

脱温暖化社会を目指した地域類型別交通施策パッケージ提案手法*

A Methodology for Proposing Transport Policies to Contribute to the Low Carbon Society fit to Each Regional Characteristics*

郷智哉**・加藤博和***・谷田一****

By Tomoya GO**・Hirokazu KATO***・Hajime TANIDA****

1. はじめに

日本における2005年度のエネルギー起源CO₂排出量12億300万トンのうち21.4%が運輸部門を起源とする（環境省発表）。運輸部門CO₂排出量はここ数年、自動車の燃費向上などによって横ばいになっているものの、自動車走行の増加に伴い、1990年比で18.1%増加した。これは他の国々にも共通する傾向である。近年先進諸国ではCO₂排出削減を主な目的としたEST（Environmentally Sustainable Transport:環境的に持続可能な交通）への関心が高まり、様々な取り組みが行われている。

しかしながら、日本においては、ESTへの取り組みの現状は極めて限定的で不十分である。人口減少・少子高齢化という社会情勢下にあっても、自動車利用の絶対量はさらに拡大することが懸念される。さらに、脱温暖化社会実現の条件とされる全球平均気温上昇の産業革命前比+2℃上昇への抑制を達成するために、2050年におけるCO₂排出量は1990年比で60～80%減という大幅な削減が必要と見込まれる¹⁾。運輸部門でこの目標に対応しようとする、今後見込まれる自動車の車両・エネルギー技術の向上だけでは実現できないと考えられる。そのため、交通活動を変化させる施策の検討が急務となっている。

運輸部門におけるCO₂排出削減目標達成に関する具体的な検討事例として、中村ら²⁾は、バックキャスティングアプローチによって施策実施目標値を設定することで、単一施策に頼っての目標達成が困難であることを明らかにしている。また、松橋ら³⁾は全国OD調査を用いて自動車交通起源の市区町村別CO₂排出量を算出し、全国一律

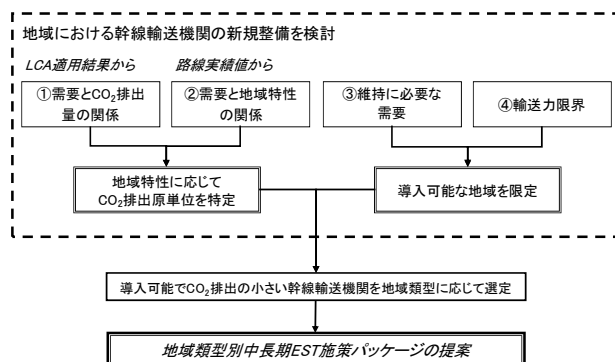


図1 本研究のフロー

での削減策実施だけではなく地域特性に応じた対策の実施が必要であることを示唆している。

これらの既往研究を踏まえ、本研究では、地域内旅客交通を対象に、大幅な排出目標達成を実現するために導入が必要でかつ実現可能な交通体系を、地域特性に応じて選定する方法論を構築することを目的とする。そのために①施策実施によるCO₂排出量削減効果の地域特性による違いを定量的に表現する方法を開発し、②その地域特性を用いて全国を生活圏の単位で類型化する。さらに、③類型ごとに実施可能でかつCO₂排出量削減効果の高いEST施策パッケージを提案する。図1に、本研究のフローを示す。

2. 地域特性に応じた各輸送機関のCO₂排出原単位特定

EST施策には様々なものがある。特に、前述の削減目標を達成するために不可欠となる、大きなCO₂排出量削減効果の期待できる施策として、対象地域の幹線交通区間にLRT、BRT、AGTなどを整備し、それを軸とした様々な施策パッケージの併用によって、公共交通中心の輸送体系に変更していくことが考えられる。そこで本研究では、新たな輸送機関の導入が削減効果を有するかどうかを地域特性に応じて検討するモデルを構築する。

