

ISSN 1346-7328

国総研資料 第60号

平成15年3月

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of
National Institute for Land and Infrastructure Management

No. 60

March 2003

内貿ユニットロード貨物の輸送機関分担に関する分析

田中 淳・柴崎隆一・渡部富博

An Analysis on the Mode/Route Choice Behavior
in Domestic Unit-Load Freight Transportation

Atsushi TANAKA, Ryuichi SHIBASAKI and Tomihiro WATANABE

国土交通省 国土技術政策総合研究所

National Institute for Land and Infrastructure Management
Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Japan

内貿ユニットロード貨物の輸送機関分担に関する分析

田中 淳*・柴崎隆一**・渡部富博***

要 旨

コンテナやシャーシを用いたいわゆるユニットロード輸送に関しては、荷役の効率化、物品の破損や紛失防止、梱包費の節約など多くのメリットがあることから、貨物輸送の経済性・効率性を高める輸送手段の一つとして利用が盛んである。なかでもフェリー、RORO船、コンテナ船による国内の海上ユニットロード輸送については、環境への負荷が小さいことからモーダルシフトの担い手として注目を浴びている。また、新造船建造や新規航路参入などの各種の規制緩和も進められてきており、輸送環境も大きく変化している。

このような状況のもと、本研究は、国内の海上ユニットロード輸送に関して、フェリー、RORO船、コンテナ船の各船舶による貨物輸送や輸送経路・機関分担などについて分析を行うとともに、地域間の輸送機関分担・経路選択モデルの構築を試みたものである。

その結果、内貿ユニットロード輸送に関する輸送機関別の品目や背後圏などの最新動向を確認できた。また、大宗品目である軽工業品・農水産品を対象に輸送機関と輸送経路を同時に考慮した輸送機関分担モデルを構築し、概ね良好な再現性を得ることができた。さらに、本モデルを用いてサービス水準の変化による輸送機関分担の変化の分析を行った。

キーワード：ユニットロード，機関分担，内貿，RORO船，フェリー

* 港湾研究部港湾システム研究室部外研究員（北日本港湾コンサルタント株式会社）

** 港湾研究部港湾システム研究室研究官

*** 港湾研究部港湾システム研究室長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国土交通省国土技術政策総合研究所

電話：0468-44-5028 Fax：0468-44-5028 E-mail：tanaka-a92y2@ysk.nilim.go.jp

An Analysis on the Mode/Route Choice Behavior in Domestic Unit-Load Freight Transportation

Atsushi TANAKA*

Ryuichi SHIBASAKI**

Tomihiko WATANABE ***

Synopsis

The unit-load freight transportation system using containers or chassis is widely utilized as a mean of more economic and efficient freight transportation, because it has many advantages such as efficiency of handling, prevention of breakage or being stolen, saving wrapping cost, and so on. In particular, domestic maritime unit-load transportation system with ferries, ro/ro ships, and containerships has been recently paid attentions again as a mean of realizing intermodalism due to its smaller affection against environment. In addition, deregulation for building new ships or entrance into the market has brought great changes for the structure of the market.

In this paper, at first, the present situation of domestic unit-load freight transportation such as transportation mode and route choice behavior by shippers was analyzed by each product category, especially focused on the usage of maritime transportation with ferries, ro/ro ships, and containerships. Then the inter-region mode/route choice model for light industries and agricultural products, which share large proportions of all products in tonnage, was developed by the aggregated logit model. As the results, mode/route choice behavior in domestic unit-load transportation for these products was found to be roughly well-explained by the developed model. Finally, using this model, the changes of share of each mode/route due to change of service level were analyzed.

Key Words: unit-load, mode/route choice behavior, domestic freight transportation, ro/ro ships, ferry

* Researcher of Port Systems Division, Port and Harbor Department (North Japan Port Consultants Co.,Ltd.)

** Researcher of Port Systems Division, Port and Harbor Department

*** Head of Port Systems Division, Port and Harbor Department

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-468-445028 Fax : +81-468-445028 E-mail : tanaka-a92y2@ysk.nilim.go.jp

目 次

1. はじめに	1
2. 内貿ユニットロード輸送に関わる動向分析	1
2.1 内貿ユニットロードの輸送モード区分	1
2.2 内貿ユニットロードによる港湾取扱量の推移	4
2.3 航路および就航便数の動向	4
2.4 船舶諸元の動向	4
3. 輸送機関分担に関する分析	5
3.1 全国貨物純流動調査の概要	5
3.2 全国地域間流動量	6
3.3 主要地域間の輸送機関分担に関する分析	8
4. 輸送機関分担モデルの構築	10
4.1 モデルの概要	11
4.2 モデルの設定条件	11
4.3 モデルの検討結果	12
4.4 感度分析	14
5. おわりに	14
謝辞	15
参考文献	15
付録	16

1. はじめに

四面を海に囲まれた我が国では、鉄鋼、石油、セメントなどの産業基盤物資の国内長距離輸送において、従来より内航海運が重要な役割を果たしてきた。近年では、これらの一般貨物船や油槽船、セメント船などの専用船などによる輸送に加え、荷主の物流コスト削減、SCM（サプライチェーンマネジメント）の進展、高速船の開発などを背景に、フェリー、RORO 船、コンテナ船などによる輸送もその重要性を増してきている。

また、地球温暖化に伴う環境問題に関して、平成 9 年 12 月の「気候変動に関する国際連合枠組条約」第 3 回締結国会議で採択された「京都議定書」において、我が国を含む各国の二酸化炭素排出抑制の数値的目標の達成が義務づけられた。このため、環境負荷が小さく輸送効率に優れた内航海運や鉄道などの輸送機関への転換、いわゆるモーダルシフトが社会的にもクローズアップされている。すなわち、トラックと海運の連携を図るなど複数の輸送機関による効率的な複合一貫輸送の推進が必要とされており、フェリーや RORO 船などによる輸送が注目されている。

さらに、内航海運に関する輸送に関しては、政府の規制緩和政策により、新造船建造、航路開設、運賃、港湾における荷役など、多岐にわたる規制緩和が進み、輸送環境が大きく変化している状況にある。

このような制度的な変化や、IT 革命などを背景とした物流革新、環境問題への取り組み強化などを背景に、内航海運の中でも、特に複合一貫輸送やモーダルシフトの担い手としてフェリー、RORO 船、コンテナ船への期待が大きいことから、本研究では、これらの船舶による貨物輸送に焦点をあてて分析を行うこととした。

これらの船舶によるコンテナやシャーシ（貨物を運ぶ台車）などの輸送は、一定の単位にまとめた荷役、輸送、保管が可能であることから、一般にユニットロード輸送と呼ばれている。ユニットロード輸送は、貨物をユニット化することで荷役能率や輸送機関の運送効率の向上が図られ、貨物の破損、紛失の防止、包装費の節約にもつながり、トラックと海運といった複数の輸送機関での複合一貫輸送には非常に有効な方式である。本研究では、これらフェリー、RORO 船、コンテナ船による国内貨物輸送を「内貿ユニットロード輸送」と呼ぶこととする。

内貿ユニットロード輸送に関する研究はいくつかあるが、貨物流動の実態は非常につかみにくく、課題も多い。高橋ら¹⁾は、フェリー、コンテナ、RORO 船に関して、国内一般貨物輸送における距離帯別の輸送機関分担率の推計を行っている。また、吉田ら²⁾は、トラック輸送に

おけるフェリー航路選択を研究、宮前ら³⁾は、意向調査をもとにトラック事業者の内貿ユニットロード輸送へのモーダルシフトの可能性を検討している。しかしながら、高橋らの研究は、各輸送モードの統計をベースに機関分担を検討した総流動ベースの分析であるほか、吉田ら、宮前らの研究については、フェリー、RORO 船、コンテナ船といった3つの輸送船舶を明示的に区分した定量的な分析にまでは至っていない。

内貿ユニットロードに関する適切な政策を展開するためには、近年の輸送環境を踏まえた貨物流動などの動向分析、さらには将来の需要予測モデルの構築に向けた定量的な分析などが不可欠である。特に、今後の内貿ユニットロードの需要予測などを考える際には、貨物の生産地から消費地までの一連の流れをひとつに捉える純流動ベースの分析や、フェリー、RORO 船、コンテナ船などの特性を十分に踏まえた分析が不可欠である。

したがって本研究では、国内貨物の流れを純流動ベースでかつ全国的に分析できる全国貨物純流動調査などを用いて、フェリー、RORO 船、コンテナ船などによる内貿ユニットロード輸送の輸送機関分担の動向などを分析することとした。

具体的には、2章においては、内貿ユニットロード輸送に関わる規制緩和、港湾取扱貨物量、航路などの動向を、3章においては、全国貨物純流動調査を用いた輸送機関分担などの動向を、さらに4章では、3章の分析を踏まえてフェリー、RORO 船、コンテナ船などに関する輸送機関分担モデルの構築を検討した。

2. 内貿ユニットロード輸送に関わる動向分析

本章では、コンテナやシャーシなどにより輸送されるユニットロード輸送について、国内の海上輸送の代表的な輸送モードであるフェリー、RORO 船、コンテナ船について、その法的区分や運航上の各種の制度の違いなどを整理したうえで、港湾取扱量や船舶諸元などについて最近の動向を分析する。

2.1 内貿ユニットロードの輸送モード区分

内貿ユニットロード輸送の担い手であるフェリー、RORO 船、コンテナ船については、荷役方式からいえば、コンテナをクレーンによって上下方向に積み卸しするリフトオン・リフトオフ方式のコンテナ船と、船首・船尾や船側の開口部からランプウエー（傾斜路）を通しフォークリフトあるいは自走などによって水平に積み卸し作業を行うロールオン・ロールオフタイプのフェリーならびに

RORO 船に分類できる。

ただし、この荷役方式以外にも、フェリー、RORO 船、コンテナ船は、法律上の扱いや船の建造、航路開設など各種の制度が大きく違うほか、近年の規制緩和推進によりその状況も大きく変化している。

したがって以下では、フェリー、RORO 船、コンテナ船の各輸送モードについて、法律上の区分や、船の建造など各種の制度の違いなどを概説する。

(1) 法的区分

フェリーは海上運送法の適用を、RORO 船、コンテナ船は加えて内航海運事業法の適用を受けている。一般的に言えば、フェリーについては、旅客と貨物の双方を運び、RORO 船は貨物を運ぶという点が大きく異なる。

