

ナノテクノロジー・材料科学技術分野の今後の推進方策について
(案)

令和 6 年 月

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会
第 12 期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会

目次

1. はじめに.....	1
2.	5
(1) データ駆動型研究開発の促進（マテリアル DX プラットフォームの推進）.....	5
(2) マテリアル分野において今後振興すべき領域.....	12
(3) 研究開発力の強化（人材育成、国際連携等）.....	20
3. まとめ.....	25

1. はじめに

現在、世界が直面している様々な社会課題・産業課題を解決するためには、エレクトロニクス、モビリティ、ライフサイエンス、環境・エネルギー等の幅広い分野からのアプローチが必要である。AI、バイオ、量子技術、半導体、電池といった重要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、マテリアル分野の技術開発の寄与が極めて大きい。マテリアルは、横断的な基盤技術であり、その革新は、幅広い分野に飛躍的な進展をもたらす。すなわち、マテリアル分野の研究開発力は我が国の研究開発力及び産業競争力の根幹を支えるものであり、国際競争力の源泉と言える。そして、ナノテクノロジー・材料科学は、マテリアルの機能・性能を原子・分子からナノレベルで設計・制御するなど、革新的なマテリアルの創出において不可欠な技術である。

我が国には、ノーベル賞受賞にもつながった革新的なマテリアルを多数創出してきた実績がある。これまで自然科学系では22人がノーベル賞を受賞しているが、その約半数がマテリアル関連研究での受賞である。しかしながら、近年は、他の多くの科学技術分野と同様に、論文数の国際シェアの低下¹や、学会員数の減少²等、我が国の研究力低下が指摘されて久しい。

我が国のマテリアル産業は、経済社会を支える基盤をなすとともに、世界市場で非常に高いシェアを獲得する品目が多数存在するなど高い国際競争力を有しており³、我が国産業全体において重要な位置を占める基幹産業である。一方で近年、新興国の急速な追

¹ CRDS の「研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野（2023）」における「ナノテクノロジー・材料分野の論文数の国別推移」において、2011年から2021年にかけて中国が論文の量・質（上位10%論文数）ともに大きく増加させた一方、我が国では、若干の減少傾向にあり、相対的な競争力の低下が示されている。

² JST 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書 2024」によると、2007年から2024年にかけて、日本化学会員数は約30%、日本物理学会員は約18%低下するなど、マテリアル分野における学会員数は減少傾向にある。

³ 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」調査結果において、我が国のマテリアル産業が、世界シェア60%を超える多数のマテリアルを有していることが示されている。

い上げ等を背景に、我が国の相対的な競争力の低下が指摘されている⁴。また、我が国発の材料であっても、社会実装において他国の後塵を拝してしまうことが多く、迅速な社会実装が課題とされてきた⁵。加えて、国際的な不安定性や世界的な感染症拡大を背景としたサプライチェーンの強靱化⁶やカーボンニュートラル実現に向けた製造プロセスの転換等が求められている⁷。

政府は、材料・イノベーションを創出する力としての「材料革新力」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、世界に貢献すること」を目指し、「第6期科学技術・イノベーション基本計画」（令和3年3月閣議決定）や「材料革新力強化戦略」（令和3年4月統合イノベーション戦略推進会議決定）を策定した。我が国の材料・イノベーションに向けて、データ駆動型研究開発の促進と物事の本質の追及による新たな価値の創出が必須として、「革新的材料の開発と迅速な社会実装」、「材料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」、「国際競争力の持続的強化」を柱として取組を進めてきた。本戦略に沿って、文部科学省においては、革新的材料の迅速な創出を図るためのデータ駆動型研究開発の促進に向けた材料DXプラットフォーム構想⁸を立ち上げるなど、ナノテクノロジー・材料科学技術分野の取組を推進してきた。

⁴CRDSの「研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野（2023）」によると、材料分野と関連性の高いミディアムハイテクノロジー産業の貿易収支比は主要国の中で第一位であるが、1990年代中頃を境に減少傾向が続いている。

⁵ 内閣府による「材料革新力強化戦略（2021年4月）」において、開発された材料が社会実装に至らない事例が多いことが指摘されており、「材料革新力強化に向けた基本方針」として「産学官共創による迅速な社会実装」が掲げられている。

⁶ 2022年6月、経済産業省、通商白書 第II部 第1章 第2節「経済安全保障とサプライチェーンの強靱化」

⁷ 2021年1月27日、総合資源エネルギー調査会、基本政策分科会（第36回）「2050年カーボンニュートラルの実現に向けた検討」において、カーボンニュートラルに向けた徹底した省エネとエネルギー転換・製造プロセスの転換の方向性及び課題が示された。

⁸ 材料先端リサーチインフラ（ARIM）、データ創出・活用型材料研究開発プロジェクト（DxMT）、NIMSデータ中核拠点が一括となり、大規模な材料データを創出・蓄積し、その共用・活用環

これらの取組を開始して約3年が経過したが、この間、国際情勢の不安定化を背景とした、希少資源の確保や重要物資の安定的な供給の確保等、経済安全保障の重要性は更に高まり、また、カーボンニュートラルやネイチャーポジティブに向けた国際的な環境規制等の動きも強まっている。

また、AI技術、量子コンピュータを始めとした量子技術、ダイナミクス計測や構造解析などの計測・分析技術等の技術の進展も目覚ましく、特に、マテリアルズインフォマティクスの進展により、機械学習とロボット技術の融合による実験の自律化・自動化など、従来とは全く異なる新材料創出のアプローチが提案されつつある。さらに急速な進展が目覚ましい生成AIは、研究開発手法を更に刷新する可能性を秘めている。

マテリアルの革新に対する要求・期待は更に高まる一方、研究開発、産業の両面において、新興国の追い上げは激しく、長らく我が国の強みとされてきたマテリアル分野においても、我が国の存在感の低下傾向の継続が否定できない。特に研究現場において、研究人材⁹、研究時間の不足¹⁰は深刻であり、技術・ノウハウの継承も困難になりつつある。マテリアルの革新に対する要求と研究開発の現状とのギャップを埋める方策の検討が急務である。

マテリアル革新力強化戦略に基づき進めてきたこれまでの取組の重要性を改めて認識し、継続して発展させるとともに、我が国の強みを生かしつつ、積極的に新しい研究手法を取り入れ、革新的なマテリアルを持続的に創出するための新たな取組の検討が必要

境を構築することで、データ駆動型研究環境を全国の研究者へ提供し、我が国の材料研究を加速することを目指したプラットフォーム構想

⁹ 文部科学省 科学技術・学術政策研究所、「科学技術指標 2023」によると、マテリアルと関連の深い理学・工学分野における、修士課程修了後に博士課程に進学する学生の人数は、2004年をピークに、2023年までの間に約32%低下している。また、文部科学省科学技術・学術政策研究所、科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2023）において、「Q105：望ましい能力をもち博士後期課程を目指す人材の数は、十分だと思いますか。」の質問に対して、多くの属性において著しく不十分との認識が示されている。

¹⁰ 文部科学省「令和5年度大学等におけるフルタイム換算データに関する調査におけるフルタイム換算データに関する調査」によると、大学等教員の職務活動時間割合の推移において、研究時間の割合が、平成14年の46.5%から令和5年には32.1%まで低下したことが示されている。また、文部科学省科学技術・学術政策研究所、科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2023）において、大学教員の約8割が研究時間の不足を認識していることが示されている。

である。マテリアル分野の研究開発は大きな変革期に直面していることを認識し、これまでの取組を総括するとともに、今後のナノテクノロジー・材料科学技術の推進方策について検討した。

2.

