

放射率測定と太陽光発電パネルの熱利用

齋藤研究室 1016107 宇佐美 輝

1. はじめに

省エネ関連で暖房費の節約や二酸化炭素排出の抑制などを行うため、再生可能エネルギー源の代表格として太陽光発電が急速に拡大し、また建築物においては、従来より断熱の重要性が共有され、断熱材を取り入れた構造の建物が増えてきた。

一方、近年は断熱に加えて遮熱の重要性が認識されてきた。遮熱は熱の三原則のうちの主に放射を抑制する。

現時点では断熱材の性能に関わるデータは各メーカーによって求められているが、断熱材の遮熱の性能に関わるデータについては、定量的なデータがほとんどが見当たらない。

本研究では、第一に太陽光発電パネルから電気だけではなく熱利用も図る可能性を探求することを目指した。第二にその熱利用の効率を高めるために重要と考えられる各種材料の放射率を測定することを目的とした。

2. 測定原理

①放射率の関係式

$$\text{反射率}(r) + \text{吸収率}(a) + \text{透過率}(t) = 1$$

$$\text{吸収率}(a) = \text{放射率}(\epsilon)$$

ただし、 $t=0$ であれば透過しないので上記の式は

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

となり、簡易な式に変わる。

対象物に貼った黒体の温度、黒体テープの周りの温度、環境温度の3つの値から対象物の放射率 ϵ が求められる。

- $\epsilon=1.0$ の時は100%放射するつまり黒体である。
- $\epsilon=0$ の時100%反射するつまり鏡である。

②黒体放射と赤外線カメラによる温度測定

黒体放射のスペクトルはプランクの式で得られ、常温300 Kでのピーク波長は約10 μm である。

絶対温度 T の物体表面から単位面積、単位時間あたりに放出される電磁波の全エネルギー W は以下の通りになる。

$$W = \epsilon \sigma T^4$$

$$\sigma = 5.67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{K}^{-4} \text{ (ここで } \epsilon \text{ は放射率を指す)}$$

W は T の4乗に比例するので、10 μm 付近にも感度を持つ赤外線カメラを用いることによって、わずかな温度差

も明確に区別することができる。

放射率の定まった黒体テープを貼ることで、放射率を補正しなくても、正しい温度が測定できる。

3. 測定方法

測定器具

測定1 放射率測定

- 赤外線カメラ
- 断熱材及び建築材 (スタイロフォーム、発泡スチロール、アルミ板、ゴム板、エンビ板、アクリルボード、ブナ、杉、ベニヤ板、銅板、コルクボード、ケイ酸カルシウムボード)
- 赤外線温度計
- 黒体テープ ($\epsilon=0.95$)

測定2 太陽光発電パネルの熱利用

- 太陽モジュール 1257×977
(ソーラーフロンティア製)
- ボタン型温度測定機
- 断熱材(スタイロフォーム、発泡スチロール)
- 遮熱シート

測定1: 断熱材及び建築材など十二種の放射率測定

赤外線カメラを用いて、十二種の建築材の放射率を測定する。測定する際、測定対象を環境温度より大きくもしくは小さくしなければならない。断熱材などは温まりにくいので物質の温度を上げる際に、ビニル袋に入れ、空気温度約60°Cで10分温める。ただし、金属類は温まりやすいので3分とする。

測定の条件

- 測定物と赤外線カメラの距離は45 cm
- 測定物には黒体テープを貼る

測定2.太陽光パネル熱測定

ソーラーパネルの背面に断熱材を設置して、そのときのパネルと断熱材の間の空間の温度を測定する。

ボタン型温度測定器を用いて、1週間から2週間の時間において測定する。この時、裏側に貼る断熱の種類を変えて、効果について調べる。

4. 測定結果

材質	T_a [°C]	T_l [°C]	T_b [°C]	t [分]	ε	R
スタイロフォーム(20mm)	36.6	40	22.6	10	0.73	0.27
スタイロフォーム(10mm)	37.3	42	23.5	10	0.69	0.31
発泡スチロール(20mm)	26.8	30.5	23.7	10	0.42	0.575
発泡スチロール(10mm)	27	33.6	23.1	10	0.35	0.65
アルミ板	22.8	31.8	23.8	3	0.28	0.72
ゴム板	44.9	56	22.8	10	0.59	0.41
ブナ板	68.5	78.4	22.8	10	0.75	0.25
杉板	56.2	62.4	22.9	10	0.69	0.31
ベニヤ板	57.5	64	24	10	0.68	0.32
銅板	23.8	29.1	24.1	3	0.17	0.83
コルクボード	33.7	36.5	21.7	10	0.59	0.41
珪酸カルシウム板	45.1	48.1	23.1	10	0.85	0.15
段ボール	38.3	46.9	23.8	3	0.58	0.42

