

ナノテクノロジー・材料科学技術の研究開発方策について
＜追補＞
(案)

平成 2 ~~7~~ 年 ~~8~~ 月

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

目次

1. ナノテクノロジー・材料科学技術を巡る現状認識
 - (1) ナノテクノロジー・材料科学技術が果たす役割
 - (2) グローバル社会における各国の戦略及び動向
2. ナノテクノロジー・材料科学技術の推進に向けた基本的な考え方
 - (1) 圧倒的な広がりのある基礎的、基盤的研究としての振興
 - (2) 広範な社会的課題の解決に資する研究開発の推進
 - (3) 我が国の強みを伸ばす戦略的な研究開発の推進
 - (4) 「基礎から応用へ」、「応用から基礎へ」の循環
 - (5) 人材の育成・確保
3. 各研究機関における推進体制と方策
 - (1) 大学のポテンシャルを最大限発揮する体制の構築
 - (2) 研究開発法人を核としたイノベーションハブの構築
 - (3) 関係機関の総力を挙げた推進体制の構築
4. まとめ

1. ナノテクノロジー・材料科学技術を巡る現状認識

(1) ナノテクノロジー・材料科学技術が果たす役割

ナノテクノロジー・材料科学技術は、資源・エネルギー制約等の問題や、社会インフラの老朽化対策等の社会的課題の解決に資する鍵として、大きな期待を背負う国家基盤技術であるとともに、エレクトロニクスや自動車、ロボット等の我が国の基幹産業を支える要であり、高い国際競争力を有している。

また、広範で多様な研究領域・応用分野を支える基盤であり、その横串的な性格から、異分野融合・技術融合により不連続なイノベーションをもたらす鍵として、科学技術の発展に向けた新たな可能性を切り拓き、先導する役割を担っている。

加えて、近年、地球規模のシェールガス革命の進展、安全保障問題の顕在化や世界に先駆けた再生医療の実現とその発展への期待等社会的課題が多様化する中、分野横断的な基盤技術としてこれら新たな課題の解決に資するツールとなる役割が期待される。

また、ビッグデータや IoT(Internet of Things)、Converging Technology の台頭といった経済社会の新たな潮流を踏まえた革新が期待される。

ナノテクノロジー・材料科学技術は、第2期及び第3期の科学技術基本計画において重点推進分野として位置付けられ、第4期科学技術基本計画の期間においても社会的課題の解決に向けた研究開発の基盤を支えてきた一方で、その重要性に比し、第4期における計画上の位置付けは不明瞭であった。

本平成26年6月に閣議決定された「科学技術イノベーション総合戦略2014」において、ナノテクノロジーが、産業競争力を強化し政策課題を解決するための分野横断的技術として重要な役割を果たす旨明記されており、第5期科学技術基本計画においても、科学技術政策体系における位置付けを明確にした上で一層の強化を図ることが求められる。

(2) グローバル社会における各国の戦略及び動向

グローバル社会において、新興国の台頭により世界が多極化し、また、研究開発競争が激化する中で、ナノテクノロジー・材料科学技術に係る近年の特筆すべき各国の戦略及び動向は概ね以下のとおりであり、今後もその動向を注視していく必要がある。

- ・欧米を中心に官民による重点的投資が過去10数年に渡り継続的に行われており、特に米国の ANT(Albany Nanotech)、仏国の MINATEC(Micro and Nanotechnologies Campus)等、技術と人材をグローバルに吸引する大規模な

