

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)

令和元年10月18日
ナノテクノロジー・材料科学技術委員会

1. はじめに

現在、科学技術・学術審議会総合政策特別委員会において、第6期の科学技術基本計画（以下、「基本計画」）期間中に展開すべき政策の検討が進んでいる。そこでは、我が国の科学技術イノベーションの競争力を今後維持・強化していくために、我が国の強みを生かした研究開発戦略を構築することの必要性が指摘されている。

科学技術イノベーションは、今や世界各国で、国家の最重要政策の柱の一つとして推進されている。こうした政策の国際競争の中で、我が国は、第5期基本計画において、科学技術イノベーションを通じて経済的発展と社会課題の解決を両立し、人間中心の社会を実現するという **Society 5.0** のコンセプトを提示した。また、統合イノベーション戦略を通じたその後の政策展開において、世界の国々が投資を強化し研究開発競争が加速する AI、バイオテクノロジー、量子技術といった3つの先端技術分野の強化を最優先の取組として進めている。

また、国際社会の一員として、持続可能な開発目標（SDGs）やパリ協定の長期目標の達成に向けて、我が国の科学技術イノベーションが貢献し、持続可能でインクルーシブな社会を実現していくことも益々重要となっている。

このように我が国の科学技術イノベーションの役割と国際社会からの注目が高まる中、AI、バイオ、量子といった先端技術分野の革新や、**Society 5.0** 及び **SDGs**、パリ協定の長期目標等の実現に当たって、物質や材料、デバイスに係る科学技術である「マテリアルテクノロジー」の革新と活用が共通して大きく求められている状況にある。

ここで重要となるのは、マテリアルテクノロジーの研究開発に関して、我が国が大きな強みを持つという点である。これまで我が国は、ナノテクノロジー（以下、「ナノテク」）・材料分野への投資を継続的に行い、ナノテクの進化を牽引するとともに、ナノテクという基盤に支えられた我が国発の材料やデバイスが数多くのイノベーションを生み出し、社会の変革を牽引してきた。また、我が国が生み出す材料やデバイスは、その高い技術と精緻なものづくりに裏打ちされた高信頼性を背景として、我が国の輸出産業の最重要基盤として外貨を獲得する源泉となり、このことは、世界の中で我が国がプレゼンスを示し、国際交渉力を発揮する上での生命線となっている。大学や国研、企業等の研究開発現場を見れば、優れた人材と知識、情報、データが、ノウハウ等の無形の知的資産も含めて広く膨大に蓄積されている。

他方で、こうした我が国の強みが近年危機にさらされていることは認識しなければならな

い。化学や材料、物理を専門とする博士課程学生を含めた若手研究者が大きく不足しており、大学等における研究力が低下してきている。大学等で生み出された知を卓越知へと育てる取組や、卓越知がその価値に見合う形で社会実装につながる体制整備も十分でない。

こうした中で、米国や中国をはじめとする世界の主要国・地域は、今後の最重要の基盤技術の一つとしてマテリアルテクノロジーに注目し、投資を強化し始めている。

科学技術面と産業面の双方で過去の投資や取組に基づく強みを保持している今だからこそ、我が国は、重要性が拡大し世界も注目するマテリアルテクノロジーの研究開発を、第6期基本計画期間中における次の新しい一手として戦略的に強化し、我が国発のイノベーション創出を牽引していかなければならない。

本委員会はこうした認識の下、平成30年8月に、産業振興と人類の幸せの両方に貢献する「マテリアルによる社会革命（マテリアル革命）」の実現を目標とした「ナノテクノロジー・材料科学技術研究開発戦略」（以下、「研究開発戦略」）を取りまとめた。その後約1年が経過し、研究開発戦略が提示した取組を実現することの重要性自体は変わらない。

今般、本委員会では、総合政策特別委員会をはじめとする第6期基本計画に向けた各方面の検討に資するべく、研究開発戦略策定以降の状況変化も踏まえた補完的な議論を行った。

本提言は、ナノテク・材料分野全体の推進方策を示した研究開発戦略の内容を基に、物質や材料、デバイスに係る科学技術である「マテリアルテクノロジー」が今後の我が国における最重要の基盤技術であることを明確に示した上で、マテリアルテクノロジーの持つ重要性や強みを基本認識として整理するとともに、今後の研究開発の推進の方向性と必要となる具体的取組について提示したものである。

2. 基本認識

(1) マテリアルテクノロジーの重要性の拡大

○ 世界レベルで研究開発競争が加速する AI、バイオテクノロジー、量子技術といった先端技術分野でのイノベーションが近年重視される中、各技術の成果創出に当たって、マテリアルテクノロジーに係る革新がその鍵を握る。例えば、AIを支える半導体デバイスについては、ムーアの法則が限界に達しつつある中で、省エネ、高集積、高速で動作する革新的な次世代デバイスの登場が求められている。バイオテクノロジーに関しては、再生医療における細胞の培養・分化・移植を促進するための材料の革新、生物特有の高度な機能を実現するバイオデバイスの革新等が必要となる。量子技術分野では、量子コンピュータを構成する超電導量子ビット実現のための材料の革新や量子センサ材料の革新が不可欠であり、また、量子状態の精密制御により新たな機能を発現する量子マテリアルの研究開発を進めていくことも重要視されている。

○ Society 5.0 の実現に当たっては、サイバー空間とフィジカル空間とをつなぐ技術基盤を整備することが不可欠となる。サイバー空間技術の強化だけでは十分でなく、例えば、

フィジカル空間に大量かつ多様に存在する物理、化学データに対応でき、環境やエネルギー、人体に優しく、従来とは性能が大きく異なるセンサやデバイスといったマテリアルテクノロジーの革新と活用が求められる。

- 地球規模課題の解決を通じた国際社会への貢献も重要な役割となる。持続可能でインクルーシブな社会の実現に向けた SDGs の 17 の目標に注目すると、例えば、大気や水を綺麗にするシステム、太陽電池や環境発電の効率的利用等、マテリアルテクノロジー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。パリ協定の長期目標の実現をはじめとする環境・エネルギー問題への対応においても、革新的な電池技術や希少資源に依存しない新材料等が不可欠となる。我が国が今後重視するバイオエコノミーの形成に向けては高機能バイオ素材、バイオプラスチックといった新材料に基づくイノベーションが注目されており、自然災害からの安全確保やモビリティの向上といった課題に対しては高性能な構造材料の登場が期待されている。
- このように、我が国が重視するほぼ全ての政策及び技術領域において、マテリアルテクノロジーのイノベーションが共通して求められている。こうした挑戦的かつ魅力的な技術課題に、マテリアルテクノロジーに係る研究者が切磋琢磨しながら取り組んでいくことが必要となる。

(2) マテリアルテクノロジーの我が国の強みとしての実績

- 我が国がマテリアルテクノロジーの研究開発を積極的に推進していくことで、イノベーションが次々と創出されていくことが期待できる。これを裏付けるのは、マテリアルテクノロジーが持つ科学技術面と産業面の大きな強みである。
- 我が国を牽引する製造業の付加価値の源泉は、競争力のある材料・デバイス技術である。現在、我が国の輸出総額のうち工業素材が約 2 割を占めており、世界市場において 5 割以上のシェアを有する製品も多数存在する。ものづくりがグローバルバリューチェーンの中で実施される現在において、こうした材料・デバイス産業の強みが世界における我が国のプレゼンスと国際交渉力発揮の生命線となっている。
- 科学技術面を見ると、我が国発の材料・デバイスの発展が、これまでの社会の変革の原動力になってきたという数多くの実績がある。例えば、セラミックス技術の進展により透明性の高い石英ガラス等を用いた光ファイバーが誕生し、情報化社会の実現や高度化につながった。微細加工技術の高度化や巨大トンネル磁気抵抗効果の発見等が磁気記録による超高密度ストレージを実現し、AI やビッグデータ技術が実現した。リチウムイオン電池はモバイル機器に搭載され、その爆発的な普及が現在の AI・IoT・ビッグデータ時代を切り拓いた。日本発の材料やデバイスは、こうした情報化社会の進展のみならず、ハイブリッド自動車に搭載されているネオジム磁石、航空機や自動車に広く採用されている炭素繊維強化プラスチック、照明技術に革新をもたらした青色発光ダイオード等、環境分野をはじめとする広範な分野の発展の原動力にもなってきた。また、こうした実績の背景には、大学や企業等における長期にわたる研究開発への投資があったことも重

要な点である。2014年に青色発光ダイオード、2019年にリチウムイオン電池がノーベル賞を受賞したことは、我が国のマテリアルテクノロジーの強みと貢献が世界に認められている証しである。また、社会変革への実績のみならず、ナノカーボンやスピントロニクスといった魅力的な機能を持つマテリアルの研究開発でも現在我が国が世界を牽引している。さらに、魅力的な機能を持つマテリアルが、当初想定していた応用領域とは異なる方向で社会実装される事例も多数生まれてきている。

- このように世界の中でも突出する実績を上げることができた理由として、アジア諸国の中でいち早く高等教育制度を整えたことで人材や基礎研究力が育まれたという歴史的背景に加え、マテリアルテクノロジーに関連する研究手法が、細かい点に良く気付く、粘り強くあきらめずに実験するといった日本人の気質、日本らしさに良く合致したからではないかとの指摘がある。
- マテリアルテクノロジーを支える我が国の研究開発環境、特に、SPring-8等の最先端の共用研究施設が国内に複数存在し、ナノテクノロジープラットフォーム等を通じて微細構造解析、微細加工、分子・物質合成に関する先端研究設備・機器の効果的な共用体制が全国的に整備されていることも我が国の大きな強みである。こうした共用研究施設・設備等を通じて、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。加えて、物質・材料を研究開発対象とする物質・材料研究開発機構（以下、「NIMS」）が現在我が国に3機関しかない特定国立研究開発法人に指定され、世界トップクラスの研究業績を継続して上げていることも、物質・材料分野の研究開発に対して我が国が強みを持つ理由である。
- さらに、我が国全体の研究者や研究費獲得実績を俯瞰した際に、マテリアルテクノロジー分野が一つのボリュームゾーンとなっている。特に、ハイレベルな研究開発活動においてその傾向は顕著であり、国内ではこの分野に優れた研究者が数多く存在していることが確認できる。マテリアルテクノロジーを研究開発活動の中核に掲げる大学も幾つも存在する。このことは、マテリアルテクノロジーを対象とした取組を強力に進めることの重要性はもちろん、我が国におけるマテリアルテクノロジーの推進の在り方自体が、今後の我が国の科学技術イノベーション活動全体の趨勢をも決定付ける可能性を持つことを示唆している。
- ナノテクが果たしてきた役割は大きい。21世紀以降のナノテクへの継続した投資は、ナノテクを我が国の強みとなる世界トップレベルの基盤技術として育て上げるとともに、理学と工学、医学と工学といった異分野融合を牽引した。その結果、ナノスケールで現象を解明し、ナノスケールに起因する機能開拓を目指すという草創期の使命を果たし、ナノテク自身が体系化されたツールとなることで新たなイノベーションを創出する基盤へと進化した。今後は、スケールの対象を、ナノから量子への発展や、ナノからマクロへの包括的な理解・制御へと発展させることにより、これまでのナノテク分野への投資の蓄積を活用した異分野融合を通じた新たなイノベーションの創出が大きく期待できる。

