

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

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	森口祐一・松橋啓介
筑波大学社会工学系		石田東生・岡本直久・堤盛人
早稲田大学理工学部		大聖泰弘

<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

[要旨]

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必要がある。本研究では、2020年頃に向けて、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とを目的とする。またこれを踏まえて、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し、交通関連技術の予測結果とともに、シナリオチームへ提供することを目的とする。

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った結果、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、コストと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に着手した。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。

[キーワード] 二酸化炭素、技術革新、自動車技術、燃料電池車、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。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、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。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。

こうしたことから、「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。しかし、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。

また、交通需要の中で自動車占める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、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、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。

本サブテーマ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、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とを目的とする。また、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し、交通関連技術の予測結果とともに、シナリオチームへ提供することを目的とする。

3．研究方法・結果

2020年の中期に向けて、交通行動を大幅に変更させる施策の導入可能性については、その地域類型毎の差や、効果の不確実性が大きく、また専門家の見解も分かれていることから、全国一律の交通行動変化シナリオを示すことは困難である。そのため、中期を扱うサブテーマ1では技術予測を中心に行い、交通行動を変化させる施策の地域類型別の導入可能性は長期を扱うサブテーマ2で扱うこととした。

本サブテーマ1では、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行い、一方で、これらを踏まえて、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。

(1) 燃費改善技術と新燃料・次世代自動車の見通し

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た。

自動車用の従来原動機（ガソリンエンジン、ディーゼルエンジン）の燃費向上（CO₂削減）の可能性に関して、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を行った。また、高効率化に関わる既存技術や将来技術を対象に、文献や企業研究者からの情報提供を中心に広範囲に調査し、将来の実用化と高効率化の可能性を予測した。その結果を表-1に示す。

ハイブリッド技術による高効率化について、エンジンとモーター・バッテリーから構成されるシリーズ、パラレル、デュアルの各方式のハイブリッド機構による自動車の高効率の可能性を数値シミュレーションにより予測した。また、ハイブリッドシステムの主要コンポーネント（モーター、バッテリー、ウルトラキャパシタ、インバータ、コンバータ等）の開発状況を文献と企業研究者からの情報提供を中心に調査し、到達点を探った。今後のエンジンとバッテリーの高効率化、制御の高度化も考慮した結果を表-2に示す。なお、バッテリーの開発に関しては、ニッケル水素がハイブリッド用として実用化されている一方、最近リチウムイオン電池の高性能化が進んでおり、電気

表-1． 自動車用従来型原動機のCO2削減可能性

エンジン・パワーシステム技術
・直噴ガソリン:20～30% [15～20%]
・アイドルストップ:数～10% [数～10%]
・エンジン制御の高度化:10% [10%]
・可変ターボ過給、二段ターボ過給(D):数～10% [数～10%]
・可変弁機構(VVT等による可変圧縮比):～5% [～5%]
・可変気筒機構(G):10～20% [10～15%]
・摩擦低減(潤滑特性の改善、運動部の軽量化等):～5% [～5%]
・無段変速機(CVT):数～10% [数～10%]
・自動化MT:10～15% [10%]
車両技術
・乗用車の軽量化(樹脂,軽金属,超高張力鋼の利用):20～30% [15～25%]
・空気抵抗低減(高速時):数～20% [数～15%]
・低転がり抵抗タイヤ:～5% [～5%]
凡例:燃費向上率:%,CO2低減率:[%],G:ガソリン車,D:ディーゼル車

表-2． ハイブリッド技術による高効率化

ガソリンHV:	パラレル・シリーズ方式	50～100% [30～50%]
ディーゼルHV:	シリーズ方式(路線バス)	40～100% [30～50%]
	パラレル方式(トラック)	30～40% [20～30%]
凡例:燃費向上率:%,CO2低減率:[%]		

表-3． 代替燃料・エネルギー車の効果

・電気自動車:ガソリン車に対して約70%
・天然ガス自動車:ガソリン車に対して約20%
・バイオ燃料自動車(バイオエタノール、バイオディーゼル等):混合割合による
・燃料電池自動車:水素の原料に大きく依存する

