

産業連関要因分析モデルによる 地域二酸化炭素排出構造の比較研究

吉延 広枝¹・金子 慎治²・市橋 勝³

¹正会員 東和科学株式会社 環境ソリューション部 (〒730-0841 広島市中区船入町6-5)
E-mail: yoshinobu@mail.towakagaku.co.jp

²正会員 広島大学助教授 大学院国際協力研究科 (〒739-8529 東広島市鏡山1-5-1)
E-mail: kshinji@hiroshima-u.ac.jp

³非会員 広島大学助教授 大学院国際協力研究科 (同上)
E-mail: ichi@hiroshima-u.ac.jp

地域の温暖化対策への関心の高まりとともにさまざまな視点から地域の温室効果ガス排出構造を分析する必要がある。本研究では2000年の地域産業連関表を用いて、国内4県の産業部門からのCO₂排出構造について、産業連関分析を用いて直接CO₂排出量と責任CO₂排出量の違いについて検討した。対象4県の中で最も高い削減目標を設定している宮崎県では、責任CO₂排出量が直接CO₂排出量の半分程度であった。これはより内包係数の高い域内財を生産し移輸出する一方で、より内包係数の低い財を移輸入しているためであった。宮崎県における排出削減は域外の最終需要に内包されるCO₂排出量の削減に相対的に大きく寄与すると言える。

Key Words: regional climate change policy, regional input-output analysis, decomposition analysis, responsible CO₂ emissions

1. はじめに

平成14年に「地球温暖化対策推進法」が改定され、翌平成15年には1993年(平成5年)8月に策定された「地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン(旧ガイドライン)」が改定された。このなかで地方自治体において独自の調査を含めた、温暖化対策の実施が求められている。地方自治体では国の温室効果ガスの削減目標である6%を中心にさまざまな削減目標が掲げられているが、地方公共団体は国の掲げる削減目標を参考としつつも地域特性を考慮した地域の実情にあった独自の排出抑制対策や、削減目標の設定を行うことが必要であり、地域の課題や特性にあわせた対策を考案することが望まれる。

地域レベルでの地球温暖化対策の基礎となる「地球温暖化地域推進計画」は、2006年4月現在、最後まで策定されていなかった、和歌山県、香川県、大分県で策定され、すべての都道府県で策定された。

ここで、各地域が目標として設定している削減すべき温室効果ガスは基本的に地域内から排出されるガスを対象としたものである。各地域がそれぞれの地域内から排出されるガスを削減し、それらを積み上げて国全体の削減目標を達成すればよいことになる。このとき、個別

の地域に着目すれば経済規模、産業構造、ライフスタイルなど多様であることに加え、地域間の物流や交易を通じて他地域との経済的なつながりも多様である。こうした活動を生産活動と消費活動に分けて考えてみると、ある地域は生産活動により特化し、別の地域では消費活動により特化したり、またある地域は別の地域の最終生産工程の上流産業としての役割をもつばら果たしたり、といった地域産業の経済的特性が見えてくる。このとき、最終的な生産財がどのような産業連関を通じて生産され、最終需要者に消費されるかといった財の流れの中で地域経済がどのような役割を果たすかといったことが重要である。そうした文脈の中で効果ガス排出削減のあり方を考えると、最終財に内包される温室効果ガスがどの地域に最終的に帰着するかといった見方も興味深い。このひとつのアプローチとして、地域ごとのエネルギーフローや二酸化炭素排出量のフローを分析することが有用である。

筆者らはこれまで工業都市とサービス都市のこうした二酸化炭素(CO₂)排出量の収支を分析し、直接・間接に流入するCO₂排出量から移輸出にともなう間接的に流出するCO₂排出量を引くことによって求めた最終的に地域内に帰着するCO₂排出量を便宜的に責任CO₂排出量と称して着目し、その意味について論じてきた¹⁾。本研究

