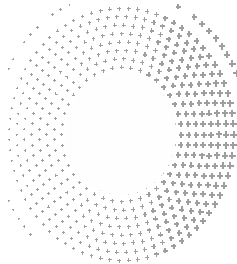


2017年11月22日 屋外における太陽電池モジュールおよびストリングの電流-電圧測定に関する技術解説

英弘精機の「I-VチェッカーMP-11」のご紹介



英弘精機株式会社
環境機器事業部
菘田光博



Beyond Accuracy.
1

英弘精機のI-V計測機器の遍歴

- 1927年 英弘精機創業
- 1985年 電総研(現 産総研)との共同研究で「コンデンサ負荷方式 I-Vカーブトレーサー MP-123」を開発(日本初の太陽電池専用I-V計測器)
- 1998年 ポータブルI-Vチェッカー MP-140 を開発
- 2000年 モジュール用I-Vカーブトレーサー MP-160 を開発
- 2007年 ポータブルI-Vチェッカー MP-170 を開発
- 2010年 セル用I-Vカーブトレーサー MP-180 を開発
- 2012年 アレイ用I-Vカーブトレーサー MP-165 を開発
- 2014年 ポータブルI-Vチェッカー MP-11 を開発
- 2015年 モジュール用I-Vカーブトレーサー MP-180B を開発



MP-123



MP-160



MP-180



MP-140



MP-170



MP-11

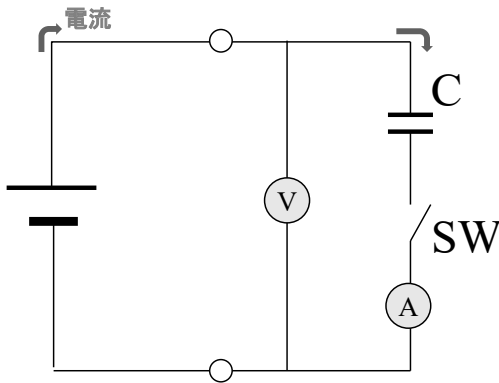


1985年当時のI-V計測風景 (JQA世田谷検査所)

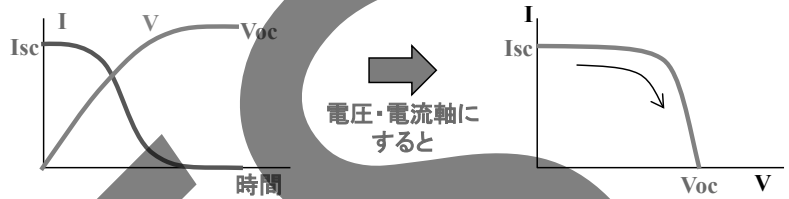
英弘精機は、日本の太陽電池専用I-V計測器ではパイオニアです。

3つの掃引方式(1):コンデンサ負荷方式

・コンデンサを太陽電池からの電流で充電し、電圧が上昇することで掃引



1. Cを放電しておく
2. SWをオンする
3. オンの瞬間は電圧=0
太陽電池からの電流(Isc)がCを充電
→電圧が上がっていく:掃引
4. 電圧がVocに達し、電流がゼロになる
5. サンプリングした電圧, 電流をグラフにする



電圧・電流軸にすると

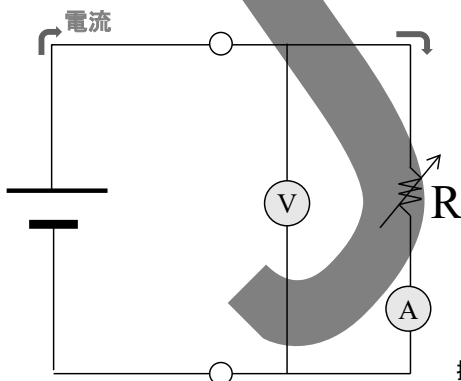
- 長所
- ・小型化しやすい、安価
 - ・大容量に対応出来る
- 短所
- ・Isc→Voc方向しか掃引出来ない
 - ・掃引時間の制御が出来ない
-コンデンサ容量、太陽電池の発電状況に依存
- 現場・施工用、アレイ・ストリング用のポータブルチェッカーに使用

