

産総研九州センター屋外曝露サイトにおける 太陽電池モジュールの発電量評価

¹産業技術総合研究所 太陽光発電研究センター モジュール信頼性チーム
²電力中央研究所、³鹿児島大学、⁴鹿児島県工業技術センター

千葉 恭男¹、崔 誠佑¹、佐藤 梨都子¹、増田 淳¹
石井徹之²、川畑秋馬³、平山齊³、吉村幸雄⁴

(一部のスライドは、共同研究者の成果による)

謝辞

本研究の一部は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託により行った
本研究の一部は、一般社団法人日本電機工業会からの受託研究として行った

Outline

1. 産総研九州センター屋外曝露サイトの概要
2. 屋外測定と屋内測定による発電量評価 (電中研・産総研)
3. 発電量評価での不具合事例 (電中研・産総研)
4. 鹿児島県工業技術センター屋外曝露サイトでの発電量評価
(鹿児島大学・鹿児島県工業技術センター・産総研)
5. まとめ

モジュール信頼性チーム

新規部材を用いた太陽電池モジュールの
信頼性向上・長寿命化に関する研究

太陽電池モジュールの寿命評価が
可能な試験法開発

屋外での太陽電池モジュールの実環境性能評価の研究

九州センターに設置した屋外曝露サイトで性能評価を実施

- 同一箇所で各種太陽電池モジュールを曝露し、発電量を評価する
 - ・ 同一環境での各種太陽電池の評価が可能
- これらのモジュールを系統連系し、実環境(実運用)に近い形で評価
- 実験サイトと研究現場が密接
 - ・ 目視での確認が迅速に行える

NEDOプロジェクトのミッション(H27~H31)

- ・ 劣化を加味した生涯発電量の予測
 - ・ 結晶系
 - ・ 薄膜系
- ・ 有機系太陽電池の評価

産総研九州センター



産総研九州センターの太陽電池モジュール屋外曝露サイトの全景

2017年4月撮影

西

東

W

E

M

- 22型式の結晶シリコン系、薄膜系等の太陽電池モジュールを設置
- 1.2 kW～5.2 kWの太陽電池アレイで構成
- パワーコンディショナを介して太陽光発電システムとして系統連系して運用
- 電流-電圧特性は、10分ごとに系統連系から切り変えて測定
- 有機系太陽電池も屋外曝露試験を実施

