

米国ナノテクノロジー分野研究開発
の推進戦略に関する調査

成果報告書
(概要版)

2001年3月30日

株式会社三菱総合研究所

1. 目的

本調査は、ナノテクノロジー推進のための政策判断の際に必要な政策メカニズムの日米比較や科学的、技術的および産業的な側面における対米競争力に関わる基礎的な知見を得ることを目的とした。

2. 米国の R & D 政策の動向

2.1 NNI (National Nanotechnology Initiative) の政策形成プロセス

米国の政策形成プロセスでは、まず「競争相手と目される諸外国の綿密な技術比較調査」と「産官学を含む広範な研究者が参加した各種のワークショップ」により、内外の研究開発状況を把握した上で、研究者のコミュニティが戦略課題（優先的に進めるべき事項）を議論しターゲットの検討を行っている。一見、トップダウンの政策形成を行う国のように捉えられがちであるが、内外の技術競争力を十分に評価した上で、ボトムアップで政策素案を作成している。政策起案者は、省庁の中間管理職レベルの専門家である。

また、初めから省庁横断的に政策の検討を行っていることも大きな特徴である。これは、ナノテクノロジーが本質的に分野横断的であることを反映しているが、それ以上に議事を初めとした国民に受け入れやすくすることにも配慮している。「ナノテクノロジーイニシアティブ」をどうしたら国民にわかりやすく理解してもらえるかという点には、我々の想像以上に気を配っている。さらに、科学技術が社会とどう関わりを持つかについても十分な議論を行っている。国民の信頼感を得るために、第三者委員会を設置し、この中で社会的、倫理的、法的な問題に対しても重なる資金提供がなされるように諮問され、実際これを計画のポートフォリオの中に反映している。

2.2 NNI 参加主要省庁の取り組みの現状

米国 NNI には、実行計画の策定時(2000年7月)には7機関(DOC/NIST, DOD, DOE, DOT, NASA, NIH, NSF)が参画したが、現在は12機関が名を連ねている。主要省庁の R & D 課題を表1に示した。

DOC/NIST では、原子レベルの新しい計測、ナノスケールの製造技術および品質を保証するための新しい標準手法、データ、材料に関する研究を掲げている。DOD では、海軍研究所が総額 4M\$ の基礎研究資金提供を行っている。募集テーマは、ナノスケールの機械およびモーター、ナノエレクトロニクスおよびナノ磁性構造形成のバイオ分子制御、ナノシステムエネジックスなど15分野にわたっている。DOE は、ナノスケールの現象および特異的な協調現象の基礎科学的な理解、原子レベルでの物質のデザインと合成、生物が生み出す材料プロセスの理解、実験技術および理論/モデリング/シミュレーション技術の開発など極めて基礎的な領域に 18M\$ を投入する計画である。NASA は、実行計画では NIH と協力したバイオ重視の計画であったが、研究センターでは CNT と光技術を中心に研究を進めている。NIH は、大きく8つのグラントを用意している。この中の Small Business Innovation Research (SBIR) Bioengineering Nanotechnology Initiative では、ナノ配管、量子ドット、ナノセンサ、ナノ粒子・ナノスフェア、スマート生体適合材料などの研究に1テーマあたり最大 1.2M\$ (3年間)が供される予定である。一方、NSF は、Nanoscale Interdisciplinary Research Teams (NIRT: 最大年間 0.5M\$, 4年間)、Nanoscale Exploratory Research (NER: 0.1M\$, 1年間)、Nanoscale Science and Engineering Center (NSEC: 最大年間 4M\$, 5年間)からなる Nanoscale Science and Engineering (NSE) という資金を設定している。

各省庁の研究公募の募集状況を見る限り、極めて広範な研究領域について多額の研究資金が提供されていることがわかる。ただし、グラントに関しては省庁間で重複する点も多い。現状では採択の結果が公表されていないために、NNI としていかに調整を図ったのかについては不明である。

表 1 . 応用分野ごとに整理したナノテクノロジーの研究領域と主要省庁の R & D 資金の対象

分野	ナノテクノロジー	DOC	DOD	DOE	NASA	NIH	NSF
材料・素材	CNT						
	フラーレン						
	フォトニック材料						
	バイオ材料						
	ナノワイヤ						
	ナノクラスター						
	ホスト-ゲスト材料						
	プロトン材料						
	ナノエマルジョン						
	ナノスフェア						
化学	テラーメイド化学						
	環境触媒						
	光触媒						
エレクトロニクス	量子ドット						
	量子細線						
	量子デバイス						
	量子コンピュータ						
	超微細加工技術						
	分子デバイス						
	バイオコンピュータ						
	光デバイス						
	ナノ磁性材料						
機械	マイクロマシン (微小機械)						
	マイクロマシニング						
自動車	水素吸蔵タンク						
	排ガス触媒						
医療・製薬	ドラッグデザイン						
	バイオチップ						
	タンパク質工学						
基盤技術	自己組織化						
	単原子・単分子操作						
	走査プローブ顕微鏡						
	超微細加工技術						
(備考) 予算：単位は M\$ / 2001 年		18	4	18	20	0.4/件 1.2/件	74

(注) : 所管研究機関にて実施、 : 研究資金の提供

3. ナノテクノロジー分野における日米の競争力の分析

3.1 はじめに

本調査では、ナノテクノロジー分野に関する日米の「科学的競争力」「技術的競争力」「産業競争力」の比較を試みた。容易に想像できるように、現状においてこれらの分析は、以下の点で極めて困難である。

- ・ナノテクノロジーのコンセプト自体が曖昧である。特に、基礎研究から応用まで包括的に議論しようとするとその範囲に関する統一的な定義がない。
- ・ナノテクノロジーは研究分野として極めて基礎的な側面を持っているために、「技術」や「産業」との関連性の特定やそのインパクトに関する個別の評価は本質的に不可能である。
- ・日米で、共通のデータを用いて比較しなければならない。これに足るナノテクノロジーデータベースは存在しない。

