

エグゼクティブサマリー

先端材料およびデバイス技術は、様々な分野で私たちの生活を支えている。これらの技術は、スマートフォン、自動車、ロボット、通信などにおいて情報処理機能・通信機能の中核を担うとともに、カーボンニュートラル実現に向けて太陽電池、蓄電池、パワー半導体、磁石・磁性材料、水やCO₂の電気分解セルや分離膜などの各種デバイス・素材に貢献する。また、ヘルスケア・医療の分野では、COVID-19感染症ウイルスのmRNAワクチンなどのナノ医薬、早期診断や生体情報モニタリングに用いられる高感度センサーデバイス、がん・脳疾患などの予防・診断・治療用の機器・素材などに用いられている。

近年の世界情勢で特に本文野と大きな関わりを持つものが、米中の技術覇権争い、COVID-19パンデミック、ロシアによるウクライナ侵攻などに起因するグローバルサプライチェーンの変動である。これらの事象により「それを作るのに最も適した場所で生産することが、全体の効率を上げるのに最適である」とのグローバルサプライチェーンの前提を根本から見直さなければならなくなった。それを受け各国は、経済安全保障の最重要課題として、供給元が限られていて将来にチョークポイントとなりうる資源や工業製品のリストアップ、重要技術の国内生産回帰などの対応の検討を進めている。90年代の冷戦終結後から、一貫して進展してきたWorld-Wideでオープンな経済圏に向かう動きに陰りが生じ、自国第一主義や保護主義の台頭、経済的なデカップリングの懸念などが生じている。こうした動きは経済のみならず、アカデミアの先端科学研究へも影響を及ぼす兆候が見え始めている。これらの実現には、極小スケールで物質の構造観察・制御・加工を行うナノテクノロジーが不可欠となっている。

一方で、もう一つの本分野に関連する大きな国際的な因子としてSDGsに向けた科学技術・イノベーションへの期待がある。気候変動、水・衛生、エネルギーなどの諸課題を前に、特に世界的な気温上昇を抑えるための目標である2050年カーボンニュートラルの実現には、CO₂排出量削減のための再生可能エネルギー利用技術や省電力技術、CO₂捕捉・利用技術、素材の利用効率を改善する技術やリサイクル・リユース技術などに加えて、産業界において確立され最適化済みと考えられていた生産技術の再検討も必要となる。古くから研究開発が行われてきた分野でブレークスルーを起こすためには、材料や生産プロセスの面で原理レベルでの刷新が必要な場合もあり、その研究開発には緊密な国際協力が欠かせない。

こうした競争と協調が併存する難しい情勢の中で、日本もまた両面に対応した政策を取っている。現在、2050年カーボンニュートラルに向けて、グリーン成長戦略にもとづいた研究開発、マテリアル革新力強化戦略の元で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を構築する「マテリアルDXプラットフォーム」、量子技術イノベーション戦略の将来像「量子未来社会ビジョン」に向けた研究開発などの主要施策が精力的に進行されている。これらはわが国が抱える諸課題や、国際社会共通の目標への貢献、経済安全保障など、様々な側面に対応すべく実施されている。また、最近特に注目されるのは、日本の先端半導体プロセス開発を再起動させようとする取り組みである。半導体・デジタル産業戦略に基づき、半導体製造の前工程・後工程、製造装置、材料開発の全方位に対して積極的な研究開発投資を行うとともに、国内への海外企業の工場・研究所誘致や、国内に工場を持つ企業への開発費支援策なども加わり、国内半導体産業の再興・活性化を目指している。

世界の研究開発動向として進展が著しいのは、蓄電デバイスや水電解などのエネルギー関連、mRNAナノ医薬などのヘルスケア・医療関連、先端半導体・脳型チップなどのエレクトロニクス関連、量子コンピューティング、トポロジカル材料などのエマージング技術、データ駆動型材料設計など先端材料科学の方法論刷新に関する動きなどである。諸外国では、将来の科学技術・イノベーションにおける自国の存在感と競争力の確保を目的として、これらの分野への注力と技術の発展が目立つ。

日本の研究開発の現状と課題は、これまで強みとしてきたエネルギー材料、電子材料、複合材料などの材

料設計・製造や、精密機械・計測・分析・評価・加工技術などで産業的な競争力を保持している半面、先端科学技術の基礎研究上の強みを、国際的に競争力を持つビジネスへ十分に活かすことができていない点にある。これは産学連携による技術の受け渡しや、中長期のイノベーションエコシステム構築に課題があるためといえる。また、専門人材の不足に対応した人材育成プログラムの充実や、次世代人材のキャリアパスへの不安解消など、様々な対策が求められている。その上で、各国が投資を強化している量子技術、データ駆動型材料開発、水素/カーボンニュートラル関連技術、バイオテクノロジーの革新に向けた医工連携、などに一層注力していく必要がある。

本報告書では、以上の国内外の社会・経済および研究開発の動向と日本の課題を俯瞰的に調査・分析した。調査にあたっては本分野を第二章に記載する7つの区分・29の研究開発領域として捉えて分析をおこない、その上で今後の方向性を検討した。それらの結果、以下に示すような、わが国として今後重要となる12の研究開発を新たに特定した。

12の研究開発

1. 先進半導体材料・デバイス技術、2. 量子特有の性質の操作、制御、活用、3. 電気-物質エネルギー高度変換技術、4. マルチスケール熱制御技術、5. 資源循環と炭素循環を両立する材料技術、6. 生体適合性の拡張的理解と制御、7. 生物機能を活かすハイブリッド材料、8. ナノスケール高機能材料、9. 極限環境下の高信頼性材料、10. マテリアルDX基盤技術、11. オペランド・マルチモーダル計測、12. 新物質・新材料の戦略的ガバナンス

これらの検討に際しては、今後わが国として特に重要になると考えられる研究開発の方向性や内容を提示するものとして次の3つの観点「社会の変化がもたらす新たな科学技術への要請」、「科学技術の新たな潮流出現に伴う戦略的投資の必要性」、「日本の産業競争力と国家安全保障の観点で重要な技術の確保」を考慮した。これらの詳細は1.3.3に記載している。