

# エネルギー(所得)弾性値の可変性について\*

室田 泰弘

## 1. 問題の定立

一般にエネルギー消費は経済成長に比例すると考えられている。これは、(1)のような形で定式化できる。つまりエネルギー弾性値が一定であると

$$E = aV^{\gamma} \quad (1)$$

$E$ : エネルギー需要,  $V$ : 実質GNP,

$\gamma$ : エネルギー弾性値,  $a$ : 定数

考えているわけだ。しかし現実には弾性値はかなり可変的である。長期的にみると日本の弾性値は0.49から1.55の間で変化している(図1)。このような長期的変化の原因は今日ではかなり明らかになっている(室田[1])。すなわち長期弾性値は経済成長率が加速化されるときに高まる傾向を持つし、またエネルギー源が効率の低いもの(たとえば石炭)から高効率のもの(石油)へ転換されることによって低下する。たとえば図1をみればわかるように、日本のエネルギー弾性値が高まるのは1910年代、30年代、60年代の3つだが、これらはいずれも日本経済のスパート期に当たっている。またエネルギー源の転換にともなう弾性値の変化に関しては、つとに Adams & Miovic [3] がヨーロッパを例にとって明らかにしたことであ

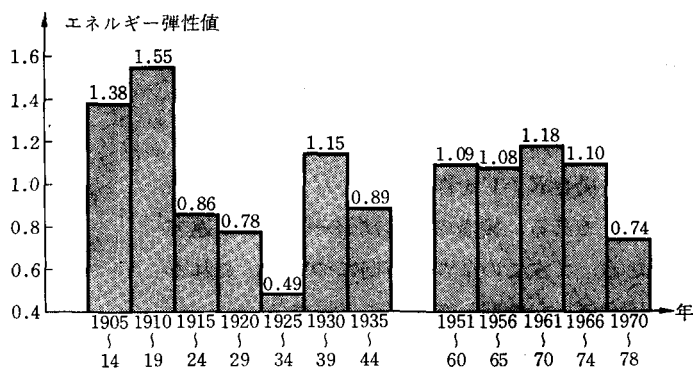


図1 エネルギー弾性値の長期変化(日本)<sup>(1)</sup>

る。また短期的には弾性値はより大きな変動を示す。

たとえば表1にみられるように短期弾性値は71年から77年の間に0.05~1.37の範囲で動いている(弾性値が定義できない74, 75年を除く)。したがって(1)式を想定することは長期的にも短期的にもあまり妥当性を持たないということになる。

ここではエネルギー弾性値の中期的な変化<sup>1)</sup>に焦点をあてる。すなわち簡単な計量モデルを作ることによって、その可変性の構造を探ることとする。

## 2. 理論的背景

GNP( $V$ )とエネルギー( $E$ )の間には基本的に

むろた やすひろ 埼玉大学

\* 本稿はエネルギー問題研究会(産業研究所)で報告したものを改定したものである。

1) 中期とは3~6年程度を意味する。そこでは①産業構造には大きな変化がない、②ストック量はかなり変化する、③短期的な変動を示す稼働率も考慮の対象となる。

表 1 エネルギー弾性値の短期的変化

	実質GNPの 対前年伸び率	エネルギー消費の 対前年伸び率	短期 弾性値
1971年	5.19	6.55	1.26
72	9.49	5.82	0.61
73	9.97	13.64	1.37
74	-0.54	1.64	-
75	1.44	-6.80	-
76	6.48	5.24	0.81
77	5.44	0.28	0.05
単位	%	%	-

資料：国民所得統計，NEEDS EDB

次の2つの関係がありうる。

①  $E$  を  $V$  の生産要素の1つとして捉える。

②  $V$  によって  $E$  なる需要が規定される。

前者の場合  $E$  か  $V$  を作り出すのだから因果関係は  $E \rightarrow V$  である。後者の場合は  $V \rightarrow E$  という逆方向になる。まずこの2つの方向について、これまでの研究成果を整理しておくことにする。

