

# 太陽電池のソーラーカーへの応用

## PV Modules for Solar-Car Use

森内 荘太\*  
Sota Moriuchi

### 要 旨

太陽電池を自動車のエネルギー源として搭載する場合、高効率、フレキシブル性、軽量性が必要である。このような要件を備えた太陽電池モジュールとして、当社のソーラーカー用太陽電池モジュールを紹介する。さらに、実用車に太陽電池が搭載された例を紹介する。

Photovoltaic cells to be mounted on vehicles as a power source require light weight, flexibility as well as high energy conversion efficiency. This paper describes our PV modules for a solar-car, which satisfy all the above requirements. Latter part of this paper introduces an on-vehicle application of PV modules.

### まえがき

地球環境問題に対する意識の高まりの中で、クリーンな自動車の普及に対する期待が高まっている。1995年度のわが国の二酸化炭素排出量は3億3200万トン(炭素換算)であるが、このうち約20%が運輸部門(自動車、船舶、航空機等)に起因するものであり、ここ数年その排出量は増加していることから、クリーンエネルギーカーの普及は温暖化ガス排出量削減に重要なポイントと言えよう。

実際、自動車メーカーからは、燃費を大幅に改善した新機構のエンジンを搭載した自動車や、天然ガスやアルコールなどの二酸化炭素排出量の少ない燃料を使用する自動車、さらには電気とガソリンの両方を動力源とするハイブリッドカーなどが開発・市販されている。電気自動車はこれらクリーンカーの中では最もクリーン度が高いとされており、その開発に各社ともしのぎを削っている。

電気自動車の歴史は古く、開発はガソリン車よりも古いとされているが、その後はガソリン車の発展に押

され、その普及はごくわずかにとどまっている。

これは、一充電あたりの走行距離が短いこと、バッテリーの質量、体積が大きく、メンテナンスが必要であること、燃料補充に比べ、バッテリー充電に時間がかかること、などが主な理由であると考えられる。

これらの多くは搭載されているバッテリーの性能によって制限されており、バッテリーの小型軽量、高容量化が進められている。

太陽電池を電気自動車用に搭載し、その動力源とすることは、日射があれば太陽電池の発電によってバッテリーへの充電が可能であり、AC電源への接続が不要であることから、走行距離の延長と充電回数の低減に有効な方法と言える。実用的にはタウンカーとよばれる近距離の買い物や通勤に使用される軽自動車や小型自動車クラスの電気自動車、あるいはハイブリッドカーの補助電源として使用されることが考えられる。

一方、究極のクリーンカーとして太陽電池で発電した電力のみを動力として走る場合はソーラーカーとして主にレースなどで活躍している。

本稿では、最初に自動車用太陽電池の要求性能をまとめ、ついで当社が開発したソーラーカー用の太陽電池モジュールを紹介し、最後に実際のハイブリッドカーに太陽電池が搭載された例を紹介する。

### 1. 自動車用太陽電池の要求性能

太陽電池を自動車に搭載しその電源として捕らえた場合、一般の太陽電池に比べて以下のような点を要求性能として考慮する必要がある。

#### (1) 変換効率が高いこと

自動車の車体で太陽電池が設置可能な場所はルーフ、ボンネットなど限られており、その面積はタウンカーとして考えた場合、1～3 m<sup>2</sup>程度である。しかも水平設置に近く、単位面積当たりの日射量は傾斜面に比べて少ない。従って、限られた面積の中で最大限の出力を得るために、高い効率が必要である。

#### (2) 曲面に対応できること

通常の太陽電池モジュールでは、表面に平面状のガラスが用いられるが、車体の曲面にあわせて、曲面ガ

\* 電子部品事業本部 ソーラーシステム事業部 企画部

ラス、プラスチック、フィルムを使用することが必要となる。

(3) 軽量であること

レース用のソーラーカーでは特に軽量化が重要であり、プラスチックやフィルムの使用によって軽量化が可能であるが、一方で太陽電池の保護強度の維持も重要である。

このほか、デザイン性にも優れていることが必要であり、一方で廃棄時の処理方法なども考慮しておく必要がある。

2. ソーラーカー用太陽電池モジュール

近年は、朝日ソーラーカーラリーをはじめ、各地でソーラーカーによるレースが行われるようになり、高等専門学校や工業高校が独自のチームでソーラーカーを製作し、参加する場合も多い。これらのソーラーカーレースが、太陽電池に対する関心を高めたことの意義は大きいと言えよう。

当社では、1987年の第1回ワールドソーラーチャレンジに出走する車の太陽電池モジュールを供給した

のを皮切りに、1992年にはセルの1枚1枚にバイパスダイオードを取り付けた高機能、高効率、薄型の太陽電池モジュールを商品化している。以下にその特長を述べるとともに、表1に仕様を示す。

(1) バイパスダイオードによる出力低下抑制

太陽電池モジュールの表面に部分的な影がかかった場合や、万一セルにクラックが発生した場合、モジュールの出力が大きく低下する。この出力低下を最小限に抑えるために、一般の太陽電池モジュールではモジュール毎に1個ないしは数個のバイパスダイオードを入れ、アレイの出力、あるいはモジュールの出力の低下を抑える工夫がなされている。

当社ではこの考え方を発展させ、セルの1枚1枚にバイパスダイオードを並列に接続することにより、モジュールの出力低下を最小限に抑える方法を採用した。これは、図1に示すように通常太陽電池の裏面電極(プラス電極)から表面電極(マイナス電極)にインターコネクタで接続を行うが、これと同時に表面電極(マイナス電極)上に小さなダイオードを逆方向となるように取付け、その一端が隣のセルの表面電極(マイナス電極)に接続された構造となっている。こ

表1 ソーラーカー用太陽電池モジュールの仕様

Table 1 Specification for modules for solar car.