自動車、ハイブリッド車、燃料電池車の一層の高効率化に寄与するものと予想される。

代替燃料・エネルギー車について、数値シ

表 - 4 . 燃費改善技術の課題

ミュレーション、文献調査、企業からの研究成果等をもとに燃費、エネルギー効率の向上可能性とCO₂の低減効果を探った結果を表 - 3に示す。

また、燃費改善技術に関わる課題を表 - 4の通り整理した。

これらを総合すると、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。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

< 従来車(ガソリン車、ディーゼル車) >

精製プロセスでのCO₂排出を考慮すると、ガソリンと軽油は、それぞれ現状の用途別に利用され続ける。ディーゼル乗用車はガソリン乗用車に対して20%のCO₂削減効果がある。

ディーゼル車は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、燃費改善技術は2010年まで停滞し、その後も5年程度は停滞し改善は困難。

燃費改善技術の普及には、車両コスト増の抑制が極めて重要(特に主要コンポーネントの標準化、共通化、量産化や技術移転の促進が鍵となる。)

< 代替燃料車、クリーンエネルギー車 >

Well-to-wheelの比較、エネルギー政策とのリンクが必要である。

天然ガス車、燃料電池車等の導入によるCO₂低減効果は今後のエネルギー政策にもよるが、コスト面とインフラ面で限定的。

短距離走行に特化した小型電気自動車は、CO₂抑制には極めて有効。高性能電池、二人乗り車の開発が望まれる。

バイオエタノールとバイオディーゼル(FAME)はそれぞれガソリンと軽油に混合するかニートで利用することで一定のCO₂抑制が効果ある。バイオエタノールは5～10%の混合の利用可能性がある。

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る。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、燃費改善技術は停滞し改善は困難と見られる。その一方で、域内物流に利用されるトラックについては、20～30%のCO₂削減効果が見込まれるディーゼルのパラレルハイブリッド方式に適性がある。路線バスには、30～50%のCO₂削減効果が見込まれるディーゼルのシリーズハイブリッド方式に適性があり実用化が進められている。また、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、コストと燃料供給面の課題の克服に時間がかかり、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と考えられ、夜間電力による充電によるランニングコストの低減とCO₂対策としては極めて有効である。ただし、二酸化炭素をほとんど排出しない方法で水素が生成可能となる見込みがあるとするれば、燃料供給施設の先行的整備や補助金支出などの強力な普及促進策を採用する戦略も考えられる。

なお、水素供給や再生可能エネルギーの利用については、エネルギー供給側の条件に強く依存することから、本プロジェクトでエネルギー供給に関する研究を担当するS-3-1と連携して調査分析を行う必要があると考えられる。

(2) エネルギーチェーンサイクル全体でのエネルギー効率

自動車技術の進歩により自動車から排出される環境負荷が軽減されても、その自動車を利用する燃料の生産・供給に伴う環境負荷の増加により相殺される可能性がある。したがって自動車が

