

VII-118

地下貯水槽集熱システムの経年変化に関する考察

水資源開発公団 正会員 松村量行*
 福井大学工学部 正会員 福原輝幸**

1. はじめに 筆者らは温室効果ガス排出抑制および自然エネルギー利用の観点から、地中熱を利用した地下貯水槽集熱システム(RTECS)による路面温度制御を行っている^{1,2)}。RTECSの特徴は、地中熱エネルギーを夏期には冷熱源として路面の冷却(アスファルトの流動化防止や路面輻射熱の抑制)に、冬期には温熱源として路面の昇温(融雪や凍結防止)に、通年利用できることにある。これは同時に、極度な地盤温度の上昇または低下を防ぎながら年間を通したシステムの熱エネルギーバランスを保つことにもつながる。今後、RTECSを熱貯蔵施設としてみなすのか、あるいは温度差利用の施設として捉えるのかについては、長期間にわたる貯水槽水温および貯水槽周辺地盤温度(以下、周辺地盤温度と呼称)の経年変化を調べる必要がある。

そこで、本論では1995年から1998年にわたる路面冷却・昇温運転状況、貯水槽水温、周辺地盤温度および貯水槽での流入・流出に伴う純熱エネルギー量の経年変化について検討を行う。

2. 地下貯水槽集熱システムと運転制御 Fig.1は福井大学構内に設置されたRTECSの概要および熱移動の概念を示す。システムは地下貯水槽および無散水融雪舗装(以下、貯水槽および無散水舗装体と呼称)から成る。埋設された貯水槽は、半径 $R=1.1\text{m}$ 、高さ2.2m、厚さ0.2mのPC製ヒューム管であり、底部基礎コンクリートには貯水槽と周辺地盤との間の熱交換を促進させるために、10本の金属板(長さ約1m)が打ち込まれる。貯水槽の土被り厚は2mであり、地表面下0.5mには遮水用のビニールシートが敷設される。なお、無散水舗装体の詳細については参考文献2)を参照されたい。

主に夏期の場合(同図左)、舗装体温度よりも低温の流体が、貯水槽下部から無散水舗装体へ供給され、舗装体の温度上昇を緩和する(これを冷却運転と呼称)。循環水は、無散水舗装体を通して温度上昇し、再び貯水槽上部へ戻る。この過程は貯水槽にとって集熱となる。ここで、貯水槽水温が周辺地盤温度より高い場合には、貯水槽から周辺地盤へ向かって熱移動が生じ、貯水槽水温の上昇が抑制される。

主に冬期(同図右)の場合、舗装体温度よりも高温の流体が、貯水槽上部から無散水舗装体へ供給され、舗装体の温度低下を緩和する(これを昇温運転と呼称)。循環水は、無散水舗装体を通して温度低下し、再び貯水槽下部へ戻る。この過程は貯水槽にとって放熱となる。ここで、貯水槽水温が周辺地盤温度より低い場合には、周辺地盤から貯水槽へ向かって熱移動が生じ、貯水槽水温の低下が抑制される。

冷却運転は無散水舗装体路面から深さ0.01mの温度が貯水槽上部水温よりも 5°C 以上高い時に、昇温運転は同位置の温度が 5°C 以下の時に行われる。

循環流量 Q はTable-1に示すとおり適宜変更された。

3. 地下貯水槽集熱システムの経年変化 Fig.2は、1996年5月から1998年12月までの冷却運転および昇温運転の月時間率 OP_M を示している。ここで、(冷却(昇温)運転の月時間率) $[\%] = (1\text{ヶ月の冷却(昇温)運転の総時間数}) / (1\text{ヶ月の総時間数}) \times 100$ である。冷却運転の月時間率 OP_{MC} (○)は、舗装体温度が上昇する4月～5月から増大し、10月にかけて0に近づく。逆に昇温運転の月時間率 OP_{MW} (▽)は、降雪や放射冷却により舗装体温度が低下する12月から3月の間で卓越する。同図には、貯水槽での流入・流出に伴う純熱エネルギー量(E_p)も併

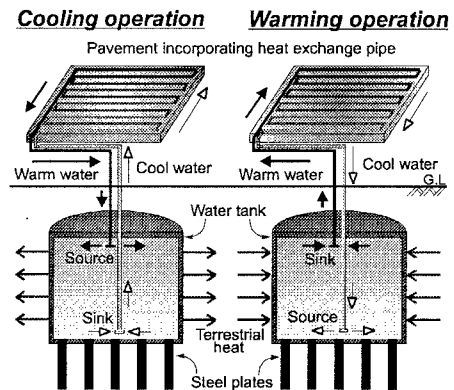


Fig.1 地下貯水槽集熱システムの概要および熱移動概念図

Table-1 循環流量

期 間	循環流量 Q
1995年7月～1996年1月	5.0 [ℓ/min]
1996年2月～1996年3月	3.0 [ℓ/min]
1996年4月～1996年5月	0.0 [ℓ/min]
1996年6月～1998年2月	3.0 [ℓ/min]
1998年3月～1998年5月	0.0 [ℓ/min]
1998年6月～1998年12月	1.0 [ℓ/min]