(3) 研究開発現場を取り巻く状況

- 研究開発現場における我が国の国際競争力の低下が懸念される状況にある。特に、マテリアルテクノロジーを構成する基礎学問分野である化学、材料科学、物理学分野の論文指標がこの10年間で質・量ともに低下しており、国際的シェアも地位を下げていることは、これら3分野が他の学問分野と比較して相対的に高い国際競争力を引き続き有しているとは言え、大きな懸念である。材料分野の国際会議において日本人研究者、特に中堅・シニア研究者は高い存在感を示しているものの、若手については存在感を高める必要があるとの指摘も多い。若手人材に関して、大学等において研究開発活動の中核を担う博士課程学生やポストドクターの確保が困難になってきており、特に、日本人でアカデミアを志向する学生が近年大幅に減少傾向にある。こうした研究開発現場の次世代を担う人材の不足状況に正面から向き合う必要がある。大学教員が研究時間を十分に確保できておらず、それが研究力の低下のみならず、アカデミアを志向する学生の減少にも影響していることが示唆される。
- 民間企業の研究開発が短期化傾向にある中で、企業内で人材や技術を育む土壌が失われつつある。このため企業は、大学や国研に対して多くの役割を期待するようになっており、知の社会実装の促進に向けて、オープンイノベーションを加速するための産学官共創の場の形成、意思決定スピードの速い大学発ベンチャーの設立といった取組がこれまで以上に重要となっている。しかし、大学における研究者の産学連携活動に対する支援体制がいまだ不十分であること等から、大学で生み出された卓越知を、その潜在的価値に見合う形で、スピード感をもって社会実装につなげることが必ずしもできていないとの指摘がある。また、産業界の基盤技術を支える化学工学、溶接工学といった学問分野において、大学での人材の育成・確保が、企業の人材需要に対して危機的状況であることへの懸念も指摘されている。
- 政府の課題解決型の研究開発支援の取組において、大学等の研究開発現場に対して、単線的な目標設定に基づく成果創出と応用展開を急ぎ過ぎる傾向があり、イノベーションを生み出す種となる卓越知が十分に育てていないとの指摘も多い。
- デジタル革命によるAIやビッグデータの発展が材料開発手法を大きく変革しており、2011年に米国が打ち出した「マテリアルズ・ゲノム・イニシアティブ」以降、材料データを用いて材料開発期間の短縮、低コスト化を目指すデータ駆動型材料開発の取組が世界各国で進められている。そうした中で、世界的に卓越した良質かつ豊富な材料のデータベースをNIMSが長年にわたり蓄積、整備してきたことは我が国の大きな強みとなっている。

(4) 諸外国の政策動向と影響

- 諸外国の政策動向についても注視する必要がある。米国や欧州、中国、韓国といった世界の主要国・地域が、様々な政策・技術領域におけるイノベーションの鍵を握るマテリアルテクノロジーの重要性に気付き、重点投資を実施し始めている。特に中国は、2015

年に発表した「中国製造 2025」を契機に、半導体や部材を 2025 年までに自給 7 割とすることを目標に掲げ、大規模投資を行っている。政府全体の科学技術予算の大幅な伸びとあいまって、我が国をはじめとする世界各国の高度人材や卓越知を積極的に取り込もうとする動きが活発化している。米国でも、2018 年に国防高等研究計画局が開始した「**Electronics Resurgence Initiative**（電子技術復活イニシアティブ）」に代表されるように、半導体・電子材料に対する取組を政府として近年強化しており、希少鉱物対策に向けた新たな検討も進んでいる。韓国は、2019 年に材料・部品・装置の自立化に向けた 2020 年以降の政府投資の大幅拡充を発表しており、今後の材料・デバイス産業のグローバルバリューチェーンへの影響が予想される。米中の技術覇権争いを契機とした技術安全保障の動きは近年世界全体へと波及しており、希少資源や材料を国内で戦略的に確保することの重要性が一層高まっている状況にある。

3. 基本的な推進の方向性

- 我が国のマテリアルテクノロジーは、人材や投資の蓄積があり世界最高水準の研究基盤を持つといった科学技術面の強みと、輸出競争力の高い出口産業を有するといった産業面の強みを兼ね備えることから、投資に対する費用対効果が非常に高いことが推察され、マテリアルテクノロジーの重要性が拡大する中で、今後の一層のイノベーション創出が期待できる。
- このため、第 6 期基本計画においては、マテリアルテクノロジーをイノベーション創出に向けた最重要基盤技術の一つとして位置付け、関連する科学技術イノベーション活動を政府が戦略的かつ一体的に推進していくことが不可欠である。我が国の優れた研究者のボリュームゾーンを占めるマテリアルテクノロジーの知のポテンシャルを活用し、異分野融合、産学官融合の 2 つの融合促進を通じて、イノベーションの創出を強力に先導していくことが求められる。また同時に、次世代人材の不足をはじめ、マテリアルテクノロジーの強みが危機にさらされている中で、優れた人材を引き付け、その能力が最大限発揮できる環境を整備することで、我が国の強みとなる多様な知の創出力を将来にわたって蓄積していくことも重要となる。
- こうした観点から、政府には、今後以下の 4 つの取組を進めていくことが求められる。研究開発の推進に当たっては、マテリアルテクノロジーに対する具体的要請から導かれる重要技術領域を育成、実装していくことと、マテリアルの魅力を追求する研究開発を腰を据えて推進していくことの 2 つのアプローチが基本となる。加えて、研究開発活動の生産性向上のための取組をはじめ、必要となる関連取組を総合的に推進することで、我が国のマテリアルテクノロジーからイノベーションが創出される可能性を最大限に高めていくことが望まれる。なお、政府はこれら 4 つの取組を単独で推進するのではなく、それぞれの取組を有機的かつ一体的に推進していくことが求められる。
 - ① **イノベーション創出を牽引するマテリアルテクノロジーの重点技術領域の推進**
 - ② **魅力的なマテリアル創出基盤の構築**

- ③ 研究開発の効率化、高速化、高度化を通じた生産性の向上
- ④ マテリアルテクノロジーの強化に必要となる施策の推進

4. 具体的取組の方向性

(1) イノベーション創出を牽引するマテリアルテクノロジーの重点技術領域の推進

- マテリアルテクノロジーの革新が持つ大きな役割に応えるために、大学等の研究開発現場から生み出される多様な知を、戦略的かつ重点的に育成するとともに、スピード感をもって社会実装につなげていくことが求められる。
- 重点技術領域の抽出に当たっては、AI、バイオテクノロジー、量子技術といった先端技術分野の革新、Society 5.0の実現やSDGsの達成、パリ協定に基づく長期目標の達成など環境・エネルギー問題への対応、国及び国民の安全・安心の確保、健康長寿社会やバイオエコノミーの形成、農業の革新といった国内外の重要課題の解決等に向けて、マテリアルテクノロジーの革新が鍵となる技術領域を抽出することが重要である。その際、人的資源も含めたこれまでの投資や実績の蓄積、それらの蓄積を効果的に活用できるかどうかといった視点も重要となる。
- 例えば、以下のような技術領域が挙げられる。これらについては、今後、第6期基本計画の検討の進捗状況に合わせて、更に詳細な検討を進めていく必要がある。
 - ・ トリリオンセンサ時代に対応し、Society 5.0実現の鍵を握る、革新的かつ統合的な「センサ技術」
 - ・ AIや量子技術の革新の実現や、サイバー空間とフィジカル空間をつなぐ基盤の構築等に貢献する、桁違いの低消費電力化や高耐久性、親環境性、多機能性等を実現する革新的な「素子・デバイス技術」
 - ・ 再生医療や高度診断機器等を通じた健康寿命延伸の実現への貢献を目指し、マテリアルと生体との一体化や、人間の能力拡張等につながる新しい「バイオ材料・デバイス」
 - ・ 大幅なエネルギーの変換・貯蔵・高効率利用を実現し、二酸化炭素排出量の削減にも貢献する次世代「電池技術」
 - ・ 自然災害からの安全確保や国土強靱化、核融合等の次世代エネルギー技術の実現、宇宙・海洋空間での科学技術イノベーション活動の発展に不可欠となる、高耐熱性、高強度、高信頼性等を実現する「極限性能材料」
 - ・ モビリティの高度化や省エネルギー・低炭素社会の実現等に不可欠となる、複合マテリアルの界面の高度な理解と制御を目指す「接着・接合技術」
 - ・ 持続可能な社会の実現やバイオエコノミーの形成に向けて、様々な物質のリサイクルや循環、高純度化、浄化等に利用される「分離・分解技術」

- ・ 元素・物質の循環型社会の実現と希少元素依存からの脱却への戦略的対応につながる、元素の未開拓の新機能創出を目指す次世代型「元素戦略」
 - ・ 幅広い応用領域の革新につながる、物質を自在に設計・制御することで新機能を創出する「分子技術・空間空隙制御技術」
- こうした技術領域の推進に当たっては、中長期的な視点から技術目標を設定することが求められる。ただし、各技術については単線的な課題解決を目指すのではなく、それぞれが多岐にわたる方向への応用可能性を有することを踏まえた上での柔軟な目標設定が望まれる。
 - 重点技術領域における知の育成に当たっては、大学や国研が中核となり、国内外に開かれた環境の下で、異分野の優れた人材が結集・融合し、切磋琢磨を図ることで、イノベーションの種となる卓越知が育成、創出されていくことが重要である。
 - 重点技術領域における知の社会実装に当たっては、産学官の横断的な連携の下で、社会実装に向けた研究開発と基礎研究とが相互に刺激し合いスパイラル的な融合型研究開発を進めていくことが重要な手法となる。
 - なお、革新的な材料を効果的・効率的に社会実装につなげるためには、実際に企業等で使われるデバイスやシステムの段階においても革新的な機能が上手く発揮される必要がある。こうした新材料の生産規模拡大とシステム化のためのプロセス技術は、材料の複雑化に伴い、新たな学理とサイエンス基盤、いわゆるプロセスサイエンスの構築を必要としていることから、大学や国研を中核としたオープンイノベーションの仕組みにより、プロセスサイエンスの取組を推進していくことも重要である。
 - 現在、こうした視点に基づき、マテリアルテクノロジーの研究開発活動を戦略的かつ一体的に支援する政府の取組は十分でなく、取組の一層の強化が求められる。