なお、厳密に言えば、海上運送法が改正される平成 12 年 10 月までは、海上運送法の適用を受けるフェリーの中に、定員 13 人未満の通称「貨物フェリー」と呼ばれる区分があった。貨物フェリーは、平成 12 年 10 月の海上運送法の改正により、RORO 船と同じ内航海運事業法の適用も受けることとなった。以下に、各船舶の法律区分などの概要を記述する。

a) フェリー

フェリーは海上運送法の適用を受けており、平成 12 年 10 月の法の改正までは、一般旅客定期航路事業と自動車航走貨物定期航路事業に大きく区分されていた。

一般旅客定期航路事業は、旅客船（13 人以上の旅客定員）により人の運送をする定期航路事業であり、いわゆる人と貨物の双方を運ぶ定期航路事業である。これに対し、自動車航走貨物定期航路事業、いわゆる貨物フェリーは、昭和 40 年に、定員 13 人未満の自動車を航走する新たな事業類型として海上運送法に位置づけがなされたものである。

ただし、平成 12 年 10 月の海上運送法の改正により、これまで海上運送法の事業類型とされていた貨物フェリーは廃止となり、通常の貨物定期航路事業として RORO 船と同じ内航海運事業法に基づく内航海運業としても位置づけられることとなった。

b) RORO 船・コンテナ船

平成 12 年 10 月の海上運送法の改正までは、RORO 船など非旅客船（定員 12 名以下）を使用して貨物と人の運送を併せて行う内航海運業については、海上運送法上の適用除外（海上運送法上に基づく届出等を要しない事業）とされてきた。すなわち、RORO 船・コンテナ船は、内航海運事業法の適用は受けるものの海上運送法の適用は除外されていた。

しかしながら、平成 12 年 10 月の海上運送法の改正によ

り、「人の運送をする貨物定期航路事業」については、新たに事業の開始の届け出、安全規制や利用者保護規制など、海上運送法の適用を受けるようになった。したがって、内航海運事業法の適用を平成 12 年 10 月から受けることとなった貨物フェリーについても、「人の運送をする貨物定期航路事業」として、海上運送法の規定も受けることとなっている。

(2) 船の建造

新規の RORO 船やコンテナ船の建造にあたっては、従来は船舶調整制度の適用を、平成 10 年以降は内航海運暫定措置事業の適用を受けている。その概要を以下に記述する。なお、フェリーについては船舶の建造については特段の制約などはなかったが、(3)に述べるとおり、平成 12 年 10 月の海上運送法の改正までは、航路開設にあたり需給調整が実施されていた。

a) 船腹調整制度

内航海運の用に供する船舶の新造については、昭和 41 年より、新しい船舶を建造する際に、一定の比率で既存船舶のスクラップを求める船腹調整制度（スクラップ&ビルド方式）がとられてきた。この船腹調整制度は、内航海運組合法に基づく設備カルテルとして、同法により独占禁止法の適用も除外されていた。

しかしながら、この制度によるスクラップ船の引当権利が値をつけ、市場で売買するという状況になった。よって、新たに船舶の建造や、既存船舶の購入を行う場合には、船舶そのものの費用に加えて、引当権利の価格も負担しなければならなくなった。これが新規投資のコスト増の要因や採算面からの大きな参入障壁となっていたため、内航海運業界の活性化を推進する観点から、この船腹調整制度は平成 10 年 5 月で終了した。

b) 内航海運暫定措置事業

従来の船腹調整事業に変わり、平成 10 年 5 月から導入されたのが「内航海運暫定措置事業」である。

従来の制度である船腹調整事業の適用船を建造するためには、建造トンに対して、引き当て比率に応じた引き当てトンスクラップしなければならなかった。このため、引当資格はトン当たりいくらかと資産評価され、引当資格が経済的価値を有していた。船腹調整事業の廃止により、引当資格が無価値化すると事業者の経営に大混乱をきたすことから、完全自由建造へのソフトランディングの方法として、内航海運暫定措置事業が導入されることとなった。

具体的には、船腹調整事業が適用されていた船舶を解撤等によって処分する場合は、その事業者に対し日本内航総連合会が交付金を交付し、交付金の資金は、新たに建造する事業者が日本内航総連合会に納める納付金をもってあ

表-1 暫定措置事業でのコンテナ船, RORO 船等の認定条件など

船種区分	構造	航路	積荷	備考	
特殊貨物船	コンテナ専用船	セルガイド	7港(除離島)	コンテナ	モーダルシフト船の認定条件は下欄。
	RORO船	ランプウェイ	7港(除離島)	コンテナ・車両・シャーシ	積荷条件のないものは、一般貨物とする。モーダルシフト船の認定条件は下欄。
モーダルシフト船A	ランプウェイ(RORO)セルガイド(コンテナ専用船)	起点、終点を含め4港	コンテナ・車両・シャーシ (原則 50%以上が陸上より海上へ移転するものであること。但し内航総連理事会の認める場合を除く)	①500Kmを超えるモーダルシフトが可能な航路に就航すること(但し内航総連理事会の認める場合を除く) ②RORO船は1万対象トン以上、コンテナ専用船は6千対象トン以上に限る。 ③建造等納付金免除の規定は適用しない。	
モーダルシフト船B (モーダルシフト船A以外のもの)	ランプウェイ(RORO)セルガイド(コンテナ専用船)	なし	コンテナ・車両・シャーシ (原則 50%以上が陸上より海上へ移転するものであること)	①500Kmを超えるモーダルシフトが可能な航路に就航すること ②RORO船は4千対象トン以上、1万対象トン未満、コンテナ専用船は4千対象トン以上6千対象トン未満のものに限る。 ③建造等納付金の免除額は、当該建造等納付金からトン当たり15,000円を減じた額を限度とする。	

(資料：参考文献4より作成)

てることとされた。これにより、引当資格の保有の有無にかかわらず、一定の納付金を支払うことにより船舶を建造することが可能となった。

なお、RORO 船、コンテナ船については、暫定措置事業の認定条件として、表-1 に示す認定条件が定められおり、航路や積荷などの条件により区分され、納付金などの金額もそれぞれ異なる。表中の特殊貨物船の RORO 船のうち、積荷条件のないものは一般貨物船として認定を受けることとなる。一般貨物船の納付金は RORO 船よりも割高ではあるものの、一般のバラ貨物も積み込め、かつ寄港地7港という制約もないなど、運航の制約条件は RORO 船よりも緩くなる。

(3) 航路の開設

海上運送法の適用を受けるフェリーについては、平成12年10月の法改正までは、航路ごとに運輸大臣の免許を受けなければならず、運輸大臣が免許を出す際には、安全性や利用者の利便性などは勿論のこと、「当該事業の開始によって当該航路に係る全供給輸送力が全輸送需要に対して著しく過剰とならないこと」とされ、需給調整が実施されていた。

また、RORO 船やコンテナ船による貨物定期航路事業についても、平成12年10月の海上運送法の改正までは、法19条の5において、航路ごとに運輸大臣に届け出をしなければならないとされていた。しかしながら、この RORO 船、コンテナ船に係る航路の開設に関しては、内航海運業法の第28条の適用除外規定により、船の総ト

ン数や長さに応じて内航海運業法に基づく許可あるいは届け出をすれば、海上運送法による手続きは不要とされていた。

なお、海上運送法の適用をうけていた貨物フェリーは、RORO 船が船腹調整事業が実施されていたことから、RORO 船との競合が激しい300km以上の長距離航路においては、昭和58年以来、新たに航路の許可等は行わないこととされた。

しかしながら、平成12年10月の海上運送法の改正により、一般旅客定期航路事業に関わる需給調整が廃止され、フェリーの航路への参入がこれまでの免許制から許可制になった。これにより、需要の多寡にかかわらず安全などの基準を満たせば RORO 船でも、新たな航路への参入ができるようになった。

このほか、海上運送法の改正により、フェリーに関する事業の休廃止やダイヤの変更についても、これまでの許可制から届出制となった。

(4) 運賃等

内航海運事業法の適用を受ける RORO 船、コンテナ船の運賃は自由運賃制がとられており、運賃の決定は荷主と船社の当事者間の交渉に委ねられていた。しかしながら、公益性の確保や運賃ダンピング防止の観点から、海上運送法に基づく運賃協定がいくつか締結されていた。内貿ユニットロード輸送に関する運賃協定としては、沖縄航路運賃同盟や北海道定期航路運賃同盟などがあったが、政府の規制緩和推進計画の一環で、平成8年にはこれらの運賃協定

も廃止され、自由運賃制となっていた。

また、海上運送法の適用を受けるフェリーの運賃について、平成12年10月の海上運送法の改正までは認可制であったが、平成12年10月の海上運送法の改正により、一般旅客定期航路事業・旅客不定期航路事業の旅客等の運賃・料金は、事前の届出制に変更となった。

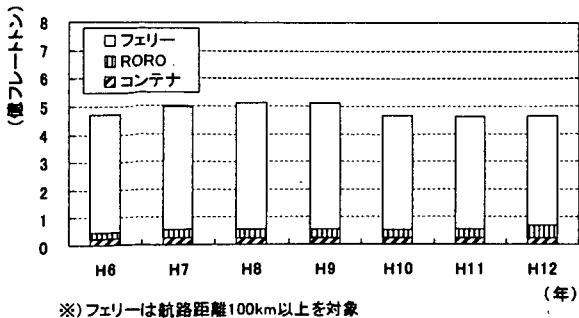
(5) 港湾荷役時間

RORO 船やコンテナ船に関わる港湾での荷役時間については、平成13年4月までは、荷役作業は月曜日から土曜日までの朝8:30から翌朝の4:00、日曜日の朝8:30から夕方4:30までに限定されていた。それが、平成13年4月5日の労使合意により、荷役作業は1月1日から3日まで(年末年始休暇)がクローズされるのを除けば、朝8:30から翌朝4:00までとなった。さらに、平成13年11月29日の労使合意により、1月1日を除き24時間の荷役が可能となっている。

2.2 内貿ユニットロードによる港湾取扱量の推移

図-1は、港湾統計を基に、フェリー、RORO 船、コンテナ船による港湾取扱量(移出および移入の合計)の推移を示したものである。フェリーは航路距離100km以上の中長距離フェリーを対象に、RORO 船は港湾統計に記載されているシャーシ貨物を計上している。

これによると、H12年のフェリー、RORO 船、コンテナ船の合計は4億6,400万フレートトンであり、ピーク時のH9年と比較して1割程度の減少がみられる。船種別の内訳をみると、RORO 船はH6年2,300万トン、H9年3,500万フレートトン、H12年4,700万フレートトンと増加傾向を示し、コンテナ船は2,200万フレートトン程度のほぼ横這いである。これに対し、フェリーはH6年4億2,200万フレートトン、H9年4億5,700万フレートトン、H12年3億9,600万フレートトンであり、フェリー貨物の減少が全体量に影響を与えていることがわかる。



