

国際産業連関分析による各国・地域間の 環境負荷依存関係

藤 田 涉

1. はじめに

地球温暖化問題に代表される地球規模の環境問題においては、一国の枠組みを超えた取り組みや責任の認識が不可欠である。1992年（平成4年）5月に採択された「気候変動に関する国際連合枠組条約」においては「究極的な目的を気候系に対して危険な人為的干渉を及ぼすこととならない水準において、大気中の温室効果ガス濃度を安定化することとし、締約国に温室効果ガスの排出・吸収目録の作成、温暖化対策のための国家計画の策定と実施等各種の義務」（文献13）が課せられている。特にわが国を含めた先進締約国は、1990年代の終わりまでに二酸化炭素等の温室効果ガスの排出量を従前のレベルに戻すことが条約の目的に寄与するものとし、さらにそのための方針の採用・措置およびその内容を締約国会議に情報送付することが義務づけられた。このため二酸化炭素等の温室効果ガス排出量削減目標は各国毎に設定されていくことになったが、この際に各国・地域間の排出負荷における相互依存関係についての検討は十分になされたとはいえない。

二酸化炭素排出量削減目標などの各国ごとの設定目標はどう決められるべきなのだろうか。複雑な国際貿易構造を考えると、経済地域間のエネルギー・環境負荷依存関係は無視できない。将来はこれら依存関係を考慮した環境目標の検討が必要になってくると考えら

れる。特に現在、アジア地域の経済成長による当該地域での所得、内需の拡大は他地域に生産波及を及ぼしつつあり、またアジア地域は他地域に対して重要な生産基地となりつつある。このためアジア地域でのエネルギー消費量増大およびそれに伴う環境負荷増加は著しく、さらにこの地域の経済成長は相互依存関係に有る他地域の環境負荷も増大させる可能性が高い。このような変動を考えた場合、もはや国・地域単位での単純な二酸化炭素排出量削減目標設定、およびそれにより定められる負担や義務は意味を持つのであろうか。

本研究は、上記の観点から1993年5月に発表された「1985年日・米・E C・アジア国際産業連関表」を用い、各国域内需要が他地域のエネルギー消費に与える影響、また内需や輸出入の増加が他地域に対して誘発するエネルギー消費、またそれらによる環境負荷の誘発効果を分析した。

さらに、この相互依存関係の微調整により、代表的な環境負荷量である二酸化炭素排出量がどの程度の変動を示すかを分析し、各国・各地域での個別の排出量削減努力だけではなく国際分業体制による排出量削減の可能性を探った。

2. 直接的なエネルギー投入による二酸化炭素排出構造

通常、国別・地域別の二酸化炭素排出量比較のデータは、エネルギー需給統計やエネル

ギーバランス表として各国・地域別に集計されたデータをベースに算出される。即ち、一次エネルギー需要、あるいは最終需要での化石エネルギー系燃料の消費量に、燃料の組成から算出された各燃料別の二酸化炭素排出量原単位を乗して計算される。さらに精緻な計算では、セメント産業などにおける燃料起源以外の原材料起源の二酸化炭素排出量も加味される。例えば OECD のように定期的にエネルギー統計、エネルギーバランス表を公表している機関のデータを用いれば、各国・地域別、年次推移別の二酸化炭素排出量の試算が比較的容易に可能である（文献7～9）。例えば日本に限定して詳細な産業別の二酸化炭素排出状況を分析する際には別途データを用いて精密に試算する必要もあるが、日本ほど精密なデータを作成していない他地域との比較ならば、国際統計ベースのエネルギーデータで十分な情報を得ることができる。

また、これを国際連関表と組み合わせることにより、単なる国家・地域間の比較だけではなくエネルギー消費や二酸化炭素排出といった環境負荷についての国際的な地域間依存関係を分析可能である。例えば産業連関分析の基本的な分析手法である生産誘発依存度、あるいは生産誘発効果分析を用い、誘発された生産額に生産額当たりのエネルギー消費原単位や環境負荷原単位を作用させる事により比較的容易にその概要を試算することができる。ただし後述するようにこれらの分析のみでは国・地域内や地域間において財やサービスを通じて間接的に流入しているはずのエネルギーや環境負荷を計算できないため、直接的なエネルギー投入による二酸化炭素排出構造の分析に留まる。これは産業連関表を物量ベースで記述する事は極めて困難であるがゆえに、金額ベースの産業連関表と、物量あるいは熱量ベースのエネルギー統計を、原単位

を試算できると考えられる点においてかなり無理をして接続することから生じるものである。ここではこれらの限界を踏まえた上で、国際産業連関表を通じて得られる情報の方がこれら便法的な手法により擾乱される情報を上回ると考え、試算を試みる。

また後の節において、上記の単純なエネルギー消費原単位、あるいは環境負荷原単位を用いる事による問題点に間接的なエネルギー流入や環境負荷の流入効果を加える事により、どこまで試算結果を改善できるかをさらに検討する（上記のような間接的なエネルギー消費や環境負荷の流入（出）については、「環境負荷の輸出（輸入）」といった表現がなされることが多い）。

（1）データ作成

ベースとなるエネルギーデータは検討の結果、入手性、また期間を超えた統一性を考慮して OECD の発行するエネルギー統計資料、エネルギーバランス表（文献7～9）を用いた。また国際産業連関表については、エネルギー統計における部門分割を必要以上に行わないですむこと、また産業連関表としての価値を減じないことを考慮し、各地域38部門基本分類表を統合した。検討の結果、各地域24部門統合分類表の内、鉱業部門を基本分類表のまま残すのに等しい各地域25部門表を作成した。ただし、エネルギー消費原単位および環境負荷原単位を用いる際に、さらにエネルギー統計側の原部門分類に従って計算結果を統合するものとした。

OECD のエネルギーデータは先進国である OECD 諸国の統計と non-OECD 諸国の統計に別れ、それぞれエネルギー種別、転換・需要部門の分類が微妙に異なるため、データを整理する必要がある。また国によっては一部エネルギーに関しては合計値しか記載され

表1 国別・地域別一次エネルギー需要集約表(1985)

(unit:1000000 toe=10¹³kcal)

	Coal		Oil		Gas	Nuclear	Hydr./Oth.		Electr.	Heat	Total
	Coal	Other Solid Fuels	Clude Oil	Petrol. Prod.			Hydro	Geoth. Solar, etc			
Japan	73.0	.0	169.8	31.9 (8.8)	35.0	41.6	7.0	1.3	.0	.0	359.5
USA	425.7	66.9	702.3	22.3 (52.1)	412.4	106.0	24.4	8.5	3.5	.0	1771.9
France	25.1	3.7	80.8	4.8	24.6	58.4	5.3	.1	-2.0	.0	200.7
Germany,W	80.8	2.0	72.0	40.2	40.7	32.8	1.4	-2.8	.2	2.8	270.0
UK	62.0	.0	82.1	-3.9	46.6	15.9	.4	.0	.0	.0	203.1
EC-3	167.9 (.4)	5.7	234.8	41.1 (12.5)	111.9	107.1	7.0	-2.7	-1.8	2.8	673.7
OECD total	816.6 (1.3)	113.9	1491.7	88.7 (93.6)	701.5	315.8	97.5	13.3	.8	.0	3639.6
China		414.4		93.9	10.8			20.6	.1		539.9
Indonesia		.3		23.5	6.5			1.5	.0		31.7
Korea,S		22.1		26.8		3.7		.8			53.5
Malaysia		.0		1.0	.2			.1	.0		1.3
Philippines		1.5		8.2	.0			2.3	.0		12.1
Singapore		.0		7.8					.0		7.8
Taiwan		7.1		16.7	1.1	6.4		1.5			32.9
Thailand		1.5		11.1	2.6			.8	.1		16.2
ASIA-3		447.0		189.1 (5.9)	21.3	10.2		27.7	.1		695.4
non-OECD total		1233.7		1242.9	709.1	62.6		201.6	.8		3449.1
ROW		978.0		1432.1	830.0	113.5		239.3	-1.9	-2.8	3588.2
(OECD)		150.2 (.8)		384.9 (20.2)	142.2	61.5		59.2 6.2	-1.2	-2.8	834.5
(non-OECD)		786.6		1053.8	687.8	52.4		174.0	-.9		2753.7
World total		2164.1		2823.2	1410.6	378.4		312.5	.0	.0	7088.7

():non-energy use

ない場合も有るため、類似の機能を有するエネルギーの利用状況を用いて分配する必要がある。

これらの作成プロセスにより、日本、米国、EC3カ国、アジア8カ国のデータを整理し

た。それらの集約表(一次エネルギー需要ベース)を表1に示す。

単に二酸化炭素の排出量比較を行うのみならばこの集約表に示される一次エネルギー需要量の内、化石燃料系について発生原単位を

(unit:1000000 TC)

Fossil Fuel	Coal	Oil	Gas	Total
Japan	72.4	155.2	20.1	247.7
USA	422.6	541.0	237.3	1200.9
EC-3	166.3	211.9	64.4	442.6
other OECD	148.3	288.1	81.8	518.2
ASIA-8	443.8	147.4	12.2	603.4
other non-OECD	780.9	847.8	395.8	2024.5
World total	2034.1	2261.3	811.7	5107.1

