

マテリアル革新力強化戦略 (案)

令和3年3月
イノベーション政策強化推進のための有識者会議
「マテリアル戦略」

目 次

第1章．はじめに

第2章．マテリアルを取り巻く状況

- 1．産業界
- 2．アカデミア
- 3．外部環境

第3章．戦略策定の意義

- 1．マテリアル開発の特徴
- 2．社会実装に向けた役割

第4章．基本方針

- 1．目指すべき姿
- 2．マテリアル革新力強化に向けた基本方針
- 3．開発ライフサイクルから見た取組の方向性

第5章．アクションプラン

- 1．革新的マテリアルの開発と迅速な社会実装
- 2．マテリアルデータと製造技術を活用したデータ駆動型研究開発の促進
- 3．国際競争力の持続的強化

第6章．戦略の推進体制

参考資料

本戦略案は、統合イノベーション戦略推進会議の下、令和2年10月以降、5回にわたって開催されたイノベーション政策強化推進のための有識者会議「マテリアル戦略」における議論の結果を取りまとめたものである。

第1章．はじめに

現在の世界の状況を表す、VUCA（Volatility（変動性）Uncertainty（不確実性）Complexity（複雑性）Ambiguity（曖昧性））という造語を耳にするようになって久しい。今まさに、日本、そして世界は激動の時期にある。

近年、世界各地で発生した異常気象や、イノベーションをめぐる国際的な覇権争いの激化など、様々な事象の影響が、グローバル経済の発展とデジタル化の飛躍的進展に伴って、全世界的に即座に波及する。さらに、新型コロナウイルス感染症の世界的流行により、人々の日常生活をはじめ、社会のあり方自体が問われている。

このように、変化が激しく、不透明性、不確実性が高まっている今こそ、国家の将来を左右する領域を対象に、機動的かつ実効性ある戦略を打ち出していくことが必要となっている。

日本のマテリアル関連産業は、汎用品から機能性製品に至るまで、多様な企業が国内に集積し、機能性材料では世界的に高いシェアを確保するなど、製品力、技術開発力に支えられた産業競争力を有している。

アカデミア・基盤研究についても、我が国には、ノーベル賞受賞につながった青色発光ダイオードやリチウムイオン電池の開発はじめ、革新的なマテリアルを数多く生み出してきた実績があり、世界に社会的・経済的インパクトをもたらしてきた。

しかしながら、近年、新興国等における積極的な研究開発、製品のコモディティ化、価格競争の激化などの結果、いくつかの部素材において日本の生産シェアが奪われており、危機が顕在化しつつある。

このような状況を踏まえ、文部科学省及び経済産業省は、「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¹」を設置し、令和2年6月に「マテリアル革新力強化のための政府戦略策定に向けて²」を策定した。

この取りまとめでは、推進すべき取組として、

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
重要なマテリアル技術・実装領域の戦略的推進
マテリアル・イノベーション・エコシステムの構築
マテリアル革新力を支える人材の育成・確保

¹ 令和2年4月、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、具体化を検討するため、文部科学省及び経済産業省が合同で設置（座長：大野英男 東北大学総長）

² 令和2年6月、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

の4つが挙げられ、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が提言された。

本「マテリアル革新力強化戦略」は、「統合イノベーション戦略 2020」(令和2年7月閣議決定)において、「マテリアル革新力」を強化するための政府戦略を策定することが決定された³ことを受け、準備会合の提言を踏まえ、策定するものである。

本戦略では、「マテリアル革新力」を「マテリアル・イノベーションを創出する力」と定義し、本戦略は、それを強化するための戦略と位置付ける。

具体的には、2030年の社会像・産業像を見据え、Society 5.0の実現、SDGs⁴の達成、資源・環境制約の克服、強靱な社会・産業の構築等に重要な役割を果たす、「マテリアル革新力」を強化するために、研究開発、産官学連携、人材育成を含めた総合的な政策パッケージである。

戦略策定に当たり、特に留意した点は以下のとおりである。

第一に、技術の進展として、

マテリアルズ・インフォマティクス

製造プロセス技術

外部要因として、

サーキュラーエコノミー(資源循環)

資源(金属資源等)

の4つの視点が重要であるが、この中で、特に日本が注力しなければならないテーマをどのように見極め、日本の強みを作り出し強化していくか、という点である。

第二に、基礎(入口)と応用(出口)の双方について、異なるアプローチが必要となるという点である。

基礎研究は、絶えず世界で1位、金メダルを目指さなければならない。物事の本質の追求による新たな価値の創出(本質研究)が、イノベーションに直結する。

他方、応用については、2位や3位、銀メダルや銅メダルであったとしても、とにかく早く社会実装していくことが重要である。開発技術・製品の迅速な社会実装は、日本がこれまで苦手にしてきた部分である。マテリアルの開発には数年かかることが一般的であ

³ 「マテリアル・イノベーションを創出する力(ポテンシャル)である「マテリアル革新力」を強化するための政府戦略を、AI、バイオ、量子技術、環境に続く重要戦略の一つとして、産学官関係者の共通のビジョンの下で策定する」

⁴ 持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals)。2015年9月の国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された2030年までに持続可能でよりよい世界を目指す国際目標

り、時には数十年かかる場合もあるが、一定の基礎研究の成果が出た段階で、それが最終的なものでなくても、産官学が連携して次々と社会実装にチャレンジすることを含め、新たな出口戦略が求められている。

第三に、人材育成について、基礎研究を得意とする人材だけでなく、出口戦略を重視する人材の育成も重要という点である。「人を育てる」ということだけに拘らず、「人は育つ」という考え方も取り入れ、人が育つ“場”を如何に作り出すかが不可欠となる。

ビジョンは、アクションが伴うことで世界を変えることができる⁵。

本戦略は、2006年に総合科学技術会議が策定した「分野別推進戦略（ナノテクノロジー・材料分野）」以来の、我が国が得意とするマテリアル分野を俯瞰的に展望する戦略であり、2030年、そして2050年に向けた、新たな方向性の第一歩を示す指針である。

産学官関係者が一体的かつ迅速に取組を進めることにより、我が国が、世界の社会課題の解決、産業競争力の強化、イノベーションの創出を力強く牽引していくことを目指す。

⁵ “Action without vision is only passing time. Vision without action is merely day dreaming. But vision with action can change the world.” マンデラ元南アフリカ共和国大統領が語ったと言われる格言

第2章．マテリアルを取り巻く状況

1．産業界

我が国の素材産業は、機能性材料の分野においては、高いシェアを有する製品が多数存在するものの、現在、その用途は、自動車や電子部品等のエレクトロニクス系の部材・装置に偏っている⁶。市場拡大が期待される環境・エネルギー分野などに向けた、マテリアルの更なる高性能化と、それによる新たな応用先の開拓が重要となっている。

新興国に目を向ければ、技術レベルの急速な向上と、安価な人件費やユーティリティコストを武器に、技術面・価格面での競争が激化してきており、日本の競争力低下の危機が顕在化している。

さらに、デジタル化の進展と持続可能性社会への意識の高まりの中で、グローバルに産業構造の変化が起きており、日本のマテリアルへの期待は高まりつつも、世界市場での主導権争いが生じている。

世界的な開発競争も激化しており、新技術の普及までの期間や製品ライフサイクルは短期化する一方で、最終製品や部素材に求めるニーズは、益々多様化・複雑化する傾向にある。このような中、新たな発想のマテリアル、開発時間の短縮、製造設備の柔軟性・冗長性の排除等の対応が強く求められる。

資源としてのレアメタル、レアアースは、電池、モーター、半導体、触媒等、先端電子部品や機能性化学品等の高機能化を実現する上で必要不可欠である。一方で、地政学的な資源の偏在と、脆弱なサプライチェーンが供給リスクとなっている。「新国際資源戦略⁷」も踏まえ、レアメタル、レアアース等の安定供給に向けた取組が急がれる。

