

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・社会環境システム研究領域資源管理研究室・室長(同研究所・交通公害防止研究チーム・総合研究官兼任))
研究体制	<p>(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</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ リードタイムを考慮した技術普及シナリオの構築に関する研究 (独立行政法人国立環境研究所) ・ 代替燃料スタンド最適整備戦略モデルの開発に関する研究(筑波大学) ・ 燃費改善技術と新燃料・次世代自動車の見通しに関する研究(早稲田大学) <p>(2) バックカスティングによる長期削減シナリオの策定に関する研究</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 技術革新と需要変化による長期削減シナリオに関する研究(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に関する研究(名古屋大学)
研究概要	<p>1 . 序(研究背景等)</p> <p>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)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、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。部門別CO₂排出量に占める交通部門のシェアは約20%と、他の先進諸国と比較した場合にはむしろ小さめであるが、このことに寄与してきた鉄道をはじめとする公共交通機関・自動車以外の輸送モードのシェアが低下しつつあることを考慮すれば、交通部門の対策の重要性はますます高まると想定される。また、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る。</p> <p>こうした「交通と環境」の問題については、内外で活発な研究がなされているが、輸送機器の技術面の研究、大気汚染などの環境影響面の研究、交通需要面の研究、土地利用や空間形態からのアプローチ、インフラ政策やこれと密接に関連する財源策に関する研究などに細分化されており、これらを横断的・統合的にみた大局的な検討は困難な状況にあった。このため、国立環境研究所・京都大学らが開発してきた統合評価モデル(AIM: Asian Integrated Model)においても、交通部門のサブモデルの強化が要請されている。</p> <p>また、交通需要に占める自動車の分担率はますます高まっており、その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、ガソリン・軽油等以外の代替燃料を使用する自動車の性能向上は著しく、環境問題への意識が高まる中で、徐々に普及も進みつつある。また、従来のエンジン駆動に代わり、エンジンとモーターとのハイブリッド駆動を経て、燃料電池ないし二次電池との組み合わせによるモーター駆動へと変遷していく兆しがみられる。これらの代替技術については、自動車用燃料の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。</p> <p>さらに、OECDによるEST(Environmentally Sustainable Transport:持続可能な交通)プロジェクトで実施されたいくつかの国・地域のケーススタディでは、環境上の目標をまず定め、これを達成するために必要な諸条件を「シナリオ」として示すバックカスティングアプローチが採用されてきた。日本についても、2003年3月に開催されたEST名古屋会議で本課題の担当者らが2030年为目标年次とする事例報告を行っており、80%削減という極めて厳しい削減目標のために、描かれたシナリオが現実感に乏しいきらいがあるが、バックカスティングの有用性自身は認められたと考えられる。</p> <p>2 . 研究目的</p> <p>本課題では、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CO₂排出量</p>