(2) 魅力的なマテリアル創出基盤の構築

- 研究者の探求心に基づき、腰を据えてマテリアルの魅力を追求することは、マテリアルテクノロジーの根幹となる活動である。魅力的なマテリアルは魅力的な機能を宿し、その後、当初誰もが想定し得なかった応用領域のイノベーション、時にゲームチェンジをもたらす破壊的イノベーションを実現することにもつながる。また、こうしたマテリアルが我が国の強みのコアとなり続ける。
- 破壊的イノベーション創出の可能性を最大限に高めるためには、挑戦心を持った優れた研究者、特に若手研究者が、短期的な成果の有無にとらわれることなく一定期間腰を据えて研究を実施し、また、自らの研究時間を十分に確保できる環境を整備することが重要である。その際、研究者の国際連携活動や人的交流を積極的に促していくことや、様々な応用領域等からの着想を獲得するために異分野融合の場を設けることなども重要となる。マテリアルの魅力を追求できる研究者数を大学等の研究開発現場において拡大でき

るような政府の取組が求められる。

(3) 研究開発の効率化、高速化、高度化を通じた生産性の向上

- 我が国の強みである研究基盤の蓄積に、AI、IoT、ビッグデータ等のサイバー技術の発展等に伴う新しいアプローチを導入することにより、研究環境と研究手法の改革を戦略的に進め、研究開発の一層の効率化、高速化、高度化を実現することが求められる。これにより、我が国におけるマテリアルテクノロジーの研究開発活動の生産性を徹底的に高め、我が国の研究開発環境が、世代、性別、セクター、国籍を越えてあらゆる研究者にとって魅力的になることが求められる。
- マテリアルテクノロジーに係る研究開発活動で利用する先端設備・機器は極めて重要な存在であり、そうした設備・機器の共用とネットワーク化を、これまでのナノテクノロジープラットフォームの成果と高度な専門性を有する人材の蓄積を生かしながら継続的に強化していくことが不可欠である。その際、異分野融合による研究開発が今後主流となり、スケールの対象もナノから量子、ナノからマクロといった包括的な理解・制御が求められる中で、これまで以上に複雑な現象を計測、分析できるような最先端の研究機器が必要となることが想定される。このため、今後の共用ネットワークの発展に当たっては、既存設備・機器の老朽化、陳腐化への対応はもとより、最先端の計測・分析機器、さらには加工・プロセス装置の開発取組とも連携して推進していくことが重要となる。また、研究機器の実験のハイスループット化への対応を進めるとともに、効率的な地域別の共用体制の整備、計算・データ基盤やソフトウェア開発の取組との連携強化といった、新たなニーズや研究開発の潮流に沿った取組についても検討していく必要がある。
- AI や IoT、ロボット技術等を活用し、研究者の創造力を最大限発揮できる環境整備と研究成果の創出加速の双方を目的とするスマートラボラトリーの取組を普及していく必要がある。実験室での繰り返しの単純作業から研究者を解放し、次の時代にふさわしい魅力的な研究スタイルへの転換を促すとともに、質の高い実験データを効率的に収集・蓄積することで研究成果の創出が加速する事例を蓄積し、そこで得られたデータから更に発展的な研究開発へと利活用していくことが重要である。
- マテリアル創出の高速化に向けて、データ駆動型の研究開発を強化することが重要である。NIMS が持つデータベースの世界的強みを十分に生かしつつ、各機関においてデータ利活用を促進するためのアプリケーション開発等の取組や、革新的な材料開発手法の研究開発などを推進し、マテリアルに関するデータ駆動型の研究開発において我が国が世界の主導権を握っていくことが求められる。

(4) マテリアルテクノロジーの強化に必要となる施策の推進

- マテリアルテクノロジーの強化に当たっては、研究開発現場の諸課題を解決し、国際情勢を含めた社会・経済の変化に適切に対応する取組を総合的に進めていく必要がある。

- イノベーションの創出に当たっては、大学の産学連携支援体制がまだまだ十分に整備されていないこと等により、大学で生み出されるマテリアルテクノロジーの新たな知が、結果的に社会実装に至らず、知の持つ価値を十分に発揮できない要因になっている。URAや知財人材、プロジェクトマネージャーといった大学教員の社会実装活動を支援する人材の育成・確保や、多面的な教員・研究者評価の在り方の検討・導入など、関連する組織的取組を強化していくことが求められる。
- 国際的な取組に関して、マテリアルテクノロジーを巡る国際動向を継続的に調査・分析し、適切な国際連携の在り方を明らかにしていくとともに、グローバルでのオープンな活動への参画を積極的に進めていくことが重要となる。また、卓越した研究活動の推進には多様性が不可欠であることから、優れた外国人研究者を我が国に引き付け、定着を促すための取組を充実していくことも重要となる。他方で、マテリアルテクノロジーの特性に鑑み、産学官の関係者は、機微技術の国外流出等に対するセキュリティや安全保障貿易管理についてルールに基づき適切に管理していくことが求められる。
- マテリアルテクノロジーの推進に当たっては、常に未知・新規のマテリアルの登場が伴うことから、こうしたマテリアルが社会に与える影響を推定・評価し、分野や世代、国を越えてコンセンサスを形成していく取組が重要である。
- 次世代を担う人材の確保に関しては、マテリアルテクノロジーに関連する研究の面白さ、マテリアルの魅力等についての研究開発現場からの発信を強化するとともに、政府もマテリアルテクノロジーを、未来ある科学技術、未来を創り出す科学技術として発信していく必要がある。また、マテリアルテクノロジーに関連する学位を持つ人材は産学官の至る所で活躍しており、いわゆるポストドク問題は生じておらず、むしろポストドクターや博士課程学生は研究開発現場で不足している状況にある。こうした状況を踏まえつつ、博士学位取得や研究職の魅力について、関係者は総力を挙げて広く社会、国民へと発信するとともに、コミュニケーションを重ねていかなければならない。また、大学等において、マテリアルテクノロジーに取り組む博士課程学生や研究者の処遇を欧米並みに充実していくことも、我が国が国際競争力を維持・向上していく上で重要な取組となる。

5. おわりに

本提言は、第6期基本計画に向けた検討の参考となることを目的として暫定的に取りまとめたものであり、今後も本委員会では、来夏頃までを目途に、4. で記載した具体的取組を中心に更なる検討を行う予定としている。

なお、我が国が本格的にマテリアルテクノロジーの強化を図っていくためには、産学官共通のビジョンの下で、大学や国研の取組のみならず企業の取組の方向性も含めた、政府全体のマテリアルテクノロジーの推進方策の検討が進められていくことが重要であり、今後、関係府省が連携した検討の実施が望まれる。

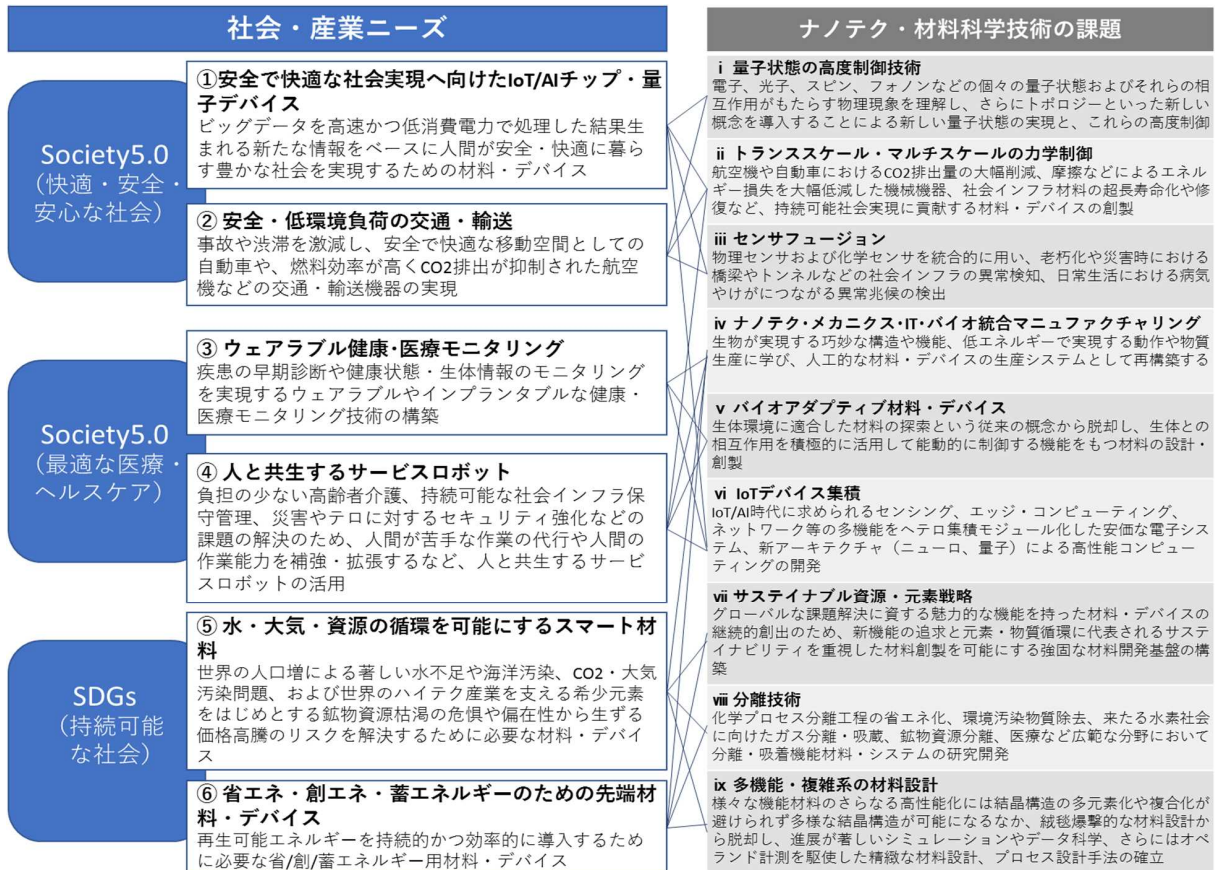
第10期 ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 委員名簿

