

S-3 脱温暖化社会に向けた中長期的政策オプションの多面的かつ総合的な評価・予測・立案手法の確立に関する総合研究プロジェクト

5. 技術革新と需要変化を見据えた交通部門のCO<sub>2</sub>削減中長期戦略に関する研究

(2) バックキャストによる長期削減シナリオの策定に関する研究（第Ⅰ期平成16～18年度）

国土利用構造の変化を見据えた長期削減シナリオに関する研究（第Ⅱ期平成19～20年度）

独立行政法人国立環境研究所

循環型社会・廃棄物研究センター

森口祐一

社会環境システム研究領域 交通・都市環境研究室

松橋啓介

東京海洋大学海洋工学部（平成19～20年度）

兵藤哲朗

名古屋大学大学院環境学研究科

加藤博和

（株）三菱総合研究所（平成19～20年度）

奥村泰宏

〈研究協力者〉 独立行政法人産業技術総合研究所ライフサイクルアセスメント研究センター

工藤祐揮

名古屋大学大学院環境学研究科

柴原尚希・後藤直紀・谷田一・山根顕・

中條将史・郷智哉・森本貴志・

森田紘圭

（株）三菱総合研究所

古明地哲夫・杉山恵

平成16～20年度合計予算額 65,105千円

（うち、平成20年度予算額 15,477千円）

※上記の合計予算額には、間接経費15,025千円を含む

[要旨] 本研究では、2050年に向けたCO<sub>2</sub>削減目標をまず与え、その達成に必要なシナリオを描くバックキャスト手法を適用して、技術革新と需要変化の組み合わせによる交通部門CO<sub>2</sub>削減シナリオを策定することを目的とする。具体的には、シナリオ策定手法に関する検討を行い、一方では、都市・地域の特性を考慮したケーススタディを通じた検討を踏まえ、各地域類型別の取り組みによる削減効果を全国へ外挿推計する枠組みを構築し、さらに、国土構造の変化を踏まえた都市間輸送量の推計モデルの構築を行い、これらの成果を総合して2050年の旅客交通および貨物交通の低炭素交通ビジョンを策定した。また、低炭素交通・物流研究会を設置し、有識者との情報交換を通じて、低炭素交通ビジョンのブラッシュアップと普及を図った。

同時に、ビジョン策定を支援するものとして、次の知見を得た。基幹となる都市内公共交通機関について、需要量あるいはDID人口密度に応じて輸送機関のシステム全体での輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量がどのように変化するか分析し、LRTの適用範囲が広いことを確認した。具体的な市区町村を対象に、その地域特性や施策実施の効果と実施可能性を考慮して交通施策パッケージの提案

と削減目標設定型戦略工程表（ロードマップ）の導出を行った。また、人口減少下ではモーダルシフト促進策のみではなくコンパクト化等の土地利用施策を合わせて行うことの必要性を定量的に示した。地域間旅客需要予測モデルを再構築し、長距離移動では航空機によるCO<sub>2</sub>排出が多い傾向が今後も続くなどの実態を明らかにした。また、地域間旅客輸送の削減シナリオとして、自動車等の燃費改善と鉄道利用推奨策により、2050年のBAU比で40%の削減が可能との結果を得た。また、その実施順の違いにより、累積排出量に8.5年分の違いが出ることを示した。地域間物流の長期需要予測を簡易に行えるモデルを構築し、削減目標の6割まで達成可能な施策を提示した。これらの予測に輸送量削減策を追加することで、低炭素交通ビジョンの実現は可能と考えられた。

[キーワード] 脱温暖化、バックキャスティング、交通政策、国土構造、地域類型

### 1. はじめに

脱温暖化社会の実現に向けて、交通分野においても中長期的政策オプションの検討を行うことが要請されている。現在、各自動車メーカーでは新規技術を用いて低燃費自動車、ハイブリッド自動車などを次々に投入しており、自動車単体のCO<sub>2</sub>排出量は従来の自動車に比べ大幅に低減されている。しかし、車両技術によるCO<sub>2</sub>排出量削減効果は、乗用車の保有台数や走行台キロの伸びあるいは大型化によって相殺されている。今後も、技術施策はCO<sub>2</sub>削減に一定の効果を有するものの、それだけで全面解決は困難であり、交通需要に変化を促す交通施策が必要不可欠であると考えられる。交通施策の検討にあたっては、交通活動が地域特性に大きく依存することを考慮することが重要である。すなわち、2050年に向けて大幅な削減を行なうためには、その間に起こる技術革新を見据えた上で、各地域の特性を考慮した適材適所の交通施策を立案・実施することが重要であると言える。

### 2. 研究目的

本課題S-3-5では、2020年まで、2050年までの2つのタイムスパンについて、交通部門からのCO<sub>2</sub>排出量の大幅削減のための中長期戦略を策定することを目的とする。2020年の中期に向けては、サブテーマ(1)において、実用化に近い技術の大量普及によるCO<sub>2</sub>削減策を中心にその削減効果を評価するとともに普及促進策について検討する。2050年の長期に向けては、不確実性の高い予測を行うのではなく、CO<sub>2</sub>削減目標をまず与え、その達成に必要なシナリオを描くバックキャスティング手法を適用して、技術革新と需要変化の組み合わせによる交通部門CO<sub>2</sub>削減シナリオを策定する。

本サブテーマ(2)では、2050年頃を目標年次として、バックキャスティング手法を用いて、交通部門からのCO<sub>2</sub>削減の数値目標に到達するために必要な削減見込み量を地域別に求め、地域特性に応じた技術革新／交通行動変化の両面の組み合わせによって目標を達成するシナリオを提示することを目的とする。また、そのために短期のうちに着手すべき政策の方向性について検討を行い、長期的な政策実施までのロードマップを提示するとともに、その社会、経済への影響を把握する。

### 3. 研究方法

長期的削減シナリオの策定方法を検討するために、将来交通ビジョンを策定した計画や報告書

を収集・レビューし、用いられている手法を比較した。また、目指す将来ビジョンを妥当なものにするために、その前提条件となる社会・経済的変化のマクロな方向性を明確にし、都市・交通システムの全体像を整理することを目標として、環境・交通・都市等の各分野における有識者を対象とするヒアリング調査を行った。

技術変化の予測はサブテーマ(1)の技術選択モデルでの知見の蓄積を生かすことができるが、交通需要変化の可能性については本サブテーマで別途検討する必要がある。そこで、交通需要面の施策によるCO<sub>2</sub>削減を行う際に重要となる地域特性に応じた削減対策群の提示を行うために、全国を対象とした地域類型別CO<sub>2</sub>の構造を整理し、都市・地域分類別に今後導入可能な交通需要面の対策とその削減効果から全国の交通需要変化の可能性を推計するための枠組みを構築し、施策の組み合わせを作成した。都市間旅客および貨物輸送に関しては、別途、都市間輸送モデルの開発を行い、排出係数改善やモーダルシフト等の施策の組み合わせによる削減見込みの定量的な評価を行う一方で、トリップ距離帯別に、SCM(supply chain management)による輸送効率化等を含む対策の組み合わせによる削減見込み量の積み上げを行った。

#### 4. 結果・考察

##### (1) 将来ビジョン構築のためのバックキャストイング手法

OECD/EST(environmentally sustainable transport)プロジェクト<sup>1)</sup>は、バックキャストイング手法を用いた交通分野のシナリオ策定として最も参考になる。持続可能な発展のための世界経済人会議(WBCSD)による「持続可能なモビリティビジョン」<sup>2)</sup>は、OECD/ESTプロジェクトがバックキャストイング手法を採用していることと好対照をなしている。WBCSDでは、複数の施策の組み合わせによる排出量の予測を行うフォアキャストイング的な手法を用いている。また、交通需要は抑制すべきものではないことを前提としており、技術は需要を誘発する効果があると述べている。その検討対象とした施策の組み合わせは以下の4点であった。

- 1)カーボンニュートラルな(CO<sub>2</sub>排出量を少なくとも80%削減する)燃料
  - 2)非常に燃料効率の高いパワートレイン(駆動方式)
  - 3)より大型の車両への輸送形態の変化の傾向
  - 4)情報技術(IT)を用いた輸送システムのより優れた統合による交通流や輸送活動などの向上
- 輸送の効率化の方法として、鉄道の様な交通システムへの手段転換などはこの中に含まれるが、都市のコンパクト化による徒歩の活用などは含まれない点が特徴と考えられる。

OECD/ESTプロジェクトの手法を踏襲・改良したものでは、具体的な交通計画の立案において、OECD/ESTプロジェクトより緩やかな目標値を設定し、交通手段分担率の具体的な数値まで示したドイツの事例紹介<sup>3)</sup>と、外的要因の変化に複数のパターンを与え、それぞれのパターンについて目標を達成するための将来像を設定した事例<sup>4,5)</sup>があった。特に、日本が少子高齢化と人口減少に向かい国際的な立場が変化を続けている状況を踏まえると、外的要因の変化が将来像に与える影響は相当に大きいと考えられる。

##### (2) 有識者ヒアリングによるビジョンの方向性把握

バックキャストイング手法を用いた交通ビジョン策定事例のレビューを行ったところ、日本の2050年における社会・経済やライフスタイルの状況の想定が最も重要であると考えられた。そこ

表-1 シナリオに大きな影響を与える要因等の方向性と意見の相違

	社会(ドライビングフォース)	都市・交通	施策
意見の相違が小さい	少子高齢化 GDP減少	都市基盤の位置は固定的 交通機関や土地利用や地域 単位では大きな変化が可能 旅行ニーズの増加	課税によるインセンティブ 活用 道路財源による公共交通整備 環境配慮を流行にする
意見の相違が大きい	移民受け入れ 中国・インドの経済水準 意思決定の仕組み 原油価格	居住の動向 根源的な移動ニーズの増減 速度ニーズの増減 資源循環の規模 燃料電池車の普及可能性	※多種多様な施策

