

－企業の研究開発費総額策定とR & D資産の蓄積・維持・活用－

高柳 誠一, ○亀岡 秋男, 有信 睦弘 (東芝)

§ 1. はじめに

近年、企業の研究開発は投資規模の増大にともない企業経営の中心課題となり、R & Dの適正な投資とその知的生産性向上への関心が急速に高まっている。特に日本の製造業は「製造業から創造業へ」の技術パラダイム変化⁽¹⁾に直面しており、これに対する本格的な取り組みが緊急課題になっている。研究開発のあり方も、新たな機軸によるR & Dの効果・効率の向上が強く求められている。こうした近況を踏まえ、国家レベルのテクノストックの考え方^{(2) (3)}を企業レベルにも敷衍し、企業のR & Dの諸問題を考察する基本概念として、“コーポレート・テクノストック・モデル”を導入する。この概念モデルに基づく研究開発費総額の策定指針を企業経営の立場から概括（詳細は一昨年の本学会シンポジウムで述べた⁽⁴⁾ので省略）する。

ここでは、さらに“コーポレート・テクノストック・モデル”をベースに、研究開発マネジメントの立場から、テクノストックの内容面について考察する。科学・技術知識の生成プロセス、知識の形態、知的価値の評価基準、事業化による知的資産のフローなど、知識の蓄積・維持・活用を最適化し、R & D効果と効率を高めるための知的生産性のフレームワークについて1つの考え方を述べる。

§ 2. コーポレート・テクノストック・モデルに基づく研究開発費策定

近年、研究開発費は企業経営の最重要課題の1つであるが、未だ“研究開発費(R&D Expenditure)”という捕らえ方が大勢で“研究開発投資(R&D Investment)”という捕らえ方は少ないように思われる。まず、“R&D Investment”に繋がるテクノストック・モデルの概念と研究開発費策定のフォーミュレーションを簡単に紹介する。

毎年の研究開発費はR & D資源のフローを表している。これまで、企業の毎年の研究開発投資額の策定は、個々の研究開発案件の個別査定積み上げで決定されて来たのが実態である。個々の研究開発案件の成功の不確実性が総額に関する経営判断を難しくしている。このプロセスが研究開発を“Expenditure”という概念の枠に止めている大きな要因と思われ、“Investment”の概念に繋がる適正なマクロな方法論が欠けていると言わざるを得ない。技術ストックの視点に基づく“蓄積された技術知識(技術ポテンシャル)の陳腐化の補償、すなわち“テクノストックの減価償却”の概念を導入し、方法論の構築と意義について考える。

研究開発費の投入から製品の売上に至る企業の技術関連活動を、コーポレート・テクノストック・モデルで捕らえ、図1に示す。このモデルによれば企業の研究開発費総額の目安は次式で算出できる⁽⁴⁾（詳細は文献参照）。

$$E_t / Q_t = (\rho / \kappa \eta \varepsilon) (1 + \beta / \rho) (1 + \beta)^{t-1}$$

すなわち、研究開発費売上高比率 (E_t / Q_t) はテクノストックの陳腐化率 (ρ) と企業の経営目標である売上高伸長率 (β) の関数として簡単に表すことができる。表1は、テクノストックの半減期が、4, 6, 12年の場合の試算結果で、 E_t / Q_t を変化させると売上高伸長率が敏感に反応することが分る。この試算結果では、テクノストックの陳腐化の補償(減価償却の概念)が経営計画(売上高伸長率の期待値)を遂行するのに必要な研究開発費総額の算定に有用であることが示唆されている。

このテクノストック・モデルのもう1つの意義は、各係数の意味を考慮して研究開発効率の向上施策が企画できることにある。すなわち、研究開発費を節約するには研究開発効率 ε 、商品化効率 η 、販売効率 κ をそれぞれの状況に合わせてマネージする必要があることを示している。まず、研究開発効率 ε の向上には、企業にとって有用かつ有効な質の高いテクノストックの蓄積が重要である。また、技術突破(ブレイク・スルー)から技術融合(テクノフュージョン)への組織変更、さらにタイムラグ \mathbb{M} の短縮を目指す組織の活性化も大切である。商品化効率 η の向上には製品設計開発部門やワークスラボ(WL)の活性化が重要になる。新製品開発では、他社のテクノストックの活用も必要で良質かつ相補的なテクノストックが鍵となる。

