

ハイテク分野の競争力とナノテクノロジー

池澤直樹



わが国は、「失われた10年」といわれる1990年代、半導体や液晶といった代表的なハイテク分野で競争力を低下させた。空洞化も急進した。種々の対策が講じられたが、その成果はまだ産業競争力として結実する状況にはない。企業においても、政府においても、競争力の獲得に向けた新しいパラダイムの実現が必要とされている。企業においては新しいビジネスモデルの確立であり、政府においては行政の縦割り構造の是正である。

このような課題への対応について、試金石として機能するのがナノテクノロジーである。本稿では、昨年8月号に掲載した「ナノテクノロジー——アトム・ビット・ゲノムの邂逅」の続編として、わが国の競争力の強化といった視点から、ナノテクノロジーがどのような事業機会を創り出し、空洞化への対応や競争力の強化にいかに関与するかについて報告する。

I 1990年代の競争力の低下

1 1980年代に始まった基礎シフト

(1) 基礎研究ただ乗りという批判

1970年代、日本の技術競争力は急速に向上し、キャッチアップ対象であった欧米の先進企業の大きな脅威になった。ちょうど現在の日本が直面しているような国内産業の競争力低下と空洞化が、欧米、特に米国で起こっていたのである。

米国のとった対策は、内に向けては、当時では産業化の見通しが不明確だった情報、バイオなどの先端分野への研究開発投資の強化であり、また、大学の活性化とそこでの研究成果を産業につなげるための各種政策の実施であった。

一方、外に向けては、わが国の競争力強化の背景を把握するための専門機関、すなわちJTEC (Japanese Technology Evaluation Center: 日本技術評価センター) を1983年に設立し、調査体制を整えた。「敵を知り、学べべきところは学べ」の姿勢である。

同時に、テレビや半導体などに関する日米間の貿易摩擦のなかで、1970年代から主張していたわが国の産業育成政策に対する批判を強めた。つまり、わが国の産業育成政策は国をあげて特定産業を支援する、いわゆる「ターゲット政策」であるとし、「日本株式会社」といった言葉での批判を強化したのである。

なかでも痛烈だったのが、基礎研究について展開された批判である。いわゆる「基礎技術ただ乗り論」である。基礎研究の成果は国際的な公共財であり、その形成のために各国は応分の貢献をすべきである。ところが日本は、(欧米により得られた) 基礎研究の成果

を活用し、産業的成功を享受しているにもかかわらず、基礎研究の成果を創造するといった側面では、国際的な責務を果たしていないという論旨である。

(2) 官民あげての基礎研究シフト

このような非難にどれほどの妥当性があったかには疑念もあるが、結果として、わが国は官民あげて基礎研究へのシフトを図ることになった。

まず、官の動きについて見ると、1966年に発足し、コンピュータ産業のキャッチアップなどで大きな業績を上げた「大型工業技術開発制度」(通称、大プロ) に代わって、81年に「次世代産業基盤技術研究開発制度」を発足させている。この制度は、大プロをキャッチアップ型であるとし、一層の独自性、創造性の向上を目指した制度として打ち出されたものであり、以降、通産省主導のプロジェクトは基礎研究の比重を増していく。

同じ1981年には、科学技術庁も「創造科学技術推進制度」を創設している。この制度は、個々のプロジェクトに研究者の名称が付けられていることにも表れているように、目的や応用よりも個々の研究者の発想を重視した、基礎志向の強い制度であった。

こうした基礎研究重視という国策は、工業の基礎を支える技術基盤の充実という観点からは、大きなプラスのインパクトをもたらした。例えば、以降で取り上げるナノテクノロジーについても、1981年に通産省、科学技術庁が発足させた制度のもとで、多くの関連テーマが取り上げられ、優れた成果を生み出したのである。

(3) 基礎シフトの2つの問題点

しかし、産業競争力の観点からすると、このような基礎シフトには2つの問題点があった。

第1に、基礎シフトの程度が過大であったことである。その結果、例えば大型コンピュータ、大容量メモリーシステム、超高密度LSIのような、最終目標を共有する大型研究開発プロジェクトが、極端に少なくなってしまった。

