

# 昨年度までのフォローアップ資料

## ○H21 フォローアップ

「進捗状況」・・・P 3

「現状と対応方針」・・・P 11

## ○中間フォローアップ（H18～20）

「進捗状況と今後の課題」・・・P 19



### 3. 4 平成 21 年度におけるナノテクノロジー・材料分野の進捗状況

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（第 3 期基本計画）の初年度（平成 18 年度）には 762 億円であった。その後、786 億円（平成 19 年度）、865 億円（平成 20 年度）、881 億円（平成 21 年度）、759 億円（平成 22 年度）と推移し、5 年間の累計額は、4053 億円となっている。

本分野では、重要な研究開発課題として、5 領域 29 課題が掲げられており、その研究開発目標は 150 以上にのぼる。第 3 期基本計画開始 4 年度目までの大きな成果として、

- 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超伝導体の発見
- 新概念の透明アモルファス酸化物半導体(TAOS)の開発
- 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
- 白金を使わない燃料電池用無機系及び有機系触媒開発
- 従来の 5 倍以上の記録密度を達成可能とする次世代 HDD ヘッドの基本構造と製造プロセスの確立

等が挙げられる。

平成 21 年度の成果としては、

- 定置用燃料電池（エネファーム）の高性能化・高耐久化による商品化への寄与
- 有害物を高効率で分解・除去可能な可視光応答型光触媒材料の開発
- 再生医療用細胞シート作成技術の確立
- 電圧をかけて超伝導化する技術の多様な材料への適用性の実証
- OECD 工業ナノ材料作業部会スポンサーシッププログラムへの貢献等、ナノマテリアルの社会受容活動の推進

等がある。また、国家基幹技術である「X線自由電子レーザー」の開発が、当初の計画通り着実に推進され、本格稼働に向けて最終段階に入った。さらに、産学官連携によるナノテク研究拠点と人材育成を目指した“つくばイノベーションアリーナ（TIA nano）構想”（産業技術総合研究所、物質・材料研究機構、筑波大学、企業などで構成）が打ち出され、取り組みが開始された。その他、温室効果ガス削減に向け、ナノテクノロジーを活用して革新的な環境・エネルギー技術の実用化を加速することを目的として、「低炭素社会構築に向けた研究基盤ネットワーク整備事業」が開始された。

以下、（1）に平成 21 年度において、顕著な成果や、産業化の実績、または、次の研究開発につながる成果を上げた各領域の主要な施策の進捗状況について、また、（2）に中間フォローアップ（平成 21 年 5 月）において進捗が遅れているとされた研究課題に対するその後の取り組みについて報告する。最後に（3）として、進捗状況についての所見をまとめた。

#### （1）平成 21 年度の進捗状況

##### （i）ナノエレクトロニクス領域

本領域では、ナノテクノロジー・材料分野の基盤技術を生かし、将来にわたって国

際競争力をもつエレクトロニクス技術を実現することを目指している。

本領域では、6つの重要な研究開発課題として、『従来のシリコン半導体を超える次世代シリコンベースナノエレクトロニクス技術』、『電子・光制御ナノエレクトロニクス技術』、『ナノスケールに対応したエレクトロニクス製造技術』、『ナノエレクトロニクス部材の低価格化技術』、『環境と経済を両立する省エネルギー・環境調和ナノエレクトロニクス技術』、『セキュリティエレクトロニクス技術』が設定されており、以下に主要な施策の進捗をまとめる。

平成21年度に、本領域と特に強い関わりのある「つくばイノベーションアリーナ(TIA nano)構想」が産学官共同で宣言された。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研究拠点である。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)から形成されており、平成22年度内に本格始動する予定である。

