

B-55 低環境負荷型都市交通手段に関する研究

(6) 低環境負荷目標達成のための都市交通システムの再構築に関する研究

研究代表者 国立環境研究所社会環境システム部 森口祐一

環境庁国立環境研究所社会環境システム部

地域環境研究グループ

(委託先)名古屋大学大学院工学研究科地圏環境工学専攻

森口祐一・寺園淳

近藤美則・松橋啓介

林良嗣・中村英樹・加藤博和

平成10～11年度合計予算額：16,297千円

(平成11年度予算額：7,397千円)

[要旨]

都市交通システムを低環境負荷型に移行させるための施策メニューを整備し、施策ごとの削減量を都市規模別に定量的に推計する手法と、将来の環境負荷(CO₂排出)削減目標を達成するために必要かつ実行可能性の高い施策の組み合わせをパッケージとしてシステムティックに見いだす方法を開発した。さらには、必要な施策の実施のための財源方策を整理した。

まず、日本のCO₂排出量の経年変化傾向を分析し、運輸部門の一貫した高い伸びのうち、1980年代末以降の伸びは、旅客交通とくに自家用乗用車の大型化によるエネルギー消費の急増によることを明らかにした。また、「日本の運輸交通起源CO₂排出量を2010年に1990年レベルに抑える」という目標を仮に設定し、その実現に必要なCO₂排出削減量およびそのために実施すべき施策オプションの提示を行った。その結果、目標の実現は燃費改善等の発生源対策のみでは不十分であり、都市構造や交通システムの側での対策の並行実施が必要であることが明らかにされた。

また、OECD諸国、特に取り組みが進んでいるEU諸国における最新の施策事例を環境負荷削減施策メニューとして収集し、効果や問題点を整理した。各国独自に都市内交通対策に取り組んでいるほか、都市間鉄道整備などで施策を国際的に共同で実施しているところに大きな特徴がある。こうした情報収集のため、各国において現地調査や政策担当者に対するヒアリングを実施するとともに、OECD加盟国の専門家が各国の交通環境負荷削減施策と実施成果を提出し合い、施策メニューの整理・検討を各国共同で行っているEST(Environmentally Sustainable Transport) Projectに参加し、各国の施策実施や検討の状況を把握した。さらに、以上の情報を整理し参考とすることにより、日本の実情に合った実行可能な施策メニューを作成した。特に本研究では、TOD(Transit Oriented Development)を実施した場合の環境負荷削減効果を計測するとともに、そのために必要な交通・土地利用計画・財源・税制といった各種施策のパッケージを提示した。

キーワード：目標設定型交通・環境施策、Integrated Transport, Transit Oriented Development、環境持続型交通整備

1. 序

運輸交通起源のCO₂排出は、世界的に見て、その絶対量・シェアともに、他の人間諸活動起源と比較して著しく増加する傾向にある。日本も例外でなく、1974年から94年までの20年間で見ると、全部門のCO₂排出総量が約26%増であるのに対し、運輸交通部門では約89%も増加しており、他の部門から突出している¹⁾。このため、運輸交通部門におけるCO₂削減対策の提案と実施が緊急の課題といえる。

一方、1997年12月のCOP3京都会議において、日本は2008～12年におけるCO₂排出量の1990年比6%削減を国際公約した。これを実現するためには、この目標を部門別あるいは地域別にブレークダウンし、各所で必要な施策の種類とその程度を決定するという、トップダウン的な思考が必要である。実際、西欧におけるCO₂削減施策の策定はこの方式で行われている²⁾。一方、日本の場合、京都会議での国際公約後、各省庁の審議会の代表者レベルでの会合は持たれてはいるものの、削減目標を各部門にどのように割り振るかは明確に定められていない。したがって、本研究が対象とする運輸交通部門においても、6%削減の国際公約をサポートするための具体的施策メニューが確定しているわけではない。

2. 研究の目的

そこで本研究は、まず1)運輸交通起源CO₂排出量の経年的傾向の分析を行い、その変動要因を明らかにする。また、2)運輸交通起源CO₂排出量の将来推計を行い、その結果を用いて、各施策をそれぞれどの程度実施する必要があるかの目標を算出する。次に、3)CO₂排出削減施策オプションを網羅的に整理し、それがCO₂削減に及ぼすメカニズムの把握を行うとともに、4)日本や諸外国における交通関連施策の環境影響に関する事例分析を行うことにより、CO₂排出削減施策に必要な理念を明らかにする。さらに、5)削減目標達成のために実施すべき各施策について、その実行可能性に関する分析評価のための枠組を整理し、具体的な施策パッケージ提案のための分析フレームを明確化する、ことを目的としている。

3. 研究の方法、結果および考察

(1) 日本の運輸・交通部門のCO₂排出量の動向分析

①部門別排出量から見たCO₂の長期的傾向

エネルギーバランス表に基づいて、1965年から1995年までの部門別CO₂排出量を計算した結果を図1に示す。図1では、各部門ごとの排出量を第1次オイルショックの年である1973年を100とした相対値で示し、GDPの推移も併記している。

オイルショック以前は各部門とも排出量はGDPとほぼ同じ割合で増加していたのに対し、それ以降の排出の傾向は部門によって大きく異なる。産業部門はオイルショック以降、横ばいないしむしろ減少傾向で推移しており、1980年代後半から微増に転じてはいるが、排出量に占めるシェアは減少傾向にある。エネルギー転換部門と民生部門は、オイルショック以降横ばいで推移してきたものが、最近、明確な増加傾向を示している。電力分をエネルギー転換部門から最終消費者に転嫁すると、民生（家庭・業務）部門の増加が顕著となり、1990年から1995年までの5年間の伸び率は約16%となる。

一方、運輸部門は他の部門と明らかに違った傾向を示し、第2次オイルショック後の一時期を除いて、一貫してGDPにほぼ比例する形で排出量の増加が続いている。現在の排出量は、第1次オイルショック当時の約2倍に達し、全排出量に占めるシェアも約20%に達している。とくに、1990年代には、GDPの伸びの鈍化にもかかわらず、排出の増加がみられ、1990年から1995年にかけての増加率は約16%である。

② 運輸部門のCO₂排出変動要因の分析
ア. 運輸部門における近年のエネルギー消費の変化

先述した最近の運輸部門からのCO₂排出の一貫した増加傾向の要因について分析した。鉄道を除けば交通部門におけるエネルギー消費は全て石油燃料であることから、CO₂の排出量はエネルギー消費量にほぼ比例すると考えてよい。ここではエネルギー消費に関する最近の指標の推移をみることにする。

図2は、運輸部門におけるエネルギー消費に関わる主要指標の変化を、1990年を100として表したものである。1990年から1996年までの6年間に、国内の運輸部門全体のエネルギー消費は約20%増加した。エネルギー消費の伸び率は、旅客で25%、貨物で12%であり、旅客輸送によるこの間のエネルギー消費の増加量は石油換算1200万キロリットルに相当する。とくに、自家用乗用車によるエネルギー消費は約35%も増加し、軽乗用車も含めればその伸びは約40%にも達する。これが運輸部門全体の増加量に大きく寄与している。

一方、この6年間の軽乗用車と自家用乗用車による旅客輸送人キロの伸びは約20%であり、1985年から1990年の5年間の増加率が44%であったことと比べれば、輸送人キロの伸びはむしろ鈍化している。また、輸送量の伸びは保有台数の伸びを下回っている。にもかかわらず、エネルギー消費が急増した原因としては、輸送人キロあたりのエネルギー消費原単位が約17%悪化したことがある。1985年から1990年にかけて、輸送人キロの大きな伸びにもかかわらずエネルギー消費の伸びが24%にとどまっていたのは、この間にエネルギー消費原単位が約14%改善していたためである。すなわち、自家用乗用車によるエネルギー消費は80年代後半から90年代半ばにかけて、一貫して年率4~6%の伸びを見せながらも、その構造はこの間に大きく変化していたことになる。

走行キロあたりでみたエネルギー消費原単位の変化はこれより緩やかであるが、80年代末を底として、悪化に転じたことには変わりはない。統計値上は、走行キロあたりの人キロ（すなわち