九州センターに設置しているモジュール

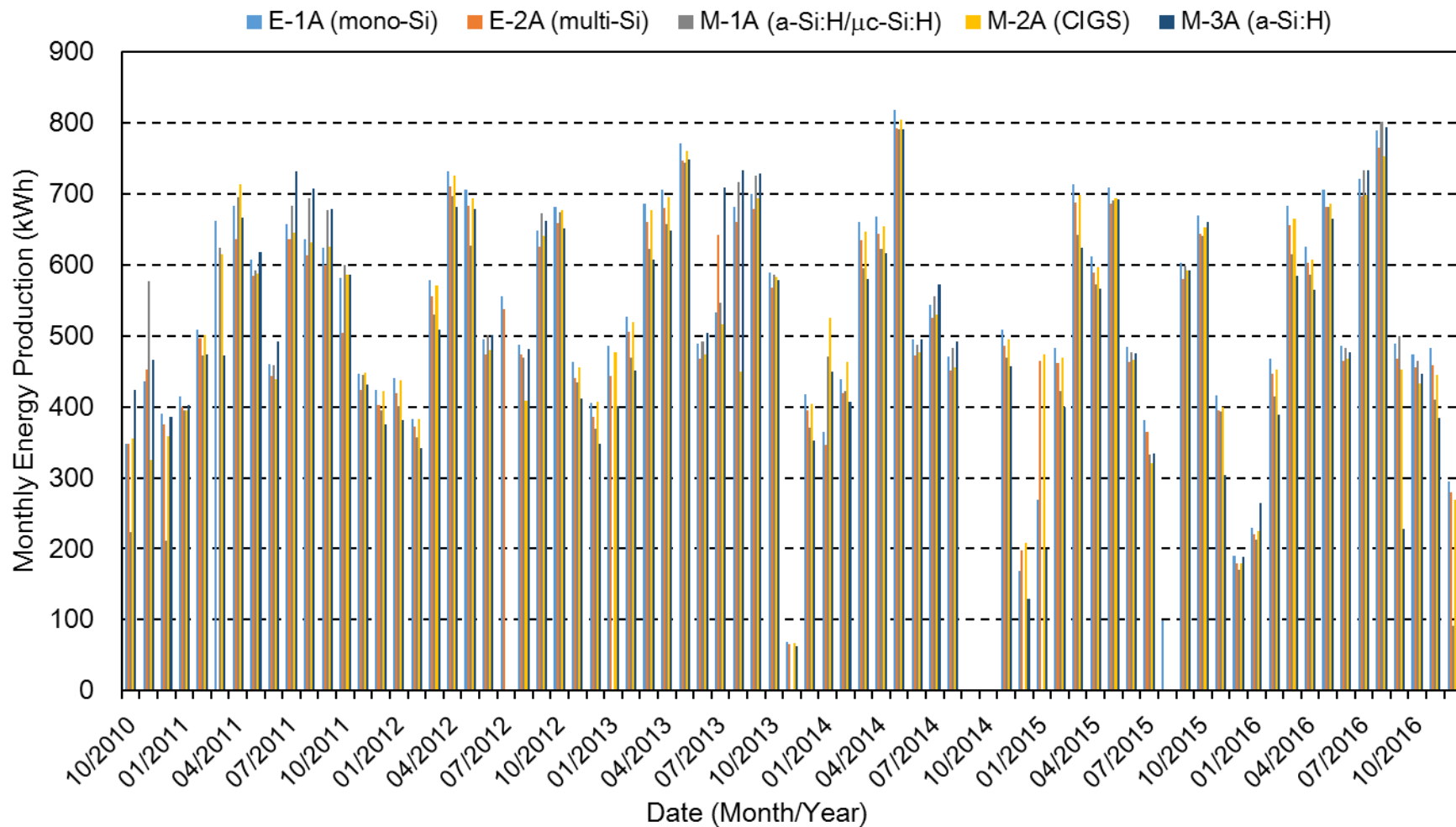
Location	Kinds	Total	Array	Installed
		P_{max} (kW)	Configuration	Year
E-1A	mono-Si	5.04	7S × 1P × 4A	09/2010
E-1B	mono-Si	4.9	5S × 1P × 4A	12/2012
E-2A	multi-Si	5.0	6S × 1P × 4A	09/2010
E-2B	multi-Si	5.0	5S × 1P × 4A	12/2012
● E-3A	CdTe	1.35	4S × 3P × 1A	11/2016
M-1A	a-Si:H/ μ c-Si:H	5.12	5S × 2P × 4A	09/2010
M-1B	a-Si:H/ μ c-Si:H	1.76	4S × 4P × 1A	07/2011
M-1C	CIGS	1.65	3S × 2P × 1A	08/2014
M-2A	CIGS	5.0	4S × 2P × 5A	09/2010
M-2B	CIGS	4.95	2S × 5P × 3A	03/2014
M-3A	a-Si:H	5.0	2S × 5P × 5A	09/2010
M-3B	a-Si:H	1.35	3S × 6P × 1A	07/2011
● M-3C	SHJ	1.55	5S × 1P × 1A	06/2016
● M-3D	mono-Si	1.89	7S × 1P × 1A	06/2016
● W-1A	SHJ	1.25	5S × 1P × 1A	06/2016
● W-1B	IBC mono-Si	1.05	5S × 1P × 1A	06/2016
● W-1C	PERC mono-Si	1.48	5S × 1P × 1A	06/2016
● W-1D	PERC mono-Si	1.45	5S × 1P × 1A	06/2016
W-2A	SHJ	4.8	5S × 1P × 4A	12/2012
W-2B	IBC mono-Si	4.68	6S × 1P × 4A	12/2012
W-3A	CdTe	5.2	5S × 4P × 4A	12/2012
W-3B	a-Si:H/a-SiGe:H	2.5	3S × 6P × 2A	08/2014

●結晶系		
○p型単結晶	.....	2種
	(E-1A, E-1B)	
○n型単結晶	.....	1種
	(●M-3D)	
○SHJ	.....	3種
	(●M-3C, ●W-1A, W-2A)	
○IBC	.....	2種
	(●W-1B, W-2B)	
○PERC p型単結晶	.....	2種
	(●W-1C, ●W-1D)	
○p型多結晶	.....	2種
	(E-2A, E-2B)	
●薄膜系		
○アモルファスSi	.....	2種
	(M-3A, M-3B)	
○薄膜Si多接合	.....	2種
	(M-1A, M-1B)	
○アモルファスSi/アモルファスSiGe	.....	1種
	(W-3B)	
○CIGS	.....	3種
	(M-1C, M-2A, M-2B)	
○CdTe	.....	2種
	(●E-3A, W-3A)	

