

太陽電池モジュール・ストリング の電流－電圧特性が意味すること

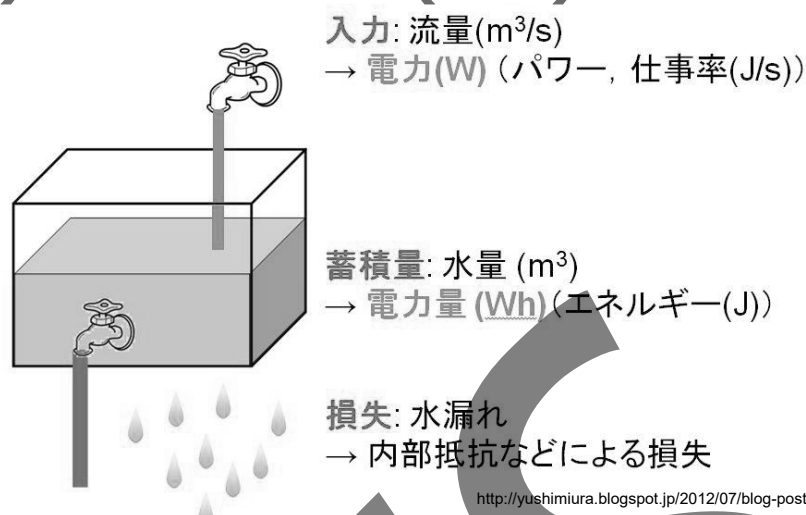
テュフ ラインランド ジャパン(株)
津野 裕紀

目次

1. はじめに
2. IV特性とは
3. IV特性の測定と評価方法
4. 不具合と経年劣化
5. 現状の屋外でのIV特性評価方法の分類
6. 屋外でのIV特性測定システムとしての視点
7. まとめ

1. はじめに

発電電力(W)と発電電力量(Wh)



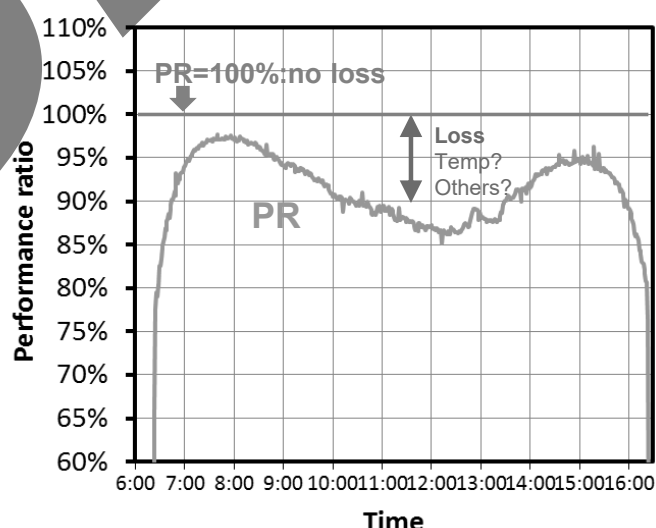
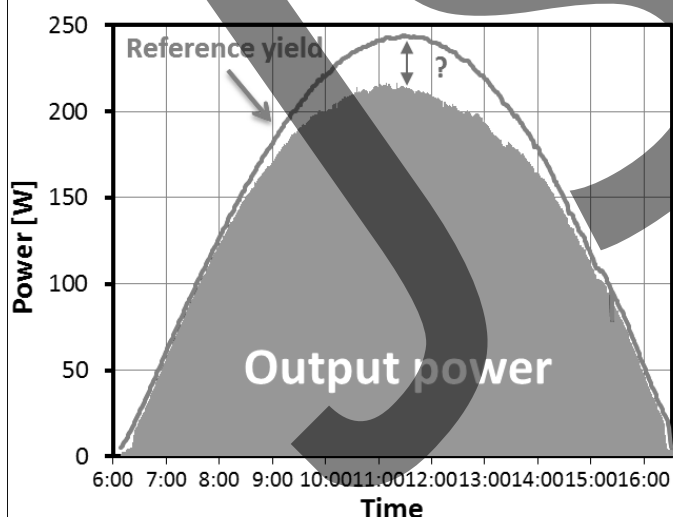
発電電力量は多くの損失要素が混在し、個別の評価が難しい
太陽電池モジュールの場合：STCでの出力

