

太陽電池封止シート用新規材料の開発

住友化学株式会社 石油化学品研究所
余 田 宏 章

はじめに

1. 太陽電池市場

風力発電や太陽電池等に代表される自然エネルギーの活用は世界中で急速に拡大している。世界の自然エネルギーへの投資額は、2004年の400億ドルから2012年に2440億ドルに成長している¹⁾。中でも太陽光発電は高い成長率を示しており、世界での年間新規導入量は2007年の1GWから2012年には30GWとなった。2018年には50GW程度に達すると見込まれている²⁾。各国での太陽光発電の固定価格買い取り制度の導入により、メガソーラー（大規模発電所）の建設が相次ぎ、ドイツや米国では2010年の時点で、その割合が60%以上であり³⁾、重要な電力源となっている。

2. 太陽電池封止シートとは

一般的な太陽電池パネルは、主に表面保護材（ガラス）、発電セル、封止シート、バックシートから構成され、これらのうち、封止シートは、セルの接着およびセルの保護・固定化を担う重要な部材であり、高い透明性や柔軟性、耐熱性が求められる（Fig. 1）。また、太陽電池パネルは一般的に20年以上使用することが想定されており、封止シートには長期耐久性が要求される。

封止シートに用いる材料の検討は古くから進められており、1970年代初期から低コスト化、長寿命化の検討が行われている。その結果、性能とコストの balan

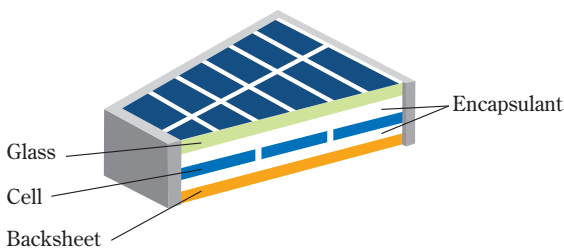


Fig. 1 Schematic diagram of photovoltaic panel

スに優れた材料としてエチレン酢酸ビニル共重合体（EVA）が見いだされ⁴⁾、今日に至るまで40年以上にわたって本用途で使用され続けている。当社グループでは、封止シート用原料としてEVA（商品名「スミテート®」「コスモセン®」）を長年販売しており、本用途において世界で高いシェアを有している。

3. PID現象について

メガソーラー発電所の建設が相次いで以降、短期間で大幅に出力が低下する現象が顕在化してきた。本現象は、PID現象（Potential Induced Degradation）と呼ばれる。

メガソーラー発電所では、一般的に、Fig. 2のように直列にモジュールが連結されており、パネルにかかる電圧は1000Vに達する場合がある。PID現象は、セル内部とパネル外部との間に生じた電位差によりガラス中のナトリウムイオンが封止材へ拡散し、さらにセル表面もしくはセル内部へ移動し、電子の流れを阻害するため発生すると考えられている⁵⁾。

2012年にFraunhofer Center for Silicon Photovoltaics（CSP）にて各国で製造されたパネルのPID試験を実施した結果が発表されたが⁶⁾、試験後出力を維持したものは13社中4社であり、9社で出力低下が起き、最も出力低下の激しいパネルでは初期値の5%以下であった。本発表をきっかけに、PID現象が世界的に注目を集めることとなった。

太陽電池の出力は発電収入に直結するため、PID現象は世界的に問題となり対策が求められている。

PID抑制性能に優れた新規材料の開発

1. 材料開発の考え方

PID現象を抑制する方法としては、原因であるガラス中のナトリウムイオンを取り除くことや、発電セルの反射防止膜の変更等、封止シート以外の部材でも検討されている。しかしながら、大幅なコストアップや、

