

# 日本の技術革新とその原動力としてのエネルギー危機 及び高度情報化に関する分析

渡辺 千仞, エルマン・アミヌラ 埼玉大学大学院政策科学研究科

## 1. 検討の背景 (仮説)

日本は、先進国中最も脆弱なエネルギー構造にもかかわらず、1970年代の二次にわたる石油危機を見事に乗り越えた。それは産業を中心にエネルギー需要構造の改善に成功したことによる。この成功は民間企業を中心とする技術革新努力に負うところが多く、石油危機なかんずく第二次石油危機は企業の研究開発活動を飛躍的に拡大させる大きな契機となった。その結果、日本の技術水準は急速に上昇し、これはまた経済成長や、エネルギー需給構造の更なる改善に貢献することとなった。<sup>3</sup> このように、日本の産業技術の飛躍的向上の原動力にはエネルギー危機への対応が看過出来ない。<sup>11,12</sup> [仮説 1]

一方、エネルギー危機への対応が技術革新への原動力とすると、昨今の石油グレート傾向は原動力を弛緩させ、技術革新努力を停滞させることを懸念させかねない。<sup>12</sup> 現にOECD等においてはこれを警告するような分析がなされている。このような中で、エネルギー依存型の社会から高度情報化社会への移行が新たな技術革新の原動力として期待されるようになってきており、<sup>11</sup> 今日日本の持続的な技術革新もそれとの関係が看過出来ない。 [仮説 2]

日本の産業の研究開発投資のうち政府の支援は3%と米国の1/10に過ぎず、このような限られた政府支援で産業の旺盛な研究開発活動を促す政策システムの秘訣についても以上の原動力との関係が看過出来ない。 [仮説 3]

以上の点は今日内外で大きく注目されてきており、いくつかの仮説的指摘はなされてはいるが、未だ実証的に解明した例はない。

図1 日本の技術革新の原動力 (仮説)

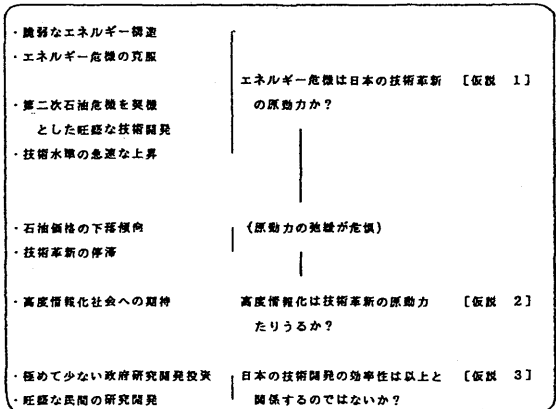
【注目すべき構造・兆候】

【検証すべき仮説】

表1 日本のエネルギー・技術状況

(%)		日本	米国	西独
エネルギーの海外依存度	(1973→1986)	89.9 → 80.1	16.1 → 12.3	54.7 → 52.3
産業のGMP 当たり研究開発費	(1980→1985)	1.5 → 2.2	1.2 → 1.5	1.5 → 1.7
産業研究開発費中の政府資金	(1987)	3.1	36.8	25.5
ハイテク技術水準 (世界トップ: 1982→1987)		13 → 25	42 → 10	

資料: OECDエネルギーバランス  
通産省「産業技術白書」



## 2. 分析の主眼

本分析は、以上の問題意識に立脚して、石油危機(1973,79)をはさむ1965~1986年の20年間の先進5ヶ国(国家全体及び産業部門)及び日本の主要製造業の「技術革新」と「外部技術」<sup>(a)</sup>(経済成長・エネルギー・情報化・技術開発政策)間のマクロ的相互関係のトレンドを分析することを主眼とする。

## 3. 分析手法

分析は上記相互関係のトレンドを数量的にあらわす「数量的分析モデル」及びその結果の検証(背景の敷衍・実態との照合・因果関係の解明・結果の解釈)を行なう「実証的検証モデル」からなる二層のアプローチを用いて行なった。[図2]

