

# 国内長距離貨物輸送の機関分担への炭素税導入影響に関する研究

(正) 赤倉康寛 (京都大学防災研究所), 渡部富博 (国土技術政策総合研究所)

## 1. 序論

炭素税の導入は、CO<sub>2</sub>の排出を抑制し、省エネルギー技術の開発を進展させる効果が期待されている。運輸部門での炭素税導入の排出抑制効果の評価のためには、個々の輸送機関でのエネルギー効率の上昇に加え、より排出量の少ない輸送機関へのシフト（モーダルシフト）の効果を推計しなければならない。しかし、国内貨物輸送の真の発着地間（OD）純流動を推計するには、統計データが十分とはいえない。また、海上輸送を特徴の異なる船種で区分すると、作業量が膨大になる。そのため、国内貨物輸送の機関分担モデルによるモーダルシフトに関する研究としては井村ら<sup>1)</sup>や黒川ら<sup>2)</sup>が散見されるが、船種別の特徴を踏まえた輸送機関分担モデルはほとんど見当たらない。以上の点を踏まえ、本研究は、シャーシ・コンテナ等ユニットロードによる国内長距離貨物輸送の主要 OD を対象に、船種別に区分した輸送機関分担モデルを構築し、これにより、炭素税による輸送機関選択や二酸化炭素排出量の変化を試算したものである。

## 2. 内貿ユニットロード輸送に対応した機関分担モデル

**2.1 内貿ユニットロード船** 内貿ユニットロード輸送を担う船種は、フェリー（貨客船・荷役不要）、RoRo 船（貨物船・要荷役）及びコンテナ船（クレーン荷役）の3つに大別される。

**2.2 OD 貨物量データ** 北海道・九州ー関東・中部・近畿の中で、貨物量を踏まえ、主要な 300D を対象とした

表-1 対象 OD

北海道九州側		関東・中部・近畿側
道央	⇔	東京・神奈川・愛知・大阪・兵庫
道東	⇔	東京
福岡	⇔	東京・神奈川・愛知・大阪・兵庫
大分	⇔	神奈川・大阪・兵庫
宮崎	⇔	大阪

(表-1)。各 OD の貨物量は、代表輸送機関については港湾調査及び貨物地域流動調査の通年データを、端末輸送については内貿ユニットロード貨物流動調査（1ヶ月データ）及び全国貨物純流動調査（3日間データ）（いずれも国土交通省）を使用した。時点は、2007年である。なお、貨物地域流動調査の自動車には、フェリーによる貨物量も含まれるため、重複を排除した。また、港湾調査の貨物単位はフレート・トンであり、他の統計（メトリック・トン）と異なることから、内貿ユニットロード貨物調査や内航船舶輸送統計調査（国土交通省）を用いて単位換算した。対象品目は、荷姿がユニットロードか、ユニットロードに容易に転換が想定される品目（農水産品、軽工業品、雑工業品等）とした。300D の中には、RoRo 船及びコンテナ船でサービスのない OD が存在した。

**2.3 サービス水準** 各 OD のサービス水準（所要時間、輸送コスト等）は、海上定期便ガイド等の時刻表を基本に整理した。OD によっては複数の経路が存在する場合があるが、全国貨物純流動調査にて最も貨物量の多かった経路を選択した。CO<sub>2</sub>排出量は、内貿ユニットロード船は鈴木ら<sup>3)</sup>の式を、鉄道及び自動車は温室効果ガス排出量インベントリ報告書（国立環境研究所）、自動車輸送統計調査及び鉄道輸送統計調査（国土交通省）を用いて算定した。

**2.4 モデルの推計** モデルは、ロジットモデルを採用した。同モデルは、効用関数の誤差項にガンベル分布を仮定した確率的離散選択モデルである。その中で、全ての選択肢を同列に扱う CLM（条件付きロジットモデル）と、類似選択肢のグループ化による階層構造を使用した NLM（ネスティッド・ロジットモデル）との両方を検討した。その結果、CLM より、NLM の方が尤度比が高く説明力があつた。さらに、NLM において様々な階層構造・説明変数を検討した結果が表-2 であるが、積み替えの有無でグループ化し、総時間・輸送コスト・自動車ダメーを説明変数とするモデルが最適となった (Model-5)。総時間の t 値が低めであったものの、基本的かつ重要な説明変数と判断した。採択した Model-5 で、

