

水を熱媒体とした太陽電池を用いた熱利用システムの測定と分析

齋藤研究室 1316221 高橋 和真

1. 背景と目的

現在市販されているソーラーパネルのエネルギー変換効率は、良くても約20%程であり、残りの約80%は熱として失われてしまう。これは太陽光スペクトル幅が広いこと、材料のバンドギャップより過大な光子エネルギーの領域が多く、電子の過剰な運動エネルギーが熱となって損失するためである。これを簡単に解決することは困難である。

当研究室では、共同研究相手企業の工場の屋根に屋根材一体型の太陽光発電モジュールを設置し、電力に加え、水と空気による熱のハイブリッド利用に関する実証的研究を実施している。

本研究では熱利用の媒体として水を利用する方式を研究対象とした。水利用の場合、設置時にモジュールごとの配管の接続等の作業負担が大きいこと、さらに漏れがあると深刻な問題を引き起こすリスクがあるものの、比熱容量が大きいため、熱輸送上有利である。また、放射で失われてしまうエネルギーを抑制する効果が期待されるLow-e ガラスについて、同条件下Low-e ガラスの有無によって、保温効果がどれくらい異なるかを検証することを目的とした。

2. 研究方法

仙台市蒲生にある(株)吉岡の工場屋根に(株)吉岡製屋根一体型多結晶Si太陽光発電モジュール「エコテクノロジー」ETRO1SN（公称最大出力130W）を基本として、全体で22列7行152枚のソーラーパネルを設置し、そのうち南面東側の6列については、熱利用のための条件を意図的に変えた施工を行い、ボタン型温度測定ロガーを主要なモジュール裏面に貼り付けた。ただし、A列のシーソーガラス部分のみはガラス裏面ではなく、周囲のガラス枠（アルミ製）側面に貼り付けた。

6列中、A、B、Cの3列が水を熱媒体としており、ポリプロピレン製の集熱器がそれぞれの列に設置されている。図1に示したように、暖められた温水は、ポンプによって熱交換型温水タンクへ向かって貯湯され、熱交換されて温度が下がった水は、再び屋根上の集熱器へと循環する。また、熱交換型温水タンクには別の熱源として、ヒートポンプも接続され、太陽熱が不足するときなど、必要に応じて稼働できるようになっている。

ボタン型温度測定ロガーのデータは、数ヶ月後、回収し、別のロガーで収録した流量計データ、別途各所に設置した熱電対の温度データとともに解析に用いる。

測定場所：仙台吉岡工場
傾斜：14° 方位角：182°
使用データ

Gタイプ：2015年12月18日～2016年3月12日

Hタイプ：2015年12月18日～2016年6月20日

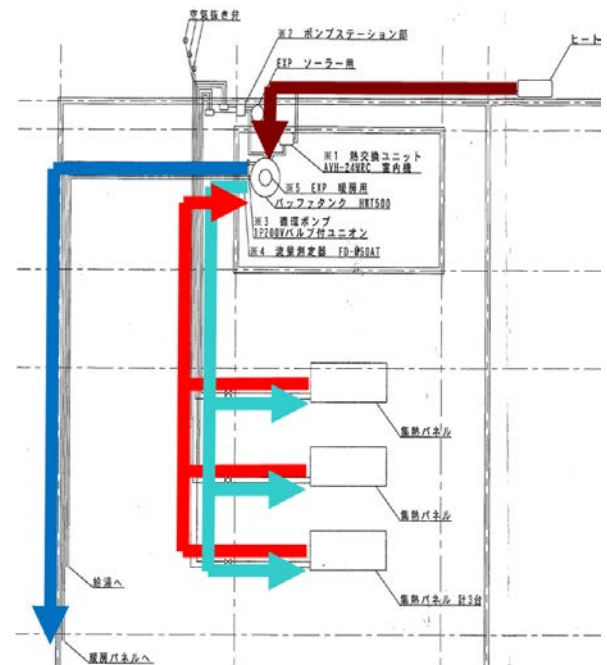


図1: システム図

図中の色分け、記号の意味、要点は以下の通り。

- 赤い矢印: ヒートポンプユニット(空気)熱移動
- 赤い矢印: 温められた温水
- 青い矢印: 熱交換により温度が下がった水
- 青い矢印: タンクからの温水の移動

3. 実験装置

本実験には以下の機器を使用した。

- 標準モジュール「ETRO1SN(雪止めなし)」
- Multi-Functional Water Tank「MWT-500」
- オート空気熱源ヒートポンプ「AVH-24V1DF」
- 電磁式デジタル流量センサ「FD-M5AT」
- ボタン型温度測定ロガー「サーモクロン」
- ボタン型湿度データロガー「ハイグロクロン」

4. 結果と考察

4.1. パネルの行毎の温度分布

行の違いによる温度分布を春の場合を図2、冬の場合を図3に示す。屋根面棟側最上部が1行目であり、総じて1行目の温度が高いのは、熱気が上部に溜りやすいためと思われる。図2にあるように1行目の12時に最高温度の68.5℃となった。

冬の場合も図3のように、一番高くなったのは、1行目の12時で、40℃であった。だが他の時刻では3行目が一番高い結果が得られた。この違いの原因は不明であるが、太陽高度の違いによる入射角の違いが関係している可能性が考えられる。

