

課題名	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 ₂ 削減中長期戦略に関する研究		
課題代表者名	森口祐一（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 センター長）		
研究期間	平成16-20年度	合計予算額	141,375千円（うち20年度 30,875千円） ※上記の合計予算額には、間接経費31,703千円を含む

研究体制

第Ⅰ期（平成16～18年度）

（1）リードタイムを考慮した新技術導入の効果評価と政策手段に関する研究

- ・リードタイムを考慮した技術普及シナリオの構築（独立行政法人国立環境研究所）
- ・燃料補給と走行に伴うライフサイクル排出量（独立行政法人産業技術総合研究所）
- ・代替燃料スタンド最適整備戦略モデルの開発（筑波大学）
- ・燃費改善技術と新燃料・次世代自動車の見通し（早稲田大学）

（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

- ・地域類型別の技術革新と需要変化による長期削減シナリオ（独立行政法人国立環境研究所）
- ・地域を対象とした環境配慮型交通社会の実現戦略（名古屋大学）

第Ⅱ期（平成19～20年度）

（1）新技術・交通行動転換策の導入効果の評価と普及促進に関する研究

- ・CO₂排出削減対策の地域別評価システムの構築（独立行政法人国立環境研究所）
- ・使用実態に即した低燃費車・代替燃料車の技術評価と消費者選好に基づく普及促進策（独立行政法人産業技術総合研究所）
- ・モーダルシフト等による都市内交通由来のCO₂排出削減策の評価（東京大学）

（2）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

- ・全体シナリオと整合のとれた交通部門長期削減シナリオの構築（独立行政法人国立環境研究所）
- ・旅客交通CO₂削減策の地域類型別ロードマップの策定（名古屋大学）
- ・国土利用構造の変化に伴う地域間旅客交通の長期シナリオ（東京海洋大学）
- ・国土・産業構造の変化に伴う地域間物流の将来予測と排出削減シナリオ（三菱総合研究所）

I. テーマ5の全体構成

S-3-5では、交通部門からのCO₂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。平成18年度までの前期研究では、図-1に示すとおり、サブテーマ(1)としては、削減の中間目標年としての2020年頃を見据え、自動車とくに乗用車への新技術適用による削減見通しを明らかにするとともに、2050年に向けては、サブテーマ(2)において、バックキャスト手法を用いて、地域特性別に技術革新と交通行動変化に関する施策を組合せた削減ビジョンを構築した。

これらに基づいて削減シナリオをより具体的なものとするために、地域類型ごとに望ましい将来像をより精緻に描き、その実現のための手段を明らかにするとともに、人口減少・少子高齢化のもとで国土構造、都市構造の再編が進むことを念頭においた将来シナリオを構築する。このため、地域間交通についての調査研究を強化し、地域間物流、国内旅客航空などの分野でも定量的な検討を行う。また、新たな自動車技術に対する消費者の選好や都市内短距離交通におけるモーダルシフトなど、消費者の生活スタイルを考慮した対策の普及策についての検討を行う。平成19年度よりサブテーマ名を変更し、サブテーマ(1)では、中期的な対策を念頭におき、新技術・交通行動転換策の導入効果の評価と普及促進に関する研究、サブテーマ(2)では、長期的な検討を念頭におき、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を行った。

