

屋外における太陽電池モジュールおよびストリングの 電流-電圧測定に関する技術解説 電流-電圧測定の現場からの報告

NPC Incorporated

2017年11月22日

環境技術部 環境技術Gr. 大内雅之



発電事業者/EPC がI-V測定を求める場面



発電性能、各ストリング
発電量のばらつきを知り
たい。定期的に管理し、
健全性確認

大規模発電事業者の一部

落雷や積雪等、自然災害が
発生したため、出力低下&
事故要因となるモジュール
を抽出したい

竣工前に不具合発生
モジュールがあるか確認
したい

スポット検査となる

発電量が予測より低下
要因となるモジュールを
調査したい
インピーダンス検査で
検出可能

パネル洗浄効果/パネ
ルコーティング剤塗布
効果

本当にI-V測定は必要
か？

定期メンテナンス項目に、
I-V測定を入れてしまった。

元請業者からの指示のため

本来はI-V検査は発電性能/ばらつきを定期的に確認するもの
しかし、その意識を持つお客様は少ない

検査実績

検査実績：約**509MW**
(全国**136ヶ所**)

(SolarWellness パートナーとの共同実績：321MW)

検査予定：約**258MW**

合計：約**767MW**

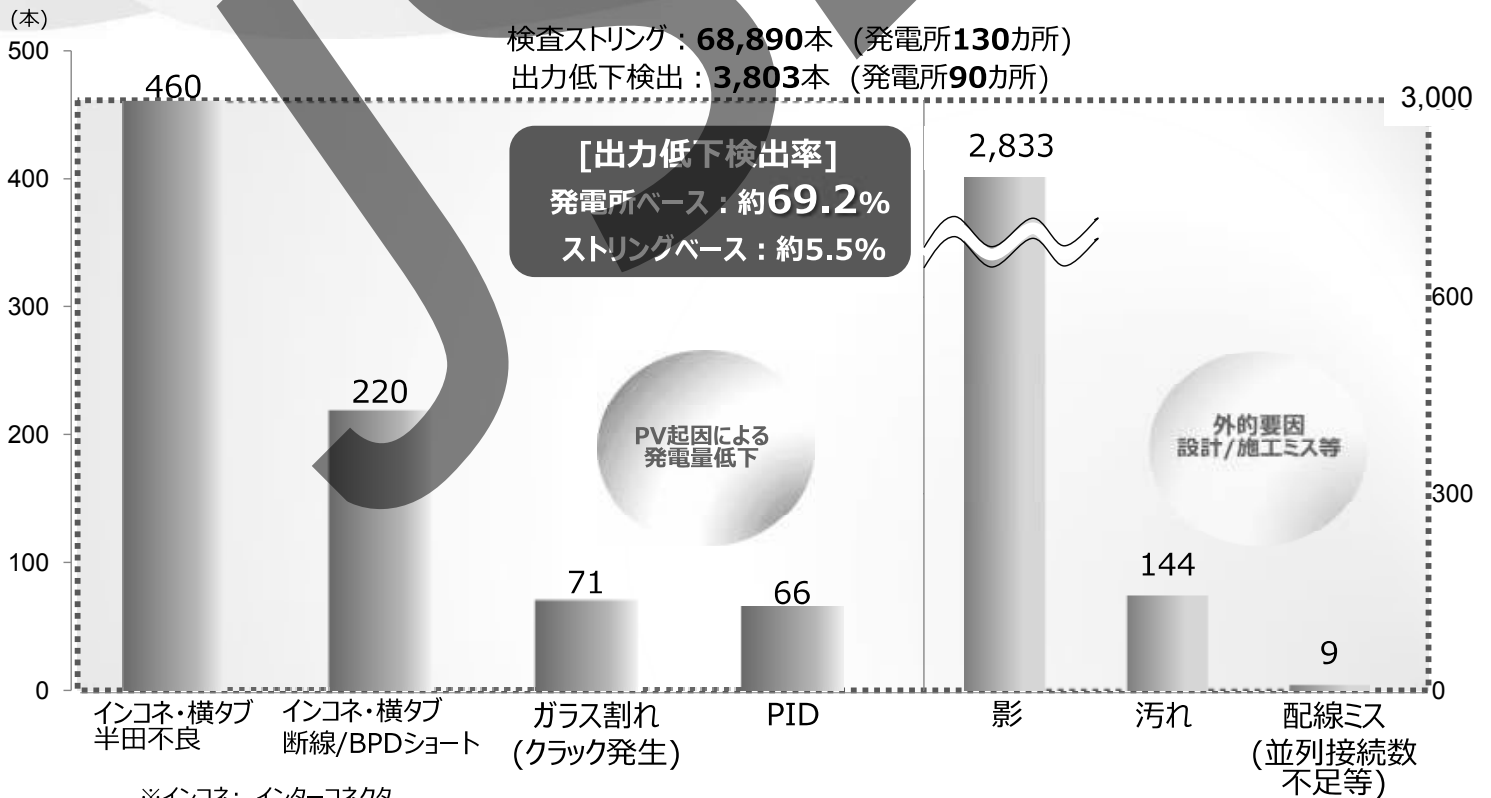
- 2MW以上～10MW未満の発電所 **22ヶ所**
- 10MW以上の発電所 **12ヶ所**