⁶ 2019 年度版ものづくり白書（第2章）我が国ものづくり産業が直面する課題と展望

⁷ 令和2年3月経済産業省策定。安全性を前提とした上で、エネルギーの安定供給を第一として、低コストのエネルギー供給、環境への適合を図るための指針として策定

2 . アカデミア

近年、新興国等において、マテリアル分野の積極的な研究開発が行われている。このため、我が国のマテリアル関連分野の論文数は、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、研究基盤整備の遅れが目立ち、博士課程進学者や若手人材の不足も顕在化している。このため、研究人材の高齢化が進むとともに、我が国の研究力の一部は、外国人研究者に支えられているとも指摘されている。

また、高等教育の現場において、これまで、学生にマテリアル分野の魅力が十分に伝わっていないという指摘がある。人材確保の重要性が増す中で、マテリアルに係る学会は、軒並み会員数が減少傾向であり、特に、学生会員の減少が懸念材料となっている。

一方、人材の需給面から見ると、材料系や情報系の専門性を持つ人材に関して需要が高まっており、ギャップが発生している。実際、マテリアル関連分野は他分野と比較して、修士取得後に就職する割合が高く、近年、さらに、修士取得後の就職割合が増加傾向となっている。このため、修士課程修了後に、博士課程に進学する割合は減少してきている。

しかしながら、日本の化学系企業では、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り、博士人材に対するニーズが高まっている。今後、関連学科の魅力向上、すそ野の広い教育環境の提供などを通じて、より一層、優れた人材の供給が期待される。

大学や研究機関に対する企業の期待は、主として、基礎研究や学理構築に向けられている。もちろん、アカデミアやベンチャー企業においても、社会実装に向けた取組に挑戦しているが、製品開発には、研究開発から上市に至るまで長い期間と莫大な資金を要するため、高いハードルとなっている。

アカデミアやベンチャー企業が有する新規性の高い技術を、見過ごすことなく的確に社会実装し、新しい市場を創出・獲得していくことが重要である。このため、ベンチャー・マインドの醸成や、マテリアル特有の課題の解決に資する、イノベーション・エコシステムの高度化が求められる。

3．外部環境

新型コロナウイルス感染症は世界的に拡大し、2020 年 3 月には、世界保健機関がパンデミックと評価するに至った。各国において、感染拡大の防止と経済活動の維持のため、社会構造の変革や生活様式の変化が迫られている。また、新型コロナウイルス感染症の拡大を契機に、原材料供給元や市場が集中することによる国際的なサプライチェーンのリスク・脆弱性が露見した。

気候変動、海洋プラスチックごみ、生物多様性等に係わる、地球環境の持続可能性が、世界的に大きな課題となっている。

我が国では、2050 年までに温室効果ガスの排出を全体としてゼロにする、カーボンニュートラル、「脱炭素社会の実現」を宣言し⁸、革新的なイノベーションの促進や規制改革などの政策を総動員して取り組むこととしている。

地政学的変化がもたらす新しい世界秩序の模索の過程において、国家間の競争が顕在化している。特に科学技術・イノベーションの領域は、米中をはじめとする主要国による技術覇権争いが激化しており、技術安全保障上の懸念が高まっている。

EU では、2020 年 3 月、欧州グリーン・ディールの一環として、「循環経済アクションプラン⁹」を策定し、製造事業者に対して、設計段階から製造プロセス、アフターサービスまでの事業フロー全体に対して、新たな規制も含めた追加措置等を提案した。

また、同年 12 月には、欧州委員会がバッテリーに関する規制の大規模改正となる規則案を発表¹⁰するなど、サーキュラーエコノミーに関連する規制の強化や標準化が進行している。EU 域内サプライチェーンからの締め出しのリスクも顕在化しつつある。

このように、少子高齢化に伴う生産年齢人口の減少のみならず、新型コロナウイルス感染症の拡大、環境問題への関心の高まり、地政学的課題など、「ものづくり」を取り巻く環境や状況が著しく変化し、不確実性が増している。

我が国の「ものづくり現場」の強みを維持、強化するためには、デジタル技術の活用等による人材育成や熟練技能の継承も含めた、労働生産性の向上と高付加価値化が重要である¹¹。

⁸ 第 203 回国会 菅内閣総理大臣所信表明演説（2020 年 10 月 26 日）

⁹ Circular Economy Action Plan for a cleaner and more competitive Europe

¹⁰ Proposal for a REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL concerning batteries and waste batteries, repealing Directive 2006/66/EC and amending Regulation (EU) No 2019/1020

¹¹ 2020 年度版ものづくり白書（第 2 章）ものづくり人材の確保と育成

第3章．戦略策定の意義

1．マテリアル開発の特徴

人類の歴史は、鉄、金属、プラスチック、ファインセラミックス、エレクトロニクス材料といった、マテリアルの発展の歴史でもあり、マテリアルは世界を支える存在である。

マテリアルは、これまで、何度も世界を大きく変えてきているが、発見・開発から産業化までの期間が長いという特徴を有する。近年でも、例えば、炭素繊維は、1960年代から本格的な研究が行われていたが、旅客機の構造部材等への採用は2000年代からであるが、現在では、幅広い用途に活用され、世界の持続可能性に大きく貢献している。

これまで、我が国は、積み上げ型の開発を得意とし、技術を磨きあげることにより、革新的なマテリアルを生み出してきた。しかし、その開発時間はあまりにも長く、期間短縮が大きな課題となっている。近年、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、従来のように経験やノウハウ等をベースに仮説を立て検証するのではなく、事象を大量のデータとして定量的に把握、解析することで研究開発を推進するデータ駆動型研究開発の取組が注目を集め、開発時間の短縮、低コスト化が進展している。また、我が国には、ノーベル賞受賞につながるような革新的なマテリアルを数多く生み出してきた実績がある。今後も、こうした、革新的なマテリアルの開発が改めて求められており、我が国のマテリアル・イノベーションに向けて、データ駆動型研究開発基盤の整備と物事の本質の追及による新たな価値の創出が必須となっている。

マテリアルは、最終製品の構成物である一方で、最終製品の各種機能の源泉であり、我が国産業経済の強みの1つである。しかしながら、実社会では、最終製品の性能にのみ光が当たり、それを実現しているマテリアル自体の機能が広く認知されることは少なく、マテリアルは、必ずしも正当に評価されていない。例えば、AI、バイオ、量子技術といった先端技術分野の発展には、我が国が得意とする、シリコンや光ファイバーの製造技術といった、マテリアル分野の寄与が極めて大きい。一方で、マテリアル関連製品のライフサイクルが短縮し、製品は短期間でコモディティ化している。常に、マテリアルの更なる高機能化が求められ、絶えず、コストが問われ、過当競争にさらされている。一方で、多様な組み合わせを含めれば、考え得るマテリアルの種類に限りはなく、人類のフロンティアともいえる領域が広がっており、そこにマテリアルの研究開発の醍醐味(ワクワク感)がある。開発した製品の活用先、いわゆる、出口を、新規に開拓する努力を強いられる場合も多いが、開発したマテリアルが社会に貢献できたときの達成感は非常に高い。

2．社会実装に向けた役割

世界の持続可能性の重要性が叫ばれる中、我が国は、「デジタル社会の実現」と「グリーン社会の実現」に最大限注力することとしている。経済と環境の好循環を同時に創出し、グリーン社会を実現するためには、革新的なイノベーションをもたらす材料が不可欠である。

このうち、グリーン社会については、「2050年カーボンニュートラルに伴うグリーン成長戦略¹²」において、14の重要分野ごとに実行計画を策定している。その中では、以下の例のように、多くの分野で、材料の革新が求められている。

○自動車・蓄電池産業：全固体リチウムイオン電池・革新型電池の性能向上、蓄電池材料の性能向上、蓄電池や材料の高速・高品質・低炭素生産プロセス、リユース・リサイクル、定置用蓄電池を活用した電力需給の調整力等の提供技術等の研究開発・技術実証等に取り組む。

