

## 信頼性の高い太陽電池モジュール用シリコン封止材

— 過酷な環境でも長期間使用できる太陽電池用部材を目指して —

平成 27 年 6 月 22 日

国立研究開発法人 産業技術総合研究所  
信越化学工業株式会社

### ■ ポイント ■

- ・ 耐久性に優れると共に、PID 現象による出力低下を抑制するシリコン封止材を開発
- ・ シート状であるため、一般的な太陽電池モジュール製造設備で使用可能
- ・ 厳しい環境での高効率太陽光発電システムの導入拡大や、その長期信頼性向上に期待

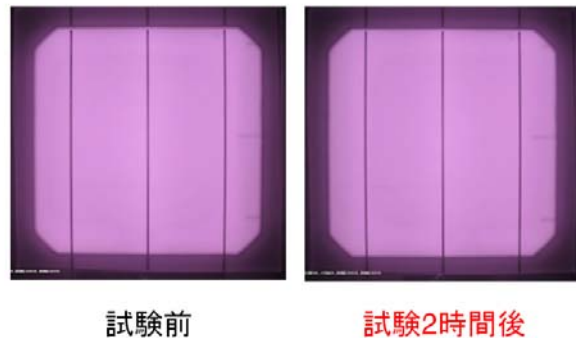
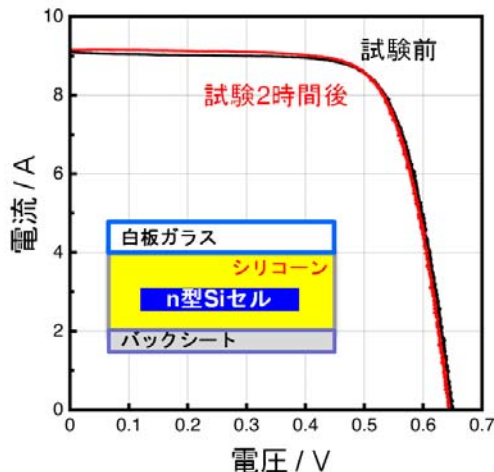
### ■ 概要 ■

国立研究開発法人 産業技術総合研究所【理事長 中鉢 良治】（以下「産総研」という）太陽光発電研究センター【研究センター長 松原 浩司】モジュール信頼性チーム【研究チーム長 増田 淳】原 浩二郎 研究チーム付らは、信越化学工業株式会社【代表取締役 森 俊三】（以下「信越化学」という）と共に、信越化学が開発した太陽電池モジュール用のシリコン封止材を用いた太陽電池モジュールの評価試験を行った。

産総研九州センター（佐賀県鳥栖市）に設置された環境試験機や測定装置を用いて、開発された新規シリコン封止材を用いた太陽電池モジュールの高温高湿試験と温度サイクル試験を行ったところ、このモジュールは優れた耐久性を示した。また、この封止材を用いた単結晶 n 型シリコン太陽電池モジュールの評価試験を行ったところ、Potential-induced degradation (PID) 現象による出力低下を抑制する効果が確認された。この封止材は、従来のシリコンとは異なりシート状であり、太陽電池モジュールの製造工程に使用される一般的な設備で使用できる。今後、単結晶 n 型シリコン太陽電池モジュールをはじめ、厳しい環境下での太陽光発電システムの導入拡大や長期信頼性向上への貢献が期待される。

なお、詳細は、2015 年 6 月 23、24 日につくば国際会議場（茨城県つくば市）で開催される AIST 太陽光発電研究成果報告会 2015 にて発表される。

は別紙【用語の説明】参照



開発したシリコン封止材を用いた単結晶 n 型シリコン太陽電池モジュールの PID 試験前後の電気特性（左）とエレクトロルミネセンス（EL）画像（右）

## ■ 開発の社会的背景 ■

太陽光発電システムは、メガソーラーなどの大規模発電や 50 kW 未満の小規模発電、住宅用システムなど、様々な規模・形態での導入が拡大している。また近年では、太陽光発電システムを海上や沿岸部などに設置するケースもあり、従来よりも厳しい環境下での信頼性が求められている。

また、太陽電池セルの発電効率競争に伴い単結晶 n 型シリコンセルを用いた高効率太陽電池モジュールの導入が、住宅用システムを中心に増えているため、モジュールに高電圧がかかって出力が大幅に低下してしまう PID 現象への耐性を評価する必要性が増している。

