

# 太陽電池の新評価技術

(屋外高精度測定技術、非接触電位測定技術)

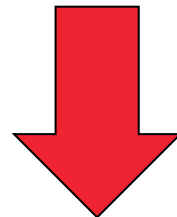
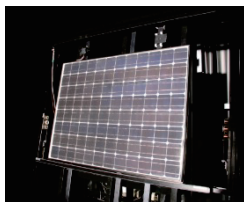
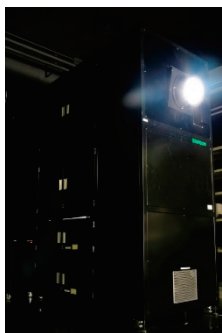
## 太陽光発電研究センター 評価・標準チーム

菱川善博・山越憲吾・大島博典・武内貴和・松田洋治・  
深堀明博・小沼 剛\*

\*現所属:株式会社 東光高岳

# 背景、目的

- ・ 太陽電池実用化の進展に伴い、屋外で設置され稼動する状態で太陽電池の性能を高精度、非接触に評価するニーズが高まる。
- ・ 屋外性能評価の条件等は現行のJISやIEC規格にも規定されているが、測定精度に及ぼす影響は十分検証されていない
- ・ 測定精度、屋外でそれらの条件が満たされる測定機会が不十分



100 mW/cm<sup>2</sup>  
25°C, AM1.5

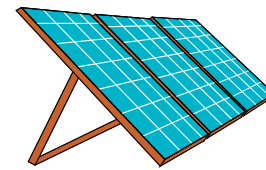
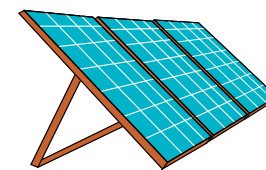
パワー定格  
発電量定格



Irradiance

temperature

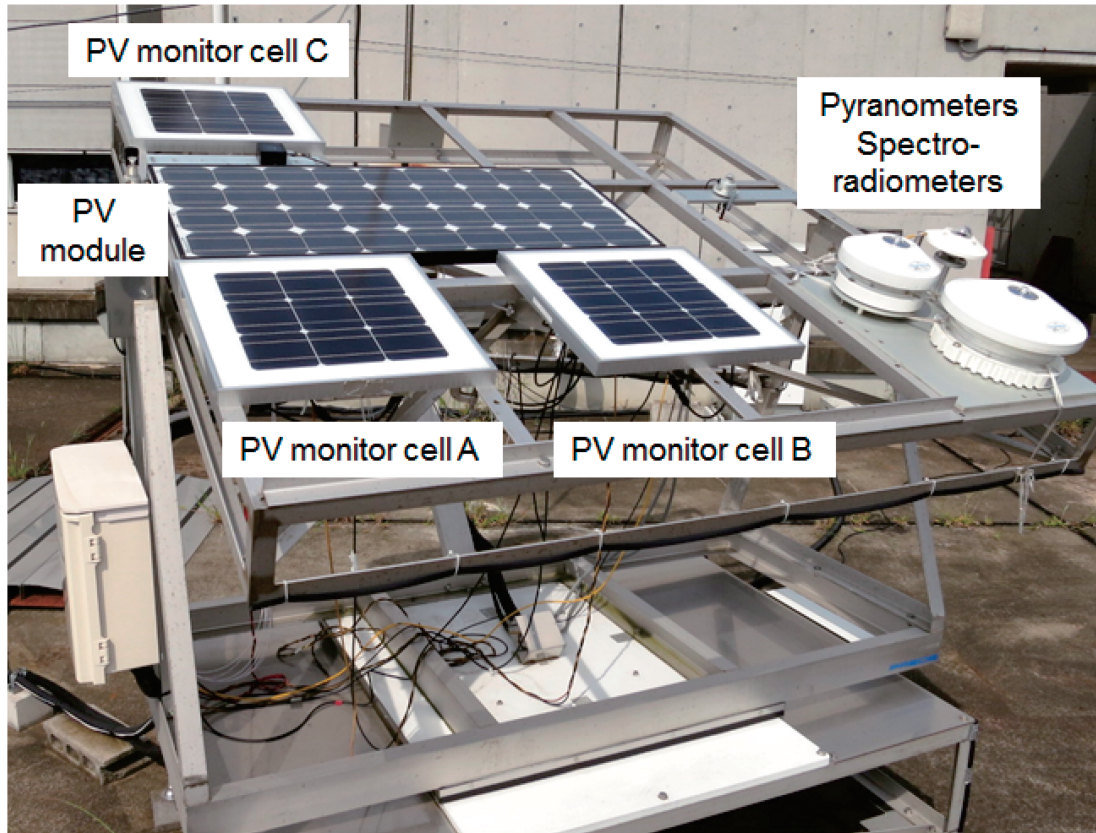
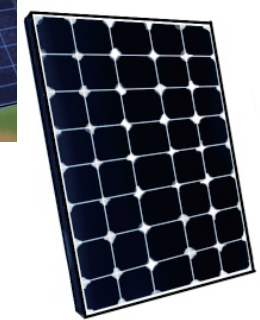
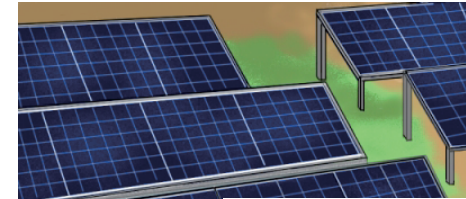
spectrum



