

5.1.4 学術論文および特許からみたナノテクノロジーに関する科学・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を表 5.1-2 に一覧にして示した。また、その評価結果をマッピングしたものを図 5.1-32 に模式的に示した。

「量子細線」「量子ドット」「光触媒」「マイクロマシン(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。機械分野などは我が国が優位と言われていただけに意外な印象を受ける。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。ただし、「マクロマシン」というナノテクノロジー用語に関しては、我が国では「微小機械」、米国では「微小機械」というよりは「マイクロマシニング(MEMS)」ととらえられている。したがって、「micromachine」という英語のキーワードによる検索では、論文数の多い「マイクロマシニング(MEMS)」に関する競争力を検討したことになり、マイクロマシンが米国優位という結果となる。今回は、このような両国での認識を考慮したキーワードを用いて評価を行った。

図 5.1-32 から、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。具体的には、次節以降で詳述する。

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。この例が、機械分野である。

「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。

表 5.1-2 各ナノテク分野における科学・技術競争力の日米比較

		学術論文から見た科学競争力	特許からみた技術競争力
材料・化学	カーボンナノチューブ	同等	日本
	フラーレン	米国、近年は日本追いつく。	同等
	フォトニック材料	同等	日本
	ハイ材料	米国	米国
	ナノワイヤ	最近は米国。	まだ、登録数が多くない。
	ナノクラスター	米国	登録、出願少ないが米国。
	ホスト・ゲスト材料	米国が徐々に引き離しに。	日本
	プロトン材料	日本が引き離しに。	同等
	ナノエマルジョン	米国	米国
	ナノスフェア	米国徐々に引き離しに	米国
化学	テラメイト化学	米国	登録が少ない。
	環境触媒	米国	米国
	光触媒	日本	日本
エレクトロニクス	量子ドット	当初日本優位。米国追上げ。	日本
	量子細線	日本	日本
エレクトロニクス	量子デバイス	米国	日本
	量子コンピュータ	米国	米国
	ナノデバイス・分子デバイス	米国	日本
	ハイコンピュタ	論文件数が多くない。	登録件数が多くない。
	光デバイス	同等	日本
機械	マイクロマシン（微小機械）	日本	日本
	マイクロマシンング	米国	同等
自動車	水素吸蔵タンク	注：CNT に含まれる。	
	排ガス触媒	同等	日本
医療・製薬	ドラッグデザイン	米国	米国
	ハイチップ・DNAチップ	米国	同等
ハイテクノロジー	ナノク質工学	米国	両国とも特許出願件数：小
基盤技術	自己組織化	米国	米国
	単原子・分子操作	日本	登録、出願少ない。
	走査型プローブ顕微鏡等	同等	日本
	超微細加工技術	同等	米国

