

太陽電池モジュール供給側からみた 電流－電圧特性の屋外測定の意味

株式会社エクソル
太江田 貴之

XSG-18-115

設置現場におけるI-V測定の意味①

XSOL

1980年以前：セルは屋内、モジュールは屋外測定。

- 大型モジュール用ソーラーシミュレータがなく、工場検査でも屋外測定が主流。
工場トラックにモジュールとI-V測定装置（約500kg）を積み、晴れている地域へ出張し、測定することもしばしば発生していた。
- 暴露試験では、可変抵抗器とテスターで数値を取得し、雲形定規でI-V曲線を書いていた。
1台測定するのに要した時間は5-10分で、その間に照度が変わり、1日を棒に振ることもあった。
- 当時の用途は灯台や観測局用の非MPPTの独立電源用が主流。
動作電圧はバッテリー電圧に縛られるため、「Pmaxは工場計測し、現地では充電電流vs放射照度の管理で充分」との考えが一般的であった。
点検に行っても、過充電防止回路が頻りに動作しており、充電電流を計るのも一苦労していた。

1980年代から1990年代：逆ザヤとI-V測定への欲求。

- 工場検査はソーラーシミュレータへ移行していった。
- 可搬型I-V測定器の登場（Spire等）。当初は高価でアフターサービス活動に使える状況ではなかった。
- 1994年より住宅用太陽光発電販売開始され、MPPT装備の出力が直読できる機器（パワーコンディショナ）が爆発的に市場に出回ったが、手持ちの測定器ではPmax点を出せないため、パワーコンディショナーを動かして電圧・電流を読み取れば、Pmax点を簡単に取れるようになった。
- 直列数（並列数）の増加により、モジュールの故障判定が以前より困難となり、現場におけるI-V測定の要求が高まりだした。
- サーモビュアによる異常温度観測も始まるが、点検レベルで使われてはいなかった。

2000年代から現在：測定器の小型化と他点検手法の台頭

- IT技術、スイッチング技術の進歩により、年々コンパクトなI-V測定器が発売されている。
- 業界人口が増大し、定期点検はストリング開放電圧、電流（比較測定）が主流となっていくが、I-Vを取っても判定できない人も増えている。
- PVシステムの大型化により、1台当たりの点検時間は下がる傾向にある。
- 監視機器の高性能化・低価格化により、システム稼働率（パフォーマンスレシオ）が比較的容易に観測できるようになってきた。
- 安価なサーモビュア・EL検査・内部インピーダンス測定等、これまで行われてきた、外観・I-V・絶縁以外の点検手法について、多く考案されている。

点検手法とその特徴

◎:かなり高い ○:高い △:普通 ×:低いまたは無い

手法	頻度	天候依存度	点検工数	識別力	定量性	モジュール製造者の理解
パフォーマンスレシオ	◎	◎	◎	×	◎	×
外観	△	◎	○	△	×	○
アレイ開放電圧	△	△	○	△	○	△
サーモグラフィ	△	△	○	○	×	△
内部インピーダンス	△	◎	○	◎	×	×
非接触での通電確認	△	◎	△	○	×	◎
設置状態でのI-V測定	△	×	△	○	○	◎
設置状態でのEL	×	×	×	◎	×	◎
取り外してI-V測定	×	◎	×	◎	◎	◎

太陽電池に発生する不具合の実状

判定確度

◎:かなり高い ○:高い △:確度1/2 ×:判定不可

手法	ガラス破損	セル発熱	クラスタ開放	クラスタ短絡	出力低下	モジュール断線	ストリング断線
パフォーマンスレシオ	×	×	×	×	○	×	×
外観	◎	×	×	×	×	×	×
アレイ開放電圧	×	×	×	×	×	◎	◎
サーモグラフィ	△	◎	△	△	×	△	×
内部インピーダンス	×	×	◎	◎	×	◎	◎
非接触での通電確認	×	×	◎	○	×	◎	◎
設置状態でのI-V測定	×	×	○	○	○	◎	◎
設置状態でのEL	×	×	◎	◎	○	◎	◎
取り外してI-V測定	-	×	◎	◎	◎	◎	-

Step 1.

