

金沢大学工学部 正 員 高瀬 信忠
同 上 正 員 宇治橋 康行

1. まえがき 融雪水の流出過程における積雪内の水の移動過程の重要性はこれまでにもしばしば指摘されている。均質な積雪内の水の移動に関しては不飽和鉛直浸透理論に基づく Colbeck¹⁾の研究があり、わが国でも吉田²⁾、若浜³⁾、藤野⁴⁾、小林⁵⁾らによる積雪内の水の移動機構やその移動速度に関する実験的、理論的研究が行われてきている。その反面、層構造を有する斜面積雪内の水の移動機構についてはほとんどわかっていない。これは融雪の最盛期には積雪はほぼ均一となり、層構造を有する積雪内の水の移動機構がそれほど重要視されなかつたことと、層構造を有する積雪内の水の移動の屋外での連続測定あるいは実験が容易でないことに起因していると思われる。しかし、融雪出水の解析や予測上、過渡期とも言える積雪が層構造を有する時期の水の移動機構を解明することは重要である。そこで著者らは実験斜面を用いて、実験斜面上に設置されたライシメータへの流入量を観測することによりマフロな観点から積雪層内の水の移動について検討してきた。⁶⁾ここではその後行なわれた観測結果及び実験結果について述べる。

2. 観測項目及び観測方法 観測に用いた実験斜面は昨年と同じものである。観測項目は、気温、風速、日射、地温、積雪深、積雪密度、表面融雪量、浸透融雪量、浸透流出量である。地温は地表面、深さ10cm、20cmの3点で斜面中央で測定した。積雪密度は実験斜面から約20m離れた工学部グラウンドの水平な積雪で毎日午前9時に測定した。浸透流出量は斜面中央に幅1m、長さ5m、深さ40cmのアクリル樹脂製水路を埋設して測定した。その他の観測項目の観測方法は昨年と同様である。観測期間は1983年12月25日～1984年3月24日までの91日間である。

3. 観測結果と考察 1983年～84年冬及び82年～83年冬の最深積雪の経日変化を図-1に、同期間の日最高気温と日最低気温を図-2に示す。57豪雪とも言われた83年～84年冬の累計降雪量は429.2cmであり、240cmであった前年の約1.8倍に達し、最深積雪107cmを記録し積雪期間も前年よりはるかに長い。図-1では無雪日は1月2、3日だけであるが、実際は1月15日の日中にも1度消雪している。図-3は斜面上に設置された4つのライシメータの流入量の平均値 $\bar{M}_x$ を示したものである。これらの結果から84年1月4日～3月24日までの81日の観測期間は、1月4日～1月15日(オ1期、15日)、1月16日～2月19日(オ2期、35日)、2月20日～3月7日(オ3期、17日)及び3月8日～3月24日(オ4期、17日)に分けられる。水収支と積雪層内の水の移動機構 全期間及び各期間毎の総降水量、各ライシメータへの総流入量、ライシメータ

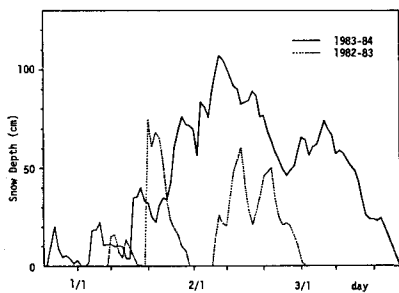


図-1 最深積雪の経日変化

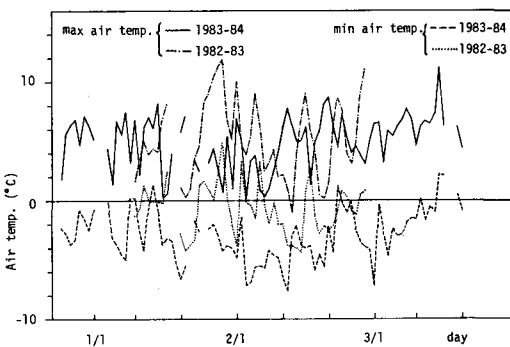


図-2 日最高気温及び日最低気温

表-1 水収支

	1/4-3/24 (81日)	1/4-1/15 (12日)	1/16-2/19 (35日)	2/20-3/7 (17日)	3/8-3/24 (17日)
ΣR	625.6 (mm)	153.0 (mm)	278.6 (mm)	123.0 (mm)	71.0 (mm)
$\Sigma No.1$	567.16	209.2	20.8	113.74	226.0
$\Sigma No.2$	714.01	206.6	43.55	108.61	355.25
$\Sigma No.3$	912.83	220.6	41.14	323.19	327.9
$\Sigma No.4$	1192.9	262.2	52.92	535.67	342.11
Mean 1	846.73	224.7	39.60	270.3	312.82
Mean 2	939.91	229.8	45.87	322.49	341.75
ΣQ	544.76	131.5	59.54	120.32	233.40
T_m	0.86°C	1.42°C	-1.24°C	0.74°C	2.44°C

No.1～No.4の平均総流入量(Mean 1)、ライシメータ No.2～No.4の平均総流入量(Mean 2)、総浸透流出量及び平均気温を表-1に示す。根雪となり、オ2期以後の水収支について見

