

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CO₂削減中長期戦略に関する研究

(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（第Ⅰ期平成16～18年度）

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（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

小林伸治・松橋啓介

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

八木田浩史（平成16～18年度）・田原

（平成20年より安全科学研究部門に改組）

聖隆（平成19～20年度）・工藤祐揮

筑波大学大学院システム情報工学研究科（平成16～18年度）

石田東生・岡本直久・堤盛人

早稲田大学理工学部（平成16～18年度）

大聖泰弘

東京大学大学院工学系研究科（平成19～20年度）

原田昇・高見淳史

<研究協力者>

東京大学大学院工学系研究科

高瀬知彦

早稲田大学理工学術院

長澤将大・大和田秀二

東京理科大学理工学部

石井耕司・堂脇清志

平成16～20年度合計予算額 76,270千円

（うち、平成20年度予算額 15,398千円）

※上記の合計予算額には、間接経費16,678千円を含む

[要旨] 交通分野の中期的な対策シナリオを構築した。技術予測に関する情報収集と燃料供給を含むエネルギー効率を踏まえた検討を行い、2020年時点での対策の実効性においては、数多くの自動車技術の中で、ハイブリッド車の導入が最も有力であること、電気自動車が近距離の移動手段として有力なことを明らかにした。また、乗用車のハイブリッド化により約45%の燃料削減が達成されることを示した。燃料電池車の大量普及については、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。一方で、2050年時点を目指して戦略的に水素社会を目指すことによる脱石油とCO₂削減の有効性が検証されれば、インフラ整備を先行させる必要があることから代替燃料スタンドの立地戦略モデルを開発した。走行実態調査を踏まえたシミュレーションの結果、従来の予測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であることを指摘した。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。交通需要予測の見直しにより、2020年の大幅削減の達成可能性が向上したことを明らかにした。ハイブリッド車のペイバックタイムを車両価格差とガソリン価格から試算し、2010年頃には価格競争力を持ちうることを確認した。消費者の選好調査をコンジョイント分析により算出した結果、ハイブリッド車に対する支払意思額が高く、環境面でのメリットに対する認知度が高いことが伺えた。専用走行空間や乗継ターミナルへ併設の活動施設を有する幹線+支線型へのバス路線再編により、利便性を損なうことなく、CO₂排出削減が可能であることを示した。

[キーワード] 二酸化炭素、自動車技術、燃料電池車、行動転換、交通

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。部門別CO₂排出量に占める交通部門のシェアは約20%であるが、交通需要の中で自動車の分担率はますます高まっており、その燃費低減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、石油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。これらの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。

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。2020年の中期に向けては、実用化に近い技術の大量普及によるCO₂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、サブテーマ(2)において、CO₂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CO₂削減シナリオを策定することとする。

本サブテーマ(1)では、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、これを踏まえて、低燃費車普及策や交通行動転換策による削減シナリオを明らかにすることを目的とした。

3. 研究方法

技術予測において重要と考えられる従来技術車と新技術車の技術予測、自動車用燃料供給技術の動向を考慮した分析、燃料供給インフラの整備戦略に関する検討を各々行い、一方で、これら

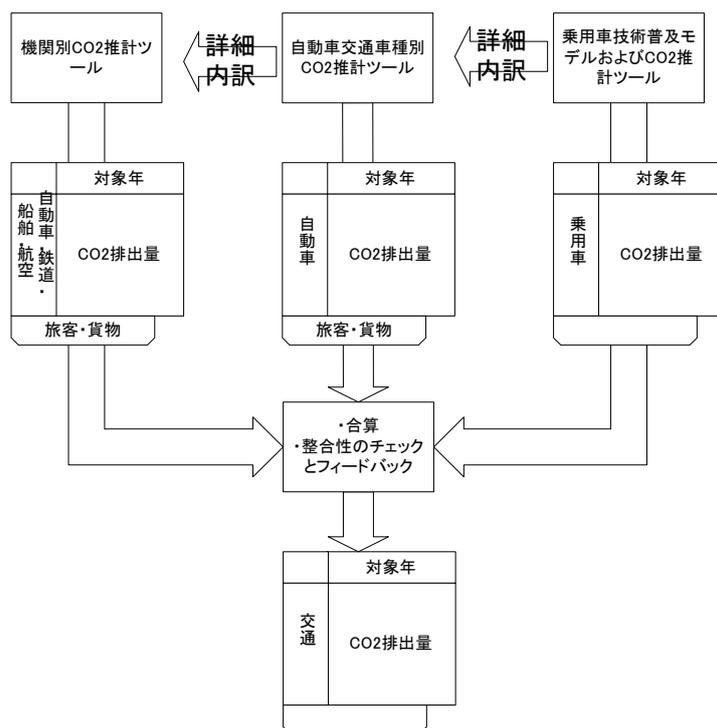


図-1 対策評価モデルの基本構造

を踏まえて、技術の大量導入による削減効果と効果が現れるまでのタイムラグを示す削減効果評価モデルを開発し、2020年の基準シナリオと対策シナリオを構築する。また、施策の効果を正確に把握するため、新技術車の普及可能性の分析およびバス路線の統合によるCO₂削減効果の推計を行う。

技術予測では、ヒアリングや文献調査を踏まえたシミュレーション分析を行う一方で、燃料精製の経路を考慮に含めたWell to Wheel分析の成果を踏まえてCO₂排出量を算出する。

削減効果評価では、図-1に基本構造を示すとおり、乗用車に関して生産能力の拡大と車両入れ替えのコホートを考慮した普及モデルおよびCO₂削減ツールを開発し、車種別および交通機関別の技術および需要量の推計と合算した排出量を求める。

普及可能性については、インターネット調査データをコンジョイント分析により解析し、消費者の乗用車購入における動力装置や価格に対する選好を明らかにする。また、大量普及に必要な価格優位性を満たすための条件について試算を行う。

さらに、走行実態を踏まえた給油行動をシミュレーションし、燃料供給インフラの必要整備量を算出する。

バス路線統合策については、幹線+支線型への路線再編の海外動向を踏まえ、乗換ターミナル併設による抵抗感の低減をアンケート調査により明らかにし、交通量配分のモデル計算を行い、CO₂削減量を算出する。

4. 結果・考察

(1) 燃料補給と走行に伴うライフサイクル排出量

自動車用燃料が一次エネルギーや再生可能エネルギーから製造・供給され、自動車で行きに使われるまでのライフサイクル（エネルギーチェーンサイクル）全体での環境負荷を定量化する