「数量的分析モデル」は極力シンプルなものとし、その限界を「実証的検証モデル」により補完することにより、汎用性・発展性・客観性にすぐれた分析が行なえるようにした。

(分析の有効性については実態動向との斉合性及び統計的有意性の両面から検証)

(a)「外部技術」の概念は70年代初めにJack Baransonによって提唱されたが、未だ実証的分析への発展は見られない。

(b)既存の関連研究については、「代表的参考文献」参照。

## 図2 分析手法

### 1. BASIC CONCEPT : DUAL STRATA APPROACH

#### QUANTITATIVE ANALYSIS

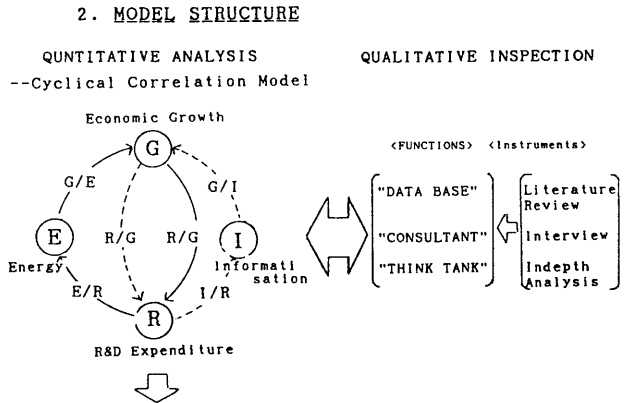
Indicates Trends of Correlation among:

- \* TECHNOLOGICAL INNOVATION
- \* ECONOMIC GROWTH
- \* ENERGY CONSUMING STRUCTURE
- \* INFORMATISATION
- \* IMPACT OF POLICY

#### QUALITATIVE ANALYSIS

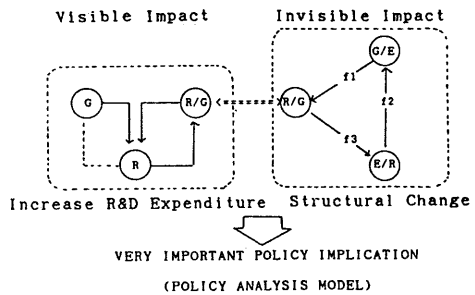
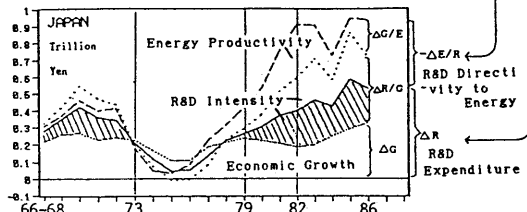
Complement the Limitations of the Quantitative Analysis by:

- \* SPECIFYING THE BACKGROUND
- \* ORGANIZING THE FACTS
- \* ELUCIDATING THE CAUSALITY
- \* INTERPRETING THE OUTCOMES



$$\Delta R = \begin{matrix} \Delta G \cdot (R/G) & \text{--- by GNP} \\ \Delta (R/G) \cdot G & \text{--- } R/G \\ \bullet \bullet 1 & \text{--- } G/E \\ \Delta (R/G) \cdot (E+G/E) & \text{--- } R/G \\ \Delta (G/E) \cdot (E+R/G) & \text{--- } G/E \\ \Delta (E/R) \cdot (G+R/G+G/E+R/G) & \text{--- } E/R \\ \bullet \bullet 2 & \text{--- } E/R \end{matrix}$$

Visible Impact (by GNP, R/G)  
Invisible Impact (R/G, G/E, E/R)  
(Zero sum game)



#### <NOTATIONS>

- G/E: Energy Productivity
- R/G: R&D Intensity
- E/R: R&D Directivity to Energy
- I/R: R&D Directivity to Informatisation
- G/I: Information Productivity

- \* Deductiveness of the Phenomena Interplay among key factors
- \* Availability of Reliable, Consecutive and Internationally Data