五十嵐正晃	日鉄ケミカル&マテリアル株式会社常務執行役員
射場 英紀	トヨタ自動車株式会社先端材料技術部 電池材料技術・研究部担当部長
上杉 志成	京都大学化学研究所教授 物質－細胞統合システム拠点連携教授・副拠点長
加藤 隆史	東京大学大学院工学系研究科教授
菅野 了次	東京工業大学科学技術創成研究院教授
栗原 和枝	東北大学未来科学技術共同研究センター教授
瀬戸山 亨	三菱ケミカル株式会社エクゼクティブフェロー Science & Innovation Center, Setoyama Laboratory 所長
高梨 弘毅	東北大学金属材料研究所長・教授
滝田 恭子	読売新聞東京本社編集局次長
武田 志津	株式会社日立製作所専門理事 兼 研究開発グループ技師長 兼 基礎研究センター日立神戸ラボ長
常行 真司	東京大学大学院理学系研究科教授
中山 智弘	国立研究開発法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター企画運営室長・フェロー
納富 雅也	東京工業大学理学院物理学系教授
長谷川美貴	青山学院大学理工学部教授
宝野 和博	国立研究開発法人物質・材料研究機構理事
馬場 嘉信	名古屋大学大学院工学研究科教授
前田 裕子	株式会社セルバンク取締役 国立研究開発法人海洋研究開発機構監事
◎三島 良直	国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 技術戦略研究センター長
湯浅 新治	国立研究開発法人産業技術総合研究所 スピントロニクス研究センター長
吉江 尚子	東京大学生産技術研究所教授
萬 伸一	国立研究開発法人理化学研究所 創発物性科学研究センターコーディネーター

(◎：主査、敬称略、五十音順)

参考資料・データ集

ナノテク・材料科学技術分野に対する社会的要請の例（1）



JST研究開発戦略センターまとめ

ナノテク・材料科学技術分野に対する社会的要請の例（2）

貧困の撲滅 	<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)
飢餓の撲滅 	<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)
健康と福祉 	<ul style="list-style-type: none"> バイオチップ(診断デバイス) ナノ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)
水とトイレ 	<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
エネルギー クリーン 	<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 クリーンプロセッシング 吸着材料、分離膜、排ガス触媒、など
労働 経済成長 	<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

製造消費 	<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)
気候変動 	<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)
海洋資源 	<ul style="list-style-type: none"> 計測技術 レアメタル、レアアース
陸上資源 	<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)
産業技術革新 	<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・材料発イノベーション 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)
不平等の是正 	<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…)
持続可能都市 	<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

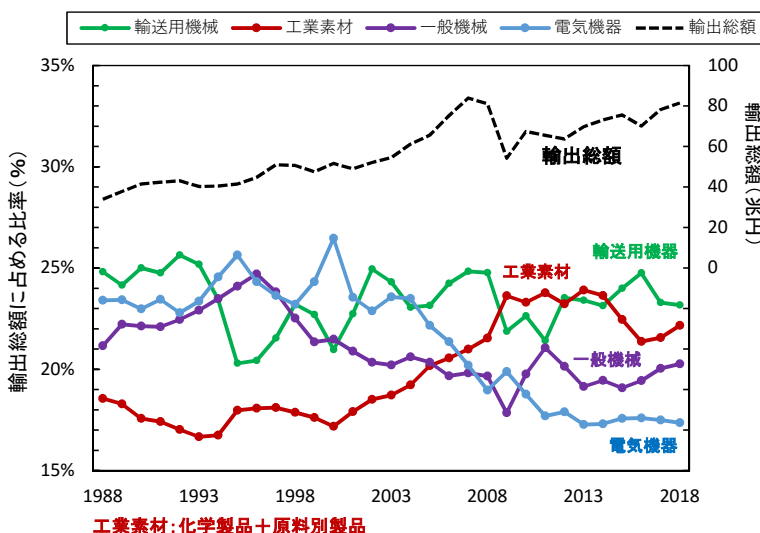
2018.2.16 ナノテクノロジー総合シンポジウム
岸輝雄 外務大臣科学技術顧問資料をCRDSが改変

【出典】第10期ナノテクノロジー・科学技術委員会(第4回)資料1-4 CRDS 中山智弘氏作成資料より
(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資料をCRDSが改変)

我が国の輸出における産業分野の割合

我が国の「工業素材」の輸出総額に占める割合は自動車と並んで20%を越えている。また、約30年間の輸出品目の変化を見ても、部素材が常に一定の割合を占めている。

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)より文部科学省作成

輸出上位10品目の移り変わり

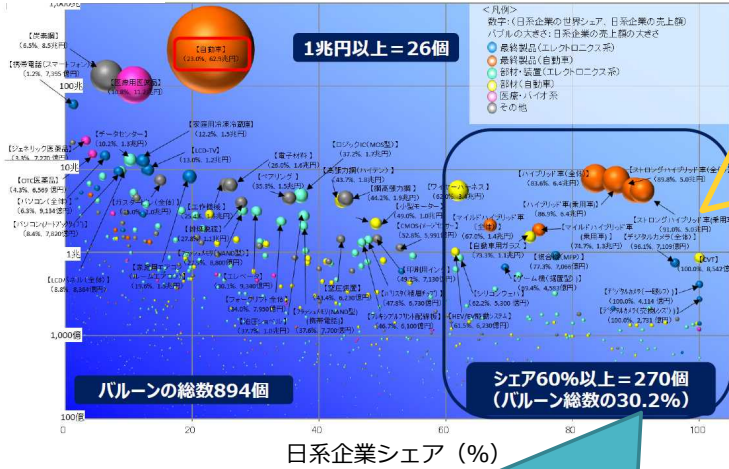
順位	1990年	2000年	2010年	2018年
	輸出総額 41兆4,569億円	輸出総額 51兆6,542億円	輸出総額 67兆3,996億円	輸出総額 81兆4,788億円
1	自動車 17.8%	自動車 13.4%	自動車 13.6%	自動車 15.1%
2	事務用機器 7.2%	半導体等電子部品 8.9%	半導体等電子部品 6.2%	半導体等電子部品 5.1%
3	半導体等電子部品 4.7%	事務用機器 6.0%	鉄鋼 5.5%	自動車の部分品 4.9%
4	映像機器 4.5%	科学光学機器 5.1%	自動車の部分品 4.6%	鉄鋼 4.2%
5	鉄鋼 4.4%	自動車の部分品 3.6%	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『日本貿易の現状と課題』より抜粋、文部科学省において一部付記http://www.jftc.or.jp/kids/kids_news/japan/item.html

我が国の部素材産業は、主要な輸出品目であるだけでなく、世界市場において高いシェアを有する。日系企業が世界シェアの6割以上を占める製品のうち、8割近くが部素材である。

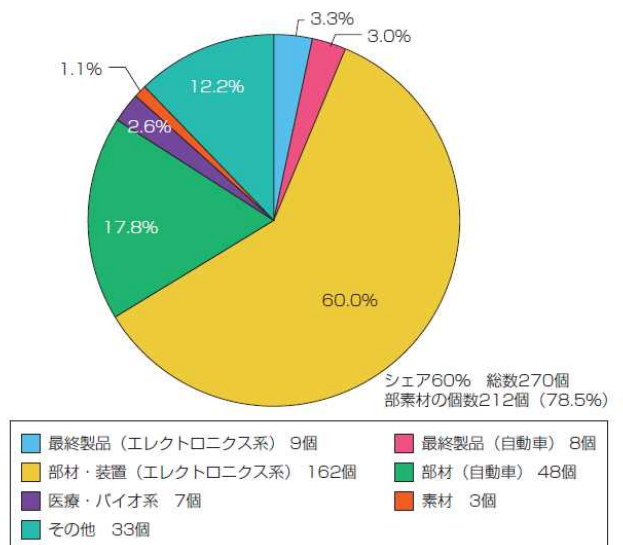
日系企業が生み出した主要先端製品・部材の世界市場規模及び世界シェア(2016年)

世界市場規模(円)



【参考】全パルーンのうちシェアが60%以上のパルーンの割合
日本:30.2%、アメリカ:19.8%、欧州:8.9%、中国:13.8%

シェア60%以上に含まれる製品群の内訳

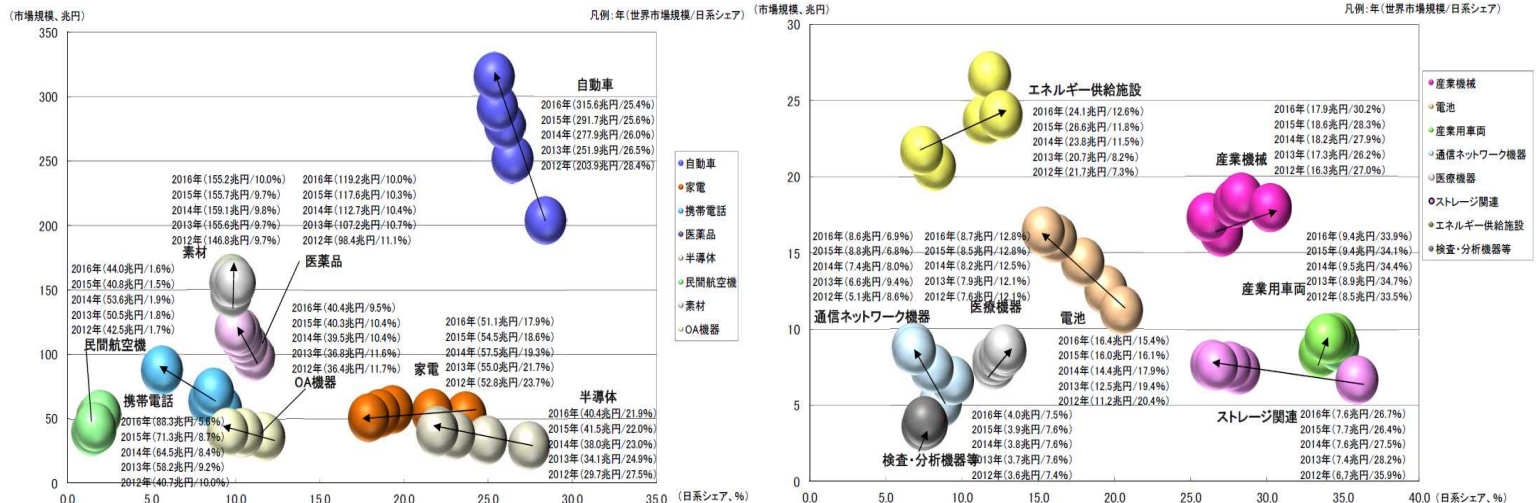


【出典】経済産業省『2019年版ものづくり白書』第2章第2節より抜粋、文部科学省にて一部付記

主な産業の世界シェア推移

世界市場において素材分野はシェアを維持している。

2012年～2016年カテゴリ別市場規模及び日系シェア推移
(3兆円以上30兆円未満:2016年市場規模)



