

市販電気自動車への太陽電池搭載の試み

中川 実・林 文明・鹿子嶋正人・中島正隆・渡辺隆雄

1. はじめに

最初の実用電気自動車は、1873年にイギリスのダビットソンによって作られた。日本には、1899年にアメリカから電気自動車が輸入された。1930～1940年代にガソリンの厳しい統制もあって電気自動車の生産が続けられていたが、化石燃料を使用する車の性能が向上するにつれて次第に衰退した。

1970年代、電気自動車は、モータリゼーションに伴う都市公害とエネルギー危機に対する省エネ・省石油という観点から注目され、国家的規模での研究開発が数年行われたが、1980年代は、エネルギー危機が去り、電気自動車に対する期待や注目度が極端に低下したため、実用化には至らなかった。しかし、1990年代に地球環境問題がクローズアップされ、特に1990年にアメリカカリフォルニア州では、1998年より同州で販売する自動車の2%を無排気ガス車（ZEV, Zero Emission Vehicle）とし、その後、段階的にZEVの販売割合を拡大し、2003年からは10%とすることを義務付ける法律が定められ、各自動車メーカーが、実用電気自動車の開発に着手する契機となった。なお、この法律は、1996年にその施行が1998年から2003年に延期された。

市販電気自動車の多くは、動力源として低コストである鉛電池を使用している。例えば、1993年式ダイハツのハイゼットバンでは、電池の状態がいい状態で市街地走行を行うと、一充電で約70km走行する。これは、化石燃料を使用している自動車と比べて走行距離が、短いことが問題である。

本論では、ハイゼットバンの一充電走行距離を延ばすために、電気自動車用鉛電池と太陽電池をハイブリット化して実験を行ったので報告する。

2. 実験の概要

2. 1 実験装置

2. 1. 1 太陽電池

太陽電池は、シリコン系の材料を用いたものが最も一般的で、その材料の結晶の構造から単結晶形、多結晶形、アモルファス形がある。太陽光から電力へのエネルギー効率を比較すると、単結晶形が最も高く13～15%、最高のもので20%に達し、多結晶形が10～13%程度、アモルファス

形が5～10%である。また、太陽電池から得られる電流は光の強さに比例する。取り出せる電圧はシリコン系の結晶形で約0.6Vで、高い電圧を得るには多くの電池を直列につなぎ、大きな電流を得るには並列につなぐか1個の電池の面積を大きくする必要がある。

太陽の持つエネルギーは1 m² の面積に垂直に光が当たる場合、大気圏外で約1 kW、地上では大気中の分子や粒子による散乱や吸収を受けるため0.8 kW程度に減る。太陽光の単位面積当りのエネルギーに、太陽電池の効率と面積、電池に当たる太陽の入射角度の正弦をかけたものが晴れの日に得られる電力であるが、曇りのときには、電力量が半分から3分の1程度に減り、雨のときは1割程度になる。

実験車両は、一般公道を走行する。そのため、太陽電池セル（結晶1枚）の集合体である太陽電池モジュールは、強度と耐久性があり、積載できる範囲で比較的出力電圧が高く、充電電圧は鉛電池の電圧より約20～30%増で、鉛電池の充電やDCモーターの直接駆動に適したものを選ぶ必要がある。ソーラーカー用太陽電池モジュールを選択すると、透明樹脂で封入された太陽電池セルを上下に薄型フィルムのみで覆って軽量化しているため、強度と耐久性に問題がある。実験に使用した太陽電池モジュールは、1枚で36セルを3×12列に配列した単結晶シリコン太陽電池で、高効率高性能の昭和シェル製GL136型である。その主要諸元をTable. 1に示す。この太陽電池モジュールは、支持板として受光面側に強化ガラスを使用し、裏面にアルミシートを樹脂で覆い、枠はアルミフレームにすることで、強度と耐久性が保持されている。

Table. 1 太陽電池主要諸元

型 式	GL136
最大出力	5.3 W
最大出力動作電流	3.05 A
最大出力動作電圧	17.4 V
短絡電流	3.40 A
開放電圧	21.7 V
モジュール効率	12.5 %
寸 法	
W	1291 mm
D	329 mm
H	35 mm
重 量	6.2 kg