●:2016年度
設置

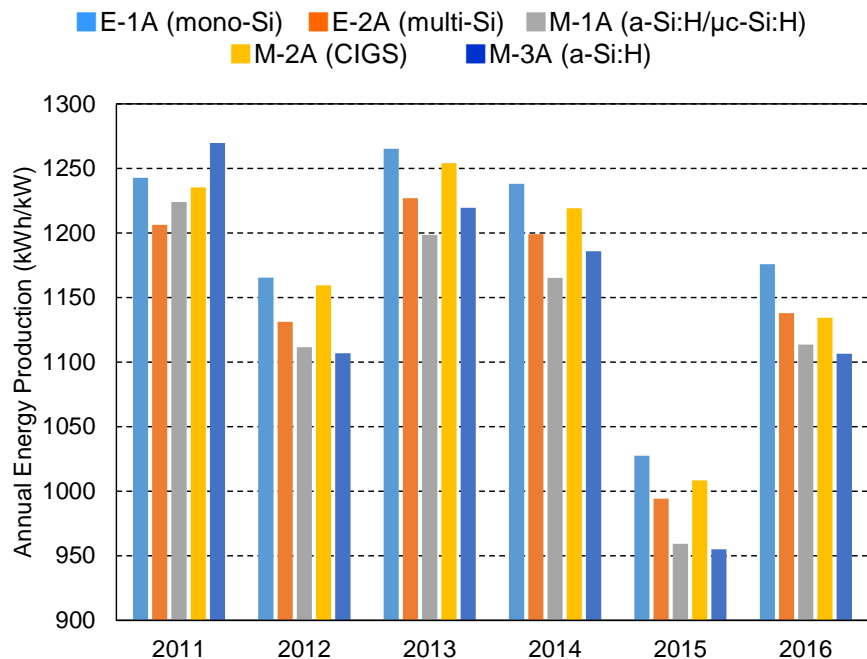
●有機系

月平均発電量

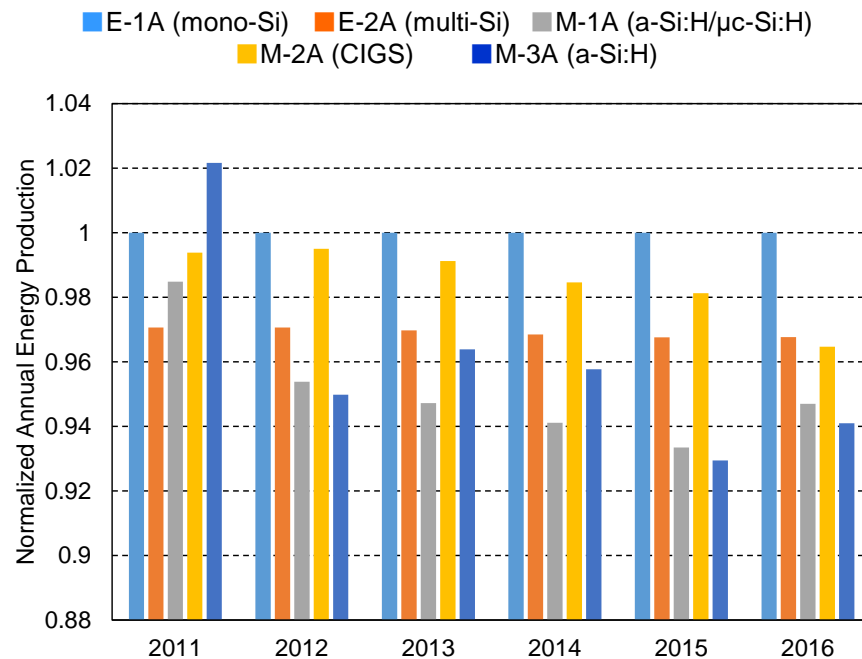


◆ 2010年9月に導入した5種類の太陽電池アレイの月平均発電量

年発電量 / 1 kW と規格化年発電量



年発電量 / 1 kW



規格化年発電量

2016年6月に導入した新型太陽電池



PERC p型単結晶 W-1D



PERC p型単結晶 W-1C



バックコンタクト型 W-1B



ヘテロ接合型 W-1A

