

CO₂排出に関する日本47都道府県の地域構造要因分析*

長谷川 良 二**

(神戸大学大学院経済学研究科博士後期課程)

1. はじめに

地球温暖化防止京都議定書で採択された京都議定書において、日本はCO₂排出量を2008～2012年までに1990年基準で6%削減することが義務づけられている。とりわけ2005年2月16日に京都議定書が発行され、いよいよ地球温暖化政策を本格的に実施しなければならない段階に突入したと言ってもよい。地球温暖化問題は代表的な地球環境問題の1つであって、国際レベルや国家レベルでその対策が議論されることが多い。しかし温暖化の原因となる温室効果ガスは主にエネルギー利用に伴って排出される。その意味で、温室効果ガスの排出源は各企業や一般市民にいたる全ての経済主体であって、その排出源の地域的多様性に注目すれば温暖化問題に地域的視点から取り組む意義は大きいと言えよう。

事実、例えば環境科学会2003年会のシンポジウムにおいて自治体レベルの温暖化防止対策について議論が交わされるなど、温暖化問題における地域の役割が現在注目を浴びている。また都道府県や政令指定都市で「地球温暖化防止推進計画」の策定が義務づけられたのを背景に、多くの自治体は温室効果ガスの削減シナリオを設定し温暖化防止に資するさまざまな地域政策の模索を行っている¹⁾。

このような状況から、温暖化問題を地域的視点から分析することの必要性が極めて高いことは容易に窺えるだろう。言うまでもなく環境負荷の発生と経済活動のあり方は密接かつ複雑に関わりあっており、地域の活動がもたらす環境負荷も地域経済のあり方に大きく依存していると考えられる。したがって温室効果ガス排出の地域差は単に経済規模に依存するだけでなく、さまざまな地域特性によって影響を受けているものと予想される。地域的視点からの温暖化問題においても、温室効果ガス排出という環境負荷と地域経済との関係を把握しておくことが地域レベルの温暖化防止対策を施行する上で重要になってくると思われる。

産業連関分析による要因分析の手法を用いて環境負荷の発生と経済構造の関係を解明しようとする試みはさかんである。Lin & Polenske (1995), Gale (1995), Casler & Rose (1998), Munksgaard et al. (2000), De Hann (2001)などの諸外国の適用事例は数多く、長谷部(1994), Kagawa & Inamura (2001), 居城(2005)などのように、日本を事例とした研究も数多く存在する。またKagawa & Inamura (2004)では国際産業連関表を用いて環境負荷の要因分析が行われている。上述の研究事例を含め、産業連関分析の枠組みにおける環境負荷の要因分析のほとんどは時系列分析である。一方でDe Nooij et al. (2003)は、1990年における1人当たりエネルギー消費量をOECDの8カ国間の国際比較を行い、クロス・セクションによる環境負

* 本稿の作成のみならず、日頃から懇切にご指導していただいている石川雅紀教授、高橋眞一教授、竹内憲司助教授、中川聡史助教授、萩原泰治教授(いずれも神戸大学)に、ここに感謝の意を申し上げます。また第15回(2004年度)環太平洋産業連関分析学会大会において石川良文助教授(南山大学)に有益なご助言をいただいたことに対しても合わせて御礼申しあげたい。なお本稿の有りうべき誤謬は全て筆者に帰するものである。

** 1977年生まれ。神戸大学大学院経済学研究科博士後期課程。所属学会は環境経済・政策学会、環太平洋産業連関分析学会、経済地理学会など。連絡先 E-mail: 012d204e@y01.kobe-u.ac.jp

¹⁾ 中口(2003)において日本の地域レベルの温暖化防止対策が詳細に紹介されている。またアメリカにおける州レベルの温暖化防止策の動向については田村(2004)が詳しい。

荷の要因分析を提案している。本稿ではこのような産業連関表による要因分析の研究事例、特に De Nooij et al. (2003)のようなクロス・セクションの要因分析の事例に注目し、最も代表的な温室効果ガスであるCO₂を例としてCO₂排出の地域間の要因分析を行う。地域レベルの環境負荷を産業連関表による要因分析にクロス・セクションで適用した事例は、少なくとも筆者の知る限り存在しない。

具体的には1995年における日本のCO₂排出量を都道府県別に導出し地域の排出状況を概観する。次に1995年都道府県産業連関表を用いて地域間でCO₂排出量を要因分析する。これによって各地域のCO₂排出とその背後にある地域特性との因果関係を解明し、日本のCO₂排出構造を地域的な視点から把握する。そして温暖化防止のためのさまざまな環境政策を実施したときの各地域の潜在的なCO₂削減可能性の地域差を検討する。

2. 都道府県別CO₂排出量の導出

CO₂の発生源は化石燃料の燃焼、石灰石の消費、廃棄物の焼却処分などが考えられる。本稿では化石燃料の燃焼、およびセメント製造時における石灰石の焼結・焼成に伴うCO₂排出を計測の対象とする。日本ではこれら2つの発生源からのCO₂量は全排出量の90%以上を占めており²⁾、本稿の計測範囲で日本のCO₂排出量の大部分を考慮に入れていることになる。

長谷川(2004)において、1995年における日本のエネルギー消費量が都道府県別、エネルギー品目別、部門別³⁾に推計されている。長谷川(2004)で推計されたエネルギー消費量に各種化石燃料のCO₂変換係数を乗じることで、化石燃料の燃焼に伴うCO₂排出量を導出することができる。

$$C_{ij} = \sum_k e^k E_{ij}^k \quad (1)$$

$$C_i = \sum_j C_{ij} \quad (2)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} E_{ij}^k : i \text{ 地域における } j \text{ 部門による化石燃料 } k \text{ の消費量(Mcal)} \\ e^k : \text{化石燃料 } k \text{ の CO}_2 \text{ 変換係数(kg-c/Mcal)} \\ C_{ij} : i \text{ 地域における } j \text{ 部門の直接 CO}_2 \text{ 排出量} \\ C_i : i \text{ 地域の CO}_2 \text{ 総排出量} \end{array} \right.$$

つまり、(1)式のようにある部門で化石燃料の燃焼によって排出されるCO₂量をエネルギー品目別に導出でき、それらを合計したものがある部門のCO₂排出量となる。勿論、(2)式はCO₂排出量を部門別に合計した1地域における産業全体のエネルギー消費に基づくCO₂排出量を示している。

またセメント製造における石灰石の消費に伴って発生したCO₂に関しては、全国ベースのそれに基づくCO₂排出量を窯業・土石部門の生産額シェアによって各都道府県に按分し、窯業・土石部門のCO₂排出量に加算した。

