

太陽電池モジュールの温度変化による不具合の顕在化と潜在化

高島 工・池田 一昭

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

研究の背景と目的

- 背景**
- PVモジュールの健全性評価: 室内測定ベース
 - 室内測定は出力性能評価の最適な手法
 - 室内測定で不具合症状が再現しない事例あり
 - 不具合検出(健全性評価)に必ずしも適さない
- 目的**
- オンサイト測定が健全性評価に合理的かつ有用であることを、不具合発症PVモジュールの屋外測定により実証

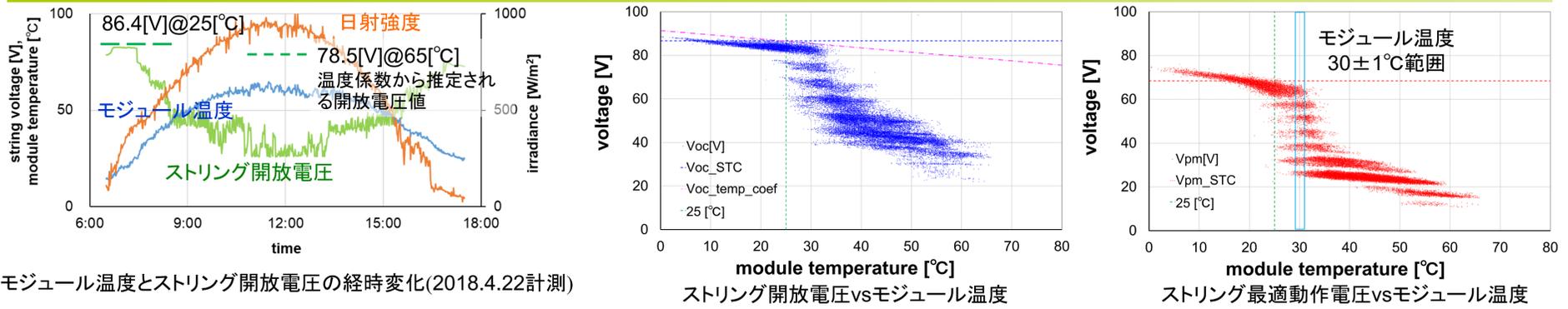
実験

- モジュール: 多結晶シリコン太陽電池。約10年間使用。アレイ出力低下発生
- システム: 6枚直列接続、常時回路開放
- 測定: スtring-I-V特性
 - 代表モジュール温度
 - 日射強度、モジュール開放電圧
- 頻度: 30秒または60秒間隔
- 期間: 2017年12月~2018年6月
- 場所: 産総研つくばセンター



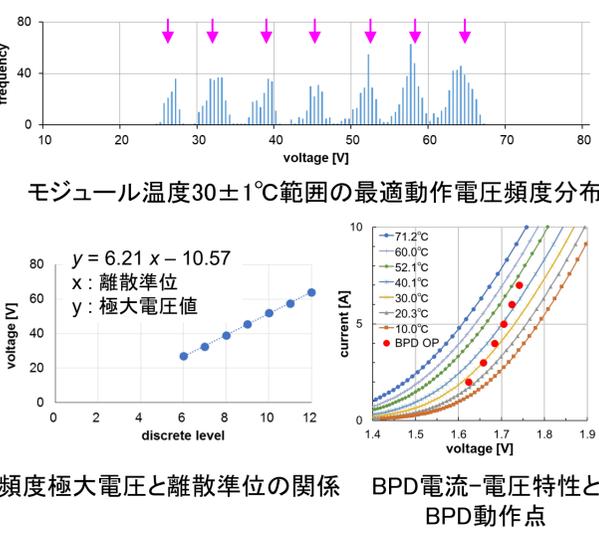
String屋外測定

結果



- モジュール温度上昇時にString開放電圧が低下
- 電圧低下は温度係数からの推定値を大きく上回る量
- モジュール温度低下時にString開放電圧が回復
- 計測期間中、モジュール温度上昇日の電圧は同様に変化
- モジュール高温時: String開放電圧 V_{oc} 低下
- V_{oc} 温度係数(-0.23 [%/K])から見込まれる電圧低下を上回る動作電圧の低下
- モジュール低温時: String開放電圧 V_{oc} 上昇
- 温度上昇時に顕在化し、温度低下時に潜在化する不具合の存在を示唆
- 最適動作電圧 V_{pm} は開放電圧 V_{oc} と比べて電圧方向により明確に分散化

