

太陽熱温水システムの伝熱特性に関する一考察

福井大学大学院	学生会員	○赤尾拓哉
市川工務店	非会員	奥田麗
福井大学 産学官連携本部	正会員	齊田光
福井大学大学院	正会員	寺崎寛章
福井大学大学院	正会員	福原輝幸

1. はじめに

近年、日本では家電製品の大型化や多機能化により、家庭内でのエネルギー消費量が増大している。中でも、暖房および給湯設備によるエネルギー消費量は全体の約5割を占め^{1), 2)}、これらのエネルギー消費量の削減が課題となっている。家庭内消費電力を削減するための一つとして、太陽熱利用暖房給湯システム³⁾がある。しかし、既存のシステムは初期費用が高く、設置できる住宅は新築に限られる。そこで本研究は、既存のシステムの欠点を克服するために高熱伝導採熱管(以下、採熱管)を用いた太陽熱温水システムを提案し、その性能評価を行うことを最終目的とする。

ここでは研究の緒として上記システムを用いた野外採熱実験を行ったので、その結果の一部を報告する。

2. 太陽熱温水システム概要

図1に太陽熱温水システムの概要を示す。本システムは屋根に採熱管を取り付けた採熱部と貯水タンクに熱交換パイプ(放熱管)を設置して温水を作る放熱部から構成される。採熱部では、採熱パネルを太陽光に直交するように傾斜させる。本システム運転時は、採熱管内を熱輸送流体(水道水)が循環する間に太陽熱を吸収し、熱輸送流体温度が上昇する。放熱部では、温め

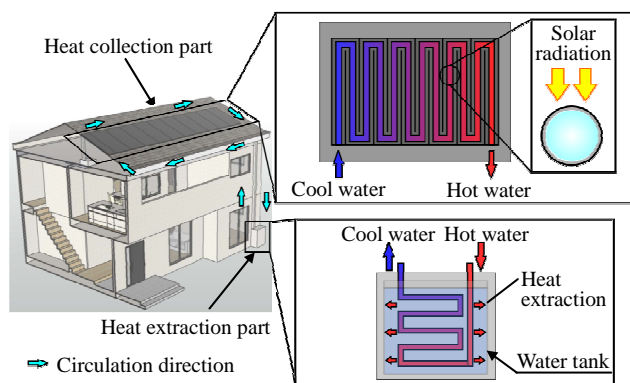


図1 太陽熱温水システム概要

られた熱輸送流体が貯水タンク内の放熱管内を循環する間に周囲流体に放熱することで、貯水タンクは貯湯槽の役割を果たす。

3. 野外採熱実験

野外採熱実験は2013年12月8日8:30~17:30にわたって福井大学の屋上にて行われた。図2は実験装置の概要を示す。本実験装置は採熱部、ラインポンプ、放熱部から構成される。まず、採熱管(金属入りポリエチレン管、内径10mm、長さ84m)を渦巻状に曲げ加工し、採熱パネル(縦900mm×横1800mm×厚さ12mmのベニヤ板)に固定し、パネル面が水平面に対して30°となるように南向きに設置した。採熱管および採熱パネルの全重量はそれぞれ7.5kgおよび8.6kgであり、単位面積当たりの荷重は9.9kg/m²となる。この値は既存の太陽熱暖房システム⁴⁾の単位荷重(20kg/m²)の半分となる。

断熱材で覆われた貯湯槽内にはループ状に加工した放熱管(採熱管と同じ管材、長さ58m)を設置し、水道水を満たした。また、本実験での流量は2.83×10⁻⁵(m³/s)であった。採熱管内の熱輸送流体温度を測定するため、採熱管入口(0m)、入口から5、10、40mおよび採熱管出口(84m)にそれぞれ熱電対を設置し、1分毎に熱輸送流体温度および気温をデータロガーに記録した。