(1) データ駆動型研究開発の促進（マテリアル DX プラットフォームの推進）

【現状認識】

マテリアル分野におけるデジタルトランスフォーメーション（DX）は、試行錯誤・経験を活かした従来の研究手法に計算科学やデータサイエンスを融合することにより、単に研究開発の効率化や高速化のみをもたらすものでなく、従来の材料科学の在り方や考え方を根本的に変え得るものと認識されつつある。我が国が今後マテリアル分野での国際競争力を維持・強化するために必須であり、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミー、ネイチャーポジティブ等、経済発展と社会課題解決が両立した持続可能な社会の実現に資する、革新的機能を有するマテリアルを創出する手法として期待されるとともに、製造プロセスにおける省エネルギー化や低環境負荷化などの効果も期待されている。マテリアル分野に限らず、研究DXの推進はいまや不可欠であり、マテリアルへの社会的・技術的要求の高まり、研究人材の不足等、マテリアル分野をとりまく状況に対応するため、本分野のDXは引き続き強力に推進する必要がある。

文部科学省においては、「マテリアル革新力強化戦略」に基づき、令和3年度から、データ駆動型研究開発の促進を目的としたマテリアルDXプラットフォームの整備を開始した。マテリアルDXプラットフォームは、主にマテリアル先端リサーチインフラ（ARIM）、データ創出・活用型マテリアル研究開発プログラム（DxMT）、物質・材料研究機構（NIMS）のデータ中核拠点の3事業を中心に構成されている。

ARIMでは、前身事業から実施してきた先端設備の共用に加え、データ共用のための取組が新たに追加された¹¹。ハブとスポークを合わせ25機関からなり、1,000台を超える共用設備を有し、ユーザー数は5,000人/年以上、産学において幅広く利用されており、我が国の

¹¹ 2021年度からスタートしたマテリアル先端リサーチインフラ事業（ARIM）では、2012年度から10年にわたり実施してきたナノテクノロジープラットフォーム事業での「最先端装置の共用」、「高度専門技術者による技術支援」に加え、装置利用に伴い創出されるマテリアルデータを全国に提供する取組みを開始。

マテリアル研究開発を支えるインフラとして機能している。共用設備から創出されるマテリアルデータは、NIMSのデータ蓄積・構造化システム「RDE」¹²に集約され、全国の研究者に共用される仕組みとなっている。令和5年2月に、RDEへのARIMデータの蓄積が開始され、令和5年12月に、データ利活用に係る試験運用を開始した。令和7年度のデータ利活用の本格運用に向け、データセットの整備や利用の増加に取り組んでいる。

DxMTでは、これまでの試行・経験型の研究開発にデータ科学を取り入れたデータ駆動型研究開発手法の確立を目指しており、我が国において産業競争力が高く未来社会の実現に重要な役割を担う4つの社会像（カーボンニュートラルの実現、Society5.0の達成、レジリエンス国家の実現、Well-Being社会）を定め、その実現に向けて英知を結集した5つの拠点（「極限環境対応構造材料」や「バイオアダプティブ材料」、「エレクトロニクス材料」、「電気化学材料」、「磁性材料」）で研究が行われている。各分野におけるデータ駆動型研究開発手法の開発や、RDEへデータを蓄積するためのテンプレート化が進行し、これまでにも、AIが研究者の「気付き」を誘導することによる電気化学の新たなサイエンスの創出¹³や耐熱材料の一見奇抜な熱処理方法の発見¹⁴、さらには、ハイスループット材料探索による優れた新規磁石化合物の発見¹⁵など、新材料開発に向けた世界トップレベルの成果が上がっている。共用利用・異分野連携に向けたデータ蓄積を開始し、また、人材育成セミナーやシンポジウムの開催を通じ、データ駆動型研究開発手法の全国への普及にも取り組んでいる。DxMTには、旗艦的研究事例として、データ駆動型研究手法を用いた世界トップレベルの成果を創出するとともに、その手法を全国に展開することにより、我が国のデータ駆動型研究開発を先導することが期待されている。

¹² 日々実験室で生まれる研究データをオンラインで迅速に登録するために NIMS が開発したシステム。登録されたデータは、自動的に再利用可能な形に構造化するための各種処理が施され、データ駆動型のマテリアル研究に適した形で蓄積される（2023年1月17日、NIMS プレスリリースより）。

¹³ 2024年2月20日、東京大学プレスリリース、「電気化学における100年来の未解決問題に答え—固体と液体を繋ぐ新理論の構築—」, Nature Communications 誌に掲載

¹⁴ 2023年9月25日、NIMS プレスリリース、「AIと材料研究者のコラボで耐熱材料を強くする「AIの— 1見奇抜な「手」から納得の熱処理法を考案—」, Scientific Reports 誌に掲載

¹⁵ 2024年5月27日、NIMS プレスリリース、「磁気物性値が高い省レアアース新規磁石化合物の合成に成功」, Acta Materialia 誌に掲載

データ中核拠点であるNIMSでは、NIMSが有する世界最大級のデータベース¹⁶やARIM及びDxMT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構築（RDE）を進めている。画一されたデータ管理手法でデータ取得からデータベース化を一元的に行う取組は世界にも類を見ない。また、データ駆動型研究の統合的なプラットフォームを目指し、AI解析基盤ソフトである「pinax」の開発や、戦略的イノベーション創造事業（SIP）第1～2期に開発されたマテリアルインテグレーションシステム「MInt」の継続的な高度化に取組んでいる。「MInt」は性能から材料・プロセスをデザインする先進的なシステムであり、世界的に先行する取り組みである¹⁷。

国外でもマテリアル分野におけるデータ駆動型研究はますます活発になっており、政府・公的機関・民間主導の研究開発プロジェクトの下、材料に関するデータ基盤の整備が進んでいる。米国においては、2011年に「Materials Genome Initiative（MGI）」¹⁸を発表し、さらに2021年11月に発表された「MGI Strategic Plan 2021¹⁹」では（1）材料イノベーション基盤（MII: Materials Innovation Infrastructure）を統合すること、（2）材料データの力を活用すること、（3）材料研究開発の労働力について教育と訓練を行い繋げていくことの3つのゴールを掲げている。欧州においても、2024年2月に「Communication on Advanced Materials for Industrial Leadership（先端材料に関する