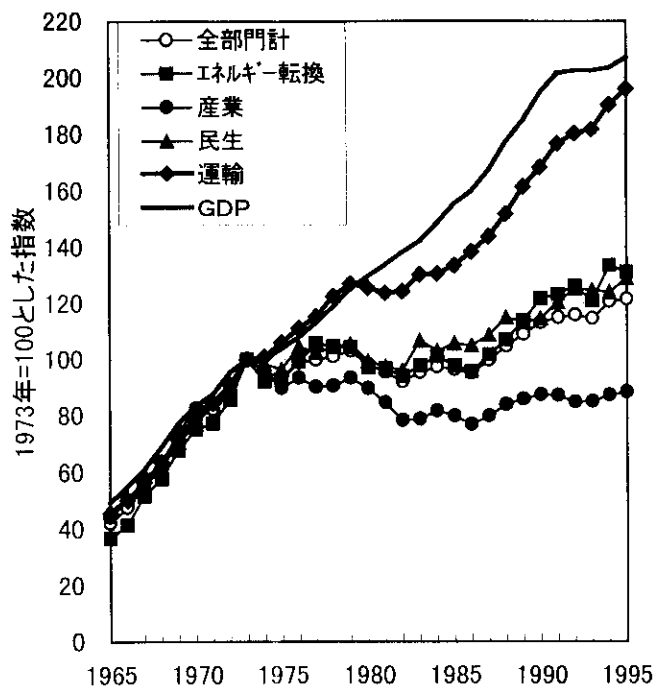


図1 エネルギーバランス表の部門別CO₂排出量の推移

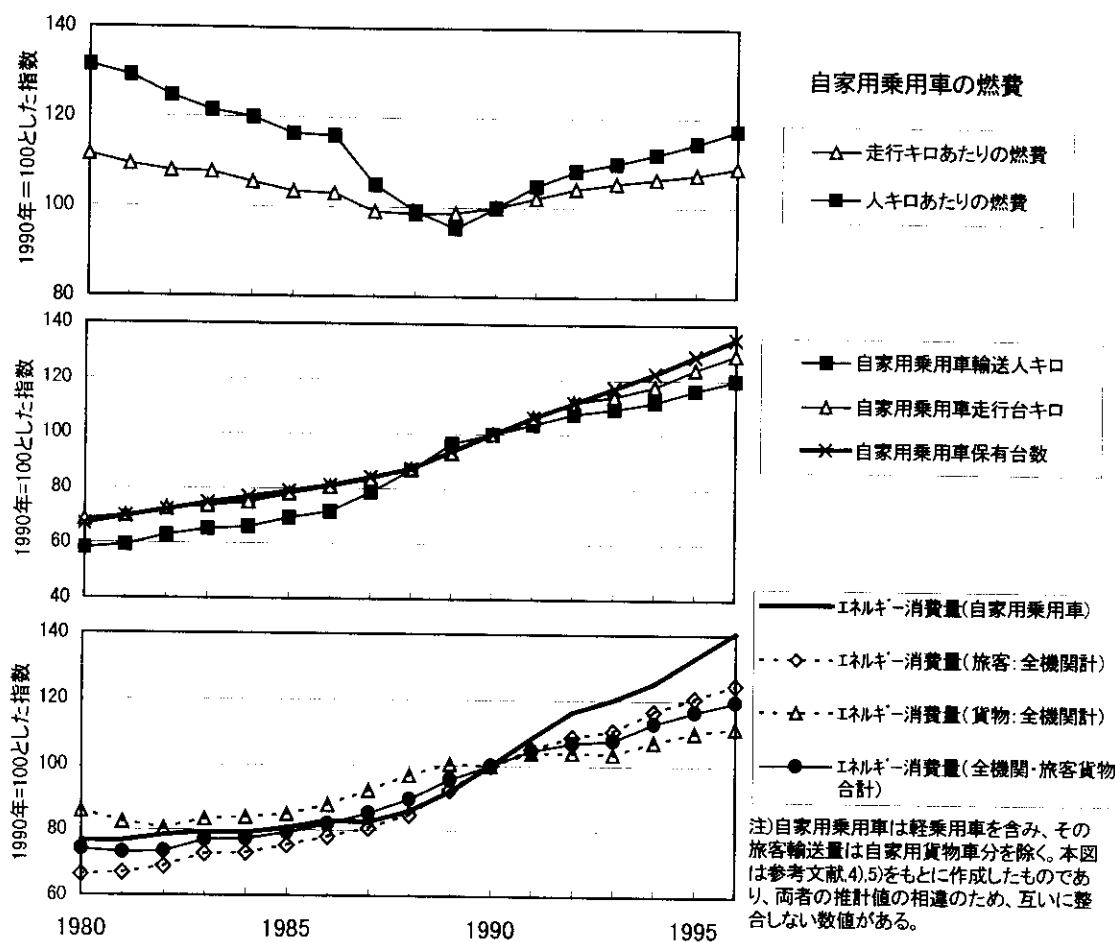


図2 輸送量、エネルギー消費量、燃費に関する主要指標の推移

平均乗車人数)が80年代末をピークとしてそれ以降低下しており、人キロあたりの原単位悪化の一因となっているが、これについては統計上の精度も含め別途検証の必要があろう。

イ. エネルギー効率の悪化要因

それまで改善傾向にあった走行キロあたりのエネルギー消費原単位(いわゆる燃費)が80年代末に悪化に転じた要因は、二つに分けて考えるべきであろう。第一の要因として、同じ排気量クラスの車について、安全対策などのための車重増加やオートマチック車の増加による燃費悪化があげられる。第二の要因は、車種構成の変化、すなわち乗用車の大型化であり、これが昨今のエネルギー消費原単位の悪化の主因とみられる。軽乗用車を除く乗用車の新規登録台数において普通自動車(いわゆる3ナンバー車)が占める割合は、1985年には2.4%、1990年には7.7%、1995年には20.1%と急増している。

乗用車が大型化した要因としては、バブル経済時期からの高級車志向、余暇時間の増大を背景としたRVの流行があげられよう。また、1988年の消費税導入時に、それまで課されていた物品税が廃止され、大排気量乗用車の重税感が軽減されたことも影響しているとみられる。自動車の

取得や保有に対する税を、従来の排気量による方式から、環境負荷の大きさに応じた方式に改める税のグリーン化が欧州ではすでに導入され、わが国でも近く導入が計画されている。しかし、10年前の日本の税制改正は、グリーン化とは逆方向のものであったといえよう。

最近、ガソリン直噴エンジン車、ハイブリッド車などの新技術を搭載した車が市販され、3リッターカー（3リットルで100km走れる車）も開発されるなど、燃費の大幅改善を期待させる材料も見られる。なお、軽自動車や1リットルクラスの新型車の好調な販売は、小型車への回帰の兆しともとれるが、1世帯の複数所有が進んでいることも窺われ、これがエネルギー消費の絶対的な低減に寄与するかどうかは慎重に見極めねばならない。大排気量車のストック増加、保有台数や総走行量の伸びに伴うエネルギー消費と二酸化炭素排出の増加を社会全体として相殺するには、燃費の画期的な改善と、早期の大量普及が必要である。

(2) 目標設定型アプローチによる運輸交通起源 CO₂ 排出削減施策の提示

ここではまず、「日本の運輸交通起源 CO₂ 排出量を 2010 年に 1990 年レベルに抑える」という目標を仮に設定し、その実現に向けて必要な CO₂ 排出削減量、およびそのために実施すべき施策オプションの提示を行う。そのため、まず、1)全国トータルでの CO₂ 排出量削減目標値の試算を行い、モーダルシフトや輸送効率改善を削減の手段とした場合に、それらが全国平均でどの程度必要かを試算する。次に、2)特に都市内旅客輸送に着目して、目標を達成するために必要な交通政策実施量の試算を行う。ここで、都市内旅客輸送においては、都市の規模によって、機関分担率や輸送効率をはじめとした交通特性が異なることを考慮する必要があることから、CO₂ 排出量削減を目指した政策目標値を都市規模別に試算する。さらに、それらの実現可能性について考察を加える。

①運輸交通部門からの全国 CO₂ 排出量と削減施策必要量の推計

ア. 試算方法

運輸交通起源 CO₂ 排出量 E は、マクロ的には以下の基本式(1)で表される。

$$E = \sum_m e_m \cdot (1/n_m) \cdot l_m \cdot s_m \cdot a \cdot x \cdots \cdots \cdots (1)$$