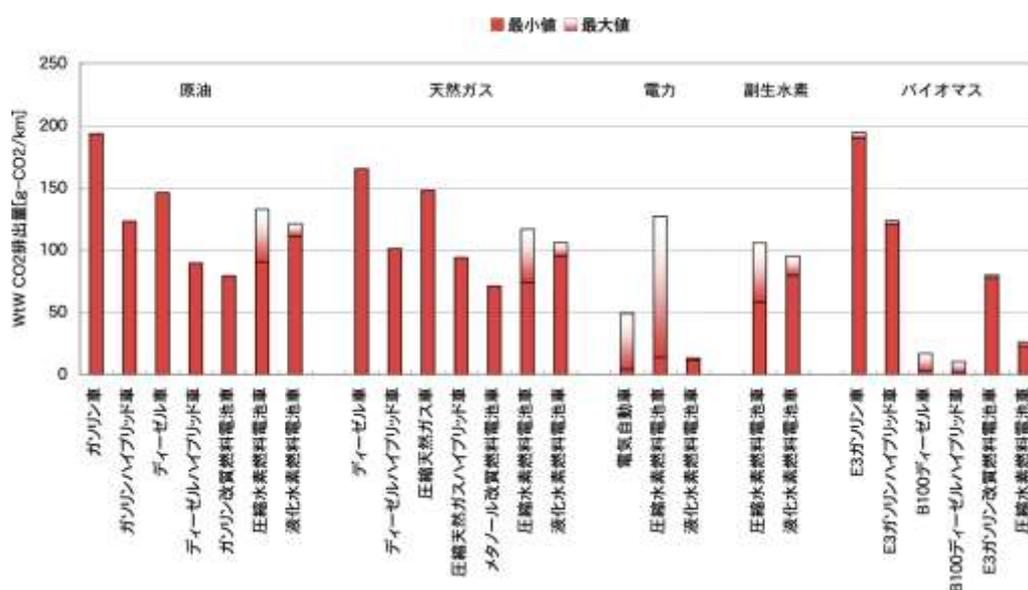
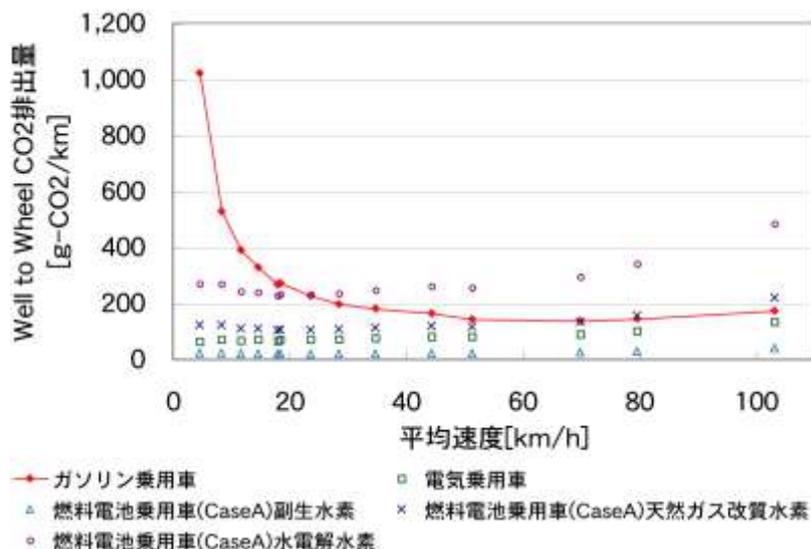


図-2 低燃費車・石油代替燃料車の10・15モードWell to Wheel CO₂排出量

枠組であるWell to Wheel(WtW)分析を用いて、新燃料・次世代自動車の評価を行った。各種自動車用燃料のWtT(Well to Tank)段階でのエネルギー消費量・CO₂排出量は、分担者がワーキンググループ委員として参加して収集した、各種エネルギー変換プロセスでのインベントリデータの提供を行ってきた経済産業省が実施する「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¹⁾での検討結果を引用した。

TtW(Tank to Wheel)段階での自動車走行時のエネルギー消費量についても、同レビューによる低燃費車・各種石油代替燃料車の10・15モード走行時のエネルギー消費量・CO₂排出量を把握し、図-2を作成した。現状の技術水準における直接水素型燃料電池車のWtW CO₂排出量はガソリンハイブリッド車には勝る場合が多い。しかし内燃機関を使う自動車の中で最も高い効率が期待されるディーゼルハイブリッド車と比較すると、水素製造・供給パスによっては上回る場合が多いが、副生水素を利用した場合にはディーゼルハイブリッド車を下回る可能性がある。燃料電池車は、投入可能な一次エネルギー・再生可能エネルギーが多様であるという特徴があるが、それに加えてCO₂排出量削減の可能性をさらに向上させるためには、燃料電池本体の高効率化とともに、水素製造段階、すなわちWtT段階における各エネルギー変換プロセスの高効率化を図っていくことが重要である。

また、燃料電池車・電気自動車については、構築した自動車のパワートレイン（エンジンから駆動輪までの駆動系装置）の状態を模擬可能な自動車走行シミュレーションモデルを用いて実走行時のエネルギー消費・CO₂排出特性を算出して図-3を作成した。平均旅行速度が遅いような交通状況で使用する場合には、エネルギー回生が可能な燃料電池車・電気自動車はガソリン車と比べてエネルギー消費の面では大幅に優位である。しかし、この燃料電池車・電気自動車のガソリン車に対するCO₂排出量の優位性は平均速度が上昇するにつれて薄れ、特に燃料電池車のWtW CO₂排出量は、選択する水素供給パスによってはガソリン車よりも多くなりうる。このことから、自動車起因のCO₂排出量削減のためは、燃料電池車・電気自動車のCO₂排出量削減ポテンシャルを考慮すると、平均旅行速度が低い大都市で燃料電池車・電気自動車を優先的に導入することが効果的であ

図-3 実走行時のWtW CO₂排出量

るとの示唆が得られる。

(2) 乗用車実燃費の実態分析

既存自動車の実使用時の燃費（実燃費）は10・15モード燃費通りの燃費性能を発揮できない場合が多い。様々な要因によって変化する実燃費を高い統計的信頼性を持って解析するために、筆者らは携帯電話のインターネットサービスを利用して全国規模で収集された自動車ユーザーの自己申告に基づく給油ログデータに着目し、実燃費データベースを構築してきた。このデータベースから得られた成果の一部は文献^{2),3)}などで紹介してきたが、各種燃費向上技術の投入により着実に向上してきた自動車新車の10・15モード燃費が実燃費に与える影響を解析するため、またデータベースから得られる実燃費の信頼性をさらに高めるため、筆者らは給油ログデータの分析対象期間を拡張し、実燃費データベースの更新を行った。乗用車実燃費データベースを用いることにより、既存の統計データでは不可能であった、パートレイン・排気量別実燃費の実態を把握することが可能となった。

ここでは最新の实燃費データベースを用い、現在の技術水準で、乗用車GV(gasoline vehicle)をハイブリッド化した場合の実燃料消費量改善率を試算した。まず、データベースに情報が含まれる8型式の乗用車HV(hybrid vehicle)と、自動車として同等の機能を持つと考えられる乗用車GVを、同じ自動車メーカーの中から以下の通り選択した。

- ・ 同じ車名に乗用車GVと乗用車HVがラインナップされている場合、その乗用車GVを選択した。
- ・ 乗用車HVのエンジン型式が乗用車GVに搭載されているエンジンの改良版である場合、改良前のエンジンを搭載する乗用車GVを選択した
- ・ 上記のどちらにも該当しない場合には、最もエンジン排気量が近い、同程度の年式の乗用車GVを選択した。

乗用車HVはハイブリッド機構を搭載しており、乗用車GVよりも車両重量は増加する。そこで、基準とする乗用車GVをハイブリッド化させた場合の車両重量を推計するために、データベースに情報が含まれている乗用車HVと対応する乗用車GVの車両重量について単回帰分析を行った。これ