## 2.1 生産要素としてのエネルギー

エネルギーを生産要素の1つとしてみた場合、それが output (たとえば総産出) の生産にとって不可欠かどうかは、他の生産要素(資本, 労働等)との間の代替性の大きさに依存する。代替性が大きければ、エネルギーは成長の制約要因には必ずしもならない。逆は逆である。

この場合代替可能性は具体的にどの程度あるかということが問題になるが、これを実証するためには生産要素が3つ以上のときにも適用可能な生産関数を用いなければならない。そこで工夫されたのがトランス・ログ型生産関数である(以下詳しくは室田[2]を参照せよ)。これを用いるとエネルギーと他の生産要素との間の代替・補完関係が検証できる。実際の計測は Hadson/Jorgensen, Berndt/Wood, Griffin/Gregory, 伊藤/松井等によって行なわれ、次のような結論が得られている。

① 資本  $K$  と労働  $L$  とは代替的である。

②  $L$  と  $E$  とは代替的である。

しかし  $K$  と  $E$  との関係については意見が分かれている。Griffin/Gregoryは両者の関係は代替的であるとの結論を得ているのに対し Berndt/Wood等は補完的であるとしている。両者の結論の違いは、③使用したデータの相違(時系列かクロス・セクションか)、④他の生産要素に対する考慮の仕方の相違(Griffin & Gregory(4), Berndt & Wood(5))などに帰せられているが、現状ではどちらの主張にも絶対優位があるとは思えない。結局  $K$  と  $E$  との間には代替と補完関係が併存するとみたほうがよいのではないだろうか。<sup>2)</sup>

## 2.2 最終需要としてのエネルギー

エネルギーの最終需要としてはガソリンや民生用電力が考えられるが、それは次のような形で規定できる(Taylor [6])。

$$E = J \cdot K \quad (2)$$

$J$ : 稼働率,  $K$ : 資本ストック

たとえばガソリン需要は乗用車の保有台数と走行距離(稼働率)との積で表わされるし、民生用電力消費は各家庭の家電製品のストックとその使用率との積になる。したがって、この場合 GNP のエネルギー需要に対する影響は  $J$  と  $K$  とを経由した間接的なものとなる。

こうして見てくるとエネルギー( $E$ )とGNP( $V$ )との関係をみるためには、 $E$ を生産要素として考えようと、また最終需要として捉えようと、いずれにせよ資本との関係を明らかにしたうえで検討していかねばならないことがわかる。したがってここではエネルギー弾性値の導出にあたり、資本ストック(ならびにその稼働率)を明示的に導入したうえで検討を行なってみることにする。

2) たとえば資本ストックを代替型資本ストック  $K_s$  と補完型資本ストック  $K_c$  とに分けて考えることもできる。 $K = K_s + K_c$ ,  $\frac{\partial E}{\partial K_s} < 0$ ,  $\frac{\partial E}{\partial K_c} > 0$

### 3. ここでの分析と実証結果

#### 3.1 モデルの定式化

以上のことから、ここでは  $E$  と  $V$  との関係を決めるように規定した。

$$E=f(J \cdot K, P_e/P_k) \quad (3)$$

$$\frac{\partial E}{\partial (J \cdot K)} > 0, \frac{\partial E}{\partial (P_e/P_k)} < 0$$