²⁾ 『(平成9年)環境白書(総説)』参照。

³⁾ 1995年の全国産業連関表の大分類である32産業部門および家計の直接消費部門を加えた33部門からなる。

3. CO₂排出量の地域産業連関モデルによる表現

CO₂排出を地域間で要因分析するために、推計した都道府県別 CO₂排出量のうち産業活動によって排出されたものを地域産業連関モデルで表現する。

産業部門で排出される CO₂はその産業の生産額に依存すると考える。

$$C = \hat{c}x \quad (3)$$

$$\left\{ \begin{array}{l} C : \text{各産業における CO}_2 \text{排出量ベクトル} \\ \hat{c} : \text{CO}_2 \text{排出原単位(を対角化した正方行列)} \\ x : \text{生産額ベクトル} \end{array} \right.$$

CO₂排出原単位である \hat{c} は 1 単位当りの生産で必要となる 1 産業内の直接的な CO₂排出量を意味し、(1)式の C_{ij} を該当する生産額で除することで求められる。(3)式は、産業活動による CO₂排出量を生産単位当り排出量と生産量の積という形で表現していることになる。CO₂排出原単位データは国立環境研究所⁴⁾や電力中央研究所⁵⁾などで作成され、これらは多くの研究で利用されている。しかしこれらの原単位データは産業部門別には詳細に分類されているが、全国一律のデータであり地域別には区別されていない。本稿では、エネルギー消費量を都道府県別に推計している、長谷川(2004)をもとに CO₂排出原単位を作成しており、原単位は産業別だけでなく都道府県別にも区別されていることが大きな特徴である。

次に生産額 x を移輸入を外生的に取り扱った地域内産業連関モデルで表す。すなわち(3)式を、

$$\begin{aligned} C &= \hat{c}(\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1}(\mathbf{d} + \mathbf{e} - \mathbf{m}) \\ &= \hat{c} \mathbf{B}(\mathbf{f}_d Y_d + \mathbf{f}_e Y_e - \mathbf{f}_m Y_m) \end{aligned} \quad (4)$$

ただし、

$$\begin{aligned} \mathbf{f}_d &= \frac{\mathbf{d}}{(1 \ 1 \ \dots \ 1)\mathbf{d}}, & \mathbf{f}_e &= \frac{\mathbf{e}}{(1 \ 1 \ \dots \ 1)\mathbf{e}}, & \mathbf{f}_m &= \frac{\mathbf{m}}{(1 \ 1 \ \dots \ 1)\mathbf{m}} \\ Y_d &= (1 \ 1 \ \dots \ 1)\mathbf{d}, & Y_e &= (1 \ 1 \ \dots \ 1)\mathbf{e}, & Y_m &= (1 \ 1 \ \dots \ 1)\mathbf{m} \end{aligned}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \mathbf{A} : \text{投入係数行列} \\ \mathbf{d} : \text{地域内最終需要ベクトル} \\ \mathbf{e} : \text{移輸出ベクトル} \\ \mathbf{m} : \text{移輸入ベクトル} \\ \mathbf{B} : (\mathbf{I} - \mathbf{A})^{-1} \text{型レオンチェフ逆行列} \\ \mathbf{f}_d : \text{地域内最終需要構成比ベクトル} \\ Y_d : \text{地域内最終需要総額(スカラー)} \\ \mathbf{f}_e : \text{移輸出構成比ベクトル} \\ Y_e : \text{移輸出総額(スカラー)} \\ \mathbf{f}_m : \text{移輸入構成比ベクトル} \\ Y_m : \text{移輸入総額(スカラー)} \end{array} \right.$$

⁴⁾ 南斎他(2002)

⁵⁾ 本藤他(2002)

のように展開する。

4. CO₂排出量の地域構造要因分析

現在、日本では全ての都道府県の1995年産業連関表が公表されており、その精度に関しても概ね高い評価を受けている⁶⁾。本稿ではこのような利点を生かして、1995年の全47都道府県を対象にCO₂排出量について要因分析する。各都道府県のCO₂排出量は全国産業連関表の大分類である32産業部門に基づいて分類されているので、要因分析を行う際には全ての都道府県産業連関表を全国産業連関表の大分類である32部門に統合し直し産業分類を統一しておく必要がある⁷⁾。

地域1と地域0のCO₂排出量の要因分析式は(4)式から、

$$\begin{aligned} \Delta C &= C^1 - C^0 = \hat{c}^1 B^1 (f_d^1 Y_d^1 + f_e^1 Y_e^1 - f_m^1 Y_m^1) - \hat{c}^0 B^0 (f_d^0 Y_d^0 + f_e^0 Y_e^0 - f_m^0 Y_m^0) \\ &= (\hat{c}^1 - \hat{c}^0) B^1 (f_d^1 Y_d^1 + f_e^1 Y_e^1 - f_m^1 Y_m^1) + \hat{c}^0 B^1 (f_d^1 Y_d^1 + f_e^1 Y_e^1 - f_m^1 Y_m^1) - \hat{c}^0 B^0 (f_d^0 Y_d^0 + f_e^0 Y_e^0 - f_m^0 Y_m^0) \\ &= \Delta \hat{c} x^1 + \hat{c}^0 \Delta B G^1 + \hat{c}^0 B^0 \Delta G \\ &= \Delta \hat{c} x^1 + \hat{c}^0 \Delta B G^1 + \hat{c}^0 B^0 (\Delta f_d Y_d^1 + f_d^0 \Delta Y_d + \Delta f_e Y_e^1 + f_e^0 \Delta Y_e + \Delta f_m Y_m^1 + f_m^0 \Delta Y_m) \end{aligned} \quad (5)$$

または、

$$\Delta C = \Delta \hat{c} x^0 + \hat{c}^1 \Delta B G^0 + \hat{c}^1 B^1 (\Delta f_d Y_d^0 + f_d^1 \Delta Y_d + \Delta f_e Y_e^0 + f_e^1 \Delta Y_e + \Delta f_m Y_m^1 + f_m^0 \Delta Y_m) \quad (6)$$

ただし、

$$\Delta B = B^1 - B^0 = B^1 \{ (B^0)^{-1} - (B^1)^{-1} \} B^0 = B^1 \Delta A B^0$$

$$\Delta f_m = f_m^0 - f_m^1, \quad \Delta Y_m = Y_m^0 - Y_m^1$$

$$G = d + e - m$$

のように展開する。

本稿では、地域1を基準とした要因分析式および地域0を基準とした要因分析式の両方を用いる。すなわち(5)式と(6)式の各項の平均値を用いる。なお地域1に該当するのは各都道府県であり、地域0には全都道府県の産業連関表を合計して47で除した地域平均表を利用する。したがって本稿の要因分析はCO₂排出量において各都道府県と47都道府県の平均値である架空の地域の差を計測していることになる。

(5)、(6)式に含まれる「 Δ 」のついたパラメータは2地域間の各要因の差を示し、これらが含まれる項はこれらの差に基づくCO₂排出量の地域平均との乖離を意味している。各地域差の要因は以下のように分類することができる。

⁶⁾ 1995年の都道府県産業連関表の概要については山田・朝日(2002)を参照。

⁷⁾ 東京都産業連関表は東京都と他日本からなる2地域の地域間産業連関表であり、財・サービス部門と本社活動が分離された形になっている。これについては財・サービス部門と本社活動部門を1つにまとめ、地域も東京都のみの1地域に統合し32部門の地域内表として利用している。

