

EU ナノロードマッププロジェクト ～技術ロードマップの課題と今後の展望～

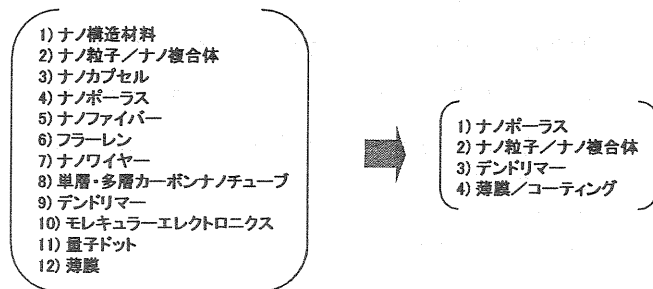
○金間大介（文科省・科学技術政策研）

1. 目的

近年、社会経済の発展におけるイノベーションの重要性が広く認識されるようになると共に、将来の研究開発を効果的に計画・実行していくための手法として技術ロードマップが注目を集めている。そのような中、欧州委員会（The European Commission : EC）は第6次フレームワークプログラム（The Sixth Framework Programme : FP6）の一環で、ナノテクノロジーに関するロードマップ（EU ナノロードマップ）を作成し、2006年1月にホームページにて公開した。ナノテクノロジーに関連する3つの研究分野（材料・健康・医療、エネルギー）を対象に、2015年までのナノテクノロジーの中長期的な予測と概観を目的としている。本稿では、この EU ナノロードマップの概要を紹介すると共に、同分野における技術ロードマップがこれから直面すると予想される課題や今後のあり方について検討を試みる。

2. EU ナノロードマップの構成

EU ナノロードマップは、約2年間にわたり調査・実施されたプロジェクトである。1年目（2004年）に世界各国のナノテクの政策や技術動向に関する情報の収集と分析、それを基にしたナノテクの応用分野の模索を行い、続いて2年目（2005年）に各分野それぞれ4つの技術領域に焦点を絞込んだ上でロードマップ作成作業を行っている（図表1）。また、各年の11月に国際会議を開き、調査結果を紹介するとともに参加者からの意見収集も行っている。調査の実施に当たっては、EUの8カ国とイスラエルの技術系コンサルタントがそれぞれの得意分野を活かした形での国際的なコンソーシアムを形成している。実際のロードマップ作成においてはデルファイ調査の手法を採用している。デルファイ調査に回答した専門家は約230名で、全体の8割強が欧州の各国から、また6割強がアカデミア界からの参加となっている。



