

マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて （戦略準備会合取りまとめ）

令和2年6月2日

マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合

はじめに

- 今、日本、そして世界は激動の時期にある。科学技術イノベーションに関係する動きだけでも、デジタル革命の飛躍的進展、米中貿易摩擦をはじめとするグローバル環境の変化、環境・気候問題に対する意識の変化、新型コロナウイルス感染症の世界的流行など、この数年の間に次々と重要な変化が生まれている。社会変化のスピードが速いからこそ、国家の命運を左右する政策領域を対象に、機動的に戦略を打ち出していくことの必要性が高まっている。
- 令和 2 年（2020 年）2 月、文部科学省及び経済産業省は、物質、材料、デバイスといった「マテリアル」の産業・イノベーション上の重要性の拡大と、我が国のマテリアルの強みが大きな危機にある現状等を受けて、マテリアル革新力の強化に向けた検討を開始した。その後、同年 4 月、両省の下に「マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合」を設置し、統合イノベーション戦略 2020 及び第 6 期科学技術基本計画を視野に入れた本格的な検討を実施し、今般、マテリアル革新力強化のための政府戦略策定に向けた基本的な考え方、今後の取組の方向性等を取りまとめた。
- 現在、新型コロナウイルス感染症の発生・拡大が、我が国、そして世界の経済・社会に大きな影響を及ぼしている。そうした中において、我が国の輸出産業を支え、国内外の様々な社会課題解決に貢献するマテリアルの革新力を高めることは、今後の日本経済・社会の強靱化のために不可欠となる。また、感染症の拡大を防ぐ抗菌・抗ウイルス材料や、病原体の高感度検出を可能とするナノスケール材料など、新型感染症対策に直接的に貢献する、あるいは貢献が大きく期待できるマテリアルも生まれてきている。不確実性を増す社会において、マテリアルの知を迅速に社会実装できる環境を常に備えておくことが重要となる。加えて、新型感染症の影響により人々の価値観や行動様式に変化が生まれつつあり、産学官のマテリアルの研究開発現場や製造現場のデジタルトランスフォーメーションを加速する機会でもある。研究開発手法や環境のデジタル化、リモート化、スマート化、オンデマンド化の実現を通じて、我が国の研究開発・製造現場が、強靱性を伴いつつ、その生産性と創造性を高めていくことが今まさに求められている。本取りまとめが指針となり、産学官の関係者によりマテリアル革新力を高めるための取組を一体的かつ迅速に進めていくことができれば、これからの新しい時代において、我が国のマテリアルから世界の産業・イノベーションを力強く牽引していくことが期待できる。
- 今後政府には、本取りまとめの内容を統合イノベーション戦略 2020 に明確に位置付け、具体的取組について速やかに着手するとともに、第 6 期科学技術基本計画に向けた検討とも足並みを揃えつつ、政府全体として、産学官のマテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた検討を継続、深化させていくことを望みたい。

1. 戦略策定の必要性

- 今なぜマテリアルなのか。社会変革の歴史を振り返ればそこには全て物質、材料、デバイスといったマテリアルが存在してきた。実社会が仮想（バーチャル）空間でなく、人やモノが動く現実（リアル）空間である以上、デジタルとマテリアルの両技術が揃って初めて社会が駆動する。しかし近年、急伸するデジタル技術への期待にハードウェアが追いつかず、世界の IT 企業がハードウェア企業を買収する事例が多発するなど、コトづくりを中心とする世界のビジネスの中で、デジタルに続くマテリアルのイノベーションの必要性が大きく指摘されている。我が国が第 5 期科学技術基本計画で提唱した Society 5.0 の実現に向けても、バーチャルとリアルの融合、デジタル・イノベーションを支えるマテリアル・イノベーションが不可欠となる。
- 今や、あらゆる領域からマテリアル・イノベーションが求められている。我が国が重視する AI、バイオ、量子といった先端技術分野の強化、SDGs の達成、パリ協定の長期目標の達成、資源・環境制約の克服、安全・安心社会や健康長寿社会の実現といった社会課題の解決に、マテリアルの革新が決定的に重要となっている。真に伸ばすべき重要なマテリアルの技術課題に対して、基礎から出口までの一体的かつ戦略的な投資と仕掛けを行っていく必要がある。
- 加えて、近年、米中貿易摩擦等に伴いマテリアルのグローバル・サプライチェーンに大きな変化が発生し、新型コロナウイルス感染症の世界的流行に伴い、サプライチェーン断絶のリスクの存在が改めて浮き彫りとなっている。経済安全保障上の観点から、我が国のサプライチェーンを強靱化するためのマテリアル・イノベーションが求められている。我が国の輸出産業の要であるマテリアルの取組が、今後の日本経済の行方に大きな影響を与える。
- こうしたマテリアルの研究開発に、現在大きな変革期が訪れている。AI・ビッグデータの発展が研究開発手法を大きく変化させ、研究開発から産業化までの期間が長いという特徴を持つマテリアルにおいても、研究開発期間の短縮、低コスト化を目指すデータ駆動型研究開発の取組が世界的に進展している。これにより、例えば、ニーズから未知のマテリアルを探索・開発する手法も現実のものとなってきている。世界各国で取組競争が進む中、産学官の良質なマテリアルデータを保有する我が国が、先手を打ってデータを戦略的に収集、利活用できる仕組みを構築し、圧倒的な生産性向上と新たな価値創出を実現することができれば、マテリアルから世界の産業・イノベーションを大きくリードすることが可能となる。
- また、新型コロナウイルス感染症が発生・流行する中、産学官のマテリアルに係る研究開発活動が停滞する一方、人々の価値観や行動様式に変化が生まれつつあり、研究開発現場や製造現場におけるデジタルトランスフォーメーションを一気に加速できる機会にもある。デジタル革命の時代の中で、また、これからの世界が強靱な社会・産業づくりを目指していく中で、我が国が世界のリーダーシップを取れるか否か、今後のマテリアルにおけるデータ活用の取組が鍵を握る。

- 我が国発の材料は、これまで数多くのイノベーションを生み出し、日本、そして世界の経済・社会を支えてきた。材料は、我が国において大きな強みを有する技術領域であることに疑いはなく、材料の重要性が拡大している現状は我が国の科学技術イノベーション全体にとっての大きなチャンスである。他方で、近年こうした我が国の強みが失われつつある危機に直面している。危機にある今こそ、残された我が国の「強み」に立脚した戦略を打ち出すべき時期に来ている。
- このため、我が国として、材料・イノベーションを創出する力（ポテンシャル）、「材料革新力」を強化するための政府戦略を、令和3年度（2021年度）から始まる第6期科学技術基本計画の牽引役として、また、AI、バイオ、量子、環境に続く重要戦略の一つとして、産学官関係者の共通ビジョンの下で早急に策定していく必要がある。

2. 現状認識

- 材料領域を対象とした政府の府省横断的な政策は、平成18年（2006年）3月に第3期科学技術基本計画と共に策定された「分野別推進戦略（ナノテクノロジー・材料分野）」以降、策定されてきていない。その間、材料の強みが維持されている点もあれば、その強みが急速に失われている点も存在する。以下に、「産業」、「基礎」、そして、その両者を結び付け、材料の強みを様々な領域のイノベーションにつなげる「融合」の3つの観点から、我が国の主な現状を挙げる。

（産業の観点）

- ・ 我が国の輸出産業の要は素材と自動車であり（いずれも輸出総額の2割強）、世界市場の過半シェアを占める材料製品も多数存在している。すり合わせ型の素材産業の強み、すなわち、材料企業の高度な製造プロセス技術、それを支える計測・分析機器、加工、装置企業が持つ高度な技術力が、世界における我が国のプレゼンスと国際交渉力の発揮の生命線となっている。
- ・ 他方で、蓄電池等の組み合わせ型製品で市場シェアを下げており、我が国で発明された材料であっても、模倣が容易であったり、オープン・クローズ戦略が十分でない場合等において市場を奪われている。材料系ベンチャーの伸びが低調であるなど、多様化・短縮化するユーザーニーズに即したイノベーションエコシステムが十分に構築できていないこと、また、我が国の材料の優位性を発揮するためのデータの取扱いを含めた国際ルール形成を我が国が十分に主導できていないことも課題である。加えて、一部の材料の供給源が特定の国に偏在するなど、今後の原料供給リスクの増大も懸念されている。

(基礎の観点)

- ・ 化学・材料科学等のマテリアル関連分野は、我が国全体の論文生産を牽引し、他分野と比較して高い国際競争力を有する。我が国には、世界と戦える研究拠点、質の高い研究者が存在しており、世界最高水準の研究施設・設備や良質なマテリアルデータの存在も大きな強みとなっている。
- ・ 他方、世界との比較で見ると、中国政府の大幅な投資拡大の影響もあり、この 10 年間でマテリアル関連分野の論文数が質・量双方の観点から国際的シェアを大きく落としている。大学等の研究現場では、研究手法への魅力の低下とあいまって、若手人材が不足しており、人材の高齢化が進む中で、我が国の研究力を外国人研究者が一部支えている状況にある。また、研究現場で生み出される多様なマテリアルデータを十分に活用しきれていないことも課題である。

(融合の観点)

- ・ マテリアル領域では、日本企業が、日本の大学等で生み出された知を積極的に活用する傾向にあり、博士号取得者が企業で活躍できる機会も提供されているなど、産学官の関係が比較的密接である。また、リチウムイオン電池や青色 LED、ネオジム磁石に代表されるように、日本発のマテリアルはこれまで数多くの社会変革を牽引し、こうした実績は世界から高い評価を受けている。
 - ・ 他方で、諸外国と比較して我が国では融合・新興領域の開拓が十分でない傾向にある。また、政府のファンディングスキームが上手く機能していないこと、大学の産学連携体制が十分でないこと等により、多様なマテリアルの知をその価値に見合う形で社会実装できず、イノベーションの創出や社会課題の解決に十分につなげられていないとの指摘もある。
- また、世界各国で、マテリアル・イノベーションを後押しするための取組が進んでいる。特に、データ駆動型研究開発（全ての主要国）、半導体開発（主に中国、米国）、希少資源問題の克服のための研究開発（主に米国、欧州）といった取組が、現在の主要国政府の最重要アジェンダとなっている。データ活用の取組に関しては、欧米の論文出版社や IT プラットフォーマー企業が、マテリアルデータの戦略的収集のためのビジネスモデルを構築し始めているといった指摘があるなど、世界各国で取組が加速しており、状況を注視する必要がある。また、環境制約と経済成長の両立を目指す取組が世界の企業で活発化しており、マテリアルにおいても製造から廃棄までのライフサイクル全体の環境負荷低減や責任あるサプライチェーン管理がこれまで以上に求められている。
- 我が国でも、こうした最重要アジェンダに関する研究開発取組等をこれまで進めてきており、世界の中で一定の存在感を示してはいるが、政府が策定する戦略の下、産学官一体となった取組を加速することが不可欠である。

3. 目指すべき将来像

- マテリアル革新力強化のための政府戦略は、政府全体の成長戦略や科学技術イノベーション政策と軌を一にするべきである。このため、こうした政策が最終的な目標（社会像）として掲げる Society 5.0 の実現、SDGs の達成、人間中心のインクルーシブな社会の形成といった目標を、マテリアル革新力強化のための政府戦略においても最終目標として共有することが望ましい。その上で、マテリアルが大きな価値（バリュー）を発揮する、我が国が中長期的に目指すべき将来像として以下の3つを提示する。

【将来像1】「産業」の観点からマテリアル革新力の高い国、「マテリアルで産業を牽引し、世界でリーダーシップを発揮する国」を目指す。

（具体的なイメージ）

我が国のマテリアル企業が有する高度な製造プロセス技術と、それを支える計測・分析機器、加工、装置企業等が持つ高度な技術力を基にして、マテリアル開発の生産性が大幅に向上するとともに、サプライチェーン上重要なマテリアルの多くを我が国が供給することで、我が国企業が国際市場における高い競争力と信頼性を獲得する。また、新しいマテリアル系企業が次々と生まれ、そうした企業が様々な製品・サービスを生み出す好循環を創出する。これにより、マテリアル製品の輸出規模が拡大するとともに、そうしたマテリアルを利用する我が国ユーザー企業の国際競争力も向上する。

【将来像2】「基礎」の観点からマテリアル革新力の高い国、「マテリアルの魅力で、世界から優れた研究者を引き付ける国」を目指す。

（具体的なイメージ）

我が国が、世界の中で最も魅力あるマテリアルの研究開発環境を構築し、国内外の優れた研究者が結集する世界的研究・イノベーション拠点が幾つも生まれ、マテリアルを巡る世界の頭脳循環の中心となることで、マテリアル関連分野の研究力が向上する。また、我が国がマテリアルの強みを持続的に保持する上で不可欠となる優れた人材が育成・確保される。

【将来像3】「融合」の観点からマテリアル革新力の高い国、「マテリアルで新しい価値と産業を生み出し、世界に貢献できる国」を目指す。

（具体的なイメージ）

大学やベンチャー等から生み出されたマテリアルの卓越知が高確率でスピード感を持って社会実装され、様々な領域のイノベーションにつながる。これにより、AI、バイオ、量子、環境といった重要政府戦略

の実現のスピードが加速するとともに、我が国発の材料が国内外の重要課題の解決に大きく貢献する。そして、我が国発の材料から、新しい価値、研究領域、産業領域が次々と生み出される。

- なお、3つの将来像の実現に当たっては、デジタルとの融合、すなわち材料データの有効活用がいずれも鍵となる。我が国が世界に誇る強みとして、産学官の優れた人材、良質なデータ、高度な研究施設・設備、成熟した産学官の連携関係といったものが挙げられる。近年、諸外国の台頭により材料の強みが脅かされている中、我が国が有する材料に係る強みを最大限活用することこそが、日本の「生命線」そして「勝ち筋」となる。今後、産学官が一体となって、材料研究開発のデジタルトランスフォーメーションを一気に加速し、データ活用の「ジャパンモデル」を世界に先駆けて確立することにより、我が国の材料革新力を高めることが重要となる。
- また、政府戦略の策定と実行を通じて、産業、基礎、融合のいずれの観点からも材料革新力を高めることができれば、我が国の科学技術イノベーションの国際戦略上の大きな強みとなる。材料革新力の強化に向けた取組が、日本の科学技術イノベーション力全体の強化につながり、もって我が国が世界の産業・イノベーションを先導していくことを目指す。

4. 今後の取組の方向性

- 3. で掲げた目指すべき将来像の実現に向けて、10年後（2030年）を見据えつつ、今後当面推進すべき取組として以下の4つを挙げる。これら4つの取組を、相互に連携させつつ強力で推進していく必要がある。
 - （1）データを基軸とした材料研究開発のプラットフォーム整備**
 - （2）重要な材料技術・実装領域の戦略的推進**
 - （3）材料・イノベーションエコシステムの構築**
 - （4）材料革新力を支える人材の育成・確保**
- なお、取組の推進に当たっては、2. で掲げたような我が国の強みに立脚した取組を実施するとともに、材料の特徴、具体的には、「基礎研究から社会実装までのサプライチェーンが長い」、「基礎研究の成功率が低く、時間もかかる」、「製造プロセスが複雑で模倣困難であるほど産業競争力上は優位である」といった特性を十分考慮した上で取組を推進することが重要である。
- また、材料革新力強化に資する取組は非常に広範となることから、ここでは、全ての科学技術イノベーション領域を対象とする科学技術基本計画等の政策では十分に取組われない、材料の切り口から打ち出して意義・特色ある取組のみを原則提示することとする。

4 - (1) データを基軸としたマテリアル研究開発のプラットフォーム整備

<背景・課題>

- 近年、マテリアルの研究開発のスピードアップ・低コスト化が求められ、研究開発を担う人材も不足しつつある状況の中、データを活用した研究開発の効率化、高速化、高度化と、これを通じた研究開発環境の魅力向上のための取組が重要となっている。
- 我が国では、産学官におけるデータ駆動型研究開発のためのツールを、NIMS や AIST の取組、SIP をはじめとする政府の研究開発プロジェクトによる支援等を通じて揃えてきているが、今後、「高品質な産学官のマテリアルデータ」の存在が、データ駆動型研究開発の成否において決定的に重要となる。マテリアルデータ¹については、オープンデータのデータベース化の取組が NIMS を中心に進んでいるものの、我が国全体として、産学官のデータを効果的に収集・蓄積・流通・利活用する仕組みは整っていない。また、現場のインセンティブが働くような形で、そうしたデータが持続的に創出・共用化される仕組みについても、これまで十分には検討されてきていない。世界各国を見ても、オープンデータの戦略的収集のための取組は一部で進みつつあるが、産学官のマテリアルデータ全体を効果的に取り扱うための仕組み作りは各国模索中の状況にある。
- ここで注目すべき点は、我が国における、最先端大型研究施設や、ナノテクノロジープラットフォーム事業等を通じて整備されてきた共用施設・設備群の存在である。こうした先端施設・設備は、産学官の優れたマテリアル研究者・技術者やマテリアルユーザーをつなぎ、共同研究の醸成、技術の橋渡し、人材育成といった重要な役割を担ってきている。また、良質なマテリアルデータを生み出すことのできる材料設計・製造にノウハウを持つ優れた人材が全国各地に存在していることや、高度な技術力を持った計測・分析機器、加工、装置企業が数多く存在していることも我が国の強みである。こうした強みを最大限生かしながら、高品質なマテリアルデータの創出・活用を加速する取組を実施することが、我が国のマテリアル革新力を高めていく上で大きく求められている。
- さらに、新型コロナウイルス感染症の世界的流行に伴い、データや AI、ロボットを活用した新たな研究開発手法や研究開発環境の本格導入の必要性が高まっており、マテリアルの研究開発現場や製造現場全体のデジタル化、リモート化、スマート化、オンデマンド化といったデジタルトランスフォーメーションが急がれる。

1 マテリアルデータには、オープンデータ（公知情報：特許や論文等の誰でも利用可能なデータ）、クローズドデータ（秘匿情報：企業内データ等の個々の限定されたデータ所有者が利用するデータ）、シェアクローズドデータ（限定共有情報：クローズドデータのうち、個別単位を超えた複数の単位で戦略的に共用すべきデータ）の3種類が存在する。

<方向性・目標>

- 産学官の高品質なマテリアルデータを戦略的に収集・蓄積・流通・利活用できることに加えて、我が国の強みを基盤に、そうした高品質なデータが産学官から効率的・継続的に創出・共用化されるための仕組みを持つ、マテリアル研究開発のための我が国全体としてのプラットフォームを整備する。
- 取組の実施に当たっては、マテリアルデータの取扱いに関する共通指針の策定や、共通的なデータ収集・蓄積・流通・利活用のための基盤整備を進めることがまずは重要となる。持続的なデータ創出・共用化の仕組み作りにおいては、高品質なシェアクローズデータを増やしていく観点が特に重要となるが、研究機関や技術領域によってデータ収集を行う目的や手段が異なることから、既存の取組の蓄積を生かしつつ、先端共用施設・設備や、我が国が強みを持つ重要技術・実装領域を対象とした研究開発プロジェクトからデータ創出の取組を開始することが望ましい。将来的には、それらの取組の成果が有機的につながり、データ所有者の理解を得ながら、マテリアル研究開発の川上から川下までのデータが持続的・効果的に創出、共用化、蓄積、流通、利活用される「マテリアル DX プラットフォーム」が我が国全体として構築されることが目標となる。
- こうしたプラットフォームから生み出される産学官の高品質なデータを用いたデータ駆動型研究開発の加速により、研究開発成果の創出における圧倒的な生産性向上を実現する。研究開発期間の短縮化・低コスト化を実現するのみならず、研究者、特に若手研究者にとって魅力ある研究開発環境を提供し、新たな卓越知の創出を促す。また、プラットフォームにおける活動の充実を通じて、産学官のマテリアル研究者やマテリアルユーザーの連携・融合を加速する。我が国全体におけるマテリアル研究開発のデジタルトランスフォーメーションの推進により、マテリアル・イノベーション創出を加速するとともに、データの有効活用の「ジャパンモデル」を確立することを目指す。

<必要となる主な具体的取組>

○ 産学官のマテリアルデータの取扱いに関する共通指針の策定

我が国として、産学官のマテリアルデータの取扱いに関する共通指針を検討・策定することが不可欠である。具体的には、共通的なデータ構造（データフォーマットを含む。以下同じ。）の開発や、データ流通に関する輸出管理、データに関する権利等のルール整備について順次検討を進めていく必要がある。その際、オープン、シェアクローズ、クローズといったデータの種類毎に、分野特性も踏まえつつ、望ましいデータの取扱いを明らかにすることが求められる。このため、政府に専門家からなる指針策定のための検討会を速やかに設けることが望まれる。

また、データ駆動型研究開発に用いることのできるオープンデータを増やすため、特許や論文等の公開情報を AI 学習できるようにするためのデータベース化を進めていくことも重要である。

○ **マテリアルデータの中核拠点・ネットワークの形成**

データ駆動型研究開発の基盤となる、我が国のマテリアルデータの中核拠点及びネットワークを形成する必要がある。具体的には、オープンデータとシェアクローズドデータを対象として、セキュアな環境の下、マテリアルデータとデータ構造を蓄積・管理し、産学官のデータ利活用の中核となる拠点を、NIMS、AIST 等を対象に速やかに整備していくことが求められる。当該中核拠点の整備に当たっては、NII が構築を進める我が国全体の研究データ基盤システムとの連携・協調を図るとともに、中核拠点のみならず、特色ある強みを持つ技術領域で先行してデータ蓄積・管理を進めている拠点とも有機的な連携・協調を図ることが重要であり、我が国全体として、産学官が共同で利活用できる信頼性高いマテリアルデータ利用基盤を効果的・効率的に構築することが求められる。

なお、ここで整備されたデータ構造を活用し、産業界等のクローズドデータのデジタル化と活用が促進されていくことも期待できる。

○ **高品質なデータ創出・活用を可能とする共用施設・設備の整備、高度化**

マテリアルの研究開発のために産学官が利用できる、大型放射光施設・中性子線施設やナノテクノロジープラットフォーム事業等を通じて整備されてきた先端微細加工・解析設備といった、我が国に存在する先端共用施設・設備群を活用、高度化し、高品質なデータとデータ構造を創出することが可能な共用基盤を我が国全体として整備・充実していく必要がある。その際、データ活用に関する先行的な取組が実施されている施設・設備を有効活用する視点を持つとともに、データ構造を設計できる専門人材や、施設・設備の維持管理と高度化に必要となる技術者の育成・確保の取組を併せて促進していくことも重要となる。

また、高品質なデータの取得と新たな発見・価値の創出を促進するため、次世代型の放射光施設や電子顕微鏡をはじめとする先端研究施設・設備の整備や、先端研究機器の開発・高度化・導入を産学官一体となって進めるとともに、こうした研究施設・設備・機器の共用・ネットワーク化を推進していくことが重要である。

○ **高品質なデータ創出の要となる計測・分析機器の共通データフォーマットの開発・標準化**

高品質なデータ創出の促進に向けて、機器メーカーや機器の種類毎に異なる計測・分析データに関して、共通データフォーマットの開発・標準化の取組を加速していく必要がある。こうした取組に機器メーカーが競争関係の壁を超えて呼応することで、プラットフォーム上における一元的・統合的な解析や、データ駆動型研究開発を通じた新しいマテリアル開発の実現が期待できる。なお、国内メーカー向けに早期の JIS 化を目指すことがまずは重要となるが、並行して、国際標準化活動を進めていくことも重要である。

○ 重要技術・実装領域におけるデータ創出・活用型研究開発プロジェクトの推進

高品質なマテリアルデータの持続的創出とともに、当該データを用いて優れた研究成果を創出することを目的として、重要なマテリアル技術・実装領域（（2）参照）に狙いを定めた、データ創出・活用と理論・計算・実験が融合する戦略的な研究開発プロジェクトを実施し、その成果の展開を図ることが重要となる。その際、オープンデータ及びシェアクローズドデータを対象に、プロジェクトや研究開発課題単位でデータ構造を設計することが重要であることから、研究開発プロジェクトへのデータ構造設計者の参画や、プロジェクト内での人材育成の強化が求められる。

また、高品質なデータ創出に向けて、先端的な実験・計測・AI解析を、ロボティクス・IoTを用いた自動化技術の導入によって効率的に行う、研究開発現場のスマートラボトリ化の取組を促進することも重要となる。

