

# ナノテクノロジー・材料分野

## 1. 状況認識

### (1) 当分野をとりまく状況

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る。今日において材料技術は、ナノメートル( $10^{-9}\text{m}$ )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、さらに進化し続けている。

また我が国のナノテクノロジーも、1980年代に世界に先駆けて技術の斬新性と重要性を認識して研究に着手したこともあって、現時点において世界トップレベルにある。特に、カーボンナノチューブや酸化チタン光触媒などに代表される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る。

このように我が国の材料技術やナノテクノロジーは、研究開発の成果を製品に仕上げるものづくり技術によって支えられており、ナノテクノロジーと材料技術の融合やものづくり技術との相互関連こそが、我が国の科学技術の強み、あるいは技術の特徴となっている。今後は更に、情報通信技術、バイオテクノロジーなどの科学に根ざした高度な技術との融合が、新たな科学技術や産業の強みを産み出すと予測される。

ナノテクノロジー・材料分野はライフサイエンス、情報通信、環境、エネルギー、ものづくり技術、社会基盤、フロンティアなどの分野における科学技術の進歩や課題解決に貢献し、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シーズである。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い。したがって、社会・産業が求める技術課題としての取組と共に、不連続で飛躍的な成果をもたらさうイノベーション促進型科学技術としての可能性に挑戦していくことも重要である。

### (2) 当分野の研究開発動向・国際情勢

我が国では、第2期基本計画において、ナノテクノロジー・材料分野を重点分野の1つに位置付け、資源を重点配分することによって積極的に推進してきた。この成果として、以下に挙げるような、新しい技術が創出されてきており、第3期基本計画期間中においても、重点的な取組によってさらなる躍進が期待できる。

『量子ドット』に関連する技術では、レーザー等の光デバイスや情報素子において、特に大学が高い技術を有している。『ナノフォトニクス』は、日本発の近接場光の技術に代表されるように、基礎理論から加工・デバイスに至るまで日本が強みを有している。ナノバイオテクノロジーのひとつである『ナノ薬物送達システム(ナノDDS)技術』は、世界トップの『ナノ

『微粒子作製技術』に支えられ、日本の強みとなっている。半導体から超電導や磁性材料に至る「電子機能性材料」の中で、特に『酸化物半導体』や『強相関エレクトロニクス』は、日本における研究が早期に着手されたこともあって、世界での優位性を維持している。『光触媒』は、日本発の技術として世界を先導してきており、現在では多用途に応用されるまで技術が発展している。今後5年間に、成長が期待される技術としては、ナノ材料の草分けである『カーボンナノチューブのエレクトロニクス方面への応用』、ナノDDSにおける『アクティブターゲットング技術』の導入と『分子イメージング技術』との融合、最近の発見と同時に製品化にまで至った『インテリジェント触媒』、日本のオリジナルな材料である『金属ガラス』などが挙げられる。

デルファイ調査によると、対EUで多くの領域が優位にあり、対米・対EUいずれも優位である領域も目立つ。対米・対EUの研究開発水準は、5年前に比べほとんどの領域で改善されているが、対アジアでは全般的に研究開発水準の差が縮小する傾向にある。また、今後10～20年先を考慮した科学技術インパクト、社会・経済インパクトのいずれも高水準で、特に科学技術インパクトは重点推進分野および推進分野の中で最も高いと判断され、今後も重点配分の対象分野として妥当との判断がなされている。

第1期基本計画以来の科学技術への資源の配分により、我が国の論文発表件数・シェアは増加傾向にあるが、中でも物理学・化学・材料科学など当分野の基礎学問は、論文の量の指標となる全論文シェア、質の指標の一つと見られる被引用回数の上位10%シェアのいずれにおいても向上が顕著である。特に、材料科学は欧州の主要国の水準を上回っている。また、日本のシェアが高いこれらの分野では、中国もシェアを高めていることが注目される。

我が国の国際特許出願件数は1995年以降急速に増加しているが、米国の国際出願シェアが拡大したことにより、我が国の国際出願シェアは相対的に減少している。米国での日本の特許登録件数シェアは減少しているが、日米欧以外のアジア諸国などのシェア増加が顕著となっている。

2000年以降、欧米ではナノテクノロジーの研究開発を国家戦略として政策的に推進してきており、情報通信、環境、ライフサイエンス等の分野においてナノテクノロジーと融合した研究開発が進展している。中国、韓国をはじめとしたアジア諸国もこれに追随しており、ナノテクノロジー・材料分野における科学技術力が急速に向上している。これらアジア諸国はいずれも、当該分野で科学技術の国際競争力を確保しようとしている。

## 2. 重要な研究開発課題

### (1) 選定の考え方

ナノテクノロジーや材料の研究には、研究者の自由な発想に基づく基礎研究と目的を明確にして戦略的に取り組む政策課題に対応した研究がある。前者の研究は、多様な研究が行われることが特に重要であり、重点推進分野の中で資源の選択と集中を図りながら推進する後者の研究とは区別し、一定の資源を確保して推進すべきである。

本分野で取り扱うナノテクノロジーと材料の研究開発には、従来技術をより精緻にする、連続的な技術の進歩を追及するものと、不連続な技術革新に挑戦するものが包含される。本分野の研究開発が、今後、科学技術全般の進展に貢献し、社会・産業の抱える諸課題に対応し、また産業の国際競争力で質的優位に立ち続けるためには、従来技術の延長による研究開発のみでは不十分である。したがって、今後、国としての研究開発は、連続的な進歩に対して一定の配慮を行いながら、不連続で挑戦的な技術革新を重視して推進する必要がある。

ナノテクノロジーが、従来の原理や常識を覆して科学技術の新しい世界を切り開き、その飛躍的な発展のみならず、産業競争力の強化や大きな新産業の創出に結びつく可能性のある技術であることを踏まえ、そのような範疇に含まれる真のナノテクノロジーを『True Nano』と名付ける。『True Nano』とは、ナノ領域で初めて発現する特有の現象・特性を活かすナノテクノロジーの中でも、

従来の延長線上ではない、不連続な進歩(ジャンプアップ)が期待される創造的な研究開発

大きな産業応用が見通せる研究開発

と定義する。この考え方に基づいて、基本計画に明示される政策目標実現の観点から、『True Nano』によって、科学技術の進歩と、社会、産業の発展が見込まれる課題を選定し、重要な研究開発課題とした。

材料の研究開発は、研究者の自由な発想に基づく多様な基礎研究に支えられており、その成果が、目的を明確にした研究開発に効果的に結びついていくことが重要である。また、科学技術の進展や、産業の振興において、解決困難な課題に対して解を与えうるのは、十分な技術の蓄積に基づく材料技術であるという場合が少なくないため、材料の研究開発に対しては、解決困難であるが、社会と国民にとって重要な課題に挑戦するような取組が強く求められている。一方、産業、経済の根幹や社会基盤を支えていくために必要な共通基盤的な材料の研究開発もまた、社会と産業全般への貢献度が大きく、今後も引き続き、継続的に実施することが必要である。材料分野においては、目的基礎研究も含め、このような解決困難な社会的課題に対して果敢に挑戦する研究開発と、社会、産業基盤への貢献度が大きい共通基盤的研究開発の継続的推進を重要な研究開発課題選定の考え方とした。

既述のとおり、我が国のナノテクノロジーと材料は融合して推進することこそが、我が国の強みとなっており、この点も踏まえて、ナノテクノロジー・材料分野の重要な研究開発課題の

領域を以下の通り選定した。

『True Nano』や革新材料の成果が最大限発揮されるべき、ナノエレクトロニクス領域  
とナノバイオテクノロジー領域に関する各課題

解決困難ではあるが、克服されれば社会にとって重要な成果をもたらす課題に挑戦する  
材料領域に関する各課題

ナノテクノロジーと材料の研究開発を推進する技術的基盤となる計測・加工技術等の各  
課題と推進基盤となる人材育成、拠点形成等の各課題

ナノテクノロジー・材料分野を長期的に展望し、戦略と目的を持って進めるべきナノサイ  
エンス・物質科学領域の各課題

## (2) 研究開発目標と成果目標

重要な研究開発課題について、計画期間中に目指す研究開発目標(科学技術面での成果)および最終的に達成を目指す研究開発目標、並びに、社会・国民に対してもたらされる成果(アウトカム)に着目した目標(成果目標)を別紙 - 2のとおり定める。また、第3期基本計画の3つの理念の下での政策目標の実現に向けて、より具体的に定めた個別政策目標は「第3期科学技術基本計画の政策目標の体系」のとおりであるが、個々の重要な研究開発課題が、どの個別政策目標の達成に向かっているかについては、別紙 - 2の重要な研究開発課題名の欄に、「第3期科学技術基本計画の政策目標の体系」の個別政策目標の該当番号を付記することで明確化している。

これらにより、(イ)何を目指して政府研究開発投資を行っているのか、どこまで政策目標の実現に近づいているかなど、国民に対する説明責任を強化するとともに、(ロ)個別施策やプロジェクトに対して具体的な指針や評価軸を与え、社会・国民への成果還元の効果的な実現に寄与する、こととなる。

さらに、このような政策目標の体系の下で、項目「4. 推進方策」において整理される、官民の役割分担、関係研究機関の役割、イノベーションの実現に向けた制度・運用上の隘路の解消も勘案することによって、いかにして政府研究開発の目標の達成が大きな政策目標の達成につながるかの道筋を認識することが可能となる。研究開発の成果が最終的にどのような価値を社会・国民にもたらすことが期待されているか、そのために研究開発および研究開発以外で対処すべき課題は何かといった道筋を、政府研究開発を担う関係者・関係機関が認識・共有することは、本推進戦略を効果的に実行し、イノベーションを効率的に実現する上で極めて重要である。

## (3) ナノエレクトロニクス領域

本領域は、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す。

ナノエレクトロニクスは、今後も急速に進展を続ける情報化社会とともに、一層の高機能化

が求められる。5～10年後の半導体等デバイス技術は、シリコンを中心とした従来の技術蓄積の上に更なる高機能化を実現することが発展の鍵となる。デバイス特性サイズがナノの領域に入るため、量子効果などナノ特有の現象を制御・利用した新たな動作原理のデバイス技術を創出する。

10～20年後のエレクトロニクス技術は、まさにナノ領域の技術となり、電子・光を制御することが技術革新の中心となる。電子構造や光の振る舞いへの深い理解と創造的発想に基づく研究開発が重要となり、この電子・光の特性を活かしたデバイス・システム開発では、スピンのやテラヘルツ帯周波数などの利活用等、将来のニーズに対応することが求められる。また、カーボンナノチューブや強相関エレクトロニクス材料等、我が国の材料技術の強みをエレクトロニクス技術と融合し、競争力ある製品として実用化を図る。この電子・光制御の観点では、有機・生体材料なども物質としての共通性に基づいた取り扱いが可能となり、化学や生物学等の異分野とも融合・連携を行うことにより、新たな機能を持つデバイス・システムの開発を目指す。

エレクトロニクス製造技術は、我が国の産業競争力の礎として、世界最先端の技術を生み出し続けることが必要である。特に半導体は、超微細化に対応した材料制御、素子形成、回路実装等の技術的階層において、それぞれ高度化された製造技術と、これらを統合した強い製造装置を開発する。また、エレクトロニクスの製造コストを抜本的に低減するため、これまでの製造装置や施設等によらない製造システムを部材レベルから開発する。有機材料を印刷技術の応用で半導体素子化するなど、低価格化を部材から製品開発まで一貫して追求し、フレキシブルなディスプレイなど広い応用が期待される分野において、競争力のある製品を開発する。

エレクトロニクスにおける低消費電力化は、省エネルギー対策だけでなく製品の競争力強化としても重要な課題となる。今後も増加する情報処理量に伴い増大の一途を辿る消費電力を、デバイスレベルから低減させるため、半導体微細化、通信ネットワークデバイスや発光デバイス等の高効率化、ストレージの高密度化等による低消費電力化を、ナノ特有の技術シーズを用い実現する。

インターネット社会の発展にとり、個人情報を的確に保護できる情報通信手段の実現が不可欠である。量子効果による原理的な不確定性を持つ物理現象など、ナノ特有の性質を積極的にエレクトロニクス技術に応用し、情報セキュリティを確保する。

