

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 <sub>2</sub> 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)
<p>研究体制</p> <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"> <li>・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)</li> <li>・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)</li> <li>・代替燃料スタンド最適整備戦略モデルの開発(筑波大学)</li> <li>・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)</li> </ul> <p>(2) バックキャストイ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"> <li>・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)</li> <li>・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)</li> </ul>	
<p>研究概要</p> <p>1. はじめに(研究背景等)</p> <p>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。近年のわが国の部門別CO<sub>2</sub>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。</p> <p>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CO<sub>2</sub>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、燃料電池車や電気自動車等の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、CO<sub>2</sub>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>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CO<sub>2</sub>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。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。</p> <p>2. 研究目的</p> <p>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。図-1に示すとおり、2020年についての検討では、主に技術的な対策を対象として、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する。一方、2050年についての検討では、不確実性の高い</p>	

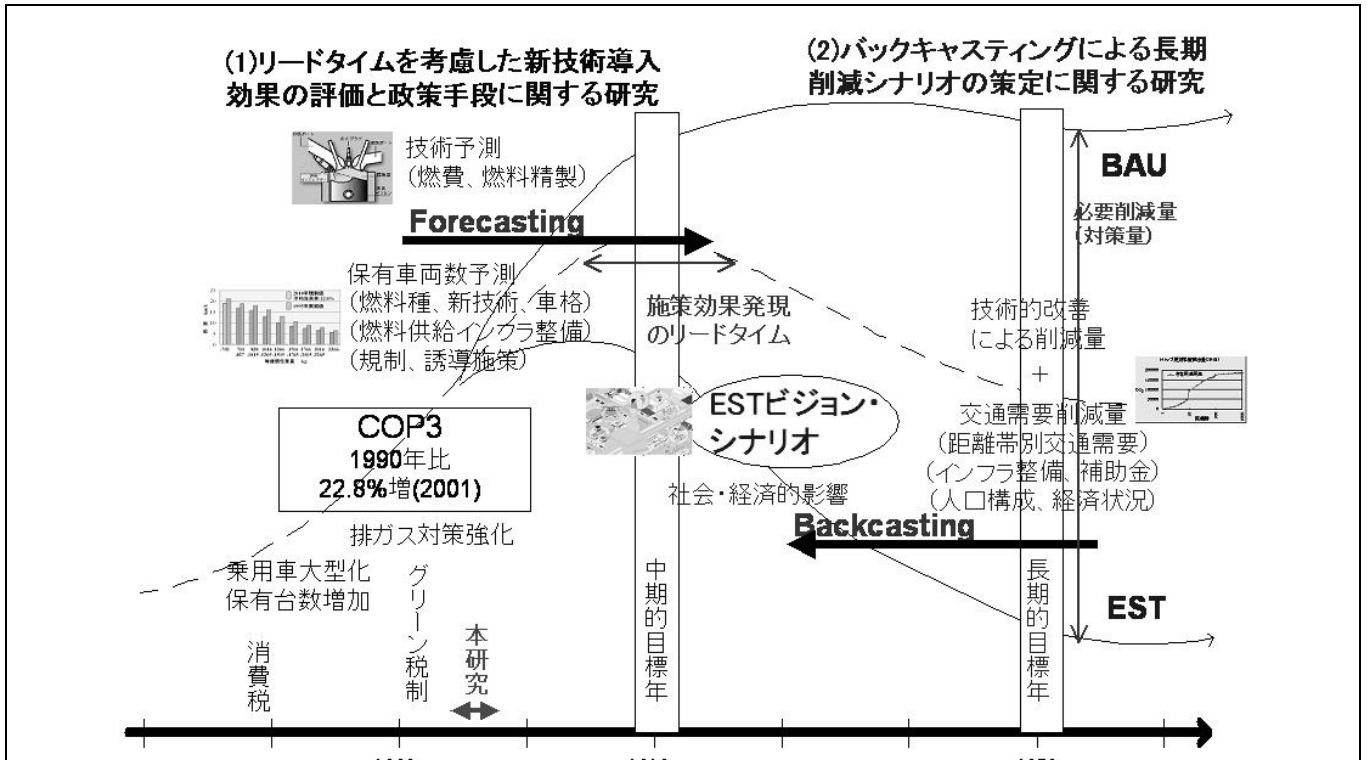


図-1 時間軸から見た本課題の枠組み

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と交通行動変化のシナリオを描くバックキャ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CO<sub>2</sub>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、自動車用燃料供給技術、燃料補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。これらを踏まえて、2020年に向けた交通部門の基準シナリオおよび対策シナリオを構築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、バックキャスティング手法を用いて、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CO<sub>2</sub>削減の数値目標に到達するために必要な削減量を地域別に求め、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数種類の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. 研究の方法と結果

