

# 太陽電池の実発電量に影響を及ぼす要因に関する研究

齋藤研究室 0916223 高橋佳織理

## 1. 背景・目的

太陽光発電システムのスペックを示す数値としてエネルギー変換効率があり、メーカーカタログにも掲載され、きわめて重要な指標として位置付けられている。しかし、このデータはある特定の条件下での測定値であるのに対し、実際の設置環境では、条件が時々刻々変化している中で実発電量が問われるので、変換効率のみで、太陽電池の優劣を判断することがはたして妥当かどうかという疑問がある。

SB エナジー株式会社の実証実験において、ほぼ同じ条件下での各メーカーの日射量と気温によるパネル毎の発電特性調査を比較すると、変換効率の高い結晶 Si 太陽電池をおさえ、ソーラーフロンティアの CIS 太陽電池が最も発電量が多いという結果が出ている。メーカー側はその理由として、光照射効果と温度係数が相対的に小さいためではないかとしている。

本研究では、それ以外の原因として、反射特性も関与しているのではないかと仮定して、Si 太陽電池と CIS 太陽電池の比較をし、太陽電池の実発電量に影響を及ぼす要因を調べることを目的とする。具体的には、前出の公開されているデータを利用し、入射角の関数としての各種太陽電池の電力の解析を行った。次に実測により分光反射率の入射角依存性を調べた。

## 2. 公開実測データの解析

### 2.1 太陽電池発電システム測定結果収集システム

SB エナジー株式会社の「太陽電池発電システム測定結果収集システム」のデータを利用し、同条件における各種太陽電池モジュールの発電量を比較する。

種別	メーカー
シリコン単結晶	三菱電機
シリコン多結晶	京セラ
シリコン多結晶	シャープ
シリコン多結晶	伊藤組モテック
シリコン多結晶	カナディアン・ソーラー
シリコン多結晶	サンテックパワー
シリコン多結晶	インリー・グリーンエナジー
薄膜シリコンハイブリッド	カネカ
ハイブリッド(HIT)	パナソニック
化合物系(CIS)	ソーラーフロンティア

表 1 太陽電池発電システム測定結果収集システムで使用している太陽電池モジュール

### 2.2 データの解析内容

昼夜ともに快晴であった 2012 年 2 月 16 日の帯広太陽光発電試験場でのデータを利用した。4 時～20 時の 1 時間ごとの発電量・日射量を取得し、発電量と日射量から次式の規格化発電量を計算した。

$$\text{規格化発電量}(\text{km}^2) = \text{発電量}(\text{kW}) / \text{日射量}(\text{W}/\text{m}^2) \quad (1)$$

X 軸は太陽光入射角、Y 軸は規格化発電量にしてグラフに表した。太陽光入射角  $\theta$  は次式により算出した。

$$\cos\theta = \sin H \cos\delta + \cos H \sin\delta \cos(\varphi - A) \quad (2)$$

ここで、 $H$ : 太陽高度、 $\delta$ : パネルの傾斜角、 $\varphi$ : パネルの方位角、 $A$ : 太陽方位角である。

この時、パネルの傾斜角は当地での最適な傾斜角である  $42.9^\circ$ <sup>1)</sup>、パネルの方位角は 180 度(北を 0 度として)と仮定した。

### 2.3 結果

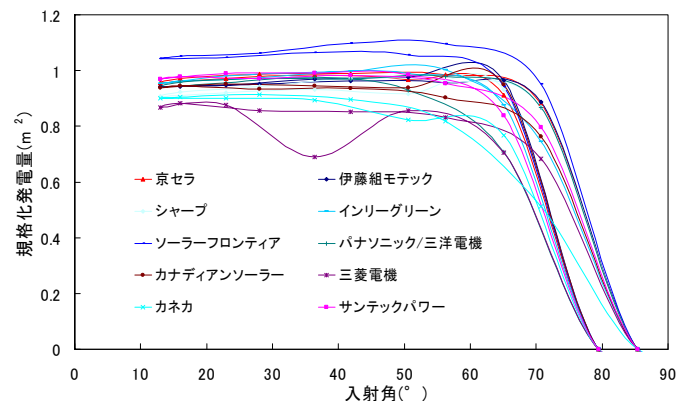


図 1 2 月 16 日の規格化発電量

図 1 から、どの入射角においてもソーラーフロンティアの規格化発電量が最も多いことがわかる。また、他のメーカーは数ヶ所で交差しているが、ソーラーフロンティアは交差していないことから、広範囲の入射角で安定して発電していることがわかる。Si は屈折率が大きく、表面での光の反射率も高い。屈折率は  $3.5$ <sup>2)</sup>、反射率は可視光領域では  $30\%$ <sup>3)</sup>、短波長領域では  $50\%$ <sup>3)</sup> を超える。一方、CIS の屈折率は  $2.7$ <sup>4)</sup> であり、反射率は Si より小さいと考えられる。また、CIS は Si に比べて光の吸収率が高い。CIS は直接遷移型で、光吸収係数が  $1 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$  程度<sup>5)</sup> と太陽電池材料の中で最も大きく、吸収波長領域も広い。一方、結晶 Si は間接遷移型のため、光吸収係数が小さい。これらのことから、CIS は吸収率が高く、反射率が低いため、実発電量が多くなる一因になりうると考えられる。