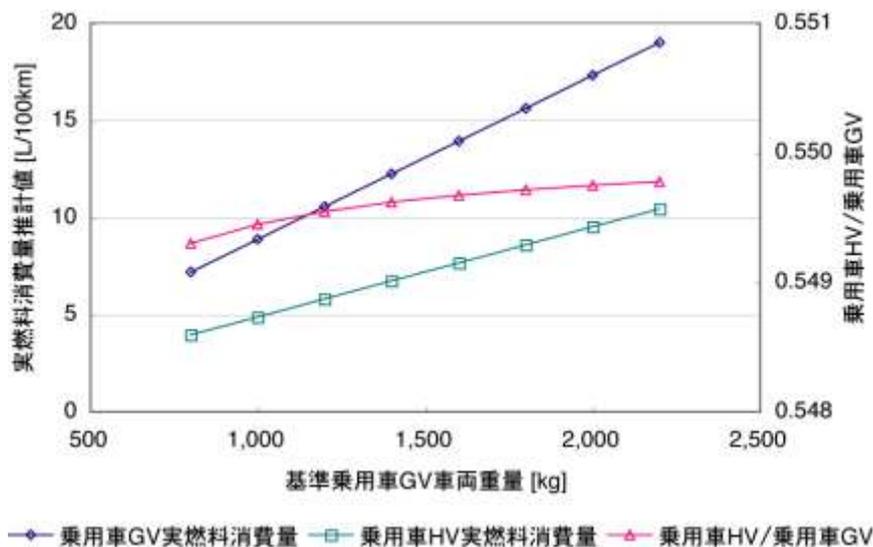


図-4 乗用車GVのハイブリッド化による実燃料消費量向上率

らを用いて試算した、基準とする乗用車GVに対し、自動車としてそれと同等の機能を有する乗用車HVの実燃料消費量を図-4に示す。図-4から、現在の自動車技術では、乗用車GVをハイブリッド化することにより、実燃料消費量は乗用車GVに対して約45%削減できるものと推計される。

(3) 自動車の燃費向上とCO₂削減の到達予測

従来のガソリン車、ディーゼル車、さらには低燃費・低公害車（クリーンエネルギー車）を含む各種自動車の燃費ならびにCO₂の削減に有用な2020年時点で実現可能と予想される動力システムや関連する要素技術を調査抽出し、その効果と今後の課題について検討し、将来の見込みを表-1の通り整理した。

電気自動車、ハイブリッド車、燃料電池車等の次世代自動車の低燃費技術を調査した結果、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と考えられ、30～50%のCO₂削減効果が期待された。貨物車に関しては、既存のディーゼルエンジンの効率化が考えられるが、2010年前後に施行されるポスト新長期排出ガス規制への対応のため、燃費改善技術の改良は停滞し、燃費の改善は困難と見られた。電気自動車は、近距離のパーソナルユースに重点をおいた導入が有り得ると考えられた。燃料電池車に関しては、コストと水素供給面の課題の克服に時間がかかり、2020年時点で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。

2020年以降、2050年にかけては、自動車用の原動機としては、燃費が改善されたエンジン（火花点火エンジンと圧縮着火エンジン）が用いられ、それには依然として炭化水素系液体燃料が利用されるものと予想される。エンジンと液体燃料の組合せは、パワー密度とエネルギー密度の両面で自動車にとって極めて優れた特性を有しており、今後とも超低排出ガス化を前提にメカニズムと制御方式の高度化により、一層の燃費改善が見込まれる。燃料としては、石油系燃料に加えてバイオマス系等の再生可能な燃料も併用される。具体的には、火花点火エンジンでは、ガソリン、バイオエタノール、ETBE（エチルターシャリブチルエーテル）、圧縮着火エンジンでは、軽油、バイオエタノールが使われる。また、幅広いバイオマス系の原料をガス化して合成するBTL

表-1 将来の各種自動車の総合効率とCO₂排出量の比較
2020年～2030年での予測 2050年代での予測

各車種	相対総合効率	相対CO ₂ 排出量	各車種	相対総合効率	相対CO ₂ 排出量
■現在のガソリン車	100(基準%)	100(基準%)	■現在のガソリン車	100(基準%)	100(基準%)
☆将来のガソリン車	120～135	83～74	☆将来のガソリン車	130～140	77～71
■現在のディーゼル車	115～125	87～80	■現在のディーゼル車	115～125	87～80
☆将来のディーゼル車	140～150	71～67	☆将来のディーゼル車	145～155	69～65
☆将来のガソリンHV	150～220	67～45	☆将来のガソリンHV	160～250	63～40
☆将来のディーゼルHV	160～240	63～42	☆将来のディーゼルHV	180～280	56～36
☆将来のEV(軽サイズ)	200～250	25～20	☆将来のEV(軽サイズ)	220～280	19～14
●バイオマス燃料の利用	—	97～93	●バイオマス燃料の利用	—	90～80
●車両の軽量化	115～125	87～80	●車両の軽量化	125～135	80～74
【仮定】 ・総合効率=燃料効率×車両効率 ・EV電源における化石燃料火力の熱量割合:50% ・バイオマスの熱量換算混合割合:5～10% ・車両の軽量化:20～30%			【仮定】 ・総合効率=燃料効率×車両効率 ・EV電源における化石燃料火力の熱量割合:40% ・バイオマスの熱量換算混合割合:10～20% ・車両の軽量化:30～40%		

(Biomass-to-Liquid) もオクタン価(耐ノッキング性)やセタン価(圧縮着火性)を調整した上で、両エンジンに使われるものと予想される。これらのバイオマス系燃料は従来の石油系燃料と任意の割合で混合して利用でき、既存のエンジン技術と輸送・貯蔵・供給のインフラ技術の対応にもほとんど問題がなく、長期的な燃料転換を漸次図っていく上で極めて好ましい特性といえる。さらに、これらのエンジン車はハイブリッド化により50%から150%の燃費改善が可能である。

また、電気自動車も普及するものと予想され、それには、パワー密度、エネルギー密度、急速充電特性、信頼耐久性を含めたリチウムイオン等の高性能化が課題となっているが、それが達成されれば、従来車に比べて小型化を前提にCO₂の排出は70%から80%程度削減されるものと予想される。電気自動車は短距離走行に適性があり、小型車として市街地での移動の利用のあり方を含めて普及を図る必要がある。また充電に当たっては、夜間充電を主体とし、その電源構成の低炭素化(原子力と再生可能エネルギーの割合の増大)によって一層のCO₂削減が図られることになる。

なお、燃料電池自動車の普及については、耐久性の確保と低コスト化はもとより、燃料となる低炭素系の水素の供給源に大きく依存するので、その面での具体的な検討が必要である。

さらに車両の軽量化は、あらゆる車種において燃費改善に大きく寄与し、それには、超張力鋼、軽金属、樹脂等の活用を図る必要がある。これによって、30%から40%の軽量化が図られることで20%から30%の改善をもたらす効果がある。軽量化は安全性と相反する側面を持っているが、それは先進的な安全車両技術の開発ニーズの動機付けを与えるものである。

