

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

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

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、科学技術的实现では 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ために必要な「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・マニュファクチャリング、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・マニュ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、オペランド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(ムーアの則の終焉)、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な要素技術は、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タ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繋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・マニュファクチャリング」、「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・マニュファクチャリング	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、バイオミメティクス・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、バイオファブ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

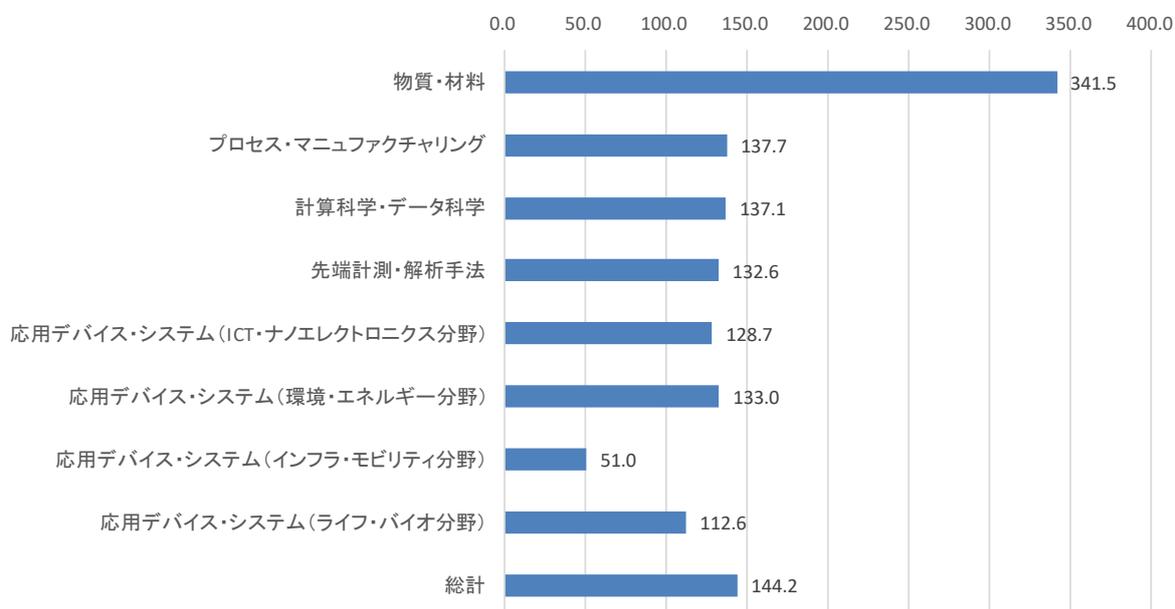
本分野についての回答者内訳(2回目調査)は以下の表のようになっている。

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
年代	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)

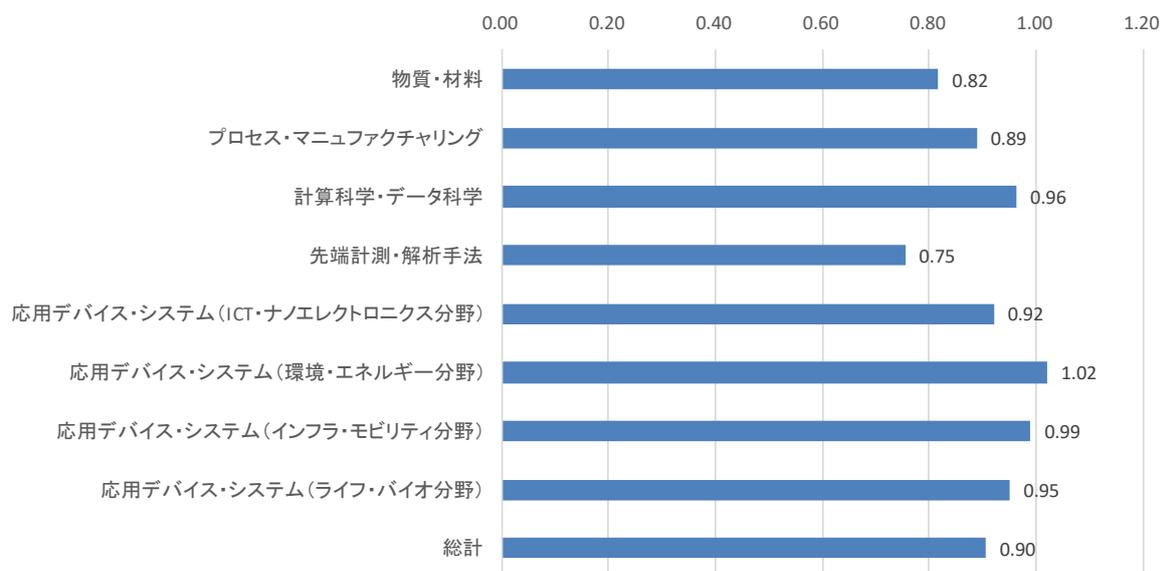
	科学技術トピック	重要度	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	1.50	2030	2032	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
497	体内情報(薬物動態、癌マーカー、感染、その他血液成分)をモニタリングするウェアラブルデバイス	1.32	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
473	変換効率 50%を超える太陽電池	1.31	2033	2036	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
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	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)