型名	バイパスダイオード有無	使用セル (mm)	最大出力 (W)	最大出力動作電圧 (V)	最大出力動作電流 (A)	外形寸法 (mm)	設計重量 (g)
NT3436BD		97.5 × 75 36直列	45.0	17.8	2.53	703 × 399 × 1.5	660
NT3436	-						
NT3432BD		97.5 × 75 32直列	40.0	15.8	2.53	627 × 399 × 1.5	600
NT3432	-						
NT3636BD		97.5 × 25 36直列	15.0	17.8	0.84	253 × 399 × 1.5	280
NT3636	-						
NT3632BD		97.5 × 25 32直列	13.3	15.8	0.84	227 × 399 × 1.5	260
NT3630	-						

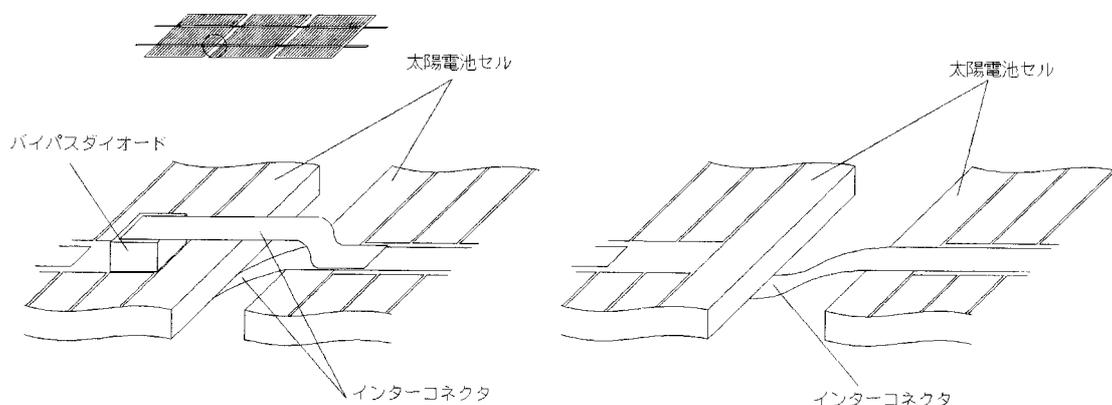


図1 バイパスダイオード付セルの構造

Fig. 1 Structure of cells with bypass diodes.

れによって、あるセルの表面に影がかかった場合は、その表面に取付けられたバイパスダイオードを通して電流が流れるため、モジュールとしての出力低下は影になったセル一枚分の出力だけとなる。

(2) 高変換効率

図2に示すように、セルの表面に安定化膜を形成した構造とするとともに、微細電極形成技術により表面電極面積の低減を図り、セル変換効率17.1%を実現している。また、角型セルの採用とセル間隔を詰めることによって、モジュール変換効率は16.0%を実現して

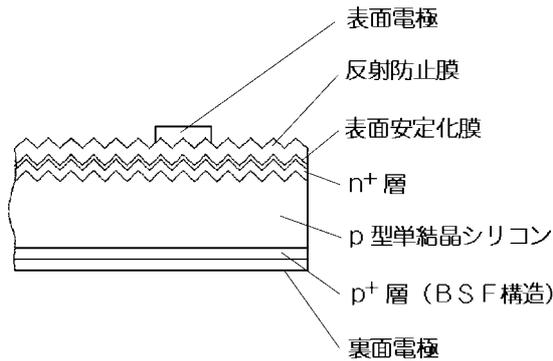


図2 セル構造  
Fig. 2 Cell Structure.

いる。

(3) 薄型、軽量、曲面取付

通常の太陽電池モジュールでは表面にはガラスが用いられるが、図3に示すように表面にもフィルムを用いたフィルムサンドイッチ構造を採用することで薄型化、軽量化が実現されている。さらに、フレキシブル構造のため、曲面への取付け(太陽電池の短辺方向に対してR 1000mm)が可能となっている。

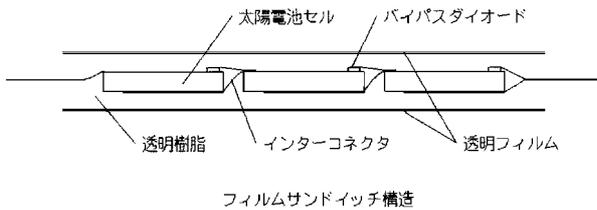


図3 モジュール構造  
Fig. 3 Module Structure.