で、グループインタビュー形式の有識者ヒアリングで知見を収集した。有識者ヒアリングは、3～4名が一堂に会する座談会形式で意見を聞くグループインタビューとした。対象者は、都市、交通、環境、エネルギー、ライフスタイル等の各分野をリードする約20名を抽出し、平成17年3月中旬に設定した3日間、各2時間の会合にスケジュールが合った11名とした。テーマは、『2050年の移動の形態についての将来展望』として、「脱温暖化社会の達成を意識しない時に、2050年においては人やものの移動はいかなる姿・形のものが想定できるか」、「脱温暖化社会を達成する為に2050年に我が国のCO<sub>2</sub>排出量を1990年比60%減（2002年比約64%減）とした場合の移動形態と社会状況はいかなるものが想定されるのか」についてたずねた。

有識者ヒアリングの結果、2050年の将来像を語る上で、以下のようなキーワードが出された。

2050年に至る過渡期でのカタストロフィ、科学技術への不信、分権的意思決定システム、グローバル化、スローライフ、自然エネルギー、地産地消、IT、水素社会、効率性、時間、移動の速度、インフラの冗長性、モビリティ補完としてのIT、太陽光エネルギー、エネルギー狩猟型・エネルギー耕作型の文明

なお、2050年は遠い将来のため予測が困難との意見も多かった。

これらの知見およびシナリオ策定手法<sup>6)</sup>を踏まえて、交通のシナリオに与える影響の大きい社会的要因（ドライビングフォース）を意見の相違の観点から表-1の通り整理した。また、都市・交通のイメージと施策についても併せて整理した。意見が分かれた要因については、地域特性に応じた対策をシナリオに取り入れる際に役立つと考えられる。

S-3課題全体の想定に関するものでは、移民受け入れ、中国・インドの経済水準、意思決定の仕組み、原油価格が挙げられており、調整を進めるべき点である。S-3-5に特に関連するものでは、居住の動向、根源的な移動ニーズ、速度ニーズ、資源循環の規模、燃料電池車の普及可能性が挙げられている。別研究で開催した参加型会議等からの広範な情報収集も踏まえて、地域特性に応じた多様性を備えたビジョンを検討することとした。

### （3）地域類型別排出要因別対策の組合せによる2050年低炭素交通ビジョン

交通に起因するCO<sub>2</sub>排出の構造を示す式(1)を作成し、交通サービス量、アクセス当たり移動距離、交通手段、輸送効率、燃費、燃料当たりCO<sub>2</sub>排出原単位の要因に分けた。OECD/ESTが技術と行動変化を組み合わせたシナリオを提示した通り、一つの要因による大幅削減を目指すのではなく、各

要因の削減策の積み重ねによる大幅削減の実現可能性は高いと考えられた。たとえば、各要因を2割ずつ削減することで、全体で74%削減が可能との計算になる。

$$\text{CO}_2 = \text{交通サービス} \times \frac{\text{輸送キロ}}{\text{交通サービス}} \cdot \cdot \cdot (1)$$

$$\times \sum_{\text{交通手段}} \text{分担率} \times \left( \frac{\text{走行台キロ}}{\text{輸送キロ}} \times \frac{\text{燃料消費量}}{\text{走行台キロ}} \times \frac{\text{CO}_2 \text{排出量}}{\text{燃料消費量}} \right)$$

要因に関連する対策を式(1)の右の項から順に説明する。1つ目は、燃料消費量当たりのCO<sub>2</sub>含有量を下げる対策である。たとえば、自然エネルギーの利用、すなわち太陽光発電や風力発電による電力の利用や、バイオマス燃料の利用、あるいは技術に頼って原子力発電の利用や、炭素隔離貯留を組み合わせた石炭の利用が含まれる。2つ目は、走行距離当たりの燃料消費量を下げる対策である。燃費の良い車両を開発・普及・利用すること、燃費が悪化しやすい混雑する場所や時間帯を避けて運行することが含まれる。

3つ目は、走行距離当たりの輸送量を増加させる対策である。一台当たりの平均乗車人員や平均積載量を増やすことで、同一の輸送量に対する走行距離を減らすことが含まれる。なお、乗車人員や積載量に合致する、大きすぎない車両を利用することで、燃費の改善につながる。4つ目は、積載率が高く、燃費が良く、炭素強度の低い交通手段の分担率を増加させる対策である。自動車や航空機から鉄道やバスや貨物船舶に転換することが含まれる。5つ目は、一回のトリップの長さを短くする対策である。土地利用をコンパクトにすることや、近場の施設の利用を促進することが含まれる。

6つ目は、エネルギーを使って移動する回数を少なくする対策である。自転車や徒歩や集配用台車などエネルギーの利用を伴わない手段への転換や、一カ所で用件をまとめて済ませたり、ICT(information and communication technology)を活用したりするなどして、トリップ数を減らすことが含まれる。なお、燃費を改善させるために、道路整備によって旅行速度を上げようとする対策は、交通手段の転換や輸送距離の増加など、誘発交通を招くことが認められており、中長期的にみてCO<sub>2</sub>削減になるとは必ずしも評価できない<sup>7)</sup>ことに留意する必要がある。

日本の交通部門のCO<sub>2</sub>排出量を大幅削減するためには、その約9割を占める自動車からのCO<sub>2</sub>削減が重要である。市区町村別自動車CO<sub>2</sub>推計結果<sup>8)</sup>に基づく日本の地域類型別一人当たり自動車CO<sub>2</sub>を図-1に示す通り推計した。

三大都市圏は人口では50%を占めるが、排出量のシェアは42%と小さい。東京都市圏、京阪神都市圏の区部、市部で約1.0 t-CO<sub>2</sub>/人・年前後であるのに対して、その他地域の中小都市や郡部では約2.0 t-CO<sub>2</sub>/人・年と約2倍に相当する。中京都市圏は、他の二大都市圏よりもその他地方に近い数値となっている。東京都市圏の中では小都市や郡部で高く、その他地方の中では政令指定都市で低く、両者とも約1.5 t-CO<sub>2</sub>/人・年となっている。日本全体の排出量に占める地域類型別の寄与や、交通手段の代替可能性を考えると、中間的な数値を示している地域での削減が重要と考えられる。すなわち、東京都市圏の小都市や郡部、中京都市圏の各地域、その他地方の大都市や中都市を対象として、自動車CO<sub>2</sub>の削減につながる交通施策を導入することが重要である。

なお、OECDの統計値を用いた試算では全国平均の交通部門の一人当たりCO<sub>2</sub>は2.0 t-CO<sub>2</sub>/人・年であり、本推計値は自動車のみの数値とはいえ、やや小さいことに留意する必要がある。

交通CO<sub>2</sub>の要因に沿って交通対策を整理し、地域別の交通対策を組み合わせ70%削減を可能とす

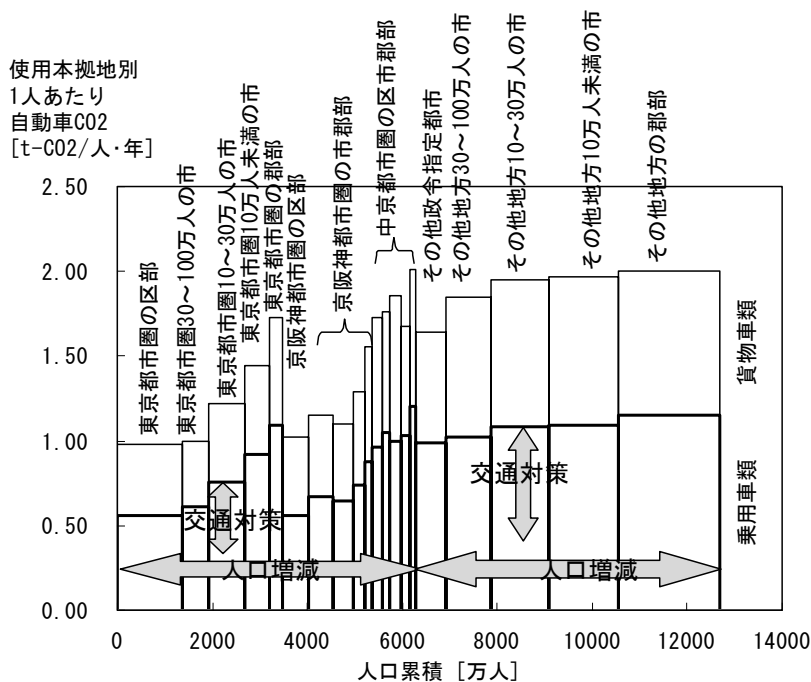


図-1 地域類型別一人当たり自動車CO<sub>2</sub>(1999)

るビジョンの案を表-2の通り作成した。列方向には、大都市圏都市部、大都市圏郊外、地方都市、地方郊外・郡部の4つの地域区分を例とした。行方向には、式(1)の要因に影響する施策を分類している。行列の要素には、各地域区分に適用可能な施策とその削減可能量の例を記載している。

例えば、大都市圏都市部では、既に徒歩圏の高密度化が相当に進んでいるため、追加的な削減量は多くないと考えた。郊外部では、近隣を集約化することにより、徒歩や自転車による移動へ転換する余地を比較的多く見込んだ。都市部では、都心の再開発や再評価による高密度化とともに都心から離れた地域の開発の支援を控える等により、移動距離の10%程度の削減が可能と仮定した。モーダルシフトでは、地方都市部でのLRT (Light Rail Transit) やBRT (Bus Rapid Transit) の導入による削減見込みを大きく見た。基盤整備費を除けば、経営可能な地域は少なくないと見られるためである。燃費改善は、大都市圏での効果が大きいハイブリッド車や鉄道の効率改善により20%の燃料削減が可能とした。郊外部では、都市の範囲での高密度化は困難とした。こうした数値の積み重ねにより一人当たりCO<sub>2</sub>排出量が減少する様子を地域区分別に試算した。

技術的対策、交通需要対策をバランスよく組合せ、地域特性に応じて削減見込み量に変化を付け、実現可能性がより高い削減ビジョンとすることを目指して、何度も改訂を行った。地域別人口構成の変化に関しては、S-3シナリオチームの想定(Aシナリオ)に合わせ、社会保障・人口問題研究所による2030年までの想定値を延長した値を用いた。

貨物交通および都市間旅客は、距離帯別に対策を検討し、表-3に削減ビジョンを示した。生産や商取引構造の変化を含めた貨物輸送量の削減を比較的多く見込んだ。旅客交通に比較すると実現可能なビジョンを検討することが困難であり、まだ改良の余地が大きいと考えられる。