本領域の重要な研究開発課題と概要は以下の通りである。

#### 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

現在の最先端シリコンエレクトロニクスに更なる高機能化を図るために、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用した他技術との融合等によって、現在のエレクトロニクスを発展させるデバイス技術を開発する。

#### 電子・光制御ナノエレクトロニクス技術

新しい高速大容量情報通信・情報処理技術、セキュリティ技術開発を目指して、従来のシリコンエレクトロニクスで利用されていない材料もしくは機能に対して、ナノ領

域特有の物理現象・化学現象を積極的に活用することにより、既存技術の原理的境界を超え、新規機能を有する加工技術、デバイス、システムを開発する。

#### ナノスケールに対応したエレクトロニクス製造技術

32 nm以降の半導体製造技術やナノスケールの超微細なデバイス等の実現に向けた、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用したエレクトロニクス製造技術および装置を開発する。

#### ナノエレクトロニクス部材の低価格化技術

コスト競争力の高いナノエレクトロニクス材料・部材・デバイスを提供するために、ナノエレクトロニクス領域のすべての開発過程において、開発開始当初からコスト低減意識を徹底した材料・技術を開発する。

#### 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

デバイスレベルでの消費電力の徹底的な低減と、システム・回路との連携による消費電力の無駄を省くことを目的とした、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用したナノデバイス技術を開発する。

#### セキュリティエレクトロニクス技術

将来の情報セキュリティ確保のために、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用した認証・通信技術を開発する。

### (4) 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する。

医療分野では、バイオテクノロジーとナノテクノロジーの融合により、高性能・低副作用の薬物送達システム(DDS)用キャリアを開発する。さらにDDSの標的技術と生体分子イメージング技術の融合、半導体の超微細加工技術、生体親和性材料技術等により革新的医療技術を開発する。対象疾患としては、がん、循環器疾患や糖尿病等の生活習慣病、認知症、運動器系疾患等、高齢社会における重要疾患に重点を置き、革新的な予防・診断・治療技術を開発し、国民を悩ます病の克服と、健康で質の高い生活の実現に貢献する。

食品分野では、ナノ粒子の物理化学的特性を利用して腸管吸収特性が高く、機能性成分の含有率の高い安全で高品質の食品を開発するとともに、家畜用動物を対象とするナノDDS技術の開発により抗生物質への依存を著しく低減した家畜の衛生管理技術を確立する等、安全・安心な食品供給を目指す。

環境分野では多様な基盤技術を環境測定用のセンサ技術等に応用し、環境リスクを最小化することを通して環境と調和する循環型社会の実現に貢献する。

また、ライフサイエンス分野を支える基盤技術として分子イメージング技術等の計測技術を開発し、生体の構造・機能などを分子レベルで解明することにより新しい原理・現象の発見・解明につなげる。

この領域はナノテクノロジー・材料の基盤技術をそれぞれの出口分野における実用化を目指した研究開発を行うことから、出口分野を担う関係各省における行政施策を見据えた上で、ライフサイエンス分野との連携を重視した推進方策が必要である。また、関係府省の連携による推進が必須であり、科学技術連携施策群ナノバイオテクノロジーの活用により不要な重複を排除し、連携の強化を図る必要がある。

具体的な重要な研究開発課題と概要は以下の通りである。

#### 生体の構造・機能などを解明する分子イメージング技術

ナノメートルレベルでの生体の構造や機能を正確・精密に理解するため、分子イメージング用ハード、ソフトおよびプローブ技術を開発する。

#### 生体内の分子を操作する技術

生体における細胞や臓器の構造や機能を分子レベルで理解し、このレベルで直接操作する技術を確立する。

#### DDS・イメージング技術を核とした診断・治療法

超早期に病変を診断するイメージング技術と高性能・低副作用DDSキャリアを開発する。また、DDS技術により細胞および細胞内の核・小器官などをターゲティングする治療法を確立する。

#### 超微細加工技術を利用した機器

低侵襲な診断・治療機器やバイオプロセスへの応用を目的として、半導体加工技術を基本とするナノマシニング技術を利用したデバイスを開発する。

#### 極微量物質を検出する技術

体内における極微量物質の検出精度を飛躍的に向上し、重要疾患の早期診断を実現すると共に、環境モニタリングの高度化による環境リスクの最小化を達成する。

#### 生体に優しい高安全・高機能性生体デバイス

ナノテクノロジーを駆使して生体に優しい医用デバイス、機能材料の基盤技術を確立する。また、人工心臓、人工骨等の失われた生体機能を再建、回復、代替するためのデバイスを開発する。

#### 再生誘導用材料

臓器移植によらず臓器、器官の再建、機能回復を可能にするために、生体組織の再生に不可欠な再生誘導用材料を開発する。

#### ナノバイオテクノロジーを応用した食品

ナノ粒子の物理化学的特性を利用して腸管吸収特性が高く、機能性成分の含有率の高い安全で高品質の食品を開発する。

### (5) 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、重要な研究開発課題を選定する。

エネルギー資源の消費を最小限に抑え、また、クリーンなエネルギー利用を普及させることは、我が国の焦眉の課題である。材料技術の革新によって、例えば新しいエネルギー変換・蓄電材料等を開発し、これまで普及していないエネルギー利用を具現化することを目指すことや、また、飛躍的に発電効率を上げることや廃エネルギーの回収によるエネルギー利用の高効率化を目指すことにより、エネルギー問題解決に貢献する。

環境分野では、環境と経済を両立し持続可能な循環型社会を実現するために、希少資源・不足資源問題、有害物質対策、環境の改善や保全に向けて、革新的な代替材料技術や環境浄化材料技術等を開発することによって、環境問題解決に貢献する。

大震災に対する各種の構造物の信頼性向上や、災害や事故から身を守るための革新的な材料技術の開発と、併せて、それらの検査・評価・利用技術の向上により、国民の社会生活における安全・安心に貢献する。

日本経済を牽引し、産業界全体への波及効果が大きい自動車、電子・電気機器などの製造業は、日本の高い材料技術に支えられている。世界トップレベルの材料開発能力を堅持し続け、更には、次世代を担う材料技術の開発を推し進めることにより、将来にわたる経済・産業の国際競争力の維持・強化に貢献する。

具体的な重要な研究開発課題と概要は以下の通りである。

#### 【エネルギー問題の克服】

##### 未普及なエネルギー利用を具現化する材料技術

材料技術の革新によって、いまだ普及されていないエネルギー利用の具現化を目的として、例えば、材料がボトルネックの一因となっている燃料電池関連材料、超電導材料、新規の二次電池材料や熱電材料等を開発する。

##### 高効率なエネルギー利用のための革新的材料技術

材料の革新や飛躍的な高性能化によって、エネルギー利用の大幅な高効率化を達成することを目的に、例えば、火力・原子力発電の高効率化のための構造部材、発電機やモーターの高効率化のための磁性材料、および太陽電池材料等において革新的材料を開発する。

#### 【環境と調和する循環型社会の実現】

##### 有害物質・材料対策に資する材料技術

有害物質の使用量を低減できる材料開発や、有害物質の検知技術および除去技術を構築する。

##### 希少資源・不足資源代替並びに効率的利用技術

希少資源・不足資源の枯渇の影響のない持続可能な社会の確立を実現するために、例えば、非インジウム系透明電極材料、非貴金属系触媒等、希少・不足資源使用材料に対して代替材料開発や効率的利用技術を開発する。

##### 環境改善・保全のための材料技術

環境に低負荷な物質を用いた高効率の環境浄化触媒材料の開発や、生分解性プラスチックやリサイクル材料等の新材料を開発する。

#### 【安全・安心社会の構築】

##### 安全・安心社会を実現する材料・利用技術

大震災対策に資する構造部材とその革新的プロセスや、突発的な災害や事故から身を守るための防具用材料の開発および利用技術の開発を目的として、例えば、超高層ビル用超剛材料や高強度材料開発のための革新的プロセスおよび利用技術や、耐熱性と快適性を併せ持つナノファイバー素材等の材料技術および評価技術を開発する。

#### 【産業競争力の維持・強化】

##### 世界をリードする電子機器のための材料技術

我が国の電子産業の優位性を堅固なものとするため、情報通信に必須のディスプレイ、ストレージ、光スイッチなどの基幹部材用に革新的な高性能を実現できる材料とそのプロセス技術を開発する。

##### 国際競争力のある輸送機器のための材料技術

強い競争力をもつ自動車産業を、今後も世界のフロントランナーとするためには、その基盤である素材・部材産業を一層強力にするための材料開発が必須である。例えば、自動車の構造材料の軽量化に資する材料技術や、次世代自動車用電気・電子制御系関連材料等を開発する。

##### 次世代を担う革新的材料・部材の創製技術

材料の実用化に極めて重要なプロセス技術、材料機能を有効に発現させるためにナノ領域において組織・構造・界面を制御する最適構造化技術、およびそのスケールアップ手法等を確立する。

#### (6) 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・材料分野の推進において、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する。

ナノ計測・加工技術は、ナノ領域へのアプローチ技術として激しい国際競争の中にあり、世界に先駆けて着手した日本の技術は現在もなお高いレベルを維持している。このナノ計測・加工の高い技術レベルが、ナノテクノロジー・材料分野の全技術領域の基盤技術として、研究レベルの向上に貢献するだけでなく、産業の国際競争力の強化および新産業の創出にも貢献する。

日本における量子ビームの利用技術は世界トップレベルにあり、今後のビーム性能の向上および機器開発等を通じた計測・加工・創製技術の更なる高度化により、新しい現象の発見・原理の解明およびイノベーションの創出を図ることができる。量子ビームを基礎研究から産業応用までの幅広い分野において効果的に利活用することにより、我が国の科学技術および産業の

国際競争力の強化に大きく貢献できる。

物性や機能のシミュレーション技術や、目的の機能をもつ材料を設計するデザイン技術は、計算機技術のめざましい発展とともに、適用される領域も急速に広がっている。特に、これらの技術は日本独自の進歩もあり国際的な競争力は高く、また、効率的な研究開発への貢献だけでなく、新しい発見・発明や飛躍的な研究開発の進展に貢献できる。

ナノテクノロジーが広範な技術領域の基盤を革新する夢の技術体系となる可能性を持つ反面、不可視な人工物が予想できないリスクを社会にもたらす可能性も指摘され始めている。この分野は欧米における取組が先行しているが、現在のところ必ずしも信頼性のあるデータが得られているとは言い難い。期待される便益とリスクを科学的に解析・比較し、責任あるナノテクノロジーの研究開発を進め、その健全な発展を促す必要がある。

ナノテクノロジー・材料分野は極めて広範な自然科学分野を包含し、基礎科学から実用化技術まで、世界的に急速に進歩しつつあるダイナミックな研究開発領域である。これを担う多様な人材を確保することは、国際的な競争力を向上する原動力となるものである。これらの人材が、自由闊達にその能力を発揮し、高い費用対効果のもとに研究開発を展開する社会基盤として、充実した高度機器や先端技術に自由にアクセスできる研究拠点、必要な技術情報を容易に入手できる高度データベース、産業化を支援する諸制度が一体的に整備されることが必要である。

このような状況の下、ナノテクノロジー・材料分野に特有の推進基盤として以下の重要な研究課題を推進する。

#### 【技術基盤】

##### 革新的ナノ計測・加工技術

新しい原理に基づく計測・加工技術の開発により、ナノテクノロジー・材料分野における新現象の発見・機能の発現など研究レベルの向上と、新しい計測・加工・分析機器開発による産業領域の拡大と国際的な競争力強化を目的とする。主な技術領域としては、ナノの世界のスケールに対応できるナノプローブ技術と量子ビーム技術、ナノエレクトロニクス、ナノバイオセンサーの基盤となるナノエレクトロメカニカルシステム技術、ナノ加工技術として新たな独自の発展が可能となるナノインプリント等のナノ集積化技術において、特に、ナノエレクトロニクスやナノバイオテクノロジーにつながる分野を重点的に推進する。

##### 量子ビーム高度利用計測・加工・創製技術

日本において高度な技術の蓄積がある、電子・イオンビーム、X線、中性子線の技術を、更に発展させることにより、物質・生体における新しい現象の発見・原理の解明に貢献するとともに、産業分野の高度化・競争力強化に向けて、高度な利用を可能とすることを目的とする。具体的には、電子ビーム技術では高分解能化のための収差補正等の新技術の確立、X線、中性子線技術では大型施設の維持・強化による新しい現象の発見・原理の解明と合わせて、活用システムの整備による高度な産業応用、X線