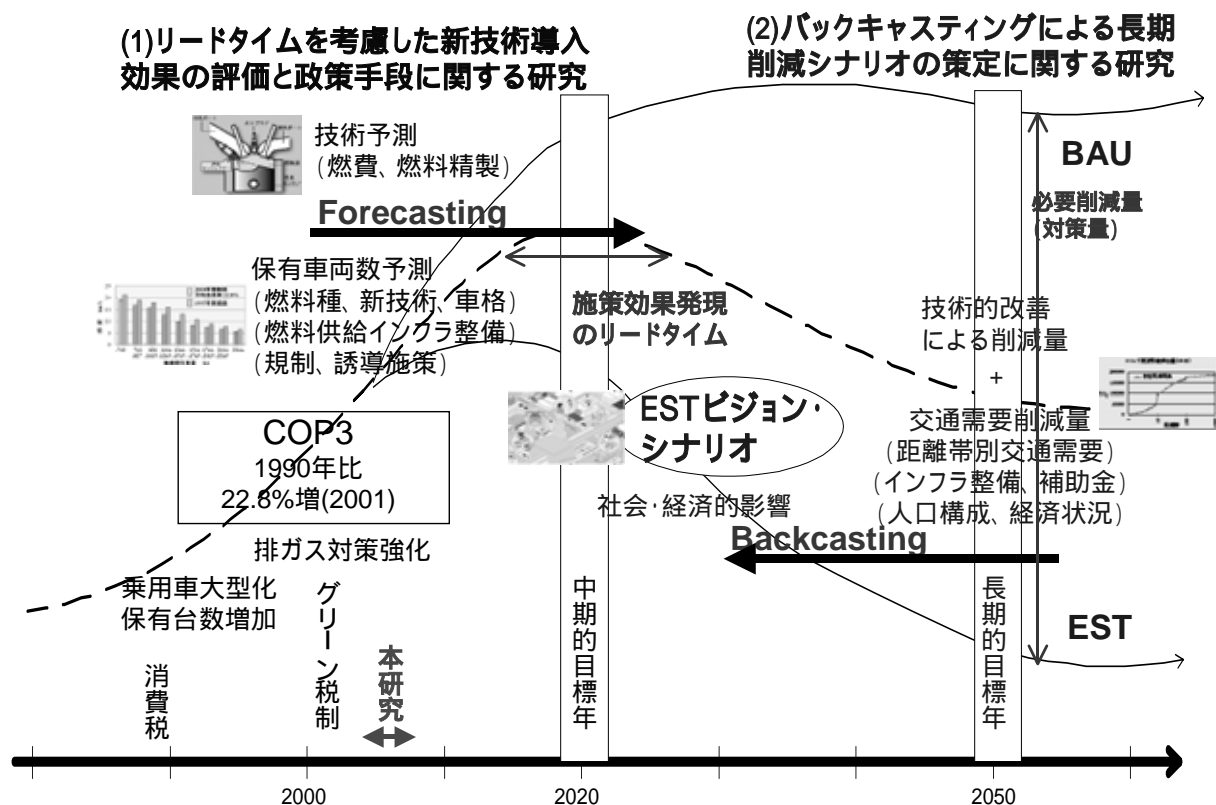


図1 時間軸から見た本課題の枠組み

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。図1に示すとおり、2020年についての検討では、対策の投入時期と効果の発現時期とのタイムラグを考慮した対策効果評価手法を構築し、ボトムアップ型技術選択モデルで必要とされる要素技術の効果や費用に関する基礎情報など、戦略研究プロジェクト全体からの要求に応じて、必要な知見を提供する。また、2050年についての検討では、不確実性の高い予測を行うのではなく、削減目標をまず与え、その達成に必要な技術革新・交通行動変化のシナリオを描くバックカスティング手法を適用して、目指すべき長期的な将来像とそこへの道筋を提示する。

サブテーマ(1)では、2020年頃に向けて、現時点で実用化済み、ないし実用化に近い技術の大量導入によるCO₂削減効果を、導入決定時期と実際に効果が現れる時期とのタイムラグや、一次エネルギー供給技術、燃料供給インフラの整備などの周辺条件を考慮して評価する手法を開発するとともに、削減促進のための政策手段との関係を明らかにすることを目的とする。

サブテーマ(2)では、2050年頃を目標年次として、現在のトレンドのまま推移した場合(BAU: Business as Usual)をベースに交通部門からのCO₂削減の数値目標に到達するために必要な削減量を求め、技術革新および交通行動変化の両面の組み合わせによって達成する数種類のシナリオを提示するとともに、その社会、経済への影響を把握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う。

3. 研究の内容・成果

(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

自動車用燃料の原料調達段階から製造・流通を経て自動車に搭載されるまでの、エネルギーチェーンサイクル全体での環境負荷を定量的に評価するWell to Wheel(WtW)分析の枠組を用いて、2020年の基準シナリオの構築および対策シナリオの検討に必要な技術改善予測値を定量的に示した。自動車用燃料供給段階については、日本での最新のWtW分析事例のレビューにより基礎データの収集と考え方の整理を行った上で自動車用燃料のインベントリを構築し、各種自動車用燃料のエネルギー消費原単位とCO₂排出原単位を算出した。

走行段階については、乗用車を中心とするガソリン車と乗用車、商用車、トラック・バスとして使われているディーゼル車を対象に、現在利用されている低燃費技術と2020年時点で実用可能と予

想される技術について、エンジンの熱力学サイクルに関する数値シミュレーションとヒアリング調査により詳しく調査・評価するとともに、次世代自動車（電気自動車、ハイブリッド自動車、燃料電池自動車等）の低燃費技術の調査を行い、既存の自動車燃費改善技術に対する優位点とその成立条件を明らかにした。

その結果、2020年時点での対策の実効性においては、ハイブリッド乗用車が最も有力な自動車技術の一つであると考えられた。従来型の乗用車に関しては、2020年時点では、2010年比でおおむね20～30%のCO₂低減が可能と予想された。燃料電池車の大量普及のためには、コストと燃料供給面が課題であり、いずれも2020年までに克服することは困難と考えられた。一方、戦略的に水素社会を目指すのであれば、インフラ整備を先行させて普及をうながす必要があるため、代替燃料供給スタンドの整備戦略が非常に重要になると考えられた。