$$K=I+eK_{-1} \quad (4)$$

$$I=f(V, K_{-1}) \quad (5)$$

$$J=f(\dot{V}, J_{-1}) \quad (6)$$

$$V=f(T, P_e/P_v) \quad (7)$$

$$\frac{\partial V}{\partial T} > 0, \frac{\partial V}{\partial (P_e/P_v)} < 0$$

$$P_v=f(P_e, W/(V/L)) \quad (8)$$

$$P_k=f(P_v) \quad (9)$$

$J$ : 稼働率,  $P_e$ : エネルギー価格,  $P_k$ : 資本ストック価格

$P_v$ : GNPデフレーター,  $I$ : 投資,  $T$ : 時間,  $W$ : 賃金,  $L$ : 就業者数

(3)式は  $K$  と  $E$  とは基本的に補完的だが、その関係は相対価格の変化によってある程度変わりうるということを意味している。すなわち図2に示したように等生産量曲線の一部がスムーズになっているとみるわけである。この場合、エネルギー価格  $P_e$  の相対的上昇は一定限度内(図のアミ部分)

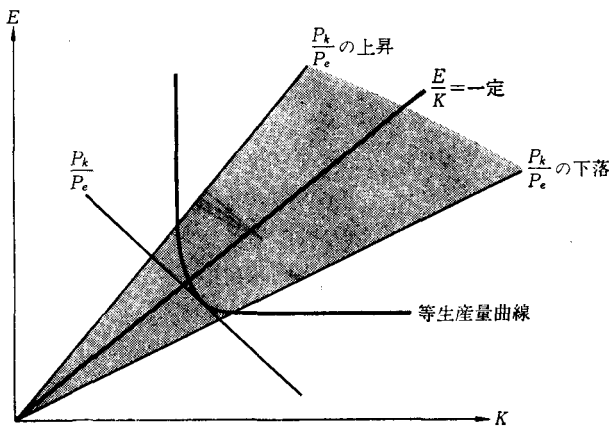


図2  $K$  と  $E$  との関係

で  $K$  の  $E$  に対する使用比率を増大させる。中期的にみた場合、 $K$  と  $E$  との代替補完関係はこのような形で併存しうるのではないだろうか。

(4)は資本ストックと投資に関する定義式、(5)は資本ストック調整型の投資関数、(6)は稼働率を規定する式である。(7)式は支出GNPを表わす一種のリデュースド・フォームとみなされる。すなわち支出GNPは一定のトレンド( $T$ )を持つが、それはエネルギー価格  $P_e$  の相対的上昇によって低下するという形になっている。 $P_e$  の相対的上昇が支出GNPを低下させるのは、①  $P_e$  の急激な上昇が将来に対する不確実性を増大させるため、人々は積極的な投資や消費行動を控えるようになり、これが結果的にGNPを低下させる、②  $P_e$  の上昇はインフレを招く可能性が高いため政府は成長率維持よりも価格抑制を優先目標とした引き締め政策をとらざるをえないこと等が挙げられよう。(8)式はGNPデフレーターが輸入価格( $P_e$ で代用)と実質賃金とで説明されるということの意味する。(9)は統計式である。

こうして、エネルギー価格  $P_e$ 、賃金  $W$ 、就業者数  $L$ 、前期の資本ストック  $K_{-1}$  が与えられれば、エネルギー需要( $E$ )、GNP( $V$ )、資本ストック( $K$ )もしくは投資、稼働率、物価水準等が求まることになる。それから結果的に  $V$  と  $E$  との関係としてエネルギー弾性値  $\gamma$  が求まるわけである。ここで重要なのは本モデルにおけるエネルギー価格の役割である。エネルギー価格の上昇は単にエネルギー需要を直接低下させるだけでなく、各経済主体(政府、家計、企業)の経済行動自体を変えてしまう(消費や投資の繰り延べ、引き締め政策への転換)役割を担っている。これはまさに石油危機以降起こりつつあることではないだろうか。つまり本モデルは石油価格の急上昇による経済構造の変化を陽表的に把えることを試みたものである。

実際に推計された式は以下の通りである。

(OLS 推計)

$$\ln E = -3.3384 + 0.47415 \ln(K_p \cdot J) - 0.14728 \quad (3)'$$

(-1.5)                      (4.8)

$$\ln(P_e/P_k) + 0.3884 \ln(E_{-1}) \quad (3)'$$

(-2.4)                      (2.4)

