

# 地域産業連関表を用いた二酸化炭素排出構造の分析\*

*An Analysis of Carbon Dioxide Emission in Japanese Regions Using Regional Input-Output Table\**

永禮拓也\*\*，阿部宏史\*\*\*，谷口守\*\*\*，高岡昇平\*\*\*\*

*Takuya NAGARE\*\*，Hirofumi ABE\*\*\*，Mamoru TANIGUCHI\*\*\* and Shohei TAKAOKA\*\*\*\**

## 1. はじめに

日本政府は、2002年3月に新たな地球温暖化対策推進大綱を制定するとともに、同年6月に京都議定書を批准し、地球温暖化防止への対策を開始した。ここで、平成14年度版・環境統計集<sup>1)</sup>に基づいて、2000年度の日本国内における地球温暖化ガス排出量状況(地球温暖化係数(GWP)を用いたCO<sub>2</sub>換算値)で見ると、国内総排出量1,331.6百万トンのうち、93%に当たる1,237.1百万トンを二酸化炭素が占めており、地球温暖化防止に向けては、二酸化炭素の排出削減が最も大きな課題と言える。

地球温暖化は、現代の経済社会が抱える構造的な環境問題であり、効果的な対策の立案に向けては、国内の各地域における経済循環構造と温暖化ガス排出との関係を的確に捉え、モデル化することが必要である。そして、この目的のためには、国全体あるいは地域全体で財貨及びサービスの流れを総合的に把握できる産業連関表の利用が有効と考えられる。

産業連関表データに基づいて二酸化炭素排出量を推定する試みは、慶応大学産業研究所<sup>2)</sup>や国立環境研究所・京都大学大学院エネルギー科学研究科<sup>3)4)</sup>、電力中央研究所<sup>5)</sup>などによって研究が進められており、国立環境研究所の推計結果は二酸化炭素排出原単位、及び環境負荷原単位として一般に公開されている。また、これらの機関を中心として、わが国における二酸化炭素排出構造の分析や諸外国との比較、LCAを始めとする実証研究<sup>6)7)8)</sup>が試みられてきた。

しかし、既往研究は、わが国全体を対象とした二

酸化炭素排出構造の分析や二酸化炭素排出の国際比較に関する事例であり、国内の各地域を対象とした地域経済と二酸化炭素排出の関連については十分な研究が行われていない。

そこで、本研究では、経済産業省が5年毎に作成している全国9地域別の産業連関表と国立環境研究所による二酸化炭素排出原単位を利用して、全国8地域(沖縄県を除く)の二酸化炭素排出構造を時系列的に分析し、今後の地球温暖化防止に向けた地域経済の課題を検討する。

## 2. 使用データ

本研究の基礎データは、経済産業省が1965年から5年毎に作成している全国9地域の産業連関表であり、「昭和55-60-平成2年地域内接続表」を用いる。表1に地域産業連関表における地域の定義、表2に研究で使用する産業31部門の内容を示す。

産業連関表の取引額から二酸化炭素排出量を推計する際には、国立環境研究所による二酸化炭素排出原単位を用いる。このデータは、1975~90年の全国産業連関表に基づいて推定した、生産者価格基準の部門別CO<sub>2</sub>排出原単位(「CO<sub>2</sub>排出強度」と呼ぶ)と購入者価格基準で見た排出強度の2種類で構成され、1975~90年の5年毎のデータが公表されている。

国立環境研究所によるCO<sub>2</sub>排出原単位の推定では、CO<sub>2</sub>の排出源を化石燃料(石炭系、石油系、天然ガス等)と石灰石とし、産業連関表の第*i*部門からの直接排出量  $c_i$  を推計した上で、部門*i*の国内生産額  $X_i$  で除し、単位生産額当たりの炭素排出量(「直接排出強度」と呼ぶ)  $d_i$  を求める。そして、全国産業連関表から求めた  $[I - (I-M)A]^{-1}$  型の逆行列( $M$ は輸入係数行列、 $A$ は投入係数行列)に直接排出強度  $d_i$  を乗じ、波及先の全部門について合計することにより、部門*j*

\*キーワード：地域環境問題，環境計画，地域産業連関分析  
\*\*学生員，岡山大学大学院自然科学研究科，\*\*\*\*(株)上組  
\*\*\*正員，工博，岡山大学環境理工学部環境デザイン工学科  
〒700-8530 岡山市津島中3-1-1

Tel.086-251-8849, Fax.086-251-8866

E-mail: abe1@cc.okayama-u.ac.jp (1=one)