販売効率 κ の向上には、R&D部門とマーケティング部門の連携が重要となる。

このように、テクノストック・モデルのそれぞれの効率係数について施策が考えられ、さらに具体的にブレークダウンできる。

§ 3. コーポレート・テクノストックの生成・蓄積・活用

3.1. イノベーション・モデル “連鎖（クライン）モデル”

まず、研究開発効率 ε の向上について考察する。企業の研究開発部門には、そのミッションとしてイノベーション（技術革新）を起こすことが期待されている。

S. J. クラインは、1985年、イノベーションプロセス・モデルとして、従来のリニヤモデルに替え“リンクド・チェーン・モデル（連鎖モデル）”⁽⁵⁾を提唱した。この特徴はサイエンス(Science)による知識蓄積過程と、これを利用して製品を事業化するエンジニアリング(Engineering)過程の2つの並行的なプロセスに分けたことである。後者は、市場洞察に始まり、発明解析設計、詳細設計・試験、生産・再設計、流通・販売へと続く製品事業化の過程である。

表1. 売上高伸長率と研究開発費売上高比率
(試算例)

技術の 半減期	陳腐化率 ρ	売上高伸長率 (%)		
		10%	0%	-5%
4年	0.16	28.5	15.9	10.4
6年	0.11	23.0	10.9	5.6
12年	0.06	17.2	5.6	0.6
		(研究開発費売上高比率 %)		

(技術の半減期：陳腐化率を仮定した試算例)

児玉文雄は、イノベーションの成功について「潜在ニーズの早期発掘と独創的な新製品コンセプトの概念構築、その鍵となる重要技術の先行開発が成功要因(KFS)である」とし、これを“デマンド・アーティキュレーション(Demand Articulation)”と称している⁽¹⁾。アーティキュレーション(Articulation)には、

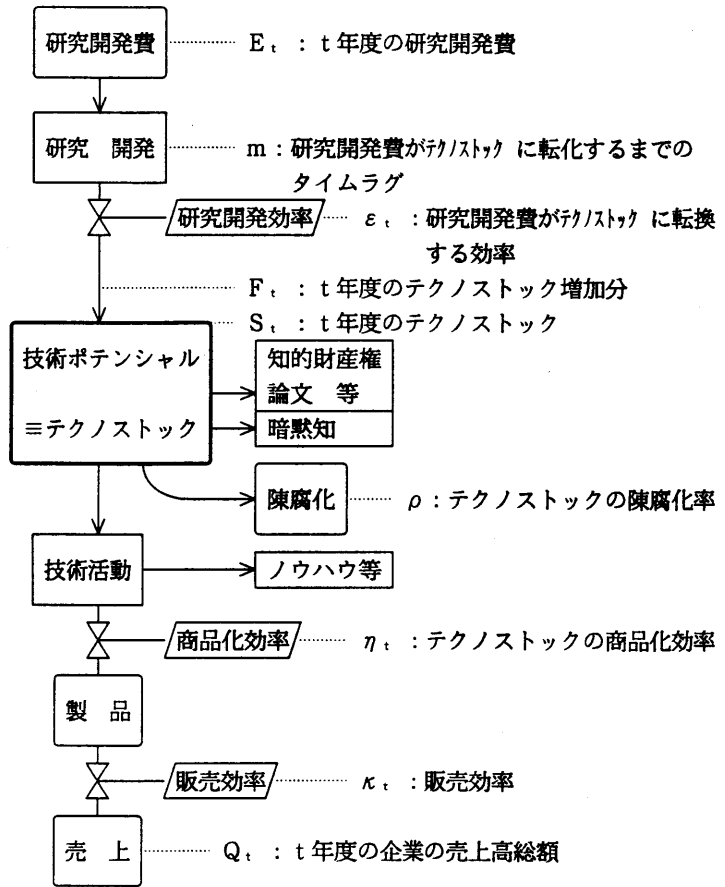


図1. コーポレート・テクノストック・モデル

その後、同氏は矢作嘉章らの提案を受け“知識”を研究により形成される“科学的知識”とエンジニアリングにより形成される“技術知識”の両面から捕らえ直しモデルを修正している⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

