

研究論文

時系列産業連関表を用いたわが国のCO₂排出量の推移に関する構造分解分析 (SDA)

A Structural Decomposition Analysis for Changes of CO₂ Emission in Japan
Using the Time-Series I-O Tables

川島 啓*・内山 洋司**
Kei Kawashima Yohji Uchiyama

(原稿受付日2003年12月19日, 受理日2004年12月10日)

Abstract

This paper demonstrates an applied analysis of TSIO (Time-series Input-Output tables) which was developed by Institute for Policy Sciences (IPS) and Uchiyama-Lab in Tsukuba University. We explored anatomies and changes of Japanese energy consumption and emissions of carbon dioxide (CO₂) in each year between 1985 and 1999. Changes in CO₂ emissions were investigated using input-output structural decomposition analysis (SDA). In the SDA, changes of CO₂ emissions of production sectors are explained by the changes in emission factors, energy mix, energy intensity, input-mix, final demand composition and final demand level. The emissions in household sector are decomposed into changes of use purpose, energy consumption level and emission factor. In production sector, the energy intensity factor and the final demand level factor have been committed to the increase of CO₂ emission and the other factors have been effective to reduce in the whole period studied. In household sector, the increase of energy consumption level almost has negated beneficial effects on the emission factor and use purpose factor to reduce CO₂ emission. In addition, we introduced a panel analysis for cross terms of each factor in the period concerned. Total effects of cross terms have been committed to reduce CO₂ emission, which are mainly come from the change of economic terms.

1. まえがき

本論では産業連関表を利用したエネルギー消費に伴うCO₂排出量の変化に関する構造分解分析 (SDA, Structural Decomposition Analysis) を行う。エネルギー消費の要因分析ではIIP (工業生産額指標) 原単位による時系列比較が一般的に行われているが、IIPの代わりに産業連関表の国内生産額を利用することで、工業部門だけでなくあらゆる産業におけるエネルギー消費量や環境負荷物質排出量の要因分析が可能となる。産業連関表を利用した要因分析ではWire (1998) の研究がよく知られている¹⁾。Wire (1998) は117部門の産業連関表を利用して1966年～1997年までのデンマークにおける国内エネルギー消費量及び環境負荷物質の排出量に関しての構造分解分析を行った。部門分類の詳細さとエネルギー・データの整合性から同分析は高い評価を得ている。同様の分析にLin and Polenske (1995), Chang, et al. (1998) などがある^{2), 3)}。

本論ではWireの分析枠組みを踏襲しつつも、同分析では試みられていない変化要因の交絡項について、パネル分析による考察を加えている。また、分析に先立って、時系列産業連関表とエネルギー・環境負荷データベースの開発を行った。

2. データベースの開発

2.1 時系列産業連関表の作成

我が国の産業連関表は5年おきに改訂を繰り返し、基本的な枠組みに変更はないものの、その都度、部門概念や部門の範囲を変更している。また、生産額は名目値であるために結果として異時点間のエネルギー濃度の比較を困難なものにしている。本分析では、エネルギー利用技術の変化が経済全体に大きな変化となって現れない時間単位を一年として、毎年の時系列の産業連関表を開発し、それと組み合わせるエネルギー・環境負荷データの開発を試みた。産業連関表の時系列化に関しては、慶應義塾大学のKDB⁴⁾や内閣府経済社会総合研究所のJIPデータベースが挙げられる⁵⁾。KDBは1955年～1996年までの産業連関表を理論的に統合して独自の部門分類で開発されている。またJIPは1970年～1998年までの産業連関表をSNA産業連関表にほぼ準拠した84部門分類で整備し、全要素生産性の推計などを目

* (助政策科学研究所研究員)

E-mail: kawashima.kei@ips.or.jp

〒100-0014 東京都千代田区永田町2-4-8 (東芝EMI永田町ビル5F)

** 筑波大学大学院システム情報工学研究科教授

〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1

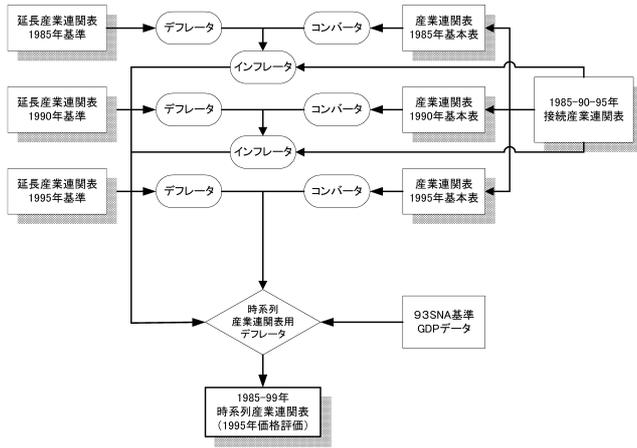


図1 時系列産業連関表の作成フロー

的として開発されている。これに対し、本論で開発した時系列産業連関表は基本概念が比較的共通している1985年～1999年までの産業連関表の構造を残しつつ、公表されているエネルギー・データベースとの接続に重点をおいて簡易的に時系列化を試みている点で異なっている。