※2017年9月末時点

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

I-V測定による太陽光発電所 出力低下検出実績

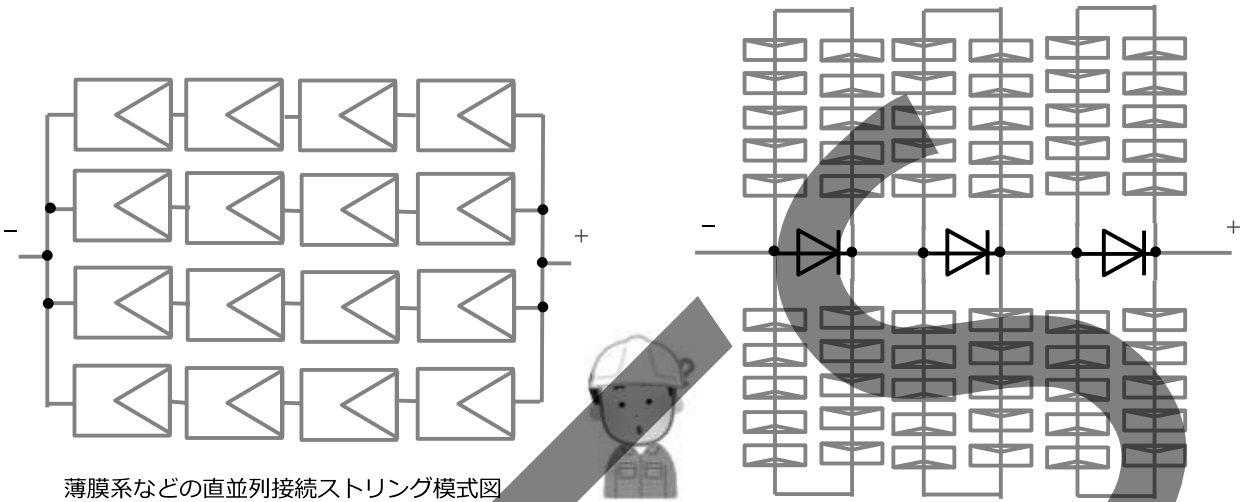


※インコネ：インターコネクタ
※BPD：バイパスダイオード

(2017年8月末時点)

並列接続ストリングとは

- ・薄膜系など、電流の低いモジュールにおいて、電流値を稼ぐためのストリング構成。
 - ・ハーフカットセルなど、モジュール内部で並列接続構造を形成しているもの。
- 高インピーダンスが発生した場合においても、電流経路が他に存在するため、不具合検出することが難しくなる。



