

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れ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。

2.4 ナノテクノロジー・材料分野における進捗状況と今後の取組

(1) 状況認識

① 第3期科学技術基本計画策定時の状況

第3期科学技術基本計画の開始当時の状況として、我が国の材料技術は、過去数十年にわたる多くの研究者、研究機関の弛まぬ取組と研究成果の蓄積および産業界における事業化により、基礎研究から応用研究、素材、部材の実用化にいたるまで全ての段階において世界のトップレベルを堅持しており、我が国製造業の国際競争力の源泉となっていたほか、ナノメートルの領域にまで踏み込んだ組織制御・合成技術と、高分解能電子顕微鏡などの高精度分析・計測・解析技術を両輪として、進化を続けていた。

日本のナノテクノロジー・材料分野は、従来からの強い材料・分析・作製技術をベースに、20年ほど前からナノテクノロジー関連の研究に対する国のプロジェクトや産業界も含めた基礎研究への支援・投資が行われたことにより、カーボンナノチューブの発見、光触媒の開発、強相関エレクトロニクスの研究などに代表される世界に誇る多くの成果の創出等、ナノ材料の研究が全体を牽引していることが我が国のナノテクノロジーの特徴であり、いわば材料技術の強みがナノテクノロジーの強みの源泉となっていた。

ナノテクノロジー・材料分野は、あらゆる科学技術分野の基盤をなす技術であり、例えば、環境・エネルギー分野で期待されている太陽電池、燃料電池、二次電池などクリーンエネルギーの創製とその蓄電技術におけるブレークスルーも主に材料技術が担っている。また、疾病の超早期診断や低侵襲医療の実現に向けた技術の確立にはナノテクを活かした材料、その部品化およびエレクトロニクス技術の融合が不可欠であり、これらがバイオテクノロジーと融合することによって、健康・長寿といった国民の期待に応えることができる。このように、産業の振興や人間の豊かな暮らし、安全・安心で快適な社会などを実現する重要な技術として期待されている。

また、材料やナノテクノロジーの研究開発がイノベーションを誘発し、結果として人と社会に大きな貢献をもたらしたケースも少なくなく、社会・産業が求める技術課題としての取組と共に、「True Nano」と定義した内容にふさわしい不連続で飛躍的な成果をもたらすイノベーション促進型科学技術としてのポテンシャルも有している。

こうした状況の中で、True Nano と材料革命による社会的課題の解決期待に応えるため、ナノテクノロジーと材料の研究開発は、重点推進4分野の1つに位置付けられ、第2期科学技術基本計画以降、研究資源を重点配分することによって積極的に推進されてきた。

② 第3期科学技術基本計画策定以降の世界的な情勢の変化と新たな研究展開

ナノテクノロジー・材料分野への重点的な公的研究支援が開始されてから、日米では8年目を迎えたことに加え、世界各国においても公的研究支援が充実されてきてい

る中、本分野を取り巻くグローバルスケールでの状況が大きく変化してきている。とりわけ、第3期科学技術基本計画策定以降においては、以下のような顕著な情勢変化が見られる。

- (i) 環境、エネルギー、資源問題に世界的な関心の広がりが見られ、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、浄化用フィルターなど、地球温暖化、資源枯渇、水・食料問題という全地球的課題への対策に向けての関心・取組が本格化し、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きている。
- (ii) 米欧に加え、中国、韓国、台湾、シンガポールの競争力が一段と強化されてきているほか、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きている。
- (iii) 世界同時不況の発生によりナノテクノロジー・材料分野の主要な出口産業であるエレクトロニクス産業を始めとして、各種関連産業において2008年以降はマイナス成長へ推移しつつあり、今後の実用化推進に当たっての影響が懸念される。しかし、金融破綻を主因とした今回の世界不況の反省から、実体経済を成長の原点に据える考え方が広まり、当分野でのグローバル競争はさらに激化することが予想される。

