

## 太陽光電熱パネルの性能と耐久性向上技術に関する研究

機械電子科 鈴木悠介\* 中山 洋 杉本芳邦  
株式会社GF技研 梅津健児 桑原永治 松坂 孝

## Study on Improvement of Performance and Durability of Super-Solar-Panel

Yusuke Suzuki, Hiroshi Nakayama, Yoshikuni Sugimoto,  
Kenji Umetsu, Eiji Kuwahara and Takashi Matsuzaka

Currently world primary energy is largely dependent on fossil fuels. But there are some problems that depletion of resources and environmental destruction. In order to prevent such problems, solar power generation has received a lot of attention in recent years. But solar power generation has a demerit that generating efficiency is inefficient. And so in this study, we aimed to develop highly efficient "Super-Solar-Panel" that can generate electricity and utilize solar thermal energy. In this report, we discuss durability of Super-Solar-Panel and development of the heat storage tank for utilizing solar thermal energy.

## 1. はじめに

現在、世界で使われている1次エネルギーの大部分が石炭や石油、天然ガス等といった化石燃料である。しかし、近年、化石燃料の枯渇への懸念や環境意識の高まりから自然エネルギーの利用が進められている。中でも、太陽光発電は国による助成や電力会社による余剰電力の買取制度、災害時にも既存の電力系統に依存せず、自立型の発電システムとして利用できる点等から非常に注目されている。

しかし、一方で、太陽光発電の特性としてエネルギーの変換効率が15%程度と低いことや、発電セルの温度上昇に伴い発電効率が低下するといった問題がある。そこで、本研究では太陽光発電を行うと共に、従来の太陽光発電では利用されていなかった太陽熱エネルギーを回収し、その熱を給湯等に利用することで、太陽光エネルギーを高効率に利用することができる新たな太陽光電熱パネル（Super-Solar-

Panel）（図1）と、回収した熱を効率良く利用するための蓄熱槽の開発を目標に、(株)GF技研と共同研究を行った。

本報告では、太陽光電熱パネルの長期耐久性の向上について検討した結果と容積効率が高い蓄熱槽の材質について検討した結果を報告する。

## 2. 試験方法

## 2.1 太陽光電熱パネルの環境劣化加速試験

試作した太陽光電熱パネルのモジュールについて恒温恒湿槽（(株)カトー製SSE-75CI-A）を用いて環境劣化加速試験を行った。試験前の太陽光電熱パネルのモジュールの外観を図2に示す。

試験条件はJIS C 8917（結晶系太陽電池モジュールの環境試験方法及び耐久性試験方法）を用いた。試験条件を以下に示す。各試験後に太陽光電熱パネルの外観の変化（汚れ、変色、ひび、割れ、剥がれ

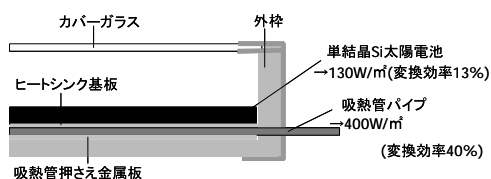


図1 太陽光電熱パネルの概要

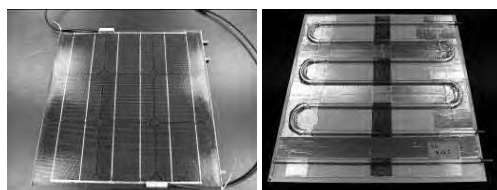


図2 太陽光電熱パネルモジュールの外観  
(左：表、右：裏)

\* ) 現 製紙科

【報告】

など) を評価した。

(試験条件)

- ①耐熱試験：85±2℃ (1,000時間)
- ②温度サイクル試験：90±2℃ (10分間) →-40±3℃ (10分間) のサイクルを200サイクル
- ③温湿度サイクル試験：85±2℃かつ85±5%RH (10分間) →-40±3℃ (1時間) のサイクルを10サイクル
- ④耐湿試験：85±2℃かつ85±5%RH (1,000時間)