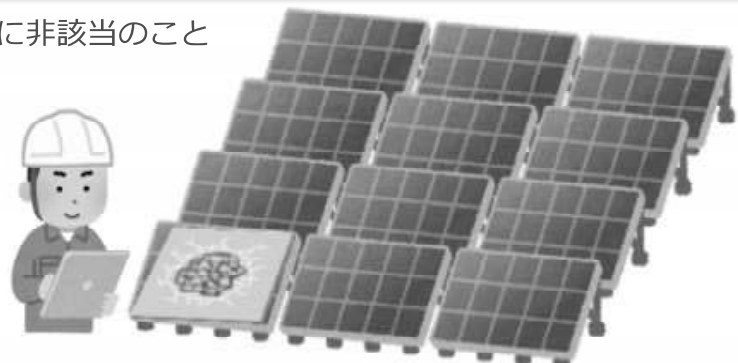
薄膜系などの直並列接続ストリング模式図

ハーフカットセル模式図

I-V測定が本当に必要な場面とは

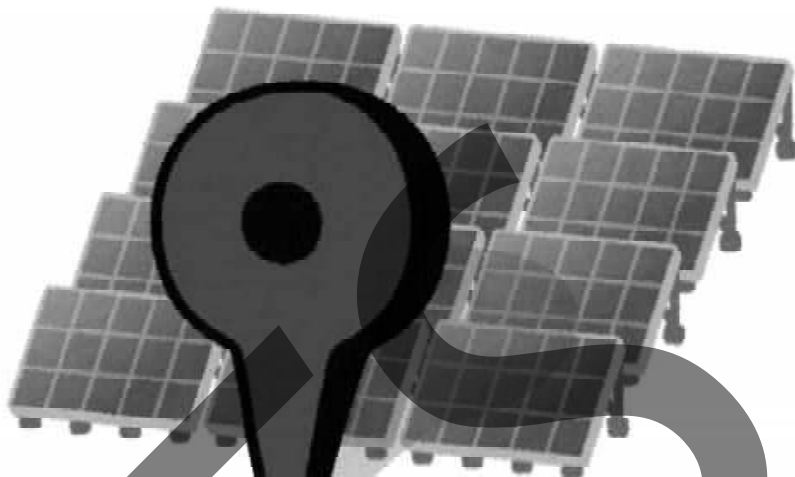
- ・ 健全な太陽光発電所の運営のため、発電性能及びばらつきを定期的に把握したいとき。
- ・ どのPVストリングの出力が落ちているのか、数値で知りたいとき。
- ・ 並列接続されているストリングにおいて、不具合発見したいとき。
- ・ PV起因による発電量低下及び施工後の外的要因による発電量低下について検出したいとき。

☆I-V測定による発電量測定が困難な場面に非該当のこと



I-V測定による発電量測定が困難な場面

①常時、影がかかっている



・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 6

I-V測定による発電量測定が困難な場面

②PVストリング内モジュール設置角度が異なる
(図面ではわからない場合あり)



・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 7

③日射センサ/温度センサの取り付けが、物理的に困難である



④どこからかの反射光が、PVモジュールの一部にかかっている

⑤検査日が限定され、必要な日射量確保及び日射の安定を待つて検査することができない

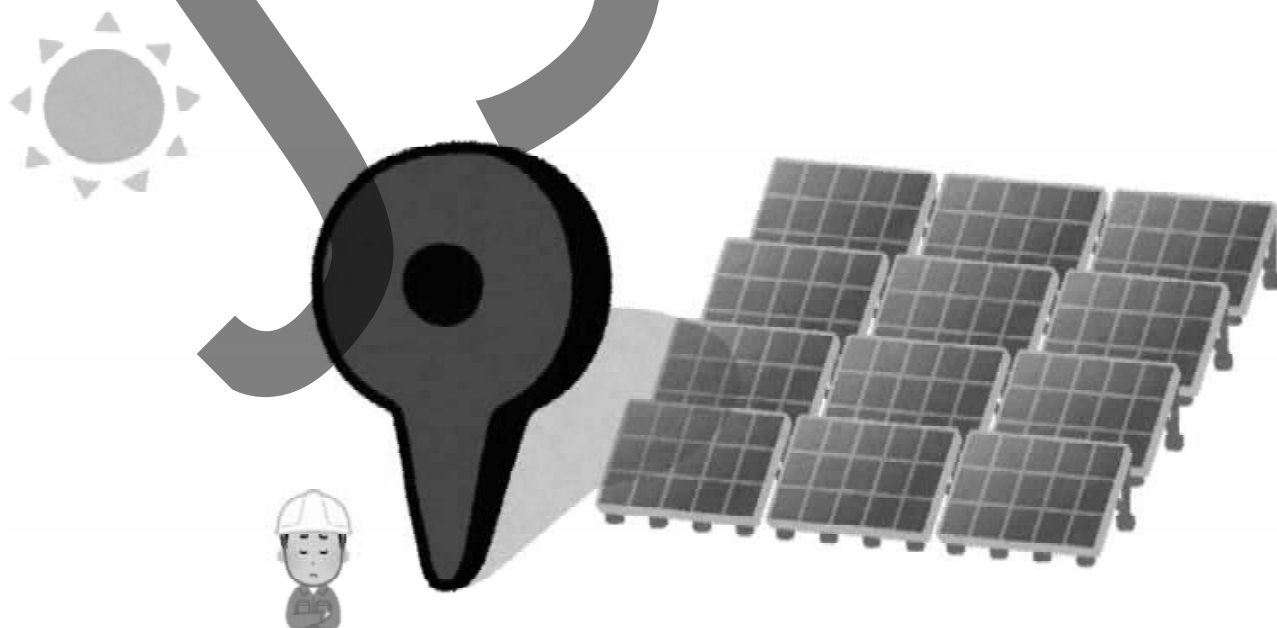
・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 8

