

ペロブスカイト太陽電池モジュールの屋外暴露試験

青木 大輔、戸邊 智之、斎藤 英純、瓦家 正英
(川崎技術支援部 太陽電池評価グループ)

1. はじめに

ペロブスカイト太陽電池（PSC）は、高い光電変換効率と溶液塗布による製造の簡便さから、次世代の太陽電池として注目されている。近年の研究では、セルの光電変換効率が25%を超える成果が相次いで報告されており、さらに大面積化やモジュール化に関する技術開発も進められている^{1,2}。しかし、これらの進展にもかかわらず、PSCの実用化にはまだいくつかの課題が存在する。特に、屋外での長期間の性能評価は、太陽電池が様々な気象条件や環境ストレスにどのように耐えるかを把握するために不可欠である。加えて、屋外での発電性能や耐久性能を詳細に解析し、実際の使用環境における信頼性を確保することが実用化に向けて重要である。本研究では、KISTEC 海老名本部屋上にて PSC モジュールの屋外暴露試験を実施したので紹介する。

2. 実験

KISTEC 海老名本部の屋上にて、PSC モジュールを南西向き 10° と東西南北の各方角に垂直に設置し（図1）、屋外暴露試験を実施した。各 PSC モジュールの屋外測定はリレー方式での電流電圧（I-V）測定を行い、待機時は開放保持とした。さらに、南西向きの平面においては、最大電力点追従（MPPT）制御で最大出力変化を測定した³。定期的に暴露された PSC モジュールを取り外し、ソーラシミュレータを用いて標準試験条件（STC, 100 mW cm^{-2} , 25°C ）下での性能評価を行った。また、日射量を測定するために各方角に日射計を設置した。

3. 結果及び考察

図2に、7月の晴天日における各方角の日射量と PSC モジュールの出力変化を示す。夏季においては、南西向き 10° の日射量が最も大きく、西向き垂直では12時から18時ごろに日射が生じるなど、各方角での時間帯による日射量の差異が観察された。また、I-V 測定で得られた PSC モジュールの出力も、日射の変動に応じて変化することが確認された。図3は曇天日における PSC モジュールの MPPT により得られた出力と日射量の測定例であるが、日射の変化が大きい条件下においても、日射変化に追従した出力応答が得られることが明らかとなった。

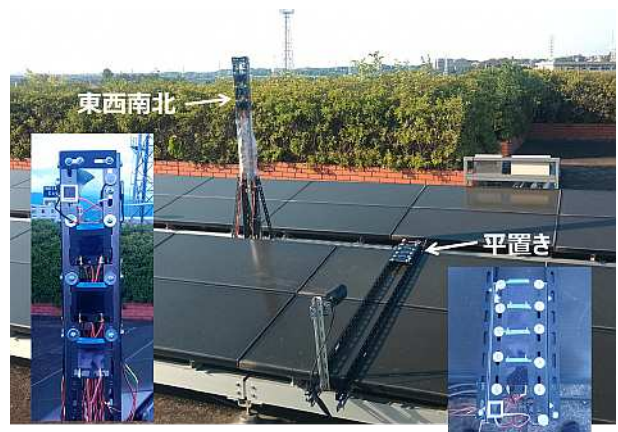


図1. 海老名本屋上におけるPSCモジュール屋外暴露試験の様子

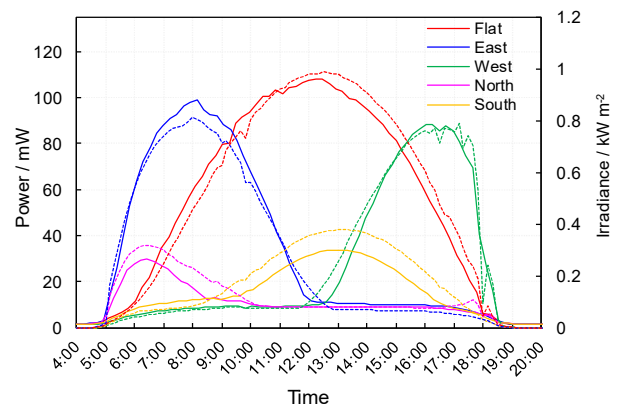


図2. I-V測定から得られたPSCモジュールの最大出力(Pmax, 実線)と各方向の日射量(破線)の比較

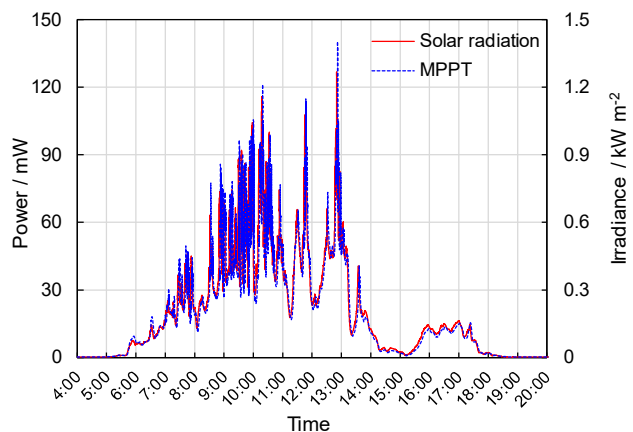


図3. MPPT測定から得られたPSCモジュールの最大出力(Pmax)と日射量の比較

図4に2023年7月末から2024年5月末までの各方向における日射量とPSCモジュールの出力変化を、図5に月別の日射量と発電量の比較を示す。これらのデータからも各方向による時間帯ごとの日射量の差異が観察された。具体的には、南西向き10° (Flat) では夏季に日射量が最大となり、冬季にかけて小さくなった。一方、南向き垂直設置では、冬季の日射量が最も大きくなった。また、I-V測定により得られたPSCモジュールの出力も、日射量の変動に応じて変化することが確認された。

