Title	我が国エネルギー需要の構造変化(<特集>計量経済学特集)
Sub Title	Structural Change in Demand for Energy in Japan, 1970-1977(ECONOMETRIC RESEARCH ON JAPANESE ECONOMY)
Author	吉岡, 完治(Yoshioka, Kanji) 新井, 益洋(Arai, Masuhiro)
Publisher	
Publication year	1980
Jtitle	三田商学研究 (Mita business review). Vol.23, No.3 (1980. 8) ,p.55- 80
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	
Genre	Journal Article
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AN00234698-19800830-03959483

三田商学研究
23 巻 3 号
1980 年 8 月

我が国エネルギー需要の構造変化

吉 岡 完 治
新 井 益 洋

1. エネルギー需要の概要と問題の所在

この研究の目的は，石油ショック以降にわが国のエネルギー需要の構造がどのように変化してきたかを分析することにある。昨年，昭和52年産業連関延長表(注1)，50年同基本表(注2)があいついで作成された。それを機会に石油ショック期前後の昭和45年，48年，50年，52年の各産業連関表を用いて，わが国のエネルギー需要の構造変化を比較検討してきた。これを機会に発表するものである。

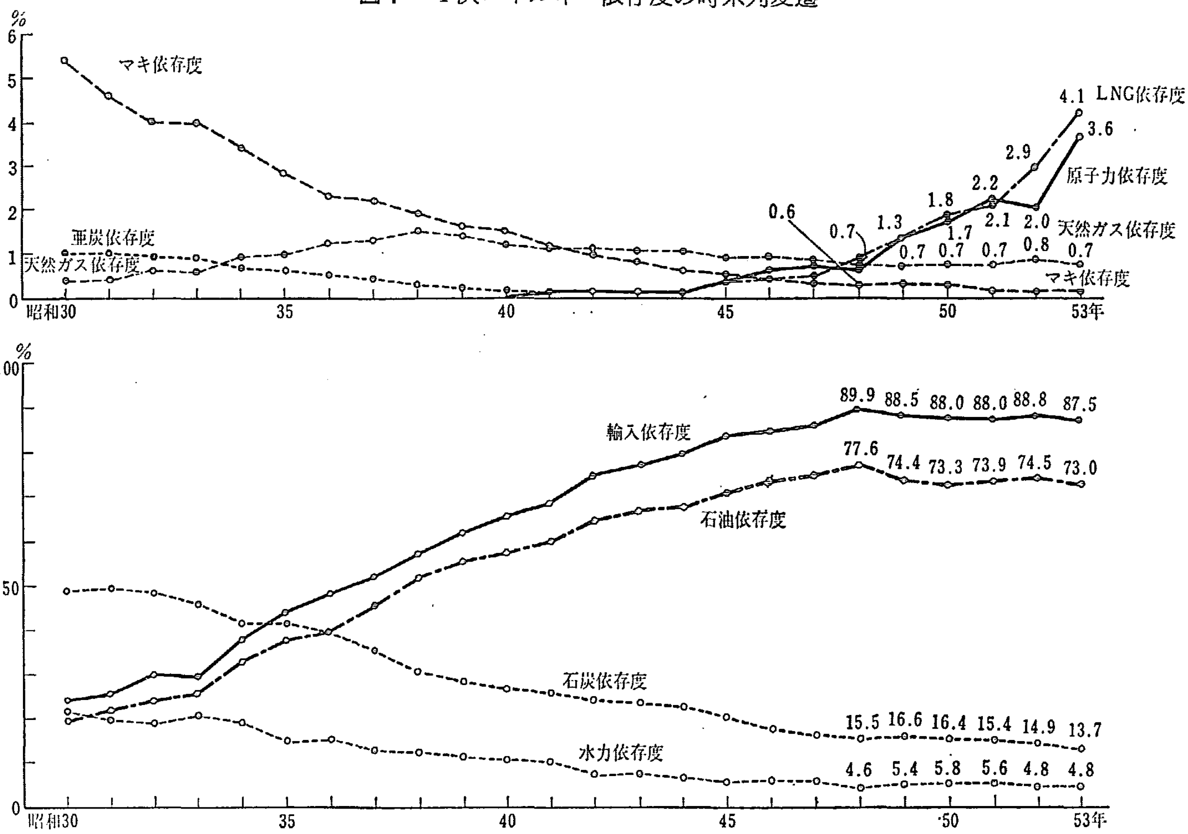
わが国のエネルギー需要の特徴は，輸入された石油にきわめて多くを依存している点にある。(日本；石油依存度74%，輸入依存度88%。西ドイツ；石油依存度 51%，輸入依存度 55%。アメリカ；石油依存度46%，輸入依存度20% (昭和52年調査，OECD統計より)) このような特徴は昭和30年代から40年代にかけて急速に進展してきたものであった。

図-1はエネルギー需要の依存度の時系列変化を示すものである。これによれば石炭依存度が30年50%から48年15%，水力依存度が同 20% から4.6%，というように2大エネルギー源の依存が逓減の一途をたどってきたことがみうけられる。反面，石油依存度が20%から78%へと逓増，それと並行して輸入依存度が25%から90%へと増加してきたことが示されている。エネルギー依存度の時系列変化における第2の特徴は，48～49年の石油ショック期を境として石油・輸入依存度の増加傾向が止り若干低下傾向をたどったことである。そしてそれをうめる形で，原子力，L.N.G. 水力の依存度が若干高まってきている。

次にわれわれの分析との関連でエネルギー需要の時系列変化の第3の特徴を述べる。それは，エネルギー1単位当りの実質国民総生産 (以降マクロ・エネルギー生産性) が，同様に48年を境として減少傾向から増加傾向へと転じたことにある。石油ショック以降1次エネルギーの需給量がほぼ横ば

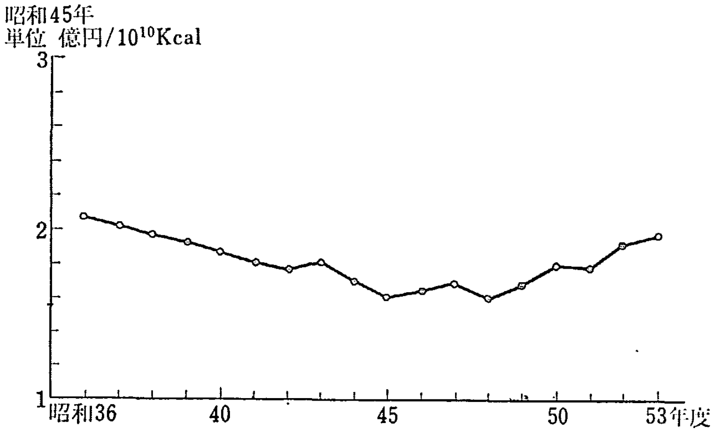
(注1) 通商産業大臣官房調査統計部編「昭和52年産業連関表 (延長表)」昭和54年10月。
(注2) 行政管理庁「昭和50年産業連関表」昭和54年1月。

図1　1次エネルギー依存度の時系列変遷



資料：総合エネルギー統計より

図2　マクロ・エネルギー生産性の時系列変遷



資料：総合エネルギー統計51，54年度版より。

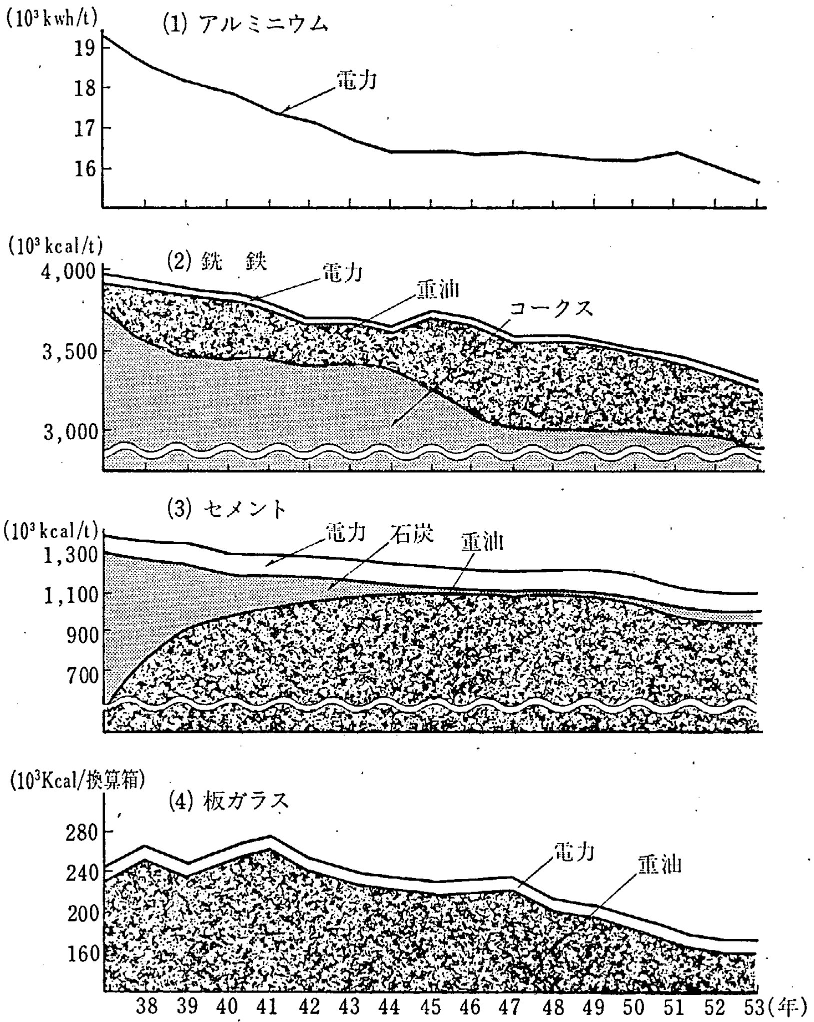
いであったのに反し，経済全体の生産水準は年率３％～６％程度の成長を遂げたことになる(図-2)。この観察値に対応させて主として次の２つの考え方が提示されてきたように思われる。

① 石油ショックを契機として生産工程において省エネルギー化が進行した。つまり，石油価格の高騰が引き金となってインデュースト・テクニカル・プログレスをひきおこし，生産関数が変位した。

② エネルギー相対価格の上昇が他の生産要素の需要を高めエネルギー需要の割合を低下せしめた。つまり生産関数上での要素代替が生じた。

このような考え方が妥当であり，なおかつ将来にわたってもその余力が生産工程に内包されているとするなら，わが国の財生産供給の将来はある意味で安心といえよう。というのは，前者の場合にはエネルギー価格上昇に対処する余力を産業がもちあわせているあかしとなろうし，後者ではエネルギーを労働やその他の生産要素で代置する余地があるからである。事実各種個別の生産工程で断熱材でエネルギー・ロスを少なくするとか，放出エネルギーの再利用のノウ・ハウなどがマス・コミ等に数多く掲載されてきた。それらの多くは，上の2つの効果の複合したものであったといえよう。しかし注意を要する点は，ニュースには多分にペタゴジカルな要素が含まれることである。また，省エネルギーに人々の関心が高まればそれにつれてニュースの価値があがり，省エネルギーの