【出典】国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)『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 株式会社富士キメラ総研)より

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**

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、ツバサ**

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**

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**

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**

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**

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**

その他にも、リチウムイオン電池（吉野彰）@1983、
Erドープ光ファイバー増幅器（中沢正隆）@1989等
ノーベル物理学賞受賞者11名、化学賞受賞者8名

【出典】JST研究開発戦略センター『研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野(2019)』より抜粋、
文部科学省にて一部改変

我が国の自然科学分野でのノーベル賞

自然科学分野ではこれまでに24人受賞しているが、そのうちのほぼ半数は材料・ナノテク関連分野である。

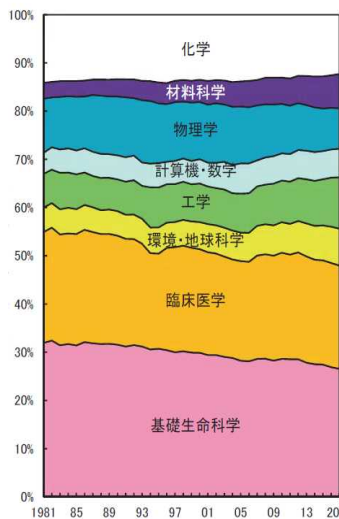
受賞年	氏名(受賞時年齢)	部門	対象研究
1949	湯川 秀樹 (42)	物理学賞	核力の理論的研究に基づく中間子の存在の予想
1965	朝永 振一郎 (59)	物理学賞	量子電磁力学の分野における基礎研究と素粒子物理学についての深い結論
1973	江崎 玲於奈 (48)	物理学賞	半導体内および超伝導体内の各々におけるトンネル効果の実験的発見
1981	福井 謙一 (63)	化学賞	化学反応過程の理論的研究
1987	利根川 進 (48)	生理学・医学賞	抗体の多様性に関する遺伝的原理の発見
2000	白川 英樹 (64)	化学賞	導電性高分子の発見と発展
2001	野依 良治 (63)	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	
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	
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】文部科学省にて作成

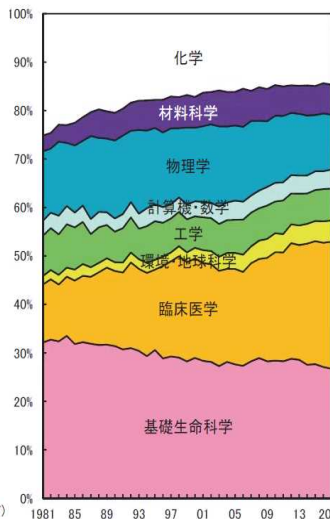
我が国の分野別論文数割合を見ると、6.2%を材料科学、さらに化学と物理学を合わせると32%を占めている。

分野別論文数割合の推移

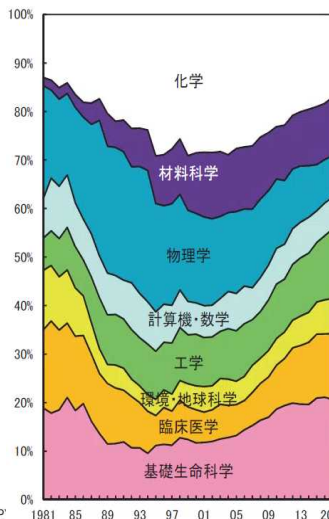
全世界



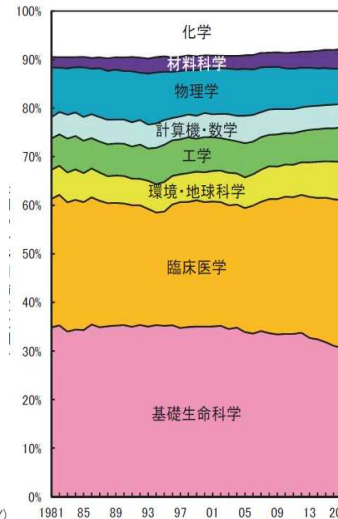
日本



中国



アメリカ

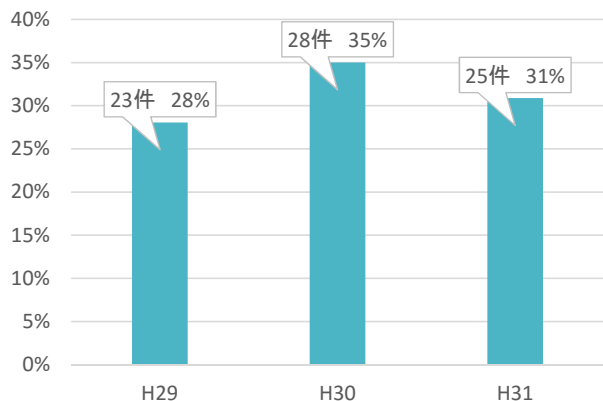


【出典】NISTEP『科学技術指標2019』より

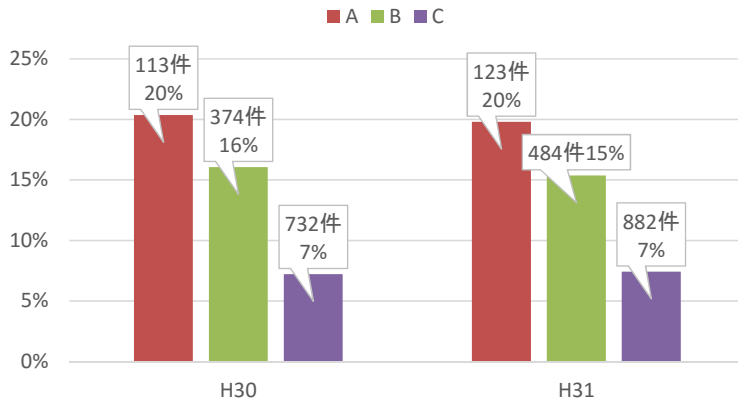
科研費におけるナノテク・材料関連研究について（1）

科研費の基盤研究（S、A、B、C）におけるナノテク・材料に関係すると考えられる採択課題の集計結果は以下の通り

科研費の基盤研究（S）においてナノテク・材料が関係すると考えられる採択課題が全体に占める割合



科研費の基盤研究（A、B、C）においてナノテク・材料が関係すると考えられる採択課題が全体に占める割合



ナノテク・材料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」、「CMOS」、「エネルギー変換」、「ナノ構造体」、「イオン導電体」、「金属」、「反応」、「化学」、「分子」、「トポロジカル相」、「強相関電子系」、「熱光発電」、「エレクトロニクス」、「有機半導体」、「原子間力」、「量子ドット」、「界面」、「計測」、「トンネル顕微鏡」、「光」、「材料」、「触媒」、「電池」、「超電導」、「センサ」、「結晶」、「imaging」、「電子相」、「合成」、「スピン」、「チタン」、「電磁波吸収体」、「メタマテリアル」、「物性」、「磁束回路」、「電気工学」、「量子ホール」、「ヘテロ接合」、「物性」、「凝縮相」、「ナノ」、「レーザー」、「デバイス」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集計。

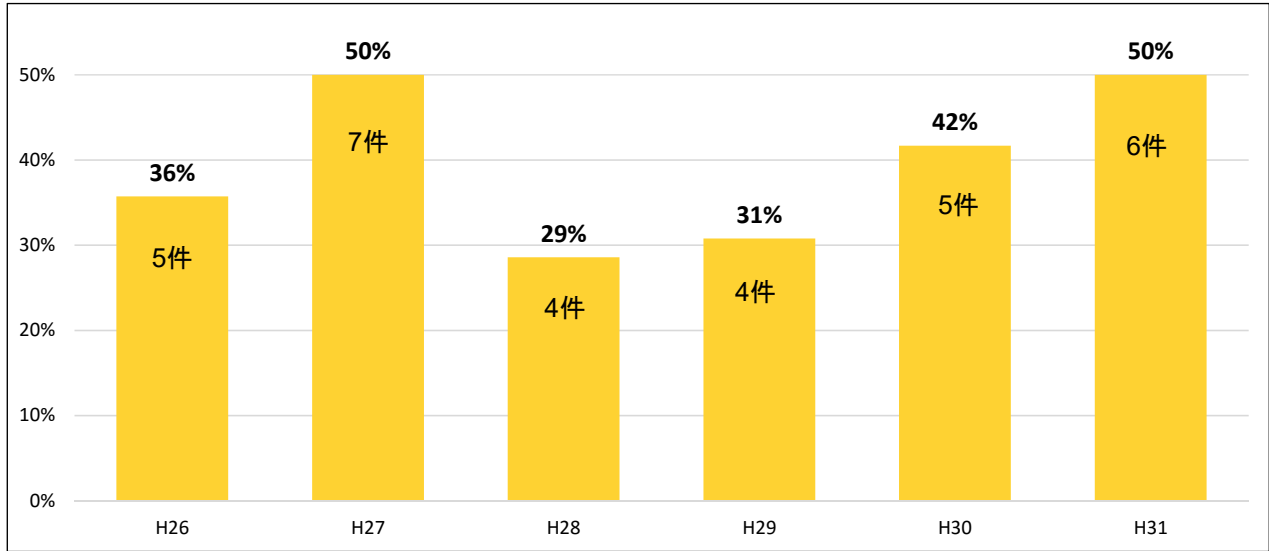
科研費における審査区分の「物性物理学およびその関連分野」、「材料力学、生産工学、設計工学およびその関連分野」、「材料工学およびその関連分野」、「化学工学およびその関連分野」、「ナノマイクロ科学およびその関連分野」、「応用物理物性およびその関連分野」、「応用物理工学および化学分野」から機械的に集計。

【出典】文部科学省参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当）付において科学研究費助成事業データベースよりナノテク・材料に関連する審査区分を抽出し作成（抽出日：2019年10月15日）

科研費の特別推進研究におけるナノテク・材料に関連する採択課題の集計結果は以下の通り

科研費の特別推進研究における新規採択課題のうちナノテク・材料関連が占める割合

※科研費の研究課題からCRDS 中山智弘氏がナノテク・材料関連課題として抜粋



【出典】第10期ナノテクノロジー・科学技術委員会（第4回）資料1-4 CRDS 中山智弘氏作成資料より、文部科学省参事官（ナノテクノロジー・物質・材料担当）付において編集