ナノビームと高エネルギー分解能検出器の開発により、微小領域における極微量元素の組成分析の実現を目標にする。

#### 物性・機能発現指向のシミュレーション・デザイン技術

シミュレーションやデザイン技術は、サブミクロンサイズまでの物質の性質・機能を扱う標準理論を提供すると同時に、物性・機能の発現機構の解明を行い、新しい材料・構造開発手法をもたらす。従来の経験に基づく材料開発の非効率性を乗り越え、また内挿法では偶然にしか発見できなかった新機能を論理的に導き出すことができる。さらに本技術は、計測・加工技術と連携することにより、大きな相乗効果を期待できる。

#### 【推進基盤】

##### ナノテクノロジーの責任ある研究開発

ナノテクノロジーの技術としての信頼性、普遍性、安全性を確保するためのナノテクノロジー標準化の推進、ナノ粒子、ナノ構造材料・デバイス・システムの特性評価手法と管理手法の確立とその適用、社会全体でのナノテクノロジーの正しい知識の普及、社会に貢献する産業化の支援を総合的に推進する。

##### 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

研究開発を担う研究者・技術者とともに、研究経営や企業化を担う産業人材を育成する。また、分野融合と人材育成の場として機能するような、高度な研究機器を備えたオープンアクセス型の研究拠点を全国的に展開するとともに、データベースの構築、産業化支援策の拡充を図る。

#### (7) ナノサイエンス・物質科学領域

この領域は、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。

前者については、当該分野とは独立して一定の資源を確保して進められる、例えば科学研究費補助金で行われるような「基礎研究」のなかに位置付けられる研究として推進されるべきである。

一方、後者については、応用までには大きなブレークスルーを必要とするため開発のリスクも高く、また実現には時間がかかるものの、成功すれば科学技術の発展と社会に与えるインパクトの極めて大きい課題を選定して、当該分野の中で、戦略的に取り組むことが必要である。この領域の基礎研究は、研究者の自由な発想に基づく基礎研究の多様な知の蓄積に支えられており、それなくしては推進し得ないため、密接な繋がりを確保しつつ、戦略的に推進する。

具体的には、以下の重要な研究開発課題を推進する。

「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

### 3．戦略重点科学技術

#### (1) 選択と集中の戦略理念

ナノテクノロジー・材料分野で計画期間中に重点投資する対象となる戦略重点科学技術については、以下の基準により選定した。

第一の基準は、社会が大きく変革していく中、これからの5年間で、新たな社会構造や社会的価値が生まれると予測されているにもかかわらず、それに応える科学技術の進展が停滞しており、その解決策が『True Nano』（不連続な進歩や大きな産業応用が見込める、ナノ領域特有の現象・特性を活かすナノテクノロジー）や革新的な材料技術の領域にあると判断できるものである。

第二の基準は、産業や科学技術における国際競争の中、さらに高いレベルの技術の実現や実用化が強く求められているにもかかわらず、現在の技術の延長では達成が困難な課題であるが、これまでの研究蓄積から、『True Nano』や革新的な材料技術によって、ブレークスルーできることが十分に期待され、資源を集中した重点的な推進なくしては、我が国の優位を確保できないおそれのあるものである。

さらに、第三の基準として、ナノテクノロジー・材料分野においては、成果を実際のイノベーション創出に繋げることが重要であり、イノベーションの加速を促す推進基盤の整備、拡充が喫緊の課題となっている。この目的で、特に資源を集中して重点的に進めるべきものも厳選して戦略重点科学技術とし推進すべきである。

なお、ナノテクノロジー・材料分野は、分野の特徴として科学技術の多くの分野推進に向け、多様な技術のシーズを提供する役割が重要であり、戦略重点科学技術に予算を重点配分するとともに、重要な研究開発課題として位置付けられた研究開発の着実な推進にも配慮することが必要である。

#### (2) 戦略重点科学技術

『True Nano』や革新的材料で困難な社会的課題を解決する科学技術

##### クリーンなエネルギーの飛躍的なコスト削減を可能とする革新的材料技術

石油資源に替わるクリーンなエネルギーの利用を現実的に可能にし、普及させることは、我が国が直面する大きな課題であり、当面は、燃料電池、太陽電池を重点的に、材料技術によってブレークスルーを起こしていくことが必須である。石油資源の残存埋蔵量や、急激な消費量増加を考慮して、今後5年間に集中配分をすることで、日本のエネルギー問題の克服に貢献する。さらに日本発の技術で世界のエネルギー問題解決を図っていくことは人類への貢献だけでなく、エネルギー産業において新たなビジネスモデルを作り上げていく上でも重要であり、エネルギー資源の乏しい我が国こそが先鞭をつけるべき課題である。

### 資源問題解決の決定打となる希少資源・不足資源代替材料革新技術

元来資源が少ない日本においては、資源問題は我が国が直面する大きな課題である。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。日本あるいは世界で資源枯渇の影響のない持続可能な社会の確立を図ると共に、特定の産出国への依存から脱却し日本の国際競争力や産業競争力強化を図るためにも、集中配分による技術開発は必須となる。

### 生活の安全・安心を支える革新的ナノテクノロジー・材料技術

大規模地震等の自然災害、工場火災、列車事故等あらゆる災害に対する防災・減災技術、消火活動や救助活動の重要性は明らかである。そのためには、大震災に耐えうる建築物のための高強度鋼等の革新的構造材料や、突発的なテロ、災害や事故から身体等の安全を確保する材料技術や、それらの検査・評価・利用技術の飛躍的向上が必要である。また、食品分野においては、食料自給率の向上、農業・食品産業の国際競争力の強化、国民の生涯健康な生活の実現に資することが重要であり、そのためには、国産農産物を用いたナノ粒子加工技術の開発や、食品のナノ粒子の機能解明のためのナノ品質計測技術の開発により、他国にない安全で高品質な食品素材を開発する必要がある。以上のように国民の安全・安心を支えるとともに国際競争力を強化する観点から今後5年間の重点的配分が不可欠である。

### イノベーション創生の中核となる革新的材料技術

『True Nano』によって不連続で飛躍的なジャンプアップが実現されても、それによって、科学技術を変革し、産業に大きなイノベーションを引き起こすためには、ナノで得られた成果をマクロスケールの実用材料にスケールアップすることが必要となる。そのためには、今後5年間において、ナノスケール構造同士を接合する界面や表面の特性・機能の制御と、スケールアップのためのプロセス技術などに集中した研究開発を進めることが必要である。

『True Nano』で次世代のイノベーションを起こす科学技術

### デバイスの性能の限界を突破する先端的エレクトロニクス

デバイスの電力消費量・集積度・速度や機能などの性能の限界突破は、現状技術の延長では解決困難な課題であり、『True Nano』や材料革新をもってしか為し得ないことは、すでに予測されていることである。世界各国のナノテクノロジー研究開発資源（予算、人的資源）の大半がエレクトロニクスに割かれ、激しい研究開発競争を繰り広げている中で、今後5年間の集中配分は、この分野の国際競争力を強化するために不可欠である。

### 超早期診断と低侵襲治療の実現と一体化を目指す先端的ナノバイオ・医療技術

超高齢社会において、国民の生活の質を拡大し、増加する医療費を削減するためには、がん、循環器病、糖尿病、認知症、運動器疾患等の重要疾患を超早期に診断するとともに低侵襲で治療する医療技術が必須である。生体はナノスケールの構造体であるから、生体の構造と機能をナノレベルで解明・制御することにより、超早期診断と低侵襲治療の実現とともにその一体化を目指して医療技術の飛躍的な向上が期待できる。この分野は米国、EUが共に力を入れており、我が国が得意とするナノテクノロジー・材料技術を医療分野に応用し、この分野の国際競争力を強化するためには、今後5年間の集中配分が不可欠である。

### 『True Nano』や革新的材料技術によるイノベーションの創出を加速する推進基盤

#### ナノテクノロジーの社会受容のための研究開発

ナノテクノロジーは我が国が得意とする分野であり、今後も大きなイノベーションの創出が期待される。一方、ナノテクノロジーが社会に受け容れられるためには、真に有益な技術を開発することと共に、その技術が社会に与える影響やナノ物質が人体や環境に与える影響等を事前に正しく評価することが必須であるが、現在までに必ずしも信頼性の高いデータが得られているとは言い難く、ナノテクノロジーの標準化も含め、国際協調のもとに戦略的に推進する必要がある。

#### イノベーション創出拠点におけるナノテクノロジー実用化の先導革新研究開発

ナノテクノロジーの研究成果が実用化まで繋がる例はまだ少ない。ナノテクノロジーによるイノベーション創出を効率的に誘発するため、研究成果による試作拠点や共同研究センターなどの拠点の整備を進める。拠点形成に際しては、個々の拠点に特徴を持たせること、既存施設の十分な活用も図ること、我が国が保有する物理、化学、材料などの強みをさらに伸ばすこと等に配慮する。

#### ナノ領域最先端計測・加工技術

ナノテクノロジー・材料分野のみならず、ライフサイエンス、情報通信などの最先端科学技術、環境計測、医療現場の技術進歩を可能にし、ものづくりをはじめとする産業の国際競争力を産み出すために、最先端の計測・分析技術や加工技術が重要な役割を果たしている。世界各国も技術開発にしのぎを削る中、技術の先端を切り開くためには、ナノメートルスケールの事象の解明や利用のために、新たな技術を創り出すことが求められている。このためには形状や構造の観測だけでなく、ナノメートルスケールの分解能を持つ分析・物性計測技術の開発や、加工技術の飛躍的な向上や計測との一体化を可能としていくことが必須となる。この領域の日本の優位性の維持と、波及する様々な分野における国際競争力強化のためには、今後5年間の集中配分が不可欠である。

### X線自由電子レーザーの開発・共用（国家基幹技術）

X線自由電子レーザーは、放射光とレーザーの特徴を併せ持つ光として、従来の手法では実現不可能な分析を可能にする技術である。例えば新たな気体吸蔵素子の開発や重要なタンパク質の構造・機能の解明により創薬・新規診断法への波及等、幅広い分野で産業や国民の生活向上に役立つ成果の創出が期待される。欧米との熾烈な国際競争の下、我が国が独自に開発した技術を駆使し、よりコンパクトで世界最高性能の研究基盤の実現を目指した開発を行う。その成果の普及と海外の研究者も含めた利用促進により、特にアジアのリーダーとしての国際貢献が期待され、我が国の国益に資する。以上から、今後5年間の資源の集中配分による研究開発の加速が必須である。

さらに、X線自由電子レーザーは、世界最高水準の科学技術の発展基盤として、国家的な目標と戦略の下に集中的に投資すべき大規模プロジェクトであり、国主導でなければ実現できないものであることから、国家基幹技術として位置付ける。

## 4．推進方策

### (1) 国の関与の必要性和官民の役割分担

ナノテクノロジー・材料分野の研究開発においても、製品化に近い段階に達している民間企業で取組可能と判断されるものは、本質的に民間企業が主導する研究開発に委ねるべきである。研究開発の成果を製品とし、自由な競争によってその価値を高めていくことは、民間企業が主役となって推進する方が効率的であり、国全体の科学技術への取組の活性化にも繋がる。国としてはそれを支援するための手立てを講じていくことが必要である。

しかし、民間企業の研究開発投資が、低リスクで、短期に成果が得られる部分に集中することは否めない。基礎的段階にあり実用化までに長期間を必要とする研究開発、リスクの高い研究開発、産学官の領域を超えた知の集約や大型研究施設の利用等を必要とする大規模な研究開発、環境保全や国民の安全・安心といった社会性の強い出口を想定した研究開発等に対しては、産業的に有望な課題であっても民間の研究開発投資が及びにくく、民間のイノベーションを誘発する意味からも国の関与が必要である。したがって、例えば、以下に挙げる研究開発については、国が主導して取り組むべきである。

