

東京工業大学 正会員 日 野 幹雄

" 長谷部 正彦

前田建設 " 野 田 賢治

要 旨

融雪時における河川からの流出量は、利水上重要な水資源である。融雪の要因として、気温、地熱、日射熱等があげられるが、従来の研究では気温と主要因としたデグリティ法により融雪量が推定されている。本研究ではデグリティ法の積算気温と融雪量の関係の説明しえながら、大部分（この解析のなかで）を雪線付近の気温とそれに残雪量を考慮することにより説明し、また、この流出解析により河川流域の融雪流出機構を巨視的に調べることが目的とする。

1 観測資料の水文特性

観測資料は、降水量（降雨・降雪）、流出量、気温（最高、最低）及び面積高度曲線⁽¹⁾である。解析例は、1979年（No.1）、1974年（No.2）、1972年（No.3）、1975年（No.4）の4例であり、また解析期間は、降雪の始まる前年の11月から融雪が終るであろうと思われる6月までとした。この解析期間の総降水量、総流出量、流出率と総降雪量、総降雨量（降水量の降雨と降雪の区別は、積雪・気象・流量調査資料⁽²⁾による）を表1に示す。また、図1には、降雨量、降雨量のハイトグラフと流出量のハイドログラフを示す。表1から、No.1、No.3は、降雨量、降雪量、流出量が近い値となっており、No.2、No.4は、これらに比べて流出量、降雪量が多い。また、No.2、No.4は、降水量、流出量がほぼ同じであるが降雨量の降水量に対する割合は、17%、31%とかなり異なる。このように異なるタイプの年について解析した。

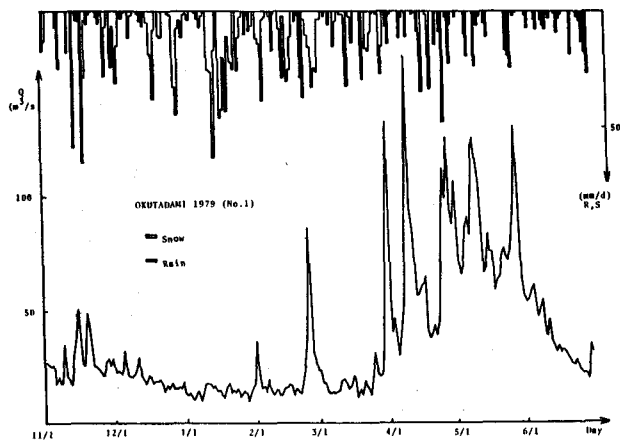


図-1

2 凍結線と雪線

融雪区域は、凍結線と雪線の間である。凍結線(H_f)は、観測所の標高(H_0)、観測所の最高気温(T_0)_{max}とすれば次式で求まる。

$$H_f = H_0 + (T_0)_{\max} / \delta \quad \text{----- (1)}$$

ここに、 δ は高度差による気温変化率であり一般に $\delta = 0.6^\circ\text{C}/100\text{m}$ である。次に雪線高を求める。雪線高は直接与えられていないので、Landsat データによる1979年の積雪面積が既知⁽¹⁾の z で、この積雪面積を参考とし、与えられている観測所の日最低気温($T_{\min}$)から次式で雪線高(H_{SN})を求める。

$$H_{\text{SN}} = 108 T_{\min} + H_0 \quad \text{----- (2)}$$

このことは、雪線付近では、気温の変化率が100mにつき約 0.9°C 下がることになる。このように、凍結線と雪線が求まったので、これらと面積高度曲線により融雪期間の融雪面積が求まる。

	降雨量 (m^3/s)	降雪量 (m^3/s)	降水量 (m^3/s)	流出量 (m^3/s)	流出率 f
No.1	3584	6844	10058	9267	0.921
No.2	2196	1015	12811	11628	0.908
No.3	3604	6686	10290	9395	0.913
No.4	3961	2738	12699	11471	0.903

表-1

3 融雪区域における平均気温の推定

観測所と最頂上(標高2346m)の高度差による気温差を考えると直接観測所の気温の生データを使うことができないので、融雪区域の平均気温を推定する必要がある。さて、融雪は、0°C以上の気温についての平均を求めればよい(図2)。また、融雪区域の任意の高度H, $\delta = 0.6^\circ\text{C}/100\text{m}$ とすると高度Hにおける平均気温Tは次式で求まる。

$$\bar{T} = \frac{\{(T_o)_{\max} - \frac{0.6}{100}H\}^2}{2\{(T_o)_{\max} - (T_o)_{\min}\}} \quad (3)$$