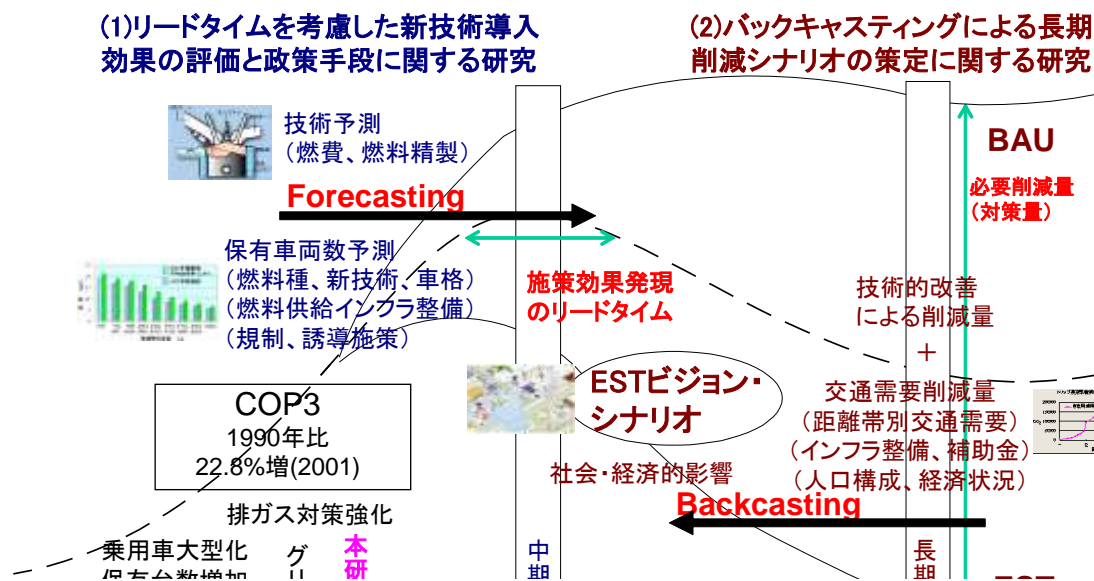


図-1 時間軸で見たサブテーマ間の関係

II. 本研究により得られた科学的成果

- 1) 低燃費車・石油代替車の燃料補給から走行までのライフサイクル排出量をJHFCにおいて評価したものを踏まえて、ハイブリッド車の効率が高く、燃料電池車は水素製造方法によっては効率が高くないことを明らかにした。また、実走行モードを考慮したシミュレーションにより、燃料電池車・電気自動車は、平均旅行速度が低い都市部に導入する場合の削減ポテンシャルが高いことを定量的に明らかにした。
- 2) 給油記録データに基づいて構築した実燃費データベースを踏まえ、乗用車のハイブリッド化により、同等の機能を有するガソリン車の燃料消費量に対して約45%削減できていることを明らかにした。
- 3) 自動車の要素技術の調査を行い、2020年までには乗用車や小型貨物車へのガソリンハイブリッド車の普及の実現可能性が高いこと、貨物車の燃費改善はポスト新長期排出ガス規制対応のため停滞すること、電気自動車は近距離のパーソナルユースに重点を置いた導入があり得ること、燃料電池車に関してはコストと水素供給面の課題から普及は困難なことを示した。2050年にかけては、エンジンと液体燃料の組合せが自動車用の原動機として残り、バイオマス系の燃料の導入が進むと共に、ハイブリッド化による燃費改善が進むこと、リチウムイオン電池が改善されれば市街地での小型電気自動車の普及があり得ること、燃料電池車は水素の供給源の検討が必要なこと、車両の30~40%の軽量化により20~30%の排出量改善が見込まれることを示した。
- 4) 移動トリップの再現シミュレーションを行い、茨城県南地域89ゾーン中の交通量の多い23ゾーンに代替燃料スタンドを立地させることで約90%の自動車が比較的容易にスタンドにアクセスできること、航続距離が電気自動車並の100kmの場合は、およそ半数の39ゾーンに立地させる必要があることを明らかにした。また、複数保有世帯の走行距離の調査を踏まえ、約20~32%に電気自動車を導入可能であることを示した。
- 5) ハイブリッド車の生産能力と普及のコホートモデルを開発し、2020年に乗用車新車の全てをハイブリッド車とする生産能力の拡大を行うことで、保有乗用車の40%がハイブリッド車となり、90年比3%減となるシナリオを作成した。交通需要予測の見直しにより、ハイブリッド車の生産拡大を遅らせても削減が可能となったことを示した。交通量削減やバイオ燃料導入を組合せ、最大20%減とすることも可能であることを示した。
- 6) 代替車に対する消費者選好調査を行い、ハイブリッド車に対する支払い意思額が高く、その環境面でのメリットが高く認識されていることを明らかにした。
- 7) 海外から輸入した糖質系・デンプン質系バイオエタノール製造のインベントリ分析とその不確実性評価を行い、わが国でエネルギー作物起源のバイオエタノールを使用する場合には、副産物であるバガスを熱利用するブラジルでのサトウキビからのエタノールのGHG排出量が最も小さく

なることを確認した。またバイオマス生産段階に投入される窒素肥料のばらつきが大きく、作物生産地での土壌や気象条件が輸入するバイオエタノールのGHG排出量に大きく影響するとの示唆が得られた。またバイオディーゼルの導入可能性を検討し、乗用車の10%にディーゼル化とさらにバイオディーゼル5%混合燃料を導入する削減効果は、それぞれ1.30%、1.82%であること、バイオディーゼル5%混合燃料を導入するには地産地消的なバイオ燃料の使用を推進してコストを下げる必要があることを示した。さらに、貨物車の走行データを踏まえて、積載量10～15トンの普通貨物車による100～300kmの輸送距離となるターミナル間輸送へのバイオマス燃料導入ポテンシャルが高いことを示した。

- 8) バス利用者の選好意識調査データに基づき、バスの乗換ターミナルに活動施設を併設することによる乗換抵抗の軽減効果を定量的に明らかにした。また、これを加味したバス路線再編時の交通需要予測を行い、バス利用の増加や運営効率化の可能性を示すとともに、自動車交通・バス交通からのCO₂排出削減量を定量的に示した。
- 9) バックキャスト手法をレビューし、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。
- 10) 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。
- 11) 全国市区町村の自動車CO₂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、CO₂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、多様な組合せやバランスがあることに留意する必要がある。
- 12) 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、CO₂を7割削減する見通しを得た。
- 13) ビジョン実現施策として、12の方策の一つ「歩いて暮らせる街づくり」を提示すると共に、経済的インセンティブとして、LRT基盤整備の必要性と燃料価格等による誘導の可能性を指摘した。
- 14) 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。
- 15) 地域の交通需要に応じてライフサイクルCO₂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。
- 16) 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。
- 17) 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CO₂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CO₂をさらに半減させるようなモーダルシフト策等が必要であることが示された。
- 18) 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を明らかにした。

