

地域産業連関分析による循環型社会形成の課題分析*

A Regional Input-Output Model for the Analysis of Issues on the Recycling-based Society*

阿部宏史**・谷口守**・新家誠憲***・永禮拓也***

By Hirofumi ABE**, Mamoru TANIGUCHI**, Tomonori SHINKE*** and Takuya NGARE***

1. はじめに

大量生産・消費・廃棄を前提とした現代社会の仕組みを改め、環境負荷の小さい循環型社会を形成していく際には、経済活動と環境負荷との関係を的確に捉え、モデル化しておく必要がある。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であり、最近では、地球環境問題への関心の高まりや循環型社会形成に向けたライフサイクルアセスメント(LCA)の必要性から、エネルギー消費、CO₂排出、NO_x、Sox、SPM等の大気汚染物質の排出、廃棄物処理等について、産業連関モデルの環境分析への拡張と応用が盛んに行われている¹⁾²⁾。

本研究では、経済産業省が全国9地域別に作成している地域産業連関表を用いて、これまでに研究蓄積が十分ではない国内地域レベルでの経済活動と環境負荷の関係を分析するモデルを提案するとともに、1975~95年の全国9地域を対象とする二酸化炭素排出構造の分析例を示す。

2. 環境負荷分析用の地域産業連関モデル

本研究では、次式(1)で定義される競争移輸入型の地域産業連関モデルを使用する。

$$Y = [(I - (I - \hat{M} - \hat{N})A)]^{-1} [(I - (I - \hat{M} - \hat{N})F_d + E + Ec] \quad (1)$$

ここに、 \hat{M} は輸入係数 m_j を要素とする対角行列、

*キーワード：地域環境問題、環境計画、地域産業連関分析

**正員、工博、岡山大学環境理工学部環境デザイン工学科

(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)

***学生員、岡山大学大学院自然科学研究科

\hat{N} は移入係数 n_j を要素とする対角行列、 F_d は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。

式(1)の産業連関モデルを環境負荷排出構造分析に拡張するために、まず、産業部門別に「直接環境負荷排出量」 D_j を求める。そして、式(2)に示すように、 D_j を部門 j の国内生産額 X_j で除することにより、単位生産額当たりの環境負荷物質の排出量を表す「環境負荷排出係数」 d_j を求める。

$$d_j = D_j / X_j \quad (2)$$

次に、これらの式を用いて、地域内の最終需要から直接、間接に誘発される環境負荷排出誘発量ベクトル Y を式(3)の地域産業連関モデルにより求める。

$$Y = \hat{d} [(I - (I - \hat{M} - \hat{N})A)]^{-1} [(I - (I - \hat{M} - \hat{N})F_d + E + Ec] \quad (3)$$

ここに、 \hat{d} は環境負荷排出係数 d_j を対角要素とする行列であり、「環境負荷排出係数行列」と呼ぶ。

式(3)のうち、環境負荷排出係数行列とレオンチェフ逆行列の積 $\hat{d} [(I - (I - \hat{M} - \hat{N})A)]^{-1}$ は、最終需要1単位(本研究では、1995年実質価格で百万円)の追加に対して直接・間接に排出される環境負荷の大きさであり、「環境負荷排出原単位」(記号 e_j)と呼ぶ。

式(3)を用いると、地域内消費、地域内投資、輸出、移出などの最終需要項目別に、環境負荷排出誘発量を求めることができる。また、移出と移入に起因する環境負荷排出誘発量のやり取りを、域際収支として推計することも可能である。

3. 環境負荷排出構造の変動分析

式(3)の地域産業連関モデルは、全国9地域のそれ

それぞれについて、1975～95年の5年毎・5時点別に作成され、分析年次1年間の経済活動による環境負荷排出構造を分析することができる。

さらに、2時点の産業連関表と環境負荷排出量を用いて要因分析の手法³⁾を適用すれば、二酸化炭素や廃棄物等排出誘発量の変動を投入係数、最終需要項目等の変動要因に分解して、地域経済の動態的变化と環境負荷の関係を詳細に検討することができる。

まず 時点 $t \sim t+1$ における環境負荷排出誘発量変動 ΔY は、式(4)に示す環境負荷排出原単位の変動と最終需要変動の2つの要因に分解することができる。

$$\Delta Y = Y^{t+1} - Y^t = (\hat{d}^{t+1} B^{t+1} - \hat{d}^t B^t) F^t + \hat{d}^{t+1} B^{t+1} (F^{t+1} - F^t) \quad (4)$$

$$= (\hat{d}^{t+1} B^{t+1} - \hat{d}^t B^t) F^t + \hat{d}^{t+1} B^{t+1} (\Delta F)$$

