

はじめに

近年、企業の研究開発投資については、適正な投資とその知的生産性の向上が課題になっている。これまで、テクノストックの概念を企業レベルに敷延し、コーポレート・テクノストック・モデル(Corporate Technology Stock Model)を提唱してきた。技術進歩や市場の成熟度の差によりテクノストックの陳腐化率の異なる代表的な事業分野を想定し、研究開発投資と売上目標の関係を数値モデルを導入してシミュレーションを行った<sup>(1)(2)(3)(7)(9)(10)</sup>。さらに、テクノストックの考えをベースに研究開発の生産性および効果的な共同研究のあり方等についても、マクロ的な視点から考察してきた<sup>(4)(5)(6)(7)(8)(11)</sup>。これらの検討結果からこの概念モデルは実務経験と照らして妥当であり、企業の研究技術開発プロセスの全体を理解し、技術経営の諸問題をマクロ的に把握して、技術戦略を構想する上でかなり有効なものになりうるとの自信を深めてきた。

ここでは、いかにうまくリソース投入するかについて検討する。リソース投入からテクノストックの生成・蓄積までのプロセスを追跡しながら、効果的なテクノストックを蓄積するためのリソース投入の時間的な投入のやり方とテクノストックの蓄積効果の関係を数値モデルをベースに考える。

## 1. コーポレート・テクノストックの数値モデル

これまでコーポレート・テクノストック・モデルとして 2 つタイプを導入してきた。一つはテクノストックを全体的に同じものとして捉える単層構造モデルである。もう一つはテクノストックの内容をより基盤的なものと、より応用的なものに分け、前者を基盤技術ストック(Basic Technology Stock)、後者を応用技術ストック(Application Technology Stock)と呼び、それぞれの内容と形態などの特性を類別して考える。これを二層モデルと称している。したがって単層構造モデルは二層構造モデルの一形態で場合によって、これらを使い分けることができる。テクノストックと研究開発リソースの投入の関係は、これらの数式モデルから数式的に次のように表わすことができる。

### 1.1 テクノストックの数式モデル

この二層構造モデルでは、テクノストックの総量は応用技術ストック (*Application Technology Stock*) と基盤技術ストック (*Basic Technology Stock*) の和として次式のように表される。

$$S_t = S_{at} + S_{bt} = (1 - \rho_a)S_{a,t-1} + F_{at} + (1 - \rho_b)S_{b,t-1} + F_{bt} \quad \dots\dots\dots(1)$$

但し

$S_t$  : t 年度のテクノストック総量

$S_{at}$  : t 年度の第 1 類テクノストック (応用技術テクノストック)

$S_{bt}$  : t 年度の第 2 類テクノストック (基盤技術テクノストック)

$\rho_a, \rho_b$  : 第 1 類および第 2 類のテクノストックの陳腐化率

$F_{at}, F_{bt}$  : t 年度に追加された第 1 類および第 2 類のテクノストック増加分

これら増加分は、所定のタイムラグの年数だけ遡った年の研究開発費投入に比例し次式で表される。

$$F_t = F_{at} + F_{bt} = \varepsilon_a E_{t-m_a} + \varepsilon_b E_{t-m_b} \quad \dots\dots\dots(2)$$

但し

$\varepsilon_a, \varepsilon_b$  : 研究開発費が第 1 類、第 2 類のテクノストックに転換する研究開発効率

$m_a, m_b$  : 研究開発費が各テクノストックに転化するまでのタイムラグ

$E_t$  : 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 (1) 式と (2) 式から次のように表される。

$$S_t = (1 - \rho_a)S_{at-1} + \varepsilon_{at}E_{t-m_a} + (1 - \rho_b)S_{bt-1} + \varepsilon_{bt}E_{t-m_b} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 $m_a = m_b = m$ 、 $\varepsilon_{at} + \varepsilon_{bt} = \varepsilon_t$ とすると、