こうした状況変化の中で、ナノテクノロジー・材料分野の研究開発においては、これまでの常識を覆す鉄ニクタイド系新超伝導体の発見、第三世代の太陽電池技術として応用が期待されている量子ドット研究の進展、新概念の透明アモルファス酸化物半導体(TAOS)の開発、白金を使わない燃料電池用無機系及び有機系触媒開発、光触媒(防汚、抗菌、超親水)材料開発と応用及び市場の成長、スピントロニクス(薄膜トンネル磁気抵抗(TMR))素子の急進展等、各種課題の解決に向け、また将来的なブレークスルーに大きく寄与することが期待される様々な研究成果や不連続で飛躍的な成果をもたらすようなイノベーションの種とも言える研究成果が創出されており、我が国の今後の学術および産業の国際競争力を確保していく上での技術基盤となっていくことが期待される。

③ 諸外国の動向

欧米各国は、この1、2年のナノテクノロジー・材料分野における商業化の兆しや、エネルギー・環境分野への浸透を期待して、公的研究支援をさらに強化する傾向が見える。

特に、米国においてその傾向は顕著であり、2001年より始まった国家ナノテクノロジー計画(National Nanotechnology Initiative、以下「NNI」という。)を着実に実施しており、2007年12月にNNI戦略プラン(2004年)を改善した新戦略プラン、そして2008年4月にはPCAST(大統領科学技術諮問会議)による3年に1回のNNIに対する評価レポートを、相次いで発表している。NNIの戦略構成要素としては、従来7項目であったPCA(Program Component Area)においてEHS(環境、健康、安全)を独立させて新しく8項目としている。

また、2009年度は\$1.5Bの概算要求であり、2001年から積算すると連邦政府の公的支援額は\$10B（約1兆円）に達している。さらに、米国連邦政府及び州政府では産学官の連携による様々な取組が積極的に行われている。

一方、欧州では2007年に第7次欧州研究開発フレームワーク（2007年～2013年）（以下「FP7」という。）が策定された。FP7の中に入口段階の基礎研究から出口段階の市場化技術までが取り込まれており、ナノテクノロジー関連予算についてはFP6の2倍近い年間予算5億ユーロ（総額35億ユーロ）が予定されている。また、EU予算に加えて、各国が独自のナノテクノロジー予算を確保して研究開発を行っている。

また、ナノテクノロジー分野への研究開発資金の投入は近年、アジア各国においても伸びている。特に、中国、韓国、台湾、シンガポール等でナノテクノロジーへの重点的な取組が行われている。

韓国においては、「第2次科学技術基本計画（2008年～2012年）が決定され、5年間で総額60兆ウォン（約5.3兆円）以上の政府研究開発資金の投入を行うことを目標としている。その中では、ナノテクノロジーを4技術分野の一つと位置付け、その中核技術に対するロードマップ（2007年—2020年）を策定し、ナノ技術の先進トップ3への躍進を目指している。

このような各国政府のバックアップもあって、ナノテクノロジー関連の論文数に関してはアジア諸国からの発表が急増しており、特に、中国、韓国、台湾、シンガポールの躍進は顕著である。中国は、ナノ材料だけでなくナノバイオテクノロジーにも注力し、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、蘇州にはバイオベイという国際ベンチャー拠点形成されつつある。

さらに、ロシアが、2007年に初めて8カ年の国家科学技術計画を発表、2010年には1000億円を投入し、2015年までにナノ製品販売を3兆2千億円とすることを目標としている。2008年からは、ナノテク研究のインフラ整備のため、NNN（National Nanotechnology Network）計画を開始している。

④ 我が国の動向

我が国においては重点推進4分野の一つとしてナノテクノロジー・材料分野に投資が行われ始めて8年が経ち、費用対効果を検証しつつ、科学的知見に基づくブレークスルーやナノテクノロジーの成果を活かした産業創出や材料産業のさらなる発展への期待やグローバルな競争力強化を求める声が強くなっている。第3期科学技術基本計画においてもナノテクノロジー・材料分野への投資は引き続き重点化され、研究投資も増額傾向にあり、平成20年度は865億円であり、平成21年度予算案においては、881億円が計上されている。現状の研究開発のレベルでは欧米と総じて肩を並べているが、高い伸び率を示す欧米と比較して、予算レベルでの差は広がりつつある。

