

# 太陽電池モジュールの 長期信頼性 -発電性能と安全性能-

加藤和彦, 高島工, 池田一昭

(独)産業技術総合研究所

太陽光発電工学研究センター/システムチーム

独立行政法人 産業技術総合研究所

## 産総研メガ・ソーラタウン(AIST Mega-Solartown)の概要(1)

- 運転開始: 2004年4月～(現在も稼働中)
- 公称システム出力(DC): 873kW, 定格システム出力(AC): 851kW(※バス停システムを除く)
- 太陽電池モジュール枚数: 5,645枚
- パワーコンディショナ台数: 210台
- 建設費: 約8億円 (93.6万円/kW)
- 研究建屋屋上, 駐車場屋根, 地上, 壁面, 法面などに分散設置



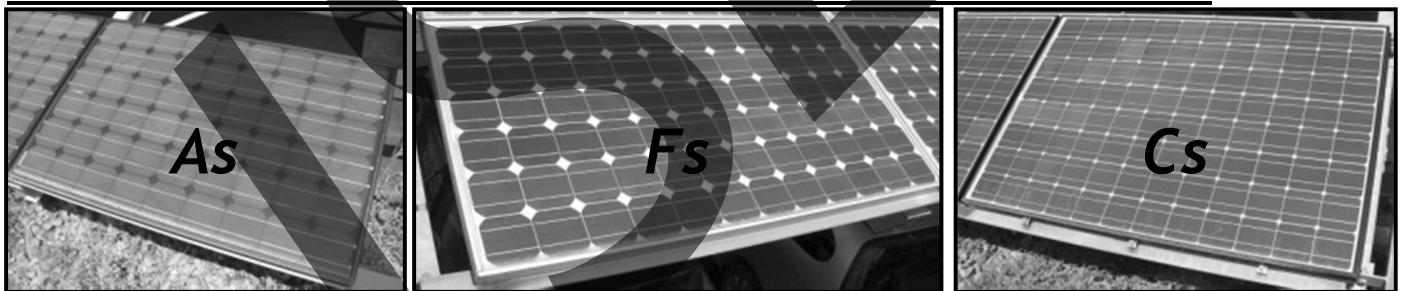
独立行政法人 産業技術総合研究所

# 産総研メガ・ソーラタウン(AIST Mega-Solartown)の概要(2)

製造者	モジュール	アレイ	PCS	アレイ姿勢	台数	モジュール数	
A	単結晶Si(s-Si) 132W	8s×4p(32) (4.27kW)	A(4.5kW)	220°/15°	17	21	672
				150°/15°	4		
A	多結晶Si(m-Si) 150W	9s×3p(27) (4.05kW)	A(4kW)	205°/15°	40	40	1,080
B	多結晶Si(m-Si) 167W	8s×3p(24) (4.01kW)	B(4kW)	311°/25°	13	39	936
				221°/25°・15°	20		
				131°/25°	2		
				150°/15°	4		
C	単結晶Si(s-Si) 180W	4s×6p(24) (4.32kW)	C(4kW)	206°/15°	8	12	288
				150°/15°	4		
D	多結晶(m-Si) 126W	11s×2p+10s (32) (4.03kW)	D(4kW)	150°/15°	4	26	832
				204°/15°	9		
				221°/15°	13		
E	多結晶Si(m-Si) 158W	9s×3p(27) (4.27kW)	X(4kW)	220°/15°	6	15	405
				150°/15°	4		
				242°/15°	5		
F	単結晶Si(s-Si) 180W	6s×4p(24) (4.32kW)	X(4kW)	224°/15°	24	53	1,272
				150°/15°	20		
				206°/15°	9		
L	アモルファスSi 100W	2s×20p(40) (4.00kW)	L(4kW)	150°/15°	4	4	160

独立行政法人 産業技術総合研究所

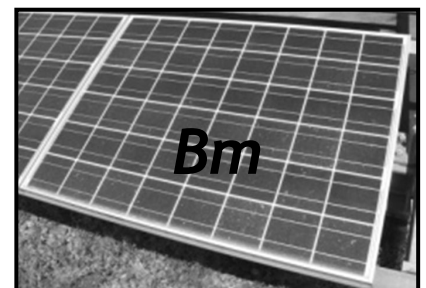
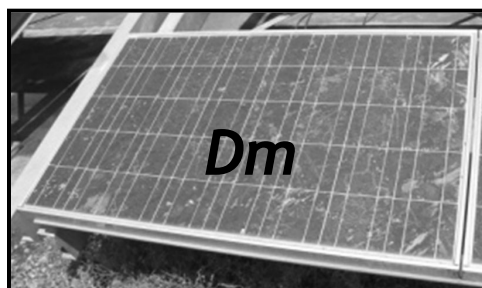
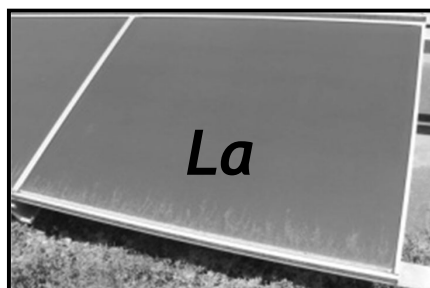
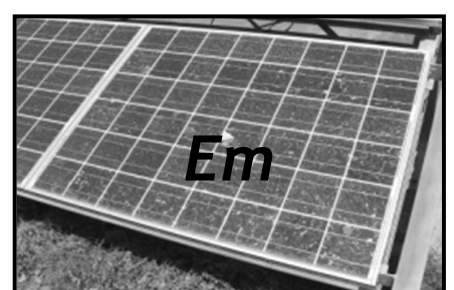
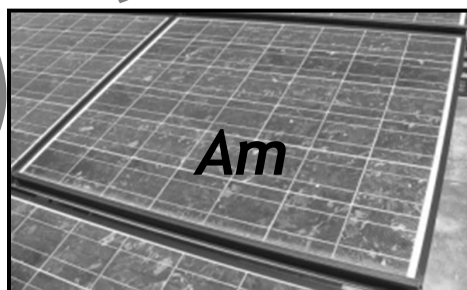
# 産総研メガ・ソーラタウン(AIST Mega-Solartown)の概要(3)



単結晶Si(s-Si)

多結晶Si(m-Si)

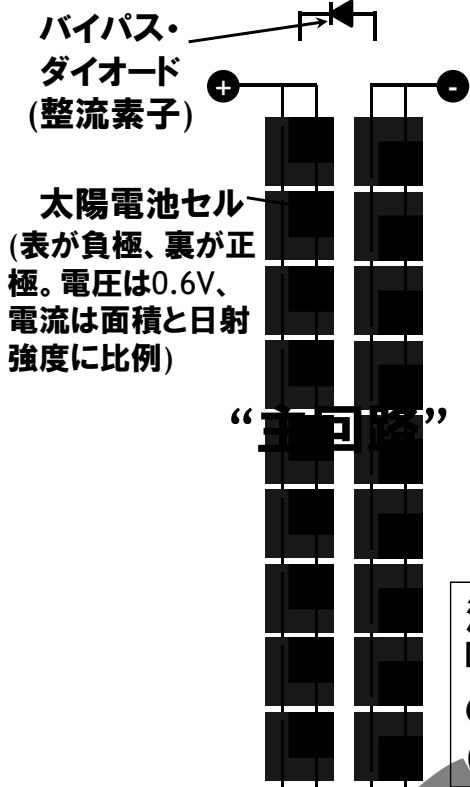
アモルファスSi(a-Si)



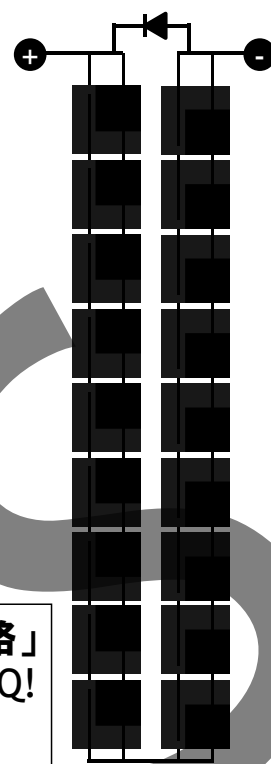
独立行政法人 産業技術総合研究所

### “バイパス回路(BPR)”

(Bypass Route)

