

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 6 月 7 日現在

機関番号：82115

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2012

課題番号：22360212

 研究課題名(和文) エコ物流内包型の国内幹線物流予測モデルに基づく GHG 削減施策
 評価手法の提案

 研究課題名(英文) Proposal for the assessment method of GHG reduction measures based on
 the forecasting model for domestic trunk physical distribution
 considering the Eco-physical distribution

研究代表者

渡部 富博(WATANABE TOMIHIRO)

国土交通省・国土技術政策総合研究所・港湾研究部・港湾システム研究室・室長

研究者番号：10356040

研究成果の概要（和文）：

我が国の海上ユニットロード輸送に焦点をあて、港湾や港湾貨物輸送に関わる温室効果ガスの排出抑制等への取り組みなどの状況についてその動向を整理するとともに、海上輸送における減速運航の実態や船種ごとの CO₂ 算定評価を可能とする燃料消費関数の構築、国内の長距離あるいは中距離の幹線輸送に関わる機関選択モデルの構築、更には、輸送手段ごとの CO₂ 排出量の違いにより今後の温室効果ガス抑制施策や炭素税等の課税価格などの施策が、輸送機関選択などにどのように影響するかなどを分析した。

研究成果の概要（英文）：

Concerning maritime unit load cargo transportation, we have analyzed the trend of countermeasures on greenhouse gases reduction and have developed the mode choice model for long and middle distance transports respectively. We have also analyzed how the transport mode choice will be changed in the future by policy of countermeasures on greenhouse gases reduction and carbon tax considering the difference of CO₂ emission among transport modes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
2011 年度	1,900,000	570,000	2,470,000
2012 年度	1,900,000	0	1,900,000
総計	6,700,000	1,440,000	8,140,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学、土木計画学・交通工学

キーワード：交通工学・国土計画、地球温暖化ガス削減計画、解析・評価、環境政策

1. 研究開始当初の背景

「温室効果ガス(GHG)を 1990 年比で 2020 年までに 25%削減」を目指すとした国連気候変動首脳級会合での首相演説、高速道路を段階的に無料化するとした民主党政権のマニフェスト、製造業などにおける製品や原材料輸送における鉄道や海運など、エコ物流やグリーン物流とも呼ばれる低炭素の輸送モードの利用増など、地球温暖化対策、GHG を取

り巻く状況が大きく変化している。このような状況のもと、GHG 排出源の 2 割を占めると言われている運輸部門(うち 4 割は貨物輸送)においても、低炭素型物流体系の構築が急務となっており、学術分野には、国内幹線物流の輸送機関別のシェアの変化が GHG 排出量に及ぼす影響をより精度よく予測・評価できるツールの開発が求められている。

2. 研究の目的

地球温暖化への対応が喫緊の課題となっているなか、排出量取引制度の進展や、既に民間企業では、環境負荷の少ない鉄道や海運を国内物流において選択する「エコ物流」指向企業も多い。今後は、GHG に関わる各種の施策や民間企業の物流への取り組みによって、輸送手段毎の排出量の違いが、輸送機関選択に大きく影響を及ぼすことも想定される。

そこで、国内輸送について、機関選択モデルを構築するとともに、輸送手段ごとの CO₂ 排出量の違いが、今後の炭素税等の課税価格をはじめとする温室効果ガス抑制施策などによって、ユニットロード輸送の機関選択などにどのように影響を及ぼすことになるかを分析する。

3. 研究の方法

(1) エコ物流内包型輸送機関分担モデル構築

GHG 削減を目指して自動車輸送から鉄道やフェリー・コンテナ船などへの転換が見込まれる国内幹線物流を対象に、主要企業や港湾でのエコ物流削減に向けた取り組み状況などの資料収集分析を行うとともに、国内幹線物流の OD 量推計を行い、国内幹線物流のエコ物流内包型の輸送機関分担モデルを構築する。

(2) GHG 削減施策評価手法の開発と提案

さらに、フェリーなどの海上輸送モードの GHG 排出原単位の検討や減速運航などの状況に関する分析、輸送コスト削減などが国内の生産などに与える影響などを分析できる波及効果算定モデルの構築を行い、GHG 排出削減に関わる施策シナリオの設定などにより、国内幹線物流における輸送機関選択や GHG 削減効果などがどのように変化するかを分析する。

4. 研究成果

(1) エコ物流内包型輸送機関分担モデル構築

① エコ物流に関わる関連資料の収集整理
我が国の温室効果ガスの排出の現状や、その削減に関わる各種の取り組みについて、関連資料をもとに整理し、物流部門を中心とした CO₂ 排出の状況や対応の動向などを概観したほか、港湾物流に関わる温室効果ガス削減への取り組みについて、港湾での排出ガス削減の取り組みや、背後輸送におけるモーダルシフトのための助成制度など、主要な港湾での取り組み事例を整理した（表-1 参照）。