IV特性を測定する
⇒その時点での発電電力性能(価値)を評価する

3

1. はじめに

出力係数(Performance Ratio)⇒絶対値はわからない

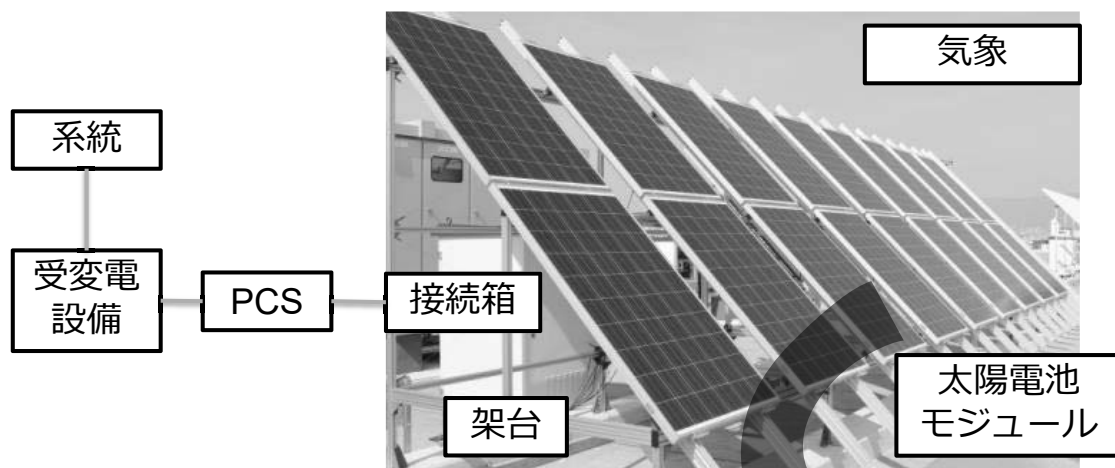


PRは変動する⇒商取引の指標にはならない
補正すれば一定値になるはず⇒要素が多すぎる
積分：一日単位？月単位？年単位？

4

1. はじめに

発電所の資産価値

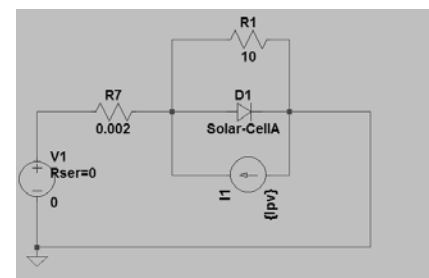
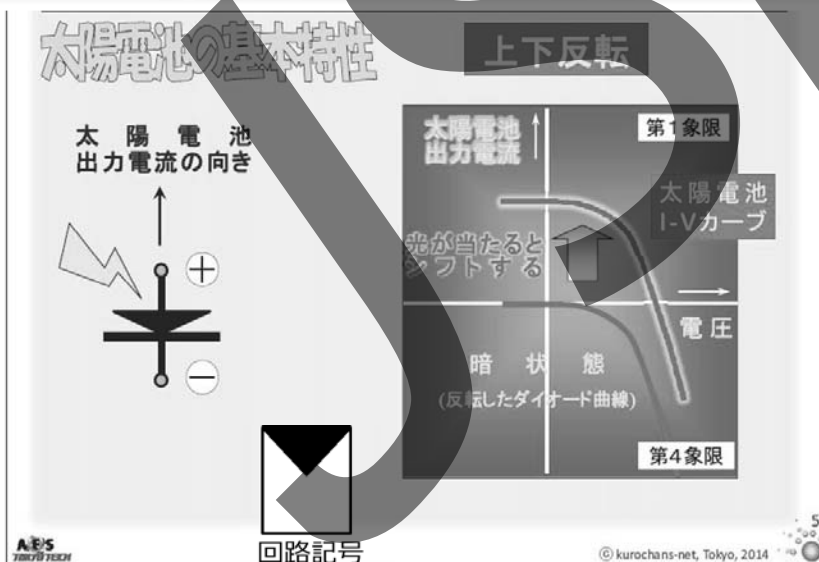


- 通常は各々部品単位の評価に基づく積み上げにより発電所の価値を評価(購入時と同じ条件での評価が必要)
- 太陽電池モジュールの価値の基準：**STCでの発電電力**
つまり標準試験条件下でIV特性を測定する必要がある

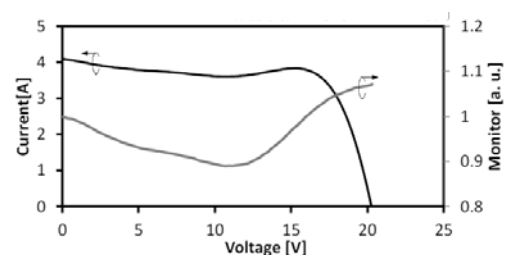
5

TÜVRheinland®
Precisely Right.