○航空機産業：航空機・エンジン材料については、軽量化、耐熱性向上などに資する新材料の導入が進んでいる。航空機構造（胴体や主翼等）では、アルミ合金から炭素繊維複合材への転換が進み、航空機エンジンでは、軽量で強度に優れた炭素繊維複合材のファン部品への適用、高温に耐えうる素材として有望視されているセラミックス基複合材のタービン部品への適用が始まっている。低炭素化要求の強まりに伴い、更なる軽量化・効率化につながる素材の適用ニーズは、今後も継続していくことが見込まれる。現状、我が国企業は素材分野での技術的優位性があるが、今後、更なる性能向上やコスト低減要求に対応していくことが重要である。

我が国が提唱する「Society 5.0」は、「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する、人間中心の社会」である。この概念は、ICTの浸透が人々の生活をあらゆる面でより良い方向に変化させる、「デジタル・トランスフォーメーション（以下「DX」という。）」¹³により導かれる未来像と一致するものであるが、Society 5.0の実現には、サイバー空間を担うデジタル技術だけでなく、最適なフィジカル空間を実現する材料技術が必須となる。

これまでも、我が国には、青色発光ダイオードやリチウムイオン電池など、社会的・経済的インパクトをもたらした数多くの研究成果があり、実績に裏付けられた、優れたアカデミア・研究基盤を維持している。

¹² 令和2年12月経済産業省策定。菅政権が掲げる「2050年カーボンニュートラル」への挑戦を、「経済と環境の好循環」につなげるための産業政策として、関係省庁と連携して策定。

¹³ ウメオ大学（スウェーデン）のエリック・ストルターマン教授が2004年に提唱した概念。

他方で、素晴らしい機能を有するマテリアルが、開発されたにもかかわらず、上市されず、社会実装に至らない事例も多い。これまでと異なる非連続な社会を実現するには、革新的なマテリアルを迅速に社会に実装するための、これまでとは大きく異なるシステムが不可欠と考えられる。

例えば、海洋プラスチックごみの問題解決に向けて、業種を超えた幅広い関係者の連携により、イノベーションを加速するためのプラットフォームとして、2019年に、「クリーン・オーシャン・マテリアル・アライアンス（CLOMA）」が設立された¹⁴。また、同年、地球温暖化問題と世界のエネルギーアクセス改善の同時解決を目指し、カーボンリサイクルイノベーション創出支援を行うことを目的として、「一般社団法人カーボンリサイクルファンド」が設立され、民間ベースで研究助成活動や広報活動をおこなうためのファンドを創生している。

このように、環境負荷低減による持続可能性の実現を目指し、業界の垣根を超えた取組が活性化しており、これらの事例を参考に、マテリアルを取り巻く多彩なプレーヤーが、価値観を共有・共感し、迅速な社会実装を共同で行うことが重要である。

¹⁴ 2021年2月現在、380社を超える企業・団体が加盟

3．戦略策定に向けて

コロナ禍を契機として、経済社会を取り巻く環境が大きく変化する中、企業においても、環境問題をはじめ、利益の追求のみならず共通価値の創造を重視する必要性が増している。特に、非財務情報である環境(Environment)、社会(Social)、ガバナンス(Governance)の要素を考慮するE S G投資など、従来とは価値軸の異なる投資にも注目が集まっている。E S GやS D G sの意識の高まりに伴い、マテリアルはカーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーの実現に直結することから、マテリアルの位置付けが高まっている。

また、グリーン社会の実現のみならず、A I戦略、バイオ戦略、量子技術イノベーション戦略、革新的環境イノベーション戦略等においても、マテリアルの革新が不可欠となっており、迅速な社会実装が強く期待されている。さらに、ビッグデータ等の多様なデータの収集や分析が容易となる中で、計算機を活用したシミュレーションやA Iを活用した研究のインパクトがより一層大きくなっており、特に新型コロナウイルス感染症を契機として、研究交流のリモート化や、研究設備・機器への遠隔からの接続、データ駆動型研究開発の拡大など、世界的に研究活動のD Xの流れが加速している。

国際的な状況は、米中をはじめとする主要国による技術覇権争いの激化や、国際的なサプライチェーンのリスク・脆弱性、E Uにおける新たな規制も含めた環境政策等、不確実性が高まっており、マテリアル関連産業に必須な希少資源の確保や循環経済の重要性が再認識されている。

日本は、これまで世界に先んじて革新的な技術を開発し続けることにより、競争優位を保持してきており、特にマテリアル産業は、他の製造業との擦り合わせ型の産業として成長してきた。外部環境が大きく変化し、国際的な競争が激化する中、我が国の強みに立脚した差別化戦略が今こそ求められている。

第4章．基本方針

1．目指すべき姿

マテリアル革新力を高めることにより、経済発展と社会課題解決が両立した、持続可能な社会への転換に、世界の先頭に立って取り組み、世界に貢献

社会のあらゆる基盤を支える、「マテリアル革新力」を強化するための取組を、産学官関係者が一体的かつ迅速に進め、マテリアルを通じた社会変革（マテリアル・イノベーション）を実現する。そして、世界の社会課題解決を力強く牽引しつつ、持続可能な世界において、日本が必要不可欠な存在となり、我が国の産業競争力の強化を図る。

Society5.0の実現

A I、量子技術、バイオテクノロジー等の新たな技術と、高機能材料等のマテリアル技術の融合、さらには、産学官及び業界内（水平・垂直）の連携による、課題解決と新たな産業の創出

世界一低環境負荷な社会システムの実現

高度な資源循環とモノづくりの低炭素化の両立の実現。環境負荷低減を価値の中心に据える市場の開拓

世界最高レベルの研究環境の確立と迅速な社会実装による国際競争力の強化

日本の強みの研究基盤¹⁵の強化とD X。施設、設備に加え、データを社会的共通資本に位置付け、生成データの蓄積と利活用を促進。産学官共創により、迅速な社会実装を可能とするイノベーション・エコシステムの構築

¹⁵ 国立研究開発法人物質・材料研究機構（NIMS）、国立研究開発法人産業技術総合研究所（AIST）、国立大学の附属研究所等、ナノテクノロジープラットフォーム、スーパーコンピュータ「富岳」、放射光施設等

2. マテリアル革新力強化に向けた基本方針

国内外の社会課題の解決と経済社会の発展に向けて、バリューチェーンにおける“三方よし¹⁶”の精神を前提に、自律的で開放的な協調関係を形成し、産学官が立場を越えて、共に取り組んでいく。

基本方針 1：産学官共創による迅速な社会実装

基本方針 2：データ駆動型研究開発基盤の整備

基本方針 3：持続的発展性の確保

(1) 基本方針 1：産学官共創による迅速な社会実装

～ E S G を基軸に据えたマテリアル・イノベーション～

2020 年 6 月、「科学技術基本法」が「科学技術・イノベーション基本法」へと改正され、「人文・社会科学の振興」と「イノベーションの創出」が法の振興対象に加えられた。科学技術・イノベーション政策が、研究開発だけでなく、社会的価値を生み出す政策へと変化し、イノベーションという概念の含意が大きく変化した。

かつて、企業活動における商品開発や生産活動に直結した行為と捉えられがちだったイノベーションの概念は、今や、経済や社会の大きな変化を創出する幅広い主体による活動と捉えられ、新たな価値の創造と社会そのものの変革を見据えた概念へと進化しつつある。

コロナ禍を契機として、経済社会を取り巻く環境が大きく変化している。企業では、利益の追求のみならず、環境問題をはじめ、共通的・普遍的価値の創造を重視する必要性が増大している。すなわち、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いる。

マテリアル分野においても、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いるが、さらに、産学官が一体となった取組を加速することが不可欠である。

マテリアルは、もともと、社会変革をもたらす大きな力を有するが、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミーに直結する観点から、経済と環境の好循環の同時創出に向けた、貢献の期待が益々高まっている。