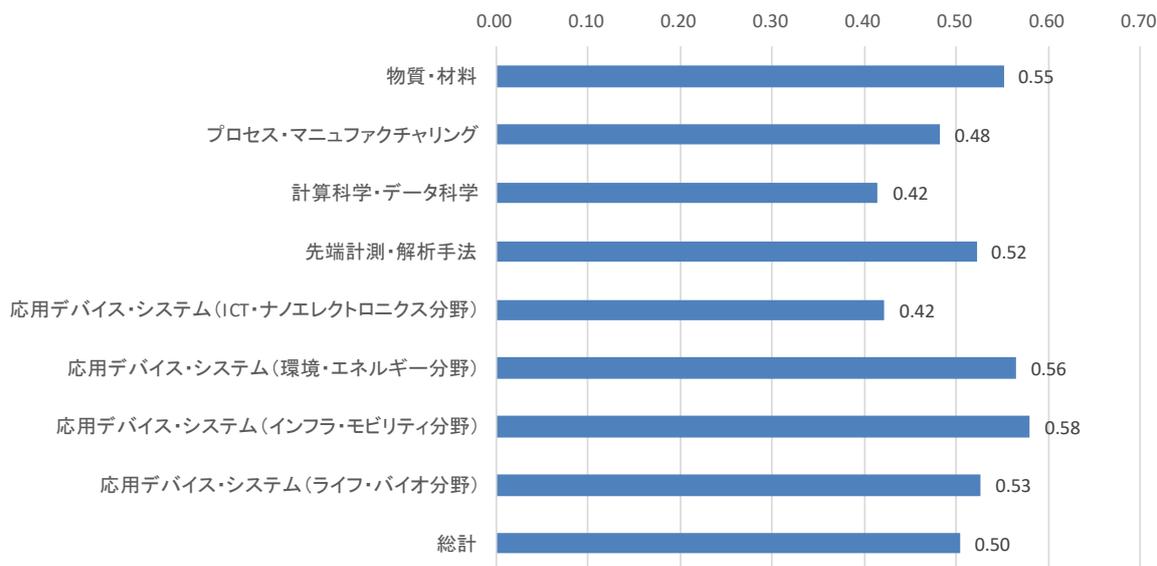
	科学技術トピック	国際競争力	科学技術的実現時期	社会的実現時期	細目
475	水素社会を目指して、貴金属使用量が触媒劣化を考慮した上で、対 2018 年比で 10 分の 1 以下となる燃料電池	0.94	2032	2033	応用デバイス・システム(環境・エネルギー)
412	炭化ケイ素(SiC)、窒化ガリウム(GaN)を更に超える電力・動力用高効率パワー半導体	0.92	2029	2033	物質・材料
474	エネルギー密度 1kWh/kg 以上、出力密度 1kW/kg 以上(自動車なら現行の大きさ・重量で航続距離が 500km に相当)の性能をもつ高容量高出力電池	0.91	2030	2032	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。

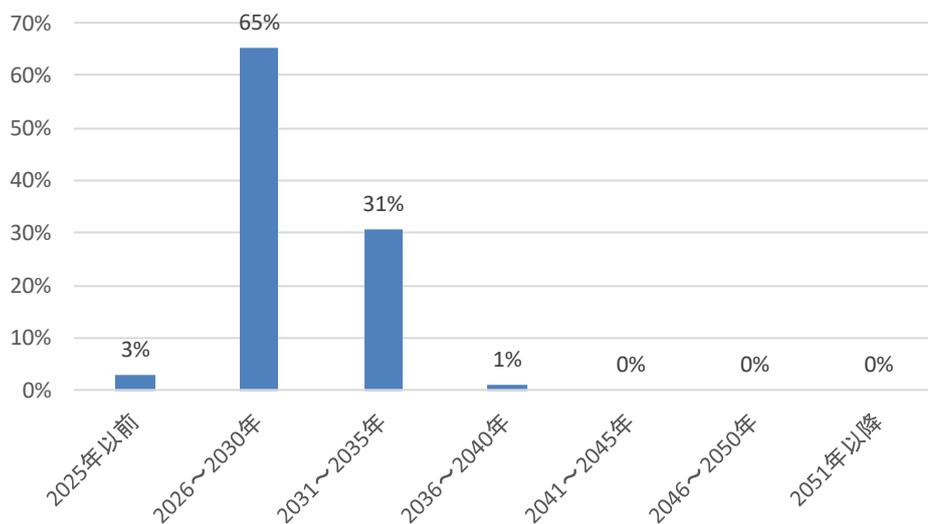
図表 II- 5-8 科学技術トピックの国際競争力(下位 5 位)

	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. 科学技術的実現予測時期

科学技術的実現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-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