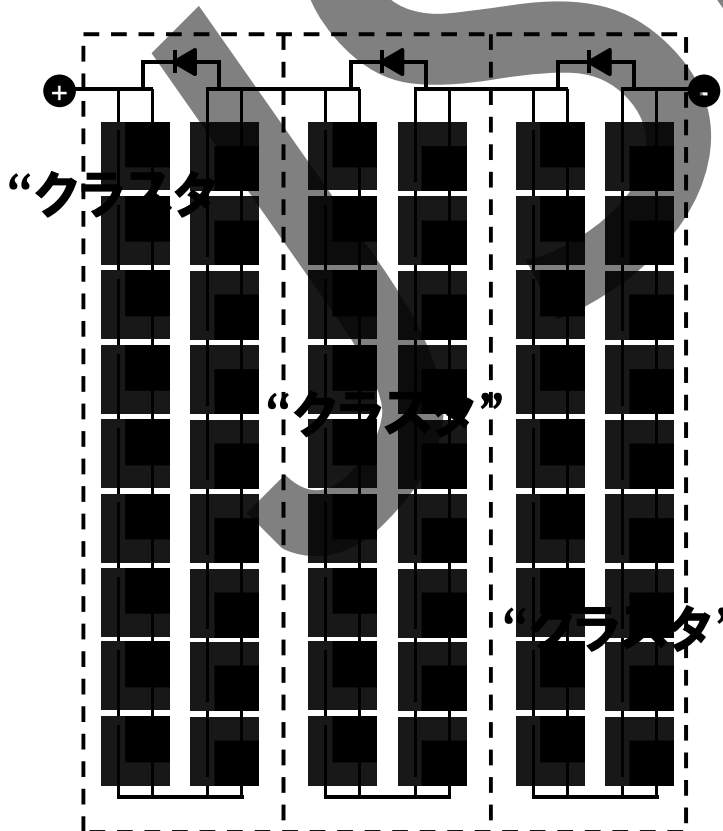


### “クラスタ”



並列接続

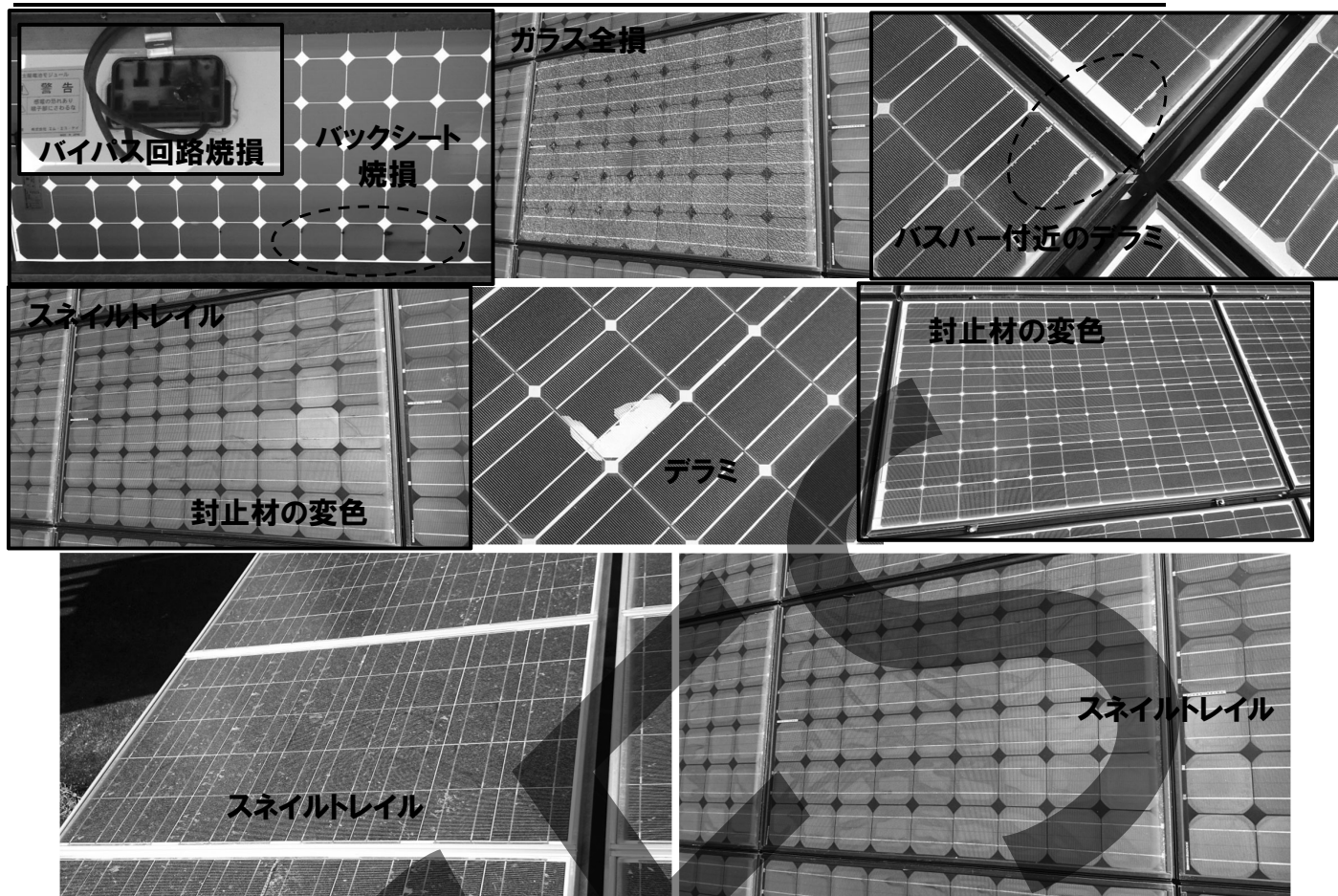
注:「主回路」「バイパス回路」「クラスタ」の各語はPVResQ!の造語です。(外国では通じません…)



太陽電池モジュールは複数の“クラスタ”の直列接続で構成された直流電気回路である。

↑  
太陽電池モジュールの基本動作や不具合を理解する上で重要な概念である(なぜ、今まで定義がなかったのでしょうか…)

# 産総研太陽光発電設備の詳細調査(“MST10”)-(0)



独立行政法人 産業技術総合研究所

# 産総研太陽光発電設備の詳細調査(“MST10”)-(1)

2014年3月に運用開始から満10年を迎えることから、全モジュール約5,600枚の詳細調査を実施(2012年2月-2014年8月)

目視観察&赤外線カメラ観察



バイパス回路の機能確認



モジュールI-V測定@STC



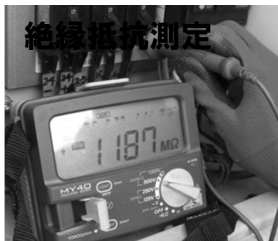
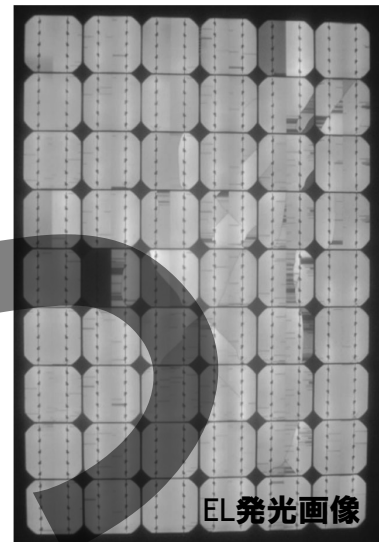
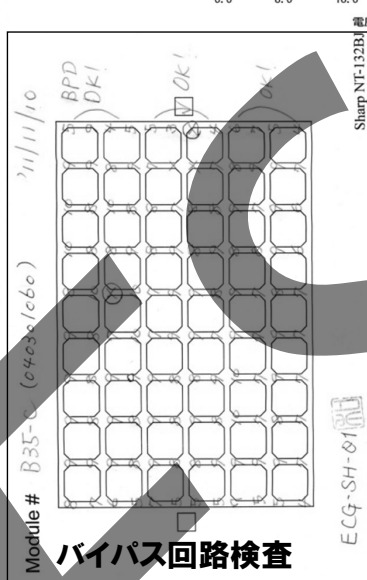
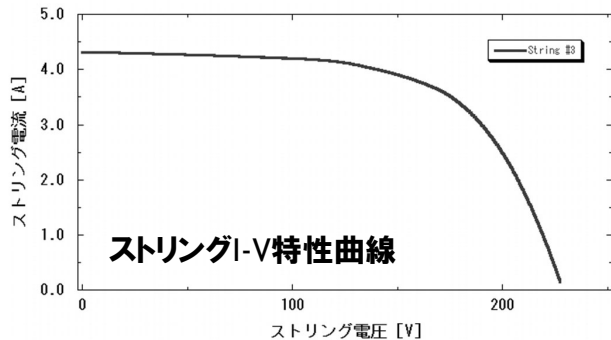
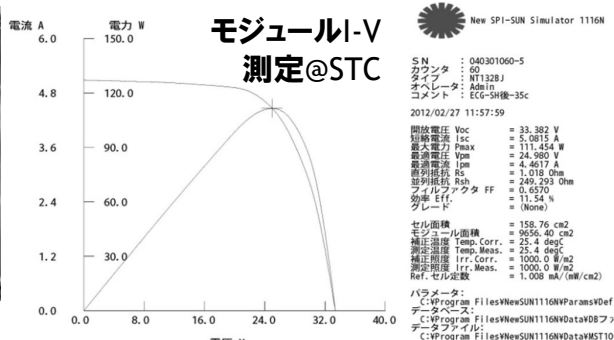
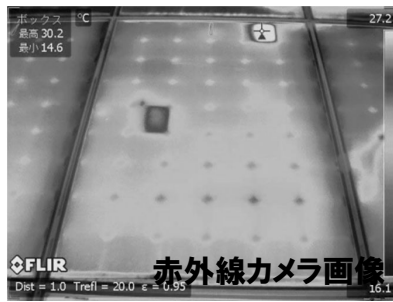
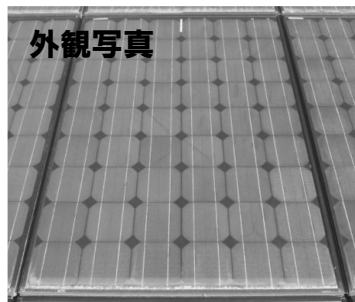
絶縁抵抗測定  
ブロッキングダイオードの機能確認  
ストリングI-V測定