加えて、こうした基礎シフトの傾向は、官側だけに見られたわけではなかった。民間企業も、こぞって国の基礎シフトに呼応した。その結果は、大手企業が基礎研究所の設立に動いたことに象徴的に表れている。1960年代の高度成長時代の中央研究所ブームに類似した、基礎研究所ブームが発生したのである。例えば日立製作所が、中央研究所を母体として基礎研究所を設立したのが1985年のことである。

また、研究開発は実用からの距離によってその軽重を問われるものではないにもかかわらず、上記のブームのなかで、実用に近い研究開発を軽んじる風潮が醸成された企業もあった。その結果、半導体、磁気メモリー、光通信、LCD（液晶ディスプレイ）など代表的なハイテク製品の競争力強化がおろそかになった。

官民における基礎シフトの第2の問題点は、基礎研究の本質を未消化のままに、また基礎研究を推進する方法論を抜きにしていたことにある。例えば、「基礎研究がうまくいくかどうかは、従事する人の能力にほぼ100%依存する。したがって、研究の進捗を途中で評価するのは百害あって一利なしであ

る。研究者の能力を見極めて選定した以上は最後まで任せるべきだ」といった意見が堂々とまかり通り、研究評価が実質的に放棄された。

例えば、次世代産業基盤技術研究開発制度では、各テーマの実施期間は10年間とし、それを2期に分け、制度上は、前期の終了時に評価を行い、その評価結果に基づいて後期の継続の是非を決めることになっていた。しかし、制度が導入された初期には、そうした評価システムは必ずしも効果的に作動しなかった。

そうした結果の1つとして、他からの批判にさらされることの少ない、独創的であってもこじんまりとした、個々に独立した基礎研究テーマが乱立した状況になった。いわば、広大な基礎研究分野に数多くの「蛸壺」を作る結果となってしまったのである。個々の蛸壺に優れた研究者がいれば、蛸壺同士の競争では十分に優位性を持つことができる。しかし、多くの研究者や開発当事者の総合力が勝負となる産業化や事業化の局面では、蛸壺的な体制は効果的ではない。

以上の2つの問題点の結果、ハイテク産業の主戦場での競争が避けられてしまった。産業の競争力にせよ、企業の競争力にせよ、競争力は競争によって培われる。上記のような1980年代以降の過程のなかで、わが国のハイテク分野における競争力は必然的に低下したのである。

(4) 日本の驕り

基礎シフトに加えて、競争力低下の背景として指摘しなければならないのが、日本の驕りである。すなわち、海外からの非難がいか

に痛烈であっても驕りの意識が薄ければ、基礎シフトにしても、振子子は応用から基礎へとこれほどまで大きく振れることはなかったに違いない。

当時、半導体LSIの製造ラインから、「研究開発部門はちっとも役に立たない、極論すれば必要もない。シリコンLSIの今後の発展は、製造部門がしっかりしてさえいれば安泰だ」との声も多く聞かれた。実際、シリコン関連は研究開発を含めて事業部門ですべて対応し、研究所は化合物半導体関連の研究に特化した企業もあった。上記のような発言者は、たった10年しか経過しないうちに、韓国、台湾、ましてや中国にまでLSIの生産が移行するとは、想像だにできなかったに違いない。

2 ハイテク分野の競争力の推移

ハイテク分野における競争力の低下に関連して、シェアの低下と空洞化の進展の2点について少し具体的に確認しておきたい。

まず、シェアの低下について、半導体分野を取り上げる（表1）。1990年の時点では、半導体の汎用メモリーであるDRAM（記憶保持動作が必要な随時書き込み読み出しメモ

リー）で強い競争力を保持していた日本企業は、その後、サムスン電子などの韓国勢の追撃でシェアを低下させている。一方、DRAMの開発企業であるインテルは、日本企業の追撃により同分野からの撤退を余儀なくされた後、マイクロプロセッサ分野へ転進し、表1にも見られるように圧倒的な競争力を誇っている。

