

第1回ナノテクノロジー・材料分野PT会合の意見集約(案)

目次

「状況認識」

- 各領域の状況
 - 基礎研究 ナノ材料・ナノレベル制御プロセス エレクトロニクス系材料技術
 - エネルギー・環境関連材料 DDS
- 市場・産業
- 「ナノテクノロジー・材料分野」の動向
 - 全般 国内 国外(世界と日本)
- 「ナノテクノロジー・材料分野」における問題点
 - 推進・国の取組 基礎研究から産業化までの問題点
 - 今後の課題(競争力と資源問題) システム・研究体制等の問題点
 - 研究開発における具体的な問題

「推進方策」

- 今後の「ナノテクノロジー・材料」分野の果たす役割について
 - 不連続な革新 ものづくり国家の基盤・高付加価値の創出
 - 社会問題解決 分野横断・融合
- 「成果の国民への還元」について
 - アカウンタビリティ 産業化を通じた成果の還元
- 「ナノテクノロジー・材料」分野における推進方策について
 - 基本姿勢
 - 明確化の必要性 (研究の性格づけ、研究の目標と評価・選択の基準)
 - 推進システムの構造 柔軟なファンドリーシステムと資源配分の明確化
 - 俯瞰視野・ガイドライン・ゴールへのシナリオづくりの必要性
 - 人材育成も取り込んだ戦略的な共通基盤のインフラ整備 「時間差」「長期的」「継続性」
 - テーマ設定について 基礎研究の促進
- 「ナノテクノロジー・材料」を一分野として扱う効果
 - 共通の方向性 「ナノテクノロジー」と「材料」の相補的推進 留意点

「状況認識」

○ 各領域の状況

基礎研究

- ・ 基礎研究においてはデバイスのイノベーションに貢献しうる新効果・現象の発見があった。
- ・ 強相関系材料、ナノ構造体などについて基礎研究の進展著しい。
- ・ 革新的な材料開発においては、基礎研究を重視した関与が重要と考える。
- ・ 機能材料分野での研究レベルは、過去5年間でみるとトップ1, 2。国の競争的資金が基礎的研究につぎ込まれた効果が大きい。
- ・ 原子レベルでの計測・加工技術等に関する研究においても大きい進展。
- ・ 我が国のナノの分野の基礎研究は、この5年間非常に投資も潤沢で、世界に見ても遜色ない、あるいはリードできる段階。
- ・ 基礎研究分野ではしっかり結果が出ており、特にナノテク・材料の視点から見ると、投資にはふさわしい効果が上がっている。

ナノ材料・ナノレベル制御プロセス

- ・ ナノカーボン材料などのナノ材料において、作成プロセス、物性に関する理論的取り組みが進み、ナノデバイスへの応用について展望が開けてきた。
- ・ ナノ材料では、政府の継続的な投資のもと、我が国の水準は先端レベルを維持。
- ・ 構造材料を結晶の集合体として捉え、ナノレベル結晶粒、組織微細化により、従来材料の強度を10倍近く高めた高強度構造材料、新たな強靱化法を開拓するなどの優れた成果が得られている。

エレクトロニクス系材料技術

- ・ 酸化物エレクトロニクス材料、MEMS 技術、強電子相関酸化物、有機エレクトロニクス(フレキシブル)材料、ナノチューブ、高速材料スクリーニング手法において、5年間に顕著な進展。
- ・ シリコンデバイスがいよいよ「ナノ」の世界に入ってきた。
- ・ スピンデバイス、光デバイスにおける健闘。
- ・ LSIにおける微細化、関連新材料の取り組み、また光の分野での青色素子の新材料の開発等。
- ・ 金属ナノペーストを用いた配線形成に関しても、フィールドテストが進められている。
- ・ Si 半導体デバイスの配線材料、低誘電体材料、化合物半導体発光素子の半導体の高品質化および電極材料で進展。

- ・ 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。

エネルギー・環境関連材料

- ・ 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。
- ・ 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に進展。

DDS

- ・ ドラッグデリバリーシステム(DDS)では、各種抗がん剤内包高分子ミセルは基礎研究を経てすでに臨床試験へ突入。リポソームは欧米を中心に開発。現在日本国内認可のための治験が行われている段階。

