

2D08 ナノテクノロジーの技術移転における研究開発型NPOの可能性 —領域横断型物質科学研究の課題と実用化へ新たなアプローチ—

○渡邊英一，山形尚子（化学工学会）

1. はじめに

近年、各国の科学技術研究開発予算のナノテクノロジーに対する研究費への配分は拡大の一途を続けており、ナノテクノロジーの研究成果による既存産業の活性化や、次世代産業の創生に期待が高まっている。我が国においても、各省庁のナノテクノロジーへの戦略的な研究費投入がはじまってすでに数年が経ち、アカデミア、国の研究所、独立行政法人研究所などのナノサイエンスおよび基礎技術に関する新発見の成果が毎日のようにマスコミに報じられる時代となった。一方、民間企業では、一部の産業領域においては事業化、商品化がすでにはじまっているが、未だ萌芽的な段階であり、ナノテクノロジーを利用する革新的な商品開発とその事業化に関しては、個々の企業が模索中の段階といえよう。本稿では、ナノサイエンス、基礎技術の技術移転に関し、ナノテクノロジー研究が有する領域融合型物質科学技術としての本質的な性格にもとづいて、その課題をあきらかにする。さらに、次世代産業創生に向けて、どのような施策をとるべきかを論じ、中でも研究開発型NPOが果たす役割と可能性について述べる。

2. 産業基盤技術としてのナノテクノロジーとその本質

ナノテクノロジーは、通常「分子、原子レベルでの物質操作：分子、原子レベルの精度で、ボトムアップからアーキテクチャーを組み上げる技術」、あるいは「物質、材料、デバイス、システムに関し、ナノスケールにおける構造と機能の制御とそのプロセスに関する科学技術」などと表現される。しかし企業の研究開発の立場に立つと、以上の表現ではどのような商品を、どのように開発したらよいのか、これまでの技術の方法論と何が違うのか、なぜナノテクノロジーが産業のパラダイム変換を引き起こす革新的技術といわれるのか、すぐには理解できない。そこで、製品開発、産業創生という観点からナノテクノロジーの持つ本質を考えてみたい。

まず第1に、ナノサイエンス、技術を貫く共通原理はナノスケールでの原子、分子集合体の物理化学的振る舞いにもとづくことである。ナノスケール領域では、各分子あるいは原子同士が強い相関で結ばれているので、従来の科学技術と異なり、非平衡・非線形ダイナミクスや複雑系科学が共通原理として働く。現代産業は、近代科学技術の果実の上に成り立っているが、非平衡、非線形現象や複雑系科学を応用技術に導くために必要な理学、工学が、従来の分子レベルやマクロ領域を扱う科学技術にくらべてほとんど存在しない。

したがって、産業界自らが、これらの知識をゼロから身につけなければならない。これは従来の製品開発では例のない課題である。

第2は、ナノスケールの特異機能を用いた製品開発では、マクロの製品の要求機能の性能がナノスケールでの構造、プロセス、機能設計と直接結びつくので、マイクロ（ナノスケール）とマクロ（製品）をつなぐ知識を開発者全員が同時に共有する必要があることである。すなわち、開発者は、ナノスケールに関わる物理、化学およびそれらの応用科学、工学の知識だけでなく、デバイスを組み上げるための機械、電子および要素技術群、さらには採用するプロセス条件がナノレベルの構造・機能に及ぼす効果に関する製造知識を熟知しなければならない。ナノテクノロジーの利用においては、トップダウン手法であれボトムアップ手法であれ、研究開発から製造段階までマイクロとマクロを合理的につなぐことが開発の成否の鍵を握る。

第3は、ナノスケールの物質レベルでナノとバイオが融合することにより、産業技術のパラダイム変換と呼ぶにふさわしい質的变化をとげることである。いわゆる「核発生・成長」「自己組織化」「スピノーダル分解」「界面」に代表される、ナノテクノロジーのキーワードは、生体に働く原理そのものであり、ナノテクノロジーは、生体原理の人工物質系への展開とみなすことができる。人類は、道具の作成にはじまり、今日にいたるまで、様々な産業および輸送機械、エレクトロニクス機械やコンピュータを生み出してきた。これらはいずれも、人間の力学機能や、情報機能を強化するために生み出された人工物である。一般にナノテクノロジーを説明するのに、「分子モーター」や映画の「マイクロの決死圏」で描かれた小さな乗り物、ナノマシンがよく引き合いに出される。しかし、これらは従来の機械系人工物を単に小さくしたイメージから抜け出していない。むしろナノテクノロジーの本質にもとづく製品は、人間（生体）の物理化学機能を人工系に創出したものとみなすことができ、人工物と生体との境が無くなる日がくることも遠い将来ではない。この場合、これまでの人工物設計の考え方の根本をゆるがすことになるろう。

3. ナノテクノロジーに基づく新たな産業創生のための課題と要件

製造業では、通常アカデミアの成果を、社会や市場が要請する商品（価値）にするための製造知識に変換するプロセスが必要である。ナノテクノロジーのように、いまだ萌芽的な技術の場合、アカデミア、産業側ともに知識が不足している。そこでアカデミアは、既存のサイエンス、工学に加えて、ナノサイエンス、基礎技術を基に、新たな工学的方法論を早急に生み出す一方、産業界は、製品開発に必要な製造知識を地道に蓄えていくことが必要である。すなわち、産業創生のための知識基盤づくりである。¹⁾しかし、この分野の学際的、技術横断的性格を考慮すると、一大学、一企業ではとても実施できるものではなく、産官学が力を結集して社会的知識基盤を構築する必要がある。従来、要素還元的な思考方法と、領域別の体系化を目指してきたアカデミアや、縦割り組織を基本とする企業にとって、このような学際的、領域横断的取り組みは容易ではない。

