

中国におけるエネルギー需要構造の産業連関的分析

Input-Output Analysis of the Structure of Energy Demand/Supply in China

陳 自力* 宮田 譲**

By Zili CHEN and Yuzuru MIYATA

1. はじめに

中国は1979年から高度経済成長期に入り、世界から注目されるようになった。それに伴い、経済発展と民生エネルギー需要は継続的に拡大している。しかし貴重な資源であるエネルギーは、長期的に見ると供給が不足している状態にある。エネルギーの需給バランスは経済成長に大きな影響を与えると考えられる。

中国エネルギー需要および需要構造は経済成長と経済構造変動によって、大きく左右されることになる。したがって、エネルギー産業と非エネルギー産業との相互依存関係に基づいて、経済成長に伴うエネルギーの需要変化と産業間の波及影響を分析することが極めて重要となる。このような観点から、本研究は1996年に公表された中国産業連関表を用い、3部門逆行列分解法により、1次エネルギー部門、2次エネルギー部門、非エネルギー部門との相互依存関係に焦点を当て、エネルギー部門とその他の部門との乗数過程を、従来のLeontief逆行列分析に比べ、より詳細に分析することを目的としている。

2. 3部門の逆行列分解法

逆行列分解法については、宮沢が「2部門分解モデル」を構築した。すなわち、産業連関表における各産業を二つの産業部門の分解して、二つの産業部門にの相互依存関係や波及効果を分析し、外部乗数、内部乗数の分解モデルを開発した。本研究では、2部門分解モデルを拡張し、3部門分解のモデルを展

開する。すなわち、産業連関表のすべての産業を1次エネルギー部門、2次エネルギー部門および非エネルギー部門に分割し、部門間の乗数過程を表現することを試みる。

(1) 2部門分解モデルのまとめ

最初に、2部門分解の方法に沿って、各種の乗数と概念を説明する。

$$A = \begin{pmatrix} A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & A_{22} \end{pmatrix}$$

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} I-A_{11} & A_{12} \\ A_{21} & I-A_{22} \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix}$$

産出バランス式は以下ようになる。

$$X_1 = A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + F_1 \quad (1)$$

$$X_2 = A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + F_2 \quad (2)$$

整理すると、

$$X_1 = B_1A_{12}X_2 + B_1F_1 \quad (3)$$

$$X_2 = B_2A_{21}X_1 + B_2F_2 \quad (4)$$

ここで $B_1 \equiv (I-A_{11})^{-1}$ は他部門との取引を無視し、自部門の産出バランスをとるための部門内部での誘発効果を示すものであり、自部門の「内部乗数」と呼ぶ。 B_2 も同様である。(3)、(4)式の X_1 、 X_2 を F_1 、 F_2 で偏微分し、内部乗数の概念を導出することもできる。

$$B_1 = \partial X_1 / \partial F_1$$

$$B_2 = \partial X_2 / \partial F_2$$

ところで、(3)、(4)式の X_1 、 X_2 を X_2 、 X_1 で偏微分すると、生産誘発係数という概念を導出することができる。

$$\alpha_{12} \equiv \partial X_1 / \partial X_2 = B_1A_{12}$$

$$\alpha_{21} \equiv \partial X_2 / \partial X_1 = B_2A_{21}$$

キーワード：エネルギー計画、持続的成長管理論、

システム分析、計画手法論

* 学生会員、工修、豊橋技術科学大学大学院博士後期課程

環境・生命工学専攻

** 正会員、学博、豊橋技術科学大学人文・社会学系

〒441 豊橋市天伯町雲雀ヶ丘1-1、

TEL: 0532-44-6955, FAX: 0532-44-6947

生産誘発係数 α_{12} は、部門 2 への投入 A_{12} による部門 1 の生産活動の内部乗数 B_1 によって誘発された生産誘発効果を示すものである。

式(4)を式(3)に代入すると、

$$X_1 = B_1 A_{12} B_2 A_{21} X_1 + B_1 F_1 + B_1 A_{12} B_2 F_2 \quad (5)$$

$$X_1 = (I - B_1 A_{12} B_2 A_{21})^{-1} B_1 F_1 + (I - B_1 A_{12} B_2 A_{21})^{-1} B_1 A_{12} B_2 F_2 \quad (6)$$

ここで以下の乗数を定義する。

$$K^2_1 \equiv (I - B_1 A_{12} B_2 A_{21})^{-1} = (I - \alpha_{12} \alpha_{21})^{-1}$$

K^2_1 は外部乗数と呼ばれている。両部門間での相互に波及影響によって部門 1 に反映される乗数効果を示すものである。 K^2_1 を用いると、

$$X_1 = K^2_1 B_1 F_1 + K^2_1 B_1 A_{12} B_2 F_2 \quad (7)$$

同様に、式(3)を式(4)に代入すると：

$$X_2 = K^1_2 B_2 A_{21} B_1 F_1 + K^1_2 B_2 F_2 \quad (8)$$

式(7)、(8)の X_1, X_2 を F_1, F_2 で偏微分し、次のように設定する。

$$B^2_1 \equiv \partial X_1 / \partial F_1 = K^2_1 B_1 \quad (9)$$

$$B^1_2 \equiv \partial X_2 / \partial F_2 = K^1_2 B_2 \quad (10)$$

B^2_1 は最終需要によって誘発された究極的な部門 1 の生産波及の総効果を示すものである。さらに分解すると、詳しく波及過程を吟味することができる。

$$\begin{aligned} B^2_1 &= K^2_1 B_1 = (I - \alpha_{12} \alpha_{21})^{-1} B_1 \\ &= (I - B_1 A_{12} B_2 A_{21})^{-1} (I - A_{11})^{-1} \\ &= [(I - A_{11}) (I - B_1 A_{12} B_2 A_{21})]^{-1} \\ &= [I - (A_{11} + A_{12} B_2 A_{21})]^{-1} \end{aligned}$$

したがって

$$A^2_1 \equiv A_{11} + A_{12} B_2 A_{21} \quad (11)$$

と設定すれば、 $B^2_1 = (I - A^2_1)^{-1}$ のように表される。

式(11)を見ると、まず A_{11} は自部門への投入である。次に部門 1 の生産活動を支えるために、部門 2 の投入 A_{21} が必要となる。部門 2 の投入によって、部門 2 における生産活動が B_2 によって誘発される。その生産活動はまた部門 1 の投入 A_{12} を必要とすることになる。簡単に言えば、部門 1 は自部門の生産活動に A_{11} を投入する同時に、それに誘発された部門 2 の生産活動へも A_{12} を投入しなければならない。

A^2_1 は「複投入係数」と呼ばれている。

式(9)、(10)を(7)、(8)に代入すると、以下のようになる。

$$X_1 = B^2_1 F_1 + B^2_1 A_{12} B_2 F_2 \quad (12)$$

$$X_2 = B^1_2 A_{21} B_1 F_1 + B^1_2 F_2 \quad (13)$$

次に、 $A_{12} B_2$ と $A_{21} B_1$ 項を定義する。

$$\beta_{12} \equiv A_{12} B_2$$

$$\beta_{21} \equiv A_{21} B_1$$

β_{12} は投入誘発係数と呼び、部門 2 の内部乗数 B_2 に誘発された部門 1 から部門 2 への投入 A_{12} による乗数効果を示すものである。 β_{21} も同様である。式(12)、(13)を書き直せば、以下となる。

$$X_1 = B^2_1 F_1 + B^2_1 \beta_{12} F_2 \quad (14)$$

$$X_2 = B^1_2 \beta_{21} F_1 + B^1_2 F_2 \quad (15)$$

最終的に以下の結果が得られる。

① 式(14)、(15)により、

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B^2_1 & B^2_1 \beta_{12} \\ B^1_2 \beta_{21} & B^1_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} \quad (16)$$