これは、最近のイノベーションの事例調査研究でも言える⁽⁸⁾。CD、PC、ウォークマン、日本語ワープロ、LCD、8ミリビデオなどの代表的事例には、深い市場洞察により“新製品コンセプト”を構築し、最新の要素技術を旨く適合させ新製品に仕上げたものが多い。これら新製品コンセプトは技術的側面からだけでは見え難く、鋭い“市場洞察”に端を発するものが多い。

ここに、R&Dの目標設定の難しさが窺える。

“アナリシス”と“シンセシス”の2つの正反対の概念が包含されており“新製品コンセプト創造”の微妙な分析と総合のプロセスをうまく表現している。例えば、液晶ディスプレイ（LCD）は日本の持つ製品市場（時計・電卓、WP・PC、白黒・カラーTV）のニーズに強く牽引されて、スパイラル状に発展を遂げた特異な事例で“市場”の持つ技術開発牽引力（ニーズ・プル）の強さを顕著に示している。研究開発効率の向上にはこれらの点についての認識に基づくテーマ設定が重要である。

3.2. R&D知的生産活動の有効性と効率性－目標（ターゲット）と手段（アプローチ）－

次に、商品化効率 η に関連して技術活動を眺めて見る。技術活動の生産性（R&D Productivity）は、有効性（Effectiveness）と効率性（Efficiency）の両面から見る必要がある。有効性は、成果の効用に着目した見方で狙いとするターゲットの最適性が求められる。効率性は目標達成のプロセスに着目し、最少のリソースで目標を成し遂げるプロセスが問われる。図3はこれをモデル的に示したものである。まず第1の「目標」は“製品（サービス）コンセプト”が明確に描かれ、企業理念に沿い顧客満足（Customer Satisfaction）を得る商品に繋がるのが重要である。この目標設定は顧客ニーズの探索、製品コンセプト構築、技術目標の設定、商品化のタイミングなど自社のポテンシャルや社外動向、市場規模や成長の時期、競合状況などを見極めて決定する。特に、どのようにして良い製品目標のコンセプトを創造するか、それに最適な技術目標に何を選び技術開発するかが、技術活動の有効性を決める大きな要因である。社会・経済の変化に応じてターゲットも時々刻々変わり、マネジメントおよび研究者・技術者には状況変化への高い感度と柔軟な対応力が要求される。第2の効率性に影響するプロセスには、①人・組織、②研究開発環境、③方法・手段の3つの側面がある。これらは活動効率の問題である。

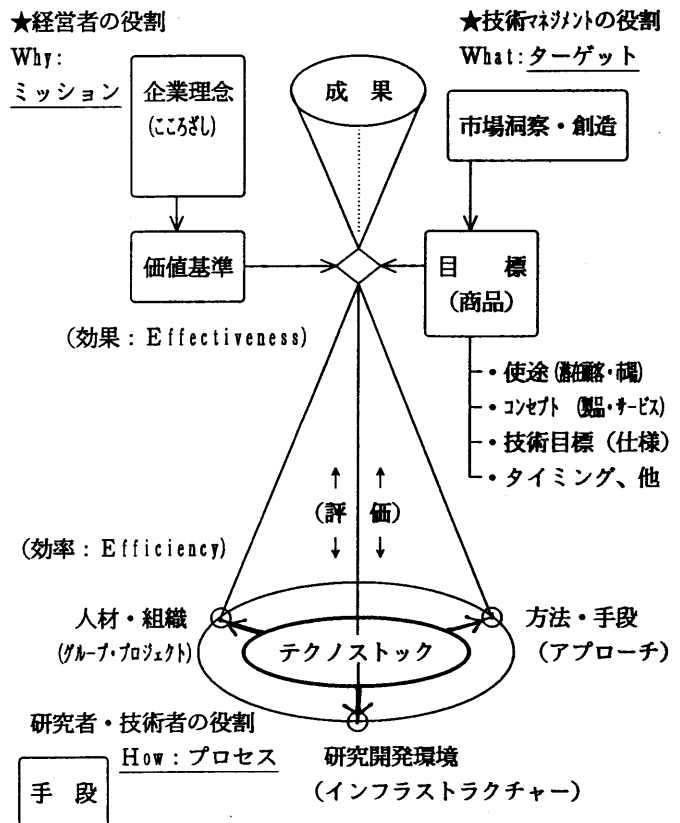
R&Dおよび技術活動の中間的な成果であるテクノストックの効果的で効率の良い蓄積、活用、維持、管理をするには企業の全体活動の中で研究開発・技術活動（R&D and Technology Activity）をトータル的に位置づけ、ストックとフローの両面から全体的に捕らえることが重要である⁽¹²⁾。