※) フェリーは航路距離100km以上を対象

(資料: 参考文献5より作成)

図-1 内貿ユニットロードによる港湾取扱量の推移

2.3 航路および就航便数の動向

表-2は、国内港湾に就航するフェリー、RORO 船、コンテナ船の航路数と就航便数について、H9年とH13年で比較を行ったものである。なお、ここでフェリーは航海距離が300km以上の長距離フェリーを対象としている。

航路数と就航便数の変化を、それぞれの輸送機関毎にみると、フェリーは28航路(H9年)から20航路(H13年)へ、便数も週191便(H9年)から週159.5便へとともに減少している。これに対し、RORO 船は21航路・週45.2便(H9年)から24航路・週65.5便(H13年)へと航路数、便数ともに増加している。コンテナ船については、航路数は35航路で変化していないものの、便数は週92.7便(H9年)から週103.2便へと増加していることがわかる。また、フェリー、RORO 船、コンテナ船の航路形成が多い北海道-関東、および近畿-九州沖縄について見た場合、フェリーの航路および便数が減少し、RORO 船では増加している傾向が明確に現れている。

表-2 航路および就航便数の比較

船種	年次	H9年		H13年	
		航路数	便/週	航路数	便/週
フェリー		28	191.0	20	159.5
	北海道⇄関東	6	30.5	4	25.5
	近畿⇄九州沖縄	10	93.5	7	87.5
RORO船		21	45.2	24	65.5
	北海道⇄関東	5	17.4	9	28.0
	近畿⇄九州沖縄	2	3.0	7	13.5
コンテナ船		35	92.7	35	103.2
	北海道⇄関東	4	12.5	6	13.6
	近畿⇄九州沖縄	8	22.6	7	21.0

注1. フェリーは長距離フェリーを対象(航海距離300km以上)

(資料: 参考文献6より作成)

2.4 船舶諸元の動向

(1) 総トン数、載貨重量トン数

表-3~表-5は、長距離フェリー、RORO 船、コンテナ船のトン数別就航隻数を、H9年とH13年で比較したものである。

長距離フェリーの就航隻数は、H9年の64隻からH13年には58隻に減少している。しかしながら、平均総トン数はH9年12,220トンからH13年12,373トンであり変化していない。

RORO 船についてみると、隻数は32隻(H9年)から

37隻(H13年)へ、平均重量トン数は4,457トン(H9年)から4,898トン(H13年)へと、ともに増加している。特に-8.0m以深の岸壁を必要とする6,000トン以上の増加が顕著であることがわかる。

コンテナ船は、隻数が60隻(H9年)から59隻(H13年)と大きな変化はないが、クラス別にみると重量トン数1,000~2,000トンの隻数が増加し、それ以上の階級ではいずれも隻数が減少している。また、平均重量トン数は2,265トン(H9年)から1,998トン(H13年)へとやや減少している。

表-3 トン数別隻数の比較(長距離フェリー)

単位:隻, GT

総トン数(GT)	H9年	H13年
<6,000	3	2
6,000 ≤	18	17
10,000 ≤	19	20
13,000 ≤	13	10
16,000 ≤	9	7
20,000 ≤	2	2
隻数計	64	58
平均GT	12,220	12,373

(資料: 参考文献6より作成)

表-4 トン数別隻数の比較(RORO船)

単位:隻, DWT

重量トン数(DWT)	H9年	H13年
1,500 ≤	1	2
2,500 ≤	11	7
4,000 ≤	17	18
6,000 ≤	3	10
隻数計	32	37
平均DWT	4,457	4,898

(資料: 参考文献6より作成)

表-5 トン数別隻数の比較(コンテナ船)

単位:隻, DWT

重量トン数(DWT)	H9年	H13年
1,000 ≤	38	44
2,000 ≤	5	3
3,000 ≤	11	9
5,000 ≤	6	3
隻数計	60	59
平均DWT	2,265	1,998

(資料: 参考文献6より作成)

(2) 速力

表-6は、長距離フェリー、RORO船、コンテナ船の速力をH9年とH13年で比較したものである。各船種の平均速力はH13年で長距離フェリーが23.5ノット、RORO船が20.4ノット、コンテナ船が14.5ノットであり、長距離フェリーが最も速い。また、H9年とH13年の平均速力を比較すると、長距離フェリーとRORO船はスピードアップしていることがわかる。この要因としては、長距離フェリーでは30ノットの能力を有するものが出現してきたこと、RORO船では15ノット以上と20ノット以上で隻数のシェアが逆転し、後者が全体の2/3を占めるようになってきたことがあげられる。

表-6 速力別隻数の動向

単位:隻, ノット

船種 速力(ノット)	長距離フェリー		RORO船		コンテナ船	
	H9年	H13年	H9年	H13年	H9年	H13年
<15	0	0	0	0	36	42
15 ≤	2	0	21	12	16	9
20 ≤	52	47	11	25	8	8
25 ≤	10	9	0	0	0	0
30 ≤	0	2	0	0	0	0
隻数計	64	58	32	37	60	59
平均速力	23.0	23.5	19.0	20.4	15.0	14.5

(資料: 参考文献6より作成)

3. 輸送機関分担に関する分析

本章では、平成12年度に実施された全国貨物純流動調査⁷⁾の結果を用いて内貿ユニットロードの輸送機関分担に関する分析を行う。

3.1 全国貨物純流動調査の概要

一般に「自動車輸送統計」、「鉄道輸送統計」などの輸送統計は輸送機関に着目した統計であり、それぞれの輸送機関が、どこからどこまで、何を、何トン輸送したかを調査した統計である。このような個別の輸送機関の輸送量を基に貨物の流動量を捉えたものを総流動統計と呼ぶ。総流動統計では、輸送機関ごとの輸送量は把握できるが、貨物の出荷産業や出荷地、届先産業や届先地、輸送機関間の貨物の積替えなどを把握することはできない。

全国貨物純流動調査(以下、純流動調査)は、総流動統計では捉えられない上記のような貨物流動の情報を把握するため、貨物そのものの動きに着目し、貨物の出発地から到着地までを一区切りとして捉えた調査である。このため、貨物の発生地点の事業者である鉱業、製造業、卸売業、倉庫業の事業所を調査対象とし、貨物の真の発地、着地、

荷受者、輸送経路、輸送機関などに関するデータを得ている。調査は旧運輸省が主体となり、昭和45年より5年おきにこれまで計7回（昭和45年、50年、55年、60年、平成2年、平成7年、12年）実施されている。平成12年調査の概要を以下に示す。

(1) 調査の種類と調査項目

純流動調査では、「年間輸送傾向調査」と「3日間流動調査」の2種類の調査を実施している。

「年間輸送傾向調査」は、年間の出入荷量および輸送傾向を把握するため、暦年1年間（平成11年1月～12月）の品類別出入荷量、輸送機関割合、出荷先地域別重量割合、月別出荷重量割合などを調査したものである。

「3日間流動調査」（以下、3日間調査）は、貨物の流動を詳細に把握するため、3日間における出荷1件ごとに品目、荷受人業種、届先地、重量（kg単位）、輸送経路（輸送機関、利用輸送施設）などを調査したものである。調査日は標準的な流動パターンを得るために、季節変動が比較的小さく、かつ出荷量の集中する傾向がある月初、月末、月曜、金曜を避けて設定し、平成12年10月17日（火）～19日（木）に実施されている。

なお、本研究においては、貨物の発地から到着地までの輸送機関を把握できる「3日間調査」の結果を用いた。

(2) 調査対象と調査方法

純流動調査は、出荷ベースの調査であるため、調査対象を貨物出荷量の多い鉱業、製造業、卸売業、倉庫業の4産業としている。また、貨物流動を出発地点単位で捉える目的から、企業単位ではなく事業所単位に実施している。なお、第4回調査（昭和60年）以前は、上記産業のほかに農業、林業、建設業、小売業も調査対象とされていたが、これらの産業における出荷量が全出荷量の1.5%程度に過ぎないことから、第5回調査（平成2年）以降は調査対象から外れている。

調査方法は、全国における各産業の事業所について従業員規模に応じた標本抽出を行い、調査票を郵送・回収するアンケート調査（一部、面接による直接回収）である。調査票の回収後は、本調査が標本調査であることから母集団推計を行い、標本事業所の出荷量から全事業所の出荷量を推計している。調査票の回収率は、表-7に示すとおり、4産業合計で39.0%となっている。また、集計対象事業数は母集団の3.3%であるが、標本抽出において大規模事業所を優先的に抽出しているため、貨物発生量では32.0%の輸送について流動が把握されたとされている。

表-7 調査対象事業所数と回収事業所数

産業	母集団 事業所数	調査対象 事業所数(A)	回収 事業所数(B)	回収率 (B/A)	集計対象 事業所数
鉱業	1,903	1,312	721	55.0%	709
製造業	373,713	37,197	14,784	39.7%	14,476
卸売業	390,929	23,581	8,050	34.1%	7,885
倉庫業	7,924	2,935	1,794	61.1%	2,498
合計	774,469	65,025	25,349	39.0%	25,568

注)倉庫業では倉庫単位に調査を実施しており、集計段階ではこの単位を事業所とみなした

(資料：参考文献7より作成)

(3) 調査結果の概要

3日間調査の結果について、代表輸送機関別流動量を表-8に示す。代表輸送機関とは、貨物が出荷されてから届先地に到着するまでに利用された輸送機関のうち、輸送距離が最も長い輸送機関を表している。流動量（重量）の単位はメトリックトンである。

3日間調査による総流動量は27,689千トン、出荷件数は15,964千件である。代表輸送機関別のシェアをみると、トラック輸送が重量で83%、件数で98%を占めている。一方、内貿ユニットロード（フェリー、RORO船、コンテナ船）に着目すると、全国・3日間でフェリーによる輸送量は220千トン（0.80%）、RORO船33千トン（0.12%）、コンテナ船19千トン（0.07%）となっている。

表-8 代表輸送機関別流動量

(3日間調査 単位：千トン、千件、%)

代表輸送機関	流動量(重量)		流動量(件数)	
		構成比		構成比
鉄道	254	0.92%	31	0.19%
トラック	22,953	82.89%	15,565	97.50%
フェリー	220	0.80%	222	1.39%
コンテナ船	19	0.07%	4	0.02%
RORO船	33	0.12%	2	0.01%
その他船舶	3,205	11.57%	8	0.05%
航空	2	0.01%	58	0.37%
その他	1,003	3.62%	73	0.46%
合計	27,689	100.00%	15,964	100.00%

