、「国際連携・標準化」が必要とする回答比率が高い。「応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)」の細目では、他の細目と比べ、社会的実現に向けて「事業補助」、「事業環境整備」を必要とする回答が高い。「応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)」の細目では、他の細目と比べ、社会的実現に向けて「法規制の整備」、「ELSI の対応」を必要とする回答が高い。

図表 II- 5-28 社会的実現のための政策手段(細目別) (%)



○人材の育成・確保

社会的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-5-29 に示すとおりである。

図表 II- 5-29 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
436	インフォマティクス技術と第一原理計算や分子動力学法などのシミュレーション技術の協奏・共同技術	77%	2027	2029	計算科学・データ科学
432	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までを一環して対象とするマルチフィジックス材料シミュレーション技術	76%	2030	2033	計算科学・データ科学
435	複合材料における高次構造の解明とその理解に基づく特性、機能、劣化などの予測を可能とするシミュレーション技術	75%	2029	2032	計算科学・データ科学
430	摩擦、応力、電磁場、熱、光、媒質などの外場要因のある系での原子スケールの化学反応から、マクロスケールの特性やその劣化などの経時変化を総体的に解析・予測するマルチスケールシミュレーション技術	75%	2029	2032	計算科学・データ科学
439	データ同化による精緻化した予測モデルによるシミュレーション、情報統計力学などを、材料学上の逆問題に適用し、求める機能・物性を有する材料の構造や成分、プロセスを推定する技術	75%	2029	2032	計算科学・データ科学
477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム	42%	2033	2034	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
486	任意形状のインフラ補修部材を安価で製造できる3Dプリンター素材	39%	2028	2029	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム	35%	2030	2036	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する 3Dフードプリンティング技術	34%	2028	2030	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	31%	2029	2031	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)

○事業補助

社会的実現に向けた政策手段として、「事業補助」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-30 に示すとおりである。

図表 II- 5-30 政策手段を「事業補助」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	72%	2032	2033	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
473	変換効率 50%を超える太陽電池	71%	2033	2036	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)

	科学技術トピック	事業補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上（自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当）の性能をもつ高容量高出力電池	71%	2030	2032	応用デバイス・システム（環境・エネルギー）
497	体内情報（薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分）をモニタリングするウェアラブルデバイス	70%	2028	2031	応用デバイス・システム（ライフ・バイオ）
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	69%	2029	2033	応用デバイス・システム（ライフ・バイオ）
505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	44%	2033	2036	応用デバイス・システム（ライフ・バイオ）
445	超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術	42%	2030	2034	先端計測・解析手法
440	三次元造形のプロセス・材料・設計事例データをオープンな場集めて集合知として活用し、新たな造形・プロセスを生み出す技術	41%	2028	2030	計算科学・データ科学
492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム	41%	2030	2036	応用デバイス・システム（インフラ・モビリティ）
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造（造形）する 3Dフードプリンティング技術	36%	2028	2030	応用デバイス・システム（ライフ・バイオ）

○事業環境整備

社会的実現に向けた政策手段として、「事業環境整備」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-5-31 に示すとおりである。

図表 II- 5-31 政策手段を「事業環境整備」とするトピック（上位・下位 5 位）

	科学技術トピック	事業環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上（自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当）の性能をもつ高容量高出力電池	73%	2030	2032	応用デバイス・システム（環境・エネルギー）
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	72%	2032	2033	応用デバイス・システム（環境・エネルギー）
499	バイオミメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料	71%	2028	2031	応用デバイス・システム（ライフ・バイオ）
485	燃料電池車向けに、水素貯蔵密度 100kg/m ³ 以上かつ質量貯蔵密度 10wt%以上の高密度水素キャリア	69%	2031	2035	応用デバイス・システム（インフラ・モビリティ）
489	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	67%	2028	2029	応用デバイス・システム（インフラ・モビリティ）
470	光をほとんどあてずに測定する被写体（生体）にダメージを全く与えない、量子もつれを利用したイメージング技術	47%	2035	2038	応用デバイス・システム（ICT・ナノエレクトロニクス）

	科学技術トピック	事業環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	45%	2033	2036	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する3Dフードプリンティング技術	40%	2028	2030	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚100mmを一度に溶接できる建築構造材料)	40%	2029	2034	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	38%	2029	2030	先端計測・解析手法

○国内連携・協力

社会的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は図表 II-5-32 に示すとおりである。

図表 II- 5-32 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位5位)

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	60%	2030	2032	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
422	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム	53%	2026	2029	プロセス・マニュファクチャリング
490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要な、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム	53%	2028	2030	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
432	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までを一環して対象とするマルチフィジックス材料シミュレーション技術	53%	2030	2033	計算科学・データ科学
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	51%	2032	2033	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
419	形状加工後に自発的に変形・結合することで機能発現やシステム融合を可能にする技術(4D プリンティング・4D マテリアル)	30%	2030	2033	プロセス・マニュファクチャリング
466	ナノ共鳴子の非線形応答を用いた微細アンテナによる微小通信機	30%	2031	2034	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
503	細胞や細胞内のタンパク質、アミノ酸、イオン等の動態を、マイクロ秒以下の時間分解能で追尾可能なモニタリング技術	28%	2031	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	26%	2029	2030	先端計測・解析手法

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚 100mm を一度に溶接できる建築構造材料)	22%	2029	2034	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)

○国際連携・標準化

社会的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-33 に示すとおりである。

図表 II- 5-33 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	44%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
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	43%	2034	2038	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
449	ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術	43%	2031	2032	先端計測・解析手法
467	既存のコンピュータに組み込み可能な手のひらサイズの量子コンピュータ・アクセラレータ	41%	2035	2038	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
463	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子	41%	2033	2035	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
482	鉄と非金属材料(木材、コンクリート、CFRP 等)の高機能ハイブリッド構造材料(構造性能、意匠性、耐食性等)	19%	2029	2032	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
407	高分子並みに塑性加工が容易な耐熱性無機材料	18%	2029	2032	物質・材料
477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム	18%	2033	2034	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	10%	2029	2030	先端計測・解析手法
491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	10%	2029	2031	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)

○法規制の整備

社会的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-34 に示すとおりである。

図表 II- 5-34 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 件)

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
502	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造 (バイオフィabrication)	62%	2031	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	61%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
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	60%	2032	2037	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	60%	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要となる、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム	53%	2028	2030	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
434	数十億原子からなる μ mスケールの全原子分子動力学シミュレーション技術の開発による、電子顕微鏡との直接比較の実現と計算モデルの高精度化	4%	2029	2032	計算科学・データ科学
471	超小型でショットノイズ限界を超える量子センサ	3%	2034	2037	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
431	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、実利用環境における機能予測を一環して可能とするシミュレーション技術	3%	2029	2032	計算科学・データ科学
437	量子コンピュータを利用した物質物性計算手法	3%	2032	2034	計算科学・データ科学
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	3%	2029	2030	先端計測・解析手法

○ELSI への対応

社会的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 件)と割合の小さいトピック(下位 5 件)は図表 II-5-35 に示すとおりである。

図表 II- 5-35 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 件)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
502	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造 (バイオフィabrication)	57%	2031	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
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	56%	2032	2037	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	55%	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	48%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術	46%	2030	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
445	超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術	0%	2030	2034	先端計測・解析手法
450	絶縁材料や生体材料を観察するための原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡	0%	2029	2031	先端計測・解析手法
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	0%	2029	2030	先端計測・解析手法
465	急峻 on/offトランジスタ・アナログ記憶素子のモノリシック三次元集積により実現する超並列・低消費電力 AI チップ	0%	2030	2032	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス)
471	超小型でショットノイズ限界を超える量子センサ	0%	2034	2037	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス)
483	経年劣化・損傷に対する自己修復機能を有し、ビル等の建築構造物の機能を維持できる構造材料	0%	2033	2035	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
486	任意形状のインフラ補修部材を安価で製造できる3D プリンター素材	0%	2028	2029	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
487	熟練工不足に対応した人の技量によらない、簡便な構造材料用接合・接着技術	0%	2028	2031	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
488	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術 (塗膜を含む)	0%	2030	2032	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)

○その他

社会的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-5-36 に示すとおりである。

図表 II- 5-36 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	12%	2033	2036	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	11%	2029	2030	先端計測・解析手法
428	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術	9%	2030	2033	プロセス・マニュファクチャリング
426	除去加工を必要としない素形材技術(ニアネットシェーブ技術)	9%	2027	2029	プロセス・マニュファクチャリング
454	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	8%	2032	2035	先端計測・解析手法

502	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造 (バイオファブリケーション)	2%	2031	2034	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
485	燃料電池車向けに、水素貯蔵密度 100kg/m ³ 以上かつ 質量貯蔵密度 10wt%以上の高密度水素キャリア	2%	2031	2035	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
441	物質・材料に関する画像情報(電子顕微鏡写真、X 線 回折パターン、電荷分布の計算結果等)から、現在および 将来(劣化等)の物性・特性を推定する人工知能	2%	2028	2031	計算科学・データ科学
499	バイオミメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、 安全性が飛躍的に向上する生体適合材料	1%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマ テリアル	1%	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

5.4.7. 科学技術的実現から社会的実現までの期間

科学技術的実現から社会的実現までの期間を細目別にみると、「物質・材料」細目が3.4年と最も長く、一方で、「先端計測・解析手法」の細目は2.2年と短い。

図表 II- 5-37 科学技術的実現から社会的実現までの期間(年)

	2021	2026	2031	2036	2041	2046	2051
物質・材料			3.4				
プロセス・マニファクチャリング		2.6					
計算科学・データ科学		2.8					
先端計測・解析手法		2.2					
応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス分野)			2.6				
応用デバイス・システム(環境・エネルギー分野)			2.7				
応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ分野)			2.8				
応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)			2.9				
総計			2.9				

科学技術的実現から社会的実現までの期間の長い科学技術トピック(上位5位)および期間の短いトピック(下位5位)は図表 II-5-38 のとおりである。

図表 II- 5-38 科学技術的実現から社会的実現までの期間が長いトピック及び短いトピック

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム	2030	2036	6	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚 100mm を一度に溶接できる建築構造材料)	2029	2034	5	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
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	2032	2037	5	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
411	超大橋など大規模構造物に利用できる、軽量高強度・高耐食・長寿命の炭素系構造材料および、そのリサイクル技術	2030	2034	4	物質・材料
412	炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	2029	2033	4	物質・材料
413	室温で量子コヒーレンスを長時間保つ新材料	2034	2038	4	物質・材料
416	光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない吸収体	2031	2035	4	物質・材料
417	成形・実装・回収・抽出・精製・再成形のリサイクルループが成立する汎用成形材料	2030	2034	4	物質・材料
442	物質・材料の特性データと自動取得された関連する事象(合成法、評価法等)との関係から、データの「質」を評価・判断する技術	2026	2030	4	計算科学・データ科学
445	超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術	2030	2034	4	先端計測・解析手法
464	オンデマンドで単一光子を高レートで発生できる新デバイス	2032	2036	4	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
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	2034	2038	4	応用デバイス・システム(ICT・ナノエレクトロニクス)
480	環境に CO ₂ を排出せずに石炭を原料に水素を製造する膜分離技術	2032	2036	4	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
481	有害な元素・物質(セシウム、鉛、ヒ素、水銀、カドミウム、ベンゼン、六価クロム、シアン化合物など)を低エネルギーで水や土壌から除去する方法	2030	2034	4	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
485	燃料電池車向けに、水素貯蔵密度 100kg/m ³ 以上かつ質量貯蔵密度 10wt%以上の高密度水素キャリア	2031	2035	4	応用デバイス・システム(インフラ・モビリティ)
496	人の感覚について、喪失した場合には補い、さらには超人的レベルを達成するよう補強するバイオミメティクス材料	2032	2036	4	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術	2030	2034	4	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	2029	2033	4	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

	科学技術トピック	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
444	充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム3次元可視化技術	2027	2028	1	先端計測・解析手法
446	触媒反応過程の多チャンネル同時計測・オペランド解析	2028	2029	1	先端計測・解析手法
447	全固体二次電池、パワーデバイス、太陽電池などの固固界面におけるオペランド構造物性解析	2027	2028	1	先端計測・解析手法
449	ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術	2031	2032	1	先端計測・解析手法
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	2029	2030	1	先端計測・解析手法
460	低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ	2029	2030	1	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス)
462	フラッシュメモリ並みに大容量でありながらDRAM並みの高速読み書きが可能で、50年以上の寿命を持つ不揮発メモリ	2029	2030	1	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス)
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対2018年比で10分の1以下となる燃料電池	2032	2033	1	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム	2033	2034	1	応用デバイス・システム (環境・エネルギー)
486	任意形状のインフラ補修部材を安価で製造できる3Dプリンター素材	2028	2029	1	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)
489	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	2028	2029	1	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ)

5.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックの実現時期は、図表 II-5-39 のとおりである。

図表 II- 5-39 他分野の本分野関連の科学技術トピックの科学技術的実現時期の分布 (トピック数)

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
健康・医療・生命科学	老化及び非感染性疾患			1				
	情報と健康、社会医学	1	1					
農林水産・食品・バイオテクノロジー	生産エコシステム		2					
	フードエコシステム		1					
	資源エコシステム		4					
	システム基盤		3					
	次世代バイオテクノロジー		3					
	バイオマス		1					
環境・資源・	エネルギー変換			1				

エネルギー	エネルギーシステム		2					
	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)		3	6	2			
ICT・アナリティクス・サービス	コンピュータシステム			1				
	ネットワーク・インフラ			1				
	セキュリティ、プライバシー			1				
都市・建築・土木・交通	建築		1					
	社会基盤施設		2					
宇宙・海洋・地球・科学基盤	計算・数理・情報科学		1					
	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等		7					
	光・量子技術		2					
総計		1	33	11	2			

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックのうち、重要度指数の高い科学技術トピック(上位 20 位)は、図表 II-5-40 に示すとおりである。

分野・細目別では、環境・資源・エネルギー分野の「資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)」と、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の「量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等」関連トピックが各 4 件占めた。次いで、環境・資源・エネルギー分野の「エネルギーシステム」、都市・建築・土木・交通分野の「社会基盤施設」、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野の「光・量子技術」関連トピックが各 2 件であった。環境・資源・エネルギー分野、宇宙・海洋・地球・科学基盤分野のトピックが多くを占めた。

図表 II- 5-40 他分野で設定された本分野関連の科学技術トピック(重要度上位 20 位)

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
227	環境・資源・エネルギー	電気自動車のための交換不要な長寿命かつ低コストの二次電池(寿命 15 年・コスト 0.5 万円/kWh 以下)	1.48	2029	2032
683	宇宙・海洋・地球・科学基盤	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm～mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	1.23	2028	2029
532	都市・建築・土木・交通	数値シミュレーションによる新技術・新材料の適用性・耐久性に関する迅速評価	1.22	2027	2028
680	宇宙・海洋・地球・科学基盤	中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ、磁場分布等を可視化し、その場観測する技術	1.21	2026	2028
695	宇宙・海洋・地球・科学基盤	1000km に渡り量子状態を保つ量子暗号通信ネットワークを実現する量子中継技術	1.17	2029	2034
75	健康・医療・生命科学	医療・介護施設及び在宅における安全を保障する行動識別センサーを活用したモニタリングシステム	1.15	2025	2028
241	環境・資源・エネルギー	レアメタル品位の低い特殊鋼などの使用済製品からも有用金属を経済的に分離、回収する技術	1.14	2030	2032
217	環境・資源・エネルギー	経済的かつ大規模安定供給可能な長期の水素貯蔵技術	1.10	2032	2034

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
696	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	創薬や投資・金融の意思決定等に係る効率を 3 桁改善 する、従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲ ート型量子コンピュータのハイブリッドシステム	1.08	2030	2035
232	環境・資源・エネ ルギー	海洋鉱物資源の採取に必要な採鉱、揚鉱技術	1.05	2032	2035
685	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	大強度中性子イメージング技術の高度化による、金属材 料内微細構造、磁場の 3 次元可視化計測技術	1.04	2027	2028
244	環境・資源・エネ ルギー	廃棄物の選別・分別システムをより向上させるための選別 センサー技術	1.00	2030	2031
250	環境・資源・エネ ルギー	金属系の高度リサイクルを促進するための高度物理的分 離濃縮技術	1.00	2032	2034
345	ICT・アナリティク ス・サービス	量子暗号を利用した革新的にセキュアな量子通信	1.00	2033	2034
175	農林水産・食品・ バイオ	フードエコシステムに関わる生分解性、光分解性素材	0.95	2029	2031
356	ICT・アナリティク ス・サービス	量子情報通信技術の発展により、ICT システムの安全性 の根拠が、既存の暗号技術に基づくものから、量子技術 等に基づく新たな安全性のフレームワークへ置換	0.94	2031	2035
533	都市・建築・土木・ 交通	マテリアルズインフォマティクスに基づく、高機能、高耐 久、低環境負荷かつ安価なインフラ材料の社会基盤施 設建設における一般的な利用	0.93	2028	2029
132	農林水産・食品・ バイオ	野生動物の個体数管理のための効果的な捕獲技術及び 革新的な獣害防止技術	0.91	2029	2031
221	環境・資源・エネ ルギー	自動車の走行中の非接触充電技術	0.89	2028	2031
681	宇宙・海洋・地球・ 科学基盤	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで 深さ分解して磁気状態を解明する技術	0.89	2027	2028

5.4.9. 未来科学技術年表

(1) 科学技術的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2025	418	IoT・ICTによる製品情報を活用した、コンシューマー製品のマスカスタマイゼーションとそのビジネスモデル
	421	保守部品のオンデマンド生産を可能とする、付加製造(3Dプリンティング)等の新加工技術
	461	高度VRシステム(会議、製造現場の状態管理)と、それを支える高速情報流通システム
2026	420	少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム
	422	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム
	442	物質・材料の特性データと自動取得された関連する事象(合成法、評価法等)との関係から、データの「質」を評価・判断する技術
2027	408	自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料
	425	従来の大量生産技術と同等の生産性を有する付加製造(3Dプリンティング)技術
	426	除去加工を必要としない素形材技術(ニアネットシェーブ技術)
	429	ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲ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)
	436	インフォマティクス技術と第一原理計算や分子動力学法などのシミュレーション技術の協奏・共同技術
	444	充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム3次元可視化技術
	447	全固体二次電池、パワーデバイス、太陽電池などの固固界面におけるオペランド構造物性解析
	456	データ駆動型計測インフォマティクスによる10~100テラバイトの多次元ビッグデータハイスループット解析
	494	食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム
2028	409	リサイクル容易な架橋性樹脂
	423	複数の材料(マルチマテリアル)で構成され、かつ自由な形状を有する機能的な構造物を製造する技術
	424	製品の幾何学的形状と、材料の微細構造やその配置とを同時に制御できる加工技術
	440	三次元造形のプロセス・材料・設計事例データをオープンな場に集めて集合知として活用し、新たな造形・プロセスを生み出す技術
	441	物質・材料に関する画像情報(電子顕微鏡写真、X線回折パターン、電荷分布の計算結果等)から、現在および将来(劣化等)の物性・特性を推定する人工知能
	443	光エネルギー変換材料におけるキャリア移動の時空間分解解析技術
	446	触媒反応過程の多チャンネル同時計測・オペランド解析
	457	ロボット、クライオ電子顕微鏡、高速データ処理環境の融合による生物構造解析の高分解能化とハイスループット化
	486	任意形状のインフラ補修部材を安価で製造できる3Dプリンター素材
	487	熟練工不足に対応した人の技量によらない、簡便な構造材料用接合・接着技術
	489	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術
	490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要な、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム
	493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する3Dフードプリンティング技術
	495	人と同じソフトな動きと感触を可能にするためのロボット向けの機能をもつソフトマテリアル
2029	497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス
	499	バイオミメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料
	407	高分子並みに塑性加工が容易な耐熱性無機材料
	412	炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体
	427	メタマテリアルのコンシューマー製品への適用を可能にする微細加工技術
	430	摩擦、応力、電磁場、熱、光、媒質などの外場要因のある系での原子スケールの化学反応から、マクロスケールの特性やその劣化などの経時変化を総体的に解析・予測するマルチスケールシミュレーション技術
	431	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、実利用環境における機能予測を一貫して可能とするシミュレーション技術
	433	数値シミュレーションと革新的測定技術の共同により、ナノスケールの微細構造と化学反応を含むダイナミクスを解明可能な協奏技術
	434	数十億原子からなる μ mスケールの全原子分子動力学シミュレーション技術の開発による、電子顕微鏡との

年	No.	科学技術トピック
		直接比較の実現と計算モデルの高精度化
	435	複合材料における高次構造の解明とその理解に基づく特性、機能、劣化などの予測を可能とするシミュレーション技術
2029	439	データ同化による精緻化した予測モデルによるシミュレーション、情報統計力学などを、材料学上の逆問題に適用し、求める機能・物性を有する材料の構造や成分、プロセスを推定する技術
	450	絶縁材料や生体材料を観察するための原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡
	451	超高温 (800℃以上)かつ高圧反応 (3kPa 以上) など極限環境で、触媒、金属、熔融塩などを観察できる電子顕微鏡
	455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ
	459	運動や記憶、情報処理、自然治癒など、人の心身における各種能力を加速・サポートするための、センシング・情報処理・アクチュエーション機能が統合された超小型 HMI (ヒューマン・マシンインターフェイス) デバイス
	460	低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ
	462	フラッシュメモリ並みに大容量でありながら DRAM 並みの高速読み書きが可能で、50 年以上の寿命を持つ不揮発メモリ
	482	鉄と非金属材料 (木材、コンクリート、CFRP 等) の高機能ハイブリッド構造材料 (構造性能、意匠性、耐食性等)
	484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材 (780MPa 板厚 100mm を一度に溶接できる建築構造材料)
	491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム
	501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル
	504	タンパク質の一次配列構造から三次元立体構造を予測する技術
2030	411	超大橋など大規模構造物に利用できる、軽量高強度・高耐食・長寿命の炭素系構造材料および、そのリサイクル技術
	414	水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子
	415	摩擦・機械的応力を電気エネルギーに効率よく変換できる、蓄電可能な出力規模を有する振動発電の新素材
	417	成形・実装・回収・抽出・精製・再成形のリサイクルループが成立する汎用成形材料
	419	形状加工後に自発的に変形・結合することで機能発現やシステム融合を可能にする技術 (4D プリンティング・4D マテリアル)
	428	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術
	432	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までを一貫して対象とするマルチフィジックス材料シミュレーション技術
	438	クリープ・疲労等材料の長期的な信頼性について、シミュレーションを用いた予測に基づいて、新材料の実用化へのリードタイムを数分の 1 に短縮する技術
	445	超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術
	458	マイクロ・ナノマシンや生体分子等の配置や運動を自在に制御・計測する光技術
	465	急峻 on/off トランジスタ・アナログ記憶素子のモノリシック三次元集積により実現する超並列・低消費電力 AI チップ
	474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上 (自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当) の性能をもつ高容量高出力電池
	476	60~100℃の未活用の中低温排水を利用可能なエネルギーハーベスト発電システム
	481	有害な元素・物質 (セシウム、鉛、ヒ素、水銀、カドミウム、ベンゼン、六価クロム、シアン化合物など) を低エネルギーで水や土壌から除去する方法
	488	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術 (塗膜を含む)
	492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム
	500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術
	506	全てバイオデグラダブル (生分解性) マテリアルで構成されたデバイスや日用品の実用化技術 (例えば、環境中、生体中に放置できるもの)
2031	416	光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない吸収体
	449	ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術

年	No.	科学技術トピック
	453	ピコメータスケールで原子・分子の内部を可視化できる超高解像度顕微鏡
	466	ナノ共鳴子の非線形応答を用いた微細アンテナによる微小通信機
	469	量子化学計算に基づく薬剤や触媒デザインを可能にする量子シミュレータ
	478	高圧直流送電用機器(電力変換機、絶縁体、ケーブル)の低コスト・小型化によるスマートグリッド
2031	485	燃料電池車向けに、水素貯蔵密度 100kg/m ³ 以上かつ質量貯蔵密度 10wt%以上の高密度水素キャリア
	502	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造(バイオフィアブリケーション)
	503	細胞や細胞内のタンパク質、アミノ酸、イオン等の動態を、マイクロ秒以下の時間分解能で追尾可能なモニタリング技術
	507	CO ₂ 固定化や廃棄物の再資源化プロセスを実現する、生分解性材料あるいは生化学的機能を有する材料
2032	410	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
	437	量子コンピュータを利用した物質物性計算手法
	448	ラボスケールで設置可能かつ実働環境で動作可能な小型中性子オペランド解析
	454	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術
	464	オンデマンドで単一光子を高レートで発生できる新デバイス
	475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池
	480	環境に CO ₂ を排出せずに石炭を原料に水素を製造する膜分離技術
	496	人の感覚について、喪失した場合には補い、さらには超人的レベルを達成するよう補強するバイオメティクス材料
	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
2033	452	結合軌道や反結合軌道を実空間で可視化する顕微鏡
	463	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子
	472	量子暗号を用いた高セキュリティな金融システムのための量子メモリ
	473	変換効率 50%を超える太陽電池
	477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム
	483	経年劣化・損傷に対する自己修復機能を有し、ビル等の建築構造物の機能を維持できる構造材料
	505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明
2034	413	室温で量子コヒーレンスを長時間保つ新材料
	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
	471	超小型でショットノイズ限界を超える量子センサ
2035	467	既存のコンピュータに組み込み可能な手のひらサイズの量子コンピュータ・アクセラレータ
	470	光をほとんどあてずに測定する被写体(生体)にダメージを全く与えない、量子もつれを利用したイメージング技術
2036	479	CO ₂ 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

(2) 社会的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2027	418	IoT・ICT による製品情報を活用した、コンシューマー製品のマスカスタマイゼーションとそのビジネスモデル
	421	保守部品のオンデマンド生産を可能とする、付加製造(3D プリンティング)等の新加工技術
	461	高度 VR システム(会議、製造現場の状態管理)と、それを支える高速情報流通システム
2028	420	少量多品種向けの半導体デバイスや集積回路チップをオンデマンドで短期間に生産できるファブシステム
	444	充放電時における電池内部の物質移動および物質変化のリアルタイム 3 次元可視化技術
	447	全固体二次電池、パワーデバイス、太陽電池などの固固界面におけるオペランド構造物性解析
2029	422	匠(熟練技能者など)の技能の計測とモデリングを通じ、暗黙知を自動的にアーカイブ化するシステム
	426	除去加工を必要としない素形材技術(ニアネットシェープ技術)
	436	インフォマティクス技術と第一原理計算や分子動力学法などのシミュレーション技術の協奏・共同技術
	446	触媒反応過程の多チャンネル同時計測・オペランド解析
	486	任意形状のインフラ補修部材を安価で製造できる3Dプリンター素材
	489	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術
	494	食品の安全をその場で確認できる超小型化学分析システム
2030	408	自己組織化による高分子と無機のハイブリッド材料
	409	リサイクル容易な架橋性樹脂
	424	製品の幾何学的形状と、材料の微細構造やその配置とを同時に制御できる加工技術
	425	従来の大量生産技術と同等の生産性を有する付加製造(3D プリンティング)技術
	429	ビーム技術(イオン、電子、レーザーなど)、装置の制御技術およびセンサ技術の高度化による、オンゲ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)
	440	三次元造形のプロセス・材料・設計事例データをオープンな場に集めて集合知として活用し、新たな造形・プロセスを生み出す技術
	442	物質・材料の特性データと自動取得された関連する事象(合成法、評価法等)との関係から、データの「質」を評価・判断する技術
	455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ
	456	データ駆動型計測インフォマティクスによる 10~100 テラバイトの多次元ビッグデータハイスループット解析
	460	低コストで、曲面や可動部に装着できる、移動度が単結晶シリコンレベルの印刷可能で安定なフレキシブル有機半導体トランジスタ
	462	フラッシュメモリ並みに大容量でありながら DRAM 並みの高速読み書きが可能で、50 年以上の寿命を持つ不揮発メモリ
	490	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要な、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム
	493	人工肉など人工食材をベースに、食品をオーダーメイドで製造(造形)する 3Dフードプリンティング技術
	495	人と同じソフトな動きと感触を可能にするためのロボット向けの機能をもつソフトマテリアル
2031	423	複数の材料(マルチマテリアル)で構成され、かつ自由な形状を有する機能的な構造体を製造する技術
	441	物質・材料に関する画像情報(電子顕微鏡写真、X 線回折パターン、電荷分布の計算結果等)から、現在および将来(劣化等)の物性・特性を推定する人工知能
	443	光エネルギー変換材料におけるキャリア移動の時空間分解解析技術
	450	絶縁材料や生体材料を観察するための原子分解能を有する 100 ボルト以下の低加速電圧電子顕微鏡
	451	超高温(800℃以上)かつ高圧反応(3kPa 以上)など極限環境で、触媒、金属、熔融塩などを観察できる電子顕微鏡
	457	ロボット、クライオ電子顕微鏡、高速データ処理環境の融合による生物構造解析の高分解能化とハイスループット化
	487	熟練工不足に対応した人の技量によらない、簡便な構造材料用接合・接着技術
	491	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム
	497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス
	499	バイオミメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料
2032	504	タンパク質の一次配列構造から三次元立体構造を予測する技術
	407	高分子並みに塑性加工が容易な耐熱性無機材料

年	No.	科学技術トピック
	427	メタマテリアルのコンシューマー製品への適用を可能にする微細加工技術
	430	摩擦、応力、電磁場、熱、光、媒質などの外場要因のある系での原子スケールの化学反応から、マクロスケールの特性やその劣化などの経時変化を総体的に解析・予測するマルチスケールシミュレーション技術
2032	431	合成プロセスシミュレーション、加工プロセスシミュレーション、実利用環境における機能予測を一環して可能とするシミュレーション技術
	433	数値シミュレーションと革新的測定技術の共同により、ナノスケールの微細構造と化学反応を含むダイナミクスを解明可能な協奏技術
	434	数十億原子からなる μm スケールの全原子分子動力学シミュレーション技術の開発による、電子顕微鏡との直接比較の実現と計算モデルの高精度化
	435	複合材料における高次構造の解明とその理解に基づく特性、機能、劣化などの予測を可能とするシミュレーション技術
	439	データ同化による精緻化した予測モデルによるシミュレーション、情報統計力学などを、材料学上の逆問題に適用し、求める機能・物性を有する材料の構造や成分、プロセスを推定する技術
	449	ナノ材料の生理学的安全性を推測する技術
	459	運動や記憶、情報処理、自然治癒など、人の心身における各種能力を加速・サポートするための、センシング・情報処理・アクチュエーション機能が統合された超小型 HMI (ヒューマン・マシンインターフェイス) デバイス
	465	急峻 on/off トランジスタ・アナログ記憶素子のモノリシック三次元集積により実現する超並列・低消費電力 AI チップ
	474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上 (自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当) の性能をもつ高容量高出力電池
	482	鉄と非金属材料 (木材、コンクリート、CFRP 等) の高機能ハイブリッド構造材料 (構造性能、意匠性、耐食性等)
	488	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術 (塗膜を含む)
	506	全てバイオデグラダブル (生分解性) マテリアルで構成されたデバイスや日用品の実用化技術 (例えば、環境中、生体中に放置できるもの)
2033	412	炭化ケイ素 (SiC)、窒化ガリウム (GaN) を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体
	414	水冷ラジエータ等の部品化可能な熱電素子
	415	摩擦・機械的応力を電気エネルギーに効率よく変換できる、蓄電可能な出力規模を有する振動発電の新素材
	419	形状加工後に自発的に変形・結合することで機能発現やシステム融合を可能にする技術 (4D プリンティング・4D マテリアル)
	428	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術
	432	電子スケールから原子、メゾ組織、マクロ組織、工業部材までを一環して対象とするマルチフィジックス材料シミュレーション技術
	438	クリープ・疲労等材料の長期的な信頼性について、シミュレーションを用いた予測に基づいて、新材料の実用化へのリードタイムを数分の 1 に短縮する技術
	458	マイクロ・ナノマシンや生体分子等の配置や運動を自在に制御・計測する光技術
	469	量子化学計算に基づく薬剤や触媒デザインを可能にする量子シミュレータ
	475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池
	476	$60\sim 100^{\circ}\text{C}$ の未活用の中低温排水を利用可能なエネルギーハーベスト発電システム
	501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル
2034	503	細胞や細胞内のタンパク質、アミノ酸、イオン等の動態を、マイクロ秒以下の時間分解能で追尾可能なモニタリング技術
	411	超大橋など大規模構造物に利用できる、軽量高強度・高耐食・長寿命の炭素系構造材料および、そのリサイクル技術
	417	成形・実装・回収・抽出・精製・再成形のリサイクルループが成立する汎用成形材料
	437	量子コンピュータを利用した物質物性計算手法
	445	超臨界状態や相転移などにおける物質のゆらぎの解析技術
	448	ラボスケールで設置可能かつ実働環境で動作可能な小型中性子オペランド解析
	453	ピコメータスケールで原子・分子の内部を可視化できる超高解像度顕微鏡
	466	ナノ共鳴子の非線形応答を用いた微細アンテナによる微小通信機
	477	環境の影響を最小限にとどめた高層偏西風や潮流を利用した発電システム
	478	高圧直流送電用機器 (電力変換機、絶縁体、ケーブル) の低コスト・小型化によるスマートグリッド

年	No.	科学技術トピック
	481	有害な元素・物質(セシウム、鉛、ヒ素、水銀、カドミウム、ベンゼン、六価クロム、シアン化合物など)を低エネルギーで水や土壌から除去する方法
	484	超高層ビル等大型建築物向けの、大入熱溶接が可能となる建築用高強度鋼材(780MPa 板厚 100mm を一度に溶接できる建築構造材料)
	500	移植用臓器を長期間保存できるバイオマテリアルおよびプロセス技術
	502	3D プリンティング技術を用いた再生組織・臓器の製造(バイオフィabrication)
2034	507	CO ₂ 固定化や廃棄物の再資源化プロセスを実現する、生分解性材料あるいは生化学的機能を有する材料
2035	410	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
	416	光など電磁波を閉じ込めてほとんど逃がさない吸収体
	452	結合軌道や反結合軌道を実空間で可視化する顕微鏡
	454	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー(波長)範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術
	463	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子
	483	経年劣化・損傷に対する自己修復機能を有し、ビル等の建築構造物の機能を維持できる構造材料
	485	燃料電池車向けに、水素貯蔵密度 100kg/m ³ 以上かつ質量貯蔵密度 10wt% 以上の高密度水素キャリア
2036	464	オンデマンドで単一光子を高レートで発生できる新デバイス
	472	量子暗号を用いた高セキュリティな金融システムのための量子メモリ
	473	変換効率 50% を超える太陽電池
	480	環境に CO ₂ を排出せずに石炭を原料に水素を製造する膜分離技術
	492	重量物を積載したトラックの走行に対して耐えうる構造を有する、100km/h で走行する乗用車に対し 20kW 以上の非接触給電を可能とするシステム
	496	人の感覚について、喪失した場合には補い、さらには超人的レベルを達成するよう補強するバイオミメティクス材料
	505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明
2037	471	超小型でショットノイズ限界を超える量子センサ
	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
2038	413	室温で量子コヒーレンスを長時間保つ新材料
	467	既存のコンピュータに組み込み可能な手のひらサイズの量子コンピュータ・アクセラレータ
	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
	470	光をほとんどあてずに測定する被写体(生体)にダメージを全く与えない、量子もつれを利用したイメージング技術
2039	479	CO ₂ 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