図表1 事前調査対象領域と技術ロードマップを作成した4つの技術領域（材料分野の例）（参考文献¹⁾を元に科学技術動向研究センターにて作成）

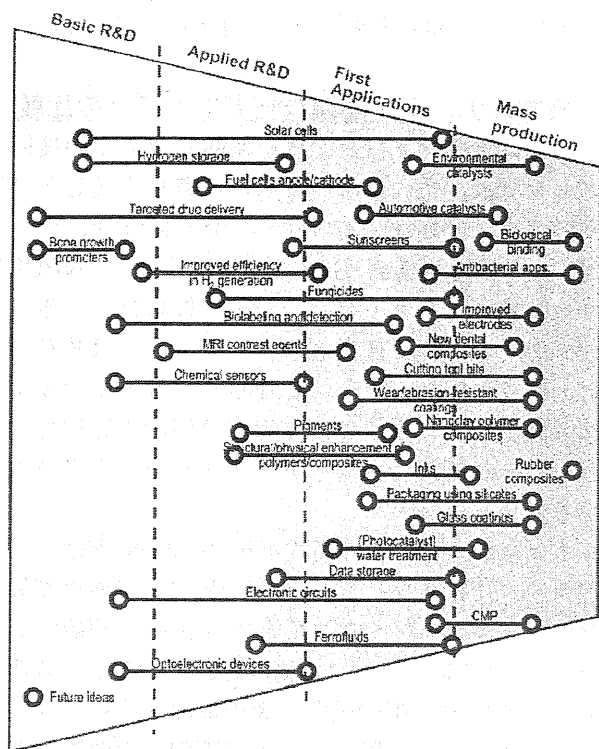
3. EU ナノロードマップの概要と特徴

3-1 材料分野における技術ロードマップ

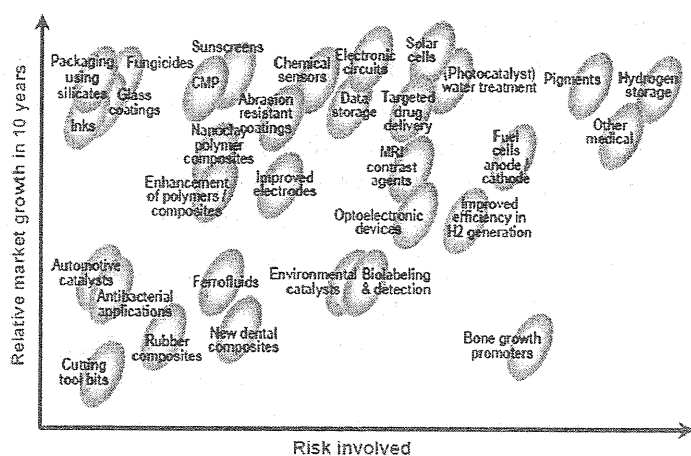
EU ナノロードマップの特徴として、技術面以外の観点が多岐にわたることが挙げられる。1年目に実施した事前調査編では、各分野における経済効果や社会影響、技術動向、世界各国の施策やその比較等を多く扱っている。技術ロードマップ編では、各技術の特徴やリスク、世界におけるEUの競争力、将来における応用等が今後10年間にわたり予測・分析されている。マップ本体は技術の応用例を中心にして、時間軸ではなく開発のフェーズ（基礎研究、応用研究等）毎に描かれている。参考として材料分野—ナノ粒子/ナノ複合体領域（以下、ナノ粒子領域と呼ぶ）の2010年のロードマップを図表2に示す。ここでは紙面の関係で2010年のみを示すが、実際には、2005年と2015年の合わせて3枚構成となっている。

3-2 研究開発に伴う技術的・経済的リスクと市場成長度

図表3は、ナノ粒子が適用される実用例における、今後10年間の市場の成長予測（縦軸）と、研究開発に伴う技術的・経済的リスク（横軸）を示したものである。横軸はリスクというよりも、実用化に至るまでの課題や障壁の高さと考えても良いかもしれない。



図表 2 ナノ粒子領域のロードマップ (2010 年) ¹⁾

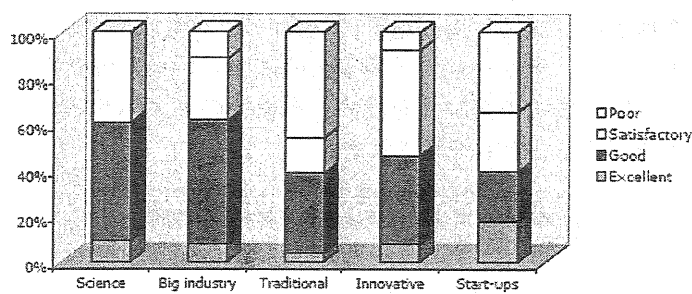


図表 3 ナノ粒子領域の今後 10 年の市場予測と研究開発に伴う技術的・経済的リスク ¹⁾

3-3 EU の各組織・セクターの世界における競争力

次に EU の各組織・セクターの世界における競争力に関する記述に注目する。図表 4 はナノ粒子領域の EU の国際競争力に関するデルファイ調査の回答結果である。デルファイの回答者は、ナノ粒子領域における EU の技術レベルは、学術レベルや大企業ではある程度競争力を有しているものの、中小やベンチャー企業レベルでは Excellent もしくは Good を選択した回答者が半