- ・ 産総研が開発してきた屋内高精度性能評価技術を活かして、屋外測定における精度と測定機会を大幅に改善するための要素技術を検討した

# 屋外高精度IV特性測定技術\*

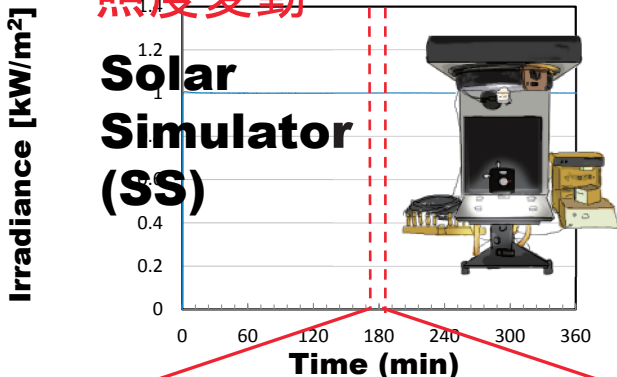
日射変動  
 温度測定・制御  
 スペクトル測定・補正



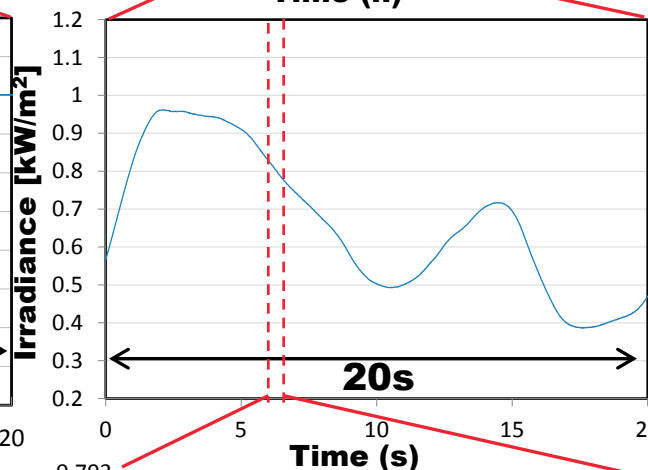
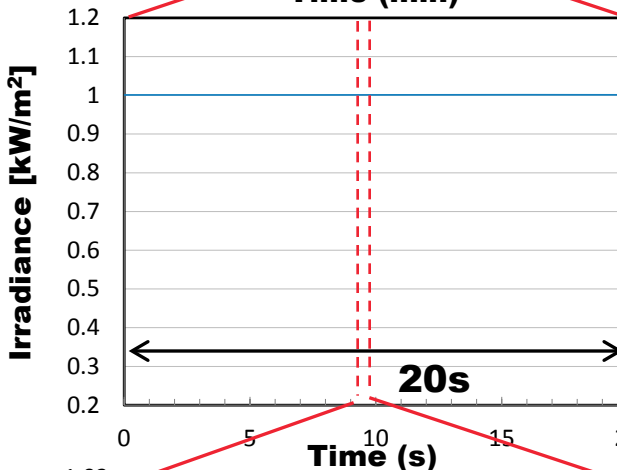
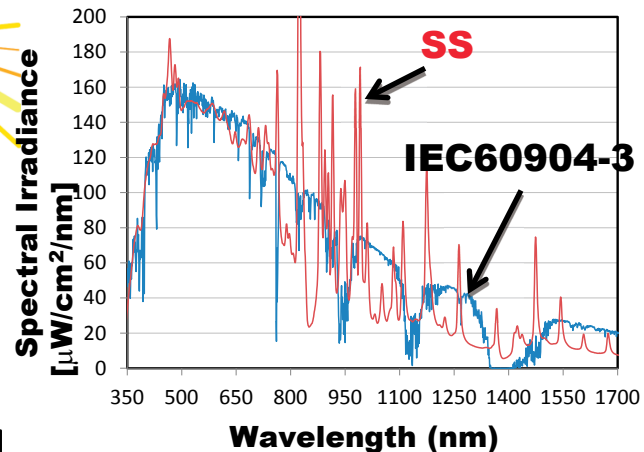
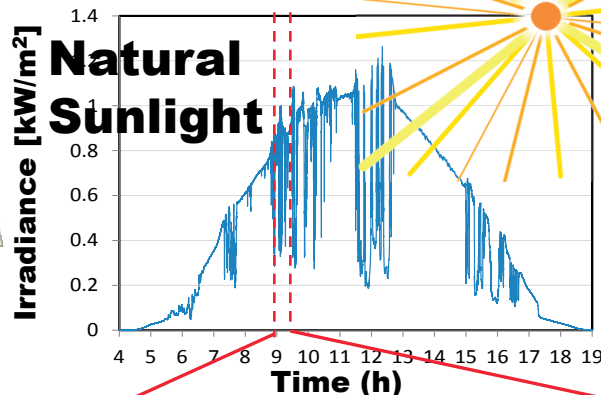
\*Y. Hishikawa et al., "Accurate outdoor measurement technology of PV devices", Proceedings of JSES/JWEA Joint Conference (2014) 305-308.

照度変動

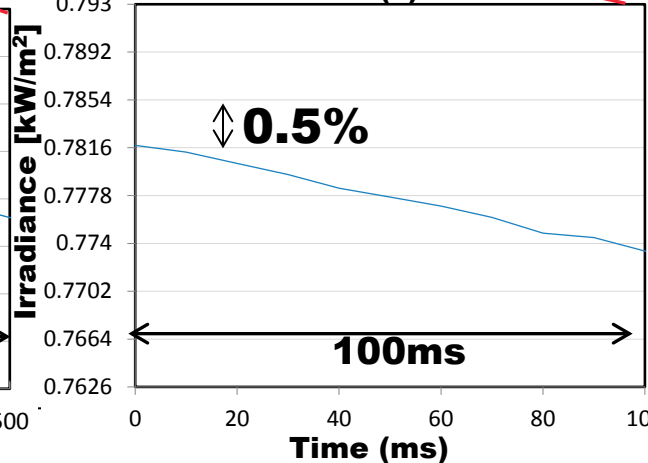
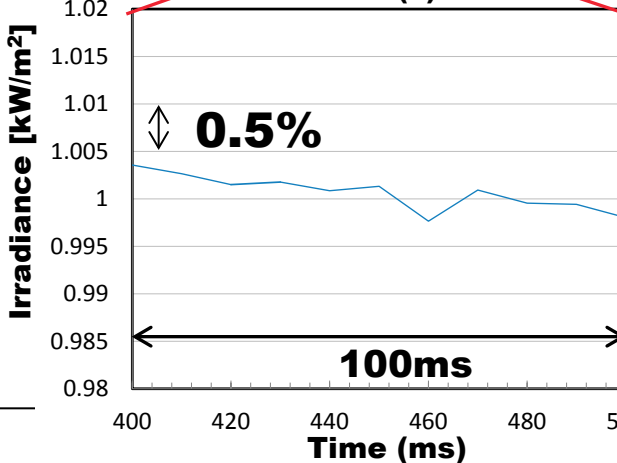
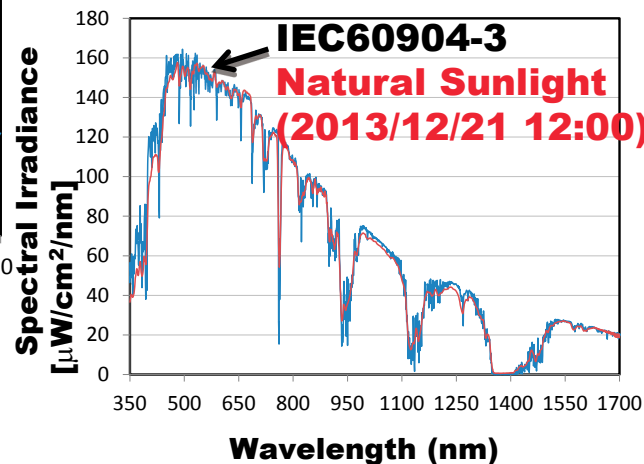
Solar Simulator (SS)