ではこの責任CO₂排出量に対する理解をさらに深めることを目的として、温室効果ガス排出削減の数値目標を設定した都道府県の中からプラス、マイナスそれぞれ大きな数値目標を設定した自治体を事例として各2つずつ選び、2000年度の地域産業連関表を用いた同様の二酸化炭素排出量収支を分析する。その結果をもとに各自治体の直接二酸化炭素排出量と責任二酸化炭素排出量の格差を求め、さらにその要因分解を試みる。

2. 分析方法

(1) 分析モデル

地域産業連関分析による業種別の二酸化炭素(CO₂)排出バランス方程式は、 j 産業を例にとると、投入産出表の j 列を縦方向に読み、

$$E_j + \sum_{i=1}^n \varepsilon_i (1 - \tilde{m}_i) x_{ij} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \tilde{m}_i x_{ij} = \varepsilon_j X_j \quad (1)$$

と表される。ここで、左辺第一項は直接CO₂排出量、第二項は域内から供給される中間投入財に内包されるCO₂排出量、第三項は域外から投入される中間投入財に内包されるCO₂排出量である。右辺は j 産業から産出される財に内包される全CO₂排出量を示す。 E_j : j 産業の直接CO₂排出量、 x_{ij} : i 産業から j 産業への中間財投入金額、

X_j : j 産業の総生産額、 $\varepsilon_i, \varepsilon_j$: それぞれ域内の i 産業、 j 産業で生産される財の内包CO₂排出原単位、 λ_i : 域外の i 産業で生産された財の内包CO₂排出原単位、 $\tilde{m}_i$: 輸入率、 n : 業種数である。

このとき、輸入率 $\tilde{m}_i$ は、競争移入方式産業連関表の場合、 i 産業について投入産出表を横方向に読み、 FD_i を最終域内需要、 EX_i を輸出とすれば、

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} + FD_i + EX_i - M_i = X_i \quad (2)$$

という関係を用いて、

$$\tilde{m}_i = \frac{M_i}{\left(\sum_{j=1}^n x_{ij} + FD_i \right)} = \frac{M_i}{(X_i + M_i - EX_i)} \quad (3)$$

と表せる。式(1)について、両辺を X_j で除すと、

$$e_j + \sum_{i=1}^n \varepsilon_i (1 - \tilde{m}_i) a_{ij} + \sum_{i=1}^n \lambda_i \tilde{m}_i a_{ij} = \varepsilon_j \quad (4)$$

となる。ただし、 $e_j = \frac{E_j}{X_j}$ 、 $a_{ij} = \frac{x_{ij}}{X_j}$ とする。行列表示で示すと、(4)式は、

$$\begin{aligned} & [e_1, e_2, \dots, e_n] \\ & + [\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n] \begin{bmatrix} 1 - \tilde{m}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1 - \tilde{m}_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & 1 - \tilde{m}_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \\ & + [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n] \begin{bmatrix} \tilde{m}_1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \tilde{m}_2 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & \dots & \tilde{m}_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \\ & = [\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_n] \end{aligned} \quad (5)$$

と表される。これをベクトル表記すると、

$$e + \varepsilon(I - \tilde{M})A + \lambda \tilde{M}A = \varepsilon \quad (6)$$

となる。これを内包係数 ε について解くと、

$$\varepsilon = (e + \lambda \tilde{M}A) [I - (I - \tilde{M})A]^{-1} \quad (7)$$

となる。

さて、都市を単位に上記モデルを適用する際、以下のようなCO₂排出量収支を考えることができる。

$$\begin{aligned} & eX + \varepsilon(I - \tilde{M})AX + \lambda \tilde{M}AX \\ & = \varepsilon X \\ & = \varepsilon(AX + FD + EX - M) \\ & = \varepsilon[(I - \tilde{M})AX + (I - \tilde{M})FD + EX] \end{aligned} \quad (8)$$