なお、この試算には、地域区分、施策例(実現可能性)、削減量、人口予測等に幅があることに留意する必要がある。また、表-1に示した方向性によっては、対策のウェイトが大きく異なる将来ビジョンとなりうることに留意する必要がある。

表-2 2050年旅客交通ビジョン案

	都市圏 都市部	都市圏 郊外	地方 都市部	地方 郊外	合計
近隣集約化	△再開発	○再開発	△再開発	○集約化	112→33Mt 1990年比 - 70% (含む都市間 旅客: 30km-)  凡例: ◎: - 30% ○: - 20% △: - 10% ×: 削減なし
都市集約化	△都心再開 発	△撤退	△都心再開 発	×	
公共交通利用促進	△プライシン グ	△P&Rなど	○LRT	△乗り合いタ クシー	
積載効率改 善	△小型車両の活用		△乗り合い促 進	×	
燃費改善	◎都市モード	○郊外モード			
低炭素燃料	△	○バイオ燃料, 電動車両向け低炭素電力			
人口(百万人)	46→40	15→12	27→20	35→23	124→94
t-CO <sub>2</sub> /人	0.66→0.27	0.94→0.35	1.03→0.38	1.11→0.51	0.90→0.35

表-3 2050年貨物等交通ビジョン案

	地域間貨 物: 300km-	都市間貨 物: 30-300km	都市内貨 物: -30km	(都市間旅 客: 30km-)	合計
サプライチェーン マネジメント	○SCM		△SCM	<del>△</del>	106→32Mt 1990年比 - 70% (除く都市間 旅客: 30km-)  Index: ◎: - 30% ○: - 20% △: - 10% ×: 削減なし
都市集約化	<del>△</del>		○距離短縮	△~× モーダ ルシフト促進	
モーダルシフ ト	○海運、鉄道	△鉄道	△台車集配	◎鉄道、高速バ ス	
積載率改善	△配送頻度 削減	△共同輸送	○共同輸配送	○乗り合い	
燃費改善	○ITS, 低燃 費トラック	◎ITS, 低燃費 トラック	○ITS, 低燃費ト ラック	◎ITS, 低燃費車 量	
低炭素燃料	△バイオ燃料			○バイオ燃料、 低炭素電力	
Mt-CO <sub>2</sub>	33→10	49→15	24→7	(35→10)	

2050年の低炭素社会における交通・物流に関して、説得力のあるビジョン・シナリオへブラッシュアップすることを目的に、表-4の内容について有識者を交えて議論する研究会を開催した。

議論を通じて得られた多くの示唆を参考にして、交通分野の低炭素社会実現に資する施策パッケージとして、「拠点集約型土地利用と交通手段の連携」「電動軽量乗用車の普及」の二つを取りまとめ、S-3-1シナリオチームに提供し、「歩いて暮らせる街づくり」に反映された。

表-4 研究会の概要

検討テーマ	回(年月日)	テーマ(講演者)	メモの一部
地域間物流 委員:苦瀬教授 (東京海洋大学)	1回 2007.10.15	2050年の貨物輸送について 苦瀬教授(東京海洋大学)	貨物鉄道:モノレール、新幹線、第二東名。商取引構造の変化:翌日着、配送費込、～産。
	2回 2008.1.18	佐川急便の環境経営 中尾氏(佐川急便)	ハブ積載率80%。台車利用177箇所。トラックをなくそう。不在率60-70%。大阪東京間10%鉄道、枠不足。
低炭素社会における国土・交通 委員:石田教授 (筑波大学)	1回 2007.10.15	2050年の交通について 石田教授(筑波大学)	リアリティが必要。手段別区間毎道路使い分け。集約化は長期的。市民への働きかけ。海外との協働。
	2回 2007.11.14	交通物流ルネッサンスについて 天野氏(トヨタ自動車)	産業競争力懇談会。モデル事業。輸送の効率化+技術:パーソナルコンピュータ、自動駐車
		持続可能なモビリティプロジェクト(WBCSD)について 朝日氏(日産自動車)	mobility2030 技術変化が早い:燃料電池車→電気自動車 バイオ燃料車→?
3回 2008.2.18	自動車燃料の将来展望について 吉田氏(新日本石油)	資源量はあるが新開発されていない。運輸石油依存80%へ。充電スタンドも。重量車はGtL。ETBEで品質確保。国産国消。	

(4) 市区町村別乗用車CO<sub>2</sub>排出量削減目標達成シナリオ

運輸部門における長期的な都市・地域でのEST(Environmentally Sustainable Transport)推進に関する情報を提供するために、乗用車による旅客交通を対象として、地域特性に応じた実施可能で環境負荷の小さい交通体系の提示と、その実現に向けた中長期的な施策パッケージを提案することを目的とする。

シナリオ作成のフローを図-2に示す。燃料・車両技術に関する施策(EST1)の全国的な進展による削減量の中・長期(2020、2050年)で見積もる。そしてCO<sub>2</sub>排出量(BAU)を推計し、技術政策(EST1)の効果を見込んだ上で、削減目標を補えない分について交通施策(EST2)による必要削減量を算出する。最後に交通施策(EST2)のシナリオ分析を行い、必要実施量の検討を行う。

まず、BAUシナリオとして、技術的な改善が無い場合排出係数を一定とし、乗用車保有率と一台あたり走行距離を個別に推計したものを掛け合わせて乗用車CO<sub>2</sub>を求めた。乗用車保有率は、核都市あるいは周辺都市の別に人口密度、生産可能年齢人口割合、道路整備水準、鉄道駅の有無によるモデルを構築し、国土交通省による全国時系列保有率をコントロールトータルとして補正を加えて求めた。乗用車一台あたり走行距離は同様に地域別に人口密度、一人あたり事務所数、道路整備水準、鉄道駅数によるモデルを構築し、推計を行った。

その結果、2050年BAUでは、全国の乗用車保有率は人口減少を上回るペースで(2000年比で)42%増に達し、人口減少により乗用車保有台数は減少に向かうが、1台あたり走行距離が増加するため、総CO<sub>2</sub>排出量推計は97%増と約2倍近くまで増加する。ただし、この値には過大推計の疑いがあったため、モデルの構造の精査と入力パラメータの更新を行った。その結

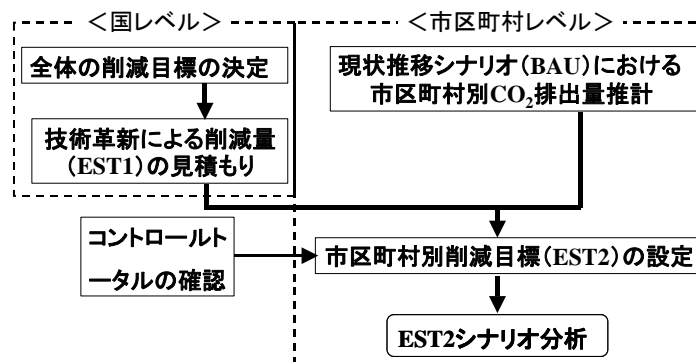
図-2 CO<sub>2</sub>排出量削減目標達成シナリオ作成の全体フロー



表-5 長期（2050年）技術シナリオ

シナリオ	普及率			CO <sub>2</sub> 削減率(2000年 比台キロあたり)
	燃料電池	ハイブリッド	低燃費自動車	
燃料電池自動車大量普及	90%	8%	2%	62.8%
ハイブリッド中心	-	93%	7%	49.4%
燃料電池・ハイブリッド共存	45%	50%	5%	56.2%

果、2050年BAUの全国排出量は2000年比で9%減となった。これはすなわち、フォアキャストによる長期予測の不安定さを表しているとも考えられる。

技術面では、表-5の通り3種類のシナリオを作成した。すべての乗用車が燃料電池自動車に変わるとする「燃料電池自動車大量普及型シナリオ」、燃料電池自動車が技術的な問題などで全く普及しないと想定した「ハイブリッド自動車中心シナリオ」、両者の中間程度に普及する「燃料電池・ハイブリッド共存シナリオ」である。燃料電池自動車の燃料である水素を生成する際の方法は副生水素を利用すると仮定した。

EST2の施策としては様々なものが考えられるが、ここでは都市域のコンパクト化によって乗用車走行距離自体を低下させるシナリオを考えた。

- 1) 人口減少地域では、人口密度は変化せず、可住地面積が減少する。
- 2) 人口増加地域では、人口密度が増加し、可住地面積は変化しない。
- 3) インフラ・都市施設整備量は可住地面積の減少に応じ、産業規模（ここでは事務所数）は人口の増減に応じて、比例的に変化する。
- 4) 燃費の将来変化については、トヨタ自動車・みずほ情報総研による推計値<sup>9)</sup>を用いる。

BAUと比較して、都市域のコンパクト化はおおよそ、2020年次に20%、2050年次には30%を超える削減効果があり、その結果どのEST1シナリオでも達成できなかった全体の削減目標が、EST2の同時実施によって達成可能であることが示された。燃料電池大量普及シナリオでは全市区町村において目標が達成され、2050年には1990年比70%以上のCO<sub>2</sub>削減効果を得る。市区町村別では、EST1シナリオによっては非都市圏において一部達成不可能な地域が見られるが、大都市部においての削減で補うことが可能であることが分かった。これは人口密度増加と都市施設の減少によって乗用車保有率が大きく減少したことが要因と考えられる。地域別に見ると、北海道、北関東、および東海地域において排出量が大きく、都市域コンパクト化による効果が高い地域は、人口密度が低く今後も人口の急増が考えにくい大都市近郊の周辺都市であることも確認できた。

#### （5）地域の基幹公共交通システムに応じたEST施策パッケージ

適材適所なEST施策パッケージの選定を行うため、その軸となる基幹公共交通システムの整備・拡充に関するCO<sub>2</sub>削減効果や採算性を考慮したシステム選定の手法を図-3のフローで構築した。鉄道・LRT（Light Rail Transit）・BRT（Bus Rapid Transit）・新交通システム（AGT: Automated Guideway Transit）・モノレール・GWB（GuideWay Bus）の新規整備を対象として、既存鉄道・バス利用、および自動車利用との輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量の比較を行う。

