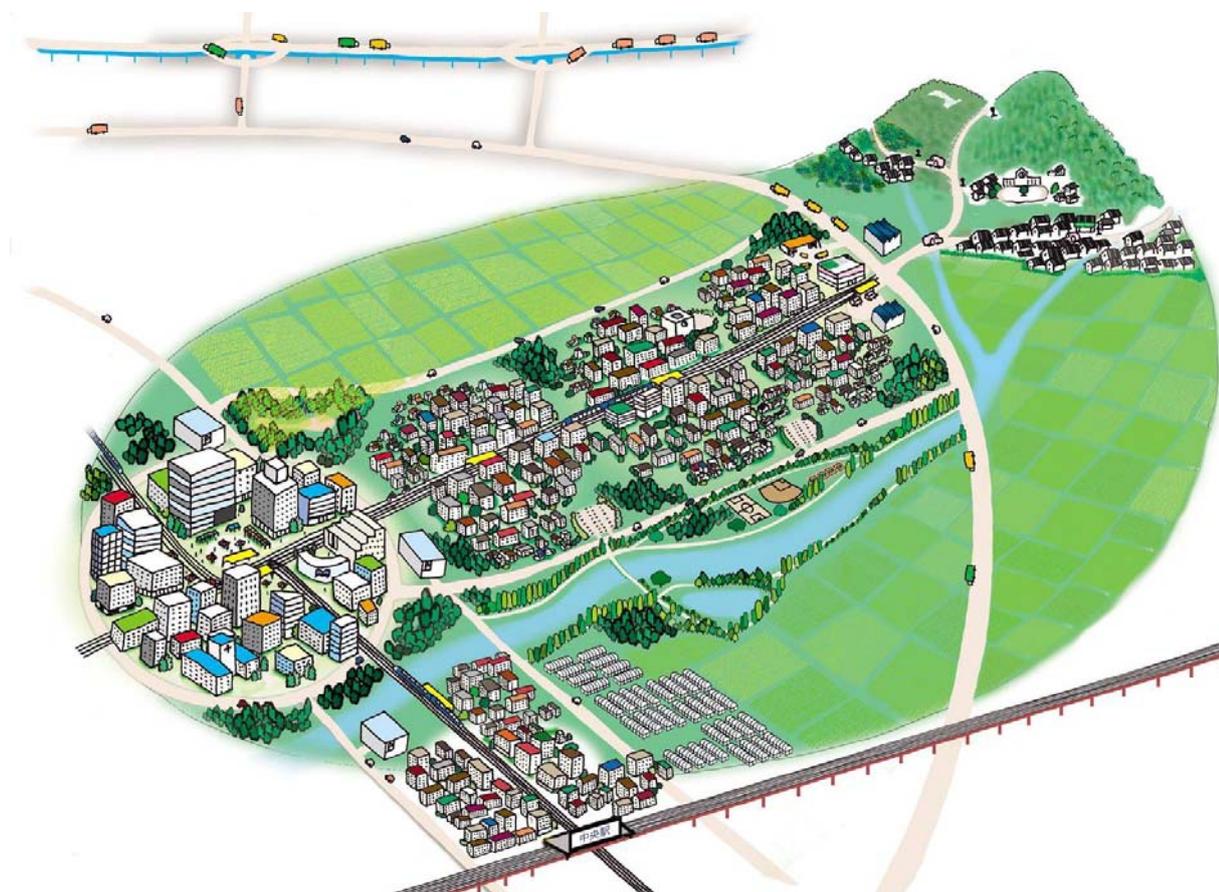


環境省 地球環境研究総合推進費 S-3-5 (2004-2008)

http://2050.nies.go.jp/index_j.html



2009.7

低炭素社会に向けた 交通システムの評価 と中長期戦略

脱温暖化 2050 プロジェクト・交通チーム

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な政策オプションの検討が要請されている。わが国の部門別 CO₂ 排出量に占める交通部門のシェアは約 20%であり、他の先進国に比べればやや低い。しかし、自動車の分担率はますます高まっており、少なくとも短中期的には、自動車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が、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、環境問題への意識が高まり、一時期の石油価格急騰の経験とあいまって、低燃費車への関心が急速に高まっている。従来のエンジン駆動に代わり、エンジンとモータの両方で駆動するハイブリッド自動車の普及が既に進みつつあるが、充電の可能なプラグインハイブリッド車や電気自動車の量産化も計画されており、普及になお課題を残す燃料電池車も含め、全般としてエンジン駆動からモータ駆動へと変遷していく兆しがある。これらの代替技術については、電力や水素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、十分な 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についても、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。

現在、各自動車メーカーは低燃費自動車やハイブリッド自動車などを次々に市場に投入しており、自動車単体の CO₂ 排出量は従来の自動車に比べて大幅に低減されている。しかし、これまでの車両の低燃費化による CO₂ 排出量削減効果は、乗用車の保有台数の増加や大型化によって相殺されてきた。今後も、技術施策は CO₂ 削減に一定の効果が期待されるものの、それだけで大幅な削減は困難であり、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。その検討にあたっては、交通需要が地域特性に大きく依存することを考慮する必要がある。すなわち、2050 年に向けて大幅な削減を行うためには、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と言える。

こうした中、我々は、平成 16-20 年度環境省地球環境研究総合推進費 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プロジェクト」（http://2050.nies.go.jp/index_j.html）の一環として「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」に取り組んできた。

本リーフレットは、同プロジェクトで行われた研究の中から、交通部門における CO₂ 排出削減戦略のための多様な成果をハイライト的に示したものである。このリーフレットが、地域特性に応じた低炭素交通システムの形成戦略の検討などを通じて、実社会における CO₂ 排出削減に役立つことを期待するものである。

2009 年 7 月

脱温暖化 2050 プロジェクト・交通チームリーダー

独立行政法人国立環境研究所 森口 祐一

目次

研究目的	1
研究方法	2
2020年 中期的政策オプション	
新燃料・次世代自動車のライフサイクル CO ₂ 排出量	3
乗用車のハイブリッド化による実燃費の改善効果	5
自動車の燃費向上と CO ₂ 削減の到達予測	7
代替燃料供給スタンドの立地戦略	9
2020年交通 CO ₂ 削減シナリオ	11
ビジョン実現のための経済的インセンティブに関する基礎的検討	13
ハイブリッド車や電気自動車に対する消費者の選好	15
バイオ燃料導入による削減ポテンシャル	17
乗換ターミナル整備を伴うバス路線再編による効果	19
2050年 長期的政策オプション	
将来ビジョン構築のためのバックキャスト手法	21
交通部門 CO ₂ 排出量の構造を示す計算式	23
地域類型別一人あたり自動車 CO ₂ 排出量	25
対策の組み合わせによる 2050年低炭素交通ビジョン	27
地域別乗用車 CO ₂ 排出量削減目標達成シナリオ	29
輸送機関のシステム全体でのライフサイクル CO ₂	31
交通・土地利用特性に応じた地域別施策ロードマップ提示	33
航空需要予測モデルを援用した地域間旅客交通 CO ₂ の長期シナリオ	35
地域間旅客交通 CO ₂ 削減策の導入順による効果の違い	37
地域間物流の将来予測と排出削減シナリオ	39
歩いて暮らせる街づくり	41

研究目的

本研究は、図-1 に示すとおり、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して実施した。

2020 年までは、実用化済みまたは実用化間近の技術の大量導入による CO₂ 削減効果の予測を行った。導入を決定する時期と効果が現れる時期とのタイムラグ（リードタイム）や、自動車用エネルギー供給技術、燃料補給設備の整備などの周辺条件を考慮して削減策の効果の評価を評価する手法を開発するとともに、これらを踏まえて、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旨とした。

一方、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、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見込み量を地域別に求め、地域特性に応じた技術革新と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シナリオを提示することを旨とした。

また、そのために早期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し、EST（環境的に持続可能な交通）ビジョン・シナリオとして示すことを試みた。

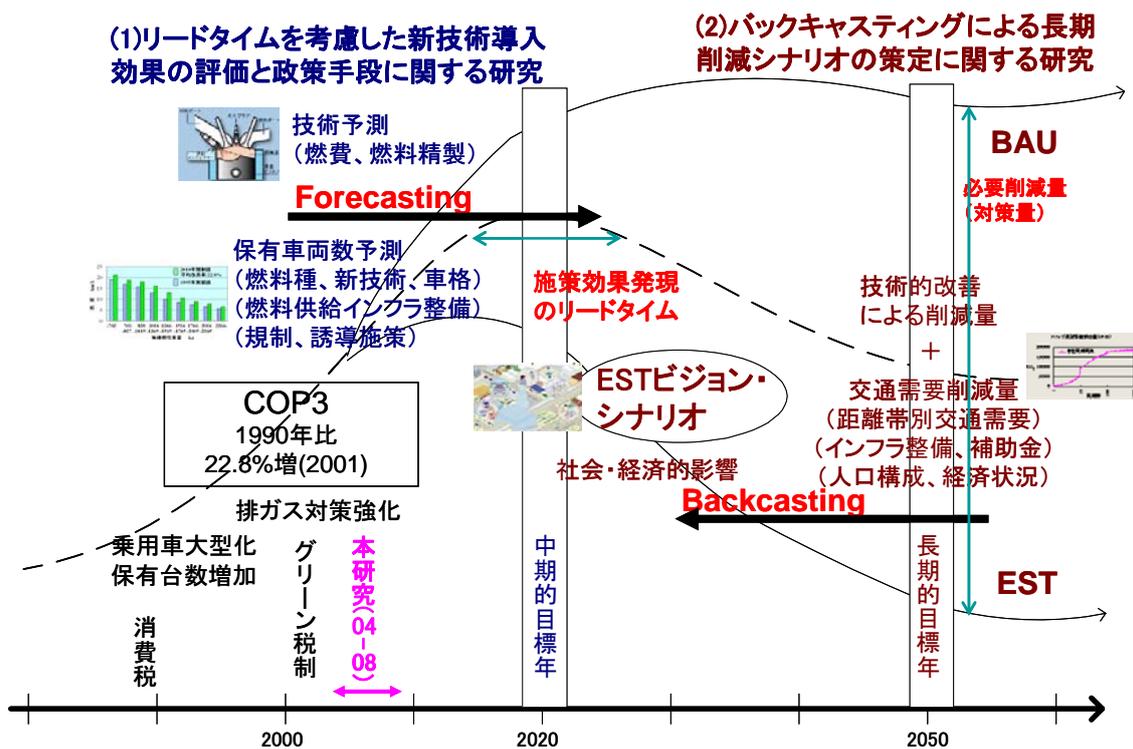


図-1 本研究が対象とする目標年とアプローチ

研究方法

2020 年中期的政策のオプション

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った。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した。また、施策の効果を定量的に把握するため、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った。

技術予測では、ヒアリングや文献調査を踏まえた分析を行うとともに、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排出量を算出した。削減効果評価では、乗用車に関して生産能力の拡大と車両別保有台数の入れ替わり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に推計した排出係数と交通需要を乗じて排出量を求めた。

普及可能性については、アンケー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した。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った。さらに、走行実態を踏まえた給油行動をシミュレートし、燃料補給設備の必要整備量を算出した。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削減量を算出した。

2

2050 年長期的政策オプション

長期的削減シナリオの策定方法を検討するために、将来交通ビジョンを策定した計画や報告書を収集・レビューし、用いられた手法を比較した。また、目指す将来ビジョンを妥当なものとするために、その前提条件となる社会・経済的变化のマクロな方向性を明確にし、都市・交通システムの全体像を整理することを目標として、環境・交通・都市等の各分野における有識者を対象とするヒアリング調査を行った。

技術変化の予測は2020年中期的対策オプションの技術選択モデルでの知見の蓄積を活かすことができるが、交通需要変化の可能性については長期的対策において別途検討する必要がある。そこで、まず、全国を対象とした地域類型別の交通CO₂の構造を整理した。次に、地域類型別に今後導入可能な交通需要面の対策を明らかにすると共に、その削減効果を元に全国の交通需要変化の可能性を推計する枠組みを構築し、都市内旅客輸送に関する施策の組合せを作成した。なお、都市間旅客および貨物輸送に関しては、別途、都市間輸送モデルの開発を行い、排出係数改善やモーダルシフト等の施策の組合せによる削減見込みの定量的な評価を行う一方で、トリップ距離帯別に、SCM(supply chain management)による輸送効率化等を含む対策の組合せによる削減見込み量の積み上げを行った。

新燃料・次世代自動車の ライフサイクル CO₂ 排出量

自動車用燃料が再生可能エネルギーを含む一次エネルギーから製造・供給され、自動車の走行に使用さ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燃料供給段階（Well to Tank, WtT）でのエネルギー消費量・CO₂排出量は、筆者がワーキンググループ委員として参加し、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。自動車走行段階（Tank to Wheel, TtW）のエネルギー消費量についても、わが国における自動車の標準的な燃料消費測定モードである 10・15 モード走行時での、低燃費車・各種石油代替燃料車のエネルギー消費量・CO₂排出量を同レビューにより把握し、図-1 の WtW CO₂ 排出量を作成した。

既に市販されているガソリンハイブリッド車および、市販化目前の電気自動車の WtW CO₂ 排出量が少なくなることが期待できる。直接水素型燃料電池車の WtW CO₂ 排出量は、COG（コークス炉ガス）などから得られる副生水素を利用した場合にはガソリンハイブリッド車よりも下回るが、その他の水素製造・供給方法によっては WtW CO₂ 排出量が多くなる可能性がある。燃料電池車は、使用可能な一次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。

低燃費車・石油代替車の燃料供給から走行までのライフサイクル全体で評価した結果を踏まえ、CO₂ 排出量はハイブリッド車が少なく、燃料電池車は水素製造方法によっては必ずしも少なくなら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。

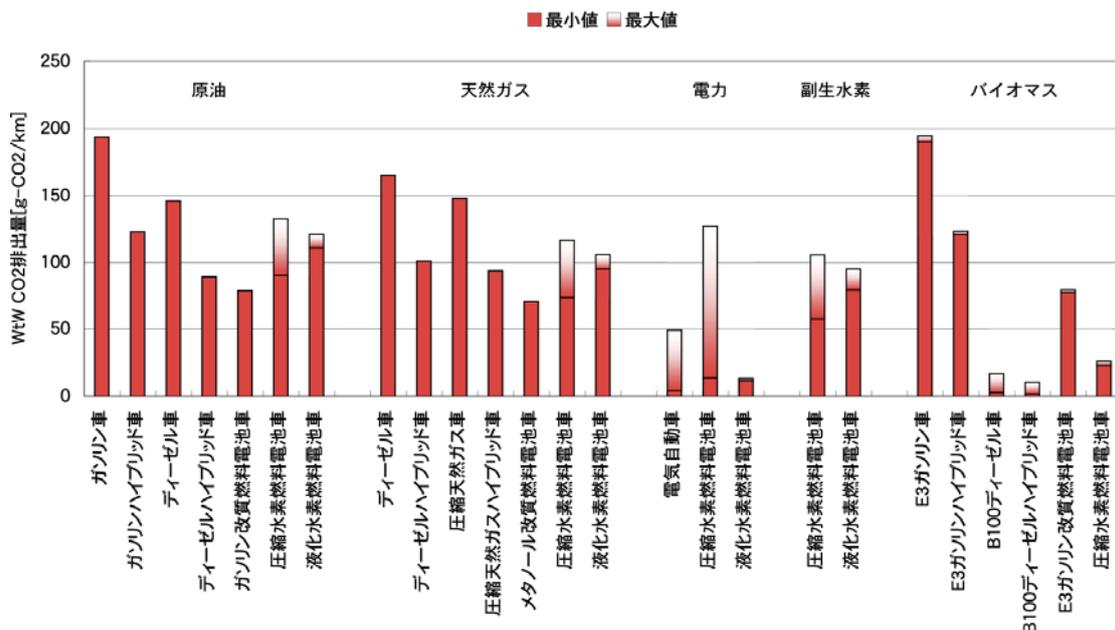


図-1 低燃費車・石油代替燃料車の 10・15 モード Well to Wheel CO₂ 排出量

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-2を作成した。平均速度が遅い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、選択する水素製造・供給方法によってはガソリン車よりも多くなり得る。このことから、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、自動車起因のCO₂排出量削減のためには、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るとの示唆が得られる。