6. 都市・建築・土木・交通分野

6.1. 将来の展望

6.1.1. 総論

(1) 細目の構成

「都市・建築・土木・交通」分野を構成する細目は、国土の状態を把握し適切に保全するために必要な技術からなる「国土利用・保全」、建築の外側（骨格等）及び内側（室内環境、住環境等）に係る技術からなる「建築」、設計・施工・維持管理・制御・新材料・新構造に加え社会基盤の維持管理技術からなる「社会基盤施設」、市街地の制御等、都市の情報収集・評価・空間計画・計画の実現化技術からなる「都市・環境」、IoT・AI・ロボット等を用いて 3 次元計測・設計や自動・自律的な機械、建設プロセスのデータに基づく「建設生産システム」、自動車・鉄道・航空・船舶等の乗り物及び交通インフラ、運行システム等を含む「交通システム」、乗り物の安全性向上・自動操縦・低環境負荷・高速化等かかる「車・鉄道・船舶・航空」、防災・減災に係る流域管理・地震被害の判定・洪水予測・応答制御・アクティブ制御・構造設計等の科学技術からなる「防災・減災技術」、防災・減災に係る規制・警報・避難等のソフト的な対策を支援する「防災・減災情報」の 9 つの細目からなる。前回調査（第 10 回科学技術予測調査）で設定した細目と大きく変わらないものの、本調査より、「i-Construction」に代表されるように、本分野の ICT の全面的な活用に係る細目として「建設生産システム」を新たに設定した。

(2) 本分野の今後の方向性

都市・建築・土木・交通、広い意味での社会基盤施設（インフラストラクチャー）と呼ばれるこの分野は、我々の経済活動、生活などを支える重要な文明の装置である。インターネットを通じて、情報が世界中を瞬時に回る時代の中で、人、モノの高速移動を支える社会基盤施設の要求が高くなる一方である。また、膨大な量のストックの、そして高齢化する我が国の社会基盤施設では災害や経年劣化に対する脆弱性が高まりつつあり、持続性とレジリエンスがますます大きな課題となっている。自然災害では地震による被害がこの半世紀は突出していたが、最近では、地球温暖化の影響を受け、豪雨による災害も急激に増加傾向にある。様々な課題、要求のなかで、また、人口減と高齢化する人口構成という制約の中で、持続的でレジリエントな社会基盤施設の形成に科学技術の果たす役割と期待は非常に大きい。

細目別の科学技術トピックの重要度は、「社会基盤施設」、「建設生産システム」、「交通システム」、「防災・減災技術」、「防災・減災情報」の 5 つの細目で「重要」と評価されたトピックが複数含まれている。また、トピックの国際競争力では「防災・減災技術」に対する評価が高い。

科学技術の実現時期については、多くの細目で 2026～2030 年に科学科学技術的実現及び社会的実現時期を迎えるとしたが、「防災・減災技術」、「建築」細目は 2031～2035 年がピークとやや長期的な予測となっている。

また、科学技術的実現のための政策手段では、全細目で「研究基盤整備」を求める意見が 50%を超える。研究開発費の拡充に対する期待は最も多く「社会基盤施設」細目のトピックが 2 件含まれている（インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術）、「局地

的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測」)。また、社会実現に向けた「事業補助」として、国土利用・保全の細目が 2 件含まれている(「破堤箇所の迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術」、「流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術」)。それ以外では「交通システム」細目では、「ELSI への対応」、「法規制の整備」等の社会システムに係る環境条件を挙げた。

本報告書を取りまとめる最終的な段階で、コロナウイルス感染症、いわゆる COVID-19 がパンデミック問題として浮上してきた。これだけ蔓延した背景には人、モノの高速大量移動、いわゆるモビリティのグローバル化があると言われている。ポスト COVID-19 問題の後にどのような世界が展開されるかは、誰も分らないが、モビリティのグローバル化は避けられない必然と考えられる。安全なモビリティを可能にする、ヘルスケアも含めたより広い社会インフラの構築という新しい課題に向けて、科学技術の果たす役割はさらに大きくなったとみるべきであろう。

(藤野陽三)

6.1.2. 細目概要

①国土利用・保全

i) 概要

我が国は、海洋に囲まれ、急峻な地形を抱えた狭小な国土に稠密な人口と高度な社会経済活動が展開されている。加えて、世界有数の地震や火山活動、軟弱な地盤、脆弱な地質、乏しい資源といった、不利な自然条件を抱えている。一方で先人達は、国土に様々な装置を具備させることで、人と国土との関係を長期にわたり良好なものにする基盤を整えてきた。

今後、急激な人口減少や国際競争の激化、地球規模での環境変化の下で、国力と生活の質を維持・向上させていくためには、これまで以上に、国土の状態を把握し、適切に保全していくとともに、より使いやすいよう、工夫と働きかけを続けていく必要がある。本細目は、そのために必要となる技術である。

ii) 社会的意義

本細目の技術の実現により、気候変動や災害に伴う国土の変化を的確に把握、予測することが可能となり、適切に国土を保全するとともに、安全・安心な暮らしと社会経済活動を担保することが可能となる。また、環境と調和可能な形で、限られた資源を効率的に利用し、海洋を新たな国土としてとらえることで、我が国の活力・国際競争力を維持・発展することが可能となる。

iii) 今後の展望

本細目に属するトピックを、重要度の観点から見ると、河川堤防の緊急復旧技術、準天頂衛星の測位データを利用した国土や大型構造物のモニタリングといった、防災に関係するものの評価が高く、河川環境の保全に関するものが続いた。これらのトピックについては、国際競争力も比較的高いものと評価されていた。およそ 8 割のトピックが 2030 年までに科学技術的に実現、すべてのトピックが 2035 年までに社

会的実現すると予想されている。また、河川環境に関わるトピックについては、技術の実現、社会的実現に向けて、人材の育成・確保や国内連携・協力が重要と評価されていた。

近年の大規模水害の多発や、気候変動に伴って、さらなる水害の頻発、激甚化が予測されている現状を反映して、防災に関係する技術の重要度が高く評価されたと思われる。また同時に、河川環境の保全に関わるトピックへの関心の高さもうかがえる。河川環境保全は、実現のために、人材の育成や国内連携・協力が必要と評価されており、多様な専門性を有する研究者や技術者が求められている。

防災と環境保全を両立した国土利用・保全が強く求められている。このために、国土の強靱化を進めるとともに、環境分野での人材や体制強化の必要性が高いと考えられる。

(伊藤正秀、天野邦彦)

②建築

i) 概要

「建築」は、技術的には構造力学が中心的な領域で、本分野では要素技術の集合体と表現できる。要素技術の目指すものとして、インフラフリーの自立型建築や省エネルギー、構造に係る技術課題がある。このため、本細目のキーワードには、建築、住宅等の建築の外側、つまり骨格に係る技術を設定しているが、これらに加え、安全、健康、利便、快適、スマート、ワークスペース、室内環境等の建築の内側、つまり住環境に係る技術にも着目している。さらにこれらに加え、新木造・新素材、省・創・蓄エネ、海洋・宇宙環境等のように建築における新たなフロンティア技術にも範囲を拡大した。

ii) 社会的意義

当該細目の将来技術として、これまでの予測調査でも取り上げられた、鉄骨の接着剤接合技術、既存建物の合理的な改修・解体技術は、建築物の老朽化や更新といった需要にさらに重要度が増している。これらに加え、建築物の室内環境のモニタリングに係る課題(健康阻害や感染症アウトブレイクの抑制等)の解決も社会的に重要となっている。また、建築物の持続的な活用に向けては、新木造の材料・構工法技術等の材料や工法に係るトピックに加え、日常時の省エネ・非常時の避難容易性・経年時可変更新性等を情報技術との統合で達成する技術、再生可能エネルギーのベストミックス等が期待される。海洋空間や宇宙空間での建築技術も、本分野の科学技術トピックとして取り上げられた。当該空間での建築を目標に掲げる民間事業者も出てきており、建築技術の活躍する領域は拡大しつつある。

iii) 今後の展望

回答者数及び重要度平均値が低い分野ではあったが、アンケートの詳細を紐解いてみると大きく2つの傾向が見受けられる。

従来の延長線上の「建築分野発の課題」(2030年までに実現される技術):当アンケートは2040年をターゲットとしているにもかかわらず、重要度が高いと評価された技術は、全て2030年までに科学技術的にも社会的にも実現すると予測されている。主に伝統的な「建築分野発の課題」であり、本分野の回答者の多くを占める「高い専門性を有する専門家」が地道に開発を続ける分野である。

異分野の変化に影響された「異分野発の課題」(2030年以降に実現される技術):重要度が低いと

集計された分野は、実現年度がわからないという回答が多い。例えば IoT/AI、自動化・無人化、環境・健康・医療、宇宙や海洋といった従来の建築の枠を超えた「異分野発の課題」である。

今後の展望は、「異分野発の課題」が前回調査より増加している傾向から推測するに、従来型の分野分類の枠を超えた科学技術の捉え方、科学技術投資や人材育成の在り方が、より強く当分野に求められると予感される。

(腰原幹雄、竹内真幸)

③社会基盤施設

i) 概要

現在、我が国においては、これまでに整備されてきたインフラが高齢化するにつれ、インフラに対する維持管理費用の不足が懸念されている。このため、予防保全等によるインフラ維持管理水準の向上を低コストで実現する必要が生じている。また、巨大地震や気候変動に伴う災害の激甚化や、宇宙といった人間活動の新たな広がりが予想されるなど、社会基盤施設に求められる役割が拡大しつつある。本細目は、設計、施工、維持管理、制御、新材料、新構造に加え、環境、情報技術、ロボティクス、保守、インフラセンシング、点検・診断、修復・再生等の社会基盤施設の維持管理に係る関連技術で構成される。

ii) 社会的意義

本細目では、社会基盤に係る材料の将来像として、評価技術、高機能・高耐久・低環境負荷・安価なインフラ材料が一般的に利用される姿を把握するためにトピックを設定した。また、社会基盤施設を支える新たな技術として、Society 5.0 と関連してフィジカル・サイバー空間のシームレス結合、ロボット、新材料、三次元プリンターを用いた延命・迅速更新技術、現場で利用可能な非破壊検査技術等がある。これらの技術の実現により、社会基盤施設の老朽化や日常の維持管理の負荷が軽減されることが期待される。今後の事象として、気候変動や自然災害の激甚化が懸念される。局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊・土構造物のリアルタイム被害予測や、環境作用に対する高い劣化抵抗性・外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設に係る技術等は、社会的にもさらに重要とされる。

iii) 今後の展望

本調査の結果、「インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術」および「局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測」の重要度が高い結果となり、インフラの維持管理や、近年頻度を増す大雨災害に対する関心の高さを反映するものとなった。一方で、「宇宙利用のためのインフラ設計・施工・維持管理技術」については、相対的に低い重要度となっているが、社会的実現のための国際連携に対するスコアが高くなっている。宇宙利用にあたっては、日本単独ではなく国際連携を念頭においたものになっていることが想像される。

また、科学技術的な観点からの実現見通しについては、2025 年～2030 年といった近い将来を予想する回答が多く(宇宙利用を除く)、さらに社会的実現の見込みについても、科学技術的な実現とはほぼ同時か、1-2 年という短期間の後に実現するという予想に反した結果となった。この一つの要因として、細目で

挙げた各トピックの必要性が高いために、基礎技術が迅速に実用化される場面を回答者がイメージしている可能性がある。しかしながら、基礎的研究が確立される段階の「科学科学技術的実現」と、製品やサービスとして実際に利用可能となる「社会的実現」のステージには、乗り越えるべき大きなギャップがあることが一般的である。例えば、安定した実験室内等の理想環境において使えることが出来たとしても、実際のインフラがあるような過酷な環境では、適用が困難になったり、十分な精度が出なかったりすることがよくある。従って、基礎的な研究および技術開発と、現場適用を通じた技術の実証・実装を両輪で行うことが、社会基盤施設が抱える様々な課題を解決し、持続的な未来を実現するために必要と考える。

(石田哲也)

④都市・環境

i) 細目概要

政策の立案と実現の段階に着目すると、都市・環境の技術は、①情報収集や分析の技術、②情報評価と意思決定の技術、③空間の計画技術、④計画の実現化の技術の4つに分けて考えることができる。モニタリング技術の発達等によって膨大な情報が生み出され、その収集が可能になった現在、それらを活かした精度の高い①②③④の技術開発が発展の大きな方向である。特に新たに市街地を拡大する技術だけでなく、すでに出来上がった市街地の制御技術の重要性が高まっている。

ii) 社会的意義

人口が減少しても市街地の大きさはあまり変わらず、そこでの人の動き、建物の動向が複雑化するため、市街地の制御には膨大な労力が必要である。一方で人口減少によって都市・環境の制御に割ける人的資源も限定的となっており、技術開発はそういった人的資源を代替する技術として重要である。それにより、速やかな情報収集、分析、評価、意思決定、計画、実現化のサイクルが実現することになり、効率的な都市の成長、制御につながっていく。

iii) 今後の展望

頻発する災害を受けてか、災害ハザードマップの作成技術(546「詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術」)が重要度、国際競争力ともに高いスコアであった。地球環境の変動はわが国だけの問題ではなく、世界的にも取り組む意義がある課題だろう。重要だが国際競争力がそれほどでもない項目はオープンデータのプラットフォーム(542「都市に関するオープンデータ化を図り、多様な主体が保有するデータを共有・連携して活用できるプラットフォーム」)と未利用地の粗放的な維持管理技術(550「人口減少にともなって発生する低未利用地の粗放的な維持管理技術」)であり、これらはわが国固有の問題であることが示唆される。住宅地についての2項目(544「合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)」、545「広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地」)は回答者も少なく、重要度がそれほど高くなく、国際競争力も低い。このこともあって技術の実現見込みが遅いという回答が得られている。技術の実現見込みは、データを活かした都市計画についての2項目(542「都市に関するオープンデータ化を図り、多様な主体が保有するデータを共有・連携して活用できるプラット

ホーム」、547「時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム」)が近くの実現が予想されており、日進月歩の情報技術への期待が伺われる。また、重要度や国際競争力がやや高いグリーンインフラの技術(543「自然が持つ多様な機能を活かして整備されるグリーンインフラの包括的・効率的な整備・維持管理及び定量的評価技術」)については、科学技術のためにも、社会的実現のためにも人材育成・確保の必要性が高いことが明らかとなった。

(饗庭 伸)

⑤建設生産システム

i) 細目概要

日本は人口減少時代に突入し、生産年齢人口は 2030 年までに、毎年1%近く減少すると見込まれている。特に、建設分野は現場作業が主体であり、熟練技能が要求されることから、他産業に比較して労働者の平均年齢が高く、また、いわゆる 3K(キツイ、汚い、危険)として、若者から敬遠されがちである。このままでは、2025 年には約 135 万人の労働力が不足すると見込まれている。

建設産業は、製品の規模が大きい、自然や社会条件の影響を強く受ける、現場ごとの単品生産等の理由により、工程の合理化が進みにくい特性を有していた。一方で、近年の IoT、AI、ロボット等の技術進化は著しい。本細目の技術は、ドローンやレーダー等を用いた現場の 3 次元計測や設計、AI やロボットによる自動・自律的な機械の稼働や工程管理、建設プロセスで得たデータに基づく維持管理等を実現し、大幅な生産性向上と労働力不足のカバーを目指すものである。なお、当分野の技術は、i-Construction として、2016 年、政府の生産性革命プロジェクトにも位置づけられている。

ii) 社会的意義

建設産業の労働力不足が生産性向上によりカバーされ、現場の工場化により安全で魅力ある職場となるとともに、従来のような熟練したスキルや肉体への負荷を必ずしも必要としないことから女性や若者の活躍の場が広がることにつながる。

災害の多発や急峻な地形等、厳しい条件下において安全・安心で生産性の高い社会経済活動を維持発展させていくためには、国土の保全と使い勝手を向上する働きかけが不可欠であるが、建設産業が魅力ある持続的な産業となることで、その担い手が確保されることになる。

iii) 今後の展望

本細目に属するトピックは、他の細目のそれに比べて、限定的な技術要素として列挙されている傾向が強く、また類似性が高かったと見られ、評価結果についても類似性が高く、分散傾向が低かった。重要度は、全体的に高く評価されていた。これに対して、国際競争力は若干低めの評価であった。トピックの内容が、相当限定されていたこともあり、科学技術的实现予測時期は、すべてのトピックについて、2030 年までに実現すると予想され、社会的实现時期についても、8 割程度が 2030 年まで、2035 年までにはすべて実現と予想されている。科学技術的实现に向けた政策手段としては、研究開発費の拡充、社会的实现に向けた政策手段としては、人材の育成・確保、事業環境整備、国内連携・協力が重要と評価されていた。これらの結果から、本細目に挙げられたトピックは、技術開発の方向性や目標は明確であり、必要

な研究開発費を充当し、国内の連携・協力を進めて、人材、事業環境を整備することで、早期に実現可能と評価されている。

(伊藤正秀、天野邦彦)

⑥交通システム

i) 細目概要

人や物の移動は社会生活を営む上での基本的活動であり、情報化社会が進展してもその重要性は高い。交通機関は自動車、鉄道車両、航空機、船舶などの搬器(乗り物)、および道路、線路、飛行場、港湾などのインフラ、さらに運行を支える様々なシステムから成るが、細目「交通システム」では、主としてシステムを扱う。また、輸送のトリップは1つの交通機関のみでクローズすることは稀であり、出発地から目的地まで複数の交通機関にまたがっていることが多い。この細目では、円滑なトリップの実現のために、交通機関間の垣根を払うシームレス化ための技術も扱う。これらの技術の実現にあたっては、搬器とインフラ、利用者と運営事業者を結ぶネットワークの整備が必須であり、これらも交通システムとして本細目で取り扱う。

ii) 社会的意義

少子化・高齢化、価値観の多様化に対し、個々人のニーズに応じた多様な輸送手段を、いつでもどこでも誰でも利用できる社会を実現する。またICTの発展により、自動車のような出発地、目的地に直結した輸送機関と、鉄道、航空機、船舶といった拠点間を結ぶ大量輸送機関を有機的に連結し、出発地から目的地までの交通機関をシームレスに接続した、利便性が高く、かつ費用、時間、環境負荷といった社会的コストを削減できる輸送を実現する。

iii) 今後の展望

本細目「交通システム」は、「都市・建築・土木・交通」分野の中でも、重要度が高いとされたトピックが多いが、国際競争力は必ずしも高くないという結果が得られている。これに伴い、「研究基盤整備、事業環境整備」の必要性が高いトピックには、現在最もホットな話題である自動運転やダイナミックマップなど本細目から多く挙げられている。研究施設におけるテストコースの整備や、市街地における実証実験の重要性が認識されていると思われる。

高齢者や障がい者が個々のニーズに応じて出発地から目的地までシームレスに安全かつ安心して利用できる交通システムは、2020年代末には実現すると予測されている。このためには、特別な資格や技量を有しなくてもパーソナルな移動を可能とする自動運転の実現が重要と認識されている。自動車の完全自動運転には車両、地上を統合したシステムが必要であり、社会的な実現は2030年代半ばになると予測されているが、高齢化が進展し、かつ公共交通機関が十分に整備されていない地域ではレベル4自動運転サービスが先行的に導入される可能性がある。合わせて、より多様化するトリップを広域的に管理し、円滑な移動を実現するマネジメントシステムの重要性も高い。これらにより、単独では移動が困難な者でも、個々のニーズに応じて安全に移動できる社会が実現すると想定される。

一方、物流の部門では異なる交通モード間の結節点における時間・費用のコストを半減し、より円滑な輸送を実現するシステムの開発が予測されている。

総じていえば、将来の交通は、人の移動は誰もがよりパーソナルかつ安全に、また物流はよりシームレスなものとなると想定される。一方、本細目の実現にあたっては法規制への対応が必要と予測されているトピックが多くある。自動車の自動運転などは法的・倫理的に解決すべき課題が多く、技術の進展に合わせて新たな規制体系を構築する必要がある。

なお、複数の交通モードにまたがるシステムの構築にあたっては社会実験が不可欠となる。このためには、各モードの事業者や搬器のメーカーを超えた組織が必要であり、国等の公的機関の積極的関与が望まれる。超高齢社会を迎えている我が国の状況と、100年に一度の革命期を迎えていると言われる道路交通システムに対する期待と課題は大きく、研究基盤の整備と実証実験環境の整備の必要性が非常に高い細目である。

(森川高行、古川 敦)

⑦車・鉄道・船舶・航空

i) 細目概要

本細目では、交通機関を構成する技術のうち、自動車、鉄道車両、航空機、船舶などの搬器(乗り物)に関わるものを主に扱う。これらの技術開発に共通する事項は、安全性向上、自動操縦、低環境負荷、高速化である。我が国の公共交通機関における死亡事故の発生件数は世界的に見ても極めて低い水準で推移しているものの、安全・安心に対する社会の要求は高く、さらなる安全性の向上は急務である。また、自動車をはじめとして各輸送機関で自動操縦および低環境負荷に関わる技術開発が活発に行われている。さらに、各交通機関とも、高速化ないし移動時間短縮のための技術開発が行われている。

ii) 社会的意義

各交通機関で開発されている自動操縦技術の意義として、ヒューマンエラー減少による安全性の向上、少子高齢化に伴う熟練技能者減少への対応、さらに地方における輸送需要減少に対応した運行・保守コスト削減が挙げられる。また、人による操縦では成し得なかった低燃費操縦、および定時性向上と輸送力増加も自動化の意義として挙げられる。高速化に関わる技術開発は、移動時間の短縮およびこれに伴う余剰時間の増加による国民生活水準の向上をもたらす。また、これらの新技術により、交通機関の持つ負の側面、すなわち事故による死傷者の発生、化石燃料消費、騒音・振動等による周辺環境の悪化を解決することが期待される。

iii) 今後の展望

各交通機関で共通していることは、運転・操縦の自動化の進展や、運転士・操縦士がいる場合のヒューマンエラー防止技術の実現が予測されていることである。各交通機関とも、少子化により専門の技量を有する運転士の確保が現在でも困難となっており、自動化が望まれていることがうかがえる。合わせて、各交通機関における省エネや脱化石燃料の一層の進展も予測されている。自動車のようなパーソナルな交通モードと比べると、鉄道や船舶は省エネな交通機関といえるが、地球温暖化対策として、さらなる省エ

ネの必要性が重要視されている。一方で、大量輸送機関では安全水準の確保のために現在でも法規制が張り巡らされており、自動運転や水素ステーションの実現のためには、新たな規制体系の構築が求められている。また、我が国は島国であり、陸上交通において国際連携の必要性は必ずしも高くないと考えられ、航空・海上交通では自動操縦の実現のために国境を越えた連携が不可欠であり、その必要性が他のトピックよりも重要視されている。

ただし、本細目は他と比較していずれのトピックとも重要度は高くなく、個々の輸送機関に関わる技術は成熟したものと認識されていることがうかがえる。特に、これまで交通機関の発展をけん引してきた高速化のための技術開発の重要度は下がり、今後の技術開発は「より速く」から「より安全でかつ環境に優しく」が重要になっていくものと考えられる。

(古川 敦、吉田憲司)

⑧防災・減災技術

i) 概要

防災・減災技術については、2011 年 3 月 11 日に発生した東日本大震災と、それに引き続いて発生した福島第 1 原子力発電所事故が与えたインパクトが非常に大きく、第 10 回調査では、防災・減災技術のトピックの半数以上が大規模災害に係るトピックで構成された。本調査では、地震等の大規模災害に加え、頻発する、台風や梅雨前線による集中豪雨による水害を踏まえ、気象災害の大規模化に伴う防災・減災技術を複数取り上げた。本細目の範囲を示すキーワードとして、防災・減災に向けて、流域管理、地震被害リアルタイム判定、洪水予測、応答制御、アクティブ制御、構造設計に係る科学技術と、自然災害に伴い発生する、洪水対策、干ばつ対策、液状化対策に寄与する科学技術からなる。

ii) 社会的意義

最近の多様な想定外の災害が多発するという事態は、「現に直面している災害危険ではあるが、顕在化してはいないために認識されていない課題をどうとらえるか」が、防災・減災技術の予測には重要である。本細目では、地震に係る防災・減災技術として、東日本大震災でも見られた、高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に関する応答制御や、アクティブな振動制御により地震時ゼロ被害構造物等を取り上げた。線状降水帯・ゲリラ豪雨等による洪水被害対応に資する技術として、高性能レーダー、河川流域・ダム集水域の洪水ピーク流量の予測技術、高精度気象観測システム等を取り上げた。

iii) 今後の展望

本分野の重要度の高いトピック(上位 20 件)のうち、3 トピックが本細目のものである。「構造物の外乱や劣化による損傷時に深刻な被害を回避するための設計法・構造技術(「危機耐性」の確立)」は、危機耐性をテーマとしたもので、現段階では具体的な内容に欠けているものの、回答者の多くは重要と認識し、本細目で最も重要度の高いトピックとなった。次に「線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダー」は、2017 年 11 月には防災科学技術研究所が「マルチパラメーターフェーズドアレイ気象レーダー(MP-PAWR)」を戦略的イノベーション創造プログラム(SIP)の一環で開発する等、研究開発が活発に進

められている技術である。調査結果では重要度は高く、国際競争力も一定程度あると評価された。3 つ目の「高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御」は重要度も国際競争力も高いが、課題は既存のビルへの導入となる。

回答結果のうち、トピックを設定した当初の想定と異なったものは、「流域面積数百平方キロメートルの河川流域・ダム集水域における洪水ピーク流量を 12 時間前に時間誤差±1 時間、流量推計精度±10% で予測する技術・システム」である。当該トピックは、近年、多発する豪雨災害により、社会的な重要性は増しているものの、科学技術的実現時期も 2030 年と予測される等、調査時点と現在とでは回答傾向が異なることが予想される。ただ、トピックの記述にダムの洪水調節に極めて有効なクリティカルな技術であるという outcome 的なことが無かったので、ダム関係者以外の方には十分理解されなかったのかもしれない。もう一つの水関係のトピック「流域面積数百平方キロメートルのダムの集水域における 6 月～8 月の総流入量を 4 月時点で推計精度±10% で予測する技術・システム」は渇水対策に極めて有効な技術であるが、前のトピックと同じように outcome (効果) を付記しなかったため重要度が理解されず、重要性が 0.36 と低かったのか推測する。また、「知能化された無限定環境(未知環境)での自律移動が可能な災害対応ロボット」は、無限定環境を条件としていることもあり、国際競争力の高い評価に至らなかった。

(藤野陽三)

⑨防災・減災情報

i) 概要

防災・減災対策には、施設などを強化するハード的な対策と規制・警報・避難などをスムーズにするソフト的な対策があり、相乗効果が得られるように両者を展開する重要性が強く認識されている。近年の IoT 機器やネットワーク環境の発達、解析技術の向上はめざましく、これらを防災・減災対策に展開し、具体的な警報や避難行動に結びつけるシステムの開発が期待される。

今回の科学技術予測調査では、全 97 の社会基盤技術の課題のうち 9 課題が防災・減災情報に期待される技術として検討された。今回設定された課題は、主に自然災害に関する防災・減災技術に関わるものと交通インフラに関するものが含まれているが、いずれも多様な人・物の集う社会の安全性を高めるために開発の必要な技術課題である。

ii) 社会的意義

これらの技術の開発により、精度の高い観測およびシミュレーションに基づく、リアルタイムで高確度の災害リスクの検出・評価が可能となる。また、予測・検知された災害リスクは、急速に発展している情報技術を活用することで、これまでのマスに対する情報伝達から、SNS 等を活用した個別的な対象への情報伝達が可能となり、効果の高い防災・減災対策が実現できると考えられる。

iii) 今後の展望

防災・減災情報に関連するトピックは、都市・建築・土木・交通分野で重要と考えられる上位 20 位までに 3 件入っていた。また、細目別の重要度の平均は 1.12 と、この分野では最も大きい結果となり、近年の複雑化・大規模化する災害を受け本細目に高い関心が寄せられていることがうかがえる。

本細目の全 9 トピックについて 2030 年までの科学技術的な実現が予想されている。また、8 トピックについては 2030 年までに社会的な実現も予想されている。一方、科学技術的な実現に向けた課題としては「人材の育成・確保」「研究開発費の拡充」が高い割合となった。今後はこれらの点に対する重点的な対策が望まれる。

本細目は近年大きく発展している情報科学と密接な関連がある。計算・数理・情報科学の分野でも IoT 技術を活用した防災・減災に関わるトピックに高い重要度が認められている。これらの分野と一層の連携強化を行うことで災害対応力の高い社会の実現が期待される。

(中村いずみ)

6.2. 細目及びキーワード

本分野は、「国土利用・保全」、「建築」、「社会基盤施設」、「都市・環境」、「建設生産システム」、「交通システム」、「車・鉄道・船舶・航空」、「防災・減災技術」、「防災・減災情報」等の 9 つの細目で構成される。

図表 II- 6-1 「都市・建築・土木・交通」分野の細目及びキーワード

	細目	キーワード
1	国土利用・保全	環境、エネルギー、水資源、治水、観光、海洋・海岸、地下、土砂、モニタリング
2	建築	安全、健康、利便、快適、建築、スマート、ワークスペース、住宅、室内環境、海洋&宇宙、新木造&新素材、省・創・蓄エネ
3	社会基盤施設	設計、施工、維持管理、制御、新材料、新構造、環境、情報技術、ロボティクス、保守、インフラセンシング、点検・診断、修復・再生
4	都市・環境	環境アセスメント、都市計画、地理情報、合意形成、人口減少、住宅地、上下水道、スマートシティ、コンパクトシティ、グリーンインフラ
5	建設生産システム	生産性革命、i-Construction、BIM/CIM、設計・施工・管理一貫データ、ロボット、ドローン、センサー、電子地図、AI、プレキャスト、自律施工
6	交通システム	道路、公共交通、ロジスティクス、交通情報、自動運転、移動支援、交通マネジメント、インターモーダル、ダイナミックマップ、道路利用料金、ドローン
7	車・鉄道・船舶・航空	自動車交通、鉄道交通、船舶輸送、航空輸送、安全技術、自動化・無人化、低公害化・省エネルギー化、低コスト化、効率化・高速化、輸送システム
8	防災・減災技術	流域管理技術、地震被害リアルタイム判定技術、洪水予測、応答制御、アクティブ制御、構造設計、洪水対策、干ばつ対策、液状化対策
9	防災・減災情報	防災情報システム、災害予測、センサー、被害把握、リアルタイム、防災行動、避難、SNS、IoT、情報分析、シミュレーション

6.3. アンケートの回収状況

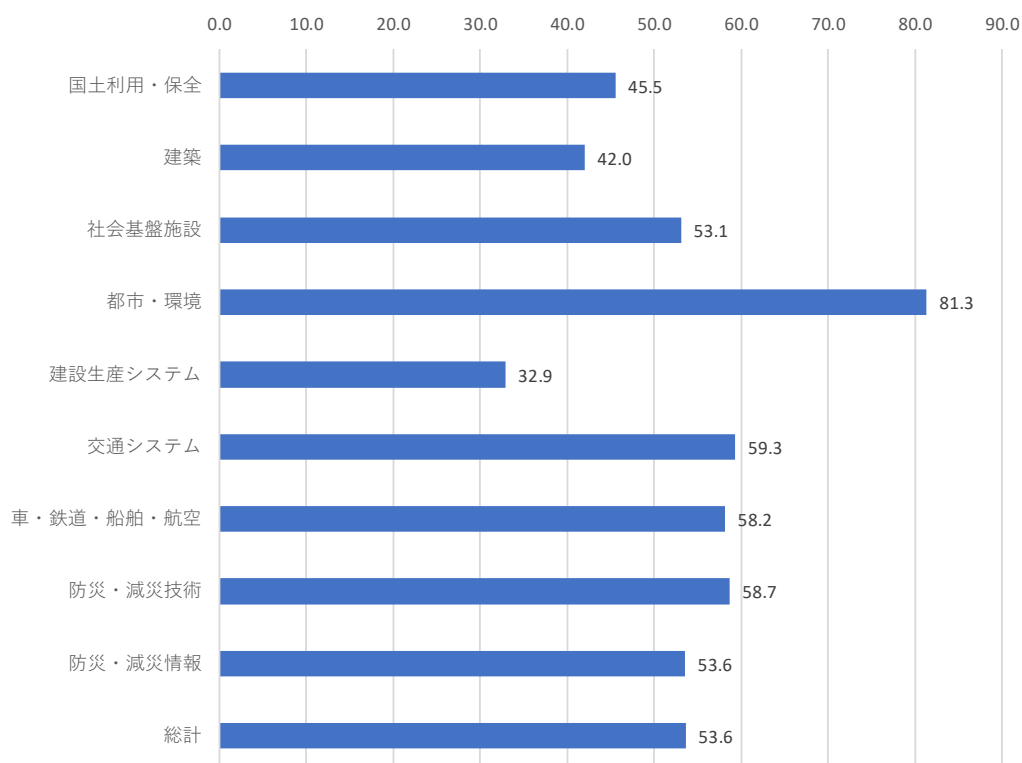
本分野についての回答者内訳(2回目調査)は以下の表のようになっている。

図表 II- 6-2 都市・建築・土木分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20 代	5 人	職業	企業その他	113 人
	30 代	69 人		学術機関	288 人
	40 代	160 人		公的研究機関	76 人
	50 代	152 人	職種	研究開発従事	380 人
	60 代	67 人		マネジメント	37 人
	70 代以上	18 人		その他	60 人
	無回答	6 人		合計	477 人

以下、細目別の回答者数の平均を示す。

図表 II- 6-3 細目別回答者数の平均



6.4. 科学技術トピックに関する調査結果

6.4.1. 重要度

①重要度上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 位)は、図表 II-6-4 に示すとおりである。細目別では、「交通システム」関連トピックが 4 件、「社会基盤施設」、「防災・減災技術」、「防災・減災情報」関連トピックが各 3 件を占めた。科学技術的実現時期は平均で 2026 年頃であり、社会的実現時期は 2028 年頃と予測している。

図表 II- 6-4 科学技術トピックの重要度(上位 20 位)

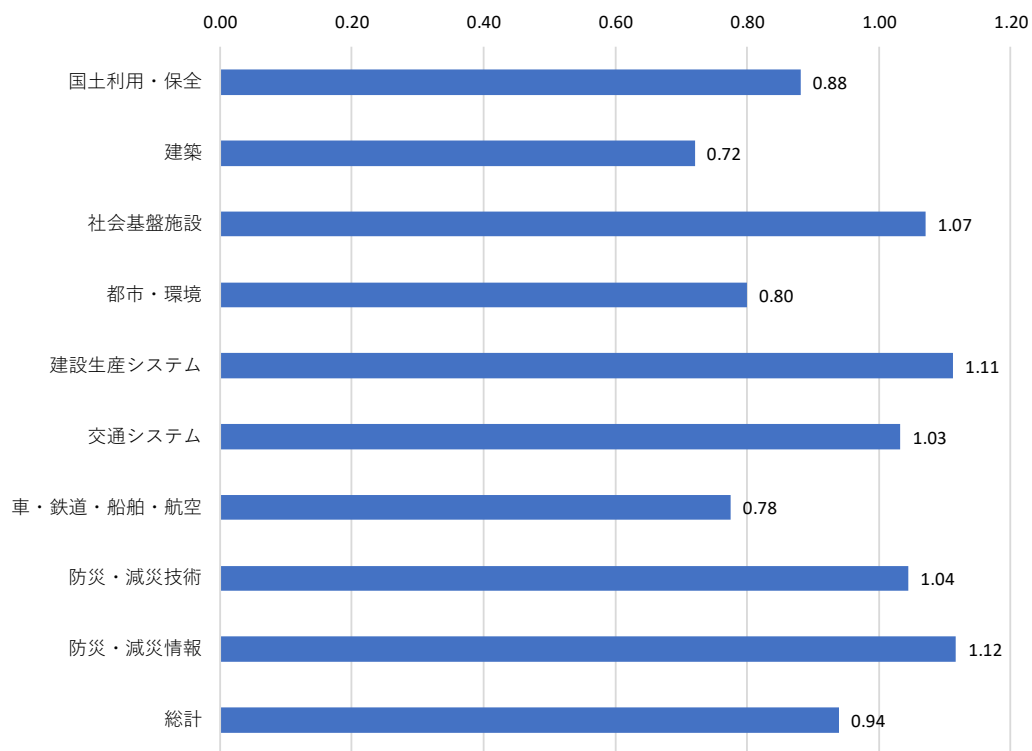
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
541	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	1.53	2025	2026	社会基盤施設
546	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	1.51	2027	2028	都市・環境
594	IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	1.48	2026	2028	防災・減災情報
560	高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	1.43	2025	2028	交通システム
561	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	2028	2031	交通システム
566	都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	1.42	2025	2029	交通システム
522	建築&設備と一体化された AI、IoT、ロボット活用等による、高齢者、障がい者、子育て世帯等の住生活機能改善、ノーマライゼーション化	1.38	2029	2030	建築
598	早期の警報・避難・規制を可能とする、高精度気象観測システムの構築と災害予測手法の高度化	1.38	2027	2030	防災・減災情報
589	構造物の外乱や劣化による損傷時に深刻な被害を回避するための設計法・構造技術(「危機耐性」の確立)	1.38	2029	2031	防災・減災技術
539	局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測	1.38	2027	2029	社会基盤施設
563	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム	1.34	2028	2029	交通システム
586	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダー	1.33	2025	2026	防災・減災技術
587	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	1.33	2026	2028	防災・減災技術
530	既存建物の更なる合理的な改修・解体技術(超高層ビルを含め、迅速に改修・解体等できる技術)	1.33	2029	2033	建築