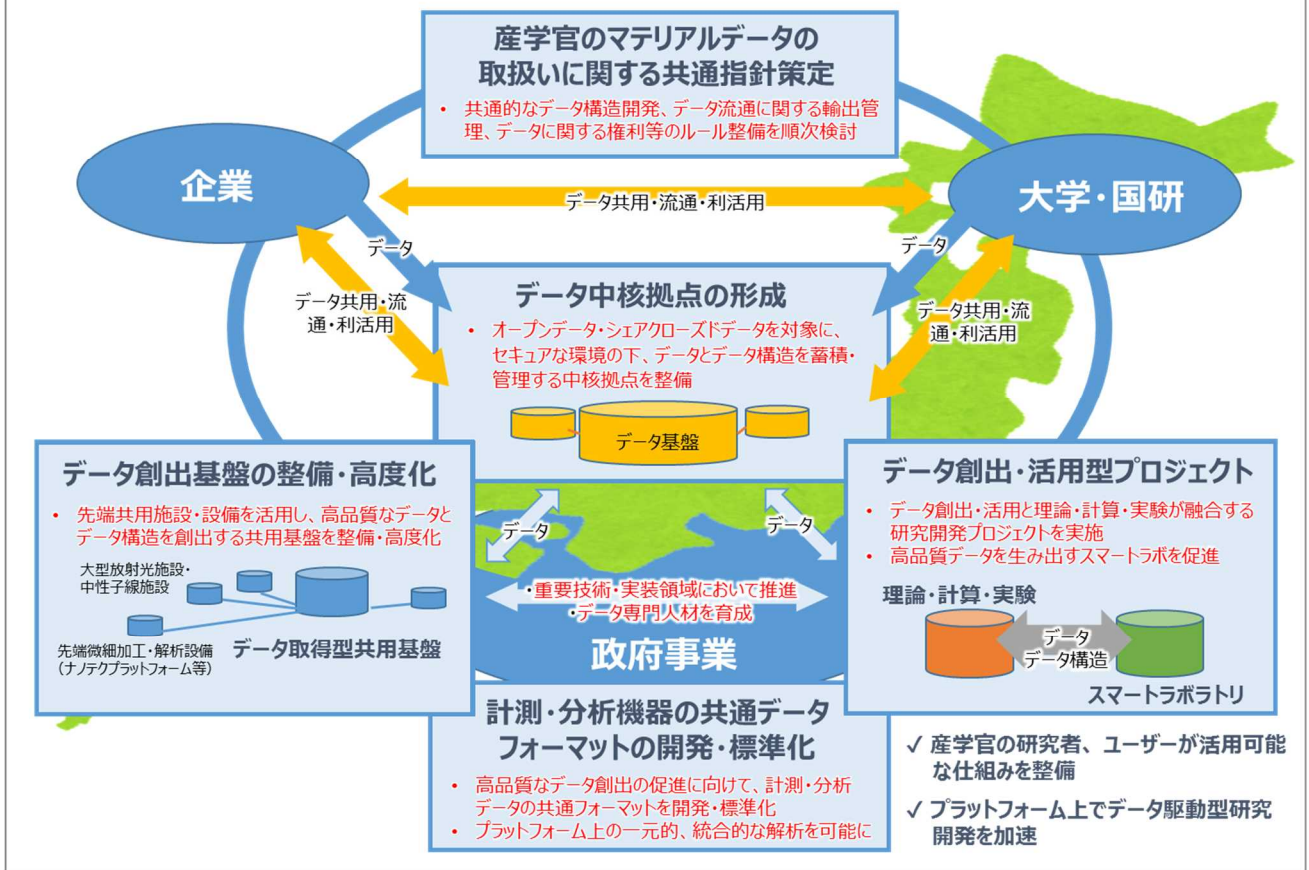
加えて、スーパーコンピュータ「富岳」をはじめとする国内のスパコンを最大限活用しつつ、シミュレーションとAI・データ科学の連携・融合を通じてマテリアルの解析・開発を高度化するための取組を進めていくことも重要である。

○ マテリアル研究開発のデジタルトランスフォーメーションの推進

上述の具体的取組を包括的に推進し、産学官のマテリアル研究者やマテリアルユーザーが利活用でき、マテリアル開発と製品・システム開発の双方に不可欠となる、多様なマテリアルデータ及びデータ構造を創出する「マテリアル DX プラットフォーム」を我が国全体として整備することが求められる。これにより、産学官の研究開発現場におけるデータ駆動型研究開発の加速が期待できる。なお、将来的には、政府主導のマテリアル関連の研究開発プロジェクト全般において、各プロジェクトから創出されるデータの蓄積・構造化が自律的になされ、活用されていくことが理想的であり、そのためのインセンティブ作りをはじめとする方策についても今後検討する必要がある。

また、データ駆動型研究開発の推進やスマートラボトリ化の加速をはじめ、我が国全体としてマテリアル研究開発のデジタルトランスフォーメーションを推進することが重要である。これにより、産学官の研究開発のスピードアップ・低コスト化はもとより、現場の研究者・技術者に蓄積されたノウハウや暗黙知も含めた知的資産の有効活用、研究時間の効率化と創造性ある研究活動への専念機会の拡大、新興・再興感染症や大規模自然災害の発生時における研究開発活動の停滞リスクの低減といった効果が大きく期待できる。

マテリアルDXプラットフォームの全体イメージ



4 - (2) 重要なマテリアル技術・実装領域の戦略的推進

<背景・課題>

- マテリアル・イノベーションを必要とする社会実装領域は多岐にわたっており、我が国の政策資源に限りがある中で、今後特に重視すべき実装先を明らかにした上で、我が国が真に伸ばすべき重要技術領域への戦略的かつ重点的な投資を行っていく必要がある。
- 特に、マテリアルが我が国の科学技術イノベーション力向上全体の切り札となることを踏まえると、Society 5.0の実現や、現在政府戦略が存在するAI、バイオ、量子、環境といった領域を対象とした社会課題の解決、産業競争力強化を重視する視点が重要となる。なお、産業競争力強化の視点に関しては、サプライチェーン上重要となるクリティカルなマテリアルを確保するという点や、マテリアル企業のみならず、マテリアルのユーザー企業が将来の世界市場を獲得できるか否かといった点も重要となる。
- また、マテリアル関連分野の知の融合と社会実装が十分でないとの指摘があり、重要技術領域への重点投資に当たっては、異分野融合と産学官連携の双方を加速できるような仕掛けも求められる。

＜方向性・目標＞

- 重要技術領域について以下の視点から抽出する。その際、こうした技術領域のマテリアル・イノベーションがシステム化を通じて大きな付加価値（バリュー）をもたらす社会実装領域、すなわち、マテリアルが実現する未来の姿のイメージを産学官の関係者で共有することが重要となる。
 - ・ 国内外の社会課題解決と産業競争力強化への貢献度。特に、マテリアル革新が大きなバリューをもたらす社会実装（未来の姿）実現への貢献度
 - ・ 我が国のマテリアル企業が国際市場で有する強み（将来性を含む）
 - ・ 我が国における基礎研究力や人材のポテンシャル
 - ・ データ活用による研究手法のデジタルトランスフォーメーションによる革新的な成果創出の有望性
- 重要技術・実装領域の推進に当たっては、領域の特性に応じて、
 - ① 一つの社会実装領域をターゲットに、産学官の研究開発活動とイノベーション活動をスピード感を持って一体的に推進する手法（バックキャスト型）
 - ② 複数の社会実装領域をターゲットに、国内外の研究者を結集し、異分野融合等を通じて当該技術の育成と多方面への実装を促進する手法（フォアキャスト型）を組み合わせることを基本に、マテリアルデータやプロセス技術といった我が国の強みを最大限活用した、基礎から出口までの一体的・戦略的な投資と仕掛けを行うことで、社会・国民が価値を実感できるイノベーションを創出することを目指す。
- なお、10年先を見据えトップダウン的に推進する「戦略」型研究に加えて、さらにその先の産業・社会の変革を見据え、多様かつ挑戦的な基礎研究への投資を進めていくことも重要である。このため、研究者の内在的動機に基づくマテリアルの研究課題に一定期間腰を据えて取り組み、破壊的イノベーションを創出することを狙う「創発」型研究を推進し、多様なマテリアルの卓越知を我が国全体として蓄積していくことを目指す。

＜必要となる主な具体的取組＞

- **重要技術・実装領域の同定**
 - 3. で掲げた将来像を踏まえつつ、マテリアル・イノベーションが大きなバリューをもたらす社会実装領域と、我が国が真に伸ばすべき重要技術領域として、次に掲げるような領域が挙げられる。今後、政府全体における戦略策定に向けた議論の中で、これらを同定することが望まれる。

(マテリアルが大きなバリューをもたらす社会実装領域 (未来の姿) (例))

- ・ 低電力・自給電源デバイスやエネルギー変換・貯蔵デバイスの革新による「**超低消費電力で駆動する Eco-Society 5.0 の実現**」
- ・ 希少資源代替・循環技術の革新による「**資源の海外依存国から資源産出国への実質的転換**」
- ・ 耐久性や劣化を自在に操る高強度・高機能材料による「**世界一安全なレジリエンス国家の実現**」
- ・ 高感度センサシステムや身体機能を回復・増進する革新マテリアルによる「**誰もが健康で安心と快適さと幸せを実感できる Well-Being 社会の実現**」
- ・ 超軽量・極限機能マテリアルやエネルギー変換マテリアルによる「**モビリティ革命の加速**」
- ・ 生物由来・生物機能利用マテリアルや革新触媒による「**化石資源に頼らない持続可能な産業と生活の実現**」
- ・ マテリアル×デジタルによる研究開発手法・環境の革新を通じた「**世界一の創造性、生産性、強靭性を持つ研究開発・製造現場の実現**」

(重要技術領域 (例))

・ 高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル

(パワーエレクトロニクスデバイス、MEMS デバイス、セラミックデバイス、光や熱を自在に操る部材、IoT センサ、アクチュエータ等)

・ 量子・電子制御により革新的な機能を発現するマテリアル

(量子センサ、超電導マテリアル、ナノエレクトロニクスデバイス、ナノフォトニクスデバイス、スピントロニクスデバイス等)

・ 革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル

(高出力大容量蓄電池、高性能太陽電池、エネルギー変換材料、エネルギー貯蔵・輸送材料、高性能モーター、熱電素子等)

・ マテリアルの高度循環のための技術

(資源代替技術、資源使用量低減技術、易循環型材料設計技術、副産物を含む未使用資源の有効利用技術、高度素材識別・分離・精製技術等)

・ 次世代バイオマテリアル・次世代高分子マテリアル

(高強度・生分解性プラスチック、バイオアダプティブ材料、細胞・組織再生誘導材料、抗ウイルス材料・デバイス、自己修復材料、バイオセンサ・ウェアラブルデバイス等)

・ 次世代ナノスケールマテリアル

(二次元薄膜、ナノカーボン、ナノ粒子、ナノワイヤ・ナノファイバー、ナノ多孔体等)

・ 極限機能を有するマテリアル

(極限環境構造材料、超耐熱材料、軽量・高強度材料、超低摩擦・低摩耗材料、刺激応答材料等)

・ マルチマテリアル化技術

(異種材料接着・接合技術、溶接技術、3D積層技術、マルチマテリアル化の設計・評価・分析技術、コンポジット材料等)

・ 物質と機能の設計・制御技術

(表面・界面・粒界制御、反応制御、元素の新機能創出、原子・分子自在制御、物質空間・結晶性制御等)

・ マテリアルの共通基盤技術

(マテリアルデータ構造化、データ駆動型研究開発、スマートラボラトリ化技術、ハイスループット技術、計測・分析技術、微細加工技術、精密プロセス材料・プロセス技術、安全性・信頼性・リスク評価技術等)

○ 重要技術・実装領域の研究開発の推進

上述のバックキャスト型手法については、NEDO や JST、各府省事業等を通じて産学官の英知を結集したリーディングプロジェクトを推進することが重要である。プロジェクト毎にハイリスクな協調領域を明確にした上で、官民双方から適切に予算拠出する仕組みを設けるとともに、適切なオープン・アンド・クローズ戦略を設計することが求められる。

フォアキャスト型手法については、JST、文部科学省事業等を通じて国内外の産学官の優れた研究者が結集・融合した研究開発、特に拠点形成（ネットワーク型拠点含む）を推進することが重要である。国内外の研究力を適切に取り込むために、技術領域毎に国際協力を戦略的に進めていくことが求められる。

また、こうした研究開発の実施に当たって、データ創出・活用の取組を積極的に導入したり、我が国の知の強みを産業の強みにつなげるプロセス技術、プロセスサイエンスに関する研究開発や拠点形成の取組を強化することも重要となる。

加えて、マテリアル革新力強化の観点から、競争的研究費改革や資金配分機関間の連携を適切に進め、「戦略」型研究と「創発」型研究の双方の充実を図っていくとともに、これらに対する官民双方の投資を強化していくことも重要となる。

○ マテリアル革新力強化に向けた統合型プロジェクトの推進

重要技術・実装領域の推進に当たっては、スピード感を持って社会実装を目指すバックキャスト型研究開発と、技術の育成を目指すフォアキャスト型研究開発をシームレスかつスパイラルにつなぐとともに、マテリアルデータの創出・活用、イノベーションエコシステムの構築、人材の育成・確保といった取組を総合的に推進する統合型プロジェクトを実施することも重要となる。統合型プロジェクトに参画する産学官の多様なステークホルダーがプロジェクト全体のビジョンを共有することがまずは重要であり、文部科学省、経済産業省等の関係府省、関係資金配分機関等が参画するガバニングボードと、産学官のステークホルダーが参画するコンソーシアム等を設置することが求められる。その上で、データ創出・活用型プ

プロジェクトとして実行することで大きなブレークスルーが期待できる、バックキャスト型、フォアキャスト型双方の研究開発課題を特定・抽出し、データ中核拠点、データ創出基盤、プロセスイノベーション拠点との密な連携体制の下で当該研究開発課題への集中的な支援を行い、マテリアルの革新を通じた社会実装（未来の姿）を実現していくことが求められる。

また、こうした統合型プロジェクトが先行事例となり、マテリアル DX プラットフォームと連携したデータ創出・活用型の研究開発取組が、数多くのマテリアル領域で普及・展開していくことが期待できる。

○ 科学技術インテリジェンスの強化

マテリアルへの戦略的な投資を行っていくためには、我が国の科学技術インテリジェンスの中核を担う JST・CRDS と NEDO・TSC の機能強化と連携強化を進め、世界トップレベルの科学技術インテリジェンス機関としての活動を促進していくことが求められる。今後特に、国内のみならず、国外情報の収集・分析機能を強化することで、マテリアル革新力を強化するための国際戦略の策定に、JST・CRDS 及び NEDO・TSC が一層貢献していくことが求められる。

4 - (3) マテリアル・イノベーションエコシステムの構築

<背景・課題>

- マテリアルの技術革新は産業・イノベーションに結び付いてこそ大きな価値がある。実際、我が国発のマテリアルは、これまで数多くのイノベーションを生み出し、我が国の産業競争力を高めてきた。このため、マテリアル領域における我が国の産学官の関係は、他の領域と比較して密接な状況にある。他方、社会実装につながらないまま死蔵したり、価値を適切に見出されない卓越知が全国の大学等に多数存在しているとの指摘がある。近年、企業での基礎研究が縮小・短期化傾向にある中で、企業のイノベーションにとって大学等で生まれた知を獲得・活用することが一層重要となっており、産学官の連携体制と技術の目利きをこれまで以上に強化していく必要がある。
- また、社会・技術の変化のスピードが大きく加速し、ユーザーニーズの多様化が進む中で、イノベーションの創出には機動性ある研究開発ベンチャーや、企業が外部の知を活用するオープンイノベーションの手法が重要となっている。しかし、マテリアル系ベンチャーの伸びが低調であるなど、スピード感をもって新市場の創出につなげるプレイヤーや仕組みが十分に創出・確立できていない状況にある。今般の新型コロナウイルス感染症の発生・拡大のような社会課題の出現に備える観点からも、マテリアルの知を迅速に社会実装できる仕組みを有しておく必要がある。
- 加えて、グローバル経済の中で、新興国も含めた世界各国がマテリアルの仕様や計測・分析データ、安全性評価に関する国際的なルール形成の主導権争いを行っている。世界の動向を意識し、欧米

等との協調も図りながら、我が国企業が国際市場を獲得できるための仕組みを構築していくことが求められている。

＜方向性・目標＞

- マテリアル領域の産学官の連携関係を一層深化させるとともに、ベンチャー企業等の新しいイノベーションを誘起するプレイヤーが次々と生まれてくるような、多様な産学官のステークホルダーが参画・融合する新たなイノベーションエコシステムを構築する。同時に、我が国企業が国際市場を戦略的に獲得できるようにするための環境整備を進める。
- これらにより、大学やベンチャー等から生み出されたマテリアルの知を、高確率かつ迅速に社会実装につなげるとともに、我が国発の強いマテリアル製品、マテリアル企業が次々と生まれ、様々な実装領域でイノベーションが生まれていく環境が創出されることを目指す。

＜必要となる主な具体的取組＞

○ マテリアルのプロセスイノベーション拠点の構築

我が国のマテリアル産業の強みであるプロセス技術を強化するための仕組みと、マテリアル・イノベーションエコシステムの中核的機能を併せ持つ拠点の構築を進めていく必要がある。具体的には、中小企業やベンチャー企業等が活用できる最先端のプロセスファウンダリ、分析・解析装置群などを有し、マテリアルの技術シーズやニーズ、装置、人材に係る情報や支援機能を総合的に集約、提供することを通じて、産学官の多様な技術・人材等のリソースを中核的に集積・活用・循環するためのイノベーション拠点を形成することが求められる。その際、マテリアルは多くの地域の産業振興に貢献し、地域の大学や企業によって特色ある研究開発が実施されていることから、AIST や大学等が連携して地域産業群の特徴を踏まえた拠点を形成し、出口・社会実装に近い多様なステークホルダーとも一体となって地域活性化に貢献していくことが重要である。

○ マテリアルの特性を踏まえたベンチャー創出の強化

研究開発に時間がかかる等のマテリアルの特徴を考慮した、ベンチャー創出を強化するための取組を推進していくことが重要である。具体的方策として、ベンチャー企業等が高品質なデータを積極的に活用できるようにするためのマテリアル DX プラットフォームの取組との連携促進策、ベンチャー企業等により開発された新規マテリアルの実証や量産化を支援する仕組み、ベンチャー創出を支援する税制の充実等が挙げられ、これらについて順次検討を進めていくことが求められる。

○ **マテリアルの特性を踏まえた成熟型の産学官連携の加速**

マテリアル領域の産学官の連携関係を一層強固にするため、大学等における産学連携体制の強化に向けた取組を促進していくことが重要である。具体的方策として、先端施設・設備やデータ拠点を中核とした産学官を糾合する場の構築、産学コーディネーターやプロジェクトマネージャーの育成・確保、URA や知財人材の確保、起業家と大学研究者のマッチング促進、大学における研究者評価の多軸化の導入促進といった取組が挙げられ、これらについて順次検討を進めていくことが求められる。

また、研究開発期間が長く、実用化・量産化に至る前の技術検証において比較的大きな費用を要するマテリアル領域の研究開発は、革新的な技術シーズであっても企業投資を呼び込めず死蔵することが多いことから、大学やベンチャー等が有する革新的シーズを発掘・育成し、事業化への道筋を見出す先導的な研究開発を進めていくことも重要となる。

○ **イノベーションを加速する国際ルール形成の先導、制度改革の推進**

グローバル市場で我が国のマテリアルの研究成果が適切に評価・活用されるために、マテリアルの計測方法や仕様等について、欧米等の研究機関と共同研究等を実施し、国際コンセンサスの形成を図りつつ国際標準化を先導していくことが求められる。また、グローバル市場で規制の議論を先導するため、新規マテリアルの社会実装に必要な安全性等を迅速に評価する指標・手法の標準化などを推進することも重要である。

加えて、マテリアルの特性を踏まえた我が国としての適切な知財戦略や、企業が求める制度改革要望事項の効果的かつ迅速な把握策等について、順次検討を進めていくことが求められる。

4 - (4) マテリアル革新力を支える人材の育成・確保

<背景・課題>

- マテリアル・イノベーションを生み出すのは「人」である。しかし近年、現場の研究環境の魅力低下とあいまって、マテリアル領域の人材不足が指摘されている。マテリアル領域では、他領域と比較して、多くの研究者・技術者が産業界で活躍している一方、アカデミアではポスドク、博士課程学生といった若手研究者、特に日本人研究者が不足しているとの指摘があり、外国人研究者がこれを一部補完しているものの、マテリアル領域全体としての基礎研究力は低下傾向にある。
- マテリアルの重要性が拡大する中で、関連する人材の確保と活躍促進が不可欠な状況にある。令和2年（2020年）1月にCSTIが策定した「研究力強化・若手研究者支援総合パッケージ」を着実に実行することがまずは重要となるが、同時に、マテリアル特有の人材育成・確保の取組を、産学官が一体となって推進していく必要がある。

- 特に今後、マテリアル研究開発のデジタルトランスフォーメーションが不可欠となる中で、マテリアルデータを適切に扱える人材の必要性は大幅に増大する。ここ数年、産業界や大学院において、マテリアルとデータ科学の双方の専門知識を有する人材の育成取組が進んできているが、こうした取組を速やかに普及・拡大していく必要がある。また、我が国は、マテリアルの研究成果・イノベーション創出で多くの実績を有していることから、今もなお、世界から一定の注目を集めている。(1)～(3)に掲げた取組で、我が国のマテリアルの研究開発力、産業競争力を一層強化することができれば、世界の優れた人材を我が国に結集できる大きな可能性を有している。

＜方向性・目標＞

- 産学官の本格的な協力の下、「研究力強化・若手研究者支援総合パッケージ」を実行しつつ、「マテリアル×デジタル」融合人材を早急に育成する。加えて、産学官におけるマテリアル関連分野の研究者・技術者を、外国人の活躍・定着も促しながら、我が国全体として適切に育成・確保する。
- また、世界最高水準の研究施設・設備を持つ我が国が、データ駆動型研究開発やスマートラボラトリーの普及といったデジタルトランスフォーメーションを加速することで、創造性と生産性と強靱性の高い、世界で最も魅力あるマテリアルの研究開発環境を整備する。世界中から優れた人材を引き付け、また、次代を担う児童・生徒・学生に対してもマテリアルの研究開発の魅力を提供・発信する。こうしたことにより、我が国のマテリアル革新力を支える人材を質・量ともに持続的に確保する。

＜必要となる主な具体的取組＞

○ 「マテリアル×デジタル」融合人材の育成強化

産学官のマテリアル研究開発のデジタルトランスフォーメーションを加速するに当たり、「マテリアル×デジタル」融合人材の育成を大幅に強化することが不可欠である。具体的には、マテリアル DX プラットフォームの各種取組を通じて、データ構造を設計できるようなデータ専門人材と、データ駆動型研究開発をツールとして駆使できるマテリアル研究者を育成することが求められる。加えて、産学官の多くのマテリアル関連人材が、数理・データサイエンス・AI の専門知識を獲得することを目的とした、産業界や大学等における人材育成取組を促進することも重要である。

○ マテリアル領域の研究者・技術者の育成・確保、活躍促進

「研究力強化・若手研究者支援総合パッケージ」に掲げられた人材に係る取組、具体的には、優秀な若手研究者の安定と自立の確保、産業界へのキャリアパス・流動の拡大、博士課程の魅力の向上、グローバルに競争力のある研究者の創出・国際ネットワークの強化、ダイバーシティの拡大といったことに向けた取組を着実に進めていく必要がある。

また、マテリアル領域においては、外国人研究者の活躍を積極的に促進することが今後も重要となる。このため、外国人研究者にとって魅力ある研究環境の整備や、我が国への招へい・定着促進に向けた検討を行うとともに、他方で、大学等の研究現場での安全保障貿易管理を徹底するための方策についても検討を進める必要がある。また、デジタルツールの活用等によって、リモート環境下において国内外の研究者・学生の交流・結集を促す方策についても検討していくことが重要である。

加えて、次代のマテリアル・イノベーションを担う児童・生徒・学生の育成に向けた取組についても充実していく必要があり、マテリアル領域における研究開発環境の魅力拡大策や広報戦略の充実促進策と併せて、取組の具体化検討を行っていく必要がある。

産業界の人材養成ニーズと大学・大学院教育のミスマッチを解消することも重要であり、特に、産業界の基盤技術を支える学問分野に関する大学・大学院教育改革を促す方策について検討を進める必要がある。その際、産業界は、共同研究や寄附講座といった産学連携取組の充実等を図りつつ、こうした大学・大学院の人材養成取組の検討に積極的に関与していくことが期待される。

先端研究施設・設備の維持・管理や、機器の開発・高度化を担う技術者の育成・確保に向けた取組も必要である。マテリアル DX プラットフォームの構築を進める中で、取組の充実をまずは図っていくことが求められる。

5. 今後に向けて

- 今後、政府においては、本取りまとめの提言内容について、本年夏に策定予定の統合イノベーション戦略 2020 に明確に位置付け、具体的取組については速やかに着手していくことが求められる。
- また、今後は、政府全体として、本年末に策定予定の第 6 期科学技術基本計画も強く意識しながら、産学官のマテリアル革新力強化のための政府戦略策定に向けた検討を継続、深化していく必要がある。
- なお、政府戦略の策定に当たっては、当該戦略が対象とする取組に対する官民双方の投資強化を行うと同時に、取組実施主体や実施スケジュールの更なる明確化、戦略の成果検証が可能となる指標の設定なども必要となる。指標に関しては、3. で掲げた 3 つの将来像の実現に向けて現在定量的かつ継続的に把握可能な指標例として、工業素材の輸出額、素材産業の製品出荷額・付加価値額、材料・化学分野の論文数・国際シェア、マテリアル系大学発ベンチャー数といったものが挙げられる。4 つの具体的取組毎にも指標を検討、設定することが必要となる。今後、こうしたものを組み合わせ、政府全体で策定する戦略において指標や目標値が適切に設定され、真の実行戦略として確立されていくことが望まれる。

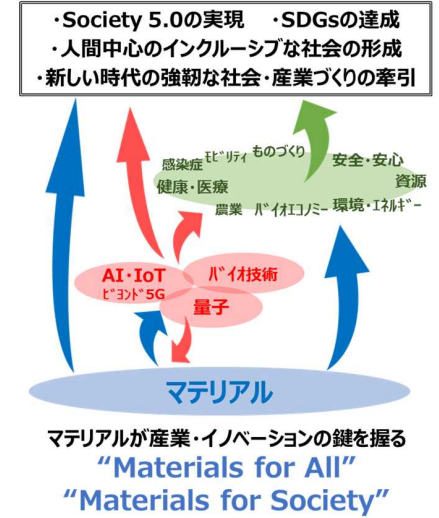
マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて（戦略準備会合取りまとめ）【概要】

検討の経緯

- ◆ 令和2年2月、文部科学省及び経済産業省は、マテリアル革新力の強化に向けた有識者会議を設置するなど、検討を開始。
- ◆ 同年4月、「マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合」（座長：大野英男・東北大学総長）を設置し、検討を加速。新型コロナウイルス感染症の発生・拡大を踏まえた追加検討等を経て、同年6月、「マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて（戦略準備会合取りまとめ）」を策定・公表。
- ◆ 本取りまとめは、**統合イノベーション戦略2020**及び**第6期科学技術基本計画**を視野に入れ、マテリアル革新力強化のための**政府全体の戦略策定**に向けた基本的な考え方、今後の取組の方向性等を示したもの。

