

- ③ 環境試料の収集・保存、試験生物の開発・保存、化学物質情報システム構築等、知的研究基盤の整備が重要。

#### (5) 地球規模水循環変動研究

- ① 全球水循環観測ネットワーク体制の構築とアジアモンスーン地域における水循環変動モデルの構築が重要。衛星や地球シミュレータ等の活用が重要。
- ② 特に、アジアモンスーン地域を対象とした、水循環変動の食糧生産や社会経済への影響評価を踏まえた対策シナリオ研究開発が重要。

#### (6) 上記の重点事項の推進に必要な人材の育成、確保

- ① 環境の保全に係わる科学的知見及び技術的基盤を経済社会に適用するための社会技術を研究する人文社会学系の人材
- ② 大量の環境データを相互に利用可能な形に体系化していく環境情報（環境インフォマティック）分野の人材
- ③ 環境変化と生態系の相互関係を解析し、モデルを構築する分野の人材
- ④ 地球上に生息する生物種の把握とその保全技術を開発するために必要な分類学、保全生物学等の人材
- ⑤ 化学物質等の環境リスクを総合的に評価・管理するために必要な人材。

### iv. ナノテクノロジー・材料分野

#### 1. 最新の動向等

本分野における研究開発は国内外ともに活性化しており、先進的な研究開発成果が次々と報告されている。欧米においては研究開発拠点や研究者間のネットワーク等の研究開発環境が着実に整備されている。このような欧米の動向に加え、直近の中国・韓国等のアジア諸国の戦略的取組にも注視する必要がある。

平成14年度に比べ、京都議定書の受諾に伴い環境・エネルギー分野への対応を強化する必要性が生じたこと、生物工学と融合した先端医療分野やナノバイオロジーの産業応用に向けた研究開発が欧米において着実に進展していることから、我が国における当該領域への取組をあわせて強化する必要がある。

## 2. 領域毎の動向等

### (1) 次世代情報通信システム用ナノ装置 (ナノデバイス)・材料

- ① シリコン半導体技術においては、我が国企業において実効ゲート長 8nm のトランジスタの動作確認がなされるなど、将来への展望が開ける一方で、世界的な開発競争が激化しており、我が国でも産学官連携により研究開発を加速し競争力の強化を目指す必要がある。
- ② 生体・分子素子等新原理デバイスによるポストシリコン素子等を意識した研究開発に関しては、米国国防総省高等研究計画局 (DARPA) において分子素子 16kbit メモリー構築を目的とするプロジェクトが始動するなど、素子化を意識した研究開発が進展しており、我が国としても早急に対応を強化する必要がある。生体・分子素子の開発には化学・生物領域と電子工学の融合が必要であるが、我が国の研究開発ではこのような融合が不足しており、プロジェクトの実施に当たっては積極的に融合の実現を目指す必要がある。

### (2) 環境保全・エネルギー利用高度化材料

- ① 京都議定書の受諾に伴い、水素吸蔵材料用カーボンナノチューブ等の新エネルギー・省エネルギーに資するナノテクノロジー・材料の研究開発の重要性があらためて指摘されている。しかし、新エネルギー・省エネルギーを目的とした材料等要素技術を統一的に評価する基準が未整備であるため、研究開発を推進していくとともに、この評価基準の整備を同時並行的に行うことが必要である。
- ② また、米国におけるテロ事件などの影響もあり、環境中の微量有害物質に対する国民の関心は増加しており、極微量物質の検出や除去技術への要望が高まっている。これらの検出・除去技術についても、評価基準が未整備であるため、研究開発を推進していくとともに、その整備を同時並行的に行うことが必要である。

### (3) 医療用極小システム・材料、生物の機構を活用し制御するナノバイオロジー

- ① 極めて微量の血液で計測可能な血糖測定器が米国で開発されるなど、ナノテクノロジーを活用した医療用機器が出現し始めている。ナノテクノロジーを本格的に活用した高度な医療機器の実現は将来的な課題ではあるが、現時点でも戦略的に基本特許を取得し技術基盤を抑えていく必要が生じている。
- ② また、生体分子機構を活用した機械の創成なども将来的な課題ではあるが、生

体タンパク質を、単に均一な粒子として電子素子の構築に活用するような研究開発の胎動が世界的に見られる。ナノバイオロジーは今後の有望な領域であり、医学応用のみならず工学応用についても積極的に研究開発を推進するとともに基本特許の取得を戦略的に行うことが必要になっている。

#### (4) 計測・評価、加工、数値解析・コンピュータ上の模擬試験などの基盤技術と波及効果

- ① ナノ領域での計測・評価技術では、ナノチューブを用いた探針（プローブ）顕微鏡や、近接場光学顕微鏡などの新しい測定技術が注目されており、平成14年度に引き続き重要な領域となっている。
- ② 微小電気機械システム（MEMS）や微細加工に関しては、我が国は論文数等のデータでは米国に比較して劣っている。サブミクロン領域を含むこの領域は有望分野であると指摘されており、製造技術の維持と製造業の復権のためにも、当該分野の強化が必要である。
- ③ 数値解析・コンピュータ上の模擬試験などの計算機活用研究開発においては、当該領域の研究者からも、我が国の従来のプロジェクトが、他のプロジェクトとの連携が少ないために、成果の積み上げが出来ずに、欧米に対して劣っているとの指摘がなされている。この状況を改めるためには、当該領域の研究者間の連携を実現する体制構築が必要である。