#### 4. 分析結果

(1) 先進国の技術開発構造の変遷  
 先進5ヶ国の技術開発構造の変遷を GNP 当たりエネルギー消費量(E/G) と研究開発集約度(R/G) の関係の推移を通じて見ると、各国とも第一次石油危機と第二次石油危機との間の1974~78年の間に大きな構造変化をとげていることが伺われる。(c) 即ち、各国とも「E/G」と「R/G」との相関が強く、(d) 構造変化後においてはそれが更に強まっている(図3)。

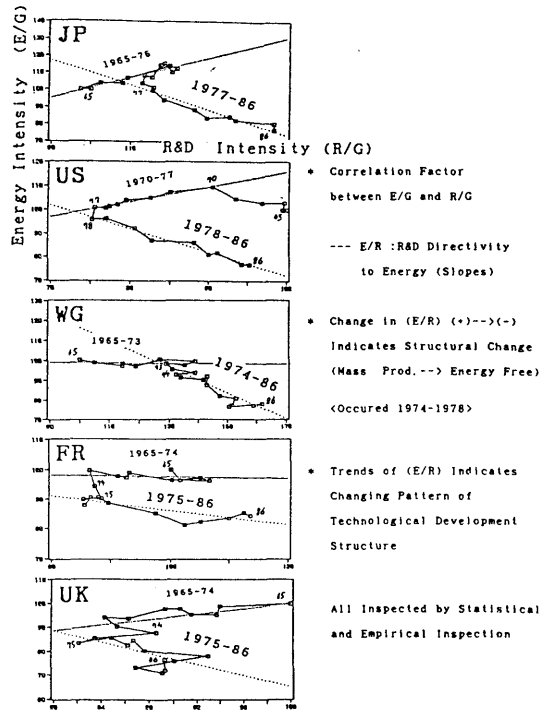
脱エネルギー制約に向けた技術開発の指向性(E/R)は両者の相関の状況を示し、各国とも構造変化後大きくマイナスの方向(脱エネルギー制約指向技術開発の推進)に転じている。

「E/R」のトレンドは構造変化後の技術革新の牽引力の趨勢を示し、(e)

それは石油価格の動向に符合する(図4)。「E/R」はエネルギー生産性(G/E)及び研究開発集約度(R/G)に支配され、日本においては第二次石油危機の前後はエネルギー消費構造の改善を通じた「G/E」の効果が大きかったがその後「R/G」の効果が大きくなってきている。

- (c)1980年版経済白書は本分析と符合する「日本の技術開発は1977年を境に構造変化した」との分析を示している。  
 (d)図3下のF-value(相関),T-value(勾配),Chow Test(構造変化点)参照。  
 (e)1984年版経済白書及び産業技術白書(1988年通産省)においても「脱エネルギー指向技術開発努力が日本の80年代の技術革新の基盤を形成している」との見解を示している。

図3 先進5ヶ国の技術革新の構造変化  
 — エネルギー依存度と研究開発集約度の相関



Statistical References	Period		Chow Test (1965-76/77-86)
	(1965-76)	(1977-86)	
1. R2(adj)	0.82	0.89	
2. Slope	0.59	-0.70	
3. F-value	54.36 (10.04)*	76.42 (11.26)*	108.77 (6.01)*
3. T-value	7.37 (3.16)*	-8.34 (-3.35)*	

Statistical References	Period		Chow Test (1965-76/77-86)
	(1965-76)	(1977-86)	
1. R2(adj)	0.96	0.96	
2. Slope	0.65	-1.01	
3. F-value	169.20 (13.74)*	209.00 (12.25)*	43.247 (6.70)*
3. T-value	13.00 (3.70)*	-14.48 (-3.49)*	

Notes: The value in the bracket denotes statistical table  
 \*) significant at 1%

1981年10月の石油価格下落化に伴い各国とも1982年を境に牽引力が弱体化傾向に転じるに至った(図4)。(f)