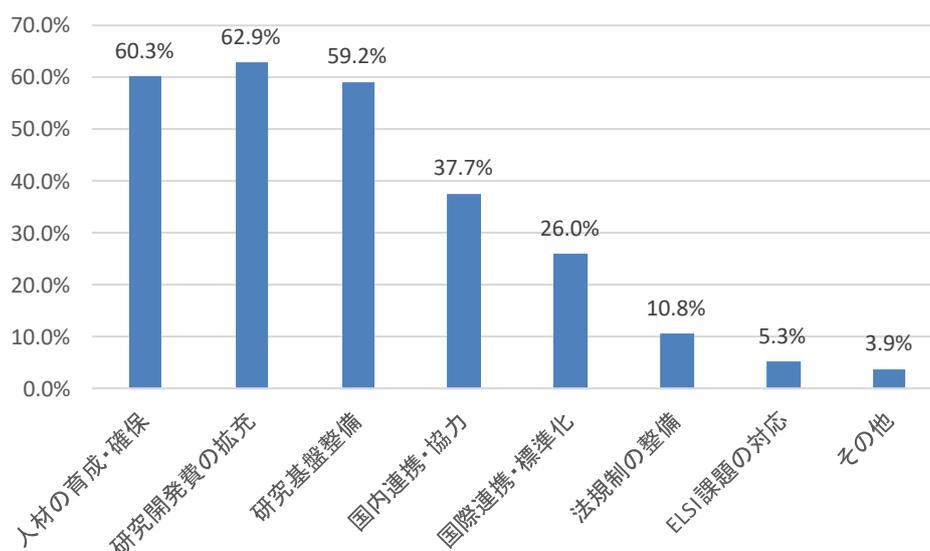
5.4.4. 科学技術的実現に向けた政策手段

(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。

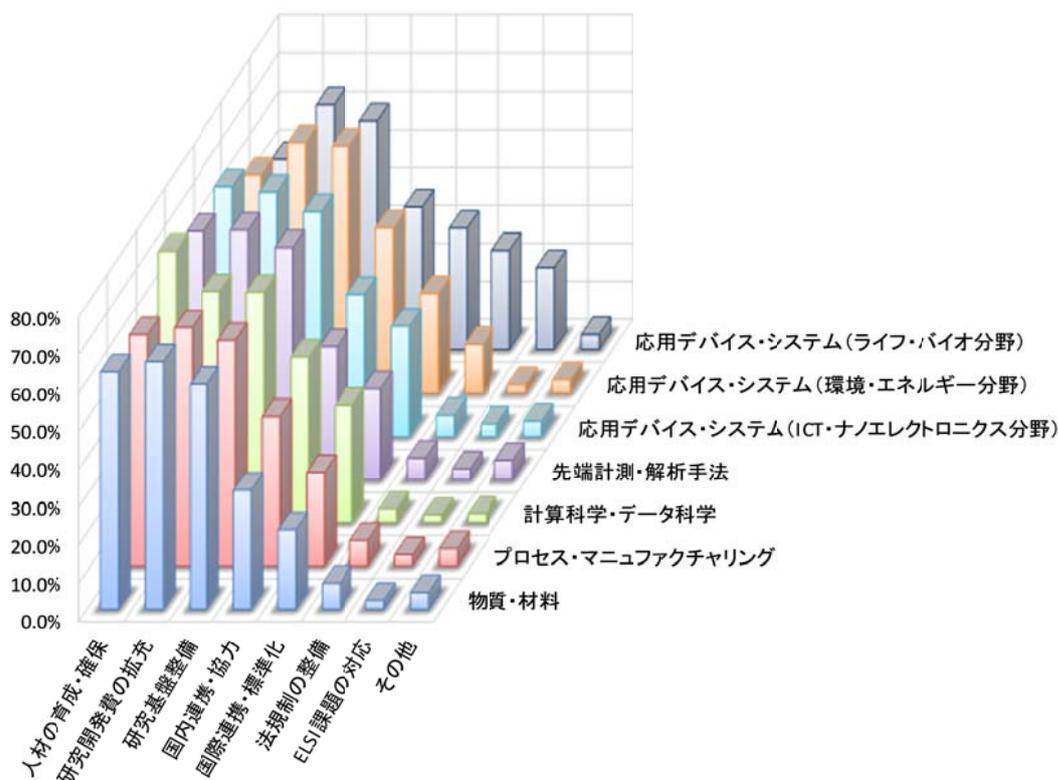
図表 II- 5-13 科学技術的実現に向けた政策手段(%)



(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-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	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)	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-5-18 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

科学技術的实现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-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	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