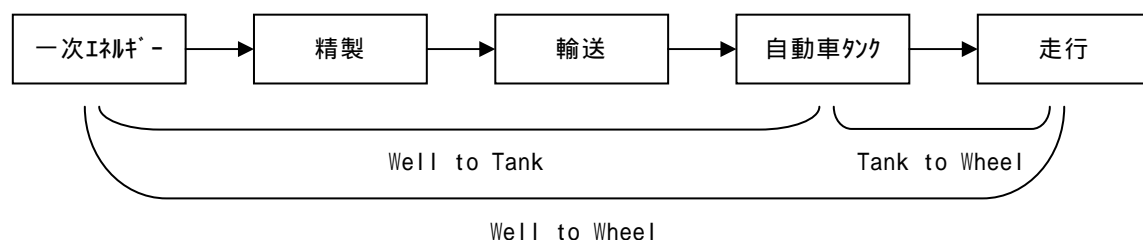


図 - 1 Well to Wheel分析の枠組

らの環境負荷の軽減につながる様々な自動車技術や自動車用燃料の可能性の検討を行う場合には、駆動系を中心とする自動車単体の性能評価とともに、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プロセスを含めた、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把握する必要がある。この枠組はWell to Wheel (WtW)分析と呼ばれ、一次エネルギーが採掘されてから自動車用燃料として自動車のタンクに搭載されるまでをWell to Tank (WtT)、搭載された自動車用燃料が実際に走行に使用されるまでをTank to Wheel (TtW)と分けて議論されることが多い(図-1参照)。このWtW分析は近年欧米では盛んに行われており(例えばGeneral Motors et al.^{1),2)}、日本でも財団法人石油産業活性化センター³⁾や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)内の総合効率検討特別委員会⁴⁾、また自動車メーカー⁵⁾などでWtW分析が行われている。低CO₂車技術選択モデル構築のためには、自動車のエネルギー効率(燃費)の将来予測と自動車用燃料のインベントリ作成が必要となるが、本年度は日本における最新のWtW分析の事例をレビューし、必要となる基礎データの収集と考え方の整理を行った。

WtT段階においては、あるプロセスのエネルギー効率を、そのプロセスの生産物が持つエネルギー(発熱量換算)を分子に、そのプロセスに投入された原料が持つエネルギー(発熱量換算)とそのプロセスにおいて消費されたエネルギー(発熱量換算)の和を分母として算出し、エネルギーチェーンサイクルに含まれる全プロセスのエネルギー効率の積和をWtT効率として、各種自動車の環境負荷の大小を測る指標として用いることがある。しかし、このように計算されたエネルギー供給パスのWtT効率を比較することには以下のような問題がある。

- ・ 再生可能エネルギーなどでは、エネルギー効率を定義できないプロセスが存在する。多くの文献では、このような場合には便宜的に効率を1としている。
- ・ 同じ一次エネルギー由来の2つのパスのWtT効率を比較することは、WtT効率がエネルギー消費そのものを示すために意味はあるが、異なる一次エネルギー由来の2つのパスのWtT効率の比較は、(エクセルギーが異なり)実際の利用価値と乖離が生じるため、比較する意味が薄れる。
- ・ CO₂排出量を算出するにあたっては、各プロセスでの出力燃料1単位あたりに投入される燃料種別の一次エネルギー量が必要であり、WtT効率値だけが判明していてもWtW CO₂排出原単位を必ずしも求めることはできない。

このような問題があるため、本研究では各種自動車用エネルギーの環境負荷の大小を計る指標としてWtW効率ではなく、WtTエネルギー消費原単位(単位: MJ/MJ出力燃料)を整理することにした。

図-2に、本年度整理した自動車用燃料インベントリの一例として、文献⁵⁾から得られた各種自動車用燃料のWtTエネルギー消費原単位ならびにWtT CO₂排出原単位の一例を示す。文献⁵⁾では、例えばあるプロセスに電力や輸送用燃料が投入される場合には、それらを一次エネルギーまでさかのぼった計算が行われている。

従来型自動車用燃料と比べ、石油代替燃料車の燃料、特に水素はエネルギー消費量・CO₂排出量ともに増加する。特に化石燃料を改質して得られる水素と比べて、水電解水素は発電効率の影響を受けるために増加幅は大きくなる。一方で、現在のWtT分析の枠組では副生水素のエネルギー消費量・CO₂排出量は比較的小さいが、これは副産物として捉えられ、主産物製造段階でのCO₂排出量は主産物に配分されているからである。こうした配分方法を採用した場合には、CO₂排出量の面が

らは副生水素は当面のオプションとして有望視できるが、この燃料供給パスは主産物の生産量による供給上限があり、これに多分に依存することは難しいことに留意する必要がある。

