

# 地中熱の採熱量試験と消雪時の採熱量の比較検討

日本地下水開発(株) 秋山 純一・安彦 宏人      日本環境科学(株) 土屋 睦

## 1. はじめに

自然・未利用エネルギー活用による消融雪施設として、山形市で実施した浅層地中熱利用方式の実験結果を昨年度の本技術フォーラムで報告した。この浅層地中熱・地下水熱を活用した消融雪施設(図-1参照)の設計に当たっては、熱源となる採熱井における冬期間の採熱量を事前に予測し、消融雪可能面積や必要採熱井の仕様を決定することが必要である。

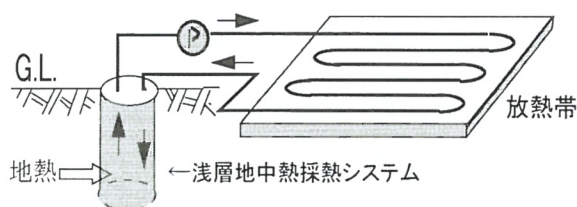


図-1 浅層地中熱方式の消融雪施設

本研究は、3種類の採熱システムについて、採熱井に温熱と冷熱を供給する試験によって採熱特性を調べ、冬期間の実際の採熱量を推定しようとするものである。

本報告では、熱供給による採熱量試験と冬期間の消融雪稼働時における実際の採熱量を比較することによって、当該採熱量試験方法の消融雪施設における採熱性能推定方法への適応性を検討した結果を報告する。

## 2. 試験した採熱システムの概要

採熱量試験は、U字管システム及び二重管システム(山形市内設置)と浅層帯水層を流動する地下水熱を効率よく利用する地下水流熱システム(以下地下水流熱システムと呼ぶ;青森市内設置)の3種類の採熱システムで行った。各採熱井の構造模式図を、図-2に示す。

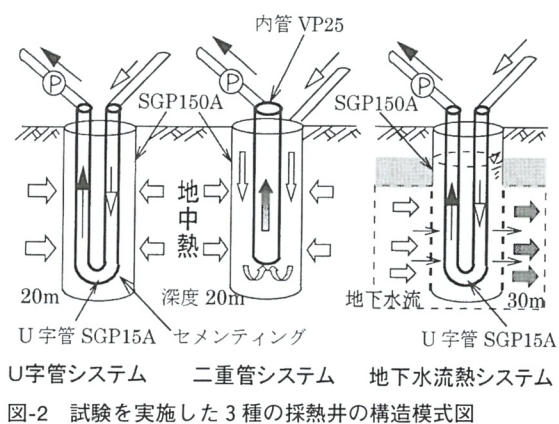


図-2 試験を実施した3種の採熱井の構造模式図

## 3. 採熱量試験方法

採熱量試験は、図-3の模式図に示すように、循環水の温度を変えて採熱井に熱を供給し、その循環水の流入温度と流出温度の差と循環水量を測定するものである。採熱量は、式-1により求め、採熱井の深度で除し、採熱井1m当たりの採熱量で評価・比較する。

$$Q_h = \Delta T \cdot Q \cdot 60 \cdot 1000 \cdot 1.16 \quad \cdots(\text{式-1})$$

$$q = Q_h / \text{採熱井の深度}$$

記号;  $Q_h$ : 総採熱量(W)、 $\Delta T$ : 流入・流出水温の差(°C)、 $Q$ : 循環水量(L/min)、 $q$ : 採熱井1m当たりの採熱量(W/m)

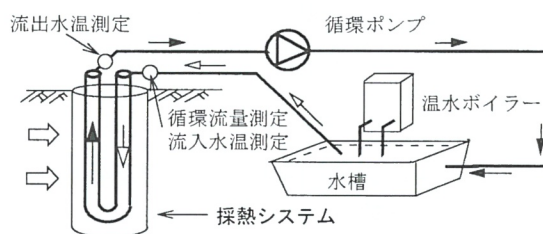


図-3 熱供給による採熱量試験模式図

供給熱は、冷熱は氷水、温熱は石油ボイラーによる加温水とした。試験供給温度、循環流量及び試験時間は、表-1に示したとおりである。採熱量は5時間の平均値として求めた。

地下水流熱システムにおける帯水層の地下水温度は13.3°C、地下水流速は、

$10^{-3} \sim 10^{-4} \text{cm/s}$ 程度である。3システムとも、周辺に配置した観測孔により、周辺地中温度の回復を確認した上で次段階の試験に移った。試験を実施した期間は6月～9月である。

表-1 熱供給採熱量試験実施概要

採熱システムの種類	供給温度の段階数	1段階の試験時間	循環水量 (L/min)
U字管・二重管システム	冷熱4点	10h～20h	5～27
	温熱3点	19h～6d	5～27
地下水流熱システム	温熱3点	5h	5～27