¹⁶ 「買い手よし」「売り手よし」「世間よし」の三つの「よし」を指し、「商いは自らの利益のみならず、買い手である顧客はもちろん、世の中にとっても良いものであるべきだ」という近江商人の心得

これまで、我が国においては、既存事業会社を中心としたクローズ型、リニア型のイノベーションが主流となっている。既存の大企業においては、「自前主義」の意識が強く、休眠特許や死蔵するマテリアルの存在が指摘されている。

イノベーションの観点から考えると、技術は、その技術自身の新規性だけではなく、既存技術であってもその組み合わせや適用方法の工夫により、結果として新規性のある変化を起こすことも重要となる。

マテリアルの迅速な社会実装に向けては、大学やベンチャー企業などと連携した、オープン型、入口と出口を複線的に循環するスパイラル型のイノベーションが求められている。

特に、出口戦略のデザインと実行に向けて、「循環経済ビジョン 2020¹⁷」等も踏まえつつ、マテリアルの革新を中心に据えた、サーキュラーエコノミーのグランドデザインを描くことが求められる。社会変革のイメージを明確化し、E S Gの視点でオープンイノベーションを推進するプラットフォームを形成し、技術が必ずしも成熟していなくても、迅速に社会に問うことや、リサイクル素材を有効活用すること等を目指したE S G視点での新たな投資手法の検討と確立など、総合的な取組が必要である。

¹⁷ 令和2年5月経済産業省策定。我が国企業がこれまでの3Rの取組の中で培ってきた強みをグローバル市場で発揮し、中長期的な産業競争力強化につなげるべく、我が国の循環経済政策の目指すべき基本的な方向性を提示

(2) 基本方針 2 : データ駆動型研究開発基盤の整備

～ 強みに立脚した差別化 ～

日本のマテリアル産業は、20 世紀後半に、国内の他の製造業との擦り合わせ型の産業として成長した。今や、世界市場の過半シェアを占める製品も多数存在し、我が国の輸出産業の要となっている。

機能性材料に着目すると、製品の差別化が図られており、個々の製品の市場規模は小さいものの、高いシェアを確保しており、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 種類存在している。

擦り合わせ型の素材産業の強み、すなわち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生命線となっている。

現在でも、多様な企業や研究者が国内に数多く存在しており、バリューチェーンの各プレーヤー (川上～川中～川下) の存在や、アカデミアとの距離感が近いことなどが、大きな特徴となっている。

この日本が培ってきた擦り合わせ型開発と産学の多様性は、世界最高レベルの研究開発基盤とともに、他国に対する大きな強みとなっている。

デジタル技術の革新により、研究開発も、データ駆動型へと急速にシフトしてきている。マテリアルズ・インフォマティクス (M I) は、系統的に蓄積されたデータから材料の性能と構造の相関関係や法則を帰納的に抽出し、新たな材料設計の指針とする、いわば材料科学と計算科学の融合分野であり、今後のマテリアル研究開発の基盤となるものである。その際、国内のアカデミアと産業界にいる多様な研究者の開発の成果である、産学官が積み上げてきた良質なマテリアルデータの存在は大きな武器となる可能性が高いが、それらを十分に活かしているとは言い難い。

海外では、マテリアルデータをめぐる覇権争いが激化しており、A I に強みを持つ企業が活発にデータを収集したり、大手出版社や学会傘下のデータ関連企業が論文・特許情報を収集したりするなど、その動きを活発化させている。

多くのユーザーが大量のデータを利用し、そこからさらに新たなデータが創出・拡充されるといった好循環を形成できれば、日本のマテリアルデータベースの価値を向上させることになる。M I 向け特許データベース構築の動きなど、マテリアルデータを軸とした産学・産産連携の取組が立ち上がり始めており、これらの進展が今後の我が国の国際競争力に直結する。

日本の製造プロセス技術は、バリューチェーンの中で、密接な擦り合わせに基づく、技術者の経験とノウハウが蓄積されており、それが我が国の強みとなっている。一方で、製品のニーズ多様化と寿命短縮化の傾向が高まる中、更なる製造プロセスの高度化と開発期間の短縮化が求められている。様々なデータから知見や洞察を引き出す実験科学、理論科学、計算科学、データ科学と、経験・ノウハウが強みの製造プロセス技術との融合が進めば、我が国のマテリアルの強みをより一層、強固にできる可能性がある。このための科学的手法として、データ科学を用いた製造プロセスデータの解析（プロセス・インフォマティクス：P I）に係わる基盤技術を早急に確立する必要がある。P Iの活用により、合成・製造プロセスの最適化やスケールアップが高率的かつ短期間に行えるなど、その期待は大きい。とりわけ、製造プロセスデータを効果的に収集、利活用する体制の構築が急がれる。

データ駆動型研究開発へのシフトは、これまでの研究開発の速度、質、量を飛躍的に高める可能性があるが、マテリアル分野でのデータ駆動型研究開発の実現には、材料科学とデータ科学の融合に加え、研究者の研究開発スタイルのデジタル化が必要となる。I o Tやロボティクスの活用で、研究者がラボで自ら実験、分析評価していた工程が、自動化、遠隔操作化され、研究者の実験に関わる手間とミスが減り、より信頼性の高いデータを高速に創出できる。さらに、研究者自身は、肉体労働的な実験作業から解放され、より知的生産性の高い作業に多くの時間を費やすことが可能となる。

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を最大限に活かすことも鍵である。近年、諸外国が台頭する中、我が国が有するこれらの強みが、「生命線」そして「勝ち筋」となる。

今後、産学官が一体となって、マテリアル研究開発のD Xを一気に加速し、データ活用型研究開発の新たなモデルを世界に先駆けて確立することにより、我が国のマテリアル革新力を高める。

(3) 基本方針 3 : 持続的発展性の確保

～ 産学官協調での人材育成、循環型経済やサプライチェーン強靱化への対応～

マテリアル分野は、多くの研究者・技術者が産業界で活躍している。他方、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。

マテリアル分野では、産学連携による様々な人材育成の取組が展開されており、最近では、マテリアルデータを適切に扱える人材の育成に向けた取組が進んできている。今後、こうした取組を更に普及・拡大していく必要がある。

環境や資源の持続可能性は、世界の重点取組事項となっている。

例えば、EUでは、サーキュラーエコノミー政策を、環境配慮や資源の有効活用のみならず、域内の国際的な競争力の向上、持続可能な成長、新規雇用の創出を実現する産業政策と位置付け、多様な政策を打ち出している。

我が国においても、特に次世代蓄電池をはじめとする重要領域やセルロースナノファイバーなどの環境負荷が小さく優れた特性を持つような新素材においては、関係省庁、関係機関が最前線の産業界とアカデミアとも一体となって、産業経済戦略と研究開発戦略を一体的に捉え、政策を企画・立案していくことが求められる。

レアメタル、レアアースは、引き続き、戦略的希少資源である。

これらは、電子機器、機能性材料のみならず、今後、脱炭素社会の実現に向けて、さらにニーズが高まるものと予想される。例えば、再エネ機器、電動車($\times$ EV)等の普及の鍵となる。

我が国は、これらの希少資源の大半を海外からの輸入に頼っており、その一部は、特定国からの輸入依存度が高い。今後、欧米、中国や新興国との間で資源獲得競争の激化が見こまれる中、希少資源の安定的確保は、我が国のマテリアル関連産業や先端産業における大きな課題である。

技術覇権争いの激化による国際的なサプライチェーンの寸断リスクや技術流出のリスクへの懸念も高まっており、我が国の安定的かつ強靱な経済活動の確立に向けて、技術・制度両面での優越の維持・確保が不可欠である。