例. MP-11

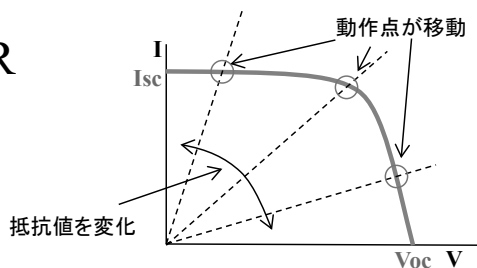


3つの掃引方式(2):電子負荷方式

・接続した抵抗の値を変化させることで、動作点を移動させて掃引



1. 抵抗値を、ゼロ⇔無限大に変化させる
2. 太陽電池の動作点がI-V特性上で移動
3. 動作点を集めてグラフにする



抵抗無限大 → 電流ゼロ → Voc
抵抗ゼロ → 電圧ゼロ → Isc

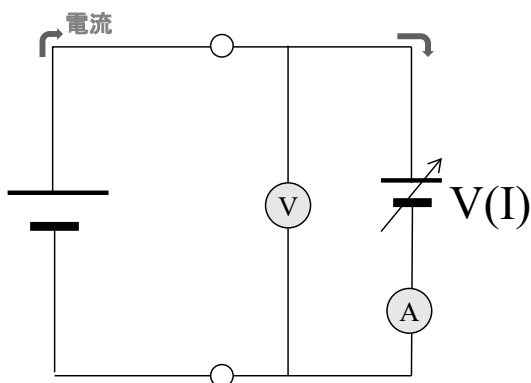
- ・通常、トランジスタを抵抗として使用する為、“電子負荷”と呼ばれます
- ・パルス的に抵抗を制御する“パルス電子負荷方式”も有ります

- 長所
- ・掃引方向を選択できる
 - ・掃引時間を制御できる
- 短所
- ・小型化しにくい
 - ・大容量に対応しにくい
- モジュール、ストリングの屋外評価に使用

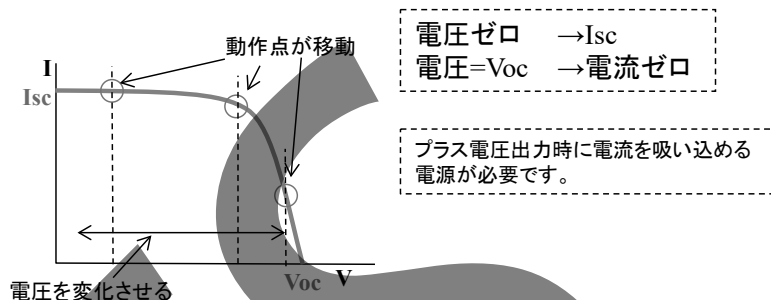
例. MP-160/MP-165



・接続した電源の電圧(あるいは電流)を変化させ、動作点を移動させて掃引



1. 電源の電圧をゼロ⇔Vocで変化させる
2. 太陽電池の動作点がI-V特性上で移動
3. 動作点を集めてグラフにする



- 長所
- ・掃引方向を選択、掃引時間を制御できる
 - ・高精度
- 短所
- ・大容量に対応出来ない
 - ・小型化しにくい
- セル、サブモジュールの基本特性・屋内評価に使用

例. MP-180

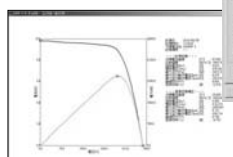


ポータブル I-Vチェッカー MP-11の概要

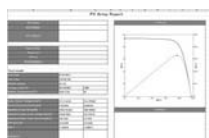
MP-11



PCソフト



簡易レポート



最大1000V/30A/18kWの大容量

- 掃引点数: 400点

逆バイアス機能による、より正確なIsc計測

センサーユニットを標準装備

- 校正済み日射計付(シリコンセンサー使用)

