

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 8 月 24 日現在

機関番号：32660

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2012年度

課題番号：22560407

 研究課題名（和文） 低炭素化および高齢化社会における新技術自動車の普及と
炭素排出削減効果の調査と分析

 研究課題名（英文） An Assessment of the Penetration and the Contribution of New
Technology Vehicles in the Low Carbon and Aged Society

研究代表者

森 俊介（Shunsuke Mori）

東京理科大学・理工学部経営工学科・教授

研究者番号：80147503

研究成果の概要（和文）：

本研究は、家庭用輸送部門に焦点を当て、パーソントリップ調査、独自の Web アンケート調査に基づいて地域のミクロな個人輸送の手段・目的別需要を分析し、EV、PIHV、バイオ燃料自動車の温暖化ガス排出削減効果の分析を行った。さらに超小型コミュータも含め 1 日 15 分単位での家族構成別エネルギー需給モデルにより蓄電設備としての評価を行い、超小型コミュータ+軽自動車の組み合わせは、一定走行距離(50km)以上の移動には当初から軽自動車を使わねばならないとしてもなお PIHV1 台よりも環境負荷が少ないこと等を見出した。

研究成果の概要（英文）：

This study aims at the assessment of the contributions of such new energy vehicles as Electric Vehicle(EV), Plug-in Hybrid Vehicle(PIHV) and biofuel vehicles to the GHG emission mitigations based on the existing person-trip survey and web-based survey developed by us covering 5400 responses. We also introduced a ultra-small commuter. We also established a residential building to assess how the EV/PIHV can contribute to the energy conservation as an energy storage system. This research provided various findings including that ownership of ultra small commuter + Light Duty Vehicles contributes better to GHG emission mitigation than that of PIHV, even if driving length of commuter is less than 50km.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
平成 22 年度	500,000	150,000	650,000
平成 23 年度	2,000,000	600,000	2,600,000
平成 24 年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：総合工学、エネルギー学

キーワード：エネルギーシステム

- | | |
|------------------------------------|---|
| 1. 研究開始当初の背景
輸送部門の新しい技術オプションとして | ハイブリッド自動車(HV)に加えプラグイン
ハイブリッド自動車(PIHV)やバイオマス燃 |
|------------------------------------|---|

料自動車なども注目されていた。EV/PIHVは従来型のエンジン自動車に比べコストや航続距離に限界がある等の指摘がある。また、家庭においては太陽電池など分散型電源を組み入れる SmartGrid にも着目があり、ここで太陽電池の天候による変動や電力需給のずれを吸収するための電力貯蔵装置の一環としての EV や PIHV にも期待が集められていた。このような利用形態においては、どの時間帯に、何 km の走行需要があるかの分析が必要であるが、これまでデータの欠如のためなされていなかった。また少子高齢化の進行により、自動車の利用パターンの変化や地域性は重要であった。そこで、本研究課題においては、個人ベースの自動車の利用パターンを調査し、(1)現在の自動車利用パターン、(2)EV/PIHV の温暖化対策能力、(3)SmartGrid に組み込む場合の EV/PIHV の貢献可能性に着目した調査と評価モデルの開発を行う。

2. 研究の目的

(1)本研究は、特に地域輸送の手段・目的別需要に焦点を当て、EV/PIHV やバイオマス燃料自動車の温暖化ガス排出削減効果の分析を行うものである。本研究では地域の交通需要パターンの調査データをもとに、新自動車技術のあるべき位置づけを明らかにしようとする。

(2)移動の需要と具体的な家庭用エネルギー需給システムと組み合わせることで、実際の目的別走行データに基づいて分析し EV や PIHV の SmartGrid の要素としての寄与を評価する。

3. 研究の方法

(1)平成22年度は、まず栃木県を対象とし、パーソントリップ調査に基づいて宇都宮市8地域のほか栃木県を19地域に分割し、地域間の移動距離、目的、手段を世帯構成、年齢、さらに自動車の保有台数や種類別にデータベース化し、移動距離が使用者の属性に対しどのように分布するかを明らかにする。