3．開発ライフサイクルから見た取組の方向性

マテリアルの開発ライフサイクル(導入期 / 成長期 / 成熟期)各段階でのアクションの考え方を、以下のとおりに整理する。

導入期

- ü 基礎基盤研究の更なる強化に向けた、研究環境整備
- ü 国内外の“知”の積極的な導入
- ü 異分野融合による知の糾合（オープンイノベーションの促進）

成長期

- ü データ駆動型マテリアル開発技術(MI × PI)の確立(データを基軸に、マテリアルズ・インフォマティクス(MI)による材料予測・試作と、プロセス・インフォマティクス(PI)による材料試作・製造の連携)
- ü スマートラボラトリ化(AI、IoT、ロボット技術等を駆使した、自律的な研究開発手法の開発と実装化)
- ü マス・カスタマイゼーションの重点化
- ü 機能材料での世界シェアの拡大
- ü データ駆動型マテリアル開発技術の徹底した先行による競争優位の確保(材料から製造装置までのセット化、産学連携による先端計測機器開発、共用設備の戦略的整備、リバースエンジニアリングの不可能化等)

成熟期

- ü 国内基幹拠点の維持等によるバリューチェーンの強靱化
- ü 環境負荷低減の価値最大化を目指したバリューチェーンプレイヤー全体の連携
- ü トータルソリューションの開発・実装
- ü ESG視点での海外との連携による知識集約型産業への移行
- ü パワーゲーム(資本集約型産業)からの脱却

第5章．アクションプラン

本章では、第4章2．の基本方針に基づいて、我が国の産官学が共有すべき目標、その実現に向けた方策（戦術）及び、行うべきアクションについて整理する。これらは、2021年度の段階で取りまとめたものであり、今後、さらに産学官において、より一層の議論と連携を深めることにより、不断に改善すべきものである。

1．革新的マテリアルの開発と迅速な社会実装

【目標】我が国の競争力の源泉である「革新的マテリアル」の社会実装を推進
(マテリアル革新力強化戦略で目指す主要な数値目標（KPI））：

世界シェアが60%以上の製品の数 2030年で倍増

E S Gの観点から重要なマテリアル技術の社会実装事例を2030年までに10個以上創出

(1) 目標達成に向けた方策

日本のマテリアル産業は、研究者や企業をはじめとする多種多様なプレーヤー(川上～川中～川下)から構成されることが特長であるが、現状では、各々の連携が限定的である。今後、技術の迅速な社会実装にあたっては、より一層の相互連携が必要である。具体的には、複雑化する社会課題に対する認識を共有し、革新的なマテリアル技術を社会実装にする際のコスト等の課題について、E S G等を共通言語として協働して取り組むことが重要となる。

(2) 具体的な取組

E S G視点等を踏まえた革新的マテリアルの社会実装に係る取組支援

ü 社会課題解決型プラットフォームの推進

コスト面等で課題のあるマテリアルの社会実装にあたっては、上流・下流／業種横断的／産学官から成るプラットフォームを通じ、連携することによるビジネス化に向けた課題やそれに対する取組の見える化が有効である。例えば、プラスチックリサイクルの分野においてこれを実現しているC L O M Aの取組を支援するとともに、同趣旨の他分野への取組の拡大を図る。 【経産省】【環境省】

ü 産学官連携による新たな価値共創の推進

次世代蓄電池やマルチマテリアルをはじめとして、産学官連携による社会実装が期待されるマテリアル分野において、多様なステークホルダーによる共創の場となるオープンイノベーション拠点の整備等を推進し、大学、国立研究開発法人、研究機関、企業の連携を後押しする。 【文科省】【経産省】

グリーンイノベーション基金の活用等によるカーボンニュートラルの実現に貢献する
マテリアル技術の実装

ü 化学産業におけるカーボンニュートラルの実現

人工光合成を始めとするナフサ化学を代替する技術の確立と社会実装を推進する。具体的には、光触媒水素技術の開発に加え、CO₂の有効活用を図るための分離・回収活用技術とこれに関連する、アルコール化学、廃プラ・ゴムの利活用、バイオナフサ・リサイクルナフサ技術やカーボンフリークラック技術等の確立と社会実装を図る。

【経産省】

ü ゼロカーボン・スチールの実現

コークスの代わりに水素を用いて鉄鉱石を還元する水素還元製鉄の技術を確認するとともに、化石燃料に比して十分な価格競争力を有した水素の大量かつ安定的な供給及び環境コストを適切に負担分配する社会システムを実現する。

【経産省】

ü エレクトロニクス材料によるカーボンニュートラルの実現

戦略的不可欠性を有する革新的材料を把握しつつ、先端半導体デバイスの前工程に用いられる材料（ナノシート等の半導体材料、配線材料、絶縁材料等）及び、先端半導体デバイスの後工程に用いられる部素材（封止材、バンプ材、三次元パッケージ基板等）、カーボンナノチューブを活用した次世代革新メモリに関する技術等を装置・製造メーカーとのすり合わせ等を通じて開発し、社会実装を実現する。

【経産省】

スタートアップ等が保有する革新マテリアル技術を有効的に社会実装するための基盤整備

ü 未活用・埋没技術の活用促進

社会課題解決に貢献しうる奇抜な技術を埋没させることなく活用するためには、市場ニーズと適切にマッチングさせることが重要である。先駆的なマテリアル特化型マッチングサイトのさらなる実効性を担保するため、国立研究所や中小企業基盤整備機構等の公的機関が運営するデータベースとの連携を支援する。

【経産省】

ü 社会実装パートナーとなりうる人材の確保

スタートアップ等における新規技術を社会実装するためには、シニア人材をはじめとしたビジネス経験を持つエンジニアや経営者等の人材が必要となる。社会実装のパートナーとなりうる人材を確保するためのプラットフォーム構築を支援する。

【経産省】

ü 化学品製造受委託マッチングエコシステムの構築

新規材料の社会実装を実現する際の課題であるパイロットスケールにおけるプロセス検討やプラント設備確保に向け、製造受託企業との連携が必要であるため、マッチングのためのプラットフォーム構築を支援する。

【経産省】

ü イノベーションを下支えする支援ツールの活用推進

新規材料など新たな技術を社会実装する際に障壁になっている規制の見直しにつなげていく、「規制のサンドボックス制度」をはじめとする規制改革ツールの活用を促進する。

【経産省】

【目標】重要なマテリアル技術・実装領域での戦略的研究開発の推進

K P I : マテリアル分野関連の総論文数、被引用数 Top10% 補正論文数、被引用数
Top 1 % 補正論文数の国際順位向上
マテリアル分野における研究開発費の継続的な増加

(1) 目標達成に向けた方策

社会課題の解決に必要となるイノベーション創出に向け、重要な技術領域を特定したバックキャストによる戦略型の研究と、研究者の自由な発意に基づく多様かつ挑戦的な創発型の研究の双方を充実する。その際、マテリアルデータや製造プロセス技術、先端共用設備を最大限活用した取組を推進し、世界に先駆けて飛躍的な成果を創出し、その迅速な社会実装に繋げる。

(2) 具体的取組

- ü マテリアルが社会課題解決や産業競争力強化に資する重要な技術領域において、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や科学技術振興機構（JST）等を通じた、国内外・産学官の英知を結集したプロジェクトを推進

【内閣府】【文科省】【経産省】【環境省】

- ü 中長期的な観点から、基礎基盤研究・実装領域での戦略的研究を支援。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」型研究の双方を充実

【内閣府】【文科省】【経産省】

- ü 戦略的イノベーション創造プログラムにおいて、プロセスから構造、特性、性能まで一貫通貫に予測できるマテリアルズインテグレーションシステムを開発

【内閣府】

- ü 次世代半導体（窒化ガリウム（GaN）半導体など）等の成果を用いて、現時点から応用可能な用途に係る技術の開発・実証・実装・高度化

【環境省】

- ü NEDO「ポスト5G情報通信システム基盤強化研究開発事業」の先導研究等を通じて、先端半導体製造の前工程技術及び後工程技術において求められる革新的材料・部材・製造プロセスの研究開発と社会実装を推進