代替燃料スタンド最適整備戦略モデルの開発に関する研究では、1燃料補給期間という長期間での自動車の移動状態を再現するために、ある1日の多数の自動車の移動に関するデータと、車載型の走行状態計測記録装置を用いて取得する長期間に渡る自動車の移動に関するデータを組み合わせる方法論を開発した。対象地域としては茨城県南地域とした。自動車が日々行う行動を把握する為に、自動車を通勤・通学等の義務的な交通を行う「就業者」と義務的な交通を行わない「非就業者」に分けた上で、1日の行動を表す道路交通センサスよりトリップパターンや走行距離分布等の交通行動特性を把握した。しかし、道路交通センサスは多数の自動車をサンプルとしており、ある1日における自動車の移動を詳細に把握することができないが、調査が特定の1日を対象としているため、長期間においてそれらの自動車がどのように走行しているのかを捉えることができない。そこで、長期間の交通行動特性を把握するために、被験者に対して自動車の移動軌跡を秒単位で記録する車載型の装置を設置してもらい、1ヵ月間という長期間での自動車の走行記録を取得した。これらのデータをもとに、対象地域内の自動車の交通行動を1日ずつ擬似的に作成し、それを1ヵ月分繰り返すことにより、長期間での対象地域内における自動車の移動状態を把握した。

モデルによるシミュレーションをもとに、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ヶ月間の走行シミュレーションを行った。これをもとに、代替燃料スタンドの設置数と1ヶ月内におけるスタンドへの接近確率の関係を試算した。本研究においては、既存のガソリンスタンドのうち、発着トリップ数の多かったゾーンから順に1ヶ所ずつ代替燃料スタンドへ転換したと想定し、そのゾーンを通過することでスタンドへの接近とみなすこととして、1ヶ月間においてどのくらいの割合の車両が代替燃料スタンドに接近するかを計算した。その結果、対象地域内において10ヵ所の代替燃料スタンドを設置すると、99%以上の車両が1ヶ月間に最低1回はスタンドに接近することが分かった。

これらを踏まえて、2020年のシナリオ策定を行った。中期的な燃費改善技術と次世代自動車技術の可能性について調査しつつ、多様な調査結果を踏まえて議論を行うとともに、国土交通省の需要予測報告の内容を精査し、特に強い温暖化防止策を導入しない場合（BAU）について、交通部門において車種別にどのような燃料・エンジンの技術が普及するか想定した2020年「基準シナリオ」を策定し、議論のベースとして提供するとともに、シナリオの改善を行った。また、2020年に脱温暖化に向けた対策を導入した場合の「対策シナリオ」の検討に用いるために、車両製造設備の整備や車両の購入・普及にかかるタイムラグを念頭に置いて、コホートに基づく技術導入対策効果評価モデルの基本設計と試作、および対策シナリオの暫定版を作成し、交通部門の議論のベースとして提供した。

2020年対策シナリオでは、ハイブリッド乗用車の大量普及を想定した。乗用車の生産設備のほぼ100%をハイブリッド車向けに置き換えるために、ハイブリッド車の生産設備を毎年1.5～2倍という加速度的なペースで6～10年間拡充し続ける必要があると考えられた。しかし、ここで想定した技術面の対策のみでは、本部門の2020年の排出量は、90年比+7～+10%にとどまる。90年レベル以下にまで減少させるためには、急速な設備拡充のみでは不十分であり、交通需要面も含めたさらなる対策が必要になると考えられた。例えば、自動車交通需要の削減（BAU比乗用車-20%、貨物車-10%）を組み合わせることで、90年比-9%の達成が可能との示唆が得られた。

（２）バックカスティングによる長期削減シナリオの策定に関する研究

2020年・2050年に向けての削減シナリオ構築のためにまず整理しておくべきは、その前提条件となる、社会経済的変化やそれに伴う交通システム変化のマクロな方向性である。そこで、その設定を妥当なものとするための基礎資料を収集するために、環境・交通・都市等の各分野における有識

者を対象としてグループインタビュー調査を行った。その結果、生活の多様性（スローライフ）、都市の集中と分散、ファッションとしての環境、石油枯渇、原子力発電の受容、水素社会、クリーンエネルギー、カストロフィックな事態、ITと移動、世界旅行等の移動ニーズ、移民の受け入れ等の可能性について多様な見解が得られた。

次に、交通施策によるCO₂削減を実施していく際に特に重要となる、地域の特性に応じた削減対策群の提示を行うための基礎的検討として、全国の地域区分別の人口と一人当たり排出量の算出結果を整理した。それを踏まえて、交通施策の観点からみた地域区分について検討し、都市・地域構造と今後導入可能なCO₂削減型交通システムとの関係を整理した。その結果、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、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た交通需要面の対策の導入が重要なことが再確認された。