Natural Sunlight



分光スペクトル

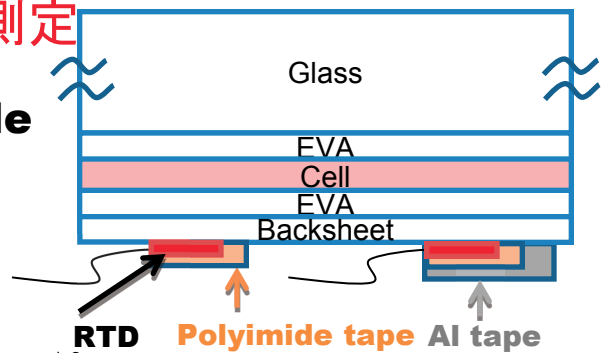


測定時間の短時間化  
(0.1秒オーダー)  
→屋内測定と同等の変動

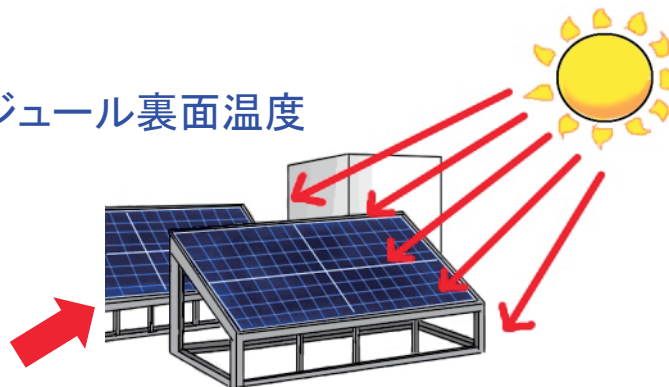
温度センサ:樹脂テープでの固定→デバイス温度を高精度に測定  
(1~3°C→<1°C:実測および有限要素シミュレーションで確認)

温度測定

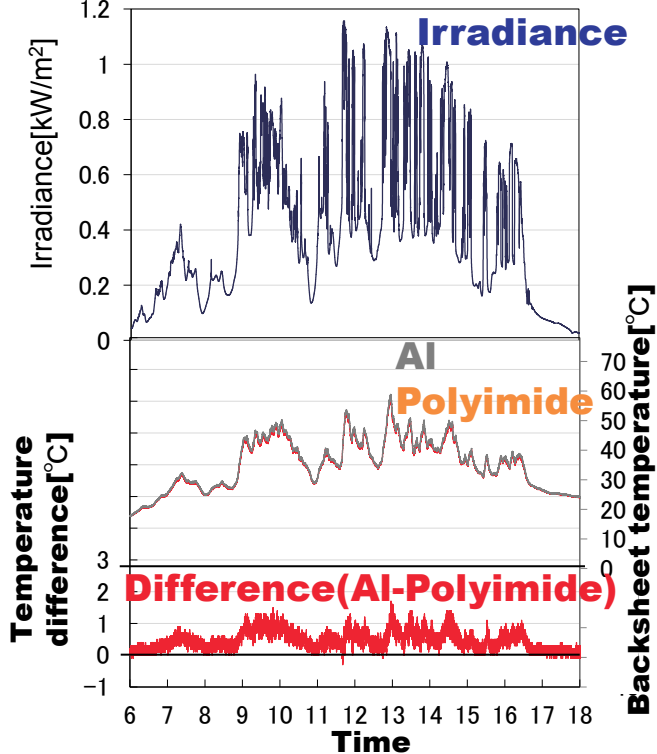
module



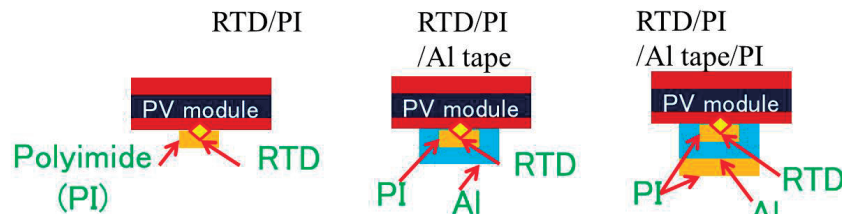
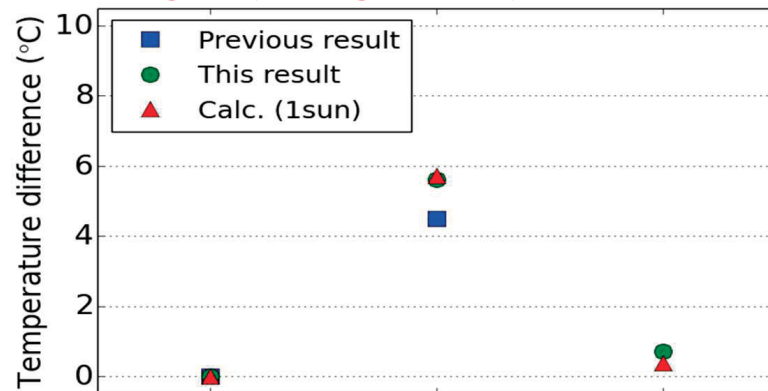
モジュール裏面温度



温度センサ種類、貼付法 (TC or 白金測温抵抗体(RTD) attached by Al, Polyimide, silicone etc.)