以上の知識基盤構築の必要性に加え、技術移転を加速するための、企業および社会の技術経営上の視点でみた要件を以下にまとめる。

(1) 企業の要件

- (ア) ナノテクノロジーに関するアカデミア、ベンチャーなどの外部情報、人的、組織的ネットワークを構築できる社内専門家の養成
- (イ) 異業種、異分野を横通しに俯瞰し、ナノテクノロジーにより社会、市場に受け入れられる商品を構想できる企画者および評価者（目利き）の養成
- (ウ) ナノテクノロジー基礎研究者と製品開発者、製品企画者、市場評価担当者とのコンカレントな連携とそれを実行できる人材および組織作り
- (エ) 専門領域が深いだけでなく、他の領域の専門家ともコミュニケーションがとれるマネジャー、研究者、製品開発者の養成。
- (オ) 研究開発、事業化を加速する研究開発の Outsourcing、Shared-sourcing、Co-sourcing、異業種との研究開発および事業アライアンスを企画、実行できる人材の養成
- (カ) ナノテク製品の安全、環境、社会的影響を考慮したリスクアセスメントと設計

(2) 社会の要件

- (ア) ナノテクノロジーの技術移転を促進するための政府、行政の政策立案、実行
- (イ) 社会に対するナノテクノロジーと産業創成に関する広報、宣伝
- (ウ) 大学、大学院における、学際的、領域融合型研究開発人材の教育。社会人の再教育。産学連携による相互教育システム
- (エ) 政府、行政、大学による事業化を志す若手研究者の育成、支援
- (オ) 技術移転を促進する産官学ネットワーク組織、インキュベーションにかかわるインフラの構築および技術移転支援専門組織の構築および人材の育成。

4. 研究開発型NPOの可能性

さて、上にのべた要件は、必ずしもナノテクノロジーのみに限ったものではない。しかしながら、もともと物質（材料）にかかわる製品開発のリードタイムは、バイオやITに比べて長期である上、ナノテクノロジーは、学際性、異分野横断型の性格が極度に強いので、領域や組織を超えた連携が不得意な日本の社会および企業にとって、既存の組織体系のままではナノテクノロジーの実用化を早めることは至難の業である。一般に我が国では、米国にならってベンチャー創出をめざし、大学のTLO機関や、自治体のインキュベーション支援組織の設立を急ぎ、技術移転を加速しようとしている。また、大手金融機関も、ベンチャーキャピタルを設立している。一方、学会レベルでも、それぞれの専門分野ごとにナノテクノロジーに関する内部組織作りを急ぎ、社会の変化に対応しようとしているが、学会を横通しに跨いだ連携は少ない。さらに産業界においては、産業領域ごとにナノテク

ノロジーに対する調査促進組織を設立し、活発な活動が始まっているが、領域を横断した取り組みの例は少ない。以上の組織活動は、ナノテクノロジーを促進する上で、重要な役割を演ずるが、いずれも、既存の組織による上からの組織設立であり、オープンな組織ではなく、中で働く人々も必ずしも自立的ではないことが共通の特徴として挙げられる。

ここで、3章で述べた、ナノテクノロジー実用化のための要件、課題を、社会基盤整備から企業の事業化の順に整理すると、

- (1) 従来の産業領域、技術領域、学問領域の枠を超えた認知活動、広報宣伝、教育
- (2) 従来の学問領域の枠を超えた理学・工学の新学理構築
- (3) 従来の産業領域、技術領域、学問領域の枠を超えた製造知識基盤の構築
- (4) 従来の産業領域、技術領域、学問領域を超えた萌芽的研究開発
- (5) 従来の産業領域、技術領域、学問領域を超えた産学連携研究開発
- (6) 従来の産業領域、技術領域の枠を超えた企業間連携研究開発

となり、いずれも所属機関にとらわれず、自発的な行動と社会との接点、関与が求められる。したがって、既存の組織の枠内による活動では、上に述べた要件に応えることはできない。一方、近年、急速に普及が始まっているNPOでは、法人格を所有しながら、それ自身はオープンな組織で、所属機関や専門領域にとられない自発的な活動が可能になる。さらに大事な点は、ビジョン指向性が強くかつ多様な価値観を有する個人の自発的、自立的な活動にもとづくので、環境変化に柔軟に対応でき、かつ創造的な仕事が達成されやすいことである。近年、このような利点をいかし、研究開発に特化した研究開発型NPOが増加しているが、物質科学技術に関わる研究開発型NPOは、我が国ではほとんど知られていない。上に述べた、要件(1)－(4)では、社会の接点を考慮した、「研究開発活用・展開型」NPO²⁾が、(5)、(6)では、「研究開発実施型」NPO²⁾が有効に働く可能性がある。物質科学にもとづく産業は、これまで個別領域の技術の範囲内で、自前で開発する傾向が強かったが、ナノテクノロジーの製品実用化では単独開発は不可能で、研究開発型NPOをも視野に入れた、様々な対応が必要となろう。

5. 結語

ナノテクノロジーの技術移転を含む実用化プロセスに関し、研究開発型NPOの可能性を検討した。異なる専門性、領域の人々が、ひとつの目的に沿って結集し、コミュニティを作りながら活動する研究開発型NPOは、本質的に学際性、異分野横断型であるナノテクノロジーの実用化プロセスに有効に働く可能性がある。

参考文献

1. 渡邊英一 JCI NEWS 63巻 2002年 No 2 p 4、同 71巻 2003年 No4 p 9
2. 石黒周、2003.4 研究開発型 NPO フォーラム URL: <http://www.nponetwork.org/>