輸送機関のCO<sub>2</sub>排出量は、LCA（Life Cycle Assessment）を適用し、輸送機関について1日往復の需要量を10,000人/日とした場合のSyLC-CO<sub>2</sub>（輸送機関のシステム全体でのライフサイクルCO<sub>2</sub>）を図-4の通り推計した。

LRTは全ライフステージにおいて、SyLC-CO<sub>2</sub>が小さくなっている。これは、必要とするインフラ

が少ないことや、車両定員に対する車両重量が小さいために車両製造におけるCO<sub>2</sub>排出量が小さくなることが原因である。

輸送密度の大小が運行本数の増減に反映されると仮定し、輸送密度に対する輸送人キロあたりSyLC-CO<sub>2</sub>の感度分析を行った。需要量がおおよそ2,000人/日以下では、インフラ建設分が最も小さいBRTが、またそれ以上ではインフラ建設分、車両走行分ともにCO<sub>2</sub>排出量が小さいLRTが、それぞれ輸送人キロあたりSyLC-CO<sub>2</sub>最小の輸送機関となる。

DID人口密度に応じた輸送人キロあたりのSyLC-CO<sub>2</sub>を表現すると図-5のような結果となる。LRTについては、表定速度の低い場合として、国内路面電車の多くが分類される路線分類と、専用軌道中心の路線で表定速度の高い路線分類の両方の場合を想定し、各分類についての傾向を用いる。BRTについてもLRTと同様の分類を採用する。GWBについては、名古屋ガイドウェイバスの表定速度が30km/hであることから、表定速度の高い路線分類群の傾向を用いて推計し、さらに、鉄道、AGT、モノレールに関しては事例が多い路線分類の傾向を採用する。また、鉄道・バスについては走行起源CO<sub>2</sub>排出量の結果、すなわち既存の鉄道・バス利用の場合について輸送人キロあたりSyLC-CO<sub>2</sub>の値と、自動車の排出原単位（平成18年度交通関係エネルギー統計要覧から）の値を示している。ほとんどのDID人口密度の値に対して、LRTが輸送人キロあたりSyLC-CO<sub>2</sub>最小の輸送機関となる。ただし、DID人口密度が低い地域では、LRTやBRTなどの新規公共交通導入よりも既存の鉄道・バス路線を活用するほうが環境負荷の小さい場合も出てくる。また、本分析における設定によれば、LRTやBRTの表定速度が、現存する多くの路面電車と同程度の低い表定速度（20km/h以下）の場合、実施効果が期待できるDID人口密度の範囲が小さくなる。

次に、地域に適材適所な交通体系を選定するため、このような地域の傾向を考慮して、中心都

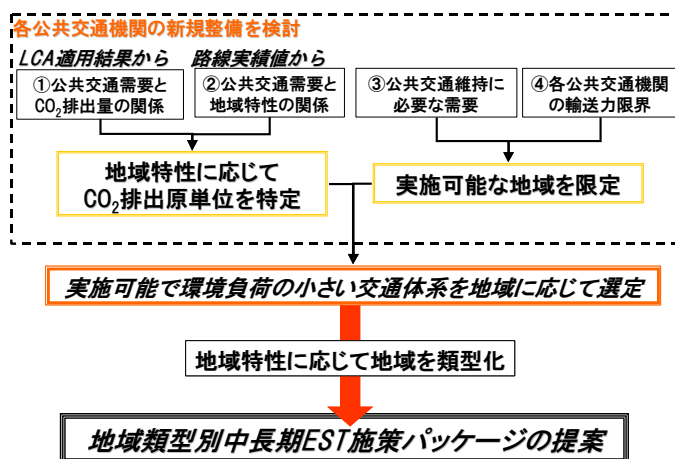


図-3 地域別EST施策パッケージ選定フロー

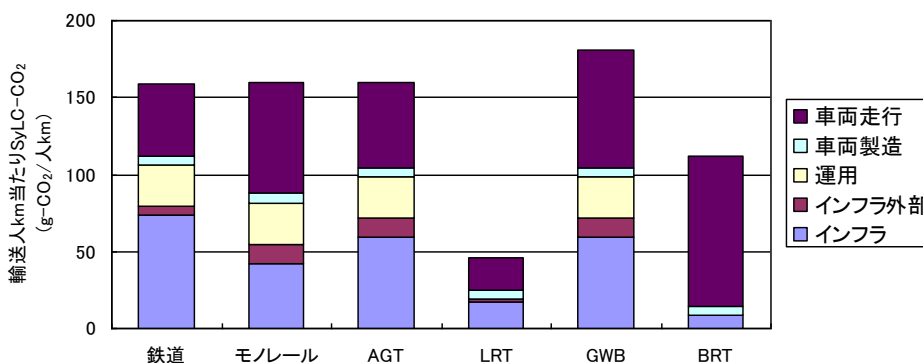


図-4 輸送人キロあたりSyLC-CO<sub>2</sub>(需要量10,000人/日)

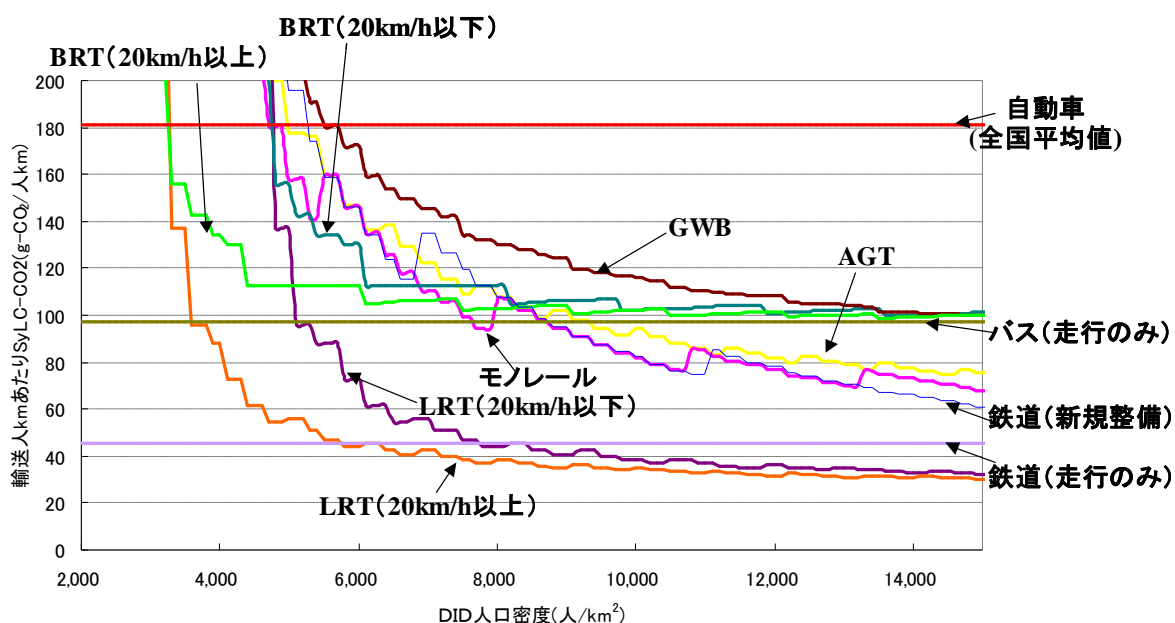


図-5 DID人口密度の変化に伴う輸送人キロあたりSyLC-CO<sub>2</sub>の変化

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つに分類し、さらに適切な基幹交通体系で次の8分類とした。

#### 都市高速鉄道（地下鉄・AGT・モノレール含む）活用：①

東京特別区、および大阪市が分類される。これらの地域では、既に都市交通網が成熟しているため、それらを中心とした交通体系を維持発展させることが重要である。この地域では、表が示すように、幹線部ではLRTやBRTの輸送力では対応できない。また、東京および大阪市を中心都市とする郊外都市は数多く、都心への流入性が非常に高いことから、自動車による渋滞が顕在化しやすい。以上のことから、自動車の都市部への流入を抑制する「ロードプライシング」や「駐車場政策」により、幹線公共交通の優位性を増すことが有効と考えられる。また、「AGT」や「モノレール」のように専用空間が少なく急勾配・急曲線に対応する交通システムの導入が、より環境負荷が小さいと考えられる。

#### 既存路線活用+LRT・BRT整備：②

分類された全地域において、交通体系の基幹をなす地下鉄や路面電車、またはAGTやモノレールが存在するが、中心都市の郊外地域や郊外都市では公共交通整備が不足し、自動車に強く依存している。現存する交通体系を活用して「LRT」や「BRT」を導入することにより、環境負荷の小さい交通体系に誘導できると考えられる。

LRT整備においては、人口集中性が高いことから、「郊外で専用軌道」により高速運行し、「パーク&ライド」などを同時実施することにより利便性を高めることができる。BRTについては郊外部が拡散している場合に特に有効であるが、中心部での輸送力による制約を考慮する必要がある。また、都心部でさらに自動車依存しない交通体系を維持するためには、「ロードプライシング」や「駐車場政策」などの自動車流入規制、または「チケットキャンセラー導入」や「運賃体系の見直し」などが考えられる。さらに、フランス・ストラスブール市の例で示したように中心市街

地に歩行者空間を拡大する「トランジットモール」の実現により、中心市街地の活性化などの相乗効果が図られ、LRTがより地域に愛される交通機関になることも期待できる。

#### **新規LRT・BRT整備：③**

これらの地域は、ある程度人口集中性があり、LRT・BRT整備による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CO<sub>2</sub>削減効果が見込める地域である。中心都市に流入する幹線道路網などを見直し、LRTまたはBRTの導入を検討することが有効である。これらの導入においては、②と同様に、いくつかの施策を同時実施すべきである。

#### **既存路線活用：④**

これらの地域では、LRTを新規に整備する場合よりも既存鉄道を利用する場合の方が、輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量が小さくなっている。そのため、新規に路線整備は行わず、既存路線の利用を促進し自動車利用からの転換を図ることが適切な地域であると考えられる。具体的な策としては、「パーク&ライド」や「サイクル&ライド（駐輪場整備）」などの策が有効である。

