NEDO再生可能エネルギー分野成果報告会2025　（分野：太陽光発電）
発表No.：1-5-22

太陽光発電主力電源化推進技術開発事業／先進的共通基盤技術開発

新型太陽電池の高精度性能評価技術の開発（新型太陽電池評価要素技術の高度化・高精度評価技術の開発）

団体名：国立研究開発法人　産業技術総合研究所

■事業の目的・目標

◆ 新市場への展開・普及を目的として新たに開発されてくる太陽電池をはじめとする、その測定方法が確立されていない新型太陽電池について、発電出力等の性能を正しく評価するための性能評価技術を開発する。
◆ 新型太陽電池等について、その設置形態・設置環境・形状を考慮した屋内・屋外測定技術を確立し、室内測定においては測定再現性±0.5%(1σ)以内を、屋外環境下においては測定再現性±1.0%(1σ)以内の測定精度を目標とする。
◆ 開発した性能評価技術について、国内外の主要試験・研究機関と測定整合性の検証を行うとともに、標準化への技術的貢献を行う。

■2024年の主な成果

■開発課題①：新型太陽電池の性能評価要素技術開発

曲面モジュールの発電性能評価要素技術開発

モジュール用ソーラシミュレータにおける**体積空間分布**の評価

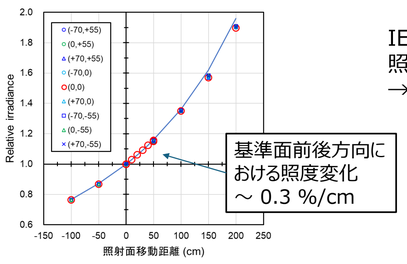


図　モジュール用ソーラシミュレータの空間分布評価

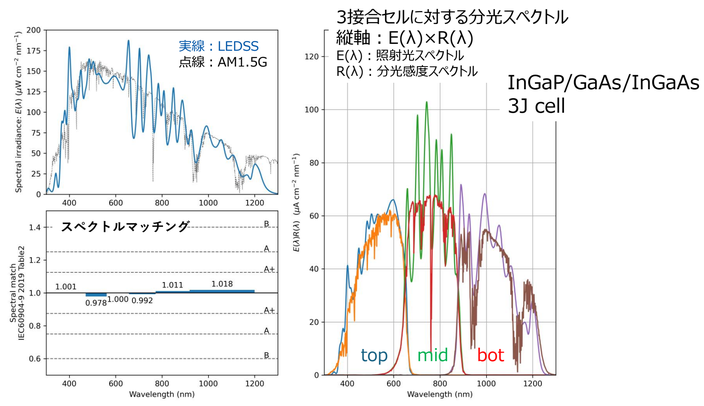
IEC 60904-1には、面内の照度空間均一性が記載
照度(I_{sc})に対する要求水準を体積空間分布に拡張
→　体積空間不均一性 < 1.5% が望まれる

- 曲面モジュールの高さ10cm
  ⇒ 体積空間分布 3.0 % =±1.5%
- 曲率(R) 3.0mの場合は、弦長(L)1.5mのモジュールに適用可
- Rが小さくなると、許容される弦長は小さくなる

● 曲面モジュールの性能評価に供する光源の要求性能を評価
● 曲面モジュール計測法の国際規格案(IEC TS 60904-1-3)に提案

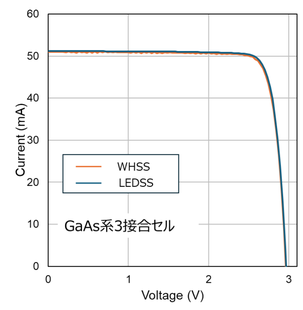
曲面モジュールの発電性能評価要素技術開発

多接合太陽電池評価用計測系(照度スペクトル可変ソーラシミュレータ (LEDSS))



多接合太陽電池IV測定

IV特性@STC　LEDSS vs WHSS(現有)



	WHSS	LEDSS	LEDSS/WHSS-1
Isc (A)	0.0510	0.0512	**+0.44%**
Voc (V)	2.960	2.965	**+0.16%**
Pm (W)	0.1277	0.1290	**+0.99%**
FF	0.847	0.850	**+0.38%**
照度調整			
Mirr top	**100.2**	**99.3**	
Mirr mid	100.2	100.0	
Mirr bot	100.4	100.5	

• 現有高精度測定用シミュレータ(3灯式)の測定結果と比較
• 両装置での測定結果が1%以内で一致 (別構造での評価を継続)
⇒　スペクトル調整の手順化、多接合太陽電池測定への活用