2. 1. 2 実験車両

実験車両は、ダイハツ工業の1993年式ハイゼット・バン電気自動車である。その、主要諸元をTable. 2に示す。走行用鉛電池は、8個を2×4列に並べ直列に接続し後部荷室（後席下）に積載している。また、灯火類・ブレーキ用バキュームポンプ等の駆動については補助電池1個を使用している。

太陽電池を搭載した実験車両の外観をFig. 1に示す。一般公道を走行するため自動車の外寸（長さ、幅）を越さない範囲の太陽電池モジュール8枚を2列に各4枚並べ直列に接続した。このように、太陽電池モジュールを2枚以上接続したものをアレイという。

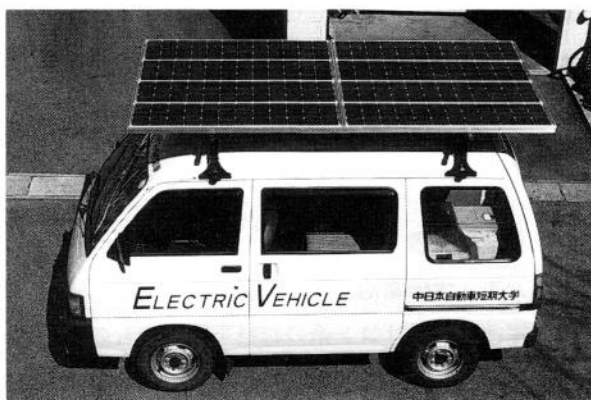


Fig. 1 実験車両外観

このアレイの固定枠は、軽量化を量るためアルミ材を使用した。10kg程度となった。実験車両へのアレイ搭載は、配線の便宜と冷却効果を高めるため、実験車両のルーフとアレイの間に十分な隙間ができる車用ルーフキャリアを使用しキャリアに取り付けた。

2. 1. 3 電流積算計

電流積算計の外観をFig. 2に、仕様諸元をTable. 3に示す。入力電流測定用電流積算計は、ソーラーカー用電流積算計CC-30B型である。これは、一方向電流をデジタルカウンタにより積算表示するもので、太陽電池と走行用鉛電池の間に接続した。また、出力電流測定用電流積算計もCC-30B型を使用した。走行用鉛電池からの出力電流がかなり多い。そこで、Fig. 3に示す電流検出用シャント抵抗の定格電流が300Aのもの

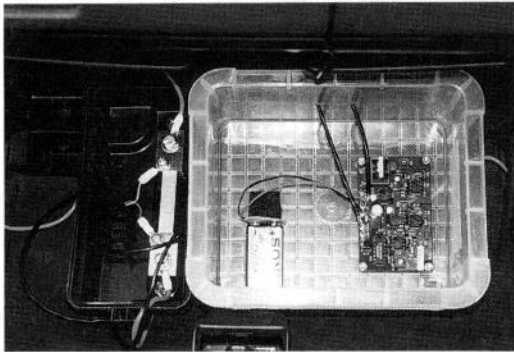


Fig. 2 電流積算計

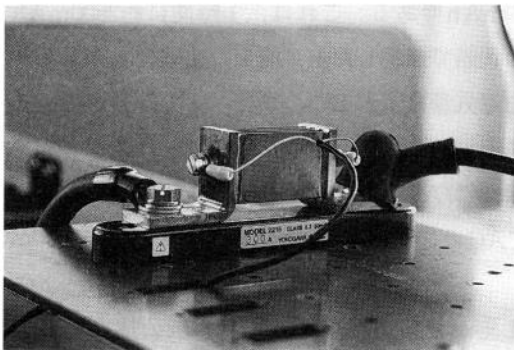


Fig. 3 出力電流検出用シャント抵抗

Table. 2 ハイゼット・バン電気自動車主要諸元

型 式	V-S8 2V(改)	
寸 法	全 長	3 2 9 5 mm
	全 幅	1 3 9 5 mm
	全 高	1 8 4 0 mm
車 両 重 量	1 1 2 0 kg	
乗 車 定 員	4 人	
最大積載量	1 0 0 kg	
車両総重量	1 4 4 0 kg	
最高速度	8 0 km/h	
電動機 種 類	直 流 分 巻	
	定 格 出 力	1 4 / 9 0 (kW/V)
	最大トルク	5. 5 / 3 3 0 0 (Nm/rpm)
制御装置	制 御 方 式	Trチヨッパ
	定 格 電 圧	9 6 V
	最大電流	2 5 0 A
走行用電池	種 類	鉛電池
	容 量	1 5 0 / 5 (Ah/HR)
	積 載 数	8 個
	総電圧	9 6 V
補機用電池	種 類	鉛電池
	容 量	2 4 / 5 (Ah/HR)

