

PVモジュールリサイクルにおける

o - ジクロロベンゼン法の検討

学生員 鰐田 洋章 (東京農工大学) 正員 津田 泉 (新エネルギー・産業技術総合開発機構)
正員 村田 晃伸 (電子技術総合研究所) 正員 作田 宏一 (電子技術総合研究所)
正員 黒川 浩助 (東京農工大学)

Experimental Investigation of o-dichlorobenzene Method for PV Module Recycling

Hiroaki Unagida ,Student Member(Tokyo Univ. of Agri. & Tech.) Izumi Tsuda ,Member(NEDO)

Akinobu Murata ,Member (Electrotechnical Laboratory)

Koichi Sakuta ,Member (Electrotechnical Laboratory)

Kosuke Kurokawa ,Member (Tokyo Univ. of Agri. & Tech.)

1. はじめに

太陽光発電システムは、現在、太陽電池モジュールの低コスト化などによって実用化段階に近づきつつある。これによって太陽電池モジュールは大量普及をする可能性があり、その結果、廃棄物問題が生じる。太陽電池モジュールは複合材料であり、その耐用年数は一般的に 20 年から 30 年と言われているが、その原因として、EVA (エチレン酢酸ビニル) の黄ばみからの透過率の減少や熱応力によるセル間の導線破断などが考えられ、太陽電池セルそのものの性能劣化が原因ではない。セルは製造工程においてエネルギー消費が膨大であるため、太陽電池を回収することによる資源の有効利用という考えも出てくる。このようなことから、太陽電池モジュールのリサイクル技術は重要なテーマとなってくる。

図 1 は最も一般的な結晶系シリコン太陽電池モジュールの構造である。スーパーストレート方式を表している。表面は強化ガラスが使用され、結晶シリコン太陽電池を EVA でラミネートしている。ライフサイクル分析[1]により結晶系太陽電池セルの再利用価値が十分大きいことが示され、またセルの最終工程である電極取付け工程が 200 程度であり、EVA の熱処理によるセルの封入工程が 150 程度であるので、常温から 200 領域での EVA 除去プロセスが望ましい。

現在リサイクル技術として、硝酸法[2]や熱分解法[3]、流動床式燃焼法[4]が報告されている。硝酸法はセルの酸化膜まで除去するため、P - N 接合状態での回収となる。この方法は NOx 発生の可能性がある。熱分解法は比較的セルに近い状態で回収できるが、高温プロセスのため、鉛等の拡散によりセルの性能劣化

が生じる。流動床式燃焼法には、SiO₂ の純度を考えて石英が使われているが、この石英が太陽電池表面を削り取るため、これも P - N 接合状態での回収となる。さらに、この方法も NOx 発生の可能性がある。

我々は、セルにダメージを与えない方法として、比較的低温で処理の可能な加熱有機溶媒 (トリクロロエチレン) 法[5][6]を検討してきた。今回、環境面により望ましい溶媒として o - ジクロロベンゼンを用いる方法について実験的検討を行い、良好な結果を得たので報告する。

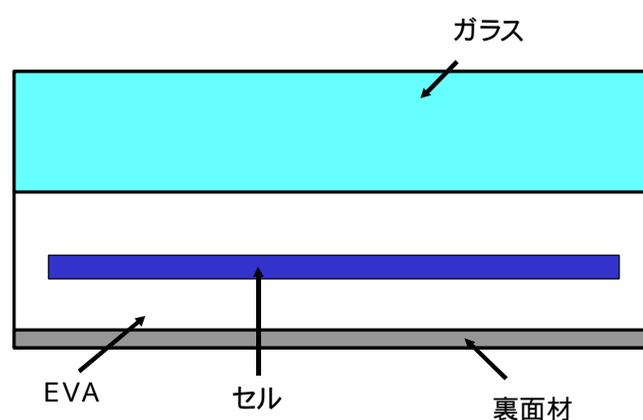


図 1 太陽電池モジュールの断面図

Fig.1. Ordinary PV module

2. 実験方法

< 2・1 > 試料の作成 実験は EVA をアルミ板ではさんだダミーモジュール、ならびに太陽電池セルを封入したワンセルモジュールを作成しておこなった。ダミーモジュールの構造は、アルミ板 (15mm x 30mm, 2mm 厚) / EVA (0.6mm 厚) / EVA (0.6mm 厚) / アルミ板 (15mm x 30mm, 2mm 厚) のサン