現場での実用的な使いやすさ

- 専用ボタン一回で計測開始・結果表示
- アクセサリが全て本体に入るオールインワン
- 計測間隔最短30秒
- 充電電池での連続動作8時間以上

PCソフトによる計測制御、データ解析・管理

- 自動連続計測
- I-V特性はじめ、各種グラフ表示
- 簡易レポート作成



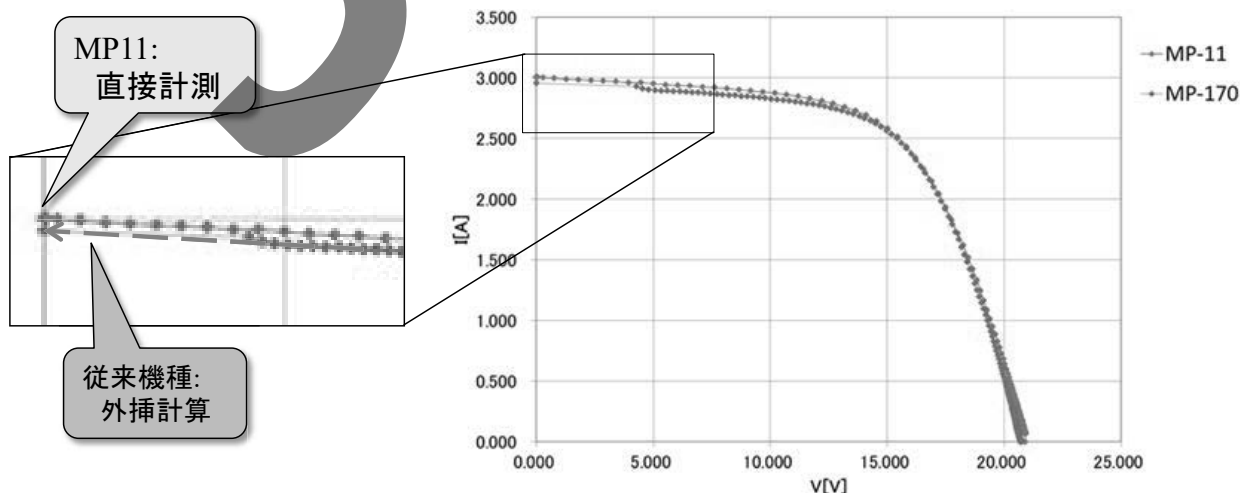
最大計測定格

- ・1000V
- ・30A
- ・18kW

メガソーラーでの計測回数削減

- ・3~4ストリングを一度に計測
- 今後の高電圧システムにも対応
- ・1000V化に対応

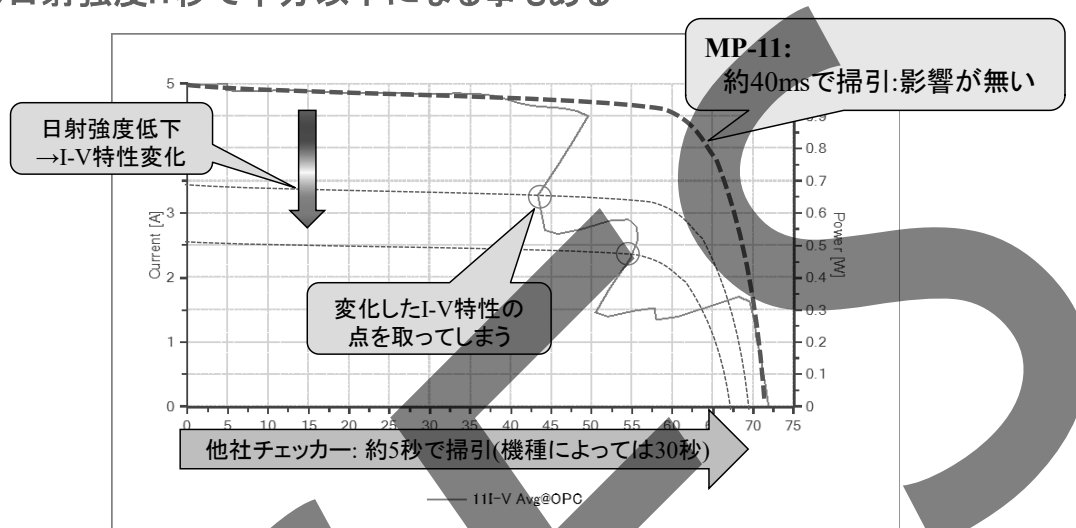
逆バイアス機能により、0V以下からのI-V特性を取得
→ 0Vでの電流: Isc を直接計測



数ms~数100msと短い掃引時間でI-V特性を計測

- この時間では日射の変化が殆どない
- 日射強度変化の影響を受けにくい

*)日射強度:1秒で半分以下になる事もある



MP-11と、旧MP-170の仕様比較

		MP-170
計測最大定格	1000V/30A/18kW	1000V/20A/10kW
計測精度	1% of Full Scale	1% of Full Scale
計測時間("計測"→表示)	5s	22s
逆Bias機能	有り	無し
STC換算機能	有り	有り
電源	ACアダプタ:12V 単三Ni-mH充電電池*8	ACアダプタ:9V 単一アルカリ電池*4
バッテリー持続時間	>8h	5h
計測繰返し時間	35s(近日中に短縮)	60s
重量(子機、アクセサリ込)	3.0kg	4.2kg
時刻タイマー保持期間	>2年	>2日
簡易レポート機能	有り	無し
本体内部での基準状態	有り	有り

旧MP-170からの改善項目

EKO

		MP-170
●計測機能		
Voc側への測定点集中改善/Isc(@0V)の測定	逆バイアス機能実装	—
100~600Vの精度向上:電圧レンジ	1000V/600V/100V 600V電圧レンジ追加	1000V/100V/10V
●実用面での使い勝手向上		
計測時間短縮	約5秒	約22秒(Auto Range)
計測繰返し可能時間の短縮	35秒	60秒
計測指示から実計測まで	<0.1秒	約15秒(Auto Range)
充電電池サポート	Ni水素充電電池	アルカリ電池
電池動作時間延長	>8時間	5時間
電池ボックスの小型化	125x20x175mm	150x40x70mm
軽量化(本体、子機、電池込み)	3.0kg	4.2kg
計測エラー後の再計測可能時間	0秒	60秒
●PCソフトの使い勝手向上	同時複数グラフの表示 計測番号表示の追加 電池名でのフィルター機能追加 簡易レポート機能追加	—