2.2 太陽光電熱パネルの電気信頼性試験

発電セルの電気信頼性を評価するため、電気出力、耐電圧、絶縁抵抗の各環境劣化加速試験を行った。試験条件はJIS C 8918 (結晶系太陽電池モジュール) を用いた。試験方法を以下に示す。

(試験方法)

- ①電気出力測定 (図3)：HIDランプ (150W) を用いて簡易の擬似太陽光光源を作製し、光照射時の太陽光電熱パネルの開放電圧、短絡電流をデジタルマルチメータ (株東洋テクニカ製KEITHLEY 2000型) で測定した。
- ②耐電圧試験：モジュールの出力端子を短絡し、同端子と接地端子間に耐電圧試験機 (菊水電子工業 株製TOS8700) を用いて1,100Vを1分間印加し、耐電圧特性を評価した。
- ③絶縁抵抗試験：モジュールの出力端子を短絡し、同端子と接地端子間に絶縁抵抗計 (菊水電子工業 株製TOS7100L) を用いて1,000V印加し、絶縁抵抗を評価した。



図3 出力測定

2.3 蓄熱槽内の貯湯フィルム検討

従来の蓄熱槽は貯湯タンクに水道管が直結されているため水道圧による2kPaの負荷が貯湯タンク内に直接かかる。また、耐久性や耐食性も考慮し、円筒型のステンレスタンクが用いられている。しかし、

円筒のタンクと四角のキャビネット間にデッドスペースが生じてしまうため、容積効率が悪く、設置場所に制約がある。

太陽光電熱パネルは小面積で大きな出力が得られることが特徴であり、その特徴を活かすためにもコンパクトで容積効率が高い蓄熱槽を開発する必要がある。そこで、本研究ではタンクに水道圧が直接かからない構造として、貯湯タンクの代わりに貯湯フィルムを用いた蓄熱槽を検討した。

貯湯フィルムに求められる性能として、耐久性が高いこと、環境劣化が小さいこと、コストが安いこと、入手しやすいこと等を検討し、5種類のフィルムにしぼり、試験・評価を行った。従来の蓄熱槽と貯湯フィルム式の蓄熱槽との違いを図4に示す。試験評価に用いたフィルムを表1に示す。

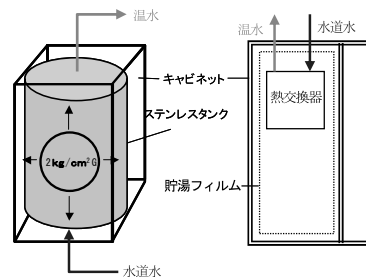


図4 蓄熱槽の構造比較 (左：ステンレスタンク型、右：貯湯フィルム型)

表1 貯湯フィルム検討材質

フィルム番号	層	材質	厚さ
A	1	LLDPE	100 μm
B	2	LDPE/LLDPE	50 μm
C	2	NY/LLDPE	60 μm
D	3	NY/Al/NY	95 μm
E	3	LLDPE/NY/LLDPE	80 μm

2.4 貯湯フィルムの耐久性試験

表1に示した貯湯フィルムにおいて環境劣化加速試験及び引張試験を行った。試験条件を以下に示す。

(試験条件)

- ①環境劣化加速試験：85℃かつ85%RHの高温多湿下と85℃のお湯に浸漬させた場合の2条件を行った。
- ②外観検査：環境劣化加速試験前、4週間後、8週間後、16週間後においてそれぞれフィルム外観の変化を目視検査した。
- ③引張試験：環境劣化加速試験前、4週間後、8週間後、16週間後においてそれぞれフィルムの引張

強度を万能材料試験機（㈱オリエンテック製UTM-500）で評価した。試験片形状は100×15の長方形である。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 太陽光電熱パネルの環境劣化加速試験

