

佐賀県鳥栖市における太陽電池モジュールの劣化率を加味した推定発電量と実発電量の比較

千葉 恭男¹, 石井 徹之², 佐藤 梨都子¹, 崔 誠佑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

研究の目的

我々は、産総研九州センター(佐賀県鳥栖市)にて、系統連系された太陽電池アレイの実発電量の評価を実施してきた。また、ソーラーシミュレータを用いた屋内での標準試験条件(STC)における測定などによりモジュールの劣化率の評価を行ってきた[1-4]。今回、結晶シリコン系太陽電池モジュールについて屋内測定値から算出した劣化関数 $f(t)$ を加味した推定発電量と実発電量の比較を行ったので報告する。

推定発電量と実発電量の比較方法

実発電量の算出 10分おきに計測されているアレイでの最大出力 (P_{max}) から計算

推定発電量の算出

- Case A** 1. 屋内測定で得られた出力: $P_{MAX(STC)}$
 毎年定期的に測定を実施している⇒劣化率
 2. 10分おきに計測している屋外のモジュール表面の温度: T
 3. 10分おきに計測している日射量: G
- Case B** 1. 劣化関数 $f(t)$ を用いて算出

$$P_{MAX} = P_{MAX(STC)} \times \frac{G}{G_{STC}} \times \{1 + \gamma(T - T_{STC})\} \times f(t) \dots (2)$$

$$P_{MAX} = P_{MAX(STC)} \times \frac{G}{G_{STC}} \times \{1 + \gamma(T - T_{STC})\} \dots (1)$$

この計算式を用いて、1年ごとに推定発電量を算出
 ・実発電量が欠測した日の推定発電量は加算しない

$P_{MAX(STC)}$: STCで計測したモジュールの出力
 G : 10分おきに計測される日射計の日射強度
 G_{STC} : STCの光源の放射強度 (1000 W/m²)
 γ : 出力の温度係数 (設置後1年間の屋外曝露時の P_{MAX} から算出)
 T : 10分おきに計測される曝露時のモジュールのバックシート表面で計測した温度
 T_{STC} : STCの温度 (25 °C)



図1. 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南東から見た全景。(佐賀県鳥栖市 [33.2 °N and 130.3 °E, 気候区分: Cfa]).

結果と考察

表1. ヘテロ接合単結晶シリコン太陽電池(SHJ)の推定発電量と実発電量の比較。

屋外曝露期間	推定発電量算出に使用した計算式	屋内測定した $P_{MAX(STC)}$ あるいは算出した $P_{MAX(STC)}$ (W)	温度係数 γ (%/°C) (実発電量から算出)	推定発電量 (kWh)	屋外実発電量 (kWh)	推定発電量と屋外実発電量の差 (%)
2014年 1月~12月	(2)	4,648.2 (2014年1月測定, t=0)	-0.437	4,938.8	4,983.9	-0.90
	(1)	4,648.2 (2014年1月測定)		4,938.8		
2015年 1月~12月	(2)	4,614.3 (平均劣化率 0.73%/year, t=1)	同上	6,149.6	6,167.9	-0.30
	(1)	4,613.5 (2014年12月測定)		6,148.3		
2016年 1月~12月	(2)	4,580.6 (平均劣化率 0.73%/year, t=2)	同上	5,776.0	5,791.6	-0.27
	(1)	4,583.3 (2015年12月測定)		5,779.2		
2017年 1月~12月	(2)	4,547.1 (平均劣化率 0.73%/year, t=3)	同上	6,131.6	6,141.1	-0.16
	(1)	4,534.5 (2016年12月測定)		6,117.2		
2018年 1月~12月	(2)	4,514.0 (平均劣化率 0.73%/year, t=4)	同上	6,411.3	6,314.2	1.54
	(1)	4,490.7 (2017年12月測定)		6,379.0		
計(5年間)	(2)	-	同上	29,407.3	29,398.7	0.03
	(1)	-		29,362.5		