生産活動要因：CO₂ 排出原単位($\Delta\hat{c}$)，投入係数(ΔA)
 地域内需要要因：最終需要構成比(Δf_d)，最終需要総額(ΔY_d)
 移輸出要因：移輸出構成比(Δf_e)，移輸出総額(ΔY_e)
 移輸入要因：移輸入構成比(Δf_m)，移輸入総額(ΔY_m)

生産活動要因において、単位当り生産で必要となる直接的な排出量、および中間財投入構造に基づく経済波及効果の影響による CO₂ 排出の地域差が導出される。また地域内最終需要、移輸出、移輸入の要因については、それらの取引総額および内訳による地域差をそれぞれ明確に分離させて計測する。

5. 計測結果の考察

5-1 都道府県別 CO₂ 排出量

表 1-a 1995 年における都道府県別 CO₂ 排出量

(1000t-c)

	総排出量	順位		総排出量	順位		総排出量	順位
北海道	17825	4	石川	2703	33	岡山	12558	11
青森	3523	26	福井	2427	37	広島	15071	7
岩手	2329	39	山梨	997	46	山口	11788	12
宮城	5285	21	長野	3024	30	徳島	2252	40
秋田	3777	23	岐阜	3577	24	香川	2599	36
山形	2399	38	静岡	6734	18	愛媛	4977	22
福島	9434	13	愛知	25756	2	高知	1425	42
茨城	12958	10	三重	7633	15	福岡	14011	9
栃木	3058	28	滋賀	2632	34	佐賀	1230	43
群馬	2628	35	京都	2931	31	長崎	6046	20
埼玉	6391	19	大阪	15029	8	熊本	3040	29
千葉	28776	1	兵庫	17112	5	大分	9403	14
東京	15164	6	奈良	985	47	宮崎	2119	41
神奈川	19943	3	和歌山	6761	17	鹿児島	2837	32
新潟	7130	16	鳥取	1009	45	沖縄	3399	27
富山	3557	25	島根	1061	44	全国	337303	—

本稿で導出した 1995 年における都道府県別の CO₂ 総排出量を表 1-a に示す。総排出量が最も多い地域は千葉県であり、愛知県、神奈川県がそれに続く。ちなみに東京都は 6 位、大阪府は 8 位にとどまっている。逆に総排出量が最も少ない地域は奈良県であり、山梨県、鳥取県、島根県、佐賀県、高知県が順に続く。本稿では CO₂ 排出量が都道府県別だけでなく産業部門別でも導出されている。したがって表 1-a における総排出量は部門別に把握可能であり、表 1-b は各地域の部門別排出量を総排出量に対する比率で示している。本稿では産業部門は 32 部門に分類されているが、表 1-b では 4 つの産業部門に簡潔に統合されている。表 1-b から分かるように、都道府県別 CO₂ 排出量の部門別内訳は全国平均のものと大きく異なる場合が多く、CO₂ の排出形態は国内で決して均等でないことが窺える。いくつかの特徴を挙げると、電気・ガス・熱供給業部門は地域間の差が最も顕著な部門であると言える。この部門の CO₂ 排出量の地域差は火力発電所の立地に大きく依存していると考えられる。長崎県の全 CO₂ 排出量のうち、電気・ガス・熱供給業部門による排出が約 7 割、福島県では約 6 割を占めており、これらの地域のエネルギー転換部門における CO₂ 排出の県全体に占める割合が極めて高くなっている。大分県、岡山県、広島県などは製造業による排出の比率が高い地域であり、全国平均の 38% を大きく上回っている。また東京都の運輸業からの排出(45%)や奈良県の家計の直接排出(40%)の比率の高さも顕著である。

表 1-b 都道府県別 CO₂排出量の部門別内訳

(%)

	製造業	電気・ガス・ 熱供給業	運輸業	その他の 産業	産業合計	家計直接	合計
北海道	30.8	16.6	20.7	19.2	87.3	12.7	100
青森	34.2	11.0	19.2	20.7	85.2	14.8	100
岩手	36.3	0.0	23.5	20.9	80.7	19.3	100
宮城	28.3	15.0	22.0	18.2	83.5	16.5	100
秋田	11.5	51.6	12.3	11.9	87.3	12.7	100
山形	13.7	33.4	19.4	16.3	82.8	17.2	100
福島	13.4	61.1	9.7	8.4	92.6	7.4	100
茨城	48.9	27.8	11.5	5.5	93.7	6.3	100
栃木	34.9	0.0	25.9	18.6	79.4	20.6	100
群馬	26.3	0.0	28.3	20.9	75.4	24.6	100
埼玉	32.1	0.0	28.9	13.0	74.0	26.0	100
千葉	47.4	31.7	9.7	4.5	93.3	6.7	100
東京	6.9	6.3	44.9	22.0	80.1	19.9	100
神奈川	35.2	33.6	11.8	8.4	89.1	10.9	100
新潟	24.3	34.2	16.5	11.6	86.6	13.4	100
富山	32.1	37.0	11.7	9.8	90.6	9.4	100
石川	12.0	25.0	26.1	18.8	82.0	18.0	100
福井	25.7	40.7	12.7	10.1	89.3	10.7	100
山梨	16.8	0.0	29.9	23.5	70.2	29.8	100
長野	19.2	0.3	27.5	24.7	71.7	28.3	100
岐阜	49.6	0.0	18.6	13.5	81.6	18.4	100
静岡	46.7	0.8	25.1	14.3	86.8	13.2	100
愛知	33.4	39.0	14.5	6.1	93.0	7.0	100
三重	43.6	31.2	11.0	7.0	92.8	7.2	100
滋賀	56.1	0.0	16.9	11.8	84.7	15.3	100
京都	25.3	7.9	23.1	18.4	74.7	25.3	100
大阪	24.0	22.0	25.5	13.8	85.3	14.7	100
兵庫	49.7	23.6	11.6	6.7	91.6	8.4	100
奈良	18.9	0.1	25.4	15.2	59.6	40.4	100
和歌山	45.8	40.6	4.8	4.9	96.0	4.0	100
鳥取	30.0	0.1	27.6	23.3	81.1	18.9	100
島根	33.1	0.1	24.6	21.7	79.5	20.5	100
岡山	66.7	18.0	7.9	3.7	96.2	3.8	100
広島	61.6	19.3	9.5	4.9	95.3	4.7	100
山口	54.7	31.3	6.8	3.8	96.6	3.4	100
徳島	33.3	31.6	15.2	10.6	90.8	9.2	100
香川	27.8	29.6	20.7	11.1	89.2	10.8	100
愛媛	53.7	19.0	13.0	8.2	93.9	6.1	100
高知	41.2	0.0	22.4	23.2	86.8	13.2	100
福岡	47.1	16.6	19.2	8.6	91.4	8.6	100
佐賀	24.9	3.5	29.5	22.1	80.0	20.0	100
長崎	3.7	70.2	11.0	9.5	94.5	5.5	100
熊本	21.9	19.6	24.0	18.9	84.5	15.5	100
大分	70.2	16.8	5.6	4.0	96.7	3.3	100
宮崎	33.5	0.0	30.9	21.2	85.7	14.3	100
鹿児島	17.6	10.0	37.4	21.3	86.4	13.6	100
沖縄	10.6	38.4	32.9	11.1	93.0	7.0	100
全国平均	37.8	24.6	16.7	10.4	89.4	10.6	100

