

地中熱融雪実験

日本地下水開発(株)

安彦 宏人・秋山 純一・土屋 睦・山谷 睦

1.はじめに

少子・高齢化社会に対応し、誰もが安全かつ円滑に通行できる歩行空間のバリアフリー化が望まれている。積雪寒冷地域では、路面凍結による危険、積雪による歩行空間の減少等、冬期特有のバリアを軽減するための施設整備が重要である。この冬期特有バリア軽減施設の一つとして、自然・未利用エネルギーの有効利用を背景に注目されている浅層地中熱を活用した融雪実験を、気象条件が厳しい山形市内において2000年12月11日より2001年3月11日まで実施したので報告する。実験は熱交換手法の違う2種類の採熱システムで実施し、融雪機能の有効性と採熱特性を比較・検討した。

浅層地中熱は、高温深層地熱に比べて低温であるが、地域偏在性が小さいという特徴がある。

2. 実験施設

実験施設は山形市内の西に位置する西部鉄工団地内に設け、地中熱を採熱する井戸(2種)、地中熱観測孔(5孔)、放熱帯部、実験機器室から構成される。

実験施設の概略図を、図-1に示す。

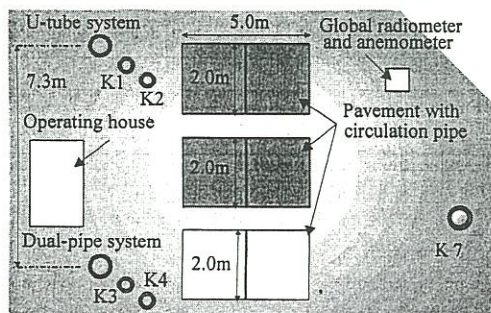


図-1 地中熱融雪実験施設の概略平面図

(1) 採熱井戸(GEX Well:Geothermal Exchange Well)

採熱井戸は、U字管式(U-tube system)と二重管式(Dual-pipe system)の2種を間隔7.3mで設置した。採熱構造及び融雪シス

テムの熱の流れを、図-2に示す。

U字管採熱システムは、循環ポンプによりU字管の一方から循環液が流入し、地中熱を採熱後、他端から流出し、放熱帯(消融雪路面)に流入する。二重管採熱システムは、外管と内管の間に循環液が流入し、地中熱を採熱後、内管から地上に流出し、放熱帯に流入する。

温度センサーをU字管とケーシング内面に、二重管井戸はケーシング外側面に深度2m間隔で取り付けた。

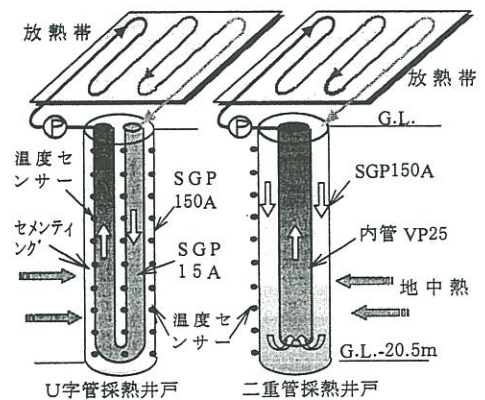


図-2 採熱井戸構造・融雪システムの熱の流れ

(2) 地中熱観測孔

U字管採熱井戸、二重管採熱井戸ともに、井戸中心より0.75m(K1,K3)と1.50m(K2,K4)の距離に地中熱観測孔を配置した。このほか、十分離れた地点としてU字管井戸から13m、二重管井戸から12mの位置にK7観測孔を設けた。観測孔は、採熱井戸と同深度の20.5m、SGP50A仕上げとした。管内部には深度2m毎に温度センサーを挿入し、砂を充填した。

(3) 放熱帯

放熱帯は、厚さ150mmのコンクリート舗装版に放熱管(SGP15A, 150mmピッチ)を埋設(管被り50mm)したものとした。融雪雪エリアはU字管、二重管共に10m²とした。