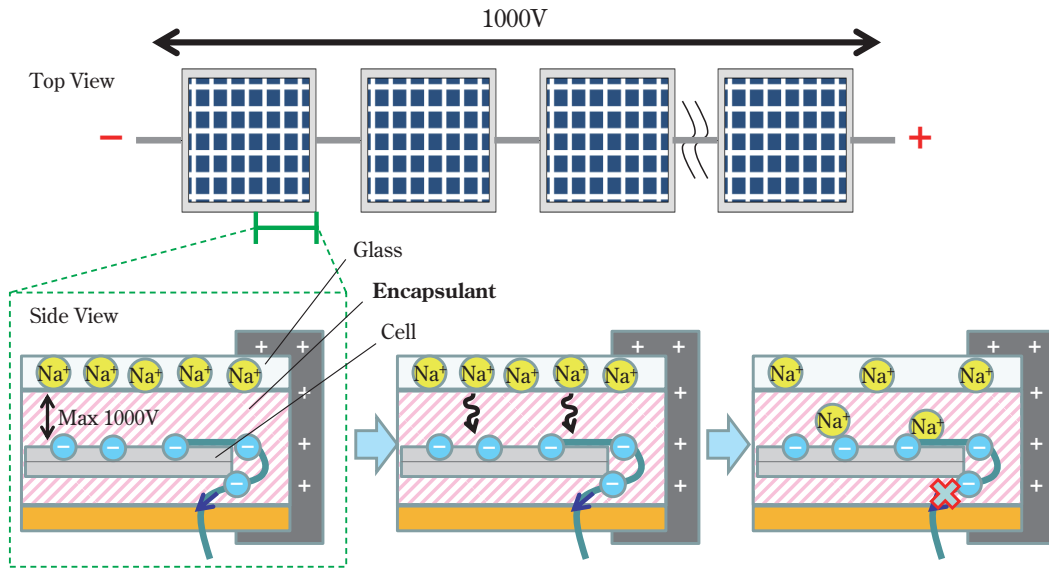


Fig. 2 Schematic view of PID mechanism

太陽電池パネルの変換効率の低下が起こるなど課題が多い状況である。当社は、大幅なコストアップなくかつパネルの変換効率を落とさずにPID現象を抑制することを目的として材料開発に取り組んだ。PID現象の抑制方法としては、PID現象の原因とされているナトリウムイオンの移動を抑制することに着目した。

今回、当社が開発したスミテート®新規グレード（以降、開発品）は、当社独自技術により、太陽電池封止シートに求められる透明性や柔軟性を損なうことなくPID抑制性能を高めた製品となっている。

以下、開発品の性能について紹介する。

2. PID性評価

PID現象の促進試験としては、発電セルとパネルのフレームに電圧をかける方法が用いられる。当社では、太陽電池封止シートに一般的に添加される添加剤を配合し、第三者機関にて、電圧1000V、温度60℃、湿度85%、パネルガラス表面に水を張った過酷な条件での96時間の促進試験を実施した（Fig. 3）。

Table 1に、従来グレードと開発品のPID試験前後のセルのEL発光画像とモジュール出力保持率を示す。従来品がPID試験後に、出力保持率が6%まで低下し、EL発光がほぼなくなるのに対して、開発品を用いることで出力保持率が97%となり、PID試験時の出力保持率を大幅に向上することが確認された（Table 1）。

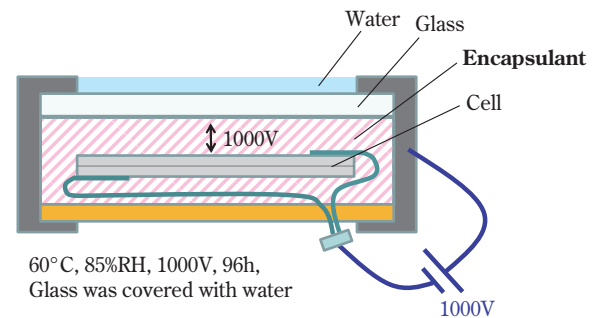


Fig. 3 PID test condition

Table 1 PID test results

Sample	EL image before and after PID test	
	0h	96h
Conventional Grade		
Relative power output after PID test, %	100	6
New Grade		
Relative power output after PID test, %	100	97

Sheets containing same encapsulant additives

PID試験の規格については、種々の議論がなされている状況であり統一的な規格は確定していないが、上記条件は、国際標準規格IECの暫定規格（審議中）よりも厳しい条件であり、当社新規グレードは、太陽電池パネルのPID現象の抑制において、お客様の要望に十分応えられ得るものであると考えている。

3. 新規材料の特性評価

開発品の基本特性に関しては、これまで長年使用されてきた実績のある従来グレードと同等の性能を確保している（Table 2）。発電セルは脆く割れやすいため、パネル製造時に封止材がクッションの役目を果たす必要がある。そのクッション性の指標の一つがショア硬度であるが、開発品は従来グレードと同等の値となっている。また、シートの加工性の観点で重要な因子であるMFRや融点についても、従来グレードと同等を維持した。

Table 2 Physical properties

	Grade	Conventional Grade	New Grade
MFR	g/10min	20	20
VA	wt%	28	28
Tensile strength at break	MPa	9	9
Elongation at break	%	880	870
Shore Hardness Gauge	D scale	27	26
Melting Point	°C	67	65

