

S - 3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案 手法の確立に関する総合研究プロジェクト

3．都市に対する中長期的な二酸化炭素排出削減策導入効果の評価

(7) 都市における需要変化に伴う誘発二酸化炭素排出量変化

東京大学

新領域創成科学研究科

吉田好邦

[要旨]

特定の都市を対象として需要変化による誘発CO₂排出量の評価を行うことを目的とし、東京と札幌市についてケーススタディをおこなった。東京のCO₂排出構造を産業別にみると電力、運輸、最終消費（おもに家計）における排出が多い。また最終需要別には建設、サービスに由来する排出量が多い。逆にいえばこれらの部門では削減ポテンシャルが多いことを意味する。つまり、電力、運輸部門における燃料転換や効率改善、ならびに建築物の長寿命化やサービス業における燃料節約などの省エネ策がCO₂削減に有効であるという示唆が得られる。年度間の比較では1995年は90年と比べて、産業別では運輸、最終消費（おもに家計）が増加、鉄鋼が減少している。最終需要別ではサービスが増加、建設は減少している。全体としては建設需要の減少の効果を民生（家庭、業務）のエネルギー消費増で相殺する構造となっている。

他方、札幌市のエネルギー消費構造から主なCO₂削減対策を推測すると、住宅におけるエネルギー消費の削減、例えばコジェネ、ヒートポンプの普及拡大、サービス業を中心とする業務ビル・自動車輸送における省エネ、建設物の長寿命化、などがポテンシャルの大きい対策として挙げられる。東京都の結果と概ね対策内容は同じであるが、ポテンシャルの大きさがそれぞれで異なっている。

[キーワード] 二酸化炭素、産業連関、誘発排出、直接排出、需要変化

1．はじめに

近年、GHG排出削減は国レベルのみならず、地方自治体あるいは企業においても削減目標を掲げるなど、活発な動向を示している。都市における二酸化炭素排出量を算定する基準は、直接排出及び電気・熱の使用に伴う間接排出が算定の対象と定められている¹⁾²⁾。他方において、排出量を消費活動などの最終需要に帰属させる考え方も存在し、これを帰属排出とよぶ³⁾。帰属排出は個別の製品やサービスを生み出す様々な過程におけるCO₂排出量をすべて最終消費にかかる製品やサービスに起因させる考え方であり、ライフサイクルにおける環境負荷を評価する意味において総合的な考え方といえ、ただし実際の計測には産業連関表などの統計データが不可欠であり、評価が困難であるという問題点を有する。都市のような特定の地域におけるCO₂排出量を評価する場合には、帰属排出量と直接排出量は大きく値が異なってくる場合があり、分析の目的において使い分けることが望ましい。本研究では、いくつかの地域を対象として需要変化による誘発CO₂排出量の評価を行うにあたり、帰属排出量を推計し、同時に直接排出量との比較をすることで地域ごとの排出構造の特徴を検討する。

2. 研究目的

本研究では特定の都市を対象として需要変化による誘発CO₂排出量の評価を行うことを目的とする。対象とする都市はサブテーマ共通の対象都市である、東京、宇都宮市、札幌市、広島市、那覇市である。このうち産業連関表が入手可能なのが、東京、札幌市、広島市の3都市である。宇都宮市、那覇市はそれぞれ栃木県、沖縄県の産業連関表による評価を補正するなどの作業が必要となる。宇都宮市、那覇市、広島市は今後の課題とし、今回は東京と札幌市について検討することとした。

3. 研究方法

札幌市の産業連関表は65部門の非競争移入型、東京都産業連関表は「東京都」と「その他地域」の2地域間の280部門の競争移入型産業連関表であるので、テクニカルには取り扱いが必然的に異なる。しかしながらここで述べる東京の場合についての評価方法において、札幌市の場合には東京の場合の地域分割(式(3)の行列の分割)が不要になるだけで論理展開は共通としてよい。まず国内の生産に伴うCO₂排出について述べる。生産のバランス式を次式のように表す。

$$\mathbf{X} = \mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{F} + \mathbf{E} - \overline{\mathbf{M}}(\mathbf{A}\mathbf{X} + \mathbf{F}) \quad (1)$$