EL発光観察

独立行政法人 産業技術総合研究所

# 産総研太陽光発電設備の詳細調査(“MST10”) - (2)

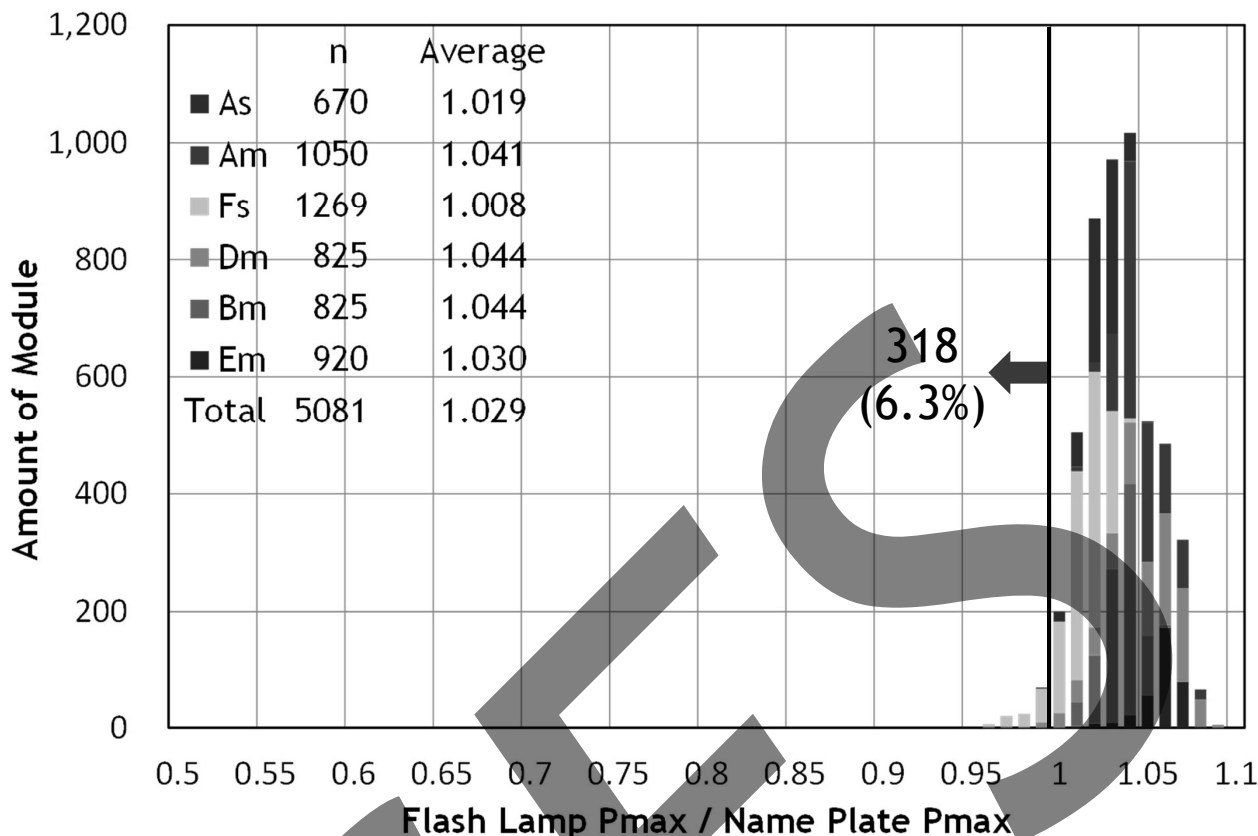


# 産総研太陽光発電設備の詳細調査(“MST10”) - (3)

## 評価対象とした太陽電池モジュールの種類と枚数

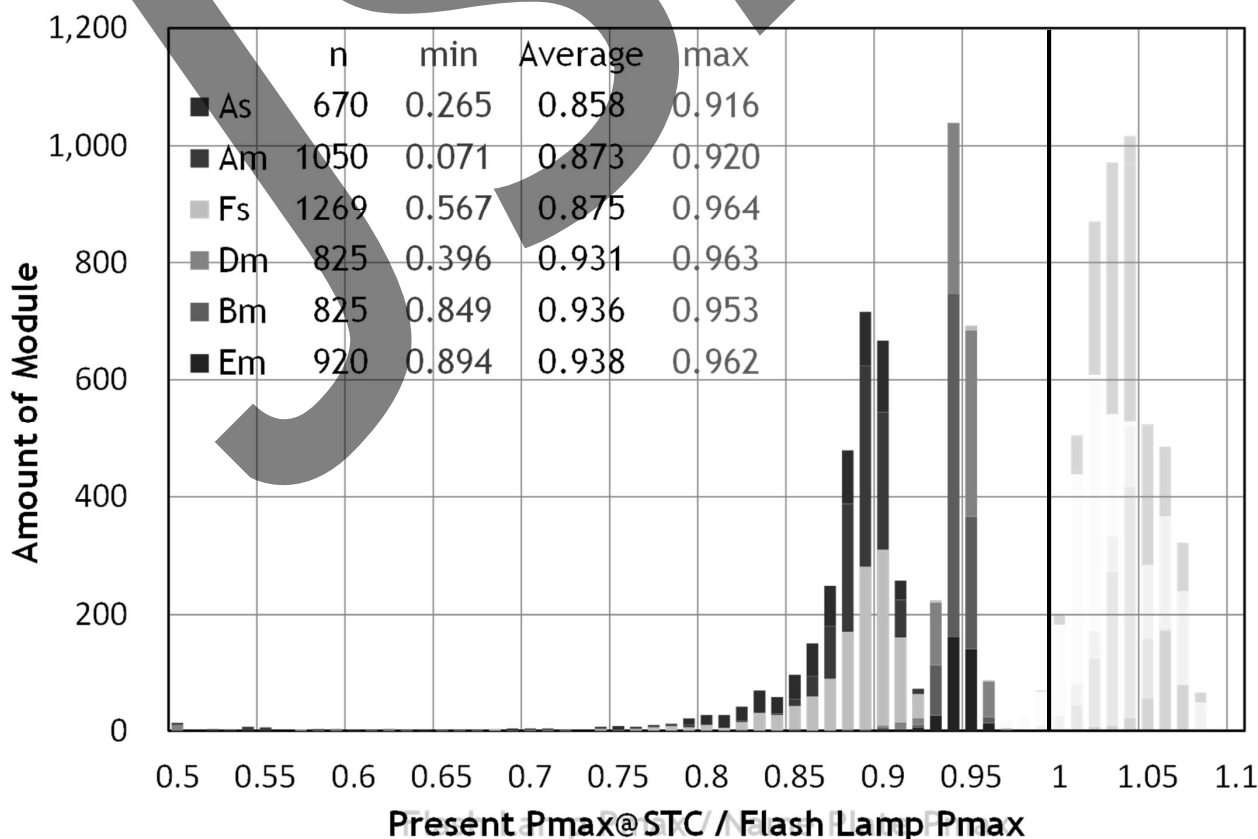
製造者	種類	Pm/W	Vpm/V	Ipm/A	Voc/V	Isc/A	cells	BPD	“N”
“As”	A	132	26.8	4.93	33.5	5.53	54	3	670
“Fs”	F	180	35.6	5.05	44.6	5.68	72	3	1269
“Cs”	C	180	54.0	3.33	66.4	3.65	96	4	×
“Am”	A	150	20.5	7.32	25.4	8.09	42	3	1050
“Bm”	B	167	23.2	7.20	28.9	8.00	48	3	920
“Dm”	D	126	19.2	6.56	24.1	7.12	40	2	825
“Em”	E	158	23.2	6.82	28.9	7.58	48	3	347
“La”	L	100	108.0	0.93	141.0	1.17	-	0	×
Total									5081

