

地域特性を考慮した物質移動および物質代謝に伴う環境負荷の排出構造分析

宮川 征樹¹・天野 耕二²

¹立命館大学大学院 理工学研究科 (〒525-8577 草津市野路東1-1-1)

E-mail:rp016018@se.ritsumei.ac.jp

²正会員 工博 立命館大学教授 理工学部 (〒525-8577 草津市野路東1-1-1)

E-mail:amano@se.ritsumei.ac.jp

貨物輸送部門のCO₂排出量を海外輸送まで含めて推計するとともに、全国を228に分割した各経済圏域において、輸送及び廃棄に伴う環境負荷と地域特性との関連性をそれぞれ分析しながら、両環境負荷を共に削減できる環境対策オプションを検討した。貨物輸送由来のCO₂排出量に関しては、海外輸送による排出量の方が国内輸送による排出量よりも大きく、外航船舶の燃費改善がCO₂排出量削減に大きな効果をもたらすことが示唆された。また、国内における対策オプションとしては、人口を集約し都市活動を効率化させることが、CO₂削減及び廃棄物削減の双方にとって有効な対策であると考えられた。一方、地産地消型社会への転換やモーダルシフトによる対策は、経済活動との両立の観点から難しいことが示された。

Key Words : industrial waste, transportation, CO₂ emission, import and export, regional characteristic

1. はじめに

日本経済は 1990 年代の経済成長の停滞を克服し、2002 年から景気回復局面に移行した。これに伴い、経済活動のグローバル化が加速し、資源や製品の輸送に伴う CO₂排出量の増加、および廃棄物の増加が懸念されている。このような社会背景に先立って、運輸部門における CO₂対策や廃棄物対策に関する研究が今日まで活発に行われてきた。例えば、物流分野における CO₂削減策としては、環境負荷の少ない輸送機関の活用を図るモーダルシフト¹⁾や貨物の積載率の向上、輸送機関単体の燃費向上といった交通・輸送体系を改善していくもの^{2),3)}から、地産地消の促進⁴⁾や拠点分散型都市の形成といった生産活動・生活基盤の転換によって実現させるもの⁵⁾まで、幅広く提案されている。一方、廃棄物削減策⁶⁾としては、いわゆる 3R (減量・再使用・再資源化) に代表されるように、上流側対応と下流側対応の 2 方面の対策が考えられる。上流側では発生源対策やエコデザイン、下流側では産業間のネットワーク化による資源の有効利用促進⁷⁾などの対策が行われている。

このように、物流分野及び廃棄物分野における個々独立した研究は数多くなされてきたが、これらを一体的に

扱い双方を両立させる環境対策オプションを検討した研究例は報告されていない。そこで本研究では、貨物輸送に伴って排出されるCO₂排出と物質の代謝に伴って排出される廃棄物を環境負荷項目として取り上げ、日本全国を228の地域に区分した経済圏域における地域特性との関連性を分析する。この分析によって、CO₂排出及び廃棄物排出の双方の環境負荷が少ない地域特性を抽出するとともに、その分析結果から今後の環境政策において有効と考えられる対策オプションを検討した。また、日本の経済活動に付随して発生する貨物輸送由来のCO₂排出量を海外輸送まで含めて検討した研究は少ないため、本研究では、その点も考慮した説明を試みた。

2. 海外輸送を含めた貨物輸送由来のCO₂排出量の推計

(1) 推計方法と使用したデータ

国内輸送及び海外輸送で発生するCO₂排出量は、共に式(1)のような推計方法を基本とし、算出した。

$$e_{i,j} = \sum_k Q_{i,j,k} \cdot L_{i,j,k} \cdot c_k \quad (1)$$

ここで、

$e_{i,j}$: 移出地 i から移入地 j までの輸送にかかる CO_2 排出量 (g- CO_2)

$Q_{i,j,k}$: 輸送機関 k による移出地 i から移入地 j までの貨物輸送重量 (t)