- ここで、 e_m : 交通機関 m の CO₂ 排出量原単位 [t-C/台(車両)km] (発生源要因)
 n_m : 交通機関 m の平均乗車人員(積載量) [人(トン)/台(車両)] (交通要因)
 l_m : 交通機関 m の平均トリップ長 [人(トン)km/トリップ] (交通要因)
 s_m : 交通機関 m の分担率 [トリップ/トリップ] (交通要因)
 a : トリップ生成原単位 [トリップ/人(GDP)] (交通要因)
 x : 旅客輸送の場合は人口、貨物輸送の場合は実質 GDP (交通発生要因)

これを、データ制約を考慮しつつ、さらに旅客・貨物交通に分解して示したのが、次の(2)~(4)式である。

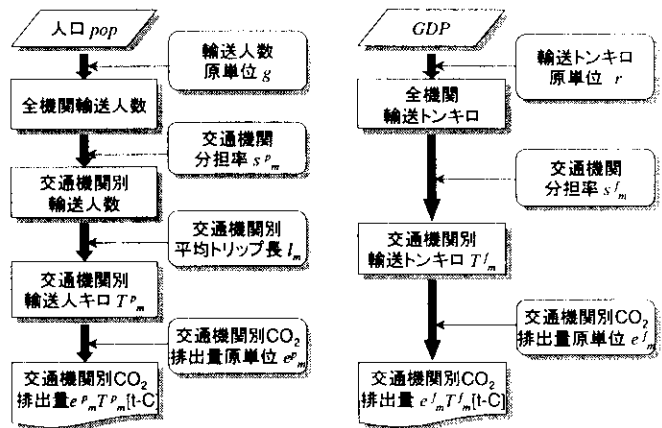
$$E = \sum_m e_m^p \cdot T_m^p + \sum_m e_m^f \cdot T_m^f \dots \dots \dots (2)$$

$$T_m^p = pop \cdot g \cdot s_m^p \cdot l_m^p \dots \dots \dots (3)$$

$$T_m^f = GDP \cdot r \cdot s_m^f \dots \dots \dots (4)$$

ここで、*pop*: 人口、*GDP*: 実質 GDP、*g*: 輸送人数原単位、*r*: 輸送トンキロ原単位

添字 *p*, *f* はそれぞれ旅客輸送、貨物輸送を表す。人口 *P* や *GDP* の増減については過去の傾向から予測する。人口 *POP* には厚生省人口問題研究所の中位推計値を、実質 *GDP* には年率 2.75% 上昇を仮定して求めた値を用いる。これに交通機関分担率 *s_m*、機関別平均トリップ長 *l_m*³⁾ を乗じて、機関別輸送人キロを算出する。交通機関は自動車および鉄道を想定する。*g*, *r*, *s_m*, *l_m* の将来推計値は過去のトレンドから推計する。このうち、自動車・鉄道の分担率や自動車・航空の平均トリップ長などの将来推計に際しては、単純に一定の増減率で伸ばすのではなく、年次の対数の一次関数を適用することにより増減率が遅減する形式を用いている。さらに、機関別（自動車は車種別）の人キロあたり CO₂ 排出原単位 *e_m^p*^{4),5)} を乗じて、機関別 CO₂ 排出量を推計する。以上の推計フローを、旅客輸送、貨物輸送についてそれぞれ図 3 a), b) に示す。



a) 旅客輸送 b) 貨物輸送
図 3 交通機関別 CO₂ 排出量推計フロー

イ. 2010 年における CO₂ 排出量

2010 年の輸送人キロ・トンキロに、各交通機関(自動車については車種別)の CO₂ 排出量原単位を乗じることにより、旅客輸送・貨物輸送それぞれの CO₂ 排出総量が算出される。この原単位は、経年的に変化しないものとする。なお、将来の自動車車種構成比率については、過去のトレンドをベースに推計した値を用いる。

図 4 は、このようにして推計した 1990 年および 2010 年における運輸交通部門からの CO₂ 排出量を面積として示したものである。CO₂ 排出量削減に配慮した交通政策を特に実施しないまま、1980~94 年の増加傾向で今後も輸送総量が推移した場合(Do Nothing)には、2010 年の CO₂ 排出量は 7,731[万 t-C]となり、1990 年の 40%も増加することが分かる。これを旅客・貨物輸送別に見ると、それぞれ 4,346[万 t-C](48%増)、3,384[万 t-C](30%増)であり、貨物輸送よりも旅客輸送による排出増加が大きい。

ウ. CO₂ 排出削減量目標値達成のための施策オプション

ここでは、増加した 40%の CO₂ 排出量を単独の施策で 0%に抑えるために、どの程度の努力

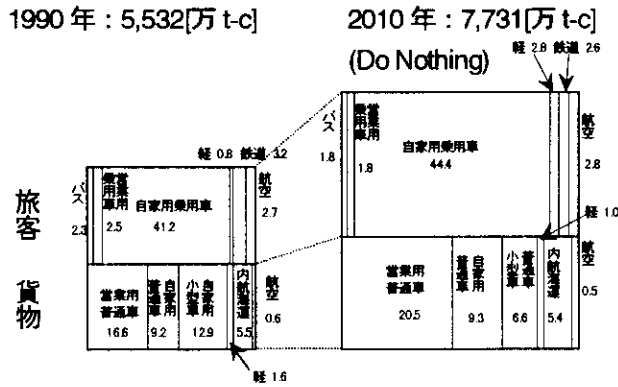


図4 輸送機関別 CO₂ 排出量の変化 (単位:%)

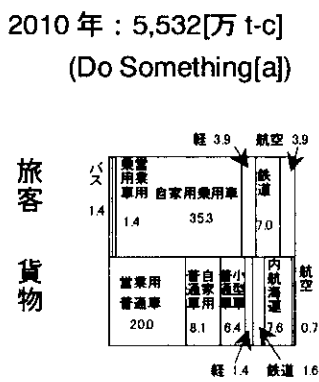


図5 モーダルシフト後の CO₂ 排出量シェア

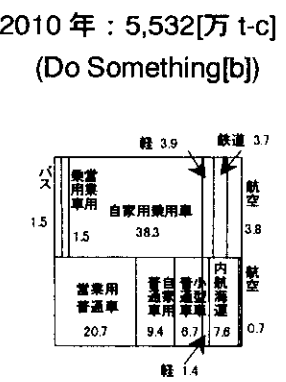


図6 トリップ長削減後の CO₂ 排出量シェア

が必要かを試算する。具体的には、2010年におけるCO₂排出量Eを1990年レベルにするためには、(3), (4)式中のある1つの変数をどこまで操作する必要があるかを逆算する。なお、旅客輸送と貨物輸送の割合については操作しない。

a) 自動車から鉄道へのモーダルシフト：1990年から2010年へのCO₂排出量の増加分を、単純にすべて自動車から鉄道への転換により抑制することを考えた場合(Do Something[a])のCO₂排出量の輸送機関別シェアを図3に示す。鉄道への必要転換量は、旅客、貨物それぞれ図2(Do Nothing)における自動車輸送量の約43%、30%となる。

b) 平均トリップ長および輸送効率：図4は、自動車のトリップ長の抑制のみにより目標値達成を試みた場合(Do Something[b])のCO₂排出量シェアを示している。このとき、旅客自動車輸送で約38%、貨物自動車輸送で約28%トリップ長を削減する必要がある。CO₂排出量は人キロ・トンキロに比例するため、トリップ長を固定とすると、これらは乗用車1台あたり乗車人数にして約1.62倍[(1/(1-0.38))倍]、貨物車の積載効率にして約1.38倍[(1/(1-0.28))倍]に輸送効率をそれぞれ向上することと同値である。

このように、単独の施策に頼って目標値を達成することは極めて困難であり、複数の実行可能な施策オプションの組み合わせによって対処するのが現実的であるといえる。

② 都市内輸送によるCO₂排出量の都市規模群別推計

以上の試算は全国値であるが、実際に各都市においてCO₂排出量削減策を立案するためには、各都市の交通特性、特に公共交通機関の導入可能性の相違に合わせて、全国目標値を適切に配分する必要がある。例えば、自動車から鉄道へのモーダルシフトは、特定ODでまとまった交通需要がある大都市圏では有効な施策であるが、人口密度の低い地域では効果的でないと考えられる。

本研究では、このような都市交通特性の違いが都市の人口規模と相関関係にあると考え、全国の市町村を人口規模によって区分し、各都市群別に都市内輸送CO₂排出量と必要削減量の推計を行っている。具体的な推計値は参考文献6)に掲載しているので、ここではその要旨のみ述べる。

a)1990年値については、人口50万人以上の大都市が全国に占める割合は2割強に過ぎず、残りを小・中都市が占めており、大都市周辺や地方における施策実施の必要性を強く示唆している。1

