

4. 4 ナノテクノロジー・材料分野の現状分析と対応方針

ナノテクノロジー・材料分野は、新物質の発見、新機能の発現等、様々な研究開発領域で発展を遂げてきた。本分野の技術は、あらゆる科学技術分野の基盤をなす技術として、科学技術の進歩や課題解決に貢献し、産業の振興や豊かな暮らし、安全・安心で快適な社会などを実現する重要な技術シーズとして期待されている。

現在のような厳しい経済状況の中で、日本の経済・産業を活性化させるためにも、この分野を推進し、世界に通用する技術の創出を図る事が重要である。特に、世界的に関心が高まっている環境・エネルギー問題や資源問題の解決、そして、高度な医療システムに支えられた日本国民の健康社会の構築に向け、基盤技術としてのナノテクノロジー・材料技術の役割は一段と増している。

本分野をとりまく近年の情勢の変化、我が国が抱える課題や問題点、これらの解決に向けての対応方針を以下にまとめる。

(1) 近年の情勢

(i) グローバル課題

現在、地球温暖化問題、環境・エネルギー問題、資源問題について、全世界的に関心が高まっている。このような背景のもと、これらのグローバル課題を解決する具体的な手段として、新世代の太陽電池等の再生可能エネルギー技術、省エネルギーのための輸送機械部材の軽量化、希少資源の節約・代替技術、高機能触媒材料、浄化用フィルターなどに向けての取り組みが、世界各国で本格化しており、ナノテクノロジー・材料技術によるブレークスルーへの期待が高まっている。

例えば、DOE(米国エネルギー省)が、約10年もの期間を費やして、エネルギー問題を解決すべく選択した研究課題の多くが、ナノテクノロジーに属するものであり、米国における課題解決型基礎技術としてのナノテクノロジーへの高い期待が伺える。

また、国内においても、政府が「温室効果ガス25%削減」による地球温暖化課題への取り組みを世界に宣言したことや、「新成長戦略」におけるグリーンイノベーション政策では、環境・エネルギー問題、ライフイノベーション政策では、医療、健康、QOL向上等の課題を取り上げたこと等から、これらを解決する革新的科学技術の基盤技術として、ナノテクノロジー・材料技術へ寄せる期待は一層大きなものとなっている。

(ii) 諸外国の動向

金融破綻による世界同時不況の反省から、実体経済を成長の原点に据える考え方が広まったこと、ナノテクノロジー・材料技術の商業化や、環境・エネルギー分野への貢献を期待していることもあり、ナノテクノロジー主要国の研究開発予算は懸念された程縮減されなかった。

米国の2009年度のナノテクノロジー関連の予算は、18億ドル(約1800億円)であり、2010年度、2011年度は(要求ベースで)17億5000万ドルと、前年度並の研究開発費を維持しており、EU諸国も、政府投資によるナノテクノロジーの継続強化を図っている。米欧に加え、中国、韓国、台湾、シンガポールでもナノテクノロジーを強化、さらにはインド、ロシアで新たなナノテクノロジー国家戦略が開始されるなど、ナノテクノロジーの産業化へ向けた国際競争の激化が進んでいる。

また、世界各国で研究拠点の形成が推進されている。例えば、米国、EU、韓国、台湾では、政府によるナノテクノロジー投資額の 1 割以上を共用施設ネットワーク・拠点形成に集中投資している。中国では、最近、中国科学院の化学研究所でナノバイオテクノロジーの 5 年プロジェクトがスタートし、蘇州にバイオベイという国際ベンチャー拠点が形成されつつある。また、シンガポールにおいても、バイオポリス（バイオメディカル研究開発拠点）、フュージョノポリス（バイオ分野以外の理工学研究開発拠点）等の研究拠点が次々に整備され、国家主導のもとで、ナノテクノロジー強化が進められている。

世界のナノテクノロジー主要国で拠点が形成される中、日本においても、2009 年 6 月に、世界的なナノテクノロジー・イノベーション拠点形成を目指し「つくばイノベーションアリーナ構想(TIA nano)」を産学官で共同宣言した。TIA nano は、共通基盤インフラを利用した世界的な新事業の創出、産学官の組織の壁を越えた結集・融合、国内外の連携力の強化、次世代人材育成などを目的としたナノテクノロジー研究拠点であり、研究独法（産業技術総合研究所、物質・材料研究機構）、大学（筑波大学等）、経団連（企業等）から形成され、2010 年度内に本格始動する予定である。