2. IV特性とは



等価回路図



測定に誤りがあるIV特性

IV特性の原則

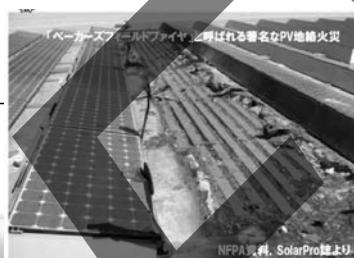
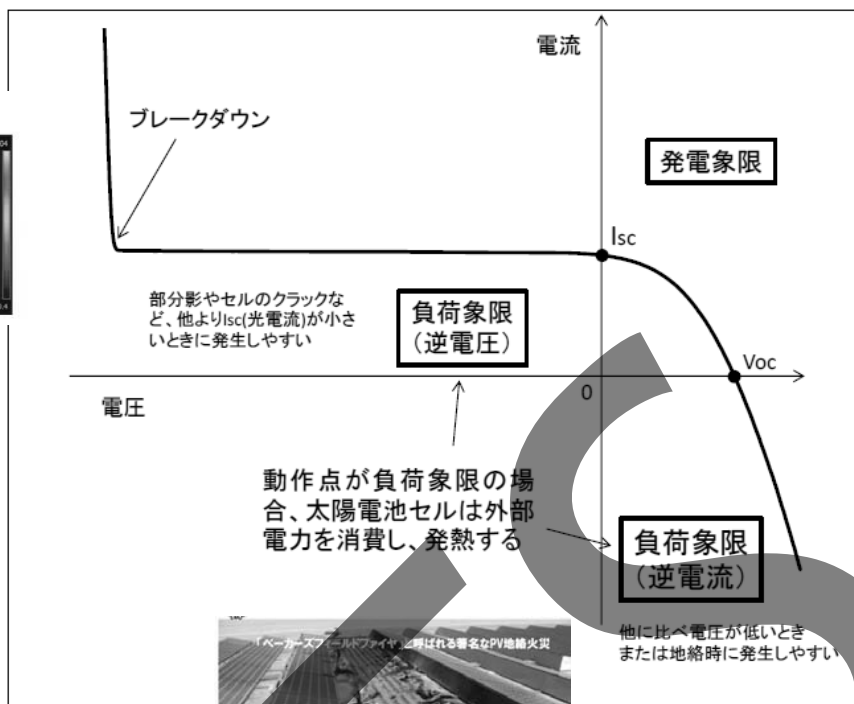
- ダイオード特性+定電流源
- I_{sc} は光の強さに比例
- 単調減少(途中で上がったりしない)
- 温度が上がると電圧が低下する

6

TÜVRheinland®
Precisely Right.

2. IV特性とは

Cell in a 24cell-string
Tm= 411°C



太陽電池セルは動作状態によっては抵抗になり、発熱する

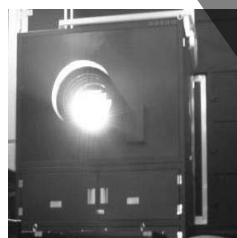


TÜVRheinland®
Precisely Right.

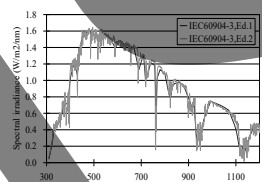
7

3. IV特性の測定と評価方法

屋内



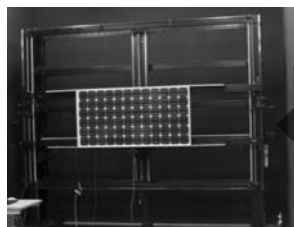
ソーラシミュレータ



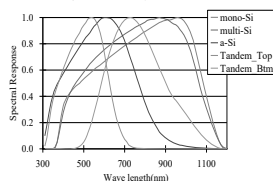
分光放射照度



基準太陽電池セル
(太陽電池の仲介標準器)



モジュール



分光感度



トレーサ

STCに近い条件を再現(測定確度が高い)
モジュールまで

屋外



太陽と雲



日射計
もしくはPVセンサ



ストリング



トレーサ

気象条件と時間に依存
(条件によってばらつき大)
ストリングも測定できる

Precisely Right.