ストリングスの遠隔監視データより、PR値（パフォーマンスレシオ）を確認し、異変が確認されたら、現場に駆けつけます。



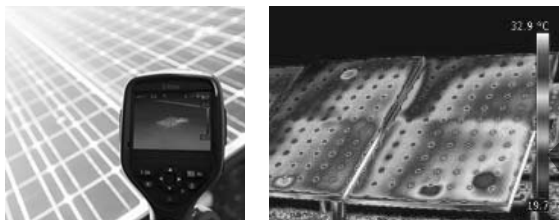
Step 2.

サーモグラフィ検査を行い、異常部分と健全部分の温度差を調べます。

サーモグラフィ検査で
判定可能

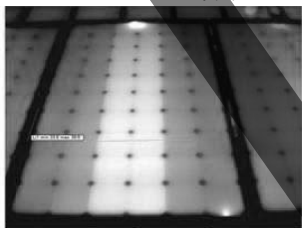


- 太陽電池の不具合
 - ・モジュールのバイパスダイオードの異常
 - ・モジュールのホットスポット
 - ・モジュールのPID現象
 - ・ケーブル接続不良（モジュールのコネクタや延長ケーブル接続部など）
- その他
 - 電気設備の端子台の接続不良（ネジの緩みなど）



写真引用 (<http://www.flir.jp/cs/display/?id=41872>)

バイパスダイオード不具合



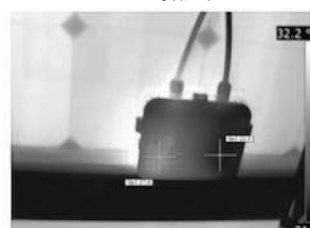
ホットスポット



PID現象



ケーブル接続不良



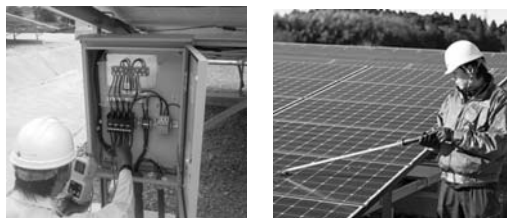
写真引用（アドラーソーラーワークスHPより）

太陽電池を検査する際に十分な熱コントラストを得るためには500W/m²以上の太陽放射照度が必要となることや、ガラスの反射率、カメラの撮影角度などの諸条件によって判定が困難なことがある。



Step 3.

ストリングスの開放電圧・インピーダンス測定。モジュール表面をセンサーを使用してクラスタの発電電流を調べます。



写真引用（エクソルHPより）

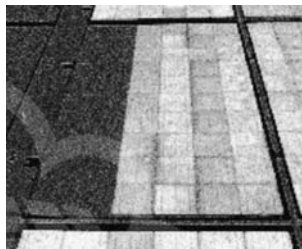
開放電圧・インピーダンス測定、
センサーによる発電電流測定で判定可能



不具合のあるストリングを特定した後、そのストリング内で不具合モジュールを特定する。

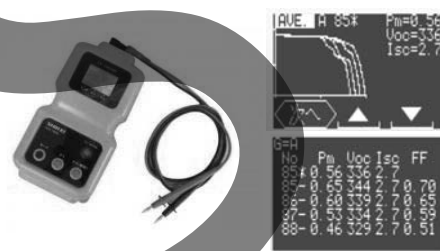
- 太陽電池の不具合
クラスタの故障より
- ・バイパスダイオードの短絡
- ・インタコネクタの剥離／断線
- ・はんだ接合部の接触不良／高抵抗化

クラスタ故障の様子（EL試験によるもの）



写真引用（ソラパトHPより）

Step 4.
I-Vテスターを使用し、I-Vカーブの異変を調べます。



写真引用（新栄電子計測器（株）HPより）

設置現場でのI-V測定の意義と課題

I-V測定は、モジュール製造事業者との連携を図るうえで欠かせない存在であり、下記課題を慎重に検討し解決していくことが必要と考える。

- ストリングでのI-Vカーブ形状の判定が難しい。
- 低照度領域（ $600\text{W}/\text{m}^2$ 以下）で、I-V測定に頼る点検を行うと、セルの異常発熱を見逃す懸念がある。
- 測定結果の判定は $1000\text{W}/\text{m}^2$ 25℃換算値のみに頼ってはいけない。
（異常発熱の多いモジュールを換算すると、定格超えの結果になることも）
- 点検およびその後の結果集計・判断に多くの工数がかかる。
他の点検手法とのコンビネーションを図り、発電事業者の負担を低減させる。
（まずは最初にI-V測定…ではない。）