

Title	日本の技術革新の誘発要因に関する実証的分析
Author(s)	渡辺, 千仞
Citation	年次学術大会講演要旨集, 7: 106-113
Issue Date	1992-10-22
Type	Conference Paper
Text version	publisher
URL	http://hdl.handle.net/10119/5352
Rights	本著作物は研究・技術計画学会の許可のもとに掲載するものです。This material is posted here with permission of the Japan Society for Science Policy and Research Management.
Description	一般論文

○渡辺 千仞（通商産業省）

1. 序 論

本分析は、過去20年間にわたる日本の製造業における技術革新の原動力について、エネルギー危機への対応に注目して実証分析を行ったものである¹。即ち、70年代の二次にわたるエネルギー危機に対する産業及び政策の対応において、エネルギー制約²を契機とする「生産要素の技術開発へのシフト → 成長の維持 → 更なる技術開発」という良循環メカニズムの存在と、この循環過程における持続的な誘発要因に視点を据えて、次の3段階の分析の枠組みを設定し、それぞれについて、新たな計量分析手法を開発する³と共に、それを用いた実証的説明を図ることを主題とした。

①資本・労働力及び原材料・エネルギーに加えて技術(技術知識ストック)を生産要素に組み込むと共に、これら生産要素間、なかんずく技術と他の生産要素との代替関係の分析

②脆弱な生産要素の生産性の向上をねらいとした技術の傾斜的投入の視点に立った生産要素の連関関係に注目した代替メカニズムの分析

③生産要素の連関関係に対するトリガー及び誘発要因ならびに連関関係を誘発する上での政策機能の分析

エネルギー危機以降の日本の産業技術の急速な進展⁴及びそれに関連した産業技術政策の役割⁵については、今日国際的に深い関心が払われている¹が、上記のような視点からそのメカニズムと効果を実証的に明らかにした例はない。

2. 生産要素の技術への代替傾向の実証的分析

(1) 分析の視点

第1の課題の実証的説明を目的として、1970~87年の日本の製造業を対象に、下記分析フレームに従い、生産(Y)の要素として、労働力(L)・資本ストック(K)・原材料(M)・エネルギー(E)に加えて、技術蓄積の程度を代表させる技術知識ストック(T)を斉合的に計測し、この要素も織り込んだトランスログ型価格関数を構築し、それを用いてエネルギー危機によるエネルギー価格の急騰²に対して一定の生産を維持するために、生産要素間の組み合わせがどのように変化したかを分析。

生産関数 $Y = f[(L-L_r), (K-K_r), (M-M_r), (E-E_r), T]$

コスト関数 $C = c(Y, P_l, P_k, P_m, P_e, P_t) = (GLC-GTC_l) + (GCC-GTC_k) + (GMC-GTC_m) + (GEC-GTC_e) + GTC$

技術知識ストック $T_t = \sum [R_{t-m} + (1-\rho)T_{t-1}]_{B, A, D, Timp.}$, $GTC = GTC_l + GTC_k + GTC_m + GTC_e = R$

L:労働力(労働者数×労働時間)、K:資本(資本ストック×稼働率)、M:原材料、E:最終エネルギー消費量
L_r, K_r, M_r, E_r:各生産要素のうち技術開発に投入される量、GTC_{l, k, m, e}:同コスト

R:研究開発投資(含技術輸入支払)、B:基礎研究、A:応用研究、D:開発研究、Timp.:輸入技術

m:研究開発から実用化までのリードタイム、ρ:陳腐化率(1/技術の寿命)

¹ 技術とは本来、一つの仕事のためのエネルギー投入を少なくするやり方を標準化したものであり、エネルギー危機に対する対応においては、あらためてその本来的可能性が試されたとされている。

1983年以降の国際石油価格の下落傾向とともにその重要性は薄まったが、地球環境問題の高まりの中で、CO₂排出とエネルギー消費との両面性に照らして再び重要性がクローズアップしてきている。

² 製造業のエネルギー価格の推移(1970=100):74(177) 79(233) 80(322) 82(359) 83(345) 87(306)

³ 技術開発のノウハウや、誘発要因等を経済総体の中で体系化する Technometrics 構築の試み。

⁴ GNP当りの産業の研究開発投資の推移(%):1970(1.33) 75(1.37) 80(1.54) 85(2.16) 89(2.37)

⁵ 産業の研究開発投資に占める日本の政府支援の割合は2%で、欧米の1/10(国防研究を除いても1/5)

(2)技術知識ストック及び生産要素間の技術要素の重複の計測

製造業500社を対象としたアンケート調査[2]を実施し、①研究開発の実用化までのリードタイム(m:3.3年)、②技術の寿命(10.2年, ρ=9.8%)、③TとL,K,M,Eとの重複(それぞれ 2.2, 17.2, 0.5, 0.9%)を明らかにし(表1)、その結果等をもとに、1970-87年の製造業の技術知識ストック(1970:4.2, 1980:16.8, 1987:29.0兆円-1980実質価格)を計測すると共に、生産要素間の重複を整理。計測した技術知識ストックについては、特許・実用新案のトントとの相関により、その有意性を検証(表2)。