8

3. IV特性の測定と評価方法

STCへの変換式

STC変換の補正式 JIS C 8953「結晶系太陽電池アレイ出力のオンサイト測定方法」

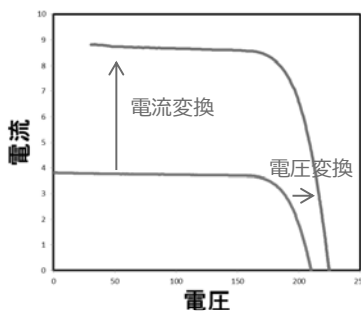
$$I_2 = I_1 + I_{sc} \left(\frac{E_2}{E_1} - 1 \right) + \alpha(T_2 - T_1)$$
$$V_2 = V_1 + \beta(T_2 - T_1) - R_s(I_2 - I_1) - KI_2(T_2 - T_1)$$

日射に関する補正値

温度に関する補正値

仕様に記載無

STC変換の例



STCと異なる温度・照度であっても、ある程度の範囲では補正が可能(完全ではない)

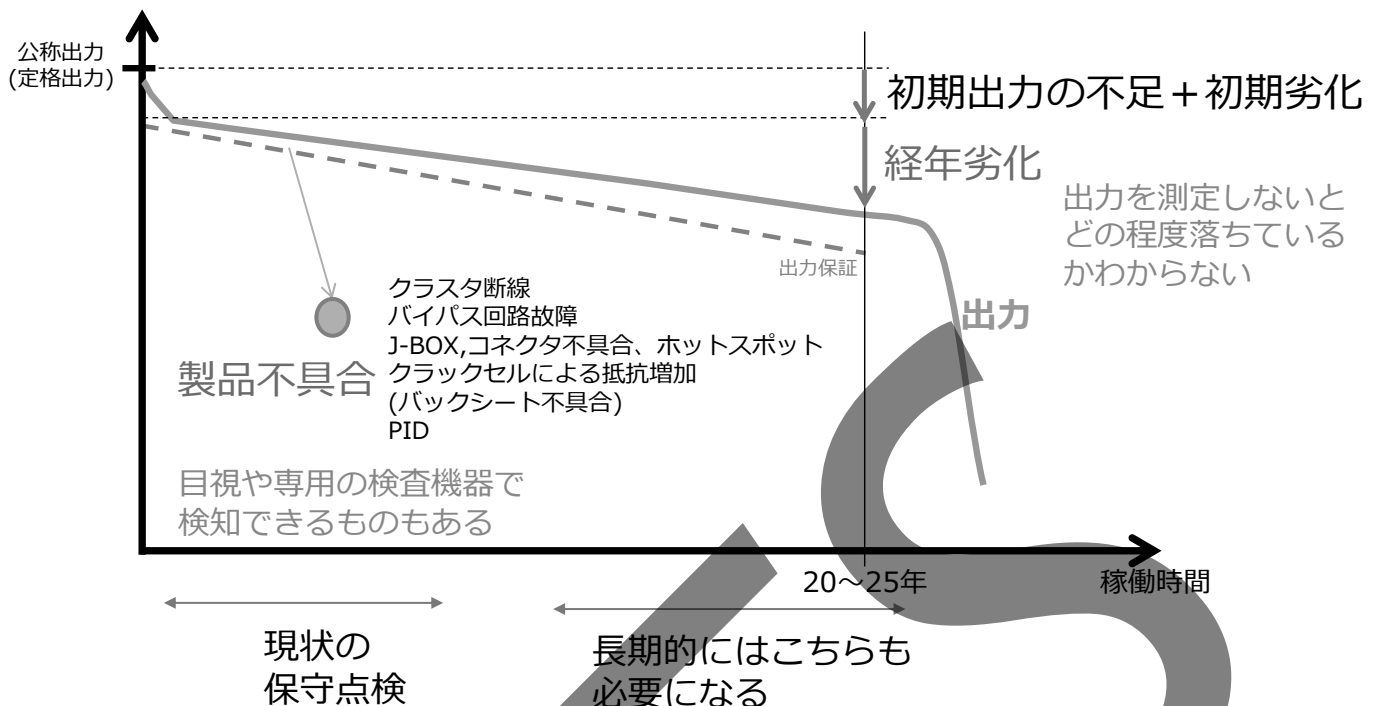
- ・ 光の測定⇒1%の測定誤差があると、補正後電力も1%誤差が乗る
- ・ Kやβは型式が同じであればほぼ一定
- ・ 直列抵抗Rsは曝露により変化する