(2)平成23年度は、この既存の調査にないコスト負担とEV/PIHVへの購入意思額、自動車の利用時間帯、利用頻度などをWebアンケートにより調査を行い、EV/PIHVの導入効果の地域性との関係等を評価する。

(3)平成24年度は、上記の各県別・世代・持家形態・家族構成・乗用車保有台数・おもな乗用車使用時間帯、出先での駐車時間を合わせ尋ねたアンケートをもとに、近年注目されている短距離移動を主目的とする超小型EV通勤車の利用可能性を調査し、さらにこれと軽自動車の2台所有とPIHVのCO2排出について、環境負荷低減可能性について比較分析する。

(4)さらに、EVと家庭用エネルギー需要の可能性として、太陽光発電システムやCGSなどの分散エネルギー供給システムにHP、床暖房などを含む1日15分単位での家族構成別エネルギー需給モデルを複数世帯間の連携を含むよう拡張し、固定型蓄電設備及び蓄電設備としてのEVの利用可能性を評価する。

4. 研究成果

(1)栃木県におけるパーソントリップ調査に基づく自動車使用パターンの分析

本研究では、地域間の違いを把握するため宇都宮都市圏を19地域に分類し分析を行った。また、家庭の世帯構成を表2のように分類した。結果走行距離分布について地域・職業による違いは見られなかった。移動距離を対数変換して頻度分布を作成すると図1のようになり、対数正規分布が当てはまることが見て取れる。

表1 世帯構成

1	勤め人・男	主婦	学生(高校生以上)	学生(中学生以下)
2	勤め人・男	勤め人・女	学生(高校生以上)	学生(中学生以下)
3	勤め人・男	主婦	学生(高校生以上)	高齢者・女
4	勤め人・男	主婦	学生(中学生以下)	
5	勤め人・男	主婦	高齢者・女	
6	勤め人・男	勤め人・女		
7	高齢者・男	高齢者・女		

このPT調査データから居住地、性別、年齢、職業、交通手段、その交通手段の利用時間のデータを取り出し、地域別、利用交通手段別の一日の移動距離を算出した。職業は学生、就業者、主婦、無職、その他の4つに分類し、集計を行った。

走行距離分布について地域・職業による違いは見られなかった。移動距離を対数変換して頻度分布を作成すると対数正規分布が当てはまることが見て取れた。この結果を用い、EVモード走行距離を例えば50kmに設定した場合、EVモードでの平均電力消費とガソリンモードでの平均燃料消費を計算することができる。ここでは、表2を設定した。

表2 シナリオの設定

	軽自動車	乗用車
シナリオ1	買い替えなし(主婦利用)	20km走行可能EV乗用車
シナリオ2	買い替えなし(学生利用)	20km走行可能EV乗用車
シナリオ3	買い替えなし(主婦利用)	50km走行可能EV乗用車
シナリオ4	買い替えなし(学生利用)	50km走行可能EV乗用車
シナリオ5	20km走行可能EV軽自動車(主婦利用)	買い替えなし
シナリオ6	20km走行可能EV軽自動車(学生利用)	買い替えなし
シナリオ7	50km走行可能EV軽自動車(主婦利用)	買い替えなし
シナリオ8	50km走行可能EV軽自動車(学生利用)	買い替えなし
シナリオ9	20km走行可能EV軽自動車(主婦利用)	20km走行可能EV乗用車
シナリオ10	50km走行可能EV軽自動車(主婦利用)	20km走行可能EV乗用車
シナリオ11	20km走行可能EV軽自動車(学生利用)	20km走行可能EV乗用車
シナリオ12	50km走行可能EV軽自動車(学生利用)	20km走行可能EV乗用車
シナリオ13	20km走行可能EV軽自動車(主婦利用)	50km走行可能EV乗用車
シナリオ14	50km走行可能EV軽自動車(主婦利用)	50km走行可能EV乗用車
シナリオ15	20km走行可能EV軽自動車(学生利用)	50km走行可能EV乗用車
シナリオ16	50km走行可能EV軽自動車(学生利用)	50km走行可能EV乗用車

