

地域交通におけるモーダルシフト策による二酸化炭素排出削減効果の分析

The Effect of Modal Shift Policies on the Reduction of Carbon Dioxide Emissions Induced by Regional Transportation in Japan

新家誠憲***・阿部宏史**

By Tomonori SHINKE***・Hirofumi ABE**

1. はじめに

運輸部門は、地域や都市における交易や交流を支える基幹的インフラとして、地域経済の発展に貢献してきた。しかし、運輸部門からの二酸化炭素排出量は、日本全体の総排出量の約 20%を占めており、今後の地球温暖化対策では、運輸部門からの温室効果ガス削減が急務となっている。

著者らはこれまでに、運輸部門を細分化した地域産業連関モデルを構築し、運輸部門を中心とし二酸化炭素排出変動要因の分析を行ってきた¹⁾。その結果、わが国では自動車輸送による二酸化炭素排出量が急増しており、その原因として、地域内最終需要の増加、並びに地方圏から大都市圏への地域間交易(移出・移入)が大きく影響していることを明らかにした。

そこで本研究では、以上で述べた運輸部門を中心とした二酸化炭素排出動向のうち、特に地域間交易による二酸化炭素排出に着目し、Leontief & Strout によるグラビティモデルを用いて、貨物輸送に関するモーダルシフト策が二酸化炭素排出削減に及ぼす効果を定量的に分析する。

2. 使用データと分析モデル

(1) 地域間取引関連のデータ

上記の既往研究において構築した運輸部門を細分化した地域産業連関モデルでは、地域間の移出、移入に基づいて、輸送手段別・発着地域別の二酸化炭素排出量を把握することが可能であるが、着地域における部門別排出量については不明である。

そこで本研究では、既存の地域間取引関連データとして、貨物地域流動調査と全国貨物純流動調査を利用し、部門別・輸送手段別の貨物輸送量を物量ベースで求め、代替指標とする。推計に際しては、本研究の分析対象年

*キーワードズ：地域環境問題，地域計画，計画基礎論

**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:abel@cc.okayama-u.ac.jp

***学生員，工修，岡山大学大学院環境学研究所博士課程後期

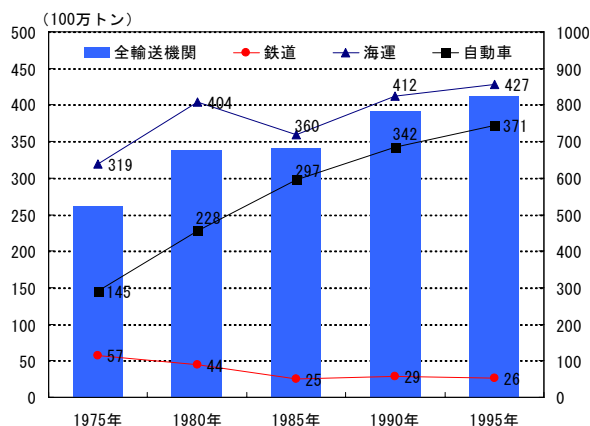


図1 1975～95年における輸送手段別の地域間貨物輸送量の推移(内々除)

次である 1995 年における貨物地域流動調査の鉄道，自動車，内航海運について，輸送手段別に国内地域相互間の品目別貨物流動量を集計し，これに全国貨物純流動調査報告書に収録されている「II-3-5 着産業業種品目別流動量-重量-」に基づいて算出した着産業業種別の輸送率を乗じて，輸送手段別・着産業業種別の貨物輸送量を求めた。なお，地域の設定は地域産業連関表と同様の全国 9 地域区分とした。分析に際して，貨物地域流動調査の 9 地域間貨物輸送量と，産業連関表における移出入について相関分析を行った結果，鉄道 0.78，海運 0.91，自動車 0.85 の相関係数値を得た。

図 1 に 1975～1995 年における輸送手段別の地域間貨物輸送量の推移を示す。鉄道輸送は減少傾向，また海運輸送はほぼ横ばい状況にあるが，自動車貨物輸送は，全貨物輸送量を牽引する形で大きく増加している。