表1 リードタイム及び技術の寿命の計測(1970-87)

リードタイム	年数	サンプル数
基礎研究	5.6年	(サンプル数 79)
応用研究	3.6	(同 125)
開発研究	2.0	(同 156)
全段階平均	3.3	(同 360)
技術の寿命		
新技術による淘汰	13.5年	(同 119)
同改良技術・製品	7.7	(同 157)
全体平均	10.2	(同 276)

表2 計測技術知識ストックの有意性の検証(1977-85)

	R2	DW	F
PAT = 15430 + 1.56 T0 ₋₂	0.99	1.37	788
(28.1)			
PAT = -7653 + 1.54 T1 ₋₂	0.95	1.66	140
(11.8)			
PAT = 14164 + 1.65 T2 ₋₂	0.99	1.46	609
(24.7)			
PAT = 15734 + 1.52 T3 ₋₂	0.98	1.36	455
(21.3)			
PAT = 13212 + 1.60 T4 ₋₂	0.99	1.34	726
(26.9)			

(3)トランスログ型価格関数の推定

以上の要素に対応するそれぞれの価格トントを計測し上記価格関数を推定し(表3)、同関数を用いたアレン偏代替弾性(表4、図1)及び価格弾性値の分析により、次の結果を得た。

①エネルギー及び労働は—貫して技術及び資本に代替した。

②原材料と技術とは補充関係にあったが、逐次代替の方向にシフトし、1985年から代替関係に変わった。

③同様に、資本と技術も1986年から代替関係に変わった。

以上のように、エネルギー危機によるエネルギー価格の急騰²に対処して、持続的成長を確保するために、エネルギーをはじめ、す

べての生産要素は、直接あるいは間接的に技術に代替し、あるいはその方向に推移した(図2)。この結果、技術知識ストックが増大し、技術レベルの急速な上昇をもたらすこととなった。

表3 推定トランスログ型価格関数(1970-87)

M1 = 0.1471 + 0.0996lnP1 + 0.0091lnPk - 0.0892lnPm - 0.0277lnPe + 0.0082lnPt	(98.15)	(12.86)	(1.71)	(-10.30)	(-6.97)	(6.87)
Mk = 0.1591 + 0.0091lnP1 + 0.0723lnPk - 0.0837lnPm + 0.0058lnPe - 0.0035lnPt	(34.84)	(1.71)	(7.72)	(-7.93)	(1.16)	(-2.47)
Mm = 0.5952 - 0.0892lnP1 - 0.0837lnPk + 0.2093lnPm - 0.0260lnPe - 0.0104lnPt	(234.24)	(-10.30)	(-7.93)	(12.14)	(-5.62)	(-6.73)
Me = 0.0831 - 0.0277lnP1 + 0.0058lnPk - 0.0260lnPm + 0.0455lnPe + 0.0023lnPt	(27.97)	(-6.97)	(1.16)	(-5.62)	(12.59)	(2.78)
Mt = 0.0156 + 0.0082lnP1 - 0.0035lnPk - 0.0104lnPm + 0.0023lnPe + 0.0033lnPt	(23.96)	(6.87)	(-2.47)	(-6.73)	(2.78)	(5.31)

a M1, Mk, Mm, Me, Mt: コストシェア

表4 アレン偏代替性値の推移(1970-87)

Year	L-T	K-T	M-T	E-T	1976	1977	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
1970	7.712	-0.998	-0.732	6.765	6.399	-1.446	-0.630	3.814	3.814	1984	4.147	-0.455	-0.025	2.868		
1971	7.084	-0.966	-0.733	6.700	6.787	-1.044	-0.579	3.780	3.780	1985	4.047	-0.146	0.081	2.812		
1972	6.468	-0.807	-0.651	6.588	6.477	-0.782	-0.515	4.140	4.140	1986	3.719	0.049	0.125	2.838		
1973	6.736	-1.036	-0.634	6.489	6.424	-0.745	-0.433	3.608	3.608	1987	3.532	0.151	0.156	2.724		
1974	6.562	-1.377	-0.717	4.192	5.781	-1.104	-0.432	3.011	3.011	Average	5.734	-0.758	-0.384	4.018		
1975	6.668	-1.194	-0.609	3.642	5.846	-0.628	-0.289	2.833	2.833	(1974-87)	5.372	-0.702	-0.297	3.270		
					4.581	-0.608	-0.217	2.724	2.724							
					4.233	-0.507	-0.078	2.789	2.789							

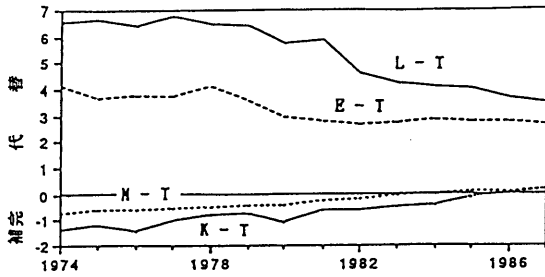


図1 アレン偏代替性値の推移(1974-87)