このシナリオの下でガソリンエンジン自動車からEVへの置き換えによる省エネルギー性やCO2排出削減の潜在性を評価できる。一例を図1に示す。

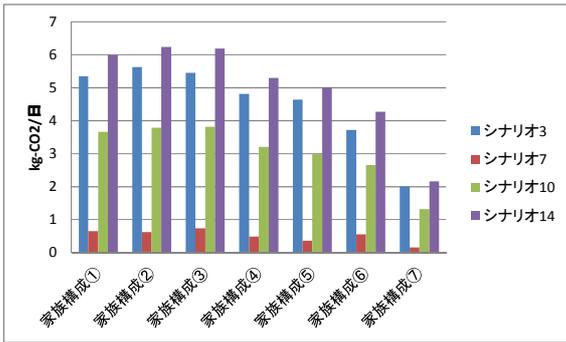


図1 代表的シナリオの効果

図1よりシナリオによってCO2削減量は大きく異なることが見て取れる。2台ともEVに、乗用車のみをEVに買い替えるシナリオいずれもほぼ同じ程度の削減効果があった。シナリオ7の軽自動車をEVに買い替えるシナリオではCO2排出の削減はほとんど見込めなかった。以上より、EVの導入には地域差があるが、最大約47%のCO2排出削減が見込める。また、乗用車買い替えのその限界的効果は小さい。

(2) Webアンケートに基づくEV, PHVの利用パターン分析とCO2削減量の評価

本研究課題では東日本5400世帯を対象とするアンケートを行ったが、同時期に西日本5400世帯を対象とするアンケートも実施した。ここでは両者を合わせた全国10,800世帯アンケートの結果を示す。ここでは、全国を全国12エリアに集約し、PIHV/EVの調査を行う。今回は、①主な使用時間帯、②出先での主な駐車時間の項目を加えPIHV/EVの利用可能性と出先での充電可能性、PVの利用可能性を合わせCO2削減量の評価を行う。

12エリアにおける走行パターンを図2、3に示す。休日は平日に比べ走行距離が長い傾向にあることがわかる。また、平日であれば20km/day以内の世帯が約80%程度を占めており、40km/dayならば約90%程度占めている。なお、休日を含めても走行距離が40km/day以内である世帯は80%を占める。さらに、沖縄のみに関しては、どの場合でも走行距離が短い結果となった。

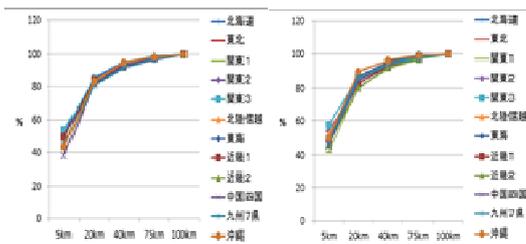


図2 平日の走行パターン(戸建, 集合)

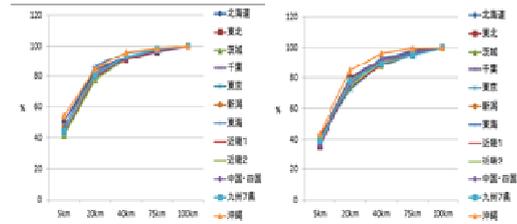


図3 休日の走行パターン(戸建, 集合)

ここで、図2, 3の分布に分布関数 $F(x)=a+b\ln(x)$ を当てはめると相関関数 R が0.9以上となり近似式として適用可能と考えられる。1日あたりの最長走行距離と平均走行距離は下式で求められる。

$$\text{最長走行距離} : X = \exp\left(\frac{1-a}{b}\right)$$

$$\text{平均走行距離} : A = bX$$

上式をもとにEV走行が可能な距離分をガソリン消費回昼用と考えCO2排出削減量を求める。さらに現状の世帯がすべてPHVへ代替した場合のCO2削減量を算出した。PIHVのEVモード航続距離を20kmとした場合の各エリアの世帯当たり削減量を図4に示す。

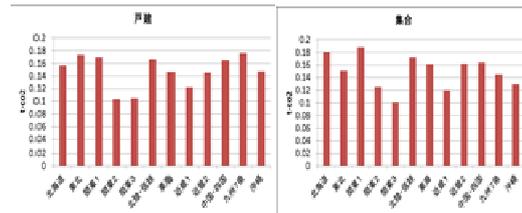


図4 一世帯当たりCO2削減量(EV20km)

