

第2章 事例インタビュー調査に基づくイノベーションの要因分析

2.1 インタビュー調査の概要

2.1.1 本調査の背景と目的

基礎的な研究(科学的研究)から技術開発の間にボトルネックが存在することはよく知られているが、これと同様に技術開発に成功しても製品に結びつかないことも少なくない。米国の商務省は、このような研究から技術開発、そして製品化に至るプロセスにおけるボトルネックを「死の谷」と呼んだ²。長田³はこれに加え、製品が市場に登場しても、広く顧客・社会に受け入れられずに市場から撤退を余儀なくされるボトルネックもあるとし、図 2.1 のように研究開発が社会的な価値を創出するまでに三種類の死の谷があることを示した。また、この第三の死の谷を Moore (1991) はテクノロジーライフサイクルにおける「キャズム(Chasm: 深い溝)」と表現している⁴。このような死の谷を乗り越えることがイノベーションである。本調査研究は、その成功のメカニズムを分析し、そこにおける異分野の知の融合の果たす役割を明らかにすることを目的としている。

本調査研究におけるインタビュー調査の狙いは、わが国において前述のさまざまな

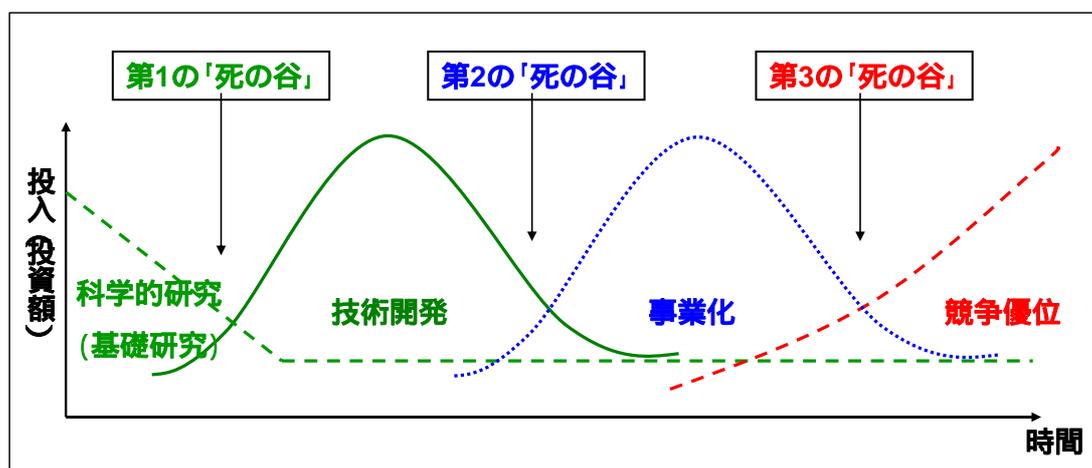


図 2.1 技術革新における三つの「死の谷」(出所文献は脚注 3)

² US Department of Commerce, The advanced technology program: Reform with a purpose, 2002.

³ H. Osada, J. Kaneko, Strategic Management of Technology Innovation, The 18th Asia Quality Symposium'04, 2004.

⁴ ジェフリー・ムーア著・又川正治訳：『キャズム』、翔泳社、2002 年。

死の谷を乗り越えた事例を取り上げて、インタビューにより調査することで、イノベーションの成功要因を抽出し、特に異分野の知の融合によるイノベーション創出の実態を把握し、分析することである。また、イノベーションが成功につながらなかった事例も分析し、イノベーションを成功に導く異分野融合の必要性やマネジメントのあり方をも考察する。

すなわち、本事例インタビュー調査では、

- (1) イノベーションの成功事例をとりあげ、イノベーションを可能にした要因の抽出、および、その過程において果たした知の融合の役割や要因を分析し、
 - (2) イノベーションが不成功に終わった事例分析を通して、不成功要因の考察と今後の方策を検討し、
 - (3) イノベーションを導くための組織における知の流通や研究開発マネジメントの方法などの実態把握と、政府や大学の役割に対する要望を集約する、
- ことを目的とした。

2.1.2 インタビュー調査の対象

(a) インタビュー対象の選定方法

本調査ではわが国の大学、公的機関（電子技術総合研究所（現 産総研）など）、企業の研究部門などにおける研究者をインタビューの対象とした。特に成功事例の調査（下記の 印）を主にして、27 事例を選んだ。また、その調査結果を文献等の調査で補完した。

- ① 大学での基礎的研究が商品化、事業化に結びついた成功事例
- (2) 大学での基礎的研究では成果をあげたが、商品化、事業化での成功には至らなかった事例
- ③ 公的研究機関（国のプロジェクト研究を含む）での基礎的研究が商品化、事業化に結びついた成功事例
- (4) 公的研究機関（国のプロジェクト研究を含む）での基礎的研究では成果をあげたが、商品化、事業化での成功には至らなかった事例
- ⑤ 企業での基礎的研究が商品化、事業化に結びついた成功事例
- (6) 企業での基礎的研究では成果をあげたが、商品化、事業化での成功には至らなかった事例

(b) インタビュー対象分野

工学系の分野を、開発された技術が商品化・事業化に至った事例をもとに、以下のよう
に商品や事業の特性により分類し、それぞれからイノベーション事例を抽出した。な
お、各事例ではプロダクトイノベーション（製品開発におけるイノベーション）に加え、

生産技術、サービス、メンテナンスなどにおけるイノベーションであるプロセスイノベーションも対象とした。

(技術分野・商品分野)

- (1) 素材系(化学、バイオ、金属など)
- (2) 部品系(半導体、電子デバイス、機械部品など)
- (3) 組み立て系(工作機械、半導体製造装置、医療機器、分析装置など)
- (4) 情報・システム系(自動制御システム、ソフトウェア、交通システム、通信ネットワークなど)

(c)インタビュー先

上記の各系における成功事例で、国内のみならず世界的に見て産業あるいは社会に大きく貢献した事例について、関係した研究者や研究管理者にインタビューをした。成功事例の選定にあたっては、技術および市場において高い評価が得られている事例とするために、主に大河内賞⁵、科学技術長官賞、市村産業賞など産業技術に対する我が国の著名な顕彰制度での受賞事例を調査対象候補とした。ただし、近年の学問・技術の進展速度を考慮し、受賞事例では主として平成元年以降とした。

このような基準に基づき、表 2.1 に示すインタビュー先を選定した。

表 2.1 インタビュー先とイノベーション事例

分野	インタビュー先	テーマ(イノベーション事例)
素材系	住友電工(株) 京藤倫久技師長	光通信関連
	NTT エレクトロニクス(株) 伊澤達夫相談役	光ファイバー
	神奈川サイエンスパーク 藤嶋昭理事長	光触媒
	金属 A 社	高張力薄板鋼板
部品系	東京農工大学 垂井康夫名誉教授	超 LSI の開発
	東北大学 江刺正喜教授	微小電気機械システム(MEMS)
	東北大学 中沢正隆教授	光ファイバー増幅器
	日本電波工業(株)	水晶発振子
	(株)東芝セミコンダクター社	フラッシュメモリー
	電子 K 社	セラミックパッケージ
	(株)インクス 山田眞次郎社長	金型設計・製造