Ⅲ. 成果の地球環境政策への貢献

- 1) 環境省「エコ燃料利用推進会議」に議長として参加し、各種のバイオマス系燃料を対象に、輸送用燃料と熱利用の2010年から2030年にわたる将来の普及シナリオとその達成方策について具体的に検討し、報告書「輸送用エコ燃料の普及拡大について」「熱利用エコ燃料の普及拡大について」としてまとめた。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 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。
- 5) 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。
- 6) 総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会重量車判断基準小委員会に参加し、2015年度での車両総重量3.5トンを超える重量車の燃費基準の策定に参加し、技術的な観点から燃費向上の可能性の検討に協力し、最終とりまとめを行った。（2005年11月）
- 7) 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。

- 8) 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。
- 9) 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。
- 10) 総合資源エネルギー調査会省エネルギー基準部会自動車判断基準小委員会・交通政策審議会陸上交通分科会自動車交通部会自動車燃費基準小委員会合同会議に参加し、2015年度における乗用車等の「自動車のエネルギー消費効率の性能向上に関する製造事業者等の判断基準等の改正について」技術的な観点から燃費向上の可能性の検討に協力し、最終とりまとめを行った。（2007年2月）
- 11) 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。
- 12) 2008年度 横浜市のCO-D030ロードマップ交通部門ワーキングチームにおいて、策定アドバイザーとして、2020年のハイブリッド車大量普及シナリオの結果を提示し、交通ロードマップの作成に貢献した。
- 13) 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。

IV. 研究概要

1. 序（研究背景等）

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必要である。近年のわが国の部門別CO₂排出量の推移をみると、交通部門は民生（家庭・業務その他）部門とともに増加が著しい。第一次オイルショック後の30年間に着目した場合、他部門と比べた交通部門の排出増加はさらに顕著であり、GDPの伸びとほぼ比例した傾向を示している。少子高齢化の進展や、余暇交通など生活の質の向上を求める交通需要の多様化・拡大が進むことも予想され、交通部門の対策の重要性は高まると想定される。

交通需要の中で自動車の分担率は高まっており、その燃費改善に関わる技術革新の可能性と燃料供給源の選択は、交通部門のCO₂削減可能性の鍵を握っているといっても過言ではない。近年、従来のエンジン駆動に代わり、エンジンとモータとのハイブリッド駆動を経てモータ駆動へと変遷していく兆しがみられる。こうした代替技術については、水素供給、電力供給において十分な低炭素化が進み、かつ末端のエネルギー補給施設整備が十分に行われることが、CO₂削減効果をあげつつ大量普及を進めるための必要条件となるが、これには明確な政策誘導とリードタイム（準備期間）を要する。一方、鉄道など、自動車以外の輸送機関への転換を考慮する場合には、同様に長いリードタイムと強力な政策誘導が必要と考えられる。

燃費改善やハイブリッド自動車投入等の取り組みにより、自動車単体のCO₂排出量は従来の自動車に比べて低減されている。しかし、その削減効果は、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きたと考えられる。今後も、技術施策はCO₂削減に一定の効果をもつもの、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。また、交通需要を変更していくためには、都市構造やライフスタイル、産業構造の変更など、時間がかかるため、長期の施策を今から検討する必要がある。

2. 研究目的

本課題S-3-5では、交通部門からのCO₂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。2006年度までの前期研究では、サブテーマ(1)において、削減の中間目標年としての2020年頃を見据え、自動車とくに乗用車への新技術適用による削減見通しを明らかにするとともに、2050年に向けては、サブテーマ(2)において、バックキャスト手法を用いて、地域特性別に技術革新と交通行動変化に関する施策を組合せた削減ビジョンを構築する。さらに、これらに基づいて削減シナリオをより具体的なものとするために、地域類型ごとに望ましい将来像をより精緻に描き、その実現のための手段を明らかにするとともに、人口減少・少子高齢化のもとで国土構造、都市構造の再編が進むことを念頭においた将来シナリオを構築する。このため、地域間交通についての調査研究を強化し、地域間物流、国内旅客航空などの分野でも定量的な検討を行う。また、新

たな自動車技術に対する消費者の選好や都市内短距離交通におけるモーダルシフトなど、消費者の生活スタイルを考慮した対策の普及策についての検討を行う。平成19年度以降は、サブテーマ(1)では新技術・交通行動転換策の導入効果の評価と普及促進に関する研究、サブテーマ(2)では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を行う。

3. 研究の方法及び結果

(1) リードタイムを考慮した新技術導入の効果評価と政策手段に関する研究(平成18年度で終了)新技術・交通行動転換策の導入効果の評価と普及促進に関する研究(平成19年度より実施)

・リードタイムを考慮した技術普及シナリオの構築

リードタイムを考慮した技術普及シナリオについて、作成した技術導入対策効果評価モデルを用いて、2020年の基準シナリオ、ハイブリッド車(HEV)等普及シナリオ、さらに交通需要抑制を組み合わせたシナリオを構築した。さらに寄せられた意見を反映させ、国土交通省による将来交通需要予測の見直しを反映させて、シナリオの改訂を行った。結果的に、表-1に示すように、2020年時点でハイブリッド乗用車の4割程度の普及と交通量の約10%の抑制を行うことで、1990年比10%減が可能との見通しを得た。バイオ燃料を混合することができれば、さらなる削減も可能と考えられた。