○ 市場・産業

- ・ 材料部材産業は付加価値額25兆円を占め、化学産業は付加価値額16兆円を創出しており、我が国製造業のトップで、化学産業がこのような地位を占めるようになったのは、この5年の間。
- ・ 商品開発の動向、進展としては、特に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商品の研究開発が推進。
- ・ 白色LED材料の開発による、低消費電力、長寿命の照明機器が出現。また、各種薄型ディスプレイが、関連材料・部材開発にも支えられ、大幅に普及。

○ 「ナノテクノロジー・材料分野」の動向

全般

- ・ 「環境保全・エネルギー利用高度化材料」、「計測・評価、加工、数値解析・シミュレーションなどの基盤技術」、「革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術」について、研究開発段階および実用化推進に向けた「進歩」。
- ・ 応用開発においては、徐々に製品として実用化(ナノテク化粧品など)。

国内

- ・ 材料分野の研究開発は、基礎研究から応用研究までの研究水準、技術力、産業競争力のどれをとっても世界のトップレベルに位置している。
- ・ ナノテク標準化に向けた国内体制が整う(2004～2005年)。
- ・ 日本もISOのナノテク標準において、「計測・評価」ワーキンググループの議長国。
- ・ ナノサイエンス・ナノテクノロジーにおける研究者層・研究開発力の飛躍的充実、ナノサイエンス・ナノテクノロジー分野での助成制度充実、応募・採択件数増、インフラストラクチャーと人材育成への取り組みが進展。
- ・ 産学官連携、ナノテクビジネスの推進。
- ・ ナノテクを含む商品が着実に増加。
- ・ ナノ計測・加工のための共用施設やナノファブセンター建設は、極めて重要。
- ・ ナノテク社会受容に向けた対策。
- ・ 国内においては様々なコンソーシアム(例:半導体領域の MIRAI, EUVA 等)が設立され、広範囲な検討が行われた。
- ・ ナノバイオ分野においては、日本の「タンパク3000プロジェクト」による網羅的な立体構造解析が目標を達成しつつあり、得られた成果の活用が今後の課題である。また、ナノメディシン(ナノ医療)という言葉が、広く普及してきた。
- ・ 医療機器の分野で、産官学連携が大きく進んだ。

国外(世界と日本)

- ・ 画像診断におけるドラッグターゲティングでは、微少がん検出の為にドラッグターゲティング技術の開発がアメリカを中心に行われてきた。この2年間では高分子ミセル型MRI造影剤の研究が注目される。
- ・ 物理、化学、電子、材料においては、日本は米国、ヨーロッパと並ぶ世界の第三極としての水準を維持。
- ・ 米国では、ナノテクを、基礎研究にとどまらず産業のドライビングフォースとして明確に位置づけ。また、欧米ではナノテクノロジーの社会的認知を前面に出している。
- ・ 米国では「21世紀ナノテクノロジー研究開発法」制定による国家プロジェクトの強力な推進。
- ・ DARPA、NISTによるナノ加工ベンチャー企業への大型投資。
- ・ 米国では、2004年7月 National Cancer Institute が Cancer Nanotechnology Plan によりナノテクノロジーで2015年までにがんを撲滅するというスローガンを発表。
- ・ 欧米では、ナノテク、特にナノ粒子の安全性に関する懸念が国家レベルで採り上げられつつある。
- ・ LSI 関連の研究開発について、コンソーシアムとして大規模に活動。
- ・ 韓国電気メーカ、巨額研究開発投資によるナノテク研究開発の推進。

- ・ 欧州 NaPa プロジェクトによるナノ加工技術の開発推進。
- ・ 中国科学院、清華大学などのナノテク研究への国家重点投資。
- ・ 中国市場の台頭として、例えば鉄鋼に関しては、年率約 3000 万 t という驚異的な経済成長。
- ・ 資源問題の顕在化として、鉄鉱石、石炭等の鉄鋼原料が逼迫。
- ・ 地球温暖化対策が本格化し、効率的な資源の使い方や環境面での国際協調達成の必要性が求められてきた。