図3　エネルギー多消費型産業のエネルギー原単位の変化

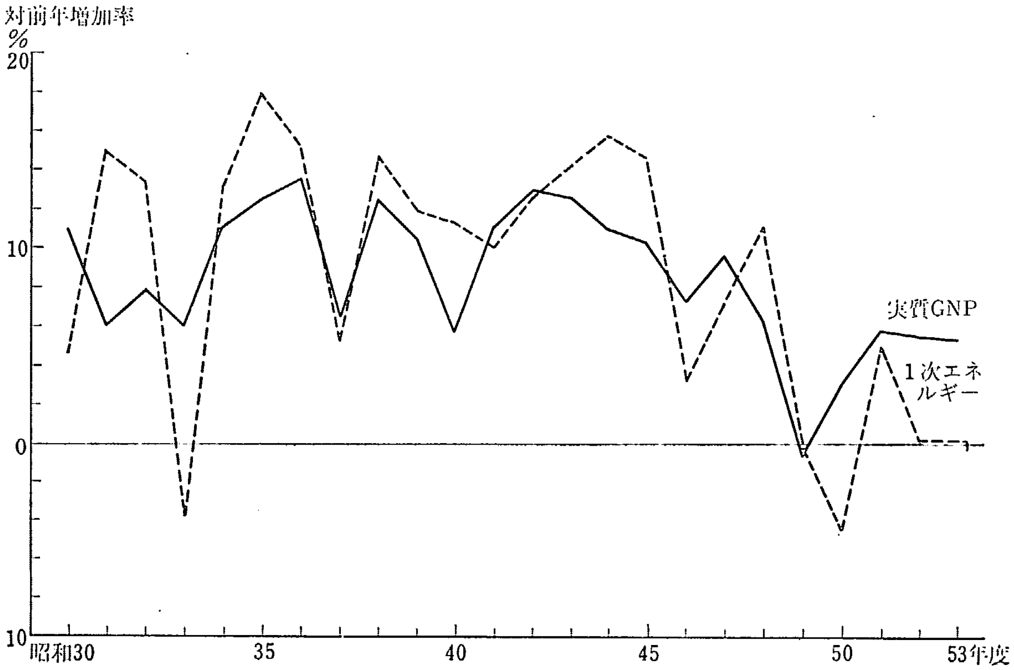


備考：通商産業省「通産統計」により作成。
注：経済企画庁「経済白書」より転載。

進行状況が数多く紹介される。そしてわれわれはあたかも報道の多寡に比例して省エネルギーが進行していると錯覚する場合があるからである。図-3はエネルギー多消費生産工程の生産1単位に用いられたエネルギー原単位の時系列をみたものである。この図によれば該当4産業の省エネルギー化は，けっして石油ショックを境として進行してきたのではなく，30年代から徐々に行なわれてきたことを示している。つまりこの4つの産業は，石油危機というインパクトに関係なく，また要素相対価格に関係なく省エネルギーを求めて生産工程を改良してきたことになる。もしこのような状況が一般的であるなら，それではマクロ・エネルギー生産性の動きは何によって説明づけられるのであろうか。

ここに第3の考え方を示してみよう。それはマクロ・エネルギー生産性が48年から反転上昇したという観察にもとづいたものではなく，むしろ物価上昇，景気の後退，失業率の増加という当時の観察事実を背景として導かれたものであった。そしてそれらを解消するためには石油価格がもとにもどるか，代替エネルギーがどうしても必要であるという考え方をのべたのである。いわば生産関数上で生産要素が相互に強い補完性をもつ場合を念頭においた考え方であったといえよう。この第3の考え方はいっけんマクロ・エネルギー生産性の向上という事実と矛盾するようであるが，それは第2の代替効果の考え方が失業率を増大せしめた事実と矛盾するのと同等である。つまり，相対価格の変化によってエネルギー需要が減少するならそれをうめる形で労働需要や設備投資などが増加するからである。しかもこの第3の立場に立っても，マクロ・エネルギー生産性の変化を解釈するには，たとえば次の図（図-4）を用いれば可能となろう。それは マクロ・エネルギー生産性の変

図4　実質国民総生産と1次エネルギー需給量の対前年増加率



化をより明確にするために，実質国民総生産対前年増加率と1次エネルギー需給の対前年増加率の時系列を示している。この図によれば，1次エネルギーの対前年増加率と実質GNP対前年増加率は，かなりの相関がある。また，実質GNPの増加率が高い景気の拡大期にはそれを上回ってエネルギーの増加率が高く，反対に昭和30年，37年，46年，50年以降など経済成長率が低い時期には実質GNP増加率よりもさらにエネルギー増加率が低下する。ということが見い出せよう。この事実にもとづけば，48年以降のエネルギー生産性上昇を次のように説明づけることも可能である。

③ 石油ショック以前わが国の経済はきわめて高い経済成長を達成してきた。それと表裏一体をなしてエネルギー生産性が下降傾向を示してきた。他方石油ショック以降では成長率の鈍化と対応してそれ以上にエネルギー成長率ののびがにぶった。その結果エネルギー生産性が上昇したように見うけられるのである。

このような観点が妥当するものとすれば先の2つの考え方と比べわが国経済のエネルギー見通しはより悲観点とならざるをえない。雇用不安などの解消のためにより高い経済成長をもくろめば，エネルギー生産性の低下をまねき，より早くエネルギー制約に突きあたってしまうことになる。

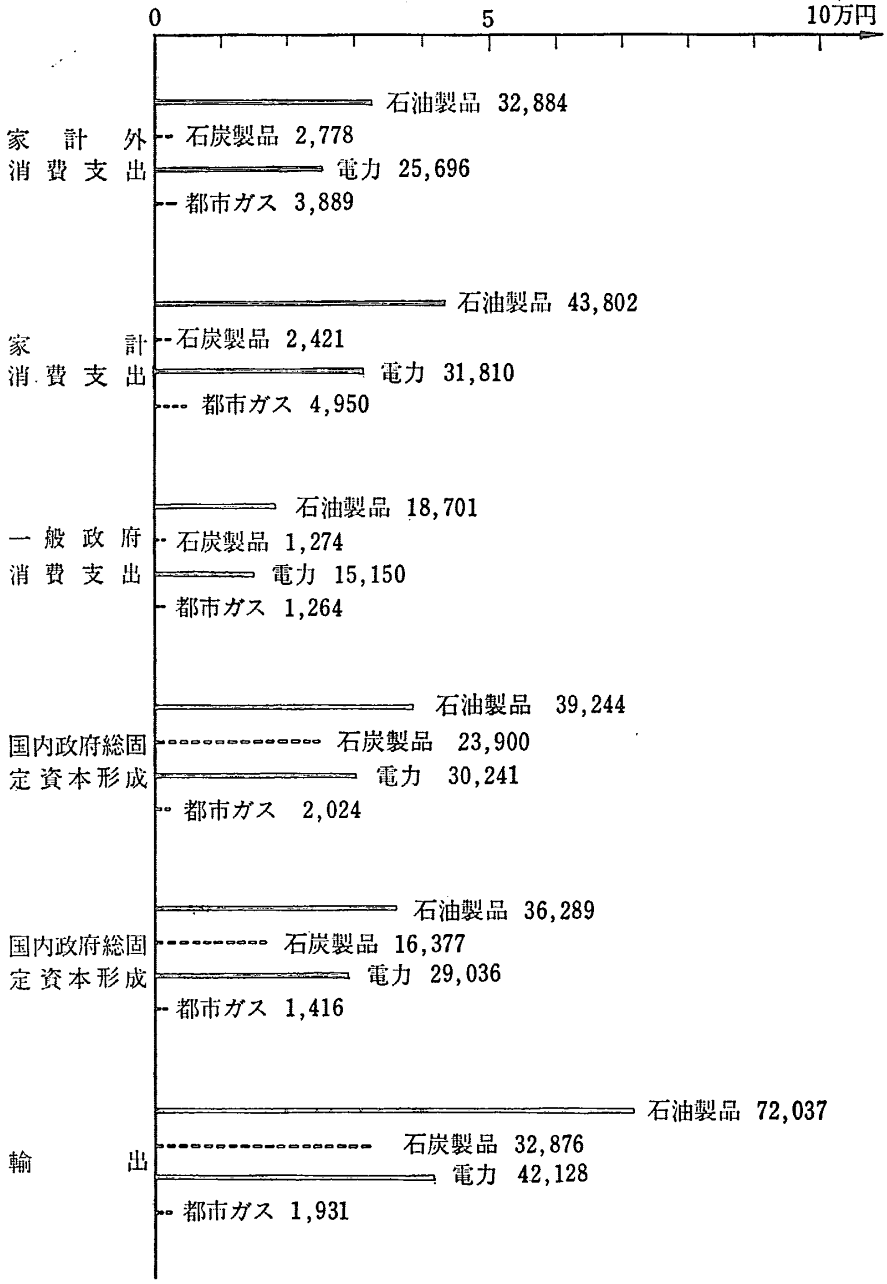
昭和48年を境としてマクロ・エネルギー生産性が上昇した事実に対するこれら相異った考え方は，1部門新古典派モデルとハロッド・モデルの考え方の対比に類似している。前者は，一部の生産要素に供給制約が強くなったとしても市場の価格機構を通じて他の生産要素の需要が増加することにより成長が維持できるというものである。また後者はそれと全く反対に，一部の生産要素が欠如すれば労働など他の生産要素が余剰となってその欠如した生産要素制約が生産を規制してしまうものである。このように2つの観点は全く異った経済展望を与えることになり，マクロ・エネルギー生産性の動向がいったい何によってどれだけ変化してきたのかを分析することは，今後のエネルギー問題経済全般の関係を把握するうえで重要であろう。また，どちらの観点が現実妥当性をもつかはこれ以上なかなか決め手が見つからないものであり，分析を進めるにはマクロ・指標をより詳細なセグメントに分解することがどうしても必要であろう。マクロ生産関数の分析にとどまって代替か完全補完かを議論するには限界があるように思えるからである。ここで展開する分析はこのような問題意識に立っている。

このような考えからわれわれは，マクロ・エネルギー生産性の変化への寄与を次のように分解して分析をすすめる。

◎最終需要構成費目の変化要因

図-5に示すように，民間消費支出，民間総固定資本形成，輸出など最終需要構成費目別にエネルギー誘発は大きく異る。したがって最終需要の構成費目のウエイトの変化はマクロ・エネルギー生産性に影響を与える。わが国においては景気の上昇期にはエネルギー誘発の高い輸出などのウエイトが高く，逆に下降期には民間消費などのウエイトが高くなる傾向を示してきた。したがってもし

図5　最終需要項目別エネルギー生産誘発係数
（昭和52年最終需要百万円増加に対する生産誘発）



昭和48年以降のエネルギー生産性の上昇の大半がこの要因によって説明されるとするなら，先の第3の説明の妥当性をうらずけることとなる。

◎最終需要構成費目内の商品構成の変化要因

最終需要構成費目の1単位の変化がエネルギー需要に及ぼす効果はその商品構成に依存する。たとえば民間消費支出は，食料品衣料など各種の財，サービスの購入の合計である。したがって，エネルギー価格の高騰の直接間接の影響をうけた各種の財，サービス価格上昇に依存して家計はそれらの購入の構成を変えることになる。マクロ・エネルギー生産性の上昇がこの要因に依存するとな

れば，それは生産工程上の変化ではなく，むしろ財サービスの需要関数上の代替効果によって達成されたことになる。

◎生産要素投入係数の変化要因

各財の生産工程に技術革新があったり生産要素に代替がある場合にエネルギー生産性を変化させる要因である。しかしこの場合，各財のエネルギー投入係数の変化のみにとどまらない。エネルギー誘発の大きい素原材料での生産から，小さい素原材料への変換も全体としてマクロ・エネルギー生産性を上昇させる。

◎各財の輸入係数の変化要因

輸入係数の変化によって，マクロ・エネルギー生産性が変化しうる。たとえば生産に直接間接にエネルギーを要する財の総需要に占める輸入ウエイトが増加すれば，マクロ・エネルギー生産性が高まることになる。この効果はエネルギー価格上昇に関して必ずしも一定の方向性をもたない。各国間でエネルギー価格が異っていたり，又，たとえば該当生産工程の技術革新が他国のそれより進行したりする場合，逆に輸入係数が下がることになりマクロ・エネルギー生産性を低下させる。

2. 分析の方法

低下傾向を示してきたマクロ・エネルギー生産性が昭和48年を転換点として上昇傾向に転じたという観察事実は何らかの形でわが国エネルギー需要の構造に変化があったあかしであろう。そしてその要因を詳細に分析するには，

① 最終需要構成費目の変化

② 最終需要構成費目内の財構成の変化

③ 投入係数の変化

④ 輸入係数の変化

の４つに分解することがさしあたって必要であろうと述べた。マクロ・エネルギー生産性をこのような４つの要因に分解し，その寄与を算定するには，経済全体のエネルギー需要構成を包括的にとらえながら，なおかつ各種の財，サービスの生産の依存関係，最終需要構成費目との関係を陽表的に示す資料ならびに分析手法を要す。本章においてわれわれはそれを産業連関表ならびにその分析手法に求める。産業連関分析では固定投入係数いわゆるレオンチェフ仮説を採用する(注３)。また輸入関数についても総需要の一定比率で該当財の輸入が決定される通常の競争輸入型産業連関分析の方法を用いる。投入係数や輸入係数の変化を含めてエネルギー生産性の分析をする際に，それら係数の

（注３） 尾崎巌「規模の経済性とレオンチェフ投入係数の変化」三田学会雑誌59号 No. 9.

