

長岡技術科学大学 学生員 ○ 荒道 道
長岡技術科学大学 正員 佐藤 巖
長岡技術科学大学 正員 河原 能久

1. はじめに

北陸地方には 日本でも指おりの豪雪地帯である。克雪対策が進む中、この屋根雪処理については検討されるべき点が多い。現在の屋根雪処理の方法としては、人力除雪が主である。ところが、都市化の進む今日では、市街地における雪おろし場がないという重要な問題をかかえる。本研究では、屋根雪を融解処理する方法として、高性能の伝熱装置であるヒートパイプ(以後、HPと称する)を応用した装置を製作した。本報告は、この装置の融雪能力について行った室内実験の結果を述べるものである。

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置 実験装置の概略を図-1(a),(b)に示す。モデル屋根として鉄板(寸法:長さ95cm、幅100cm)を設けた。屋根傾斜角は 10° である。鉄板の下面は、厚さ7cmの断熱材で覆われ、上面は塗装されている。鉄板上面には HP(全長150cm、加熱部長さ25cm、外径2.55cm、銅-水形)を5本配置した。HPの入熱は、温水循環方式とした。また、融雪水は鉄板下流端に設けられたトイを通り、末端の集水ビンに集められた。なお、本実験に使用した雪は電気がき水器により作製したもので実験開始前一日間、恒温室(-5°C)中で保存したものである。雪を詰め終えた後、一定流量の温水を加熱ジャケットに流入させ、その時刻を実験開始時刻とした。

2.2 実験条件 HP間隔dについて3ケース(2, 4, 8cm)、温水の流入温度Tについて3ケース($15, 25, 40^\circ\text{C}$)変化させ、合計9ケースの実験を行った。初期積雪深は12cmで一定とした。

2.3 測定項目 融雪水の流出量、加熱ジャケットの流入、流出点での水温、HP管壁温度、温水流量を測定した。温度測定には T型熱電対(0, 10mm, 0.35mm)を使用した。

3. 実験結果および考察

3.1 融雪過程の概観 図-2は $d=8\text{cm}$, $T=40^\circ\text{C}$ の場合の融雪水流出量(白丸印)とヒートパイプへの供給熱量(黒丸印)を示したものである。ただし、積雪深6cm程度になる迄の結果を表わしている。図の縦軸は、単位時間、単位面積あたりの熱量を示し、流出水量については、氷の潜熱を乗じている。HPの

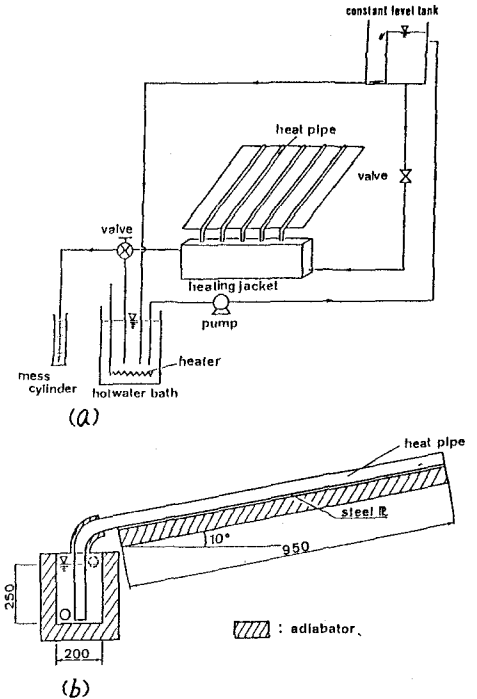


図-1 実験装置概略図

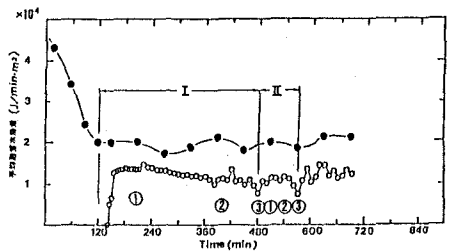


図-2 融雪水流分布

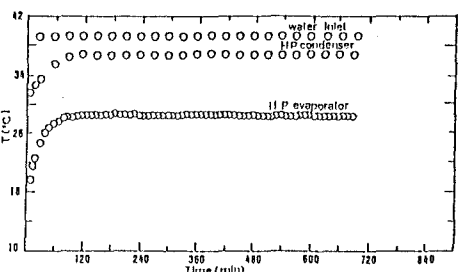


図-3 HP、入熱水温度分布

入熱量は $t = 110$ 分程度まで漸減し、以降では一定値のまわりに振動するようである。また、融雪水は $t = 140$ 分で流出し始める。 $t = 400$ 分迄の間は徐々に減少する傾向があるが、 $t = 400$ 分以降では増減を繰り返している。図-3は 図-2実験条件下の加熱部温水温度、HP蒸発部管壁温度、HP凝縮部管壁温度を表わいたものである。HP管壁温度は $t = 110$ 分程度まで漸増し、以降では一定値となっている。図-4は スノーブリッジ現象の模式図である。図の①②③は 図-3の番号に対応している。I、IIは スノーブリッジの周期を表わいたものである。図-3から スノーブリッジ現象が繰り返されているのが確認される。また、現象周期は 経過時間が長くなる程、短くなる事が確認される。これは、HP周辺の雪の構造が粗粒化しスノーブリッジが崩れやすい状況になっていくためと思われる。スノーブリッジが徐々に崩れる(②→③)と流出水量は減少する。③の状態になると流出水量は増加してくる。これは、雪とHP間の距離が狭くなり効率よく熱収支が行なわれるためと思われる。