集中拠点化を官とともに産学が牽引している。

- 中国、韓国等アジア各国におけるナノテクノロジーの国家イニシアティブ化に伴い、政府投資が劇的に増大し、研究開発人材及び技術も台頭してきている。
- 米国では、社会の共通課題解決のため、基礎研究から実用化に至る期間を半分に短縮することを目指し、計算科学やITの活用に着目した国家計画として「マテリアル・ゲノム・イニシアティブ」を開始した。
- 各国とも研究開発投資の効率の最大化を企図し、研究成果創出のスピードを加速するため先端共用施設のネットワーク化を推進している。
- 欧米並みに、産業化・実用化を見据えた国際標準化戦略、環境・健康・安全面（EHS: Environment, Health and Safety）の課題や倫理的・法的・社会的問題（ELSI: Ethical, Legal and Social Issues）に係る対策・体制構築を、研究開発の初期段階から官主導で推進している。

2. ナノテクノロジー・材料科学技術の推進に向けた基本的考え方

(1) 圧倒的な広がりのある基礎的、基盤的研究としての振興

ナノテクノロジー・材料科学技術は、情報通信、環境、ライフサイエンス等広範な分野の先端を切り拓くために必須であり、その広がりを意識した研究振興方策を取るべきである。

- ・アジア各国の追い上げ等国際的な研究開発競争が激化する中、基礎的、基盤的な研究を推進し、新たな指導原理に基づく材料開発により世界をリードし続けることが重要である。
- ・全く新たな機能を持つ材料や、新たな応用先の提案等、材料機能からシステムを提案することが非連続なイノベーションを創出する鍵であることから、セレンディピティを生み出しやすい環境を整えることが極めて重要である。また、ハイリスクの研究を根気強く支援することも効果的である。
- ・分野横断的、横串的な役割を果たすという特徴を活かし、異分野融合研究を触発することで全く新しいイノベーションを創出するための仕組みを設けることが重要である。その際には、若手研究者のフレキシブルな発想、能力を十分に活用することが肝要である。

(2) 広範な社会的課題の解決に資する研究開発の推進

ナノテクノロジー・材料科学技術は、これまでも社会的課題の解決に資する基盤技術として重要視され、推進されてきたところであるが、近年、その高度化とともに広範な分野で普遍的に用いられるようになった。そのため、これまでにない応用先を開拓し、エネルギーの一層の効率的利用や医療分野への応用、社会インフラの老朽化対策等、近年顕在化した社会的課題や、昔から認識されていたいつとも未解決な課題・命題に革新的なアプローチを提供し、解決に導くことが期待される。

例えば、以下のような例が挙げられる。

- ・将来の一層の省エネルギー化やエネルギー源の多様化を推進するため、革新的な熱電変換材料や圧電変換材料、触媒、パワー半導体等、今後の一層の高効率なエネルギー変換を可能とする材料の研究を推進することが重要である。
- ・先進諸国に先駆けて高齢化を迎える我が国においては、非侵襲治療や高精度診断等の高付加価値な医療が広く普及した社会の実現に向け、微細加工技術や分子合成技術等を駆使し、医療分野のニーズを踏まえたナノテクノロジー・材料の研究開発を強力に推進し、世界をリードする戦略が求められる。

(3) 我が国の強みを伸ばす戦略的な研究開発の推進

我が国が高い国際競争力を有するナノテクノロジー・材料科学技術の強みを最大限発揮するため、戦略性を持った研究開発を推進すべきである。以下を基本的な考え方としつつ、個別の研究テーマに応じた推進方策は今後より詳細な検討を進めることが必要である。

