

光トラップ方式の太陽光発電の提案とその実証実験

齋藤研究室 1516126 永野孝樹

1. 背景と目的

太陽電池の効率は、時代とともに着実に向上して、近年は原理的な限界に近付いてきて向上の余地が少ない状況になりつつある。例えば、反射による損失は表面のテクスチャ加工により、広い波長範囲で低減されている。しかし、それでもなおソーラーモジュールによる反射光が近隣の民家に入って社会問題になるほどの反射率を持っているのも事実である。そのため、さらなる反射率の低減が重要である。

本研究では、2つの太陽光モジュールを互いに直交させて相互反射を可能とする光トラップ方式を提案し、その実証実験データを提供することを目的とした。

2. 研究方法

2.1 測定方法

この研究では、太陽光発電モジュール2枚を鉛直方向と水平方向に組み合わせさせた場合（以降光トラップ型と呼称する）と単独に水平と鉛直に設置した場合の比較により、前者での相互反射の影響により発電電力の増加がどの程度になるかを実験的に調べる。なお単独に鉛直に設置する方法は、降雪の影響を避けることができる上、必要な面積が最小限となるメリットがあり、その実証データの取得も目的の一つである。

太陽光発電モジュール2枚を鉛直と水平に組み合わせさせたものと、単独に鉛直モジュールは真南に向けて大学10号館屋上に設置した。単独で水平に設置するモジュールは地面に水平に設置した。今回は1Ωの負荷抵抗を接続してその両端の電圧を測定し、実質的な短絡電流を求めることとした。短絡電流は原理的に入射光の強度に比例する。

データロガー（Graphtech GL100-WL）への配線は以下の通りとし、1分ごとに1Ωの負荷抵抗を接続した各モジュールからの出力電圧（実質的に短絡電流）を測定した。

表 1. データロガーの測定設定

チャンネル	入力	レンジ	設置場所
Ch1	電圧	1V	鉛直モジュール
Ch2	電圧	1V	水平モジュール
Ch3	電圧	1V	単独鉛直モジュール
Ch4	電圧	1V	単独水平モジュール

使用した太陽光発電モジュールはすべてアモルファス・シリコン太陽電池の以下の仕様を持つ同一タイプである。

型番：CN-SM-013, V_{oc} :20 V, V_m :16 V,
 I_{sc} :0.75 A, I_m :0.66 A, P_m :10.56 W

Solar Module Analyzer SMA-6A を用いて測定したこのモジュールの電流電圧特性を図1に示した。

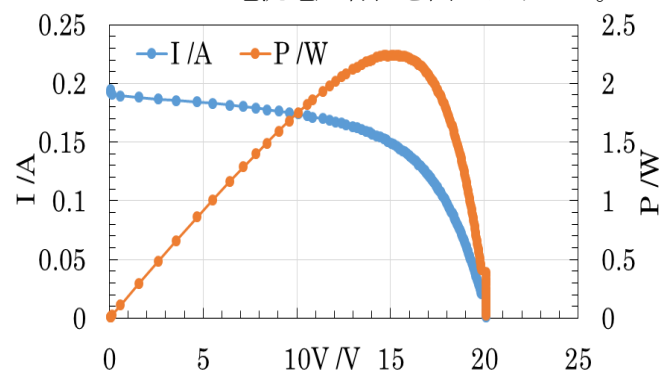


図 1 本研究に使用した a-Si 太陽電池モジュールの電流電圧特性

このとき、短絡電流は 0.1946 A で、最大電力は 2.243 W であった。厳密には最大電力は短絡電流には比例しないが、ほぼ比例すると近似することにより $2.243/0.1946 = 11.53$ の係数を用いて、以下の式より短絡電流 I [A] から最大電力 P [W] へ換算できる。

$$P = 11.53I$$

2.2 測定器材等

実験で使用した主な器材は以下の通りである。

- 太陽光発電モジュール (CN-SM-013)
- データロガー (Graphtech GL100-WL)
- コンパクトソーラーライト (Panasonic BG-BL01)
- ニッケル水素電池 (2000mAh)
- microSD (GREEN HOUSE 16GB)
- 抵抗 (1Ω)

