

北海道大学 工学部 正員 ○ 藤田睦博  
 道路公団 正員 加島哲雄  
 北海道大学 工学部 学正員 山崎 誠

緒 言

融雪に関与する熱源としては種々の要素があるが、実際の解析においては諸要素のうち気温、風速のみを用いる例が多い。もちろんこれらの2要素は、重要な因子であることは明らかであるが、一方においては容易に入手できる因子である。融雪流出の解析にあつて上記2因子のみから融雪量を推定する場合その精度が重要である。本研究では、積雪表面での融雪量、熱収支を現地で測定した結果を報告する。

1 測定の方法

測定場所としては、北大構内の農場及び金山ダム近傍で時期、測定の積雪深等をあわせてTable 1.1に示す。積雪表面における融雪量の測定については、

確定した方法があるわけではなくこゝでは北大低温研究所の資料を参考に次に示す2種類の方法を採用した。

1) 先ずFig.1に概略図を示す内径12.4cm、深さ5cmの塩化ビニール製の円筒で一方には、底蓋をつけ水密性を確める。(容器E) 他方の円筒にはビニール製の紐を接着剤でのりづけする。(容器M) 測定法は、これらの容器を予め雪中に埋めて十分に積雪の温度に近くした後積雪表面から構造をなるべく乱さないように採集した資料を入れ、Fig.1(b)に示すように積雪面と同じ高さになるよう雪中に埋める。こゝでは、白色ペイントを塗布した容器E、容器Mを各々3個ずつ用意し1時間毎に0.1gまで秤量した。この測定法を以後Method 1と呼ぶ。Method 1において単位時間毎の融雪量 $\Delta W_1$ は、次式で表わせる。

$$\Delta W_1 = (\Delta W_M - \Delta W_E) (1 - \omega) \quad (1.1)$$

こゝに  $\Delta W_M$  : 単位時間毎の容器Mの質量の減少量

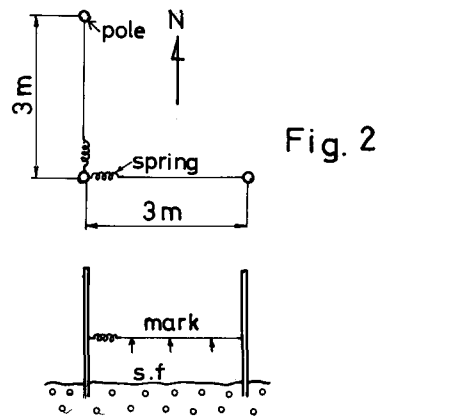
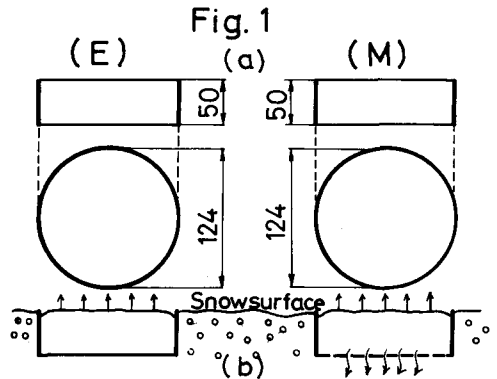
$\Delta W_E$  : " " E " "

$\omega$  : 採集した雪に当初から含まれている水量(含水率)

もう一方の測定法は、Fig.2に示すように3本のポ

Table 1.1 (昭和47年)

	時 期	標 高	積 雪 深
北大農場	3月15~18日	15m	70~60cm
金山ダム	4月7~12日	300m	52~36cm



ールを約 3 m の間隔で東西、南北方向に積雪に打込み、ポール間に糸を張る。糸がたるまないように糸の一端にはスプリングをつけた。1本の糸には3ヶ所の印をつけ、1時間毎に常にその位置で糸と雪面の鉛直距離を1mmまで測定した。この測定法を以後Method 2と呼ぶ。Method 2における単位時間毎の融雪量  $\Delta W_2$  を(1.2)式で表わす。