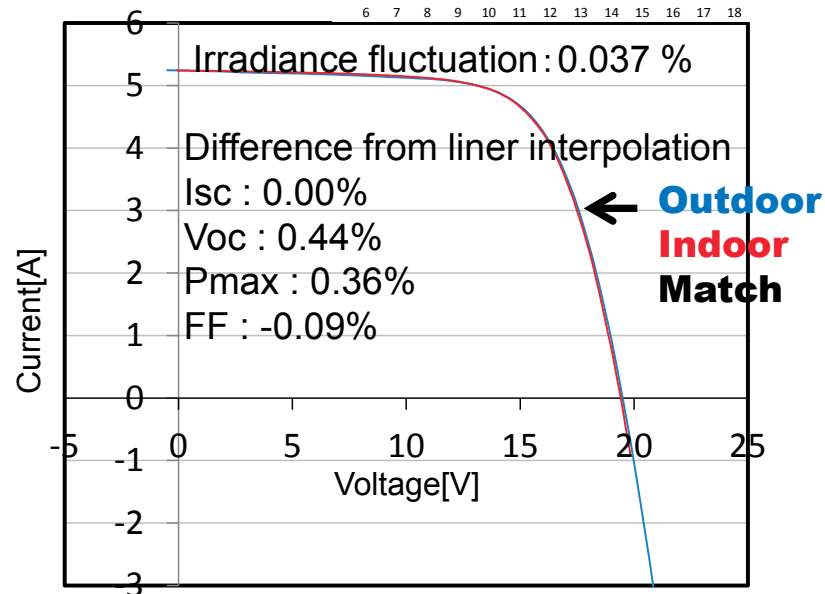
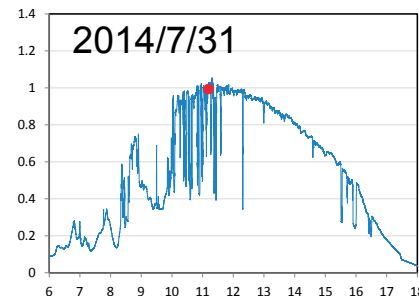
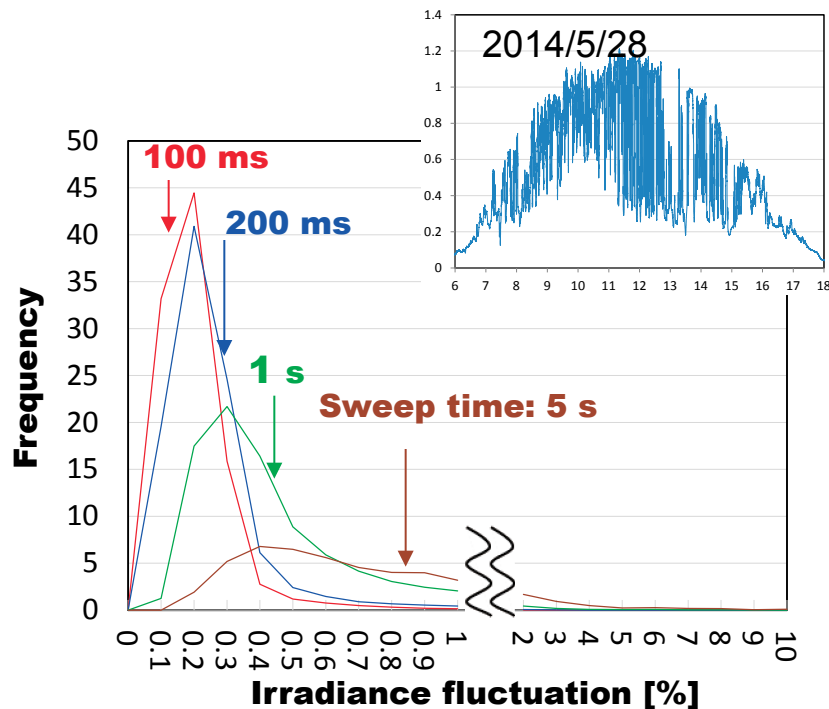
実測



有限要素法シミュレーションとの比較

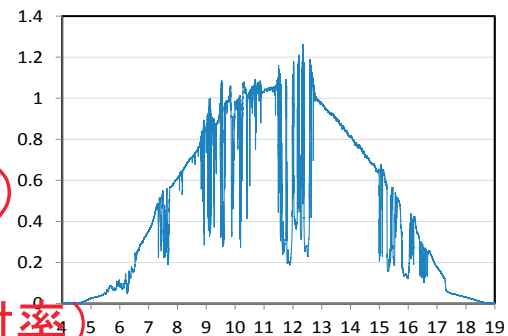
# 屋外高精度測定技術:ガイドライン概要

- **短時間測定 < 200 ms**  
→ 変動抑制  $\leq 0.5\%$ 、機会増加  $\geq 280$  日 (**0.9 suns**)
- **(PV reference cell or monitor)**
- 温度センサ (**RTD**等) の樹脂テープ (**PI**等) による貼付。  
屋内高精度測定とほぼ一致することを確認した

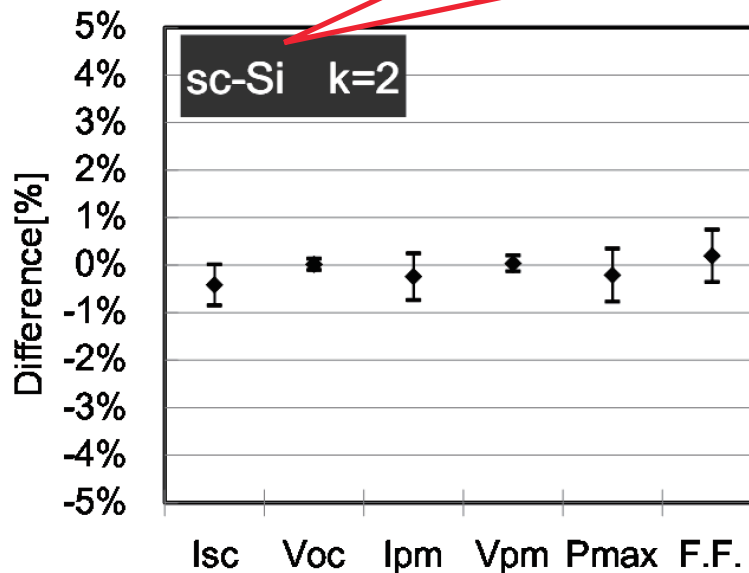
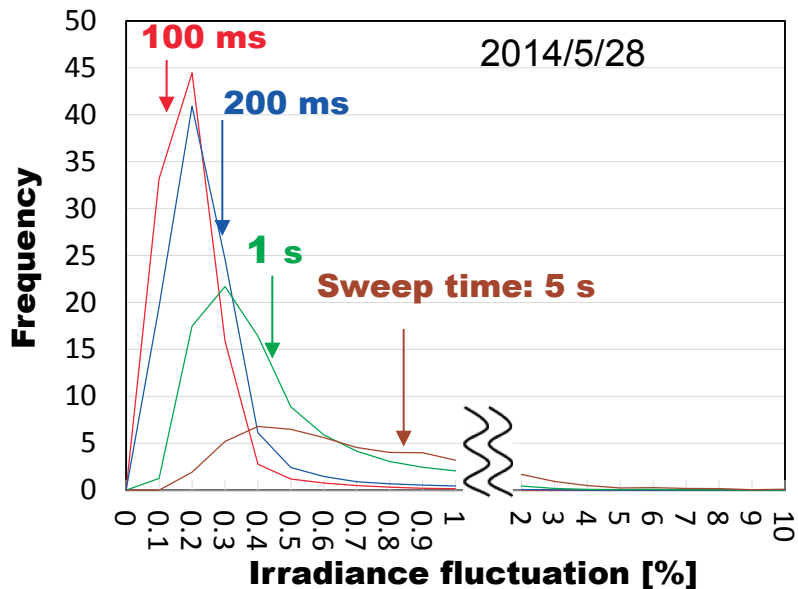