JST戦略的創造研究推進事業（CREST）におけるナノテク・材料関連研究の動向

ナノテク・材料に関連する文部科学省戦略目標設定の変遷は以下の通り

文部科学省における戦略目標の変遷（ナノテク・材料関連）

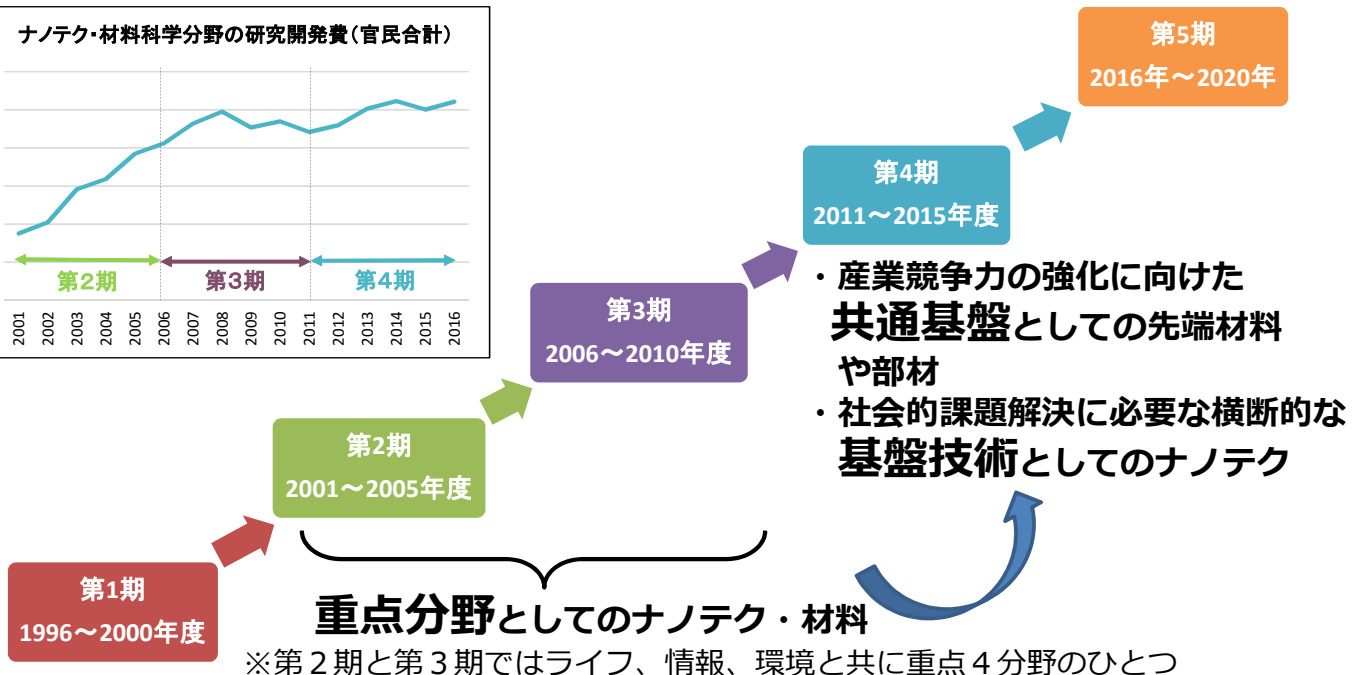
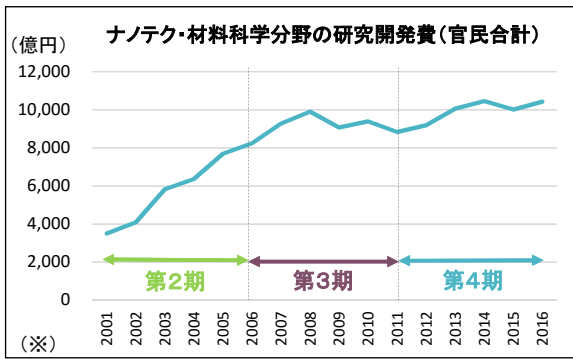
2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024
○先端的な計測・分析機器実現に向けた基盤創出																				
○プログラムされたビルドアップ型ナノテクノロジー																				
○ナノスケール科学による製造技術の革新																				
○革新的ナノ界面技術の創出とその応用																				
○新デバイスのための材料開拓とナノプロセス開発																				
○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

【出典】第10期ナノテクノロジー・科学技術委員会（第4回）資料1-4 CRDS 中山智弘氏作成資料より抜粋、文部科学省において一部改変

我が国のナノテク・材料科学分野への投資

基本計画において、第2期及び第3期では「ナノテク・材料」が重点分野として位置づけられ、第4期では横断的な基盤技術の一つとして位置づけられている。第5期においては、ナノテクノロジー・素材が超スマート社会を支える「重要な基盤技術」として位置づけられている。

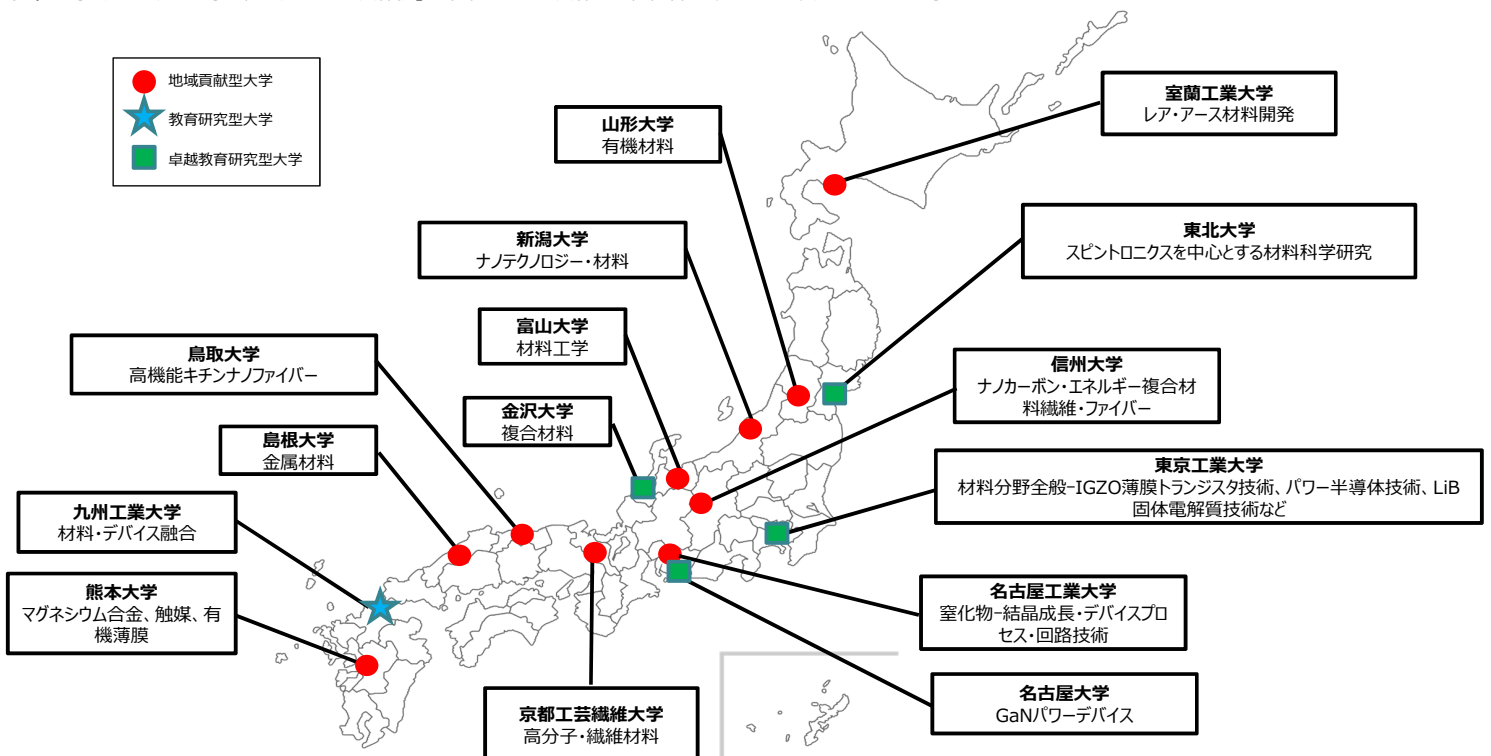


※【出典】JST-CRDS『研究開発の俯瞰報告書ナノテクノロジー・材料分野(2019年)(概要)』より文部科学省において一部改変(総務省『科学技術研究調査』をもとにCRDSが作成)

「材料」を強みとする主な国立大学

材料を研究開発活動の中核に掲げる主な国立大学は以下の通り。

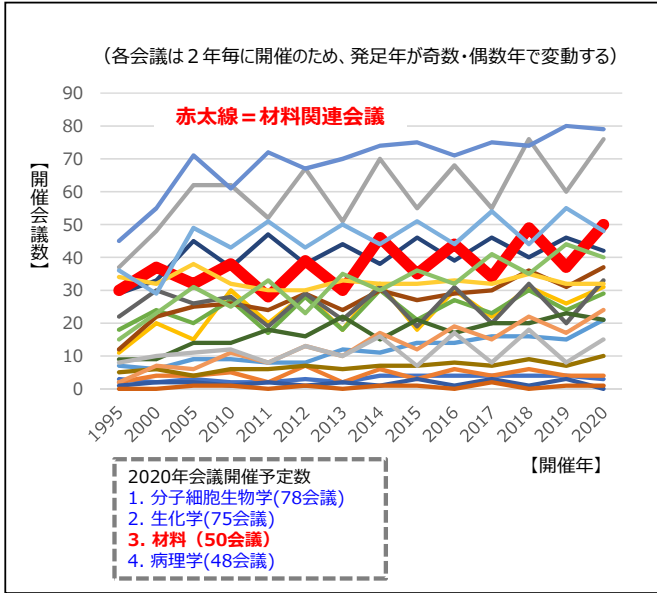
(注) 大学ファクトブック「大学の得意分野とその具体例」に「材料」もしくは「具体的な材料名」のキーワードが表記されている大学を選定



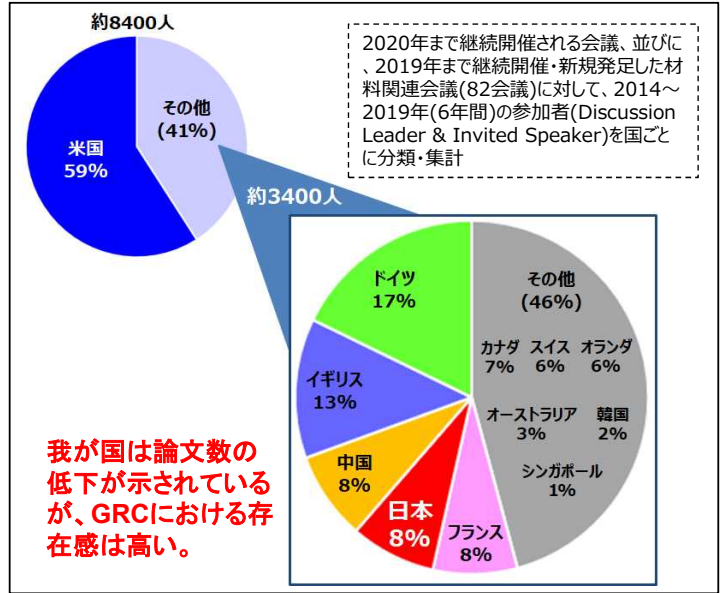
【出典】経済産業省 大学ファクトブック2019 国立大学より文部科学省において作成 https://www.meti.go.jp/policy/innovation_corp/kokuritsu_daigaku.pdf