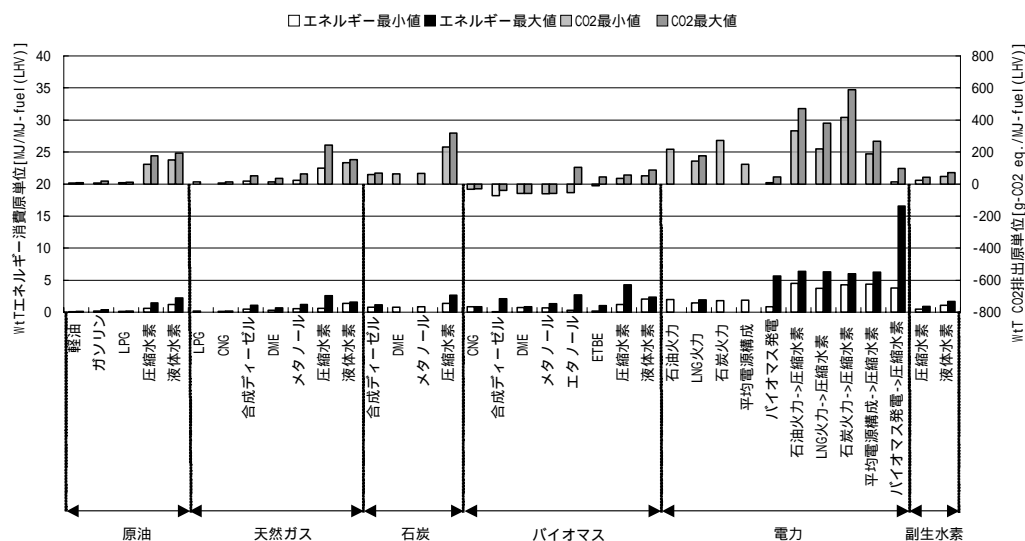


図 - 2 各種自動車用燃料のWtTエネルギー消費原単位とWtT CO₂排出原単位の一例

TtW段階では、想定する各種自動車のエネルギー消費量の違いが重要である。自動車のエネルギー消費量の単位として、日本では[km/L]単位で定義される「燃費」が一般的である。しかし、単位稼働量あたりにエネルギーをどれだけ効率的に使用しているかを示す指標としては、この「燃費」の単位の逆数から計算される単位走行距離のエネルギー消費量（単位：[MJ/km]）の方が合理的であり、既往のWtW分析においても[MJ/km]の表記が支配的である。したがって、本研究テーマでは以後、[MJ/km]単位で表わされる単位走行距離あたりのエネルギー消費量を、自動車のエネルギー消費の指標として採用する。従来型の自動車に対するエネルギー消費の優位性を検討するために、WtW分析では各種自動車の燃料を発熱量ベースでガソリン換算した値を比較することも多い。

図 - 3に、文献³⁾でシミュレーションによって試算された、各種自動車のガソリン換算の走行距離あたりのエネルギー消費量を示す。この試算結果では燃料電池自動車とガソリンハイブリッド自動車のエネルギー消費量はガソリン自動車のそれぞれ33%、66%となっているが、想定する自動車の諸元によってこの値は大きく変化し、例えば文献⁵⁾ではそれぞれ27%、43%と見積もっている。JHFCでは燃料電池車の実証試験を行っており、この結果が公表されれば実使用条件下での燃料電池車のエネルギー消費量がわかるため、その公表が待たれるところである。また、欧米の自動車メーカーはディーゼル自動車・ディーゼルハイブリッド自動車に期待をかける動きがあるが、図 - 3ではディーゼルハイブリッドのエネルギー消費量はガソリン自動車の57%、また文献⁵⁾では41%と見積もっている。

いずれにしても、今後のWtW分析に当たっては、データソースの確認をふくめてさらに詳しい調査が必要である。

(3)代替燃料スタンド最適整備戦略モデル

代替燃料自動車の普及を目的として代替燃料補給スタンドの配置を議論する上では、特に、初期段階においては、自動車が燃料補給に窮することなくスタンドに接近するための最低限の空間的な密度を求める必要がある。そのためには、自動車が長期間に渡ってどのように移動している

