

ナノテクノロジー・材料分野 重点領域設定の考え方

＜国家的・社会的要請と重点領域との関係＞

ナノテクノロジー・材料分野に対する国家的・社会的要請として、(1)産業競争力の強化と経済社会の持続的成長、(2)環境・エネルギー対応、少子高齢化への対応を通じた豊かな国民生活の実現、(3)国民の安全・安心な生活の確保、戦略的技術の保有等安全保障的な観点からの国の健全な発展 を取り上げた。

これらの国家的・社会的要請に対して、第2期科学技術基本計画の5年間に重点的に取組むべき領域を以下の考え方で設定した。

- ① 5～10年後の実用化・産業化を目指した研究開発、10～20年先を展望した研究開発を明確にするとともに、これらの実現にとって不可欠な基盤技術、材料技術に重点的に取組むこととする。
- ② 具体的な重点領域の設定に際しては、想定される市場規模等のインパクト、技術競争力、ナノテクノロジー・材料技術によるブレークスルーの可能性等を総合的に判断して設定する。

(1)産業競争力の強化と経済社会の持続的成長

我が国の経済は、経済のグローバル化と激化する国際的な競争の中で、産業競争力の低下、雇用創出力の停滞等の課題を抱えている。これに対処していくためには、21世紀型の新しい基盤技術体系及び製造技術体系の構築を通して、我が国の産業競争力を強化し経済社会の発展の礎を着実に築いていくことが不可欠である。

ナノテクノロジー・材料分野においては、今正に、新しいパラダイムへの転換、新機軸の発想の実現に対する展望が急速に拓けてきている。現下の経済社会の課題を技術革新により克服していく上で、ナノテクノロジー・材料分野における技術革新は大きな役割を果たすことになる。また、これが、現下の経済社会が有する課題に対する対症療法的対応にとどまらず、将来に向けても持続的な成長基盤を確立し、さらに大きく飛躍していくためには、その基盤をなす当該分野においても将来に備え足腰を固めておくことが不可欠である。

ナノテクノロジー・材料技術が関連する分野の市場規模については、いくつかの市場予測の試算がなされており、情報通信分野を支える IT エレクトロニクス、低環境負荷社会などを支えるプロセスマテリアルの分野での市場規模が大きい(2001年3月経団連発表等による)とされている。

特に、情報通信分野の基盤となる半導体に関しては、近年国際的に日本のシェアが低下傾向にあり、国際産業競争力の観点からも技術力強化の必要性が指摘されている。このためには、最小の線幅であるデザインルールで言えば、現在の微細加工

技術では 100nm が限界であるが、ナノテクノロジーを利用することにより、今後必要とされる 50nm 以下の線幅を達成することが期待されている。また、コンピュータの性能の更なる向上を行うために、例えば、数ナノメートルの大きさの分子素子を集積した分子コンピュータなどの革新的ナノテクノロジーデバイスによりその実現の可能性がある。また、情報通信ネットワークの高速化の要望に対して、ナノメートルレベルで構造制御された「フォトニック結晶」を用いた光導波デバイスの応用が期待されている。

以上の視点から、「産業競争力の強化と経済社会の持続的成長」のためには、「次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料」を重点領域とする。更に、これらの中で、半導体技術、情報ストレージ技術等は、5～10年後の実用化・産業化を目指す領域を最重点とし、新原理を用いたデバイス技術は10～20年先を展望し他技術のロードマップを充分認識して推進することとする。

(2)環境・エネルギー対応、少子高齢化への対応を通じた豊かな国民生活の実現

我々は、地球環境問題並びに資源、エネルギー等の不足への対応など、かつて経験したことのない難問に直面している。また、国土も狭隘で資源の多くを海外に依存している我が国において、生活環境を保全し、限られた資源を効率的に利用していくことが不可欠である。

このような物質文明がもたらしてきた諸問題の抜本的解決に向けて、例えば、自然環境に大きく影響を与える以前において微量な環境影響要因を評価し適切に管理できるようにするとともに、循環可能な新材料、高効率のエネルギー変換システム、不要な副産物のない製造プロセスなどの実現が必要である。とりわけ、多量消費型の社会システムからの抜本的変革が必要となっている現在、単に使用済み製品の回収システムの確立のみならず、初期段階からの環境配慮が必要となっており、それを、製品を構成する材料レベルから実現していくことが必須であり、当該分野が果たさねばならない役割は大きい。

