

各種太陽電池モジュールの屋外曝露による経年劣化

崔誠佑¹・佐藤梨都子¹・石井徹之²・千葉恭男¹・増田淳¹

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 材料科学研究所

研究の目的

産総研九州センターでは、発電コストに影響を与える太陽光発電システムの長期信頼性の研究を通じて劣化要因を抽出するとともに経年劣化を反映させた高精度な発電量評価技術を開発するため、10種22型式の太陽電池モジュールを屋外に曝露し、マルチストリング型パワーコンディショナを用いて系統連系している。本研究では、屋外に設置した各種太陽電池モジュールを定期的に取り外し、ソーラーシミュレータを用いた標準試験条件での室内測定により経年劣化の振る舞いを検証した。



図1. 太陽電池モジュール屋外曝露サイトの全景

*系統連系しているすべてのアレイにおいて、モジュールの直流電路は非接地で、高周波絶縁トランス方式を採用しているパワーコンディショナに接続

評価対象モジュールと評価方法

表1. 太陽電池モジュールの公称出力及び曝露開始年月

種類	枚数	構成	総出力		公称出力曝露開始年月
			(kW)	(W)	
単結晶Si	20	5Sx1Px4A	4.9	245	12/2012
多結晶Si	20	5Sx1Px4A	5.0	250	12/2012
ヘテロ接合単結晶Si	20	5Sx1Px4A	4.8	240	12/2012
バックコンタクト単結晶Si	24	6Sx1Px4A	4.68	195	12/2012
アモルファスSi	18	3Sx6Px1A	1.35	75	07/2011
多接合薄膜Si	16	4Sx4Px1A	1.76	110	07/2011
CIGS	30	2Sx5Px3A	4.95	165	03/2014
CdTe	80	5Sx4Px4A	5.2	65	12/2012

ソーラーシミュレータによる測定概要

パルス式ソーラーシミュレータ:

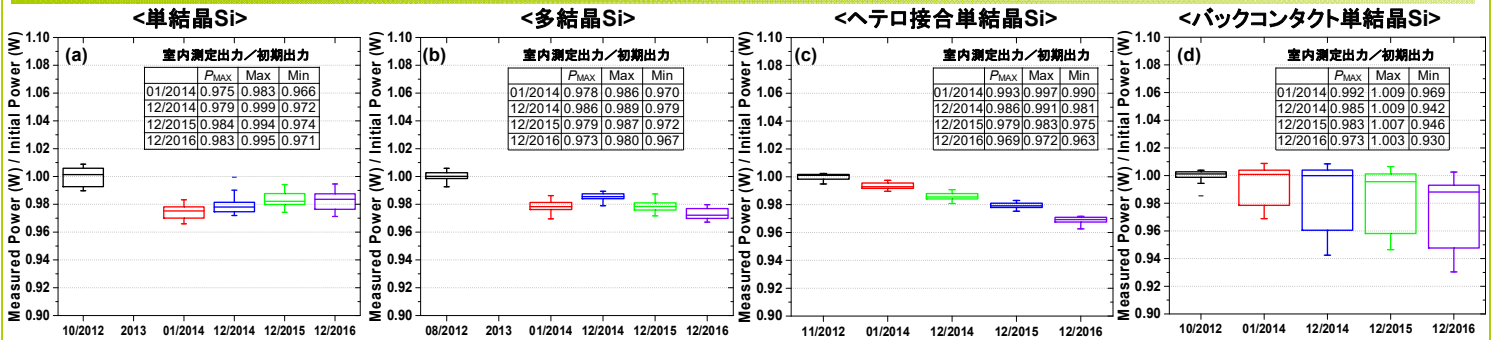
日清紡メカトロニクス製 PVS1222i-L

スイープ時間、方向:100 ms, 短絡から開放

標準試験条件:

STC (1 kW/m², AM1.5G, 25 °C)

