

地域の産業構造と最終需要が 化石燃料消費に及ぼす影響の分析

若 林 宏 明

1. はじめに

今日、人類的課題として地球規模の環境問題がある。急激な文明の発展あるいは経済の成長にともなう人口増加が今日の「ゴミ問題」、「大気汚染」等の環境問題につながり、ますます深刻化しつつある。

地球環境問題が私達の身近な問題として認識されるようになり、地球温暖化、酸性雨、オゾン層の破壊などさまざまな問題への対応が迫られている。なかでも、石油や石炭など化石燃料の燃焼の派生物である二酸化炭素が主要原因である地球温暖化問題が認識されてより久しい。我々の生活の基盤は電力・熱の主要エネルギー源である化石燃料によって支えられている。しかし、今後、地域と地球の環境保全のために化石燃料の消費を抑制する社会・経済的動向がますます顕著になると考えられる。新しい千年紀を迎え、持続可能な循環型社会の建設を進めるに当たり、あらゆる人間活動にかかわる環境負荷を低減させることが重要課題の一つであり、必要不可欠であるとの認識が一般的である¹⁾。

2. 研究概要

このような社会経済的背景にあって、地球温暖化というグローバルな問題を身近な地域社会の問題として考える手法の一つとして、化石燃料消費にもとづく環境負荷の地球環境影響を定量的に評価分析できる産業連関分析法を利用する^{1)~5)}。本研究では、石川県を対象に化石燃料誘発係数を算出してエネルギー消費効率や省エネルギーに関する3つの基本分析、即ち、(1)投入構造/最終需要構造分析、(2)産業別投入構造分析、(3)産業別最終需要構造分析を行い、時間的推移を把握するとともに、得られた結果を静岡県の場合

と比較することにより、地理的特徴を把握する⁴⁾。

3. 研究方法

3.1 概要

本研究は国内の県を単位とする地域社会のエネルギーの生産量とその推移を、生産活動の主体である企業側と家計消費などの最終需要側に分けて、産業連関分析の手法を用いて定量的に分析する^{4)~6)}。

そのため、投入構造として各産業部門の生産技術を反映する各産業の投入データと、民間最終消費に対応する最終需要構造を示す産出データを系統的に相互に関連づけて表現する産業連関表とそれを基に作成された投入係数表・逆行列係数表^{7),8)}を利用する。本研究では、石川県を対象に時間的推移をみる。用いた産業連関表は「昭和60年石川県産業連関表⁹⁾」と「平成2年石川県産業連関表¹⁰⁾」である。これらを用いて時間的推移を比較するため、平成2年価額を物価デフレーターを用いて昭和60年基準に実質化して数量の変化を求めた。なお、比較の対象とした静岡県についてはすでに評価がなされている¹⁷⁾。

ある時点の一単位の最終需要が化石燃料部門関連の生産や移輸入を如何に誘発するかわかれば放出炭酸ガスは概ねそれに比例すると考えられる（詳細には石炭・石油・天然ガスなど燃料の種類を考慮しなければならない）。この化石燃料の誘発量を示す基本指標が「化石燃料誘発係数」である。化石燃料誘発係数は、地域の経済活動に必要な諸財の移輸入が県産品との区別なく、地域の間需要と最終需要の合計の一定割合（移輸入係数）で調達されるとする基本的モデル（競争移入型の地域均衡産出高モデル¹¹⁾、付録1参照）より導くことができる。主要な化石燃料部門としては、「石油・亜炭・原油・天然ガス」部門、「石油・石炭製品」部門、「電力・ガス・熱供給」部門の3部門に限定した。これは、本分析が化石燃料によって生み出されるエネルギーの生産量あるいは炭酸ガス発生量の推移に対応する化石燃料誘発の変化を分析するためである。

3.2 地域均衡産出高モデル^{12),13)}

ひとつの地域として県をとりあげるとき、県内の産業別生産量を示す生産ベクトルは、(1)式で評価できる^{14),16)}。

$$\mathbf{X} = [\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}]^{-1}[(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}] \quad (1)$$

ここで、 \mathbf{A} （投入係数行列）はある産業が生産物を生産するために使用した原材料、燃料などの中間投入額をその産業の県内生産額で除したものを要素とする行列であって、1単位の生産をするために必要な原材料の投入割合を表している。具体的には、第 j 産業

で、その生産 X_j に対して、原材料として第 i 産品を x_{ij} だけ投入する場合、両者の比例性を仮定する均衡産出高モデルにあつては、

$$a_{ij} = x_{ij} / X_j \quad (2)$$

は定数となる。この値によりつくられた行列 A が投入係数行列である。すなわち、

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & & a_{2n} \\ \vdots & & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

また、 F は地域内最終需要ベクトル、 E は移輸出(移出は国内で財貨・サービスを別の地方へ送り出すこと) 額ベクトル、 I は単位行列を表す。

(1)式の右辺2項の $(I - \hat{M})$ は地域内自給率データとよばれるもので、単位行列 I から移輸入係数行列 \hat{M} (県内需要に占める移輸入分の割合で、各産業部門ごとに移輸入を(中間需要計+最終需要計-移輸出) で除したもの) の差(正方行列)である。地域内の中間需要と最終需要(移輸入したものをそのまま移輸出に回すことはない想定されるため、移輸出は除く)の合計のうち、地域内産業の生産額比率(地域内自給率)を示す。また、(1)式の右辺第1項の逆行列は $[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$ 型レオンチェフ逆行列と呼ばれ、産業連関表の原表をもとに、投入係数行列 A 、単位行列 I 、移輸入率係数行列 \hat{M} を用いて作成する¹⁴⁾(計算に使用したソフトと使用法については付録2参照)。具体的な影響評価にこの逆行列係数データが利用できる。逆行列係数データを列方向に見たときの各係数は、ある産業に1単位の需要変化があつた場合の各産業部門への波及効果を示しており、その列和(合計値)が波及効果の総効果を示している。本研究で用いた逆行列 $[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$ のモデルは、その特徴として、県外からの移輸入は県内需要に応じて発生するもので、与えられた最終需要によって誘発される波及効果も移輸入の割合に比例して県外へ流出するとしている。一般的に移輸入を内生化した $[I - (I - \hat{M})A]^{-1}$ 型のモデルが他の逆行列係数に比べて、より現実の経済を反映していると考えられる。

