A224 空調 ITEV を用いた PV-EV 複合システムの評価

Evaluation of ITEV (Air-conditioner Integrated Electric Vehicle)
using in the PV & EV combined system

○ 学 柴田 晟司郎 (岡山県大)

正 中川 二彦 (岡山県大)

学 下野 恭兵 (岡山県大)

Seishiro SHIBATA, Kyouhei SHIMONO and Tsuguhiko, NAKAGAWA

Okayama Prefectural University, 111 kuboki, Soja, Okayama

In order to expand the natural energy and increase the energy effectively, the photovoltaic power generation (PV) and electric vehicle (EV) combined system has been proposed. In order to spread the EV, it's necessary to solve some problems which are high energy consumption of air-conditioner, high cost of storage battery and risk aversion of a dead battery. So, Air-conditioning system Integrated Electric Vehicle (ITEV) which has a great possibility to solve the current EV problems has been proposed. In this paper, the authors have studied the introduction effects of ITEV using in the PV & EV combined system which is considered to optimize not only the vehicle but also as a whole energy system in a Smart community. As a result, ITEV can reduce CO₂ emissions by 37% comparing with the current system as the same as EV. In addition, ITEV is able to gain the cruising range twice as long as EV with the same battery capacity.

Key Words: Electric vehicle, Smart Community, Air-conditioner, Cruising range

1. 緒言

近年, CO₂ 排出量の削減が世界的な課題となっている。その解決策のひとつとして, 特定のエリアを対象に, ICT 技術を使って, 自然エネルギーの導入拡大を図るとともに, エネルギーを効率的に使うスマートコミュニティの研究が行われている。スマートコミュニティでエネルギーを効率的に使う方法として, 電気自動車(以下, EV と記す)が媒体となり, 太陽光発電(以下, PV と記す)などの自然エネルギーを走行動力源に用いるとともに, 家庭などへ電力を供給する PV-EV 複合システムが提案され, その効果が明らかにされている⁽¹⁾。その一方で, EV の普及は進んでおらず, 蓄電池の価格が高いことや航続距離が短いことなどが, その原因と考えられる。これらの解決策として, 著者らは空調 ITEV(Integrated Electric Vehicle of Air-conditioning system)を提案している。空調 ITEV は, 空調機を小型エンジンで駆動するとともに, 空調負荷が低い時の余力を利用して発電を行う EV であり, 空調機の消費電力を削減し, 航続距離の延長が可能である。しかし, 小型エンジンを駆動する燃料に化石燃料を使用すると, EV に比べて CO₂ 排出量の増加が懸念される。

本報告は, 空調 ITEV の導入効果について, 空調 ITEV 単体だけでなく, 家庭などへの電力輸送・供給装置としての全体最適化を考えた PV-EV 複合システムにおいて, ガソリン車, EV 車および空調 ITEV の CO₂ 排出量などを比較し, 検討した。

2. 検討条件

2. 1 PV-EV 複合システム概要

PV-EV 複合システムとは, EV を通勤車として用い, 勤務先に設置した PV による電力を直接 EV に充電し, 帰宅後 EV から家庭に電力を供給するシステムである。この PV-EV 複合システムにおける通勤用途の自動車を対象として, 数値シミュレーションに基づき検討を行った。

2. 2 PV と EV の条件および検討方法

表 1 に PV と EV の条件を示す。通勤車の台数は 1 台, 通勤距離は岡山県立大学職員の実績平均値 14km/日を用い, 平均走行速度は 30km/h とした。

Table.1 Studying condition of PV and EV

Battery capacity	24	kWh
Available capacity of battery	20~100	%
Electricity consumption of EV	9.1	km/kWh
Charging & Discharging efficiency	90	%
Area for PV	10	m ² /car
Maximum power of PV	240	W
Output per unit area	190	W/m ²

また, 季節, 昼夜間などの条件を考慮するため, 1 年間に亘る 1 時間毎(8760 時間分)の気温, 湿度および日射量の 2010 年の広島気象台の実績値に基づき, 勤務先に設置した PV, 自動車および家庭でのエネルギー収支を 1 時間毎に取ることで評価した。