ナノ材料、シリコンナノデバイス、計測・加工機器などで、産業化の前段階にあり次世代製品を見据えた研究開発

ニーズ面の重要性は明らかで、国民にとっても恩恵が十分期待できるものの、実現のためにはブレークスルーが不可欠である、革新的材料等を対象とする高リスクの研究開発  
日本を牽引する産業分野で、今後も引き続き企業の国際競争力を維持、向上するためには世界に先駆けて大きく変革することが不可欠であるが、民間企業だけでは推進困難な研究開発

研究開発の基盤的共通技術であり、直接には利潤に結びつかず、個々の企業で実施するよりも国が主導して基盤を形成する方が良いと判断されるような研究開発

医療機器・医薬品等の開発において、動物実験等の前臨床試験段階から探索的臨床試験を実施する段階にある研究開発等、いわゆる“死の谷”に該当する段階にある研究開発  
材料データベース、リスク評価、標準化など、共通基盤としての重要性が高くかつ長期にわたる継続的な取組を必要とする研究開発

大型施設、設備や多人数の研究スタッフなどを必要とする大規模研究開発

また、ナノテクノロジー・材料分野に関する民間のイノベーションを誘発し、産業化を推進するための法や制度の整備についての検討や、新しい材料科学の分野を開拓するための学際領域・融合領域における教育等人材育成、拠点形成についても、国は重要な責務を担うべきである。

### (2) 人材育成と拠点形成

ナノテクノロジー・材料分野の研究開発が広範囲の研究分野を包含し学際的な性格を有することに鑑み、特に大学院レベルにおける教育として、各専門分野での深い研究と教育に重点を置くとともに、分野融合に適応し得る幅広い視野を持った研究者を育成するような教育プログラムも充実させることが必要である。たとえば、既存の学問体系で区切られた専攻単位での教育システムの枠を超えて、様々な分野の教授陣が協働し、学際的な分野として教育プログラムを実行することも方策の一つである。分野融合の観点からは、ナノテクノロジーを充分理解した上で、バイオテクノロジーや情報通信などの他分野の学問領域をも習得できる優秀な人材を積極的に育成すべきであり、奨学金制度をはじめとした優遇措置によって促進を図る必要がある。

グローバルで優秀な人材の育成・確保に向けた取組として、海外からの教員招聘を積極的に行うとともに、若手研究者の海外交流、教員や研究者のサバティカルの活用等による海外での研究機会を増やすような人材交流を推進すべきである。また、海外において研究を実施する日本人を対象とする研究費の創設も積極的に進めるべきである。さらに大学院博士課程においては、ナノテクノロジー・材料分野で研究マネジメントも担える人材を育成する教育プログラムが必要である。

また、大学および大学院における高等教育の継続性を重視し、プロジェクト型の予算措置による短期的な教育プログラムに偏重することがないように、見直しと評価を経ながらも長期的に実行可能な人材育成プログラムを整備することも必要である。

一方、次世代につながる材料分野の持続的発展のためには、ナノテクノロジーから新規の研究開発分野が創出され、材料分野へと引きつがれることを促す必要がある。このためには、学生や若い世代の研究者がナノテクノロジー・材料分野の研究に魅力を感じて取り組めるような仕組み作りが必要であり、その一つとして、大学院における教育に重点を置くべきである。

少子高齢社会の到来や子供たちの理科離れとともに、ナノテクノロジー・材料分野の研究者人口の減少も懸念されることから、学生の段階でナノテクノロジー・材料関連企業で就業体験をする機会を与えるなどして、実践技術教育の場を拡充すべきである。この観点では、大学と共に民間企業は人材育成の一端を担える存在として重要である。

研究者や社会人教育に加えて、10年後20年後の社会を背負う人材育成としての初等・中等教育においても、ナノテクノロジー・材料分野の重要性を理解・学習させることにも配慮が必要である。

研究拠点の整備は、ナノテクノロジー・材料分野の基礎研究の推進策とともに、実用化に繋げる展開を図るための推進策としても重要な役割を担う。「モノから人へ」を具現化するための一つの方策として、異分野から様々な研究背景を持った研究者が一つの場所に集い、研究者間の交流を通してイノベーションを生み出す分野融合の場として活用すべきであると同時に、人材育成の場としても機能するよう運用に対する配慮が必要である。拠点としては、ナノ計測・加工・分析装置を集約した共同利用センターや、デバイスのプロトタイプ作製やナノスケールに対応できる革新的ナノプローブ機器の作製等、開発目的を明確に掲げたファウンダリー

等の様々な形態が必要である。

ナノテクノロジー・材料分野の研究開発が広範な学問分野に関連することから、大学、独立行政法人、企業等様々な立場からのオープンアクセスを可能にした研究開発拠点の整備が必要である。その際、特定の少数機関のみが強化される施策とならぬよう、十分配慮した施策とすべきである。

ナノテクノロジー・材料分野における分野融合を醸成するためには、個々の技術を有する複数の拠点を有機的に結びつけた研究拠点網の整備も不可欠である。たとえば、大学、独立行政法人などの研究機関においては、それぞれ得意とする領域を活かした拠点としての役割を担うとともに、拠点間の連携を密にして総合力を発揮するような環境整備に取り組むべきである。

### (3) 国の研究資源配分のあり方

基礎的段階（あるいは、階層の初期段階）において要素技術が探索的に研究されるような場合には、多様な研究が競争的に実施されるように配慮して、限りある資源ができるだけ多くの可能性の発掘に行きわたるような研究資源配分制度が必要である。

また、基礎研究が最終的に成果に結びつくまでに比較的長期間を要するとされるナノテクノロジー・材料分野においては、短期間のみの成果を過度に求めることなく、長期的視点に立脚した研究が推進できるような継続的研究資源配分の確保も必要である。

基礎研究からは革新的な成果が生まれ、その成果が新しい分野の創出につながることを期待できることから、基礎研究の多様性に配慮した研究資源配分を行う必要がある。また、研究者が必ずしも成功するとは限らない挑戦的な研究開発課題にも取り組めるような研究資源配分制度の整備も必要である。その際、研究課題採択に当たっては適切な評価が必要である。

研究開発が予想以上の進展を見せたときには、ダイナミックに集中配分し、逆に順調な推移が得られないときには、適切な評価により、予算を見直せるように研究資源配分制度の柔軟性にも配慮すべきである。

研究開発課題ごとに階層性が存在することに配慮して、基礎から応用に至るまでの各階層での研究の性格に見合った研究資源配分・評価が必要であると同時に、階層間を旨く結びつけるための研究資源配分も重要である。また、産業化を最終目標においた基礎研究から応用研究へ向かう方向へのリニアモデルによる研究資源配分だけではなく、産業の場における基礎研究の重要性や基礎研究の成果が産業化に直結するようなケースに対応できる研究資源配分制度も構築すべきである。

ナノテクノロジー・材料分野の研究開発をイノベーション創出へつなげていくためには、当該分野のみならずライフサイエンス、情報通信、ものづくり技術など他の推進分野との異分野連携・垂直連携による研究開発を推進する必要がある。他分野と密接な関係をもつ施策については、当該分野における研究資源配分が他分野の推進にも活かされるよう、分野間の調整を図りながら推進していく必要がある。これには、総合科学技術会議が司令塔機能を発揮し、「活きた戦略」として取り組むことが重要である。

#### (4) 産学官および府省の連携

研究開発の成果を有効に産業化につなげていくためには、大学と企業との連携を一層進める必要がある。大学が企業側のニーズを十分把握することに努める一方で、企業が研究開発課題を大学側に提示するような、相互の積極的な働きかけが必要である。また、大学発などの研究開発型ベンチャーの活用は、ナノテクノロジー・材料分野の研究成果の産業化を加速する上で有効である。大学と企業間での人事交流の推進や企業インターンシップの強化によって、相互理解を深める必要がある。拠点の項で述べたファウンダリーには、全国から産学官が参画できるような運営組織の構築が必要である。

産学官コンソーシアムの形成を推進し、研究開発課題の意義、進捗状況のチェックやロードマップの共有が行えるような場として活用すべきである。このようなコンソーシアムは、施策課題の社会認知を目的とした公開討論の場としても機能し得る。

ナノテクノロジー・材料分野で基礎と応用の両面からの研究開発を円滑に推進するためには、府省間の連携体制を整備する必要がある。特に、研究開発を担う府省と公共調達に関係する府省の連携は、ナノテクノロジー・材料分野の初期需要の創出のみならず、民間でのイノベーション促進に有効である。施策課題の実行段階でも府省連携を図り、科学技術連携施策群の推進等、総合科学技術会議の司令塔としての調整機能の強化が望まれる。

#### (5) 安全・安心に資する取組と責任ある研究開発推進

ナノテクノロジーの社会受容を促す研究としては、リスクの評価手法や管理手法の確立、ナノテクノロジー標準化などが挙げられるが、これらの研究課題については各府省が個別に施策を推進するのではなく、府省が連携・協働して取り組むべきである。全体を統括するコーディネータをおいて継続的に運営推進することも必要である。

ナノテクノロジー分野の研究開発からは予想もしなかった新物質・新機能の発見・発明が期待でき、大きな進歩を生むことが魅力とされる。その一方で、予想できないリスクをもたらす可能性があり、このことへの配慮が研究開発段階から必要となる。研究者自身が責任をもって研究開発に取り組み、科学的データの蓄積や検証に努めることによって、安全・安心に資するとともに、社会受容を促すための取組を積極的に進めるべきである。

#### (6) 国際協調と知財戦略

我が国が世界でリーダーシップを発揮できるようにするには、各技術領域で世界最先端を目指していくことと同時に、国際的な標準化への取組を積極的に推進する必要がある。

我が国が少子高齢化の中で、知識ベース産業社会に転換を図っていく上では、人材育成、研究開発、および産業化の循環を国内のみで維持することは困難になりつつあり、国際協調に努めていくことが不可欠である。特に、アジア諸国との協調は地勢的、産業戦略的に重要であり、積極的な取組が必要である。

ナノテクノロジー・材料分野の産業競争力を強化するには、研究開発を推進すると同時に、基礎研究から生まれてくる成果を知財に結びつけ、産業応用へと活かしていく取組が必要である。基本特許を出願するとともに、広範な応用特許群を構築できるように、出願と保有に対する積極的な支援を推進すべきである。特に、『True Nano』の研究成果を産業にまで発展させるためには、知的財産確保の戦略的取組が必須である。

ナノテクノロジー・材料分野から新しい産業を生み出す方策の一つとして、中小ベンチャーの育成・支援が挙げられる。例えば、中小ベンチャー向けに特許出願の容易化を図り、知的財産管理機構の設立を進めることも必要である。また、当該分野に精通した弁理士の養成と充足が急務である。

#### (7) 国民への研究成果の説明

ナノテクノロジー・材料分野の研究開発を推進することにより得られる成果は、科学技術の進歩、産業競争力の強化、社会の抱える課題の解決等を通じて国民に還元しなければならない。たとえば、希少資源や不足資源を代替する材料技術において革新が生まれれば、資源枯渇問題の解決に大きく貢献できる。

ナノテクノロジー・材料分野は重点推進分野の一つとして位置付けられるが、予算の重点配分に対する必要性和重要性の国民への説明を積極的に行うべきである。

具体的には、研究開発によってどのような変革が期待でき、研究成果によって実現される社会や国民生活の将来像がどのようなものであるかを提示することである。別紙 - 2 には重要な研究開発課題の成果目標を提示しているが、研究推進期間中においても、国民に向けて成果を説明する積極的な広報活動に努力すべきである。

また、本分野の成果の多くが基礎研究に属するため、その成果が社会から直接見え難いことから、積極的に研究の成果をわかりやすく国民に発信し、国民の理解を得る取組が必要である。

総合科学技術会議の司令塔機能の強化が基本計画の中にも謳われており、ナノテクノロジー・材料分野においても、冊子、ビデオ、ホームページ等の媒体を通じて、分野の特徴をわかりやすく説明することに努める必要がある。

## ナノエレクトロニクス領域

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

## 材料領域

【エネルギー問題の克服】  
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  
【環境と調和する循環型社会の実現】  
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・安心社会の構築】  
安全・安心社会を実現する材料・利用技術  
【産業競争力の維持・強化】  
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

## ナノバイオテクノロジー・ 生体材料領域

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  
再生誘導用材料  
ナノバイオテクノロジーを  
応用した食品

## ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域

### 【技術基盤】

革新的ナノ計測・加工技術  
量子ビーム高度利用計測・加工・創製技術  
物性・機能発現指向のシミュレーション・デザイン技術

### 【推進基盤】

ナノテクノロジーの責任ある研究開発  
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

## ナノサイエンス・物質科学領域

「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

# 別紙 - 2 重要な研究開発課題の概要及び目標

(ナノテクノロジー・材料分野)

注1) 本表に記載している研究開発目標は、重要な研究開発課題に関連する全ての研究開発目標を網羅的に記載しているものではない。

注2) 研究開発目標及び成果目標は、特定の研究開発投資を前提とするものではない。

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標（計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標）	成果目標
ナノエレクトロニクス領域			
1 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 - 5 - 10 - 11	現在の最先端シリコンエレクトロニクスに更なる高機能化を図るために、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用した他技術との融合によって、現在のエレクトロニクスを発展させるデバイス技術を開発する。	2010年までに、45nmレベルの半導体微細化技術を実現するとともに、技術戦略マップに基づきその後の更なる微細化技術の進展も見据えつつ、高速度・低消費電力デバイスを実現する。【文部科学省】【経済産業省】 2015年頃までに、半導体デバイスの大幅な高度化・高機能化につながる材料・構造・界面などの機能解明を行う。【文部科学省】 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。【経済産業省】  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。【経済産業省】	2015年頃までに、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用した他技術との融合や45nmレベルのプロセス・設計技術をマイルストーン(2010年)とした更なる微細化技術によって、現在の最先端シリコンエレクトロニクスに更なる高機能化や低消費電力化を図るデバイス技術を開発する。これらにより、デバイス性能を飛躍的に高め、世界を魅了するユビキタスネット社会を実現させるとともに、日本の強い情報家電等の具体的アプリケーションに特化して行うことで、日本のこの分野における国際競争力をさらに高め、世界においてリーダーシップを発揮する。【文部科学省】【経済産業省】
2 電子・光制御ナノエレクトロニクス技術 - 5 - 5 - 10 - 11	新しい高速大容量情報通信・情報処理技術、セキュリティ技術開発等を目指して、従来のシリコンエレクトロニクスで利用されていない材料もしくは機能に対して、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に活用することにより、既存技術の原理的限界を超え、新規機能を有する加工技術、デバイス、システムを開発する。	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。【経済産業省】 2011年までに、光デバイス開発のため、ホログラムを利用したフェムト秒レーザー加工技術を確立する。【経済産業省】 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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 2012年頃にスピン注入磁化反転方式のメモリを実現する。【経済産業省】 2015年頃までに、10Tb/in2級の大容量メモリ・ストレージ技術を開発する。【文部科学省】 2015年頃までに、電子・光デバイスの大幅な高度化・高機能化につながる材料・構造・界面などの機能解明を行う。【文部科学省】 2015年頃までに、分子・有機などの新材料、あるいはスピンなど、従来のシリコンエレクトロニクスで利用されていない材料・機能を利用した電子・光デバイス技術を開発する。【文部科学省】 2015年頃までに、単一量子に関わる基礎技術の高度化と多量子化に向けた基盤技術を開発する。【文部科学省】  2010年までに、電子冷却可能なマイナス100度付近で動作する量子カスケードレーザーを開発する。【総務省】 2015年頃までに、高感度で室温動作するナノ構造利用したテラヘルツ検出器を開発する。【総務省】 2015年頃までに、ナノ構造利用した高精度テラヘルツ光源を開発する。【総務省】	電子・光の量子特性の基礎技術を開発して高度化するなど、ナノ領域で顕著になる電子・光特性の新機能発現・原理解明とともに、その制御・利用した新たな動作原理の技術を開発する。【文部科学省】 2015年頃までに、従来のシリコンエレクトロニクスで利用されていない材料もしくは機能に対して、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に活用して、現在の半導体技術をさらに発展させるデバイス技術を実現するとともに、従来の半導体の動作原理を打破する新デバイス技術開発を目指す。これらにより、デバイス性能を飛躍的に高め、世界を魅了するユビキタスネット社会を実現させるとともに、日本の強い情報家電等の具体的アプリケーションに特化して行うことで、日本のこの分野における国際競争力をさらに高め、世界においてリーダーシップを発揮する。【総務省】【文部科学省】【経済産業省】
3 ナノスケールに対応したエレクトロニクス製造技術 - 11 - 10	32nm以降の半導体製造技術やナノスケールの超微細なデバイス等の実現に向けた、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用したエレクトロニクス製造技術および装置を開発する。	2010年までに、45nmレベルの半導体微細化技術を実現するとともに、技術戦略マップに基づきその後の更なる微細化技術の進展も見据えつつ、高速度・低消費電力デバイスを実現する。【文部科学省】【経済産業省】 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。【経済産業省】 2015年頃までに、32nm級以下の多様な材料のナノ構造を加工・造形する技術を開発する。【文部科学省】	造形・加工における新しいナノテクノロジー技術を展開させ、2010年までの45nmレベルの微細化等を始めとして、ナノスケールに対応したエレクトロニクス製造技術および装置を開発することにより、半導体分野での32nm以降の製造技術および各種エレクトロニクス製品製造分野での優位性を確保する。【文部科学省】【経済産業省】
4 ナノエレクトロニクス部材の低価格化技術 - 11 - 5 - 10	コスト競争力の高いナノエレクトロニクス材料・部材・デバイスを提供するために、ナノエレクトロニクス領域のすべての開発過程において、開発開始当初からコスト低減意識を徹底した材料・技術を開発する。	2011年までに有機ナノファイバーの高速連続製造技術を開発する。【経済産業省】 2015年までに、微小領域のプリント可能なナノコンタクト技術の確立とフレキシブル有機FTD部材の開発等の技術を活用し、巻き取り可能な曲面ディスプレイやシール状ICタグ等の製造技術を開発する。【経済産業省】 2015年までに、高エネルギー密度のキャパシターや高パワー密度の超小型二次電池等の製造技術を開発する。【経済産業省】	ナノエレクトロニクス領域のすべての開発過程において、開発開始当初からコスト低減意識を徹底し、コスト競争力の高いナノエレクトロニクス材料・部材・デバイスを提供することにより、技術面のみでなくコスト面での国際競争力を確保する。【経済産業省】

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標 (計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標)	成果目標
<p>5</p> <p>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</p> <p>- 2 - 10</p>	<p>デバイスレベルでの消費電力の徹底的な低減と、システム・回路との連携による消費電力の無駄を省くことを目的とした、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用したナノデバイス技術を開発する。</p>	<p>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。【経済産業省】</p> <p>2010年までに、45nmレベルの半導体微細化による高速度・低消費電力デバイスを実現する。【文部科学省】【経済産業省】</p> <p>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。【経済産業省】</p> <p>2015年頃までに、分子、有機などの新材料、あるいはスピンなど、従来のシリコンエレクトロニクスで利用されていない材料・機能を利用した環境調和デバイス技術を確立する。【文部科学省】</p> <p>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。【経済産業省】</p> <p>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。【経済産業省】</p> <p>2007年までに、集積化した低消費電力ディスプレイを実現。【経済産業省】</p> <p>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。【経済産業省】</p> <p>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の実現する。</p> <p>2011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。【経済産業省】</p> <p>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。【経済産業省】</p>	<p>2015年頃までに、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用したナノデバイス技術を開発することにより、デバイスレベルでの消費電力を徹底的に低減するとともに、システム・回路との連携による消費電力の無駄を省くことにより、電子機器およびその他の装置・システム等の消費電力を削減し、国家の省エネルギー政策にデバイスレベルから貢献する。【文部科学省】【経済産業省】</p>
<p>6</p> <p>セキュリティエレクトロニクス技術</p> <p>- 10</p>	<p>将来の情報セキュリティ確保のために、ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用した認証・通信技術を開発する。</p>	<p>2015年頃までに、解読不能超高速通信技術を確立する。【文部科学省】</p>	<p>ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に利用した認証・通信技術を開発することにより、インターネット社会における情報セキュリティを堅固なものにする。【文部科学省】【経済産業省】</p>
<p>ナノバイオテクノロジー・生体材料領域</p>			
<p>7</p> <p>生体の構造・機能などを解明する分子イメージング</p> <p>- 3 - 1 - 3</p>	<p>ナノメートルレベルでの生体の構造と機能を正確・精密に理解するため、分子イメージング用の計測技術と解析技術を開発する。</p>	<p>2011年までに、タンパク質などの生体分子の構造を静的・動的に観察するためのX線利用イメージング技術を開発し、機能との関係をデータベース化する。特に、循環器疾患や脳神経系疾患をはじめとする各種疾患との関係を解明する。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、テラヘルツ光からX線までの各種イメージング技術を整え、生体膜や細胞内器官が機能する仕組みを解明する。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、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。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、創薬における薬効評価に資するナノレベル機能イメージング技術を開発する。【厚生労働省】</p> <p>2011年までに、in silico創薬技術等との連携により、効果的創薬を可能とするナノレベル構造・機能イメージング技術を開発する。【厚生労働省】</p>	<p>2015年頃までに、生体の静的構造と動的挙動を非侵襲的に観察するための計測技術を開発すると共に、得られたデータを解析するための理論・数理モデルを確立し、世界最高水準の生体分子の構造と機能のデータベースを構築し、生体分子の構造と機能の解明において世界をリードする。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、生体分子の構造と機能を解明する分子イメージング技術を開発する。これにより、創薬や治療法の開発、薬効評価に資することで、国民を悩ます疾患の克服に資する。【厚生労働省】</p>
<p>8</p> <p>生体内の分子を操作する技術</p> <p>- 3</p>	<p>生体における細胞や臓器の構造や機能を分子レベルで理解し、このレベルで直接操作する技術を開発する。</p>	<p>2011年までに、細胞内における構造・機能分子の捕捉・イメージング基盤技術を開発する。【文部科学省】</p> <p>2015年頃までに、生体分子イメージング技術などを併用して、細胞内生体分子などの捕捉や移動技術、細胞表面分子の操作技術を開発する。【文部科学省】</p>	<p>2015年頃までに、生体分子イメージング技術などを併用して、細胞内生体分子などの捕捉や移動技術、細胞表面分子の操作技術を開発することにより、生体の構造や機能を含む生命現象のメカニズムを分子レベルで解明し、生命現象のメカニズムを活用・制御する基本技術開発において世界をリードする。【文部科学省】</p>