(4) 代替燃料供給スタンドの立地戦略

本研究では、まず茨城県南地域を対象に自動車移動に関する特徴を把握しモデル化した。国土交通省による平成11年度道路交通センサス(正式名称:全国道路街路交通情勢調査)のデータを使用し、平日・休日のそれぞれある一日の自動車移動に関して、多数のサンプルを取得した。同時に、セイフティ・レコーダ(SR)を被験者の自動車に登載して、長期に渡る自動車移動の実態を独自に調査した。両方のデータをもとに自動車移動トリップのパターンや走行距離分布等の傾向を分析・モデル化することで、対象地域内における1ヶ月(30日)の再現シミュレーションを行った。モデル化においては、主要トリップパターン、月間走行距離、世帯の自動車保有状況、燃料補給タイミングを用いた。なお、代替燃料スタンドへのアクセスの判定は、東京都市圏パーソントリ

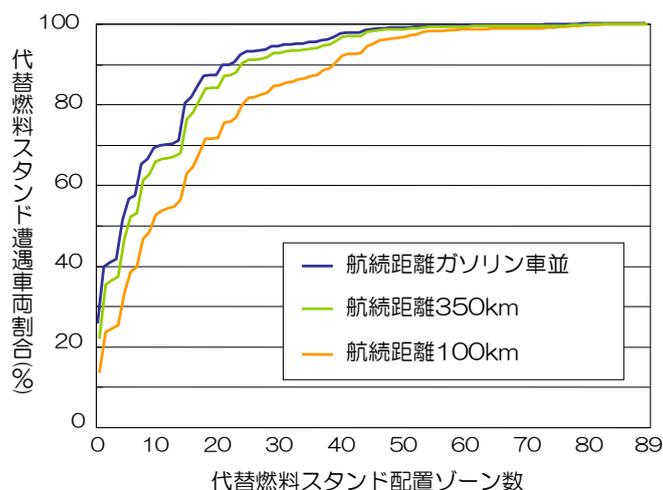


図-5 代替燃料スタンドの配置ゾーン数と自動車のスタンド遭遇割合の関係

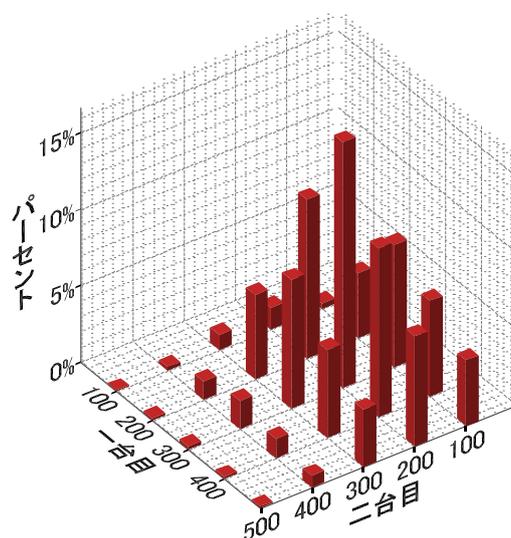


図-6 車両を2台保有する世帯における一月の最長走行距離（100kmごと）

ップ調査の小ゾーン単位で行った。

燃料補給が必要になってから代替燃料スタンド立地ゾーンを通過する際に燃料補給が可能と想定し、代替燃料スタンドに遭遇できる車両の割合を図-5の通り求めた。その結果、既存のガソリン車並の航続距離を設定した場合は、交通量の多い順からの配置の場合は89ゾーン中23ゾーンに配置すれば約90%の自動車代替燃料スタンドに遭遇できるという結果になった。航続距離350km（天然ガス自動車並）の場合もガソリン車並の航続距離の場合とほぼ同じ結果になった。しかし、航続距離100km（電気自動車並）の場合には、かなり代替燃料スタンドに遭遇する車両の割合は低くなっている。遭遇の割合が90%を超えるのは、交通量を考慮して配置した場合でも39ゾーンと、およそ2つのゾーンに1つは代替燃料スタンドを配置しないとならないということが分かった。

続いて、自動車複数保有世帯の自動車利用実態において1台目・2台目それぞれの最長の走行距離を比較し、電気自動車への代替がどの程度可能であるか考察した。図-6に示すとおり、世帯内の

どちらの自動車も100km以内の走行しか行わなかった世帯は0.5%ほどしかない。しかし、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。特に、本研究で定義した2台目、すなわち世帯主以外が主として利用する車において、全車両のうち20%以上が100km以内に限られているおり、いわゆるセカンドカーが短距離の移動に用

図-7 ハイブリッド車の生産能力拡大

られている傾向を確認できた。なお、もし、電気自動車の航続距離がカタログに示されている200kmであれば、70%近い世帯において代替が可能であることが分かった。

(5) 2020年交通CO₂削減シナリオ

2020年に向けてもっとも効果的な施策と考えられるのは、HVを大量に普及させることである。既にさまざまなサイズの乗用車が市販されていること、実走行データによると同サイズの従来型車両に比較して平均して約55%の排出量に抑えられることがその理由である。しかし、乗用車の平均使用年数は10年を超えているため、また、HV用に生産設備を整える必要もあるため、タイムラグも生じることとなる。そこで、保有車両数の入れ替えに必要な年数を考慮したコホートに基づく技術導入対策評価モデルを構築し、HV普及シナリオの評価を行った。

初期には、数年間のHEV生産設備の増強速度が前年比約1.5倍～2倍であったことを踏まえて、図-7の点線で示すとおり、前年比2倍の整備を2010年まで続け、それ以降は乗用車新車のほぼすべてをハイブリッド車に置き換え可能とした場合の削減シナリオを構築した。その場合、2020年におけるHEVの普及率は約8割に達する。その他に、従来車両の燃費向上を織り込み、軽乗用車に電気自動車(BEV)を導入し、小型貨物車には排出係数を従来車比80%に抑えたHVを50%まで導入した場合を想定した。交通需要に関しては、国土交通省による2003年版将来推計値を用いた。その結果、自動車走行量の伸びが大きいいため、1990年比のCO₂排出量はBAU(business as usual)シナリオの19%増をHEVシナリオでは±0%に抑えるにとどまることが分かった。なお、バイオ燃料の導入は、食糧との競合が起きている状況を考慮すると、最大で10%混合までと考えられる。

すなわち、2020年時点で、1990年比30%減などの大幅削減を行うためには、技術面の対応だけでは不十分と考えられた。そこで、交通量削減を組み合わせた場合のシナリオとして、自動車交通需要の削減(基準シナリオ比 乗用車20%減、バス不変、貨物車10%減)を組み合わせた対策シナリオ「+交通需要管理(Demand Management)(HEV+DM)シナリオ」を作成した。具体的には、公共交通利用促進策により乗用車からバスへの転換を行う等を想定した。その結果、2020年における自動車からのCO₂排出量は、1990年比約13%の減少となった。

一方、HEVの普及速度が遅くなる場合の感度分析を行った。生産設備の増強速度が前年比1.5倍とした場合のHEV普及率は2020年時点で約6割となり、CO₂排出量は1990年比 3%増となる。そのため、交通量削減により1990年比約13%のCO₂削減を2020年に達成するためには、基準シナリオの交通量に

比較して乗用車類で24%減、貨物車類で14%減とする必要があることが分かった。これは、2002年比でそれぞれ12%減、18%減であり、年間約1%～1.5%の交通量の削減が必要となるペースである。

