

ナノテクノロジー・材料分野

総合科学技術会議基本政策専門調査会
(第17回) 配付資料(平成18年2月22日)

1. 状況認識

近年の科学技術の動向・特筆すべき変化

- 近年、エレクトロニクスや材料、バイオテクノロジー等の最先端研究領域においては、ナノオーダーでのブレークスルーに向けて、激しい国際科学技術競争が繰り広げられている。基礎研究においては、強相関電子系の巨大磁気抵抗効果など、革新的な発見がなされる一方、光触媒などナノ材料が製品として普及しつつあるなど、先端産業の死命を制する科学技術となりつつある。
- これまで我が国は、ナノテクノロジーの研究開発において世界に先行してきたが、欧米は、大型の研究開発投資とベンチャー主導の産業化によって、その差を急速に狭めつつある。
- 材料は研究水準、技術力、産業競争力でトップレベルにあり、ものづくり産業の強みの源泉となっているが、中国、韓国が急追しており、さらなる高付加価値化による差別化が必須となってきている。
- ナノテクノロジーの責任ある推進として、社会受容や標準化、教育、人材育成がグローバルな問題として急速に注目されている。

1. 基礎研究の発展

- 日本の強み活かした研究進展の著しい例：
強相関電子系材料、有機エレクトロニクス材料、ナノカーボン等ナノ材料、シリコン半導体デバイスの配線材料、化合物半導体発光素子の電極材料等
- シリコンデバイスがついにナノの世界へ。
- ナノレベルの結晶粒・組織微細化により強度を10倍近く高めた高強度構造材料を開発。新たな強靱化法を開拓するなど優れた成果を生み出す。
- 原子レベルの計測・加工技術に関する研究に大きな成果。
- 高速材料スクリーニング手法等の進歩が顕著。

2. ナノテク・材料の知を活かした実用化への進展

- LSI微細化でフォトリソグラフィ技術が着実に進歩。低コスト、ナノ加工技術として、ナノインプリント法が急速に進展。
- ナノテク化粧品の販売や金属ナノペースト配線形成のフィールドテストなど、応用開発から徐々に製品としての実用化段階へ。
- ドラッグデリバリーシステムの各種抗がん剤、内包高分子ミセルが研究段階から臨床試験段階へ。
- 燃料電池関連の材料開発が大きく進展。地球環境負荷を最小化させる製造プロセスの開発を目指した動きあり。
- 鉄鋼分野で、自動車の軽量化や衝突安全性の向上、造船の疲労や耐食性の向上、環境調和型の高付加価値製品の研究開発に成果あり。省エネルギー、環境重視型のプロセス開発や環境対応型のリサイクル技術が進展。

3. 国民への成果還元と社会受容

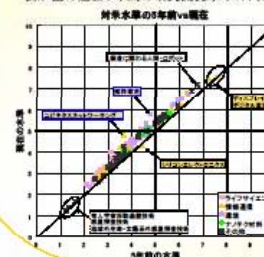
- ナノテクノロジーの責任ある研究開発につき、ナノテクノロジーが社会に及ぼす影響の事前評価の動きが顕著化。
- 科学技術の構造変化として、ナノサイエンス・ナノテクノロジーにおける研究者層・研究開発力が飛躍的に充実。

研究開発力・産業競争力の国際比較と重要度

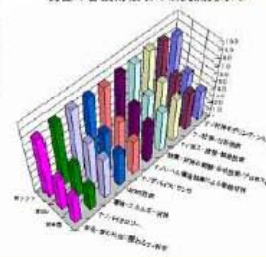
我が国は本分野において大きな成果を挙げているが、諸外国はそれ以上の力を入れつつある。今後は、個々の優れた研究成果を点としてではなく面として構成していくことが重要。

