

ナノテクノロジー・材料に関する
研究開発の推進方策について

平成18年7月

科学技術・学術審議会
研究計画・評価分科会

はじめに.....	1
第1章 基本的考え方.....	2
1. ナノテクノロジー・材料分野の現状認識.....	2
2. 諸外国におけるナノテクノロジー・材料分野の研究開発の動向.....	3
3. 基本的な考え方及び方向性.....	5
第2章 研究開発計画及びその推進方策.....	6
1. ナノエレクトロニクス領域.....	6
2. ナノバイオテクノロジー領域.....	7
3. 材料領域.....	8
4. 基盤技術領域.....	9
5. ナノサイエンス・物質科学領域.....	10
第3章 研究開発を推進するに当たっての重要事項.....	11
1. 研究拠点及びネットワークの形成.....	11
2. ナノテクノロジー・材料分野の人材育成.....	11
3. 産学官の連携及び分野融合の促進.....	12
4. 責任ある研究開発の考え方.....	12
<参考>.....	13
科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 委員名簿.....	13
ナノテクノロジー・材料委員会委員名簿.....	14
科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会における審議の過程.....	15
ナノテクノロジー・材料委員会審議経過.....	18
用語解説.....	21

はじめに

「ナノテクノロジー・材料分野」は、第3期科学技術基本計画（平成18年3月28日閣議決定）において、「ライフサイエンス分野」、「情報通信分野」、「環境分野」とともに重点推進4分野の1つに位置付けられ、第2期科学技術基本計画に引き続いて特に重点を置き優先的に研究開発資源を配分すべき分野とされている。

これに先立って、ナノテクノロジー・材料委員会は、第3期科学技術基本計画の策定に向けた検討に資するために、平成17年1月に『我が国の中長期的なナノテクノロジー・材料分野の研究開発の方向性』に関する報告書』をとりまとめ、今後中長期的に推進すべきナノテクノロジー・材料分野の研究開発の方向性を提言した。

同報告書は、ナノテクノロジー・材料分野の現状を認識した上で、基礎研究の一層の推進とともに、今後推進すべき施策として情報通信、ライフサイエンス、環境・エネルギー、基盤技術の各分野において重点的に研究資源投資を行うべき領域を設定している。さらに、目標とする社会の実現に向けたシナリオ、研究開発体制の充実のための施策、責任ある研究開発の考え方を示し、ナノテクノロジー・材料分野の研究開発の推進体制について言及している。

文部科学省は、同報告書の内容に沿って、第3期科学技術基本計画及び分野別推進戦略の策定に臨み、総合科学技術会議での検討を経て、平成18年3月に第3期科学技術基本計画が閣議決定、分野別推進戦略が総合科学技術会議決定された。

本推進方策は、当該報告書の内容並びに第3期科学技術基本計画及び分野別推進戦略の内容を受けて、今後5年間の文部科学省におけるナノテクノロジー・材料分野における研究開発をナノテクノロジー・材料分野委員会で取りまとめ、研究計画・評価分科会において推進方策を定めたものである。

第1章 基本的考え方

1. ナノテクノロジー・材料分野の現状認識

ナノテクノロジー・材料分野は、今後ますます重要となる融合分野である。

我が国のナノテクノロジー・材料分野における研究成果を鳥瞰すると、長い歴史を有し広範囲にわたっている基礎研究において、諸外国に対して優位に立っており、新たな産業を支える研究成果も出始めている。

一方、欧米は2000年以降、ナノテクノロジー・材料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を進めている。アジア諸国も、これに追随する形で科学技術の国際競争力を確保しようとしている。

(1) 基礎研究の成果

我が国のナノテクノロジー・材料分野の基礎研究の成果としては、例えば、カーボンナノチューブ、金属内包フラーレン、ナノ粒子、自己組織化、有機EL発光材料、近接場光技術、不斉触媒合成、金属人工格子、光触媒等の発見や応用展開が挙げられる。

これらの基礎研究の成果は産業にも利用され始めており、例えば、エレクトロニクス分野においてはフラットパネルディスプレイ(FPD)やイメージングデバイスなどに、ライフサイエンス分野においてはDDS(ドラッグ・デリバリー・システム)によるオーダーメイド医療、再生医療などに、また、環境分野においては超軽量高強度材料、環境触媒、燃料電池などに利用されている。

以上の研究成果から明らかなように、ナノテクノロジー・材料分野は、重要な基礎科学として発展をとげつつあると同時に、IT(インフォメーションテクノロジー)、ET(エンバイロンメンタルテクノロジー)、BT(バイオテクノロジー)と直接的、間接的に関わりながら、多様な分野において中心的な役割を果たしている。なお、ナノテクノロジー・材料分野を支える基盤として、ナノ構造制御・新規物質材料の創製技術、ナノ計測・分析・造形技術、ナノ材料モデリング・シミュレーションなどがあり、これら基盤技術の発展があって、ナノテクノロジー・材料分野を中心とした多様な分野の発展が維持されている。

(2) 主要産業における成果

ナノテクノロジー・材料分野は、我が国の主要輸出産業を支えている。例えば、エレクトロニクス分野では、LSI高機能化、メモリ大容量化、ディスプレイ高精細化・小型化・薄型化、通信の高速化・大容量化などのニーズを満たすため、半導体・光制御素子などのデバイスの性能向上において、ナノスケール加工・制御・計測技術、ナノスケール薄膜形成技術などの実用化が貢献している。また、環境・エネルギー分野では、例

例えば、自動車産業において、高性能化、安全、環境、エネルギー消費に関連するニーズを満たすため、燃料電池などのエネルギー源、エンジンなどの駆動部品、各種触媒、センサー、ボディ素材などの開発が進んでおり、ナノスケールの加工技術や構造制御技術等がこれらの開発に大きく貢献している。さらに、ライフサイエンス分野では、新薬開発、新治療方法開発、化粧品開発、医療費削減、動物実験の代替技術開発などのニーズを満たすため、ナノバイオセンサー、高機能ナノ材料などの開発が進んでいる。このように、ナノテクノロジー・材料分野は、日本の産業の基盤でありかつエンジンとなっている。