数以下と、やや競争力が落ちると感じていることがわかる。このことはナノ粒子領域のみならず、ナノテクノロジー分野全体に及ぶ傾向となっており、EU の専門家が自分たちの産業技術レベルを世界（特に米国や日本）と比較して劣位と認識していることがわかり興味深い。また、そもそも調査設計自体も、中小やベンチャー企業を重要視（問題視）したものになっていることがわかる。そこことから EU が考えるナノテク分野の中小・ベンチャー企業の役割の重要性が伺える。



図表 4 EU の各組織の世界における競争力に関するデルファイ調査結果 (ナノ粒子領域) ¹⁾

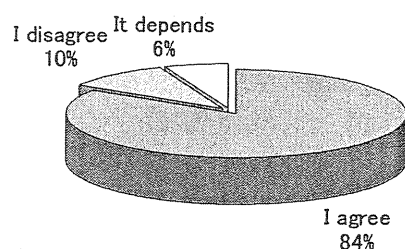
更に、技術ロードマップ作成に先立って実施された事前調査では、図表 1 に示した 12 の技術領域について世界 30 カ国以上の公開資料を基に、現在と将来の市場と実用化の展望や主導国の研究開発活動の動向が示されている。具体的な中身の詳細については本稿では取り扱わないが、EU から見た世界の研究開発活動が把握できて興味深い。一例を挙げると、カーボンナノチューブ領域の主導国に関する研究開発動向では、カーボンナノチューブは日本で発見されたにも関わらず日本の活動状況は一切触れられていない。数ページにわたる記述の中で主に取り上げられているのは米国の大学と一部の企業で、それらに加えて韓国や台湾の企業 (Samsung や TECO Electric and Machinery) はディスプレイ (特に Field Emission Displays : FED) に関する項目で取り上げられている。同アジアでは、インド (Indian Institute of Science) の名前もガス流速センサーに関する成果の一例として見る事ができる。

3-4 材料分野における提言

最後に、本ロードマップの材料分野では次の 3 点を提言している。第 1 に、材料・プロセス技術の高度化を進めること。これによって、技術の再現性を高めると共に製造コストを抑え、リサイクル効率を高めて持

続可能なシステムを構築する。第 2 に、製品開発型ベンチャーに対するリスクキャピタルを増加させること。これによって、ハイリスクハイリターンの研究開発が促進されると共に、大企業のメーカやキャピタリストと一体となった市場の確立／拡大が期待される。第 3 に、ナノテクにおける研究開発拠点を設立すること。これは特にベンチャーや中小企業にとって有益であるとしている。3 番目のナノテク融合拠点の設立に関しては、デルファイ調査結果も合わせて示しており(図表 7)、大多数の専門家がこれに賛同している。このような融合拠点は、単に技術の融合に効果的なだけでなく、中小やベンチャー、大企業や公的部門といった各セクター間の技術の流動性を高め、市場へのタイムサイクルを早めることも期待される。

EU のナノテク産業の発展をサポートするために
は高度な材料や試作製造技術を有する融合的
な拠点は必要か？



図表 5 ナノテク産業の発展を目指した融合拠点の設立に関するデルファイ調査結果(参考文献¹⁾を基に科学技術動向研究センターにて作成)

3-5 まとめ

これまで見てきたように、EU ナノロードマップは技術的な解説よりも、社会的・経済的な観点からの記述が充実していることがわかる。本ロードマップのような国レベルの戦略立案に資するレポートでは、第一に社会的アジェンダを前面に押し出す EU の特徴が現れている。特に、ナノテクノロジーは 2000 年 3 月に定められたリスボン戦略の目標達成の一役を担うと期待されている分野であり、本ロードマップはこれと共に 2007 年よりスタートする第 7 次フレームワークプログラム：FP7 をも見据え、ナノテク戦略の明確化や課題の浮き彫りを計ったものと考えられる。また、第 2 章の目的でも述べたように、本ロードマップは産業界、特に中小企業やベンチャー企業へのメッセージ性が強く、そのため個別要素技術の深い解説よりも、各技術における今後の研究開発のポイントや注意すべき項目、EU におけるナノテクノロジー全体の動向把握・紹介と

