

ナノテクノロジー・材料 PT
タスクフォース最終報告説明資料

1-1	共通課題・推進基盤タスクフォース	田中主査
1-2	ナノエレクトロニクスタスクフォース	中村主査
1-3	材料タスクフォース	馬越主査
1-4	ナノバイオタスクフォース	梶谷主査
1-5	ナノサイエンスタスクフォース	川合主査

ナノテクノロジー・材料PT
タクフォース最終報告説明資料

共通課題・推進基盤タスクフォース

主査： 田中 一宜

2009年3月23日



第3期科学技術基本計画における進捗と状況変化

＜2006年以降の国際的状況変化＞

エネルギー、環境、資源、特に新エネ、省エネ、省資源を実現するイノベーションとしてナノテク・材料技術への期待急膨張／米国Obama－Steven.Chu。

環境浄化、水、食品(安全)におけるナノテク新技術、新材料への期待と需要。
CMOSの限界を超える欧米のナノエレクトロニクス拠点構想展開と日本の研究リソース空洞化の危機。

日米欧に加え、中国、韓国、台湾、シンガポールの急迫、インド、ロシアの新たなナノテク国家計画スタートによるナノテク産業化に向けた競争激化。

＜継続的な国家投資とナノテク関連産業成長の兆し＞

米国、EU、アジア主要国など公的投資続伸、日本は第2期に比し微増？

民間含む世界の総投資額／US\$9.5B(2005)→13.5B(2007)／民が公を抜く。

ナノテク商品(世界)：2005以降に急増、2008年8月に809件／W-W Int'l Ctr。

NanoMark商品(台湾)：2009年2月現在で212件／台湾国家ナノテク計画。

ナノテク技術の実用化(日本)：2007年12月に386件／JST-CRDS。

ナノテク商品の市場予測上方に修正：US\$147B(2007)、3.1T(2015)／Lux Res.。

＜社会受容関連研究の強化および国際協力急展開＞

米国21世紀ナノテク法案の修正(下院通過)、英独蘭のリスク評価活発／国際協力。

＜日本のナノテク戦略再構築の必要性＞

研究論文数で米国、EU、中国＋台湾に敗退／融合連携のインフラ脆弱、将来に不安。



事業化の状況と促進のための課題(1)

＜研究開発拠点形成＞

第2期ナノテク支援ネットワーク(2007ー):SMEの裾野拡大に一定の貢献。課金制導入の試行。公的投資半減で運営継続の危機、設備の老朽化、国際的に開かれていない／欧米並に比し貧弱。

＜教育・人材育成＞

大学院教育:21世紀COE、グローバルCOE。巨額の人材育成プログラム:多くは一過性かつ限定的で戦略の体なさず。理科離れ、工学部離れ、若手研究者の国内志向／これらへの具体的対策必要。

＜産学官連携の促進＞

ナノテク・先端部材実用化研究開発(経産省)、先端融合イノベーション創出拠点(文科省)による産学連携の制度的実験。受け入れ研究機関側の自主努力と相まって徐々に効果。大学法人、独法ベンチャーの不調。出資機能の問題。企業との新しい産学官連携体制の構築の必要性。

＜ファンディング制度＞

上記産学官連携促進のファンディングや異分野融合促進のナノテク融合拠点(文科省)など制度試行。インセンティブ付与のファンディング制度が必要。短期選択集中型と長期ワイドスペクトル型(基盤領域)のファンディング制度の併存が重要。



事業化の状況と促進のための課題(2)

<府省連携>

連携施策群ではエネルギー関連(水素・燃料電池)プロジェクト終了(H20年3月)、医療デバイス関連、社会受容関連プロジェクト始動中／個別プロジェクトの期間に左右されない分野全体の継続的なコーディネーション機能必要。府省連携プロジェクト「革新的構造材料を用いた新構造システム建造物」／成果挙げ次段階へ。元素戦略関連、ナノエレクトロニクス関連で経産省－文科省の合同戦略検討会議／政策面で協力。

