

## 施策目標10-4 ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の重点的推進

### 施策期間

目標達成年度：平成22年度（基準年度：平成19年度）

### 主管課（課長名）

研究振興局基礎基盤研究課ナノテクノロジー・材料開発推進室（坂本 修一）

### 関係局課（課長名）

-

### 施策の概要

ナノテクノロジーに関して、我が国における産学官の英知を結集した戦略的な取り組みを行うと共に、物質・材料に関して、重点的に投資を行うことにより、総合的かつ戦略的な研究開発を進め、世界に先駆け技術革新につながる成果を創出する。

### 評価

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、ナノ計測・加工技術の実用化開発の推進については、全体として想定通り順調に進捗し、ナノエレクトロニクス領域、材料領域、ナノバイオテクノロジー・生体材料領域、ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域において、技術革新につながる成果、独自性・優位性の高い成果が創出されたことから、全体として順調に進捗した。

### 達成状況と評価

#### 達成目標 10-4-1 A(イA、口A、ハA)

ナノエレクトロニクス領域、ナノバイオテクノロジー領域、材料領域における実用化・産業化を展望した研究開発、及び融合研究領域における研究開発を推進し、イノベーションの創出を図る。この効果については、以下の指標によって判断することとする。

- ・判断基準10-4-1 イ：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（キーテクノロジー研究開発の推進）（産学官連携型）の進捗状況
- ・判断基準 10-4-2 口：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（キーテクノロジー研究開発の推進）（研究拠点形成型）の進捗状況
- ・判断基準 10-4-2 ハ：ナノ計測・加工技術の実用化開発（次世代の電子顕微鏡要素技術の開発）の進捗状況

判断基準イ	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(キーテクノロジー研究開発の推進) (産学官連携型)の進捗状況 S=計画以上に研究開発が順調に進捗し、国際標準となるような顕著な研究成果が創出される。 A=計画どおり研究開発が順調に進捗し、実用化研究につながるような研究成果が創出される。 B=計画から研究開発の進捗にやや遅れが見られ、実用化研究につながるような研究成果の創出に乏しい。 C=計画から研究開発の進捗に大幅な遅れが見られ、実用化研究につながるような研究成果が創出されない。
判断基準口	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(キーテクノロジー研究開発の推進) (研究拠点形成型)の進捗状況 S=計画以上に拠点整備が進捗し、多数の技術革新を生むとともに、新たな融合研究領域の開拓につながる研究成果が創出される。 A=計画どおり拠点整備が進捗し、研究領域の融合により技術革新につながる研究成果が創出される。 B=拠点整備の進捗にやや遅れが見られ、技術革新につながる成果が不十分、あるいはシナジー効果に基づく研究成果創出が不十分。 C=拠点整備に大幅な遅れが見られ、技術革新につながる成果を創出できず、拠点としての機能

	も不十分。
判断基準八	ナノ計測・加工技術の実用化開発（次世代の電子顕微鏡要素技術の開発）の進捗状況
	<p>S = 計画以上に研究開発が順調に進捗し、国内外の他の研究成果と比較して顕著に独自性・優位性の高い研究成果が多数創出される。</p> <p>A = 計画どおり研究開発が順調に進捗し、国内外の他の研究成果と比較して独自性・優位性の高い研究成果が創出される。</p> <p>B = 研究開発の進捗にやや遅れが見られ、国内外の他の研究成果と比較して独自性・優位性の高い研究成果の創出に乏しい。</p> <p>C = 研究開発の進捗に大幅な遅れが見られ、国内外の他の研究成果と比較して独自性・優位性の高い研究成果が創出されない。</p>

(1) 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（キーテクノロジー研究開発の推進）  
（産学官連携型）

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における産学官連携型のプロジェクトとしては、1. 元素戦略プロジェクト、2. 非シリコン系材料を基盤とした演算デバイス、3. 超高密度情報メモリの開発、4. 革新的環境・エネルギー触媒の開発、5. ナノ環境触媒の開発、6. 組織制御構造体の開発の6プロジェクトを実施しており、各プロジェクトの進捗状況は以下のとおりとなっている。