# 屋外高精度測定技術:ガイドライン概要

- **短時間測定 < 200 ms**  
→ **変動抑制 ≤ 0.5%、機会増加 ≥ 280日 (0.9 suns)**
- **(PV reference cell or monitor)**
- 温度センサ (**RTD**等) の樹脂テープ (**PI**等) による貼付 (**輻射率**)  
測定精度2%より良 (屋内高精度測定との比較)  
の基本精度を確認した。
- 更に**1%**以内の測定再現性の可能性を検証\*



(2013/7/12 8:03-16:13)  
 ・200ms  
 ・屋内高精度測定との差

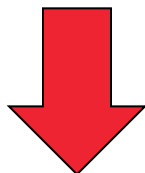


\*A. Fukabori et al., "Study of highly accurate outdoor characterization technique for PV modules", Proceedings of The 6th World Conference on Photovoltaic Energy Conversion (WCPEC-6), (2014), Kyoto.

# 非接触電位測定技術

- ・太陽電池モジュールおよびモジュール中の要素セルの電位は、セル、モジュールやアレイの性能と均一性、動作状態等を反映する重要な指標
- ・影や性能のばらつきによる**hot spot**等、信頼性評価の観点からも重要
- ・従来は非接触での測定はできなかった

本研究



太陽電池モジュールおよび要素セルの**非接触電位測定技術**を初めて検討し、屋内測定および系統連系中の屋外測定により、各種太陽電池で実証した



# 実験

- ・各種太陽電池モジュール(結晶**Si**, 薄膜)
- ・屋内、屋外、系統連系
- ・測定方法、条件、解析



非接触型表面電位計 春日電機製  
KSDシリーズ表面電位測定器カスタム品

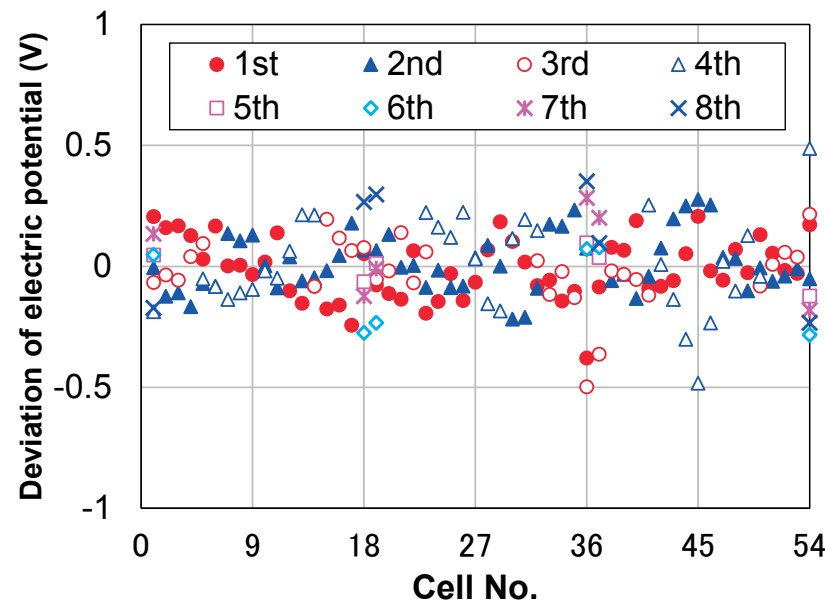
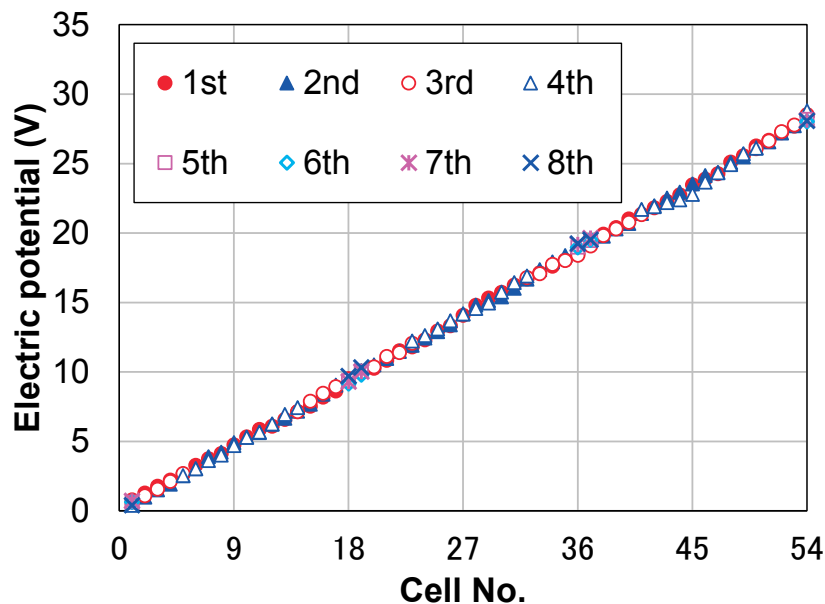


結晶**Si**太陽電池モジュールおよび各要素  
セルの被接触電位測定(ガラス面より)