$\bar{R}^2 = 0.927$ ,  $D.W. = 2.71$ ,  $S = 0.021$ ,  
1971~77

$$K_p = -456631.7 + 968.7I_p + 0.9567K_{p-1} \quad (4)'$$

(-0.3)                      (6.3)                      (98.0)

$\bar{R}^2 = 0.999$ ,  $D.W. = 1.66$ ,  $S = 696170$ ,  
1968~78

$$I_p = -4522.5 - 0.000129K_{p-1} + 0.393V \quad (5)'$$

(-1.8)                      (-4.4)                      (6.2)

$\bar{R}^2 = 0.914$ ,  $D.W. = 1.23$ ,  $S = 667.4$ ,  
1968~78

$$J = 37.58 + 147.4 \left( \frac{V - V_{-1}}{V} \right) + 0.5869J_{-1} \quad (6)'$$

(2.5)                      (4.1)                      (4.5)

$\bar{R}^2 = 0.845$ ,  $D.W. = 2.86$ ,  $S = 4.39$ ,  
1968~78

$$\ln V = 10.291 + 0.08511T - 0.4656 \ln(P_e/P_v) \quad (7)'$$

(315.2)                      (51.4)                      (-11.6)

$\bar{R}^2 = 0.996$ ,  $D.W. = 1.41$ ,  $S = 0.021$ ,  
1965~77

$$P_v = 25.96 + 0.0708P_{e-1} + 23.13 \left( \frac{W}{V//L} \right) \quad (8)'$$

(10.5)                      (1.2)                      (18.5)

$\bar{R}^2 = 0.996$ ,  $D.W. = 1.23$ ,  $S = 2.26$

$$P_k = 29.37 + 0.713P_v \quad (9)'$$

(4.9)                      (16.2)

$\bar{R}^2 = 0.963$ ,  $D.W. = 1.03$ ,  $S = 4.90$ , 1968~78

$V$ : 国民総支出 (70年価格),  $T$ : 時間,  $P_e$ : 燃料動力卸売物価,  $P_v$ : 国民総支出デフレーター

$P_k$ : 民間企業設備デフレーター<sup>3)</sup>,  $E$ : 1次エネルギー供給,  $K_p$ : 民間企業資本ストック,  $J$ : 製造業稼働率,  $I_p$ : 実質民間企業設備,  $W$ : 全産業名目賃金指数 (除サービス),  $L$ : 就業者数

アンダーラインのついた変数は外生変数

3) ここでは簡単のため投資デフレーターを  $P_k$  の代理変数に用いている。

推計結果で注目すべきはエネルギー需要を規定した (3)' と支出 GNP の (7)' であろう。まず (3)' で特徴的なことはエネルギー需要の価格弾性値がかなり高く出ていることである。その値は短期で -0.15, 長期で -0.24 となっている。これまでの計測結果はこれより小さい (日本エネルギー経済研究所[7]によると短期で -0.07, 長期で -0.15)。本推計との相違は、ここでは所得ではなく従来明示的に取り入れられてこなかった資本ストックとその稼働率を変数として直接導入していることによるものと思われる。ただしデータの計測期間が短いこと、各係数の  $T$  値も非常に高いとはいえないので、ここでの結果もそれほど強い根拠を持っているわけではない。

次に (7)' にいこう。エネルギー価格の相対的上昇がない場合、日本経済は約 8.5% の成長が可能であることが示されている。しかしエネルギー価格が相対的に 5% 上昇する場合、成長率は約 2.3% 低下し、結果的に 6.2% の成長となる。エネルギーが日本経済の成長制約要因となるのは、物理的供給量が不足するためでなく、むしろその価格上昇が各経済主体の行動基準を変えてしまうところにあるのではないだろうか。