○ 「ナノテクノロジー・材料分野」における問題点

推進・国の取組

- ・ 米国はナノエレクトロニクス分野、欧州は、ナノバイオ分野に注力する戦略を立てているが、日本は、網羅的にナノテクを推進しているように見える。
- ・ 米国は、ナノテク分野を中長期的な視野で促進するための異分野融合促進策を戦略として推進。EUは、知識ベースの新製造技術にも力点。日本は中長期を見越したナノテク融合関連推進策の構築に難点。

基礎研究から産業化までの問題点

- ・ ナノ材料についての研究開発は、欧米に比べまだ優位性があるものの、将来の応用展開の基盤となる、この分野における基礎的・理論的な研究は遅れがある。また、ライフサイエンス分野は、基礎・応用とも遅れがある。
- ・ 炭素系ナノ物質に関しては、基盤研究、応用研究共に世界をリード、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に関しても世界的な研究の優位性を維持。しかし、応用展開においては、必ずしもその優位性が保たれているとはいえない。
- ・ ナノとバイオの融合領域に関しては、欧米に遅れをとった。ドラッグデリバリーシステム、SNOM やレーザーラマン顕微鏡などのイメージング機器、イメージング用蛍光プローブの開発や CNT の利用など材料の領域で一定の強み、シナジーによる他の領域の開発の加速が期待。
- ・ 材料、(ナノ構造材含む)、加工プロセス・IT デバイスは総じて日本が強い。出口に持っていくプロセスあるいはシステム化において大きな弱点。基礎研究においてもシステムの思考の弱さ。
- ・ 欧米のVCによる投資に代わる仕組みが働いておらず、日本の産業風土を踏まえた初期市場形成の方策が望まれる。
- ・ 米国においては、技術移転の流れが確立されているが、日本ではこの動きが漸く出てきたところ。
- ・ リポソーム製剤技術においては、日本は世界と肩を並べるレベルだが、臨床開発では完全に遅

れをとっている。問題は海外の臨床開発のスピードが速いことであり、臨床での開発が遅れれば二番煎じの印象を与える。

- ・ 半導体分野では、日本は研究開発には強いがビジネスが弱い。諸外国では、シリコンナノエレクトロニクスに、国のレベルで大型投資を始めた。日本は、これまでに大型投資も研究拠点形成も実現されていない。

今後の課題(競争力と資源問題)

- ・ これまで日本経済を支えてきた汎用材料・部材などについては、コスト的な面で競争力を失いつつあり、より高付加価値の部材開発が求められる傾向。
- ・ 日本の現在の水準としては、直近では中国の生産量が大幅な伸びを示しているものの、品質的にはまだ汎用品が多く、高機能品では我が国の競争力が優位にある。
- ・ 国際的な競争力維持のために一層の高機能化に向けた研究開発を推進する必要。
- ・ 日本の強み・弱みなどの特徴としては、自動車産業等の需要家との、「摺り合わせ」による商品の高品質・高機能化。基本的な原料、エネルギーを海外依存している点が大きな弱点。
- ・ 材料分野は自動車、IT 等の産業分野を支えており、総合力で強みを有し、国際競争力の源泉。
- ・ 大人口を抱える中国等の発展により、資源不足問題が急浮上。
- ・ 産業面での大きなシェアなど、日本の持つ非常に大きな強みが活かされていない。
- ・ 日本も、オールジャパンとしての戦略的な取り組みをしないと遺伝子工学で欧米の後塵を拝したことの繰り返しになるばかりではなく、力をつけてきたアジア諸国に対しても競争力の低下を招きかねない。ナノテク技術戦略立案力および国際連携のためのコーディネーション力の強化が必要である。

システム・研究体制等の問題点

- ・ 科学技術政策の立案と実行が多数の省庁に分散して、一貫した政策立案を行って実行に責任を持つ一元的な国家機構が無いことは、アジア諸国に比べて、戦略、スピード、効果の点で弱点。
- ・ 非常にスポット的で連携がとりにくい状況があり、財政面でも流動的につながるようにできていない。
- ・ 人材戦略が分断している。
- ・ バイオ・医療分野が、世界水準から取り残された治験制度や不効率な許認可制度によるビジネスチャンスの喪失。
- ・ 点としては非常に優れた研究が多いが、インテグレートするようなところが不足。
- ・ 10 年近く続くものがほとんどなくなり、継続性の確保の必要性。
- ・ 基盤整備の段階と事業化における二つの谷間の存在。

