

放射率の角度依存性

齋藤研究室 1116237 二田 祐也

1. 背景・目的

近年太陽光発電が広く普及し始めている。太陽光電池の変換効率は高々約20%であり、残りの80%は熱損失となる。この効率をいかに高められるかが課題となっている。

太陽光発電システムには固定式と追尾式があり、可動部がない固定式が普及している。固定式の場合、太陽は常に動いているため直射光のパネルへの入射角は時間によって変化する。パネルによって光が反射すると損失となり効率が低下するが、反射率は一般には、入射角によって変わる。したがって太陽光パネルについて、反射率を入射角の関数で求めたいが、パネル面は鏡面ではなく拡散面であるため、その反射率を測定するのは簡単ではない。そこで本研究では太陽光発電パネルの反射損失の入射角依存性を知るため、赤外線カメラを用いて放射率の角度依存性を測定評価することを目的とした。

2. 測定原理

反射率を r 、吸収率を a 、透過率を t 、放射率を ε とすると、次式が成り立つ。

$$r + a + t = 1$$

$$a = \varepsilon$$

もし $t = 0$ であれば、上記の式は

$$\varepsilon = 1 - r \quad \text{もしくは} \quad r = 1 - \varepsilon \quad (\varepsilon \leq 1, r \leq 1)$$

となる。

測定物に貼った黒体テープの温度、黒体テープの周りの温度、室内温度の三つの値から対象物の放射率が求めることができる。

- ・ $\varepsilon = 1$ の時は100%放射する、つまり黒体である。
- ・ $\varepsilon = 0$ の時は100%反射する、つまり鏡である。

測定物に対して角度0度から85度、5度刻みで放射率の測定をする。三平方の定理を用いて角度を求める。

$$\sigma T^4 = \varepsilon \sigma T_o^4 + (1 + \varepsilon) \sigma T_a^4$$

$$\varepsilon (T_o^4 - T_a^4) = T^4 - T_a^4$$

$$\varepsilon = (T^4 - T_a^4) / (T_o^4 - T_a^4)$$

σ はシュテファン・ボルツマン定数、 T_o は黒体テープが貼ってある測定物の温度、 T_a は室内の温度、 T は見かけ上の温度、 ε は放射率である。

3. 実験方法

3-1. 実験方法

本実験では赤外線カメラを用いて4種類の太陽光モジュールの放射率の角度依存性を測定した。



写真1. 放射率の測定実験の様子

共通の測定方法は以下の通りである。

- (1) 測定対象を環境の温度より大きくもしくは小さくしなければならない、その方法としては太陽光モジュールに通電をし、環境の温度と約20度の温度差をつけ放射率の測定をした。
- (2) 赤外線カメラの計測範囲温度を20℃～20℃と25℃～50℃に設定する。
- (3) 室内温度は20℃～25℃に設定した。
- (4) 写真1のように測定は暗室で行い光を遮断した。また赤外線カメラ画面の光を遮断するために暗幕を被せ光の反射を防いだ。
- (5) 赤外線カメラから測定対象物との距離40 cmに統一し測定を行う。
- (6) 測定対象物に黒体テープを貼った場所、黒体テープを貼ってない場所、外気温の三点を赤外線カメラで測定し放射率を測定した。放射率を求める計算では透過率=0と仮定し、放射率を求めた。
- (7) 測定対象から5度刻みで0度から85度まで角度をつけ、30秒に1回の放射率測定を10回実施した。

3-2. 測定対象

以下の4種類の太陽光発電モジュールを測定対

象として、角度を変えて放射率を測定した。

・太陽光発電モジュール (Si HIT 型)

メーカー	SANYO
型式	HIP-63S1
製造番号	8XDA04027

・太陽光発電モジュール(Si HIT 型)

メーカー	SANYO
型式	HIP-63S1
製造番号	8XDZ00045

・太陽光発電モジュール(多結晶 Si)