尚、あるプロジェクトが最終需要の変化(ΔF)、移輸出の変化(ΔE)によって地域内の各産業に与える生産誘発効果 ΔX を求める評価式は地域均衡産出高モデルでは(4)式であたえられる¹⁵⁾。

$$\Delta X = [I - (I - \hat{M})A]^{-1} [(I - \hat{M})\Delta F + \Delta E] \quad (4)$$

3.3 化石燃料誘発係数^{15),16)}

化石燃料誘発係数(ある時点の最終需要が1単位増加するとき、化石燃料を使いエネ

ルギーを生産する部門の生産や移入がどれだけ誘発されるかを示す係数，誘発された生産額を最終需要総額で除して求める）は，競争移入型の地域均衡産出高モデルをもとに以下の手順で算出できる。

ここで，化石燃料関連部門の生産額だけを集計するために，化石燃料消費部門を示す部門のみの集計行ベクトル \mathbf{p} を定義する。すなわち， \mathbf{p} の要素は化石燃料部門を示す部門「石油・亜炭・原油・天然ガス」部門，「石油・石炭製品」部門，「電力・ガス・熱供給」部門のみが1で，他は0であるベクトルである。

$$\mathbf{pX} = \mathbf{p}[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}]^{-1}[(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}] \quad (5)$$

県内最終需要1単位当たりの化石燃料生産量，すなわち化石燃料誘発係数 I_p は(5)式を利用して，次式で定義される(ここで \mathbf{i} はベクトル要素を加算するための1を要素とする集計ベクトルを表す)。

$$I_p = \mathbf{p}[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}]^{-1}[(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}]/\mathbf{iF} \quad (6)$$

化石燃料誘発係数 I_p を評価することにより，ある時点の化石燃料利用効率の比較のみならず，その係数の相違を投入構造（どの財をどのように組み合わせて生産するかという生産技術構造）要因と，最終需要構造（消費・移出などの最終需要項目の構成比）要因に分けて分析できる。

4. 分析手順

4.1 化石燃料誘発係数算出フローチャート

図1の化石燃料誘発係数算出のフローチャートにより，表計算ソフトを用いてパソコンで化石燃料誘発係数を算出する。

4.2 部門分類

1) 部門分類数

本分析では，石川県における時系列的推移をみるため，「昭和60年石川県産業連関表(29部門表)⁹⁾」，「平成2年の石川県産業連関表(32部門表)¹⁰⁾」を用いた。両者では部門数が異なっているので，部門分類表作成概念を考慮して部門数の調整を行った。

2) 部門数の修正（その1）(29部門から30部門への変更)

「石油・亜炭・原油・天然ガス」部門が鉱業部門内に分類されていたため，90部門表から「石油・亜炭・原油・天然ガス」部門に該当する部門のデータを抽出し，新たに「石油・亜炭・原油・天然ガス」部門を追加した。