「元素戦略」は、材料機能を決める特定元素の役割を解明し、その元素に頼らずに別の元素を活用したり、微細構造や材料組織を工夫して機能を発現させることを主眼とした戦略であり、これにより希少資源・有害材料をユビキタス元素で代替しあるいはその使用量を大幅削減して戦略的利用するための技術基盤を構築することを目標としている。さらに、経済産業省の「希少金属代替開発プロジェクト」と連携して、研究領域の重複の排除などの効率的な研究の推進、研究課題の採択時における審査案件の交換等、効果的、効率的な運用を目指した省庁連携の成功例と評価されている。平成19年度に7件、平成20年度に5件を採択し、平成21年度は新たに4件の研究課題を採択して研究開発を実施している。平成21年度は全16課題について当初計画をほぼ達成し、順調に進捗している。また、平成21年度には、平成19年度採択の7件について中間評価を実施し、酸化インジウムに代わる安価なチタンを主成分とするニオブ添加二酸化チタンによる透明電極材料の開発、ディスプレイ用いらないナノコンポジット高性能磁石の開発、非鉛系圧電材料等が高い評価を得た。

「非シリコン系材料を基盤とした演算デバイス」では、半導体トランジスタの性能限界を超えた新しいデバイスの開発を目標として、原子スイッチと呼ばれるデバイスの開発を行い、平成21年度に終了した。酸化タンタル薄膜を用いた原子スイッチを集積回路の配線中に導入することに成功し、実用化への目途をつけた。また、トランジスタ型の原子スイッチを作製し、動作特性を明らかにした。さらに、原子スイッチの動作メカニズムを明らかにした。

「超高密度情報メモリの開発」では、従来の記録密度の100倍以上の記録を可能とする光情報メモリの開発を行い、平成21年度に終了した。磁性フォトリソグラフィ結晶という新しい材料を用いて、光の位相情報とホログラムを利用した全く新しい超高密度・超高速光情報メモリを開発し、現状技術の100倍以上の記録密度や動作速度を実現した。さらに新しく開発した技術を用いて、プロトタイプ装置を開発し動作実証まで行った。

「革新的環境・エネルギー触媒の開発」では、エネルギー変換型光触媒において可視光で触媒効果を得ることを目指し、選択酸化触媒については構造に起因した高活性化を目的とした開発を行っている。平成21年度には、水素製造光触媒では高活性化に成功し、単一光触媒系では6ヶ月の耐久性試験を実施し実用化に向けた開発が進められた。また選択酸化触媒では実用化に向けて長寿命化に成功しており、最終年度に向けて着実な成果を出している。

「ナノ環境触媒の開発」では、現在の石油価格の上昇や今後の枯渇に鑑み、資源的により埋蔵量の豊富なメタンを用いたプロセスや、水素から直接過酸化水素を合成可能な高活性ナノコロイド触媒の開発を行っている。平成21年度には、まずパラジウム-金ナノコロイドの形成条件を最適化し、過酸化水素生成速度の高速化を達成している。また、ブルッカイト型酸化チタンが従来のルチル型酸化チタンに匹敵する過酸化水素生成速度を示すことを明らかにした。さらに、パラジウム表面とパラジウム/金積層構造の表面で触媒効果が異なることを理論的に解明するなど、最終年度に向けて着実な成果を出している。

「組織制御構造体の開発」では、省エネ・省資源、低排出ガスの環境負荷低減に不可欠である、薄い鋼板を積層して形成した複層鋼板の高強度・軽量化に向けた研究開発を実施している。平成21年度には、複層鋼板の性能向上、炭素鋼ベースの廉価型複層鋼板の開発を行い、複層鋼板の界面に界面導入材を用いることにより、複層鋼板の強度及び延性の向上に成功している。また、理論解析による複層鋼板のモデル化を進めており、最終年度に向けて着実な成果を出している。

以上から、各課題において10～15年後の実用化に向けたキーテクノロジーとなる技術の研究開発を計画どおり推進し、ナノエレクトロニクス領域や材料領域におけるイノベーションの創出につながる成果を創出していると判断される。