3. 当該実験地の地層

各採熱井戸、観測孔のボーリング結果から、当該地の地層構成は、表-1に示すとおりで

ある。U字管井戸と二重管井戸での各地層の層厚はほとんど一致している。

表-1 実験地の地層構成一覧

深度(m)	柱状図	地層名	地層状況
3.0~3.3	*****	表土, ヒート	細砂層挟む
7.3~9.4		第1砂礫層	自由面帯水層
13.7~14.6		シルト1層	上部礫混じり粘土
15.1~17.4		第2砂礫層	K7で層厚が薄い
20.5		シルト2層	下部に礫混じる

4. 地中熱採熱実験施設稼働状況

2000年12月11日より2001年3月11日まで、U字管採熱井戸及び二重管採熱井戸と放熱帯の間を循環ポンプで循環液を両方とも同量の16.7ℓ/minを連続循環させた。

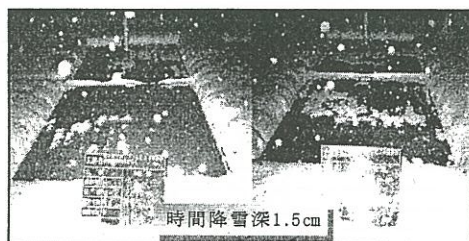
5. 実験結果

(1) 融雪効果

採熱実験中で最も大雪となったのは2001年1月3日から1月8日で、最大日降雪深は25cm(1/5, 1/8)であった。この期間観測された時間降雪深は、最大が1月5日午前9:00~10:00の7cm/h、次が1月4日午前7:00~8:30の3cm/hで、このほか1~2cm/hの降雪は頻繁にみられた。

①日照熱を吸収して両方式共に循環液温度が7℃~8℃まで上昇した後、時間降雪深1.5cmを記録した1月3日午後10:00の融雪状況を、写真-1に示す。

この程度の降雪に対しては、両採熱方式共に十分な融雪効果を発揮しているといえる。

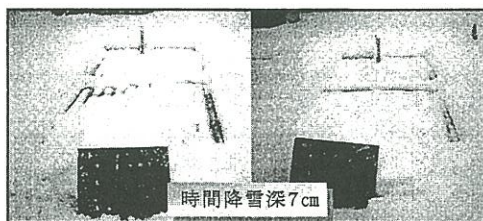


a) 二重管採熱井戸 b) U字管採熱井戸

写真-1 2001年1月3日午後10:00の融雪状態

②気温は1℃→3℃へと上昇傾向にあったが、断続的降雪後に実験期間中最大の時間降

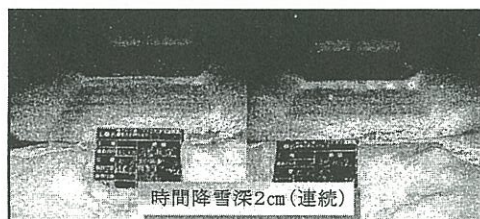
雪深7cm/hを記録した1月5日午前10:00の融雪状況を、写真-2に示す。路面上には両採熱方式共に5cm程度の積雪がある。



a) 二重管採熱井戸 b) U字管採熱井戸

写真-2 2001年1月5日午前10:00の融雪状態

③気温は低温で推移して断続的降雪が続く、循環液の温度がU字管で4℃~5℃、二重管で5℃~6℃まで低下した後の1月8日午後9:00の融雪状況は、写真-3のとおりである。この間は2cm/h程度の降雪が連続し、U字管方式が11cm、二重管方式が8cmの積雪となった。



a) 二重管採熱井戸 b) U字管採熱井戸

写真-3 2001年1月8日午後9:00の融雪状態

この期間の降雪・融雪時における放熱帯への循環液の流入温度と出口温度を総括して、表-2に示す。

表-2 降雪・融雪時の放熱帯循環液の流入・出口温度

採熱井戸方式	流入温度(℃)	出口温度(℃)
U字管採熱方式	4.6~5.1	4~4.6
二重管採熱方式	5.2~6	4.8~5.3

(2) 地中熱分布

稼働前の2000年12月12日、全体的に最低温度となった2001年2月17日、稼働最終日の3月11日の採熱井戸、観測孔における鉛直方向温度分布を、図-3に示した。

地盤の温度は13~18℃の範囲にある。深度6m以浅は地下水面より上方のため外気条件の影響を受け易く温度変動がある。深度6~

