

# 全国9地域間産業連関表による二酸化炭素排出削減策のシミュレーション分析\*

## An Application of Interregional Input-Output Model to the Analysis of the Reduction of Carbon Dioxide Emission in Japanese Regions\*

新家誠憲\*\*・阿部宏史\*\*・永禮拓也\*\*\*

By Tomonori SHINKE\*\*・Hirofumi ABE\*\*・Takuya NAGARE\*\*\*

### 1. はじめに

2005年2月の京都議定書発効により，わが国は2008年～2012年の約束期間において，1990年比6%の温室効果ガス削減を義務づけられることとなった。

地球温暖化は，資源・エネルギーの大量消費を基礎とする現代の経済社会システムに起因する構造的な環境問題であり，効果的な対策の立案と実施に向けては，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レベル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。

著者らは，これまで，全国9地域の産業連関表と国立環境研究所・京都大学大学院エネルギー科学研究科が推計した二酸化炭素排出量データ<sup>1)2)</sup>を用いて，地域経済構造と二酸化炭素排出量との関連を分析し，「バブル経済期以後の二酸化炭素排出量増大には最終需要の増加が大きく影響していること」，「国内地域レベルの二酸化炭素排出変動では地域間取引の影響が大きいこと」などを明らかにした<sup>3)4)</sup>。

本研究では，地域間取引の影響をより詳細に捉えるため，全国9地域間産業連関表を用いた二酸化炭素排出分析モデルを構築する。また，二酸化炭素排出削減策のうち，最終需要構造の改善に着目し，地域間産業連関モデルによる政策シミュレーション分析を通じて，京都議定書で取り決められた1990年比6%削減の目標を達成するための政策課題を分析する。

\*キーワード：地球環境問題，地域計画，計画基礎論

\*\*学生員，工修，岡山大学大学院環境学研究所博士後期課程

\*\*\*正員，工博，岡山大学大学院環境学研究所

〒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

\*\*\*工修，新協技術コンサルタント(株)

表1 地域間産業連関表における9地域の設定

9地域	47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
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
沖縄	沖縄

表2 地域間産業連関表における産業45部門の設定

産業45部門		産業45部門	
1 農業	24 その他の電気機械	25 自動車	26 その他の輸送用機械
2 林業	27 精密機械	28 その他の製造業	29 建築・建設補修
3 漁業	30 土木	31 電力	32 ガス・熱供給
4 鉱業	33 水道・廃棄物処理	34 商業	35 金融・保険
5 食料品・タバコ	36 不動産	37 運輸	38 通信・放送
6 繊維製品	39 公務	40 教育・研究	41 医療・保険・社会保障
7 製材・木製品	42 その他の公共サービス	43 対事業所サービス	44 対個人サービス
8 家具・装備品	43 対事業所サービス	44 対個人サービス	45 その他
9 パルプ・紙・紙加工品	44 対個人サービス	45 その他	
10 出版・印刷			
11 化学製品			
12 石油・石炭製品			
13 プラスチック製品			
14 ゴム製品			
15 皮革・同製品			
16 窯業・土石製品			
17 鉄鋼製品			
18 非鉄金属製品			
19 金属製品			
20 一般機械			
21 事務用・サービス用機械			
22 民生用電気機械			
23 電子・通信機械			

### 2. 分析モデル

#### (1) 地域間産業連関表データ

本研究で，使用する産業連関表データは，経済産業省が5年毎に公表している全国9地域間産業連関表であり，1985年，90年，95年の3時点データを使用する。産業連関表における地域区分を表1に示す。

なお，地域産業連関表は，各時点の名目値で表記されており，時系列の分析を行う際には，分析時点間での貨幣価値の統一が必要となる。本研究では，1985-1990-1995年の接続産業連関表(全国表)を利用して，各時点の名目値を1995年の実質値に統一した。