走行距離が短ければ出先でのEV充電をせずに家庭での充電のみで賄う事が可能であるが、走行距離が長くなれば家庭での充電だけでは不足し、出先での充電が必要となる。そこで走行距離別の駐車時間を調べる。一例を図5に示す。

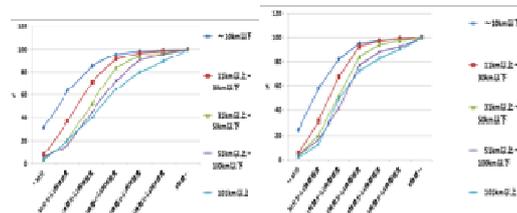


図5 休日の平均駐車時間(戸建, 集合)

結果、11km~30kmの走行距離では約40%の世帯で1時間以上の駐車時間があり、31km以上の走行距離では約40%の世帯で4時間以上の駐車時間がある。これは出先でのインフラ設備が整えば約40%の世帯がEV走行のみで往復することが可能であることが示唆される。

休日の場合は、平日と比べて、駐車時間が

短い傾向が見られる。

本研究の結果をまとめると、

①CO2 削減量からは、一世帯当では田舎エリアの方が 1.5 倍ほど都会エリアよりも CO2 削減効果が高い結果となった。

②平日と休日を比較すると、休日は走行距離が長くなるが駐車時間も減り、約 80%が 4 時間以内の駐車時間となる。逆に、平日の通勤に利用する人は 4 時間以上の駐車時間である可能性が全体の 50%を占め、出先での充電が可能であり高い効果を期待できる。

地域別には郊外エリアで EV、PHV が高い効果を示した。

(3) 超小型モビリティの導入における CO2 削減効果の評価

近年、近距離移動かつ乗車人数が二人以下という利用パターンが主であるので超小型モビリティという規格の自動車に注目がある。この場合、エネルギー消費効率が PIHV よりもさらに向上できる反面、走行距離が短く急速充電機能を持たないことのため、長距離移動では当初からガソリン自動車あるいは PIHV あるいは HV を使わねばならなくなるため、2 台所有が前提となる。従って、同じ走行距離分布であってもエネルギー消費には異なる評価式を必要とする。これは、具体的には具体的には、トリップ走行距離 x 以下の確率分布を $F(x)$ 、その密度関数を $f(x)$ 、EV モード航続距離を C とすると、ガソリンモードでの走行距離の平均値は

$$\text{PIHV の場合: } \int_C^{\infty} (x - C)f(x)dx$$

$$\text{COMS+ガソリン自動車の場合: } \int_C^{\infty} xf(x)dx$$

となる。この結果を表 3 に示す。

表 3 各エリアにおける CO2 削減量のまとめ

PHV-超小型(CO2)	平日-通勤	休日-通勤	平日-買い物	休日-買い物	単位
北海道	0.047	0.054	0.037	0.038	t-CO2
東北	0.036	0.031	0.026	0.030	t-CO2
関東1	0.057	0.045	0.041	0.041	t-CO2
関東2	0.048	0.041	0.031	0.031	t-CO2
関東3	0.040	0.025	0.029	0.027	t-CO2
北陸-信越	0.036	0.030	0.029	0.031	t-CO2
東海	0.052	0.048	0.035	0.037	t-CO2
近畿1	0.063	0.039	0.038	0.037	t-CO2
近畿2	0.062	0.047	0.042	0.045	t-CO2
中国-四国	0.050	0.037	0.036	0.037	t-CO2
九州7県	0.077	0.077	0.056	0.057	t-CO2
沖縄	0.010	0.009	0.008	0.009	t-CO2