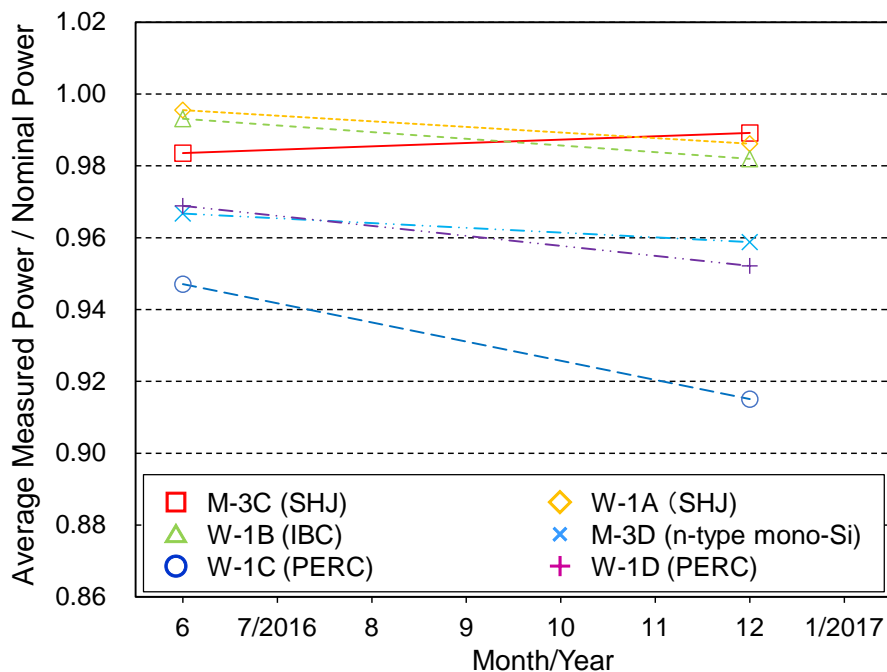


ヘテロ接合型 M-3C

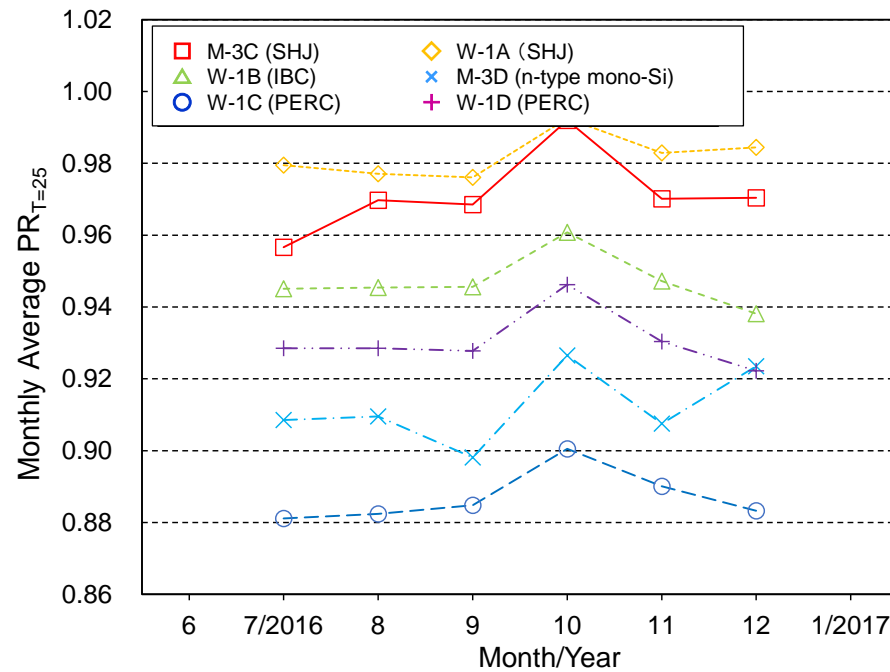


n型単結晶 M-3D

新6型式の発電性能の変化



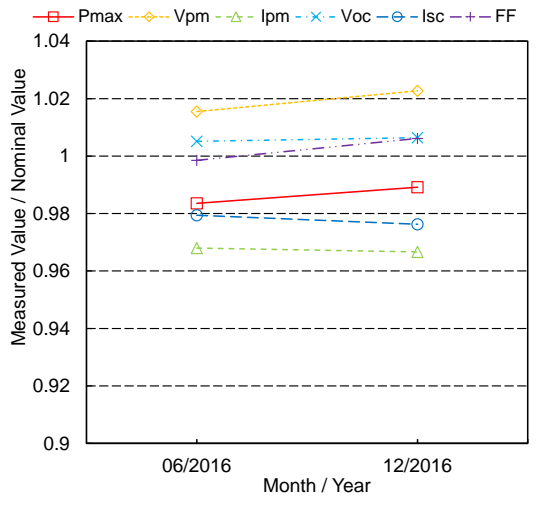
屋内測定



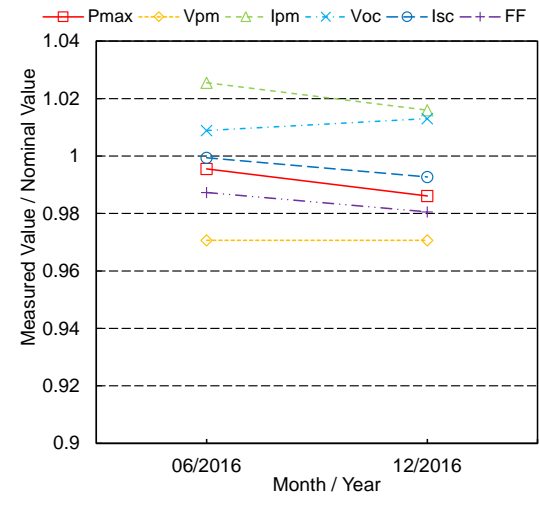
月平均PR_{T=25}

新6型式のI-Vパラメータの変化

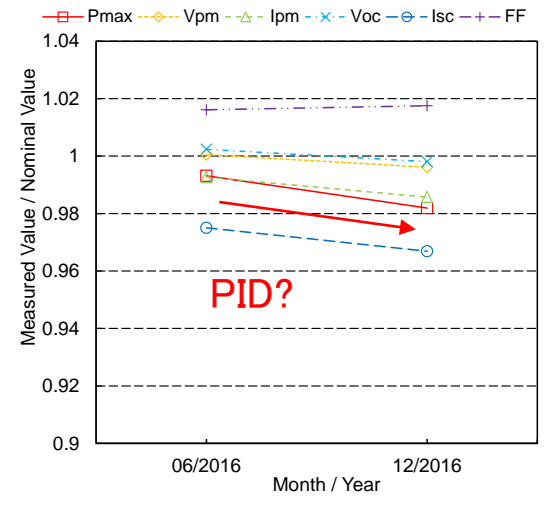
I-V Parameters of M-3C (SHJ)