（参考：米国（2008年）13億5000万ドル。）

また、ナノテクノロジーを中心とした研究拠点や共同研究ファシリティーへの資金投入が、米国、欧州ともに活発である。一方、我が国では研究拠点や共同研究ファシリティー、教育や人材育成、国際戦略、国民を巻き込むナノテクノロジー産業の振興策など長期的な視野や戦略的な投資、ポートフォリオの形成などの点で遅れをとって

いる。これまでの成果は、文部科学省のナノテクノロジー・ネットワークによる施設・設備の共用化や独立行政法人等の自発的努力による研究ファシリティの整備に留まっている。

一方、ナノテクノロジー研究成果の実用化、製品化の動きが本格化しつつあり、例えば、新事業創出の取組みとして、ナノテクノロジービジネス推進協議会等がビジネスマッチング等の活動を推進している。また、新しい局面として深刻化する地球環境問題の解決に向け、ナノテクノロジー・材料の果たすべき役割が一層強化されており、関連する施策等が実施され、さらに研究開発促進などの検討も行われている。実用化については、JST研究開発戦略センターの調査によると、日本国内でも2007年12月時点まで、ナノエレクトロニクスや生活関連ナノ製品を中心に386事例が確認されている。ただし、こうした製品においては、ナノ技術による有意性の真質についても留意すべきである。

⑤ 国際競争力比較

国際的な競争力の比較に当たり、共通的な指標である論文・特許に着目すると、ナノテクノロジー・材料分野の論文数は米国がトップで中国が2位、日本、ドイツと続く。しかし、中国、シンガポール、韓国、台湾のアジア勢の論文数急増は顕著である。論文の引用数については、米、EU、日本の順で上位を占め、他のアジア諸国を上回っている。

特許庁がまとめた、平成19年度のナノテクノロジー・材料分野の特許出願状況調査報告書をもとにまとめた特許の動向は以下の通りである。

我が国特許庁における公開／公表件数を、研究区分別に見ると、ナノ情報デバイスが最も多く、ナノ医療、加工・合成・プロセスがこれに続く。また、登録件数においてもナノ情報デバイス、加工・合成・プロセス、ナノ医療に他の区分が続く。

また、データベースが異なること(日本特許: PATOLIS-IV)、米・欧特許: DWPI (Dialog))、対象期間が異なること(日本: 2007年1月～2007年12月、米・欧: 2006年9月～2007年8月)から、単純比較はできないものの、日米欧3極で公開／公表、登録された特許の総数に対して日本国籍の出願人がそれぞれ44%、50%を占める。同分野が引き続き3極の中で一定の強みを有することが見て取れる。しかし、ナノテクノロジー・材料関連の日本、米国、欧州の公開／公表件数の公報発行年月(2001年1月～2007年9月)の推移を見ると日本が常に1位を維持しつつ微増しているものの伸び悩んでおり、着実に増加し続けている米国や欧州との差が狭まりつつある。

⑥ 研究開発、事業化の状況

ウッドロー・ウィルソンセンターのProject of Emerging Nanotechnology (PEN)の成果の一つであるナノテク関連商品の調査結果によると、世界のナノテク関連製品数は2005年以降に急に増え始め、2006年3月の210から2008年の8月には800を超え、毎週、世界でナノテク新製品が3～4種産み出されていることになる。日本(JST研究開発戦略センター)と台湾の独自の調査では、日本国内でも2007年12月で既に386事例が確認され、台湾では200以上のナノマーク製