■開発課題②：屋外環境における新型太陽電池の発電性能評価、信頼性・安定性評価

屋外環境における発電性能評価要素技術開発

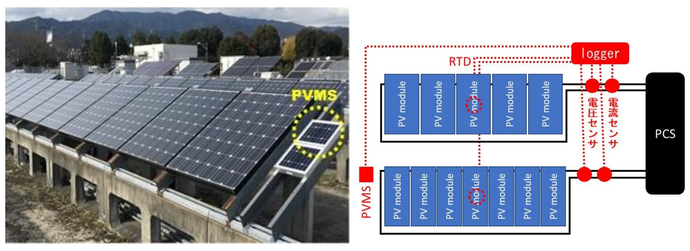
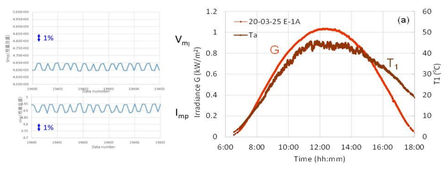


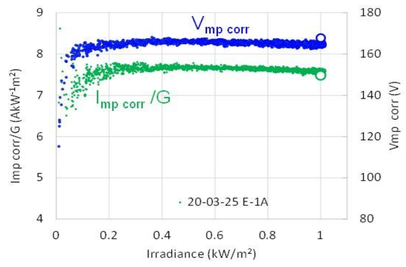
図　屋外高精度連続監視（結晶シリコン）
（産総研九州センター屋外曝露サイトに設置）

● MPPT動作中に計測したV_{mp}, I_{mp} (, T, G)から、太陽電池のSTCおよび低照度におけるP_{max}等のDC性能をリアルタイムで再現性良く定量評価できる基礎技術を開発
● P_{max}, V_{mp}等の絶対値再現性±0.5～±1%

I_{mp}, V_{mp}生データ　　照度、モジュール温度



I_{mp}, V_{mp}の温度補正技術



補正式[1]

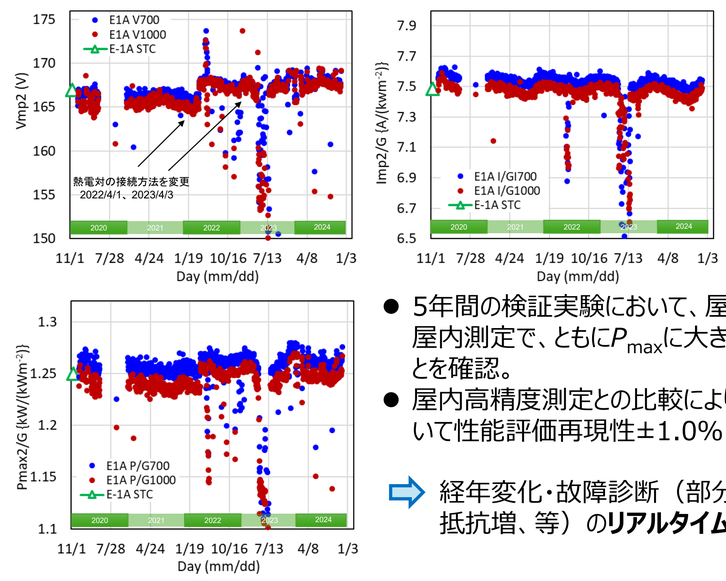
$$V_{mp2} = \left\{ V_{mp1} + \frac{T_2 - T_1}{T_1}\left(V_{mp1} - \frac{N_c n E_g}{q} \right) \right\} \times \{1 + \alpha(T_2 - T_1)\} \quad (1)$$

$$I_{mp2} = I_{mp1} \quad (2)$$

図　連続監視データから導出した温度25℃における太陽電池の最大出力動作電圧V_{mp}及び動作電流I_{mp}（快晴日データ）

[1] 菱川善博、吉田正裕、千葉恭男、Manit Seapan，岡島敬一、J. Jpn Solar Energy Soc. 45-50, (2022).

屋外リアルタイム計測結果・・・・結晶シリコン系太陽電池アレイ (E-1A)



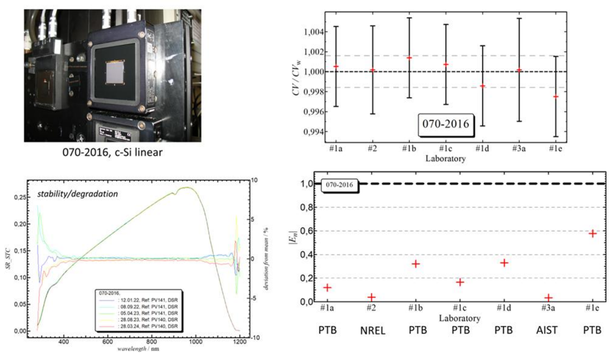
● 5年間の検証実験において、屋外$I_{mp}V_{mp}$システムと屋内測定で、ともにP_{max}に大きな経時変化がないことを確認。
● 屋内高精度測定との比較により、屋外環境下において性能評価再現性±1.0%（1σ）以内を実証