1. 戦略策定の必要性～今なぜマテリアル（物質・材料・デバイス）なのか

- **Society 5.0の実現**にデジタル・イノベーションを支えるマテリアル・イノベーションが不可欠。
- AI、バイオ、量子等の**先端技術の強化**から、SDGsやパリ協定の長期目標の達成、資源・環境制約の克服、安全・安心社会の実現等の**社会課題解決**に至るまで、マテリアルの革新が決定的に重要。**新型コロナウイルス対策**にもマテリアルの研究開発が貢献。
- 米中貿易摩擦や新型コロナウイルス感染症の世界的流行を踏まえ、経済安全保障上の観点から、**サプライチェーン強靱化**のためのマテリアルの革新が求められている。
- デジタルを駆使した**データ駆動型の研究開発が世界的に進展**。我が国の産学官の良質なマテリアルデータを戦略的に収集・活用できれば、マテリアルから世界の産業・イノベーションをリード可能。
- 新型コロナウイルスの影響により人々の価値観・行動様式に変化が見られる中、**産学官の研究開発・製造現場のデジタルトランスフォーメーションを一気に加速する機会**でもある。
- 我が国にはマテリアル・イノベーションを生み出してきた多くの実績があり、**大きな強みを有している**。その重要性が拡大している現状はチャンスである一方、**強みが失われつつある危機**。

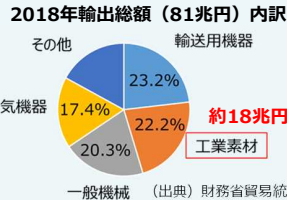


➡ 我が国の強みに立脚した、「マテリアル革新力」（マテリアル・イノベーションを創出する力）を強化するための政府戦略を、産学官共通のビジョンの下で早急に策定する必要

2. 現状認識～我が国のマテリアル革新力の強みと危機

「産業」の観点

- **輸出産業の要は、素材（輸出総額の2割強）**と自動車。
- 世界市場の過半シェアを占めるマテリアル製品が多数。



- ▲ 電池等組み合わせ型製品でシェアを下げる傾向。
- ▲ マテリアル系ベンチャーの伸びが低調。イノベーションエコシステムの構築やルール形成の主導が不十分。
- ▲ マテリアルの今後の原料供給リスクが増大。

「基礎」の観点

- 他分野と比べると、高い国際競争力を維持。世界と戦える研究拠点、質の高い研究者が存在。
- **世界最高水準の研究施設・設備、良質なマテリアルデータ**が存在。
- ▲ マテリアル関連の論文が質・量ともに国際シェア下落。大学等の研究現場で若手人材が不足。
- ▲ 産学官のマテリアルデータを十分に活用できていない。

マテリアル関連の論文数の国際シェア推移

分野	時期	総論文数 (%)	順位	トップ10%論文 (%)	順位
＜化学＞	<2005～07>	8.4%	(3位)	7.9%	(3位)
	<2015～17>	5.1%	(4位)	3.6%	(6位)
＜材料科学＞	<2005～07>	9.6%	(3位)	7.5%	(3位)
	<2015～17>	4.0%	(5位)	2.4%	(9位)

（出典）科学技術・学術政策研究所

「融合」の観点

- 他分野と比べ、日本企業が、日本の大学等の人材や知を積極的に活用する傾向。
- リチウムイオン電池、青色LED等、**我が国発のマテリアルが社会変革を牽引**した多くの実績。
- ▲ 諸外国と比べ、融合・新興領域の開拓が不十分。
- ▲ マテリアルの多様な知を十分に社会実装できていない。

3. 目指すべき将来像

目指すべき将来像として、「マテリアルで産業を牽引し、世界でリーダーシップを発揮する国」、「マテリアルの魅力で、世界から優れた研究者を引き付ける国」、「マテリアルで新しい価値と産業を生み出し、世界に貢献できる国」の3つを掲げた上で、10年後（2030年）を見据えて今後当面推進すべき**4つの取組**を提示。

4. 今後の取組の方向性

(1) データを基軸としたマテリアル研究開発のプラットフォーム整備

- マテリアル研究開発の効率化・高速化・高度化にはデータ駆動型研究開発に使う**高品質なマテリアルデータ**が決定的に重要。
- 我が国最大のマテリアルの強みは、**世界最高水準の共用施設・設備、産学官の優れた人材、成熟した産学官連携関係**の存在。
- マテリアルの研究開発現場や製造現場全体の**デジタル化、リモート化、スマート化、オンデマンド化**が急がれる状況。

我が国の強みを基盤に、産学官のマテリアルデータが持続的・効果的に創出、共用化、蓄積、流通、利活用される「**マテリアルDXプラットフォーム**」を日本全体で速やかに整備。研究開発成果の創出における**圧倒的な生産性向上**を実現するとともに、**データ有効活用のジャパンモデル**を確立。

産学官のマテリアルデータの取扱いに関する共通指針策定

- ・ 共通的なデータ構造（データフォーマット含む）の開発、データ流通に関する輸出管理、データに関する権利等のルール整備を検討
- ・ 特許等公開情報についてAI学習用のデータベース化を推進

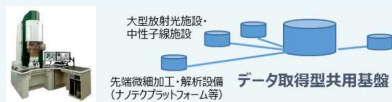
マテリアルデータの中核拠点・ネットワーク形成

- ・ オープンデータ、シェアードデータを対象に、セキュアな環境の下、データとデータ構造を蓄積・管理する中核拠点を整備
- ・ 中核拠点と、特色ある強みを持つ技術領域で先行取組を進めるデータ拠点が連携・協調



データ創出・活用可能な共用施設・設備の整備・高度化

- ・ 先端共用施設・設備群を活用し、高品質なデータとデータ構造を創出する共用基盤を整備・高度化するとともに、データ専門人材、技術者を育成・確保
- ・ 次世代研究機器を開発・高度化・導入



計測・分析機器の共通データフォーマットの開発・標準化

- ・ 高品質なデータ創出の促進に向けて、計測・分析データの共通データフォーマットの開発・標準化を加速
- ・ プラットフォーム上での一元的、統合的な解析を可能に

データ創出・活用型研究開発プロジェクトの推進

- ・ 我が国が強みを持つ重要技術・実装領域を対象に、データ創出・活用と理論・計算・実験が融合する研究開発プロジェクトを実施
- ・ 高品質データを生み出すスマートラボトリ化を促進

- これらの取組を包括的に推進し、産学官のマテリアル研究者やマテリアルユーザーが利活用できるプラットフォームを整備。**研究開発活動の停滞リスクにも対応。**
- 研究開発期間の短縮化・低コスト化、若手への魅力ある研究開発環境の提供、産学官の連携・融合の加速等を実現。

(2) 重要なマテリアル技術・実装領域の戦略的推進

- 我が国が真に伸ばすべき**技術領域**と、こうした技術が付加価値（バリュー）をもたらす**社会実装領域（未来の姿）**を抽出。

【社会実装領域（未来の姿）のイメージ（例）】

- ◆ **超低消費電力で駆動するEco-Society 5.0の実現**
- ◆ **資源の海外依存国から資源産出国への実質的転換**
- ◆ **世界一安全なレジリエンス国家の実現** など7領域を提示

【重要技術領域（例）】

- ◆ **高度なデバイス機能の発現を可能とするマテリアル**（パワーエレクトロニクスデバイス等）
- ◆ **マテリアルの高度循環のための技術**（資源代替技術、資源使用量低減技術等）
- ◆ **極限機能を有するマテリアル**（極限環境構造材料、軽量・高強度材料等）
- ◆ **マルチマテリアル化技術**（異種材料接着・接合技術、3D積層技術等）
- ◆ **物質と機能の設計・制御**（表面・界面・粒界制御、元素の新機能創出等） など10領域を提示

【推進手法】

- 未来の姿の実現に向けた**リーディングプロジェクト**と、重要技術を育成する**拠点形成**を推進。
- 領域毎に、産学官連携、異分野融合、データ創出・活用、プロセス技術強化、国際協力等を促進する仕組みを適切に構想し推進。
- 一部技術・実装領域において、府省連携型の**統合型プロジェクト**を推進。ガバニングボードの下、**マテリアルDXプラットフォームやプロセスイノベーション拠点との連携体制**を構築し、データ創出・活用型の研究開発課題を集中支援。

- こうした「**戦略**」型研究に加えて、研究者の内発的動機に基づく研究課題に取り組む「**創発**」型研究も推進し、多様な卓越知を蓄積。

(3) マテリアル・イノベーションエコシステムの構築

- ベンチャー企業等の新しいプレイヤーが次々と生まれるような多様な産学官のステークホルダーが参画・融合する**新たなイノベーションエコシステムを構築**。
- 我が国企業が**国際市場を戦略的に獲得可能な環境整備**を推進。

○ プロセスイノベーション拠点の構築

- ・ 最先端のプロセスファウンダリ、分析・解析装置等を有し、産学官のマテリアルの技術・人材等の情報・リソースを集積・活用・循環する拠点を形成
- ・ 地域産業群の特徴を踏まえた拠点活動を実施

○ マテリアルの特性を踏まえたベンチャー創出策の検討、大学の産学連携体制強化策の検討、革新シーズ発掘・育成

- マテリアルの**計測方法、安全性評価指標・手法の国際標準化**推進

(4) マテリアル革新力を支える人材の育成・確保

産学官の本格的協力の下、「**研究力強化・若手研究者支援総合パッケージ（CSTI決定）**」を実行しつつ、マテリアル分野の**研究者・技術者を持続的に育成・確保**。

○ 「マテリアル×デジタル」融合人材の育成強化

- ・ データ専門人材、データ駆動型研究開発をツールとして駆使できるマテリアル研究者、数理・データサイエンス・AIの専門知識を持つマテリアル関連人材を育成

参考資料 目次

- 「マテリアル革新力強化に向けた準備会合」の設置について
- マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合の設置について
- 「マテリアル革新力強化に向けた準備会合」及び「マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合」における検討の経緯
- 「マテリアル革新力」に関する参考資料・データ集

「マテリアル革新力強化に向けた準備会合」の設置について

令和2年2月10日
文部科学省研究振興局長
経済産業省産業技術環境局長
経済産業省製造産業局長

1. 設置趣旨

AI、量子技術、バイオテクノロジー等の先端技術の革新や、Society 5.0及びSDGsの達成、環境・エネルギー等の国内外の重要課題の達成に向けて、「マテリアル（物質、材料、デバイス）」の革新が大きな鍵を握る。マテリアルは我が国の経済・社会の発展を支え、世界と戦える強み（ポテンシャル）を有する技術領域である一方、その強みが徐々に失われている危機に直面している。

こうした中、現在、政府におけるマテリアル革新力の強化のための方針が示されていない状況にある。我が国が世界の産業・イノベーションを牽引していくためには、産学官共通のビジョンの下、第6期科学技術基本計画及び統合イノベーション戦略2020を視野に入れつつ、マテリアル革新力を強化するための政府全体の戦略が不可欠となる。

こうしたことを踏まえつつ、「マテリアル革新力強化に向けた準備会合」を設置し、政府全体の戦略策定に向けた基本的事項の整理のために必要な検討を行う。

2. 検討事項

マテリアル革新力を強化するための政府戦略策定に向けた基本的事項の整理

3. 設置期間

令和2年2月19日から令和2年12月31日までとする。

4. 実施方法

- ・本準備会合は、別紙委員、オブザーバーをもって構成することとする。
- ・本準備会合は、原則、非公開とする。
- ・座長は、必要に応じ意見を聴取するため、委員、オブザーバー以外の者の出席を求めることができる。
- ・準備会合の議事要旨は、事務局が作成し発言者に確認した上で後日公開する。
- ・その他、運営に関する事項については、必要に応じて準備会合に諮った上で定める。

5. 事務局

本準備会合の運営については、文部科学省及び経済産業省が合同で行うものとし、事務局は文部科学省研究振興局参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当）付及び経済産業省産業技術環境局研究開発課とする。

マテリアル革新力強化に向けた準備会合委員

(外部有識者)

- 稲垣 正祥 京セラ株式会社執行役員上席／研究開発本部長
榎 学 東京大学大学院工学系研究科教授
◎大野 英男 東北大学総長
小野山修平 日本製鉄株式会社代表取締役副社長
片岡 一則 東京大学名誉教授・特任教授／(公財)川崎市産業振興財団副理事長
川合 眞紀 自然科学研究機構分子科学研究所長
川崎 雅司 東京大学大学院工学系研究科教授
小池 美穂 株式会社マテリアル・コンセプト代表取締役CEO
関谷 毅 大阪大学総長補佐／大阪大学産業科学研究所教授
十倉 雅和 住友化学株式会社代表取締役会長
中村 崇 東北大学名誉教授
○橋本 和仁 物質・材料研究機構理事長
松岡 大 TDK株式会社執行役員／技術・知財本部長
○三島 良直 日本医療研究開発機構理事長
村山 宣光 産業技術総合研究所理事
山岸 秀之 旭化成株式会社常務執行役員／スペシャルティソリューション事業本部長

(文部科学省／経済産業省)

- 村田 善則 文部科学省研究振興局長
飯田 祐二 経済産業省産業技術環境局長
高田 修三 経済産業省製造産業局長

(オブザーバー)

内閣府

- ◎ 座 長
○ 座長代理

(令和2年5月12日現在)

マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合の設置について

令和2年4月27日

マテリアル革新力強化に向けた準備会合

令和2年2月10日に文部科学省研究振興局長、経済産業省産業技術環境局長並びに同省製造産業局長の下に設置された「マテリアル革新力強化に向けた準備会合（非公開）」においては、我が国の産業・イノベーションにおけるマテリアル（物質、材料、デバイス）の重要性の拡大等に鑑み、第6期科学技術基本計画及び統合イノベーション戦略2020を視野に入れつつ、マテリアル革新力の強化に向けた基本的事項等の整理を進め、同年3月23日に一次とりまとめ（未公表）を実施したところである。

今般、一次とりまとめを踏まえ、マテリアル革新力を強化するための政府全体の戦略策定に向けて、より具体的かつ幅広い検討を行う必要があることから、「マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合」（以下「戦略準備会合」という。）を設置し、以下のとおり運営する。

1. 検討事項

マテリアル革新力を強化するための政府戦略策定に向けた重要事項の整理、具体化

2. 設置期間

令和2年4月27日から令和2年12月31日までとする。

3. 実施方法

- ・戦略準備会合は別紙委員、オブザーバーをもって構成することとする。
- ・戦略準備会合は、原則として公開する。
- ・座長は、必要に応じ意見を聴取するため、委員、オブザーバー以外の者の出席を求めることができる。
- ・戦略準備会合の議事録は、事務局が作成し、発言者に確認した上で公開する。
- ・その他、運営に関する事項については、必要に応じて戦略準備会合に諮った上で定める。

4. 事務局

戦略準備会合の運営については、文部科学省及び経済産業省が合同で行うものとし、事務局は文部科学省研究振興局参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当）付及び経済産業省産業技術環境局研究開発課が担う。

(別紙)

マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合委員

(外部有識者)

- 稲垣 正祥 京セラ株式会社執行役員上席／研究開発本部長
榎 学 東京大学大学院工学系研究科教授
◎大野 英男 東北大学総長
小野山修平 日本製鉄株式会社代表取締役副社長
片岡 一則 東京大学名誉教授・特任教授／(公財)川崎市産業振興財団副理事長
川合 眞紀 自然科学研究機構分子科学研究所長
川崎 雅司 東京大学大学院工学系研究科教授
小池 美穂 株式会社マテリアル・コンセプト代表取締役CEO
関谷 毅 大阪大学総長補佐／大阪大学産業科学研究所教授
十倉 雅和 住友化学株式会社代表取締役会長
中村 崇 東北大学名誉教授
○橋本 和仁 物質・材料研究機構理事長
松岡 大 TDK株式会社執行役員／技術・知財本部長
○三島 良直 日本医療研究開発機構理事長
村山 宣光 産業技術総合研究所理事
山岸 秀之 旭化成株式会社常務執行役員／スペシャルティソリューション事業本部長

(文部科学省／経済産業省)

- 村田 善則 文部科学省研究振興局長
飯田 祐二 経済産業省産業技術環境局長
高田 修三 経済産業省製造産業局長

(オブザーバー)

- 内閣府
外務省
農林水産省
国土交通省

◎座長

○座長代理

(令和2年5月15日現在)

**「マテリアル革新力強化に向けた準備会合」及び
「マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合」
における検討の経緯**

マテリアル革新力強化に向けた準備会合（第1回）【非公開】（令和2年2月19日）

- （1）マテリアル革新力強化に向けて（自由討議）
- （2）その他

マテリアル革新力強化に向けた準備会合（第2回）【非公開】（令和2年3月23日）

- （1）データ・基盤について
文部科学省、物質・材料研究機構、経済産業省、産業技術総合研究所からヒアリングを実施
- （2）重要技術・実装領域について
科学技術振興機構研究開発戦略センター、新エネルギー・産業技術総合開発機構技術戦略研究センターからヒアリングを実施
- （3）準備会合提言について
- （4）その他（今後のスケジュール他）

『マテリアル革新力強化のための政府戦略の策定に向けて（準備会合一次とりまとめ）』決定

（令和2年3月23日）

マテリアル革新力強化に向けた準備会合（第3回）【非公開】【書面開催】（令和2年4月27日）

- （1）マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合の設置について

マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合（第1回）【書面開催】

（令和2年4月27日）

- （1）外部有識者ヒアリングについて
 - ・株式会社日立製作所（研究開発グループ 材料イノベーションセンタ 宮崎克雅主管研究長、基礎研究センタ 品田博之主管研究長）
 - ・株式会社島津製作所（北岡光夫取締役専務執行役員）、早稲田大学（リサーチイノベーションセンター 一村信吾教授）
 - ・日本材料技研株式会社（浦田興優代表取締役社長）
 - ・新化学技術推進協会（JACI）（高橋武秀専務理事）
 - ・東京工業大学（物質理工学院 一杉太郎教授）
- （2）オブザーバー府省ヒアリングについて
 - ・内閣府
 - ・農林水産省
 - ・国土交通省
- （3）今後のスケジュールについて

マテリアル革新力強化のための戦略策定に向けた準備会合（第2回）（令和2年5月15日）

- （1）新型コロナウイルス感染症の発生・拡大を踏まえたマテリアル革新力強化の在り方について
- （2）データを基軸としたプラットフォームを活用した研究開発の進め方について
- （3）戦略準備会合取りまとめ（案）について
- （4）その他

『マテリアル革新力強化のための政府戦略に向けて（戦略準備会合取りまとめ）』決定・公表

（令和2年6月2日）

「マテリアル革新力」に関する 参考資料・データ集

マテリアルの重要性

重要性①～重要政府戦略の実現にはマテリアルの革新が不可欠

政府のAI戦略、バイオ戦略、量子戦略、環境戦略において、マテリアルに係る技術課題が多数掲げられているが、いずれもチャレンジングな技術課題であり、産学官のマテリアル関係者が戦略的・一体的に取り組む必要。

AI戦略2019

- 中核基盤研究開発として、例えば以下の取組を提示
 - ・エッジ向けコンピューティング・デバイス（自立型フレキシブルモジュールへ向けた**革新的センサ・アクチュエータ**等の開発、情報処理に係る消費電力性能を従来比10倍以上に向上させる**革新的AIチップ技術の確立**）
 - ・クラウド型コンピューティング・デバイス（消費電力がDRAMの数分の1以下、記憶容量は100倍以上の**ストレージクラスメモリの開発**）
 - ・産学官における**計算科学・AIを用いた材料研究開発**

バイオ戦略2019

- 市場領域（計9つ）として、例えば以下の領域・取組を提示
 - ① **高性能バイオ素材（軽量性、耐久性、安全性）**
 - ・持続可能な炭素循環社会の実現は世界共通の課題。軽量強靱なバイオ素材に対するニーズの大幅拡大が予想。我が国は素材技術及びその利用領域に強み。**生産培養技術を強化することで素材開発を促進し世界市場を開拓。**
 - ② **バイオプラスチック（汎用プラスチック代替）**
 - ・化石資源に依存しないプラスチック製造が実用化していないこと、廃プラスチック有効利用率の低さ、海洋プラスチックごみ等による環境汚染が世界的課題。我が国の豊富な遺伝資源と競争力ある素材物性情報はバイオプラスチックの開発において有望資源。**バイオプラスチック、生分解性プラスチックの開発促進等により世界市場を開拓。**
 - ④ **有機廃棄物・有機排水処理**
 - ・世界の廃棄物の急激な増加、環境問題の深刻化に対応する環境浄化関連市場の大幅な拡大が予想。**高付加価値を有する物質・素材等への転換を図るバイオを活用した資源循環システムの構築等により、市場を獲得・拡大。**
 - ⑥ **バイオ医薬・再生医療・細胞治療・遺伝子治療関連産業**
 - ⑧ **バイオ関連分析・測定・実験システム**

量子技術イノベーション戦略

- 主要技術領域（計4つ）として、例えば以下の領域・方針を提示
 - i) 量子コンピュータ・量子シミュレーション
 - ・ゲート型量子コンピュータを実現する基盤技術の中で、**超伝導量子ビット**は我が国発の技術であり、有力候補の一つとなっている。我が国は、高品質な超伝導量子ビットの作製・制御に関しては、世界と比肩する高い技術力を保持しており、かつ、国際的にも高く評価されている著名な研究者が存在する。
 - ・**シリコン量子ビット**は、既存の半導体集積技術を応用し、多量子ビット化に向けて注目が集まるなど、国際的にも研究開発競争が激化している。
 - ・**量子シミュレーション**は、**多体電子系等のシミュレーションにより、物質の機能解明や新物質探索への貢献**が期待されており、欧米や中国との間で研究開発競争が拡大している。我が国においても国際的に評価の高い研究者が存在する。
 - ii) 量子計測・センシング
 - ・**固体量子センサ**（ダイヤモンドNV中心等）は、室温・大気中において、磁場、電場、温度を、それぞれ超高感度で計測できる特長があり、センサ材料の中でも特に競争が激しい分野である。我が国は、固体量子センサの材料開発で高い技術力を保持している。
 - iv) **量子マテリアル（量子物性・材料）**
 - ・**量子状態を精密制御することで機能を発現する物性・材料「量子マテリアル」**は、我が国が長年にわたる基礎研究・応用研究の積み重ねにより、理論・実験・材料開発等において、世界的にも強み・競争力を有する領域である。
 - ・**グラフェン等のトポロジカル量子物質**は、高効率なスピン・電荷変換等の実現を通じて、省エネデバイスや新物性材料等への応用が期待される物質材料であり、将来の産業波及効果が高い技術領域とされている。
 - ・**スピン流を利用可能な材料（スピン流材料）**は、単一デバイスで熱、振動、光等からエネルギーを獲得するスピントロニクスデバイスに利用することが可能な革新材料と期待されている。スピントロニクス技術は、我が国の大学・研究機関等が、長年の基礎研究等の蓄積を有する技術領域である。

重要性①～重要政府戦略の実現にはマテリアルの革新が不可欠（2）

革新的環境イノベーション戦略

○全5分野について、重要かつ共通的な16の技術課題及びGHG削減量が大きく、日本の技術力による大きな貢献が可能な39テーマとして、例えば以下の取組を提示

I. エネルギー転換

1. 再生可能エネルギーを主力電源に

① 設置場所の制約を克服する柔軟・軽量・高効率な太陽光発電の実現
・ペロブスカイト系（軽量、曲面追従、鉛フリー等）、次世代タンデム型、Ⅲ-Ⅳ族系など、要素技術開発フェーズにある革新的なデバイス・素材等について、2030年頃の社会実装開始を目指し、産学官の連携の下で研究開発を進める。

2. デジタル技術を用いた強靱な電力ネットワークの構築

④ 再生可能エネルギーの主力電源化に資する低コストな次世代蓄電池の開発
⑥ 高効率・低コストなパワーエレクトロニクス技術等の開発
・既存用途よりは高い耐圧が求められる車載・産業用途や、より高速動作が求められる通信機器用途のために、シリコンデバイスの新構造化技術や、炭化ケイ素や窒化ガリウムといった次世代パワー半導体の開発に取り組んできたところ、引き続き、窒化ガリウム等の次世代パワー半導体の高性能化技術や低コスト化技術の開発に取り組む。

3. 低コストな水素サプライチェーンの構築

⑧ 輸送・貯蔵：圧縮水素、液化水素、有機ハイドライド、アンモニア、水素吸蔵合金等の輸送・貯蔵技術の開発
・モビリティ、水素発電、産業利用等を想定した水素輸送・貯蔵（圧縮水素、液化水素、有機ハイドライド、アンモニア、水素吸蔵合金等）の技術開発を行う。

II. 運輸

6. 多様なアプローチによるグリーンモビリティの確立

⑬ 自動車、航空機等の電動化の拡大（高性能蓄電池等）と環境性能の大幅向上

<自動車> 電動車（BEV, PHEV, HEV, FCEV）の実現に向け、高性能蓄電池、モーター、インバーター（次世代パワー半導体等）、燃料電池、部材軽量化等の様々な要素技術の開発、実用化段階にある技術の実証を進める。

<航空機> 次世代電動航空機に求められる軽量・高出力を満たすコア技術（モーター、蓄電池、パワエレ、装備品等）の開発、実証を進める。また、燃費向上に資する機体やエンジンの材料軽量化等の開発を進める。

- ⑭ 燃料電池システム、水素貯蔵システム等水素を燃料とするモビリティの確立
- ⑮ カーボンリサイクル技術を用いた既存燃料と同等コストのバイオ燃料・合成燃料製造や、これら燃料等の使用に係る技術開発