2. 諸外国におけるナノテクノロジー・材料分野の研究開発の動向

諸外国は、ナノテクノロジー・材料分野について、我が国同様にその重要性を強く認識しており、戦略的な取組がなされている。

(1) 戦略的に重点領域として推進される欧米のナノテクノロジー研究

米国は、「国家ナノテクノロジー戦略(National Nanotechnology Initiative: NNI)」(2000年1月)、「21世紀ナノテクノロジー研究開発法(21st Century Nanotechnology Research and Development Act)」(2003年12月)、「NNI戦略計画(National Nanotechnology Initiative Strategic Plan: NSET)」(2004年12月)などを策定し、ナノテクノロジーを国家戦略の中心に位置づけて研究・教育等の取組の一層の強化を図っている。

「NNI戦略計画」では、7つのプログラム構成領域が定められている。これらのプログラム構成領域は、①ナノスケールにおける基礎的な現象とプロセス、②ナノ材料、③ナノスケールのデバイスとシステム、④機器開発、計測技術および標準化、⑤ナノ製造、⑥主要研究施設の整備、⑦社会的側面である。

他方、EUは、「第6次フレームワークプログラム(6th Framework Programme: FP6)」(2002年～2006年)において、ナノテクノロジーを7分野の一つに位置づけ、ナノテクノロジーを3つの重点分野に分類し推進してきた。それらは、①長期的融合研究やナノバイオテクノロジー、ナノエレクトロニクス・フォトンクスなどのナノテクノロジー・ナノサイエンス、②知識を基にした新規の構造材料・機能材料、③ナノ製造技術である。

これを引き継ぐ「第7次フレームワークプログラム(7th Framework Programme: FP7)」(2007年～2013年)の案によれば、「ナノサイエンス、ナノテクノロジー、材料、新製造技術」が9つの政策の一つとされ、この中で次の4つの活動が挙げられている。それらは、①ナノサイエンス、ナノテクノロジーに関する新しい知識の創出、②高機能材料等に関する新しい知識の創出、③産業ニーズに呼応した新製造技術の構築、④産業応用に向けた技術の統合である。

このように、米国及びEUは、重点分野を選定、推進することによってナノテクノロジーの研究開発を加速している。また、これら重点分野を提示することにより、国内外の産学官研究機関とのパートナーシップの促進を図っており、今後、ナノテクノロジーの研究開発が更に加速、拡大する可能性がある。

(2) 研究開発システムの構築

上述のような重点領域を推進していくためには、研究開発を促進するためのシステムの構築も重要であり、研究戦略拠点の構築、機関を超えた支援体制の整備、研究者間ネットワークの形成などが進められている。

研究戦略拠点の構築は、米国、欧州、中国、韓国等各国で進められている。例えば、全米科学財団(NSF)ではナノバイオ、ナノスケールの現象理解と量子制御、ナノスケールデバイスとシステム化手法、環境対策、現象の理論化およびモデル化、ナノ製造・加工プロセス、ナノテクノロジーの技術革新による社会的・教育的影響からなる7つの分野をテーマとして掲げ、2000年にナノバイオテクノロジーセンターを設立後、2005年までに計19拠点を形成している。米国NSFの施策では、上記7つのテーマから1つあるいは複数のテーマを申請者あるいは申請グループが選択すること、チーム型研究、個人研究においても同じテーマを共有していることが特徴である。これら拠点では、産学官の共同研究、学際研究の促進が図られている。また、材料分野においては、NSF Materials Research Science and Engineering Centersとして、29の拠点が設置されている。

機関を超えた支援体制の整備に関しては、米国NSFは10年間続いた5大学からなるNational Nanofabrication User's Network (NNUN)に引き続き、2004年度から第2期に相当するNational Nanotechnology Infrastructure Network (NNIN)を13大学において展開している。NSFにおける研究支援体制ではコストシェアの概念を基本とし、学際融合の促進、技術移転の迅速化、研究人材の育成などを円滑に進めるための体制が整備されている。

(3) 人材の育成

ナノテクノロジーの人材育成策としては、学際研究、融合研究の促進をねらいとしたプログラムの実施がある。例えば、米国、英国、フランス、シンガポールなど多くの国で、大学院へのナノテクノロジー専攻の設置が進められ、若手研究者の育成が図られている。特に、米国においては、ナノテクの教官を育成するためのセンター(National Center for Learning and Teaching in Nanoscale Science and Engineering: NCLT)が設立されている。また、シンガポールは、国内人材の育成に留まらず、国外の研究人材を招致することにより、ナノサイエンス、ナノテクノロジー・エンジニアリングの強化を図っている。例えば、公的研究機関、大学などへの外国人アドバイザーの

ドの設置、主任研究員の招致などを推進している。

また、このほかに、ナノテクノロジーの産業化、事業化の促進をねらいとしたプログラムの実施がある。例えばEUは、研究者を対象にしたベンチャービジネスや産学連携に関する生涯教育の推進を図っている。また英国は、技術者の養成プログラムを実施している。

さらに、ナノテクノロジーに対する国民の興味・関心の増進をねらいとしたプログラムの実施がある。例えば米国は、中学校、高等学校の課外活動にナノテクノロジーの教育プログラムを導入したり、専用教材を導入したりしている。ドイツは、ナノテクノロジーの研究者、教材などを乗せた専用車両を全国各地に巡回させ、市民への啓蒙を図っている。

3. 基本的な考え方及び方向性

今後、我が国としては、ナノテクノロジー・材料分野の現状として以下の認識を踏まえつつ、基礎研究の一層の推進とともに、諸外国を意識した研究開発に関する明確かつ戦略的な政策を継続的かつ強力に推進し、新たな融合領域など新しい知の創出や産業化に向けて基礎研究と実用化をつなげていくことが必要である。

- ・物質・材料のナノスケールの特質や知見を最大限に引き出し展開するため、計測、分析、造形、組織制御、シミュレーション、モデリングなどの基礎・基盤技術の推進の必要性がさらに高まっている。これらの基礎・基盤領域は、我が国の科学技術の進歩や課題解決に貢献し、国際競争力の源泉となっていることから、より一層の推進が重要である。
- ・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・材料分野と融合した研究開発が進展している。幅広い応用可能性を有した分野への融合により革新的な研究成果を生み出す可能性が増大していることを踏まえ、融合領域における新しい学問領域の構築や、融合領域における研究開発のより一層の推進が重要である。
- ・革新的な機能を有する材料研究の展開や、ナノスケールの現象解明が、従来の原理や常識を覆して科学技術に新しい世界を切り開くと期待される。このような不連続で飛躍的な成果をもたらさうるイノベーションを誘発する可能性に挑戦することも重要である。