3.3. テクノストックの形態

ここで、テクノストックStの内容および形態について若干触れておきたい。

R&D生産性をR&Dマネジメントの面から詳しく見るには、投入（Input）、事業成果（Output）および中間成果であるテクノストックを明確に把握することが必要となる。特に、テクノストックについては「形式知」と「暗黙知」に分けて捕らえることが重要であり、いくつかの指標を表2に例示した。暗黙知についてはその形式知化が重要課題であり、野中郁次郎らの研究が注目される^{(10) (11)}。

図2. 技術活動への視点



これには形式化が難しいノウハウや無意識のうちに個人や組織に蓄積されている知識が含まれ未知の面が多い。当事者も気が付いていない重要な知的ストックが隠されている場合も多いと考えられる。言うまでもなく知的財産権はテクノストックとしての重要な意味を持ち、R&D成果の一部としてドキュメント化されている。これは関連する技術ノウハウを含めて貴重な資産であり、必ずしもその企業の製品事業化プロセスを経ないで、技術移転により直接利益をもたらすことも多い。知的財産の経済的価値は実際に取り引きが成立してはじめて確定する。また、これは企業のバーゲニングパワーとして力を発揮する場合もある。時間と共に陳腐化も生ずる。従ってこれらの真価を正確に推定することは簡単ではない。

先行的研究開発投資の成果を企業利益として回収するには、一般的に約10年を必要とするといわれる。従って研究開発効率を高めるには長期的な研究開発投資の継続が重要である。技術ポテンシャルの蓄積維持にR&Dの持続性が肝要であるのは、一旦中断するとその技術ポテンシャルを回復するには相当の時間がかかるからである。

特に暗黙知 (Tacit Knowledge) は、個人や組織に蓄えられており、研究開発活動の低下ないし中断は、テクノ

ストックに大きく影響する。従来、日本の研究開発は欧米に比べ、長期的かつ持続的で研究開発効率が高いとされてきたが、最近はいくつかの要因により好況不況にかかわらず、研究開発への投資を継続的に行うことが難しくなっている。大幅な技術力低下のダメージをまねかないですむ限界投入量について十分な配慮が望まれる。貴重なテクノストックを本意に陳腐化させることは、技術資産保護の立場から企業は無論、国レベルでも出来るだけ避けねばならない。

3.4. R&D知的生産性—知識生産性と事業生産性—

まず、R&D成果の評価について価値体系のフレームワークを考えておきたい。R&D活動の成果は経営者、研究開発マネジメントおよび研究者・技術者など、それぞれの立場や目的によって捕らえ方が違うのが常である。企業のミッションや事業構造によっても価値基準が違い、成果の評価は異なる。例えば、R&Dの成果をより広い視点から捕らえると表3のような価値基準をあげることが出来る。

このようにR&D評価に関する価値基準は機会や立場によって異なるので、これらを体系的に整理し目的や対

表2. R&D投入・中間成果・事業成果

INPUT R&D資源投入	TECHNO-STOCK 技術ポテンシャル <技術在庫…陳腐化>	OUTPUT R&D成果
リソース ・人材 ・物(施設・設備) ・研究費 ・情報・知識(各種)	R&D中間成果(技術資産) ・形式知(ドキュメント蓄積) *知的財産(特許・実案等) 研究論文、報告書・データ、 試作品、マニュアル、等 ・暗黙知(人・組織に蓄積) 研究者・技術者 経験、ノウハウ:人材、等	直接成果 ・事業化成果 利益×製品寄与率 プロセス改善寄与 ・技術供与成果 コンサルティング ローテーション
	R&Dインフラ(基礎資産) ・研究開発環境(設備・風土) ・研究開発人材(専門研究者) ・R&Dマネジメントノウハウ ・R&Dネットワーク	間接成果 ・社外発表(学会等) 技術イメージ向上