実は、日本企業におけるDRAMからの転進の必要性については早くから指摘されていたものの、対応は遅々として進まなかった。この背景には、転進を支える効果的な研究開発、技術開発の不足があった。1990年代でも、半導体技術に関連する国家プロジェクトが遂行されていたが、上記の結果からして、そのようなプロジェクトが効果的ではなかったことは明瞭である。

次に、空洞化の進展について、ディスプレイ技術の代表であるアクティブLCD分野を取り上げる（次ページの表2）。アジア地域での生産については、日本企業との資本提携、技術供与による生産も含まれているので、表2の結果から直ちに日本企業の競争力の低下を結論することはできないが、日本の空洞

表1 半導体の売り上げランキングの変遷

順位	1990年	1992年	1994年	1996年	1998年	2000年	2001年
1	NEC	インテル	インテル	インテル	インテル	インテル	インテル
2	東芝	NEC	NEC	NEC	NEC	サムスン電子	STマイクロ
3	日立製作所	東芝	東芝	モトローラ	モトローラ	TI	東芝
4	モトローラ	モトローラ	モトローラ	日立製作所	東芝	東芝	サムスン電子
5	インテル	日立製作所	日立製作所	東芝	TI	NEC	TI
6	富士通	TI	TI	TI	サムスン電子	モトローラ	NEC
7	TI	富士通	サムスン電子	サムスン電子	日立製作所	STマイクロ	モトローラ
8	三菱電機	三菱電機	富士通	富士通	フィリップス	日立製作所	日立製作所
9	フィリップス	フィリップス	三菱電機	三菱電機	STマイクロ	インフィニオン	インフィニオン
10	松下電器産業	松下電器産業	フィリップス	SGS・トムソン	富士通	ハイニックス	フィリップス

注1) 白が日本企業、黄が米国企業、緑が欧州企業、黒が韓国企業を表す

2) STマイクロ：STマイクロエレクトロニクス、TI：テキサス・インスツルメンツ、インフィニオン：インフィニオンテクノロジーズ、ハイニックス：ハイニックス半導体
出所）各種資料より作成

表2 アクティブLCDの主要地域別生産能力シェアの推移

	1994年	1995年	1996年	1997年	1998年	1999年	2000年	(単位：%) 2001年
日本	91	90	91	87	74	69	55	50
北米	3	2	2	1	1	1	0	0
欧州	2	1	2	1	1	0	0	0
アジア	5	6	6	11	25	30	44	49
世界計	100	100	100	100	100	100	100	100

注) LCD：液晶ディスプレイ 出所) 各種資料より作成

化の進展は明らかである。

先の半導体分野は、その産業化の初期から、官による効果的な支援が行われていたが、液晶分野は、その産業化が始まった時点での日本の技術水準は高く、官から特段の支援を受けることはなかった。いわば純粋に民側の競争力で、例えば、1994年には91%という高いシェアを獲得していたのである。加えて半導体分野と相違しているのは、製品転換の速さである。半導体分野でのDRAMへのこだわりに対し液晶分野では、競争力確保のために製品分野の持続的な開拓が行われてきている。

実は、このような相違に、国による産業支援の功罪の一端を見ることができる。だが、この民主導で発展してきた液晶分野でも、空洞化は着実に進展している。

3 価値化につながらない イノベーション

(1) 求められる機能的競争力の強化

現在日本が直面している競争力の低下、空洞化の進展を先行して経験していた米国では、競争力の再強化の方策を報告書にまとめている。通称、「ヤングレポート」と呼ばれるものである。1985年にまとめられたこのレポートは、現在の日本にとっても示唆に富

む^{文献1}。

この報告書では、競争力を「一国が国際市場の試練に供する財とサービスをどの程度生産でき、同時にその国民の実質収入をどの程度維持または増大できるか」と定義している。言い換えれば、競争力はすなわち国富の拡大力であるといえる。企業においては、競争力すなわち収益力である。