III. 産業

7. 化石資源依存からの脱却

⑯ プラスチック等の高度資源循環技術の開発
・回収されたプラスチック製品を汚れや複合品などの品質に応じて最適に循環させる。要素技術段階から実用化技術段階にある高度選別・高物性材料再生・基礎化学品化・高効率エネルギー循環などの基盤技術を開発する。加えて、海洋生分解性プラスチックの海洋での生分解機構の解明を通じ、多様な用途に利用できる革新的な新素材を開発するとともに、安全性の評価手法の確立と国際標準化により、それらの普及を促進する。

8. カーボンリサイクル技術によるCO₂の原燃料化など

⑲ 低コストメタネーション（CO₂と水素からの燃料製造）技術の開発

IV. 業務・家庭・その他・横断領域

9. 最先端のGHG削減技術の活用

⑳ 未利用熱・再生可能エネルギー熱利用の拡大

V. 農林水産業・吸収源

13. 最先端のバイオ技術等を活用した資源利用及び農地・森林・海洋へのCO₂吸収・固定

㉑ バイオマスによる原料転換技術の開発

・改質リグニン、CNF等の用途拡大に向けた量産・低コスト製造技術の開発を進める。

重要性②～SDGs達成にはマテリアルの革新が不可欠

SDGsに関して、マテリアルの革新なしには達成できない目標が数多く含まれている。

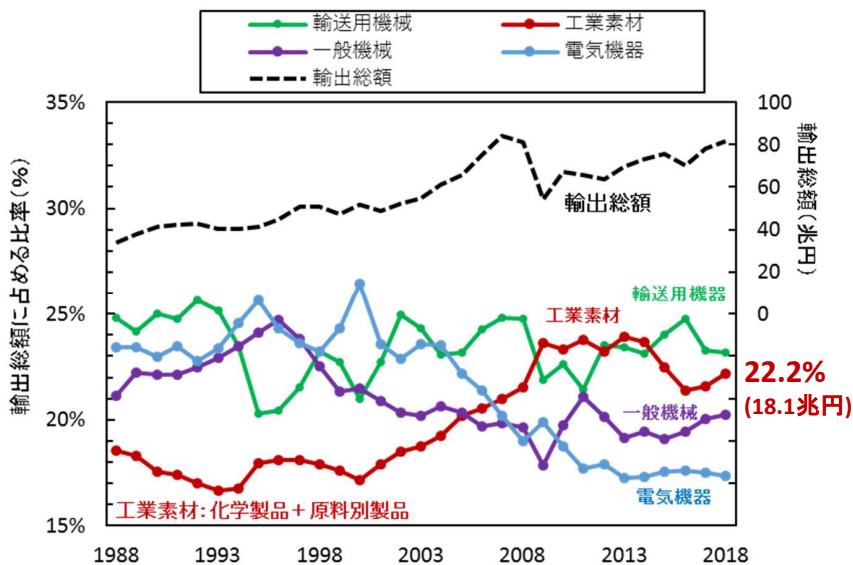
貧困の撲滅	1 貧困をなくそう	<ul style="list-style-type: none"> ・衣：合成繊維（ナイロン、ポリエステル、など） ・食：脱脂粉乳、人工甘味料、など ・住：合板（ベニヤ、木質ボード） 	製造消費	12 つくる責任と消費	<ul style="list-style-type: none"> ・大量生産：オートメーション、ロボット ・消費：迅速な大量輸送（道路、輸送機器）
飢餓の撲滅	2 飢餓をゼロに	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノ食材（吸収性・安定性・溶解性向上、食味改善、など） ・衛生技術（ナノバブルを用いた殺菌・滅菌・洗浄、など） 	気候変動	13 気候変動に具体的な対策を	<ul style="list-style-type: none"> ・（衛星搭載）地球観測センサ ・スーパーコンピュータ（地球シミュレータ）
健康と福祉	3 すべての人に健康と福祉を	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオチップ（診断デバイス） ・ナンドラッグデリバリーシステム ・ウェアラブルデバイス ・人工感覚器 ・生体材料（再生医療材料） 	海洋資源	14 海の豊かさを守ろう	<ul style="list-style-type: none"> ・計測技術 ・レアメタル、レアアース
水とトイレ	6 安全な水とトイレを世界中に	<ul style="list-style-type: none"> ・逆浸透膜 ・イオン交換材料 ・ゼオライト吸着材料 ・ナノ多孔質材料 ・光触媒 	陸上資源	15 陸の豊かさも守ろう	<ul style="list-style-type: none"> ・木質耐火材 ・レアメタル・レアアース活用 ・バイオマス（燃料・素材）
エネルギー	7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに	<ul style="list-style-type: none"> ・電子エネルギー変換 太陽電池、LED、熱電変換、など ・化学エネルギー変換 光触媒、燃料電池、二次電池、など ・発電用材料 タービンブレード用超耐熱材料、など ・エネルギー輸送・転換材料 超伝導材料、磁気冷凍材料、永久磁石材料、軟磁性材料、パワー半導体、アクチュエータ、など ・バイオ燃料 バイオエタノール、廃棄物利用、など ・クリーンプロセスング 吸着材料、分離膜、排ガス触媒、など 	産業技術革新	9 産業と技術革新の基盤をつくろう	<ul style="list-style-type: none"> ◎技術革新＝材料イノベーション ・鉄鋼⇒蒸気機関、鉄道、アルミ⇒大型航空機 シリコン⇒半導体、炭素⇒プラスチック ◎次のナノテク・材料イノベーション ・半導体（グラフェン、カーボンナノチューブ、など） ・原子スイッチ ➢ Beyond CMOS（CMOSと異なる動作原理、その物理限界を超える性能。スピントロニクス、など）
クリーン			不平等の是正	10 人や国ごとの格差をなくそう	<ul style="list-style-type: none"> ・パソコン、インターネット ・輸送網（道路、輸送車両・・・）
労働経済成長	8 働きがいも経済成長も	<ul style="list-style-type: none"> ・産業用ロボット・ロボットスーツ（軽量化材料） ・ナノセンサ・アクチュエータ 	持続可能都市	11 住み続けられるまちづくりを	<ul style="list-style-type: none"> ◎建築土木資材 ・鉄鋼 ・コンクリート ・プラスチック

【出典】第10期ナノテクノロジー・科学技術委員会（第4回）中山智弘氏（JST/CRDS）発表資料（2018.2.16ナノテクノロジー総合シンポジウム 岸輝雄 外務大臣科学技術顧問発表資料をJST/CRDSが改変）

重要性③～マテリアルは日本の輸出産業の要

我が国の輸出総額（2018年：81兆円）のうち「工業素材」が「輸送用機器(自動車等)」と並んで2割を超える。また、約30年間の輸出品目の推移においても、部素材関係が常に上位（一定の輸出割合）を占めている。

輸出総額に占める概況品各分野の比率



【出典】財務省「貿易統計（概況品）」を基に文部科学省作成

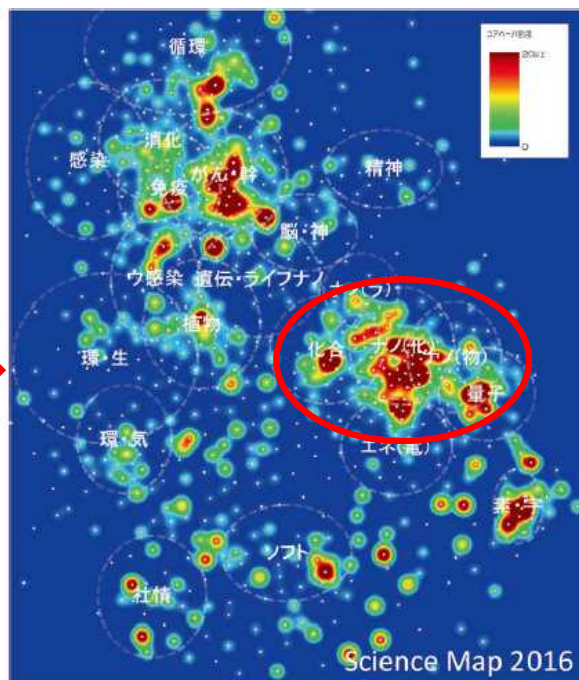
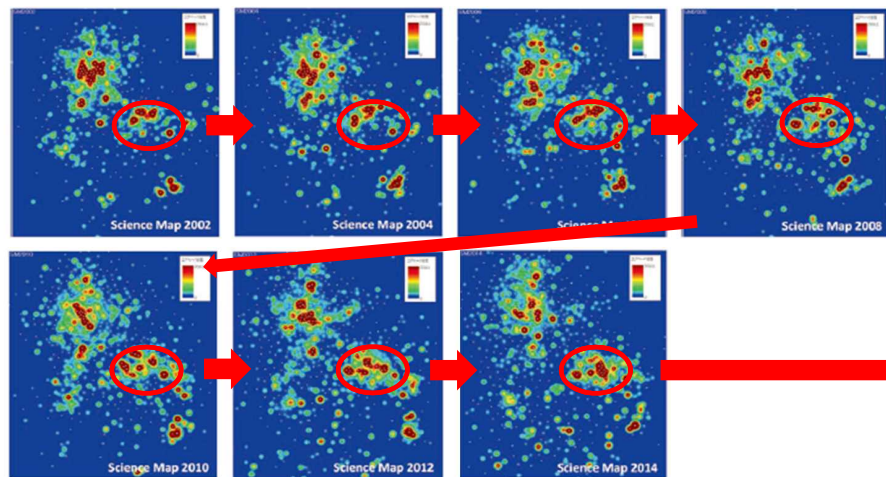
輸出上位10品目の推移

順位	1990年 輸出総額 41兆4,569億円	2000年 輸出総額 51兆6,542億円	2010年 輸出総額 67兆3,996億円	2018年 輸出総額 81兆4,788億円
1	自動車 17.8%	自動車 13.4%	自動車 13.6%	自動車 15.1%
2	事務用機器 7.2%	半導体等電子部品 8.9%	半導体等電子部品 6.2%	半導体等電子部品 5.1%
3	半導体等電子部品 4.7%	事務用機器 6.0%	鉄鋼 5.5%	自動車の部分品 4.9%
4	映像機器 4.5%	科学光学機器 5.1%	自動車の部分品 4.6%	鉄鋼 4.2%
5	鉄鋼 4.4%	自動車の部分品 3.6%	プラスチック 3.5%	原動機 3.6%
6	科学光学機器 4.0%	原動機 3.2%	原動機 3.5%	半導体等製造装置 3.3%
7	自動車の部分品 3.8%	鉄鋼 3.1%	船舶 3.3%	プラスチック 3.1%
8	原動機 2.7%	映像機器 2.7%	科学光学機器 3.0%	科学光学機器 2.8%
9	音響機器 2.3%	有機化合物 2.3%	有機化合物 2.8%	電気回路等の機器 2.6%
10	通信機 2.1%	プラスチック 2.0%	電気回路等の機器 2.6%	有機化合物 2.5%

【出典】日本貿易会「本貿易の現状と課題」

重要性④～世界のリサーチフロントの中心は常にマテリアル

マテリアル周辺（とライフサイエンス周辺）の研究が、過去15年にわたって世界のリサーチフロントの最も大きな割合を常に占めている。



短縮形	研究領域群名	短縮形	研究領域群名
腫瘍	腫瘍学系疾患研究	理・生	環境・生態系研究
感染	感染症研究	理・気	環境・気候変動研究
消化	消化器系疾患研究	化学	化学合成研究
免疫	免疫研究	ナノ(生)	ナノサイエンス研究(ライフサイエンス)
がん・幹	がん・幹細胞研究・遺伝子治療・幹細胞研究	ナノ(化)	ナノサイエンス研究(化学)
脳・神	脳・神経疾患研究	ナノ(物)	ナノサイエンス研究(物理学)
精神	精神疾患研究	量子	量子情報処理・物性研究
ウイルス	ウイルス感染症研究	エネ(電)	エネルギー創出(リチウムイオン電池)
遺伝・ライフナノ	遺伝子発現制御研究、ライフナノブリッジ	素・宇	素粒子・宇宙論研究
植物	植物科学研究	ソフト	ソフトウェア・コンピューティング関連研究
		社情	社会情報インフラ関連研究(IoT等)

注1: 本マップ作成には Force-directed placement アルゴリズムを用いているため、上下左右に意味は無く、相対的な位置関係が意味を持つ。報告書内では、生命科学系が左上、素粒子・宇宙論研究が右下に配置されるマップを示している。
 注2: 白丸が研究領域の位置、白色の破線は研究領域群の大きな位置を示している。他研究領域との共引用度が低い一部の研究領域は、マップの中心から外れた位置に存在するため、上記マップには描かれていない。研究領域群を示す白色の破線は研究内容を大まかに捉える時のガイドである。研究領域群に含まれていない研究領域は、類似のコンセプトを持つ研究領域の数が一定数に達していないだけであり、研究領域の重要性を示すものではない。
 データ: 科学技術・学術政策研究所がクオラベイト・アナリティクス社 Essential Science Indicators (NISSTEP ver.)及び Web of Science XML (SCIE, 2017 年末バージョン)をもとに集計・分析、可視化(ScienceMap visualize)を実施。

【出典】科学技術・学術政策研究所「サイエンスマップ2016」

重要性⑤～感染症対策や強靱な社会・産業づくりへの貢献事例

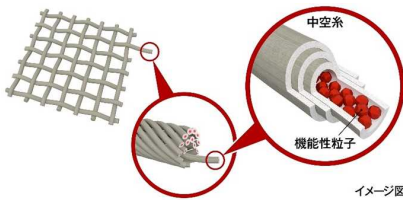
経済産業省事業、所管機関におけるマテリアルの研究開発から、**新型コロナウイルス感染症対策に貢献する、また、新型感染症の拡大に伴う影響からの脱却を図るための取組事例**が生まれてきている。

感染症対策（防疫、治療、診断等）

研究開発

① 繊維に抗菌性等の機能性付与を可能とするマイクロ波処理技術の開発 【産総研】

- 繊維の中空部分に、選択的に機能性微粒子や結晶を成長させる技術を開発。例えば、**コットンの中空部分に銀ナノ粒子を合成して抗菌性をもつ繊維の製造が可能**。
- 本技術により製造した綿は機能性粒子が中空部分にのみあるため、繊維の特徴は維持しつつ、摩擦等による機能劣化の抑制も期待でき、医療用の病衣、シーツ等への利用が想定。



繊維の中空部分への機能性微粒子導入のイメージ

<出典等>

- ① 産総研プレスリリース：発表・掲載日：2020/01/21
https://www.aist.go.jp/aist_j/press_release/pr2020/pr20200121_3/pr20200121_3.html
- ② 経済産業省 令和2年度補正予算「サプライチェーン強靱化に資する技術開発・実証」として実施
- ③ NEDO 次世代人工知能・ロボット中核技術開発にて実施（2015年7月～2020年2月）
<https://www.nedo.go.jp/content/100902378.pdf>

サプライチェーンの強靱化

研究開発

② 部素材の代替・使用量低減に資する技術開発・実証 【経済産業省】

- 供給途絶リスクが高い**レアアースの使用を極力減らす、又は使用しない技術の開発により、サプライチェーンの強靱化を図る**。
- <重希土類等>
使用量を減らしても同等程度の性能を発揮させる技術開発
- <軽希土類等>
品位向上や低品位のままでも利用できる技術開発



重希土類を使用しない磁石の開発（イメージ）

無人化／省力化、リモート社会

研究開発

③ 人との親和性が高いアシスト機器のための革新的ソフトアクチュエータの開発 【NEDO】

委託先：学校法人中央大学

- 人のように粘弾性を制御できる**人工筋肉と機能性流体デバイス**の開発、その動作アシストへの応用。



重要性⑤～感染症対策や強靱な社会・産業づくりへの貢献事例（2）

文部科学省事業、所管機関等におけるマテリアルの施策・研究開発から、**新型コロナウイルス感染症対策に貢献する、また、新型感染症の拡大に伴う影響からの脱却を図るための取組事例**が生まれてきている。

研究開発活動の継続支援

施策

○ 産学官のマテリアル研究開発を支援する共用施設・設備での技術代行サービスの実施

文部科学省ナノテクノロジー・プラットフォーム事業では、実施機関へ出張できない利用者に代わって技術スタッフが試作や測定を行う「技術代行」サービスを活用し、**日本全体の研究開発活動の継続を支援**。令和2年4月時点※で、33の実施機関において技術代行を受付。

※緊急事態宣言前



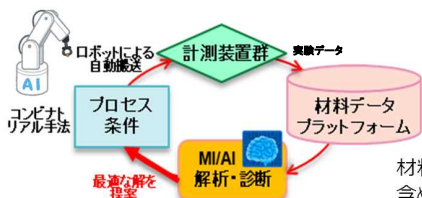
電話でのお問い合わせ
☎029-859-2777

（出典）
ナノテクノロジー・プラットフォームHP

施策

○ 研究データの共有環境整備やスマートラボ導入など、研究環境のデジタル転換の推進

NIMSでは、材料データプラットフォームを最大限活用し、**実験の自動化などスマートラボ化への転換を進めており、実験室での研究活動が制限される中、成果を持続的に創出**。



材料データプラットフォームを含めたスマートラボの概念図

感染症対策能力の強化

研究開発

○ 感染症対策能力の持続的強化に向けた研究開発の実施

大学等の研究現場において、**感染症対応能力の強化に貢献する、あるいは今後貢献が大きく期待されるマテリアルからの研究成果が生まれている**。

① 病院等で使用する器具や素手で触る箇所の**ウイルス不活性化**を通じた感染リスク低減への貢献

【具体的事例】

- ✓ ウイルスを分解する性能に優れた新しい光触媒材料をはじめとする、**抗菌・抗ウイルス材料**の開発
- ✓ **滅菌効果が高い深紫外線LED**の開発や、当該技術を用いたどこでも使えるUV滅菌機の開発

② 極微量**ウイルスの迅速検出**や**分離・分解・除去**を通じたウイルス蔓延防止への貢献

【具体的事例】

- ✓ **微細加工技術**や**ナノ物質**を活用した、簡易で高感度な極微量ウイルス検出法や検出センサ、分離・分解・除去技術の開発

③ 医療従事者や生活者の**遠隔操作**や**支援ロボット**の活用を通じた感染リスク低減への貢献

【具体的事例】

- ✓ **遠隔操作技術**や**ロボット向け**の材料・デバイスの開発

諸外国の動向・デジタル化の影響

動向・影響①～主要国の政府・企業はマテリアルの戦略的強化を実施

世界の主要国は、**政府の科学技術イノベーション政策において、強化すべき重要技術として必ず「マテリアル」を掲げている**状況。特に近年は、マテリアルの重要性に鑑み、**自国の特徴・強みを最大限活かしたマテリアルへの投資を大きく強化し始めている**。また、世界のIT企業が、新時代のビジネス展開を見据え、**ハードウェア（半導体）の大型M&Aを加速している**状況も注目すべき点。

<各国政府の主な政策・取組動向>

米国	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 「National Nanotechnology Initiative（国家ナノテクイニシアティブ）」を2001年から4代の政権にわたって継続（19年間で累計270億ドル以上を投資） ◆ 2011年、材料データベースと情報科学的手法を活用し、物質探索・設計手法を革新するデータ駆動型材料開発「Materials Genome Initiative」を世界に先駆けて開始 ◆ 2018年、中国の半導体等の巨額投資へ対抗するため、DARPAが「Electronics Resurgence Initiative（電子技術復活イニシアティブ）」を開始。最先端の軍事を支えるのは半導体、部材、製造技術であるとの認識の下、5年15億ドルの投資を予定 ◆ 希少鉱物に関する2017年12月の大統領令「Critical Minerals Executive Order」発令を受けて、DOEの「Innovation Hub」の一つである「Critical Materials Institute」について、2018年以降の5年間の延長を決定 	
欧州	EU	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 「Horizon 2020（2014-2020）」の「Key Enabling Technologies」として、ナノテクノロジー、先端材料、先進製造技術、バイオテクノロジーの4分野を選定。「Future and Emerging Technologies（10年10億ユーロ投資）」では、「Graphene Flagship」、「Human Brain Project」、「Quantum Flagship」の3プロジェクトを推進 ◆ ELSI（倫理的・法的・社会的課題）/EHS（環境・健康・安全）に関する取組を世界的に主導
	独	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 2018年発表の「ハイテク戦略2025（2018-2021）」において、「未来技術」としてマイクロエレクトロニクス、材料、バイオテクノロジー、AI等を位置付け
	英	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 2014年発表の科学技術イノベーション戦略「Our Plan for Growth」において、英国が世界をリードする8つの重要技術としてナノテクノロジーと先端材料を指定
	仏	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 2015年発表の「SNR France Europe 2020」において、社会的課題に対する重点研究として、希少資源依存の減少、化石燃料からの脱却、新材料設計、センサを指定 ◆ 2019年3月に「Nano2022プログラム」を開始。5年10億ユーロ（うち公的資金約9億ユーロ）。STマイクロエレクトロニクス社等を中核に半導体の研究開発と実用化を強化
中国	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 「国家中長期科学技術発展計画綱要（2006-2020）」において、先端技術8分野に「新材料技術」、重大科学技術4分野に「ナノ研究」を指定。「科学技術イノベーション第13次5ヶ年計画（2016-2020）」では15の重大科学技術プロジェクトに「重点的新材料」「スマート製造・ロボット」「航空エンジン・ガスタービン」等を指定 ◆ 2015年発表の「中国製造2025（Made in China 2025）」では、2049年（建国100周年）までに「世界の製造強国のリーダー」となることを掲げ、半導体、部材、材料の自給に向けた投資を拡大。まずは2025年までに、核心的部材とその鍵となる基礎材料の70%の自給実現を目指す ◆ IT・ソフトウェア系の覇権を握る米国のシリコンバレーに対抗し、深セン等にハードウェアのシリコンバレーを築き、次の覇権獲得を狙う動き 	
韓国	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 「ナノ技術開発促進法（2003）」に基づく「第4期ナノ技術総合発展計画（2016-2025）」にて、米国の技術レベルを100%とした場合に92%まで到達させることを提示 ◆ 2018年に「未来素材源泉技術確保戦略」を公表し「30の未来素材」を導出。「第3次National Nanotechnology Map（2018-2027）」で70のコアテクノロジーを同定 ◆ 2019年9月に、素材・部品・装備（装置や設備）産業の自立を目指し、2,179億ウォン（約200億円）の政府投資を発表 	

<民間企業の半導体M&A動向>

IoT/AI時代のビジネスを見据え、各国で**ソフトウェアとハードウェアを一体的に開発する動きが加速**。半導体企業の大規模M&Aが進展している（以下は主な事例）

- 米Intelが米Altera（FPGA（プログラミング可能な集積回路）の専門会社）を167億ドルで買収。従来のCPUに加えFPGAを事業ポートフォリオに組み込み（2015年）
- HPから分離した米Avago Technologies（半導体メーカー）が同業の米Broadcomを370億ドルで買収（2015年）
- Soft BankがIoTビジネスを見据え、英ARM（半導体設計会社）を240億ポンド（約3.3兆円）で買収（2016年）

動向・影響②～データ駆動型の研究開発が世界的に進展（1）

デジタル革命によるAIやビッグデータの発展が、マテリアルの研究開発手法を大きく変革しており、データ駆動型の研究開発が世界的に進展している。

米「材料ゲノム」の衝撃

人工知能を駆使 開発速度2倍に

情報科学で材料開発を加速する
材料のデータや論文、コンピュータで計算の発見、取り込み
この開発も人間の2倍の速度で進む

実験せず知財化も 日本勢に危機感

「材料ゲノム」は、材料の組成や構造、物性をデータベース化し、AIや機械学習を用いて、最適な材料を探索する手法。従来の実験・計算に加え、データの重要性に着目。2014年6月に「Strategic Plan」を公表。2016年までに約5億米ドル（約560億円）を投資。

◆ NIST, NSF, DOE, DoDなどで関連プロジェクトを実施（下記は代表例）。
 CNGMD（ローレンスバークレー国立研究所、UCバークレーなど）、
 SUNCAT Center（スタンフォード大、SLAC国立研究所）、
 CHiMaD（NIST、ノースウェスタン大、シカゴ大など）、
 PRISMS（ミシガン大）
 ◆ データプラットフォーム（レポジトリ）も各所で構築。

◆ EUの枠組みでNOMAD（Novel Materials Discovery）プロジェクト（2015～2018：約500万ユーロ（約7億円））を実施。マックスプランク協会フリッツ・ハーバー研究所が中核。
 ◆ スイスは独自にMARVEL（Materials' Revolution: Computational Design and Discovery of Novel Materials）プロジェクト（第1フェーズ：2014～2018で約1800万スイスフラン（約20億円））を実施。スイス連邦工科大学（EPFL）が中核。

◆ 中国では、2016年、国家重点研究開発計画の一つとして、「材料ゲノム工学のキーテクノロジーと支援プラットフォーム」（約3億元（約50億円）/5年）を開始。上海、北京において大学を中心に拠点を構築。
 ・上海大学に「Materials Genome Institute」（2015年）、上海交通大学に「材料ゲノム共同研究センター」（2016年）を設立。
 ・中国科学院物理研究所・北京科技大学、中国鋼研科技集团有限公司等が共同で「北京材料ゲノム工学イノベーションセンター」（2017年）を設立。
 ◆ 韓国では、2015年から10年計画で「Creative Materials Discovery Project」を実施（採択課題あたり最大約2.4億ウォン（約2500万円）/6年）。2016年、韓国科学技術研究所（KIST）に「Materials Informatics Database for Advanced Search（MIDAS）」を設置。

✓ 米国では、2012年に「Material Genome Initiative」の研究者が中心となり、日本が発表した電池材料の論文情報に基づき、コンピューターシミュレーションを実施
 ✓ その結果、日本のA社の未公開特許（出願はA社が先）の実験データと同等の物性値を算出

固体電解質
（固体でもリチウムイオンが移動できる物質）
↓
リチウムイオンの移動速度が電池の定常出力を決める

海外では、インフォーマティクス的な手法を活用し材料開発を既に実施！

国内	海外
2011年5月：国内A社 特許出願 （特許公開は2012年11月）	'12年10月：韓国B社・MIT論文公開 *この系の開発情報なく、突然特許公開前に論文発表