#### **既存路線活用+LRT・BRT整備：⑤**

多くの自動車依存型地方都市がこの分類に含まれる。この地域においては、輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量において自動車交通に対するLRT・BRTの有効性が示されているが、都市規模を考えると路線需要の確保は容易でなく、導入は慎重に検討する必要がある。そこで、これらの自動車依存している地域では、既存路線利用促進およびバス路線網の充実とともに、特に郊外地域においては積極的に「パーク&ライド」を行うなど、自動車と共存した交通体系を目指す。

#### **既存路線活用+自動車共存：⑥、⑦、⑧**

LRTやBRTの採算性が見込めず、CO<sub>2</sub>削減効果も小さい⑥では、公共交通整備は避け、路線バスが中心的な交通体系となる。また、既存路線の利用促進も必要である。

⑦、⑧は小都市雇用圏中心都市であり、公共交通型（⑦）、自動車依存型（⑧）と分類はしたが、DID人口密度が高い地域でも人口規模が小さいため公共交通整備は難しい。そのため、このような地域では、既存路線を活用・維持しながら、特に郊外地域では自動車が必要不可欠な移動手段となっているため自動車依存を認めざるを得ない。

これらを踏まえ、弱い自動車依存型の都市を例に、地方都市がCO<sub>2</sub>排出削減目標の達成を前提とした長期的な交通計画をどのようなタイムスケジュールに沿って実施していくべきかを示すロードマップを作成した。その際、今後日本の都市が、少子高齢化や人口減少、それと連動した地域経済の逼迫といった状況の中で、魅力的で暮らしやすい持続可能な地域づくりを行っていくことが求められることを念頭に置いた、従来型のモータリゼーション依存型都市経営からの転換をいかに果たすか、という観点に留意した。また、日本の都市に具体的に欠けている視点を以下の6点にまとめ、これらも配慮して、施策担当者と共に図-6を得た。

- 1) 交通分野における環境配慮の必要性の認識
- 2) 地方分権・地域自立という発想
- 3) 行政による公共交通への補助制度
- 4) 政策の総合化（パッケージ化）
- 5) 関係者（ステークホルダー）を巻き込むしくみづくり
- 6) 都市計画との連動

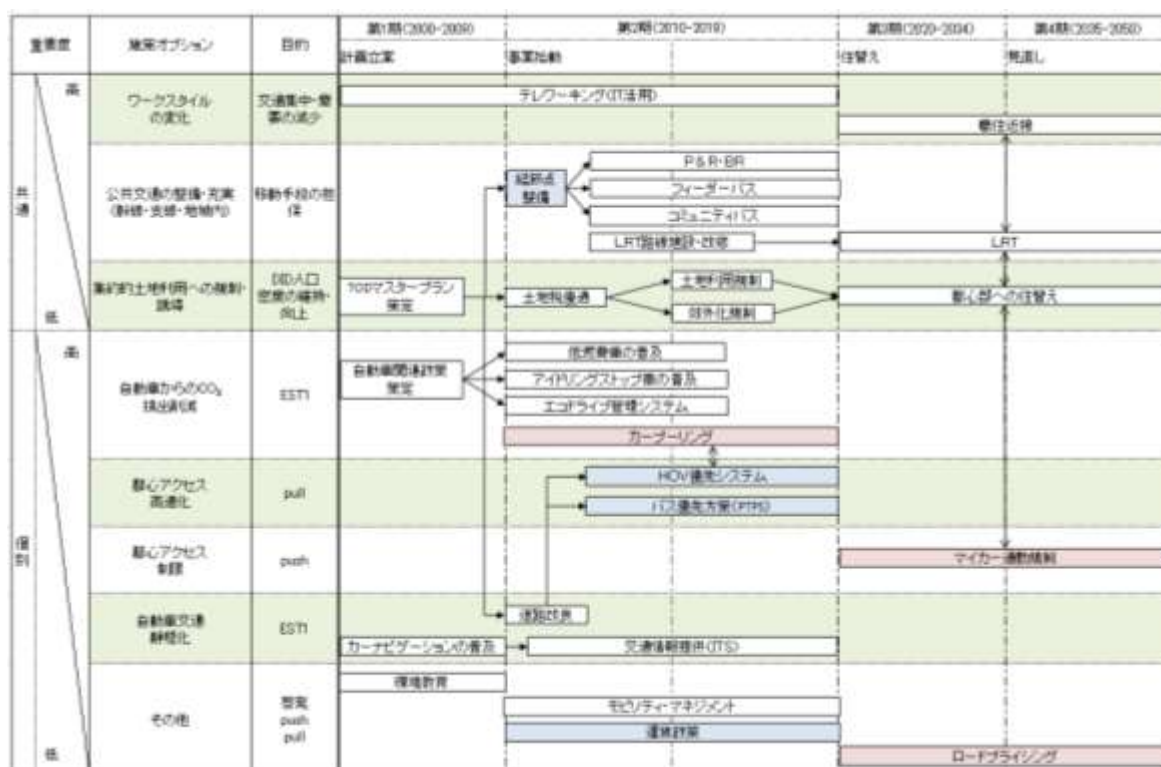


図-6 弱い自動車依存型の都市における持続可能な交通を実現するための施策ロードマップ

(6) 航空需要予測モデルを援用した地域間旅客交通CO<sub>2</sub>の長期シナリオ

国土交通省航空局より発表されている航空需要予測モデルを簡略化し、地域間旅客交通CO<sub>2</sub>の長期シナリオを検討した。全国発生モデルで人口やGDPより日本全体の旅客数を、交通機関選択モデルで交通機関別の所要時間や費用より223ゾーン間の機関別旅客数を、航空経路選択モデルで空港経路別の所要時間・運行便数等より経路別の旅客数を予測する。次に、便あたりの旅客数算定モデルで航空路線別の旅客数や路線距離等より航空便1便あたりの旅客数を予測し、そこから路線別の便数を求め、空港容量制約と便数の整合をとった後、再び航空経路別の旅客を計算し、収束するまでこの過程を繰り返す。その後CO<sub>2</sub>排出原単位をかけ、CO<sub>2</sub>排出量を求める。

なお、交通機関選択モデルと、航空経路選択モデルは国総研モデルのものをそのまま使用する。全国発生モデルは、一人あたりGDPを用いたモデルは過大となるため、人口比例パターンとの中間の値となるGDPを用いたモデルを採用した。

羽田空港の4本目の滑走路の利用開始や、利用者の利便性向上のために、今後航空機による輸送は多頻度化・使用機材の小型化が進むものと思われる。よりきめ細かいCO<sub>2</sub>の排出量予測を行うために、機材別の排出原単位を文献調査によりまとめた。

表-6は代表的な航空機のCO<sub>2</sub>排出原単位を、カタログスペックより計算したものである。各航空機の満席の乗客を乗せ、最長飛行距離を飛行し、最大搭載燃料を消費したものとした。航空機は離着陸時の燃料消費が大きいので、飛行距離が短くなると原単位が増加、予備燃料を考慮すると原単位が減少する可能性があることに注意が必要である。また、MRJ90はエンブラエル170(E170)の7割(就航時の見込みは8割から6割程度)の燃費として計算した。

表-6 航空機材によるCO<sub>2</sub>排出原単位

	距離 (km)	燃料 (kl)	燃料 (t)	CO <sub>2</sub> (t)	座席数				原単位(g/km/席)			
					最小	最大	JAL	ANA	最小	最大	JAL	ANA
B737-500								126				
B737-700	5940	26	20.80	65	120	149		120	92	74		92
B747-400	13450	217	173.60	546	416	524	546	569	98	77	74	71
B767-300	11306	91	72.80	229	218	351	261	279	93	58	78	73
B777-200	9649	117	93.60	294	305	440	375	405	100	69	81	75
B777-300	11029	171	136.80	430	368	550	500	514	106	71	78	76
A300	8050	61	48.80	153	220	280	290		87	68	66	
A320	5550	24	19.20	60	150	180		110	72	60		99
A380	15200	310	248.00	779	525	853			98	60		
E170	3100		9.34	29	78	78			121	121		
MRJ90	1700		3.58	11	86	96			77	69		

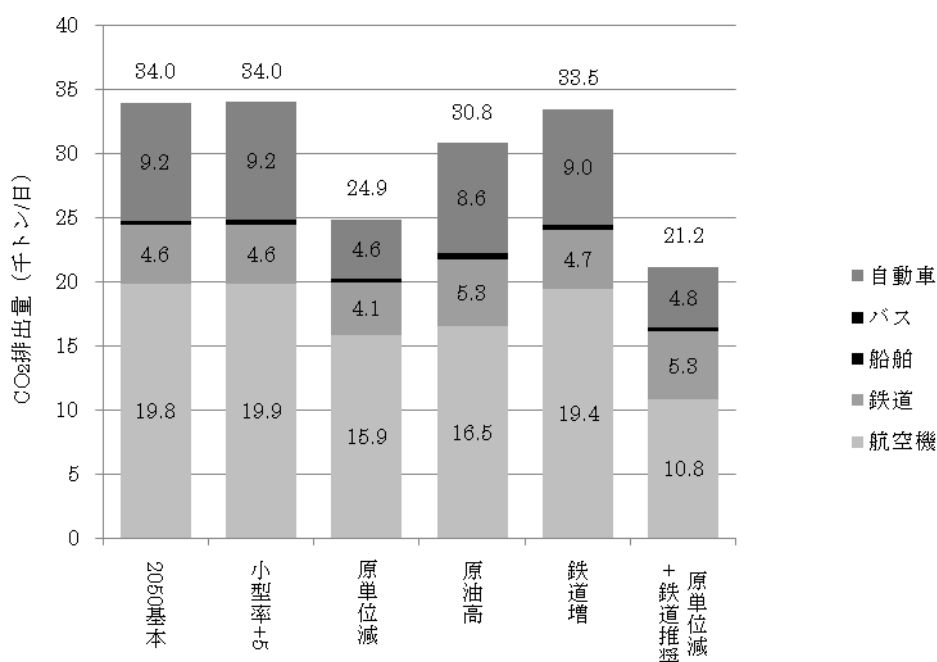
この表によると、CO<sub>2</sub>排出原単位は座席数により大きく変化するが、搭乗率等を考慮すれば、おおむね各所の原単位程度の値となっている。また、MRJ90などの新型機が見込み通りに就航したとすると、A380と同程度の排出原単位となる。よって、CO<sub>2</sub>排出の観点からは機材のサイズが排出原単位に与える影響はほとんどないと言え、機材の小型化で搭乗率を上げることができれば、CO<sub>2</sub>排出量を削減できる余地もある。ただし、コスト面では空港利用料や人件費等により小型機材の方が不利となる。