#### (5) 革新的な物性、機能を付与するための物質・材料技術

- ① 代表的なナノ材料であるカーボン・ナノチューブやフラーレンなどに関して大量合成への動きが活発になるなど、産業化を意識した動きが出現しているが、より一層早期実用化への加速が必要とされる。
- ② 一方で、日米の科学技術競争力を比較すると、論文等のデータによる科学競争力においては同等・優位にある領域でも、特許でみた技術競争力では劣位の領域があり、この領域における官・学と産業界の連携が円滑に行われていない可能性が指摘されている。従って、従来の材料分類の枠を越えた異分野融合型の産学官連携を推進する必要がある。

#### (6) 推進方策・人材育成

- ① 日米の科学技術競争力を比較すると、単一の技術で競争力を比較すると我が国が優位にある場合でも、この技術を用いたシステム的な研究開発となると、米国

が優位となるような例が多く見られた。このことは、我が国の研究開発が単発的で、組織や分野を越えた融合が不十分であると言われていることを裏付ける結果となっている。このことが、我が国において新規の研究分野が出現しないことや、基礎的な研究開発と産業化の繋がりがスムーズではない原因の一つと考えられる。

② ナノテクノロジー (NT) の研究開発は情報通信技術 (IT) や生物工学 (バイオテクノロジー、BT) 分野との融合により革新的な発展が望めると考えられており、我が国のように組織や分野を越えた融合が不十分な状況では、将来の明るい展望は望めない。米国においては、専門知識を有する、多人数の専任に近い研究予算管理者 (ファンディングマネージャー) や研究制度管理者 (プログラムマネージャー) が研究開発の立案・遂行に関わっており、それらの管理者群がグループ間の融合や、競争を巧みに調整していると指摘されている。我が国においても競争的資金の改革が検討されているが、特にナノテクノロジー・材料分野の研究開発においては、これらの管理者制の導入による研究調整体制の構築が望まれる。また、異分野・産学官の研究者が一堂に会して融合することの有効性も指摘されており、融合を目的とする研究開発拠点を整備する必要がある。

③ ナノテクノロジーは短期的な成果も期待されているが、長期的視点で画期的な応用が期待される分野であり、人材の育成・確保も長期的視点から検討する必要がある。基本的には異分野融合に対応できる、専門知識を有する人材を育成すべきであるが、我が国における博士号取得者の割合は欧米に比較して少ないことは科学技術白書においても示されているところであり、博士取得者の割合の向上が望まれる。しかしながら、我が国における博士課程の学生は米国と比べて研究に対する姿勢が弱いとの指摘もあり、単に博士号取得者を増やしても、必要とされる人材の増加には繋がらない危険性が高い。その理由のひとつとして、我が国では学生が学部から大学院博士課程まで移動することなく一つの研究室に所属することが普通であるために、教官との関係も含めて緊張感が少ないとの指摘がある。このような現状を改めるためには、学生・教官の両者とも流動性を高める必要があり、学生に関しては、例えば日本学術振興会の博士研究員の応募に当たって、流動性を考慮するようにし、経済的にも移動を促進する方策が必要である。また、教官に関しては、自校出身者の割合を制限するなどの方策が考えられる。大学における組織の再編については、振興調整費の戦略的拠点形成等により引き続き支援する必要がある。

④ ナノテクノロジー・材料領域の研究開発に用いる測定装置、製造装置等の機材は研究開発の高度化に伴い、大型化・高度化が著しく、その操作・維持管理には高度な技能を有する人材が必要となっている。このような技能を有する研究補助者の人数が、欧米に対して我が国では半分程度以下であることは科学技術白書にも示されており、今後研究補助者の増員が必要と考えられる。しかし、現在の体制下での定員化は困難であるため、高齢者の積極的な活用も含めて対処していく必要がある。

## II. その他の分野

### ii. 製造技術分野

#### 1. 最新の動向等

我が国の製造業は依然として激しい国際競争に直面しており、この競争に生き残るため低コストで生産可能な海外への生産拠点の移転、その結果、雇用問題に繋がる国内の生産活動縮小の傾向が継続している。従って、平成14年度と同様に圧倒的な低コスト化技術および我が国でしか出来ない高付加価値化技術の研究開発を環境負荷最小化技術と合わせて推進することが必要である。