	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
599	国民一人一人の防災行動を誘導するための ICT 利用技術	1.32	2026	2029	防災・減災情報
513	破堤箇所の迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術	1.31	2025	2027	国土利用・保全
551	設計・施工・過去の点検データに基づき、ロボット・センサーが自動的・自律的に点検・診断し、異常を発見・通知する技術	1.29	2028	2029	建設生産システム
557	測量・調査から設計・施工、監督・検査、維持管理にわたる建設生産プロセス全体での(時系列を含めた)4D データの自動蓄積および統合的活用を可能とするインフラデータプラットフォームの構築	1.27	2027	2029	建設生産システム
538	環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設	1.27	2029	2030	社会基盤施設
517	準天頂衛星の測位データを利用し、国土や大型構造物の変化や災害時の変状をリアルタイムで定量的に判定する技術	1.26	2028	2029	国土利用・保全

②細目別の科学技術トピックの重要度

細目別の科学技術トピックの重要度を平均でみた場合、「防災・減災情報」が 1.12 と最も大きく、次いで「建設生産システム」が 1.11、「社会基盤施設」が 1.07 であった。

図表 II- 6-5 科学技術トピックの重要度(細目別:指数)



6.4.2. 国際競争力

①国際競争力の高い上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック（上位 20 位）は、図表 II-6-6 に示すとおりである。細目別では、「防災・減災技術」関連トピックが 5 件、「社会基盤施設」関連トピックが 4 件を占める。科学技術的実現時期は平均で 2027 年であるが、2030 年以降に科学技術的実現時期を迎えるとするトピックも 2 件含まれる。社会的実現時期は、平均で 2029 年であった。

図表 II- 6-6 科学技術トピックの国際競争力(上位 20 位)

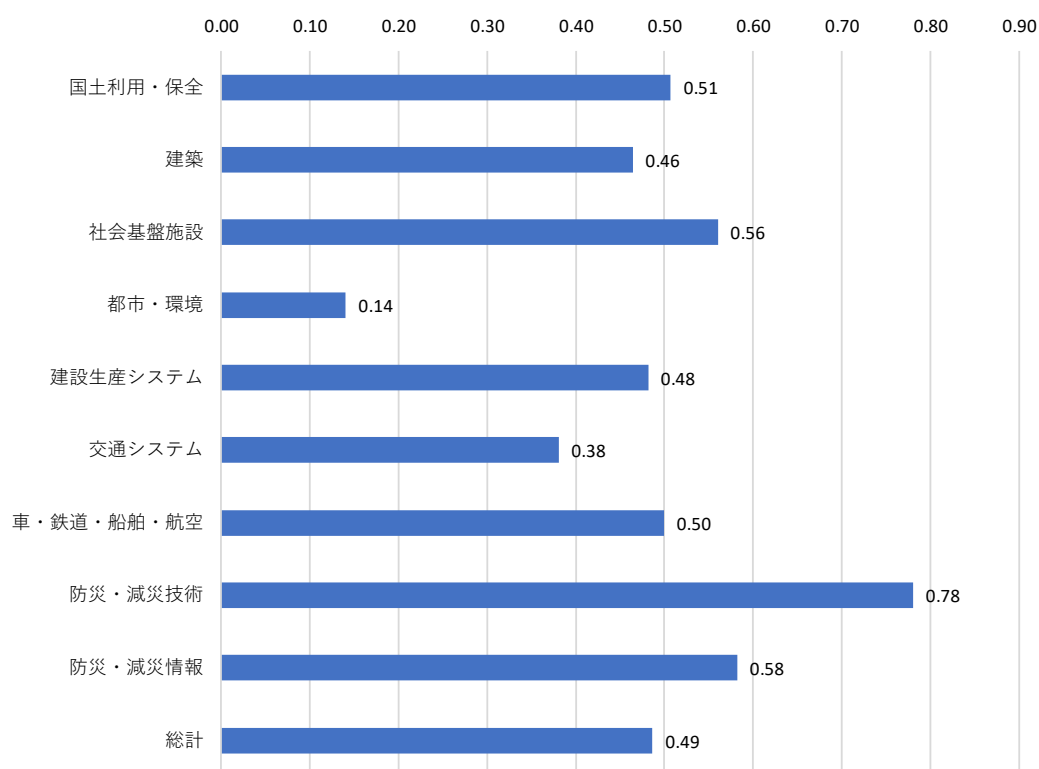
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
587	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	1.16	2026	2028	防災・減災技術
581	アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速 360km での連続走行時に騒音の環境基準（住宅地で 70dB(A)以下）を満たす技術	1.10	2027	2029	車・鉄道・船舶・航空
586	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダー	1.09	2025	2026	防災・減災技術
588	アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物	1.00	2034	2037	防災・減災技術
546	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	0.99	2027	2028	都市・環境
589	構造物の外乱や劣化による損傷時に深刻な被害を回避するための設計法・構造技術（「危機耐性」の確立）	0.93	2029	2031	防災・減災技術
539	局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測	0.91	2027	2029	社会基盤施設
584	回生ブレーキで得られるエネルギーを有効利用できるよう、エリア内の各列車の加減速を自動制御し、エネルギー消費を最小とするシステム（鉄道版スマートグリッド）	0.89	2025	2025	車・鉄道・船舶・航空
530	既存建物の更なる合理的な改修・解体技術（超高層ビルを含め、迅速に改修・解体等できる技術）	0.88	2029	2033	建築
513	破堤箇所の迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術	0.88	2025	2027	国土利用・保全
531	リモートセンシング技術を活用して、広域に存在する社会基盤施設の水平・垂直変位をミリメートルオーダーでモニタリングする技術	0.86	2027	2029	社会基盤施設
592	様々なタイプの液状化について発生メカニズムと全国の液状化リスクが明らかになるとともに、安価・短期間で実行可能な対策技術の確立	0.86	2030	2033	防災・減災技術
594	IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	0.85	2026	2028	防災・減災情報
598	早期の警報・避難・規制を可能とする、高精度気象観測システムの構築と災害予測手法の高度化	0.81	2027	2030	防災・減災情報
541	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	0.80	2025	2026	社会基盤施設

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
517	準天頂衛星の測位データを利用し、国土や大型構造物の変化や災害時の変状をリアルタイムで定量的に判定する技術	0.78	2028	2029	国土利用・保全
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	0.78	2029	2030	国土利用・保全
569	自動車のプローブデータや車両重量、気象等環境条件を自動計測し、道路インフラの劣化を精度よく予測するシステム	0.75	2027	2029	交通システム
538	環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設	0.73	2029	2030	社会基盤施設
583	踏切への列車接近を周辺の自動車に通信し、自動で踏切侵入を防止するシステム(自動車との通信による踏切事故防止)	0.73	2025	2027	車・鉄道・船舶・航空

②細目別の科学技術トピックの国際競争力

細目別の科学技術トピックの国際競争力を平均でみた場合、「防災・減災技術」が 0.78 と最も大きく、次いで「防災・減災情報」が 0.58 であった。

図表 II- 6-7 科学技術トピックの国際競争力(細目別:指数)



③国際競争力の相対的に小さいトピック

本分野の科学技術トピックのうち、「国際競争力」は相対的に小さいと評価されたトピック(下位 5 位)は、

図表 II-6-8 に示すとおりである。「都市・環境」関連トピックが 3 件を占める。

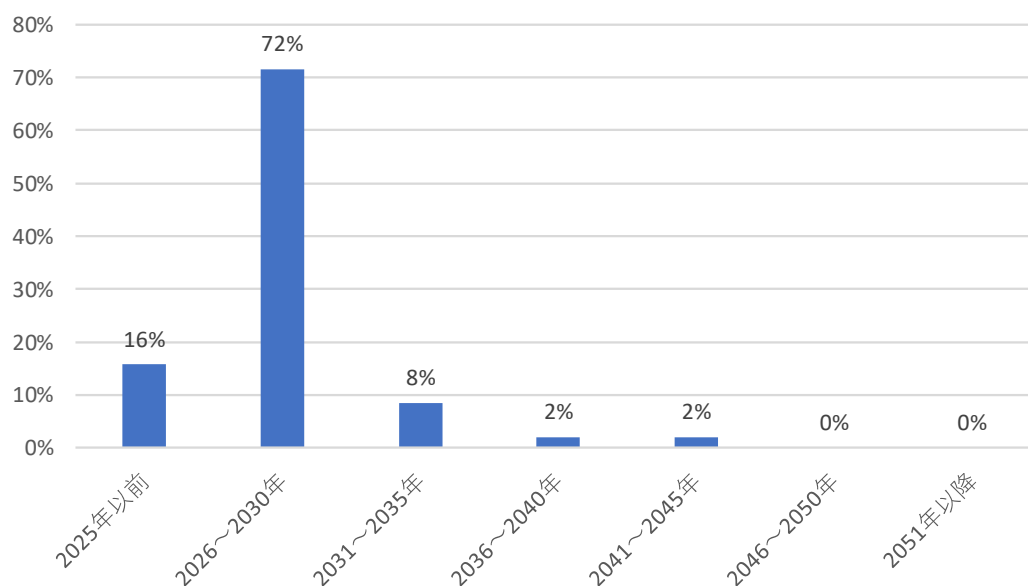
図表 II- 6-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 位)

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
544	合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)	-0.03	2029	2032	都市・環境
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	-0.13	2029	2030	都市・環境
570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	-0.17	2029	2033	交通システム
579	環境性、安全性、経済性の観点で現有の亜音速旅客機と対抗し得ると共に、大幅な移動時間の短縮による利便性向上を可能とする超音速旅客機を実現するシステム技術	-0.17	2032	2037	車・鉄道・船舶・航空
547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム	-0.18	2026	2030	都市・環境

6.4.3. 科学技術的実現予測時期

科学技術的実現予測時期の分布は図表 II-6-9 のとおりである。

図表 II- 6-9 本分野の科学技術的実現予測時期の分布(%)



細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-6-10 のとおりである。

科学技術トピックの約 87% が 2030 年までに科学技術的に実現するとしている。「建築」細目では、他の細目に比べ、2041 年以降に実現するトピックが含まれている。

図表 II- 6-10 科学技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
国土利用・保全	2	7	2				
建築		8	1	1	2		
社会基盤施設	1	8	1	1			
都市・環境		9					
建設生産システム		9					
交通システム	4	8					
車・鉄道・船舶・航空	2	9	2				
防災・減災技術	1	6	2				
防災・減災情報	5	4					
総計	15	68	8	2	2		

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位)は図表 II-6-11～12 のとおりである。「防災・減災技術」細目で「実現しない」とするトピックが、「建築」、「国土利用・保全」細目で「わからない」とするトピックが複数含まれる。

図表 II- 6-11 「実現しない」の回答が多いトピック

科学技術トピック		重要度	実現しない	科学技術的 実現時期	細目
588	アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物	0.95	14%	2034	防災・減災技術
591	流域面積数十～百平方キロメートルのダム集水域における 6～8 月の総流入量を 4 月時点で推計精度±10%で予測する技術・システム	0.36	13%	2030	防災・減災技術
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	0.19	11%	2029	都市・環境
526	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術	0.08	10%	2043	建築
590	流域面積数百平方キロメートルの河川流域・ダム集水域における洪水ピーク流量を 12 時間前に時間誤差±1 時間、流量推計精度±10%で予測する技術・システム	0.86	9%	2030	防災・減災技術

図表 II- 6-12 「わからない」の回答が多いトピック

科学技術トピック		重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
511	適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	0.16	58%	2029	国土利用・保全

科学技術トピック		重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	-0.39	52%	2043	建築
509	下水に含まれる貴重金属等の資源回収とエネルギー自立化のための下水道技術	0.87	46%	2028	国土利用・保全
528	既存を含む都市と建物の再生可能エネルギー消費比率を向上する、広域の余剰小規模再生エネルギーのベストミックス技術	0.95	45%	2029	建築
529	ZEB(ゼブ: ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築	0.80	45%	2036	建築

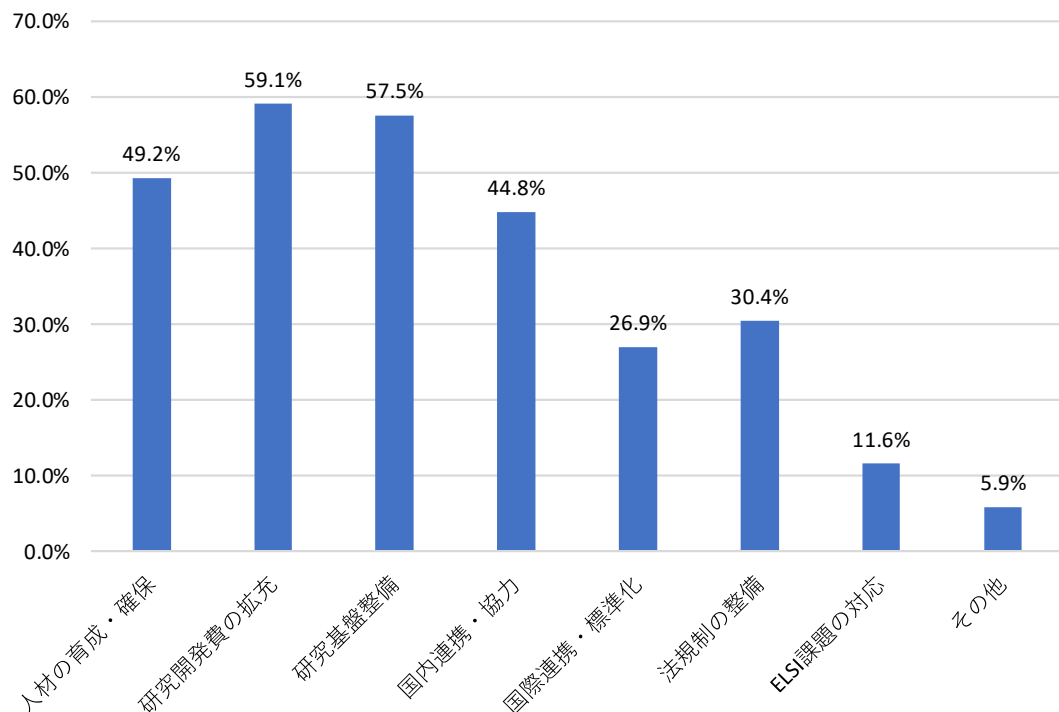
6.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般的傾向

科学技術的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-6-13 のとおりである。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「研究開発費の拡充」(59.1%)であり、次いで「研究基盤整備」(57.5%)、「人材の育成・確保」(49.2%)と続く。

図表 II- 6-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)

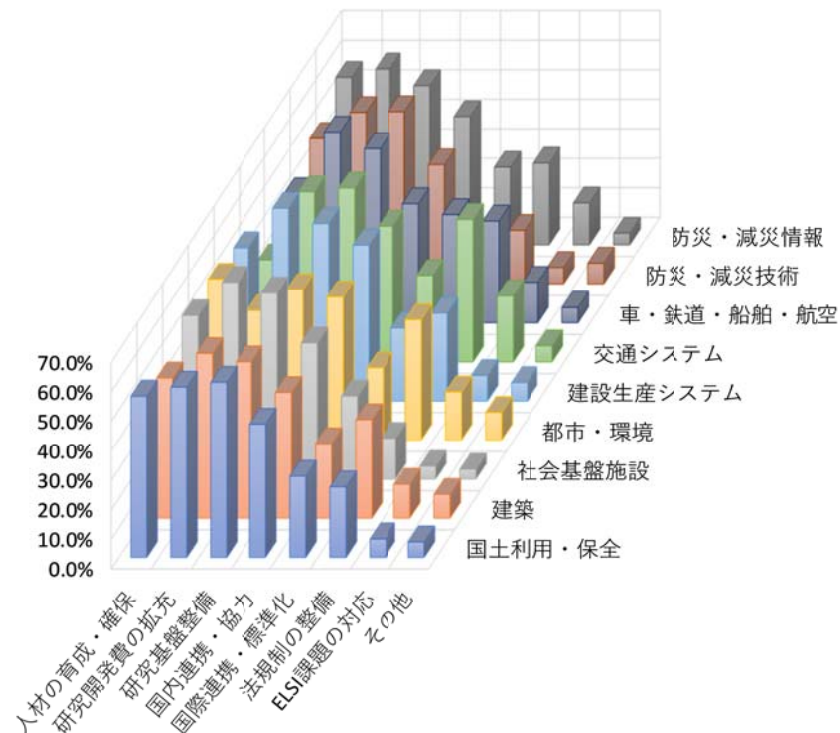


(2) 細目別の傾向

細目別では、「社会基盤施設」、「防災・減災情報」細目で「人材の育成・確保」とする回答が他の細目

と比べ高い。「社会基盤施設」、「車・鉄道・船舶・交通」細目では「研究開発費の拡充」が、「社会基盤施設」、「建設生産システム」細目では「研究基盤整備」とする回答が高い。連携に関して、国内連携・協力の回答比率の高い細目として「建設生産システム」、国際連携・標準化の回答比率が高い細目として「車・鉄道・船舶・交通」であった。「法規制の整備」及び「ELSI の対応」とする回答比率が高い細目は「交通システム」であった。

図表 II- 6-14 科学技術的実現に向けた政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI 対応	その他
国土利用・保全	54.6%	57.7%	59.3%	45.1%	27.5%	23.9%	6.2%	5.2%
建築	47.5%	55.8%	53.0%	42.6%	25.2%	33.4%	11.5%	8.1%
社会基盤施設	55.4%	66.7%	63.1%	46.1%	28.2%	13.8%	4.3%	3.3%
都市・環境	54.5%	43.9%	50.9%	48.5%	24.5%	40.8%	16.3%	9.4%
建設生産システム	51.9%	65.3%	60.1%	52.8%	24.7%	29.8%	8.6%	6.2%
交通システム	34.6%	57.6%	58.9%	46.0%	29.3%	48.3%	22.3%	5.5%
車・鉄道・船舶・航空	43.8%	64.6%	59.0%	40.4%	36.7%	34.5%	13.7%	5.2%
防災・減災技術	49.3%	58.1%	58.3%	40.3%	15.3%	18.1%	5.5%	7.0%
防災・減災情報	56.7%	59.6%	53.9%	43.4%	26.2%	27.6%	14.1%	3.9%
総計	49.2%	59.1%	57.5%	44.8%	26.9%	30.4%	11.6%	5.9%

○人材の育成・確保

科学技術的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-6-15 に示すとおりである。

図表 II- 6-15 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック（上位・下位 5 位）

科学技術トピック	人材 育成	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
515 流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術	70.7%	2032	2033	国土利用・保全
514 長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	70.0%	2029	2030	国土利用・保全
601 強非線形挙動を伴う大規模災害時をシミュレーション可能な数値解析・可視化技術	68.8%	2027	2031	防災・減災情報
543 自然が持つ多様な機能を活かして整備されるグリーンインフラの包括的・効率的な整備・維持管理及び定量的評価技術	67.8%	2026	2029	都市・環境
538 環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設	67.3%	2029	2030	社会基盤施設
562 都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム	30.6%	2027	2029	交通システム
565 インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム	27.3%	2025	2028	交通システム
570 都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	27.1%	2029	2033	交通システム
564 歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ	25.0%	2026	2027	交通システム
567 公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム	24.1%	2024	2026	交通システム

○研究開発費の拡充

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究開発費の拡充」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位）は図表 II-6-16 に示すとおりである。

図表 II- 6-16 政策手段を「研究開発費の拡充」とするトピック（上位・下位 5 件）

科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
541 インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	76.6%	2025	2026	社会基盤施設
559 3D プリンター化による部材の現場製作、ロボット・ドローンによる建材の自律運搬等、構造躯体および仕上・設備の未来型合理化施工法	75.9%	2030	2033	建設生産システム
539 局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測	75.0%	2027	2029	社会基盤施設

科学技術トピック		研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
577	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)	75.0%	2031	2034	車・鉄道・船舶・航空
555	建設現場で、AI を用いて作業進捗状況を常時把握・分析し、適切に工程管理、自動的に工程を最適化・修正する技術	72.7%	2029	2030	建設生産システム
544	合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)	40.3%	2029	2032	都市・環境
550	人口減少にともなって発生する低未利用地の粗放的な維持管理技術	39.5%	2029	2031	都市・環境
547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム	34.9%	2026	2030	都市・環境
525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	33.3%	2043	2048	建築
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	27.1%	2029	2030	都市・環境

○研究基盤整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「研究基盤整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-6-17 に示すとおりである。

図表 II- 6-17 政策手段を「研究基盤整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
568	レベル 5 の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	72.9%	2030	2034	交通システム
569	自動車のプローブデータや車両重量、気象等環境条件を自動計測し、道路インフラの劣化を精度よく予測するシステム	72.5%	2027	2029	交通システム
577	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)	71.7%	2031	2034	車・鉄道・船舶・航空
571	車・自転車・歩行者などの移動体のリアルタイム位置情報を格納したダイナミックマップを用い、合流などの交通コンフリクトの円滑な調整、最適な経路誘導、時間や場所に応じた道路利用料金徴収を行うシステム	71.4%	2028	2032	交通システム
531	リモートセンシング技術を活用して、広域に存在する社会基盤施設の水平・垂直変位をミリメートルオーダーでモニタリングする技術	70.7%	2027	2029	社会基盤施設
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	44.3%	2029	2030	都市・環境

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム	42.2%	2026	2030	都市・環境
544	合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)	38.9%	2029	2032	都市・環境
521	オフィスワーカーの健康快適性向上と業務効率化・働き方改革を促進する、高度かつ統合的なワーカー・プロダクティビティ・モニタリング技術	38.1%	2028	2030	建築
567	公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム	37.9%	2024	2026	交通システム

○国内連携・協力

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は図表 II-6-18 に示すとおりである。

図表 II- 6-18 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
535	高速移動車両搭載レーダーによる土木構造物および地盤内部の異常検知技術	61.8%	2028	2028	社会基盤施設
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	60.0%	2029	2030	国土利用・保全
563	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム	58.9%	2028	2029	交通システム
598	早期の警報・避難・規制を可能とする、高精度気象観測システムの構築と災害予測手法の高度化	58.5%	2027	2030	防災・減災情報
566	都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	58.1%	2025	2029	交通システム
595	転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム	30.2%	2024	2027	防災・減災情報
508	海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)	28.8%	2031	2031	国土利用・保全
564	歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ	28.3%	2026	2027	交通システム
511	適切な国際的管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	26.3%	2029	2032	国土利用・保全
536	宇宙利用のためのインフラ設計・施工・維持管理技術	24.4%	2036	2038	社会基盤施設

○国際連携・標準化

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-6-19 に示すとおりである。

図表 II- 6-19 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
573	自律航行可能な無人運航商船	58.6%	2027	2031	車・鉄道・船舶・航空
526	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術	52.5%	2043	2052	建築
518	適切な発生源対策の実施に必要となる、マイクロプラスチックの生成メカニズムおよび公共水域における負荷実態を解明する技術	50.0%	2030	2033	国土利用・保全
576	航空機と航空管制の双方による高精度運航システムを用いて、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術に基づく、ヒューマンエラー発生確率よりも故障確率が小さい無人操縦旅客機	50.0%	2028	2032	車・鉄道・船舶・航空
579	環境性、安全性、経済性の観点で現有の亜音速旅客機と対抗し得ると共に、大幅な移動時間の短縮による利便性向上を可能とする超音速旅客機を実現するシステム技術	50.0%	2032	2037	車・鉄道・船舶・航空
569	自動車のプローブデータや車両重量、気象等環境条件を自動計測し、道路インフラの劣化を精度よく予測するシステム	13.7%	2027	2029	交通システム
590	流域面積数百平方キロメートルの河川流域・ダム集水域における洪水ピーク流量を 12 時間前に時間誤差±1 時間、流量推計精度±10%で予測する技術・システム	12.1%	2030	2032	防災・減災技術
587	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	9.8%	2026	2028	防災・減災技術
513	破堤箇所迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術	7.1%	2025	2027	国土利用・保全
519	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨の接着剤接合技術	7.1%	2029	2031	建築

○法規制の整備

科学技術の実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-6-20 に示すとおりである。

図表 II- 6-20 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	64.4%	2029	2033	交通システム

	科学技術トピック	法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
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	61.6%	2028	2031	交通システム
566	都市部でのレベル4自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	61.3%	2025	2029	交通システム
571	車・自転車・歩行者などの移動体のリアルタイム位置情報を格納したダイナミックマップを用い、合流などの交通コンフリクトの円滑な調整、最適な経路誘導、時間や場所にに応じた道路利用料金徴収を行うシステム	58.9%	2028	2032	交通システム
568	レベル5の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	57.6%	2030	2034	交通システム
538	環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設	9.6%	2029	2030	社会基盤施設
539	局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測	7.1%	2027	2029	社会基盤施設
591	流域面積数十～百平方キロメートルのダムの集水域における6～8月の総流入量を4月時点で推計精度±10%で予測する技術・システム	7.1%	2030	2032	防災・減災技術
533	マテリアルズインフォマティクスに基づく、高機能、高耐久、低環境負荷かつ安価なインフラ材料の社会基盤施設建設における一般的な利用	7.0%	2028	2029	社会基盤施設
532	数値シミュレーションによる新技術・新材料の適用性・耐久性に関する迅速評価	3.4%	2027	2028	社会基盤施設

○ELSI への対応

科学技術的实现に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は図表 II-6-21 に示すとおりである。

図表 II- 6-21 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位5位)

	科学技術トピック	ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
567	公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム	44.8%	2024	2026	交通システム
580	運転士・パイロットの脳波を非接触でモニタリングし、おかれた状況において誤った操作を行った場合、ヒューマンエラーと判断し、事前に警告することで事故を未然に防ぐシステム	40.3%	2029	2034	車・鉄道・船舶・航空
566	都市部でのレベル4自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	38.7%	2025	2029	交通システム
568	レベル5の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	37.3%	2030	2034	交通システム
522	建築&設備と一体化された AI、IoT、ロボット活用等	34.6%	2029	2030	建築

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
	による、高齢者、障がい者、子育て世帯等の住生活機能改善、ノーマライゼーション化				
529	ZEB(ゼブ: ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築	0.0%	2036	2037	建築
557	測量・調査から設計・施工、監督・検査、維持管理にわたる建設生産プロセス全体での(時系列を含めた)4D データの自動蓄積および統合的活用を可能とするインフラデータプラットフォームの構築	0.0%	2027	2029	建設生産システム
519	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨の接着剤接合技術	0.0%	2029	2031	建築
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	0.0%	2029	2030	国土利用・保全
535	高速移動車両搭載レーダーによる土木構造物および地盤内部の異常検知技術	0.0%	2028	2028	社会基盤施設
556	橋梁などのコンクリート構造物のユニット化による、現場での組み立ての自動化	0.0%	2026	2027	建設生産システム
539	局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測	0.0%	2027	2029	社会基盤施設

○その他

科学技術的实现に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は以下の表に示すとおりである。

図表 II- 6-22 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位5位)

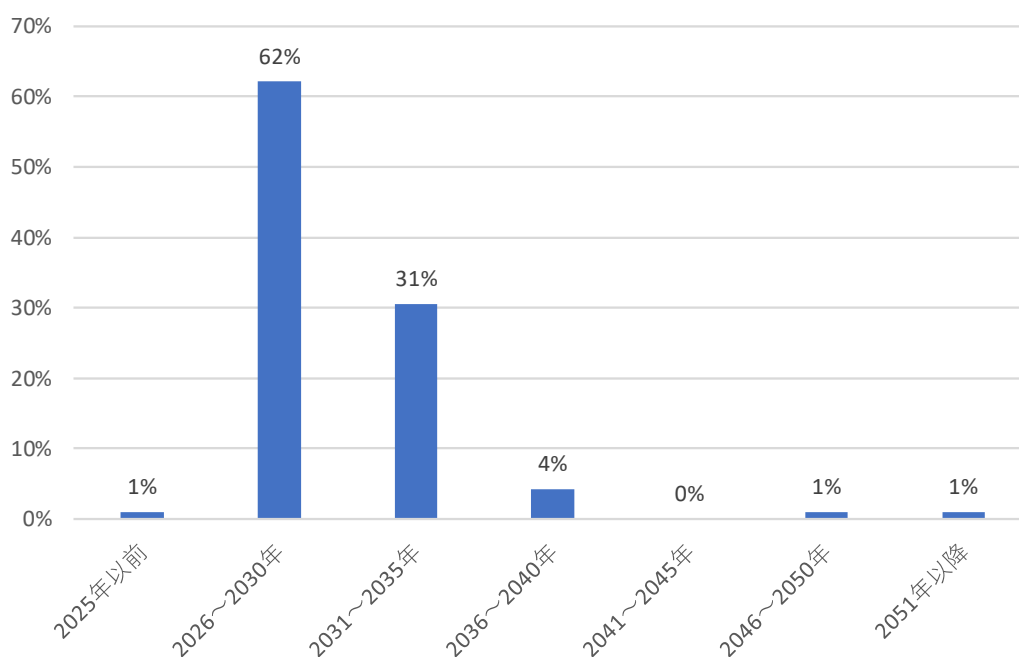
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム	14.5%	2026	2030	都市・環境
559	3D プリンター化による部材の現場製作、ロボット・ドローンによる建材の自律運搬等、構造躯体および仕上・設備の未来型合理化施工法	13.8%	2030	2033	建設生産システム
520	室内の「健康阻害」や「感染症アウトブレイク」を抑制する、高度な室内健康環境モニタリング・制御技術	13.2%	2028	2030	建築
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	12.9%	2029	2030	都市・環境
521	オフィスワーカーの健康快適性向上と業務効率化・働き方改革を促進する、高度かつ統合的なワーカー・プロダクティビティ・モニタリング技術	11.9%	2028	2030	建築
584	回生ブレーキで得られるエネルギーを有効利用できるよう、エリア内の各列車の加減速を自動制御し、エネルギー消費を最小とするシステム(鉄道版スマートグリッド)	1.6%	2025	2025	車・鉄道・船舶・航空
587	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	1.6%	2026	2028	防災・減災技術

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
541	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	1.6%	2025	2026	社会基盤施設
594	IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	1.5%	2026	2028	防災・減災情報
589	構造物の外乱や劣化による損傷時に深刻な被害を回避するための設計法・構造技術(「危機耐性」の確立)	1.4%	2029	2031	防災・減災技術
560	高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	1.4%	2025	2028	交通システム

6.4.5. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は図表 II-6-23 のとおりである。

図表 II- 6-23 社会的実現時期の分布



本分野の科学技術トピックの約94%が、2035年までに社会的実現時期を迎える。また、2051年以降に社会的実現を迎えるとしたトピックも1件を含まれる。

細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-6-24 のとおりである。

「車・鉄道・船舶・航空」細目の一部トピックで科学技術的实现時期が2025年までとするものがある一方で、「建築」細目の一部トピックでは、社会的実現時期が2046年以降の実現と、他の細目と比べ、実現時期が長期となっている。

図表 II- 6-24 社会的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
国土利用・保全		7	4				
建築		4	5	1		1	1
社会基盤施設		9	1	1			
都市・環境		6	3				
建設生産システム		7	2				
交通システム		8	4				
車・鉄道・船舶・航空	1	7	4	1			
防災・減災技術		3	5	1			
防災・減災情報		8	1				
総計	1	59	29	4		1	1

ここでは、社会的実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位)は図表 II-6-25～26 のとおりである。「国土利用・保全」、「建築」細目のトピックで、社会的実現について「わからない」との回答比率の高いトピックが含まれる。

図表 II- 6-25 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	社会的 実現時期	細目
579	環境性、安全性、経済性の観点で現有の亜音速旅客機と対抗し得ると共に、大幅な移動時間の短縮による利便性向上を可能とする超音速旅客機を実現するシステム技術	0.26	19%	2037	車・鉄道・船舶・航空
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	0.19	16%	2030	都市・環境
588	アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物	0.95	14%	2037	防災・減災技術
526	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術	0.08	13%	2052	建築
570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	0.47	12%	2033	交通システム

図表 II- 6-26 「わからない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
511	適切な国際的 management のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	0.16	61%	2032	国土利用・保全
525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	-0.39	58%	2048	建築

科学技術トピック		重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
529	ZEB(ゼブ:ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築	0.80	50%	2037	建築
510	地下水質・流動観測推定技術	0.66	47%	2028	国土利用・保全
528	既存を含む都市と建物の再生可能エネルギー消費比率を向上する、広域の余剰小規模再生エネルギーのベストミックス技術	0.95	45%	2033	建築

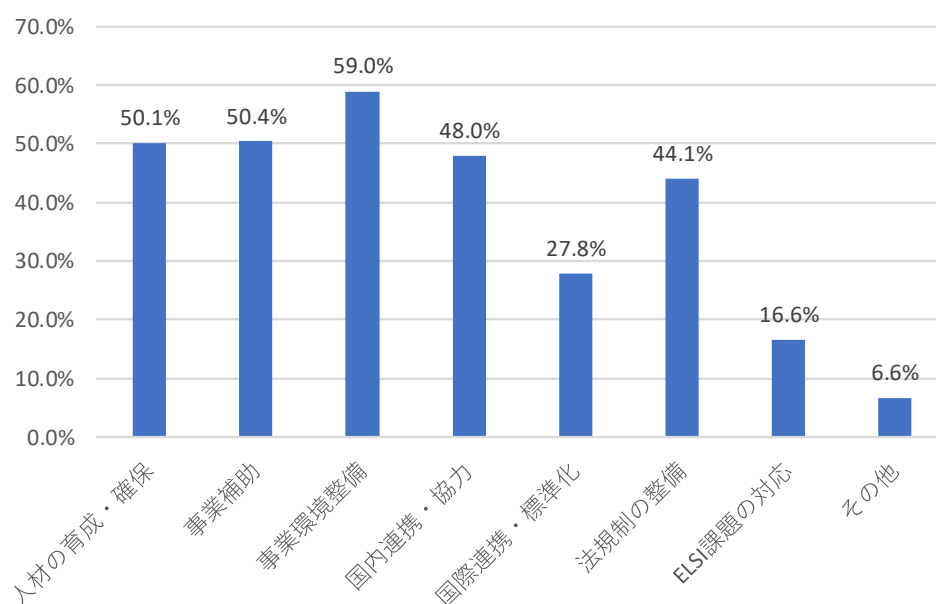
6.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