キーワード: 地下貯水槽集熱システム, 地中熱, 熱移動

*〒361-0004 埼玉県行田市大字須加字船川 4369

TEL 0485-57-1501

FAX 0485-57-1506

**〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1

TEL 0776-23-0500 内線 2809

FAX 0776-27-8746

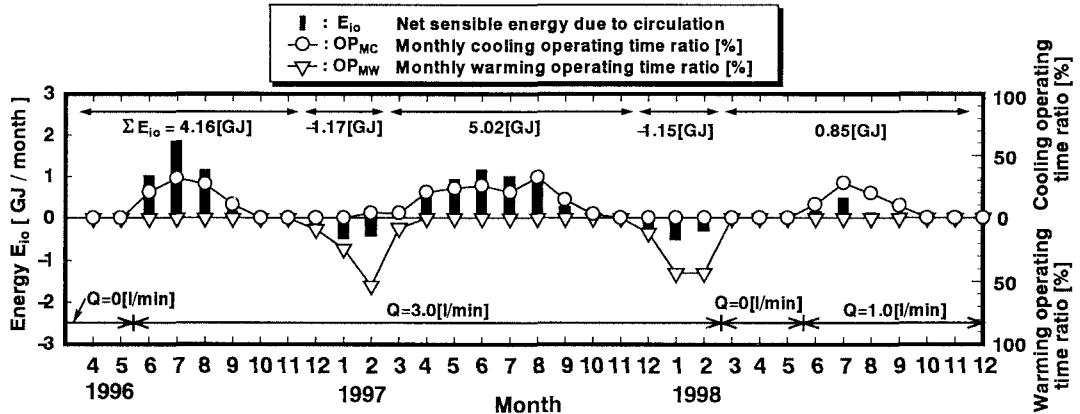


Fig.2 冷却および昇温運転の月時間率および貯水槽での流入・流出に伴う純熱エネルギー量の月別変化

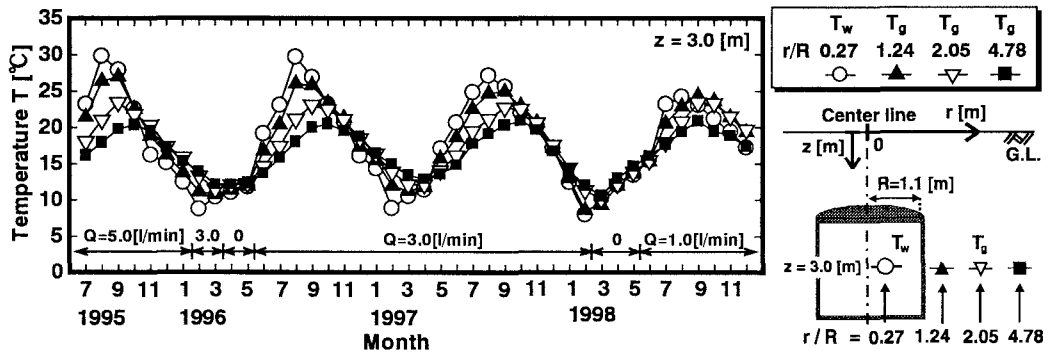


Fig.3 深さ3mにおける貯水槽水温および周辺地盤温度の経年変化

示され、 E_b は流入水温 T_i 、流出水温 T_o および Q を基に算出される ($E_b = (\rho c) Q (T_i - T_o) t$, (ρc): 流体の体積熱容量, t : 循環時間)。従って、 $E_b > 0$ は集熱を、 $E_b < 0$ は放熱を意味し、 $\Sigma E_b > 0$ は総集熱量を、 $\Sigma E_b < 0$ は総放熱量を表す。 E_b は OP_{MW} (∇) が高くなる12月～3月に負となるが、総放熱量の経年変化は観測されない。一方、 OP_{MC} ($\circ$) が卓越する4月～10月に E_b は正となる。夏期を中心とした総集熱量に経年変化が認められ、1998年の総集熱量(0.85GJ)は、1996年のそれ(4.16GJ)および1997年のそれ(5.02GJ)に比べて極端に小さい。これは、主に Q および運転時間の影響であり、その他に気象条件等も考えられる。

Fig.3は、貯水槽高さのほぼ中央に位置する深さ($z=3.0$ m)の貯水槽水温 T_w および周辺地盤温度 T_g の月別変化(1995年7月から1998年12月)を無次元半径距離 ($r/R = 0.27, 1.24, 2.05$ および 4.78) 毎に、それぞれ示す。どの r/R でも T_w および T_g には年周期変化が観測される。 T_w ($\circ$) は8月に年間の最高値、2月に年間の最低値が現れる。貯水槽壁から離れるに従って T_g の最高値と最低値が現れる時期は遅れ、 T_g の振幅は小さくなる。これにより、 T_w の変化に伴い周辺地盤では半径方向の熱移動が認められる。 T_w と T_g の大小関係より5月～6月から10月～11月までは、貯水槽から周辺地盤へ向う熱移動が生じる。逆にその他の期間では、地盤から貯水槽へ熱移動が生じる。

最後に、RITECSの季節地盤蓄熱について検討する。貯水槽から地盤へ移動する熱エネルギー量(E_s)は、 E_b の約90%である。Fig.2より、 ΣE_b は毎年変化していることから E_s も経年変化することが判る。しかしながら、Fig.3に観測される T_g の年周期分布に大きな差はなく、経年的な地盤蓄熱は容認し難いと思われる。

5. おわりに 1995年から1998年にわたる地下貯水槽集熱システムの実験から、本システムの経年的な変化について検討を行った。今後、さらに長期的な経年変化について検討する必要がある。

参考文献 1) 渡邊洋・福原輝幸・黒田典之・川崎和来: 貯水槽季節蓄熱方式による路面温度制御—第一報—, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集, CS-71, pp.142～143, 1995.2) 松村量行・福原輝幸・渡邊洋・川崎和来・山下良男: 浅層貯水槽と地盤との間の季節的な熱相互作用と採熱特性, 水工学論文集, 第43巻, pp.199～204, 1999.