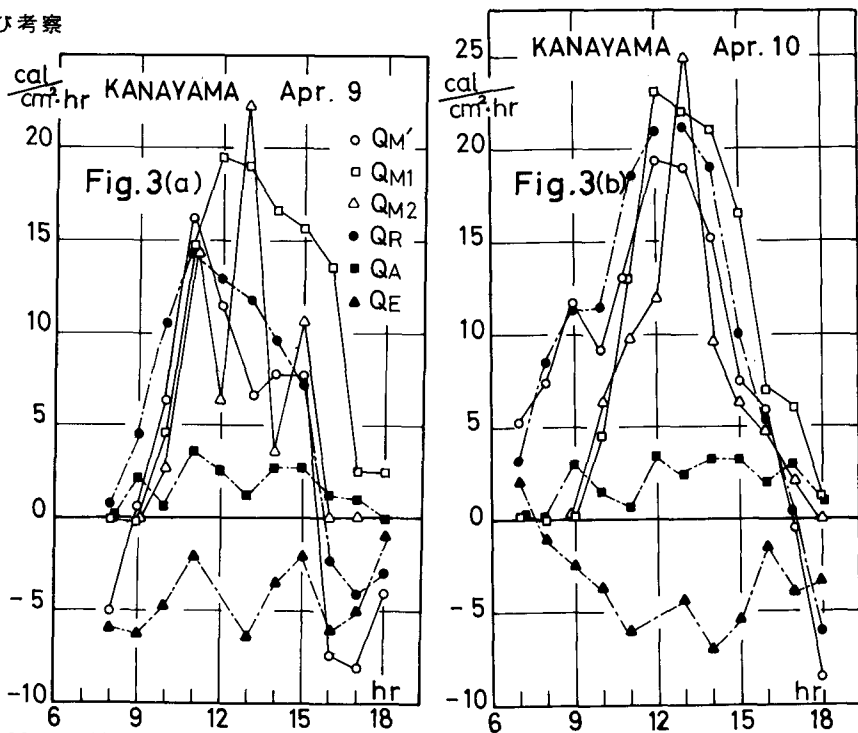
$$\Delta W_2 = \rho_s \cdot \Delta S \quad (1.2)$$

こゝに  $\Delta S$  は、雪面の沈下量、 $\rho_s$  は積雪の表層の密度である。

気象要素の測定については、正味吸収放射量を英弘精機製示差放射計(CN-1)を雪面から1mの高さに設置して雪に吸収される放射量を昼夜連続測定した。気温については、雪面上10, 30, 50, 100, 150cmの各点にサーミスタ温度計を設置し昼夜連続測定した。又雪温についても雪面より2, 5, 10, 20, 30cmの点でサーミスタ温度計で連続測定した。風速については、雪面上50, 100cmの点で中浅式風速計により、30分又は1時間毎の風程を測定してその間の平均風速を求めた。蒸発量については、Method 1の容器Eの値  $\Delta W_E$  を代用した。

## 2 観測結果及び考察

Fig. 3 (a), (b), Fig. 4 (a), (b)に金山ダムと北大構内における測定結果の一例を示す。図において  $Q_{M1}$ ,  $Q_{M2}$  はそれぞれMethod 1, 2による測定値  $\Delta W_1$ ,  $\Delta W_2$  に  $80 \text{ cal/g}$  を乗じた値である。ただし(1.1)式において  $\omega = 0$  とし、 $\Delta W_1$  を計算した。又  $Q_R$  は示差放射計より得られた正味吸収放射量を表わす。 $Q_E$  は、Method (1)における容器Eから



得られた  $\Delta W_E$  に  $600 \text{ cal/g}$  を乗じた値で蒸発熱を表わす。 $Q_A$  は大気熱伝達による熱量で、ここでは大浦<sup>1)</sup>らが金山ダム流域内幾箇地点で得た実験式(2.1)式を用いて求めたものである。

$$Q_A = 3.2 \times 10^{-3} T_{1.0} V_{1.0} \text{ cal} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{hr}^{-1} \quad (2.1)$$

$$Q'_M = Q_R + Q_A - Q_E \quad (2.2)$$

ここに,  $T_{1.0}$ ,  $V_{1.0}$  は雪面上 1 m の点における気温 ( $^{\circ}\text{C}$ ), 風速 ( $\text{cm}/\text{sec}$ ) である。 $Q_M$  は熱収支式 (2.2) 式から求めた融雪に消費される熱量である。