人あたり排出量では、中・小都市がほぼ同じ値となり、大都市がその約 9 割、東京 23 区が約 7 割の値となっている。これは、大都市ほど公共交通利用率が高いためである。

b)2010 年における Do Nothing の場合の都市内旅客輸送と貨物輸送による CO₂ 排出量は、1990 年比で 45.1%、29.3%増加する。旅客輸送は 1 人あたりに換算すると 36.6%の増加である。増加率を都市群別に見ると、自動車分担率の高い中・小都市において総量・1 人あたりともに高く、人口が漸減する東京 23 区では低い。

c)排出量一律基準（人口 1 人あたり排出量が全国で一律となるよう、各都市(群)でそれぞれの必要量を削減）の場合、東京 23 区では CO₂ 排出必要削減率がマイナスとなる。これは、鉄道輸送の分担率や人口密度が高いことによる。その一方で、中・小都市にとって厳しい条件となる。これらの都市では公共交通への転換は困難であるため、目標達成のためには交通量自体を大幅に削減し、モビリティを犠牲にせざるを得ない。

d)排出増加ゼロ基準（各都市(群)における排出量増加分を、その都市(群)が自己責任としてそのまま削減）の場合、人口増加の大きい大都市・中都市で必要削減率が高くなる。そのため、例えば人口 50 万人以上の大都市で鉄道へのモーダルシフトのみで削減を達成するためには、自動車の燃費を一律 20%削減した上で、自動車交通量の 23%もの転換が必要である。このように、単独の施策で削減を達成することは困難である。

e)削減率一律基準（全国平均の必要削減率で、都市(群)によらず一律に削減）の場合、中小都市に比べてもともと自動車分担率が低く効率のよい大都市部でより一層の努力が求められることとなり、これらの都市群にとっては厳しい基準となる。

f) c)~e)の各基準には、公平性や実行可能性の面で一長一短があり、このいずれかもしくは別の基準を採用するかについては更なる検討が必要である。

（3）低環境負荷型都市交通施策の基本理念と国内外の動向

①環境負荷排出の因果フローチャートと各施策の位置付け

（2）で述べた試算結果から、「日本の運輸交通起源 CO₂ 排出量を 2010 年に 1990 年レベルに抑える」という目標を実施するためには、たとえ自動車燃費の順調な向上を織り込んだとしても、さらに複数の施策を強力に実施することが不可欠であり、かつその施策パッケージは都市規模によって大きく異なることが示された。そこで本章では、運輸交通起源の環境負荷（CO₂ を含む）を削減するための施策の整理を行い、各施策の位置付けや相互関係を明らかにする。

従来、CO₂ 削減をはじめとした環境改善施策は、運輸交通部門に限らず、その手法、例えば自動車技術、インフラ整備・運用、直接規制といった、既往の学問・産業カテゴリに沿った区分で分類・整理されることが一般的であった。しかし、環境問題は既存のカテゴリに対して横断的に発生するものであるため、単に手法的に捉えるだけでなく、各施策の効果や副作用が互いにどう及ぼしあうのかを全体として理解しておくことが重要である。

環境負荷削減施策は、2 章で示した(1)式の各変数 a , s_m ($1/n_m$), l_m , e_m を低下させるように作用する。その作用のしかたは、a)変数を直接変化させる、b)変数の決定要因を変化させる、c)変数決定要因を規定する社会経済構造を変化させる、という 3 段階に分けられる。これらの段階を a)＜交通現象＞、b)＜原因＞、c)＜背景＞、と呼ぶ。さらに CO₂ 排出による＜環境インパクト＞とそれによって生じる＜国内的・国際的社会問題＞を加えた 5 段階に整理して、運輸交通起源 CO₂ 排

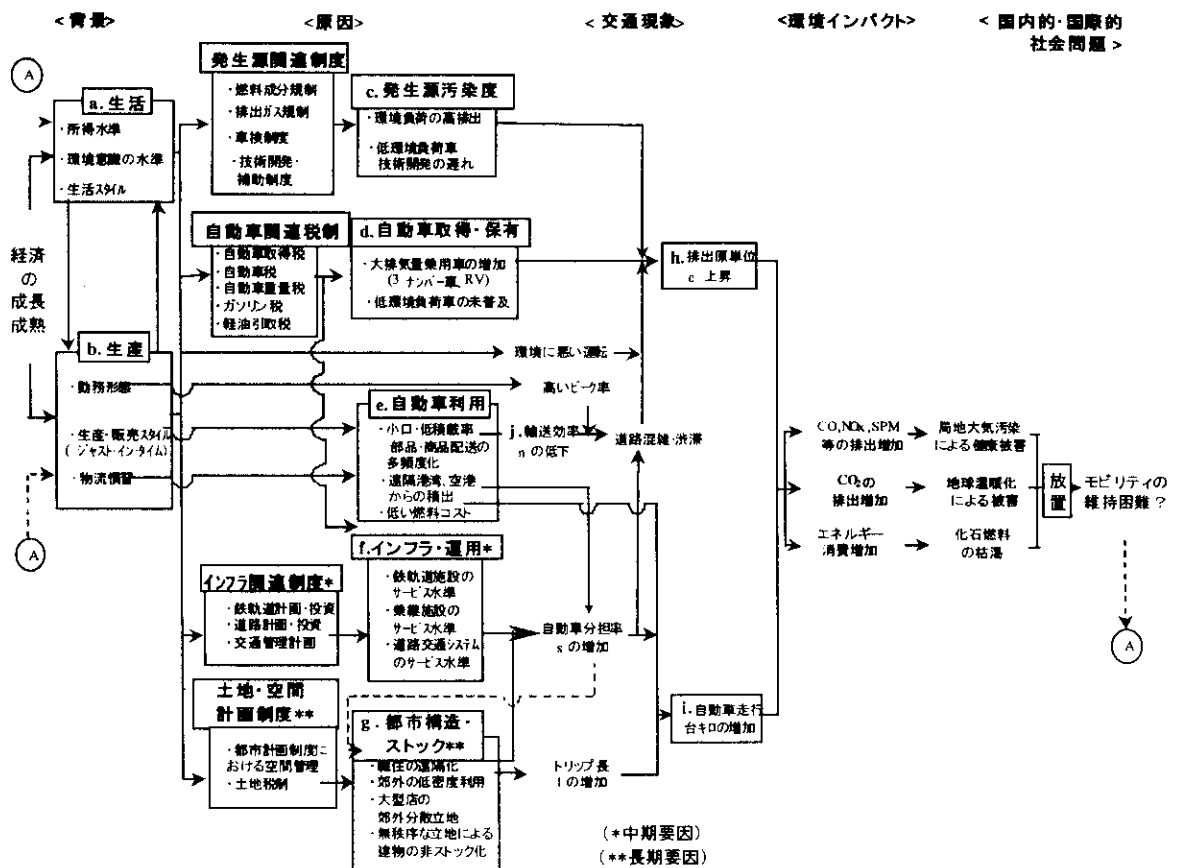


図 7 (a) 運輸交通部門における環境改善施策の因果フローチャート 7)

出の因果フローチャートを作成したのが図 7 (a)である。この図によって、各施策がどの段階のどの要因（変数）に対して作用するかを把握することができる。

この「環境影響メカニズムの段階」による施策の位置付けと、従来の施策分類を用いて、2次元マトリックスに各種施策を割り付けたのが図 7 (b)である。表中のアルファベット記号は、図 7 (a)中の各要因のどれに作用するかを示している。このように整理すると、例えば、経済的施策に分類される自動車関連税制の中でも、取得・保有段階での賦課は<原因>の抑制に作用するが、燃料税・炭素税といった車の利用段階での賦課は<交通現象>に直接作用する、という差異が明快に認識できる。さらに、新たな施策提案がなされた場合にも、既提案施策との関係が容易に位置づけられる。