表2において、各都道府県の生産額とCO₂排出量の対全国シェア率、およびそれらの乖離が示されている。表2のシェア率乖離は、その値がプラスであればCO₂排出よりも生産額の対全国シェア率の方が大きく、マイナスであればCO₂排出のシェア率の方が大きくなることを意味している。東京都、奈良県、群馬県、山梨県、京都府、埼玉県などは生産額シェア率がCO₂排出シェア率に比べてはるかに上回っている。逆に大分県、山口県、和歌山県、岡山県、千葉県などはCO₂排出シェア率の方が大きく上回る地域である。都道府県のCO₂排出量は単に自地域の経済規模だけに依存しているわけではないことは表2より一目瞭然であり、CO₂排出の地域差が生じる要因を詳細に検討する重要性も容易に理解できるであろう。

表2 生産額とCO₂排出の対全国シェア率

	対全国シェア率(%)		シェア率乖離(%)		対全国シェア率(%)		シェア率乖離(%)
	生産額	CO ₂ 排出			生産額	CO ₂ 排出	
北海道	3.7	5.3	-44.7	京都	1.9	0.9	54.5
青森	0.8	1.0	-29.1	大阪	7.5	4.5	40.7
岩手	0.8	0.7	18.3	兵庫	4.2	5.1	-22.1
宮城	1.6	1.6	3.0	奈良	0.7	0.3	59.8
秋田	0.7	1.1	-57.1	和歌山	0.7	2.0	-176.5
山形	0.8	0.7	11.5	鳥取	0.4	0.3	26.2
福島	1.7	2.8	-65.8	島根	0.5	0.3	30.9
茨城	2.6	3.8	-48.7	岡山	1.7	3.7	-123.3
栃木	1.7	0.9	46.7	広島	2.4	4.5	-85.4
群馬	1.7	0.8	54.9	山口	1.2	3.5	-191.7
埼玉	4.0	1.9	52.3	徳島	0.5	0.7	-33.9
千葉	3.9	8.5	-116.2	香川	0.7	0.8	-3.4
東京	15.2	4.5	70.4	愛媛	1.0	1.5	-41.5
神奈川	6.3	5.9	6.8	高知	0.4	0.4	4.9
新潟	1.8	2.1	-17.6	福岡	3.4	4.2	-22.0
富山	0.9	1.1	-14.8	佐賀	0.5	0.4	31.5
石川	0.9	0.8	7.5	長崎	0.9	1.8	-107.5
福井	0.7	0.7	-8.6	熊本	1.1	0.9	14.5
山梨	0.7	0.3	54.5	大分	0.9	2.8	-210.2
長野	1.8	0.9	49.1	宮崎	0.7	0.6	3.6
岐阜	1.4	1.1	25.5	鹿児島	1.0	0.8	12.0
静岡	3.4	2.0	41.4	沖縄	0.6	1.0	-77.6
愛知	7.4	7.6	-3.3	全国	100	100	0
三重	1.5	2.3	-48.0				
滋賀	1.2	0.8	33.9				

注) シェア率乖離 = (生産額シェア - CO₂排出シェア) / 生産額シェア × 100

5-2 CO₂排出量の要因分析

本稿で行った全都道府県の要因分析の結果は表3で示されている。なお家計の直接CO₂排出量は要因分析の対象ではなく、表3における家計の直接排出の地域差は単純に各都道府県と地域平均の差を表している。言うまでもなく、1地域単位で家計直接も含めた全ての要因を合計すると総排出量の差になる。要因分析の結果から全ての都道府県についてさまざまなCO₂の排出要因の特徴を指摘することができるが、以下ではCO₂総排出量が地域平均を上回っている、総排出量上位15地域を取り上げて分析結果を考察していく。

表3 CO₂排出の要因分析の結果

(1000t-c)

	総排出 の差	生産活動 要因	域内需要 要因	移輸出 要因	移輸入 要因	家計直接
北海道	10648	3371	8978	-2170	-1032	1501
青森	-3654	751	-3490	-5891	5211	-235
岩手	-4848	-1298	-2286	-4304	3348	-308
宮城	-1892	-628	-550	-2046	1218	114
秋田	-3400	1125	-3832	-5155	4741	-278
山形	-4777	37	-3181	-5198	3910	-345
福島	2257	-2050	-1272	4328	1313	-62
茨城	5781	739	154	7963	-3137	64
栃木	-4119	-2294	-1603	230	-316	-128
群馬	-4548	-2697	-1501	-533	294	-111
埼玉	-786	-4322	4561	4360	-6288	904
千葉	21600	5706	8212	16409	-9906	1178
東京	7987	-6935	18904	15124	-21373	2268
神奈川	12766	-243	12394	15569	-16379	1425
新潟	-47	-935	-325	-713	1729	197
富山	-3619	157	-3634	-3592	3874	-424
石川	-4474	-168	-3142	-4581	3687	-270
福井	-4749	-1970	-3285	-3029	4031	-497
山梨	-6180	-2143	-2755	-3762	2940	-460
長野	-4152	-2404	-363	-1155	-329	98
岐阜	-3599	-1838	-1021	-1426	786	-100
静岡	-442	-3100	1111	6101	-4687	132
愛知	18580	-1305	10211	21258	-12638	1054
三重	456	1739	-1983	490	419	-209
滋賀	-4545	-2369	-2102	-723	1004	-355
京都	-4246	-2655	-490	-1595	511	-17
大阪	7853	-5536	10513	13821	-12397	1450
兵庫	9935	1091	8358	10393	-10582	676
奈良	-6192	-2719	-2201	-3653	2740	-360
和歌山	-415	3315	-4836	-4813	6409	-490
鳥取	-6168	-1047	-4075	-5204	4724	-566
島根	-6115	-1561	-3801	-4889	4675	-540
岡山	5382	2874	-1634	4233	189	-281
広島	7894	2933	690	6074	-1749	-54
山口	4611	5327	-3694	-514	3847	-355
徳島	-4925	529	-4532	-6184	5811	-549
香川	-4577	-77	-3787	-4390	4153	-476
愛媛	-2200	-14	-2981	-2359	3608	-454
高知	-5751	-742	-3816	-5403	4779	-569
福岡	6834	956	4604	3928	-3095	441
佐賀	-5947	-1951	-3433	-3961	3910	-512
長崎	-1131	3419	-3961	-5820	5653	-422
熊本	-4136	780	-2304	-5873	3547	-286
大分	2227	4094	-4099	-3914	6589	-444
宮崎	-5058	-28	-3727	-5850	5001	-453
鹿児島	-4340	-1191	-2077	-4215	3515	-372
沖縄	-3778	1563	-3950	-6759	5887	-519

