

集熱器内水温および周辺地盤温度に関する一考察

高砂熱学工業株式会社
福井大学工学部

正会員 長尾泰*
正会員 福原輝幸**

1. はじめに

筆者らは、1998年より兵庫県美方郡村岡町の道の駅「八手北」に施工されている貯水槽集熱システム（Reservoir Heat Collection System：以下RHCSと呼称）を用いて、地中熱を利用した路面温度制御について研究を行ってきた。既往の研究では、特にRHCSの主要熱源である2基の貯水槽について評価・解析を行ってきた¹⁾。しかし、RHCSの補助的な熱源として位置付けられてきた集熱器に関しては、これまで殆んど議論してこなかった。

そこで、本論文では集熱器の稼働および停止時における集熱器内水温の挙動および、集熱器周辺地盤温度の季節的な特性について報告する。

2. RHCSの概要

RHCSは、土被り厚を5mとして浅層地盤中に埋設された2基の貯水槽および集熱器で構成され、地盤表層の無散水舗装体と連結し、駐車場の路面温度制御を行う（Fig.1およびFig.2参照）。なお、貯水槽の大きさは同図中に記述される。

集熱器は、直径50mm、長さ53mのステンレス管96本で構成された熱交換器であり、土被り厚は7.0mである。ステンレス管は、水平方向に24列（0.5m間隔）、鉛直方向に4段（1.0m間隔）、それぞれ配置される（Fig.3参照）。

Fig.3に集熱器の地盤温度計測位置を示す。集熱器周辺地盤の鉛直温度分布を求めるために、集熱器中央において熱電対を集熱器上部（地表面下5m:GL -5.0m）、集熱器中央部（GL -8.5m）、集熱器下部（GL -12.0m）に埋設した。一方、水平温度分布を求めるために、GL -8.5mにおいて、熱電対を集熱器入口側と出口側（ともに集熱管から2m外側の離れた位置）に設置した。

3. 集熱器の運転方法

Fig.1に2種類の夏期路面冷却運転を、Fig.2に3種類の冬期路面加熱運転を、それぞれ示す。夏期路面冷却運転は、集熱器と第1貯水槽を用いた運転（路面冷却運転1）、あるいは集熱器と第2貯水槽を用いた運転（路面冷却運

転2）に区別できる。

一方、冬期路面加熱運転は、集熱器と第1貯水槽を用いた運転（融雪運転1）、集熱器と第2貯水槽を用いた運転（融雪運転2）および集熱器のみを用いた運転（凍結防止運転）である。

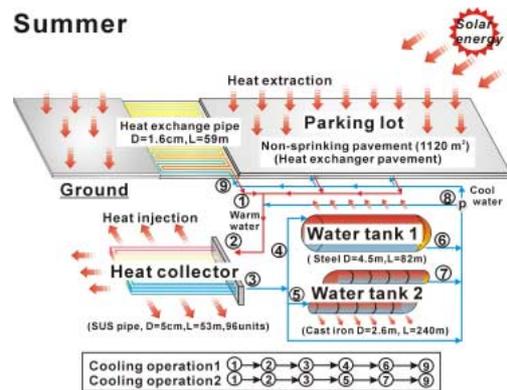


Fig.1 RHCSの概要図（夏期）

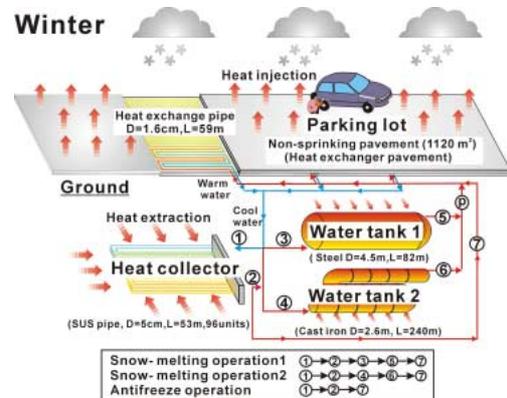


Fig.2 RHCSの概要図（冬期）

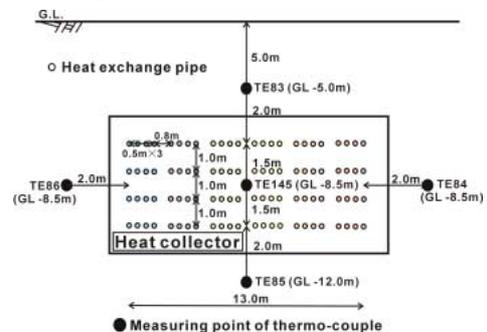


Fig.3 集熱器の地盤温度計測位置図

キーワード：集熱器，地中熱，貯水槽集熱システム（RHCS），熱移動

* 〒101-8321 東京都千代田区神田駿河台 4-2-8 TEL 03-3255-8217

** 〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1

TEL 0776-27-8595 FAX 0776-27-8746

4. 集熱器内水温の流下方向分布の挙動

Fig.4 に、2002 年 12 月 13 日の 1 時～13 時 30 分における集熱器内水温の流下方向分布の経時変化を示す．同図横軸は、集熱器の入口から出口までの流下距離を示す．