太陽光電熱パネルの環境劣化加速試験後の外観を図5に示す。耐湿試験後に吸熱管押さえの金属が剥がれてしまった。原因としては耐湿試験により長時間、高湿下におかれ周辺部から浸水が起こったと考えられる。このため、周辺部には浸水を防ぐための保護が必要であることがわかった。

#### 3.2 太陽光電熱パネルの電気信頼性試験



図5 環境試験後のパネル裏面の剥がれ

光照射時間とパネルの表面温度、パネルからの電圧、電流の出力の関係を図6に示す。光を照射し続けるとパネルの表面温度は上昇し、出力が下がり続けることがわかった。

次に、環境加速劣化加速試験の各試験後に測定したパネルの電圧、電流出力を図7に示す。測定に用いたパネルは耐熱試験、温度サイクル試験、温湿度サイクル試験、耐湿試験の順で行ったものである。パネルの温度による差が出ないように出力はパネルの表面温度が25℃の状態と比較した。結果より、環境劣化加速試験による発電セルの劣化はみられず、出力低下はなかった。

また、耐電圧試験、絶縁抵抗試験において環境劣化加速試験の前後において絶縁破壊は起こさず、基準値である200MΩ以上の絶縁抵抗があった。

これらの結果より、太陽光電熱パネルにおいて従来の太陽電池並みの電気信頼性があることがわかった。

#### 3.3 太陽光電熱パネルの改良

環境劣化加速試験により吸熱管押さえの金属が剥

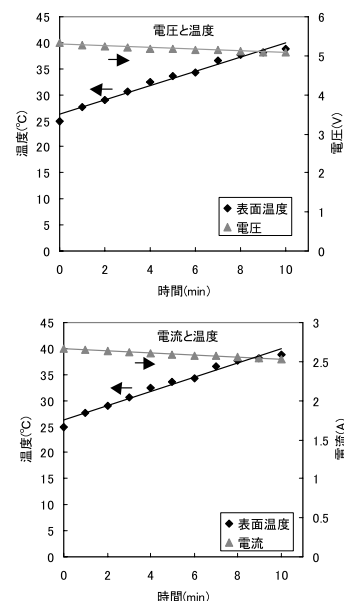


図6 パネル温度と電気出力の関係(上：電圧、下：電流)

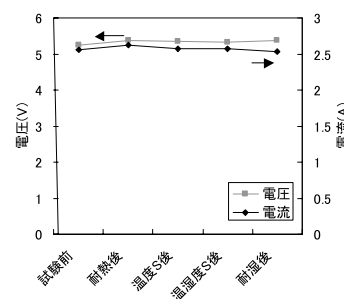


図7 電気出力変化

がれたため、パネルの改良を行った。吸熱管押さえの金属の反り返る力を軽減させるため、鋼板からアルミ板に変更した。また、吸熱管とより強固に接合させるため、吸熱管と吸熱管押さえの金属板とを機械加工により金属バンドで固定を行った。また、周辺部からの浸水を防ぐために、ゴム製のパッキンで周辺部を保護し、パッキンとパネルの隙間をシリコン系接着剤で充填させることで密着性を向上させた。改良後の太陽光電熱パネルの構造を図8に示す。

改良後の太陽光電熱パネルに対し、同様の環境劣化加速試験を行った。環境劣化加速試験後の吸熱管押さえの様子を図9に示す。図5と図9を比較すると、改良後のパネルでは試験後において吸熱管押さえの剥がれがないことがわかる。また、周辺部のパッキンをはがしてパッキンの内側の状態確認を行い、吸熱管押さえの剥がれがないことを確認できた。パッキン及び接着剤自体にも劣化は無く、パネルと吸熱管との接合において十分な保護ができ、耐久性が向上できたと考えられる。