かを把握する必要があるが、現時点では、多数の自動車の長期間に渡る移動に関するデータは存在しない。

そこで、本研究では、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。

まず、国土交通省・都道府県・政令指定都市・道路公団・首都高速道路公団などが共同で、5年に一度行っている全国規模の調査である道路交通センサスを用いて、ある1日の自動車交通に関する自動車によるトリップ数やトリップ・パターンを調査した。具体的には、オーナーインタビュー調査を用いて、義務的な交通行動を持つ「就業者」と義務的な交通行動を持たない「非就業者」に分けて自動車交通行動の分析を行い、1日の交通行動における就業者と非就業者のトリップ数やトリップ・パターン、走行距離分布等を求めた。

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るが、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、被験者に対してセイフティ・レコーダ(SR)という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。しかしながら、SRによってデータを取得するためには、自動車一台一台に装置を積む必要があり、装置が高額なことから非常にサンプル数が限られる。そこでSRによって得たデータをそのまま使用するのではなく、まず、一ヵ月間に渡る一日毎のトリップ数と走行距離の分布を作成し(図-4)、自宅から通勤地までとの距離の関係等に基づき分布パターンを類型化した。また、トリップのパターンについても類型化を行った(図-5)。これらの類型化に基づき、就業者と非就業者それぞれについて、一日のトリップ数・走行距離分布・トリップパターンをモデル化した。

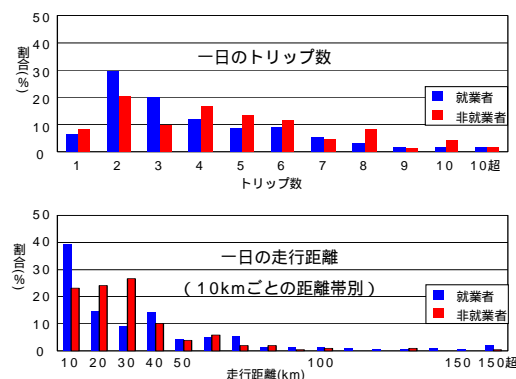


図-4 SRによる1ヵ月間の1日のトリップ数(上図)と走行距離(下図)の分布

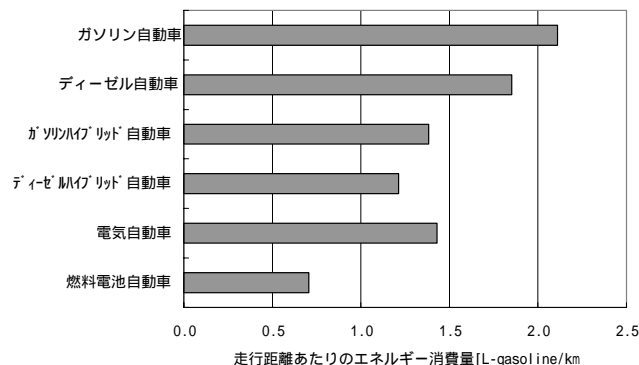


図-3 各種自動車の走行距離あたりのエネルギー消費量(ガソリン換算)

就業者 平日: 190(日) 休日: 46(日)

順位	平日	割合	休日	割合
1	出動 → 帰宅	22.6% (43)	出動 → 帰宅	6.5% (3)
2	その他 → 帰宅 出動 → その他	4.7% (9)	その他 → 帰宅	4.3% (2)
3	出動 → その他 帰宅 → その他	3.2% (6)	帰宅 → 出動 その他 → 帰宅	4.3% (2)
4	その他 → 帰宅	3.2% (6)	その他 → 帰宅	4.3% (2)
5	その他 → 出動 帰宅 → その他	1.6% (3)	その他 → 出動 帰宅 → その他	2.2% (1)

●: 自宅 ●: 会社 ○: その他

図-5 SRによる1ヵ月間のトリップパターンの割合(就業者)