② 式(14)を式(4)に代入し、整理すると、次の方程式が成立する。

$$X_1 = B^2_1 F_1 + B^2_1 \beta_{12} F_2$$

$$X_2 = \alpha_{21} B^2_1 F_1 + (B_2 + \alpha_{21} B^2_1 \beta_{12}) F_2$$

すなわち：

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B^2_1 & B^2_1 \beta_{12} \\ \alpha_{21} B^2_1 & B_2 + \alpha_{21} B^2_1 \beta_{12} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} \quad (17)$$

③ 同様に、式(15)を式(3)に代入し、整理すると、次の方程式も成立する。

$$X_1 = (B_1 + \alpha_{12} B^1_2 \beta_{21}) F_1 + \alpha_{12} B^1_2 F_2$$

$$X_2 = B^1_2 \beta_{21} F_1 + B^1_2 F_2$$

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B_1 + \alpha_{12} B^1_2 \beta_{21} & \alpha_{12} B^1_2 \\ B^1_2 \beta_{21} & B^1_2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \end{pmatrix} \quad (18)$$

式(16)、(17)、(18)は互いに等価であるため、以下の式が成立することになる、

$$B^2_1 \beta_{12} = K^2_1 \alpha_{12} B_2 = \alpha_{12} B^1_2 \quad (19)$$

以上の 2 部門分解の概念と数式を用い、3 部門分解の方法を進めてみよう。

(2) 3部門分解モデルの展開

産業連関表のすべての産業を3つの部分を分け、3部門分解の場合、産出バランス式は次のようである。

$$X_1 = A_{11}X_1 + A_{12}X_2 + A_{13}X_3 + F_1 \quad (20)$$

$$X_2 = A_{21}X_1 + A_{22}X_2 + A_{23}X_3 + F_2 \quad (21)$$

$$X_3 = A_{31}X_1 + A_{32}X_2 + A_{33}X_3 + F_3 \quad (22)$$

$$A \equiv \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix}$$

ここでは、2部門分解方法の類推から、2つの部門(部門2と部門3)の相互関係から推計してみよう。式(21)、(22)を書き直せば、次のようになる。

$$\begin{aligned} X_2 &= B_2 A_{21} X_1 + B_2 A_{23} X_3 + B_2 F_2 \\ &= \alpha_{21} X_1 + \alpha_{23} X_3 + B_2 F_2 \end{aligned} \quad (23)$$

$$\begin{aligned} X_3 &= B_3 A_{31} X_1 + B_3 A_{32} X_2 + B_3 F_3 \\ &= \alpha_{31} X_1 + \alpha_{32} X_2 + B_3 F_3 \end{aligned} \quad (24)$$

式(23)、(24)を相互に代入して：

$$(I - \alpha_{23} \alpha_{32}) X_2 = (\alpha_{21} + \alpha_{23} \alpha_{31}) X_1 + B_2 F_2 + \alpha_{23} B_3 F_3 \quad (25)$$

$$(I - \alpha_{32} \alpha_{23}) X_3 = (\alpha_{31} + \alpha_{32} \alpha_{21}) X_1 + \alpha_{32} B_2 F_2 + B_3 F_3 \quad (26)$$

ここで、2部門分解の概念を利用すれば、次式が成立することになる。

$$K^3_2 \equiv (I - \alpha_{23} \alpha_{32})^{-1}$$

$$K^2_3 \equiv (I - \alpha_{32} \alpha_{23})^{-1}$$

$$\begin{aligned} \alpha_{21} + \alpha_{23} \alpha_{31} &= B_2 A_{21} + B_2 A_{23} B_3 A_{31} \\ &= B_2 (A_{21} + A_{23} B_3 A_{31}) \end{aligned}$$

ここで $A^3_{21} \equiv A_{21} + A_{23} B_3 A_{31}$ と定義する。 A^3_{21} も複投入係数と呼ばれるが、ここでは部門3への経由を含み、部門2から部門1への生産物投入の波及効果を表すものである。

まず、 A_{21} は部門2から部門1への直接的投入である。同時に、部門1の生産を支えるために、部門3の投入 A_{31} を必要とする。それで、部門3における生産活動は B_3 によって誘発され、また部門2の投入 A_{23} を必要とすることになる。すなわち、 A^3_{21} は直接的投入 A_{21} と、部門2から部門3を経由して、 $A_{23} \rightarrow B_3 \rightarrow A_{31}$ のように間接な誘発投入とを組み合わせたものである。その波及過程は図1のようである。

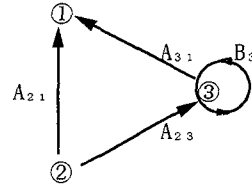


図1 複投入係数 A^3_{21} のイメージ

したがって、

$$\alpha_{21} + \alpha_{23} \alpha_{31} = B_2 A^3_{21}$$

$$\alpha_{31} + \alpha_{32} \alpha_{21} = B_3 A^2_{31}$$

以上の結果を式(25)、(26)に代入して

$$X_2 = K^3_2 B_2 A^3_{21} X_1 + K^3_2 B_2 F_2 + K^3_2 \alpha_{23} B_3 F_3 \quad (27)$$

$$X_3 = K^2_3 B_3 A^2_{31} X_1 + K^2_3 \alpha_{32} B_2 F_2 + K^2_3 B_3 F_3 \quad (28)$$

式(27)、(28)の X_2 、 X_3 を X_1 で偏微分すると、以下の式が導出される。

$$\alpha^3_{21} \equiv \partial X_2 / \partial X_1 = K^3_2 B_2 A^3_{21}$$

$$\alpha^2_{31} \equiv \partial X_3 / \partial X_1 = K^2_3 B_3 A^2_{31}$$

α^3_{21} 、 α^2_{31} も生産誘発係数と呼ばれる。さらに α^3_{21} を分解すると次の形になる。

$$\alpha^3_{21} = K^3_2 B_2 A^3_{21} = K^3_2 B_2 (A_{21} + A_{23} B_3 A_{31})$$

α^3_{21} は部門2からの直接的投入 A_{21} と部門3を経由する間接な投入 $A_{23} B_3 A_{31}$ とが内部乗数 B_2 で誘発し、さらに外部乗数 K^3_2 の乗数効果を加えるものであり、部門2が部門1によって誘発された波及総効果を表すものである。

同様に、式(20)から、

$$\begin{aligned} X_1 &= B_1 A_{12} X_2 + B_1 A_{13} X_3 + B_1 F_1 \\ &= \alpha_{12} X_2 + \alpha_{13} X_3 + B_1 F_1 \end{aligned} \quad (29)$$

式(27)、(28)を(29)に代入して、次式を得る。

$$\begin{aligned} X_1 &= \alpha_{12} (K^3_2 B_2 A^3_{21} X_1 + K^3_2 B_2 F_2 + K^3_2 \alpha_{23} B_3 F_3) \\ &\quad + \alpha_{13} (K^2_3 B_3 A^2_{31} X_1 + K^2_3 \alpha_{32} B_2 F_2 + K^2_3 B_3 F_3) \\ &\quad + B_1 F_1 \end{aligned} \quad (30)$$