3. 結果と考察

3.1 太陽光発電への光トラップ利用

屋外に設置して計測した結果の一例として、図3に2019年1月24日(木)の結果を示す。図3には全測定データならびに比を示しているが、見やすくするため、図4では水平モジュールについての光トラップ型と単独の比較、図5では鉛直モジュールについての光トラップ型と単独の比較として示してある。参考までにその日の気象庁による仙台の気象データを表2に示した。

反射の影響を受けてほとんどの時間でトラップ型モジュールの短絡電流が単独モジュールの短絡電流を上回る結果となった。しかし、水平モジュールでは13時37分から14時22分までの間、鉛直モジュールでは13時30分から15時4分までの間のデータが、トラップ型モジュールの短絡電流よりも単独モジュールの短絡電流を上回る結果となった。この原因はモジュールの周囲にある構造物の影であること

が分かった。他にもトラップ型モジュールの短絡電流が上昇した時に、単独モジュールの短絡電流が下がった時間帯も確認できたので、単独モジュールが影の影響を受けた時間もあると思われる。

影の影響を受けていない時間帯では、単独で設置した太陽光発電モジュールよりも2枚のモジュールを組み合わせた太陽光発電モジュールの方の短絡電流が水平、鉛直ともに上回っており、期待通り反射の効果のためと考えられる。