⁵ 大河内賞：(財)理化学研究所の中興の祖であり、理研コンツェルンのリーダーとして優れた技術の事業化・産業化にも熱心であった故大河内正敏博士が学界、産業界に残した功績を記念して 1954 年に設立された、すぐれた産業技術に対する顕彰制度であり、特に生産工学、生産技術での業績が重視され、毎年数件の技術に授賞する。これらの技術はいずれも事業化され、その商品は国内外に流通し、産業や社会に貢献しているものである。

組み立て系	日産自動車(株) 大久保宣男最高顧問	自動車の商品開発
	東京大学 先端科学技術研究センター 伊福部 達教授	福祉工学・事業
	カシオ日立モバイルコミュニケーションズ(株) 末高弘之部長	デジタルカメラ
	(株)日立製作所 小泉英明フェロー	医用計測(MRI)
	三菱電機(株) 牧野 滋 アンテナ技術部長	アンテナ技術
	シャープ(株) 佐賀達男副本部長	ソーラーシステム
	鹿島建設(株)	超高層フリーハウジング
	ファナック(株) 稲葉善治社長	CNC 装置、ロボット
情報・システム系・他	理化学研究所 渡辺 貞プロジェクトリーダー	ス・パーコンピュータの開発
	新日鉄ソリューションズ(株) 岩橋良雄専務	ソフトウェアにおける知の融合
	(株)NTT データ 山本修一郎副本部長	情報システムにおける知の融合
	電気通信大学 新誠一教授	システム事業
	(株)NTT ドコモ 夏野剛執行役員	i-モード
	松下電工(株)	バーチャルリアリティと商品開発
	横河電機(株)	制御システム、センサー計測
	三菱電機(株) 神戸製作所	交通管制システム

2.1.3 インタビュー調査項目

次の共通インタビュー項目を、各インタビューに先立ちあらかじめ提示した。

インタビュー項目

研究開発戦略と技術体系についての下記の事項についてお尋ねします。

- (1) 研究開発組織体制
- (2) 技術体系の整備
- (3) 研究開発から製品開発、商品化、事業推進に至るプロセスと担当する組織やプロジェクトなどの推進体制
- (4) 求められる商品特性、あるいは顧客ニーズではどのようなものが重視されているか

パートA：研究開発から事業までの成功事例あるいは失敗事例について、特に、下記の点についてお尋ねします。

- (1) 対象事例の商品や技術の概要
- (2) 研究開発・技術開発上のボトルネックとその解決方法
- (3) 商品化、事業推進上のボトルネックの解決方法

パートB：知の融合についての実情や考えとして、

- (1) 上記の事例を通して異分野融合とくに縦型技術と横型技術の融合について、特に、下記の点についてお尋ねします。
 - (a) 知の融合のメリットとそれを可能にする条件
 - (b) そこでの横型技術の役割
- (2) 異分野の知の融合を結集するための仕組み、特に、下記の点についてお尋ねします。
 - (a) 異分野の知（技術）の結集が大きな効果を挙げた事例
 - (b) 今後異分野融合が不可欠になるとされる課題や事例
 - (c) 今後必要となる可能性のある異分野の知を収集する仕組み
 - (d) 自組織にない分野の知を利用するための方法
 - (e) 異分野の専門家、技術者が共同して開発に当たる場合の問題点と解決策
- (3) 成果の他分野での活用方法についてお尋ねします。

その他

日本においては、特に欧米と比べて、異分野の知識融合による新たなイノベーション創出の事例が少ないと言われているが、特に、どのような点に問題があるでしょうか。

また、異分野の知識融合による新たなイノベーション創出に向けた展開を活性化するための政策としてどのようなものが必要でしょうか。

(インタビュー依頼の詳細については、別添の資料編・インタビュー調査資料を参照。)

2.2 インタビュー調査結果と分析

2.2.1 イノベーションの成功要因

インタビューをした事例について、社会的、経済的価値を創造したイノベーションの成功要因を主として異分野の知の融合の視点から分析し、以下のように整理した。また、各要因の根拠になったイノベーション事例も合わせて紹介する。なお、各機関のインタビュー調査結果は巻末の資料編に掲載する。

成功要因は、

- (a) マネジメントに関する要因
- (b) 技術に起因する要因
- (c) (横型技術による) 知の融合方法に関する要因

に大別される。

これらについて、以下に、その特性順に分析結果を述べる。これらの間には相互に関係するものも少なくない。また本調査の主目的である(c)の知の融合に関しては、(a)、(b)の中にも間接的にそれを促進する要因も見られるが、異分野の知の融合によるイノベーションの分析は、(c)に述べる。

(a) マネジメントに関する要因

(1) 事業戦略と技術戦略の融合

計測・制御システムのトップ企業である横河電機は、産業界へのマザーツール(基盤となる先端技術ツール)の提供と、コア技術である計測・制御・情報技術に立脚する製品やソリューションの提供、および、そのライフサイクルでの保証を事業戦略としている。そして、その事業戦略を達成するための技術戦略や将来の事業を創り出す研究開発や技術開発は研究開発本部が担当し、全社機能として位置づけられている。一方、既存事業の強化・継続のための技術開発は事業部の技術部門が担当し、それぞれが相互関係を明確にして技術戦略を策定している。このような事業戦略と技術戦略の一体化は、技術開発の方向と、技術のアウトプットである商品とその市場での展開の方向が一致することを意味する。つまり、商品化や市場展開までを見込んで技術開発に取り込むことができるので、技術成果の受け入れ先も定まり、商品に対する市場の要求を早くから技術開発にフィードバックでき、技術と市場の間でのミスマッチやブレが起こりにくい。

本事例調査では、イノベーションを創出した企業では、このように事業戦略と一体になった技術戦略を策定し、実施していることが共通して見られた。

また、大学発の技術成果であっても、その技術開発においては大学と産業界が開発当初から共同・協力して進めている事例では、企業内技術開発と同様に技術の方向(技

術戦略)と事業展開の方向(事業戦略)が一致していた。

(2) 開発目的・目標と技術開発の挑戦

技術開発や事業化に成功した機関では、経営者(トップ)による技術開発・製品化・事業化の目的の明確化と、高い目標に対して関係者全員が挑戦することとから、イノベーションが生まれていることが把握できた。

たとえば、デジタルカメラの画期的な開発に成功したカシオ(当時。現在はカシオ日立モバイルコミュニケーションズ)の末高氏は、「世界最初の商品、世界最初の機能を持つ商品の開発をめざす」という、挑戦的で独創性を重視するカシオのカルチャーがイノベーションにつながったとし、高い開発目標の設定の重要性を強調している。

また、技術開発や商品開発の期間を目標設定している例も少なくない。たとえば、松下電工では研究開発から商品化までを5年、事業として成功するまでを8年として、標準期間を設定し、管理している。