アレン偏代替弾性

$$\sigma_{ij} = \frac{B_{ij} + M_i - M_j}{M_i^2} \quad (i, j = L, K, M, E, T) \quad (14)$$

$$\sigma_{ij} = \frac{B_{ij} + M_i \cdot M_j}{M_i M_j} \quad (i, j = L, K, M, E, T) \quad (15)$$

価格弾性値

$$\epsilon_{ij} = M_j \sigma_{ij} \quad (i, j = L, K, M, E, T)$$

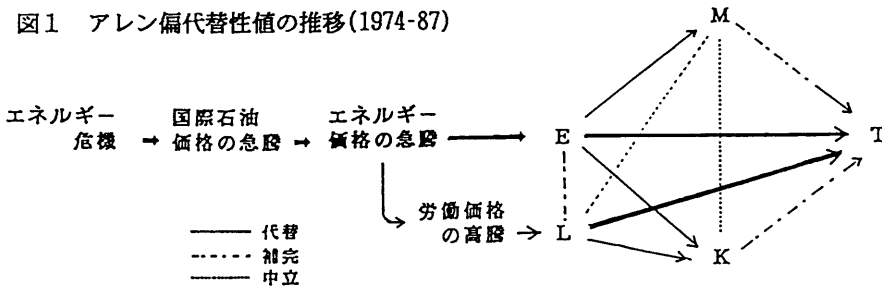


図2 生産要素の代替・補完動向(1974-87)

3. 生産要素の連関関係に注目した代替メカニズムの実証的分析

(1) 分析の視点

第2の課題の実証的解明を目的として、生産要素間の代替は弾性値間の相対変化に支配されることを認識し、技術知識ストックを含む全ての生産要素を織り込み、かつ技術革新による各要素の弾性値の動態変化をも表す「技術内性型動態的生産関数」を構築して、エネルギー制約の高まりに対応した各生産要素の生産性の変化の面から代替メカニズムを分析。

(2) 技術内性型動態的生産関数の推定

まず、主成分分析等によりエネルギー価格の急騰及びそれに伴う各弾性値の変化を支配する要因を分析し、T及び国際石油価格(P)が決定的要因であることを明かにした⁶。この結果をもとに、各弾性値は、競争条件下での価格決定を前提に、T及びPで表されることを検証⁷した上で、上記関数を次の通り推定した(以下のL, K, M, E及び同コストはいずれもTへの各要素投入量控除後の値)。

$$Y = 0.46 L^{J_L} K^{J_K} M^{J_M} E^{J_E} \quad R^2 0.989 \quad DW 1.41 \quad (1970-87)$$

$$J_L = 0.132 P^{0.27}/T^{0.26}, \quad J_K = 0.172 T^{0.18}/P^{0.18}, \quad J_M = 0.767 T^{0.04}/P^{0.08}$$

$$(2.19)$$

$$(4.03)$$

$$(3.54)$$

$$J_E = 0.007 P^{0.74}/T^{0.35}$$

$$(4.48)$$

推定した弾性値は、一次同次生産関数・競争条件下での価格決定を前提とする弾性値たるコストシェアとの相関が強いことが検証された(図3)。

⁶ 主成分分析によりエネルギー価格は、T, P, E及びGNP, IIP, エネルギー輸入量の6777777で81.3%説明されることが検証。これら6777777のうち、とくにT及びPとの相関が極めて強い。

$$\text{エネルギー価格 } P_e = 39.16 + 0.21T + 0.33P \quad R^2 0.95, \quad DW 1.26 \quad (1970-87)$$

$$(4.67) \quad (8.13)$$

エネルギー価格弾性値はE及びTが際だって高い。

$$|\epsilon_{ee}| (0.33) > |\epsilon_{te}| (0.26) > |\epsilon_{ke}| (0.12) > |\epsilon_{le}| (0.11) > |\epsilon_{me}| (0.04)$$

⁷ 例えばJekについて見ると、 $J_{ek} = P_e E / P_y Y = (P_e / P_y) / (Y/E)$

$$\ln(P_e / P_y) = 0.77 + 0.48 \ln P + 0.32 \ln T, \quad \ln(Y/E) = -3.96 + 0.73 \ln T$$

$$R^2 0.96 \quad DW 1.19 \quad (6.20)$$

$$(3.61)$$

$$R^2 0.94 \quad DW 0.56 \quad (15.45)$$

以上の分析により
次の結果を得た。

- ① エネルギー等の価格は概ね競争条件下で決定されている(図3)。
- ② エネルギーの弾性値はP及びTの影響を最も強く受け(労働力がこれに次ぐ)、Pとともに上昇(生産性が低下)するが、Tがこれを抑制。
- ③ 弾性値におよぼすPのインパクトに応じエネルギー制約克服指向型技術知識ストック(Te)の割合(Te/T)が増大する(図4)。