# 精度検討(屋内測定)

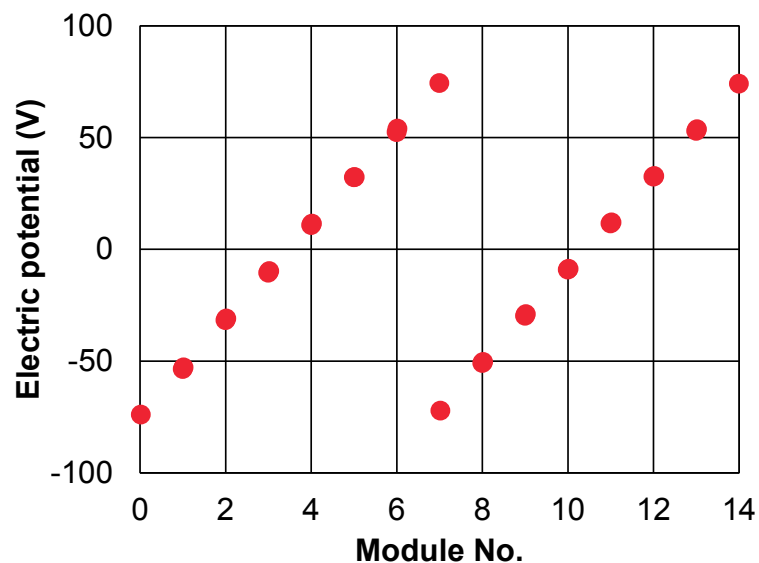
- **非接触**で太陽電池モジュール(セル)の電位を計測できることが明らかになった。
- 1セル(**~0.5 V**)より良い**測定精度**／**再現性**を確認。サンプル、計測方法に大きく依存。

46	47	48	49	50	51	52	53	54
45	44	43	42	41	40	39	38	37
28	29	30	31	32	33	34	35	36
27	26	25	24	23	22	21	20	19
10	11	12	13	14	15	16	17	18
9	8	7	6	5	4	3	2	1

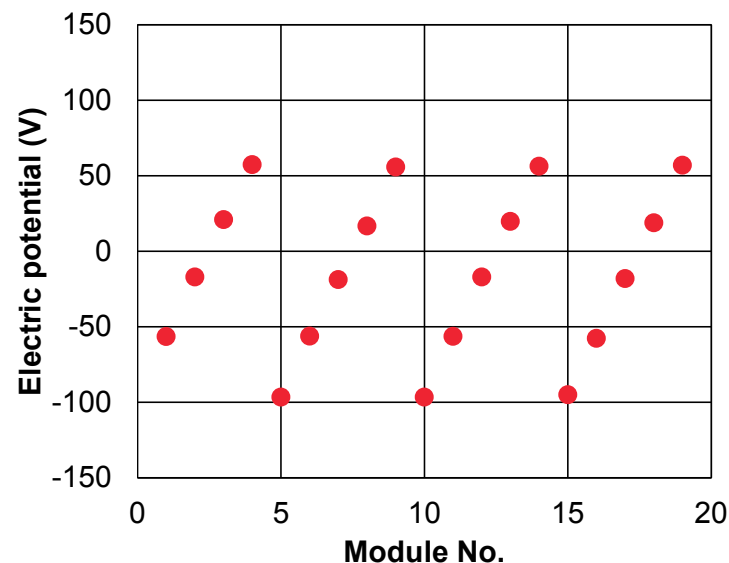


# 屋外測定(1)

- ・ **系統連系動作中のPVシステム中の結晶Si、薄膜SiおよびCIGS太陽電池モジュール電位を非接触で測定できることを確認。**
- ・ **高電圧の薄膜太陽電池では結晶Siより良いS/N比が得られやすい傾向。**