表-2 NLMのパラメーター推計結果

MODEL	1	2	3	4	5	6
Tree	(Car), (Ferry, RoRo, Cont), (Train)			(Car, Ferry), (RoRo, Cont, Train)		
総時間(h)	-0.0321 -1.57	-0.0310 -1.48	-0.0372 -1.54	-0.0256 -1.38	-0.0142 -0.78	-0.0148 -0.80
輸送コスト (円)	-2.88E-05 -1.85*	-2.82E-05 -1.79*	-2.47E-05 -1.49	-1.33E-05 -2.29**	-2.63E-05 -2.45**	-2.68E-05 -2.47**
CO <sub>2</sub> 排出量 (kg-CO <sub>2</sub> )			-0.0054 -0.53			-0.0020 -0.28
自動車 ダミー		1.09 0.33	1.05 0.35		1.65 1.78*	1.90 1.44
尤度比	0.318	0.320	0.323	0.274	0.322	0.323
符号条件	○	○	○	○	○	○
AIC	2.30	2.37	2.42	2.36	2.29	2.36

※各説明変数の上段が係数、下段がt値 (\*\*:5%水準で有意, \*:10%水準で有意)

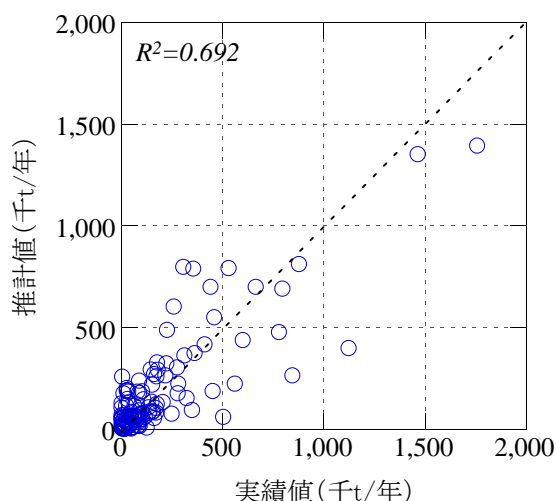


図-1 貨物量の実績値と推計値

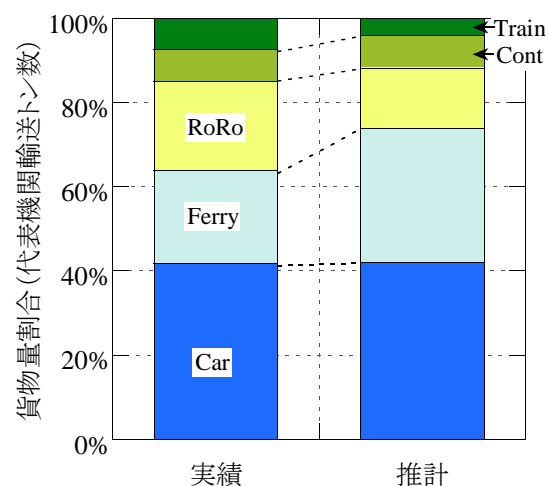


図-2 実績値と推計値の代表機関別割合

各 OD・代表輸送機関の貨物量について、実績値と推計値を比較したのが、図-1である。決定係数が0.7 近くあり、推計精度は概ね良好であった。図-2に代表輸送機関別の貨物割合を示すが、フェリーが少々過大推計で、CO<sub>2</sub>排出量の推計値は、実績値より10.6%大きくなった。

**2.5 考察** 表-2では、内貨ユニットロード輸送を一つのグループにする方法と、積み替えの有無でグループ化する方法の2例を示したが、いずれの場合でも、CO<sub>2</sub>排出量は説明変数としては有効ではなかった (Model1-2→3, Model1-5→6で、尤度費は微増だが、AICが増大)。この時点では、CO<sub>2</sub>排出量は輸送機関の選択において、あまり考慮されていなかったと言える。なお、2010年の全国貨物純流動調査結果 (国土交通省) においても、輸送機関選択要因として環境負荷の小ささを挙げたのは、わずか4.6%であった。

### 3. 炭素税導入の効果試算

**3.1 炭素税を巡る状況** 2012年の租税特別措置法の改正により、従来の石油石炭税に、CO<sub>2</sub>排出量に応じた税率を上乗せする課税特例が設けられた。税率は段階的に引き上げられ、2016年にはCO<sub>2</sub>排出量1t当たり289円の上乗せ税率となる。この特例税率に対し、モーダルシフト進展等のため、内貨ユニットロード輸送や鉄道輸送等に供する軽油・重油は、還付制度が設けられた (2014年3月まで)。

また、同じくCO<sub>2</sub>排出削減として、エネルギー使用の合理化に関する法律の改正 (改正省エネ法) が2006年に施行され、一定規模以上の輸送能力を有する輸送事業者は、エネルギー消費原単位を、中

長期的に見て年平均 1%以上低減させる排出削減努力が課されている。

**3.2 試算ケース設定** 炭素税導入による試算ケースは、表-3 とおり設定した。Case-0 は現況再現，Case-1 は石油石炭税の特例が設けられた影響の確認，Case-2 及び 3 は現状に比べて高額な炭素税が導入された場合の影響を見るものである。将来の炭素税の炭素単価（税率）については、公共事業評価の指針<sup>4)</sup>：10,600 円/t-c や環境省委員会における算定結果<sup>5)</sup>：13,148～34,560 円/t-c を参考に設定した。