(3) シーズとニーズを把握した開発リーダーの存在

開発目的と挑戦目標が定まると、技術開発(シーズ)と事業(市場、ニーズ)の双方が正確に把握でき、開発リーダーによるリーダーシップを発揮したマネジメントができる。このような開発リーダーの存在が、開発の成否の鍵を握っている。企業内だけでなく、産官学の連携における多くのイノベーションの事例でも、このような開発リーダーがマネジメントにあたったために、イノベーションが成功したと言われている。全社を挙げての企業内開発の例として、NAND型フラッシュメモリーの開発が挙げられている。この場合も、その発明者は、総合研究所と半導体事業部の開発部門の双方を経験しているため、上述のリーダーとしての役割を担うことができ、開発・事業化に大きな貢献をした。

産官学の連携による超LSI開発プロジェクトでは、垂井康夫氏がその任にあたった。同氏はプロジェクトリーダーに就任する前は電子技術総合研究所の研究室長であった。そのため、早くから産業界との開発を経験し、半導体事業に関しても熟知しており、加えて海外情報の収集を怠らず、技術開発のアウトプットの方向性を絶えずチェックしていた。

(4) 市場要求に適合した技術開発

2.1.1に述べたように、基礎的研究から技術を確立し、商品として広く市場に普及するまでには、いくつかの死の谷を越えなければならない。その中でも後節の2.2.2での不成功要因の分析の中で挙げるように、開発された技術(シーズ)と顧客の要求(ニーズ)との間でギャップやミスマッチが生じ得る。このようなギャップを無くすには、製品コンセプトの創案の段階から、市場ニーズを取り込まなければならない。これに

より、開発された商品は顧客を満足させるものとなる。つまり、顧客対応型技術開発が必要であり、成功した商品の多くは、このような技術開発に基づいている。

しかし、一方で、表 2.1 に示したイノベーションの例には、光触媒や i-モードに代表されるような顧客対応型技術開発ではないものも存在する。それらでは顧客ニーズが顕在化しておらず、技術が新たな顧客を生み出すというタイプの技術開発によってイノベーションが創出されている。このようなイノベーションの形態は、新たな市場を創造するいわば市場創造型技術開発で、ラディカルイノベーション (Radical Innovation) と呼ばれている。このタイプのイノベーションでは、綿密な市場調査の結果により顧客ニーズを把握するというのではなく、むしろ顧客の潜在的な欲求を踏まえて技術開発がなされている。しかし、この場合であっても、成功した技術開発や商品開発では、技術開発時の初期からどのような顧客を対象にどのような商品をどのような経路で提供していくのが考えられ、商品化の際には、これらを具体化する開発目標が設定されているのが特徴である。つまり、「技術の出口」の明確化が成功要因である。

その際の顧客要求(潜在的な欲求)は、機能や性能、操作性、便宜性などの価値を提供する品質と価格に加え、近年のイノベーション事例であるハイブリッドカーやソーラーシステムに示されるように、環境保全性 (CO₂ の削減や大気汚染の防止)、安全性などでも表現される。いずれのイノベーションも、品質を第一とした上で、このようなさまざまな価値に見合った価格で製品を提供することを達成している。

前述のデジタルカメラの開発では、開発リーダーは自らが絶えず販売店に赴き、顧客の要求を確認し、開発を進めたという。また、多くの企業では、技術開発当初から、「技術の出口」であり「顧客の代弁者」である営業部門が参加し、技術と市場のミスマッチがないように、積極的に顧客の潜在要求を開発に反映している。これはニーズに関する知(市場知)とシーズに関する知(技術知)の融合ともいえよう。

(5) 的確なプロジェクトマネジメント

市場の迅速な変化に追随するために、開発期間の短縮が求められているが、そのために、技術開発と製品開発を同時並行して行うことが、近年増えている。

このため、技術開発のモデルは、従来の技術開発から製品化へ直線的に進行する Linear model から、図 2.2 に示すような Chain model (スタンフォード大 Klein 教授の提唱⁶) に移行している。

⁶ Klein S. and N. Rosenberg, "An Overview of Innovation," in R.Landau and N.Rosenberg (eds.), *The Positive Sum Strategy*, National Academy Press, 1986.

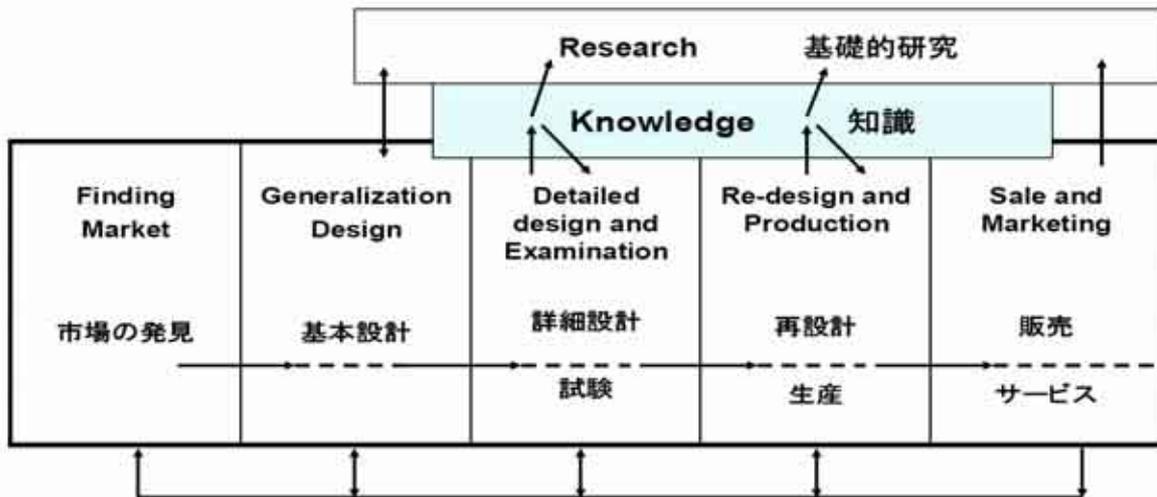


図 2.2 イノベーション過程の Chain Model。従来のように技術開発から製品化へ直線的に進行するのではなく、技術開発と製品開発を同時並行する。

また、製品開発においては、各工程での質を保証し、納期を管理するためにプロジェクト形式が広く導入されている。ここでは、従来と異なったプロジェクトの適切なマネジメント(プロジェクトマネジメント)の手法が開発され、適用されている。図 2.3 は、電子K社の製品開発プロジェクトのフローである。ここでは、全体工程をいくつかの重要なサブ工程に分割し、それをステージと呼び、開発はステージを移行することで進行する。ステージの切れ目はゲート(Gate)と呼ばれ、ゲートではそれまでの工程での成果評価と課題の発見・確認がなされ、これによって明確にした課題を、次工程以降で確実に解決するようにしている。これは「ステージゲート管理」と呼ばれている。

このような技術開発、製品開発をプロジェクト形式で行い、製品化にとって重要な要素技術の開発に成功したのがシャープである。同社は、1970 年代初頭に「緊プロ(緊急プロジェクトの意味)」と呼ばれる社長直轄の開発プロジェクトを電卓の開発に適用し、大成功を収めた。以来、LCD など同社の基幹商品の開発はこの緊プロで行われ、イノベーションを創出し、事業の発展に大きく貢献している。