固定性を先取することはそぐわないと思われるかも知れない。そのためわれわれは石油ショック前後昭和45，48，50，52年の4ケ年の係数を適宜用いながら，いわば比較静学分析をすることにより補っている。各種の財，サービスの生産関数と選好関数のそれぞれの代用弾性を計測し，一般均衡モデルを構築して分析を進めていくのも他の有力な方法であるが，(注4) そのためには相当の時間を要すこと，他に市場の競争条件等多くの複合仮説を用いねばならないこと，標本の数が限られていること，等を考慮して採用した方法である。いわば，消費関数についてどの仮説が妥当するかを調べる際に平均消費性向の観測値を整理することに類似している。つまり，たとえば平均消費性向が他の事情にもまして所得上昇に伴って低下するなら，それは絶対所得仮説を調べる有力な証拠となるわけであり，必ずしも平均消費性向一定を仮説として採択しているわけではない。これと同様に固定投入係数の仮定は，取扱が平明なゆえにまず観察事実の整理においてもきわめて便利なものと考える。

このような方針にそくして，われわれは産業連関表の資料整備を行った。昭和45年産業連関接続表，48年同延長表，50年同延長表，52年同延長表を共通産業分類に集計し，45年基準の実質産業連関表をそれぞれの年について作成した。結果の産業部門は4桁分類に近い144部門となった。巻末の付表に示すのがそれである。（6桁，7桁分類との対応は紙面の都合上省略してある。概略は4桁分類に近いので公表産業連関表を参照されたい。）

次にモデルの内容を紹介する。まず内生部関数を n，輸出輸入を除く最終需要部関数を k とし，t 年の投入係数行列，生産額ベクトル，最終需要ベクトル，輸出ベクトル，輸入ベクトルを次のように定義しよう。

A^t：t 年の投入係数行列（n 次正方行列）

x^t：t 年の生産額ベクトル（n 次列ベクトル）

f_j^t：t 年 j 番目の最終需要ベクトル $j=1, \cdots\cdots k$（n 次列ベクトル）

e^t：t 年の輸出ベクトル（n 次列ベクトル）

m^t：t 年の輸入ベクトル（n 次列ベクトル）

そうすれば，n 種の財，サービスの販路バランス式は次のように示される。

$$A^t x^t + f_1^t + \cdots\cdots + f_k^t + e^t - m^t = x^t \qquad \cdots\cdots(1)$$

次に輸入関数として各財の輸入量が，該当財の輸出を除く総需要と比例すると仮定する。ここで t 年の輸入係数行列を $\hat{M}^t$ とすれば次式が成立する。

$$m^t = \hat{M}^t (A^t x^t + f_1^t + \cdots\cdots f_k^t) \qquad \cdots\cdots(2)$$

$\hat{M}^t$：t 年の輸入係数を対角要素とする n 次の対角行列

したがって t 年の最終需要に対する生産，輸入誘発は次のように示せる。

＜生産の誘発＞

$$x^t = [I - (I - \hat{M}^t) A^t]^{-1} \{ (I - \hat{M}^t)(f_1^t + \cdots\cdots + f_k^t) + e^t \} \qquad \cdots\cdots(3)$$

＜輸入の誘発＞

$$\boldsymbol{m}^t=\hat{\boldsymbol{M}}^t\boldsymbol{A}^t[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^t)\boldsymbol{A}^t]^{-1}\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^t)(\boldsymbol{f}_1{}^t+\cdots\cdots+\boldsymbol{f}_k{}^t)+\boldsymbol{e}^t\}+\hat{\boldsymbol{M}}^t(\boldsymbol{f}_1{}^t+\cdots\cdots\boldsymbol{f}_k{}^t) \quad \cdots\cdots(4)$$

この(3), (4)式を使って，任意の最終需要部門の合計が1単位変化した際に，生産，輸入の誘発が平均変化率でどうなるかを次のように計算できる。いわゆる誘発係数である。

＜生産誘発係数＞

$$\begin{cases} \boldsymbol{x}_j{}^t=[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^t)\boldsymbol{A}^t]^{-1}(I-\hat{\boldsymbol{M}}^t)\,1/f._j{}^t\,\boldsymbol{f}_j{}^t\,(j=1,\cdots\cdots k) \\ \boldsymbol{x}_e{}^t=[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^t)\boldsymbol{A}^t]^{-1}\,1/e.^t\,\boldsymbol{e} \end{cases} \quad \cdots\cdots(5)$$

＜輸入誘発係数＞

$$\begin{cases} \boldsymbol{m}_j{}^t=\hat{\boldsymbol{M}}^t\boldsymbol{A}^t\boldsymbol{x}_j{}^t+\hat{\boldsymbol{M}}^t\,1/f._j{}^t\,\boldsymbol{f}_j{}^t \quad (j=1,\cdots\cdots k) \\ \boldsymbol{m}_e{}^t=\hat{\boldsymbol{M}}^t\boldsymbol{A}^t\boldsymbol{x}_e{}^t \end{cases} \quad \cdots\cdots(6)$$

ただし，

$\boldsymbol{i}^n$：n 次単位列ベクトル

$f._j{}^t$：t 年の最終需要 j 項目合計

$(f._j{}^t=\boldsymbol{i}_n{}'\,\boldsymbol{f}_j{}^t)$

$e.^t$：t 年の輸出合計

$(e.^t=\boldsymbol{i}_n{}'\,\boldsymbol{e}^t)$

$\boldsymbol{x}_j{}^t$：t 年の最終需要 j 項目の生産誘発係数

$\boldsymbol{x}_e{}^t$：t 年の輸出による生産誘発係数

$\boldsymbol{m}_j{}^t$：t 年の最終需要 j 項目の輸入誘発係数

$\boldsymbol{m}_e{}^t$：t 年の輸出による輸入誘発係数

ここでマクロ・エネルギー生産性変化の効果を分析するにあたって，先の4つの変化を定義しておこう。

①最終需要構成費目の合計の変化（α の変化）

t 年の総需要を y^t とすれば，y^t は費目の合計をすべて加えたものとなる。

$$y^t=f._1+f._2+\cdots\cdots+f._k+e. \quad \cdots\cdots(7)$$

t 年の最終需要項目 j の y に対する構成比を $\alpha_j{}^t$ とすれば次式が成立する。

$$\begin{cases} \alpha_j{}^t=f._j{}^t/y^t \quad (j=1,\cdots\cdots k) \\ \alpha_{k+1}^t=e.^t/y^t \\ \sum_{j=1}^{k+1}\alpha_j{}^t=1 \end{cases} \quad \cdots\cdots(8)$$

したがって，最終需要構成費目のウェイト変化がエネルギー生産性に及ぼす効果は，該当比較年の

α の変化でとらえられることになる。

②最終需要項目内の財構成の変化（β の変化）

この変化は上と同様，t 年任意の j 最終需要項目の商品構成比ベクトルを β_j^t とすれば，

$$\begin{cases} f_j^t=\beta_j^t f._j^t \quad (j=1,\cdots\cdots k) \\ e^t=\beta_k^t{}_{+1}e.^t \\ i_n'\beta_j^t=1 \quad (j=1,\cdots\cdots k) \\ i_n'\beta_k^t{}_{+1}=1 \end{cases} \quad \cdots\cdots(9)$$

が成立し，該当比較年の β の変化で把握することになる。

③生産構造の変化（Aの変化）

投入係数 A^t の変化が及ぼす効果でとらえる。

④輸入構造の変化（$\hat{M}$の変化）

輸入係数 $\hat{M}^t$ の変化が及ぼす効果でとらえる。

さて，このような α, β に関して，次のような行列，ベクトルを定義しよう。

$$\begin{cases} \alpha^t=\begin{pmatrix} \alpha_1^t \\ \vdots \\ \alpha_k^t \\ \alpha_k^t{}_{+1} \end{pmatrix} \qquad \alpha_k^t=\begin{pmatrix} \alpha_1^t \\ \vdots \\ \vdots \\ \alpha_k^t \end{pmatrix} \\ B^t=\begin{pmatrix} \beta_1^t\cdots\cdots\beta_k^t & \vdots & \beta_k^t{}_{+1} \end{pmatrix},\quad B_k^t=\begin{pmatrix} \beta_1^t\cdots\cdots\beta_k^t \end{pmatrix} \end{cases} \quad \cdots\cdots(10)$$

このような α, B にもとづけば，生産の誘発を示す式(3)，輸入の誘発を示す式(4)は次のように書きかえることができる。

$$x^t=[I-(I-\hat{M}^t)A^t]^{-1}\{(I-\hat{M}^t)\ B_k^t\alpha_k^t+\beta_k^t{}_{+1}\alpha_{k+1}\}\ y^t$$

$$m^t=\hat{M}^tA^t[I-(I-\hat{M}^t)A^t]^{-1}\{(I-\hat{M}^t)B_k^t\alpha_k^t$$
$$+\beta_{k+}{}^t{}_1\alpha_k^t{}_{+1}\}y+\hat{M}^tB_k^t\alpha_k^ty^t$$

ここで $y^t=1$ とおけば，上式は総需要 y^t が1単位変化した場合に生産 x^t が何単位変化するかを示す平均変化率となり，x^t ベクトルから必要とするエネルギー部門を選び出せば，それは該当エネルギーのマクロ生産性の逆数となっている。また輸入についても同様のことが成立する。

$$x^t|y^t{}_{=1}[I-(I-\hat{M}^t)A^t]^{-1}\{(I-\hat{M}^t)B_k^t\alpha_k^t+\beta_k^t{}_{+1}\alpha_k^t{}_{+1}\} \quad \cdots\cdots(11)$$

$$m^t|y^t{}_{=1}=\hat{M}^tA^t[I-(I-\hat{M}^t)A^t]^{-1}\{(I-\hat{M}^t)B_k^t\alpha_k^t+\beta_k^t{}_{+1}\alpha_k^t{}_{+1}\}$$
$$+\hat{M}^tB_k^t\alpha_k^t \quad \cdots\cdots(12)$$