また、課税による輸送コストの上昇率の設定については、炭素税を燃料油価格の上昇と同一の現象と捉えたと、2004 年の国土交通省資料<sup>6)</sup>では、燃料油価格高騰のほとんどは企業努力により吸収され、運賃には反映されていなかった（石油・天然ガス価格が 20% 上昇した場合、沿海・内水面貨物輸送や道路貨物輸送が 1%弱価格上昇すると試算）。しかし、この状況を踏まえ、2005・2008 年の燃料油高騰時には、国土交通省から経済団体に対して、適切なコスト分担への荷主理解が不可欠との働きかけがなされたこともあり、物流業界での燃料油高騰の運賃転嫁は進んできており、例えば RoRo 船・コンテナ船貨物では、転嫁率が 2005 年：43%→2012 年：70%と上昇し<sup>7)</sup>、トラック業界でも燃料サーチャージの導入が進んできた。一方、炭素税を新たな税導入・税率上昇の運賃への転嫁として捉えたと、1989・1997 年の消費税導入・税率上昇では、多くの業界で価格転嫁が行われ、JR 貨物においても税と同率の運賃値上げがなされた。以上の状況や、さらに、継続的に CO<sub>2</sub> 排出削減の努力が課されている現状を踏まえ、本研究の試算では炭素税の課税・税額上昇については、直接輸送コストに反映されるとして算定した。様々な企業努力により、輸送コストへの反映が緩和される可能性も想定すると、本研究での試算結果は、課税による最大効果に相当することとなる。

**3.3 試算結果と考察** まずは、Case 1 として石炭石油税特例の導入による輸送機関分担の変化を見たのが、図-3 である。両 Case において、自動車の分担割合が減少し、他の輸送機関の分担割合が増加していた。本研究のモデルでは、通常自動車輸送に含まれてしまうフェリー輸送を一つの輸送機関として独立させたため、フェリー輸送に対するモーダルシフトの効果を自動車輸送から分離することが出来た。また、自動車以外の輸送機関の分担割合の増加については、税還付のない Case 1-1 では CO<sub>2</sub> 排出量の低い輸送機関が有利になるため、内貿ユニットロード輸送の中では、特に CO<sub>2</sub> 排出量の少ないコンテナ船での効果が高かった。これに対し税還付のある Case 1-2 では末端輸送のみの課税の影響が出ており、RoRo 船とコンテナ船の効果がほぼ同じレベルになっていた。ただ、いずれにおいても、貨物量の変化率は 1%に満たず、現行の石炭石油税特例の導入によるモーダルシフトはわずかであると推測された。

次に、税還付のない状態での課税額変化を見たのが、図-4 である。輸送機関の分担割合が一番大きく変化した鉄道で見ると、Case 2-1（1 万円課税）：8.6%増、Case 3-1（3 万円課税）：27.4%増であり、課税額に対

表-3 試算ケース

Case	単価(円/t-C)	税還付
0	0	—
1-1	1,060	なし
1-2	1,060	自動車以外あり
2-1	10,000	なし
2-2	10,000	自動車以外あり
3-1	30,000	なし
3-2	30,000	自動車以外あり

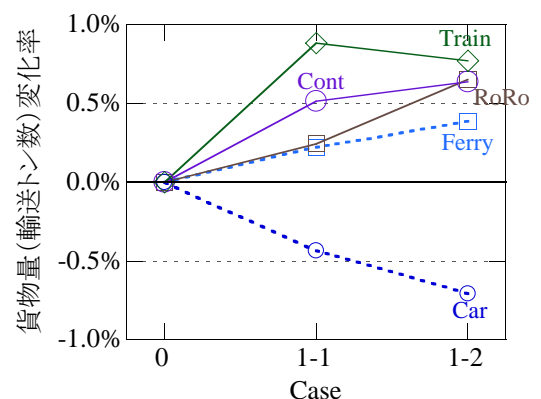


図-3 石炭石油税特例での機関分担変化

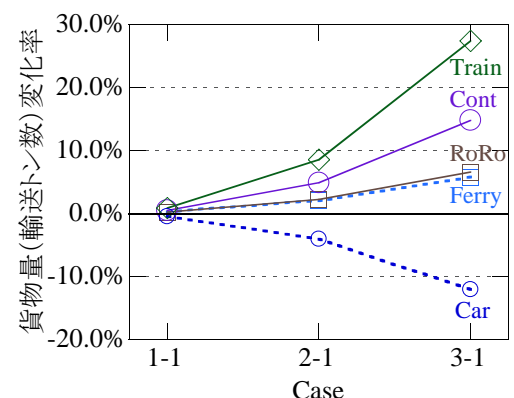


図-4 税額変化(還付なし)での分担変化

して概ね比例的に貨物量が増加していた。税還付がある状態での課税額変化が、図-5であるが、同様に、鉄道でCase 2-2：7.3%増、Case 3-2：22.2%増であり、やはり概ね比例的な効果が見られた。