#### 4. 採熱量試験結果

採熱試験結果より、流入温度と採熱井1m当たりの採熱量  $q$  (W/m) の関係を、図-4に示した。

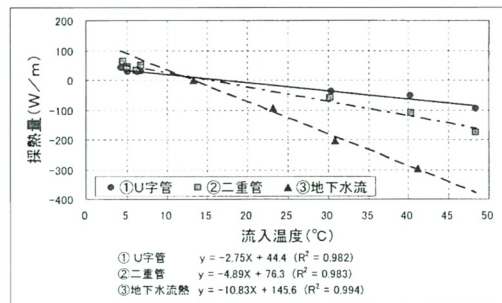


図-4 流入温度と採熱量  $q$  (W/m) の関係

流入温度と採熱量の相関は、3システムとも相関係数がほぼ1と高い。各システムにおける相関の回帰式は図中に示したとおりである。

#### 5. 実際の消融雪稼働における採熱量との比較

熱供給による採熱量試験結果と実際の消融雪施設の稼働時における採熱量を比較するため、同じ採熱システムの2月における消融雪時の日平均流入温度とこれに対する日平均採熱量  $q$  (W/m) の関係を、図-5に示す。この場合の相関係数は良いとはいえないが、図-5中に示した回帰式より、流入温度が5°Cの場合の採熱量を求め、採熱量試験結果(図-4)にお

ける5°Cに対する採熱量と比較すると、U字管システムで1.5倍、二重管システムで0.5倍、地下水流熱システムで0.25倍となり、試験結果と大きく異なる結果となった。

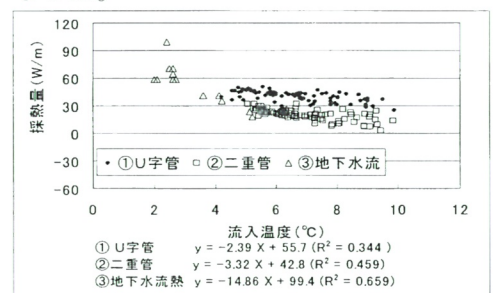


図-5 消融雪稼働時の流入温度と採熱量  $q$  の関係

#### 6. 採熱量試験と消融雪稼働時の採熱量の差異の検討

熱供給による採熱量試験結果と実際の消融雪稼働時の採熱量が大きく異なった原因を以下に検討する。

##### (1) 熱供給試験時間の影響

試験中の採熱量は、試験開始後5時間ではほぼ安定しており、5日間の試験時間経過に伴いU字管システムと二重管システムの採熱量の差が小さくなる傾向があるが、採熱量は安定していた。

##### (2) 周辺地中温度の変化による影響

熱供給による採熱試験を実施した夏の試験は、短期間の試験のため、採熱井から0.75mの距離にある観測孔での地中温度は安定していた。冬期の実際の消融雪稼働時の同観測孔での地中温度は、稼働時間の経過(累積)とともに低下する傾向を示した。

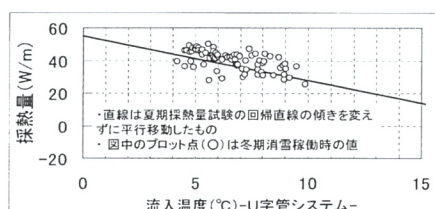
実際の消融雪稼働は、断続的であるが長期間にわたり採熱が行われるため、その影響で周辺地中温度が低下することにより、温度勾配が小さくなるため、周辺地中温度が一定状態での採熱試験で得られた採熱量より実際の消融雪稼働時の採熱量は小さくなると考えられる。一方、

U字管システムで、採熱量試験時より実際の消融雪稼働時の方が大きな採熱量が得られたのは、セメンティング帯に地中熱が蓄熱され、その蓄熱効果の影響が大きいためと考えられる。

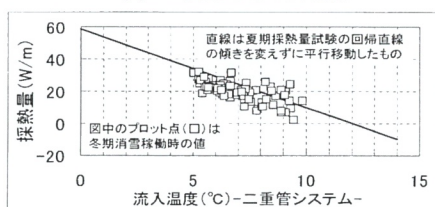
### 7. 採熱量試験の適用性についての検討

実際の消融雪稼働時の採熱量（図-5）から、各採熱システムについて、採熱量がゼロとなる流入温度を求め、その点を通るように、採熱量試験で得られた図-4の回帰直線を平行移動したグラフを、図-6の(a)～(c)に示した。各グラフに、実際の消融雪稼働時の流入温度と採熱量をプロットすると、各システムとも、採熱量試験で得られた回帰直線に近似できるような関係にある。このことは、熱供給採熱量試験が採熱量の設計に適用できる可能性を示唆している。採熱量設計への適用の一例として、次のような仮説が考えられる。

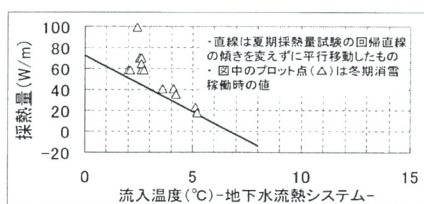
- ①U字管システムは熱供給採熱量試験で得られる回帰式がそのまま適用できる。
- ②二重管システムは、試験による回帰直線を恒温地中熱より2～3℃低い温度と採熱量ゼロの点を通るように平行移動した回帰直線を適用する。
- ③地下水流熱システムでは、同様に、地下水温度の1/2の温度と採熱量ゼロの点を通る回帰直線を適用する。



(a) U字管システムの関係



(b) 二重管システムの関係



(c) 地下水流熱システムの関係

図-6 平行移動した回帰直線と消雪時の採熱量の関係

### 8. おわりに

採熱量試験と実際の消融雪稼働時の採熱量に差異が有るが、比較実験例が一例のため結論付けはできないものの、熱供給採熱量試験の設計への適用可能性が示唆された。設計へ適用するためには、採熱量がゼロとなる流入温度の持つ意味を今後解明する必要がある。