・燃料補給と走行に伴うライフサイクル排出量

エネルギーチェーンサイクル全体でのエネルギー効率について、各種自動車用燃料の採掘から精製・補給にかかるCO₂排出量を試算し、従来型自動車用燃料と比べて、非従来型燃料のCO₂排出量はこれまでの数値よりも増加することを指摘した。また、CO₂排出量の平均速度依存性を考慮するため、自動車の走行動態に応じたパワートレインの状態をシミュレーションしたところ、平均旅行速度が低い大都市で電動車両を優先的に導入することが効果的であるとの示唆を得た。経済産業省「水素・燃料電池実証プロジェクト」(JHFC: Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project)の総合効率検討特別委員会の報告を元に、バイオマスおよび水素の捉え方を再整理し、最新のエネルギー変換技術と自動車技術に基づく低燃費車・石油代替燃料車のWell to Wheel(油井から自動車走行まで、WtW)のCO₂排出量を更新した。

統計解析による乗用車実燃費の実態分析について、携帯電話によって収集された自動車ユーザの自己申告に基づく給油ログデータを用いて乗用車実燃費データベースを構築するとともに、乗用車の車格(排気量)別CO₂排出構造の分析を行う枠組みを構築した。乗用車走行量全体として近年ではほぼ横ばいもしくは微減傾向にあるのは、年間平均走行距離が小さい軽乗用車の保有が増加していること、またそれが大きいディーゼル車の保有が減少していることが一因であることを示した。実燃費データベースに含まれる8型式の乗用車HVと、自動車として同等の機能を持つと考えられるガソリン乗用車(GV:○印)を比較し、ハイブリッド(HV:□印)化の効果を図-2に示すとおり、試算した。その結果、ハイブリッド化することにより、その車両重量増加を考慮しても、実燃料消費量はガソリン乗用車に対して△印で示すとおり約45%削減できるものと推計した。

表-1 2020年交通シナリオ

シナリオ	(0)基準	(1)ハイブリッド車等大量普及	(2)+交通需要管理
ハイブリッド車等の普及	乗用車HEV 20% 小型貨HEV 10%	乗用車HEV(ハイブリッド車) 37% 小型貨HEV 50% 軽乗用BEV(電気自動車) 37%	
ハイブリッド車等の燃費		ガソリン/ディーゼル車の現状の燃費を40%改善した数値 (小型貨物HEVは同20%改善した数値)	
燃費改善(現状比)	乗用、バス、小型貨10%	乗用20%, バス10%, 軽乗用10%, 普通貨5%, 小型貨15%	
自動車交通量(02年比)		乗用車3%減(90年比39%増) 貨物車7%減(90年比7%減)	乗用車13%減 貨物車16%減
航空、鉄道、船舶	航空、鉄道、船舶の効率率は5%改善する一方、航空機輸送量が約20%増加する		

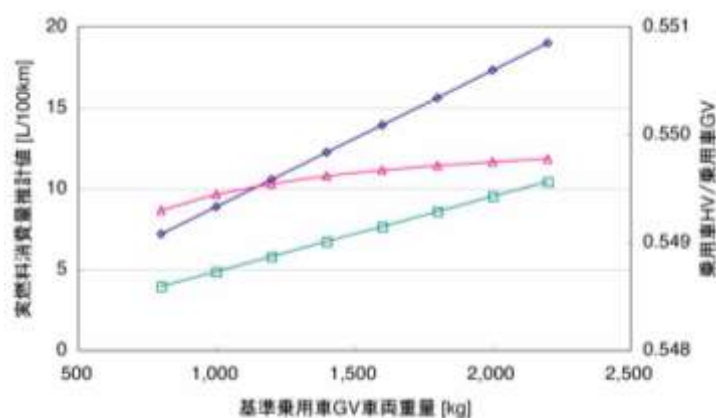


図-2 乗用車GVのハイブリッド化による実燃料消費量向上率

・代替燃料スタンド最適整備戦略モデルの開発

代替燃料スタンド最適配置戦略モデルについて、長期自動車移動モデルを開発し、茨城県南地域の主として個人が使用する自家用乗用自動車の1ヵ月間の走行シミュレーションを行い、代替燃料スタンドの設置数と1燃料補給期間内におけるスタンドへの接近確率の関係を試算し、比較的少量の燃料供給スタンドの設置で普及促進が可能であるとの知見を得た。本年度は、燃料電池車の多くがCO₂の削減という観点からは必ずしも効率的な手段ではなく、それ以外の点も含めた環境面での優位性で電気自動車が当面の有望な選択肢であるとの見方が研究プロジェクト内で強くなっていったことを受け、電気自動車の普及可能性について、自動車複数保有世態におけるいわゆるセカンドカーとしての利用可能性という観点から検討した。世帯内におけるどちらかの自動車の一日走行距離が100km以内である割合は32.1%であることから、現在の利用状況下でも約3分の1の世帯において電気自動車への転換が可能と考えられる。世帯内での車両の融通を可能とすれば、同日に2台の自動車が100km以上を走行している割合は10%未満に過ぎないことから、91.2%もの世帯において電気自動車の導入が可能になることが分かった。

