

E-0904 低炭素車両の導入によるCO₂削減策に関する研究

(3) 次世代電動車両の性能評価と導入における問題と解決に関する研究

(独) 国立環境研究所

社会環境システム研究領域 交通・都市環境研究室 近藤美則・松橋啓介

〈研究協力者〉 (独) 国立環境研究所

社会環境システム研究領域 交通・都市環境研究室 加藤秀樹・米澤健一

平成21～22年度累計予算額 33,179千円 (うち、平成22年度予算額 14,550千円)

予算額は、間接経費を含む。

[要旨] 地域特性に適した次世代型交通システムについて、技術進歩を考慮しつつ、CO₂排出量、資源量等を実態評価することによって、中長期的削減策としての導入可能性を明らかにすることを目的とする。移動手段の選定と導入によるCO₂削減量等の評価のために、手段に関わるデータベース構築と定量・定性データ収集、地域ごとの自動車の利用状況とCO₂排出量の把握、CO₂削減量試算ツールの開発、欧州等における実態調査を行った。次世代電動車両評価データベースは、個人用から公共交通まで、人力からモータやエンジンを使った人工動力までの移動手段を対象として実態および文献調査等によりデータを収集し、基本データ、データ集約、速度帯別実走行燃費、燃料種データ、使用資源等のシート別に整理した。個人用電動車両は、つくば市内で実走行利用における性能評価を行い、データベースに反映した。自動車利用の地域特性については、人口密度別に1日の走行距離とCO₂排出量の地域差を明らかにし、上記データベースにおける低炭素車両の適用範囲を把握した。これらをもとに地域特性を考慮したCO₂削減量試算ツールを開発、相模原市のデータにより利用可能性を確認した。一方、欧州における電動乗合車両に関する実態調査では、ア) 架線のない区間でエンジン走行できるトロリーバスは、路線バスを代替する電動車両となりうること、イ) トラムは周辺環境によって運行速度が変化すること、ウ) トラムはパーク&ライドと組み合わせて、自動車利用を代替する役割を担っていることを把握した。低炭素移動手段の利用促進に関して、自転車の旅行速度に合わせて信号を制御している道路「GreenWave」に関する調査から、より確実な実現にはインフラ整備とともに、利用実態調査や利用者の意識調査に基づく整備計画や制度の策定、教育・普及啓発など、ソフト面の取り組みの同時推進が重要と思われた。一方、環境先進都市として知られる米国オレゴン州ポートランドでは短い信号周期により車の利用抑制に繋がる対応を取っており、都市・地域の目標毎に異なる対応が必要であることを確認した。

[キーワード] 電動車両、パーソナルモビリティ、LRT、地域特性、公共交通

1. はじめに

低炭素社会づくりに向け、都市、農村、交通等の多様な分野でのビジョンの構築と実現に資する知見が必要である。運輸部門の地球温暖化対策の1つとして、低炭素車両の導入による自動車からのCO₂排出量の削減が期待されている。低炭素型の社会の実現の一翼を担う低炭素型車両の開発

と普及を着実に進めていくためには、電動車両の特性を生かすとともに交通行動の転換を同時に促すことを想定すると、中長期的には、小型パーソナルモビリティ（1人乗り移動機械）や、架線から常時給電する鉄軌道のみならず停留所停止時に充電した二次電池で走行できる充電式のトロリーバスや軽量軌道交通(LRT)等を含めた広義の意味での電動車両の導入が有力な選択肢となる可能性が高いと考えられる。

次世代型交通システムを構成する電動車両の例として、低人口密度地域における自由自在な短距離移動目的に特化したパーソナルモビリティが想定される。軽量化を追求し、小型電池を用いた高効率走行を行うことで一定の航続距離を確保した電動車両の発展形態である。もう1つの例は、高密度地域を中心とする乗車効率の高い路線に特化したLRTである。専用路線を走行し、管理しやすい運転状況とすることで、減速エネルギー回生や充電を円滑に行うことのできる電動車両の発展形態である。

2. 研究目的

低炭素社会に向けた低炭素型の交通システムの実現に資することを旨として、低炭素型車両の導入によるCO₂削減策の観点から、中長期的削減策として、地域特性に適したパーソナルモビリティとLRT等による次世代型交通システムについて、技術進歩を考慮しつつ、CO₂排出量、資源量等の評価により実現可能性を明らかにする。具体的には、乗用車以外の交通手段を対象として使用時の実性能を明らかにするとともに、都市を人口密度を指標として区別した上で導入において問題となる条件（障壁）を抽出し、その解決策を提示する。さらに、乗用車も含め、地域特性に最適な交通手段を見極め、その性能を評価することを目的とする。

移動手段の選定とCO₂排出削減量等の評価に向けて、移動手段に関わる定量・定性データの収集およびデータベースの構築を行い、地域ごとの自動車の利用状況とCO₂排出量の把握、低炭素移動手段の導入・普及に先進的に取り組む欧州等における実態把握を目的とした。

3. 研究方法

(1) 次世代電動車両評価データベースの作成

開発済み及び今後開発が予想される次世代電動車両（モータショー等で展示されたものも含む）、及び次世代電動車両の比較対象となる従来型の車両（電動に限らず、エンジンや人力等）を対象とし、性能評価に必要なデータを収集する。燃料電池自動車及び航空機・船舶（長距離）については対象外とする。データ収集は文献調査を中心に行い、必要に応じてヒアリング調査等で補足する。なお、個人利用を目的とした超小型電気自動車、電動原付バイク、電動アシスト自転車等については、車両を手配し、電流センサ、全地球測位システム(GPS)装置、ロガー等を設置して、つくば市内において実走行調査等を行い、実利用における数値を収集し、データベースに反映させる。一方、従来型の車両は数が多いため、比較する電動車両を想定しつつ、主なものに限定してデータ収集を行う。

次世代電動車両評価データベースを設計し、車名別にCO₂排出量やエネルギー消費量等の定量データと燃料補給・充電方式等の定性データを記載する。必要に応じてデータベースの構成の変更、車両データの追加収集等を行う一方、非電動車両のデータについても適宜収集する。

(2) 自動車利用の地域特性の把握

自動車の利用状況のデータは、2005年道路交通センサス自動車起終点調査（以下、OD調査とする。）の個票から、個人使用の自家用乗用車・軽乗用車（営業用車両、法人使用車両を除く）の1日の走行距離を抽出する。CO₂排出量は走行距離に排出係数を乗じて求める。車種別排出係数は、交通関係エネルギー要覧¹⁾を用いて算出した車種別走行キロ燃費に、自動車輸送統計年報²⁾の車種別消費燃料構成比の重み付けをした燃料種別排出係数を乗じて求める。なお、燃料種別の走行台キロや車両重量などの車格構成、車種別排出係数は全国一律とする。

以上の方法で求めた自家用乗用車・軽乗用車からの1日の走行距離とCO₂排出量を市区町村単位で集計し、都市圏別と人口密度別に比較する。都市圏の分類は、2005年全国都市交通特性調査で定義されている3大都市圏と、それ以外の地域（大都市圏外）とする。人口密度の分類は、2005年国勢調査地域メッシュ統計の標準地域メッシュ（約1km四方）を市区町村単位に分類し、メッシュ人口をその面積で除した人口密度別とする。この人口密度は人口が存在するメッシュだけを利用していることから可住地人口密度に近い数値になる。複数の市区町村の行政界にまたがるメッシュは最も面積の大きい自治体に含める。

(3) 手段変更によるCO₂削減量試算ツールの作成

(1) で作成した次世代電動車両評価データベースをもとに、地域特性に適した交通手段の組み合わせの評価を可能とするため、CO₂削減量試算ツールを作成する。試算ツールの入力データとして輸送量データベースを作成、補助ツールとして交通手段性能推定ツールを整備する。輸送量データベースは、(2)で行う自動車利用の地域特性の把握結果を利用して作成する。削減量試算ツールは、地域特性別距離帯別に変更可能な移動手段を提示することで、実現性の高い削減量が確認できる形式とする。なお、現在は研究・開発段階にあつてその利用時の性能が不明な新たな移動交通手段に関しては、移動に伴う理論的なエネルギー消費量の計算と効率予測を行って性能を推定し、それを車両評価データベースに加える。これらにより、現状技術のみならず、将来技術に対しても概算削減量が試算できるものを作成する。

(4) 海外先進事例調査

自動車利用を減らすため、公共交通あるいは個人用移動手段について、利用しやすい環境を整える対策がある。まず、ア) 公共交通について、電動乗合車両の適用条件を見極めるため、すでに公共交通としてトラムやトロリーバス等が導入されているフランス諸都市において現地調査を行う。調査対象都市は、都市規模や公共交通の整備状況を考慮して決める。現地調査ではGPSデータロガーを携帯して1秒単位の位置、走行距離、速度の情報を取得し、乗合車両の車両タイプ別、走行区間・地域別の運行状況を収集するとともに、適用条件を整理する。さらに、イ) 個人用移動手段として自転車を取り上げ、利用促進策の導入実績のある欧州諸都市において、促進策導入の目的と実態に関して、現地実務者へのヒアリング等の現地調査を行う。ウ) 米国の都市における低炭素交通まちづくりの取り組みについて現地調査を行う。特に、環境に配慮したまちづくりを長期実施しているオレゴン州ポートランドにおいては、実務者へのヒアリングにより、現在のまちづくりを実現させた要因を把握し、他の都市・地域への適用可能性を検討する。