このような競争力は、価格競争力と機能的競争力に分けられる。どちらの競争力でも、国富や収益の獲得、拡大は可能である。しかし、「ヤングレポート」がまとめられた時期の米国でも、現在の日本でも、必要とされるのは機能的競争力である。製品やサービスの機能・性能が優れているという競争力である。したがって、その強化は基本的にイノベーションによって実現されることになる。すなわち、イノベーションの成果である「新しい知識」の価値化を通じて、競争力を獲得することが必要なのである。

(2) 非効率な研究開発投資

わが国におけるイノベーションの促進に関連して、2000年以降に実施された特に重要な施策が、総合科学技術会議の設置（2001年1月）と、2次にわたる科学技術基本計画の遂行である。

従来は、基本的に縦割り行政のもとで、いわば省庁別に作られた戦略の集合として、国家の科学技術戦略が策定されるといった傾向が強かった。しかし、総合科学技術会議の活動によって、よりトップダウンで、つまり国家としての基本的ビジョンのもとで、科学技術戦略が作られるといった傾向が強くなった。国家戦略としてのあるべき姿に近づいたといえる。

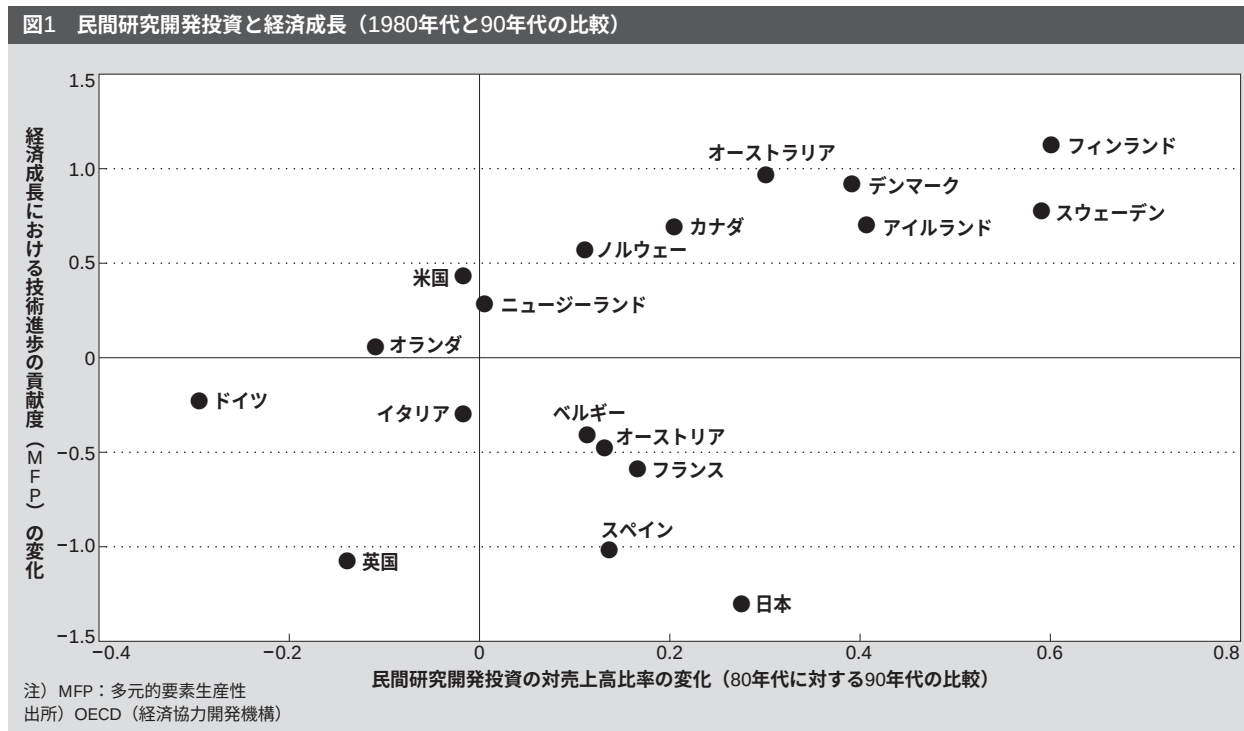
だが、現時点での最大の問題は、そのような科学技術についての施策にもかかわらず、また、第1期17兆円、第2期24兆円という科学技術基本計画の遂行にもかかわらず、その成果が産業競争力の強化を結果していないということである。新しい知識は増大しても、その価値化が進まないのである。競争力といった視点からすると、わが国の研究開発投資は非効率なのである。