水平モジュールについては、日射量が多くトラップ型、単独共に影の影響を受けないと考えられる12時から13時頃はトラップ型の方が単独より約90%、上回っている。

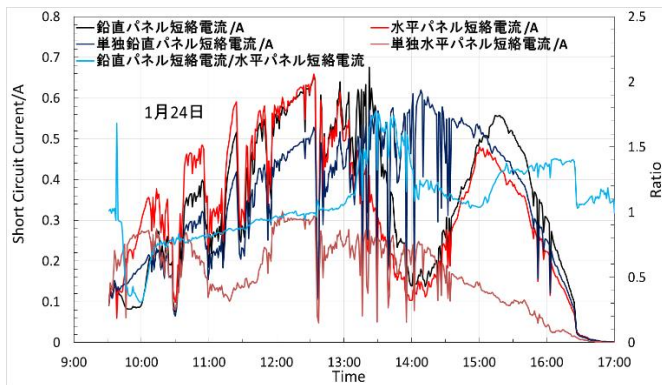


図3 2019年1月24日の全ての太陽光発電モジュールの短絡電流の変化

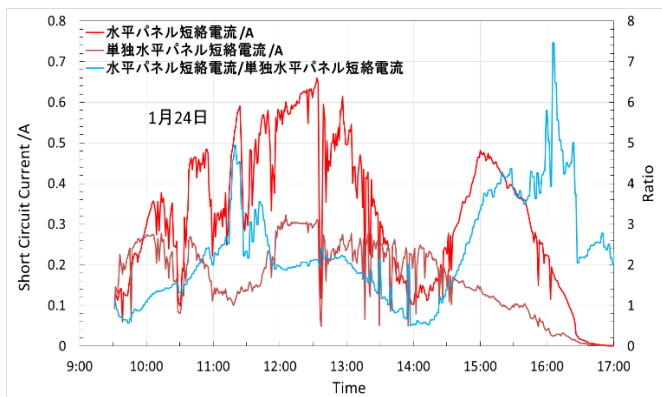


図4 2019年1月24日のトラップ型水平モジュールと単独水平モジュールの短絡電流の変化

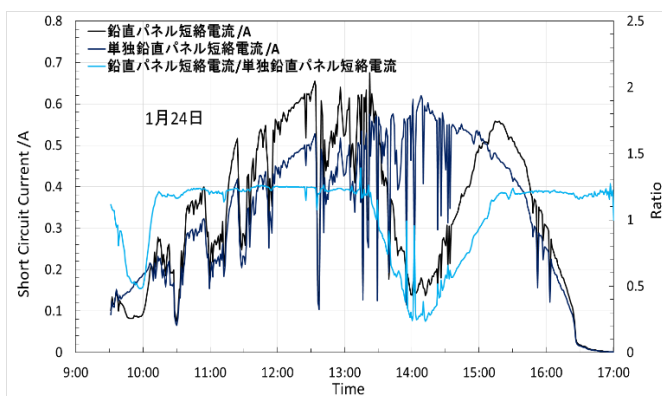


図5 2019年1月24日のトラップ型鉛直モジュールと単独鉛直モジュールの短絡電流の変化

鉛直モジュールについては、日射量が多くトラップ型、単独共に影の影響を受けないと考えられる12時から13時頃はトラップ型の方が単独より約20%、上回っている。

表2 2019年1月24日(木)の仙台の気象庁による気象データ

仙台 2019年1月24日 (1時間ごとの値)													
時	気圧(hPa)	降水量(mm)	気温(°C)	露点温度(°C)	蒸気圧(hPa)	湿度(%)	風向・風速(m/s)	日照時間(h)	全天日射量(MJ/m²)	雪(cm)	天気	雲量	視程(km)
現地	海面		(°C)		(hPa)	(%)	風速 風向			降雪	積雪		
1	1004.2	1009.7	0	0.3	-0.8	5.7	92 3.3 北北西			--	--		
2	1004.4	1009.9	0	0.4	-1.5	5.5	87 2.2 北			--	--		
3	1004.4	1009.9	0	0.5	-3.2	4.8	76 3.7 西北西			--	--	雪	8 15
4	1004.2	1009.7	--	0.4	-6.4	3.8	60 6.5 西北西			--	--		
5	1004.6	1010.1	--	0	-6.6	3.7	61 4 北北西			--	--		
6	1005.2	1010.7	0	-0.8	-4.5	4.4	76 2.7 西北西			--	--	雪	5 8
7	1005.4	1010.9	0	-0.3	-5.9	3.9	66 5.1 西北西	0	0.01	--	--		
8	1005.8	1011.3	0	-0.4	-6.2	3.9	65 7.6 西北西	0.9	0.33	--	--		
9	1005.6	1011.1	0	0.6	-5.2	4.1	65 4.7 西	0.7	0.84	1	1	晴れ	7 10
10	1005.8	1011.3	0	1.4	-6.4	3.8	56 7 西北西	0.8	1.33	--	--		
11	1006.3	1011.8	0	1.4	-6.4	3.8	56 8 西北西	1	2.02	--	--		
12	1006.1	1011.6	0	1.5	-6.1	3.9	57 7.8 西北西	1	1.87	--	--	雪	8 8
13	1006	1011.5	0	1.7	-6.6	3.7	54 9.3 西北西	1	2.04	--	--		
14	1006.5	1012	0	1.1	-5.3	4.1	62 7.1 北西	1	1.59	--	--		
15	1007.5	1013	0	1.4	-6.6	3.7	55 4.2 北北西	0.9	1.18	--	--	晴れ	5 15
16	1008.5	1014	0	0.4	-6.4	3.8	60 4.8 北西	0.5	0.65	--	--		
17	1009.1	1014.6	0	0.4	-6.4	3.8	60 3.8 北	0.4	0.12	--	--		
18	1009.8	1015.3	--	-0.5	-5.1	4.2	71 3.5 北北東			0	--	曇	10- 15
19	1009.9	1015.4	--	-0.9	-4.9	4.2	74 2.9 北			--	--		
20	1010.1	1015.7	--	-1.1	-4.6	4.3	77 3.3 北北東			--	--		
21	1009.7	1015.3	0	-1.1	-4.8	4.3	76 3.9 北北西			--	--	晴れ	5 15
22	1009.2	1014.7	--	0.1	-6.5	3.8	61 5.5 西北西			--	--		
23	1009.9	1015.4	--	0.4	-6.7	3.7	59 5.5 西北西			--	--		
24	1009.9	1015.4	--	0.3	-6.3	3.8	61 5.8 北西			--	--		

4. 結論と今後の課題

- 太陽光発電モジュール2枚を鉛直方向と水平方向に組み合わせた光トラップ型は、単独に水平と鉛直に設置した場合に比べ、反射の効果により短絡電流そして発電量がそれぞれ約90%、20%増えることが実証された。
- トラップ方式にすることによる増加の割合が、水平の場合大きくなる理由として、冬場の測定のため太陽高度が低いのが関係していると推測される。
- 今回用いた太陽電池は、廉価なアモルファス Si 型であり、反射率が結晶 Si 型の場合よりも高い可能性があり、本トラップ方式の利点が大きく現れた可能性がある。今後、両者の分光反射測定をして違いを検証予定である。

参考文献

- 気象庁 過去の気象データ検索
<http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/>
- 太陽光発電モジュールの性能 マルツ パーツまとめ知識
<https://www.marutsu.co.jp/contents/shop/marutsu/mame/169.html>