「次世代低消費電力半導体基盤技術開発(MIRAI)」では、半導体の低消費電力化、高性能化に必要な技術として最も有力視されている極端紫外(EUV)光を用いたリソグラフィ技術の実現を目指している。EUVリソグラフィは、EUV光を用いて、非常に微細な回路イメージを半導体ウェハ上に回路パターンとして焼き付ける次世代技術であり、そこでは、微細化に対応した欠陥検出技術が必要とされる。本研究では、EUVマスクの欠陥(位相欠陥)検出試験において、検出確率100%を達成し、またパターン欠陥検出感度の実証等も行った。今後の課題としては、許容される欠陥指標の策定、マスクの保管・保護技術、光学系の長寿命化が挙げられる。現在、位相欠陥検査技術は世界に先行しており、EUVマスクキャリアはSEMI標準(業界自主基準)E-152として認定されている。

「スピントロニクス不揮発性機能技術開発」では、超高集積で高速な不揮発性メモリであるスピンメモリの開発をはじめ、不揮発性スピン光機能素子、スピン能動素子等の新しい動作原理によるスピン新機能デバイスの実現を目指している。平成21年度は、スピンRAMにおける世界最高の書き込み電流の低電流化と、10年以上の素子寿命が得られるメモリ特性安定化の両立を実現した。今後は、早期の実用化に向け、メガビット容量のメモリアレイ(メモリ素子の配列)におけるばらつきの低減、大口径ウェハ上のCMOSデバイスとの集積化などに取り組む。また、スピン新機能素子である磁壁移動メモリでは、基本セルの高速動作を実証することに成功した。現在は、実用化の形態である半導体LSIと集積化したアレイ構造での特性検証に向けた技術開発を行っている。

#### (ii) 材料領域

本領域では、材料が科学技術全般を支えるキーテクノロジーとして、エネルギー問題の克服、環境と調和する循環型社会の実現、安全・安心社会の構築、日本の経済・産業の国際競争力の維持・強化等に重要な役割を担うことに着目して重要な研究課題が選定されている。

本領域では、9つの重要な研究開発課題として、『未普及なエネルギー利用を具現化

する材料技術』、『高効率なエネルギー利用のための革新的材料技術』、『有害物質・材料対策に資する材料技術』、『希少資源・不足資源代替並びに効率的利用技術』、『環境改善・保全のための材料技術』、『安全・安心社会を実現する材料・利用技術』、『世界をリードする電子機器のための材料技術』、『国際競争力のある輸送機器のための材料技術』、『次世代を担う革新的材料・部材の創製技術』が選定されている。

平成 20 年度に、本領域において発見された新規超伝導体（鉄系超伝導体）は、従来想定されていなかった磁性元素を含有し、超伝導材料探索に新しい領域を拓いた。現在、極めて多くの候補物質が挙げられており、今後の基礎科学の研究進展および産業応用への期待により、本物質をテーマとした研究が、「最先端研究開発支援プログラム」（平成 21 年度）に選ばれた。

文部科学省の「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合新興分野研究開発（元素戦略）」と経済産業省の「希少金属代替材料開発プロジェクト」では、基礎から応用、実用化にわたる研究開発が連携して推進されている。平成21年度は、鉛フリー圧電材料（チタン酸バリウム－ニオブ酸マグネシウム酸ビスマス化合物）の開発が進み、圧電定数は目標値（850pm/V以上）に達していないものの、動作温度では目標（250℃以上）を達成しており、高温動作が可能な材料が得られている。また、大型液晶テレビやFPDの需要に向けた、脱インジウム透明導電体の開発では、ニオブ添加二酸化チタン(TNO)透明電極で、 $6 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ の抵抗率を得ており、目標値（ $2 \times 10^{-4} \Omega \text{cm}$ 以下）に向けて、研究開発は順調に進捗している。また、このTNOは、青色LED材料のガリウムナイトライドとほぼ同じ屈折率を有していることから、TNOを電極として使用することにより、光取り出し効率がITO使用の場合より優れた青色発光LEDが得られることが考えられ、LED構造を試作して電極全面で青色発光を確認した。

「固体高分子形燃料電池実用化戦略的技術開発」（平成 21 年度終了）では、セル劣化加速試験法の開発による寿命予測手法の確立、セル内における水分布の可視化手法の確立等と同時に、触媒・電解質膜の劣化主要因を特定する劣化メカニズムの解明や不純物影響度のデータベース化などを行った。また燃料電池システムの周辺機器やスタック主要部材の高性能化・高耐久化を図り、定置用燃料電池（エネファーム）の商品化に寄与した。