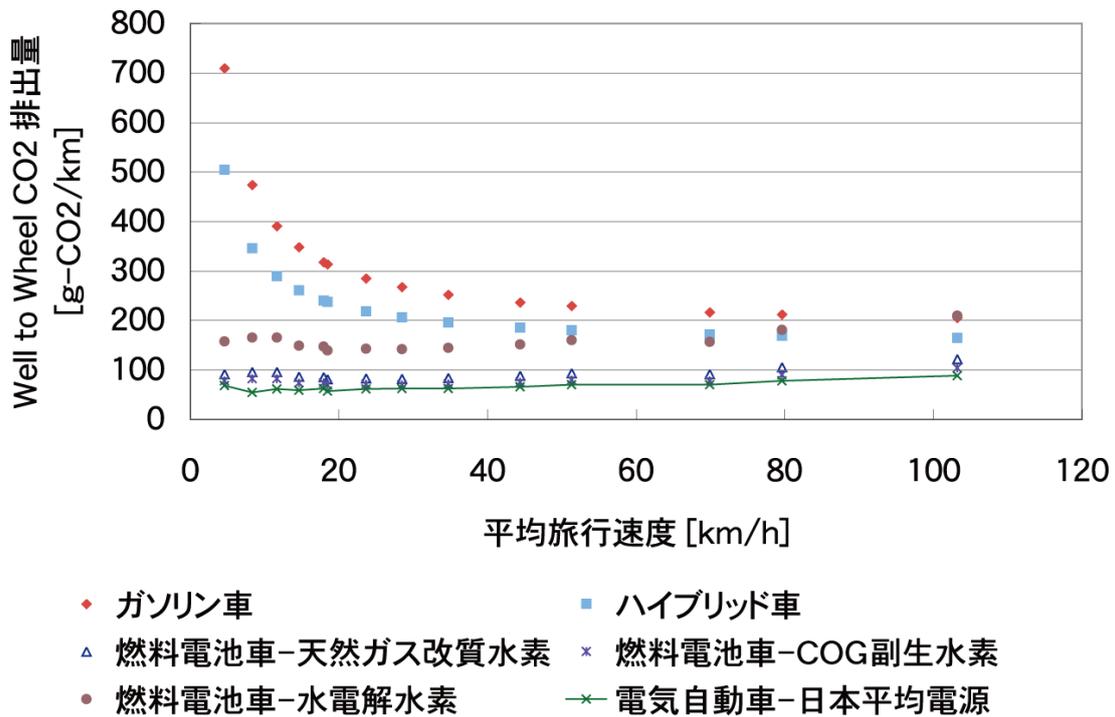


図-2 実走行時の WtW CO₂ 排出量

参考資料

- 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（2006.3）：『JHFC総合効率検討結果』報告書
- 2) Y. Kudoh, K. Nansai, Y. Kondo and K. Tahara (2007): “Life Cycle CO₂ Emissions of FCEV, BEV and GV in Actual Use”, Proceedings of the 23rd International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium & Exposition, CD-ROM

(工藤祐揮：独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門)

乗用車のハイブリッド化による 実燃費の改善効果

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から、乗用車のハイブリッド化による燃料消費量は、同等の機能を有するガソリン車に対して約69%に削減できることを明らかにした。

既存自動車の実走行時の燃費（実燃費）は試験モード（10・15モード）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統計的信頼性高く解析するために、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の自己申告に基づく給油ログデータを用い、乗用車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¹⁾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、データベースの更新を行った²⁾。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、パワートレイン・排気量別実燃費の実態を把握することが可能となった。

ここでは最新の乗用車実燃費データベースを用いて、現在の技術水準でのガソリン乗用車（GV）とハイブリッド乗用車（HEV）の実燃料消費量（[l/100km]単位）を比較する³⁾。まず、データベースに情報が含まれる4グループ6型式のHEVと、自動車として同等の機能を持つと考えられる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GVとHEVがラインナップされている場合、そのGVを選択した
- ・ HEVのエンジン型式が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GVを選択した

4グループ6型式のHEVとそれに対応するGVを保有するユーザの実燃料消費量の分布を、図-1に示す。図-1では、それぞれの型式の実燃料消費量の最小値、第1四分位点、中央値、第3四分位点、最大値を示しており、また統計的な外れ値は白丸で表している。同じ型式の車両を使用しているにもかかわらず、ユーザの運転の仕方や走行する地域の違いなどによって実燃料消費量は異なることがわかる。また車両の形状およびHEVに採用されているハイブリッド制御方式やモータの出力の違いにより、異なるグループ間でGVに対するHEVの実燃料消費量には幅があるが（最小58%から最大85%）、現在の自動車技術では、GVをハイブリッド化することにより実燃料消費量は平均で約69%になるものと推計される。これは、一般的に用いられている自動車燃費の単位（[km/l]）に換算すると、HEVの燃費はGVの約1.4倍となることに相当する。

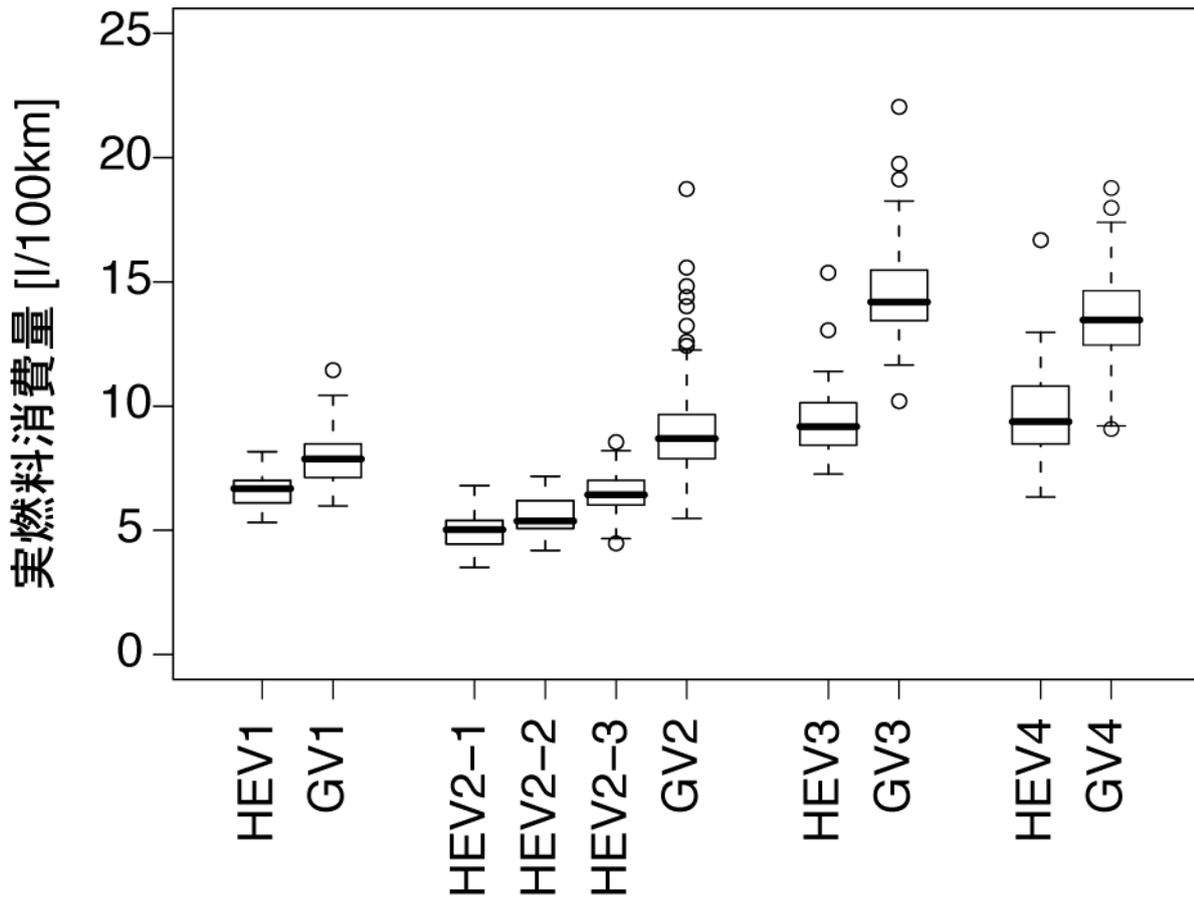


図-1 HEV と GV の実燃料消費量の分布

参考資料

- 1) Y. Kudoh, Y. Kondo, K. Matsubishi, S. Kobayashi, Y. Moriguchi (2004): "Current status of actual fuel-consumptions of petrol-fuelled passenger vehicles in Japan", Applied Energy, 79, pp.291-308
- 2) 工藤祐揮, 松橋啓介, 森口祐一, 近藤美則, 小林伸治 (2005): 「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, pp.41-48
- 3) 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 (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」, 日本エネルギー学会論文集, 87, pp.930-937
- 4) Y. Kudoh, K. Matsubishi, Y. Kondo, S. Kobayashi, Y. Moriguchi and H. Yagita (2007): "Statistical Analysis of Fuel Consumption of Hybrid Electric Vehicles in Japan", The World Electric Vehicle Association Journal, 1, pp.142-147

(工藤祐揮：独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門)

自動車の燃費向上と CO₂削減の到達予測

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

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%)
☆将来のガソリン車	120～135	83～74
■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
☆将来のガソリンHEV	150～220	67～45
☆将来のディーゼルHEV	160～240	63～42
☆将来のEV (軽サイズ)	200～250	25～20
●バイオマス燃料の利用	—	97～93
●車両の軽量化	115～125	87～80

[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%

2050年代での予測

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%)
☆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
☆将来のディーゼル車	145～155	69～65
☆将来のガソリンHEV	160～250	63～40
☆将来のディーゼルHEV	180～280	56～36
☆将来のEV (軽サイズ)	220～280	19～14
●バイオマス燃料の利用	—	90～80
●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：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%

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動力装置として残り、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の高性能化により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。

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（EV）、ハイブリッド車（HEV）、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、既存車と比較して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、燃費改善技術の改良は停滞し、燃費の大幅な改善は困難と見られる。電気自動車は、近距離の事業用やパーソナルユースに重点をおいた導入が有り得ると予想される。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る。

2020年以降、2050年にかけては、自動車用の動力装置としては、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混合して併用される。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、バイオディーゼルが使われる。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（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燃料消費量あたりの走行距離でみて50%から150%の改善が可能である。

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りチウムイオン等の電池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や小口輸配送等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長期計画の検討が必要である。

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、超高張力鋼、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。

参考資料

- 1) 大聖泰弘（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」, 自動車技術, 59(2)
- 2) 大聖泰弘（2005）：「ディーゼルエンジン技術に関する将来展望」, 自動車技術, 59(4)
- 3) 大聖泰弘他（2005）：「高性能ハイブリッド自動車の研究」, 山海堂
- 4) 大聖泰弘他（2005）：「燃料電池自動車のすべて」, 山海堂
- 5) 大聖泰弘（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」, 石油学会誌
- 6) Y. Daisho (2006): “Developing Advanced Low-Emission and Fuel-Efficient Vehicle Technologies beyond 2010”, Review of Automotive Engineering, 27, 489-495
- 7) 大聖泰弘（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～」 季刊環境研究, 142, 126-132
- 8) 大聖泰弘他（2008）：「バイオディーゼル最前線」, 工業調査会
- 9) 大聖泰弘（2008）：「脱温暖化に向けた電気自動車の性能と可能性」, エネルギー・資源, 170
- 10) 大聖泰弘（2008）：「自動車の環境・エネルギー技術に関わる将来展望」, 国際交通安全学会, IATSS Review, 33(3)

（大聖泰弘：早稲田大学理工学部）

代替燃料供給スタンドの 立地戦略

電気自動車や燃料電池車など、現在の石油燃料以外の代替燃料車の大量普及のためには、燃料補給設備の新たな整備が必要となる。その立地戦略を検討するため、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ヵ月(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-1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、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ければならないことが分かった。

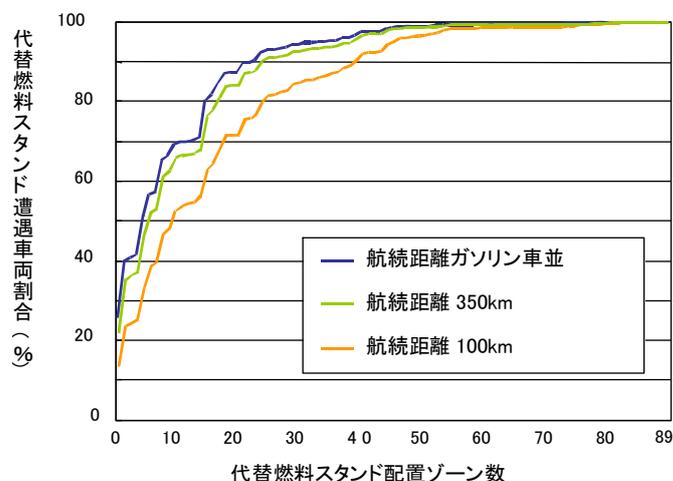


図-1 代替燃料スタンドの配置ゾーン数と自動車のスタンド遭遇割合の関係

自動車移動(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、自動車複数保有世帯の走行距離の調査を踏まえ、約20~32%の世帯に電気自動車を導入可能であることを示した。

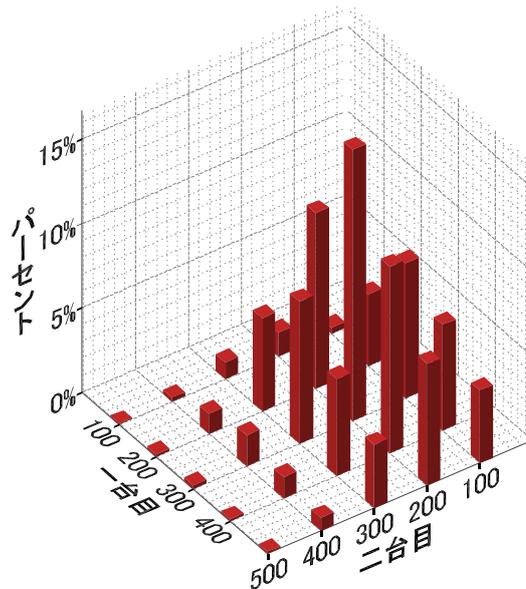


図-2 車両を2台保有する世帯における一月の最長走行距離（100km ごと）

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-2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以内に限定されているおり、いわゆるセカンドカーが短距離の移動に用いられている傾向を確認できた。なお、1日の走行距離が2台とも100kmを超える世帯において、そのうちの6割の世帯ではどちらかの自動車は200km以下の走行距離になっていることから、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。

