

○ 金沢大学工学部 正員 宇治橋康行
同 工 正員 高瀬 信忠
金沢大学大学院 梅下 浩樹

1. まえがき 積雪は貴重な水資源であるとともに春先の融雪洪水はしばしば河川災害の原因ともなる。したがって融雪出水の予測は、治水・利水の両面から見て重要な課題であり、このためには融雪及び融雪水の流下機構の解明が必要である。ここでは実験斜面を用いて行なった融雪流出に関する実験・観測結果について報告する。

2. 実験斜面及び観測方法 実験に用いた斜面は、工学部テニスコート横に盛土された長さ7m、幅5m、勾配10度の南向き斜面である。(図-1)。斜面構成土の粒度分布は図-3に示すようであり、飽和透水係数は $1.1 \times 10^{-2} \text{ cm/sec}$ であった。土の熱伝導率と含水比の関係を図-4に示す。積雪層を流下して地表面に到達する融雪水量及び地熱による融雪量を加えた浸透融雪量は、図-2に示す50cm×50cmの角型ライシメーターを図-1に示す4ヶ所(斜面上部より各々、No.1, No.2, No.3, No.4とする)に配置し、1時間毎に測定した。浸透流出量は斜面にビニールシートを埋め図-1に示す斜面中央部幅1m、長さ5m、深さ40cmの斜面から流出してくる融雪水を、深さ0~10cm及び10~40cmの2成分に分け、斜面端に埋設した集水器で集め、1時間毎に測定した。地温は斜面中央に深さ0cm, 10cm, 15cm, 40cmの4点にサーミスタ温度計を埋設し、打点式記録計で連続記録した。気温、湿度は百葉箱内で自己温度湿度計を用いて測定し、表面融雪量は天溝が用いたと同様な方法で測定した。

3. 観測結果と考察 図-5に日最大積雪深の経日変化を示すが、途中無雪期が2度あり、積雪期は第1期(1月10日~1月17日)、第2期(1月20日~1月30日)、第3期(2月7日~3月1日)の3期に分けられる。地熱による融雪量は、積雪層内の温度分布が一様で、地表面から積雪層へ供給される熱量がすべて融雪に使われるとすれば

$$M = -(\lambda/L)(\partial\theta/\partial z)z=0$$

と表わされる。ここに、M: 融雪量($\text{g/sec} \cdot \text{cm}^2$)、L: 氷の融解潜熱(cal/g)、 λ : 土の熱伝導率($\text{cal}/^\circ\text{C} \cdot \text{cm} \cdot \text{sec}$)、 θ : 地中温度($^\circ\text{C}$)、 $(\partial\theta/\partial z)z=0$ 地表面での温度勾配である。土の熱伝導率は図-4に見られるように含水比によって大きく変化する。第2期末期の1月27日に積雪下の土をサンプリングして含水比を測定したところ約

~45%、平均40%であった。含水比は浸透融雪量によって変化するが積雪期では30~45%と考えられるので、工

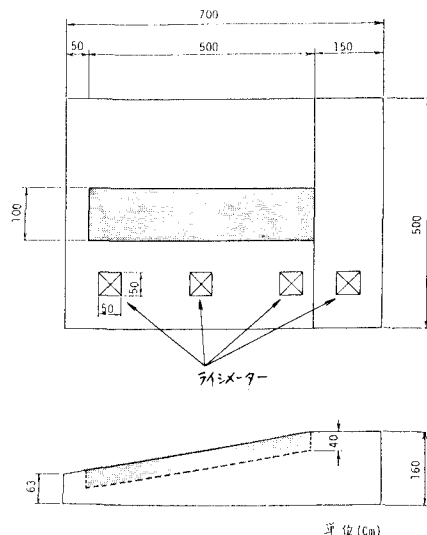


図-1 実験斜面概略

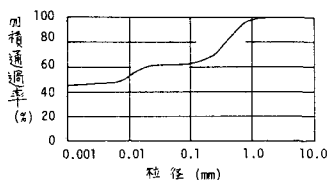


図-3 粒径加積曲線

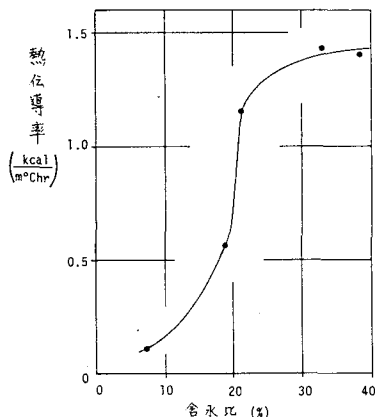


図-4 熱伝導率-含水比曲線

の熱伝導率は $1.4 \text{ (kcal/}^\circ\text{C}\cdot\text{m}\cdot\text{hr)}$ 前後と考えられる。サーミスタ温度計による地温の測定値から温度勾配を求め前述の熱伝導率の値を用いて計算した融雪量と実測値をプロットしたものが図-6である。図中の実測値は日平均気温が 0°C 以下あるいは 0°C に近く地温以外の融雪がほとんどないと考えられる日の浸透融雪量の平均値である。計算値が実測値より大きくなっているが両者の傾向は一致しており、地熱による融雪量が減少していくことがわかる。ここで得られた値は北海道での観測された値に比べるとやや大きめであるが、