地域の産業構造と最終需要が化石燃料消費に及ぼす影響の分析

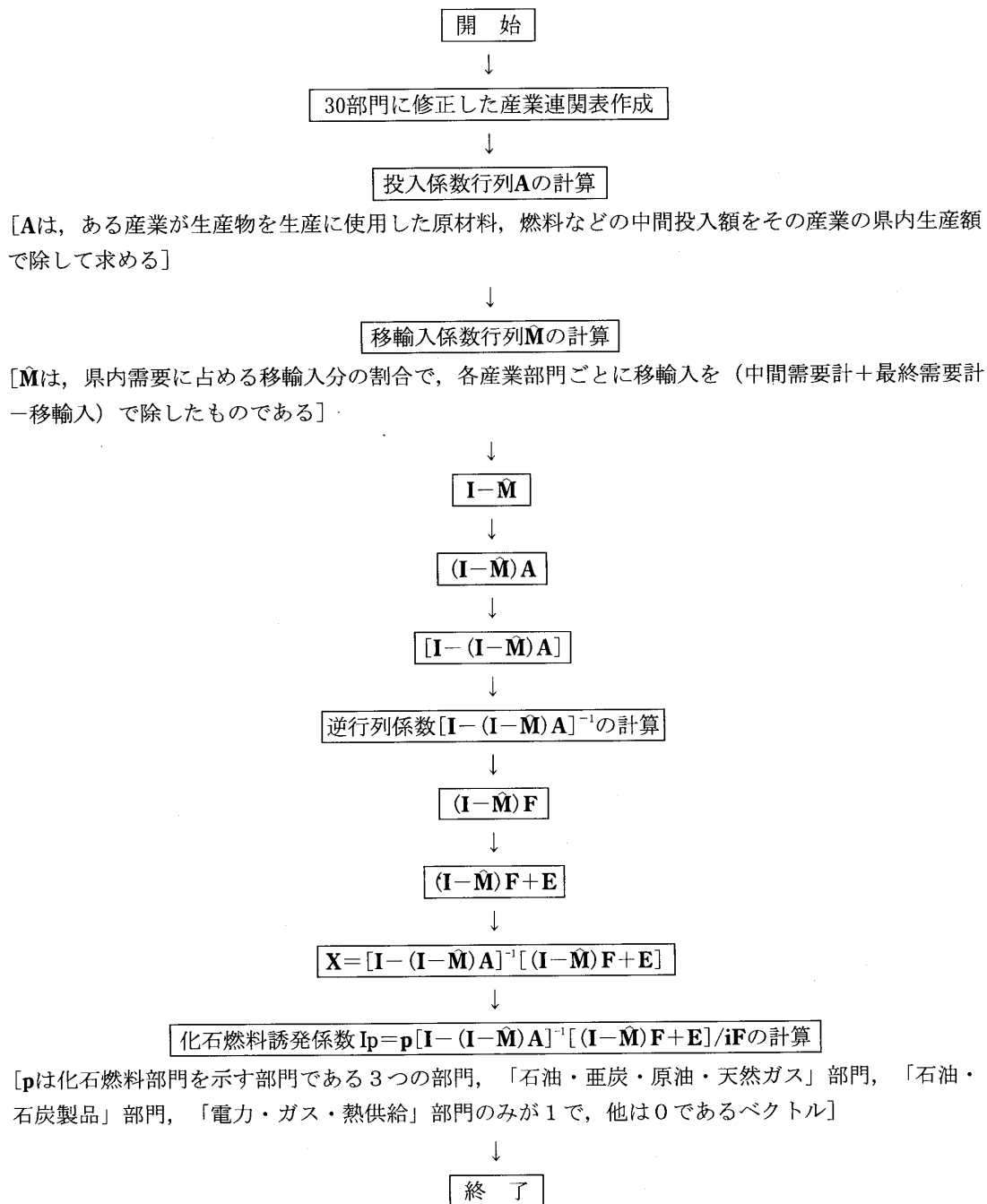


図1 化石燃料誘発係数算出のフローチャート

3) 部門数の修正 (その2) (32部門から30部門への変更)

(その1)と同様、90部門表から「石油・亜炭・原油・天然ガス」部門に該当する部門データを抽出して、新たに「石油・亜炭・原油・天然ガス」部門を付加した。33部門のうち、サービスに関する部門が3部門ある。それをまとめて「サービス業」部門とし、「教育・研究」部門と「医療・保健・社会保障」部門の2部門の行と列を単純加算することにより、まとめて1部門として30部門とした。

4.3 投入構造／最終需要構造分析（分析1）¹⁶⁾

各産業の生産技術を反映する投入構造と家計消費等を反映する最終需要（県内における家計や政府などの消費や企業などの投資の合計で、最終需要から移輸出を除いたもの）構造の変化による全体的な化石燃料誘発の分析を行う。まず、85年と90年の化石燃料誘発係数を求め、化石燃料誘発状況の変化を見る。化石燃料（エネルギー）消費効率の改善要因を投入構造要因と最終需要構造要因とに分離し、定量比較することにより、化石燃料誘発の改善が、技術革新などによる生産技術由来、或いは最終消費由来の程度を分析する。

85年と90年の化石燃料誘発係数は次式で示される。

$$I_p^{85} = \mathbf{p}[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}]_{85}^{-1}[(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}]_{85} / \mathbf{iF}_{85} \quad (7)$$

$$I_p^{90} = \mathbf{p}[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}]_{90}^{-1}[(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}]_{90} / \mathbf{iF}_{90} \quad (8)$$

これらの式では添え字により、それぞれ85年と90年の逆行列、県内最終需要、最終需要の合計を区別している。

85年と90年の相違は、①投入構造の差と、②最終需要構造の差の2つの要因に分解できる。

- ① 85年の最終需要を対象に、90年の投入係数で生産した場合を想定した誘発係数を計算し、両時点間の投入構造の差にもとづく誘発係数の差を算出する。すなわち、85年の I_p と、需要は変わらないとした次式で計算される仮想誘発係数 I_p^A を比較する。

$$I_p^A = \mathbf{p}[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}]_{90}^{-1}[(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}]_{85} / \mathbf{iF}_{85} \quad (9)$$

- ② 90年の最終需要を対象に、85年の投入係数で生産した場合を想定した誘発係数を計算し、両時点間の最終需要構造の差にもとづく誘発係数の差を算出する。すなわち、85年 I_p と、構造は変わらないとした次式で計算される仮想誘発係数 I_p^B とを比較する。

$$I_p^B = \mathbf{p}[\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{A}]_{85}^{-1}[(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}]_{90} / \mathbf{iF}_{90} \quad (10)$$

4.4 産業別投入構造の寄与分析（分析2）¹⁶⁾

投入構造要因を産業ごとにみることにより、各産業が生産技術や生産方法の点で、化石燃料消費効率の改善への寄与（全体的影響への寄与（正であれば貢献）を示す割合）が分析できる。

具体的には、85年のある一つの産業部門の投入係数を、これに対応した90年の投入係数に変化させることにより、経済全体の化石燃料誘発係数の変化を産業別に順次計算する。これは、「もし、その産業部門の生産技術だけが、85年の技術から90年の技術へと変

化したら……」と考え影響を評価することに対応する。計算方法は、85年の投入係数行列の第1列目から順に、比較年次である90年の投入係数行列の対応する列を入れ換え、各部門ごとの化石燃料誘発係数を計算し、それと85年の化石燃料誘発係数とを比較する。その結果より、部門ごとの化石燃料消費効率への貢献度を明らかにすることができる。

4.5 産業別最終需要構造分析（分析3）¹⁶⁾

投入構造の場合と同様に、「もし、85年のある最終需要の構成比が90年の構成比へと変化したら……」と考え影響を評価することに対応する。最終需要項目の構成比が85年の構成比より90年の構成比への変化を想定・評価することにより、最終需要構造について各産業部門の貢献度（寄与）を調べることができる。つまり各々の産業部門が省エネ型の消費構造であったか、あるいはエネルギー多消費型の消費構造であったかを分析することができる。

