

## 第3章

# アジア太平洋地域におけるエネルギー消費構造の 変化について

～2000年アジア国際産業連関表の速報推計とその分析～

奥田隆明・鈴木一生

### 要約：

1995年以降、アジア太平洋地域では中国の経済成長や通貨危機などの要因によって、そのエネルギー消費構造が大きく変化したものと予想される。本研究では、2000年のアジア国際産業連関表を延長推計し、これを用いてアジア太平洋地域のエネルギー消費構造の変化について分析を行った。

### キーワード：

エネルギー消費、内包エネルギー、エントロピー法

## 1. はじめに

近年、原油価格の高騰が続いている。こうした背景には、中国の急速な経済成長等に起因するエネルギー需要の増大を見逃すことはできない。アジア太平洋地域には、USAや日本のような高いエネルギー消費を続ける国と中国のようにエネルギー消費を急速に増大させている国が混在している。加えて、近年、この地域では国際分業が急速に進展しており、もはや一国のエネルギー消費は国内需要だけで説明できるものではなく、周辺諸国との貿易を十分に考慮しなければならない状況になりはじめている。

従来、こうした問題意識からアジア太平洋地域では国際産業連関表を用いたエネルギー消費の分析が行われてきた。こうした分析は Costanza (1980) の内包エネルギーの概念を空間的に拡張したものであり、一国の最終需要がその周辺諸国にどの程度のエネルギー消費を生み出すのかを明らかにしようとするものである。こうした分析によって、例えば、中村ら (2004) は中国のエネルギー消費は単に中国の最終需要に起因するものばかりではなく、USA や日本の最終需要に起因するものがかなりの割合を占めていること等を明らかにしている。

こうしたエネルギー消費の分析を行うためには、1) 各国の直接的なエネルギー消費のデータと 2) 国際産業連関表が必要となる。一般に 1) 各国の直接的なエネルギー消費のデータについては IEA をはじめとする国際機関が比較的早期にデータを公表するものの、2) 国際産業連関表については公表時期が遅れがちである。アジア太平洋地域ではアジア経済研究所が 5 年毎にアジア国際産業連関表の推計を行っているものの、2006 年現在、公表されている最新のデータは 1995 年のものである。ところが、1995 年以降、この地域では通貨危機や中国の経済成長、グローバル化の進展等によって経済構造が大きく変化し、これによってエネルギー消費構造も変化したことが予想される。

そこで、本研究では、GDP や貿易統計等、比較的早期に公表されるマクロ統計を用いて 2000 年のアジア国際産業連関表を延長推計する方法を提案する。そして、この方法を使って 2000 年のアジア国際産業連関表を推計し、アジア太平洋地域におけるエネルギー消費構造の変化を明らかにすることを目的とする。続く 2. では本研究で提案するアジア国際産業連関表の延長推計方法について説明する。また、3. では既に公表されている 1995 年のアジア国際産業連関表を用いて推計精度の検証を行った結果について述べる。さらに、4. では 2000 年のアジア国際産業連関表の推計を行い、これを用いてアジア太平洋地域におけるエネルギー消費構造の変化を分析した結果について報告する。

## 2. 貿易マトリクスを用いた延長推計の方法

### 2.1 基本的考え方

従来、生産額や付加価値等、比較的早期に公表される統計を用いて産業連関表の延長推計を行う方法として RAS 法が提案されている。また、高川ら (2004) はこれに加えて IMF が公表する各国の輸出入の情報を用いてより精度の高い国際産業連関表の推計を行う方法を提案している。

他方で、アジア経済研究所ではアジア国際産業連関表の推計を行うために、国連等の公表する貿易統計を用いて産業別・輸入国別・輸出国別の貿易マトリクスの推計を行っている。この貿易マトリクスは比較的早い段階で公表されるため、この統計を用いた延長推計が可能になれば、さらに高い精度のアジア国際産業連関表の推計が可能になるものと考えられる。