を使用し、走行用鉛電池の+側とコントローラの間接続し、デジタルカウンタ測定値の

Table. 3 電流積算計仕様諸元

型 式	CC-30B	
回路方式	V-Fコンバータ	
電源電圧	DC-8~15V	
消費電力	200mA	
積算電流範囲	0~30A	
積算精度	±3%以内	
デジタルカウンタ	OMRON H7EC-BLM	
最小目盛	1mAh	
シャント抵抗	入力用	60mV-30A
	出力用	50mV-300A
シールド線	UL2574 AWG26/2m	

12倍を出力電気量とした。

2. 2 実験方法

2. 2. 1 入力電気量の測定

実験車両を平坦な路面に停車させ、天候は晴れまたは曇りの状態で太陽電池への入力時間を変化させ入力電気量を電流積算計により測定し、1時間に入力される平均電気量を調べた。

2. 2. 2 出力電気量の測定

入力した電気量で、どれだけ走行できるかを確認するため、走行するのに消費する電気量を測定し、太陽電池から入力した電気量でどれだけ走行できるか調べた。

実験車両をFig. 4に示す一般公道で走行経路(太線)を決め、車の流れに沿って走行することを条件とした。このとき、2名乗車でエアコン(AC)オフまたはACオンで走行させ5 km地点、10km地点、14km地点での出力電気量を電流積算計により測定し、1 km当りの平均出力電気量を調べた。

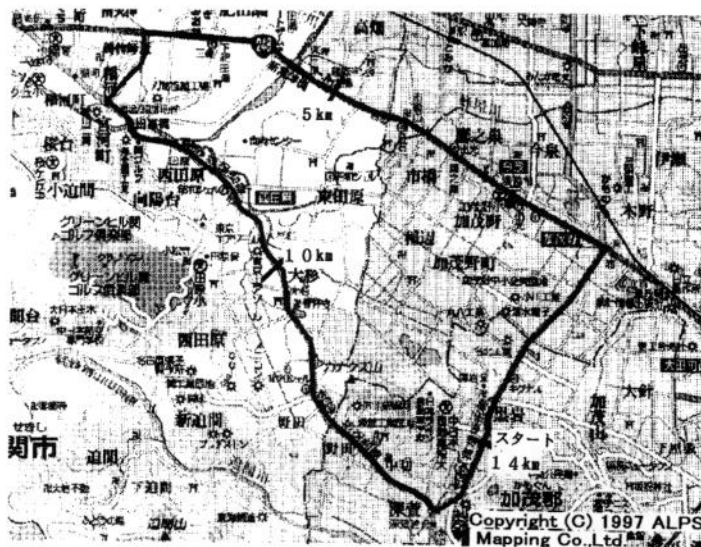


Fig. 4 走行経路

3. 実験結果及び考察

走行用電池に入る電気量は、Table. 4に示すように、天候、月日、入力時刻等により左右されるが、1日で入力できる最大電気量は、約20000mAhである。これは、1時間に約2600mAh入力されることになる。天候は、晴れまたは曇りの状態で測定したが、測定中快晴の場合もあれば、途中で晴れから曇りに変わることがあり、入力電気量に差が出た。また、入力時刻が午後3時以降になると、かなり入力電気量が減るようである。

出力電気量は、Table. 5に示すように、2名乗車でACオフでは、1 kmを走行するのに約1800mAhの電気量を消費した。また、2名乗車でACオンでは、1 kmを走行するのに約2000mAhの電気量を消費した。

実験車両は、走行用電池の状態が良ければ、まえがきで述べたように、一般公道では最大70km前後走行できるが、電池の経年劣化や充電後の経過時間が長い程、走行距離が短くなった。