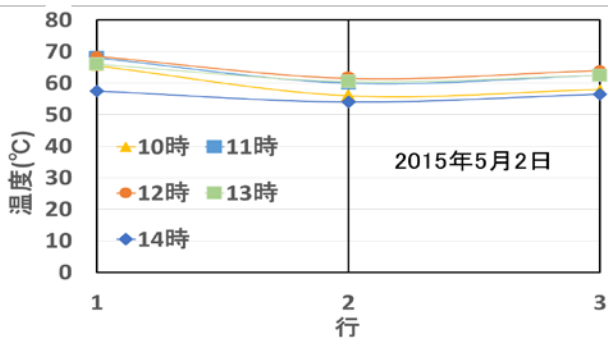


図2:Low-e ガラス付モジュールの行毎の温度(春)

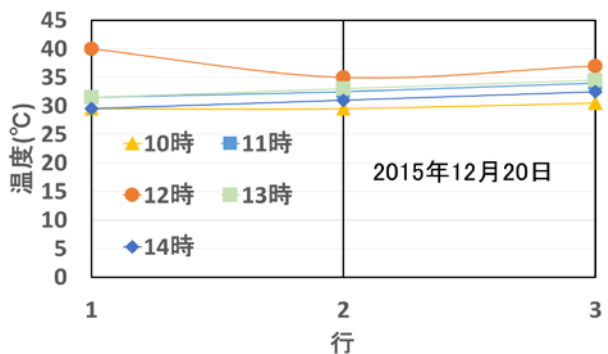


図3:Low-e ガラス付モジュールの行毎の温度(冬)

4.2. パネルと放射照度と入射角の依存性

パネル温度について2016年2月18日の経時データから放射照度の関数および入射角の関数に変えて示したグラフを図4、図5に示す。時間が進むにつれて放射照度が上がり12時30分で各モジュールとも40°C付近で最高温度になり、そこから徐々に温度が低下していき17時30分には全てのパネルが10°C前後まで下がった。

図4から、いずれのパネル温度も入力である放射照度とほぼ直線関係にあることがわかった。

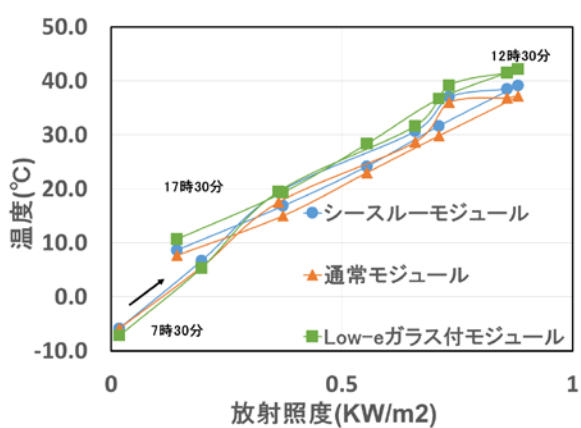


図4:各パネル温度の放射照度依存性

図5にあるように、入射角は7時30分の時点で約74°だった。そこから徐々に入射角が小さくなり、12時30分頃に最少の約36°になった。そこから時間と共に増加し、17時30分には約90°度まで変化し、それと共に温度が変化する結果となった。

同じ入射角でも午前より午後の方の温度が高い。蓄熱の効果で応答が遅れている可能性がある。

しかし、図4を見ると、午前と午後で放射照度が同じであれば温度もほぼ同じか、むしろ午前の方が高いケースが多い。このことは、時間遅れはほとんどないことを示唆している。

図4、図5ともLow-e ガラス付きモジュールが期待通りどのモジュールよりも温度が高かった。

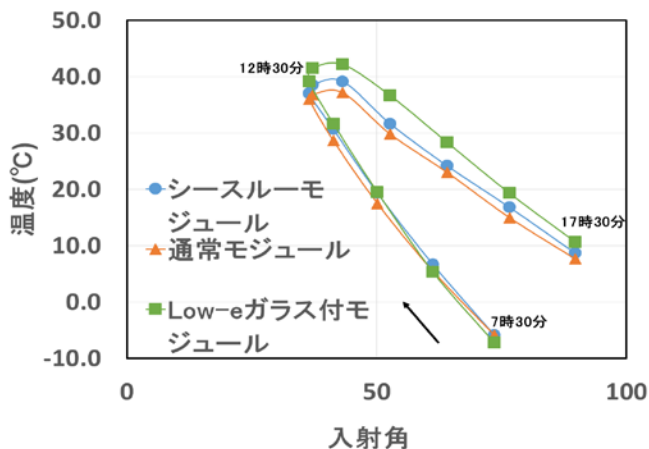


図5:入射角と各パネルの温度依存

5. まとめ

今回得られた要点は以下の通りである。

- 水を熱媒体とした太陽電池を用いた熱利用システムにおいて、モジュールの最高温度は5月初旬に69°C、12月中旬に40°Cであった。
- Low-e ガラスを付けた方が放射で失われてしまうエネルギーを抑制する効果があることが実証された。
- 傾斜のある屋根面において正午の頃、屋根面棟側最上部1行目の温度が最も高い。
- 経時データから放射照度の関数としてグラフを作成した結果、モジュール温度は放射照度とほぼ直線関係にあることがわかった。
- 経時データから入射角の関数としてグラフを作成した結果、入射角は、ほぼ正午に最小となるが、モジュール温度やや遅れて最高となり、同一入射角でも午後の温度は放射照度の違いで、午前の温度より上回ることがわかった。

参考文献

- 国道交通省気象庁
<http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- NEDO 日射量データベース閲覧システム
<http://app7.infoc.nedo.go.jp/>
- 有限会社オーツー
<http://o2po.com/wp/>
- 佐々木健吾、2015年度卒業論文「太陽電池を用いた熱利用-水を熱媒体として-」図1システム図
- 株式会社「エコテックノーフ」カタログ
- 国立天文台 暦の計算
<http://eco.mtk.nao.ac.jp/cgi-bin/koyomi/koyomix.cgi>