産業部門の分類は、1985年、90年、95年の地域間産業連関表データに共通する分類として、表2の45部門を設定した。

## (2) 二酸化炭素排出量データ

二酸化炭素排出量は、第1章で述べた国立環境研究所・京都大学大学院エネルギー科学研究科による推定値を利用する。このデータは、1975年～95年の5年毎5時点を対象とし、全国産業連関表に基づいて、各部門のエネルギー消費、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)、窒素酸化物(NO<sub>x</sub>)、硫黄酸化物(SO<sub>x</sub>)、浮遊粒子状物質(SPM)の排出に関わる原単位を、生産者価格と購入者価格のそれぞれについて推定したものである。本研究では、これらのうち、生産者価格に基づく二酸化炭素直接排出量に関するデータを使用する。

## (3) 地域間産業連関モデル<sup>5)</sup>

本研究では、「競争輸入型地域間産業連関モデル」を用いて国内地域の二酸化炭素排出構造を分析する。

まず、地域  $s$  の第  $i$  財の輸入  $M_i^s$  が、地域  $s$  の第  $i$  財に対する地域内需要の合計に比例すると仮定した上で、第  $i$  財の輸入係数  $m_i^s$  を、式(1)のように定義する。

$$m_i^s = \frac{M_i^s}{\sum_{j=1}^n a_{ij}^{rs} X_j^s + Fd_i^{rs}} \quad (1)$$

次に、各財貨・サービスの輸入係数を対角要素に置いた輸入係数行列  $\hat{M}^s$  を作成し、 $\hat{M}^s$  を対角要素に配置した式(2)の輸入係数行列  $\hat{M}$  を作成する。

ここでは、簡単のため、2地域を対象とする定式化を示す。

$$\hat{M}^s = \begin{bmatrix} m_1^s & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & m_n^s \end{bmatrix}, \quad \hat{M} = \begin{bmatrix} \hat{M}^1 & 0 \\ 0 & \hat{M}^2 \end{bmatrix} \quad (2)$$

式(2)を用いて輸入係数行列を変換すると、式(3)のようになる。

$$M = \begin{bmatrix} M^1 \\ M^2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \hat{M}^1 & 0 \\ 0 & \hat{M}^2 \end{bmatrix} \left\{ \begin{bmatrix} A^{11} & 0 \\ 0 & A^{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X^1 \\ X^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} Fd^{11} \\ Fd^{22} \end{bmatrix} \right\} \quad (3)$$

ここで、式(3)における0は、 $n \times n$ のゼロ行列を表す。また、投入係数行列及び地域内最終需要列ベクトルを、式(4)のように変換する。

$$A^* = \begin{bmatrix} A^{11} & 0 \\ 0 & A^{22} \end{bmatrix}, \quad Fd^* = \begin{bmatrix} Fd^{11} \\ Fd^{22} \end{bmatrix} \quad (4)$$

式(4)を用いて式(3)を行列表示すると、

$$M = \hat{M}(A^*X + Fd^*) \quad (5)$$

式(5)を用いて、行バランス式を表示すれば、

$$X = AX + Fd + E - \hat{M}(A^*X + Fd^*) \quad (6)$$

式(6)を  $X$  について解けば、式(7)の「非競争移入・競争輸入型地域間産業連関モデル」を得る。

$$X = (I - A + \hat{M}A^*)^{-1}(Fd + E - \hat{M}Fd^*) \quad (7)$$

(7)

さらに、以上の地域間産業連関モデルを二酸化炭素排出構造分析に応用するために、式(8)の「二酸化炭素排出係数」を定義する。

$$d_j = \frac{D_j}{X_j} \quad (8)$$

次に、二酸化炭素排出係数行ベクトルを、式(9)のように定義する。ただし、 $k$ は地域、 $r$ は対象地域数である。

$$d = [d^1 \quad \dots \quad d^k \quad \dots \quad d^r] \quad (9)$$

ここで、 $d^k = [d_1 \quad \dots \quad d_j \quad \dots \quad d_n]$  である

なお、本研究では、国立環境研究所による二酸化炭素排出量データの制約から、各地域の産業部門に対して、全国表から得られる排出係数を使用するため、 $d^k$  は地域にかかわらず同一値と仮定する。