2部門分解の結果を利用し、次式を定義する。

$$B^3_2 \equiv K^3_2 B_2$$

$$B^2_3 \equiv K^2_3 B_3$$

B^3_2 と B^2_3 はやはり2部門間の波及総効果を示すものである。さらに、式(30)を整理すると次の式になる。

$$\begin{aligned} (I - \alpha_{12} \alpha^3_{21} - \alpha_{13} \alpha^2_{31}) X_1 &= B_1 F_1 + (\alpha_{12} B^3_2 + \alpha_{13} K^2_3 \alpha_{32} B_2) F_2 \\ &\quad + (\alpha_{12} K^3_2 \alpha_{23} B_3 + \alpha_{13} B^2_3) F_3 \end{aligned} \quad (31)$$

ここで,

$$\begin{aligned}\alpha_{13}K^2_{23}\alpha_{32}B_2 &= \alpha_{13}K^2_{23}B_3A_{31}B_2 \\ &= \alpha_{13}B^2_{23}\beta_{23}\end{aligned}\quad (32)$$

$$\begin{aligned}\alpha_{12}K^3_{22}\alpha_{23}B_3 &= \alpha_{12}K^3_{22}B_2A_{23}B_3 \\ &= \alpha_{12}B^3_{22}\beta_{32}\end{aligned}\quad (33)$$

2部門分解モデルの式(19): $B^2_{11}\beta_{12} = \alpha_{12}B^1_{11}$ の
関係を利用し, 式(32), (33)は次の形になる.

$$\alpha_{13}B^2_{23}\beta_{23} = \alpha_{13}\alpha_{32}B^3_{22}$$

$$\alpha_{12}B^3_{22}\beta_{32} = \alpha_{12}\alpha_{23}B^2_{23}$$

さらに式(31)左辺の X_1 にかかる係数行列の逆行列
を求め, 以下を定義する.

$$K^{(3)}_{11} \equiv (I - \alpha_{12}\alpha^3_{21} - \alpha_{13}\alpha^2_{31})^{-1}$$

$K^{(3)}_{11}$ は3部門分解の総外部乗数であることが証
明される(証明略). それらを再び, 式(31)に代入す
ると,

$$\begin{aligned}X_1 &= K^{(3)}_{11}B_1F_1 \\ &\quad + K^{(3)}_{11}(\alpha_{12} + \alpha_{13}\alpha_{32})B^3_{22}F_2 \\ &\quad + K^{(3)}_{11}(\alpha_{13} + \alpha_{12}\alpha_{23})B^2_{23}F_3 \\ &= K^{(3)}_{11}B_1F_1 + K^{(3)}_{11}B_1A^3_{12}B^3_{22}F_2 \\ &\quad + K^{(3)}_{11}B_1A^2_{13}B^2_{23}F_3\end{aligned}\quad (34)$$

ここで, 2部門モデルと同様の定義をすれば,

$$\beta^3_{12} \equiv A^3_{12}B^3_{22}$$

$$\beta^2_{13} \equiv A^2_{13}B^2_{23}$$

β^3_{12} , β^2_{13} を投入誘発係数と呼ぶことにする.

これを詳細に見ると,

$$\beta^3_{12} = A^3_{12}B^3_{22} = (A_{12} + A_{13}B_3A_{32})K^3_{22}B_2$$

つまり, 部門2の内部波及効果 B_2 が, 部門3との
経路による外部乗数 K^3_{22} の乗数効果を掛けられ, さ
らに部門1から部門2への直接・間接的な投入:

$A_{12} + A_{13}B_3A_{32}$ を誘発する. 投入誘発係数 β^3_{12} はそ
の誘発過程の誘発総効果を表すと言える. 投入誘発
係数の概念を用いれば, 式(34)は次のようになる.

$$\begin{aligned}X_1 &= K^{(3)}_{11}B_1F_1 + K^{(3)}_{11}B_1\beta^3_{12}F_2 \\ &\quad + K^{(3)}_{11}B_1\beta^2_{13}F_3\end{aligned}\quad (35)$$

また, 式(35)を式(27), (28)に代入すれば, 以下
の連立方程式を得る.

$$\begin{cases} X_1 = K^{(3)}_{11}B_1F_1 + K^{(3)}_{11}B_1\beta^3_{12}F_2 + K^{(3)}_{11}B_1\beta^2_{13}F_3 \\ X_2 = \alpha^3_{21}K^{(3)}_{11}B_1F_1 + (B^3_{22} + \alpha^3_{21}K^{(3)}_{11}B_1\beta^3_{12})F_2 + (B^3_{22}\beta_{23} + \alpha^3_{21}K^{(3)}_{11}B_1\beta^2_{13})F_3 \\ X_3 = \alpha^2_{31}K^{(3)}_{11}B_1F_1 + (B^2_{23}\beta_{32} + \alpha^2_{31}K^{(3)}_{11}B_1\beta^3_{12})F_2 + (B^2_{23} + \alpha^2_{31}K^{(3)}_{11}B_1\beta^2_{13})F_3 \end{cases}$$

すなわち:

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} K^{(3)}_{11}B_1 & K^{(3)}_{11}B_1\beta^3_{12} & K^{(3)}_{11}B_1\beta^2_{13} \\ \alpha^3_{21}K^{(3)}_{11}B_1 & B^3_{22} + \alpha^3_{21}K^{(3)}_{11}B_1\beta^3_{12} & B^3_{22}\beta_{23} + \alpha^3_{21}K^{(3)}_{11}B_1\beta^2_{13} \\ \alpha^2_{31}K^{(3)}_{11}B_1 & B^2_{23}\beta_{32} + \alpha^2_{31}K^{(3)}_{11}B_1\beta^3_{12} & B^2_{23} + \alpha^2_{31}K^{(3)}_{11}B_1\beta^2_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{pmatrix}\quad (36)$$

同様に, 部門1と部門3および部門1と部門2の相互関係から推計すると, 以下の式も得られる.

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B^3_{11} + \alpha^3_{12}K^{(3)}_{22}B_2\beta^3_{21} & \alpha^3_{12}K^{(3)}_{22}B_2 & B^3_{11}\beta_{13} + \alpha^3_{12}K^{(3)}_{22}B_2\beta^1_{23} \\ K^{(3)}_{22}B_2\beta^3_{21} & K^{(3)}_{22}B_2 & K^{(3)}_{22}B_2\beta^1_{23} \\ B^3_{11}\beta_{31} + \alpha^3_{12}K^{(3)}_{22}B_2\beta^3_{21} & \alpha^3_{12}K^{(3)}_{22}B_2 & B^3_{11} + \alpha^3_{12}K^{(3)}_{22}B_2\beta^1_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{pmatrix}\quad (37)$$

$$\begin{pmatrix} X_1 \\ X_2 \\ X_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} B^2_{11} + \alpha^2_{13}K^{(3)}_{33}B_3\beta^2_{31} & B^2_{11}\beta_{12} + \alpha^2_{13}K^{(3)}_{33}B_3\beta^1_{32} & \alpha^2_{13}K^{(3)}_{33}B_3 \\ B^2_{11}\beta_{21} + \alpha^2_{13}K^{(3)}_{33}B_3\beta^2_{31} & B^2_{11} + \alpha^2_{13}K^{(3)}_{33}B_3\beta^1_{32} & \alpha^2_{13}K^{(3)}_{33}B_3 \\ K^{(3)}_{33}B_3\beta^2_{31} & K^{(3)}_{33}B_3\beta^1_{32} & K^{(3)}_{33}B_3 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} F_1 \\ F_2 \\ F_3 \end{pmatrix}\quad (38)$$

ところで, 式(36), (37), (38)は互いに等価である
ため, 3つの逆行列も等価である. そして, 次の式が
得られる.