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標 (計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標)	成果目標
<p>DDS・イメージング技術を核とした診断・治療法</p> <p>9</p> <p>- 15 - 3 - 17 - 8</p>	<p>バイオテクノロジー、IT、およびナノテクノロジーを融合させることにより、高性能・低副作用DDSキャリアを開発する。さらに、キャリア・薬物複合体の生体内動態のリアルタイム観察システムにより薬剤デリバリーの最適化を図る。また、DDSのターゲティング技術と生体分子イメージング技術の融合により、超早期に病変を診断する。加えて、長期に薬剤を担持・安定化・徐放できる徐放製剤等を開発し、効果が大きく副作用の少ない、細胞および細胞内の核・小器官などをターゲティングする治療法を確立する。</p>	<p>2011年までに、1mm程度のがんを分子レベルで診断する技術を開発する。【文部科学省】【厚生労働省】【経済産業省】</p> <p>2011年までに、認知症を分子レベルで早期発見するイメージング技術を確立する。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、イメージング技術を利用したキャリア・薬物複合体の生体内動態のリアルタイム観察システムを構築する。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、薬物等伝達システム(DDS)を用いた新規性の高い治療法の開発につながる技術を開発する。【厚生労働省】</p> <p>2011年までに、高薬効・低副作用DDS技術を開発し、がん、循環器疾患、糖尿病、認知症等の治療に応用する。【文部科学省】【厚生労働省】【経済産業省】</p> <p>2011年までに、がんや中枢神経系疾患、脳血管疾患等の超早期診断および細胞特異的な治療法につながる技術を開発する。【厚生労働省】</p> <p>2015年頃までに、長期的に薬剤を担持・安定化・徐放できるナノ薬物送達システムを実現し、糖尿病の治療等への応用の道を拓く。【文部科学省】【厚生労働省】</p> <p>2011年までに、低コストの家畜用DDS担体を利用したワクチン等を開発する【農林水産省】</p> <p>2015年頃までに、家畜用DDSを開発し、抗生物質使用量を著しく低減した家畜衛生管理技術を確立する。【農林水産省】</p>	<p>2011年までに、DDS技術、イメージング技術を核として、国民を悩ます重要疾患(がん、循環器疾患、糖尿病、認知症等)の超早期診断と副作用が少なく、治療効果の高い医療技術を開発する。【文部科学省】【厚生労働省】【経済産業省】</p> <p>2015年頃までに、家畜用DDSを開発し、抗生物質への依存を著しく低減した家畜の衛生管理技術を確立することで、食の安全・安心につなげる。【農林水産省】</p>
<p>超微細加工技術を利用した機器</p> <p>10</p> <p>- 15 - 3 - 9</p>	<p>低侵襲な診断・治療機器やバイオプロセスへの応用を目的として、半導体加工技術を基本とするナノマシニング技術を利用したNEMS、マイクロレイ・マイクロチャネル、超微細アクチュエータ、高集積センサ、Lab-on-Chipなどのデバイスを開発する。</p>	<p>2011年までに、ナノバイオ融合MEMS製造における下記基盤技術を開発する。【文部科学省】【経済産業省】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- バイオ物質の表面パターニングを任意の形状で可能とする。</li> <li>- ナノ物質の化学的修飾を精度±10nmでの位置決めを行う。</li> </ul> <p>2011年までに、デバイスやバイオセンサ等、ナノ技術を駆使して生体構造・組織への適合性を高めた医療機器の開発を進め、臨床応用が検討される段階まで到達する。【文部科学省】【厚生労働省】【経済産業省】</p> <p>2011年までに、臨床現場で活用できるバイオ診断機器を開発する。【経済産業省】</p> <p>2015年頃までに、超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。【文部科学省】</p> <p>2015年頃までに、体内埋め込み型ICチップ、使い捨てICチップなどを開発し、個人毎に最適な治療技術を実現する。【文部科学省】</p> <p>2015年頃までに、細胞活性評価用マイクロLab-on-Chipデバイスの開発を行い、環境中有用微生物の迅速検索を可能とする。【環境省】</p> <p>2015年頃までに、センシングナノ構造体上に人工組織を形成させたユニット(バイオナノ協調体)の開発を行い、環境汚染物質等による生体影響評価を迅速簡易に可能とする。【環境省】</p> <p>2015年頃までに、超微細埋め込み型医療機器を用いた医療について、臨床実験・治験を行う段階まで到達させる。【文部科学省】</p>	<p>ナノ技術やMEMS技術を駆使した、低侵襲診断・治療機器や遺伝情報を高感度・高効率に計測する機器を2011年までに開発する。これにより、副作用が少なく個人に最適化した治療効果の高い医療を実現し、国民を悩ます重要疾患(がん、循環器疾患、糖尿病、認知症等)の克服に貢献する。【文部科学省】【厚生労働省】【経済産業省】</p> <p>2015年頃までに、ナノテクノロジーを活用した環境技術を開発する。これにより環境リスクの予防的な管理体制を構築する。【環境省】</p>
<p>極微量物質を検出する技術</p> <p>11</p> <p>- 3 - 9</p>	<p>生物現象に代表されるナノレベルの制御技術や、IT技術およびナノ構造加工技術を組み合わせることにより、体内における極微量物質の検出精度を飛躍的に向上し、重要疾患(がん、循環器疾患、糖尿病、認知症等)の早期診断を実現すると共に、環境モニタリングの高度化による環境リスクの最小化を達成する。</p>	<p>2011年までに、血液や体液、尿中などのタンパク質、ペプチド、糖鎖、金属など極微量物質を検出するためのバイオセンサーやデバイスを開発する。【文部科学省】</p> <p>2020年頃までに、化学物質有害性評価チップ、化学物質を高感度に検出可能なナノバイオデバイスを開発する。【環境省】</p>	<p>2011年までに、タンパク質、ペプチド、糖鎖、金属など生体試料中の極微量物質を検出するためのバイオセンサーやデバイスを開発する。これにより、重要疾患(がん、循環器疾患、糖尿病、認知症等)の早期かつ低侵襲の診断を実現する。【文部科学省】</p> <p>2015年頃までに、化学物質有害性評価チップ等を開発することにより、環境中極微量化学物質などの検出と評価を行い、安心・快適な暮らしにつなげる。【環境省】</p>

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標 (計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標)	成果目標
12 生体に優しい高安全・高機能性生体デバイス - 6	<p>多くの国民が高齢化に伴って必要とする、骨折・骨疾患治療、血栓除去、臓器外科手術等の治療をより容易に、信頼性高く享受し得る医療を提供することが極めて重要である。これを支える生体材料開発、医用デバイス設計・組み立て・制御技術の開発を行う。そのための骨・臓器再建・機能保全用材料開発、とりわけナノテクノロジーを駆使して材料界面・表面改質、形態制御による生体に優しい医用デバイス、センサー、機能材料の基盤技術を確立し、人工骨、インプラント、人工歯根、人工心臓、人工視覚、血栓除去デバイス、手術用デバイス等を開発すると共に、治療・診断のための評価手法を開拓する。また、人工心臓、人工骨、人工視覚など失われた生体機能を再建、回復、代替するための材料、デバイス材料の開発とその設計・組み立て・制御技術を確立すると共に手術支援等のためのデバイスを開発する。</p>	<p>2011年までに、人工腎臓、人工心臓、人工骨、人工歯根などの生体医療材料・デバイス・インプラント開発のための生体親和性、融合性ならびに安定性の高い材料開発・合金設計ならびに加工・形態制御技術、表面処理技術開発ならびにデバイス設計、制御技術を開発する。【文部科学省】</p> <p>2015年頃までに、良好な界面適合性を有する材料・形状による生体適合性を向上させたインプラントを開発し、人工骨等の医用デバイスの国産比率を飛躍的に向上させる。【文部科学省】</p>	<p>2020年頃までに、多くの国民が高齢化に伴って必要とする治療をより容易に信頼性高く享受し、快適ではつらつとした老後を保証する医療に資する医用材料・デバイスを開発する。【文部科学省】【経済産業省】</p>
13 再生誘導用材料 - 6	<p>臓器移植が限定されるわが国においては、これに代わる臓器、器官の再建、機能回復を図る治療法としての再生医療の確立が重要である。臓器移植によらず腎臓、肝臓、心筋、皮膚、骨、靭帯、軟骨等の臓器、器官の再建、機能回復を可能にするために生体組織の形成・再生をナノ構造・形態と細胞の相互作用の視点から捉え、その機構を理解して生体組織再生に不可欠な再生誘導用材料開発、ハイブリッド化、多次元足場構築、組織培養システム構築、再生メカニズム解明、再生機能・過程評価等を行い、臓器・器官再生の臨床応用を目指す。</p>	<p>2011年までに、様々な生物現象をナノレベルで観察し、生体組織の形成・再生と再生過程・機能評価ならびにそれを促進・誘導する機能性足場材料を開発すると共にその再生メカニズムの解明と再生誘導材料の役割を明らかにする。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、臓器、器官を再生するための細胞の増殖、分化と機能改変のための培養システムならびにその周辺技術を開発し、再生医療を確立するための細胞適合性材料の開発ならびに多次元再生用足場構築技術を確立する。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、患者自身の細胞の採取・培養から組織形成・治療までの評価プロセスおよび評価基準を確立し再生医療の臨床応用を可能とするための三次元化・多層化/組織化技術を確立する。【経済産業省】</p> <p>2011年までに、生体内の代謝システムに組み込まれ、生体組織を修復する非生物由来材料を創製する。【文部科学省】</p> <p>2011年までに、皮膚や骨、軟骨等の組織再生を可能にすると共に、角膜の再生治療を実用段階にまで発展させる。【文部科学省】【経済産業省】</p> <p>2015年頃までに、心筋や血管等の再生を可能にする再生医療技術を開発する。【文部科学省】【経済産業省】</p> <p>2025年頃までに、肝臓等の臓器の機能の再生を可能にする。【文部科学省】</p>	<p>再生医療用材料等の開発により、2011年までに角膜、皮膚、骨、軟骨等の、2015年頃までに心筋、血管等の、2025年頃までに肝臓等の臓器・器官の再建と機能回復を図る。【文部科学省】【経済産業省】</p>
14 ナノバイオテクノロジーを応用した食品 - 4 - 17	<p>ナノ粒子の物理化学的特性を利用して腸管吸収特性が高く、機能性成分の含有率の高い安全で高品質の食品を開発する。</p>	<p>2011年までに、食品のナノ粒子の物理化学特性、腸管吸収基礎特性等を解明する。【農林水産省】</p> <p>2015年頃までに、食味を損なわずに機能性成分を食品に安定的に取り込む技術を開発する。【農林水産省】</p> <p>2017年頃までに、世界に先駆け、新しい食感や風味を持つ食品や機能性成分の腸管吸収が著しく向上した食品を実用化する。【農林水産省】</p> <p>2020年頃までに、ナノ構造を活用した食品栄養成分の長期安定保存システムを開発する。【農林水産省】</p>	<p>ナノバイオテクノロジーを活用した機能性成分を向上した食品を開発することで、国民が生涯健康な生活を送ることができるようにすると共に、食品物性制御技術やナノテクノロジーを活用して、消費者ニーズの高い食品や食品栄養成分の長期安定保存システムを開発することにより、国際競争力が高く、安全で高品質な食料を安定して供給するための体制を確立する。これらにより、2015年頃までに食料自給率を45%まで向上させることに資する。【農林水産省】</p>