国土交通省の将来需要予測が2008年に見直された。2003年版の将来需要予測では2020年頃に交通量のピークを迎えるとしていたが、既に横ばいから微減となったことが認められ、2020年時点の交通量は従前の1割減となった。新たな交通需要予測を反映させた結果、BAUシナリオの排出量は8%増となった。そのため、図-7の実線に示すとおり、HEVの生産能力を前年比1.2倍のペースで2020年まで増強し、それ以降は乗用車新車のほぼすべてをハイブリッド車に置き換え可能とするHEVシナリオに改訂した。その場合、2020年におけるHEVの普及率は約4割となり、排出量は図-8に示すように1990年比3%減となった。表-2に詳細を示すとおり、HEV+DMシナリオでは、乗用車と貨物車の交通量をBAUよりも10%削減することで、排出量は1990年比10%減の達成が可能となった。ま

図-8 2020年HEV大量普及シナリオ

表-2 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
<u>ハイブリッド車等の普及</u>	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%	
<u>ハイブリッド車等の燃費</u>	<u>ガソリン/ディーゼル車の現状の燃費を40%改善した数値</u> (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%	
<u>自動車交通量(02年比)</u>	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		

た、バイオ燃料の導入に応じた追加削減の余地が残されている。2050年に約7割削減を目指して、一定率での削減を年々続けると仮定した場合、2020年時点で1990年比14%減が必要である。すなわち、HEVの大量普及促進策だけでは長期目標達成は困難である。同時に交通需要抑制策等についても取り組むことが、長期目標の達成を容易にするために望ましいと考えられる。

(6) ビジョン実現可能性の検討

ビジョン実現の方策について、多くのステークホルダー間での議論を行う中から、経済的インセンティブによる誘導が最も効果的と考えられた。自動車グリーン税制は、車両重量別に定められるため重量化への歯止めにならなかったなどの問題点もあったが、消費者の選択が製造者へのインセンティブともなり、燃費改善に効果を上げたと考えられる。土地利用の集約化に向けては、公共サービスコストの受益者負担や固定資産税による誘導などが考えられる。

HEVの車体価格差を埋めるペイバックタイムについて試算を行った。HEVの燃料消費量は従来型車両の約60%、年間走行距離10,000km、車両価格差は約30万円～40万円の現状に比較して、2010年頃の新ハイブリッドユニットの開発により10万円～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燃料価格の幅(1リットルあたり100円～125円)に応じて7年～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年～5年程度に縮小することが分かった。すなわち、2010年以降にハイブリッドユニットの低価格が進めば、HEVは価格競争力を持つようになり、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が示唆された。

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、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するために、ガソリン価格とガソリン消費量の関係について整理・考察した。ガソリン価格がガソリン消費量に与える影響については、価格弾力性を分析する事例が多数見られる。しかしながら、分析

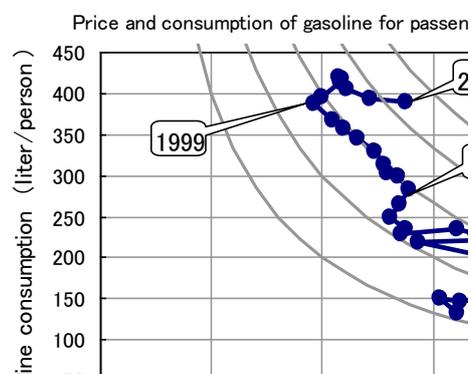


図-9 ガソリンの価格と消費量

期間が10年程度と短いものがほとんどである。図-9に、1972年～2006年のガソリン価格と一人あたりガソリン消費量の関係を示した。価格は、デフレータを用いて2000年価格に換算した。

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ということが分かる。しかしながら、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、オイルショックを除いては3～4万円の間で安定して推移してきたようにも見える。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ガソリン消費量の拡大を支えたようである。

ガソリン価格高騰は、2000年代から2008年の夏頃まで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。将来の姿を左右する分岐点は、10年以上の長期でみて、ガソリン価格高騰が再び起きるのか否かである。もう一つは、一人あたりの年間ガソリン消費額が4万円に戻るのか、5～6万円に上がるのかである。400リットル/年まで増加したガソリン消費量は、300リットルあるいは200リットルまで減少する可能性もあり得ると考えられる。

ガソリン価格高騰により電動自転車の売れ行きが急増したとのニュースは記憶に新しいであろう。ガソリン価格高騰によってあるいは低炭素社会実現のための効果的な施策によって、各家計がガソリン消費量を大幅に減らさなければならない場合、乗用車の利用が減る可能性がある。車両単体の燃費改善でガソリンを十分に節約でき、なおかつ低燃費車両の購入に必要な追加価格が大きくなければ、乗用車を利用し続けることができる。さもなければ、家計は、他の方法でエネルギー使用量やCO₂排出量を減らすため、乗用車を利用する頻度や距離を短くしたり、他の手段に転換したりすることで、モビリティのニーズを満たす選択をせざるを得なくなる。

(7) 低公害車・代替燃料車の消費者選好調査

電動車両は、その車両価格・燃料コストや航続距離などが既存のガソリン車と異なるため、その大幅普及によるCO₂排出削減可能性を検討する場合にはこれら車両に対する消費者の受容性を高める必要がある。そこで、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。被験者は全国20～50歳代の男女のうち自動車保有者かつ運転免許保持者で、プレテスト（2009年1月23日～27日、回答数1,323、回収率18.0%）と本調査（2009年2月13日～17日、回答数6,935、回収率32.1%）の2回の調査を実施した。プレテストは設定した属性に対する水準の妥当性を検証するために実施し、調査結果の分析には本調査のデータを用いた。調査では3年以内に回答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。コンジョイント分析は環境経済学や計量心理学・マーケティング分野で発展した手法であり、消費者の製品やサービスに対する選好順位データから各製品・サービスの持つ部分効用と選択対象の全体効用を同時に求める手法である。

表-3 コンジョイント分析の結果

軽乗用車

基準車:ガソリン車、120万円、500km、6円/km、4人

属性項	係数	t値	支払意志額 [万円]		
動力装置	ハイブリッド車	0.577	14.7	34.8	*
	プラグイン ハイブリッド車	-0.592	-11.6	-35.7	*
	電気自動車	0.186	7.56	11.2	*
航続距離[km]	0.00236	30.6	0.143	*	
走行コスト[円/km]	-0.263	-44.0	-15.9	*	
乗車定員[人]	0.745	62.4	45.0	*	
車両価格[万円]	-0.0166	-65.1		*	

N: 2,045 対数尤度:-15,018 尤度比指数:0.338

*:5%水準で有意

乗用車

基準車:ガソリン車、180万円、650km、7円/km、5人

属性項	係数	t値	支払意志額 [万円]		
動力装置	ハイブリッド車	0.307	12.7	29.3	*
	プラグイン ハイブリッド車	-0.0162	-0.865	-1.55	
	電気自動車	-0.175	-7.34	-16.7	*
航続距離[km]	0.00150	41.2	0.143	*	
走行コスト[円/km]	-0.185	-62.2	-17.7	*	
乗車定員[人]	0.313	51.7	30.0	*	
車両価格[万円]	-0.0105	-75.5		*	