### 工場出荷値(Flash Lamp Pmax)の分布



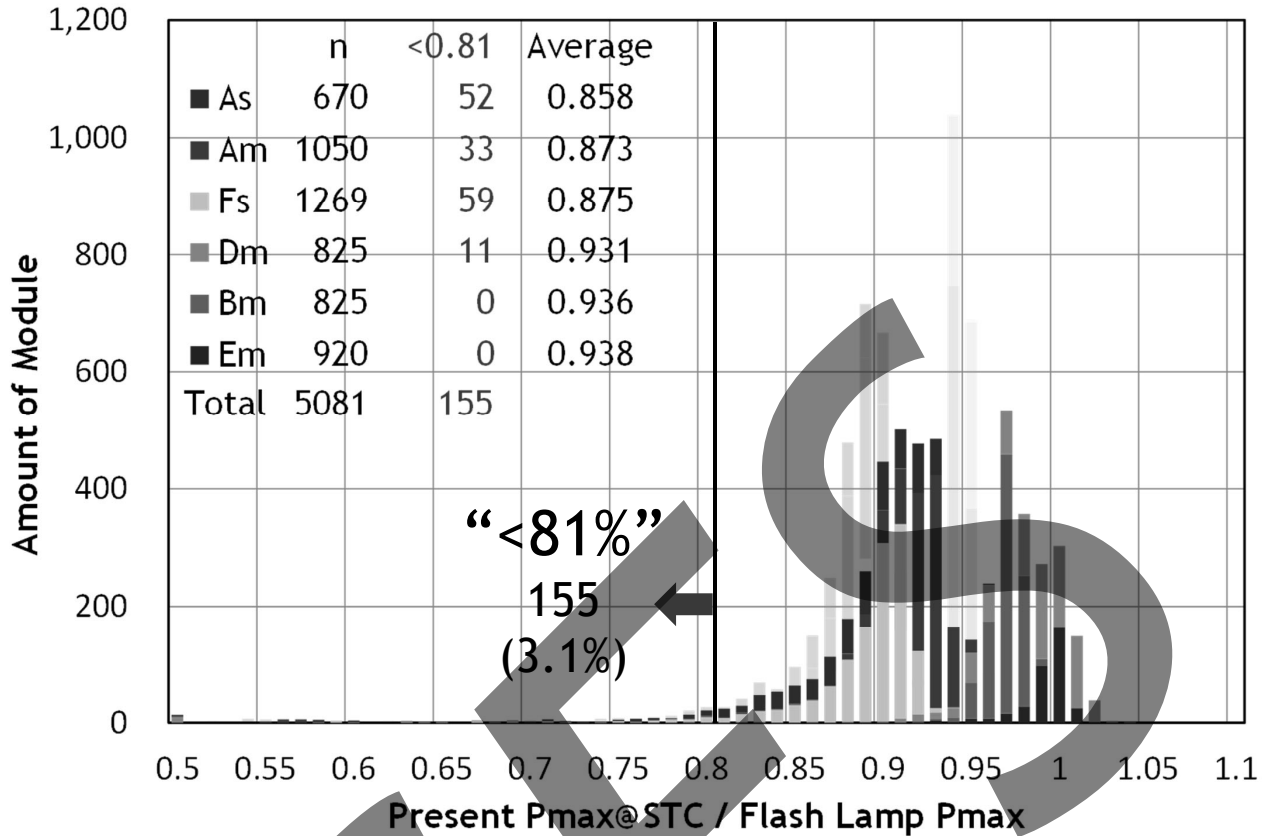
独立行政法人 産業技術総合研究所

### 10年経過後の最大出力の工場出荷値に対する割合の分布



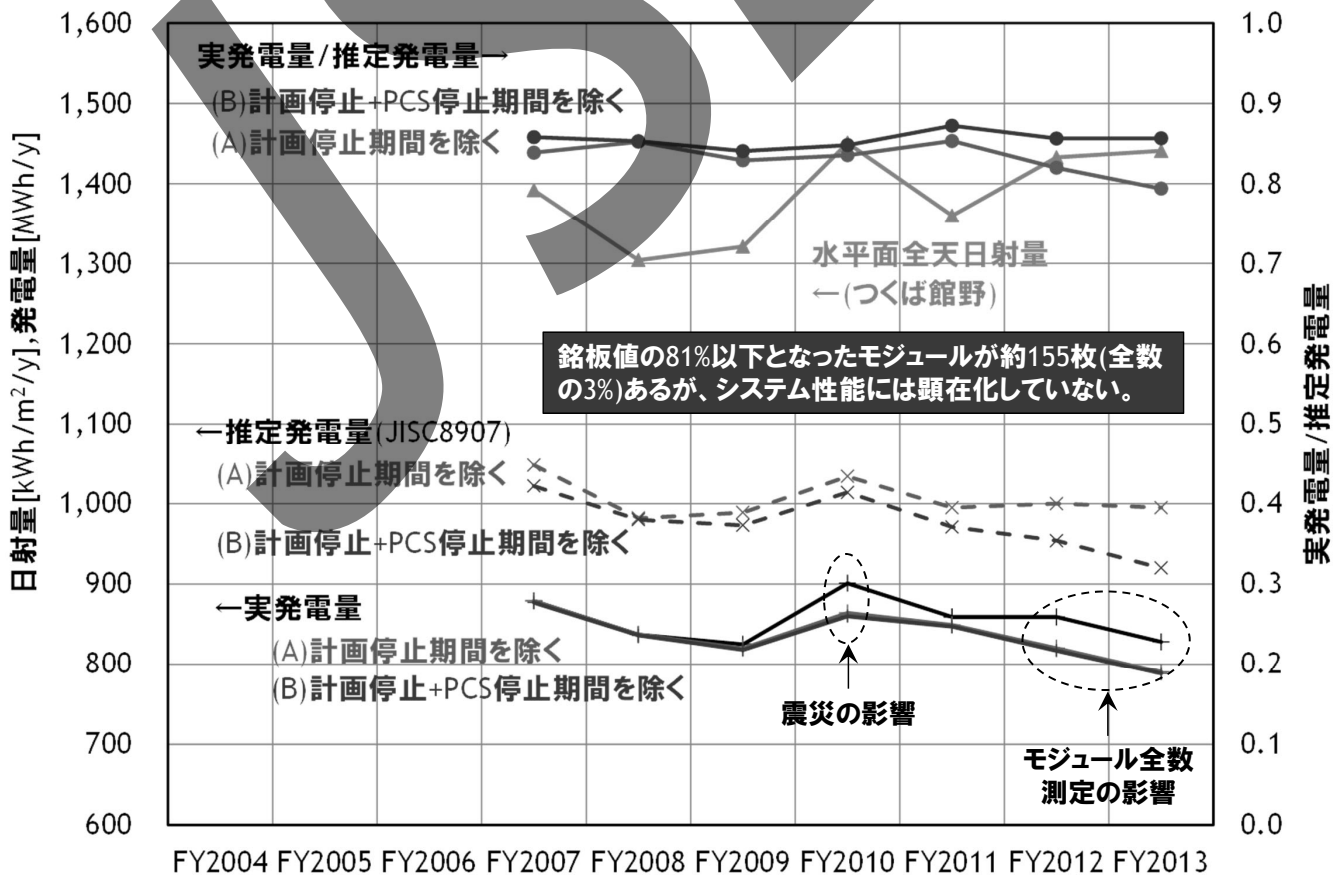
独立行政法人 産業技術総合研究所

10年経過後の最大出力の銘板値(Name Plate)に対する割合の分布



独立行政法人 産業技術総合研究所

参考:MSTの発電実績およびシステム性能の推移