民間側についても同様の非効率性が指摘されている。OECD（経済協力開発機構）の調査

結果を図1に示す^{文献2}。図中のMFPは、Multi Factor Productivity（多元的要素生産性）の略である。これは、経済成長の要因を、資本要因、労働要因、その他の要因の3つに分解したときの、その他の要因に相当する。

MFPには、技術開発や制度改革などの成果が含まれているといわれており、一般にイノベーションを示す指標として用いられる。図1に関連した分析でも、そのような意味合いで用いられている。なお、イノベーションの効果の指標としては、TFP（Total Factor Productivity：全要素生産性）が使われることもあるが、基本的に同じ概念であり、計測結果は一致する。

図1に示されているように、日本の民間企業が1990年代に行った研究開発投資は80年代と比較して増加しているのに、MFPはマイナス、図中の国のなかで最下位という結果である。研究開発投資はイノベーションを促進し、新しい知識を生み出しているはずだが、



その価値化が行われず、経済成長に寄与していないと解釈できるのである。

(3) 振り子は再び基礎から応用へ

図1のような状況は、1980年代からの、方法論も不明確ななかで進められた、過ぎたる基礎シフトの反映であると推測される。この推測が正しいとした場合、少なくとも民間企業においては、過ぎた基礎シフトを矯正する必要があると結論できる。

実は政府側でも、そうした認識を踏まえた施策が打たれ始めている。例えば、経済産業省の2003年に向けた施策の中には、通称「フォーカス21」と呼ばれる、実用化に直結する経済活性化プロジェクトが含まれている。

このプロジェクトは、ライフサイエンス、情報通信などの重点4分野から、短期的に実用化が見込まれるプロジェクトを選択し、集中的な予算投入を行うというものである。かつての大型プロジェクトと同様に、技術開発の出口を明確に意識し、その出口から、そこに至るための開発課題を把握するプロジェクトである。

現時点では、このプロジェクトに約500億円の予算投入が計画されている。基礎シフトと180度方向を異にする活動であり、振り子は、1980年代とは逆に基礎から応用へと振れることになる。

II 競争力の試金石、 ナノテクノロジー

1 ナノテクノロジーと事業機会

実用化に直結した課題を重点的に投資対象とするフォーカス21で、約130億円の投資が

計画されているのがナノテクノロジー・材料分野である。

1980年代の基礎シフトにより強化された日本のナノテクノロジーからも、出口が明確であるとしてフォーカス21で対象とされるような成果が生まれてきている。米国からの批判を契機にしたといえるわが国の基礎シフトだが、その恩恵を被ったナノテクノロジーという物質科学のフロンティアからも、約20年を経て、短期的に事業化が可能なテーマが生み出されてきているのである。

ナノテクノロジーによりもたらされる直接的な成果は、材料・素材に関連するものである。そのような材料が、多種多様な材料やデバイス、広範囲の機器や装置に使われることにより、新しい機能・性能が実現される。この応用範囲が極めて広いということが、ナノテクノロジーの大きな特徴であり、その波及効果は極めて大きく、生み出される事業機会も多様である^{文献3}。

波及の広さ、事業機会の多さを市場規模の側面から評価した試算結果がいくつか発表されている。2010年で20兆円から30兆円程度という結果が一般的である。

エレクトロニクス分野に関連しては、新型ディスプレイ、二次電池、磁気記録装置、あるいは、現在のDRAMを置き換えるようなデバイスなどについての市場規模が特に大きく試算されている。また、バイオ分野に関連しては、ナノテクノロジーで作成するマイクロカプセルで薬を体内の患部まで配送するDDS（薬物送達システム）などで大きな市場規模が予測され、高分子化学に強みを持つわが国の企業にとっての有望市場として期待されている。