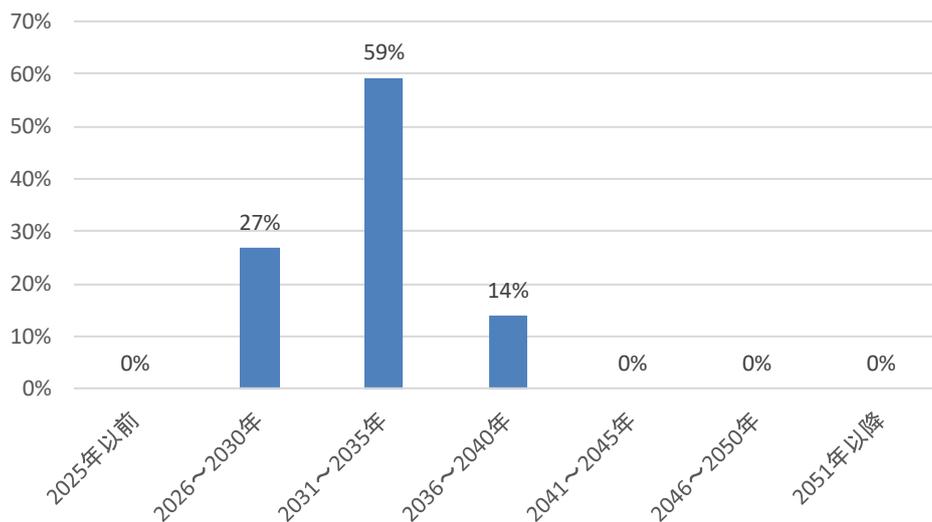
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
501	生体外で生体組織を培養するシステムおよびバイオマテリアル	1%	2029	2033	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)
435	複合材料における高次構造の解明とその理解に基づく特性、機能、劣化などの予測を可能とするシミュレーション技術	1%	2029	2032	計算科学・データ科学
499	バイオメティクスに基づく表面や構造を有し、耐久性、安全性が飛躍的に向上する生体適合材料	0%	2028	2031	応用デバイス・システム(ライフ・バイオ)

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・マニュファクチャリング」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・マニュファクチャリング		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メートル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

