

コーポレート・テクノストック・モデル

(CORPORATE TECHNOLOGY STOCK MODEL)

—企業における研究開発投資の算定と研究開発の生産性—

高柳 誠一, 亀岡 秋男, 有信 睦弘

はじめに

近年、企業の研究開発は、投資規模の増大に伴い、企業経営の中心的課題となっている。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の変化 [1] に直面しており、R&Dへ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。こうした状況を踏まえ“テクノストック (Technology Stock)” [2] [3] の考え方を企業レベルにまで敷衍し、企業のR&Dの諸課題を考察していく基本概念として、ここに“コーポレート・テクノストック・モデル”を導入する。この概念モデルにもとづき、研究開発費総額の策定指針について企業経営の立場から述べる [4]。さらに、研究開発マネジメントの観点からテクノストックの内容面を掘り下げ、R&Dの効果・効率の向上策について考察する。科学・技術知識の生成プロセス、知識の内容・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、知識の生成蓄積・維持活用を促進し、R&Dの効果と効率を高めるための“知識生産性 (Knowledge productivity)”のフレームワークを考察する。

1. コーポレート・テクノストック・モデル

1.1 研究開発投資総額の策定の問題点

企業の毎年の研究開発投資額の策定は、これまで、個々の研究案件の個別査定積み上げで決定されてきたのが実態である。この積み上げプロセスが、今なお研究開発を“Expenditure”の概念の枠に閉じこめている大きな要因と思われ、“Investment”の概念に繋がる

たかやなぎ せいいち, かめおか あきお, ありのぶ むつひろ

㈱東芝 研究開発センター

〒210 川崎市幸区小向東芝町1

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。

設備投資総額決定の場合には、フロー (損益計算) の視点だけからでなく、ストック (貸借対照表) の視点も加味した指針が使用され、“今期の設備投資は減価償却費の範囲内に”とか、“今期の設備投資はキャッシュフローの範囲内に”といった指針が、経営判断基準として常識化されている。このプロセスでは、経営陣は共通の言葉で理解し合っているという安心感と信頼感を持っている。ところが、研究開発投資額を決めるプロセスにはこのような共通理解がない。

研究開発費の総枠策定についてもストックの視点から、継続的に蓄積された“技術知識の陳腐化の補償”すなわち、“技術ストック減価”の概念を導入する。これにより、R&D投資総額にかかわる経営判断について、コンセンサスを得るのに役立つ適切な方法論があり得ると考え、テクノストック・モデルを導入する。

1.2 基本概念

研究開発費の投入から製品の開発製造にいたる技術活動を、その中間過程で生成蓄積される“科学技術知識、つまり知的技術資産 (Technological Knowledge Assets)”に視点を置き、コーポレート・テクノストック・モデルでとらえる。図1はこの概念モデルを示す。

ここでは、毎年の研究開発費が不連続的に極端に大きな変動はしないものとし、企業の技術経営や研究開発マネジメントにおいて、実践的に利用できる研究開発費総額の算定法を検討する。毎年の研究開発費は研究関係者の活動により、あるタイムラグ (懐妊期間) を経て、社内報告、ノウハウ等の技術情報・技術知識と論文、新製品等の技術成果に転化する。これら技術情報・技術知識は蓄積され“技術ポテンシャル”すなわち、“テクノストック”となる。テクノストックに、研究者・技術者の知的活動が加わり、特許、新製品等

の具体的な成果が結実する。また、蓄積された技術情報・技術知識、すなわち、テクノストックは技術の進歩に伴って時間とともに陳腐化し、その価値を減耗する。技術者の知的活動が陳腐化したテクノストックに加わっても高い価値の製品は生まれにくい。

事業化には、さらに、設計・製造などの技術活動が行なわれ新製品が生まれる。同時に、技術ノウハウも蓄積される。製品は販売活動を通して売上げられ、営業利益として研究開発投資が回収される。