#### (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

燃費改善技術と新燃料・次世代自動車の見通しについて、昨年度までに、自動車のCO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>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CO<sub>2</sub>削減効果が期待できると考えられた。

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、昨年度までに、各種自動車用燃料の採掘から精製・補給にかかるCO<sub>2</sub>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

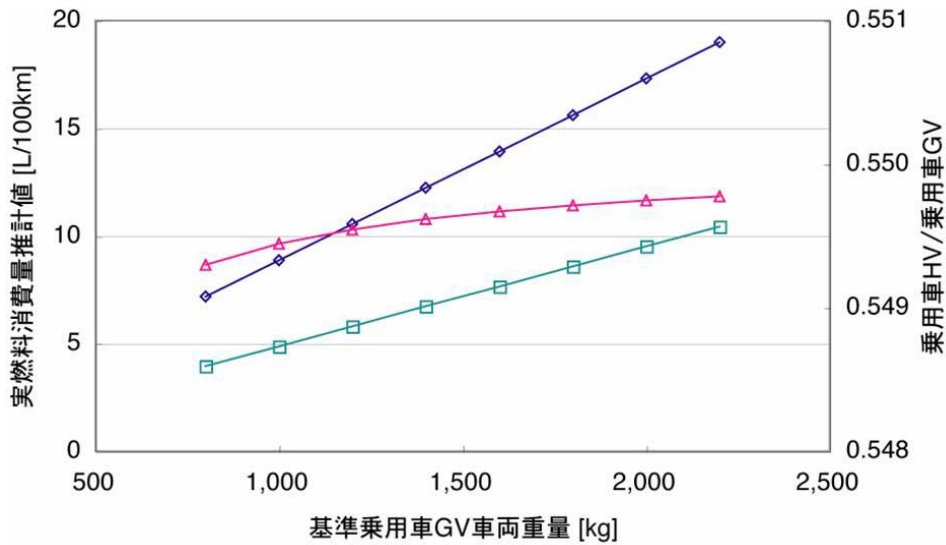


図- 2 乗用車GVのハイブリッド化による実燃料消費量向上率

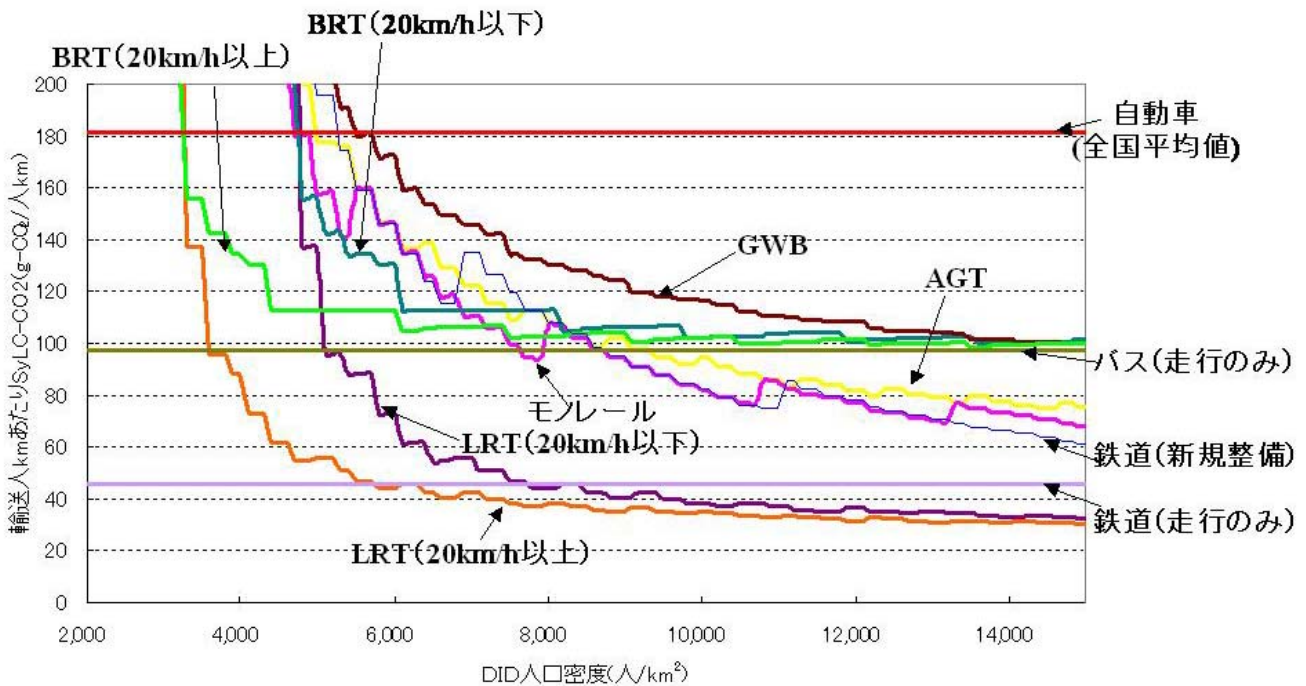
CO<sub>2</sub>排出量はこれまでの数値よりも増加することを指摘した。また、CO<sub>2</sub>排出量の平均速度依存性を考慮するため、自動車の走行動態に応じたパワートレインの状態をシミュレーションしたところ、平均旅行速度が低い大都市で電動車両を優先的に導入することが効果的であるとの示唆を得た。本年度は、経済産業省「水素・燃料電池実証プロジェクト」(JHFC: Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project)の総合効率検討特別委員会の報告<sup>4)</sup>を元に、バイオマスおよび水素の捉え方を再整理し、最新のエネルギー変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CO<sub>2</sub>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、昨年度までに、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CO<sub>2</sub>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。本年度は、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)を比較し、ハイブリッド(HV)化の効果を試算した。その結果、図-2に示すとおり、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約45%削減できるものと推計した。また、1965年以降の自家用乗用車からの排出要因分析を行い、輸送量とCO<sub>2</sub>排出量が初めて2年連続で減少に転じたことを確認した。