¹⁶金属信頼性データベース・KINZOKUは海外に比して圧倒的なリファレンスデータを収録。無機結晶と高分子に関して世界最大の論文抽出データベース（Atomwork Adv.、PolyInfo）を保有。研究データについてはRDEが圧倒的なデータ数を保有。一方で計算データについては米欧が先行（ただし、我が国の研究者も重要な貢献を果たしている）。

¹⁷ NIMSでは、世界最大級の物質・材料データベース「MatNavi」、研究データを構造化し蓄積・共用できる「RDE」、材料に関する文献・データのリポジトリ「MDR」、AI機能を備えた解析システム「pinax」、産学官連携の統合型プラットフォーム「MInt」などのサービスを提供（NIMS材料データプラットフォームウェブサイトより）。

¹⁸ オバマ政権の主導で開始した国家プロジェクトであり、2011年6月に公表された「Materials Genome Initiative for Global Competitiveness」において、先端材料の発見から実用化の迅速化・低コスト化を目指すことや、データ共有・利活用の重要性が述べられている。

¹⁹ 2021年10月、National Science and Technology Council、「MATERIALS GENOME INITIATIVE STRATEGIC PLAN」

るコミュニケーション（指針）」²⁰」を公表し、「European digital infrastructure for advanced materials R&I（先端材料の開発の加速に向けた欧州デジタル基盤）」の構築を掲げており、データインフラ間の相互運用と利活用の動きが加速する見込みである。加えて、従来のデータ蓄積・管理・活用のみならず、生成 AI による新物質探索に代表されるようなデータ活用に関する技術的発展が目覚ましい。データや AI とロボティクスを組み合わせた自動・自律実験の成果も次々に報告されている。自動・自律実験の導入は、人力では困難な膨大な数の条件での高速な実験や、人間の認知限界・バイアスを越えた仮説探索・検証を可能とするため、従来とは、量的のみならず、質的に異なる科学的発見を導き出す可能性も示唆されている。例えば、2023 年には Google DeepMind が AI を用いた材料探索により、約 200 万種の安定無機化合物を同定したと Nature に発表し²¹、加えて米カリフォルニア大学バークレー校とローレンス・バークレー国立研究所（LBNL）の自律・自動実験システムによって、この候補物質から 41 個の無機物質を合成したと Nature に発表した²²。また、カナダのトロント大学を中心とした自律・自動実験の大型拠点である Acceleration Consortium には 2023 年から 7 年間、年間 2 億ドル（約 220 億円）の政府支援が決定され、約 100 名の研究者・技術者が活動を行っている²³。英国でも、リヴァプール大学の Materials Innovation Factory に対する大型投資が開始している。²⁴

²⁰ 2024 年 2 月、欧州委員会（EC）によって発表された「Communication on Advanced Materials for Industrial Leadership」において、先端材料先端材料を迅速に市場に出すための材料エコシステムを確立することを目的としていることが述べられている。この中で、「4. Fast track from lab to fab」では、先端材料のスケールアップと製造を加速するために、デジタル化を促進し実験設備へのアクセスを改善することを目指して、持続可能な欧州のデジタル基盤の構築を目標とすることが述べられている。

²¹ 2023 年に Nature 誌に発表された論文（Nature 624, 80-85 (2023)）において、Google の AI 研究部門 DeepMind とローレンスバークレー国立研究所のチームは、彼らが開発した AI システム「GNoME (Graph Networks for Materials Exploration)」を用いて材料探索を行ったことが報告されている。

²² Szymanski, N. J., Rendy, B., Fei, Y. et al. An autonomous laboratory for the accelerated synthesis of novel materials. Nature 624, 86-91 (2023).

²³ 2023 年 4 月 28 日, U of T News, 「U of T receives \$200-million grant to support Acceleration Consortium's 'self-driving labs' research」

²⁴ The Chemical Industry Journal 「£81m Materials Innovation Factory to develop new products to meet society's biggest challenges officially opened」において、8100 万ポンドを投じた Material Innovation Factory が開設したことが報じられている。世界で最もオートメーションロボを集めた施設の 1 つであることが紹介されている。

【課題】

マテリアルDXプラットフォームの目的は、データ駆動型研究開発を進めるための基盤整備にとどまらず、研究開発手法の刷新により我が国全体のマテリアル・イノベーションを創出する力を底上げすることによって、革新的な材料の創出による社会課題の解決等を加速することである。その目的を達成するためには、関係者がビジョンを共有し、構成する主な事業の部分最適に陥ることなく、分野を俯瞰する視点で事業間を連携し、周囲を巻き込み、マテリアルDXプラットフォーム全体を推進することが重要である。

また、我が国全体のマテリアル・イノベーションを創出する力を底上げするには、データ駆動型研究開発手法を全国の研究者に普及させるとともに、データ駆動型研究開発により創出された研究成果の社会実装を加速することが重要である。そのためには、DxMT等でデータ駆動型研究開発手法を確立するとともに旗艦的な研究成果を創出することに加え、成果の社会実装を加速するための取組を推進する必要がある。また、プロジェクト参画研究者以外の全国の研究者へデータ駆動型研究開発を展開するためには、マテリアルズ・インフォマティクスに係る人材の育成が重要である。我が国ではデータサイエンスや計算科学と材料科学もわかる人材が不足していることが指摘されている²⁵。人材育成セミナーや成果シンポジウム等の開催に加え、データ駆動型研究開発手法を導入する上での心理的・技術的な障壁を無くす仕掛けの検討が必要である。

マテリアルDXプラットフォームの推進にあたり、データ利活用のみに着目しがちであるが、基礎・基盤研究や人材育成の基盤であり、かつ高品質かつ大量のデータを創出する基盤である先端共用設備の充実が極めて重要である。量子技術や次世代半導体等の先端技術に対する社会的要請も踏まえつつ、進化するユーザーニーズに応えられるよう、戦略的に先端共用設備の整備・高度化を継続することが必要である。

データ駆動型研究開発の手法は進化途上であり、生成AIの急激な進展等を踏まえ、情報分野等材料分野以外の研究者の参画を推進する必要があるが、現時点で十分とは言えない。また研究者や研究時間の不足を補いつつ、研究活動を維持・発展させるためにも、我

²⁵ 令和元年、特許庁「特許出願技術動向調査 結果概要 マテリアルズ・インフォマティクス」によると、論文著者数から見たマテリアルズ・インフォマティクスの研究者数において、日本は米国の約1/4、欧州全体の約1/10、中国の約1/6であることが示されている。

が国の強みである高品質なマテリアルデータを大規模に創出・活用する自律・自動実験や、生成 AI・量子技術の活用など最新の研究開発手法を取り入れることは不可欠である。一方で、自律・自動実験の導入の加速については、設備投資など多額の初期投資がかかるほか、ロボティクス、データサイエンティスト、システムインテグレーションなどの専門分野の横断的なチームが必要となるため、我が国の研究開発現場での導入が進まない現状がある。