時系列産業連関表では接続産業連関表を基本に、基本表及び延長表を利用して毎年の産業連関表を統合している。統合にあたっては次のような手続きを踏んでいる(図1参照)。

- 1) 基本表における自家輸送部門の配分：基本表に付帯する自家輸送マトリックスを用いて自家輸送部門を各部門に配分する。
- 2) 延長表の実質化：延長表に付帯するデフレーターを用いて、対応している基本表の基準年の価格に実質化する。
- 3) 基本表から接続表への計数コンバータ作成：基本表の部門分類を接続表の部門分類に組み替えた上で、部門の概念及び範囲が異なることによる計数(名目額)の差をコンバータによって調整する。
- 4) 延長表と接続表の部門接続：4)の計数コンバータを用いて延長表の実質額を調整する。
- 5) 95年価格での実質化：接続表のインフレーターを用いて、85年価格および90年価格の延長表を95年価格に実質化。
- 6) 93SNA基準のGDPとの整合性：毎年の93SNA基準のGDPを基準に、得られた産業連関表の付加価値合計を調整し、各部門の投入比率を保った上で生産額をRAS法により修正する。この作業により時系列データとしての整合性を保つようにした。

2.2 エネルギー・データベースの作成

本分析ではIEAの“Extended Energy Balance Tables”を利用して産業連関表の部門別燃料種別エネルギー消費量の推計を行った。同表は燃料種56種、部門数68からなるエネルギーバランス表であり、1965年～2001年までの時系列データとして整備されている⁶⁾。部門分類は国際産業分類

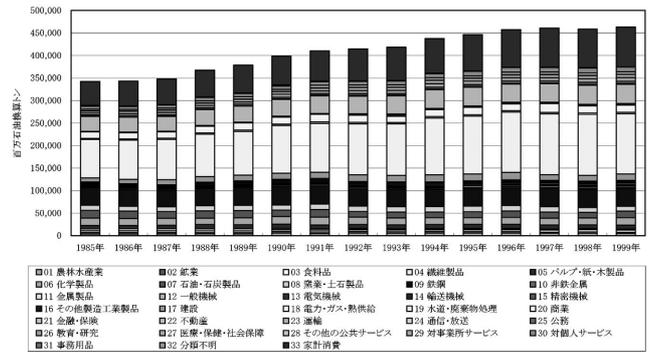


図2 時系列産業連関表部門別CO₂排出量の推移

コード (ISIC) の3桁分類、部門によっては4桁分類に対応している。我が国の産業連関表も1985年の基本表から部門分類をISICに対応させており、一応の対応関係は保たれている(付表1を参照)。しかしながら、エネルギーバランス表の部門概念を産業連関表の部門概念に対応させるためには若干の注意が必要である。最大の違いは家計における自家用自動車の燃料消費量の取扱いである。我が国の産業連関表ではマイカー利用は生産活動として認めず、家計消費支出に計上している。一方、エネルギーバランス表では運輸部門に計上されているため、部門分類上の対応関係がない。このような燃料種に関しては、エネルギーバランス表の数値を産業連関表における当該財の取引額のシェアで配分している。同様にISIC部門分類コードよりも産業連関表の分類が詳細である場合には、当該年次の取引額(名目値)による比例配分を行っている。

本分析で使用するエネルギー・環境負荷データベースでは、燃料種31種、181部門分類で1985年～1999年までの発熱量換算値によるエネルギー消費量データを整備した。部門別エネルギー消費量の推計後、燃料種別の炭素換算係数を用いて部門別CO₂排出係数を算出している。なお、部門別CO₂排出量の推計では、電力のCO₂排出量を最終消費に配分する方法をとっている。

図2は時系列産業連関表の部門分類に基づく部門別CO₂排出量の推移を示したものである。部門分類は紙面の都合上、32部門に集計している。

3. エネルギー消費量, CO₂排出量の時系列要因分析

3.1 基本モデル

産業連関表を利用したエネルギー分析はHerendeen(1973)が提起し⁷⁾、その後、わが国でもいくつかの実証分析が行われている^{8), 9)}。Herendeenは産業部門における生産額あたりのエネルギー消費量をエネルギー濃度(energy intensity)として定義し、産業連関分析を適用することで財・サービスの生産に投入される直接間接のエネルギー量を推計した。Wire (1998)は産業部門のエネルギー濃度を次のよ

うに展開して、一国のエネルギー消費量とそれに伴う環境負荷物質の排出量を定義した。

$$e_p^i = {}^T [F_p^i M_p Q_p] (I - A)^{-1} D d \dots \dots \dots (1)$$

e はエネルギー消費量もしくは環境負荷物質の排出量の合計量、 F は燃料種別の発熱量あたりの環境負荷排出原単位(対角行列)であり、 M は部門別燃料消費量合計に対する燃料種別の消費構成(行列)、 Q は部門別のエネルギー濃度(対角行列)、 j はすべての要素が1である列ベクトル、 A は産業連関表の投入係数行列、 D は国内最終需要の構成行列、 d は国内最終需要(ベクトル)の合計である。添字の i は環境負荷物質の種類を示し、 p は産業部門を示している。