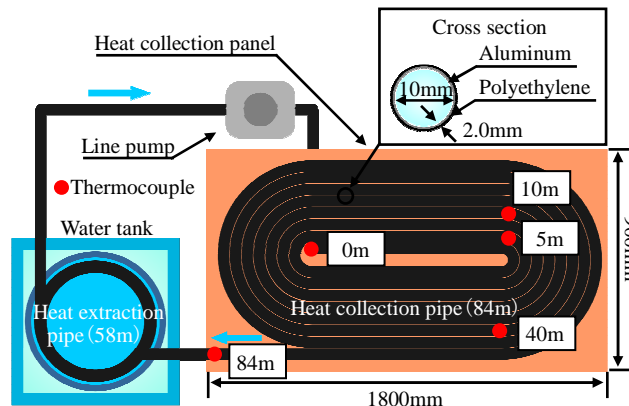


図2 実験装置概要

キーワード：太陽熱温水システム，採熱管，採熱パネル，採熱量

連絡先：〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部建築建設工学科 環境熱・水理研究室 TEL 0776-27-8595

4. 実験結果

図3は本実験期間中の長波放射フラックス R_{atm} , 採熱パネルに直交入射する短波放射フラックス R_{sn} および気温 T_a の経時変化を示す. 当日の天気は晴時々曇であり, 8:30~13:30 までの間に R_{sn} は大きく変動し, 最大 $555W/m^2$ および最小 $55W/m^2$ となった. また, 12:00 以降の R_{sn} は太陽高度の減少に伴い徐々に低下し, 16:30 で $0W/m^2$ となった. R_{atm} は約 $430W/m^2$ 前後で推移した. T_a は実験開始時に $5.2^\circ C$ であったが, 13:20 には最大 $10.4^\circ C$ まで上昇した.

図4は採熱管の入口熱輸送流体温度 T_i , 出口熱輸送流体温度 T_o および T_a の経時変化を示す. 図4a)に示すように, T_o は実験開始直後より日射の影響を受け上昇し, 13:50に最大 $30.3^\circ C$ となり, T_i と T_o の温度差は $8.2^\circ C$ であった. その後, T_o は R_{sn} が小さくなるとともに低下した. 15:20以降では $T_i > T_o$ となり, 実験終了時の T_o は T_i より $2.8^\circ C$ 低くなった. この T_i と T_o の温度の逆転は, R_{sn} の減少により日射吸収熱量が周辺空気への放熱量よりも小さくなったためと考えられる. なお, 9:00~15:00 までの採熱量は $8720kJ$ であった.

次に, 図4b)の経過時間 $t=0\sim 2hrs$ における R_{sn} の変動に伴う T_i および T_o の挙動に着目する. 10分以上続く R_{sn} の変動であれば, R_{sn} の増加(または減少)に伴い T_o は上昇(または低下)することが知れる.

図5は, 11:30 および 13:50 における採熱管内の各部の熱輸送流体温度を示す. 時間によって熱輸送流体の温度上昇分布は異なる. この分布の違いは気象条件に左右されると思われるので, 今後更にデータを追加し, 採熱管の熱貫流率を調べる必要がある.

5. おわりに

本研究では, 太陽熱温水システムの伝熱特性を調べるために野外採熱実験を行った. その結果, 日射吸収に伴う採熱管内熱輸送流体の昇温状況が分かった. 今後はデータの蓄積に努めるとともに, 本システムの伝熱モデルを構築する.

参考文献

- 1) 内閣府: 国民経済計算年報, 2009.
- 2) 資源エネルギー庁: 総合エネルギー統計, 2009.
- 3) 例えば, 建築思潮研究所: OM ソーラーの家 自然と共生する家づくり, 建築資料研究社, 1991.
- 4) OM ソーラー株式会社: 製品カタログ, 2013.

謝辞

本研究は, 積水化学工業株式会社より高熱伝導採熱管の提供を受けて行われたものである. ここに記して謝意を表す.