GRCは、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おり、その中で日本人研究者は一定の存在感を示している。

分野別の開催会議数変化



材料関連会議の各国参加者

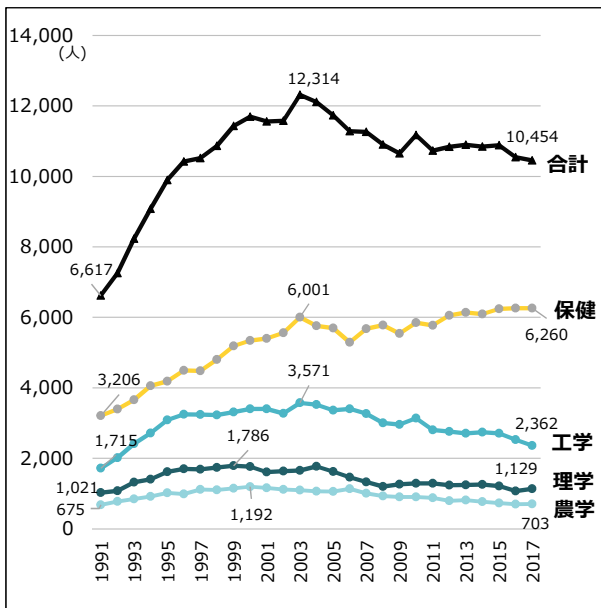


(出典) Gordon Research Conferences (<https://www.grc.org/>) よりJST-プログラム戦略推進戦部で分析・作成

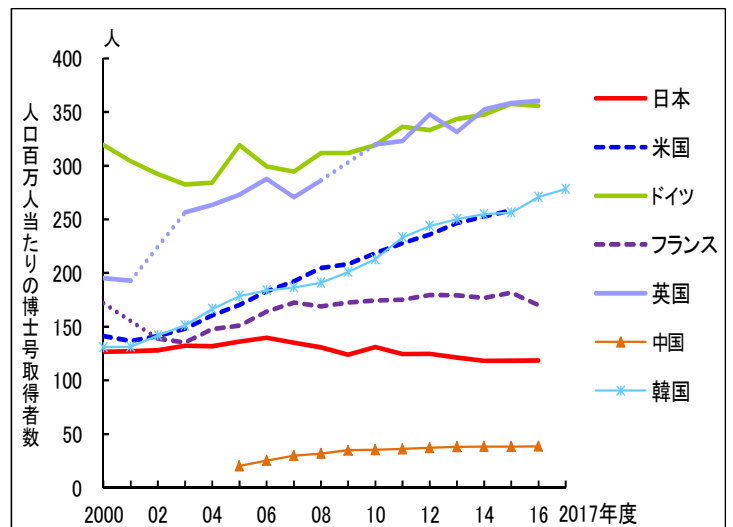
博士号取得者の推移

自然科学系の博士課程入学者は減少傾向にある。また、我が国の人口百万人あたりの博士号取得者は主要国の中で唯一減少傾向にある。

博士課程入学者数の推移 (自然科学系4分野)



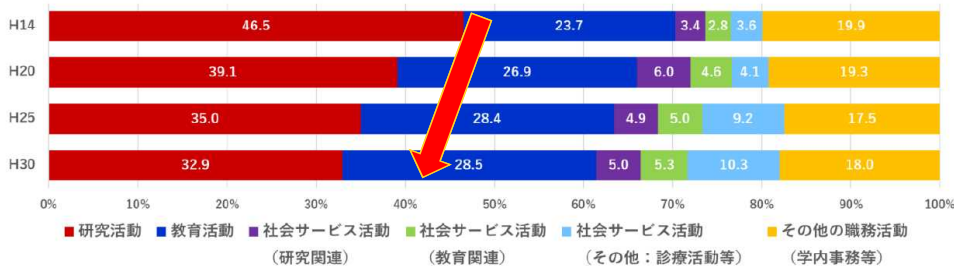
人口百万人当たりの博士号取得者数



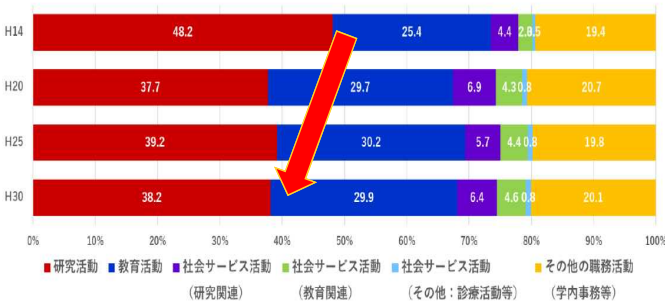
【出典】第68回学術分科会『日本の研究力低下の主な経緯・構造的 要因案 参考データ集』より抜粋、文部科学省において一部付記

大学教員の職務活動時間における研究活動の割合は減少傾向にある。理工学分野についても同じく減少傾向にある。

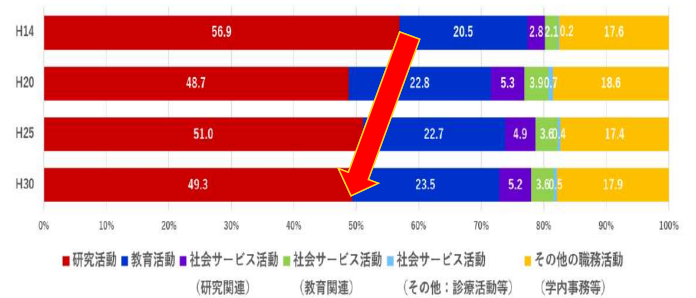
大学等教員の職務活動時間割合の推移



工学分野における大学等教員の職務活動時間割合の推移



理学分野における大学等教員の職務活動時間割合の推移

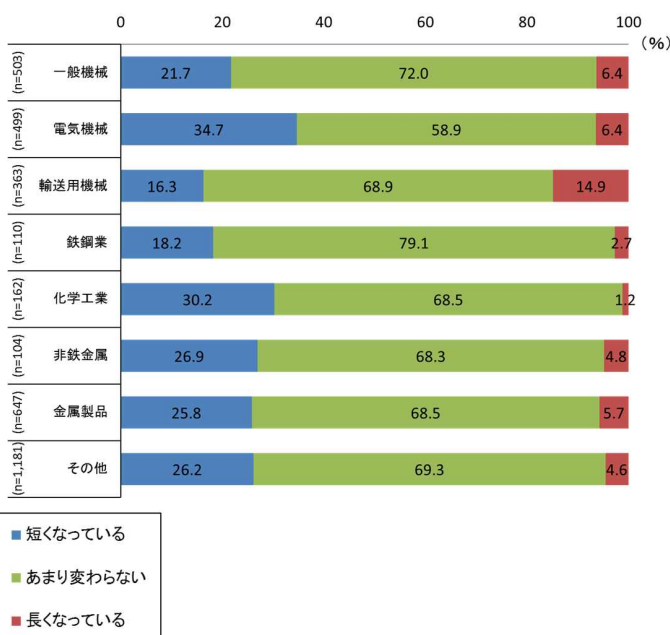


【出典】『概要「大学等におけるフルタイム換算データに関する調査」について』（令和元年）より抜粋、文部科学省において一部付記

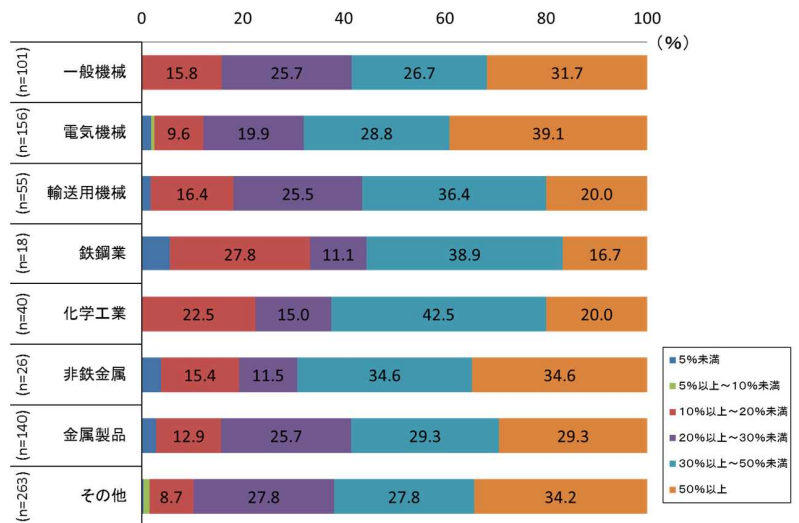
工業製品のライフサイクル

工業製品のライフサイクルは産業種を問わず短縮傾向にある。

10年前のライフサイクルとの比較



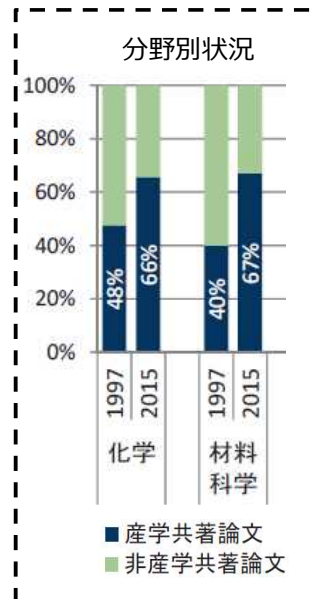
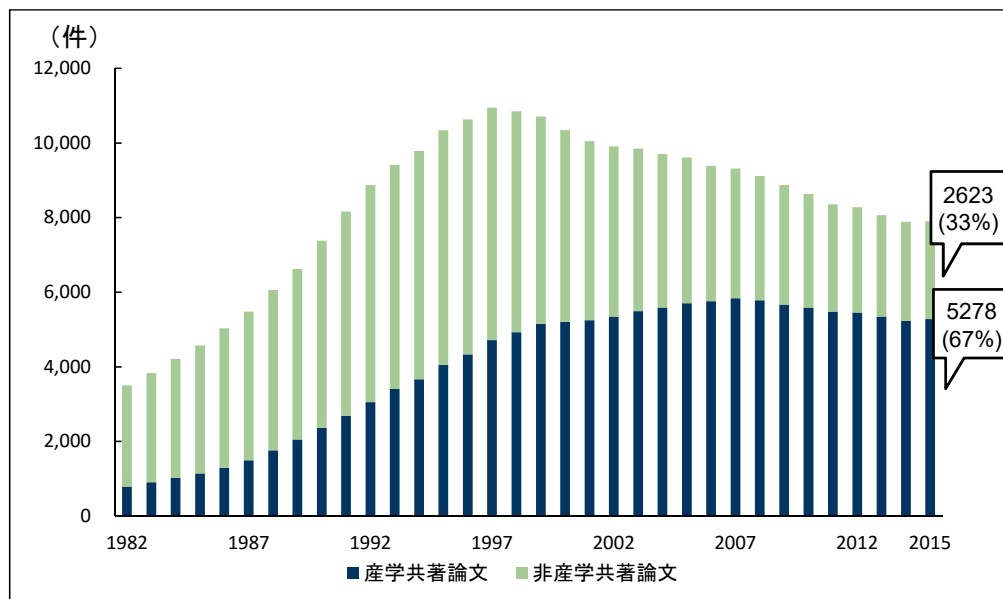
「短くなっている」と回答した企業におけるライフサイクルの短縮率