3. IV特性の測定と評価方法

屋外特有の難しさ（技術的、社会的）

- ・ 設置済みの発電所はそのほとんどが保守点検コストをすでに決めている
⇒雪害、雷害などよほどのことがない限りIV特性測定の追加検査が難しい。
- ・ 太陽電池が経年劣化により出力が低下しないものだと思っている人が多い
必要性を認識してもらえない
- ・ コスト減⇒測定時間の短縮化、効率化が難しい
- ・ 悪い結果を見たくない(価値が下がる)
- ・ 保証値を下回っていてもメーカーに保証を訴求できない
- ・ 測定が信用できない、よくわからない⇒視覚的な検査が人気

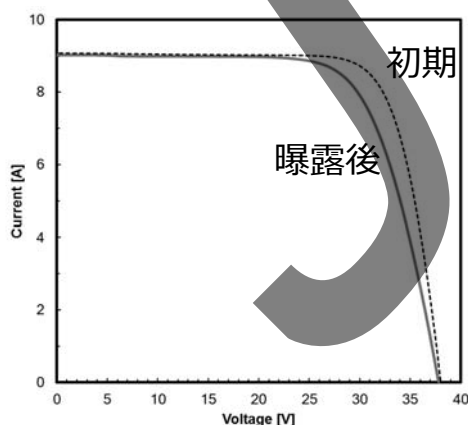
4. 不具合と経年劣化



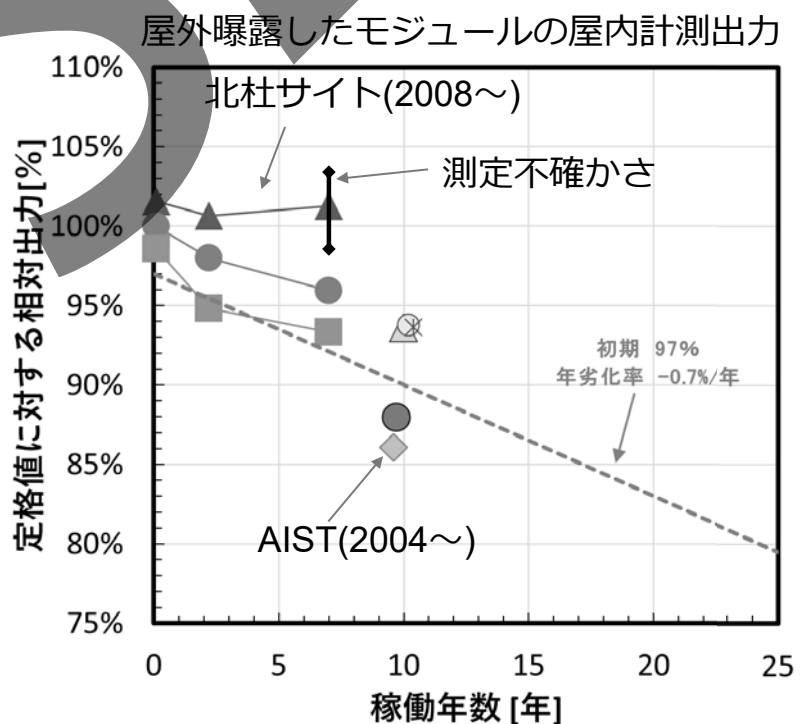
11

4. 不具合と経年劣化

経年劣化



曝露前後のIV特性

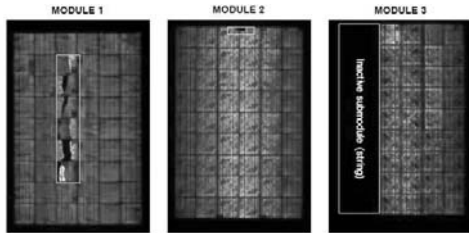
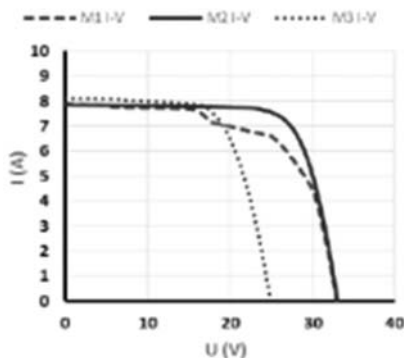