したがって、本調査では、以下の前提と手法に基づいて評価を行った。

- ・科学的、技術的、産業的な側面のいずれについても議論できるように、ナノテクノロジーの応用に着目し、表1に示した応用分野ごとにナノテクノロジーを特定し、一貫してこの体系を用いた。
- ・科学的な競争力の指標としては、学術雑誌に掲載された「論文数」を採用した。恣意性が入らないように広範な研究領域をカバーする学術論文データベースを用いて、表2に示す英語のキーワード検索によるヒット件数を比較指標とした。このため、個々の論文の重みは等しく、また日本語で書いた論文は全く評価されない。前者に関しては日米の研究のポテンシャルをマスとして捉えるため、また後者に関しては国際的な競争力の比較を行うために妥当であると考えた。また、リソースの制約からヒットした個々の文献の評価は行っていない。
- ・技術的な競争力の指標としては、「特許」に着目した。日米では特許情報の公開制度が異なることや言語の違いにも配慮した。前項と同様に、個々の特許の評価は行っていない。
- ・現状では、ナノテクノロジーの特定分野の市場規模を算出することは前述の理由で極めて困難である。したがって、日米の共通の産業競争力指標として、関連する産業分野全体の「生産高」および「技術貿易」を採った。これらは、あくまで参考値である。「技術貿易」、「生産高」、「研究開発費」に関する調査で採用した産業の定義を表3、表4および表5に示す。

表2 文献および特許検索に用いたキーワード一覧

分野	ナノテクノロジー	英語
材料・素材	カーボンナノチューブ	carbon(W)nanotube?+nanotube?+nano(W)tube?+CNT
	フラーレン	fullerene?+C60+C_60
	フォトニック材料	photonic(W)cryst?+photonic(W)material?
	バイオ材料	biomaterial?+bio(W)material?
	ナノワイヤ	nanowire?+nano(W>wire?+nanochain?+nano(W)chain?
	ナノクラスター	nanocluster?+nano(W)cluster? +microcluster?+micro(W)cluster?
	ホスト-ゲスト材料	host-guest?+guest-host?
	プロトン材料	Proton?(W)conduct?

表2 文献および特許検索に用いたキーワード一覧(つづき)

材料・素材	ナノエマルジョン	nanoemulsion?+nano(W)emulsion?+colloid?
	ナノスフェア	nanosphere?+nano(W)sphere? +nanoparticle?+nano(W)particle?
化学	テーラーメイド化学	tailor?*chemist?
	環境触媒	environment?*catalyst?
	光触媒	photocatalyst?+photo-catalyst?
エレクトロニクス	量子ドット	quantum(W)dot?+quantum(W)box?
	量子細線	quantum(W>wire?+quantum(W)chain?
	量子デバイス	quantum?(W)device?
	量子コンピュータ	quantum(W)comput?+quantum(W)calc?
	ナノデバイス・ 分子デバイス	(nano?+ molecular?)*device?
	バイオコンピュータ	biological(W)comput?
	光デバイス	(optic?+optical?+photo?)(W)device?
	ナノ磁性材料	nano?*magnet?
機械	マイクロマシン (微小機械)	Micromachine?micro(w)machine?
	マイクロマシンング	MEMS+micro electric-mechanical system? +Microactuator?+micro(W)actuator?, +Micro(W)mechanical(W)sensor?
自動車	水素吸蔵タンク	(注)現状では CNT に含まれる
	排ガス触媒	(automotive+exhaust?)*catalyst?
医療・製薬	ドラッグデザイン	drug(W)design
	バイオチップ・DNAチップ	bio?*chip?+DNA*chip?
	タンパク質工学	Protein(W)engineering+protein(W)crystal?
基盤技術	自己組織化	self(W)organiz?+self(W)assembl?
	単原子・単分子操作	atom(W)manipulat?+molecule(W)manipulat? +atom(W)craft?
	走査プローブ顕微鏡	scanning(W)probe(W)microscop? +scanning(W)tunnel(W)microscop?+SPM+STM+AFM +atomic(W)force(W)microscop?
	超微細加工技術	microfabricat?+micro(W)fabricat? + nanofabricat?+nano(W)fabricat?

- ・ただし、?は語尾のあいまいさを考慮する際の記号(語幹一致記号)。例えば、nanotube\$は nanotubes 等も含む。
- ・(W)は、単語が連続する場合を示す。例えば host(w)guest の場合、host-guest, host guest 等も含む。

表3 技術貿易調査における産業分類の定義

分野	日本標準産業分類
医薬品工業以外の化学工業	201 化学肥料製造業 202 無機化学工業製品製造業 203 有機化学工業製品製造業 204 化学繊維製造業 205 油脂加工製品・石鹸・合成洗剤・界面活性剤・塗料製造業 207 化粧品・歯磨・その他の化粧用調整品製造業
医薬品工業	206 医薬品製造業
プラスチック製品工業・ゴム製品工業	221 プラスチック板・棒・管・継手・異形押出製品製造業 222 プラスチックフィルム・シート・床材・合成皮革製造業 223 工業用プラスチック製品製造業 224 発砲・今日カプラあすチック製品製造業 225 プラスチック成型材料製造業（廃プラスチックを含む） 229 その他のプラスチック製品製造業 231 タイヤ・チューブ製造業 232 ゴム製・プラスチック製履物・同附属品製造業 233 ゴムベルト・ゴムホース・工業用ゴム製品製造業 239 その他のゴム製品製造業
窯業	251 ガラス・同製品製造業 252 セメント・同製品製造業 253 建設用粘土製品製造業 254 陶磁器・同関連製品製造業 255 耐火物製造業 256 炭素・黒鉛製品製造業 257 研磨剤・同製品製造業 258 骨材・石工品等製造業 259 その他の窯業・土石製品製造業
鉄鋼業	261 高炉による製鉄業 262 高炉によらない製鉄業 263 製鋼・製鋼圧延業 264 製鋼を行わない鋼材製造業 265 表面処理鋼材製造業 266 鉄素形材製造業 269 その他の鉄鋼業
非鉄金属工業	271 非鉄金属第1次精錬・精製業 272 非鉄金属第2次精錬・精製業 273 非鉄金属・同合金圧延業