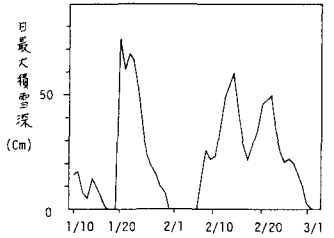


図-5 日最大積雪深の経日変化

これは気象条件、積雪期間等の違いによるものと思われる。全融雪量に対して地熱による融雪量の占める割合は約1/4である。浸透融雪量・表面融雪量・浸透流出量 第2～3期の各ライシメーターへの浸透融雪量、表面融雪量及び日平均気温を図-7に示す。表面融雪量は降雨、降雪の全くない日を選んで測定を行なった。表面融雪は大体午前9時～午後7時までの間に起こりはば一定していた。図より表面融雪量と日平均気温の間に相関が見られるが、 0°C 以上の積算気温との間に相関は特に良いとはいえない($r=0.7$)。

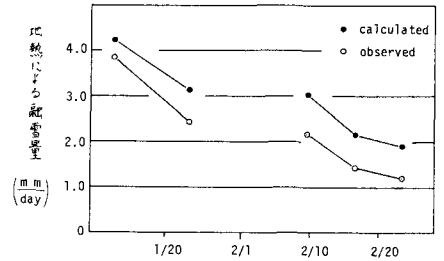


図-6 地熱による融雪量

各ライシメーターへの流入量は、融雪量が少ないときは地熱による融雪の占める割合が多いため、大きな差は見られないが、融雪量の多いときにはかなりの差が見られる。多少の例外もあるが、水平面上に設置されたライシメーターNo.1への流入量をもっとも小さく斜面下方に向うにつれて流入量が大きくなる。しかし、この差は融雪の進行あるいは降水の浸入に伴って減少していく。これは一般によく知られているように積雪が層構造を有しており、

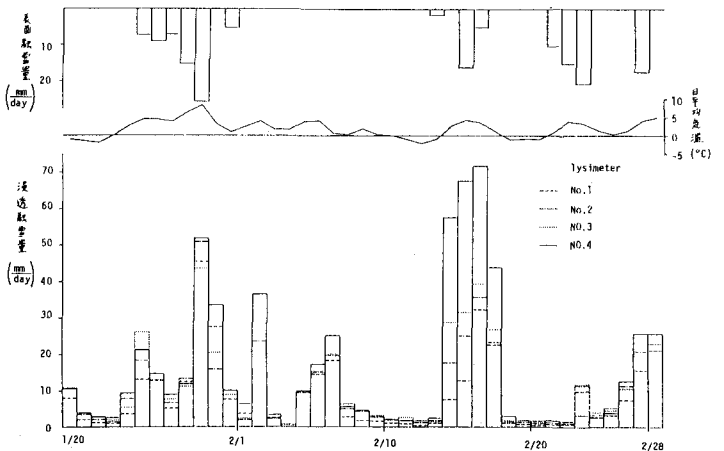


図-7 気温・表面融雪量及び浸透融雪量

各層の境界にはいわゆる止水層となるものがあり、浸入した融雪水は止水層に沿って斜面下方に移動し、ある保水量を起ると止水層を破って水みちを作って下層へ浸入する。この水みちの数が融雪初期では斜面下方でその数が多いが、融雪の進行に伴って斜面上方にも水みちが発達していくために、斜面上方と下方での流入量の差が小さくなっていくものと思われる。今回の観測では積雪が少なかったため、消雪直前で上下の差がなくなったが、実際の山地流域ではかなりの残雪状態でこのような一様状態になるものと思われる。また2月22日～24日に顕著に見られるように融雪初期においては表面融雪量の大部分が積雪層に保持される。この3日間では約半の表面融雪が浸透流下したのみであった。表-1に第2～3期の総降水量(全米地方気象台観測)、各ライシメーターへの総浸透融雪量及び総浸透流出量を占す。これらの結果から積雪層を通して流域外へ出る融雪水は全融雪水の1/2程度であり、斜面の表層10cmの部分を側方移動する流出成分がほとんど観測されなかったことから、

表-1

総降水量 (mm)	総浸透融雪量 (mm)					総流出量 (mm)
	No.1	No.2	No.3	No.4	平均	
414.5	362.0	428.0	459.2	627.4	469.5	408.3

地表面に到達した融雪水はより深い部分に浸透流出するようである。4. おとがき、日単位のデー-7を中心

に融雪流出機構について検討したが、今後は積雪の物理特性を含めてミ7口直場からの検討を加えていく必要がある。最後に実験に協力していただいた河海工学講座の学生諸君に感謝の意を表する。