の最終需要 1 単位のために国内で直接・間接に排出される CO<sub>2</sub> 量(「総排出強度」と呼ぶ)を求めている。

### 3. 分析方法

#### (1) 地域産業連関モデル

本研究の分析で使用する産業連関モデルは「競争移入型地域内産業連関モデル」であり、第  $i$  財の地域内の需要合計(中間需要 + 地域内最終需要)に占める輸入財及び移入財の割合を、当該財の地域内需要のどの項目においても一定であると仮定する。

ここで、第  $i$  財について、地域内需要の合計に占める輸入財の比率を輸入係数  $m_i$ 、移入財の比率を移入係数  $n_i$  とし、これらを要素とする輸入係数行列を  $\hat{M}$ 、移入係数行列を  $\hat{N}$  とすれば、地域内産業連関表の行バランス式は式(1)で表される。

$$\begin{aligned} X &= AX + Fd + E + Ec - M - N \\ &= AX + Fd + E - \hat{M}(AX + Fd) - \hat{N}(AX + Fd) \end{aligned} \quad (1)$$

ただし、 $X$  は当該地域における産業の生産高列ベクトル、 $A$  は投入係数行列、 $Fd$  は地域内最終需要列ベクトル、 $E$  は輸出列ベクトル、 $Ec$  は移出列ベクトルである。これを  $X$  について解くと、式(2)に示す競争輸入・競争移入型産業連関モデルを得る。

$$X = \{I - (I - \hat{M})A\}^{-1} \{(I - \hat{M})Fd + E\} \quad (2)$$

上式の逆行列  $B = [I - (I - \hat{M} - \hat{N})A]^{-1}$  (レオンチェフ逆行列)の要素  $b_{ij}$  は、部門  $j$  に 1 単位の需要が発生した場合に、部門  $i$  に誘発される生産額を表しており、レオンチェフの逆行列に基づいて、当該地域内での生産誘発構造を分析することができる。

また、レオンチェフの逆行列に、先述の CO<sub>2</sub> 直接排出強度  $d$  を乗じると、当該地域の CO<sub>2</sub> 排出構造を表す行列  $B'$  が得られる。

$$B' = d \times B \quad (3)$$

#### (2) CO<sub>2</sub> 排出構造の分析方法

##### 影響力係数

式(3)に示す行列の第  $j$  列は、産業部門  $j$  の最終需要 1 単位を得るために、各部門から排出される CO<sub>2</sub> 量を表す。従って第  $j$  列の列和は、部門  $j$  の最終需要 1 単位が、地域の CO<sub>2</sub> 排出量に及ぼす影響力を

表 1 地域産業連関表における 8 地域区分の定義

8 地域	46 都道府県
北海道	北海道
東北	青森, 岩手, 宮城, 秋田, 山形, 福島
関東	茨城, 栃木, 群馬, 埼玉, 千葉, 東京, 神奈川, 新潟, 山梨, 長野, 静岡
中部	愛知, 岐阜, 三重, 富山, 石川
近畿	福井, 滋賀, 京都, 大阪, 兵庫, 奈良, 和歌山
中国	鳥取, 島根, 岡山, 広島, 山口
四国	徳島, 香川, 愛媛, 高知
九州	福岡, 佐賀, 長崎, 熊本, 大分, 宮崎, 鹿児島

表 2 産業 31 部門の設定

産業部門	産業部門	産業部門
1 農林水産業	11 石油・石炭製品	21 その他の製造業
2 鉱業	12 窯業・土石製品	22 建築
3 食料品	13 鉄鋼製品	23 土木
4 繊維製品	14 非鉄金属製品	24 電力
5 製材・木製品・家具	15 金属製品	25 ガス・水道・熱供給
6 パルプ・紙・加工品	16 一般機械	26 商業
7 印刷・出版	17 その他の機械製品	27 金融・保険・不動産
8 皮革・同製品	18 自動車	28 サービス
9 ゴム・プラスチック製品	19 その他の輸送機械	29 公務
10 化学工業製品	20 精密機械	30 運輸
		31 その他

表す。影響力係数  $d_j$  は式(4)で定義され、係数値が 1 より大きい場合は、当該産業部門が地域内における全産業部門の平均よりも大きい CO<sub>2</sub> 排出をもたらすことを示す。

$$d_j = \frac{\sum_{i=1}^n b'_{ij}}{\{(\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^n b'_{ij})/n\}} \quad (4)$$