4. 結果・考察

(1) 次世代電動車両評価データベースの作成

1) 全体の構成

データベースは車両ごとの詳細なデータをまとめた「基本データ」シート、及び「基本データ」シートを車種で集約した「データ集約」シートを中心に、7つのシートから成る（図-1）。

「乗車人数」シート・「燃料種データ」シートは、「基本データ」シート内で行う計算で使用する共通データをまとめた。「速度帯別実走行燃費」シートは、各車種が実際の走行速度帯においてどの程度の燃費性能を発揮するかを表したものである。車に関する数値には、本研究課題のサブテーマ1「実使用燃費の見える化と電動車両導入効果の推計に関する研究」に関して行ったシャシーダイナモ試験による成果を取り込んだ。「使用資源」シートは、各車両が使用する資源について今後の利用可能性や供給リスク等について把握・検討するため、レアメタルを中心に各種情報をまとめた。「インフラ」シートは、各車両を走行させるために必要な交通インフラについて整備費用等をまとめた。

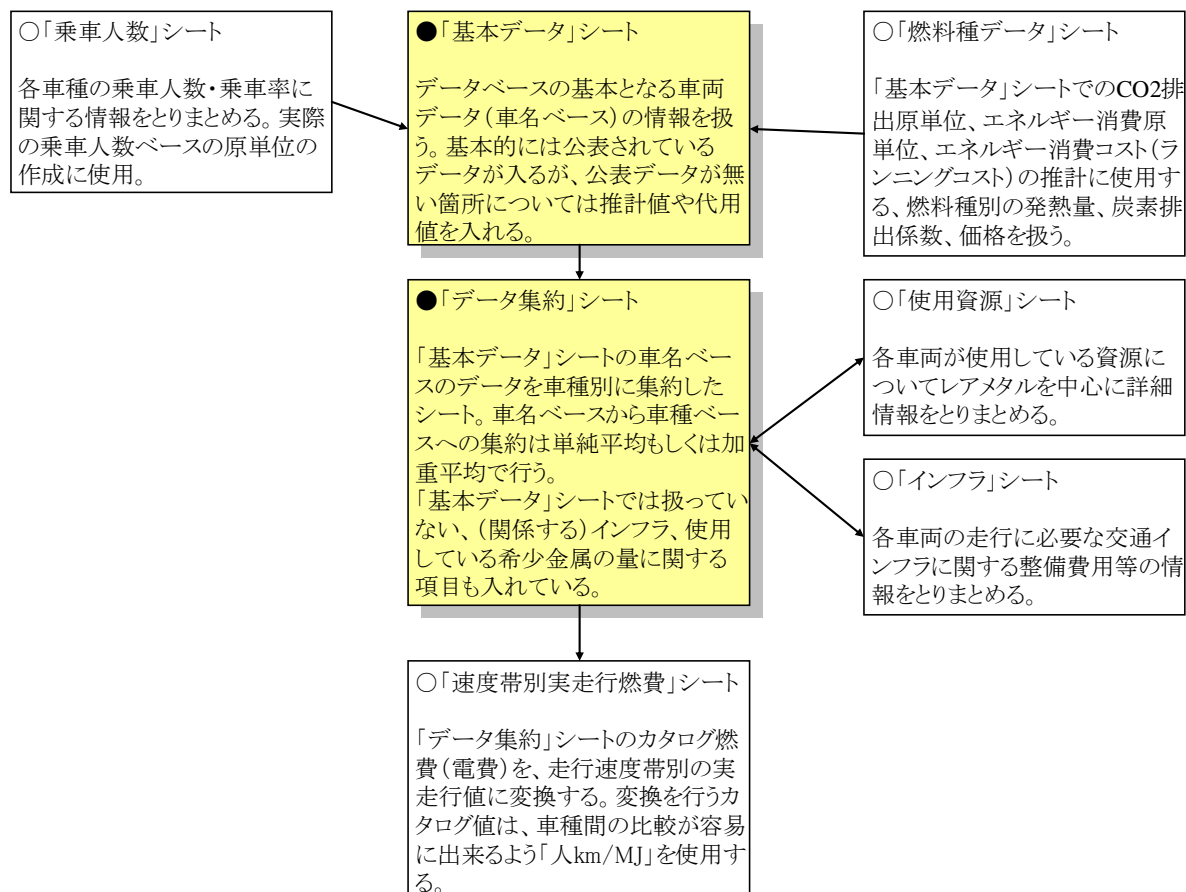


図-1 データベース全体の構成

- * 言葉の定義：車両→車名ベースの輸送機器（例：クラウン）、車種→車両をある区分でまとめ上げたもの（例：普通乗用車）

2) 「基本データ」シート

a 概要

「基本データ」シートでは、車両データについて車名ベースでデータ・情報を収集・入力した。基本的には公表されているデータ・情報を採用したが、公表データが無い項目については推計値や代用値を採用した（もしくは入力しない）。

b 「基本データ」シートの項目と内容

データ・情報の収集を行う各項目とその内容（及び推計等の方針）は参考資料として末尾に示す。なお、今後新たなデータが公表された場合やデータが修正された場合は、適宜情報の更新・入力が可能な形式とした。

3) 「データ集約」シート

a 概要

「データ集約」シートでは、「基本データ」シートの車両データを車種区分で統合し、車種データとして取扱った。両シートの関係イメージを図-2に示す。該当車両が1つしかない車種は車両データをそのまま車種データとして使用したが、複数の車両データが存在する車種については、全車両データの単純または加重平均値を採用した。また、使用している燃料種が異なる車両が存在する場合は、燃料種ごとに車種への統合を行った。なお、従来型のガソリン乗用車、ディーゼル乗用車については数多くの車両が存在し、燃費の分布も幅広いため、普通乗用車・小型乗用車（・軽乗用車）という車種区分は使用せず、2010年燃費基準で定める車両重量区分を車種区分とした。

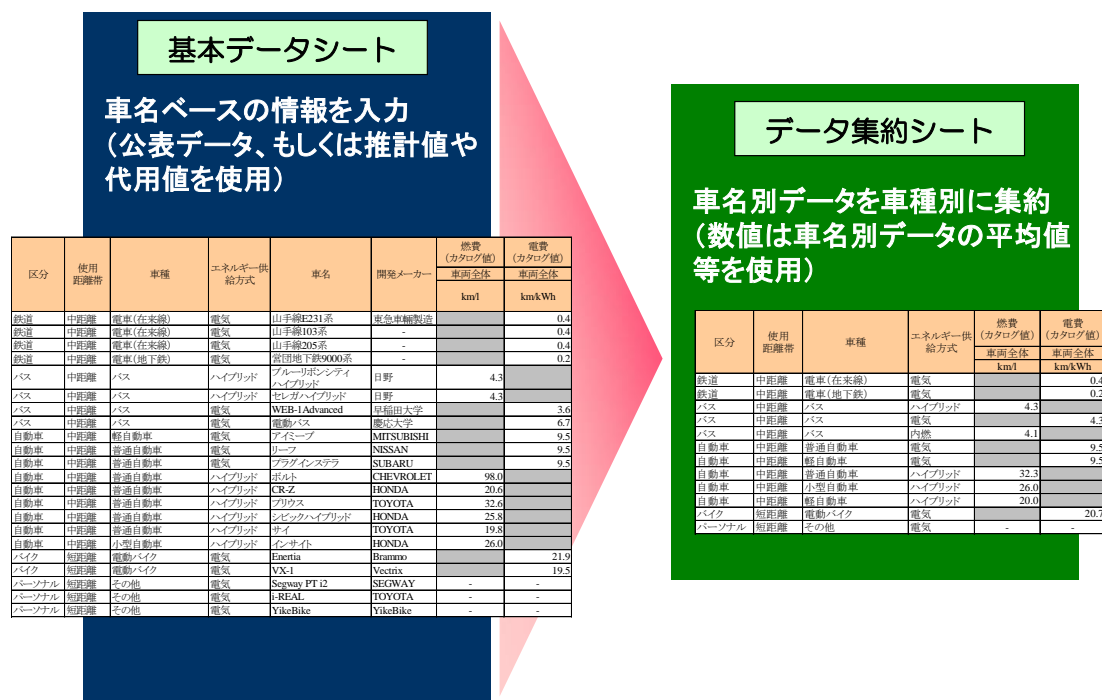


図-2 「基本データ」シートと「データ集約」シートの関係のイメージ

b 定性データの取扱い

定性データについては、「燃料補給・充電」、「エンジン」、「モーター」、「電池」は集約が難しいため取扱わないことにしたが、「使用している希少金属」、「開発・普及における障害、問題点」、「廃棄時の問題点」については単語・キーワードでの記述のため、できる限り集約を行った。

c 「データ集約」シートから追加される項目

「データ集約」シートでは新たに「関連するインフラ」、「希少金属使用量」の両項目を追加した。「関連するインフラ」は各車種が使用する交通インフラ（道路、線路等）について記入した。「希少金属使用量」については、各車両で平均的に使用されている「白金」、「パラジウム」、「リチウム」、「ニッケル」、「ネオジム」の量を記入した。データが入手出来ず空白となっているものもいくつかある。