10

参考資料

- 1) 石田東生, 堤盛人, 岡本直久, 関根喜雄 (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」, 土木計画学研究・講演集, 34, 98, CD-ROM
- 2) M. Tsutsumi, H. Ishida, N. Okamoto and Kosei Suzuki (2006): “Modeling Car Trips towards Strategic Allocation of Alternative Fuel Stations”, the 85th Transportation Research Board Annual Meeting (Washington, D.C., Jan. 22-26), Compendium of Papers CD-ROM, 06-2631
- 3) M. Tsutsumi, H. Ishida, N. Okamoto, Y. Sekine (2006): “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

(石田東生, 岡本直久, 堤盛人: 筑波大学大学院システム情報工学研究科)

2020年交通CO₂削減シナリオ

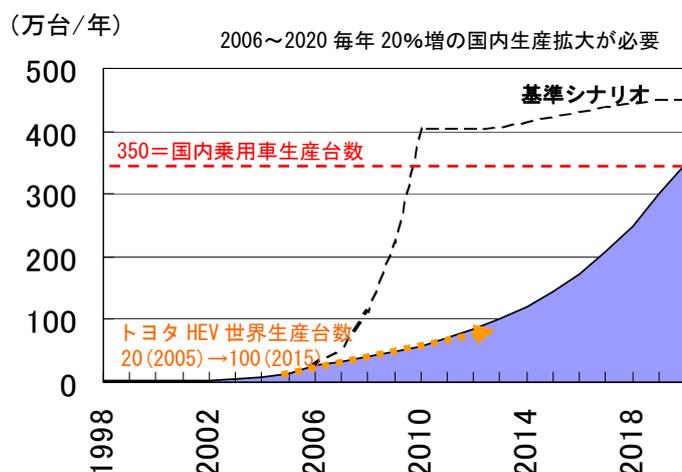


図-1 ハイブリッド車の生産能力拡大

ハイブリッド車の生産能力拡大と大量普及による車種別保有モデルを構築し、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年比でCO₂排出量3%減となるシナリオを作成した。ま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。さらに、交通量削減やバイオ燃料導入を組合せて、10%以上のCO₂排出量削減とすることも可能であることを示した。

2020年に向けてもっとも現実的かつ効果的な施策と考えられるのは、ハイブリッド車(HEV)を大量に普及させることである。既にハイブリッド車の環境面での優位性が広く認知されていること、従来型車両をハイブリッド化することにより約40%の燃料消費量の削減が期待でき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、HEV用に生産設備を整える必要もあるため、普及促進施策導入と普及の間には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車齢別車種別保有台数に基づく技術導入対策評価モデルを構築し、HEV普及シナリオの評価を行った。

まず、2020年にHEVが保有車両の大半を占めるに至る大量普及シナリオとして、2001年から2003年までのHEV生産設備の増強速度が前年比約1.5倍~2倍であったことを参考に、図-1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、小型貨物車には走行距離あたりCO₂排出量を従来車比80%に抑えたHEV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ため、1990年比のCO₂排出量はBAU(Business as Usual)を想定した基準シナリオの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。

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、年産数十万台レベルに達した後も毎年生産能力を倍増とすることはやや非現実であることから、

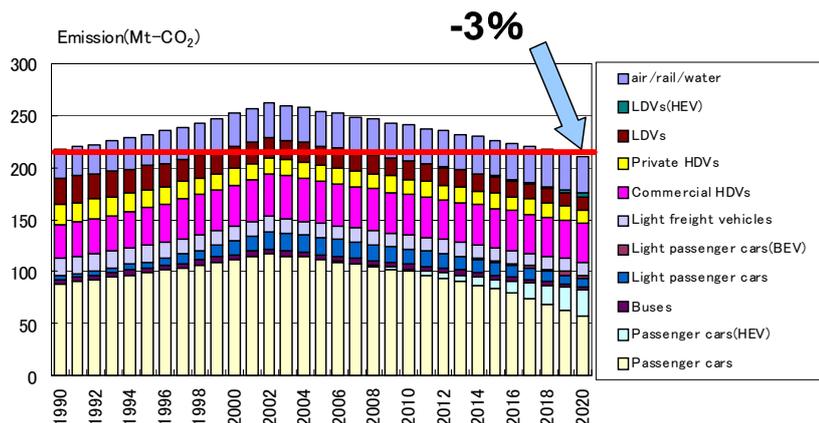


図-2 2020年HEV大量普及シナリオ

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料消費量	ガソリンディーゼル車の現状の燃料消費量を40%改善した数値(小型貨物HEVは同20%改善した数値)		
燃料消費量改善(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、船舶の効率は5%改善する一方、航空機輸送量が約20%増加する		
CO ₂ 排出量(90年比)	+8%	-3%	-10%

HEVの生産能力増強速度がより緩やかな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と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-2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-2に示すように1990年比3%減となった。

表-1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基準シナリオよりも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。また、最大で燃料供給量の10%までのバイオ燃料の導入に応じて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。

参考資料

- 1) 松橋啓介, 工藤祐揮, 森口祐一(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」, 地球環境, 12(2), 179-189
- 2) 森口祐一, 松橋啓介(2007):「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

(松橋啓介, 森口祐一: 独立行政法人国立環境研究所)

ビジョン実現のための 経済的インセンティブ に関する基礎的検討

ビジョン実現施策として、経済的インセンティブを用いた誘導策が効果的と考えられた。対策の導入可能性について、費用面からの基礎的検討を行った。ハイブリッド車のペイバックタイムの試算と LRT 基盤整備費用の試算、ガソリン価格による誘導の可能性について整理した。

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、消費者の選択が自動車メーカー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。

ハイブリッド車(HEV)の車体価格差を埋めるペイバックタイムに関して、図-1 に示す通り年間走行距離を 10,000km とした場合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%、車両価格差は約 30 万円~40 万円の現状に比較して、2010 年頃に開発が予想される新ハイブリッドシステムの導入により価格差が 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、ハイブリッドシステムの低価格化が進む 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システムの低価格が進めば、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。

モーダルシフトの促進に向けては、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公設民営を取り入れることで、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

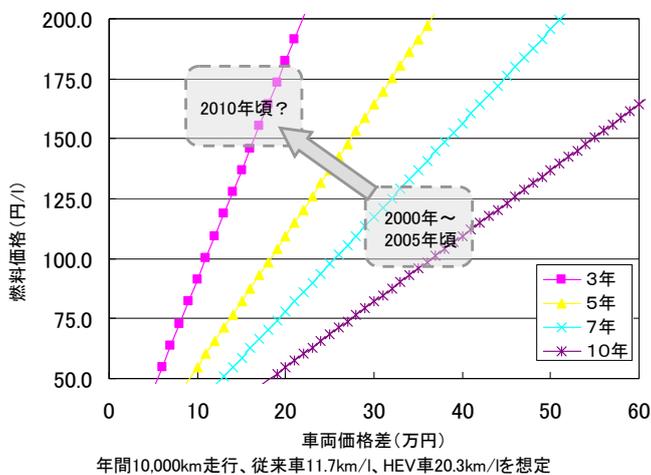


図-1 ハイブリッド車ペイバックタイムの考え方

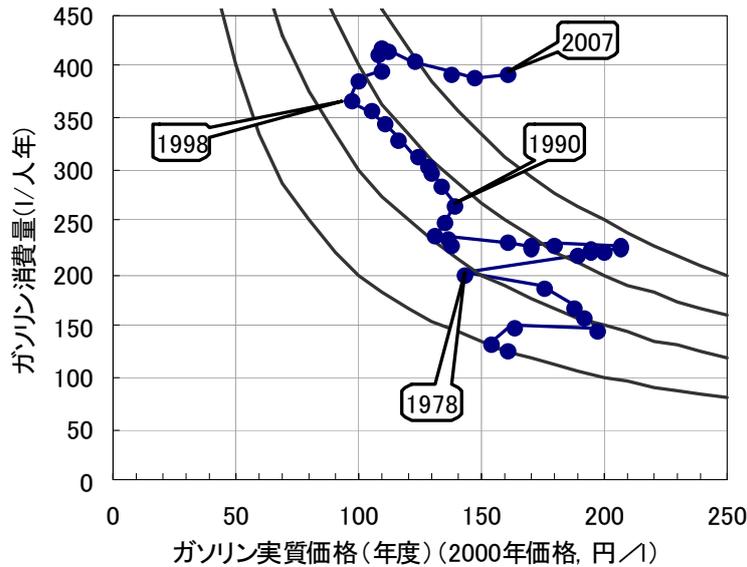


図-2 ガソリンの価格と消費量の推移

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、道路事業の進捗を 1 割程度遅らせることで、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事も重要である。

自動車ユーザの価格への対応を見るために、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見られる。しかしながら、分析期間が 10 年程度と短いものが多い。本研究では、図-2 に、1971 年～2007 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傾きが異なっており、相当に異なる価格弾力性が導かれうることが分かる。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概ね 3～4 万円の間で安定して推移してきた。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大幅な拡大を支えてきたと推察される。

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 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。今後は、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が将来の姿を左右する分岐点となるであろう。もう一つの分岐点は、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。この両者の動向によっては、400 リットルまで増加した年間一人あたりガソリン消費量は、300 リットルあるいは 200 リットルまで減少に向かう可能性さえあり得る。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ぬ場合、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、モビリティのニーズを満たすことができる。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、電動自転車や他の手段に転換したりすることで、アクセシビリティのニーズを満たす選択をせざるを得なくなると考えられる。

（松橋啓介：独立行政法人国立環境研究所）

ハイブリッド車や電気自動車 に対する消費者の選好

ハイブリッド車や電気自動車等の電動車両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。

ハイブリッド車や電気自動車といった電動車両は、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インターネットによる消費者の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%）
- ・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-1に分析結果を示す。支払意思額は、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思額である。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

表-1 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	支払意思額 [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
*: 1%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	支払意思額 [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
*: 1%水準で有意

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 1%）。これは、乗用車タイプの電気自動車が市販化される情報がないこと、またプラグインハイブリッド車についてはその存在自身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-1 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個別に考えており、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はなっていない。今後、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。

参考資料

- 1) Y. Kudoh, K. Matsuhashi, Y. Kondo, S. Kobayashi and Y. Moriguchi (2009): “Japanese Consumers’ Acceptability for Electric Vehicles”, Proceedings of the 24th International Battery, Hybrid and Fuel Cell Electric Vehicle Symposium (Web)

(工藤祐揮：独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門)

バイオ燃料導入による 削減ポテンシャル

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 月に沖縄県宮古島で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、収穫されたバイオマス資源は現地でエタノールに変換するものとした。また、コーンおよびスイートソルガム由来のエタノールはアメリカ（ロサンゼルス港）、小麦由来はイギリス（サウサンプトン港）、キャッサバ由来はタイ（バンコク港）、テンサイ由来はフランス（マルセイユ港）、サトウキビ由来はブラジル（リオデジャネイロ港）からそれぞれ輸入するものとした。

図-1 に結果を示す。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、土壤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場合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、副産物であるバグ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

バイオ燃料の導入可能性を検討し、輸入バイオエタノールの製造・供給段階での GHG を算定し、作物生産地での土壌や気象条件が輸入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 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 1.3%、1.8% 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。

一方、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経由代替バイオマス燃料導入ポテンシャルが高いことを示した。

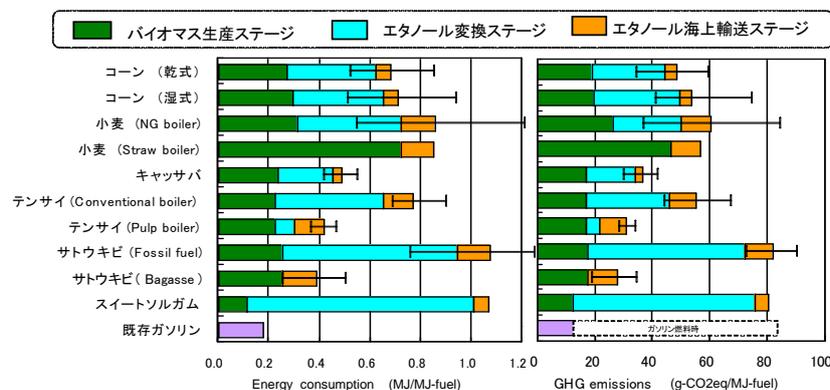


図-1 バイオエタノール製造・供給段階のエネルギー消費量および GHG 排出量

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 (図-2) と BDF 価格 (図-3) 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。

18

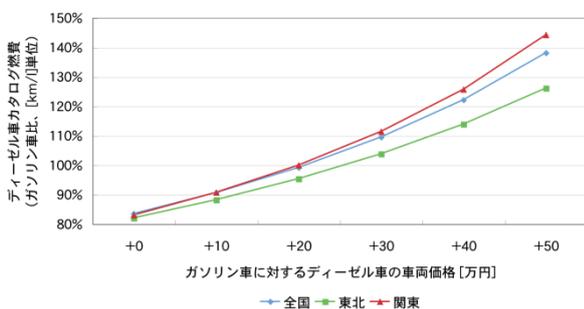


図-2 ディーゼルシフトにより総走行コストがブレークイーブンとなるための必要な条件

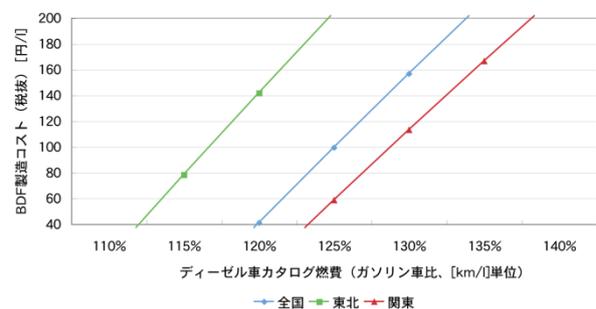


図-3 ディーゼルシフト+B5導入により総走行コストがブレークイーブンとなるためのBDF価格

参考資料

- 1) 長澤将大, 大和田秀二, 工藤祐揮, 匂坂正幸 (2009): 「デンプン質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」, 第4回バイオマス科学会議, 150-151

(工藤祐揮: 独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門)

乗換ターミナル整備を伴う バス路線再編による効果

環境問題からの要請や、少子高齢化に伴う移動制約者・低モビリティ人口の増加などを背景として、バスを含む公共交通の重要性は高まっている。しかし、その利用者減少とサービス水準低下の悪循環に悩む都市は多い。

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が、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（図-1）。

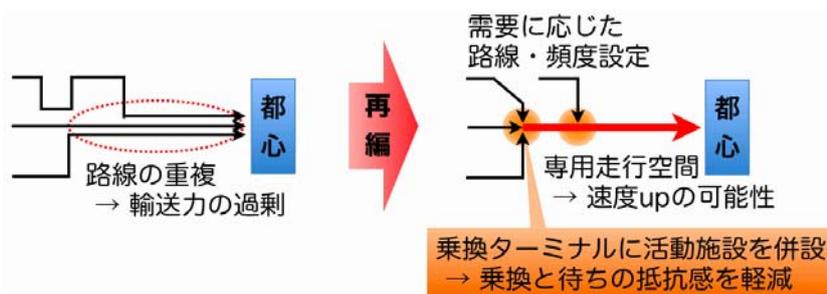


図-1 バス路線再編施策のイメージ

幹線+支線型のバス路線網を持つ都市の代表例と言えるクリチバ(ブラジル)の都市計画は、「Bus Rapid Transit (BRT) を軸とした高密な都市開発」と要約できる。