表3. 科学技術知識の価値体系

知識の価値	価値の基準	評価主体
科学的・学問的価値	新知識(発見・発明・理論)	学界(科学者)
工学的・技術的価値	公益性(機能・性能/時間・費用)	社会(利用者)
経済的・経営的価値	利益性(事業収益)	企業(経営者)
個人的・達成的価値	やりがい(自己実現)	個人(研究者)

象に応じて使い分けるのが賢明である。こうした価値体系への認識を踏まえ、企業のR&Dの有効性と効率性について営利企業の価値観で見たR&D活動の評価尺度が出来ればその意義は大きい。そこで“科学・技術蓄積量：テクノストック”をR&Dの中間成果として捕らえ、これに対して“知識生産性 (Knowledge Productivity)”を定義する。これに続く活動を、「製品事業」と、特許権・ノウハウなどの知的財産をベースとする「知的財産事業」に分離し、技術資産のフローをこの2つのルートに分け、かつ図3のR&D基本モデルに示すようにR&D活動を知識蓄積（ストック）と事業化（フロー）の2段階に分けた。これにより技術知識をより明確に把握しようとするもので、将来発展が予想される“知識産業”についての概念整理やR&D活動の理解の助けになることを期待している⁽⁹⁾。

なお“テクノストック”は科学知識および技術知識のいずれも含むものとする。“製品事業”はテクノストックを自社で活用し製品の開発製造販売を通して利益を得る事業であり、“知的財産事業”はR&D活動で蓄積し

た技術資産を直接社外へ販売し利益を得る事業とする。これらのプロセスの途中には複雑なフィードバック／フォワードのループがあり、かつ研究開発資源の投入から事業成果・利益を得るまでのタイムラグもある。これらの性格は製品分野や事業の特性によっても異なってくる。また、学会活動などの非営利的な活動もあるが、このモデルでは敢えてこれらを省略し単純化している。これをR&Dの効果・効率の視点から眺め

“R&D全生産性”を一般的式で表すと表4のようになる。

また、この考え方を基本にして日本の技術貿易の赤字を貿易黒字と対比し、製品貿易と技術貿易の両者を企業利益の視点から簡単な仮説のもとに、等価変換率を想定した総合的な計算結果⁽¹³⁾を見ると知的財産の価値は非常に大きく、その重要性にあらためて驚かされる。

§ 4. おわりに

急激に変化している社会・経済の中で科学技術も同様に激しく動いている。今後はイノベーション・パターンにも変化が起きると予想される。R&Dマネジメントも創造的な新市場の開拓、企業活動全体との有機的な連携、R&Dプロセスの合理化などが課題となる。こうしたR&Dの諸問題を考える1つのツールとして“コーポレート・テクノストック・モデル”の基本概念が有効と考えテクノストックの実態把握の為にフレームワーク設定を試みた。今後実態調査を含めて逐次データを積み上げる継続的な研究が必要であろう。