<責任ある研究開発促進>

「ナノ粒子の特性評価手法の研究開発」(NEDOプロジェクト)／国際的成果、OECD「工業用ナノ材料の評価法」WPと協力。連携施策群「ナノテク研究開発推進と社会受容」プロジェクト進行中。一方、評価法、その標準化、規制プロセスなど国際協力や調整作業に対応する人的リソースの不足と一本化された国際対応窓口の不在。

<国際協調・標準化・知財戦略>

ICYS(国際若手研究者センター)におけるテニュアトラックを明示した海外研究者育成策及びMANA(WPI)への展開(物質・材料研究機構)。NPO「アジアナノフォーラム(ANF)」の設立とアジアナノテクキャンプの継続的实施(産総研)。その他の継続的・実質的効果を狙った国際プログラムは少なく、先進国中で最低に近い。国際スクールなどインフラの不足も深刻。

国際標準では、ISO-TC229の4つのWGの内「測定と評価」WGは日本が幹事国。



国際比較(競争力比較)(1)

＜共用施設・研究開発拠点形成＞

米国(NNIN13拠点+NCN7拠点/NSF、NSRC5拠点/DOE、70研究センター)、EU(ベルギーIMEC、独CeNTech、英MNT-NeT、仏MINATEC、N&N Network/EU)、韓国(NNFC、KANCなど5センター)、台湾(Core Facilities)。いずれも国際運用。米、韓、台、はナノテク総予算の15%前後を計画的に充当。日本は2%で国内運用のみ。

＜教育・人材育成＞

米国はNNINやNCNを使ってN&N(ナノサイエンスとナノテクノロジー)による小中高一貫教育K-12の構築、そのための教員養成プログラム。台湾もほぼ同じK-12システム構築、N&N教科書の作成、英、日への翻訳。EU-27は映画、ビデオを多国語に翻訳。各国とも共用施設による人材育成。日本には、N&N基本の教育プログラムは不在。

＜産学官連携＞

米国はをNNINやNCNを利用してSRC(半導体企業)とNSFが連携した2020年を目指したナノエレクトロニクス研究イニシアティブ(NRI)を立ち上げ、35大学と21州が参加、アジアの優秀な人材吸引を狙う。日本は、経産省のプログラム(ナノテクチャレンジ)、文科省のプログラム(先端融合イノベーション創出拠点)が産学官連携を促進、ただし国内に閉じている。大学ベンチャーなど経験不足。台湾のNanoMarkシステムはナノテク産業を振興。



国際比較(競争力比較)(2)

＜府省連携＞

米国ではナノテクノロジー国家計画(NNI)自体が各省横断研究優先策(Inter-Ministry Research Priorities)としての位置づけ。25関係省庁を横断した各種調整を国家ナノテク調整局(NNCO)が実施。日本は、全体のごく一部を連携施策群で運営実験中。コーディネーション機能は米国に比しまだ限定的。

＜責任ある研究開発促進(社会受容)＞

米国では「21世紀ナノテク研究開発法」の改正案が下院を通過(2009)、EHS(環境・健康・安全)研究の重点化決定、EPAはナノ材料管理プログラムを制定。OECDでは、「工業用ナノ材料の評価法」WPMN、「ナノテクノロジー」WPNが活動。NEDOプロジェクトはWPMNと協力。英国のRoyal Commission of Env. Pollutionがナノテク報告書(2008)。英、米を中心にナノテク産業の進展を確信してリスク評価の問題を重視、国際的な枠組み作りの動き急。日本の国際窓口の必要性。

＜国際協調・標準化・知財戦略＞

EU-27のFP-7における国際協力プログラム。IMEC(ベルギー)、CNSE(米国アルバニー)、CNSI(米国UCLA)など研究開発拠点のグローバル化。多くの海外機関参加。国際標準では、ISO-TC229の4つのWGの内「測定と評価」WGは日本が幹事国、他の二つは米国、カナダ、新設された4つ目のWG「材料規格」は中国が幹事国に。世界共通特許制度(審査方法の実質統一)が10カ国で試行開始(2009年3月)。