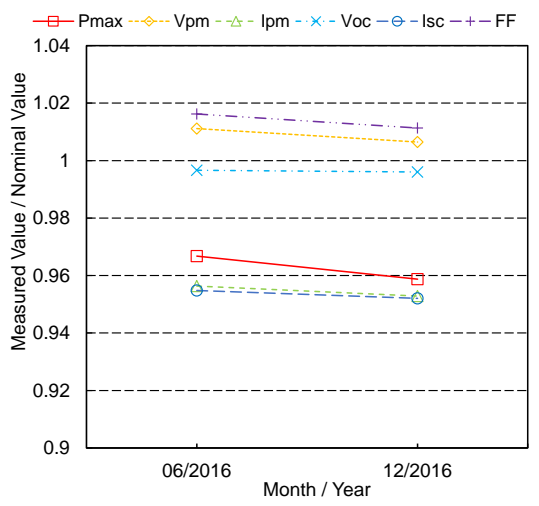
I-V Parameters of W-1A (SHJ)



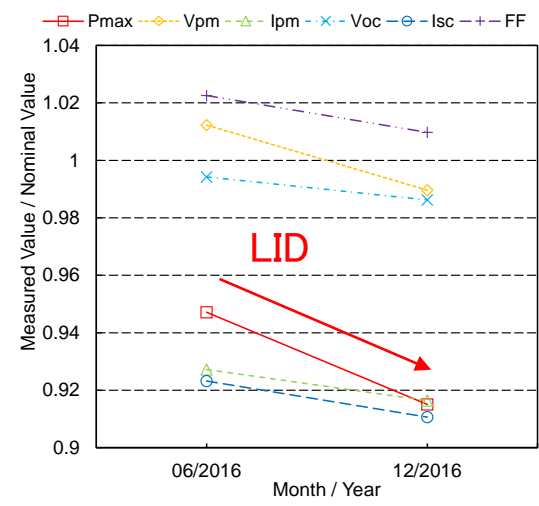
I-V Parameters of W-1B (IBC)



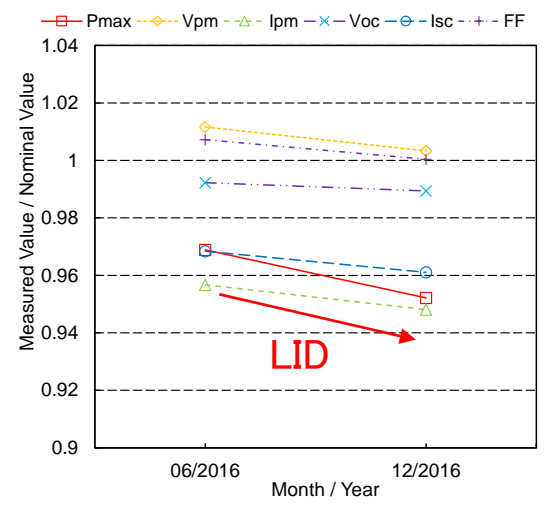
I-V Parameters of M-3D (n-type mono-Si)



I-V Parameters of W-1C (PERC)



I-V Parameters of W-1D (PERC)



PERCモジュールの光照射検討

【実験方法】

2016年

	9/27	9/28	9/29	9/30	10/1	10/2	10/3	10/4	10/5	10/6	10/7	10/8	10/9	10/10	10/11	10/12	10/13	10/14				
室内測定 (initial)	屋外曝露	室内測定	屋外曝露				室内測定	屋外曝露			室内測定	屋外曝露	室内測定									
	10/15	10/16	10/17	10/18	10/19	10/20	10/21	10/22	10/23	10/24	10/25	10/26	10/27	10/28	10/29	10/30	10/31	11/1	11/2			
	屋外曝露		室内測定	屋外曝露						室内測定	屋外曝露				室内測定	屋外曝露継続						

【室内測定】

- 取外し直後に受光面を清掃
- I-V特性の測定→ソーラシミュレータ
 掃引時間: 100 ms
 掃引方向: 短絡→開放
 STC条件(1 kW/m², AM1.5G, 25°C)