【具体的な取組】

○マテリアルDXプラットフォームの継続と発展のための推進体制の構築

国内外動向を踏まえ、マテリアル革新力強化戦略に基づき進めてきたマテリアルDXプラットフォームの取組の重要性を改めて認識し、引き続き強力に推進・発展させることが必要である。

今後は特に各事業が部分最適に陥らず、また、マテリアル分野全体を俯瞰して推進するため、例えば、本委員会が、マテリアルDXプラットフォームを構成する主な事業のPD・POと連携した体制を構築することが必要である。その際、すでに各事業において、これまで様々な取組を実施してきたことを踏まえ、各事業への十分な理解と実態を把握したマネジメントが求められることに留意する。

その上で、マテリアルDXプラットフォームを構成する主な事業においては、令和7年度のデータ利活用に係る本格運用の開始に向けて、事業間の連携を含む課題を抽出し、具体的な対処方針をまとめ、実践することが期待される。例えば、データ駆動型研究開発に取り組む研究者やデータコーディネータ等のデータ利活用人材の育成・確保、先端設備の利用支援を行う高度専門人材の育成・確保、データ登録及び利活用へのインセンティブ検討やユーザビリティに優れた利用環境等のデータ基盤の持続性・使い勝手の向上、分野を越えたデータを利活用に向けたデータ記述方法の検討や、オープン&クローズド戦略を含めたデータの有効的な利活用を促すためのデータ利活用ポリシーやセキュリティ確保等に、国際的な動向も考慮しつつ取り組むことが期待される。

○データ駆動型研究開発の全国展開に向けた取組

DxMT は、令和7年度からデータ駆動型研究開発による新材料・新手法の成果創出フェーズへ移行する予定である。データ駆動型研究開発手法の確立及び旗艦的な成果の創出にむけて、大規模なデータの創出、解析ツールの開発を行うとともに、創出された成果の社会実装を加速するために、協働可能な領域での産学コンソーシアムを形成するなど、社会実装に向けた課題抽出とその解決に取り組むことが期待される。

データ駆動型研究開発手法の全国展開に向けては、旗艦的な成果を広く発信するとともに、マテリアルズ・インフォマティクスに係る人材の育成に取り組むことが不可欠である。従来の人材育成セミナー等の継続に加え、データサイエンス等の情報系分野と材料科学分野の研究者交流やマッチングなど、協働促進に向けた仕組み作りが必要である。人材育成にあたってはキャリアパスの形成も重要であり、産業界を巻き込んだ取組を検討することが必要である。

○先端共用設備の整備・高度化に向けた取組

基礎・基盤研究や社会的要請の高い研究開発を支えるとともに、我が国の強みである高品質なマテリアルデータを生み出す基盤として、進化するユーザーニーズに沿った、ARIMの先端共用設備の整備・高度化や技術支援人材による共用設備の利用支援の強化が期待される。

○マテリアルDXプラットフォームの更なる発展に向けた取組

データ駆動型研究開発による革新的なマテリアルの創出に向けて、マテリアルDXプラットフォームの更なる発展が必要である。例えば、我が国の強みである高品質な材料データを大規模に創出する自律・自動実験環境の整備や、生成AI・量子技術の活用などの新しい研究開発手法の導入が不可欠である。データ駆動型研究開発の手法は進化途上であり、情報分野等材料分野以外の研究者を巻き込んだ取組も重要である。

海外で大型投資が進む自動・自律化実験の加速について、研究人材や研究時間の不足に対応しつつ、マテリアル分野の研究開発を発展させるためにも、我が国の研究現場への導入は不可欠である。海外が先行している印象があるが、過去のデータを用いて、実験プロセスの自動化や最適化により材料探索の高速化に取り組んでいる事例が多く、実験プロセ

スの自律化や外挿領域での材料探索は発展途上と考えられる。我が国が有する質の高いデータ（質の高いマテリアルと質の高いマテリアルから生み出されるデータ）を活用することによって、高精度な自律化実験による、人間の認知バイアスを越えた領域での発見が生まれることが期待できるのではないかと。我が国の強みを見極めた、具体的な取組を引き続き検討する必要がある。

（２）マテリアル分野において今後振興すべき領域

【現状認識】

地球温暖化はその影響の規模や影響の及ぶ期間などから、地球環境問題の中でも最も喫緊な課題であり、地球温暖化の科学的事実と対策の必要性は、世界的な共通認識になっている²⁶。また、マイクロプラスチック²⁷や有機フッ素化合物PFAS²⁸に代表されるように、海洋、土壌などの地球環境中に拡散・蓄積し、生態系や人の健康に悪影響を及ぼす可能性があるマテリアルが国際社会の大きな懸念事項の一つになっている。このように、現代文明の発展を支えてきた科学技術・マテリアル分野においても、SDGsなど人類的課題に対する社会の価値観の変革を背景に、「発展性」「豊かさ」だけでなく、「持続性」「強靱性（レジリエンス）」などの諸概念が重要視されるようになってきている。産業界でも環境対策を構造転換と成長に繋げる機運が高まっており、環境負荷低減を可能とする資源循環システムの自律化・強靱化が求められている²⁹。

デジタルトランスフォーメーション（DX）は持続可能な社会を構築するための重要な手段の一つと考えられている半面、DXの進展によって世界中で増え続けるデータ量が、環境負荷を増大させてしまう課題も指摘されている³⁰。このことから、DXと低環境負荷の両立

²⁶ 2023年、環境省、令和5年版環境白書・循環型社会白書・生物多様性白書 要約

²⁷ 2019年、環境省、中央環境審議会水環境部会（第46回）資料、「海洋プラスチックごみ問題の動向及び対策について」

²⁸ 2023年7月、環境省、PFASに対する総合戦略検討専門家会議、PFASに関する今後の方向性、参考資料

²⁹ 2023年3月31日、経済産業省、「成長志向型の資源自律経済戦略」

³⁰ 2023年1月に、McKinsey & Company, Inc.により報告された「Investing in the rising data center economy」によると、データセンターによる電力消費量は、2022年から2030年の間に約18%増加すると見積もられている。

の観点でもICT機器の高性能・低消費電力化や電力需要における再生可能エネルギー比率の拡大や省エネ技術開発が重要視されている。これらの課題克服においても、マテリアル分野の技術革新の寄与は大きい。

また、国際情勢の不安定化や社会経済構造の変化等から、経済安全保障の重要性が急速に増大する中、自国や同志国・地域内において半導体や電池等の重要物資を確保する動きが加速している。特定国への依存度の高い資源の使用量削減、新供給国探索、代替の検討も進んでおり、マテリアル・サプライチェーンの変革が起こっている。そこで、各国では将来の技術優位性を確保するため、量子や先端半導体、次世代電池、水素等の先端技術に積極的な投資が行われている³¹。