大気熱伝達により雪面が受ける熱量と雪面からの蒸発熱量はほぼバランスしており, (2.2) 式で求められる  $Q_M$  は,

雪面の正味吸収放射量にほぼ等しくなっている。融雪量の測定法に関しては, Method 2 の場合, 系と雪面間の鉛直距離の測定に誤差を伴いやすく Method 1 の測定法が秀れていると考えられる。したがって観測データの整理には, Method

1 の測定値のみを用いた。北大構内, 金山ダムにおける両観測結果について共通点を列挙すると,

1 雪面での融雪の開始時刻は, ほぼ一定していて 9~10 時頃である。又終了時刻は, 17~18 時頃と一定している。

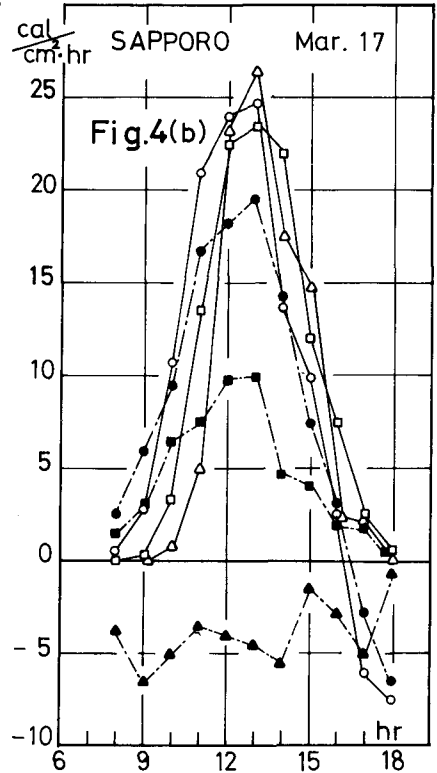
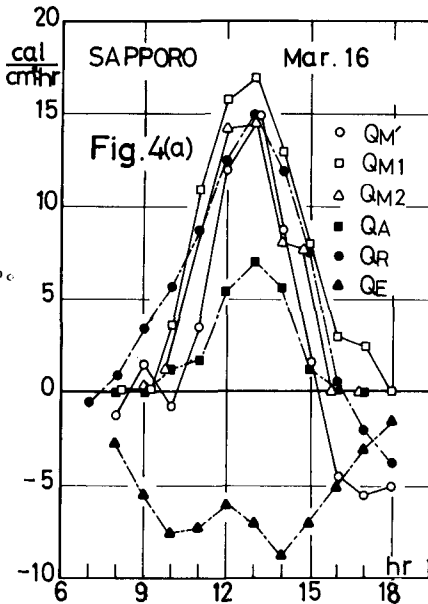
2 正味吸収放射量による融雪量はきわめて多く, 全融雪量の 80% 以上を占めている。

これらの結果と小島ら<sup>2)</sup>が 1968 年 4 月 14 日~28 日にかけて北海道雨龍地方母子里 (標高 500 m) で行なった観測値及び山元ら<sup>3)</sup>が 1963 年 3 月 15 日~22 日にかけて福井県大野市近郊 (標高 210 m) で行なった結果とも符号し, 融雪最盛期の特性を表わしているものと考えられる。従つて積雪の正味吸収放射量のみを測定してもかなりの高精度で雪面における融雪量を推定できる。しかしながら実際の解析において常に正味吸収放射量を測定するのは容易でなく, 入手可能な資料を用いる手法がとられる。一般に気温と風速の 2 因子を用いて融雪量  $W$  を  $W = (\alpha + \beta \cdot V) \cdot T$  とおいて係数  $\alpha$ ,  $\beta$  を測定値から逆算した結果を次に示す。

$$\text{金山ダム} \quad W = (0.28 + 0.012 V) T \quad (\text{mm}/\text{hr}) \quad (2.3)$$

$$\text{北大構内} \quad W = (0.35 + 0.0025 V) T \quad (\text{mm}/\text{hr})$$

ここに  $T$  は雪面上 1.5 m の気温 ( $^{\circ}\text{C}$ ),  $V$  は雪面上 1 m の風速 ( $\text{m}/\text{s}$ ) である。(2.3) 式の風速  $V$  の係数はきわめて小さく無視できる程度で, 融雪量  $W$  は気温  $T$  に比例し, 比例定数は 0.3 前後であり, 小島の式, 吉田の式<sup>4)</sup>に比べ 1 桁大きく, 丸安ら<sup>5)</sup>が流量資料から逆算して求めた値に近い。Fig. 5 (a),