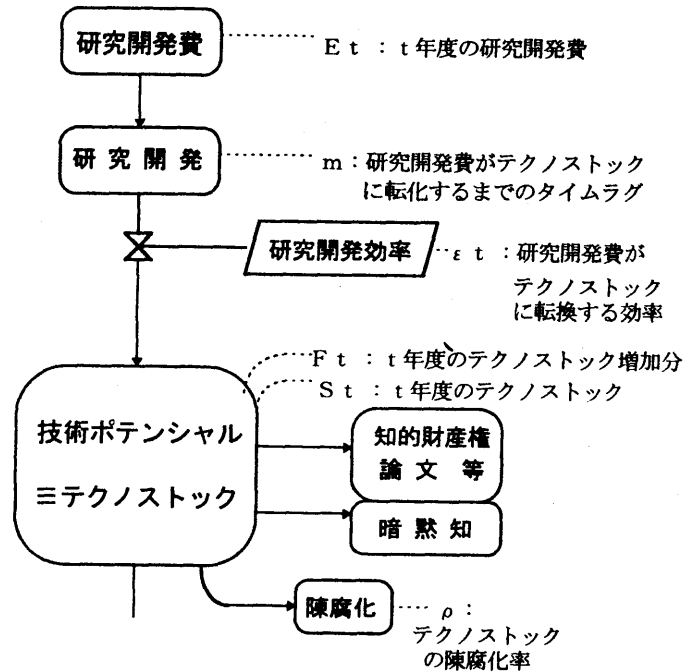
$$S_t = (1 - \rho_a)S_{at-1} + (1 - \rho_b)S_{bt-1} + \varepsilon_t E_{t-m} \quad \dots\dots\dots (4)$$

なお、単層構造モデルにおけるテクノストックは、(4)式において基盤技術ストックと応用技術ストックを統合しまとめることによって一本化できるので次式のように単純化して表わすことができる。

$$S_t = (1 - \rho)S_{t-1} + \varepsilon_t E_{t-m} \quad \dots\dots\dots (5)$$

このように単層構造モデルは二層構造モデルの一つの形態で本質的には同じである。単層から二層に拡張したものである。簡単のため単層構造モデルの概念図を図1に示す。

図1. コーポレート・テクノストック・モデル



## 2. リソース投入とテクノストックの蓄積パターン

ここでは、研究開発へのリソース投入のいろいろなタイプについて、投入パターンと蓄積されるテクノストックの時系列的な関係をシミュレートしながら、最適な投入のやり方について数式モデルをベースに考察する。

### 2.1 テクノストックの飽和特性

コーポレート・テクノストック・モデルの基本的な特徴は時間とともにストック量が減衰することである。毎年それまでに蓄積されたストック量が所定の定率割合で減少していくところに特徴がある。したがって、毎年リソース投入を続けても、あるストック量まで高まると、その年に増える増分量と減衰する減少量がバランスし、テクノストックの総量は飽和してくる。この状況を簡単のため単層モデルで考えることにする。毎年、一定額の投入を継続する場合について、半減期を2年から14年まで2年おきにとり、テクノストックの蓄積カーブを描くと図2のようになる。半減期が長いほどテクノストックの蓄積量は多くなるが、いずれある時点でこのストック総量は飽和点に達する。この飽和特性はコーポレート・テクノストック・モデルの非常に基本的な性質で投資タイミングの重要なポイントである。

飽和点は図に示すように半減期が長いほど高い。たとえば半減期が10年の場合は、毎年の定額投入量の14.4倍に達するが、半減期が4年だと6.3倍にまでしか上がらない。飽和点に到達する時間も半減期が短いほど早くすぐサーチュレートする。これからも技術進歩の速いハイテク分野では細く長く投入するのは得策でないことが読み取れる。したがって、投資を行うには効果的に、市場のタイミングに合わせてダイナミックにリソースの投入を行い、その時期と投入量を調整していく必要がある。

### 2.2 リソース投入パターンとテクノストックの蓄積

次に、どうすればうまくリソース投入ができるか、これをリソース投入のパターンを変えることによってテクノストックの蓄積カーブがどう変わるかのシミュレーション実験で見ることにする。ここに投入できるリソースの総額を100%とし、これを10年間に毎年どのように投入して行くのがよいか、その投入パターンによりテクノストックの蓄積パターンどう変わるかを図3に示す。ここでは代表的な4つの投入パターン(1)定額投入、(2)集中投入、(3)漸増投入、(4)中断再投入、について半減期を5年および10年、タイムラグを2

年に設定してシミュレートしている。

(1) 定額投入

これは毎年10ポイントづつ10年間一定額を投入するもので、特に戦略的な意図もなく暫時投入のスタイルである。この投入方式では半減期が10年と長く陳腐化の少ない場合でも、最高時点で全投入量(100ポイント)の75%にまでしか到達できない。半減期が5年と陳腐化の激しい分野ではさらに少なくテクノストック量は最高時点で58ポイントにとどまり、これは効果的な投資とはいえない。