さらに、例えば鉄やガラスといった既存材料分野に関連しても、ナノテクノロジーを応用して、機能・性能を大幅に向上させることが可能と期待されており、この点に関連しても数多くの事業機会と大きな市場規模が予測される。

2 ナノテクノロジーによる 空洞化対応

ナノテクノロジーは、わが国の製造業分野に属する企業に多くの事業機会を与えることにより、急速に進展している空洞化への有効な対策としても機能する。

先に液晶を例として見たように、わが国のハイテク分野での空洞化は急速に進んでいる。急速にキャッチアップされているのである。このキャッチアップに対応する最も有効な方策がイノベーションの推進であり、空洞化が進む速度よりも速く新しい知を創り出すことである。キャッチアップ側から、容易に解析され、模倣されないような水準での知を創り出し、製品に創り込むことが求められている。

先に触れた「ヤングレポート」は、知的所有権に関する戦略を打ち出したことでも著名であるが、この知的所有権についての戦略を策定しようにも、まず、守るべき知的財産を創ることが前提となる。

イノベーションが推進されないと、わが国は他国からキャッチアップされ、競争力の源泉は際限なく海外へ流出し、製造業分野の空洞化は止まらない。今後膨大なイノベーション機会を潜在するナノテクノロジーの振興は、空洞化への最も効果的な対策である。

3 競争力としての ナノテクノロジー

数多くの事業機会を生み出し、空洞化対応に効果的であるナノテクノロジーが内包するもう1つの重要性は、わが国の企業、産業に強い競争力をもたらすということである。

企業間においても、国家間においても、競争力の源となる技術は強い技術である。そこそこの技術は競争力にはならない。ハイテクとして認識される技術は種々ある。例えば、航空宇宙技術、先端医療技術、あるいはエネルギー分野の核融合技術などである。しかし、これらの分野について、例えば米国と比べた場合、競争力を生み出すような優位性を認めることは困難である。

もちろん、競争力となるほどの強さがないとしても、そのことだけで、これらの技術の必要性が否定されるわけではない。しかし、ハイテク分野で国富を獲得することが必要とされているわが国では、国際的市場において十分な強さを発揮する技術の保有と育成が必要であり、その代表的候補がナノテクノロジーなのである。

先に述べたように、わが国のナノテクノロジーは、基礎的な水準から自国技術での開発を進め、その成果として応用の芽を育てているので、強い競争力を内包している。

4 ナノテクノロジーによる パラダイムチェンジ

このようなナノテクノロジーの特長をわが国の企業や産業が享受するためには、以下に概観するような新しいパラダイムの構築が必要である。

ナノテクノロジーについての研究開発、事

業開発は世界中で行われている。ブームの発端となった米国をはじめとして、欧州でも、韓国、台湾、中国といった東アジアでも活発に展開されている。したがって、ナノテクノロジーの研究から効果的な事業成果を得るためには、まず、速く対応することが肝要である。事業化に効果的なシーズについては、積極的に社外資源を活用して、素早く事業化を実現するという態度が求められる。つまり、自前主義というパラダイムからの脱却が必要なのである。

加えて民間企業に必要とされるのは、技術の価値化についての柔軟な姿勢である。つまり、従来は、基礎研究、次いで応用研究、製品開発、事業開発といったプロセスを踏んで技術の価値化が行われることが一般的だった。しかし、今後も基礎的研究が必要とされるナノテクノロジーの開発を持続するには、技術の価値化は開発のすべての段階で可能であると考えることが重要であり、特に、従来は行われなかったような開発の早い段階でも積極的に価値化することが必要である。

研究が完成してからその価値化を考えるとといった姿勢では、上述したような速い対応が行えないし、技術の時価の変化に対しても機会損失を発生する。特にナノテクノロジーのように、既存の成果が急速に陳腐化するハイテクでは、その価値は時間の経過とともに急速に変化し、基本的には低下する。必要とされているのは、技術の価値化についてのビジネスモデルの変更であり、パラダイムチェンジである。