$L_{i,j,k}$: 輸送機関 k による移出地 i から移入地 j までの輸送距離 (km)

c_k : 輸送機関 k の CO_2 排出原単位 (g- CO_2 /t/km)

a) 国内輸送過程における推計方法

国内輸送過程における貨物輸送重量については、全国貨物純流動調査（第7回 2000年調査）⁸⁾（以下物流センサス）を用いて把握した。ここで使用した物流センサスのデータは、地域間の流動をより詳細に把握するという目的で、オーダーメイドデータ（12輸送機関別、228経済圏域別の物流を把握できる）を用いている。ただし、この調査は3日間の調査であるため、必ずしも年間の傾向と一致しないことに注意が必要である。

また、228経済圏域間輸送については、各経済圏域の中心都市から一度県庁所在地まで貨物が発送され、県庁所在地間流動を経たあとと目的地である経済圏域の中心都市へ到着するという流動モデルを想定した。したがって、輸送距離は、都道府県庁間距離に経済圏域内距離を加えることによって算出した。距離データについては、トラック輸送・鉄道輸送・航空輸送では地図ソフト⁹⁾を、海上輸送では距離表¹⁰⁾を用いて計測したが、基幹輸送としてトラック以外の輸送機関を使用する場合は、端末輸送部分をトラックで担わせた。

貨物輸送機関別の CO_2 排出原単位¹¹⁾は、表-1に示す値を使用した。物流センサスによる輸送機関の区分と国土交通白書による輸送機関の区分が異なっていたため、道路運送車両の保安基準¹²⁾・道路運送車両法施行規則¹²⁾代表輸送機関別流動ロット⁸⁾などを参考にし、輸送機関の対応関係を決定した。

b) 海外輸送過程における推計方法

国際物流に関しては、重量ベースではほとんどの輸送が船舶で占められていることから、海上輸送のみを評価対象としており航空輸送は考慮していない。したがって、海外輸送過程における貨物輸送重量は、港湾統計（流動表）¹³⁾の第4表 品種別、都道府県・仕向国相互間輸出貨物トン数表および第5表 品種別、都道府県・仕出国相互間輸入貨物トン数表を用い、海上輸送による物流のみを把握した。

また、輸送距離については、輸出入相手国の主要港から日本までの航路距離¹⁰⁾のみを考慮した。輸出入品の日本国内の移動による CO_2 排出は、国内輸送過程でカウントされるが、輸出入相手国内の移動による CO_2 排出は考

表-1 貨物輸送機関別の CO_2 排出原単位¹¹⁾

物流センサスによる 輸送機関の区分			国土交通白書 による輸送機関 の区分	原単位 (g-CO ₂ /t/km)
鉄道	鉄道コンテナ		鉄道	21
	車扱いその他			21
トラック	自家用トラック		自家用普通 トラック	388
	営業用 トラック	宅配郵便等混載	営業用小型 トラック	830
		一車貸切	営業用普通 トラック	174
		トレーラー		174
	フェリー		内航海運	38
	コンテナ船			38
海運	RORO線	38		
	その他船舶	38		
航空			航空	1480

表-2 船種ごとの輸送品目と CO_2 排出原単位¹⁴⁾

船種	輸送品目	原単位 (g- CO_2 /t/km)
タンカー	原油・重油・石油製品 LNG・LPG	4.9
バルカー	石炭・鉄鉱石・金属鉱砂利・砂・りん鉱石・石灰石 原塩・非金属鉱物	9.6
コンテナ船	上記以外の品目	20.7

慮しない。

さらに貨物輸送機関別の CO_2 排出原単位¹⁴⁾は、輸送品目ごとに船種を決定し、コンテナ船・バルカー・タンカーの3つの CO_2 排出原単位を考慮した。（表-2）