表3 技術貿易調査における産業分類の定義（つづき）

非鉄金属工業	274 電線・ケーブル製造業 275 非鉄金属素形材製造業 279 その他の非鉄金属製造業
電気機械器具工業	301 発電用・送電用・配電用・産業用電気機械器具製造業 302 民生用電気機械器具製造業 303 電球・電気照明器具製造業 309 その他の電気機械器具工業
通信・電子・電気計測器工業	304 通信機械器具・同関連機械器具製造業 305 電子計算機・同附属装置製造業 306 電子応用装置製造業 307 電気計測器製造業 308 電子部品・デバイス製造業
精密機械工業	321 計量器・測定器・分析機器・試験機製造機 322 測量機械器具製造業 323 医療用機械器具・医療用品製造業 324 理化学機械器具製造業 325 光学機械器具・レンズ製造業 326 眼鏡製造業（枠を含む） 327 時計・動部品製造業

出典：科学技術研究調査報告書(総務省) 産業分類は日本標準産業分類に従っている。

表4 研究開発費調査における産業分類

	International Standard Industrial Classification (ISIC, Rev.3)
医薬品以外の化学工業 Chemicals(less pharmaceuticals)	2411 - Manufacture of basic chemicals, except fertilizers and nitrogen compounds 2412 - Manufacture of fertilizers and nitrogen compounds 2413 - Manufacture of plastics in primary forms and of synthetic rubber 2421 - Manufacture of pesticides and other agro-chemical products 2422 - Manufacture of paints, varnishes and similar coatings, printing ink and mastics 2424 - Manufacture of soap and detergents, cleaning and polishing preparations, perfumes and toilet preparations 2429 - Manufacture of other chemical products n.e.c. 2430 - Manufacture of man-made fibres
医薬品工業 Pharmaceuticals	2423 - Manufacture of pharmaceuticals, medicinal chemicals and botanical products

表4 研究開発費調査における産業分類（つづき）

プラスチック製 品工業・ゴム製 品工業 Rubber & Plastic Products	2511 - Manufacture of rubber tyres and tubes; retreading and rebuilding of rubber tyres 2519 - Manufacture of other rubber products 2520 - Manufacture of plastics products
窯業 Non-Metallic Mineral Products	2610 - Manufacture of glass and glass products 2691 - Manufacture of non-structural non-refractory ceramic ware 2692 - Manufacture of refractory ceramic products 2693 - Manufacture of structural non-refractory clay and ceramic products 2694 - Manufacture of cement, lime and plaster 2695 - Manufacture of articles of concrete, cement and plaster 2696 - Cutting, shaping and finishing of stone 2699 - Manufacture of other non-metallic mineral products n.e.c.
鉄鋼非鉄金属 Basic Metals	2710 - Manufacture of basic iron and steel 2720 - Manufacture of basic precious and non-ferrous metals 2731 - Casting of iron and steel 2732 - Casting of non-ferrous metals
電気機械器具 Electrical machinery	311 - Manufacture of electric motors, generators and transformers 312 - Manufacture of electricity distribution and control apparatus 313 - Manufacture of insulated wire and cable 314 - Manufacture of accumulators, primary cells and primary batteries 315 - Manufacture of electric lamps and lighting equipment 319 - Manufacture of other electrical equipment n.e.c.
通信・電子・電気 計測器 Electro. Equip.	321 - Manufacture of electronic valves and tubes and other electronic components 322 - Manufacture of television and radio transmitters and apparatus for line telephony and line telegraphy 323 - Manufacture of television and radio receivers, sound or video recording or reproducing apparatus, and associated goods
精密機械工業 Instruments, Watches & Clock	3311 Manufacture of medical and surgical equipment and orthopaedic appliances 3312 Manufacture of instruments and appliances for measuring, checking, testing, navigating and other purposes, except industrial process control equipment 3313 Manufacture of industrial process control equipment 3320 Manufacture of optical instruments and photographic equipment 3330 Manufacture of watches and clocks

出典：”Research and Development Expenditure in Industry 1977-1998(2000 Edition)” (OECD)

表5 出荷高調査における産業分類

	International Standard Industrial Classification (ISIC, Rev.2)
化学工業 Chemicals	351 - Manufacture of industrial chemicals 352 - Manufacture of other chemical products 353 - Petroleum refineries 354 - Manufacture of miscellaneous products of petroleum and coal 355 - Manufacture of rubber products 356 - Manufacture of plastic products not elsewhere classified
窯業 Non-Metallic Mineral Products	361 - Manufacture of pottery, china and earthenware 362 - Manufacture of glass and glass products 369 - Manufacture of other non-metallic mineral products
鉄鋼・非鉄金属 Basic Metals	371 - Iron and steel basic industries 372 - Non-ferrous metal basic industries
電気機械器具 Electrical machinery	3831 - Manufacture of electrical industrial machinery and apparatus 3833 - Manufacture of electrical appliances and housewares 3839 - Manufacture of electrical apparatus and supplies not elsewhere classified
通信・電子・電気計 測器 Electro. Equip.	3832 - Manufacture of radio, television and communication equipment and apparatus
精密機械工業 Instruments, Watches & Clock	3851 Manufacture of professional and scientific, and measuring and controlling equipment not elsewhere classified 3852 Manufacture of photographic and optical goods 3853 Manufacture of watches and clocks

出典：“INDUSTRIAL STRUCTURE STATISTICS 1999 VOLUME 1 CORE DATA”(OECD)