- ・我が国が高いシェアを誇る材料を生み出してきた機能性材料研究においては、革新的な機能を実現する材料の創製のために、機能に着目しつつ材料横断的に研究を推進することが重要である。
- ・構造材料研究においては、社会インフラの老朽化対策のための高機能な新規材料の創製に加えて、点検診断技術・補修技術・劣化予測技術等とパッケージにしたインフラ維持管理マネジメントシステムの構築への期待等を念頭に置いた、総合的なアプローチが必要である。
- ・昨今の計算機性能の飛躍的向上と国際的な材料開発競争の激化を受け、材料データ群の計算機解析による、情報科学と材料科学を融合した新たなデータ駆動型の材料設計技術（マテリアルズ・インフォマティクス）を確立し、未知なる革新的機能を有する材料の開発を加速することが重要である。その際、先行的に取組が進んでいる欧米に比べ、我が国においては、先端的な研究成果のデータが存在する一方で、実用的なデータベースの構築やフォーマットを意識したデータ取得等の取組は発展の途上であり、より積極的な取組が必要であるが十分でない点を認識すべきである。併せて、計算機資源の充実等により普遍化された高度なシミュレーション等も積極的に活用することが肝要である。
- ・希少元素を巡る市場動向や産出国の政治動向等を見極めつつ、希少元素を全く用いないことのみを至上主義とせず、あらゆる元素の無限の組合せの中から未知なる革新的機能を探索したうえで汎用元素への代替を図る新たな政策アプローチも検討されるべきである。
- ・研究の対象材料が有する特徴や関連産業の国内外動向等に応じた適切な国際標準化戦略や知的財産戦略を持つことが重要である。

(4) 「基礎から応用へ」、「応用から基礎へ」の循環

基礎研究から応用研究、開発、更には事業化、実用化の各段階へ一方向にのみ進むのではなく、問題の本質への理解の深化等を通じ、各段階での課題が基礎研究への課題へと翻訳され、基礎研究に立ち戻るような「循環研究」が行われることが、課題の解決とサイエンスの発展の双方にとって重要である。

- ・循環研究を推進するためには、グローバルな環境や、大学内の学部の壁を取り払った異分野が融合した環境を整備し、クリエイティブな能力を有する人材を育成する必要がある。

- ・将来にわたる国際競争力強化のための戦略作りを産学官総がかりで実施するとともに、プロジェクトの初期段階・企画段階から産学官が膝詰めで議論・協働を行うことが重要である。フォワードキャスト型なアプローチであるシーズ側からの応用提案と、バックキャスト型なアプローチであるニーズ側からの材料性能提案を摺り合わせ、プロジェクト立案及び研究チーム編成をすることが、新たなイノベーションを創出する鍵であり、両サイドのコミュニケーション頻度を上げることが肝要である。
- ・バックキャストに際しては、デバイスやシステムを理解する研究者層が必須であり、産業界のみならず学术界においてもこのような人材を育成することが必要である。その際、論文のみによらない適切な研究評価がなされることを肝要である。
- ・応用研究への展開や実用化の上では欠かせない国際標準化戦略や知的財産戦略をはじめ、環境・健康・安全面（EHS：Environment, Health and Safety）の課題や倫理的・法的・社会的問題（ELSI：Ethical, Legal and Social Issues）対策の取り組み、国際連携・協力等に係る体制構築を、研究開発の初期段階から並行して推進することが重要である。

（5） 人材の育成・確保

ナノテクノロジー・材料科学技術が分野横断的であるという特徴を活かし、一つの専門分野で論文を執筆できる能力が十分に備わっていることに加えて、広範な分野の基礎的素養を身に付け、俯瞰的視野を持った上で研究を推進できる人材を育成することが重要である。

加えて、産業競争力の要であるナノテクノロジー・材料科学技術に携わる若手研究者に、意欲的に産業界のインターンシップや海外での研究活動の経験等を持たせ、産学官にわたりグローバルに活躍するリーダーを育成することが求められている。また、新たな知見の創出にとどまらず社会的価値への展開を戦略的に推進するリーダーを、世界最先端の研究拠点の中で On the Job Training (OJT) で育成することが重要である。

併せて、研究や設備共用の推進に当たっては、最先端の研究設備の機能と研究課題の双方に精通し、研究課題の対応策の提案が可能な優れた技術支援者を育成・確保するとともに、コンソーシアムを形成し安定的な雇用・キャリアアップを図る等そのキャリアパスの構築に向けた取組が必要である。