第2章 研究開発計画及びその推進方策

総合科学技術会議によるナノテクノロジー・材料分野の推進戦略においては、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、ナノサイエンス・物質科学領域の5つの領域が設定され、計29の重要な研究開発課題が挙げられている。これらの領域は、文部科学省科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会ナノテクノロジー・材料委員会が平成17年1月にとりまとめた報告書において設定した重点領域と、基本的に枠組みを一にするものである。

ナノテクノロジー・材料分野における重点領域の設定に際しては、幅広い応用可能性を有した分野において、ナノテクノロジー・材料分野の研究成果を用いて、新しい材料・デバイスが産み出されるとともに、それらの実現のためには微細領域での観測・評価・造形といった基盤技術が不可欠という視点が必要である。

以下、こうした視点に立って、重点領域ごとに推進すべき研究課題を挙げる。

1. ナノエレクトロニクス領域

(1) 高度次世代エレクトロニクス

情報化社会の継続的な高度化を支えるには、超高速プロセッサや超大容量メモリ、高度光信号処理などの、従来のエレクトロニクスを飛躍的に高度化する多様な電子・光制御技術及びデバイスの開発がますます重要となる。また、これらの電子・光制御デバイスの高効率動作を含む大幅な性能向上には、ナノスケールの構造・界面の機能解明と制御技術の構築とともに、システム階層構成を踏まえた機能創出を行い、実用化への道筋を示すことが重要である。

当該重点領域の課題として、ナノスケール構造制御や量子ドットなどの高度量子効果制御および高度光制御を行う、超高速・超集積の電子・光デバイス、テラビット記録デバイス、高効率パワーデバイスなどその創製技術及び更なる微細化技術の研究開発を推進することが必要である。

(2) 分子・バイオ・スピンエレクトロニクス

ムーアの法則の限界が指摘されるとともに、情報技術の新たな領域への展開が期待されており、有機・ナノチューブ・ナノ粒子などの分子材料及び多様な機能を有する新材料・新構造、また、電子のスピンや強相関などの特性、分子の自己組織化特性や生体の仕組みなど、従来のシリコンエレクトロニクスが利用していない機能・特性を積極的に用いた新機能・高特性デバイスに向けたシーズ技術創出と基盤技術構築がますます重要となっている。

当該重点領域の課題として、既存のシリコンエレクトロニクスの延長では対応できな

い機能・特性の発現に向けて、分子基盤デバイス、スピン高度応用デバイス、高度化センシングデバイス、バイオコンピュータデバイスなどのデバイスと、その創製に向けた自己組織化や高度構造制御技術の研究開発を推進することが必要である。

(3) 量子による情報通信原理

量子物理と情報技術との融合に関しては、量子暗号等の基礎理論がセキュリティなどの応用研究に大きなインパクトを与え、また量子の特徴に基づく情報処理・通信技術の発達は生命科学等の基礎研究も急速に進歩させることが期待されており、サイエンス分野での新理論、新現象の発見と情報技術の間のダイナミズムにおける独創的研究がますます重要となっている。現在の情報技術の延長では達成困難な機能・特性の実現に向けた量子による情報通信原理の構築と制御技術創出により、実用化への道筋を示すことが重要である。

当該重点領域の課題として、単一量子の操作に関わる基礎技術の高度化と、多量子操作技術に向けたシーズ技術創出、及び量子の振舞いの理解・解明、量子計算・量子メモリ・量子中継などの研究開発を推進することが必要である。

2. ナノバイオテクノロジー領域

(1) 生物学的な機能・構造を活用したナノバイオテクノロジー

ライフサイエンス分野との融合では、これまでにオーダーメイドの診断・治療を実現するDDS（ドラッグ・デリバリー・システム）、バイオチップ、ナノ医療デバイスなどの取組が進展している。

その一層の発展のためには、生物の機能・構造やメカニズムを利用・制御する技術により、高度なデバイス、センサー、機能材料などを創製することや、局所セルセラピー（Cell Therapy）などのナノテクノロジーを活用した医療プロセス革新と高度診断治療の実現に向けた基盤技術を創製することが重要である。

当該重点領域の課題として、セルセラピー、バイオナノマテリアル、バイオインスパイアードナノデバイス・システムなどの研究開発を推進することが必要である。

そこで、イメージング技術を利用したキャリア・薬物複合体のリアルタイム観察システムの構築や、高薬効・低副作用DDS技術の開発により、がん、循環器疾患、糖尿病、認知症等への有効性を示す。また、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・合金設計・デバイス設計・形態制御技術、表面処理技術を開発する。さらに、電子デバイス・MEMS（Micro-Electro Mechanical System）デバイスやバイオセンサー等、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る。

(2) 生命機能の解明に資する分析技術

様々な生物現象をナノスケールレベルで観察し、分析する技術を構築することで、ナノスケールの生体分子であるDNA、タンパク質などの生物学的な構造、機能、動作原理を把握・理解する研究を進め、生命のシステム・機能の理解を可能とすることが重要である。

当該重点領域の課題として、個別細胞イメージング、細胞マニユファクチャリングなどの研究開発を推進することが必要である。

そこで、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テラヘルツ光からX線および電子線など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の解明を進めるとともに、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し、機能との関係をデータベース化する。

3. 材料領域

(1) 環境・エネルギー問題の解決に貢献する新材料・新技術

環境と調和する持続可能な社会の実現、より一層のエネルギー利用の高効率化やエネルギー問題の克服のために、機能特性の飛躍的向上、さらには全く新しい機能を実現する物質・材料の創製がますます重要となっている。また、資源の枯渇に対応して、希少元素の代替となり得る材料技術の開発は、環境問題の解決にもつながる重要性を有している。原子・分子スケールを基盤としたナノ構造・界面構造や、マイクロマクロ構造による特性発現を理解・制御し、実用材料・構造を創成する基盤技術を確立することが重要である。

当該重点領域の課題として、燃料電池用ナノ構造制御材料、ナノ環境機能触媒、超電導材料、熱電材料、エネルギー変換材料、耐熱材料、水素用材料、輸送機器のための軽量高強度な組織制御構造体、希少元素・有害物質の代替・戦略的利用技術などの研究開発を推進することが必要である。