\mathbf{X} , \mathbf{A} , \mathbf{F} , \mathbf{E} はそれぞれ各産業の総生産額、投入係数行列、国内最終需要、輸出額を表す行列またはベクトル、 $\overline{\mathbf{M}}$ は輸入係数行列である。これを \mathbf{X} について解くと、

$$\mathbf{X} = (\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \overline{\mathbf{M}})\mathbf{A})^{-1}((\mathbf{I} - \overline{\mathbf{M}})\mathbf{F} + \mathbf{E}) \quad (2)$$

となり、この式で投入逆行列 $(\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \overline{\mathbf{M}})\mathbf{A})^{-1}$ を東京(添字t)、他地域(添字o)ごとに4ブロックに分割して、

$$(\mathbf{I} - (\mathbf{I} - \overline{\mathbf{M}})\mathbf{A})^{-1} = \begin{pmatrix} \mathbf{B}_{tt} & \mathbf{B}_{to} \\ \mathbf{B}_{ot} & \mathbf{B}_{oo} \end{pmatrix} \quad (3)$$

とおく。式(2)で輸入を割り引いた最終需要 $(\mathbf{I} - \overline{\mathbf{M}})\mathbf{F}$ は地域別に分類する。

$$(\mathbf{I} - \overline{\mathbf{M}})\mathbf{F} = \begin{pmatrix} \mathbf{f}_{tt} \\ \mathbf{f}_{ot} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \mathbf{f}_{to} \\ \mathbf{f}_{oo} \end{pmatrix} \quad (4)$$

ここで例えば \mathbf{f}_{to} は都(t)の生産から他地域(o)の最終需要への投入額ベクトルで、その他の \mathbf{f}_{tt} 、 \mathbf{f}_{ot} 、 \mathbf{f}_{oo} も同様である。国内総生産額 \mathbf{X} 、輸出 \mathbf{E} も同様に、

$$\mathbf{X} = \begin{pmatrix} \mathbf{x}_t \\ \mathbf{x}_o \end{pmatrix}, \mathbf{E} = \begin{pmatrix} \mathbf{e}_t \\ \mathbf{e}_o \end{pmatrix} \quad (5)$$

によって都の生産額ベクトル \mathbf{x}_t とその輸出額ベクトル \mathbf{e}_t 等に分ける。すると式(2)は

$$\mathbf{x}_t = \mathbf{B}_{tt}(\mathbf{f}_{tt} + \mathbf{f}_{to} + \mathbf{e}_t) + \mathbf{B}_{to}(\mathbf{f}_{ot} + \mathbf{f}_{oo} + \mathbf{e}_o) \quad (6)$$

$$\mathbf{x}_o = \mathbf{B}_{ot}(\mathbf{f}_{tt} + \mathbf{f}_{to} + \mathbf{e}_t) + \mathbf{B}_{oo}(\mathbf{f}_{ot} + \mathbf{f}_{oo} + \mathbf{e}_o) \quad (7)$$

となる。このように分類することにより、需要起源別、産業・地域別の国内生産の構造を知ることができる。以上の枠組みで国内生産額を地域別、産業別の最終需要に帰属させる。すなわち式(6)、(7)の右辺各項を需要種別に配分することにより、国内生産額を分類することができる。輸入品についても同様に需要種別に輸入額を分類する³⁾。輸入品の生産構造が日本と同一という仮定を置かざるを得ないが、国外の生産活動のうち、CO₂排出の大きさが無視できないプロセス(アル

ミ地金の精練、天然ガスの液化)については別途積み上げ計算をすることによって補正する。

4. 結果・考察

(1) 東京のCO₂排出構造

部門ごとの排出構造について検討する。280部門をすべて示すことは不可能なため、適宜統合している。図1は域内排出量を排出する産業別に分類したものである。図2は帰属排出量を排出が由来する最終需要(財・サービス)に分類したものである。図1におけるInternal、to other region、to abroadはそれぞれ、都内の最終需要、国内他地域の最終需要、海外の最終需要に起因して都内で排出されることを表す。図2は帰属排出量を排出が起因する最終需要別に分類したものである。Internal、from other region、from abroadはそれぞれ都内、国内他地域、海外において排出されることを示している。図1と図2におけるInternalの合計は定義より等しく、表1より9.8Mt-C(1990年、以下同様)である。同様に図1のto other regionの合計は5.1Mt-C、図2のfrom other regionの合計は21.5Mt-Cとなる。