この(11)，(12)式によってマクロ・生産性が α^t, β^t, A^t, $\hat{M}^t$ と結びつけられることになる。

つぎに，ある基準年から比較年までに変化した総需要１単位当りの誘発 $\boldsymbol{x}^t|y^t=1$，$\boldsymbol{m}^t|y^t=1$ が $\boldsymbol{\alpha}^t$, $\boldsymbol{B}^t$, $\boldsymbol{A}^t$, $\hat{\boldsymbol{M}}^t$ の変化とどう関連し，どれだけの寄与をもっていたかを算定する関係式を導こう。しかし，実証分析において具体的に比較静学の分析を行う際に，理論でしばしば用いられる微分を差分型におきかえることには問題があるように思える。具体的に $\boldsymbol{\alpha}$ や $\boldsymbol{B}$ の経年変化が微小とみなせるのは分析にあたる前にではなく，結果をみて該当問題については微小であるというように分析者の判断にゆだねられるものではなかろうか。そこで，われわれが分析するうえで用いた方法，特に相乗効果ないし交絡項の定義を巻末の補論でおぎなっている。

その方法にしたがえば，比較時（$t=1$）の生産誘発 $\boldsymbol{x}^1|y^1=1=g(\hat{\boldsymbol{M}}^1,\ \boldsymbol{A}^1,\ \boldsymbol{B}^1,\ \boldsymbol{\alpha}^1)$（ただし g は⑾式で示される関数型をしている）は，次のように展開される。

$q\,(\hat{M}^1,\ A^1,\ B^1,\ \alpha^1)=q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)$
（比較時の生産誘発）（基準時の生産誘発）

$+[q\,(\hat{M}^0, A^0,\ B^0,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（α の変化による効果）

$+[q\,(\hat{M}^0,\ A^0, B^1,\ \alpha^0)]-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（β の変化による効果）

$+[q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^0,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（A の変化による効果）

$+[q\,(\hat{M}^1,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（$\hat{M}$ の変化による効果）

$+[q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^1,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^1,\ \alpha^0)+q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（α, β の相乗効果）

$+[q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^0,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^0,\ \alpha^0)+q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（α, A の相乗効果）

$+[q\,(\hat{M}^1,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^1,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)+q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（α, $\hat{M}$ の相乗効果）

$+[q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^1,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^1,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^0,\ \alpha^0)+q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（B, A の相乗効果）

$+[q\,(\hat{M}^1,\ A^0,\ B^1,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^1,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^1,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)\ +q\,(\hat{M}^0, A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（B, $\hat{M}$ の相乗効果）

$+[q\,(\hat{M}^1,\ A^1,\ B^0,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^0,\ \alpha^0)-q\,(\hat{M}^1,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)+q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^0,\ \alpha^0)]$
（A, $\hat{M}$ の相乗効果）

$+[q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^1,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^0,\ B^1,\ \alpha^1)-q\,(\hat{M}^0,\ A^1,\ B^0,\ \alpha^1)$

$$-q(\hat{M}^0, A^1, B^1, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^1, \alpha^0)$$
$$+q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^0)]$$

(α, β, A の相乗効果)

$$+[q(\hat{M}^1, A^0, B^1, \alpha^1)-q(\hat{M}^0, A^0, B^1, \alpha^1)-q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^1)$$
$$-q(\hat{M}^1, A^0, B^1, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^1)+q(\hat{M}^0, A^0, B^1, \alpha^0)$$
$$+q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^0)]$$

(α, β, $\hat{M}$ の相乗効果)

$$+[q(\hat{M}^1, A^1, B^0, \alpha^1)-q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^1)-q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^1)$$
$$-q(\hat{M}^1, A^1, B^0, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^1)+q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^0)$$
$$+q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^0)]$$

(α, A, $\hat{M}$ の相乗効果)

$$+[q(\hat{M}^1, A^1, B^1, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^1, B^1, \alpha^0)-q(\hat{M}^1, A^0, B^1, \alpha^0)$$
$$-q(\hat{M}^1, A^1, B^0, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^1, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^0)$$
$$+q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^0)]$$

(β,A, $\hat{M}$ の相乗効果)

$$+[q(\hat{M}^1, A^1, B^1, \alpha^1)-q(\hat{M}^0, A^1, B^1, \alpha^1)-q(\hat{M}^1, A^0, B^1, \alpha^1)$$
$$-q(\hat{M}^1, A^1, B^0, \alpha^1)-q(\hat{M}^1, A^1, B^1, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^1, \alpha^1)$$
$$+q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^1)+q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^1)+q(\hat{M}^0, A^1, B^1, \alpha^0)$$
$$+q(\hat{M}^1, A^0, B^1, \alpha^0)+q(\hat{M}^1, A^1, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^1)$$
$$-q(\hat{M}^0, A^0, B^1, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^0)$$
$$+q(M^0, A^0, B^0, \alpha^0)]$$

(α, β, A, $\hat{M}$ の相乗効果) ……(13)

比較時の生産誘発 $x^1|y^1=1$ はこのように基準時の生産誘発に，4つの効果，それらの相乗効果の和として求められる。また，この場合においても該当相乗効果の項目のどれか1つが基準時と比較時で不変ならば，その相乗効果がゼロとなるという特性を保持している。たとえば(17)式の最後から第2項 β, A, $\hat{M}$ の相乗効果において，基準時の B^0 が比較時においても一定であった場合には，その相乗効果は，

$$[q(\hat{M}^1, A^1, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^0)$$
$$-q(\hat{M}^1, A^1, B^0, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^0)+q(\hat{M}^0, A^1, B^0, \alpha^0)$$
$$+q(\hat{M}^1, A^0, B^0, \alpha^0)-q(\hat{M}^0, A^0, B^0, \alpha^0)]=0$$

となり，それがゼロとなる。また輸入誘発についても上と同様の操作が可能であり，この(12)式と(13)式にもとづいて，α, β, $\boldsymbol{A}$, $\hat{\boldsymbol{M}}$ 4つの変化が，総需要 y 1単位変化に対する生産誘発，輸入誘発に

及ぼす効果が検出できる。

なお相乗効果については，計算の煩雑さゆえ本論では分解をさけ合計として扱っている。(相乗効果を(13)のように分解する必要性は，その合計が絶対値で非常に大きい場合に限られよう。事実われわれの分析では，エネルギー部門に関して石油危機以降それが非常に大きく観察された。その分解は現在進行しているところである）さて，それらの効果を列挙しておく。

①αの変化が及ぼす効果

＜生産への効果＞

$$\boldsymbol{x}_{\Delta\alpha}=[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{B}_k^0(\alpha_k^1-\alpha_k^0)$$
$$+\beta_k^0{}_{+1}(\alpha_k^1{}_{+1}-\alpha_k^0{}_{+1})\}$$

＜輸入への効果＞

$$\boldsymbol{m}_{\Delta\alpha}=\hat{\boldsymbol{M}}^0\boldsymbol{A}^0\boldsymbol{x}_\alpha+\hat{\boldsymbol{M}}^0\boldsymbol{B}_k^0(\alpha_k^1-\alpha_k^0) \quad \cdots\cdots(14)$$

②βの変化が及ぼす効果

＜生産への効果＞

$$\boldsymbol{x}_{\Delta\beta}=[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)(\boldsymbol{B}_k^1-\boldsymbol{B}_k^0)\alpha_k$$
$$+(\beta_k^1{}_{+1}-\beta_k^0{}_{+1})\alpha_k^0{}_{+1}\} \quad \cdots\cdots(15)$$

＜輸入への効果＞

$$\boldsymbol{m}_{\Delta\beta}=\hat{\boldsymbol{M}}^0\boldsymbol{A}^0\boldsymbol{x}_{\Delta\beta}+\hat{\boldsymbol{M}}^0(\boldsymbol{B}_k^1-\boldsymbol{B}_k^0)\alpha_k^0 \quad \cdots\cdots(16)$$

③$\boldsymbol{A}$の変化が及ぼす効果

＜生産への効果＞

$$\boldsymbol{x}_{\Delta A}=\{[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^1]^{-1}-[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\} \quad \cdots\cdots(17)$$
$$\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{B}_k^0\alpha_k^0+\beta_k^0{}_{+1}\alpha_k^0{}_{+1}\}$$

＜輸入への効果＞

$$\boldsymbol{m}_{\Delta A}=\hat{\boldsymbol{M}}^0\{\boldsymbol{A}^1[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^1]^{-1}-\boldsymbol{A}^0[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\}$$
$$\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{B}_k^0\alpha_k^0+\beta_k^0{}_{+1}\alpha_k^0{}_{+1}\} \quad \cdots\cdots(18)$$

④$\hat{\boldsymbol{M}}$の変化が及ぼす効果

＜生産への効果＞

$$\boldsymbol{x}_{\Delta\hat{M}}=[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^1)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^1)\boldsymbol{B}_k^0\alpha_k^0+\beta_k^0{}_{+1}\alpha_k^0{}_{+1}\}$$
$$-[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{B}_k^0\alpha_k^0+\beta_k^0{}_{+1}\alpha_k^0{}_{+1}\} \quad \cdots\cdots(19)$$

＜輸入への効果＞

$$\boldsymbol{m}_{\Delta M}=\hat{\boldsymbol{M}}^1\boldsymbol{A}^0[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^1)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^1)\boldsymbol{B}_k^0\alpha_k^0+\beta_k^0{}_{+1}\alpha_k^0{}_{+1}\}$$
$$-\hat{\boldsymbol{M}}^0\boldsymbol{A}^0[I-(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{A}^0]^{-1}\{(I-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{B}_k^0\alpha_k^0+\beta_k^0{}_{+1}\alpha_k^0{}_{+1}\}$$
$$+(\hat{\boldsymbol{M}}^1-\hat{\boldsymbol{M}}^0)\boldsymbol{B}_k^0\alpha_k^0 \quad \cdots\cdots(20)$$

⑤ α, β, A, M の変化による総合相乗効果

<生産への効果>

$$x_{\Delta\alpha\Delta\beta\Delta A\Delta\hat{M}}=x^1|y^1=1-x^0|y^0=1\ -(x_{\Delta\alpha}+x_{\Delta\beta}+x_{\Delta A}+x_{\Delta\hat{M}}) \quad \cdots\cdots(21)$$

<輸入への効果>

$$m_{\Delta\alpha\Delta\beta\Delta A\Delta\hat{M}}=m^1|y^1=1-m^1|y^0=1\ -(m_{\Delta\alpha}+m_{\Delta\beta}+m_{\Delta A}+m_{\Delta\hat{M}}) \quad \cdots\cdots(22)$$

3. 分析の結果

3—1 誘発係数の変化

マクロ・エネルギー生産性の変化がどの要因に大きく寄与してもたらされたかを示す前に，個別の最終需要項目のエネルギー需要の特性を誘発係数の変化によってみておこう。(5)，(6)式にもとづいてそれを計算した結果が次の2つの図である。図-6では，最終需要項目1単位当り（45年評価100万円当り）になおして，石油製品，電力などエネルギー生産が何単位誘発されるかを該当年について示してある。たとえば，民間消費支出百万円当りには直接の石油製品購入が含まれている。暖房のための灯油とか自動車を走らすためのガソリン購入などがその例である。しかし，民間消費の石油製品に対する誘発はそれだけではとどまらない。購入する衣料，食料品などを製造するためにはやはり石油製品が直接間接に必要とされる。そのような直接，間接の石油製品への誘発が合計されてグラフに示されている。また，45年を基準として実質評価しているのは，誘発の時系列変化をみるための操作である。先に示したように産業連関表を全て45年価格評価にすることによって行っている。図-7では原油輸入誘発について同様の操作がほどこされている。この結果にもとづいて，エネルギー誘発の特徴を箇条書にして列挙する。

(1) まずエネルギー生産誘発係数の第1の特徴は，消費支出項目において電力，都市ガスの誘発係数が比較的高いのに対し，資本形成項目及び輸出においては比較的石炭製品の誘発係数が高い点にある。現在においても石炭はエネルギー依存で第2位を占めているが，この3つの項目の誘発係数が高い点と大きく関与していると思われる。

