

II-9

定山溪ダム流域における積雪・融雪調査

(財)日本気象協会北海道本部 坂井 隆夫
 開発局石狩川開発建設部 橋本 識秀
 開発局開発土木研究所 中津川 誠

1. はじめに

融雪出水の予測はダム管理上重要なことのひとつであるが、融雪量は気温と融雪係数から算出する方法が一般的に用いられている。この方法は気温の高い時には一般に日射も強く、気温の増加とともに融雪量も増大することを根拠にしている。しかし、気温が同じであっても他の気象条件の違いにより融雪量が異なる場合があり、融雪出水の予測においては気温以外の気象要素もとり入れたモデルの確立が求められている。

このような観点から、融雪機構の把握のために気象および積雪、融雪量の観測をおこなったので、以下にその観測の概要と気温以外の気象要素を考慮した融雪モデルによる計算結果を報告する。

2. 観測システムおよび観測結果

観測は札幌市南区にある定山溪ダム流域内の流木焼却場施設内で行なった。観測項目は次の10項目である。

- | | |
|-------------------|----------------|
| (1) 温度 | (6) 放射収支量 |
| (2) 湿度 | (7) 雪温 (10ヶ所) |
| (3) 風向風速 (地上高5 m) | (8) 地温 (3ヶ所) |
| (4) 全天日射量 | (9) 積雪深 |
| (5) 反射日射量 | (10) 融雪量 (2ヶ所) |

観測システムの概要を図1に示す。

融雪量の観測は一辺1 m四方のアルミ製の柵の上に積もった雪を対象とし、隣接する雪層との間での融雪水の移動を防ぐため柵上の雪の側面境界を透明なビニールで仕切った。融雪水はロート状をした柵の中央部に接続されたパイプを通して、地中に埋められた観測ボックス内の転倒樹雨量計に流され計測される。

観測値はデータロガーにより収録したが、測定状況の監視のために電話回線でモニタリングを行った。

観測結果の経過を図2に示す。

積雪深計はフォトダイオードを用いた光学式の測器を用いたため、データは日中のみ表示されている。

雪温計センサーは地上高2 m程度まで取り付けられているが、積雪のないときには気温を測定しており図には気温の観測値を含めてそのままのせてある。

3. 融雪係数について

融雪量算定の実用的な方法として、融雪に対して最も重要な気象要素である気温に着目した気温日数 (Degree Day) 法が提案され広く利用されている。図3に積算融雪量と積算気温の経過を示したが融雪期半ば過ぎ頃から傾きが異なっている。このことは、融雪に寄与する様々な要因のウェイトが途中で変化してきていることを示している。これは次式で算出される融雪係数の経過図 (図4) においても示される。

$$f = \Sigma M / \Sigma T \quad (\text{mm}/^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}) \quad M: \text{融雪量} \quad T: \text{気温}$$

3月中旬頃から融雪が始まり、気温の低下に伴って融雪係数も小さくなることがあるが、本格的に融け出す4月上旬から下旬にかけては融雪係数が2 mm/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$ ～4 mm/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$ であり、それ以降は7 mm/ $^{\circ}\text{C} \cdot \text{day}$ 程度まで大きくなっている。このことから、融雪期間中において融雪係数は一様ではなく、融雪量の算定にあたっては気温以外の要素についても考慮する必要があるし、気温日数法を適用する場合には時期により、融雪係数を変更する必要があることがわかる。