ると、オ2期末2月19日の積雪層の平均密度は 0.328 g/cm^3 、相当水量は 250.3 mm であり、オ2期の総降水量 278.6 mm のうちライシメータの流入量 37.6 mm を引いた値 239 mm とほぼ一致しており水収支は合っている。オ2期は平均気温が -1.24°C と低く、後半には日中に観測された下だけでも 30 mm を超える表面融雪が生じたもののその大部分は積雪層内で保持され、地表面にはほとんど到達せず、ライシメータへの流入量は地熱による融雪水が主であり、

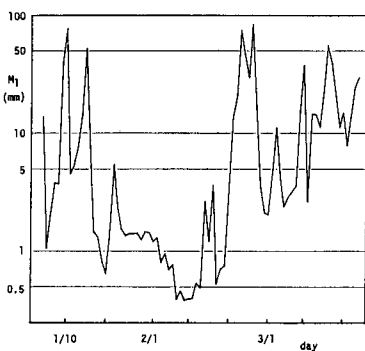


図-3 ライシメータの平均流入量

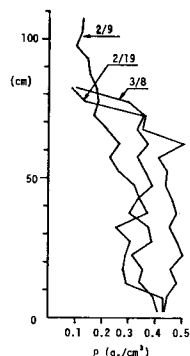


図-4 密度分布

平均 1.31 mm/day 、最小値 0.387 mm/day であり、斜面上の3つのライシメータの流入量に大きな差は見られない。オ3期では平均気温も 0.74°C と上昇し表面融雪が起こり融雪水が地表面に到達するようになり、ライシメータの平均流入量は 270.3 mm でオ2期の68倍にもなる。ただしこの時期では各ライシメータの流入量に大きな差が見られ、永平部に設けられたライシメータNo.1と斜面上部のNo.2ではほとんど差はないが、斜面中部及び下部のライシメータNo.3、No.4の流入量はNo.1の2.84倍、4.71倍にもなっている。このことは融雪水が積雪層内を単純に鉛直移動するものではないことを示している。

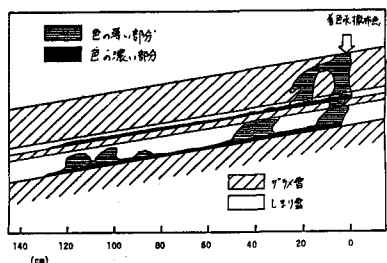


図-5 着色水散布後の積雪断面図

図-4に積雪層内の密度分布の測定結果の一部を示すが、最深積雪を記録した2月9日に比べ、オ2期末の2月19日には積雪層はかなり均一化しているものの雪質は一様ではなく、断面観測からも顕著な層構造が確認されている。図-5は、2月22日に実験斜面近くの傾斜積雪に着色水を散布し、5時間後に作った積雪断面図である。この図から融雪水は氷みちを作りながら鉛直移動し、積雪の層境界面上で2次元的に広がりながら斜面下方に移動し、その一部は再び氷みちを作って鉛直移動するという3次元的な複雑な移動をしていることが分かる。このため斜面下方ほど融雪水が集中しやすく表に示すような結果が得られたと思われる。オ2期のライシメータの総流入量は 270.3 mm と大きく無視できないものである。オ4期になると図-4の密度分布に見られるように表面の新雪層を除いてほぼ全層がガラ雪化し均一となっている。この時期では、融雪水の移動は鉛直移動が主体となり、斜面上の3つのライシメータの流入量にほとんど差は見られなくなる。又、前述のように融雪水は氷みちを作りながら鉛直流下するが、氷みちの分布は一様ではないため実験斜面上ではライシメータ上方に氷みちが集中しやすいため、横方向からの流入も生じるために表に示されているように全期間のライシメータの平均流入量が総降水量の約1.35倍になったものと考えられる。

4. あとがき。今回行った観測、実験の結果、顕著な層構造が存在する過渡融雪期での3次元的な複雑な融雪水の移動過程が明らかにされ、さらにこの時期の総浸透融雪量が全融雪量に占めて少なくない量であることが分かった。今後さらに融雪水の移動機構を明らかにしていくとともに、ここで得られた知見の実流域への応用について検討していく必要がある。最後に観測、実験に協力して頂いた河海工学講座の諸氏に感謝いたします。

参考文献 1). S. C. Colbeck; The Physical Aspects of Water Flow Through Snow, Advances in Hydroscience Vol. 11, pp. 165~206, 1978. 2) 吉田昭五; 融雪水の積雪内浸透, 低温科学, A23, pp. 1~16, 1965. 3) 若坂五郎; 積雪内における融雪水の移動 1, 2, 3, 低温科学, A21, pp. 45~74, 1965, A26, pp. 53~66, 1968. 4) 藤野和夫; 積雪内部での融雪水の流下速度の測定, 低温科学, A29, pp. 151~158, 1971. 5) 小杉ス二; 積雪中の融雪水の長脈流下速度(II), 低温科学, A31, pp. 135~142, 1973. 6) 宇布橋・高瀬他; 融雪流出に関する実験的研究, オ4回永理講演会論文集, pp. 427~434, 1984.