ここに、 \hat{d} 、 B 、 F はそれぞれ式(3)の環境負荷排出係数行列、レオンチェフ逆行列、最終需要列ベクトルであり、式(4)の右辺第1項は環境負荷排出原単位 $\hat{d} B$ の変動による効果、第2項は最終需要の変動による効果を表す。

次に、紙幅の都合上、導出過程の詳細は省略するが、式(4)の右辺各項をさらに要因分解することにより、環境負荷排出誘発量の変化 ΔY を、最終的に式(5)のように分解することができる。

$$\Delta Y = (\Delta \hat{d}) B^t F^t + \hat{d}^{t+1} B^{t+1} [(\Delta F) + \hat{P}^{t+1} (\Delta A) X^t + (\Delta \hat{P}) A^t X^t] \quad (5)$$

以上の結果をまとめると、次のようになる。

排出係数の変動効果： $(\Delta \hat{d}) B^t F^t$

最終需要の変動効果： $\hat{d}^{t+1} B^{t+1} (\Delta F)$

投入係数の変動効果： $\hat{d}^{t+1} B^{t+1} \hat{P}^{t+1} (\Delta A) X^t$

移輸入率の変動効果： $\hat{d}^{t+1} B^{t+1} (\Delta \hat{P}) A^t X^t$

3．環境負荷排出に関する統計データ

2で述べた環境負荷分析用の地域産業連関モデルを適用する際には、各産業部門から排出される「直接環境負荷排出量」 D_j のデータが必要となり、現時点では以下のデータが利用可能である。

国立環境研究所「二酸化炭素排出原単位」⁴⁾

1975、80、85、90年の4時点を対象として、全国産業連関表・基本表をベースに、産業部門別の二酸化炭素排出量を推定している。

国立環境研究所「環境負荷原単位データベース」⁵⁾

1990と95年の2時点を対象として、全国産業連関表・基本表をベースに、産業部門別のエネルギー消費量、及び二酸化炭素(CO₂)、窒素酸化物(NO_x)、硫黄酸化物(SO_x)、浮遊粒子状物質(SPM)の排出量を推定している。二酸化炭素排出量については、と合わせると、1975～95年の長期時系列データとなる。

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策本部

「産業廃棄物排出・処理状況調査報告書」⁶⁾

環境省(旧厚生省)が、1975年から5年毎、1990年から毎年実施している産業廃棄物の排出状況調査である。産業32部門別、産業廃棄物18種別、全国8地域別のそれぞれについて、1年間の産業廃棄物排出量を推定している。

4．環境負荷排出構造の分析例

ここでは、国立環境研究所の二酸化炭素排出量推定値と全国9地域の産業連関表に対して、2で説明したモデルを適用し、1975～95年の20年間・5時点の二酸化炭素排出構造を分析した結果を示す。

(1) 全国表に基づく分析結果

図1の二酸化炭素直接排出量は、化石燃料を直接燃焼する割合が大きい電力、運輸、鉄鋼製品、窯業・土石製品の4部門の値が大きい。また、各部門を比較すると、鉄鋼製品は経年的に排出量が減少しており、省資源・省エネルギーの進展が見られるが、電力と運輸は二酸化炭素直接排出量が増加している。

図2の二酸化炭素排出原単位は、各部門に対する百万円当たりの最終需要を充足するために直接、間接に排出される二酸化炭素量を表す。図1で直接排出量が大きかった電力、鉄鋼製品、窯業・土石製品の3部門は、原単位で見ても二酸化炭素排出型の部門である。運輸は、図1の直接排出量に比べると、相対的に値が小さいが、経年的には増加傾向を示している。一方、製造業の部門は原単位が経年的に減少しており、省資源・省エネルギー化が進んでいる。

図3の二酸化炭素排出誘発量は、二酸化炭素排出量がどの部門に対する最終需要に起因しているかを表す。図の結果では、加工組立型の製造業、建築、

土木、サービス等の誘発量が大きい。これは、当該部門が産業連関の川下側に位置し、鉄鋼、窯業・土石、電力、運輸等の二酸化炭素排出型部門への需要が多いことが原因と考えられる。

(2) 地域表に基づく分析結果

表1は、9地域別の二酸化炭素排出量を、対全国シェアの推移として計算した結果である。9地域の中では、関東と東北がそれぞれ1.62ポイントと2.47ポイントのシェア増加を示しているのに対し、近畿と中国はシェアを低下させている。従って、バブル経済後の二酸化炭素排出量増加は、東日本において、西日本よりも顕著であったと言える。