I-V測定を現場で取得する際の課題

・ 一時的に影がかかる場合。I-V特性測定可能時刻が限られる。
→影がかからない時刻まで待つて、I-V測定実施するしかない。



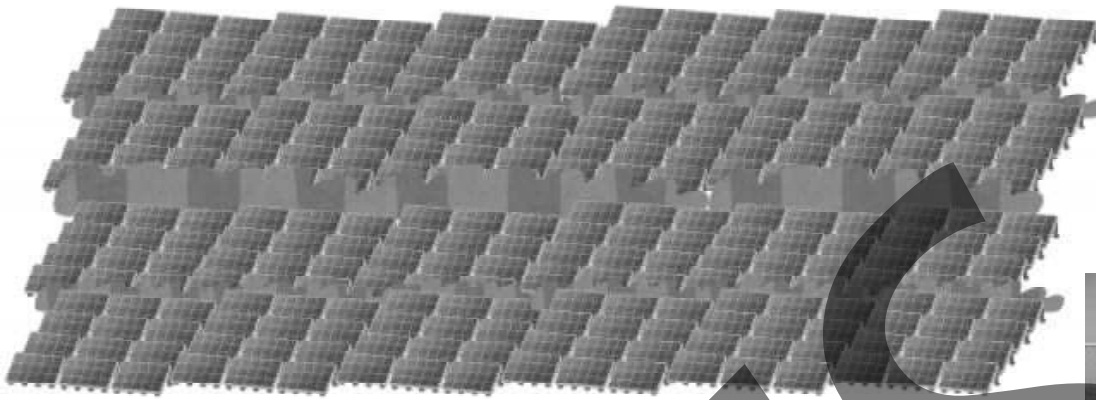
・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 9

I-V測定を現場で取得する際の課題

- ・草地での検査、斜面での検査、沼地での検査。
→台車が使えず、移動するだけで一苦労。苦労しながらI-V測定を実施するしかない。
草地の場合、I-V測定前に草刈を実施したほうが、合計作業時間が短くなる場合が多い。