ファイナル・テストの結果は図 3, 図 4 に示され

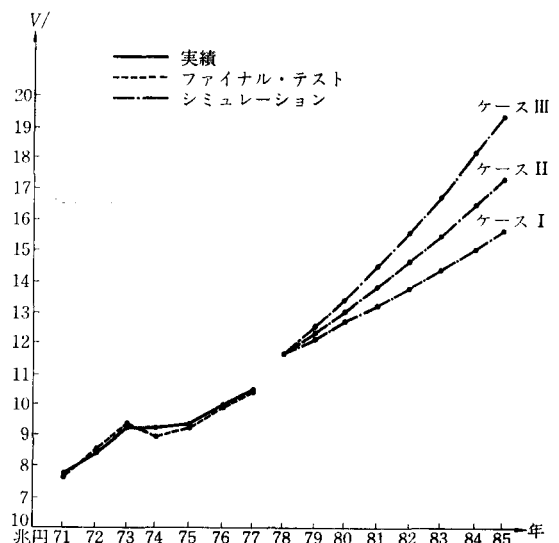


図 3  $V/$  (実質 GNP) の推移

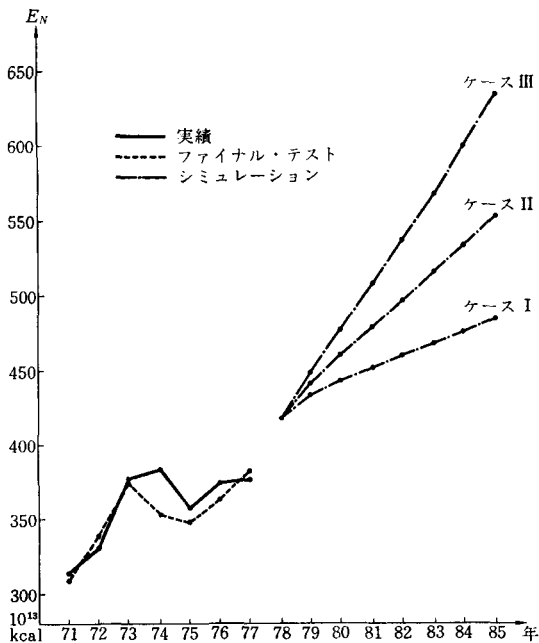


図4 E (1次エネルギー需要)

ている。まず実質GNP(図3)についてはかなり良好なフィットが示されている。(7)'という簡単な式がかなりの説明力を持つことがみてとれよう。逆にエネルギー需要(図4)のフィットは74年がよくない。推計値はかなり実績を下回っている。これは74年が未だ73年以前の高成長期のすう勢を根強く引きずっていたためだろうか。当時は石油危機の影響は一過性であると考えていた人も多かったのだから。

### 3.2 シミュレーションの結果

ここではまず78—85年に至る3種類のシミュレーションを行なった。結果は表2に示されている。ここで変化させた外生変数はエネルギー価格である。すなわちエネルギー価格上昇が年率15%の場合(ケースI)から10%(II), 5%(III)という3通りの想定をおいた。それ以外の外生変数は賃金と就業者数である。賃金想定をかなり低く抑えたのは賃金、物価の悪循環をあらかじめ断ち切っておくためである。

まず、最もきびしい想定であるケースIの場合GNPは4.4%の成長率となる。これは実績(71—77年)よりも約1%低い。エネルギー需要は2.2%の伸びにとどまり、85年のエネルギー需要は、 $488 \times 10^{13} \text{kcal}$ になる。逆に楽観的な想定を置いたケースIIIの場合、経済成長率は7.5%と飛躍的に高まり、エネルギー需要は6.2%の伸びで85年には $636 \times 10^{13} \text{kcal}$ に達する。これはかつての高度成長をややトーン・ダウンさせた姿であろう。ケースIIはこの中間(経済成長率5.9%, エネルギーの伸びは4.1%で85年には $555 \times 10^{13} \text{kcal}$ の規模)だが、興味あるのはこのケースが総合エネルギー調査会の需給見通し(54年8月)に類似しているこ