$Li_{(4-x)}Ge_{(1-x)}P_xS$

リチウムイオンが速く動ける
構造を持つことを実験的に見出した
従来型研究

$Li_{(4-x)}Ge_{(1-x)}P_xS$

実験なしでデータ分析だけで
実験と同じ結果を導出
マテリアルズインフォーマティクスの手法

米国「Material Genome Initiative」の中心研究者が深く関与し推進

【出典】2015.6.22日経新聞朝刊13面

【出典】文部科学省作成資料を基に経済産業省作成

動向・影響②～データ駆動型の研究開発が世界的に進展（2）

データ駆動型の研究開発に対して、2011年以降、主要国の政府や企業が投資を強化。

主要国政府のマテリアル×データの取組

国	概要
米国	<ul style="list-style-type: none"> ◆ Materials Genome Initiativeを2011年に立上げ。マテリアル開発の短期化・低コスト化に向け、従来の実験、計算に加え、データの重要性に着目。2014年6月に「Strategic Plan」を公表。2016年までに約5億米ドル（約560億円）を投資。 ◆ NIST, NSF, DOE, DoDなどで関連プロジェクトを実施（下記は代表例）。 CNGMD（ローレンスバークレー国立研究所、UCバークレーなど）、 SUNCAT Center（スタンフォード大、SLAC国立研究所）、 CHiMaD（NIST、ノースウェスタン大、シカゴ大など）、 PRISMS（ミシガン大） ◆ データプラットフォーム（レポジトリ）も各所で構築。
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ◆ EUの枠組みでNOMAD（Novel Materials Discovery）プロジェクト（2015～2018：約500万ユーロ（約7億円））を実施。マックスプランク協会フリッツ・ハーバー研究所が中核。 ◆ スイスは独自にMARVEL（Materials' Revolution: Computational Design and Discovery of Novel Materials）プロジェクト（第1フェーズ：2014～2018で約1800万スイスフラン（約20億円））を実施。スイス連邦工科大学（EPFL）が中核。
アジア	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 中国では、2016年、国家重点研究開発計画の一つとして、「材料ゲノム工学のキーテクノロジーと支援プラットフォーム」（約3億元（約50億円）/5年）を開始。上海、北京において大学を中心に拠点を構築。 ・上海大学に「Materials Genome Institute」（2015年）、上海交通大学に「材料ゲノム共同研究センター」（2016年）を設立。 ・中国科学院物理研究所・北京科技大学、中国鋼研科技集团有限公司等が共同で「北京材料ゲノム工学イノベーションセンター」（2017年）を設立。 ◆ 韓国では、2015年から10年計画で「Creative Materials Discovery Project」を実施（採択課題あたり最大約2.4億ウォン（約2500万円）/6年）。2016年、韓国科学技術研究所（KIST）に「Materials Informatics Database for Advanced Search（MIDAS）」を設置。

【出典】科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター作成資料を基に文部科学省作成

マテリアル開発をAIで支援するスタートアップ（例）

- シトリン・インフォーマティクス@シリコンバレー
- 2013年に創設されたスタートアップ企業
 - マテリアルデータベースにAIの機械学習機能を統合して、求められる条件に最適化された組成を選び出すなど、マテリアル開発を加速するソフトを開発。
 - 投資家にはアルファベット（旧グーグル）元会長のエリック・シュミット氏やファー創業者のジェリー・ヤン氏らが含まれている。
- 【出典】三菱総合研究所「17号 フロネシス 知財誕生！」より文部科学省作成

日本におけるマテリアル×データの取組動向

- 我が国政府では、2013年にJST研究開発戦略センターが戦略プロポーザル（※）においてデータ駆動型物質・材料開発の重要性について政府に提言を行ったことをきっかけに、2015年にNIMSを中核機関とする「情報統合型物質・材料開発イニシアティブ」が発足。その後、内閣府（SIP）、文科省、NIMS、経産省、AIST等が取組を強化。
 （※）「データ科学との連携・融合による新世代物質・材料設計研究の促進（マテリアルズ・インフォマティクス）～物質・材料研究を飛躍的に発展させるための新たなパラダイムシフト～」
- 企業においても、特に2017年以降、素材メーカーで、IT関連投資を拡大させる動き
 - ・2017年10月 日立製作所
新材料開発の期間・コストの削減を支援する「材料開発ソリューション」提供開始
AIを活用したマテリアルズ・インフォーマティクスに基づくデータ分析支援サービスなどを提供
 - ・2017年10月 横浜ゴム
インフォーマティクス技術を活用したタイヤ設計技術を開発
 - ・2019年6月 三菱ケミカル株式会社
統計数理研究所と三菱ケミカルの共同研究部門設置について
 - ・2019年10月 住友ゴム工業株式会社
タイヤの性能持続技術開発を加速させるAI技術「Tyre Leap AI Analysis」を確立

【出典】各社ニュースリリースより文部科学省作成

補足資料（データ・基盤関係の政府事業の成果と課題）

現在実施中の文科省、経産省所管の主なデータ・基盤関係事業において、**成果と課題を踏まえた取組の方向性**が見えてきている。

	ナノテクノロジープラットフォーム（2012～2021年度）【文部科学省】	情報統合型物質・材料開発イニシアティブ（MI2I）（2015～2019年度）【文部科学省】	超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト（2016～2021年度）【経済産業省】
概要	<ul style="list-style-type: none"> ナノテクノロジーに関する最先端の研究設備とその活用のノウハウを有する大学・研究機関が連携し、全国的な共用体制を構築 産学からの利用を促進し、異分野融合によって課題解決への最短アプローチを提供 	<ul style="list-style-type: none"> NIMSをハブ拠点として、多くの大学、国研、企業等からの人材糾合を行い、データ駆動型の物質科学研究に取り組むと同時に、マテリアルズ・インフォマティクス（MI）分野のコミュニティを形成 	<ul style="list-style-type: none"> 有機系機能性材料を対象にマルチスケールシミュレーション等の計算科学を活用し、材料データ群を作り出し、マテリアルズ・インフォマティクス（MI）と融合させることで革新的な機能性材料の創成・開発の加速化を目指す
成果	<ul style="list-style-type: none"> 共用研究施設や技術専門人材を通じた異分野融合や産学官連携が促進され、また、独自に大型施設・設備等を保有できない若手研究者が活躍できる機会が提供されている 大型・特殊機器等の共通基盤の仕組み構築と技術ノウハウ提供による解析結果やマテリアル創成により、質の高い研究論文が増加し、企業利用による先端技術の実用化を促進している 震災に伴い研究活動に支障をきたした研究者の利用を積極的に受け入れて支援を行うなど、セーフティネットの役割を果たしている 	<ul style="list-style-type: none"> フォーラム、チュートリアル、ハンズオンなどのアウトリーチ活動によりMIに馴染みの薄かった産業界からの理解を深めた 大学・研究機関に所属する情報系・材料系のアカデミア人材を糾合し、200名規模のハブ活動拠点を構築した アカデミアのMI研究開発拠点を全国各地に分散配置しMIの研究者ネットワークを構築した データ駆動型科学技術推進のエコシステム実現に向けた第一歩となった 機械学習を用いて、圧力誘起超伝導材料をはじめとした材料の設計・合成に成功するなど、MIによる新物質・新材料開拓の有効事例が創出された 	<ul style="list-style-type: none"> 有機・高分子材料を対象とした約10のシミュレーターを公開 化学反応における触媒反応率を予測するなどのAIによる予測に成功 プロジェクトの基盤技術である、計算、プロセス、計測の三位一体で開発するシステムの実証成功 シミュレーターの利用により実験回数を劇的に削減し、材料開発の加速に貢献
課題を踏まえた取組の方向性	<ul style="list-style-type: none"> プラットフォームの装置群の老朽化や陳腐化の進行への対策、技術専門人材等の恒常的な雇用・配置 科学技術の新たな発展・進歩に合わせて先端研究設備群を全国最適の観点で整備 技術専門人材の能力向上及びキャリアパスの拡大 企業からの利用を更に促すため、中小企業、ベンチャー企業などとの共同研究を含めた技術支援の提供を拡大する取組の実施 施設・設備、技術、成果の各情報のデータベース化 これまで蓄積された技術的知見（知識、ノウハウ、特許、データ）が利活用可能となる仕組み作り 	<ul style="list-style-type: none"> 物質科学・材料工学に興味をもつ情報工学・データ科学の研究者の確保 MIという学問の体系化 産業界のニーズを集約し、ニーズに応じたより高度なMI手法の開発、適切なデータの収集、データベース利用法の確立 知財の取扱いや研究データポリシーなどの制度面の整備、利活用可能なデータを効果的に集めるための仕組み作り セキュリティを確保しつつ、利便性の向上 	<ul style="list-style-type: none"> シミュレーターや計測機器、プロセス装置等がお互い連携し、ユーザーニーズに対応した材料設計が可能となる材料設計プラットフォームの構築 材料設計プラットフォームの効果的な運用に向けた環境整備

（出典）「第六期科学技術基本計画策定に向けたナノテクノロジー・材料科学技術の推進方策について（第1次案）」、「イノベーション創出の最重要基盤となるマテリアルテクノロジーの戦略的強化に向けて（第6期科学技術基本計画に向けた提言）」、「ナノテクノロジープラットフォームの中間評価結果（平成29年）」、「ナノテクノロジープラットフォーム「先端共用施設・技術プラットフォーム展望調査WG」報告書」を基に文部科学省作成

（出典）「イノベーションハブ構築支援事業ノウハウレポート」、「研究成果展開事業 共創の場形成支援（イノベーションハブ構築支援事業）事後評価報告書」を基に文部科学省作成

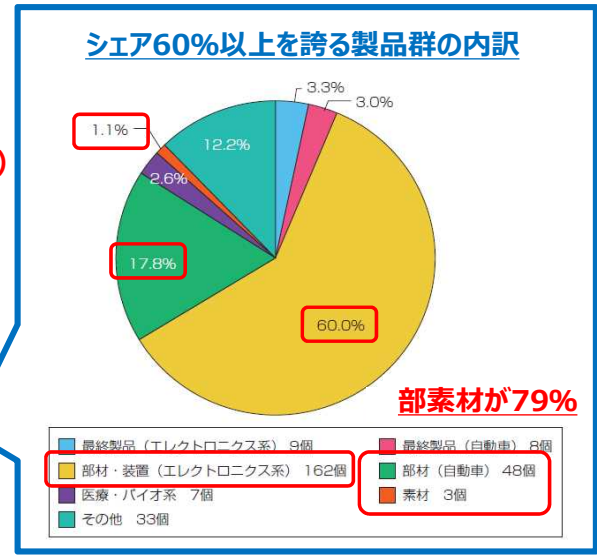
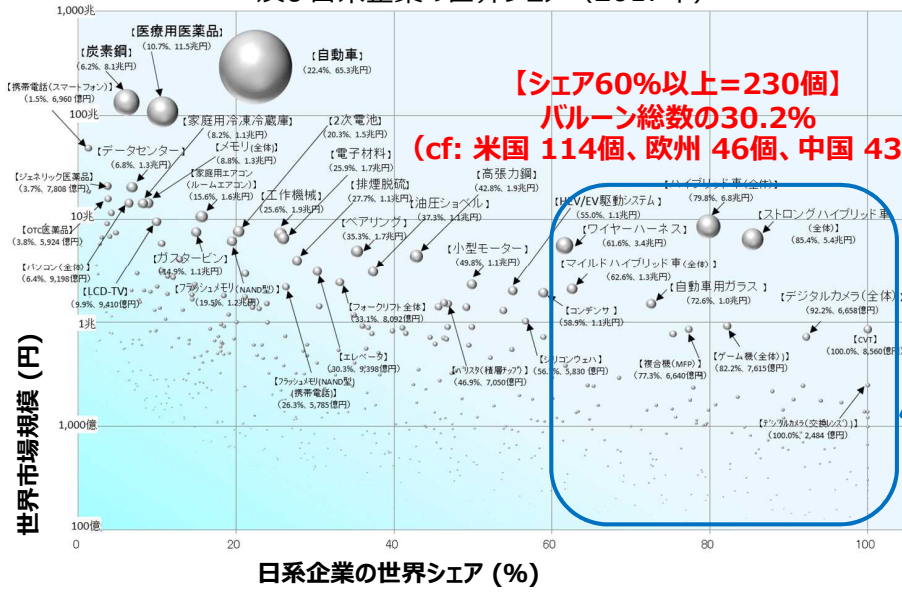
（出典）「超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクト」中間評価報告書」、「NEDO超先端材料超高速開発基盤技術プロジェクトウェブサイト」、「先端素材高速開発技術研究組合（ADMAT）ウェブサイト」を基に経済産業省作成

高いポテンシャル（産業の観点）

ポテンシャル：産業①～高い世界シェアを持つ製品の多くは部素材

日本企業が生み出す製品群のうち、世界シェア60%以上を誇る製品が約3割を占める。この高い世界シェアを持つ製品のうち約8割が部素材関係である。

日系企業が生み出した主要先端製品・部材の世界市場規模及び日系企業の世界シェア（2017年）



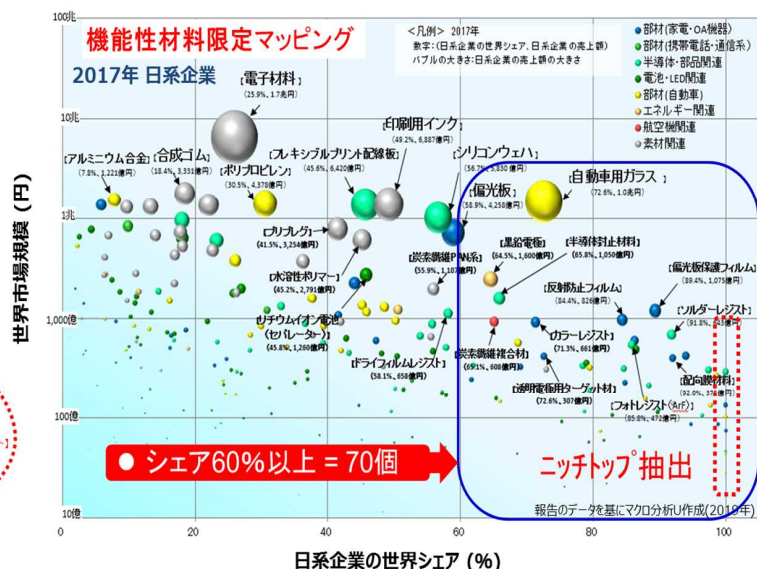
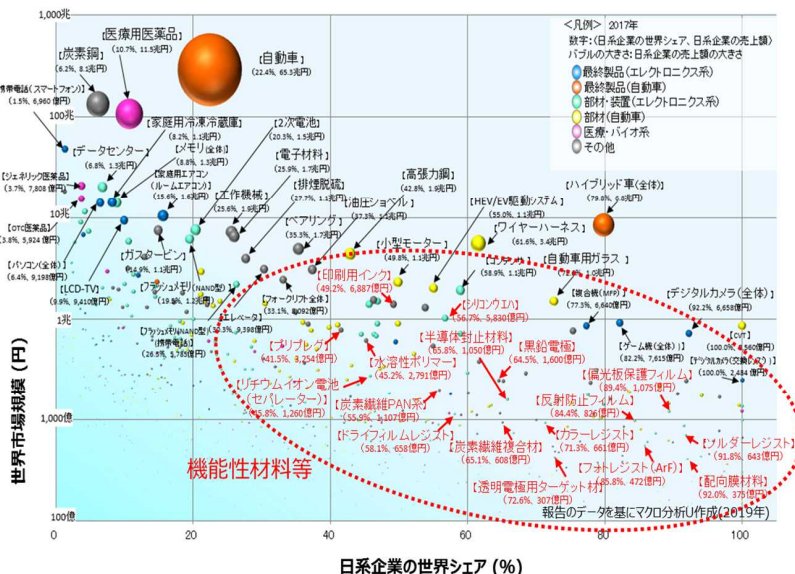
【出典】「2019年版ものづくり白書」及び新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成29年度日系企業のモノとサービス・ソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集」調査結果を基に文部科学省作成

ポテンシャル：産業②～機能性材料が日本の部素材産業を支える

製品の差別化が図れる機能性材料に着目すると、個々の市場規模は小さいものの高いシェアを確保している。（世界シェア60%以上の材料が70種類、世界シェア100%の材料（ニッチトップ）が19種類存在。）

- 機能性材料…（機能による分類） 光学材料、磁性材料、導電・絶縁材料、伝熱・遮熱材料、触媒…
（形態による分類） 粒子、繊維、フィルム、シート、膜…

日系企業が生み出した主要先端製品・部材の世界市場規模及び日系企業の世界シェア（2017年）
（機能性材料に関する詳細分析）

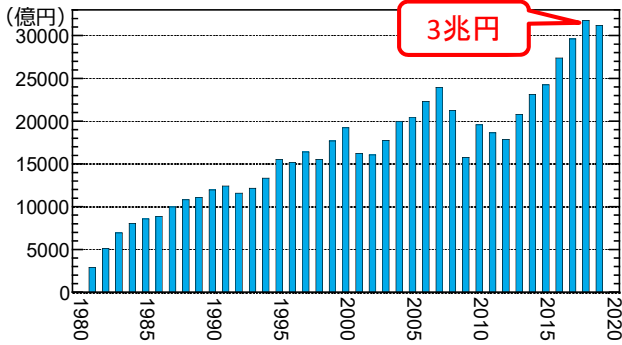


【出典】新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成30年度日系企業のモノ、サービス及びソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集」調査結果を基に経済産業省作成

ポテンシャル：産業③～模倣困難な製造技術を伴うマテリアルは強い

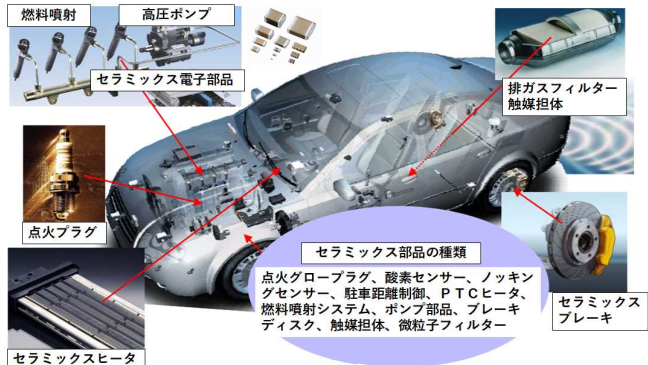
製造プロセスが複雑で模倣困難な**ファインセラミックス部材産業**は近年堅調に成長し、2019年国内生産額は約3兆円。日本のシェアは世界の約4割を占める。

ファインセラミックス部材の国内生産総額推移



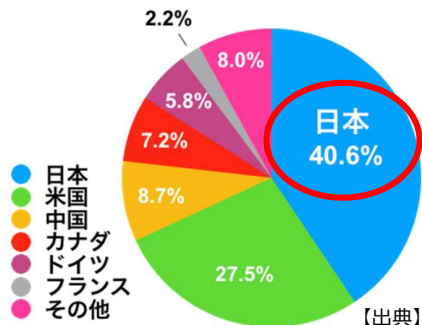
【出典】ファインセラミックス協会、産業動向調査、2019年
作成資料を基に経済産業省作成

最新電気自動車(EV)には、7,000～10,000個の電子セラミックス部材が搭載され、今後、さらに市場が拡大することが予想されている。



【出典】Institute for Applied Material, Ceramics in Mechanical Engineering
作成資料を基に経済産業省作成

ファインセラミックス産業の2018年国別市場規模



【出典】富士経済、2019年8月
作成資料を基に経済産業省作成

自動車向け積層セラミックコンデンサ(MLCC)の2017年度シェアと市場規模予想



【出典】週刊ダイヤモンド 2018.10.19

ポテンシャル：産業④～マテリアル×プロセス技術で数多くのイノベーション

日本から生まれた、革新的なデバイスのイノベーションは、**先進的な材料開発とそれを活用するためのプロセス技術開発を両輪として推進**することで実現されている事例が多い。

材料開発

【特徴】

- ◆ 論文、特許データ等による材料探索
- ◆ アカデミアの役割が重要
- ◆ 最適な組成・配合・物性設計等のマテリアルズ・インフォマティクス(MI)活用により競争が激化

プロセス技術開発

【特徴】

- ◆ ユーザー企業のニーズを踏まえた試行錯誤や摺り合わせをプロセス・インフォマティクス(PI)により簡略化
- ◆ 日本企業の強みである一方、競争力の源泉であるが故に共有・体系化に至らず、暗黙知化・喪失のおそれ

マテリアル・イノベーション



<https://www.iza.nippon.com/jiji/>より転載



<https://www.excite.co.jp/news/>より転載

高成形性超ハイテン：

<組成制御×プロセス技術>

国内鉄鋼メーカー各社が2000年前後から開発を加速。両立が困難な「高強度」と「良加工性」を、組成×制御冷却・熱処理のプロセス技術管理を通じて自在に制御可能に。

イノベーション

・自動車等の軽量化、高強度化

青色LEDの事例：

<優れた研究シーズ>

1980年代、天野浩教授、赤崎勇教授がGaN(窒化ガリウム)材料に関する論文発表。

<プロセス開発+研究開発投資>

中村修二日亜化学研究員(当時)の材料やプロセス技術の研究によりLED発光輝度の飛躍的な向上。

イノベーション

・レーザー開発、光源の代替、省エネ化、LEDディスプレイ

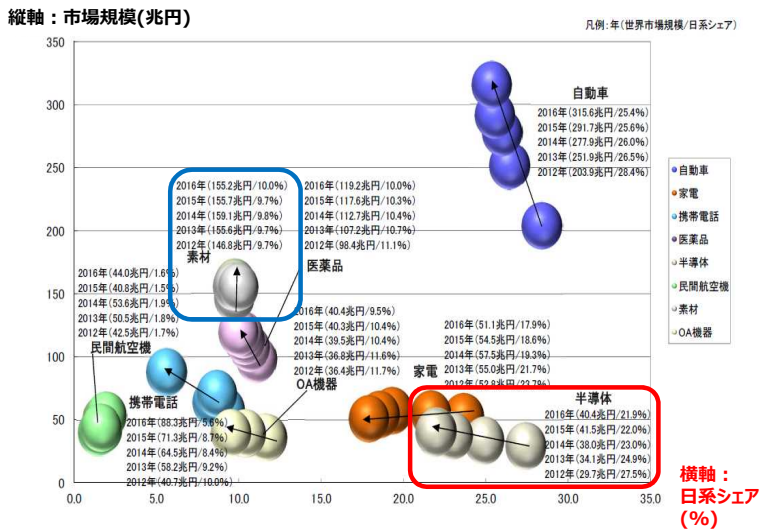
危機への直面（産業の観点）

危機感：産業①～一部材料製品でシェアが低下

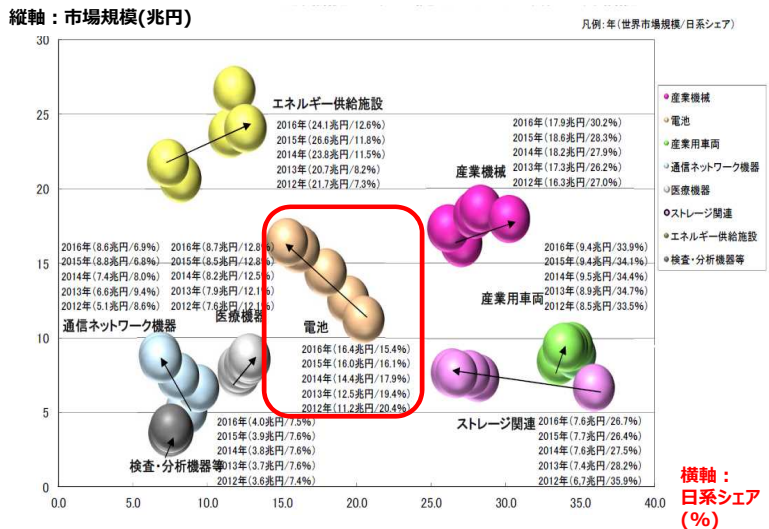
近年、素材産業では世界の市場シェアを維持している一方、電池や半導体については、市場シェアを徐々に下げている状況にある。

産業カテゴリー別の市場規模及び日系企業のシェア推移

【市場規模30兆円以上】



【市場規模30兆円未満】



【出典】新エネルギー・産業技術総合開発機構「平成29年度成果報告書 日系企業のモノとサービス・ソフトウェアの国際競争ポジションに関する情報収集情報収集項目(1)「モノを中心とした情報収集と評価」」(委託先：富士キメラ総研)に文部科学省が一部追記

危機感：産業①～一部材料製品でシェアが低下（2）

電気自動車（EV）等のモーター用磁石として広く使用されているネオジム磁石は、日本で開発された材料である一方で、現在の世界シェアは、中国企業が5割を超え、日本企業は2割未満となっている。その背景として、基本特許が切れたことに加えて、プロセス上のブラックボックスが存在しなかったこと（ある組成比で材料を混合させ、一般的な粉末焼結プロセスで作製すると、ほぼ求める特性を得ることが可能）等が挙げられる。

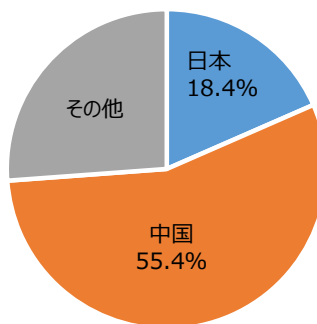
ネオジム磁石の世界シェア（2018年、2019年）

単位：t

メーカー	2018年（実績）	2019年（見込）
北京中科三環高技術	12,200	12,000
信越化学工業	7,500	7,500
天津天和磁材	6,500	6,500
煙台首鋼磁性材料	6,200	6,100
日立金属	4,300	4,100
煙台正海磁性材料	4,150	6,000
寧波韻升高科磁業	4,000	3,800
安泰科技	2,400	2,300
その他	16,750	14,700
合計	64,000	63,000