金属A社も、同様なプロジェクトマネジメントを実施し、自動車に使用される高張力薄板鋼板の開発・事業化に成功した。

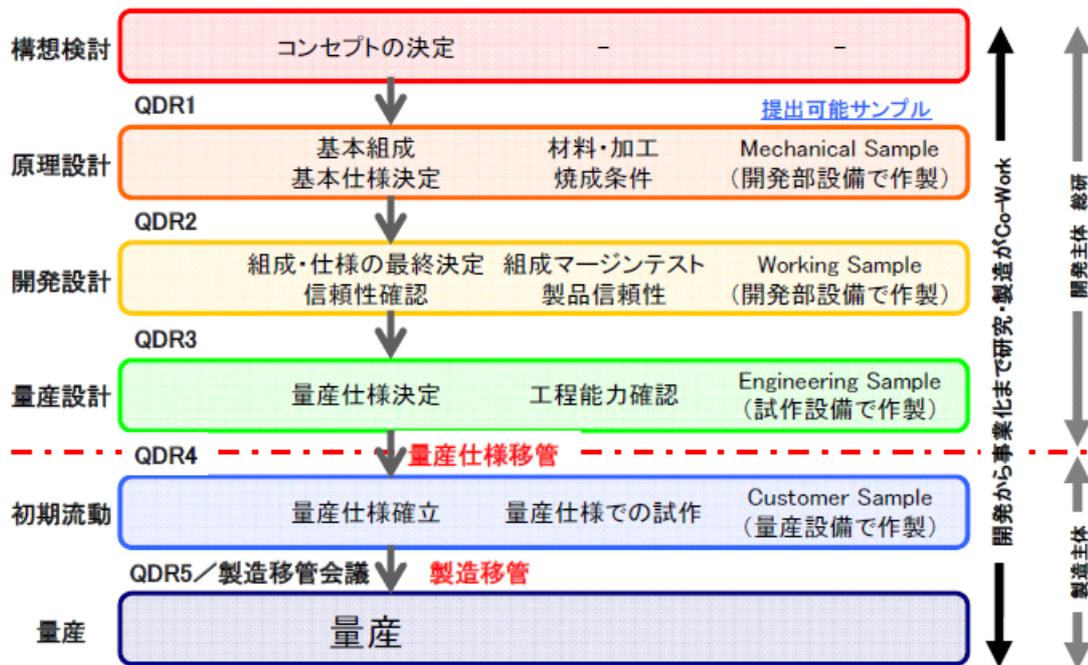


図 2.3 プロジェクトマネジメントとステージゲート管理 (電子K社)

(6) 産官学共同による知の創造

イノベーションを創出する技術開発や製品開発では、特に基礎的な研究を伴う場合は自組織ですべてを達成することは不可能である。このため、外部機関との共同開発が行われる。

たとえば、東北大学の中沢教授が開発した画期的な光増幅器では、中沢教授が NTT 在籍時に開発リーダーとして理論とアイデアを提供し、パートナーである企業が試作・開発などのものづくりを担当して、両者による知の創造と交流がなされ、開発を成功に導いた。この事例は、理論とものづくりの融合の重要性を物語っている。

また、1980 年代に日本の半導体産業が世界的な競争力を獲得するきっかけになった超 L S I 技術研究組合の共同研究所は、産官学プロジェクトの成功例であったが、そこではリーダーの垂井康夫氏が、多くの参加企業が得られた成果を共有し活用するための「基礎的・共通的」を志向した研究開発コンセプトを提示し、共同開発を成功に導いた。そのため、各部門のリーダーは評価技術を向上させ、プロジェクト参加企業各社の開発成果を客観的に適正に評価することを心がけたという。また参加企業間には競争原理を導入し、競争下における開発を推進した。このように、異なった組織が共同した知の創造においても、その成功にはさまざまなマネジメントの工夫がなされている。

(7) オープンコラボレーションの場の確保

複数の組織、人が参加し、多様な発想を生み出す知の創造は、コラボレーション (共創)

と呼ばれている。多くの事例では、コラボレーションの場や環境の整備が、イノベーションを引き起こしている。

たとえば、東北大学の江刺研究室は、MEMS(微小電気機械システム)では世界的な研究開発機関であるが、そこでは多くの企業研究者が研究室に参加し、それぞれがテーマをもち、MEMSの開発に従事している。1990年から2006年まで延べ93機関、128名の研究者が派遣され、常駐した。その研究者が所属する業種は、自動車、家電、情報・通信、医療と多岐に渡る。各企業からの研究者はPre-competitiveなステージでの研究に取り組み、競争は企業に戻ってから行うことを原則にしている。このため競合企業であっても相互に学び合い、情報を共有化するオープンなコラボレーションが実現し、異分野の情報交流・協力が活発になされている。

また、このようなオープンコラボレーションが行われるのは、江刺教授の高い研究能力、技術指導力に加えて、半導体設備などは独自の設備を製作していることによる。設備はほとんど手作りのため、設備メンテナンスも研究員自らが行き、その過程で設備に関する知識の習得、試作、独自の生産技術の開発など幅広い研究開発が行われる。つまり、共同設備が求心力になり、コラボレーションがなされている。

さらにもうひとつの要因は、豊富な情報である。全世界のMEMSに関する先端的な研究・技術情報の一元的な収集とストック化、さらにMEMSの商品化、市場、産業に関する情報の収集・提供を行っている。この情報共有により、「知の創造」がなされている。

このようなコラボレーションは、企業内でも行われている。たとえば、三菱電機の情報技術総合研究所内では、アンテナ技術に関係するあらゆる分野の技術者が毎週プロジェクト会議を開き、試作・評価に関して迅速なコラボレーションがなされている。さらに、事業推進側である工場と研究所の間でも、同様に製品開発・事業化に関して、プロジェクト形式で異分野の知の交流が行われている。このようなコラボレーションが効果的に行われるのは明確な技術戦略と製品コンセプト、高い技術開発目標の設定がベースにあり、異分野の技術者が揃っているからである。

(8) 事業化の仕組みと方法

開発された製品を商品として市場に効率よく提供するためには、適切なマネジメントが必要である。そのマネジメントとして、事例研究から以下のような成功要因が抽出された。

市場目標の的確な設定、市場要求の変化への追従と競合分析

まず、市場における顧客層の特定化と、その顧客要求の明確化が必要である。さらに、市場における競合分析を行い、事業化後も競争優位性を維持するためのさらなるイノベーションが求められる。

超LSI共同研究所のシリコンウェハ、ステッパーの開発が成功したのは、IBMという競争手を凌駕する目標設定を行ったことも、要因としてあげられる。また、

光ファイバーや光増幅器など、NTT がリードしたイノベーションは、NTT 自身が顧客として明確な要求を提示できたことが大きい。

品質、コスト、ソリューションなど多様な価値の提供

次に、顧客へ提供する価値が顧客要求と一致していることが、成功要因である。その顧客要求は品質やコスト、納期などで表されるが、そのうち、品質は機能、性能、信頼性、操作性、デザインなど多様な要素を含む。カシオは、1995 年のデジタルカメラの発売で、小型化、メモリー使用量の節約などの特徴により、いち早く市場を席卷したが、その後、競合他社が追いついたため、最薄、高速起動、電池の長寿命化で巻き返しを図った。このように品質は多様化しており、各品質要素が、それぞれイノベーションの対象となっている。