$$K^{(3)}_{11}B_1 = K^3_{12}B^3_{11} = K^2_{13}B^2_{11}$$

$$= K^3_{12}K^3_{11}B_1 = K^2_{13}K^2_{11}B_1$$

その中で:

$$K^3_{12} = (I - \alpha^3_{12}\alpha^3_{21})$$

$$K^2_{13} = (I - \alpha^2_{13}\alpha^2_{31})$$

$K^{(3)}_2 B_2$, $K^{(3)}_3 B_3$ についても同様な表現が得られる(説明省略)。

以上が2部門分解方法の基本的な概念を用いた、3部門分解法の各種乗数行列の導出である。これらを用いて、3部門間の波及関係や相互の需給構造などを詳細的に分析することができる。

3. 使用データ

(1) 中国投入産出表(産業連関表)

1996年1月に中国国家统计局は新国民経済計算体系の「1992年度価値型中国投入産出表」を公表した。この産業連関表は、118×118部門表を基本分類とし、中国の経済構造に関する、最も詳細な資料と言われている。

本研究では投入係数を計算する際、投入係数の非負条件を満たすために、物資供給倉庫業、国内商業・対外貿易業、食糧・油商業を商業に統合した。従って部門数は116となる。本研究は116の産業部門を1次エネルギー部門、2次エネルギー部門、非エネルギー部門に分け、3部門の内部波及、外部波及影響について分析を試みている。部門分類と部門番号は表1のようである。

(2) データ処理

本研究では競争輸入型の産業連関モデルを採用する。モデルの需給バランス式は以下のようである。

$$X = AX + F_d + F_e - M(AX + F_d)$$

$$X = \{I - (I - M)A\}^{-1} \{(I - M)F_d + F_e\}$$

ここで、 F_d : 国内最終需要ベクトル

F_e : 輸出ベクトル

M : 輸入係数行列(対角行列)

行列 M の対角要素は次式で計算している。

$$m_i = \frac{i \text{ 財の輸入量 } M_i}{i \text{ 財の中間需要} + i \text{ 財の国内最終需要}}$$

本研究では、中国の1992年の産業別輸入輸出データによって、競争輸入型モデルに対応した投入係数行列を作成した。また1次エネルギー部門、2次エネルギー部門、非エネルギー部門のデータを以下のように記述する。

$$X = (I - A^*)^{-1} F$$

$$A^* \equiv (I - M)A$$

$$A^* \equiv \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 \text{ 次エネ} & 2 \text{ 次エネ} & \text{非エネ} \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \text{ 次エネ} \\ 2 \text{ 次エネ} \\ \text{非エネ} \end{matrix} & \begin{bmatrix} A_{11} & A_{12} & A_{13} \\ A_{21} & A_{22} & A_{23} \\ A_{31} & A_{32} & A_{33} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

$$C \equiv (I - A^*)^{-1}$$

$$C \equiv \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 \text{ 次エネ} & 2 \text{ 次エネ} & \text{非エネ} \end{matrix} \\ \begin{matrix} 1 \text{ 次エネ} \\ 2 \text{ 次エネ} \\ \text{非エネ} \end{matrix} & \begin{bmatrix} C_{11} & C_{12} & C_{13} \\ C_{21} & C_{22} & C_{23} \\ C_{31} & C_{32} & C_{33} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

4. 乗数行列の分解分析

逆行列 C は直接的に計算可能である。しかし、逆行列の各要素 C_{ij} は3部門間の相互波及の究極的な総効果を表すものである。従って、他部門を経由した波及効果は不明であり、内部乗数と外部乗数による誘発効果なども分析できない。そこで本研究では、特に逆行列 C の各要素をそれぞれの係数行列で表すように工夫をし、3部門分解モデルを導出した。そのモデルに中国産業連関表の実績データを適用し、以下ではいくつかの分析を行う。この方法により、

① 1次エネルギー部門、2次エネルギー部門、非エネルギー部門の最終需要による他部門の生産に対する誘発効果が明らかになる。

② 1次エネルギー部門、2次エネルギー部門、非エネルギー部門の部門間の需要構造が明らかになる。

(1) 生産誘発の波及総効果

本研究では、逆行列 C の要素(生産誘発の波及総効果) C_{ij} を積の形から和の形に変形させ、総効果の中で総外部乗数、部門の内部乗数、投入誘発係数による別々の純増部分についての分解分析も行っている。

(a) C_{31} , C_{32} の分解

まず、 C_{31} , C_{32} を以下のように和分解し、各行列項の列和を図化する。

$$\begin{aligned} C_{31} &= C_{33} \beta^{2_{31}} = K^{(3)}_3 B_3 \beta^{2_{31}} \\ &= [K^{(3)}_3 - I] B_3 \beta^{2_{31}} + [B_3 - I] \beta^{2_{31}} + \beta^{2_{31}} \\ C_{32} &= C_{33} \beta^{1_{32}} = K^{(3)}_3 B_3 \beta^{1_{32}} \\ &= [K^{(3)}_3 - I] B_3 \beta^{1_{32}} + [B_3 - I] \beta^{1_{32}} + \beta^{1_{32}} \end{aligned}$$

表1 中国 1992 年産業連関表の部門分類

一次エネルギー部門		27 ニット製品業	68 自動車業
1 石炭・亜炭業	28 その他の紡績業	69 船舶業	70 航空機業
2 石炭選鉱業	29 衣服・その他の繊維製品業	71 その他の輸送機械業	72 重電機器業
3 原油生産業	30 毛皮・同製品業	73 民生用電気機械業	74 その他の電気機器製造業
4 天然ガス業	31 製材・木製品業	75 電子計算機業	76 民生用電子機器業
二次エネルギー部門		32 家具とその他の木製品業	77 その他の電子・通信機器業
		33 紙と紙製品業	78 精密機械製造業
		34 印刷業	79 機械設備修理業
1 電力・熱供給業	35 文化教育体育芸術用品業	80 その他の産業用製造工業	81 その他の民生用製造工業
2 石油製品業	36 化学原料基礎製品業	82 廃棄物処理業	83 建築業
3 コークス業	37 化学肥料業	84 鉄道貨物輸送業	85 道路貨物輸送業
4 コールガスと石炭製品業	38 化学農薬業	86 水運貨物業	87 航空貨物輸送業
非エネルギー部門		39 有機化学製品業	88 パイプ輸送業
		40 民用化学製品業	89 郵便・電気通信業
		41 合成化学材料業	90 商業
1 食糧耕種農業	42 その他の化学工業	91 飲食業	92 鉄道旅客輸送業
2 その他の耕種農業	43 医薬業	93 道路旅客輸送業	94 水面旅客輸送業
3 林業	44 化学繊維業	95 航空旅客輸送業	96 不動産仲介と賃貸業
4 牧畜業	45 生産用ゴム製品業	97 公共事業	98 民生サービス業
5 その他の農業	46 日用ゴム製品業	99 医療・保健業	100 体育事業
6 漁業	47 生産用プラスチック製品業	101 社会保障・福祉事業	102 教育事業
7 鉄鉱物業	48 日用プラスチック製品業	103 文化芸術・放送事業	104 学術研究機関
8 非鉄鉱物業	49 セメント業	105 総合技術サービス業	106 金融業
9 砂利・碎石とその他の非鉄鉱物業	50 セメント製品業	107 保険業	108 公務機関
10 塩業	51 煉瓦・石灰と軽建築材料業		
11 木材・竹業	52 ガラス・ガラス製品業		
12 水道業	53 陶磁製品業		
13 食糧・油加工業	54 耐火材料業		
14 と畜業	55 その他の非金属鉱物製品業		
15 玉子・乳製品業	56 鉄・粗鋼と圧延加工業		
16 水産食料業	57 非鉄金属製錬と圧延加工業		
17 製糖業	58 生産用金属製品業		
18 その他の食料業	59 日用金属製品業		
19 酒類・アルコール業	60 ボイラと原動機業		
20 その他の飲料業	61 金属加工・工作機械業		
21 たばこ業	62 産業専門設備製造業		
22 飼料業	63 農林牧漁機械製造業		
23 綿紡績業	64 日用機械製造業		
24 毛紡績業	65 その他の専門設備製造業		
25 麻紡績業	66 その他の機械製造業		
26 絹紡績業	67 鉄道運輸設備製造業		