注1.「その他船舶」とは、ばら積み船、タンカー、自動車専用船を指す

注2.「その他」とは、パイプライン、ベルトコンベア、自動車・船舶の自走等を指す

(資料：参考文献7より作成)

3.2 全国地域間流動量

平成12年実施の純流動調査の3日間調査を基に、全国を9地域（北海道、東北、関東、北陸、中部、近畿、中国、四国、九州・沖縄）に区分し、フェリー、RORO船、コンテナ船を代表輸送機関とする輸送貨物について、貨物の生産地域と消費地域間の流動量を求めた。

図-2は、流動量の多い上位10地域間の輸送機関別の貨物流動量を示したものである。フェリー、RORO船、コンテナ船で輸送された全国貨物量が、3日間の調査期間内で約28万3千トンであるのに対して、上位の10地域間貨物量の合計は約16万7千トンであり、全体の61%を占めることとなる。

これによると、「北海道→関東」（北海道発関東向け）の流動量が最も多く、次いで「九州沖縄→九州沖縄」（九州沖縄域内）、「関東→北海道」（関東発北海道向け）と続く。輸送船舶別には、「北海道→関東」はフェリーが36.6%、RORO船39.1%、コンテナ船24.3%と3つの輸送船舶によりある程度バランスよく輸送されている。これに対し、他の地域間流動の状況は、RORO船の比率が、「北海道→近畿」（北海道発近畿向け）で19.9%、「近畿→北海道」（近畿発北海道向け）で30.8%、「九州沖縄→関東」（九州沖縄発関東向け）が11.1%と3つの地域間で比較的大きいのを除けば、コンテナ船、RORO船の比率はいずれも10%を切っており、フェリーの利用率が高くなっている。

また、9地域間の流動を「北海道→関東」、「関東→北海道」といった双方向流動に着目してみると、北海道と関東間の流動では、「北海道→関東」の貨物量が24,756トンに対し、「関東→北海道」は19,803トンで、北海道から関東への貨物の方が約5,000トン多くなっている。同様に、「近畿→九州沖縄」、「九州沖縄→近畿」の双方向の流動では、「近畿→九州沖縄」が19,785トンに対し、「九州沖縄→近畿」は15,280トンで、近畿から九州沖縄地域への貨物の方が約4,500トン多い。

輸送機関別に北海道と関東間の流動をみると、「北海道→関東」のフェリーが9,072トン、RORO船が9,679トン、コンテナ船が6,005トンに対して、「関東→北海道」のフェリーは17,220トン、RORO船は1,164トン、コンテナ船は1,419トンとなっており、フェリー、RORO船、コンテナ船のどの輸送機関をみても、「北海道→関東」と「関東→北海道」のインバランスが大きくなっている。なかでもRORO船やコンテナ船は、「北海道→関東」の貨物量に対して「関東→北海道」の貨物量は、それぞれ12%、24%しかなくインバランスが非常に大きい。

このようなインバランスの状況であるが、北海道と関東間にRORO船やコンテナ船を運航させている主要船社へのヒアリングによれば、北海道着の船の積卸量と関東着の船の積卸量のインバランスは、上記ほどは大きくないとのことであった。

したがって、図-2における輸送機関別にみたインバランスは、分析に用いた純流動調査における北海道と関東間

の貨物流動のうち、特に「関東→北海道」のデータの捕捉が「北海道→関東」に比べよくないことが最大の要因であると推察される。すなわち、純流動調査は鉱業、製造業、卸売業、倉庫業の4産業から3日間に出荷された貨物を調査すれば、全業種からの全輸送機関利用の貨物の98%以上を捕捉できるということで調査を実施しているが、代表交通機関を内貿ユニットロードに限定した場合には、地域間流動によっては、上記の4産業から出荷される貨物の率が非常に低い場合があると推察される。船社へのヒアリングでは、「関東→北海道」の主要品目は取合せ品、くずものであり、純流動調査の「関東→北海道」の大宗品目である化学工業品、金属機械工業品とは一致しないことから、純流動調査における内貿ユニットロード貨物のデータ捕捉が十分ではない可能性は大きい。

以上のような状況を勘案すると、純流動調査の3日間調査結果のみで内貿ユニットロード輸送に関する輸送量を分析する際には、データの捕捉率が十分ではないケースがあるため留意が必要である。ただし、純流動調査は生産地から消費地までの一連の貨物の流れを捉えた貴重な調査であり、RORO船、コンテナ船、フェリー、トラック、鉄道などの輸送機関分担を純流動ベースで分析できる唯一の全国規模データであることから、以下の分析では、上記の点に留意しつつ、分析データとしては、純流動調査データを用いることとした。

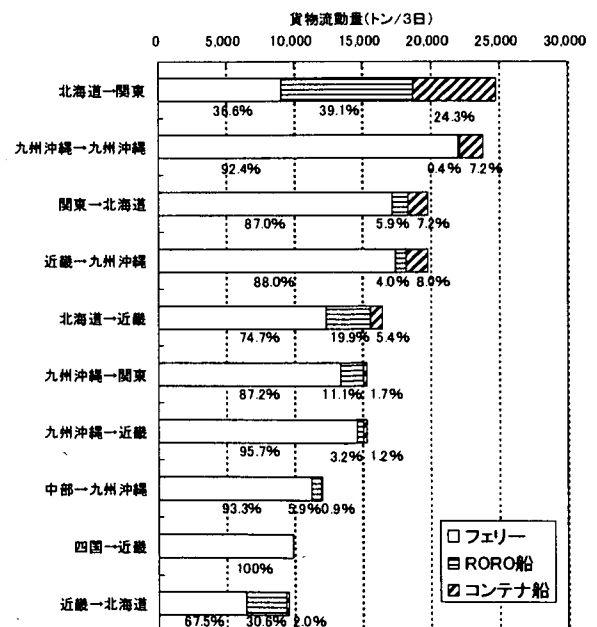


図-2 全国9地域間の内貿ユニット貨物流動量

3.3 主要地域間の輸送機関分担に関する分析

ここでは、3日間調査において内貿ユニットロード輸送による貨物流動量が多い北海道－関東間に着目し流動分析を行う。分析にあたっては、モーダルシフトを考慮し、フェリー、RORO 船、コンテナ船に加え、トラックおよび鉄道も分析対象とした。また、流動状況をより詳細に把握するため、北海道を5エリア（道南、道央、道北、道東、日勝）^(付図-1)、関東を7都県（群馬、栃木、茨城、埼玉、東京、千葉、神奈川）に区分して分析を行った。以下にその分析結果を示すが、3.2でも述べたとおり、「北海道→関東」と「関東→北海道」の輸送機関別のインバランスが大きくなっているため、輸送量の比較等にあたっては留意を要する。

(1) 北海道－関東における地域間流動量

図-3は、北海道－関東間における3日間調査での輸送機関別流動量を示したものである。「北海道→関東」の貨物流動量は35,154トン、「関東→北海道」は23,913トンである。輸送機関別の内訳をみると、「北海道→関東」では各輸送機関がほぼ一様に利用されているのに対し、「関東→北海道」では、フェリーが突出したシェアを示している。また、その他の輸送機関について両地域間での流動量を比較すると、鉄道はほぼバランスがとれているのに対し、RORO 船、コンテナ船、トラックは「関東→北海道」が極めて少ない量となっている。

図-4および図-5は、北海道5エリアと関東7都県での地域間流動を示したものである。図-4によると、北海道からは道央および道東を発地とする貨物量が多く、この2地区で24千トン、全体の69%を占めている。仕向地としては、北海道の5地区すべてで東京都が多い。東京都を仕向地とする貨物量は18千トンで、関東向け貨物の51%を占めている。このほかの仕向地は、埼玉県19%、神奈川県10%などとなっている。

一方、図-5により関東発貨物についてみると、発生貨物量の多い県は、神奈川県6千トン（23%）、千葉県5千トン（22%）、東京都4千トン（17%）などとなっており、仕向地の北海道側では道央に全体の79%が集中している。

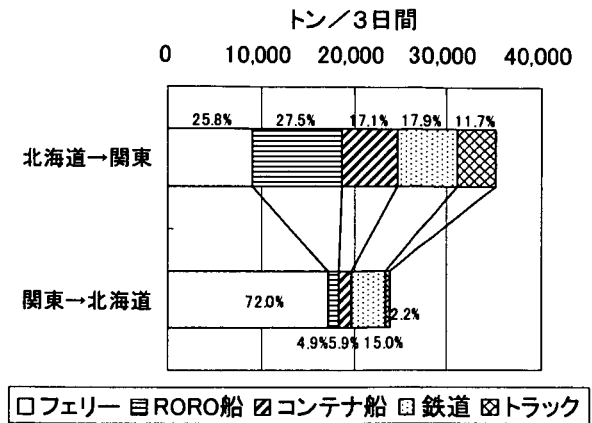


図-3 北海道－関東間でのユニット貨物流動量

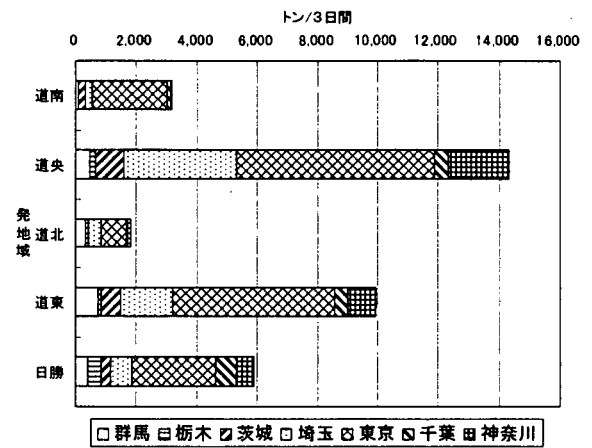


図-4 北海道を発地とする関東への流動量

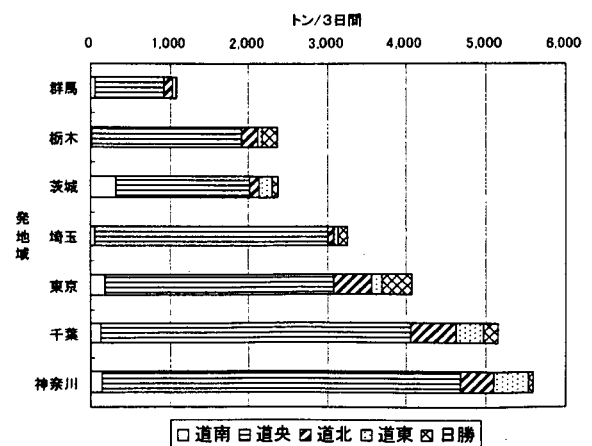


図-5 関東を発地とする北海道への流動量

(2) 輸送機関別発地別流動量

図-6 および図-7 は、輸送機関別に発地別の流動量を示したものである。図-6 により、北海道発貨物についてみると、RORO 船、コンテナ船、鉄道は、道央と道東地区からの発生貨物が多く、これらはそれぞれの機関で 70~90%を占める。特に RORO 船は道央地区からの発生貨物が多い。フェリーは道央、道東に加え日勝地区からの貨物量が多く、これら 3 地区で 89%を占めている。これに対し、トラックは他の機関とは傾向が異なり、道南地区からの発生貨物が半数以上 (68%) を占めている。