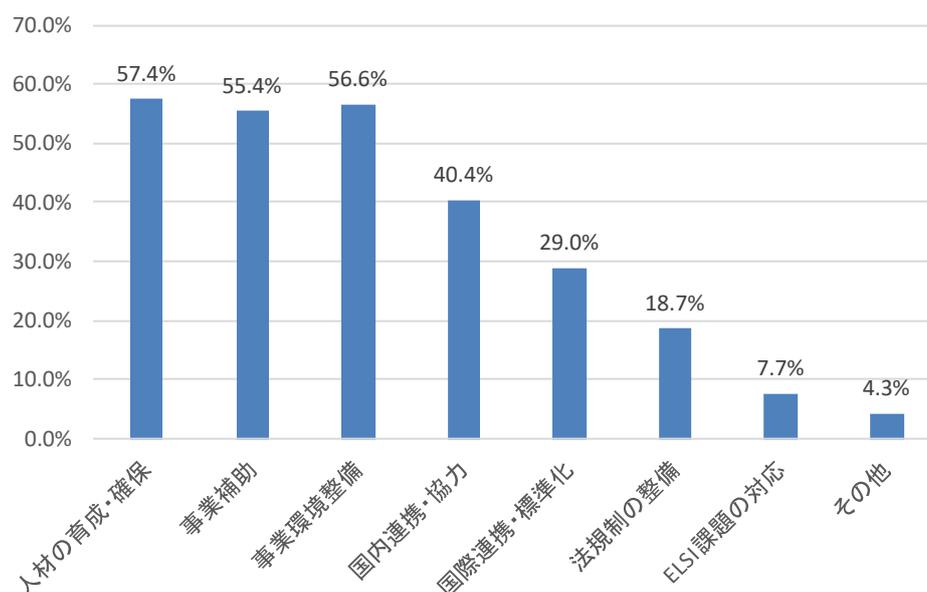
5.4.6. 社会的実現に向けた政策手段

(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。

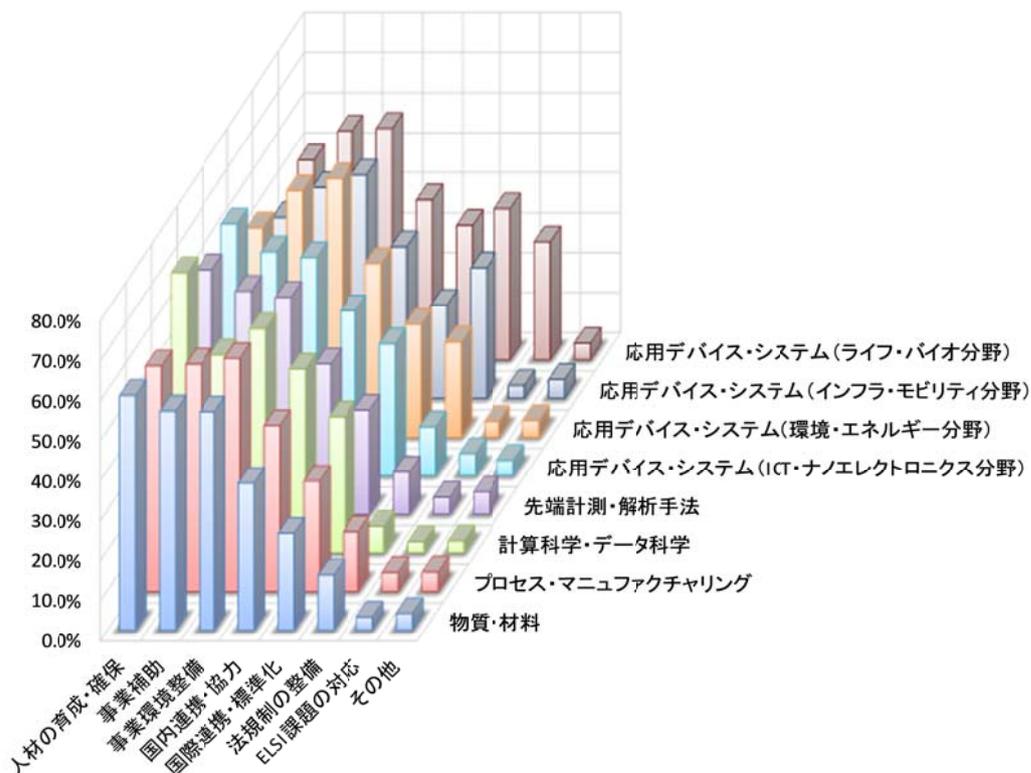
図表 II- 5-27 社会的実現に向けた政策手段



(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	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
物質・材料	58.6%	54.7%	54.5%	36.7%	24.1%	13.7%	3.3%	4.1%
プロセス・マニュファクチャリング	56.3%	56.7%	58.2%	41.5%	27.5%	14.8%	4.7%	4.8%
計算科学・データ科学	70.0%	49.5%	56.0%	45.9%	34.0%	6.5%	2.7%	2.9%
先端計測・解析手法	61.0%	55.7%	54.2%	37.5%	26.0%	10.5%	4.2%	5.5%
応用デバイス・システム (ICT・ナノエレクトロニクス分野)	62.9%	55.9%	54.5%	41.2%	32.9%	12.1%	5.4%	3.8%
応用デバイス・システム (環境・エネルギー分野)	52.2%	61.5%	64.5%	43.3%	28.1%	23.7%	3.9%	4.0%
応用デバイス・システム (インフラ・モビリティ分野)	45.2%	52.6%	55.8%	37.9%	23.3%	32.7%	3.2%	4.6%