【経産省】

- ü サイエンスに基づくボトルネック課題のブレークスルーをもたらす新たな手法や技術シーズの創出、革新的マテリアルと既存技術の組み合わせによる飛躍的な性能向上、次世代スピントロニクス技術等の新たな原理・発想に基づく革新的技術の創出等、脱炭素化に向けた革新的技術シーズ創出のための研究開発を加速

【文科省】

- ü 2021年度までに、社会的ニーズの高さ、技術的難易度と実現性、データ駆動型研究との親和性の観点から、重点的に取り組むべきマテリアル分野の技術課題を、研究コミ

ユニティの議論を通じて具体化。2022 年度以降、課題解決に向けたプロジェクトを本格的に推進 【文科省】

バックキャスト型研究で取り組むべき技術領域の例

- ü Society5.0 への貢献が期待される、パワーエレクトロニクスデバイス、IoT センサ、アクチュエータ、MEMS¹⁸などの「高度な機能発現を可能とするマテリアル」や、量子センサ、スピントロニクスデバイス、量子暗号通信、ナノエレクトロニクスデバイス等の「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」
- ü 低環境負荷社会の実現に資する、高出力大容量蓄電池、エネルギー変換材料、高性能モーター、熱電素子等の「革新的なエネルギー変換を可能とするマテリアル」や、リユース・リサイクルを前提とした材料・製品設計技術、希少元素代替技術、資源利用量低減技術、CO₂ 分離・回収・利用技術、材料分離技術、生分解性材料技術などのリサイクルとカーボンニュートラルの両立に向けた「マテリアルの高度循環のための基盤技術」
- ü 誰もが健康で安心な生活を実感するための、バイオアダプティブ材料、抗ウイルス材料、自己修復材料、バイオセンサ・ウェアラブルデバイス等の「次世代バイオ・高分子マテリアル」
- ü 世界一安全・安心なレジリエンス国家実現のための、超耐熱・耐火材料、軽量・高強度材料、極限環境構造材料等の「極限機能を有するマテリアル」

フォアキャスト型で取り組むべき技術領域の例

- ü ナノファイバー、ナノカーボン等の「次世代ナノスケールマテリアル」や、異種材料接着・接合技術、溶接技術、3D 積層技術、コンポジット材料等の「マルチマテリアル化技術」
- ü 研究開発手法の革新のための、表面・界面・粒界制御、反応制御、原子・分子の自在制御等の「物質と機能の設計・制御技術」や、マテリアルデータの構造化、ハイスループット技術、高度な計測、分析、加工、精密プロセス技術、スマートラボトリ化、安全性・信頼性・リスク評価等の「マテリアルの共通基盤技術」
- ü これまでの材料開発で探索されていない多元素系、複合系、準安定相といった未踏領域を対象とし、計測、計算、プロセス、データ駆動といった技術革新を用いた新機能材料開発

¹⁸ Micro Electro Mechanical Systems：機械要素部品、センサ、アクチュエータ、電子回路を一つのシリコン基板、ガラス基板、有機材料などの上に微細加工技術によって集積化したデバイス

2. マテリアルデータと製造技術を活用したデータ駆動型研究開発の促進

【目標】データを基軸とした研究開発プラットフォーム（マテリアルDXプラットフォーム）の整備とマテリアルデータの利活用促進

KPI： 2025年度までに、全国6か所のデータハブ中心とする全国的な先端共用設備提供体制を整備し、データ創出件数を約100万件/年
全国的な先端共用設備提供体制の産学官からの活用件数が年間3,000件以上

（1）目標達成に向けた方策

論文などのオープンデータの収集と活用を進める諸外国に対し、我が国の強みである優れた先端共用設備や国内で蓄積してきた実データ、ノウハウに加え、未利用データも含めた良質なマテリアルデータの収集・活用を目指す。その際、産学官の専門家がデータの構造化や取扱いに関する議論を行い、迅速な成果創出、研究成果の質向上に向けた、真に実効性のある産学官のマテリアルデータ利活用のための具体策を検討・実施する。

（2）具体的取組

データの収集・蓄積の環境整備とその促進

ü ソフトインフラの整備

産学官の連携により収集・蓄積すべきデータ（国費研究（実験／計算）データ、公知データ）に関し、我が国のマテリアルの将来的な競争力の確保と強化の視点において、優先的かつ戦略的に収集・蓄積すべきデータ領域（材料、部材、分析手法等において、戦略的かつ優先的なデータベース構築が必要な領域）の同定やデータの収集・蓄積における基本方針（共通化すべきメタデータとフォーマット、持続的なデータベース運営体制など）を産官学の専門家により議論の上、データの収集・蓄積を推進

- 2 実験データ（国費研究）：2022年度までに、NIMS、AISTが中心となり、関連学会¹⁹や業界団体²⁰の専門家と協議の上、国費研究データ収集・蓄積の優先ターゲット領域と保管形式（データ保管フォーマット等）の考え方を整理

【文科省】【経産省】

- 2 計算データ（国費研究）：2021年度以降、産官学が集う計算物質科学協議会において、富岳や附置研スパコン等により創出された計算データのレポジトリルール整備や、実験、計測データとの連携の在り方を検討し、マテリアルデータ利活用の仕組みを整備

【文科省】

¹⁹ 例えば、日本化学会や日本鉄鋼協会

²⁰ 例えば、新化学技術推進協会（JACI）や日本鉄鋼連盟、日本鋳業協会

- 2 公知データ（論文・特許）：産学の専門家を中心に、論文・特許等の公知情報からの必要データの抽出、構造化するための方法論や、自動データ抽出ツールの開発（初期ターゲット領域：高分子材料等）を進め、その成果の普及を促進

【文科省】【経産省】

- 2 分析・計測データ：機器メーカーや機器の種類ごとに異なる計測・分析データを将来的に産学官が公共財として活用できる仕組みについて、戦略的に検討し、国際的な枠組みなど様々な手法を活用して、国際標準を獲得できるような取組を推進

【文科省】【経産省】

ü ハードインフラの整備

国費研究データ（実験データ）を収集・蓄積するための設備環境を構築

- 2 2021 年度より、ナノテクノロジープラットフォーム及びマテリアル先端リサーチインフラによって構築される全国的な先端共用提供体制を、継続的な設備の増強を図り、DX化し、データ利活用ハブを整備（先端共用設備の利用に伴うデータの蓄積・利活用体制の構築）

【文科省】

- 2 2023 年度までに、全国的な先端共用設備提供体制で創出されたデータを、一元的に集約・蓄積・利活用するためのシステムの試験運用を開始し、2025 年度までに本格運用開始

【文科省】

- 2 産学連携による先端計測機器の開発、政府調達等による共用設備の戦略的整備²¹

【文科省】【経産省】

データの共用と利活用の促進

ü データを介した産学・産産連携の推進

守秘データが共用できる場を作り、開発パートナーとの出会いを提供、産学・産産連携を促進

- 2 2022 年度までに、企業と国研のデータ共用・活用の取組状況や、材料分野ごとでの状況も踏まえ、産学官の専門家で議論の上、情報シェアクローズド領域における産学官のマテリアルデータの取扱いの考え方を整理
- 【文科省】【経産省】
- 2 高分子化合物等に係る計算科学等を中心とした企業向けオンデマンド素材開発支援の基盤構築を引き続き推進するとともに、2022 年度以降、取得されたデータの企業をまたぐ利活用を実現するプラットフォームの構築・運用を目指す【経産省】
 - 2 2022 年度までに、企業の協調領域（新材料開発・評価など）において、企業と国研