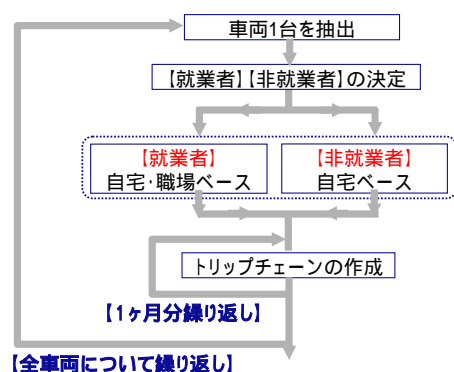


図-6 シミュレーションの概要

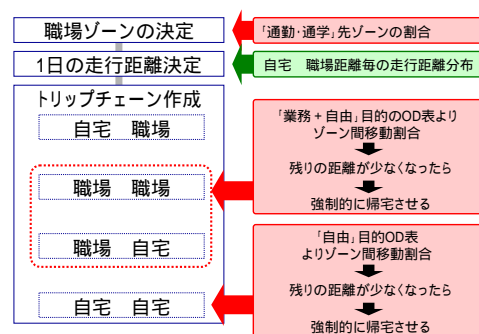


図-7 トリップチェーン作成の手順
(就業者の場合)

SRのデータに基づくモデルを基に、域内の自動車による交通トリップを再現するためには、各パターンに属する車両の台数、そのうち就業者が使用するものと非就業者が使用するものの割合、就業者については居住地ごとの就業地の割合、などが分からなければならない。そこで、サンプル数の多い道路交通センサスのデータを用いてこれらを算出し、その割合に応じてモデル上でトリップ・パターンを選択することとする(図-6)。モデルによりトリップチェーンを作成すると、一日単位自動車一台単位では、走行距離に過不足が生じる。それらは、日にちを超えて、あるいは車を超えて調整し、全体として道路交通センサスから得られる距離の分布に適合させる(図-7)。

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ヵ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ヵ月内におけるスタンドへの接近確率の関係を試算した。同じ地域を対象とした研究分担者らの先行研究では、1日の自動車交通行動をもとに、既存のガソリンスタンドが代替燃料スタンドに任意の割合で整備された場合に走行している自動車の何割が1日平均1回以上代替燃料スタンドに接近するかを求めている。そこでは、対象地域内において約600ヵ所強あるガソリンスタンドの約50%が代替燃料スタンドとして整備されれば、走行車両の96.6%が1日に平均1回以上代替燃料スタンドに接近することが分かっている。しかし、実際には、日々の走行の中で毎日のようにスタンドに接近する必要はなく、燃料を補給してからある一定期間内において燃料スタンドに接近すれば問題がない。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ヵ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ヵ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ヵ月間に最低1回はスタンドに接近することが分かった。

(4) リードタイムを考慮した技術普及シナリオ

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、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」を策定した。議論のベースとして提供するとともに、議論を踏まえて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を行った。さらに、これを用いて対策シナリオの暫定版を作成し、交通部門に関する議論のベースとして提供した。

具体的には、技術に関する上記の検討結果と国土交通省による将来交通需要予測に基づき、以下の2020年基準シナリオ(BAU)を作成した。

- a) 乗用車の20%と小型貨物車の10%がハイブリッド車に切り替わる
- b) ハイブリッド車の燃費は、ガソリン/ディーゼル車の現状の燃費を40%改善した数値となる
- c) ガソリン/ディーゼルの乗用車、バス、小型貨物車の燃費は、現状から10%改善する
- d) 交通量は、乗用車で02年比約15%増、90年比約66%増、貨物車で02年比90年比共に約5%減
2020年における自動車からのCO₂排出量は、1990年比約28%の増加(乗用車37%増、軽自動車84%増、貨物車3%増)。現状比で3%減少

同様に、ハイブリッド車(Hybrid Vehicles)の大量普及を中心的な対策として想定した2020年対策シナリオ(HV)を以下の通り作成した。なお、この場合でも、乗用車の新車の大半を早期にハイブリッド車に置き換えるために、ハイブリッド乗用車生産設備の増強を前年比2.0倍という加速度的なペースで6年間継続して行い、国内出荷向けだけで年産400万台にまで高める必要がある。