(注) : 我が国が優位にある分野

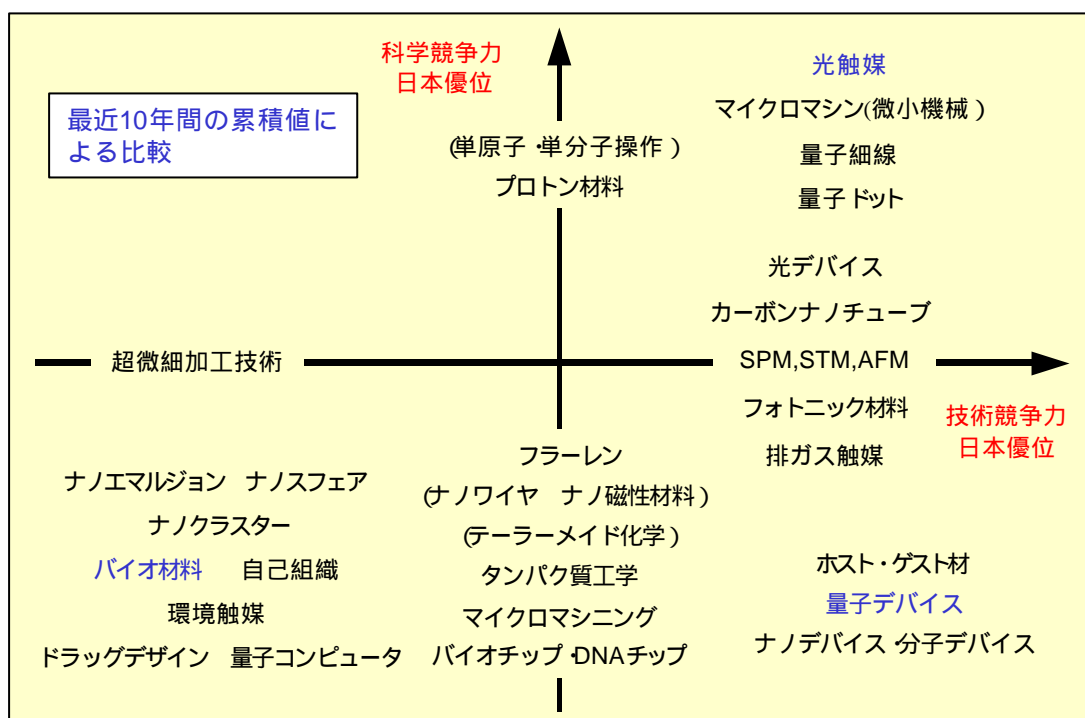


図 5.1-32 日米のナノテクノロジー科学・技術競争力マップ(全体図)

(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(逆もまた真なり)

図 5.1-33 および図 5.1-34 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示す。

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が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 5.1-35 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。