一方、図-7 により関東発貨物についてみると、フェリー輸送が 17 千トンで、全体の 72%を占めている。フェリー輸送が最も多い県は千葉県で 4 千トン (22%)、次いで神奈川県 3 千トン (20%)、東京都 3 千トン (19%) となっている。

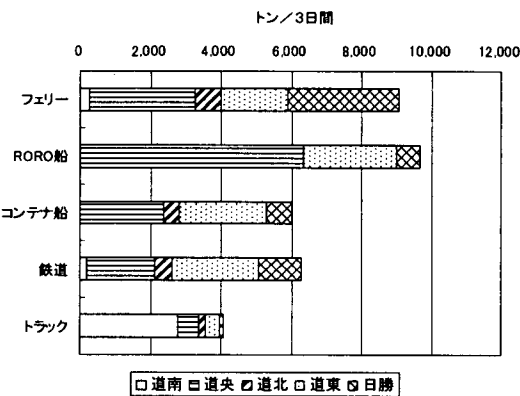


図-6 輸送機関別発地別流動量 (北海道→関東)

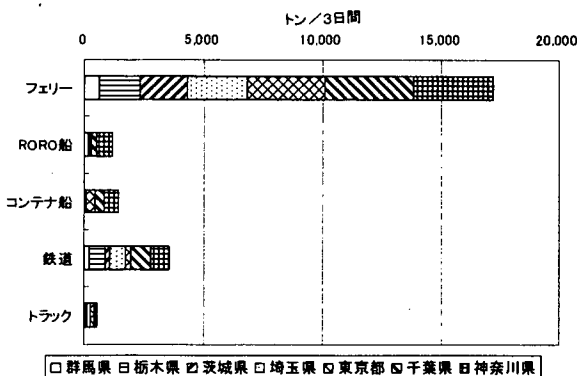


図-7 輸送機関別発地別流動量 (関東→北海道)

(3) 輸送品目別発地別流動量

図-8 および図-9 は、輸送品目別に発地別の流動量を示したものである。図-8 によると、北海道から関東に向けて輸送される品目は軽工業品 (20 千トン、57%) と農水産品 (12 千トン、34%) が大宗であり、これらで全体の

91%を占める。また、軽工業品は道央から、農水産品は道東からの発生量が多い。

一方、図-9 によると、関東から北海道に向けて輸送される品目は、化学工業品 (7 千トン、28%)、金属機械工業品 (6 千トン、25%)、軽工業品 (6 千トン、25%) が大宗であり、これらで全体の 78%を占める。これらの品目は主に千葉県、神奈川県からの発生量が多い。

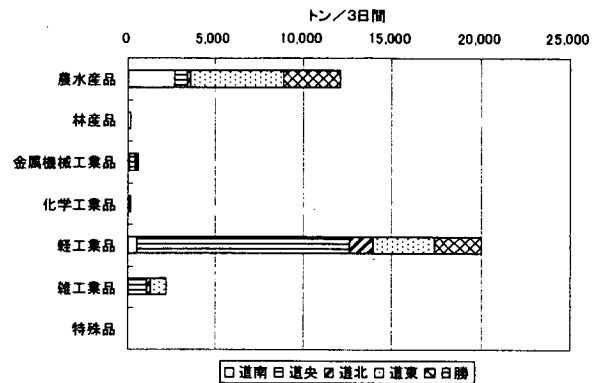


図-8 輸送品目別発地別流動量 (北海道→関東)

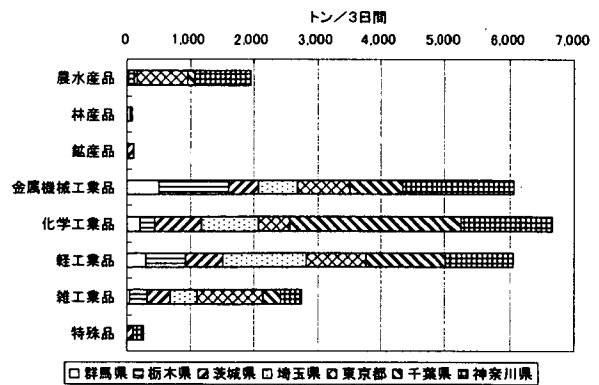


図-9 輸送品目別発地別流動量 (関東→北海道)

(4) 輸送機関別輸送品目

図-10 および図-11 は、輸送機関別に輸送品目を示したものである。また、図-12 および図-13 は、逆に品目別に輸送機関を示したものである。図-10 により、北海道発貨物についてみると、フェリーとコンテナ船の輸送品目は農水産品と軽工業品がおおよそ半々の割合、RORO 船と鉄道では軽工業品の割合が高いことがわかる。また、トラックは農水産品が 70%を占めている。

一方、図-11 により、関東発貨物についてみると、フェリーではすべての品目が輸送されているが、なかでも金属機械工業品、化学工業品、軽工業品の割合が高い。また、量的には少ないものの RORO 船では金属機械工業品、コ

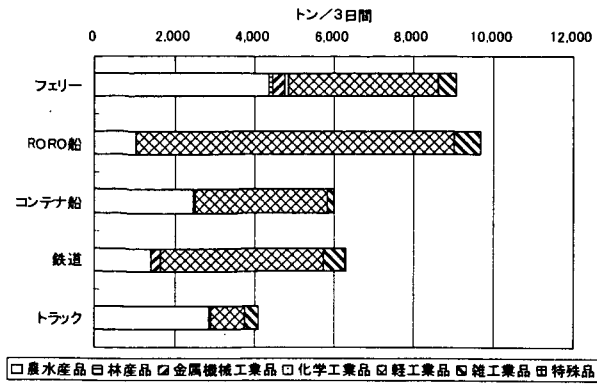


図-10 輸送機関別の品目内訳（北海道→関東）

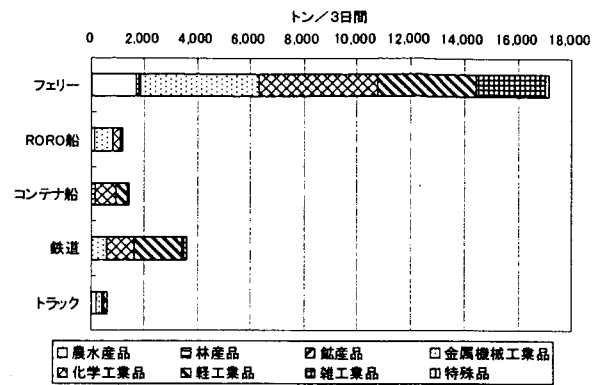


図-11 輸送機関別の品目内訳（関東→北海道）

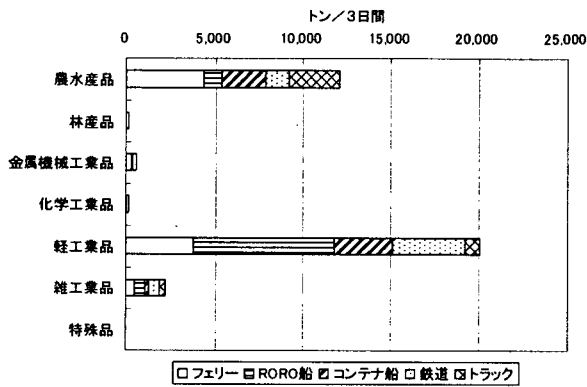


図-12 品目別の輸送機関内訳（北海道→関東）

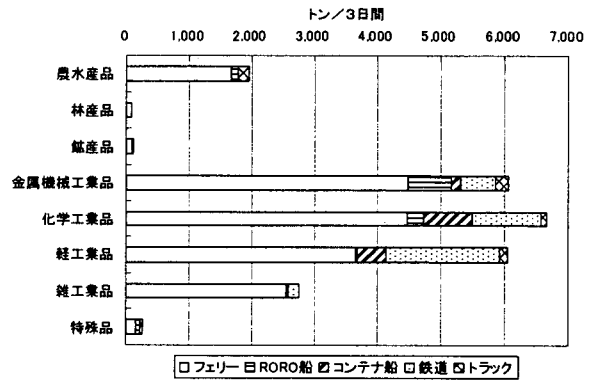


図-13 品目別の輸送機関内訳（関東→北海道）

コンテナ船では化学工業品、鉄道では軽工業品が各輸送機関での大宗貨物となっている。

(5) 輸送機関別の流動ロット

図-14は、出荷1件あたりの出荷量（流動ロット）を輸送機関別に示したものである。これによると、コンテナ船とRORO船は流動ロットが大きいことから大量一括輸送され、また、自動車とフェリーは流動ロットが小さいことから少量多頻度輸送されている貨物が多いものと考えられる。鉄道はこれらの中間的な扱いがなされている。

なお、「北海道→関東」と「関東→北海道」の流動ロットを比較すると、いずれの輸送機関においても「北海道→関東」の方が大きくなっており、「北海道→関東」の大宗品目である軽工業品、農水産品の流動ロットが大きいことがうかがえる。

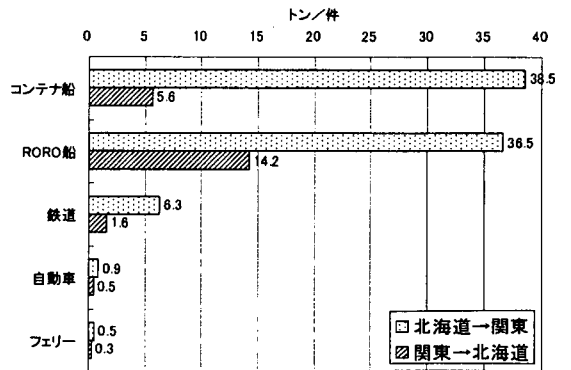


図-14 輸送機関別の流動ロット

4. 輸送機関分担モデルの構築

以上の分析を踏まえ、本章では、北海道-関東間の貨物流動を対象に輸送機関分担モデルの構築を検討する。

4.1 モデルの概要

北海道－関東間の貨物輸送では、利用する輸送機関として長距離フェリー、RORO 船、コンテナ船のほか、トラック（青函フェリー等の短距離フェリーを利用）、および鉄道が考えられる。また、輸送経路上記の輸送機関が接続する港湾や鉄道駅が複数存在することから、貨物輸送の選択肢は多岐にわたる。