N: 3,158 対数尤度:-29,549 尤度比指数:0.156

*:5%水準で有意

表-3に分析結果を示す。支払意志額は、軽乗用車・乗用車それぞれに対して設定した基準とするガソリン車に対する追加支払意志額である。軽乗用車・乗用車ともに乗車定員に対する支払意志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志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志額は負の値であり、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志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の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。

また調査では、自動車と環境に対する意見を記述する自由回答欄を設けた。この項目を集計したところ、表-3の解析に使用した5,203人のうち全体の24.2%に相当する1,257人が、環境に優しい自動車を購入したいが、現在の車両価格では高すぎて買えない、あるいは車両価格が安くなれば買うとの意見を示した。車両の保有に関わるライフサイクルコストは車両価格、燃料費、維持費の和として求められるが、消費者はそれぞれを別個に考えており、特に初期投資である車両価格を重視していることが示唆される。1,257人中52人が回答したように、低公害車・代替燃料車の普及に向けては車両購入に対する補助金が必要となるであろう。自動車は改正省エネ法に基づくト

トップランナー基準の特定機器に指定されており、その自動車がトップランナー基準に基づく燃費目標値を達成しているか否かは窓に添付されるステッカーで判別することができるが、一部の家電製品のように統一省エネラベルでその使用による目安となるエネルギー使用料金の表示対象となっていない。車両の低価格化により、車両価格に対する追加投資が燃料費などにより回収できる可能性が高い。これらのことから、車両購入に対する補助金に加え、燃料費や従来車に対するライフサイクルコストのペイバックタイムに関する情報を提供することが、電動車両の普及に向けては有効であるとの示唆が得られる。

(8) バイオ燃料導入による削減効果

バイオエタノールはCO₂削減が期待されるガソリン代替燃料として着目されている。中長期的には木質系や廃棄物系バイオマスからのエタノール製造が必要になると考えられるが、国内における市場の開拓のために、短期的には海外から輸入した食料起源のバイオエタノールの使用も必要になると考えられる。そこで各種文献調査および、2008年12月に沖縄県宮古島において実施した糖蜜からのエタノール生産についてのヒアリング調査に基づき、糖質系（テンサイ・サトウキビ・スイートソルガム）・デンプン質系（トウモロコシ・小麦・キャッサバ）バイオエタノールの製造と日本への輸入に伴うGHG排出量のインベントリ分析を行い、またその不確実性をモンテカルロシミュレーションにより評価した。ここで、分析のシステム境界はバイオマス生産、エタノール変換、海上輸送の3つとした。また、コーンおよびスイートソルガムはアメリカ（ロサンゼルス港）、小麦はイギリス（サウサンプトン港）、キャッサバはタイ（バンコク港）、テンサイはフランス（マルセイユ港）、サトウキビはブラジル（リオデジャネイロ港）から輸入するものとした。

その結果、エタノール変換ステージで化石燃料を使用した従来型ボイラーを使用した場合のエネルギー消費量・GHG排出量はキャッサバが最も少ないが、副産物をボイラー燃料に使用した場合はサトウキビが最も少なくなる。同じ副産物をボイラー燃料に使用する場合でも、サトウキビおよびテンサイはエネルギー消費量・GHG排出量は少なくなるが、小麦の場合、麦わらは通常、土壌に鋤き込まれて肥料の一部として使用されているため、これをボイラー燃料として使用するには追加の肥料投入が必要となり、結果としてGHG排出量は従来型ボイラーを利用した場合よりも上回る。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。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。

また乗用車のディーゼルシフトとBDF導入によるCO₂削減効果を、地域による平均旅行速度・実燃費・保有台数の違いを踏まえて算出した。1,500～4,000ccのガソリン車の10%が同車格のディーゼル車にシフトした場合、またさらにBDF 5%混合軽油（B5燃料）を導入した場合のCO₂削減率はそれぞれ1.30%、1.82%と試算された（燃料製造・供給段階でのCO₂排出量も含む）。またディーゼルシフト・B5導入によるCO₂削減効果が期待できても、その使用により自動車ユーザーにコストメリットがないと普及は進まない。そこで、総走行コスト（車両価格と生涯燃料費の和）がガソリン車を使用した場合よりも下回るためのディーゼル車の仕様とBDF価格の分析を行った。ここで、基準とするガソリン車の車両価格は200万円、カタログ燃費は10.2km/リットル、使用年数は10.66年、燃料価格は2009年2月現在の税込み小売価格を採用した。現在市販中のクリーンディーゼル車は同

車格のガソリン車に対して車両価格は+40万円、カタログ燃費は131%である。同程度の仕様のディーゼル車については、地域による年間平均走行距離の違いに依存せずにディーゼル車使用によるコストメリットが得られることが期待される。一方で、現在の廃食油からのBDF製造コスト102円/リットルでは、B5燃料使用によるコストメリットは年間平均走行距離が長い地域でないと得られず、地産地消的なバイオ燃料の使用を推進してBDF製造コストを下げていく必要があるとの示唆が得られる。

さらに貨物輸送に伴うCO₂排出削減のために、軽油代替バイオマス燃料導入の可能性を検討している。実証試験中のバイオマス燃料を使用した貨物車の航続距離は、既存の貨物車よりも短い傾向がみられる。また燃料補給スタンド整備の必要性やバイオマス資源の偏在性を踏まえると、軽油代替バイオマス燃料の日本国内での地産地消的な利用が効率的かつ効果的なCO₂排出削減につながると考えている。貨物輸送の実態をみると、積載する品目によって使用しているトラックの大きさやトリップ距離が異なる。そこで、貨物車へのバイオマス燃料導入可能性を検討するために、平成17年度道路交通センサス自動車起終点調査データを用いて貨物車積載品目別・貨物車積載量別・トリップ距離別の燃料（軽油）消費量を算出し、貨物車へのバイオマス燃料の導入可能性を検討した。全積載品目の積載量・走行距離別燃料消費量をみると、積載量別には10～15tの、トリップ距離別には100～300kmの燃料消費量が多い傾向がみえる。これらのことから、ターミナル間輸送が中心となる普通貨物車で、かつトリップ距離が100～300kmが中心となる業種で、トリップ途中で燃料補給をせずに軽油代替バイオマス燃料の導入ポテンシャルが高いと見積もられた。

（9）バス路線再編によるCO₂削減効果の推計

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。幹線区間で専用走行空間を設置すれば速度と定時性を高めることも可能となる。一方、幹線一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。

幹線+支線型のバス路線網を持つ都市の例として、クリチバ（ブラジル）では、「Bus Rapid Transit（BRT）を軸とした高密な都市開発」として、①3本の道路で1つの都市軸を構成する道路システム、②幹線・支線などの路線の機能別に分類されたバスシステム、③都市軸を中心に機能を高密に集積させる土地利用を取り入れている。また近年、市内各地区の乗換ターミナルに隣接し、バス利用者が自由に行き来できる形で、役所の出張所などの公共施設、最寄り品の小売店舗、運動施設などを集めた「シチズンシップ・ストリート」が整備された。ソウル（韓国）では、2004年に路線再編が開始され、乗換ターミナルは22個所で整備途上であるが、より少ない運行台キロ・運行台数で多くの乗客を輸送できるようになっている。イル＝ド＝フランス都市圏（フランス）では、地域圏基本計画において、近郊市街地へのメトロ延伸等、遠方への高速・高頻度路線の整備を、結節点機能の強化と圏域内の路面公共交通の強化とあわせて行うことを位置づけている。