応用デバイス・システム (ライフ・バイオ分野)	49.9%	57.2%	57.8%	39.9%	33.6%	37.7%	29.5%	4.1%
総計	57.4%	55.4%	56.6%	40.4%	29.0%	18.7%	7.7%	4.3%

○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-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	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)
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	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)

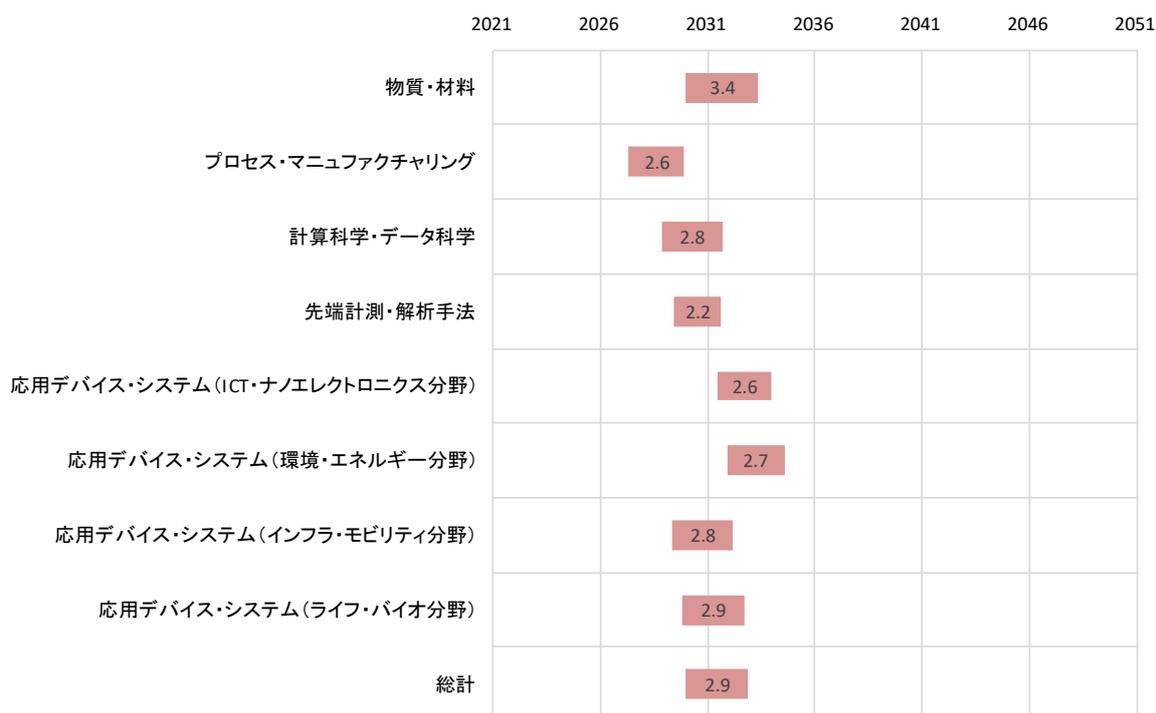
科学技術トピック		その他	科学技術的 実現時期	社会的 実現時期	細目
505	量子もつれ光による超高精度測定を利用した新規な生命現象、生化学現象の解明	12%	2033	2036	応用デバイス・システム (ライフ・バイオ)
455	角度分解電子エネルギー分析に用いられる、径が1メートル以上の楕円メッシュ	11%	2029	2030	先端計測・解析手法
428	直接還元などの新しい製造システムの構築による低環境負荷精錬技術	9%	2030	2033	プロセス・マニュファクチャリング
426	除去加工を必要としない素形材技術(ニアネットシェーブ技術)	9%	2027	2029	プロセス・マニュファクチャリング
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)