(2) 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（キーテクノロジー研究開発の推進）  
（研究拠点形成型）

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における研究拠点形成型のプロジェクトとして、1. ナノバイオ・インテグレーション研究拠点の形成、2. 生命分子の集合原理に基づく分子情報の科学研究ネットワーク拠点の形成を実施し、平成21年度に終了した。各プロジェクトの状況は以下のとおりとなっている。

「ナノバイオ・インテグレーション拠点」では、東京大学の参画研究者間において医工学異分野共同研究が71件推進されるなど、医工融合研究が促進された。さらに、拠点内で生まれた研究シーズはニコン、富士フィルム、日立などの連携企業により、新たな診断及び細胞治療に用いる細胞解析装置の実用化に至っている。また、高分子ミセルを用いたドラッグデリバリーシステム、低摩擦人工細胞膜を用いた人工関節、インクジェットプリンタによる造形技術を利用した人工骨などの技術に関して、東京大学病院で臨床治験を多数実施した。

「生命分子の集合原理に基づく分子情報の科学研究ネットワーク拠点」では、多機能性イオンチャンネル、人工筋肉、自律機能組織体の研究に関して、理化学研究所、大阪大学、北海道大学、九州大学の4拠点間での研究・人材育成ネットワークを構築し、各拠点間で流動研究員が連携して研究を行った。多糖により梱包したカーボンナノチューブを、アクチンのレール上で運動させることに成功するなどの拠点間の連携効果による成果が得られた。

以上から、両拠点において、拠点のシナジー効果を活かし、ナノバイオテクノロジー領域において10～15年後の実用化に向けたキーテクノロジーとなる技術の研究開発が推進され、技術革新につながる研究成果が創出されたと判断される。また、分野融合を促進する研究体制が構築されており、これは、ナノバイオテクノロジー領域における研究体制の1つのモデルとなっている。

(3) ナノ計測・加工技術の実用化開発（次世代の電子顕微鏡要素技術の開発）

「次世代の電子顕微鏡要素技術の開発」では、平成18年度に5課題、平成19年度に2課題の計7課題を採択してプロジェクトを実施し、平成19年度に採択した電子顕微鏡の収差補正光学システムの開発及び制振制御技術の開発の2課題は平成21年度に終了した。収差補正光学システムの開発では、日本独自の高精度な球面収差補正光学系の開発・試作を行い、収差補正効果を実証した。また、電界電離型希ガスイオン源の作製法を確立し、高輝度イオンビームを実現した。また、制振制御技術の開発では、制振制御系の設計及び電子顕微鏡を搭載したアクティブ除振台の制振性能の検証、制振のための構造解析・設計を行い、半導体や鉄鋼などの生産工場の現場レベルの振動の抑制に成功した。

(参考指標)

	17	18	19	20	21
1. 元素戦略 プロジェクト関連論文・研究 発表数			89	355	643
関連特許件数			3	21	47
2. 非シリコン系材料を基盤 とした演算デバイス プロジェクト関連論文・研究 発表数	3	20	31	38	41
関連特許件数	0	2	5	5	9
3. 超高密度情報メモリの開 発 プロジェクト関連論文・研究 発表数	94	86	101	68	158
関連特許件数	0	1	5	4	12
4. 革新的環境・エネルギー触 媒の開発 プロジェクト関連論文数・研 究発表数		65	165	172	194
関連特許件数		4	9	16	4
5. ナノ環境触媒の開発 プロジェクト関連論文数・研 究発表数		23	39	36	20
関連特許件数		2	0	2	0

6. 組織制御構造体の開発 プロジェクト関連論文数・研究 発表数		4	40	31	51
関連特許件数		0	5	0	1
7. ナノバイオ・インテグレーション 拠点 プロジェクト関連論文数・研究 発表数	427	909	937	982	771
関連特許件数	30	35	27	58	40
8. 生命分子の集合原理に基づ く分子情報の科学研究ネット ワーク プロジェクト関連論文・研究 発表数	91	245	241	353	311
関連特許件数	0	0	0	0	0
9. 次世代電子顕微鏡の要素 技術開発 プロジェクト関連論文・研究 発表数		1	37	39	21
関連特許件数		1	11	7	2