ソフトウェアや情報システム事業では、顧客の課題を解決できるかどうかを価値として提供するように変化してきた。これはソリューションと呼ばれているが、価値がモノからコトに変化していることを表す現象である。

技術マーケティング

すぐれた技術により市場を創造するには、技術の価値を受け入れてもらう市場を開拓することが必要である。このため日産、住友電工など多くの企業では、技術者が営業にも進出し、顧客ニーズの収集や開拓にあたっている。かつて、ディーゼル車の排ガスから炭素系微粒子を除去するフィルター（DPF）の事業では不成功に終わった住友電工では、このような技術マーケティングにより、同技術を電池の分野で活用することに成功した。

デファクトスタンダードの構築による市場創造、競争優位

商品を顧客の立場にたち、使用しやすくする標準化が重要である。1968 年に我が国で最初の超高層ビルの開発・建設に成功した鹿島は、その技術を同業他社にも開放し、実質的な超高層ビルの設計標準化のリーダーになり、市場が大きく拡大した。また、住友電工は光ファイバーの規格の標準化にも尽力し、製品の普及が進展した。このように、標準化（デファクトスタンダード化）は、いち早く業界のリーダーになると同時に市場を拡大する効果も併せ持っている。

（9）ビジネスモデリングによる市場創造（ビジネスイノベーション）

NTT ドコモの i-モードは、携帯電話を音声によるコミュニケーションツールから個人用インターネット端末へと大きく変革し、携帯電話の市場を拡大した。これは製品を市場に普及させるために、新たな製品利用の仕組み、モデル（ビジネスモデル）を構築することによって新たな市場を創造したイノベーションの事例である。

このように、特に市場創造型技術開発では従来市場と異なった市場を開拓しなければならぬので、新たな事業化のモデルが求められる。このビジネスモデルを IT により開発したパイオニアは、パソコンの世界的なメーカー、デルコンピューターである。ここでは、営業所をもたずに顧客とメーカーの間の直接取引（E-commerce）と、マレーシア、中国などの工場に生産の指示・管理を米国本社から瞬時に行えるシステムを構築し、顧客からの注文に短期で対応できるようにした。このようなビジネスモデルにより、新市場の開拓（市場創造）とビジネスイノベーションが実現した。今後、単なる商品の販売だけではなく、顧客に対するライフサイクル保証などが求められる中、異分野の知の融合が販売・サービスを含んだビジネスイノベーションを創出することが期待される。

(b) 技術に関する要因

(1) 技術の見立て・目利き

将来を見定めた技術のコンセプトやアーキテクチャー（設計思想）、商品コンセプトの創案が、長期間に亘り世界中の多様なユーザに使用される商品には求められる。超 LSI 研究組合では、CMOS 技術の将来性を見抜き、CMOS で「基礎・共通」を志向した開発コンセプトを技術開発の基本方針とした。これが後の技術開発においても、一切のブレがなかったことが、終始一貫して産官学での開発が成功裡に行われた要因となっている。

一方、NC 工作機械（CNC 装置）の世界トップメーカーであるファナックは、早くから油圧パルスモーターの限界を環境問題や性能面から察知し、その開発すべき技術のターゲットをサーボモーターに据え、これが大きな成功を収めた。

同様に、NEC のスーパーコンピュータの開発では、当時は LSI 製造技術としてはバイポーラが主力であったが、将来性のある CMOS を採用し、また、世界への流通を考慮し、OS（Operating System）に UNIX を採用した。これが、今日の世界的な競争優位性の要因となっている。同様に NTT - 住友電工などによる日本発の光ファイバー製造法である VAD 法の開発・採用も、前述と同様に、将来を見据えた主力技術や設計方式を選択するという技術の“見立て、目利き”が、イノベーションをもたらした。このような見立て・目利きが成功要因であることは、技術だけでなく、商品コンセプトの創案についても当てはまる。

技術の見立てには、二通りの能力が求められる。第一は、科学技術の動向を見定めて技術の本質を見抜く力（シーズアウト）である。第二は、技術が社会に受け入れられて、はじめて価値を発現するのであるから、社会や市場の将来のニーズを予測し、それに合った技術を選択する能力（ニーズイン）である。

社会に価値をもたらすことができるイノベーションでは、従来からの前者にもとづく技術の見立てに加え、後者の社会的なニーズ、価値から技術を選択することの重要性が増している。特に、成熟社会では、性能向上よりも環境保全性や安全性、信頼性、

高齢者にも使いやすい操作性などが、より大きな比重で求められることが多い。

(2) プロダクト技術(製品開発技術)とプロセス技術(生産技術)の統合化

製品開発と生産技術の統合化と並行開発

電子A社は、巻末資料に掲載するように、セラミックの部品開発において材料開発(プロダクト技術)と生産技術の同期化を図り、世界に通用する製品開発に成功した。

このように、ものづくりのイノベーションには、製品開発と生産技術開発との同時並行開発(コンカレント開発)により、開発のサイクルタイムの短縮に成功した例が多い。代表的なものは、自動車におけるコンカレント開発である。欧米メーカーが新車の開発に20カ月以上を要していることに対して、トップメーカーのトヨタの開発期間は、すでに約15カ月といわれている。

生産設備の内製化、開発

電子A社では、独自開発における差別化と生産技術の秘匿のために、重要な工程においては生産技術のエッセンスを設備に反映させて、独自の生産設備を内製化するという戦略的なアプローチによって、イノベーションを生み出している。

(c) 異分野の知の融合方法 縦型技術⁷と横型技術の融合

(1) 共通言語による異分野の知の融合とイノベーション

電子技術、機械技術など縦型分野は商品化には大きな役割を果たしているが、縦型分野の科学技術だけでは、市場に価値をもたらす優れた商品は生まれなくなっている。例えばMRI(核磁気共鳴による医用画像診断装置)の開発においては、高度な数学理論によりその挙動の解析が行われ、精緻な画像処理とその装置設計が可能となった。同様に、共通言語の役割が縦型分野の知識をもとに異なった分野の知識を融合し、イノベーションを生起するのに、きわめて有効である。この共通言語としては、数学的手法、数学モデル、分子軌道法のように量子力学を基礎とした手法などが挙げられる。これらの共通言語は、いずれも横型技術に基づくものである。

また、近年、市場のニーズ(市場知)の分析にも、テキストマイニングやデータマイニングなどの数学的手法、統計手法が、効果をあげている。これにより、市場の要求(市場知)の明確化(要求定義)や、製品に対する要求品質への変換そして技術目標の設定を論理的に行うことができる。

同様の手法として、品質管理に見られる品質機能展開(QFD)なども、共通言語として活用されている。また、このような試みはソフトウェアの分野でも活発になされ、

⁷ (注再掲)ある実体(すなわち「モノ」)を対象領域として、その最適な状態、最良の製品を追求する技術を縦型技術、広範囲の対象に共通して適用可能な方法論(すなわち「コト」)を追求する技術を横型技術と、ここでは呼んでいる。