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

表-4 青森市：バス路線再編前後のCO₂排出量 [t-CO₂/年]

	バス	自動車	合計
現況	16,781	85,243	102,024
路線再編後 (変化率)	11,383 (-32.2%)	85,335 (+0.1%)	96,718 (-5.2%)

表-5 長野市：バス路線再編前後のCO₂排出量 [t-CO₂/年]

	バス	自動車	合計
現況	11,830	244,448	256,278
路線再編後 (変化率)	4,550 (-61.5%)	240,659 (-1.6%)	245,209 (-4.3%)
路線再編+施設併設後 (変化率)	4,545 (-61.6%)	239,438 (-2.0%)	243,983 (-4.8%)

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。

今世紀初頭にバス路線再編案が検討された青森県青森市と上述の長野市を対象に、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。

青森市の結果を表-4に、長野市の結果を表-5に示す。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。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 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段階パス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) 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基盤整備の必要性和燃料価格等による誘導の可能性を指摘した。
- 7) 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。
- 8) 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。
- 9) 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。また、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。
- 10) 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。

(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具体的に検討し、報告書としてまとめた。
 - ・ 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）
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/rep1805/index.html
 - ・ 報告書「熱利用エコ燃料の普及拡大について」（平成18年8月）
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/conf_ecofuel/rep1808/index.html
- 2) 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）
 - ・ 報告書 <http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha05/09/091110/01.pdf>
- 3) 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）
 - ・ 報告書 http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha07/09/090202_2/01.pdf
- 4) 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。

6. 引用文献

- 1) JHFC総合効率検討特別委員会・財団法人日本自動車研究所：「「JHFC総合効率検討結果」報告書」、平成18年3月
- 2) Y. Kudoh, Y. Kondo, K. Matsushashi, S. Kobayashi, Y. Moriguchi: “Current status of actual fuel-consumptions of petrol-fuelled passenger vehicles in Japan”, Applied Energy, 79, pp. 291-308, 2004.
- 3) 工藤祐揮、松橋啓介、森口祐一、近藤美則、小林伸治：「ガソリン乗用車の実燃費マクロ推計式の構築」、土木学会論文集，793/IV-68，41-48，2005.

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) 日中自動車交流協会の招きで天津大学と精華大学において講演と情報交換（2007年1月）
- 3) “2nd International Workshop on Environmentally Friendly Vehicles”を国土交通省・交通安全環境研究所との共催（2007年2月）
- 4) 韓国の高麗大学機械工学科と熱流体，エンジン，ハイブリッド車分野の研究交流に関する協定の締結（2007年2月）

- 5) International Council of Clean Transportation (ICCT) にメンバーとして参加し、運輸に関わる地域環境と地球環境に関わる諸問題の解決に取り組んでいる。
(<http://www.theicct.org/>)
- 6) 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）、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

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文（査読あり）>

- 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. 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”
- 3) 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」
- 4) 久保則夫, 大聖泰弘他: 自動車術会論文集, 36(5), 2005.
「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－」
- 5) 久保則夫, 大聖泰弘他: 自動車術会論文集, 36(5), 2005.
「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－」
- 6) Y. Kudoh, K. Matsushashi, Y. Kondo, S. Kobayashi, Y. Moriguchi and H. Yagita: : The World Electric Vehicle Association Journal, 1, 142-147, 2007.
“Statistical Analysis of Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles in Japan”
- 7) Y. Kudoh, H. Yagita and A. Inaba : Proceedings of International Conference on Ecologic Vehicles & Renewable Energies, CD-ROM, Monaco, 2007.
“Analysis of Existing Variation in Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles”
- 8) 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”
- 9) 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”

- 10) 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」
- 11) 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」

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) Y. Daisho: Review of Automotive Engineering, 27, 489-495, 2006.
“Developing Advanced Low-Emission and Fuel-Efficient Vehicle Technologies beyond 2010”
- 2) 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”
- 3) 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」
- 4) 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～」
- 5) 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」
- 6) 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」

<その他誌上発表 (査読なし) >

- 1) 大聖泰弘: 工業調査会, 2004.
「バイオエタノール最前線」
- 2) 大聖泰弘: 自動車技術, 59(2), 2005.
「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」
- 3) 大聖泰弘: 自動車技術, (4), 2005.
「ディーゼルエンジン技術に関する将来展望」
- 4) 大聖泰弘, 木原良治: 山海堂, 2005.
「高性能ハイブリッド自動車の研究」
- 5) 大聖泰弘: 石油学会誌, 2006.
「最近の自動車の排気浄化と燃費改善に関する技術開発動向」
- 6) 環境省エコ燃料利用推進会議報告書, 100-110, 2006.
- 7) Y. Murata, J. Kusaka, Y. Daisho, et al: FISITA 2006 World Automotive Congress, 2006.
“Miller-PCI Combustion Concept for Lowering Diesel Emissions”

- 8) 大聖泰弘：月刊誌・潤滑経済，11，2006.
「自動車用バイオマス燃料の将来展望」
- 9) 大聖泰弘：No. 19-06シンポジウム「ディーゼルクリーン化を目指す最新後処理・燃焼技術」，
自動車技術会，2007.
「今後のディーゼル車の排気浄化技術に関する動向」
- 10) 大聖泰弘（分担執筆）：衆議院調査局環境調査室，2007.
「バイオマスの利活用について～バイオマス由来燃料を中心として～」
- 11) 松橋啓介：独立行政法人国立環境研究所 地球環境研究センター編著，ココが知りたい地球温
暖化，成山堂書店出版，163-167，2009.
「車のかしこい使い方」
- 12) 森口祐一，松橋啓介，工藤祐揮：西岡秀三，日本低炭素社会のシナリオ，日刊工業新聞社，
118-153，2008.
「低炭素社会の交通」

(2) 口頭発表（学会）

- 1) 工藤祐揮，松橋啓介，森口祐一：第23回エネルギー・資源学会研究発表会同講演論文集，
269-272，2004.
「日本におけるガソリン乗用車の実燃費の実態について」
- 2) 大聖泰弘他：環境と交通に関する世界会議in愛知，2005.
「ラウンドテーブル1：環境に配慮した自動車の開発と普及に向けて」，「ラウンドテー
ブル2：将来の燃料について」
- 3) 工藤祐揮，松橋啓介，上岡直見，森口祐一：第33回環境システム研究論文発表会，同講演集，
263-268，2005.
「市区町村の運輸部門CO₂排出量の推計」
- 4) 大聖泰弘：日本エアロゾル学会，エアロゾルシンポジウム（粒子の計測，制御，分析と，環
境・生体への影響-自動車排ガス，大気ナノ粒子-），2005.
「ディーゼル車の排出ガス低減技術に関する最新動向」
- 5) M. Tsutsumi, H. Ishida, N. Okamoto and Kosei Suzuki: the 85th Transportation Research
Board Annual Meeting, Washington, D.C. January 22-26, (Compendium of Papers CD-ROM,
06-2631), 2006.
“Modeling Car Trips towards Strategic Allocation of Alternative Fuel Stations”
- 6) 大聖泰弘：天然ガス自動車フォーラム第44回研究会（(社)日本ガス協会），2006.
「天然ガス自動車の環境・エネルギー技術の将来展望」
- 7) Y. Daisho: Proceedings of Eco Design 2006 Asia Pacific Symposium, Tokyo, 14-23, 2006.
“Perspectives on Future Motor Vehicle Technologies Associated with Environmental and
Energy”
- 8) 工藤祐揮，八木田浩史，稲葉敦：第33回土木計画学研究発表会（春大会），2006.
「LCAの視点に基づく移動体エネルギー供給時の環境負荷の考え方-Well to Wheel分析-」
- 9) 大聖泰弘：自動車技術会夏季大会GIAダイアログ，2006.