4) 「速度帯別実走行燃費」シート

a 概要

「速度帯別実走行燃費」シートは、速度帯別の実走行燃費の分布・傾向を見るためのシートである。「データ集約」シートで集約した車種別に速度帯別の実走行係数を設定し、「データ集約」シートのカタログ値を速度帯別の実走行値に変換する。変換を行うカタログ値であるが、車種間（特に鉄道と自動車）の比較を容易に行うことが出来るよう、「人 km/MJ」を使用した。

b 実走行係数を設定する速度帯

実走行係数を設定する速度帯は、超長距離輸送車（リニアモーターカー、新幹線、高速バス）及び鉄道については、各車種の平均速度（表定速度）を対象範囲とした。バス・自動車・二輪車・パーソナルモビリティ等については、走行可能な速度帯を対象範囲とした。

c 速度帯別実走行係数の設定方法

速度帯別の実走行係数は車種ごとに特徴があるため、車種ごとに設定した。既存研究等で速度帯別の実走行係数等に関するデータがある車種は、その結果を利用した。例えば、自動車の現状の設定は、「自動車排出ガス原単位及び総量算定検討調査（環境省、数理計画）における CO₂ の速度帯別排出量の分布を使用した。

速度帯別の実走行係数の設定が難しい車種については、速度帯にかかわらず一定、もしくは近い車種の数値で代用した。

5) 「使用資源」シート

a 概要

「使用資源」シートでは、各車両が使用する資源の情報をレアメタルを中心に、各資源の採掘可能な埋蔵量、主な産出国、可採年数、世界・日本での消費量などについてまとめた。各資源の今後の供給リスクや、ハイブリッド自動車などレアメタルを多く使用する次世代車の大量製造の可能性について検討する際の参考情報として利用可能である。なお、各車種のレアメタル使用量については現在入手出来たデータが少なく、データ量が不十分である。

b 「使用資源」シートの項目

「使用資源」シートでデータ・情報の収集を行う項目は以下の通りである。

- ・ 採掘可能な埋蔵量（埋蔵量、主な埋蔵国）

- ・ 産出量（産出量、主な産出国）
- ・ 可採年数
- ・ 消費量（世界、日本）
- ・ 日本における需給状況（供給量、需要量）
- ・ 年間生産量に占める自動車用割合
- ・ 主な輸入先
- ・ 価格（最高値、現在値）
- ・ 車両 1 台当たりの使用量（電車、自動車、バス、バイク）

数値は、JOGMEC「鉱物資源マテリアル・フロー2008」³⁾、「Mineral Commodity Summaries 2010」⁴⁾、(社)日本レアメタル経済研究所「自動車に使用される金属とその資源消費割合」⁵⁾等から入手出来たデータを入力している。なお、自動車 1 台当たりのレアメタル使用量は、(社)日本レアメタル経済研究所「自動車に使用される金属とその資源消費割合」⁵⁾から入手したが、ハイブリッド車が大量に製造される以前の 2005 年の消費量データから作られており、次世代車の製造時に使用するレアメタル量の推計に使用するの難しいと考えられる。

6) 「インフラ」シート

a 概要

「インフラ」シートでは、各車両が使用する交通インフラの情報を、建設費用を中心にまとめた。建設 1km 当たりの建設費用を各交通インフラで比較することで、新規に輸送機関導入を検討する際に、他の輸送機関と比較したコスト面でのメリット・デメリットを把握することが出来る。

b 「インフラ」シートの項目

「インフラ」シートでデータ・情報の収集を行う項目は以下の通りである。

- ・ インフラの名称
- ・ 建設総費用（建設費、維持運営費）
- ・ 1km 当たり費用（建設費、管理費）
- ・ 全長 (km)

収集した交通インフラは、線路（リニアモーターカー、新幹線、在来線、地下鉄、モノレール、自動車内軌条式交通 (AGT)、LRT、ガイドウェイバス）、道路（高速道路、橋）、空港である。

7) 「燃料種」シート

「燃料種」シートでは、「基本データ」シートで計算に使用する各種燃料の発熱量、及び炭素排出係数についてまとめた。発熱量、炭素排出係数とも基本的には総合エネルギー統計から引用したが、電気の CO₂ 排出原単位は電気事業連合会の公表値（使用端）を引用した。なお、電気に関しては、合わせて燃料種別排出係数及び燃料種別発電量を、参考データとして掲載した。

8) 「乗車人数」シート

「乗車人数」シートでは、「基本データ」シートで乗車人数ベースのエネルギー消費原単位 (MJ/人/km) と CO₂ 排出原単位 (gCO₂/人/km) の計算に使用する各車種の平均乗車率（主に鉄道系）及び乗車人数（主に自動車・二輪車系）についてまとめた。各種資料から平均乗車率及び

乗車人数を引用したが、二輪車とパーソナルモビリティについては、基本的に1人しか乗らないことを想定し、乗車人数は1人とした。

(2) 個人用電動車両の性能データ収集

調査を行った電動車両は、超小型電気自動車についてはイタリア製Girasole（車重490kg、2人乗り、リチウムイオン電池搭載、軽乗用車サイズ）、電動原付バイクは国産のMEROS-G（鉛電池搭載、車重115kg、2段変速機付き）とした。調査場所は一般公道および研究所敷地内であり、走行時の瞬時電力消費を計測・記録し、一充電走行距離と充電電力量等から、実利用における電費を求めた。その結果、超小型電気自動車では、昼間走行した場合の電費として、電池出力基準では約82Wh/km、充電電力量基準では大手メーカー製の電気自動車と同程度の約100Wh/kmの数値が得られた。照明等の補機類の使用により、これらは2割前後変動した。

電動原付バイクについて、カタログ上は20Wh/kmであるが、充電電力量基準では約45Wh/kmとなった。電池出力基準では、約23Wh/kmの電費と計算されるため、この比率(23:45)の一因として実際の利用状況とカタログとの違いの他に、充電器の効率が低いことが原因と推測される。

電動アシスト自転車は、アシスト方式と電池との違いから複数台の車両を用意し、利用条件を同一に揃えて、一充電での走行距離、利用時の電力消費、変速機やアシスト力設定による違い等の調査を実施した。アシスト力“標準”設定では、3~4Wh/kmの電費を示し、カタログ上の数値より2割ほど悪い数値であった。アシスト力の設定変更により、電費は0.5倍（弱）から1.5倍（強）、変速ギアの位置により2~3倍の電費の変動が計測された。

乗用車による短距離移動を個人用電動車両に転換する場合の削減原単位について、これらの結果をもとに計算した。なお、調査した個人用電動車両全般に言えることだが、充電器の性能が低いという問題が検出された。

(3) 自動車利用の地域特性の把握

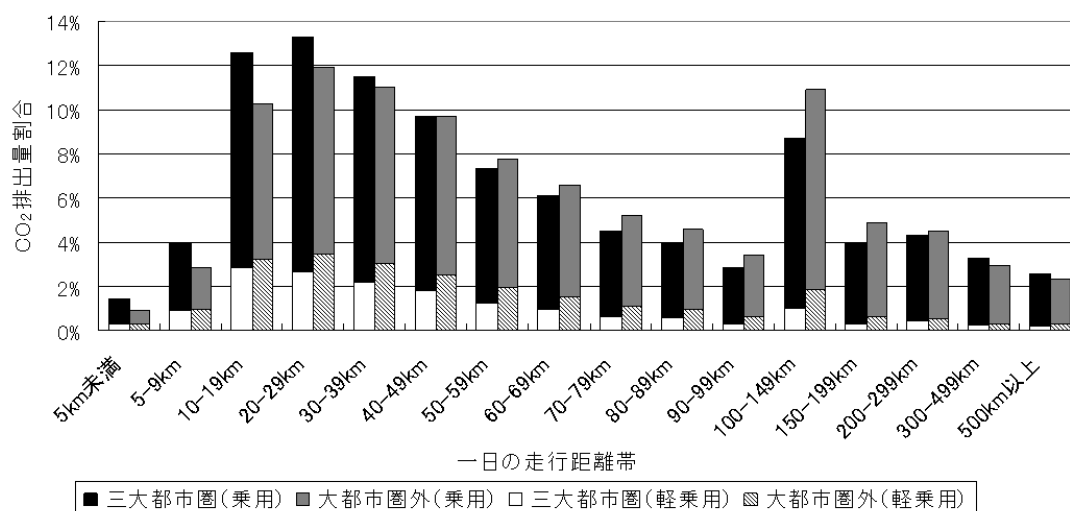


図-3 都市圏別の総CO₂排出量に占める各走行距離帯のCO₂排出量の割合

図-3に、1日の走行距離帯別に見た都市圏別のCO₂排出割合を示す。3大都市圏では比較的短距離の自動車利用、大都市圏外では比較的長距離の自動車利用からのCO₂排出量割合が高いことがわかる。大都市圏外では軽乗用車からの排出量割合が比較的高い。図-4からは、人口密度1,000人/km²未満では比較的短距離の自動車利用からのCO₂排出量が少ない傾向が見られる。また、人口密度10,000人/km²以上では100km以上の長距離の自動車利用からのCO₂排出量が多い傾向が見られる。

以上のことから、3大都市圏や人口密度1,000人/km²以上10,000人/km²未満のような1日の走行距離が比較的短い地域では、航続距離が短い電気自動車へ転換できる可能性が高いと考えられる。さらに、人口密度10,000人/km²以上のような公共交通が発達した地域では、長距離移動のすべての区間で自動車を利用するのではなく、一部でも公共交通を利用するような対応が期待される。一方、大都市圏外や人口密度1,000人/km²未満の1日の走行距離が比較的長い地域では、移動距離や目的に応じて、軽量小型の低炭素車両の活用や乗合公共交通との組み合わせ等を選択することが重要であると考えられる。