このようななかで、荷主の選択行動を考えた場合、輸送スケジュールや輸送コストなど様々な条件の兼ね合いから、最も効率的な輸送機関と輸送経路の選択を同時に検討していることが想定される。そこで、本研究では、輸送機関と輸送経路の同時選択を考慮した輸送機関分担モデルの構築を試みる。

輸送機関分担率を推計するモデルとしては、分担率曲線を用いる方法、犠牲量モデル法、集計ロジットモデル法、非集計モデル法などの手法がある。本研究においては、多くの説明要因を同時に考慮できる利点と、3つ以上の交通機関の分担率を同時に推計できる利点とを有する集計ロジットモデル法⁸⁾を採用した。

具体的なモデルの構築にあたっては、図-15 に示すフローに従った。まず、3.3 で得られた3日間調査による北海道5エリア－関東7都県間（往復）の各ODについて輸送機関・経路別の貨物量シェアを算出し、これを各ODにおける選択確率とする。次に、北海道－関東間で運航(行)する各輸送機関について運航(行)頻度、所要時間などサービス水準を表すLOS (Level of service) データを作成する。これらを基に、集計ロジットモデルにおいて式(1)、式(2)で表される輸送機関・経路 r の選択確率 Pr と輸送機関・経路 r の効用関数 Vr について、運航頻度、所要時間、輸送料金などを説明変数として各パラメータを最尤法により推定する。最後に、得られた各輸送機関・経路の選択確率から輸送機関・経路ごとの流動量を算定し、モデルの再現性を確認する。

$$Pr = \frac{\exp(Vr)}{\sum_{i=1}^n \exp(Vi)} \dots\dots\dots(1)$$

$$Vr = \alpha \cdot Xr + \beta \cdot Yr + \gamma \cdot Zr + \dots\dots\dots(2)$$

ここで、

- Pr : 輸送機関・経路 r の選択確率
- Vr : 輸送機関・経路 r 選択時の効用関数
- n : 輸送機関・経路の数
- X, Y, Z . . . : 説明変数
- α, β, γ . . . : パラメータ

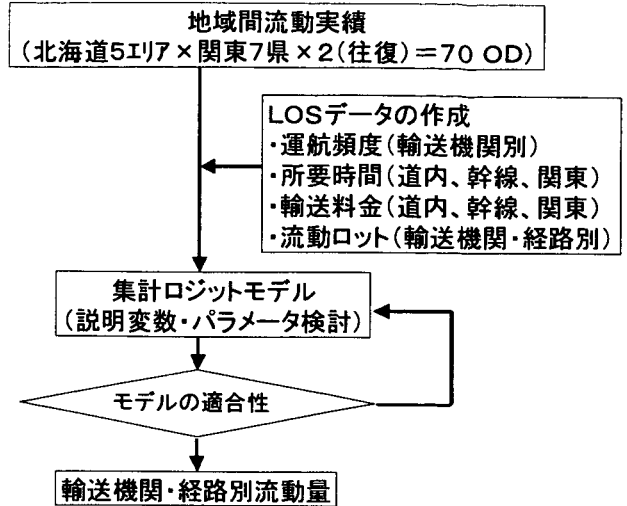


図-15 モデル構築のフロー

4.2 モデルの設定条件

(1) 代表輸送機関の設定

3日調査の行われた平成12年10月現在、北海道－関東間の貨物輸送に利用される輸送経路は、長距離フェリー7航路（東北、日本海航路を含む）、RORO船12航路、コンテナ船3航路（苫小牧港－釧路港－十勝港を經由する三角航路を1航路とする）がある。また、トラック輸送で利用される短中距離フェリー5航路、さらに鉄道を加えると、合計28もの輸送機関・経路がある。

モデル構築においては、経路別の貨物輸送実績などを勘案し、代表的な輸送機関・経路として図-16 に示す13の選択肢を設定した。なお、鉄道については北海道5エリアと関東7都県でそれぞれ利用する駅を表-9のように決め、1つのODに対し1つの経路となるように設定した。

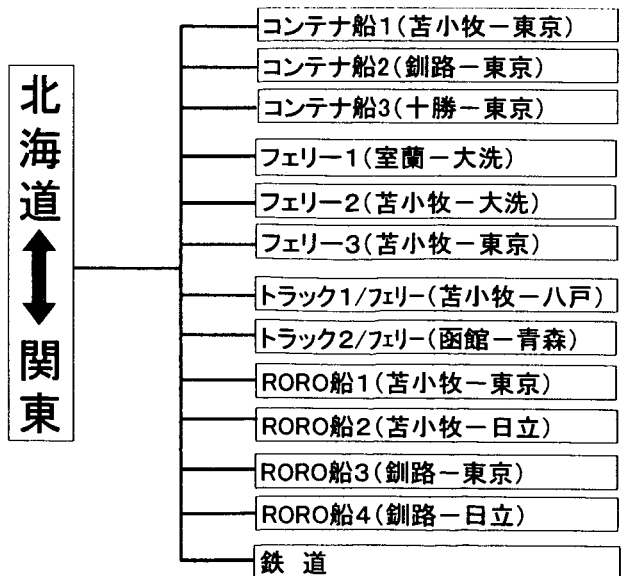


図-16 北海道－関東間の代表輸送機関・経路

表-9 鉄道利用駅の設定

北海道	鉄道貨物駅	関東	鉄道貨物駅
道南	五稜郭駅	群馬県	宇都宮貨物ターミナル駅
道央	札幌貨物ターミナル駅または苫小牧駅	栃木県	宇都宮貨物ターミナル駅
道北	北旭川駅	茨城県	土浦駅
道東	北見コンテナセンター駅または新富士駅	埼玉県	越谷貨物ターミナル駅
日勝	帯広駅	東京都	隅田川駅
		千葉県	隅田川駅
		神奈川県	横浜羽沢駅

(2) LOS データの作成

輸送機関のサービス水準を表す LOS データとして以下の変数を検討した。

a) 運航(行)頻度

フェリー、RORO 船、コンテナ船、鉄道について週当たり便数を運航(行)頻度として設定した。トラック輸送においては、利用する短中距離フェリーの運航頻度を設定した。なお、運航(行)頻度を説明変数としてモデル式に導入する際には、各経路の利便性を表す指標として逆数の形で導入することとした。

b) 所要時間

所要時間は、幹線、端末、積卸しの3つの設定を行った。幹線とはフェリーや鉄道など各輸送機関・経路における所要時間 (hr) である。端末とは、貨物の発地から積港(駅)まで、または揚港(駅)から着地までの陸送にかかる時間 (hr) である。陸送時間の設定にあたっては、まず北海道5エリアおよび関東7都県での貨物の発着地となる代表都市を、貨物量を勘案して表-10 のとおり設定し、次に各代表都市と積揚港(駅)までの距離と平均時速で所要時間を計算した。平均時速は道路時刻表⁹⁾をもとに表-11 のとおり設定した。なお、3日間調査結果によると、北海道発着貨物のトラック輸送における高速道路利用率は10%に満たないため、すべて一般道利用の時速とした。積卸し時間については、フェリーでは積卸各1時間、RORO 船およびコンテナ船では各3時間、鉄道では各6時間とした。

表-10 貨物発着地としての代表都市の設定

北海道	代表都市	関東	代表都市
道南	上磯町	群馬県	前橋市
道央	札幌市または苫小牧市	栃木県	宇都宮市
道北	旭川市	茨城県	土浦市
道東	美幌町または釧路市	埼玉県	大宮市
日勝	芽室町	東京都	中央区
		千葉県	船橋市
		神奈川県	川崎市

表-11 陸送平均時速の設定値

○関東域内		単位: km/h
発着地	東京港	日立港・大洗港
群馬県	30	40
栃木県	30	40
茨城県	30	40
埼玉県	20	40
東京都	20	40
千葉県	20	40
神奈川県	20	30

○関東域内以外

北海道内	40km/h
東北～関東	40km/h

c) 輸送料金

輸送料金について、フェリーおよびトラックは10トン車・車長12m未満のトラックを想定し、既存資料^{10)・11)}による運賃を採用した。鉄道は輸送距離帯ごとに定められているコンテナ貨物運賃率表¹²⁾に従った。これらの料金は、割引された実勢価格とは厳密には異なるものであるが、実勢価格は他の輸送機関との競争条件の下では、ほぼ同水準で割引されているものと考えられる。そのため、各輸送機関の相対的な料金関係は維持されることから、モデルへの影響は小さいものと考えられる。また、RORO 船およびコンテナ船については、旧運輸省調査による式(3)および式(4)により算出した。

$$Cr = 353.66 + 382.93T \quad \dots\dots\dots(3)$$

$$Cc = 3,740 + 126T \quad \dots\dots\dots(4)$$

ここで、

Cr: RORO 船運賃 (円) (10トン車, 港費含む)

Cc: コンテナ船運賃 (円) (5トンコンテナ, 港費・荷役費含む)

T: 航海時間 (hr)

d) 流動ロット

輸送機関特性を表す指標として、各ODにおける輸送機関・経路ごとに流動ロット(トン/件)を算出し、モデルの説明変数として取り入れた。

4.3 モデルの検討結果

北海道-関東間で流動量の最も多い軽工業品および農水産品を対象としたモデルの検討結果を以下に示す。

(1) 軽工業品

軽工業品のパラメータ推計結果を表-12に示す。4.1で示した式(2)の説明変数としては、運航頻度の逆数、総所要時間、総費用、流動ロット、RORO 船定数項の5つが採用された。モデルの説明力を判断する尤度比が高く、また各パラメータの符号条件やt値からみて、良好なモデル

が構築できたと考えられる。

図-17は、推計されたパラメータを基に輸送機関・経路別の流動量を算定し、実績値との比較を行ったものである。RORO 船でやや過大推計、鉄道およびフェリーでやや過小推計となっているが、全体的には概ね良好な再現性を示している。

ここで、推定されたパラメータを基に時間価値および待ち時間について考察してみる。

時間価値とは、単位時間あたりの貨幣換算値であり、時間とコストに関する説明変数のパラメータの比 (Tt/Ct) で求められる。今回、推定されたパラメータによる軽工業品の時間価値は 432 円/トン・hr となる。

フェリーや鉄道などの待ち時間に関しては、荷主の出荷時刻などが均等に分布していると仮定すれば、平均待ち時間は、運航頻度を用いて次式で表すことができる。

$$\text{平均待ち時間} = \frac{7(\text{日}) \times 24(\text{時間})}{\text{運航頻度 (便/週)}} \times \frac{1}{2} \dots\dots\dots (5)$$