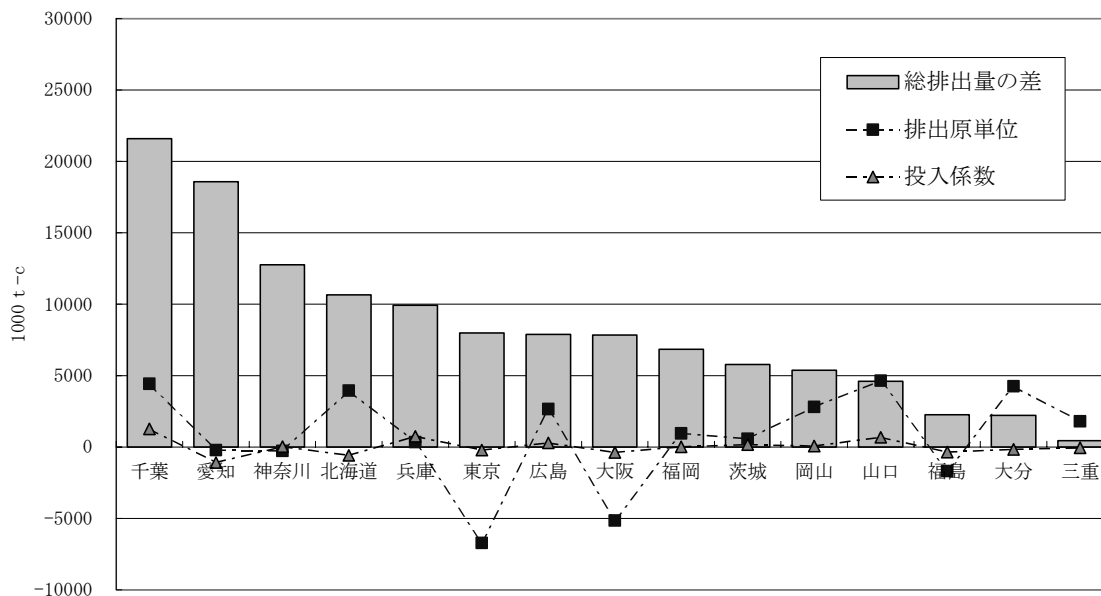


図 1 生産活動要因による CO₂ 排出の差

表 4 CO₂ 排出原単位

(kg-c/百万円)

	北海道	千葉	東京	大阪	山口	大分	地域平均
農林水産業	456	309	210	243	432	396	372
鉱業	141	12	87	0	174	131	152
パルプ・紙・木製品	1886	107	140	163	1606	1256	715
化学製品	272	868	38	263	2451	887	632
石油・石炭製品	844	1218	4	750	1078	701	837
窯業・土石製品	2946	2071	1363	1628	6185	7692	2352
金属	2217	2568	38	345	414	5156	1291
機械	113	27	10	19	80	29	30
その他の製造業	146	80	20	53	76	56	79
建設	82	48	27	41	58	52	50
電力・ガス・熱供給	4212	7847	1685	2700	9929	6329	4200
運輸	1855	990	784	941	1264	1230	1099
その他産業	111	56	30	46	71	64	54

まず図 1 で生産活動要因による CO₂ 排出の地域差を見る。勿論、各地域の排出原単位と投入係数の各要因の和は表 3 の生産活動要因の値と一致する。投入係数要因を示す折れ線グラフはほぼ 0 前後でフラットである。したがって中間投入構造が CO₂ 排出量の地域差に及ぼす影響はほとんどないと考えられる。それ

に対して CO₂ 排出原単位の要因は地域差がより大きい。排出原単位について、地域平均を大きく下回る東京都と大阪府、地域平均を大きく上回る千葉県、北海道、山口県、大分県に注目する。表 4 はこれらの地域の CO₂ 排出原単位を産業部門を 13 部門に統合して掲載している。東京都と大阪府はどの産業においても地域平均を下回っており、特に東京都の化学製品、石油・石炭製品、金属の各部門は極端に低い水準にある。一方残りの 4 地域は、千葉県の鉱業とパルプ・紙・木製品、山口県の金属部門などで地域平均を下回っているが、概してどの部門も地域平均を上回っていることが分かる。中でも山口県では化学製品、窯業・土石製品、電力・ガス・熱供給業の各部門が、大分県では窯業・土石製品と金属部門がそれぞれ極めて高い水準にある。これらの両県において化石燃料を大量に投入する事業所が多く立地しており、環境負荷集約的になっていることを窺がわせる。