3. 実用車への応用

ここでは富士重工業(株)が開発したELTEN(エルテン)の紹介をさせていただく。(写真1, 2)ELTENは昨年の東京モータショーにコンセプトカーとして展示された太陽電池付きハイブリッドカーである。動力システムとしてガソリンエンジンの他に、モータを備え、このモータへの電源としてソーラールーフパネ

ル、コンデンサバッテリー、マンガンリチウムイオンバッテリーの3種類の電源を組み合わせる利用できるようになっている。



富士重工業株式会社写真提供

写真1 ELTENの外観  
Photo 1 ELTEN.



富士重工業株式会社写真提供

写真2 ELTENのソーラールーフパネル  
Photo 2 Solar roof panel in ELTEN.

3・1 エネルギー発生源

3・1・1 太陽電池

ELTENのルーフトップには、当社の単結晶シリコン太陽電池がパネル化されて取付けられている。セルは寸法が97.5mm x 25mm、出力が0.39Wである。これらのセルは、86枚が直列に接続されて一つのストリングスを形成し、さらにこれが4つ並列接続されており、総計344枚のセルの出力は134Wとなっている。太陽電池はルーフ面のなだらかな曲面に沿ってパネル化されており、デザイン的にも優れたものになっている。太陽電池は走行中のみならず停車中でも太陽光があれば発電することから、重要なエネルギー源となっている。発電された電力はコンデンサバッテリーにいったん充電された後、マンガンリチウムイオンバッテリーに貯えられる。

3・1・2 発電機(モータ兼用)

定常走行時は、エンジンの効率的な活用を図るためにエンジン負荷の一部により発電する。また、車両減速時の制動エネルギーは高効率で回収する。

3・2 エネルギー貯蔵源

3・2・1 コンデンサバッテリー

電気二重層を用いた大容量コンデンサバッテリーである。充放電時に化学変化を伴わないため、長寿命であり、単位重量当たりの充放電量が大きいという特徴を持ち、大容量急速充放電が可能のほか、広い電圧範囲での充放電にも対応できる。発生源からの電力を一時的に蓄積する役目をになっている。

3・2・2 マンガンリチウムイオンバッテリー

鉛バッテリーに比べ、小型・軽量である。太陽電池と組み合わせ長期間安定して電力を貯蔵・供給する役目をになっている。

3・3 エネルギーの流れ

エネルギー源としては、太陽電池の発電、エンジンによる定常速度運転時の発電、制動時の発電と、3種類の発電形態がある。これらで発電されたエネルギーは主にコンデンサバッテリーに貯えられ、さらにそのエネルギーを充電状態に応じてマンガンリチウムイオンバッテリーに充電する方法が採られている。(図4) 電気自動車に関しては急速充電スタンドなどの普及も

必要な条件とされているが、この点ELTENでは外部充電が不要なクロズドエネルギー・マネージメントシステムとなっており、近い将来における実用性は高いと考えられる。

4. 実用車の経済性

最後に太陽電池を自動車に搭載し、動力源として利用した場合の経済性について少し考えてみたい。例えば、設置面積が2 m<sup>2</sup>、最大出力が300Wの太陽電池を考えた場合、利用可能となる最大電力量は一日あたり約0.8~0.9kWhと推測される。現状の電気自動車における1 kWhあたりの走行距離が約8 kmであることから考えると、太陽電池の発電電力による走行距離は一日あたり約6~7 Kmとなり、太陽電池の価格とガソリン価格を考えれば経済的に見合うにはかなりの年数が必要となる。

このことから、太陽電池の低価格化に加えて、電気自動車における1 kWhあたりの走行距離を伸ばすのに必要なモータの開発など、発電電力を有効に使う機器側の開発も重要であることがわかる。

むすび

太陽電池を自動車のエネルギー源として搭載する場合、太陽電池の高性能化、低価格化のみならず機器側の開発も重要である。近年のクリーンカーへの期待は高く、技術開発も急速に進んでいることから、太陽電池が搭載された自動車が街中を走り回る日も遠くはないと思われる。

謝辞

本原稿をまとめるにあたり、資料や写真を提供頂いた富士重工業株式会社に感謝の意を表します。また、ソーラーカー用太陽電池に関しては、ソーラーシステム事業部の関係各位に資料の提供を頂きましたことを感謝致します。

(1998年2月23日受理)

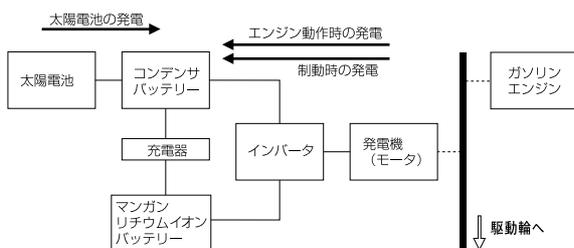


図4 ELTENにおけるエネルギーの流れ

Fig. 4 Flow diagram of energy in ELTEN.