## ■ 研究の経緯 ■

産総研では、太陽電池モジュールの劣化メカニズムの解明や、長期信頼性に優れた太陽電池モジュール用の各種材料の開発を目的に、2009 年 10 月に高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアムを設立し、民間企業などと連携して 2014 年 3 月まで研究開発を行った。

信越化学は、2012 年 1 月～2014 年 3 月に同コンソーシアムに参画し、シリコン封止材の研究開発を行ってきた。また両者は 2014 年 4 月～2015 年 4 月、産総研九州センターの設備を用いてシリコン封止材を使用した実用サイズの太陽電池モジュールを作製し、信頼性を評価した。更に PID 試験 (AIST 法)により、シリコン封止材を用いた単結晶 n 型シリコン太陽電池モジュールの PID 耐性を評価した。

## ■ 研究の内容 ■

太陽電池モジュールには、封止材に信越化学が開発したシリコン封止材を使用し、太陽電池セルなど、封止材以外の部材は同コンソーシアムの標準部材を使用した。多結晶 p 型シリコン太陽電池セルを直列に 42 枚接続し、真空加熱ラミネーターを使ってシート状のシリコン封止材を用いた実用サイズの太陽電池モジュールを作製した。太陽電池モジュールの構造模式図を図 1 に示す。

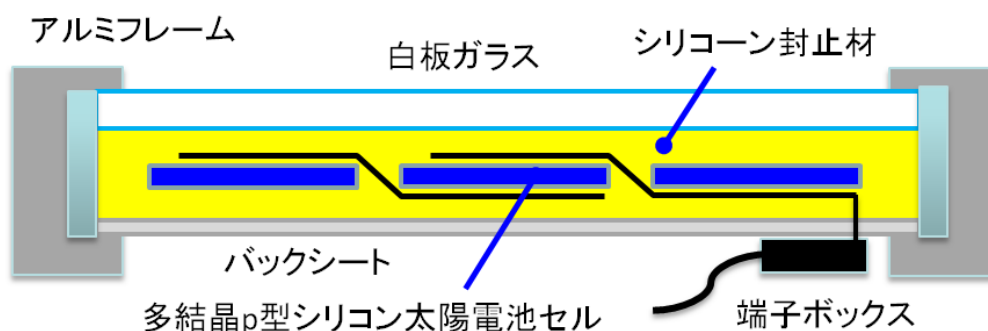


図 1 太陽電池モジュールの構造模式図

この太陽電池モジュールについて、温度 85 °C、湿度 85 %の条件下に曝露して耐久性、信頼性を評価する高温高湿試験と、温度を-40 °Cから 85 °Cの昇温、85 °Cから-40 °Cの降温のサイクルを 1 サイクルとして耐久性、信頼性を評価する温度サイクル試験を行った。高温高湿試験 3000 時間までの出力推移と試験 3000 時間後の EL 画像を図 2 に示す。また、温度サイクル試験の出力推移と試験 600 サイクル後の EL 画像を図 3 に示す。

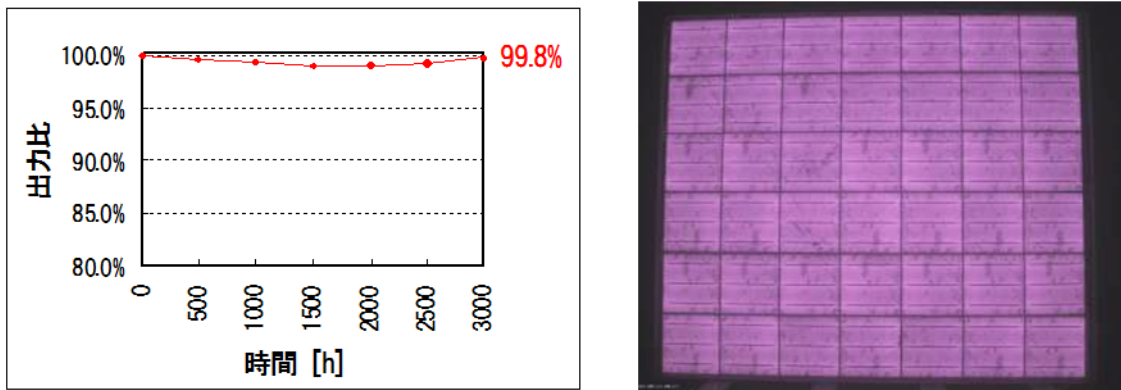


図2 高温高湿試験 3000 時間までの出力推移 (左) と試験 3000 時間後の EL 画像 (右)