44

メガソーラーでの段差の判別 → 掃引側転点数

EKO

メガソーラーでの Voc = 400 ~ 600V

影・故障で出る影響は 最少クラスタ単位

1クラスタの Voc = 約10V (結晶系)

1クラスタ(約10V)の変化・違いは判別する必要

電圧計としての分解能はほぼ問題ない : 0.1V以下

測定点数が少ないと、10Vの違いが埋もれてしまう

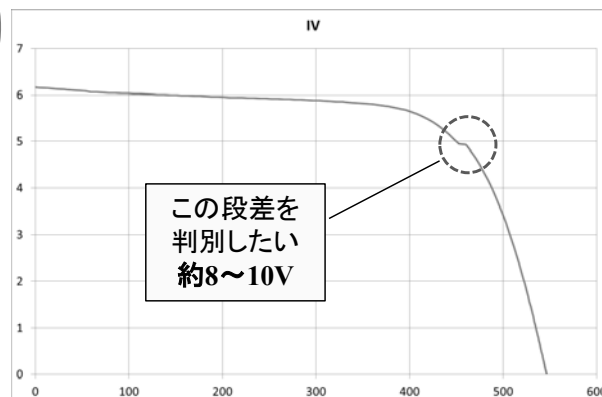
100点の場合 → Voc:500V/100点 = 5V

→ 1クラスタ分あたり 2点しかない

→ 違いを明確に判別するのは困難

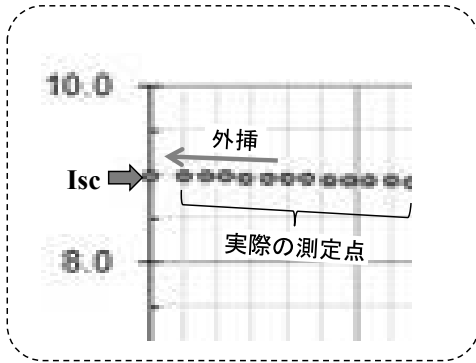
測定点数として、最低256点は必要 (約2V/点)

少なくとも128点 (約4V/点)

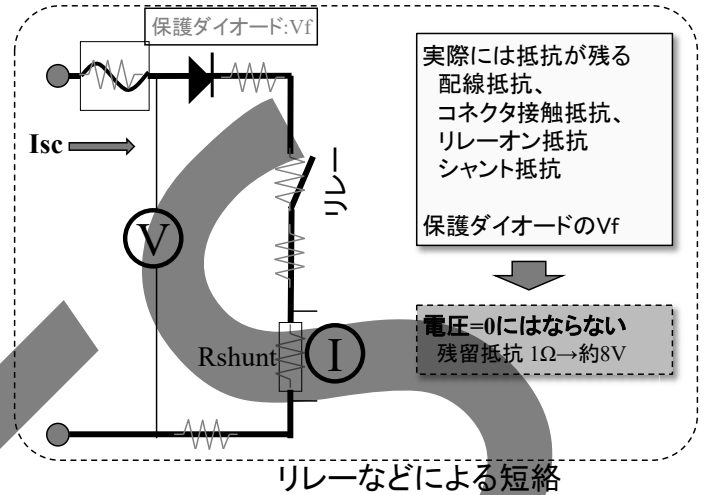


12

- ・通常、I-VチェッカーではIscを直接計測はしません。
 - 外挿して、Isc値を求める → 測定値のバラつき・計算による誤差
 - リレー・半導体での仮想短絡 → 残留抵抗の誤差(正確に電圧=0にならない)



外挿計算



やはり、逆バイアスを掛けて直接計測するのが一番良い

中間まとめ (I-V測定器に求められる性能)

- 日射は安定しているようでも揺らいでいる
 - 安定して計測するには、“目視で安定”では不十分
 - 掃引時間 0.5秒 or 1.0秒以内が必要
- クラスタ毎の異常の検出をしたい
 - せめて2V程度ごとに測定点が必要
 - 測定点数 256点以上が必要
- Isc計測の精度がFF等の精度に影響
 - 外挿、仮想短絡では正確に0Vにはならない
 - 逆バイアスによるIsc計測が望ましい