表 1 は，1995 年における地域内及び地域間の輸送手段別貨物輸送量の対全国シェアである。これを見ると，地域内輸送において，関東のシェアが全体的に大きくなっているが，関東，近畿のシェア変動は減少傾向にある。

地域間輸送は，関東以外の地域でもシェアが大きく，特に自動車は，中部と近畿の地域間輸送シェアが関東と同水準である。一方，北海道，四国，九州における自動車貨物輸送の地域間輸送シェアは著しく小さい。海運輸送は中国，四国，九州のシェアが大きくなっている。

以上のように，地域間輸送においては地方圏からの輸送による影響が大きいことがわかる。

(2) Leontief & Strout の修正グラビティモデル

本研究では、財貨の地域間移動を説明するためのモデルとして、Leontief & Strout のグラビティモデル³⁾を用いる。以下に基本式を示す。

$$T_i^{rs} = \frac{D_i^s \cdot S_i^r}{X_i} \cdot \frac{1}{(d^{rs})^{\beta_i}} \cdot (c_i^r + k_i^s) \cdot \delta_i^{rs} \quad (1)$$

ここで、財貨の移動量は、地域間取引行列 T として表され、地域 r と地域 s の間で取引された財 i の輸送量が、輸送手段 3 種類別、産業 27 業種別に物量ベースで求められる。 S は、自地域も含めた r 地域の総供給量を表し、 D は地域 s の総需要量を示している。

地域間距離 d^{rs} は、輸送マネーコストと輸送タイムコスト考慮した一般化費用とし、輸送手段別の地域間輸送費と定義する。まず、輸送マネーコストについては、運輸部門を細分化した地域産業連関表により、輸送手段別・発着地域別の移出入額を求め、このデータと物量ベースによる地域間総貨物流動量を用いて、「単位 1 トン当たりの移入額(1 トン/円)」を求めた。

次に、輸送タイムコストは、「全国貨物純流動調査 VI-1 都道府県間物流時間 (代表輸送機関別)」に掲載されている鉄道、海運、トラックの所要時間を、時間価値 ω を用いて貨幣価値に変換した。

これらのデータを用いて、式(2)で求められる全費用を地域間距離の指標とする。

$${}_k v^{rs} = {}_k m^{rs} + \omega \cdot {}_k w^{rs} \quad (2)$$

${}_k m^{rs}$: 輸送マネーコスト

${}_k w^{rs}$: 輸送タイムコスト

ω : 1995 年の普通貨物車の時間価値 26.22 (円/分)

時間価値は、時間価値原単位および走行経費原単位の算出方法⁴⁾、及び道路投資の評価に関する指標(案)⁴⁾を参考にし、陸運統計要覧平成7年、12年を用いて、1台当たりの平均積載量を求めた上で算出した。

地域間輸送手段別輸送費を式(1)のモデルに適用し、最小 2 乗法により推定されるパラメータ β_i は、「距離感応度係数」と呼ばれ、 r 地域から s 地域へ移動する際の距離に対する抵抗を表す。また β_i は、地域間取引の条件(輸送手段、輸送コスト、所要時間)を反映している。

3. 分析シナリオとシミュレーション

(1) 分析シナリオの設定

本研究では、自動車貨物輸送に伴う二酸化炭素排出の削減策として、鉄道または海運へのモーダルシフトに着目し、式(1)のモデルを用いたシミュレーションを通じて、実施効果を分析する。以下に、分析シナリオとして想定するケースについて説明する。

表 1 地域内及び地域間貨物輸送量の全国シェアと変動 (1990~95 年)