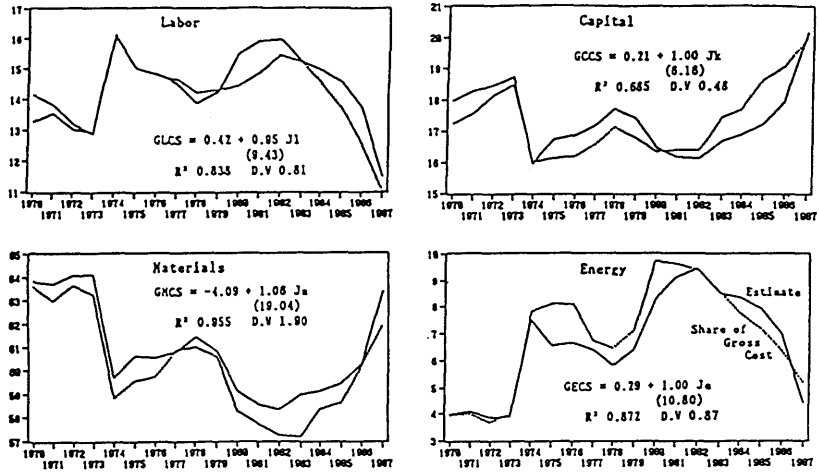


図3 推定弾性値の検証(1970-87)

の割合(Te/T)が増大する(図4)。

- ④ 従って、弾性値は次のように、T及びTeの関数で表される⁸。

$$J_1 = 0.132 P^{0.27} / T^{0.26} = 0.132 (P^{-1.04} T)^{-0.26} = 0.132 (f_1 T)^{-0.26}, \quad f_1 = P^{-1.04} = f_1 (Te/T)$$

$$J_k = 0.172 T^{0.18} / P^{0.18} = 0.172 (P^{-1.00} T)^{0.18} = 0.172 (f_k T)^{0.18}, \quad f_k = P^{-1.00} = f_k (Te/T)$$

$$J_m = 0.767 T^{0.04} / P^{0.08} = 0.767 (P^{-2.00} T)^{0.04} = 0.767 (f_m T)^{0.04}, \quad f_m = P^{-2.00} = f_m (Te/T)$$

$$J_e = 0.007 P^{0.74} / T^{0.35} = 0.007 (P^{-2.11} T)^{-0.35} = 0.007 (f_e T)^{-0.35}, \quad f_e = P^{-2.11} = f_e (Te/T)$$

(3) 代替メカニズム支配ファクターの分析

以上の知見をもとに、EからTへの代替メカニズムを支配するファクターを分析。EからTへの代替は両者の弾性値の相対変化 $\Delta(J_e/J_1)$ に支配される。エネルギー等価格は概ね競争条件下で決定されていることが判明した(図3)ので、 $J_e/J_1 = (GEC/C)/(GTC/C) = Pe * E/R$, E/Rの変化率とPeとの間には強い相関があるので(表5)、 $J_e/J_1 = f(E/R_t)$ 即ち、EからTへの代替メカニズムはE/Rに支配される。E/Rは「エネルギー研究開発指向性」とも称するものであり、エネルギー強度(E/Y)の研究強度(R/Y)生産性を示し($E/R = (E/Y)/(R/Y)$) (図5),

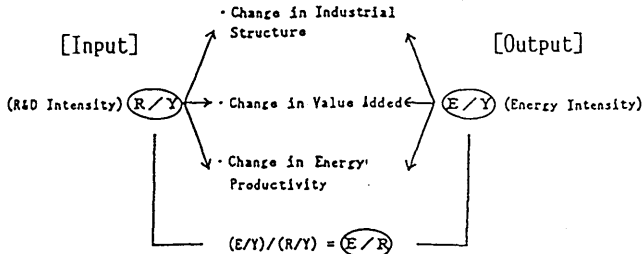
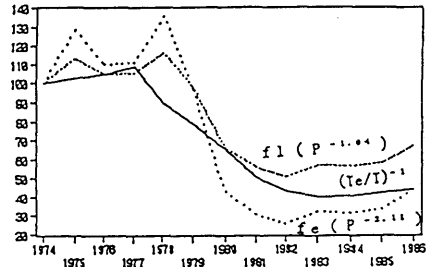


図5 エネルギー研究開発指向性(E/R)の概念



$f_1: P^{-1.04} \times 10^4$	$adj. R^2$	D.W
$= 31.16 - 4.92 T_e/T + 4.17 D$	0.878	1.30
(-8.43) (1.92)		
$f_k: P^{-1.00} \times 10^4$		
$= 39.04 - 6.03 T_e/T + 5.07 D$	0.878	1.30
(-8.44) (1.90)		
$f_m: P^{-2.00} \times 10^4$		
$= 0.13 - 0.03 T_e/T + 0.03 D$	0.874	1.40
(8.13) (2.25)		
$f_e: P^{-2.11} \times 10^4$		
$= 0.07 - 0.02 T_e/T + 0.02 D$	0.874	1.41
(-8.08) (2.28)		

図4 国際石油価格(P)とTe/Tの相関 (1974-86 D:1978=1)

⁸ f_i ($i=1, k, m, e$)は T_e/T -価格の高騰に対する技術誘発性を鮮明に示す。 $\epsilon_{Te} = -0.01 + 4872.07 f_{e-1}$ $R^2 = 0.91$ DW 1.77 (5.94) (1974-87)