社会的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-6-27 のとおりである。

最も回答が多いものとして、「事業環境整備」(59.0%)があげられ、次いで「事業補助」(50.4%)、「人材の育成・確保」(50.1%)と続く。

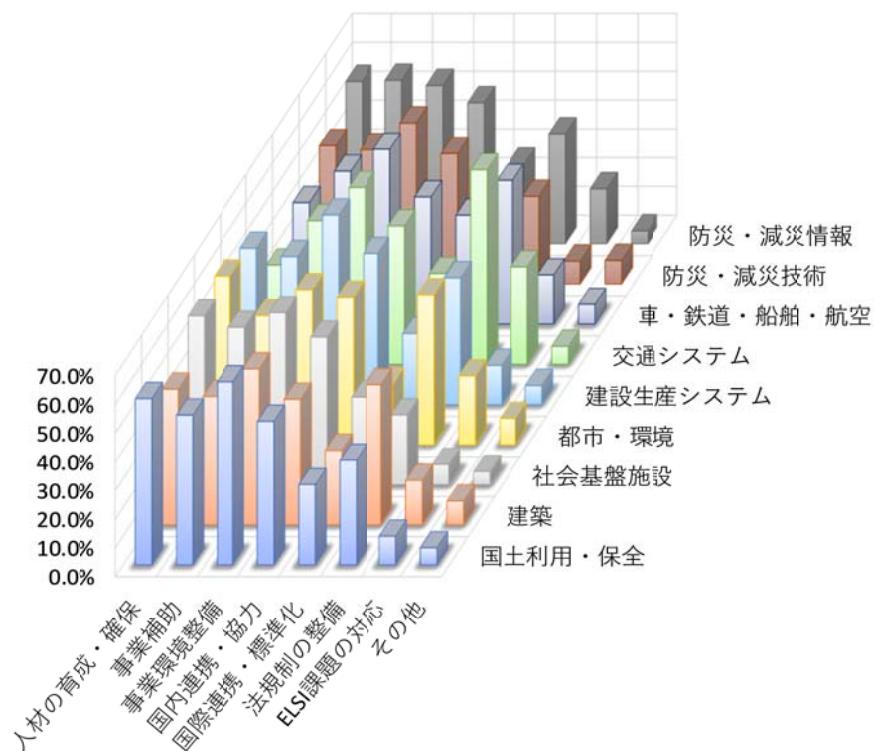
図表 II- 6-27 社会的実現に向けた政策手段



(2) 細目別の傾向

細目別では、科学技術トピックの社会的実現に向けて、「社会基盤施設」、「都市・環境」の細目で「人材育成・確保」を、「防災・減災情報」細目で「事業補助」を、「国土利用・保全」、「建設生産システム」の細目で「事業環境整備」が必要とする回答比率が高い。また、連携に関して、「車・鉄道・船舶・交通」の細目で「国際連携・標準化」が必要とする回答比率が高い。「交通システム」の細目では、他の細目と比べ、「法規制の整備」、「ELSI への対応」を必要とする回答が高い。

図表 II- 6-28 社会的実現のための政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI 対応	その他
国土利用・保全	57.9%	52.2%	63.6%	50.0%	27.9%	36.5%	9.9%	5.9%
建築	47.2%	44.6%	54.2%	43.6%	25.9%	48.7%	15.5%	8.3%
社会基盤施設	58.6%	54.6%	59.7%	51.2%	30.5%	24.3%	7.0%	4.6%
都市・環境	58.5%	44.7%	53.7%	51.2%	20.8%	52.0%	23.8%	9.1%
建設生産システム	54.2%	51.3%	65.7%	52.4%	24.6%	44.0%	13.5%	6.6%
交通システム	34.4%	49.8%	61.3%	47.9%	31.5%	67.4%	33.8%	6.2%
車・鉄道・船舶・航空	42.0%	52.9%	60.6%	44.1%	37.7%	49.8%	17.1%	6.8%
防災・減災技術	47.9%	46.5%	55.8%	45.1%	18.0%	30.3%	7.9%	8.1%
防災・減災情報	56.3%	56.6%	54.9%	48.9%	27.5%	38.1%	19.0%	4.4%
総計	50.1%	50.4%	59.0%	48.0%	27.8%	44.1%	16.6%	6.6%

○人材の育成・確保

社会的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-6-29 に示すとおりである。

図表 II- 6-29 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材 育成	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
543	自然が持つ多様な機能を活かして整備されるグリーンインフラの包括的・効率的な整備・維持管理及び定量的評価技術	71.3%	2026	2029	都市・環境
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	70.0%	2029	2030	国土利用・保全
601	強非線形挙動を伴う大規模災害時をシミュレーション可能な数値解析・可視化技術	68.8%	2027	2031	防災・減災情報
517	準天頂衛星の測位データを利用し、国土や大型構造物の変化や災害時の変状をリアルタイムで定量的に判定する技術	67.4%	2028	2029	国土利用・保全
551	設計・施工・過去の点検データに基づき、ロボット・センサーが自動的・自律的に点検・診断し、異常を発見・通知する技術	66.7%	2028	2029	建設生産システム
562	都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム	30.6%	2027	2029	交通システム
564	歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ	30.0%	2026	2027	交通システム
567	公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム	25.9%	2024	2026	交通システム
569	自動車のプローブデータや車両重量、気象等環境条件を自動計測し、道路インフラの劣化を精度よく予測するシステム	25.5%	2027	2029	交通システム
565	インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム	22.7%	2025	2028	交通システム

○事業補助

社会的実現に向けた政策手段として、「事業補助」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-6-30 に示すとおりである。

図表 II- 6-30 政策手段を「事業補助」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
513	破堤箇所迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術	69.0%	2025	2027	国土利用・保全
581	アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速 360km での連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で 70dB(A)以下)を満たす技術	67.8%	2027	2029	車・鉄道・船舶・航空
535	高速移動車両搭載レーダーによる土木構造物および地盤内部の異常検知技術	65.5%	2028	2028	社会基盤施設

	科学技術トピック	事業補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
515	流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術	63.4%	2032	2033	国土利用・保全
600	耐震化された小中学校を地域防災拠点とした災害情報共有・災害対応支援システム	63.2%	2024	2026	防災・減災情報
544	合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)	34.7%	2029	2032	都市・環境
511	適切な国際的管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計	34.2%	2029	2032	国土利用・保全
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	32.9%	2029	2030	都市・環境
525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	30.3%	2043	2048	建築
521	オフィスワーカーの健康快適性向上と業務効率化・働き方改革を促進する、高度かつ統合的なワーカー・プロダクティビティ・モニタリング技術	23.8%	2028	2030	建築

○事業環境整備

社会的実現に向けた政策手段として、「事業環境整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)図表 II-6-31 に示すとおりである。

図表 II- 6-31 政策手段を「事業環境整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	事業環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
517	準天頂衛星の測位データを利用し、国土や大型構造物の変化や災害時の変状をリアルタイムで定量的に判定する技術	80.4%	2028	2029	国土利用・保全
551	設計・施工・過去の点検データに基づき、ロボット・センサーが自動的・自律的に点検・診断し、異常を発見・通知する技術	78.6%	2028	2029	建設生産システム
555	建設現場で、AI を用いて作業進捗状況を常時把握・分析し、適切に工程管理、自動的に工程を最適化・修正する技術	75.8%	2029	2030	建設生産システム
530	既存建物の更なる合理的な改修・解体技術(超高層ビルを含め、迅速に改修・解体等できる技術)	74.4%	2029	2033	建築
539	局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測	73.2%	2027	2029	社会基盤施設
519	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨の接着剤接合技術	45.2%	2029	2031	建築
565	インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム	43.2%	2025	2028	交通システム

	科学技術トピック	事業 環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	42.9%	2029	2030	都市・環境
520	室内の「健康阻害」や「感染症アウトブレイク」を抑制する、高度な室内健康環境モニタリング・制御技術	39.5%	2028	2030	建築
525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	39.4%	2043	2048	建築

○国内連携・協力

社会的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-6-32 に示すとおりである。

図表 II- 6-32 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	65.0%	2029	2030	国土利用・保全
516	日本国内を旅行する、全ての国の旅行者が、いつでもどこでも、観光地や移動に必要な情報提供と支援を受けることができ、インバウンド観光を円滑・快適に楽しめる	64.3%	2024	2027	国土利用・保全
571	車・自転車・歩行者などの移動体のリアルタイム位置情報を格納したダイナミックマップを用い、合流などの交通コンフリクトの円滑な調整、最適な経路誘導、時間や場所に応じた道路利用料金徴収を行うシステム	62.5%	2028	2032	交通システム
541	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	62.5%	2025	2026	社会基盤施設
552	ダイナミックな情報、自動的な更新情報の収集も含めた、国土基盤となる電子地図	61.8%	2027	2030	建設生産システム
579	環境性、安全性、経済性の観点で現有の亜音速旅客機と対抗し得ると共に、大幅な移動時間の短縮による利便性向上を可能とする超音速旅客機を実現するシステム技術	34.5%	2032	2037	車・鉄道・船舶・航空
510	地下水質・流動観測推定技術	34.0%	2027	2028	国土利用・保全
508	海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)	33.9%	2031	2031	国土利用・保全
564	歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ	31.7%	2026	2027	交通システム
525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	30.3%	2043	2048	建築

○国際連携・標準化

社会的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)

位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-6-33 に示すとおりである。

図表 II- 6-33 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
573	自律航行可能な無人運航商船	56.9%	2027	2031	車・鉄道・船舶・航空
518	適切な発生源対策の実施に必要となる、マイクロプラスチックの生成メカニズムおよび公共水域における負荷実態を解明する技術	55.6%	2030	2033	国土利用・保全
536	宇宙利用のためのインフラ設計・施工・維持管理技術	55.6%	2036	2038	社会基盤施設
526	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術	55.0%	2043	2052	建築
566	都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	50.0%	2025	2029	交通システム
576	航空機と航空管制の双方による高精度運航システムを用いて、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術に基づく、ヒューマンエラー発生確率よりも故障確率が小さい無人操縦旅客機	50.0%	2028	2032	車・鉄道・船舶・航空
587	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御	13.1%	2026	2028	防災・減災技術
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	12.5%	2029	2030	国土利用・保全
556	橋梁などのコンクリート構造物のユニット化による、現場での組み立ての自動化	12.5%	2026	2027	建設生産システム
515	流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術	12.2%	2032	2033	国土利用・保全
592	様々なタイプの液状化について発生メカニズムと全国の液状化リスクが明らかになるとともに、安価・短期間で実行可能な対策技術の確立	8.8%	2030	2033	防災・減災技術

○法規制の整備

社会的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-6-34 に示すとおりである。

図表 II- 6-34 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
566	都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	85.5%	2025	2029	交通システム
568	レベル 5 の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	84.7%	2030	2034	交通システム

科学技術トピック		法規制	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	79.7%	2029	2033	交通システム
567	公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム	77.6%	2024	2026	交通システム
564	歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ	76.7%	2026	2027	交通システム
591	流域面積数十～百平方キロメートルのダムの集水域における 6～8 月の総流入量を 4 月時点で推計精度 ±10% で予測する技術・システム	21.4%	2030	2032	防災・減災技術
586	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダー	19.7%	2025	2026	防災・減災技術
533	マテリアルズインフォマティクスに基づく、高機能、高耐久、低環境負荷かつ安価なインフラ材料の社会基盤施設建設における一般的な利用	18.6%	2028	2029	社会基盤施設
538	環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設	17.3%	2029	2030	社会基盤施設
532	数値シミュレーションによる新技術・新材料の適用性・耐久性に関する迅速評価	10.2%	2027	2028	社会基盤施設

○ELSI への対応

社会的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-6-35 に示すとおりである。

図表 II- 6-35 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
568	レベル 5 の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	62.7%	2030	2034	交通システム
567	公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム	60.3%	2024	2026	交通システム
566	都市部でのレベル 4 自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	59.7%	2025	2029	交通システム
580	運転士・パイロットの脳波を非接触でモニタリングし、おかれた状況において誤った操作を行った場合、ヒューマンエラーと判断し、事前に警告することで事故を未然に防ぐシステム	51.6%	2029	2034	車・鉄道・船舶・航空
570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	42.4%	2029	2033	交通システム
586	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダー	3.0%	2025	2026	防災・減災技術
515	流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術	2.4%	2032	2033	国土利用・保全
513	破堤箇所での迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術	2.4%	2025	2027	国土利用・保全

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
533	マテリアルズインフォマティクスに基づく、高機能、高耐久、低環境負荷かつ安価なインフラ材料の社会基盤施設建設における一般的な利用	2.3%	2028	2029	社会基盤施設
519	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨の接着剤接合技術	0.0%	2029	2031	建築

○その他

社会的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)図表 II-6-36 に示すとおりである。

図表 II- 6-36 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
559	3D プリンター化による部材の現場製作、ロボット・ドローンによる建材の自律運搬等、構造躯体および仕上・設備の未来型合理化施工法	17.2%	2030	2033	建設生産システム
570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	13.6%	2029	2033	交通システム
547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム	13.3%	2026	2030	都市・環境
544	合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)	12.5%	2029	2032	都市・環境
528	既存を含む都市と建物の再生可能エネルギー消費比率を向上する、広域の余剰小規模再生エネルギーのベストミックス技術	12.5%	2029	2033	建築
591	流域面積数十～百平方キロメートルのダムが集水域における 6～8 月の総流入量を 4 月時点で推計精度±10%で予測する技術・システム	12.5%	2030	2032	防災・減災技術
560	高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム	2.8%	2025	2028	交通システム
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	2.5%	2029	2030	国土利用・保全
596	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける微量な危険性物質の迅速かつ正確な検知システム	2.2%	2025	2029	防災・減災情報
531	リモートセンシング技術を活用して、広域に存在する社会基盤施設の水平・垂直変位をミリメートルオーダーでモニタリングする技術	1.7%	2027	2029	社会基盤施設
594	IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム	1.5%	2026	2028	防災・減災情報

6.4.7. 科学技術的実現から社会的実現までの期間

科学技術的実現から社会的実現までの期間を細目別にみると、「建築」細目が 3.1 年と最も長く、一方で、「社会基盤施設」の細目は 1.2 年と短い。

図表 II- 6-37 科学技術的実現から社会的実現までの期間(年)

	2021	2026	2031	2036	2041	2046	2051
国土利用・保全		1.6					
建築			3.1				
社会基盤施設		1.2					
都市・環境		2.4					
建設生産システム		1.9					
交通システム		2.8					
車・鉄道・船舶・航空		2.7					
防災・減災技術			2.1				
防災・減災情報		2.9					
総計		2.3					

科学技術的実現から社会的実現までの期間の長い科学技術トピック(上位 5 位)および期間の短いトピック(下位 5 位)は図表 II-6-38 のとおりである。

図表 II- 6-38 科学技術的実現から社会的実現までの期間が長いトピック及び短いトピック

	科学技術トピック	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
526	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術	2043	2052	9	建築

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術	2043	2048	5	建築
579	環境性、安全性、経済性の観点で現有の亜音速旅客機と対抗し得ると共に、大幅な移動時間の短縮による利便性向上を可能とする超音速旅客機を実現するシステム技術	2032	2037	5	車・鉄道・船舶・航空
580	運転士・パイロットの脳波を非接触でモニタリングし、おかれた状況において誤った操作を行った場合、ヒューマンエラーと判断し、事前に警告することで事故を未然に防ぐシステム	2029	2034	5	車・鉄道・船舶・航空
528	既存を含む都市と建物の再生可能エネルギー消費比率を向上する、広域の余剰小規模再生エネルギーのベストミックス技術	2029	2033	4	建築
530	既存建物の更なる合理的な改修・解体技術(超高層ビルを含め、迅速に改修・解体等できる技術)	2029	2033	4	建築
547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム	2026	2030	4	都市・環境
566	都市部でのレベル4自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス	2025	2029	4	交通システム
568	レベル5の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)	2030	2034	4	交通システム
570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」	2029	2033	4	交通システム
571	車・自転車・歩行者などの移動体のリアルタイム位置情報を格納したダイナミックマップを用い、合流などの交通コンフリクトの円滑な調整、最適な経路誘導、時間や場所に応じた道路利用料金徴収を行うシステム	2028	2032	4	交通システム
573	自律航行可能な無人運航商船	2027	2031	4	車・鉄道・船舶・航空
576	航空機と航空管制の双方による高精度運航システムを用いて、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術に基づく、ヒューマンエラー発生確率よりも故障確率が小さい無人操縦旅客機	2028	2032	4	車・鉄道・船舶・航空
596	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける微量な危険性物質の迅速かつ正確な検知システム	2025	2029	4	防災・減災情報
601	強非線形挙動を伴う大規模災害時をシミュレーション可能な数値解析・可視化技術	2027	2031	4	防災・減災情報
509	下水に含まれる貴重金属等の資源回収とエネルギー自立化のための下水道技術	2028	2029	1	国土利用・保全
510	地下水質・流動観測推定技術	2027	2028	1	国土利用・保全
514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術	2029	2030	1	国土利用・保全
515	流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術	2032	2033	1	国土利用・保全

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
517	準天頂衛星の測位データを利用し、国土や大型構造物の変化や災害時の変状をリアルタイムで定量的に判定する技術	2028	2029	1	国土利用・保全
522	建築&設備と一体化された AI、IoT、ロボット活用等による、高齢者、障がい者、子育て世帯等の住生活機能改善、ノーマライゼーション化	2029	2030	1	建築
523	日常時環境省エネ性、非常時避難容易性、経年時可変更新性を向上する、住宅とモビリティとICT・AIの新しい統合技術	2029	2030	1	建築
529	ZEB(ゼブ: ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築	2036	2037	1	建築
532	数値シミュレーションによる新技術・新材料の適用性・耐久性に関する迅速評価	2027	2028	1	社会基盤施設
533	マテリアルズインフォマティクスに基づく、高機能、高耐久、低環境負荷かつ安価なインフラ材料の社会基盤施設建設における一般的な利用	2028	2029	1	社会基盤施設
537	ロボット、新材料、三次元プリンターを用いた社会基盤施設の延命および迅速更新技術	2029	2030	1	社会基盤施設
538	環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設	2029	2030	1	社会基盤施設
541	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術	2025	2026	1	社会基盤施設
545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地	2029	2030	1	都市・環境
546	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術	2027	2028	1	都市・環境
551	設計・施工・過去の点検データに基づき、ロボット・センサーが自動的・自律的に点検・診断し、異常を発見・通知する技術	2028	2029	1	建設生産システム
554	カメラや生体センサー情報等に基づき、作業員の作業環境(高所作業、クレーン旋回範囲、熱中症等)を常に把握し、自動的に注意喚起する技術	2026	2027	1	建設生産システム
555	建設現場で、AI を用いて作業進捗状況を常時把握・分析し、適切に工程管理、自動的に工程を最適化・修正する技術	2029	2030	1	建設生産システム
556	橋梁などのコンクリート構造物のユニット化による、現場での組み立ての自動化	2026	2027	1	建設生産システム
563	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム	2028	2029	1	交通システム
564	歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ	2026	2027	1	交通システム
575	海上輸送システムにおいて、極限まで CO ₂ を排出しないクリーンシップ	2029	2030	1	車・鉄道・船舶・航空
585	原子力発電所建屋・配管・原子炉のデジタルツインを利用した地震被害リアルタイム判定技術	2028	2029	1	防災・減災技術

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
586	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダー	2025	2026	1	防災・減災技術
508	海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)	2031	2031	0	国土利用・保全
535	高速移動車両搭載レーダーによる土木構造物および地盤内部の異常検知技術	2028	2028	0	社会基盤施設
540	樹木、植生、土壌等の生態系を積極的に活用したインフラ施設の設計・運用技術の実現による、水質浄化、雨水管理および流出抑制技術	2031	2031	0	社会基盤施設
584	回生ブレーキで得られるエネルギーを有効利用できるよう、エリア内の各列車の加減速を自動制御し、エネルギー消費を最小とするシステム(鉄道版スマートグリッド)	2025	2025	0	車・鉄道・船舶・航空

6.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックの実現時期は、図表 II-6-39 のとおりである。

図表 II- 6-39 他分野の本分野関連の科学技術トピックの科学技術的実現時期の分布(トピック数)

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
健康・医療・生命科学	健康危機管理(感染症、救急医療、災害医療を含む)		1					
農林水産 食品	生産エコシステム		2	1				
	資源エコシステム			3				
	システム基盤		1					
	バイオマス		1	1				
環境・資源・エネルギー	水		1					
	地球温暖化			1				
	環境保全 (解析・予測・評価、修復・再生、計画)		3	4				
	リスクマネジメント		1	1				
ICT・アナリティクス・サービス	コンピュータシステム		1					
	IoT・ロボティクス	1	5					
	ネットワーク・インフラ		1					
	産業、ビジネス、経営応用		1					
	政策、制度設計支援技術			1				
	社会実装		2					
マテリアル・デバイス・プロセス	応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ分野)		9	1				

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
宇宙・海洋・地球・科学基盤	計算・数理・情報科学		2					
総計		1	31	13				

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックのうち、重要度指数の高い科学技術トピック（上位 20 位）は、図表 II-6-40 に示すとおりである。

分野・細目別では、マテリアル・デバイス・プロセス分野の「応用デバイス・システム（インフラ・モビリティ分野）」関連トピックが 7 件、次いで、ICT・アナリティクス・サービス分野の「IoT・ロボティクス」関連トピックが 4 件占めた。

図表 II- 6-40 他分野で設定された本分野関連の科学技術トピック（重要度上位 20 位）

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
328	ICT・アナリティクス・サービス	ヒトが点検を行うとコスト高になったり、危険が伴ったりする、建物・インフラ点検を代替するロボット点検化技術	1.50	2025	2027
335	ICT・アナリティクス・サービス	自立した生活が可能となる、高齢者や軽度障害者の認知機能や運動機能を支援するロボット機器と、ロボット機器や近距離を低速で移動するロボットの自動運転技術	1.47	2028	2030
343	ICT・アナリティクス・サービス	平時にはネットワークの輻輳緩和や耐故障性向上に資し、災害時には緊急通信を優先的にサービス可能、あるいは、スクラッチから迅速に構築可能な、柔軟な情報通信技術	1.42	2027	2029
489	マテリアル・デバイス・プロセス	インフラ構造物の内部の劣化状況をリアルタイムに診断する技術	1.29	2028	2029
396	ICT・アナリティクス・サービス	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	2027	2031
298	環境・資源・エネルギー	稀頻度自然災害のリスクの評価手法	1.20	2031	2034
652	宇宙・海洋・地球・科学基盤	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	1.18	2029	2030
331	ICT・アナリティクス・サービス	都市空間のすべての人や車両（鉄道車両、自動車など）の位置情報がリアルタイムに把握可能となる都市全体の効率良い交通管制システム	1.18	2027	2030
134	農林水産・食品・バイオ	土砂災害等を未然に防ぐ森林管理技術	1.17	2031	2033
491	マテリアル・デバイス・プロセス	インフラを経済的に維持できなくなる過疎地で必要となる、従来の中央集約型上下水道インフラを自律分散型にするシステム	1.17	2029	2031

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
488	マテリアル・デバイス・プロセス	海洋大気環境下でも構造物の 50 年超の超長寿命を実現できる防食技術(塗膜を含む)	1.16	2030	2032
176	農林水産・食品・バイオ	森林資源による化石資源由来製品の代替化のための技術(道路舗装、建築用材、服飾素材、塗料、消費財)	1.15	2029	2031
490	マテリアル・デバイス・プロセス	少子高齢化に伴う労働力の不足の際に必要な、エネルギー供給(燃料・ガス)やゴミ回収といったインフラを自動運転で行うモビリティシステム	1.13	2028	2030
482	マテリアル・デバイス・プロセス	鉄と非金属材料(木材、コンクリート、CFRP 等)の高機能ハイブリッド構造材料(構造性能、意匠性、耐食性等)	1.03	2029	2032
483	マテリアル・デバイス・プロセス	経年劣化・損傷に対する自己修復機能を有し、ビル等の建築構造物の機能を維持できる構造材料	1.02	2033	2035
651	宇宙・海洋・地球・科学基盤	自然災害や事故などの異常時も含めた渋滞を回避する数理科学的渋滞予測モデルと、IoT センシングシステムを融合したリアルタイムナビゲーションシステム	1.00	2028	2029
286	環境・資源・エネルギー	生態系機能に基づく気候変動と災害の緩和と適応の統合技術	0.95	2032	2036
271	環境・資源・エネルギー	化石燃料を使用しない航空機	0.94	2035	2039
487	マテリアル・デバイス・プロセス	熟練工不足に対応した人の技量によらない、簡便な構造材料用接合・接着技術	0.94	2028	2031
330	ICT・アナリティクス・サービス	電子タグの小型近距離無線通信などにより、1 兆個のインテリジェントデバイスのインターネット接続実現	0.93	2027	2029

6.4.9. 未来科学技術年表

(1) 科学技術的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2024	516	日本国内を旅行する、全ての国の旅行者が、いつでもどこでも、観光地や移動に必要な情報提供と支援を受けることができ、インバウンド観光を円滑・快適に楽しめる
	567	公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム
	595	転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム
	600	耐震化された小中学校を地域防災拠点とした災害情報共有・災害対応支援システム
2025	513	破堤箇所等の迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術
	541	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術
	560	高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム
	565	インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム
	566	都市部でのレベル4自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス
	583	踏切への列車接近を周辺の自動車に通信し、自動で踏切侵入を防止するシステム(自動車との通信による踏切事故防止)
	584	回生ブレーキで得られるエネルギーを有効利用できるよう、エリア内の各列車の加減速を自動制御し、エネルギー消費を最小とするシステム(鉄道版スマートグリッド)
	586	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダ
	596	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける微量な危険性物質の迅速かつ正確な検知システム
	597	個人携帯端末を活用した多言語／非言語コミュニケーションによる災害避難ナビゲーションシステム
2026	602	リアルタイム津波予測に地域住民に必要な避難に必要な情報を提供する SNS 情報分析システム
	542	都市に関するオープンデータ化を図り、多様な主体が保有するデータを共有・連携して活用できるプラットフォーム
	543	自然が持つ多様な機能を活かして整備されるグリーンインフラの包括的・効率的な整備・維持管理及び定量的評価技術
	547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム
	554	カメラや生体センサー情報等に基づき、作業員の作業環境(高所作業、クレーン旋回範囲、熱中症等)を常に把握し、自動的に注意喚起する技術
	556	橋梁などのコンクリート構造物のユニット化による、現場での組み立ての自動化
	564	歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ
	582	踏切等、外部から人が立ち入り可能な箇所がある路線における鉄道の無人運転
	587	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御
	594	IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム
2027	599	国民一人一人の防災行動を誘導するための ICT 利用技術
	510	地下水質・流動観測推定技術
	531	リモートセンシング技術を活用して、広域に存在する社会基盤施設の水平・垂直変位をミリメートルオーダーでモニタリングする技術
	532	数値シミュレーションによる新技術・新材料の適用性・耐久性に関する迅速評価
	539	局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測
	546	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術
	548	詳細な都市計画(ゾーニングや都市施設の整備)を可能にする、土地利用変化のモニタリングおよび適正な都市計画手法の提案システム
	552	ダイナミックな情報、自動的な更新情報の収集も含めた、国土基盤となる電子地図
	557	測量・調査から設計・施工、監督・検査、維持管理にわたる建設生産プロセス全体での(時系列を含めた)4D データの自動蓄積および統合的活用を可能とするインフラデータプラットフォームの構築
	558	BIM データに基づいて、設計～施工～出来形確認まで建築プロジェクト管理し、センサーやロボットにより維持管理する技術
	562	都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点にお

年	No.	科学技術トピック
		る時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム
	569	自動車のプローブデータや車両重量、気象等環境条件を自動計測し、道路インフラの劣化を精度よく予測するシステム
2027	573	自律航行可能な無人運航商船
	574	船舶の常時モニターにより、運航、構造、安全関連のビッグデータを活用した、船の性能・安全性評価技術(寿命予測や設計等へのフィードバックが可能)
	578	機体毎の不具合検出等を含む膨大な情報群(ビッグデータ)とAIを組み合わせて事前予測を行うことにより、メンテナンスの効率化及び最適化を通してメンテナンスコストを低減する整備システム
	581	アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速 360km での連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で 70dB(A)以下)を満たす技術
	598	早期の警報・避難・規制を可能とする、高精度気象観測システムの構築と災害予測手法の高度化
	601	強非線形挙動を伴う大規模災害時をシミュレーション可能な数値解析・可視化技術
2028	509	下水に含まれる貴重金属等の資源回収とエネルギー自立化のための下水道技術
	512	予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術
	517	準天頂衛星の測位データを利用し、国土や大型構造物の変化や災害時の変状をリアルタイムで定量的に判定する技術
	520	室内の「健康阻害」や「感染症アウトブレイク」を抑制する、高度な室内健康環境モニタリング・制御技術
	521	オフィスワーカーの健康快適性向上と業務効率化・働き方改革を促進する、高度かつ統合的なワーカー・プロダクティビティ・モニタリング技術
	527	超高層を含めた、一定規模以上の建築を可能とする新木造の材料・構工法技術
	533	マテリアルズインフォマティクスに基づく、高機能、高耐久、低環境負荷かつ安価なインフラ材料の社会基盤施設建設における一般的な利用
	534	フィジカル・サイバー空間のシームレス結合によるインフラのモニタリング、予測、制御技術
	535	高速移動車両搭載レーダーによる土木構造物および地盤内部の異常検知技術
	549	開発がもたらすミクロな変化を正確に評価する環境アセスメント技術
	551	設計・施工・過去の点検データに基づき、ロボット・センサーが自動的・自律的に点検・診断し、異常を発見・通知する技術
	553	設計データを基盤としつつ、作業条件の変化や周辺の施工状況等を感じし、自律的に施工が可能な無人建設機械
	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
	563	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム
	571	車・自転車・歩行者などの移動体のリアルタイム位置情報を格納したダイナミックマップを用い、合流などの交通コンフリクトの円滑な調整、最適な経路誘導、時間や場所に応じた道路利用料金徴収を行うシステム
	572	パブリックな駐車場、交差点での駐停車時に逐次充電する非接触充電インフラ技術及び安全性が向上した燃料用水素の貯蔵・供給設備技術等の低炭化技術
	576	航空機と航空管制の双方による高精度運航システムを用いて、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術に基づく、ヒューマンエラー発生確率よりも故障確率が小さい無人操縦旅客機
	585	原子力発電所建屋・配管・原子炉のデジタルツインを利用した地震被害リアルタイム判定技術
2029	511	適切な国際的管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計
	514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術
	519	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨の接着剤接合技術
	522	建築&設備と一体化された AI、IoT、ロボット活用等による、高齢者、障がい者、子育て世帯等の住生活機能改善、ノーマライゼーション化
	523	日常時環境省エネ性、非常時避難容易性、経年時可変更新性を向上する、住宅とモビリティと ICT・AI の新しい統合技術
	528	既存を含む都市と建物の再生可能エネルギー消費比率を向上する、広域の余剰小規模再生エネルギーのベストミックス技術
	530	既存建物の更なる合理的な改修・解体技術(超高層ビルを含め、迅速に改修・解体等できる技術)
	537	ロボット、新材料、三次元プリンターを用いた社会基盤施設の延命および迅速更新技術
	538	環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設
	544	合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に

年	No.	科学技術トピック
		望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)
	545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地
	550	人口減少にともなって発生する低未利用地の粗放的な維持管理技術
	555	建設現場で、AIを用いて作業進捗状況を常時把握・分析し、適切に工程管理、自動的に工程を最適化・修正する技術
2029	570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」
	575	海上輸送システムにおいて、極限までCO ₂ を排出しないクリーンシップ
	580	運転士・パイロットの脳波を非接触でモニタリングし、おかれた状況において誤った操作を行った場合、ヒューマンエラーと判断し、事前に警告することで事故を未然に防ぐシステム
	589	構造物の外乱や劣化による損傷時に深刻な被害を回避するための設計法・構造技術(「危機耐性」の確立)
2030	518	適切な発生源対策の実施に必要となる、マイクロプラスチックの生成メカニズムおよび公共水域における負荷実態を解明する技術
	559	3D プリンター化による部材の現場製作、ロボット・ドローンによる建材の自律運搬等、構造躯体および仕上・設備の未来型合理化施工法
	568	レベル 5 の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)
	590	流域面積数百平方キロメートルの河川流域・ダム集水域における洪水ピーク流量を 12 時間前に時間誤差±1 時間、流量推計精度±10%で予測する技術・システム
	591	流域面積数十～百平方キロメートルのダムの集水域における 6～8 月の総流入量を 4 月時点で推計精度±10%で予測する技術・システム
	592	様々なタイプの液状化について発生メカニズムと全国の液状化リスクが明らかになるとともに、安価・短期間で実行可能な対策技術の確立
2031	508	海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)
	524	3D プリンターなどにより、再資源材料の生産効率や回収再生の仕組みを大きく変換する、建材の再資源化プロセス技術
	540	樹木、植生、土壌等の生態系を積極的に活用したインフラ施設の設計・運用技術の実現による、水質浄化、雨水管理および流出抑制技術
	577	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果たした低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル 90%減、燃費半減)
	593	知能化された無限定環境(未知環境)での自律移動が可能な災害対応ロボット
2032	515	流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術
	579	環境性、安全性、経済性の観点で現有の亜音速旅客機と対抗し得ると共に、大幅な移動時間の短縮による利便性向上を可能とする超音速旅客機を実現するシステム技術
2034	588	アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物
2036	529	ZEB(ゼブ:ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築
	536	宇宙利用のためのインフラ設計・施工・維持管理技術
2043	525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術
2043	526	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術

(2) 社会的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2025	584	回生ブレーキで得られるエネルギーを有効利用できるよう、エリア内の各列車の加減速を自動制御し、エネルギー消費を最小とするシステム(鉄道版スマートグリッド)
2026	541	インフラの点検・診断の信頼性向上や負担軽減を図るために、現場で利用可能な非破壊検査技術
	567	公共交通機関における顔認証などによるチケットレスの料金収受システム
	586	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダ
	600	耐震化された小中学校を地域防災拠点とした災害情報共有・災害対応支援システム
2027	513	破堤箇所の迅速な締切等、河川堤防の変状発生時の緊急復旧技術
	516	日本国内を旅行する、全ての国の旅行者が、いつでもどこでも、観光地や移動に必要な情報提供と支援を受けることができ、インバウンド観光を円滑・快適に楽しめる
	554	カメラや生体センサー情報等に基づき、作業員の作業環境(高所作業、クレーン旋回範囲、熱中症等)を常に把握し、自動的に注意喚起する技術
	556	橋梁などのコンクリート構造物のユニット化による、現場での組み立ての自動化
	564	歩行者と同程度の専有面積で 20km 程度の航続距離がある電動パーソナルモビリティ
	583	踏切への列車接近を周辺の自動車に通信し、自動で踏切侵入を防止するシステム(自動車との通信による踏切事故防止)
	595	転覆・衝突・座礁などの海難事故の発生を半減させるための危険予知・警告・回避システム
	602	リアルタイム津波予測に地域住民に必要な避難に必要な情報を提供する SNS 情報分析システム
2028	510	地下水質・流動観測推定技術
	532	数値シミュレーションによる新技術・新材料の適用性・耐久性に関する迅速評価
	535	高速移動車両搭載レーダーによる土木構造物および地盤内部の異常検知技術
	546	詳細な都市計画を可能にする精度の高い災害ハザードマップの作成技術
	560	高齢者や視覚障がい者が安心して自由に行動できる情報を提供するナビゲーションシステム
	565	インターモーダル輸送において温度・衝撃・成分変化などを自動的に計測し、生産・輸送・保管・使用・廃棄に至るトレースが可能なシステム
	587	高層ビル・免震ビルの長時間長周期地震動に対する応答制御
	594	IoT 機器を活用した大規模地震災害時のリアルタイム被害把握・拡大予測システム
	597	個人携帯端末を活用した多言語／非言語コミュニケーションによる災害避難ナビゲーションシステム
2029	509	下水に含まれる貴重金属等の資源回収とエネルギー自立化のための下水道技術
	517	準天頂衛星の測位データを利用し、国土や大型構造物の変化や災害時の変状をリアルタイムで定量的に判定する技術
	531	リモートセンシング技術を活用して、広域に存在する社会基盤施設の水平・垂直変位をミリメートルオーダーでモニタリングする技術
	533	マテリアルズインフォマティクスに基づく、高機能、高耐久、低環境負荷かつ安価なインフラ材料の社会基盤施設建設における一般的な利用
	539	局地的短時間豪雨の高精度予測に基づく斜面崩壊および土構造物のリアルタイム被害予測
	542	都市に関するオープンデータ化を図り、多様な主体が保有するデータを共有・連携して活用できるプラットフォーム
	543	自然が持つ多様な機能を活かして整備されるグリーンインフラの包括的・効率的な整備・維持管理及び定量的評価技術
	548	詳細な都市計画(ゾーニングや都市施設の整備)を可能にする、土地利用変化のモニタリングおよび適正な都市計画手法の提案システム
	551	設計・施工・過去の点検データに基づき、ロボット・センサーが自動的・自律的に点検・診断し、異常を発見・通知する技術
	557	測量・調査から設計・施工、監督・検査、維持管理にわたる建設生産プロセス全体での(時系列を含めた)4Dデータの自動蓄積および統合的活用を可能とするインフラデータプラットフォームの構築
	558	BIM データに基づいて、設計～施工～出来形確認まで建築プロジェクト管理し、センサーやロボットにより維持管理する技術
	562	都市間の貨物輸送の効率化を図るために、鉄道と道路、道路と港湾・空港、鉄道と港湾・空港の結節点における時間・コスト・環境負荷のそれぞれを半減するシステム
	563	非常時(災害・故障による一部不通など)における都市の円滑な移動を確保するための、数十万人規模のモビリティマネジメントシステム