基本的に徐々に出力が低下する
定期的に測定すると出力低下の傾向が把握できる

12

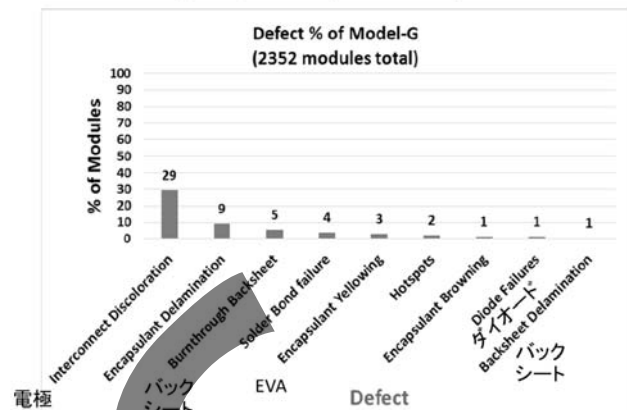
4. 不具合と経年劣化

経年劣化



Source: John, A. Tsanakas et. al., EUPVSEC, 2015

Defects Including Safety Failures (Model G – Site 3)



Source: Mani et. al., PV module reliability workshop 2014

IV特性で検知できるのは、出力に大きな影響がある不具合のみであり、全ての不具合を発見できるわけではない

5. 屋外でのIV特性評価方法の分類

不具合発見

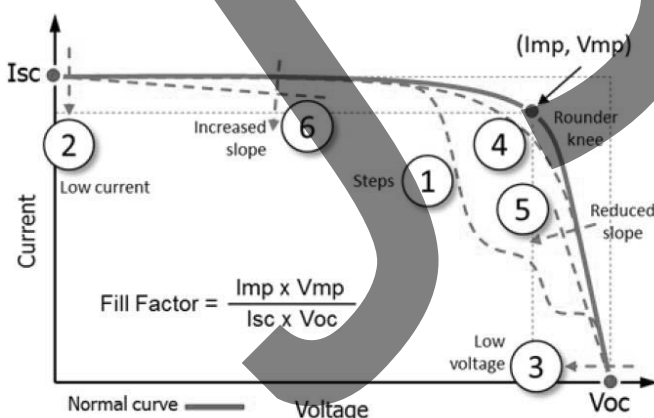
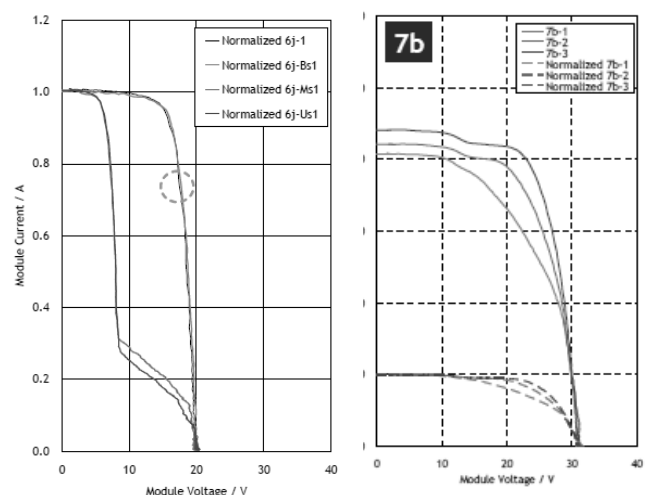


Figure 65. Deviations in the shape of the I-V curve fall into one (or a combination) of these six categories