また、家計消費支出部門についても次のように展開した。

$$\varepsilon_h^i = C_h M_h F_h^i \dots \dots \dots (2)$$

ここで、 C は家計のエネルギー消費の種類を示し、 M はそれぞれの燃料消費構成を表している。

(1)、(2)式をそれぞれ時系列の変化に対して差分を取ると、次のように分解できる*1。

$$e_p^i(t) - e_p^i(t-1) \approx \Delta F_p^i + \Delta M_p + \Delta Q_p + \Delta (I - A)^{-1} + \Delta D + \Delta d \dots (3)$$

$$\varepsilon_h^i(t) - \varepsilon_h^i(t-1) \approx \Delta C_h + \Delta M_h + \Delta F_h^i \dots \dots \dots (4)$$

Wireは上式を用いて、エネルギー消費量、 CO_2 、 SO_2 、 NO_x 排出量の異時点間における変化についてSDAを行った。なお、Wireのモデルでは(3)、(4)式における交絡項はそれぞれの変化要因に配分されて計算されている。

本分析では利用するデータベースの性質の違いから、Wireの分析方法に若干修正を加えている。まず、(1)式における部門別エネルギー濃度 Q とは発熱量と金額の複合単位であるため、部門別発熱量(エネルギー消費量)ベクトル e とベクトルの各要素が部門別生産額の逆数である(X^{-1})に要因分解している。

次に我が国の産業連関表の形式上の問題に起因することであるが、屑・副産物及び在庫変動の取扱いについて表形式の組み換えを行っている。屑・副産物は主たる生産物の生産に伴って発生する財であるが、我が国の産業連関表ではその発生に関して他の競合部門の産出物と金額上の区別を行わないマイナス投入方式で計上されている。そのため、そのままの表形式で逆行列を計算すると非現実的な波及をもたらす。廃棄物処理に関する分析モデルを構築する場合には大平(1998)や中村(2000)などのように、屑・副産物の発生と投入を別行列で示し、生産波及からの影響を考慮することになるが^{10)、11)}、本分析では屑・副産物取引がもたらす投入計数とエネルギー濃度への影響を排除すること

を目的としているため、生産額の需給バランスを一定に保つよう取引額を調整している。具体的には、ヴァージンとリサイクルを区別せず、屑・副産物の投入に関して輸入と同じように生産額からの控除項目として扱い、最終需要に一括計上する。一方、発生については付加価値部門に副産物売却収入として一括してマイナス計上している。

また、在庫変動についても、マイナスの最終需要による非現実的な波及を計算しないために、異時点間における輸出入として捉え、在庫増加を輸出部門に、在庫減少を輸入部門に便宜的に配分して最終需要を操作している。

以上の点を踏まえ、我が国の産業部門のエネルギー消費に伴う CO_2 排出量を次のように定式化した。モデルは競争輸入型であり、エネルギー濃度についても輸入財と国内財は無差別となっている。

$$e_p = {}^T [F \cdot M_p \cdot E_p \cdot X^{-1}] j \cdot (I - {}^G(j - t - m) \cdot A)^{-1} \cdot D \cdot d \dots \dots (5)$$

ここで、 F は燃料種ごとの単位発熱量あたりの排出原単位であり、 32×32 の対角行列である(排出係数は文献9、10を参考にした)。 E_p は部門別エネルギー消費量合計であり、 181×181 の対角行列である。 X は国内生産額(ただし、屑・副産物売却を含む)であり、その逆数を 181×181 の対角行列としている。 j はすべての要素が1の列ベクトル(181×1)、 t および m はそれぞれ、国内需要における屑・副産物の投入計数ベクトルおよび輸入計数ベクトル(181×1)、 A は投入係数行列(181×181)、 D は輸入計数を控除した上での国内需要と輸出に関わる最終需要の構成を示す(181×5)、 d は最終需要のレベル(5×1)である。添え字 T は転置、 G は対角化をそれぞれ表している。また、家計部門における CO_2 排出量 ε_h を次のように表す。

$$\varepsilon_h = M_h \cdot E_h \cdot F \dots \dots \dots (6)$$

家計部門では、 M はエネルギー消費の種類構成(暖房、冷房、給湯、厨房、電化製品、輸送)を表し、 6×32 の行列、 E_h が燃料種別のエネルギー消費水準ベクトル(32×1)である。添え字の n はエネルギー消費の種類を示している。