この行ベクトルを式(7)の左から乗じると、式(10)に示す二酸化炭素排出分析用の地域間産業連関モデルが得られる。

$$Y = d(I - A + \hat{M}A^*)^{-1}F \quad (10)$$

## 3. 二酸化炭素排出削減のシミュレーション分析

### (1) 分析シナリオの設定

産業連関表の構造に基づいて二酸化炭素排出削減策を考えると、需要面からの対策は、中間需要面と最終需要面の2つの内容に分けられる。このうち、

中間需要については、費用構造の改善、すなわち省資源・省エネルギーの推進等による化石燃料の消費量削減、そして新エネルギーの開発による化石燃料以外のエネルギー資源への移行などがある。一方、最終需要面の対策としては、エネルギーマネジメントの推進による省エネ化の促進、環境税の導入による消費や投資の抑制などが考えられる。

本研究では、参考文献に掲げたこれまでの実証分析結果<sup>3)4)</sup>から、以下の点に着目する。

- ・1985年の二酸化炭素排出量は1990年比で約12%少ない。
- ・1985年から1990年及び1995年にかけての二酸化炭素排出量増加は、主に最終需要の増加に起因するものであった。
- ・1985年から1990年にかけては、省資源・省エネルギーの進展により、産業構造が二酸化炭素排出量削減に寄与した。

以上のように、わが国における二酸化炭素排出量の増加には最終需要が大きく影響していることから、本研究では最終需要面からの対策を取り上げ、1995年時点の最終需要量を抑えることで二酸化炭素の排出誘発量を削減するという政策シナリオを設定する。そして、この施策の効果や地域経済への影響を産業連関モデルによって定量的に分析する。

また、二酸化炭素排出削減量に関しては、京都議定書に盛り込まれている「1990年の排出量に対して6%削減」の目標水準を施策評価の基準とし、具体的な最終需要削減水準として、京都議定書の目標値を達成していた1985年時点を考える。

分析シナリオは、以下の4ケースである。

全ての最終需要を1985年の水準に戻す。

表3に示す1995年時点で二酸化炭素排出誘発量の大きい「電力」、「運輸」、「土木」、「建築・建築補修」、「個人サービス」、「医療・保険・社会保障」の6部門の最終需要を削減する。

消費におけるエネルギーマネジメントの促進を想定し、資源・エネルギー供給部門である「石油・石炭製品」、「電力」、「ガス・熱供給」、「水道・廃棄物処理」の4部門について最終需要を削減する。

産業部門別に、最終需要額を1995年水準から1985年の水準に下げた場合の二酸化炭素排出誘

発量と生産減少額を計算し、削減効率の高い部

表3 二酸化炭素排出誘発量構成比の上位15部門（1995年）

部門番号	部門名	排出誘発量 万t-C	排出誘発量 構成比
37	運輸(含倉庫)	3,405	11.3%
31	電力	2,990	9.9%
30	公共事業	2,799	9.3%
29	建築・建設補修	2,511	8.3%
44	対個人サービス	2,216	7.3%
41	医療・保険・社会保障	1,788	5.9%
5	食料品・タバコ	1,566	5.2%
34	商業	1,449	4.8%
20	一般機械	1,364	4.5%
25	自動車	1,293	4.3%
39	公務	913	3.0%
11	化学製品	824	2.7%
23	電子・通信機械	786	2.6%
40	教育・研究	712	2.4%
33	水道・廃棄物処理	538	1.8%