集熱器の稼働直前（1 時）の集熱器内水温（○）が、最も高い温度レベルにある．稼働 2 時間後の集熱器内水温（□）は、無散水舗装体から集熱器の入口に冷水が流入することにより、急激に低下する．しかしながら、集熱器内の水は周辺地盤からの採熱を受けて、集熱器を循環する間に 3.7℃ 上昇する．これによって、路面温度制御面積当りの無散水舗装体の放熱フラックスは、 0.24kw/m^2 となる．

次に、集熱器が停止して 1 時間 25 分経過後の 13 時 30 分における集熱器内水温（●）に注目する．同水温は、運転が停止した 12 時 5 分の集熱器内水温（×）と比較して、全体的に約 1℃～2℃ 上昇しており、集熱器内の水は温度回復過程にある．また、温度回復は集熱器入口に近いほど顕著となる．

5. 集熱器周辺地盤温度分布の挙動

Fig.5 および Fig.6 に、集熱器周辺地盤の月平均鉛直、水平方向温度分布を示す．まず、鉛直方向地盤温度分布に注目する（Fig.5 参照）．2002 年 8 月の地盤温度（△）と、2002 年 5 月の地盤温度（○）を比較すると、前者は後者よりも路面冷却運転によって、全体的に 4.5～13.2℃ 上昇する．また、融雪および凍結防止運転の稼働時期である 2003 年 1 月の地盤温度（▽）と、無稼働時期である 2002 年 10 月の地盤温度（□）を比較すると、前者は全体的に 4.2～17.3℃ 低下する．2003 年 5 月の地盤温度（×）は、2002 年 5 月のそれと比べて差は小さく、地盤温度の回復が確認された．地盤温度の年変動は、集熱器中央部において著しく（6.1～26.2℃）、集熱器上部（8.1～25.4℃）、集熱器下部（12.4～20.8℃）となる．

次に、水平方向地盤温度分布に注目する（Fig.6 参照）．2002 年 5 月の水平方向分布（○）から分かるように、地盤温度は 12.0～12.7℃ であり、水平方向にはほぼ一様である．集熱器の入口側と出口側の地盤温度を比較すると、夏期（8 月）の場合、集熱器入口に無散水舗装から温水が流入するために、地盤温度は集熱器の入口側で高く、出口側で低くなる．一方、冬期（1 月）の場合、集熱器入口に無散水舗装から冷水が流入することにより、地盤温度は集熱器の入口側で低く、出口側で高い分布を呈する．地盤温度の年変動は、集熱器の入口側で大きく（7.9～

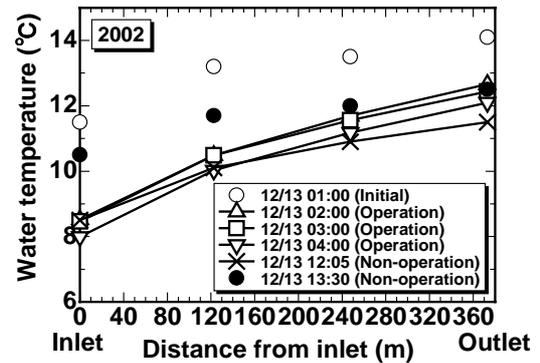


Fig.4 集熱器内水温の流下方向分布の経時変化

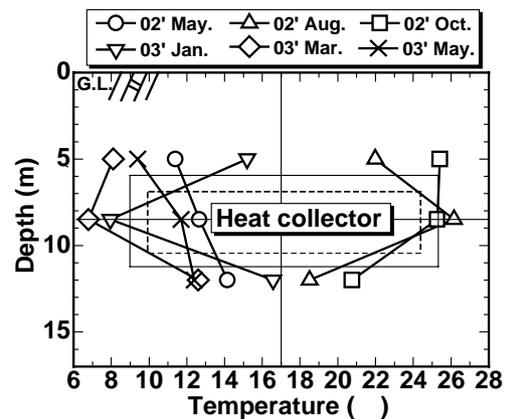


Fig.5 集熱器周辺地盤の鉛直方向温度分布の経月変化

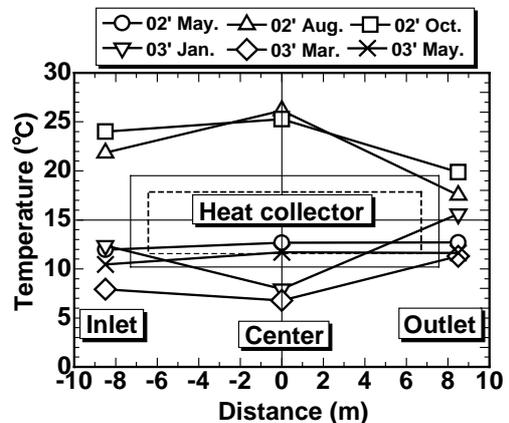


Fig.6 集熱器周辺地盤の水平方向温度分布の経月変化

24.0℃）、出口側で小さい（11.3～19.9℃）。

6. おわりに

本論文より、集熱器内水温および集熱器周辺地盤温度の季節的な挙動が明らかとなった．今後は、RHCS の運転制御の最適化を図るために、集熱器の伝熱モデルを構築する．

参考文献 1) 小寺健太郎・福原輝幸：貯水槽集熱システムの熱エネルギー収支と融雪能力，第 57 回年次学術講演会，2002