地域区分のうち典型的な例として、大都市(200万規模)と地方都市(10～30万規模)を選定し、今後この都市を対象にケーススタディを進めるための基礎的検討として、都市構造やライフスタイルの変革、新技術の導入を促す施策が含まれたCO₂削減目標設定型戦略パッケージ(実現に向けた工程表(ロードマップ))を導出するための枠組みを提示した。

本年度は特に対象地方都市についてデータ収集や現地調査・ヒアリング等を実施し、交通状況、CO₂排出状況、政策実施における問題点やフィージビリティの検討を行った。調査対象都市を含め大半の都市においては、交通利便性とCO₂排出量の計量など、政策評価のために必要な基礎指標がほとんど不明であることから、まず、パーソントリップ調査ベースのCO₂排出量を定量化し、郊外部に行くほど公共交通利便性が低下しCO₂排出量が増大する状況を定量的に明らかにした。次に「アクセシビリティ」指標を定義し、政策の実施効果を地域メッシュ毎のアクセシビリティ指標で定量的に評価し、都心に施設を集積しても公共交通の利便性向上が自動車のそれを上回らないこと、公共交通のアクセス・イグレス利便性を高める施策が有効であることを明らかにした。

また、地方都市におけるCO₂削減目標設定型戦略スキームの基礎的検討を実施した。上記政策効果分析の結果も利用しつつ、欧米の先進事例をベンチマークとして、フィージビリティや効率性の観点を考慮した政策検討を行った。

4. 考察

検討の結果、2020年時点での対策の実効性においては、ハイブリッド乗用車が最も有力な自動車技術の一つであるとの見通しが得られた。燃料電池車の普及に関しては、コストや燃料供給面に課題が残されており、2020年時点に効果が現れるほどの大量普及を見込むことは困難と考えられた。一方で、将来的に炭素を排出しない方法での水素生成が可能との見込みが得られれば、先行して燃料供給スタンドの整備を行うこともあり得る。その普及にかかるリードタイムを考慮するため、代替燃料スタンド最適整備戦略モデルの開発し、走行実態調査を踏まえてシミュレートした結果、従来に比べて大幅に少ない数のスタンドの設置で燃料供給を賄うことができることが示唆された。

これらの知見を踏まえて、2020年の交通部門の基準シナリオと対策シナリオ案を作成した。脱温暖化のために、乗用車のほとんどをハイブリッド車に切り替える必要があり、そのためには、生産設備の急速な拡充が重要と考えられた。また、本部門の2020年の排出量を1990年レベル以下にまで減少させるためには、ここで想定した技術面の対策のみでは不十分であり、交通需要面も含めたさらなる対策が必要になると考えられた。

2050年脱温暖化シナリオ策定に向けて、バックキャスティ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。その基礎資料を得るためにグループインタビュー形式で有識者ヒアリングを行った結果、社会・経済、都市・交通、環境・エネルギー等の姿に関する多様な見解と重要な論点が明らかになった。

一方、交通需要面の対策の導入可能性を検討するために、大都市(200万規模)と地方都市(10～30万規模)をケーススタディ対象として、交通状況やCO₂排出量等の指標の整備と政策実施のフィージビリティに関する諸要因の整理を行うとともに、地方都市について、アクセシビリティ指標を用いた施策評価を行い、施策を効果的に推進するためのタイムスケジュールの概略を示した。また、こうした都市や地域の交通施策によるCO₂削減効果を全国に外挿するための基礎資料として、地域類型別の一人当たり自動車CO₂排出量と類型別人口を示した。なお、本プロジェクトS-3の都市チームでは、本課題S-3-5とは異なる人口規模の都市における交通由来CO₂の削減について検討している。こ

これらの知見を統合することで、日本全国の交通需要面の対策の導入可能性を示すことができると考えられる。

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）、独立行政法人国立環境研究所 PM2.5・DEP研究プロジェクト交通公害防止研究チーム・総合研究官（平成16年度本課題担当時）。現在、同研究所循環型社会形成推進・廃棄物研究センター長

主要論文：

Moriguchi, Y., Kato, H.: EST Case Studies and Perspectives in Japan, European Journal of Transport and Infrastructure Research, 4(1), 121-145, 2004.