・燃費改善技術と新燃料・次世代自動車の見通し

自動車のCO₂改善見込みについて調査し、従来型乗用車に関しては2020年時点で2010年比概ね20-30%低減が可能と予想した。また、2020年には乗用車や小型貨物車にガソリンハイブリッド車が普及すること、域内トラックはディーゼルのパラレルハイブリッド、バスはシリーズハイブリッドが普及することを見込んだ。本年度は、より長期となる2030年から2050年に向けた自動車の燃費改善とCO₂削減のための技術的方策を探った。ハイブリッド化やメカニズムと制御方式の高度化により50%から150%の燃費改善を行ったエンジン車が用いられると考えられた。また、バイオマス燃料の利用、短距離への電気自動車への普及、車両の軽量化によるCO₂削減効果が期待できると考えられた。

・CO₂排出削減対策の地域別評価システムの構築

地域特性を考慮しつつ、効果的な削減策の評価を行った。モーダルシフトに向けては、LRT等の整備に上下分離方式を導入することが有望と指摘された。基盤整備は公共が行い、運行を民間が行うことで、運賃を下げることができ、利用者を増加させる好循環となることが期待される。財源としては、後述する有識者ヒアリング等でも、道路財源の活用が必要と指摘されていた。たとえば、道路事業費の10%（10年間6兆円、人口1人あたり5万円相当）を約20億円/kmかかるLRT整備に20年間投資すると、人口20万人の都市に延長10km分を整備することができる。あるいは全域が人口集中地区(DID)にほぼ相当する4000人/km²以上で鉄道駅の無い全国6,000メッシュ（約1km四方）に各1km整備することができる。総額では12兆円に相当するが、道路事業を1割遅らせることで、これだけの整備が可能と考えられる。もちろん、モーダルシフト促進のためには、都市施設を沿線に集約化することや、他の交通手段と連携させることも重要である。

自動車ユーザーの価格への対応を見るために、1972年～2006年のガソリン価格（2000年換算）とガソリン消費量の関係について整理・考察した。分析期間の取り方によっては、相当に異なる価格弾力性が導かれうる事が分かる。しかし、1975年～1999年までの四半世紀に渡って、一人あたり年間ガソリン消費額は、3～4万円の間で安定して推移してきたように見える。特に、自家用乗用車の走行量が大幅に拡大した1990年代は、ガソリン実質価格の低下が起きていた。2000年代から2008年の夏頃までのガソリン価格高騰は継続的に起きており、一人あたりのガソリン消費額を5～6万円以上まで押し上げ、ガソリン消費量や車両購入費を減少させる一因となったと考えられる。将来的に、ガソリン価格高騰が再び起きるのか、一人あたりの年間ガソリン消費額が5～6万円に上がるのかによって、ガソリン消費量が半減する可能性もあると考えられる。

HEVが車体価格差を埋めるペイバックタイムを試算した。従来車の燃費11.7km/l、HEV20.3km/l、年間走行距離10,000km、車両価格差は約30-40万円の現況が、2010年頃の新ハイブリッドユニットの開発により10-20万円程度に抑えられると想定した。補助金が縮小されつつある現時点ではペイバックタイムは7-10年程度であるが、ハイブリッドユニットの低価格化が進む2010年には補助金なしでもペイバックタイムは3-5年程度に縮小し、HEVは価格競争力を持ち、従来型車両からの置き換えが急速に進む可能性が高いことを示した。

・使用実態に即した低燃費車・代替燃料車の技術評価と消費者選好に基づく普及促進策

低燃費車・代替燃料車に対する消費者の現状の受容性を把握するために消費者へのインターネット選好調査を実施した。3年以内に被験者が現在保有している自動車を新車に買い替えることを想定し、動力装置、航続距離、走行コスト、乗車定員、車両価格の5つ属性の組み合わせを提示する

ことにより被験者の表明選好に関するデータを収集し、コンジョイント分析を用いて自動車の環境性能・利便性に対する支払意思額を算出した。軽乗用車・乗用車ともに乗車定員に対する支払意思額が最も高くなった。このことから、電動車両化により乗車定員が犠牲となるような仕様の電動車両は消費者に受容されない可能性があるとの示唆が得られる。また動力装置に対する支払意思額ではハイブリッド車が最も高くなり、また軽乗用車の電気自動車が正の値を示した。これは、ハイブリッド車の環境面でのメリットが高く認知されていること、また軽自動車タイプの電気自動車が2009年中に市販化される動きがあることを回答者が認知しているためであると考えられる。一方で、乗用車タイプの電気自動車、プラグインハイブリッド車の支払意思額は負の値であり、特に乗用車タイプのプラグインハイブリッド車については有意な推計結果が得られなかった（有意水準5%）。これは、乗用車タイプ電気自動車の市販化の情報がないこと、またプラグインハイブリッド車の存在が幅広く認知されておらず、回答者がこれらの車両を選択することを避けた、あるいは保留したためであると考えられる。また走行コストに対する支払意思額が負の値を示していることから、消費者は乗用車を購入するにあたって燃費や燃料価格を重視していることがわかる。また航続距離の支払意思額は他の属性よりも非常に低くなり、電池だけで走行する電動車両の航続距離が低くなることが直感的に理解されていないことが考えられる。これらのことから、ハイブリッド車以外の電動車両の環境面でのメリットに対する情報提供が引き続き必要であると言える。