米国は、2022年にCHIPS・科学法³²により、半導体製造基盤の成長とマイクロエレクトロニクスの研究開発のため、520億ドル以上の予算を計上した。続く2024年3月に発表されたマイクロエレクトロニクス研究に関する国家戦略（OSTP）では、今後5年間に取り組むべき4つの目標を設定しており、具体的な項目として、「新機能や機能強化をもたらす材料の研究開発の加速」や「プロセスと計測技術の開発」などが掲げられている³³。

欧州の「Communication on Advanced Materials for Industrial Leadership（先端材料に関するコミュニケーション（指針）」）³⁴は先端材料における欧州の産業リーダーシップ確保のための包括的な戦略であり、5本柱の取組（①レジリエンスと開かれた戦略的自律性の確立に向けた先端材料研究開発（4つの重点領域：エネルギー、モビリティ、建築・建設、エレクトロニクス）、②基礎研究（lab）から産業（fab）への迅速な展開、③

³¹ 2023年3月、CRDS「研究開発の俯瞰報告書 ナノテクノロジー・材料分野（2023年）、世界の潮流と日本の位置づけ、図1.2.4-1 主要国のナノテク・材料基本政策・国家戦略」

³² 2021年1月国防授權法の一部に含まれるかたちでCHIPS for America Actが成立し、国内半導体製造に対する連邦資金の付与が認められ、その後、2022年8月にCHIPS for America Actの補助金の枠組みに予算措置を講ずる法律として、CHIPS and Science Act（CHIPS・科学法）が成立。半導体企業による米国内への投資に補助金が支給されることとなった。

³³ 2024年3月15日、ホワイトハウス科学技術政策局（OSTP）国家科学技術会議国土安全保障委員会マイクロエレクトロニクス小委員会（Subcommittee on Microelectronics Leadership Committee on Homeland and National Security of the National Science and Technology Council）、「National Strategy on Microelectronics Research」

³⁴ 2024年2月、欧州委員会（European Commission）「Communication on Advanced Materials for Industrial Leadership」

設備投資と資金アクセス拡大、④先端材料の製造と使用の促進、⑤包括的なガバナンス体制の構築)を掲げ、先端材料開発、実装能力への支援を通じて欧州の長期的な競争力向上を図るとしている。

我が国でも、エネルギー・環境、情報・通信、半導体、電池、AI、量子、ロボット、バイオ等の経済安全保障への貢献が期待される分野を強化する必要性が拡大し、それらの分野の共通的な基盤技術となるマテリアルの新規開発・イノベーション創出が求められている。また、2050年カーボンニュートラル実現に向けて多面的な投資がなされるとともに、経済安全保障上の重点施策として設定されている半導体、量子、電池などに関する戦略も実行フェーズに入り、関連する政府研究開発投資が実施されており、各戦略においても、革新的なマテリアルの創出は最重点項目の一つとして位置づけられている。

革新的なマテリアルの創出は、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミー、ネイチャーポジティブ等、経済発展と社会課題解決が両立した持続可能な社会の実現に不可欠であり、また、急速に重要性が増大している経済安全保障の確保にも直結するといっても過言ではない。マテリアル分野においても、他国に過度に依存することなく、国民生活および社会経済活動の基盤を強靱化する「戦略的自律性」と国際社会にとって我が国が不可欠となるような「戦略的不可欠性」の拡大がその重要性を増しており、マテリアル・サプライチェーンの変革等に対応していくためにも、我が国発の革新的なマテリアル創出に対する期待は大きい。

また、マテリアル分野の特性として、成果が得られるまでに長期間を要する継続的な研究開発が必要であることに加え、新しい材料が開発されても社会実装に至らない事例も多く、社会実装で他国の後塵を拝する場合も多い。マテリアル産業の現在の輸出規模は以前と比べて縮小はしていないものの、世界市場に占める割合は、新興国の経済成長および研究開発投資の強化に比して低下している³⁵。こうした課題に対し、文部科学省は令和元年度より、材料の社会実装に向けたプロセスサイエンス構築事業(Materealize)を実施している。プロセスに関する新たな理論体系が構築されつつあるとともに、プロジェクトで

³⁵ 文部科学省 NISTEP「科学技術指標 2022」によると、マテリアル分野と関連性の高いミディアムハイテクノロジー産業の貿易収支比は主要国の中で第一位であるが、1990年代中頃を境に減少傾向が続いている。

構築された体制が産学官からの相談先としても機能するなど、成果が着実に創出されている³⁶

さらに、我が国は、計測、分析、加工・合成技術について高い技術力を有しており、これらの技術力は質の高い競争性のあるマテリアルの創出を支える基盤であり、我が国が強みを有するノウハウの塊である。このような基盤技術は、これまでも材料の研究開発とともに表裏一体で成長してきたものであり、近年、シミュレーション技術、リアルタイム・プロセス計測技術、ロボット技術等が進展してきている。例えば、オペランド・マルチモーダル計測は、触媒分野だけでなく、生きた細胞や組織などの生体試料から、半導体蓄電池などの実デバイスにまで測定対象は急速な広がりを見せ、学术界と産業界の両方において不可欠な研究手法となりつつある。加えて、合成・製造プロセスは、対象ごとに手法が異なるため、通常、一般化が困難であり、またプロセスを制御するパラメータが非常に多いことから、最適化するのにも膨大な実験が必要であったが、データ科学的側面からアプローチすることにより、合成・製造プロセスにおける理解と効率化や最適化が可能となるような研究環境が整ってきている。文部科学省は、マテリアル研究を支えるインフラとして先端設備の全国的な共用体制を整備する事業を平成14年度以降、20年以上に渡って実施してきており、令和3年度からは、ARIMにおいてデータを収集・蓄積・利活用するための取組が進んでいる³⁷。また、令和6年4月より高輝度放射光施設ナノテラスが運用開始しており³⁸、Spring-8やスーパーコンピュータ「富岳」と同様に、今後の我が国のナノテクノロジー・材料分野の開発競争力の強化に繋がることが期待されている。

³⁶ 2023年8月、文部科学省第12期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第1回）「材料の社会実装に向けたプロセスサイエンス構築事業（Materealize）概要説明」において、5年目のステージゲート時点までに累計126報の論文が発表されていること、累計223件の産学官からの相談を受けていることなどが示されている。

³⁷ 2021年度からスタートしたマテリアル先端リサーチインフラ事業（ARIM）では、2012年度から10年にわたり実施してきたナノテクノロジープラットフォーム事業での「最先端装置の共用」、「高度専門技術者による技術支援」に加え、装置利用に伴い創出されるマテリアルデータを全国に提供する取組みを開始（ARIMウェブサイトより）。