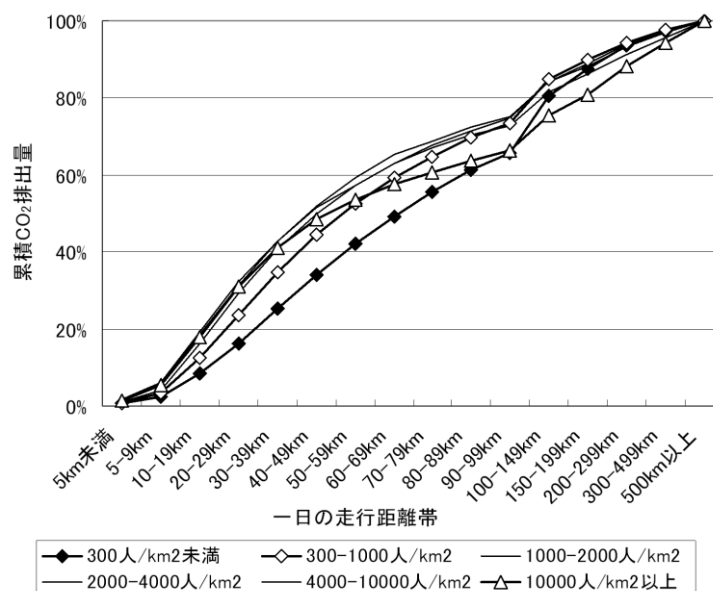


図-4 人口密度別走行距離帯別CO₂排出量（乗用車・平日）

（4）削減量試算ツールの作成

1) 概要

移動手段を自動車から他に転換することで、CO₂排出量や移動時間等がどの程度変化するかを計算するためのツールを作成した。ツールの利用可能性を確認するために、対象地域として相模原市を選び、人口密度で3地域に分割し、選択できる移動手段を電車、バス、乗用車（1500cc未満、2000cc未満、2000cc超）、軽乗用車、二輪車、自転車、徒歩、パーソナルモビリティ等に設定したケーススタディを行った。

2) 全体の構成

移動手段の選択・CO₂排出量の計算等を行う「車両選択ツール」シートを中心に6つのシートから成る（図-5）。「相模原距離帯別輸送量」シートは、外部の「輸送量データベース」から相模

原市の輸送量を3地域にまとめたものである。「平均移動速度」シートは、車種別・移動距離帯別に平均移動速度を設定した。「CO₂排出原単位」シートは車種別・平均移動速度別にCO₂排出原単位を「次世代電動車両評価データベース」より引用している。「車種選択」シートは移動距離別に選択できる車種を規定している。「アクセス等設定」シートは車種別に必要なアクセス・イグレス手段を設定している。

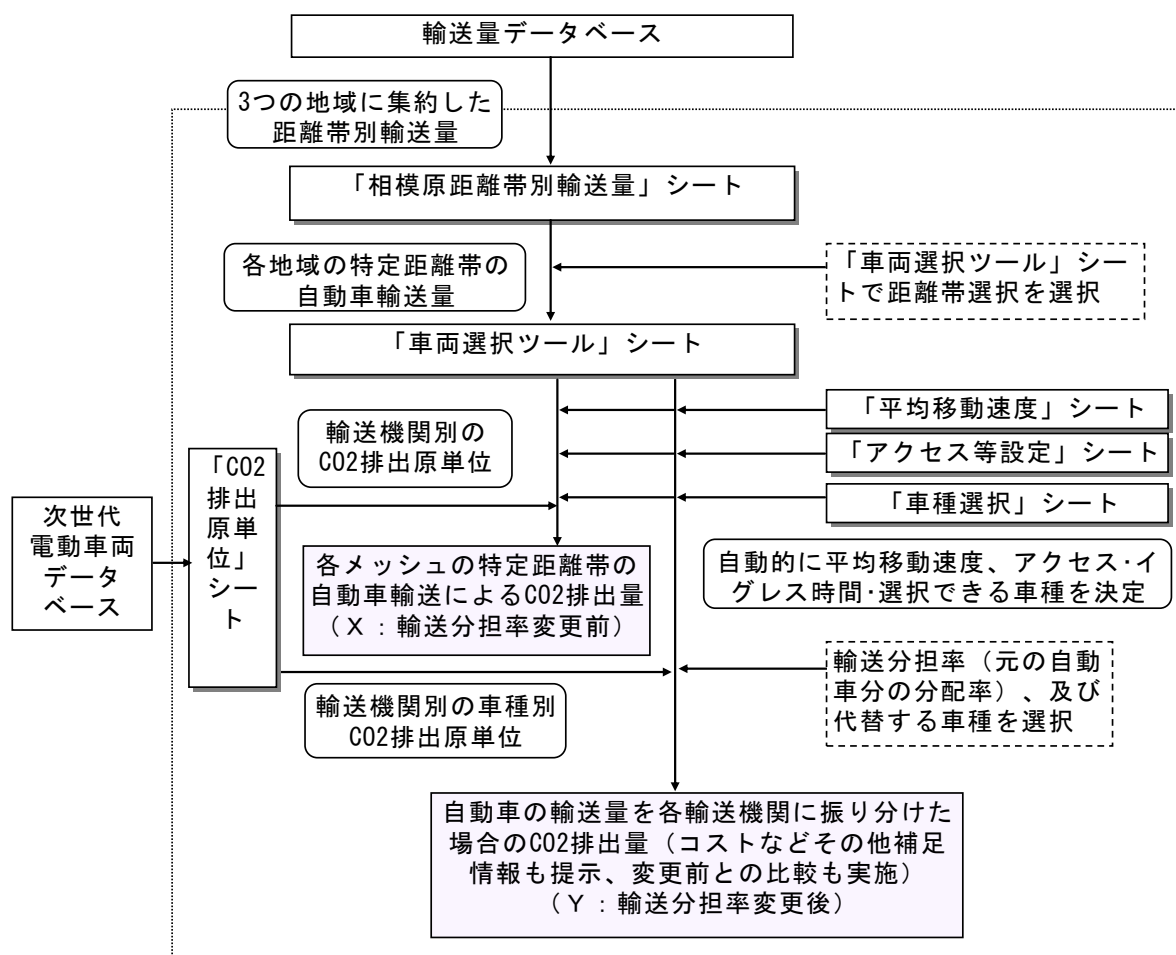


図-5 削減量試算ツールの構成

3) 「相模原距離帯別輸送量」シート

a 概要

「相模原距離帯別輸送量」シートでは相模原市の地域別に、1日当たりの自動車輸送量、及び通勤往復トリップの距離帯別輸送量をまとめた。データは「輸送量データベース」から引用している(詳細は後述)。地域は人口密度で3地域に分かれており、地域1は1,000人/km₂未満、地域2は1,000人/km₂以上10,000人/km₂未満、地域3は10,000人/km₂以上となっている。なお、今回はツールの構造が複雑になるのを避けるため、主要な移動目的である通勤に限っている。

b 距離帯の設定

使用している地域別の通勤往復トリップの距離帯別輸送量は表-1の通りである。地域1と地域3では10km以上20km未満、地域2では5km以上10km未満が最も多くなっている。20km以上30km未満の距離帯以上は急激に輸送量が減少する。地域別の「車両選択ツール」シートにおいて距離

帯を選択すると、表-1の輸送量が自動的に決定されることとなる。

表-1 地域別の通勤往復トリップの距離帯別輸送量

地域 番号	人口 人	1日の 輸送量 人km	通勤往復トリップの距離帯別輸送量									
			0≤D <1	1≤D <3	3≤D <5	5≤D <10	10≤D <20	20≤D <30	30≤D <40	40≤D <50	50≤D <100	100≤D
			km	km	km	km	km	km	km	km	km	km
			0.5	2	4	7.5	15	25	35	45	75	100
1	30,556	337,236	4,658	16,714	17,753	31,610	33,306	12,877	4,804	2,022	1,572	134
2	311,819	2,203,092	20,904	92,432	109,260	203,904	189,415	62,304	19,756	7,826	7,216	578
3	337,993	1,257,675	6,839	32,896	38,573	83,673	89,955	29,664	10,330	5,910	3,905	685

4) 「車両選択ツール」シート

a 概要

相模原市を人口密度で分割した3つの地域ごとに、通勤時の移動手段が自動車から別のものに転換された場合、CO₂排出量がどの程度変化するか等の計算等を行う。

b 輸送量等の設定

移動する距離帯別に輸送量や移動形態の特徴が異なることから、距離帯別にCO₂排出量は計算されることとなる。距離帯を選択すると、「相模原距離帯別輸送量」シートから選択した距離帯の輸送量(表-1)が自動的に設定される。なお、輸送量に関する棒グラフ及び円グラフは、距離帯選択時に選択した距離帯が明示する設定とした(図-6参照)。

c 排出量の計算の設定

自動車による移動が他の移動手段に転換された場合のCO₂排出量を計算する。「X：輸送分担率変更前」部分は現状の自動車移動からのCO₂排出量を計算している。移動に使用されるのは乗用車1500cc未満、乗用車2000cc未満、乗用車2000cc超、軽乗用車で、それぞれ代表的なクラスのガソリンエンジン車のCO₂排出原単位を設定した。本研究で整理した原単位の一部について、個人用移動手段(km単位)を図-7、公共交通機関も含む人km単位の原単位を図-8に例示する。