(2) 次世代を担う革新的材料創製技術

ナノスケールで構造制御し、電気的性能、光学的性能、超伝導性能、磁性、機械的性能、環境耐性、加工性といった材料の諸物性を飛躍的に向上させ、また新しい機能を発現する材料を創製するための新しい基盤技術の開発、融合分野研究がますます重要となっている。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も重要である。

当該重点領域の課題として、無機物、タンパク質などの有機物、様々な物質間でのナノスケールで構造制御された新物質・材料創製技術の開発、それらの創製技術を利用した新規機能材料、ナノソフトマシン、プログラム自己組織化などの研究開発を推進することが必要である。

(3) 信頼性の高い材料技術

構造体の高強度化・耐食性向上・長寿命化・低コスト化等を飛躍的に向上させることは、社会に新しい可能性を開くものであり、材料の耐久性の向上によって資源の有効利用を図り、環境・エネルギー問題の解決にも貢献するものである。

構造体を形成する構造部材の高度化・細分化・加工プロセスの複雑化などにより、リスクが十分予測・評価できなくなる場合が予想される。様々な使用環境における材料の特性を評価・把握し、構造体の安全設計に資する材料・利用技術が重要である。

当該重点領域の課題として、高強度鉄鋼材料・溶接部の安心使用限度向上と破壊・腐食評価、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などの研究開発を推進することが必要である。

4. 基盤技術領域

(1) ナノ計測・分析・加工・造形技術

新規の先端計測・分析及び造形技術は、情報通信、ライフサイエンス、環境・エネルギー分野の発展の根幹を支えており、ナノテクノロジー・材料分野の基盤技術として特に重要である。物質・材料の特性・機能の精密・正確な理解を可能とする、原子1個レベルの局所観測技術やマクロ構造に対するナノスケール以下の超精密分析技術を開発し、ナノ領域の特質の詳細な知見を解明可能とすることが重要である。

例えば、電子顕微鏡は、ナノ材料、ナノエレクトロニクス及びナノバイオなどのナノテクノロジーの各分野で幅広い基礎科学の発展を支える基盤技術として極めて重要であり、今後も電子顕微鏡技術における我が国の優位性を踏まえ、一層の研究の推進を図る必要がある。また、量子ビームは、ナノテクノロジー・材料分野の幅広い領域において、基礎科学から産業利用などで新しい現象の発見・原理の解明およびイノベーションの創出を図るために必要不可欠な共通基盤的な技術であり、今後も重点的に研究・技術開発を推進していくことが必要である。

当該重点領域の課題として、極微細構造・物性3次元可視化技術、ナノスケール造形技術などの研究開発を推進することが必要である。

そこで、物性・機能の計測において、溶液中も含むあらゆる環境下で、実時間・高速計測可能とする。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、電磁界分布まで計測可能とする技術要素を確立する。さらに、完成度の高いフォトリソグラフィ技術を補完し、独自の発展が可能な新しい加工技術体系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により、ナノエレクトロニクス分野等へ展開する。また、材料・部材・デバイス開発の高度化を図り、産業の競争力の強化に貢献するために、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を構築する。

(2) ナノ材料モデリング・シミュレーション

材料のモデリングやシミュレーション技術は、近年のスーパーコンピュータの飛躍的能力向上や量子力学計算方法の進展によって急速に適用範囲が拡大しており、また、ナノスケールで構造を制御した物質・材料の創製において物質の性質を理解し設計する上でますます重要となっている。

当該重点領域の課題として、第一原理計算と分子動力学計算などを複合しマクロな系までをカバーするためのマルチスケールシミュレーションを研究開発することが必要である。

そこで、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とともに、ナノ材料モデリングやシミュレーションが新機能材料の開発のツールとして一般的に利用されることとする。

(3) X線自由電子レーザー

X線自由電子レーザーは、ナノテクノロジー・材料分野をはじめとする広範な科学技術分野において世界最高水準の研究発展基盤として、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、分野別推進戦略において国家基幹技術として位置付けられている。

これを受け、世界最短波長のX線自由電子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。

5. ナノサイエンス・物質科学領域

ナノサイエンス・物質科学領域は、ナノテクノロジー・材料分野の中でも基礎研究の色彩が強く、この領域とより実用化に近い研究領域とが相互に補完し合うことによって、ナノテクノロジー・材料分野の幅広い発展が可能となる。

ナノテクノロジー・材料分野を支える鍵となるナノサイエンス・物質科学の例としては、ナノ物質・ナノ構造創製科学、サブナノ物質科学、ナノ電子工学、単一量子工学、量子相関工学、超分子科学、プログラム自己組織化科学、生物物理学、分子情報生命科学、ナノバイオロジー、ナノ計測科学、計算科学がある。

また、ナノテクノロジー・エンジニアリングにおいて、界面の存在が機能発現の起源や様々な課題につながることから、ナノサイエンスとして界面を意識し、情報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の大幅な向上に資する界面の機能性・制御性を解明することも重要である。

第3章 研究開発を推進するに当たっての重要事項

諸外国の動向からも明らかなように、ナノテクノロジー・材料分野の発展には、重点領域の設定やシナリオの提示と同様に、大学等を核とした産学官・異分野連携の促進を進めるために、研究開発体制の充実が重要である。ついては、知的財産の保護活用等による技術移転の促進を図るとともに、今後、以下の施策を進めるべきである。

1. 研究拠点及びネットワークの形成

世界トップレベルの研究開発力を達成し、またそれを維持していくためには、最先端の研究環境を戦略的に整備・充実していくことが必要である。

平成18年度で終了するナノテクノロジー総合支援プロジェクトで蓄積された設備・経験を効果的に活用し、研究分野の融合とイノベーションを推進するために、最先端施設・設備、研究支援領域、多様な利用形態を促進する運営体制等に留意しつつ、新たな研究支援体制の構築を図る必要がある。同時に、研究分野の融合を促進するために、ナノテクノロジーの研究分野を網羅した物質・材料創製機能を有する研究拠点の整備を図ることが重要である。

また、世界で戦略的な取組が進んでおり、社会的・政策的ニーズが強く求められ、我が国において早急に対応する必要がある、ナノエレクトロニクス、ナノバイオテクノロジー、革新的材料等、今後重点的に進めていくべき研究領域において、国内外から先鋭的な研究者が一堂に会し、研究者間のシナジー効果が発揮される研究体制を構築した世界に開かれた研究拠点を形成することが必要である。