- 日本の材料分野の研究開発は、技術力・産業競争力いずれも世界トップレベル。
- 粗鋼などで中国の生産量が大幅な伸びを示しているが、高品質で競争優位。
- 炭素系ナノ物質、ナノレベルの計測・加工技術、ナノレベル制御の構造材料分野などで世界に対して研究優位を維持しているが、応用展開においては必ずしも優位でない。
- 自動車産業など需要家との「摺り合わせ」による高品質・高機能化は強み。
- ナノとバイオの融合領域に関しては、高分子ミセル等日本初の技術があり、世界をリードしているが、海外の臨床開発のスピードが速いため、競争に勝てるシステムが必要。
- 走査型近接場顕微鏡、レーザーラマン顕微鏡などのイメージング機器、カーボンナノチューブ材料の領域で一定の強みがあり、これらのシナジーによる他領域の開発加速の効果が期待される。
- 米国はナノテクノロジーを産業のドライビングフォースとして明確に位置づけ中長期的取組を実行。
- 米国はナノエレクトロニクス分野、欧米はナノバイオ分野に注力する明確な戦略を立てて推進。
- 欧米では、ナノテクノロジーについて社会的認知を高めることが長期には人材の確保にも繋がるとの広い意味で、ナノテクノロジーの責任ある研究開発に取り組んでいる。

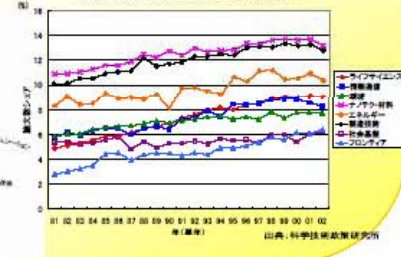
我が国の過去5年間の研究開発水準の向上



現在の各技術領域の研究開発水準



我が国の8分野別論文数シェアの推移



第2期と比較した第3期のポイント

本分野の第三期における取組に関する主な課題は以下の通り

- **戦略的推進**
— ナノテクノロジーの研究開発を網羅的ではなく、戦略性を明確にして推進すべき。
— 中長期を見越したナノテク融合関連推進策の構築が必要。
- **基礎研究から産業化**
— ナノテクノロジーについて、将来の応用展開の基盤となる基礎的、理論的研究への取組もさらに進めるべき。
— 研究開発の成果を出口に持って行くプロセスの強化、システム化を推進すべき。
- **競争力低下・資源問題**
— 汎用材料・部材などについてコスト面で競争力を失いつつあり、高付加価値部材開発による差別化が必要。
— 資源・エネルギーの海外依存が弱点であり、大人口を抱える中国などの発展により問題が顕在化。
— マーケットシェアの大きさなど産業面で日本が持つ強みを競争力に活かす工夫が必要。
— 欧米型のベンチャーキャピタルによる投資に代わる仕組みが日本では働いておらず、日本の産業風土を踏まえた初期市場形成の方策が必要。
- **システム・研究体制**
— ナノテク分野における人材育成と研究開発をリンクさせる施策が必要。
— 研究の継続性を確保することが必要。
— 一貫した政策立案と実行が行えるような省庁連携などの取組が必要。

TrueNanoと材料革命による社会的課題の解決

TrueNano とは

- ①従来の延長線上の進歩ではない、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
- ②大きな産業応用が見通せる研究開発

2. 重要な研究開発課題・推進方策

ナノエレクトロニクス領域

- 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
- 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
- 電子・光制御ナノエレクトロニクス技術
- ナノエレクトロニクス部材の低価格化技術
- ナノスケールに対応したエレクトロニクス製造技術
- 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】
 - 新しいエネルギー利用を具現化する材料
 - 省エネルギー、エネルギー高効率化のための革新的材料
- 【環境】
 - 有害物質・材料対策、健康問題解決に資する材料技術
 - 希少資源／不足資源代替並びに効率的製造技術
 - 環境改善・保全のための材料・プロセス技術
- 【国際競争力】
 - 世界をリードする電子機器のための材料・プロセス技術
 - 国際競争力のある輸送機器のための材料・プロセス技術
 - 次世代を担う革新的材料・部材の創製・プロセス技術
- 【安心・安全】
 - 安心・安全社会を実現する材料・利用技術

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
- ODDS・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
- 生体内の分子を操作する技術
- ナノバイオテクノロジーを応用した食品
- 再生誘導用材料
- 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・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・機能発現指向のシュミレーション・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
- 多様な基礎研究の推進（答申第2章「科学技術の戦略的重点化」中の、研究者の自由な発想に基づく「基礎研究の推進」として推進されるべき研究）

ナノテクノロジー・材料分野の推進方策

- 研究開発の拠点形成
 - 既存組織を活用した取組
 - 大学、公的研究機関の役割明確化
- 各セクターが連携した人材育成
- ファンディングシステムの見直し
 - 失敗をおそれない挑戦的な基礎研究のサポート
 - ナノテク・材料分野のイノベーション創出に繋がるしくみ
- 国際協調、標準化、知財戦略による成果の保護と活用
- 分野全体を俯瞰した取組ビジョンの明確化