#### 2. 領域毎の動向等

##### (1) 製造技術革新による競争力強化

① 世界的価格競争の激化に伴い生産性の向上は必須となっており、我が国においても、情報通信技術を応用したエキスパートシステム等の開発が積極的に推進されてきた。しかしながら、熟練工の減少にともなう技能伝承への危惧や、欧米アジアの企業による我が国の品質管理手法の導入により内外品質格差は縮小傾向にあることから、情報通信技術と製造技術を融合した製造技術革新への期待はますます高まっている。このような背景をもとに、情報通信技術を活用した製造プロセスの高度化および生産性の向上への取組みに関しては、現行推進プロジェクトの着実な実行と成果の早期実用化に加え、新たなアイデアによる充実が必要である。この分野では、情報通信技術を活用したCAD、CAM、CAEによる情報工業化とも言うべき全く新たな製造体系が構築された事例があり、このような新たなものづくり体系を提案し得るような研究開発が必要である。

② 我が国においては、高機能触媒開発や各種シミュレーション技術等、材料・化学プロセスに関する広範囲な研究活動が遂行されている。しかしながら、これらの研究開発は主に、有機・無機または生物・非生物等の旧来の学術分野に限定した枠組みで実施されていることが多く、競争力ある独創的次世代プロセスの研究開発としては必ずしも十分であるとはいえない。そこで、ナノテクノロジーや生

物工学との融合および基礎となる化学反応や塑性加工等のベース領域での新発見獲得に努め、価格競争力のある革新的製造工程の早期実用化が必要である。また、今後の高齢化社会に対応することも含め、人間工学的視点からの製造工程の革新が必要である。特に、高機能なユーザビリティ技術や質の高いきめ細かなニーズに対応する高付加価値技術への期待の高まりを踏まえ、これらの技術の基礎となる人間生活工学的側面の重要性が指摘されている。

- ③ 米国においては標準技術研究所等が組織的に加工・計測・標準化に関する研究を統括し、加工装置高度化プログラムおよび材料加工高度化プログラムを推進している。それに対して我が国のこの分野における取組みは十分とはいえない。言うまでもなく、加工技術は製造技術の要のひとつであり早急に研究体制の拡充が望まれる。

## (2) 製造技術の新たな領域開拓

- ① 微小電気機械システム (MEMS) 技術やマイクロ化学チップ技術等に代表される微細化・複合高機能化技術は、今後、情報通信、バイオ・医療等広範囲な分野へ高付加価値製品を提供する基本技術になると期待される。しかしながら、米国における国立科学技術財団や国防総省高等研究計画局における産学官協力による研究開発の積極的推進や、台湾政府によるMEMS試作ラインの整備、ベンチャー企業支援の活動と比較し、我が国の取組みは未だ十分ではない。バイオ技術、ナノテクノロジー、情報通信技術を融合した研究体制のもと積極的な研究開発の推進およびそのための支援体制の充実が必要である。

また、知能ロボット技術は我が国が世界をリードする地位にあり官学のみならず民間においても先導的な研究成果が生まれている。今後、知能ロボットは熟練技能者の減少により製造現場における重要性が高まるのみならず、介護・福祉・災害救助等の社会全般においてその必要性が拡大されるものと予測されるため着実な研究開発の推進が求められる。その際、ロボットを活用したビジネスモデルの確立やロボットが社会に受け入れられる体制の整備をあわせて推進する必要がある。

- ② 高付加価値製品開発に関しては、その基盤技術となる高機能材料研究が不可欠である。我が国においては、構造をナノメートルレベルで制御し機能を高度化した材料に関する研究開発等が活発に進められている状況にあるが、さらにバイオ技術、ナノテクノロジー、情報通信技術を融合し、かつ、製造コストに留意した研究開発を推進する必要がある。また、高齢化に伴い、医療・福祉機器に対する需要が増加することが予測される。この分野はペースメーカーに代表されるように、欧米に圧倒されている製品・技術が多く、我が国の取組みも不十分であるといわざるを得ない。早急に研究開発体制の確立が必要である。さらに、ナノテクノロジーやバイオ技術に基づくマイクロ化技術は高付加価値製品開発における大きな潮流となると予測される。そのため、ナノメートルレベルでの計測評価

加工技術を駆使した超微細製造技術を総合的に開発する必要がある。

### (3) 環境負荷最小化のための製造技術

- ① 京都議定書の受諾に伴い、地球温暖化防止のための二酸化炭素排出抑制技術の実用化が一層重要になっている。我が国においては産学官において様々な省エネルギー・新エネルギーに関する取組みがなされてきた。産業界においては、他国と比較して省エネルギーへの積極的な取組みがなされ、燃費を向上した希薄燃焼エンジンや燃料電池を用いた自動車開発や高温超伝導物質の低コスト線材化等の成果が認められる。
- ② 地球環境の保護、微量化学物質による人体・環境への影響削減が求められるなか、製造拠点の廃棄物削減努力がなされ、再利用性に優れた製品開発を目指す試みが一般化している。化学プロセス技術においても、反応を従来の有機溶媒に換え水系で行う技術の開発や有害化学物質を分解するための光触媒技術にも期待が高揚し、ダイオキシンや環境ホルモン類等の微量化学物質を高感度・短時間・低コストで測定できる手法に関しても開発が進展している。今後とも、環境負荷最小化技術はますます重要になると予測され、引き続き、循環型社会形成に適應する製造技術の研究開発を強化する必要がある。