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標 (計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標)	成果目標
材料領域			
<p>15</p> <p>【エネルギー問題の克服】 未普及なエネルギー利用を具現化する材料技術</p> <p>- 3 - 4 - 6 - 10</p>	<p>材料技術の革新によって、未だ普及されていないエネルギー利用の具現化を目的とする。例えば、材料がボトルネックの一因となっている燃料電池関連材料(触媒、電解質、電極等)、水素利用関連材料(高容量水素吸蔵合金、水素製造光触媒等)、超電導材料、キャパシター材料、新規の二次電池材料や熱電材料等を開発する。</p>	<p>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。【経済産業省】 2009年までに、固体酸化物形燃料電池(SOFC)において、低温域(650以下)で作動可能な高出力密度(2kW/L)のセラミックリアクターの実現【経済産業省】 2010年までに、定置用燃料電池の発電効率32%(HHV)、耐久性8年を実現する。【経済産業省】 2010年までに、燃料電池自動車の航続距離400km、耐久性3000時間(5年)、コスト5000円/kWを実現する。【経済産業省】 2015年頃までに、高温(120以上)で高効率運転可能(コスト1/10、効率20%アップ)な燃料電池用材料を開発する。【文部科学省】 2015年頃までに、実用航続距離500kmを可能とする水素吸蔵材料を開発する。【文部科学省】 2015年頃までに、燃料電池用として、非貴金属系で現状と同程度の性能を有する触媒を開発する。【文部科学省】 2015年頃までに、光触媒による水素製造では太陽量子効率で、水の電気分解の効率に匹敵する性能をもつ材料を開発する。【文部科学省】 2020年までに、燃料電池自動車の航続距離800km、耐久性5000時間(10年)、コスト4000円/kWを実現する。【経済産業省】 2020年までに、定置用燃料電池の発電効率36%(HHV)、耐久性10年、1kW級システム製造価格40万円を実現する。【経済産業省】  2009年までに、イットリウム系超電導線材について、長さ500m、臨界電流300A/cm幅(77K,OT)を達成する。【経済産業省】 2015年頃までに、30K近傍で実用レベルの臨界電流を有する金属線材を実現する。【文部科学省】 2020年頃までに、エネルギー・電力分野等において超電導技術を活用した機器等を順次実用化する。【経済産業省】  2011年までに、CNTを用いたキャパシタをデバイスレベルで開発する。【経済産業省】  2015年頃までに、熱電材料については、性能指数ZT&gt;1で、かつ現実的に応用が可能な材料(耐久性、環境負荷、重量、材料および製造コスト等の観点からが適正なもの)の実現を目指す。【経済産業省】</p>	<p>高効率燃料電池、超電導技術を利用した機器、廃熱利用のための熱電発電技術等のエネルギーの利用を具現化する材料技術を2015年頃までに開発する。これにより、クリーンなエネルギー利用の実現を図り、我が国のエネルギー自給に向けて貢献する。【文部科学省】【経済産業省】</p>
<p>16</p> <p>【エネルギー問題の克服】 高効率なエネルギー利用のための革新的材料技術</p> <p>- 2 - 10</p>	<p>材料の革新や飛躍的な高性能化によって、エネルギー利用の大幅な高効率化を達成することを目的とする。例えば、火力・原子力発電の高効率化のための構造部材(超耐熱材料、耐食材料、高機能熱交換機器素材、高度摺動部材等)、発電機やモーターの高効率化のための磁性材料、および太陽電池材料等において革新的材料を開発する。</p>	<p>2011年までに、耐熱性、耐食性に優れた超高純度Cr-Fe系材料の量産化基礎技術を確立する。【経済産業省】 2015年頃までに、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)を開発する。【文部科学省】 2015年頃までに高耐食・高耐疲労、高耐熱金属材料等を開発する。【経済産業省】</p>	<p>太陽電池材料や発電における高効率化を図るための構造部材や、発電もしくは動力源となるモーター関連材料など、材料の革新や飛躍的な高性能化を2015年頃までに進めることにより、高効率なエネルギー利用の実現を図り、資源の消費を最小限に抑えることに貢献する。【文部科学省】【経済産業省】</p>
<p>17</p> <p>【環境と調和する循環型社会の実現】 有害物質・材料対策に資する材料技術</p> <p>- 9 - 10</p>	<p>有害物質の使用量を低減できる材料開発や、有害物質の検知技術および除去技術の構築する。例えば、非鉛・非ヒマス圧電セラミックス、有害物質(VOC、ダイオキシン、環境ホルモン等)センシング材料、有害イオン(ヒ素、鉛等)除去技術用材料を開発する。</p>	<p>2011年までに、ダイオキシン、環境ホルモンの簡便で高感度なセンサー部材を実現する。【経済産業省】 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。【環境省】 2011年までに、革新的な浄化性能を持つ有害物質除去膜等を実用化する。【環境省】 2015年頃までに、有害物質に関して、その機能を担う代替技術を実現する。【文部科学省】</p>	<p>2015年頃までに、有害物質の使用量を劇的に低減できる材料の開発、および健康への影響が指摘されている微量物質のセンシング技術と対策の確立により、化学物質が人体と環境へ与えるリスクを最小化する。【文部科学省】【経済産業省】【環境省】</p>
<p>18</p> <p>【環境と調和する循環型社会の実現】 希少資源・不足資源代替並びに効率的利用技術</p> <p>- 8 - 10</p>	<p>希少資源・不足資源の枯渇の影響のない持続可能な社会の確立を実現するために、例えば、非インジウム系透明電極材料、非貴金属系触媒、非Dy系高保持力磁石、非W、Ta、Co系工具用合金等、希少・不足資源使用材料に対して代替材料開発や効率的利用技術を開発する。</p>	<p>2015年頃までに、希少元素に関して、その機能を担う代替技術を実現する。【文部科学省】</p>	<p>燃料電池用の貴金属触媒、透明電極用のインジウムや高保磁力磁石のディスプロシウムなど、産業応用で重要な材料機能を担う希少・不足資源元素を、豊富に存在する(クラーク数が大きい)元素で環境低負荷な毒性の問題ない元素を用いて代替(省使用)する材料の開発や、これらの元素に対して、2005年水準よりも50%程度高い効率の製造・リサイクルプロセス技術を2015年頃までに開発することにより、希少資源・不足資源の枯渇の影響のない持続可能な社会の確立に貢献する。【文部科学省】【経済産業省】</p>

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標 (計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標)	成果目標
19 【環境と調和する循環型社会の実現】 環境改善・保全のための材料技術 - 10 - 11 - 12 - 10	境に低負荷な物質を用いた高効率の環境浄化触媒材料の開発や、生分解性プラスチックやリサイクル材料等の新材料を開発する。	2015年頃までに、従来の材料を大幅にのく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。【文部科学省】	豊富に存在する(クラーク数が大きい)元素で環境低負荷な物質を用いた高効率の環境浄化材料の開発、新しいリサイクル可能な材料開発、および新しいリサイクル方法となる革新的プロセス技術の開発を2015年頃までに行うことにより、環境の改善や保全に貢献する。【文部科学省】
20 【安全・安心社会の構築】 安全・安心社会を実現する材料・利用技術 - 1 - 10 - 11	大震災対策に資する構造部材とその革新的プロセスや、突発的な災害や事故から身を守るための防具用材料の開発および利用技術等を開発する。例えば、超高層ビル用超剛材料や高強度材料開発のための革新的プロセスおよび利用技術や、耐熱性と快適性を併せ持つナノファイバー素材等の材料技術および評価技術を開発する。	2015年頃までに、組織制御技術、利用加工技術を構築し、鉄鋼等構造部材の安心使用限度向上、高強度、高靱性、高疲労強度化を実現する。【文部科学省】 2015年頃までに、プラント・構造物等の安心使用限度の向上に資する高強度、高耐食、高靱性、高耐疲労、高耐熱、高耐水素脆性の金属材料等を開発する。【経済産業省】 2015年頃までに、高機能鋼材用の接合技術を確立する。【経済産業省】 2013年頃までに、高度な耐震性等を有する建築物および新たな都市再生ニーズに対応した建築物を実現するため、高強度鋼等の革新的構造材料を活用した新しい建築構造システムの性能評価技術の開発と基準等の整備を行う。【国土交通省】 2015年頃までに、構造材料のクリープ特性データ等による時間依存型損傷評価技術を開発する。【文部科学省】 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。【総務省(消防庁)】	大震災に耐えうる建築物のための高強度鋼等の革新的構造材料や、突発的なテロ、災害や事故から身体等の安全を確保するための材料を2015年頃までに開発し、あわせて、それらの検査・評価・利用技術の飛躍的な向上を目指すことにより、国民の社会生活における安心・安全に貢献する。【総務省(消防庁)】【文部科学省】【経済産業省】【国土交通省】
21 【産業競争力の維持・強化】 世界をリードする電子機器のための材料技術 - 10 - 11	我が国の電子産業の優位性を堅固なものとするため、情報通信等に必須の基幹部材、例えば、有機・無機EL等の次世代ディスプレイ用材料、Low-k・High-k(低誘電率・高誘電率)材料等の半導体・素子関連材料、超高密度メモリ・ストレージ用電子産業用部材、巨大電気・磁気効果材料等の電子情報機器関連材料、新光通信ネットワーク構築用材料、ロボット等に用いられる高感度の次世代センサー材料等について、革新的な高性能を実現できる材料とそのプロセス技術を開発する。	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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 2015年頃までに、半導体レーザーで動く高速光スイッチと3次元メモリ、磁場を用いず室温で動作するスピントロニクス材料を開発する。【文部科学省】 2007年までに、通信量40Gb/s級の高速通信機器を実現する。【経済産業省】 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。【経済産業省】 2010年までに、100nmオーダーのフォトニック結晶構造をガラス表面にモールド成形する技術を実現する。【経済産業省】 2010年までに、光デバイス開発のため、ホログラムを利用したフェムト秒レーザー加工技術を確立する。【経済産業省】 2010年までに、45nmレベルの半導体微細化による高速度・低消費電力デバイスを実現する。【文部科学省】【経済産業省】 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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 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。【経済産業省】	将来の電子産業を担う、高性能なディスプレイ、半導体、メモリ、ストレージ、センサー、ネットワーク機器に対して、物質科学やナノサイエンスの最近の進歩を取り入れた、新規の革新的材料・部材およびプロセス技術を開発し、情報通信分野でのわが国の先進性を確固たるものにする。【文部科学省】【経済産業省】

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標 (計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標)	成果目標
<p>22</p> <p>【産業競争力の維持・強化】 国際競争力のある輸送機器のための材料技術</p> <p>- 10 - 11</p>	<p>強い競争力をもつ自動車産業等を、今後も世界のフロントランナーとするためには、その基盤である素材・部材産業を一層強力にするための材料開発が必須である。例えば、自動車の構造材料の軽量化に資する材料技術(軽量金属材料の高機能化、炭素繊維強化複合材料等)や、高効率パワーデバイス等の次世代自動車用電気・電子制御系関連材料等を開発する。</p>	<p>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。【経済産業省】 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。【経済産業省】 2015年頃までに、自動車用鋼板、アルミ系合金、マグネシウム系合金、チタン系合金、構造材料等の開発および組織制御・加工利用技術により、軽量高強度化基盤技術を確立する。【文部科学省】</p> <p>2012年頃までに、車体軽量化20%を実現する自動車用炭素繊維強化複合材料を開発する。【経済産業省】</p> <p>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。【経済産業省】 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。【経済産業省】</p> <p>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。【経済産業省】</p>	<p>我が国の産業全般への影響力が最も大きい自動車をはじめとする輸送用機器開発において、構造部材の高機能化・軽量化や、周辺機器に付加価値を与える革新的な材料・プロセス技術を開発することにより、世界一の国際競争力の持続を支えることに貢献する。【文部科学省】【経済産業省】</p>
<p>23</p> <p>【産業競争力の維持・強化】 次世代を担う革新的材料・部材の創製技術</p> <p>- 10 - 11</p>	<p>材料の実用化に極めて重要だがこれまで明らかに不十分であったプロセス技術、材料機能を有効に発現させるためのナノレベル領域での組織・構造・界面を制御する材料創製・プロセス技術、および物性シミュレーション手法の高度化を基盤としたマイクロあるいはマクロ領域までの最適構造化のための加工技術や高スループット材料探索・最適化手法等を確立する。</p>	<p>2011年までに、精密反応場とエネルギー供給手段を組み合わせた協奏的反応場による高効率・高選択的プロセス革新と新機能材料創成技術を開発する。【経済産業省】 2011年までに、各製造工程における、組織や組成の状態を予測可能なシミュレーション技術を開発し、製造条件の迅速な最適化を実現することにより、素材の物性を飛躍的に向上させるようなプロセス技術の確立【経済産業省】</p> <p>2015年頃までに、結晶粒界制御技術の構築により、材料(高強度セラミックス、超塑性セラミックス、高強度金属材料等)強度を倍にする。【文部科学省】 2015年頃までに、異種材料・異種状態間のナノスケール界面制御基盤技術を構築し、密着強度や電気特性の向上を行う。【文部科学省】</p> <p>2015年頃までに、従来のビルドアップ/ブレイクダウンプロセスの空白を埋める、ナノ～マクロスケールの全領域を同時連続で最適構造化することが可能なプロセスを開発する。【文部科学省】 2015年頃までに、新機能探索シミュレーション手法を実現する。【文部科学省】</p>	<p>粒界、構造、界面、接合などの制御により、材料物性を飛躍的に向上させる革新的な材料およびその創成・加工技術の開発、および、マイクロ～マクロスケール領域での最適構造化が可能な加工技術を開発することにより、他国が追従できない先端ものづくり技術を進化させ、世界で勝ち抜く産業競争力を形成してゆく。【文部科学省】【経済産業省】</p>
<p>ナノテクノロジー・材料分野推進基盤領域</p>			
<p>24</p> <p>【技術基盤】 革新的なナノ計測・加工技術</p> <p>- 5 - 10 - 11</p>	<p>新しい原理に基づく計測・加工技術の開発により、ナノテクノロジー・材料分野における新現象の発見・機能の発現など研究レベルの向上と、新しい計測・評価・加工機器開発による同産業領域の拡大と国際的な競争力強化を目的とする。主な技術領域としては、ナノの世界のスケールに対応できるナノプローブ技術と量子ビーム技術、ナノエレクトロニクス、ナノバイオセンサーの基盤となるナノエレクトロメカニカルシステム技術、ナノ加工技術として新たな独自の発展が可能となるナノインプリント等のナノ集積化技術において、特に、ナノエレクトロニクスやナノバイオテクノロジーにつながる分野を重点的に考える。</p>	<p>2009年までに、半導体集積回路装置の組み立て工程における多層配線用材料の評価技術を開発し、半導体に適用する部材の統合的ソリューションを提案する。【経済産業省】 2011年までに、物性・機能の計測において、溶液中も含むあらゆる環境下における計測をも可能とし、実時間・高速計測も可能とする。また、細胞表面・内部の計測・分析・操作や材料・デバイスの内部のナノ構造や組成まで計測可能とする技術要素を開発する。【文部科学省】【経済産業省】 2011年までに、完成度の高いフォトリソグラフィ技術を開発し、独自の発展が可能となる新しい加工技術体系の実用化に見通しを立てるとともに、ナノ機能材料を用いた新しい集積化技術の要素技術になりうる技術シーズ群を選択し、ナノエレクトロニクス分野への展開の可能性を実証する。【文部科学省】 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。【経済産業省】</p>	<p>2011年までに、ナノ計測技術ではナノサイエンスに基礎を置いた新しい計測原理に基づく技術シーズの創出を、ナノ加工技術ではフォトリソグラフィ技術の高度化の補完とともに新たな独自の発展が可能なナノ集積化技術の確立を、特にナノエレクトロニクスやナノバイオテクノロジーにつながる技術を重点的に行う。あわせて、先端計測・加工技術による国際標準取得・提案に向けた積極的な取組やデータベースの構築を行う。これらにより、ナノテクノロジー・材料分野の基盤技術としての底上げがなされ、マテリアル革命の源泉となり、日本のものづくり技術や産業競争力の強化に貢献する。【文部科学省】【経済産業省】</p>