さらに、研究拠点を核に、国内外の研究者を有機的にネットワークで結ぶことが重要である。

2. ナノテクノロジー・材料分野の人材育成

ナノテクノロジー・材料分野は、21世紀の科学技術・学術の大きな飛躍が期待される分野であり、産学官のリーダーとなる若手研究者の育成を開始することが求められている。このため、若手研究者の欧米諸国等との国際交流を推進するとともに、当該分野における人材育成に向けて幅広い学問分野を横断・包含する新しい教育システムを早急に構築することが必要である。

そこで、例えば、いくつかの大学院において、先導的に、幅広い学問分野を横断・包含する新しい教育システム（教育カリキュラムの策定・実施、教育コースの運営体制の構築、産業界へのインターンシップの導入等多様なプログラムの実施等）を構築し、21世紀の産学官のリーダーとなることを期待される大学院博士課程相当の研究者を戦略的・組織的に育成する。

3. 産学官の連携及び分野融合の促進

ナノテクノロジー・材料分野における研究成果は、現時点では萌芽的な技術が多いため、今後、産業化に向けて基礎研究と実用化をつなげていくことが必要である。

今後は、シーズ技術を有する学と実用化を見据えた明確なビジョンを有する産を組み合わせた産学官連携の研究体制を構築するとともに、医工連携をはじめとした分野融合を促進することにより、研究開発を推進し、世界に先駆けて技術革新を創出することが必要である。

4. 責任ある研究開発の考え方

科学技術の発展と社会の利益が相反しないよう、新たな技術が社会に適用されるに当たっては、あらかじめしっかりした科学的知識基盤に基づく技術的側面とともに社会的側面から利点や課題（科学技術の倫理的・法的・社会的課題）について検討することが重要である。

例えば、ナノテクノロジーは、新しい学問・新しい産業につながる科学技術領域であり、社会経済の発展、人々の生活水準の向上などへ非常に大きく貢献するものと期待されている。その一方で、工業的利用、医療応用などの面で、人、環境、社会に影響を及ぼす可能性も指摘されるとともに、その産業利用における国際標準化などの動きにつながっていくことも考えられる。

既に欧米諸国では、ナノテクノロジーの社会的影響に関する検討や研究、国際的な対話が始まっていることを踏まえ、①社会的事項（ナノ粒子等の安全性に関する研究、リスクアセスメント、倫理面や環境面等の検討）②国際的枠組みへの参画（ナノテクノロジーの社会的影響に関する多くの情報の共有化、ナノ粒子等のリスクアセスメントの国際標準化などの検討）について、総合的・戦略的に推進していくとともに、ナノ粒子の特性を明らかにするなど科学的知識基盤を構築し、リスクの評価手法や管理手法を確立する。

<参考>

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 委員名簿

	相原康彦	東京大学名誉教授
	青木節子	慶應義塾大学総合政策学部教授
	青野由利	毎日新聞社論説委員兼科学環境部編集委員
	池上徹彦	独立行政法人産業技術総合研究所理事
	石井紫郎	独立行政法人日本学術振興会 学術システム研究センター副所長
	石田寛人	金沢学院大学長
	井上孝美	財団法人放送大学教育振興会理事長
	岩崎洋一	筑波大学長
	片山恒雄	東京電機大学特別専任教授
	金澤一郎	国立精神・神経センター総長
	唐木幸子	オリンパス株式会社研究開発センター 研究開発本部基礎技術部長
	菊田惺志	財団法人高輝度光科学研究センター参与
	北澤宏一	独立行政法人科学技術振興機構理事
	國井秀子	株式会社リコー上席執行役員 ソフトウェア研究開発本部長
	郷通子	お茶の水女子大学長
	小宮山宏	東京大学総長
	笹月健彦	国立国際医療センター総長
	笹之内雅幸	トヨタ自動車株式会社 環境部渉外グループ担当部長
(分科会長)	澤岡昭	大同工業大学長
	平啓介	琉球大学監事
	田中優子	法政大学社会学部教授
(分科会長代理)	土居範久	中央大学理工学部教授
	中村道治	株式会社日立製作所執行役副社長
	西岡秀三	独立行政法人国立環境研究所理事
	原早苗	埼玉大学経済学部非常勤講師
	深見希代子	東京薬科大学生命科学部教授

(計26名)

ナノテクノロジー・材料委員会委員名簿

	相澤 益男	東京工業大学長
	井上 明久	東北大学副学長・金属材料研究所長
	魚崎 浩平	北海道大学大学院理学研究科教授
	遠藤 守信	信州大学工学部教授
	大泊 巖	早稲田大学理工学部教授
	岡野 光夫	東京女子医科大学先端生命医科学研究所長・教授
	長我部信行	株式会社日立製作所基礎研究所長
	片岡 一則	東京大学大学院工学系研究科教授
	川合 知二	大阪大学産業科学研究所長
	川合 真紀	東京大学大学院新領域創成科学研究科教授
	岸 輝雄	独立行政法人物質・材料研究機構理事長
主査	北澤 宏一	独立行政法人科学技術振興機構理事
	榊 裕之	東京大学生産技術研究所教授
	新海 征治	九州大学大学院工学研究院応用化学部門教授
	田島 節子	大阪大学大学院理学研究科教授
	玉尾 皓平	独立行政法人理化学研究所フロンティア研究システム長
	樽茶 清悟	東京大学大学院工学系研究科教授
	中村 志保	株式会社東芝研究開発センター記憶材料・デバイスラボラトリー研究主幹
	難波 啓一	大阪大学大学院生命機能研究科教授
	野田 進	京都大学大学院工学研究科教授
	横山 直樹	株式会社富士通研究所ナノテクノロジー研究センター長
	米原 徹	東レ株式会社先端融合研究所副所長

(計22名)

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会における審議の過程

(第2期推進方策以降)

第6回 平成14年7月23日

- (1) 大型放射光施設 (Spring-8) の中間評価について
- (2) リーディングプロジェクトに関する事前評価について
- (3) 科学技術・学術活動の国際化推進方策について
- (4) 科学技術・学術審議会人材委員会 第一次提言について
- (5) 最近に総合科学技術会議をめぐる動向について