具体的には、

- ① 3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

という3つの要素を連携させていることが特色である。近年は、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」が整備されている。

ソウル(韓国)では2004年に幹線+支線型へのバス路線再編が開始され、乗換ターミナルは22ヶ所で整備途上である。再編前後の比較から、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と報告されている。

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。

乗換ターミナル整備を伴うバス路線再編による効果

表-1 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-2 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%)

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、ならびに長野県長野市を対象に、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。分担段階においては両都市圏で既に推定されている機関分担モデルを使用した。配分計算から求まる車種別リンク交通量とリンク速度に車種別・速度別の排出原単位を適用し、CO₂ 排出量を算出・集計した。

青森市では 2002 年の「青森市バス路線網整備計画調査（バス交通活性化プラン）報告書」において、都心部でバス路線が重複し供給過多になりやすいという課題が指摘され、これを解消するために、骨格路線、幹線路線、フィーダー路線を設定し、ダイヤの調整や同一場所での乗換などによる円滑な乗換と、多車線区間でのバス優先方策を含むバス路線代替案への再編が提案された。この再編案に基づいて CO₂ 排出量削減効果を推計した結果が表-1 である。

長野市では、現行のバスルートには運行区間が重複した類似路線が多く、長野駅あるいはバスターミナルを発着地点とする放射状のバスルートが多く設定されており、この周辺に多数の便が集中することはバスの利用効率が悪くさせると同時に、中心市街地における交通渋滞の一因ともなり得ると考えられた。そこで、長野駅を中心とする幹線的な需要には多頻度の大型バスで対応するとともに、きめ細かな乗客の集配には小型のフィーダーバスを用いるというように、基幹バス－幹線バス－フィーダーバスという機能分類を図ったバス路線再編案を設定した。この再編案に基づいて CO₂ 排出量削減効果を推計した結果を表-2 に示す。なお、本分析に先立ち、長野市南部のバス停利用者 600 人を対象に実施したアンケート調査から乗換ターミナルへの活動施設の併設による乗換抵抗の軽減効果を推定し、時間制約のある場合には乗車時間 12.8 分、ない場合には乗車時間 11.7 分の削減にそれぞれ相当するとの結果を得た。表-2 の推計にはこの効果も加味している。

両市ともに、バス路線再編前後で約 4～5%の CO₂ 排出削減につながるという結果になっている。これは、より効率的な輸送が実現されて走行台キロが削減されることに加え、長野市ではバス分担率の上昇が交通量の減少と旅行速度の向上につながることも寄与している。また、乗換ターミナルへの活動施設の併設も、若干ではあるが削減に貢献している。

(原田昇, 高見淳史：東京大学大学院工学系研究科)

将来ビジョン構築のための バックキャスト手法

バックキャスト手法を用いた交通分野の将来ビジョンについてレビューし、技術革新のみならず、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ことを明らかにした。また、有識者ヒアリングにより将来シナリオの方向性に影響する要因を明らかにした。

OECD/EST(Environmentally Sustainable Transport)プロジェクト¹⁾は、バックキャスト手法を用いた交通分野のシナリオ策定として参考になる事例である。持続可能な発展のための世界経済人会議(WBCSD)による「持続可能なモビリティビジョン」²⁾は、複数の施策の組み合わせによる排出量の予測を行うフォアキャスト的な手法を用いている点において、OECD/ESTプロジェクトと好対照をなしている。また、交通需要は抑制すべきものではないことを前提としており、技術は需要を誘発する効果があると述べている。その検討対象とした施策の組み合わせは以下の4点であった。

- 1)カーボンニュートラルな(CO₂排出量を少なくとも80%削減する)燃料
- 2)非常に燃料効率の高いパワートレイン(駆動方式)
- 3)より大型の車両への輸送形態の変化の傾向
- 4)情報技術(IT)を用いた輸送システムのより優れた統合による交通流や輸送活動などの向上

輸送の効率化の方法として、鉄道の様な交通システムへの手段転換などはこの中に含まれるが、都市のコンパクト化による徒歩の活用などは含まれない点が特徴と考えられる。

OECD/ESTプロジェクトの手法を踏襲・改良したものでは、具体的な交通計画の立案において、OECD/ESTプロジェクトより緩やかな目標値を設定し、交通手段分担率の具体的な数値まで示したドイツの事例紹介³⁾と、外的要因の変化に複数のパターンを与え、それぞれのパターンについて目標を達成するための将来像を設定した事例^{4,5)}がある。特に、人口減少に向かいつつありまた国際的な立場が変化し続けている日本の現在の状況を踏まえると、外的要因の変化が将来像に与える影響は相当に大きいと考えられる。

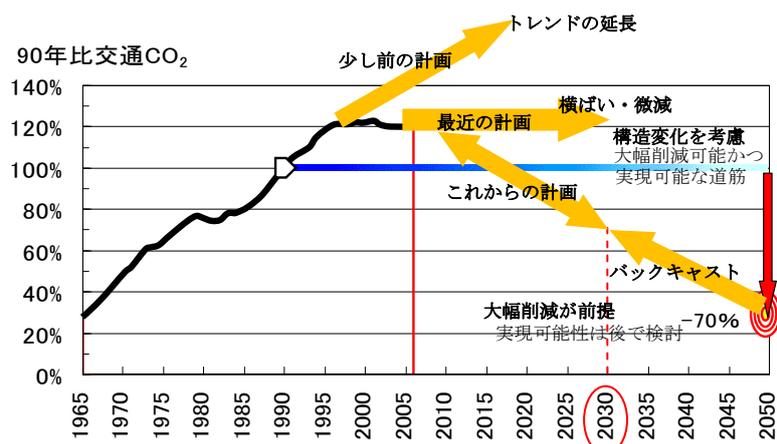


図-1 バックキャスト手法による大幅削減シナリオの検討のイメージ

交通ビジョン・シナリオ策定事例のレビューを行ったところ、将来の社会・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。そこで、グループインタビュー形式の有識者ヒアリングで知見を収集した。有識者ヒアリングは、3～4名が一堂に会する座談会形式で意見を聞くグループインタビューとした。対象者は、都市、交通、環境、エネルギー、ライフスタイル等の各分野をリードする約20名を抽

表-1 シナリオに大きな影響を与える要因等の方向性と意見の相違

	社会(ドライビングフォース)	都市・交通	施策
意見の相違が小さい	少子高齢化 GDP 減少	都市基盤の位置は固定的 交通機関や土地利用や地域単位では大きな変化が可能 旅行ニーズの増加	課税によるインセンティブ活用 道路財源による公共交通整備 環境配慮を流行にする
意見の相違が大きい	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	居住の動向 根源的な移動ニーズの増減 速度ニーズの増減 資源循環の規模 燃料電池車の普及可能性	※多種多様な施策

出し、平成 17 年 3 月中旬に設定した 3 日間、各 2 時間の会合にスケジュールが合った 11 名とした。テーマは、『2050 年の移動の形態についての将来展望』として、「脱温暖化社会の達成を意識しない時に、2050 年においては人やものの移動はいかなる姿・形のものか想定できるか」、「脱温暖化社会を達成する為に 2050 年に我が国の CO₂ 排出量を 1990 年比 60% 減（2002 年比約 64% 減）とした場合の移動形態と社会状況はいかなるものが想定されるのか」についてたずねた。

有識者ヒアリングの結果、2050 年の将来像を語る上で、以下のようなキーワードが出された。

2050 年に至る過渡期でのカタストロフィ、科学技術への不信、分権的意思決定システム、グローバリゼーション、スローライフ、自然エネルギー、地産地消、IT、水素社会、効率性、時間、移動の速度、インフラの冗長性、モビリティ補完としての IT、太陽光エネルギー、エネルギー狩猟型・エネルギー耕作型の文明

なお、2050 年は遠い将来のため展望が困難との意見も多かった。

これらの知見およびシナリオ策定手法⁶⁾を踏まえて、交通のシナリオに与える影響の大きい社会的要因（ドライビングフォース）を意見の相違の観点から表-1 の通り整理した。また、都市・交通のイメージと施策についても併せて整理した。意見が分かれた下段の要因については、地域特性に応じた対策をシナリオに取り入れる際の参考として役立つと考えられる。低炭素社会全体の想定に関するものでは、移民受け入れ、中国・インドの経済水準、意思決定の仕組み、原油価格が挙げられており、優先的に研究を進めるべき点である。交通分野に特に関連するものでは、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。これらの要因の方向性によって、将来シナリオが大きく異なったものとなりうることに留意してシナリオを解釈する必要がある。

参考資料

- 1) OECD (2002): “OECD Guidelines towards Environmentally Sustainable Transport”
- 2) 持続可能な発展のための世界経済人会議（WBCSD）（2004）：「Mobility2030」
- 3) J. Whitelegg et.al.(2003): “Selected international transport investment and funding frameworks and outcomes”, A report for the Australian National Transport Secretariat, Eco-Logica reports
- 4) P. Steen, K.H. Dreborg, J.Åkerman (1998): “Policy Scenarios for Sustainable Mobility in Europe – the POSSUM Project”, Environmental Strategies Research Group/FOA
- 5) A. Tuominen (2001): “Strategic Impact Assessment Methods for future transport in Europe”, NECTAR Conference 6 (Espoo, Finland)
- 6) Scenarios for Sustainability (2005.12.15): http://www.scenariosforsustainability.org/howto_recipes.php

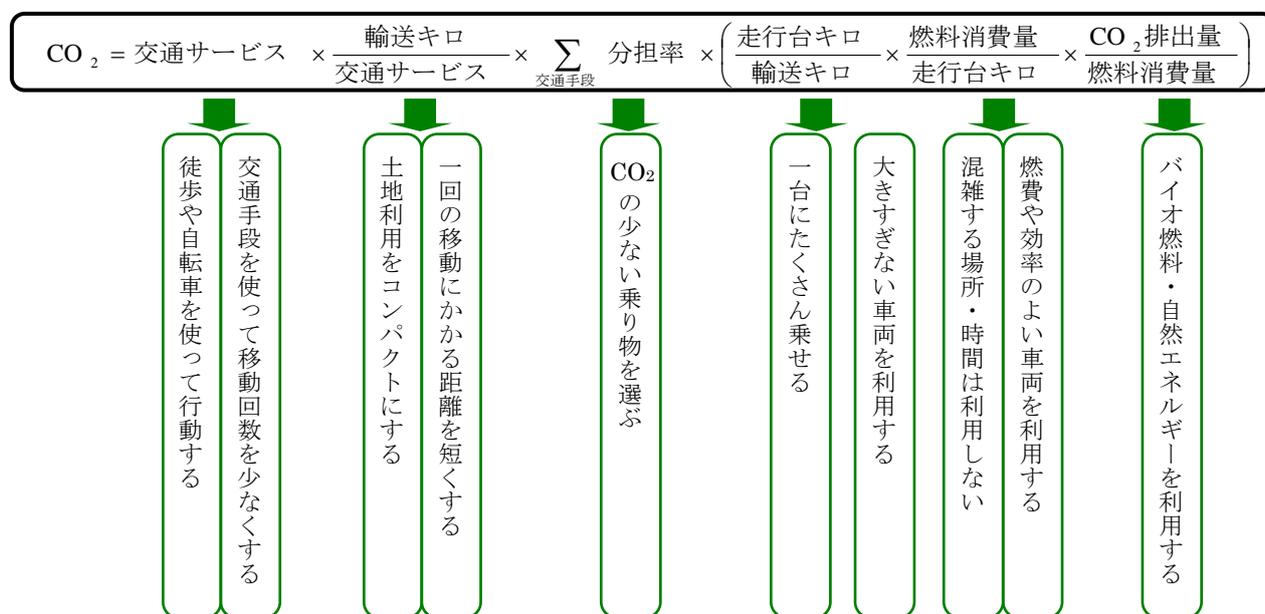
（松橋啓介，森口祐一：独立行政法人国立環境研究所）

交通部門 CO₂ 排出量の構造を示す計算式

交通に起因する CO₂ 排出の構造を示す式(1)を作成し、交通サービス量、アクセスあたり移動距離、交通手段、輸送効率、燃費、燃料あたり CO₂ 排出原単位の要因に分けた。OECD/EST が技術と行動変化を組み合わせたシナリオを提示した通り、一つの要因による大幅削減を目指すよりも、各要因の削減策を積み重ねた大幅削減の方が実現可能性は高いと考えられる。たとえば、各要因を 2 割ずつ削減する施策を取り入れることで、全体では 0.8 倍の 6 乗の 74%削減が可能との計算になる。

交通に起因する CO₂ 排出の構造式を提案し、6 項目を 2 割ずつ削減することで 74%削減が可能との考え方を示した。多様な対策を組み合わせることは、ある項目の削減効果を他の項目の増加が相殺しないためにも有効であり、相対的に削減を容易にすると考えられる。

交通部門の CO₂ 計算式・・・(1)



要因に関連する対策を式(1)の右の項から順に説明する。1 項目は、燃料消費量あたりの CO₂ 含有量を下げる対策である。たとえば、自然エネルギーの利用、すなわち太陽光発電や風力発電による電力の利用や、バイオマス燃料の利用、あるいは技術に頼って原子力発電の利用や、炭素隔離貯留を組み合わせた石炭火力発電や石炭ガス化・液化技術等の利用が含まれる。

2 項目は、走行距離あたりの燃料消費量を下げる対策である。燃費の良い車両を開発・普及・利用すること、燃費が悪化しやすい混雑する場所や時間帯を避けて運行することが含まれる。

3 項目は、走行距離あたりの輸送量を増加させる対策である。一台あたりの平均乗車人員や平均積載量を増やすことで、同一の輸送量に対する走行距離を減らすことが含まれる。なお、乗車人員や積載量に合致する、大きすぎない車両を利用することで、燃費の改善につながる。

4 項目は、積載率が良く、燃費が良く、炭素強度の低い交通手段の分担率を増加させる対策である。自動車や航空機から鉄道やバスや貨物船舶に転換することが含まれる。

5 項目は、一回のトリップの長さを短くする対策である。土地利用をコンパクトにすることや、近場の施設の利用を促進することが含まれる。

6 項目は、エネルギーを使って移動する回数を少なくする対策である。自転車や徒歩や集配用台車などエネルギーの利用を伴わない手段への転換や、一カ所で用件をまとめて済ませたり、ICT(Information and Communication Technology)を活用したりするなどして、トリップ数を減らすことが含まれる。

なお、燃費を改善させるために、道路整備によって旅行速度を上げようとする対策は、交通手段の転換や輸送距離の増加など、誘発交通を招くことが認められており、中長期的にみて CO₂ 削減になるとは必ずしも評価できない場合があることに留意する必要がある。

特に左の項ほど、地域の特性によって導入できる対策が異なる。そのため、地域特性別の交通対策を検討することで、より削減可能性が高まると考えられる。

参考資料

- 1) 国土交通省道路局 (2005) : 「地球温暖化防止のための道路政策会議 報告」

(森口祐一, 松橋啓介 : 独立行政法人国立環境研究所)