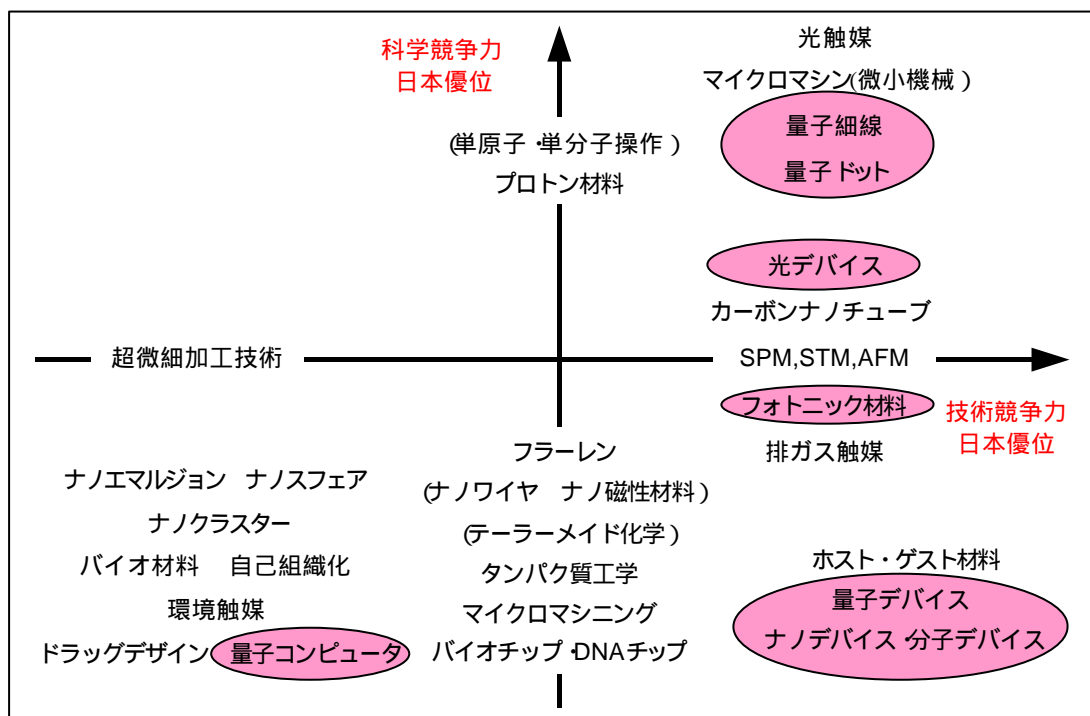


図 5.1-33 ナノテクノロジーに関わるエレクトロニクス分野の競争力マップ

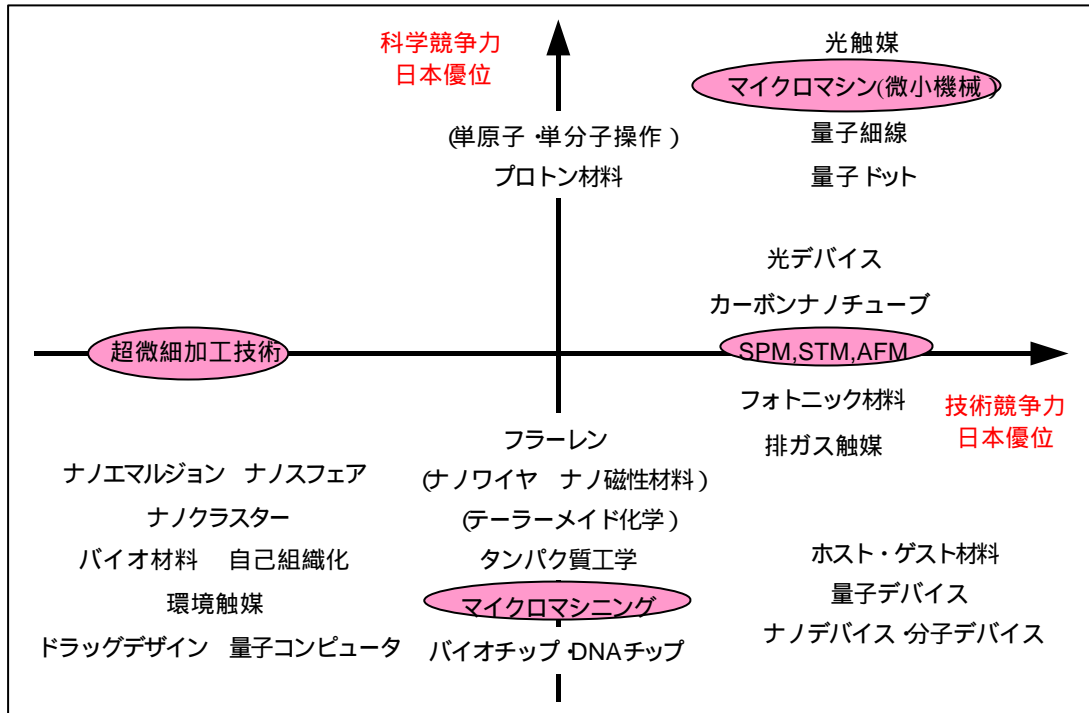


図 5.1-34 ナノテクノロジーに関わる機械分野の競争力マップ

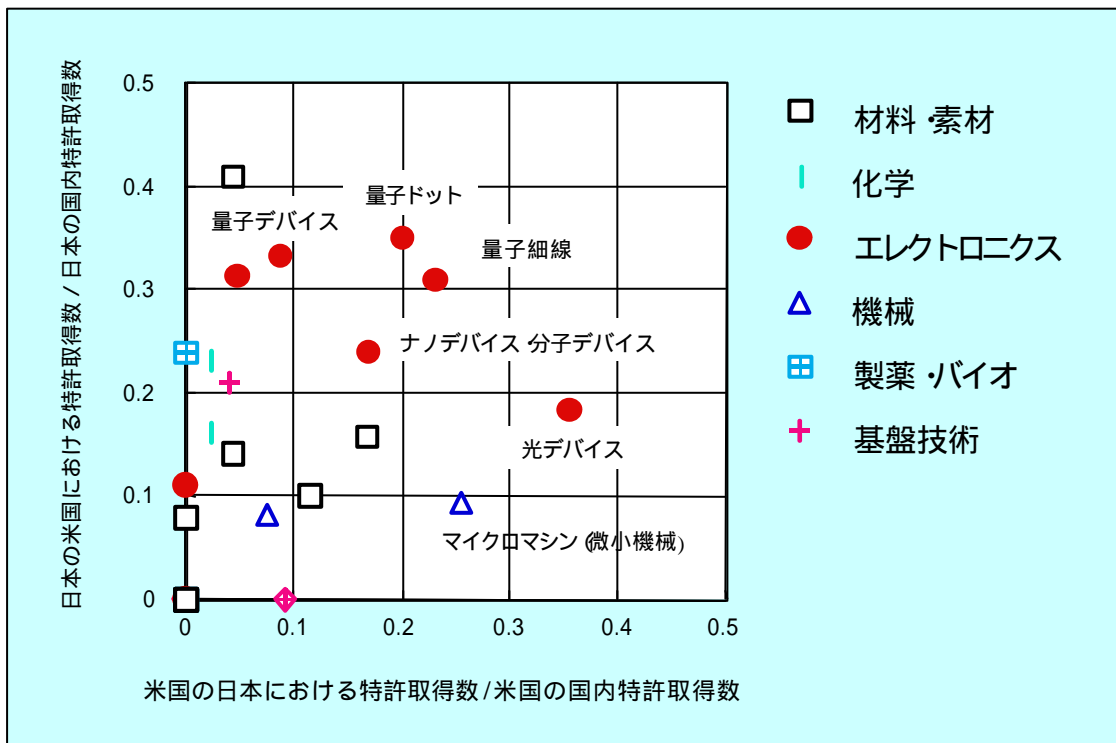


図 5.1-35 ナノテクノロジーに関する日米の特許攻勢マップ

(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 5.1-36 および図 5.1-37 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 5.1-38 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の意味している。