第7回 平成14年9月27日

- (1) 大型放射光施設 (Spring-8) の中間評価について
- (2) リーディングプロジェクトに関する事前評価について
- (3) 研究計画・評価分科会における委員会の設置について

第8回 平成15年2月14日

- (1) 分科会長の選任及び分科会長代理の指名について

第9回 平成15年3月13日

- (1) 研究計画・評価分科会の議事運営について
- (2) リーディングプロジェクトの事前評価について
- (3) 防災に関する研究開発の推進方策について
- (4) 戦略的創造研究推進事業の平成15年度の戦略目標について
- (5) 平成14年度科学技術振興調整費中間・事後評価について

第10回 平成15年5月28日

- (1) 航空科学技術に関する研究開発の推進方策について
- (2) 地球環境科学技術に関する研究開発の推進方策の見直しについて
- (3) 16年度重点事項について
- (4) 戦略的創造研究推進事業の評価について
- (5) 研究計画・評価分科会における委員会の設置について
- (6) リーディングプロジェクトについて
- (7) 研究開発に係る人材の養成・確保について

第11回 平成15年9月12日

- (1) 平成16年度概算要求における重点課題等の事前評価結果の概要について
- (2) 科学技術振興調整費の「科学技術政策提言」の成果報告書の報告について

第12回 平成16年3月26日

- (1) 平成16年度予算案について
- (2) 平成15年度科学技術振興調整費中間・事後評価について
- (3) 文化資源の保存、活用及び創造を支える科学技術の振興について
- (4) 戦略的創造研究推進事業の平成16年度の戦略目標について
- (5) 研究計画・評価分科会における評価の進め方

第13回 平成16年6月14日

- (1) 平成17年度の科学技術分野の重点事項について
- (2) 研究計画・評価分科会における委員会の設置について
- (3) 「平成15年度科学技術の振興に関する年次報告」について
- (4) 「安全・安心な社会の構築に資する科学技術政策に関する懇談会」報告書について
- (5) 科学技術振興調整費「科学技術政策提言」、「科学技術振興に関する基盤的調査」の成果報告書について

第14回 平成16年9月6日

- (1) 平成17年度概算要求における重点課題等の評価結果の概要について
- (2) 新世紀重点研究創生プラン（RR2002）の中間評価結果の概要について

第15回 平成17年2月10日

- (1) 分科会長の選任及び分科会長代理の指名について
- (2) 研究計画・評価分科会の議事運営について
- (3) 研究計画・評価分科会における部会の設置について
- (4) 平成17年度予算案について
- (5) 平成16年度科学技術振興調整費中間・事後評価について
- (6) 戦略的創造研究推進事業の平成17年度の戦略目標について
- (7) 基本計画特別委員会における検討状況について
- (8) 国として戦略的に推進すべき基幹技術に関する委員会における議論の整理について

第16回 平成17年7月8日

- (1) 平成18年度の科学技術分野の重点事項について
- (2) 研究計画・評価分科会における委員会の設置について
- (3) 「平成16年度科学技術の振興に関する年次報告」について

- (4) 科学技術振興調整費「科学技術政策提言」、「科学技術振興に関する基盤的調査」、「科学技術政策に必要な調査研究」の成果報告書について
- (5) 「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」の改定について

第17回 平成17年8月29日

- (1) 「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」(改定案)について
- (2) 平成18年度概算要求における重点事項等の評価結果の概要について
- (3) 経済活性化のための研究開発プロジェクト(LP)の中間評価結果の概要について
- (4) 地球観測の年次実施方針について

第18回 平成18年3月6日

- (1) 研究計画・評価分科会における委員会の設置について
- (2) 文部科学省における分野別推進方策について
- (3) 研究計画・評価分科会における審議の進め方について
- (4) 平成17年度科学技術振興調整費の評価について
- (5) 戦略的創造研究推進事業の平成18年度の戦略目標について

第19回 平成18年6月27日

- (1) 文部科学省における分野別推進方策について
- (2) 次世代型放射光源計画評価について
- (3) 科学技術の振興に関する年次報告について
- (4) 平成19年度の我が国における地球観測のあり方について

第20回 平成18年7月28日

- (1) 文部科学省における分野別推進方策について
- (2) 平成19年度の科学技術分野の重点事項について
- (3) 科学技術振興調整費成果報告

ナノテクノロジー・材料委員会審議経過

<第2期>

第1回 平成15年5月20日

- (1) リーディングプロジェクトの研究計画について
- (2) 平成16年度の重点事項について
- (3) その他

第2回 平成15年7月8日

- (1) 「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」の実施状況について
- (2) 平成16年度の重点事項について
- (3) その他

第3回 平成15年8月19日

- (1) 「ナノテクノロジー分野別バーチャルラボ」の現状について
- (2) 平成16年度概算要求における重要課題等に関する事前評価
- (3) その他

第4回 平成16年3月1日

- (1) ナノテクノロジー・材料分野の平成16年度政府予算案について
- (2) 「ナノ計測・加工技術の実用化開発」の対象技術の選定方針について
- (3) 「ナノテクノロジー・材料開発に関する研究開発の推進方策について」に関するフォローアップ等について
- (4) その他

第5回 平成16年4月13日

- (1) 「ナノ計測・加工技術の実用化開発」（「次世代の科学技術をリードする計測・分析・評価機器の開発」）の課題選定及び実施機関の選定について（案）
- (2) ナノテクノロジー・材料戦略等の検討体制の整備について（案）
- (3) 文部科学省におけるナノテクノロジー・材料分野の主な施策の取組み状況及び今後について
- (4) その他

第6回 平成16年6月28日

- (1) 「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」の中間評価について

- (2) 平成17年度の重点事項について
- (3) その他

第7回 平成16年7月20日

- (1) 平成17年度の重点事項について
- (2) 「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」の中間評価について
- (3) その他

第8回 平成16年8月19日

- (1) 平成17年度概算要求における重要課題等に関する事前評価
- (2) 「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」の中間評価について
- (3) その他

第9回 平成16年11月1日

- (1) ナノテクノロジー・材料分野戦略検討チーム「我が国の中長期的なナノテクノロジー・材料分野の研究開発の方向性」について
- (2) ナノテクノロジーの社会的影響に対する諸外国の状況について
- (3) その他