1.3 数式モデル

これを定量的に把握するため、数式モデルで表現すると以下ようになる。研究開発費は、年度始めから少しずつ連続的に使用され、テクノストックに転化するが、議論を単純にするため時間を離散的にとり、年度単位で扱う。t年度のテクノストックは、次式で表わされる。

$$S_t = (1 - \rho) S_{t-1} + F_t \quad (1)$$

ただし

S_t : t年度のテクノストック

ρ : テクノストックの陳腐化率

F_t : t年度に追加されたテクノストック増加分

このテクノストック増加分は、タイムラグの年度数だけ遡った年の研究開発費投入に比例し、次式で表わされる。

$$F_t = \epsilon_t E_{t-m} \quad (2)$$

ただし

ϵ_t : 研究開発費のテクノストック転換率

m : テクノストック転化までのタイムラグ

E_t : t年度の研究開発費

研究開発費とテクノストックの関係は、式(1)と式(2)から次のように表わされる。

$$S_t = (1 - \rho) S_{t-1} + \epsilon_t E_{t-m} \quad (3)$$

次に、テクノストックの陳腐化率と研究開発費売上高比率の関係を考える。企業経営にとって、最大の関心事は新製品の造出とそれにもとづく売上および利益である。テクノストックに研究者・技術者の技術活動が加わって新製品が創出されるが、t年度に生まれる新製品の量は、技術マネジメントの良否、技術開発環境、研究者・技術者の能力等によって異なる。この効率を、テクノストックの商品化効率 η_t と定義する。t年度の売上は新製品の量に比例するものと仮定し、比例係数を κ_t とする。 κ_t は販売能力、または販売効率に関する係数である。これらのパラメータを用いると、次の