表2は、各地域の最終需要項目(消費、投資、移出、輸出)別に二酸化炭素排出誘発量を求め、構成比の推移としてまとめた結果である。9地域別に最終需要項目の構成比を見ると、北海道、関東、沖縄のように、地域内での消費に起因する二酸化炭素排出誘発量が多い地域と、東北、中部、中国などの移出に起因する二酸化炭素誘発量が多い地域がある。特に、東北の移出に起因する構成比は1975~95年の間に21.1ポイントもの増加を示しており、他地域からの需要による二酸化炭素排出誘発量が急増している。

図4は、国内の取引に起因する二酸化炭素排出誘発量の地域別収支(すなわち「域際収支」)を計算した結果である。この図より、関東の域際収支が大きなプラスであるのに対して、表5で移出割合が大きかった東北、中部、中国などの地域は、収支がマイナスとなっており、他地域の需要を満たすために環境負荷を負担している地域と言える。特に、東北におけるマイナスの拡大が著しい。

(3) 二酸化炭素排出誘発量の要因分析

ここでは、1975~95年の4期間を対象として二酸化炭素排出誘発量の変動要因を検討した結果のうち、投入係数要因と最終需要要因の結果を示す。

図5の投入係数要因を見ると、1980~85年と1985~90年の2期間は、ほぼ全ての地域で要因値がマイナスになっており、経済の安定成長期には、技術的要因による二酸化炭素排出誘発量の削減が進んだことが分かる。しかし、1990~95年は、要因値が正に転じている地域が多く、技術的要因による二酸化炭

素の排出削減が頭打ちになっている。

図6の最終需要要因は、ほぼ全ての地域で要因値

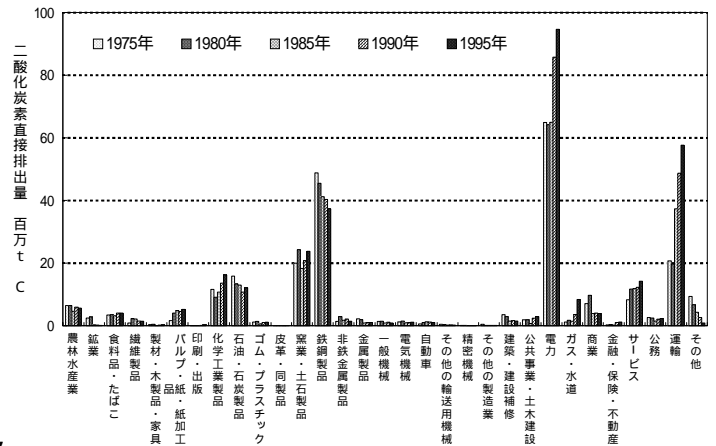


図1 二酸化炭素直接排出量の推移(全国表)

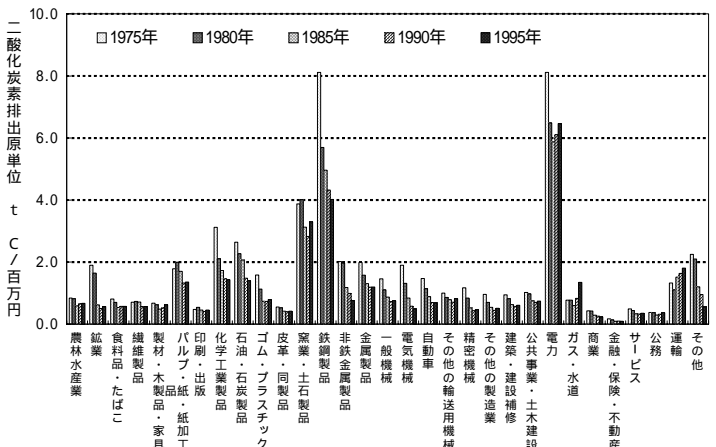


図2 二酸化炭素排出原単位の推移(全国表)