(2) 石油危機前後の石油製品誘発については，ほぼ全般に昭和45年から48年に増加した誘発係数が50年には低下の傾向を示している。その中で特に政府固定資本形成の3.69から2.80への低下，民間固定資本形成の2.88から2.52への低下，というように資本形成項目で省エネルギー化が大きかったことがみられる。この傾向は昭和52年にも継続されることになる。

(3) 他方消費支出項目についても，48年以降石油製品誘発係数の低下がほぼ観察されるが，その傾向が資本形成，輸出にくらべて低いことがみられる。そして一般政府消費支出においては，いったん低下した係数が，52年になって急増していることが注目される。

図6　最終需要のエネルギー生産誘発係数（昭和45年実質評価）

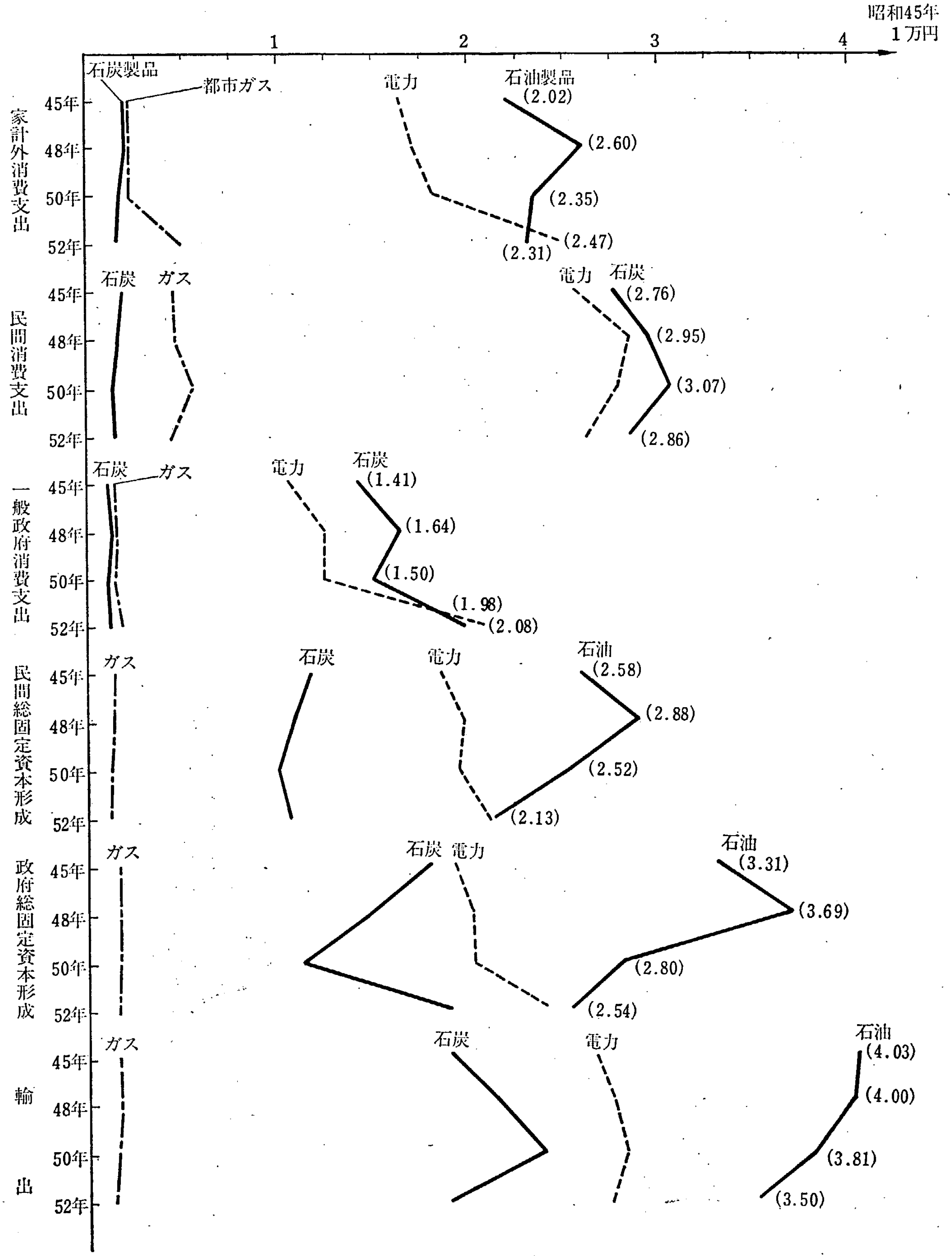
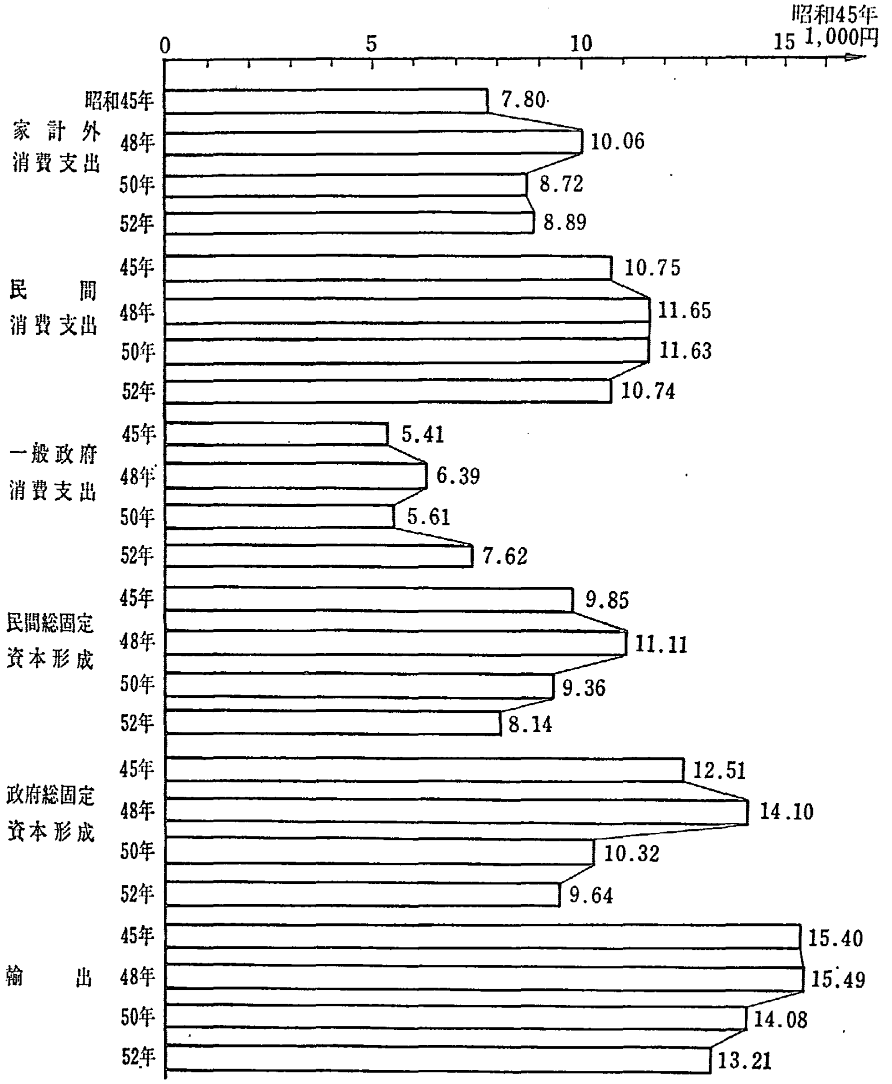


図7　原油輸入誘発係数（昭和45年実質評価）



(4)　最終需要項目のエネルギー誘発係数の中で，民間消費支出を例外として，石油危機以降大幅に増加傾向を示したのは電力である。電力生産の主な原材料の１つに石油製品があげられることは言うまでもない。したがってこの石油製品誘発と電力誘発の逆の傾向については，２つの可能性が考えられよう。①電力の生産に要する石油製品の原単位が低下した，②原単位は変化しないないし増加傾向にあるが，それ以外の財，サービスの需要において石油製品の直接間接の誘発がより低下した，の２つである。しかし，①の可能性については，該当投入係数が45年0.133，48年0.133，50年0.141，52年0.59とむしろ上昇傾向にあったことから，②の可能性が強いことを示している。つまり，石油危機以降のエネルギー需要の特徴として電力化，省石油化があげられる。このことは，電力生産に省石油化が進むならばより一層の省石油化が方向づけられることを示していよう。

3—2　マクロ生産性変化の要因

昭和48年にかけて低下してきたマクロ・エネルギー生産性は石油危機を境として上昇傾向を示すにいたった。そのことを端的に表わすのは1次エネルギーとして圧倒的ウェイトをほこる原油の生産性の変化であった。次に示す表1は，われわれが用いた産業連関資料にもとづいて，総需要1単位当りのエネルギー誘発を輸入原油，石油製品，石炭製品，電力，都市ガスについて示したものである。

この表によれば，われわれの用いた産業連関資料においても冒頭に示したエネルギー需要の概要と整合性をもっていることがほぼいえよう。この誘発の変化のうち，原油輸入誘発，石油製品生産