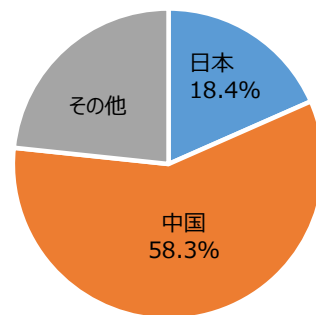
* オレンジ背景は中国企業、青背景は日本企業、灰色背景はその他

2018年（実績）



■ 日本企業 ■ 中国企業 ■ その他

2019年（見込）



■ 日本企業 ■ 中国企業 ■ その他

【出典】富士経済「精密小型モーター市場実態調査2019」を基に経済産業省作成

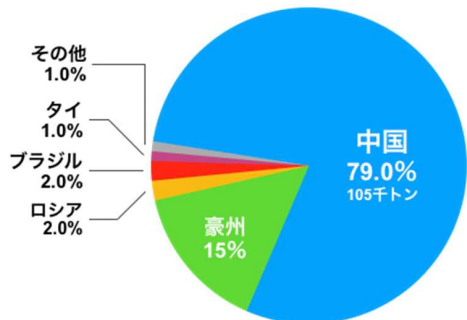
危機感：産業②～マテリアルの原料供給リスク増大の懸念

一部のマテリアルの原料（レアアース、リン（特に黄リン）など）は、供給源が特定の国に偏在している状況にある。これらのマテリアルは、電子機器等の先端産業や、日本の強みである機能性化学産業等において必要不可欠であるのみならず、今後、脱炭素社会への転換によって再エネ機器や電気自動車（EV）等が普及することで、世界的な需要増が見込まれる。こうした中で、米中貿易摩擦等による原料供給リスクの増大が懸念される。

【レアアース関係】

レアアース国別鉱石生産量（2017年）

（合計130千トン（REO換算））



鉱石生産は中国に一国集中

【出典】USGS2018を基に独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構が作成、経済産業省が一部改変

【リン（黄リン）関係】

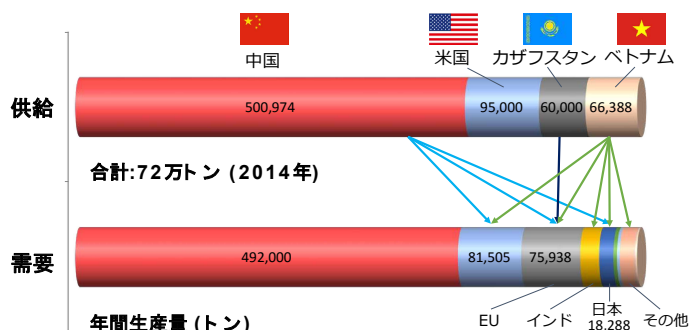
中国黄リン価格の経年変化



現在、中国の環境規制等によって多くのリンメーカーが生産を停止し、価格高騰。2008年のリンショックの際の価格を上回る水準

【出典（上下ともに）】一般社団法人リン循環産業振興機構

黄リンの国別需要・供給割合（2014年）

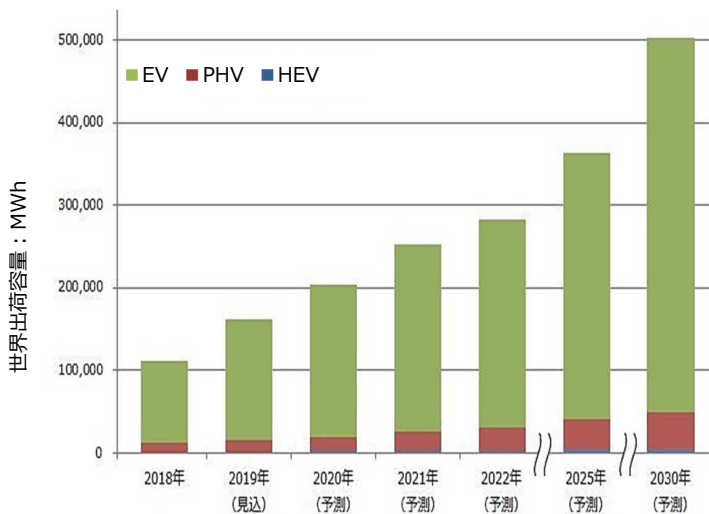


供給量全体の85%を占める米国・中国がリンを戦略物資として困り込んでおり、我が国はベトナム1国に事実上依存している状況

危機感：産業③～資源循環を考慮したマテリアルが不可欠に

電気自動車（EV）等の普及によって、世界的に需要増が見込まれるマテリアルについてはリサイクルが重要に。特に、EUでサーキュラーエコノミーが強く推進されている中、今後、性能の非常に優れたマテリアルであっても、リサイクル技術が確立されていない場合には、当該マテリアルが世界販売できなくなる可能性。

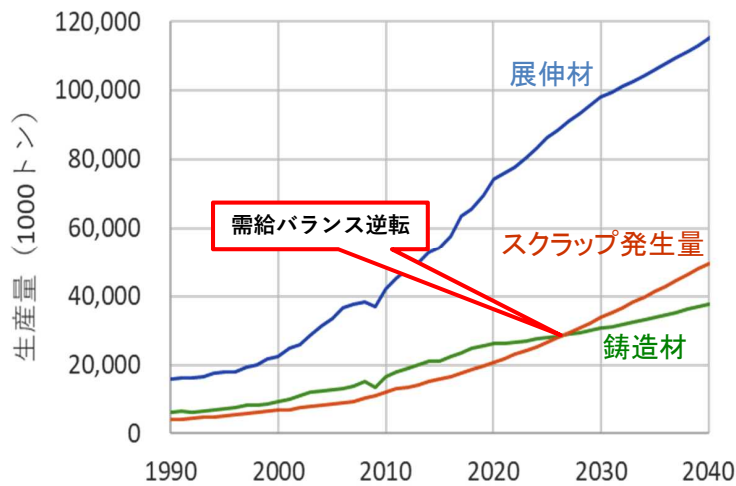
【車載用Liイオン電池（LiB）世界市場規模推移】



【出典】2019年版 車載用リチウムイオン電池市場の現状と将来展望（富士経済、図面は日経オンライン版より転載）を元にNEDO-TSCIにて作成

EV等の増加に伴うLiBの普及により、LiBリサイクルへのニーズが増大。他方、レアメタル等（Co、Ni、Li）は海外偏在資源であり、LiBの回収・再資源化がクローズアップ

【世界のアルミニウム素材の生産予測】



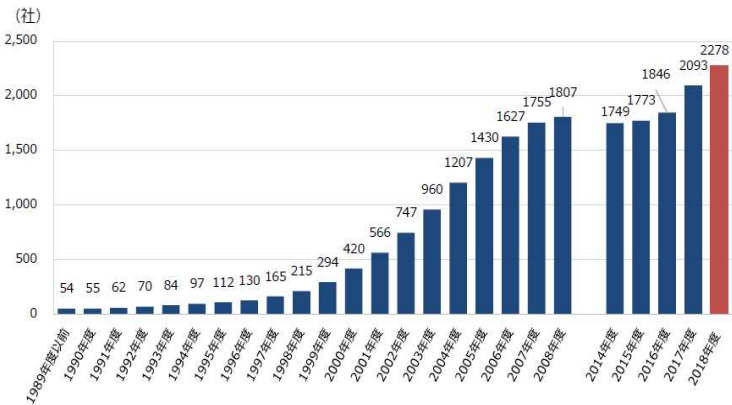
【出典】International Aluminium Institute, Regional Aluminium Flow Model 2017 (1)

EVの増加により、自動車用アルミ素材の需要が減少。アップグレードリサイクル技術の確立がなされなければ、大量のスクラップ材料が余剰発生する懸念

危機感：産業④～大学発スタートアップが少ない

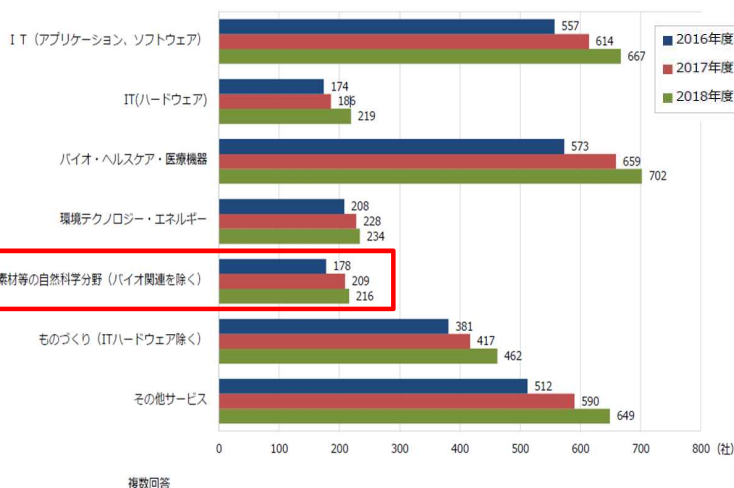
マテリアル系の大学発スタートアップ企業は徐々に数を増やしてはいるものの、IT系やバイオ系といった他分野と比較すると少ない。

大学発ベンチャー数の推移



本調査では、下記の5つのうち1つ以上に当てはまるベンチャー企業を「大学発ベンチャー」と定義している。
 1. 研究成果ベンチャー：大学で達成された研究成果に基づく特許や新たな技術・ビジネス手法を事業化する目的で新規に設立されたベンチャー
 2. 共同研究ベンチャー：創業者の持つ技術やノウハウを事業化するために、設立5年以内に大学と共同研究等を行ったベンチャー
 3. 技術移転ベンチャー：既存事業を維持・発展させるため、設立5年以内に大学から技術移転等を受けたベンチャー
 4. 学生ベンチャー：大学と深い関連のある学生ベンチャー
 5. 関連ベンチャー：大学からの出資がある等その他、大学と深い関連のあるベンチャー

業種別のベンチャー数の推移



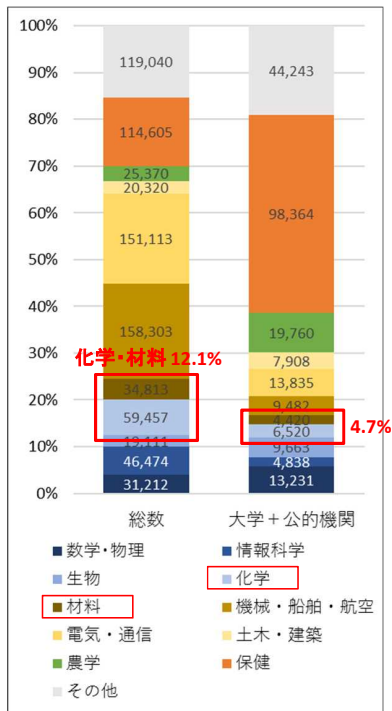
【出典】経済産業省「平成30年度産業技術調査（大学発ベンチャー実態等調査）調査結果概要」

高いポテンシャル（基礎の観点）

ポテンシャル：基礎①～他分野と比較して論文の生産性が高い

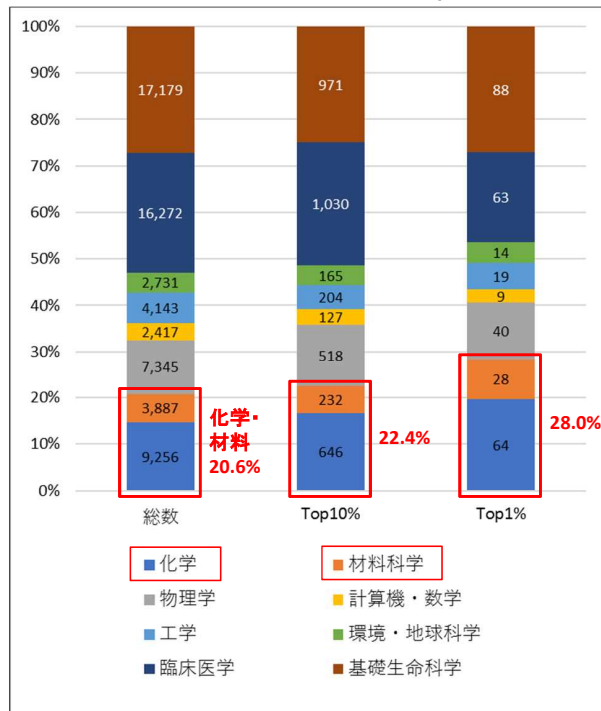
我が国において、化学・材料科学を専門とする研究者は自然科学系全体の約1割強。大学・国研に限定すると全体の約5%。他方、論文数については、化学・材料科学分野が全体の約21%を占めており、トップ1%論文だとその割合は約28%まで高くなる。つまり、化学・材料科学分野の研究者の論文生産性は、日本国内では他分野と比較して非常に高いことが示唆される。また、研究費に対する論文生産性も高いことも推察される。

自然科学系における研究者数の分野別割合（2017）



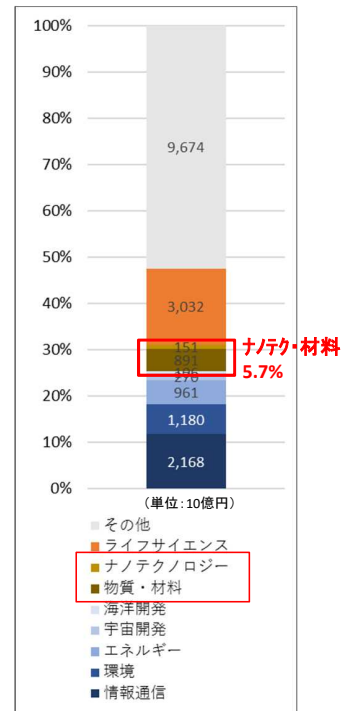
【出典】総務省「科学技術研究調査」

自然科学系における論文数の分野別割合（PY2015年-2017年）



【出典】科学技術・学術政策研究所「科学技術のベンチマーキング2019」

研究費総額に占める特定目的別研究費の割合（2016）

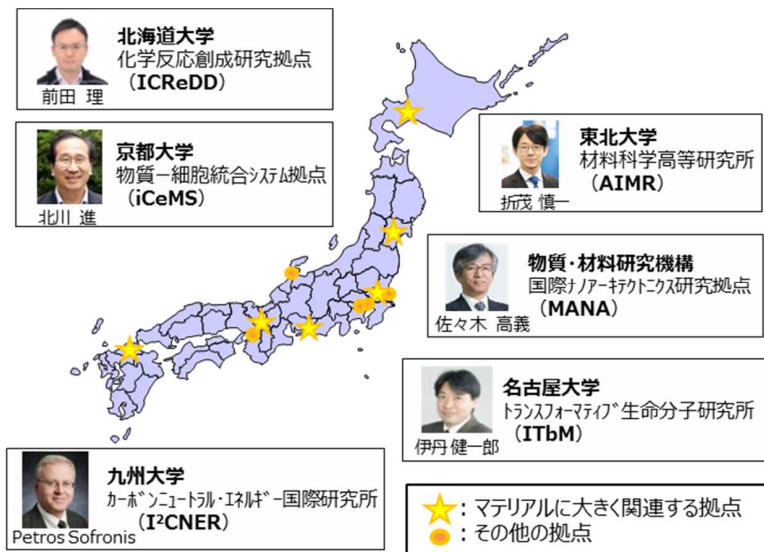


【出典】文部科学省「科学技術要覧」

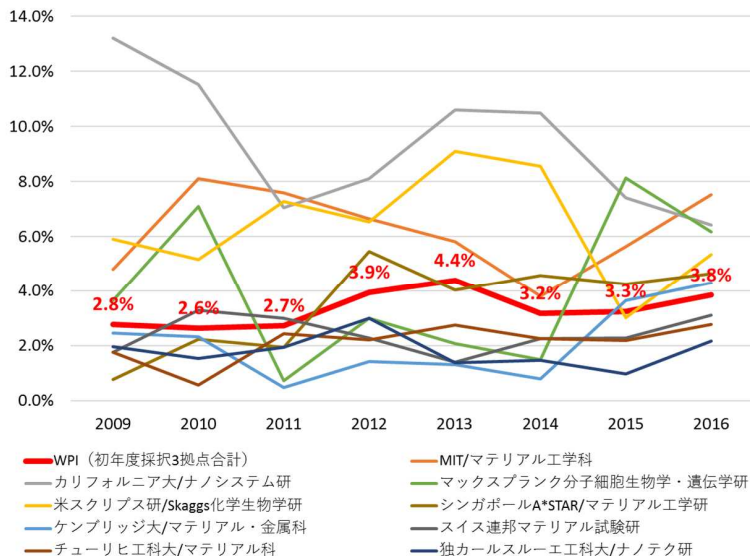
ポテンシャル：基礎②～世界と戦える研究拠点が存在

WPI（世界トップレベル研究拠点プログラム）採択拠点の約半数がマテリアル関連の融合拠点。初年度採択拠点をみると、全論文に占めるトップ1%論文割合が約4%であるなど、世界トップレベルの大学・研究機関と比較しても遜色ない、質の高い研究活動を実施している。

マテリアル関連のWPI採択拠点



執筆論文数に占めるトップ1%論文数割合



※グラフに関して、WPIの数値は、2007年度採択5拠点のうち、マテリアル融合分野における3拠点（AIMR：東北大学材料科学高等研究所、iCeMS：京都大学物質-細胞統合システム研究拠点、MANA：物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス研究拠点）の論文データを統合し作成。WPI以外に記載している大学・研究機関は、WPI拠点（AIMR、iCeMS、MANA）の海外ベンチマーク機関（注：各WPI拠点が、研究領域が近く、ベンチマークすべき世界トップレベルの拠点として設定（1拠点あたり5つ）している研究機関）のうち、2016年のTop1%論文数割合が2%を超えている機関を全て抽出して記載。

【出典】（左）文部科学省作成、（右）クラリベイト・アナリティクス社提供のデータ（2019年5月）を基にJ S P S・文部科学省にて作成

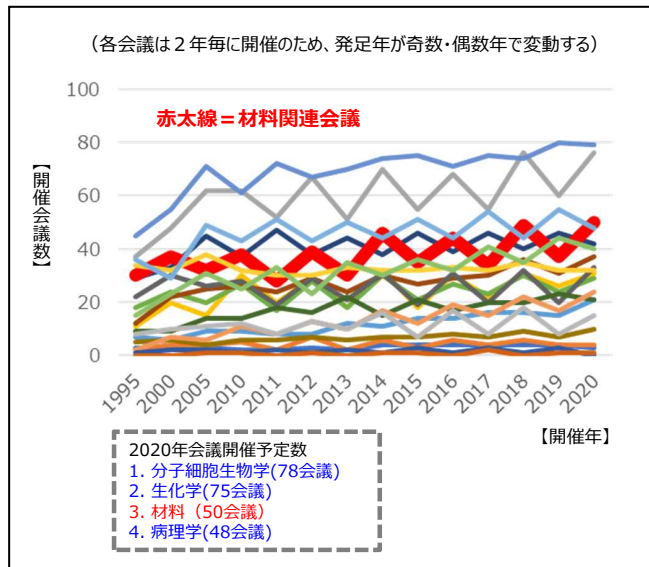
ポテンシャル：基礎③～国際会議で日本の研究者は存在感を有する

最先端の国際会議の招待講演者数を見ると、我が国のトップ研究者は一定（世界第5位）の存在感を有している。米国の研究者が圧倒的な存在感を有しており、中国は我が国とほぼ同等の位置づけにある。

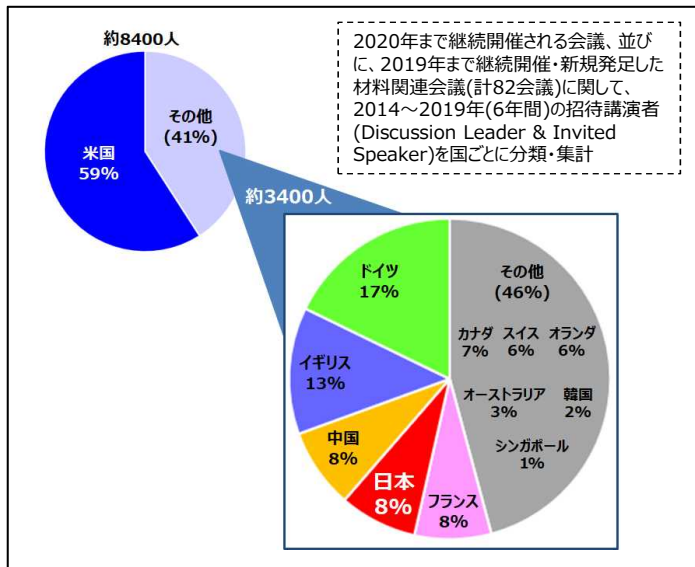
GRC (Gordon Research Conference)

：サイエンスの分野で歴史と権威があり、広く知られている研究集会の一つで、生物、化学、物理、工学、およびそれらのインターフェース分野における最新・最先端の研究のプレゼンテーションとディスカッションのための国際会議を提供している(2018年：会議開催数=203件)。材料に関連する会議も多く開催されている。

分野別の開催会議数変化



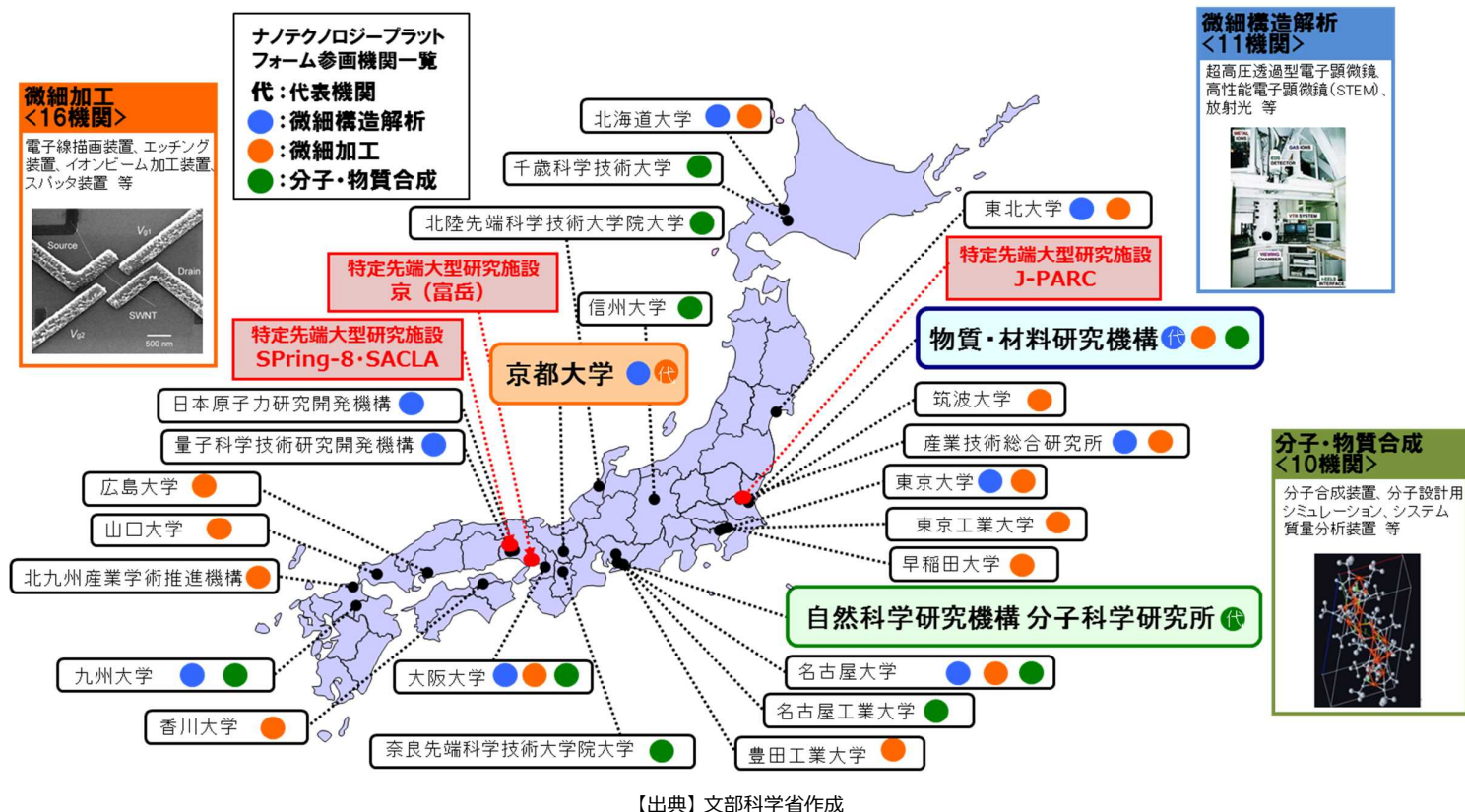
材料関連会議の各国招待講演者



【出典】Gordon Research Conferences (<https://www.grc.org/>) を基に科学技術振興機構 (J S T) プログラム戦略推進戦隊で分析・作成した資料を文部科学省で一部改変

ポテンシャル：基礎④～世界最高水準の研究施設・設備が存在

SPring-8やSACLA、J-PARC、京（富岳）といった世界最先端の大型研究施設が日本国内に整備・共用されているとともに、長期にわたる政府の取組（ナノテクノロジープラットフォーム等）を通じて、マテリアル分野においては世界最高水準の研究環境（先端研究設備・機器の共用プラットフォーム）が効果的に整備されている。



ポテンシャル：基礎⑤～良質なマテリアル・データベースが存在

物質・材料研究機構（NIMS）において、専門家により収集・構築された良質なマテリアル・データベースが保有されている。



無機材料



世界最大の無機材料データベース

	Atom Work	Atom Work Adv.
結晶構造	82,000	303,885
状態図	15,000	42,406
特性	55,000	365,517
更新	なし	年1回

Kakusan SuperCon CompES-X

高分子



33万物性
(2019.4現在)