具体的には、化石燃料誘発係数を以下のように評価する。化石燃料部門に相当する3部門をk (k=1~3) とし、レオンチェフ逆行列要素を b_{kj} とする。

さらに、県内最終需要の合計額で各部門の県内最終需要を除いて得られる F の構成比を、

$$f_j = [(\mathbf{I} - \hat{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}]_j / \sum_{j=1}^n \mathbf{F}_j \quad (11)$$

と置く。(6)式と(11)式より、化石燃料誘発係数は(12)式で表すことができる。

$$I_p = \sum_k \sum_j b_{kj} f_j = \sum_k (b_{k1} f_1 + b_{k2} f_2 + \dots + b_{kn} f_n) \quad (12)$$

(12)式において、 b_{kj} を固定し（つまり85年の逆行列を用いて）県内最終需要構成比ベクトルを85年データより90年データに入れ替えることにより、産業部門構成比の変化が化石燃料誘発係数変化に与えた影響を評価できる。

5. 石川県経済の化石燃料構造の推移（分析結果）

5.1 投入構造／最終需要構造分析（分析結果1）

石川県を対象に、化石燃料誘発係数を産業の生産技術を反映する投入構造要因と家計消費などの最終需要要因に分け、85年から90年にかけての誘発係数の変化の要因別影響を分析した。その結果を表1に示す。

表1の第1列目は、各年の誘発係数であり、第2列と第3列は各年の基本式(7)、(8)に、それぞれ、85年の投入係数および85年の最終需要を代入したものである。つまり、係数の差の行の2列目が最終需要構造による変化を、第3列目が投入構造による変化を示している。表1の結果より、まず誘発係数の変化（化石燃料消費効率の向上に相当）をみ

表1 石川県の化石燃料誘発係数の変化

	化石燃料 誘発係数	需要要因分析 A=1985	投入構造要因分析 F=1985
1985	0.024573	0.024573	0.024573
1990	0.018978	0.025149	0.018541
係数差	0.005595	-0.000576	0.006032

ると、85年の0.024573から90年の0.018978へと、化石燃料消費効率が85年に比べて、22.8%向上していたことがわかる。この85年から90年の間における化石燃料消費改善（係数の差0.005595）の内訳は、投入構造の変化によるもの（0.006032）が24.8%改善し、最終需要構造の変化によるもの（-0.000576）は2.0%悪化したことがわかる。

具体的イメージを例示する。仮に、85年と90年の最終需要がいずれも10億円であったとすると、10億(円)×[85年(または90年)の誘発係数]で求められた金額分、化石燃料部門の生産や移輸入が誘発されたことを意味する。つまり、

$$85年：10億(円) \times 0.024573 = 2457.3(万円)$$

$$90年：10億(円) \times 0.018978 = 1897.8(万円)$$

である。

これよりわかることは、85年より90年の誘発が金額ベースで減少したので、85年と90年で同じ10億円の最終需要があっても、化石燃料エネルギー生産部門の生産や移輸入の誘発額は異なり、誘発額の少なかった90年の方が85年に比べて化石燃料消費が改良され、誘発額の差（559.5万円）分節約できたことを意味する。そして、消費効率の改善（誘発額の差559.5万円）の内訳として、投入構造（産業の生産技術を反映する）の変化によるもの（+608.6万円）が24.8%改善したものの、最終需要（家計消費などを反映する）の変化によるもの（-49.1万円）が2.0%悪化したことを意味する。

5.2 投入構造要因化石燃料誘発係数産業別分析（分析結果2）

さらに石川県を対象として、産業の生産技術を反映する各産業投入構造の要因である生産技術や生産方法の変化により生じた各産業毎の化石燃料消費改善への寄与を分析した結果を表2に示す。

表2より、投入構造分析の結果、化石燃料誘発の改善に対する寄与率の大きかった部門として、一般機械(22.76%)、運輸(13.18%)、繊維製品(11.72%)、サービス業(10.38%)などがあげられる。逆に、化石燃料消費効率の悪化に寄与した部門としては、公務(-1.50%)、金融・保険(-0.86%)などがあげられる。

例えば85年と90年の最終需要が同じ10億円であったとする節5.1の例の場合、具体的イメージは、投入構造（産業の生産技術を反映する）の変化によるものが608.6万円であ

表2 石川県の投入構造変化による化石燃料誘発係数への影響 (1985-1990)

	産業別の投入構造 変化による化石燃 料誘発係数変化	変化分	寄与率 (%)
01農林水産業	0.024465	0.000108	1.56
02鉱業	0.024573	0.000000	0.00
03石炭・亜炭・天然ガス	0.024573	0.000000	0.00
04食料品	0.024424	0.000149	2.16
05繊維製品	0.023762	0.000811	11.72
06パルプ・紙・木製品	0.024220	0.000353	5.10
07化学製品	0.024512	0.000061	0.88
08石油・石炭製品	0.024566	0.000007	0.10
09窯業・土石製品	0.024325	0.000248	3.58
10鉄鋼	0.024439	0.000134	1.93
11非鉄金属	0.024547	0.000026	0.38
12金属製品	0.024378	0.000195	2.82
13一般機械	0.022998	0.001575	22.76
14電気機械	0.024001	0.000572	8.27
15輸送機械	0.024468	0.000105	1.52
16精密機械	0.024572	0.000001	0.01
17その他の製造工業	0.024416	0.000157	2.27
18建設	0.024125	0.000448	6.48
19電力・ガス・熱供給	0.024559	0.000014	0.20
20水道・廃棄物処理	0.024528	0.000045	0.65
21商業	0.024450	0.000123	1.77
22金融・保険	0.024633	-0.000060	-0.86
23不動産	0.024095	0.000478	6.91
24運輸	0.023661	0.000912	13.18
25通信・放送	0.024506	0.000067	0.96
26公務	0.024677	-0.000104	-1.50
27教育・研究・医療・保健	0.024215	0.000358	5.18
28サービス業	0.023855	0.000718	10.38
29事務用品	0.024571	0.000002	0.02
30分類不明	0.025157	-0.000584	-8.44