Table. 4 入力電気量

入力年月日	入力時刻	入力時間(h)	入力電気量(mAh)	入力電気量/lh(mAh)	気象状況
1996.10.29	9:00~14:30	5.5	9688	1761	晴れ
1996.10.30	9:00~14:30	5.5	9225	1677	晴れ
1997.4.10	10:00~16:00	6.0	15634	2605	快晴
1997.8.25	9:30~14:30	5.0	10200	2040	晴れのち曇り
1997.10.14	10:00~15:00	5.0	4933	986	曇り
1997.10.21	11:00~15:00	4.0	7318	1829	晴れ
1998.7.2	9:30~18:00	8.5	13262	1560	晴れ時々曇り
1998.7.18	13:30~18:00	4.5	11518	2559	快晴
1998.8.4	9:30~17:00	7.5	19860	2648	快晴
1998.8.6	9:30~13:30	4.0	6101	1525	晴れ時々曇り
1998.8.11	14:30~16:30	2.0	2551	1275	晴れ時々曇り

Table. 5 出力電気量

ポイント	積算出力電気量(mAh)									
	2名乗車(AC/OFF)状態					2名乗車(AC/ON)状態				
5km地点	9480	8700	7056	7932	9072	9576	9780	10320	9036	9708
10km地点	17568	17640	16284	17520	18088	18600	19200	19680	18036	18816
14km地点	25368	25008	23964	25524	25812	26124	27776	27844	26398	27220
mAh/km	1812	1786	1711	1823	1843	1866	1984	1988	1885	1944

一方、車の流れに沿って走行できなくなった状態の走行用電池に対して、太陽電池から走行用電池に約12000mAh入力して走行すると、走行距離7kmを超した当りで車の流れに沿って走行できなくなった。

以上より、一充電走行距離の70kmを太陽電池を使用しないで2時間で走行すると、太陽電池を使用し走行した場合は、電気を2時間入力できることになる。最適な条件で入力できれば、概算で2.5kmの走行距離を延ばすことになるが、満足できる走行距離ではない。現状の太陽電池のコストや性能等考えれば、電気自動車への太陽電池の搭載は問題が多く実用的ではないと考える。なお、実験車両が、行楽地等に出向き、駐車場に1日(日中)駐車した場合、最適な条件で入力したならば、走行距離を10km延ばすことができる。このように、自動車の使用方法によっては、かなり走行距離を延ばすことが可能である。

4. ま と め

本実験においては、電気自動車の一充電走行距離を延ばすために、鉛電池と太陽電池のハイブリット化を行った。実験車両の外寸程度の太陽電池から1日に入力される電気量は、天候等にかなり影響されることが確認できた。また、一般公道を走行させたときのおおよその出力電気量も確認できた。実験より、天候の良い条件で1日充電を行えば、走行距離を10km以上延ばし、こ

れは、一充電走行距離の14%に当り予想以上に走行できることがわかった。しかし、連続走行を考えると、2.5kmの走行距離を延ばすに止っているのので、今後は、さらに走行距離を延ばす方法を検討していきたい。

最後に、本稿作成の指導を賜りました高行男教授に深謝します。また、適切なお助言、ご協力頂きました本学の先生方に感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 吹野正人ほか著「電気自動車の現状と将来展望」(「自動車技術」Vol.45 P.35-41)
- 2) 有吉正昭著「実用電気自動車の開発」(「自動車技術」Vol.47 P.26-30)
- 3) 大川正尋ほか著「電気自動車」(「自動車技術」Vol.51 P.80-83)
- 4) 清水浩著『電気自動車のすべて』日刊工業新聞社 P.215-217
- 5) 藤中正治著『地球にやさしいソーラーカー』東京電気大学出版社 P.23-34
- 6) 桑野幸徳ほか著『太陽電池活用ガイドブック』パワー社 P.182-184
- 7) 昭和シェル石油太陽電池事業部『太陽電池ガイドブック』昭和シェル石油(株) P.1-7
- 8) 渡辺隆雄, 鹿子嶋正人, 中島正隆, 林 文明, 中川 実「市販電気自動車の実用性」(「自動車整備技術に関する研究報告書」Vol.24 P.38-41)
- 9) 林 文明「電気自動車用電池の現状」(「中日本自動車短期大学論叢」Vol.25 P.17-20)