となり、さらに両辺から $\varepsilon(I - \tilde{M})AX$ を控除しまとめると、

$$eX + \lambda \tilde{M}AX = \varepsilon[(I - \tilde{M})FD + EX] \quad (9)$$

が得られる。この式は生産過程に投入される直接・間接のCO₂排出量のバランスを示している。ここで、 $M = \tilde{M}AX + \tilde{M}FD$ であることを考慮し、両辺に $\lambda \tilde{M}FD$ を加えると、

$$eX + \lambda M = \varepsilon[(I - \tilde{M})FD + EX] + \lambda \tilde{M}FD \quad (10)$$

となる。この式は直接・間接に流入するCO₂排出量とその帰着に関するバランスを示している。さらに、移輸出を通じて域外へ流出するCO₂排出量を引いてバランス式を立てると、上式は、

$$eX + \lambda M - \varepsilon EX = \varepsilon(I - \tilde{M})FD + \lambda \tilde{M}FD \quad (11)$$

となる。これは責任CO₂排出量のバランス式を示している。ここで、左辺第一項は、域内に直接投入されるCO₂排出量である。また左辺第二項は移輸入財に内包されて域内に入る内包CO₂排出量である。左辺第三項は域内で産出された財が移輸出されることにもなつて域外へ出る内包CO₂排出量である。これらの合計は、域内最終需要のうち、域内財に内包されるCO₂排出量(右辺第一

項)と域外財に内包されて域内で最終的に消費される財に内包されるCO₂排出量(右辺第二項)の和に等しい。

ここで左辺第二項と第三項がバランスする場合、すなわち、 $\lambda M - \varepsilon EX = 0$ であると、

$$eX = \varepsilon(I - \tilde{M})FD + \lambda\tilde{M}FD \quad (12)$$

となる。この場合、この地域の生産のために直接投入されたCO₂排出量は、地域内の最終消費にともなって地域内に最終的に帰着するCO₂排出量と同じということになる。同様に、 $\lambda M - \varepsilon EX > 0$ であれば、

$$eX < \varepsilon(I - \tilde{M})FD + \lambda\tilde{M}FD \text{ であり、 } \lambda M - \varepsilon EX < 0$$

であれば、 $eX > \varepsilon(I - \tilde{M})FD + \lambda\tilde{M}FD$ である。

ここで、 $\lambda M - \varepsilon EX$ を以下のように変形すると、

$$\lambda M - \varepsilon EX = (\lambda - \varepsilon)M + \varepsilon(M - EX) \quad (13)$$

が得られ、さらに $M = St^M \cdot \bar{M}$ 、 $EX = St^{EX} \cdot \bar{EX}$ として、

$$\begin{aligned} & \lambda M - \varepsilon EX \\ &= (\lambda - \varepsilon)M + \varepsilon(M - EX) \\ &= (\lambda - \varepsilon)M + \varepsilon \left[(St^M \cdot \bar{M}) - (St^{EX} \cdot \bar{EX}) \right] \\ &= (\lambda - \varepsilon)M + \varepsilon \left[(St^M - St^{EX}) \cdot \bar{M} + St^{EX} \cdot (\bar{M} - \bar{EX}) \right] \end{aligned} \quad (14)$$

が得られる。ここで、右辺第一要因は原単位要因、第二項は移輸出・移輸入の業種構造要因、第三項は移輸出規模要因である。ただし、 St^M 、 St^{EX} は移輸入の業種構造、移輸出の業種構造、 $\bar{M}$ 、 $\bar{EX}$ は移輸入総額、移輸出総額を表す。

(2) 対象地域

分析対象地域である宮崎県、福岡県、滋賀県、宮城県における1990年を基準年とした2010年度温室効果ガス削減目標値(CO₂排出量換算)を表-1にまとめた。最も大きな排出削減目標を設定した宮崎県、福岡県に対して、滋賀県、宮城県は大幅なプラスの削減目標を設定している。なお、本分析のためにまとめた2000年における直接CO₂排出量も併記した。