る。内訳をみると、化石燃料消費効率の改善に大きく寄与した部門は、一般機械： $608.6(\text{万円}) \times 0.2276 = 138.5(\text{万円})$ ，運輸： $608.6(\text{万円}) \times 0.1318 = 80.2(\text{万円})$ ，繊維製品： $608.6(\text{万円}) \times 0.1172 = 71.3(\text{万円})$ ，サービス業： $608.6(\text{万円}) \times 0.1038 = 63.2(\text{万円})$ などで省エネルギーが進んだことがわかる。一方、逆に、化石燃料消費効率の悪化した部門としては、公務： $608.6(\text{万円}) \times (-0.0150) = -9.1(\text{万円})$ ，金融・保険： $608.6(\text{万円}) \times (-0.0086) = -5.2(\text{万円})$ などがあげられる。

5.3 最終需要構造寄与産業別分析（分析結果3）

やはり石川県を対象に、最終需要構造要因を産業ごとに分析するため、各産業が化石燃料誘発削減にどの程度寄与したかの分析結果を表3(a)に、また、最終需要構造の産業別構成比を表3(b)に示す。

各産業部門ごとに化石燃料誘発係数を算出し表3(a)に示す。表3(a)の第1列目は、各産業部門ごとに85年から90年に最終需要構成が変化した場合の化石燃料誘発係数を、第

表3(a) 石川県の最終需要構造変化の化石燃料誘発への影響（1985-1990）

	最終需要変化による化石燃料誘発係数	変化分	寄与率 (%)
01農林水産業	0.024496	0.000077	9.41
02鉱業	0.024533	0.000040	4.89
03石炭・亜炭・天然ガス	0.024573	0.000000	0.00
04食料品	0.024415	0.000158	19.32
05繊維製品	0.023794	0.000779	95.23
06パルプ・紙・木製品	0.024623	-0.000050	-6.11
07化学製品	0.024673	-0.000100	-12.22
08石油・石炭製品	0.024374	0.000199	24.33
09窯業・土石製品	0.024613	-0.000040	-4.89
10鉄鋼	0.024780	-0.000207	-25.31
11非鉄金属	0.024579	-0.000006	-0.73
12金属製品	0.024570	0.000003	0.37
13一般機械	0.024973	-0.000400	-48.90
14電気機械	0.024844	-0.000271	-33.13
15輸送機械	0.024576	-0.000003	-0.37
16精密機械	0.024528	0.000045	58.50
17その他の製造工業	0.024643	-0.000070	-8.56
18建設	0.024797	-0.000224	-27.38
19電力・ガス・熱供給	0.024907	-0.000334	-40.83
20水道・廃棄物処理	0.024450	0.000123	15.04
21商業	0.024340	0.000233	28.48
22金融・保険	0.024550	0.000023	2.81
23不動産	0.024610	-0.000037	-4.52
24運輸	0.024482	0.000091	11.12
25通信・放送	0.024583	-0.000010	-1.22
26公務	0.024521	0.000052	6.36
27教育・研究・医療・保健	0.024475	0.000098	11.98
28サービス業	0.023959	0.000614	75.06
29事務用品	0.024573	0.000000	0.00
30分類不明	0.024538	0.000035	4.28

表 3 (b) 石川県の最終需要構造の産業別構成比

	構成比(%)	
	85 年	90 年
01農林水産業	2.33	1.95
02鉱業	0.16	0.11
03石炭・亜炭・天然ガス	0.00	0.00
04食料品	6.86	6.04
05繊維製品	7.78	6.56
06パルプ・紙・木製品	1.60	1.82
07化学製品	1.06	1.34
08石油・石炭製品	0.53	0.52
09窯業・土石製品	0.67	0.83
10鉄鋼	0.25	0.70
11非鉄金属	0.12	0.21
12金属製品	1.27	1.25
13一般機械	10.15	11.10
14電気機械	6.02	6.86
15輸送機械	2.24	2.25
16精密機械	0.35	0.27
17その他の製造工業	2.85	3.24
18建設	10.13	12.00
19電力・ガス・熱供給	0.68	0.71
20水道・廃棄物処理	0.46	0.28
21商業	11.36	10.50
22金融・保険	1.11	1.32
23不動産	5.16	5.88
24運輸	2.42	2.22
25通信・放送	0.76	1.10
26公務	3.22	3.08
27教育・研究・医療・保健	7.70	7.41
28サービス業	12.70	10.42
29事務用品	0.00	0.00
30分類不明	0.05	0.03

2 列目は85年との誘発係数との差を、第 3 列目は第 2 列目の結果をもとに計算した寄与率を示す。また、表 3 (b)は対応する最終需要構造の産業別構成比である。

最終需要構造の変化による化石燃料消費の改善に対する寄与率の大きい部門として、繊維製品 (95.23%)、サービス業 (75.06%)、商業 (28.48%) などがあげられる。逆に寄与率が大きく負である部門として、一般機械(-48.90%)、電力・ガス・熱供給(-40.83%)、電気機械 (-33.13%)、建設 (-27.38%)、鉄鋼 (-25.31%) などがあげられる。

