

ソーラーハウスの温度等計測によるシステム評価

齋藤研究室 0916110 菊地成

1. 背景・目的

太陽光の電気エネルギーへの変換効率は高々約 20%と低い、熱エネルギーへの変換効率は約 60%と高い。一般世帯の用途別エネルギー消費のうち、割合が高いのは、給湯や暖房のための熱エネルギーであり、必要な温度は太陽の熱で温められる程度で十分である。太陽熱利用のエコハウスも増え、光エネルギーだけでなく熱エネルギーにも注目が集まるようになった。熱利用の観点では、他に地中熱を利用したヒートポンプなどもある。地中熱は年間を通して安定したエネルギーを供給でき、一般家庭でも普及しつつある¹⁾。

本研究では共同研究者の建築士、丸谷博男氏²⁾の協力を得て、仙台と古川の 2 軒のソーラーハウスを研究対象とした。仙台のものは、ソーラーパネルを屋根集熱パネルとして使った新しい試みをしており、同じ太陽エネルギーである太陽熱の吸収も普通の屋根材より効率が良いかどうかを調べることを主な目的とした。

古川のもは、地中熱を利用するヒートポンプを使用しており、高温部と低温部の温度差が小さくなるため、単に屋外に室外機を置く場合に比べ効率的な冷暖房が可能となるかを調べる。また室内の放熱パネルは、従来鉄で作られていたが、本件ではプラスチック（ポリプロピレン）製を採用しており、その特質を明らかにすることも目的とした。

2. 測定対象家屋・特徴

- ・仙台：太陽熱を利用する給湯用太陽熱温水機器は、エネルギー変換効率が約 60%と高く、集熱部で太陽熱によって温められた温水は貯湯タンクや蓄熱槽に蓄え、お風呂などに使用される³⁾。丸谷氏設計の「そらどま」の家では、屋根集熱パネルの代わりにソーラーパネルを設置し、発電と集熱のハイブリッド利用を目指している。パネル下の熱は集熱ファンを使い床下空間のコンクリートへと送られるが、木造建ての家は蓄熱機能が低いため、熱容量が $2,023 \text{ kJ}/(\text{m}^3\text{K})$ と優れた蓄熱材であるコンクリートを使い、蓄熱層として使用する⁴⁾。本ソーラーシステムでは、冬場の夜の暖房目的に日中の屋根の熱を利用することを最大の目的としている。
- ・古川：地中熱は他の再生可能エネルギーと比べて安定したエネルギー源であり、地下 5 m 前後の地中熱は、一年を通しほぼ一定の温度を保っているため、

夏は冷たく冬は暖かい²⁾。古川のソーラーハウスではヒートポンプの一次側に地中熱を利用している。地中からの採熱および地中への排熱には、熱交換器に接続された配管内に水または不凍液を循環させ地中と熱交換を行う³⁾。



写真 1 古川のソーラーハウス

ヒートポンプの効率を表す指標は、*COP*(Coefficient of Performance) である。算出方法は加熱または冷却の熱量を Q とし、この Q を得るために消費したエネルギー量 W を除した式で求められる。

$$COP = Q / W$$

温度を T とし、冷房機の性能を Q_L / T と定義すると冷房機の $COP = Q_L / W = Q_L / (Q_H - Q_L) \leq T_L / (T_H - T_L)$ 暖房機の $COP = Q_H / W = Q_H / (Q_H - Q_L) \leq T_H / (T_H - T_L)$ となる⁵⁾。

冷暖房には、ヒートポンプの二次側で室内各所に設置されたラジエーターにつながる配管内に冷水/温水を循環させ、輻射（放射）を主体とする伝熱を利用する。輻射では物や空気などの気体の有無に関係なく、直接赤外線という形で伝わる。そのため、エアコン等と違い風を感じることや部屋の一部だけ温度が違うということが無く家全体を均一に温度調節することができる。さらに、ラジエーターには、通常使われる金属製に代え、波長 $10 \mu\text{m}$ 近傍での輻射率の高い樹脂製のラジエーター（ポリプロピレン）を使用している。

3. 実験方法

- ・仙台：温度計、湿度計を屋根の下、ソーラーパネル下の他に家の各場所に数ヶ月間設置し、ソーラーパネルを屋根集熱パネルとして利用できるかを温度計測によって調べる。
- ・古川：温度計を屋内に設置するのに加えデータロガーを外に設置されている分電盤に繋ぎ、ヒートポン