- a) 乗用車の83%と小型貨物車の50%がハイブリッド車に切り替わる
- b) 基準シナリオ(BAU)と同じ
- c) ガソリン/ディーゼルの乗用車、バス、軽自動車、普通貨物車、小型貨物車の燃費は、現状から各20%, 10%, 10%, 5%, 15%改善する
- d) 基準シナリオ(BAU)と同じ
2020年における自動車からのCO₂排出量は、1990年比約7%の増加(乗用車5%増、軽自動車66%増、貨物車5%減)。現状比で19%減少

しかし、これらだけでは排出量の大幅削減は達成できず、1990年比では依然として排出量増加になってしまう。そこでさらに、自動車交通需要の削減(Demand Management)(基準シナリオ比乗用車-20%、バス±0%、貨物車-10%)を組み合わせた対策シナリオ(HV+DM)を作成した。

- a) 対策シナリオ(HV)と同じ
- b) 対策シナリオ(HV)と同じ
- c) 対策シナリオ(HV)と同じ
- d) 交通量は、乗用車で02年比-8%、90年比32%増、貨物車で02年比14%減、90年比15%減
2020年における自動車からのCO₂排出量は、1990年比約9%の減少(乗用車15%減、軽自動車39%増、貨物車14%減)。現状比で32%減少

各シナリオの排出量を比較すると、図-8の通りとなる。また、ハイブリッド乗用車の生産設備の必要量を図示すると、図-9の通りとなった。なお、ここでは、需要削減を乗用車の保有台数の削減として計算している(線で示す)が、保有台数の変化を想定せずに、1台あたりの走行の削減で需要削減を行う場合には、生産設備の必要量は対策シナリオ(HV)と同様の生産設備量(面で示す)が必要である。