② 国内幹線物流の純流動 OD 貨物量推計

国内の幹線物流に関して、フェリー、RORO 船、コンテナ船で輸送されている港湾間の貨物量を整理するとともに、港湾背後の生産・

表-1 港湾管理者モーダルシフト助成事例

港湾	制度名称	主体	概要	備考
四日市港	グリーン物流促進補助事業	四日市港管理組合	・モーダルシフト、最寄り港湾利用事業の2種によるCO ₂ 削減に助成。2012年はモーダルシフトが1TEUあたり5000円、モーダルシフトは上限300万円、最寄り港湾利用は上限200万円。	・2008年度創設。 ・2012.4.13 日本海事新聞。
大阪港	モーダルシフト補助制度	大阪市港湾局	・海上モーダルシフト、鉄道モーダルシフト、陸上輸送距離短縮、コンテナラウンドユースへの補助で、1TEUあたり2000円、事業あたり上限1000万円。 ・カーフェリー航走によるトローラー、パシフィックフェリー航走(2TEUとカウント)で4000円/台を助成。	・2008年雑誌港湾6月号
神戸港	モーダルシフト補助制度	神戸市みなと総局	・海上輸送へのモーダルシフト、鉄道輸送への切り替え、陸上輸送距離短縮、コンテナのラウンドユースへの補助。2010年は1TEUあたり2000円、1事業上限1000万円。	・2006年度創設。
北九州港	モーダルシフト推進補助制度	北九州港湾局	・北九州港を利用する貨物列車、内航船、フェリー等を用いてモーダルシフトを実施し、CO ₂ 削減が期待できるものに1TEUあたり1500円、上限300万円補助。	・2006年度創設。 ・2010. 11.24 日本海事新聞。
下関港	下関市モーダルシフト利用促進補助制度	下関市	・下関貨物ターミナル(R貨物)で積み込むコンテナのうち今までに鉄道利用実績のない荷主の貨物・鉄道輸送に変更した貨物等が対象。補助金額はコンテナサイズ、輸送距離、その他条件に応じて2000円～20000円、上限20万円～50万円。	・2009年度創設。

消費地についても、既存の文献・調査などを活用して整理を行い、純流動ベースの、フェリー、RORO 船、コンテナ船といった船種別の OD 貨物量の実績を整理した。

さらに、海上輸送以外のトラックや鉄道などに関わる貨物についても、国内 50 地域(都道府県ベースで、北海道のみ 4 区分に細分)間の純流動 OD 貨物量の実績を算定し、上記の船種別の OD 貨物量とあわせて、輸送機関別の実績値を整理した。

③ エコ物流内包型の機関分担モデルの構築

上記②の OD 表から、100-300km の中距離 OD から主要な 35 の OD を抽出したケース、輸送距離が 300km を超える全国の長距離 OD から主要な 85 の OD を抽出したケース、さらには北海道・九州-関東・中部・近畿圏の長距離 OD に限定して主要な 30 の OD を抽出したケースの 3 つのケースについて、それぞれモデルを構築することとした。各ケースとも、それらの各 OD の主たる輸送機関である幹線輸送について、図-1 に示すような海運(フェリー、RORO 船、コンテナ船)、自動車、鉄道の輸送機関選択の状況を最もよく説明できるように、輸送費用、輸送時間、積み替えの有無などを説明変数として、集計ロジット型のモデルでパラメーター推計を行い、輸送機関分担モデルを構築した。

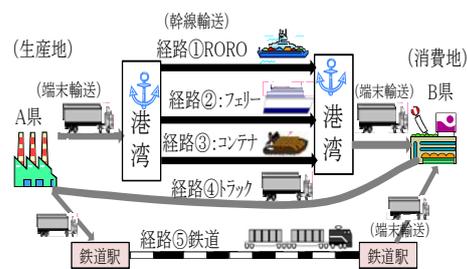


図-1 輸送機関別の輸送経路(イメージ)

表-2 長距離の85のODによる係数推計結果

	モデルL-1	モデルL-2	モデルL-3	モデルL-4	モデルL-5	モデルL-6	モデルL-7
所要時間(h)	-7.49E-02 (-4.39)	-3.33E-02 (-1.39)	-4.22E-02 (-1.96)				-6.34E-02 (-3.09)
総時間(h) (所要時間+ 平均待ち時間)				-3.20E-02 (-4.02)	-1.72E-02 (-2.04)	-1.66E-02 (-2.02)	
輸送頻度定数 (週/便) (自動車は無し)							-7.880E-01 (-0.71)
輸送頻度 (便/週) (自動車は無し)			5.632E-03 2.0440				
費用(万円)	-8.658E-02 (-2.08)	-1.537E-01 (-2.93)	-1.325E-01 (-2.79)	-1.459E-01 (-3.44)	-1.893E-01 (-4.03)	-1.710E-01 (-2.80)	-1.039E-01 (-2.16)
積み替え有無 (RORO船, コンテナ船, 鉄道が有)		-1.085E-00 (-2.02)					
フェリーダミー		-8.735E-01 (-2.20)					
自動車ダミー				1.018E+00 (2.73)	9.198E-01 (2.15)		
鉄道ダミー						-2.458E-01 (-0.46)	
尤度比(ρ ²)	0.204	0.228	0.224	0.193	0.226	0.227	0.207