メーカー	Takashima & Co.Ltd.
型式	ETRO1HN

・太陽光発電モジュール(単結晶 Si)

メーカー	DENRYO
型式	DB085-12

3-3. 測定器材

測定には以下の器材を用いた。

- ・赤外線カメラ (AVio Neo Thermo TVS-600)
- ・黒体テープ ($\epsilon = 0.95$)
- ・電源 (PSW 80-27)

4. 結果

測定結果を図1に示す。

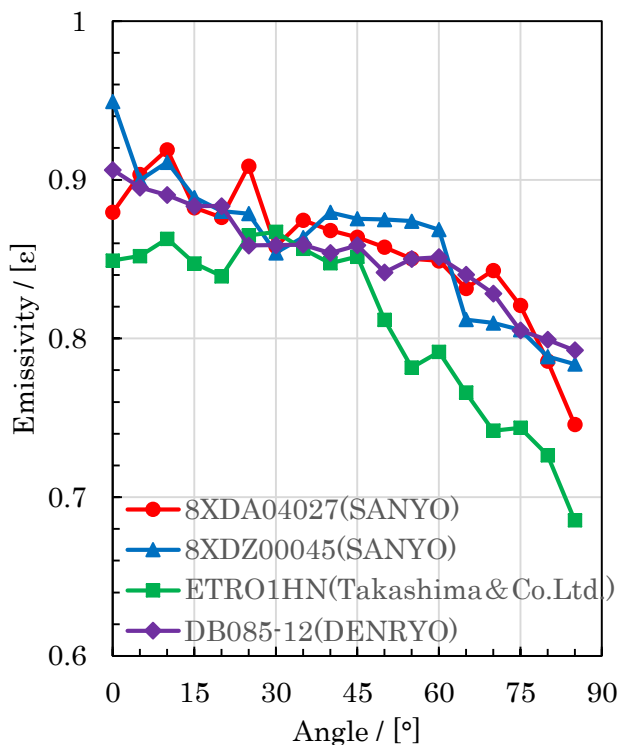


図1. 各太陽光モジュールの放射率の角度依存性

いずれの放射率も、角度が増すにつれて低下する傾向が観測された。これは、角度が増すにつれて反射率が大きくなることを意味している。また、5度から60度までの角度では、あまり変わらないが、65度から85度では大きく変化している。

5. 考察・まとめ

多結晶 Si(ETRO1HN)の放射率に大きな変化が生じた原因として、通電する際にパネルに温度によるむらが生じていたことによる可能性も考えられる。

今回の実験により放射率の角度依存性を測定することができた。一方、問題点として以下のことがわかった。放射率にばらつきがみられた原因として、暗室内での微量の光による反射の影響や暗室内の環境温度の変化による影響が考えられる。環境温度による変化の一因として、暗室内の人体の熱放射が挙げられる。また0度の放射率の値でも大きな変化があるがその原因には赤外線カメラのレンズによる反射が影響していると考えられる。小さな反射でも見かけ上の温度に影響を与えるため、精度を高めるには、恒温室において無人で測定を行う必要があるだろう。

太陽電池のような拡散面の材料に対しても、赤外線カメラによる放射率測定を実施することにより反射率を求められることを実証した。

6. 参考文献

- 1) DENRYO 大型太陽光モジュール
http://www.denryo.co.jp/solar_panel/oogata_panel/db085-12.html
- 2) スマートラック工法、スマイルソーラー、高島株式会社
http://www.smilesolar.jp/eco_technoroof.html
- 3) 太陽電池パネル(ソーラーパネル)：三洋製 HIT シリーズ HIP-63S1
<http://www.yasukawa-shoji.co.jp/hit-solar.html>
- 4) 齋藤, 柴崎, 武澤, 二田, 初谷, 味原, 宍戸, 杉山: 太陽光発電パネル上積雪の通電加熱による除雪, 応用物理学学会予稿 (2015年.3月, 東海大)