図8　総需要1単位（45年100万円単位）当り原油誘発の変化に対する5つの効果の寄与

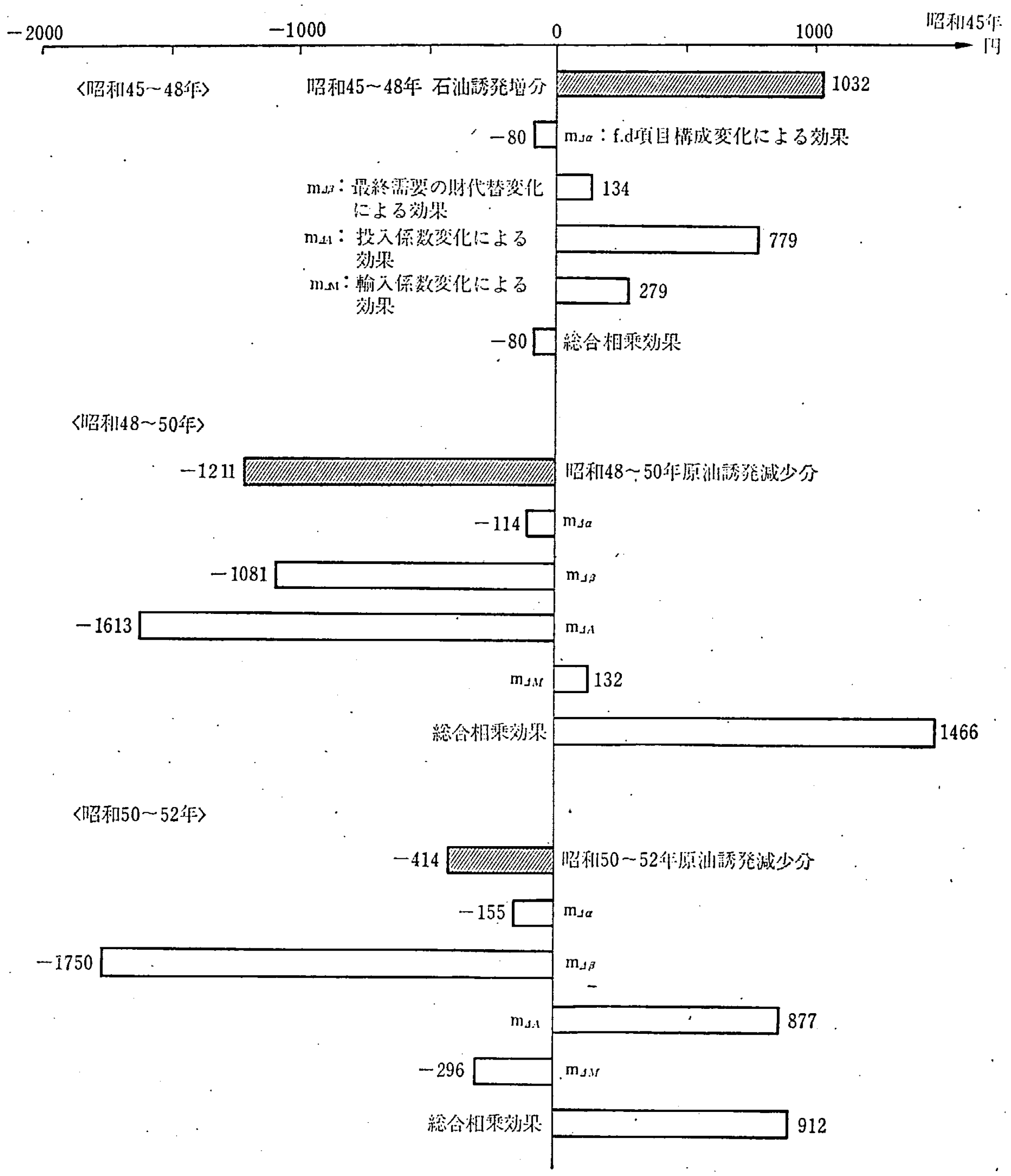
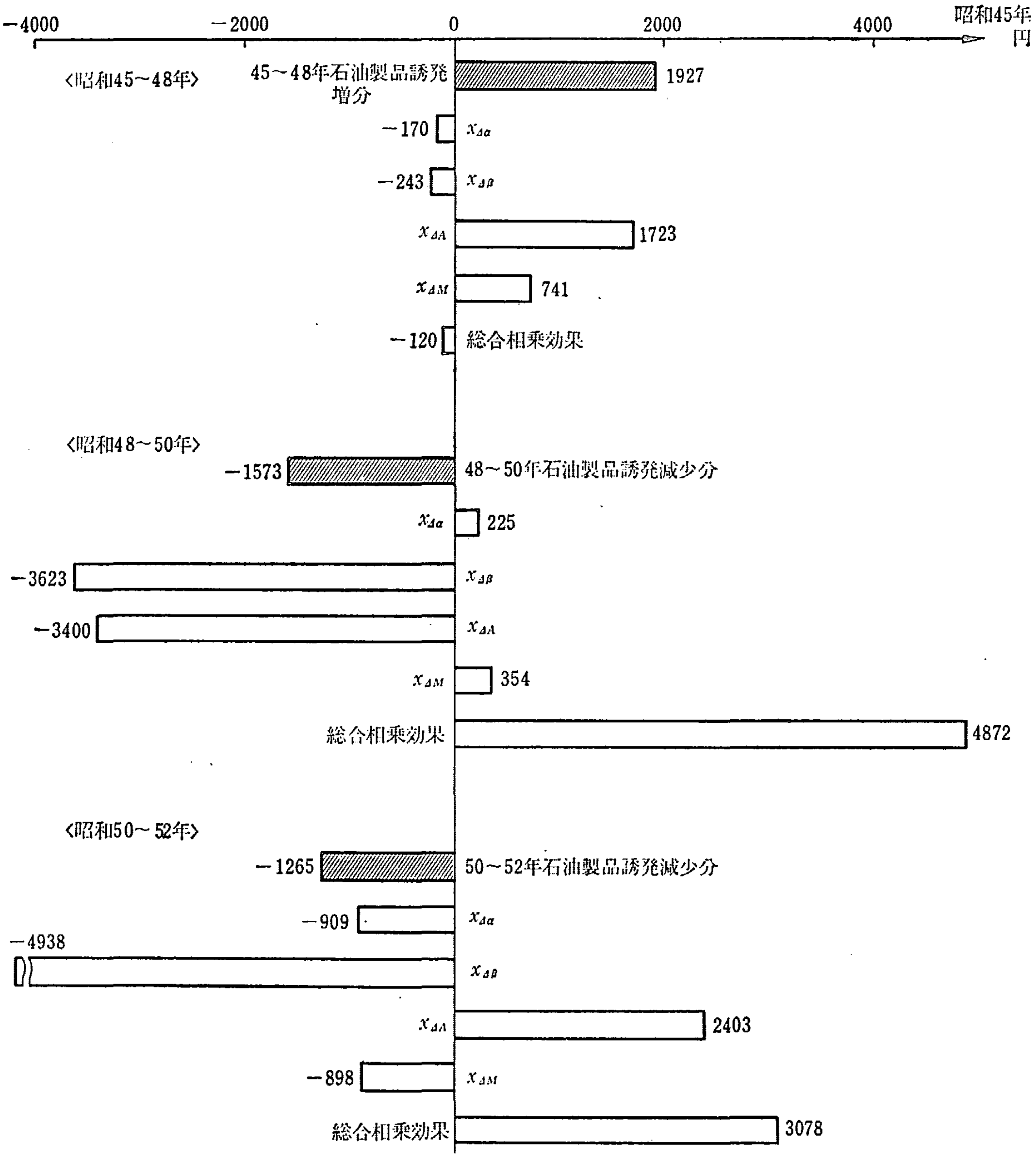


表1　総需要1単位当りエネルギー誘発の変化（(12)式による）

	昭和45年	昭和48年	昭和50年	昭和52年
輸入原油	10,929	11,961 (.031)	10,750 (−.052)	10,336 (−.019)
石油製品	28,144	30,073 (0.22)	28,501 (−.026)	27,236 (−.022)
石炭製品	7,662	6,847 (−.037)	6,899 (.004)	7,219 (.023)
電力	22,026	23,787 (.026)	24,258 (.010)	24,815 (.011)
都市ガス	2,878	2,907 (.003)	3,481 (.094)	2,949 (−.080)

○単位：総需要百万円当り円（45年基準実質評価）
○（　）内は対前期平均増加率（年率換算済）

図9　総需要1単位当り石油製品誘発の変化に対する5つの効果の寄与

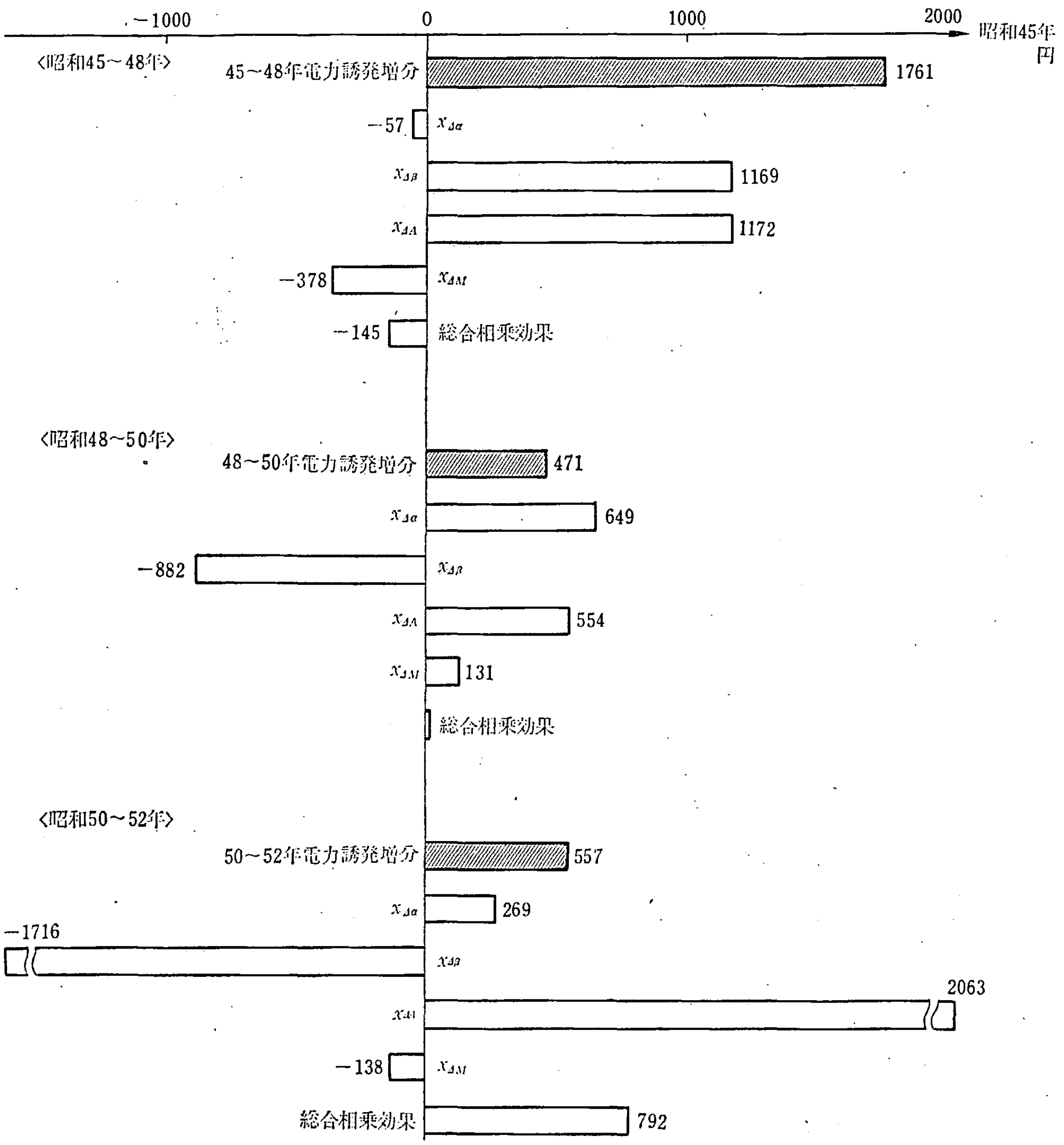


誘発，電力生産誘発の３つにしぼって，モデルで示した５つの効果の寄与を図示してみよう。図８～10がそれである。それらの結果にもとづいて重要とおもわれる点を箇条書でまとめる。

(1)　総需要１単位当りの原油輸入誘発は

石油危機以前45年から48年にかけて10,929から11,961と平均年率換算で３％程度の上昇傾向を示してきた。それが石油危機を経ることによって，50年10,750，52年10,336と，48年から50年では年率－５程度％の大幅低下傾向に反転し，50年，52年においてもその低下傾向が－２％程度で継続してきた。このような省石油化の傾向に大きく関与してきたとみられる効果は，投入係数の変化，最終需要における財代替の変化であった。

図10　総需要１単位当り電力誘発の変化に対する５つの効果の寄与



(2)　最終需要における財代替の効果が石油危機以降一貫して省石油化へ大幅変化したのに反して（48～50年，－1,081，50～52年－1,750），投入係数の変化の方向は，48～50年－1,613と大幅省石油化から50～52年 877 と石油多消費化方向へ逆転している。このことは，48年から50年にかけての投入係数の変化の省石油化への寄与の半分以上が技術進歩に根ざしたものでなかったことを示している。この点については，①生産関数上の代替効果，②48年～50年景気後退期における限界的事業所の操業ウェイトの減少と50～52年回復期におけるその増加，の2点が有力な仮説と考えられるが，現在の分析では定かでない。この点については次回に詳細な分析を試みたい。

(3)　省石油化傾向におけるこのような傾向は，石油製品誘発についておおむね同様観察されている。ただ興味深いのは48～50年における省原油化寄与のトップであった投入係数の変化の効果が，省石油製品化においては順位を最終需要の財代替効果はゆずっている点である。この相違の原因は明らかに石油製品生産部門の輸入原油投入係数の変化に大きく影響をうけている。同投入係数の時系列変化は，昭和45年0.36，48年0.37，50年0.33，52年0.34と，石油危機以降大きく低下傾向を示してきたが，省原油化傾向の1つのにない手に石油製品生産部門の投入係数変化があげられるとみうけられる。