(f)1981年版経済白書は「石油価格変化の影響はその1年後に最も大きく現われる」との分析を行なっている。

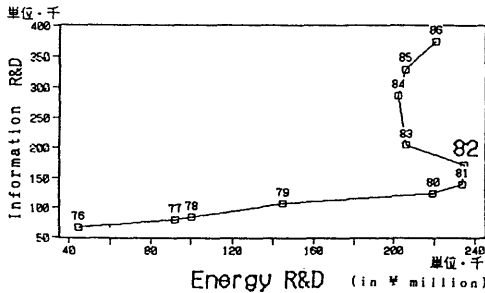
(2) 日本の技術開発構造の特徴

日本なかんずく産業の「脱エネルギー制約指向技術革新の牽引力」は他国よりも強力(図5)。他国同様1982年から牽引力にかげりが生じるも他国に比し牽引力維持の努力は大きい(同)。これは最近の日本のハイテク水準の相対的上昇の背景の一端を示す。

「脱エネルギー制約指向技術革新」は1980年代に開花する情報化技術の基盤を形成(図6)。

図6 脱エネルギー制約指向技術開発と情報化指向技術開発の関係

1. 脱エネルギー制約・情報化指向両技術革新の相関(日本)



2. 目的別研究開発投資増加率の推移(日本の製造業)

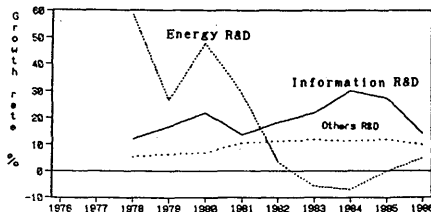


図4 先進5ヶ国の技術革新パターンの変化 — 脱エネルギー制約指向技術革新の推移

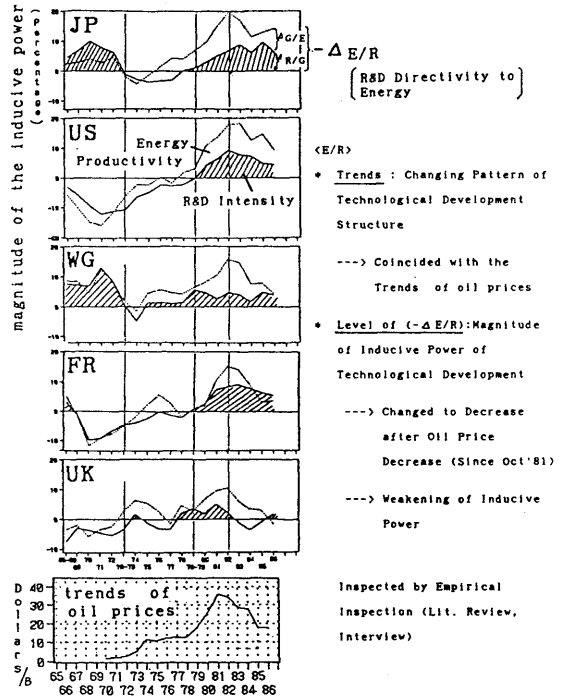
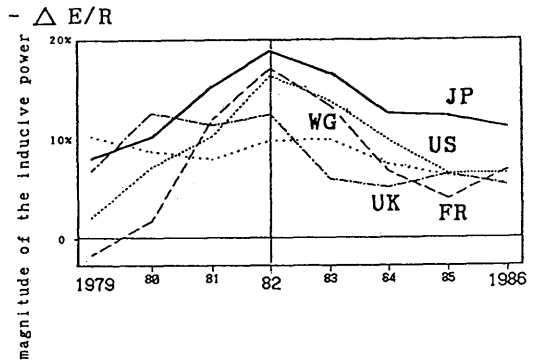


