# ストリングI-V特性計測による PVシステム発電性能評価


高島　エ

産業技術総合研究所　太陽光発電研究センター　システムチーム


## 1.1 研究の目的

オンサイトストリング電流ー電圧特性(I-V特性)計測による発電性能評価の判定基準を検討する

- 屋根に上がらずに性能低下／不具合モジュールの有無を評価したい
- I-V特性に基づく発電性能評価の基準がない

## 1.2 現地保守点検の段階区分

| 対応段階(実施者) | 方法 | 備考 |
|---|---|---|
| 第0次(所有者) | 発電量データの記録・監視(モニタリング) | データ確認のみ |
| 第1次対応(保守点検業者) | 屋根に上がらずに、汎用テスターなどでストリング内の特定のモジュール不具合の有無を判定する | 汎用機器使用 |
| 第2次対応(保守点検業者) | 屋根に上がらずに、ストリング単位でのI-V特性測定により発電性能低下モジュールの有無を判定する | 専用機器必要 |
| 第3次対応(保守点検業者／システム提供者) | 屋根に上がって詳細な調査・点検を実施する | 高所作業、専用機器必要 |

## 2.1 ストリングI-V特性評価：適用範囲

- I-V特性の測定はストリング単位とし、測定時のアレイ面日射強度が400W/m²程度以上であること(アレイの影ができる程度)
- I-V特性測定時に太陽電池モジュールに影がかかっていないこと
- 結晶シリコン系太陽電池モジュールを用いたストリングであること
- ストリングを構成する太陽電池モジュールはすべて同一形式かつ同一姿勢(方位角、傾斜角)であること

## 2.2 ストリングI-V特性評価：前提

- アレイ面全天日射強度とモジュール温度の取得は積極的には行わない
  - ・日射計のアレイ面への設置、熱電対等のモジュールへの設置→第2次対応を超えるもの
  - ・日射計や熱電対の測定値の誤差
- 日射強度、モジュール温度測定省略の代替の前提
  - ・前提1：測定で得たストリングI-V特性の短絡電流は、アレイ面全天日射強度に対応
  - ・前提2：測定で得たストリングI-V特性の開放電圧は、モジュール温度に対応

## 2.3 簡易STC換算

- I-V特性データの短絡電流とストリングの銘板短絡電流の比(短絡電流比fi = Isc / isc)を求め、I-V特性データの各電流値に乗じる
- I-V特性データの開放電圧とストリングの銘板開放電圧の比(開放電圧比電圧比 fv = Voc /voc)を求め、I-V特性データの各電圧値に乗じる
- 実測(i, v)のデータセットを簡易STC換算したデータセット(i*, v*)とする

  実測値 {i(n), v(n)} →簡易STC換算値 {i*(n), v*(n)}

※　Isc,Voc：銘板短絡電流、開放電圧

　　isc,voc：実測短絡電流、開放電圧

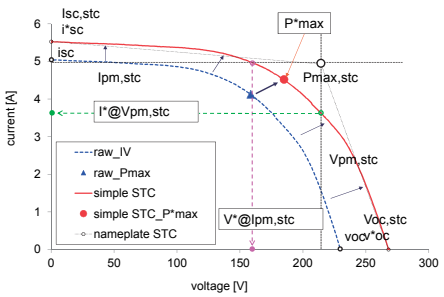
## 2.4 判定指標の定義

- 最大出力比rpm：rpm = max[ i*(n)×v*(n)] / Pm

  簡易STC換算した最大出力Pm*が銘板最大出力に対してどの程度変化しているかを意味する指標
- 銘板最大出力電圧時電流比：ripm = i*(Vpm) / Ipm
- 銘板最大出力電流時電圧比：rvpm = v*(Ipm) / Vpm

  I-V 特性の形状変化に着目した指標。あるストリングに不具合モジュールが存在する場合、そのストリングの簡易STC換算I-V特性は不具合モジュールがない場合と比較して非相似に変形し、Pm*(vpm*, ipm*)の位置も移動することに着目したもの

## 2.5 簡易STC換算の各パラメータ

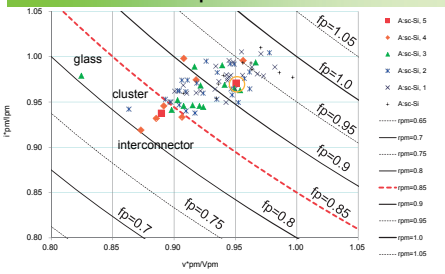



## 2.6 判定基準（案）

- 最大出力比rpm≦0.85のストリングには不具合モジュールが含まれている
- 銘板最大出力電圧時電流比ripm<0.80のストリングには不具合モジュールが含まれている
- 銘板最大出力電流時電圧比rvpm<0.85のストリングには不具合モジュールが含まれている