(4)　誘発係数についての説明の箇所で48年以降電力の誘発係数が上昇してきたことを示したが，その効果の寄与を分解したのが図10である。その結果によれば，石油危機以降の電力誘発増加の主な原因は，最終需要構成費目ウェイトの変化と投入係数の変化にある。それを相殺する形で最終需要における財代替の効果が大きく，全体として電力誘発増という傾向になっている。

(5)　投入係数の変化が電力誘発増につながった効果と，先の石油製品誘発減少効果を総合して考えれば，生産工程における脱石油化電力多消費化の傾向が石油危機以降に進行してきたことを意味する。もちろん先と同様それが生産関数上の代替効果を意味するか，景気の局面に依存したのかを判別するのはさだかでないが，少なくとも，電力生産の脱石油化が今後のエネルギー問題の重要なかぎをにぎっているようによみとれる。

(6)　最終需要構成費目変化による電力多消費化への傾向は明らかに景気後退期において，電力誘発係数のもっとも高い民間消費のウェイトが高まった事実と整合性をもっているがそれを大幅に相殺する形で最終需要の財代替効果が電力省力化へ動いた。したがって電力，石油製品という2大2次エネルギーに関する限り，最終需要の及ぼす省エネルギー化傾向は予想以上に大きかったことが示される。しばしば中間需要と最終需要のエネルギー使用ウェイト等にもとづき石油危機以降の省エネルギー化において中間投入の効果を強調するむきがないわけではないが，間接的効果を考慮すれば需要側の商品選好の変化が大きく省エネルギーに貢献していたことを示している。

4.　結びにかえて

わが国エネルギー需要の構造変化の概要を紹介してきたが，そのより詳細な分析については現在進行中である。

①　産業連関資料自体のデータ誤差のチェック

②　投入係数，需要の財代替の変化と相対価格の関係の分析

③　ここでは内容を明にしなかった相乗効果の分解を中心課題として進めている。それらが完備されてこそ，エネルギー需要の構造変化の内容がより明確となってくると考えている。

＜異った要因による変化寄与の算定に関する補論＞

まず2つの異った要因 α^t, β^t によって結果 ϕ^t が導れる単純な場合を考えてみよう。

$$\phi^t=\phi(\alpha^t, \beta^t)$$

そして，$t=0$ の時を基準時，$t=1$ の時を比較時としておこう。そうすれば，比較時の結果 ϕ^1 は，基準時の結果 ϕ^0 に，①βを基準時に固定して α を基準時から比較時に変化させた効果，②αを基準時に固定して β を変化させた効果，③α, β が共に変化した場合の相乗効果の和として示される。

$$\underset{\text{(比較時の結果)}}{\phi(\alpha^1, \beta^1)}=\underset{\text{(基準時の結果)}}{\phi(\alpha^0, \beta^0)}+\underset{\text{(α の変化による効果)}}{[\phi(\alpha^1, \beta^0)-\phi(\alpha^0, \beta^0)]}$$

$$+\underset{\text{(β の変化による効果)}}{[\phi(\alpha^0, \beta^1)-\phi(\alpha^0, \beta^0)]}+\underset{\text{(α, β の相乗効果)}}{[\phi(\alpha^1, \beta^1)-\phi(\alpha^1, \beta^0)}$$

$$-\phi(\alpha^0, \beta^1)+\phi(\alpha^0, \beta^0)]$$

ここで α, β の相乗効果とは，α を比較時に固定して β が変化した場合の効果 $\phi(\alpha^1, \beta^1)-\phi(\alpha^1, \beta^0)$ から α を基準時に固定して β が変化した場合の効果 $\phi(\alpha^0, \beta^1)-\phi(\alpha^0, \beta^0)$ を差し引いたものである。つまり α が α^0 から α^1 へ移行することによって上昇した β の寄与分である。同様にそれは，β が β^0 から β^1 へ移行することによって上昇した α の寄与分ともなっている。

$$\phi(\alpha^1, \beta^1)-\phi(\alpha^1, \beta^0)-\phi(\alpha^0, \beta^1)+\phi(\alpha^0, \beta^0)$$
$$=[\phi(\alpha^1, \beta^1)-\phi(\alpha^1, \beta^0)]-[\phi(\alpha^0, \beta^1)-\phi(\alpha^0, \beta^0)]$$
$$=[\phi(\alpha^1, \beta^1)-\phi(\alpha^0, \beta^1)]-[\phi(\alpha^1, \beta^0)-\phi(\alpha^0, \beta^0)]$$

そしてこの α, β の相乗効果は，α, β の双方が変化した場合にのみ比較時の結果に影響を与えることになる。

$$[\phi(\alpha^1,\ \beta^1)-\phi(\alpha^1,\ \beta^0)-\phi(\alpha^0,\ \beta^1)+\phi(\alpha^0,\ \beta^0)]\Big|_{\beta^1=\beta^0}=0$$

$$[\phi(\alpha^1,\ \beta^1)-\phi(\alpha^1,\ \beta^0)-\phi(\alpha^0,\ \beta^1)-\phi(\alpha^0,\ \beta^0)]\Big|_{\alpha^1=\alpha^0}=0$$

この式によって，基準時から比較時の変化 $\phi(\alpha^1,\ \beta^1)-\phi(\alpha^0,\ \beta^0)$ は，α, β それぞれの変化による効果と，α, β の相乗効果の和として示される。

$$\phi[\alpha^1,\ \beta^1)-\phi(\alpha^0,\ \beta^0)=[\phi(\alpha^1,\ \beta^0)-\phi(\alpha^0,\ \beta^0)]$$
$$+[\phi(\alpha^0,\ \beta^1)-\phi(\alpha^0,\ \beta^0)]+[\phi(\alpha^1,\ \beta^1)-\phi(\alpha^1,\ \beta^0)$$
$$-[\phi(\alpha^0,\ \beta^1)+\phi(\alpha^0,\ \beta^0)]$$

この寄与の程度を計る式の性質について，2つの例をあげることによってもう少し示しておこう。

1つは，ϕ が，α, β に関して次のような和の形をみたしている場合である。

$$\phi^t=\phi_1(\alpha^t)+\phi_2(\beta^t)$$

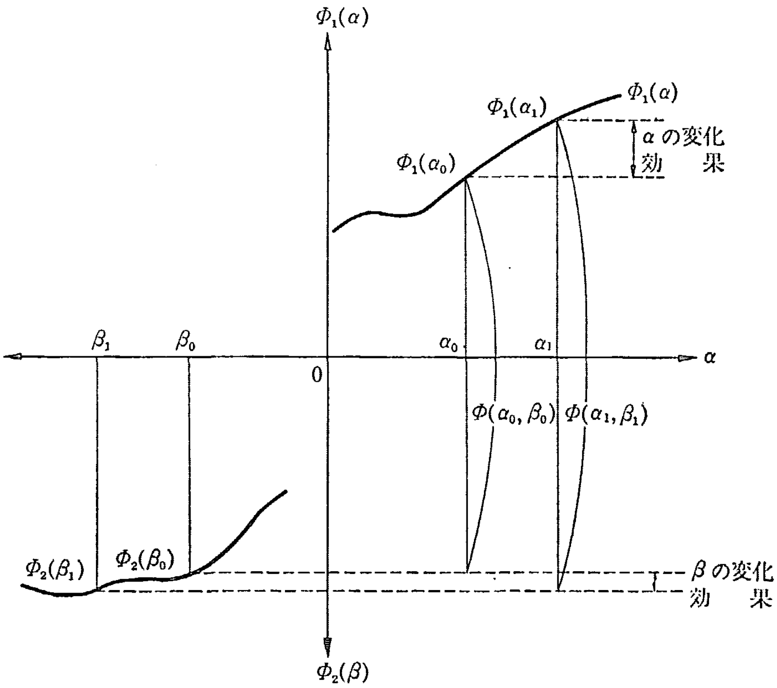
この場合には α, β の効果が和によって示されることになり，丁度 α, β の相乗効果はなくなる。

$$\phi(\alpha^1,\ \beta^1)-\phi(\alpha^1,\ \beta^0)\ -\phi(\alpha^0,\ \beta^1)+\phi(\alpha^0,\ \beta^0)$$
$$=[\phi_1(\alpha^1)+\phi_2(\beta^1)]-[\phi_1(\alpha^1)+\phi_2(\beta^0)]-[\phi_1(\alpha^0)+\phi_2(\beta^1)]$$
$$+[\phi_1(\alpha^0)+\phi_2(\beta^0)]=0$$

このことを図示したのが次の図である。

α 軸を第1象限横軸に，その効果 $\phi_1(\alpha)$ を第1象限縦軸に，β 軸を第3象限横軸に，その効果 $\phi_2(\beta)$ を第3象限縦軸にとり，β の効果を第4象限に移動し，α の効果を加えて ϕ が求められ

和の形で示される相乗効果ゼロの例



るようにしてある。

2番目の例は，α^t, β^t の積として結果 ϕ^t が導かれる場合である。この場合 α の効果は $\phi(\Delta\alpha, \beta^0)$，$\beta$ の効果は $\phi(\alpha^0, \Delta\beta)$，相乗効果は $\phi(\Delta\alpha, \Delta\beta)$ と示される。(ただし $\Delta\alpha=\alpha^1-\alpha^0$, $\Delta\beta=\beta^1-\beta^0$)

$$\phi^t=c\cdot\alpha^t\cdot\beta^t \text{ より}$$

$$\phi(\alpha^1, \beta^0)-\phi(\alpha^0, \beta^0)=c\alpha^1\beta^0-c\alpha^0\beta^0=\phi(\Delta\alpha, \beta^0)$$

$$\phi(\alpha^0, \beta^1)-\phi(\alpha^0, \beta^0)=c\alpha^0\beta^1-c\alpha^0\beta^0=\phi(\alpha^0, \Delta\beta)$$

$$\phi(\alpha^1, \beta^1)-\phi(\alpha^1, \beta^0)-\phi(\alpha^0, \beta^1)+\phi(\alpha^0, \beta^0)$$
$$=c\alpha^1\beta^1-c\alpha^1\beta^0-c\alpha^0\beta^1+c\alpha^0\beta^0$$
$$=c\alpha^1\Delta\beta-c\alpha^0\Delta\beta=c\Delta\alpha\Delta\beta=\phi(\Delta\alpha, \Delta\beta)$$