分野内での領域融合 & 成果の他7分野への展開

＜新しい制度・仕組みの試行＞

府省連携はナノテク・材料分野で始まり、他分野を巻き込んだ連携施策群に発展した。融合・連携が本質的に重要なナノテク・材料分野で新しい推進方策の試行を積極的に行い、成功例を他分野へ展開してはどうか。



推進方策の提案(1)

＜研究開発拠点形成＞

拠点ネットワークおよび中核的拠点構築予算の優先的枠取り(基本計画に明記)。
継続運営のためのマッチングファンド奨励、課金制度の定着。海外研究機関への開放。

＜教育・人材育成＞

グローバルな俯瞰視野、急変環境への対応力・判断力を養成する高等教育の抜本的改革、そのインセンティブを与える継続的な施策(一過性施策の原則廃止)。
海外研究者との交流機会を圧倒的に増やすシステム構築(大学教官含む)。
上記を実現するための長期シナリオ作成と不断の見直しを実施する常設チーム設置。

＜産学官連携＞

異分野融合、産学官連携を促進する現行システムの評価・分析の上、研究拠点と人材育成を連動させた国際的な新しい産学官連携システムの府省連携による構築。

＜府省連携＞

連携施策群全体を統括する常設の調整局の設置、総合コーディネーターの任命。
個別プロジェクトに左右されない分野全体の継続的なコーディネーション機能の担保。

＜ファンディング制度＞

研究機関側の自主努力(マッチングファンド等)を条件とするファンディング制度の試行。



推進方策の提案(2)

＜責任ある研究開発促進(社会受容)＞

リスク評価という目的に向けた(散発的でない)継続的な有害性研究が可能なファンディングの仕組み構築。

国際協調、国際競争のための窓口機能を果たす常設チームの組織と人材の確保。

＜国際協調＞

ナノテク中核研究拠点の国際オープン化。

研究拠点周辺地域にインターナショナルスクール招致。そのための制度的サポート。

ナノテクノロジー・材料PT
タスクフォース最終報告説明資料

ナノエレクトロニクス タスクフォース

主査：中村 道治

2009年3月23日



第3期科学技術基本計画における進捗と状況変化

- 先端Si半導体：我が国から学術的に高い成果。しかし、量産化技術開発は、海外の3拠点* に集中する傾向。新規メモリ技術：フラッシュメモリの限界を打破する不揮発高速・大容量メモリ(MRAM, ReRAM, スピンRAMなど)の開発が活発化。
- カーボンエレクトロニクス：ナノチューブの研究分野では世界最高水準。
- パワーエレクトロニクス：SiCの応用が一部始まるが、基板供給・コスト・信頼性が課題。
- 量子ドット等の光技術、MEMS技術の研究は高い水準。MEMSデバイス事業は欧米先行。

* 3拠点：米国 Albany Nanotech、およびIntel社、 欧州 IMEC



事業化の状況と促進のための課題

- 研究分野では、量子ドット等の光応用、カーボンナノチューブ等のナノエレクトロニクス材料、MEMS応用など、世界的に極めて強い。
- 大学・独法などの研究成果を事業化する仕組みが不十分(死の谷)。また、エレクトロニクス製品を製造する個々の企業間の有機的連携不足。
- 電子材料、製造装置、民生用応用製品に強みはあるが、先端Si半導体ファブの競争力低下が見られる。
- ナノエレクトロニクスをベースとした新産業創出が急務。



国際比較(競争力比較)

- 半導体製造装置や電子材料は競争力高い。
- 半導体製造設備投資は減少傾向。最先端半導体の基盤・量産化技術開発は、海外の3拠点に集中。
- カーボンエレクトロニクスのうちCNTは、韓国の追い上げが急。グラフェンは、欧米の研究が先行。
- SiC応用に関し、日本の基板メーカーの技術水準高いが、コスト的に量産可能な水準には未だ至らず。
- MEMSデバイス事業は欧米企業がリード。



分野内での領域融合 & 成果の他7分野への展開

- 融合領域での新技術の種を製品競争力につなげる仕組みが求められる。
量子ドット、Siフォトリクス、太陽電池
グラフェン、有機ELなど
- 環境・エネルギー・安全・健康などの社会的課題解決への寄与が求められる。
- ナノエレクトロニクスによる新製品分野創生により、日本の産業競争力の源泉たるものづくり分野の強化が必要。