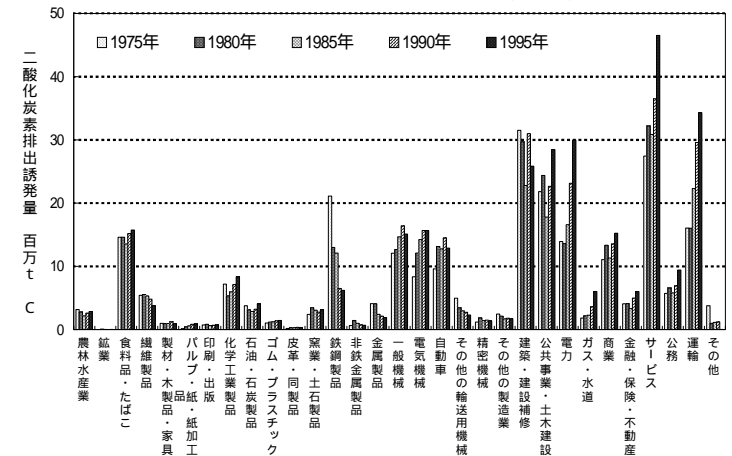


図3 各部門への最終需要による二酸化炭素排出誘発量(全国表)

表1 二酸化炭素直接排出量の地域シェアの推移

地域	1975年	1980年	1985年	1990年	1995年	75-95年 シェア変動
北海道	4.04%	4.27%	3.84%	3.76%	3.90%	-0.13
東北	5.89%	7.10%	7.30%	7.50%	8.36%	2.47
関東	34.09%	33.71%	35.42%	35.79%	35.71%	1.62
中部	12.57%	13.42%	13.10%	13.10%	12.53%	-0.04
近畿	19.40%	17.90%	17.98%	18.19%	17.45%	-1.95
中国	10.68%	9.71%	9.34%	8.67%	8.43%	-2.25
四国	3.20%	3.29%	3.00%	3.04%	3.32%	0.12
九州	9.53%	9.99%	9.39%	9.28%	9.58%	0.05
沖縄	0.61%	0.60%	0.64%	0.67%	0.72%	0.11
全国	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	-

が正であり、二酸化炭素の排出増加の大きな要因になっている。特に、要因値はバブル経済期にかけて増加し、バブル崩壊後の1995年にかけては、不況による需要減少の影響もあり、値が大きく低下した。また、この傾向は関東において著しい。

5. まとめ

本研究の提案した分析手法を用いると、地域産業関連モデルの特長を生かして、各地域の環境負荷排出構造を様々な要因に分解して検討することができる。今後は、政策シミュレーション分析への適用が可能なモデルに拡張していくことが課題である。

最後に、本研究の遂行に際して貴重な助言を賜った国際大学・秋田隆裕教授、並びに二酸化炭素排出量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。また、本研究の一部は、21世紀COEプログラム「循環型社会への戦略的廃棄物マネジメ

ント」、及び科学研究費補助金・基盤研究(c)(2)(課題番号 15510026)の下で実施したものである。

参考文献

- 1) 吉岡完治他：環境の産業関連分析，日本評論社，2003年。
- 2) 阿部宏史・谷口守・高岡昇平：地域間産業関連表に基づく二酸化炭素排出構造の分析，地域学研究，第33巻，第3号，日本地域学会，2004年，pp.1-21。
- 3) 得津一郎，藤川清史：産業関連分析入門(5) - スカイライン分析と産業構造変化の分析，産業関連，Vol.10，No.1，2001年，pp.61-75。
- 3) 南齋規介他：産業関連表によるCO2排出原単位データブック，国立環境研究所，2002年。
- 5) 国立環境研究所・地球環境研究センター：産業関連表による二酸化炭素排出原単位，1997年。
- 6) 環境省：<http://www.env.go.jp/recycle/waste/sangyo.html>

表2 最終需要項目別の二酸化炭素排出誘発量構成比

地域	年次	消費	投資	移出	輸出
北海道	1975年	36.8%	21.8%	36.9%	4.5%
	1985年	41.8%	17.7%	37.4%	3.0%
	1995年	46.0%	17.0%	35.3%	1.7%
	75-95年変動	9.2	-4.8	-1.6	-2.8
東北	1975年	36.4%	20.7%	40.1%	2.9%
	1985年	24.1%	8.8%	63.8%	3.3%
	1995年	26.1%	10.5%	61.2%	2.2%
	75-95年変動	-10.3	-10.1	21.1	-0.6
関東	1975年	34.0%	20.4%	27.2%	18.5%
	1985年	33.9%	15.5%	34.2%	16.4%
	1995年	40.6%	16.9%	31.9%	10.6%
	75-95年変動	6.7	-3.5	4.8	-7.9
中部	1975年	23.2%	13.7%	51.3%	11.9%
	1985年	20.1%	8.9%	55.7%	15.4%
	1995年	24.1%	10.4%	53.9%	11.7%
	75-95年変動	0.9	-3.3	2.6	-0.1
近畿	1975年	25.5%	13.5%	42.2%	18.8%
	1985年	25.1%	9.0%	49.9%	16.0%
	1995年	34.9%	12.7%	43.0%	9.4%
	75-95年変動	9.4	-0.8	0.8	-9.4
中国	1975年	17.0%	10.7%	53.6%	18.8%
	1985年	17.8%	7.7%	60.0%	14.5%
	1995年	22.6%	8.1%	58.6%	10.7%
	75-95年変動	5.6	-2.6	5.0	-8.0
四国	1975年	26.8%	13.5%	51.5%	8.2%
	1985年	29.6%	9.3%	54.4%	6.7%
	1995年	31.5%	10.1%	52.8%	5.6%
	75-95年変動	4.7	-3.4	1.3	-2.7
九州	1975年	31.5%	19.1%	36.5%	12.9%
	1985年	32.1%	11.7%	44.5%	11.6%
	1995年	38.9%	13.6%	39.9%	7.6%
	75-95年変動	7.4	-5.5	3.4	-5.3
沖縄	1975年	39.5%	21.3%	33.2%	6.0%
	1985年	38.5%	21.6%	28.2%	11.7%
	1995年	47.2%	16.0%	23.4%	13.4%
	75-95年変動	7.6	-5.3	-9.8	7.5