4) そのでの想定は経済成長率5.7%, エネルギー需要  $550 \times 10^{13} \text{kcal}$  (5.8億k $\theta$ )

表2 シミュレーション結果

	エネルギー価格 ( $P_e$ )	賃金 ( $W$ )	就業者数 ( $L$ )	エネルギー需要		実質GNP ( $V$ )	GNPデフレーター ( $P_v$ )	資本ストック ( $K_p$ )	弾性値 ( $\alpha$ )	
				実額(85年)	伸び率					
71/77 実績	16.2	16.3	0.7	378(77年)	3.1	5.3	9.1	9.2	0.58	
シミュレーション	ケース I	15.0	10.0	0.8	488	2.2	4.4	5.8	6.1	0.50
	II	10.0	"	"	555	4.1	5.9	4.3	7.1	0.69
	III	5.0	"	"	636	6.2	7.5	2.7	8.1	0.83
	IV	15.0	"	"	378	0.0	3.5	6.6	4.1	—
	V	"	"	"	322	$\Delta 2.0$	1.4	8.5	2.5	—
	VI*	"	"	"	378	0.0	1.7	8.3	3.1	—

←外生→ ←内生←

単位: エネルギー需要実績は $10^{13} \text{kcal}$ , それ以外は78/85年平均伸び率(%)

\*:  $K$ と $E$ との代替性を無視したとき

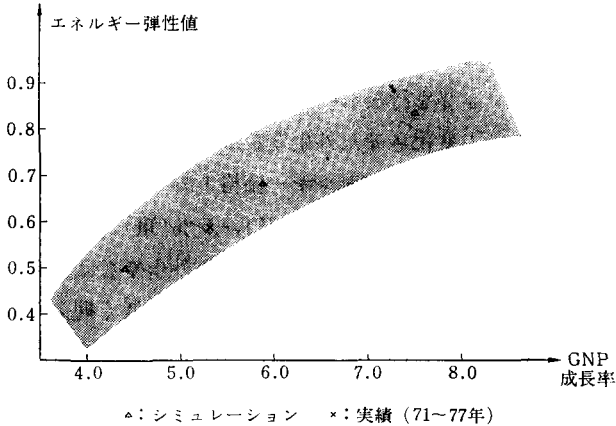


図5 経済成長率とエネルギー弾性値との関係

とである。<sup>4)</sup> この見通しはエネルギー価格の想定を明らかにしていないが、ここでの結果からみる限り、エネルギー(特に石油)価格10%上昇(実質で5%)を想定しているようである。

もう1つのファインディングはそもそも本論文のテーマであるエネルギー弾性値と経済成長率との関係である。図5からも明らかなように経済成長率が高まるほど弾性値も高まるという比例関係

がはっきりと表われている。これはエネルギー価格の高騰が一方でGNPを低下させるものの、他方で価格弾性値を通じたエネルギー需要の減少(直接効果)、ならびにGNPの低下が資本ストックや稼働率の低下を通じてエネルギー需要を減少させるという影響(間接効果)のために、エネルギー需要のほうがより低まるからであると考えられる。したがって(1)式は中期的にみてもあまりにナイーブな定式化であることがわかる。つまり経済成長率を与え、弾性値を適当に置くことによってエネルギー需要を予測する従来のやり方にはあまり妥当性があるとは思えない<sup>5)</sup>。