2050年の推計にあたりCO<sub>2</sub>排出原単位は自動車で2005年の最大50%、航空機で最大80%、その他で90%になるとした。自動車については国土交通省の予測では2004年からの11年間で23.5%燃費が改善すると予測されており、そのペースでは2048年に原単位は2004年の47.6%になる。また現在の最低燃費の自動車に、すべての自動車が置き換わったとすれば、技術革新がなくとも原単位は42.5%となることから、50%は可能な値であるとした。航空機については現在開発中の新型機の水準が2050年の平均になっていると仮定した。交通ネットワークについては、新空港の開港や新幹線の延伸などが2050年までに行われるとしたものとなっている。大型機材構成率は2005年に35%、2050年に25%となっている。

図-7の2050年「基本ケース」は交通ネットワークと大型機材構成率のみ2050年のものを用いて推計したものである。全国発生モデルでは、2050年の発生量は2005年をごくわずかに下回ると推計されており、新幹線の延伸などにより鉄道の利用が増え、CO<sub>2</sub>排出量は減少している。「小型機率+5%ケース」は「基本ケース」よりも、大型機材構成率が5%低かったとしたケースで、小型機多頻度運行がより進む設定であるが、排出量は「基本ケース」とほとんど変わらない結果となった。

「原単位減ケース」は「基本ケース」に加え、自動車・航空・その他のCO<sub>2</sub>排出原単位がそれぞれ50%・80%・90%となった場合のもの、「原油高ケース」は原油高によって鉄道以外の交通機関の料金が2割増・鉄道の料金が1割増としたもの、「鉄道増ケース」は「基本ケース」から鉄道の便数を1割増やしたものとなっている。「原単位減+鉄道推奨ケース」は、「原単位減ケース」に加え、鉄道の利用を促すため鉄道料金を1割引、自動車と航空料金を2割増しにした。原単位が減少すると、鉄道の便数を増やした場合などに比べてCO<sub>2</sub>の削減幅は大きく、原油高はCO<sub>2</sub>排出量を減少させる要因となっていることがわかる。

表-7は各指標を20%増減変化させたときのCO<sub>2</sub>排出量の変化である。それによると航空に関する

図-7 2050年のCO<sub>2</sub>排出量

指標を変化させたときの感度が高くなっている。これは都市間では航空の利用割合が多いことが原因だと思われる。また、鉄道料金の感度も比較的高く、鉄道は比較的短距離では自動車と比較的長距離では航空と、それぞれ競合しているためだと思われる。自動車関連の感度が低いのは、利用できる交通機関が自動車に限られる場合があるなどの影響によると思われる。

次に、2050年のCO<sub>2</sub>削減の目標を2050年の4割減とし、それを達成できる「原単位減+鉄道推奨ケース」の削減策の組み合わせについて、低燃費自動車の購入を推奨し、原単位を下げる「低燃費車推奨」と、料金を変化させて鉄道利用を促す「鉄道推奨」の2策に分け、その実施順による効果の違いを検証した。両策を毎年定率で行うA定率パターン、低燃費車推奨を先（2010年から2020年の間）に鉄道推奨を後（2030年から2040年の間）に行うB低燃費先行パターン、逆に低燃費推奨を後に鉄道推奨を先に行うC鉄道先行パターン、両方を後に行うD後手パターン、両方を先に行うE先手パターンの5パターンについて、2010年から2050年までの40年間のCO<sub>2</sub>の総排出量を推計した。

図-8のB低燃費先行パターンとC鉄道先行パターンの比較では、2030年までは鉄道推奨を先に行うCパターンの排出量が少ないが2040年には逆転しており、鉄道推奨は低燃費車推奨よりも即効性があることがわかる。

図-9の通り、両策を先に実施しもっとも排出量が少ないEパターンと両策を後に実施しもっとも排出量が多いDパターンでは6600万トン（2010年の5.0年分、2050年の8.5年分）の差があり、CパターンはBよりも2100万トン排出量が少なかった。今回の削減策の組合せでは、鉄道推奨策を先に実施する時の効果が高いことが示されたが、自動車の利用が多い短距離の都市内交通を含める場

表-7 各指標を変化させたときの排出量の変化

	+20%	-20%
自動車料金	-2.8%	3.1%
自動車原単位	4.0%	-4.5%
鉄道料金	7.5%	-7.6%
鉄道頻度	-2.7%	3.3%
航空料金	-10.0%	10.1%
航空原単位	11.7%	-11.7%

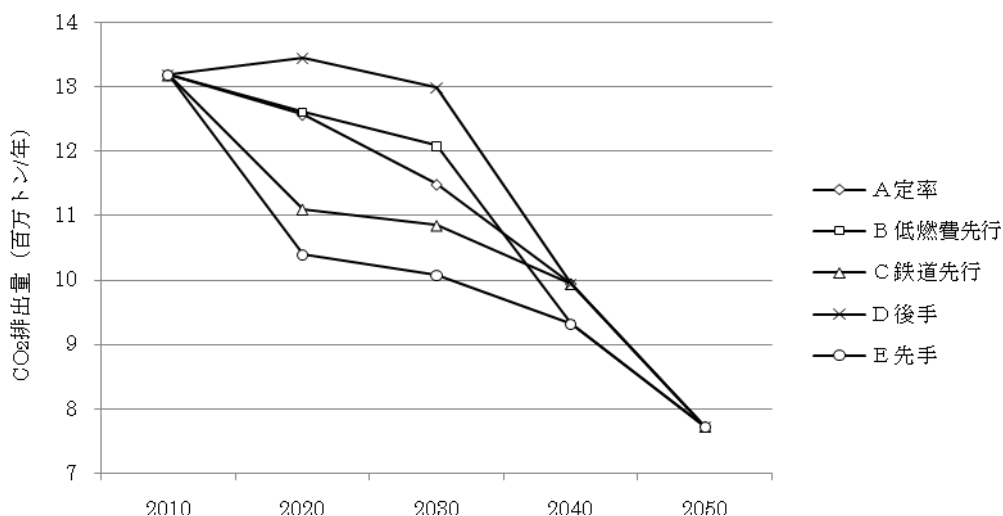


図-8 施策導入順序によるCO<sub>2</sub>排出量の推移の違い

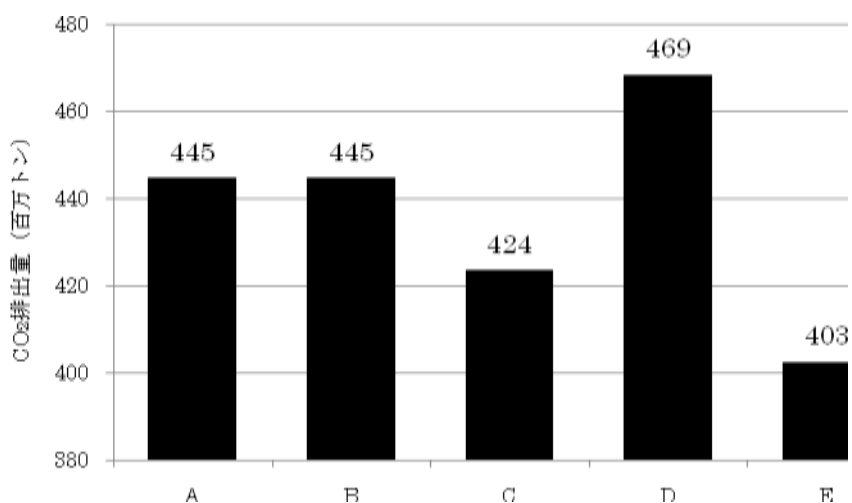


図-9 施策導入順序別の40年間のCO<sub>2</sub>総排出量

合、低燃費車推奨策はさらなるCO<sub>2</sub>削減効果が見込まれる。

2050年に4割減のシナリオを7割減に強化するためには、航空からのCO<sub>2</sub>排出量をさらに半減する必要がある。航空機へのバイオ燃料の投入も考えられるが、速達性の高いリニア新幹線等を整備することも考えられる。基本的には、航空・自動車に対する鉄道の料金をさらに低下させ、モーダルシフトをさらに促進することが重要と考えられる。

#### (7) 地域間物流の将来予測と排出削減シナリオ

国内貨物全般について、長期的な需要予測を実施している文献としては、「長期輸送需要予測に関する調査（財団法人運輸政策研究機構）（平成12年3月）」<sup>10)</sup>がある。4段階推計法をベースに輸送機関別の純流動量を予測する方法を示している。平成17年物流センサスを見ると、我が国



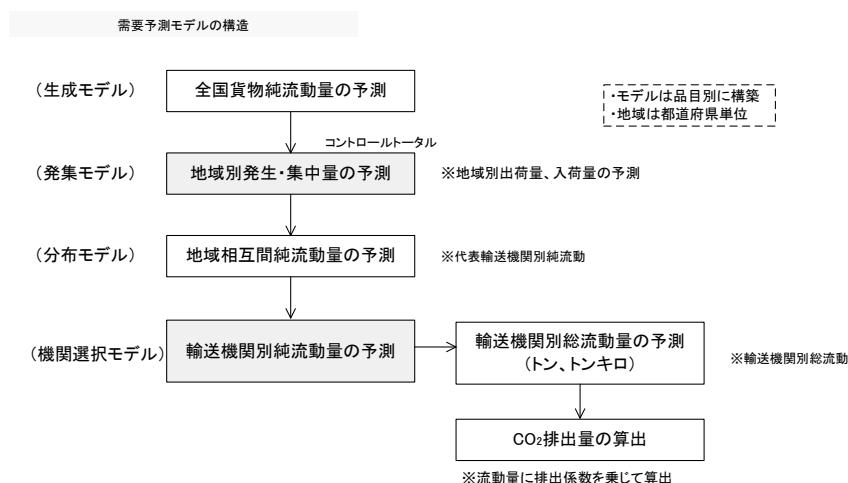


図-10 地域間貨物輸送モデル構造

における貨物の輸送手段の約70%（トンベース）は、営業用トラックをはじめとした自動車輸送であり、残りの約25%が海運となっている。品目別のトンベース輸送量では、化学工業品、金属機械工業品、軽工業品が多くなっている。また、地域別には、首都圏の都道府県間の流動、愛知県とその近隣の県の流動が多くなっている。

