

# 有機太陽電池評価のための電流値の安定を自動判別する 最大出力追尾 (MPPT) 法の開発

齋藤 英純、青木 大輔、戸邊 智之 (川崎技術支援部 太陽電池評価グループ)  
馬飼野 信一 (有機系太陽電池技術研究組合)

## 1. はじめに

ペロブスカイト太陽電池 (PSC) は光電変換効率が高く、塗布工程で製作できるため大面積化が容易という特徴があり、次世代太陽電池の有力な候補として期待されている。しかし、有機太陽電池特有の応答遅れが発生するため性能測定の際国際標準である IEC 60904 シリーズだけでは発電特性を正確に求めることはできず、短時間で正確に評価する手法の開発が求められている。このため、最近では本来パワーコンディショナーの制御に使用される最大出力追尾法 (Maximum power point tracking : MPPT method) を発電性能評価に応用する例が増えている。

KISTEC では電流値の安定を自動判別し、ヒステリシスを最小限に抑えるため電圧掃引方向を揃えるアルゴリズムを組み込んだ MPPT 法を新たに開発したので紹介する。

## 2. 有機太陽電池の発電性能と開発した MPPT 法

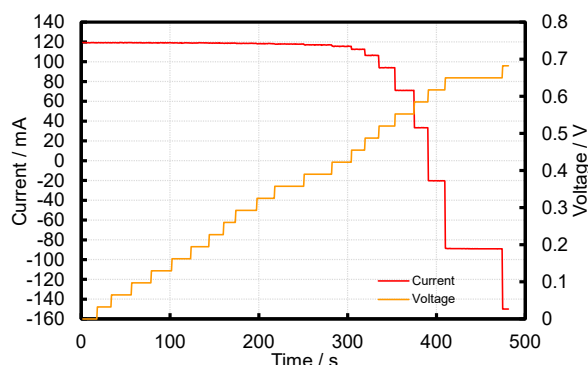
色素増感太陽電池 (DSC) や PSC といった有機太陽電池は I-V 測定時の電圧掃引に対して電流値の追従が遅れる、いわゆるオーバーシュート現象が発生する。

図 1 (a) は結晶シリコン太陽電池の V-t, I-t 線図である。応答が速いため電流値は水平・垂直で構成された階段状のグラフとなるのに対し、(b) に示した PSC の電流値は大きく低下してから戻ってくる挙動を示す。この「行き過ぎてから安定するまでの時間」がヒステリシスとして現れる。電流値を示す線が水平になる時間よりも長い時間を測定遅延時間として設定し、安定後にデータを取り込むようにすれば良いが、各デバイスの構造や組成によって特性が変化するため標準的な待ち時間の決定が容易でない。そこで、電流値の変動が一定の割合を下回った後に次の段階へ移行するアルゴリズムを追加した。

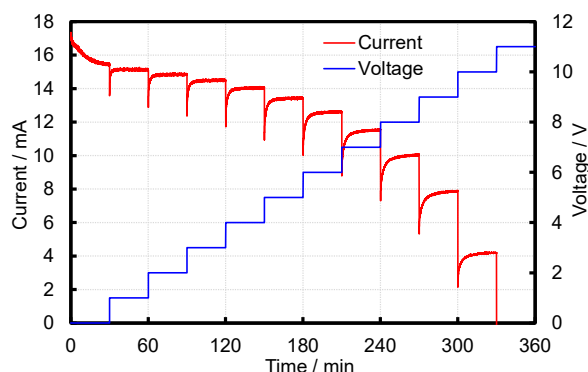
一方、MPPT (Maximum Power Point Tracking : 最大電力追尾) 法は太陽光発電モジュールの制御用として既に実用化されている手法で、電圧を僅か ( $\pm \Delta V$ ) に変化させたときの出力を比較し、高い値を示す電圧へ移行することで常に最大出力点を追尾する方法である。

PSC の中にはヒステリシスが非常に大きいものがあり、遅延時間を大きくした I-V 測定をおこなうと時間が掛かりすぎるため、最大出力値付近のみ掃引する MPPT 法により発電性能を評価することが国内外の研究機関に拡がっている。図 2 に一般的な MPPT プログラムを使用して発振を起こした例を示す。これは、PSC をソーラーシミュ

レータ下で評価した結果であり、遅延時間の設定が不適切なため最大出力を見失って迷走している。



(a) c-Si PV の I-t, V-t 線図



(b) PSC の I-t, V-t 線図

図 1 I-V 測定時の I-t, V-t 関係

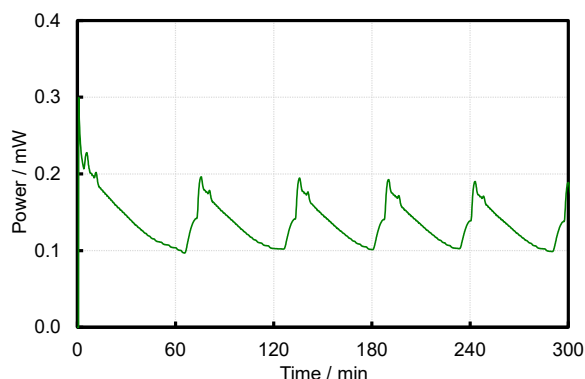


図 2 遅延時間の設定が不適切で発生した発振現象

このような発振を防止し、再現性の高い測定を行うため電流値の安定化を自動判別するアルゴリズムを追加した MPPT 法を開発した。図 3 に発振防止プログラムのフローチャートを示す。

赤い点線で囲まれたルーチン A は、発振防止の第一歩として定常出力を求める手順を表している。電流値の安定を判断して次の段階へ移行するかどうかを決める部分であり、これまで様々な条件で実験を実施して現在は 10 秒あたりの変化率が 0.01%未満という条件を採用している。しかし、このように定常判断を厳しく設定してもヒステリシスの度合いによっては発振を引き起こす場合もある。