(2) 集中投入

先の定額投入と対照的なのはこの集中投入戦略である。強烈な意思決定のもとに、全リソースを2年間で投入した場合の状況を示す。2年のタイムラグをおいて4年後にはテクノストックが97ポイントにまで達し、半減期が5年と短い場合でも94ポイントと高いレベルに達する。今仮に、70ポイント以上を技術競争力のある領域とすると、先の定額投入ではほとんど競争領域が得られないのに比べて、この集中投入方式は、後に述べる漸増投入に比べても遥かに競争領域が広く、テクノストックの量的優位性も高い。しかも一旦蓄積された技術ストックは、その後のリソース投入を行わなくとも所定の減衰期間内ではかなり高いポテンシャルを維持しており有利なことが分る。しかしながら、特定の期間に集中することが必要で、市場のタイミングを読み違えた場合のダメージは大きいことに注意しておく必要がある。

図2. テクノストックの飽和特性

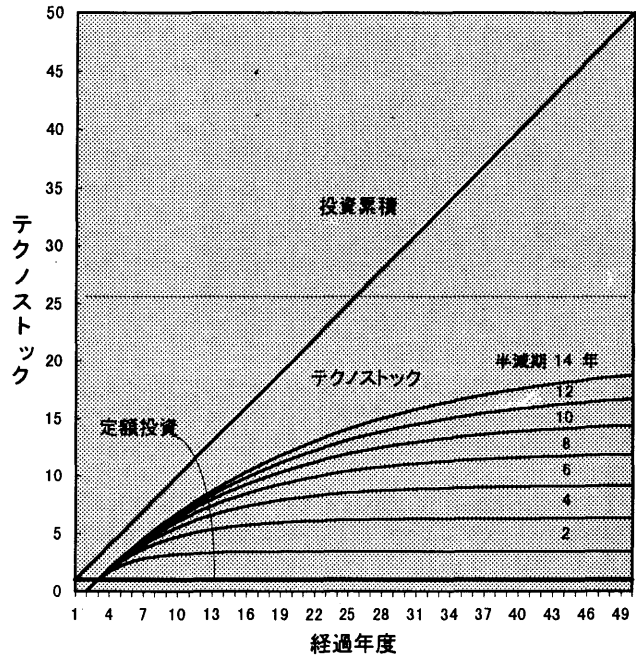
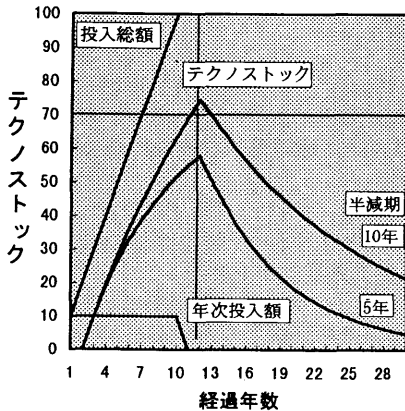


図3. リソース投入パターンとテクノストック蓄積 A

(1) 定額投入



(2) 集中投入

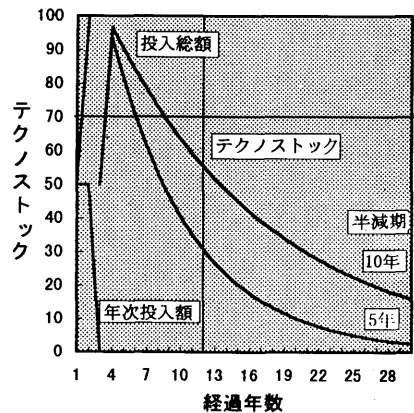
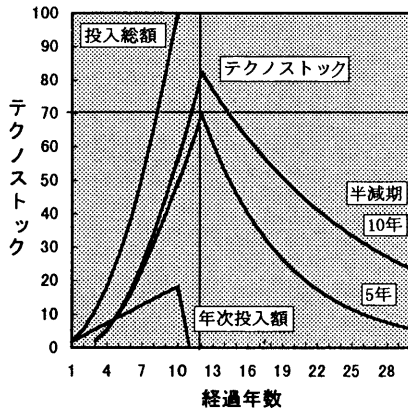
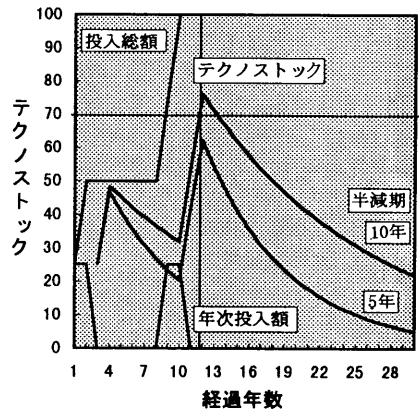