(2) 推計結果

貨物輸送由来の CO_2 排出量は、国内輸送過程で年間0.95億t- CO_2 、海外輸送の輸入過程で0.88億t- CO_2 、輸出過程で0.34億t- CO_2 と推計された。海外輸送過程における CO_2 排出量の合計は1.22億t- CO_2 であることから、海外輸送由来の CO_2 排出の方が国内輸送の CO_2 排出よりも大きいことがわかる。また、この数値は、シップ・アンド・オーシャン財団¹⁴⁾が推計した日本における外航船舶による CO_2 排出量1.218億t- CO_2 （95年実績値）とほぼ見合う値となっていることから、ある程度の妥当性を有していると考えられる。ここで、平成12年の港湾統計（年報）¹⁵⁾によると、重量ベースでは輸入で9.3億t、輸出で2.0億tの輸送が行われており輸入：輸出 = 4.5 : 1の関係にあるが、 CO_2 排出量ベースでは輸入：輸出 = 2.5 : 1と重量ベース程の差異はない。これは、輸入過程において、 CO_2 排出原単位の小さなタンカーやバルカーで運搬される天然資源の輸送が多いためである。さらに、既往の研究²⁾では、国内貨物輸送における CO_2 排出量は、1.05億t- CO_2 （98年度実績）と推計されており、本研究による推計値はそれより0.1億t- CO_2 ほど過少推計されている。これは、