表4 各部門の最終需要削減に伴う二酸化炭素排出削減量と削減効率（削減効率の上位15部門，1995年）

部門番号	部門名	二酸化炭素 排出削減量 (万t-C)	生産額 変動 (百億円)	二酸化炭素 削減効率 (t-C/百万円)
31	電力	1171.2	299.3	3.91
37	運輸(含倉庫)	776.0	689.0	1.13
12	石油・石炭製品	210.5	202.8	1.04
33	水道・廃棄物処理	54.2	53.7	1.01
11	化学製品	338.8	506.6	0.67
9	パルプ・紙・紙加工品	39.6	64.2	0.62
18	非鉄金属製品	7.7	15.6	0.49
30	公共事業	1062.7	2745.2	0.39
20	一般機械	162.4	440.8	0.37
13	プラスチック製品	24.4	67.7	0.36
32	ガス・熱供給	20.7	64.0	0.32
2	林業	15.0	47.4	0.32
29	建築・建設補修	340.9	1115.2	0.31
41	医療・保険・社会保障	559.0	1905.4	0.29
5	食料品・タバコ	136.2	481.8	0.28

門から、最終需要額を1985年水準に下げる。表4に、上位15部門の削減効率の計算結果を示す。

## (2) シミュレーション分析結果

表5は、全国に対する1985、90、95年の二酸化炭素排出量と生産額の実績値、並びにシミュレーション分析結果に基づく各ケースの二酸化炭素排出量と生産額である。また、環境効率性の指標として、単位生産額当たりの二酸化炭素排出量を求めた。さらに、図1は、表5の結果をグラフ化したものである。

表5の分析結果より、シナリオは二酸化炭素排出削減量が最も大きい、生産額の減少も大きく、環境効率性は1995年実績値を下回っている。

シナリオは、二酸化炭素排出量が1990年時点よりも増加しており、全国生産額も1995年時点に比べて減少している。これは、最終需要の削減対象とした6部門のうち、「電力」以外の部門では、大きな削減効果が見込めないことに起因している。

シナリオ とシナリオ は、京都議定書で要求されている1990年比6%削減の基準をほぼ満足しており、環境効率性も高い。従って、最終需要構造の改善による二酸化炭素排出削減策を考える際には、経済活動の中で間接的に排出される二酸化炭素量、すなわち誘発量を考慮することが重要と言える。

しかし、シナリオ とシナリオ においても、1995年の全国生産額に比べると、それぞれ8.9%及び6.8%の減少を示しており、経済成長への影響が避けられない結果となっている。

図 2 と図 3 は、環境効率性が最も高いシナリオ について、産業部門別の二酸化炭素排出削減効果と地域別の削減効果をまとめたグラフである。

図 2 より、シナリオ では「電力」、「土木」、「運輸」の 3 部門が削減の中心となっており、土木については、生産額減少への影響が大きい。また、図 3 で地域別の影響を見ると、関東、中部、近畿の大都市地域で排出削減への寄与よりも生産額減少への寄与の方が大きくなっており、逆にそれ以外の地域では排出削減への寄与の方が相対的に大きい。これは、大都市では第 3 次産業を始めとする直接的な二酸化炭素排出が少ない産業の集積が大きいいため、これらの部門に対する需要減少が地方圏よりも大きくなり、相対的に生産額の減少が大きくなったと考えられる。

#### 4. まとめ

本研究の分析結果より、最終需要構造の改善による二酸化炭素排出削減策を考える際には、経済波及効果と環境効率性を考慮することが重要であることが明らかになった。しかし、経済成長率低下への影響は避けられないため、政策シナリオとして、産業構造の転換や生産技術の改善による二酸化炭素排出削減を考えていくことも必要と思われる。

#### 参考文献

- 1) 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。
- 2) 南齋規介・森口祐一・東野達：産業連関表によるCO<sub>2</sub>排出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。
- 3) 阿部宏史・谷口守・高岡昇平：地域間産業連関表に基づく二酸化炭素排出構造の分析，地域学研究，第 33 卷，