また、大学の国際化が進み、特に大学院では海外からの留学生も増える中、その卒業・修了後も我が国の研究開発力・産業競争力の持続的な向上への貢献を促すような仕組みが必要である。

3. 各研究機関における推進体制と方策

(1) 大学のポテンシャルを最大限発揮する体制の構築

- 分野や組織を超えた新たな知へ挑戦するため、高等教育政策とも連携し、専門分野の異なる研究者の交流に係るファンディングや評価等のインセンティブの設定を進め、部局の壁を打破した教育研究環境を構築することが重要である。
- ナノテクノロジー・材料科学技術は分野横断的であるため、一つの専門分野に加えて、広範な分野の基礎的素養を身に付け、俯瞰的視野を持った上で研究を推進できる人材を育成することが重要であり、分野や組織を超えた体系的な教育プログラムを構築することが必要である。また、研究経験を有する社会人に向けた、多様なバックグラウンドの研究者が集い、互いの専門分野を超えた高度な知識や課題解決能力を修得するための博士課程教育プログラムの充実が求められる。
- 産業界の課題や戦略について学术界も交えて議論するラウンドテーブルの設定や、学术界から産業界への人材流動が比較的少数である現状を踏まえた双方向の人材交流の活性化等、新たな価値を創造する研究推進体制の構築が必要である。
- 日本学術会議におけるロードマップや大型研究計画に係る提言や学協会の壁を超えた議論等を通じ、研究推進方策の方向性を学术界から発信し、産学官における議論へと繋ぐことが重要である。
- 海外での研究経験のある学生の育成や、海外からの留学生の卒業・修了後の我が国での活躍を促進する仕組みの構築等、グローバルな視点での人材育成・確保の取組が必要である。
- グローバル社会におけるボーダーレスな研究開発の実践に向け、国内外においてネットワーク型で研究を推進することも重要である。その際、行き過ぎた自前主義に陥らず、例えば、総合力として秀でる研究大学とオンリーワン技術を有する地方大学の連携等、ポテンシャルが高い機関同士の連携や互いの機関の強みを補完しあう連携が期待される。

(2) 研究開発法人を核としたイノベーションハブの構築

我が国における物質・材料研究の中核的研究機関である国立研究開発法人独立行政法人物質・材料研究機構が、産学官一丸となったオールジャパン体制の構築により社会的課題や産業界の課題を科学的に深掘りし、その解決に向けた技術シーズを絶えず生み出し、課題の解決に貢献する「イノベーションハブ」へと進化することが重要である。同機構が有する研究シーズ、人材、先端研究設備等の高いポテンシャルを産学官で最大限活用する体制を構築し、我が国のナノテクノロジー・材料科学技術全体のハブとして機能することが期待される。

- ・イノベーションハブにおいては、研究テーマに応じた適切な知的財産管理の

下、オープンイノベーションによる基礎研究及び人材育成を徹底し、クローズドな実用化研究への展開を生む技術シーズを創出する。その際、様々な分野の国内外の優秀な人材を惹きつけ、セレンディピティを生み出しやすい多様性を確保した環境を構築しつつ、個々人の専門分野を超えた異分野融合・技術融合が推進される、産学官いずれにも魅力あるものとすることが重要である。

- 我が国の各地の中核的大学や共同研究拠点から創出される新たな研究・技術シーズや卓越した若手研究者等のポテンシャルをネットワーク化することにより、オールジャパン体制でのイノベーションハブとしての機能を確立し、産学官協働により、世界に冠たる研究拠点に伍するイノベーションハブを構築することが重要である。
- 産学官の材料研究者に加え、異分野の研究者も含めた国内外の優秀な人材を結集したハブとするため、クロスアポイントメント制度や年俸制の導入等、制度的な整備を早急に進め、重点的研究分野をリードする研究者の配置にクロスアポイントメントを積極的に活用することが必要である。
- 産学官の英知の結集により、構造材料研究、機能性材料研究に加え、材料データ群の徹底した計算機解析による、情報科学と材料科学を融合した新たなデータ駆動型の材料設計技術（マテリアルズ・インフォマティクス）の確立に向けた取組を推進し、先端的研究を展開する。その際、人材育成や先端研究設備の共用、材料データ等の情報集約・発信等、我が国の研究基盤としての機能も整備することが重要である。