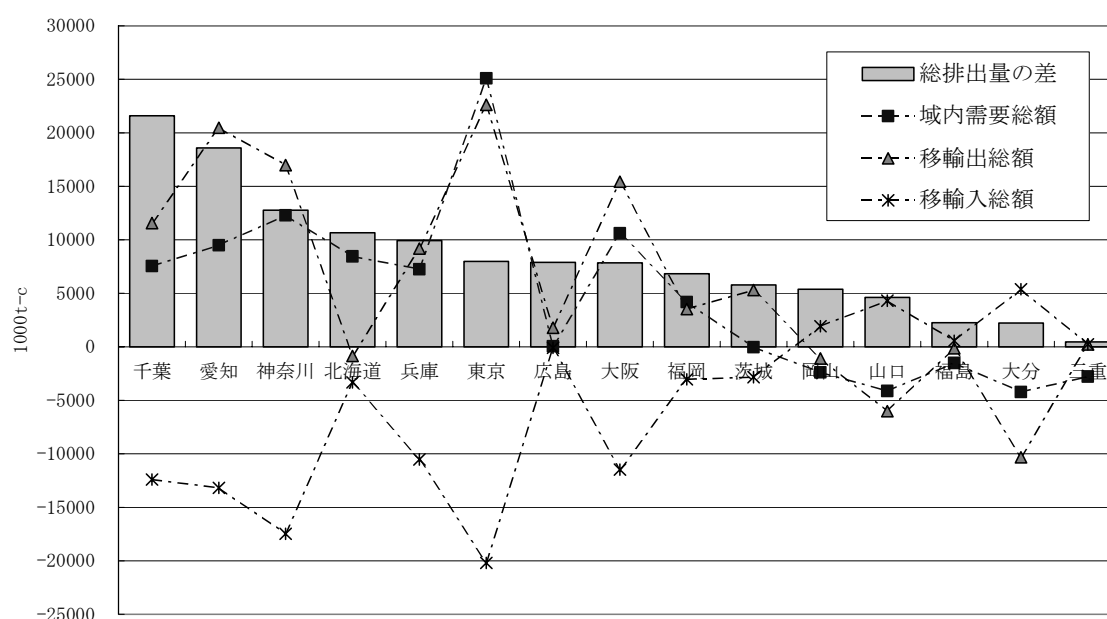


図 2-a 域内需要・移輸出・移輸入の総額による CO₂ 排出の差

次に図 2-a において、地域内最終需要、移輸出、移輸入について総額による要因に注目する。図 2-a で注意しなければならないことは、移輸入の取引総額が大きくなればなるほどその要因の値は小さくなり、移輸入額が小さいほどその要因の値は大きくなることである。つまり移輸入をたくさん行うことで自地域の CO₂ 排出を回避している状態を意味している。図 2-a よりこれらの要因は非常に地域差が大きいことが分かる。しかし移輸出総額の要因が大きい地域は移輸入総額の要因も大きいという傾向が認められることに注目すべきである。つまり 1 地域で移輸出総額と移輸入総額の要因はお互いに相殺しあっており、結果として CO₂ 排出の地域差にそれほど大きな影響を与えていないと見なすことができる。この状況を確認するために、図 2-b で移輸出要因と移輸入要因の和である純移輸出要因を示す。図 2-b より、移輸出超過や移輸入超過によってある程度の地域差が生じているが、域内需要総額に比べると純移輸出要因による地域差は相対的に小さいことが確認できる。したがって図 2-a における 3 つの総額のうち CO₂ 排出の地域差に最も大きな影響を与えているのは域内需要総額であると考えられる。域内需要総額による要因が

突出して大きいのは東京都であり、神奈川県、大阪府と続く。また岡山県、山口県、福島県、大分県、三重県では域内需要総額の要因によって総排出量が押し下げられていることが分かる。

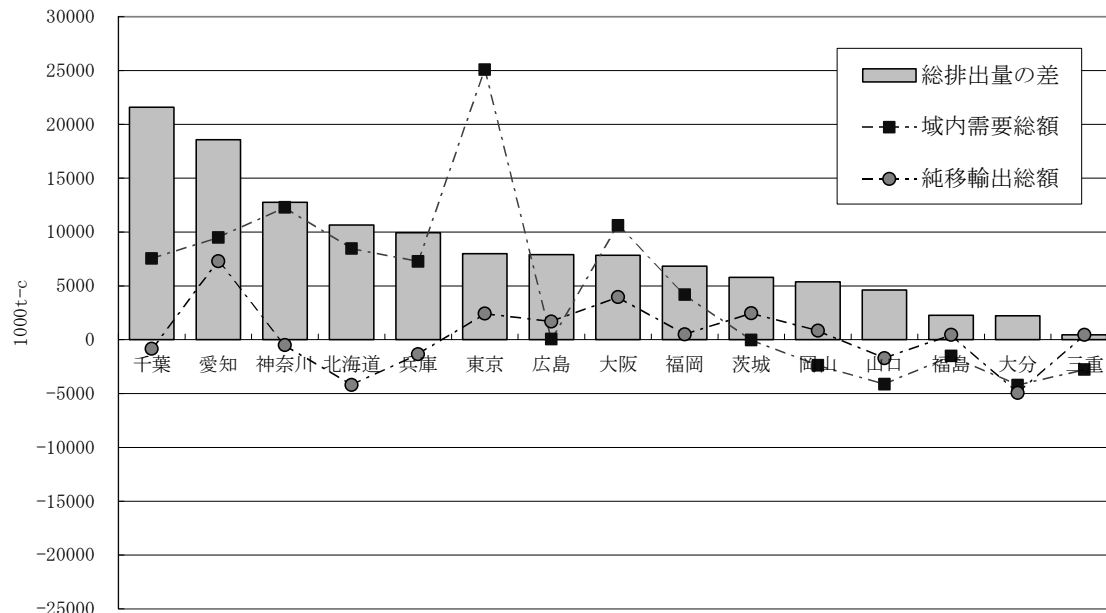


図 2-b 域内需要・純移輸出の総額による CO₂ 排出の差

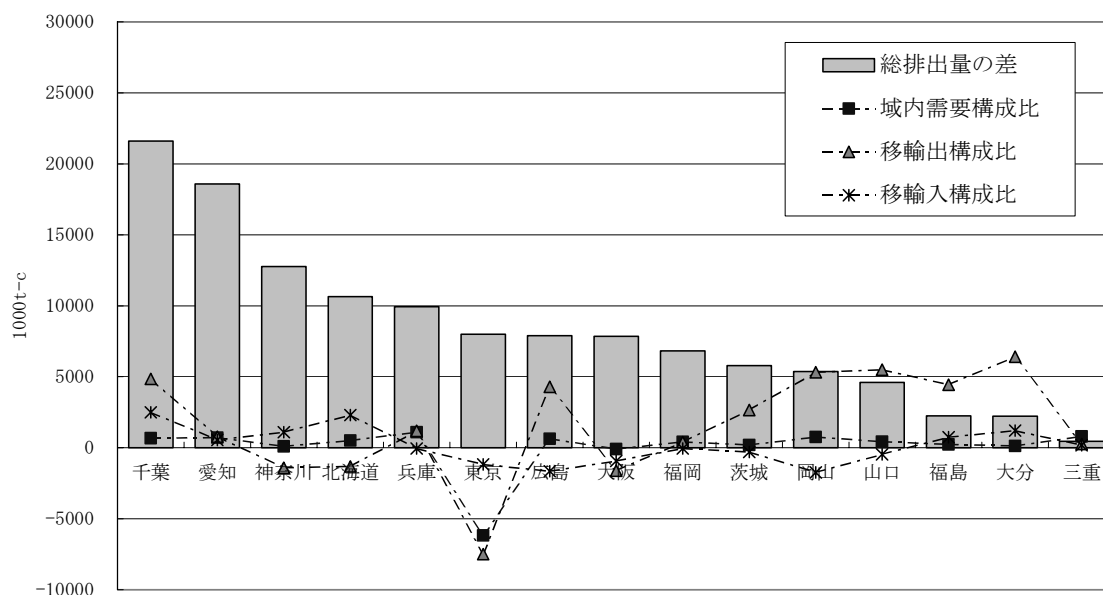
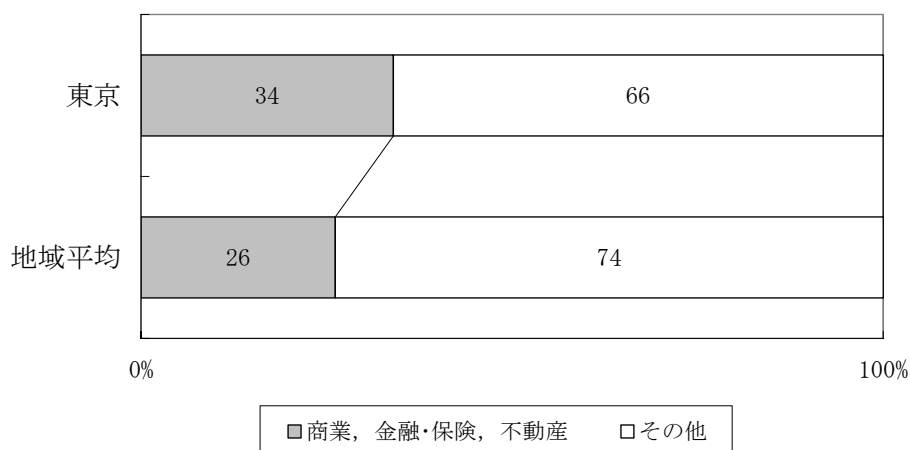