4 デグリティと融雪量の関係

雪線での平均気温を各洪水期間について累加した積算気温と同期間の融雪量(QSN)と比較したものを図4に示す。図より各年について積算気温が大きくなるほど融雪量が大きくなる傾向にあるが比例関係にあるかどうかは判断しにくく、かつ各年ごとに積算気温が近い値であっても融雪量は、かなり違う値を示している。このようにデグリティ法での融雪量は、融雪した量がすぐに流出して流出量となるために図のようにばらつきがあると考えられる。実際には、融雪が起り、その融雪水の一部は積雪層に浸透し再び凍結すると考えられる。そこで、図3に雪線高と雪線の平均気温の関係を示す。

5 積算気温と融雪量と残雪量との比の関係について

いままでのことから、図5のような融雪流出機構を考えた。図から融雪量は、次式で推定される。

$$\begin{aligned} Q_{SN} &= \int_{T_{SN}} \frac{dA}{dH} \times h = \int_{T_{SN}} \frac{\Delta SN}{A} \times \frac{dA}{dH} \\ &= \int_{T_{SN}} \Delta SN \cdot \frac{d \ln A}{dH} \div \int_{T_{SN}} \Delta SN \quad (4) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{== 1,} \quad & \left. \begin{aligned} h &= \Delta SN / A \\ \ln A &= \alpha H \end{aligned} \right\} \quad (5) \end{aligned}$$

ΔSN : 残雪量, T_{SN} : 雪線での平均気温, A: 積雪面積, h: 平均積雪深, H: 標高。

(4)式から標高と積雪面積が対数関係にあれば、融雪量は積算気温と残雪量の積に比例する。このような考えのもとに Q_{SN} と ΔSN の比と雪線の積算気温との関係を図6に示す。相関係数が $r = 0.972$ で相関が高いことが示された。

結論

融雪時の流出解析には、残雪量と雪線付近の平均気温の積算気温を考えたことにより融雪量が正しく見積もられることが示された。また、融雪の流出は、雪線付近で起きていることが推定された。今後は、解析例をふやして融雪時の流出機構を詳細に検討していきたい。

参考文献

- (1) 武田・高橋: Landsat 雪線情報と積算暖度法による流域最大積雪水量水量算定に関する研究, 工本学会論文報告集, 7月, 1981
- (2) 電源開発株式会社: 只見地域, 積雪・気象・流量調査資料
- (3) 境: 河川の融雪流出に関する研究, 工本学会論文集, 第95号, 7月, 1961

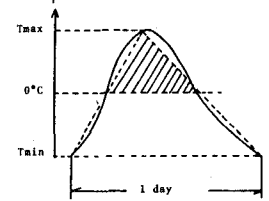


図-2

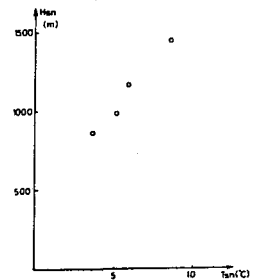


図-3

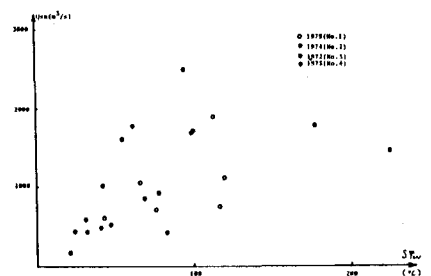


図-4

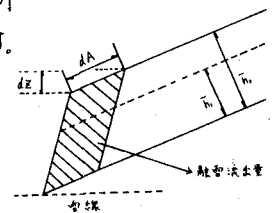


図-5

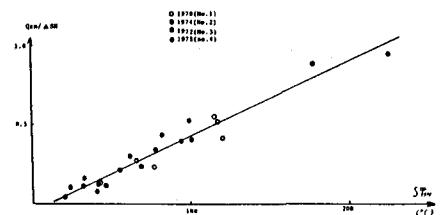


図-6