図2, 図3はこれらの行列要素の分解された純増効果を表す。投入誘発係数 β^{2}_{31} , β^{1}_{32} による純増が大きいが、内部乗数 B_3 によってより大きな純増効果が誘発される。ただし、外部乗数 $K^{(3)}_3$ による純増は極めて小さいことが判る。

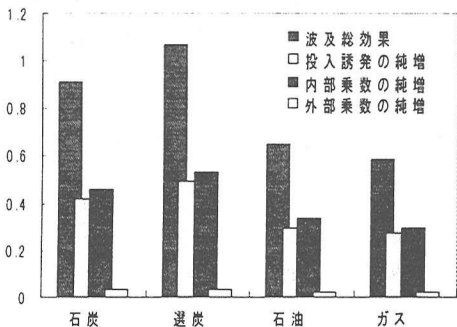


図2 C_{31} の分解

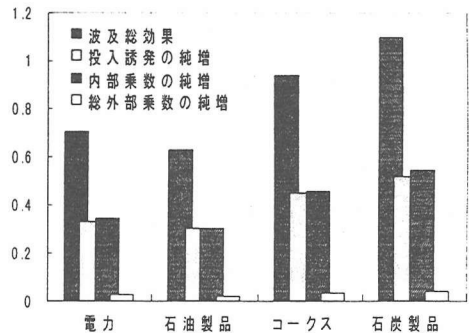


図3 C_{32} の分解

すなわち、1次、2次エネルギー部門の最終需要 F_1 , F_2 によって誘発された非エネルギー部門の生産波及の総効果は主に B_3 及び β^{2}_{31} , β^{1}_{32} で決定される。エネルギー部門への最終需要が高めれば、 B_3

による非エネルギー部門の生産を高めるし、 β^{231} 、 β^{132} による非エネルギー部門からの投入も高められる。その時の中間需要拡大のため、エネルギー部門の生産も増加する。

産業別の波及効果をみれば、1次、2次エネルギー部門とも石炭とその関連産業への投入比率ははるかに大きい。エネルギー需給は石炭に頼ることを強く示している。

(b) C_{13} 、 C_{23} の分解

同様に C_{13} 、 C_{23} を以下のように分解し、図化することもできる。

$$C_{13} = C_{11}\beta^{213} = K^{(3)}_{11}B_1\beta^{213} \\ = [K^{(3)}_{11}-I]B_1\beta^{213} + [B_1-I]\beta^{213} + \beta^{213}$$

$$C_{23} = C_{22}\beta^{123} = K^{(3)}_{22}B_2\beta^{123} \\ = [K^{(3)}_{22}-I]B_2\beta^{123} + [B_2-I]\beta^{123} + \beta^{123}$$

図4と図5は分解した純増効果を表す。非エネルギー部門の最終需要 F_3 によって誘発された1次、2次エネルギー部門の生産波及の総効果は β^{213} 、 β^{123} によって決定され、1次、2次エネルギー部門の総外部乗数 $K^{(3)}_{11}$ 、 $K^{(3)}_{22}$ 及び内部乗数 B_1 、 B_2 によって誘発した1次、2次エネルギー部門の生産波及効果はほとんどないことが判る。非エネルギー部門に対する1次、2次エネルギー部門の生産物の投入比率は β^{213} 、 β^{123} に決められるという投入誘発型のエネルギー需要構造を強く反映している。

このように各要素 C_{ij} を調べるうえで、3部門の波及総効果から見れば次の結果をまとめよう。

① 3部門の総外部乗数が小さく、相互依存的な影響は弱い。各部門の生産活動が独立し、最終需要に誘発された波及効果は3部門間に影響を起こさない。

② 3部門の最終需要の波及総効果は基本的に中間投入を示す複投入係数で決められる。すなわち、部門間の中間需要構造は波及の総効果を決定する。

③ 1次、2次エネルギー部門の内部乗数が小さく、エネルギー部門の各産業は相対的に独立するということが判る。

④ 非エネルギー部門の内部乗数は自部門の生産波及に対する誘発効果が著しい。

(2) 部門間の需要構造

部門間の生産物投入関係は複投入係数、生産誘発係数、投入誘発係数を通じて、その投入経路をはっきり描き、投入比率を計測することも可能となる。

(a) 複投入係数行列

複投入係数は逆行列分解分析における重要な役割を持っている。部門間の基本的な生産物投入関係を示し、生産誘発係数、投入誘発係数の波及効果へも大きな影響を及ぼしている。本研究では次の複投入係数行列を計算した。

$$A^3_{12} = A_{12} + A_{13}B_3A_{32} \\ A^2_{13} = A_{13} + A_{12}B_2A_{23} \\ A^3_{21} = A_{21} + A_{23}B_3A_{31} \\ A^1_{23} = A_{23} + A_{21}B_1A_{13} \\ A^2_{31} = A_{31} + A_{32}B_2A_{21} \\ A^1_{32} = A_{32} + A_{31}B_1A_{12}$$

これらの列和を計算した結果を図6～図11に示す。列和は各産業への生産物の投入比率を表すものである。その特徴は以下のようにまとめられる。

① 投入の主線

複投入係数の図6の A^3_{12} 、図9の A^1_{23} 、図10の A^2_{31} を見ると、部門間の投入は主に直接投入により決定され、間接投入はほとんどないことが判る。すなわち、1次エネルギー部門から二次エネルギー部門への投入 A^3_{12} 、2次エネルギー部門から非エネルギー部門への投入 A^1_{23} 及び非エネルギー部門から1次エネルギー部門への投入 A^2_{31} は基本的に投入係数 A_{12} 、 A_{23} 、 A_{31} によって決定されている。以下では1次産品部門から加工部門、及び最終加工部門から1次産品部門への投入経路を投入の主線と呼ぶことにする。これは図12で実線として表されている。逆に図12の点線のような投入経路は、投入の副線と呼び、全て他部門への経路による間接投入を含む複投入係数である。そのような生産物投入の流れはエネルギー需給の構造的な特徴を表している。

② 非エネルギー部門の中間投入

図8の A^2_{13} 、図9の A^1_{23} のように、中国のエネルギー消費部門は、伝統的なエネルギー多消費の工業部門（採鉱業、冶金業、建築材料業、運輸業）に集中している。農業、商業、サービス業などのエネルギー投入は極めて少ない。