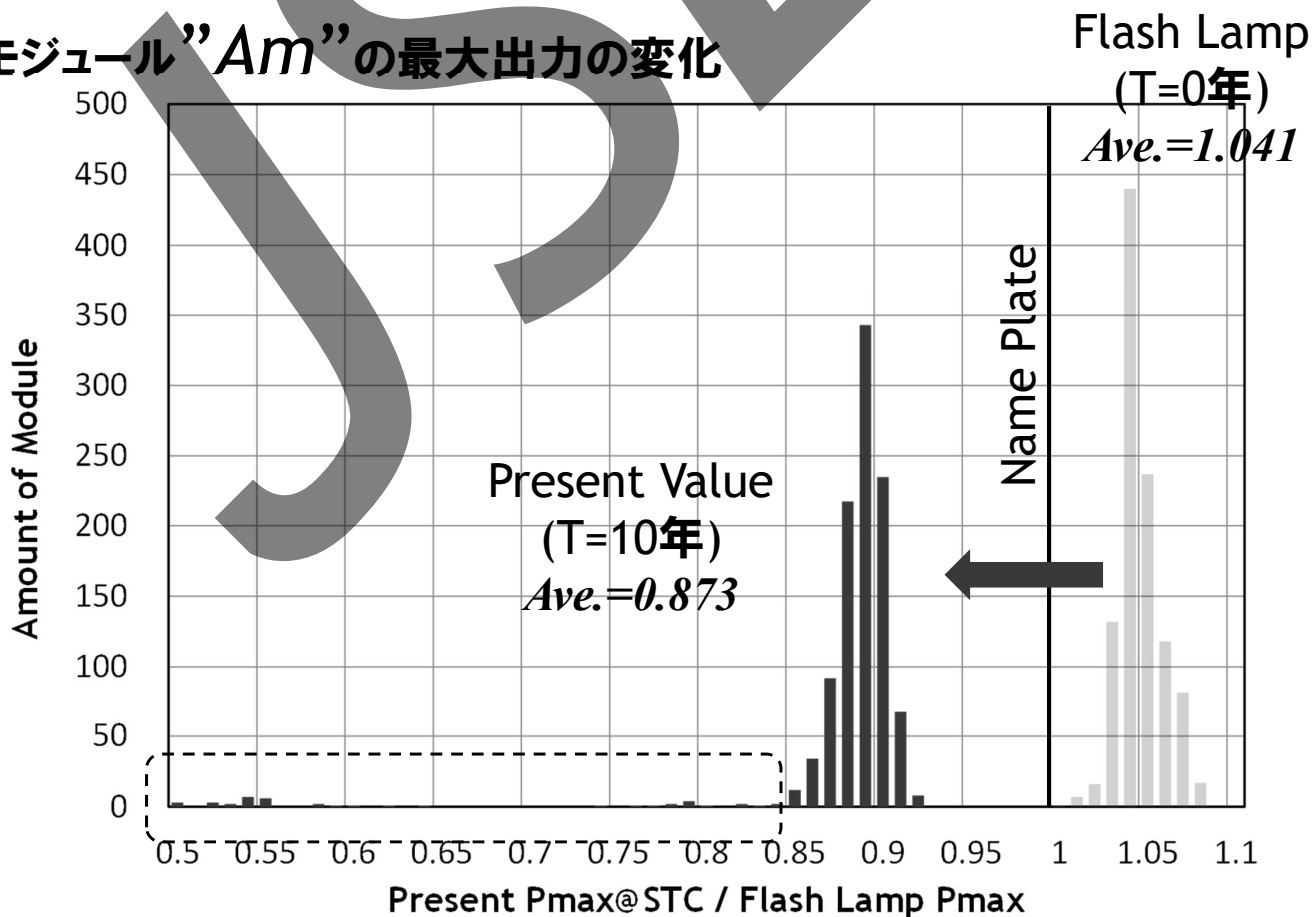
独立行政法人 産業技術総合研究所

# 「安全性」で観てみる

独立行政法人 産業技術総合研究所

## 産総研太陽光発電設備の詳細調査(“MST10”) -(7)

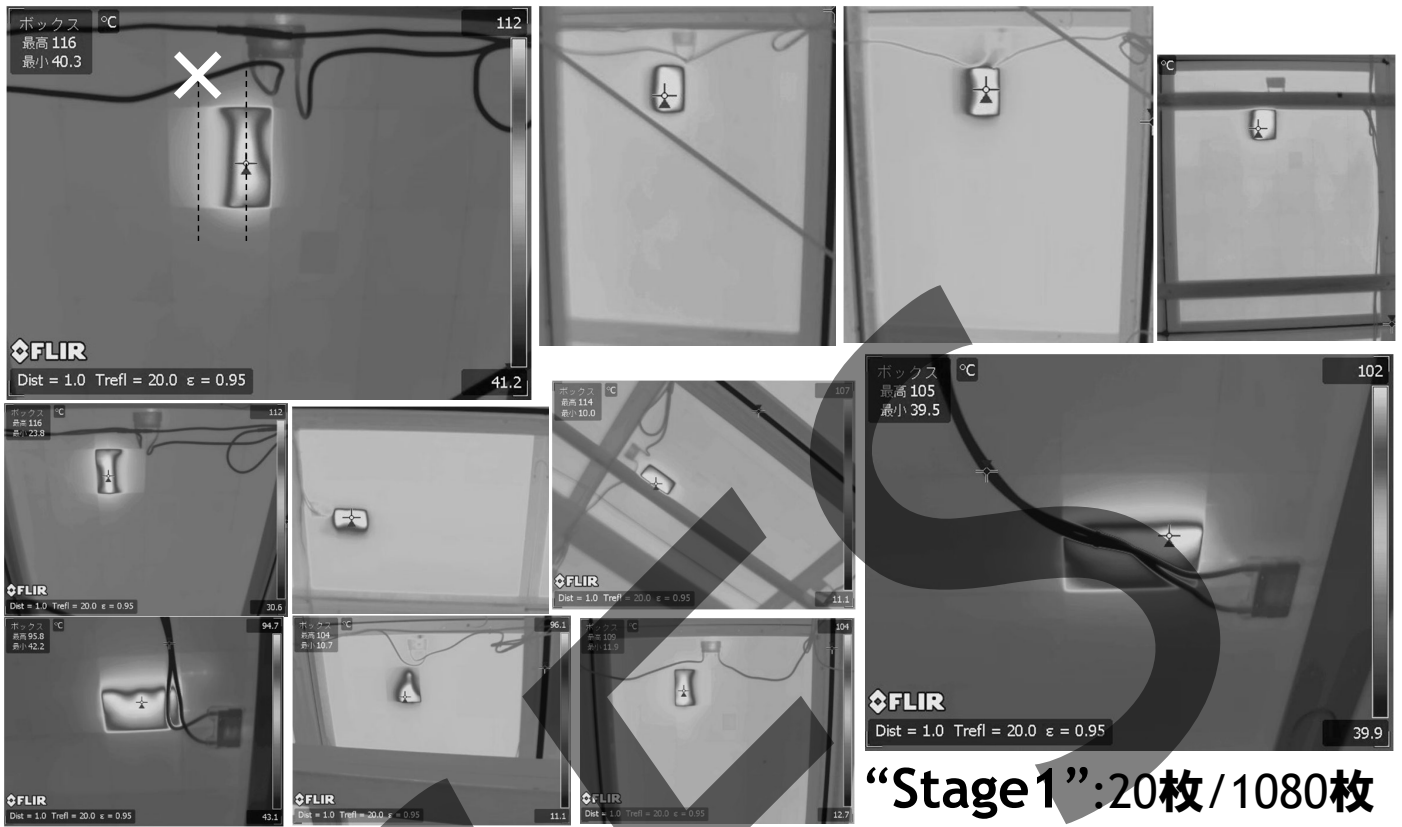
### モジュール”Am”の最大出力の変化



独立行政法人 産業技術総合研究所



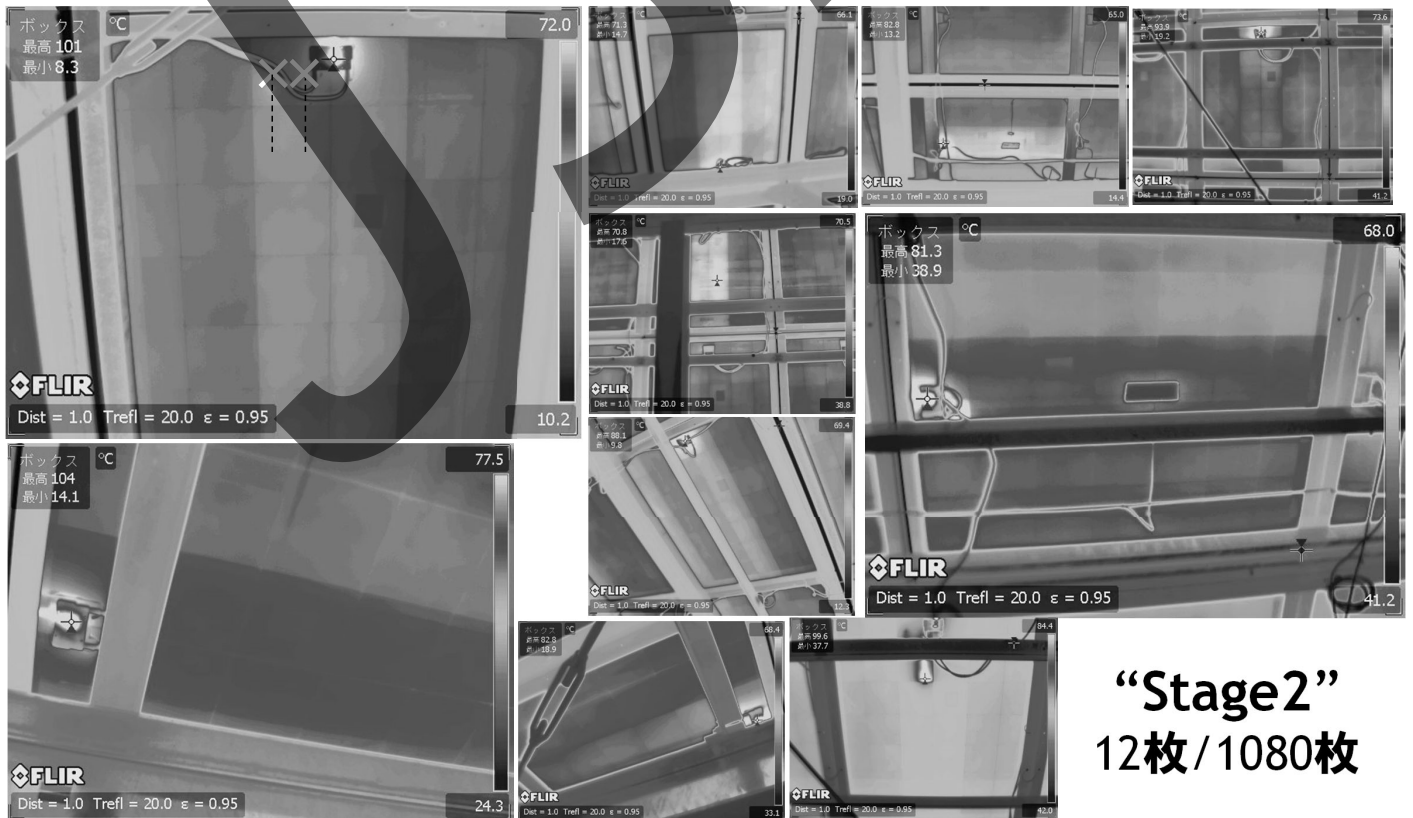
# モジュール”Am”の赤外線カメラ観察(裏面から, 2014年7月11日)