次に結果 ϕ^t が n 個の異った要因 $x_1{}^t,\cdots\cdots x_n{}^t$ によってもたらされる場合に拡張しよう。

$$\phi^t=\phi(x_1{}^t,\cdots\cdots x_n{}^t)$$

そうすれば次式が恒等的に成立しよう。

$$\underset{\text{(比較時の結果)}}{\phi(x_1{}^1,\cdots x_n{}^1)}\overset{①}{=}\underset{\text{(基準時の結果)}}{\phi(x_1{}^0,\cdots x_n{}^0)}$$

$$\overset{②}{+}\sum_{i1=1}^{n}[\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_n{}^0)-\phi(x_1{}^0\cdots x_n{}^0)]$$
(x_{i1} が変化したことによる効果の和)

$$\overset{③}{+}\sum_{i1=1}^{n-1}\sum_{i2=i1+1}^{n}[\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_n{}^0)-\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_n{}^0)$$
$$-\phi(x_1{}^0\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_n{}^0)+\phi(x_1{}^0\cdots x_n{}^0)]$$
(x_{i1}, x_{i2} が共に変化した場合の相乗効果)

$$\overset{④}{+}\sum_{i1=1}^{n-2}\sum_{i2=i1+1}^{n-1}\sum_{i3=i2+1}^{n}[\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_{i3}{}^1\cdots x_n{}^0)-\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_n{}^0)$$
$$-\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_{i3}{}^1\cdots x_n{}^0)-\phi(x_1{}^0\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_{i3}{}^1\cdots x_n{}^0)$$
$$+\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_n{}^0)+\phi(x_1{}^0\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_n{}^0)+\phi(x_1{}^0\cdots x_{i3}{}^1\cdots x_n{}^0)$$
$$-\phi(x_1{}^0\cdots x_n{}^0)]$$
(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3} の相乗効果)

$$\vdots$$

$(\overline{k+2})$

$$+\sum_{i1=1}^{n-k+1}\sum_{i2=i1+1}^{n-k+2}\cdots\cdots\sum_{ik=i(k+1)+1}^{n}[\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_{ik}{}^1\cdots x_n{}^0)-\cdots$$
$$+\cdots-\cdots+\cdots+(-1)^{k+1}\phi(x_1{}^0\cdots x_n{}^0)]$$

$$(\overline{n+2}) \quad \underset{(x_{i1},\cdots x_{ik}\text{ の相乗効果})}{\vdots}$$

$$+\sum_{i1=1}^{1}\sum_{i2=2}^{2}\cdots\cdots\sum_{in=n}^{n}\left[\phi(x_1{}^1,\cdots x_n{}^1)-\cdots+\cdots+(-1)^{n+1}\phi(x_1{}^0\cdots x_n{}^0)\right]$$

$(x_1\cdots\cdots x_n$ の相乗効果)

何故なら $\phi(x_1{}^0\cdots x_n{}^0)$ の項の数は①の部分では ${}_nC_0$, ②の部分では ${}_nC_1$, ③の部分では ${}_nC_3$, ……個あり符号を考慮して加えれば,

$$ {}_nC_0-{}_nC_1+{}_nC_2\cdots\cdots(-1)^n\ {}_nC_n=(1-1)^n=0$$

が成立する。また, $\phi(x_1{}^0,\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_n{}^0)$ の項については, 任意の $i1\,(i1=1,\cdots n)$ について②の部では ${}_{n-1}C_1$, ③の部分では ${}_{n-1}C_2,\cdots$個あり同様符号を考慮して加えれば

$$ {}_{n-1}C_0-{}_{n-1}C_1\cdots\cdots+(-1)^{n-1}\ {}_{n-1}C_{n-1}=(1-1)^{n-1}=0$$

となる。同様にして $\phi(x_1{}^0,\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_{ik}{}^1\cdots x_n{}^0)$ の任意の項に関しても

$$ {}_{n-k}C_0-{}_{n-k}C_1+{}_{n-k}C_3\cdots\cdots+(-1)^{n-k}\ {}_{n-k}C_{n-k}=(1-1)^{n-k}=0$$

が成立する。そして最後に $\phi(x_1{}^1,\cdots x_1{}^n)$ の項だけが, 最後の $(n+2)$ 番目に1つ現われることになる。したがって, この式は恒等的に成立することになる。また $x_{i1},\cdots x_{ik}$ の任意の k 個の要因による相乗効果が, どれかの要因について基準時と比較時で等しい場合にゼロとなることが次のように示せる。

ある要因が変化しない場合を考える時, もとの関数型に関して適当に序列を交換できるから, $x_{i1}{}^1=x_{i1}{}^0$ の場合を証明すればよい。さて, $x_{i1},\cdots x_{ik}$ の相乗効果 (上の $(k+2)$ 項) は次のように示せる。

$$\phi(x_1{}^0\cdots x_{i1}{}^1\cdots x_{i2}{}^1\cdots x_{ik}{}^1\cdots x_n{}^0)-\cdots\cdots+\cdots\cdots+(-1)^{k+1}\phi(x_1{}^0\cdots x_n{}^0)$$

$$\overset{①}{=}\sum_{j1=1}^{1}\sum_{j2=j1+1}^{2}\sum_{j3=j2+1}^{3}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1{}^0\cdots x_{ij1}{}^1\cdots x_{ij2}\cdots x_{ij3}{}^1\cdots x_{ijk}{}^1\cdots x_n{}^0)$$

$$\overset{②}{-}\sum_{j2=1}^{2}\sum_{j3=j2+1}^{3}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1{}^0\cdots\cdots x_{ij2}{}^1\cdots x_{ij3}{}^1\cdots x_{ijk}{}^1\cdots x_n{}^0)$$

$$\overset{③}{+}\sum_{j3=1}^{3}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1{}^0\cdots\cdots\cdots\cdots x_{ij3}{}^1\cdots x_{ijk}{}^1\cdots x_n{}^0)$$

$$\vdots$$

$$\overset{(\overline{k})}{+}\quad(-1)^{k-1}\sum_{jk=1}^{k}\phi(x_1{}^0\cdots\cdots x_{ijk}{}^1\cdots x_n{}^0)$$

$$(\overline{k+1})$$

$$+\quad(-1)^k\quad\phi(x_1{}^0\cdots\cdots\cdots\cdots x_n{}^0)$$

ここで $x_{i1}{}^1=x_{i1}{}^0$ の時にこの相乗効果がゼロであることを示すために, 上式の②〜$(\overline{k})$の項の各々

を次のように2つに分解して相乗効果を示す。

$$\phi(x_1^0\cdots x_{i1}^1\cdots x_{i2}^1\cdots x_{ik}^1\cdots x_n^0)-\cdots+\cdots\cdots+(-1)^{k+1}\phi(x_1^0\cdots x_n^0)$$

①

$$\equiv\sum_{j1=1}^{1}\sum_{j2=j1+1}^{2}\sum_{j3=j2+1}^{3}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1^0\cdots x_{ij1}^1\cdots x_{ij2}^1\cdots x_{ij3}^1\cdots x_{ijk}^1\cdots x_n^0)$$

②

$$-\sum_{j2=2}^{2}\sum_{j3=j2+1}^{3}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1^0\cdots\cdots x_{ij2}^1\cdots x_{ij3}^1\cdots x_{ijk}^1\cdots x_n^0)$$

$$-\sum_{j2=1}^{1}\sum_{j3=j2+1}^{3}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1^0\cdots\cdots x_{ij2}^1\cdots x_{ij3}^1\cdots x_{ijk}^1\cdots x_n^0)$$

③

$$+\sum_{j3=2}^{3}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1^0\cdots\cdots x_{ij3}^1\cdots x_{ijk}\cdots x_n^0)$$

$$+\sum_{j3=1}^{2}\cdots\cdots\sum_{jk=j(k-1)+1}^{k}\phi(x_1^0\cdots\cdots x_{ij3}^1\cdots x_{ijk}\cdots x_n^0)$$

⋮

($\underline{k}$)

$$+\quad(-1)^{k-1}\sum_{jk=2}^{k}\phi(x_1^0\cdots\cdots x_{ijk}\cdots x_n^0)$$

$$+\quad(-1)^{k-1}\sum_{jk=1}^{1}\phi(x_1^0\cdots\cdots x_{ijk}\cdots x_n^0)$$

($\overline{k+1}$)

$$+\quad(-1)^{k}\quad\phi(x_1^0\cdots\cdots x_n^0)$$

ここでもし，$x_{i1}^1=x_{i1}^0$ なら，①項と②項の上式は符号が異なるが絶対値が等しい。また，②項の下式は③項の上式と符号が異って絶対値等しい。同様にして $(k-1)$ 項の下式は ($\underline{k}$) 項の上式に，k 項の下式は $(k+1)$ 項と符号が異って絶対値がひとしい。したがって，$x_{i1}^1=x_{i1}^0$ の場合に $x_{i1},\cdots x_{ik}$ の相乗効果がゼロとなる。

(1) 通商産業大臣官房調査統計部編「昭和52年産業連関表(延長表)」昭和54年10月。

(2) 行政管理庁「昭和50年産業連関表」昭和54年1月。

(3) 尾崎厳「規模の経済性とレオンチェフ投入係数の変化」三田学会雑誌59号 No, 9。

(4) E. A. Hudson & D.W. Jorgenson, "Energy Prices and the U.S. Economy, 1972-1976," *Natural Resource Journal*, vol. 18, 1978.

付表　産業連関部門対応表

1	米麦	56	革製品	111	公共事業
2	野菜	57	ゴム製品	112	その他の建設
3	果実	58	無機基礎化学薬品	113	電力
4	畜産	59	有機基礎化学製品	114	都市ガス
5	養蚕	60	化学繊維原料	115	水道
6	農業サービス	61	合成繊維原料	116	卸売
7	育林	62	合成樹脂	117	小売
8	その他の林業	63	化学肥料・農薬	118	金融
9	素材	64	その他の基礎薬品	119	保険
10	海面漁業	65	塗料	120	不動産業
11	内水面漁業	66	医薬品	121	住宅賃貸料
12	石炭	67	その他の化学製品	122	不動産賃貸料
13	鉄鉱石	68	石油製品	123	国有鉄道
14	非鉄金属鉱石	69	石炭製品	124	国有鉄道（国電旅客）
15	原油	70	建設用土石製品	125	道路旅客輸送
16	天然ガス	71	ガラス製品	126	道路貨物輸送
17	窯業原材鉱物	72	陶磁器	127	道路輸送施設提供
18	その他の非金属鉱物	73	セメント	128	外洋輸送
19	屠殺	74	その他の土石製品	129	沿海・内水面輸送
20	肉製品	75	銑鉄	130	航 〃 空
21	酪農品	76	鉄屑	131	その他の輸送
22	野菜果実加工品	77	フエロアロイ	132	倉庫
23	水産食品	78	粗鋼	133	通信
24	精穀・製粉	79	熱間圧延鋼材	134	公務
25	パン・菓子	80	鋼管	135	学校教育・研究
26	砂糖	81	冷けん仕上及メッキ鋼材	136	学術研究機関
27	その他の食料品	82	鋳鍛鋼品	137	保健
28	配合飼料	83	非鉄金属地金	138	対事業所サービス
29	酒類	84	伸銅品	139	娯楽サービス
30	清涼飲料	85	アルミ圧延	140	飲食店
31	煙草	86	その他の非鉄金属一次品	141	その他の対個人サービス
32	製糸（絹紡を含む）	87	建設用金属製品	142	事務用品
33	綿紡	88	その他の金属製品	143	梱包
34	毛紡	89	原動機・ボイラー	144	分類不明
35	麻紡	90	工作金属加工機械		内生部門計
36	スフ紡	91	産業機械		<最終需要部門>
37	合成繊維紡	92	一般産業機械及び装置	145	家計外消費支出
38	絹・人絹織物	93	事務用機械	146	民間消費支出
39	綿・スフ織物	94	その他の一般機械	147	一般政府消費支出
40	合成繊維織物	95	重電機器	148	国内民間総固定資本形成
41	毛織物	96	民生用電気機器	149	国内政府 〃
42	麻織物	97	電子計算機同付属装置	150	在庫純増
43	染色整理（サービスのみ）	98	造船・同修理	151	輸出
44	メリヤス製品	99	鉄道車両	152	（控除）輸入
45	その他の繊維製品	100	自動車	153	生産額
46	履物（ゴム製を除く）	101	自動自転車・自転車		
47	衣料・身廻品	102	航空機		<付加価値部門>
48	製材・合板・チップ	103	その他の輸送機械	145	家計外消費支出
49	その他の木製品	104	精密機械	146	雇用者所得
50	家具	105	光学機械	147	営業余剰
51	パルプ	106	時計	148	資本減耗引当
52	紙	107	その他の製造業	149	間接税（関税を除く）
53	紙製品	108	住宅新築	150	（控除）経常補助金
54	印刷・出版	109	非住宅新築	151	生産額
55	製革・毛皮	110	建設補修		