部門ごとの特徴であるが、図1より域内排出の45%を運輸部門が占めている。図1の横軸右端の最終消費部門は主に家計部門を指すが、家庭におけるガソリン、都市ガスの消費はここに含まれる。図2の帰属排出量によると、建設部門とサービス関連部門が主な排出の要因となる最終需要であることがわかり、建造物の長寿命化はポテンシャルの大きい対策であるといえる。年度間では1990年と1995年の間に特に顕著な違いは見られないが、帰属排出量において建設部門からサービス関連部門への排出シフトが指摘できる。

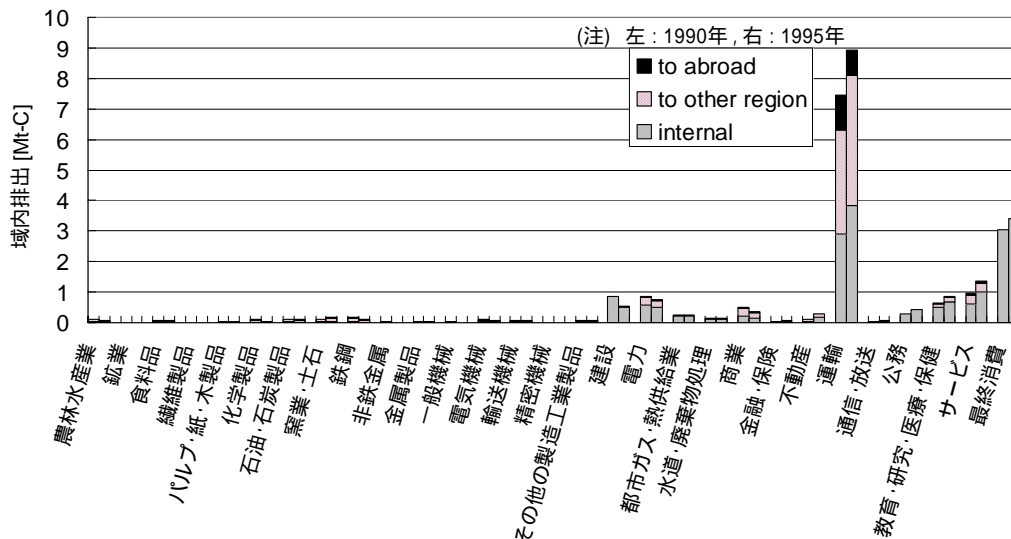


図1 産業別に分類した東京都の域内CO₂排出量

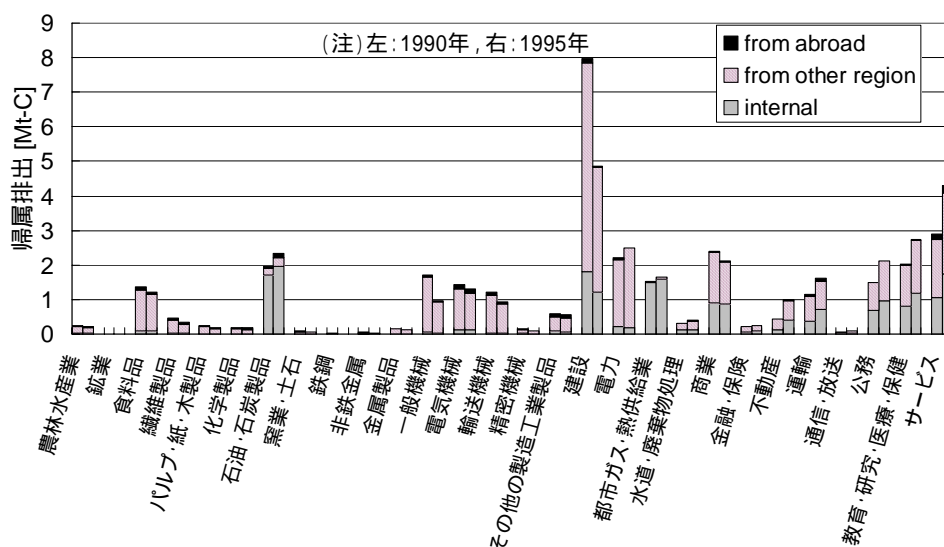


図2 最終需要別に分類した東京都の帰属CO₂排出量

(2) 札幌市のエネルギー消費構造

部門が燃料別に分割されていないので、CO₂排出量を推計することが困難である。そこでCO₂排出源を、「電力」、「ガス・熱供給」、「化学・石油・石炭製品」の3部門として、この3部門について、市内における消費量と消費に誘発する生産量を金額ベースで評価するにとどめる。まず市内におけるエネルギー消費量について、図3に各部門におけるエネルギー消費量を示した。「医療・保健」部門が大きいのは高付加価値製品の取引を伴うためであり、除外して考えてよい。右端は家計を主とする最終需要部門で、その高いエネルギー消費量は東京都の場合と異なり、寒冷地ならではの特徴といえる。全般に産業がサービス業に特化しており、小売、卸売部門での電力消費が主な産業部門のエネルギー消費である。また東京都で突出していた運輸部門の寄与が比較的小さい。

次に市内の最終需要に誘発するエネルギー消費量の評価結果を図4に示す、図4は市内における消費・投資に誘発するエネルギー消費量で、エネルギー消費は「電力」、「ガス・熱供給」、「化学・石油・石炭製品」の3部門の誘発額の合計値である。内訳のうち、「市内消費」、「移輸出」はそれぞれ市内の消費、移出輸出に誘発される市内でのエネルギー消費量を示している。「医療・保健」を同様に除外して考えると、「建設」、「卸売」「小売」部門における誘発エネルギー消費量が多い。「建設」よりも「卸売」「小売」が多いのが東京都と異なる点である。なお、表1に部門一覧表を示したので、図3,4の横軸と適宜対照されたい。