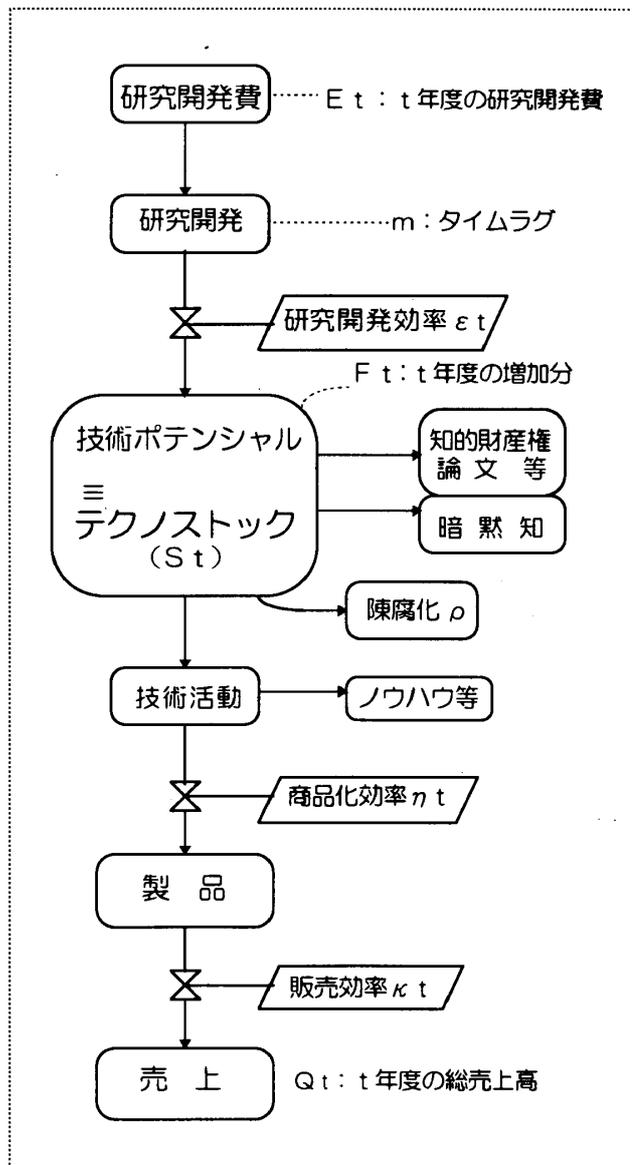


図1 コーポレート・テクノストック・モデル

関係式が成立する。

$$Q_t = \kappa_t \eta_t S_t \quad (4)$$

ただし

Q_t : t年度の企業の売上高総額

t-m年度の研究開発費とt年度の売上高総額の関係は、式(4)を式(3)に代入して次式で求まる。

$$Q_t = (1 - \rho) Q_{t-1} + \kappa_t \eta_t \epsilon_t E_{t-m} \quad (5)$$

次に、研究開発費売上高比率とテクノストックの陳腐化率および売上高伸長率の関係を求める。売上高伸長率が年率 β とすると、n年後の売上高は次式になる。

$$Q_{t+n} = (1 + \beta)^n Q_t \quad (6)$$

簡単のため、 κ 、 η 、 ϵ は、それぞれ年度に関係なく一定とする。研究開発費売上高比率は、目標売上伸長率 β および陳腐化率 ρ から次式により求まる。

$$E_t / Q_t = (\rho / \kappa \eta \epsilon) (1 + \beta / \rho) (1 + \beta)^{m-1} \quad (7)$$

1.4 数値シミュレーション

企業における研究開発投資総枠の算定を、いくつかの製品・技術分野について、式(7)にもとづき、具体的な数値を推定して、シミュレーションを試みた。代表的な事業分野と思われる、半導体、情報通信、および白物家電分野を想定し、これらの技術の半減期を、それぞれ4年、6年、12年に設定し、売上高伸長率10%、0%、および-5%を目指す場合の研究開発費売上高比率を求めた。その結果を表1に示す。

たとえば、半導体のような変化の激しい陳腐化の早い分野では、売上高伸長率を仮に0%成長に控えても、15.9%の研究開発投資が必要になる。売上高伸長率として10%を見込むなら、研究開発投資比率は28.5%になる。白物家電のように成熟し、陳腐化の緩やかな製品・技術分野では、この投資比率は低くなる。しかし、研究開発費の売上高比率を、0%に抑えると売上高伸長率はマイナスになり、毎年売上額は5.6%ずつ減ってゆく。情報通信分野では、両者の中間的な試算結果が得られている。

これら数値シミュレーション結果は、大雑把であるが、経験的な実感と大きな違いはない。

数式モデルによるシミュレーションは、研究開発費売上高比率がテクノストックの陳腐化率と企業の経営目標である売上高伸長率の関数として、簡単に表わせることを示している。この試算結果は、テクノストックの陳腐化の補償（減価償却）の概念が、経営計画目標（たとえば売上高伸長率の期待値）を達成するのに必要な研究開発投資総額の算定に有用であることを示唆している。

今後の課題は、近似度を高めるためのモデルの精緻化と検証、および各種の製品・技術分野で、テクノストックの陳腐化率に関するデータや研究開発費のタイムラグ（懐妊期間）など、客観データの収集ならびに指標化である。

2. テクノストックの内容と形態

テクノストックの概念を広く活用していくため、テクノストックS_tの内容および形態について考察する。R&Dの生産性を上げるには、投入（Input）、事業成果（Output）および中間成果としてのテクノストック（Technology Stock）を把握する必要がある。代表的な投入および成果指標を表2にあげた。投入量は比較的とらえ

表1 研究開発費売上高比率の計算結果

製品・技術分野	技術の半減期		売上高伸長率		
	年	ρ	10%	0%	-5%
短期（半導体）	4	0.16	28.5	15.9	10.4
中期（情報通信）	6	0.11	23.0	10.9	5.6
長期（白物家電）	12	0.06	17.2	5.6	0.6

技術の半減期:陳腐化率を想定した場合の試算例

研究開発費売上高比率(%)