	鉄道		海運		自動車	
	地域内	地域間	地域内	地域間	地域内	地域間
北海道	1990年 7.2%	9.3%	3.5%	4.8%	8.9%	0.5%
	1995年 8.6%	10.2%	4.1%	4.8%	10.1%	0.7%
	1990-95変動 1.4	0.9	0.6	0.1	1.1	0.3
東北	1990年 7.3%	11.6%	2.7%	4.3%	9.8%	7.8%
	1995年 8.7%	12.3%	3.0%	4.5%	10.3%	8.3%
	1990-95変動 1.3	0.7	0.3	0.2	0.5	0.5
関東	1990年 56.5%	29.8%	34.7%	15.6%	34.3%	25.5%
	1995年 57.1%	29.5%	33.0%	15.5%	30.4%	24.6%
	1990-95変動 0.7	▲0.2	▲1.8	▲0.1	▲3.8	▲1.0
中部	1990年 8.0%	15.7%	6.0%	8.5%	12.1%	23.6%
	1995年 8.9%	17.1%	6.7%	8.8%	12.0%	24.2%
	1990-95変動 0.8	1.4	0.8	0.3	▲0.2	0.6
近畿	1990年 3.7%	14.5%	16.7%	11.7%	12.7%	23.2%
	1995年 2.0%	12.8%	15.9%	11.2%	13.6%	22.9%
	1990-95変動 ▲1.8	▲1.7	▲0.8	▲0.5	0.9	▲0.4
中国	1990年 8.0%	8.8%	12.5%	22.8%	6.8%	10.5%
	1995年 8.9%	8.0%	12.9%	22.4%	6.9%	10.0%
	1990-95変動 0.9	▲0.8	0.4	▲0.4	0.1	▲0.5
四国	1990年 2.2%	2.1%	4.1%	10.9%	3.9%	3.6%
	1995年 0.0%	2.1%	4.4%	10.3%	4.6%	3.9%
	1990-95変動 ▲2.2	▲0.0	0.3	▲0.6	0.7	0.3
九州	1990年 7.1%	8.3%	19.7%	21.5%	11.4%	5.2%
	1995年 5.8%	8.1%	19.9%	22.5%	12.1%	5.4%
	1990-95変動 ▲1.2	▲0.2	0.2	0.9	0.7	0.2

表 2 モーダルシフトによる貨物輸送量の変動と増加率(単位: トン)

	1995年貨物量	1%削減		
	85524267	-855243	変化後	増加率
自動車				
		モーダルシフト		
鉄道	658370	+855243	1505144	2.29
海運	16154297	+855243	17001072	1.05

《想定するケース》

- 1995 年を分析対象年次とし、他地域への自動車貨物輸送が無い沖縄県を除く全国 8 地域間を分析対象地域とする。
- 自動車貨物輸送量を、全国各地域内及び地域間において、一律に 1%削減する。
- 鉄道、または海運に対して、削減した自動車貨物量と同量を追加する。

表 2 にモーダルシフト前後の輸送手段 3 種類別の貨物輸送量の変動と増加率を示す。

(2) 二酸化炭素排出量の推計方法

モーダルシフトに伴う二酸化炭素削減量の推計に際しては、まず、各地域で一律に削減した 1%の自動車貨物量を全国 8 地域の発生ベースで集計し、式(1)のグラビティモデルを用いて、鉄道、海運輸送に再配分し、地域間貨物輸送量の変動を推計する。

次に、産業連関表から得られる交通手段別の輸送マネーコストに基づいて、モーダルシフト前後の貨物輸送量変動を移出入額の変動に変換し、「二酸化炭素排出係数」を乗じて、二酸化炭素排出量の変動を推計する。

なお、本研究では、二酸化炭素排出量データ²⁾として、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計値を使用する。

式(3)に二酸化炭素排出係数の定義を示す。

$$d_j = D_j / X_j \quad (3)$$

ここに、 D_j は二酸化炭素排出量データを運輸部門別に再集計した値であり、各運輸部門からの「二酸化炭素直接排出量」を表す。「二酸化炭素排出係数」 d_j は、 D_j を部門 j の国内生産額 X_j で除した、単位生産額当たりの二酸化炭素直接排出量として定義される。