・ モーダルシフト等による都市内交通由来のCO₂排出削減策の評価

バスの路線再編は、全路線が都心部に集中するような路線網をとる場合に見られがちな都心部における輸送力過剰の状況を適正化し、需要に応じた路線・頻度設定を実現して、運行の効率化に寄与すると期待される。一方、幹線-支線間の乗換が生じることは一般に利用者にとってマイナスとなる。しかし、便利な乗換ターミナルを整備するとともに、待ち時間に様々な活動が行える施設をターミナルに併設することで、乗換と待ちに伴う負担を軽減し、利便性をできるだけ損なわないよう配慮する可能性も考えられる。そこで、長野市南部のバス停利用者600人に、乗継ターミナルの利用可能性を調査した。時間制約がある場合は、無料休息所やお手洗いや本屋の利用意向が高く、時間制約が無い場合は、買い物の利用意向が高かった。ロジットモデルを用いた推計を行い、活動施設併設による乗換抵抗の軽減効果は、時間制約のある場合には乗車時間12.8分に、制約のない場合には乗車時間11.7分にそれぞれ相当することが示された。

青森県青森市と上述の長野市を対象に、乗継ターミナルへの活動施設併設を含むバス路線再編後の状況下における交通需要予測を行い、路線再編によるCO₂排出量の削減効果を推計した。現況のゾーン間日OD交通量（自動車トリップ+バストリップ）を所与とし、自動車とバスの分担段階と、自動車・バスおよびバス利用者をネットワークに配分する段階のみを扱った。バスの効率的な輸送がされ走行台キロが削減されること、専用レーン化により走行速度が向上することから約5%のCO₂削減につながっている。長野市では、さらに、バスの所要時間が短縮されることで分担率が上昇し、交通量の減少と旅行速度の向上につながることで、CO₂削減に寄与する結果となった。

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
都市集約化	△都心再開発	△撤退	△都心再開発	×	- 70% (含む都市間 旅客:30km-)
公共交通利用促進	△ライジング	△P&Rなど	○LRT	△乗り合いタクシー	凡例: ◎: - 30% ○: - 20% △: - 10% ×: 削減なし
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 ₂ /人	0.66→0.27	0.94→0.35	1.03→0.38	1.11→0.51	0.90→0.35

(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(平成18年度で終了)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(平成19年度より実施)

・ 地域類型別の技術革新と需要変化による長期削減シナリオ

有識者ヒアリングを行い、社会経済的シナリオ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、原油価格が明らかとなった。交通・地域シナリオに関しては、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た。地域類型別の自動車CO₂排出量の実態把握を踏まえ、交通CO₂排出量の内訳を示す式(1)の各項を少しずつ減らす対策を地域類型別に取り入れることで、全体として7割削減するビジョンを表-2の通り構築し、実現可能な対策の組合せとなるようにブラッシュアップを行った。

$$CO_2 = \text{交通サービス} \times \frac{\text{輸送キロ}}{\text{交通サービス}} \times \sum_{\text{交通手段}} \text{分担率} \times \left(\frac{\text{走行台キロ}}{\text{輸送キロ}} \times \frac{\text{燃料消費量}}{\text{走行台キロ}} \times \frac{CO_2 \text{排出量}}{\text{燃料消費量}} \right) \dots (1)$$

・地域を対象とした環境配慮型交通社会の実現戦略

BAUシナリオとして、乗用車保有率と一台あたり走行距離を個別にモデル化したものを掛け合わせて乗用車CO₂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CO₂排出量推計は97%増と約2倍近くまで増加することとなった。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。その結果、2050年BAUの全国排出量は2000年比で12%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が極めて不安定であることを表しているとも考えられる。

技術面では、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としては副生水素を利用する場合を仮定した。

交通面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。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CO₂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。

・全体シナリオと整合のとれた交通部門長期削減シナリオの構築

表-2の地域類型別人口の構成について、当初は大都市圏都市部での人口確保による削減を見込んでいたが、S-3全体の想定（Aシナリオ）と整合させた。また、貨物輸送および都市間旅客に関する検討を後述の通りに行うと同時に、表-3の通り、距離帯別の対策の組合せによる削減ビジョンを構築し、7割削減の見通しを得た。

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		106→32Mt 1990年比
都市集約化			○距離短縮	△~× モーダルシフト促進	- 70% (除く都市間旅客: 30km-)
モーダルシフト	○海運、鉄道	△鉄道	△台車集配	◎鉄道、高速バス	Index: ◎: - 30% ○: - 20% △: - 10% ×: 削減なし
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 ₂	33→10	49→15	24→7	(35→10)	

・旅客交通CO₂削減策の地域類型別ロードマップの策定

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をCO₂削減効果や採算性を考慮して選定する手法を構築した。輸送機関のシステム全体でのライフサイクルCO₂ (SyLC-CO₂) は、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CO₂排出量が小さいLRTが、それぞれ輸送人キロあたりSyLC-CO₂最小の輸送機関となる。また、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-CO₂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。このような地域の類型を考慮して、機関交通体系別に施策パッケージを取りまとめた。次に、飯田市を例に、地方都市がCO₂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。