暴露中のモジュールを取り外し、ソーラシミュレータ下でSTC測定した結果を図6に示す。約1年の暴露により、おおよそ積算日射量に応じた出力の低下が確認された。また、サンプル数が少ないため更なる検討が必要であるが、開放保持と比較してMPPT保持では出力の低下が小さい傾向が見られた。

4. まとめ及び今後の展開

本研究では、KISTEC海老名本部屋上にてPSCモジュールの屋外暴露試験を実施した。各方向による時間帯ごとの日射量の差異が観察され、MPPT、I-V測定により得られたPSCモジュールの出力も日射量の変動に応じて変化することが確認できた。さらには、約1年の暴露により、おおよそ積算日射量に応じた出力の低下が確認された。

今後は、長期間にわたる屋外暴露試験を継続し、PSCモジュールの耐久性をより詳細に評価する必要がある。また、屋外暴露試験のデータに基づき、屋内での加速試験との関連性を解析する。これらの取り組みにより、PSCの実用化に向けた信頼性の向上が期待される。

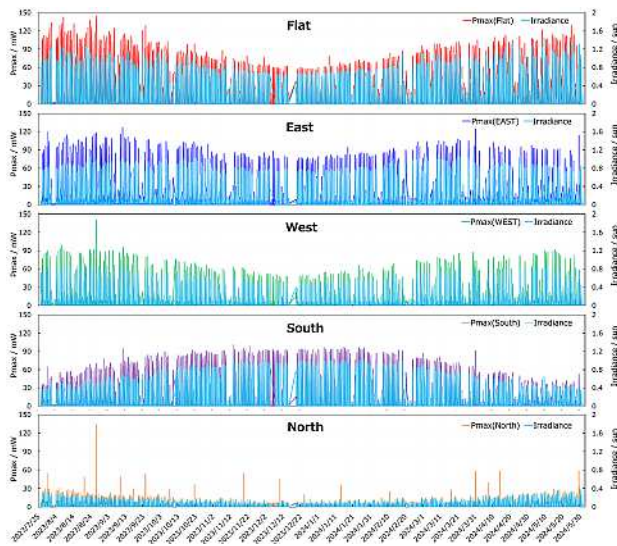


図4. 約1年間における暴露時のI-V測定から得られたPmaxと日射量の比較

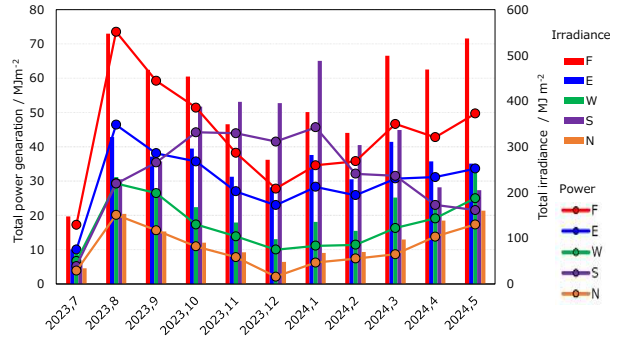


図5. PSCモジュールの月別日射量と発電量

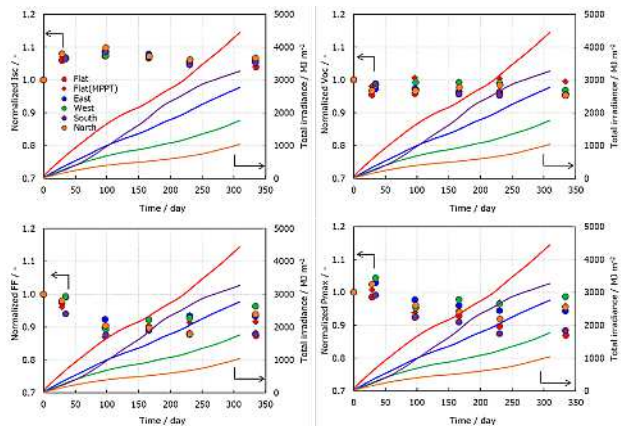


図6. 標準試験条件におけるPSCモジュールの規格化短絡電流 (Isc)、開放電圧 (Voc)、曲線因子 (FF)、最大出力 (Pmax) の経時変化と積算日射量の比較

【謝辞】本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の委託を受けて実施したものであり、関係各位に感謝いたします。

【参考文献】

1. National Renewable Energy Laboratory (NREL), "Best Research Cell Efficiency Chart" <https://www.nrel.gov/pv/cell-efficiency.html>
2. Green, M.A.; Dunlop, E.D.; Yoshita, M.; Kopidakis, N.; Bothe, K. et al., Solar cell efficiency tables (Version 63). Progress in Photovoltaics: Research and Applications 2024, 32 (1), 3 - 13.
3. H. Saito, M. Yoshita, H. Tobita, D. Aoki, T. Tobe, H. Shimura, S. Magaino, Round-Robin Inter-Comparison of Maximum Power Measurement for Metastable Perovskite Solar Cells, ECS J. Solid State Sci. Technol., 2022 11 055008

【外部発表】 口頭発表 1 件