4. 分析結果と考察

(1) 産業部門別の輸送手段分担率

図2に、1995年における地域内及び地域間における輸送手段分担率を示す。地域内輸送では、自動車の輸送分担率が圧倒的に大きく、石油・石炭製品、電気ガス水道業を除いて、90%以上のシェアとなっている。一方、地域間輸送では自動車輸送のシェアが小さく、鉱業、化学工業、石油・石炭製品、鉄鋼製品は、海運輸送のシェアが50%以上となり、全体的に見て海運の分担率が高くなっている。鉄道輸送の分担率は、パルプ・紙・加工品を除くと10%未満の小さな値である。

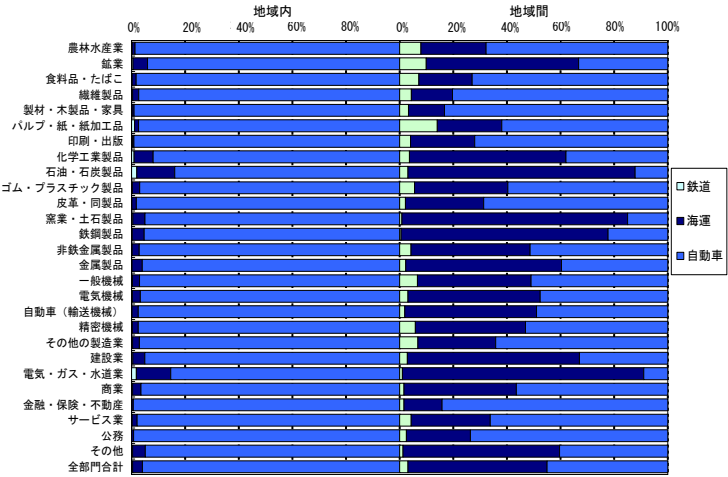


図2 地域内及び地域間における27部門別輸送手段分担率

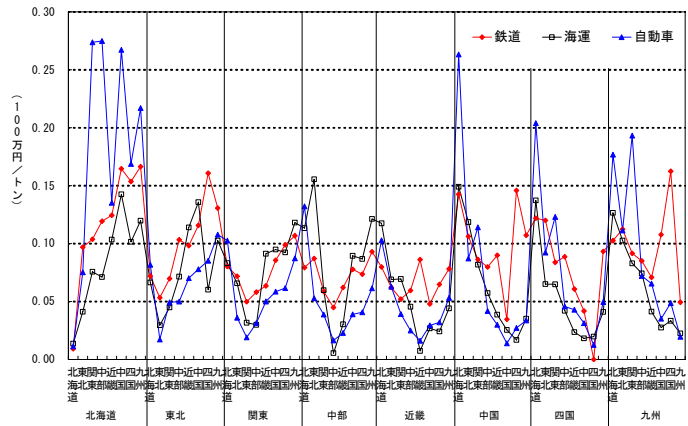


図3 地域間輸送手段別輸送費 (1995年)

(2) 輸送手段別の地域間輸送費

図3に、式(2)の一般化費用として定義される輸送手段別の地域間輸送費を推定した結果を示す。

図の結果では、北海道から他地域への自動車輸送によるコストが著しく大きく、他地域から北海道への輸送コストも高い。これは、北海道が他地域と道路で直結されていない地理的条件を反映した結果と考えられる。中国、四国、九州も全体的に輸送コストが高く、自動車による輸送費は、東北、関東、中部、近畿において全体的に小さい点が特徴的である。

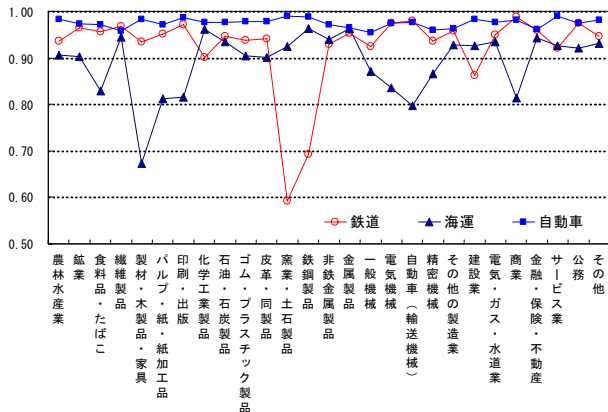


図4 輸送手段別の決定係数値 (1995年)