各化石燃料のCO₂発生量原単位(TC/toe), IEA

石炭 0.993

石油 0.805

天然ガス 0.575

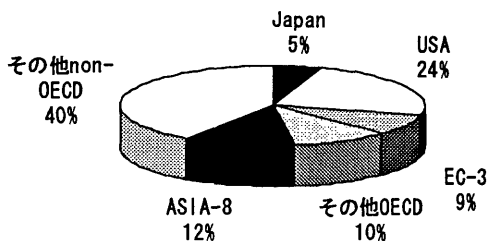


図1 国別・地域別二酸化炭素排出量試算結果(1985)

乗すれば試算可能である。またその精度も国際間比較に用いるならば十分である。試算例

表2 国別・地域別二酸化炭素排出量報告例 (1985)

(unit; 1000000 TC)

	CO2 Emission	%
USA	1186	26
W-Europe	780	17
Japan	244	5
USSR	958	21
China	508	11
other DC	819	18
World total	4495	100

World Resources Institute, 1988

を図1に示す。

この試算を当時の発表値(表2, 文献10)と比較すると, 先進国値はほぼ同じ値であり, 発展途上国に関してはむしろデータが後に整備された事を考えれば十分な精度が得られていると考えられる。

ここでは, 以下の手順により直接的なエネルギー消費による二酸化炭素排出量の国・地域間の依存関係を分析する。

(a) エネルギー統計における産業部門別需要を, 転換部門でのバランスを用いて一次エネルギー相当の需要量に再整理する。

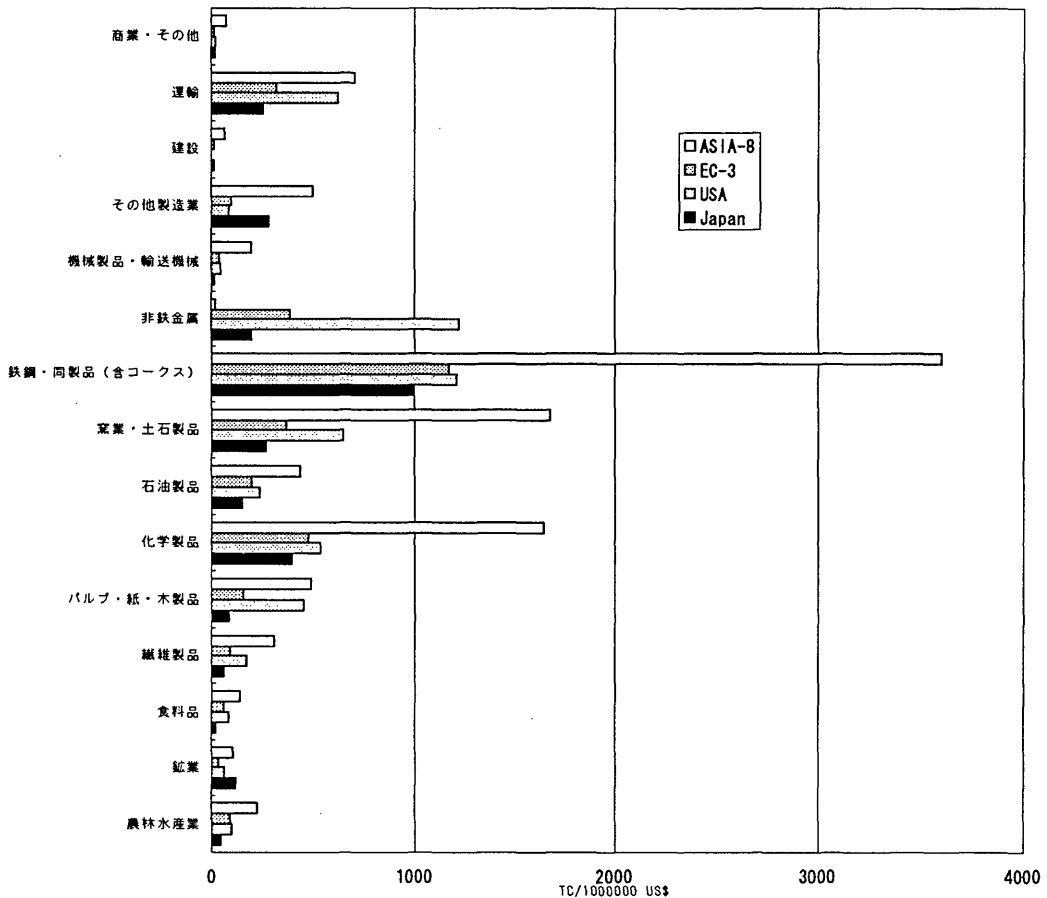


図2 生産額当たり二酸化炭素排出量原単位(1985)
(直接投入エネルギーによるもの)

(b) 各産業部門別のエネルギー消費量を生産額で除して原単位を算出。

(c) 上記の原単位に燃料種別の二酸化炭素排出係数を乗して排出量原単位を算出(図2)。

(d) 国・地域別の最終需要毎の生産誘発量を計算し、他地域の需要による生産誘発量を求める。

(e) 国際産業連関表の産業部門分類(作成された各地域25部門表)をエネルギー統計側の部門(ここでは各地域15部門)に合わせて統合する。

(f) 上記生産誘発量にエネルギー消費原単位、および二酸化炭素排出原単位を乗して他地域の需要による、エネルギー消費誘発量、二酸化炭素排出誘発量を計算し、他地域の需要に対する各国・地域の誘発依存関係をみる。

(g) 同様に国・地域別の単位最終需要毎の生産誘発量を計算し、誘発効果をみる。

(2) 直接的なエネルギー投入による二酸化炭素排出依存関係

以上の分析手順による結果は次のようになる(図3~6)。ここでは直接的なエネルギー消費のみに着目した他地域の需要に対する各国・地域の二酸化炭素排出誘発依存関係を、生産額ベースでの地域間依存関係(文献3)と比較する。

各国・地域の単位内需増による直接二酸化炭素排出波及(図6)を見た場合、日本の単位内需増による各国・地域の直接二酸化炭素排出波及水準(他3地域合計)は最も小さい。しかしながら、各国・地域の国(域)内需要による日本の直接エネルギー消費誘発依存度、あるいは直接二酸化炭素排出誘発依存度はアジアと並んで非常に高い水準にある(図3, 5)。これはまさに財を輸出して環境負荷

を輸入するというわが国の状況を如実に表わしている。

さらにアジアとの関係を見た場合、生産額ベースでは他3地域の内、アジアの内需の影響を受ける強さとしては日本への生産波及が最も大きく計測されるが、エネルギー消費波及(図4)、あるいは二酸化炭素排出量波及(図6)で見ると、米国へ波及したエネルギー消費、二酸化炭素排出と比較してわが国のそれは相対的に水準が低い。即ちこの時点では日本のアジアへの輸出は、米国に比較すればエネルギー消費や環境負荷が低い生産技術や財構成で行われていたことになる。

また、日・米の単位内需増によるアジアへの二酸化炭素排出波及と、アジアの単位内需増による日・米への二酸化炭素排出波及を比較した場合、日本とアジアそれぞれ相互の二酸化炭素排出波及効果はそれほど差がないが(日本→アジア:8.7, アジア→日本:6.9, 単位100TC/10億ドル)、米国はアジアに対して大きく負荷をかけている(米→アジア:18.3, アジア→米:9.4, 単位100TC/10億ドル)。

直接的な波及分析ではあるが、この時点において日本およびアジアは他地域の環境負荷を引き受けており(財を輸出し環境負荷を輸入する)、また成長過程にあるアジアにおいては固定資本形成に伴う資本財の輸入により他地域にたいして環境負荷を輸出している(資本財は生産に伴うエネルギー原単位が大きい)状況が計測される。

また日本と比較して、生産額波及効果の場合よりも米国、ECの内需によるエネルギー消費・二酸化炭素排出の波及効果がかなり大きい。これらの国はある意味で環境負荷を日本を含めたアジア地域に移転しているとも言える。特に米国とアジアは相互にエネルギー効率の悪い財を取り引きしているが、相対的に米国による環境負荷の輸出超過になってい

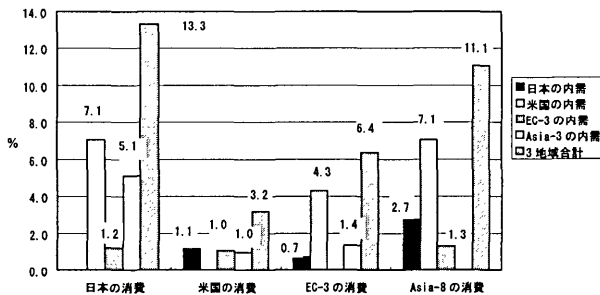


図3 各国・地域の国(域)内需要による直接エネルギー消費誘発依存度

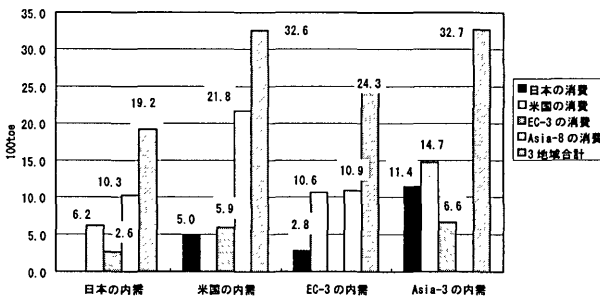


図4 各国・地域の内需10億ドル増による直接エネルギー消費波及

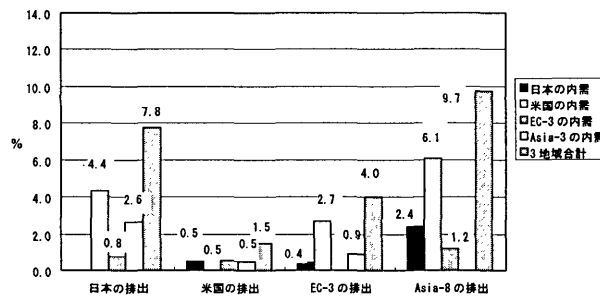


図5 各国・地域の国(域)内最終需要による直接二酸化炭素排出誘発依存度

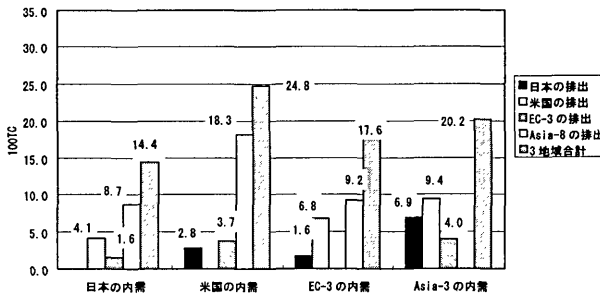


図6 各国・地域の内需10億ドル増による直接二酸化炭素排出波及

る。このように直接的なエネルギー消費波及、二酸化炭素排出波及のみを見ても、生産額ベースの波及関係とは異なった様相がある。さらに間接的な効果も加味して、全域での環境負荷をどう移転し合っているかを検討する。