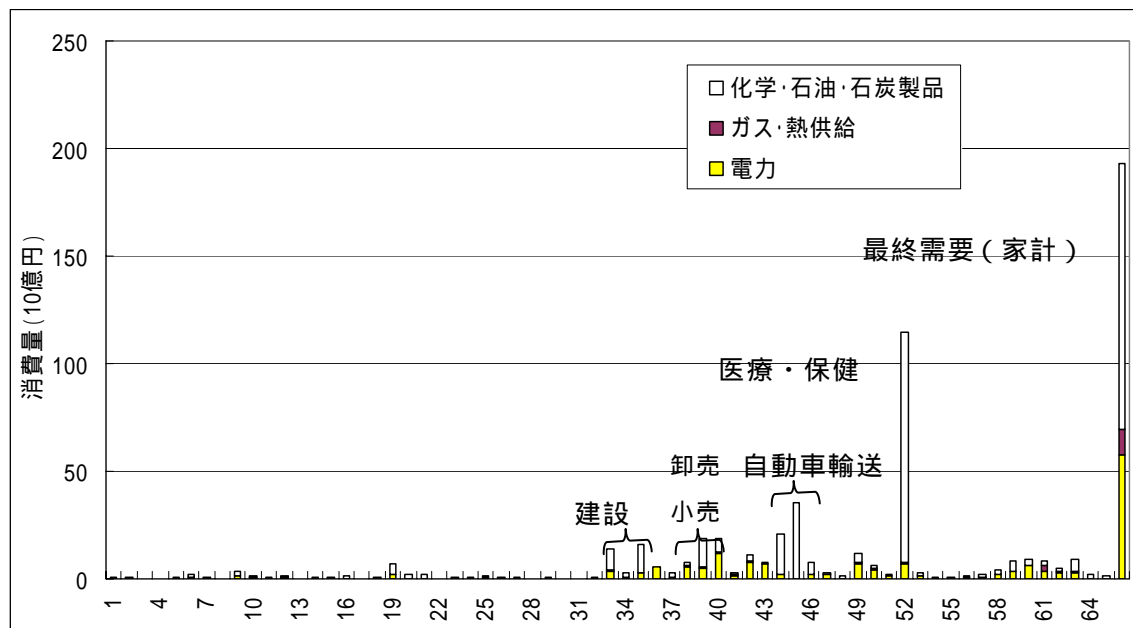


図3 各部門におけるエネルギー消費額

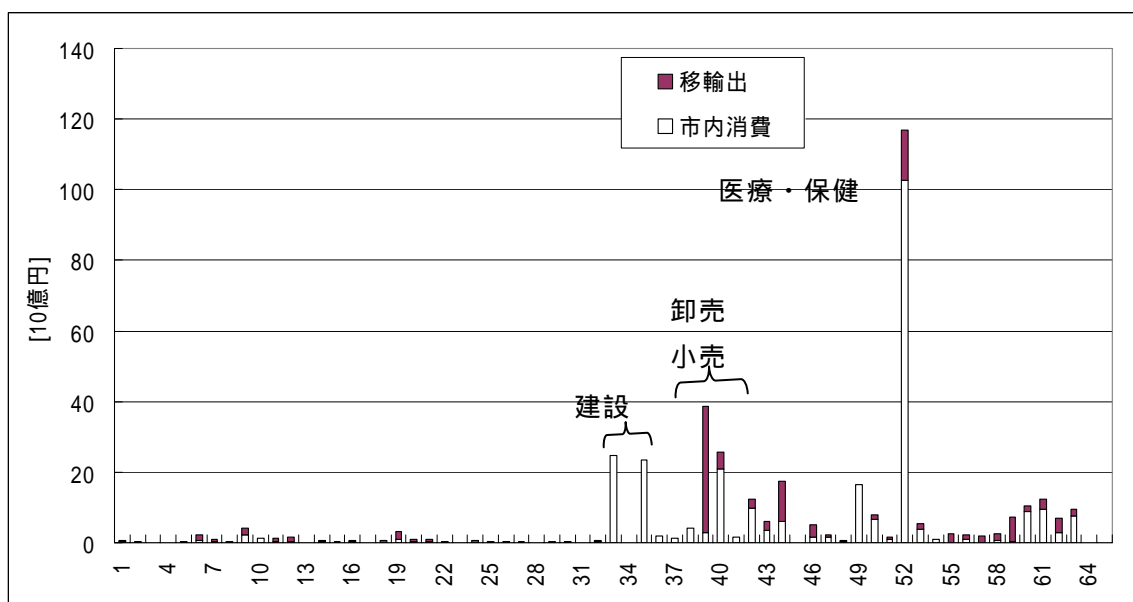


図4 各最終需要のエネルギー消費誘発額

表1 部門一覧表

1	耕種農業	23	窯業・土石製品	45	自家輸送
2	畜産・養蚕・農業サービス	24	鉄鋼・非鉄金属	46	その他の運輸
3	林業	25	建設・建築用金属製品	47	通信
4	漁業	26	その他の金属製品	48	放送
5	鉱業	27	産業機械	49	公務
6	と畜・肉・酪農品	28	その他の一般機械	50	教育
7	水産食料品	29	電気機械	51	研究
8	精穀・製粉	30	輸送機械	52	医療・保健
9	農産食料品	31	精密機械	53	社会保障
10	その他の食料品	32	その他の製造工業製品	54	その他の公共サービス
11	酒類	33	建築	55	広告
12	その他の飲料	34	建設補修	56	調査・情報サービス
13	繊維工業製品	35	土木	57	物品賃貸サービス
14	衣服・身の回り品	36	電力	58	自動車・機械修理
15	製材・木製品	37	ガス・熱供給	59	その他の対事業所サービス
16	家具・装備品	38	水道・廃棄物処理	60	娯楽サービス
17	パルプ・紙	39	卸売	61	飲食店
18	紙加工品	40	小売	62	旅館・その他の宿泊所
19	出版・印刷	41	金融・保険	63	その他の対個人サービス
20	化学・石油・石炭製品	42	不動産	64	事務用品
21	プラスチック製品	43	鉄道輸送	65	分類不明
22	皮革・ゴム製品	44	道路輸送（除自家輸送）		