国産高分子データベース

- ・学術論文からの精選データ
- ・人手による高品質データ
- ・過去20年の蓄積(10人体制)

金属・合金



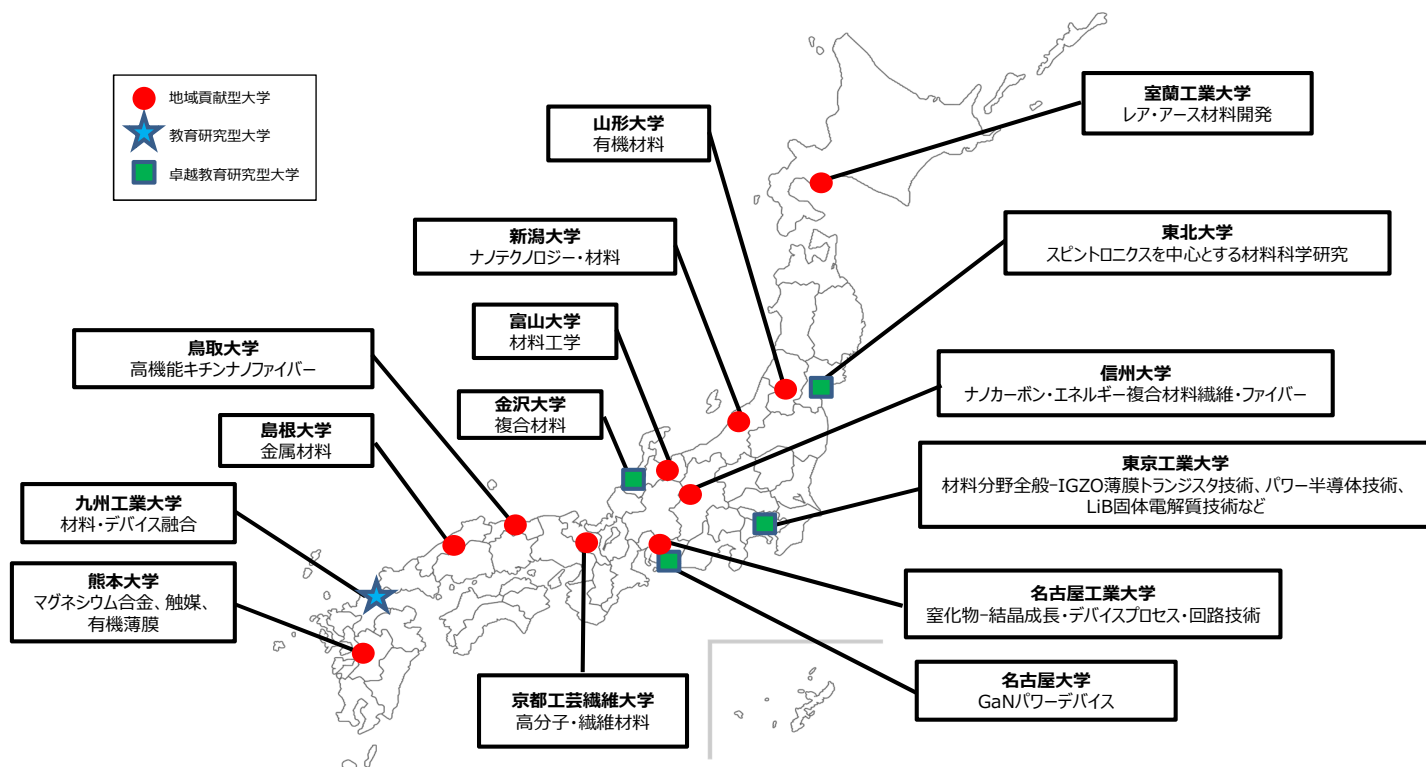
500種以上の鉄鋼材料の機械的性質、クリープ、疲労: 82,700以上



CCT曲線図: 214; 硬度: 2213; 金属組織図: 627

ポテンシャル：基礎⑥～マテリアルは全国の大学の強み

大学の得意分野としてマテリアル関連の研究を掲げている大学が多数存在する。また、このことは、我が国においてマテリアルを強化することが、地方創成に大きく貢献する可能性を持つことを示唆している。



【出典】経済産業省「大学ファクトブック2019 国立大学」より文部科学省作成

(注) 大学ファクトブック「大学の得意分野とその具体例」に“材料”もしくは“具体的な材料名”のキーワードが表記されている大学を抽出

危機への直面（基礎の観点）

危機感：基礎①～論文数の国際シェアが低下

我が国の化学、材料科学分野の総論文数、トップ10%論文数、トップ1%論文数は、この10年間で国際シェアを大きく下げている。いずれの指標も中国が米国を抜き圧倒的1位となっている。なお、材料科学分野では、中国、米国に続き韓国が3位に入っている。

【化学（2005-07→2015-17）】※分数カウント

総論文数：8.4% (3位) → 5.1% (4位)
 トップ10%：7.9% (3位) → 3.6% (6位)
 トップ1%：5.7% (5位) → 3.5% (5位)

【材料科学（2005-07→2015-17）】※分数カウント

総論文数：9.6% (3位) → 4.0% (5位)
 トップ10%：7.5% (3位) → 2.4% (9位)
 トップ1%：6.5% (5位) → 2.8% (7位)

化学 PY2005-2007 (平均)				化学 PY2015-2017 (平均)			
国・地域名	論文数	シェア	順位	国・地域名	論文数	シェア	順位
米国	20,253	16.1	1	中国	48,898	27.1	1
中国	19,979	15.9	2	米国	21,049	11.7	2
日本	10,533	8.4	3	インド	11,699	6.5	3
ドイツ	7,313	5.8	4	日本	9,256	5.1	4
インド	6,634	5.3	5	ドイツ	8,500	4.7	5
ロシア	5,128	4.1	6	ロシア	6,551	3.6	6
フランス	4,889	3.9	7	韓国	5,880	3.3	7
英国	4,799	3.8	8	イラン	5,296	2.9	8
スペイン	4,063	3.2	9	フランス	5,154	2.9	9
イタリア	3,567	2.8	10	英国	5,010	2.8	10

化学 PY2005-2007 (平均)				化学 PY2015-2017 (平均)			
国・地域名	Top10%論文	シェア	順位	国・地域名	Top10%論文	シェア	順位
米国	3,554	28.3	1	中国	5,959	33.1	1
中国	1,569	12.5	2	米国	3,100	17.2	2
日本	993	7.9	3	ドイツ	977	5.4	3
ドイツ	889	7.1	4	インド	813	4.5	4
英国	643	5.1	5	英国	703	3.9	5
フランス	520	4.1	6	日本	646	3.6	6
スペイン	445	3.5	7	韓国	563	3.1	7
インド	424	3.4	8	フランス	457	2.5	8
カナダ	357	2.8	9	スペイン	448	2.5	9
イタリア	357	2.8	10	イラン	445	2.5	10

化学 PY2005-2007 (平均)				化学 PY2015-2017 (平均)			
国・地域名	Top1%論文	シェア	順位	国・地域名	Top1%論文	シェア	順位
米国	472	37.6	1	中国	596	33.1	1
中国	113	9.0	2	米国	388	21.6	2
ドイツ	96	7.7	3	ドイツ	118	6.5	3
英国	78	6.2	4	英国	84	4.6	4
日本	72	5.7	5	日本	64	3.5	5
スペイン	43	3.4	6	韓国	54	3.0	6
フランス	42	3.3	7	シンガポール	46	2.5	7
カナダ	38	3.0	8	オーストラリア	41	2.3	8
イタリア	35	2.8	9	インド	41	2.3	9
韓国	32	2.5	10	スペイン	36	2.0	10

材料科学 PY2005-2007 (平均)				材料科学 PY2015-2017 (平均)			
国・地域名	論文数	シェア	順位	国・地域名	論文数	シェア	順位
中国	9,484	19.5	1	中国	32,256	32.8	1
米国	6,614	13.6	2	米国	10,384	10.6	2
日本	4,671	9.6	3	韓国	5,788	5.9	3
ドイツ	2,594	5.3	4	インド	5,638	5.7	4
韓国	2,466	5.1	5	日本	3,887	4.0	5
インド	2,048	4.2	6	ドイツ	3,519	3.6	6
英国	1,745	3.6	7	イラン	2,675	2.7	7
フランス	1,732	3.6	8	英国	2,409	2.4	8
台湾	1,291	2.6	9	フランス	2,232	2.3	9
ロシア	1,250	2.6	10	ロシア	2,219	2.3	10

材料科学 PY2005-2007 (平均)				材料科学 PY2015-2017 (平均)			
国・地域名	Top10%論文	シェア	順位	国・地域名	Top10%論文	シェア	順位
米国	1,242	25.5	1	中国	4,171	42.4	1
中国	696	14.3	2	米国	1,620	16.5	2
日本	364	7.5	3	韓国	560	5.7	3
ドイツ	312	6.4	4	ドイツ	346	3.5	4
英国	261	5.4	5	インド	284	2.9	5
韓国	221	4.5	6	英国	276	2.8	6
フランス	206	4.2	7	オーストラリア	255	2.6	7
インド	154	3.2	8	シンガポール	242	2.5	8
カナダ	151	3.1	9	日本	232	2.4	9
スペイン	107	2.2	10	イラン	194	2.0	10

材料科学 PY2005-2007 (平均)				材料科学 PY2015-2017 (平均)			
国・地域名	Top1%論文	シェア	順位	国・地域名	Top1%論文	シェア	順位
米国	179	36.7	1	中国	422	43.0	1
中国	46	9.5	2	米国	214	21.8	2
ドイツ	36	7.4	3	韓国	46	4.6	3
英国	33	6.7	4	シンガポール	39	4.0	4
日本	32	6.5	5	オーストラリア	31	3.2	5
フランス	20	4.1	6	ドイツ	31	3.1	6
カナダ	15	3.1	7	日本	28	2.8	7
韓国	15	3.0	8	英国	28	2.8	8
シンガポール	14	2.8	9	サウジアラビア	15	1.6	9
オランダ	12	2.5	10	カナダ	15	1.5	10

【出典】科学技術・学術政策研究所「科学研究のベンチマーキング2019 -論文分析でみる世界の研究活動の変化と日本の状況-」を基に文部科学省作成

(補足資料) 部門別に見た論文数の減少率

化学及び材料科学分野の論文数及びトップ10%論文数は、企業での減少傾向が大きい。ただし、当該分野の論文数、トップ10%論文数の減少傾向の最も大きな要因となっているのは大学（減少分のうち、化学の約7割、材料科学の約5割は大学）。また、比較的小規模な国立大学や私立大学の論文生産力が落ちてきていることが示唆される。

部門別の論文数及びTop10%論文数の伸び率【分数カウント】

【化学分野】

化学 ※分数カウント	論文数			Top10%補正論文数		
	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率
大学	8,310	7,417	-11%	758	572	-24%
公的機関	1,267	1,186	-6%	154	144	-7%
企業	939	646	-31%	77	23	-70%
非営利団体	133	99	-25%	13	7	-46%
それ以外	135	121	-10%	11	6	-43%
合計	10,783	9,470	-12%	1,013	753	-26%

▲1313

▲260

大学部門の内訳【責任著者カウント】

化学 ※責任著者カウント	論文数			Top10%補正論文数		
	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率
国立大学	2,090	2,007	-4%	312	267	-14%
第1G	2,120	1,945	-8%	206	184	-11%
第2G	1,087	1,004	-8%	64	44	-32%
第3G	923	791	-14%	63	28	-55%
第4G	6,245	5,760	-8%	645	523	-19%
国立全体	1,698	1,485	-13%	118	57	-51%
私立全体						

【材料科学分野】

材料科学 ※分数カウント	論文数			Top10%補正論文数		
	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率
大学	3,122	2,574	-18%	236	160	-32%
公的機関	812	555	-32%	93	62	-33%
企業	626	412	-34%	37	15	-59%
非営利団体	87	45	-48%	7	3	-55%
それ以外	80	51	-36%	5	2	-59%
合計	4,727	3,637	-23%	378	242	-36%

▲1090

▲136

大学部門の内訳【責任著者カウント】

材料科学 ※責任著者カウント	論文数			Top10%補正論文数		
	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率	PY2003 -2005	PY2013 -2015	伸び率
国立大学	959	818	-15%	86	75	-13%
第1G	647	588	-9%	60	44	-27%
第2G	392	332	-15%	22	12	-45%
第3G	444	308	-31%	23	9	-61%
第4G	2,451	2,051	-16%	190	140	-26%
国立全体	493	378	-23%	36	21	-41%
私立全体						

【出典】科学技術・学術政策研究所『調査資料-271 日本の大学システムの

アウトプット構造：論文数シェアに基づく大学グループ別の論文算出の詳細分析』（2018）を基に文部科学省作成

※クワリタート・アナリティクス社 Web of Science XML (SCIE, 2016年末バージョン) を基に科学技術・学術政策研究所が集計。

※各大学グループの分類は論文数シェアを用いた大学グループに基づく。第G1：論文数シェアが1%以上の大学のうち上位4大学（大阪大学、京都大学、東京大学、東北大学）、第G2：上位4大学を除いた、論文数シェアが1%以上の大学（国立10大学、私立3大学の計13大学）、第G3：論文数シェアが0.5%以上1%未満の大学（国立18大学、公立3大学、私立6大学の計27大学）、第G4：論文数シェアが0.05%以上0.5%未満の大学（国立36大学、公立19大学、私立85大学の計140大学）

※責任著者カウント：論文の責任著者（研究をリードしている著者）をカウント。

危機感：基礎②～論文数の減少傾向は他分野より顕著

この10年間で、我が国の論文数が全体的に減少する中で、**マテリアルに関連する化学、材料科学、物理学分野の低下傾向が顕著**である。特に**トップ10%論文数の減少傾向が著しい**。ボリュームゾーンを占めるマテリアル関連の論文指標の停滞が、日本全体の論文指標の停滞に大きく影響していると推察できる。

分数カウント		論文数			分数カウント		Top10%補正論文数			分数カウント		Top1%補正論文数			
分野	PY2005-2007年(平均値)	PY2015-2017年(平均値)	伸び率	分野	PY2005-2007年(平均値)	PY2015-2017年(平均値)	伸び率	分野	PY2005-2007年(平均値)	PY2015-2017年(平均値)	伸び率	分野	PY2005-2007年(平均値)	PY2015-2017年(平均値)	伸び率
化学	10,533	9,256	↓ -12%	化学	993	646	↓ -35%	化学	72	64	↓ -11%	化学	72	64	↓ -11%
材料科学	4,671	3,887	↓ -17%	材料科学	364	232	↓ -36%	材料科学	32	28	↓ -12%	材料科学	32	28	↓ -12%
物理学	10,266	7,345	↓ -28%	物理学	750	518	↓ -31%	物理学	64	40	↓ -37%	物理学	64	40	↓ -37%
計算機・数学	2,478	2,417	→ -2%	計算機・数学	107	127	↑ 19%	計算機・数学	8	9	↑ 17%	計算機・数学	8	9	↑ 17%
工学	4,663	4,143	↓ -11%	工学	267	204	↓ -24%	工学	18	19	↑ 8%	工学	18	19	↑ 8%
環境・地球科学	2,292	2,731	↑ 19%	環境・地球科学	120	165	↑ 37%	環境・地球科学	12	14	↑ 21%	環境・地球科学	12	14	↑ 21%
臨床医学	13,141	16,272	↑ 24%	臨床医学	746	1,030	↑ 38%	臨床医学	44	63	↑ 44%	臨床医学	44	63	↑ 44%
基礎生命科学	18,443	17,179	↓ -7%	基礎生命科学	1,143	971	↓ -15%	基礎生命科学	106	88	↓ -17%	基礎生命科学	106	88	↓ -17%
合計	67,026	63,725	↓ -5%	合計	4,506	3,927	↓ -13%	合計	355	328	↓ -7%	合計	355	328	↓ -7%

※分数カウント法とは、1件の論文が、日本の機関Aと米国の機関Bの共著の場合、日本を1/2、米国を1/2と数える方法。論文の生産への貢献度を示している。

(注1) PYとは出版年 (Publication year) の略である。Article, Reviewを分析対象とした。分数カウント法を用いた。
 (注2) 論文の被引用数 (2018年末の値) が各年各分野 (22分野) の上位10% (1%) に入る論文数がTop10% (Top1%) 論文数である。Top10% (Top1%) 補正論文数とは、Top10% (Top1%) 論文数の抽出後、実数で論文数の1/10(1/100)となるように補正を加えた論文数を指す。
 (注3) クラリベイト・アナリティクス社 Web of Science XML (SCIE, 2018年末バージョン)を基に、科学技術・学術政策研究所が集計。

【出典】科学技術・学術政策研究所「科学研究のベンチマーキング2019 -論文分析でみる世界の研究活動の変化と日本の状況-」

危機感：基礎③～人材に関する現場の主な意見

現場の研究者からは、**次世代を担う若手人材の不足や、中国の存在感が増大している状況**などについて多くの意見があった。

文部科学省参事官 (ナノテクノロジー・物質・材料担当) 付では、2019年5月から10月にかけて、国内の大学、国研、企業の研究者108名、並びに3団体へのヒアリングを実施。以下は、現場の課題や懸案事項として挙げられた意見の中から、多くの意見があった内容を抽出。

【若手人材の状況】について (意見は大学教員又は国研研究者)

- マテリアル関係の分野では、日本には強い企業があるので、学生が修士課程修了段階で企業に就職することがほとんど。このため、**博士課程進学を希望する学生は元々少ない。ただ、最近さらには減少している。**
- 博士課程に行く学生についても、博士進学当初から、アカデミアではなく企業への就職を志望する学生が多くなった。
- 大学の研究室で**ポスドクを募集しても、最近優秀な人材を確保できない**状況。優れた人材が来る場合、外国人であることがほとんど。
- 大学教員が忙しくて自ら研究できていない姿を学生に見せてしまっていることが、アカデミアを志望する人材を減らしている一因。
- **海外の国際学会で、日本人の若手研究者の存在感がほとんどない。**
- 化学や材料分野の研究手法は、地味で大変ではあるが、日本人気質 (粘り強い、細かいところに気付ける) に合致し、日本人が多く成果を上げてきた。ただ最近、**実験で大変、雑用で忙しい、というイメージの分野には人材は集まらない。**また、**政府からこの分野に近年スポットライトを当ててもらえていないことも人気不足に拍車をかけている。**
- 研究職の魅力が社会に発信できていない。いわゆるポスドク問題や、博士号取得者が就職できないといったことは、この分野には一切当てはまらないのだが、間違った情報が発信されている。

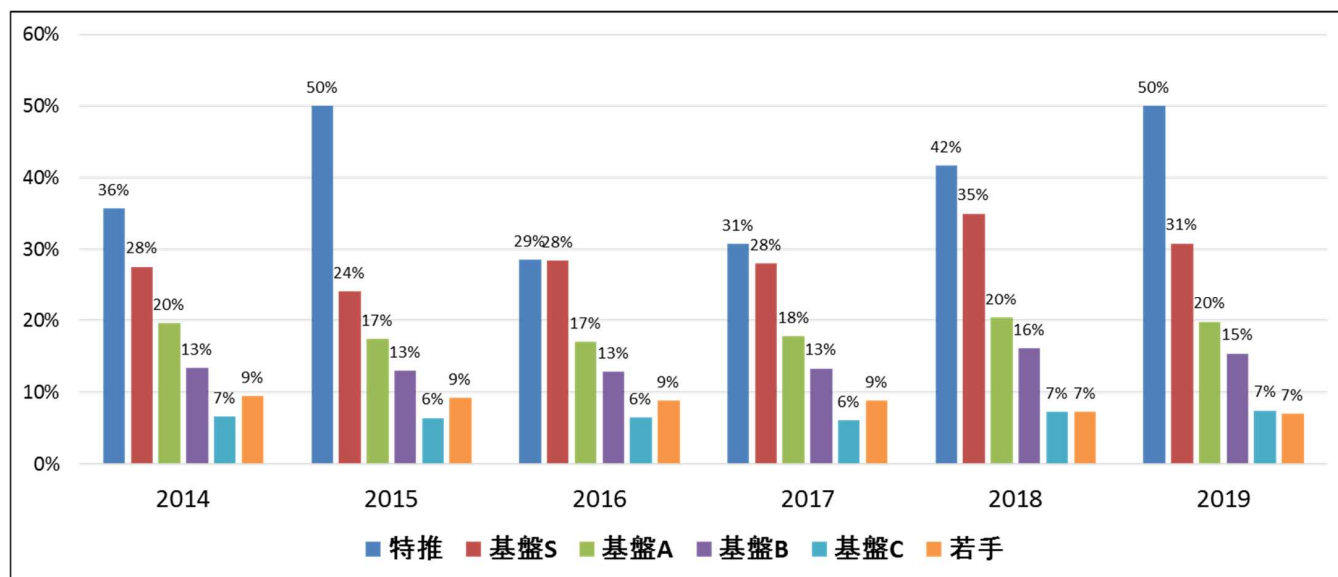
【海外 (中国) の動向】について (意見は大学教員又は国研研究者)

- 中国は、**日本の退官した大学教員や企業技術者をどんどん引き抜いている。**そうした人が中国に研究室を構え、そこに若くて良い人材が付いていることは脅威。
- 中国は今、巨額の予算を付けて、日本の技術と人を買ってきている。その背景には、経済が成長して予算が潤沢な間に投資を行い、世界の主導権を取っておかないと、今後高齢化、人口減少が進む中で、インド等他国に負けてしまうという危機感がある。現在、**0 → 1 (知の創出) も含めて全方位的に投資しているが、0 → 1 を自分たちで生み出さなければ日本の知を買ってしまうばい、と割り切って大型投資を行っている。**
- 巨額予算をバックに、**短期間で人海戦術で戦うような方法では、日本は中国には勝てない。**
- マテリアル関連の分野の中国の基礎研究のレベルは一気に上がってきている。**日本の大学・国研に来ている中国人の若手は、最近日本人の若手よりも優秀**であるように思う。

補足資料（科研費の種目別の採択結果）

科研費について、マテリアルに関連すると思われる採択課題を見ると、シニア・中堅の採択が比較的多い大型種目についてはマテリアル関連の研究課題が大きな割合を占めている一方、小型種目、若手種目のマテリアル関連の研究課題の割合は小さい。

科研費各種目の採択課題全体に占めるマテリアル関連の課題割合



- 特推については、第10期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第4回）での中山智弘氏（JST・C R D S）発表資料において、「ナノテク・材料関連課題」として抜粋された課題を抽出。
- 基盤Sについては、2017年までは、科研費における審査区分の「ナノ・マイクロ科学」、「応用物理学」、「物性」、「原子・分子・量子エレクトロニクス」、「化学」、「機械材料・材料力学」、「生産工学・加工学」、「電子・電気材料・デバイス」、「材料工学」、「プロセス・化学工学」、2018年以降は大区分B、C、D、Eのうち、マテリアルに特に関係していると考えられる「固体」、「凝固」、「磁石」、「電子化物」、「スピン」、「金属」、「反応」、「分子」、「強相関電子系」、「熱光発電」、「エレクトロニクス」、「界面」、「計測」、「材料」、「触媒」、「電池」、「超電導」、「センサ」、「結晶」、「imaging」、「合成」、「ヘテロ接合」、「物性」、「凝縮相」、「ナノ」、「レーザー」、「デバイス」、「電波吸収体」、「metamaterial」、「イオン」、「粒界」、「強相関物質」、「スペクトロスコピー」、「ファイバ」、「炭素クラスター」、「半導体」、「組織制御」、「ケミストリー」、「センシング」、「超伝導」、「核生成」、「走査トンネル顕微鏡」、「磁束回路」、「量子プロセッサ」、「電子化学」、「X線タイコグラフィ」、「エニオン」のキーワードが採択課題名に含まれる研究課題を機械的に抽出。
- 基盤A、B、C、若手については、2017年までは、科研費における審査区分の「ナノ・マイクロ科学」、「応用物理学」、「物性」、「原子・分子・量子エレクトロニクス」、「化学」、「機械材料・材料力学」、「生産工学・加工学」、「電子・電気材料・デバイス」、「材料工学」、「プロセス・化学工学」から機械的に抽出。2018年以降は、「物性物理学及び関連分野」、「材料力学、生産工学、設計工学及び関連分野」、「電気電子工学およびその関連分野のうち、電気電子材料工学関連、電子デバイスおよび電子機器関連」、「材料工学及びその関連分野」、「化学工学及びその関連分野」、「ナノマイクロ科学及びその関連分野」、「応用物理物性及びその関連分野」、「応用理工学及び化学分野」から機械的に抽出。

【出典】科学研究費助成事業データベースを基に文部科学省において作成

高いポテンシャル（融合の観点）

ポテンシャル：融合①～マテリアル系のノーベル賞研究は社会を変革

我が国では、自然科学系でこれまで24人がノーベル賞を受賞しており、その約半数がマテリアル関連研究での受賞。注目すべきは、マテリアル関連の受賞者全員について、受賞対象となる研究成果が、社会実装を経て大きな社会変革にまでつながったという点。