運用開始直前と毎年のI-V特性の比較して、健全性を確認しています



I-V特性においても
特に大きな差は見られない
Pmの差 = 1.2%

今後も、モニタリングと定期的な
I-V計測を実施し、関連性を探っていく

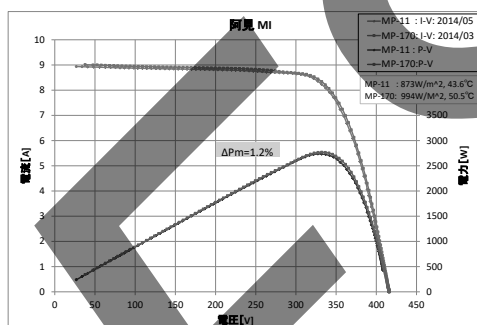
I-V特性の変化 (STC換算済み)

初期状態把握のため運転開始前に全668ストリング(9068モジュール)のIV計測を行なっている。

・以後、太陽電池モジュールの性能調査と発電所運営のノウハウ蓄積を目的に、毎年IV計測を行なっている。

・計測結果を日射量、モジュール温度で補正、標準条件に換算後、比較し毎年の傾向を把握。

・補足データとして、英弘精機のモニタリングシステムから得られる発電量データを活用。



B社(単結晶シリコン)アレイのI-V特性



15

IV計測による検証 ①

- ・2013年3月竣工時、初期状態把握のため運転開始前に全268ストリング(3188モジュール)のIV計測を行なった。
- ・以後、太陽電池モジュールの性能調査と発電所運営のノウハウ蓄積を目的に、毎年IV計測を行なっている。
- ・計測日: 2013年3月21日(竣工前)
2014年5月9日(稼働1年後)
2015年5月14日(稼働2年後)
2016年5月24日・27日(稼働3年後)
- ・計測には英弘精機製のIVカーブチェッカを使用。
- ・計測結果を日射量、モジュール温度で補正、標準条件に換算後、比較し毎年の傾向を把握。
- ・補足データとして、英弘精機のモニタリングシステムから得られる発電量データを活用。

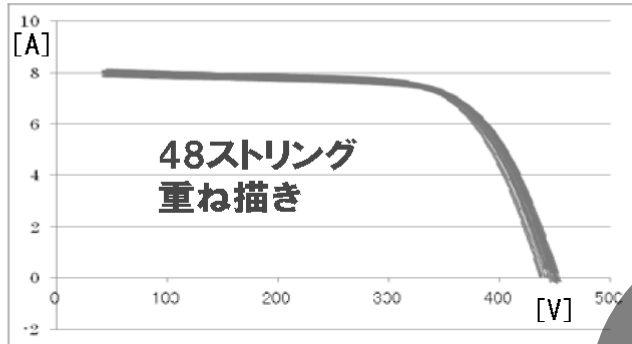


EKO MP-11

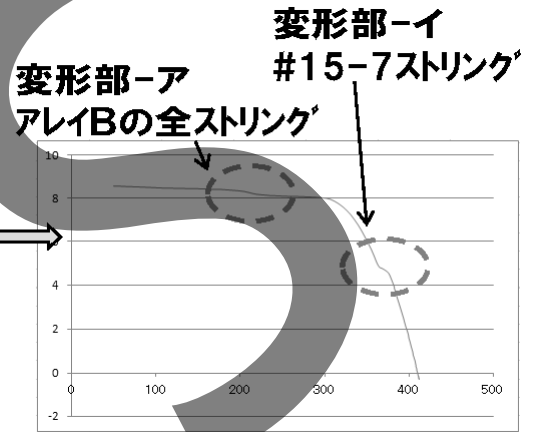
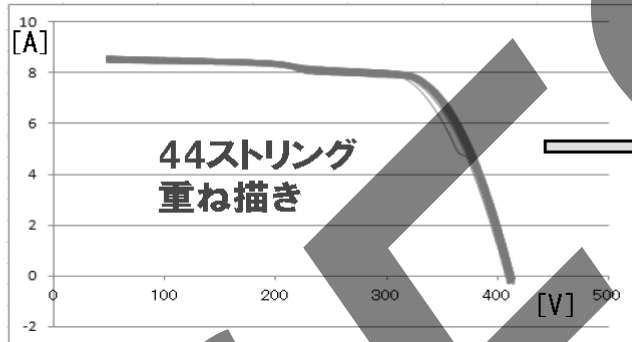
16