推進方策の提案

- ナノエレクトロニクスを国家戦略技術分野と位置づけて、オールジャパンで推進。
- 研究拠点の立ち上げが必要：
 - ナノエレクトロニクス新機能の有用性・事業性の試作検証の場
 - 日本の得意分野を中核とし、かつオープン化推進
 - 垂直統合と異分野連携、人材の融合と育成
 - 自立的な運営、10年以上の継続的投資
 - 中核テーマと、ナノテクの多様性あるテーマ組合せ



ナノテクノロジー・材料PT
タスクフォース最終報告説明資料

材料タスクフォース

主査：馬越 佑吉

2009年3月23日

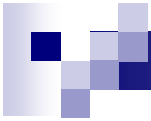
第3期科学技術基本計画における進捗と状況変化

＜顕著な研究成果と進捗状況＞

研究テーマ	関連する研究開発課題	進捗状況(研究ステージ)		
		萌芽・挑戦的 基礎研究	応用研究	実用化研究
鉄系超伝導	エネルギー問題の克服			
透明酸化物導電体	環境と調和する循環型社会の実現			
光触媒				
二次元ナノシート	産業競争力の維持・強化			

状況変化

- 原油価格高騰(**エネルギー問題**)→太陽電池、水素等、新エネルギー源の開発要求
- 特定鉱物資源の埋蔵量減少、偏在と価格高騰(**資源問題**)
→ 戦略物質としての希少金属への国家戦略が問われる
- 中国、台湾、韓国、インド、シンガポール等が国家戦略としてナノテク・材料分野へ投資(**近隣諸国の追撃、競争の激化**)
- 金融危機に端を発したグローバルで急速な景気悪化



事業化の状況と促進のための課題

●太陽電池: 第1世代(Si系)は住宅用・工場用等に実用化。第2世代(非Si系・色素増感型・有機系)は基礎研究から実用化準備。第3世代(量子ドット等)は基礎研究段階。出口との連携による基礎研究の強化。

●高機能触媒: 光触媒は実用化研究(一部実用化済み)。可視光応答などさらなる高機能化基礎研究。貴金属削減は応用研究が主体で、実用化されつつある。脱貴金属化は基礎研究段階といえる。基礎研究・人材育成がポイント。

●二次電池: ハイブリッド自動車はNi-MH電池からLiイオン電池へ移行段階(企業での実用化研究)。固体電解質、富有資源元素を用いた新規電極材料、新機構・新構造の原理解明→基礎研究段階。出口連携による基礎研究強化。

●燃料電池: 企業での実証試験段階。実用化に近い段階。しかし、機構解明などの基礎研究が十分なされていないため、基礎研究をさらに加速し強化。

●新規超伝導体: 2008年2月に我が国で発見。発現機構解明や新規物質探索等の基礎研究段階。革新的応用を見据えた基礎研究を強化。

⇒長期的基礎研究(高リスク研究、人材育成も兼ねる)への集中投資の必要性



国際比較(競争力比較)

- 太陽電池: 優位性は保持。世界との競争激化。特に中国のめざましい技術発達。材料研究では競合している部分も多く、重点化が必要。
- 高機能触媒: 触媒全般では世界的に優位。しかし、基礎研究では競合関係にありながら研究人材は手薄
- 二次電池: 先行する日本のオリジナル技術。容量10倍・低価格化を実現し、自動車への展開や自然エネルギー平準化に利用。
- 燃料電池: 実証試験で他国に対して先行。新材料研究では競合状態。～10年後にかけての重点化が望まれる。
- 新規超伝導体: 我が国発で優位。世界とりわけ中国で急速に研究投資が強化。今後も優位性の堅持が必要。