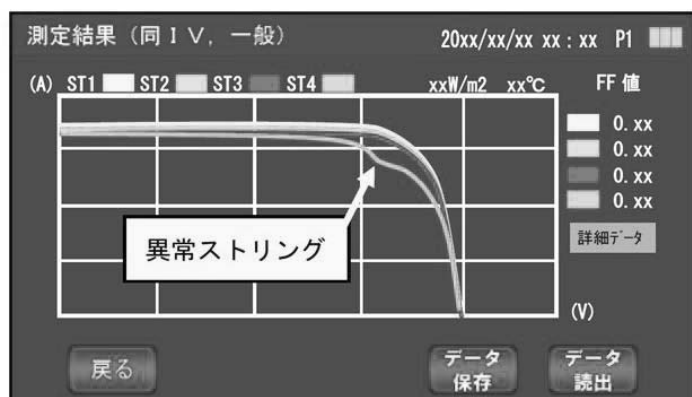
Source: NEDOフィールドテスト

IV特性に形状変化があるか確認
基本的にストリング内の一部の不具合を検知
日射や温度の補正は基本不要

5. 屋外でのIV特性評価方法の分類

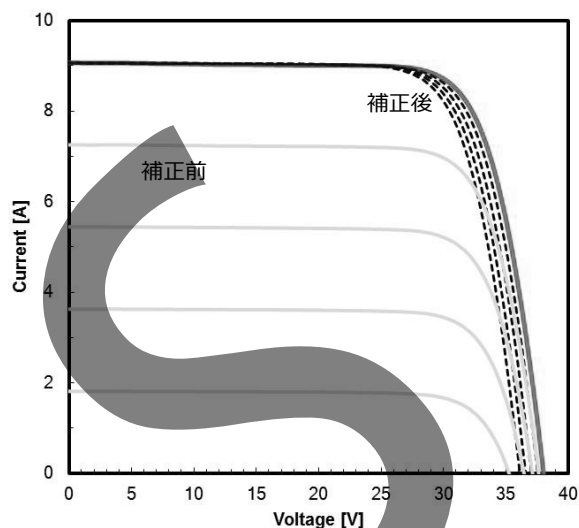
相対評価

同時測定(試験条件を一緒にする)



戸上電機より

自己参照法
(I_{sc} が合うように補正)



日射計が不要だが、汚れやLIDの影響は評価できない

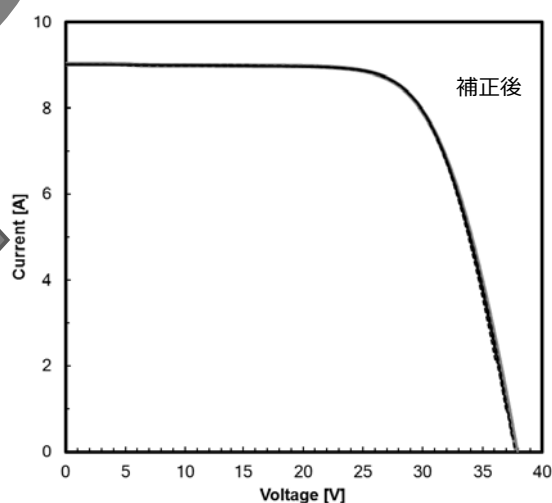
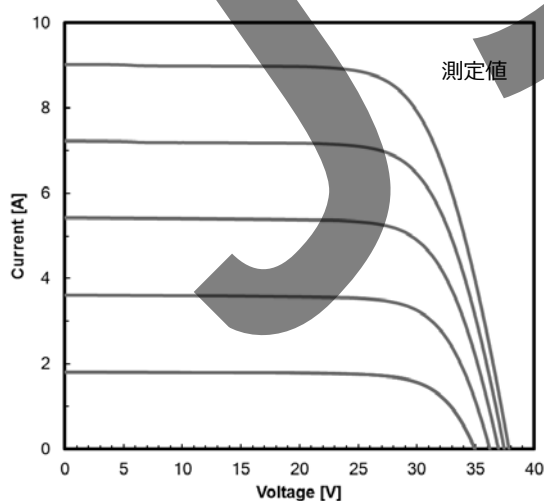


5. 屋外でのIV特性評価方法の分類

絶対評価

PVセンサ
温度センサ
IVトレーサ
最適な補正パラメータ

STC出力に換算



5. 屋外でのIV特性評価方法の分類

	対応するガイドライン・規格	必要な機器・評価技術	特徴
不具合発見	JET(PVTEC) JEMA	IVトレーサ	・形状をみるだけ ・測定が早い ・出力を無視 ・条件によって不具合の見落としもある
相対評価	IEC	IVトレーサ (日射測定) (モジュール温度測定) 補正パラメータ	・ある条件を固定して横並びの評価 ・特定の劣化モードを無視 ・ストリングの出力に差がないときに有効(完工検査など)
絶対評価	JIS IEC	IVトレーサ 日射計・PVセンサ 温度 補正パラメータ	・天候にかなり依存 ・時間がかかる ・現実的には測定時間の短縮、低コスト化が必要