ここで、やはり節5.1の例の場合をみると、石川県の化石燃料消費構造推移のうち、最終需要構造の変化にもとづくものが49.1万円であることから、化石燃料消費の効率が改善されておらず、悪化していたことがわかる。その内訳をみると、悪化に顕著に寄与した部門として、

一般機械：	$49.1(\text{万円}) \times (-0.4890) = -24.0(\text{万円})$
電力・ガス・熱供給：	$49.1(\text{万円}) \times (-0.4083) = -20.0(\text{万円})$
電気機械：	$49.1(\text{万円}) \times (-0.3313) = -16.3(\text{万円})$
建設：	$49.1(\text{万円}) \times (-0.27312) = -13.4(\text{万円})$
鉄鋼：	$49.1(\text{万円}) \times (-0.2531) = -12.4(\text{万円})$

などがあげられる。表3(b)にみられるように、これら5部門の最終需要構成比率の増大が化石燃料消費効率に悪影響を与えたことがわかる。

逆に、最終需要構造の変化が化石燃料消費効率の改善に寄与した部門として、

繊維製品：	$49.1(\text{万円}) \times 0.9523 = 46.8(\text{万円})$
サービス業：	$49.1(\text{万円}) \times 0.7506 = 36.9(\text{万円})$
商業：	$49.1(\text{万円}) \times 0.2848 = 14.0(\text{万円})$

などがあげられる。表3(b)にみられるように、これら3部門の最終需要構成比率の低下が化石燃料消費効率に良い影響を与えたことがわかる。

5.4 各産業部門の特徴

各産業部門ごとに投入構造の変化と最終需要構造変化がトータルで省エネ型産業であるか、多消費型産業であるかを分析した結果を表4に示す。

表4より、寄与率が正の産業部門は、85年から90年にかけて投入構造の変化と最終需要構造の変化が全体的に省エネ型になったといえる。逆に寄与率が負の産業部門は、多消費型になったといえる。したがって、石川県では省エネ型の産業部門は、繊維製品、一般機械、サービス業、運輸などであり、逆に、多消費型の産業部門は、電力・ガス・熱供給、鉄鋼、公務、化学製品、金融・保険であったことがわかる。したがって、今後多消費型部門にあっては省エネルギーに努力すべきであるといえる。

6. 石川県と静岡県における化石燃料消費効率の比較

6.1 投入構造ならびに最終需要構造比較

化石燃料誘発係数の内訳を、産業の生産技術を反映する投入構造の要因と、家計消費などの最終需要の要因に分け、85年から90年にかけて全体的な誘発係数の変化が、いず

表4 石川県の産業部門化石燃料誘発の特徴 (1985-1990)

	投入要因の 変化分	需要要因の 変化分	変化分の 合計	寄与率 (%)
01農林水産業	0.000108	0.000077	0.000185	2.38
02鉱業	0.000000	0.000040	0.000040	0.51
03石炭・亜炭・天然ガス	0.000000	0.000035	0.000035	0.45
04食料品	0.000149	0.000158	0.000307	3.96
05繊維製品	0.000811	0.000779	0.001590	20.45
06パルプ・紙・木製品	0.000353	-0.000050	0.000303	3.90
07化学製品	0.000061	-0.000100	-0.000039	-0.50
08石油・石炭製品	0.000007	0.000199	0.000206	2.65
09窯業・土石製品	0.000248	-0.000040	0.000208	2.68
10鉄鋼	0.000134	-0.000207	-0.000073	-0.94
11非鉄金属	0.000026	-0.000006	0.000020	0.26
12金属製品	0.000195	0.000003	0.000198	2.55
13一般機械	0.001575	-0.000400	0.001175	15.12
14電気機械	0.00572	-0.000271	0.000301	3.88
15輸送機械	0.000105	-0.000003	0.000102	1.31
16精密機械	0.000001	0.000045	0.000046	0.59
17その他の製造工業	0.000157	-0.000070	0.000087	1.12
18建設	0.000448	-0.000224	0.000224	2.88
19電力・ガス・熱供給	0.000014	-0.000334	-0.000320	-4.12
20水道・廃棄物処理	0.000045	0.000123	0.000168	2.16
21商業	0.000123	0.000233	0.000356	4.58
22金融・保険	-0.000060	0.000023	-0.000037	-0.47
23不動産	0.000478	-0.000037	0.000441	5.68
24運輸	0.000912	0.000091	0.001003	12.90
25通信・放送	0.000067	-0.000010	0.000057	0.73
26公務	-0.000104	0.000052	-0.000052	-0.67
27教育・研究・医療・保健	0.000358	0.000098	0.000456	5.87
28サービス業	0.000718	0.000614	0.001332	17.14
29事務用品	0.000002	0.000000	0.000002	0.02
30分類不明	-0.000584	0.000035	-0.000549	-7.07

れの要因によりどの程度の影響があったかを、石川県と静岡県の場合を比較し表5に示す。

表5より石川県では、化石燃料消費効率の改善は、技術革新などによる生産技術、生産方法など「投入構造」の変化に起因していたが、家計外、民間、政府などによる消費など「最終需要構造」の変化については改善されず悪化していたことがわかる。

一方、静岡県では、化石燃料消費効率の大部分は、「投入構造」の変化によって生じており、また「最終需要構造」について、わずかながら改善が進んでいたことがわかる。

表5 石川県／静岡県化石燃料消費効率改善比率

	化石燃料消費効率の改善(%)	需要要因(%)	投入要因(%)
石川県	22.8	-2.0	24.8
静岡県 ¹⁷⁾	42.5	8.0	34.5

6.2 産業別投入構造分析の比較

産業の生産技術を反映する投入構造の要因を産業ごとにみて、生産技術や生産方法の点で、各産業が化石燃料消費効率の改善にどの程度寄与したかを石川県と静岡県の場合の分析結果を比較し表6に示す。