3. 間接的なエネルギー投入を考慮した二酸化炭素排出構造

(1) 間接的な二酸化炭素排出負荷の考慮

最終エネルギー消費量から算出される二酸化炭素排出原単位については幾つかの問題点があげられる。現状のエネルギー統計は一次エネルギー需要および最終エネルギー需要でのバランス表で表現されるため、最終エネルギー需要は二次エネルギーとの併記になる。このため各産業部門の生産額当たりのエネルギー消費原単位を熱量換算で導出するのは比較的容易であるが、これを二酸化炭素排出原単位に換算する場合には、先にデータを作成したように転換部門に投入される一次エネルギー中の化石エネルギーまで遡る必要が有る。このため、エネルギー統計からは平均的な転換効率（発電効率など）しか利用出来ないため実際に各産業部門が消費するのと等価な化石エネルギー量とは相違が有る可能性が高い。例えば電力消費量から化石エネルギー消費相当量を導出する場合、その産業の季節別・時間帯別の稼動状況から発電における一次エネルギー源は一様ではない。夜間稼動

率が高い産業では原子力比率が高いはずであるが、平均発電効率で算出された場合には化石燃料依存度が過大評価されることが想定される。また逆に夏期昼間などに稼働率が高い産業においてはピーク電力対応のために石油や天然ガスへの依存率が高い可能性が有るが、平均的な転換効率を用いた場合は過小評価されることになる。さらに、これらの季節別・時間帯別の発電燃料内訳が明らかになったとしても産業の立地によっては電力潮流（発電所から消費地への電力の流れの向き）の問題から必ずしもその燃料使用に対応するわけではない。これらの問題は当分析の直接の対象ではないためここでは平均効率を用いているが、電力シフトの進行とともにいずれ環境負荷関連の研究分析においては無視出来ない要素になる可能性が有ることを指摘しておく。

さらに問題になるのは直接的なエネルギー投入、あるいはそれによる二酸化炭素排出のような環境負荷のみに着目した場合、財の投入産出構造を經由・波及した間接的なエネルギー消費や環境負荷を見落としてしまう可能性があることである（文献4～6）。環境負荷のみを取り上げて考えて見ても、もし閉鎖的な経済系であればその域内で採取され消費された化石エネルギーなどの含炭素燃料の量さえ把握出来れば直接・間接に環境中に排出された二酸化炭素量を推定可能である。しかしながらこの場合においても財別に見た場合、その生産が環境に及ぼす影響度については直接的な含炭素燃料投入の分しか把握出来ないであろう。また、他国・他地域との財の輸出入・移出入がある場合、その財を經由した間接的なエネルギー投入やそれによる環境負荷発生についてはもはや情報を得ることは出来ない。

これと同様のことがエネルギーの直接消費

をベースに産出される二酸化炭素国別発生量データに生じている。これが国際的に通用し、また国別削減目標や負担・義務にまで至った場合、果たして有効な結果を生じるかどうかについても考察の必要がある。同様のことが懸念される省エネルギー問題において、すでに先の文献で指摘されている問題点を環境負荷に置き換えて列挙すれば以下ようになる。

(a) 二酸化炭素排出量抑制のような環境負荷低減を目的に行われる技術転換やエネルギー転換が、それらを生産するためにあらたな環境負荷を発生する可能性がある。

(b) 直接的なエネルギー転換以外の財の節約や代替により、間接的に環境負荷を抑制できる可能性が有る。

これを現在の国際分業体制のもとで考えた場合、特定の国家・地域において二酸化炭素排出目標が達成されたとしても、全域では増負荷を生じさせているようなケースが想定される。これらの可能性をみるために、産業連関表を用いたエネルギーアナリシスの考え方を拡大し、間接的な効果も含めた環境負荷原単位を考察するとともに、経済活動に伴う地域間のエネルギー・環境負荷依存関係を分析する。

産業連関分析を用いたエネルギーアナリシスにおいては、フローおよびストックからのエネルギー流入の内、主としてフロー面からのエネルギー流入に着目し、財のエネルギー濃度（energy intensity）概念（一単位の財を生産するために直接間接に投入されるエネルギー量、単位は toe/ドルや Gcal/円）を導入している（文献4, 5）。この概念を拡大し、「二酸化炭素排出濃度」を同様に定義した。これは一単位の財を生産するために直接間接

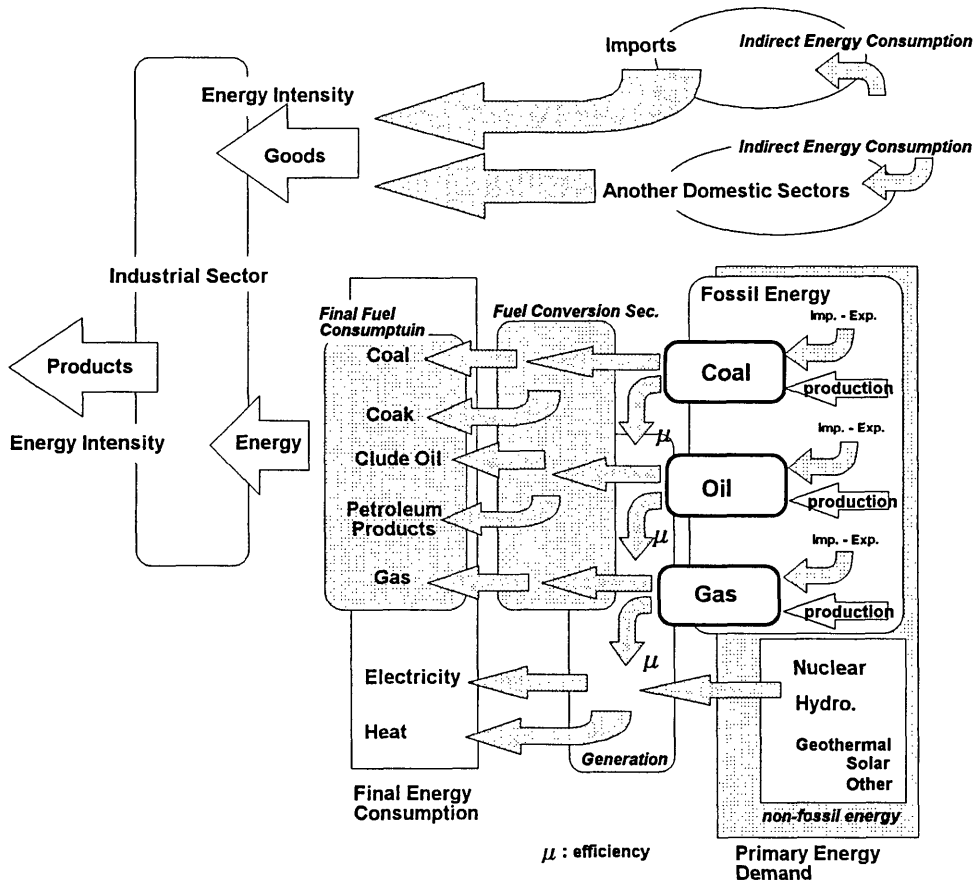


図7 間接的なエネルギー流入（概念図）

に投入される化石エネルギーにより環境に排出される二酸化炭素量とした。従って単位は炭素換算二酸化炭素量（TC，あるいはt-c，炭素トン）を用いた場合，TC/ドルあるいはTC/円のディメンションになる。以上の考え方を概念図（図7）を用いて示す。

これは産業連関表を用いて以下のように導出される。

$$\mu_j \cdot x_j = \sum_i \mu_i \cdot x_{ij} + \gamma_j \cdot x_j, \quad j=1, \dots, n$$

- x_i : 第 i 部門域内生産額
- x_{ij} : 第 i 部門から第 j 部門への投入量

μ_i : 第 i 部門の財に含まれる二酸化炭素排出濃度

γ_i : 生産物一単位当たりの含炭素量あるいは輸入セクターの場合輸入品に含まれる二酸化炭素排出濃度

投入係数, $a_{ij} \equiv \frac{x_{ij}}{x_j}$ の定義から,

$$\mu_j = \sum_i \mu_i \cdot a_{ij} + \gamma_j, \quad j=1 \sim n$$

マトリクス表示すれば,

$$\mu = \mu \cdot A + \gamma, \quad j=1 \sim n$$

ここで, $A = [a_{ij}]$, $\mu = [\mu_1, \mu_2, \dots, \mu_n]$,

$$\gamma = [\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_n]$$

以上より、 $\mu = \gamma \cdot (I - A)^{-1}$

エネルギーアナリシスの場合は、 μ_i を第 i 部門の財に含まれるエネルギー濃度、 γ_i を生産物一単位当たりの自然からのエネルギー採取量あるいは輸入セクターの場合は輸入品に含まれるエネルギー濃度とすれば同様である（文献4, 5）。