³⁸ 2024年4月1日、QSTプレスリリース「3GeV高輝度放射光施設ナノテラスが稼働—日本の競争力の強化に大きく貢献—」

【課題】

短期的な出口を明確にしたマテリアルの研究開発が半導体や電池等の各分野で強力に進められている一方で、将来の成果につながる、長期を見据えた幅広く横断的な基礎・基盤研究の支援は十分とは言い難い。社会実装までを見据えた、幅広く横断的な基礎・基盤研究については、我が国においては「元素戦略」の研究コンセプトのもと、2007年より開始された文部科学省「元素戦略プロジェクト〈産学官連携型〉」および経済産業省「希少金属代替材料開発プロジェクト」の府省連携施策を皮切りに、JST戦略的創造研究推進事業CREST「元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出」（2010～2017年度）、さきがけ「新物質科学と元素戦略」（2010～2016年度）、文部科学省「元素戦略プロジェクト〈研究拠点形成型〉」（2012～2021年度）」が進められ、重希土類を用いずに高温で高い保磁力を発現するネオジム磁石、希少元素を大幅に削減する排気ガス触媒、高性能なペロブスカイト発光ダイオードを実現する半導体材料、金属材料の強度に関する新たな指導原理、など多くの成果が創出された³⁹。アカデミアから産業界への橋渡しにより、社会実装につなげる成果を上げただけでなく、マテリアル分野横断的な共通的なコンセプトの下、シニアから若手まで重層的に研究開発が行われ、コミュニティの育成にも寄与した⁴⁰。

基礎・基盤研究の推進にあたっては、研究や技術の進展により、近年新たに取り扱うことが可能となった様々な知見を横断的に活用することが重要である。例えば、これまで、原子・分子からマクロ構造までを俯瞰したマルチスケールに渡る階層的構造の設計や、ダイナミクスに基づき材料の機能を制御した材料開発を行うことは困難であったが、近年では、計測、分析技術やシミュレーション技術が発展し、従来取り扱うことが難しかった空間・時間スケールで材料をとらえ、材料の構造や機能を理解することが可能となった。加えて、経験や暗黙知に大きく依存していた物質の合成・加工プロセスに関する科学的な理解も進んできたことなどが挙げられる。社会的要請の高い先端半導体をはじめとする種々の半導体デバイス・電子デバイスでは、原子サイズの領域に迫るナノサイズでの加工、制御、評価技術が必須となるなど、原子・分子レベルでの物質設計と機能制御は、世

³⁹ 2022年2月3日・4日、文部科学省元素戦略プロジェクト第5回シンポジウム、アブストラクトより

⁴⁰ 2022年11月24日、文部科学省、第11期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第8回）配布資料「元素戦略プロジェクト〈拠点形成型〉事後評価票」

界が直面する重要な課題へ対処する上で不可欠な技術である。米国「2021年版国家ナノテクノロジー・イニシアチブ戦略計画」においても、「ナノテクノロジー」や「ナノサイエンス」の発展は医療、食糧、水、エネルギー等諸問題の解決に貢献するものとして、重要性が再確認されている。

また、自律・自動実験の導入をはじめとしたAI技術やロボティクスを活用し、人力では困難な膨大な数の条件での高速な実験や、人間の認知限界・バイアスを越えた仮説探索・検証等を行い、従来とは質的に異なる科学的アプローチに挑戦することも有効である。また、カーボンニュートラルやサーキュラーエコノミー、ネイチャーポジティブなど社会課題に対応したマテリアルやシステムの開発や導入の検討にあたっては、例えば、環境負荷や影響を定量的に把握し低減するための設計・評価・管理に関するライフサイクルアセスメント（LCA）、物質ストック・フロー分析（MFAs）、産業連関分析（IOA）、各種フットプリントやラベリング等、技術・システム・仕組みの導入による効果の予測を可能とするシミュレーションなど幅広い検討が必要になる。情報科学はもとより、経済・社会・政治・文化・倫理までもを含めた、幅広い分野との異分野・多分野連携を進める必要がある。

基礎・基盤研究の成果として新しく開発された材料を社会実装に繋げ、新しい市場を創出していくことが重要である。マテリアル分野においては、他分野と比較してアカデミアの成果が産業界において活用されてはいるものの、研究成果として得られた優れた材料が必ずしも社会実装されるわけではない。そのため、新しく開発した材料が実用化に至る確率を上げるなど、社会実装を加速するための取組が必要である。

社会実装の加速にあたっては、プロセスサイエンスの構築による製造プロセスの最適化や新材料の製造プロセスの確立が有効である。Materealizeは、採択課題数が2件と少なく産学連携の窓口が限定的であったものの、プロセスサイエンスの構築や産学官からの相談先として機能するなどの成果を挙げている。現事業終了後の取組について検討する必要がある。

また、スタートアップや大学・研究機関発ベンチャーの増加や基礎・基盤研究の成果を応用研究や実用化に繋げるための橋渡し機能の強化等の取組が有効である。

さらに、革新的マテリアルの開発や長期を見据えた基礎・基盤研究において、計測、分析、合成・加工等の先端設備は不可欠なインフラである一方、個々の研究室や研究者が常に先端設備を導入し維持・運用することは困難である。先端設備の共用を行うARIMにおい

て、先端設備の整備・高度化や、これまで取り組んできた技術支援人材による利用支援を継続するなど、先端設備の最適な運用を実現する環境整備が必要である。また、計測、分析、合成・加工技術は、材料研究開発を支える我が国の強みであり、新たな材料を創出する上で材料研究開発と表裏一体で発展してきた技術であり、産学の研究者が協働で最先端機器の研究開発を進めることのできる環境が必要である。

【具体的な取組】

○革新的マテリアルの持続的創出に向けた取組（仮称）

国際情勢や社会が目まぐるしく変化し、マテリアルに対する要請が多様化する昨今の状況においては、長期的な視野から、社会課題・産業課題の解決に貢献するマテリアルについての重要課題を明確に予測することは極めて困難である。加えて、様々な目的に利用できることがマテリアルの本質であることに鑑みると、長期的には基礎・基盤研究の成果が、当初は想定されていなかった社会課題・産業課題の解決につながることも大いに期待される。短期的な出口を明確にしたマテリアル研究を進めることのみならず、将来の成果につながるような、長期を見据えた幅広く横断的な基礎・基盤研究を、不断の努力で強力に推進することが必要である。

「ナノテクノロジー」の重要性を再認識し、これまで取り扱うことが難しかった空間・時間スケールでの材料の構造や、機能、経験や暗黙知に大きく依存していた物質の合成・加工プロセス、自律・自動実験の導入をはじめとした AI 技術やロボティクスの活用等、これまでに得られた様々な知見を横断的に活用した、材料研究に横断的に共通して重要となる課題に取り組む。重層的な支援により若手を育成するとともに、既存の学術領域を超えた異分野・多分野連携によりサイロを打破し、マテリアル分野の発展が図られるような取組となるよう、引き続き具体的な検討を深める必要がある。