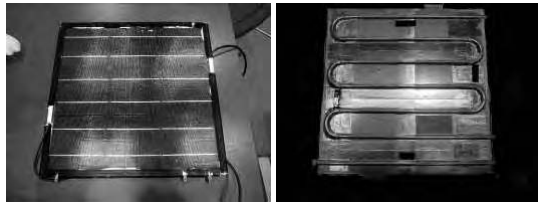


図8 改良後の太陽光電熱パネルモジュールの外観  
(左：表、右：裏)

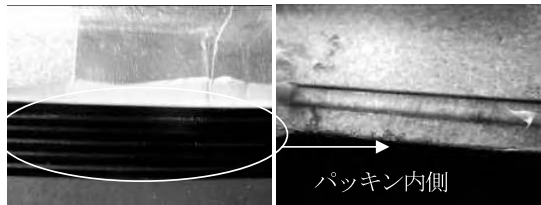


図9 環境劣化加速試験後の吸熱管押さえ

### 3.4 貯湯フィルムの耐久性試験

環境劣化加速試験前後において2層以上の多層フィルム全てにおいてフィルム間の剥がれが生じた。特に、浸漬条件下のフィルムCは劣化が早く4週目で1層目と2層目が剥がれていた。また、多層フィルムは各フィルム自体の劣化もはげしく、触れると簡単に崩れてしまった。多層フィルムでは高温多湿下や浸漬条件下では水がフィルム間に浸水してしまい、フィルムの接合強度が低下し、剥がれが生じたと考えられる。

また、全てのフィルムにおいて白く変色が見られたが、これは水のスケールの付着が原因と考えられる。環境劣化加速試験後の多層フィルムの剥がれを図10に示す。

次に、環境劣化加速試験の経過時間とフィルムの引張強度の変化を図11に示す。全てのフィルムにおいて高温多湿下、浸漬条件下の両方において引張強度の低下がみられた。この引張強度の低下は多層フィルム程、大きく、特にDフィルムにおいては環境劣化加速試験前においては最も引張強度が高かったが、16週間後には最も引張強度が小さくなった。

一方で、単層フィルムであるAフィルムは環境劣化加速試験前後で引張強度の低下が最も小さく、16週間後においては5種類のフィルムの中で最も高い引張強度であった。

これらの結果から、試験を行った5種類のフィルムにおいては単層で厚いAフィルムが強度の低下が小さく、貯湯フィルムに適していると考えられる。



図10 環境劣化加速試験後による多層フィルム  
(フィルムD) の剥がれ

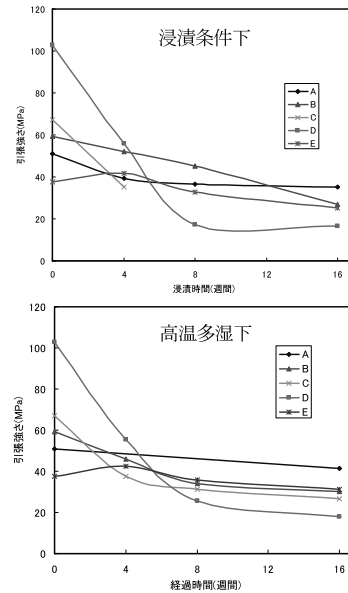


図11 環境劣化加速試験による各フィルムの引張強度変化  
(上：高温多湿条件下、下：浸漬条件下)

## 4. まとめ

太陽光電熱パネルの耐久性向上を検討し、パネルの周辺部を保護できる構造と発電部と熱回収部の接合強度の向上により、太陽光電熱パネルの環境負荷に対する耐久性を向上させることができた。また、パネルが回収した熱を効率良く利用できる蓄熱槽については貯湯フィルムを用いた構造を検討し、適当なフィルム材を選定することができた。

太陽光電熱パネルの出力特性は現在、発電によるエネルギー変換効率が13%程度、熱回収によるエネルギー変換効率が40%程度であり、発電のみを行う太陽電池に比べて小面積で大きなエネルギーを得ることができるという利点がある。

現在、共同研究企業である(株)GF技研より展示会発表やテスト販売が行われており、実用化に向けて動き出している。