この方法では、 γ_i で投入されるエネルギー採取量が、取引額ベースでの $A = [a_{ij}]$ を通して各部門に適切に配分され得るか（一種の産業連関表の物量化問題）、連産品への炭素量配分、屑に残存する炭素濃度、また4地域国際連関表を用いた場合の ROW（4地域外、rest of the world）からの輸入エネルギー濃度の把握漏れといった問題がある。さらに化石エネルギー消費だけではなくセメント製造のように原材料に含有される炭素が二酸化炭素として放出される場合がある（考慮する場合は原材料からの炭素を考慮して γ_i を修正すればよい）。

これらの分析上の限界はエネルギーアナリシスでも以前から指摘されていたことであるが、国際産業連関表を用いて全域での部門別環境負荷を評価出来るということは現状においてこれらの問題点を上回る利点があると考えられる。

（2）二酸化炭素排出濃度データの作成

ベースとなる国際産業連関表は前述のように各地域38部門・4地域の基本表を統合し、統合表（各地域24部門）よりはエネルギーセクターを細分化した各地域25部門表を作成しこれを用いた。これは自然採取のエネルギーデータの扱いのため、統合表における「鉱業」を「原油・天然ガス」、「石炭・その他の鉱業」のまま残したものである。

また、投入エネルギーデータは最終需要工

ネルギー基準で作成するのではなく、二酸化炭素発生箇所に対応させた。また、エネルギーを各部門にどう配分するかは重要な問題であり、以下の基準でデータを再作成した。原データは先の分析と同様、OECD エネルギー統計データ（文献7～8）を用いた。

データ作成作業は以下のようになる。

（a）各部門において燃焼によって二酸化炭素発生に寄与する化石エネルギー消費量に注目しそこを投入点とした。従って転換部門における損失については以下のようにした。

- ・石炭から鉄鋼コークスへの転換部門における転換損失分は全量「鉄鋼・同製品」部門に算入
- ・石油製品の転換損失分を「石油製品」部門での投入化石エネルギーとする
- ・発電部門においては直接採取に相当する化石系発電燃料消費は全量「電力・水道・ガス」部門に算入する

これによって、各部門のアクティビティと二酸化炭素の発生量が対応付けられた。このため、各部門における電力消費に伴う間接的な二酸化炭素発生は、電力部門のアクティビティへの波及で生じることになる。

（b）エネルギー統計データにおいて、生産工程への投入と最終需要が区別されていない民生、運輸分野については各部門の中間需要額と最終需要額を用い按分した。また民生分野等の最終需要部門において直接採取に相当する燃料系エネルギー（住宅用燃料や自家用車の燃料など）に関しては生産過程での二酸化炭素発生には寄与しないので取り扱いを別にした。また、最終需要から誘発される発電用燃料は生産過程での二酸化炭素発生にかかわるため生産過程で扱われるが、最終需要燃料は生産過程での燃焼は伴わず最終需要に引

き渡されるため生産過程では供給に伴う損失分が最終需要額に応じて波及することになる。

(c) エネルギー統計からの部門の細分化は各部門の生産額で配分した。また、米国のように石油、天然ガスの産業別消費量統計値が利用できない国については他の類似の機能を持つエネルギーの配分比率の平均値で再配分した。

以上、部門別・エネルギー種別に配分されたデータはさらに自然採取エネルギー（一次エネルギーの段階）の直接投入に相当する部門まで遡及され、そこで二酸化炭素排出に関

る炭素源の投入としている。

OECD エネルギー統計から導出された、地域別部門別自然エネルギー採取量（表3）、二酸化炭素源採取量（表4）を以下に示す。また、これを用いて国際産業連関表から計算されたエネルギー濃度および二酸化炭素排出濃度を以下に示すとともに比較のためにグラフに図示した（図8）。

特に二酸化炭素排出濃度に注目した場合、地域間・部門間に以下のことがうかがわれる。まずアジア地域の部門はほとんどすべて高い二酸化炭素排出濃度を示している（例外として非鉄金属部門がある）。これはエネル

表3 部門別自然エネルギー採取量・炭素源採取量

	日本		米国		EC-3		Asia-8	
	$\gamma \cdot x_j$		$\gamma \cdot x_j$		$\gamma \cdot x_j$		$\gamma \cdot x_j$	
	百万toe	百万TC	百万toe	百万TC	百万toe	百万TC	百万toe	百万TC
農林水産業	3.6	2.9	17.3	13.8	5.9	4.7	32.9	30.9
原油・天然ガス	.0	.0	4.9	3.3	.8	.6	.1	.1
石炭・その他鉱業	.1	.1	1.2	.8	.3	.3	.1	.1
食料品	2.3	1.8	23.5	16.7	8.5	6.1	13.0	12.9
繊維製品	2.6	2.0	11.8	8.2	3.0	2.2	14.9	14.5
パルプ・紙・木製品	1.4	1.2	56.9	40.5	5.1	3.8	10.0	10.0
化学製品	26.3	21.0	84.9	60.7	46.0	33.9	71.0	62.6
石油製品	10.0	8.0	46.6	34.0	15.0	11.9	14.6	11.8
窯業・土石製品	8.1	7.7	43.8	32.4	12.9	10.3	44.6	44.9
鉄鋼・同製品(含コークス)	43.8	42.9	60.0	49.1	33.6	32.2	74.1	73.7
非鉄金属	.9	.8	25.2	17.6	3.5	2.6	.2	.2
金属製品	.0	.0	1.2	1.1	3.3	2.2	.0	.0
一般機械	.0	.0	.4	.4	1.9	1.3	.0	.0
電気機械	.0	.0	.6	.5	2.1	1.4	.0	.0
自動車	.0	.0	1.7	1.5	2.5	1.8	8.7	8.4
その他輸送機械	.0	.0	.4	.4	.7	.5	11.7	11.6
精密機械	.0	.0	.2	.2	.2	.1	.0	.0
その他製造業	12.6	10.0	11.4	7.6	6.5	5.4	25.0	22.2
建設	3.9	3.1	.0	.0	2.3	1.9	7.6	6.4
電力・水道・ガス	141.0	71.4	598.8	370.5	239.2	129.2	157.6	114.6
商業	2.5	1.9	7.9	5.0	5.0	3.7	13.6	12.2
運輸	40.1	30.5	204.3	155.3	61.2	46.5	109.4	86.4
その他サービス	6.5	5.0	20.8	13.3	13.3	9.9	23.7	21.3
政府活動	.5	.4	4.5	2.9	4.0	3.0	3.8	3.4
分類不明・その他	10.5	8.4	3.9	3.4	1.9	1.6	1.2	1.1
生産過程での自然採取 エネルギー直接消費計	316.8	219.0	1232.0	839.0	478.9	317.0	637.5	549.3
最終需要での投入	33.9	25.8	487.8	357.1	181.9	131.1	52.0	65.8
non-energy use を除く 投入計	350.7	244.8	1719.8	1196.1	660.8	448.0	689.5	615.0

表4 エネルギー濃度、二酸化炭素排出濃度

	日本		米国		EC-3		Asia-8	
	μ		μ		μ		μ	
	toe/百万\$	TC/百万\$	toe/百万	TC/百万\$	toe/百万\$	TC/百万\$	toe/百万\$	TC/百万\$
農林水産業	162.8	130.1	349.6	273.1	245.7	202.0	409.5	375.6
原油・天然ガス	214.8	171.2	114.1	86.2	56.0	44.7	147.6	135.6
石炭・その他鉱業	293.9	238.5	284.6	222.6	314.6	285.6	682.6	634.2
食料品	170.8	137.6	356.4	272.0	216.7	176.2	517.5	478.6
繊維製品	265.7	213.9	473.6	355.2	210.4	170.3	852.8	789.0
パルプ・紙・木製品	254.8	207.2	738.7	548.3	302.8	248.0	1001.9	947.1
化学製品	631.1	505.2	850.7	632.3	699.9	544.9	2138.5	1904.1
石油製品	240.3	193.9	445.1	335.3	240.8	193.1	530.2	447.0
窯業・土石製品	448.2	396.8	1207.0	911.2	632.6	524.6	2347.0	2302.0
鉄鋼・同製品(含コークス)	1113.5	1047.0	1923.8	1570.6	1362.6	1280.0	3621.3	3550.0
非鉄金属	405.10	324.8	1491.8	1087.6	556.8	469.2	762.6	706.8
金属製品	387.5	346.2	541.4	432.4	344.7	299.7	1153.8	1099.3
一般機械	227.1	197.1	281.5	225.1	198.3	170.8	863.4	816.4
電気機械	194.1	161.0	236.4	185.3	164.4	136.3	553.5	510.2
自動車	218.3	184.9	304.4	242.2	220.2	187.5	1113.0	1055.9
その他輸送機械	246.4	214.3	211.7	166.9	178.7	151.9	1718.5	1660.4
精密機械	154.4	132.9	190.1	148.0	155.1	129.8	607.2	566.4
その他製造業	352.7	282.6	336.3	251.9	266.1	220.6	1083.8	976.5
建設	225.2	192.5	276.8	214.0	196.0	164.4	1108.9	1047.3
電力・水道・ガス	1372.3	1082.6	2073.7	1695.6	1761.9	1706.6	4837.6	4621.3
商業	85.4	67.9	119.5	92.5	120.7	101.1	494.5	449.9
運輸	465.1	358.1	1076.9	824.7	718.7	556.3	2171.7	1754.3
その他サービス	95.9	76.7	104.5	79.8	93.1	77.6	522.0	476.3
政府活動	9.8	7.5	10.8	6.9	20.6	15.2	148.4	133.6
分類不明・その他	264.7	212.6	333.5	268.5	1664.3	1423.1	1298.2	1201.3