国際石油価格(P)に大きく支配され、Teの誘発性が極めて高い(表5)。E/Rの変化は、産業構造、製品構成(付加価値)、エネルギー生産性(省エネ)、研究開発投資の変化に支配され、それぞれの貢献率は、1971-87の間は、14、26、41、20%、1980-87の間は、14、21、32、34%と見込まれる(表6)。

以上の分析を通じて、産業構造、付加価値、省エネ及び研究開発の変化を媒体としたE/R、Y/E、R/Yの相互連関関係が、代替メカニズムを支配することを明かにした(図6、7)。

表6 エネルギー研究開発指向性変化への貢献要素分析(1971-87)

	$\frac{\Delta E/R}{E/R} = \frac{\Delta V/\Sigma_i V_i}{V/\Sigma_i V_i} + \frac{\Delta \Sigma_i V_i/I}{\Sigma_i V_i/I} + \frac{\Delta I/E}{I/E} + \frac{\Delta R/V}{R/V} + \eta$				
	change in Ind. structure	change in value added	change in energy productivity	change in R&D intensity	Misc.
Avr. 1971-87	6.20 (100)	0.90 (14.5)	1.61 (26.0)	2.55 (41.1)	-0.11 (-1.8)
1974-87	8.21 (100)	1.20 (14.6)	1.55 (18.9)	2.96 (36.0)	-0.14 (-1.7)
1980-87	10.92 (100)	1.60 (14.7)	2.33 (21.3)	3.49 (32.0)	-0.32 (-2.9)

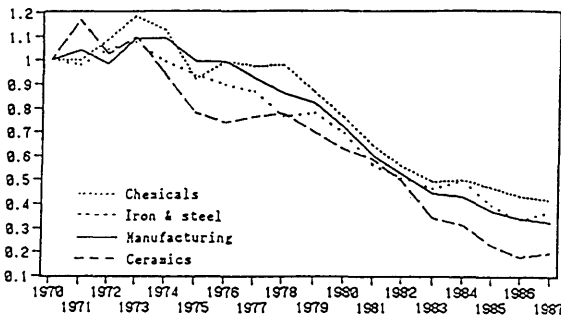


図7 主要製造業のE/Rの推移 (1970-87, 1970=1)

4. 相互連関誘発要因及び政策機能の実証的分析 (1)分析の視点

第3の課題の実証的解明を目的として、2.で解明したメカニズムをもとに、研究開発投資 → 技術革新 → 外部技術⁹の改善 → 更なる研究開発投資の誘発の循環メカニズムを表す相互連関関数を構築し(図8)、これを用いて生産要素の連関関係に対するトリガー及び誘発要因ならびに、連関関係を誘発する上での政策機能を分析。

表5 エネルギー研究開発指向性(E/R)の性質

国際石油価格、エネルギー価格との強い相関(1971-86)

$$\Delta E/R = 0.0035 - 0.0003 P + 0.09 D \quad R^2 \quad DW$$

(-8.27) (4.92) 0.92 1.90

$$\Delta E/R = 0.0611 - 0.0006 Pe + 0.08 D$$

(-12.80) (7.01) 0.96 2.07

Teの誘発性大(1970-87)

$$Te = 14288.8 - 12399.6 E/R_{-1}$$

(-29.01) 0.98 1.46

$$[E/R = 1.09 - 8.66 \times 10^{-5} Te_{-1}$$

(-15.40) 0.94 0.58]

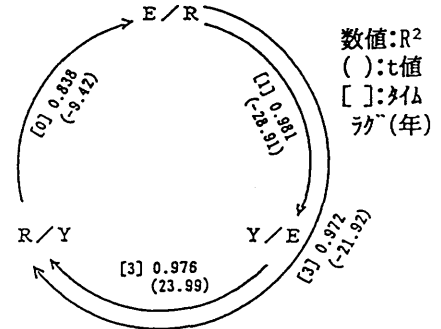
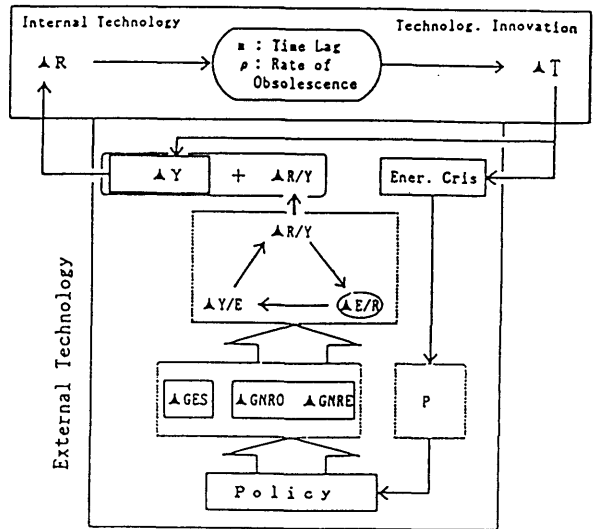


図6 E/R、Y/E、R/Yの相互連関(1970-87)