したがって、今回求めた運航頻度の逆数のパラメータ α を 84 で除すことで、平均待ち時間を説明変数とした場合のパラメータ α' を考えることができる。この新しいパラメータ α' を所要時間のパラメータ β で除してみると、軽工業品の場合 0.83 となる。これは、実際の待ち時間を除いた総所要時間と、平均的な待ち時間の効用関数上での時間との評価が異なることを意味している。上記のパラメータ α' は、荷主の出荷時刻は均等に分布しているとして平均待ち時間を求めたものであることから、運航頻度を基に待ち時間を設定するには、荷主がある程度船舶の出航のスケジュールを考慮して出荷時刻等を決定していることなども含め、その設定には留意が必要であることが示唆された。

表-12 軽工業品のパラメータ推計結果

記号	説明変数	パラメータ	t値
1/F	1/{運航頻度(便/週)}	-4.77E+00	-2.80
Tt	総所要時間(hr)	-6.82E-02	-2.76
Ct	総費用(円/トン)	-1.58E-04	-4.08
Lot	流動ロット(トン/件)	1.46E-01	4.69
Ro	RORO船定数項	-2.15E+00	-2.80
ρ^2	尤度比	0.46	

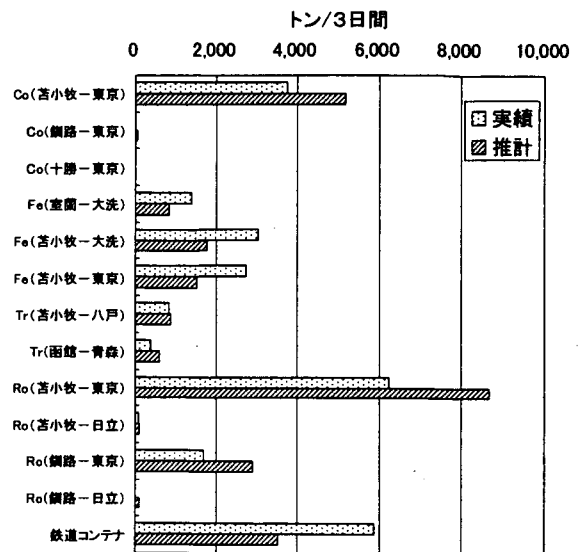


図-17 軽工業品の輸送機関分担モデル検討結果

(2) 農水産品

農水産品のパラメータ推計結果を表-13に示す。運航頻度の逆数、総所要時間、総費用、流動ロット、フェリー定数項の5つを説明変数とする尤度比、各パラメータの符号条件、t値からみて良好なモデルが構築できた。

この推計されたパラメータを基に輸送機関・経路別の流動量を推計し、実績値と比較した結果を図-18に示す。設定した13の選択経路について概ね再現性が確認できたものの、釧路-東京のコンテナ船、苫小牧-東京のフェリー、釧路-東京のRORO船については過大推計、また苫小牧-大洗のフェリー、青函フェリーを利用するトラック輸送については過小推計となっている。

これについては、今回構築したモデルが、北海道5エリアと関東7都県間の各OD間についての集計ロジット型のモデルであるため、t値や尤度比が高いパラメータであったものの、貨物量実績の多いODの中に、再現性のよくないものがあつたためと推察される。

推計されたパラメータから、軽工業品と同様に農水産品の時間価値を求めると、721円/トン・hrとなり、軽工業品の432円/トン・hrよりも高くなった。13経路の選択実績をみても農水産品の方が軽工業品に比べ、輸送時間の短いトラックや高速フェリーの就航する苫小牧-東京などを選択している貨物量が多いことから、農水産品の方がより時間価値が高く、速達性を重視する貨物が多いとの結果に繋がったものと推察される。

また、運航頻度と所要時間のパラメータ比を計算すると1.14となり、平均待ち時間は軽工業品よりも均等分布に近いものとして設定できると推察される。

表-13 農水産品のパラメータ推計結果

記号	説明変数	パラメータ	t値
1/F	1/[運航頻度(便/週)]	-1.19E+01	-3.57
Tt	総所要時間(hr)	-1.24E-01	-2.28
Ct	総費用(円/トン)	-1.72E-04	-2.27
Lot	流動ロット(トン/件)	9.82E-01	5.49
Fe	フェリー一定数項	2.59E+00	3.72
ρ^2	尤度比	0.73	

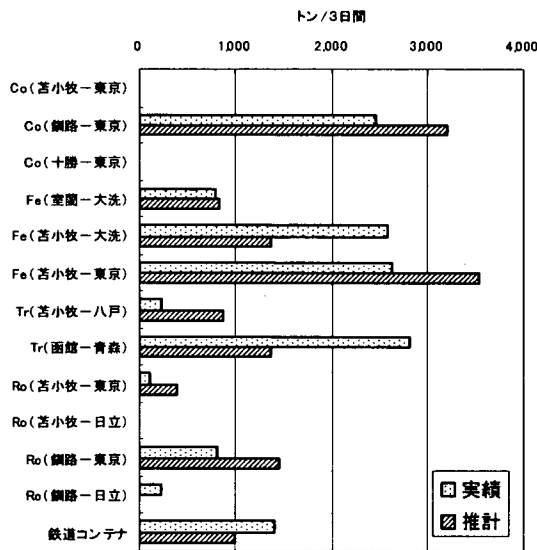


図-18 農水産品の輸送機関分担モデル検討結果

4.4 感度分析

4.3で構築した輸送機関分担モデルを用いて、輸送のサービス水準が変化することにより、輸送機関分担がどのような影響を受けるか、モデルの挙動を示す感度分析を行った。

図-19および図-20は、軽工業品および農水産品について、フェリー料金を現行の8割および5割にした場合の各輸送機関分担率の変化を示したものである。

軽工業品は現況再現において、RORO船の貨物量シェアが45%と最も多く、次いでコンテナ船が20%のシェアを占めている。フェリー料金が8割、5割と安価になるに従い、フェリー貨物のシェアは現況再現での16%から20%、27%へと増加する。これに対応してコンテナ船と鉄道ではシェアが減少することとなった。しかしながら、RORO船の貨物量シェアはほとんど変化がないことがわかる。

一方、農産品は、現況再現でフェリーが41%を占め、次いでコンテナ船が23%を占めている。フェリー料金が

安価になるに従い、フェリーはよりそのシェアを増大させ、これに伴うシェアの減少は輸送特性の類似したトラックにおいて顕著に現れていることがわかる。

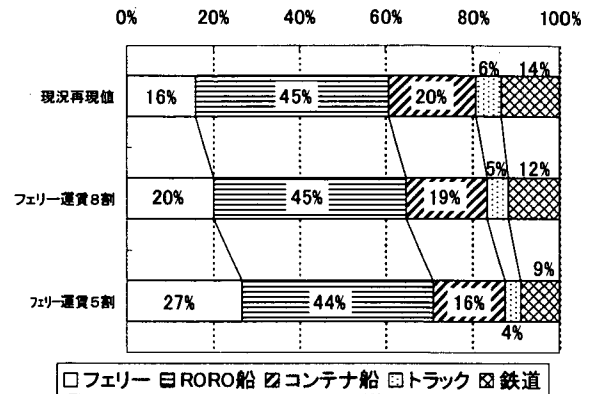


図-19 軽工業品の感度分析結果

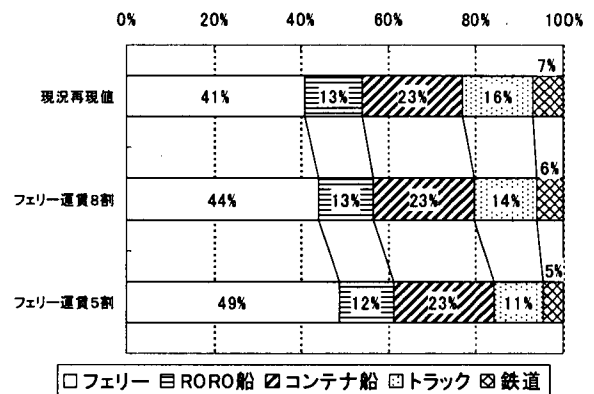


図-20 農水産品の感度分析結果

5. おわりに

本研究では、内貿ユニットロード輸送に焦点を当て、規制緩和の内容や船舶諸元など最近の動向を整理するとともに、全国貨物純流動調査をもとに主要地域間の流動分析を行い、それを踏まえて地域間の輸送機関分担モデルの構築を検討した。

その結果、輸送機関別の品目や背後圏などを確認できたほか、大宗品目である軽工業品・農水産品を対象に輸送機関と輸送経路の選択を同時に考慮した輸送機関分担モデルを構築できた。

しかしながら、農水産品のモデルは概ね再現ができているものの、過大推計や過小推計も見受けられることから更なる改良が必要であると考えている。たとえば、今回構築したモデルは集計ロジット型のモデルであるが、より精度

を向上させるために輸送時間やコストなどについてさらなる検証を進めるとともに、輸送機関と経路の選択を2段階で考えるネスティッド・ロジットモデルの検討、またOD毎の貨物量を集計せずに個別の調査データを用いる非集計型のモデルの検討も必要であると考えます。

また、今回は主要地域として北海道と関東間での貨物流動を捉え、その大宗品目である軽工業品と農水産品についてモデルの構築を行ったが、今後は、今回構築したモデルが他の地域への適用が可能か、あるいは将来予測などへの適用が可能かなど、モデルの空間的・時間的移転性の検討が不可欠であると考えている。

このほか、純流動調査のデータを分析する過程において、いくつかの問題点も明らかとなった。内貿ユニットロード輸送に関する現行の純流動調査データは、現行の4業種の出荷ベースのデータだけでは貨物の捕捉率が悪いことから、純流動調査を補正するようなデータの収集を行うか、あるいは純流動調査自体で内貿ユニットロード関係の地域間流動の捕捉率もあげるような調査とすべきであると考える。

今回も純流動調査データの分析に先立ち、航路別の輸送貨物量実績で補正するなどできないかとデータの補正を試みたが、各船社の航路別の輸送量データの入手が困難であった。また、仮に輸送台数ベースの航路別の輸送実績を入手できたとしても、コンテナなどの中身の貨物量の実績などは、船社には把握しきれていないという問題もある。

したがって、純流動調査をより有効に活用するには、調査での捕捉率の悪い内貿ユニットロードに関してより捕捉率をあげるように調査の対象の再検討を行うか、あるいは、純流動調査の3日間調査と同時期のRORO船やコンテナ船などによる航路別の貨物輸送量などを別途調査するようなシステムにしておくなどすべきであると考えます。