(iii) 日本の動向

ナノテクノロジー・材料分野における研究開発予算は、第 3 期科学技術基本計画の初年度（平成 18 年度）762 億円から平成 22 年度の 759 億円と推移し、5 年間の累計額は、4053 億円となっている。平成 21 年度には、定置用燃料電池の商品化への貢献をはじめ、触媒技術、超伝導技術、医療技術等において、実用化・産業化に向けた研究成果や新たな科学的知見が得られた。

ナノテクノロジー・材料分野は、政府予算額に対する上位 1%論文数と特許出願数が、重点 4 分野の中でトップであり、費用対効果の優れた分野であるといえる（JST-CRDS 資料, CRDS-FY2009-SP-07 参照）。また、日本は米国、韓国、ドイツと並び、ナノテクノロジー・材料分野では卓越した国と位置付けられており（Lux Research による調査結果）、世界から高く評価されている。しかし、JST 研究開発戦略センターの調査によると、2001 年以降、国際特許のシェアが下落傾向にあり、2007 年は首位を維持しているものの、そのシェアは 40%を下回っている。また、上位 1%の論文シェアも中国が急速に伸びているのに対して日本は低下傾向にある。加えて、2010 年国際ナノテクノロジー総合展・技術会議（nanotech2010）でのエレクトロニクス企業出展数の減少や、参加者の減少（10%減）、ナノテクノロジー関係の報道数の減少など、懸念される傾向もある。

このような状況の中、2009 年 7 月に基礎研究から出口を見据えた研究開発まで、様々な分野及びステージを対象とした先端的研究を推進する「最先端研究開発支援プログラム」が創設された。5 年で総額 1000 億円と従来にない大規模なプログラムであり、申請数 565 の中から 30 課題が選択された。採択課題を分析すると、その半数以上がナノテクノロジー・材料技術関連のテーマであり、例えば、日本発で現在世界的なブームとなっている鉄系超伝導体や、「新成長戦略」におけるライフイノベーション政策に直接貢献可能なナノバイオテクノロジーに関する研究等が含まれている。ナノテクノロジー・材料技術の重要性と、それへの期待感がこの結果に反映されている。

また、世界トップレベルのナノテクノロジー基盤技術整備に向けて、X 線自由電

子レーザー（XFEL）、SPring-8、J-PARC 等への投資も継続されている。特に XFEL は国家基幹技術として位置づけられ、従来の方法では実現不可能な分析を可能にする放射光とレーザーの特徴を併せ持つ光として、大きな期待が寄せられている。

日本の国際標準化活動に関しては、一般的には海外の規格が標準となっている場合が多く見受けられるが、ナノテクノロジー分野では、基盤的な技術の標準化活動が進行中の段階である。現在、日本がイニシアチブを取るべく、ISO/TC229（国際標準化機構/ナノテクノロジー分野専門委員会）、IEC/TC113（国際電気標準会議/電子・電子分野の製品及びシステムのナノテクノロジー専門委員会）等に積極的に貢献している状況である。

また、ナノ物質の環境や人体への影響も指摘されるようになってきており、社会の理解を促進するための社会受容活動の必要性が国際的に増してきている。これらの問題に取り組む国際機関である OECD（経済協力開発機構）や ISO 等が行う安全性評価や試験方法等の標準化には、日本も積極的に協力している。経済産業省のプロジェクトにおいて、2009 年 12 月には TiO_2 、 C_{60} 、カーボンナノチューブのリスク評価の中間報告書を世界で初めて公表している。

（２）現状における課題や問題点

（i）グローバル課題

地球温暖化、環境・エネルギー問題、資源問題などのグローバル課題に対して、ナノテクノロジー・材料がその解決の鍵を握っている。我が国が持つ最先端の技術を駆使し、例えば、電池材料や低消費電力デバイス、希少資源代替技術等により、幅広くナノテクノロジー・材料技術をこれらの課題に適用していくことが重要である。