(1) ライフサイクル排出原単位の定義

新たな輸送機関の導入に伴うCO₂排出量変化要因として、1) インフラ整備による追加的排出、2) 自動車利用

*キーワード：地球環境問題、総合交通計画、EST

**非会員、修(環境)、中部日本放送株式会社

***正員、博(工)、名古屋大学大学院准教授 環境学研究科
都市環境学専攻

****学生員、学(工)、名古屋大学大学院 環境学研究科
都市環境学専攻 (〒464-8603 名古屋市千種区不老町、
TEL 052-789-3828、FAX 052-789-1454、
E-Mail: htanida@urban.env.nagoya-u.ac.jp)

から新規路線利用へのシフトによる排出削減、を見積もる必要がある。

そこで、交通手段 k のライフサイクル CO_2 排出原単位 e_k [$g \cdot CO_2 / 人 \cdot km$] を (1) 式で定義する。

$$e_k = e_k^{inf} + e_k^{run} \quad (1)$$

e_k^{inf} : インフラ整備起源の CO_2 排出量

e_k^{run} : 走行起源の CO_2 排出量

e_k^{inf} は長田ら ⁴⁾による LCA 適用結果から値を得る。

インフラ整備による CO_2 排出量が大きくても、需要量が大きければ e_k^{inf} は小さいことになる。

走行起源の排出原単位 e_k^{run} は (2) 式で算出する。

$$e_k^{run} = G_k \cdot \frac{1}{N_k} \cdot \varepsilon \quad (2)$$

G_k : 1 編成 1 km あたりエネルギー消費量

N_k : 1 編成あたり乗車人数

ε : 単位エネルギー消費あたり CO_2 排出量

N_k は、当該路線における需要量 T_k を運行本数 n_k で除して算出することができる。言い換えると、 e_k^{run} は T_k と n_k の関数となる。具体的には長田ら ⁴⁾が現存路線のデータから定式化した T_k と n_k の関係式を適用する。

(2) 需要量と地域特性との関係

整備後に期待される需要量 T_k と地域特性との関係を明らかにするため、現存路線におけるデータを用いて分析する。図 2 は、国内の路面電車や AGT、モノレールについて、沿線都市の DID 人口密度と輸送密度の関係を示したものである。本研究では、ここで示された相関関係を、需要量と地域特性 (DID 人口密度) の関係として用いる。

3. 輸送機関の導入可能性と地域特性との関係

2 章の分析により、地域特性に応じてライフサイクル CO_2 排出量が小さい幹線輸送機関を選定することが可能となった。しかし、 CO_2 排出量が最小であっても実際に導入できるかどうかは、路線の採算性や輸送機関ごとの輸送力の限界を考慮して決定する必要がある。本章では、これらを定量的に明らかにすることにより、地域特性によって実施可能な幹線輸送機関を特定する。

(1) 採算性と需要量との関係

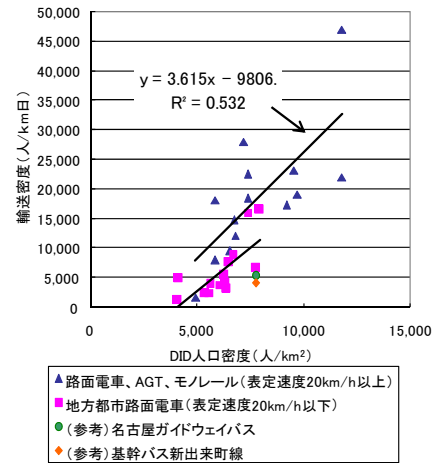


図 2 輸送密度と沿線DID人口密度との関係

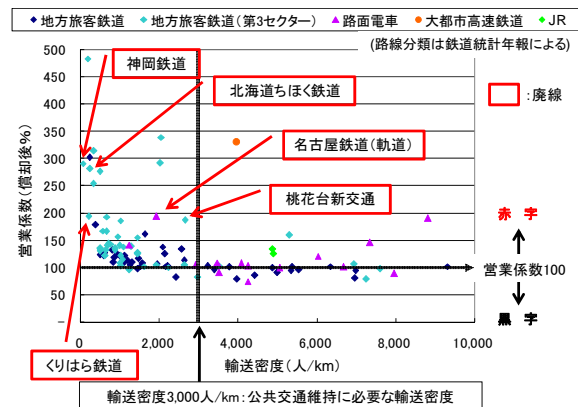


図 3 輸送密度と営業係数の関係 (輸送密度 10,000 人/km 以下の路線)

