

○岡村直子，丹羽富士雄（政策研究大学院大）

1. はじめに

2000年1月に米国クリントン大統領（当時）が、次代の産業革命を拓く科学技術として National Nanotechnology Initiative（以下「NNI」と記述）¹⁾ を発表したことは、米国のみならず世界の科学技術政策に大きな影響を与えた。1980年代後半から、先端科学技術の研究対象はナノレベルへと進展し、ナノサイズに由来する量子現象や生命現象は、物理、化学から生物等の科学技術全般に亘り革新的発展をもたらした。しかし NNI の提唱以前は、これらを総称する概念も名称も一般には存在していなかった。NNI の提唱によりナノテクノロジー（以下、「ナノテク」と記述）は自然科学の専門用語から政策上の用語・ビジネス上の用語へと急速に普及し、多くの国で重点的に推進すべき分野として政策に取り上げられてきた。本稿においては、ナノテク先進国である日米欧のナノテク推進政策に関し、取り組みの経緯、ナノテクの包含する概念、ナノテク推進の目的に関し、各国のナノテク政策資料の考察及び筆者の米国 NNI 立案参画者へのインタビュー結果に基づき比較するとともに、欧米から学ぶべき点として、人材育成及び研究開発の社会的影響について述べる。

2. 国家的なナノテクへの取り組みの経緯に関する比較

クリントン政権下の OSTP で活躍し NNI の策定にも携わった Dr. Gerald Hane は、米国においてナノテクは、研究者のアイデアが政府に受け入れられ実現した極めて例外的な政策との見解を示しているが、研究者によるボトムアップ的な問題提起の段階を超え、政府レベルでの検討に入ったのは、実に NNI 提唱の3年以上前の1996年に遡る。

表1は NNI 策定経緯概要を示す。政府レベルの検討段階における当初の2年間は、関係省庁間での検討が行われた。その後

1998年に発足した IWGN で、世界の枢要地域に、多岐にわたるナノテクの専門家からなる調査団を派遣し、開発動向を仔細に調査するなど、広範かつ詳細な評価分析を実施し、その結果は、議会にも報告され、2000年の発表へと導かれている。

表1 米国NNI策定経緯

1996年11月-1998年9月	関係省庁調整会議発足 関係省庁スタッフが定期的に議論
1998年9月	NSTCの下に省庁合同作業グループが発足 (Interagency Working Group on Nanotechnology: IWGN) 発足 関係省庁調整会議を発展させ発足。 nanoscale science and technologyの現状分析、将来展望に関するワークショップを多数開催 報告書作成 (NNIの客観的根拠となる報告書となった) - Nanostructure Science and Technology: A Worldwide Study, a report based on the findings of an expert panel that visited nanoscale science and technology laboratories around the world (1999.7) - Nanotechnology Research Directions, a workshop report with input from academic, private sector, and government participants. (1999.9)
1999年8月	Nanoscale science and technology計画の最初のドラフト完成 →PCAST及びOSTCによる承認のプロセスへ クリントン政権2001年度予算において、NNIとして提案 →IWGN解散 ・Nanoscale, Science, Engineering and Technology (NSET) Subcommitteeが、NSTCのCommittee on Technology (CT)の一組織として発足 ・National Nanotechnology Coordination Office (NNCO)が設立。 - NSETの事務局として日々の技術的、運営面、産・官・海外の情報収集(産・官・国際)のサポート実施。 - 連邦政府から、政府機関・大学・産業界・Professional Societies、海外機関等へのナノテク活動を支援。 - NNI website (www.nano.gov)の運営
2003年11月	21世紀ナノテクノロジー研究開発法案成立

NNI 発表のタイミングは、我が国では第 2 期科学技術基本計画(2001 年～ 2005 年)において、物質・材料が重点 4 分野の 1 つとして位置づけられる方向性が固まりつつあったが、急遽、再検討がなされ、結果的には物質・材料とナノテクノロジーを包含する概念としてナノテクノロジー・材料を重点分野として位置づけることとなった。しかしながら、この間の検討は、客観的データや情報を精査するというレベルのものとは言いがたいものであったと考察される。

また、NNI の提唱は、EU の第 6 次フレームワーク・プログラム (2002 年～ 2006 年) の議論に大きな影響を与えた模様である。米国がこのような新たなコンセプトを initiative として打ち出したこと自体が日・EU の政策決定に大きく影響した。日 EU ともに、独自の分析ということよりもむしろ、米国における議論・各種報告書を前提とした議論が進められた傾向がある。特に我が国においては、ナノテクを重点分野の 1 つと決定した後に実質的な検討が行われた。