我が国は ISIC, Rev.3 に、米国は ISIC, Rev.2 に従っている。

3.2 学術論文および特許から見たナノテクノロジーに関する日米の科学・技術競争力の評価 (1) ナノテクノロジー分野に関する日米の科学的、技術的競争力の概観

今回検討したナノテクノロジー分野に関する日米の学術論文数からみた科学競争力と特許からみた技術競争力の評価結果をマッピングしたものを図1に模式的に示した。

「量子細線」「量子ドット」「光触媒」「マクロマシン(微小機械)」などでは我が国が科学的にも技術的にも優位にあるが、ともに劣位にある分野が多く存在することがわかる。機械分野は、我が国優位と言われていただけに意外な印象を受けるが、これは、我が国の研究の指向性決定の際に、米国のマイクロマシニング指向と異なるマイクロマシン(微小機械)を採用した結果である。また、エレクトロニクス関係の分野は概して我が国が優位であるものの、量子コンピュータのようなエレクトロニクスのシステムとしてのテクノロジーは米国が優勢である。したがって、我が国は部品屋というイメージが強くなるという危惧がある。

ナノテクノロジー分野の日米競争力に関して、以下の傾向があることを読み取った。

国際的な特許競争にさらされているナノテクノロジー分野の対米技術競争力は高い。この例

がオプトエレクトロニクスを含むエレクトロニクス分野である。
 逆に、国内特許比率が高く、国際的な特許競争に入っていないナノテクノロジー分野の対米技術競争力は絶対的な優位にはない。
 「製薬・バイオ」「材料・素材」などの多くの基礎研究の蓄積が求められる分野は、ナノテクノロジーに関して技術的に劣勢である。
 我が国が科学的に技術的にも優位にある分野は、「産・官・学の連携がうまく図られた（光触媒）」、「実際にモノを創製し実証するという研究のアプローチに立ったもの（量子ドット）」と見ることができる。

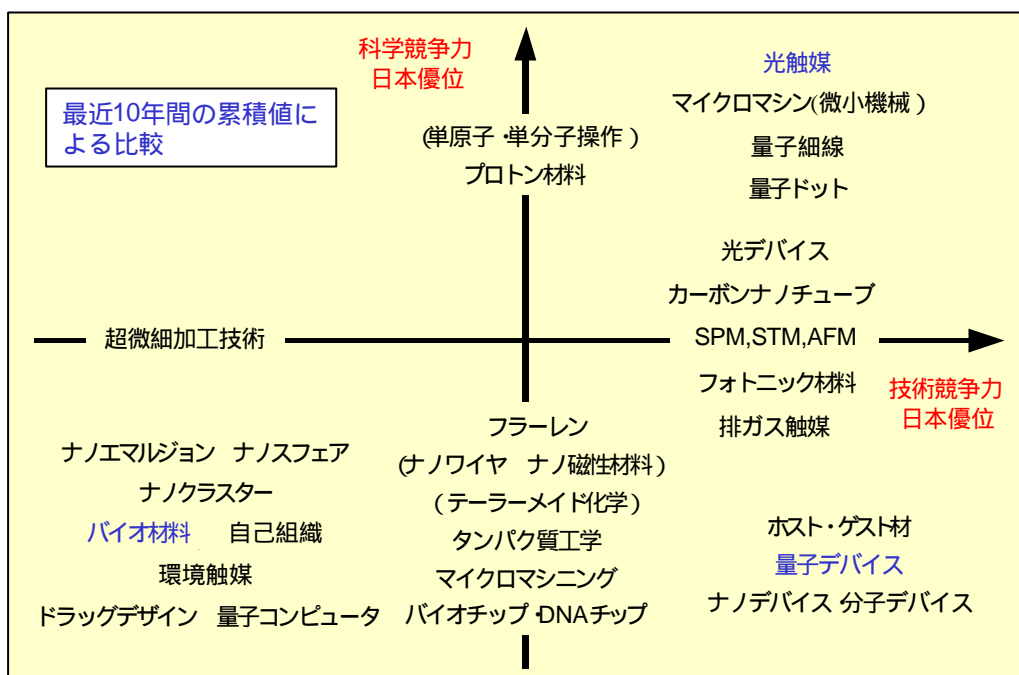


図1. 日米のナノテクノロジー科学・技術競争力マップ(全体図)

(2) 国際的な特許競争にさらされている分野はナノテクノロジー分野でも対米競争力が強い

図2および図3に、ナノテクノロジーに関わるエレクトロニクス分野および機械分野に着目した科学・技術競争力マップをそれぞれ示した。

我が国のナノテクノロジーに関わるエレクトロニクス分野の技術競争力が量子コンピュータを除いて米国に対して優位にあることがわかる。一方で、比較的優位といわれてきた我が国の機械分野では、マイクロマシン(微小機械)以外は、米国に対して必ずしも優位にあるとはいえないこともわかる。

このような状況を分析するために、米国の日本における特許取得数と米国の国内での特許取得数の比を横軸に、我が国の米国における特許取得数と我が国の日本国内での特許取得数の比を縦軸にとり、種々の分野について整理を行った。このようにして得た日米の特許攻勢マップを図4に示す。我が国の米国における特許取得数と我が国の日本国内での特許取得数の比が大きいということは、我が国の技術が米国に積極的に進出していることを示している。また、米国の日本における特許取得数と米国の国内特許取得数の比が大きいということは、米国が日本の技術力を重視し、積極的に我が国の特許を取得していることを意味する。すなわち、両方の比が大きいこと、すなわち図の中で原点から遠くにプロットされていることは、その分野において特許に関する競争が厳しいことを意味する。

図から明らかなように、エレクトロニクス分野は、他の分野に比較して、いずれの比においても大きな

値を示しており、この分野の特許競争が他の分野より激しいことがわかる。これに対し、機械分野のマイクロマシン（微小機械）以外の分野では、互いの国に対して積極的な特許取得を行っておらず、エレクトロニクス分野で見られるような特許競争に曝されていないことが示唆される。すなわち、国際的な特許競争に曝されていることが、我が国のナノテクノロジー分野の対米競争力強化につながっていると見ることが出来る。