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メテイクス材料	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)
	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体を製造する技術
	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
	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	
2029	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	ピコメータースケールで原子・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(バイオファブリケーション)
	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イクス材料
	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)
	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
	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
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
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	
2032	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
	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
2034	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

分野	細目	トピック番号	トピック	アンケート区分	回答者(人)	専門度				重要度				国際競争力				科学技術の実現予測時期						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																
						高	中	低	非常に高い	高い	どちらでもない	低い	非常に低い	非常に高い	高い	どちらでもない	低い	非常に低い	2025年以前	2026~2030年	2031~2035年	2036~2040年	2041~2045年	2046~2050年	実現しない	わからない	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	無回答	2025年以前	2026~2030年	2031~2035年	2036~2040年	2041~2045年	2046~2050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	国際連携・標準化	法規制の整備	ELSIへの対応	その他	無回答
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)				
マテリアル・デバイス・プロセス	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	1	54	19	24	57	30	39	28	4	0	13	41	37	9	0		4	28	54	57	43	30	13	9	0	4	17		2	30	50	52	50	35	20	22	0	6	19											
			2	51	18	24	59	29	39	27	4	0	10	43	37	10	0		4	27	51	57	45	29	14	8	0	4	18		2	29	47	53	49	35	24	24	0	6	20											
			専1	10	100	0	0	90	10	0	0	0	40	40	20	0	0		10	0	80	80	50	60	20	0	0	10	0		0	10	80	70	60	60	50	40	0	10	0											
			専	9	100	0	0	89	11	0	0	0	33	44	22	0	0		11	0	78	78	56	56	22	0	0	11	0		0	11	78	67	56	56	56	44	0	11	0											
	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	53	13	32	55	38	38	21	4	0	21	40	36	4	0		9	30	47	60	45	36	19	11	0	4	19		8	32	51	47	51	34	23	25	0	8	21											
			2	51	14	31	55	41	37	18	4	0	20	43	33	4	0		10	29	45	61	47	35	20	12	0	4	20		8	31	49	49	53	35	24	25	0	8	22											
			専1	7	100	0	0	71	29	0	0	0	71	29	0	0	0		0	0	86	86	71	57	43	43	0	0	0		0	0	86	71	86	57	71	57	0	0	0											
			専	7	100	0	0	71	29	0	0	0	71	29	0	0	0		0	0	86	86	71	57	43	43	0	0	0		0	0	86	71	86	57	71	57	0	0	0											
	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	64	23	31	45	42	44	14	0	0	16	41	41	3	0		0	17	61	64	55	42	27	22	0	5	9		0	19	56	58	66	48	25	38	2	3	9											
			2	58	24	26	50	43	43	14	0	0	16	43	38	3	0		0	17	57	62	57	45	28	24	0	5	10		0	19	53	59	67	50	28	40	2	3	10											
			専1	15	100	0	0	67	27	7	0	0	47	47	7	0	0		0	7	67	73	73	40	33	20	0	0	0		0	7	53	53	73	60	40	60	7	0	0											
			専	14	100	0	0	71	21	7	0	0	43	50	7	0	0		0	7	64	71	79	43	43	29	0	0	0		0	7	50	57	71	57	43	64	7	0	0											
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	1	50	8	18	74	32	50	14	4	0	14	24	48	12	2		0	32	50	48	54	48	22	40	8	4	16		0	32	48	58	62	50	24	52	16	4	12												
		2	47	9	17	74	32	51	15	2	0	15	21	49	13	2		0	32	47	47	55	49	21	43	9	4	17		0	32	45	57	66	53	26	53	15	4	13												
		専1	4	100	0	0	75	25	0	0	0	75	0	0	25	0		0	0	50	25	100	25	50	50	0	0	0		0	0	25	25	75	25	50	75	25	0	0												
		専	4	100	0	0	75	25	0	0	0	75	0	0	25	0		0	0	50	25	100	25	50	50	0	0	0		0	0	25	25	75	25	50	75	25	0	0												
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	45	9	11	80	36	38	24	2	0	9	38	42	11	0		2	33	40	40	36	40	7	27	2	2	22		2	33	31	51	47	40	9	42	9	4	16												
		2	42	10	14	76	40	38	19	2	0	10	36	43	12	0		2	33	40	38	38	38	7	31	2	2	24		2	33	31	52	50	40	10	48	10	5	17												
		専1	4	100	0	0	100	0	0	0	0	50	0	25	25	0		0	0	100	50	50	25	25	25	0	0	0		0	0	50	50	50	50	0	50	25	0	0												
		専	4	100	0	0	100	0	0	0	0	50	0	25	25	0		0	0	100	50	50	25	25	25	0	0	0		0	0	50	50	50	50	0	50	25	0	0												
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	1	52	12	19	69	25	25	37	10	4	10	29	58	4	0		8	33	40	46	48	29	21	27	0	6	21		12	37	35	40	52	33	27	40	2	6	21												
		2	49	10	18	71	22	27	39	8	4	10	27	59	4	0		8	33	39	47	49	29	20	27	0	6	20		12	37	35	41	55	33	27	41	2	6	20												
		専1	6	100	0	0	67	33	0	0	0	50	50	0	0	0		0	0	67	67	83	67	0	50	0	0	0		0	0	50	67	100	67	50	83	17	0	0												
		専	5	100	0	0	60	40	0	0	0	60	40	0	0	0		0	0	60	60	80	60	0	60	0	0	0		0	0	60	60	100	60	40	80	20	0	0												
マテリアル・デバイス・プロセス	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	1	111	7	23	70	14	24	32	16	13	5	28	48	14	5		3	20	34	46	37	25	21	32	27	7	14		7	22	33	36	40	32	24	43	32	7	15											
			2	109	7	22	71	14	25	33	17	12	5	29	48	15	4		2	20	35	46	37	25	21	32	26	7	14		6	22	34	36	40	32	25	43	30	7	16											
			専1	8	100	0	0	50	25	25	0	0	25	38	25	13	0		0	0	75	75	38	50	38	50	38	0	0		0	13	50	63	88	50	75	63	63	0	0											
			専	8	100	0	0	50	25	25	0	0	25	38	25	13	0		0	0	75	75	38	50	38	50	38	0	0		0	13	50	63	88	50	75	63	63	0	0											
	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	1	126	23	30	47	29	48	21	2	2	14	43	40	3	0		3	11	45	67	62	40	27	30	8	4	10		3	13	52	61	60	45	31	38	12	3	10											
			2	121	22	30	48	28	47	21	2	2	15	44	39	2	0		3	12	44	66	63	40	27	30	8	4	11		3	13	50	60	60	45	31	38	12	3	10											
			専1	29	100	0	0	52	38	10	0	0	28	41	24	7	0		0	0	62	86	62	48	38	38	14	0	0		0	0	66	76	66	62	41	45	17	0	0											
			専	27	100	0	0	48	41	11	0	0	30	41	22	7	0		0	0	59	85	63	48	37	33	15	0	0		0	0	63	74	67	63	41	41	19	0	0											
	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	1	114	18	30	52	31	39	24	7	0	18	44	32	5	0		0	17	53	67	66	40	31	13	11	3	11		0	18	49	58	62	43	33	22	16	3	11											
			2	113	19	30	51	31																																												