地域類型別一人あたり 自動車 CO₂ 排出量

全国市区町村の自動車 CO₂ 排出量の現況を明らかにした。

大都市圏では一人あたりの自動車 CO₂ 排出量が 1.0 t-CO₂/人・年前後であるのに対し、その他地域の中小都市や郡部で約 2.0 t-CO₂/人・年と約 2 倍に相当する。

日本の交通部門の CO₂ 排出量を大幅削減するためには、その約 9 割を占める自動車からの CO₂ 削減が重要である。H11 年度市区町村別自動車 CO₂ 推計結果¹⁾に引き続いて H17 年度排出量を推計し、地域類型別一人あたり自動車 CO₂ を図-1,2 に示す通り求めた。

三大都市圏は、人口では 50%を占めるが、排出量のシェアは 42%と小さい。東京都市圏、京阪神都市圏の区部、市部で約 1.0 t-CO₂/人・年前後であるのに対して、その他地域の中小都市や郡部では約 2.0 t-CO₂/人・年と約 2 倍に相当する。中京都市圏は、他の二大都市圏よりもその他地方に近い数値となっている。東京都市圏の中では小都市や郡部で高く、その他地方の中では政令指定都市で低く、両者とも約 1.5 t-CO₂/人・年である。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、中間的な数値を示す地域での削減が重要と考えられる。すなわち、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て、自動車 CO₂ の削減につながる交通施策を導入することが重要である。

なお、本推計に用いた自動車起終点調査による走行量は自動車輸送統計による走行量よりも少ないため、2005 年の全国平均の一人あたり CO₂ 排出量は 1.53 t-CO₂/人・年となっており、日本の温室効果ガスインベントリによる 1.76 t-CO₂/人・年よりもやや小さいことに留意する必要がある。

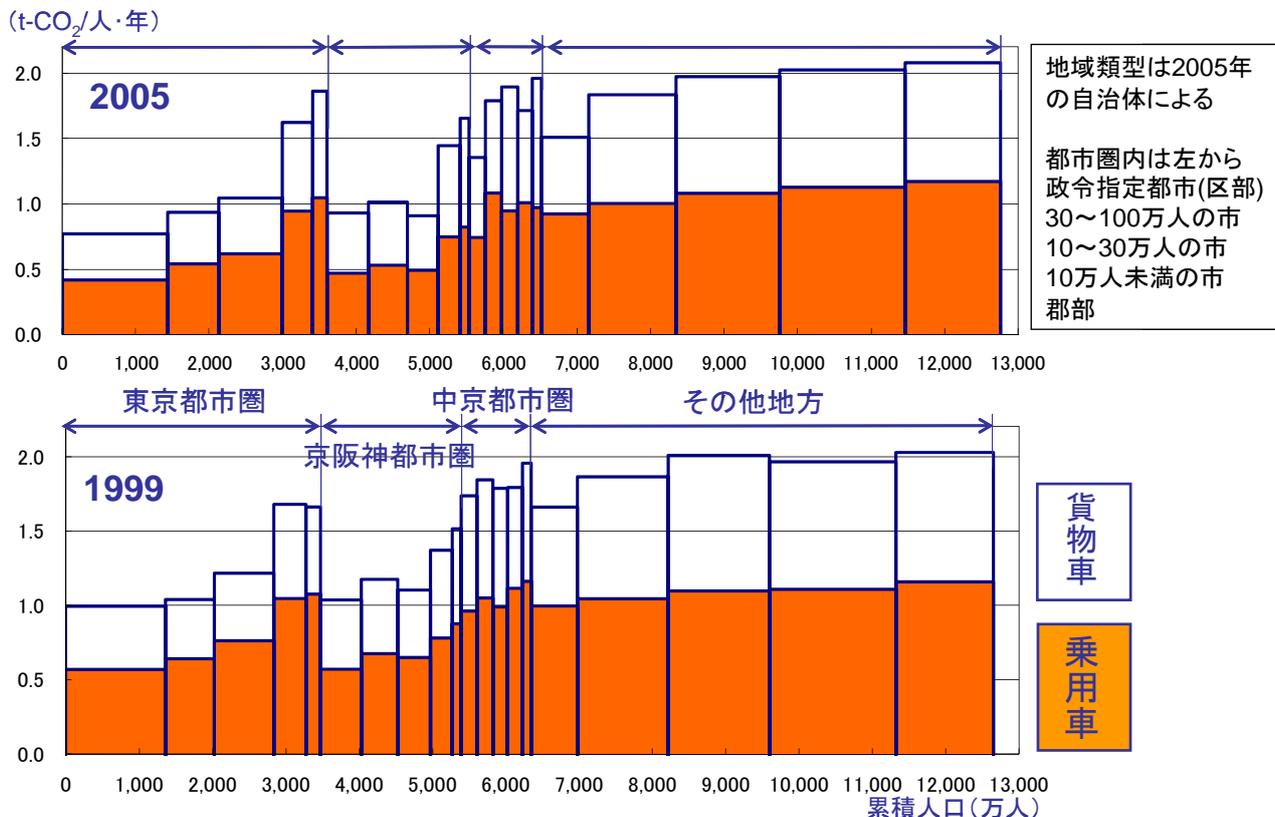


図-1 地域類型別一人あたり自動車 CO₂ 排出量

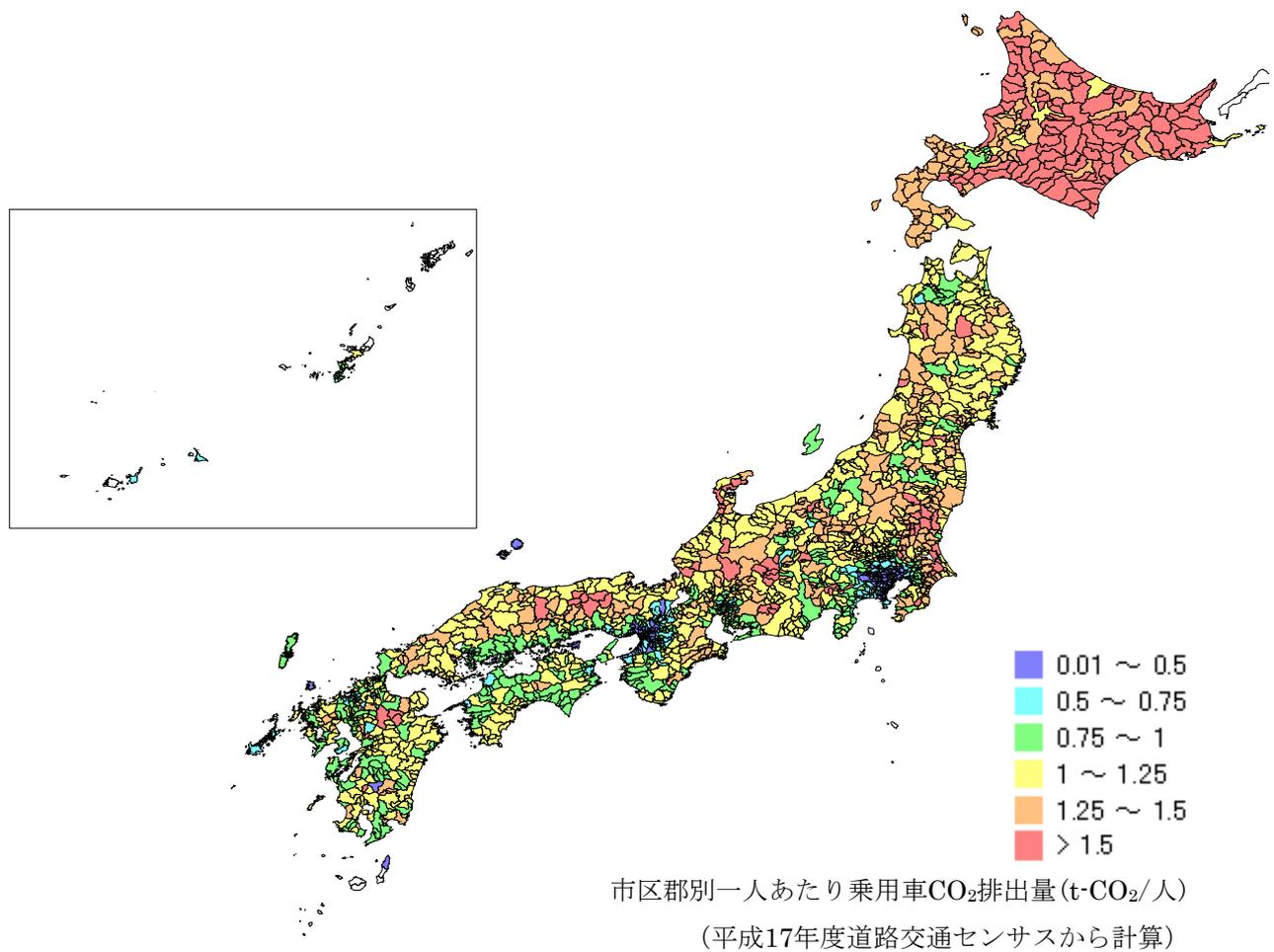


図-2 自動車CO₂排出量の地域特性²⁾

参考資料

- 1) 松橋啓介, 工藤祐揮, 上岡直見, 森口祐一 (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」, 環境システム研究論文集, 32, 235-242
- 2) 国立環境研究所環境情報センター (2009) : 「環境 GIS」, <http://www-gis.nies.go.jp/>

(松橋啓介, 森口祐一 : 独立行政法人国立環境研究所)
(工藤祐揮 : 独立行政法人産業技術総合研究所 安全科学研究部門)

対策の組み合わせによる 2050年低炭素交通ビジョン

全国市区町村別あるいは距離帯別の自動車 CO₂排出量の現況を踏まえ、交通 CO₂の要因に沿って交通対策を整理し、地域別の交通対策を組み合わせる 70%削減を可能とするビジョンの案を表-1 の通り作成した。都市内旅客輸送については、列方向には、大都市圏都市部、大都市圏郊外、地方都市、地方郊外・郡部の4つの地域区分を例とした。行方向には、交通部門の CO₂計算式(1)の要因に影響する施策を分類した。行列の要素には、各地域区分に適用可能な施策とその削減可能量の例を記載した。

大都市圏都市部では、既に徒歩圏の高密度化が相当に進んでいるため、追加的な削減量は多くないと考えた。郊外部では、近隣を集約化することにより、徒歩や自転車による移動へ転換する余地を比較的多く見込んだ。都市部では、都心の再開発や再評価による高密度化とともに都心から離れた地域の開発の支援を控える等により、移動距離の10%程度の削減が可能と仮定した。モーダルシフトでは、地方都市部でのLRT (Light Rail Transit) やBRT (Bus Rapid Transit) の導入による削減見込みを大きく見た。基盤整備費を除けば、経営可能な地域は少なくないと見られるためである。燃費改善は、大都市圏での効果が大きいハイブリッド車や鉄道の効率改善により20%の燃料削減が可能とした。郊外部では、都市の範囲での高密度化は困難とした。こうした数値の積み重ねにより一人あたりCO₂排出量が減少する様子を地域区分別に試算した。

技術的対策、交通需要対策をバランスよく組合せ、地域特性に応じて削減見込み量に変化を付け、実現可能性がより高い削減ビジョンとすることを目指して、何度も改訂を行った。地域別人口構成の変化に関しては、脱温暖化2050プロジェクトのシナリオチームの想定(Aシナリオ)に合わせて、社会保障・人口問題研究所による2030年までの想定値を延長した値を用いた。

貨物交通および都市間旅客については、列方向に距離帯別の対策を検討し、表-1,2 に削減ビジョンを示した。生産や商取引構造の変化を含めた貨物輸送量の削減を比較的多く見込んだ。旅客交通に比較すると実現可能性の高いビジョンを検討することがやや困難であり、まだ改良の余地が大きいと考えられる。

なお、この試算には、地域区分、施策例(実現可能性)、削減量、人口予測等に幅があることに留意する必要がある。また、表-1に示した方向性によっては、対策のウェイトが大きく異なる将来ビジョンとなり

全国市区町村別の自動車CO₂排出量の現況を踏まえ、地域類型別に多様な対策を組み合わせる低炭素交通ビジョンを構築し、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のバランスについては、幅があることに留意する必要がある。

表-1 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
都市集約化	△都心再開発	△撤退	△都心再開発	×	1990年比 -70%
公共交通利用促進	△プラインシグ	△P&Rなど	○LRT	△乗り合いタクシー	(含む都市間旅客:30km-)
積載効率改善	△小型車両の活用		△乗り合い促進	×	凡例: ◎: -30% ○: -20% △: -10% ×: 削減なし
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

表-2 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
都市集約化			○距離短縮	△~×モーダルシフト促進	1990年比 -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	
積載率改善	△配送頻度削減	△共同輸送	○共同輸配送	○乗り合い	Index: ◎: -30% ○: -20% △: -10% ×: 削減なし
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)	

うることに留意する必要がある。

2050 年の低炭素社会における交通・物流に関して、説得力のあるビジョン・シナリオへのブラッシュアップすることを目的に、表-3 に内容を示す通り、有識者を交えた研究会を開催した。

議論を通じて得られた多くの示唆を参考にして、交通分野の低炭素社会実現に資する施策パッケージとして、「拠点集約型土地利用と交通手段の連携」「電動軽量乗用車の普及」の二つを取りまとめ、シナリオチームに提供し、低炭素社会の実現に向けた 12 の方策の一つである「歩いて暮らせる街づくり」に反映された。

表-3 研究会の概要

検討テーマ	開催日	テーマ	メモの一部
地域間物流	1回 2007.10.15	2050年の貨物輸送について	貨物鉄道：モノレール、新幹線、第二東名。商取引構造の変化：翌日着、配送費込、～産。
	2回 2008.1.18	運送企業の環境経営	ハブ積載率80%。台車利用177箇所。トラックをなくそう。不在率60-70%。大阪東京間10%鉄道、枠不足
低炭素社会における国土・交通	1回 2007.10.15	2050年の交通について	リアリティが必要。手段別区間毎道路使い分け。集約化は長期的。市民への働きかけ。海外との協働。
	2回 2007.11.14	交通物流ルネッサンスについて	産業競争力懇談会。モデル事業。輸送の効率化+技術：パーソナル通勤、自動駐車
		持続可能なモビリティプロジェクト(WBCSD)について	mobility2030 技術変化が早い：燃料電池車→電気自動車 バイオ燃料車→？
3回 2008.2.18	自動車燃料の将来展望について	資源量はあるが新開発されていない。運輸石油依存80%へ。充電スタンドも。重量車はGtL。ETBEで品質確保。国産国消。	

(松橋啓介：独立行政法人国立環境研究所)

地域別乗用車 CO₂ 排出量 削減目標達成シナリオ

都市内旅客交通システムの低炭素化実現に向けた対策として、国による燃料・車両技術普及策に加えて、人口減少時における市街地の縮退施策を組み合わせた交通施策が必要なことを定量的に明らかにした。さらに、交通施策実施にかかる費用の概算も行った。

都市・地域での低炭素交通システム（EST: Environmentally Sustainable Transport）実現のために必要な基礎情報として、旅客交通を対象に、地域特性に応じた実施可能で環境負荷の小さい交通体系の提示と、その実現に向けた中長期的な施策パッケージを提案した。

シナリオ作成においては、まず、燃料・車両技術に関する施策の全国的な進展による削減量を長期（2050年）で見積もり、削減目標を補えない分について必要となる、各地域の交通施策による削減量を算出することとした。