本研究では、通常、延長推計に用いられる生産額等の統計の他に、この貿易マトリクスを利用して国際産業連関表の延長推計を行う方法を提案する。

表 1 地域産業連関表

地域 $S$	産業 $j$	最終 需要	地域内 需要
産業 $i$	$\begin{matrix} \vdots \\ \cdots X_{ij}^s \cdots \\ \vdots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \vdots \\ F_i^s \\ \vdots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \vdots \\ Y_i^s \\ \vdots \end{matrix}$
付加 価値	$\cdots V_j^s \cdots$		
生産額	$\cdots X_j^s \cdots$		

表 2 地域間取引表

産業 $i$	地域 $S$	域外輸出	生産額
地域 $r$	$\begin{matrix} \vdots \\ \cdots y_i^{rs} \cdots \\ \vdots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \vdots \\ E_i^r \\ \vdots \end{matrix}$	$\begin{matrix} \vdots \\ X_i^r \\ \vdots \end{matrix}$
域外輸入	$\cdots M_i^s \cdots$		
地域内需要	$\cdots Y_i^s \cdots$		

## 2.2 一次推計

国際産業連関表には 1) 非競争輸入型と 2) 競争輸入型の 2 つのタイプが存在する。以下では、限られた情報から国際産業連関表を推計する必要があるため、比較的情報量の少ない 2) 競争輸入型の国際産業連関表を推計する方法について考えることにする。

競争移入型の国際産業連関表を推計するためには、表 1 に示した地域産業連関表と、表 2 に示した地域間取引表を推計すればよい。このとき、生産額  $X_j^s$ 、付加価値  $V_j^s$ 、最終需要  $F_i^s$ 、域外輸出  $E_i^r$ 、域外輸入  $M_i^s$  については、既存の統計データからその値が与えられるものとする。したがって、国際産業連関表の推計は表 1 の中間投入  $x_{ij}^s$  と表 2 の地域間取引  $y_i^{rs}$  の推計を行うことになる。

このとき、中間投入  $x_{ij}^s$  については十分な情報が得られないので、基準年の国際産業連関表から投入係数  $\bar{a}_{ij}^s$  を求め、これに推計年の生産額  $X_j^s$  を乗じてその一次推計値とする。つまり、

$$\bar{x}_{ij}^s = \bar{a}_{ij}^s X_j^s \quad (1)$$

また、地域間取引  $y_i^{rs}$  についてはアジア経済研究所の推計した貿易マトリクスから地域間交易係数  $t_i^{rs}$  を求め、これに地域内需要  $\sum_j \bar{x}_{ij}^s + F_i^s$  から域外輸

入  $M_i^s$  を差引いたものに乗じて、その一次推計値とする。つまり、

$$\bar{y}_{ij}^s = t_i^{rs} \left( \sum_j \bar{x}_{ij}^s + F_i^s - M_i^s \right) \quad (2)$$

### 2.3 バランス調整

しかし、こうして求めた一次推計値は国際産業連関表としてのバランスを保っていない。そのため、表としてのバランスを保ちながら、できる限り一次推計値に近い中間投入  $x_{ij}^s$ 、地域間取引  $y_i^{rs}$  を求めることを考える。このとき、近接性の尺度としてエントロピーを用いると、この問題は以下の最適化問題として定義できる。

目的関数：

$$\sum_s \sum_i \sum_j x_{ij}^s \left( \ln \frac{x_{ij}^s}{\bar{x}_{ij}^s} - 1 \right) + \sum_i \sum_r \sum_s y_i^{rs} \left( \ln \frac{y_i^{rs}}{\bar{y}_i^{rs}} - 1 \right) \rightarrow \min \quad (3)$$