ギーの消費効率が低い、および石炭等の高炭素の燃料シェアが非常に高いということがあるが、この二酸化炭素濃度の定義による部分も大きい。この定義は各部門の生産物一単位当たり（生産額あたり）の直接および間接の二酸化炭素排出量であるため、この時点での国際的な垂直分業体制において価格の低い製品を担当しているためであり、他の先進国における生産物と比較する際には注意が必要であろう。必ずしも物量単位当たり（重量当たりなど）においてエネルギー濃度や二酸化炭素排出濃度が高いことを意味しているわけではない。従ってこのアジア地域のエネルギー濃度、二酸化炭素排出濃度の高さについては、中間投入として他地域の生産物に波及した場合にその効果を注目する必要がある。またアジア地域を除けば米国の各濃度が高めである。特

に素材系の産業部門においてその傾向が著しい。機械産業等では日本、米国、ECの3地域でそれほど大きな差があるとは言えない。

先進国地域においてはエネルギー濃度は特に自然から採取したエネルギーを直接燃焼させる必要のある素材系部門やエネルギー部門を除けば大半の部門では0.5toe/千US\$程度かそれ以下のレベルにある。また二酸化炭素排出濃度の場合も同様であり0.5TC/1000US\$程度かそれ以下の部門が多い（toe:原油換算トン=10⁷kcal, TC:炭素トン、炭素トンは二酸化炭素の量をその中の炭素重量で表現したもの、またこの時点での期間平均為替レートは220.23円/US\$を用いている）。また先進国地域では地域によって目立って突出している濃度を持つ部門もほとんどない。これは国際的なエネルギー価格体系、および

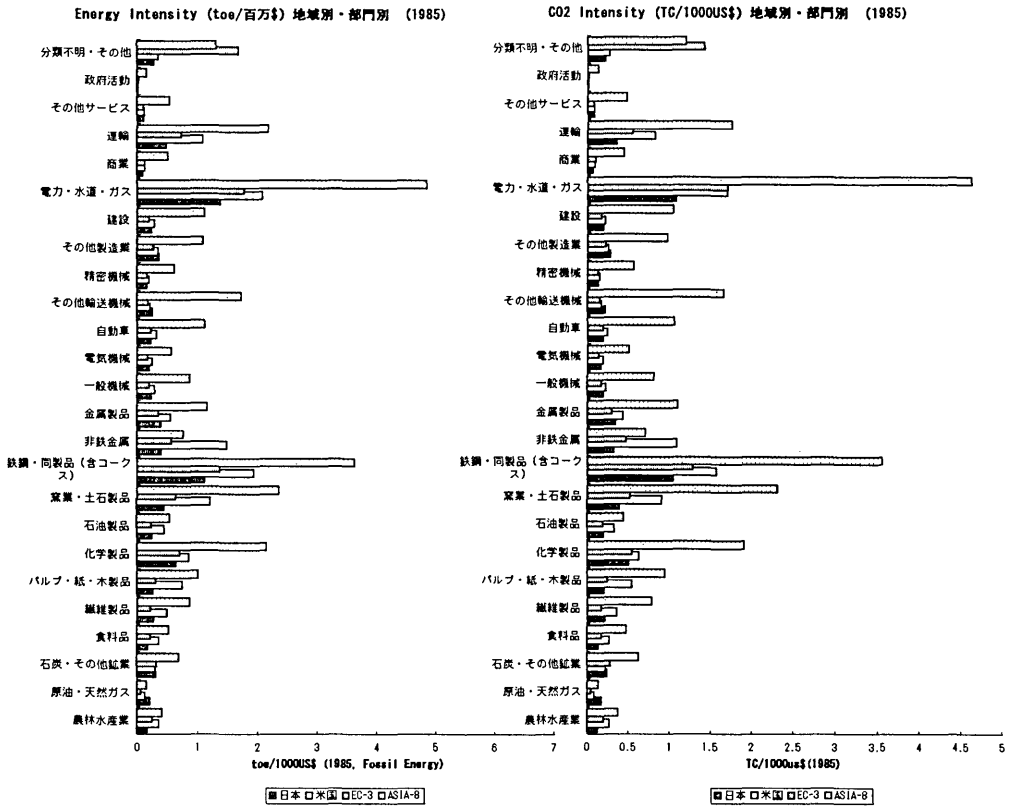


図8 エネルギー濃度，二酸化炭素排出濃度

産出物の国際市場での価格体系，製造技術・知識の共有といった点から見て妥当であると考えられる。しかし各国の産業構造および国際的な分業構造から，それぞれの国家・地域がどのような直接・間接の二酸化炭素排出構造を有しているか，また各国の需要がどのような波及を他地域に及ぼしているかはさらに分析を行う必要が有る。

ここで各国・各地域の直接・間接のエネルギー消費量，および二酸化炭素排出負荷を部門別に，上記のエネルギー濃度，二酸化炭素排出濃度を用いて計算する。この値と先に示した最終エネルギー需要ベースでのエネルギー消費量（国・域内直接消費量），および二酸化炭素排出量（国・域内直接排出量およ

び二次エネルギーを通じた国・域内直接排出量）とを比較し，全地域でのエネルギー依存度および二酸化炭素排出負荷の性質を検討する。

エネルギー濃度 μ_{energy} ，および二酸化炭素排出濃度 μ_{CO_2} と最終需要 F から以下のように直接間接のエネルギー消費，および二酸化炭素排出量が部門別に評価可能である。

$$F = (I - A) \cdot X, \quad \mu \cdot (I - A) = \gamma$$

より，

$$\mu \cdot F = \mu \cdot (I - A) \cdot X = \gamma \cdot X$$

よってエネルギー濃度，あるいは二酸化炭素排出濃度と最終需要から，全域での直接・間接のエネルギー消費量，あるいは二酸化炭素

排出量を計算できる。この算出結果を以下に示す。注意すべき点としては、以下の点があげられる。

最終エネルギー需要を用いた国内・域内での直接的なエネルギー消費や二酸化炭素排出量は二次エネルギーの扱いについて、燃焼させるポイントを重視する場合には転換部門（電力部門など）を設けそこでの消費、排出とすることが多い。この場合、生産におけるエネルギー消費だけではなく民生分野等向けの二次エネルギーも転換部門で合わせて消費しているような形になる。また各部門でのエネルギー消費量は転換部門での消費、排出が別項で立てられるためにみかけ上その部門で消費される二次エネルギーの分だけ小さく表

記されることになる。

また、二次エネルギー需要での国内・域内での間接的なエネルギー消費や二酸化炭素排出を各部門に振り分ける場合は電力量などを転換効率を用いて熱量換算し、各部門での消費・排出とすることになる。この場合は電力部門など転換部門は損失分のみを計上するか、あるいはこれも総合効率で処理して各部門に振り分けるなどのため、実際の燃料消費とは異なり転換部門においては非常に小さな値をとることになる。