- ・ 研究者の自ら発想するものに対する基礎研究を減少と、全体的に基礎研究が課題設定型に移行する傾向と、科研費での位置付けの明確化の必要性。
- ・ 「ナノテクノロジー・物質」に過度に力点。
- ・ ナノテクノロジーサイエンスという視点での研究課題が特に重点的に推進された感があり、その点は評価に値するが、社会基盤としての産業を支援するような研究課題は十分ではなかったと分析される。

研究開発における具体的な問題

- ・ 「ナノ材料物性とバルク材料物性は一本のスケーリング則で結べない」ことの認知が充分でない。
- ・ ナノ粒子、カーボンナノチューブに続く材料がこれから出てくるか懸念される。
- ・ ナノ加工技術では、ロジック LSI 分野では、デバイスばらつきが顕著になってきており、電源電圧を思うようには下げられず 90nm、65nm とともに 1.2Vを採用している。高誘電率の High-k 膜の検討が進められているが、先送りの状況にある。
- ・ LSI の微細化に対応しフォトリソグラフィー技術は着実に進歩を遂げたが、コスト面においてはその限界も明らか。自己組織化を応用した加工プロセスは、注目度は高いものの工業的に適用可能な技術として確立するには今しばらくの時間を要する。

「推進方策」

○ 今後の「ナノテクノロジー・材料」分野の果たす役割について

不連続な革新

- ・ ナノテクノロジーは、従来の特性、機能の延長線では実現し得ない未知の分野への挑戦・可能性を秘めた不連続な革新をもたらす技術。
- ・ 特定課題、特定分野にとどまらず、生命科学、情報通信、環境、エネルギーといった国民生活の向上、人類社会の持続的発展に直接関連する分野を相補的、融合的に支援し、そのブレークスルーを与える。
- ・ ボトムアップ的手法を取り込んだ革新的な低コスト技術の実用化が期待される。

ものづくり国家の基盤・高付加価値の創出

- ・ 価値創造型もの作り国家を形作る上で、重要であり、日本の強みを将来にわたり維持する為の役割。
- ・ 優れた高付加価値商品の輸出によって国際的な優位性を保持することが必須。
- ・ 優れた高付加価値商品を生み出すためには、先ず優れた「材料」を限られた資源・エネルギーを有効に使って開発することが極めて重要。
- ・ 先端技術が先端である理由は、それが高い付加価値を生み出すパワーを持つこと。
- ・ ナノテクノロジー・材料の重要性はまさに、人より一歩先んじることによって、市場を制する付加価値を作り出すところにある。
- ・ わが国製造業を今後30年、50年にわたって維持、発展させ、経済基盤を固める上で、ナノテクノロジー・材料の役割は大きい。
- ・ これからの製造業は、科学知識に支えられた高度な技術が不可欠であり、ナノテクノロジー・材料の研究開発成果が期待されている。
- ・ 付加価値が高く、他国が追従できない材料・部材の研究開発を今まで以上に取組むことが必要。

社会問題解決

- ・ 資源不足問題についても、当分野の研究開発により克服すべき面も有し、その役割は大きい。
- ・ 微量・微小材料を用いる事により、省エネ・耐環境への貢献のみならず、地球上の資源の継続へ大きく貢献。
- ・ 持続的社会の実現に向けた省資源、省エネルギー、無害化などの要請に応える。
- ・ 発展途上国の生活環境を豊かにするためのナノテクノロジー・材料技術(例えば水関連技術など)

の開発に取組み、新しい形で国際貢献。

- ・ 社会問題である省エネルギー、省資源、地球環境保全、安心安全社会の構築などについても、材料は問題解決のためのキーテクノロジーである。

分野横断・融合

- ・ 全ての学術分野、産業分野を横断する融合基盤分野としてのナノテクノロジーにおいては、技術や社会全体の俯瞰能力が要求される。
- ・ 「ナノテクノロジー材料」は学術・工学への挑戦の索引としての責務を担うべきである。
- ・ 「ナノテクノロジー」および「材料」の面白さ、科学技術の貢献を中学・高校への教科として取り込み、若者の科学離れの抑制剤とすべきである。科学・技術への関心が若者に高揚すればする程、日本の「物づくり」大国の地位が世界的に向上する。
- ・ 材料分野は、「ライフサイエンス」「情報通信」「環境」「エネルギー」などの重要分野を横断的に根底で支える基盤的役割を担う科学技術としての位置づけである。