また、やはり我々が21世紀に本格的に直面する少子高齢社会において、国民各々が生き甲斐を持って安心して暮らすことができるようにしていくためには、疾病の早期発見・治療・予防の水準を大きく高め健康寿命を高めることにより、自律した生活を送り、併せて自助的な対応も可能にしていくための社会システムを構築していくことが必要である。

こうした課題に対応する際、生命のメカニズムの解明の余地が未だ大きく、そのための科学技術のブレークスルーが期待されるところである。同時に、解明された成果を我々の日常生活の中に人間及び社会に親和性の高い形で取り入れていくことも必要であり、そのためには、生体を構成する分子レベルで必要な観察を可能としたり、人間の体内の必要な場所に必要な量のものを運び、また必要な範囲での処置を施したり、また生体に適合した材料、システムの形で実現していくことが必要である。

「環境・エネルギー対応」では、微量な環境影響要因の評価・管理、循環可能な新材料、高効率のエネルギー変換システム、不要な副産物のない製造プロセス等の技術的課題に対して、ナノテクノロジー・材料技術によるブレークスルーが期待されている。例えば、自己組織化等のナノテクノロジーを利用して有害物資を選択的に吸着・脱離できるような複合材料や環境に悪影響を与えないような材料表面のナノコーティング技術が必要となる。また、既存の材料でも省エネルギーのために、超高強度・超軽量の材料開発が要望されており、原子・分子レベルで構造制御したナノマテリアルの開発がこの目標達成に必要である。

以上から、この領域を「環境保全・エネルギー利用高度化材料」として重点領域とする。更に、これらのうち、地球温暖化防止に対応する課題に関して、COP3 京都議定書により10年後の目標が明示されており、また、循環型社会の構築に向けた対応のように喫緊性の高い課題に対応することが必要であり、材料としての実用化と社会への定着との間に時間差が生じやすいことから、先ずは5～10年後の実用化を目指す領域を最重点とする。

尚、この領域は新たに生み出される材料・システムにより想定される市場規模も大きいと、「産業競争力の強化と経済社会の持続的発展」という要請にも貢献し得る領域と考えられる。

「少子高齢化対応」では、最先端医療に必要な分子レベルでの生体観察、診断・治療・計測用極小システム、生体適合材料等の技術的課題に対して、ナノテクノロジー・材料技術によるブレークスルーが期待されている。例えば、ガン治療などにおいてガン細胞にのみ薬剤を届けるピンポイントドラッグデリバリーシステムの開発や、ナノパーティクルの大きさを制御して患部にのみ薬剤が浸透するようにしたナノテクノロジー利用医薬の開発が必要である。また、疾病の早期発見、患者の負担が少ない治療のために、体内に侵入して診断・治療を行う極小システム開発が望まれ、その実現には現在のマイクロマシンより 100 分の1以下のナノマシンを用いた診断・治療・計測用極小システムの開発が必要である。

更に、近年、急速な知識の蓄積や新しい考え方、技術の発展によって、異分野間の融合や、新たな科学技術の領域が現れることが多くなっており、生物現象を観察することにより生物が有する40億年かけてナノ物質を構築しアセンブルするテクノロジーに学び、そのメカニズムを活用し制御するナノバイオロジーも新たな領域として注目が必要である。

以上から、この領域を「医療用極小システム・材料、生物のメカニズムを活用し制御するナノバイオロジー」として重点領域とする。この領域では、10～20年後の本格的実用化を展望した進め方が重要である。

(3)国民の安全・安心な生活の確保、戦略的技術の保有等安全保障的な観点からの国の健全な発展の実現

科学技術の発展を背景とした、生物機構、新規に創製された物質を使用したテロの脅威、有害化学物質等によるリスク、海外からの感染症等への対応の必要性が国際的に高まってきている。これに対処するためには、法制度の整備による基本的な枠組みづくり、国防、医療といった公助的な対応、被害に事後的に対応するだけでなく、我々の生活の様々な局面において検知可能とし国民が安心して管理・リスク軽減できる等、自助的な形で対応できるようにしていくことが必要である。そのため、微量な物質等に対する高度なセンシングとそれによるリスク削減等の最先端の科学技術の成果を活用した防止対策の実現、当該システムの実社会への適用などが不可欠となってくる。従来から我が国においては科学技術を安全保障との関係で十分に議論されてきたとはいえず、上記のような課題に対応していくためには、意識高揚が不可欠となっている。