図 3 は、平成 16 年度鉄道統計年報に基づき、営業係数 (営業収支率) と輸送密度による国内鉄道事業者の散布図を示したものである (路線分類は鉄道統計年報に従う)。

これより、輸送密度 3,000 人/km を下回ると収支均衡が保てなくなり、2,000 人/km 以下では営業係数が 150 を上回る事業者が続出する。輸送密度 3,000 人/km 以下の路線のほとんどが、沿線地方自治体や国の補助がなければ維持できず、平成 16 年度以降も廃線が相次いでいる。そこで、3,000 人/km を欠損補助を前提としない (運賃採算のみの) 路線維持に必要な輸送密度の基準として考える。

(2) 各公共交通機関の輸送力の限界

選定される輸送機関が朝夕ピーク時の需要に対応できるかどうかを確認するため、その輸送力を算出する。結果を表 1 に示す。この値は、輸送機関ごとに設定された車両定員、1 編成あたり車両数、最大混雑率、ピーク時運行本数 (最小運行間隔を設定することにより算出) を乗じて算出したものである (各値は長田ら ⁴⁾による仮定を使用)。

一方、ピーク時の需要は加藤ら ⁵⁾による方法を用いて

算出する。輸送機関のピーク時輸送力はこの値を上回っている必要がある。表1では、各輸送機関のピーク時輸送力とそれによって対応可能な最大対応輸送密度を示している。

本章での採算性および輸送力の検討、2章での沿線都市のDID人口密度と輸送密度の関係分析より、各輸送機関が導入可能な地域の条件をDID人口密度によって設定することができる(表2)。各輸送機関の採算性限界および輸送力限界となるDID人口密度の値は、図2より得られた関係式の輸送密度に表1で示した最大対応輸送密度を代入することにより得られる。ここで、LRTやBRTについては将来目指すべきESTの軸となる輸送機関の導入を念頭に、モノレール・AGT並みの速度・運行本数を仮定している。

以上の分析のまとめとして、図4に、DID人口密度に応じた、実施可能でCO₂排出が小さくなる幹線輸送機関を示す。これより、路線採算性限界以下の地域では、新規に輸送機関を整備するのは不適であり、自動車対策の充実や既存バス路線の活性化が必要となる。また、ライフサイクルCO₂(LRT:新規整備) > CO₂(鉄道:走行起源のみ)である地域では、新規路線整備よりも既存路線を改良して活用するほうが相対的にCO₂排出は小さい。それ以外の地域ではLRTが最もCO₂排出が小さくなるが、輸送力の限界を考慮すれば、他の交通機関を整備するほうが適切であることがわかる。

4. 都市雇用圏単位での地域類型化

各地域の交通体系は、市区町村単位を越えた生活圏の範囲で、その地域の状況に応じて形づくられている。多くは、経済的・社会的な連携が深い生活圏内において、中心都市とその郊外地域を結ぶかたちで成立している。したがって、EST 施策の検討においては、生活圏の範囲を単位として扱うのが適当である。そこで、生活圏を設定し、その規模や人口などの空間指標、および輸送体系の現状を示す指標を用いて類型化を行う。

(1) 都市雇用圏の設定

ここでは、まず生活圏の中心都市を選定し、その都市に依存する生活圏の範囲を定義する。中心都市以外の郊外地域は、そこが属する中心都市で選定された交通体系に従うものとする。

生活圏の設定方法は様々な提案があるが、ここでは金本ら⁹⁾による「都市雇用圏」を用いる。この定義では、雇用に着目して中心都市と郊外都市を設定している。交通体系を形づくる最も基本的な要素は、通勤・通学による人の動きであり、その多くが中心都市内もしくは郊外から中心都市へのものであることを考えると、本研究の

表1 各輸送機関の最大輸送力の推計結果

輸送機関	ピーク時輸送力	最大対応輸送密度
	人/h(片道)	人/km
モノレール	17,100	72,000
AGT	7,800	33,000
LRT	6,750	28,000
GWB	3,700	15,000
BRT	3,700	15,000
鉄道	23,400	99,000