2. 3 自動車での空調使用条件

自動車の空調負荷は下野らのエネルギー収支式⁽²⁾に基づき算出した。なお, 空調の使用条件として, 外気温が 15℃以下のときは暖房, 25℃以上のときは冷房を使用し, 外気温が 15℃~25℃のときは空調を使用しないと仮定した。EV の空調は暖房をヒーター, 冷房をヒートポンプで行った場合と冷暖房共にヒートポンプを用いた場合の 2Case を検討した。空調 ITEV の空調は冷暖房ともにヒートポンプを用いた。なお, ヒートポンプを使用した場合の冷房時の COP は 2.8, 暖房時の COP は 3.1 とし, 暖房にヒーターを使用する場合の COP は 1.0 とした。

図 1 に暖房にヒーターを用い, 冷房にヒートポンプを用

いた EV で通勤する場合において、月別の一日あたりの平均空調消費電力(kWh/日)を示す。これより、ヒーターを使う冬期の空調消費電力は高く、走行時に占める空調消費電力の割合は 1 月に最大の 41%となる。電池容量 24kWh とすると、フル充電時の 1 月の平均航続距離は暖房を使用しない場合は、表 1 より 218km(=9.1km/kwh×24kwh)だが、暖房を使用する場合は 129km まで減少することがわかる。

Fig.1 Electric consumption of A/C per day

2. 4 空調 ITEV の発電量と航続距離

空調 ITEV の小型エンジンは空調を使用するときのみ稼働させる。小型エンジンの出力は一定とし、空調負荷が低下した場合には、その余力を用いて発電する。なお、小型エンジンは 120cc、出力は 2.6kW、熱効率は 30%、発電機の効率は 95%とした。

3. 検討結果

3. 1 PV-EV 複合システムにおける効果比較

PV-EV 複合システムにおける EV と空調 ITEV での年間の総電力量使用量と PV 以外からの供給電力量の内訳を図 2 に示す。図 2 において、空調 ITEV で消費される空調電力は送風ファンによる消費電力である。

Fig.2 Breakdown of electricity in system

図 2 より、暖房でヒーターを使用する EV の場合、冬期の空調消費電力が多くなる一方で、日射量が弱くなるため PV の発電出力が低下し、既存の電力システムからの充電量が多くなる。これに対して、空調 ITEV は空調負荷が低い時に、その余力で自家発電するため、電力システムからの充電量

が少ないにもかかわらず、家庭への電力供給量が多くなることがわかる。

3. 2 CO₂ 排出量

図 3 に現状システムと、PV-EV 複合システムで EV と空調 ITEV を使用した場合の年間総 CO₂ 排出量を示す。図 3 において、CO₂ 排出係数は、ガソリン 2.62kg-CO₂/ℓ、系統電力 0.657kg-CO₂/kWh(本学がある中国電力管内の値)、LNG 2.277kg-CO₂/Nm³を用いた。

Fig.3 Comparison of CO₂ reduction

図 3 より空調 ITEV を導入した場合、LNG 燃料の使用により CO₂ 排出量は増加する。しかし、空調負荷が低い時に、その余力で自家発電するため、家庭と系統からの CO₂ 排出量が減少する。その結果、系統からの購入電力も考慮した年間の総 CO₂ 排出量は空調にヒートポンプを用いた EV と比較しても殆ど差がないことがわかる。なお、1 月に蓄電池 24kWh をフル充電して、平均時速 40km で走行した場合、空調にヒートポンプを用いた EV の航続距離は 175km に対して、空調 ITEV では自家発電の効果により 340km にできることが分かった。

なお、本検討では小型エンジンの排熱利用を考慮していない。また、エンジンの熱効率も 30%と低いことから、これらの高効率化を進めれば、空調 ITEV は EV を凌ぐ CO₂ 排出量の削減ができる可能性を持つことが分かった。

4. 結言

空調 ITEV について、空調 ITEV 単体だけでなく、家庭などへの電力輸送・供給装置としての全体最適化を考えた PV-EV 複合システムにおいて、ガソリン車、EV 車および空調 ITEV の CO₂ 排出量などを比較し、検討した。その結果、空調 ITEV は EV と同様に、現状のガソリン車と家庭の電力消費による CO₂ 排出量を 37%削減できるうえ、航続距離を EV の約 2 倍に延ばせることを明らかにした。

参考文献

- (1)古瀬典弘, 中川二彦, 篠原幸一, "HEX モデルを用いた PV と EV 複合システムの設計法", 化学工学論文集 Vol.38, No.6, pp.415-423 (2012)
- (2)下野恭兵, 柴田晟司郎, 中川二彦, "空調システムを統合化した電気自動車の研究", 第 18 回動力・エネルギー技術シンポジウム要旨 B204