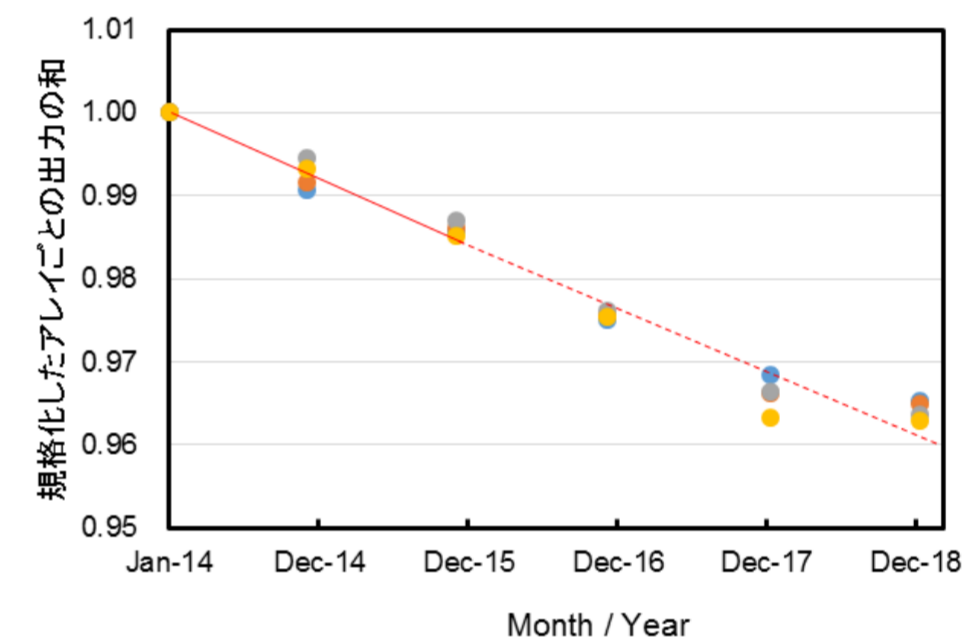


図2. 規格化したSHJアレイ毎の屋内測定の出力の和。(2014年1月から2015年12月までの屋内測定から最小二乗近似で算出した平均劣化率は0.73%/year)

●2014年1月から2015年12月までの屋内測定値から得た劣化関数 $f(t)$ を用いて算出した推定発電量は、実発電量に近い値が得られる。

●2015年12月以降の屋内測定値は、2014年1月から2015年12月までの屋内測定から得た劣化関数 $f(t)$ を用いて算出した値と概ね一致している。したがって、式(1)と式(2)を用いて算出された結果に相違がない。

●2014.1の屋内測定の出力を基準に、2014年1月~2015年12月の屋内測定から導出した劣化関数 $f(t)$ 、日射量データ、モジュール温度データを用いて推定発電量を算出し、実発電量と比較した。今回の場合、 $f(t) = (100 - 0.73 \times t) / 100$, ($t=0-4$)とした。

表2. PERC(W-1C、W-1D)およびn-type mono-Si(M-3D)の推定発電量と実発電量の比較。

屋外曝露期間	モジュールの種類	2017年12月に測定した屋内測定値(W)	2016年3月と2016年12月に測定した屋内測定値から劣化率を加味した $P_{MAX(STC)}$ (W)	温度係数 γ (%/°C) (実発電量から算出)	推定発電量 (kWh)	屋外実発電量 (kWh)	推定発電量と屋外実発電量の差 (%)
2018年 1月~12月	PERC (W-1C)	-	1,274.9 (劣化率 5.63%/year)	-0.343	1,796.2	1,850.2	-2.92
		1,360.3	-		1,916.2		
	PERC (W-1D)	-	1,340.2 (劣化率 2.94%/year)	-0.299	1,891.7	1,853.7	2.05
		1,374.2	-		1,939.7		
n-type mono-Si (M-3D)	-	1,804.7 (劣化率 0.85%/year)	-0.321	2,553.3	2,422.3	5.41	
	1,803.1	-		2,551.0			5.31