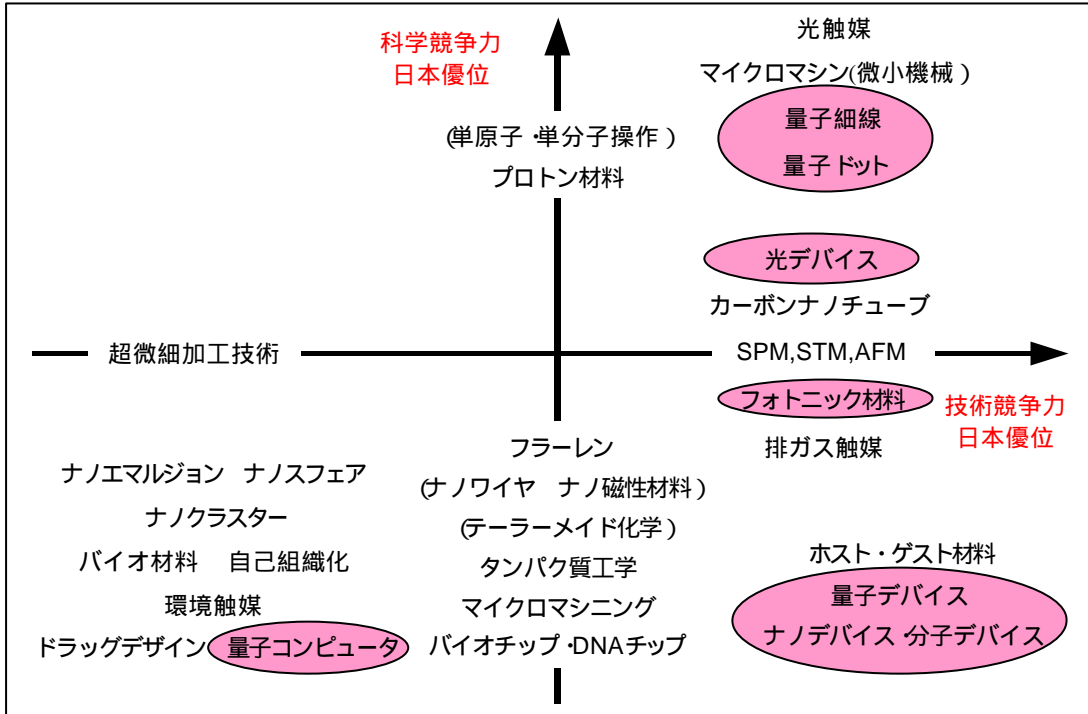


図2. ナノテクノロジーに関わるエレクトロニクス分野の競争力マップ

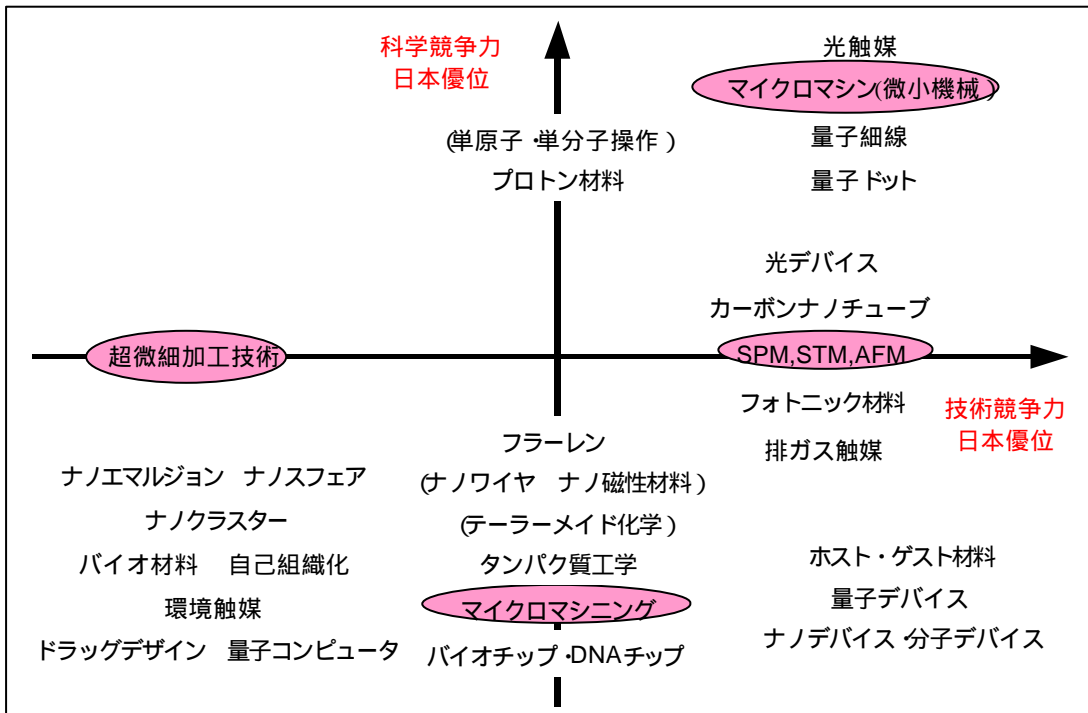


図3. ナノテクノロジーに関わる機械分野の競争力マップ

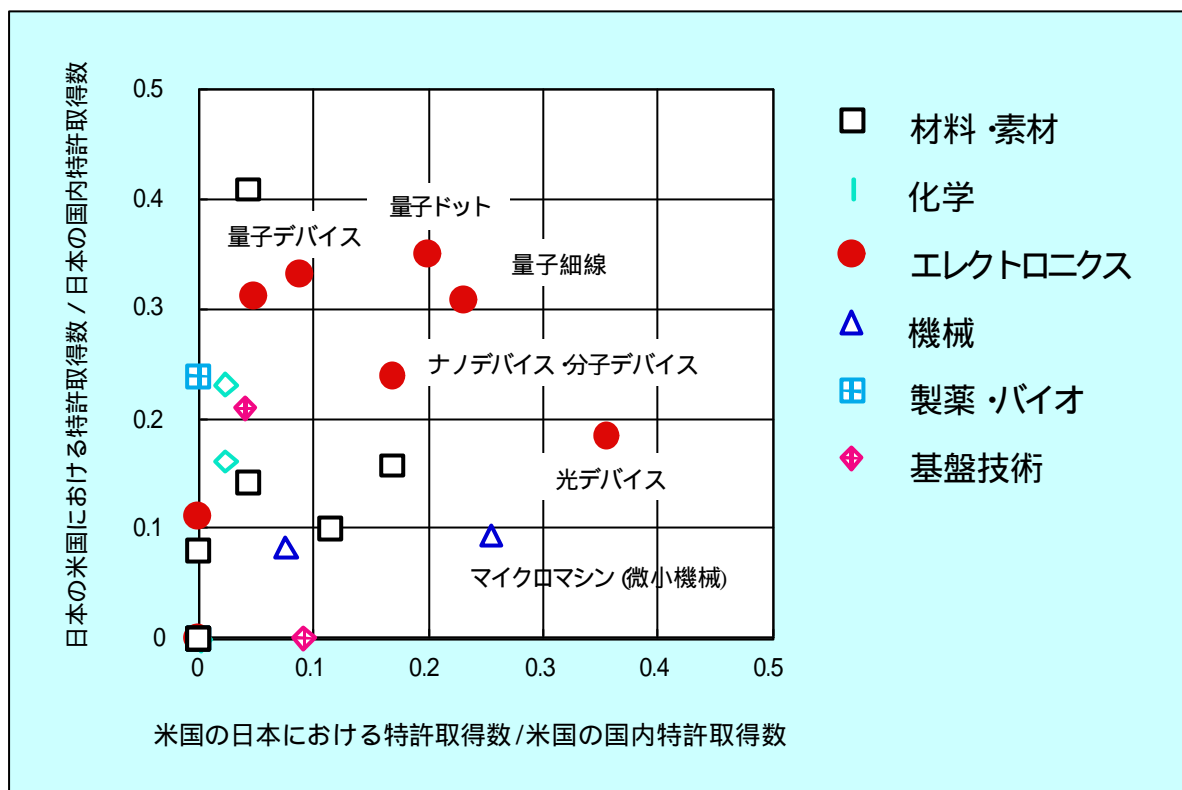


図4. ナノテクノロジーに関する日米の特許攻勢マップ

(3) 基礎研究の蓄積が求められる分野はナノテクノロジーに関して技術的に劣勢である

図5および図6に、ナノテクノロジーに関わる製薬・バイオ分野および化学・材料分野に着目した科学・技術競争力マップを示す。

我が国の製薬・バイオ分野は科学および技術競争力のいずれにおいても米国に対して劣勢に立たされている。一方で、化学・材料分野においては、幅広く分布しているものの、科学競争力は劣勢にある。

このような状況を解析するために、両国の特許登録数と論文数の比およびその逆数を算出した。結果を図7にプロットして示す。ここで特許登録数と論文数の比の意味合いは、論文一編あたりいくつの特許を成立させることができるかであり、またその逆数は、一つの特許を成立させるために必要な論文数であると見ることが出来る。すなわち、特許登録数と論文数の比が小さい場合あるいは逆数が大きい場合は、数多くの論文の上に一つの特許が成立することを意味し、基礎研究の比重が相対的に高い分野ということを意味している。

製薬・バイオ分野および材料・素材分野に関しては、論文数/特許登録数の値が大きく、基礎研究が非常に高いウエイトを占めていることがわかる。

したがって、基礎研究のウエイトの高いこれらのナノテクノロジー分野が米国に対して劣勢に立たされていることになる。これらの分野の強化のためには、一層の基礎研究の蓄積が必要であると結論付けられる。