要求工学という学問・技術が発展している。

(2) 暗黙知の形式知化、可視化によるイノベーション

たとえば、ソフトウェアの故障（不具合）の検出などは、暗黙知⁸の処理が多く、経験と勘にもとづいたアクションが多いため、品質や生産性の向上が困難となっている。このような問題に対して、ソフトウェアの動きを状態方程式を適用して可視化することにより、暗黙知を形式知化⁹し、効果をあげている。たとえば、エンジンボックスのギアのかみ合わせ音に対して Wavelet 処理による定量分析を行い、制御を可能にした事例や、制御理論を勘・経験が主体だった生産管理へ応用し、形式知化することにより、大幅な在庫削減が達成できた事例が挙げられる。

また、金型のイノベーターであるインクス社では、金型設計・製造の自動化・一元化を徹底した上で、金型職人の作業を分析することにより、その作業の暗黙知を形式知化することに成功している。さらに、三次元 CAD とネットワークによる自動化を促進し、従来 45 日かかった金型設計・製造を 45 時間で達成するという、24 倍のサイクルタイム短縮・生産性の向上をもたらした。

(3) 横型技術の重要性

IT やマネジメント技術と縦型技術の融合

鹿島は我が国で超高層建築におけるイノベーターである。1968 年に日本初の鉄骨構造の超高層ビルである霞ヶ関ビルの開発を行った。また、住宅建築に関するいくつかのイノベーションも成功させた。スーパーRC フレーム構法による、フレキシブルな居住空間を可能にした超高層住宅の開発などである。

いずれのイノベーションにおいても、耐震設計やシミュレーション、有限要素法による解析技術などといった、横型技術である IT（情報技術）の進歩が、縦型技術である建築技術と融合し、建築技術を大きく変革したと考えられる。

また、超高層ビルの施工では、工程計画・管理の手法である PERT (Program Evaluation & Review Technique) が導入され、施工工程の科学的な管理に大きく貢献した。超高層住宅の施工ではトヨタ生産方式に代表される JIT (Just In Time) 生産管理手法が適用され、工期短縮や部材の在庫低減に大きな効果をもたらした。

プロダクト技術を製品化に導いた横型技術

携帯用温度補償水晶発振器の世界シェア 40%（1 位）のメーカーである日本電波

⁸ 暗黙知：文章や言葉では表現が難しい経験的知識、身体的知識をいう。技能やノウハウなどは暗黙知であるため伝承が困難である。

⁹ 形式知：文章や言葉により表現できる知識をいう。この形式知はマニュアル化が可能なため伝承が容易である。

工業は、商品に直結した開発技術(製品技術)を縦型技術と位置づけ、生産技術、装置技術、CAD、シミュレーション(回路シミュレーション、力学シミュレーション)などは、製品技術に横串を通す横型技術として縦型技術から独立させている。

携帯用温度補償水晶発振器も、長年蓄積してきた人工水晶の生産技術と、LSI 化のための回路シミュレーションなど横型技術により、0.2ppm という周波数安定度の実現に成功した。これは、まさに縦型技術と横型技術の知の融合の成果といえる。

縦型技術と横型技術の融合を可能にする条件

松下電工は、ものづくりに関する工程管理設計、工法設計、設備金型設計、マーケットニーズ設計、商品設計の五つの設計技術を、品質、コストをベースに一体化させている。そのためには、同社の重要な要素技術である IT、特に、VR(Virtual Reality)技術がこれらの異なった技術(知)を融合させる働きをしている。

このように、異分野の知の融合には、目指す製品の品質(機能、性能など)やコストの目標を明確にし、モデリングなどの横型技術を用いることが有効である。さらにこれらの融合は、プロジェクト形式で行われることが多い。このような融合を効率よく行うためには後述の技術の体系化が求められている。

2.2.2 イノベーションの不成功要因

次に、製品化には成功したが、コスト等のために事業化に至らずにイノベーションが不成功に終わった事例や、事業化はしたが、顧客からの量的な要求に対応できず、あるいは当初想定した顧客のニーズの変化に追従できずに市場から撤退した事例も、少数ではあるが、インタビュー調査で収集することができた。詳細は巻末の資料編のインタビュー報告資料を参照して頂きたい。

本節では、このような不成功の要因についても、分析を試みた。その結果、要因は以下のように大別される。これらの不成功要因は、上記の成功要因の裏返しでもあると思われる。従って、上記の成功要因を把握し、確立することが、イノベーションのための必要条件といえる。

市場に要求とリンクしなかった技術開発

住友電工の前述の DPF 開発では、自社製の材料を過信し、市場要求分析や競合分析も不十分なまま事業化した。市場ニーズとのミスマッチも存在したが、自社技術、自社製品(材料)にこだわらずに他社との連携を考慮していれば、かなり異なった事業展開になったと推測される。

技術の本質を見誤った技術開発

カシオは、当時主流であったフロッピーディスク形式で記録するアナログ方式電子

スチールカメラを開発したが、同価格帯の8ミリビデオカメラの出現で、撤退を余儀なくされた。その後、光学式カメラや8ミリビデオカメラの商品特徴を明確にし、技術の主流がデジタル化にあったことを見抜いてデジタルカメラを開発し、小型化など機能に加え、デジタル技術の特徴であるパソコンへの画像の取り込みなどの新機能をアピールし、成功した。

製品技術と同期化できなかった生産技術

日本電波工業では、三色ガスレーザーの製品開発に成功し、印刷業界、医療機器業界などから引き合いがあったが、収率（歩留まり）や製品の信頼性が低く、十分な製品供給ができずに、市場への投入後5年で撤退した。その原因は、生産技術や信頼性管理技術、他の技術動向調査や市場調査が、当初より、不完全なまま、製品化、事業化が進められたことである。

同様に、住友電工のZnSeによる白色ランプに近い色で発光する白色LEDは、事業化を先行したが、量産技術（生産技術）の開発・確立が遅れるとともに、GaNという材料の安定性、寿命性能などの面で、より優れた材料が現れ、事業を断念した。

なお、これらのようにイノベーションが不成功に終わった技術開発においても、開発された技術が後日、他の技術開発や用途に転用され、市場価値を生み出したものもある。そのような技術の転用では、絶えず、過去の技術資産を見直して市場（マーケティング）からの要求をぶつけ、埋もれた技術の掘り起こしに努めることが重要であるとの指摘がなされた。

2.2.3 イノベーション実現のために整備すべき条件

上記のイノベーションの成功要因、知の融合の果たした役割等から、今後、わが国においてイノベーションを加速するために求められる条件を考察する。

また、企業がイノベーションを生起するために取り組んでいる基盤整備の事例や、大学・政府に対する要望も紹介する。

（1）リーダーシップをもったコーディネーターの育成

すでに、(a)マネジメント面での要因に挙げたように、異分野の知の融合によるイノベーションには、強力なリーダーシップとともに、関係分野の知を束ねることができるコーディネーション力が、特に、開発リーダーには求められる。

カシオでは、開発者である技術者に、技術開発のみならず、商品企画・開発までを責任をもって遂行することが課せられている。このような経験を積むことにより、技術と経営がわかり、イノベーションを創出するリーダーが養成されるという方針に基づいている。

また、ファナックでも同様に研究開発、生産技術、事業化、市場開拓を行う一元的なリーダーを育成するシステムがある。さらに電子K社では、アメンバー経営と呼ばれる小さな事業単位での利益管理を行うことで、技術者にも経営センスを修得させている。それは研究開発段階から適用される。