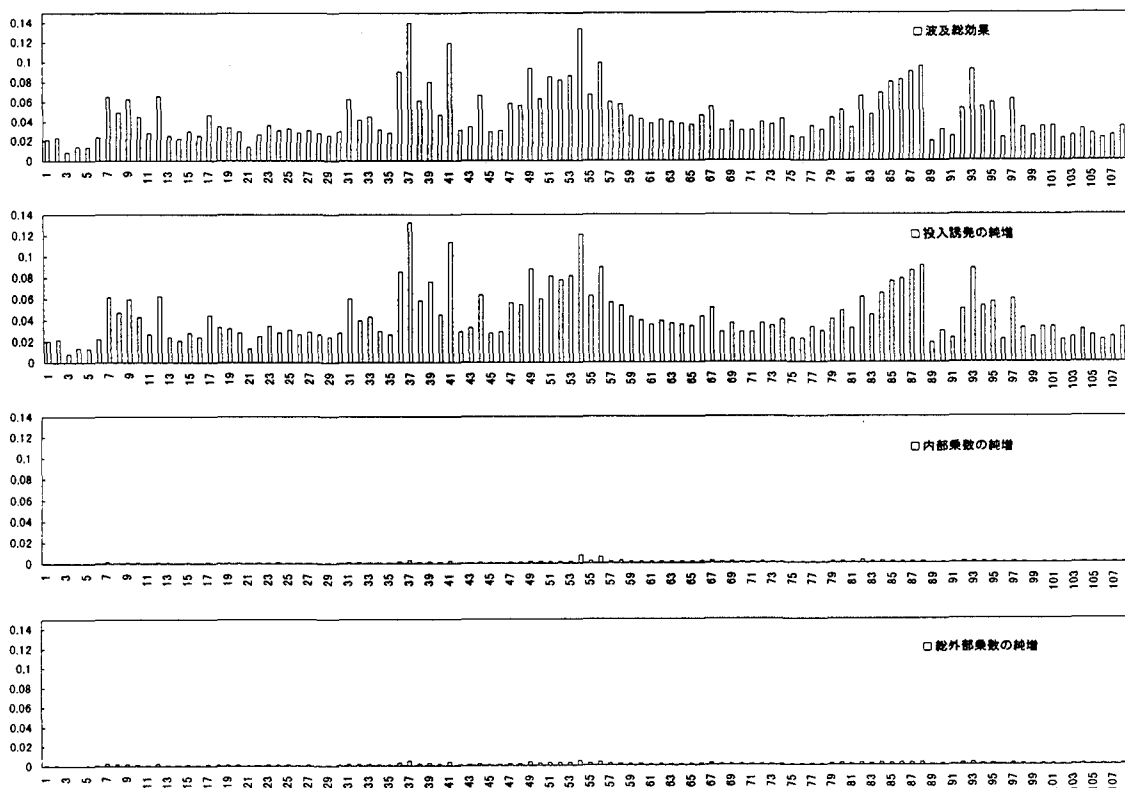


図4 C_{13} の分解

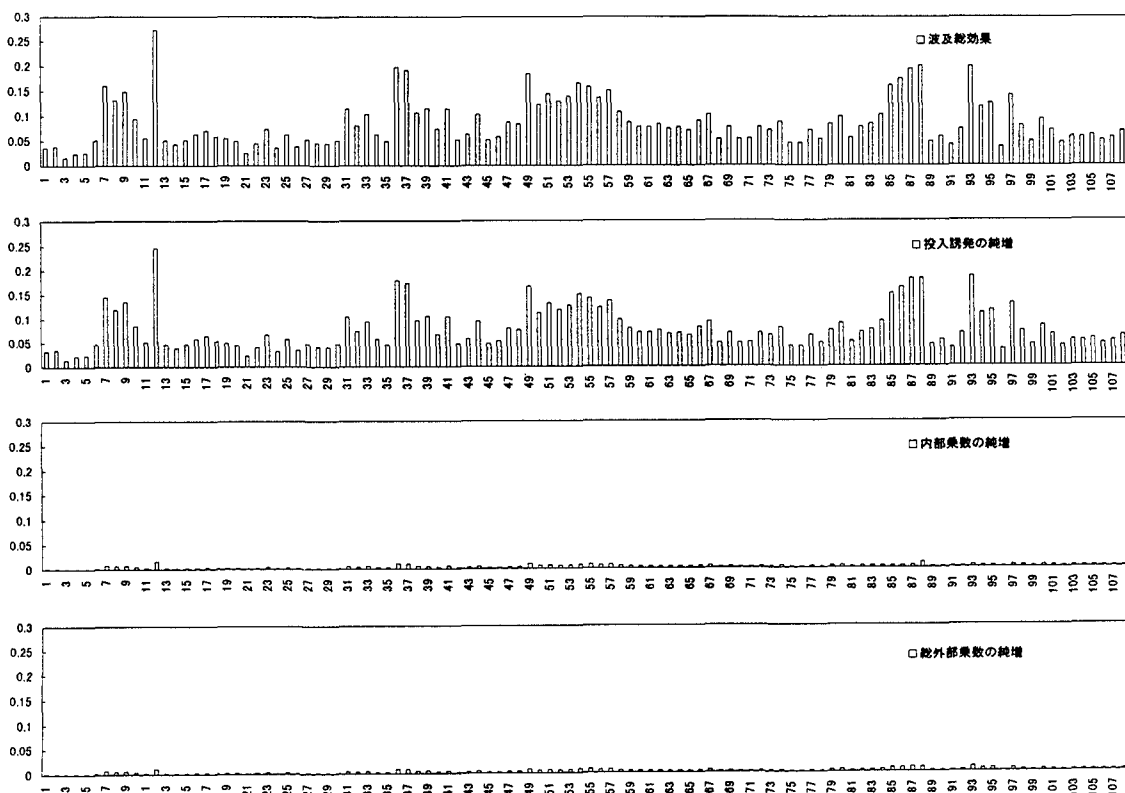


図5 C_{23} の分解

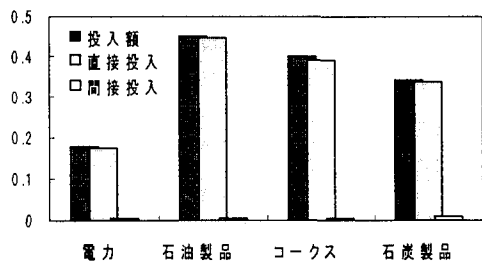


図6 複投入係数 A^3_{12}

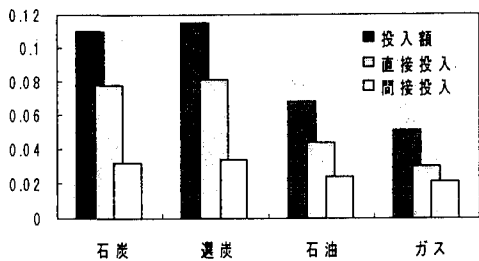


図7 複投入係数 A^3_{21}

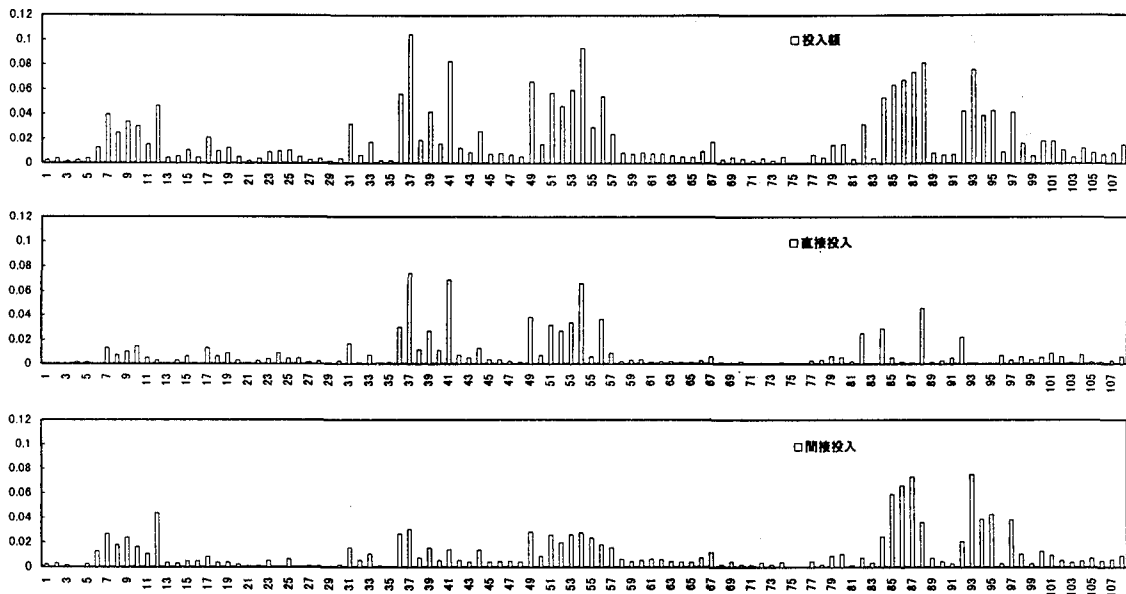


図8 複投入係数 A^2_{13}

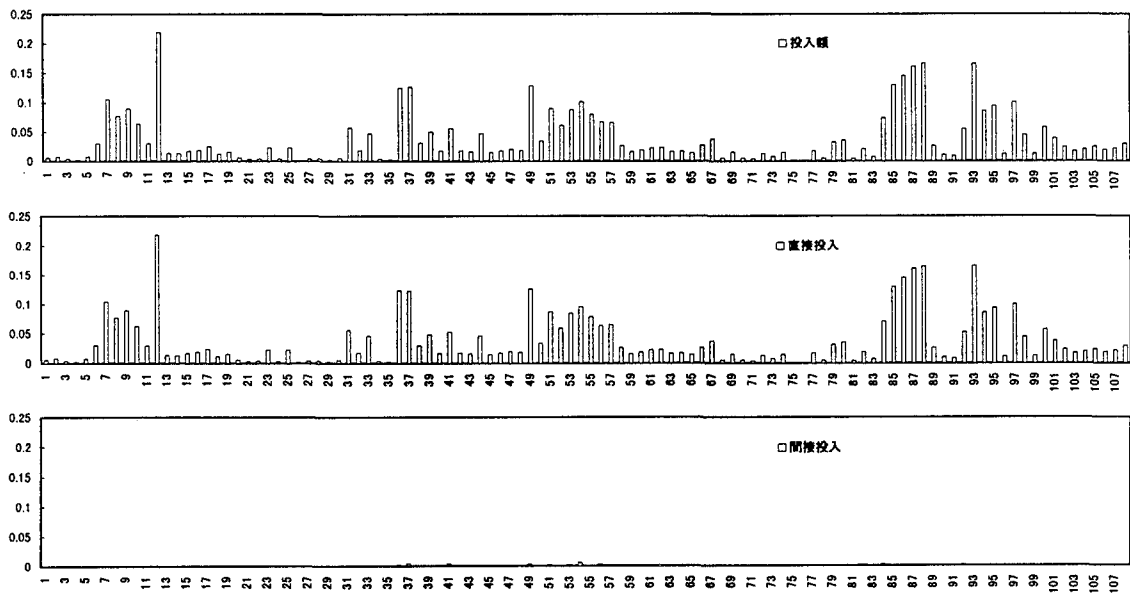


図9 複投入係数 A^1_{23}

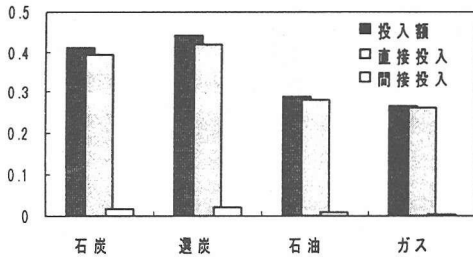


図10 複投入係数 A^2_{31}

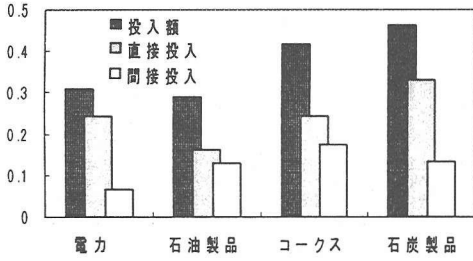


図11 複投入係数 A^2_{32}

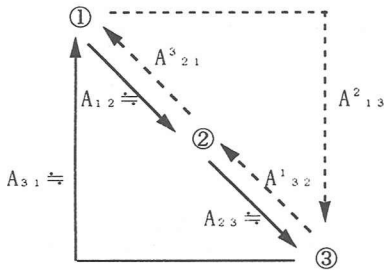


図12 複投入係数の主線

また、非エネルギー部門の需要に対して2次エネルギー部門の投入はほとんど直接投入であるが、1次エネルギー部門の投入には2次エネルギー部門を経由する間接投入が大きい。そのことは1次エネルギー部門の生産規模は必ず2次エネルギー部門に対応して発展することを示している。

③ エネルギー部門の中間投入

エネルギー部門での中間投入は、石炭とその関連産業への中間投入比率が非常に高い。これは図6、図7、図10、図11から容易に読み取れる。生産、民生部門とも石炭消費に大きく依存しているのが中国のエネルギー需要の特徴であるが、構造的な供給不足が懸念され、環境への負荷も大きい。

(b) 生産誘発係数行列

生産誘発係数に関する以下の行列を計算し、 α^2_{31} 、 α^1_{32} の列和を図13、図14に示す。