○社会実装の加速に向けた取組

社会実装の加速において、プロセスサイエンスの構築は不可欠である。「社会に出るものづくり」のための学理的理論、評価分析技術、プロセスデータ基盤、ノウハウ・知財を蓄積した産官学協働活動の継続が必要である。

物質・材料研究に特化した国立研究開発法人であるNIMSや大学等において、産学によるプラットフォームやコンソーシアムの構築・活用、先端設備の整備・高度化を図り共有化を促進することなどにより、アカデミアから産業界への基礎・基盤研究の成果の橋渡し機能を強化する。

スタートアップについては、令和5年度から戦略的イノベーション創造事業（SIP）第3期で「マテリアルイノベーションエコシステム事業」が開始され、マテリアルユニコーンを創出するためのエコシステムの構築に取り組んでいる⁴¹。スタートアップは研究成果の社会実装の手段としてみならず、研究者が基礎研究に集中する手段としても、また学生がスタートアップに参加するなど、人材育成の手段としても有効である。引き続き府省連携で取り組むことが必要である。

○先端設備の整備・高度化に向けた取組

革新的マテリアル開発のための基礎・基盤研究やスタートアップ等による研究開発を支えるために、先端設備の共用を行うARIMにおいて、先端設備の整備・高度化や、これまで取り組んできた技術支援人材による利用支援を継続するなど、先端設備の最適な運用を実現する環境整備が必要である。

また、計測、分析、合成・加工技術は、材料研究開発を支える我が国の強みであり、新たな材料を創出する上で材料研究開発と表裏一体で発展してきた技術である。産学の研究者が協働で最先端機器の研究開発を進めることのできる環境が必要である。ARIMの設備共用の場が、産学の研究者が協働で最先端機器の研究開発を行う場としても機能するなど、高度化に向けた機能拡大が期待される。

⁴¹ 2023年9月14日、内閣府、マテリアル事業化イノベーション・育成エコシステムの構築推進委員会（第2回）配布資料「SIP第3期「マテリアル事業化イノベーション・育成エコシステムの構築」について」

(3) 研究開発力の強化（人材育成、国際連携等）

【現状認識】

マテリアル分野の研究開発に対する期待や重要性が高まる一方、依然として、我が国のマテリアル分野の研究力は、他国の著しい進展に対して相対的に低下傾向にあり、関連の学会員数も減少している⁴²。

国際競争力を維持・強化するためには、国内外から優秀な人材を確保することが必要であるが、研究人口やマテリアル分野の研究開発を志す博士課程の学生の減少等⁴³を背景に、困難な状況が続いており、我が国の強みである技術の継承が困難な状況となりつつある。

また、研究者が創造力を最大限に発揮するために必要な研究費、研究時間⁴⁴、研究開発に関わる先端設備を扱う研究支援人材の不足⁴⁵が指摘されている。

⁴² JST 研究開発戦略センター「研究開発の俯瞰報告書 2024」によると、2007 年から 2024 年にかけて、日本化学会員数は約 30%、日本物理学会員は約 18%低下するなど、マテリアル分野における学会員数は減少傾向にある。

⁴³ 文部科学省 科学技術・学術政策研究所、「科学技術指標 2023」によると、マテリアルと関連の深い理学・工学分野における、修士課程修了後に博士課程に進学する学生の人数は、2004 年をピークに、2023 年までの間に約 32%低下している。また、文部科学省科学技術・学術政策研究所、科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2023）において、「Q105：望ましい能力をもち博士後期課程を目指す人材の数は、十分だと思いますか。」の質問に対して、多くの属性において著しく不十分との認識が示されている。⁴⁴ 文部科学省「令和 5 年度大学等におけるフルタイム換算データに関する調査におけるフルタイム換算データに関する調査」によると、大学等教員の職務活動時間割合の推移において、研究時間の割合が、平成 14 年の 46.5%から令和 5 年には 32.1%まで低下したことが示されている。また、文部科学省科学技術・学術政策研究所、科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2023）において、大学教員の約 8 割が研究時間の不足を認識していることが示されている。

⁴⁴ 文部科学省「令和 5 年度大学等におけるフルタイム換算データに関する調査におけるフルタイム換算データに関する調査」によると、大学等教員の職務活動時間割合の推移において、研究時間の割合が、平成 14 年の 46.5%から令和 5 年には 32.1%まで低下したことが示されている。また、文部科学省科学技術・学術政策研究所、科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2023）において、大学教員の約 8 割が研究時間の不足を認識していることが示されている。

⁴⁵ 文部科学省「令和 4 年度版 科学技術要覧」によると、研究者一人当たりの研究支援人材数は、例えば中国が 1.29、ドイツが 0.63 である一方、我が国は 0.26 であり、主要国に比べて低い水準にある。

⁴⁵ 文部科学省「令和 4 年度版 科学技術要覧」によると、研究者一人当たりの研究支援人材数は、例えば中国が 1.29、ドイツが 0.63 である一方、我が国は 0.26 であり、主要国に比べて低い水準にある。

研究人材の確保においては、研究評価の在り方にも課題がある。例えば、共用装置の技術支援やデータ基盤の整備といった、マテリアルDXプラットフォームの推進に不可欠な業務は、現在の研究者の評価において十分適正に評価されているとは言い難く、必要な人材の確保を困難にしている一因となっている⁴⁶。また、研究支援人材に関しては、産学共同研究をコーディネートする人材など、技術者以外の支援人材の確保も重要である。

優れた研究成果の創出には、良好な研究環境や処遇が不可欠である。我が国は様々な研究推進事業や人材育成事業を実施してきた。研究開発においては戦略的創造研究推進事業（さきがけ、CREST、創発、ERATOなど）などを通して、人材育成及びシーズ創出へ取り組み、多数のイノベーションが生み出されている。人材育成については、特に優秀な博士後期課程学生への経済的支援の強化や、博士人材の多様なキャリアパス整備など、処遇向上と研究環境確保に取り組んでいる⁴⁷。

マテリアルDXプラットフォームはデータ駆動型研究の普及だけではなく我が国の研究開発力の強化や人材育成の場としても貢献してきた。ARIMIにおいては、質の高い研究開発を担保するために約400名の技術支援人材が先端設備の利用を支援しており、若手研究者やスタートアップ企業等が研究に必要な先端設備を利用することで、我が国の研究開

⁴⁶ 文部科学省科学技術・学術政策研究所，科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2023）において、「Q112：研究者の業績評価において、論文のみでなく様々な観点（書籍の出版、教育、社会貢献等）からの評価が十分に行われていると思いますか。」および「Q113：業績評価の結果を踏まえた研究者への処遇（給与への反映、職位・職種への反映、研究環境の改善、サバティカルの付与等）が十分に行われていると思いますか。」の質問に対して、前者は概して十分であるとの認識が示されている一方、後者は不十分と認識されていることが示されている。