### 3. 反射率の入射角依存性測定

#### 3.1 使用機器

分光器：StellarNet Blue-Wave

光源：StellarNet SL1

光ファイバー：StellarNet F600-UVVIS-SR

太陽電池モジュール

①メーカー：電菱

種別：単結晶シリコン

型番：DB085-12

②メーカー：ソーラーフロンティア

種別：CIS

型番：SF-150-K

#### 3.2 測定方法

ハロゲン電球光源からの光を偏光プリズムに通し、その偏光を太陽電池の表面に当て、光ファイバーを通して反射光を多チャンネル分光器で受け、分光反射率を測定した。入射角は 45°,60°,75°に設定し、それぞれ p 偏光と s 偏光に対する分光反射率を測定した。

### 4. 実験結果・考察

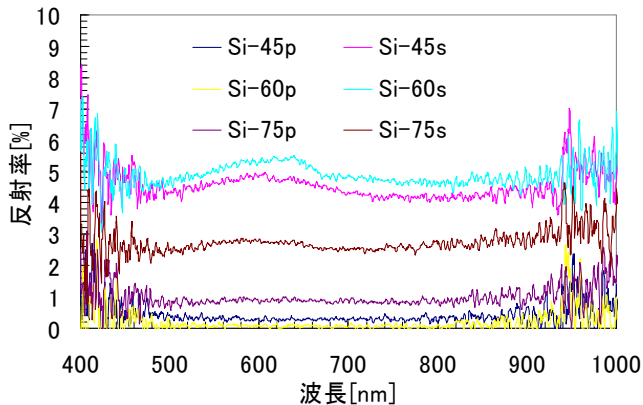


図 2 Si 太陽電池の分光反射率

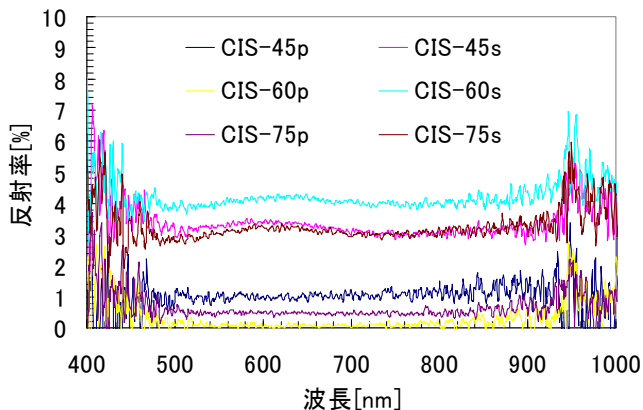


図 3 CIS 太陽電池の分光反射率

図 2 は Si 太陽電池の分光反射率、図 3 は CIS 太陽電池の分光反射率を測定した結果のグラフである。図 2 と図 3 から、CIS は Si よりも反射率が低いことがわかる。Si と CIS は共に、s 偏光については反射率が高い順に 60°,45°,75°となっている。s 偏光は通常、入射角が大きくなるにしたがって反射率も高くなるが、本研究の実験データでは 75°が最も低くなっている。これは、反射光の光路長が長すぎて光が検出系から溢れたためだと考えられる。p 偏光は、最も反射率が高い角度が Si と CIS で異なっている。Si では 75°,45°,60°の順に反射率が高い。しかし、CIS では 45°,75°,60°の順に反射率が高い。この理由には、光学定数が異なっていることによる可能性があるが、今後の検証が必要である。

Si の場合 s 偏光に対し約 600 nm 付近で極大値が顕著であるのに対し、CIS は平らに近いという違いも見られる。

したがって、図 1 の解析結果で CIS の規格化発電量が多くなった理由として、CIS はどの入射角でも反射率が低いために吸収率が高くなり、実発電量が多くなったと推測することができる。

### 5. まとめ

公開データを利用し、同条件における各種太陽電池モジュールの規格化発電量を入射角の関数としてまとめ、CIS 太陽電池が斜入射で幾分出力が増えることがわかった。

Si 太陽電池と CIS 太陽電池の反射率を測定して比較した結果、Si と CIS では反射率が異なることがわかった。太陽電池の実発電量に影響を及ぼす要因に反射特性も関与している可能性があることが裏付けられた。

### 6. 参考文献

- 1) 日射量データベース閲覧システム  
<http://app7.infoc.nedo.go.jp/index.htm>
- 2) 産業技術総合研究所  
[http://www.aist.go.jp/index\\_ja.html](http://www.aist.go.jp/index_ja.html)
- 3) 山口真史・M.A.グリーン・大下著、太陽電池の基礎と応用 シリコンから有機・量子ナノまで、丸善株式会社(2010)
- 4) 中田時夫(2010)CIGS 太陽電池の基礎技術，日刊工業新聞社
- 5) マイナビニュース <http://news.mynavi.jp/>
- 6) 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 7) 近藤道雄監修，太陽電池の耐久性向上と材料評価，株式会社シーエムシー出版(2011)