

屋外曝露試験と屋内加速試験において共通して発現する c-Si PV モジュールの電極腐食由来インピーダンス変化

Common Indicator(s) on the Degradation in c-Si PV Modules under Field- and Indoor-Tests

産総研 ○棚橋 紀悟、坂本 憲彦、柴田 肇、増田 淳

AIST ○Tadanori Tanahashi, Norihiko Sakamoto, Hajime Shibata, and Atsushi Masuda

E-mail: tadanori.tanahashi@aist.go.jp

1. はじめに

結晶シリコン太陽電池 (c-Si PV) モジュールでは、長期屋外曝露において、湿熱ストレスによる表面電極の腐食に起因する経年劣化が生じることが知られている。我々は、PV セルを酢酸蒸気に曝露した際に発現する交流インピーダンス成分が、表面電極-シリコン界面を起源とすることを見出した [1]。また、2 種の屋内加速試験において、この交流インピーダンス成分の増大などが出力低下と関連することを明らかにしてきた [2]。今回は、長期間にわたり屋外曝露されてきた c-Si PV モジュールを解析し、屋内加速試験 (高温高湿試験) における交流インピーダンス成分の特性変化と共通する変化動態を見出したので、両試験環境において共通する劣化メカニズムを推定した。

2. 実験方法

1994 年から約 21 年間にわたり PV 発電システムの一部として利用されてきた c-Si PV モジュールを対象モジュールとした。当該モジュールを構成する PV セルを電氣的に分離し、これらの発電特性・AC インピーダンス特性などを測定した。

3. 実験結果および考察

屋内加速試験 (PV モジュール高温高湿試験・PV セル酢酸蒸気曝露試験) において、新たな交流インピーダンス成分 (Z_3) が表面電極-シリコン界面に発現するとともに (Fig. 1)、それを構成する容量成分 (C_3) が、重畳した直流電圧により指数関数的に変化することを報告してきた [1]。長期屋外曝露した PV モジュールを構成する個別 PV セルの交流インピーダンス特性を解析したところ、発電特性が大きく劣化している PV セルにおいて、屋内加速試験で得られた Z_3 成分の変化と類似した特性変化を見出すことができた。すなわち、表面電極の腐食に由来する Z_3 成分の発現が、屋外曝露 PV モジュール (内の PV セル) において確認できるとともに、 C_3 成分の直流電圧依存性についても、屋内加速試験と同様に指数関数的に変化することが明らかとなった (Fig. 2)。また、これら Z_3 成分の発

現・特異の特性は、大きな FF 低下を示す PV セルのみで検出されるとともに、 I_{sc} 低下をともなう PV セルのみに発現していた。これらは、屋外曝露環境における経年劣化過程と、屋内加速試験における劣化過程において共通した劣化メカニズム (表面電極-シリコン界面でのギャップ形成と整流性の発現) が働いていることを示唆していた。

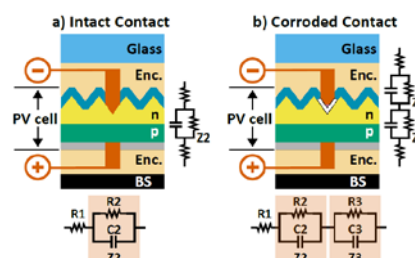


Fig. 1. Evolution of AC equivalent circuit by the formation of gap under front electrodes.

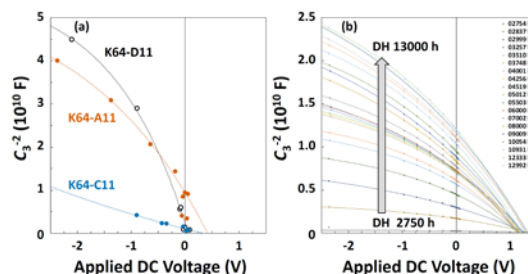


Fig. 2. Mott-Schottky plots of C_3 estimated in the individual PV cells within a field-aged PV module (a) and in a PV module during the damp-heat (DH) stress test.

4. 結論

本検討により、屋外曝露と屋内加速試験を繋ぐ新たな共通劣化インデックスとして、 C_3 成分の利用が可能であることを示した。

謝辞

本検討は、新エネルギー・産業技術総合開発機構からの委託研究により実施した。深謝申し上げる。

- [1] T. Tanahashi *et al.*, *IEEE J. Photovoltaics*, vol. 8, no. 4, pp. 997–1004, Jul. 2018.
- [2] T. Tanahashi *et al.*, *Proc. 2016 IEEE 43rd PVSC*, 2016, pp. 1075–1079.