制約条件：

$$\sum_i x_{ij}^s + V_j^s = X_j^s \quad (4)$$

$$\sum_j x_{ij}^s + F_i^s = Y_i^s \quad (5)$$

$$\sum_r y_i^{rs} + M_i^s = Y_i^s \quad (6)$$

$$\sum_s y_i^{rs} + E_i^r = X_i^r \quad (7)$$

したがって、この最適化問題を解いて中間投入  $x_{ij}^s$ 、地域間取引  $y_i^{rs}$  を求めればよいことになる。

### 3. 推計精度の検証

2. で説明した推計方法の精度検証を行うために、1990年のアジア国際産業連関表を用いて1995年表の延長推計を行い、その結果を既に公表されている1995年表と比較した。このとき、2. で説明した推計方法では、地域間取引については推計年の貿易マトリクスに基づいて一次推計を行うが、中間投入については基準年の投入係数を用いて一次推計を行う。そのため、生産額や付加価値等、推計年の情報を与えた上で行うバランス調整によって、この中間投入が推計年の値にどの程度近づいたのかを検証しておく必要がある。そこで、推計した中間投入から投入係数を求め、この投入係数がどの程度改善されたのかを検証した。比較指標としては、投入係数の推計誤差が全体の何%を占めるのかを表すSTPE (Standardized Total Percentage Error) を用いた。

$$STPE = \frac{\sum \sum |\bar{a}_{ij}^{95} - a_{ij}^{95}|}{\sum \sum a_{ij}^{95}} \times 100 \quad (8)$$

ここで、 $\bar{a}_{ij}^{95}$  : 投入係数の推計値、 $a_{ij}^{95}$  : 投入係数の公表値

また、1995年に関する情報が全くなく、1990年の投入係数をそのまま用いた場合 (Naïve 法) についてもSTPEを求め、推計方法の比較を行った。表3はSTPEの計算結果を示したものである。本研究の推計方法によるSTPEは13.7%、1990年の投入係数を直接用いた場合 (Naïve 法) は17.2%である。ことから、推計誤差は3.5%向上していることがわかる。また、国別にこのSTPEを見ても、アメリカを除いたすべての国で推計精度が向上していることがわかる。特に、マレーシアではSTPEが32.5%から19.8%に12.7%向上しており、推計年の生産額や付加価値、貿易マトリクス等の値を取り込んだことにより、推計精度が向上していることがわかる。

表3 STPEの計算結果

	推計結果	Naïve法	差
インドネシア	14.1	19.1	5.0
マレーシア	19.8	32.5	12.7
フィリピン	12.2	14.3	2.1
シンガポール	22.3	28.3	6.0
タイ	8.9	11.2	2.3
中国	10.2	11.8	1.6
韓国	9.8	13.4	3.6
日本	9.6	12.2	2.6
アメリカ	14.7	11.0	-3.7
全体	13.7	17.2	3.5

#### 4. 推計結果の分析

##### 4.1 2000年におけるアジア国際産業連関表の推計

2. で説明した推計方法を用いて 2000 年におけるアジア国際産業連関表の推計を行った。このとき用いた世界銀行の”World Development Indicators”の制約から、産業分類については 1) 農林水産業、2) 食料品、3) 繊維、4) 化学、5) 機械、6) その他の製造業、7) その他の 2 次産業、8) 3 次産業の 8 分類とした。また、地域分類についても、台湾を除く、1) インドネシア、2) マレーシア、3) フィリピン、4) シンガポール、5) タイ、6) 中国、7) 韓国、8) 日本、9) USA の 9 カ国とした。

##### 4.2 アジア太平洋地域の石油消費構造の変化

4.1で求めた 2000 年のアジア国際産業連関表と 1995 年のアジア国際産業連関表を用いて各地域の石油消費構造について要因分解を行った。要因分解の方法については、付録を参照頂きたい。

以下では、今回分析の対象とした 9 カ国を、ASEAN、NIES、日本、中国、USA の 5 地域にまとめて分析を行った。ここで、ASEAN にはインドネシア、マレーシア、フィリピン、タイ、NIES には韓国、シンガポールが含まれる。

## (A) 石油消費構造の概観

ここでは各地域が使用した石油を、1) 他地域から製品を輸入することで間接的に流入した分、2) 他地域での最終消費のために製品を輸出することで間接的に流出した分、の2種類に分けてその経年変化を示している。また、自国内での最終消費による分は除いてある。