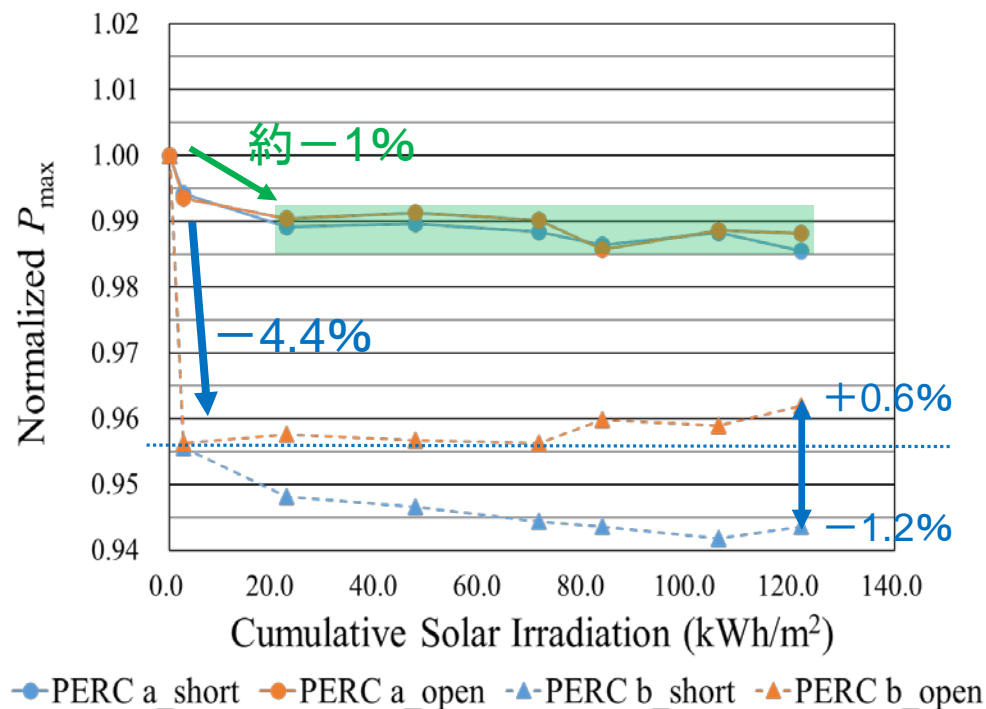
【屋外曝露】

- 傾斜角26度
- 積算日射量→全天日射計
 モジュールと同じ傾斜角に設置
 Secondary standard



屋外曝露の様子

PERC: モジュール (短絡条件と開放条件)



PERC a (W-1D)

積算日射量 22.7 kWh/m^2

→ 約1%出力低下。

積算日射量 $22.7 \sim 122.0 \text{ kWh/m}^2$

→ 光照射を継続しても初期から約1%の出力低下で安定。

両条件には差がない。

PERC b (W-1C)

積算日射量 2.7 kWh/m^2

→ 両条件: 大きく低下 (-4.4%)