結晶Si太陽電池モジュール

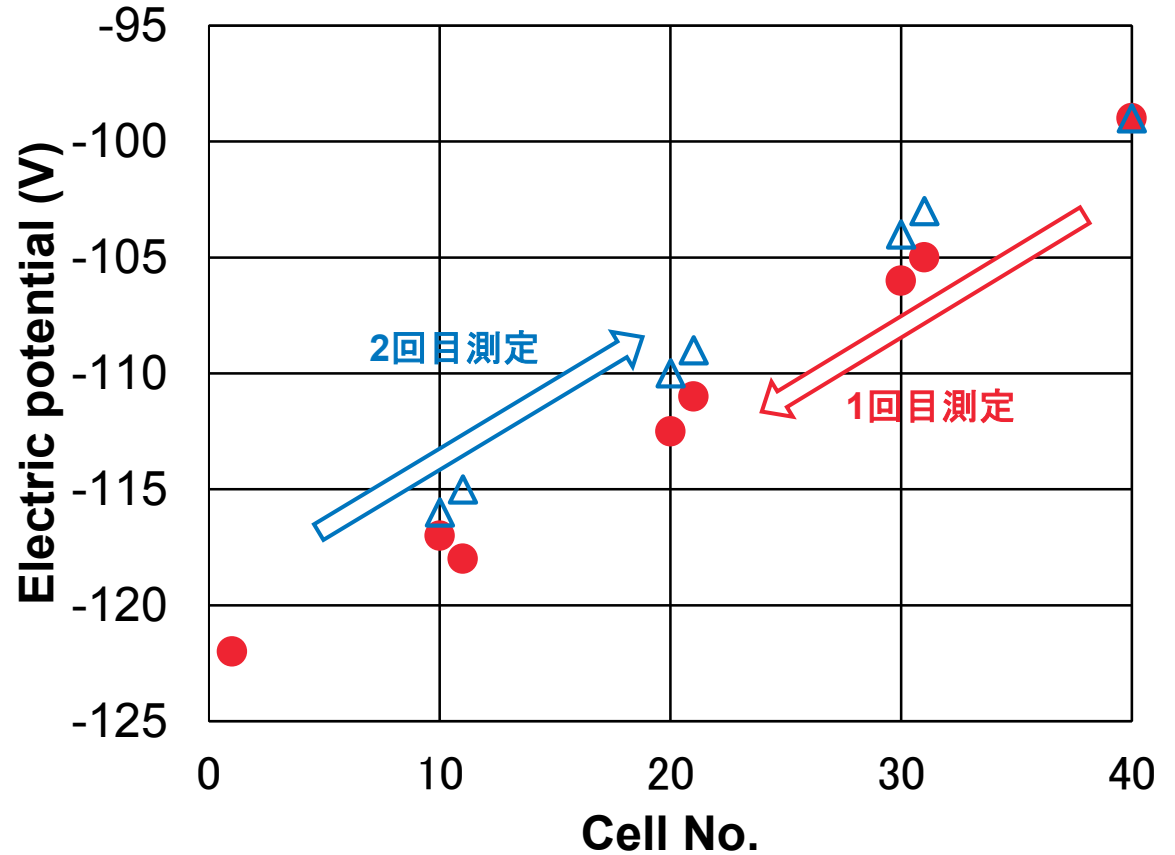


薄膜Si太陽電池モジュール

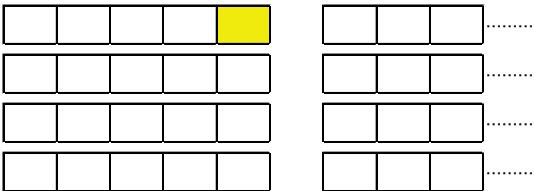
# c-Siモジュール屋外測定

1	10	11	20	21	30	31	40

結晶Siモジュール  
2013.7.12 10:00~11:00頃



モジュール設置位置

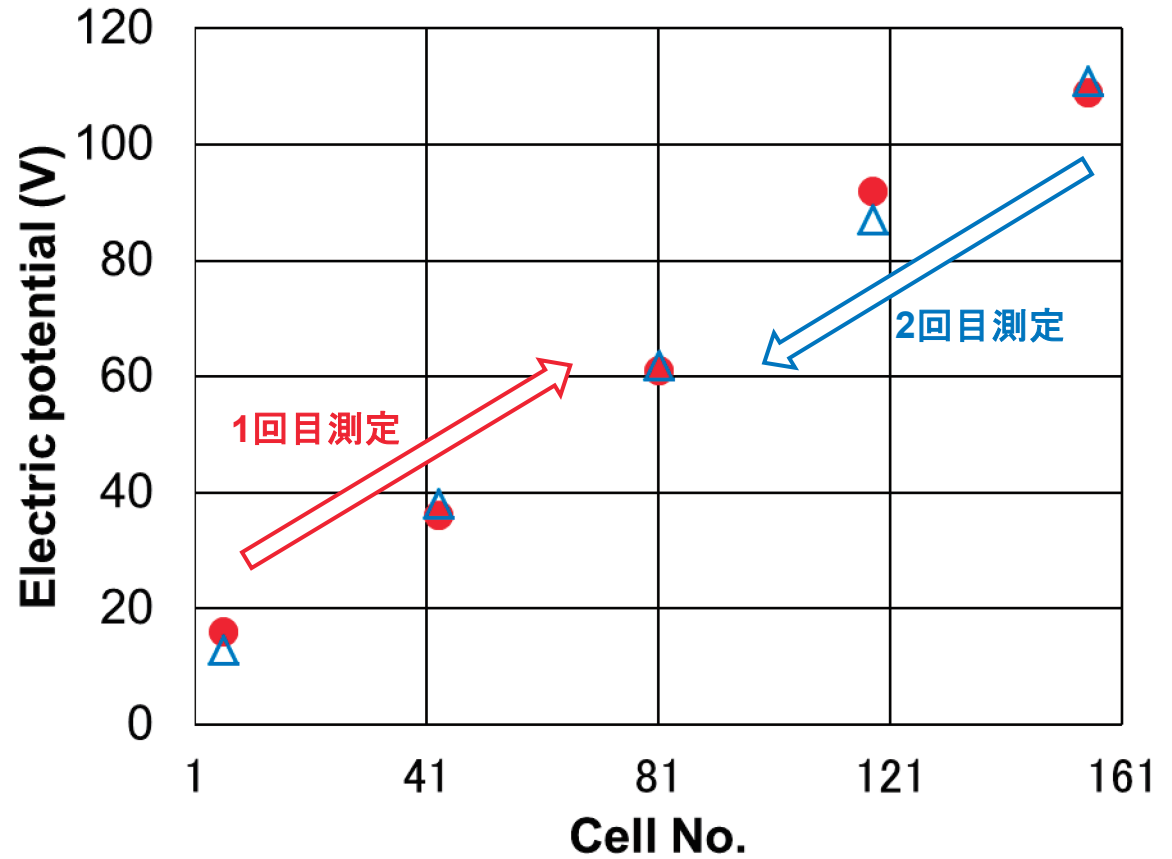


モジュール表面より測定  
GNDはモジュール架台へ(但し塗装面)  
GND電位: 22.2V → (1回目測定) → (2回目測定) → 22V

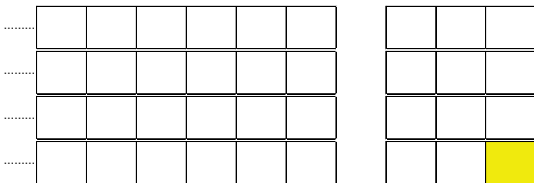
# 薄膜モジュール屋外測定

1
2
3
⋮
161

薄膜モジュール  
2013.7.12 10:00~11:00頃



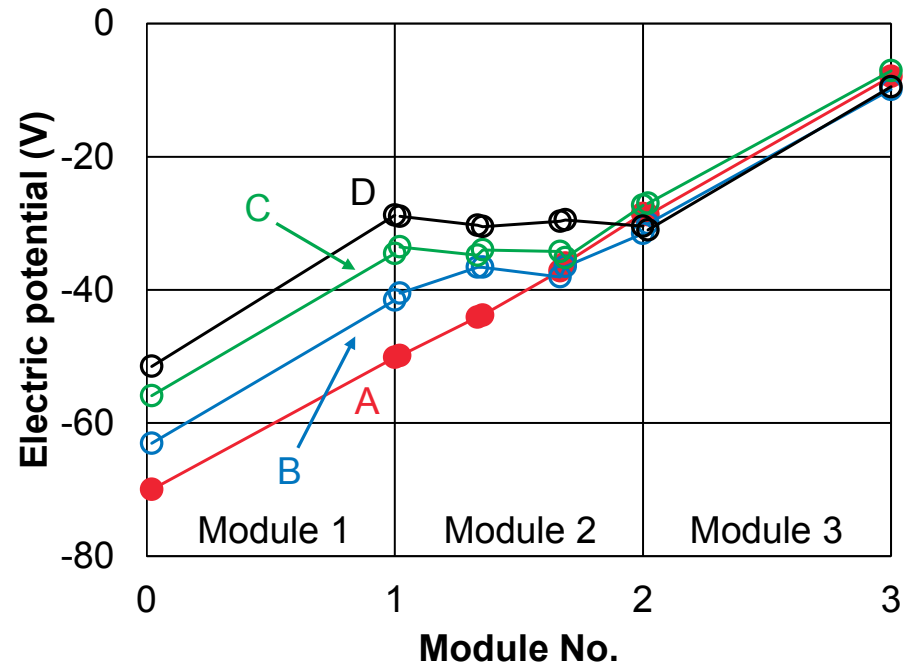
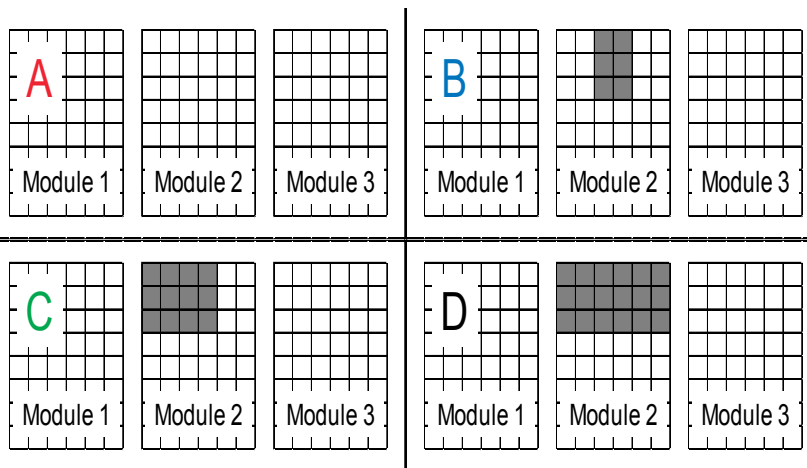
モジュール設置位置



モジュール表面より測定  
GNDはモジュール架台へ(但し塗装面)  
GND電位: 27V→(1回目測定)→27V→(2回目測定)→25V

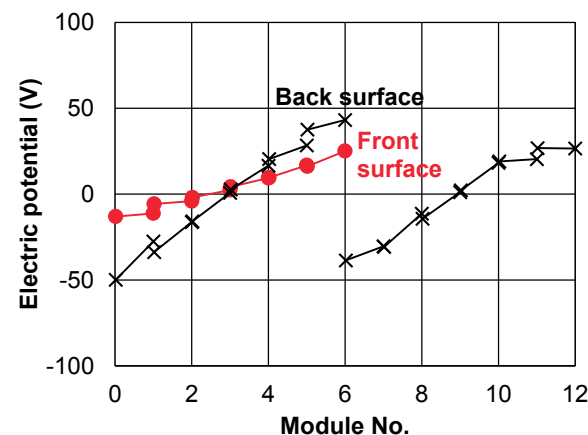
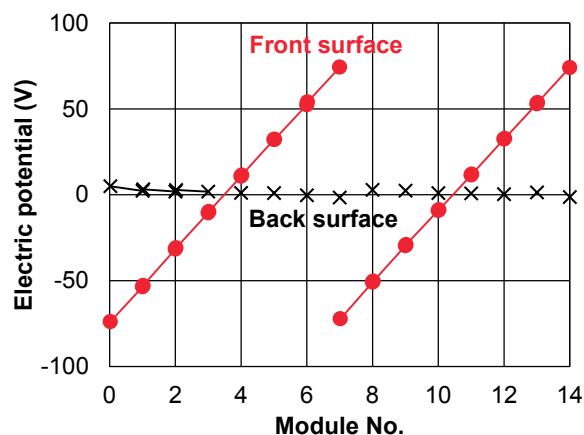
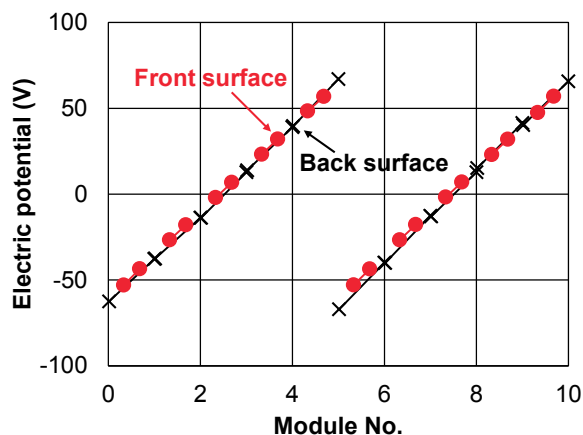
# 屋外測定(2)

- 一部遮光したモジュールの出力電圧低下を明確に検出できることを確認。  
⇒モジュール内のhot-spot、性能低下モジュールを非接触で同定可能。