② 欧州における施策実施状況

ヨーロッパ諸国の交通政策の多くは、1990年代以降、明確な環境配慮を打ち出している。本研究では現地調査や文献調査によってこれらの政策の網羅的整理を行っているが、ここではそのうち代表的なものを示す。

a)イギリス'99交通白書：「需要予測→道路インフラ整備」から「道路インフラ容量→自動車抑制」

△

	<背景>	<原因>	<交通現象>	<環境インパクト>	<国内的・国際的 社会問題>
自動車 技術 インフラ 技術 施策 メンテ 技術		c. 自動車単体対策			
	b. テレコミュニケーションの インフラ整備	f. 低CO ₂ 車のためのインフラ整備 f. 国際海上コンテナターミナルの適正配置 f. 一貫輸送システムの施設の整備 f. 貨物カートレインの乗換施設・技術開発 f. 公共交通の整備と結節点の強化 f. 高速道路中央分離帯への貨物/レイト輸送 システムの整備		l. 物流拠点整備 h. 渋滞地点の道路改良・整備	
				i,h. ITS活用による トラック輸送の効率化 i,h. ITS活用による都市内自動車 交通需要マネジメント	
非 経済的 的 施策 制 度 策 施 策 経 済 的 策 施 策		c. 燃費規制導入 e. 低燃費車技術認証システム j. 乗用車利用の効率化推進(相乗りなど) e. 交通需要マネジメント(TDM) e. 通関手続きの規制緩和による最寄港 利用促進に伴う輸送距離短縮 e. 貨物の共同輸送の促進 f. 貨物車の自家用→営業用転換 f. オムバス/タクシー構想の推進 g. 大店法の見直し		i. トラックの幹線共同運行 i. 自動車乗入規制等の 交通流管理(TFM)	
	a. 自動車保有税の グリーン化 a. 交通環境賦課金の導入	f. 低CO ₂ 車開発のインセンティブ d. 自動車取得税の強化 d. 自動車保有税のグリーン化 d. 交通環境賦課金の導入 d. 有給がリムの税率強化 f. 鉄軌道系整備・運営への助成拡大 f. P&R施設整備への補助		i. 炭素税の導入 i. 燃料税の強化 i. ロードプライシングの導入 f. 公共交通オフピーク料金割引の導入 f. オープン割引付金社一括後払い型 IC定期券の導入による 時差出勤へのインセンティブ	
啓 発 策 施 策	a. CO ₂ 排出抑制への 国民の意識向上 a. 学校教育 b. 過剰な物流サービス の抑制の啓発	d. 自動車ユーザーボランティア基金		h. エコドライブの推奨 h. アイドリング・ストップの推奨	

直接的施策
間接的施策

図 7 (b) 運輸交通部門における環境改善施策の分類⁸⁾

従来の伝統的な交通計画は、まず将来交通需要を推計し、それを賄える規模の交通インフラを建設するというステップを踏むものであった。しかし、例えばロンドンの通過交通を排除することを目的に 1987 年に開通したロンドンの外郭環状高速道路 M25 (全長約 200km、直径約 60km) は、需要予測を基に片側 6 車線で開通したが、当初予測を遥かに上回る交通量が発生してまもなく大渋滞を起こすようになり、ヒースロー空港に近い西部を 8 車線化した。すぐにまた車で埋まるというように、誘発需要の発生をもたらすのみに終わることも少なくない。また、財政制約が厳しくなる中では、既存のインフラを最大限に有効活用しつつ、需要の発生を既存インフラのキャパシティ (供給) に合わせていかざるを得ない。そこで、イギリスの'99 交通白書で打ち出された新交通政策では「道路整備抑制」の考え方が前面に出ており、現在各方面で実施に移されている。

b) オランダの ABC ポリシー：交通需要発生量に基づく立地誘導・規制

交通需要発生量の根本原因である土地利用を、既存の交通インフラ・ネットワークシステムに適合するように配置することは重要である。オランダで以前より実施されている「ABC ポリシー」は、事業所の立地を交通インフラの能力に応じて誘導する施策である。従業員が一定以上の大企業所は、鉄道の結節点 (A 立地) にしか立地できない。一方、物流の多く発生する業種は幹線道路の結節点付近 (C 立地) にしか立地できない。その他の事業所は、鉄道と道路の交差する地域

(B 立地) に誘導される。

c)ドイツ・シュツットガルトのダイナミック・パークアンドライド：P&R 施設充実と ITS の活用

大きな交通需要が発生するコリドアには、鉄軌道系システム（都市規模によって、地下鉄、LRT など異なる）を整備して車から転換させるのが有効である。そのためには、駅に P&R（パークアンドライド）や C&R（サイクルアンドライド）の施設を整備する必要がある。さらに、近年急速に進歩している ITS 技術を P&R に応用した例として、ドイツのシュツットガルトで実施されている「ダイナミック・パークアンドライド」と呼ばれるシステムがあげられる。これは、鉄道と道路が都市の放射方向に並行して走る地域に有効で、都心方向に走る車が、時々刻々の都心側の渋滞情報を受信しながら、沿線に複数ある P&R 駅のどこで乗り換えるのが最適かを判断できる情報を提供するシステムである。

d)ドイツ・カールスルーエにおける路面電車の郊外鉄道への乗り入れ：公共交通の seamless 化

大都市郊外部の電車と都心地下鉄との相互乗り入れは、日本が他国に先駆けて実施した公共交通の seamless 化であるが、大都市圏郊外や地方の中核都市、中規模都市では実施されていない。近年のヨーロッパにおける成功例の代表が、ドイツ・カールスルーエ市の路面電車とその周辺地域にネットワークを張る DB(ドイツ鉄道)のローカル線との間の相互直通運転である。カールスルーエは、人口約 30 万人の南ドイツの中規模都市であるが、その都心部の商業地区の日抜き通り約 2km 区間をトランジットモール化するとともに、これを DB の幹線に接続し、さらに郊外で DB ローカル線へと入っていく直通運行を、都心部から 50~60km に達する地域(バーデンバーデン等)まで実施している。このローカル線はもともと大変な赤字路線であったが、直通運転実施後は、各駅に設置された無料の P&R 駐車場まで自家用車で出て電車に乗り換え、都心部の職場あるいは商店へと向かう人々が急増し、乗客数にして従前の 5 倍以上に増加した。このようなカールスルーエ市の成功は、その後ヨーロッパやアメリカ合衆国のいくつかの都市に影響を与えている。

e)オランダ・デルフト：自転車中心の街づくり

オランダでは、土地が平らなこともあって、20 年以上にわたって自転車利用を中心の街づくりが各地で進められている。中でも人口約 9 万 5 千人のデルフトは、自転車中心の都市計画が徹底的に進められてきた。Bicycle Action Plan を作成し、デルフト中央駅駅前広場の中央にはかつての駐車場が駐輪場にとって代わっている。都心部へはバス以外の自動車通過交通を排除するため、バスにのみ反応し下りる可動式障害物を設けていて、バスも 20~30km/h 程度の極めて低速度で走行している。

f)道路関連財源や一般財源の公共交通整備・運営への充当

ドイツの中心市街地では、1960 年代後半に道路混雑が激しくなり、買物客が集まらなくなった結果、空洞化が問題となった。そのため、時の交通大臣レーバーは、燃料税の一種である鉱油税（ガソリン税よりも広い範囲の燃料一般に課税）を増徴し、増徴分を中心市街地の地域公共交通整備事業に使えるようにした。これをきっかけにドイツ各都市では、環状道路（多くはかつての城壁を壊して造った）の内部を、地下化した路面電車（U パーン）とバスのみが入れるトランジットモール化し、中心市街地の再活性化を図ることに成功した。

このほかにも、ドイツやオランダでは公共交通機関の建設・運営に多くの補助が出されており、その一部に一般財源が投入されている。その根拠として、学生・身障者等への文教・厚生目的補助があり、これは公共サービス義務（PSO= Public Service Obligation）の 1 つと解釈されている。

③日本への示唆

以上で挙げた、欧州における運輸交通部門での環境配慮型施策は、次の3つの理念に集約することができる。

- a) 交通システムの包括性 (Integration) と連続性 (Seamlessness)
- b) 交通起源環境負荷削減に配慮した土地利用計画
- c) 汚染者負担原則 (Polluter Pays Principle: PPP) による財源の確保

a)は、環境負荷発生がより少ない公共交通が、自動車交通に対して決定的に劣っている点であり、逆にこれを改善することによって、自動車交通から公共交通へのシフトを促すことができる。具体的には、施設の改善や相互直通運行といったハード的な施策と、事業者間での共通運賃といったソフト的施策が考えられる。また、自動車交通と公共交通とを連携させることで、トータルとしての交通体系をより便利かつ効率的にすることも同時に考えている。また、b)は、従来は交通計画が既存土地利用を前提として行われてきた結果、モータリゼーションが加速してしまったことに対する反省ともいえる。