(3) 距離感応度係数の推定結果

図4と図5は、式(1)のグラビティモデルに基づいて推定した距離感応度係数値と決定係数値をまとめたグラフである。決定係数は、3輸送手段ともに、概ね0.8以上を示し、良好な推定精度が得られている。

距離感応度係数値は、自動車輸送の推定値が大きく、距離による影響が最も大きい手段であることがわかる。次いで、海運、鉄道輸送の順になっている。先の地域間輸送手段別輸送費と考え合わせると、鉄道輸送は、距離抵抗が小さく、輸送コストも低い。

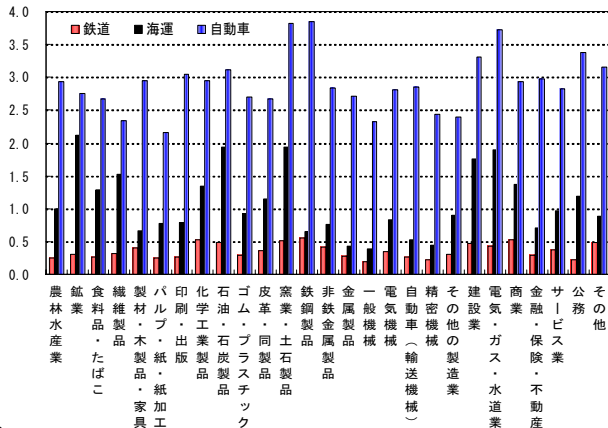


図5 輸送手段別の距離感応度係数値 (1995年)

(4) モーダルシフトによる二酸化炭素削減量

図6と図7は、自動車貨物輸送量の1%を削減し、同

量の貨物を鉄道輸送、または海運輸送にシフトさせた場合の8地域内及び地域間における二酸化炭素排出削減量を推計した結果である。

図6の結果から、鉄道輸送は、地域内および地域間のいずれについても二酸化炭素排出削減に結びついており、特に地域内輸送において大きな削減効果が得られている。地域別に見ると、関東の削減量が大きい。関東を除く他地域では、関東への輸送による削減量が比較的に大きくなっており、自動車輸送に伴う二酸化炭素排出量は、関東への輸送に起因する割合が大きいことがわかる。鉄道輸送は、地域内における現状の分担率が著しく低いことを考え合わせると、今後のモーダルシフト策を考えていく上で重要な輸送手段と言える。

図7は、海運輸送に関する分析結果である。鉄道輸送に比べると、関東、中部、近畿、中国において地域間輸送に対する削減効果が大きく、全国的に地域内輸送への削減効果は小さくなっている。表1の結果にも示されたように、これらの地域は現状の地域間輸送において自動車分担率が高い地域であり、海運輸送の分担率を増加させることが、これらの地域の二酸化炭素排出削減に有効と考えられる。

表3に、現状とモーダルシフト後における二酸化炭素排出量と変動量を示す。鉄道貨物輸送と海運輸送のいずれにおいても、自動車輸送の二酸化炭素削減量を下回る二酸化炭素排出増加量となっており、本研究で分析対象としたモーダルシフト策を通じて、二酸化炭素削減効果が得られることがわかる。表4は、地域内及び地域間における二酸化炭素削減量と削減率である。鉄道、海運の地域内輸送および地域間輸送を比較すると、鉄道は地域内において削減量が著しく大きいものに対して、海運輸送は地域間の削減量が大きく、削減率も高い。

5. まとめ

本研究の結果から、貨物輸送における自動車から鉄道へのモーダルシフトは、地域内及び地域間において削減効果があり、二酸化炭素排出削減に有効な施策と言える。しかし、鉄道輸送は地域内における現状の分担率が低く、海運輸送は地域間において削減率が高いことを考え合わせると、地域間輸送では、海運輸送へのモーダルシフトを考えていく必要がある。