G: 政府予算(GES:省エネ, GNRE:エネルギーR&D, GNRO:非エネルギーR&D)
図8 相互連関関数のコンセプト

⁹ Baranson(1967[1])によって示された概念(External Technology)で、技術革新によって大きな影響を受けまた逆に技術革新を刺激・誘発する経済、社会・文化、地政等の環境要素及び政策で構成。

(2) 研究開発投資誘発要因の分析

日本の製造業の旺盛な研究開発投資(R)⁴を促す要因について、日・米・独・英の比較分析を行い、

- ① R/Yの増大が、Rの増大に支配的役割を果たしている(図9)、
- ② R/Yの増大はE/R, Y/E との3者のサイクリカルな連関を通じて、スパイラル的に進行している(図10)、
- ③ これらの現象は日本の製造業において最も顕著に見られる、
- ④ E/Rの増大がこのスパイラル的増大を通じたR/Y増大の鍵を握る(図11)、
- ⑤ E/Rの増大には企業の研究開発投資戦略(DRV)・エネルギー生産性の改善(DIE)・付加価値の増大(DVIIP)・産業構造の変革(DVVi)等の外部刺激が不可欠である、ことを解明した。

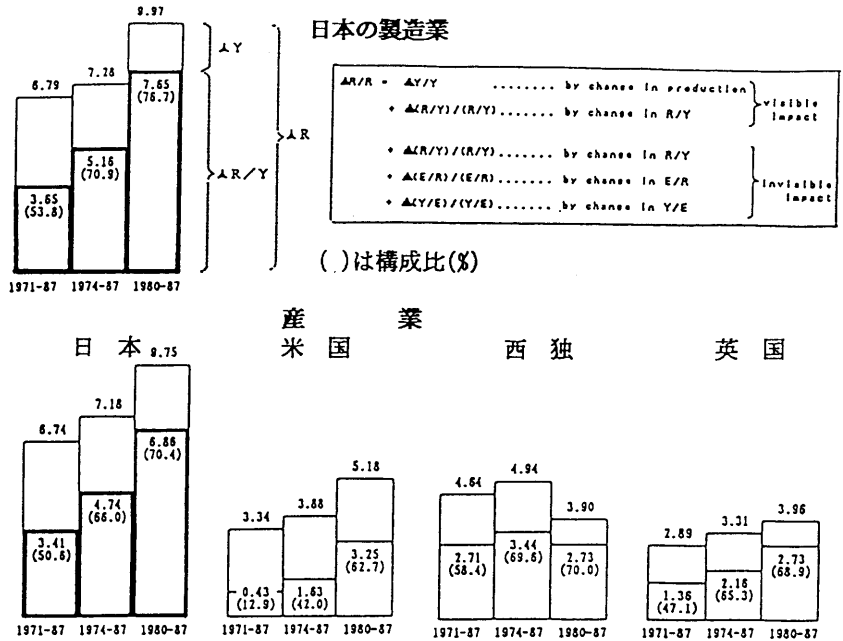


図9 日・米・独・英産業の研究開発投資誘発要因分析(1971-87)

(3) 政策による連関関係誘発機能の分析

- ① E/R の増大を促す外部刺激と政策との関係を分析し、日本の製造業においては、他国に比して、国際石油価格の動向及び政府の技術開発なかつくエネルギー研究開発への取り組みと E/R の増大との間に極めて強い相関があることを明かにした。
- ② 以上のマクロ的な比較分析をもとに、産業技術政策及びエネルギー政策に責任を有する通産省のエネルギー研究開発(日本の政府全体のエネルギー研究開発予算の1/3、通産省の全産業技術予算の1/2を占める)及び省エネルギー政策への取り組みの E/R 誘発効果を分析し、これら政策投資(なかつくエネルギー研究開発政策)及び国際石油価格動向の相乗効果が、研究開発戦略・エネルギー生産性等の変革を刺激し、日本の製造業の E/R の増大に極めて強い影響を及ぼしている(R² 0.99)ことを明かにした(表6)。

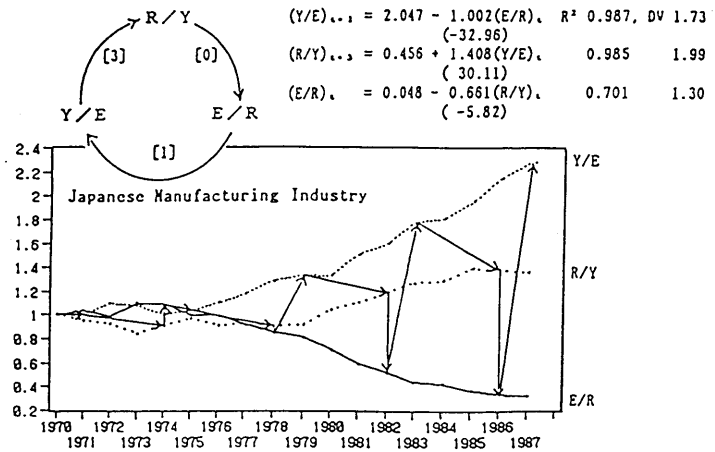


図10 R/Y, E/R, Y/Eのスパイラル的増大の推移(1970-87)