「環境・エネルギー材料の高度化のための研究開発」では、有害物を分解・除去できる環境ナノ触媒として、可視光応答型の高効率光触媒材料  $\text{Ag}_2\text{GeO}_3$  を新たに開発した。この材料は太陽光のみならず、室内照明灯の大部分（蛍光灯の 88.5%）を吸収することができる特性を有している。工業廃水の浄化への応用等も視野に入れ、今後は、微粒子作製技術を活用することによる高機能化研究を進め、長期安定性・安全性の確認実験を行う。また、発電ガスタービンやジェットエンジンの高効率化に必要な超耐熱材料技術（実用 1060℃以上）を目指した研究により、これまでに耐用温度で世界最高の 1120℃を達成した。ジェットエンジン用の超耐熱材料を産業界に提供し商用飛行機への搭載を目指している。

### (iii) ナノバイオテクノロジー・生体材料領域

本領域では、我が国が得意とするナノテクノロジー・材料分野のシーズを活用し、

ライフサイエンス、医療、食料、環境の各分野のニーズを実現することを目的とした、8つの重要な研究開発課題として、『生体の構造・機能などを解明する分子イメージング技術』、『生体内の分子を操作する技術』、『DDS・イメージング技術を核とした診断・治療法』、『超微細加工技術を利用した機器』、『極微量物質を検出する技術』、『生体に優しい高安全・高機能性生体デバイス』、『再生誘導材料』、『ナノバイオテクノロジーを応用した食品』が選定されている。

「再生医療評価研究開発事業」（平成21年度終了）では、患者自身の細胞を採取し、培養から組織形成・治療法の確立を目指した。本研究により、細胞シートと大網組織を組み合わせることで、厚さ5mm以上の組織体を作製することが可能になった。角膜の再生医療プロセスの計測・評価技術についてはJISに標準報告書(TR)として提案し、公表された。今後、間葉系幹細胞、軟骨についても実用化に向けた評価基準をJIS及びISOに提案し、三次元複合臓器構造体については、安全性・有効性評価試験を行う。

「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合新興分野研究開発（ナノバイオ・インテグレーション研究拠点の形成）」（平成21年度終了）では、微細加工技術により、DDSキャリアの開発や、超微細内視鏡治療システムを構築することを目的とし、医工連携拠点のもとで研究を行っている。平成21年度は、早期発見が困難で難治性である膵臓ガンのモデルマウス実験において、開発した高分子ミセルを用いたDDSによる治療効果を、in-vivo MRIで観察し、陰性の造影効果を得ることにより明らかにした。世界のナノバイオ分野におけるモデルケースともなっている本研究拠点から創出された多様な独創的成果の一部は、すでに産業界に技術移転されている。特に、生体親和性と超低摩擦性を有する人工細胞膜ナノ表面（人工関節）、高分子ミセル型DDS、インクジェットプリンターによるバイオマテリアル3次元ナノ造形技術（人工骨）については、臨床治験を行っており、ナノ診断、ナノ医療への実用化が着実に進められている。本拠点の事業は「最先端研究開発支援プログラム」等に引き継がれ、今後は、ナノDDSキャリアの臨床試験等を継続し、成果の確認とさらなる技術の向上を目指す。

「萌芽的先端医療技術推進研究事業（ナノメディシン分野）・ナノメディシン研究事業」や「分子イメージング研究」では、1mm程度のがん等の超早期疾患診断法と治療法の確立及びナノ薬物送達システム（DDS）を実現することを目指している。平成21年度は、癌微小病変検出、糖尿病等の超早期診断を可能とする新規プローブ、および画像診断技術を開発した。また、DDSによる脳腫瘍への薬剤の送達効率を高める新規治療法等の開発も実施している。今後は、開発された要素技術等の臨床応用による実証を進める。