⇨ 経年変化・故障診断（部分影、電流不整合、抵抗増、等）の**リアルタイム評価に有用**

■開発課題③：基準太陽電池校正技術の高度化

超高温定点黒体炉を基準光源とした基準太陽電池セル一次校正技術の開発と最高校正能力の向上

World PV Scale (WPVS)根幹ラボとの比較測定結果



図．単結晶シリコン基準太陽電池の統計的解析結果：E_n数の絶対値≦１（満足）

● WPVS根幹ラボ(PTB(独), NREL(米国))との比較校正を実施
● 相互の一次校正値が高い一致度であることを確認。
比較結果のE_n数による統計的解析において、$|E_n|<1$
● WPVS根幹ラボとしての国際的プレゼンスの維持

校正不確かさの再評価

拡張不確かさの算出

No		一次基準セルの不確かさバジェットシート	タイプ	σ
1	1.1	WRRと放射スケールとの比較による不確かさ	B	0.09
	1.3	絶対放射計による放射照度測定の不確かさ	B	0.009
	1.4	絶対放射計の受光部の面積と基準セルの面積の違い（放射照度の均一性の影響）	A	0.07
	1.7	受光面の高さの不確かさ（光線平行度の影響）	B	0.1
	1の要因（絶対放射照度測定）の合成不確かさ		-	0.15
2	2.1	基準セルの短絡電流値の平均値の不確かさ	A	0.020
	2.7	セル温度のIscへの寄与分	B	0.058
	2.8	基準セル受光面と光源との間の多重反射によるIscの増減を補正する多重反射補正係数の不確かさ	A	0.058
	2の要因（Isc測定の不確かさ）の合成不確かさ		-	0.08
3	スペクトルミスマッチ補正係数bの不確かさ		B	0.122
合成標準不確かさ u_c				0.213
拡張不確かさ $U = ku_c$†				0.43

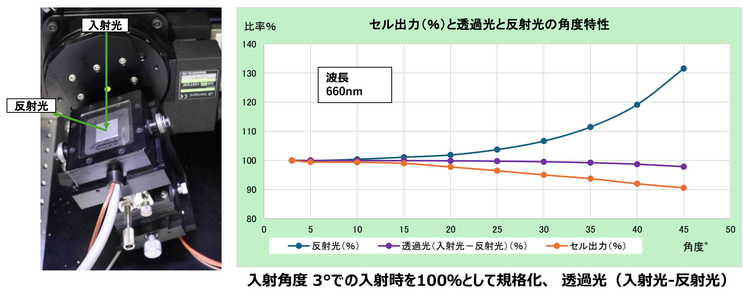
†ここで U は合成標準不確かさu_cと包含係数 k とから決定されたもので、約95%の信頼の水準を持つと推定される区間を定める

● 一次校正の校正不確かさ(包含係数k=2)の大幅改善
従来 0.72% (k=2) → **0.44% (k=2)**[*1]
● 上記を最高校正能力として、校正ラボ再認定審査承認を完了[*2]

*1 再評価した不確かさ(0.43%)に校正の工程の安定性に関わる不確かさを安全係数として加えた値
*2 製品評価技術基盤機構（NITE）によるISO/IEC17025認定：ASNITE 0021C

分光感度特性の入射角依存性評価系の開発

測定結果（一例）



入射角度 3°での入射時を100%として規格化、 透過光（入射光-反射光）

● 太陽電池出力の入射角依存性を評価する手法を開発
①各種太陽電池の波長入射角依存性を比較評価
②波長依存反射光の効果について解明
（セル表面の乱反射、内部の各層からの反射）
③新型太陽電池用擬似セルの入射角依存性を考慮した最適構造の調査検討

⇨ **分光感度特性の入射角依存性評価**に関する基本技術を確立

■課題と今後の取組

● 性能評価技術に関して：
- 新たに開発される新型太陽電池の性能評価技術の開発・高精度化（継続）
  ・太陽電池開発のフェーズを合わせた性能評価法の開発と適時提供が重要
  近々では特に、ペロブスカイト太陽電池やその多接合構造の性能評価法の開発
- 屋外リアルタイム計測技術の各種新型太陽電池での検証

● 基準太陽電池校正技術に関して：
- 次世代型太陽電池（ペロブスカイトやその多接合系など）用擬似基準セルの開発
- 一次基準太陽電池セルの最高校正能力の継続的な改善。用途拡大に向けた新型太陽電池の性能評価、生産現場やO&Mにおける計測の信頼性向上につなげる。

■実用化・事業化の見通し

● 開発した性能評価・校正技術の国内校正事業者・太陽電池開発事業者への提供
- 高精度性能評価測定（第三者測定）を通じた、事業者への新型太陽電池の開発に貢献。
- 基準太陽電池校正については、産総研依頼試験として、民間試験機関・事業者に、改善された校正水準での一次校正を供給。

● 国際標準化への貢献
- 新型太陽電池（曲面、ペロブスカイト等）の性能評価技術（計測法等）に関するIEC規格案の策定・発行に技術的に貢献していく（継続中）。

連絡先：産業技術総合研究所　再生可能エネルギー研究センター
太陽光評価・標準研究チーム　　吉田　正裕
MAIL：m-yoshita@aist.go.jp