##### CO<sub>2</sub> 誘発係数

CO<sub>2</sub> 誘発係数  $C^k$  は、産業連関分析で用いられる生産誘発係数に、CO<sub>2</sub> 排出原単位を加味して再定義したものであり、ある最終需要項目  $k$  の合計値に対する CO<sub>2</sub> 排出量を表す。

$$C^k = B' \times Fd^k / \sum_{i=1}^n Fd_i^k \quad (5)$$

上記の係数値を、地域内消費、地域内投資、移出、輸出の項目別に算出すれば、CO<sub>2</sub> 排出に対する最終需要項目の影響力を明らかにすることができる。

##### CO<sub>2</sub> 誘発係数の経年的変動に対する寄与度

年次  $t$  における CO<sub>2</sub> 誘発係数は、式(6)で与えられ、その大きさは、投入係数  $A$ 、輸入係数  $M$ 、移入係数  $N$ 、地域内消費需要  $Fd$ 、輸出需要  $E$ 、移出需要  $Ec$ 、直接排出強度  $d$  の各要因で決定される。

そこで、年次  $t$  と  $t + 1$  の間でこれらの要因値を入れ替え、CO<sub>2</sub> 誘発量の変動を求めることにより、上記 7 要因が CO<sub>2</sub> 排出の経年変動に及ぼした影響の大きさ(「寄与度」と呼ぶ)を推計することができる。

$$C = d \times [I - (I - \hat{M} - \hat{N})A]^{-1} \times F / \sum_{i=1}^n F_i \quad (6)$$

#### 4. 分析結果と考察

##### (1) CO<sub>2</sub> 排出量の推移

図1に、全国における産業31部門のCO<sub>2</sub>総排出強度の平均値と、全国のCO<sub>2</sub>総排出量の推移を示す。

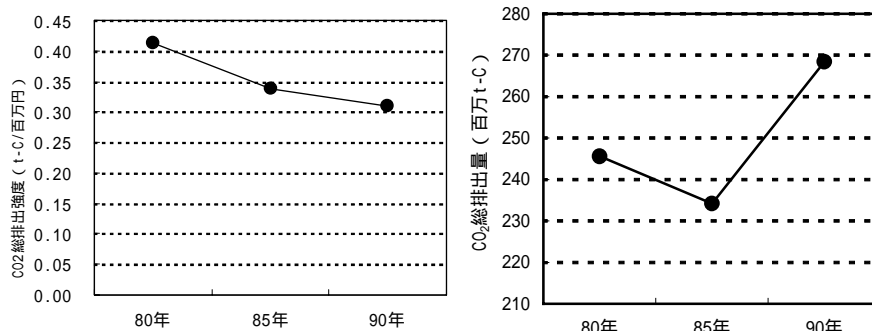


図1 CO<sub>2</sub>排出原単位と(左)とCO<sub>2</sub>総排出量の推移

1980~85年の間は、CO<sub>2</sub>の排出原単位、直接排出量ともに減少しているが、1985~90年は排出原単位が減少する一方で、直接排出量が増加に転じており、わが国全体ではCO<sub>2</sub>排出が増加傾向を示している。

##### (2) 影響力係数の分析結果

図2は、1980, 85, 90年の3時点について、産業31部門別に影響力係数を求め、8地域平均値をグラフに表示した結果である。3で述べたように、係数値が1以上の部門は、CO<sub>2</sub>排出に対する影響が大きい部門と判断することができる。図より、パルプ・紙・加工品、化学工業製品、石油・石炭製品、窯業・土石製品、鉄鋼製品、非鉄金属製品等の素材型を中心とする製造業、電力、運輸の各部門において、CO<sub>2</sub>排出誘発への影響力が大きくなっている。これらは自らの生産活動において化石燃料を多く消費する部門であり、CO<sub>2</sub>排出への影響が大きく現れたと考えられる。

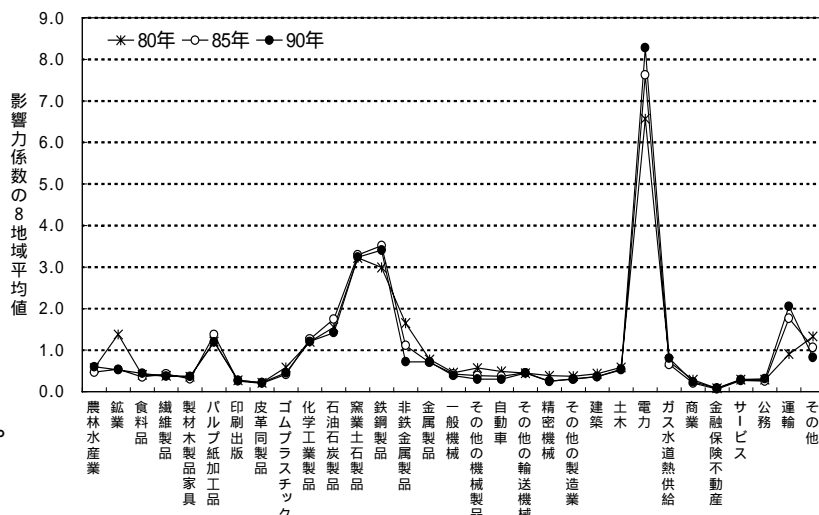


図2 31部門別影響力係数の推移(8地域平均値)