- ・測定器類(日射センサ・データロガー含む)が重く感じることもある。
→台車を使用できる箇所については、台車使用により、ある程度回避可。

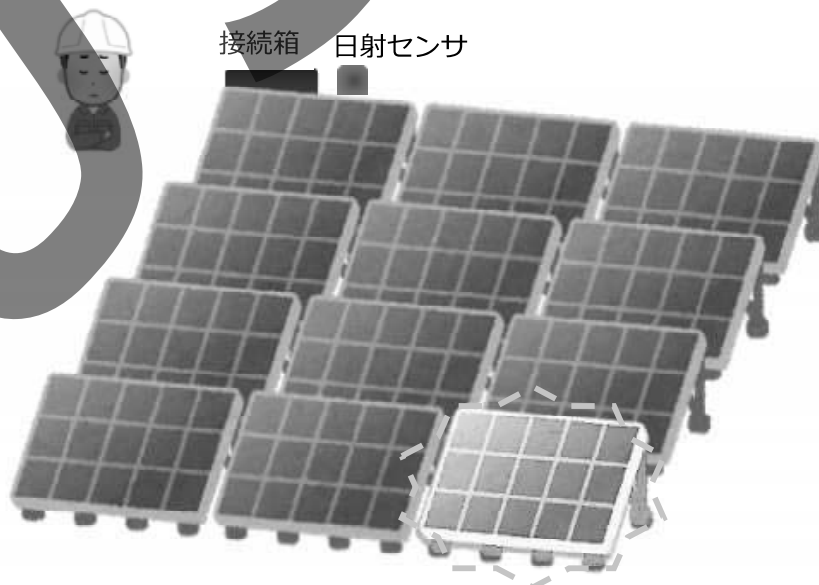
・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 10

I-V測定を現場で取得する際の課題

- ・測定前に取り付ける日射/温度センサを、被測定PVから離れて取り付けざるを得ない場合
→測定前後の、日射安定度観測時間を長くする等の工夫が必要。

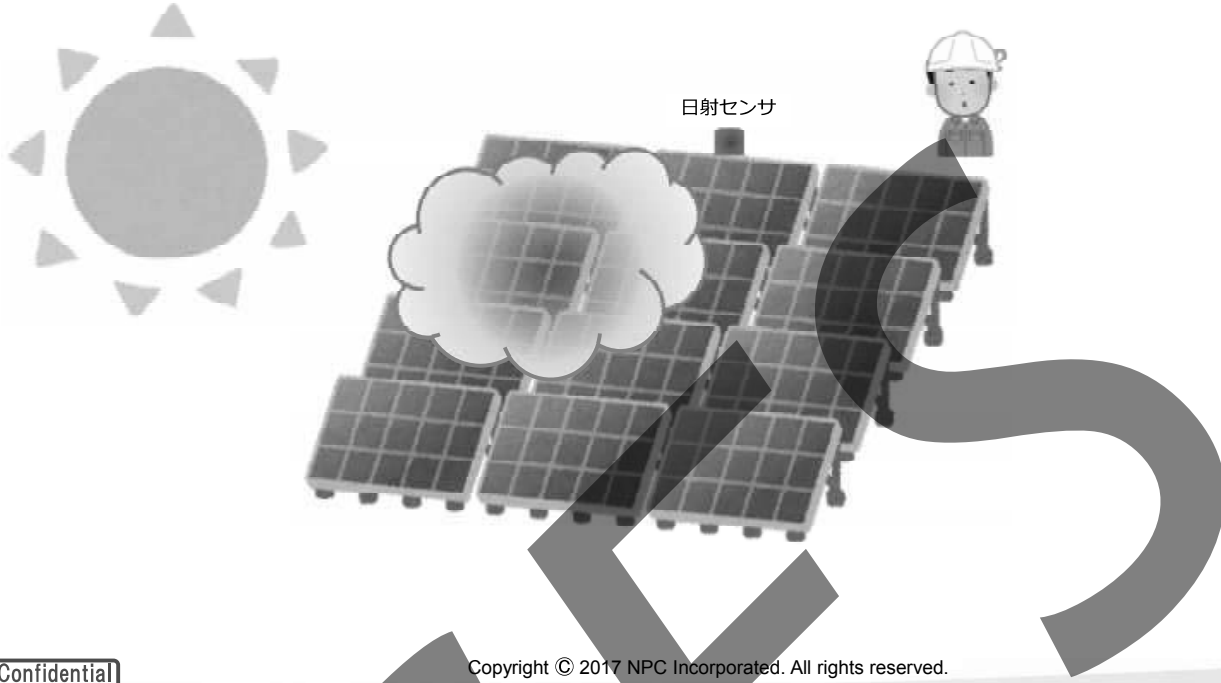


・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 11

- ・ 日射量の不足/日射変動があった場合、後日測定し直さねばならない。
- ・ 日射量の値が高すぎる場合、測定電流範囲を超えた状態で測定し機器を壊してしまう可能性がある。