表2 DID人口密度と導入可能な幹線輸送機関との関係

輸送機関	DID人口密度(人/km ²)	
	採算性限界(min)	輸送力限界(max)
モノレール	3,600	22,600
AGT	3,600	11,800
LRT	3,600	10,400
GWB	3,600	6,800
BRT	3,600	6,800
鉄道	3,600	30,000

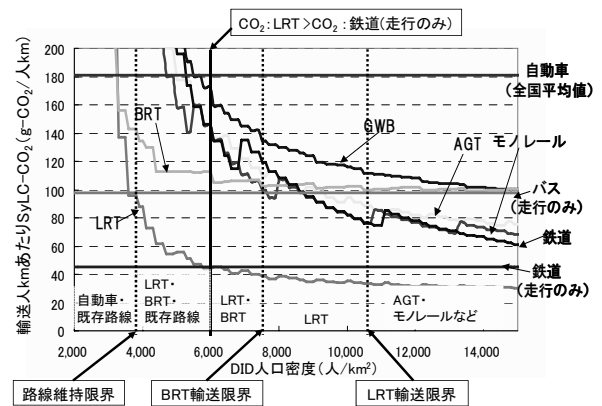


図4 DID人口密度に応じた各輸送機関のライフサイクルCO₂

ように、まず幹線区間の輸送手段を選定するアプローチにおいて、都市雇用圏の適用は有効であると考えられる。

(2) 主成分分析による指標の集約化

都市雇用圏により抽出された中心都市(296市区町村、東京23特別区)の①人口規模やDIDに関する指標、②交通活動に関する指標を用いて地域を分類するために、主成分分析を用いて指標の集約を行う。

①の人口関連指標より得られた第1主成分を、DID地区の集中度が高く一定の人口集中を示すものとして「人口集中性」軸と名づける。また、②の交通関連指標から得られた第1主成分を、鉄道やバスなどの公共交通整備・利用の充実度や、自動車依存の低さを示すものとして「公共交通指向性」軸と名づける。

これら2つの指標を軸にとり、中心都市をプロットした散布図を図5に示す。この図より、中心都市の人口集中性と公共交通指向性との間には高い相関があることがわかる。東京都の区部など、公共交通指向性が強くかつ人口集中が著しい地域は図の右上に分布する。一方で、多くの地方都市のように交通体系が自動車に強く依存しており、土地利用が拡散傾向にある地域は図の左下に分布している。しかし、一部の中心都市はこの傾向から外

れている。そこで、図5に示すように、中心都市を「Ⅰ：集中・公共交通型」、「Ⅱ：分散・公共交通型」、「Ⅲ：分散・自動車依存型」、「Ⅳ：集中・自動車依存型」の4つに分類する。

5. 地域類型に応じたEST施策パッケージの提案

4章で示した中心都市の分類、および2、3章における幹線輸送機関整備によるCO₂排出削減量と実施可能性の検討結果(図4)を用い、地域特性に応じて実施可能で最小の交通体系を選定する。表3に中心都市のうちDID人口5万人以上のものについて選定結果を示す。目指すべき交通体系として新規LRT・BRT整備が選定された地域は、ある程度人口集中度があり、施策実施により削減効果が見込めるにもかかわらず、自動車依存が強いことから、LRT・BRT整備による交通体系改変によって最もCO₂削減効果が見込める地域である。

さらに、幹線輸送機関の新設や改変はそれ単独で行うだけでは効果が小さかったり、実施が困難となる場合があり、補完関係となる施策とのパッケージで実施することが必要である。そこで、同時実施すべきEST施策パッケージとして提案できる例を表4に示す。

6. おわりに

本稿では、CO₂排出の小さい交通体系を地域に応じて選定する方法論を、新規幹線輸送整備によるCO₂削減効果、および採算性や輸送力と地域特性との関係を明らかにすることにより提案した。さらに、全国を、都市雇用圏別に人口関連指標および交通関連指標をもとに4類型に分け、類型ごとに導入すべき幹線輸送機関を提案した。

今後は、施策実施による効果と地域特性との関係分析をさらに進めるとともに、新規路線整備以外の施策についても同様の検討を行う。また、市区町村による具体的な施策の取り組みに資するため、施策の実施可能性などについても検討を進め、より効果的・相互補完的かつ実現可能な戦略的施策パッケージとその実施のためのロードマップを提案する予定である。