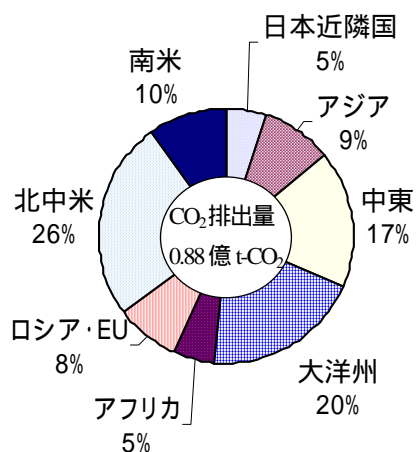


図-1 輸入過程における仕出地域別 CO₂ 排出量

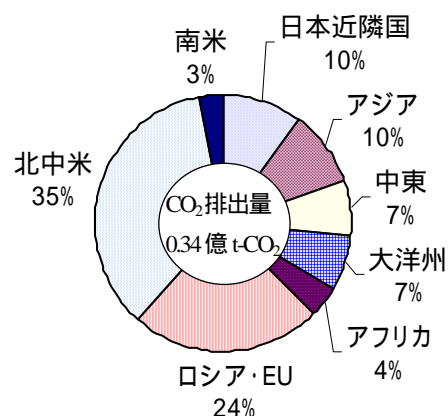


図-2 輸出過程における仕向地域別 CO₂ 排出量

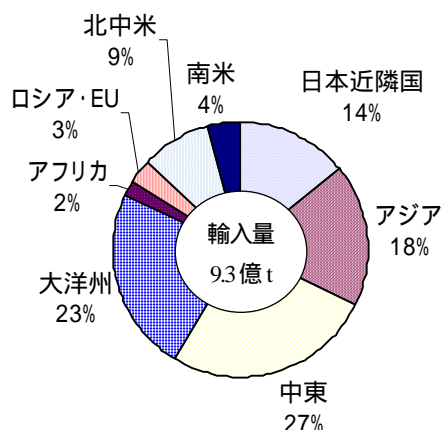


図-3 仕出地域別輸入量

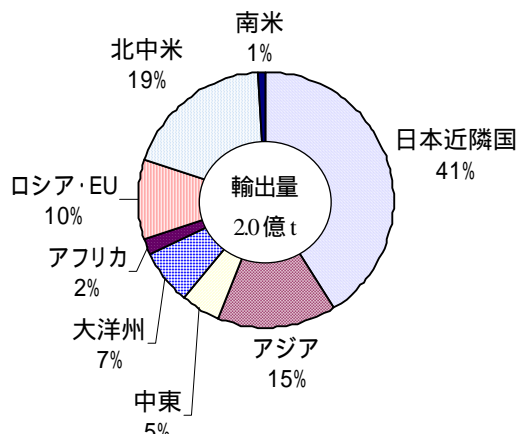


図-4 仕向地域別輸出量

物流センサスでは1次産業発の貨物流動などは調査されないため、その分が影響したものと考えられる。

図-1に輸入過程で生じるCO₂排出量を仕出地域別に、図-2に輸出過程で生じるCO₂排出量を仕向地域別に示す。輸入では中東・大洋州・北中米からの、輸出ではロシア・EU・北中米向けの輸送による寄与が大きい。ここで、図-3、図-4に平成12年度における仕向・仕出地域別輸出入重量を示す。図-1、2と図-3、4を比較すると日本は近隣諸国との取引重量が大きいものにも関わらず、CO₂排出量ベースで見ると北中米やEUなどの遠方諸国との取引の方が大きな環境負荷を発生させているということがわかる。このことから、資源や製品をより近い国や地域から調達・発送することがCO₂排出量削減に大きく寄与することが予測される。また、海外輸送由来のCO₂排出量が国内輸送のCO₂排出量と比べて大きいことから、外航船舶の燃費改善も重要な環境対策技術課題として留意しておく必要がある。

3. 環境負荷排出と地域特性との関連性分析

(1) 228経済圏域別の環境負荷量推計方法

まず、廃棄物量のデータに関しては、都道府県ごとに集計された産業廃棄物実態調査¹⁶⁾から引用した。産業廃棄物実態調査では、都道府県内を複数の地域ブロックに分割した経済圏域ごとに産業廃棄物の発生量等を把握できる。したがって、この地域区分(228経済圏域)を分析における基本ユニットとした。また、一般廃棄物は産業廃棄物に比べて少ないことから考慮しなかった。加えて、産業廃棄物データは可能な限り平成12年度実績値を使用しているが、それが得られなかった地域については、県民経済計算年報¹⁷⁾を用いて業種ごとに補正した値を用いた。

貨物輸送由来のCO₂排出量の推計方法は、基本的に2章の(1)節とほぼ同じであるが、海外輸送分については都道府県レベルで推計していたため、貨物量やCO₂排出量を228経済圏域ごとに配分する必要がある。その際、

貨物が発着する港湾のある都道府県と輸送を行った真の発着都道府県が異なる場合がある(典型例は内陸県)都道府県内のどの経済圏域に輸送されたかが把握でき

ないという2つの問題点がある。に関しては、既往研究¹⁸⁾を参考に、輸出入貨物に係る物流動向調査^{19)、20)}を用いて輸送を行った真の都道府県へ輸出入量及びCO₂排出量を配分した。に関しては、当該都道府県の輸出入量及びCO₂排出量を経済圏域ごとの人口比によって按分した。

地域特性については、民力²¹⁾を基本データとして使用し、市町村別に人口・産業構成・工業出荷額等のデータを考慮した上で228経済圏域ごとに統合した。そのほかにも、物流センサスを基に算出した経済圏域内発送率・県内発送率や各種輸送機関による分担率なども地域特性データとして考慮した。本研究で考慮した地域特性項目一覧を6つの分野別に表-3に示す。

(2) 分析方法および分析結果

環境負荷排出と全国228経済圏域における地域特性との関連性分析手法について述べる。本研究では、5種類の環境経済効率指標(表-4)を設定し、全国228経済圏域の中からそれぞれ環境経済効率の高い集団(上位30経済圏域)と低い集団(下位30経済圏域)のサンプルを抽出し、各集団の地域特性平均を比較するという方法を採用した。ここで経済圏域産出額とは、民力における商店年間販売額、工業製品年間出荷額、農業産出額の合計を指す。また、以後、発送地集計による全輸送に伴うCO₂排出量あたりの経済圏域産出額を、環境経済効率 a のように表-4に示した略記号で表す。

表-4 採用した5種類の環境経済効率指標

環境経済効率指標	CO ₂ 排出地域の捉え方	略記号
全輸送に伴うCO ₂ 排出量あたりの経済圏域産出額	発送地集計	a
国内輸送に伴うCO ₂ 排出量あたりの経済圏域産出額	発送地集計	b
全輸送に伴うCO ₂ 排出量あたりの経済圏域産出額	到着地集計	a
国内輸送に伴うCO ₂ 排出量あたりの経済圏域産出額	到着地集計	b
産業廃棄物発生量あたりの経済圏域産出額	-	