また、昨今、国境を越えた合従連衡、研究開発等の連携などが当たり前の状況となっているが、今後キーテクノロジーとなりうる技術領域において高度な技術を我が国に保有し、またそれを生み出しやすい環境を整備することにより、産業や社会全体への波及を他国に先駆けて容易に達成できる可能性が高くなる。これを競争力として活かしていくことにより国の優位性を保っていくことも必要である。

「国民の安全・安心な生活の確保」では、科学技術を悪用した化学・生物テロなどに迅速に対応するために、微量な環境影響要因のセンシングやリスク削減技術等の適正な管理が重要である。

従って、技術領域としては、環境・エネルギー対応で重点化した、「**環境保全・エネルギー利用高度化材料**」に含め、この視点からも重点化して推進することとする。

「戦略的技術の保有」では、グローバル化が進展する中でも、我が国に技術を保有しておくことによって産業化・実用化が迅速に進められる等の先行者利得が得られるため、他に先駆けた研究開発、成果の権利化が重要である。特に、最近の情報通信技術(IT)のように急速な進展により、最先端技術の成果が実用化に直結しているような領域では極めて重要なことであり、自らの技術として戦略的に保有することが必須である。

従って、技術領域としては、産業競争力の強化と経済社会の持続的発展の要請に対応して重点化した、「**次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料**」をこの視点からも重点化して推進することとする。

「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」

ナノテクノロジー・材料技術にはナノからサブナノメートルでの計測・評価、加工が必須である。このために、例えば、電子線を用いたサブナノメートルの精度を持つ加工技術開発、より微細な領域の元素を検出できる放射光利用システムの開発、走査型プローブ顕微鏡等による新しい計測・加工技術、ナノ領域での力学・電磁気特性・構造を解析できるシステムが開発されることにより、ナノテクノロジー・材料技術分野全体の研究開発進展に大きな影響を与えることになる。

また、この分野では物質・材料の組織・構造・諸特性等を分子・原子レベルで予測することが、新特性を有する材料開発や効率的なプロセス開発に必須である。従って、第一原理計算や分子動力学等の数値計算・シミュレーションの果たす役割が極めて重要と考えられる。

以上から、「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」を、重点領域と位置付ける。

「革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術」

ナノテクノロジーの応用分野を支えるナノ制御材料をいかに創出するかが、ナノテクノロジー全般の推進に重要である。カーボンナノチューブのように種々の革新的機能を有するナノ材料が発見されると、新しい産業分野の創出も含めてその影響は極めて大きい。材料の組織・構造をナノレベルで制御することにより、超塑性や強度・靱性・磁気特性・光機能特性の飛躍的向上を図ることが可能と考えられ、その応用分野も念頭に置きつつ、このようなナノ物質・材料の研究開発を進めることが必要である。

また、従来型の材料技術に関しても、災害に強い街づくり、高度な国土交通インフラの整備に材料面から貢献するため、構造材料の長寿命化、高強度化を進め、また、劣化を自己診断し、あるいは修復する材料の開発を進めること等を通して、安全な生活空間を保证するための安全空間創成材料技術を重点的に進める必要がある。

以上から、「革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術」を重点領域と位置付ける。

重点領域の設定

重点化の考え方から導かれた領域をまとめると、「次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料」、「環境保全・エネルギー利用高度化材料」、「医療用極小システム・材料、生物のメカニズムを活用し制御するナノバイオロジー」の3領域となる。

これらの技術を実現するためには、その基盤となる「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」と「革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術」の成果が必須であり、以上の5領域を重点領域とする。

- 次世代情報通信システム用ナノデバイス・材料
- 環境保全・エネルギー利用高度化材料
- 医療用極小システム・材料、生物のメカニズムを活用し制御するナノバイオロジー
- ☆ 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