⇒産業・応用研究で日本優位。**材料の基礎研究**において競争激化。欧米、中国に比べ**研究人材が手薄**。



分野内での領域融合 & 成果の他7分野への展開

<分野内領域融合>

- 材料研究に不可欠な基盤解析技術、物理学・化学等のナノサイエンスとの連携・融合→全ての研究課題に不可欠
- 分野内での人材流動化と挑戦的テーマへの研究支援

<成果の他7分野への展開>

- 環境・エネルギー分野との連携が必要
- 府省連携(垂直連携)
 - * 材料基礎研究(将来シーズ創出)・人材育成:文科省
 - 実用化・システム化:経産省
 - * 出口側からのロードマップ・ニーズ提示／シーズ研究開発とのマッチング



推進方策の提案

研究課題

- 「未利用エネルギー（マイクロエネルギー開発等）」、「未利用資源（都市鉱山等）」への取り組み
- 各研究テーマにおける異分野間融合・連携の促進（ただし、材料研究の軸足は、「基礎科学・基礎研究」）

人材育成

- 初等・中等教育での理科離れ抑制
- 高等教育（特に博士後期課程）終了者に対する優遇策の早急な導入が必要
- 挑戦的テーマに取り組むための継続的研究支援
- 公的研究機関と大学が連携

拠点形成

- ナノテクネットワーク⇒設備・装置の最新型への更新と質の高い維持・管理の実現：人材確保と資金面での継続的な対策
- 分野横断的な新しい材料科学としての拠点形成に重点的に取り組むべき



ナノテクノロジー・材料PT
タスクフォース最終報告説明資料

ナノバイオタスクフォース

主査：梶谷 文彦

2009年3月23日



第3期科学技術基本計画における進捗と状況変化

- 厚労省-経産省によるマッチングファンドの拡充
- 実用化にウェイトを置いた施策の推進
- 教育・研究拠点形成の進行
- 食品素材開発の進展



事業化の状況と促進のための課題

- 医療機器開発・評価ガイドライン策定による事業化促進
- 「革新的医薬品・医療機器創出のための5か年戦略」の策定と推進
- 医療機器産業戦略コンソーシアム(METIS)等の産学官コンソーシアムによる貢献
- 先端医療開発特区のスタート



国際比較(競争力比較)

- DDS研究開発は国際的に先行
- フォトニクス機器の先行 vs. PET・MRI機器の遅れ(産業)
- 海外における拠点の充実化



分野内での領域融合 & 成果の他7分野への展開

- ライフサイエンス分野との連携
- 生体ナノシステム機構の解明(ナノサイエンス領域)との融合促進
- シミュレーション技術(推進基盤領域)との連携強化



推進方策の提案

- 産学官連携・学際研究体制の一層の推進
- 国際的に開かれた体制の整備
- ベンチャー育成
- 大学・企業間の分野融合
- 臨床研究促進体制の整備
- 安全性の評価

ナノテクノロジー・材料PT
タスクフォース最終報告説明資料

ナノサイエンスタスクフォース

主査：川合真紀

2009年3月23日



第3期科学技術基本計画における進捗と状況変化

●エネルギー・環境問題、資源問題、国際経済の不安定な状況変化やナノテクノロジー分野における近隣諸国の追撃:

基盤技術の育成や根本からの技術革新を目指す研究開発の推進

●ナノサイエンス領域における第3期開始以降の顕著な成果として、量子計算技術(量子暗号の開発)、界面の機能解明・制御(界面二次元電子ガスの実現)、生体ナノシステム(生体内薬剤可視化技術)、材料エレ(分子ワイヤ移動度向上)、ナノ最先端計測(一分子観察)、大型放射光・XFEL(ソフトマター産業応用)、シミュレーション(次世代スーパーコンピューター)などがある。

●ナノ支援体制: ナノテクノロジー総合支援プロジェクト、ナノテクノロジー先端研究拠点ネットワークを通じて、ナノファウンダリ、電子顕微鏡、大型放射光、分子合成などの共用施設の開放の進展。ナノテクノロジー研究のすそ野を広げた功績が大きい。