年	No.	科学技術トピック
	566	都市部でのレベル4自動運転(システムが全ての運転操作を行うが、システムの介入要求等に対してドライバーが適切に対応)による移動サービス
2029	569	自動車のプローブデータや車両重量、気象等環境条件を自動計測し、道路インフラの劣化を精度よく予測するシステム
	574	船舶の常時モニターにより、運航、構造、安全関連のビッグデータを活用した、船の性能・安全性評価技術(寿命予測や設計等へのフィードバックが可能)
	578	機体毎の不具合検出等を含む膨大な情報群(ビッグデータ)とAIを組み合わせることで事前予測を行うことにより、メンテナンスの効率化及び最適化を通してメンテナンスコストを低減する整備システム
	581	アクティブ騒音制御等を用いて、新幹線の時速360kmでの連続走行時に騒音の環境基準(住宅地で70dB(A)以下)を満たす技術
	582	踏切等、外部から人が立ち入り可能な箇所がある路線における鉄道の無人運転
	585	原子力発電所建屋・配管・原子炉のデジタルツインを利用した地震被害リアルタイム判定技術
	596	公共・集客施設、空港・港湾、鉄道等の交通インフラにおける微量な危険性物質の迅速かつ正確な検知システム
	599	国民一人一人の防災行動を誘導するためのICT利用技術
2030	512	予測と観測を合わせ、破堤を事前に察知する技術
	514	長期的な環境保全・維持管理を統合した河道設計技術
	520	室内の「健康阻害」や「感染症アウトブレイク」を抑制する、高度な室内健康環境モニタリング・制御技術
	521	オフィスワーカーの健康快適性向上と業務効率化・働き方改革を促進する、高度かつ統合的なワーカー・プロダクティビティ・モニタリング技術
	522	建築&設備と一体化されたAI、IoT、ロボット活用等による、高齢者、障がい者、子育て世帯等の住生活機能改善、ノーマライゼーション化
	523	日常時環境省エネ性、非常時避難容易性、経年時可変更新性を向上する、住宅とモビリティとICT・AIの新しい統合技術
	534	フィジカル・サイバー空間のシームレス結合によるインフラのモニタリング、予測、制御技術
	537	ロボット、新材料、三次元プリンターを用いた社会基盤施設の延命および迅速更新技術
	538	環境作用に対する高い劣化抵抗性および外力作用に対する強靱性を有する社会基盤施設
	545	広域のインフラストラクチャーから独立した住宅地
	547	時間や場所に縛られることなく、都市計画についての議論や意思決定ができる合意形成支援システム
	552	ダイナミックな情報、自動的な更新情報の収集も含めた、国土基盤となる電子地図
	555	建設現場で、AIを用いて作業進捗状況を常時把握・分析し、適切に工程管理、自動的に工程を最適化・修正する技術
	572	パブリックな駐車場、交差点での駐停車時に逐次充電する非接触充電インフラ技術及び安全性が向上した燃料用水素の貯蔵・供給設備技術等の低炭化技術
	575	海上輸送システムにおいて、極限までCO ₂ を排出しないクリーンシップ
	598	早期の警報・避難・規制を可能とする、高精度気象観測システムの構築と災害予測手法の高度化
2031	508	海域環境保全と両立する浮遊式構造物(交通、通信、生産、活動基地等)
	519	鉄骨工事を大幅に合理化する、鉄骨の接着剤接合技術
	527	超高層を含めた、一定規模以上の建築を可能とする新木造の材料・構工法技術
	540	樹木、植生、土壌等の生態系を積極的に活用したインフラ施設の設計・運用技術の実現による、水質浄化、雨水管理および流出抑制技術
	549	開発がもたらすミクロな変化を正確に評価する環境アセスメント技術
	550	人口減少にともなって発生する低未利用地の粗放的な維持管理技術
	553	設計データを基盤としつつ、作業条件の変化や周辺の施工状況等を感知し、自律的に施工が可能な無人建設機械
	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
	573	自律航行可能な無人運航商船
	589	構造物の外乱や劣化による損傷時に深刻な被害を回避するための設計法・構造技術(「危機耐性」の確立)
	601	強非線形挙動を伴う大規模災害時をシミュレーション可能な数値解析・可視化技術
2032	511	適切な国際的管理のための、非持続的にしか利用できない地下水(化石水)の全世界的な埋蔵量の推計
	544	合理的な居住地選択行動を促進するナッジ型の住宅情報提供システム(行動科学の知見を用いた、自発的に

年	No.	科学技術トピック
		望ましい選択を促す仕掛けを有する住宅情報提供システム)
	571	車・自転車・歩行者などの移動体のリアルタイム位置情報を格納したダイナミックマップを用い、合流などの交通コンフリクトの円滑な調整、最適な経路誘導、時間や場所に応じた道路利用料金徴収を行うシステム
2032	576	航空機と航空管制の双方による高精度運航システムを用いて、現在の倍程度の交通量を安全に管制できる運航技術に基づく、ヒューマンエラー発生確率よりも故障確率が小さい無人操縦旅客機
	590	流域面積数百平方キロメートルの河川流域・ダム集水域における洪水ピーク流量を12時間前に時間誤差±1時間、流量推計精度±10%で予測する技術・システム
	591	流域面積数十～百平方キロメートルのダムの集水域における6～8月の総流入量を4月時点で推計精度±10%で予測する技術・システム
2033	515	流砂系の推定に基づいて山地や海岸線等の国土変化を予測し、適切に国土を保全する技術
	518	適切な発生源対策の実施に必要となる、マイクロプラスチックの生成メカニズムおよび公共水域における負荷実態を解明する技術
	528	既存を含む都市と建物の再生可能エネルギー消費比率を向上する、広域の余剰小規模再生エネルギーのベストミックス技術
	530	既存建物の更なる合理的な改修・解体技術(超高層ビルを含め、迅速に改修・解体等できる技術)
	559	3Dプリンター化による部材の現場製作、ロボット・ドローンによる建材の自律運搬等、構造躯体および仕上・設備の未来型合理化施工法
	570	都市部で人を運べる「空飛ぶ車・ドローン」
	592	様々なタイプの液状化について発生メカニズムと全国の液状化リスクが明らかになるとともに、安価・短期間で実行可能な対策技術の確立
2034	524	3Dプリンターなどにより、再資源材料の生産効率や回収再生の仕組みを大きく変換する、建材の再資源化プロセス技術
	568	レベル5の自動運転(場所の限定なくシステムが全てを操作する)
	577	離着陸時の低騒音化と飛行時の低排出ガス化を実現し、更に機体摩擦抵抗低減、エンジンの燃焼効率向上を果した低公害・省エネルギー型航空機(騒音レベル90%減、燃費半減)
	580	運転士・パイロットの脳波を非接触でモニタリングし、おかれた状況において誤った操作を行った場合、ヒューマンエラーと判断し、事前に警告することで事故を未然に防ぐシステム
	593	知能化された無限定環境(未知環境)での自律移動が可能な災害対応ロボット
2037	529	ZEB(ゼブ:ネットゼロ・エネルギー・ビル)を超える、インフラフリーの自立型建築
	579	環境性、安全性、経済性の観点で現有の亜音速旅客機と対抗し得ると共に、大幅な移動時間の短縮による利便性向上を可能とする超音速旅客機を実現するシステム技術
	588	アクティブな振動制御を大スケール・大出力で実現するとともに、波形レベルの早期地震警報を実現して、フィードフォワードを含めた最適な制御を行い、被害をゼロにする地震時ゼロ被害構造物
2038	536	宇宙利用のためのインフラ設計・施工・維持管理技術
2048	525	海洋ポテンシャルを利用し、海に新しいエコシティと新しいエコライフスタイルを実現する、「海洋都市」の建設技術
2052	526	長期的視点に基づく、人類の生息空間拡大のための、宇宙空間や月及び火星面での「宇宙建築」の建設技術

7. 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野

7.1. 将来の展望

7.1.1. 総論

(1) 細目の構成

本分野は、基礎科学から広範囲な科学技術や社会の発展、更には、イノベーションをもたらす科学基盤に関わる9つの細目を含み、以下の3つのクラスタに分類することができる。

細目「宇宙」、「素粒子・原子核・加速器」は、人類の知的好奇心に基づいて自然界の基本原理を探索するために、多岐にわたる先端的技术開発が求められる領域であり、定説の確立までに長時間を要すると予想される根源的な謎に取り組むトピックを含んでいる。

細目「海洋」、「地球」、「観測・予測」は、複雑な系を研究対象とする基礎科学に関するトピックから、喫緊の課題である持続可能な開発目標(SDGs)に関わる地球環境の維持や防災・減災に関わる技術開発・予測に関係するトピックを含んでいる。

細目「計算・数理・情報科学」、「量子ビーム:放射光」、「量子ビーム:中性子・ミューオン・荷電粒子等」、「光・量子技術」は、他分野との相互関連性が高く、科学全般の研究基盤プラットフォームを形成し、最近の発展が目覚ましい情報科学・量子科学技術等、基礎科学からイノベーションに関わるトピックを含んでいる。

全細目に共通する特長は、基盤的な科学技術であること、国際的な競争力・先端性が求められること、比較的大型の装置開発・予算が求められること、である。

(2) 本分野の今後の方向性

重要度、国際競争力が共に相対的に高い細目は、「量子ビーム:放射光」、「地球」で、各々、現象解明に資する複数の量子ビームによる計測・解析に関わる基盤的なトピック、局地豪雨等の減災につながる観測・予測技術や自動化のための測位技術等の社会対応課題型のトピックを含んでいる。重要度は高いが国際競争力が相対的に低いのは細目「計算・数理・情報科学」、逆に、国際競争力は高いが重要度が相対的に低いのは細目「素粒子・原子核・加速器」であった。

科学技術的及び社会的実現見通しに関しては、実現時期が早いのは、細目「量子ビーム:放射光」、「量子ビーム:中性子・ミューオン・荷電粒子等」のトピックで2026～2030年、遅いのは「宇宙」、「素粒子・原子核・加速器」のトピックで2036～2045年であった。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かった。量子情報関係の技術は、科学技術の実現から社会的実現までの期間が長いとされた。

科学技術的・社会的実現に向けた政策手段の必要性が高いとされるのは、細目「宇宙」、「海洋」。全体傾向として、政策手段として必要性の高い項目は、「人材の育成・確保」、「研究開発費の拡充/補助事業」、「研究基盤整備/事業環境整備」であり、その中で特に必要性が高い項目は、「人材の育成・確保」であった。科学技術の実現に向けて、細目「量子ビーム:放射光」、「量子ビーム:中性子・ミューオン・荷電粒子等」では国内連携が、細目「宇宙」、「素粒子・原子核・加速器」では国際連携が、必要性が高いと

された。

本分野は、基礎科学から広範囲な科学技術や社会の発展、更には、イノベーションをもたらす基盤的な科学技術に関わる分野であり、国際的な競争力・先端性が求められるため、持続的・長期的な視点で振興すべき分野である。科学技術的・社会的実現に向けた政策手段において、「人材の育成・確保」、「研究開発費の拡充/補助事業」、「研究基盤整備/事業環境整備」に対する必要性が高い。その中で、特に「人材の育成・確保」に対する必要性が高く、そのための施策が必要であると思われる。

(雨宮 慶幸)

7.1.2. 細目概要

①宇宙

i) 細目概要

月、惑星への探査による知見の獲得、並びに人類の活動領域の拡大(有人基地建設など)が今後大きく展開されるであろう。それに関連して多岐にわたる開発が求められる。例えば、輸送系の再使用化もこの動きと連動して加速されるであろう。宇宙科学は、宇宙の様々なスケール毎にそれぞれの進化の全貌を理解することを目指した研究分野であり、個々の天体现象の解明と物理法則を統合した総合科学である。

今回の調査では、それぞれのテーマに関する「定説」の確立をトピックとして取り上げた。これらの研究は、ますます先端的技术開発のもと進められる。地球を包括的に理解(地球環境、気候、土地利用、海面温度及び災害監視など)するため、人工衛星群による観測と地上データ解析が継続進化するであろう。成熟しつつある分野では継続と改良、新規分野では不連続性を持つ技術開発が必要である。

ii) 社会的意義

政策として、宇宙安全保障の確保、民生分野における宇宙利用の推進、宇宙産業及び科学技術の基盤の維持・強化、の3点が定められている。多くの活動は国家事業として進められるであろうが、我が国においても民間主体の事業が活発化することが期待されている。加えて、他の基礎科学と同様、好奇心の追求という人類の弛まざる営みを先導する役割を担っており、「未来への投資」「新たな視点の提供」といった、より広い意味での社会への貢献がある。

iii) 今後の展望

実社会に直接貢献する、高精度測位技術及び24時間高精度監視システムの重要度が高く、かつその実現見込みも比較的早い。④観測・予測分野における人工衛星の活用も同様であり、過去の先駆的研究開発の成果が実ってきたと考えられる。これらについては技術の改良と実施主体の確立による継続が大切である。

一方、宇宙活動を支える再使用型輸送システムやサービス技術は重要であるが国際競争力が低い。政策手段の強化による活性化が求められている。特に前者は H3 ロケットの開発完了までに研究開発で技術を高めることが出来るかに注目する。

月・火星での有人拠点構築の実現見込みはかなり先であることは、国際宇宙ステーション計画の前例からの推測によるものであろう。また国際競争力が無いとの評価もあり、今後本格的に推進するにあたっては総合的な取り組みが必須である。衛星による惑星探査は我が国の実績を踏まえ着実に進めて行けば実現の見込みが確かである。

宇宙科学のトピックスについては、全体的に社会的重要度は低いとされているが、その価値自体は科学の視点から高いと考えられる。国際競争力は比較的高く、人材の育成・確保が求められている。宇宙での重力波干渉計については、国際競争力が低いと評価されており、研究資源の投入と国際連携が必要とされた。

一般に宇宙分野は研究開始から社会的実現までの期間が長いものが多いが、近年民間を含む新しいスキームで短期間に成果を社会に還元する取り組みが活発になっており、それらを支える政策手段の工夫も重要な課題である。

(本間正修、野崎光昭)

②海洋

i) 細目概要

海洋は、科学的な探求の場であるとともに、我々の生存に不可欠な様々な役割を担っている。地球規模での温暖化が進む中で、海洋環境の変化を精度良く理解し、それに対する海洋生態系や物質循環の応答を予測することは現在の科学の重要な課題である。海洋生態系の保全は SDGs の第 14 目標として謳われ、人類が海洋から受ける恵みの将来を見通し、持続的な発展が可能な海洋利用を図るうえで必須である。そのための海洋探査技術にはイノベーションが期待されており、海洋の物理・化学・生物・地学に関する研究の推進、生物・鉱物資源の持続的な利用を目指す技術開発が求められている。そのために必要な科学技術項目を設定した。

ii) 社会的意義

海洋の物理・化学・生物・地学の理解が深まり、海洋がもつ様々な機能の解明が飛躍的に進む。それにより、例えば、温暖化対策や生態系保全など地球規模課題に関する国際的な合意形成過程では、科学的な根拠の曖昧さが障害となるが、より堅固な学術基盤のもとで曖昧さをより排した議論が可能になる。また、環境負荷を抑えて海洋・海底の生物・鉱物資源を持続的に利用するための学術基盤が構築されるとともに、そのための政策の立案・実施が進む。

iii) 今後の展望

総じて海洋の資源(漁業資源、海底鉱物資源)と海洋探査システム(無人観測、海洋酸性化、マイクロプラスチック)について高い重要度が認められた。外洋養殖施設も重要度が高く、食糧供給の場としての海洋が位置づけられたといえる。今回調査した課題に関する科学技術的実現は概ね 10 年程度と見込まれており、社会的な実現もほぼその数年後と比較的短期間での社会実装が予測されている。氷海域に関する課題の重要度は、政策的な重要度に比べて必ずしも高くなく、啓発活動不足が伺える。海洋中の高速通信技術はあらゆる観測技術の基盤としての重要度に比べて認知度が低い。いずれの課題につい

でも、科学技術的・社会的実現に向けた政策手段としては研究開発費の拡充と研究基盤の整備が優先的に求められるとしており、人材の育成・確保と国内/国際連携がそれに続いている。海洋環境探査・防災・資源開発は海洋立国としての我が国にとって不可欠であり、そのための科学技術開発は社会的にも強く求められている。

(古谷研、河野健)

③地球

i) 細目概要

地球は身近な研究対象であるため、人類にとって馴染みの深い分野と言える。一方で、我が国は地震、津波、噴火、地すべり等を始めとする自然災害と常に対峙しており、近い将来の発生が見込まれる南海トラフ地震や首都直下地震等による経済活動の長期低迷等の国難に備え、安心して暮らせる社会の実現のためにはこの分野の発展が必要不可欠である。現在の大きな動きとして、科学技術・学術審議会より「災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(第2次)の推進について」が建議され、計画が実施されている。また、地震調査研究推進本部において「第3期総合的かつ基本的な施策」が策定された。

ii) 社会的意義

地震や火山噴火の発生予測は長期にわたって継続的に取り組まれており、最近ではスロー地震学の創設等の着実な進歩が見られる。そこに人工知能(AI)や新たな海域観測データ等との融合により、技術革新の突破口となり、実社会に役立つ災害の予測力・予防力・対応力の強化が期待される。また地球深部に目を向けると、人類未踏のフィールドが残されており、高温・高圧下の深度掘削・計測技術の発展により未開拓の地下資源の活用が見込まれる。

iii) 今後の展望

全体的に重要度の高いトピックが多く、近年の自然災害を受けて生命を守ることと密接に繋がる地震、火山、地すべりといった災害予測につながる技術は、一際高い傾向を示す。また、光計測技術や海域測量技術等の計測技術の重要度も高く、今後の技術発展を支える上で必要であると認識されている。この高い重要度と比例するように、国際競争力の水準は総じて高い。特に大深度科学掘削技術や超高压・超高温実験に係るトピックが高く、「ちきゅう」や「SPring-8」等の日本が有する大型施設利用が、優位性に貢献していると思われる。

今後の科学技術的実現見通しについては、10 年以上を見込まれているものが多い。社会的実現見通しについては、それと大差はなく、この分野の科学技術が社会実装に繋がりやすいことを示す。地震の予測技術については、国民からの大きな期待がある一方、実現困難との一定数意見があり、難易度の高い挑戦的技術課題と言える。そのため、近年のスロー地震学の発展等と並行して、核心的科学技術のブレークスルーが待たれる。

科学技術的実現に向けた政策手段には、全体的に人材・予算・研究基盤拡充を求めており、特に火山については人材の育成確保を、地下注入による誘発地震予測については法規制や ELSI への対応を求めている。地下資源や海洋資源等を取り扱う技術では、社会的実現に向けて事業環境整備や国際連

携・法規制整備が必要と挙げている。

今後は、AI 等の急速発展中の先端技術も精力的に取込み、大型施設の拡充・有効活用による国際競争力の優位性を確保しつつ、強靱かつ持続可能な社会を目指した技術開発が必要である。

(武田哲也)

④観測・予測

i) 細目概要

国連持続可能な開発目標(SDGs)やパリ協定、Sendai Framework など、地球環境の維持や防災・減災はあいかわらず喫緊の課題である。そのために必要な政策に科学的根拠を与える地球観測の重要性はますます増大している。そこで本細目では、前回の調査時と同様に、地球物理学・生物化学的事象や陸域の植生、海底地形などをグローバルに観測・監視し、環境や防災に資する予測を実現するための開発をトピックとして設定した。

ii) 社会的意義

本細目に含まれる地球観測は、地球温暖化をはじめとする気候変動やそれにもなう地球環境変化・変動の探知やメカニズム解明などの科学的な貢献のみならず、気候変動や災害予測の精度の向上につながることから、防災・減災にも貢献することが期待される。また、得られた知見を速やかにかつ積極的に発信していくことにより、国際政策や我が国の基本的施策策定に際して求められる科学的根拠として活用されることが期待される。

iii) 今後の展望

近年の異常気象の増加を踏まえ、局地豪雨などを予測する技術の重要度が特に高く、また「京」や後継の「富岳」などスーパーコンピュータを保有してきていることから国際競争力も高いと評価されていることがわかる。また、人工衛星からの観測では、全球規模での観測の重要度が高く、その国際競争力はおおむね高い。ただし、衛星打ち上げ状況を考慮すれば、その実現には事業環境整備などの政策手段が重要である。一方、植生・海底地形・雪氷災害のように特定の事象を取り上げた項目については、全球規模観測に比べると重要度・競争力ともやや低めという評価である。海洋空間 でインターネットを広く利用することは現場観測手段の高度化に大きく貢献すると見込まれるが、「海洋」の細目にある「海洋中の高速音響通信」と同様に重要度はあまり高くなく、且つ、実現時期が早いと評価されている。これは、認知度が低いと推測される。

細目全体を通して実現時期が早く、かつ社会実装までの期間が短いと評価されている特徴がある。人工衛星等による地球観測と観測データに基づく予測は、防災減災はもとより SDGs 達成の基盤となる技術であり、今後ますます社会的要請が強くなるものと考えられる。

実現に向けた政策的手段としては、「人材育成・確保」、「研究開発費の拡充／事業補助」、「研究基盤整備／事業環境整備」の三大手段がまんべんなく必要と認識されており、積極的な対応が望まれる。

(河野健、武田哲也、古谷研、本間正修)

⑤計算・数理・情報科学

i) 細目概要

従来の理論・実験・計算(シミュレーション)に加えてデータ駆動型の科学が各分野で進行しており、ここ 100 年以上にわたる近代科学の特徴である演繹的な科学から新しい帰納的な科学へと質的な変換が起きている。また、数理科学の発達や新しいアーキテクチャの計算機の特徴を生かすアルゴリズムの研究が進み、大量のデータを活用した統合的なシミュレーション技術が自然科学のみならず社会科学・人文科学へも波及しており、その結果を受けて学理の変革も起きつつある。

ii) 社会的意義

社会活動における事象の多くは少数の原理原則に還元できないが、IoT 技術等の進歩により膨大なデータを集めることができる時代となってきた。こうしたデータを元に現象を数理科学的に理解し予測することによって、工学的・産業的課題解決や防災・減災、あるいは社会行動などにおける要求に合致した(時には要求を超える)結果を与えることが可能となってきた。加えて、技術の継承の面においてもこの動きは大きな役割を担いつつある。

iii) 今後の展望

自然現象・自然科学における数理科学的な技術の国際競争力は評価されているものの、社会現象や医療にかかわる技術に対してはその社会的受容に関して課題がみられる。また、欧米および中国などでは社会活動を含めたビッグデータを収集する仕組みが構築されつつあるが、これに関しては完全に後塵を配している状況である。

今回の調査結果を踏まえ、今後も数理科学分野の基礎研究推進・振興に努めるとともに、そうした基礎研究成果をもとにした社会的課題や産業上の課題を解決するためのシステム化・統合化の施策を強化・加速すべきである。そのためには各種のデータを利活用可能な形で持続的に収集するシステムをそれぞれ技術分野で開発し、量子コンピュータのような新型計算機にも対応しうる数理科学の知見(ソフトウェアやアルゴリズム)を組み込んだ研究基盤・プラットフォームの研究開発が必要である。こうした研究基盤・プラットフォーム構築においては、数理科学の基礎研究を担う「学」とその社会実装・産業化を担う「産」、そしてデータの標準化や流通制度・法制度の整備などを担う「官」が、協調・連携体制で進めることが望ましい。より重要なことは、迅速に行うことである。

社会生活や医療などといった個人に関わる事象への数理科学的技術あるいは AI 的技術の適用には懸念が示されていることから、その社会的受容を進める取り組みが必要である。法制度整備もさることながら、社会的な合意形成に向けた施策を実施しなければならない。そのためには仕組みを試行するテストベッド導入も効果的であろう。

(伊藤聡)

⑥素粒子・原子核、加速器

i) 細目概要

物質世界の基本法則を探究する素粒子物理学は、場の量子論を土台とした標準模型にまとめられた。

20 世紀後半から 2012 年までの間に、標準模型の構成要素である物質粒子(クォークとレプトン)、相互作用を媒介するゲージ粒子、質量を生み出すヒッグス粒子が発見され、標準模型が確立・検証された。一方で、ダークマターのように標準模型では説明できない現象が存在し、現在の標準模型が究極の法則であるとは考えられてない。より基本的な理論の構築と実験的な検証が今後の課題であるが、今回の調査では、いずれも定説が確立するまでに時間を要すると予想される根源的な謎を取り上げた。実験研究の基盤となる技術開発にどのようなブレークスルーが必要となるかを見通すことは難しいが、現在進行中の加速器関連のトピックを選択した。

ii) 社会的意義

20 世紀初頭の「素粒子物理」であった電子や電磁波(光、エックス線等)の研究が、その後どのように社会を変革してきたかを見れば、自然界の基本法則の理解が社会にもたらす恩恵は計り知れない。基礎科学の進歩に立脚した産業革命が近代国家の国力増強・人類の福祉の原動力になった事例は枚挙にいとまがない。また、社会のイノベーションが人類の弛まざる好奇心のなせる技であることに鑑みれば、科学的知見による直接的な波及効果だけでなく、好奇心を追求する人材を育成するという観点においても基本科学の果たす役割は大きい。

iii) 今後の展望

本細目では、2020 年代の実現は難しいであろうと考えられる物理学上の根本的課題の解明ならびに革新的な加速器技術の開発を取り上げた。加速器技術の実現の見込みは「わからない」という回答が半数を占める一方で、「実現しない」という回答は5%にとどまり、「先行き不透明だが、いずれは実現するだろう」という楽観的な見通しが示され興味深い。

細目全体では、科学的課題、技術的課題共に社会的重要度はそれほど高くはないものの、国際競争力は他の細目と比べても高く評価され、実現見込みは早くて 2030 年代後半以降と評価された。特筆すべきは、現在は原理実証レベルにある革新的な加速技術の開発の重要性が大変高く評価されたことで、人材の育成・確保ならびに研究開発費と研究基盤の拡充が求められている。基礎科学の研究基盤として開発されてきた加速器が、産業利用・医学応用等を通じて社会インフラの一部となりつつある現状を反映して、小型化・低コスト化への社会的期待が高いことを示していると考えられる。

(野崎光昭)

⑦量子ビーム:放射光

i) 細目概要

放射光は、物質のナノ構造、電子構造(電子状態、化学結合、化学反応のエネルギー情報)及びその高速な時間的变化を、回折・散乱法、分光法、イメージング法により、精確に観測できる先端かつ汎用的なツールである。その応用範囲は、物質・材料科学を始め、化学、生命科学、医学、地球科学、環境科学、エネルギー科学、農学、食品科学等、自然科学の殆ど全ての分野で活用されている。世界の先進国で高輝度放射光源の建設が相次ぐ中、我が国は、米国、欧州と並ぶ 3 極の 1 極として高い研究レベルを有している。我が国の放射光科学が、今後も、その高いレベルを維持して、世界のトップランナとしての役

割を果たすことが期待されている。

ii) 社会的意義

放射光科学の応用範囲は、物質・材料科学を始め、化学、生命科学、医学、地球科学、環境科学、エネルギー科学、農学、食品科学等、自然科学の殆ど全ての分野に跨がっている。放射光を利用する研究者人口は 2 万人以上に及び、学术界(大学、国研)のみならず産業界でも活発に活用され、新製品の開発に繋がっている。我が国の物質科学を始めとする自然科学全般の学術レベルを高め、企業研究を通して産業力を向上させ、新産業を創出する上で、放射光科学の役割は大きく、その発展が期待されている。

iii) 今後の展望

今回の調査における本細目(量子ビーム:放射光)の特長は、重要度・国際競争力共に相対的に高く、科学的及び社会的実現のピークが 2026～2030 年にあり、他の細目に比して総じて早い。また、科学的及び社会的実現性と重要度に明確な正の相関が見られる。このことは、本細目が物質科学を始めとする自然科学全般にとって現実的かつ日常的に必要な計測ツールとして受け止められていると解釈できる。科学技術的な実現に向けた政策手段の三大手段である「人材の育成・確保」、「研究開発費の充実/事業補助」、「研究基盤整備/事業環境整備」への必要性がいずれも高い。その中で特に「人材の育成・確保」への必要性が高くなっている。また、国際連携以上に国内連携の必要性が高い。これは、本細目(量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等)において、複数の量子ビーム(放射光、中性子等)の複合的な利用の必要性が高いことに関係している。情報科学を活用した放射光計測技術の高度化に対する重要度は高いが、国際競争力が低いと認識されている。情報科学を含むソフトウェアの強化が今後の課題である。

(雨宮慶幸、金谷利治)

⑧量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等

i) 細目概要

中性子・ミュオン・荷電粒子等の量子ビームは、放射光と並び物質構造、ダイナミクスを原子・分子レベルから精密に調べることのできる先端的なツールであり、物質科学、基礎物理学、生物学、医学、高圧科学、エネルギー材料、工学材料、農学、さらには考古学など非常に広範な学問分野と産業分野で利用されている。中性子の発生は、原子炉の建設や維持が困難な状況にあるなか、加速器駆動型の中性子源へシフトしており、その利用法も原子炉中性子源とは異なり、新たな時代を迎えつつある。ミュオン源の開発も著しく、我が国では世界最高レベルの中性子・ミュオンが生成されており、今後世界をリードしていくものと期待される。

ii) 社会的意義

中性子・ミュオン・荷電粒子等は物質科学、基礎物理学、生物学、医学、高圧科学、エネルギー材料、工学材料、農学、さらには考古学など非常に広範な学問分野の発展に貢献している。同時に中性子

では X 線との相補性を活かした水素原子やリチウム原子の観測による水素吸蔵材料や電池材料などエネルギー材料研究、高い透過力を活かした工學材料研究など産業利用への貢献が期待される。ミュオンにおいてもソフトエラーの研究など産業利用への期待も大きい。

iii) 今後の展望

今回の調査より、物質構造、ダイナミクスを原子・分子レベルから精密に調べることができる量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等への期待が大きなことが理解できる。より大きな重要性を認められている量子ビーム：放射光に比べると応用範囲の広さや汎用性においては一步譲るが、磁気励起や軽元素測定、金属内部材料内微細構造可視化などその特性を利用した測定は地位を確立しており、それらの相補的な利用はより大きな効果が期待できる。これらは、複数の量子ビーム（中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等）の複合的な利用が高い重要性を認められていることから理解できる。この実現に向けては、各量子ビーム施設の連携基盤の整備や人材育成が重要である。

ミュオンの重要性や国際競争力がこれまで以上に認められるようになってきており、期待度が高いことが伺える。これは J-PARC が順調に稼働を始め、世界最高強度のミュオンを供給し、科学的な成果だけでなく、電池材料やソフトエラー研究などの産業展開も見えてきたことによると思われ、今後のますますの進展が予想される。

（金谷利治、雨宮慶幸）

⑨ 光・量子技術

i) 細目概要

レーザーの発明から 70 年近くが経過し、光の本質についての解明が、理論、実験によって大きく前進している。特に、この 10 年を見ると、量子暗号通信や量子情報などの新しい科学分野の進展し、さらに、それらが実世界でも利用される時代が近づきつつある。また、アト秒領域の短光パルスの実現し、周波数領域でも、EUV から THz に跨る領域へと広帯域化し、これらの進展は、レーザー光のよる物性測定や物質の制御、さらには、新しい科学の創出にも貢献している。

ii) 社会的意義

光は、高速性、並列性、高強度、広帯域性などの優れた特徴を持ち、さらには、それらの特徴を精密に制御することが可能となっている。そして、毎秒ペタビット級の超大容量光通信、機械加工からレーザー加工、半導体リソグラフィーでの EUV 光源の導入、バイオ・医療分野での超高精細観察・超高感度モニター技術等の光技術は、日常の生活の中で不可欠なものとなっており、今後、従来の技術の飛躍的な改善が進み、光技術に対する期待は大きく膨らむ。

iii) 今後の展望

光・量子技術は、レーザー技術の進展をベースに、学術研究から産業技術に亘る段階において、さらには、理学、工学のみならず、医学、薬学、農学等のすべての学術・技術分野において不可欠な要素になっており、その重要性に対する認識が益々大きく高まっている。

今回の調査では、量子デバイス、量子コンピュータ、量子暗号通信のテーマの重要度が、相対的に高い結果となっている。本調査終了後、海外の複数研究機関から、53qbit の NISQ 型量子コンピュータの実現に関する報告があり、また、限定的な計算対象ではあるが、量子コンピュータの従来型コンピュータに対する超越性の実証に関する論文も発表された。普遍的な超越性を実証するには、まだ、多くの課題が残されているものの、その急激な進展は事実である。また、EUV 半導体露光技術も、過去 20 年以上に亘って実現が期待されつつも多くの壁にぶつかってきたが、この1, 2年でその技術完成度が急激に高まり、社会的実現時期は、本調査結果よりも 10 年程度早まることがほぼ確実である。技術予測では、これまでの技術進展の延長として考える傾向が強いが、今後、日本が技術の先導的役割を果たすためには、不連続な飛躍を創出するような発想、活動、施策が不可欠である。

(湯本潤司)

7.2. 細目及びキーワード

本分野は、「宇宙」、「海洋」、「地球」、「観測・予測」、「計算・数理・情報科学」、「素粒子・原子核、加速器」、「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」、「光・量子技術」等の 9 つの細目で構成される。

図表 II- 7-1 「宇宙・海洋・地球・科学基盤」分野の細目及びキーワード

	細目	キーワード
1	宇宙	再使用型輸送系、地球外天体における有人拠点、太陽系探査、国土の高精度監視、測位、デブリ除去、月資源、恒星系、銀河系、重力波、宇宙線※、宇宙物理※、量子重力※、宇宙の反物質※、ダークマター※、ダークエネルギー※、インフレーション※、元素合成※ ※素粒子・原子核、加速器にも関連
2	海洋	海洋環境、温暖化、海洋生態系、生物多様性、生物生産、海洋調査/深海探査、海洋/海底資源、極域
3	地球	地殻変動、地震、津波、火山、水・土砂災害、地すべり、地球深部
4	観測・予測	陸域、植生、大気、海況、気象、モデリング
5	計算・数理・情報科学	シミュレーション、アルゴリズム、気象・気候変動予測、防災・減災解析、ものづくり設計、社会現象予測
6	素粒子・原子核、加速器	素粒子、原子核、宇宙線※、宇宙物理※、加速器、量子重力※、宇宙の反物質※、マヨラナニュートリノ、ダークマター※、ダークエネルギー※、インフレーション※、元素合成※ ※宇宙にも関連
7	量子ビーム:放射光	高分解能軟 X 線分光(吸収、発光)、オペランド計測、省コスト超高輝度放射光源、高速高解像度 X 線 CT 顕微鏡、コヒーレント回折イメージング、分光イメージング、高時間分解タンパク質構造解析、タンパク質 1 分子 X 線構造解析、時空間階層構造解析、高速・高感度 2 次元 X 線検出器、ナノ結晶構造解析、高分解能非弾性散乱
8	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	偏極中性子局所磁気構造・励起測定技術、3 次元応力・ひずみ・磁場分布観測、ナノ深さ磁気状態解明、偏極陽電子表面構造・磁気状態観測、複数量子ビーム利用解析・加工技術、放射性同位元素大量・安定製造技術、量子ビーム突然変異獲得技術、微細構造 3 次元可視化計測技術、未踏領域の核データ取得技術、ミュオン顕微鏡、ミュオンイメージング技術、ストロボスコピック測定技術、オペランド測定技術
9	光・量子技術	量子情報科学、量子コンピュータ、量子暗号、超高精度光量子計測、レーザー光源開発(大出力、広帯域、短パルス等)、次世代レーザー加工、光積層造形、超高速超大容量光通信、超高解像度顕微鏡光変調技術、超高感度光検出技術、光測距技術、レーザー医療技術