IV計測による検証 ② IVカーブ図-1

1) アレイA
CIS化合物

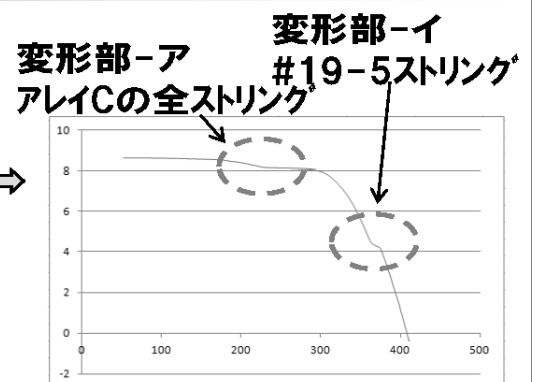
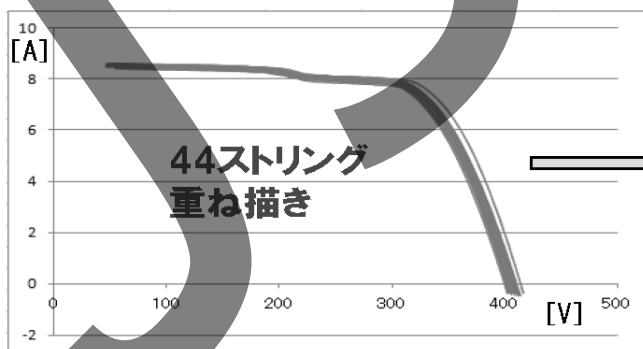


2) アレイB
Si単結晶

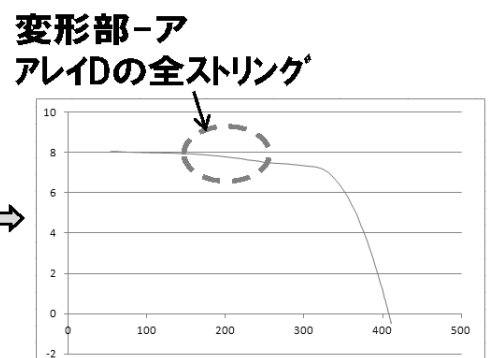
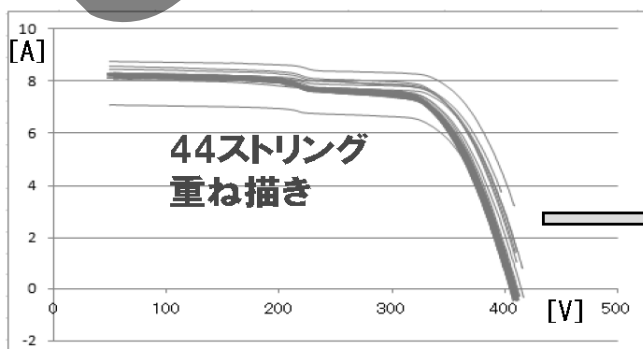


IV計測による検証 ③ IVカーブ図-2

3) アレイC
Si多結晶

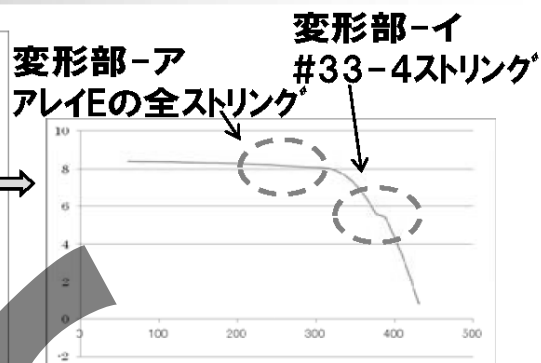
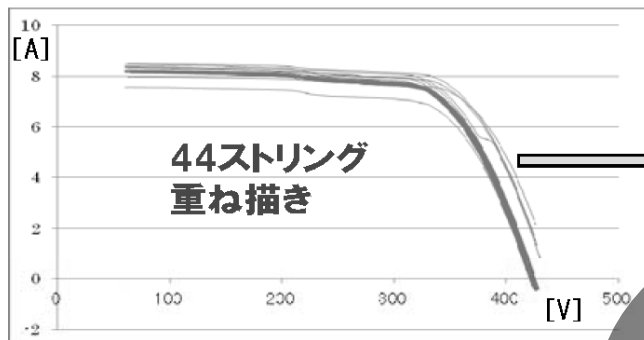


4) アレイD
Si多結晶

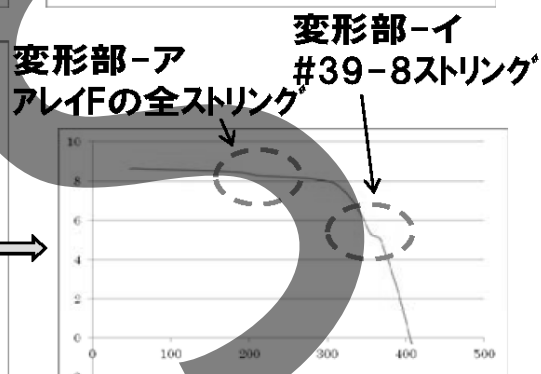
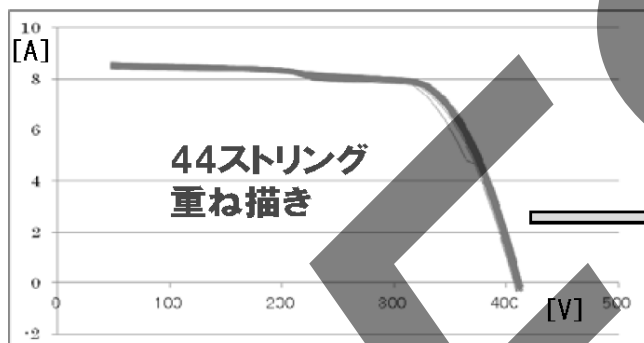