しかしいずれの集計方法にしても、鉄鋼、窯業・土石、化学といった部門においては投入されたエネルギー量が大きいため、それら部門においては消費原単位や発生原単位も高

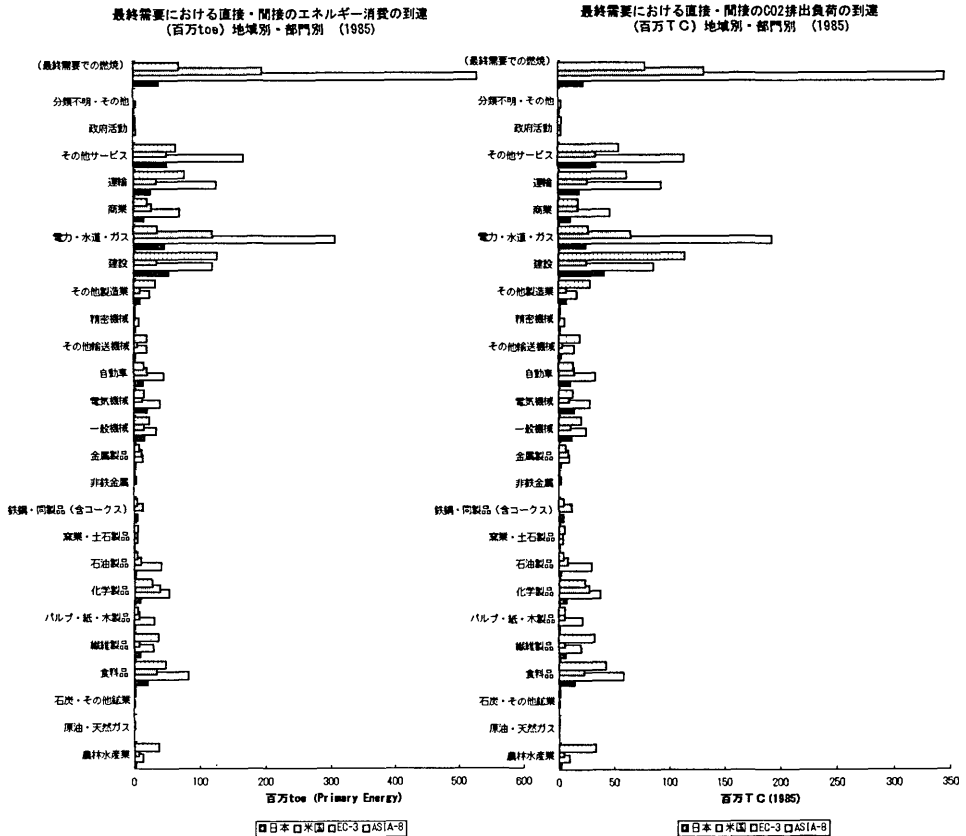


図9 最終需要に到達したエネルギーおよび二酸化炭素排出負荷

いととも、消費量、発生量も大きく示される。また転換部門を別個に扱う場合にも、電力部門においては原単位、総量とも非常に大きな値をとる・

これらに対してここで扱う最終需要と直接・間接のエネルギー消費量のデータは異なった現れかたをする。濃度データ μ 自体は、その部門に直接投入される自然採取エネルギー量 γ によって影響を受ける部分が大きいいため、上記の直接消費あるいは直接排出の原単位と同様に、鉄鋼、窯業・土石といった部門は相対的に高い値をとる。しかしながら、これらのエネルギー多消費型の部門は直接最終需要に供されることはまれであるために、そのような部門の F_i はかなり小さな値をとることになる。この結果、 $\mu_i \cdot F_i$ も相対的に小さな値をとるために、この値を当該産業部門のエネルギー消費量、あるいは二酸化炭素発生量と考えると奇異な感をもつことになる。実際は、鉄鋼部門に投入された自然採取エネルギーはほとんどすべての部門に波及し、最終需要に鉄鋼部門の産出物のままで直接到達する直接・間接のエネルギー消費の結果や、二酸化炭素排出の結果は少ないということである。同様に窯業土石部門の $\mu_i \cdot F_i$ も小さい値をとるが、この部門での直接・間接のエネルギー消費、二酸化炭素の排出は多くは建設部門を迂回して最終需要に供されるため、建

設部門の $\mu_i \cdot F_i$ が大きくなる形をとる。

これらに対して転換されるだけでエネルギーの直接・間接の消費の効果が直達しやすい電力部門では非常に $\mu_i \cdot F_i$ の値が大きくなるとともに、電力の投入が大きいサービス部門もその迂回効果により $\mu_i \cdot F_i$ の値が大きくなる。運輸部門でも転換部門からの迂回量が大きいため同様の結果になっている（以上図9参照）。

また国・地域別の状況では、米国のエネルギー高依存性が突出している。以上各国・地域別の状況について合計した集約図を示しておく（図10）。

(3) 他地域の需要と各国の直接・間接の環境負荷との依存関係

① 環境負荷誘発依存性

以上は国・地域別、部門別の直接・間接のエネルギー消費、またそれによる二酸化炭素の環境排出負荷発生の概要であるが、ここで直接効果の分析の場合と同様、産業連関分析の手法を用いて他地域の需要に対する各国・地域の依存関係についてさらに分析を行う。

まず、生産誘発依存度の考え方を拡大し、ある国・地域の直接・間接の環境負荷の何%を他国・他地域の最終需要に依存したかを試算した。試算方法は、各最終需要項目別に生産誘発額ベクトルを求め、算出された生産誘発依存度に対し、先に求めた二酸化炭素排出濃度をかけた。

元来の生産誘発依存度（金額ベース、文献3）の場合、EC、アジアの対外依存度は20%程度、これに対して日本が15%米国が7%である。これによればEC、およびアジ

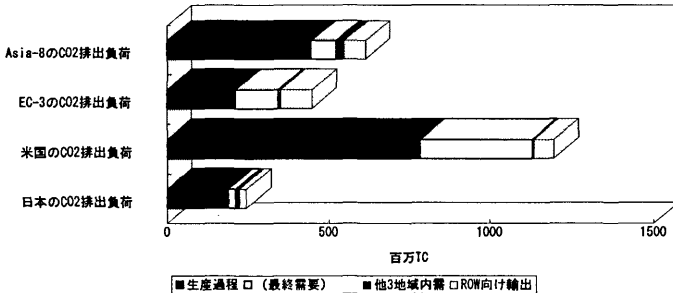


図10 各地域の直接間接のCO2 排出負荷構造 (1985)

アは他地域の最終需要に対し生産誘発依存度が高く、米国は他国の需要にはそれほど生産は依存していないことが解る。これに対して、直接・間接の二酸化炭素排出による環境負荷に関しては、ECが約23%、アジアは約15%、日本は約14%、米国は約6%である。即ち、ECは他地域の需要によって直接・間接の二酸化炭素発生に依存する比率が非常に高いことがわかる。

しかしながら4地域に限定した場合、日本5%弱、アジア約4%、EC1%台、米国は0.5%になり日本の環境負荷誘発依存性が最も高くなる。この順位は生産誘発依存度の場合とほぼ同様である。これらのことから以下の依存関係が読み取れる。

- ECは生産額ベースでは米国需要への依存が高いものの、二酸化炭素排出においてはその依存性は相対的に低い。しかしながらROW(4地域外)の需要に対しては相当な二酸化炭素排出依存性を持っている。即ち生産額ベースでの依存度に比較して二酸化炭素排出依存度はかなり高まっている(生産額依存度では約16%に対して、二酸化炭素の排出依存度では22%にも及ぶ)。

これはEC3国がその他の西欧諸国に対する生産基地化しているとともに、東欧圏に対する主要資材の供給も担っている事が重要であろう。このため対米輸出に比較して二酸化炭素濃度の高い製品の供給を行っている事が読み取れる。

- 4地域内では米国の内需に他の3地域は生産額の依存度が高い。ただし生産額ベースではアジア、日本、

ECの順に依存度が高く、また直接二酸化炭素発生の場合もその順位関係はかわらないが、アジアの米国依存度を基準にした場合、生産額誘発では日本は対アジア比1:0.85、直接排出では1:0.72、直接間接の負荷では1:1になる。すなわちアジアと比較して、米国需要に誘発される直接的な環境負荷発生はアジアよりも誘発依存性が低い、間接的に含まれる環境負荷まで含めるとかなりの二酸化炭素濃度が加わっている事になる。また逆から見ればアジアではその場でエネルギーを加えれば済む製品を輸出しており、日本は迂回してかなりのエネルギーを消費していると考えられる。

- 生産額ベース、および直接二酸化炭素排出ではアジアでの誘発度はECよりも日本の需要によるものがかかなり大きい。しかし直接間接の二酸化炭素排出負荷をみると逆転が生じており、日本の需要で誘発される直接間接の二酸化炭素排出誘発度の方が低くなっている。米国の需要によるアジアの二酸化炭素排出負荷が依存度が極めて大きい事を加味すれば、これからわかることとしては、この時点であくまで相対的なものではあるが欧米諸国はアジアに対して日本

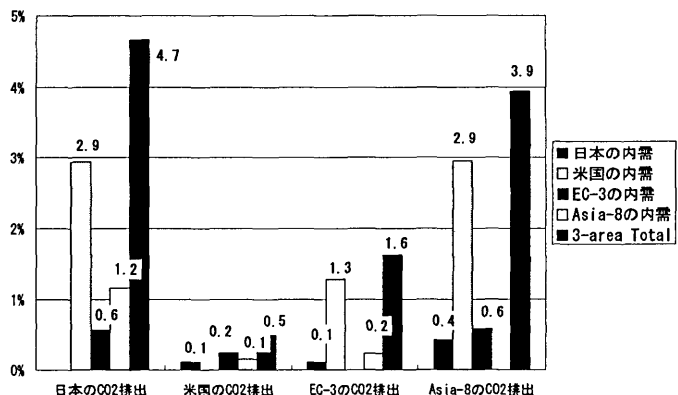


図11 各地域内最終需要による直接間接のCO2排出誘発依存度(1985)

よりもはるかに環境収奪的な取り引きを行っていた可能性がある。

各国・各地域の最終需要による二酸化炭素の発生誘発依存性をみた場合、やはり米国内需による発生誘発は突出して水準が高い。これらは輸入財にエネルギー集中度、あるいは二酸化炭素集中度として含まれ米国内に流入する事になる。

② 単位内需増に対する他地域への直接・間接の二酸化炭素排出負荷の誘発

地域間の環境負荷依存関係をさらに分析するために、各地域で単位内需量が発生した場合に生じる他国への環境負荷誘発効果を試算した。この結果と生産額誘発効果を比較して環境負荷における依存関係の特徴を検討する。

この場合も生産誘発効果の考え方を拡大し、各最終需要項目別に単位最終需要に対する生産誘発額ベクトルを求め、算出された生産誘発額に対し、先に求めた二酸化炭素排出濃度をかけた。ここで単位最終需要は10億ドルとし、その部門別の最終需要額のシェアは最終需要の実際値の場合と同じである。

直接エネルギー消費による計算結果との違いは、間接効果を含む事により、波及量は大きくなっている。また、各計算値の相対的な関係は相似しているものの、直接消費による二酸化炭素排出に対して直接・間接の効果が入った場合、日本の誘発量は米国およびアジアの内需において相対的に小さくなっている。これは日本の生産による産出物は他地域の物よりもエネルギー集中度、二酸化炭素排出濃度が低いためであり、この時点では各国の最終需要に対して日