図3. リソース投入パターンとテクノストック蓄積 B

(3) 漸増投入



(4) 中断再投入



### (3) 漸増投入

これは当初、小規模の投入からスタートし、年々投入を増やしていく方法で、技術や市場の発展状況に応じて増額調整を行うパターンで、比較的優位な競争状況が得られる。半減期10年の分野でも最大テクノストックは82ポイントに上昇している。

### (4) 中断再投入

最後は、当初かなりの規模で投資を始めるが、方針変更で中断し市場が見えてきて急速再投入するパターンである。始めの1、2年目に大きく投入し、6年間中断の後、9年目と10年目に、またかなり大きく再投入している。しかし半減期が5年の分野では陳腐化が速く、初期に蓄積したテクノストックの半分以上が失われている。再び投資しても最大値は62ポイントにしか到達していない。半減期が10年と長く進歩の遅い分野では6年間の中断をしても、その間での減衰量は当初蓄積のテクノストック量48ポイントから32ポイントに下がる程度で決定的に大きなダメージにはなっていない。再投入することで73ポイントまで回復し、ある程度の競争力には繋がられる。しかし決してが効果的な方法とはいえない。

## 2.3 市場タイミングと投資パターン

次に、市場が12年後に立ち上がると想定される場合、どの投入パターンが有利かを考えてみたい。図4は先の4種の投入パターンに対するテクノストックの蓄積特性を、半減期が5年のケースについて重ねて描いたものである。各投入パターンのタイミングを見ると、(2)の集中投入1のパターンは投入時期が明らかに早すぎる。市場立ち上がる12年にはテクノストックは陳腐化しなくなってしまうことになる。(1)定額投入と(4)中断再投入も市場の立ち上がり時期を十分捉えた投入にはなっていない。テクノストックのピークは低く、必要な時期より前に投資し蓄積されたストックが多く、これらが競争力領域に繋がっていないからである。したがってこれはロスの多い投入といえる。(3)の漸増投入はタイミング的には効果的な投資になっているといえが、やはり勢力は前段階に分散しており理想的な投入とはいえない。

これに対し、集中投入2はタイミング的には理想的なパターンである。テクノストックのピークは12年後にぴったり合っており、9年目、10年目の集中投入が12年目には大きなストックになり集中投入1と同様に97ポイントに達している。集中投入1ではタイミングを外したが、集中投入2はジャストミートした場合である。12年目の市場開花時期を中心に広い範囲で競争力が獲得されている最も有利なやり方である。しかし、このような投入ができるためには、市場および技術の動向を予測しタイミングを洞察する力が不可欠である。重要なことはいかにして市場のタイミングを読み、これに合わせてダイナミックに資源投入するかが、R&Dの生産性向上の極めて大きな課題であることが分る。まさに「技術は生きもの」といえる。

### 3. コーポレート・テクノ

#### ストック・モデルの課題

しかし、一方では数値モデルにいくつかの課題もあらわれてきている。これまでのようなマクロな段階から、より詳しいレベルにまで応用を広げていくには、モデルの構造をよりきめ細かく設定して行く必要がある。たとえば、投入量が素直にストック増に繋がるか、つまり投入量に比例したストック量をそれまでに蓄積されたストックに単純に加算する直線的な関係が、常に成り立つかである。これを先の例で見ると、短期集中投入でも普通に投入する場合と同様の効率でテクノストックが生成蓄積されるかという問題になる。それができるためには、一般的に人材や設備等の余裕と組織運営の機動性、柔軟性が必要であり、ある程度のロスモデルに入れるのが妥当な場合もあると思われる。もう一つの例としては、中断再投入によるロスはもっと大きくなるのではないかという懸念も無いではない。一般的に日本企業は継続投資をしている。米国のように短期的な企業運営をしないことで効率的な研究開発ができてきていることがしばしばを強張される。このような継続投資の有利性をもっと取り入れる関数形として適切な非線型関係を導入することも考えられる。