表-1 対象地域の温室効果ガス削減目標²⁾

	1990年 (10 ⁴ t-CO ₂)	2010年 (10 ⁴ t-CO ₂)	削減目標	2000年 (10 ⁴ t-CO ₂)
宮崎県	15.2	9.6	-37.3%	13.6
福岡県	62.3	55.4	-11.2%	30.2
滋賀県	11.0	11.8	+8.1%	8.7
宮城県	16.2	18.1	+12.2%	22.2

(3) 地方自治体の直接CO₂排出量の推計

産業連関表の部門分類(付表参照)に従い部門別CO₂排出量を推計する。なお、各地域への移輸入財の内包CO₂排出原単位は日本全体の平均値を代用し、ここでは国立環境研究所が公表している値³⁾を利用した。

自治体のエネルギー消費量については、No.1～No.13の製造業部門は「石油等消費構造統計(2000年度版)⁴⁾」を用い、エネルギー源別エネルギー消費量に環境省より公表されているCO₂排出原単位⁵⁾を乗じて求めた。農業、鉱業、サービス業については、「都道府県別エネルギー消費統計」⁶⁾の炭素排出量を用いた。サービス部門については、6部門を産業連関表の12部門に対応できるように生産額で按分した。同様に「農業」と「鉱業」についても合計されて計上されているため、生産額を用いて分割した。「電力・ガス・熱供給」、「運輸」については、日本のCO₂排出量と総生産額からCO₂排出原単位を求め、それを対象地域の総生産額に乘じて、対象地域のCO₂排出量とした。

3. 分析結果

(1) CO₂排出量収支バランス

式(10)で示したCO₂排出量収支バランスの結果について図-1にまとめた。「流入」は直接CO₂排出と間接CO₂排出の合計である。大きな削減目標を設定している宮崎県、福岡県では直接CO₂排出量が大きい一方で、間接CO₂排出量では両者に対照的な違いがみられる。すなわち、福岡県では直接CO₂排出量と同程度の間接CO₂排出量が移輸入を通じて流入しているのに対して、宮崎県はこの流入が相対的に小さい。これに対して滋賀県では特に直接CO₂排出量が小さく、間接CO₂排出量が大きいことが分かる。

「帰着」は域内最終財の内包CO₂排出量、移輸出財の内包CO₂排出量、移輸入最終財の内包CO₂排出量の合計

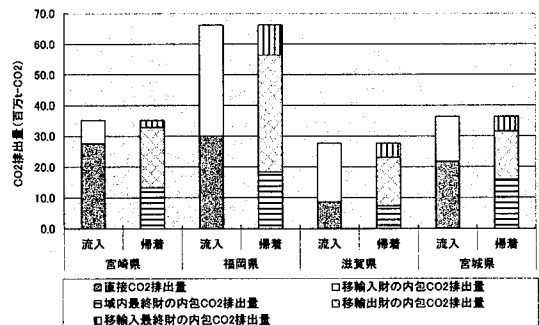


図-1 CO₂排出量収支バランス

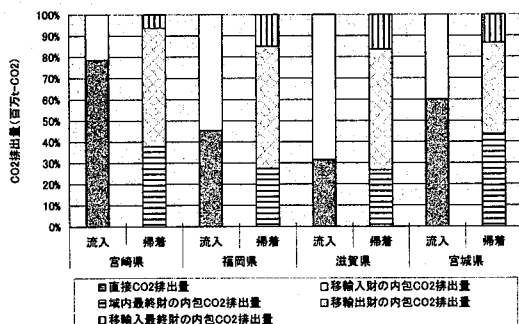


図-2 CO₂排出量収支バランスの構成

である。図-2 からこれらの構成比を比較することができるが、福岡県と滋賀県、宮崎県と宮城県がほぼ同程度の構成比である。宮崎県は最終財の中で移輸入財に内包されるCO₂排出量が相対的に小さく、宮城県では移輸出財に内包されて流出するCO₂排出量が相対的に小さい。