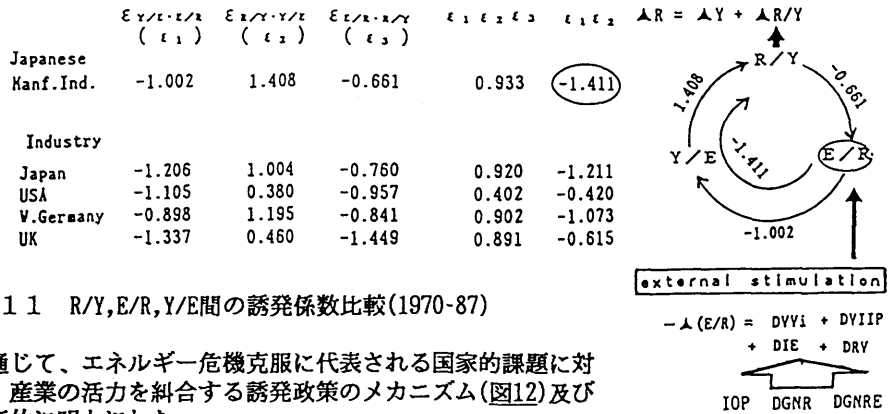


図11 R/Y, E/R, Y/E間の誘発係数比較(1970-87)

③以上の分析を通じて、エネルギー危機克服に代表される国家的課題に対する通産省の、産業の活力を糾合する誘発政策のメカニズム(図12)及びその効果を実証的に明かにした。

5. 結論

過去20年間にわたる日本の製造業の技術革新の原動力について、エネルギー危機への対応に注目して、Technometrics 構築を試みつつ実証的に分析し、
 ①エネルギーを中心とする生産要素の技術への代替傾向を明かにし、
 ②代替メカニズムについて、企業の研究開発投資戦略・エネルギー生産性の改善・付加価値の増大・産業構造の変革等の変化を媒体とした E/R, Y/E, R/Y の相互連関が支配していることを解明し、
 ③ E/Rの増大が、このサイクリカルな連関を通じて、スパイラル的に R/Y を増大し、研究開発投資を誘発していることを解明するとともに、E/R の増大には上記媒体の変化を促す外部刺激が必要不可欠であり、通産省のエネルギー研究開発政策及び国際石油価格動向の相乗効果がこの役割を果たしていることを明かにした。

表6 各種外部技術による E/R 変化への貢献度比較(1975-87)

Dependent Variable	$-\Delta(E/R) =$	ΔYVI Ind. struct.	$\Delta YVIP$ value added	ΔIE energy productivity	ΔRY R&D intensity
IOP	0.927 * ₁	0.408 +	-0.146 +	0.160 +	0.560 * ₁
DGNR	0.550 +	0.397 * ₄	-0.142 +	0.189 * ₄	0.234 * ₅
DGNRE	0.599 +	0.718 * ₃	0.687 * ₁	0.456 * ₃	0.505 * ₃
DHITIR	0.617 +	0.500 * ₂	0.284 * ₄	0.006 +	-0.067 +
DHITIRE	0.791 * ₄	0.815 * ₁	0.781 * ₁	0.221 * ₅	0.190 * ₄
DGES	0.626 +	0.469 +	-0.151 +	0.344 * ₅	-0.074 +
IOP + DGNR	0.745 * ₁ * ₅	0.373 + * ₄	-0.241 + +	0.120 + +	0.549 * ₃ +
IOP + DGNR + DGES	0.957 * ₁ + * ₅	0.404 + * ₃ +	-0.392 + + +	0.395 * ₅ + * ₄	0.489 * ₄ + +
IOP + DGNRE	0.972 * ₁ * ₄	0.711 + * ₃	0.676 + * ₁	0.433 * ₅ * ₄	0.922 * ₁ * ₁
IOP + DGNRE + DGES	0.980 * ₁ * ₄ * ₄	0.705 + * ₃ +	0.554 + * ₁ +	0.557 * ₅ * ₅ * ₅	0.925 * ₁ * ₁ +
IOP + DHITIR	0.938 * ₁ +	0.430 + +	0.175 + * ₄ +	0.048 + +	0.821 * ₁ * ₂
IOP + DHITIR + DGES	0.967 * ₁ * ₄ * ₃ +	0.598 + * ₄ * ₅	0.190 + * ₄ +	0.406 * ₄ + * ₄	0.848 * ₁ * ₁ * ₅
IOP + DHITIRE	0.975 * ₁ * ₃	0.817 + * ₁	0.754 + * ₁	0.329 * ₅ * ₄ * ₅	0.984 * ₁ * ₁
IOP + DHITIRE + DGES	0.987 * ₁ * ₃ * ₄	0.824 + * ₁ +	0.639 + * ₁ +	0.560 * ₄ * ₅ * ₄	0.994 * ₁ * ₁ * ₃
IOP + DGES	0.960 * ₁ * ₄	0.381 + +	-0.272 + +	0.418 * ₄ * ₄	0.522 * ₁