まず、自家用乗用車保有率と1台あたり走行距離をそれぞれ推計し、それらに乗じて乗用車走行CO₂排出量を求めるモデルを構築した。自家用乗用車保有率は、人口密度、生産可能年齢人口割合、人口あたり道路延長、鉄道駅の有無といった変数によって説明される。また、1台あたり走行距離は、人口密度、鉄道駅数などの変数で説明される。

モデルを用いて2050年の現状推移シナリオ(BAU)と技術革新シナリオ(EST1)の排出量を推計した。交通量を規定する人口は、対象市区町村の出生率、生存率、純移動率が現状通り推移すると仮定して、5歳別将来人口をコホート法により推計した。可住地面積は、人口増加の場合は人口に比例して増加させ、人口が減少した場合は変化しない(後述のa)現状維持シナリオ)とした。EST1における技術普及の想定は、「超長期エネルギービジョン2100」を参考に、表-1の普及率と排出原単位とした。

表-1 技術革新シナリオ(EST1)における各車両の普及率と走行起源CO₂排出原単位(2050年)

車両	車種/区間	燃料消費削減率 (2000年比)	走行起源CO ₂ 排出 原単位 [g-CO ₂ /台 km]	普及率
自家用車	ハイブリッド車	33.2%	114	60%
	電気自動車	70.6%	55.5	40%
バス	ハイブリッド車	14.3%	647	100%
鉄道	電化区間	10%	—	
	非電化区間	30%	—	

BAUでは、人口減少(21.8%減)による自家用車交通量の減少(10.9%)によって、CO₂排出量は2000年と比較して全国合計では9%の減少となるものの、人口あたり排出量は16%の増加となった。一方、EST1におけるCO₂排出量は2000年と比較して全国合計では65%の減少、人口あたり排出量でも56%の減少となった。しかし、全国合計で80%減少という目標の達成には至らず、交通需要管理(EST2)の実施が必要であることが分かる。なお、65%削減の状態から80%削減達成に至るためには、排出量をさらに(100-80)/(100-65)=0.57倍にする必要があり、厳しい目標である。以上の関係を図-1に示す。

そこで、EST2シナリオとして、大量輸送によってCO₂排出量を削減可能な輸送機関の新規導入、およびそれを支援する端末交通整備などの施策を組み合わせることを想定する(輸送機関の選定手法については「輸送機関のシステム全体でのライフサイクルCO₂」の項を参照)。また、大量輸送機関がそのCO₂排

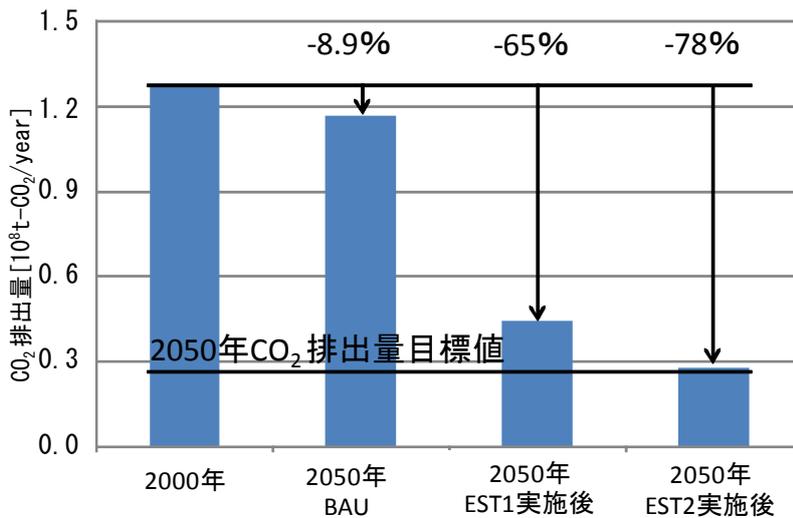


図-1 EST シナリオによる自家用乗用車 CO₂削減可能量

出量削減特性を発揮するためには多くの輸送需要が必要であり、そのためには沿線地域が人口集積している必要がある。しかしながら、今後人口減少が進めば逆に市街地の人口集積も減っていく可能性があることから、これを防ぐために市街地を縮退する施策も必要となる。

そこで、EST2 施策に合わせた市街地縮退のシナリオを以下の3種類設定した。

a) 現状維持シナリオ：可住地面積を、人口増加の場合は人口に比

例して増加させ、人口が減少した場合は変化しないものとする

b) 人口密度一定シナリオ：人口密度を一定として、可住地面積と DID (Densely Inhabited District：人口集中地区) 面積を人口に比例させる。したがって、人口減少に伴って市街地も減少する

c) 市街地縮退シナリオ：可住地面積と DID 面積を現在(2000年)の値から半減させる。人口減少の分だけ相殺されるものの、各交通圏において可住地人口密度、DID 人口密度とも高くする

各シナリオが EST2 に与える影響、および目標達成に必要な輸送機関導入必要量とその導入費用の推計結果を表-2 に整理した。市街地縮退を進めた場合に費用あたりの CO₂削減効果が大きくなり、特に市街地縮退シナリオでは現状維持シナリオの約3倍の効果を持つことが分かる。

表-2 都市域コンパクト化の輸送機関導入可能性に対する影響

シナリオ	a)現状維持	b)人口密度一定	c)市街地縮退
EST2 による必要削減量 (EST1 実施後)[Mt-CO ₂ /年]	11.3	8.44	6.11
EST 1 のみで削減量が達成される地域交通圏[地域]	8(2.9%)	50(18.3%)	70(25.6%)
幹線交通機関導入が可能な地域交通圏[地域]	108(39.6%)	207(75.8%)	198(72.5%)
平均導入必要延長[km/地域]	329	136	33.7
幹線輸送機関導入(EST2)後に残る必要削減量[Mt-CO ₂ /年]	2.21	-0.04	-0.26
幹線輸送機関導入費用[兆円]	22.9	15.7	5.07
費用対 CO ₂ 削減効果 [t-CO ₂ /百万円]	0.40	0.54	1.3

参考資料

1) 伊藤圭, 柴原尚希, 加藤博和 (2009):「日本における低炭素旅客交通システム実現のための地域別施策実施量の推定」, 第17回土木学会地球環境シンポジウム講演集

(加藤博和：名古屋大学大学院環境学研究科)

輸送機関のシステム全体での ライフサイクル CO₂

各地域の実情に応じた低炭素交通システム実現のための施策パッケージを選定するため、基幹公共交通路線の整備・拡充に伴うライフサイクル CO₂ 削減効果や採算性を評価する手法を構築した。その結果、基幹公共交通手段として LRT が大都市圏を中心に多く選定されることが明らかとなった。

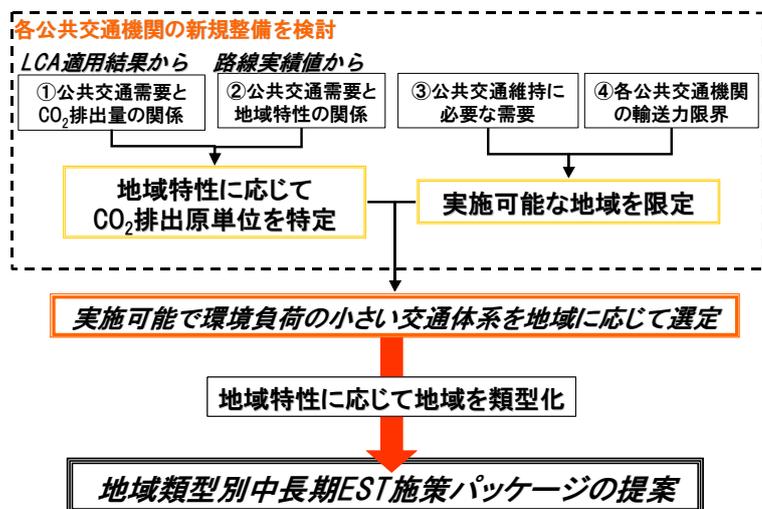


図-1 基幹公共交通システムの選定と EST パッケージの提案の流れ

地域交通の軸となり、大量輸送や自動車交通からの転換に伴う CO₂ 削減効果が高い幹線輸送機関の整備・拡充を対象に、CO₂ 削減効果や採算性を考慮した輸送機関選定の手法を図-1 のフローの通り構築した。

鉄道・LRT (Light Rail Transit)・BRT (Bus Rapid Transit)・新交通システム (AGT: Automated Guideway Transit)・モノレール・GWB (GuideWay Bus) の新規整備を対象として、既存鉄道・バス利用、および自動車利用との輸送人 km あたり CO₂ 排出量の比較を行った。輸送機関の CO₂ 排出量推計にはインフラ整備や車両製造なども含めた評価を行うため、LCA (Life Cycle Assessment) を適用した。

往復の需要量を 10,000 人/日とした場合の SyLC-CO₂ (輸送機関のシステム全体でのライフサイクル CO₂) を推計した結果を図-2 に示す。LRT が全ライフステージにおいて SyLC-CO₂ が小さくなっている。これは、必要とするインフラが少ないことや、車両定員に対する車両重量が小さいために車両製造における CO₂ 排出量が小さくなるのが原因である。また、輸送密度の大小が運行本数の増減に反映されると仮定し、輸送密度に対する輸送人 km あたり SyLC-CO₂ の感度分析を行った。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 km あたり SyLC-CO₂ 最小の輸送機関となる。

次に、沿線の DID 人口密度に応じて、各輸送機関の輸送人 km あたりの SyLC-CO₂ を推計した結果を図-3 に示す。このとき、LRT・BRT については、国内路面電車の多くが分類される表定速度の低い分類と、専用軌道・道路中心の路線で表定速度の高い分類の両方の場合を想定し、各分類の傾向を用いて推計した。鉄道、AGT、モノレール、GWB に関しては既存事例の状況を用いた。また、参考値として乗用車の走行 (のみ) に伴う CO₂ 排出原単位 (平成 18 年度交通関係エネルギー統計要覧から) の値を示した。なお、同図における走行原単位は今後の技術革新を考慮していない。ハイブリッド車や電気自動車が普及すると自家用車の走行原単位が減少するが、BRT や GWB についても同様に燃費向上が実現すれば、本研究の結果には大きな影響を与えないと考えられる。ほとんどの DID 人口密度の値に対して、LRT が輸送人 km 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・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あるいは自動車を用いる方が環境負荷の小さい場合

輸送機関のシステム全体でのライフサイクル CO₂

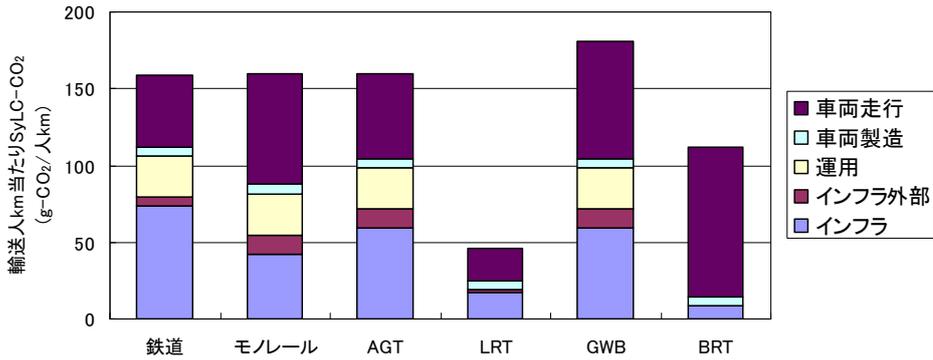


図-2 輸送人 km あたり SyLC-CO₂(需要量 10,000 人/日)

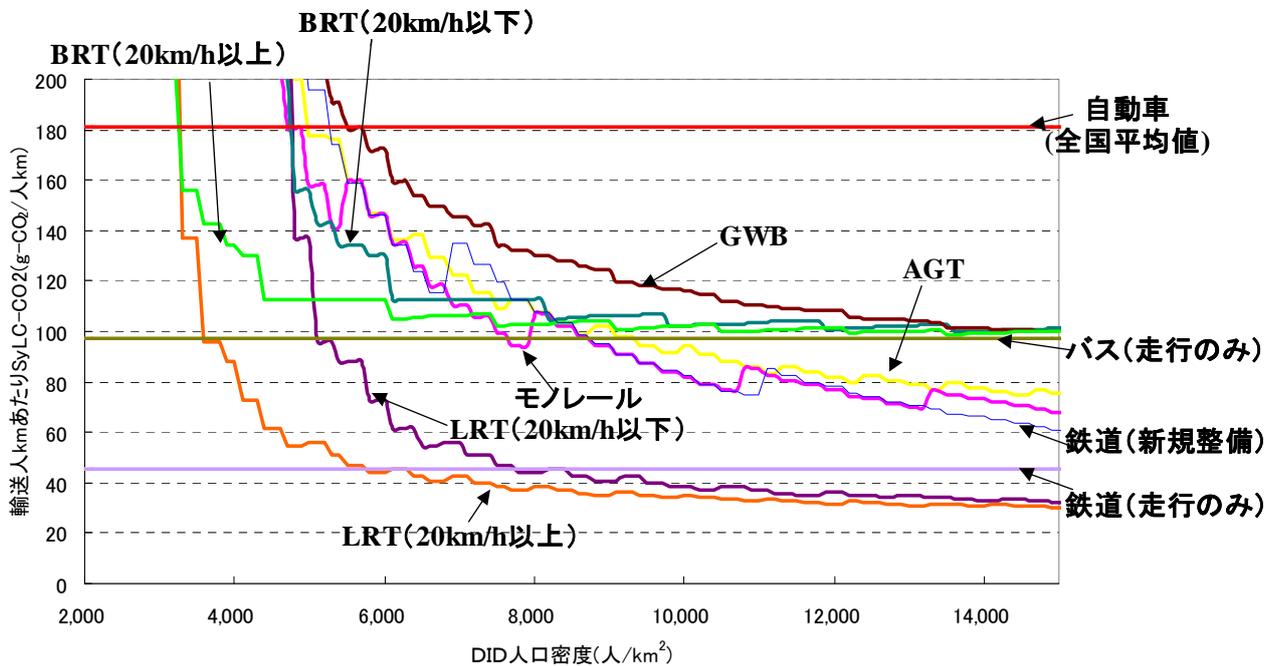


図-3 DID 人口密度の変化に伴う輸送人 km あたり SyLC-CO₂ の変化

も出てくる。また、LRT・BRT の表定速度が、現存する多くの路面電車と同程度の低い表定速度 (20km/h 以下) の場合、導入に伴う CO₂ 削減効果が期待できる DID 人口密度の範囲が小さくなる事が分かる。

導入された路線の延長に応じて自家用車からの転換が起きると仮定すると、削減目標を達成するために必要な路線延長を推計することができる。導入輸送機関として LRT が選定された地域について必要路線延長を推計したところ、大都市圏や地方中心都市圏で大きい傾向にあり、これらの地域で重点整備する必要性が示唆された。

参考資料

- 1) 長田基広, 渡辺由紀子, 柴原尚希, 加藤博和 (2006): 「LCAを適用した中量旅客輸送機関の環境負荷評価」, 土木学会 土木計画学研究・論文集, 23, 355-363

(加藤博和: 名古屋大学大学院環境学研究科)

交通・土地利用特性に応じた 地域別施策ロードマップ提示

全国の都市部を 273 の地域交通圏に分け、交通・土地利用特性に応じた 7つの類型に整理し、各類型別に低炭素交通システムを実現するための長期的な施策ロードマップを提示した。