・国土利用構造の変化に伴う地域間旅客交通の長期シナリオ

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CO₂排出量の長期シナリオを検討した。

2050年の推計にあたりCO₂排出原単位は自動車ですべて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。

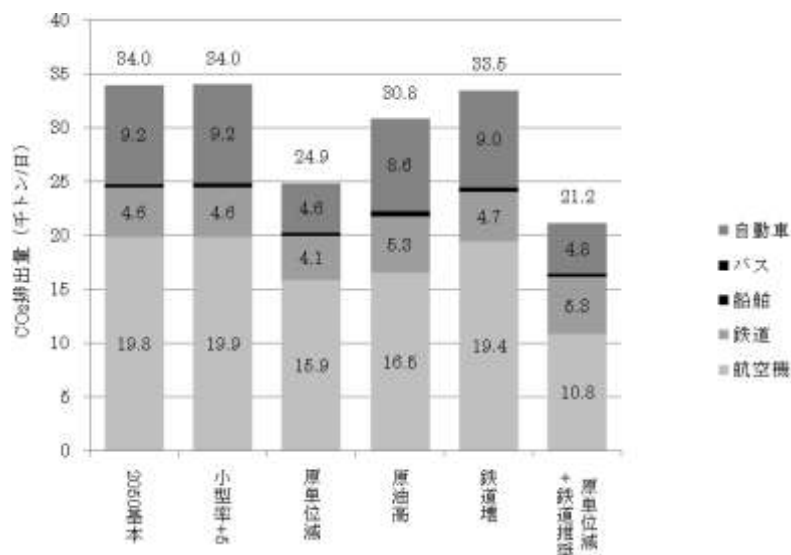


図-3 2050年の地域間旅客CO₂排出量

図-3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、CO₂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CO₂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CO₂の削減幅は大きく、原油高はCO₂排出量を減少させる要因となっていることがわかる。このケースで、2050年の基本ケースの4割減のCO₂排出量となる。1990年比7割減を達成するためには、航空からのCO₂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。

・国土・産業構造の変化に伴う地域間物流の将来予測と排出削減シナリオ

「長期輸送需要予測に関する調査」の結果を踏まえ、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、需要予測モデルを構築した。

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CO₂排出原単位を乗じてCO₂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。

4. 考察

2020年低炭素交通シナリオでは、生産能力を前年比1.2倍として、2020年時点で乗用車の新車の全てをハイブリッド車とすることで、保有乗用車の約4割がハイブリッド車となり、CO₂排出量1990年比3%減が可能との見通しを得た。国土交通省の将来需要予測の見直しが行われる前は、約10%多い交通量を想定せざるを得なかったため、前年比2倍のペースで生産能力を拡大し、2010年に乗用車の新車を全てハイブリッド車とし、2020年時点で保有乗用車の約8割をハイブリッド車としてよ

うやく1990年並の排出量に抑えることができるシナリオであった。相対的に、実現しやすいシナリオとなった。一方、一定削減率で2050年に7割減を達成するためには、2020年に14%減が必要である。これは、交通量を約1割削減することに加え、バイオ燃料10%混合などを行うことで、達成することができる水準である。実現は容易ではないが、経済的誘導を含む総合的な取り組みを行うことができれば、こうしたシナリオの実現は可能と考えられる。

2050年低炭素交通ビジョンでは、都市内旅客交通については、地域類型別に多様な対策を組み合わせることで7割減が可能との見通しが得られた。そのための具体的な施策パッケージや、ロードマップの作成手法についても示すことができた。同様に、貨物輸送や都市間旅客交通に関しても、輸送距離帯別に多様な対策を組み合わせることで7割減を可能とするビジョンを同様に作成した。しかしその一方で、従来型の長期予測モデルに基づく推計では大幅削減に至らないケースもあった。大幅削減可能でかつ実現可能性の高いビジョンを作成するためには、第二東名における貨物輸送には貨物自動車と鉄道の中間的な交通システムを導入するなど、既存の枠組みにとらわれすぎない検討を行う必要があると考えられた。

5. 研究者略歴

課題代表者：森口祐一

1959年生まれ、京都大学工学部卒業、博士（工学）、現在、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長