品が公的に認定されている。

これは、2005年以降、各国のナノテク研究開発投資が製品として結実し始めた兆候であり、ナノテク・材料分野も第一世代（個別分野の先鋭化・極限化：ナノ先鋭化）から第二世代（先鋭化した異分野のナノが融合：ナノ複合化）に移行しつつあると見られている。今後、この分野はさらに、エネルギーを含む地球環境問題などへのイノベーションドライバーとして技術の成熟を目指し、第三世代（各種ナノ技術を構成的に組み上げる：ナノ組織化）に突入すると考えられる。

ここ数年のナノテク製品数の急増を反映して、また、今後のエネルギー・環境分野への長期的な貢献への期待もあって、ナノテク産業の市場予測は大幅に上方修正されている。一例としては、ナノテク専門の調査機関（米国 Lux Research 社）によると、2007年の nanotech-based goods は既に 13 兆円 (US\$147B) にのぼり、2015年には 280 兆円 (US\$3.1T) に達すると予想されている。ナノテクの研究成果は、狭義のナノテク製品に活用されているのみならず、従来の素材製品に分類される諸製品へも同様に活用されており、ナノテクがその技術基盤を支える製品の市場規模はさらに大きくなるものと期待される。

(2) 重要な研究開発課題及び戦略重点科学技術について

① 全体的な概況

ナノテクノロジー・材料分野における研究開発費は、第3期の科学技術基本計画の初年度である平成18年度に762億円であった予算は、平成19年度には786億円、平成20年度には865億円と、年々拡充されてきている。さらに、平成21年度の予算においても、881億円が計上されている。

重要な研究開発課題としては、5領域29課題が位置づけられており、従来の5倍以上の記録密度を達成可能とする次世代ヘッドの基本構造と製造プロセスの確立やこれまで想定されていなかった、磁性元素を含有する新規の超伝導体（鉄ニクタイド系超伝導体）の発見が国際的に高い評価を受けるなど、計画3年度終了時点としては概ね順調に進捗している。ただし、②に記載する一部の施策については、目標達成に向けた課題も残っており、今後、一層の加速推進が必要である。

戦略重点科学技術に対する予算額は、第3期の科学技術基本計画の初年度である平成18年度に167億円であった予算は、平成20年度においては356億円へと増加しており、選択と集中による重点化が確実に図られてきている。これとともに、戦略重点科学技術に掲げられた10技術についても、着実に進捗している。

このように、計画された各テーマについては順調に進捗しているが、最近の社会状況を反映した計画の見直しも必要である。地球温暖化の問題や経済不況の中で世界的に環境・エネルギーへの関心が高まっており、各国とも環境負荷低減技術やクリーンエネルギー技術への取り組みを強化している。このため、ナノテクノロジー・材料分野の研究開発についても環境・エネルギーに関係する諸課題を広角的にとらえ、かつ要素技術群をシナリオ化するなどの工夫をすることによって強化し、当初計画を前倒しすることが必要と考えられる。

② 重要な研究開発課題の進捗状況

ナノテクノロジー・材料分野では、「ナノエレクトロニクス」、「材料」、「ナノバイオテクノロジー・生体材料」、「ナノテクノロジー・材料分野推進基盤」及び「ナノサイエンス・物質科学」の5領域に体系化された重要な研究開発課題が推進されている。

重要な研究開発課題の研究開発目標及び成果目標については、概ね順調に進捗しているが、外部の評価等を踏まえた特記事項としては以下の通りである。

○進捗が遅れている研究開発目標

以下の目標については、外部の評価等を踏まえ、目標に対しての遅れが認められたものである。これらについては、それぞれの置かれている状況を勘案し、更なる支援の強化又は研究計画の見直し等を必要に応じ図っていくことが望まれる。