IV計測による検証 ④ IVカーブ図-3

5) アレイE
Si多結晶



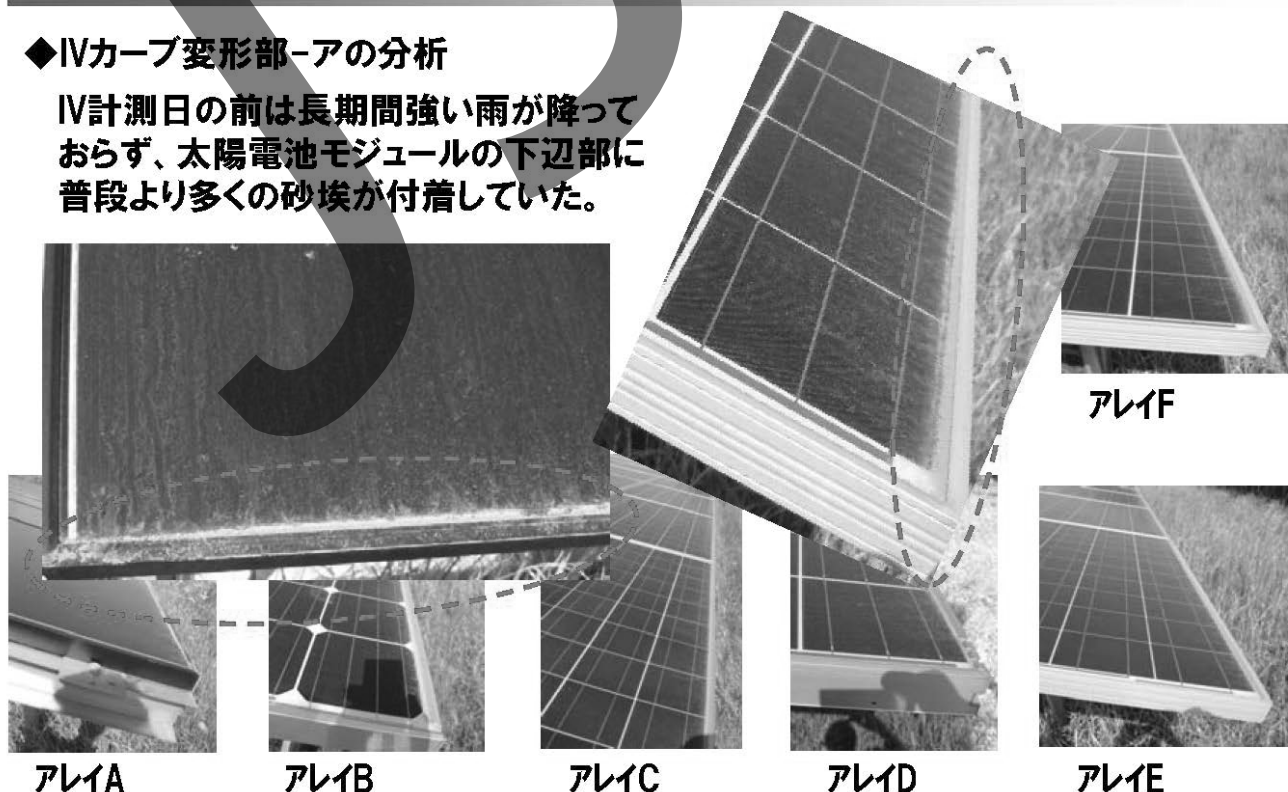
6) アレイF
Si多結晶



IV計測による検証 ⑤ IVカーブ分析-1

◆IVカーブ変形部-Aの分析

IV計測日の前は長期間強い雨が降って
おらず、太陽電池モジュールの下辺部に
普段より多くの砂埃が付着していた。



アレイA

アレイB

アレイC

アレイD

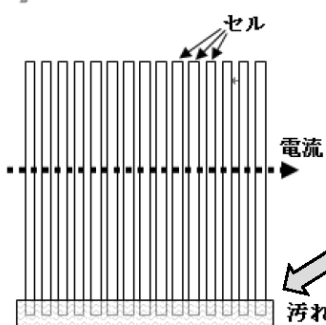
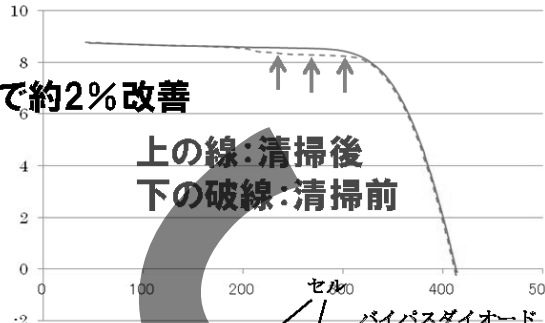
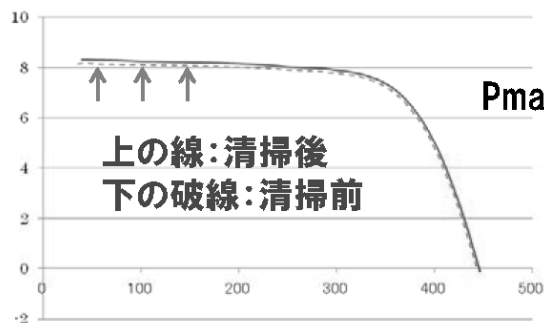
アレイE

IV計測による検証 ⑥ IVカーブ分析-2

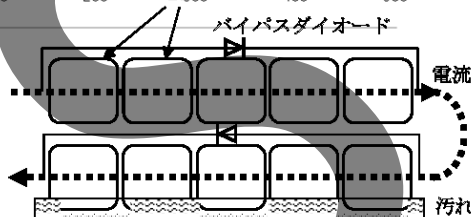
確認のため受光面の汚れを拭き取り、再測定を行なった。

アレイA: 全体的に電流値が増えた。

アレイB~F: 部分的なへこみが無くなった。



化合物型のモジュールはその構造より、枠下辺の汚れで全セルが同様に光を遮られるため、部分的な変形は生じない。

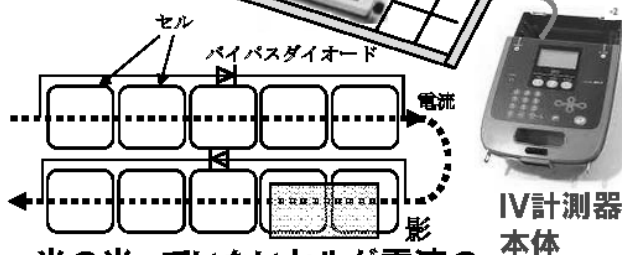
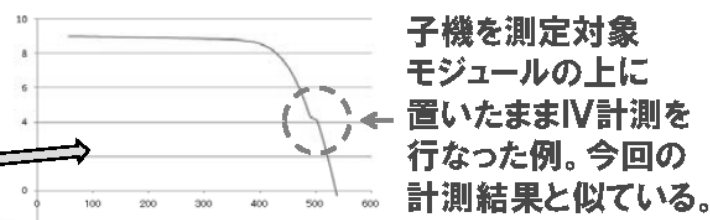