$$\begin{aligned}\alpha^3_{12} &= B^3_1 A^3_{12} = K^3_1 B_1 A^3_{12} \\ \alpha^2_{13} &= B^2_1 A^2_{13} = K^2_1 B_1 A^2_{13} \\ \alpha^3_{21} &= B^3_2 A^3_{21} = K^3_2 B_2 A^3_{21} \\ \alpha^1_{23} &= B^1_2 A^1_{23} = K^1_2 B_2 A^1_{23} \\ \alpha^2_{31} &= B^2_3 A^2_{31} = K^2_3 B_3 A^2_{31} \\ \alpha^1_{32} &= B^1_3 A^1_{32} = K^1_3 B_3 A^1_{32}\end{aligned}$$

生産誘発係数の誘発効果は複投入係数に内部乗数と外部乗数を掛けたものであるから、グラフの形も複投入係数とほぼ同じとなる。ここでは主に内部・外部乗数の倍数効果を検討する。

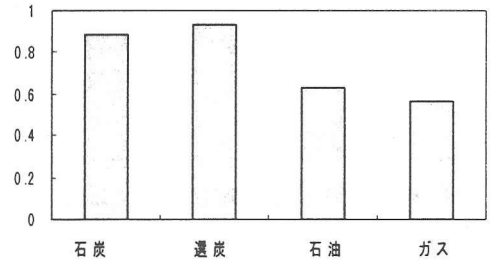


図13 生産誘発係数 α^2_{31}

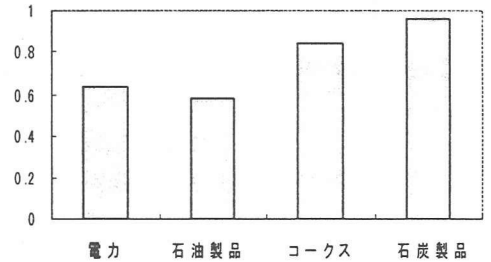


図14 生産誘発係数 α^1_{32}

1次、2次エネルギー部門の内部・外部乗数が小さいため、 $K^3_1 B_1$ 、 $K^2_1 B_1$ 、 $K^3_2 B_2$ 、 $K^1_2 B_2$ による倍数効果は極めて小さい。しかし、図15のように、 $K^2_3 B_3$ 、 $K^1_3 B_3$ による、非エネルギー部門の生産に対する1次エネルギー部門と2次エネルギー部門の生産誘発係数 α^2_{31} 、 α^1_{32} は概ね複投入係数 A^2_{31} 、 A^1_{32} の2倍となっている。すなわち、エネルギー部門への投入による非エネルギー部門での波及効果が高いということを表している。