「先端光科学研究」では、生きた細胞内部の中の一機能分子の動きを追跡する技術を開発することを目的として、アト（ $10^{-18}$ ）秒パルスやテラ（ $10^{12}$ ）ヘルツ光等の光源の研究を行っている。平成21年度は、高効率・広帯域なテラヘルツ光発生、および、光と電波の技術を融合した新しいテラヘルツ波ビーム走査方法を実現した。今後は、イメージングのための高速なビーム走査技術・高感度な2次元検出器の開発をすすめる。

(iv) ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域

ナノテクノロジー・材料分野において、推進の技術基盤として、加工・計測、シミュレーション、総合的な推進基盤として、ナノテクノロジーの責任ある研究開発や、ナノテクノロジー・材料分野の人材育成や研究開発の環境整備を推進している。5つの重要な研究開発課題として、『革新的ナノ計測・加工技術』、『量子ビーム高度利用計測・加工・創成技術』、『物性・機能発現指向のシミュレーション・デザイン技術』、『ナノテクノロジーの責任ある研究』、『ナノテクノロジー・材料分野の人材育成と研究開発の環境整備』が設定されている。

「X線自由電子レーザーの開発・応用(国家基幹技術)」では、本施設を、物質・生体における新しい現象の発見やその原理の解明に利用すること、および産業分野の高度化・競争力強化に寄与することを目的としている。放射光とレーザーの特徴を併せ持つXFELは、我が国のナノテク・材料技術、ものづくり技術が結集された最先端装置であり、世界最高水準の科学技術の発展基盤として、国家基幹技術に位置付けられている。世界最短波長のレーザーを用いて、原子レベルの超微細構造、化学反応の超高速動態・変化等の計測・分析を実現することを目指し、平成18年度に入射器、加速器、線型加速器収納部建屋の整備に着手して以来、実験施設や研究棟の整備まで含めて、これまでXFELの開発は極めて順調に進捗している。併せて、XFELのプロトタイプ機であるSCSS試験加速器等を利用した研究を進め、XFEL完成後の利用研究を見据えた解析と装置等の開発も行っている。現在、平成23年度中の供用開始を目指して、整備・運営を着実に推進するとともに、利用促進業務を行う体制を整える予定となっている。

科学技術連携施策群「ナノテクノロジーの研究開発推進と社会受容に関する基盤開発」は、関係府省連携の下で推進され、ナノ粒子の特性を明らかにすると共に、ナノ材料に関するリスクガバナンス活動の連携体制の確立を目指した。「ナノ粒子の特性評価法開発」では、工業ナノ材料に関するリスク評価の中間報告書を作成し、フラーレン、多層及び単層カーボンナノチューブ等に関して、得られた知見をOECD工業ナノ材料作業部会(WPMN)スポンサーシッププログラムへ提供した。

「先端研究施設共用イノベーション創出事業(ナノテクノロジー・ネットワーク)」は、全国の大学や独法等が所有するナノテクノロジー研究設備の利用機会を、高度な専門技術・知識と共に提供し、分野横断的な研究開発を戦略的かつ効率的に推進することを目的としている。これまでに、例えば、本事業で提供する微細加工技術支援の活用により作成された微細樹脂バネ構造が、環境中の低周波振動エネルギーを利用する発電機のプロトタイプの開発につながるなどの成果を挙げている。平成21年度は、全国13拠点(26機関)の研究施設で、約1300件の共用利用実績をあげた。今後は、利用者満足度、成果事例などから、ナノテクノロジー・ネットワークの設備・装置の強化・見直しを、検討・計画するとともに、諸外国の類似施設の状況と比較しながら、より持続的なシステムの構築に向けた検討が重要である。また、若手研究者・技術者の養成の在り方も検討する必要がある。

「先端光科学研究」において、新しい単一アト秒パルスの発生法を提案し、単一アト秒パルスの発生を示唆する連続スペクトルを得ることに成功するとともに、アト秒パルス列による水素分子の解離過程の解明を行い、世界をリードする成果を得ている。今後の課題は、アト秒軟X線パルスの波長域の拡大である。