表6より、石川県では一般機械(22.76%)、運輸(13.18%)、繊維製品(11.72%)、サービス業(10.38%)の4部門で、生産技術、生産方法に省エネルギーの観点より大きな改善があったが、逆に、公務(-1.50%)、金融・保険(0.86%)の2部門において、生産技術、生産方法の進歩が少なかったことがわかる。一方、静岡県では化学製品(21.41%)、運輸(11.03%)、電力・ガス・熱供給(10.71%)、非鉄金属(10.12%)の生産技術、生産方法に大きな改善があったが、逆に繊維製品(-1.85%)、石油・石炭製品(-0.83%)の2部門において生産技術、生産方法の進歩が少なかったことがわかる。

6.3 産業別最終需要構造比較

最終需要の要因を産業ごとにみて、化石燃料消費効率の改善への寄与を石川県と静岡県¹⁷⁾につき比較した結果を表7に示す。

表7より石川県では、最終需要構造の変化による消費効率改善に対する寄与率の大きい部門として、繊維製品(95.23%)、サービス業(75.06%)、商業(28.48%)などがあげられる。逆に、寄与が大きく負である部門として、一般機械(-48.90%)、電力・ガス・熱供給(-40.83%)、電気機械(-33.13%)、建設(-27.38%)、鉄鋼(-25.31%)などがあげられる。また、静岡県の場合、石油・石炭製品(62.98%)、パルプ・紙・木製品(19.88%)、化学製品(18.14%)があげられ、逆に寄与が大きく負である部門として、電力・ガス・熱供給(-66.31%)があげられる。

7. まとめ

本研究の結果得られた結論をまとめると以下の通りである。

85年から90年にかけて、石川県に関して以下の結論が得られた。

- ① 石川県では、化石燃料消費効率が22.8%改善された。その内訳は投入構造にもとづく改善が24.8%であり、最終需要構造にもとづく悪化が2.0%である。従って、石川県では

表6 投入構造の変化による化石燃料消費効率改善寄与(1985-1990)

	石川県の投入構造の化石燃料消費効率改善寄与率(%)	静岡県の投入構造の化石燃料消費効率改善寄与率(%)
01農林水産業	1.56	*
02鉱業	0.00	*
03石炭・亜炭・天然ガス	0.00	0.00
04食料品	2.16	2.14
05繊維製品	11.72	-1.85
06パルプ・紙・木製品	5.10	5.03
07化学製品	0.88	21.41
08石油・石炭製品	0.10	-0.83
09窯業・土石製品	3.58	*
10鉄鋼	1.93	5.94
11非鉄金属	0.38	10.12
12金属製品	2.82	5.91
13一般機械	22.76	*
14電気機械	8.27	*
15輸送機械	1.52	*
16精密機械	0.01	*
17その他の製造工業	2.27	*
18建設	6.48	*
19電力・ガス・熱供給	0.20	10.71
20水道・廃棄物処理	0.65	*
21商業	1.77	*
22金融・保険	-0.86	*
23不動産	6.91	*
24運輸	13.18	11.03
25通信・放送	0.96	*
26公務	-1.50	*
27教育・研究・医療・保健	5.18	*
28サービス業	10.38	*
29事務用品	0.02	*
30分類不明	-8.44	*

注) 表6の*は、静岡県側における直接対応するデータの欠落を示す¹⁷⁾。

化石燃料誘発改善は、技術革新などの生産技術の変化によって発生し、最終需要構造(家計、企業、政府などによる消費)に関しては改善がされなかった。

- ② 投入構造要因分析の結果、技術開発などにより、化石燃料誘発の改善に寄与の顕著な部門として、一般機械、運輸、繊維製品、サービス業部門があげられ、逆に、負に寄与した部門としては、公務、金融・保険部門があげられる。
- ③ 最終需要構造要因分析の結果、省エネルギー努力などにより、化石燃料消費の改善に寄与の著しい部門として、繊維製品、サービス業、商業部門があげられ、逆に、負

表7 最終需要構造の変化による化石燃料消費効率改善寄与(1985-1990)

	石川県の最終需要構造 の化石燃料消費効率改 善寄与率(%)	静岡県最終需要構造 の化石燃料消費効率改 善寄与率(%)
01農林水産業	9.41	*
02鉱業	4.89	*
03石炭・亜炭・天然ガス	0.00	0.00
04食料品	19.32	10.85
05繊維製品	95.23	9.08
06パルプ・紙・木製品	-6.11	19.88
07化学製品	-12.22	18.14
08石油・石炭製品	24.33	62.98
09窯業・土石製品	-4.89	*
10鉄鋼	-25.31	0.11
11非鉄金属	-0.73	5.58
12金属製品	0.37	4.19
13一般機械	-48.90	*
14電気機械	-33.13	*
15輸送機械	-0.37	*
16精密機械	5.50	*
17その他の製造工業	-8.56	*
18建設	-27.38	*
19電力・ガス・熱供給	-40.83	-66.31
20水道・廃棄物処理	15.04	*
21商業	28.48	*
22金融・保険	2.81	*
23不動産	-4.52	*
24運輸	-11.12	1.22
25通信・放送	-1.22	*
26公務	6.36	*
27教育・研究・医療・保健	11.98	*
28サービス業	75.06	*
29事務用品	0.00	*
30分類不明	4.28	*

注) 表7の*は、静岡県側における直接対応するデータの欠落を示す¹⁷⁾。

に寄与した部門として、一般機械、電力・ガス・熱供給、電気機械、建設、鉄鋼部門があげられる。

- ④ 石川県の省エネ型の産業部門は、繊維製品、一般機械、サービス業、運輸などであり、逆に、多消費型の産業部門は、電力・ガス・熱供給、鉄鋼、公務、化学製品、金融・保険であった。したがって、今後、多消費型部門にあっては省エネルギーに努力すべきであるといえる。