表-5に環境経済効率指標(a, a,)と人口分野に関する地域特性との関連性を示す。人口・DID(人口集中地区)人口比率・人口密度とともに、有意な差が見られた。

また、表-6には、国内をシステムバウンダリーとした環境経済効率指標(b, b,)と地域内自給分野及び輸送機関分野に関する地域特性との関連性を示す。

まず、地域内自給分野に関しては、自地域内(自経済圏域内あるいは自経済圏域が含まれる都道府県内)からの到着率が大きいほど環境経済効率 b は低く、一方、自地域内への発送率が大きいほど環境経済効率 b は高くなるという結果が得られた。解釈のしやすい発送側か

表-3 地域特性項目一覧

分野	地域特性項目	定義・説明等
人口	人口	
	DID比率	全人口に占めるDID(人口集中地区)人口の割合
	人口密度	
産業構成	1次産業就業者比率	
	2次産業就業者比率	
	3次産業就業者比率	
経済	商店年間販売額	
	小売業商店年間販売額	
	工業製造品年間出荷額	
	農業産出額	
	経済圏域内到着率	総着量に占める当該経済圏域内からの到着物量の割合
	県内到着率	総着量に占める当該経済圏域が含まれる都道府県内からの到着物量の割合
地域内自給	経済圏域内発送率	総発量に占める当該経済圏域内への発送物量の割合
	県内発送率	総発量に占める当該経済圏域が含まれる都道府県内への発送物量の割合
輸送機関	鉄道分担率	
	トラック分担率	国内物流における輸送機関分担率であり
	船舶分担率	海外輸送分の輸送機関は考慮していない
	航空分担率	
物流	国内物流発量	
	国内物流着量	
	輸出货量	
	輸入量	

表-5 環境経済効率の高い集団と低い集団に区分した地域特性平均値の比較結果 1

		環境経済効率 a	環境経済効率 a	環境経済効率 a	環境経済効率 a	環境経済効率	環境経済効率
		高い集団	低い集団	高い集団	低い集団	高い集団	低い集団
サンプル数		30	30	30	30	30	30
人口	人	524,235	164,507	613,202	129,875	586,263	274,305
DID比率	%	55	19	54	19	50	32
人口密度	人/km ²	1,734	170	1,687	193	981	458

注：全て5%有意

表-6 環境経済効率の高い集団と低い集団に区分した地域特性平均値の比較結果2

		環境経済 効率 b	環境経済 効率 b	環境経済 効率 b	環境経済 効率 b	環境経済 効率	環境経済 効率
		高い集団	低い集団	高い集団	低い集団	高い集団	低い集団
サンプル数		30	30	30	30	30	30
経済圏域内到着率	%	-	-	33	48	42	48
県内到着率	%	-	-	58	71	63	64
経済圏域内発送率	%	52	42	-	-	46	49
県内発送率	%	70	57	-	-	68	62
トラック分担率 (到着地、重量ベース)	%	-	-	88	84	90	73
船舶分担率 (到着地、重量ベース)	%	-	-	11	13	8	23
トラック分担率 (発送地、重量ベース)	%	94	78	-	-	95	78
船舶分担率 (発送地、重量ベース)	%	4	16	-	-	3	17

注：網掛けは5%有意

ら考えると、近隣地域への輸送が多い分、CO₂排出面において有利になったということが考えられる。到着側については、図-5に示した通り、経済圏域内からの到着貨物トンキロが大きい地域ほど、単位物流あたりの産出額が少ないという傾向があり（発送側ではこの傾向は見られない）、他経済圏域に依存した地域の方が付加価値額の大きい経済取引を行っていると考えられる。すなわち、遠方取引による経済的優位性が、CO₂排出から見た低い環境効率性を上回っていると言えよう。以上のように、発送側と到着側で反対の結果が出ているため、地産地消に代表されるような自経済圏域内あるいは近隣地域間経済圏による自給率向上を目指した都市モデルは、効果的であるかどうか疑問が残る。

次に、輸送機関分野に関しては、トラック輸送による分担率が大きい経済圏域ほど、環境経済効率も高いという結果が示された。近年、モーダルシフトの必要性が指摘されているが、環境経済効率の高い地域は、鉄道や船舶の使用率がむしろ低いという特性を持っていた。したがって、経済性を確保した上で環境負荷を削減するという視点に立った環境政策を行う場合、モーダルシフトは必ずしも効果的なオプションではない可能性がある。