(指標に用いたデータ・資料等)

(作成: 文部科学省)(作成又は公表時期: 2010年5月)(基準時点又は対象期間: 各年度末時点)

(所在: 文部科学省)

### 必要性・有効性・効率性分析

#### 【必要性の観点】

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は、キーテクノロジー研究開発の推進の一つとして10～15年後の実用化に向けて研究開発を推進するものである。

特に「元素戦略」は、我が国の持続可能な発展を脅かす希少資源の供給問題への対策として、豊富でありふれた元素で置き換えた代替材料の開発を行うものである。第3期科学技術基本計画の戦略重点科学技術においても、「希少資源や不足資源に対する抜本的解決策として、それらの資源の代替材料技術の革新は必須であり、省資源問題の中でも、最も材料技術に期待されているところである。」と記載されるとともに、「革新的技術戦略」(平成20年5月19日総合科学技術会議)においても、「レアメタル代替材料・回収技術」が「革新的技術」とされている。また、「新成長戦略(基本方針)」(平成21年12月30日閣議決定)においてもレアメタル等の代替材料の開発を推進することとされている。

このように、資源に乏しく科学技術創造立国を目指す我が国にとって、持続的な経済成長を支える上で極めて重要な研究開発の課題である。また、リーディング・プロジェクトの一部であるナノ計測・加工技術の実用化開発(次世代の電子顕微鏡要素技術の開発)は、我が国が、今後とも基礎科学のみならず応用科学の分野で世界を先導し、材料を初めとする産業分野における国際競争力を維持するため、電子顕微鏡を中心とした分析技術のニーズを把握して、性能・機能向上に向けた研究開発を産学官が連携して推進し、欧米に対するイニシアティブを維持するために重要な研究課題である。

#### 【有効性の観点】

キーテクノロジー研究開発の推進においては、競争的資金により産学連携や拠点形成を促進することで、要素技術が実証され、実用化に向けた研究開発が活性化することが期待される。

「元素戦略」を例にとると、経済産業省の「希少金属代替材料開発プロジェクト」と公募段階から連携し、共同でシンポジウムを開催して両省のプロジェクトの進捗状況等について情報共有をしながら施策を推進しており、省庁連携施策の有効事例と評価されている。

リーディング・プロジェクトは、トップダウンで国として解決すべき課題を課し、比較的短期間で実用化が期待される研究開発を行うものであり、我が国が国際競争力を維持する観点で有効な推進方法であると考えられる。「次世代の電子顕微鏡要素技術の開発」においては、実際に電子顕微鏡の機器開発を担っている機器メーカー等の参画を必要条件とした産学官連携チームを構成し、参画企業に対しては、技術シーズの実用化に向けた取組を強力に推進するため、自己負担を求めていることから、有効な投資方法と判断できる。

#### 【効率性の観点】

(事業インプット)

ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の推進に必要な経費	1,938百万円
・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(キーテクノロジー研究開発の推進)	1,813百万円
・ナノ計測・加工技術の実用化開発	105百万円 等

(事業アウトプット)

本事業の実施による社会への成果還元に向けた目的志向型のプロジェクト研究により、10～15年後の実用化が期待されるキーテクノロジーの開発や、比較的短期間で実用化が期待される研究成果が創出される。具体的には、原子スイッチや超高密度情報メモリ、ナノ環境機能触媒といったキーテクノロジーの開発や、世界的なモデルケースとなるナノバイオテクノロジー拠点の形成とその拠点におけるバイオセンシングシステムやバイオインスパイアードナノマシンといったキーテクノロジーの開発、日本独自の収差補正技術や高輝度イオンビームの実現、生産現場での観察を可能とする制振制御技術の確立などの次世代電子顕微鏡の要素技術の確立等の成果が創出されている。

(事業アウトカム)

社会還元を目指すナノテクノロジー・材料分野のプロジェクト研究を推進し、その成果を活用することにより、異分野融合研究や産学連携が推進され、技術革新を創出することに資する。