- ・定置用燃料電池に関する取組においては、研究開発全体から見ると順調に進展してきているが、そのなかで、システム化におけるコスト削減は重要な課題であり、研究開発目標「2008年までに、定置用燃料電池（1kW級システム）製造価格120万円を実現する。」については、これまでの取組により、システム価格は従来の半分以下へ低減されているものの、今後とも、本目標の達成に向けて、さらなる低コスト化に引き続き取り組んでいくことが必要である。
- ・研究開発目標「2015年頃までに、従来の材料を大幅にしのぐ反応速度で有害物を効率的に分解・除去できる環境ナノ触媒材料を開発する」については、目標全体としては順調に進捗していると判断されるものの、対応する施策の一部で、表面の物理・化学反応の究明やバルク及び表面界面制御法の確立に取り組む必要がある等など、引き続き解決すべき課題がある状況である。
- ・研究開発目標「2011年までに、携帯電話に搭載可能なサイズの環境分析センサーデバイスを実現する」については、小型多機能環境センサの開発において一定の成果が上がってはいるものの、その実用化については課題を残している。

○特に進展が見られた研究開発目標

以下の目標については、当初の目標期間を前倒しして達成がなされた。

- ・2010年までに、シリコントランジスタにとってかわる炭化珪素のナノサイズの成膜技術を活用したパワーデバイスにより高効率インバータを実現し、また、炭化珪素の上にナノサイズの化合物半導体の薄膜を形成することでシリコン半導体の間接遷移型半導体とは動作原理の全く異なる直接遷移型半導体を実現し、350GHz級の高周波デバイスを実現する。（SiCスイッチング素子の基盤技術をほぼ確立。）
- ・2010年までに、情報家電の低消費電力化、高度化（多機能化等）に資する半導体アプリケーションチップを実現する。（情報家電用半導体アプリケーションチップ技術開発について、目標を達成。）
- ・2011年までに、デバイス微細化構造設計等のための長さ計測技術、ナノデバイスの熱物性、電気物性、磁気物性計測技術、半導体層間絶縁膜強度等物性の計測技術として18種類の標準物質を開発する。（18種類の標準物質の開発に成功。）
- ・2011年までに、革新的材料による高効率なナノサイズの薄膜トランジスタ・薄

- 膜発光体技術を用いた次世代大型平面ディスプレイを実現する。(新規露光装置技術における TFT 基板のアライメント方法を考案して実験検証等。)
- ・ 2011 年までに、従来とは全く原理の異なる近接場光の原理・効果を応用した革新的な効率のディスプレイ用偏光板を実現する。(低損失偏光制御部材を作成するための各種要素技術を開発。)
 - ・ 2010-20 年にかけて、航空機用炭素繊維複合材料の次世代主要機材に適用する。(複合材の損傷検知技術、複合材非加熱成形技術等の実証。ファンシステムに最適な繊維・樹脂からなる複合材を開発。)
 - ・ 2012 年頃までに、スピン注入磁化反転方式のメモリを実現する。(超高集積で高速な不揮発性メモリとして期待されるスピンメモリのための基盤技術を確立等。)
 - ・ 2012 年頃までに、増大する情報量に対応するテラビット級の大容量・高記録密度ストレージを実現する。(1 テラビット/inch² 級の高密度と記録・再生の高速性とを実現する光記録技術を開発等。)
 - ・ 2015 年頃までに、32nm 以降のリソグラフィ、エッチング等の半導体微細加工技術を開発する。(6 インチマスクブランクス全面を検査できる位相欠陥検査装置の機械系、光学系、光源系を作製。)
 - ・ 2015 年頃までに、燃費向上自動車用鉄鋼材料、アルミ系合金、マグネシウム系合金、自動車エンジン部材用 Ti 合金の実用化による自動車全体の軽量化の 20% を達成する。(加工性の高いチタン合金の創製技術を開発。)

また、下記の研究開発目標については、これまでの期間で順調に目標の達成がなされた。

- ・ 2007 年までに、超低温時にナノ領域で発現する単一磁束量子現象を用いた低消費電力なデバイスを実現する。
- ・ 2007 年までに、通信量 40Gb/s 級の高速通信機器を実現する。
- ・ 2007 年までに通信量 40Gb/s 級の高速通信機器を実現、2008 年までに通信量 10Tb/s 級の光スイッチングデバイスを実現する。
- ・ 2007 年までに、集積化した低消費電力ディスプレイを実現する。
- ・ 2007 年までに、航空機用炭素繊維複合材料について健全性診断等の基本技術を確立する。
- ・ 2008 年までに、通信量 10Tb/s 級の光スイッチングデバイスを実現する。
- ・ 2008 年までに、シリコン半導体上にナノサイズの貫通電極を生成する技術を開発し、低消費電力な積層メモリを実現する。
- ・ 2008 年までに、ナノテク消防防護服に求められる耐熱性能、快適性能、運動性能など様々な性能・機能の評価方法を確立する。
- ・ 2009 年までに、加工性の高いチタン合金の創製技術を開発する。