7.3. アンケートの回収状況

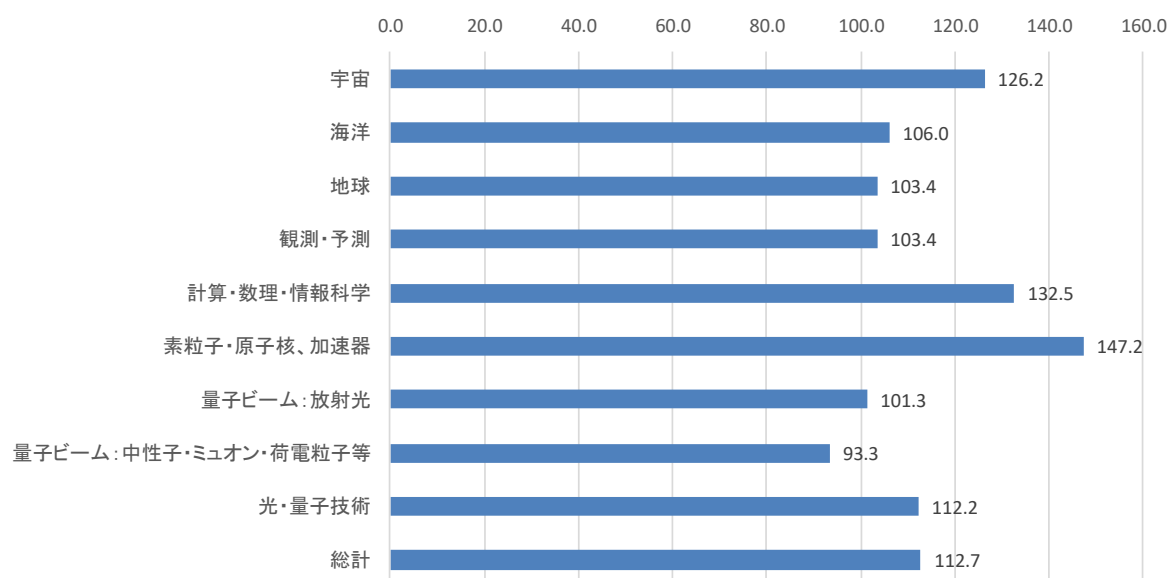
本分野についての回答者内訳(2回目調査)は以下の表のようになっている。

図表 II- 7-2 宇宙・海洋・地球・科学基盤分野のアンケート回収状況及び内訳

年代	20 代	28 人	職業	企業その他	125 人
	30 代	257 人		学術機関	688 人
	40 代	368 人		公的研究機関	327 人
	50 代	299 人	職種	研究開発従事	1,029 人
	60 代	140 人		マネジメント	36 人
	70 代以上	37 人		その他	75 人
	無回答	11 人		合計	1,140 人

以下、細目別の回答者数の平均を示す。

図表 II- 7-3 細目別回答者数の平均



7.4. 科学技術トピックに関する調査結果

7.4.1. 重要度

①重要度上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、科学技術と社会の両面から、総合的に重要とされたトピック(上位 20 位まで)は、図表 II-7-4 に示すとおりである。細目別では、「量子ビーム:放射光」関連トピックが 5 件、「地球」が 4 件を占めた。

図表 II- 7-4 科学技術トピックの重要度(上位 20 位)

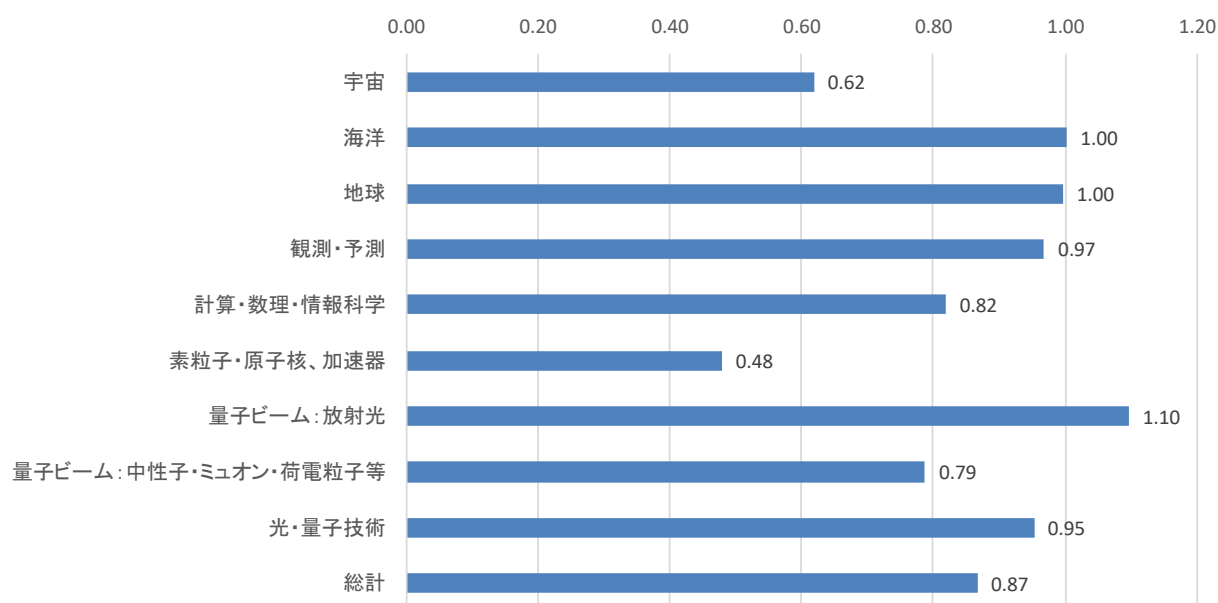
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
629	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見い出すための切迫度評価	1.51	2031	2033	地球
644	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	1.50	2027	2029	観測・予測
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	1.43	2024	2024	量子ビーム:放射光
670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	1.38	2027	2029	量子ビーム:放射光
609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	1.32	2026	2027	宇宙
637	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で現在より高精度・高感度に観測する技術	1.31	2028	2030	観測・予測
633	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード 8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	1.29	2034	2035	地球
683	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm~mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	1.23	2028	2029	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等
671	サブナノ分解能でミクロンオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの構造・電子状態を 3 次元でイメージングできる X 線顕微鏡	1.22	2028	2030	量子ビーム:放射光
669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源	1.21	2027	2029	量子ビーム:放射光
680	中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ、磁場分布等を可視化し、その場観測する技術	1.21	2026	2028	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等
620	分子生物学的手法を活用した漁業資源量の高精度の評価技術	1.20	2030	2032	海洋

	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	1.18	2029	2030	計算・数理・情報科学
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	海洋
672	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	1.17	2027	2028	量子ビーム:放射光
695	1000km に渡り量子状態を保つ量子暗号通信ネットワークを実現する量子中継技術	1.17	2029	2034	光・量子技術
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	地球
694	コヒーレント時間が10ミリ秒を超える、超伝導量子ビット、NV(窒素-空孔)センターなどの量子センサー	1.16	2028	2032	光・量子技術
628	人工衛星、海洋・海中センサー及び自律無人探査機(AUV)等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム	1.15	2028	2030	地球
608	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の24時間高精度監視システム	1.14	2027	2029	宇宙

②細目別の科学技術トピックの重要度

細目別の科学技術トピックの重要度を平均でみた場合、「量子ビーム:放射光」が1.10と最も大きく、次いで「海洋」、「地球」が1.00であった。

図表 II- 7-5 科学技術トピックの重要度(細目別:指数)



7.4.2. 国際競争力

①国際競争力の高い上位 20 位までの科学技術トピック

本分野の科学技術トピックのうち、日本における現在の国際競争力が高いと評価されたトピック（上位 20 位）は、次表に示す通りである。細目別では、「量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等」関連トピックが 6 件、「地球」が 5 件を占めた。

図表 II- 7-6 科学技術トピックの国際競争力（上位 20 位）

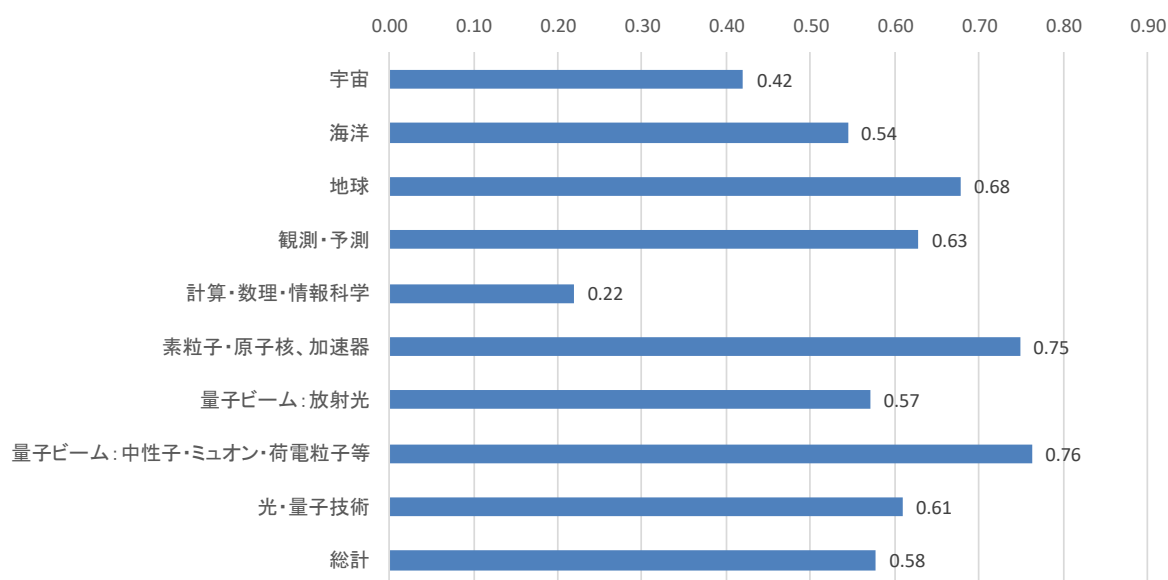
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
697	地球上のどこでも 18 桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測（ジオイド計測）が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク	1.11	2030	2033	光・量子技術
659	宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明	1.07	2033		素粒子・原子核、加速器
644	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	1.05	2027	2029	観測・予測
681	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメータースケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	1.04	2027	2028	量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等
660	ニュートリノのマヨラナ性の解明	1.00	2032		素粒子・原子核、加速器
625	超高压・超高温実験ならびにデータ解析技術等による地球のマントル・コアの解明	0.99	2030		地球
683	複数の量子ビーム（中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等）を複合的・相補的に利用し、nm～mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	0.99	2028	2029	量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等
664	宇宙初期の軽元素合成から星の進化に伴う重元素合成までの進化過程の解明	0.98	2032		素粒子・原子核、加速器
624	地球深部で試料採取するための大深度科学掘削技術	0.96	2029	2030	地球
685	大強度中性子イメージング技術の高度化による、金属材料内微細構造、磁場の 3 次元可視化計測技術	0.93	2027	2028	量子ビーム：中性子・ミュオン・荷電粒子等
629	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見い出すための切迫度評価	0.91	2031	2033	地球
637	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で現在より高精度・高感度に観測する技術	0.88	2028	2030	観測・予測
633	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード 8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	0.87	2034	2035	地球
666	新たなレプトンコライダー技術（ミュオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど）	0.86	2035	2039	素粒子・原子核、加速器

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
680	中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ、磁場分布等を可視化し、その場観測する技術	0.86	2026	2028	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
615	水深 6000m までの海洋内部を長期間(1~3 か月間)調査可能な完全無人自動システム	0.86	2029	2030	海洋
688	大強度ミュオンによるイメージングやオペランド測定等の新規測定技術	0.84	2028	2029	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
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	0.83	2037	2036	地球
689	ミュオン顕微鏡技術	0.82	2029	2030	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	0.80	2026	2027	宇宙

②細目別の科学技術トピックの国際競争力

細目別の科学技術トピックの国際競争力を平均でみた場合、「量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等」が 0.76 と最も大きく、次いで「素粒子・原子核、加速器」が 0.75 であった。

図表 II- 7-7 科学技術トピックの国際競争力(細目別: 指数)



③国際競争力の相対的に小さいトピック

本分野の科学技術トピックのうち、「国際競争力」は相対的に小さいと評価されたトピック(下位 5 位)は、図表 II-7-8 に示すとおりである。「宇宙」3 件、「計算・数理・情報科学」の関連トピックが 2 件を占める。

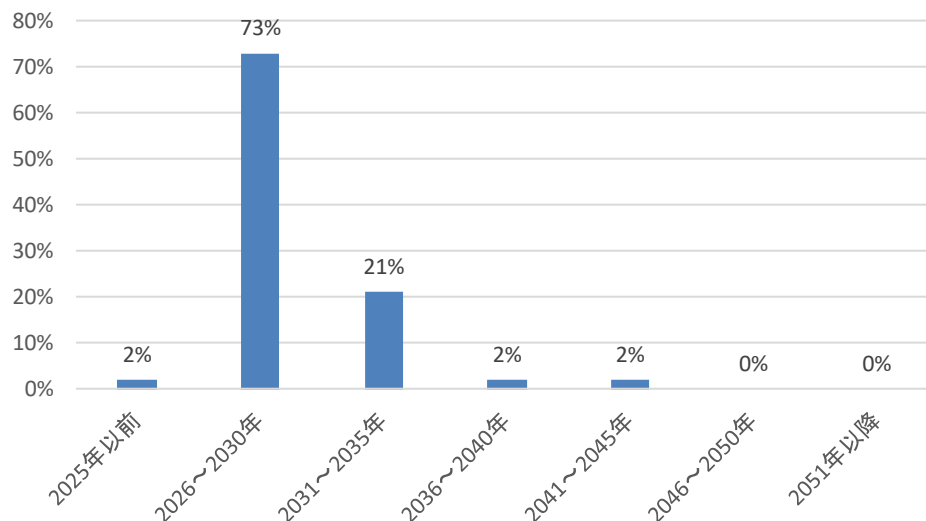
図表 II- 7-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 位)

	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
603	宇宙利用を低コストで実現できる再使用型輸送システム(部分使用型、完全再使用型、軌道間再利用型など)	0.08	2029	2032	宇宙
605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	0.00	2035	2040	宇宙
606	月面での水の生成・補給拠点確保を目的としたロボティクスを活用した水生成プラント構築技術	-0.01	2034	2038	宇宙
654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによって、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム	-0.06	2028	2030	計算・数理・情報科学
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	-0.22	2030	2034	計算・数理・情報科学

7.4.3. 科学技術的実現予測時期

科学技術的実現予測時期の分布は図表 II-7-9 のとおりである。

図表 II- 7-9 本分野の科学技術的実現予測時期の分布(%)



細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-7-10 のとおりである。

科学技術トピックの約 75 %が 2030 年までに科学技術的に実現するとしている。2041 年以降に実現するトピックとしては 3 件があり、うち、「地球」細目の 1 件では 2046 年以降に実現するものが 1 件含まれている。

図表 II- 7-10 科学技術的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
宇宙		4	6	1			
海洋		9	1				
地球		8	4	1		1	
観測・予測		10					
計算・数理・情報科学		8	3				
素粒子・原子核、加速器			7		2		
量子ビーム:放射光	2	10					
量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等		13					
光・量子技術		11					
総計	1	63	31	9	1	1	

ここでは、実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位まで)は図表 II-7-11~12 のとおりである。「実現しない」とするトピックの上位 5 件について、「宇宙」細目が 4 件を占めている。「わからない」とするトピック上位 5 件についてはいずれも 4 割以上がそのように回答しているものであり、これには「素粒子・原子核、加速器」細目の 2 件が含まれる。

図表 II- 7-11 「実現しない」の回答が多いトピック

科学技術トピック	重要度	実現しない	科学技術的 実現時期	細目
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	28%	2037	地球
633 地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード 8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	1.29	27%	2034	地球
606 月面での水の生成・補給拠点確保を目的としたロボティクスを活用した水生成プラント構築技術	0.18	13%	2034	宇宙
635 映像や地震・津波データ等のビッグデータ等を活用し、人間の目では見落とす可能性のある災害の予兆や発生を人工知能によって監視する技術	1.08	11%	2029	地球
629 日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見い出すための切迫度評価	1.51	10%	2031	地球

図表 II- 7-12 「わからない」の回答が多いトピック

科学技術トピック	重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
658 量子重力理論の確立・検証	0.18	47%	2043	素粒子・原子核、加速器

科学技術トピック		重要度	わからない	科学技術的 実現時期	細目
662	ダークエネルギーの正体の解明	0.28	44%	2043	素粒子・原子核、加速器
630	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術	1.08	42%	2033	地球
611	銀河及び銀河系の形成と進化に関する定説の確立	0.31	41%	2034	宇宙
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	0.81	41%	2031	計算・数理・情報科学

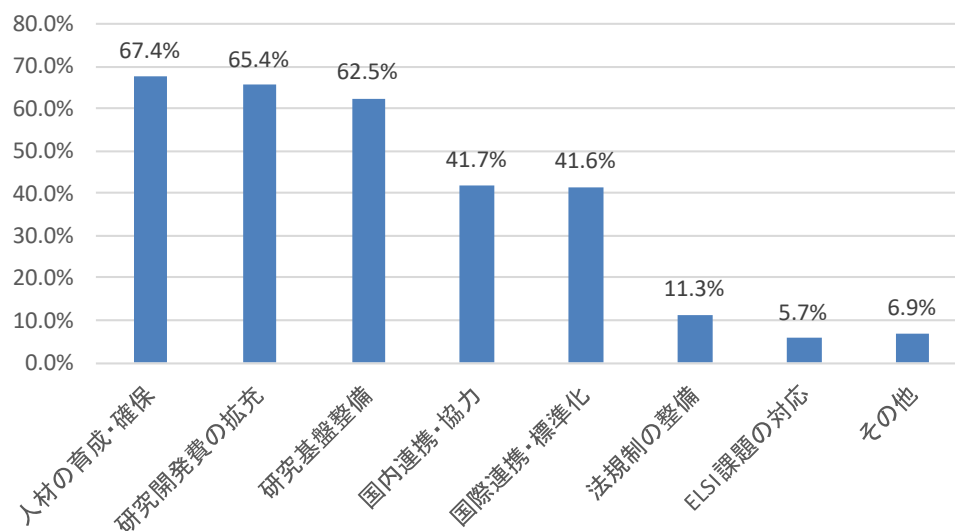
7.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

科学技術的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-7-13 のとおりである。

科学技術的実現に向けた政策手段のうち、最も回答が多かったのは、「人材の育成・確保」(67.4%)であり、次いで「研究開発費の拡充」(65.4%)、「研究基盤整備」(62.5%)と続く。

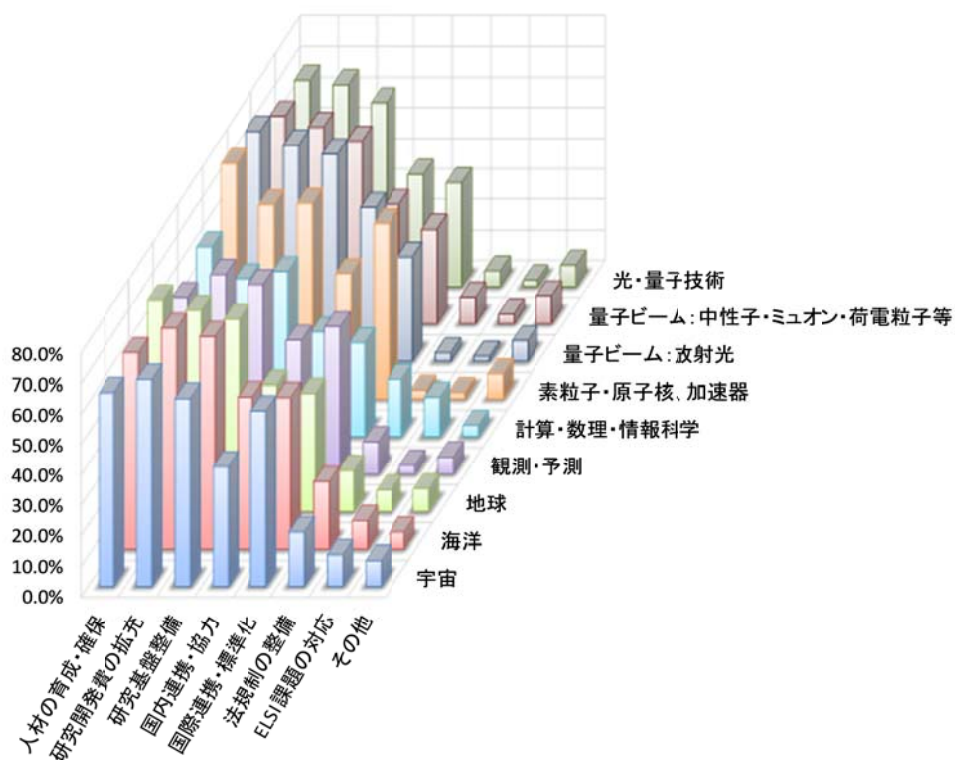
図表 II- 7-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)



(2) 細目別の傾向

細目別では、「宇宙」、「海洋」、「観測・予測」細目で「研究開発費の拡充」とする回答が他の細目と比べ高い。その他の細目では、「人材の育成・確保」とする回答が最も多く挙げられていた。

図表 II- 7-14 科学技術的実現に向けた政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI課題の対応	その他
宇宙	63.6%	67.9%	61.7%	39.3%	57.6%	17.7%	10.4%	8.5%
海洋	64.3%	72.4%	69.6%	49.8%	49.7%	22.0%	9.2%	5.4%
地球	69.5%	66.0%	63.1%	41.4%	38.6%	13.4%	6.9%	7.3%
観測・予測	57.9%	65.5%	62.2%	43.8%	48.3%	10.5%	2.8%	5.5%
計算・数理・情報科学	62.3%	51.8%	54.1%	34.2%	30.7%	18.6%	12.7%	3.6%
素粒子・原子核、加速器	77.3%	63.7%	64.2%	41.2%	57.5%	2.7%	2.0%	8.1%
量子ビーム:放射光	75.5%	71.0%	68.0%	50.4%	34.4%	2.7%	1.6%	6.7%
量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等	68.1%	64.5%	60.0%	39.1%	31.1%	8.7%	3.2%	9.2%
光・量子技術	67.5%	66.2%	60.2%	36.7%	34.0%	5.1%	2.1%	7.0%
総計	67.4%	65.4%	62.5%	41.7%	41.6%	11.3%	5.7%	6.9%

○人材の育成・確保

科学技術的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック(上位5位)と割合の小さいトピック(下位5位)は図表 II-7-15 に示すとおりである。

図表 II- 7-15 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
668	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ピコ秒～フェムト秒オーダー分解能)放射光オペランド計測	84%	2026	2029	量子ビーム:放射光
629	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見い出すための切迫度評価	83%	2031	2033	地球
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	83%	2024	2024	量子ビーム:放射光
670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	82%	2027	2029	量子ビーム:放射光
666	新たなレプトンコライダー技術(ミューオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど)	82%	2035	2039	素粒子・原子核、加速器
609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	51%	2026	2027	宇宙
642	干渉 SAR 技術を活用した、沿岸海域や緑辺海を含む全球の海象状況や海底地形をリアルタイムで把握するための高精度海面高度観測システム	51%	2029	2031	観測・予測
639	人工衛星等による、ライダー技術を用いた植生環境把握システム	49%	2027	2028	観測・予測
608	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム	48%	2027	2029	宇宙
646	海洋空間で広くインターネットが利用できる技術	39%	2027	2029	観測・予測

○研究開発費の拡充

科学技術的实现に向けた政策手段として、「研究開発費の拡充」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-7-16 に示すとおりである。

図表 II- 7-16 政策手段を「研究開発費の拡充」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	86%	2027	2029	量子ビーム:放射光
615	水深 6000m までの海洋内部を長期間(1～3 か月間)調査可能な完全無人自動システム	82%	2029	2030	海洋
668	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ピコ秒～フェムト秒オーダー分解能)放射光オペランド計測	79%	2026	2029	量子ビーム:放射光

	科学技術トピック	研究 開発費	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
624	地球深部で試料採取するための大深度科学掘削技術	79%	2029	2030	地球
637	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で現在より高精度・高感度に観測する技術	79%	2028	2030	観測・予測
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	49%	2029	2030	計算・数理・情報科学
658	量子重力理論の確立・検証	44%	2043		素粒子・原子核、加速器
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	43%	2030	2032	計算・数理・情報科学
654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによって、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム	43%	2028	2030	計算・数理・情報科学
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	42%	2030	2034	計算・数理・情報科学

○研究基盤整備

科学技術的実現に向けた政策手段として、「研究基盤整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-7-17 に示すとおりである。

図表 II- 7-17 政策手段を「研究基盤整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	78%	2024	2024	量子ビーム:放射光
666	新たなレプトンコライダー技術(ミュオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど)	75%	2035	2039	素粒子・原子核、加速器
671	サブナノ分解能でミクロンオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの構造・電子状態を 3 次元でイメージングできる X 線顕微鏡	74%	2028	2030	量子ビーム:放射光
623	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術	74%	2030	2033	海洋
672	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	74%	2027	2028	量子ビーム:放射光

科学技術トピック		研究 基盤	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
656	文字、音声、画像等の情報から意味を抽出し、主要な情報欠落のない形での要約作成や情報媒体間変換・関連付け(実験結果の図から物理量を読み取る等)を行う知識集約型のデータマイニング技術	52%	2027	2030	計算・数理・情報科学
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	50%	2031	2035	計算・数理・情報科学
654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによって、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム	50%	2028	2030	計算・数理・情報科学
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	48%	2030	2034	計算・数理・情報科学
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	47%	2030	2032	計算・数理・情報科学

○国内連携・協力

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)は図表 II-7-18 に示すとおりである。

図表 II- 7-18 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	61%	2024	2024	量子ビーム:放射光
616	現在の有人観測船と同程度の調査能力を持つ無人観測システム	57%	2030	2033	海洋
629	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見い出すための切迫度評価	56%	2031	2033	地球
669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源	56%	2027	2029	量子ビーム:放射光
621	完全自動化した外洋養殖施設	55%	2030	2033	海洋
699	染色の必要がないラベルフリーの生体観測が可能な、 μM レベルの低濃度生体分子の検出感度と 100nm 程度の空間分解能を持つ高感度分子振動観測技術に基づく高解像度顕微鏡	28%	2028	2031	光・量子技術
648	古典ゲート型コンピュータに比べて演算数を 10 桁以上削減できる、ゲート型量子コンピュータの特性を十分に生かすアルゴリズム	28%	2031	2036	計算・数理・情報科学

科学技術トピック		国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	27%	2030	2032	計算・数理・情報科学
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、オーダーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	25%	2031	2035	計算・数理・情報科学
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	22%	2030	2034	計算・数理・情報科学

○国際連携・標準化

科学技術の実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-7-19 に示すとおりである。

図表 II- 7-19 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	73%	2035	2040	宇宙
637	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で現在より高精度・高感度に観測する技術	71%	2028	2030	観測・予測
623	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術	69%	2030	2033	海洋
666	新たなレプトンコライダー技術(ミュオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど)	68%	2035	2039	素粒子・原子核、加速器
613	宇宙で利用可能な重力波干渉計	68%	2037	2039	宇宙
651	自然災害や事故などの異常時も含めた渋滞を回避する数理科学的渋滞予測モデルと、IoT センシングシステムを融合したリアルタイムナビゲーションシステム	25%	2028	2029	計算・数理・情報科学
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	25%	2029	2030	計算・数理・情報科学
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、オーダーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	24%	2031	2035	計算・数理・情報科学
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	23%	2030	2032	計算・数理・情報科学

科学技術トピック		国際連携	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	22%	2030	2034	計算・数理・情報科学

○法規制の整備

科学技術的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-7-20 に示すとおりである。

図表 II- 7-20 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
622	海底鉱物資源の環境攪乱を伴わない経済的採取技術	39%	2032	2036	海洋
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	39%	2029	2030	計算・数理・情報科学
621	完全自動化した外洋養殖施設	34%	2030	2033	海洋
609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	32%	2026	2027	宇宙
646	海洋空間で広くインターネットが利用できる技術	31%	2027	2029	観測・予測
672	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	1%	2027	2028	量子ビーム:放射光
668	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ピコ秒～フェムト秒オーダー分解能)放射光オペランド計測	1%	2026	2029	量子ビーム:放射光
660	ニュートリノのマヨラナ性の解明	1%	2032		素粒子・原子核、加速器
659	宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明	1%	2033		素粒子・原子核、加速器
682	偏極陽電子を生成・制御し、表面第 1 層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術	0%	2028	2030	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等

○ELSI への対応

科学技術的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック (下位 5 位)は図表 II-7-21 に示すとおりである。

図表 II- 7-21 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	30%	2031	2035	計算・数理・情報科学
605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	22%	2035	2040	宇宙
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	21%	2029	2030	計算・数理・情報科学
608	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム	21%	2027	2029	宇宙
690	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	20%	2030	2033	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
688	大強度ミュオンによるイメージングやオペランド測定等の新規測定技術	0%	2028	2029	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
679	偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術	0%	2027	2029	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
686	大強度偏極中性子を用いた磁場分布の可視化技術とそのオペランド測定技術	0%	2029	2030	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
681	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメータースケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	0%	2027	2028	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
682	偏極陽電子を生成・制御し、表面第 1 層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術	0%	2028	2030	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等

○その他

科学技術的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位)図表 II-7-22 に示すとおりである。

図表 II- 7-22 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

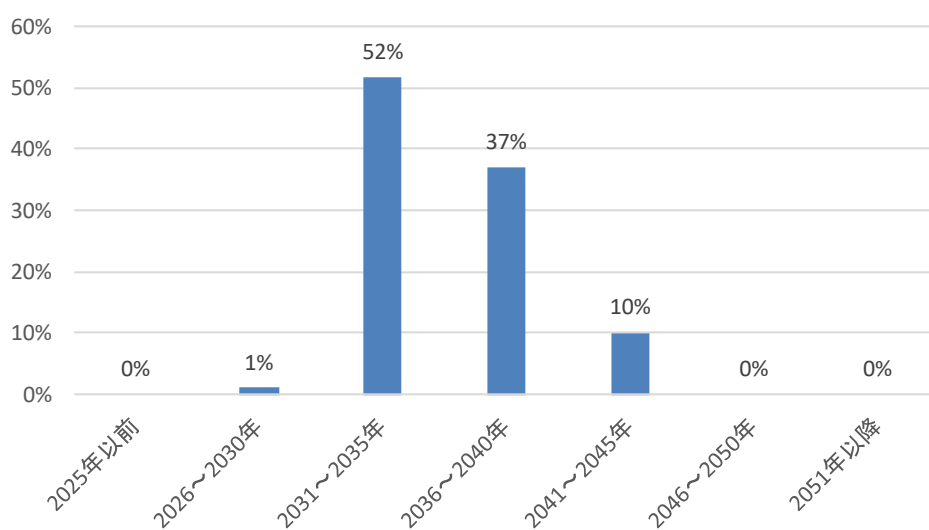
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
690	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	16%	2030	2033	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
610	太陽系並びにそれを構成する太陽・惑星の形成と進化に関する定説の確立	13%	2033		宇宙
632	マグニチュード 7 以上の内陸地震の発生場所、規模、発生時期(30 年以内)、被害の予測技術	12%	2037	2036	地球

	科学技術トピック	その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
658	量子重力理論の確立・検証	12%	2043		素粒子・原子核、加速器
612	超高エネルギー宇宙線の発生機構の解明	11%	2033		宇宙
647	各機関で年間 1 エクサバイトの割合で生成される自然科学に関する実験データを記録・保存し、これを多くの産学官の研究者が 1Tbps 級のネットワークを通して 10 エクサフロップスを超えるスーパーコンピュータで利用できる環境の構築	3%	2028	2030	計算・数理・情報科学
653	10 年規模の自然変動の予測から、100 年にわたる人為起源の長期地球環境変動の精緻な予測までを可能とする、高解像度大気海洋大循環モデルと生物・化学過程を通じた物質・エネルギー循環を考慮した地球システムモデル、及び観測情報をモデルに取り込むデータ同化技術	3%	2033	2036	計算・数理・情報科学
614	海洋酸性化の状況を地球規模で自動計測可能な安価なシステム	2%	2028	2030	海洋
654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによって、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム	2%	2028	2030	計算・数理・情報科学
651	自然災害や事故などの異常時も含めた渋滞を回避する数理科学的渋滞予測モデルと、IoT センシングシステムを融合したリアルタイムナビゲーションシステム	1%	2028	2029	計算・数理・情報科学

7.4.5. 社会的実現予測時期

社会的実現予測時期の分布は図表 II-7-23 のとおりである(「社会的実現時期」回答非対象の 11 トピックを除く。以下、同様)。

図表 II- 7-23 社会的実現時期の分布



本分野の科学技術トピックの約 53%が、2035 年までに社会的実現時期を迎えるとしている。

細目別実現時期別の科学技術トピック数は図表 II-7-24 のとおりである。

「観測・予測」、「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」といった細目の科学技術トピックでは、他の細目に比べ、社会的実現時期が 2030 年以内とする回答が多い。

図表 II- 7-24 社会的実現予測時期別のトピック数(細目別)

細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
宇宙		2	3	3			
海洋		4	5	1			
地球		4	7	1			
観測・予測		7	3				
計算・数理・情報科学		5	4	2			
素粒子・原子核、加速器				2			
量子ビーム:放射光	1	11					
量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等		11	2				
光・量子技術		2	9				
総計	1	46	33	9	0	0	0

ここでは、社会的実現時期のほかに「実現しない」、「わからない」という選択肢も設けてある。それぞれの回答の比率の高かった科学技術トピック(上位 5 位)は図表 II-7-25～26 のとおりである。「実現しない」との回答には、「地球」、「宇宙」の細目がそれぞれ 2 件ずつ含まれる。「わからない」については「素粒子・原子核、加速器」細目のトピックが 2 件含まれる。

図表 II- 7-25 「実現しない」の回答が多いトピック

	科学技術トピック	重要度	実現しない	社会的 実現時期	細目
633	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード 8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	1.29	28%	2035	地球
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	26%	2036	地球
605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	0.52	16%	2040	宇宙
606	月面での水の生成・補給拠点確保を目的としたロボティクスを活用した水生成プラント構築技術	0.18	16%	2038	宇宙
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	0.52	12%	2034	計算・数理・情報科学

図表 II- 7-26 「わからない」の回答が多いトピック

科学技術トピック		重要度	わからない	社会的 実現時期	細目
613	宇宙で利用可能な重力波干渉計	0.19	51%	2039	宇宙
665	プラズマ航跡場加速・誘電体加速等の新しい加速技術を用いた加速器の学術及び産業利用等	0.85	48%	2039	素粒子・原子核、加速器
666	新たなレプトンコライダー技術(ミュオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど)	0.67	48%	2039	素粒子・原子核、加速器
630	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術	1.08	44%	2035	地球
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	0.81	43%	2035	計算・数理・情報科学

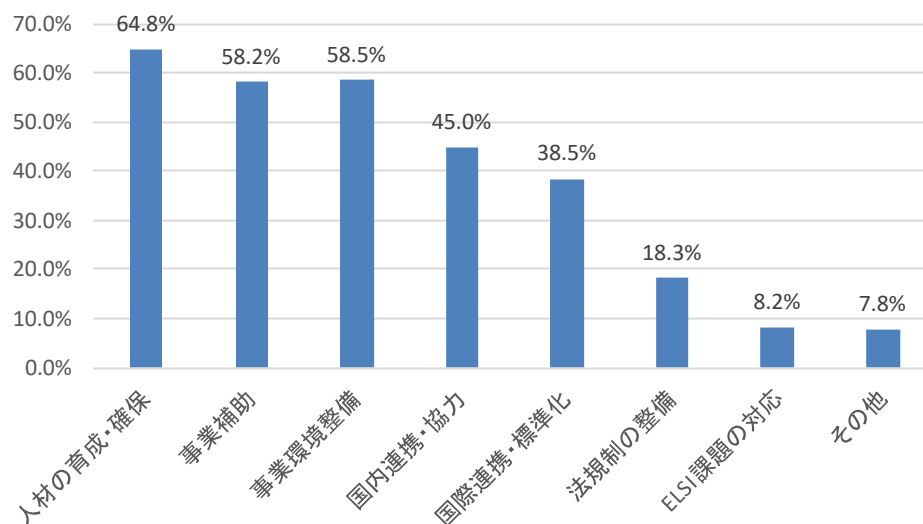
7.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(1) 分野全般の傾向