○ 「成果の国民への還元」について

アカンタビリティ

- ・ どのようなゴールを目指しているのか、その必要性・効果を説明する視点が重要である。研究開発・産業開発により、どのような経済社会が実現するのか、また、安心・安全な社会、環境に優しい社会などの社会的価値・効果を分かり易く、生活において実感できるような形で説明する必要がある。
- ・ ナノテクノロジーの多くは基礎研究であるが、その目標を設定しての研究の方向性を示し、国民の理解を得る必要。
- ・ 国民に理解を求めるためには、基礎研究の成果が、過去の応用に繋がった事例を積極的に調査、リストアップし、国民が将来享受するであろう利益について理解を求めることが肝心。
- ・ リスクアセスメントの研究も同時に進め、国民のコンセンサスを得ながら推進する必要。
- ・ 日本の産業競争力が維持拡大でき、研究開発を怠ることにより、産業競争力を失い、日本が衰退国家になれば、国民に豊かな生活を保障できなくなることを強調すべきである。
- ・ 新たな市場や産業、雇用の創出、直接・間接の経済効果、安心安全でより快適な生活の保障、環境負荷にも配慮した持続可能社会、国際的な融和や新たな文化創造、など多面的な価値があり得る。研究開発がどのようにこれらの多様な価値に結びつくのかを、単なる蓋然性で語るのではなく、必然性をもって語るような戦略やプランが必要。
- ・ 成果が還元されていると国民に意識され、認知されるためには、明瞭なロードマップとメリットを示すことが必要。

- ・ ナノテクノロジーによってどのようなメリットを国民が享受できるようになるのか、その際に想定されるリスクは何か、これに対するヘッジ方法は、など国民が納得できる言葉で語られることが重要と考える。

産業化を通じた成果の還元

- ・ 鉄の弱点の克服により、軽量化、安全性の向上、安全な橋梁、建築物等の実現、高効率の電気機器等の普及、国民生活の利便性が向上。
- ・ 製造プロセスの効率的になれば、生産時のエネルギー消費も少なく、CO₂等の温暖化ガスの排出も軽減されて、地球温暖化防止という観点で国民生活に還元。
- ・ 国際競争力のある高付加価値型の産業を強化することにより、雇用機会を拡大。
- ・ ナノテク材料をベースとした社会経済的価値の高い新産業分野の創出。
- ・ 今後の社会に適合した革新的な環境技術や省エネ技術の実現。
- ・ 発明と洞察の交点で生まれるイノベーション誘出の実例提示。

○ 「ナノテクノロジー・材料」分野における推進方策について

基本姿勢

- ・ 夢多く、我が国の将来を左右する分野である事を強調すべき。
- ・ 今後、わ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、国際協調を戦略的に展開していくことが不可欠。
- ・ 第3期計画では、社会の中長期的な要請を受けて、ナノテクノロジー・材料の持つ革新的、非連続的な可能性を引き出すような革新的な研究開発その実用化を重視し、長期的な優位性を確保するための礎を作り、量子コンピュータ、水素エネルギーシステム等、若い研究者に夢と挑戦意欲を持たせることが望まれる。
- ・ ナノテクノロジー分野の基盤技術で、世界を圧倒的にリードする研究開発(ナノ計測・評価・分析機器やナノシミュレーション技術)を進めるべき。
- ・ ナノテクに国民が期待するのは、これまで不可能であったことが可能となる「現代の錬金術」的進歩。具体的には、社会が直面する共通の困難の解決とこれまでの夢の実現。その期待に真正面から取り組むことが必要。
- ・ 我が国が世界と競争して行く上でのコアコンピタンスは高い技術開発力に裏打ちされたモノづくりであり、その高い技術開発力の基盤となる。
- ・ 「ナノテクノロジー・材料が、物質科学技術のフロンティアを拡大する切歯の役割を果たす」ことと、わが国がそうして拡大された科学技術によって国を支える「科学技術立国」を目指していること。
- ・ ナノテクノロジー・材料が国家経済をドライブしているという実体を作り出すこと。