領域毎の進捗状況としては以下の通りである。

ナノエレクトロニクス領域では、重要な研究開発課題の研究開発目標の多くが時期

を前倒して達成された又は達成に近い状況にあり、極めて順調な進捗状況であると言える。特筆すべき成果としては、従来の5倍以上の記録密度を達成可能とする次世代ヘッドの基本構造と製造プロセスが確立されている。この新技術は近い将来限界が危惧されているハードディスク用読み出し磁気ヘッドに新規材料(MgO)を用いることでブレークスルーを達成したものであり、その成果はすでに産業技術として実用化されている。本成果の研究開発責任者は平成19年度日本IBM科学賞(エレクトロニクス分野)及び平成19年度朝日賞を受賞している。

材料領域では、2008年初頭に我が国の研究グループが、磁性元素を含む新系統の超伝導材料(鉄ニクタイト系超伝導体)を発見した。この発見は、2008年に発表された科学論文の中で引用回数が世界1位となったほか、米国の科学誌「Science」が科学分野における「2008年の10大ブレークスルー」の1つに選出された。

また、内閣府、総務省、文部科学省、経済産業省、国土交通省の府省連携プロジェクトとして平成16年度から実施されてきた「革新的構造材料を用いた新構造システム建築物の研究開発」においては、産学官の連携により震度7クラスの大震災でも建築物を無損傷に保つ長寿命の架構システム技術の開発と、同時に地球環境問題への対応として建築物生産における省資源化・省CO2技術の具現化を目標とし、ナノテクノロジーを活用した新材料である新高強度鋼材の開発及び非溶接鋼構造技術の開発が行われ、開発技術をすべて織り込んだ実大構造物で、目標機能の実証確認がなされた。

ナノバイオテクノロジー・生体材料領域では、厚生労働省と経済産業省(NEDO)が連携して進めている分子イメージング分野の研究において、がんを短時間で撮像する手法の開発や、がんへの高集積性の確認、微小がんの診断に繋がる撮像装置の検出感度の向上等が図られ、がんの超早期診断の実現に近づく大きな成果が得られてきている。各省の連携の枠組みは子宮内での胎児手術など低侵襲治療機器開発にも進展してきている。また、研究対象は医療関連分野のみならず、食品の開発や生体に各種の影響を及ぼす毒物、病因・環境物質の測定など関連する分野へと多岐にわたっており、食品素材のナノ粒子の新機能や安全性・加工適性等を明らかにするための施策が開始されるなど、新領域の創成にも寄与してきている。全体としては、当初の目標の達成に向けて順調に進捗していると言える。

ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域では、人材育成と研究環境整備に関して平成19年よりナノテクノロジー・ネットワークが開始され、全国の大学、独立行政法人等13拠点(26機関)が有する先端的な研究施設・機器の共用化を進め、分野融合を促進し、ナノテクノロジー研究基盤の整備・強化を図られ、これにより、ナノファウンドリ、電子顕微鏡、大型放射光、分子合成などの共用施設の開放が進んでいる。また、科学技術振興調整費新興分野人材養成において、若手人材の育成が図られている。

ナノ材料の安全性の議論に関しては、平成19年度後半から平成20年度にかけて、関係各省の行政施策として、ナノマテリアルに関する安全対策の取組が進められている。また、国際的なスケールで多様な議論がされており、標準化の問題とも関係して今後の動きが加速されるものと予想される中、経済産業省(NEDO)によるプロジェクトで