距離帯により平均移動速度が変わるが、それは「平均移動速度」シートで設定することとした。また、平均移動速度によりCO₂排出原単位も変わってくるため、「CO₂排出原単位」シートでそれを設定する構造とした。輸送分担率は最初に設定した。

「Y：輸送分担率変更後」では、自動車から他の移動手段へ転換された場合のCO₂排出量を計算する。移動手段の選択肢として電車、バス、乗用車1500cc未満、乗用車2000cc未満、乗用車2000cc超、軽乗用車、二輪車、自転車、徒歩、パーソナルモビリティがあり、それぞれについて複数の車種を選択可能にした。なお、距離帯によっては選択出来ない車種が存在する。電車、バスについては、「車種選択」シートで、人km当たりで比較した場合に最もCO₂排出量が小さい電気自動車を基準として、それよりCO₂排出量が多くなる車種は選択肢に選ばれないように設定した。また、たとえば徒歩による長距離の移動など非現実的な選択肢は自動的に除かれる(「平均移動速度」シートで設定)ものとした。平均移動速度、CO₂排出原単位の設定は「X：輸送分担率変更前」と同様に自動的に設定される。輸送分担率については使用者が全ての車種合計で100%になるように入力することになるが、「規定値に戻す」ボタンを押すことでデフォルト値に直すことが出来る。デフォルト値は「車種選択」シートで設定されている。

「X：輸送分担率変更前」と「Y：輸送分担率変更後」のCO₂排出量は表及びグラフで表示した。グラフは、「CO₂排出量グラフの更新」ボタンを押すことで表示が最新のものに更新される。

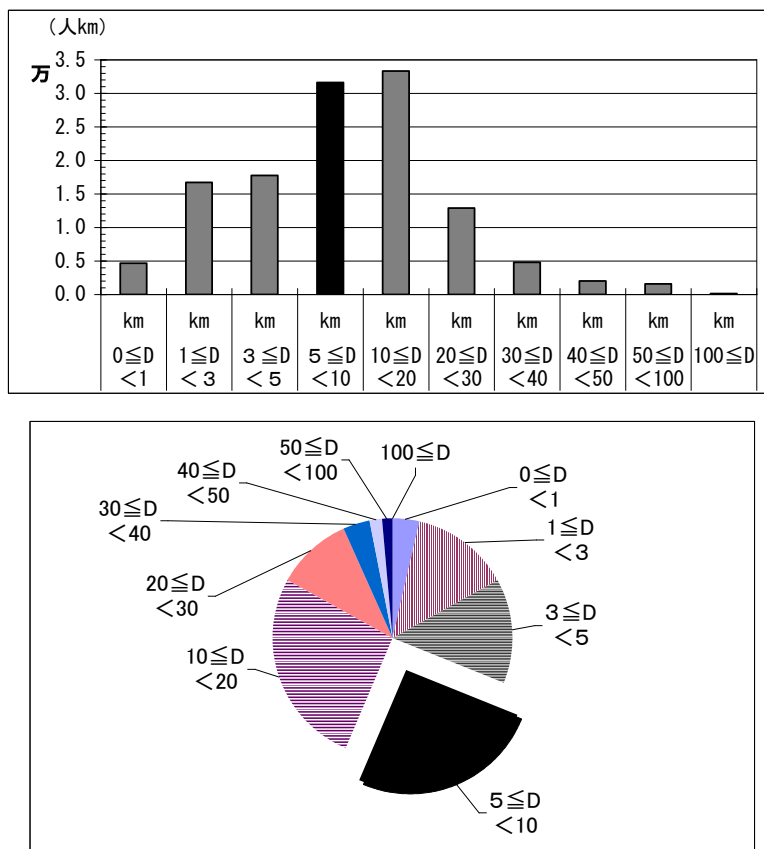


図-6 距離帯別輸送量のグラフの例

(選択された距離帯は上のグラフでは赤部分(左から4つ目)、下のグラフでは分離部分)

d 移動時間の計算の設定

「X：輸送分担率変更前」と「Y：輸送分担率変更後」の各車種の合計移動時間、及び乗り換え等によるCO₂排出量を計算する部分となる。「X：輸送分担率変更前」については自動車しか使用されないため、移動時間は平均移動距離を平均移動速度で割って算出したものが表示される。乗り換え等で他の移動手段を使用することがないため、自動車以外ではCO₂は排出されない。

「Y：輸送分担率変更後」については、電車及びバスにおいてアクセス・乗り換え・イグレスの移動手段が存在することとなるため、それぞれのプロセスで使用する移動手段を選択することで、合計の移動時間及びアクセス・乗り換え・イグレスの移動手段からのCO₂排出量が計算されることとなる。アクセス・イグレスでは徒歩、自転車、パーソナルモビリティを、乗り換えでは電車はバスを、バスは電車を、それぞれ選択できるようになっている。電車・バス以外の移動手段では基本的に単一の移動手段しか使用しないことと定義する。アクセス・乗り換え・イグレスの移動手段の移動速度、及びCO₂排出原単位は「アクセス等設定」シートで設定されている。

e インフラ・資源制約等の設定

「X：輸送分担率変更前」と「Y：輸送分担率変更後」それぞれについて、関係するインフラ

の整備コスト、資源制約、環境負荷等の付随する情報を「次世代電動車両データベース」より引用して表示する。

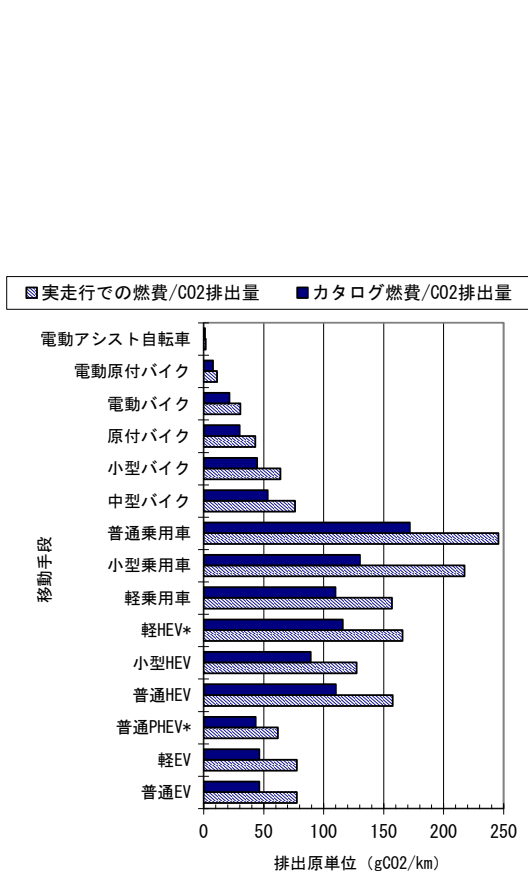


図-7 個人用移動手段の原単位
(*は少サンプル数のため参考値)

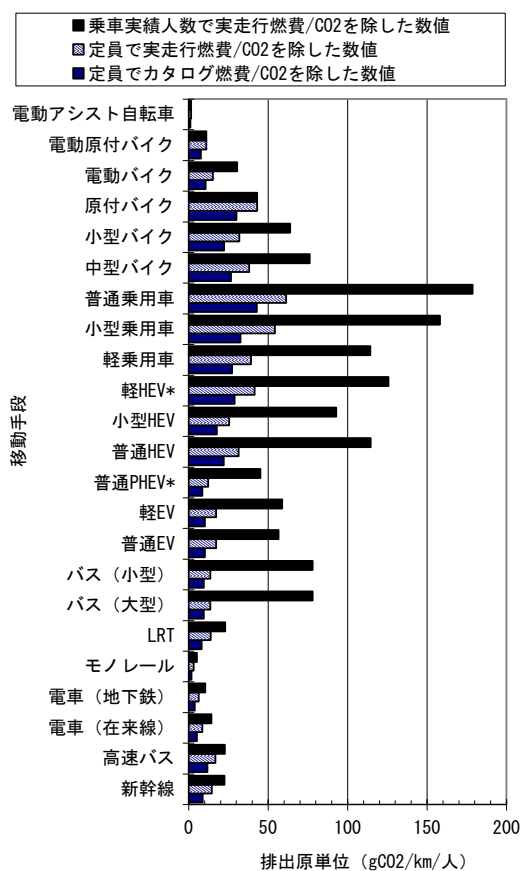


図-8 移動手段の原単位
(*は少サンプル数のため参考値)

5) 「平均移動速度」シート

地域別・距離帯別に各車種の平均移動速度を、平均速度に関する各種統計や事業者の報告書、法定速度などを勘案して設定した。移動する可能性がない距離帯については設定をしていない。このシートにおける設定に従い、「車両選択ツール」シートにおいて距離帯及び移動手段を選択した時に、選択した移動手段の平均移動速度が自動的に決定される。なお、CO₂排出原単位は平均移動速度に依存することとなる。

6) 「アクセス等設定」シート

a 概要

メインの移動手段を利用するまでに必要な移動手段 (アクセス)、及びメインの移動手段から目的地までに必要な移動手段 (イグレス)、複数の移動手段を使用する場合の移動手段 (サブ移動手段) を設定している。「車両選択ツール」シートにおいて、アクセス、イグレス、サブでの移動における移動時間及びCO₂排出量を算出するため、使用される可能性がある移動手段につい