(5)、(6)式の時系列変化に対するSDAは次のように示される。

$$\Delta e_p \approx \Delta F + \Delta M_p + (\Delta e_p + \Delta (X^{-1})) + \Delta B + \Delta D + \Delta d \dots (7)$$

$$\Delta \varepsilon_h \approx \Delta M_h + \Delta E_h + \Delta F \dots \dots \dots (8)$$

$$\Theta B = (I - {}^G(j - t - m) A)^{-1}$$

上の式を用いた結果を次節に掲載する。

3.2 分析結果

表1に我が国の1985年～1999年までの CO_2 排出量の推移に関するSDAの結果を示す。

燃料の産業分類への配分行列である ΔM_p の排出量への寄

* 1 それぞれの要因に掛かっている変化していない項と交絡項については数式が冗長になるため省略している。

表1 わが国の産業部門CO₂排出量の推移に関するSDA分析結果単位:1,000t CO₂換算

期間	産業部門										家計部門				合計
	排出原単位(ΔF)	エネルギー濃度			産業構造(ΔB)	最終需要構造(ΔD)	最終需要水準(Δd)	交絡項	計	消費構造(ΔM ₀)	エネルギー消費水準(ΔE ₀)	排出原単位(ΔF)	交絡項	計	
		(ΔQ)	エネルギー消費水準(ΔE ₁)	生産性(ΔX ⁻¹)											
1985-86	786	23,170	-11,317	34,487	-53,374	14,095	19,827	-13,727	-9,222	-292	6,678	538	-1,630	5,295	-3,927
1986-87	3,277	2,629	3,693	-1,064	-39,725	7,962	39,764	-6,989	6,918	274	7,601	2,271	-8,289	1,857	8,776
1987-88	-4,356	1,538	71,657	-70,118	24,665	-12,462	66,203	-13,111	62,476	-744	9,028	-3,026	-651	4,607	67,083
1988-89	196	-5,567	34,409	-39,976	-8,089	-4,208	58,021	-7,986	32,367	587	7,570	133	-7,175	1,115	33,481
1989-90	2,543	-8,779	56,765	-65,544	44,013	16,582	44,588	-42,893	56,055	1,556	23,345	1,749	-10,136	16,515	72,569
1990-91	-943	15,454	23,481	-8,027	16,735	-5,165	42,904	-48,607	20,379	-3,122	-6,839	-655	-2,500	-13,116	7,263
1991-92	4,427	42,696	-3,136	45,832	-40,931	30,033	5,775	-39,277	2,724	3,066	24,410	3,055	-9,162	21,369	24,094
1992-93	344	2,240	-16,927	19,167	-23,891	11,570	353	-7,114	-16,498	1,522	9,028	246	-5,756	5,040	-11,458
1993-94	6,942	34,152	57,520	-23,369	8,001	9,323	10,874	-6,853	62,439	-1,186	12,983	5,271	-15,428	1,640	64,078
1994-95	-730	-21,286	-3,661	-17,625	54,448	-46,082	31,195	-22,496	-4,951	-7,412	18,196	-560	-1,456	8,767	3,817
1995-96	1,307	1,690	22,596	-20,906	-29,904	11,171	43,777	-5,366	22,676	-1,550	10,843	1,014	-1,980	8,328	31,004
1996-97	-317	-28,023	-6,617	-21,406	-19,846	15,377	31,490	-5,613	-6,932	-2,589	-554	-243	-1,614	-5,001	-11,933
1997-98	651	34,163	-14,967	49,130	-34,680	10,023	-16,171	-6,918	-12,933	4,887	10,526	493	-4,965	10,941	-1,992
1998-99	-325	15,531	30,546	-15,015	39,003	-24,257	2,660	-4,315	28,297	1,536	4,587	-255	-5,660	208	28,504
1985-99	13,801	109,610	244,043	-134,433	-63,575	33,964	381,261	-231,265	243,795	-3,466	137,400	10,031	-76,401	67,565	311,360

与分は産業全体では集計すると相殺して0になるために表記していないが、個別の産業部門では寄与分が現れる。

分析の対象期間中、CO₂排出量は311百万トン増加しており、産業部門で244百万トン、家計部門で68百万トン増加している。要因分解の結果、平均してもっとも大きな要因は最終需要水準(Δd)である。同要因は97~98年の期間を除き、プラスで推移しており、GDPの水準がCO₂排出量をほぼ規定していることが分かる。

交絡項を除くと、次に大きな要因はエネルギー濃度(ΔQ)である。88~90年、94~95年、96年~97年の期間では、同要因は排出量を抑制しているが、85~99年の平均では排出量を増加させる方向で寄与している。エネルギー濃度の変化はエネルギー消費量の変化(ΔE₁)と生産額の変化(Δ(X⁻¹))の2つに分解されるが、94~95年、96~97年の2期間については生産額の増加とエネルギー消費水準の減少が排出量の抑制に働いており、その他の期間では2つの要因の変化の方向は逆になっている。

排出原単位の変化(ΔF)は電力の平均発熱量の変化にほとんど起因しているため、産業部門及び家計部門の両方で同じ方向に寄与している。排出原単位が及ぼす影響はもっとも小さく、平均して排出量の増加に寄与している。