85年から90年にかけての石川県と静岡県の比較に関し以下の結論が得られた。

- ① 石川県と静岡県¹⁷⁾を比較すると、化石燃料消費効率の改善はいずれも「投入構造」の変化に起因していた。「最終需要構造」の変化については前者は悪化し、後者では改善されたものの不十分であった。
- ② 生産技術、生産方法に関して、石川県では一般機械・運輸・繊維製品・サービス業の4部門で顕著なエネルギー消費効率改善があったが、公務・金融／保険の2部門において改善が少なかった。一方、静岡県では化学製品・運輸・電力／ガス／熱供給・非鉄金属部門の大きな改善があったが、繊維製品・石油／石炭製品の2部門において改善が少なかった。
- ③ 最終需要構造の変化に関して、石川県では、繊維製品・サービス業・商業で顕著なエネルギー消費効率改善があったが、逆に負の部門として、一般機械・電力／ガス／熱供給・電気機械・建設・鉄鋼部門があげられる。また、静岡県の場合、石油／石炭製品・パルプ・紙・木製品・化学製品部門でエネルギー消費効率改善が大きく、電力／ガス／熱供給部門で悪化した。これらは両県の産業構造の特徴を反映している。

より詳しく全国各県における最近の産業構造ならびに需要構造変化の影響を分析するためには、データを更新して、産業連関分析を行い相互比較することが有益であるといえる。

謝辞

本研究をまとめるに当たり、杉浦利仁・澤田幸信両氏（平成8年度金沢工業大学工学士・経営工学専攻）にデータ整理の協力を得た。また今澤明男氏（現金沢工業専門学校教授）に参考文献を提供して頂いた。これらの諸氏に感謝する。

付録

付録1. 本研究の産業連関分析の前提条件とモデルの特徴

多くの問題にアプローチできる有効な分析方法である産業連関分析には幾つかの前提条件がある。本研究で用いた条件は以下の通りである。

1) 本研究の産業連関分析の前提条件¹⁸⁾

産業連関分析の理論では、各産業が生産する財・サービスが特定されれば、それらの生産技術・方法を反映する生産要素投入構造は技術革新や生産方法の変化がないかぎり比較的安定的であるという経験則を前提としている。したがって、金額表示の産業連関表では物的単位の投入－産出も表現していると考えられる。本研究で採用した産業連関分析の前提条件は以下の通りである。

- ① 各産業は複数の生産物があってもその比率を一定とする単一製品を生産する。
- ② 各産業の生産技術は、すべての産業で使用する原材料などの中間投入が産出高に比例し、規模に依存しない。また、一産業・一生産方法対応を仮定し、複数の生産方法の存在を捨象する。
- ③ 経済活動には市場取引を通さない他産業へ影響（産業間の外部経済効果）は存在しない。

2) 本研究のモデルの特徴

- ① 本研究で用いた競争移入方式のモデルでは、同じ種類の財貨について県産品と移輸入品との区別を行わず同一の扱いをする。
- ② 化石燃料消費部門は、「石油・亜炭・天然ガス」「石油・石炭製品」「電力・ガス・熱供給」の3部門に限定している。これは、本分析では化石燃料の消費より、炭酸ガス発生を評価するためである。

付録2. 使用ソフトと使用法¹⁹⁾

産業連関分析を具体的に行うにあたり、本研究においては米国マイクロソフト社の表計算ソフト「エクセル」を用いて行列の計算を行った。行列計算を行う場合の使用方法は、エクセルのヘルプ機能を使って、「逆行列」はヘルプ(H)/Lotus1-2-3ヘルプ(L)/Dデータ/M行列/I逆行列とたどり、用いる行列の範囲を指定して求める。また、「行列の積」はヘルプ(H)/Lotus1-2-3ヘルプ(L)/Dデータ/M行列/M行列の積とたどり、用いる行列の範囲を指定して求められる。

参考文献

- 1) 若林宏明, 平澤英則: ライフサイクルアセスメント法 (LCA) による環境保全型社会設計, 流通経済大学流通情報学部紀要, Vol. 4, No. 2, 33-50, 2000.
- 2) 宮沢健一編: 産業連関分析入門, 日経文庫508, 日本経済新聞社, 11-14, 1998.
- 3) 土居英二, 浅利一郎, 中野親徳編著: はじめよう地域産業連関分析, 日本評論社, 1-5, 1996.
- 4) 既出, 3), 223-232.
- 5) 植田和弘, 長谷部勇一, 鷲田豊明, 寺西俊一, 宮崎誠司, 家田忠, 環境・エネルギー成長の構造分析—産業連関分析とニューラルネットワーク—, 経済分析, 1-70, No. 134, 1994.
- 6) 長谷部勇一, 経済構造変化と環境の要因分析—産業連関分析を適用して—, 36-65, Vol. 44, No. 4, 1994.
- 7) 既出, 2), 14-19.
- 8) 既出, 3), 11-18.

地域の産業構造と最終需要が化石燃料消費に及ぼす影響の分析

- 9) 昭和60年石川県産業連関表, 石川県企画開発部統計情報課, 1990.
- 10) 平成2年石川県産業連関表, 石川県企画開発部統計情報課, 1995.
- 11) 既出, 3), 80-82.
- 12) 既出, 2), 97-107.
- 13) 既出, 3), 73-80.
- 14) 既出, 2), 93-95.
- 15) 既出, 3), 133-135.
- 16) 既出, 3), 224-227.
- 17) 既出, 3), 229-232.
- 18) 既出, 3), 69-71.
- 19) Microsoft Excel 97 (Windows 95/98上で利用)