(b), Fig. 6(a),(b)に金山ダム, 北大構内の測定値 $Q_{M1}$ と(2.3)式より求め $W$ の比較の一例を示す。融雪の開始, 終了の前後を除けば, 適合性は良好である。Fig. 7, 8は横軸に測定値, 縦軸に(2.3)式を用いて求めた値をプロットしたものである。測定値と(2.3)式による計算値の適合度を次の式で表わすと, ( $\sigma = |Q_{M1} - W| / Q_{M1}$ )融雪の開始, 終了時刻近傍の点を除きほぼ20%ラインに入っていることがわかる。

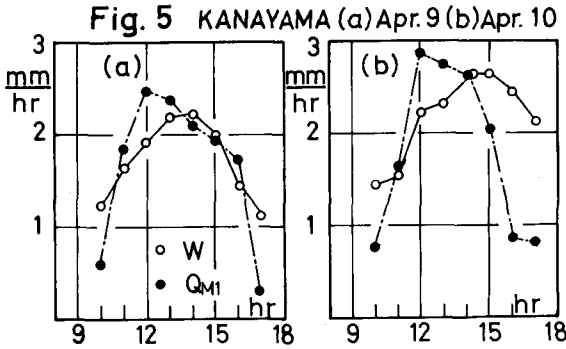
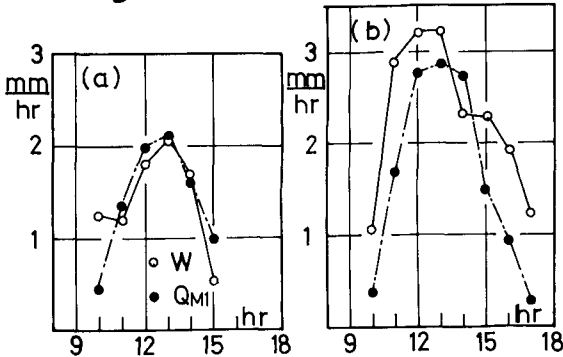


Fig. 6 SAPPORO (a)Mar.16 (b)Mar.17



結 語

本研究も含めて時期, 場所も異なる三地点の観測に

おいて, いずれも正味吸収放射熱量が, 雪面の融雪熱量のほとんどの部分を占めるということは, 注目すべき結果である。大気から伝達される熱量は, 蒸発熱量と相殺されて, 融雪に要する熱源としては第二義の意味しかもたない。ただし主な熱源である有効放射量と気温は, 線形関係が成立している従つて正味吸収放射量の資料がない場合, 気温が重要な因子であると考えられる。更にこの点について観測を積み重ね, 研究する必要がある。最後に終始御指導いただいた山岡教授に感謝します。

参考文献

- 1) 大浦浩文, 小島賢治, 小林大二, 小林俊一, 成瀬廉二, 石川信敬; 幾寅(金山ダム流域)における融雪の研究Ⅱ, 北海道大学低温研究所 所 低温科学 物理篇 第27号 昭和44年
- 2) 小島賢治, 小林大二, 小林俊一, 成瀬廉二, 石川信敬; 母子里における融雪観測資料 北海道大学低温研究所 低温科学 物理篇 第28号 資料篇 昭和45年
- 3) 山本竜三郎, 佐藤謙, 光田寧, 水間満郎; 融雪機構に関する気象学的研究, 京大防災研究年報 第7号 昭39.3
- 4) 水理公式集 P 108 土木学会編
- 5) 丸安隆和, 内田正人, 田浦秀春; 航空写真による融雪ならびに流出解析, 土木学会論文報告集 66 164 1964.4