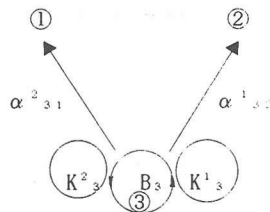


図15 生産誘発係数の倍数効果

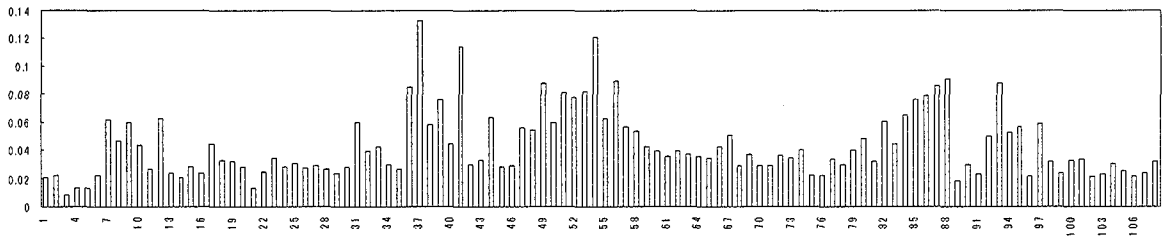


図16 投入誘発係数 β^{213}

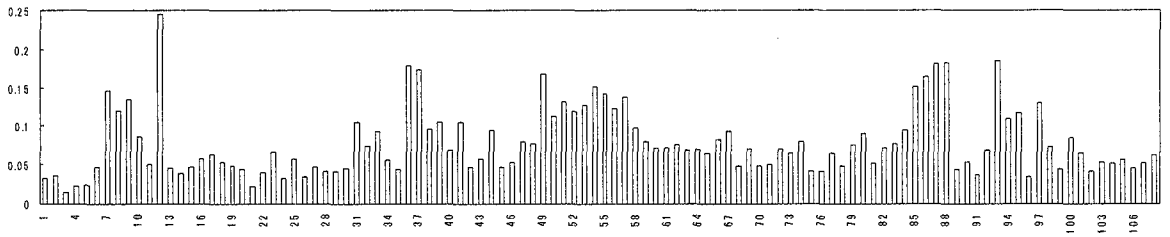


図17 投入誘発係数 β^{123}

(c) 投入誘発係数行列

投入誘発係数も同様に計算し、 β^{213} 、 β^{123} の列和を図16、図17に示す。

$$\beta^{312} = A^{312}K^3B_2$$

$$\beta^{213} = A^{213}K^2B_3$$

$$\beta^{321} = A^{321}K^3B_1$$

$$\beta^{123} = A^{123}K^1B_3$$

$$\beta^{231} = A^{231}K^2B_1$$

$$\beta^{132} = A^{132}K^1B_2$$

投入誘発係数は内部乗数と外部乗数によって誘発された他部門の生産物の投入を表すものである。ここで β^{213} 、 β^{123} 誘発効果を詳しく検討しよう。

投入誘発係数 β^{213} 、 β^{123} は非エネルギー部門での需要により、エネルギー供給がどの程度誘発されるのかを表す。 β^{213} 、 β^{123} のグラフを A^{213} 、 A^{123} のグラフとそれぞれ比べると、1次エネルギー部門と2次エネルギー部門から非エネルギー部門への投入水準は K^2B_3 、 K^1B_3 によって、高められている。つまり、非エネルギー部門の生産を支えるために、エネルギー部門は必ず比例的に多くの供給が誘発される構造となっている。

5. おわりに

本研究は産業連関表における3部門分解法を用い、中国における1次、2次エネルギー部門と非エネルギー部門との相互依存関係を初めて検討したものである。本研究により、中国のエネルギー開発対策には以下の点が重要であると指摘される。

(1) 中国のエネルギー需給において直面している問題は、増大するエネルギーの需要を満たすことである。特に民生エネルギー消費は急速に増加している。部門間の波及関係により、エネルギー部門の最終需要が増えると非エネルギー部門の生産を大きく誘発させ、エネルギー部門の中間投入を高めることによって、エネルギーの生産も進められる。そのため、エネルギー部門を優先的に発展させることが国民経済発展の急務であると言える。

(2) 中国では90%以上のエネルギー消費を国内生産に頼っているが、その資源構造により、消費の70%は石炭である。石炭及びその関連産業はすでに巨大な産業体系になり、そこへの中間投入もかなり多い。しかし、現実のエネルギー消費構造は自然環境に大きな負担を与えている。環境保全のために、石炭を2次エネルギーに転換する比率を高め、総合的に利用することが石炭開発政策の重要な課題である。

(3) 非エネルギー部門のエネルギー需要構造を見れば、工業消費と比べ、農業、商業、サービス業の消費は極めて少ない。これは消費量の制限策によるのである。よって、それらの産業の消費が増れば、非エネルギー部門の需要構造にも、内部波及効果にも大きな変化があると考えられる。

(4) エネルギー部門の内部乗数が小さく、エネルギー産業間の生産波及が弱いということは、石炭、電力以外のエネルギー産業の生産割合が極めて小さ

いことによる。さらにエネルギー消費の代替性が極めて小さい経済構造になっているため、今後ともこのような状態が継続していく恐れがある。しかし、多様なエネルギー供給体制を作っていくことは、膨大な投資が必要であることから、短期的には難しい。

参考文献

- 1) 中国国家统计局編：1992年度中国投入産出表，中国統計出版社，1996.
- 2) 宮沢健一：産業連関分析入門，日本経済新聞社，経済学入門シリーズ，1991.

- 3) Miyata.Y. : A General Equilibrium Analysis of the Waste-Economic System -A CGE Modeling Approach-, Infrastructure Planning Review, No.12, pp.259-270, 1995.
- 4) 井原健雄：地域の経済分析，中央経済社，1996.
- 5) Trigg. A. and Madden. M. : The Partition and Decomposition of Extended Input-Output Multipliers, pp.90-100, in New Directions in Regional Analysis, Edited by LucAnselin, L. and Madden, M. Belhaven Press, 1990.

中国におけるエネルギー需要構造の産業連関的分析

陳 自力* 宮田 譲**

中国のエネルギー問題は経済発展に伴い、長期的な重要な課題であると言われている。本研究は3部門逆行列分解法により、中国における1次エネルギー，2次エネルギー，非エネルギー部門との相互依存関係に焦点を当て、エネルギー部門とその他の部門との乗数過程を、従来のLeontief逆行列分析に比べ、より詳細に分析することを試みた。

Input-Output Analysis of the Structure of Energy Demand/Supply in China

By Zili CHEN and Yuzuru MIYATA

According to the development of China's economy, studies of energy issues have been regarded as an important and long-term subject. This paper analyses the relationship among the primary energy, secondary energy, and the non-energy sectors in China by using the three-blocks inverse matrix decomposition approach. It gives more detailed analysis of the intersectoral influences among the three-blocks in contrast with the approach of Leontief inverse matrix.