また、経年的には、電力と運輸の2部門で影響力係数が増大する一方で、製造業部門では減少傾向が見られ、CO<sub>2</sub>排出に強い影響を及ぼす産業部門が、製造業から電力及び運輸にシフトしている。

これは、地域内需用よりも、工業製品の輸出需要にウエイトを置いた日本の産業構造を反映したものと思われる。また、素材型産業部門に特化した中国や九州は、この傾向が特に強い。

一方、関東、近畿、中部の大都市地域は、それ以外の地方圏に比べると、輸出、移出に起因するCO<sub>2</sub>誘発係数が小さい。これは、業務・サービス業への特化や、国内経済の中心として、他の地域にCO<sub>2</sub>誘発する経済構造によるものと考えられる。

##### (3) CO<sub>2</sub> 排出誘発係数の分析結果

図3は、全国8地域のそれぞれについて、地域内の消費、投資、輸出、移出の各項目別に、CO<sub>2</sub>誘発係数の推移をまとめた結果である。この係数値は、各最終需要項目に対する1単位の需要増加が地域内に誘発するCO<sub>2</sub>排出量を表し、上記4項目の地域内CO<sub>2</sub>排出に対する影響力と解釈できる。

分析結果より、最終需要によるCO<sub>2</sub>誘発には、消費と投資といった地域内の需要要因よりも、移出、輸出で表される地域外需要要因の影響が大きい。

##### (4) CO<sub>2</sub> 誘発係数の変動に対する寄与度の分析結果

図4は、1980~85年と1985~90年の2期間について、CO<sub>2</sub>誘発係数の変動に対する寄与度を、7要因のそれぞれについて求めた結果である。グラフ中では、各要因の寄与度が正の値を示した場合、その要因はCO<sub>2</sub>排出削減に寄与したことを示している。

2つの期間を比較すると、1980~85年では、8地域ともに最終需要当たりのCO<sub>2</sub>排出削減量が大きく、省資源・省エネルギーが進展したことが分かる。しかし、1985~90年は、前期間に比べて排出削減量が大きく減少している。ただし、1985~90年において