社会的実現に向けた政策手段の回答結果は図表 II-7-27 のとおりである。

最も回答が多いものとして、「人材の育成・確保」(64.8%)があげられ、次いで「事業環境整備」(58.5%)、「事業補助」(58.2%)と続く。

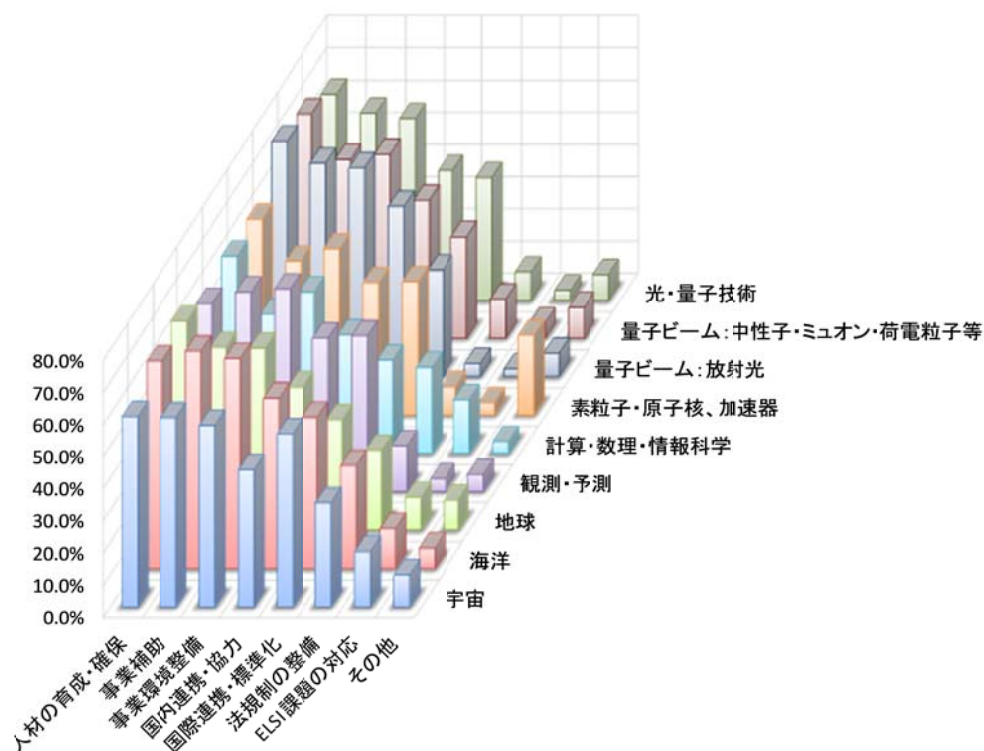
図表 II- 7-27 社会的実現に向けた政策手段



(2) 細目別の傾向

細目別では、「海洋」細目では「事業補助」が、「観測・予測」細目では「事業環境整備」が必要とする回答比率が高い。その他の細目では「人材の育成・確保」が最も回答比率が高かった。

図表 II- 7-28 社会的実現のための政策手段(細目別) (%)



	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	ELSI 課題の 対応	その他
宇宙	59.2%	58.8%	56.4%	42.4%	53.8%	32.1%	17.2%	9.9%
海洋	64.5%	67.6%	65.2%	52.9%	46.9%	31.9%	12.2%	6.3%
地球	65.0%	56.8%	56.5%	44.5%	34.3%	24.7%	10.0%	9.2%
観測・予測	58.6%	62.1%	63.0%	47.8%	48.5%	14.2%	3.8%	5.3%
計算・数理・情報科学	61.4%	43.4%	50.2%	36.8%	29.0%	26.6%	16.7%	3.6%
素粒子・原子核、加速器	60.8%	47.9%	51.8%	41.2%	41.5%	8.7%	3.9%	24.8%
量子ビーム:放射光	73.1%	66.3%	65.0%	52.9%	33.2%	4.1%	2.3%	7.3%
量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電 粒子等	69.7%	55.5%	57.2%	42.9%	31.6%	12.2%	4.8%	9.6%
光・量子技術	63.9%	58.0%	56.3%	40.2%	38.0%	8.7%	3.0%	8.0%
総計	64.8%	58.2%	58.5%	45.0%	38.5%	18.3%	8.2%	7.8%

○人材の育成・確保

社会的実現に向けた政策手段として、「人材の育成・確保」とする割合の高い科学技術トピック（上位 5 位）と割合の小さいトピック（下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く）は図表 II-7-29 に示すとおりである。

図表 II- 7-29 政策手段を「人材の育成・確保」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		人材	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	82%	2024	2024	量子ビーム:放射光
670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	82%	2027	2029	量子ビーム:放射光
668	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ピコ秒〜フェムト秒オーダー分解能)放射光オペランド計測	80%	2026	2029	量子ビーム:放射光
681	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	80%	2027	2028	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等
669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源	79%	2027	2029	量子ビーム:放射光
642	干渉 SAR 技術を活用した、沿岸海域や緑辺海を含む全球の海象状況や海底地形をリアルタイムで把握するための高精度海面高度観測システム	53%	2029	2031	観測・予測
700	1 波長当たり 1T bit/s の超高速伝送システムを備えた、WDM 方式による 1Pbit/s のフォトニクスネットワーク	52%	2028	2031	光・量子技術
626	極端環境下でのリアルタイム観測を可能とする光計測技術(光ファイバセンシング、光干渉地震計など。センサ部は電力供給不要)	51%	2028	2030	地球
608	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム	49%	2027	2029	宇宙
646	海洋空間で広くインターネットが利用できる技術	42%	2027	2029	観測・予測

○事業補助

社会的実現に向けた政策手段として、「事業補助」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く)は図表 II-7-30 に示すとおりである。

図表 II- 7-30 政策手段を「事業補助」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		事業 補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	78%	2024	2024	量子ビーム:放射光
670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	74%	2027	2029	量子ビーム:放射光
669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源	74%	2027	2029	量子ビーム:放射光

科学技術トピック		事業補助	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
644	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	72%	2027	2029	観測・予測
615	水深 6000m までの海洋内部を長期間(1～3 か月間)調査可能な完全無人自動システム	72%	2029	2030	海洋
656	文字、音声、画像等の情報から意味を抽出し、主要な情報欠落のない形での要約作成や情報媒体間変換・関連付け(実験結果の図から物理量を読み取る等)を行う知識集約型のデータマイニング技術	40%	2027	2030	計算・数理・情報科学
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスポンコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	40%	2031	2035	計算・数理・情報科学
654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによって、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム	37%	2028	2030	計算・数理・情報科学
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	37%	2030	2032	計算・数理・情報科学
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	35%	2030	2034	計算・数理・情報科学

○事業環境整備

社会的実現に向けた政策手段として、「事業環境整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く)は図表 II-7-31 に示すとおりである。

図表 II- 7-31 政策手段を「事業環境整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		事業環境	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	82%	2024	2024	量子ビーム:放射光
644	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	74%	2027	2029	観測・予測
669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源	73%	2027	2029	量子ビーム:放射光
615	水深 6000m までの海洋内部を長期間(1～3 か月間)調査可能な完全無人自動システム	73%	2029	2030	海洋

科学技術トピック		事業環境	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	71%	2027	2029	量子ビーム:放射光
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	43%	2031	2035	計算・数理・情報科学
636	CO ₂ 貯留、シェールガス抽出、高温岩体地熱発電等による地下への注入による誘発地震の予測	42%	2030	2034	地球
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	42%	2030	2032	計算・数理・情報科学
613	宇宙で利用可能な重力波干渉計	42%	2037	2039	宇宙
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	40%	2030	2034	計算・数理・情報科学

○国内連携・協力

社会的実現に向けた政策手段として、「国内連携・協力」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く)は図表 II-7-32 に示すとおりである。

図表 II- 7-32 政策手段を「国内連携・協力」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		国内連携	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	66%	2024	2024	量子ビーム:放射光
669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源	63%	2027	2029	量子ビーム:放射光
615	水深 6000m までの海洋内部を長期間(1~3 か月間)調査可能な完全無人自動システム	63%	2029	2030	海洋
616	現在の有人観測船と同程度の調査能力を持つ無人観測システム	60%	2030	2033	海洋
670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術	60%	2027	2029	量子ビーム:放射光
657	集約されたデータから、目的に合致した機械学習モデルを人手を介さずに組み立てる、汎用的な機械学習アルゴリズム(機械学習モデルの適用限界に関する数理科学的解明を含む)	33%	2029	2032	計算・数理・情報科学
648	古典ゲート型コンピュータに比べて演算数を 10 桁以上削減できる、ゲート型量子コンピュータの特性を十分に生かすアルゴリズム	31%	2031	2036	計算・数理・情報科学

	科学技術トピック	国内 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	29%	2030	2034	計算・数理・情報科学
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	29%	2030	2032	計算・数理・情報科学
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、オーダーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	26%	2031	2035	計算・数理・情報科学

○国際連携・標準化

社会的実現に向けた政策手段として、「国際連携・標準化」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く)は図表 II-7-33 に示すとおりである。

図表 II- 7-33 政策手段を「国際連携・標準化」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	国際 連携	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	70%	2035	2040	宇宙
637	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で現在より高精度・高感度に観測する技術	63%	2028	2030	観測・予測
607	対象太陽系天体の生命探査や惑星の形成解明に資する探査のための技術(人工衛星による直接踏査等)	62%	2032	2033	宇宙
623	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術	61%	2030	2033	海洋
641	人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル、基礎生産等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム	60%	2028	2029	観測・予測
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、オーダーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	23%	2031	2035	計算・数理・情報科学
630	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術	22%	2033	2035	地球
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	21%	2029	2030	計算・数理・情報科学

科学技術トピック		国際連携	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	21%	2030	2034	計算・数理・情報科学
650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術	21%	2030	2032	計算・数理・情報科学

○法規制の整備

社会的実現に向けた政策手段として、「法規制の整備」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く)は図表 II-7-34 に示すとおりである。

図表 II- 7-34 政策手段を「法規制の整備」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		法規制	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	51%	2026	2027	宇宙
622	海底鉱物資源の環境攪乱を伴わない経済的採取技術	50%	2032	2036	海洋
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	49%	2029	2030	計算・数理・情報科学
621	完全自動化した外洋養殖施設	45%	2030	2033	海洋
603	宇宙利用を低コストで実現できる再使用型輸送システム(部分使用型、完全再使用型、軌道間再利用型など)	41%	2029	2032	宇宙
672	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	3%	2027	2028	量子ビーム:放射光
677	散乱と分光の融合による物質の時間空間階層構造の解明	3%	2027	2028	量子ビーム:放射光
668	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ピコ秒～フェムト秒オーダー分解能)放射光オペランド計測	2%	2026	2029	量子ビーム:放射光
682	偏極陽電子を生成・制御し、表面第 1 層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術	1%	2028	2030	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等
675	X 線自由電子レーザーの光源特性にマッチする 2 次元 X 線検出器の高分解能化(<10 μ m)・高感度化(検出量子>0.8)・高速化技術	1%	2028	2029	量子ビーム:放射光

○ELSI への対応

社会的実現に向けた政策手段として、「ELSI への対応」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く)は図表 II-7-35 に示すとおりである。

図表 II-7-35 政策手段を「ELSI への対応」とするトピック(上位・下位 5 位)

	科学技術トピック	ELSI	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
649	iPS 細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法	33%	2031	2035	計算・数理・情報科学
608	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム	31%	2027	2029	宇宙
655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム	27%	2030	2034	計算・数理・情報科学
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	26%	2029	2030	計算・数理・情報科学
605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	26%	2035	2040	宇宙
642	干渉 SAR 技術を活用した、沿岸海域や緑辺海を含む全球の海象状況や海底地形をリアルタイムで把握するための高精度海面高度観測システム	1%	2029	2031	観測・予測
694	コヒーレント時間が 10 ミリ秒を超える、超伝導量子ビット、NV(窒素-空孔)センターなどの量子センサー	1%	2028	2032	光・量子技術
679	偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術	0%	2027	2029	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
681	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	0%	2027	2028	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
682	偏極陽電子を生成・制御し、表面第 1 層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術	0%	2028	2030	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等

○その他

社会的実現に向けた政策手段として、「その他」とする割合の高い科学技術トピック(上位 5 位)と割合の小さいトピック(下位 5 位。「社会的実現時期」回答非対象のトピックを除く)は図表 II-7-36 に示すとおりである。

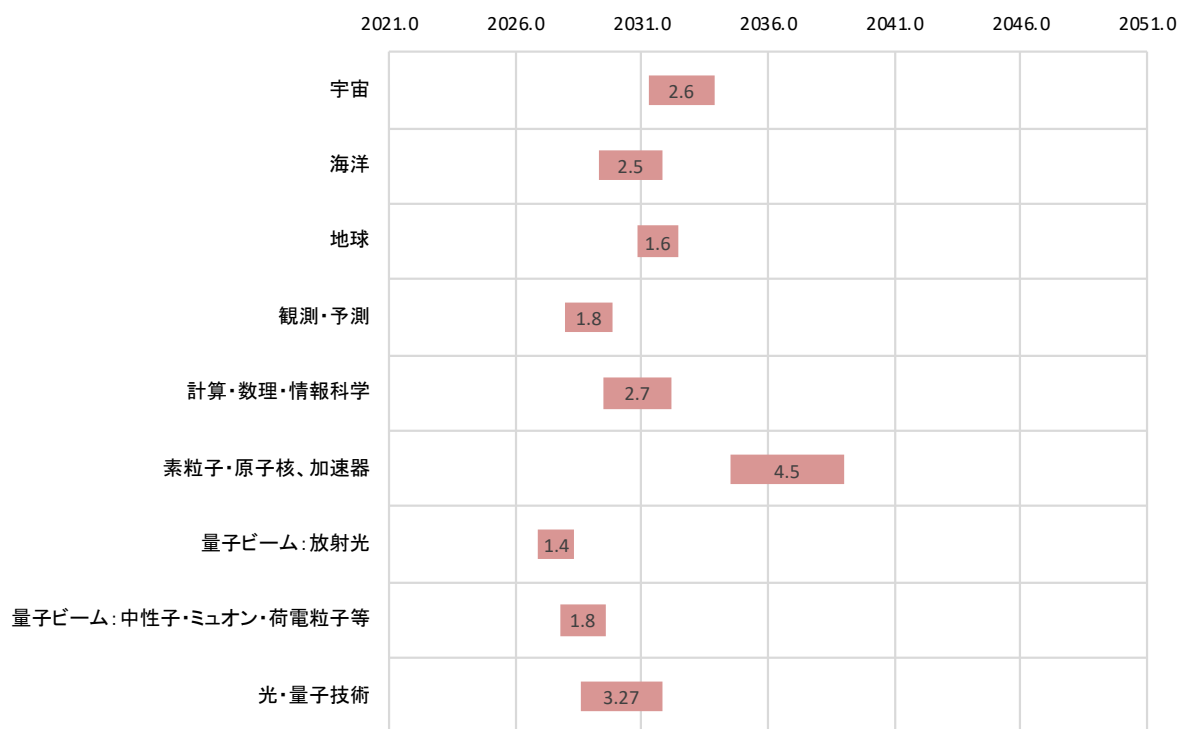
図表 II- 7-36 政策手段を「その他」とするトピック(上位・下位 5 位)

科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
666	新たなレプトンコライダー技術(ミュオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど)	25%	2035	2039	素粒子・原子核、加速器
665	プラズマ航跡場加速・誘電体加速等の新しい加速技術を用いた加速器の学術及び産業利用等	24%	2034	2039	素粒子・原子核、加速器
613	宇宙で利用可能な重力波干渉計	24%	2037	2039	宇宙
690	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術	14%	2030	2033	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等
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	13%	2037	2036	地球
644	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術	2%	2027	2029	観測・予測
656	文字、音声、画像等の情報から意味を抽出し、主要な情報欠落のない形での要約作成や情報媒体間変換・関連付け(実験結果の図から物理量を読み取る等)を行う知識集約型のデータマイニング技術	2%	2027	2030	計算・数理・情報科学
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	2%	2029	2030	計算・数理・情報科学
654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによって、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム	2%	2028	2030	計算・数理・情報科学
651	自然災害や事故などの異常時も含めた渋滞を回避する数理科学的渋滞予測モデルと、IoT センシングシステムを融合したリアルタイムナビゲーションシステム	1%	2028	2029	計算・数理・情報科学

7.4.7. 科学技術的実現から社会的実現までの期間

科学技術的実現から社会的実現までの期間を細目別にみると、「素粒子・原子核、加速器」細目が 4.5 年と最も長く、一方で、「量子ビーム:放射光」の細目は 1.4 年と短い(「社会的実現時期」回答非対象の 11 トピックを除く)。

図表 II- 7-37 科学技術的実現から社会的実現までの期間(年)



科学技術的実現から社会的実現までの期間の長い科学技術トピック(上位 5 位)および期間の短いトピック(下位 5 位)は図表 II-7-38 のとおりである。

図表 II- 7-38 科学技術的実現から社会的実現までの期間が長いトピック及び短いトピック

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築	2035	2040	5	宇宙
648	古典ゲート型コンピュータに比べて演算数を 10 桁以上削減できる、ゲート型量子コンピュータの特性を十分に生かすアルゴリズム	2031	2036	5	計算・数理・情報科学
665	プラズマ航跡場加速・誘電体加速等の新しい加速技術を用いた加速器の学術及び産業利用等	2034	2039	5	素粒子・原子核、加速器
695	1000km に渡り量子状態を保つ量子暗号通信ネットワークを実現する量子中継技術	2029	2034	5	光・量子技術
696	創薬や投資・金融の意思決定等に係る効率を 3 桁改善する、従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲート型量子コンピュータのハイブリッドシステム	2030	2035	5	光・量子技術
607	対象太陽系天体の生命探査や惑星の形成解明に資する探査のための技術(人工衛星による直接踏査等)	2032	2033	1	宇宙

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)	2026	2027	1	宇宙
615	水深 6000m までの海洋内部を長期間(1~3 か月間)調査可能な完全無人自動システム	2029	2030	1	海洋
624	地球深部で試料採取するための大深度科学掘削技術	2029	2030	1	地球
627	陸上の GEONET (GNSS (全球測位衛星システム) 連続観測システム) と同等の観測を実現させる、海底で 20km の空間分解能を持つ海域測地測量技術	2031	2032	1	地球
633	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード 8 以上の大規模地震の発生を予測する技術	2034	2035	1	地球
638	人工衛星等による、イメージング分光計技術を用いた大気微量成分観測システム	2029	2030	1	観測・予測
639	人工衛星等による、ライダ技術を用いた植生環境把握システム	2027	2028	1	観測・予測
641	人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル、基礎生産等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム	2028	2029	1	観測・予測
651	自然災害や事故などの異常時も含めた渋滞を回避する数理科学的渋滞予測モデルと、IoT センシングシステムを融合したリアルタイムナビゲーションシステム	2028	2029	1	計算・数理・情報科学
652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム	2029	2030	1	計算・数理・情報科学
672	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析	2027	2028	1	量子ビーム:放射光
673	タンパク質 1 分子を試料として構造解析を行うイメージング技術	2029	2030	1	量子ビーム:放射光
675	X 線自由電子レーザーの光源特性にマッチする 2 次元 X 線検出器の高分解能化(<10 μ m)・高感度化(検出量>0.8)・高速化技術	2028	2029	1	量子ビーム:放射光
676	情報科学(機械学習、ベイズ推定、データ同化、最適化問題等)を活用した放射光計測技術の高度化	2025	2026	1	量子ビーム:放射光
677	散乱と分光の融合による物質の時間空間階層構造の解明	2027	2028	1	量子ビーム:放射光
678	X 線自由電子レーザーを用いた物質中の非平衡・非線形現象の解明	2027	2028	1	量子ビーム:放射光
681	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術	2027	2028	1	量子ビーム:中性子・ミュオン・荷電粒子等

科学技術トピック		科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	期間 (年)	細目
683	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm～mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術	2028	2029	1	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
685	大強度中性子イメージング技術の高度化による、金属材料内微細構造、磁場の3次元可視化計測技術	2027	2028	1	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
686	大強度偏極中性子を用いた磁場分布の可視化技術とそのオペランド測定技術	2029	2030	1	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
687	パルス中性子ビームの特性を活かしたストロボスコピック測定技術	2027	2028	1	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
688	大強度ミュオンによるイメージングやオペランド測定等の新規測定技術	2028	2029	1	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
689	ミュオン顕微鏡技術	2029	2030	1	量子ビーム: 中性子・ミュオン・荷電粒子等
631	活断層履歴及び火山噴火史を解明するため、5～10万年前の年代測定精度を向上させる技術	2030	2030	0	地球
667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用	2024	2024	0	量子ビーム: 放射光
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	2037	2036	-1	地球

7.4.8. 他分野の本分野関連の科学技術トピックの実現時期

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックの実現時期は、図表 II-7-39 のとおりである。

図表 II- 7-39 他分野の本分野関連の科学技術トピックの科学技術的実現時期の分布(トピック数)

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
農 林 水 産・ 食品・バイオ	生産エコシステム		1	1				
	資源エコシステム		1					
	システム基盤			1				
環境・資源・ エネルギー	資源開発・リデュース・リユース・リサイクル(3R)		1					
	水		1					
	地球温暖化		1	1				
	リスクマネジメント		1					
マテリアル・ デバイス・プ ロセス	物質・材料			1				
	先端計測・解析手法		1	2				
	応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)			5				
	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ分 野)			1				
都市・建築・	建築					2		

分野	細目	-25	26-30	31-35	36-40	41-45	46-50	51-
土木・交通	社会基盤施設				1			
	防災・減災技術	1	2					
総計		1	9	12	1	2		

他分野で設定された本分野に関連する科学技術トピックのうち、重要度指数の高い科学技術トピック（上位 20 位）は、図表 II-7-40 に示すとおりである。

分野・細目別では、マテリアル・デバイス・プロセス分野の「応用デバイス・システム（ICT・ナノエレクトロニクス分野）」関連トピックが 6 件、次いで、農新水産・食品・バイオ分野の「生産エコシステム」、環境・資源・エネルギー分野の「地球温暖化」、マテリアル・デバイス・プロセス分野の「先端計測・解析手法」、都市・建築・土木・交通分野の「防災・減災技術」の関連トピックが各 2 件占めた。マテリアル・デバイス・プロセス分野のトピックが半数近くを占める。

図表 II- 7-40 他分野で設定された本分野関連の科学技術トピック（重要度上位 20 位）

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
586	都市・建築・土木・交通	線状降水帯・ゲリラ豪雨を詳細に把握できる高性能レーダ	1.33	2025	2026
275	環境・資源・エネルギー	気候感度（大気中 CO ₂ 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
463	マテリアル・デバイス・プロセス	単一スピンを情報担体とし CMOS デバイスではなし得ない高速性と低消費電力性の双方を有する情報素子	1.10	2033	2035
100	農林水産・食品・バイオ	生態系循環に基づく、ウナギなどの大規模な閉鎖型陸上養殖技術	1.08	2029	2030
468	マテリアル・デバイス・プロセス	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
472	マテリアル・デバイス・プロセス	量子暗号を用いた高セキュリティな金融システムのための量子メモリ	0.97	2033	2036
274	環境・資源・エネルギー	CO ₂ 濃度分布等の観測データをもとにして、各国の CO ₂ 排出量を評価するシステム	0.93	2028	2030
297	環境・資源・エネルギー	開発行為が自然界に与える影響を定量的に予測し、自然の再生速度を考慮した影響シミュレーション評価技術	0.89	2030	2031
590	都市・建築・土木・交通	流域面積数百平方キロメートルの河川流域・ダム集水域における洪水ピーク流量を 12 時間前に時間誤差±1 時間、流量推計精度±10%で予測する技術・システム	0.86	2030	2032
464	マテリアル・デバイス・プロセス	オンデマンドで単一光子を高レートで発生できる新デバイス	0.78	2032	2036
471	マテリアル・デバイス・プロセス	超小型でショットノイズ限界を超える量子センサ	0.74	2034	2037
413	マテリアル・デバイス・プロセス	室温で量子コヒーレンスを長時間保つ新材料	0.73	2034	2038

	分野	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期
231	環境・資源・エネルギー	ICT、人工衛星などを有効活用した効率的な鉱山探査技術	0.67	2029	2031
454	マテリアル・デバイス・プロセス	高温超伝導・スピントロニクス材料などの機能解明のための広いエネルギー（波長）範囲の偏極中性子の生成・制御・検出技術	0.64	2032	2035
259	環境・資源・エネルギー	衛星観測と地上観測の効果的な統融合により、全国の地下水マップの一般化	0.64	2029	2032
131	農林水産・食品・バイオ	微小海洋生物（微生物・プランクトン等）の識別が可能な3次元画像解析システム	0.50	2028	2030
505	マテリアル・デバイス・プロセス	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	0.48	2033	2036
153	農林水産・食品・バイオ	準リアルタイム作物生育診断情報の全球グリッドデータベース化	0.47	2031	2034
448	マテリアル・デバイス・プロセス	ラボスケールで設置可能かつ実働環境で動作可能な小型中性子オペランド解析	0.39	2032	2034
111	農林水産・食品・バイオ	宇宙や極地利用を目指した自動化・無人化循環型植物工場	0.36	2032	2037

7.4.9. 未来科学技術年表

(1) 科学技術的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2024	667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用
2025	676	情報科学(機械学習、ベイズ推定、データ同化、最適化問題等)を活用した放射光計測技術の高度化
2026	609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)
	668	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ピコ秒～フェムト秒オーダー分解能)放射光オペランド計測
	680	中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ、磁場分布等を可視化し、その場観測する技術
	684	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術
2027	608	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム
	618	海洋中のマイクロプラスチックをその場で検出・定量するセンサー
	639	人工衛星等による、ライダ技術を用いた植生環境把握システム
	644	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、落雷、降雪等を予測する技術
	646	海洋空間で広くインターネットが利用できる技術
	656	文字、音声、画像等の情報から意味を抽出し、主要な情報欠落のない形での要約作成や情報媒体間変換・関連付け(実験結果の図から物理量を読み取る等)を行う知識集約型のデータマイニング技術
	669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源
	670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術
	672	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析
	677	散乱と分光の融合による物質の時間空間階層構造の解明
	678	X 線自由電子レーザーを用いた物質中の非平衡・非線形現象の解明
	679	偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術
	681	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術
	685	大強度中性子イメージング技術の高度化による、金属材料内微細構造、磁場の 3 次元可視化計測技術
	687	パルス中性子ビームの特性を活かしたストロボスコピック測定技術
	701	ゲート長が 4 ナノメートル以下の超高集積化半導体回路を実現する、EUV(極端紫外線)リソグラフィー技術
2028	614	海洋酸性化の状況を地球規模で自動計測可能な安価なシステム
	619	海洋における環境 DNA の自動 in situ 解析技術
	626	極端環境下でのリアルタイム観測を可能とする光計測技術(光ファイバセンシング、光干渉地震計など。センサ部は電力供給不要)
	628	人工衛星、海洋・海中センサー及び自律無人探査機(AUV)等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム
	637	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で現在より高精度・高感度に観測する技術
	641	人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル、基礎生産等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム
	643	降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術
	645	熱波、豪雨など実際に発生した異常気象に対し、長期的気候変化の寄与を速やかに同定するシステム
	647	各機関で年間 1 エクサバイトの割合で生成される自然科学に関する実験データを記録・保存し、これを多くの産学官の研究者が 1Tbps 級のネットワークを通して 10 エクサフロップスを超えるスーパーコンピュータで利用できる環境の構築
	651	自然災害や事故などの異常時も含めた渋滞を回避する数理科学的渋滞予測モデルと、IoT センシングシステムを融合したリアルタイムナビゲーションシステム
	654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによ

年	No.	科学技術トピック
		て、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム
	671	サブナノ分解能でミクロンオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの構造・電子状態を3次元でイメージングできるX線顕微鏡
2028	674	活性状態下でのタンパク質の構造とダイナミクスの解析
	675	X線自由電子レーザーの光源特性にマッチする2次元X線検出器の高分解能化($<10\mu\text{m}$)・高感度化(検出量子 >0.8)・高速化技術
	682	偏極陽電子を生成・制御し、表面第1層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術
	683	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm~mmの幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術
	688	大強度ミュオンによるイメージングやオペランド測定等の新規測定技術
	694	コヒーレント時間が10ミリ秒を超える、超伝導量子ビット、NV(窒素-空孔)センターなどの量子センサー
	698	分子内の電子の振る舞いの直接観測、及び電子の波動関数のレーザー光による制御が可能なアト秒レーザー技術
	699	染色の必要がないラベルフリーの生体観測が可能な、 μM レベルの低濃度生体分子の検出感度と100nm程度の空間分解能を持つ高感度分子振動観測技術に基づく高解像度顕微鏡
	700	1波長当たり1Tbit/sの超高速伝送システムを備えた、WDM方式による1Pbit/sのフォトニクスネットワーク
	702	ピコ〜フェムト秒領域のサブkW級高出力レーザーの開発による高品質なレーザー加工と、3D金属積層造形技術を用いた、自動車エンジン製造システム
2029	603	宇宙利用を低コストで実現できる再使用型輸送システム(部分使用型、完全再使用型、軌道間再利用型など)
	615	水深6000mまでの海洋内部を長期間(1~3か月間)調査可能な完全無人自動システム
	617	海洋中の距離10,000mで、1Mbpsを超える高速音響通信技術
	624	地球深部で試料採取するための大深度科学掘削技術
	635	映像や地震・津波データ等のビッグデータ等を活用し、人間の目では見落とす可能性のある災害の予兆や発生を人工知能によって監視する技術
	638	人工衛星等による、イメージング分光計技術を用いた大気微量成分観測システム
	640	東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能30mで常時観測する技術
	642	干渉SAR技術を活用した、沿岸海域や縁辺海を含む全球の海象状況や海底地形をリアルタイムで把握するための高精度海面高度観測システム
	652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム
	657	集約されたデータから、目的に合致した機械学習モデルを人手を介さずに組み立てる、汎用的な機械学習アルゴリズム(機械学習モデルの適用限界に関する数理科学的解明を含む)
	673	タンパク質1分子を試料として構造解析を行うイメージング技術
	686	大強度偏極中性子を用いた磁場分布の可視化技術とそのオペランド測定技術
	689	ミュオン顕微鏡技術
	691	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術
	692	電波領域からテラヘルツ、赤外光、可視光、紫外光、X線領域までの広帯域コヒーレント周波数リンク技術
	693	平坦な広帯域スペクトル発生、位相レベルのタイミング制御、精密なモード操作・利用・合成など、ニーズに合わせて光波のあらゆるパラメータを自在に操作・制御して任意波形を発生させ、計測・物性科学等に応用する技術
	695	1000kmに渡り量子状態を保つ量子暗号通信ネットワークを実現する量子中継技術
2030	604	宇宙活動を多彩にする衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術(宇宙デブリの除去回収を含む)
	616	現在の有人観測船と同程度の調査能力を持つ無人観測システム
	620	分子生物学的手法を活用した漁業資源量の高精度の評価技術
	621	完全自動化した外洋養殖施設
	623	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術
	625	超高压・超高温実験ならびにデータ解析技術等による地球のマントル・コアの解明
	631	活断層履歴及び火山噴火史を解明するため、5~10万年前の年代測定精度を向上させる技術

年	No.	科学技術トピック
	634	地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術
	636	CO ₂ 貯留、シェールガス抽出、高温岩体地熱発電等による地下への注入による誘発地震の予測
	650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的な材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術
2030	655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム
	690	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術
	696	創薬や投資・金融の意思決定等に係る効率を3桁改善する、従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲート型量子コンピュータのハイブリッドシステム
	697	地球上のどこでも18桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測(ジオイド計測)が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク
2031	627	陸上のGEONET(GNSS(全球測位衛星システム)連続観測システム)と同等の観測を実現させる、海底で20kmの空間分解能を持つ海域測地測量技術
	629	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうな火山を見い出すための切迫度評価
	648	古典ゲート型コンピュータに比べて演算数を10桁以上削減できる、ゲート型量子コンピュータの特性を十分に生かすアルゴリズム
	649	iPS細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法
2032	607	対象太陽系天体の生命探査や惑星の形成解明に資する探査のための技術(人工衛星による直接踏査等)
	622	海底鉱物資源の環境攪乱を伴わない経済的採取技術
	660	ニュートリノのマヨラナ性の解明
	664	宇宙初期の軽元素合成から星の進化に伴う重元素合成までの進化過程の解明
2033	610	太陽系並びにそれを構成する太陽・惑星の形成と進化に関する定説の確立
	612	超高エネルギー宇宙線の発生機構の解明
	630	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術
	653	10年規模の自然変動の予測から、100年にわたる人為起源の長期地球環境変動の精緻な予測までを可能とする、高解像度大気海洋大循環モデルと生物・化学過程を通じた物質・エネルギー循環を考慮した地球システムモデル、及び観測情報をモデルに取り込むデータ同化技術
	659	宇宙における物質・反物質の非対称性の起源の解明
2034	606	月面での水の生成・補給拠点確保を目的としたロボティクスを活用した水生成プラント構築技術
	611	銀河及び銀河系の形成と進化に関する定説の確立
	633	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード8以上の大規模地震の発生を予測する技術
	661	ダークマターの正体の解明
	665	プラズマ航跡場加速・誘電体加速等の新しい加速技術を用いた加速器の学術及び産業利用等
2035	605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築
	663	インフレーション仮説の確立
	666	新たなレプトンコライダー技術(ミューオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど)
2037	613	宇宙で利用可能な重力波干渉計
	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
2043	658	量子重力理論の確立・検証
	662	ダークエネルギーの正体の解明