受賞年	氏名 (受賞時年齢)	部門	対象研究
1949	湯川 秀樹 (42)	物理学賞	核力の理論的研究に基づく中間子の存在の予想
1965	朝永 振一郎 (59)	物理学賞	量子電磁力学の分野における基礎研究と素粒子物理学についての深い結論
1973	江崎 玲於奈 (48)	物理学賞	半導体内および超伝導体内の各々におけるトンネル効果の実験的発見
1981	福井 謙一 (63)	化学賞	化学反応過程の理論的研究
1987	利根川 進 (48)	生理学・医学賞	抗体の多様性に関する遺伝的原理の発見
2000	白川 英樹 (64)	化学賞	導電性高分子の発見と発展
2001	野依 良治 (63)	化学賞	キラル触媒による不斉反応の研究
2002	小柴 昌俊 (76)	物理学賞	天文物理学、特に宇宙ニュートリノの検出に対するパイオニア的貢献
2002	田中 耕一 (43)	化学賞	生体高分子の同定および構造解析のための手法の開発
2008	南部 陽一郎 (87)	物理学賞	素粒子物理学における自発的対称性の破れの発見
2008	小林 誠 (64)	物理学賞	小林・益川理論とCP対称性の破れの起源の発見による素粒子物理学への貢献
2008	益川 敏英 (68)	物理学賞	小林・益川理論とCP対称性の破れの起源の発見による素粒子物理学への貢献
2008	下村 脩 (80)	化学賞	緑色蛍光タンパク質 (GFP) の発見と生命科学への貢献
2010	根岸 英一 (75)	化学賞	有機合成におけるパラジウム触媒クロスカップリング反応の開発
2010	鈴木 章 (80)	化学賞	有機合成におけるパラジウム触媒クロスカップリング反応の開発
2012	山中 伸弥 (50)	生理学・医学賞	成熟細胞が、初期化され多能性を獲得し得ることの発見
2014	赤崎 勇 (85)	物理学賞	明るく省エネルギーの白色光源を可能にした効率的な青色発光ダイオードの発明
2014	天野 浩 (54)	物理学賞	
2014	中村 修二 (60)	物理学賞	
2015	大村 智 (80)	生理学・医学賞	線虫の寄生によって生じる感染症に対する画期的治療法の発見
2015	梶田 隆章 (56)	物理学賞	ニュートリノが質量を持つことの証拠であるニュートリノ振動の発見
2016	大隅 良典 (71)	生理学・医学賞	オートファジー (自食作用) のメカニズムの解明
2018	本庶 佑 (76)	生理学・医学賞	負の免疫制御の抑制によるがん治療の発見
2019	吉野 彰 (72)	化学賞	リチウムイオン電池の開発

【出典】文部科学省作成

ポテンシャル：融合②～社会を変えた我が国発の研究成果が沢山

今後のノーベル賞受賞も期待できるような、大きな社会的・経済的インパクトをもたらしたマテリアルの研究成果事例が数多く存在。

磁石

本多光太郎 (世界初合成磁石@1917)
佐川真人 (世界最強の永久磁石@1984)
→モーター、電気自動車、風力発電、HDD

リチウムイオン電池

水島公一 (正極材料の提案@1980)
吉野彰 (負極材料・構造提案@1980年代)
→ポータブル電子機器、自動車電源

炭素繊維強化複合材料

進藤昭男 (PAN系炭素繊維@1961)
→航空機・自動車用CFRP

超伝導材料

前田弘 (Bi系110K、線材応用@1988)
秋光純 (40K金属系@2000)
細野秀雄 (32K鉄系@2008)
→超電導線材、超高磁場NMR

光触媒

本多健一、藤嶋昭 (TiO₂光触媒@1968)
橋本和仁 (@1994)
→光触媒コーティング、環境浄化

青色LED, LD

赤崎勇、天野浩 (GaN単結晶、p型@1989)
中村修二 (高輝度青色LED、LD@1993)
→LED照明、ディスプレイのバックライト、信号機

触媒 (有機合成)

根岸英一、鈴木章 (カスカップリング@1970年代)
野依良治 (不斉合成反応@1986)
→創薬、農薬、香料、アミノ酸

カーボンナノチューブ

飯島澄男 (カーボンナノチューブ発見@1991)
遠藤守信 (CVDによる大量合成@1988)
→Liイオン電池材料、タッチパネル

スピントロニクス

岩崎俊一 (垂直磁気記録方式@1977)
宮崎照宣 (TMR素子室温動作@1995)
湯浅新治 (MgOバリアで巨大MR@2004)
→超高密度磁気ストレージ、MRAM

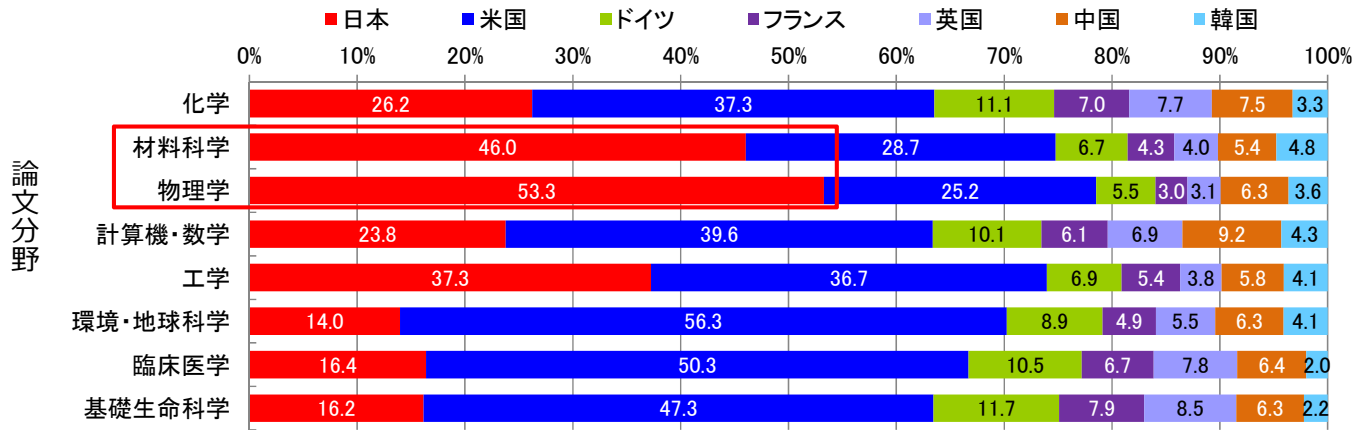
酸化物材料

細野秀雄 (IGZO材料、TFT動作@2004)
→透明電極、LCD・OLEDディスプレイ駆動TFT

ポテンシャル：融合③～産業界は日本の大学等の知を活用

我が国の論文が国際特許出願に引用される場合、材料科学・物理学分野では他分野と比較して、日本の企業等の特許出願の際に引用される割合が高い。このことは、材料・物理分野において、大学等で生まれた「知」が、日本企業に比較的有効に活用されている状況を示している。

日本の論文はどの国のパテントファミリー（国際特許出願）で引用されているか



※パテントファミリー：優先権によって直接・間接的に結び付けられた2か国以上への特許出願の束

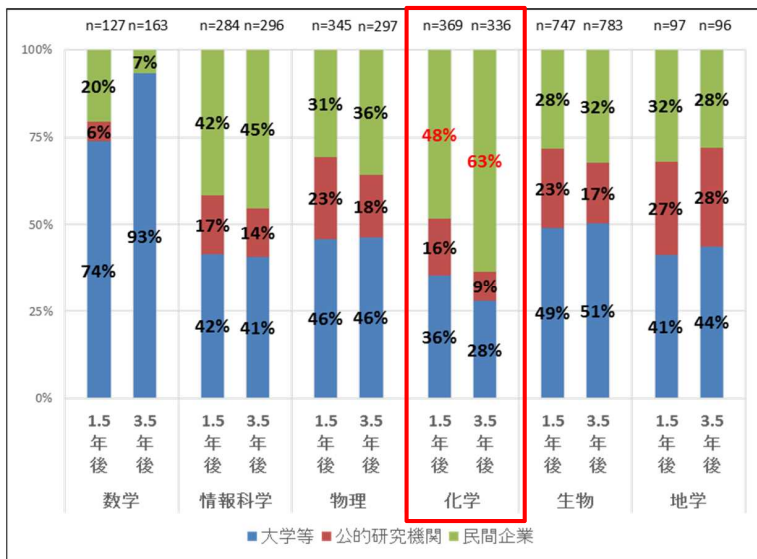
・欧州特許庁のPATSTAT(2018年秋バージョン)、クラリベイト・アナリティクスWeb of Science XML(SCIE, 2018年末バージョン)クラリベイト・アナリティクスDerwent Innovation Index(2019年2月抽出)を基に、科学技術・学術政策研究所が集計。

【出典】科学技術・学術政策研究所「科学技術指標2019」

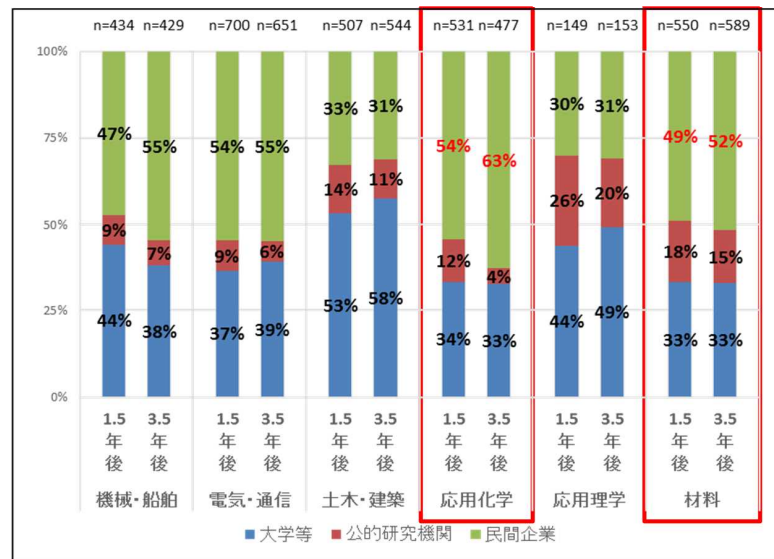
ポテンシャル：融合④～博士課程修了者の産業界就職割合が高い

化学、材料、応用化学といったマテリアル関連分野において、博士課程を修了した学生は、他分野と比べて、その後民間企業に就職している割合が高い。

理学系学科の分野別雇用先



工学系学科の分野別雇用先



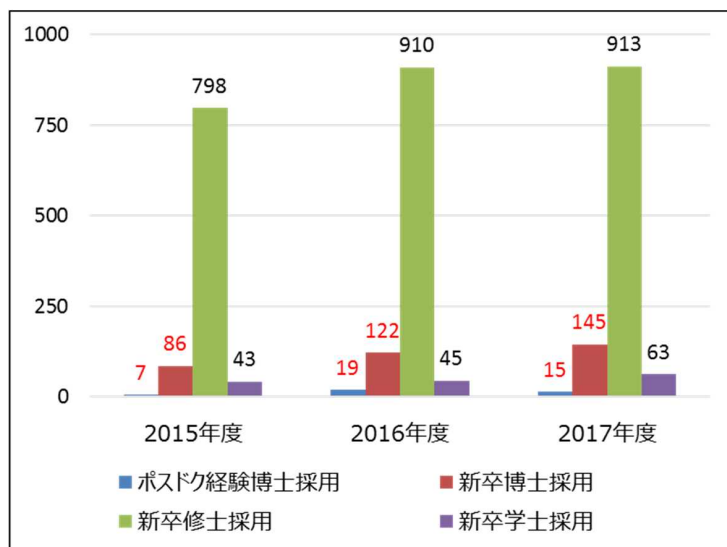
【出典】「博士人材追跡調査」の個票から、科学技術・学術政策研究所が集計したものを基に文部科学省作成

- ・2012年度に日本の大学院の博士課程を修了した者（以下「2012年コホート」）が対象。
- ・回答者が申告している博士課程在籍時の研究分野ごとに博士課程修了後1.5年後及び3.5年後に所属しているセクター（大学等、公的研究機関、民間企業、その他）毎に集計。
- ・2012年コホート1.5年後は、悉皆調査、3.5年後は、1.5年後の回答者に調査票を送付するコホート調査。
- ・回答者個人の意思に基づく調査の為、回答バイアスが存在している。よって、バイアス除去の為のキャリブレーションウェイトを用いて集計している。
- ・文部科学省にてグラフ作成の際、「その他」セクターへの就職者を除いた上で集計・加工している。

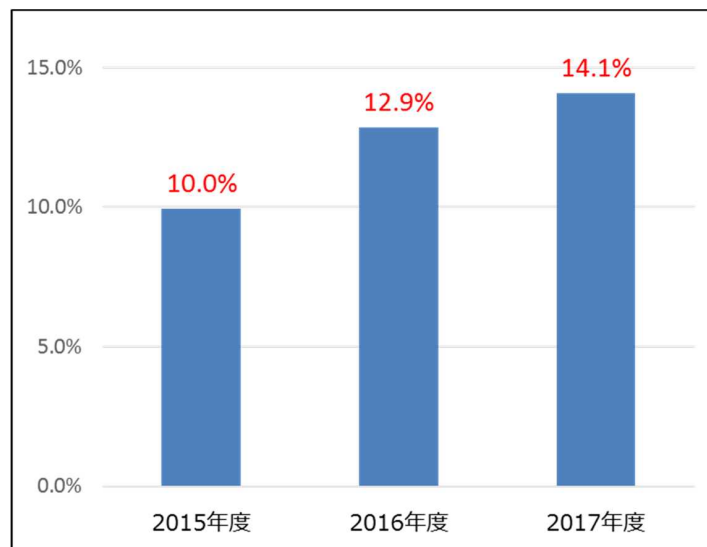
補足資料（化学系企業の博士採用の推移）

日本の化学系企業において、新規採用者に占める博士号取得者の割合が徐々に増加傾向にある。

化学系企業（※）の学歴別採用人数の推移



化学系企業（※）の新規採用者に占める博士号取得者割合の推移



※ 化学系企業・・・公益社団法人新化学技術推進協会（JACI）に加盟する化学系企業

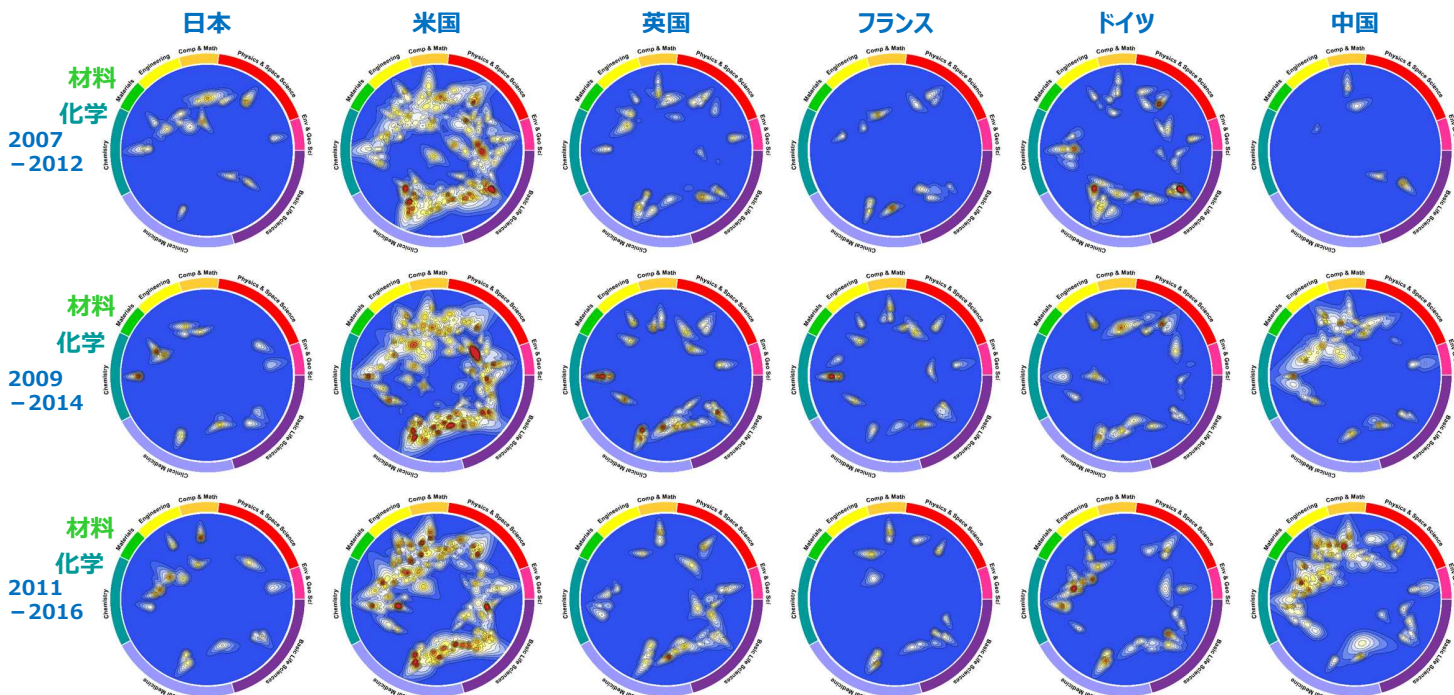
【出典】公益社団法人新化学技術推進協会の調査結果を基に文部科学省作成

危機への直面（融合の観点）

危機感：融合①～融合・新興領域の開拓が十分でない

世界のリサーチフロント（トップ1%論文クラスター）において、その構成論文に占める自国シェアが25%以上となるRFを国別、年代別に可視化。米国と中国が大きな存在感を持って、融合・新興領域の開拓を牽引している。特に中国は、左上方向（化学、材料科学、工学）の融合領域において、短期間で急激に存在感を増している。日本はいずれの領域も存在感が低い。

各国が高い存在感を持つ研究領域の分布（円の中心部ほど分野融合度が高い）



【出典】 科学技術・学術政策研究所、サイエスマップ2010 & 2012, NISTEP REPORT No.159 (2014年7月)、サイエスマップ2014, NISTEP REPORT No.169 (2016年9月) 及びサイエスマップ2016, NISTEP REPORT No.178 (2018年10月) をもとに文部科学省にて作成。以下の手法により、各リサーチフロントの構成論文に占める各国シェア（分数カウント）が25%以上のものについて国別・時期毎に可視化したもの。

- ・ 8分野（①環境・地球科学、②物理学、③計算機科学・数学、④工学、⑤材料科学（黄緑）、⑥化学（緑）、⑦臨床医学、⑧基礎生命科学）を円環状に配置。各分野に割り当てられた角度は各分野に属する論文数に比例。
- ・ 各RFの「高さ」はリサーチ・インパクト（被引用数総数を分野間補正された期待値で除して対数をとったもの）に比例。赤いほどインパクトが高く、青いほどインパクトが低い。各RFのサイズは当該RFに含まれるTop1%論文数を反映。
- ・ 各RFについて、その裾野の方向（一般には複数）は当該RFを構成する分野（群）を示す。円の中心に行くほど、分野融合度が高いことを示している。

危機感：融合②～産学連携・ファンディングに関する現場の主な意見

現場の研究者からは、大学における産学連携体制が十分でない状況や、政府のファンディングのスキームが十分に機能していない状況などについて多くの意見があった。

文部科学省参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当）付では、2019年5月から10月にかけて、国内の大学、国研、企業の研究者108名、並びに3団体へのヒアリングを実施。以下は、現場の課題や懸案事項として挙げられた意見の中から、多くの意見があった内容を抽出。

【産学連携体制について】

- 特許の更新や、国際特許の取得といった基本的な知財取組が、予算や人材が足りない等の理由で実施できていない大学が多い。（企業関係者）
- 特許取得やスタートアップ立ち上げを支援してくれる優秀なスタッフが大学に十分に揃っていない。社会実装のアイデアがあっても相談できるスタッフがないので、相談をあきらめるケースが多い。質の高い産学連携支援体制が整っている大学は東大・京大クラスだけではないか。（大学教員）
- マテリアル関連の研究は、成果を出すとすぐに産業界が興味を持つので、研究者自身、多くの渉外業務をこなさないと行けない。成果を出す研究者ほど、産業界との渉外業務に時間をとられてしまう。（大学教員、国研研究者）
- 日本の企業は大学の研究の価値を安く見積もりすぎである。日本の大学との連携案件については、1件数百万円という古い相場観が存在しており、これは海外大学との連携案件の相場より一桁低い。他方で、大学教員側も自らの研究成果の将来価値を正しく算定できないことが多く、組織としての支援体制が十分でない場合、企業に簡単に安価で売ってしまうことになる。（大学教員）
- 大学で産学連携やスタートアップ設立を進めたい人は増えているが、教員の評価軸がそうした取組を評価する仕組みになっていない。（大学教員）

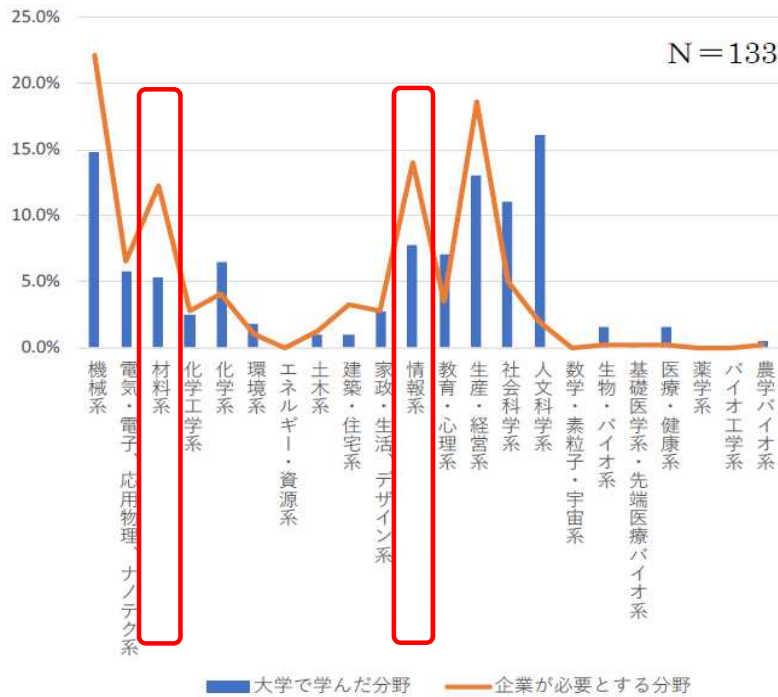
【政府のファンディングスキームについて（意見は大学教員又は国研研究者）】

- JSTの戦略的創造研究推進事業の戦略目標については、なるべく間口の広いテーマで設定してほしい。
- 最近では、JST戦略事業の採択件数（採択率）が少なすぎる。研究者にとっては研究予算が途切れないことが最優先であるため、科研費や戦略事業が取れない場合、同じ研究テーマ、研究内容について、出口志向の予算制度の公募に説明を変えて申請せざるを得ず、結果的に現場の事務負担と研究に対する制約が増える状況につながっている。
- JSTの研究費の評価やマネジメントに企業関係者が入りすぎであり、短期間で分かりやすい成果を出すことを事業趣旨を超えて求められる傾向。
- AMED設立以降、医学と材料・工学の中間領域を支援するプログラムがなくなってしまった。AMEDでは、医者側に明確なニーズがあるテーマしか採択されない状況。この中間領域はJSTも手を引いており、間に落ちてしまっている。

補足資料（企業における人材需給ギャップ）

企業へのアンケート調査結果を見ると、材料系の企業においては、**材料系、情報系の専門性を持つ人材に関して、需給ギャップが発生している傾向。**

材料系企業における人材需給ギャップ（アンケート調査結果）



【出典】経済産業省 平成29年度産業技術調査事業 産業振興に寄与する理工系人材の需給実態当調査 報告書

補足資料（文部科学省の戦略目標の変遷）

JST戦略創造研究推進事業に活用する戦略目標に関して、**ナノテク・材料関係の目標については、1つ又は2つずつ毎年新規に設定**されている。

2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
○先端的な計測・分析機器実現に向けた基盤創出																				
○プログラムされたビルドアップ型ナノテクノロジー																				
○ナノスケール科学による製造技術の革新																				
○革新的ナノ界面技術の創出とその応用																				
○新デバイスのための材料開拓とナノプロセス開発																				
○プロセスインテグレーションによるナノシステム																				
○自然光エネルギー変換材料及び利用基盤技術																				
○レアメタルフリー材料の実用化等の元素戦略																				
○分子の自在設計 分子技術の構築																				
○先導的な物質変換技術の創出																				
○情報デバイスの革新的基盤技術																				
○空間空隙構造制御技術による新機能材料の創製																				
○二次元機能性原子・分子薄膜																				
○革新的触媒の創製																				
○材料研究等における計測と情報処理の融合																				
○ナノスケール熱動態の理解と制御技術																				
○実験とデータ科学融合による材料開発																				
○トポロジカル材料・デバイスの創出																				
○革新反応技術の創出																				
○ナノスケール動的制御による力学特性発現機構の解明																				

青: ICT応用
 緑: 環境・エネ応用
 黒: 物質・材料共通基盤

1/2 1/6 2/5 1/4 1/7 1/4 1/4 0/5 2/5 2/5 1/4 1/4 1/4 2/5 2/4 1/6 ←新規目標総数に占めるナノテク・材料関係の割合

※AMED所管分は入っていない。

【出典】第10期ナノテクノロジー・科学技術委員会（第4回）中山智弘氏（JST/CRDS）発表資料を文部科学省において一部改変

重要技術・実装領域マップ°（試作版）

「戦略準備会合取りまとめ」で例示した、以下の社会実装領域（未来の姿）と重要技術領域について、両者の関係性や、具体的な技術の位置付けを示した俯瞰的なマップを試作した。

マテリアルが大きなバリューをもたらす社会実装領域（未来の姿）（例）

- ・ 低電力・自給電源デバイスやエネルギー変換・貯蔵デバイスの革新による「超低消費電力で駆動するEco-Society 5.0の実現」
- ・ 希少資源代替・循環技術の革新による「資源の海外依存国から資源産出国への実質的転換」
- ・ 耐久性や劣化を自在に操る高強度・高機能材料による「世界一安全なレジリエンス国家の実現」
- ・ 高感度センサシステムや身体機能を回復・増進する革新マテリアルによる「誰もが健康で安心と快適さと幸せを実感できるWell-being社会の実現」
- ・ 超軽量・極限機能マテリアルやエネルギー変換マテリアルによる「モビリティ革命の加速」
- ・ 生物由来・生物機能利用マテリアルや革新触媒による「化石資源に頼らない持続可能な産業と生活の実現」
- ・ マテリアル×デジタルによる研究開発手法の革新を通じた「世界一の創造性・生産性・強靱性を持つ研究開発・製造現場の実現」

重要技術領域（例）