4. 考察

技術予測に関する情報収集と燃料供給を含めたエネルギー効率を踏まえた検討を行った結果、

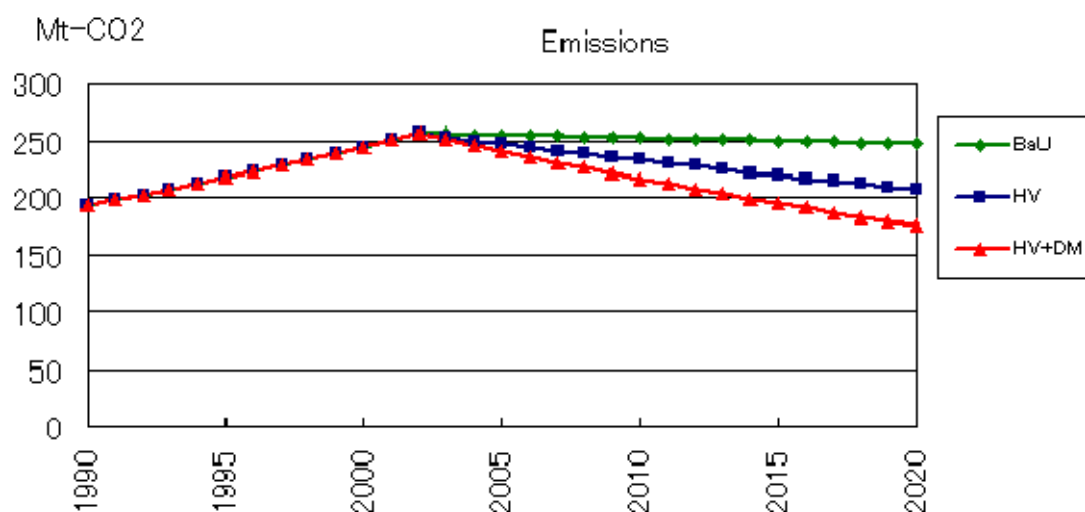


図 - 8 基準シナリオと対策シナリオによる2020年交通CO2排出量予測例

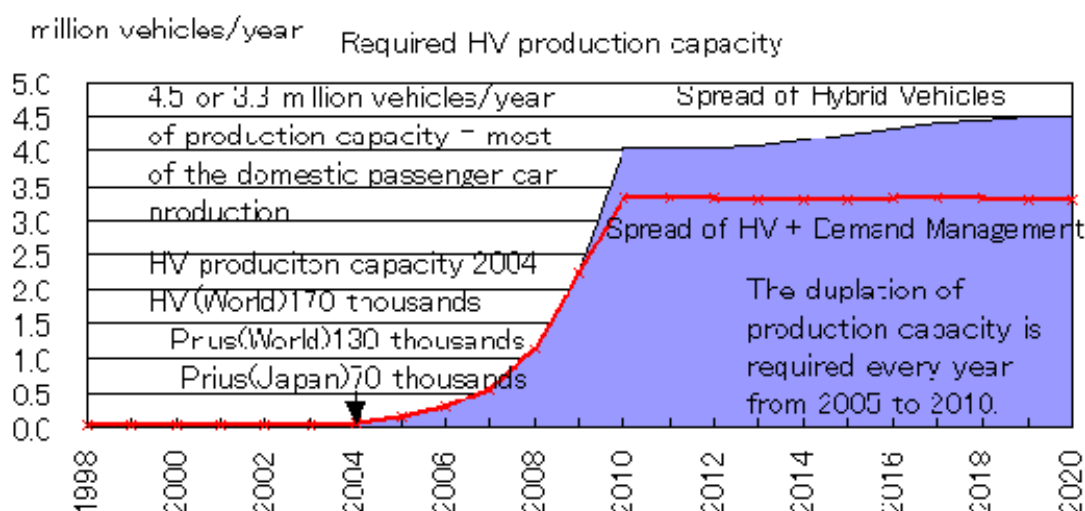


図 - 9 対策シナリオ時に想定したハイブリッド乗用車の必要生産能力

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に着手した。走行実態調査を踏まえて、1ヵ月間の自動車の走行を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。

5．本研究により得られた成果

- ・低CO₂車技術選択モデル構築に必要な基礎データの収集と基本的な考え方の整理を行い、自動車用燃料インベントリの作成を行った
- ・1ヵ月間の自動車の走行をシミュレーションすることで、従来に比べて大幅に少ない数の燃料供給スタンドの設置で給油を賄うことができることが示唆された。
- ・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
- ・2020年時点での効果の実効性という点では、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。但し、そのためには、製造能力の急速な拡大が重要である。
- ・本部門の2020年の排出量を90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。

6．引用文献

- 1) General Motors, Argonne National Laboratory, BP, Exxon Mobil and Shell, “Well-to-Wheel Energy Use and Greenhouse Gas Emission of Advanced Fuel/Vehicle Systems – North American Analysis –”, 2001
- 2) General Motors, L-B-Systemtechnik GmbH, BP, Exxon Mobil, Shell and Total Fina Elf, “Well-to-Wheel Analysis of Energy Use and Greenhouse Gas Emissions of Advanced Fuel/Vehicle Systems – A European Study –”, 2002
- 3) 財団法人石油産業活性化センター、「輸送用燃料ライフサイクルインベントリーに関する調査報告書・燃料電池車と既存自動車の比較・」、平成13年度石油産業技術開発基盤等整備事業、平成14年3月
- 4) JHFC総合効率検討特別委員会、「平成15年度「JHFC総合効率検討結果」中間報告書」、平成16年3月
- 5) 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

7．国際共同研究等の状況

S-3プロジェクトの一員として、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を行った。

8．研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<論文(査読あり)>

Yuki Kudoh, Takahiko Hasegawa, Yoshinori Kondo, Keisuke Matsushashi, Yuichi Moriguchi, Yoshikuni Yoshida, Ryuji Matsushashi 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"

<その他誌上発表(査読なし)>

大聖泰弘：工業調査会，2004年11月

「バイオエタノール最前線」

大聖泰弘：自動車技術Vol.59, No.2, 2005年2月

「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」

大聖泰弘：自動車技術Vol.59.No.4、2005年4月

「ディーゼルエンジン技術に関する将来展望」

(2) 口頭発表(学会)

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(大阪 2004.6) 同講演論文集 269-272

「日本におけるガソリン乗用車の実燃費の実態について」

(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

なし

9. 成果の政策的な寄与・貢献について

主に、S-3脱温暖化2050プロジェクトを通じて、環境省やIPCCに対して科学的知見が提供される。