本からの輸入財が高いシェアを占めることができれば日本以外の国・地域がその位置を占めるよりは全域において二酸化炭素排出量を低減可能ということになる。

他の特徴としては以下の事項があげられる。各地域の単位内需増による生産額誘発効果の場合には、他3地域への生産誘発効果(他3地域合計)が最も大きいのはアジアの内需であり、また日本と米国による内需拡大効果はほぼ同程度でアジア内需の生産誘発効果と比較して3分の1程度であった。またECによる生産誘発効果はさらにそれよりもやや小さい。しかしながら、直接間接の二酸化炭素排出誘発で同様の分析を行った場合、様相は異なる。二酸化炭素排出波及はアジア内需が最も大きいのは同じであるが、米国内需およびEC内需がそれに続き、日本は最も小さい。また米国内需による二酸化炭素排出波及効果はアジアのそれとわずかしか異なる。またECによる排出波及も日本の1.5倍近い。

これは先に検討した誘発依存性の場合と同様、米国およびECは、国外での二酸化炭素排出濃度が高い地域・部門、特にアジアに中間財の供給を依存しているため生産誘発金額

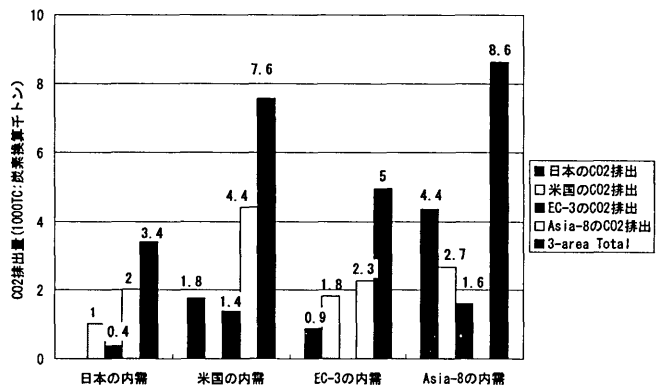


図12 各地域内需10億ドル増加による直接・間接のCO2排出波及 (1985)

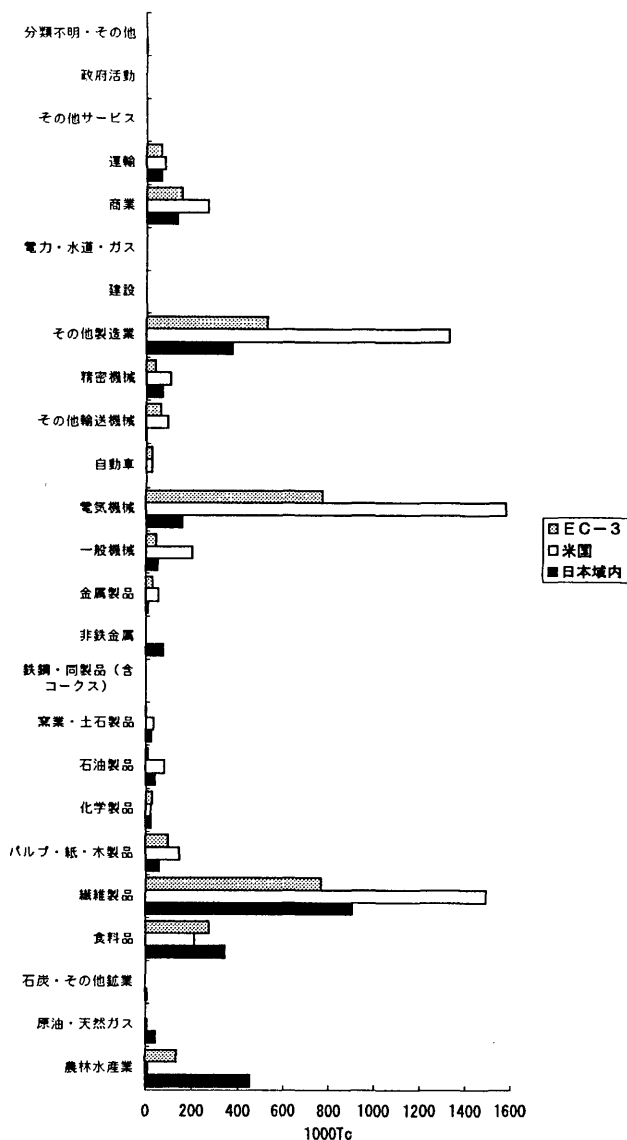


図13 3地域単位内需によるアジアへの直接間接の二酸化炭素排出波及

ベースでは米国，ECの単位内需増による生産誘発額はアジアより日本の方が大きい，直接・間接の二酸化炭素発生誘発ではアジアでの誘発量は日本での誘発量を倍以上うまわる。

また日本の内需に対して誘発されるアジアの直接・間接の二酸化炭素発生誘発量は，米

国，ECの内需により誘発される量よりもかなり小さいのも特徴である。ただし3地域の最終需要によるアジアでの生産誘発をみると(図13)，日本からの誘発は農林水産業，食料品，繊維といった産業で高いが，欧米へは工業部門が非常に高い。1985年時点においては日本とアジアの依存関係は工業製品での補完関係にはまだ至っていないということであり，この後欧米と同様なアジアとの依存関係に発展すれば同様の二酸化炭素波及誘発が生じる，即ち工業製品輸入の増加に従い二酸化炭素排出負荷輸出も増加する可能性がある。

4. 二酸化炭素排出の国際依存関係と抑制の可能性

(1) 線形計画モデルによるアプローチ

さらに国際産業連関表を用い，各国・各地域で内需を増加させた場合に他国で誘発される二酸化炭素の発生量から，国際的な産業構造および分業体制の問題に考察を加える。全地球規模での二酸化炭素の発生量抑制に関しては，経済活動や民生分野に関する部分については各国・各地域においてエネルギー

源の転換や省エネルギー，生産工程や生活関連技術の改良・代替といった技術的対応の他に産業構造での対応も検討課題になっている。同様にこれまで分析したことから明らかに国際的な分業体制も俎上に載せる必要があると考えられる。即ち，各国・地域での個別排出目標設定のみでは解決出来ない部分が

有り、極端な例においては二酸化炭素排出濃度の高い部門を海外に移転し、みかけ上の排出目標達成が実現される可能性もある。すなわち南北問題において南側諸国の経済発展の権利が当分の間認められるケースでは先進諸国は二酸化炭素排出濃度の高い製品を輸入し、環境負荷を輸出することになる。逆にアジア地域をはじめとして後発の工業国家においてはかつての日本がそうであったようにそのような製品を輸出するかわりに環境負荷を輸入することになる。しかし二酸化炭素等の環境排出は被害が通常局所的な様相を示す一般の公害問題とは異なり、全世界での抑制目標を達成出来ない恐れが有るとともに、国家・地域間の義務や負担関係も混乱させかねない可能性が高い。個別の排出目標が生じかねないこのような外部効果に対し、国際産業連関表を用いた二酸化炭素排出濃度の考え方は、例えその国家・地域内で環境負荷を発生させていないとしても、その国家・地域における内需が世界域で誘発している環境負荷を示すことが出来るであろう。同時にそのような国際的な分業体制を再検討するための知識を提供することが可能になると考えられる。

例えば各国・各地域の内需の増加が他国へ生産誘発効果を及ぼすことが計測可能であるが、国際産業連関表で取り扱うことの可能な4地域で見た場合、他3地域への生産波及が最も大きいのはアジアにおける内需拡大である。しかし先に計測したように各地域の内での単位内需増による全地域での二酸化炭素排出波及が最も大きいのはアジア地域であることは変わらないが、米国の単位内需増による波及もそれに匹敵する。また生産波及では日・米に及ばなかったECの単位内需増によるアジアでの二酸化炭素排出波及も日本のそれを上回っている。即ち米国およびECは、二酸化炭素排出濃度の高い製品の供給を他地域に

依存している状況がうかがわれる。

このような国際的な産業構造および分業体制の中で持続的な経済活動と二酸化炭素排出抑制の両立のためには各国・地域のアクティビティはどのように代替・補完しあうべきかを検討する必要がある。

ここではこれらの検討に入るための極めて導的な分析として、国際産業連関表を用いた線形計画モデル (Linear Programming Model) による静学的な検討を行った。分析の方法としては、二酸化炭素排出波及に影響の大きい米国内需増加ケースおよび比較ケースとして日本内需増加ケースをとりあげ、生産誘発効果の分析値と排出量抑制を目的関数とした線形計画モデルによる生産額の解を比較し、その乖離から現状 (1985年時点) での国際分業体制上の問題点を論じる。

使用したモデルは以下に示される。

(線形計画モデル)

目的関数 : $r \cdot X \rightarrow \min$

制約式

需給バランス : $A \cdot X + F = X$

$$F = F_J + F_U + F_E + F_A + F_{ROW}$$

生産水準制約 : $X \geq X_0$

$$X = X_J + X_U + X_E + X_A$$

$$X_J \geq X_{J0}, X_U \geq X_{U0},$$

$$X_E \geq X_{E0}, X_A \geq X_{A0}$$

非負条件 : $X, X_k, F_k \geq 0$ ($k = J, U, E, A, ROW$, 地域)