さらに、太陽電池利用の可能性を評価した。

(4) 世帯構成を考慮した一般家庭におけるエネルギー設備の導入と複数世帯間電力融通効果の評価

EV/PIHV への期待として、家庭に太陽電池(PV)を導入した場合の蓄電設備を兼ねる機能がある。しかしこの評価には家庭用電力エ

ネルギーの詳細な利用パターンと自動車の利用パターンも合わせ考察する必要がある。

そこで、本研究では建築学会による標準住宅を想定した。ここに表 2 の世帯構成の家族の生活パターンを 15 分単位で与え、電力需要、空調需要、給湯需要を推計した。ここに CGS、HP、PV、蓄電池、床暖房などのエネルギー機器を導入し、さらに EV/PIHV を導入した際の効果を評価する。

15 分単位のエネルギー需要の例として、1 月、平日の場合における世帯構成 3、世帯構成 6、および世帯構成 7 の結果の例を図 6 に示す。

本研究で想定したエネルギーフローでは電力需要を購入電力、CGS、PV、家庭用蓄電池、PHV、共用蓄電池によって供給されるとした。家庭用蓄電池の容量は 6kWh とし、充放電効率は家庭用蓄電池、PHV、共用蓄電池の全てで 90%と設定した。評価のためのエネルギー設備導入シナリオを表 4 に示す。また年間の天候と PV 発電電力量変化を考慮した。

結果、設備導入シナリオ V の共用蓄電池ケース A で電力購入削減量は最大となっているが、シナリオ VI のケース A との削減率の差はおよそ 0.3%程度であり、家庭用蓄電池と共用蓄電池を同時に導入することによるメリットはほとんどなかった。

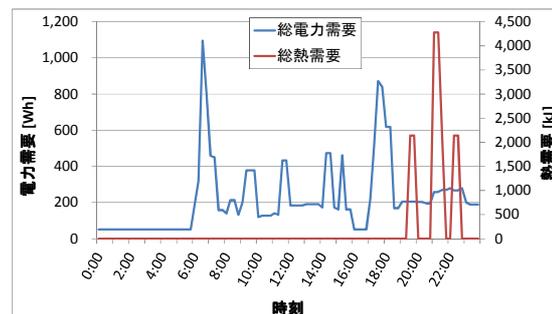


図 6 15 分単位のエネルギー需要 (世帯構成 3, 7 月, 平日)

表 4 家庭用エネルギー設備導入シナリオシナリオ 導入設備

シナリオ	導入設備
従来	設備導入なし
I	蓄電池, PHV, PV
II	蓄電池, PHV, PV, CGS
III	蓄電池, PHV, PV, CGS, 床暖房
IV	PHV, PV, CGS, 床暖房
V	蓄電池, PV, CGS, 床暖房
VI	PV, CGS, 床暖房
VII	PV
VIII	CGS
IX	CGS, 床暖房

PIHV/EV の利用ケースでは、利用電源による差は非常に小さかった。

本研究をまとめると、蓄電設備に関しては共用および家庭用の蓄電池の同時導入は相

殺効果が大きいこと、支出の削減効果に関しては十分な経済性を得ることができないことが示された。

(5) 地域コミュニティバスへの再生可能エネルギー利用導入可能性評価

EV/PIHV の導入可能性は主に家庭が保有する乗用車について評価がなされている。しかし高齢化社会においては地域内の公共交通の役割も大きい。地域コミュニティバスではEV/PIHV のほか廃食用油からのバイオディーゼル利用が考えられる。本研究では流山グリーンバスを取り上げ具体的なバスの運行ダイヤと天候をもとに両者の省エネルギー性やコスト上の比較を行う。

ここで本研究では文献から以下の仮定を置く。電気バスの電費は2.3km/kWhとする。電気バスへの充電条件を

- ① ある(x)便走行後の電池残量が20%未満の場合
- ② 充電時間は30分とし、充電量は蓄電池容量の80%まで充電されるとする
- ③ 最終バスが運行終了して次の日の始発が運行開始されるまでの夜間は、電力会社からの購入電力により蓄電池100%まで充電されるものとする

とする。また、地域の廃食用油発生量を推計しメチルエステル化する「アルカリ触媒法-湿式洗浄方式」でBDF製造を行うものとする。収率は90%で密度は0.88とし、廃食用油の利用可能量は、発生量に対して一般家庭系が100%、事業系が約26%として計算した。