代替燃料スタンド最適配置戦略モデルについて、昨年度までに、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ヶ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CO<sub>2</sub>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。

リードタイムを考慮した技術普及シナリオについて、昨年度までに、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。本年度は、発表したシナリオ等に対して寄せられた意見を





LRT (新型路面電車: Light Rail Transit) ・ BRT (優先走行可能なバス: Bus Rapid Transit) ・ AGT (新交通システム: Automated Guideway Transit) ・ GWB (ガイドウェイバス: GuideWay Bus)

図-4 DID人口密度の変化に伴う輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量変化

ムの選定手法を考案し、各交通システムの必要需要量と輸送力、インフラ整備を含むSyLC-CO<sub>2</sub>(System life cycle 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>) 排出量を算定した。さらに、輸送密度とDID人口密度の関係を踏まえて、DID人口密度と各種の輸送機関の輸送人キロあたりCO<sub>2</sub>排出量の関係を図-4に示した。ほとんどのDID人口密度の値に対して、LRT(新型路面電車)がCO<sub>2</sub>最小の輸送機関となることが分かった。

#### 4. 考察

5年間の研究期間の中間評価にあたる年度かつ前期の終了年度であったため、2020年に向けた自動車技術普及を中心とした対策シナリオおよび2050年に向けた地域別の交通対策を含めた将来ビジョンを早い段階で取りまとめて積極的に公表し、各界からのコメントを反映させてシナリオ/ビジョンを改訂するとともに、個別の対策に定量的な根拠を与えるための研究を進めた。

次世代自動車技術、代替燃料を含めた総合効率の数値を更新し、有望な自動車技術と燃料の組合せを提示するとともに、特に、電気自動車のセカンドカーとしての利用可能性が高いこと、ハイブリッド車の価格低下とガソリン価格高騰により大量普及の可能性が高いことが分かった。