第10回 平成17年1月17日

- (1) ナノテクノロジー・材料分野戦略検討チーム「我が国の中長期的なナノテクノロジー・材料分野の研究開発の方向性」に関する報告書（案）について
- (2) 「光・光量子科学技術の推進方策に関する検討会報告書（案）」について
- (3) 文部科学省におけるナノテクノロジー・材料分野の平成17年度予算案について
- (4) 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の研究領域の選定について
- (5) その他

<第3期>

第1回 平成17年8月1日

- (1) ナノテクノロジー・材料委員会の活動状況
- (2) ナノテクノロジー・材料分野における平成18年度重点事項
- (3) ナノテクノロジー・材料委員会におけるナノテクノロジー・材料関係事業の中間評価について
- (4) その他

懇談会 平成17年8月26日

- (1) 平成18年度拡充課題に関する事前評価について
- (2) リーディングプロジェクトの中間評価について
- (3) その他

第2回 平成17年12月7日

- (1) 第3期科学技術基本計画に向けた文部科学省におけるナノテクノロジー・材料分野の今後の方向性について
- (2) その他

第3回 平成18年3月1日

- (1) 文部科学省におけるナノテクノロジー・材料分野の平成18年度予算案について
- (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」研究領域の選定について
- (3) 総合科学技術会議における分野別推進戦略の検討状況及びナノテクノロジー・材料分野における推進方策について
- (4) 次期ナノテクノロジー総合支援プロジェクトについて
- (5) ナノテクノロジーの社会的影響に関する取り組みの状況について
- (6) その他

第4回 平成18年6月13日

- (1) ナノテクノロジー・材料に関する研究開発の推進方策（案）について
- (2) ナノテクノロジー・材料分野における平成19年度重点事項について
- (3) その他

第5回 平成18年7月13日

- (1) ナノテクノロジー・材料分野における平成19年度重点事項について
 - ・元素戦略について
 - ・ナノテクノロジーの社会的受容について
 - ・電子顕微鏡の要素技術開発について
- (2) その他

用語解説

イメージングデバイス

CCD、CMOSセンサー、2D画像を3D画像に変化する立体映像変換システム、単板カラーカメラの色分離など、画像の入力・変換をするためのデバイス。

X線自由電子レーザー

X線は波長が0.01nm程度の電磁波であり、コヒーレント光源であるレーザー発振の波長をX線領域にまで短波長化したレーザーの総称。現在、数十nm近辺の極端紫外域においては飽和増幅が認められるまでに至っている。

カーボンナノチューブ

カーボンナノチューブ (Carbon Nano Tube : CNT) は、炭素によって作られる六員環ネットワーク (グラフェンシート) が単層あるいは多層の同軸管状になったもの。単層のものをシングルウォールナノチューブ (SWNT)、複層のものを多層カーボンナノチューブまたはマルチウォールナノチューブ (MWNT) という。

環境触媒

現在社会問題となっている、窒化酸化物、硫黄化合物、フロン、一酸化炭素などの環境汚染物質を除去し、環境浄化・保全に資する優れた特性を有する触媒。

近接場光

光の波長よりもずっと小さい直径の粒子からなる物質に光を当てたときにその物質表面の周辺10ナノメートル程度の範囲にのみ発生する、回折限界を超えた光を近接場光という。

金属人工格子

2種以上の異種の金属をナノメートルスケールで人工的に積層した物質を金属人工格子という。金属人工格子は、巨大磁気抵抗 (GMR) 効果や垂直磁気異方性、磁気光学効果の増大など、優れた磁気機能性を示すことが知られている。

金属内包フラレン

フラレンは炭素クラスターの総称で、最初に発見されたのがカーボン60 (C60) である。C60は、炭素原子60個からなるサッカーボール状のナノ粒子である。同様の構造を持ったドームのデザイナーであるバックミンスター・フラーの名をとって、この構造

はバックミンスターフラーレン、バッキーボールなどと呼ばれる。フラーレン内部に金属原子を内包させたものを金属内包フラーレンといい、様々な機能の創出が行われている。

再生医療

機能障害や機能不全に陥った生体組織・臓器に対して、細胞等を積極的に利用して、その機能の再生をはかる医療。

3次元可視化技術

立体的な解析をする手法であり、ナノテクノロジー分野において、物質の構造解析などにおいて大きな期待がかかっている。

自己組織化

物質の構造単位が集合して、より高度な構造を自発的に形成する現象をいう。生物系では広く見られ、たんぱく質や脂肪分子が集合して小器官を形成し、それがさらに細胞へと組織化するの代表的な例である。

シリコンエレクトロニクス

シリコンを中心に幅広く展開されている現状のエレクトロニクス。

スーパーコンピュータ

大規模な科学技術計算に用いられる超高性能コンピュータ。原子力、自動車、船舶、航空機、高層ビルなどの分野で設計やシミュレーションに使われ、最近では、分子設計や遺伝子解析などバイオ、化学分野でも導入されている。

スピン

固体中の磁性を主に担っている量子。これまでの電子の電荷を利用するエレクトロニクスに対して、電子のスピンを利用するものをスピントロニクスという。

セルセラピー

セルセラピー（Cell Therapy：細胞治療）とは、幹細胞移植、細胞免疫療法、再生治療など、ヒト細胞を輸注、移植したり、遺伝子や薬剤などを標的細胞に選択的に導入することによって細胞レベルでの治療を行う方法論の総称。

第一原理

実験結果によるパラメータの利用やパラメータの調整を行わずに計算を遂行し、電子状

態や平衡状態の原子位置を求める手法。

中性子線

原子核の構成要素の一つである電荷を持たない中性子の粒子線のことをいう。結晶構造解析、特に磁気構造の解析に用いられる。

テラビット記録デバイス

現在のメモリの 1000 倍程度の超高記録密度の記録デバイスを示す。情報記憶媒体の大容量化、高機能化が情報化社会の進歩では欠かすことができず、ナノテクノロジーを利用したテラビット記録デバイスの実現が期待されている。

オーダーメイド医療

DNAの一塩基が個人により異なるため、病気のかかりやすさ、副作用の有無など薬の効き方は個人により異なる。個人の体質に応じた投薬や治療を行うことをオーダーメイド医療という。

ドラッグ・デリバリー・システム (DDS)