ドウィッチ構造で、試験管サイズでの取り扱いが可能である。ワンセルモジュールの構造は、図1のようなもので、並板ガラス(125mm 角 3mm 厚) / EVA (0.6mm 厚) / 多結晶シリコンセル(大同ほくさん(株)製 100mm 角) / EVA (0.6mm 厚) / アルミ箔のサンドウィッチ構造である。セルへの影響を調べるため、実物の太陽電池セルを使用した。

< 2・2 > 実験手順 実験はまず、ダミーモジュールとo-ジクロロベンゼン(約 10ml)を試験管に入れ、オイルバス(井内盛栄堂製 OB-200S)を160に設定して24時間加熱をした仮実験を行った。その後、2つのワンセルモジュールを用いて本実験を行った。ステンレスのバット(20cm x 15cm x 2cm)にワンセルモジュールとo-ジクロロベンゼン(約 300ml)を入れた。一つは膨潤によるセルの破壊を防ぐために、ワンセルモジュールの裏面にガラス板をあて、4ヶ所ダブルクリップで止めて機械的な加圧を加えたものを、もう一つは何もあてないものを用意した。アルミホイールとアルミテープでふたをして、ホットプレートで1週間加熱をした。160 加熱1週間で全てのo-ジクロロベンゼンが揮発したので、今回温度は120に設定した。120 加熱の後、超音波振動(28kHz)を行い、再びo-ジクロロベンゼンにつけて120 加熱をし、これを繰り返した。

3. 実験結果

< 3・1 > 仮実験 ダミーモジュールを用いた実験において24時間後、2つのアルミ板が分離しているのが目視で確認できた。EVAが溶融したものと考えられる。

< 3・2 > セル回収実験 2つのワンセルモジュール実験において、裏面にガラス板をあてたものは1週間後にセルが破損していることが目視で確認できた。これはトリクロロエチレン法[6]の時と異なり、EVAを脆くする度合いがトリクロロエチレンより大きいため、上下方向に力が働き過ぎたためセルが破損したと思われる。

また、何もあてないサンプルは、1週間後に裏面材のアルミ箔がとれ、次の超音波振動とo-ジクロロベンゼン加熱により、セルがガラス板から分離した。その後、超音波振動 常温放置(冷却) o-ジクロロベンゼン加熱のサイクルを数回繰り返すことにより、セルの表面にこびり付いていたEVAが、ほぼきれいに除去できたことが目視で確認した。

4. おわりに

o-ジクロロベンゼンを加熱状態で作用させること、また途中に超音波振動を加えることにより、セルを破損することなく回収することに成功した。トリクロロエチレンにかわるリサイクル手法として、期待できると思われる。

今後の課題として、この手法による太陽電池特性への影響を調べるために、I-V特性を調べる必要がある。また、温度条件などを変えて実用性があるか調べる必要がある。さらに、溶媒としてコスト面などからo-ジクロロベンゼンにかわる溶媒の可能性を検討する必要もある。

最後に、EVAおよび太陽電池セルを供給していただいた大同ほくさん(株)の方々、ならびに本研究の機会を与えていただいた神本正行電子技術総合研究所エネルギー部長に深く感謝する。

文献

- [1] K.Sakuta et al, "Module Recycling for Saving Resources and Manufacturing Cost", Technical Digest of the International PVSEC-9, pp.205-206, Miyazaki, 1996
- [2] T.M.Bruton, et al, "Re-cycling of High Value, High Energy Content Components of Silicon PV Modules", Proceedings of the 12th EC Photovoltaic Solar Energy Conference, pp.303-304, Amsterdam, 1994
- [3] J.R.Bohland, et al, "Possibility of Recycling Silicon Modules", 26th IEEE PV Specialist Conference, Anaheim, 1997
- [4] L.Frisson, et al, "Cost Effective Recycling of PV Modules and The Impact on Environment, Life Cycle, Energy Payback Time and Cost" WCPEC-2, Vienna, 1998
- [5] 津田、他、「PVモジュールリサイクルにおける有機溶媒法の予備的検討」平成10年電気学会電力・エネルギー部門大会
- [6] 鰐田、他、「PVモジュールリサイクルの実験的検討(2)」平成10年度日本太陽エネルギー学会・日本風力エネルギー協会合同研究発表会