産業構造変化(ΔB)は産業連関表の逆行列係数の行和であり、直接間接の誘発的な供給、すなわち中間需要の大きさを表し、一般に前方連関効果と呼ばれる。前方連関効果の高い産業は他の産業の投入要素としてその産業の生産物が需要されることによって、他の産業の供給能力の増加をもたらすことになる。この要因がマイナスに働くということは前方連関効果が弱まることであり、中間需要の減少によって当該産業のエネルギー消費量が減少することを意味する。産業全体でマイナスを示す場合は、経済全体がより最終需要志向に変化していることを意味する。プラスに働く場合には、その逆で、中間需要の増加によって当該産業のエネルギー消費量が増加することを意味する。推計期間中、産業構造変化の要因は平均してマイナスで推移してい

るが、変化の方向は振幅を繰り返している。

最終需要構造要因(ΔD)は最終需要水準に対する家計消費、政府消費、固定資本形成、輸出のシェアの変化を表している。本要因は推計期間中、平均してプラスの方向で寄与しているが、個別期間では正負に振幅している。本要因は最終需要の構成がよりエネルギー集約度の高い財を需要した場合にプラスに働き、エネルギー集約度の低い財のウェイトが高まるとマイナスに働く。

家計部門からのCO₂排出量の増加に関しては、ほとんどはエネルギー消費量(ΔE₀)そのものが増加していることで説明がつく。これはマイカー用のガソリン消費の増加に起因している。一方、消費構造は平均してマイナスとなっており、輸送用以外の消費需要で炭素率の低い燃料(ガスや電力)へのシフトが進んでいることを示している。97~99年における増加は記録的寒波による暖房需要の伸びで灯油などの燃料消費の比率が高まったことによる。

3.3 交絡項に関する考察

表1の分析結果から、産業部門、家計部門のどちらにおいても交絡項が総排出量の変化に対して大きな割合を占めているのが分かる。要因分解ではある計量値の変化を独立した要因の増分によって説明するが、要因間の相互作用によって変化する部分である交絡項をどのように扱うかで評価結果が異なるという問題がある。通常、交絡項はそれぞれの要因に均等に配分して、それぞれの要因に帰属させるという処理が行われる¹²⁾。しかしながら、分解する要因の数(n)が増えると交絡項の数は

$$\sum_{i=1}^{n-1} \frac{n!}{(n-i)!i!} \quad i=1, \Lambda, n-1$$

で増加するため、配分が複雑になるとともに、ある要因の変化が少なくても、交絡項寄与分による配分の影響が大きく出て、結果としてその要因の変化による全体への寄与分が過大に、もしくは過少に推計されることも考えられる。

交絡項の全体の大きさは排出量の総変化分から所与であり、要因の変化分に依存して大きさが決定されるため、元

表2 交絡項に関するパネル分析推計結果

変数	係数	標準偏差	t値	**
排出原単位 (ΔC)	0.0422	0.00090	46.90	(0.00)
エネルギー消費構造 (ΔM _e)	0.0001	0.00001	5.25	(0.00)
生産性 (ΔX ⁻¹)	-1.0008	0.00008	-12289.70	(0.00)
産業構造 (Δ(I-A) ⁻¹)	-1.0004	0.00009	-11484.80	(0.00)
最終需要構造 (ΔD)	-1.0005	0.00009	-11473.24	(0.00)
最終需要水準 (Δd)	-1.0007	0.00008	-12831.44	(0.00)
修正済 R ²	0.99999	SRR	2.13E+10	
SER	3,012	DW値	2.116465	
F値	40,405,686			
F値棄却可能性(5%)	0.0000			

※統計量はすべてウェイト付き統計量である。

の要因で説明することが可能である。われわれは均等配分法によって各要因の変化の方向を見誤るよりは、推計期間を通じて交絡項の変化にはどのような意味があるのかを明らかにすることの方がより重要であると考えた。

そこで、本論ではパネル分析を行って、推計期間を通じた産業部門ごとの交絡項の要因分析を行った。パネル分析ではデータ系列14期間、181部門、6変数(標本数15, 204)のプールデータを扱う。部門ごとの固有な特性を考慮するために、推計式は以下のような各産業ごとに切片の異なる固定効果モデルを採用している。

$$y_i = \alpha_i Dummy_i + bx_{it} + v_{it} \dots\dots\dots (9)$$

ここでy_iはSDAで計測された期間tの交絡項であり、x_{it}は期間tの要因iの大きさである(いずれも変化量)。推計方法は部門分類のグループによって誤差項の分散が異なることを考慮するために、(9)式を最小二乗法(OLS)で推計して誤差項の分散σ_iを確定した後に、σ_iでウェイト付けして最小二乗法で再計算している*2。

$$\hat{\sigma}_i = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \hat{v}_{it}^2$$

$$\frac{y_{it}}{\hat{\sigma}_i} = \frac{\alpha_i}{\hat{\sigma}_i} Dummy_i + \frac{bx_{it}}{\hat{\sigma}_i} + \frac{v_{it}}{\hat{\sigma}_i} \dots\dots\dots (10)$$