「新成長戦略」で掲げられた「グリーンイノベーション」、「ライフイノベーション」施策においても、先端科学技術を開発し、その成果を素早く実用化していくためのロードマップ策定と実行体制が必要である。ナノテクノロジー・材料技術がどのような範囲をカバーし、どのようなプロセスでイノベーションを産み出すのか、施策課題の解決に貢献していくナノテクノロジー・材料技術の位置付けが課題となる。

その際、具体的なグローバル課題解決のために、個々のナノテクノロジー・材料技術が各施策に独立に貼り付けられると、これまで培ってきたナノテクノロジー・材料分野の各領域間を結ぶ学術・技術ネットワークが分断され、かつ、各施策の下で、類似のナノテクノロジー・材料研究が重複して行われる無駄が生じる可能性があることに注意しなければならない。

これまで蓄積してきたナノテクノロジー・材料技術の資産を継承し、現在直面している問題解決だけでなく、将来のグローバル課題に対応し得る基礎基盤技術として、世界をリードしている日本のナノテクノロジー・材料技術をさらに強化していくことも視野に入れたシステムの構築が重要である。

（ii）産業競争力強化/実用化への課題

日本では、基礎研究機関の研究成果を産業界の応用研究へとつなぐ橋渡しが必ずしも効率的にできていないため、独創的な要素技術や、材料・デバイスなどが産み出されても効率良く次のステージにつなげられず、素早く産業化して新規市場を創出することができないという指摘がある。

また、基礎研究の発展段階においても、2008 年に日本で発見された鉄系層状超伝導体の周辺物質に関連する特許が、発表後即座に中国に押さえられてしまった事例がある。マンパワーに勝る中国のような研究開発力に対する戦略策定は喫緊の重要課題である。

一方、ナノバイオテクノロジー領域においては、医薬・医療機器の評価や審査などの体制が欧米に比して整っていないために、研究成果を日本で事業化しにくいという問題もある。隘路となる制度的欠陥の改善や事業化加速のための新たな制度設計などを含め、国内の研究開発力維持・向上に向けて、具体的な方策を見出すことが課題である。

国際的な産業競争力の確保のためには、技術の迅速な国際標準化が必須である。基礎研究、応用研究をとおして得られた新しいナノテクノロジー・材料技術や、それを利用して作られた新材料・新デバイスが、最後の出口で国際基準とマッチせず、日本で使いにくい、または、海外で使われにくいという問題が、医療機器分野、情報通信分野などで顕在化している。今後、日本の技術を積極的に世界標準として確立していくための体制整備が課題である。同時に、新規ナノ材料に関するリスクガバナンスを含む社会受容活動は産業化に向けて必要不可欠である。社会受容活動と、ナノテクノロジー・材料開発研究の連携を強め、横断的融合研究を推進することが必要である。

(iii) 拠点形成・人材育成・産学官連携

日本の拠点においては、独創的な成果を創出しているものの、諸外国に比べ、その規模が小さく、拠点間のネットワークが弱い。インフラの共用と人材交流については、さらなる強化が必要である。また、複数のプロジェクトにまたがる共用装置の開発・運用等における予算管理が難しく、スムーズな拠点運営ができていない場合も見受けられる。特に複数の技術の融合が不可欠な技術開発においては、より規模の大きな研究開発拠点を形成し、それらを活用して効率を上げることが重要である。

世界に通用する人材の育成のためには、研究の場を大学のみならず研究開発拠点にも拡充して人材・知識の交流促進や、産学官の連携により研究成果の実用化を視野にいたした研究の推進が必要である。

(3) 対応方針

(i) グローバル課題

環境・エネルギー問題、資源問題等に関しては、我が国が持つ省エネ材料技術、燃料電池技術、太陽電池等のエネルギー技術、元素戦略等の省資源技術の一層の高度化を図りつつ、各要素技術で達成可能な数値目標、達成時期などを具体的に掲げることが必要である。

その際に、現在及び将来の課題解決に向けた視点からだけでなく、そのために研究開発された新技術や新材料が有する国際競争力、経済効果、市場規模等も同時に視野に入れて戦略を立てることが重要である。例えば、産業の国際競争力の強化や雇用創出などを視野に入れた産業構造ビジョンのあり方などの議論を踏まえ、我が国が優位性をもつ各種技術を推進するための基盤技術として、ナノテクノロジー・材料研究開発を一層強化することは有効である。