て、移動速度及びCO₂排出原単位を設定している。

b 移動手段の設定

アクセス、イグレス、サブの移動手段別の移動速度及びCO₂排出原単位の設定は表-2の通り。なお、アクセス、イグレス、サブの移動手段が必要となるのは電車・バスのみとなる。サブ移動手段は、電車の場合はバスのみ、バスの場合は電車のみとなる。

7) 「車種選択」シート

地域別・距離帯別に、選択できる移動手段を設定している。各距離帯について、人 km 当たりで比較した場合、最もCO₂排出量の小さい電気自動車よりもCO₂排出量が多くなる電車、バスの各車種については、「車両選択ツール」シートでの手段の選択において選択不可とした。なお、「車両選択ツール」の輸送分担率変更後の輸送分担率について、デフォルトとして設定しておく初期値もここで設定する。

8) 「CO₂排出原単位」シート

「車両選択ツール」シートでCO₂排出量の計算に使用する車種別・速度帯別CO₂排出原単位を設定している。数値については、次世代電動車両データベースの「速度帯別実走行燃費」シートの数値を使用する。

表-2 移動手段の設定

●アクセス・イグレス手段

移動手段	移動速度 (km/h)	CO ₂ 排出原 単位 (gCO ₂ /人 km)
自転車	10	0
徒歩	4	0
パーソナルモビリティ	4	0

●サブ移動手段

移動手段	移動速度 (km/h)	CO ₂ 排出原 単位 (gCO ₂ /人 km)
電車	30	20
バス	20	106

9) 輸送量データベース

a 概要

車両選択ツールで使用する相模原市の自動車輸送量を整理している。

b 「相模原_メッシュデータ」シート

相模原市を1km四方のメッシュに分割し、そのメッシュごとに、人口(人)と1人当たりの1日の走行台キロ(km/人)を乗じ、1日の走行台キロ(km)を算出している。1人当たりの1日の

走行台キロは人口密度から換算する数式を使用している。

c 「相模原_集約」シート

1km 四方メッシュの1日の走行台キロを、人口密度で3つの地域に集約する。地域1は1,000人/km²未満、地域2は1,000人/km²以上10,000人/km²未満、地域3は10,000人/km²以上とする。その1日の走行台キロの3地域の合計が、パーソントリップ調査から算出した1日の走行台キロと合致するように補正を行い各地域の1日の走行台キロを決定する。1日の走行台キロに自動車1台当たり輸送人数(人 km/km)を乗じて1日の輸送量とする。さらに、1日の輸送量に通勤往復トリップの距離帯別輸送量分布割合を乗じて、通勤往復トリップの距離帯別輸送量を算出する。これを車両選択ツールで使用する。

10) 交通手段性能推定ツール

「交通手段性能推定ツール」は、現在は研究・開発段階にあってその利用時の性能が不明な新たな移動交通手段と既存の手段に関して、移動に伴う理論的なエネルギー消費量の計算と効率予測を行って性能を推定・比較するためのツールである。以下の式から人・距離当たりの仕事量を算出し、地域や移動距離に適した交通手段を効率の面から評価するために使用する。

$$\text{人・距離あたり仕事量 (Wh/人/km)} = \frac{\int R \cdot V dt}{\int V dt \cdot N_p \cdot 3600}$$

ここで、V: 走行速度 (km/h)、R: 走行抵抗 (N)、N_p: 乗車人数 (人)

$$\text{また、} R = \mu_r \cdot M \cdot g + \alpha \cdot (1 + \varphi) \cdot M + \sin \theta \cdot M \cdot g + \frac{1}{2} \cdot \rho_a \cdot C_d \cdot A \cdot V_a^2$$

μ_r : 転がり抵抗係数、M: 車両重量 (kg)、 α : 加速度 (m/s)、 φ : 回転部分重量割合、

θ : 勾配、 ρ_a : 空気密度 (kg/m³)、C_d: 空気抵抗(抗力)係数、A: 投影断面積 (m²)、

V_a: 対空気速度 (m/s)、g: 重力加速度 (m/s²)

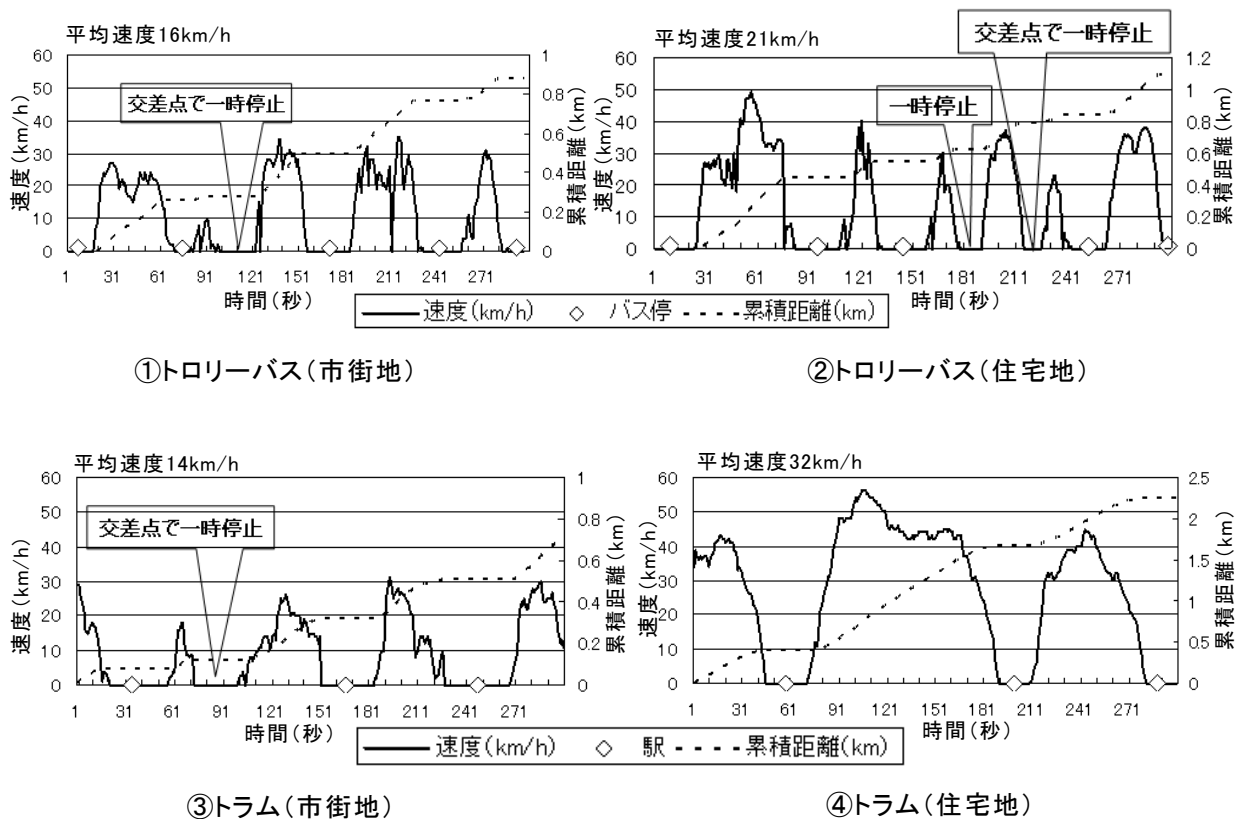
(5) 海外先進事例調査

1) 公共交通

フランス諸都市において現地調査を行った。調査対象都市は、都市規模や公共交通の整備状況を考慮して、パリ、ルマン、ボルドー、トゥールーズ、モンペリエ、マルセイユ、リヨン、クレルモンフェランの8都市を選定した。GPSデータロガーを携帯して収集した1秒単位の位置、走行距離、速度の情報について、図-9にリヨンにおける結果を示す。

図-9 ①トロリーバス(市街地)はバス専用レーンを走行していたが、バス停間隔が短く、交差点等でも頻繁に発・停車、加減速を繰り返していた。②トロリーバス(住宅地)は市街地よりもバス停間隔が長いいため平均速度は高くなっていた。③トラム(市街地)でも駅間隔が短く、平均速度はトロリーバスよりも低くなっていた。交差点を停車せずに通過できる優先信号システムを有するものの、この区間では信号停止があり、乗降客数が多いため駅停止時間がやや長く、市街地で最高速度が抑制されていることから平均速度が低くなっていた。④トラム(住宅地)は、交

差が小さい区間を含むため加減速の頻度が少なく、駅以外は停車せずに、比較的高い平均速度で走行していた。



①トロリーバス(市街地)

②トロリーバス(住宅地)

③トラム(市街地)

④トラム(住宅地)



図-9 リヨンにおけるトロリーバスとトラムの5分間の走行速度と累積走行距離

注：上の地図にはトロリーバスとトラムの走行経路、バス停・駅(◇印)を示した。

各路線を利用した状況から以下が分かった。トロリーバスは、架線の無い区間はエンジンで走行できることから、路線バスを代替する電動乗合車両として、主要道路や専用路線を走行するトラムを補完する役割を担っていた。ただし、トラムほど専用レーンやバス停が整備されていないため、定時性や切符の購入等の利便性には課題がある。一方、市街地を走行するトラムは、交差点等で自動車や歩行者の通過を待つための減速や停車が多かったことから、市街地での自動車の抑制や歩行者空間の適切な設計等がスムーズな運行のために重要であると考えられた。住宅地を走行するトラムは、中心市街地と郊外の住宅地、工業団地、大学、ショッピングセンター等をつ