やすく、人、物、設備・資材、情報など金額としての指標が比較的得やすい。

一方、成果指標の把握はいろいろな問題があり、今後の重要な研究課題である。たとえば、知的財産権は明確にドキュメント化され、形式知になっている。これは関連する技術ノウハウを含め貴重な技術資産である。しかし、その価値を推定するのは簡単ではない。知的財産権が製品事業に生かされる場合は、利益貢献の金額算定は可能である。自社の製品事業に生かされなくとも、他社への技術移転により直接利益をもたらすことも多い。この場合は金額評価がされる。しかし、知的財産の価値は実際に取引が成立してはじめて確定するものである。また、有力特許は、しばしば、バーゲニングパワーとして威力を発揮するが、このポテンシャル価値を事前に推定するのは簡単ではない。さらに、テクノストックは時間とともに陳腐化するのも避けられない。

テクノストックは「形式知」として明確化されるものだけではない。形式化が難しい経験やノウハウなど無意識のうちに個人や組織に蓄積される「暗黙知」がある。当事者も気がついていない重要な知的ストックが暗黙的に隠されている場合も多い。この「暗黙知」

表2 R&D投入・中間的成果・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	R&D中間成果（技術資産）	直接成果
・人材 ・物（施設・設備） ・研究費 ・情報・知識（各種） ・技術供与成果	・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	・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）	間接成果
	・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	・社外発表（学会等） ・技術イメージ向上

を認識しておくことが重要である [5] [6].

また、テクノストックの価値は、その企業の経営的、経済的価値基準だけでなく、学問的価値、社会的・公共的価値なども無視することはできない。それぞれの立場で価値観、評価基準が異なる。

したがって、これらの真の価値を正確に推定することは簡単ではない。しかしながら、これらもろもろの要因に配慮しながら、その目的に応じて、実践的な成果指標を開発し取り込んでゆかねばならない。テクノストックの価値と評価の概念整理、指標開発、およびそのフレームワーク設計は、今後の重要な課題である [10].

3. R&Dの生産性—知識生産性—

企業の研究開発部門の大きなミッションは、イノベーションを起こすことである。R&Dの生産性は、いかに多くのイノベーションに貢献したかで評価される。

イノベーションについて、児玉文雄は「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、“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。

また、イノベーションには市場指向が重要である。たとえば、液晶ディスプレイ (LCD) は日本の持つ製品市場 (時計・電卓、ワープロ・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とげた。これは特異な事例で“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もとづくテーマ設定が重要である。テクノストック・モデルは、R&Dの生産性を高める上で、R&Dマネジメントの指針を探るのにも有効である。技術ストックの生成・活用の各段階で、それぞれの係数の意味を考察し、研究開発の生産性の向上施策を系統的に探索してゆくのに役立つことができる。たとえば、研究開発効率 ε の向上には、その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) 形から技術融合 (テクノフュージョン) 形への組織変更、さらには、タイムラグの短縮を目指す組織の活性化も大切で

あることが分かる。商品化効率 η の向上には、製品設計開発部門や事業部門の技術研究所 (ワークスラボラトリー) と本社研究所 (コーポレートラボラトリー) およびマーケティング部門との連携が鍵となる。また、新製品開発では、他社のテクノストックの戦略的活用も重要になる。技術連携を有利に展開するには、自社に特徴のある強い技術を持たなければならない。さらに、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不可欠となる。

このように、テクノストック・モデルの各段階で、効率係数ごとに関連施策が想起でき、具体的な対応策が掴みやすくなっている。以下、テクノストックの視点からR&Dの効果と効率、およびR&D活動における知的生産性のフレームワークを考察する。

3.1 R&D活動の有効性と効率性—目標と手段—

研究開発の生産性 (R&D Productivity) 向上は、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、狙いとする目標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する見方で、最少のリソース投入で目標を成し遂げる手段とプロセスが問われる。図2はこれを概念的に示したものである。

まず、第1の「目標 (ターゲット)」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) を得る商品につながるものが肝要である。この目標設定には創造性が期待される。技術マネジメントの最大の使命は、その企業のミッションに沿った製品・技術の目標設定である。それには、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る必要がある。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を選び研究開発するかが、企業の研究・技術開発活動の有効性を決める最大の要因である。