ここで、添字0は定数であることを示す。また、 r は先に作成された各産業部門における自然からの炭素採取量、および輸入品に含まれていた炭素濃度ベクトルである。今、

$$F'_k = F_k + \Delta F_k$$

とした場合の、二酸化炭素排出量を最少にする解 X' （二酸化炭素排出抑制解）を求める。さらに逆行列 $(I - A)^{-1}$ を用いて導出したこのときの生産額 X'' と比較を行う。線形計画モデルを用いる場合は最終需要の変数化をはかり、調達先地域の最適化も行う方法があるが、ここでは国際産業連関表で表現される投入産出構造の特徴を見ることが目的であるため、最終需要はモデルのRHSに置いた。なお、生産水準制約に関しては微調整レベルの変動であるためオープンにしても問題はな

い。最終需要の増分については、各国ともその国の最終需要を10%増加させている。

(2) シミュレーション結果と考察

分析結果を以下に示す。

いずれのケースにおいても他地域からの中間財の調達を抑制し、国内での代替アクティビティの活動レベルを向上させることにより二酸化炭素排出濃度を低減させる形になっている。これはエネルギー濃度の高い製品、即ち付加価値率の低い低廉な中間財を他地域か

表5 二酸化炭素排出抑制における国際依存関係の微調整（米国の場合）

	生産額（百万US\$）			対1985変化寄与率	
	1985年実績	米国内需10%増	同CO2排出最小化	米国内需10%増	同CO2排出最小化
日本	2,451,295	2,463,837	2,452,186	2.0%	0.2%
米国	6,353,806	6,944,366	6,919,780	95.7%	102.2%
EC-8	2,547,876	2,554,720	2,539,105	1.1%	-1.6%
Asia-8	1,254,738	1,262,187	1,250,522	1.2%	-0.8%
計	12,607,714	13,225,110	13,161,592	△ 4.9%	△ 4.4%

	CO2排出量（百万TC）			対1985変化寄与率	
	1985年実績	米国内需10%増	同CO2排出最小化	米国内需10%増	同CO2排出最小化
日本	219	220	219	1.6%	-0.7%
米国	839	915	906	93.1%	111.2%
EC-8	317	318	314	1.4%	-4.3%
Asia-8	549	552	546	3.9%	-6.2%
計	1,924	2,006	1,985	△ 4.2%	△ 3.1%
		排出量削減	▲ 21		

表6 二酸化炭素排出抑制における国際依存関係の微調整（日本の場合）

	生産額（百万US\$）			対1985変化寄与率	
	1985年実績	日本内需10%増	同CO2排出最小化	日本内需10%増	同CO2排出最小化
日本	2,451,295	2,659,951	2,648,464	96.3%	125.6%
米国	6,353,806	6,357,434	6,335,494	1.7%	-11.7%
EC-8	2,547,876	2,548,757	2,533,844	0.4%	-8.9%
Asia-8	1,254,738	1,258,274	1,246,861	1.6%	-5.0%
計	12,607,714	12,824,417	12,764,663	△ 1.7%	△ 1.2%

	CO2排出量（百万TC）			対1985変化寄与率	
	1985年実績	日本内需10%増	同CO2排出最小化	日本内需10%増	同CO2排出最小化
日本	219	236	234	88.9%	686.6%
米国	839	840	835	3.7%	-184.8%
EC-8	317	317	314	0.9%	-152.6%
Asia-8	549	550	544	6.4%	-249.1%
計	1,924	1,943	1,926	△ 1.0%	△ 0.1%
		排出量削減	▲ 17		

ら調達しているためであり、これを国内品で代替することにより二酸化炭素の排出濃度を下げ、また含まれている排出総量を低減するという解になっている。

もとよりこの検討は価格体系を考慮に入れていないため解として得られたアクティビティの解釈には注意が必要であるが、幾つかの示唆を与えているのも事実である。まず米国の内需は日本の生産に与える影響が大きい、日本からの調達財に濃度として含まれている二酸化炭素排出量は相対的にそれほど大きくはないため、二酸化炭素排出抑制解において日本からの調達はマイナスにはなっていない。これに対して二酸化炭素排出抑制解においてはアジアからの調達を米国内に振り向けることによる寄与が大きい。また、米国におけるエネルギー投入構造からたとえ海外からの二酸化炭素排出濃度の大きな財調達を国内生産に振り替えたとしても全地域での二酸化炭素排出量を抑制することは難しい状態に有る。本検討の結果では排出量抑制解においても、基準時点のアクティビティによる排出量からの増分の4分の1程度しか抑制できない（内需10%増加による全地域排出量増加率4.2%を、抑制解においてさえも3.1%にしか下げられない）。

これに対し日本の排出量抑制解においては、海外からの中間財調達抑制により目的を達成するのは同様であるが、米国と比較して顕著な相違が有る。それは海外からの調達を抑制することにより内需増加によっても全地域での二酸化炭素排出量を相当抑制可能である（内需10%増に対し全地域排出量をほぼ横ばい、0.1%増に抑制可能）ということと、アジア地域からの二酸化炭素排出濃度の流入抑制と並んで米国およびECからの流入もかなり問題になるということである（日本の二酸化炭素排出抑制解では米、ECの生産も抑

制させている）。これはエネルギー利用効率が高いことや高炭素燃料比率が高いといったことの他に国際的な垂直分業が進んでおり、そのため国内産品であっても生産過程における他地域からの二酸化炭素排出濃度の流入が多くなっている米国等と異なり、我が国においては国内調達により二酸化炭素排出濃度の低い状況を保っていることを示していると考えられる。このことはまた将来においてはわが国も、アジア等の後発工業国家群との国際分業による排出濃度流入の増加だけではなく、先進国からの迂回流入増加によっても間接的に排出濃度が増大し、全地域での排出量を増加させる可能性を意味している。このような迂回した二酸化炭素排出問題の追跡は、単純な二国間分析では得られないものであり、国際産業連関表の有用性が示されたと考えている。

また、アジア地域における二酸化炭素発生濃度の高さは経済発展の過程における一過性のものなのか、あるいは投入されるエネルギーの性質上長期にわたって持続するものなのかは別な方法で検討する必要がある。燃料価格や技術的な制約からエネルギー消費効率が低いといった一過性のものならば、経済発展に伴いこの問題は緩和されて行くことになる。また技術的な援助や経済援助・市場提供により発展を加速することにより一時的に二酸化炭素排出量が急増したとしても、長期での発生総量を低めることが可能であり、これらの政策の妥当性が示されることになる。このためにも90年表を用いた分析が待たれる。しかしながら構造的に改善できない可能性が高かったり、たとえこれらの後発工業国家の環境負荷改善が進んだとしても、さらに後発の国家・地域からの二酸化炭素排出濃度の高い財に依存して行くといったことにより全地域での排出量は決して改善されない場合には、

現在とられているものとは別の国際環境政策の模索が必要になると考えられる。

以上の分析では生産過程における二酸化炭素排出にのみ着目しており、民生分野など最終需要部門での排出量抑制解については対象としなかった。また地域別・部門別の最終需要を変数化していないこと、また価格体系、および資本ストック制約や流通制約を取り入れていないため微調整的な二酸化炭素抑制方策の検討に留まっている。これらについては引き続き研究課題として分析を進めている。特に、国際連関表から導出される全地域に対する直接・間接の二酸化炭素排出濃度という環境負荷に関する原単位を用いることにより、国際的な分業体制のもとでの環境関税や環境スワップ基準の検討といった政策的な議論に発展できると考えている。

参 考 文 献

- (1) 通商産業大臣官房調査統計部「1985年日本・米国・EC3カ国・アジア8カ国・地域・国際産業連関表について」, 1993年
- (2) 大田博親「1985年日・米・EC・アジア国際産業連関表の作成の経緯及び作成方法について (1)」『イノベーション&I-Oテクニク』環太平洋産業産業連関分析学会, 第5巻第1号, pp12~18, 1994年
- (3) 大田博親「1985年日・米・EC・アジア国際産業連関表の作成の経緯及び作成方法について (2)」『イノベーション&I-Oテクニク』環太平洋産業産業連関分析学会, 第5巻第2号, pp4~12, 1994年
- (4) 斎藤雄志「エネルギー使用効率評価におけるエネルギーアナリシスの有効性」『省エネルギー』, Vol. 33 No. 1, pp15~22, 1981年
- (5) 内山洋司, 山本博巳「発電プラントのエネルギー収支分析」『電力中央研究所報告 (研究報告: Y 90015)』財団法人電力中央研究所, 1991年
- (6) 内山洋司, 山本博巳「発電プラントの温暖化影響分析」『電力中央研究所報告 (研究報告: Y 91005)』財団法人電力中央研究所, 1992年
- (7) IEA「World Energy Statistics and Balances 1985-1988」, 1990年
- (8) IEA「Energy Statistics of OECD Countries 1980-1989」, 1991年
- (9) IEA「Energy Balances of OECD Countries 1980-1989」, 1991年
- (10) 通産省工業技術院電子技術総合研究所「地球温暖化問題調査・解析報告書」, 1989年
- (11) 藤田渉「国際産業連関表を用いた地域間環境負荷依存関係の分析, "An analysis of multi-area relationship on environmental load" (報告要旨)」環太平洋産業連関分析学会1994年度学会総会報告, 1994年
- (12) 環境庁編『平成6年版環境白書 (総論)』大蔵省印刷局, 1994年
- (13) 環境庁編『平成6年版環境白書 (各論)』大蔵省印刷局, 1994年

本稿は、(11)「国際産業連関表を用いた地域間環境負荷依存関係の分析, "An analysis of multi-area relationship on environmental load" (報告要旨)」(環太平洋産業連関分析学会1994年度学会総会報告, 1994年)における基礎資料をもとに、その後の検討結果を修正・加筆したものである。