2001年4月	国家産業戦略 材料産業技術戦略(通産省他) 先進的材料技術としてナノレベルでの技術を抽出
2001年6月	物質・材料系科学技術の推進方策に関する懇談会(科学技術庁) ナノレベルでの物質・材料の研究開発の重要性を提唱
2001年6月29日	平成13年度の科学技術振興にかかる重点指針(科学技術会議) ナノ物質・材料が平成13年度政策における重点領域として決定
2001年9月	ナノテクノロジーの戦略的推進に関する懇談会設立(科学技術会議) 政府における初のナノテクノロジー検討委員会
2002年3月	第2期科学技術基本計画(閣議決定) ナノテクノロジー・材料が重点4分野の1つとして位置づけ
2002年9月21日	ナノテクノロジー-材料分野別推進戦略(総合科学技術会議)
2004年7月23日	ナノテクノロジー-材料分野産業発掘戦略

3. ナノテクの包含する概念と、ナノテク推進の目的

表 3 には、日米 EU におけるナノテクノロジーの定義・推進目的及び具体的推進方策についての比較一覧を示す。

そもそも科学技術上、ナノテクの明確な定義は存在しない。日米 EU ともに、単なるナノレベルでの物質の操作ではなく、ナノスケールにおいて発現する全く新たな現象等を活用した革新的な研究開発を指すことは共通しているが、それぞれの政策が推進対象とする範囲はそれぞれに若干異なっている。

日本の政策文書ではもっぱら”ナノテクノロジー”の用語を用いており、概念的にはサイエンスを包含した推進を実施しているものの、分野別推進戦略においては技術的ニュアンスが強い。

米・EU の政策文書においては、nanoscience 及び nanotechnology の 2 つの語を使い分けている。NNI の全文中の用語の使用の傾向をカウントしてみると、nanotechnology が 315 回と圧倒的に多数であるが、nanotechnology and nanoscience を 29 回、更に、nanoscience 単独でも 18 回用いられている。後者 2 つの用語を用いた文脈においては、基礎的又は根幹的な研究の推進の重要性を示している。

このような日米欧におけるナノテクノロジーの定義の差違は、ナノテク推進の基本的方針及び具体的推進方策においても同様の傾向がみられる。OSTP の元 Associate Director for Technology として直接に NNI の草稿に携わった Dr. Duncan Moore によれば、NNI は次代の産業革命を目指すという旗印を掲げているが、ライフサイエンス偏重主義に陥った米国の科学技術政策の重点を、ナノというキーワードで、物理等の基

礎研究に戻そうという政策意図も兼ね備えたものであったとのことであり、NNIではまず第一に基礎研究の推進が掲げられている。

表3 日米欧におけるナノテクノロジーの定義・推進目的及び具体的推進方策

	ナノテクノロジーの定義又は関連用語の用い方(回数比較)	ナノテクノロジー推進の基本目的	具体的推進方策
National Nanotechnology Initiative (NNI) (米国 2000年1月)	○ ナノテック本質は、分子、原子レベルでの操作により全く新たな分子構造を持つ大きな構造を作り上げるもの。 ○単分子レベルやバルク材料と比べてナノサイズは重要な変化を発現 ○最も重要な点は大きさそのものではなく、発現する卓越した境界現象や量子メカニズム	○次代の産業革命を目指す - 経済的リターン及び社会利益の可能性に向けて -	【重点領域】 ①物質及び製造、 ②ナノエレクトロニクス及びコンピュータ技術 ③創薬及び健康、④環境とエネルギー ⑤バイオテクノロジーと農業、⑥国家安全保障 ⑦科学と教育、⑧貿易競争性確保 【推進方策】 ①基礎研究、②グランドチャレンジ、③COE ④インフラ整備、⑤社会的影響
ナノテクノロジー・材料分野別推進戦略 (日本 2001年9月14日)	○ナノメートルのスケールで原子、分子を操作・制御したり、物質の構造や配列を制御すること等により、ナノサイズ特有の物質特性等を利用して新しい機能、優れた特性を発現させる技術の総称 ナノテクノロジーの用語のみを使用	①産業競争力の強化と経済社会の持続的発展 ②地球・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実現	【重点研究領域】研究者の自由な発想による研究に一定の資源を配分した上で、重点領域を設定 ①次世代情報通信システム用なデバイス・材料 ②環境保全・エネルギー利用高度化材料 ③ナノバイオロジー ④計測・水化・加工・数値解析・シミュレーション等 ⑤革新的な物性、機能を有する物質・材料技術 【推進方策】 ①研究開発現場の競争の活性化 ②異分野間や研究者間の融合の促進 ③産業化に結びつけていく仕組みの構築 ④人材の確保・養成
EU ナノテクノロジー戦略 (EU 2004年6月)	○本戦略におけるナノテクノロジーとはナノサイエンス及びナノテクノロジーの総称。すなわち、 ・原子分子の大きさであるナノスケールにおける科学技術 ・ナノレベルで操作された時に理解、習得される科学的原理や新規特性	○欧州におけるナノテクノロジーの優位性を最終的に商業価値のある製品やプロセスに変換させる。	【推進方策】 ①研究開発投資と産業分野との共同活動の増大 ②世界レベルのインフラ整備 ③企業家精神育成及び、学際的教育 ④技術移転環境の整備 ⑤研究開発への社会的観点の考慮の組み入れ ⑥製品の全ライフサイクル段階でのリスク評価 ⑦地球規模の課題への国際協力を通じた取組み