また、社会・経済の変化に応じて目標のターゲットも時々刻々変わり、R&Dマネジネントおよび研究者・技術者には、状況変化への高い感度と柔軟でダイナミックな対応力が要求される。

第2の「手段 (プロセス)」は、効率性向上の手だての問題であり、研究者および技術者の課題である。効率向上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

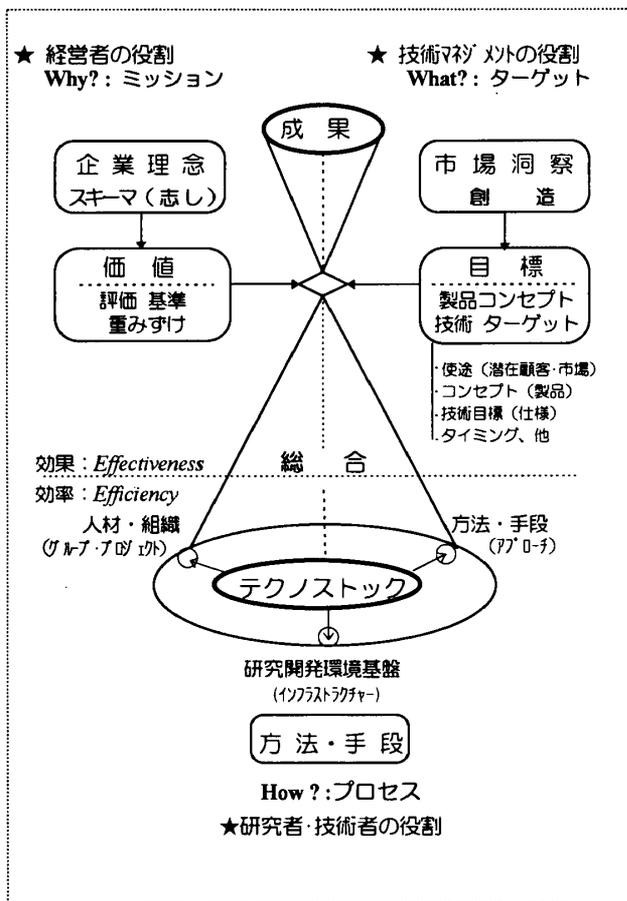


図2 研究・技術開発の生産性向上への視点は活動効率の問題であり、日常の行動の中でのプロセス改善が望まれる。

テクノストックについて、効果的で効率のよい蓄積、活用、維持、および管理をするには、研究開発・技術活動を企業の全体活動の中でトータル的に位置づけ、関係部門との整合性を高めることが重要である。この整合性を見るには、技術のフローだけでなく、“テクノストック”の視点を加え、両面から全体的にとらえる必要がある。

3.2 知識生産性と事業生産性

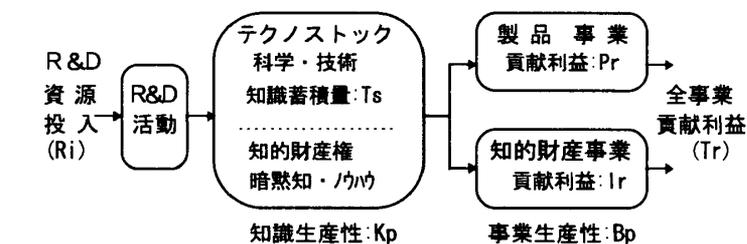
ここでは、R&Dの生産性をどう定義し、指標化するかについて考察する。研究開発活動の成果として蓄積されるテクノストックは、本質的には、形式知、暗黙知を問わず“新しい知識”である。いかにして価値ある新知識を生み出すか、その生産性が問われている。これを“知識生産性”と呼び、次のような定義を試みた。企業におけるR&D生産性の概念および定義式を図3に示す [7]。