一方、c)は、環境負荷の高い交通機関の利用抑制と、環境負荷の低い交通機関の整備を同時に実施可能な資金循環システムを実現するためのロジックである。そのためには、従来、環境負荷削減の観点からとらえられることの少なかった自動車関連税も対象に含めて考える必要がある。

このような理念に基づいた施策パッケージの例として、以下のものが挙げられる。

- 1)都心部のトランジットモール化(a)+郊外部の商業立地規制(b)+駐車場課税/付置義務代替負担金(c)+放射方向の鉄軌道等公共交通整備
- 2)環状道路整備+放射幹線道路との結節点付近でのP&R施設(a)+P&R運賃・駐車料金のセット化(a)+都心部のロードプライシング(c)+放射方向の鉄軌道等公共交通整備
- 3)道路情報提供システム(ITS)+P&R施設整備(a)
- 4)駅・停留所乗り継ぎ施設の改良(a)+相互直通/端末線の幹線への乗り入れ運行(a)+公共交通の共通運賃(a)+鉄軌道駅周辺への立地集約を図る用途規制・再開発事業(b)
- 5)自動車関連税(取得税、自動車税)の強化・グリーン化(燃費による税率の設定)と環境目的特定財源化(c)

④ OECD 諸国における低環境負荷型都市交通施策検討 -EST プロジェクト-

都市交通に伴う環境負荷を削減するための施策に関する国際的な検討・情報交換の取り組みとして、OECDの汚染防止・制御グループ(PPCG)交通部会が「Environmentally Sustainable Transport (EST)」の実現に向けたCO₂等削減の施策パッケージの検討を行っている。

ESTでは、まずphase1において、OECD各国の今後の運輸交通起源CO₂排出に関するシナリオとして、1)現状トレンド(Business As Usual: BAU)、2)排出技術革新による削減(EST1)、3)交通需要抑制による削減(EST2)、4)2)と3)の組み合わせによる削減(EST3)、の4種類を提示し、これを元にphase2として、各国におけるCO₂排出削減効果が推計されてきている。さらに、CO₂排出削減施策を実施した場合のa)マクロ経済、b)社会生活への間接的影響についても検討が進められてきている。a)、b)の分析にあたっては、各々、ESTのアドバイザーであるローテンガッター教授(ドイツ・カールスルーエ大学)とアダムス教授(イギリス・ロンドン大学教授)が開発した計量モデルが用いられている。

本研究は、このような OECD/EST のスキームに対して日本が何をなすべきかというところに基本的な問題意識を置いている。そのため、EST Japan 委員会（林良嗣委員長）において都市交通起源 CO₂ 排出量分析モデルを用いた分析が行われ、その結果が EST に報告されている。さらに、本研究の成果が逐一報告されるとともに、林らによって構築された自動車関連税の CO₂ 排出削減効果分析モデル⁸⁾も紹介されており、今後、このモデルが EST の枠組の中で使われる可能性が検討されている。

(4) 公共交通指向型開発(Transit Oriented Development)による CO₂ 排出量削減可能性の検討

① TOD と期待される効果

低環境負荷型都市を実現するための理念として、前章では a)交通システムの包括性と連続性、b)交通起源環境負荷削減に配慮した土地利用計画、c)汚染者負担原則による財源確保、の 3 点を挙げた。これらを一挙に実現可能な施策の 1 つとして「公共交通指向型開発 (TOD)」がある。

TOD はアメリカ合衆国で提唱されたもので、公共交通の駅または停留所の徒歩圏内において、商業・業務・住宅・公的施設の開発が高密かつコンパクトに進められるまちづくりである。さらに、その中心部をトランジットモール化したり、施設の複合利用、公共交通サービスの向上なども並行実施することによって、環境負荷の小さい魅力的空間を形成することができる。

TOD を事業として成立させるためには、オランダの「ABC ポリシー」のような交通整備状況を前提とした土地利用計画を行い、公共交通機関でアクセスできない地区における立地規制・ゾーニング規制・容積率コントロールなどを可能にする法律・行政体制が必要である。それを行うことによって、TOD 地区の立地魅力が高まるため、その土地の地価が上昇し、土地保有税等によって開発利益を公共交通整備に還元する仕組みが成立する。さらに、自動車交通自体や、それを誘発する郊外立地に対して課税し、それを TOD に充当することも、PPP に照らして環境施策として有効である。

② 実際の都市をケーススタディとした TOD 実施効果の推計

日本における TOD 導入効果試算のケーススタディとして愛知県安城市（人口約 16 万人、図 8 参照）を対象とする。この都市は、a)都市間鉄道どうしが相互にリンクしておらず Seamless なネットワークが構築されていない、b)都市内公共交通はバスのみで利用者は少なく、鉄道端末交通としての機能も果たしていない、c)公共交通の乗降地点付近に住居・施設等が集まっていない、という状況のため、典型的な自動車依存型都市となっている。

ア. TOD 導入シナリオ

まず、開発軸となる公共交通として、現在市がバスの基幹路線として位置づけている JR 安城駅～デンパーク間と名鉄北安城駅を結んだ 6.3km の区間に LRT を新設する。この LRT は近くの豊橋市で運行している豊橋鉄道軌道線(延長 5.3km)と

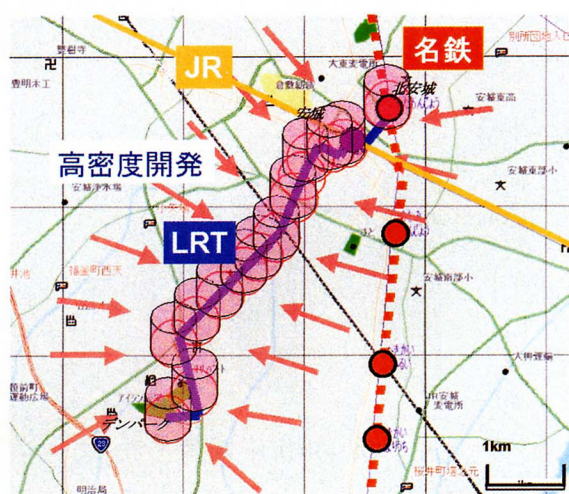


図 8 TOD 導入シナリオ

同程度のサービスで運行することにする（以上、シナリオ（Ⅰ））。さらに、現在のバス停の位置に新たな電停を配置し、電停勢圏（半径 300m）内に人口集積した高密度開発（人口密度 10,000人）を行う。（以上、シナリオ（Ⅱ））

イ. LRT 導入後の利用者数の試算

新設 LRT の利用者数 X を、電停勢圏内の人口と LRT 利用分担率によって、式(5)で表現する。

$$X = e_a \sum_i P_{ia} \cdot S_{LRT} \quad (5)$$

e_a : 安城市のトリップ生成原単位[トリップ/人/日]

$\sum_i P_{ia}$: 新設 LRT 路線の駅勢圏人口[人]

S_{LRT} : 豊橋鉄道軌道線の分担率[トリップ/トリップ]

この式を用いて試算した、各シナリオにおける LRT 利用者予測結果を表 1 に示す。

表 1 LRT を導入した場合の利用者数

シナリオ	電停勢圏人口[人]	LRT 利用者数[人]
(Ⅰ)	9,868	5,745
(Ⅱ)	30,440	17,721

なお、本試算は、電停勢圏人口と LRT 利用者が比例関係にあると仮定しているが、実際には高密度化によって分担率の向上が生じると考えられる。分担率のデータ元としている豊橋鉄道軌道線沿線も TOD になっていないことや、LRT 整備に伴って、その方向への交流自体が増加することもあることから、効果が更に増大することが予想される。

ウ. 導入に伴う各種効果の試算

さらに、TOD 導入に伴う a)環境負荷（CO₂排出量）削減、b)自動車による空間占有面積削減、c)採算性の 3 点における影響を推計した結果を図 9～11 に示す。

CO₂排出量（図 9）、自動車の空間占有面積（図 10）とも、シナリオ（Ⅰ）に比べて（Ⅱ）で約 5 倍の削減効果が生じると試算される。図 11 では、シナリオ（Ⅰ）で約 1.1 億円の赤字になるが、シナリオ（Ⅱ）では約 2.8 億円の黒字になるという試算結果を示している。

シナリオ（Ⅰ）の結果から、公共交通整備のみでは、建設費用がすべて公的資金で賄われたとしても、営業損失が発生してしまうため運営補助が不可欠であることが示唆される。これは、日