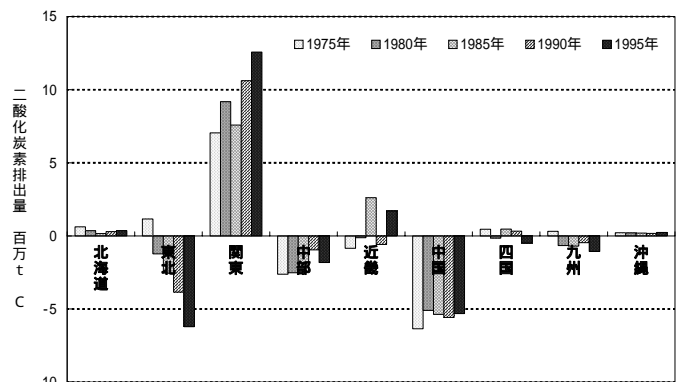


図4 地域間取引に伴う二酸化炭素排出誘発量の域際収支

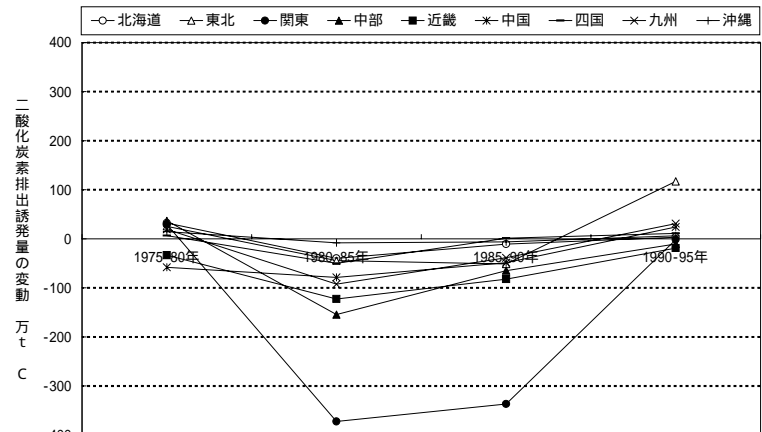


図5 二酸化炭素排出誘発量の変動要因：投入係数要因

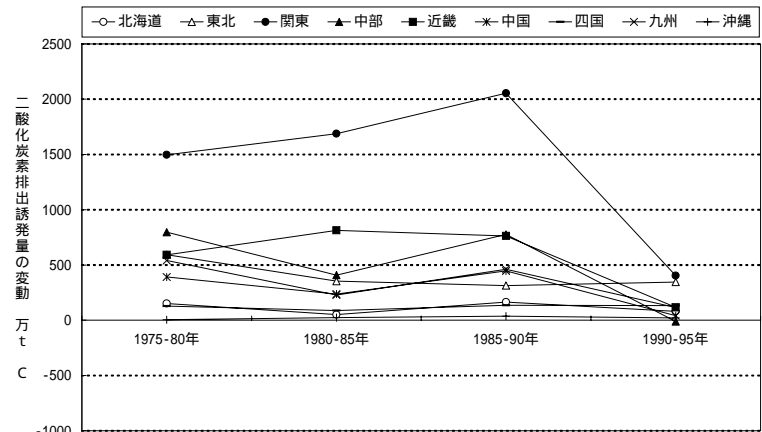


図6 二酸化炭素排出誘発量の変動要因：最終需要要因