(3) 関係機関の総力をあげた推進体制の構築

- 大学等の機関が有する最先端の研究機器を広く産学官で共用することを目的とするナノテクノロジープラットフォームの取組は、日本各地でイノベーション創出に向けた強固な研究基盤を形成するとともに、地方のものづくり産業の基盤ともなる非常に重要な取組である。大学共同利用機関法人や共同利用・共同研究拠点、SPring-8 やスパコン「京」等の大型共用研究施設・設備や地方が有する比較的小型のシンクロトロン等、他の共用のフレームワークも一層積極的に活用し、研究資金を効果的・効率的に活用した研究開発が実施されることが期待される。また、共用の推進にあたっては、ナノテクノロジープラットフォームをはじめとした先行モデルを参考にしつつ、優れた技術支援者の育成・確保及びそのキャリアパスの構築が必要である。
- 産学官の力を結集し、次世代の人材を育成する取組（技術者研修や、初等・中等・高等教育との縦型連携策）や、人材交流等の活性化が必要である。その際、卓越した研究者の育成に加え、システムや産業応用までを視野に入れつつ組織的・戦略的に研究プロジェクトを統括できるプログラムマネージャーの育成に向けた人材育成方策も検討されるべきである。
- 学術界の先端的な研究成果を社会実装に向けて研究者自らが主体となって挑戦をする意識の醸成に向けた環境整備が重要である。具体的には、学術界

に留まることなく、共同研究や、事業化に向けた成果展開の起業による取組等が円滑に行われるよう環境整備を行うことが必要である。

- 総合科学技術・イノベーション会議の主導により戦略的イノベーション創造プログラム（S I P）が始動する等、府省連携の取組が進んでおり、同プログラムにおいては「革新的構造材料」や「次世代パワーエレクトロニクス」、「インフラ維持管理・更新・マネジメント技術」等、ナノテクノロジー・材料科学技術に深く関係する研究課題も設定されている。関係各省が所管する施策についても、府省の枠を超えて有機的な連携が可能となる仕組みづくりが期待される。

4. まとめ

ナノテクノロジー・材料科学技術は、平成13年に閣議決定された第2期の科学技術基本計画において重点的に推進することとされる等その重要性が強く認識されてから10年以上が過ぎたが、依然として、新たな科学技術の先端を切り拓くとともに我が国の基幹産業を支える国際競争力の高いコア技術として、社会において果たす役割は増すばかりである。

ナノテクノロジー・材料科学技術が分野横断技術として広範な分野で普遍的に用いられるようになったことにより、より多くの社会的課題の解決の鍵となることが予想される。第7期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会においては、基本的考え方について以下のように整理するとともに、推進体制と方策について検討を進め、中間取りまとめとして重要と考えられる項目を示した。

- ・ 分野横断的な広がりを意識した基礎的、基盤的研究としての振興
- ・ これまでに解決できていない課題や新たな課題等、広範な社会的課題の解決に資する研究開発の推進
- ・ 我が国の強みを伸ばす戦略的な研究開発の推進
- ・ 「基礎から応用へ」、「応用から基礎へ」の循環
- ・ 人材の育成・確保