2050年の大幅削減を可能にする施策について検討し、税制による誘導や早期の都市ビジョンの提示が、利便性の高さや環境負荷の小ささを両立する土地利用・交通の実現に大きな効果を挙げると考えられた。また、ほとんどの市街地において、CO<sub>2</sub>削減のための公共交通機関として、採算性、輸送力、インフラを含めたCO<sub>2</sub>の面から見て、LRTがもっとも有望であることが定量的に分かった。

さらに、2020年向けの削減効果評価モデルを2050年向けの地域別対策に適用可能なものへと拡張し、年々一定率の削減を行って2050年に70%削減を達成するためには、2020年に-14%を通る必要があり、中期においても、ハイブリッド車の大量普及だけでなく、交通需要を抑制することが同時に必要であることが分かった。また、自家用乗用車の要因分析により、1965年以降初めて輸送量とCO<sub>2</sub>排出量が2年連続で減少したことが分かった。国土交通省の将来需要予測では2020年頃を交通量のピークとしているが、2000年から現時点頃までをピークとして約40年後に向けて交通量を抑制していくための研究や予測および取り組みが別途必要になっていると考えられる。

## 5. 本研究により得られた成果

### (1) 科学的意義

- 1) 自動車の各種石油代替燃料および自動車単体技術について、その組み合わせによるCO<sub>2</sub>排出量削減の可能性をエネルギーチェーンサイクルの観点から検討した。
- 2) 自動車技術および代替燃料導入によるCO<sub>2</sub>排出量削減可能性の長期予測を行い、特に、短距離走行において電気自動車の活用可能性が高いことを指摘した。
- 3) 現在の自家用乗用車の利用パターンを踏まえて、電気自動車への代替が可能な世帯数を明らかにした。
- 4) これらの知見を踏まえて、2020年に向けた脱温暖化シナリオを構築した。
- 5) 地域のDID人口密度に応じて適切な公共交通システムを、採算性、輸送力、ライフサイクルCO<sub>2</sub>の観点から、評価する手法を構築した
- 6) 全国市区町村において目指すべき公共交通システムを、人口集中度と公共交通利用度で分類して、提示した
- 7) 2050年に脱温暖化社会に到達するための地域類型別の施策の組合せと具体的な政策およびその短中期的な方向性を提案した

### (2) 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検討し、報告書「輸送用エコ燃料の普及拡大について」（平成18年5月）「熱利用エコ燃料の普及拡大について」（平成18年8月）をまとめた。
- 2) 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)
- 3) 環境省「地球温暖化対策とまちづくりに関する検討会」における交通とまちづくりに関する検討において、本研究成果である2020年および2050年脱温暖化シナリオと関連データを提示し、報告作成に貢献した（報告書p. 5, 9, 11, 13, 27および資料編に図が引用されている）
- 4) 環境省「平成18年版 環境白書」における温暖化対策とまちづくりに関する記述において、本研究成果である市区町村別CO<sub>2</sub>排出量を提供し、報告作成に貢献した。

## 6. 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)：森口祐一（同上）

工藤祐揮

1972年生まれ、東京大学大学院工学系研究科博士課程修了、博士（工学）、現在、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研究員  
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助教授

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助教授

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) : 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修了、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  
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

## 7. 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, K. Matsuhashi, Y. Kondo, S. Kobayashi, Y. Moriguchi and H. Yagita: "Statistical Analysis of Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles in Japan", Proceedings of the 22nd International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exposition, 393-401, 2006
- 2) Y. Kudoh, H. Yagita and A. Inaba: "Analysis of Existing Variation in Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles" Electric proceedings of International Conference on Ecologic Vehicles & Renewable Energies, Monaco, 2007

### (2) 査読付論文に準ずる成果発表

- 1) M. Tsutsumi, H. Ishida, N. Okamoto, and Y. Sekine: "Long Term Simulation of Family Car Trips for the Allocation of Alternative Fuel Stations", Electronic Proceedings of ICHIT (International Conference on Hybrid Information Technology) Special Sessions: ITS Modelling and Analysis 1, 2006
- 2) 松橋啓介: 「持続可能な交通とまちづくりの方向性」, 環境研究, 141, 22-28, 2006
- 3) 森口祐一, 松橋啓介: 「日本の自動車を取り巻く社会情勢の将来展望」, 自動車技術, 61, 31-36, 2007