表2は(10)式を用いた交絡項に対する各要因の寄与度に関するパネル分析の結果である。なお、各産業の固定効果については図3に掲載する。

表2によれば、交絡項は生産額要因、産業構造要因、最終需要構造要因、最終需要水準要因でほとんど説明される。これらの要因のパラメータの符号はマイナスであり、交絡項の変化とは逆方向に働いている。排出原単位要因及び燃料構成要因は交絡項変化と同方向に影響するが、その寄与度は小さいものとなっている。

図3では(10)式によって推計された各産業の固定効果の大きさを産業分類別に示したものである(各産業部門の固定効果の推計結果については紙幅の関係で省略する)。固定効果の大きさのばらつきを見てみると、産業部門ごとに

マイナスの効果を持つグループとプラスの効果を持つグループとに分類できることが分かる。産業連関表では産業の部門分類は比較的同種の部門が近接して配列されているので、産業グループごとに特徴的な結果となっていることになる。プラスの固定効果を持つ産業グループは食品製造業、化学、窯業・土石製品、機械製品などである。逆にマイナスの固定効果を持つ産業グループは、農業、繊維、鉄鋼、金属、民生用電気機械、金融などである。固定効果は要因分解における各要因の変化で説明できない効果が産業ごとに対象期間を通じて潜在していることを示している。プラスの効果を持つ産業では、交絡項要因のベースとして、長期的に排出量の削減に寄与するような技術的背景が存在したと考えられる。逆に、プラスの効果を持つ産業では構造的に排出量の増加に働く要因があったと考えられる。一般に、産業連関分析における技術進歩の役割とはそれぞれの産業部門における投入産出比率に向上をもたらすもの(より厳密には付加価値を高めるもの)である。しかしながら、交絡項に関する本分析の結論は、一国全体のエネルギー利

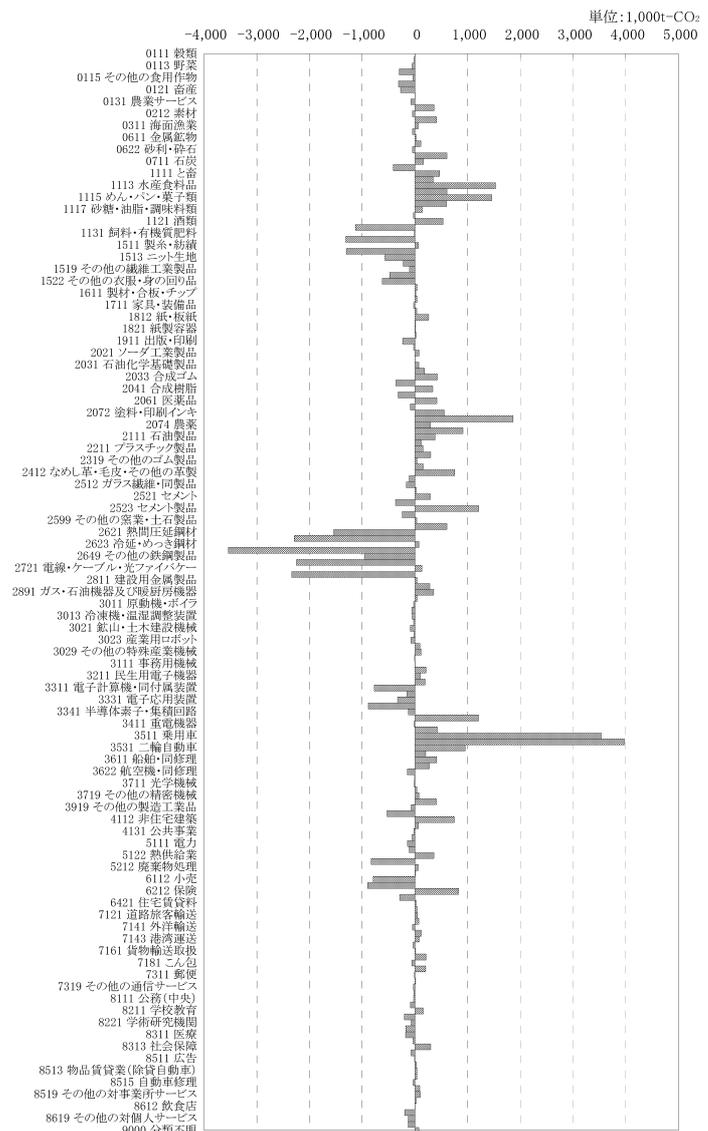


図3 交絡項に関するパネル分析：固定効果の大きさ

*2 ウェイト付き一般化最小二乗法の推計手続きと同じである。

用や排出構造の長期的な特性を形成する効果が個別の産業部門における技術進歩によってもたらされている可能性を示唆するものである。

4. まとめ

本論では独自に開発した時系列産業連関表の応用分析として我が国のCO₂排出量に関するSDAを行った。

SDAの結果から1985年～1999年までにおけるCO₂排出量の増加は主として最終需要水準の変化によって説明され、排出原単位に反映される燃料転換やエネルギー利用技術の変化などによる影響はごくわずかであることがわかった。また、産業構造の変化については、対象期間中、誘発度が低下していることから、中間需要部門におけるエネルギー消費を減少させ、CO₂排出量を抑制する方向で寄与していることがわかった。しかしながら、本分析結果の各期における変化の方向は一定ではなく、分析結果のどの時期の平均を用いるかによって要因の影響は大きく異なることになる。産業連関表を利用したSDAでは、変化を観測する時点と変化の対象年限をどのようにとるかによって評価結果が大きくかわることに留意しなければならない。