(2) 直接CO₂排出量と責任CO₂排出量の格差

式(11)は責任CO₂排出量を示しているが、図-3に責任CO₂排出量と直接CO₂排出量(eX)を比較した。福岡県、宮城県では両者がほぼ同程度であるのに対して、宮崎県は直接CO₂排出量に対して責任CO₂排出量が大幅に小さく、滋賀県では責任CO₂排出量が直接CO₂排出量に比べて大きい。

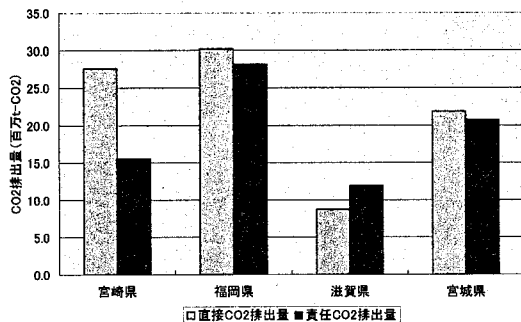


図-3 直接CO₂排出量と責任CO₂排出量

(3) 要因分解

ここでは上記図-3で示した責任CO₂排出量と直接CO₂排出量との格差を要因分解する。この差は式(10)より、移輸入財と移輸出財の内包エネルギーの差と同値であるため、式(13)にもとづいて、移輸入財と移輸出財の①内包CO₂原単位要因、②業種構成要因、③規模要因に分解した。図-4に結果を示す。

福岡県を除く他の3県では内包CO₂原単位要因はマイナスに寄与している。すなわちこれらの地域では移輸入

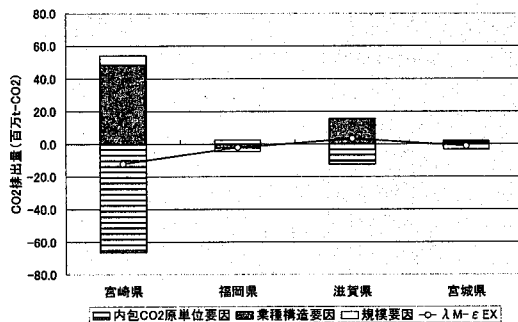


図-4 要因分解の結果

財の原単位である全国平均の内包CO₂原単位に比べ各地域で生産される財に内包されるCO₂原単位が全体として大きいことを示している。一方福岡県では逆の関係であり、より環境効率の高い(相対的に付加価値の高い)製品が生産されていることが分かる。また福岡県では業種構成要因が他の3県と異なりマイナス要因として寄与している。これは相対的により内包CO₂排出量原単位の低い財を移輸入し、より原単位の高い財を移輸出していることが推察される。宮崎県、宮城県は規模要因がプラスであり、移輸入額が移輸出額に比べて大きい。逆に福岡県、滋賀県では移輸出額が移輸入額を上回っている。

4. まとめと考察

本研究は、2000年の地域産業連関表を用い、日本の4県を対象として、直接排出されるCO₂と地域の最終需要に帰着するCO₂排出量を責任CO₂排出量と定義し、両者を比較することによって地域のCO₂排出構造の特性について比較検討した。以下に得られた知見をまとめる。

(1)直接・間接CO₂排出量、すなわち総流入CO₂排出量は分析対象4県のうち、福岡県が突出して大きく、その他の3県については同規模であった。また、福岡県と滋賀県は間接分の割合が大きい。

(2)いずれの地域も域内財に内包されるCO₂排出量のうち半分以上が移輸出財として域外に出て行く。

(3)直接CO₂排出量と責任CO₂排出量では、滋賀県のみ責任CO₂排出量が多い結果となった。また、宮崎県は責任CO₂排出量がとりわけ小さく直接CO₂排出量の半分程度であった。