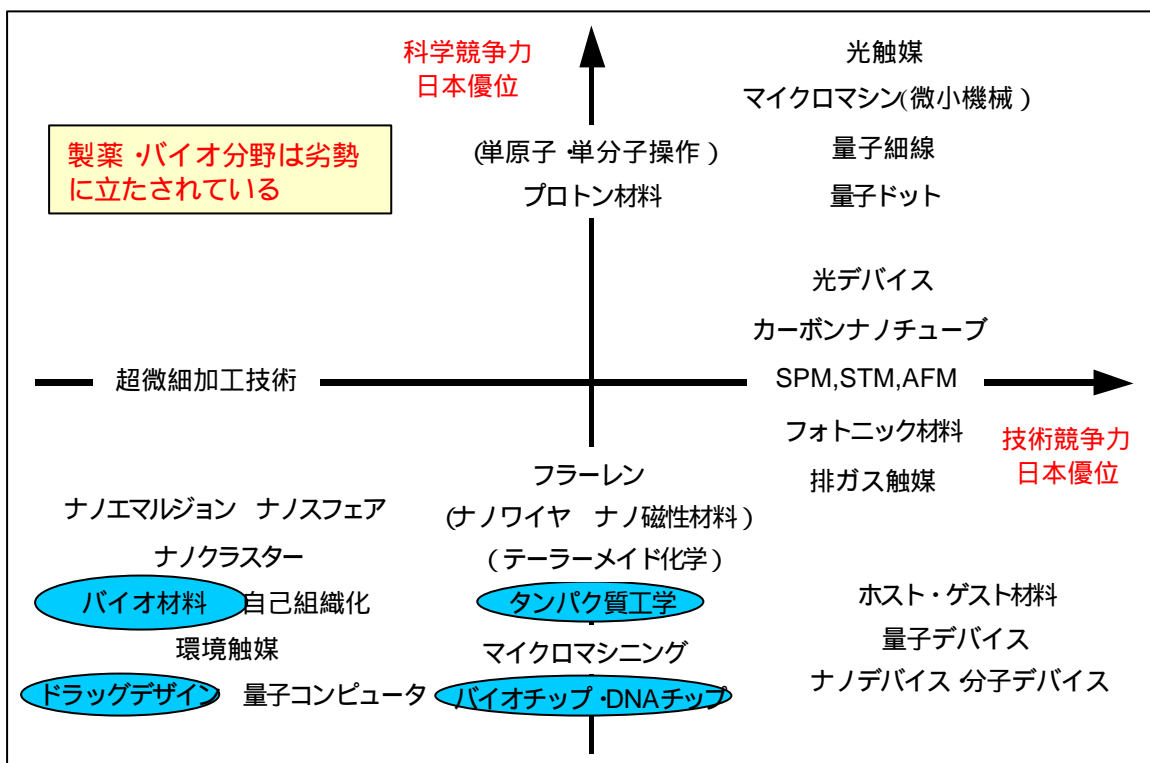


図5．ナノテクノロジーに関わる製薬・バイオ分野に着目した競争力マップ

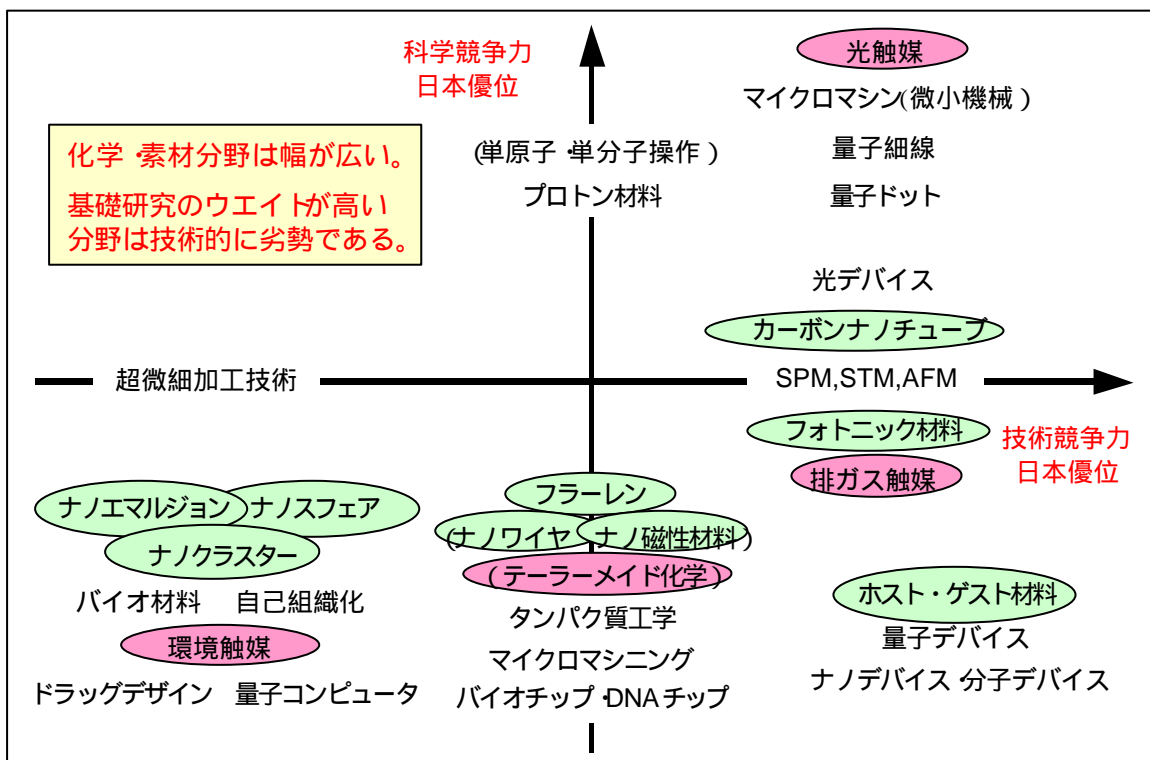


図6．ナノテクノロジーに関わる化学・材料分野に着目した競争力マップ

(5) 実際にモノを創製し実証するという研究のアプローチは我が国が強い

量子デバイスは、我が国が技術的には優位であるが科学的には劣位にある分野である。量子デバイスに関する2000年の米国の論文は51件であり、うち39件(76%)が大学の研究者、2件が国立研究所の研究者、残り10件(20%)が民間の研究者の論文である。ただし、民間は、ルーセントのベル研(5件)とモトローラなどの従来から先導的な研究を行ってきた研究機関から発したものである。このため、基礎・応用という視点では、大学と民間との間に差異はなく、むしろ民間の研究機関の研究の方がより基礎的な印象すら受ける。一方、我が国の論文報告数は、30件であり、米国の6割に相当する。この比はここ数年変化がない。20件(67%)が大学の研究機関、2件が国立研究所、8件(20%)が民間研究機関に属する研究者の論文である。産業界の比率は米国と変わらないものの、5つの主要研究機関から1ないし2報ずつ報告されており、米国のような集中(偏在)はない。また、テーマを見ると、研究対象に関しては大きな差異は認められないものの、米国では、モデリングやシミュレーションによる研究が相対的に多く、我が国では実験的なアプローチを採る研究が多い。

我が国では、2000年に12件の国内特許登録がなされている(米国の日本への特許登録は0件)。また、米国に対しても10件の登録がなされている(米国の自国への特許登録は5件)。この関係はここ10年間変化していない。我が国の国内特許登録は、全てが民間企業からの登録である。これらは、SQUID、量子ドットデバイス、量子井戸構造を利用した光デバイス、メモリデバイスなどである。

量子デバイスに関して見ると、モデリングや理論的な研究では米国が優位にあるものの、「実際にナノサイズのものを作る」という技術分野に関しては対米優位であると言える。一見、図1の第4象限は、基礎が弱いのになぜ技術が優位であるのか不思議に思うが、研究の目標設定やアプローチ手法の違いであると理解できる。しかしながら、今後新たなブレークスルーがいずれのアプローチからもたらされるのかに関しては、現状では判断できないが、このようなアプローチの違いは日米のR&D特性を比較する際に留意する必要がある。

3.3 ナノテクノロジーを巡る産業競争力の評価

(1) はじめに

厳密な意味でナノテクノロジーに絞って産業競争力を比較することは、ほとんど不可能である。前述のようにナノテクノロジーは、極めて基礎的な研究の色彩が強く、これが一定の市場を新たに形成し、個々の企業ないし産業において一定の位置を占めるためには一定の期間を要する(一般に、公的知識ストックが経済効果を生むまでのタイムラグは8年と言われている)。また、ナノテクノロジーに絞った経済指標もない。ここでは、ナノテクノロジーを含む産業分野の技術貿易および生産高からこれを巡る産業競争力について考察する。これは、今後の実用化に向けた産業界の課題を示すことになる。