・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 12

理想のI-V測定機器

- ・ 仕様書に記載されている測定電圧/電流範囲において**“正確に”I-V測定ができるもの。**
- ・ I-V測定中だけではなく、それ以外の場合における**日射量のリアルタイム確認ができるもの。**
- ・ **日射安定度のリアルタイム確認ができるもの。** 安定度観測時間可変型が望ましい。
 - 天候要因による取り直しPVをその場で確認し、その場で再測定したい。
 - 被測定PVと日射/温度センサが遠い場合においても、取り直しの必要有無をその場で確認したい。
 - 測定電流範囲を超えた状態でのI-V測定による、機器破損の可能性を少なくしたい。
- ・ **操作性の良いもの。**
 - 絶縁用保護具を着用していても、容易に操作できる。
- ・ **軽量、コンパクトなもの。**
 - 検査技術者の疲労低減。疲労による落下可能性の低減。
- ・ **測定間インターバルが短いもの。**
 - 日射変動のない時間に一気に測定したい。日射変動があった場合も、すぐに再測定したい。
 - I-V測定実施日数をなるべく少なくしたい。
- ・ **なるべく安価なもの。**
 - 過失による機器故障時等、検査技術者の金銭的負担を少なくしたい。
 - 複数台購入が容易となる。



絶縁用保護手袋(低圧用)

・ Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

・ 13

I-V測定データの解析時の課題

- Rs, K等、スペックに記載されていない温度特性係数がある。
- JIS C8919の補正計算に代入する値が不明。
- ⇒モジュールメーカーには、 α 、 β 、Rs、Kの記載をお願いしたい。

カタログ/製品仕様書等に記載されている記載例

%/°C表記のため、
A/°C、V/°Cに変換する必要がある。

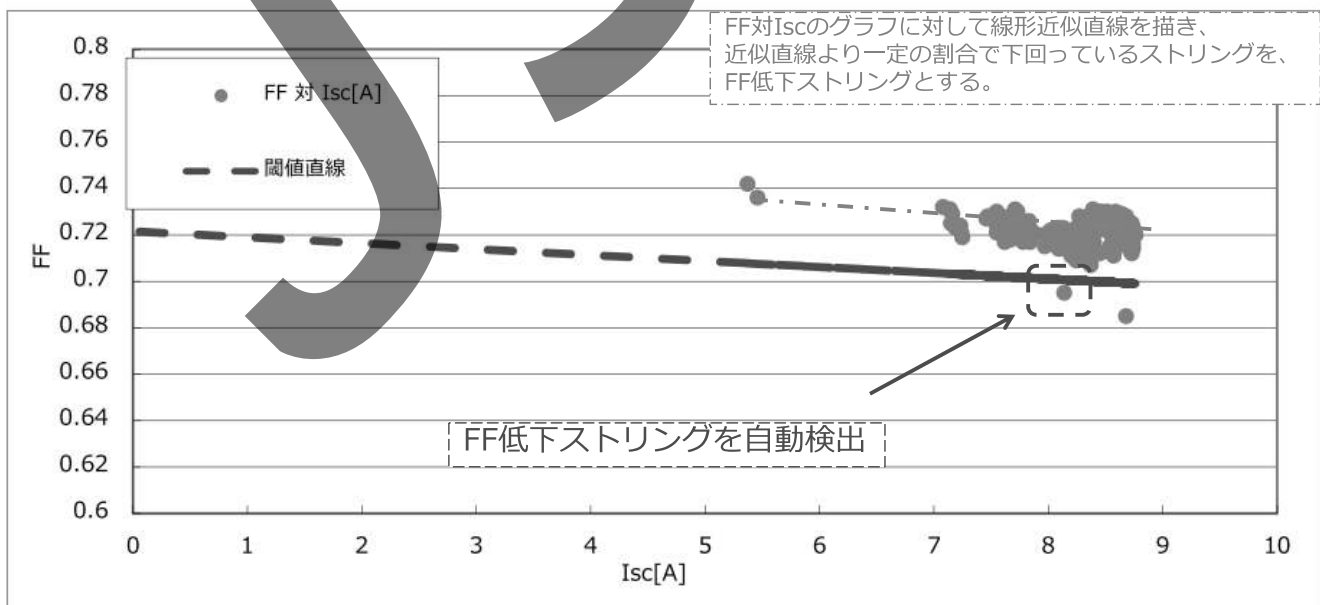
温度特性	短絡電流変動値	α	0.05	%/°C
	開放電圧変動値	β	-0.3	%/°C
	最大電力変動値	γ	-0.5	%/°C