(Measured Value)

4. シート性能評価

開発品の封止シートとしての性能は、従来グレード比で透明性・架橋性等であり、同一添加剤配合において、基本電気特性として重要な体積固有抵抗値が向上したものとなっている（Table 3）。封止シートはセル上面に用いられることから、その透明性が太陽電池パネルの発電量に直結する。開発品は、本用途で使用実績のある従来グレードと同等の透明性を維持することが出来た。

PID現象を抑制するためには、EVAのVA含量低減やポリオレフィンエラストマーの使用が有用と考えられているが、透明性や柔軟性が損なわれる場合がある。開発品は、従来と同等の透明性および柔軟性を有しており、本用途に適した材料となっている。

Table 3 Encapsulant sheet properties

	Grade	Conventional Grade	New Grade
Light Transmittance	%	92.3	92.3
Volume Resistivity	$\Omega \cdot \text{cm}$	1E+14	3E+15
Gel Fraction (Crosslinking Efficiency)	%	93	92

Sheets containing same encapsulant additives (Measured Value)

Light Transmittance: Average Light Transmission Rate between 400-1200nm measured by UV-vis spectrometer (500 μm)

Gel Fraction (Insoluble Fraction): EVA was cured for 20min at 150°C. Then cured EVA was extracted with Xylene.

5. 太陽電池パネルの長期安定性評価

太陽電池パネルの寿命は一般的に20年以上必要とされており、その検証のため太陽電池パネルの耐久性試験が実施されるが、そのうち特に代表的なものがダンブヒート試験（85°C, 85%RH）である。IECの規格では、1000h後に出力保持率が95%を維持することが基準となっている⁷⁾が、多くのパネルメーカーでより長期間の試験を実施して性能を確認している。

開発品に関して、必要な各種添加剤を配合し小型パネルを作製、長期試験を実施した。その結果、開発品および従来グレードいずれもダンブヒート試験3000h後において出力保持率が95%を維持していることを確認した（Table 4）。

Table 4 Damp heat test (DHT) of PV panels (85°C, 85%RH)

	Grade	Conventional Grade	New Grade
Power Output Retention	1000h	98	99
after DHT, %	3000h	97	97

Sheets containing same encapsulant additives (Measured Value)

おわりに

開発品は、太陽電池封止シートに求められる透明性や柔軟性を損なうことなくPID抑制性能を付与したものとされており、特に高電圧で使用されるメガソーラー向けに効果を発揮するものである。

一方、最近ではより長期にわたる耐久性向上が求められるようになり、非EVA系材料にも注目が集まって

いる。当社独自材料である「アクリフト®」(EMMA)は、EVAよりも長期耐久性に優れており、ハイエンド用途へ展開を進めている。封止シート用原料として、既存のEVAおよび非EVA材料のアクリフト®に加え、今回開発したスミテート®新規グレードをラインナップすることにより、多様化するお客様のニーズに幅広く応えて行く。当該事業を通じて、地球環境負荷の低減や次世代クリーンエネルギーの普及などに寄与することで、持続可能な社会発展に貢献していきたいと考えている。

引用文献

- 1) “自然エネルギー白書 2014”, 環境エネルギー政策研究所 (2014).
- 2) “Global Market Outlook for Photovoltaics 2014-2018”, European Photovoltaic Industry Association (2014).
- 3) 亀田 正明, 建設の施工企画, 2012年4月号 (No.746), 60 (2012).
- 4) E. Cuddihy, C. Coulbert, A. Gupta and R. Liang, “Electricity from photovoltaic solar cells, Flat-Plate Solar Array Project Final Report, Volume VII: Module Encapsulation (JPL Publication 86-31)”, Jet Propulsion Laboratory (California Institute of Technology Pasadena, California) (1986).
- 5) 上野 清志, 三科 健, “第Ⅱ期 高信頼性太陽電池モジュール開発・評価コンソーシアム 最終成果報告書”, (独)産業技術総合研究所 太陽光発電工学研究センター (2014), p.255.
- 6) Fraunhofer Center for Silicon Photovoltaics CSP, “Fraunhofer CSP presents results of potential induced degradation (PID)” (2012), <http://www.en.csp.fraunhofer.de/press-and-events/details/id/857/> (参照 2015/4/24).
- 7) IEC 61215-10-13: 2005, “Crystalline silicon terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval, Test procedures, Damp-heat test”.