⁴⁷ 文部科学省科学技術・学術政策研究所，科学技術の状況に係る総合的意識調査（NISTEP 定点調査 2023）において、「Q106：望ましい能力を持つ人材が博士後期課程を目指すための環境の整備は十分だと思いませんか。」および「Q107：博士号取得者がアカデミックな研究職以外の進路も含む多様なキャリアパスを選択できる環境の整備に向けての取組は十分だと思いませんか。」に対して、2022年度から十分度を上げた理由として、「博士後期課程学生を対象とした経済的支援（JST SPRING等の政策プログラム及び学内の独自プログラムを含む）が充実してきたため」、「多様なキャリア形成のための講義やイベントを実施している」といった意見が多く見られたことが述べられている。

発力を強化するための人材育成の場として貢献している⁴⁸。また研究支援人材の職能制度を導入し、キャリアパス形成に努めている。DxMTでは、データ駆動型研究開発に関するセミナーやシンポジウムを通じ、人材育成にも取り組んできている。一方で、蓄積されたデータを活用するためのデジタル人材の不足やデータ駆動型研究の裾野を広げ成果創出するための多様な人材の不足が、マテリアルDXプラットフォームの進捗によって、更に明らかとなってきている。

また、各国が国際協力の重要性を認識し、研究の国際化が進む中において、我が国では、国際共著論文の割合が他国より低いことや、研究人材の流動性が低いこと、主要な国際会議において日本人の招待講演者やセッションオーガナイザーが減少傾向にあることなど⁴⁹、国際的な研究コミュニティでの我が国の存在感の低下が指摘されている。

【課題】

幅広い社会課題・産業課題の解決につながる分野横断的な基盤であるマテリアル分野における研究開発力の低下は、我が国の研究開発及び産業における国際競争力の低下に大きな影響を与えることから喫緊の課題である。

研究開発力の向上には、大学や国研における基礎基盤研究の強化や、優秀な国内外の人材を我が国に引き付ける取組、マテリアル分野を志す学生・若手研究者の育成が必要である。

優秀な人材確保においては、研究者・研究人材の処遇改善、魅力的な研究環境の整備、研究者が想像力を最大限に発揮するために必要な時間を確保するための対策、国際的な活動（国際会議の委員、インターなども含む）や人材育成なども評価されるような、

⁴⁸ 2024年1月、文部科学省第12期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第3回）配布資料「マテリアル先端リサーチインフラ（ARIM）」中間評価票」

⁴⁹ 例えば、幅広い分野の材料研究者が集まる Materials Research Society の国際会議（2023 MRS Spring Meeting & Exhibit では8日間で4,000件を超えるプレゼンテーションが実施された）では、日本人のセッションオーガナイザーの人数が他国に比べて相対的に減少傾向にある。半導体関連のトップ研究者が集まる IEEE の国際会議、International Electron Devices Meeting（IEDM）では、日本人の招待講演者が2015年頃に比べて近年では半数以下に減少している（学会ウェブサイトの情報を元に CRDS で集計）。

論文数等の数値指標に偏重しない評価制度、産学官が連携したキャリアパスの形成、安定した雇用環境の整備が急務である。

研究評価については、雑誌ベースの数量的指標に偏重せず、多様な活動が評価されるための取組が必要である。国際的には、雑誌ベースの数量的指標が、個々の論文の質や研究の多様な側面における質を示すことができないことから、論文（特にインパクトファクター）に偏重しない評価導入を進める議論がなされている⁵⁰。我が国においてもJST、東大などが「研究評価に関するサンフランシスコ宣言（DORA）」に署名⁵¹するなど、研究者本来の活動に焦点をあて、研究開発を公平に評価するための取組が進んでいる。研究者本来の活動に焦点をあて、研究開発を公平に評価するための取組を推進することが必要である。

研究開発における国際的なプレゼンス低下は、国際的なコミュニティへの影響力の低下や研究交流によるイノベーション創出の機会の低下をもたらす。大学や研究機関において、若手も含めた研究者の国際的な活動（国際会議の委員、リーダーなど）が適切に評価されることが期待される。

また、多様なアイデアによる価値を創出する上では、優秀な留学生や外国人研究者、女性研究者を含めた多様な技術的・文化的な背景をもった人材の確保に向けた取組も必要である。

【取組の方向性】

○優秀な人材育成・確保に向けた取組

マテリアル分野における国際競争力を高めるためには、国内外から優秀な人材を確保することが必要である。大型研究施設も含め、国研や大学等における魅力的な研究環境

⁵⁰ 「研究評価に関するサンフランシスコ宣言（DORA）」は、ジャーナルインパクトファクターに頼らない研究評価を目指した一連の勧告として、2012年の米国細胞生物学会の年次総会において公表され、2024年5月時点で2,500件を超える組織と個人の署名を集めている。DORAの2023-2026戦略計画では、研究評価改革のための具体的方策の策定の加速を目指している。

⁵¹ 2023年12月1日に東京大学が、4月11日にJSTが「研究評価に関するサンフランシスコ宣言（DORA）」に署名したことを公表した。

の整備や、研究者・研究支援者の処遇改善、若手研究者の育成、外国人研究者や女性研究者を含む多様な研究人材確保に継続的に取り組む。

マテリアル研究の発展には、関わる人材の裾野拡大が重要であり、学生や若手研究者等を対象としたマテリアル分野の魅力の発信や研修等の取組を強化する。

マテリアルDXプラットフォームの推進には、研究のみならず、従来の研究評価指標では十分適正に評価されていない、装置共用にかかる技術支援やデータ基盤の整備、マテリアル分野の裾野を広げる活動など多様な取り組みが重要であることを踏まえ、こうした活動の支援・適正な評価に取り組む。

研究支援人材については、マテリアルDXプラットフォームのARIM事業において推進されている研究支援に係る資格制度等、研究支援人材のキャリアパスの充実化を図る取組を、マテリアル分野における人材育成・確保のモデルケースとして強化する。

○国際的なプレゼンスの強化と戦略的な国際共同研究の推進

大学や国研において、国際的に「目に見える」拠点を形成するとともに、先端国際共同研究推進事業（ASPIRE）などの国際交流・共同研究事業の積極的な活用により、マテリアル分野において国際頭脳循環を加速させ、国際的なトップ研究コミュニティへの参画を促し、世界で活躍できる人材を育成する。

国際的に「目に見える」拠点の形成においては、戦略的な国際共同研究の推進が重要である。我が国の強み弱みを分析した上で、連携分野を戦略的にかつ研究現場が望む形で検討すべきである。

3. まとめ

(現時点では仮の記載)

マテリアル革新力強化戦略に基づき進めてきたこれまでの取組の重要性を改めて認識し、継続して発展させるとともに、我が国の強みである高品質なデータ、計測、分析、加工・合成技術等を生かし、長期を見据えた横断的な基礎・基盤研究、研究者のポテンシャルが最大限発揮できる研究環境・処遇の改善、世界で活躍できる人材の育成、戦略的な国際連携に取り組むことが必要である。