考察: 最適動作電圧の分散準位



頻度が極大となる電圧 y と準位 x の関係

$$y = 6.21x - 10.57 \quad (1)$$

x : 準位(最大準位を12と仮定)、 y : 極大電圧

動作電圧 V と健全クラスタ数 n の関係

$$V = V_c n - V_d (N - n) = (V_c + V_d) n - V_d N \quad (2)$$

N : 全クラスタ数、 n : 断線がないクラスタ数、 V_c : 単位クラスタ電圧、 V_d : BPD動作電圧

BPD特性値と(2)式より

$$V = 6.20n - 10.20 \quad (3)$$

分散準位幅を表す係数[(1)式]と単位クラスタ電圧による係数[(3)式]は0.2%の差で一致

(1)式切片(BPD電圧降下分)と(3)式切片は3.6%程度の差で一致

\therefore 分散準位最大値は12=全クラスタ数

考察: 不具合検出とモジュール温度

最適動作電圧分布分析による不具合未検出: 12クラスタ中4クラスタ

不具合内包: 8クラスタ \rightarrow 不具合程度の差によって顕在化する温度が変化

各温度域での動作クラスタ数

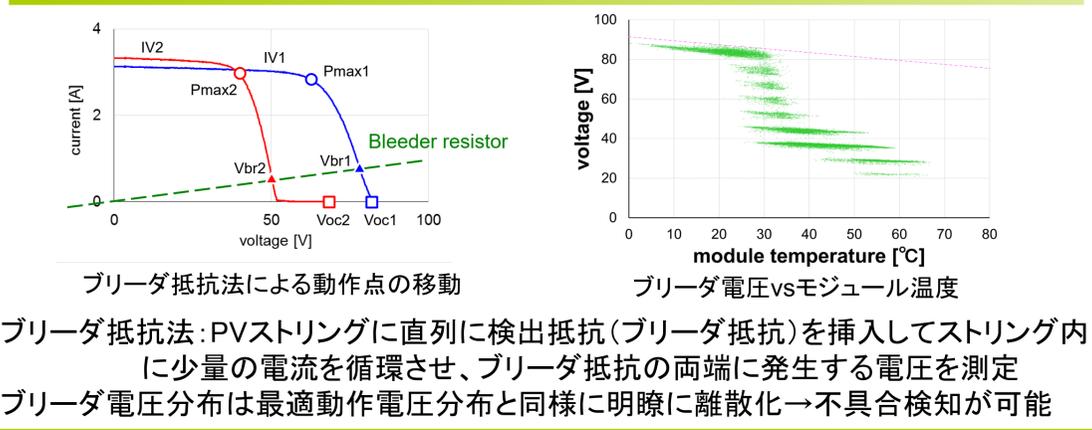
モジュール温度 [°C]	25	30	40	50	60
最大動作クラスタ数	12	12	8	7	5
最小動作クラスタ数	10	6	6	5	4

モジュール温度が高いほど不具合(インタコネクタ断線)が顕在化する割合が上昇

\rightarrow モジュール温度高温時にさまざまな不具合症状が顕在化する確率が上昇

\rightarrow オンサイト不具合診断に合理性あり

オンサイト点検手法の活用



結論

- 不具合PVモジュールによるStringの屋外測定を実施
- 温度上昇時に顕在化して開放電圧を低下させ、温度低下時に潜在化して開放電圧を回復させる不具合が存在。
 - 最適動作電圧の温度依存性に関する分布が電圧方向に分散化。分散幅がクラスタ電圧とバイパスダイオード動作電圧に起因すること、分散化した最適動作電圧の測定値から不具合の数を明瞭に区別できることを確認。
 - オンサイトにおける最適動作電圧の測定が正確な不具合検出において合理的。
 - ブリーダ抵抗法や定電流法による測定電圧が最適動作電圧の測定と同等以上に不具合検出可能。

文献

- T. Takashima, Behavior of Interconnect-Failed PV Modules under Standard Test Conditions and Actual Operation Conditions, IEEE J. PV, 8, 1761, 2018.
- 高島工、池田一昭、温度変化によるモジュール不具合の顕在化と潜在化、電気学会論文誌B, 139, 584, 2019.