Rs、Kの記載がない

I-V測定データの解析時の課題

- 目視によるデータ確認では、不具合を見落とす場合がある。
- ☆ソフトウェアを使用することにより、目視での見落としを補うことができる。

例1



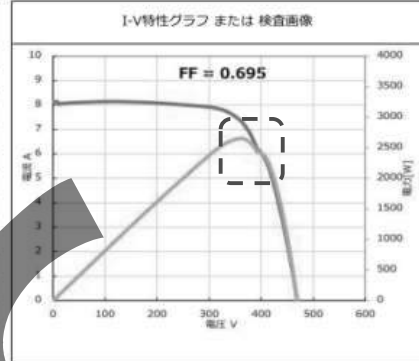
I-V測定データの解析時の課題

例1 [様式7-3]

ストリングチェックシート

発電所名称 第一発電所
検査日 2017年
検査員 **
接続箱No ***
端子番号 *

項目	疑われる要因	検査方法			画像回番	備考
		I-V	EL	目視		
パネル	内部配線不良 (剥離、断線など)					
	クラック					
	PID現象					
	バイパスダイオード故障					
	封止材剥離					
	封止材変色					
	バックシート焦げ					
	バックシート剥離、剥離など					
	ガラス損傷	●		●		I-V測定実施後、 目視にてガラス割れを発見
	PVコネクタ接続不良					
外部	PVコネクタ不良					
	その他					
	構造物等による影					
	異物付着 (粉塵、小動物の糞など)					
	その他					



I-V検査	太陽電池ストリングI-Vデータ	ファイル名	Pmax[W]		Isc[A]	Voc[V]	FF	Irr[W/m ²]	Temp[°C]	要確認項目
			平均値	補正後	測定値	比率[%]	-	-	-	-
		1046P121(ST2)	3,355.09	3360.34	8.70	527.06	0.73	1000.00	25.00	FF低下
			2652.50	6.14	469.10	0.70	920.00	56.90		
			100.16%							