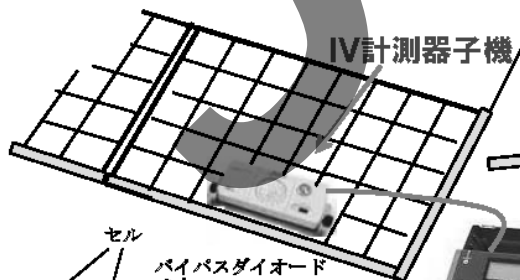


Si結晶型モジュールの場合は一部のセルの光が遮られるため、IVカーブに部分的な変形が生じる。

IV計測による検証 ⑦ IVカーブ分析-3

◆変形部-Iの分析

IV計測時に傾斜面日射量を測るため、日射計測用子機を太陽電池モジュールと同じ向き、同じ傾斜角に設置する必要がある。このため子機を計測対象モジュール上に置いてIV計測を行ってしまう場合がある。この場合、子機が一部セルの入射光を遮るため、発電性能に影響が出る。



光の当たっていないセルが電流の流れを妨げ、IVカーブに影響が出る。

IVカーブに異常があったストリングについて、子機の置き場所を変え再測定を行なった。その結果、いずれのストリング(4ヶ所)とも正常なIVカーブが得られた。このことから、子機を測定対象モジュールの上に置いたまま、計測したものと推測される。

I-V特性は、太陽電池の状況を詳しく知ることが出来る

発電量、影、配線抵抗増加、並列抵抗低下、バイパスダイオード故障

主要パラメータ: I_{sc} , V_{oc} , P_m , V_{pm} , I_{pm} , F.F.

MP-11はメガソーラのI-V特性計測に最適

18kWの大容量、使い勝手の良さ、日射強度変化に強い

I-VチェッカーMP-11は、
太陽光発電システムの性能把握と設備診断に役立ちます。