●国家基幹技術であるX線自由電子レーザー(XFEL)は、継続的な予算措置により、順調な開発進展。



事業化の状況と促進のための課題

- ボトムアップ技術、ナノシステム化技術の推進：
サイエンスベースでの研究開発によるTrue Nano の実現。
- 長期的視点に立った研究開発投資が重要：
炭素繊維や逆浸透膜の開発など40年以上におよぶ基礎研究の継続が革新的な技術の取得と秀でた国際競争力を有する事業化を導いた。
- 先端計測装置の事業化に向けての取り組みの推進：
ナノ領域最先端計測では、計測手法を「非専門家」が利用するまでに普及していないのが現状。継続的な改良研究と積極的な周辺分野・異分野への普及策が必要であり、企業化が重要。
- XFELは装置の性能を活かした戦略的な課題の設定が必要。
- ナノサイエンス領域の人材育成：
 - ・優秀な研究者の基礎体力をつける施策、芽が出そうになった時点での加速配布と研究資源の堆肥と追肥のバランスのよい施策の奨励。
 - ・20～30年の時間スケールで将来を担える人材を育成すべき。
 - ・技術系研究者を積極的に評価するシステムを整えることが重要。



国際比較(競争力比較)

- “ナノテクノロジーの個別要素科学技術”は我が国優位。
- 全論文シェア、被引用トップ10%論文シェア(材料科学)
アメリカに次ぐレベル。材料科学や物理学の他に、化学においても世界トップレベル。
- 日本のナノテク・材料の研究開発水準：
米国に対してはやや優位あるいは同等程度、EU諸国に対してはやや優位。(科学技術政策研究所が2004年に実施したデルファイ調査)
- ナノ領域最先端計測技術の事業化：
日欧が世界をリード。日本は産学官の協力が積極的に推進。ヨーロッパ諸国に見られる小中規模のベンチャーは日本では育たず、既存企業との連携が多い。
- 米国では、ナノスケール・サイエンス・リサーチセンターやEnergy Frontier Research Centers など、長期的視野にたったりサーチセンター建設が活発。基礎体力増強に向け、日本でも要検討か。



分野内での領域融合 & 成果の他7分野への展開

分野内での領域融合の事例

- ナノエレクトロニクス領域との融合として、グラフェンシート、分子ワイヤ多値トランジスタ、ナノギャップ不揮発性メモリ集積化、等。
- 材料領域との融合として、燃料電池触媒、熱膨張ゼロセラミックス、各種ナノシート、各種ナノチューブ、界面低次元物性の発現等。
- ナノバイオ領域との融合として、生体を生きたまま微細観測可能な「水の窓」のX線発生、有機ナノチューブピペット、生体内薬剤可視化システム。

ナノサイエンスの他分野への展開事例

- ライフサイエンス: Siナノワイヤー電界効果トランジスタによる脳神経信号検出、生体分子観測新手法の開発など
- 情報通信: 高速不揮発性スピンRAM、160GB/sの光チップセット、セメントの透明金属化、ナノスケール光共振器など
- 環境: ナノシート光触媒・磁性、気体・液体分離膜、ナノクレイ複合ポリウレタン、水浄化膜など
- エネルギー: 新系統高温超伝導物質、量子ドット超格子太陽電池、ナノ多孔質ポリマー、ヒドラジン燃料電池、など



推進方策の提案

ナノサイエンスの役割：
基盤となる共通する基礎研究や基盤観測技術の開発。

- 尊敬されるナノサイエンス役に立つナノテクノロジー：
ナノスケールダイナミックス、量子計算技術、量子通信、グリーンナノバイオテクノロジーなどの推進。元素戦略、最先端計測の「匠の技」を「非専門家」へ解放、既存手法の高度化・先鋭化（Under Operation計測）、次世代スパコン活用のためのソフトウェア開発、などの推進。
- 統合ナノ科学技術：
量子暗号・通信、界面制御によるナノ構造形成、統合科学としてのバイオナノ拠点、マルチスケール・マルチフィジックス現象のシュミレーション推進。次期ナノテクノロジーネットワーク等の推進。
- ナノ支援体制：
共通基盤の継続的なサポート（人材確保、施設設備の維持と更新）。先端的な基盤技術に追従できる体制整備。