

貯水槽集熱システムの熱エネルギー収支と融雪能力

福井大学大学院 学生員 小寺 健太郎*

福井大学工学部 正会員 福原 輝幸*

国土交通省 近畿地方整備局 豊岡工事事務所 河合 源悟**

1. はじめに

1998 年より兵庫県美方郡村岡町八井谷地区の道の駅「ハチ北」において、貯水槽集熱システム（Reservoir Heat Collection System：RHCS）による路面温度制御が行われている。これまでに、RHCS による融雪および路面冷却、貯水槽と貯水槽周辺地盤の温度分布、および RHCS の熱エネルギー収支特性等について検討を行った。

ここでは 2001 年冬期すなわち 2000 年 12 月から 2001 年 2 月までにおける RHCS の熱エネルギー収支に注目し、RHCS の融雪能力について検討する。

2. RHCS の概要

RHCS は、地中 5m の深さに埋設された集熱器と 2 基の貯水槽で構成される（図 - 1 参照）。集熱器は直径 0.05m、長さ 53m のステンレス管 96 本で構成され、無散水舗装体と貯水槽の間に配置される。第 1 貯水槽（鋼製貯水槽）は直径 4.5m、長さ 80m、第 2 貯水槽（鋳鉄製貯水槽）は直径 2.6m、長さ 240m であり、両者の体積はほぼ同じ（1270m³）である。

3. 2001 年冬期の RHCS 運転条件

表 - 1 に 2001 年冬期の RHCS 運転条件を示す。2001 年冬期は初めに集熱器と第 2 貯水槽を用いた融雪運転 2 が稼動する。融雪運転 2 に伴い第 2 貯水槽内に相対的に温度の低い流体が流入し、時間の経過と共に第 2 貯水槽流出水温が低下する。それに伴って舗装体流入水温が 9℃まで低下すると、第 1 貯水槽による融雪すなわち融雪運転 3 に切り替える。これは、切り替え温度をさらに下げると、融雪運転 2 が連続稼動する可能性があるからである。

4. RHCS の熱エネルギー収支

図 - 2 は 2001 年冬期の各月における RHCS の熱エネルギー収支である。図中には、無散水舗装体の流出入熱量、無散水舗装体内の放熱管から放出される融雪・凍結防止熱量、集熱器の流出入熱量、地盤採熱量、第 1・第 2 貯水槽の流出入熱量、内部エネルギー損失量、地盤採熱量、および各配管系の採・放熱量が示される。また、図中の各熱量値には、舗装流入熱量で除した割合（％）を、下部の熱収支式内の各熱量値には、融雪・凍結防止熱量で除した割合（％）を合わせて示す。

図 - 2a の 2000 年 12 月は、2001 年の運転条件が開始された 21 日以降の 10 日間における熱エネルギー収支である。この期間は融雪運転 2 のみが 39.4 時間稼動した。12 月の融

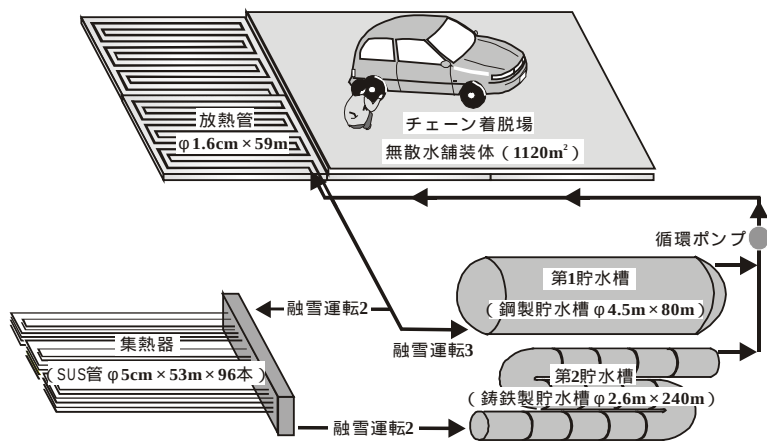


図 - 1 RHCS の熱移動（冬期運転時）

表 - 1 RHCS の運転条件（2001 年冬期）

運転方式	開始温度	停止温度	稼動装置
融雪運転 2	Tp<5	Tp>8	第 2 貯水槽、集熱器
融雪運転 3			第 1 貯水槽

（Tp:舗装体表面温度）

キーワード：RHCS，地中熱，融雪，凍結防止

* 〒910 - 8507 福井県福井市文京 3 - 9 - 1 TEL：0776 - 27 - 8595 FAX：0776 - 27 - 8746

** 〒668 - 0025 兵庫県豊岡市幸町 10 - 3 TEL：0796 - 22 - 3126 FAX：0796 - 24 - 5267

雪・凍結防止熱量は 80GJ であり，融解熱で除すると 2.1m の積雪（雪密度 $0.1\text{g}/\text{cm}^3$ ）を融雪する熱量に等しい．また，融雪・凍結防止熱量を融雪面積（ 1120m^2 ）および稼働時間（39.4hr）で除した，融雪・凍結防止エネルギーフラックス密度（以後， F_x と呼称）は $0.5\text{kW}/\text{m}^2$ となる．この F_x の値は水温が高く，かつ稼働時間が短かったことより，後述する 1 月および 2 月の F_x より大きい．