表 5 シミュレーション分析による生産額および二酸化炭素排出量の予測結果

分析ケース	全国生産額 兆円	二酸化炭素 排出量 百万t-C	環境効率性 百万t-C/兆円	二酸化炭素	全国生産額	
				排出削減量	の変動	
				1990年比	1995年比	
実績値	1985年	685.6	234.2	0.342	-	-
	1990年	875.7	275.6	0.315	-	-
	1995年	928.3	302.0	0.325	-	-
予測値	シナリオ	685.3	232.0	0.339	-15.8%	-26.2%
	シナリオ	845.7	259.0	0.306	-6.0%	-8.9%
	シナリオ	922.1	287.4	0.312	4.3%	-0.7%
	シナリオ	865.2	259.7	0.300	-5.8%	-6.8%

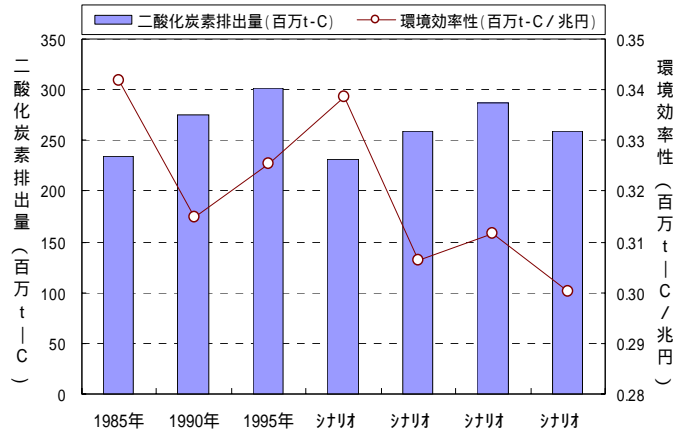


図 1 各政策シナリオによる二酸化炭素排出削減効果

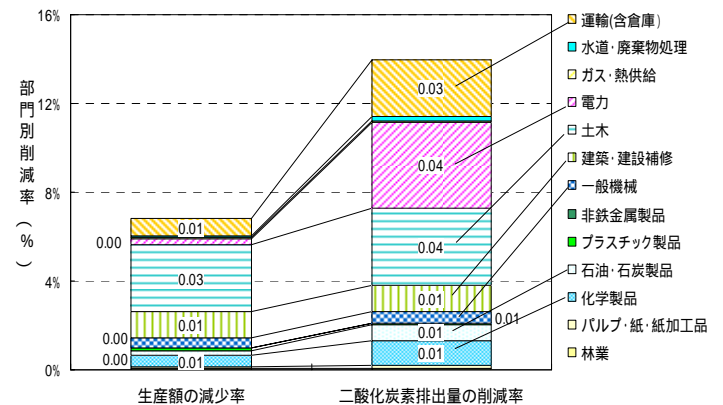


図 2 シナリオ による産業部門別の効果比較

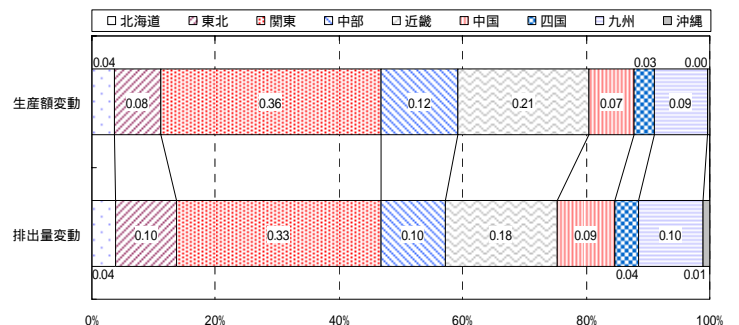


図 3 シナリオ による地域別の効果比較  
(全国変動量の地域構成比)

第 3 号，pp.1-21，2004 年。

4) 阿部宏史・谷口守・永禮拓也・新家誠憲：地域産業連関表に基づく二酸化炭素排出変動の要因分析，地域学研究，第 34 卷，第 1 号，pp.1-24，2004 年。

5) 土居英二・浅利一郎・中野親徳：はじめよう地域産業連関分析，日本評論社，1996 年。