謝辞

本研究は、環境省地球環境研究推進費S-3-5「技術革新と需要変化を見据えた交通部門のCO₂削減中長期戦略に関する研究」を受けて実施した。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 藤野純一：脱温暖化2050研究—2050年日本温室効果ガス排出量大幅削減への道筋—、「かんきょう」2005年10月号、

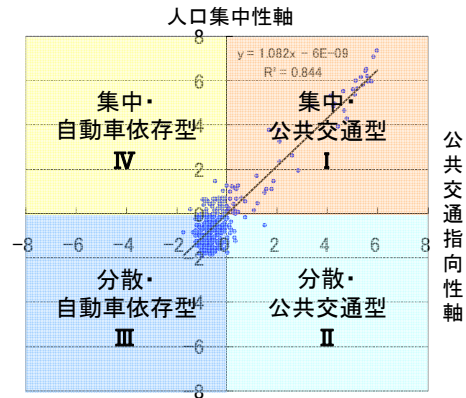


図5 主成分による都市雇用圏中心都市の散布図

表3 提案された幹線輸送機関 (都市雇用圏中心都市 DID 人口5万人以上)

路線採算性	DID人口密度(人/km ²)			
	SyLC-CO2(LRT)・OO2(鉄道走行のみ)	BRT輸送力限界	LRT輸送力限界	
	(~3,542)	(~5,800)	(~8,800)	(10,400~)
Ⅰ. 集中・公共交通型	千代田区	八戸市、小田原市、四日市市、姫路市、下関市、高松市、弘前市、蒲都市など	札幌市、仙台市、名古屋市、京都市、松山市、長崎市、鹿児島市など 既存路線活用+LRT・BRT整備	東京、大阪市 都市高速鉄道(地下鉄・AGT・モノレール含む)活用
Ⅱ. 分散・公共交通型		既存路線活用		
Ⅲ. 分散・自動車依存型	千歳市、宇部市、岩国市、八代市、室蘭市、碧南市など	上越市、富山市、宇都宮市、岐阜市、浜松市、豊田市、津市、宮崎市など		
Ⅳ. 集中・自動車依存型	既存路線活用+自動車依存	既存路線活用+LRT・BRT整備	青森市、新潟市、金沢市、静岡市など 新規LRT・BRT整備	

表4 EST施策パッケージ案

新規LRT・BRT整備	幹線道路の見直し		既存路線活用型+LRT整備	LRT整備	全域	運賃収受・料金体系の工夫
	料体系・運賃収受の工夫	PTPS				
BRT整備	運行管理システム導入(BRT)	PTPS	LRT整備	LRT整備	都心	PTPS
	パーク&ライド(LRT)	PTPS				トランジットモール
	郊外で専用軌道(LRT)	PTPS				ロードプライシング
鉄道活用	ロードプライシング	PTPS	LRT整備	LRT整備	郊外	駐車場抑制
	駐車場政策	PTPS				パーク&ライド
	AGT・モノレールの整備	PTPS				郊外専用軌道部の高速化

pp. 42-43.

- 2) 中村英樹・林良嗣・都築啓輔・加藤博和・丸田浩史：目標設定型アプローチによる運輸起源のCO₂排出削減施策の提示、土木計画学研究・論文集No. 15, pp. 739-745, 1998.
- 3) 松橋啓介・工藤祐揮・上岡直見・森口祐一：市区町村の運輸部門CO₂排出量の推計手法に関する比較、環境システム研究論文集Vol. 32, pp. 235-242, 2004.
- 4) 長田基広・渡辺由紀子・柴原尚希・加藤博和：LCAを適用した中量旅客輸送機関の環境負荷評価、土木計画学研究・論文集No. 23, pp. 355-363, 2006.
- 5) 加藤博和・大浦雅幸：新規鉄軌道整備によるCO₂排出量変化のライフサイクル評価手法の開発、土木計画学研究・論文集No. 17, pp. 471-479, 2000.
- 6) 金本良嗣・徳岡一幸：日本の都市圏設定基準、応用地域学研究No. 7, pp. 1-15, 2002.