図 3 域内需要・移輸出・移輸入の構成比による CO₂ 排出の差



注)1995年都道府県産業連関表より作成

図4 東京都の最終需要構成比(金額ベース)

図3は域内最終需要、移輸出、移輸入の構成比によるCO₂排出の地域差を示している。図2の総額による地域差に比べると、構成比によるCO₂排出は地域差がかなり小さい。図3より域内最終需要構成比を見ると、東京都以外は非常に地域差が小さい。図4のように東京都の最終需要支出において商業、金融・保険、不動産のような環境負荷集約度の非常に低い産業への支出割合が地域平均以上に大きいことを踏まえれば、域内需要構成比によって東京都のCO₂排出が抑えられていることが確認できる。3つの構成比の中で最も地域差が大きいのは移輸出要因である。このうち地域平均を大きく下回る東京都、および地域平均を大きく上回る福島県、千葉県、岡山県、山口県、大分県の移輸出構成比を図5で確認する。東京都は環境負荷集約的な素材型重化学工業⁸⁾や電力・ガス・熱供給業の占める比率が極端に小さく、環境負荷集約度の低い商業・サービス業の含まれるその他産業の比率がかなり大きいことが特徴として言える。千葉県、岡山県、山口県、大分県は素材型重化学工業の占める比率が地域平均以上である。それに対して福島県は素材型重化学工業の比率は地域平均を下回っているが、その代わりに電力・ガス・熱供給業の占める割合は地域平均の10倍以上であることは最も注目すべき特徴である。図3に戻り移輸入構成比による要因は、環境負荷集約的な財・サービスの移輸入に占める割合が大きいほど総CO₂排出量を押し下げ、それらを自地域で自給する割合が高くなるほどCO₂排出量は上昇する。移輸入構成比に基づくCO₂排出は概して地域間の差が小さいと言えるが、千葉県と北海道である程度地域平均を上回っている。これらの地域の移輸入構成比の内訳が図6で示されている。図6より、北海道や千葉県は素材型重化学工業の移輸入に占める比率は地域平均より低い。また電力・ガス・熱供給については地域平均では全移輸入のうち2%程度を占めているが北海道や千葉県はほぼゼロであり自給できている。このような背景から図3において、千葉県や北海道で移輸入構成比に基づくCO₂排出が地域平均以上であることが分かる。

⁸⁾ 本稿ではパルプ・紙・木製品、化学製品、石油・石炭製品、窯業・土石製品、鉄鋼、非鉄金属、金属製品の産業部門を素材型重化学工業と見なしている。

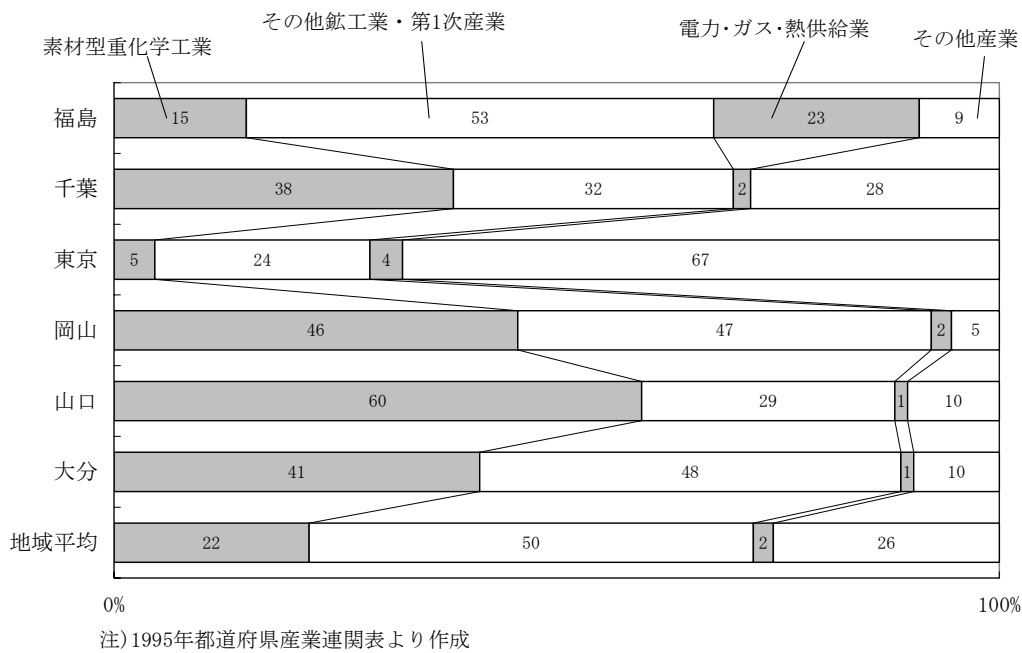


図5 移輸出構成比(金額ベース)

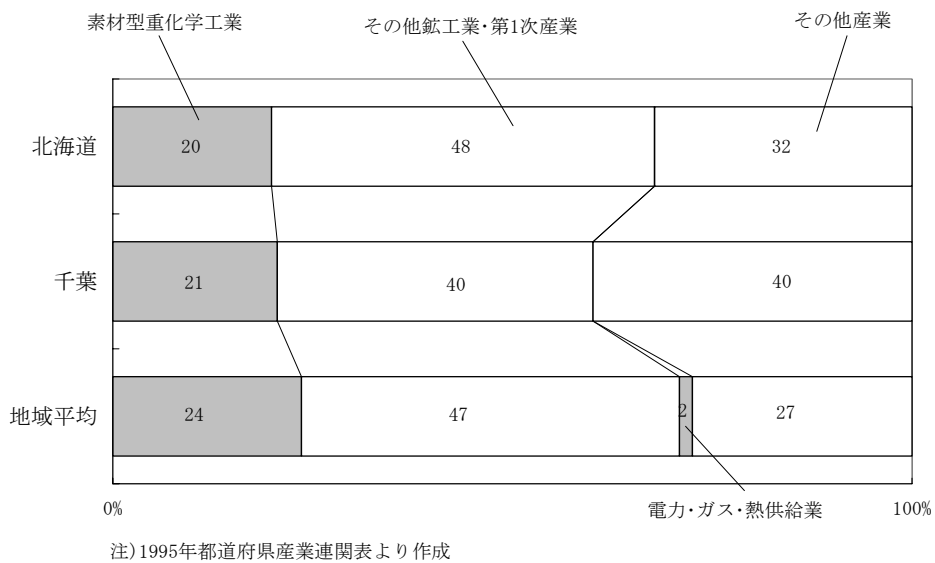


図6 移輸入構成比(金額ベース)