測定 1. 断熱材及び建築材など 13 種の放射率測定

表.断熱材及び建築材の放射率測定

※ T_a は赤外線カメラで測定した見かけの温度、 T_l は対象物に黒体テープを貼った時の温度、 T_b は測定時の環境温度、 t は加熱時間、 ε は放射率、 R は反射率を指している。

測定 2. 太陽光パネルの熱利用

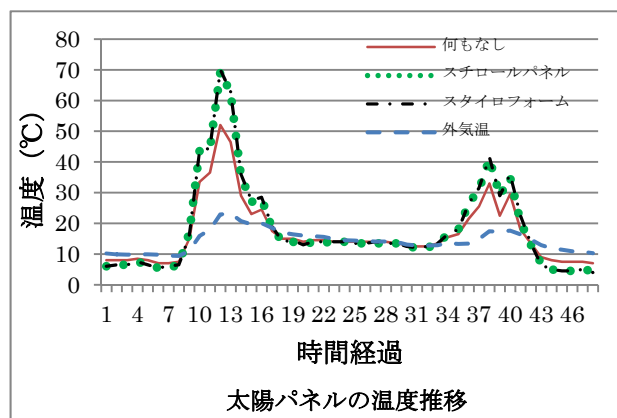


図 i. 11 月 3 日における測定の結果

上記の図 i は、11 月 1 日から同月の 22 日の期間に測定し

たデータのうち、最も値が大きかった二日間のグラフである。何もつけなかったものとつけたものを比較すると最大で約 20 K も差がでている。日がでない時間帯の値はさほど変化が見られない。このグラフだけでは、スタイロフォームとスチロールパネルの優劣差はわからなかった。

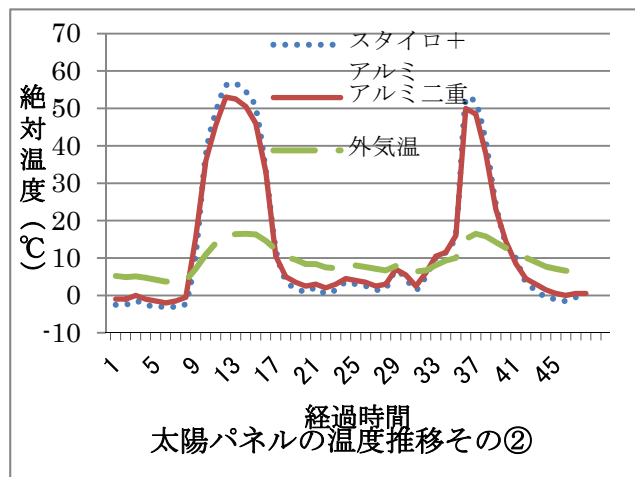


図 ii. 11 月 23 日における測定の結果

上記の図 ii は 11 月 22 日から同月 14 日の期間で測定したデータの中で値が最も大きかった二日間のグラフである。外気温は全体として 10°C 前後、高くても 20°C に満たない程度だが、パネルの温度は 50°C 近い値が得られている。パネル温度持続時間も約 2 時間から 4 時間程度と、図 i の結果に比べ長くなった結果が得られたが、日照時間の差の可能性もある。

5. まとめ

第一のテーマについては、断熱材を使ったことでパネル温度は通常の状態より上昇したことが分かったが、反射率が高いものつまり、遮熱材でもほぼ同等の値が求められた。また、断熱材と違って遮熱材を使ったものが持続時間も長い結果が得られたが、日照の関係を検証する必要がある。実験を通して、熱の伝わり方の中で、放射の重要性を再認識することができた。第二のテーマについては、13 種類の材料について、放射率を測定することができ、一般に金属は放射率が低いこと、木材は 0.7 程度であること等がわかった。

6. 参考文献

- ・丸谷博男編集 そらどまの家
- ・日本アビオニクス株式会社
赤外線サーモグラフィ解説資料