地域の交通体系は、経済的・社会的な連携が深い生活圏において、中心都市とその郊外地域を結ぶ形で成立している。この単位で低炭素交通システムを実現するための施策を検討するために、全国の都市部を 273 の「地域交通圏」に分け、その中心都市の交通および土地利用の特徴を主成分分析によって表-1 のように抽出した。

表-1 地域類型化のためのマクロ指標の主成分分析結果

第1主成分		第2主成分		第3主成分	
自動車依存性		徒歩・自転車志向性		都市域広域性	
変数名	負荷量	変数名	負荷量	変数名	負荷量
自動車	0.935	徒歩・自転車	0.862	可住地面積	0.746
徒歩・自転車	-0.376	DID人口集中度	0.347	自動車	0.128
可住地面積	-0.600	可住地面積	0.045	DID人口集中度	0.113
面積あたり駅数	-0.672	自動車	-0.094	公共交通	0.001
DID人口集中度	-0.746	DID人口密度	-0.108	DID人口密度	-0.092
DID人口密度	-0.823	面積あたり駅数	-0.397	徒歩・自転車	-0.248
公共交通	-0.843	公共交通	-0.406	面積あたり駅数	-0.364
固有値	3.773	固有値	1.209	固有値	0.789
寄与率	53.90%	寄与率	17.27%	寄与率	11.27%
累積寄与率	53.90%	累積寄与率	71.17%	累積寄与率	82.44%

得られた3主成分に基づき、地域交通圏を表-2に示す7つのセグメントに分類することができた。各セグメントは具体的に以下の特徴を有する。

- 1) 強自動車依存型：人口集中度が低く、公共交通の衰退が激しい
- 2) 弱自動車依存型：人口の集中度が低く自動車による通勤・通学者が多い
- 3) 職住近接型：徒歩・自転車による通勤・通学者が多く市街地が狭い
- 4) 混在型：人口集中および交通の利用状況にはっきりとした特徴がみられない
- 5) 拠点 TOD 型：市街地は広いが人口やその他施設が集積しており、公共交通利便性が高い
- 6) 集中 TOD 型：人口やその他施設が集積しており、公共交通利便性が高い
- 7) 弱公共交通志向型：人口集中度はある程度高いが、公共交通利用はそれほど多くない

次に、各セグメントについて、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

表-2 セグメント分類結果

セグメント	地域交通圏中心都市
(1)強自動車依存型	長井市、喜多方市、佐久市、大田原市、益田市、鹿屋市、誂谷村など (13 地域)
(2)弱自動車依存型	網走市、北上市、つくば市、糸魚川市、御殿場市、福知山市、伊万里市、沖縄市など (150 地域)
(3)職住近接型	函館市、青森市、秋田市、松本市、静岡市、鳥取市、高松市、佐賀市、名瀬市など (25 地域)
(4)混在型	千歳市、八戸市、金沢市、富士市、長野市、岐阜市、福山市、下関市、大分市など (63 地域)
(5)拠点 TOD 型	東京 23 区、神戸市 (2 地域)
(6)集中 TOD 型	小田原市、熱海市、野洲町、大阪市、久留米市、那覇市 (6 地域)
(7)弱公共交通志向型	札幌市、仙台市、新潟市、名古屋市、京都市、広島市、福岡市、熊本市など (14 地域)

交通・土地利用特性に応じた地域別施策ロードマップ提示

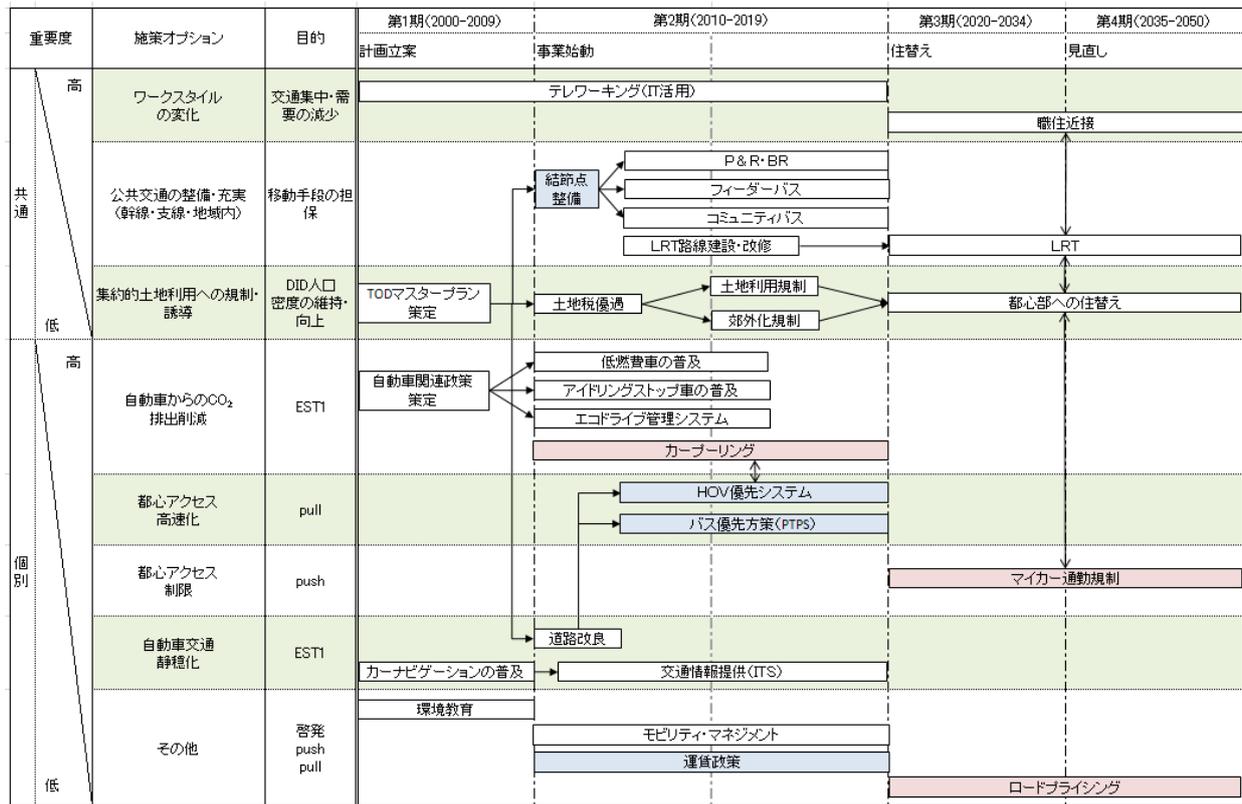


図-1 弱自動車依存型地域交通圏における EST 施策ロードマップ案

ップを作成した。ここでは例として、該当する交通圏が最も多い弱自動車依存型都市についてのロードマップ案を図-1 に示す。

弱自動車依存型都市では、市街地の縮退を行わないまま推移した場合、LRT や BRT などの大量輸送機関導入による CO₂削減効果が得られない。したがって、人口減少に合わせた市街地縮退の推進が必要である。そこで、マスタープランにおいて市街地縮退を明確な目標として打ち出し、これに沿った土地利用や交通整備等の施策を計画・展開していく。幹線輸送機関導入に向けて、初期段階では縮退施策を重点的にを行い、市街地拡大を抑制する。建築物が大量更新時期を迎える時期に縮退が大きく進む。その上で、幹線輸送機関の導入に十分な輸送需要が生じる条件になったところで整備を進める。

地域交通圏類型別施策ロードマップの特徴と目標

a) 自動車依存脱却施策パッケージ
 地域：1)強自動車依存型、2)弱自動車依存型
 特徴：自動車依存、公共交通の不足、人口集中性の低さ
 目標：1)IT 活用による移動機会の削減、2)公共交通整備の効果を高めるためのコンパクト化、3)自家用車からの直接的 CO₂排出削減

b) 職住近接都市構築施策パッケージ
 地域：3)職住近接型
 特徴：徒歩・自転車分担率が相対的に高い=狭い都市域
 目標：1)歩行者・自転車交通の育成、2)地域内公共交通の充実、3)まちのにぎわい創出

c) 公共交通志向維持・強化施策パッケージ
 地域：5)拠点 TOD 型、6)集中 TOD 型、7)弱公共交通志向型
 特徴：公共交通カバー率の高さ、人口集中性の高さ
 目標：1)自家用車交通の抑制 (push 施策)、2)公共交通による都心アクセスの高速化 (pull 施策)、3)時差出勤・フレックスタイム制導入 (混雑集中回避)

参考資料

1) 谷田一，加藤博和，柴原尚希（2008）：「脱温暖化に向けた地域類型別交通施策ロードマップ導出に関する研究」，土木学会土木計画学研究・講演集，37，CD-ROM

(加藤博和：名古屋大学大学院環境学研究科)

航空需要予測モデルを援用した 地域間旅客交通 CO₂ の 長期シナリオ

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が必要である。

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 の長期シナリオを検討した。全国発生モデルで人口や GDP より日本全体の旅客数を、交通機関選択モデルで交通機関別の所要時間や費用より 223 ゾーン間の機関別旅客数を、航空経路選択モデルで空港経路別の所要時間・運行便数等より経路別の旅客数を予測する。次に、便あたりの旅客数算定モデルで航空路線別の旅客数や路線距離等より航空便 1 便あたりの旅客数を予測し、そこから路線別の便数を求め、空港容量制約と便数の整合をとった後、再び航空経路別の旅客を計算し、収束するまでこの過程を繰り返す。その後 CO₂ 排出原単位をかけ、CO₂ 排出量を求める。

なお、交通機関選択モデルと、航空経路選択モデルは国総研モデルのものをそのまま使用する。全国発生モデルは、人口比例パターンとの中間の値となる GDP を用いたモデルを採用した。

2050 年の推計にあたり CO₂ 排出原単位は自動車で 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

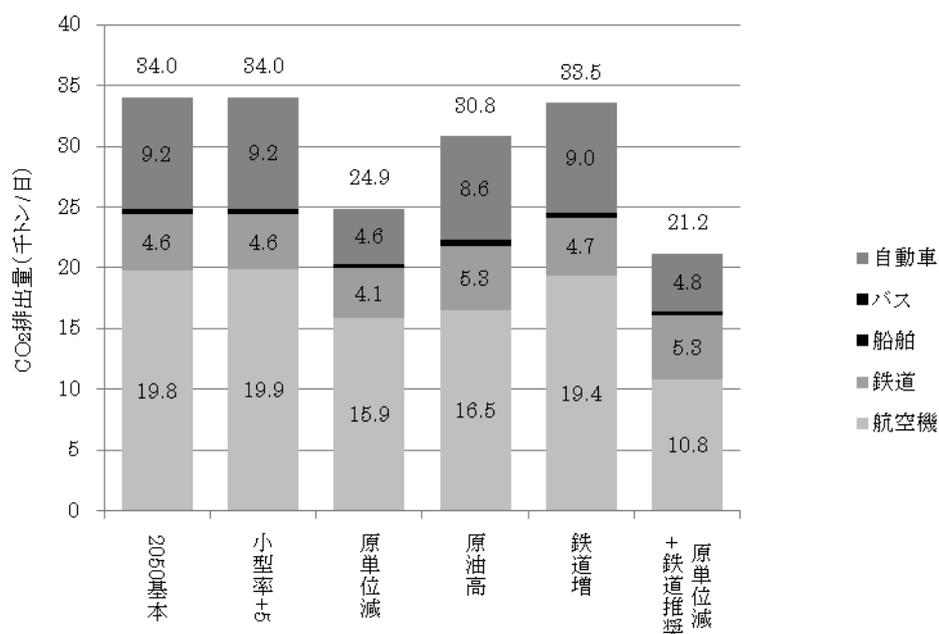


図-1 2050年のCO₂排出量

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-1 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 割増やしたのものとなっている。「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。

表-1 は、料金や頻度、原単位といった各指標を 20%増減変化させたときの CO₂ 排出量の変化である。それによると航空に関する指標を変化させたときの感度が高くなっている。これは都市間では航空の利用割合が多いことが原因だと思われる。また、鉄道料金の感度も比較的高く、鉄道は比較的短距離では自動車と比較的長距離では航空と、それぞれ競合しているためだと思われる。自動車関連の感度が低いのは、利用できる交通機関が自動車に限られる場合があるなどの影響によると思われる。

2050 年に 4 割減としたシナリオを 7 割減達成へと強化するためには、地域間旅客交通において排出量の占める割合が高い航空からの CO₂ 排出量をさらに半減する必要があると考えられる。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。

表-1 各指標を変化させたときの排出量の変化

	+20%	-20%
自動車料金	-2.8%	3.1%
自動車原単位	4.0%	-4.5%
鉄道料金	7.5%	-7.6%
鉄道頻度	-2.7%	3.3%
航空料金	-10.0%	10.1%
航空原単位	11.7%	-11.7%

(兵藤哲朗：東京海洋大学海洋工学部)

地域間旅客交通 CO₂ 削減策の導入順による効果の違い

削減策の組み合わせを「低燃費車推奨」と「鉄道推奨」の2策に分け、その施策の導入の順序による効果を検証した。鉄道推奨は低燃費車推奨よりも即効性があり、40年間の累積の排出量を抑制させる面でも望ましいことを明らかにした。

2050年のCO₂削減の目標を2010年の4割減とし、それを達成できる「原単位減+鉄道推奨ケース」の削減策の組み合わせについて、低燃費自動車の購入を推奨し自動車・航空・その他のCO₂排出原単位をそれぞれ50%・80%・90%へと下げる「低燃費車推奨」と、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割増しに変化させる「鉄道推奨」の2策に分け、その実施順による効果の違いを検証した。

両策を毎年定率で行うA定率パターン、低燃費車推奨を先(2010年から2020年の間)に鉄道推奨を後(2030年から2040年の間)に行うB低燃費先行パターン、逆に低燃費推奨を後に鉄道推奨を先に行うC鉄道先行パターン、両方を後に行うD後手パターン、両方を先に行うE先手パターンの5パターンについて