90 から 95 年を見ると、どの地域でも流入、流出共に増加していた。これは各地域の経済が好調であり最終需要が増大していたため、他地域からも財・サービスを通して多くの石油を流入したことを示している。同様に、他地域で生じた最終需要のために財・サービスを輸出することで石油の流出を増大させていたものと考えられる。

しかし、1995 年～2000 年の変化を見てみると、大きく様子が変わっていることがわかる。日本、NIES、ASEAN からの流出量は 95 年以前と同様に増加しているが、アメリカ、中国からの流出は減少している。逆に、日本、ASEAN では流入量が減少しており、中国、USA ではおおきく流入量が増加していることがわかる。NIES の流入量も増加している。

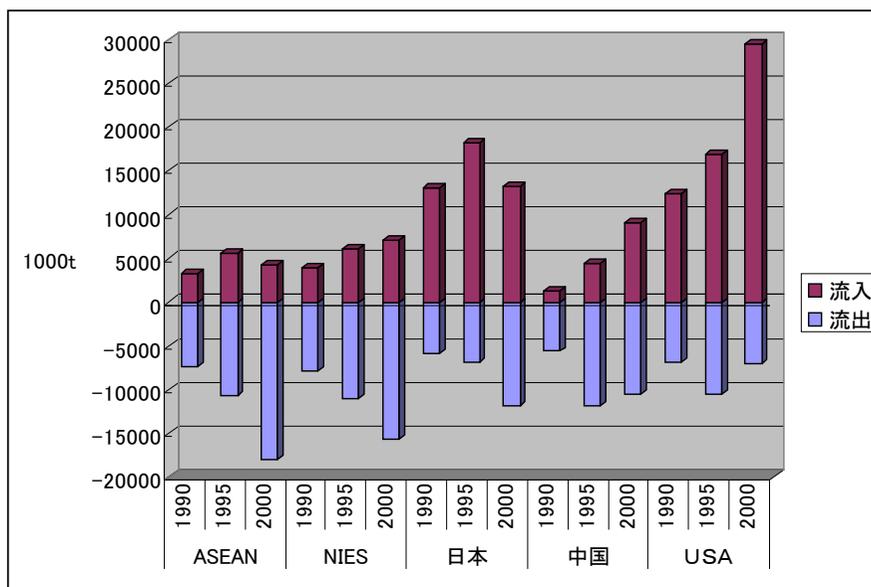


図-1 各地域におけるエネルギーの流入・流出

このように石油移動量の経年変化を見てみると、1995年以降アジア太平洋地域ではその動きが1995年以前とは大きく異なっていることがわかった。さらに細かく見るために、各地域間のエネルギーの移動を分析する。これは、各地域で生じた最終需要のためにどの地域から間接的な形で石油が供給されているのかを明らかにするものである。これによって、各地域に流入した石油がどの地域からによるものなのか、また、各地域から流出した石油がどの地域に向かって流出したのかを明らかにすることが出来る。

## (B) アジア太平洋地域における石油フロー

石油消費の要因分解によって各地域間における財・サービスを通じた間接的な形で石油の移動を明らかにすることが出来た。この石油フローを図-2、図-3に示した。

まず図-2の1995年における地域間の石油フローを見てみる。このように地域間での移動を見ると、各地域間で活発に移動が起こっているが、USAと日本がこの地域の移動量の約70%を流入しており、アジア太平洋地域では、石油がこの2カ国に大きく偏って流入していたことがわかる。次に、今回の研究によって得られた2000年の石油フローを用いて、1995年から2000年にかけての変化量を図-3に示した。これを見てみると、中国(461万t)、USA(1255万t)がほぼ全地域から流入量を増大させている。また、日本(498万t)、ASEAN(726万t)からの流出量が全地域に対して増大していることがわかる。つまり、アジア太平洋地域では1995年以降、経済が低迷を続けている日本、ASEAN諸国から経済が好調なUSA、中国へ財・サービスを通じた間接的な形で石油の流出を増大させていることがわかる。これによって、95年以前まで日本、USAに偏っていた石油の流入が、2000年以降日本が低迷し、代わりに中国が巨大化することで、USAと中国に大量に石油が流入するという構造になってきていることがわかった。また、USAはますます巨大化し続けており、アジア地域にとっては経済的にも、石油消費の観点からも非常に影響力の大きな国であることが確認できた。