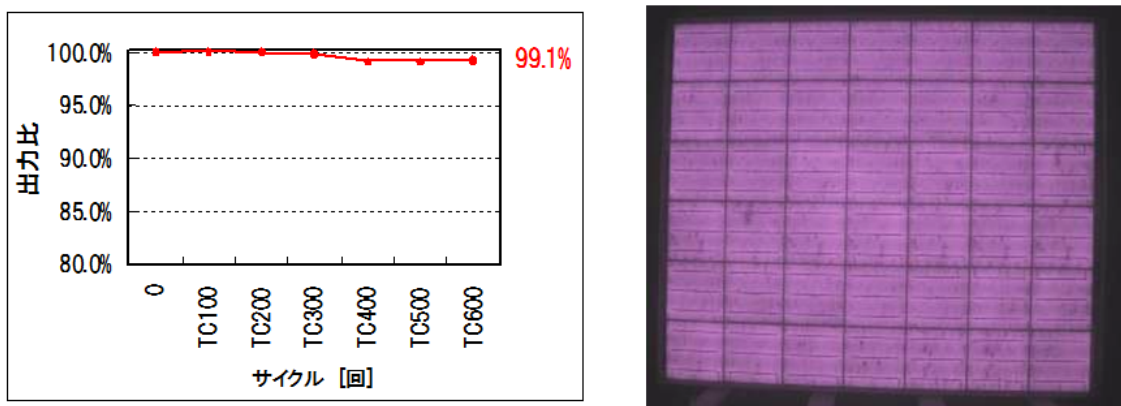


図3 温度サイクル試験 600 サイクルまでの出力推移 (左) と試験 600 サイクル後の EL 画像 (右)

高温高湿試験では、3000 時間後に出力比 99.8 % (図 2)、温度サイクル試験では、600 サイクル後に出力比 99.1 %であった (図 3)。また、EL 画像では、試験前から見られるセル起因の微小な暗部を除き、試験による劣化の進行に伴う新たな暗部の発生は観測されなかった。太陽電池モジュールの認証試験の合格基準は、高温高湿試験 1000 時間後、温度サイクル試験 200 サイクル後のいずれにおいても、初期出力の 95 %以上を維持することと定められている。これらの試験結果により、シリコン封止材を用いた太陽電池モジュールは信頼性に優れていることが確認された。

また、シリコン封止材と産総研で標準的に使用する単結晶 n 型シリコン太陽電池セルを用いて太陽電池モジュール (シリコン封止モジュール) を作製し、PID 試験を行った。評価した単結晶 n 型シリコン太陽電池モジュールの外観写真を図 4 に示す。

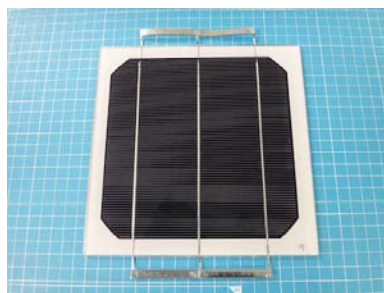


図4 PID 試験用太陽電池モジュールの外観

試験結果を比較するために、封止材として一般的に用いられている EVA を用いた単結晶 n 型シリコン太陽電池モジュール（EVA 封止モジュール）も作製した。PID 試験（AIST 法）は、85 °C の温度において、モジュールのガラス表面の全面に設置したアルミ板に対してセルに-1000 V の電圧を 2 時間かけて行い、試験前後の太陽電池モジュールの出力変化を評価した。シリコン封止モジュール、ならびに EVA 封止モジュールの PID 試験前後の電気特性と EL 画像の比較を、それぞれ図 5 と図 6 に示す。