結果と考察

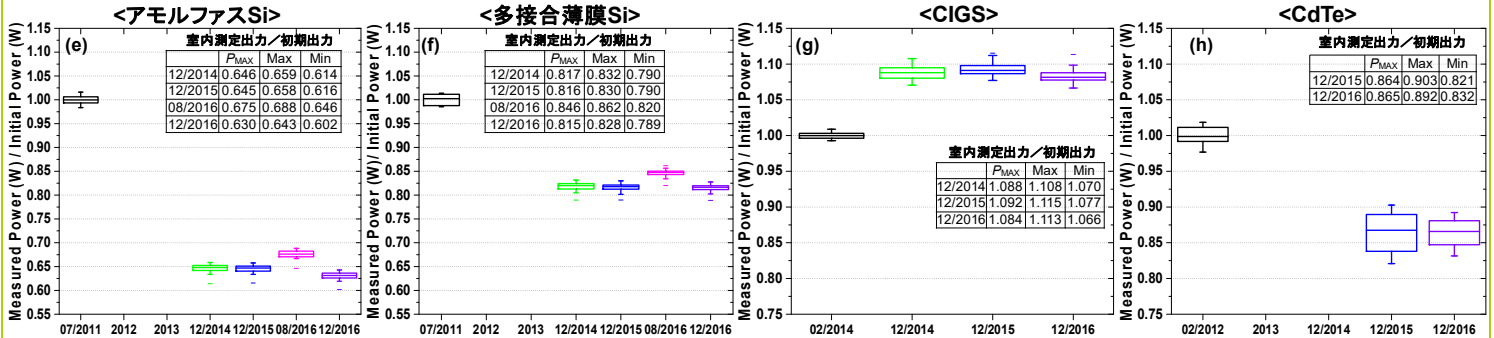


屋外曝露1年以内に開放電圧(Voc)と短絡電流(Isc)の双方に1%程度の低下がみられるもの、その後は安定し、曲線因子(FF)は曝露初期からほとんど変化していない。

屋外曝露1年以内にIscは1%程度の低下がみられる。Iscの低下がVocとFFの低下よりもやや大きい。

曝露開始から出力が徐々に低下している。出力低下の原因は主にVocの低下に起因する。

曝露開始から出力が徐々に低下している。高電位設置のモジュールではPotential Induced Degradation (PID)を生じるためばらつきが大きくなっている。



屋外曝露によりアモルファスSiと多接合薄膜Siの出力が低下しているが、2014年と2015年の室内測定値にほとんど差はなく性能低下は飽和している。光劣化による性能低下は、長くと3年半程度で飽和するといえる。

曝露開始から半年経過時点で初期値よりも1割程度増加し、さらに1年後の室内測定でも出力はほとんど変化していない。

概ね3年間の屋外曝露により出力が初期値よりも1割以上低下している。

図2. 単結晶Si(a), 多結晶Si(b), ヘテロ接合単結晶Si(c), バックコンタクト単結晶Si(d), アモルファスSi(e), 多接合Si(f), CIGS(g), CdTe(h)太陽電池モジュールにおける屋外曝露に伴う規格化出力の経時変化 *箱ひげ図定義一箱の上端は第3四分位点、下端は1四分位点、箱内のラインは中央値、箱の上下ラインは最大値と最小値をそれぞれを示す。

結論

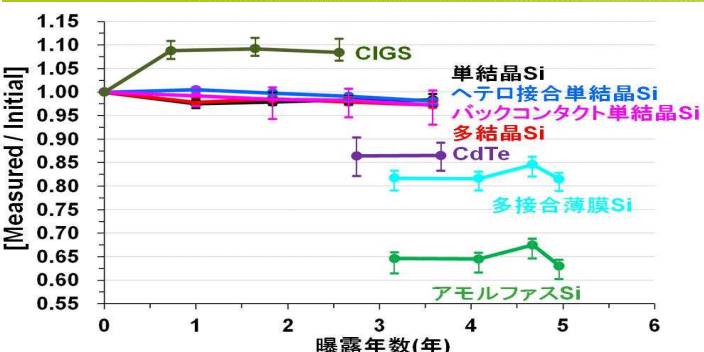


図3. 各種太陽電池モジュールにおける規格化出力の平均値の曝露年数依存性 *曝露年数は取り外し期間を除いて算出

産総研九州センターにて屋外曝露されている各種太陽電池において、室内測定により経年劣化を調べた。単結晶Si、多結晶Siの年劣化率は0.47~0.75%/年であった。高効率n型結晶シリコン太陽電池のヘテロ接合単結晶Siとバックコンタクト単結晶Siでは、年劣化率は0.87%/年と0.75%/年であった。結果として、4年間の実使用下での発電性能劣化率について、従来型のp型結晶シリコン太陽電池と高効率n型結晶シリコン太陽電池の間で大きな差は見られなかった。薄膜シリコン系太陽電池モジュールの屋外曝露において、アモルファスSiと多接合薄膜Si太陽電池固有の劣化が見られた。この劣化は熱アニールによって夏期(2016年8月)には性能回復するため、季節によって出力が変動する。化合物薄膜系太陽電池モジュールは光照射効果・熱アニール効果によりデバイス自体の性能が変化する。CIGS太陽電池は曝露開始から半年経過後に初期値よりも出力が1割程度増加し、その後は安定している。3年間曝露したCdTe太陽電池では出力が初期値よりも1割以上低下している。今後、室内測定で得られた劣化率と屋外発電量で得られる劣化率との相関を検討する必要がある。

謝辞

本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の「高性能・高信頼性太陽光発電の発電コスト低減技術開発」の委託により実施された。