“Stage 1”: 20枚 / 1080枚

独立行政法人 産業技術総合研究所

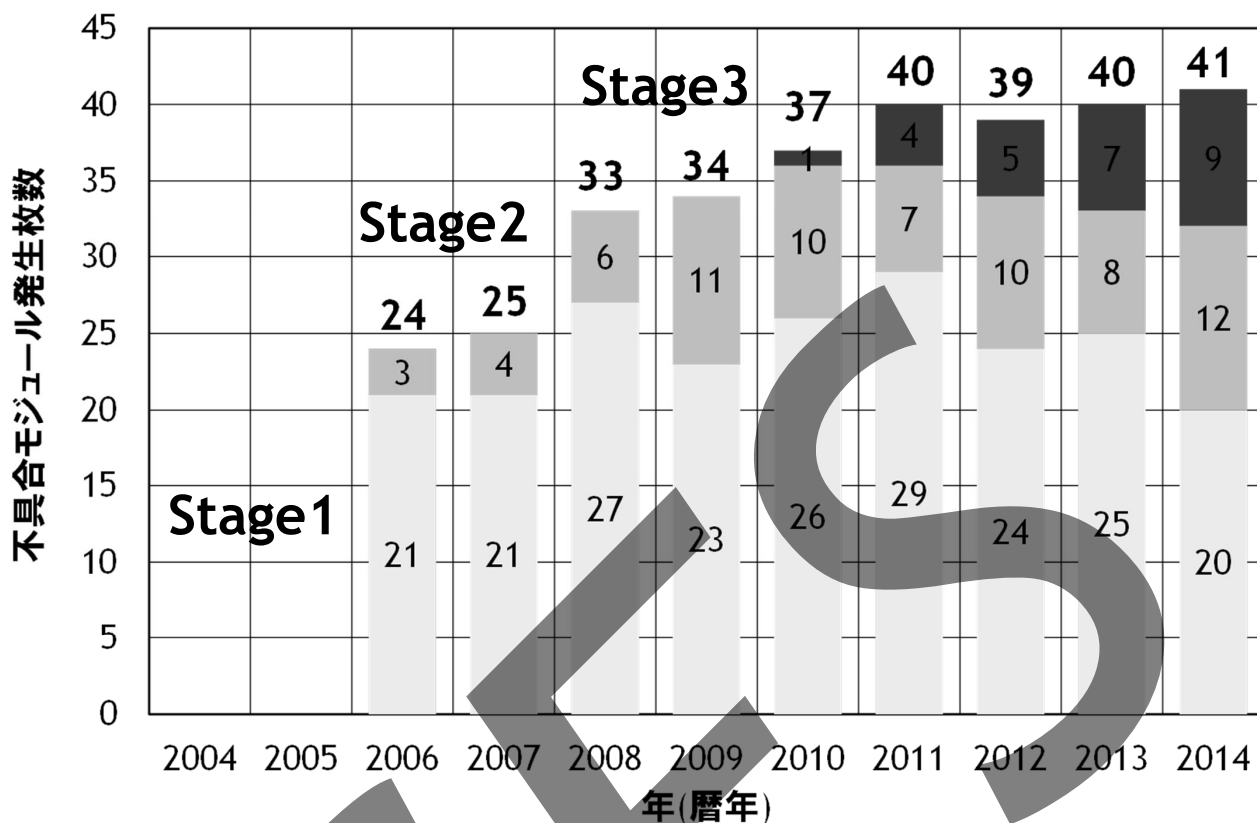
# モジュール”Am”の赤外線カメラ観察(裏面から, 2014年7月11日)



“Stage 2”  
12枚 / 1080枚

独立行政法人 産業技術総合研究所

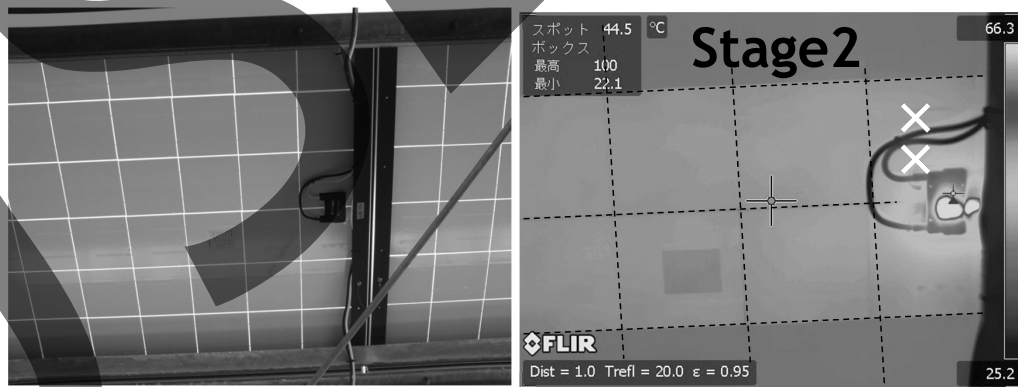
## モジュール”Am”の不具合の年推移



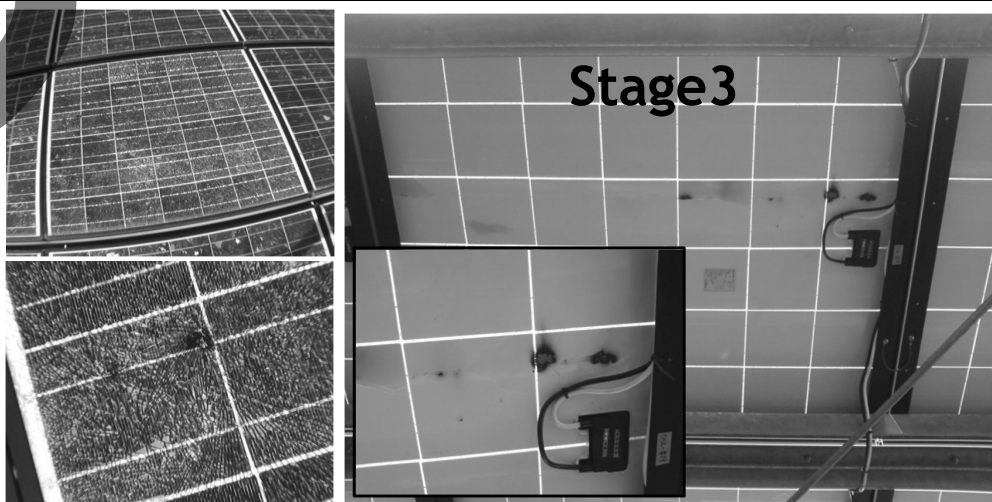
独立行政法人 産業技術総合研究所

## 産総研太陽光発電設備の詳細調査(“MST10”) - (10)

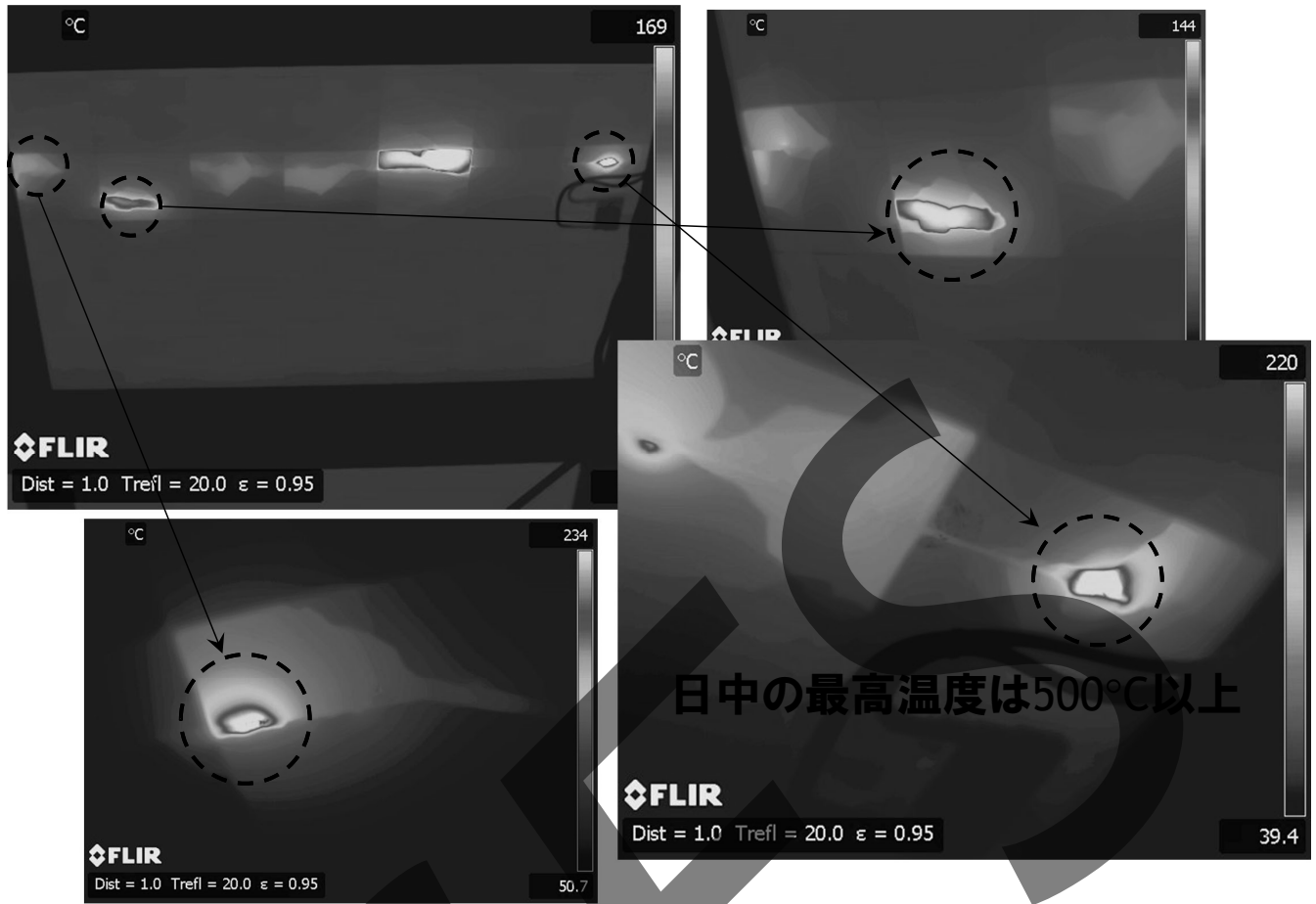
’10年3月の状態  
 外観に異常はないが、内部回路は”Stage2”の状態を4年間継続していた。