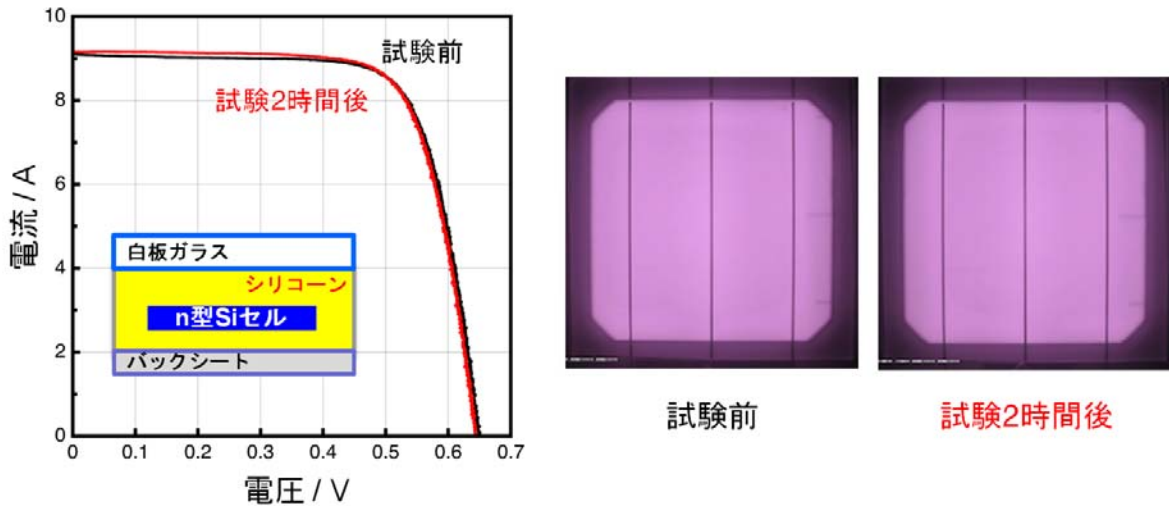


図 5 シリコン封止モジュールの PID 試験前後の電気特性（左）と EL 画像（右）

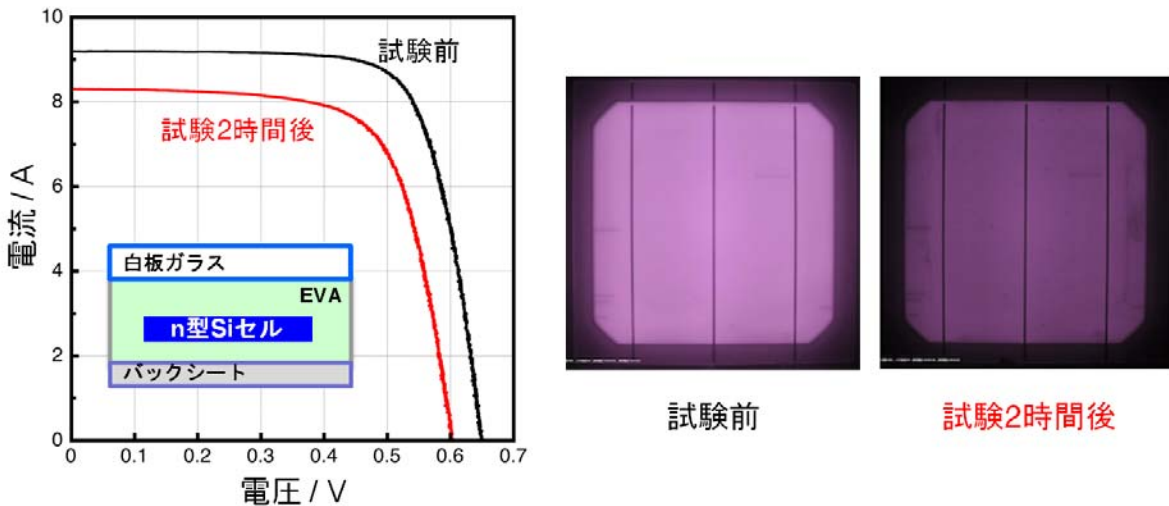


図 6 EVA 封止モジュールの PID 試験前後の電気特性（左）と EL 画像（右）

シリコン封止モジュールは、PID 試験前後で電気特性は変わらず、EL 画像でも変化が見られなかった（図 5）。一方、EVA 封止モジュールでは、PID 試験前後で電気特性に出力低下がみられ、EL 画像でも輝度が低下することが確認された（図 6）。このように、シリコン封止材は、今回用いた n 型シリコン太陽電池において、高い PID 耐性を示すことがわかった。ただし、シリコン太陽電池はセルの種類や構造により PID 耐性の有無や劣化メカニズムが異なることから、今後、より詳細な評価が必要である。