また、住友電工では、技術の見立てができ、経営もできる人材を育成するために MOT（技術経営学）を社内で広め、技術者研修のメニューに入れている。

イノベーションには、リーダーシップと同時に、企業内起業家（アントレプレナー）の育成も重要である。化合物半導体を独力ではじめ、事業化までこぎ着けた横河電機の事例に見られるような、イノベーターを輩出する人材を育成し評価するシステムが、今後は大企業において望まれる。

（２）技術の体系化と活用

イノベーションは、様々な要素技術、異分野の知の融合によってなされることは、すでに繰り返し述べたが、その融合のためには、要素技術を整理し、体系化することが大切である。横河電機は製品に直結する要素技術を束ね、以下のように分類した。

「微小を測る、繰る」技術

「光を測る、繰る」技術

「コピキタスを繰る」技術

このように、商品・事業とリンクした技術表現はコア技術（中核技術）と呼ばれ、それが事業戦略を反映した技術の体系化である。

また、図 2.4 に示す技術体系の階層¹⁰では、製品には直結しないが、評価技術、分析技術など複数の分野で活用される共通技術も、イノベーションの基盤を形成するものとして不可欠である。このような技術は「基盤技術」と呼ばれている。イノベーションを創出した機関ではいずれも基盤技術が大きな役割を果たしている。

各企業ではそれぞれ独自のコア技術を擁している。このコア技術はふつう縦型技術によって主に構成される。しかし、鹿島での建築技術、特に超高層ビルや住宅建築におけるコア技術には、FEM（有限要素法）などの解析技術や、シミュレーションなどの IT もその構成要素技術として含まれる。これらは横型技術であるが、コア技術としての重要性が認知され、鹿島では IT の研究開発組織も設置されている。

このような技術の体系化は、技術の見立てにも有用であり、イノベーションに必要な異分野の知の融合の設計にも活用される。必要な技術（知）が自社にない場合は、外部との連携により、獲得することが必要である。

また、事業化が不成功に終わった技術であっても、このような技術の体系で整理し、データベース化（技術データベース）することにより、他の分野の目的に活用されるこ

¹⁰山之内昭夫、『新・技術経営論』、日本経済新聞社、1992年。

ともある。前述の住友電工の DPF 技術は、他の分野に転用できた事例である。

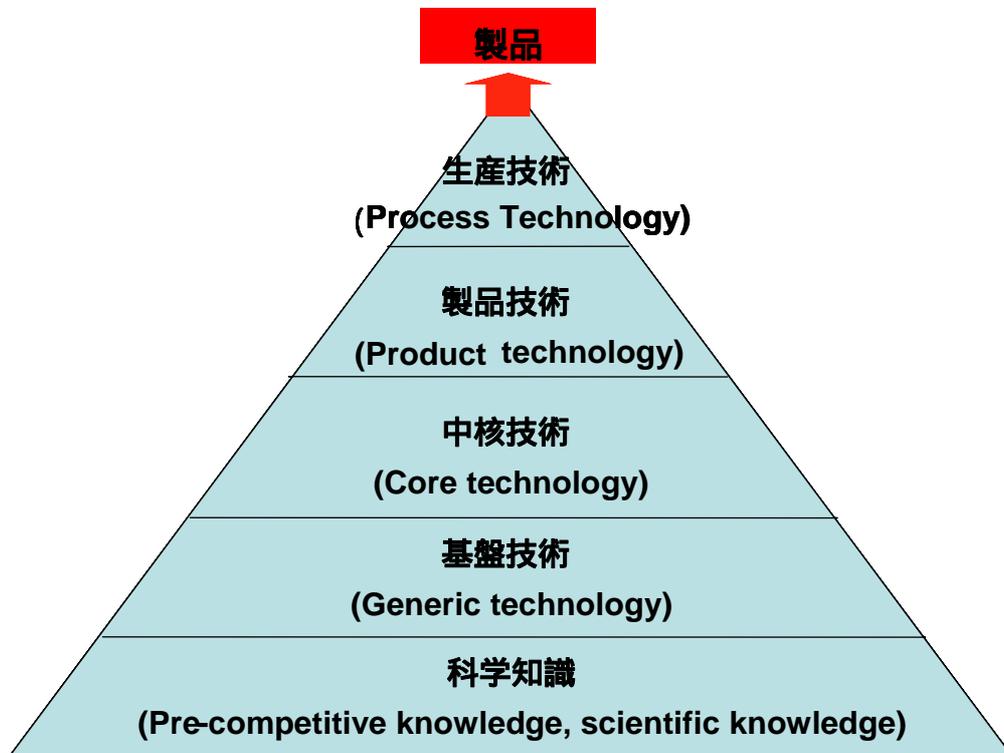


図 2.4 技術体系の階層

(出所：山之内昭夫(1992)「新・技術経営論」日本経済新聞社、p.100。)

(3) 大学・公的研究機関の役割

本事例研究において、光触媒、光ファイバー、光増幅器、福祉工学などのいくつかのイノベーションが、大学や公的機関と産業界とのコラボレーションによって生まれていることが明らかになった。

このように、知の拠点としての大学の役割は大きいですが、大学に求められるのは光触媒の開発者である藤嶋氏が強調しているように、基礎研究、原理の解明である。上記の技術体系に示すように、科学的知識がイノベーションを底辺で支えていることを忘れてはならない。

また、産業技術総合研究所など公的研究機関は、産業界により近く、産業ニーズを絶えず収集できる位置にある。同時に、多様な分野の研究者を擁する知的拠点でもある。その意味で、かつて NTT などが果たしたように、産業界とのコラボレーションを積極的に進める先導役を担うことが期待される。

(4) R on I (Research on Innovation) の推進

イノベーションを引き起こす研究開発およびそのマネジメント（戦略、プロセスなど）に関する研究では、日本は欧米の先進国に遅れをとっているとされており、その振興が望まれる。この研究を仮に Research on Innovation と呼ぶ。1970 - 80 年代に米国で研究開発マネジメントを研究するための R on R (Research on Research) が生まれ、研究や研究者の評価方法などいくつかの成果も生まれている。引用度分析などの計量文献学もツールとして開発された。R on I は、これとは違って、イノベーション戦略やプロセスを事例に基づき研究し、イノベーションを創出するための政策、マネジメント、知の融合、技術経営 (MOT) など、イノベーションに関する広範な研究である。本調査研究もその一つといえる。そこでは、イノベーションの成功事例や不成功事例のデータベース化と分析、組織的活用も望まれている。

(5) 産官学共同の大規模プロジェクトの設立と実施

超 L S I 研究組合やスーパーコンピュータのプロジェクトでは異分野の知の融合により、多くの知の創造や新技術(要素技術)をもたらした。米国では、国防省の研究開発・技術開発プロジェクト (DARPA) がこのような役割を担い、その将来を見据えたプロジェクトから、インターネット、通信技術など様々なイノベーションが生まれた。