結果、

- (1) バス1台での運行路線に電気バス・太陽光発電を導入した場合、経済性を現状より最大で23%改善できる。
- (2) 廃食用油の回収率が28%に達すればBDF需給量が一致し、代替可能となる。
- (3) 電気バス・太陽光発電導入とBDF両者共にCO₂排出削減を見込めるが、コスト面では電気バス・太陽光発電を効率よく導入したほうが優れる結果となった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

- ① 大蔵将史、森 俊介、大塚 薫、家庭部門エネルギー需要削減効果に与える太陽光発電および太陽熱集熱設置面積の影響、エネルギー・資源、Vol. 31, PP. 1/8, 2010 (査読有)
- ② 大蔵将史、森 俊介、需要家の連携と設備構成を考慮した太陽エネルギー利用システム最適構成の検討、電気学会論文誌C, Vol. 130, pp. 209/215, 2010 (査読有)

〔学会発表〕(計10件)

- ① 吉原 竜一、森 俊介、亀谷 和久、「世帯構成を考慮した一般家庭におけるエネルギー設備の導入と複数世帯間電力融通効果の評価」、第29回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2013年1月29-30日(東京)
- ② 堀 裕貴、森 俊介、大蔵 将史、亀谷 和久、「データセンターを含む実街区におけるLNG冷熱利用と分散型エネルギーシステムの導入評価」、第29回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2013年1月29-30日(東京)
- ③ 大倉 豪隆、大蔵 将史、亀谷 和久、森 俊介、「データセンターにおける外気導入とフリークーリングを含む省エネ空調システムによるエネルギー削減効果の地域別評価」、第29回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2013年1月29-30日(東京)
- ④ 森 俊介、井上 将太郎、笠井 康平、亀谷 和久、「Webアンケートと生活選好度調査に基づくEV/PIHVの導入効果の分析」、第31回エネルギー・資源学会研究発表会、2012年6月5-6日(大阪)
- ⑤ 糸山貴徳、横山良平、大蔵将史、涌井哲也、「ガスエンジンヒートポンプ空調機の運用マネジメント(温度設定値変更による省エネルギー性の推定)」、日本機械学会関西支部第87期定時総会講演会、2012年3月16日(大阪)
- ⑥ 糸山貴徳、横山良平、大蔵将史、涌井哲也、「ガスエンジンヒートポンプ空調機の運用マネジメント(ガス消費量の推定)」、第28回エネルギーシステム・経済・環境コンファレンス、2012年1月30日(東京)
- ⑦ Shunsuke Mori, Masashi Ohkura and Taketosi Ohkura, "A Model for the Evaluation of Potential Energy Conservation of Data Centre Focusing on the Air Conditioning Options in Japan", EnviroInfo ISPRA 2011, Oct. 5-7, Joint Research Center (Ispra, Italy)
- ⑧ 大倉 豪隆、森 俊介、大蔵 将史、「データセンター空調設備における外気導入とCGS利用の最適運用モデルの構築と評価」、第30回エネルギー・資源学会研究発表会、2011年6月2-3日(東京)
- ⑨ 堀 裕貴、大蔵 将史、森 俊介、「LNG冷熱利用とデータセンター併設を考慮した大型商業施設分散型エネルギーシステム導入の経済・環境性評価」、第30回エネルギー・資源学会研究発表会、2011年6月2-3日(東京)
- ⑩ 吉原 竜一、大蔵 将史、森 俊介、「床

暖房と PTHV 利用を考慮した家族構成別
家庭用エネルギー設備の運用モデルと
環境負荷の評価」、第 30 回エネルギー・
資源学会研究発表会 2011 年 6 月 2-3 日
(東京)

〔図書〕(計 1 件)

① 東京理科大学出版センター編著、「太陽エ
ネルギーが開く未来」、全著者 12 名、全ペー
ジ 193 頁,分担執筆、5.1(P.142/157)、東京書
籍、2012 年 6 月

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森 俊介 (Mori Shunsuke)

東京理科大学・理工学部経営工学科・教授

研究者番号：8 0 1 4 7 5 0 3

(2) 研究分担者

大蔵将史 (Ohkura Masashi)

大阪府立大学大学院工学研究科機械系専
攻・助教

研究者番号：9 0 4 5 3 8 1 0