上段: パラメーター, 下段()内: t値

表-2に、長距離300km以上の全国の85のODをもとに、ロジットモデルで各種の説明変数を検討した結果を示す。

(2) GHG削減施策評価手法の開発と提案

①船種別のCO₂排出量の関数推計

海上輸送モードのGHG排出原単位分析に関しては、フェリー、RORO船、コンテナ船などの船種毎の燃料消費関数を構築し、船種別の輸送によって消費される燃料を推計することで、排出されるCO₂算定評価を可能とすることとした。また、あわせて、減速運航などの状況などについても分析を行うために、国内の主要船社にアンケートを実施した。

フェリーやRORO船に関する実際の運航に関しては、アンケート結果より、航路区間ごとの実際の運航スピードは、船の最大スピードではなく、フェリー、RORO船、コンテナ船とも平均して80%台のスピードであったことがわかった。

また船種別のGHG排出量算定の基礎となる燃料消費に関しては、例えば1航路区間ごとのフェリーの航海距離あたりの燃料消費量については、以下の式(1)(2)関数型で表現できると考え、アンケートに基づく資料をもとに、係数を表-3のとおり推計した。

$$FO = k_1 \cdot DWT^{2/3} \cdot V^2 \quad (1)$$

$$FO = k_2 \cdot GT^{2/3} \cdot V^2 \quad (2)$$

なお、ここでFOは船舶の航海時の航海距離あたりの燃料消費量(kg/km)、k₁とk₂は定数、DWTは船舶の載貨重量トン、GTは船舶の総トン、Vは区間平均の航海速度(km/h)である。

表-3 フェリー燃料消費関数の係数推計

係数	係数值	t値	Cor	N
k ₁	1.66×10 ⁻⁴	5.0	0.82	44
k ₂	9.78×10 ⁻⁵	4.3		

注1) Corは燃料消費量の観測値に対する推計値の相関係数である。
注2) Nはサンプル数である。

②波及効果算定モデル

エコ物流の導入などにより輸送費用が変化すると、その影響が各種の産業に及ぶことが考えられることから、国内の内航海運を中心とする輸送費用に変化があった場合に、関連する輸送貨物の関連産業などの生産額などが国内の各地域でどのように変化するかを、均衡分析モデルを用いて検討し、北海道では、海上輸送費用の大幅増によって、製造業の生産額が増加、近畿などでは生産額が減少などの結果を得た。

また、環境意識の高まりにより、集積の経済を指向する企業の立地と労働者世帯の移動を通じて、地域別の人口や、生産額などへの影響がどう及ぶかを、交通ネットワークにより結ばれた45地域からなる経済システムの一般均衡分析モデルを定式化することにより分析した。その結果、環境意識の高まりとともに、人口や生産額とも大都市圏が減少し、地方部に分散するなどの結果が得られた。

③環境対策による輸送機関分担変化の分析

構築した輸送機関分担モデルをもとに、炭素税の課税価格の違いや、今後の各輸送機関のCO₂排出量原単位の変化等によって、輸送機関分担率がどのように変化するか等を分析した。

長距離モデルL-6と中距離モデルを用いて、炭素税が1万円/t-Cの場合に、ガソリンが約5%上昇し、それにとまう道路輸送の輸送費用が0.41%、内航海運の輸送費用が0.47%、鉄道輸送の費用が0.19%上昇した場合の、フェリー、RORO船、コンテナ船、自動車、鉄道の各輸送機関別の選択状況を、モデルの現況推計値(再現値)と比較した結果を表-4に示す。