(2) 技術貿易収支からみた日米競争力の評価

我が国の技術貿易収支を金額で見た場合を表6に示した。前項の特許登録は、「技術の保有」に関する指標であったが、技術貿易収支は「特許を商品(ビジネス)」として捉えたときの比較指標である。

技術貿易件数に関しては、いずれの分野においても米国からの輸入件数が日本の輸出件数を上回っている。したがって、1件あたり技術貿易額に関しては、いずれの分野でも輸出が増加する傾向にある。特に、化学工業を除き他の分野においては1件あたり特許貿易金額は我が国の輸出分の方が大きい。日本の技術輸出件数が輸入件数を下回っているという事実を考慮すると、日本からインパクトのある技術が米国に流れ始めていることを強く示唆している。

一方、ナノテクノロジーに関わる多くの技術は、分子レベルの計測・操作・制御技術に支えられている。これらを産業技術まで持ち上げるためには、大量生産が不可欠であり、原子・分子の自立的な組立メカニズムの援用が求められる。これはまさしく「化学」の領域である。ナノテクノロジーの多くは、それぞれ固有の技術に化学の知見および手法を取り入れることが重要である。技術貿易収支から見た化学工業の位置が相対的に低いことが危惧される。

表 6 . 技術貿易収支から見た技術競争力の日米比較

日本優位	米国が日本に接近	同 等	日本が米国に接近	米国優位
・医薬品 ・鉄鋼業・非鉄金属	・プラスチック製品・ゴム 製品		・窯業	・化学工業 ・電気機械器具 ・通信・電子・電気 計測器工業 ・精密機械工業

(3) ナノテクノロジーに関連する産業全体の日米の生産額の比較

ナノテクノロジーに関連した産業の生産額は、電気機械器具工業および通信・電子・電気計測器工業分野で日米がほぼ同等と見られる以外は、いずれの分野においても、米国が優位である。対 GDP 比では、精密機械工業分野で米国優位、化学工業(医薬品を含む)で同等であり、その他の分野では我が国が優位にあると言える。すなわち、経済規模から考えると、ナノテクノロジーが関与する産業は頑張っていると見ることが出来る。しかしながら、前述のようにナノテクノロジーの基盤を支える「化学工業」や「精密機械工業」の産業規模が相対的に小さいことは気がかりなところである。

表 7 . 生産額からみた日米比較

日本優位	同 等	米国優位
	・電気機械器具工業 ・通信・電子・電気計測器工業	・化学工業(医薬品を含む) ・窯業 ・鉄鋼、非鉄金属工業 ・精密機械工業

表 8 . 生産額の対 GDP 比による日米比較

日本優位	同 等	米国優位
・窯業 ・鉄鋼、非鉄金属工業 ・電気機械器具工業 ・通信・電子・電気計測器工業	・化学工業(医薬品を含む)	・精密機械工業

(4) 研究開発費からみた日米技術競争力の評価

我が国の研究開発費の絶対値は 1994 年以降増加傾向を示し、ナノテクノロジーに関連する各産業分野においても、鉄鋼、非鉄金属工業分野が横ばいなこと以外は、1994 年以降研究費の増加が見られる。このように全体としての研究開発費の対 GDP の比率が増加している中で、医薬品以外の化学工業、鉄鋼業、

非鉄金属工業分野の研究開発費は、日米両国において徐々に減少している。

量子ドット等をはじめとする次世代のエレクトロニクス分野の科学競争力、技術競争力において、現状では日本が優位ということがいえるものの、徐々に米国との差が狭まってきている。これは、米国の研究開発費のこの分野での増加が効果を導いていることも一因と考えられる。逆に、我が国の医薬品分野の研究開発投資の増大は、前項に示した技術貿易の大幅な黒字をもたらしたものと考えられる。研究開発費から見ても、精密機械が相対的に弱いことが目を引く。

表 9 . 研究開発費の絶対値による日米比較

日本優位	同 等	米国優位
<ul style="list-style-type: none"> ・ 窯業 ・ 鉄鋼、非鉄金属 ・ 電気機械器具 	<ul style="list-style-type: none"> ・ プラスチック、ゴム製品 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 医薬品以外の化学工業 ・ 医薬品工業 ・ 通信・電子・電気計測器 ・ 精密機械

表 10 . 研究開発費の対 GDP 比による日米比較

日本優位	同 等	米国優位
<ul style="list-style-type: none"> ・ 医薬品以外の化学工業 ・ プラスチック、ゴム製品 ・ 窯業 ・ 鉄鋼、非鉄金属 ・ 電気機械器具 ・ 通信・電子・電気計測機器 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 医薬品工業 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 精密機械

4 . 結 語

一般に、ナノテクノロジー分野に関する研究開発は我が国が先行しており、優位性があると言われてきた。本調査では、応用的な側面からナノテクノロジーを定義し、科学的な競争力指標として「論文数」を採り、また技術的な指標として「特許」を評価した。その結果、必ずしも我が国が絶対的に優位にある訳ではないことを示した。

本調査で明らかになったことは、我が国が優勢なナノテクノロジー分野は国際競争にさらされている分野であり、我が国のオリジナリティに基づき、大学、公的研究機関、産業界の連携をうまく図りながら研究開発を進めている分野であると言える。逆に国内に留まった特許戦略を行っている分野や基礎研究のウエイトが高い分野は劣勢に立たされている。

また、優位にあるエレクトロニクス分野においても米国が急迫している。さらに、ナノテクノロジーの基盤技術として化学および精密機械が重要なことは指摘するまでもないが、いくつかの指標から見限り産業的に弱い部分を抱えていることが危惧される。

一方、我が国は、ものを作る（実証する）技術に優位性があり、この特性を活かすかが今後の研究開発の1つの鍵になろう。また、科学的な競争力の多くは大学および公的な研究機関が担っており、技術的な競争力は産業界に負うところが大きい。全般に、次世代の技術を切り拓く基礎研究の充実が望まれる。

以上