EUのナノテック戦略⁸⁾においては、「本戦略における nanotechnology は nanoscience と nanotechnology を包含する概念であると定義する」と規定されており、テクノロジーという一語のみを用い、技術を強く意識した日本の政策の打ち出し方とは対照的である。また、EUのナノテック戦略においては、研究開発の産業化への活用を第一の政策課題として強調しているが、一方で、その研究開発の対象とされているのは、ナノテクノロジーのみならずナノサイエンスも含む概念である事は興味深い。

我が国のナノテック分野別推進戦略においては、「重点領域の設定に当たり、研究者の自由な発想による研究に一定の資源を配分した上で」との前提をつけてはいるものの、総合科学技術会議における当該記述に関する議論において、このような記述のみでは基礎研究を軽視する結果にならないかとの懸念が、特に基礎研究にとりくむ多くの検討委員から示された経緯がある。経済状態の悪化の最中に策定された我が国の推進戦略は、科学技術による経済活性化を強く意識した結果がこのような欧米との政策の差違につながったものと考察される。

4. 欧米から学ぶべきナノテクノロジー推進方策について

日米 EU の推進方策の比較から、特に我が国が学ぶべき政策項目としては、教育を含む人材育成とナノテクの社会的影響に関する検討があげられる。

(1) 人材育成についての米 EU からの教訓

全米科学財団（以下「NSF」と記述）のグラント受給者へのヒアリングによれば、当該グラントには人材育成活動が包含されている。それは、先端研究者の育成のみならず、グラントを受けた大学の地元科学館等において中高生に対する普及活動を行う義務を課すものであり、一般への最先端の研究成果の普及が行われているが、このようなメニューは我が国の研究グラントには未だ存在していない。

一方、EU の戦略では、人材育成に関し企業家精神育成と学際的教育といった具体的な育成目標が掲げられており、これも我が国の政策では措置できていない。わが国においては、これらの事例を参考にしつつ、より一層の教育と研究の融合による、効果的な教育が求められるのではないかと。

(2) ナノテクノロジーの社会的影響に関する検討

ナノテクが対象とする物質は極微細であり、研究開発により新たに生み出されたナノ物質がどのような人体、環境への影響を及ぼすかについては未知の部分が多い。また、これらの使われ方についても注意深い検討が必要である。

米国では、NNI 提唱時の 5 つの柱の 1 つとして既に、societal implication の必要性が提起されていたが、特に 911 テロの後には、安全保障の一環としてもこの政策課題に関する検討が始まっている。米国からの意識喚起により、昨年来、EU においても本問題意識の高まりが見られる。これまでの所、具体的な取り組み方策に係る議論の進展はさほど無いものの、研究開発の社会的影響については、倫理的問題や研究の規制問題とも関わる重大な課題であり、我が国における問題意識の整理が緊急に必要である。societal implication は、決してナノのみに限られた課題ではなく、多くの先端科学技術に共通する問題であり、広い視点に立っての検討が求められる。

5. おわりに

以上、各国で開始されたばかりの新たな研究分野について、日米 EU の比較を行った。我が国は諸外国に遅れている観点（人材問題、社会的影響問題）に関して早急に我が国としての問題点の抽出をするとともに、研究開発に関しては、より日本の特質を生かした推進戦略へと軌道修正しながら推進していくことが求められる。

参考文献 1) Committee on Technology, National Science and Technology Council, "National Nanotechnology Initiative", Feb. 2000.

2) 21st Century Nanotechnology Research and Development Act, Nov. 2003.

3) 国家産業戦略 材料産業技術戦略, 通産省, 2001年4月

4) 物質・材料系科学技術の推進方策に関する懇談会, 科学技術庁, 2001年6月

5) ナノテクノロジーの戦略的推進に関する懇談会設立, 科学技術会議, 2001年12月

6) ナノテクノロジー・材料分野別推進戦略, 総合科学技術会議, 2002年9月21日

7) ナノテクノロジー・材料分野産業発掘戦略, 総合科学技術会議, 2004年7月23日

8) Toward a European Strategy for Nanotechnology, Commission of the European Communities, June, 2004