Nansai, K., Moriguchi, Y. and Tohno, S.: Compilation and Application of Japanese Inventories for Energy Consumption and Air Pollutant Emissions Using Input-Output Tables”, Environ. Sci. Technol., (2003) 37, 2003-2015

主要参画研究者

(1)：

森口祐一（同上）

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

主要論文：

石田東生・上原穂高・岡本直久・古屋秀樹：東京都市圏における世帯の自動車保有及びトリップ発生に関する基礎的研究、土木計画学研究・論文集、(2004)、21、pp.531-533
古屋秀樹・石田東生・小畑晴嗣・岡本直久：代替燃料車のための燃料スタンドの配置に関する基礎的研究、土木計画学研究・論文集、(2003)、20、pp.751-758

Haruo ISHIDA, Hiroshi MIURA and Naohisa OKAMOTO: Sampling Rates for Travel Speed Survey with Car Navigation System, Proceedings of World Congress on Intelligent Transport System(CD-ROM),(2000)

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助教授

主要論文：

石田東生・岡本直久・鈴木完・牧村和彦・中嶋康博：プローブカーデータの取得特性分析、第1回ITSシンポジウム 2002 Proceedings、(2002)、pp.197-202

古屋秀樹・石田東生・小畑晴嗣・岡本直久：代替燃料車のための燃料スタンドの配置に関する基礎的研究、土木計画学研究・論文集、(2003)、20、pp.751-758

石田東生・上原穂高・岡本直久・古屋秀樹：東京都市圏における世帯の自動車保有及びトリップ発生に関する基礎的研究、土木計画学研究・論文集、(2004)、21、pp.531-533

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 助教授

主要論文：

Morito Tsutsumi, M. and Kato, K.: GIS-based Courtesy Bus Scheduling System for Day Care Service, Reviewed Papers, CUPUM'03 Sendai (The 8th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management), (2003), 10C-2, CD-ROM.

Morito Tsutsumi and Kiwamu Kato: Applying Vehicle Routing Problem with Time Windows to Day Care Courtesy Bus Service, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.5, pp.375-387, 2003.

堤盛人・朴成元：GISを用いた高齢者通所サービス支援システム 送迎バスの巡回スケ

ジュール決定システムの開発，応用測量論文集、(2001)、12、pp.51-58.

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終了、工学博士、
現在、早稲田大学理工学部 教授

主要論文：

大聖泰弘：バイオエタノール最前線，工業調査会，(2004)

大聖泰弘：自動車の燃費改善と排出ガス対策に関する技術開発動向，自動車技術(2005)、59(2)

大聖泰弘：ディーゼルエンジン技術に関する将来展望，自動車技術、(2005)、59(4)、pp.17-22.

(2)：

松橋啓介

1971年生まれ、東京大学大学院工学系研究科修士課程卒業、博士(工学)、
現在、独立行政法人国立環境研究所PM2.5・DEP研究プロジェクト交通公害防止研究チーム
主任研究員

Kudoh Y., Kondo Y., Matsuhashi K., Kobayashi S., Moriguchi Y., : Current status of actual fuel-consumptions of petrol-fuelled passenger vehicles in Japan, Applied Energy, (2004) 79/3, 291-308

Matsuhashi K., Newman P. : The Potential for Transit-oriented Land Use to Save Energy and Retain Open Space A Case Study of Tokyo and Perth, Proceedings of the Second Meeting of the Academic Forum of Regional Government for Sustainable Development, (2003)CD ROM

松橋啓介：公共交通機関の停留所の立地が徒歩アクセスと潜在的利用人口に与える影響」都市計画論文集，(2002)，37，157-162

加藤博和

1970年生まれ、名古屋大学大学院工学研究科博士後期課程修了、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助教授

主要論文：

H.Kato, Y.Hayashi, K. Tanaka(2003): A basic study with feasibility of applying clean development mechanism to the transport projects, Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, Vol.8, No.3, pp.281-291.

加藤博和(2002): コンパクトシティと持続可能性 - コンパクトシティは地球を救うか? -、交通工学 Vol.37 増刊号、15-22.

加藤博和(2001): 交通分野へのライフサイクルアセスメント適用、IATSS Review, Vol.26, No.3, 55-62.

6. 成果発表状況(本研究課題に係る論文発表状況。査読のあるものに限る。投稿中は除く。)

Moriguchi, Y., H. Kato : European J. Transport and Infrastructure Research, 4(1), 121-145, 2004.

"EST case studies and perspectives in Japan"

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」

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 -」

Yuki Kudoh, Takahiko Hasegawa, Yoshinori Kondo, Keisuke Matsuhashi, Yuichi Moriguchi, Yoshikuni Yoshida, Ryuji Matsuhashi and Hisashi 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"