積算日射量 122.0 kWh/m^2

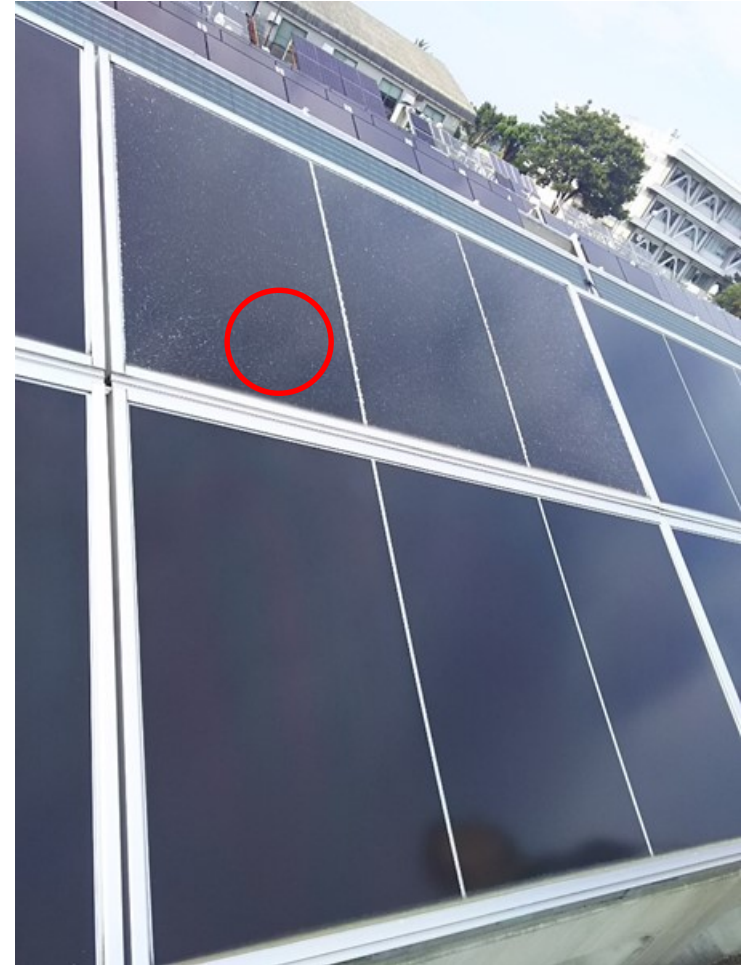
→ 短絡条件: さらに -1.2% 低下

→ 開放条件: $+0.6\%$ 回復

回路条件によって出力変動に差があった。

PERCにおいて、光照射による出力低下が観察された。型式によって出力変動が異なり、PERC bでは開放条件よりも短絡条件のほうが、出力が低下した。

M-2A 割れたCIGS太陽電池モジュールの外観



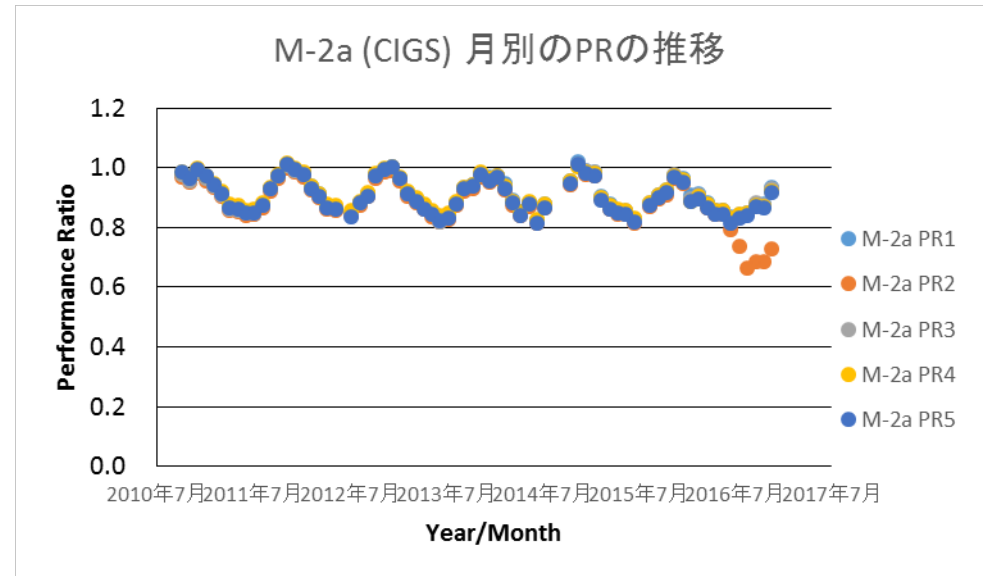
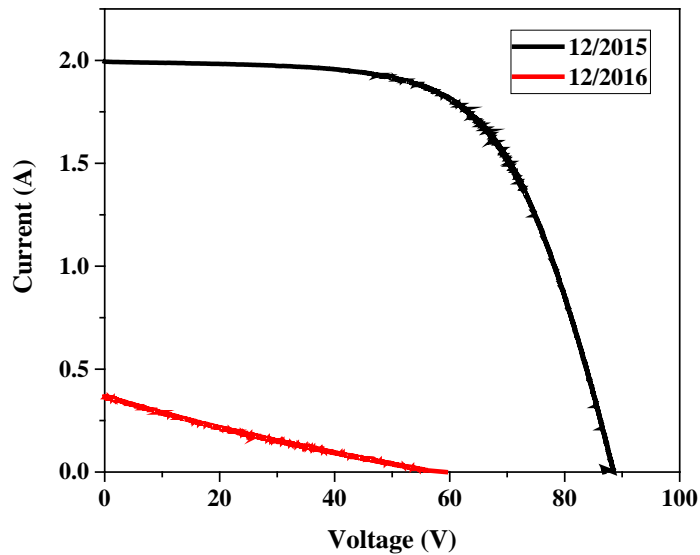
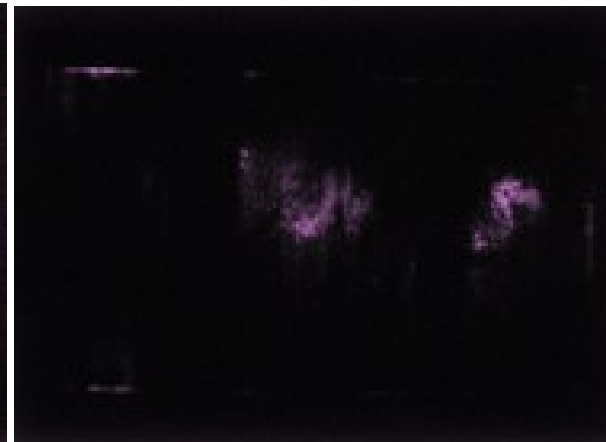
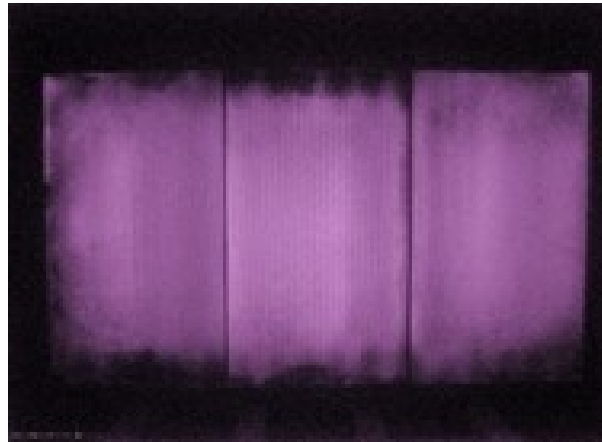
どうやら赤丸で囲われたところを起点に、割れが発生している模様
劣化現象のひとつとして捉え、データ取得を継続中