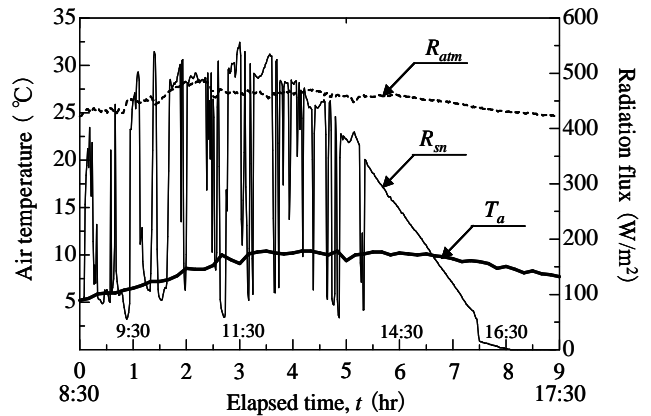
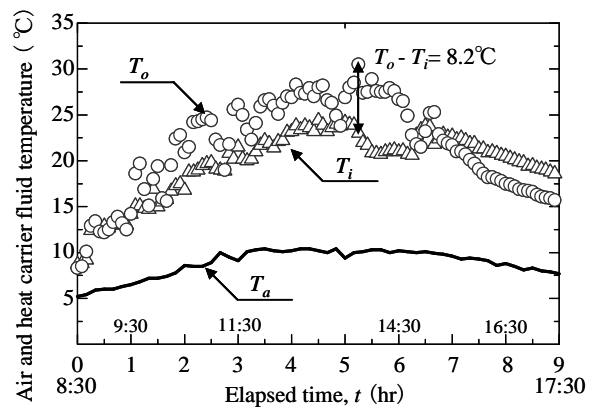
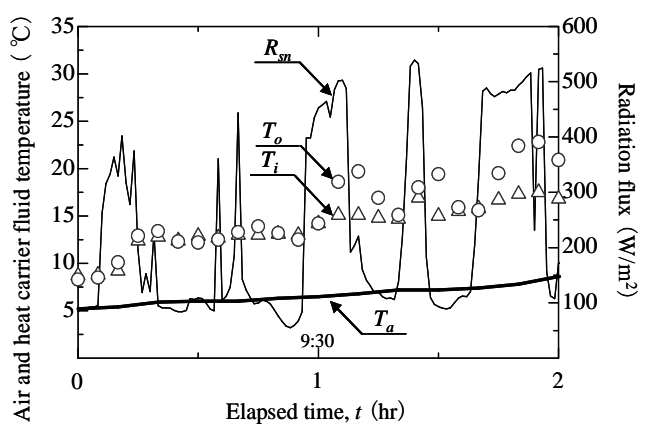


図3 R_{atm} , R_{sn} および T_a の経時変化



a) $t=0\sim 9hrs$



b) $t=0\sim 2hrs$

図4 R_{sn} の変動に伴う T_i および T_o の応答

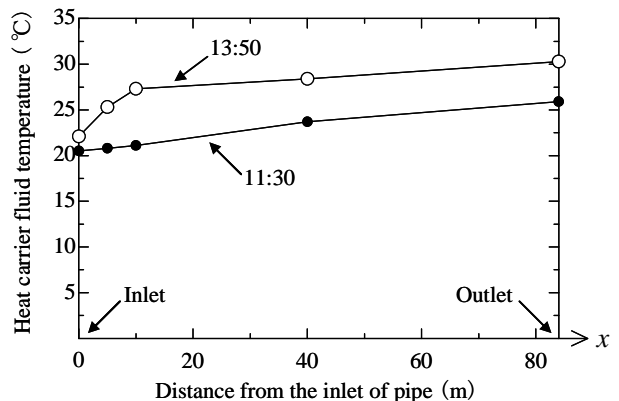


図5 採熱管内の各部の熱輸送流体温度