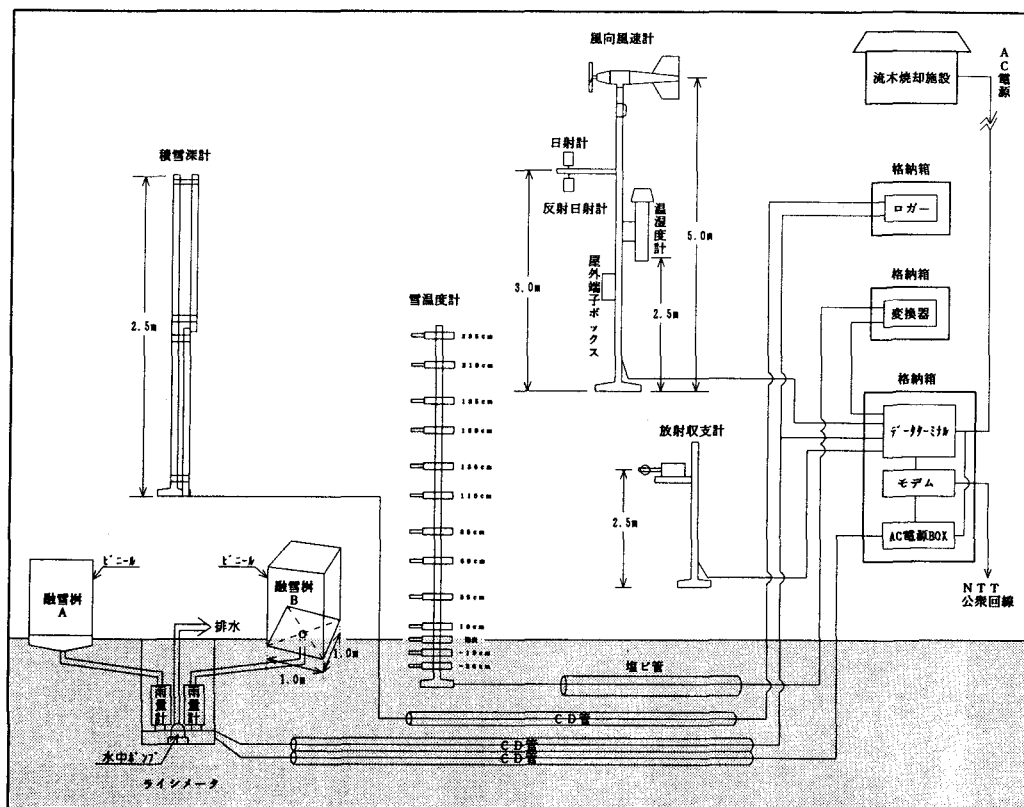


図1 定山溪融雪観測機器配置図

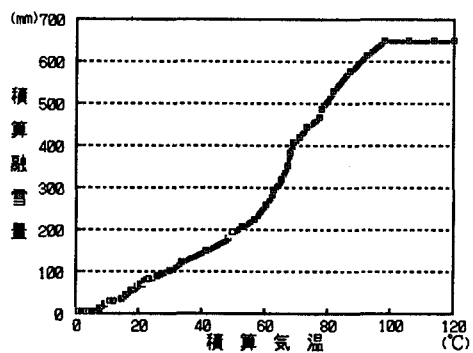


図3 融雪量と積算気温

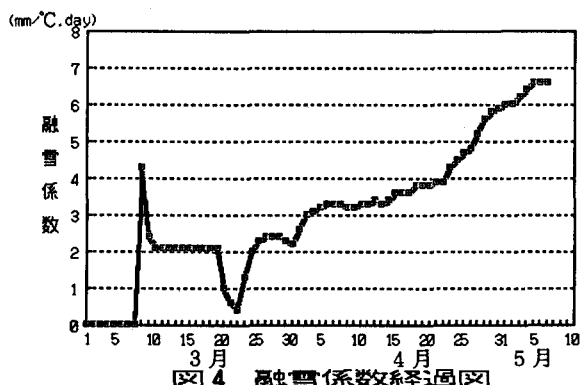


図4 融雪係数経過図

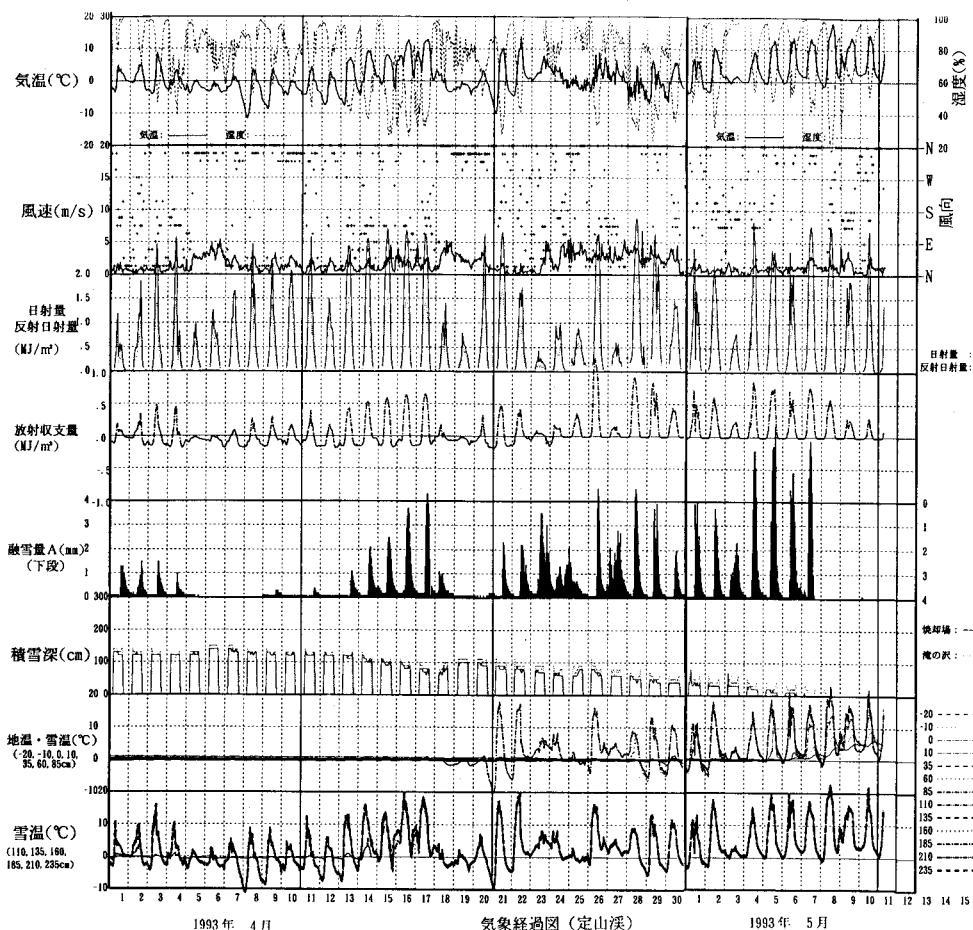


図2 気象経過図

4. 融雪モデルの検討

(1) モデルの概要

融雪に対する熱量の寄与は一般に正味放射量が60～80％、残りの大部分が顕熱と潜熱であるが、融雪に関する熱収支を考えるには積雪内の水分と積雪の温度変化を考慮しなければならない。

ここで用いたモデルは、気温以外の要素をも考慮し積雪全層の熱収支式と厚さのない積雪表面の熱収支の式を連立して、融雪量、積雪表面温度と凍結深を同時に解くものである。(Kondo and Yamazaki, 1990)

積雪全体のエネルギー保存式は次式で示される。

$$\frac{1}{2} C_s \cdot \rho_s [Z(T_o - T_s) - Z_n(T_o - T_{sn})] + W_o \cdot \rho_s \cdot l_f (Z - Z_n) + M_o \Delta t = G \Delta t$$

厚さ無限小の積雪面の熱収支は次式で示される。

$$\varepsilon (L^{\downarrow} - \sigma T_{sn}^4) - H - lE + \lambda_s \frac{T_o - T_{sn}}{Z_n} = 0$$