交絡項のパネル分析では産業部門ごとの固定効果を考慮した上で、経年的変化を要因ごとに説明する方法を試みた。固定効果には、産業グループを特徴付ける傾向が現れているが、変化量に関する推計のため、具体的な考察までには至らなかった。今後の課題としたい。

謝辞 本稿執筆にあたって貴重なコメントをいただきました査読者の方々に感謝いたします。

参考文献

- 1) Wier, M. ; "Sources of Changes in Emissions from Energy : A Structural Decomposition Analysis", *Economic Systems Research*, 10-2, (1998).
- 2) Chang, Y. F., et al ; "Structural decomposition of industrial CO₂ emission in Taiwan : an input-output approach", *Energy Policy*, 26, (1998), 5-12.
- 3) Lin, X. and Polenske, K ; 'Input-output anatomy of China's energy-demand change, 1981-1987', *Economic Systems Research*, 7, (1995), 67-84.
- 4) 黒田昌裕, 新保一成, 野村浩二, 小林信行 ; 「KEOデータベース-産出および資本・労働投入の測定-」 *Keio Economic Observatory Monograph Series*, 8, (1997).
- 5) 深尾京司他, 「産業別生産性と経済成長：1970-98年」 *経済分析*, 170, (2003).
- 6) IEA, "Energy Balanced Tables in OECD countries", *Beyond 2020 database*, (2001).
- 7) Herendeen, R. A. "The Energy Cost of Goods and Services", *Oak Ridge National Laboratory*, (1973).
- 8) 本藤裕樹, 外岡豊, 内山洋司 「産業連関表を用いた我が国の生産活動に伴う環境負荷の実態分析」 *電力中央研究所研究報告*, (1998).
- 9) 近藤美則, 森口祐一 「産業連関表による二酸化炭素排出原単位」 *国立環境研究所地球環境研究センター*, (1997).
- 10) 大平純彦, 庄田安豊, 木村富美子 ; 「産業廃棄物の産業連関分析」, *産業連関*, 8-2, (1998).
- 11) 中村慎一郎 ; 廃棄物処理と再資源化の産業連関分析, *廃棄物学会論文誌*, 11-2, (2000).
- 12) 沈中元 ; 「エネルギー需要の変動要因分析法-完全要因分析法と簡易法-」, *エネルギー経済*, 27-2, (2001).
- 13) 総務庁, 昭和60年産業連関表, 平成2年産業連関表, 平成7年産業連関表.
- 14) 総務庁, 昭和60年-平成2年-平成7年接続産業連関表.
- 15) 通商産業省, 経済産業省, 昭和61~平成11年延長産業連関表.