そこで、第二段階として電圧を変化させる方向を揃えるアルゴリズムを導入した。青い長破線で囲んだルーチン B である。ヒステリシスを有するデバイスに対して電圧掃引した場合、電圧増加（順掃引方向）の際には電流値が下がり過ぎてから戻る過小評価に、逆に電圧減少（逆掃引方向）の場合は電圧が上がり過ぎてから戻る過大評価を示す。このように過小評価側・過大評価側へと正反対の方向へ掃引することがヒステリシスをより強調させることになるのではないかと考え、掃引方向を揃えるようにしたアルゴリズムがルーチン B である。

図 4 にヒステリシスを有するデバイスの P-V 線図の模式図を示す。赤線は順方向掃引、青線は逆方向掃引、紫色の点線は定常値に達した際の P-V 曲線である。

(a) は通常アルゴリズムによりトラッキングした場合の図で、現在の値  $V1$ （菱形）から  $+\Delta V$  変化させて過小評価から定常値へ向かう状態（赤矢印）と  $-\Delta V$  変化させて過大評価から定常値へ向かう状態（青矢印）を表したものである。(b) はルーチン B を表した図で、 $-\Delta V$  変化させるために一度  $-2\Delta V$  掃引し、その後  $+\Delta V$  変化させた状態である。最終的には  $-\Delta V$  だけ変化させるのだが【 $V1-2\Delta V+\Delta V=V1-\Delta V$ 】という過程を経ることが特徴である。この場合、両方とも過小評価側から定常値へ向かうので、過大評価を避けられるというメリットもある。このアルゴリズムを追加したことにより測定の安定性が向上し、定常光下であれば数時間に及ぶ測定も可能となった。

### 3. 今後の展開

現在はソーラーシミュレータによる定常光下で検討しているが、実際の使用環境は日射量が刻一刻と変化する。日射が変化した状態でも安定した測定が可能となるよう適切な遅延時間の設定や新たなアルゴリズムの追加などプログラムを進展させていく予定である。

#### 【参考文献】

1. H Saito, D Aoki, T Tobe, S Magaino, *Electrochemistry*, 88, 218 (2020)

【外部発表】 口頭発表 3 件、論文等発表 2 件

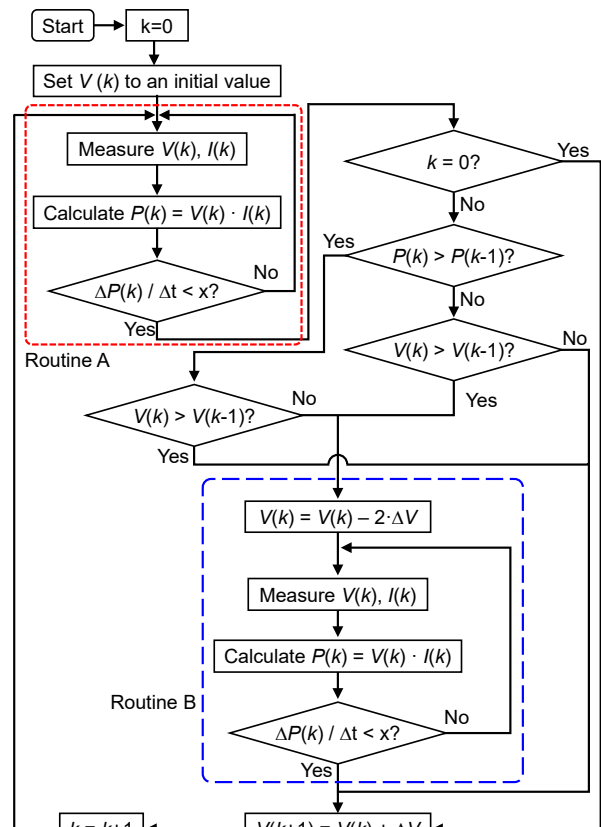
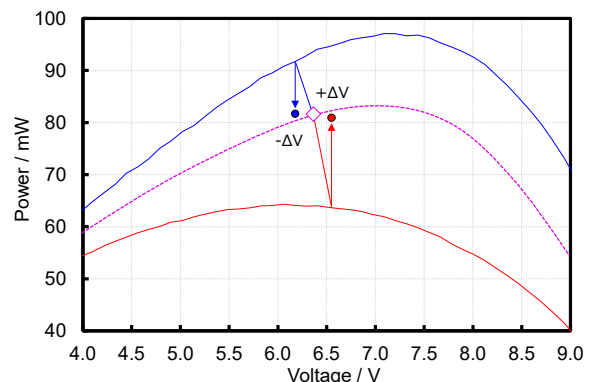
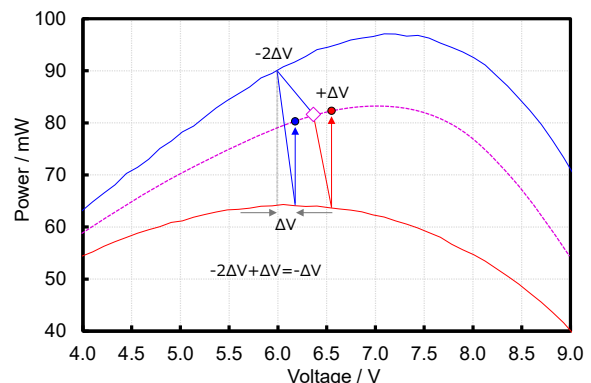


図 3 MPPT 測定法のフローチャート



(a) 通常アルゴリズム



(b) 電圧掃引方向を順方向で揃えたアルゴリズム

図 4 ヒステリシスの模式図と電圧掃引方向