プの熱交換について計測する。

4. 実験結果・考察

- ・仙台ソーラーハウス：2月から6月までの4ヶ月間測定をし、その中から一部のデータを抜粋する。

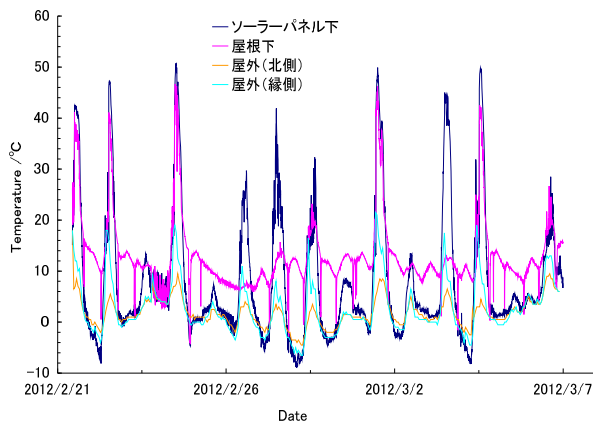


図1 ソーラーパネル下の温度グラフ

図1より、南中前後の時間帯において、ソーラーパネル下の温度は、ガルバリウム鋼板屋根材下の温度よりも高い。これは前者が熱しやすく冷えやすい材質であるのに対し、後者は保温性が高く一定の温度を保ち続けているためと推測される。一方、夜間は温度が下がってしまうが送風ファンは停止しているので問題にはならないと推測できる。ソーラーパネルを利用することで、日中、より高い温度が得られるのは大きな利点であり、通常の屋根材と同等以上に集熱が可能であることがわかった。太陽エネルギーを電気と熱というハイブリッド利用が可能と実証できた。

- ・古川ソーラーハウス：測定期間内の6月14日を代表日としヒートポンプの稼働状態をグラフ化する。

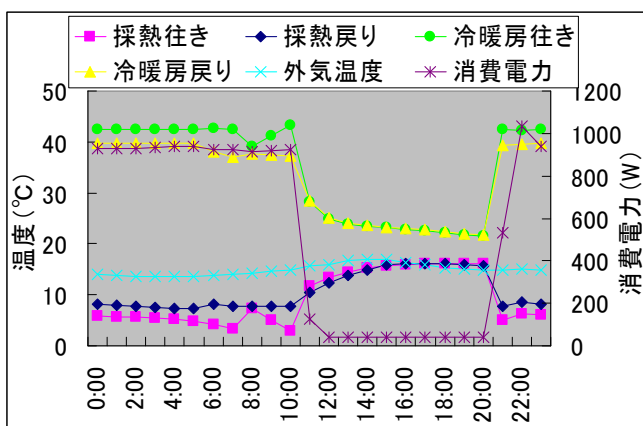


図2 ヒートポンプ測定グラフ

図2より、採熱温度の行きが低く、戻りが高いので地中から採熱していること、冷暖房の行きが高く、戻りが低いので室内で放熱していること、すなわち暖房に使われていたことがわかる。

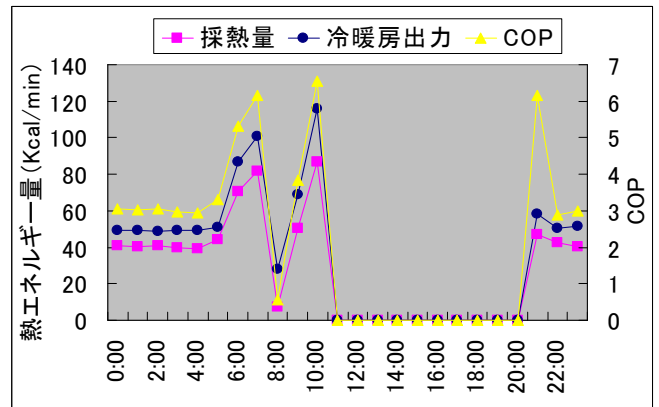


図3 熱エネルギーグラフ

図3において採熱量と冷暖房出力は釣り合っているべきだが、採熱側と冷暖房側の不凍液比熱の違いかあるいは測定値の誤差によるのか冷暖房出力が高くなっている。地中熱を利用するヒートポンプにより、真夏や真冬の場合、単に屋外に室外機を置く場合に比べ、高温部と低温部の温度差が小さくなるため、ヒートポンプの効率が高くなり省エネになる。6月中旬の古川では、暖房を必要とする気温(約17°C前後)であったが、地中熱温度は約8°Cと、より低い温度であるので、地中熱を利用する利点が活かされない条件となっていることが判明した。このような条件になる時期は限定的と思われるので、地中熱ヒートポンプの利点を確認された。

光沢のある金属は波長10μm近傍での輻射率が約0.1と低い、ポリプロピレン樹脂は輻射率が0.95と高い⁶⁾。そのため同樹脂を用いた冷暖房パネルを採用したことにより、熱伝導より輻射熱の寄与が大きくなり、温度差の少ない快適な冷暖房が実現されていることが確かめられた。

5. 参考文献

- 1) 技術総合誌 OHM：2012年9月号 第99巻第9号ヒートポンプ蓄熱システム
- 2) 「人と地球にやさしい建築をもとめて」建築家丸谷博男の世界：<http://maruya.exblog.jp/>
- 3) 建築知識：2011年10月号 no.683 省エネ・節電時代の[エコ設備]
- 4) 中空スラブを利用した躯体蓄熱空調システム：http://www.jice.or.jp/kaihatsusho/199908310/kaihatsusho_1_040.html
- 5) ヒートポンプ入門—地球温暖化対策の切り札—：矢田部隆志 著
- 6) 各種物質の放射率(吸収率)：<http://www.fintech.co.jp/etc-data/housharitsu.htm>