3. 重要な研究開発課題の成果目標例

(注:連携すべき関係分野を「【 】」書きで記載。)

大目標3 「環境と経済の両立」

個別政策目標 「世界で利用される新たな環境調和型のエネルギー供給を実現する」

重要な研究開発課題	計画期間中の研究開発目標	最終的な成果目標
新しいエネルギー利用を 具現化する材料の開発 【エネルギー】	<ul style="list-style-type: none"> 燃料電池が新しいエネルギー源として現実的に利用可能(コスト1/10、効率30%アップ、寿命2倍等)な技術的道筋を明確にする。 超電導技術を活用した機器等を順次実用化する。 	<ul style="list-style-type: none"> 高効率燃料電池、超伝導技術を利用した機器等の新しいエネルギーの利用を具現化する材料技術を2020年頃までに開発し、石油に頼らないクリーンな新しいエネルギー利用を実現を図り、我が国のエネルギー自給に向けて貢献する。

大目標4 「イノベーション日本」

個別政策目標 「現在の半導体の動作原理を打ち破る革新的デバイスを実現する。」

重要な研究開発課題	計画期間中の研究開発目標	最終的な成果目標
電子・光制御 ナノエレクトロニクス技術 【情報通信】	<ul style="list-style-type: none"> スピントランジスタ方式のメモリを実現。 革新的な効率のディスプレイ用偏光板の実現。 	<ul style="list-style-type: none"> ナノ領域特有の物理現象・化学現象を積極的に活用して、従来の半導体の動作原理を打破するいくつかの新デバイス技術を2015年頃までに開発する。これにより、世界を魅了するユビキタスネットワーク社会の実現に貢献し、加えて日本が強い情報家電等の具体的なアプリケーションに特化することで、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。

個別政策目標 「ナノテクノロジー・革新部材を駆使して今世紀のマテリアル革命を先導する」

量子ビーム高度利用 計測・加工・創製技術	<ul style="list-style-type: none"> 収差補正電子顕微鏡技術、アトムプローブ技術の確立。 フェムト秒レーザーパルスによる選択的励起状態生成や化学反応選択性向上技術の開発。 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。 	<ul style="list-style-type: none"> 日本の強みである量子ビーム技術を生かした、新しい技術及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技術などの新しい分析・計測技術を2011年まで(第三期の期間中)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産業競争力の強化にも貢献する。 放射光施設や高強度中性子源などの大型施設の高度利用の仕組みを2011年まで(第三期の期間中)に整備し、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。
-------------------------	--	--

個別政策目標 「新しい科学技術であるナノテクノロジーの社会受容と普及を促進する」

ナノテクノロジーの 責任ある研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ナノ粒子の特性やリスクの評価の手法を確立する。 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を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> 新しい科学技術であるナノテクノロジーの社会受容と普及を促進する。
-----------------------	--	--

大目標5 「生涯はつつ生活」

個別政策目標 「バイオテクノロジーとITやナノテクノロジーを融合した新たな医療を実現する」

重要な研究開発課題	計画期間中の研究開発目標	最終的な成果目標
技術超微細加工技術を利用した機器 【ライフサイエンス】	<ul style="list-style-type: none"> ナノバイオ融合MEMS製造において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。 デバイスやバイオセンサ等、ナノ技術を駆使して生体への適合性を高めた医療機器を開発する。 	<ul style="list-style-type: none"> ナノ技術を駆使した、低侵襲診断・治療機器を2011年まで(第三期の期間中)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)を克服に貢献する。

大目標6 「安全が誇りとなる国」

個別政策目標 「災害に強い新たな減災・防災技術を実用化する」

重要な研究開発課題	計画期間中の研究開発目標	最終的な成果目標
安心・安全社会を実現する 材料・利用技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> 軽量ナノ多孔体構造や結晶粒微細化技術と低負荷加工技術を用いた高強度材料を開発するとともに、これらの利用技術を開発する。 爆弾などのテロ被害防護用高エネルギー吸収材料を開発する。 火災や有害物質等への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。 	<ul style="list-style-type: none"> 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、災害や事故から身を守る等の防護のための材料を2013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。