6. おわりに

本稿では、地球温暖化問題における地域の役割に注目が集まっていることを背景に、1995年における日本のCO₂排出量を都道府県別に導出し、さらに導出したCO₂排出量を47都道府県間で要因分析を行った。都道府県レベルのCO₂の排出状況を踏まえたうえで、排出量と生産額の対全国シェア率を比較し、地域

的な傾向を論じた。これによって地域レベルの CO₂ 排出量は単に経済規模だけに依存しているわけではないことが明らかになった。要因分析の結果、全体的な傾向として CO₂ 排出の地域差を生じさせる主要な要因は CO₂ 排出原単位、地域内最終需要総額、移輸出構成比であることが判明した。また移輸出や移輸入の総額による要因についても、移輸出超過や移輸入超過に基づく排出量の地域差はかなり認められたが両者の効果は 1 つの地域で相殺されてしまうことが判明した。そしてその他の要因は概して地域間で差がないことも確認した。

このような結果を踏まえると、今日さまざまな温暖化防止政策の実施が検討されているが、中間投入構造、域内最終需要構成比、および移輸入構成比における潜在的な CO₂ 削減可能性は概して地域間で差がなく、全国レベルの対策が全国に比較的均等に影響を与えうると推測される。逆に潜在的な CO₂ 削減可能性が地域間で大きく異なりうるのは、生産単位当り直接 CO₂ 発生量、域内最終需要支出額、および移輸出産業への対策であるという推定に至る。特にこれらの要因に基づく CO₂ 排出量が高い地域では潜在的な削減可能性がより大きいと予想される。また移輸出超過や移輸入超過の著しい地域では、移輸出入に対する CO₂ 排出対策が大きな効果を与えるということも考えられる。

最後に、本稿で残された課題と今後の展望について触れておく。

第 1 に、都道府県単位の CO₂ 排出量の導出において運輸部門の越境移動の問題に付いて何も考慮されていない点が挙げられる。自動車等による越境移動の程度が大きければ、地域内の実際の排出量と本稿で導出した排出量との乖離も大きくなることが懸念される。

第 2 に、家計の直接 CO₂ 排出量については、今回は要因分析の対象ではなく外生的にしか扱っていない。家計の直接 CO₂ 排出は全排出量のうちに占める割合がかなり大きく、また近年では増加傾向を示している⁹⁾。また各自治体による対策に大きな裁量の余地があるのは家計を含む民生部門であり、地域環境政策を意識するなら、家計部門を分析の中心に据える意義は大きいと思われる。今後、産業連関分析における家計内生化モデルなどを用いて、家計部門についてもその排出メカニズムを詳細に分析していく必要がある。

第 3 に、要因分析の結果から要因ごとに排出量の削減可能性を検証したが、言うまでもなく各要因は互いに何らかの依存関係をもっており、ある政策による 1 つの要因の変化は他の要因にも何らかの影響を及ぼすことは容易に予想される。したがって本稿の分析結果はより具体的な政策的インプリケーションを提供するための 1 次接近にすぎないことを踏まえておく必要がある。今後、要因分析の結果をもとに温暖化防止シナリオに関するシミュレーション分析などを行い、各地域の潜在的な CO₂ 削減効果をより明示的かつ定量的に示していかなければならない。

参考文献

居城琢(2005)「日本経済の CO₂ 排出構造変化分析(石油危機後から 90 年代まで)」、『産業連関—イノベーション&I-O テクニク—』第 13 巻第 1 号

環境省地球環境局(2003)「事業者からの温室効果ガス排出量算定方法ガイドライン」

環境庁『(平成 9 年版)環境白書(総説)』

田村堅太郎(2004)「米国における州レベル温暖化防止対策」、『環境科学会誌』第 17 巻第 3 号、シンポジウム論文

中口毅博(2003)「自治体における温暖化防止対策の動向—京都議定書採択以降を中心に—」、『季刊全国環

⁹⁾ 『(平成 9 年)環境白書(総説)』参照。

境研究会誌』第28巻第1号

- 南齋規介・森口祐一・東野達(2002)『産業連関表による環境負荷原単位データブック』, 国立環境研究所
- 長谷川良二(2004)「日本47都道府県のエネルギーフロー推計ー地域環境負荷分析のためのデータベース構築の試みー」, 『六甲台論集』第51巻第2号
- 長谷部勇一(1994)「日本経済の構造変化と環境負荷ーDPGによる要因分析ー」, 『産業連関ーイノベーション&I-Oテクニクー』第5巻第3号
- 本藤祐樹・森泉由恵・外岡豊(2002)『1995年産業連関表を用いたエネルギーおよび温室効果ガス原単位の推計ー海外の生産活動の実態を反映したインベントリデーター』, 電力中央研究所
- 山田光男・朝日幸代(2002)「平成7年地域産業連関表の比較と評価」, 『産業連関ーイノベーション&I-Oテクニクー』第10巻第3号
- Casler, Stephen D. & Rose, Adam (1998) Carbon Dioxide Emissions in the U.S. Economy: a Structural Decomposition Analysis, *Environmental and Resource Economics*, Vol.11, Nos.3-4.pp.349-363.
- De Haan, Mark (2001) A Structural Decomposition Analysis of Pollution in the Netherlands, *Economic Systems Research*, Vol.13, No.2.pp.181-196.
- De Nooij, Michiel, Rene van der Kruk, Dann P. van Soest (2003) International Comparisons of Domestic Energy Consumption, *Energy Economics*, 25.pp.359-373.
- Gale, Lewis R. (1995) Trade Liberalization and Pollution: an Input-Output Study of Carbon Dioxide Emissions in Mexico, *Economic Systems Research*, Vol.7, No.3.pp.309-320.
- Kagawa, Shigemi & Hajime Inamura (2001) A Structural Decomposition of Energy Consumption Based on a Hybrid Rectangular Input-Output Framework: Japan's Case, *Economic Systems Research*, Vol.13, No.4.pp.339-363.
- Kagawa, Shigemi & Hajime Inamura (2004) A Spatial Structural Decomposition Analysis of Chinese and Japanese Energy Demand: 1985-1990, *Economic Systems Research*, Vol.16, No.3.pp.279-299.
- Lin, Xiannuan & Polenske, Karen R. (1995) Input-Output Anatomy of China's Energy Use Changes in the 1980's, *Economic Systems Research*, Vol.7, No.1.pp.67-84.
- Munksgaard, Jesper, Klaus Alsted Pederson, Mette Wien (2000) Impact of Household Consumption on CO₂ Emissions, *Energy Economics*, 22.pp.423-440.
- (および各都道府県庁が作成した1995年都道府県産業連関表)