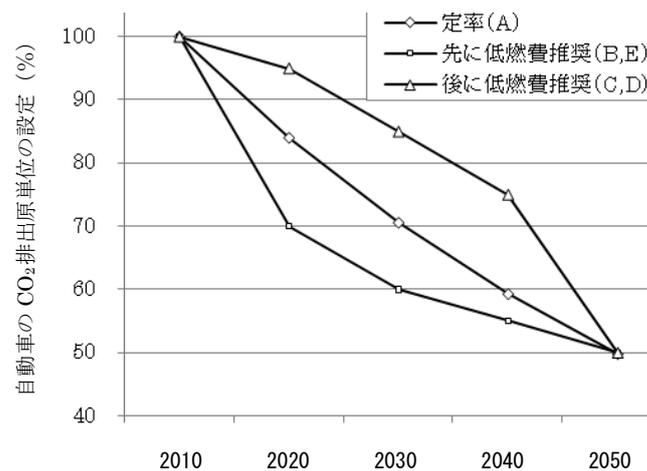


図-1 低燃費車推奨策の実施時期による原単位

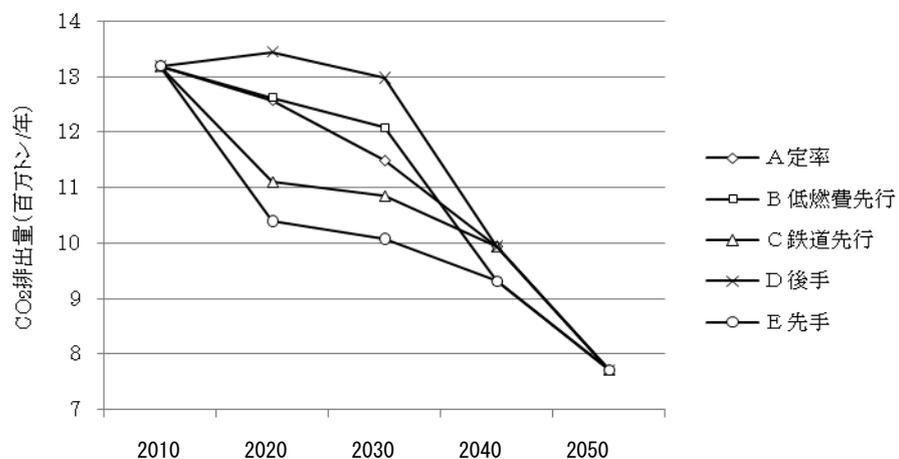


図-2 施策導入順序によるCO₂排出量の推移の違い

て、2010年から2050年までの40年間のCO₂の総排出量を推計した。低燃費車推奨策の実施時期による原単位の設定値の違いは図-1の通りである。

図-2のB低燃費先行パターンとC鉄道先行パターンのCO₂排出量の経年比較では、2030年までは鉄道推奨を先に行うCパターンの排出量が少ないが2040年には逆転しており、鉄道推奨は低燃費車推奨よりも即効性があることがわかる。

図-3には、40年間の累積の排出量を示す。両策を先に実施しもっとも排出量が少ないEパターンと、両策を後に実施しもっとも排出量が多いDパターンでは6600万トン（2010年の5.0年分、2050年の8.5年分）の差があり、CパターンはBよりも2100万トン排出量が少なかった。今回の削減策の組合せでは、鉄道推奨策を先に実施する時の効果が高いことが示された。しかし、自動車の利用が多い短距離の都市内交通を含める場合には、低燃費車推奨策にさらなるCO₂削減効果が見込まれると考えられる。

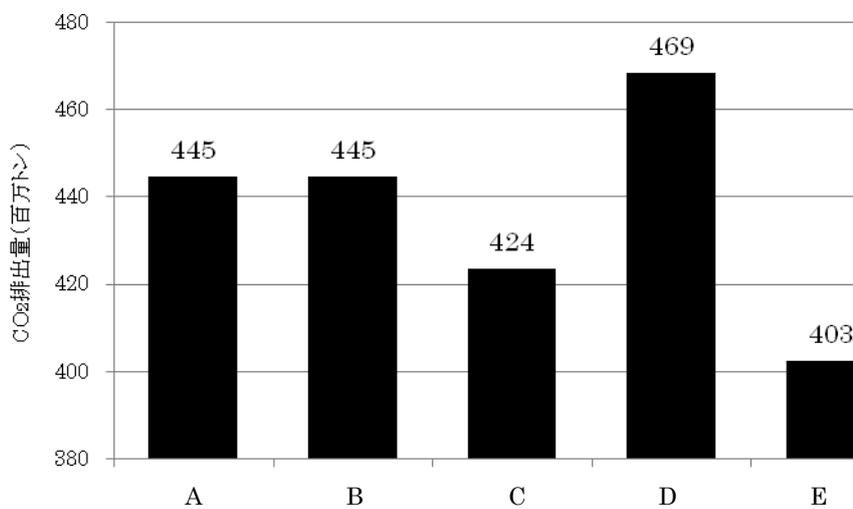


図-3 施策導入順序別の40年間のCO₂総排出量

(兵藤哲朗：東京海洋大学海洋工学部)

地域間物流の将来予測と 排出削減シナリオ

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割削減を達成可能とする見通しを明らかにした。

国内貨物全般について、長期的な需要予測を実施した調査事例としては、「長期輸送需要予測に関する調査（財団法人運輸政策研究機構）（平成12年3月）」¹⁾がある。4段階推計法をベースに輸送機関別の純流動量を予測する方法を示している。平成17年物流センサスを見ると、我が国における貨物の輸送手段の約70%（トンベース）は、営業用トラックをはじめとした自動車輸送であり、残りのうち約25%が海運となっている。品目別のトンベース輸送量では、化学工業品、金属機械工業品、軽工業品が多くなっている。また、地域別には、首都圏の都道府県間の流動、愛知県とその近隣の県の流動が多くなっている。

本検討では「長期輸送需要予測に関する調査」の結果を踏まえ、図-1に示すモデル構造を採用した。ただし、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、需要予測モデルを完成した。

貨物の発生・集中量予測モデルは、2005年度の地域別社会経済フレームを説明変数とするクロスセクションの重回帰モデルとした。基本的に発生量予測モデルは供給要因を考慮し、集中量予測モデルは需要要因を考慮した。モデルの現況再現性をみると、大部分の品目で、決定係数が0.6以上と説明力の高いモデルを構築することができたが、発生モデルの林産品、鉱産品では、決定係数が0.5前後となった。機関選択モデルは、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。表-1のシナリオについて、機関選択モデルで算出された図-2の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図-3のCO₂排出量を算出した。

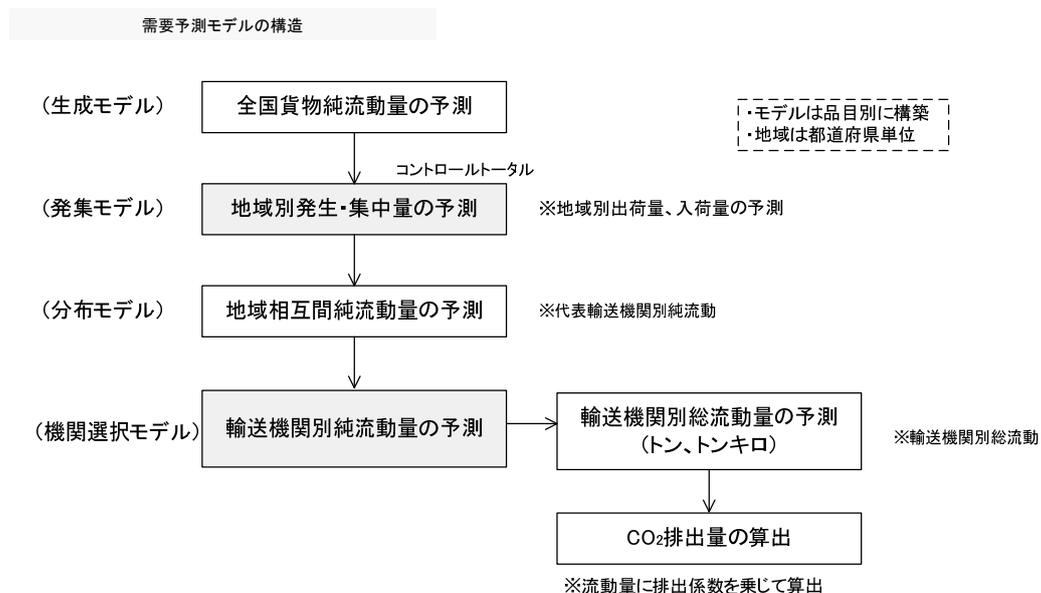


図-1 地域間貨物輸送モデル構造

地域間物流の将来予測と排出削減シナリオ

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（埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、岐阜県、静岡県、愛知県、三重県、滋賀県、京都府、大阪府、兵庫県、奈良県とした）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。

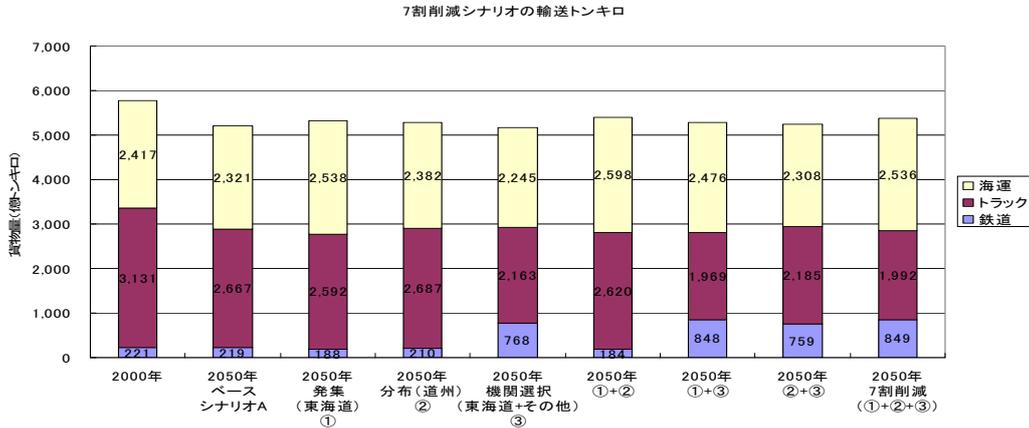


図-2 シナリオ別輸送トンキロ

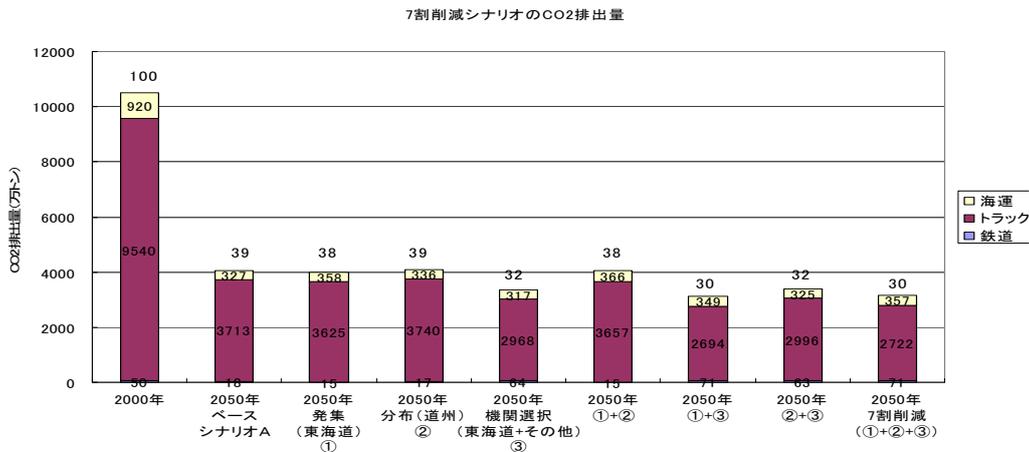


図-3 シナリオ別CO2排出量

表-1 ベースシナリオと追加シナリオ

モデル	シナリオ
ベースシナリオA	経済発展・技術指向社会（技術革新によるエネルギー効率の向上、物流高率化の推進、都市内の渋滞解消）
追加シナリオ①	環境負荷の小さい交通手段を使いやすい地域（東海道）に産業を移転（①）
追加シナリオ②	生産地と消費地の近接化（②）
追加シナリオ③	モーダルシフト施策（東海道に新規貨物鉄道の整備等）（③）

参考資料

1) 財団法人運輸政策研究機構（2000.3）：「長期輸送需要予測に関する調査」

（古明地哲夫：（株）三菱総合研究所）

歩いて暮らせる街づくり

2020年に向けて、ハイブリッド車の大量普及が現実的・効果的な排出削減策であることを示したが、それ以降2030年に向けては、ハイブリッド車からプラグインハイブリッド車を経て、徐々に電動化が進むと想定している。しかし、バッテリーのエネルギー密度が相対的に低いため、航続距離を伸ばすためには重量が重く価格が高くなるというデメリットは2030年になっても克服できないおそれがある。エネルギーとパワートレインの特徴を踏まえて、幅広い検討を行うのであれば、電動車両はむしろ従来の自動車の概念にとらわれないものから普及を始め、そのモビリティがまちの形を変えてしまう可能性さえあると考えられる。

一つは、小型化・軽量化を追求したパーソナルモビリティとしての電動車両の活用である。必要なエネルギー量を少なくし、近距離利用に特化することで、バッテリーのデメリットを減らすことができる。小

電動車両は、従来型の自動車の枠を超えたものから普及を始め、そのモビリティがまちの形を変えてしまう可能性がある。地域の密度等の特性に応じて、徒歩を基本としながらも、適材適所の電動車両を導入し、相互に連携させることで、利便性が高く、低炭素社会に対応した都市のイメージを示した。



図-1 地域と街のイメージ

型電気自動車としては、清水浩慶應義塾大学教授が国立環境研究所在任時に開発した二人乗りルシオールがある。さらなる展開としては、電動バイクやセグウェイ、トヨタ自動車 i-REAL のようなパーソナルモビリティがある。一方、高齢化社会におけるモビリティ確保を考慮すると、シニアカー、電動車椅子、電動カートが重要な地域内交通手段となりうる。

もう一つは、急速充電を追求した電動車両の活用である。急速充電設備を十分な密度で整備することで、バッテリー切れの危険性を回避しつつ、搭載バッテリー重量の低減が可能となる。インフラ整備の効率性の観点からは、都市部における店舗駐車場等での充電が考えられる。究極的には、路上での充電も考えられる。非接触式充電バスや、電池駆動トラムである川崎重工業 SWIMO がこれに相当する。

まちの形としては、図-1 にイメージ図を示し、表-1 に概要を示すように、徒歩を基本としながらも、地域の密度等の特性に応じた電動車両を導入し、相互に連携させることで、利便性が高く、低炭素社会に対応した都市を構築することが重要である。自宅側の駅では自己保有の車両をパークアンドライドして、目的地の駅ではカーシェアリングを使うなどの適材適所の使い分けを支援するため、携帯電話による乗換案内と予約、支払い機能の統合が進むことが想定され、交通のサービサイジングによる省資源・省エネルギーにつながると考えられる。

表-1 歩いて暮らせる街づくりに関する方策の概要

**中心市街地をつなぐ
公共交通機関**

利用頻度の高い施設は近隣に、大規模集客施設は中心市街地に立地しており、利便性の高い都市構造が形成されている。また、各地域の中心地は、公共交通機関の階層的ネットワークで結ばれているため、公共交通機関が利用しやすくなっている。

安心して歩ける地域

歩行者天国や自転車専用道路が各地に設けられ、車椅子やシニアカー（福祉用電動車両）などでも安全・安心に通行できる地域が面的に広がっている。

乗用車は電動軽量化

乗用車は主に土地利用密度が低い地区内の移動を受け持ち、公共交通機関とパークアンドライド、カーシェアリング等で連携している。また、車両はバッテリー電気自動車等の電動自動車が一般的となっている。これらの電動自動車は、エネルギー貯蔵装置の高性能化および高張力材料の開発による車体の軽量化のため、走行時のエネルギー効率は大幅に改善している。バッテリー電気自動車ユーザの多くは、家庭用の急速充電を行っているが、利便性を重視して充電済み電池パック取り替えサービスを頻繁に利用するユーザもいる。

「低炭素社会に向けた 12 の方策」(地球環境研究総合推進費戦略的研究「脱温暖化 2050 プロジェクト」2008.5) より一部修正

参考資料

- 1) 松橋啓介, 工藤祐揮 (2009) : 「低炭素都市の実現に向けたLRTの役割」, IATSS Review, 34(2)
- 2) 松橋啓介 (2009) : 「低炭素社会実現に向けた交通システム改善のポイント」, 調査季報, 164

(松橋啓介, 小林伸治 : 独立行政法人国立環境研究所)