割れたモジュールのEL特性、I-V特性、および発電量特性

<EL image>
Current 1.0 A

12/2015

12/2016



積雪時の屋外曝露試験場の様子

2017年2月11日AM8:00 (気象庁発表 佐賀0.6°C 久留米-0.4°C) 積雪5cm(実測値)



2017年2月11日AM8:30 (気象庁発表 佐賀1.2°C 久留米0.3°C)



2017年2月11日AM8:53 (気象庁発表 佐賀1.7°C 久留米1.3°C)



降灰が発電量、信頼性に及ぼす影響の調査1

●2012年9月～2016年3月までの3年半

産業技術総合研究所、鹿児島県工業技術センター、鹿児島大学、トヨタ車体研究所、エスペック、京セラの六者で連携

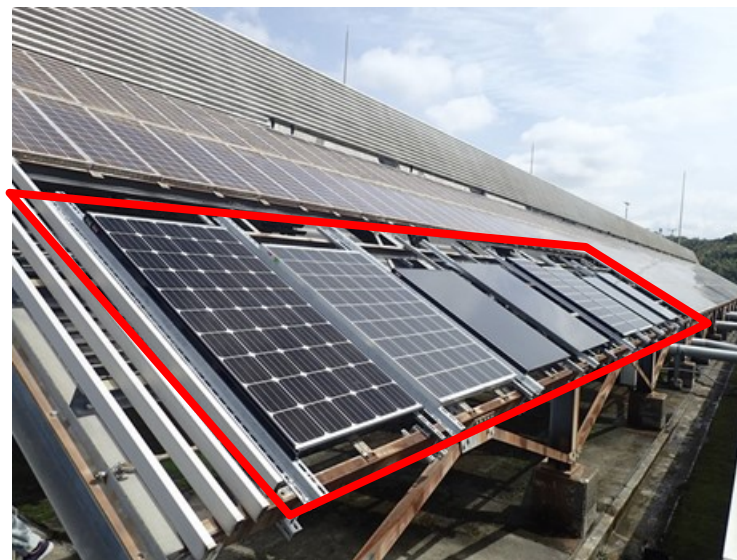
(http://www.toyota-bodyrad.co.jp/bakuro/cgi-bin/topics/template/template_4.html)

火山灰ならびに火山性ガスが太陽光発電に与える影響を調査するため火山性ガスを模した雰囲気での屋内加速試験を実施。

●内2013年3月～2016年3月の3年間

トヨタ車体研究所が所有する2箇所の試験場で、結晶系2種類、薄膜系2種類計8枚のモジュールの屋外曝露試験を開始。霧島曝露試験場では発電量評価と長期信頼性評価を、桜島曝露試験場では長期信頼性評価を実施。

●2016年4月に鹿児島県工業技術センターに移設し、同センター、鹿児島大学と三者共同研究開始。



鹿児島県工業技術センターの位置(左)ならびに同センター曝露試験場の外観(右)

降灰が発電量、信頼性に及ぼす影響の調査2

- 降灰による発電量の実環境測定を行うため、洗浄システムを設置
 - ・ モジュール表面の**降灰の有無**・**汚れの有無**に対する発電量の変化を評価
 - ・ 現在データの取得を継続中



洗浄システムを設置したモジュール位置
(赤いハッチング部が洗浄システム有)
(手前4枚は、そのままの状態)



洗浄システムが動作している様子

(本研究の一部は、一般社団法人日本電機工業会からの受託研究として実施)

まとめ

- 九州センターに設置している太陽電池モジュールの発電量評価を実施
 - ・実環境に即した太陽電池モジュールの発電量の計測
 - ・全数測定による屋内測定の実施⇒同一環境での各種太陽電池の発電量計測が可能
- 屋内測定結果から、劣化率を算出
- 昨年設置した新型高効率系太陽電池の特性は、まだ曝露期間が短いため、様子を見る必要がある。
- 発電量評価と屋内測定結果の相関を見極め、劣化特性を考慮した定量的な発電量評価手法を開発する。