R&D全生産性は、R&D投資を入力し中間成果としてテクノストックを出力とする知識生産性と、このテクノストックを投入として事業利益を成果とする事業生産性の積で表わす。ここに、事業生産性は、製品事業生産性と知的財産事業生産性の和とする。

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る。“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。

この定義の特長は、テクノストックの考え方をベースに、研究・技術活動を知識蓄積（ストック）プロセスと、それを応用していく事業化（フロー）プロセスの2段階に分け、それぞれの活動について“知識生産性”および“事業生産性”の概念を導入したことである。また、事業活動を製品・サービスの提供を目的とする「製品事業」と、特許権・ノウハウなどの知的財産の提供をベースとする「知的財産事業」に分離し、技術資産のフローを、これら2つのルートに分けたことである [8] [10]。

この考え方は、テクノストック (Technology



$$\begin{aligned}
 \text{R\&D全生産性} &= \text{全事業貢献利益 (Tr)} / \text{R\&D投資額 (Ri)} \\
 &= \text{知識生産性 (Kp)} \times \text{事業生産性 (Bp)} \\
 &= \text{知識生産性 (Kp)} \times \{ \text{製品事業生産性 (Pp)} + \text{知的財産事業生産性 (Ip)} \}
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\text{Tr} = \text{Pr} + \text{Ir}, \quad \text{Kp} = \text{Ts} / \text{Ri}, \quad \text{Bp} = \text{Pp} + \text{Ip}, \quad \text{Pp} = \text{Pr} / \text{Ts}, \quad \text{Ip} = \text{Ir} / \text{Ts}$$

図3 企業のR&D生産性（知識生産性と事業生産性の分離）

Stock) の位置づけをより明確にしようとするもので、将来発展が予想される“知識産業”についてのビジネス概念の整理や知的R&D活動の把握の助けになることを期待している [8].

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、イノベーション・プロセスに大きな変化が予想される。企業におけるMOT (Management of Technology), すなわち、技術経営においては、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の諸問題を考えるツールとして、“コーポレート・テクノストック・モデル (Corporate Technology Stock Model)” の基本概念が有効と考える。今後、実態調査を含めて逐次データを積み上げてゆく継続的な研究が必要である。

追補: 現在、モデルの精緻化および客観データの収集容易化のため、「2層構造テクノストック・モデル」を検討中であり、その結果の一部を、第10回研究・技術計画学会年次学術大会で報告した [11].

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 pp.144-145 (1991)
Fumio Kodama “Analizing Japanese High Technologies-The Technoparadigm Shift—” Pinter 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 (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 pp.3-6 (1993)
- [5] 高柳誠一, 亀岡秋男, 有信陸弘「コーポレート・テクノストック・モデル—企業の研究開発費総額策定とR&R資産の蓄積・維持・活用—」研究・技術計画学会第9回年次学術大会講演論文集 pp.92-97
- [6] 亀岡秋男「企業におけるR&D知的生産性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)
- [7] 野中郁次郎「知識創造の経営」日本経済新聞社 (1990)
- [8] 亀岡秋男“知的財産と経済的効果に関する産業別の実態—電気機械産業—”「平成5年度知的財産の経済的効果に関する基本問題調査研究」財団法人知的財産研究所5章2節 pp.255-275 (1994)
- [9] 亀岡秋男“コーポレート・テクノストックモデル”「知識生産性測定」財団法人社会経済生産性本部 pp.37-44 (1995)
- [10] Akio Kameoka “Evaluating Research Projects at Toshiba - A Conceptual Framework Design for Evaluating Research and Technology” First International Conference on Evaluation of Research and Technology Developments (RTD), Thessaloniki, Greece April, 1995 (to be published in *SCIENTOMETRICS*, Vol. 34, No. 3, December, 1995)
- [11] 高柳誠一 亀岡秋男 有信陸弘「コーポレート・テクノストック・モデル—二層構造モデルの試み—」研究・技術計画学会第10回年次学術大会講演論文集 pp.153-158