いったところに重点を置いているものと推測される。

4. 日本のナノテク関連ロードマップとの比較

日本ではナノテク分野全体を俯瞰した形での技術ロードマップは、主に経済産業省が主導し作成した「技術戦略マップ(分野別技術ロードマップ)」²⁾、ナノテクビジネス推進協議会(NBCI)が作成した「NBCI ビジネス戦略ロードマップ」³⁾が広く知られている。これらの中でも、経済産業省のロードマップは政府主導のもと作成されたという点で、EU ナノロードマップとの類似性が高い。そこで、本章では両者の比較をすることで、それぞれのメリット・デメリットを簡単に考察する。

まず大きな違いはその構成が挙げられる。EU ナノロードマップでは各国の動向を主に調べた事前調査編と実際のロードマップを含む技術ロードマップ編の 2 段階(計 7 つのレポート)で構成されているが、経産省の方は、政府の施策や民間企業の取組を主に示した導入シナリオ、当該分野における技術課題を俯瞰して示した技術マップ、それに実際に時間軸にそって技術課題や求められる機能を示した技術ロードマップの 3 部構成となっている。

また、特徴として EU の方は、ロードマップと銘打っているものの実際のマップ本体の記述はごく一部で、残りの多くを社会的応用の視点から記述されている。社会的制約やコスト面の課題、世界における EU の競争力などがそれにあたる。一方、経産省の方は技術的な詳細さという意味で EU のそれを大きく上回っている。非常に充実した技術ロードマップがそれを表している。従って一見して視覚的にインパクトが大きく、基本的に文章中心の EU のそれとは趣向が異なる。なお、EU ナノロードマップは文字通りナノテクのみを扱ったマップであり、経産省は全技術領域をカバーするプロジェクトである(計 24 技術領域)。

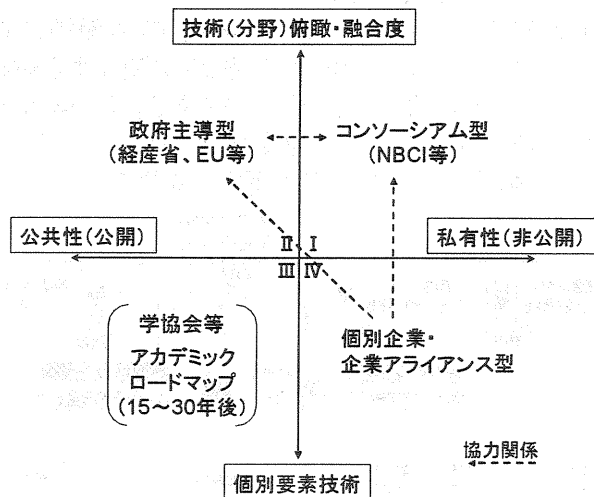
5. ナノテクノロジー分野における技術ロードマップの課題と今後の展望

5-1 ナノテクノロジーにおける技術と産業応用の不確実性の問題

ナノテクノロジーは分野融合的な新興領域であり、技術ロードマップを作成するにあたっては他の分野には無い難しい課題が多く存在する。すなわち、ナノテクのように新しい産業の構築を目指す研究領域では、技術的実現の不確実性／市場の不確実性から、技術と

製品とのつながりをマップ中に描くことは非常に難しい。仮にある社会的・市場的共通目標をかかげたとしても、それを特定のナノテク分野の研究課題まで落とし込むのは容易ではなく、研究者・経営者はどの技術シーズがその目標に対し有効であるか、そもそもどれだけの（有効な）シーズを持っているのかさえた確に判断できず、見掛け上の“シーズの潜在化”に直面することになる^{注1）注2）}。