表-4 炭素税(1万円)の輸送機関変動結果

輸送機関	現況(モデル再現値)ケース0		分析①(炭素税1万円/t-C)		分析①のケース0からの増減(※1)	
	内貨エント ロード貨物量 再現値 (千トン)	輸送機関別 CO ₂ 再現値[トン]	内貨エント ロード貨物量 推計値 (千トン)	輸送機関別 CO ₂ 推計値 [トン]	内貨エント ロード貨物量 (千トン)	輸送機関別 CO ₂ [トン]
フェリー	16,017 (17.6%)	803,773 (11.0%)	16,005 (17.6%)	803,296 (11.0%)	-12 -0.01%	-477 -0.06%
RORO船	8,302 (9.1%)	717,772 (9.8%)	8,312 (9.2%)	718,676 (9.8%)	10 0.01%	904 0.13%
コンテナ船	4,273 (4.7%)	144,224 (2.0%)	4,266 (4.7%)	144,191 (2.0%)	-7 -0.01%	-33 -0.02%
自動車	57,142 (62.9%)	5,575,215 (76.2%)	57,150 (62.9%)	5,573,919 (76.2%)	7 0.01%	-1,296 -0.02%
鉄道	5,052 (5.6%)	77,173 (1.1%)	5,054 (5.6%)	77,260 (1.1%)	2 0.00%	87 0.11%
合計	90,787 (100.0%)	7,318,158 (100.0%)	90,787 (100.0%)	7,317,343 (100.0%)	0 0.00%	-815 -0.01%

※1: 下段の数字は、貨物量は現況のケース0と分析①の輸送機関別シェアの増減。また、CO₂はケース0と比べた場合の分析①の排出量の増減率

また、もうひとつの分析例として、輸送距離 500km、炭素税 3 万円/t-C の場合に、フェリーの排出量原単位を現状どおりとしたケース A、技術革新などによりフェリーの排出量原単位が 2 割削減され RORO 船並となるケース B、ケース B と排出量原単位は同じでフェリーの速度を 2 割減としたケース C のそれぞれのケースについて輸送機関別の分担率を比較した結果を図-2 に示す。ケース B では、自動車等のシェアが減りフェリーのシェアが増加するが、ケース C ではフェリーのシェアがケース A と比べても大きく減少する結果となった。

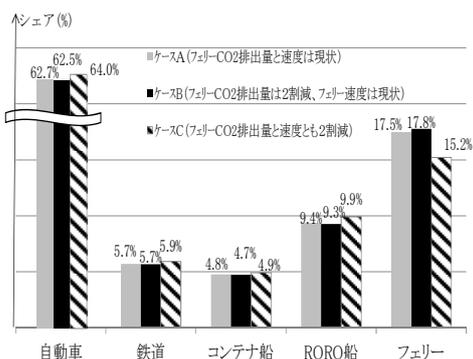


図-2 CO₂ 排出量原単位・速度と分担率変化

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① Yasuhiro AKAKURA: Development and Recent Situation of Coastal Waterborne Transport in Japan、PIANC 125th Anniversary Celebration in Asia、International Seminar I、査読無、2010
- ② 古市正彦: 北海沿岸の欧州主要港におけるモーダルシフトへの取り組み、雑誌「港湾」1月号、査読無、2011、pp. 36-37
- 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、査読有、Vol. 25 No. 3、2012、pp. 29-39
- ④ 石黒一彦: 多地域応用一般均衡モデルを用いた船員問題の分析、内航海運研究、査読有、Vol. 1、2012
- ⑤ 渡部富博, 佐々木友子, 赤倉康寛, 井山繁: 国内海上ユニットロード輸送に関わる経路選択と環境対策についての一考察、国土技術政策総合研究所資料 No. 708、査読無、2013、
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0708.htm>

- ⑥ 佐々木友子, 鈴木武, 渡部富博: 内航ユニットロードの省エネ輸送に関する基礎的分析、国土技術政策総合研究所資料 No. 716、査読無、2013、
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/tnn/tnn0716.htm>

- ⑦ 赤倉康寛, 渡部富博: 国内長距離貨物輸送の機関分担への炭素税導入の影響試算、沿岸域学会誌、査読有、Vol. 26 No. 1、2013

[学会発表] (計 1 件)

- ① 赤倉康寛, 渡部富博: 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、日本沿岸域学会第 26 回研究討論会、2013 年 7 月 19 日～20 日、大阪市立大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡部 富博 (WATANABE TOMIHIRO)
国土技術政策総合研究所・港湾研究部・港湾システム研究室・室長
研究者番号：10356040

(2) 研究分担者

赤倉 康寛 (AKAKURA YASUHIRO)
京都大学・防災研究所・特定准教授
研究者番号：70462629

鈴木 武 (SUZUKI TAKESHI)
国土技術政策総合研究所・沿岸海洋・防災研究部・部長
研究者番号：30356034

石黒 一彦 (ISHIGURO KAZUHIKO)
神戸大学・海事科学研究科・准教授
研究者番号：60282034
(H22～H23→H24：連携研究者)

井山 繁 (IYAMA SHIGERU)
国土技術政策総合研究所・港湾研究部・主任研究官
研究者番号：70565746
(H22～H23)

佐々木 友子 (SASAKI TOMOKO)
国土技術政策総合研究所・港湾研究部・港湾システム研究室・研究官
研究者番号：20642010
(H24)

古市 正彦 (FURUICHI MASAHIKO)
独立行政法人港湾空港技術研究所・特別研究官
研究者番号：60572758
(H22)