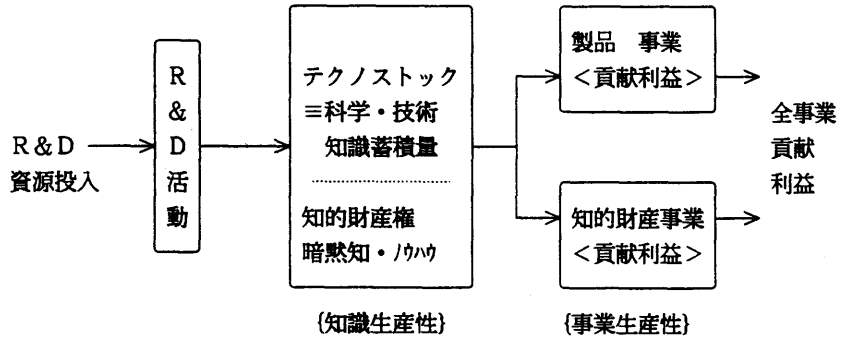


図3. 企業のR&D生産性（知識生産性と事業生産性の分離）

表4. R&D生産性の一般定義式

$$\begin{aligned}
 \text{[R\&D全生産性]} &= \text{[全事業貢献利益 (直接・間接)]} / \text{R\&D投資額} \\
 &= \text{[知識生産性]} \times \text{[事業生産性]} \\
 &= \text{[知識生産性]} \times \text{[製品事業生産性 + 知的財産事業生産性]}
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 \text{全事業貢献利益 (直接・間接)} &= \text{製品事業貢献利益} + \text{知的財産事業貢献利益} \\
 \text{知識生産性} &= \text{テクノストック} / \text{R\&D投資額} \\
 \text{事業生産性} &= \text{製品事業生産性} + \text{知的財産事業生産性} \\
 \text{製品事業生産性} &= \text{製品事業貢献利益 (直接・間接)} / \text{テクノストック} \\
 \text{知的財産事業生産性} &= \text{知的財産事業貢献利益 (直接・間接)} / \text{テクノストック}
 \end{aligned}$$

参考文献

1. 児玉文雄「ハイテク技術のパラダイム—マクロ技術学の体系」中央公論社 P144-145 (1991)
Fumio Kodama "Analizing Japanese High Technologies - TheTechno-paradigm Shift -"
Printer Publishers, London and New York (1991)
2. 後藤晃、本城昇、鈴木和志、滝野沢守「研究開発と技術進歩の経済分析」経済分析 第103号
経済委企画庁 経済研究所 (1986)
3. 三菱総合研究所「日米テクノストックの定量的比較に関する調査研究」(財団法人 機械振興協会経済
研究所委託事業 調査委員会委員長:渡辺千仞) (1991)
4. 高柳誠一「資産の視点から見た研究開発」研究・技術計画学会第8回シンポジウム 講演要旨集
p3-6 (1993)
5. Stephen J. Kline "Innovation is not a linear process" Research Management, Vol. 24, No. 4
P36-45 (1985) および 小池将貴「技術革新過程は直線的単行過程ではない」(同論文紹介)
研究・技術計画 Vol. 2 No. 1 P76-80 (1987)
6. S. J. クライン著、嶋原文七訳「イノベーション・スタイル—日米の社会技術システム変革の相違」
アグネ承風社 P18-19 (1992)
7. 矢作嘉章「基礎研究における研究効率の指標—研究と生産・販売の非線形プロセスの視点から—」
研究技術計画 Vol. 7, No. 3 P204-209 (1992)
8. 亀岡秋男、小池将貴「技術革新プロセス研究に関する欧米調査報告」技術革新プロセス研究委員会
(座長:吉川弘之 委員長:嶋原文七)「技術革新プロセスに関する調査研究」
財団法人 産業研究所 P61-75 (1988)
9. 亀岡秋男 「企業におけるR&D知的生産性向上のフレームワーク:リサーチ・オン・リサーチの視点
から」日本開発工学会 特別セミナー 平成6年2月1日 (1994)
10. 野中郁次郎「個人の知識を組織の知識に高める—ナレッジ・クリエイティング・カンパニー」
DIAMOND ハーバード・ビジネス P16-26 (1992)
11. 野中郁次郎「やさしい経済学—リエンジニアリングを越えて—」①~⑥日本経済新聞
平成6年1月15日~21日 (1994) 他
12. 科学技術庁科学振興総合研究 「知的生産活動における創造性支援に関する基礎的研究(平成5年)
「知的生産性指標に関する基礎研究」報告書(仮題) 財団法人 社会経済生産性本部 (1994)
13. 亀岡秋男 平成5年 「知的財産の経済的効果に関する基本問題調査研究」委託調査研究結果報告書
第5章「知的財産の経済的効果に関する産業別の実態」2節「電機機械産業」
財団法人 知的財産研究所 P255 ~275 (1994/3)