(2002年11月15日受付)

謝辞

本研究のとりまとめに際しては、山本修司港湾研究部長、高橋宏直港湾計画研究室長をはじめ、港湾研究部の方々から貴重なご意見、ご助言をいただきました。末尾ながらここに示して深く感謝いたします。

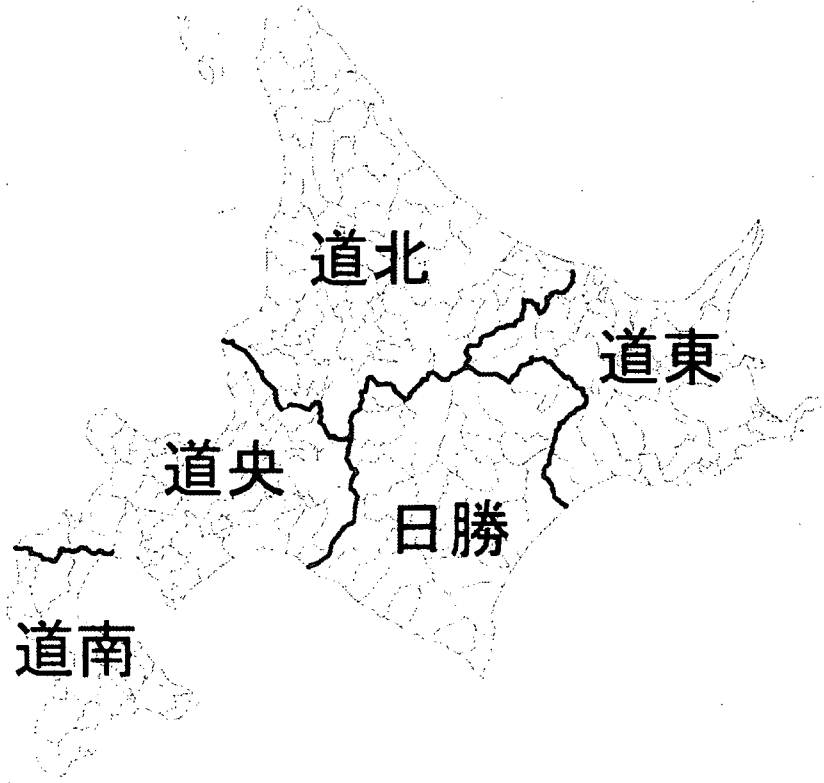
参考文献

- 1) 高橋宏直, 松尾智征, 山本幸司: 国内一般貨物輸送の海運分担率推計に関する研究, 土木学会論文集 No.709/IV-56, 2002年, pp.139-148
- 2) 吉田尚志, 松本昌二: 北海道本土間トラック輸送の日

- 本海フェリー航路へのシフトの可能性, 土木計画学研究・論文集 No.13, 1996年, pp.667-678
- 3) 宮前直幸・石井伸一・辻芳樹・北詰恵一: 海上輸送ダイヤ条件の改善によるモーダルシフトの可能性, 土木計画学研究・論文集 No.15, 1998年, pp.573-582
- 4) 国土交通省: 第3回次世代内航海運懇談会暫定措置事業部会資料, 平成13年12月
- 5) 社団法人日本港湾協会: 数字でみる港湾2002
- 6) 海上定期便の会/内航ジャーナル(株)主宰: 海上定期便ガイド, 98年版, 2002年版
- 7) 国土交通省: 全国貨物純流動調査報告書(I)一総括編一, 平成14年3月
- 8) 森地茂・山形耕一: 土木学会編 新体系土木工学60交通計画, 技報堂出版, 1993年
- 9) 道路整備促進期成同盟会全国協議会: 道路時刻表2000~2001, 平成12年
- 10) 社団法人日本旅客船協会: 全国フェリー・旅客船ガイド, 2000年上期号
- 11) 株式会社交通日本社: 貨物運賃と各種料金表'00, 平成12年
- 12) 社団法人鉄道貨物協会: JR貨物時刻表2002

付録

付図-1 北海道のエリア区分図



(北海道)

5区分	地 域 名	(14支庁)
道 南	渡島、檜山	
道 央	胆振、後志、石狩、空知(注1-1)	
日 勝	日高、十勝、上川(注2-1)	
道 北	空知(注1-2)、上川(注2-2)、留萌、宗谷、網走(注3-1)	
道 東	網走(注3-2)、釧路、根室	

注1-1 道央の空知は、岩見沢、夕張、美唄、三笠、北、栗沢、南幌、由仁、長沼、栗山、月形の市町村

1-2 道北の空知は、芦別、赤平、滝川、砂川、歌志内、深川、奈井江、上砂川、浦臼、新十津川、妹背牛、秩父別、雨竜、北竜、沼田、幌加内の市町

2-1 日高の上川は、富良野、上富良野、中富良野、南富良野、占冠の市町村

2-2 道北の上川は、旭川、士別、名寄、鷹栖、東神楽、当麻、比布、愛別、上川、東川、美瑛、和寒、剣淵、朝日、風蓮、下川、美深、音威子府、中川の市町村

3-1 道北の網走は、紋別、佐呂間、生田原、遠軽、丸瀬布、白滝、上湧別、湧別、滝上、興部、西興部、雄武の市町村

3-2 道東の網走は、北見、網走、東藻琴、女満別、美幌、津別、斜里、清里、小清水、端野、訓子府、釧路、留辺蘂、常呂町の市町村

付表-1 北海道-関東間でのユニット貨物流動量

単位:トン/3日間

発着地	フェリー	RORO船	コンテナ船	鉄道	トラック	合計
北海道→関東	9,072	9,679	6,005	6,293	4,095	35,145
関東→北海道	17,219	1,164	1,419	3,581	530	23,913

付表-2 北海道を発地とする関東への流動量

単位:トン/3日間

発\着	群馬県	栃木県	茨城県	埼玉県	東京都	千葉県	神奈川県	合計
道南	71	1	231	224	2,490	130	37	3,184
道央	441	205	955	3,719	6,563	445	1,997	14,326
道北	322	51	53	398	841	60	110	1,835
道東	731	102	647	1,710	5,371	448	905	9,913
日勝	375	461	306	715	2,769	690	571	5,886
合計	1,939	819	2,192	6,766	18,034	1,774	3,620	35,145

付表-3 関東を発地とする北海道への流動量

単位:トン/3日間

発\着	道南	道央	道北	道東	日勝	合計
群馬県	57	874	110	37	19	1,097
栃木県	11	1,898	214	57	188	2,367
茨城県	317	1,701	115	171	82	2,386
埼玉県	62	2,941	73	62	116	3,254
東京都	187	2,886	483	140	370	4,066
千葉県	126	3,940	569	341	178	5,154
神奈川県	149	4,541	413	426	60	5,589
合計	909	18,781	1,976	1,234	1,014	23,913

付表-4 輸送機関別発地別流動量 (北海道→関東)

単位:トン/3日間

発地域	フェリー	RORO船	コンテナ船	鉄道	トラック	合計
道南	245	0	0	168	2,771	3,184
道央	3,016	6,354	2,386	1,962	608	14,326
道北	743	0	435	472	186	1,835
道東	1,901	2,635	2,489	2,468	420	9,913
日勝	3,167	690	695	1,223	111	5,886
合計	9,072	9,679	6,005	6,293	4,095	35,145

付表-5 輸送機関別発地別流動量（関東→北海道）

単位：トン／3日間

発県	フェリー	RORO船	コンテナ船	鉄道	トラック	合計
群馬県	635	175	29	205	53	1,097
栃木県	1,669		29	660	9	2,367
茨城県	2,016	34	20	233	84	2,386
埼玉県	2,540	22	6	592	94	3,254
東京都	3,234	41	358	260	174	4,066
千葉県	3,706	224	371	834	18	5,154
神奈川県	3,419	668	606	797	99	5,589
合計	17,219	1,164	1,419	3,581	530	23,913

付表-6 輸送品目別発地別流動量（北海道→関東）

単位：トン／3日間

8品類	道南	道央	道北	道東	日勝	合計
農水産品	2,630	740	168	5,368	3,176	12,083
林産品				95	35	130
金属機械工業品	29	361	146	8	9	553
化学工業品	7	24	12	95		138
軽工業品	504	12,110	1,305	3,443	2,665	20,027
雑工業品	13	1,080	204	904	1	2,202
特殊品		11				11
合計	3,184	14,326	1,835	9,913	5,886	35,145

付表-7 輸送品目別発地別流動量（関東→北海道）

単位：トン／3日間

8品類	群馬県	栃木県	茨城県	埼玉県	東京都	千葉県	神奈川県	合計
農水産品	21	94	40	4	794	111	889	1,953
林産品	52				9	20		81
鉱産品			87				17	105
金属機械工業品	502	1,105	482	602	813	827	1,731	6,063
化学工業品	205	238	727	913	482	2,659	1,433	6,659
軽工業品	290	641	580	1,319	930	1,250	1,033	6,043
雑工業品	27	289	379	412	1,033	283	326	2,750
特殊品		0	91	3	4	2	160	259
合計	1,097	2,367	2,386	3,254	4,066	5,154	5,589	23,913

付表-8 輸送機関別品目別流動量（北海道→関東）

単位：トン／3日間

品類	フェリー	RORO船	コンテナ船	鉄道	トラック	合計
農水産品	4,340	1,024	2,456	1,401	2,862	12,083
林産品	120			10	0	130
鉱産品					0	0
金属機械工業品	283		48	210	13	553
化学工業品	101			11	26	138
軽工業品	3,784	7,999	3,313	4,091	840	20,027
雑工業品	445	655	187	560	354	2,202
特殊品	0			10	0	11
合計	9,072	9,679	6,005	6,293	4,095	35,145

付表-9 輸送機関別品目別流動量（関東→北海道）

単位：トン／3日間

8品類	フェリー	RORO船	コンテナ船	鉄道	トラック	合計
農水産品	1,671	108			174	1,953
林産品	72				9	81
鉱産品	87			17		105
金属機械工業品	4,480	691	144	535	212	6,063
化学工業品	4,467	268	753	1,074	97	6,659
軽工業品	3,653	22	468	1,785	115	6,043
雑工業品	2,547	17	11	169	7	2,750
特殊品	158	57	44			259
合計	17,136	1,164	1,419	3,581	613	23,913

国土技術政策総合研究所資料

TECHNICAL NOTE of NILIM

No.60

March 2003

編集・発行 ©国土技術政策総合研究所

本資料の転載・複写のお問い合わせは

〔〒239-0826 神奈川県横須賀市長瀬3-1-1
管理調整部企画調整課 電話:046-844-5018〕