3.2 累積流出熱量とHP間隔の関係 図-5は 熱量換算の融雪水量の累計を累積流出熱量とし、温水温度 $T = 25^{\circ}\text{C}$ のもとでHP間隔を変化させた場合の結果である。間隔 d が小さくなる程、流出開始時刻が早くなる事、また、グラフの勾配 (Q/t) が急になる事、すなわち、単位時間あたりの融雪水の流出量が大きくなる事が認められる。

3.3 累積流出熱量と温水温度との関係 図-6は 累積流出熱量と時間との関係について HP間隔 $d = 4\text{ cm}$ のもとで加熱ジャケットに流入する水温を変化させた場合の結果である。水温が高くなる程、流出開始時刻が早くなること、単位時間あたりの融雪水の量が増加する事が認められる。

3.4 融雪水量とHP間隔の関係 融雪水流出開始後十分時間が経過すると融雪水の流出量やHP加熱部外壁温度がほぼ一定値に達する。図-7は、温水水温をパラメータとし、一定となった融雪水の流出量、HP加熱部外壁温度とHP間隔との関係を示したものである。加熱ジャケットへの温水温度が高い程、HP加熱部と雪層との温度差が大きくなり、融雪水量が多くなる事が知られる。また、HP間隔が大きくなるにつれて スノーブリッジの消長が変化し、流出水量が漸減する。

3.5 融雪効率とHP間隔の関係 図-8は、図-7の縦軸を単位面積あたりに1がも、熱量単位に換算しなおした結果である。この図より 装置の融雪能力と概略を知ることが出来る。例えば、 $T = 40^{\circ}\text{C}$ 、 $d = 2\text{ cm}$ では、 $q = 650\text{ W/m}^2$ 、 $T = 40^{\circ}\text{C}$ 、 $d = 8\text{ cm}$ では 170 W/m^2 である。

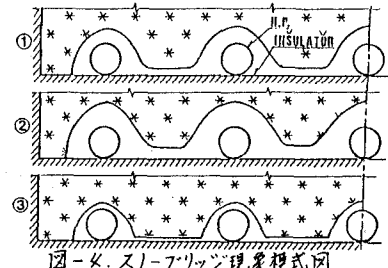


図-4 スノーブリッジ現象模式図

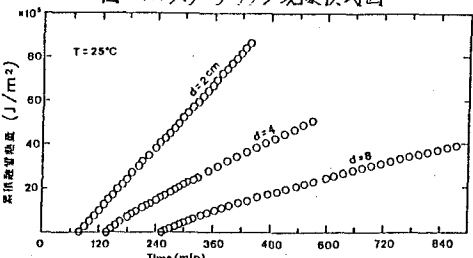


図-5 HP間隔と融雪水の関係

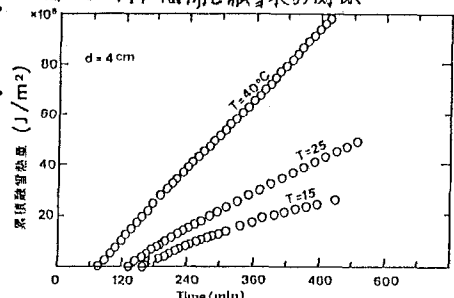


図-6 加熱ジャケット流入水温と融雪水の関係

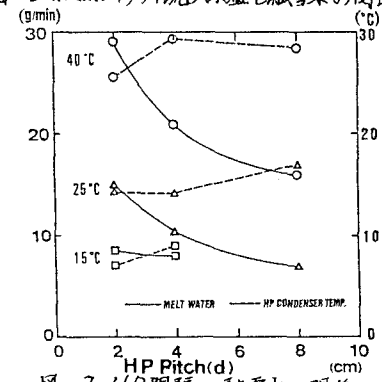


図-7 HP間隔と融雪水の関係

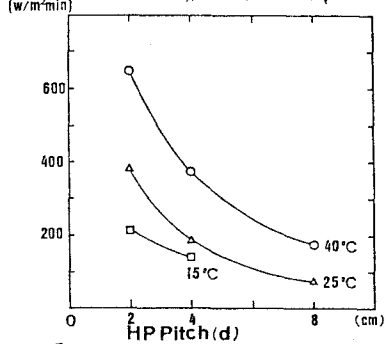


図-8 HP間隔と融雪効率の関係