図4. ドローン撮影による曝露サイトの全景。(W-1C、W-1D、M-3Dおよび日射計の位置)

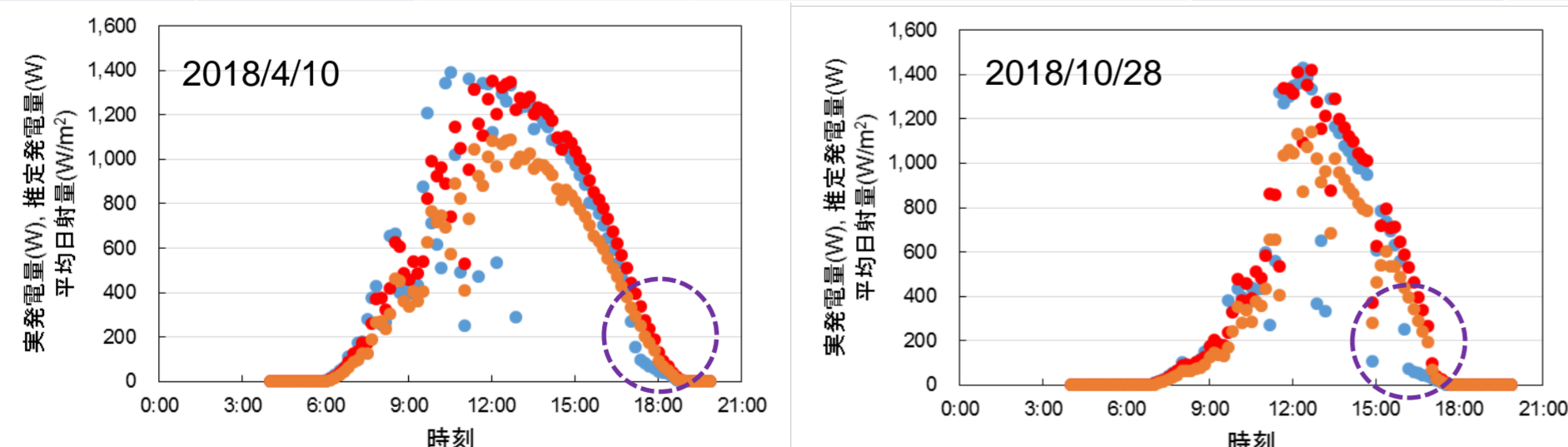


図3. PERC(W-1C)における2018/4/10および10/28の一日の実発電量、推定発電量、平均日射量の推移。

●実発電量(W), ●推定発電量(W), ●平均日射量(W/m²)

●2018年の曝露期間において、推定発電量と実発電量の差が大きい傾向が見られた。
 ●図1ならびに図4より、W-1Cについて、日の入り時刻での曝露サイト西側からの影の影響があることが示唆される。
 ●図4から、M-3Dについて、南側の木々の影の影響も示唆される。
 ⇒影の影響を加味した状態でも3~5%程度の差で推定発電量を見積もることが出来ることが示唆される。

結論

●SHJについて、劣化関数を用いて算出した推定発電量は、実発電量に近い値が得られることがわかった。
 ●曝露サイト周辺からの影の影響があることが示唆されるが、影の影響を加味した状態でも3~5%程度の差で推定発電量を見積もることが出来ることが示唆される。
 【謝辞】本研究は、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託により行った。

参考文献

[1] T. Ishii et al., Japanese Journal of Applied Physics, vol. 56, p. 08MD05 (2017).
 [2] S. Choi et al., Japanese Journal of Applied Physics, vol. 56, p. 08MD06 (2017).
 [3] S. Choi et al., Thin Solid Films, vol. 661, pp. 116-121 (2018)
 [4] Y. Chiba et al., Japanese Journal of Applied Physics, vol. 57, p. 08RG04 (2018).