- 「クリーンディーゼル研究・開発・普及の課題」
- 10) 大聖泰弘：第22回エネルギー総合工学シンポジウム，2006.
「自動車用燃料・エネルギーの将来」
 - 11) 石田東生，堤盛人，岡本直久，関根喜雄：土木計画学研究・講演集，34，(CD-ROM 講演番号：98)，2006.
「自家用自動車の長期間移動再現シミュレータを用いた代替燃料スタンド配置に関する研究」
 - 12) 大聖泰弘：(財) 神奈川科学技術アカデミー・フォーラム2，2006.
「今後の自動車用バイオマス燃料の利用について」
 - 13) 村田 豊，草鹿 仁，大聖泰弘：自動車技術会シンポジウム「ディーゼルクリーン化を目指す最新後処理・燃焼技術」，01-07，2007.
「可変弁機構によるディーゼル燃焼の制御と排出ガス低減」
 - 14) 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：第23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，585-588，2007.
「最新のデータに基づく乗用車実走行燃費の実態分析」
 - 15) 大聖泰弘：自動車技術会シンポジウム「ディーゼルクリーン化を目指す最新後処理・燃焼技術」，01-01，2007
「今後のディーゼル車の排気浄化技術に関する動向」
 - 16) 大聖泰弘：天然ガス自動車フォーラム第45回研究会，2007.
「環境・エネルギー問題における天然ガス自動車の役割と課題」
 - 17) 松橋啓介，工藤祐揮：第2回人と環境にやさしい交通をめざす全国大会，同予稿集 91-92，2007.
「2050年の脱温暖化社会実現に向けたLRTの役割」
 - 18) 加藤秀樹，小林伸治，近藤美則，松橋啓介：第48回大気環境学会年会，同講演要旨集 538，2007.
「アイドリングストップによるCO₂削減効果の推定」
 - 19) 高瀬知彦，高見淳史，大森宣暁，原田昇：土木計画学研究・講演集36，CD-ROM，2007.
「バス路線網再編の可能性とバス路線再編計画評価のためのデータの入手可能性」
 - 20) 加藤秀樹，小林伸治，近藤美則，松橋啓介：2007年自動車技術会秋季学術講演会，同前刷集，No.127-07，27-32，2007.
「エコドライブにおける燃費改善要因の解析」
 - 21) 工藤祐揮，南斉規介，近藤美則，田原聖隆：EVSフォーラム2008，2008.
「実使用を考慮したFCEV、BEV、GVのライフサイクルCO₂排出量」
 - 22) 近藤美則，工藤祐揮，加藤秀樹，松橋啓介，小林伸治：EVS2008フォーラム，2008.
「使用実感から見た市販電気自動車の評価」
 - 23) K. Matsushashi：The 3rd workshop Japan- U. K. , Joint Research Project Abstracts，104，2008
“Lifestyle in transportation sector”
 - 24) 工藤祐揮，松橋啓介，小林伸治，森口祐一：第27回エネルギー・資源学会研究発表会，同講演論文要旨集，355-358，2008.
「地域による自動車利用の違いを考慮した乗用車・軽乗用車の走行距離の算出」

- 25) 加藤秀樹, 小林伸治, 近藤美則, 松橋啓介: 自動車技術会 2008春季大会学術講演会, 同前刷集, (6608): 1-4, 2008.
「エコドライブにおける燃費改善要因の解析 (第2報)」
- 26) 松橋啓介: 第2回つくば3Eフォーラム, 同報告書, 64, 2008.
「人と交通と地域はどこに向かうのか」
- 27) 小林伸治, 松橋啓介, 加藤秀樹, 原田一平, 近藤美則: 社団法人自動車技術会2008年秋季大会学術講演会, 同前刷集, 99-08, 1-6, 2008.
「低炭素社会における生活に身近な自動車の姿ー自動車の使用実態調査に基づく提案ー」
- 28) 工藤祐揮、松橋啓介、小林伸治、森口祐一: 第27回エネルギー・資源学会研究発表会, 2008.
「地域による自動車使用の違いを考慮した乗用車・軽乗用車の走行距離の算出」
- 29) 長澤将大、大和田秀二、工藤祐揮、匂坂正幸: 第4回バイオマス科学会議, 2009.
「デンプン系および糖質系バイオエタノール製造にかかわるインベントリ分析の不確実性評価」
- 30) 工藤祐揮、石井耕司、堂脇清志: 第4回日本LCA学会研究発表会, 2009.
「乗用車へのディーゼルシフト・バイオディーゼル導入によるCO₂削減効果に関する分析」
- 31) Yuki Kudoh, Keisuke Matsunashi, Yoshinori Kondo, Shinji Kobayashi, Yuichi Moriguchi:
The 24th International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium &
Exhibition, Stavanger, Norway, 2009
“Japanese Consumers’ Acceptability for Electric Vehicles” (アブストラクト提出済み)

(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)

- 1) 地球環境研究総合推進費一般公開シンポジウム (脱温暖化社会に向けて: 森口祐一)
「脱温暖化に向けた近未来の交通システム」 (2005年11月16日, 有楽町朝日ホール)
- 2) 第26回早大モビリティシンポジウム「環境・エネルギー, 安全, 情報通信に関する最新の自動車技術」 (2006年11月11日, 早稲田大学理工学部57号館202室, 観客350名)
- 3) 第25回早大モビリティシンポジウム「環境・エネルギー・安全に配慮した持続可能なモビリティ社会と自動車技術の将来」 (2006年11月26日, 早稲田大学理工学部57号館202室, 観客300名)
- 4) “2nd International Workshop on Environmentally Friendly Vehicles”(環境に優しい自動車に関する第2回国際ワークショップ), (2007年2月19日, 26日, 早稲田大学国際会議場, 観客450名)

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) The Japan Times Online (2006年4月16日)
- 2) 月刊地球環境特集「自動車排ガスCO₂削減」 (2007年3月号, 日本工業新聞社)
- 3) 成果の記者発表「電動マイクロバス実証実験」 (2007年1月24日, 於三鷹市市役所) NHK首都

圏ニュース（2007年1月25日）

- 4) 朝日新聞朝刊, 茨城地域版『車依存減へ市民も案』 「低炭素」つくば／新都市物語②（2008年2月26）
- 5) 日本経済新聞（2008年12月14日）

（6）その他

- 1) 工藤祐揮：WEVA（World Electric Vehicle Association）Youth Paper Award受賞
（2006年10月）