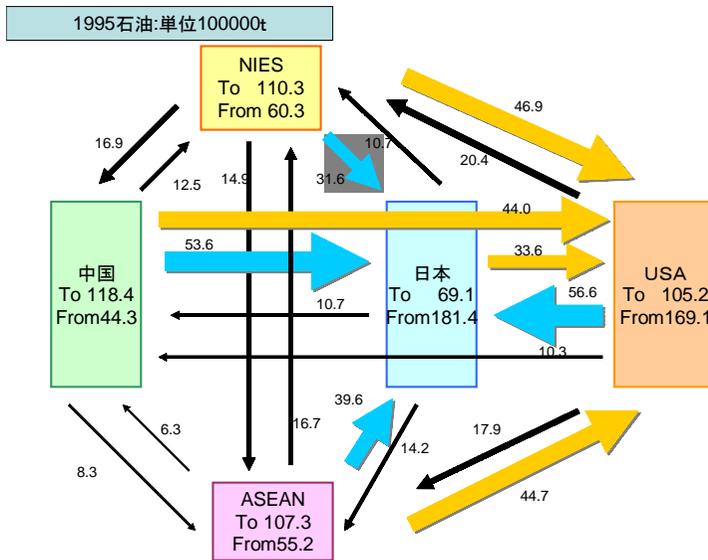


図-2 1995年のアジア太平洋地域の石油フロー

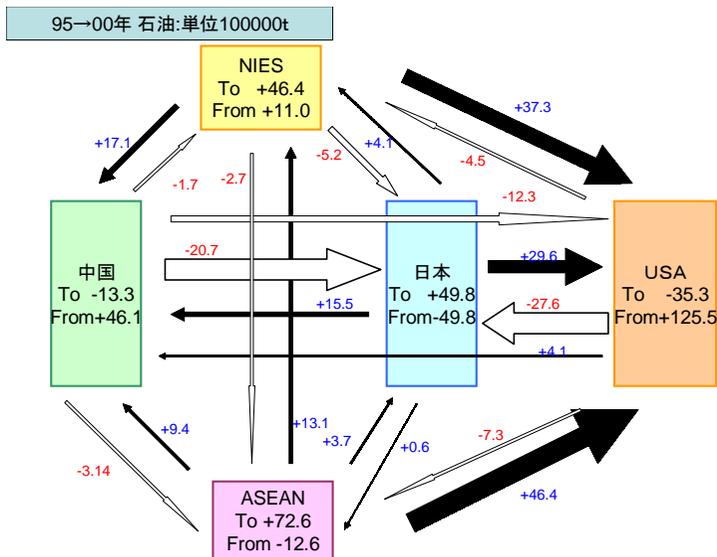


図-3 1995年から2000年にかけての変化量

1995年以降、ASEAN諸国は通貨危機や日本の長く続く景気低迷の影響を受けて経済が低迷している。つまり、経済が好調に成長を続けている中国、USAで増加する最終需要に応えるために、経済が低迷し自国内の最終

需要が落ち込んでいる日本、ASEAN からの輸出が増大し、それに伴って石油が流出し、このような変化につながったのではないかと考えられる。

以上のように、2000 年のアジア国際産業連関表を推計し、それを用いて分析したことで、1995 年以降の経済構造の変化を反映した石油消費構造を明らかにすることが出来た。