(2) 社会的実現年表

年	No.	科学技術トピック
2024	667	日本国内での軟 X 線向け高輝度放射光施設整備およびその利用
2026	676	情報科学(機械学習、ベイズ推定、データ同化、最適化問題等)を活用した放射光計測技術の高度化
2027	609	自動車の自動運転や農業の無人化・自動化等を可能とするため、人工衛星により、リアルタイムに誤差数 cm 程度の正確な位置情報を提供する高精度精密測位技術(原子時計の性能向上を含む)
2028	639	人工衛星等による、ライダー技術を用いた植生環境把握システム
	672	細胞、ガラス、高分子、表面・界面など非周期機能材料の高コヒーレンス放射光を用いた構造イメージング解析
	677	散乱と分光の融合による物質の時間空間階層構造の解明
	678	X 線自由電子レーザーを用いた物質中の非平衡・非線形現象の解明
	680	中性子や X 線を用いて、実働過程における機能材料・構造材料の 3 次元応力・ひずみ、磁場分布等を可視化し、その場観測する技術
	681	超低速ミュオンを生成・制御し、ナノメートルスケールで深さ分解して磁気状態を解明する技術
	685	大強度中性子イメージング技術の高度化による、金属材料内微細構造、磁場の 3 次元可視化計測技術
	687	パルス中性子ビームの特性を活かしたストロボスコーピック測定技術
2029	608	国民の安全安心の確保や産業利用に向けた、人工衛星等による国土の 24 時間高精度監視システム
	641	人工衛星等により、海氷、海面温度、波浪、海流、クロロフィル、基礎生産等を全球規模でリアルタイムに把握する海況監視システム
	644	高解像度シミュレーションとデータ同化により、100m 以下の空間分解能で数時間後の局地豪雨、竜巻、降雹、降雪等を予測する技術
	646	海洋空間で広くインターネットが利用できる技術
	651	自然災害や事故などの異常時も含めた渋滞を回避する数理科学的渋滞予測モデルと、IoT センシングシステムを融合したリアルタイムナビゲーションシステム
	668	化学反応のカイネティクス、物質内のダイナミクス、電子デバイス動作を直接可視化する高速(ピコ秒～フェムト秒オーダー分解能)放射光オペランド計測
	669	極低エミッタンス蓄積リングによる省コスト型・超高輝度放射光源
	670	機能性材料(電子材料・磁性材料・触媒材料・電池材料)において、その機能発現機構解明および機能制御に不可欠な情報である局所構造・電子状態を、ナノメートルスケール・フェムト秒オーダーで観測する技術
	675	X 線自由電子レーザーの光源特性にマッチする 2 次元 X 線検出器の高分解能化($<10 \mu\text{m}$)・高感度化(検出量子 >0.8)・高速化技術
	679	偏極中性子を生成・制御し、磁性体の局所磁気構造と磁気励起を精密測定する技術
	683	複数の量子ビーム(中性子、放射光、陽電子、レーザー、イオン等)を複合的・相補的に利用し、nm～mm の幅広いスケールで材料構造・機能を解析しながら加工・制御を行う技術
	684	精密診断・高効率治療のための新規放射性薬品開発に必要な、中性子・イオンビームによる At211 などの放射性同位元素の大量かつ安定的な製造技術
	688	大強度ミュオンによるイメージングやオペランド測定等の新規測定技術
	701	ゲート長が 4 ナノメートル以下の超高集積化半導体回路を実現する、EUV(極端紫外線)リソグラフィ技術
2030	614	海洋酸性化の状況を地球規模で自動計測可能な安価なシステム
	615	水深 6000m までの海洋内部を長期間(1～3 か月間)調査可能な完全無人自動システム
	618	海洋中のマイクロプラスチックをその場で検出・定量するセンサー
	619	海洋における環境 DNA の自動 in situ 解析技術
	624	地球深部で試料採取するための大深度科学掘削技術
	626	極端環境下でのリアルタイム観測を可能とする光計測技術(光ファイバセンシング、光干渉地震計など。センサ部は電力供給不要)
	628	人工衛星、海洋・海中センサー及び自律無人探査機(AUV)等により地下資源・海洋資源等を発見するための観測・データ処理システム
	631	活断層履歴及び火山噴火史を解明するため、5～10 万年前の年代測定精度を向上させる技術
	637	人工衛星等により、水蒸気・降水・雲エアロゾル等の大気状況を全球規模で現在より高精度・高感度に観測する技術
	638	人工衛星等による、イメージング分光計技術を用いた大気微量成分観測システム
	645	熱波、豪雨など実際に発生した異常気象に対し、長期的気候変化の寄与を速やかに同定するシステム
	647	各機関で年間 1 エクサバイトの割合で生成される自然科学に関する実験データを記録・保存し、これを多くの産

年	No.	科学技術トピック
		学官の研究者が 1Tbps 級のネットワークを通して 10 エクサフロップスを超えるスーパーコンピュータで利用できる環境の構築
2030	652	各種観測データやソーシャルメディアデータ等を統合的かつ実時間的に処理し、災害時の被災状況を即時性をもって把握するシステムに基づき、電力、水、通信などの都市インフラ復旧と支援物資物流・人的資源の最適化および避難経路の情報を、自治体、企業をはじめ個人レベルにまで迅速に提供しうる社会統合防災システム
	654	産学官が保有する各種データセット・データベースの内、少なくとも特定の分野(たとえば材料分野)で、データセット・データベース間の書式・様式の違いを人手を介することなく変換し、情報・データを連結することによって、あたかも一つの巨大データセット・データベースとして各種解析ツールから利用できるシステム
	656	文字、音声、画像等の情報から意味を抽出し、主要な情報欠落のない形での要約作成や情報媒体間変換・関連付け(実験結果の図から物理量を読み取る等)を行う知識集約型のデータマイニング技術
	671	サブナノ分解能でミクロンオーダーの視野を有し、かつ元素ごとの構造・電子状態を 3 次元でイメージングできる X 線顕微鏡
	673	タンパク質 1 分子を試料として構造解析を行うイメージング技術
	674	活性状態下でのタンパク質の構造とダイナミクスの解析
	682	偏極陽電子を生成・制御し、表面第 1 層の構造および磁気構造をモデルフリーで観測する技術
	686	大強度偏極中性子を用いた磁場分布の可視化技術とそのオペランド測定技術
	689	ミュオン顕微鏡技術
	702	ピコ〜フェムト秒領域のサブ kW 級高出力レーザーの開発による高品質なレーザー加工と、3D 金属積層造形技術を用いた、自動車エンジン製造システム
2031	617	海洋中の距離 10,000m で、1Mbps を超える高速音響通信技術
	640	東アジア・東南アジア・豪州における食料・水・災害リスク管理に利用するため、静止衛星により、陸域・沿岸域を空間分解能 30m で常時観測する技術
	642	干渉 SAR 技術を活用した、沿岸海域や縁辺海を含む全球の海象状況や海底地形をリアルタイムで把握するための高精度海面高度観測システム
	643	降・積雪の経時変化特性をモニタリングする技術と雪氷災害モデルを用いて、雪氷災害の規模や危険度を広域で予測する技術
	693	平坦な広帯域スペクトル発生、位相レベルのタイミング制御、精密なモード操作・利用・合成など、ニーズに合わせて光波のあらゆるパラメータを自在に操作・制御して任意波形を発生させ、計測・物性科学等に応用する技術
	699	染色の必要がないラベルフリーの生体観測が可能な、 μM レベルの低濃度生体分子の検出感度と 100nm 程度の空間分解能を持つ高感度分子振動観測技術に基づく高解像度顕微鏡
	700	1 波長当たり 1T bit/s の超高速伝送システムを備えた、WDM 方式による 1Pbit/s のフォトニクスネットワーク
2032	603	宇宙利用を低コストで実現できる再使用型輸送システム(部分使用型、完全再使用型、軌道間再利用型など)
	620	分子生物学的手法を活用した漁業資源量の高精度の評価技術
	627	陸上の GEONET(GNSS(全球測位衛星システム)連続観測システム)と同等の観測を実現させる、海底で 20km の空間分解能を持つ海域測地測量技術
	634	地震発生域規模で地殻内の広域応力場を測定する技術
	635	映像や地震・津波データ等のビッグデータ等を活用し、人間の目では見落とす可能性のある災害の予兆や発生を人工知能によって監視する技術
	650	経年変化(劣化等)も含めた材料特性を要求値に適合させる逆問題的材料開発手法に基づき、自動車や大型工業製品、建築物等の試作レス開発を可能とするシミュレーション技術
	657	集約されたデータから、目的に合致した機械学習モデルを人手を介せずに組み立てる、汎用的な機械学習アルゴリズム(機械学習モデルの適用限界に関する数理科学的解明を含む)
	692	電波領域からテラヘルツ、赤外光、可視光、紫外光、X 線領域までの広帯域コヒーレント周波数リンク技術
	694	コヒーレント時間が 10 ミリ秒を超える、超伝導量子ビット、NV(窒素-空孔)センターなどの量子センサー
	698	分子内の電子の振る舞いの直接観測、及び電子の波動関数のレーザー光による制御が可能なアト秒レーザー技術
2033	604	宇宙活動を多彩にする衛星等への燃料補給・修理点検・機器交換などのサービス技術(宇宙デブリの除去回収を含む)
	607	対象太陽系天体の生命探査や惑星の形成解明に資する探査のための技術(人工衛星による直接踏査等)
	616	現在の有人観測船と同程度の調査能力を持つ無人観測システム
	621	完全自動化した外洋養殖施設
	623	氷海域(氷海下含む)における海洋環境モニターや海底探査(石油、天然ガス、鉱物資源等)技術

年	No.	科学技術トピック
	629	日本国内の全活火山に対し、次に噴火しそうな、もしくはしそうにない火山を見い出すための切迫度評価
	690	イオンビームやガンマ線等の量子ビームによる突然変異の特徴を網羅的分子情報を用いて明らかにし、それを用いて目的の突然変異を確実に獲得する技術
	691	イオン加速器と高強度レーザーの融合によって短寿命超重元素等を生成すると同時にイオン状態で引き出すことにより、未踏領域の核データ取得を可能にする技術
2033	697	地球上のどこでも18桁の精度での時間測定が実現し、地殻・地下水の変動やマグマだまりの移動の計測(ジオイド計測)が可能となる、光ファイバーを使用した光格子時計のネットワーク
2034	636	CO ₂ 貯留、シェールガス抽出、高温岩体地熱発電等による地下への注入による誘発地震の予測
	655	社会活動の数理的解析に基づく社会数理モデルと社会活動データを用いた大規模シミュレーションによって、政策の意志決定を支援するシステム
	695	1000kmに渡り量子状態を保つ量子暗号通信ネットワークを実現する量子中継技術
2035	630	山体崩壊の発生メカニズムに基づく予測技術
	633	地殻の歪み分布や過去の地震履歴の分析等により、マグニチュード8以上の大規模地震の発生を予測する技術
	649	iPS細胞等によるバイオアッセイ系とスパコンによる薬物動態シミュレーション技術により、テイラーメイド医薬品・化粧品等を開発する手法
	696	創薬や投資・金融の意思決定等に係る効率を3桁改善する、従来のコンピュータ、量子アニーリングマシン、ゲート型量子コンピュータのハイブリッドシステム
2036	622	海底鉱物資源の環境攪乱を伴わない経済的採取技術
	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
	648	古典ゲート型コンピュータに比べて演算数を10桁以上削減できる、ゲート型量子コンピュータの特性を十分に生かすアルゴリズム
	653	10年規模の自然変動の予測から、100年にわたる人為起源の長期地球環境変動の精緻な予測までを可能とする、高解像度大気海洋大循環モデルと生物・化学過程を通じた物質・エネルギー循環を考慮した地球システムモデル、及び観測情報をモデルに取り込むデータ同化技術
2038	606	月面での水の生成・補給拠点確保を目的としたロボティクスを活用した水生成プラント構築技術
2039	613	宇宙で利用可能な重力波干渉計
	665	プラズマ航跡場加速・誘電体加速等の新しい加速技術を用いた加速器の学術及び産業利用等
	666	新たなレプトンコライダー技術(ミューオンコライダー、プラズマ加速利用などを含むこれまでにない電子・陽電子コライダーなど)
2040	605	科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月または火星)における恒久的な有人活動拠点構築

付 録

付録1 アンケートページ

○分野・細目の選択画面

分野と細目を選択

健康・医療・生命科学 (0 / 7)

農林水産・食品・バイオ (0 / 8)

環境・資源・エネルギー (0 / 7)

ICT・アナリティクス・サービス (0 / 11)

マテリアル・デバイス・プロセス (0 / 8)

都市・建築・土木・交通 (0 / 9)

宇宙・海洋・地球・科学基盤 (0 / 9)

宇宙

海洋

地球

観測・予測

計算・数値・情報科学

素粒子・原子核・加速器

量子ビーム・放射光

○科学技術トピックの選択画面

回答する

回答分野を再選択する

宇宙・海洋・地球・科学基盤

宇宙(トピック: 0/11)

宇宙・海洋・地球・科学基盤

宇宙

宇宙利用を低コストで実現できる再使用型輸送システム
(部分使用型、完全再使用型、軌道内再利用型など)

宇宙活動を多彩にする衛星等への燃料補給・修理点検・機
器交換などのサービス技術(宇宙デブリの除去回収を含
む)

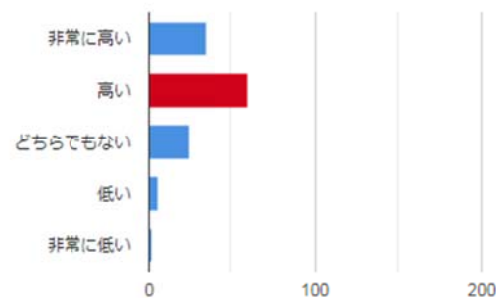
科学観測や資源利用等を目的とする、地球外天体(月また
は火星)における恒久的な有人活動拠点構築

○科学技術トピックの回答画面(2回目アンケート)

顧客数や知的財産の重要度が高まり、企業価値を評価する際に、
無形資産の評価割合が平均的に企業価値の70%に達する

重要度 ?

30年後の社会を実現するうえで、日本にとっての重要度を1つ選んでください。

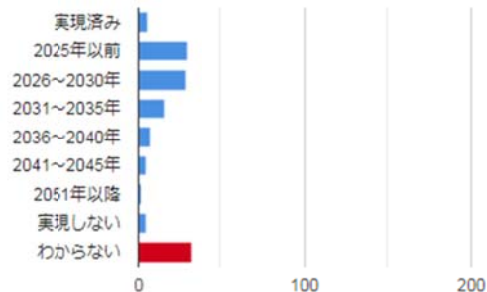


- ☐ 非常に高い ☒ 高い ☐ どちらでもない ☐ 低い
☐ 非常に低い

顧客数や知的財産の重要度が高まり、企業価値を評価する際に、
無形資産の評価割合が平均的に企業価値の70%に達する

技術的実現 ?

世界のどこか（日本を含む）で技術的に実現する時期を予測し、1つ選んでください。

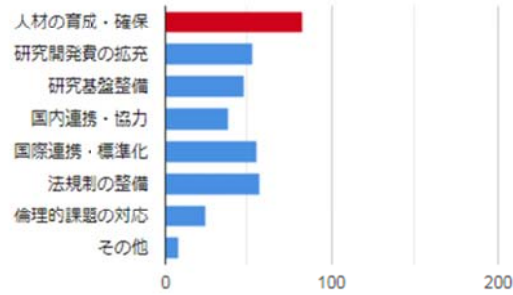


2025年以前 ▼

顧客数や知的財産の重要度が高まり、企業価値を評価する際に、
無形資産の評価割合が平均的に企業価値の70%に達する

技術的実現のための政策手段

技術的実現に向けて求められる政策手段は何ですか？（複数選択可・任意選択）



- ☒ 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
- ☐ 倫理的課題の対応
- ☐ その他

付録 2 検討体制

(2020 年 3 月現在、敬称略)

○分野別分科会

健康・医療・生命科学分科会

座長	福井 次矢	聖路加国際大学 学長／聖路加国際病院 院長
委員	加藤 忠史	国立研究開発法人理化学研究所脳神経科学研究センター 精神疾患動態研究チーム シニアチームリーダー
	金谷 泰宏	東海大学医学部 教授
	菅野 純夫	東京医科歯科大学難治疾患研究所 非常勤講師
	谷下 一夫	慶應義塾大学名誉教授／ 一般社団法人日本医工ものづくりコモンズ 理事長
	知場 伸介	国立研究開発法人日本医療研究開発機構創薬戦略部 創薬企画・評価課 課長
	山縣 然太朗	山梨大学大学院総合研究部 教授
	山口 照英	金沢工業大学加齢医工学先端技術研究所 所長
	山田 康秀	浜松医科大学医学部 教授
	矢部 大介	岐阜大学大学院医学系研究科 教授
客員研究官	鷺見 芳彦	夢マネジメント 代表
	本間 央之	協和発酵キリン株式会社研究開発本部研究開発企画部

農林水産・食品・バイオテクノロジー分科会

座長	亀岡 孝治	三重大学大学院西部資源学研究科 教授
委員	加々美 勉	株式会社サカタのタネ 常務取締役
	勝川 俊雄	東京海洋大学産学・地域連携推進機構 准教授
	加藤 鐵夫	一般社団法人日本木質バイオマスエネルギー協会 副会長
	後藤 英司	千葉大学大学院園芸学研究科 教授
	高野 誠	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物機能利用研究部門 主席研究員
	西出 香	オランダ応用科学研究機構 事業開発マネージャー
	二宮 正士	東京大学大学院農学生命科学研究科 特任教授
	渡邊 朋也	国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構 農業環境変動研究センター 所長

環境・資源・エネルギー分科会

座長	矢部 彰	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合機構 技術戦略研究センター ユニット長
委員	入江 一友	一般財団法人日本エネルギー経済研究所 常務理事
	江守 正多	国立環境研究所地球環境研究センター 副センター長

栗原 正典	早稲田大学理工学術院 教授
古関 恵一	JXTGエネルギー株式会社中央技術研究所 技術戦略室 フェロー
高村 ゆかり	東京大学未来ビジョン研究センター 教授
藤井 実	国立研究開発法人国立環境研究所社会環境システム研究 センター環境社会イノベーション研究室 室長
藤井 康正	東京大学大学院工学系研究科 教授
藤野 純一	公益財団法人地球環境戦略研究機関 プログラムディレクター
本庄 昇一	東京電力ホールディングス株式会社経営技術戦略研究所 技術開発部 部長代理
横張 真	東京大学大学院工学系研究科都市工学専攻 教授

ICT・アナリティクス・サービス分科会

座長	越塚 登	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 学環長・教授
委員	石戸 奈々子	NPO 法人 CANVAS 理事長／ 慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科 教授
	後藤 厚宏	情報セキュリティ大学院大学 学長
	杉山 将	国立研究開発法人理化学研究所革新知能統合研究センター 長／東京大学教授
	高木 聡一郎	東京大学大学院情報学環 准教授／ 国際大学グローバルコミュニケーションセンター主幹研究員
	田中 圭介	東京工業大学情報理工学院 教授
	田中 秀幸	東京大学大学院情報学環 教授
	中尾 彰宏	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 教授
	中島 秀之	札幌市立大学 理事長・学長／東京大学特任教授
	濱田 健夫	東京大学大学院情報学環学際情報学圏 助教
	原 辰徳	東京大学大学院工学系研究科 主幹研究員／ 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科 特任准教授
	比留川 博久	国立研究開発法人産業技術総合研究所 ロボットイノベーション研究センター長
	暦本 純一	東京大学大学院情報学環・学際情報学府 教授

マテリアル・デバイス・プロセス分科会

座長	榎 学	東京大学大学院工学系研究科 教授
委員	岸本 康男	JFE スチール株式会社スチール研究所 研究技監
	久保 百司	東北大学金属材料研究所 教授
	小山 珠美	昭和電工株式会社 理事／先端技術ラボ 所長
	昌原 明植	国立研究開発法人産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 副部門長
	瀬山 倫子	NTT 先端集積デバイス研究所 主幹研究員

	高井 まどか	東京大学大学院工学系研究科 教授
	高見 知秀	工学院大学教育推進機構基礎・教養科 教授
	新野 俊樹	東京大学生産技術研究所 教授
	西川 恒一	株式会社豊田中央研究所 主席研究員
	根本 香絵	国立情報学研究所 教授
	藤田 大介	国立研究開発法人物質・材料研究機構 理事長特別補佐／ 先端材料解析研究拠点
客員研究官	芦野 俊宏	東洋大学国際地域学部 教授
	安藤 寿浩	国立研究開発法人物質・材料研究機構 カーボン複合材料グループ グループリーダー
	古川 英光	山形大学大学院理工学研究科 教授／ライフ・3D プリンタ 創成センター センター長／ソフト&ウェットマター工学研究室 代表
都市・建築・土木・交通分科会		
(座長)	藤野 陽三	横浜国立大学先端科学高等研究院 上席特別教授
	饗庭 伸	首都大学東京都市環境科学研究科都市政策科学域 教授
	天野 邦彦	国土技術政策総合研究所 研究総務官 (2019 年度)
	伊藤 正秀	国土技術政策総合研究所 所長 (2018 年度)
	石田 哲也	東京大学大学院工学系研究科 教授
	腰原 幹雄	東京大学生産技術研究所 教授
	竹内 真幸	清水建設株式会社フロンティア開発室海洋開発部 上席エンジニア
	中村 いずみ	国立研究開発法人防災科学技術研究所 地震減災実験研究部門(兵庫耐震工学研究センター) 主任研究員
	古川 敦	公益財団法人鉄道総合技術研究所 総務部長
	森川 高行	名古屋大学未来社会創造機構 教授
	吉田 憲司	国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構 航空システム研究ユニット 特任担当役
宇宙・海洋・地球・科学基盤分科会		
(座長)	雨宮 慶幸	公益財団法人高輝度光科学研究センター 理事長
	伊藤 聡	国立研究開発法人物質・材料研究機構統合型材料開発・情報 基盤部門情報統合型物質・材料研究拠点 拠点長
	金谷 利治	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所 教授／J-PARC 物質・生命科学実験施設 ディビジョン長
	河野 健	国立研究開発法人海洋研究開発機構 研究担当理事補佐

武田 哲也	独立行政法人防災科学技術研究所 地震津波火山ネットワークセンター（兼）地震津波防災研究部門 主任研究員
野崎 光昭	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 名誉教授／研究支援戦略推進部主任 URA
古谷 研	創価大学大学院工学研究科 教授
本間 正修	元宇宙航空研究開発機構理事
湯本 潤司	東京大学大学院理学系研究科 教授／ 附属フotonサイエンス研究機構長

○ワーキンググループ

健康・医療・生命科学分野

「創薬技術、再生・細胞医療、遺伝子治療」細目 ワーキンググループ

(WG 長)	山口 照英(再掲)	金沢工業大学加齢医工学先端技術研究所 所長
(副 G 長)	知場 伸介(再掲)	国立研究開発法人日本医療研究開発機構創薬戦略部 創薬企画・評価課 課長
	五十嵐 隆	国立成育医療研究センター 理事長
	深尾 立	労働者健康安全機構千葉労災病院 名誉院長
	青井 貴之	神戸大学医学部 iPS 細胞応用医学分野 教授
	松山 晃文	藤田保健衛生大学再生医療学 教授
	小澤 敬也	自治医科大学遺伝子治療研究部 教授
	内田 恵理子	国立医薬品食品衛生研究所 遺伝医薬部第 1 室 室長
	石井 明子	国立医薬品食品衛生研究所 生物薬品部長
	岡部 尚文	中外製薬株式会社 上席執行役員
	上野 裕明	田辺三菱製薬株式会社 常務執行役員

「老化および非感染性疾患」細目 ワーキンググループ

(WG 長)	山田 康秀(再掲)	浜松医科大学医学部臨床腫瘍学講座 教授
	中釜 斉	国立がん研究センター 理事長
	落谷 孝広	国立がん研究センター研究所分子細胞治療研究分野 主任分野長
	金井 弥栄	慶応大学医学部病理学教室 教授
	北野 滋久	国立がん研究センター中央病院先端医療科 医員

佐々木 博己	国立がん研究センター研究所先端医療開発センター バイオマーカー探索 TR 分野長
田野崎 隆二	慶応大学輸血・細胞療法センター 教授
土屋 直人	国立がん研究センター研究所分子発がん研究ユニット ユニット長
富谷 嘉洋	中外製薬株式会社オンコロジーユニット 部長
長島 健吾	大学共同利用機関法人情報・システム研究機構 統計数理研究所医療健康データ科学研究センター 特任准教授

付録3 これまでの調査実施状況

注1:技術開発をとりまく周辺事項に関する設問にてアンケートを実施

注2:個別技術開発課題に関する課題にてアンケートを実施

	調査の対象	予測 期間	アンケートの進め方	課題(トピック) 数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)
第1 回 調 査	①社会開発(生活の向上(衣・食・住)、レジャー、都市開発、交通機関の向上、公害・災害の防止、教育の向上、②情報、③医療保健、④食糧農業、⑤工業・資源(宇宙開発、海洋開発、エネルギー開発、資源開発、鉱工業の高度化、新材料の開発))	2000年 までの 30年間	(1)課題の設定 アンケート対象者に仮の設問を掲示して、それに関連した課題を発掘してもらう。 (2)アンケート対象者の選定 ゼネラリスト及びスペシャリストを対象とし、第1回アンケートを実施 (3)アンケートの実施 課題発掘のため第1回アンケートを実施し、そこで設定した課題について、重要度の評価や実現時期の予測等を行うため第2回及び第3回のアンケートを実施した。	課題発掘のためのアンケート調査 課題数49 個別技術開発課題に関する設問 課題数644	第1回	1970年 9月18日	1970年 10月15日	2,414	1,863	77
					第2回	1971年 1月18日	1971年 1月30日	4,100	3,108	76
					第3回	1971年 3月5日	1971年 3月23日	3,108	2,482	80
第2 回 調 査	①資源・エネルギー(食料資源、森林資源、水資源、エネルギー)、②環境・安全(環境、安全)、③家庭生活・教育(家庭生活、余暇、教育)、④健康(保健・医療、労働)、⑤国土利用(輸送、情報、建設)、⑥工業生産、⑦先導的・基盤的科学技术(宇宙開発、海洋開発、ライフサイエンス、ソフトサイエンス)	2005年 までの 30年間	(1)課題の設定 技術予測検討会及び分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 ゼネラリスト及びスペシャリスト (3)アンケートの実施 ゼネラリストに対しては「技術開発をとりまく周辺事項に関する設問」及び「個別技術開発課題に関する設問」について、スペシャリストに対しては、「個別技術開発に関する設問」について、第1回及び第2回のアンケートを実施した。なお、アンケート対象者に対して課題の設定及び設問に関する視点を明確にするため、当該分野における現状、問題点、今後の展望等を明示したシナリオ及び関連樹木図を提示した。	技術開発をとりまく周辺事項に関する設問 設問数87 個別技術開発課題に関する設問 課題数656	第1回	1976年 3月6日	1976年 3月19日	注1 1,037	注1 720	注1 69
								注2 2,239	注2 1,576	注2 70
					第2回	1976年 6月14日	1976年 6月30日	注1 720	注1 606	注1 84
								注2 1,576	注2 1,316	注2 84

	調査の対象	予測 期間	アンケートの進め方	課題(トピック) 数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日	締切日	対象者 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)
第3回調査	①エネルギー・鉱物資源・水資源、②農林・水産資源、③生活・教育、④環境・安全、⑤保健・医療、⑥ライフサイエンス、⑦都市・建築・土木、⑧交通・運輸、⑨通信・情報・エレクトロニクス、⑩宇宙、⑪海洋、⑫材料・素子、⑬生産・労働	2010年 までの 30年間	(1)課題の選定 技術予測検討会及び分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 産・学・官等各界の自然科学分野だけでなく、人文、社会科学分野にわたる、各分野の専門家を対象とし、年齢層が広い範囲にわたるよう配慮して選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。なお、アンケートに当たっては、課題の選定及び設問に関する頂点を明確にすることより技術開発の信頼性を高めるため当該分野の「客観的背景」を提示した。	技術開発課題に関する設問 課題数800	第1回	1981年 12月11日	1981年 12月25日	2,242	1,962	88
					第2回	1982年 7月19日	1982年 7月31日	1,962	1,727	88
第4回調査	①物資・材料・加工、②情報・電子・ソフト、③ライフサイエンス、④宇宙、⑤海洋、⑥地球、⑦農林水産、⑧鉱物・水資源、⑨エネルギー、⑩生産・労働、⑪保健・医療、⑫生活、教育、文化、⑬運輸、⑭通信、⑮都市・建築、⑯環境、⑰安全	2015年 までの 30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 産・学・官等各界の自然科学分野だけではなく、人文、社会科学分野にわたる、各分野の専門家を対象とした。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,071	第1回	1986年 6月15日	1986年 6月30日	3,142	2,487	79
					第2回	1986年 11月25日	1986年 12月10日	2,487	2,007	81
第5回調査	①材料・プロセス、②情報・エレクトロニクス、③ライフサイエンス、④宇宙、⑤素粒子、⑥海洋・地球、⑦鉱物・水資源、⑧エネルギー、⑨環境、⑩農林水産、⑪生産、⑫都市・建築・土木、⑬通信、⑭交通、⑮保健・医療、⑯社会生活	2020年 までの 30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 産・学・官等各界の各分野の専門家を対象とした。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,149	第1回	1991年 7月17日	1991年 8月5日	3,334	2,781	83
					第2回	1991年 12月9日	1992年 1月17日	2,781	2,385	86

	調査の対象	予測 期間	アンケートの進め方	課題(トピック) 数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日 (開始日)	締切日	対象者 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)
第6回調査	①材料・プロセス、②エレクトロニクス、③情報、④ライフサイエンス、⑤宇宙、⑥海洋・地球、⑦資源・エネルギー、⑧環境、⑨農林水産、⑩生産・機械、⑪都市・建築・土木、⑫通信、⑬交通、⑭保健・医療・福祉	2025年 までの 30年間	(1)課題の選定 分科会において設定した。 (2)アンケートの対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測等に関し、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,072	第1回	1996年 8月7日	1996年 8月26日	4,868	4,220	87
					第2回	1996年 12月10日	1996年 12月24日	4,196	3,586	85
第7回調査	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、⑤農林水産・食品、⑥海洋・地球、⑦宇宙、⑧資源・エネルギー、⑨環境、⑩材料・プロセス、⑪製造、⑫流通、⑬経営・管理、⑭都市・建築・土木、⑮交通、⑯サービス	2030年 までの 30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 (1)で設定した「技術開発課題」について重要度の評価や実現時期の予測、全分野共通に「我が国の重点科学技術分野」を問う設問、30年後の世界や日本の状況を問う分野固有の設(5分野のみ)を設けて、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数1,065 重点科学技術分野に関する設問 設問数 2	第1回	2000年 8月7日	2000年 8月31日	4,448	3,813	86
					第2回	2000年 12月5日	2000年 12月27日	3,809	3,106	82
第8回調査	① 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	2035年 までの 30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 分野・領域・予測課題という階層構造を前提として調査対象として領域を導入した。領域については、現時点および中期的な効果、現在および5年後の日本の研究開発水準を問う設問を設けた。個別課題については、技術的实现時期と社会的適用時期の2つの実現時期、それぞれにおける政府の関与等を問う質問を設けた。また、全分野共通に「我が国の科学技術分野の展開」を問う設問、30年後の社会の予測を問う分野固有の設問を設けて、第1回及び第2回のアンケートを実施した。	技術開発課題に関する設問 課題数858 領域に関する設問 設問数 4 全分野共通設問 設問数 2	第1回	2004年 9月24日	2004年 10月18日	4,219	2,659	63
					第2回	2004年 12月2日	2005年 1月5日	2,659	2,239	84

	調査の対象	予測 期間	アンケートの進め方	課題(トピック) 数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日 (開始日)	締切日	対象者 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)
第 9 回 調 査	No.1～No.12 分科会 ※各分科会の視点は下記のとおり。 ①ユビキタス社会に、電子・通信・ナノテクノロジーを生かす、②情報処理をメディアやコンテンツまで拡大して議論、③バイオとナノテクノロジーを人類貢献へ繋げる、④ITなどを駆使して医療技術を国民の健康な生活へ繋げる、⑤宇宙・地球のダイナミズムを理解し、人類の活動領域を拡大する科学技術、⑥多彩なエネルギー技術変革を起こす、⑦水・食料・鉱物などあらゆる種類の必要資源を扱う、⑧環境を保全し持続可能な循環型社会を形成する技術、⑨物質、材料、ナノシステム、加工、計測などの基盤技術、⑩産業・社会の発展と科学技術全般を総合的に支える製造技術、⑪科学技術の進展によりマネジメント強化すべき対象全般、⑫生活基盤・産業基盤を支えるインフラ技術群	2040年 までの 30年間	(1)課題の設定 分科会において設定した。 (2)アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者、あるいはこれらに相当する人を調査の対象者として選出した。 (3)アンケートの実施 分科会(学際性を加味した話題別分野)・区分・予測課題という階層構造を前提として調査対象として領域を導入した。 個別課題については、技術的实现時期と社会的实现時期の2つの实现時期、それぞれにおける实现を牽引するセクターを問う質問を設けた。なお、区分については、予測課題に関する設問後、将来の世界的課題・国民的課題の解決となる区分、区分における重点的に取り組むべき研究開発テーマ、区分を発展させる上で国際関係のあるべき姿、関係強化国、政府が重点的に取り組むべき事項、地球環境問題対応・持続的発展の両立に向けた研究開発テーマ等を問う設問を設けた。	技術開発課題に関する設問 課題数 832 区分に関する設問 設問数 5	第1回	2009年 10月17日	2009年 12月18日	3,992	3,337	84
					第2回	2010年 1月30日	2010年 2月19日	3,331	2900	87

	調査の対象	予測 期間	アンケートの進め方	課題(トピック) 数	アンケートの実施時期			アンケートの回収状況		
					回数	発送日 (開始日)	締切日	対象者 (人)	回収数 (人)	回収率 (%)
第 10 回 調 査	① ICT・アナリティクス、 ② 健康・医療・生命科学 ③ 農林水産・食品・バイオテクノロジー ④ 宇宙・海洋・地球・科学基盤 ⑤ 環境・資源・エネルギー ⑥ マテリアル・デバイス・プロセス ⑦ 社会基盤 ⑧ サービス化社会	2050年 までの 35年間	(1) 課題(トピック)の設定 分科会において設定した。必要に応じ、ワーキンググループを設けて検討を行い、分科会に提出した。 (2) アンケート対象者の選定 当該調査分に関して専門的な知識を有する研究開発従事者、研究管理者等が所属すると考えられる学協会を分科会が抽出、180 程度の学協会に対し、会員等への周知を依頼した。協力の意志のある会員等が、専用サイトで回答協力者登録を行うことにより、回答者群を確定させた。 (3) アンケートの実施 ウェブアンケートにより実施した。 分野・細目・科学技術トピックという階層構造を設けた。 アンケートページは、細目単位で構成され、回答者が分野と細目を選択すると、トピックと質問が順番に表示された。回答者は、回答する分野を登録時に申請しているが、すべての分野及び細目を選択して回答することができた。 科学技術トピックについては、研究開発特性(重要度、国際競争力、不確実性、非連続性、倫理性)、技術的実現の可能性及び実現予測時期、技術的実現のための重点施策、社会実装の可能性及び実装予測時期、社会実装のための重点施策を問う質問を設けた。	技術開発課題 に関する設問 課題数 932	第1回	2014年9 月1日	2014年9 月30日	5237	4309	
					第2回 (参考 値とし て)	2014年10 月6日	2014年10 月24日	4309	1933	

調査研究体制

文部科学省科学技術・学術政策研究所

[全体統括]

赤池 伸一 上席フェロー

<総括、報告書取りまとめ>

横尾淑子 科学技術予測センター長
黒木優太郎 科学技術予測センター 研究官

<分野担当>

重茂浩美 科学技術予測センター センター長補佐 [健康・医療・生命科学]
伊藤裕子 科学技術予測センター センター長補佐 [農林水産・食品・バイオテクノロジー]
浦島邦子 科学技術予測センター センター長補佐 [環境・資源・エネルギー]
河岡将行 科学技術予測センター 特別研究員 [環境・資源・エネルギー]
黒木優太郎 科学技術予測センター 研究官 [ICT・アナリティクス・サービス]
林 和弘 科学技術予測センター 上席研究官 [ICT・アナリティクス・サービス]
小柴 等 第2 調査研究グループ 上席研究官 [ICT・アナリティクス・サービス]
蒲生秀典 科学技術予測センター 特別研究員 [マテリアル・デバイス・プロセス]
白川展之 科学技術予測センター 主任研究官 [都市・建築・土木・交通]
横尾淑子 科学技術予測センター長 [宇宙・海洋・地球・科学基盤]

<アンケート設計・システム>

重茂浩美 科学技術予測センター センター長補佐
白川展之 科学技術予測センター 主任研究官
森 薫 科学技術予測センター 技術参与

調査委託

公益財団法人未来工学研究所

大竹 裕之 政策調査分析センター 主任研究員
依田 達郎 政策調査分析センター 主席研究員
三重野 覚太郎 政策調査分析センター 主席研究員
野呂 高樹 政策調査分析センター 主任研究員
田原 敬一郎 政策調査分析センター 主任研究員
山本 智史 政策調査分析センター 研究員

調査資料-292

第 11 回科学技術予測調査
デルファイ調査

2020 年 6 月

文部科学省 科学技術・学術政策研究所
科学技術予測センター

〒100-0013 東京都千代田区霞が関 3-2-2 中央合同庁舎第 7 号館 東館 16 階
TEL: 03-3581-0605 FAX: 03-3503-3996

S&T Foresight 2019: Delphi Survey

June 2020

Science and Technology Foresight Center
National Institute of Science and Technology Policy (NISTEP)
Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (MEXT), Japan

<http://doi.org/10.15108/rm292>



<http://www.nistep.go.jp>