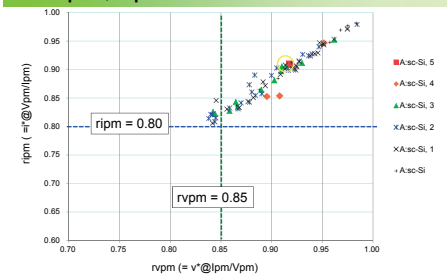

Ref.　加藤他、太陽光発電システムの現地ストリングI-V特性測定における発電性能判定基準試案-PVRessQ! Inspection Guideline Ver.0.1-、太陽／風力エネルギー講演論文集2012, pp.465-468, 2012.


## 3.1 最大電力比rpmの分布




A:sc-Si, n：当該ストリング中にn枚の不具合モジュール（インタコネクタ不良、ガラス割れ）があること

## 3.2 ripm,rvpmによる切り分け

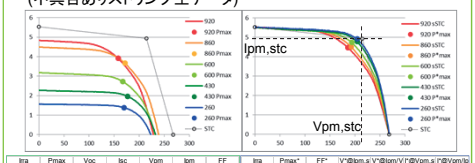



A:sc-Si, n：当該ストリング中にn枚の不具合モジュール（インタコネクタ不良、ガラス割れ）があること

## 3.3 日射強度の影響

測定IVカーブ
(不具合ありストリング生データ)

簡易STC換算IVカーブ

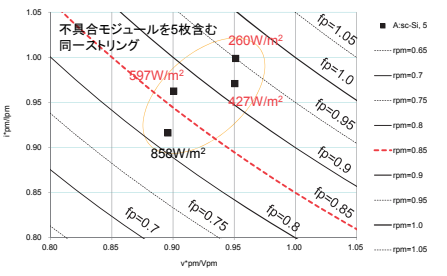



| Irra | Pmax | Voc | Isc | Vpm | Ipm | FF |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 919.2 | 618.50 | 228.02 | 4.84 | 157.74 | 3.92 | 0.56 |
| 857.9 | 628.70 | 238.74 | 4.50 | 171.08 | 3.68 | 0.59 |
| 597.4 | 456.50 | 231.26 | 3.19 | 166.60 | 2.74 | 0.62 |
| 427.3 | 349.30 | 232.47 | 2.28 | 176.78 | 1.98 | 0.66 |
| 259.7 | 236.90 | 222.91 | 1.57 | 169.61 | 1.40 | 0.68 |

| Irra | Pmax* | FF* | V*@Ipm,s | V*@Ipm/V | r*@Vpm,s | r*@Vpm/Ip |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 919.2 | 830.92 | 0.56 | 162.61 | 0.76 | 3.64 | 0.74 |
| 857.9 | 867.51 | 0.59 | 172.66 | 0.81 | 3.83 | 0.78 |
| 597.4 | 916.19 | 0.62 | 183.01 | 0.85 | 4.13 | 0.84 |
| 427.3 | 975.45 | 0.66 | 198.78 | 0.92 | 4.48 | 0.91 |
| 259.7 | 1004.05 | 0.68 | 202.88 | 0.95 | 4.64 | 0.94 |

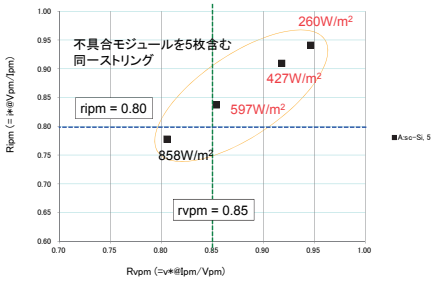
低日射時にIVカーブ形状が必ずしもストリングの特徴を表さないことがある

## 3.4 日射強度の影響(最大電力比rpm)




不具合モジュールを含むストリングにもかかわらず、600W/m²以下では不検出

## 3.5 日射強度の影響(ripm、rvpm)




不具合モジュールを含むストリングにもかかわらず、600W/m²以下では不検出

## 4. まとめと今後の課題

- 日射強度、モジュール温度を使わない簡易STC換算によるストリングI-V特性評価手法を提案
- 不具合モジュールの切り分けが可能（不完全）
- 実測IV・簡易STC換算IVともIVカーブ形状が必ずしもストリングの特徴を表さないことがある(低日射時)

  →簡易STC換算を適用する日射しきい値の再検討が必要

  JIS C8953による規定：日射強度700W/m²以上

  →オンサイト作業者にとって判断が難しい基準
- 評価のしきい値：他の条件においても検討を加える必要あり