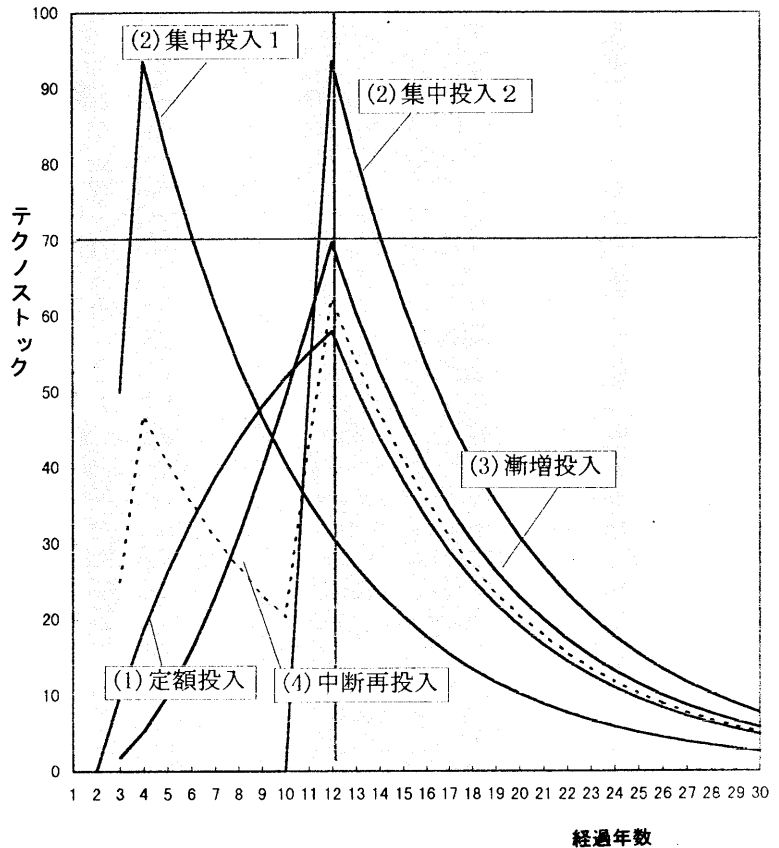
さらには、既存のストックがある場合は、無い場合より、より一層効果的なテクノストックの蓄積ができその相乗効果も見逃せない。こうした側面も勘案しこれまで経験的に体得しているメンタル・モデルに近づけるよう適切な修正もできる。こうしたモデルの改善については常々問題意識を留め、時期を見て目標に合わせた改選への配慮を重ねて行きたい。

#### おわりに

以上、極めて単純化したモデルによる考察であるが、企業の研究開発現場にいた技術経営の経験から見ても、こうしたシミュレーション・モデルによる思考実験は多くの示唆を含んでいる。数値自体を絶対視するにはまだまだ不十分なところも多いが、経験的に持っているメンタル・モデルを数値モデルでビジュアルに働かせることで、そのインターアクションのやり取りの中で定量的な思考が働き意思決定に役立つことができると考えている。この場合、重要なことは人間が主体であることでモデルはその思考を助ける役目である。したがってモデルはで直感的にきただけ理解しやすい単純明快なものが望ましいと考えている。

ここでは、投入からテクノストックの蓄積までの流れをマクロにフォローしてみた。今後はテクノストック以降の事業化プロセスについても、より詳しく状況を観察してみる必要がある。また、数式的な定量的な側面からだけでなく、テクノストックの内容や形態など質的な側面からも、プロセスの沿ってどのように形態変化が起きているのかなど観察を深め、コーポレート・テクノストック・モデルを検証しブラッシュアップして行きたい。いろいろの観点からご支援ご協力をお願いしたい。

図4. リソース投入パターンとテクノストック蓄積 C



## 参考文献

1. 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)
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：渡辺千俣 (1991)
4. 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)
5. 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」委託調査研究結果報告書 財団法人 知的財産研究所 p255 - 275 (1994)
6. 亀岡秋男“測定の方法から見た所見と課題および対策への展望” 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年度）」知的生産性指標に関する基礎研究報告書 財団法人 社会経済生産性本部 (1994)
7. 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&D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 P92-95, (1994)
8. Akio Kameoka "Evaluating Research Projects at Toshiba - A Conceptual Framework Design for Evaluating Research and Technology Development Programs - "First International Conference on Evaluation of Research and Technology Developments (RTD), Thessaloniki, Greece April, 1995 The journal SCIENTOMETRICS, Vol.34, No.3, 427-439 December, 1995)
9. 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 P72-79, (1995)
10. Seii-chi Takayanagi "Corporate Technology Stock Model -Determining Corporate R&D Expenditure-", Journal of Science Policy and Research Management, Vol.10 No.3-4 (1996)
11. Akio Kameoka "Corporate Technology Stock Model and Its Application -Determining RTD Investments and Technology Transfer for Collaboration", International Conference on Technology Management : University/Industry/Government Collaboration, Istanbul Turkey June 24-26 1996, International Journal of Industry and High Education, Vol.12 December (1996)