明確化の必要性

【研究の性格づけの明確化】

- ・ 基礎的でブレークスルーを期待するのか、出口を想定して研究する必要があるのかを明確に規定し、適したプロジェクト立案、分野設定、支援策の構築。
- ・ シーズを供給する基礎研究の充実、出口を明確にした応用・産業化を目指す研究開発・産業開発を明確に区別したマネジメント。
- ・ 既に市場につながっている領域における研究と、それから非常に探索的な研究とを2つに整理。
- ・ 非常にイノベティブな研究と、すぐ成果を国民が求めている研究のどちらかに属するのかを精査して投資。
- ・ イノベティブな研究は自由な発想を重視し分野を指定した公募方式。目的指向の場合は、テーマ設定後、トップダウン的にチーム編成をした大きなプロジェクト形式。

【研究の目標と評価・選択の基準の明確化】

- ・ 何を重要と考えるか: 狙いは何か、社会的価値、科学技術的価値、経済的価値の向上か、緊急性が高い問題なのか、重要性が高い問題なのか。
- ・ 材料について見れば、特性・機能の発現のみでなく、その応用展開を重視し、形状付与、アセンブリング、使用環境への対応性、その特性・信頼性評価技術をも含めた、統合的、連携的研究展開を図ることが、わが国の基礎研究の世界的な優位性を実用段階までの優位性に拡大することに繋がる。
- ・ 出口に近い、実用化、具体的解決策の要求されている分野においては、実用化・社会の要請に応えるといった目標をスタート段階から明確化。
- ・ 経済的効果のすぐにはいえないものでも、目指すべき社会的価値・効果(ゴール設定)を研究開発・施策実施を行う前に、明確に決めて行う。
- ・ 「欧米で盛んな領域」「流行の領域」「研究盛んな領域」など単純な思考で推進すべきではない。日本が推進すべき領域と今更推進しなくてもよい領域を明確にさせることが重要。
- ・ ”横断的”であることを正面から捉えて、電子・情報、バイオ・医療、環境・エネルギーなどの社会価値の出口に向けてのバリューチェーンを、ナノテク・材料の投資戦略の中に明確に埋め込むこと。

推進システムの構造

- ・ 面や線としてつながるような形のファンディングが必要。
- ・ 上流から下流へ、下流から上流へつなげるためのファンディングの仕組みも一つの工夫の余地が必要。

- ・ 基礎から応用、応用のプロフィットが基礎研究に戻るようなループをつなぐための枠組みと、予算の配り方の仕組みなどのシステム論
- ・ ものづくりというところにナノテクがどういうインパクトを及ぼすのかというのをじっくりシステムとして見直して、まさにこの期で実行していくべき。
- ・ ”事業性”の概念が軽視されていたことを反省し、統合して価値を生み出す、人間と資源と組織メカニズムが必要。
- ・ ナノテクノロジーのためのツール、それにより出来た構造、システム、その統合化等の観点からも計画全体を見直す必要。
- ・ 研究企画、推進においても戦略的な異分野融合、連携が必要であり、分野・課題設定による公募方式の研究のみでなく、トップダウン的な課題設定とチーム編成、新たな研究推進体制も構築が必要とされる。
- ・ 「仕込んでいく環境」が最近の研究の仕組みでは窮屈。要素技術を非常に探索的に行う場合は、比較的中程度かあるいは少額の研究費の着実な資源配分ができる体制が必要。
- ・ 実際にある種軌道に乗ったときに展開していくときの連携の仕組み。