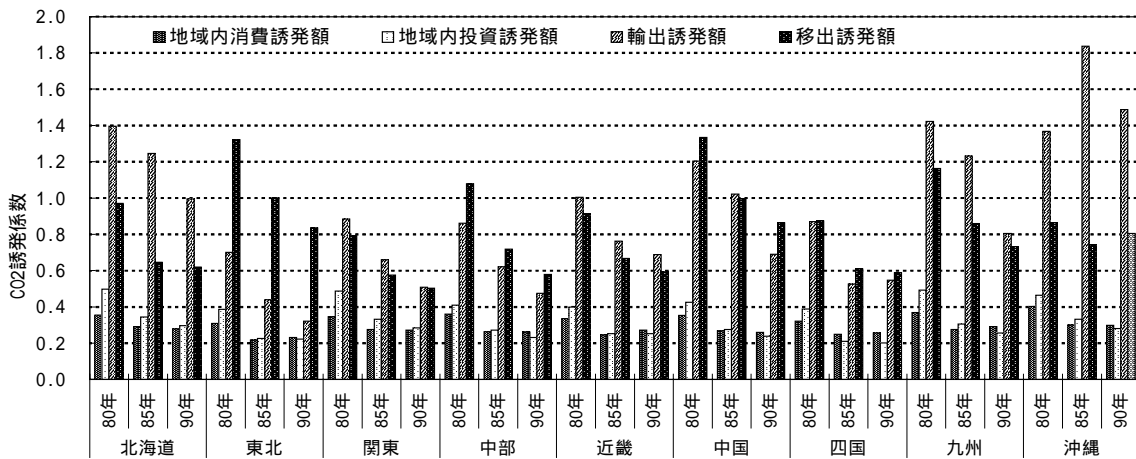


図3 8地域における要因別CO<sub>2</sub>誘発係数の推移

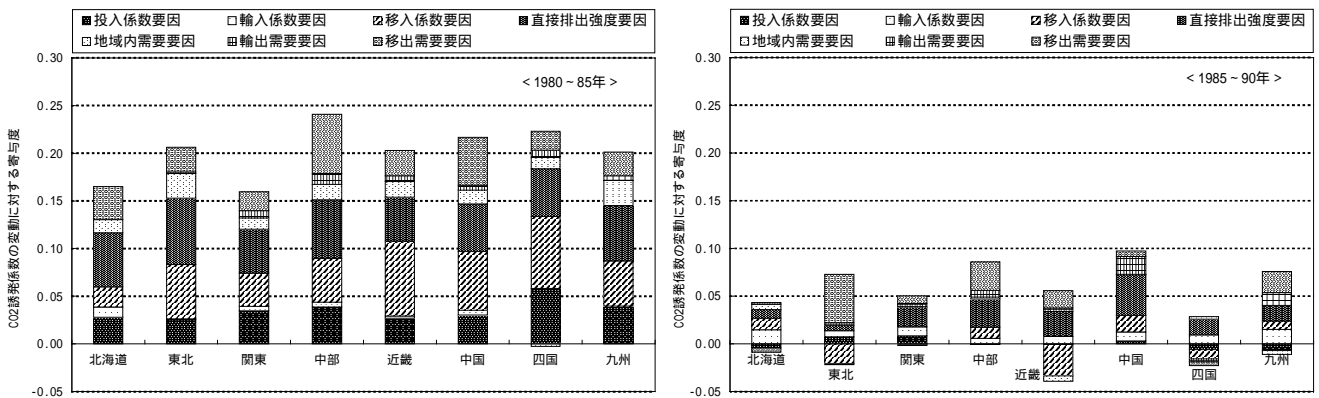


図4 CO<sub>2</sub>排出係数の経年変動に対する寄与度（左：1980～85年，右：1985～90年）

も、寄与度の合計はプラスであることから、CO<sub>2</sub>排出の削減傾向は継続していると思われる。

各期間の変動を要因別に見ると、1980～1985年は、どの地域においても、CO<sub>2</sub>直接排出強度や投入係数に関する寄与度が大きく、第二次石油危機後にエネルギー転換や省資源・省エネルギーが進んだ様子が見える。1985～1990年は、関東、中部、近畿、中国の各地域において、直接排出強度の減少による排出削減への寄与、並びに東北で移出需要の減少による寄与等が見られる。前者は鉄鋼製品部門等の素材型製造業部門におけるCO<sub>2</sub>排出強度の減少、後者は移出に占める電力部門の割合の減少に起因している。

## 5. まとめ

本研究の分析結果より、わが国の各地域では、第二次石油危機後の1980～85年の間に、エネルギー転換や省資源・省エネルギーの進展に伴ってCO<sub>2</sub>の排出削減が進んだが、バブル期の1985～90年は総排出量が増加に転じたことが明らかになった。しかし、CO<sub>2</sub>誘発係数の変動に関する寄与度の分析結果に示

されたように、1985～90年にかけてCO<sub>2</sub>排出構造自体は削減方向に進んだことから、総排出量の増加は、バブル期の需要増加に起因すると考えられる。

今後の課題としては、地域間産業連関表を利用したCO<sub>2</sub>排出の地域間依存構造の分析等が考えられる。

最後に、二酸化炭素排出原単位のデータを提供していただいた国立環境研究所に謝意を表します。

## <参考文献>

- 1) 環境省総合環境政策局：平成14年版・環境統計集，ぎょうせい，pp.316-17，2002年。
- 2) 朝倉・早見・溝下・中村・中野・篠崎・美貴・鷲津・吉岡：環境分析用産業連関表，慶應義塾大学出版会，2001年。
- 3) 国立環境研究所・地球環境研究センター：産業連関表による二酸化炭素排出原単位，1997年。
- 4) 南齋・森口・東野：産業連関表による環境負荷原単位データブック(3EID) LCAのインベントリデータとして，国立環境研究所・地球環境研究センター，2002年。
- 5) 本藤・森泉・外岡：産業連関表(1995年表)部門別直接エネルギー消費量および直接CO<sub>2</sub>排出量の推計，電力中央研究所研究調査資料，Y01908，2001年。
- 6) 菅：家計消費によるエネルギー消費・CO<sub>2</sub>排出の分析，産業連関 イノベーション&I-Oテクニク，Vol.7，No.2，pp.21-31，1997年。
- 7) 川島・内山・伊東：産業連関表を用いた我が国における民生用耐久消費財の生産に伴うエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の時系列推計，産業連関 イノベーション&I-Oテクニク，Vol.9，No.3，pp.16-29，2000年。