

II-74 融雪流出の実験的研究(その3)

北海道大学工学部 正員・藤田睦博

北海道電力KK 正員 山崎 誠

1. まえがき

図-1に示す金山ダム流域(470Km²)内の試験流域(0.74Km²)内で実施した融雪流出の実測結果について報告する。実験の概要については既に報告している^{1),2)}ので簡単にふれ、主に融雪水の移動機構について考察する³⁾。

更にこの試験流域の実測結果を金山ダム流域全体に適用して過去の融雪流出を再現し実測値と比較した。

2. 積雪表面における融雪

図-2(a)、(b)に示すように積雪表面の融雪に要する熱量と積雪の正味吸収放射熱は、ほぼ平衡している。又融雪の開始時刻及び終了時刻は、正味吸収放射量が負から正、正から負となる時刻と対応している。このように正味吸収放射熱は、卓越する熱源と考えられるが、常に入手できるデータではなく実用的な見地から次の試験式を得た。

$$W = 0.34(T + 0.05) \quad \text{mm/hr} \quad (1)$$

ここにWは、積雪表面の融雪量、Tは気温(℃)である。(1)式によるWの計算値を図-2(b)の黒印で示す。

3. 融雪水の移動

筆者らは、積雪中の融雪水の移動をダルシー則で近似するモデルを考案してきた。ダルシー則による近似は、飽和領域内において成立するので、厳密にはColbeck⁴⁾らが指摘しているように不飽和領域と飽和領域の2つの領域に分けてその移動を考えねばならない。しかし筆者らの実験結果において、積雪の含水率は、積雪表面の融雪量の増加と共に急速に

増大し、極めて短時間内に飽和領域が形成されるものと思われる。又積雪下の土の含水率の時間変化を測定した結果、積雪表面の融雪量の時間変化と良好に対応していた。

ここでは、飽和領域と不飽和領域の2つに分けて融雪水の移動を考えるより、図-3に示すように斜面をA、B領域に分けて考える方が実際の融雪流出現象を近似しているものと思われる。

B領域において、融雪水は斜面方向にも流下するがやがて地表面に到達し、その後は地表近傍の土中を流下して河道に到る。我国の山地部は、一般に樹木で被われているので積雪層内に不透水層が形成されていても融雪水は樹木と積雪の間隙を流下して地表に到り地中に浸透するものと思われる。

一方A領域は、河道近傍の領域で、融雪水は斜面方向に流下して河道に到る。A領域は、斜面全体からみるとわずかな部分だが、積雪表面の融雪量が最大で無視できない。両領域ともDarcy則が成立し、融雪水の垂直方向の流下時間は無視できるものとする。実験でA、B領域を定量的に測定できなかったの

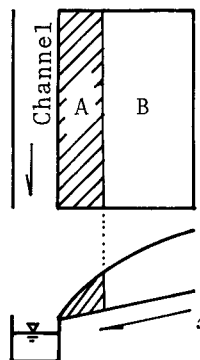


Fig. 3

で次のようにした。

$$\gamma_A \frac{\partial H_A}{\partial t} + \kappa_A \sin \theta \frac{\partial H_A}{\partial x} = R_A \quad (2)$$

$$\gamma_B \frac{\partial H_B}{\partial t} + \kappa_B \sin \theta \frac{\partial H_B}{\partial x} = R_B \quad (3)$$

$$R_A = \alpha \cdot W, \quad R_B = (1-\alpha)W \quad (4)$$

(2),(3)式は、拡散項を無視した式で、 γ , κ , $\sin \theta$ は、有効空隙率、透水係数、斜面勾配で、添字はそれぞれの領域の平均値を示す。(5)式は、積雪表面における融雪量Wの100%が

積雪中を流下して河道に到り、残りが土中を流下して河道に到ることを示す。 α の値については、 $\alpha=0.2$ として計算した。(2),(3)式の各係数は、実測結果より表-1の値を使用した。計算結果を図-2 (C)に示す。図においてComputed 1は、実測の積雪表面における融雪量を用いた場合で、Computed 2は、(1)式より融雪量を求めた時の結果である。

Table - 1

	A	B
κ	$\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ 2.0	$\frac{\text{cm}}{\text{s}}$ 0.2
γ	0.7	0.4

(1)式によるWの推定誤差が大きい4月15, 16の両日の計算流出量は、実測値との差が大きい気温のみから融雪流出量を推定する際に避けることのできない誤差である。ここでは、 $\alpha=0.2$ として計算したが α の値については試行錯誤的に求めた結果で今後吟味したい。

4. 金山ダム流域における融雪流出の推定

金山ダム流域を各支川毎に71の小流域に分割して、各小流域に(2)～(4)式を適用した。又融雪量の算定は、 $0.6^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ の気温の低減率を用いて(1)式より各標高毎にWを求めた。(5)式で示す各小流域の到達時間を求めて小流域の流出量を合成してダム地点の流量を求めた。

$$t_g = 0.27L^{0.7} \quad t_g ; \text{到達時間 (hr)} \\ L ; \text{河道長 (Km)} \quad (5)$$

試験流域における地温による融雪量の実測値は、 $0.01\text{m}^3/\text{sec}$ でこの結果を金山ダム流域全体に延長して、基底流量を $8\text{m}^3/\text{sec}$ とした。計算結果の例を図-4に示す。なお降雨がある場合には、降雨量を融雪量Wに加えた。図において後半に流量の日変化が実測値とずれているのは、初期条件として与える積雪水量の推定誤差が影響しているものと思われる。

参考文献

- 1) 藤田；融雪流出に関する実験的研究，北海道大学工学部研究報告，Vol. 48，昭和49年
- 2) 藤田，山崎；融雪流出の実験的研究（その2），第28回土木学会年次学術講演会講演集，昭和48年
- 3) 藤田，山崎；小流域における融雪流出の実験ならびに解析，土木学会北海道支部論文報告集，Vol. 30，昭和49年
- 4) 藤田，山岡；金山ダムにおける降雨及び融雪流出，北大 I. H. D. 研究グループ報告集，昭和47年
- 5) 藤田，加島，山岡；融雪流出の解析について，第8回災害科学総合シンポジウム講演概要，昭和46年
- 6) S. C. Colbeck；Water Flow Through Snow overlying an Impermeable Boundary, Water Resources Research, Vol. 10, No 1, 1974
- 7) 丸安，内田，田浦；航空写真による融雪流出ならびに流出解析，土木学会論文報告集，No 164，昭和39年