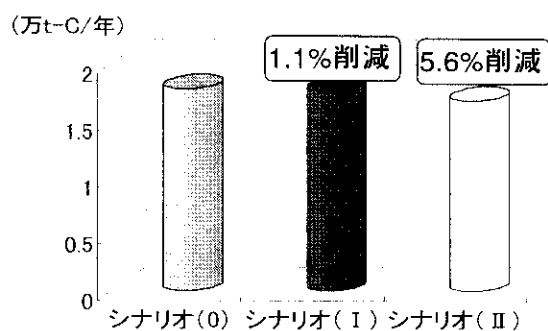


図 9 CO₂ 排出削減量

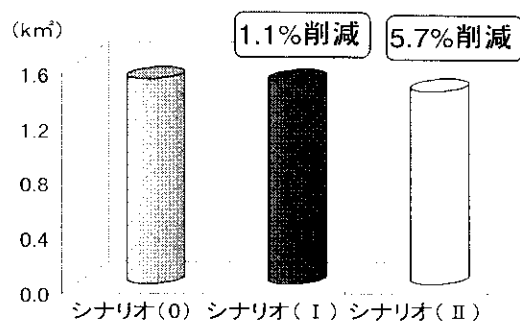


図 10 空間占有面積の削減量

本の自動車依存型中小都市における LRT 導入の困難さを証明している。また、CO₂ 排出量もわずかである。一方、シナリオ(Ⅱ)のように、公共交通整備と連携をして TOD を行えば、環境負荷削減効果も十分に得られるとともに、営業損失も発生しないという結果になる。ただし、その実現には、LRT 建設への大幅な補助と沿線の高密度開発を促進させる制度や経済インセンティブによる裏付けが必要となる。

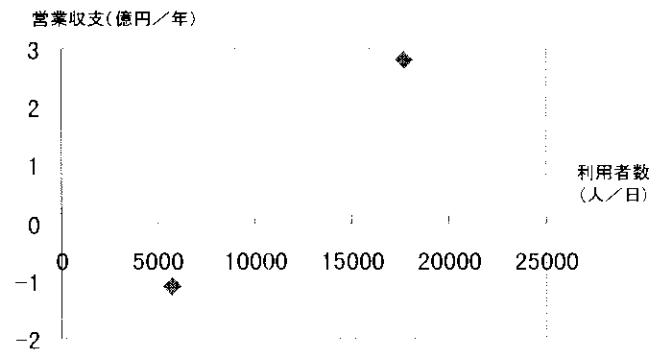


図 11 利用者数と営業収支

(5) 低環境負荷型都市交通システムをサポートする資金循環メカニズムの構築

① 環境持続型交通計画と財源システムの基本的な考え方

TOD をはじめとした低環境負荷型都市交通システムへの移行を図るためには、土地利用計画による規制や誘導とともに、軸となる公共交通機関の整備・運営のための資金確保が必須となる。新たな公共交通機関整備・利便性向上策を実施することなく土地利用規制のみを導入した場合、その地域の交通利便性が確保されず、地域の魅力が低下してしまうためである。しかし、現在の日本の鉄道事業においては、採算性が低下の一途にあるとともに、整備や運営補助制度が甚だ不十分であり、整備促進はおろか現状維持さえも困難な状況にある。

そこで本研究では、ここまでの分析結果を踏まえ、低環境負荷型空間・交通システムを支える財源システムに必要な考え方として、以下の3つを提示する。

a)原因者負担原則 (PPP)：公共交通整備・運営といった環境負荷削減のための交通施策に対しては、環境負荷を多く排出する部門の資金負担が妥当である。

b)自動車関連税の「グリーン化」：自動車関連税(取得/保有/利用<燃料>)には自動車の保有・利用を抑制する働きがあるとともに、車種・燃料間で格差をつけることによって、低環境負荷の方向に誘導することも可能である。このような働きを利用した、自動車関連税の「グリーン化」が必要である。

c)環境負荷削減型交通投資への配分：自動車関連税を原資とする道路財源は巨大な歳入を持っているが、日本ではこれがそのまま道路整備に充当されるため、道路交通の誘発を促進する役割を果たしていると考えられる。したがって、道路財源の一部を代替手段である公共交通整備へ充当する制度が必要である。具体的には、ド

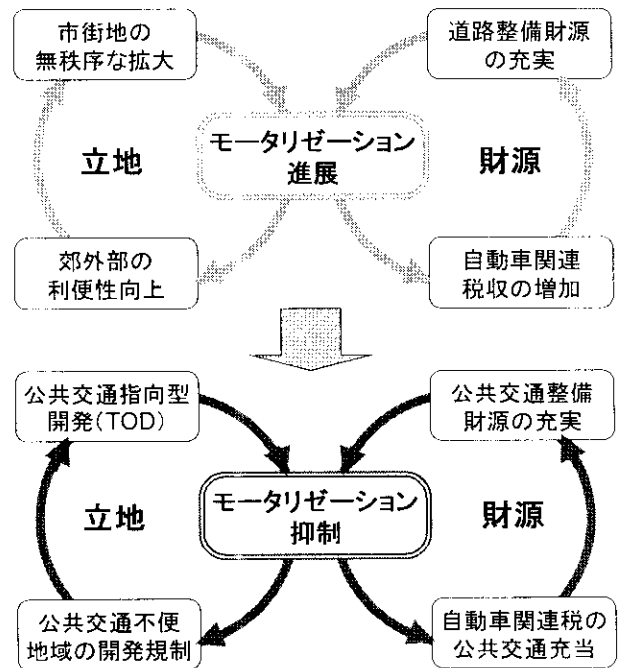


図 12 モータリゼーションの進展と抑制のプロセス

イツで実施されている鉱油税のような自動車燃料税を公共交通整備の特定財源として充当するシステムである。

② 空間計画を含めた資金循環メカニズム

前節では交通部門のみに限定した議論を行ったが、実際には交通部門は土地利用変化と密接な相互関係を有しており、これらも含めた考慮が必要である。図 12 の上段に示すように、有効な土地利用コントロールが実施されてこなかったことによって、自動車依存型都市空間構造が形成され、さらにそれが自動車利用を誘発するという悪循環が生じてきた。そこで、オランダの ABC ポリシーに倣った、公共交通によるアクセス可能性を前提とした土地利用規制への転換が必要であるが、このとき、公共交通アクセス可能地域における開発利益の還元や、アクセス不可能地域における課徴金・駐車場課税を行い、これを公共交通整備・運営に充当するという資金循環システムを並行して実施することが効果的である。以上によって、図 12 の下段に示すような、低環境負荷型空間・交通システム移行への好循環が生じることとなる。

③ 自動車関連税のグリーン化に伴う環境負荷削減効果のモデル分析

本研究では、特に自動車関連税の取得／保有／利用段階の税率設定に着目し、それが車種構成や車齢変化といった自動車市場への影響や、自動車走行量や走行状況の変化といった影響を通して CO₂ 排出を変化させるメカニズムをモデル化し、自動車関連税体系の「グリーン化」に伴う削減効果の検討を可能とする方法論を開発している。モデルの詳細は参考文献 8) で示しているが、基本構造は、取得／保有／利用の各段階の税率設定によって税込費用が変化し、これが毎年の車格・車齢別コーホートに影響を及ぼすというものである。日本の乗用車を対象とした試算結果