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。

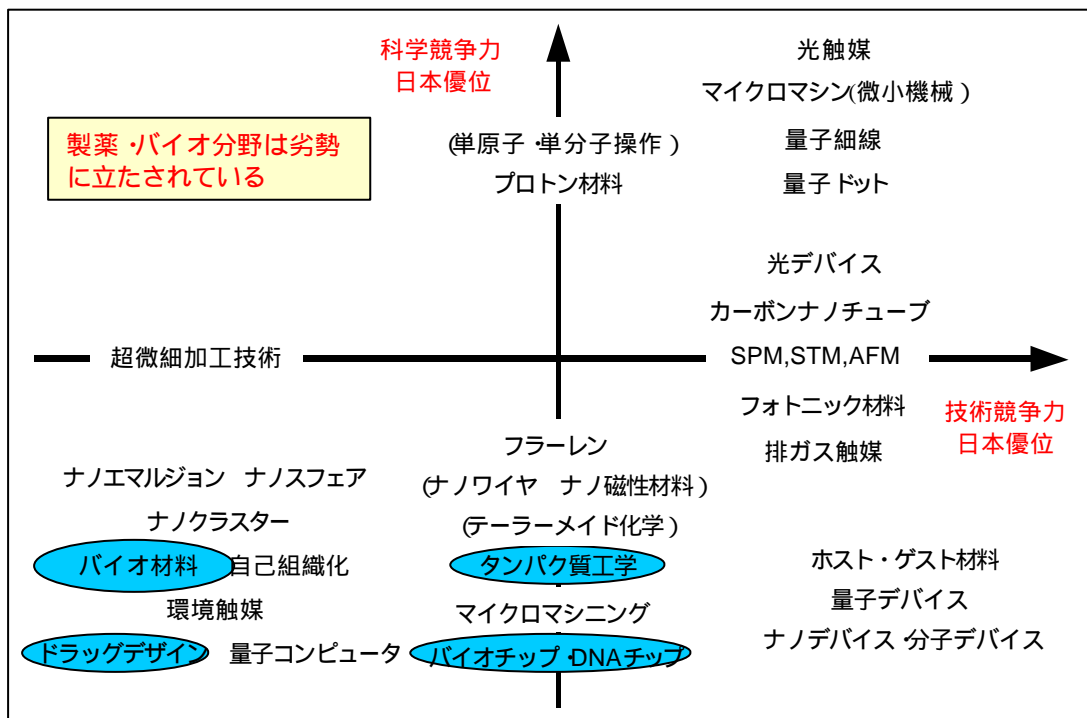


図 5.1-36 ナノテクノロジーに関わる製薬・バイオ分野に着目した競争力マップ

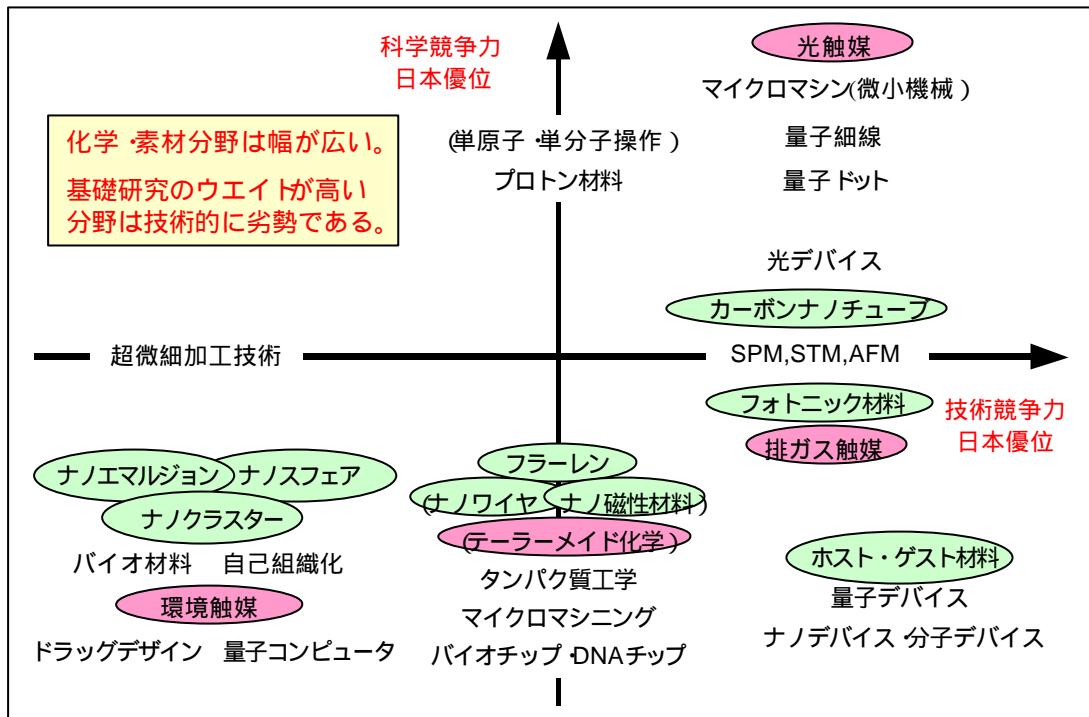


図 5.1-37 ナノテクノロジーに関わる化学・材料分野に着目した競争力マップ

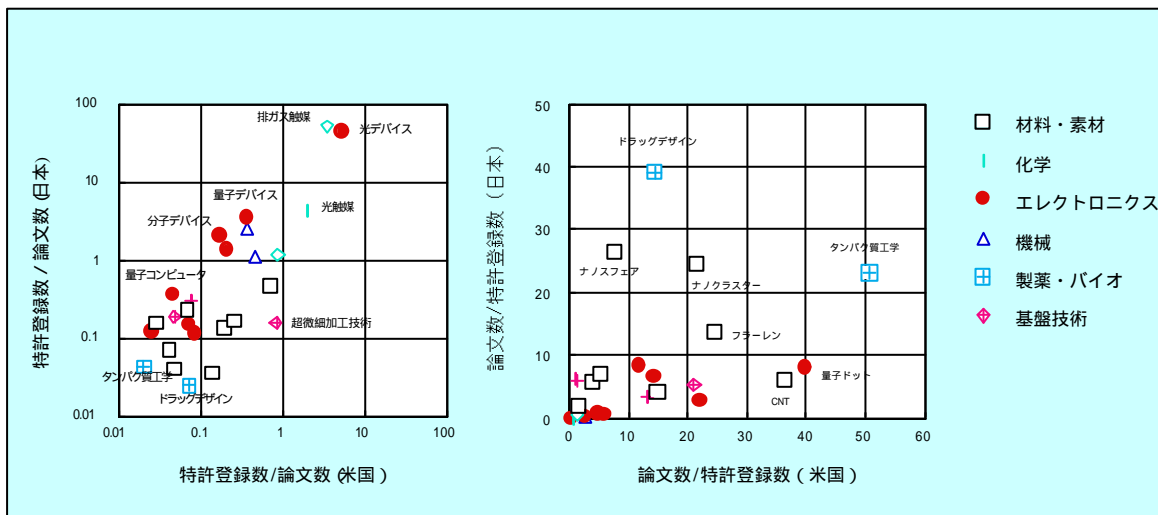


図 5.1-38 ナノテクノロジーに R&D 特性の日米比較

(4) 産・官・学の連携がうまく図られた分野は科学的、技術的競争力が強い

光触媒は、我が国が科学的にも、技術的にも圧倒的に対米優位にある分野である。光触媒に関する 2000 年の我が国の研究者の学術論文検索ヒット数（前述のように国際的な一流誌（英文誌）に掲載されたもの）は、35 件である（同じ期間で米国の論文は 2 件）。このうち、3 分の 2 にあたる 23 件が大学の研究者が第一著者であり、9 件が国立ないし公立の研究機関の研究者、残り 3 件が民間の研究者の論文である。具体的には、酸化チタン（ナノ粒子または表面）を中心とした新機能のメカニズム解明や NO などの光分解に関するものである。研究者の所属の属性によるテーマの差異は特に認められない。

一方、特許登録数をみると、2000 年の我が国の特許登録数は 178 件あり（米国は 0 件）、うち 3 件が大学、5 件が公立研究機関の研究者からの登録である。実に 96% にあたる残り 170 件は民間から登録された特許である。さらに特徴的なことは、学術論文の投稿者としてヒットした大学ないし公的研究機関の研究者が民間企業と共同で特許登録している事例が多数見られることである。

すなわち、科学的な競争力は大学および公的な研究機関が負い、技術的な競争力は産業界が担っているが、実はこの間の協調が対米優位の源泉になっていると考えられる。また、光触媒に関しては我が国の研究者が先鞭を付けた研究領域であるは特記したい。

一方、バイオ材料は、我が国が科学的にも技術的にも劣位である分野である。

バイオ材料に関しては、2000 年の論文数が、米国 70 件、我が国 20 件、米国の特許登録数は日米で 21 件（全て国内登録）、我が国は 2 件（日米それぞれ 1 つづつ）である。この傾向は、ここ 10 年変化がない。米国の特許を見ると、バイオ高分子、医療デバイス、再生医療用材料、生体融合材料などに関する特許が登録されている。ほとんどが産業界からの登録である（大学の特許登録は 1 件）。一方、これらの技術を支える基礎研究が、主として大学の手により精力的に行われている。70 件の論文のうち 11 件が民間の研究者の論文であり、残りは大学（57 件）なし国立研究機関（2 件）である。より生体側に立った基礎プロセスの研究が多い。实在材料開発の基礎を大学の研究が支えているという構図が見えてくる。

(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5-1.32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。

(6)まとめ

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、アドバンテージ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、産業的に弱い部分を抱えていることが危惧される。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どうかは今後の研究開発の 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ことである。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。