「ナノテクノロジー・共通基盤技術の開発」では、新機能探索シミュレーション手法の実現を目指し、第一原理オーダーN法(計算時間の大幅な短縮を可能とする方法)を用いて、無機ナノ構造から生体物質系(水和DNA、膜蛋白質など)まで、その応用範囲を着実に広げている。平成21年度は、ナノバイオ系に対して数万原子規模に及ぶ世界最高レベルの大規模高精度第一原理計算解析を実現した。

(v) ナノサイエンス・物質科学領域

本領域は、ナノテクノロジー・材料分野の中でも基礎研究に近い部分に位置しており、研究者の自由な発想に基づく基礎研究と、将来の応用を明確に意図した基礎研究を包含している。重要な研究開発課題は『「量子計算技術」、「界面の機能解明・制御」、「生体ナノシステムの機構解明」、「強相関エレクトロニクス」の戦略的推進』である。

「ナノ界面技術の基盤構築」では、平成21年度に、電圧をかけて超伝導化する技術を新しい材料に適用し、超伝導転移温度を従来の0.4Kから15Kまで上昇させることに成功した。本研究では、従来の超伝導体で見られる化学的なキャリアドーピングではなく、有機物(イオン液体)と無機物(塩化窒化物)を接合した材料に、電圧を印加することでキャリア濃度を制御して超伝導を得ている。本手法の確立により、数多くの材料で超伝導を引き起こせる可能性が拓かれた。「環境・エネルギー材料の高度化のための研究開発」では、エレクトロニクス・生体・エネルギー・環境デバイスの特性の大幅な向上に資する界面の機能性・制御性を解明することを目的とした研究において、色素吸着状態、添加物による影響を明確化し、色素増感太陽電池の世界最高レベルの変換効率を達成している。「交差相関物性科学研究」では、エレクトロニクスデバイスや、生体デバイス、エネルギー・環境デバイスの特性を大幅に向上する界面の機能性・制御性の解明を目的とした研究を行っている。平成21年度は、 $GdFeO_3$ が基底状態で強誘電性を示すことを発見し、電場・磁場による磁化・分極の交差制御を成功させた。

(2) 中間フォローアップ(平成21年5月)への対応

中間フォローアップ(平成21年5月)において、進捗が遅れているとされた研究開発目標について、その後の取り組みは下記のとおりである。

- (i) 研究開発目標「平成20年までに、定置用燃料電池(1kW級システム)製造コスト120万円を実現する」については、平成20年度までの取り組みにより、システム価格は従来の半分以下へ低減されていたものの、さらなる低コスト化に引き続き取り組んでいくことが要請された。平成21年度に、セル劣化加速試験法の開発による寿命予測手法の確立、セル内における水分分布の可視化手法の確立、XAFS解析法などの実用的な解析評価技術の開発等を通して、数多くの技術的知見を得た。製造コストについては、本事業実施期間内には目標を達成できなかったが、燃料電池システムの周辺機器やスタック主要部材の高性能化・高



耐久化を図ったことで、定置用燃料電池（エネファーム）の世界に先駆けた商品化に貢献した（平成 21 年度終了）。

### （3）進捗状況についての所見

本分野においては、ナノテクノロジー研究拠点及び研究基盤ネットワーク、XFEL の構築などのインフラ整備が進み、触媒技術、超伝導技術、医療技術などにおいて、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ている。ナノマテリアルの社会受容活動も、国際的な貢献を果たしており、平成 21 年度は、分野全体として、順調に進捗したといえる。

世界的な拠点として期待される TIA nano 等の研究拠点の形成に関しては、異分野、産学官、国内外の研究者の融合・連携を加速するために、共用の物理的空間を確保する必要がある。また、ナノテクノロジー・ネットワークや最先端研究基盤（単一アト秒パルス発生装置などの光量子ビーム施設、X 線自由電子レーザー施設等）においては、共用施設としての整備を進め、一つのネットワークとして、外部の研究者や企業等に対してワンストップサービスを提供する運営が望まれる。

なお、研究開発課題の個別の施策評価は、費用対効果のほか、学術的・技術的インパクト、将来の新産業創成の可能性等を考慮し、多面的に行う必要がある。



#### 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。