以上のような分析を踏まえると、ある程度人口を集約しつつ土地の合理的利用を行うコンパクトシティー・拠点分散型の都市構造へのシフトが、貨物輸送に伴う環境負荷および廃棄に伴う環境負荷の双方にとって有効な環境対策オプションだと考えられる。そこで、環境負荷排出と人口及び経済圏域産業構造との関連性をより詳細に分析した。図-6に、人口密度と経済圏域産出額あたりの国内輸送に伴うCO₂排出量（発送地集計）との関係を示す。

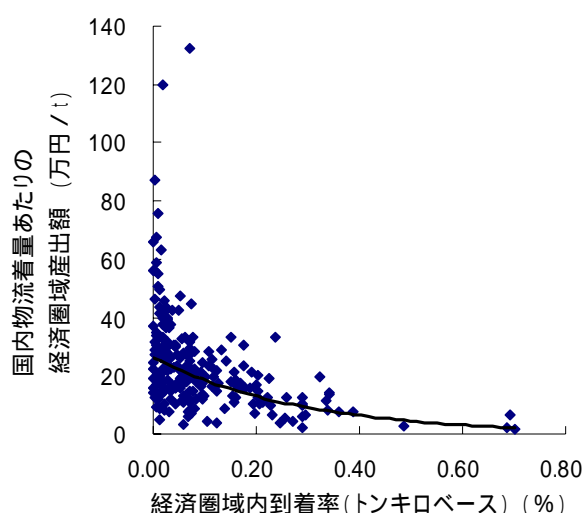


図-5 経済圏域内到着率（トンキロベース）と国内物流着量あたりの経済圏域産出額との関係

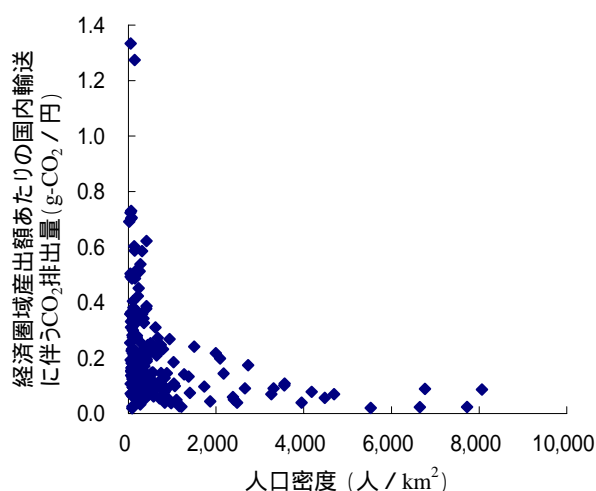


図-6 人口密度と経済圏域産出額あたりの国内輸送に伴うCO₂排出量(発送地集計)の関係

人口密度が2000人/ km²未満の経済圏域では、大きなばらつきが見られるが、2000人/ km²以上の経済圏域では、人口密度の高い地域ほど産出額当たりの輸送に伴うCO₂排出量がより小さな値へ収束していく。このような傾向は、旅客輸送部門の研究において既に指摘^{22), 23)}されており、貨物輸送部門でも同様の傾向が見られた。旅客部門の分析では、その原因は人口密度が高まるにつれて自動車の分担率が減少し、公共輸送機関の分担率が高まることが一要因として挙げられているが、図-7(人口密度とトラック分担率の関係)を見ると、貨物輸送部門では同様の要因は見られない。貨物輸送部門では、都市域と非都市域との1~3次産業の構成比の違いによる経済圏域産出額の多寡が影響していると考えられるが、一人当たりの貨物輸送に伴うCO₂排出量と人口密度の関係を表す散布図においても図-6と同型の形状を示すため、産業構成以外の要因も影響していると考えられる。