なぎ、パーク&ライドと組み合わせて、自動車利用を代替する役割を担っていた。ただし、利用者が集中する駅や時間帯は非常に混雑しており、輸送力や設備の増強が課題になると考えられた。

2) 自転車の利用促進策

コペンハーゲン市役所で自転車の利用推進を担当しているZofia Anna Jagielska氏に、コペンハーゲンでの実態や取り組みについてヒアリングを行った。

2008年の調査結果によると、コペンハーゲン市の通勤、通学における移動手段の内訳は、自転車37%、乗用車が31%、公共交通（バス・電車）が28%、徒歩が4%であり、自転車の割合が最も高い。自転車の利用が普及した要因として、まちが小さく、平坦で、人口密度が高いといったコペンハーゲン市の特徴があげられる。コペンハーゲン市の人口は、約50万人、面積は約88km²であり、市全体の平均人口密度は約5,700人/km²である。日本の国勢調査で設定される人口集中地区（人口密度が4,000人/km²以上の基本単位区が互いに隣接して人口が5,000人以上となる地区）の人口密度を超えている。

コペンハーゲン市では“世界で最も自転車を利用しやすいまち”を目指しており、2015年までに、「移動手段に占める自転車の割合を50%に増加する。自転車利用中の重大事故を50%削減する。自転車を利用する人の80%以上が自転車利用は安全と感じる」という目標を立てている。これらの目標を達成するために、インフラ整備だけではなく、現状把握、教育・普及啓発といった自転車利用促進に関する様々な取り組みが行われている。

インフラ整備の特徴的な政策として、“GreenWave”があげられる。GreenWaveとは、自転車の旅行速度（時速20km）に合わせて信号を制御している道路（区間）を指しており、交差点を青信号で通過した自転車が次の交差点に到達するタイミングに合わせて、次の信号が青になるように制御している区間である。そのため、タイミングを合わせることのできる進行方向は、どちらか一方となるが、時間帯によって流れやすい進行方向を変えている。Nørrebrogade通りに設定されたGreenWave（図-10）を例にすると、6:30-12:00は、通勤・通学などで郊外からまちの中心部へ向かう方向をGreenWaveとし、12:00-18:00は、帰宅などでまちの中心部から郊外へ向かう方向をGreenWaveとしている。この区間は、3kmで15ヶ所の信号交差点が存在するが、9分間で通過できる。

GreenWaveによって、コペンハーゲン市内の自動車の旅行速度は、33km/h（1995年）から27km/h（2005年）に低下しているが、自転車旅行速度は、2004年、2006年、2008年で、それぞれ、15.3km/h、16.0km/h、16.2km/hと徐々に増加し、自転車利用者の利便性向上に貢献している。

また、自転車利用に関する現状調査や自転車利用者の意識調査などが行われ、普及啓発活動や政策目標に反映されている。調査結果は2年毎に“Bicycle Account”として、小冊子にまとめられ市民への普及啓発活動に利用されている（図-11は最新の2008年版⁶⁾の表紙である。この表紙の写真には、自転車利用は格好いい（cool）という意識を広める啓発の狙いがある）。2008年には、121人の自転車利用者が重大事故に遭遇または死亡した。この数字は、1995年に231人であったのに比べてほぼ半減しており、自転車利用によるリスクは減少傾向にある。しかし、実際のリスクよりも利用者が安全と実感できることが重要であるとの観点から、利用者の安全に関する意識調査が実施されている。その結果の中で、安全が低下していると感じる原因として、58%が自動車、43%が他の自転車、17%がバスの存在をあげている。また、安全な自転車利用に向けた改善として、37%が自転車レーンの設置、36%が自転車レーン幅の拡張、14%が交差点の改善をあげている。



車道 ← | 自転車
レーン | → 歩道

図-10 GreenWaveの表示



図-11 調査結果の公表冊子(2008年版)⁶⁾

日本でも、名古屋市などでは自転車専用レーンが設置されており、今後、自転車利用推進策として普及すると考えられる。しかし、自転車利用の促進施策をより確実なものとするためには、インフラ整備だけではなく、利用実態調査や利用者の意識調査に基づく整備計画や制度の策定、教育・普及啓発など、ソフト面の取り組みを同時に推進してゆくことが重要であると考えられる。

3) 米国の都市における低炭素交通まちづくりの取り組み

a ポートランド

ア) 背景と特徴

ポートランドの取り組みは、低炭素の面ではなく、市中心部の就業時間外のゴーストタウン化、町並みの破壊、居住地区の分断等への対応から発した。現状は結果的に低炭素も含むものとなったが、コンセプト自体は、Eliminate parking lot, (Make) open space, (Use by) transitであり、車社会からの脱却、24時間Activeな空間の実現を目指していた。そのため、Zoningの変更や、地区の将来イメージを民間に伝えて、投資を呼びかけ、Public Sector (公共) とPrivate Sector (民間) の両者の基金、協力により実現した。公共交通の基軸は、南北のStreetcarループと東西のMAX (LRT) とし、Downtown内は無料、外はZone性の料金システムとして、対策地区を明確化した。停留所近くの駐車場には時間貸しのレンタカーであるZipCar、自転車はStreetcarやMAXに乗り込み可能 (1両に2台まで) 等の対策により、移動の連続性を確保していることが特徴である。

イ) 自転車利用

ポートランドでは雨でも自転車を利用する人が多い。その理由は、A) シャワーが会社にある、B) ぬれていてもお互いに気にしない等であり、会社や個人の基本的な意識の問題と捉えられる。さらに、自転車利用者を増やすための多様な取り組み、例えば、夜のライト点灯の義務づけ、晴れ雨兼用のウェアを自転車屋に提供等も実施しているが、特別ではなく基本的な事柄と思われる。

自転車利用を進めるための大きな特徴は、道路に関わるプロジェクトの予算1%を自転車関係に使えるように、制度を改定したことであろう。

なお、自転車利用促進に関して、2)にて示したコペンハーゲンで導入されているGreenWaveは、自転車が時速20kmで走行する場合に信号周期を同期させて、停止しないで長距離移動を実現する自転車優先対策であり、自動車の利用抑制には繋がりにくい。一方、ポートランドのダウンタウン周辺では逆に信号周期を短く設定して、停止頻度は多いが停止時間を減らす対応を採用している。停車しないで移動できる距離は自転車にとって短くなるが、車においても同様に機能するこの対応では、車の発進停止の頻度を増やすとともに移動速度を下げることになり、車の利用抑制に繋がる。いずれの方法がよいかは、地域・地区の将来イメージに大きく依存する。

ウ) 取り組みへの市民参加の状況

ポートランドには95のネーバーフッド（近隣組織、日本で言う自治会のようなもの）があり、7つの連合組織（アソシエーション）を形成している。これらは市に認められた公式の組織である。組織には、ポートランド市が資金を提供して、専門スタッフを配置している。ネーバーフッドは、地域内の住民、財産所有者、事業者のすべてが参加できる。複数のネーバーフッドの集合体である連合組織は、地域の意見をまとめ、市政府と交渉を行う。ポートランドには市議会が存在しない。ネーバーフッドの集合体である連合組織を通して、市民が行政に参加、例えば、予算検討等に参加する。ポートランドでの取り組みが成功したのは、元々市民が持っていた自分たちのことは自分たちでやる、連邦政府に任せない、言いなりにならない、と言う気風が市民の根底にあり、市民参加が積極的かつネーバーフッドという自由に意見を言う場があったためである。

エ) 他都市への展開の可能性

「アメリカ連邦政府全体でのCO₂排出量は、1990年から2008年まで、増加傾向または、横ばいの傾向が見られるものの、ポートランド市を含むMULTノマカウンティでは、2000年以降、公共交通の利用増加や燃費の良い車両の増加などのため、CO₂排出量が減少に転じた。この排出量減少は、20年から30年前からの計画と取り組みの結果がやっと実を結びはじめた。また、日常の行動でそれらを普通に使っているという点で、Streetcar, MAX, Tramの認知に30年かかった。人にとっての30年は長いが、都市作りで30年は長くない。」という感想をポートランドの実務担当者は述べていた。

ポートランドの取り組みを他の自治体等へ適用するためには、住民等が自由に意見を言う場を作り、そこに参加してもらうことが必要かつ重要である。場への参加に積極的でない住民等がどのようにすれば参加して意見を言うようになるかについては、ポートランドの実務者から明確な回答は得られなかった。都市や地域・地区の将来に関わる明確なビジョンとその実現に向けた積極的な住民参加、継続的な取り組みが必要である。

b タコマ

市北部（シアトル方面）からの車両流入を減らすために、無料の立体駐車場をターミナル（Tacoma Dome Station）に整備し、ターミナルから市中心部に向けて途中に4駅ある無料の路面電車を走らせている。さらに、路面電車ターミナルとシアトルを結ぶ都市間鉄道（Sounder）を近接して整備し、都市間鉄道利用者の市内への足を確保している。市内にある路面電車の駅とバス停等とは、近接した整備はされておらず、乗り換えには若干の時間と距離が必要である。路面電車は、頻度的には10分ごとの運行であり、乗り遅れても長く待つほどではない。現地調査時の午後数時間、

路面電車の利用者数をカウントしたところ、2両連結で平均して定員の半分以下の20数名であった。また、路面電車の車内において、どこから来たか等の調査を実施しており、利用者の意見聴取により今後の対応を考えるものと思われる。