グローバル課題やこれらの社会的課題、さらに将来の課題の解決に向け、基盤と

なる基礎科学・技術を有機的に結ぶプラットフォームとして、ナノテクノロジー・材料技術を位置付け、さらに強化していくことが重要である。

(ii) 産業競争力強化/実用化

基礎研究の成果を産業応用に素早く展開できない問題への対応としては、基礎研究を始める段階で目標の設定や展開シナリオの作成を産学官で行い、その成果がどのような形で急伸するか予測すること、そして、応用研究段階でマネジメント力を強化し PDCA サイクルを速く回転させることが重要である。前者については、今後伸びる研究分野であるか、そのためのインフラ整備が十分であるか等、いくつかの基準を決めてベンチマークをとることや、デルファイ調査等を利用し、客観的に各要素技術の達成時期と競争力を俯瞰すること、同時に、研究成果の企業に向けた積極的な情報開示を行うことが有効である。そのためには、基礎（大学）と応用（企業）を結びつける専属のコーディネータの強化、ワンストップサービスの創設が望まれる。後者に関しては、日本発の材料や技術のイニシアチブを他国に獲られてしまわないように、関連する研究分野の競争力評価も同時に行い、これらの調査結果を応用開発段階における PDCA サイクルにフィードバックすることも有効である。また、ナノ材料、ナノデバイスの実用化にあたっては、それがもつ機能・特性以外に、大量合成、大面積化、連続生産性向上などの、ナノスケールからミクロン、あるいはメータースケールへつなぐスケールアップ技術の強化も行っておく必要がある。

革新的な研究技術開発を行うためには、ロードマップ上に描くことの可能な出口志向の研究による成果だけでなく、想定されていなかったような研究成果や、原理探求型基礎研究の成果も利用することが重要である。特に、新しく創出されたこれまでにない物質や現象についての基礎研究は、弾力的な予算措置体制でサポートし、速やかに進展させるべきである。その一方で、出口志向の研究を同時に行っておくことも重要である。ニーズの視点で、基礎研究から創出される様々な研究成果を眺めておくことで、シーズとニーズのマッチングを迅速に行うことができるからである。シーズ指向の研究とニーズ指向の研究をバランスよく支援することが肝要である。

喫緊の課題として挙げたマンパワーを持つ中国の研究開発力への対策については、当該分野への予算措置等のサポート強化による競争という形だけではなく、うまく連携をすることで、アジア全体のイニシアチブをとりつつ、欧米と対抗していくという視点も重要である。日本が出遅れている医薬・医療市場については、新たな市場をナノバイオテク・医療技術で開拓し、その分野を牽引することが重要である。例えば、DDS 技術の更なる進歩により、従来は副作用が強いという理由でスクリーニングされていた効能のある医薬品候補が、DDS 用医薬品として生まれかわり、新たな医薬品市場が創出される可能性がある。国内企業の産業競争力の源である研究開発力維持・向上のためには、規制改革・制度改革を含めた包括的な取組みが望まれる。

国際標準化の問題に関しては、各技術において主に欧米主導の国際標準化が進められている状況の中、我が国が政府主導で、日本発の規格（JIS 規格等）や、勢いを増すアジア諸国（中国や韓国など）と協力して作成したアジアの基準等を、世界標準にすべく活動を行うことで対処する。特に、全ての技術の基準になりうる、計測・評価の標準化のイニシアチブを獲っていくことや、材料・ナノデバイスの標準

化が日本に不利にならないように積極的に関連組織に働きかける等の活動が重要である。こうした働きかけにより、国内外で日本の技術や製品を扱いやすくすることが可能となり、当該分野での日本のプレゼンスを引き上げていくことができる。

ナノ材料の社会受容の取り組みは、国際的にも始まってから間もないことから、国内外の情報収集、及び国際的な関連組織との連携は非常に重要となってくる。このため、情報共有の効率性、重複排除の観点からも、関係府省での共通認識を持つておくことが重要であり、後述のナノテクノロジー拠点の効率的な利用が必要である。