目標とする患部（臓器や組織、細胞、病原体など）に、薬物を効果的かつ集中的に送り込む技術。薬剤を膜などで包むことにより、途中で吸収・分解されることなく患部に到達させ、患部で薬剤を放出して治療効果を高める手法。

ナノソフトマシン

分子性物質で構成されるナノ集合体は、様々な自由度を持つために「柔らかな系」の意からナノソフトマシンと呼ばれる。ナノソフトマシン分野は、タンパク質等の生体分子ナノマシンの自己構築・動作原理を解明し、そこから様々な応用ナノマシンを実現することを目的としている。

ナノ粒子

少なくとも1方向の大きさが概ね500nm未満の微粒子。アプリケーションによって、粒子状物質、エアロゾル、コロイド、ミセル、ナノコンポジット、ナノ粉体、ナノセラミクス等と呼ばれるものもナノ粒子の一種である。

MEMS (Micro-Electro Mechanical System)

微小な機械構造をもつデバイスであり、マイクロマシンとも呼ばれる。半導体プロセスなどにより、機械的動作を行う微小立体構造を形成する。高周波や光信号などのエレクトロニクス応用や圧力・加速度などの機械的特性のセンサー、流体制御や生化学分野の

計測・分析用途、医療用デバイスなどに用いられる。より微小な構造を有する場合をNEMS (Nano-Electro Mechanical System) と呼ぶ。

燃料電池

燃料電池は水の電気分解と逆の原理、水素と酸素を電気化学反応させて電気を作る。従来の火力発電と異なり燃料を燃焼させる必要がなく、排出も水のみである。従って効率が高く環境に優しい発電装置として注目されている。

燃料電池用ナノ構造制御材料

燃料電池の実用化に向けた開発が進む中、一層の効率化の実現のためには、ナノオーダーでの構造制御を行った材料が求められている。ナノ構造制御材料とは、これらの課題を解決するために研究・開発が進む材料の総称。

バイオインスパイアードナノデバイス・システム

バイオミメティクス（生体模倣技術）、自己組織化、分子認識の応用をさらに進めて、生体系の発想を源とし、それに触発されてさらに生体系の機能を凌駕する技術を目指すナノ材料及びそのシステム。

バイオナノマテリアル

ナノマテリアルの中でも、生体や生体成分と接触して利用される人工材料及び生体由来材料のこと。医療分野への展開などナノテクノロジー分野とバイオ分野との融合領域において、新しい機能が期待される。

パワーデバイス

電力の発生（発電）、蓄積、輸送と電力の消費を最適化するパワーエレクトロニクスにおいて、小型（高温動作）かつ高速制御可能な電力変換器のキーコンポーネントとなる電子デバイス。シリコンカーバイド (SiC)、窒化ガリウム (GaN)、ダイヤモンドなどのワイドバンドギャップ半導体は、シリコンの物性値限界を超えたデバイス性能を有し、低電力損失、高温動作、高速制御可能な電力変換器を実現できる。

光触媒

酸化チタンなどの特定の化合物が、太陽光や照明灯などの光によって、その化合物表面が活性化されて、接触する物質に作用を及ぼすにもかかわらず、それ自身は変化することのない物質である。実用化されている光触媒機能には、酸化還元機能（分解反応）と超親水発現機能があり、前者の応用例としては、酸化チタン光触媒を表面に担持することにより抗菌・殺菌、防カビ、防汚染、脱臭・消臭などの機能を付加できる。

不斉触媒

L-アミノ酸のように可能な光学異性体のうち一方の絶対立体配置を持つ光学活性な分子のみを合成するための触媒。

フラットパネルディスプレイ (FPD)

筐体が板状で画面が平面になっているディスプレイ機器。液晶ディスプレイ、LED (発光ダイオード) ディスプレイ、EL (エレクトロルミネッセンス) ディスプレイ、プラズマディスプレイ (PDP) などがある。

プログラム自己組織化

DNAの塩基配列が持つプログラムのように、生体分子などが持つプログラムを利用した自己組織化技術。プログラム自己組織化を用いることで、高機能物質・デバイス・システムをボトムアップの簡便な方法で製造することができる。

分子動力学

2体の原子間ポテンシャルのもとに、古典力学におけるニュートン方程式を解いて、系の静的、動的安定構造や動的過程 (ダイナミクス) を解析する手法。

マルチスケールシミュレーション

物質・材料の現象の解明や予測・設計のために、電子・原子レベルから構造物のスケールでのモデリングを関連づけた統合解析のこと。マルチスケールシミュレーションは、物質の大規模な複雑現象の高精度な解析のために、様々な物理法則を連成させた統合シミュレーションといえる。近年の技術進歩でその基盤は整いつつある。

ムーアの法則

米国インテル社の創設者ゴードン・ムーア (Gordon Moore) 博士が 1965 年に経験則として提唱した、「半導体の集積密度は 18 ~ 24 か月で倍増する」という法則。

有機EL発光材料

蛍光体物質が励起源から受け取ったエネルギーを発光して放出することをルミネッセンスという。電界により励起するものがエレクトロルミネッセンス (EL) であり、発光体にジアミン類などの有機物を使うものを有機ELという。

量子計算

量子計算とは、従来の2値変数(ビット)に基礎をおく計算とは全く異なり、量子力学的概念で、キュービット(qubit)に基礎をおく計算である。量子計算の実現には、量子状

態の制御という難しい問題が存在するが、量子計算が実現すれば、計算速度が飛躍的に向上した量子コンピュータの構築につながる。

量子ドット

電子を3次元的に閉じ込める構造で、主に半導体量子ドットを指す。固体中の電子とは振舞が大きく異なり、特異な光学的・電気的特性を持つ。量子ドットは微細加工や結晶成長で造る数十 nm 程度の粒で、量子ドットを搭載したデバイス群は、従来のバルク半導体・量子井戸半導体の性能限界を越えた高性能の実現が期待されている。

量子メモリ・量子中継

量子メモリとは、量子状態を保持するメモリを指し、量子コンピュータを実現する上で不可欠なものである。量子メモリには、量子演算の時間に比べ長い保持時間を有することが要求される。一方、遠距離の量子通信を実現するためには、古典通信と同じように中継技術が不可欠であり、量子中継とはその技術を指す。方法としてテレポーテーションあるいは量子もつれ合いスワッピングを多段階に接続することにより実現する方法が提案されている。