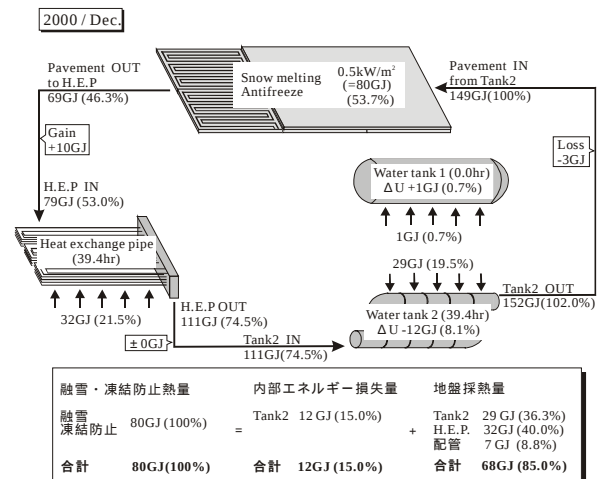
図 - 2a 下部の枠内に記した熱エネルギー収支に着目すると，12 月の融雪・凍結防止熱量（80GJ）は，15%（12GJ）が第 2 貯水槽の内部エネルギーによって，残りの 85%（68GJ）が地盤採熱によって賄われる．

次に 2001 年 1 月の熱エネルギー収支を示した図 - 2b に注目する．1 月も融雪運転 2 のみが稼働し，その稼働時間は 455.8 時間であった．1 月の融雪・凍結防止熱量は 301GJ であり，これは降雪深 8.0m の融雪熱量に等しい．また 1 月になると， F_x は $0.16\text{kW}/\text{m}^2$ となり，今までの実績から実用上支障のない融雪能力と判断される．1 月の融雪・凍結防止熱量（301GJ）は，13.3%が第 2 貯水槽の内部エネルギーによって，残りの 86.7%が地盤採熱によって賄われており，両者の貢献率は 12 月とほぼ等しい．

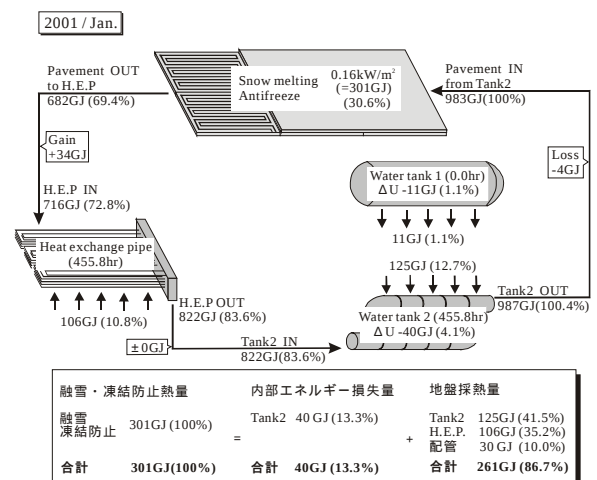
最後に，図 - 2c の 2001 年 2 月に着目する．まず 2 月の RHCS 稼働状況について述べると，2 日まで融雪運転 2 が稼働して，3 日以降は融雪運転 3 のみが稼働した．融雪運転 3 が主に稼働した 2 月の F_x は $0.19\text{kW}/\text{m}^2$ である．また，融雪運転 2 が主に稼働した 2000 年 12 月から 2001 年 1 月までの 2 ヶ月間に亘る F_x も $0.19\text{kW}/\text{m}^2$ となり，融雪運転 2 による F_x と融雪運転 3 による F_x に差異は見られない．2 月の融雪・凍結防止熱量（151GJ）は，27.8%が貯水槽の内部エネルギーからの貢献，残りの 72.2%が地盤採熱からの貢献による．12 月および 1 月に比べて 2 月の地盤採熱量の割合が小さくなった原因は，集熱器（H.E.P.）からの地盤採熱量が 12 月および 1 月に比べて著しく減少したためである．

5. おわりに

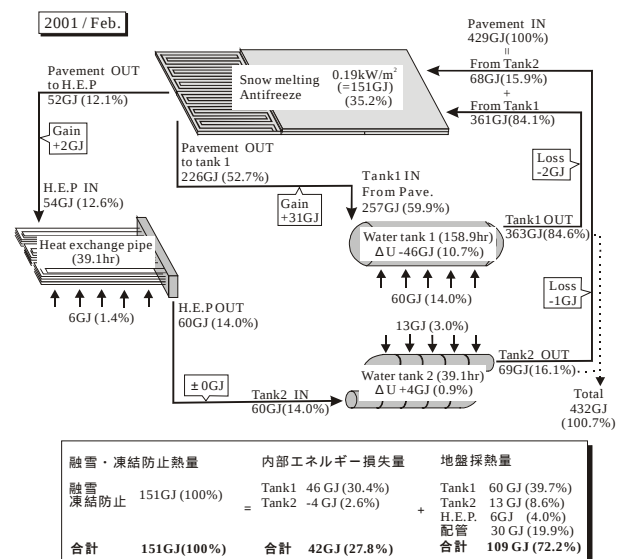
以上のことから，2001 年冬期における融雪・凍結防止熱量の合計は 532GJ となり，これは降雪深 14.0m の融雪熱量に相当する．当地の冬期平均降雪深が 4.3m であることを考慮すれば，融雪・凍結防止熱量は過剰供給されていることが判る．よって今後は，貯水槽および集熱器のサイズ（体積と表面積）と融雪・凍結防止熱量の関係，および集熱器と貯水槽の併用による経済的な制御方法を検討する．



(a) 2000 年 12 月



(b) 2001 年 1 月



(c) 2001 年 2 月

図 - 2 RHCS の熱エネルギー収支図
(2000 年 12 月 ~ 2001 年 2 月)