(iii) 拠点形成・人材育成・産学官連携

ナノテクノロジー主要国が推進する拠点の形成に関しては、日本国内においても海外の大型拠点に匹敵する存在感のある拠点を複数形成し、オールジャパンとして、国内拠点同士のネットワーク化や海外研究拠点との連携を図ることで対応していくことが重要である。そのためには、真の省庁連携や産学官連携が不可欠である。

現時点において、米国のオーバニー、欧州の IMEC（大学間マイクロエレクトロニクスセンター）のような世界拠点と比較して、日本の拠点は、人材や規模が一桁近く低い状況にある。しかし、日本の拠点においては、とりわけ、企業や外部研究者を集め、得られた成果を、参画者に還元することで、さらに拠点に新たな企業や外部研究者が集まるような循環体制を作ることが重要であり、その循環が可能な規模を、最初の適正な規模として目指すべきである。そのためには、世界のナノテクノロジー拠点との協力・連携と同時に、差別化を図り、国内外の卓越した企業や研究者を惹きつけられるような環境の整備、すなわち、特徴のある運営体制の構築やプログラムの提供、異分野・産学独・内外の研究者が物理的空間を共有して融合・連携を加速する場の設置、異なるプロジェクト予算の一括管理体制等の構築などを行い、拠点全体として戦略的な運営を行うことが重要である。

例えば、最先端の計測・製造装置の共用や、それらを用いた共同研究を支援するナノテクノロジー・ネットワーク等では、諸外国の類似施設の状況を把握しながら、より永続的なシステムの構築に向けた検討を行う必要がある。また、ナノバイオ等の既存の拠点や、2010 年度につくばにおいて立ち上げられた TIA nano 等を、世界トップレベルの開かれた拠点として成長させ、主要企業・大学との連携や、ナノテクノロジー・材料研究成果の産業化、世界に通用する人材育成等を推進することも重要である。大学においても、拠点などを利用した産業界のニーズに合致した博士課程のカリキュラムの適切な設定や、産業界による新たな奨学金制度の仕組み等を構築することで、次世代を担う広い視野をもった人材を育成することが望ましい。

ナノテクノロジー・材料技術は、グローバルな課題のみならず、基盤技術として様々な分野に貢献することの出来る技術である。日本のナノテクノロジー・材料技術は、世界との比較において、まだ優位性を保っている。しかし、欧米に加え、中国、韓国、シンガポール等のアジア諸国、インドやロシアなどの国々が、この分野への大幅な研究開発投資をしており、各国の拠点整備、グローバル人材育成の状況を考慮すると、日本の優位性が失われる懸念がある。このため、ナノテクノロジー・材料分野の戦略性をもった強化策が必要であり、中長期的な視点の研究開発支援、研究拠点の整備、グローバルな人材育成の強化を図る必要がある。

具体的には、出口目標を明確にした中期的研究開発支援として、グローバルな課題

である環境・エネルギー問題の解決にフォーカスし、有望なナノテクノロジー・材料技術に対して研究の初期段階から戦略的に集中的な資源配分を行うとともに、飛躍的な向上を可能とするナノテクノロジー・材料技術の特性を生かし、将来のグローバル課題にも対応し得る基礎基盤技術としてのナノテクノロジー・材料技術の強化を図るべく、チャレンジングな研究を長期的な視点を持ってサポートしていく必要がある。また、ロードマップから外れた優れた研究成果にも、素早く対応して研究を支援することが出来る体制も整えておかねばならない。

ナノテクノロジー・ネットワークなどの既存研究基盤や、新たな拠点である TIA nano が、世界をリードする研究領域・技術を有し、各領域間および異分野との連携や融合を加速できるインフラとしてなお一層整備強化され、ワンストップサービスを提供する体制なども整え、日本のナノテクノロジー・材料分野の活性化、さらには産業界の全体の活性化に貢献することが期待される。

人材育成の面では、一過性ではない骨太のシナリオを作って、中長期的な計画のもとで、ナノテクノロジー・材料に関わる人材の育成を充実させることが必要である。基礎から応用まで広範にわたる研究を見渡すことのできる共用施設ネットワーク・拠点等を積極的に利用し、優秀な海外研究者との交流などを通して、俯瞰的視野、対応力、判断力、コミュニケーション力、マネジメント力といった世界に通ずる力を持つ人材を養成していくことは大変有効である。