図5 先進5ヶ国の脱エネルギー制約指向技術開発牽引力の比較



(3) 主要製造業の技術開発構造の変化

日本の製造業においては1977-79年を境に「脱エネルギー制約指向の技術開発」(E/R)への構造変化が顕著に見られる(特に化学及び鉄鋼において顕著)。全般に第二次石油危機を契機に研究開発集約度(R/G)が大きく拡大し「E/R」も拡大に向かうも、石油価格の下落傾向への移行と軌を一にして再び落ち込むこととなった。そして1983年頃からあらためて拡大基調を示すに至った。これはこの頃を境に日本の主要製造業の研究開発において「脱エネルギー制約指向技術革新」から「情報化指向技術革新」への本格的移行が始まったことを示唆するものである。(\*)

(4) 情報化指向技術革新へのシフト

1970年代半ば以降の日本の情報化の進展と技術開発及び経済成長との間の相関動向を見ると、1970年代末以降「情報化を指向した技術開発(I/R)加速化努力」が急テンポで進み、1983年頃には「脱エネルギー指向技術開発(E/R)」を凌駕するに至っている(図7)。

即ち、石油グラット下において薄れるようになってきている「E/R 拡大努力」に代わり「I/R 拡大努力」が新たな牽引力として登場し、これが経済の情報化を促し、それが研究開発集約度の拡大を促し、それが更に「I/Rの拡大」を促す好循環のトリガーとして機能し始めて来ているものと思われる。

このような傾向は、先に述べた主要製造業における1983年頃を境とする情報化技術革新への本格的移行の傾向を裏づけるものである。

しかし、70年代末以降急テンポで進んだ「I/R 拡大努力」も84年以降テンポにかげりが見られ、これから見る限り次のような疑問が提起され、その実証的検証が急務である(図8)。

- a. 最近のかげりは一過性の現象で、早晚拡大テンポを回復するのか
- b. 情報化技術は成熟期に入り研究開発努力の感度が鈍化しつつあるのか

(※)1988年版経済白書は高度成長期移行の日本の技術革新の流れを

- フェーズ1 「壘産技術革新の時代」—石油危機以前
- フェーズ2 「消エネ技術革新の時代」—石油危機～80年代初め
- フェーズ3 「情報技術革新の時代」—80年代中期～ に分けている

図7 日本の技術革新の牽引力の変化  
— 情報化指向技術革新へのシフト

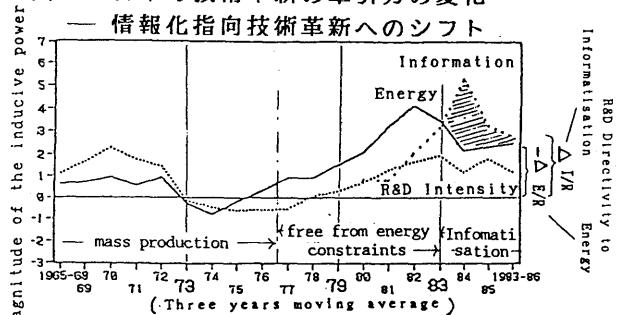
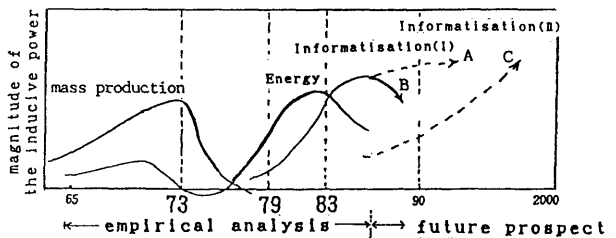


図8 情報化指向技術革新の帰趨



- c. 日本において情報化は、脱エネルギー制約のように技術革新の原動力として体化しきれていないのか。
- d. 70年代以降の情報化の進展は、ハード面を中心とした情報処理及びネットワーク形成の段階に過ぎず、高度なソフト面に立脚した本格的な高度情報化への移行には至っていないのか。