また別な視点で考えると、図-7が示すように、人口密度の大きい都市地域は船舶や鉄道を利用しやすい状況にあるにもかかわらず、他地域と同程度のトラック分担率を示している。したがって、都市地域ではモーダルシフトによるCO₂排出量削減ポテンシャルが大きいと考えることができる一方で、単に都市地域特有の小口端末輸送の必要性からトラックの分担率が高くなっているに過ぎないという考察もできる。そこで、輸送相手先までの距離も含めて考察するという主旨でCO₂排出量ベースの輸送機関分担率を用いて分析した結果、図-7とほぼ同じ傾向が見られた。したがって、都市地域では、やはりモーダルシフトによるCO₂排出量削減ポテンシャルが大きいと推察される。ただし、前述のように経済性を確保しながらのモーダルシフトは難しいと考えられるので、そのあたりをどう対応していくかについてはさらなる検討が必要になる。

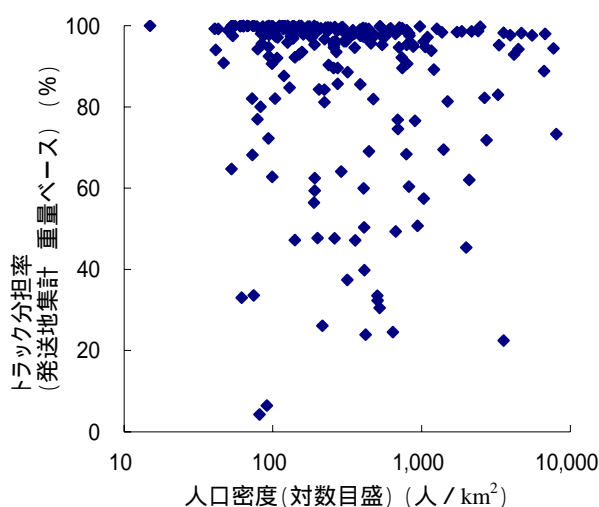


図-7 人口密度(対数目盛)とトラック分担率の関係

4. まとめ

本研究では、貨物輸送に伴って排出されるCO₂排出と物質の代謝に伴って排出される廃棄物を環境負荷項目として取り上げ、これら環境負荷と地域特性との関連性を分析しながら、両環境負荷量を共に削減できる対策オプションを検討した。また、CO₂排出量については、研究事例の少ない海外輸送分まで含めて考慮した。

その結果、海外輸送過程におけるCO₂排出量は国内輸送過程よりも大きく、故に、外航船舶の燃費改善がCO₂排出量削減に大きな効果をもたらすことが示唆された。一方、国内における対策オプションとしては、人口を集約し都市活動を効率化させることが、CO₂面及び廃棄物面の双方にとって有効な対策であると考えられた。しかし、地産地消の促進による環境負荷削減効果については疑問が残った。同様に、モーダルシフトによる対策も、都市部での削減ポテンシャルは見込まれるものの、経済性との両立は難しいという結果が示された。

しかしながら、解釈の困難な分析結果も多く残されており、今回の研究手法のみでは必ずしも論理的な分析が出来たとは考えてはいない。今後の課題としては、考慮すべき地域特性項目を増やし、環境対策オプションとの隠れた因果関係をより詳細に把握していくことや、別の手法を用いた検討を行うことなどが挙げられる。

謝辞：

本研究において使用した物流センサスオーダーメードデータは、財団法人運輸政策研究機構よりご提供いただきました。ここに謝意を表します。

本研究の一部は平成17年度文部科学省科学研究費補助金(基盤研究(C))の交付を受けておこなわれたことを記し、謝意を表します。また、基本統計データの収集に際して詳細なヒアリング調査および資料閲覧にご協力頂いた関連各種協会団体の皆様に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土技術政策総合研究所：国土交通白書におけるモーダルシフト化率の推計と動向分析, 国総研アニュアルレポート 2004
<http://www.nilim.go.jp/lab/bcg/siryou/2004annual/annual4-07.pdf>
- 2) 平成 12 年度温室効果ガス削減技術シナリオ策定調査検討会 報告書, 2001
<http://www.env.go.jp/earth/report/h12-03/4-3.pdf>
- 3) 高橋洋二, 中村 純, 小林 等：端末物流と都市交通, 都市計画, No. 198, pp. 17-24, 1996.