5. 本研究により得られた成果

東京のCO2排出構造を産業別にみると電力、運輸、最終消費（おもに家計）における排出が多い。また最終需要別には建設、サービスに由来する排出量が多い。逆にいえばこれらの部門では削減ポテンシャルが多いことを意味する。つまり、電力、運輸部門における燃料転換や効率改善、ならびに建築物の長寿命化やサービス業における燃料節約などの省エネ策がCO2削減に有効であるという示唆が得られる。年度間の比較では1995年は90年と比べて、産業別では運輸、最終消費（おもに家計）が増加、鉄鋼が減少している。最終需要別ではサービスが増加、建設は減少している。これは90年前後の好景気による活発な建設需要による鉄鋼の生産増加が、95年では大きく縮小したことに由来する。全体としては建設需要の減少の効果を民生（家庭、業務）のエネルギー消費増で相殺する構造となっている。

他方、札幌市のエネルギー消費構造から主なCO2削減対策を推測すると、住宅におけるエネルギー消費の削減、例えばコジェネ、ヒートポンプの普及拡大、サービス業を中心とする業務ビル・自動車輸送における省エネ、建設物の長寿命化、などがポテンシャルの大きい対策として挙げられる。東京都の結果と概ね対策内容は同じであるが、ポテンシャルの大きさがそれぞれで異なっている。

都市の産業連関表はそのほとんどが東京都産業連関表のような地域間の連関情報を網羅しておらず、また部門数も十分に多くない。大都市では生産活動を他地域に依存しているため、他地域からの移入の割合が多い。生産段階におけるCO2排出量を捉えるためには、近隣の都道府県レベルあるいは全国の産業連関表を用いた評価が必要であろう。

6．引用文献

- 1) 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）
- 2) 環境省地球環境局；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(試案ver1.3)（2003）
- 3) 吉田好邦ほか2名；LCA的な概念による地域活動に伴うCO2総排出量の構造分析、日本エネルギー学会誌、77、11、（1998）、1054-1061.

7．国際共同研究等の状況

特に記載すべき事項はない。

8．研究成果の発表状況

（１）誌上発表

<論文（査読あり）>

Tomohito Okamura, Ryuji Matsuyhashi, Yoshikuni Yoshida, Hideo Hasegawa, Hisashi Ishitani, “CO2 reduction effect of the utilization of waste heat and solar heat in a city gas system”, Electrical Engineering in Japan, Vol. 149, Issue 1, (2004), 22-32.

Hirokazu Shima, Hisashi Tateyashiki, Ryuji Matsuyhashi, Yoshikuni Yoshida, “An Advanced Concrete Recycling Technology and its Applicability Assessment through Input-Output Analysis”, Journal of Advanced Concrete Technology, Vol. 3, No. 1(2005), 53-67

<その他誌上発表（査読なし）>

吉田好邦、「小型コージェネレーションシステムの環境特性」、Japan Energy & Technology Intelligence, Vol. 52, No.13(2004), 12-14.

（２）口頭発表（学会）

吉田好邦、松橋隆治、「特定地域、事業者のCO2排出量のアカウント方法と削減量の評価」、第23回エネルギー・資源学会研究発表会講演論文集(2004)、45-48

Yoshikuni Yoshida, Yasuko Nomura and Ryuji Matsuyhashi, “Optimal utilization scenarios of biomass energy: Influence of afforestation and forest management”, Proceedings of the 7th International Conference on Greenhouse Gas Control Technologies, (2004), (In press)

原卓也、松橋隆治、吉田好邦、島裕和、「廃棄物のセメント原料化による環境負荷低減効果の評価」、第21回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集(2005)、143-147.

長田浩司、吉田好邦、松橋隆治、「気候変動に関する制度の不確実性を考慮した国内温暖化対策の影響評価」、第21回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集(2005)、215-218.

（３）出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催（主催のもの）

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

なし

9 . 成果の政策的な寄与・貢献について

今後、本プロジェクトの活動本体、ならびに関係する学会などを通じ、成果の広報・普及に努める。