内容 1.標準状態のパネル出力Pmaxと出力比率は、参考値です。
2.Irr[W/m²]は、日射強度で、Temp[°C]は、太陽電池パネル表面温度を示します。

詳細 コ 上記の内容により、最大の発電能力が発揮されていないと考えられます。
メ 売電収益に関わる事の為、

注釈

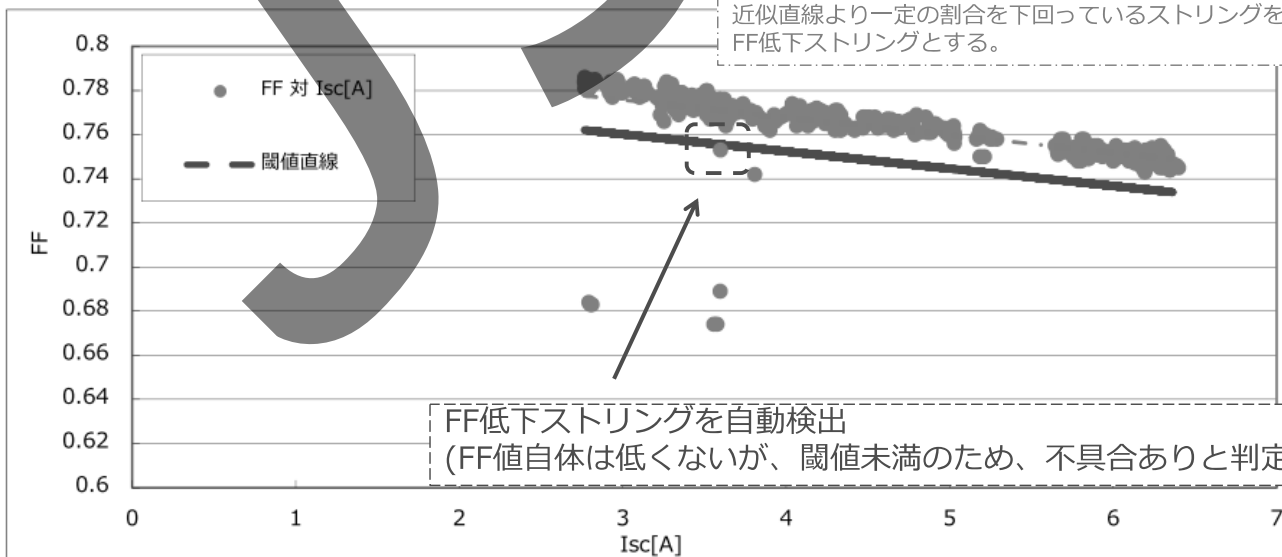
FF低下ストリングを自動検出することにより、
不具合発見が容易となった。

I-V測定データの解析時の課題

目視によるデータ確認では、不具合を見落とす場合がある。

★ソフトウェアを使用することにより、目視での見落としを補うことができる。

例2



FF対Iscのグラフに対して線形近似直線を描き、
近似直線より一定の割合を下回っているストリングを、
FF低下ストリングとする。

FF低下ストリングを自動検出
(FF値自体は低くないが、閾値未満のため、不具合ありと判定)

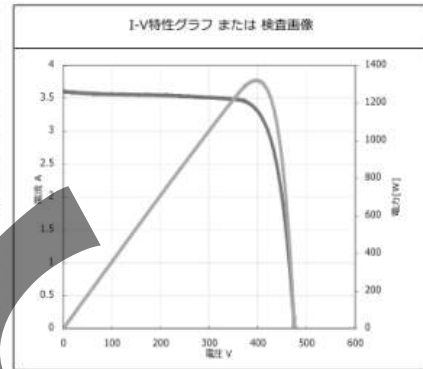
I-V測定データのデータを解析する際の課題

例2 (様式7-8)

ストリングチェックシート

発電所名称 第二発電所
検査日 2017年
検査員 **
接続箱No *-*
端子番号 *

項目	疑われる要因	検査方法			画像回番	備考
		I-V	サーモグラフィ	目視		
パネル	クラック					
	PID現象					
	バイパスダイオード故障					
	封止材剥離					
	封止材変色					
	バックシート焦げ					
	バックシートむれ、剥離など					
	ガラス損傷					
	PVコネクタ接続不良					
	PVコネクタ不良					
	その他					
外部	構造物等による影					
	異物付着(粉塵、小動物の糞など)					
	その他					



I-V検査	太陽電池ストリングI-Vデータ	ファイル名	要確認項目							
			Pmax[W]	Isc[A]	Voc[V]	FF	Irr[W/m ²]	Temp[°C]	FF低下	
		214A-B1 (01).csv(ST1)	平均値 2,511.84	-	-	-	-	-	-	-
			補正後 2549.51	6.36	500.35	0.80	1000.00	25.00	-	-
			測定値 1314.98	3.60	487.29	0.75	561.00	41.50	-	-
			比率[%] 101.50%	-	-	-	-	-	-	-

詳細	内容	
	コ	内部的要因：内部配線不良(剥離等)・焼損により、発電能力の低下が疑われます。
メ	上記の内容により、最大限の発電能力が発揮されていないと考えられます。	
テ	2次検査でサーモ検査、PLI検査	

良品ストリングを不具合ストリングと誤検出?
⇒実は、不具合による出力低下あり!!

Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.

おわりに

より効率よく、より精度の高いI-V測定の実施、及びI-Vデータ解析のためには、検査技術者が、いろいろと工夫し、精進しないといけないのはもちろんですが、

- ・モジュールメーカー様
- ・発電事業者様、EPC様
- ・測定機器メーカー様

皆様のお力添えが欠かせません。

ご協力のほど、何卒よろしくお願いいたします。

ご清聴
ありがとうございました



Confidential

Copyright © 2017 NPC Incorporated. All rights reserved.