本検討では「長期輸送需要予測に関する調査」の結果を踏まえ、図-10に示すモデル構造を採用した。ただし、利用できるデータの制約やモデルの利用のしやすさを考慮し、また、将来のシナリオを取り込める構造とするため、変数の統合化、モデル構造の簡略化をはかり、需要予測モデルを完成した。

貨物の発生・集中量予測モデルは、2005年度の地域別社会経済フレームを説明変数とするクロスセクションの重回帰モデルとした。基本的に発生量予測モデルは供給要因を考慮し、集中量予測モデルは需要要因を考慮した。現況再現値と実績値をプロットした。大部分の品目で、決定係数が0.6以上と説明力の高いモデルを構築することができたが、発生モデルの林産品、鉱産品では、決定係数が0.5前後となった。

交通機関分担モデルは、平成17年の物流センサスデータを用いて、都道府県間ODを対象とし、鉄道／自動車／船舶の3機関の選択モデルとして集計型のロジットモデルを構築した。機関選択モデルで算出された輸送機関別の総流動量（トンキロ）に対して、機関別のCO<sub>2</sub>排出原単位を乗じてCO<sub>2</sub>排出量を算出した。

技術革新による燃費改善、積載率向上等の物流効率化による輸送トンキロあたりの排出量の削減、ICT活用による都市内交通流の円滑化、料金や時間の低減によるモーダルシフト等を長期削減シナリオとして想定した。特に、第二東名や中央リニアの建設を介して、東海道の各都府県のトラックシェアの50%を鉄道に転換する等の想定を行うことにより、7割削減が可能とのシナリオを設定することができた。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

1) バックキャスティング手法をレビューし、需要変化を含めた多様な手段の組合せを行うこと

で大幅削減の実現可能性が向上すると考えられることを明らかにした

- 2) 有識者ヒアリングを通じて、2050年のビジョン全体を左右する要因として、移民受け入れ、中国・インドの経済水準、意思決定の仕組み、原油価格を指摘した。また、交通ビジョンを左右する要因として、居住の動向、根源的な移動ニーズ、速度ニーズ、資源循環の規模、燃料電池車の普及可能性を指摘した
- 3) 全国市区町村の自動車CO<sub>2</sub>排出量の現況を明らかにし、地域類型別に多様な対策を組み合わせた都市内旅客交通低炭素ビジョンを構築し、CO<sub>2</sub>を7割削減する見通しを得た。なお、技術と交通需要の組合せについては、振れ幅があることに留意する必要がある
- 4) 貨物輸送および地域間旅客交通についても、長期需要予測に基づく削減見込みを参考としながら、さらに需要変化を誘導する施策を加えた低炭素ビジョンを構築し、まだ改善の余地は大きいものの、CO<sub>2</sub>を7割削減する見通しを得た
- 5) 自治体による都市内旅客交通対策として、国によるハイブリッド車等普及策に加えて、コンパクト化施策が必要なことを定量的に明らかにした
- 6) 地域の交通需要に応じてライフサイクルCO<sub>2</sub>が小さくかつ経済的に成立する基幹公共交通手段を選択するモデルを構築し、類型別にEST施策パッケージを提示した
- 7) 具体的な地方都市について、施策のロードマップ案を提示した
- 8) 地域間旅客長期需要予測モデルを簡略化したモデルを開発し、自動車等の燃費改善と鉄道利用推奨により、都市間旅客CO<sub>2</sub>をBAUより4割減可能との見通しを得た。7割削減のためには、航空CO<sub>2</sub>をさらに半減させるようなモーダルシフト策が必要である
- 9) 地域間物流の長期需要予測を簡略化したモデルを開発し、多様な施策の組合せにより7割削減を達成可能な見通し明らかにした

## (2) 地球環境政策への貢献

- 1) 名古屋市交通問題調査会の答申「なごや環境戦略」（2004.6）、および、長野県飯田市が2004年度に実施した「総合交通計画策定調査」において、本研究の調査内容が活用され、答申内容・調査結果のとりまとめにおいて中心的役割を果たした。
- 2) 環境省地球環境対策課が2005年度に実施した「地球温暖化対策とまちづくりに関する検討会」において、本研究の調査内容が活用され、報告書に引用された。
- 3) 環境省自動車環境対策課他が2005年度に実施したESTモデル事業「ESTステークホルダー会議」において、本研究の調査内容が活用された。
- 4) 日本交通政策研究会が2004年度から実施している共同研究プロジェクト「2050年を目標とした持続可能な運輸部門の構築」の報告書に成果の一部が引用された。
- 5) 環境省地球環境局が2005年度に実施した「地方公共団体の二酸化炭素排出量推計手法検討専門家委員会」において、本研究の成果が活用された。
- 6) エコロジーモビリティ財団が2006年度～2008年度に実施している「環境的に持続可能な交通（EST）普及推進委員会」において、本研究の成果が活用された。
- 7) 滋賀県が2007年度に実施した「持続可能な滋賀社会ビジョン策定小委員会」に、本研究の成果が活用され、ビジョンに反映された。
- 8) つくば市が2008年度に実施した環境都市推進委員会（同小委員会、交通分科会）に、本研究

の成果が活用された。

- 9) 環境省地球環境局が2008年度に実施した「新地方公共団体実行計画策定マニュアル等改訂検討会」に、本研究の成果が活用された。

## 6. 引用文献

- 1) OECD“OECD Guidelines towards Environmentally Sustainable Transport”, 2002.
- 2) 持続可能な発展のための世界経済人会議(WBCSD)「Mobility2030」, 2004.
- 3) J. Whitelegg et. al. “Selected international transport investment and funding frameworks and outcomes”, A report for the Australian National Transport Secretariat, Eco-Logica reports, 2003.
- 4) P. Steen, K.H. Dreborg, J. Åkerman“Policy Scenarios for Sustainable Mobility in Europe – the POSSUM Project”, Environmental Strategies Research Group/FOA, 1998.
- 5) A. Tuominen“Strategic Impact Assessment Methods for future transport in Europe”, NECTAR Conference no 6, Espoo, Finland, 2001.
- 6) Scenarios for Sustainability,  
[http://www.scenariosforsustainability.org/howto\\_recipes.php](http://www.scenariosforsustainability.org/howto_recipes.php) (2005. 12. 15)
- 7) 国土交通省道路局「地球温暖化防止のための道路政策会議 報告」(2005)
- 8) 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CO<sub>2</sub>排出量の推計手法に関する比較研究」, 環境システム研究論文集, 32, 235-242, 2004.
- 9) トヨタ自動車株式会社、みずほ情報総研株式会社「輸送用燃料のWell-to-Wheel評価 日本における輸送用燃料製造(Well-to-Tank)を中心とした温室効果ガス排出量に関する研究報告書」、平成16年11月
- 10) 財団法人運輸政策研究機構、長期輸送需要予測に関する調査、平成12年3月

## 7. 国際共同研究等の状況

- 1) Open Symposium “Low-Carbon Society Scenario toward 2050: Scenario Development and its Implication for Policy Measures”にて欧州の専門家との間で意見交換
- 2) Global Carbon Project (GCP) Urban and Regional Carbon Management (URCM)によるGCP URCM Seminar Series: Regional Approach to Climate Change Issues: Two Cases in Asia-Pacific, (December 26, 2006 in Tsukuba, Japan)において、Prof. Jacques-François Thisse, (Center for Operations Research and Econometrics, Université Catholique de Louvain, Belgium)らに本研究成果を紹介し、意見交換
- 3) S-3-1が主催する日英共同研究プロジェクト「低炭素社会の実現に向けた脱温暖化2050」の第2回ワークショップ(2007年6月ロンドン)に講演者やコーディネータとして参加・貢献
- 4) 第3回ワークショップおよびシンポジウム(2008年2月東京)に講演者やコーディネータとして参加・貢献
- 5) S-3-1国際シンポジウム、ワークショップ(2009年2月東京・つくば)に講演、司会として参加・貢献

## 8. 研究成果の発表状況

## (1) 誌上発表

## 〈論文（査読あり）〉

- 1) Y.Moriguchi and H.Kato: European J. Transport and Infrastructure Research, 4(1), 121-145, 2004.  
“EST case studies and perspectives in Japan”
- 2) 松橋啓介、工藤祐揮、上岡直見、森口祐一：環境システム研究論文集, 32, 235-242, 2004  
「市区町村の運輸部門CO<sub>2</sub>排出量の推計手法に関する比較研究」
- 3) 松橋啓介：都市計画論文集, 39(3), 331-336, 2004.  
「大規模市民参加型まちづくりワークショップの事例報告 - 西オーストラリア州パース都市圏におけるフォーラム『都市との対話』の取り組み -」
- 4) H.Kato, Y.Hayashi, K.Jimbo: Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.6, 3241-3249, 2005.  
“A framework for benchmarking environmental sustainability of transport in Asian mega-cities”
- 5) 松橋啓介：都市計画論文集, 42(3), 889-894, 2007.  
「低炭素社会に向けた交通システムの将来ビジョンの構築について」

## 〈査読付論文に準ずる成果発表〉

- 1) 松橋啓介：環境研究, 141, 22-28, 2006.  
「持続可能な交通とまちづくりの方向性」
- 2) 松橋啓介、J. Kenworthy：都市計画, 255, 20-23, 2005.  
「エネルギー消費と人口密度」