²¹ 例えば、東京大学・日本電子の連携による、最先端電子顕微鏡設備・技術の共同研究・共同利用、社会連携講座の設置が参考事例

が協力したデータ共用、活用の体制を整備、運用開始【内閣府】【文科省】【経産省】

データ駆動型マテリアル開発に必要となるスキル教育の提供

ü 必要となる人材の育成

- ² マテリアルD Xプラットフォームを通じた、全国の先端共用設備やN I M S等におけるデータ利用人材、データ構造化を実施する人材の育成 【文科省】【経産省】
- ² 業界団体や大学、学会等²²によるデータ利用人材育成講座等の実施
【文科省】【経産省】
- ² マテリアル分野の委託研究事業（採択・評価）における、データの構造化、キュレーション人材の評価指標の導入
【文科省】【経産省】

²² 例えば、新化学技術推進協会（J A C I）や東京大学物性研究所、日本鉄鋼協会

【目標】プロセス・インフォマティクス（P I）の基盤技術確立とプロセスイノベーションプラットフォームの構築

K P I： 2021 年度までに、産業技術総合研究所地域センターをコアとしたプロセス・イノベーション・プラットフォームを全国 3 か所以上で整備
2024 年度までにプロセスイノベーションプラットフォームの産学利用件数が 40 件以上

（１）目標達成に向けた方策

ノウハウ・経験等の技術蓄積による製造プロセスの開発とデータサイエンスを融合することで、技術開発の高速・効率・高度化を進める。製造プロセスの共通的な技術基盤を構築しつつ、マス・カスタマイゼーション等に対応しうる次世代の革新的製造プロセスの開発と実装を目指す。具体的には、最先端の計測技術等によるプロセスデータの収集、解析技術の開発と利用、市場ニーズに応じた多様な製造プロセスを実現するための基盤技術構築とその社会実装を推進する。

（２）具体的取組

プロセスイノベーションプラットフォームの構築と P I の基盤技術確立

ü プロセスイノベーションプラットフォームの構築

2021 年度を目途に、重点領域（日本の国際競争力の高いマテリアル）を同定し、産業技術総合研究所地域センター（つくば、中部、中国）に高機能材料（触媒、セラミックス、セルロースナノファイバー等）の製造プロセスデータを一気通貫、ハイスループットで収集できる設備環境（プロセスイノベーションプラットフォーム）を整備、運用を開始 **【経産省】**

ü P I の基盤技術の構築

2026 年度を目途に、最先端計測・解析技術を活用・高度化し、一気通貫の製造プロセス設備と連携させることで製造プロセスをデータ化し、A I モデル・プロセスシミュレーションを活用した、プロセスの普遍化・高度化のためのプロセス・インフォマティクス基盤技術を構築 **【経産省】**

ü 開発技術の社会実装促進

中小・ベンチャー企業を中心とした産業界に対して、プロセスイノベーションプラットフォームを活用したデータ駆動型研究開発・人材支援を実施し、開発技術の迅速な社会実装を促進 **【経産省】**

ü 産学官連携の強化

社会ニーズの多様化に迅速に対応するため、重要な新素材・技術（マルチマテリア

ル等)の迅速な社会実装を支援するため、多様なステークホルダーが連携し、トータルパフォーマンスに基づいた材料・プロセス設計開発を行うための分野横断的な産学官体制を構築

【経産省】

革新的製造プロセス技術の開発

ü ナノマテリアルの接合、界面構造制御に係るプロセス技術開発

革新的材料の設計・開発に資するプロセスの学理・サイエンス基盤の構築に向け、ナノマテリアルの接合、界面構造制御に係るプロセス技術の研究開発を実施

【文科省】

ü 高速・高効率なオンデマンド生産に向けた製造プロセス技術の開発

P I・計算科学等の活用による目的化学品の最適製造経路設計、及び、化学品製造の環境負荷低減(省エネ・省廃棄物)と高速・高効率なオンデマンド生産を可能とする革新的製造プロセス(フロー合成技術等)の技術開発を実施

【経産省】

ü ファインセラミックスに係る製造プロセスの研究開発推進

5 G / 6 G 対応の電子機器等に必要となる高信頼性ファインセラミックスを実現するために、先端計測技術に基づく焼結等のメカニズム解明、プロセスシミュレーション技術、及びP Iによる革新的製造プロセスの技術開発を実施

【経産省】

ü 革新的合金探査手法の開発

複数の金属を組み合わせた新合金の開発を加速するため、試作サンプルを高速・大量に自動合成し、連続・迅速に自動解析できる革新的合金探査手法の開発を実施

【経産省】

3 . 国際競争力の持続的強化

【目標】産学官協調での人材育成

K P I : マテリアル分野の企業における人材需給ギャップの解消
企業における新規採用者に占める博士号取得者割合の継続的増加

(1) 目標達成に向けた方策

マテリアル分野の特長である産学の緊密さを最大限に活かし、産学官一体となり、研究の醍醐味(ワクワク感)や世界の持続可能性への貢献等の実績を強調することで、マテリアル分野の魅力の向上を図る。特にニーズが顕在化している博士後期課程人材について、業界団体や関連学会とも連携して実践的かつ魅力的な環境を整備することにより、優秀な人材を呼び込むとともに、他分野を先導する取組を推進する。

(2) 具体的取組

マテリアル分野の産学の強みを活かし、キャリアパスの魅力を学生が実感できる環境の整備

- ü 2021 年度より、博士後期課程学生の処遇向上とキャリアパスの確保を、全学的な戦略の下で、一体として実施する大学を支援するほか、競争的研究費を通じた博士後期課程学生の支援拡充など、アカデミア・産業界で活躍していく博士後期課程学生の確保策を実施 【文科省】
- ü 産学連携での人材育成によるマテリアル分野の魅力発信、特に、卓越大学院プログラム、J S T、日本学術振興会(J S P S) 事業等を活用し、大学、企業、業界団体の取組を推進 【文科省】【経産省】
- ü 博士人材の企業内でのキャリアパスの位置付け明確化による、キャリア選択のメリットの見える化 【文科省】【経産省】
- ü 人材のすそ野拡大に向けた、産学連携や学会活動等を通じた、初等中等教育段階からのものづくりの活動充実 【文科省】【経産省】
- ü 設備の戦略的導入等、共用設備基盤の整備により、若手研究者が最先端設備を利用できる環境の確保 【文科省】

研究をサポートする専門技術人材の確保

【文科省】

- ü 大学等の最先端設備共用での高度なノウハウの提供を通じた専門技術人材の確保
- ü 大学等による専門技術人材のキャリアパスの確立、見える化

出口人材育成に向けたＯＪＴによる起業経験獲得の場の提供

- ü 大企業、ベンチャー企業、大学間での人材交流、インターンの促進

【文科省】【経産省】

- ü 産学連携での人材育成による企業から求められる人材の育成、ＪＳＴ、ＪＳＰＳ事業等も活用し大学、企業、業界団体の取組を推進

【文科省】【経産省】

データ駆動型マテリアル開発に必要となるスキル教育の提供（再掲）

- ü マテリアルＤＸプラットフォームを通じた、全国の先端共用設備やＮＩＭＳ等におけるデータ利用人材、データ構造化を実施する人材の育成
- 【文科省】【経産省】
- ü 業界団体や大学、学会等²³によるデータ利用人材育成講座等の実施
- 【文科省】【経産省】
- ü マテリアル分野の委託研究事業における、データの構造化、キュレーション人材の評価指標の導入
- 【文科省】【経産省】

²³ 例えば、新化学技術推進協会（ＪＡＣＩ）や東京大学物性研究所、日本鉄鋼協会

【目標】サーキュラーエコノミーの実現

K P I : 2035 年までに使用済プラスチックを 100% リユース・リサイクル等により、有効利用

2030 年までにバイオマスプラスチックを約 200 万トン導入

(1) 目標達成に向けた方策

世界の持続的な発展を維持するためのサーキュラーエコノミーの実現には、制度と技術の双方が必要である。特に、制度については各国の社会状況を踏まえた対応を進めるとともに国際的な調和を図っていくことが重要となる。具体的には、カーボンニュートラルやプラごみ問題との関連で重要性が高まっているプラスチックについて、循環経済を実現するための制度整備を図る。あわせて、サーキュラーエコノミーの実現に必要なとなる技術の社会実装を進める。