今後は、必要に応じ、これらの基本的考え方のもと、特に重点的に取り組むべき研究課題や社会的課題とそのアプローチ方策について更に精査することとしたい。

ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 委員名簿

平成26年12月

	五十嵐正晃	新日鐵住金株式会社技術開発本部フェロー・先端技術研究所長
	伊丹 敬之	東京理科大学大学院総合科学技術経営研究科教授
	射場 英紀	トヨタ自動車株式会社電池研究部長
	大林 元太郎	東レ株式会社E&Eセンター顧問
	岡野 光夫	東京女子医科大学先端生命医科学研究所長・教授
	長我部信行	株式会社日立製作所理事／ヘルスケア社CTO
	片岡 一則	東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻教授
主査	川合 知二	大阪大学産業科学研究所特任教授／ 独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構技術戦略研究センター
	北川 進	京都大学物質－細胞統合システム拠点拠点長
	栗原 和枝	東北大学原子分子材料科学高等研究機構教授
	小池 康博	慶應義塾大学理工学部教授
	小長井 誠	東京工業大学大学院理工学研究科電子物理工学専攻教授
	小林 昭子	日本大学文理学部化学科上席研究員／東京大学名誉教授
	榊 裕之	豊田工業大学学長
	曾根 純一	独立行政法人物質・材料研究機構理事／ 独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー
	田中 一宜	独立行政法人科学技術振興機構研究開発戦略センター上席フェロー
	常行 真司	東京大学大学院理学系研究科 教授
	橋本 和仁	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻教授
	福島 伸	東芝株式会社研究開発センター首席技監
	松下 祥子	東京工業大学大学院理工学研究科准教授
	三島 良直	東京工業大学 学長

書式変更：文字の均等割り付け：34.52
字

書式変更：文字の均等割り付け：29.92
字

ナノテクノロジー・材料科学技術委員会における審議の過程

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第1回）

日 時：平成25年5月20日（月）15：00～17：00

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会の主査代理指名について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会の議事運営について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術関連プロジェクトの最近の状況について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る今後重点化すべき研究課題について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 平成25年度研究評価計画について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第2回）

日 時：平成25年6月27日（木）10：00～12：00

関連議題：

- ・総合科学技術会議 科学技術イノベーション総合戦略について
- ・平成26年度施策に反映すべき事項について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第3回）

日 時：平成25年8月9日（金）13：00～15：00

関連議題：

- ・大学発グリーンイノベーション創出事業 Green Network of Excellence (GRENE) (先進環境材料分野)の進捗状況について
- ・平成26年度におけるナノテクノロジー・材料科学技術に係る主な取組について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第4回）

日 時：平成26年1月14日（火）15：00～17：00

関連議題：

- ・「大学発グリーンイノベーション創出事業 グリーン・ネットワーク・オブ・エクセレンス事業 先進環境材料分野」の中間評価について
- ・「元素戦略プロジェクト<産学官連携型>」（平成20年度採択課題）の事後評価について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る平成26年度予算案について（文部科学省）
- ・総合科学技術会議におけるナノテクノロジー・材料科学技術に係る最近の動向について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第5回）

日 時：平成26年6月9日（月）15：30～17：30

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術委員会 平成26年度研究評価計画について
- ・総合科学技術・イノベーション会議における最近の動向について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る今後の方向性について（文部科学省）

- ・総合討議
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第6回）

日 時：平成26年8月1日（金）10：00～12：00

関連議題：

- ・ナノテクノロジー・材料科学技術に係る今後の方向性について
- ・第5期科学技術基本計画に向けたナノテクノロジー・材料科学技術分野の俯瞰について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第7回）

日 時：平成26年9月1日（月）15：00～17：15

関連議題：

- ・平成27年度 概算要求について
- ・ナノテクノロジー・材料科学技術の今後の推進方策について
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第8回）

日 時：平成26年10月17日（金）10：00～12：00

関連議題：

- ・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
- ・その他

○ナノテクノロジー・材料科学技術委員会（第9回）

日 時：平成26年11月13日（木）10：00～12：00

関連議題：

- ・SIP（戦略的イノベーション創造プログラム）の最新動向について
- ・オープンイノベーション拠点の体制・運営の仕組みについて（現状報告）
- ・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
- ・その他