それぞれのCaseについて、Case 0（平成19年時点）からのCO<sub>2</sub>排出量の削減率を示したのが、表-4である。課税額に対するCO<sub>2</sub>排出削減量は、概ね比例的であり、Case 1（石炭石油税特例）では削減率は0.3%に満たなかった。また、表-4では、輸送コスト平均上昇率の算定により、CO<sub>2</sub>削減率に対する弾性値も整理したが、税還付がないCaseの弾性値が約0.8に対し、税還付があるCaseの弾性値は2.0を超えていた。この結果は、限定的なODを対象としたものではあるものの、今後の炭素税の税率上昇において、CO<sub>2</sub>排出削減のための技術支援効果と、モーダルシフト促進効果とのベストミックスを求める場合に、税還付制度の効果の参考とすることが出来る。

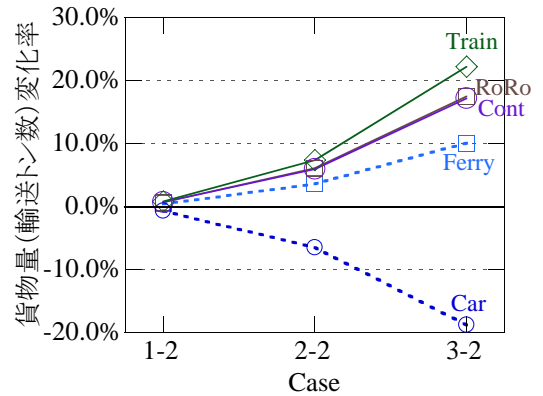


図-5 税額変化(還付あり)での分担変化

表-4 課税効果と弾性値

Case	CO <sub>2</sub> 削減率	輸送コスト平均上昇率	弾性値
1-1	-0.19%	0.24%	0.81
1-2	-0.28%	0.12%	2.27
2-1	-1.82%	2.27%	0.80
2-2	-2.59%	1.17%	2.20
3-1	-5.36%	6.80%	0.79
3-2	-7.22%	3.52%	2.05

#### 4. 結論

本研究では、ユニットロードによる国内長距離貨物輸送の主要ODを対象に、船種別に区分した輸送機関分担モデルを構築し、ある程度の現況再現性を確認した。また、CO<sub>2</sub>排出量は説明変数として有効ではなかった。モデルを用いた試算では、現行の石油石炭税特例では、輸送機関分担割合の変化やCO<sub>2</sub>削減率は1.0%未満であった。税率上昇に対しては、概ね比例的に輸送機関分担の変化やCO<sub>2</sub>削減率が大きくなった。船種別には、フェリーは、自動車と異なり、課税により貨物量が増加し、税還付のない状態では内貿ユニットロード輸送の中ではコンテナ船の税率上昇が大きかった。また、自動車以外の税還付によるCO<sub>2</sub>削減率への効果は、弾性値にして2倍以上であった。

**謝辞** 本研究は、科研費(22360212)の助成を受けたものです。また、国土交通省航空局の井山繁課長補佐(前国土技術政策総合研究所)にご助力をいただきました。ここに記し、感謝の意を表します。

#### 参考文献

- 1) 井村幸代・浅野光行：高速貨物輸送機関の導入がモーダルシフトに及ぼす効果の分析，土木計画学研究・講演集，Vol. 34，2006。
- 2) 黒川久幸・松浦伸枝・鶴田三郎・風間富一：時間価値分析による船舶へのモーダルシフトについての検討，日本造船学会論文集，Vol. 2001，No. 189，pp. 405-412，2009。
- 3) 鈴木武・佐々木友子：国内航路を運航するフェリー・RORO貨物船・コンテナ船の諸元と燃料消費の特徴，沿岸域学会誌，Vol. 25，No. 3，pp. 29-39，2012。
- 4) 国土交通省：公共事業評価の費用便益分析に関する技術指針(共通編)，2009。
- 5) 環境省：温暖化対策の経済性評価—数量モデルによる評価—，中央環境審議会地球環境部会目標達成シナリオ小委員会中間とりまとめVII，2001。
- 6) 国土交通省：原油価格高騰が運輸業に与える影響，2004。
- 7) 日本内航海運組合総連合会運賃・用船料委員会：燃料油高騰の運賃転嫁状況アンケート調査結果について(平成24年4月現在)，2012。