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標 (計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標)	成果目標
<p>【技術基盤】 電子ビーム高度利用計測・加工・創製技術</p> <p>25</p> <p>- 5 - 4 - 10 - 11</p>	<p>日本において高度な技術の蓄積がある、電子・イオンビーム、X線、中性子線の技術を、更に発展させることにより、物質・生体における新しい現象の発見・原理の解明に貢献するとともに、産業分野の高度化・競争力強化に向けて、高度な利用を可能とすることを目的とする。具体的には、電子ビーム技術では高分解能化のための収差補正等の新技術の確立、X線、中性子線技術では大型施設の維持・強化による新しい現象の発見・原理の解明と合わせて、活用システムの整備による高度な産業応用、X線ナノビームと高エネルギー分解能検出器の開発により、微小領域における極微量元素の組成分析の実現を目標とする</p>	<p>2011年までに、収差補正電子顕微鏡技術、アトムプローブ技術を確立する。【文部科学省】 2011年までに、世界最短波長のX線レーザー技術により、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。【文部科学省】 2011年までに、放射光、高強度中性子線源などの大型施設の高度利用の仕組みが一般的になり、材料・部材・デバイス開発の高度化を通して産業の競争力の強化に寄与する。【文部科学省】 2011年までに、希ガスイオン源搭載集束イオンビームを開発する。【経済産業省】</p>	<p>日本の強みである電子顕微鏡技術、放射光施設、高強度中性子線源、イオンビームなどの量子ビーム技術を生かして、新しい技術および観察領域対応の電子顕微鏡技術やX線自由電子レーザー(XFEL)などの新しい分析・計測技術を2011年までに開発することにより、材料やデバイスの内部ナノ構造や反応のメカニズムなどの精密な分析・計測が可能となり、新しい知見を得るとともに、マテリアル革命に貢献する。【文部科学省】【経済産業省】 放射光施設や高強度中性子線源などの大型施設の利用の仕組みを2011年までに、整備し、材料・部材・デバイス開発の高度化を通して、日本のものづくり技術の強化および産業の競争力の強化に貢献する。【文部科学省】</p>
<p>【技術基盤】 物性・機能発現指向のシミュレーション・デザイン技術</p> <p>26</p> <p>- 11 - 5 - 10</p>	<p>シミュレーションやデザイン技術によりサブミクロンサイズまでの物質の性質・機能を扱う標準理論を提供すると同時に、物性・機能の発現機構の解明を行い、新しい材料・構造開発手法をもたらす。従来の経験に基づく材料開発の非効率性を乗り越え、また、内挿法では偶然でしか発見できなかった新機能を論理的に導き出すことを可能とする。さらに、計測・加工技術と連携することにより、大きな相乗効果が期待できる。</p>	<p>2011年までに、サブミクロンサイズ(100nm)までのナノ構造の第一原理計算に基づくシミュレーション・マテリアルデザインを可能にする。【文部科学省】 2011年までに、マテリアルデザインの標準的な理論として、新機能材料の開発のツールとして、一般的に利用される。【文部科学省】</p>	<p>物性・機能発現指向のシミュレーション・デザイン技術として、第一原理と分子動力学計算などを複合してマクロな系までをカバーする日本発の標準理論として2011年までに、開発を行う。これにより、創薬、デバイス設計や素材の加工等への応用を通して、日本のものづくり技術の強化に貢献する。【文部科学省】</p>
<p>【推進基盤】 ナノテクノロジーの責任ある研究開発</p> <p>27</p> <p>- 22 - 9 - 9</p>	<p>人類がこれまで経験したことのない、ナノメートルスケールの物質制御による新材料、デバイス、システム創出は、広範の技術領域の基盤を革新する夢の技術体系となる可能性を持つ反面、不可視な人工物や生体制御が、予想できない負のインパクトを社会にもたらす可能性も指摘され始めている。期待される便益と負のインパクトを科学的に解析・比較し、社会的責任の観点から責任あるナノテクノロジーの研究開発を進め、その健全な発展を促すことが求められている。 本課題は、その実現の基盤を構築することを目的とするもので、技術としての信頼性、普遍性、安全性を確保するための標準化の推進、ナノ構造材料・デバイス・システムの安全性評価手法の確立とその適用、社会全体でのナノテクノロジーの正しい知識の普及、社会に貢献する産業化の支援を総合的に推進する。</p>	<p>2011年までに、ナノ粒子の特性を明らかにし、リスクの評価手法や管理手法を確立する。【文部科学省】【農林水産省】【経済産業省】【環境省】 2011年までに、ナノリスクガバナンス活動の連携支援体制を確立する。【文部科学省】【経済産業省】 2011年までに、産業化を指向したナノテクノロジー・材料の標準化を推進する。【経済産業省】 2011年までに、テクノロジーアセスメントの方法論を確立し、アセスメント設計とロードマップ化を行う。【文部科学省】【経済産業省】 2011年までに、市民対話、アウトリーチ活動、教育活動、人材育成のプログラム開発と運用等の活動を通して、ナノテクノロジーに関するリテラシー向上のための効果的アウトリーチプログラムの開発とその社会科学的評価を行う。【文部科学省】【厚生労働省】【経済産業省】 2011年までに、ナノマテリアル等ナノテクノロジーによる材料について生体内計測法を確立し、ヒト健康影響の評価となる体内動態や影響臓器などを検証し、明らかにする。【厚生労働省】 2015年頃までに、ナノマテリアル等ナノテクノロジーによる材料のヒト健康影響の評価方法を開発する。【厚生労働省】 注：これらの目標には研究開発と共に関係各省の施策として実施すべき目標を含む</p>	<p>2011年までに、ナノ粒子の特性やリスクの評価手法、管理手法を確立する。これに加え、リスク管理に必要な制度的課題、標準化やリスクガバナンスのような産業的課題、および倫理や教育のような社会的課題を解決することにより、新しい科学技術であるナノテクノロジーの社会受容を促進する。【文部科学省】【農林水産省】【経済産業省】【環境省】 2011年までに、市民対話、アウトリーチ活動、教育活動、人材育成のプログラム開発と運用の活動を通じ、新しい科学技術であるナノテクノロジーの普及に貢献する。【文部科学省】【厚生労働省】【農林水産省】【経済産業省】【環境省】 2020年頃までに、ナノ物質のヒト健康影響に関する体系的な評価手法を活用し、ヒト健康影響に関するリスクを最小化し、ヒトへの安全を確保する。【厚生労働省】</p>
<p>【推進基盤】 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</p> <p>28</p> <p>- 10 - 11 - 12 - 3 - 4</p>	<p>ナノテクノロジー・材料分野において、基礎科学から産業展開への研究開発をシームレスに実行するための社会基盤整備を目的とする。具体的には、研究開発を担う研究者・技術者とともに、研究経営や企業化を担う産業人材を育成する。また、国全体としての研究開発の効率を高め、研究レベルの高度化と裾野の拡大を図り、研究成果の産業化を加速するために、研究拠点の形成、ユーザーファシリティ機能の整備等の環境整備を行う。</p>	<p>2011年までに最先端のユーザーファシリティ・ファウンダー機能や、大型研究開発施設の整備等、研究の基盤となる環境を整備することにより、共用促進体制を構築する。【文部科学省】 2015年頃までに産学のリーダーとなりうる若手研究者・技術者を養成する。【文部科学省】 2011年までに今後進めていくべき研究領域において、研究拠点の形成、ネットワークの形成、産学連携など研究の進捗状況に応じた適切な研究推進体制の整備による研究開発を迅速化する。【文部科学省】</p>	<p>2011年までに研究開発に対応できる多様な人材を確保することにより、国際的な競争力向上の原動力をつくりあげる。【文部科学省】【経済産業省】 2011年までに、研究開発基盤を提供するユーザーファシリティ・ファウンダー機能の整備や、研究拠点の形成、データベースの構築、産業化支援策の拡充を図ることにより、国全体としての研究開発の効率を高め、研究レベルの高度化と裾野の拡大を目指す。【文部科学省】 2011年までに、研究開発基盤を提供するオープンアクセス型の拠点施設や、データベースの構築、産業化支援策の拡充を図ることにより、国全体としての研究開発の効率を高め、研究レベルの高度化と裾野の拡大により、研究成果の産業化の加速に貢献する。【経済産業省】</p>
<p>ナノサイエンス・物質科学領域</p>			

重要な研究開発課題	重要な研究開発課題の概要	研究開発目標（計画期間中の研究開発目標、最終的な研究開発目標）	成果目標
29 「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 - 5 - 3	現在は基礎研究段階にあるが、課題を設定した上で、戦略的に取り組むことが有効と考えられる研究開発の推進。出口としての社会へのインパクトが大きい課題、あるいは、ナノテクノロジー・材料分野の研究開発現場においてその解決が非常に重要とされている困難な横断的課題等に対して、ナノサイエンスや物質科学において期待されるジャンプアップによってブレークスルーを目指す。	2011年までに、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に資する界面の機能性・制御性を解明する。【文部科学省】 2015年頃までに、現在の100倍以上の多量子の制御と安定化を達成する。【文部科学省】 2015年頃までに、生体に優しい治療法や生体に学んだ微小動作機構の形成および物質形成技術を可能とする生体ナノシステムの機構を解明する。【文部科学省】	現在は基礎研究段階にあるが、実現すれば出口としての社会へのインパクトが大きい「量子計算技術」や、あるいは、ナノテクノロジー・材料分野の研究開発現場において横断的に非常に重要視されている「界面の機能解明」等に対して、多様なアプローチを用いた戦略的な取組を行い、新しい原理・現象の発見・解明とともに非連続な革新を図り、将来の情報通信、医療やものづくり国家としての国際競争力等の様々な分野に貢献することを目指す。【文部科学省】

選択と集中の戦略概念

社会、産業からの要請が強く、しかも『True Nano』や革新的材料でなければ解決が困難な課題  
ナノ領域特有の現象・特性を活かし、不連続な進歩や大きな産業応用により国際競争の優位を確保する課題  
『True Nano』や革新的材料技術によるイノベーションの創出を加速し国際競争の優位を確保する推進基盤

戦略重点科学技術

**『True Nano』や革新的材料で困難な社会的課題を解決する科学技術**

クリーンなエネルギーの飛躍的なコスト削減を可能とする革新的材料技術  
資源問題解決の決定打となる希少資源・不足資源代替材料革新技術  
生活の安全・安心を支える革新的ナノテクノロジー・材料技術  
イノベーション創生の中核となる革新的材料技術

**『True Nano』で次世代のイノベーションを起こす科学技術**

デバイスの性能の限界を突破する先端のエレクトロニクス  
超早期診断と低侵襲治療の実現と一体化を目指す先端のナノバイオ・医療技術

**『True Nano』や革新的材料技術によるイノベーションの創出を加速する推進基盤**

ナノテクノロジーの社会受容のための研究開発  
イノベーション創出拠点におけるナノテクノロジー実用化の先導革新研究開発  
ナノ領域最先端計測・加工技術  
X線自由電子レーザーの開発・共用