柔軟なファンドリーシステムと資源配分の明確化

- ・ ナノテクの本質は革新的進歩だとすれば、その種(シーズ)が見出された時には、速やかに成長に適したファンディングに切り替えるような、フレキシブルな支援システムが重要。逆に、当初から 5 年間に渡ってファンドが固定されている方式は原則的に避けた方がいい。具体的にはファンディングと評価に工夫が必要。
- ・ 柔軟に節目節目でのテーマを評価と、途中での中止や、ブレイクスルー等に応じた増資ができる仕組み。
- ・ 資金的な仕組みで協力が得れば、望ましいグループをさらに積極的に誘発するような制度。
- ・ 3 年目、あるいは 5 年以降続けるときの展開の連携が誘発されるようなお金の仕組みということを考える必要。
- ・ 研究開発投資の使途構造に戦略性をもたせること。年間 1,000 億円の投資うち、研究開発課題への直接投資、基盤になる計測標準化への投資、研究インフラ(共用施設)への投資、ファンダリシステムへの投資、教育人材育成システムへの構築、技術の社会受容対策への投資、等への配分を示す必要。

俯瞰視野・ガイドライン、ゴールへのシナリオづくりの必要性

- ・ ナノテクノロジー・材料の研究開発において、萌芽レベルの研究者の創造的研究活動、中長期的な社会要請にこたえる重要課題解決型プロジェクト、産業移転を加速するための実用化プロジェクトに対し、各々が健全に進展するように研究開発予算のガイドラインを設けること。

- ・ 解決策を視野に入れた方向性、研究の出口を想定してのナノテクノロジー技術開発の推進。
- ・ オールジャパンとして取り組むヘッド・クォーターの設置。
- ・ 目標機能を達成する新材料設計法・探索法の確立。解析的手法はなく逆問題を解く困難さがあるので、理論、シミュレーション、データベース、高速実験手法などを駆使して異分野を俯瞰し、総合的・システムの的に攻めることが不可欠。
- ・ ボトムアップとトップダウンを融合した省エネでハイスループットのナノテク製造技術の確立。特にすべての要素技術を俯瞰し、統合(シンセシス)してシステムとしての機能を重視するシナリオが必要。
- ・ ゴールの設定と実現のためのシナリオを立案する技術・事業戦略が極めて重要。
- ・ ナノテクノロジー特有の戦略(何かナノテク特有の技術課題を念頭に置いたような区分で全体をとらえる)
- ・ 国際的な標準化の観点も入れた影響評価手法の確立でリーダーシップをとる必要。

人材育成も取り込んだ戦略的な共通基盤のインフラ整備

- ・ 中長期的に連携・融合を促進する共用施設などのインフラ投資、教育システム構築。
- ・ ナノテクは大学院博士課程での専攻横断的な組織でないとは対応できない。人材育成とナノテク研究を絡ませる施策が必要。国際連携はナノテク研究人材育成の双方に極めて有効。
- ・ 基盤である計測標準、物質標準に関する国際戦略。
- ・ 効率的に推進するための研究インフラおよび推進システムの構築。具体的には異分野の効率的融合や基礎と応用の垂直統合を促進するためのセンター(拠点・建物)の設立、
- ・ 研究開発の推進方法については最先端の機器が必要な領域である。そのためには共用施設が不可避といえる。しっかりした拠点形成を進めねばならない。
- ・ 国際的なネットワークの構築も欠かせない。今一度拠点形成、ネットワークの観点から全体を俯瞰して省庁、産学官、基礎・応用、分野融合の推進体制を確立する必要がある。その際、最先端のナノ・ファンダリの設立が各分野で必要となる。
- ・ 新たな教育を含める、あるいはさらに融合連携を大いに進めるようなインフラを同時につくる。
- ・ センターをいわゆる箱ものではなく、融合連携を進めるための場所づくりとして相当な投資。
- ・ プッシュするエンジンになるインフラの整備、同時に全体の投資の中ではっきりした位置づけ。

「時間差」「長期的」「継続性」

- ・ 材料開発の場合、新材料の開発とその製品への応用・実用には常に時間差がある。したがって、現在の産業競争力を継続的に維持するためには、10～20年後の産業力の先陣となる革新的な材料・部材研究に加え、基礎研究・基幹研究と言った研究に対する継続的な投資が重要である。
- ・ 基礎研究を長期にわたり継続、基礎研究の成果が実用化されるまでには、長い時間と多額の費