# 屋外測定(3)

- ・ 表面(ガラス面)からの測定:プローブによる影が測定精度に影響を及ぼす恐れ⇒裏面からの測定が望ましい。
- ・ 表面、裏面で測定結果に差がみられるモジュールあり(モジュールタイプによる差)。不良モジュールの検出等は可能⇒その結果は**PV**モジュールの構造や材料、リーク電流等を考慮した数値シミュレーションと一致した。



系統連系中の各種結晶**Si**太陽電池モジュールにおける非接触電位測定(測定面の影響)

# 結論

## (屋外高精度測定技術)

- ・ IV特性測定時間  $\leq 200$  ms の高速測定により、日射変動が顕著な日においても変動率を  $\leq 0.5\%$  に抑制でき、**高精度な屋外IV特性測定が可能である。**
- ・ 日射スペクトル変動による誤差を検討した。結晶**Si**の場合はその誤差は測定結果に大きな影響を与えない。
- ・ 測定精度**2%**より良(屋内高精度測定との比較)の**基本精度を確認した。**更に高精度な測定再現性( $\leq 1\%$ )を達成できる可能性が有る。

## (非接触電位測定技術)

- ・ 静電誘導を利用した**非接触静電位測定技術**によって各種太陽電池モジュールおよびセルの電位を測定することが可能である。
- ・ システムの稼働状態に影響を与えずに、**ポータブルな計測器**でモジュールおよびセルの動作電圧を測定可能である。
- ・ **稼働中のモジュールの出力電圧等を測定、検出する用途に適している。**1セル程度の分解能を確認した。
- ・ 被測定モジュールの状態や測定環境、測定方法が測定精度に大きな影響を与える可能性があるが、その詳細はまだ定量化されていない。今後応用を進めると共に、これらの要素を検証して影響を明確化、定量化することが重要である。