民間企業において自前主義からの脱却が必要とされるのに対応して、官側については、縦割り行政からの脱却が必要とされる。つま

り、広い分野に関連するナノテクノロジーを、従来の技術分類、例えば、半導体技術、バイオ技術といった分類でとらえようとするのは効果的でない。当然、そのような分類と対応している省庁のあり方も変えることが必要である。

また、ナノテクノロジーには、先端的な半導体デバイスに見られるように、すでに実用化されている場合もあるし、市場が顕在化するの、少なくとも今後20年以上先と推測されるテーマまでである。このような特性があることにより、ナノテクノロジー分野には、産官学に属する開発機関のすべてが、それぞれの特徴を活かしつつ取り組めるテーマを数多く見出すことができる。そして、産官学のそれぞれの成果を相互に活用する機会も豊富に見出せる。

つまり、ナノテクノロジーは、多様な産官学連携の機会が見出せる場なのである。もちろん、そのような機会を活かすためには、産官学それぞれも、効果的な連携を可能とする新たなパラダイムを構築することが必要である^{文献4}。

5 試金石としての ナノテクノロジー

ナノテクノロジーの事業化、産業化が成功裏に行われた暁には、必要とされるパラダイムチェンジも行われたことになる。そしてそのパラダイムチェンジの効用は、ナノテクノロジー以外の分野にも広く及ぶ。

例えば、半導体分野の競争力低下の背景、あるいは、製品転換の遅れの一因として指摘されるのは、過ぎたる自前主義である。自前主義によって、関連する装置も系列内からの

調達にこだわって競争力の低下を招いたり、優れたアイデアも自社内での事業化にこだわって棚上げされたりといったケースもあった。また、縦割り行政についての弊害も多くの機会に指摘されているし、産官学連携についてもその必要性は以前から指摘されてきているところである。

先に述べたように、1980年代、応用から基礎へと大きく振れた振り子は、現在、逆に振れ始めている。官民あがての応用重視である。例えば、大学発の事業化が産業の活性化に効果があるとの指摘がなされ、TLO（技術移転機関）と呼ばれる組織が多くの大学に新設されている。そこでは勢い、短期的に事業成果が得られることに力点が置かれている。

大学での研究成果を産業化、事業化に結びつけること自体は、空洞化の進展に対応しつつ競争力の強化を図る必要があるという時代の要請であり、歓迎すべきことである。しかし、その要請に迎合して、大学内の研究においても、産業、事業に遠いとみなされる研究開発が疎んじられる風潮が強まるとしたら問題である。産業化、事業化までに時間がかかるがゆえに、基礎研究が軽視されてはならない。今回の振り子の振れも、過ぎると問題である。

現在のわが国に必要とされているのは、強い競争力を持った事業や産業を見出し育成するというだけではない。必要とされてい

るのは、そのような事業や産業を将来にわたって持続的に生み出し続ける仕組みの構築である。広い視野に立った技術戦略を策定し、知的・人的資源の効果的な運用を図り、空洞化やキャッチアップの進展に対応しつつ、競争力を確保し続けることを可能とする仕組みの構築が必要なのである。

このような状況のもとで、過度の基礎シフトや応用シフトを避け、強い競争力の持続を可能とするパラダイムを構築する、一種の練習問題が、ナノテクノロジーに関連する事業化、産業化の推進にほかならない。ナノテクノロジーは、21世紀の前半におけるわが国製造業の競争力を占う試金石なのである。

参考文献

- 1 「『ヤングレポート』以降の米国競争力政策と我が国製造業空洞化へのインプリケーション」日本政策投資銀行、2001年12月
- 2 *Science, Technology and Industry Outlook*, Special edition, OECD, 2001
- 3 池澤直樹「ナノテクノロジー」『知的資産創造』2001年8月号
- 4 池澤直樹『ナノテクが日本を救う』講談社、2002年

著者

池澤直樹（いけざわなおき）
コンサルティング部門チーフ・インダストリー・スペシャリスト
専門は研究開発マネジメント