(4)直接CO₂排出量と責任CO₂排出量の格差をもたらす要因として移輸入、移輸出に関する内包CO₂排出量の差を分析したところ、大きな格差があった宮崎県ではより内包係数の高い域内財を生産し移輸出する一方で、より内包係数の低い財を移輸入していることが分かった。

(5)直接CO₂排出量の規模とその排出削減目標によって4県を事例的に選んで分析したが、とりわけ宮崎県にみる高い排出削減目標の実現は域内の需要よりも域外の需要に対する内包CO₂排出量の削減に大きく寄与することが分かった。今後は、全国のCO₂排出量を各地域に直接CO₂排出量と責任CO₂排出量として過不足なく配分し、その結果をもってある地域の直接CO₂排出削減目標の持つ意味について検討を深めたい。

謝辞：本稿は、科学研究費補助金基盤研究「平成18年度科学研究費補助金 若手研究(B)」(代表：金子慎治、研究課題番号17710031)の成果の一部である。

参考文献

- 1) 吉延広枝, 金子慎治, 市橋勝：産業連関分析による都市の二酸化炭素排出構造の分析と地方温暖化対策への含意：サービス都市と工業都市の比較, 環境システム研究論文集, Vol.33, pp.389-397, 2005.
- 2) 環境省：都道府県における温室効果ガス削減目標について.
<http://www.env.go.jp/council/06earth/y061-04/mat06.pdf>
- 3) 南齊規介, 森口祐一, 東野達：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-, 独立行政法人国立環境研究所.
<http://www-cger.nies.go.jp/index-j.html>
- 4) 経済産業省：石油消費構造統計, 経済産業政策局調査統計部.
- 5) 環境省地球環境局：地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン, 2003.
- 6) 戒能一成：都道府県別エネルギー消費統計, 経済産業省資源エネルギー庁.
<http://www.rieti.go.jp/users/kainou-kazunari/energy/index.html>

統計資料

- 1) 日本産業連関表, 総務省統計局.
- 2) 宮崎県産業連関表, 総合政策本部 統計調査課.
- 3) 福岡県産業連関表, 福岡県企画振興部調査統計課.
- 4) 滋賀県産業連関表, 政策調整部統計課.
- 5) 宮城県産業連関表, 統計課.

付表 共通産業分類

1	農林水産業
2	鉱業
3	食料品
4	繊維製品
5	パルプ・紙・木製品
6	化学製品
7	石油・石炭製品
8	窯業・土石製品
9	鉄鋼
10	非鉄金属
11	金属製品
12	一般機械
13	電気機械
14	輸送機械
15	精密機械
16	その他の製造工業製品
17	建設
18	電力・ガス・熱供給
19	水道・廃棄物処理
20	商業
21	金融・保険
22	不動産
23	運輸
24	通信・放送
25	公務
26	教育・研究
27	医療・保健・社会保障・介護
28	その他の公共サービス
29	対事業所サービス
30	対個人サービス
31	事務用品
32	分類不明

COMPARATIVE STUDY ON REGIONAL CO₂ EMISSION STRUCTURES WITH INPUT-OUTPUT FACTOR DECOMPOSITION ANALYSIS

Hiroe YOSHINOBU, Shinji KANEKO and Masaru ICHIHASHI

On the verge of the first commitment period of the Kyoto Protocol, effective strategies and local measures for climate change mitigation and its implementation are required for local governments in Japan. In order to improve our understanding of the relations between production-induced CO₂ emissions (direct CO₂ emissions) and embodied CO₂ emissions in final demand (responsible CO₂ emissions) at regional level, this study applies input-output analysis to four selected Japanese regions in 2000. The results show that among the study regions, Miyazaki Prefecture, where the most challenging GHG reduction target was set until 2010, has a much smaller responsible CO₂ emissions compared with direct CO₂ emissions. This is in part due to imports with relatively low embodied CO₂ emission intensities and exports with relatively high intensities. Large emission reductions in Miyazaki Prefecture would contribute more to the reductions of embodied CO₂ emissions in final demand in other regions than that in the domestic final demand.