- 4) 吉田 登：地産池消が輸送起因の環境負荷削減に及ぼす効果の分析 地域通貨イサカアワーを事例として，環境情報科学論文集, Vol. 19, pp. 497-502, 2005.
- 5) 松橋啓介, 森口祐一：交通からの環境負荷の少ない都市のあり方, 都市計画, No. 244, pp. 41-44, 2003.
- 6) 後藤尚弘, 藤江幸一：ゼロエミッションと地域物質フローの解析, 安全工学, Vol. 39, No. 5, pp. 298-303, 2000.
- 7) 吉田弘之, 今岡 務, 棚田成紀, 梶内俊夫, 成瀬一郎, 大野勝久, 室山勝彦, 沢田達郎, 石井幹太, 播手泰雄, 船造俊考, 白井義人, 後藤元信, 永井 實, 平尾雅彦, 片山裕之, 水野哲考, 後藤繁雄：個別生産プロセスにおけるアウトプット - インプット, インプット - アウトプットデータベース, 環境科学会誌, Vol. 14, No. 4, pp. 333-343, 2001.
- 8) 国土交通省：物流センサス第7回 2000年調査, 2002.
- 9) 地図ソフト ゼンリン電子地図帳 Z Professional.
- 10) 海上保安庁：距離表, 2003.
- 11) 国土交通省：国土交通白書（平成 15 年度版）, 2003.
- 12) 国土交通省：法令等一覧.
- 13) 国土交通省総合政策局情報管理部：港湾統計流動表（平成 15 年）, 2004.
- 14) 財団法人シップ・アンド・オーシャン財団：平成 12 年度船舶からの温室効果ガス(CO₂ 等)の排出量削減に関する調査研究報告書, 平成 13 年 6 月, 2001.
- 15) 国土交通省総合政策局情報管理部：港湾統計年報（平成 12 年）, 2001.
- 16) 各都道府県産業廃棄物実態調査報告書, 1996-2005.
- 17) 内閣府経済社会総合研究所国民経済計算部編：県民経済計算年報（平成 16 年版）, 2004.
- 18) 宮川征樹, 加用千裕, 曾和朋弘, 西村彰人：全国都道府県の製造業における物質フローに基づいた包括的な環境効率評価, 環境システム研究論文発表会講演集, Vol. 33, pp. 209-214, 2005.
- 19) 輸出入貨物物流動向研究会：輸出入貨物に係る物流動向調査 平成 13 年 2 月, pp. 92-185, 2001.
- 20) 輸出入貨物物流動向研究会：輸出入貨物に係る物流動向調査 平成 13 年 8 月, pp. 92-185, 2001.
- 21) 朝日新聞社：民力 2003CD-ROM, 2003.
- 22) 森本章倫, 古池弘隆：公共交通のエネルギー消費の効率性と都市特性に関する研究, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol. 35, pp. 511-516, 2000.
- 23) 松橋啓介：大都市圏の地域別トリップ・エネルギーから見たコンパクト・シティに関する考察, 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol. 35, pp. 469-474, 2000.

STUDY ON THE STRUCTURE OF ENVIRONMENTAL LOAD EMISSIONS DERIVED FROM FREIGHT TRANSPORTATION CONSIDERING REGIONAL CHARACTERISTICS

Masaki MIYAKAWA and Koji AMANO

In order to examine effective measures to reduce environmental roads, we analyzed relationships between regional characteristics and environmental roads associated with freight transportation and disposal of products in 228 individual economic areas throughout the country. At the same time, CO₂ emissions derived from freight transportation section were estimated including overseas transportation. As a result, the volume of CO₂ emissions resulting from overseas transportation was bigger than the one from domestic transportation. Therefore, it was guessed that gas mileage improvement of foreign route ship was effective in reduction of CO₂ emissions. For domestic environmental measures, it was considered that gathering population and rationalizing city activity were effective in each reduction of CO₂ emissions and disposal of products, although the conception of the economic areas aimed at self-sustenance and the shift of means of transportation had a difficulty on the point of coexistence with economic activities.