## 5. おわりに

本研究では、これまで RAS 法による早期推計に用いられてきた統計に加え、アジア経済研究所が推計する貿易マトリクスの情報を取り込んで、アジア国際産業連関表を推計する方法の提案を行った。また、この方法を用いて 1990 年表から 1995 年表の推計を行い、その結果を既に公表されている 1995 年表と比較することにより、ある程度の推計精度が確保されることを確認した。さらに、この方法を用いて 1995 年表から 2000 年表の推計を行い、2000 年におけるアジア太平洋地域の石油消費構造を分析した。それによって、貿易統計からだけでは明らかにすることの出来ない、財・サービスを通じた間接的な石油の移動を含めた、アジア太平洋地域の石油消費構造を明らかにすることが出来た。そして、これまでも研究されてきた 1995 年以前の石油フローと比較し、以下のような知見が得られた。1) 経済が好調な地域は石油の流入量が増大し、経済が低迷している地域では流入量が減少し、流出量が増大していること、2) 日本が低迷する中で、中国が日本と並ぶ石油の大量流入国家として巨大化したこと、3) USA はますます巨大化し、アジア諸国にとって非常に大きな影響力を持つ国であること、が確認できた。

本研究では、産業別の分析を行うまでには至らなかった。今回の分析で明らかにすることが出来た石油フローの変化の原因を、産業単位で分析することで明らかにしていく必要がある。また、各地域の技術水準の変化がどの程度起因しているかも今後分析する必要がある。

今回、2000 年のアジア国際産業連関表を推計し、その結果を用いて石油消

費構造を明らかにしたことによって、1995年以降この地域の石油消費構造がそれ以前とは大きく異なった動きを見せていることがわかった。今後もますますグローバル化が進む中で、財・サービスを通じた間接的なエネルギー移動を含めた包括的な分析を行うことが必要不可欠である。

## 参考文献

- 1) Costanza, R. (1980): Embodied Energy and Economic Valuation, *Science*, Vol.210, No.4475 (Dec.12, 1980), pp.1219-1224
- 2) 中村英佑 (2004) : 貿易を通じた環境負荷の国際的相互依存に関する研究、名古屋大学
- 3) 佐野敬夫・中村純・玉村千治 (2004) : アジア国際産業連関表分析のハンドブック～作成と分析の手法～
- 4) 高川泉・岡田敏裕 (2004) : 国際産業連関表からみたアジア太平洋経済の相互依存関係―投入係数の予測に基づく分析―、日銀ワーキングペーパーシリーズ
- 5) 野田容助 (2003) : 世界貿易マトリクス―国際産業連関表24部門分類にもとづいて―、アジア経済研究所

## 付録 エネルギー消費の要因分解

地域間産業連関分析（チェネリー・モーゼス型モデル）より各地域の生産は次式によって求めることができる。

$$X = \{I - A(I - \hat{M})T\}^{-1} \{I - \hat{M}\}TF + O \quad (\text{A.1})$$

ここで、 $X$  は生産ベクトル、 $F$  は最終需要ベクトル、 $O$  は域外輸出ベクトル、 $A$  は投入係数行列、 $T$  は地域間交易係数行列、 $\hat{M}$  は域外輸入係数行列。また、 $B$  をエネルギー係数行列とするとエネルギー  $E$  は次式で求められる。

$$E = BX \quad (\text{A.2})$$

さらに、エネルギーは以下のように分解できる。

$$E = \sum_s E^s + E^o \quad (\text{A.3})$$

ここで、 $E^s$  は地域  $s$  の最終需要により誘発されるエネルギー、 $E^o$  は域外輸出によるエネルギーであり、

$$E^s = B \left\{ I - \left( I - \hat{M} \right) TA \right\}^{-1} \left( I - \hat{M} \right) TF^s \quad (\text{A.4})$$

$$E^o = B \left\{ I - \left( I - \hat{M} \right) TA \right\}^{-1} O \quad (\text{A.5})$$

と表される。つまり、このようにして  $E^s, E^o$  を計算することで、各国のエネルギー  $E$  がどの国の最終需要に起因したものを明らかにすることが出来る。