## 〈その他誌上発表（査読なし）〉

- 1) 松橋啓介：「長期的な戦略による効率的な道路交通システムの実現施策」, 日本交通政策研究会, 1-16, 日交研シリーズ, A-397, 2005.  
「京阪神大都市圏における小地域別トリップ・エネルギーと土地利用特性」
- 2) 森田紘圭、林良嗣、加藤博和、森本貴志：土木計画学研究・講演集, 33, CD-ROM, 2006.  
「全国市区町村の持続可能性に関する経済・環境面からの評価」
- 3) 中條将史、森本貴志、森田紘圭、加藤博和：第14回土木学会地球環境シンポジウム講演論文集, 83-90, 2006.  
「技術革新を考慮した地域特性格乗用車CO<sub>2</sub>中長期削減シナリオの検討」
- 4) 森田紘圭、森本貴志、加藤博和、林良嗣：土木計画学研究・講演集, 34, CD-ROM, 2006.  
「都市空間構造改変を考慮した運輸部門でのCO<sub>2</sub>削減シナリオに関する検討」
- 5) 松橋啓介：交通工学, 42(6), 38-43, 2007.  
「日本における低炭素社会に向けた対策の検討」
- 6) 郷智哉、加藤博和、谷田一：土木計画学研究・講演集, No. 36, CD-ROM, 2007.  
「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」

- 7) 加藤博和、後藤直紀、柴原尚希、加知範康：日本LCA学会誌，4(1)，44-50，2008.  
「建築物の立地が環境負荷に及ぼす影響に関する考察」
- 8) 後藤直紀、加知範康、柴原尚希、加藤博和：第3回日本LCA学会研究発表会講演要旨集，78-79，2008.  
「都市域拡大抑制による環境負荷削減可能性に関するマイクロ分析」
- 9) 松橋啓介：2050年を目標とした持続可能な運輸部門の構築，日本交通政策研究会，日交研シリーズA - 462，1-11，2009.  
「2050年低炭素社会に向けたビジョン構築」
- 10) 松橋啓介：調査季報，164，36-39，2009.  
「低炭素社会実現に向けた交通システム改善のポイント」
- 11) 加藤博和：土木学会土木計画学研究・講演集，37，CD-ROM，2008.  
「EST実現のための交通施策の要件と日本における課題」
- 12) 谷田一、加藤博和、柴原尚希：土木学会土木計画学研究・講演集，37，CD-ROM，2008.  
「脱温暖化に向けた地域類型別交通施策ロードマップ導出に関する研究」
- 13) 加藤博和、伊藤浩二：土木学会土木計画学研究・講演集，37，CD-ROM，2008.  
「地方都市が『クルマへの過度の依存』から脱却するための戦略に関する一考察 -岐阜県多治見市の「エコ交通」への取り組みを通じて-」

## (2) 口頭発表 (学会)

- 1) 栗山和之、加藤博和、林良嗣：第12回土木学会地球環境シンポジウム講演論文集，39-44，2004.  
「アジア大都市における交通システムの持続性検証の方法論」
- 2) 山根顕、加藤博和、林良嗣：土木学会第32回環境システム研究論文発表会講演集，149-154，2004.  
「地方都市における企業と自治体の協働による通勤時の自動車利用抑制方策の実証的検討」
- 1) H.Kato and Y.Hayashi: 10th World Conference on Transport Research, Istanbul, 2004.  
“A Method for Evaluating Environmental Sustainability of Transport Systems Based on Life Cycle Concept and Infrastructure-Activity Interaction”
- 2) 工藤祐揮、松橋啓介、森口祐一、上岡直見、中口毅博：第21回エネルギーシステム・経済・環境カンファレンス，同講演論文集，93-96，2005.  
「ODデータに基づく運輸部門市区町村別CO<sub>2</sub>排出量の推計」
- 3) 松橋啓介、工藤祐揮、上岡直見：第1回人と環境にやさしい交通をめざす全国大会in宇都宮，同論文集，61-62，2005.  
「日本の交通CO<sub>2</sub>削減における地方都市の交通CO<sub>2</sub>削減の位置づけ」
- 4) H.Kato, N.Shibahara, and Y.Watanabe: Proceedings of the 7th International Conference on EcoBalance, Tsukuba, 333-336, 2006.  
“A Systematic Approach for Evaluating Public Transport Systems through LCA”
- 5) H.Morita, H.Kato, and Y.Hayashi, : Proceedings of the International Symposium on Social Management Systems, CD-ROM, Yichang, 2007.  
“Population Decline and Financial Sustainability of Municipal Authorities in Japan”

- 6) 松橋啓介、工藤祐揮、森口祐一：第22回全国環境研究所交流シンポジウム予稿集, 2007.  
「地域別交通部門二酸化炭素排出量の推計と削減策」
- 7) 松橋啓介：国立環境研究所公開シンポジウム2007, 同予稿集, 2007.  
「脱温暖化社会に向けた交通とまちづくり－2050年の持続可能な交通の姿を今から考えましょう－」
- 8) 柳下正治、早瀬隆司、松橋啓介、濱田志穂、山田章博：環境科学会2007年会シンポジウム同予稿集, 152-153, 2007.  
「社会変革のためのステークホルダー会議の可能性-持続可能な交通を事例として-」
- 9) 森口祐一：第21回環境工学連合会講演論文集, 45-50, 2007.  
「地球環境のメガトレンドへの対応」
- 10) 松橋啓介：第1回つくば3Eフォーラム, 同予稿集, 32, 2007.  
「2050年までに日本の運輸部門CO<sub>2</sub>を約70%削減する対策について」
- 11) 松橋啓介：もったいない学会2007年度サロン講演会第10回, 2007.  
「2050年の低炭素社会における日本の交通の姿について」
- 12) 松橋啓介, 工藤祐揮, 近藤美則, 加藤秀樹, 米澤健一, 青柳みどり, 小林伸治, 森口祐一：第2回つくば3Eフォーラム, 同報告書, 173-179, 2008.  
「低炭素社会の地域と交通のイメージ」
- 13) 松橋啓介：環境の視点から札幌の交通を考える市民セミナー, 2008.  
「脱温暖化社会に向けた交通とまちづくり」
- 14) 松橋啓介, 小林伸治, 森口祐一：第6回環境研究機関連絡会成果発表会, 2008.  
「低炭素社会の地域と交通の将来像の検討」
- 15) 松橋啓介, 小林伸治：第3回人と環境にやさしい交通をめざす全国大会in横浜, 同大会論集, 93-94, 2008.  
「低炭素社会におけるLRTと地域のイメージ」
- 16) 松橋啓介, 小林伸治：社団法人自動車技術会第36回次世代燃料・潤滑油委員会, 2008.  
「低炭素社会に向けた交通システムの将来ビジョンの構築について」
- 17) 松橋啓介：第3回新地方公共団体実行計画策定マニュアル等改訂検討会, 2008.  
「交通部門のCO<sub>2</sub>排出量推計と削減策」
- 18) 松橋啓介：脱温暖化2050プロジェクトワークショップ, 2009.  
「技術革新と行動変化の組み合わせによる交通部門の二酸化炭素削減」
- 19) 加藤博和：土木計画学研究・講演集No. 37, CD-ROM, 2008. 6.  
「EST実現のための交通施策の要件と日本における課題」
- 20) 谷田一, 加藤博和, 柴原尚希：土木計画学研究・講演集No. 37, CD-ROM, 2008. 6.  
「脱温暖化に向けた地域類型別交通施策ロードマップ導出に関する研究」
- 21) 加藤博和, 伊藤浩二：土木計画学研究・講演集No. 38, CD-ROM, 2008. 10.  
「地方都市が「クルマへの過度の依存」から脱却するための戦略に関する一考察-岐阜県多治見市の「エコ交通」への取り組みを通じて-」
- 22) 伊藤圭, 宮田将門, 梅達郎, 柴原尚希, 加藤博和：平成20年度土木学会中部支部研究発表会講演概要集, CD-ROM, 2009. 3.

「低炭素交通システム確立に向けた市町村別施策実施必要規模の決定方法」

- 23) 伊藤圭, 柴原尚希, 加藤博和: 第4回日本LCA学会研究発表会講演要旨集, 104-105, 2009. 3.  
「ライフサイクルCO<sub>2</sub>最小となる地域内幹線交通機関選定手法の提案」
- 24) 加藤博和: 平成20年度独立行政法人交通安全環境研究所講演会, 政策研究大学院大学・想海桜ホール, 2008. 7. 31.  
「旅客交通起源CO<sub>2</sub>削減のための交通体系変更の方向性」
- 25) 加藤博和: 沖縄EST創発セミナー〜クルマに頼り過ぎない、公共交通や自転車・徒歩など街のどこへでも快適に移動できるまちづくりにむけて〜, 那覇市, 2008. 9. 22.  
「環境的に持続可能な交通 (EST) とは何か? どうすれば実現できるのか?」

(3) 出願特許

なし

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

なし

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) 読売新聞 (2005年7月23日、夕刊『環境にやさしい路面電車、地方で“復権”』ほっとサイエンス/土曜特集)
- 2) 共同通信社 (2006年1月1日、元旦特集、『都市と交通』)
- 3) 日本経済新聞 (2007年1月16日、首都圏経済・茨城、国環研公開日に行った未来の交通システムに関する来場者アンケートにおいてLRTが票を集めていたことの紹介)
- 4) 読売新聞 (2007年4月13日、朝刊、環境ルネサンスNo. 110)
- 5) 茨城放送 (2007年6月5日、公開シンポで話す交通長期ビジョンについて3分ほど紹介、阿部重典のアットマーク)
- 6) 朝日新聞『コンパクトな街 注目』低炭素社会へ/あしたを考える (2007年12月16日、朝刊)
- 7) 日本経済新聞 (2008年2月15日、別刷「地球環境広告特集」、第2回「EST普及推進フォーラム」(2008年1月25日)のパネルディスカッションにおける研究内容の一部紹介)
- 8) 森の響Vol. 45 p. 19「低炭素社会に向け、求められる個々の努力」, 2008
- 9) 環境ビジネス (通巻71号) p. 64「ハイテク型とロハス型持続可能な低炭素社会の二つのシナリオ」, 2008年
- 10) 毎日新聞 (2008年5月26日、朝刊『進む脱クルマ』暖かな破局⑥/第4部削減フロンティア)
- 11) 神戸新聞 (2008年11月12日、朝刊一面、次世代交通について)

(6) その他

- 1) 松橋啓介: 平成17年度 土木学会環境システム委員会 環境システム優秀論文賞, 2005. 11. 4.

以上