---

**■ 今後の予定 ■**

シリコン封止材シート量産化の促進、n型シリコン太陽電池モジュールのPID現象発生メカニズムとシリコン封止材による抑制メカニズムの解明を行う。

**■ 本件問い合わせ先 ■**

国立研究開発法人 産業技術総合研究所

九州産学官連携センター

原 浩二郎                   〒841-0052 佐賀県鳥栖市宿町 807-1  
TEL : 0942-81-3675   FAX : 0942-81-3677  
E-mail : k-hara@aist.go.jp

太陽光発電研究センター   モジュール信頼性チーム

増田 淳                   〒305-8568 茨城県つくば市梅園 1-1-1  
TEL : 029-861-0532   FAX : 029-861-5289  
E-mail : atsushi-masuda@aist.go.jp

信越化学工業株式会社

シリコン電子材料技術研究所

大和田 寛人               〒379-0224 群馬県安中市松井田町人見 1-10  
TEL : 027-384-5330   FAX : 027-384-5307  
E-mail : hiroto-oowada@shinetsu.jp

---

---

**【産総研 再生可能エネルギー取材に関する窓口】**

国立研究開発法人 産業技術総合研究所 福島再生可能エネルギー研究所  
福島連携調整室 谷川原 久明、池西 淳  
〒963-0298 福島県郡山市待池台 2-2-9  
TEL : 024-963-0813   FAX : 024-963-0824   E-mail : frea-contact-ml@aist.go.jp

**【信越化学 取材に関する窓口】**

信越化学工業株式会社  
広報部 小石川 哲也、花岡 博文  
〒100-0004 東京都千代田区大手町 2-6-1  
TEL : 03-3246-5091   FAX : 03-3246-5096   E-mail : sec-pr@shinetsu.jp



## 【用語の説明】

### ◆太陽電池モジュール

太陽電池のセルを、ガラス基板や封止材とパッケージングしアルミフレームなどを取り付けたもの。屋外に設置する場合には、高い出力を得るためにセルを複数枚接続した大面積の太陽電池モジュールを用いる。

### ◆シリコーン

無機のシロキサン結合を主骨格に持ち、側鎖に有機基がつながった構造をしている高分子化合物。化学的に安定で、放熱材料、LED 材料、化粧品材料など、幅広く用いられる。

### ◆単結晶 n 型シリコン太陽電池

結晶シリコン太陽電池の一種で、n 型単結晶のシリコンウエハーを用いる。現在は、p 型単結晶や p 型多結晶のシリコンウエハーを用いた太陽電池が多く使用されているが、近年、太陽電池セルの高効率化に伴い、初期時の光照射による性能低下が小さく高品質な単結晶 n 型シリコン太陽電池セルの比率が増える傾向にある。

### ◆Potential-induced degradation (PID) 現象

特定の条件下において、太陽電池モジュールに高電圧がかかり、出力が大幅に低下する現象。モジュールやシステムの構成部材の種類、高温、高湿、モジュール表面での水の存在、システム電圧などの条件が影響していると考えられている。

### ◆エレクトロルミネセンス (EL)

ここでは、シリコン太陽電池モジュールに外部から電流を流し、シリコン太陽電池からの発光を観測することにより、劣化を評価する技術を指す。

### ◆メガソーラー

出力が 1000 kW (1 MW) 以上の太陽光発電システム。原子力発電所や火力発電所と対比させて、太陽光発電所とも呼ばれる。一般家庭で用いられる住宅用システムの出力は、一般的に 3~4 kW である。

### ◆高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム

2009 年 10 月 1 日から 2014 年 3 月 31 日まで、屋外曝露太陽電池モジュールの劣化メカニズムの解明、新規の高信頼性部材やモジュールの開発、新規の信頼性評価方法の開発等を目的として 80 を超える民間企業や大学等が参画した産学官共同研究体制。

### ◆PID 試験 (AIST 法)

実験室で模擬的に PID 現象を発生させるための試験。結晶シリコン太陽電池モジュールのガラス表面の全面にアルミ板を設置、固定し、アルミ板と結晶シリコン太陽電池を接続して高電圧をかける。

---

**◆真空加熱ラミネーター**

太陽電池モジュールを構成する部材を積層させた状態で、真空、高温下でプレスして、空気を除去して圧着・熱溶着する装置。

**◆認証試験**

太陽電池モジュールに対して、性能、信頼性、安全性を確保するために、定められた手法によって実施される試験。

**◆EVA**

エチレンと酢酸ビニルの共重合体。一般的に、シリコンセルの保護、ガラスやバックシートとの密着などの目的でシート状のものが太陽電池モジュールの封止材として用いられる。