’10年6月の状態  
 電流を迂回させていたバイパス回路(BPR)が開放故障。  
 →ガラス全損  
 →バックシート焼損

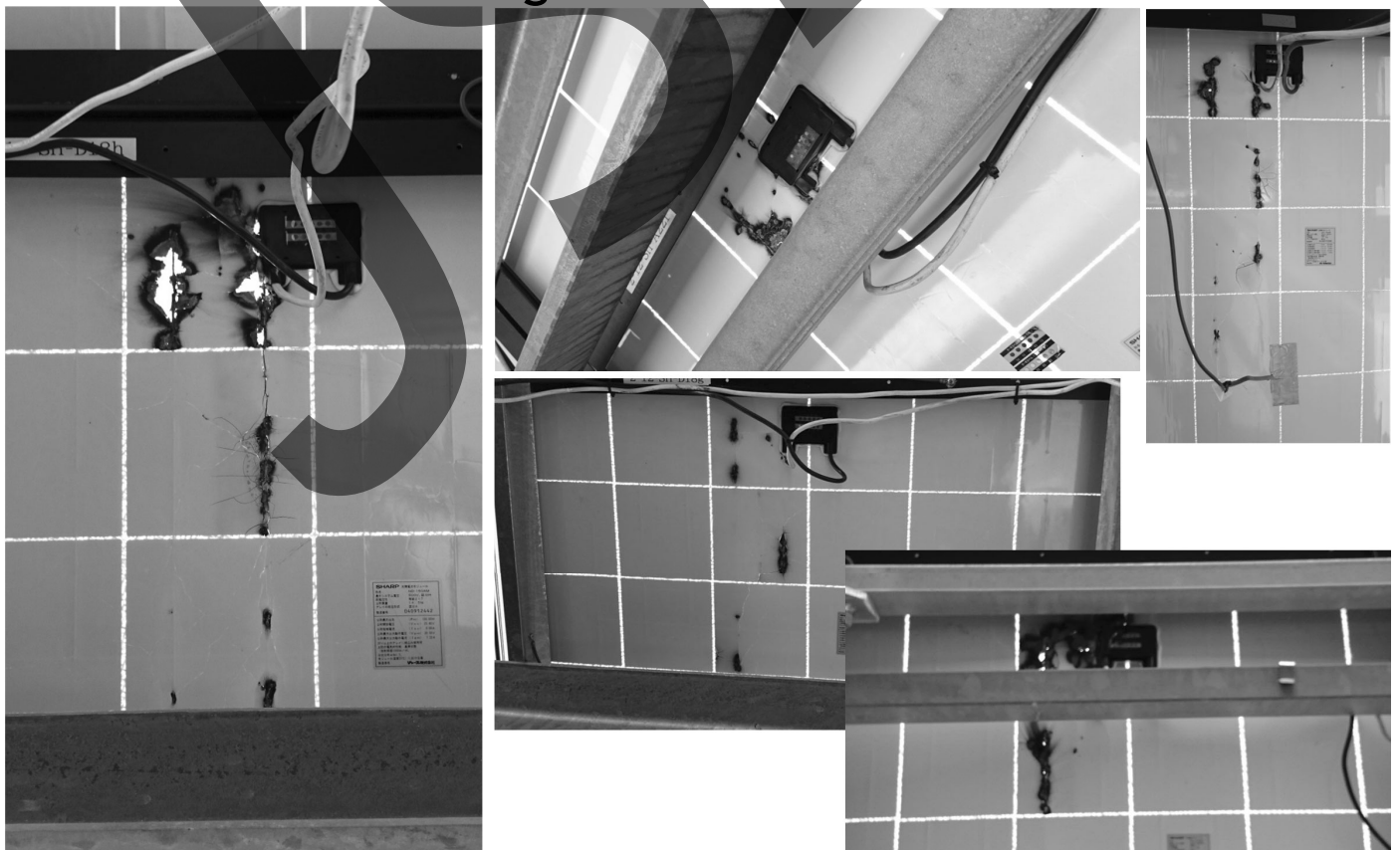


独立行政法人 産業技術総合研究所



独立行政法人 産業技術総合研究所

## “Am”モジュールのStage3



独立行政法人 産業技術総合研究所

# バイパス回路(BPR)は、太陽電池モジュールの「安全弁」!

(車に例えるなら、「エアバッグ」の役割)

安全上の観点から、

- BPRの機能喪失状態
- BPRの常時作動状態

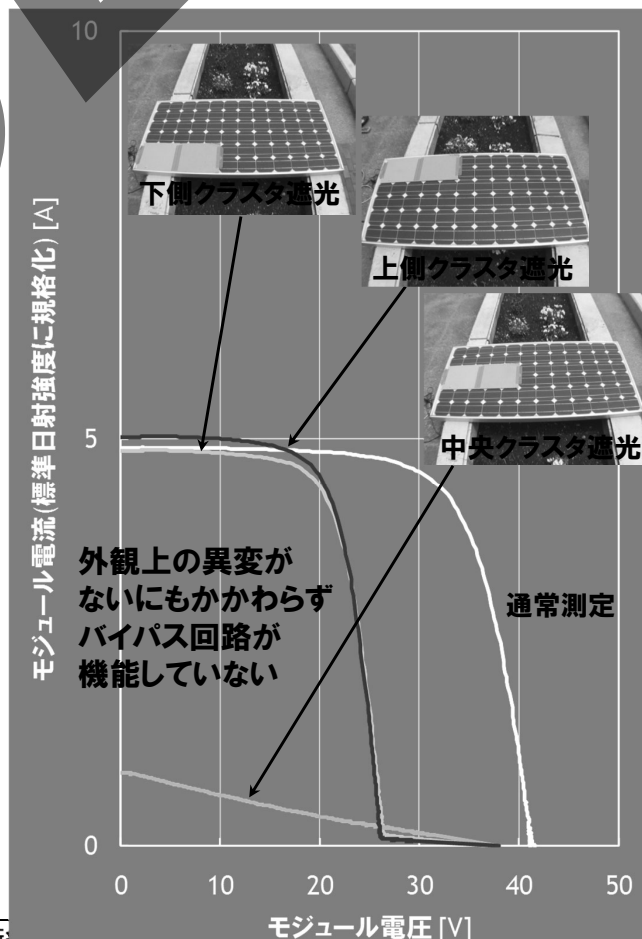
となっている太陽電池モジュールは、交換の必要がある!(のではないか?)

独立行政法人 産業技術総合研究所

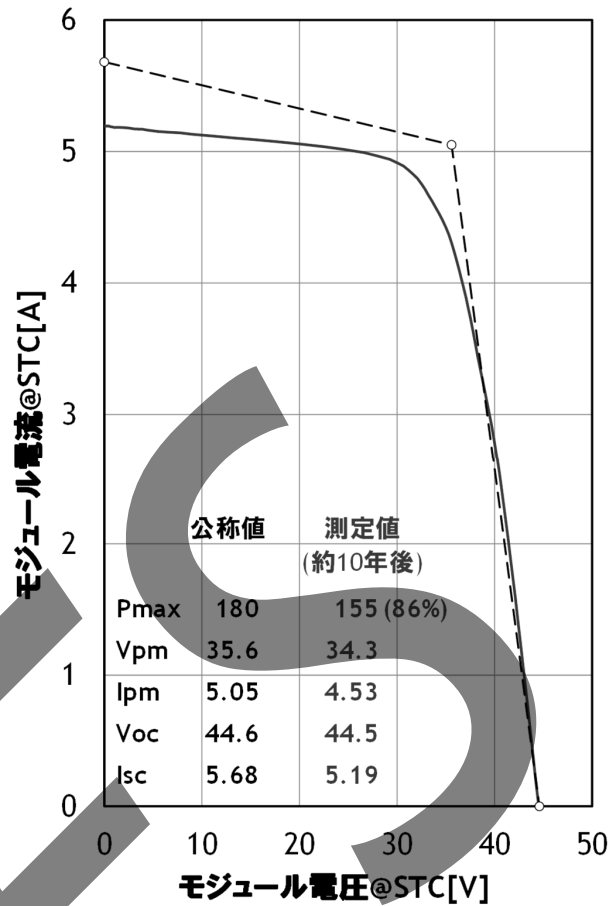
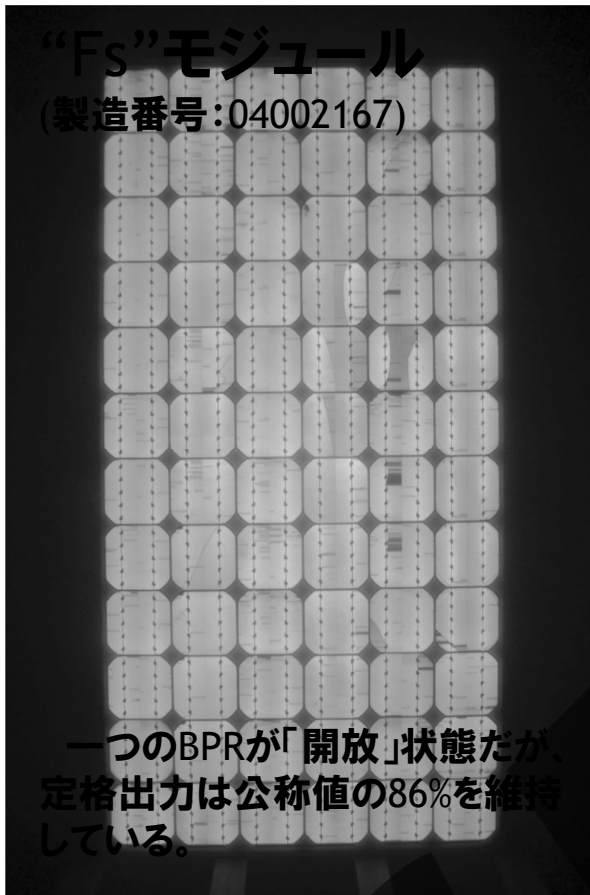
## 産総研太陽光発電設備の詳細調査(“MST10”)