付表1 エネルギーバランス表とTSIOの部門分類対応表

エネルギーバランス表部門名	TSIO部門名	エネルギーバランス表部門名	TSIO部門名
事業用電力 (Public Electricity Plant)	5111 電力	製紙・パルプ・印刷(Pulp, Paper and Printing)	1811 パルプ
自家発電 (Autoproducer Electricity Plant)	5111 電力		1812 紙・板紙
熱供給 (Public Heat Plant)	5122 熱供給業		1813 加工紙
電気ボイラ (Electric Boilers)	5122 熱供給業		1821 紙製容器
混合燃料工場 (Patent Fuel Plants)	2121 石炭製品		1829 その他の紙加工品
コークス製造工場 (Coke Ovens)	2121 石炭製品		1911 出版・印刷
ガス製造工場 (Gas Works)	5121 都市ガス		4111 住宅建築
高炉 (Blast Furnaces)	2611 鉄鉄・粗鋼		4112 非住宅建築
石油化学産業 (Petrochemical Industry)	2031 石油化学基礎製品		4121 建設補修
製油所 (Petroleum Refineries)	2111 石油製品		4131 公共事業
チャコール製造工場 (Charcoal Production Plants)	0213 特用林産物(含狩猟業)	4132 その他の土木建設	
石炭採掘 (Coal Mines)	0711 石炭	1511 製糸・紡績	
石油・天然ガス採掘 (Oil and Gas Extraction)	0721 原油・天然ガス	1512 織物	
自家利用 (Own Use in Electricity and Heat Plants)	5111 電力	1513 ニット生地	
揚水発電所 (Pumped Storage)	5111 電力	1514 染色整理	
配分ロス (Distribution Losses)	5121 都市ガス	1519 その他の繊維工業製品	
鉄鋼(Iron)	2611 鉄鉄・粗鋼	1521 衣服	
	2621 熱間圧延鋼材	1522 その他の衣服・身の回り品	
	2622 鋼管	1529 その他の繊維既製品	
	2623 冷延・めっき鋼材	2411 革製履物	
	2631 鋳造品	2412 なめし革・毛皮・その他の革製品	
	2649 その他の鉄鋼製品	1711 家具・装備品	
	化学 (Chemical)	2011 化学肥料	2211 プラスチック製品
		2021 ソーダ工業製品	2311 タイヤ・チューブ
		2029 その他の無機化学基礎製品	2319 その他のゴム製品
		2031 石油化学基礎製品	3711 光学機械
2032 有機化学中間製品		3712 時計	
2033 合成ゴム		3719 その他の精密機械	
2039 その他の有機化学基礎製品		1611 製材・合板・チップ	
2041 合成樹脂		1619 その他の木製品	
2051 化学繊維		3911 玩具・運動用品	
2061 医薬品		3919 その他の製造工業品	
非鉄金属(Non-Ferrous Metals)	2071 石けん・界面活性剤・化粧品	国際航空輸送(International Civil Aviation)	7151 航空輸送
	2072 塗料・印刷インキ	国内航空輸送(Domestic Air Transport)	
	2073 写真感光材料	道路輸送(Road)	7121 道路旅客輸送
	2074 農薬		7122 道路貨物輸送
	2079 その他の化学最終製品	鉄道(Rail)	9121 家計消費支出
	2111 石油製品		7110 鉄道旅客・貨物輸送
	2711 非鉄金属精錬・精製	国内船舶輸送(Internal Navigation)	7142 沿海・内水面輸送
	2721 電線・ケーブル		7143 港湾運送
	2722 その他の非鉄金属製品	その他の輸送部門(Non-specified Transport)	7171 倉庫
	2511 板ガラス・安全ガラス		7181 こん包
非金属(Non-metallic mineral)	2512 ガラス繊維・同製品		7189 その他の運輸付帯サービス
	2519 その他のガラス製品	農業(Agriculture)	0111 穀類
	2521 セメント		0112 いも・豆類
	2522 生コンクリート		0113 野菜
	2523 セメント製品		0114 果実
	2531 陶磁器		0115 その他の食用作物
	2599 その他の窯業・土石製品		0116 非食用作物
	3511 乗用車		0121 畜産
	3521 トラック・バス・その他の自動車		0122 養蚕
	3531 二輪自動車		0131 農業サービス
3541 自動車部品・同付属品	0211 育林		
輸送機械(Transport Equipment)	3611 船舶・同修理	0212 素材	
	3621 鉄道車両・同修理	0213 特用林産物(含狩猟業)	
	3622 航空機・同修理	0311 海面漁業	
	3629 その他の輸送機械	0312 内水面漁業	
	2811 建設用金属製品	5211 水道	
	2812 建築用金属製品	5212 廃棄物処理	
	2891 ガス・石油機器及び暖房機器	6111 卸売	
	2899 その他の金属製品	6112 小売	
	3011 原動機・ボイラ	6211 金融	
	3012 運搬機械	6212 保険	
機械(Machinery)	3013 冷凍機・温湿調整装置	6411 不動産仲介及び賃貸	
	3019 その他の一般産業機械	6421 住宅賃貸料	
	3021 鉱山・土木建設機械	7161 貨物輸送取扱	
	3022 化学機械	7311 郵便	
	3023 産業用ロボット	7312 電気通信	
	3024 金属工作機械	7319 その他の通信サービス	
	3029 その他の特殊産業機械	7321 放送	
	3031 その他の一般機械器具及び部品	8111 公務(中央)	
	3111 事務用機械	8112 公務(地方)	
	3112 サービス用機器	8211 学校教育	
鉱業(Mining)	3211 民生用電子機器	8213 社会教育・その他の教育	
	3212 民生用電気機器	8221 学術研究機関	
	3311 電子計算機・同付属装置	8222 企業内研究開発	
	3321 通信機器	8311 医療	
	3331 電子応用装置	8312 保健衛生	
	3332 電気計測器	8313 社会保障	
	3341 半導体素子・集積回路	8411 その他の公共サービス	
	3359 電子部品	8511 広告	
	3411 重電機器	8512 調査・情報サービス	
	3421 その他の電気機器	8513 物品賃貸業(除貸自動車)	
食料品(Food and Tabacco)	0611 金属鉱物	8514 貸自動車業	
	0621 窯業原料鉱物	8515 自動車修理	
	0622 砂利・碎石	8516 機械修理	
	0629 その他の非金属鉱物	8519 その他の対事業所サービス	
	1111 と畜	8612 飲食店	
	1112 畜産食料品	8613 旅館・その他の宿泊所	
	1113 水産食料品	9110 家計外消費支出	
	1114 精穀・製粉	9121 家計消費支出	
	1115 めん・パン・菓子類	8611 娯楽サービス	
	1116 農産保存食料品	8619 その他の対個人サービス	
1117 砂糖・油脂・調味料類	9000 分類不明		
1119 その他の食料品	7141 外洋輸送		
1121 酒類			
1129 その他の飲料			
1131 飼料・有機質肥料			
1141 たばこ			