次に価格上昇のみならずエネルギー供給に量的制約がある場合の計算を行なってみた<sup>6)</sup>。ここでは3ケース(IV~VI,表2)を試みた。ケースIVはエネルギー供給の伸びがゼロを想定している。この場合でも資本 $K_p$ とエネルギー $E$ との間に代替が進むため((3)式),GNPは3%台の伸びを示す。代替過程を無視したのがケースIVであるが<sup>7)</sup>、このときには経済成長率は半減し1.7%となる。エネルギー制約が即経済成長率の低下を導くという一般の議論は $E$ と他の生産要素との間の代替可能性の無視という厳しい前提があることに留意せねばならないだろう。しかし仮に代替可能性を認めても、エネルギー供給量が年々減少(ケースV)すると、やはり成長率は大幅に落ち込むことがわかる。以上を整理すると次のようになる。

①エネルギー弾性値は中期的にみても定数ではなく、成長率の関数である。成長率が高いほど弾性値は高まる。逆は逆である。したがって弾性値を一定としてエネルギー需要を推定すると、低成長下では過大な結果を導きやすい。

②エネルギー供給の制約がある場合でも、エネルギーと他の生産要素との代替可能性を考え

5) 特に低成長期にはこのようなやり方は弾性値を高く見積りがちなため、需要の過大想定を招く可能性が高い。

6) このために次の式を追加した。

$$\ln\left(\frac{V/p}{H \cdot L}\right) = -8.3585 + 0.6319 \ln\left(\frac{K_p \cdot J}{H \cdot L}\right) + 0.0137T \quad (7.9) \quad (5.6) \quad (1.5)$$

(10) (生産関数)

$$\bar{R}^2 = 0.988, D.W. = 1.89, S = 0.023, 1968 \sim 78$$

$$H = 36.21 + 35.01 \left(\frac{V/-V/-1}{V/}\right) + 0.627H_{-1} \quad (5.1) \quad (5.4) \quad (9.0) \quad (11)$$

$$V/ = \begin{cases} V/ & (V/ \leq V/p) \\ V/p & (V/ > V/p) \end{cases} \quad (12)$$

$H$ : 労働時間,  $V/p$ : 能力GNP

シミュレーションにあたっては $E$ を外生とし,(3)'を解いて稼働率 $J$ を求める。これを(10)に代入することによって能力GNP( $V/p$ )が求まる。あとは(12)の判定条件によって $V/$ を求めるという形で行なった。

7) (3)'のかわりに下式を用いた。

$$\ln E = -0.8798 + 0.5842 \ln(K_p \cdot J) \quad (-0.6) \quad (8.6)$$

$$\bar{R}^2 = 0.913, D.W. = 0.95, S = 0.0294$$

ば、経済成長率はそれほど大きくは低下しない。

#### 4. 残された問題点

以上簡単な計量モデルを組立てることによりエネルギー弾性値と経済成長率との関係を検討してきた。今後の改良点としては次のような点があげられよう。

①エネルギー源別、需要先別構成を明示的に算出する。

②国際貿易の側面を導入する。

③日本の需要の石油価格へのフィード・バックの検討。

④賃金・物価ループの導入。

#### 参 考 文 献

- [1] 室田泰弘, “エネルギーの所得弾性値について”  
オペレーションズ・リサーチ 78年1月号
- [2] “ ”, “エネルギーの経済分析” 季刊現代経済  
79年冬
- [3] F.G. Adams & P.Miovic, “On Relative Fuel  
Efficiency and the Output Elasticity of Energy  
Consumption in Western Europe” *Journal of  
Industrial Economics*, Nov. 1968.
- [4] J. M. Griffin & P. R. Gregory, “An Inter-  
country Translog Model of Energy Substitu-  
tion Responses”, *A. E. R.* Dec. 1976.
- [5] E.R. Berndt & D.O. Wood, “Engineering &  
Econometric Approaches to Industrial Energy  
Conservation Formation: A Reconciliation”,  
Nov. 1977.
- [6] L. D. Taylor, “The Demand for Electricity  
: A Survey” *The Bell J. of Economics*, Spring  
1976.
- [7] 日本エネルギー経済研究所, 「エネルギー需要の価  
格, 所得弾力性に関する計量経済的研究, 1979, 9.