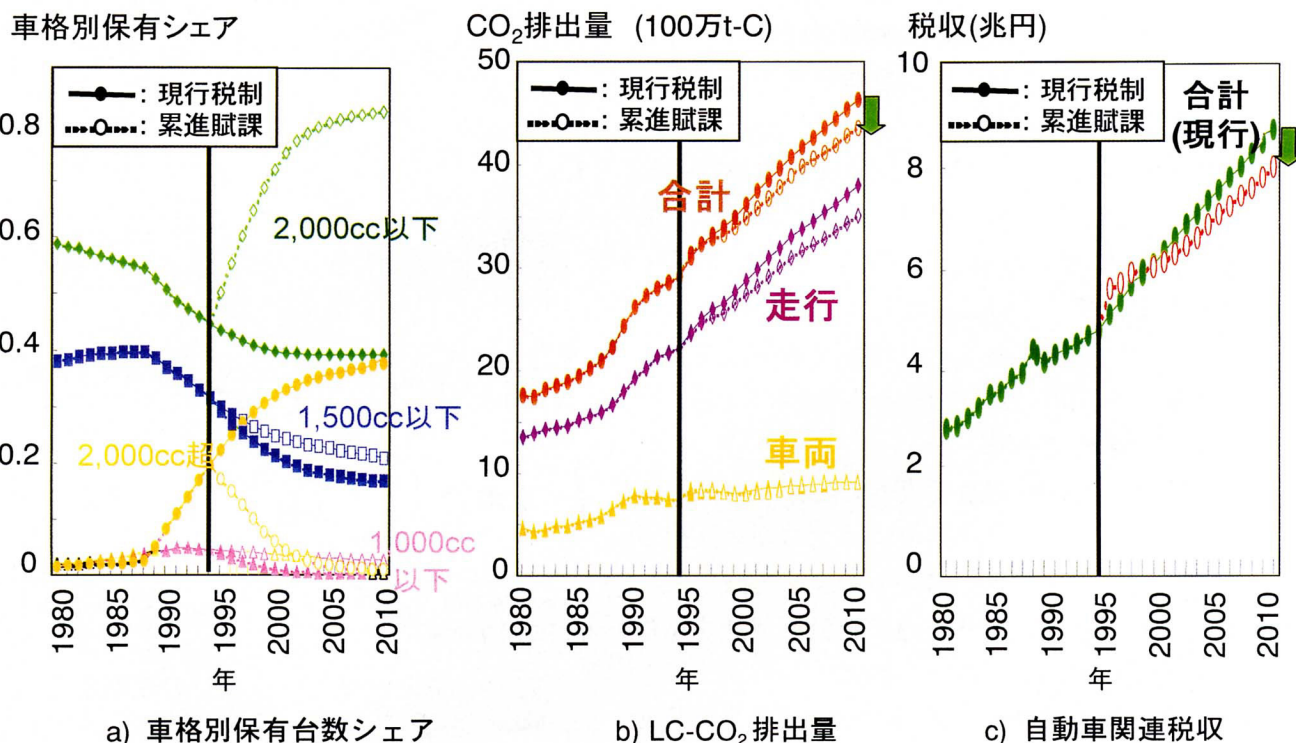


図 13 2,000cc 超の保有税率を 2 倍とした場合の将来予測結果

の一例として、1995年以降、2,000cc超の保有税率を2倍にした場合の保有台数シェア(図13a)を見ると、施策を実施しない場合には急増していたはずの2,000cc超が減少し、買い替えが一巡する2003年頃には1980年代のレベルに落ち着く。この減少分の大部分は2,000cc以下クラスにシフトしており、一部は1,500cc以下にも移っている。次にCO₂排出量変化(図13b)を見ると、低車格車へ移行した結果、保有車両の平均燃費が向上し、2010年には走行によるCO₂排出量が政策を実施しない場合に比べて約6%減少している。さらに、自動車関連税収の変化(図13c)を見ると、税率変更当初は税収が増加するものの、その後低車格車へのシフトによって減少に転じ、2010年時点では政策を実施しない場合に比べて約8%減少していることが分かる。

本モデルを用いて、以上に試算例を示した高車格車への取得・保有税の累進賦課とともに、燃料税の増徴を併用すると、CO₂削減と財源確保にとって効果的であることが示されている。

4. 本研究により得られた成果

本研究で明らかとなった知見を要約すると以下の通りになる。

- 1)日本の部門別CO₂排出量の経年変化を分析したところ、運輸部門のみが一貫して高い伸びを示すこと、1980年代末以降の高い伸びは旅客交通とくに自家用乗用車のエネルギー消費の急増によること、その主因は普通乗用車をはじめ乗用車の大型化による燃費の悪化によると考えられることを明らかにした。
- 2)運輸交通起源CO₂排出量の将来推計を行ったところ、削減策が何も実施されない場合、2010年には1990年の約40%も増加し、特に旅客部門の伸びが著しいと予測された。また、この伸びを抑制するためには発生源対策のみでは不十分であり、交通や都市構造に対する複数施策の実施が必要とされることも明らかとなった。
- 3)環境負荷削減に配慮した交通施策が多く実施されている欧州の調査を行い、各種施策の整理とそれが環境負荷削減につながるまでのメカニズムの解明を行うことができた。
- 4)欧州における施策の調査分析結果から、環境負荷削減施策に必要な理念として、a)交通システムの包括性(Integration)と連続性(Seamlessness)、b)交通起源環境負荷削減に配慮した土地利用計画、c)汚染者負担原則(Polluter Pays Principle: PPP)による財源の確保、の3点を挙げる事ができた。
- 5)これらの理念に基づいた施策パッケージを提案することができた。そのうち、TODおよび自動車関連税のグリーン化について、その効果を計量するモデルを構築し、分析を実施した。さらに、施策実施に必要な財源を確保するための資金循環システムを提案し、それと空間・交通計画システムの連動の必要性を示した。

5. 参考文献

- 1) 森口 祐一：地球温暖化の対策、環境技術、Vol.25、No.5、1996。
- 2) OECD, PPCG Task Force on Transport: Scenarios for Environmentally Sustainable Transport, Report on Phase 2 of a Project on EST, 1997。
- 3) 建設省都市局都市交通調査室：第2回全国都市パーソントリップ調査－現況分析編－、1993。
- 4) (財)運輸経済研究センター：環境と運輸・交通－環境にやさしい交通体系をめざして、1994。
- 5) 日産自動車社会商品研究所：自動車交通 1997。

- 6) 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.
- 7) 林良嗣：地球温暖化に対する運輸施策メニューの体系的整理の一提案、季刊 MOBILITY 第107号、1997.
- 8) 林良嗣、加藤博和、上野洋一：自動車関連税の課税レベルと税間バランスによるCO₂削減効果の差異に関する分析－車齢・車格別コーホートと自動車の取得・保有・利用状況のモデリング、運輸政策研究 No.004、pp.002-013、1999.5

[国際共同研究の状況]

OECD/PPCG/EST プロジェクトへの参加

[研究成果の発表状況]

(1) 口頭発表

- ① 林良嗣、中村英樹、加藤博和、丸田浩史：運輸交通部門からのCO₂排出削減のための施策オプションとその目標設定、第6回土木学会地球環境シンポジウム講演論文集、pp.121-127、1998.7
- ② 林良嗣、加藤博和、上野洋一：自動車関連税の課税段階の違いによるCO₂発生量変化のコーホートモデルを用いたライフサイクル評価、土木学会環境システム研究 No.26、pp.329-338、1998.10
- ③ 加藤博和、林良嗣、丸田浩史：モータリゼーション進展過程を考慮した都市旅客交通起源CO₂の長期的分析手法、土木計画学研究・講演集 No.22(2)、pp.563-566、1999.10
- ④ Y.Hayashi, H.Kato: Effects of Car-related Tax Weights between Purchasing, Owning and Using Stages on Car Market Share by Engine Class, CO₂ Emission and Tax Revenues -A Modeling Approach of Choice Behavior and Car Cohort Survival-, 79th TRB annual Meeting, Washington, D.C., 2000.1
- ⑤ 森口祐一・近藤美則・南齋規介・東野達：平成7年産業連関表等を用いた近年のCO₂排出構造変化の分析、第16回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演論文集、73-78、2000.1

(2) 論文発表

- ① 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、1998.10
- ② 林良嗣：運輸交通部門における地球温暖化対策のパスpekティブ、交通工学、Vol. 33 増刊号、pp.14-18、1998.10
- ③ 森口祐一：交通に関する環境問題の動向と持続可能な交通への展望、交通工学、Vol.33 増刊号、pp.3-10、1998.10
- ④ 林良嗣、加藤博和、上野洋一：自動車関連税の課税レベルと税間バランスによるCO₂削減効果の差異に関する分析－車齢・車格別コーホートと自動車の取得・保有・利用状況のモデリング、運輸政策研究 No.004、pp.002-013、1999.5
- ⑤ 林良嗣、加藤博和：自動車関連税のグリーン化の効果分析、日本環境共生学会学術大会発表論文集、pp.45-50、1999.9
- ⑥ 加藤博和、林良嗣：都市旅客交通に伴うCO₂排出メカニズムの定式化と実際都市への適用に関する基礎的研究、土木計画学研究・論文集 No.16、pp.449-454、1999.10
- ⑦ 森口祐一：地球環境問題と持続可能な交通、運輸と経済、59(11)、14-22、1999.11.