なお、長距離鉄道駅と路面電車のターミナルは、間に片道3車線の幹線道路を挟み、300mほど離れているため、長距離鉄道にて市にやってくる人に対する配慮はないように感じられた。

5. 本研究により得られた成果

(1) 科学的意義

- 1) 次世代電動車両評価データベースの基本設計と移動手段に関する各種データの収集を行った。個人から公共交通、人力からエンジンや電気モータを含む駆動方式について幅広く網羅したデータベースであり、地域特性に応じて適切な低炭素交通手段の組み合わせを選択するために有益なデータベースとなる。
- 2) 自動車利用の地域特性の分析から、人口密度1,000人/km²未満と10,000人/km²以上の地域では比較的長距離の自動車利用からのCO₂排出量が多いことを明らかにした。この結果は上記データベースにおいて、低炭素車両の適用範囲を明らかにすることに活用できる。
- 3) GPSを用いた現地調査を行い、トロリーバスおよび専用軌道/併用軌道LRTの速度データを取得した。サブテーマ1の手法を援用して、実際の走行パターンに基づく性能値を推計することで、上記データベースに軌道系電動車両の性能値を組み込むことが可能となる。
- 4) 性能データが不十分な移動交通手段の性能推定ツールを含むとともに、次世代電動車両評価データベースをもとにしたCO₂削減量試算ツールを作成した。地域特性に適した交通手段の組み合わせについて、手段変更前後のCO₂、時間等の変化量を視覚的に把握でき、望ましい手段について利用者と対話しつつ検討が可能である。
- 5) 自転車利用に関して先進的な取り組みを行っている欧州の政策担当者にヒアリングを行い、確実な利用促進に必要な取り組み等に関する情報を得た。適切な交通手段の導入と確実な推進に向けた政策について、評価研究手法の提案に活用できる。
- 6) 低炭素交通まちづくりに先駆的に取り組んだ米国オレゴン州ポートランドの担当者群にヒアリングを行い、20年~30年先を見越したビジョンの共有と投資、住民の積極的参加がキーとの情報を得た。成功するまちづくりに必要な要素、例えば地域の将来に対する意見を検討し合う場の確保、地域の主体の積極的参加を進める方策等の提案に利用できる。

(2) 環境政策への貢献

- 1) 国土交通省の第2回交通基本法検討会におけるヒアリングにおいて、本研究成果である環境からみた交通まちづくりの方向性を提示し、交通基本法の検討に貢献した。
- 2) 環境省の地球温暖化対策地方公共団体実行計画（区域施策編）策定研修会において、本研究成果である市区町村別の自動車CO₂排出量マップおよびデータベースを提供し、区域施策策定における活用方法について指導を行った。
- 3) 環境省の中期目標検討会地域づくりWGにおいて、本研究成果である環境からみた交通まちづくりの方向性を提示し、ロードマップ策定に貢献した。

6. 引用文献

- 1) 国土交通省 総合政策局 情報管理部 (2007) 平成17年度版 交通関係エネルギー要覧、国立印刷局
- 2) 国土交通省 総合政策局 情報管理部 (2006) 自動車輸送統計年報平成17年度分、第43巻、第13号
- 3) 独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 (2008) 鉱物資源マテリアル・フロー2008、
http://www.jogmec.go.jp/mric_web/jouhou/material_flow_frame.html#2008
- 4) U. S. Department of the Interior, U. S. Geological Survey (2010) Mineral Commodity Summaries 2010、<http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/mcs/2010/mcs2010.pdf>
- 5) (社) 日本レアメタル経済研究所 (2008) 自動車に使用される金属とその資源消費割合, 2008.3
- 6) City of Copenhagen, The Technical and Environmental Administration, Traffic Department (2009), “COPENHAGEN CITY OF CYCLISTS – Bicycle Account 2008”

7. 国際共同研究等の状況

CATS (中国交通運輸部科学研究院) の李振宇研究員の来訪を受け、低炭素交通の取り組みについて情報交換を行った。

8. 研究成果の発表状況

(1) 誌上発表

<査読付論文に準ずる成果発表>

- 1) 松橋啓介 (2009) 低炭素都市の実現に向けたLRTの役割、IATSS Review、34 (2) 、39-46
- 2) 松橋啓介 (2009) 地球環境時代の交通システムのビジョンと実現策、都市計画、279、25-28
- 3) 松橋啓介 (2010) 運輸部門からのCO₂排出量の中長期的削減に向けた対策、大西隆, 小林光編著、低炭素都市、学芸出版社、82-103
- 4) 松橋啓介 (2010) 第1章 自転車と環境. 都市型コミュニティサイクル研究会編, コミュニティサイクル, 化学工業日報社, 1-21
- 5) 松橋啓介 (2010) 低炭素都市. 3R・低炭素社会検定実行委員会編, 3R・低炭素社会検定公式テキスト-持続可能な社会をめざして-, ミネルヴァ書房, 350-351

<その他誌上発表 (査読なし) >

- 1) 松橋啓介、米澤健一 (2009) 地域の旅行速度が乗用車からのCO₂排出量に与える中期的影響に関する研究、都市計画報告集、8(2) 、64-69
- 2) 近藤美則、加藤秀樹、松橋啓介 (2010) 小型電動車両の性能評価と普及に向けた課題、第26回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス講演要旨集 (CD-ROM)
- 3) 松橋啓介 (2011) 持続可能な交通の分析を踏まえた低炭素都市の構築に関する研究. 環境科学会誌, 24 (1), 64-66

(2) 口頭発表 (学会等)

- 1) 松橋啓介、小林伸治、工藤祐揮、森口祐一 (2009) 低炭素社会に向けた交通システムの将来

- ビジョンについて．自動車技術会 2009年春季大会学術講演会、同前刷集、17-22
- 2) 松橋啓介 (2009) 低炭素社会に向けた交通システムの中長期戦略について．土木学会エネルギー委員会 次世代都市交通を中心としたまちづくりによるエネルギー利用に関する研究小委員会
 - 3) 松橋啓介 (2009) 低炭素社会に向けた都市・交通システムの中長期戦略．第2回低炭素都市づくり研究会
 - 4) 近藤美則 (2009) パーソナル電動車両の二酸化炭素排出原単位．第50回大気環境学会年会、同講演要旨集、258
 - 5) 近藤美則、加藤秀樹 (2009) 市販電動車両の性能の実態．第50回大気環境学会年会、同講演要旨集、259
 - 6) 近藤美則、加藤秀樹、小林伸治 (2009) 市販されている電動車両の実性能．第50回大気環境学会年会、同講演要旨集、171-172
 - 7) 松橋啓介、近藤美則 (2009) ガソリンの価格と消費量の長期的関係に基づく消費量の削減見込み．環境経済・政策学会2009年大会、同報告要旨集、136-137
 - 8) 近藤美則、加藤秀樹、松橋啓介 (2010) 小型電動車両の性能評価と普及に向けた課題、第26回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、同講演要旨集、108
 - 9) 松橋啓介 (2010) 交通システムの視点からの長期展望．第28回環境システムシンポジウム
 - 10) 松橋啓介 (2010) 低炭素型交通まちづくりのビジョンと対策．平成21年度第4回低炭素型都市研究会
 - 11) 小林伸治、松橋啓介 (2010) 持続可能社会のための自動車関連社会インフラ．JSAE2010年春季フォーラム サステナブル社会を目指した次世代自動車とエネルギー、同要旨集、45-60
 - 12) 有賀敏典、松橋啓介、青野貞康、大森宣暁 (2010) 交通手段転換と勤務時間帯の変更を同時に考慮したモビリティ・マネジメントに関する研究．第42回土木計画学研究発表会、同予稿集
 - 13) 米澤健一、松橋啓介 (2010) 地方自治体における自動車のCO₂排出量現況値の推計に関する研究．環境科学会2010年会、同講演予稿集、16
 - 14) 松橋啓介 (2010) 持続可能な都市交通システムからみた低炭素都市の構築に関する分析．環境科学会2010年会、同講演予稿集、15
 - 15) 近藤美則 (2010) 低速電動車両の普及に向けた一提案．環境科学会2010年会、同講演予稿集、11
 - 16) 近藤美則 (2010) 移動手段の利用の現状と選択理由．環境科学会2010年会、同講演予稿集、18
 - 17) 近藤美則 (2010) 環境に優しい移動手段の選択．つくば市立谷田部中学校出前授業、なし
 - 18) 近藤美則 (2010) エコ交通の実現について．足立区地球環境講演会、なし
 - 19) 近藤美則 (2010) 自転車へのモーダルシフトによるCO₂削減効果について．「自転車型社会デザインを考える」フォーラム2010、なし

(3) 出願特許

特に記載すべき事項はない

(4) シンポジウム、セミナーの開催 (主催のもの)

特に記載すべき事項はない

(5) マスコミ等への公表・報道等

- 1) NHK総合首都圏ネットワーク（2009年7月6日、車のCO₂排出量マップについて紹介）
- 2) 茨城新聞朝刊（2009年7月7日、車のCO₂マップ公開）
- 3) 建設通信新聞（2009年12月10日、第2回交通基本法検討会 環境負荷の少ないまちづくりプレゼン）
- 4) 毎日新聞正月特集（2010年1月1日、『CO₂ 80%カットの暮らし 歩いて暮らせる街づくり』環境／未来へ今できること）

(6) その他

松橋啓介（2010）2010年度環境科学会奨励賞 「持続可能な都市交通システムからみた低炭素都市構築に関する分析」