大学と企業の共著論文数の推移

日本企業の科学論文数が減少する中で、大学との共著論文割合は増加し、3分の2を占めている。

日本の企業部門における産学共著論文の状況

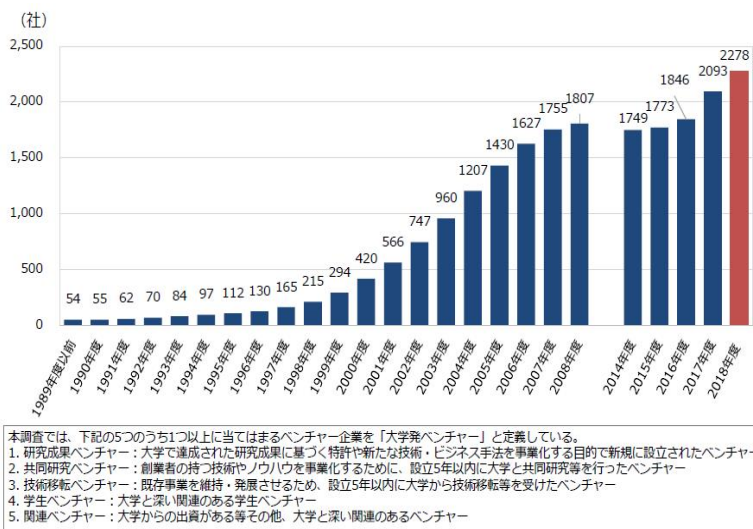


【出典】科学技術・学術政策研究所『科学技術指標2018』より文部科学省において一部加工・作成

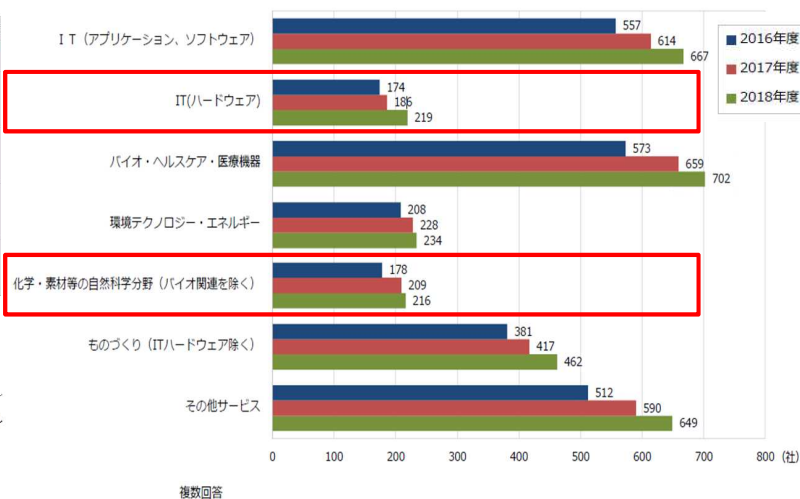
大学発ベンチャー数の推移

大学発ベンチャー企業数は年々増加している。また、物質、材料、デバイス系のベンチャー企業も規模は小さいものの順調に増加している。

大学発ベンチャー数の推移



業種別ベンチャーの推移



【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』より抜粋、文部科学省において一部付記

日本の論文は、パテントファミリーに引用されている割合が相対的に高い。一方で、日本のパテントファミリーが、論文を引用している割合は相対的に低い。

論文を引用しているパテントファミリー数 (上位10か国・地域) パテントファミリーに引用されている論文数 (上位10か国・地域)

整数カウント		2007-2014年(合計値)				整数カウント		1981-2014年(合計値)			
		(A)論文を引用しているパテントファミリー		(B)パテントファミリー数全体				(A)パテントファミリーに引用されている論文		(B)論文数全体	
順位	国・地域名	数	(A)における世界シェア	数	論文を引用しているパテントファミリー数の割合(A)/(B)	順位	国・地域名	数	(A)における世界シェア	数	パテントファミリーに引用されている論文数の割合(A)/(B)
1	米国	104,121	28.1	385,307	27.0	1	米国	386,655	35.5	7,773,669	5.0
2	日本	44,395	12.0	487,764	9.1	2	日本	80,785	7.4	1,977,900	4.1
3	ドイツ	38,415	10.4	218,430	17.6	3	ドイツ	76,259	7.0	2,021,362	3.8
4	フランス	22,339	6.0	86,402	25.9	4	英国	75,755	7.0	2,014,621	3.8
5	中国	19,235	5.2	118,596	16.2	5	フランス	49,942	4.6	1,473,247	3.4
6	イギリス	18,950	5.1	66,823	28.4	6	中国	42,482	3.9	1,823,178	2.3
7	韓国	14,042	3.8	158,298	8.9	7	カナダ	40,565	3.7	1,123,128	3.6
8	カナダ	11,422	3.1	43,207	26.4	8	イタリア	32,793	3.0	1,021,471	3.2
9	オランダ	10,018	2.7	33,016	30.3	9	オランダ	26,419	2.4	600,059	4.4
10	インド	9,159	2.5	27,139	33.7	10	スイス	22,646	2.1	454,920	5.0

・日本のパテントファミリーの中で論文を引用しているものの割合は相対的に低い

・パテントファミリーに引用されている論文数 →日本は世界第2位

・パテントファミリーに引用されている日本の論文数の割合は相対的に高い

注：論文を引用しているパテントファミリー数についての指標は、日本はパテントファミリーにおける技術分野のバランスにも影響を受ける。日本の「環境・地球科学」、「臨床医学」、「基礎生命科学」の論文分野では、自国より、米国のパテントファミリーから引用されている割合が多い。米国のパテントファミリーから引用されている割合は、それぞれ、56.3%、50.3%、47.3%である。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】『NISTEP科学技術指標2019』より

諸外国におけるナノテク・材料科学技術分野の政策動向

日本	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 第5期科学技術基本計画、Society5.0の実現へ向けた11のシステムの一つに「統合型材料開発システム」を特定。新たな価値創出のコアとなる強みを有する基盤技術として「素材・ナノクォンタム」-「光・量子」など ◆ Q-LEAP (2018-)を開始、「量子技術イノベーション戦略」を検討中
米国	<ul style="list-style-type: none"> ◆ National Nanotechnology Initiative (2001-) <ul style="list-style-type: none"> - 第6次NNI戦略プラン (2016-) 省庁横断テーマNational Signature Initiativeを更新 - National Strategic Computing InitiativeやBRAIN Initiativeと連携し、Future Computing GCを特定 ◆ Materials Genome Initiative (2011-2016)、Electronics Resurgence Initiative (2018-)、National Quantum Initiative (2019-)、Critical Minerals Executive Order発令(2017末)
欧州	<ul style="list-style-type: none"> ◆ EU Horizon 2020 (2014-2020) <ul style="list-style-type: none"> - Key Enabling Technologies (KETs)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を選定 - Future and Emerging Technologies (FET)として、2018年よりQuantum Flagshipを開始 ◆ ELSI/EHS (およびRRI)に関する取組を世界的に主導
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 独 ハイテク戦略2025 (2018-) <ul style="list-style-type: none"> - マイクロエレクトロニクス、材料、バイオテクノロジー、人工知能を「未来技術」と位置付け ◆ Action Plan Nanotechnology 2020 (2016-2020) ◆ Quantum Technologies –from basic to markets (2018-2022、最長2028)
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 英 UK Nanotechnologies Strategy (2010-) <ul style="list-style-type: none"> - BIS (現BEIS) が中心となって策定した省庁横断の国家ナノテクノロジー戦略 ◆ UK COMPOSITES STRATEGY (2009-) <ul style="list-style-type: none"> - BISを中心に航空機、自動車向けの耐久性が高く軽量かつ高性能な複合材料の開発 ◆ UK Quantum Technologies Programme (2014-)
	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 仏 SNR France Europe 2020 (2015-) <ul style="list-style-type: none"> - 10の社会的課題に対する重点的研究方針として、希少資源への依存度減少、化石燃料からの脱却、新材料設計、センサーを特定
中国	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 国家中長期科学技術発展計画綱要 (2016-2020) <ul style="list-style-type: none"> - 先端技術8分野の一つに「新材料技術」、重大科学研究4分野の一つに「ナノ研究」 - 第13次五ヶ年計画 2030年を見据えた15の重大科学技術プロジェクトに「重点的新材料」「量子通信・量子コンピュータ」「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 ◆ 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」と支援テクノロジーを開始 (2016-) ◆ 中国製造2025 半導体自国化へ向け投資拡大。R&D投資を対GDP比で1.5%程度から3%程度へ引き上げる ◆ 世界初の量子科学実験衛星「墨子号」を用いた量子暗号通信 (2017)、北京-上海間の量子通信NW「京滬幹線」構築 (2017)、合肥に量子科学技術国家実験室を建設中 (2020年完成予定)
韓国	<ul style="list-style-type: none"> ◆ 第4期ナノ技術総合発展計画 (2016-2025) 米国の技術レベルを100%としたときに、92%まで到達させる ◆ 第3次National Nanotechnology Map (2018-2027) <ul style="list-style-type: none"> - 70のコアテクノロジーを同定。ナノスケール人工知能、ナノスケール無線通信、無人飛行機、超急速充電電池などの開発を推進 ◆ 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 (2018) ◆ 素材・部品・装備 (装置や設備) 産業の自立を目指し、2179億ウォン (約200億円) の政府投資を発表 (2019.9)

【出典】JST研究開発戦略センター作成