17

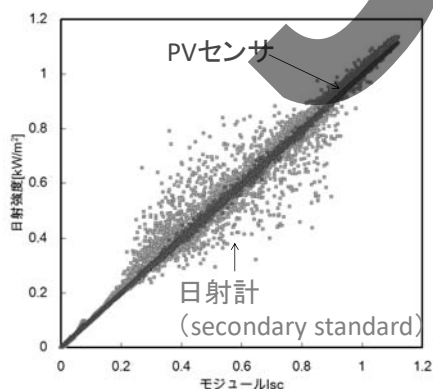


TÜVRheinland®
Precisely Right.

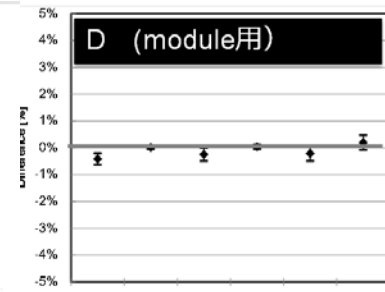
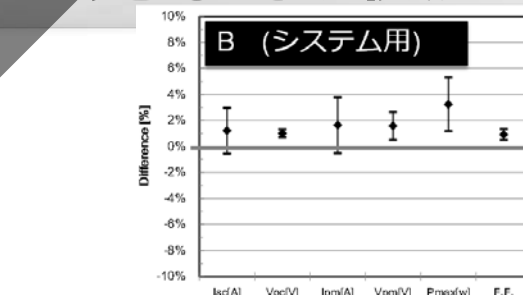
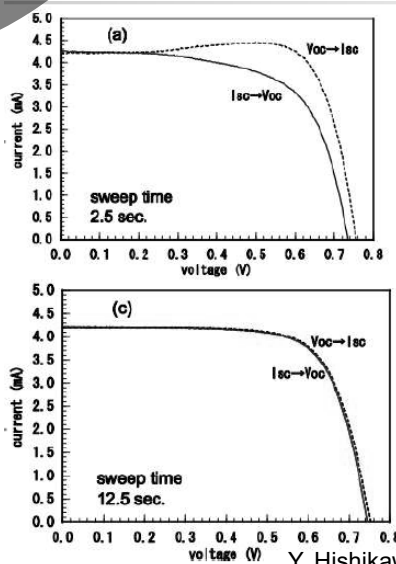
6. 屋外でのIV特性測定システムとしての視点

計測・分析システムとしてまだまだ改善が必要です

- ・補正に必要なパラメータのデータ化、算出
- ・日射計測(計測タイミング、応答性)
- ・低照度時の測定と補正
- ・入射角度特性を無視できる光センサ
- ・雲の影の影響
- ・トレーサの精度検証
- ・システムとしての精度検証
- ・高効率N型太陽電池の測定精度検証



太陽電池に対する日射計とPVセンサの応答性の比較



IVトレーサの測定精度の比較結果

Y. Hishikawa(2006)

N型太陽電池のIV特性測定時間依存性

18



TÜVRheinland®
Precisely Right.

7. まとめ

ストリングIV特性の測定と評価

- ・(使用する人) 何を測定したいのか目的をはっきりさせ、顧客にも説明する
- ・目的に合わせたトレーサ仕様とその標準化(現状、選定できない)
- ・トレーサ単体に加えて、システムとしての仕様、技術開発を！
(自動分析/判定技術(Deep learning)、測定不確かさの表記 = 測定信頼度)

規格・ガイドライン

- ・現状何を評価したいのか明確でない
- ・検知できる/できない不具合の明記と、その検知率の表記
- ・測定不確かさをしっかり検証して文書化を
(一般の人は“規格に沿った測定に誤差や間違いはない”と思っている。)

メーカーへの保証を求めるには・・・

- ・モジュール単位、STC
- ・屋外測定は基本非対象
- ・不具合は交換対象になるときもある
⇒合意形成が必要。互いが納得するような技術レベルの向上が必要

教育と情報共有

- ・技術・知識レベルのベースアップが必要。ただし教科書がない
- ・太陽エネルギー学会を中心にどうにかできないでしょうか・・・