用が必要。

テーマ設定について

- ・ 具体的に研究課題を設定する一方法として、産業界などから将来必要な材料開発テーマを募集し、国策として推進する材料分野を絞り込む。出来るだけ多くの研究者に実施を促し、途中の成果でさらに絞り込み、投資効果を上げる方策などが考えられる。
- ・ 国として注力すべき重要分野を指定した後は、投資効果の最大化を図る観点から、広く学を含めた民間の創意工夫をテーマ募集する方式の活用を拡充。
- ・ 既に開発されたもので生かされていないものは何であろうか、需要側は何を求めているか、その合致をどうやっていくかという仕組みが必要。

基礎研究の促進

- ・ 企業から見ると、リスク、挑戦的なテーマ、世界のトップを走る大学の基礎研究というのは非常に将来とも重要。重点的に基礎的な研究でこれぞというものに対してお金がつけられるような、ポートできるようなことが非常に重要。
- ・ 挑戦的なテーマ設定、深い理解の増進を含めて、研究者の自発的な発想に基づく基礎研究を重視しエンカレッジするシステムの構築が必要。

○ 「ナノテクノロジー・材料」を一分野として扱う効果。

共通の方向性

- ・ 幅広い入り口から目標を明確化した出口を絞り込んでの研究展開をより戦略的に行うという意味で、諸外国にはないわが国独自の優れた発想。
- ・ 「ナノテク・材料」というくくりは、わが国を支える製造業のベースとなる材料を、ナノテクを駆使してさらに強くするという観点から極めて重要である。
- ・ ナノテクノロジーと材料は、他のあらゆる分野と横断的に関係しているという点で、重要な共通点を持っている。

「ナノテクノロジー」と「材料」の相補的推進

- ・ 「ナノテクノロジー」は、「材料」の研究開発のひとつの視点であり、微細加工技術や組立て技術としての応用だけでなく、新たな「材料」を分子・原子・組織レベルで原理を解明し新機能を付与して

いくという意味で、「材料」分野にも充分活かされるように、これらが一体となった「ナノテクノロジー・材料」分野の推進が一層重要。

- ・ ナノテクノロジーを活用・駆使し、各種材料・触媒の機能発現メカニズム等について、原理・原則に基づき、突き詰めた基礎研究を行ない、そこで得られた機能発現メカニズムを革新的な新規材料開発に生かしていくことが重要。
- ・ 新機能発現、新現象の発見、新プロセス製造技術開発、新産業創出などを共通のキーワードとして掲げて、連携することが一つの方向として考えられる。
- ・ 「材料」における多くの課題はナノサイエンスやナノ構造材料にあり、また、「ナノテクノロジー」の最先端の課題は材料の問題に還元されることが多い。お互いのニーズをより強く意識しながら推進されることのメリットは大きい。
- ・ ナノテクと材料の接点としての広義の界面技術(有機/無機、生体/人工物、固液界面など)の確立。ナノテク・材料の基礎と応用ニーズの接点でもある。
- ・ 製造業強化に向けた総合産業戦略の強化が、ナノテクノロジー・材料の強化につながる。

留意点

- ・ ナノテクノロジーは、技術として提供され、他分野の応用展開がなされなければその価値を失う。
- ・ 研究課題選定においても、ナノテクノロジーに力点を置くのか、材料に力点を置くのかを明確にし、その上で相補的な研究展開をする必要。
- ・ アプリケーションと時間軸がはっきりしていれば、「ナノテクノロジー・材料」のくくりでもよい。しかし、研究が「ナノテクノロジー・材料」だけに留まると実用化が難しく目に見える成果に繋がるまでに時間がかかる。
- ・ 材料の全てがナノテクに包含されるわけではないことを考えれば、ナノテクと材料を併記することは見識。
- ・ 材料分野では必ずしもナノテクを駆使しなくても革新的機能やプロセスなどが生まれる可能性がある。よって、重点分野として材料はナノ材料のみに限定する必要はない。
- ・ ナノテクと材料は2つに分かれたら浮いてしまうような感じを今抑える時期。
- ・ ナノテクと材料の関係が曖昧である。ナノテクを活用した材料開発の視点が必要であろう。全体に、用途・機能からの議論が多いが、材料名が含まれた具体的な研究課題の設定も求められる。