各組織・セクターが所有する技術ロードマップの関係を、技術（分野）俯瞰度を縦軸に、ロードマップの公共性を横軸にとり整理したものを図表 6 に示す。政府主導型の技術ロードマップは研究開発戦略の明確化を進めながらも、必要以上にナノテクの持つ可能性を狭めることの無いよう注意する必要がある。

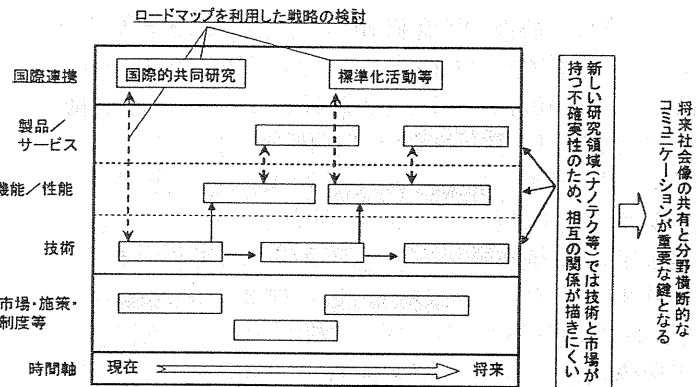


図表 6 各組織・セクターにおける技術ロードマップ

5-2 技術ロードマップの国際的な役割—競争と協調

ここ数年の間に各国政府や共同体を中心に、研究開発戦略の明確化、各セクターの英知の結集、国民への説明責任といった観点から、盛んに技術ロードマップの作成が行われるようになった。当然これら各国の取組は同時進行している状態で、相互の連携などはまだ図られていない。従って現段階では、自国もしくはEUのような国際的連合体が産業競争力を高める目的のためにロードマップは作成されている。しかし各国ほぼ同時期に作成している技術ロードマップは、またな国際協調のためのツールとなり得る。特に今後、ナノテク分野では積極的に行われるであろう国際標準化の作成や国際的な共同研究開発の提案の場では、双方の技術ロードマップをベースとして検討を行うことで、議論の効率化や技術シーズの比較、応用例の差別化な

ど双方にとってより良い結論を得ることも可能となるかもしれない。また、同分野の現在の高度化・複雑化した技術体系においては、国内のリソースで実現可能な技術と海外との協力が不可欠な技術の双方が存在している。そこで、国際連携が必要と考えられる技術については、産学官が結集するロードマップ作りの場でその連携先や実現可能性等について議論を行うべきと考える（図表 7）。



図表 7 ナノテク関連ロードマップの今後の課題

6. 参考文献

- 1) EU ナノロードマッププロジェクトホームページ：
<http://www.nanoroadmap.it/>
- 2) 技術戦略マップ（分野別技術ロードマップ）ホームページ：
<http://www.nedo.go.jp/roadmap/index.html>
- 3) ナノテクノロジービジネス推進協議会（NBCI）ホームページ：
<http://www.nbci.jp/>
- 4) 安永裕幸/尹泰聖「テクノロジーロードマップ—技術知識の俯瞰と分析による新産業創造」オープンナレッジ（2006）
- 5) H. Chesbrough、「Open Innovation」（大前恵一朗訳）産業能率大学出版部（2004）

注1) 参考文献4)の中で安永らはこの問題に対し、ロードマップにおいて「技術」と「新たな価値」との間で「機能」を示すレイヤーを設け、この機能が技術と価値とを媒介する役割を果たすとしている。また、あくまでもマップに載らなかった技術は重要ではないというのではなく、このようなオフロード技術に対しては不断のマップの見直しが重要としている。

注2) Chesbrough氏はその著書「Open Innovation」⁹⁾の中で、ハイテク産業における技術やマーケットの不確実性の増大から、外部組織で生み出される技術との融合が重要になってくると指摘している。ナノテックロードマップ作成の際には、この観点をどこまで取り込めるかが大きな課題の一つとなり得る。