分野	細目	トピック番号	トピック	アンケート区分	回答者(人)	専門度				重要度				国際競争力				科学技術の実現予測時期						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																				
						高	中	低	非常に高い	高い	どちらでもない	低い	非常に低い	非常に高い	高い	どちらでもない	低い	非常に低い	実現済み	2025年以前	2026~2030年	2031~2035年	2036~2040年	2041~2045年	2046~2050年	2051年以後	実現しない	わからない	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	無回答	実現済み	2025年以前	2026~2030年	2031~2035年	2036~2040年	2041~2045年	2046~2050年	2051年以後	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	国際連携・標準化	法規制の整備	ELSIへの対応	その他	無回答
						(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)			
マテリアル・デバイス・システム(ライフ・バイオ分野)	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	125	22	42	37	45	42	12	1	0	16	37	37	10	1		1	15	61	76	70	41	41	42	38	2	6		2	15	59	67	64	46	44	60	46	2	6															
			2	122	21	41	38	46	41	12	1	0	16	37	36	10	1		1	15	61	78	71	41	41	43	39	2	4		2	15	58	70	66	47	44	61	48	2	4															
			専1	27	100	0	0	74	15	11	0	0	41	19	33	7	0		0	7	78	96	85	56	41	44	44	0	4		4	7	74	74	89	67	41	63	56	4	4															
			専	26	100	0	0	73	15	12	0	0	42	15	35	8	0		0	8	77	96	85	54	38	42	42	0	4		4	8	73	73	88	65	38	62	54	4	4															
	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	117	15	37	49	39	37	20	3	1	9	32	45	12	1		3	21	56	68	64	42	40	45	41	3	9		3	22	59	59	57	41	39	59	55	3	10															
			2	114	15	36	49	39	37	20	3	1	10	32	45	12	1		3	21	57	70	65	43	41	46	41	4	9		3	23	58	61	58	42	40	60	56	4	10															
			専1	17	100	0	0	82	18	0	0	0	41	18	29	12	0		0	0	76	71	76	59	59	65	47	0	6		0	0	76	65	76	59	59	65	59	6	6															
			専	17	100	0	0	82	18	0	0	0	41	18	29	12	0		0	0	76	71	76	59	59	65	47	0	6		0	0	76	65	76	59	59	65	59	6	6															
	499	バイオメテッ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	126	28	36	37	33	46	17	3	1	15	53	29	3	0		1	17	56	75	66	43	36	21	13	0	11		1	17	53	66	71	44	33	33	22	1	10															
			2	121	28	36	36	33	45	17	3	1	16	52	29	3	0		1	17	55	75	65	41	35	21	13	0	12		1	17	51	66	71	44	33	33	23	1	11															
			専1	35	100	0	0	77	17	3	3	0	40	40	17	3	0		0	3	66	89	77	60	49	29	20	0	3		0	3	66	77	80	60	51	40	29	0	3															
			専	34	100	0	0	76	18	3	3	0	41	38	18	3	0		0	3	65	88	76	59	50	26	18	0	3		0	3	65	76	79	59	53	38	29	0	3															
	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	103	10	28	62	34	50	15	0	1	14	32	48	7	0		2	30	47	63	61	38	38	39	36	3	15		2	30	48	57	61	40	34	49	46	3	15															
			2	102	10	28	62	35	50	15	0	0	14	33	46	7	0		2	29	47	64	62	38	38	38	35	3	15		2	29	48	58	62	40	35	49	46	3	14															
			専1	10	100	0	0	80	20	0	0	0	80	20	0	0	0		0	10	80	90	90	80	60	80	80	0	0		0	10	60	90	100	90	80	90	80	0	0															
			専	10	100	0	0	80	20	0	0	0	80	20	0	0	0		0	10	80	90	90	80	60	80	80	0	0		0	10	60	90	100	90	80	90	80	0	0															
	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	125	28	30	42	41	46	10	2	1	19	50	26	5	0		0	13	62	67	66	48	38	36	42	2	8		0	16	57	67	66	47	35	58	54	2	6															
			2	121	26	31	42	40	47	11	2	0	18	50	26	5	0		0	12	63	69	66	49	38	37	43	1	8		0	16	58	69	67	49	37	60	55	1	6															
			専1	35	100	0	0	69	31	0	0	0	51	37	6	6	0		0	0	69	74	69	57	57	49	49	3	3		0	3	66	86	77	60	51	74	63	3	0															
			専	32	100	0	0	69	31	0	0	0	50	38	6	6	0		0	0	72	78	69	59	59	53	53	0	3		0	3	72	91	81	66	56	78	66	0	0															
	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)	1	112	16	30	54	34	46	15	3	3	9	40	41	10	0		5	14	53	63	66	46	35	43	42	2	12		6	17	54	56	55	46	37	63	58	2	12															
			2	110	16	31	53	34	46	15	2	3	8	41	41	10	0		5	15	52	64	66	45	35	43	42	2	12		5	17	54	57	56	46	37	62	57	2	12															
			専1	18	100	0	0	78	22	0	0	0	33	50	11	6	0		0	0	67	89	94	67	50	56	50	0	0		0	6	67	83	83	72	67	67	56	0	0															
			専	18	100	0	0	78	22	0	0	0	33	50	11	6	0		0	0	67	89	94	67	50	56	50	0	0		0	6	67	83	83	72	67	67	56	0	0															
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	1	108	18	34	48	24	37	31	7	1	7	34	49	7	2		2	31	46	64	57	26	24	9	8	6	17		2	32	49	58	53	28	26	17	14	6	17																
		2	107	18	34	49	23	37	31	7	1	7	35	49	7	2		2	32	46	64	58	26	24	9	8	6	17		2	32	49	59	53	28	26	17	14	6	17																
		専1	19	100	0	0	53	32	11	5	0	26	47	21	5	0		0	11	79	84	89	47	42	21	16	0	0		0	11	74	79	74	47	47	32	21	0	0																
		専	19	100	0	0	53	32	11	5	0	26	47	21	5	0		0	11	79	84	89	47	42	21	16	0	0		0	11	74	79	74	47	47	32	21	0	0																
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	1	114	19	23	58	25	34	32	7	2	5	39	47	8	0		2	25	47	55	57	32	28	4	4	5	17		2	25	49	50	51	32	28	7	5	6	16																
		2	111	19	23	59	25	34	32	8	1	5	40	47	8	0		1	24	47	55	58	34	29	5	5	5	17		1	25	48	50	51	33	29	7	5	6	16																
		専1	22	100	0	0	45	36	14	0	5	14	50	27	9	0		0	5	73	64	73	45	32	0	0	5	9		0	5	68	64	64	45	36	5	5	9	9																
		専	21	100	0	0	48	38	10	0	5	14	52	24	10	0		0	5	71	62	71	48	33	0	0	5	10		0	5	67	62	62	48	38	5	5																		

