

系統連系された有機薄膜太陽電池アレイの 経年劣化に伴う発電量の変化

佐藤 梨都子^{1,2}・千葉 恭男¹・近松 真之¹・吉田 郵司¹・増田 淳¹・嘉数 誠^{1,2}

¹産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター モジュール信頼性チーム

²佐賀大学 大学院工学系研究科 システム創成科学専攻

研究の目的

産総研九州センターでは、様々な商用太陽電池を系統連系運転し、実運用下における生涯発電量の調査を行っている。環境によって左右される発電量を、異なる種類の太陽電池に対して同一条件で屋外評価できる。本研究では、受注生産されている有機薄膜太陽電池(OPV)を同じ計測システムに接続し、3年間にわたる発電量の振る舞いを検討した。

実験

2014年12月より、パワーコンディショナにより系統連系された有機薄膜太陽電池(OPV)を、常時屋外計測しているほか、架台より取り外し標準試験条件(STC: AM1.5G, 1000 W/m², 25°C)にて室内計測を毎年行っている。

試験OPVモジュール

Roll to Rollにて製造された逆構造型バルクヘテロジャンクション
建材一体型(1080 mm × 1630 mm, 16 kg)

屋外計測

10分のインターバルでアレイごとの電流電圧(I-V)特性、モジュール裏面温度、気象データを取得。パフォーマンスレシオ(PR)より、発電量の経年変化を観察した。

室内計測

2016年1月、2016年11月、2017年12月の計3回、パルス型ソーラシミュレータ(class AAA)を用いて測定した。



図1 曝露しているOPVアレイ。
4直列×4並列×2アレイ=32枚。

PR算出に用いた計算式[1]

$$PR = \frac{P_{max}}{P_{max(STC)}} / \frac{G}{G_{(STC)}}$$

P_{max} : アレイの最大出力

$P_{max(STC)}$: P_{max} の工場出荷値

G : 日射量

$G_{(STC)}$: STCの日射量(1000 W/m²)

結果

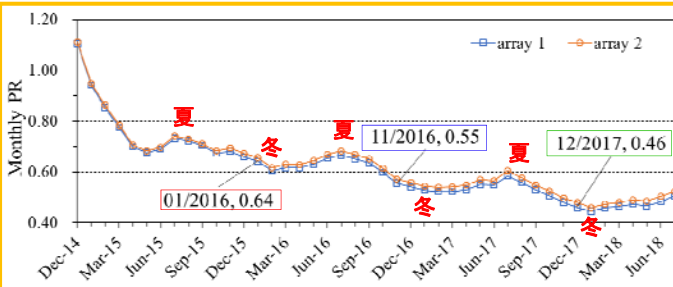


図2 PRの月平均推移

曝露初期の急激な出力低下はおよそ5か月程度続いた。初期劣化後の二次劣化においては、季節変動を示しながら緩やかに出力低下した。

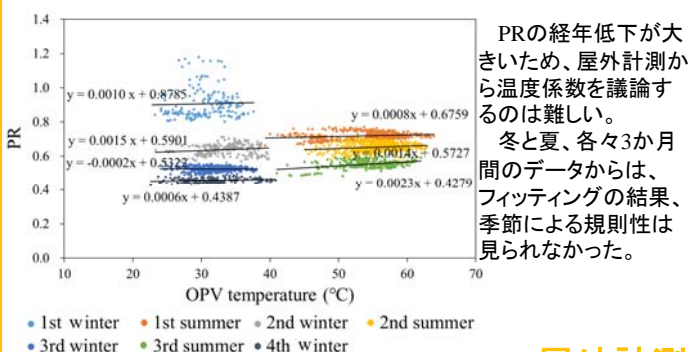


図3 PRとOPVモジュール温度の相関

屋外計測

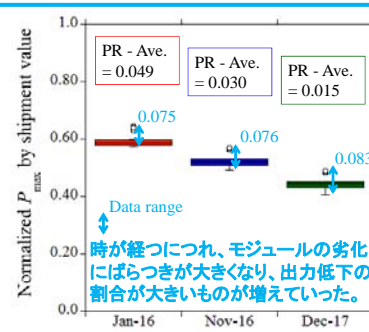


図4 STCにおける P_{max} の経年変化 (array 1, n=16)

3年間の系統連系運転では、出力が低下するものの、発電能力が完全に失われたモジュールはなかった。

毎年、STCにおける平均値(Ave.)よりもPRは高い。PRの算出に使用したデータは25°C以上が多いことから、温度係数は正である可能性が示唆された。また、曝露1年後のPRとAve.の差は、以降のものよりかなり大きい。(図4)

P_{max} の低下が最も少ないモジュールでは、曝露1年で降短絡電流(I_{sc})が同じ程度に低下しており、開放電圧(V_{oc})は曝露3年目で低下がみられた。直列抵抗(R_s)の上昇は、 P_{max} の低下が最も大きいモジュール(No. 12)に比べ少ない。No.12の V_{oc} の低下は曝露1年目から始まっている。(図5)

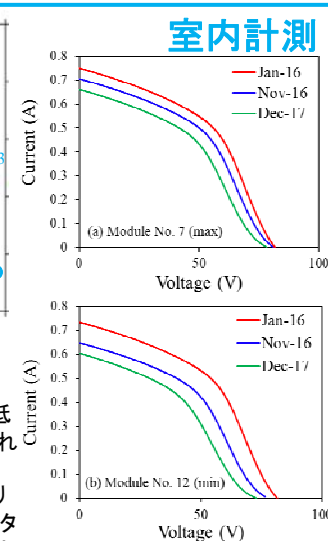


図5 array 1において2017年12月に P_{max} が最大(a)/最小(b)を示したモジュールの電流電圧特性の経年変化

考察

- 初期の急激な出力低下は、先行研究で報告されている Burn-in と考える[2]。
- 光照射および吸湿により素材の酸化が外側の層から進んでいく報告がある。二次劣化において、光活性層とホール輸送層界面の欠陥や、吸湿によるホール輸送層のダメージが徐々に進み、 R_s の上昇および V_{oc} の低下が進行していると考えられる。また、 I_{sc} が低下しているものの発電能力は失われていないことから、光活性層の完全な破壊は起きていないが、バルクヘテロジャンクションに変化が起きている可能性がある[3]。
- 季節変動については、熱アニールにより界面の欠陥が減少する報告があり、高温が続く夏に性能が回復している可能性がある[4,5]。
- 2016年1月のPRとAve.の差が他より大きいのは、2016年1月のみ室内測定前に暗所保管しており、その影響で出力低下が生じていると考えている[6]。

結論

- 急激に出力が低下する初期劣化と、緩やかな低下を示す二次劣化がみられた。二次劣化は季節変動を示す。
- 季節依存性を詳細に調査するためには、熱アニールによる出力上昇を室内にて条件統制のもと測定することで確認する必要がある。
- 3年間の屋外系統連系運転において、発電能力を完全に失うモジュールはなかった。

参考文献

- [1] T. Ishii *et al.*, Jpn. J. Appl. Phys. **56**, 08MD05 (2017).
- [2] C. H. Peters *et al.*, Adv. Mater. **24**, 663-668 (2012).
- [3] M. Jørgensen *et al.*, Adv. Mater. **24**, 580-612 (2012).
- [4] K. Kawano and C. Adachi, Adv. Funct. Mater. **19**, 3934-3940 (2009).
- [5] J. Bhattacharya *et al.*, Sol. Energy Mater. Sol. Cells **164**, 70-79 (2017).
- [6] F. Verbakel *et al.*, Appl. Phys. Lett. **89**, 102103 (2006).