“Fs”モジュール  
(製造番号:04002167)

陰のかからない設置場所であり、  
外観上の異変(焼損)もない

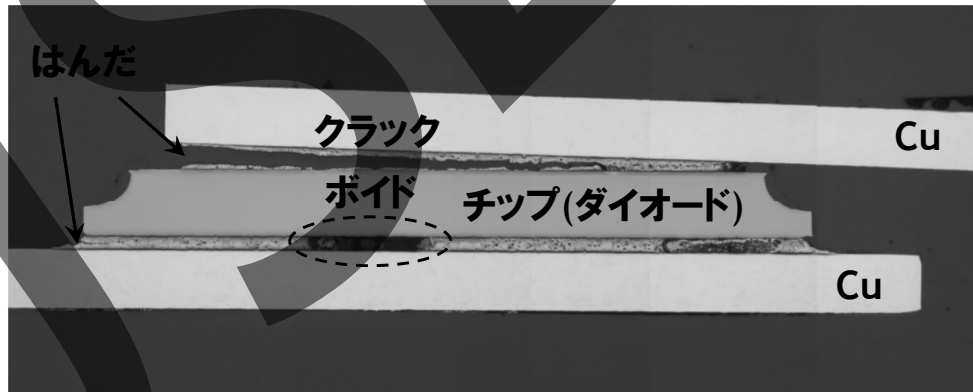
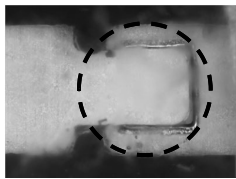


独立行政法人 産業技術



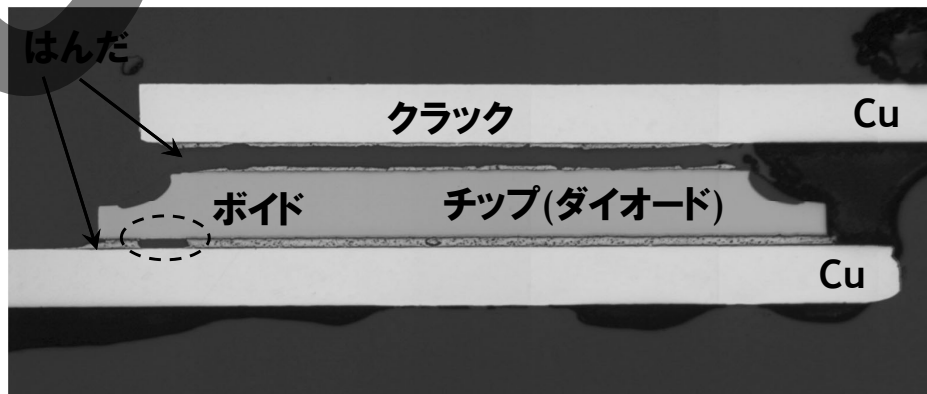
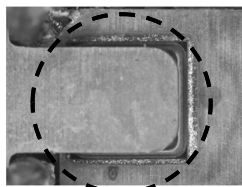
独立行政法人 産業技術総合研究所

同型式で電気的には「正常」のバイパス回路では...



上部フレームが剥離しており、1/4程度しかはんだが残っていない

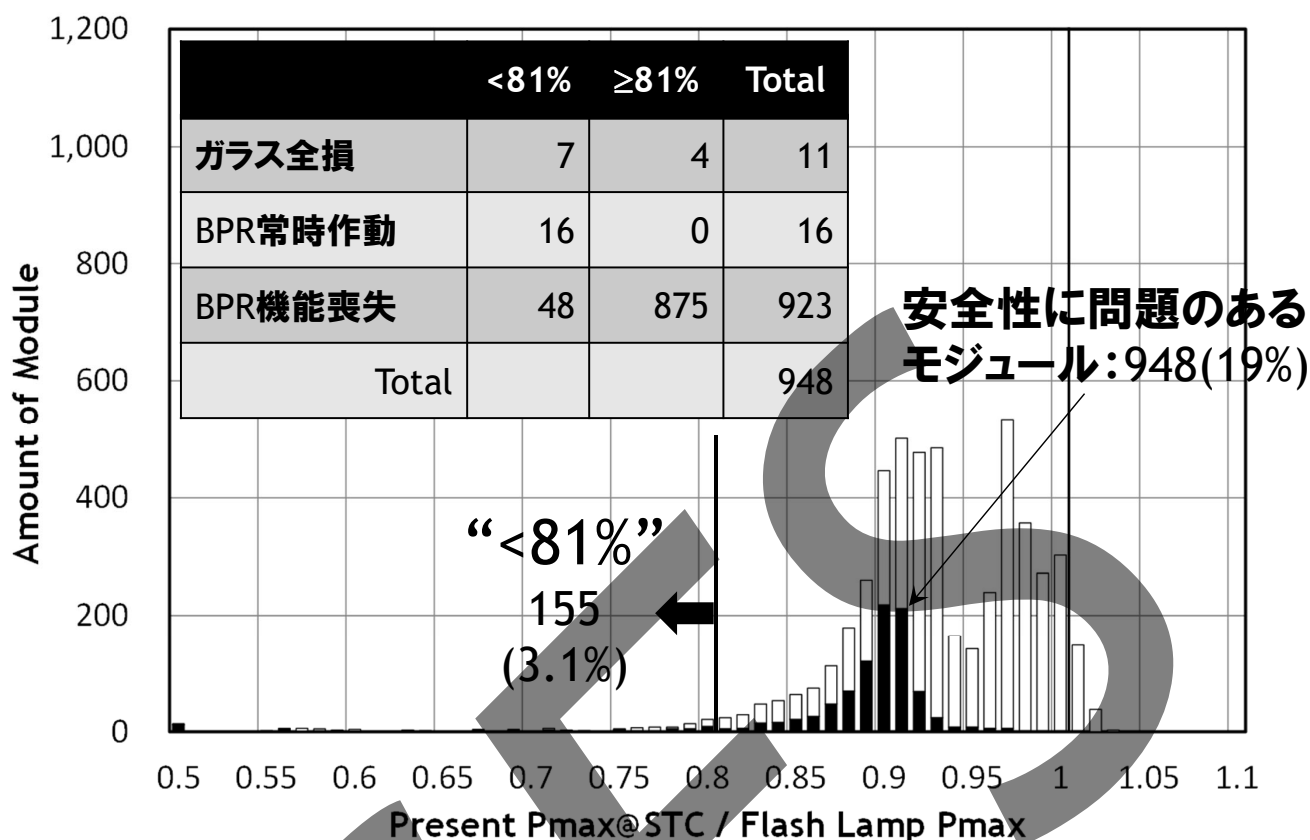
同型式で電気的には「開放」のバイパス回路では...



上部フレームが剥離。Cu下およびチップ上にはんだはあり

独立行政法人 産業技術総合研究所

## 安全性に問題のあるモジュールの分布



独立行政法人 産業技術総合研究所

## まとめ

## ● AIST-MegaSolartown 全数測定結果の速報

→10年経過後に銘板値の81%を下回っていたモジュールは5081枚中155枚(3%)。※ただし、システム性能には顕在してはいない。

→安全性に問題のあるモジュール(ガラス全損+BPR常時作動+BPR機能喪失)は948枚(19%)

※どちらが重要なのは、発電性能(経済性)? 安全性?

→全数測定の分析結果(PID、マイクロクラック、スネイルトレイル・・・)は、今後日本太陽エネルギー学会などにて順次発表予定!

## ● PVのリスク:「火災・感電(電気リスク)」と「飛散・倒壊(構造リスク)」

→PVの致命的問題は「日中において電圧発生を止めることができない」こと・・・これを認知しないとPVの安全性は確保できない。

## ● PVの安全性向上に関するコンソーシアムを発足予定 ('15/4)

→参加に関心ある方は、加藤(kazuhiko.kato@aist.go.jp)まで

独立行政法人 産業技術総合研究所