以上を通じて、日本の製造業の技術革新の誘発要因及び通産省の誘発政策メカニズムを明かにした。

1983年以降国際石油価格は下落傾向に転じ、上記相乗効果が薄れることになり、1986年頃からは製造業のエネルギー原単位も増加に転じ、CO₂ 排出量も増加傾向に転じた(図13)。これらと軌を一にして製造業の設備投資に占める研究開発投資の割合も減少傾向に転じた(図14)。

これらの憂慮すべき傾向が一過性のものか、構造的なものかは更なる分析を要するが、仮に後者の場合には、日本の技術革新の誘発メカニズムの崩壊を強く懸念させかねない。

最近の地球環境問題の高まりは、そのエネルギー消費との両面性に照らせば、改めて本分析のようなアプローチに新たな燭光をさすものと思われる。それを通じて日本の技術革新の誘発メカニズムの維持・かん養の努力が続けられることを祈念する。



図13 製造業のCO₂排出量の推移 (1970-90:1970-100)

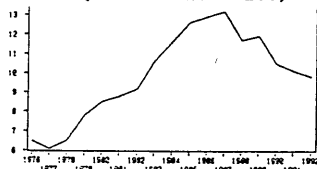
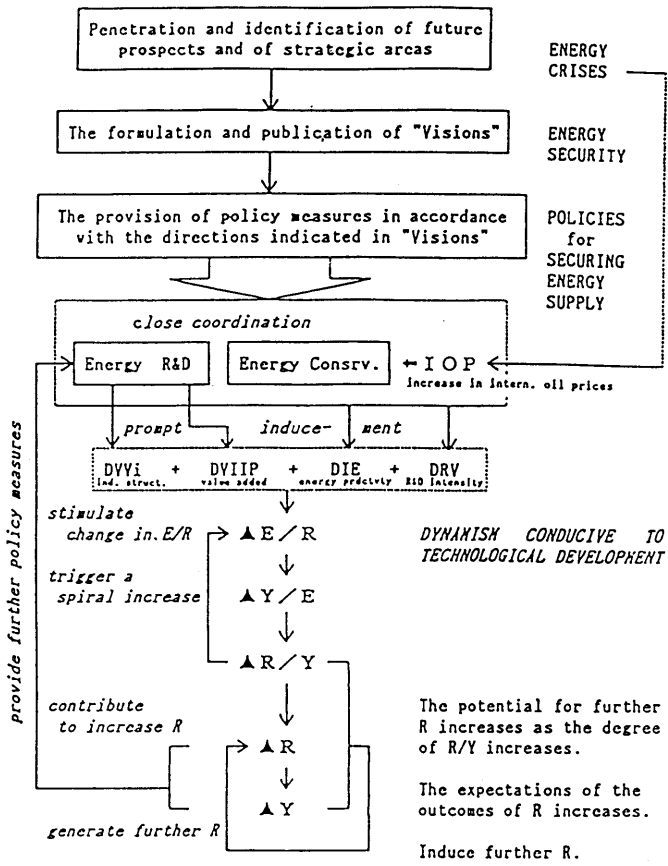
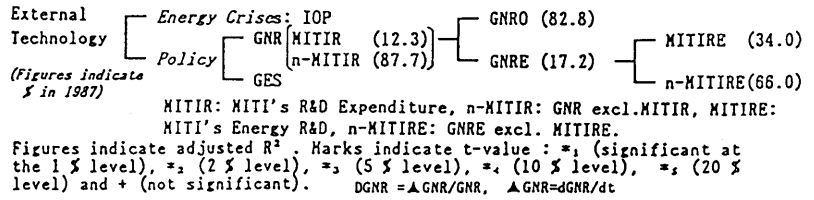


図14 製造業の設備投資に占める研究開発投資の割合の推移 (1976-92:%)



- a DVVi: changes in industrial structure; DVIIIP: changes in value added;
- DIE: changes in energy productivity; DRV: changes in R&D intensity.
- b $-\Delta E/R = DVVi + DVIIIP + DIE + DRV$
- c $\Delta R = (\Delta Y + \Delta R/Y) + (\Delta R/Y + \Delta E/R + \Delta Y/E)$
visible impact invisible impact

図12 通産省の産業技術誘発政策のメカニズム

(1) L. Bergman, "The Development of Computable General Equilibrium Modeling", in L. Bergman, D.W. Jorgenson and E. Zolai, *General Equilibrium Modeling and Economic Policy Analysis* (Basil Blackwell, Oxford, 1990) 3-30.

(2) Institute of Economic Research, Japan Society for the Promotion of the Machine Industry, *Report on the Promotion of Research Industry* (Tokyo, 1990).

(3) C. Watanabe, I. Santoro and T. Widavanti, *The Inducing Power of Japanese Technological Innovation* (Pinter Publishers, London, 1991).

(4) C. Watanabe, "Trends in the Substitution of Production Factors to Technology: Empirical Analysis of the Inducing Impact of the Energy Crisis on Japanese Industrial Technology", *Research Policy* (1992, in print).

(5) C. Watanabe and T. Widavanti, "Myth of Energy Competitiveness in Energy Producing Countries - Comparative Analysis between Indonesia and Japan", *Energy Economics* (1992, in print).