(5) 日本の技術開発政策の効率性

技術革新プロセスは Visible Impact (研究開発投資を拡大) 及び Invisible Impact (研究開発構造を変革) に支配される (図2参照)。研究開発における「直接投資政策」は投資量に応じた Visible Impact を与え、「誘引政策」は少額の投資で Invisible Impact を与え研究開発の構造変化を促し、もって民間の活発な研究開発投資を誘発する (図9)。日本の産業技術政策は「誘引政策」を中心とするのに対し、米国は「直接投資政策」が中心 (NASA, DOD等) であり、総じて日本の政策の方が投資効率良。更に「誘引政策」についても、日本の政策とくに最近のそれは脱エネルギー制約等に向けての技術開発の構造変化を巧妙に誘発してきたことにより効率性大 (表2)。

この技術開発の構造変化の誘発が効果的な技術開発政策の要諦であり、これにより最少の政策関与で効果的な技術開発を促進することが期待。

5. 考察

本分析手法は、広範な分野への実用的・客観的・実証的な分析が可能 (例えば地球環境問題: 技術革新による新たな成長制約のブレークスルー対策) 等の意義を有するが、引き続き情報化についての実証的検討・業種別検討・ミクロ動向をも織り込む理論的検討等の拡充が必要。

代表的参考文献

- [1] P. Dasgupta, "Resource Pricing and Technological Innovation Under Oligopoly: A Theoretical Exploration" in Lars Mathiesen (ed), *The Impact of Rising Oil Prices on World Economy*, (Mac Millan, London, 1981) p.149-176.
- [2] R. Sore, "Energy Conservation in Japanese Industry", in British Institute Joint Energy Policy, *Energy - Two Decades of Crisis* (Gower Publishing Co, Hampshire, 1984) p. 91-157
- [3] G. Dosi, *Technical Change And Industrial Transformation The Theory And Application To The Semiconductor Industry*, (London, Mac Millan Press, 1984)
- [4] G. Dosi "Sources, Procedures, and Microeconomic Effects of Innovation" in *Journal of Economic Literature*, Vol xxvi (September 1988), P.1120-1171
- [5] J. E. Elster, *Explaining Technological Change*, (Cambridge University Press, Cambridge, 1985)
- [6] C. Freeman, *Technology Policy and Economic Performance, Lessons from Japan* (Printer publisher, London, 1987)
- [7] W. I. Jenkin, *Policy Analysis*, (Martin and Robertson & Co, London, 1978)
- [8] R. F. Lichtenbergh, "Energy Price and Induced Innovation" in *Research Policy*, 15(1986) 67-85
- [9] R. W. Nelson, "In search useful theory of innovation", in *Research Policy*, 6(1977) 36-76
- [10] ..... *Comparative Analysis among Japan, US and Europe on Energy Consuming Structure in Industries* (The Institute of Energy Economics, Tokyo, 1987)
- [11] ..... *White Paper on the Japanese Economy* (Economic Planning Agency Tokyo, 1979-88)
- [12] ..... *White Paper on Industrial Technology* (MITI, Tokyo, 1988)

図9 日米の技術開発システムの効率性比較

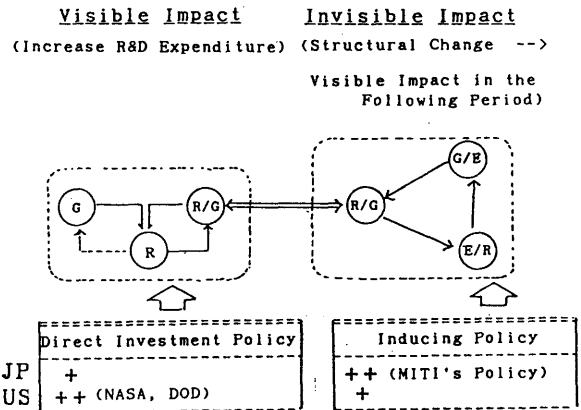


表2 日米の誘引政策の効率性比較

Periods	Japan	USA
1965-73	18	-21
1973-79	-2	-3
1979-82	12	14 *
1982-86	13	8

ΔR/G/R/Go (in percentage)

\*) President Carter's Drastic Energy Policy