今後の課題としては、本研究で構築した貨物輸送モデルを地域産業連関モデルと統合し、多様な地球温暖化防止対策を検討できるモデルに拡張していくことが考えられる。

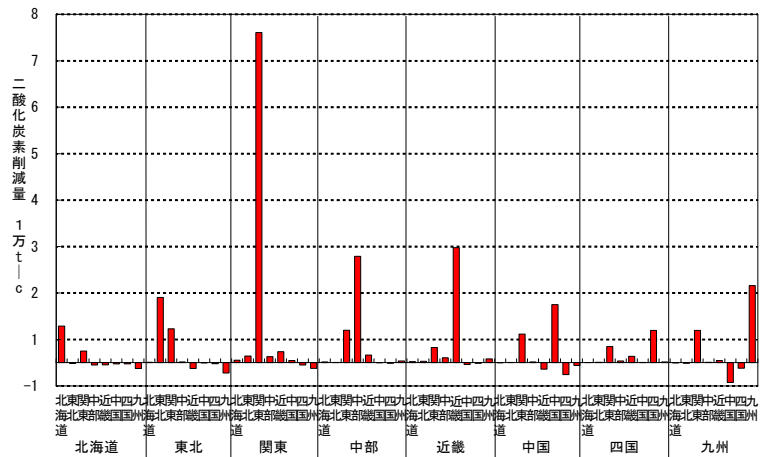


図6 鉄道へのモーダルシフトによる二酸化炭素排出削減量

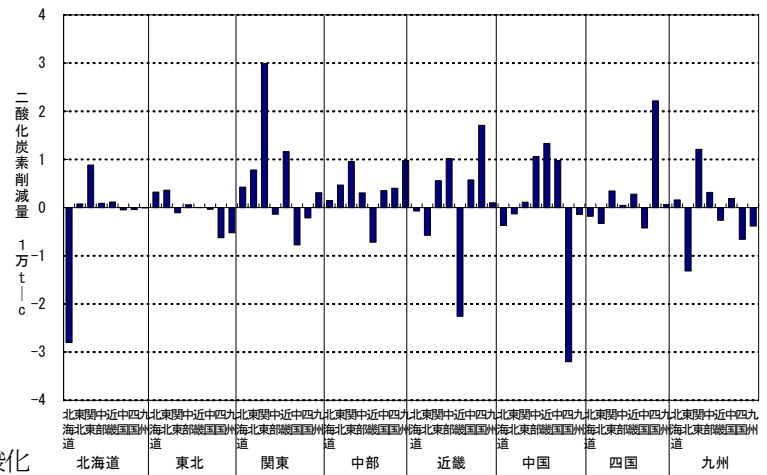


図7 海運へのモーダルシフトによる二酸化炭素排出削減量

表3 モーダルシフト前後の二酸化炭素排出量と変動 (1万 t-c)

	現状	転換後	転換後変動
鉄道	4.7 ⇒	10.9	6.2
海運	132.8 ⇒	152.8	20.0
自動車	2703.8 ⇒	2676.9	-27.1

表4 モーダルシフト後の二酸化炭素削減量と削減率

	地域内	地域間
モーダルシフト (自動車→鉄道)	-17.7 (-0.95%)	-3.1 (-0.37%)
モーダルシフト (自動車→海運)	-1.4 (-0.07%)	-5.7 (-0.63%)

参考文献

- 1) 阿部・新家・永禮：運輸部門を細分化した地域産業連関表に基づく二酸化炭素排出動向の分析，土木計画学研究・講演集，No. 30，2004年。
- 2) 南齋・森口・東野：産業連関表によるCO2排出原単位(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) 江沢・金子編：地域経済の計量分析，第2章，勁草書房，1973年。
- 4) 国土交通省：一時間価値原単位および走行経費原単位（平成15年価格）の算出方法一，2003年。