(2) 具体的取組

「プラスチック資源循環戦略」におけるマイルストーン達成に必要なルール及び社会インフラ環境の整備

【内閣府】【文科省】【経産省】【環境省】

ü リサイクル可能な材料・製品設計

リユース・リサイクルを前提とした材料・製品設計技術（モノマテリアル）の確立及び製品設計指針の策定

ü 環境負荷低減材料の導入

代替材料（再生材・バイオマス材・生分解性材等）の技術及び評価方法の確立並びに利用を促すための政府率先調達等での需要喚起を実施

ü 社会インフラ環境の整備

家庭からのプラスチック資源を製造・販売事業者が円滑に自主回収するために必要となる全国ルールの整備や、排出事業者がリサイクラーと連携して自ら分別・排出するプラスチック資源の円滑な高度リサイクルに取り組むために必要なルールの整備など、家庭・事業者からのプラごみの回収・運搬システム及びリサイクル基盤の整備

サーキュラーエコノミー実現のための技術開発・社会実装の促進

【内閣府】【文科省】【経産省】【国交省】【環境省】

ü プラスチックリサイクル技術の開発・実装

カーボンニュートラルとの両立を図るためのマテリアルリサイクル・ケミカルリサイクル技術の効率化・高度化を実施

- ü リユース・リサイクルを前提とした材料・製品設計技術（マルチマテリアル、接着、内容物の分離、印刷、劣化抑制等）及びそのトレース技術（識別・承認、追跡等）
- ü 製造過程での環境負荷を低減した材料、未使用資源（建設副産物等）を有効利用した材料の技術開発と実装推進（品質評価、設計施工マニュアル等）
- ü 雑電線を始めとする低品位スクラップの有効利用に向けた技術開発・設備導入支援
- ü モビリティを中心とした炭素繊維の採用拡大とリサイクル技術の開発・実装

【目標】資源制約の克服

K P I：重希土フリー磁石の×E V車への普及

(2030年の市販されている×E V車の50%に重希土フリー磁石を搭載)

(1) 目標達成に向けた方策

「新国際資源戦略」を踏まえ、我が国の産業に欠かせない資源のうち、特定国からの輸入依存度が高いもの、供給途絶リスクが高いもの、及び将来的に需給がひっ迫する恐れのある金属資源等を特定する。その上で、中長期的視点に立ち、鉱種ごとの特性を踏まえ、上流中流権益の獲得、低品位鉱石の有効利用(分離・精製技術の高度化)、備蓄、リサイクル、代替・省資源化、国産資源開発等、我が国の強みを活かした総合的アプローチでの取組を進め、戦略的なサプライチェーン全体の強靱化を図る。

(2) 具体的取組

サプライチェーン強靱化

- ü 資源の偏在性、カントリーリスク、需要の見通し等の観点から鉱種ごとの特性を踏まえ、リスクを定量的に把握して類型化するとともに、重点を置くべき政策ツール等の対応策を整理し、供給源の多角化など戦略的な資源確保策を推進。【経産省】
- ü 希少金属等がカーボンニュートラルの実現に不可欠であることも踏まえたサプライチェーン強靱化に向けた技術開発・設備導入支援等、社会インフラ環境整備支援(標準化戦略、必要に応じた規制緩和・特区制度の活用)の検討【文科省】【経産省】
- ü 低品位鉱石や未利用資源の有効活用に向けた技術開発による供給源の多様化【経産省】
- ü レアアース泥について、水深2,000m以深の深海資源調査技術、回収技術の確立・実証を推進【内閣府】
- ü 海底熱水鉱床、コバルトリッチクラスト、マンガン団塊について、資源量把握や生産技術の確立など、商業化に向けた取組を推進【経産省】

代替・省資源化・リサイクル等の技術開発

- ü 主要金属や希少金属の国内での最大限の資源循環に向けたリサイクル技術の開発・実装及び社会インフラ環境の整備【経産省】【環境省】
- ü リチウムイオン電池(LIB)に含まれている材料を、最大限有効かつ効率的に活用していくための課題整理を2021年度末までを目途に行うとともに、2020年代後半までにリサイクルの技術開発や環境整備等を行い、LIBリサイクルの社会実装を目指す【経産省】【環境省】

- ü 希少元素の特異な機能を、豊富に存在する元素で置き換える元素代替を目指した研究開発の実施 【文科省】
- ü 窒素、ヘリウム、フッ素、リン等の安定供給確保等に向けた再資源化をはじめとする技術の開発・実装及び社会インフラ環境の整備 【経産省】

【目標】国際協力の戦略的展開

K P I：マテリアル関連日系企業による主要先端材料の世界シェアの維持・確保

(1) 目標達成に向けた方策

マテリアル革新力の強化に向けては、国際的な協調と競争の視点を常に強く意識しなければならない。例えば、多様な人材が協働、競争する中でイノベーションは創出されるため、国際頭脳循環の強化は、活力ある研究開発のための必須条件である。他方で、テクノロジーをめぐる国家間での覇権争いや国際的な技術流出の懸念も顕在化している。我が国として、グローバルに「知」の交流促進を図り、研究力、イノベーション力の強化を図る。

(2) 具体的取組

国際ネットワークの戦略的な構築

- ü 海外の研究資金配分機関等との連携を通じた国際共同研究や、魅力ある研究拠点の形成、学生・研究者等の国際交流等の戦略的推進 【内閣府】【文科省】【経産省】
- ü 世界的なマテリアル国際会議での積極的な情報発信や連携強化²⁴、マテリアル関連学会の国際的なプレゼンスの向上²⁵等を通じた、学术界における国際社会との連携・交流の拡大促進 【文科省】

国内外の情報収集・分析機能の強化

- ü マテリアルにおける戦略的な投資と科学技術インテリジェンスの強化に向け、J S T 研究開発戦略センターとN E D O技術戦略研究センターの機能・連携強化 【文科省】【経産省】

先端技術管理の徹底

- ü 革新マテリアルをはじめとする先端技術の研究等を行う大学・研究機関等における、外国為替及び外国貿易法等の遵守や知的財産の適切な保護・活用を含めた管理体制整備等を強化・推進 【内閣府】【文科省】【経産省】

戦略的な標準化の推進

- ü 複数の業界にまたがる新しい産業分野での標準化ニーズ（機能性材料等の再資源化、海洋生分解性プラスチック等）に応えるため、A I S Tなどが中心となって多様なステークホルダー間の密な連携に向けた取組を強化 【経産省】

²⁴ 例えば、応用物理学会と米国 Materials Research Society (M R S)は長期的に連携

²⁵ 例えば、日本M R S(The Materials Research Society of Japan)が、分野横断型の国際会議として、M R M (Materials Research Meeting)を2019年より開催

第6章．戦略の推進体制

本戦略に基づく取組の実効性を確保し、取組を確実に推進する観点から、「統合イノベーション戦略推進会議」の下、関係府省等が連携・協力して、研究開発、税財政、制度・規制等、あらゆる方策を検討し、確実に実行に移していくことが必要であり、そのための体制を整備する。具体的には、引き続き、「マテリアル戦略有識者会議」及び「マテリアル戦略タスクフォース」において、国内外の最新動向を適時適切に把握するとともに、本戦略について、着実にフォローアップを実施する。

また、マテリアルをめぐる動向が急速に変化する現状を踏まえ、重点的に取り組むべき複数のテーマを設定し、有識者会議の下に、政府と産学の有識者が徹底的に戦術を議論できる場を設置する。その議論を踏まえ、関係府省等の施策に反映するなど、本戦略及びアクションプランの見直しを行う。

なお、フォローアップの実施に当たっては、中長期的にわたり実施する戦略であることに鑑み、官民の適切な役割分担や民間の主体的参画を促進する。