施策への反映 (フォローアップ)

【予算要求への反映】

これまでの取組を引き続き推進

【機構定員要求への反映】

特になし

【具体的な反映内容について】

ナノテクノロジー・材料分野発のイノベーション促進を図り、科学技術創造立国を実現するため、「第3期科学技術基本計画」、総合科学技術会議の「分野別推進戦略」、「革新的技術戦略」及び「環境エネルギー技術革新計画」等を反映しながら、引き続き各施策を着実に推進する必要がある。

「ナノテクノロジー・材料を中心とした融合振興分野研究開発(拠点形成型)」及び「ナノ計測・加工技術の実用化開発(次世代の電子顕微鏡技術の開発)」については、計画に基づき、平成21年度で事業を終了した。そのほか、各施策において中間・事後評価の時期を迎える課題に対しては、厳格に評価を実施し、施策の継続の可否、内容の見直しの要否、新規施策への反映等について判断する。

【事業仕分け、行政事業レビューの指摘について】

行政事業レビューについて(平成22年7月)

< 廃止の上整理統合 >

- ・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
- ・物質・材料科学技術研究開発の総合的推進等

< 縮減 >

- ・独立行政法人物質・材料研究機構運営費交付金に必要な経費

< 現状維持 >

- ・独立行政法人物質・材料研究機構施設整備に必要な経費

具体的な達成手段

【事業概要等】	【21年度の実績】
<p>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(開始:平成17年度 終了:平成25年度 21年度予算額:1,813百万円)</p> <p>10～15年の実用化が期待される研究開発である「キーテクノロジー研究開発の推進」において、ナノテクノロジー・材料分野を中心とした新たな融合研究領域の開拓を目指し、研究開発を実施。</p>	<p>産学官連携型のプロジェクトとして、引き続き、1.元素戦略プロジェクト、2.非シリコン系材料を基盤とした演算デバイス、3.超高密度情報メモリの開発、4.革新的環境・エネルギー触媒の開発、5.ナノ環境触媒の開発、6.組織制御構造体の開発の6プロジェクトを実施。元素戦略プロジェクトにおいては、新たに4件を採択。非シリコン系材料を基盤とした演算デバイス、超高密度情報メモリの開発については、平成21年度に終了した。</p> <p>研究拠点形成型のプロジェクトとして、引き続き1.ナノバイオ・インテグレーション研究拠点の形成、2.生命分子の集合原理に基づく分子情報の科学研究ネットワーク拠点の形成を実施し、平成21年度に終了した。</p>
<p>ナノ計測・加工技術の実用化開発(次世代の電子顕微鏡の要素技術開発) (開始:平成18年度 終了:平成21年度 21年度予算額:105百万円)【平成21年度達成年度到来事業】</p>	

<p>電子顕微鏡への強いニーズと、シーズ技術を生かして、5年から10年後を見た場合に必要な次世代の電子顕微鏡開発に対応するための要素技術を開発し、その実用化に向けて性能の高度化を図る。</p>	<p>1.収差補正技術の開発、2.コンピュータによる微振動制御技術の開発の2課題の研究開発を実施し、平成21年度に終了した。  【事業期間全体の総括】  (1)単原子に迫る超高分解能電子顕微鏡、(2)半導体等の製造現場で使える電子顕微鏡、(3)バイオ研究に適した電子顕微鏡を実現することを目標として、採択した7課題を3領域にグループ分けして研究開発を推進し、各課題とも実用化レベルの成果を創出した。</p>
--	---

(参考)関連する独立行政法人の事業(なお、当該事業の評価は文部科学省独立行政法人評価委員会において行われている。評価結果については、独法評価書を参照のこと)

独法名	21年度予算額	事業概要
物質・材料研究機構	15,327百万円	物質・材料科学技術に関する基礎研究及び基盤的研究開発、研究開発成果の普及とその活用の促進、施設・設備の共用、研究者・技術者の養成及び資質の向上を目的とし、ナノテクノロジーを活用した新物質・新材料の創製のための研究や社会的ニーズに応える材料の高度化のための研究開発等に取り組んでいる。