これらの2式から融雪量を算出する。

C_s 積雪の比熱

G 積雪層が受け取るエネルギー

H 顕熱フラックス

W_o 積雪の最大含水率

Z 凍結深

Δt 融雪モデルの時間刻み

I_E	潜熱フラックス	ε	積雪の射出率
l_f	氷の融解の潜熱	λ_s	積雪の熱伝導率
$L^{\downarrow}$	下向き大気放射量	σ	ステファン・ボルツマン定数
M_o	融雪モデルで系外に出る融雪水をつくるエネルギー	ρ_s	積雪の密度
T_s	積雪表面温度		
T_o	0℃		

(2) 計算結果

融雪モデルで計算した融雪量と実測の融雪量の比較を図5に示す。

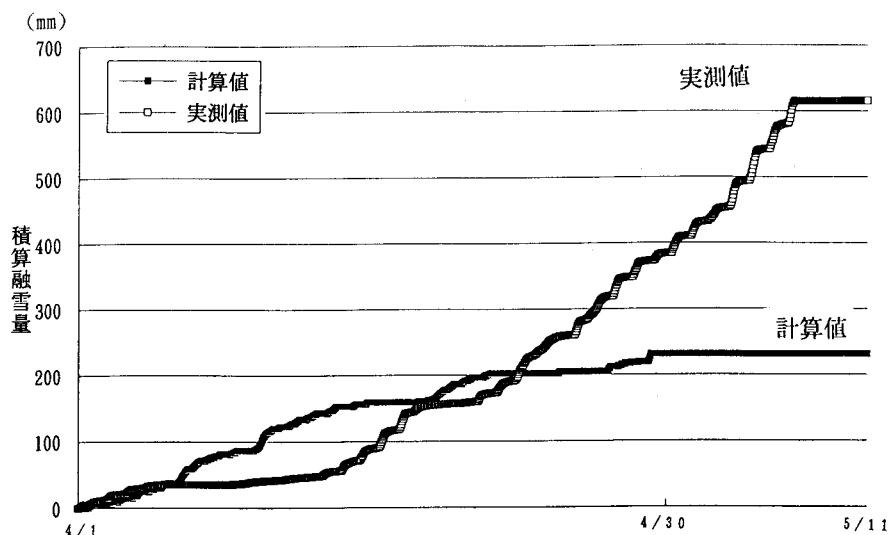


図5 積算融雪量比較図

計算値と実測値ではあまり相関が良くない。とくに融雪末期の4月下旬から5月上旬にかけてはその差が大きくなってきている。原因のひとつとしては、このモデルでは降雨の影響に対しては考慮していないためであり、降雨による融解熱、また降雨による直接流出分などで差が生じているものと考えられる。とくに4月から融雪末期までの降水量は近傍の観測値で165mmであり、しかも4月下旬から5月上旬にかけて降ることが多かったのがこのような差がついたものと考えられる。

今後はモデルのパラメータをさらに吟味し、降雨に対する影響もとこむ必要がある。

5. あとがき

精度の高い融雪出水予測を行うためには、気温以外の気象要素をとりこんだモデルを確立する必要がある。そのためには融雪機構の把握が必要であり、積雪、融雪、気象等の観測が必要となる。本観測は初年度であり、今後とも観測結果を蓄積して現象の解明を行う必要がある。

参考文献

- (1) J. Kondo and T. Yamazaki, 1990 : A prediction model for snowmelt, snow surface temperature and freezing depth using a heat balance method J. Appl. Meteor., 29, 375-384
- (2) 近藤純正、中村亘、山崎剛、1991 : 日射量および下向き大気放射量の推定. 天気, 38, 41-48
- (3) 田口文明、山崎剛、近藤純正、1993 : 積雪表面温度の推定について. 雪氷, 55
- (4) 小島賢治、本山秀明、山田芳則、1983 : 気温等単純な気象要素による融雪予測について. 低温科学、物理編、42, 101-110