一方、日本には DARPA に相当する研究機関はないが、それに代わるものとして期待されるのが、前記の超 LSI やスーパーコンピュータなどを生み出した産官学による大規模プロジェクトである。そこでは、競争原理を取り入れて、次世代を担う科学研究や技術開発が戦略的に同時に行われ、異分野の知の融合によるイノベーションの創出が望まれている。

2.3 インタビュー調査のまとめ イノベーション政策の課題

本調査では、インタビュー先から、今後の我が国でのイノベーションを成功させるための政府の果たすべき役割について、多くの課題が指摘された。インタビュー調査のまとめとして、それらを整理し、以下に列挙しておく。

(1) 高度技術者の採用と育成

今後、ますますイノベーションへの期待が高まるが、その担い手は高度の技術をもつ技術者である。その代表は、博士号を取得した技術者である。しかし、日本では博士号取得者のほとんどは、大学、公的研究機関、大企業での研究者となることを強く希望しており、製品開発や生産技術開発に従事する割合は非常に小さい。また、産業界でも、博士号取得者の採用を研究者としてしか考えていない傾向も強い。

一方、金型設計・製造のイノベーターであるインクスは、毎年、数名の博士号取得者

を採用し、設計・開発（金型設計、3次元CADの開発など）に投入している。採用時には金型の技術や知識を有していなくても、卓越した論理力に加え、数学的能力、モデリング能力といった異分野の知の融合により、縦型技術である金型技術を大きく変革し、同社に貢献している。

また、一方では、米国では優秀な技術者は大企業への就職よりは起業を志向している。我が国においても、博士号を取得した高度の人材を、研究者としてだけでなく、製品開発や生産技術開発に従事する技術者として、採用・育成することが、イノベーションのためには求められている。

業務遂行における基本の基本

計る、予測する、制御する

- 現在の位置を「測り」、将来の到達点を「予測し」、期待どおり(所与の評価関数)のところへ「制御する」
- 対象は、自然現象に限らない、物の生産管理や輸送も、収益管理も、人的資源の育成も、経営も、・・・
- 計測、認知、シミュレーション、制御、リスク管理、智慧の創出手法

対象を分類し、構造化し、段取りする

- 対象を、取り扱える(アクション可能な)単位要素に分類し、その要素をディレクトリー構造に体系化し、全体を鳥瞰し、所与の評価関数を最適にするように段取りする
- モデリング、認知、IE、OR、品質・信頼性管理、分類・計画手法、実行管理

Copyright © 2006 NS Solutions Corporation. All rights reserved. 21

図 2.5 新日鐵ソリューションズにおける、横型技術者に求められる能力の提示

なお、横型技術者を育成している例として、情報ソリューションカンパニーである新日鐵ソリューションズは、図 2.5 に示すように横型技術者に求められる能力を提示し、その能力啓発に努めている。このように横型技術者としての能力に言及し、育成する仕組みを構築している数少ない企業として注目される。

(2) 大学研究者の評価方法の見直し

企業側からは、イノベーションに向けて大学に対する期待は大きいですが、大学研究者に対する批判も少なくない。それは、産学共同開発を行っても、製品化や実用化にはあまり興味を持たずに研究論文の作成に意欲を燃やしているため、企業との共同開発が不成

功に終わることが多いということによる。このような背景には、大学研究が論文で評価される慣習が大きいと言われている。

企業とのオープンな共同開発を積極的に取り組み、社会や産業界に価値をもたらしていることを、大学での評価に積極的に採り入れるべきだとの意見が多数あった。

(3)ものづくり・コトづくりを重視する政策

1990年代に我が国の製造業の競争力が低下した原因の一つに、コストダウンのために製造現場を海外シフトしたことがあった。それに伴い、国内のものづくりの空洞化、さらには進出先が開発途上国であるために、さまざまな技術流出が発生した。

今後の我が国の戦略としては、本調査で取り上げたシャープの太陽電池・発電、LCDや、東芝のフラッシュメモリー事業に見られるように、イノベーションを創出し、世界的に競争優位にあるものづくりを重視し、技術開発と生産の一体化により、日本をものづくりイノベーションの拠点にする政策が必要であるとの意見が多くあった。そのためにはものづくり拠点の税制優遇措置などの、インセンティブも検討すべきである。

また、今やサービス経済化の進展に伴い、ものづくり現場にもメンテナンスやコンサルティングなどのサービスが求められている。金型のインクスの売上高の約50%は、金型設計・製造のコンサルティングである。今後はこの例に見られるように、日本のものづくり産業には、MITのクスマノ教授が提唱する、強いものづくりに新たなサービス機能を組み合わせるハイブリッド型¹¹が、適していると思われる。その際には横型技術によるコトづくりのイノベーションが求められよう。

(4)イノベーションに関するプロパテント政策と人材育成

技術の価値は知的財産として権利化されるが、研究者、技術者は製品開発に傾注するため、特許などの知的財産の確保、取得戦略には疎いことが少なくない。特に、研究者は、論文が最優先される傾向にある。光増幅器の例では外国特許を出願せずに論文発表したため、海外メーカーは日本で開発された画期的な EDFA (エルビウム添加光ファイバー増幅器)と同じ原理を使った EDFA を、製造販売することが自由にできた。

この点では、光触媒を藤嶋教授、橋本教授(東大)と共同開発した東陶機器は、特許の戦略的なマップを作成し、光触媒の知的財産化を戦略的に優位に進め、事業競争力にも大きく貢献した。

また、インタビュー調査では、日本で出願された特許の審査が欧米に比べ減点主義的であり、イノベーションのシーズを発掘する態度、努力に欠けるとの指摘がなされた。今後の課題でもある。

¹¹ マイケル A. クスマノ、ソフトウェア企業の競争戦略、ダイヤモンド社、2004年。

(5) 社会価値創出イノベーションへの支援

伊福部教授(東大)へのインタビューでは、産学連携で進めてきた福祉機器の事業化の経験が紹介されている。そこでは、その対象市場が小さいため、ベンチャー企業が主体となり、事業化が推進された。しかし、ベンチャーが研究開発から市場開発を進め、その結果、市場が見えるようになると、大企業が参入し、席卷することが多いという。大規模な産業として技術がすでに確立されている分野とは異なり、福祉機器事業あるいは福祉工学は、社会価値をもたらす公益的な事業、学問である。このような背景を政府は十分理解し、大企業が上澄みをすくい取ると言うことの無いようにするためにも、ベンチャーに対する優遇措置を講じてほしいとの要望が出された。市場原理が必ずしも機能しない分野のイノベーションの優遇は、今後の大きな課題である。

参考文献

- [1] 技術経営研究センター、企業における技術経営、(財)社会経済生産性本部、2000年。
- [2] J.A. シュンペーター著・中山伊知郎・東畑精一訳、経済発展の理論(上)(下)、岩波書店、1977年。
- [3] 赤尾洋二、品質展開入門、日科技連出版社、2000年。
- [4] ヒューゴ・チルキー編・亀岡秋男監訳、科学経営のための実践的 MOT、日経 BP社、2005年。
- [5] 垂井康夫、超LSIへの挑戦、工業調査会、2000年。
- [6] 垂井康夫、世界をリードするイノベーター、オーム社、2005年。
- [7] 藤嶋昭、天寿を全うするための科学技術、シーエービー出版、2006年。

