

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） （案）

令和2年5月 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 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非公式の検討を開始した。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検討を正式に開始し、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、また、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。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る中、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、スマート化の実現を通じて、その生産性、創造性、強靱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等に伴うサプライチェーン断絶のリスクも顕在化している。経済安全保障上の観点から我が国のリスクを軽減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となる。

- 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、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、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は、データや AI、ロボットを有効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が必要となることを示唆しており、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（限定共用情報：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（仮称）」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・管理する一つ又は複数の中核拠点を、NIMS等の国立研究開発法人を対象に速やかに整備していくことが求められる。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、当該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先端共用施設・設備を活用、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には、先端研究機器の開発・高度化・導入や、現在建設中の次世代放射光施設をはじめとする先端研究施設・設備の整備、これらの共用化を産学官一体となって進め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ードデータを対象に、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。

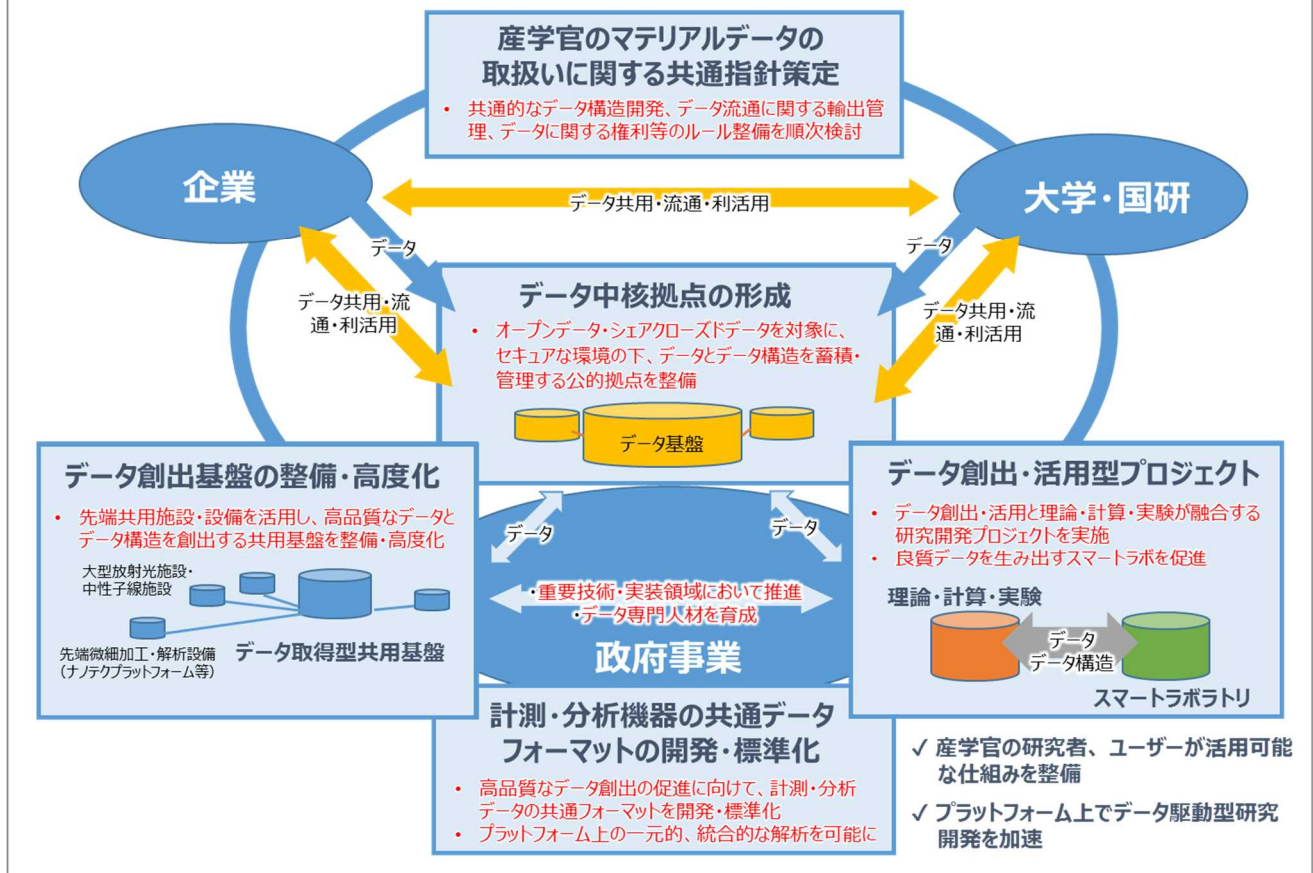
加えて、スーパーコンピュータ「富岳」をはじめとする国内のスパコンを最大限活用しつつ、シミュレーションとAI・データ科学の連携・融合を通じてマテリアルの解析・開発を高度化するための取組を進めていくことも重要である。

○ 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（仮称）」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（仮称）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と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について、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、強靱性を持つ研究開発・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・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・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（仮称）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。
- 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ドリ、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・人材等の集積・循環の中核となるイノベーション拠点を形成することが求められる。なお、マテリアルは多くの地域の産業振興に貢献し、地方の大学や企業では特色ある研究開発が実施されていることから、地域産業群の特徴を踏まえた拠点を形成し、地域活性化に貢献する視点も重要となる。

○ 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（仮称）の取組との連携策、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が糾合する場の構築、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。ここ数年で、産業界や大学院におけるマテリアル×デジタル融合人材の育成取組は進んできているが、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、創造性と生産性の高い、世界で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（仮称）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、マテリアルを開発するために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、外国人研究者の招へい・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方策や、我が国への定着を促進するための方策を検討するとともに、他方で、大学等の研究現場での技術安全保障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。

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策と併せて、施策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院教育改革を促す方策や、その際に産業界からの積極関与を促す方策についても検討を進めることが求められる。

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（仮称）の構築を進める中で、まずは取組の充実を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、検討・実施スケジュールを可能な範囲で明らかにした上で、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、戦略の成果検証が可能となる指標の検討も必要となる。本取りまとめにおいては、3. で掲げた 3 つの将来像の実現が最終目標に当たるものであり、それら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の例として、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（トップ 10%・トップ 1%論文数・国際シェア、国際共著割合）、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。また 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していくことが望まれる。