主要参画研究者

(1)：松橋啓介

1971年生まれ、東京大学工学部卒業、博士（工学）。現在、独立行政法人国立環境研究所社会環境システム研究領域主任研究員

工藤祐揮

1972年生まれ、東京大学工学部卒業、博士（工学）、現在、独立行政法人産業技術総合研究所安全科学研究部門研究員

原田昇

1955年生まれ、名古屋大学卒業、工学博士。現在、東京大学大学院工学系研究科教授
石田東生

1951年生まれ、東京大学工学部土木工学科卒業、工学博士、
現在、筑波大学大学院システム情報工学研究科教授

岡本直久

1966年生まれ、東京工業大学工学部土木工学科卒業、博士（工学）、
現在、筑波大学大学院システム情報工学研究科准教授

堤盛人

1968年生まれ、東京大学工学部土木工学科卒業、博士（工学）、
現在、筑波大学大学院システム情報工学研究科准教授

大聖泰弘

1946年生まれ、早稲田大学大学院理工学研究科博士課程修了、現在、早稲田大学理工学術院 教授

(2)：森口祐一（同上）

兵藤哲朗

1961年生まれ、東京工業大学工学部卒業、工学博士。現在、東京海洋大学海洋工学部教授
加藤博和

1970年生まれ、名古屋大学工学部卒業、博士（工学）。現在、名古屋大学大学院環境学研究科都市環境学専攻准教授

奥村泰宏

1961年生まれ、東京工業大学工学部卒業。現在、（株）三菱総合研究所社会システム研究本部主席研究員

6. 成果発表状況（本研究課題に係る論文発表状況）

(1) 査読付き論文

- 1) Y. Kudoh, Y. Kondo, K. Matsushashi, S. Kobayashi, Y. Moriguchi: Applied Energy, 79/3, 291-308 (2004)
“Current status of actual fuel-consumptions of petrol-fuelled passenger vehicles in Japan “
- 2) Y. Moriguchi and H. Kato: European J. Transport and Infrastructure Research, 4(1), 121-145, 2004.
“EST case studies and perspectives in Japan”
- 3) 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CO₂排出量の推計手法に関する比較研究」
- 4) 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 -」
- 5) Y. Kudoh, T. Hasegawa, Y. Kondo, K. Matsushashi, Y. Moriguchi, Y. Yoshida, R. Matsushashi and H. Ishitani: Proceedings of the 21st Worldwide Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exhibition, Monte Carlo, Monaco, April 2nd-6th, 2005.
“Environmental Impacts of Introducing FCEVs and BEVs within Road Traffic System of Tokyo”
- 6) 工藤祐揮, 松橋啓介, 森口祐一, 近藤美則, 小林伸治: 土木学会論文集, No. 793/IV-68, 41-48, 2005
「ガソリン乗用車の実燃費マクロ推計式の構築」
- 7) H. Kato, Y. Hayashi, K. Jimbo: Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 6, pp. 3241-3249, 2005.
“A framework for benchmarking environmental sustainability of transport in Asian mega-cities”
- 8) 久保則夫, 大聖泰弘他: 自動車術会論文集, Vol. 36, No. 5, 2005年9月
「固体高分子形燃料電池における輸送現象に関する基礎研究(第2報) - ガス流れ方向およびGDLの拡散性がセル性能におよぼす影響に関する諸検討 -」
- 9) 久保則夫, 大聖泰弘他: 自動車術会論文集, Vol. 36, No. 5, 2005年9月
「固体高分子形燃料電池における輸送現象に関する基礎研究(第3報) - 低加湿運転時の分極特性に関する諸検討 -」
- 10) Y. Kudoh, K. Matsushashi, Y. Kondo, S. Kobayashi, Y. Moriguchi and H. Yagita: Proceedings of the 22nd International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exposition, 393-401, 2006
“Statistical Analysis of Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles in Japan”
- 11) Y. Kudoh, H. Yagita and A. Inaba: Electric proceedings of International Conference on Ecologic Vehicles & Renewable Energies, Monaco, 2007
“Analysis of Existing Variation in Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles”
- 12) Y. Kudoh, K. Nansai, Y. Kondo and K. Tahara: Proceedings of the 23rd International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exposition, CD-ROM, 2007
“Life Cycle CO₂ Emissions of FCEV, BEV and GV in Actual Use”
- 13) Y. Kondo, Y. Kudoh, H. Kato, K. Matsushashi and S. Kobayashi: Proceedings of the 23rd International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exposition, CD-ROM, 2007
“Evaluation of Commercial Small-Sized Battery Electric Vehicle in Actual Use”
- 14) 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」
- 15) 松橋啓介, 工藤祐揮, 森口祐一: 地球環境, 12(2), 179-189, 2007
「交通部門におけるCO₂排出量の中長期的な大幅削減に向けた対策」
- 16) 工藤祐揮, 松橋啓介, 近藤美則, 小林伸治, 森口祐一, 八木田浩史: 日本エネルギー学会誌, 87(11), 930-937, 2008
「乗用車の10・15モード燃費の向上による実燃費の推移に関する統計解析」

(2) 査読付論文に準ずる成果発表

- 1) 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」
- 2) Y. Daisho: Review of Automotive Engineering, 27, 489-495, 2006
“Developing Advanced Low-Emission and Fuel-Efficient Vehicle Technologies beyond 2010”
- 3) M. Tsutsumi, H. Ishida, N. Okamoto, and Y. Sekine: Electronic Proceedings of ICHIT (International Conference on Hybrid Information Technology) Special Sessions: ITS Modelling and Analysis 1, 2006
“Long Term Simulation of Family Car Trips for the Allocation of Alternative Fuel Stations”
- 4) 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」
- 5) 森口祐一, 松橋啓介: 自動車技術, 61, 31-36, 2007
「日本の自動車を取り巻く社会情勢の将来展望」
- 6) 大聖泰弘: 季刊環境研究, 142, 126-132, 2007
「自動車用燃料の将来展望～バイオマス利用の普及に向けて～」
- 7) 斎藤孟, 大聖泰弘: 環境情報科学, 36(1), 9-14, 2007
「自動車排出ガス低減技術の到達点と今後の見通し」
- 8) 工藤祐揮: 環境情報科学, 36(1), 23-28, 2007
「LCA的視点に基づく代替燃料車の環境評価と地域モビリティ戦略」