

融雪時の河川の流出機構の研究

A Study of Runoff Mechanism for the Period of Snow-Melting

東京工業大学 正会員 日 野 幹 雄

東京工業大学 正会員 長谷部 正 彦

前 田 建 設 正会員 野 田 賢 治

要 旨

積雪地河川の春季の融雪出水は、発電その他公共用水の供給源となるので利水上の見地からみても極めて重要な問題となっている。融雪出水の解析法は、熱収支に基づく方法と経験的方法である気温日数法(degree-day)に大別される。気温日数法とは、融雪の原因となる因子を気温に代表させて融雪量を算定する方法である。本論文では、degree day法による融雪量の計算が十分でなかったことを示し、融雪流出機構は、雪線付近の気温と残雪量によると考えて、新たに融雪量は、雪線付近の気温と残雪量から求まることを提案した。

1. 観測データ

解析の対象とした流域は、奥只見ダムの集水域である只見川上流域(流域面積 $A=425.4\text{ km}^2$)である。水文資料としては、奥只見地点における降雪量と降雨量を含んでいる降水量(日単位)、流出量、最高気温最低気温⁽¹⁾、およびランドサットから求められた面積高度曲線⁽²⁾が得られている。解析期間は、降雪の始まる前年の11月から融雪が終る6月までの8ヶ月である。解析年は、1979年(No.1)である。図-1に流出量のハイドログラフと降水量を降雪量と降雨量に区別してそれぞれのハイトグラフを示す。

2. 降水量の降雪量と降雨量の区別

降水量の降雪量と降雨量の区別は、現地観測(奥只見地点)により得られた積雪・気象・流量調査資料の気象、積雪深データによる。例えば、降水があつて、天候が雪で積雪深が前日に比らべて増えていると、その日の降水量は、降雪量とした。

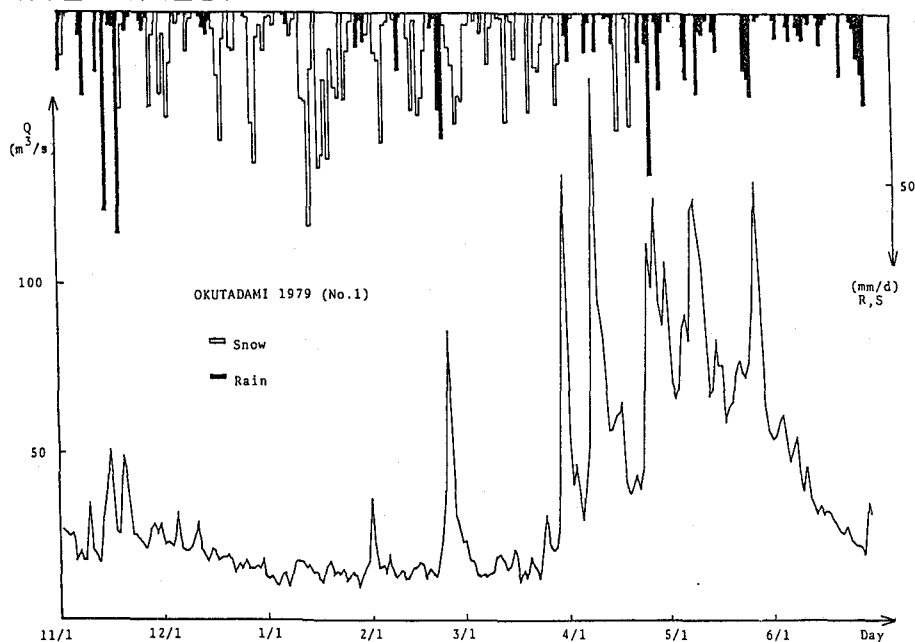


図-1

3. 凍結線および雪線と気温の関係

(1) 凍結線と最高気温

融雪は、凍結線と雪線との間の区域で生じ、凍結線 (H_F) は、次式で与えられる。

$$H_F = H_0 + (T_0)_{\max} / r \quad \dots\dots\dots (1)$$

ここに、 H_0 は観測所の標高 (782 m)、 $(T_0)_{\max}$ は、観測所の最高気温、 r は、気温減率。
 r は、実際の大気では、 $0.6^\circ\text{C}/100\text{m}$ であり、乾燥状態での大気では、 $1^\circ\text{C}/100\text{m}$ である。

(2) 雪線と最低気温

本研究で与えられた雪線高さの資料は、ランドサットデータにより求められたものである。No.1 の雪線と最低気温の関係を求める。

日々の気温変化は大きいので、そのばらつきを平滑化するために観測所の日最低気温 $(T_0)_{\min}$ の累加曲線を指数近似して求める。その結果、日最低気温 $T'_{\min}$ と雪線高度 (H_{SN}) は、次式で求まる。

$$H_{SN} = H_0 + 108 T'_{\min} \quad \dots\dots\dots (2)$$

上式によると雪線付近の気温減率は、 $r = 0.93^\circ\text{C}/100\text{m}$ になっている。

(3) 融雪区域における気温

高度により気温が異なることと、一地点の気温が日変化することを考慮して、観測所の気温の生データから、任意の高度 H の融雪区域の気温を次式により求める。

$$T = \frac{\{(T_0)_{\max} - \frac{r}{100} H\}^2}{2 \{(T_0)_{\max} - (T_0)_{\min}\}} \quad \dots\dots\dots (3)$$

ここに、 $(T_0)_{\max}$ 、 $(T_0)_{\min}$ は、観測所の最高気温、最低気温、 r は、気温減率、 H は、高度

4. Degree day と融雪量

融雪量と上記で求めた雪線付近の気温の積算気温との関係を図-2 に示す。

図より、積算気温が大きくなるにつれて融雪量が増加していく傾向にあるが、融雪量と積算気温が比例関

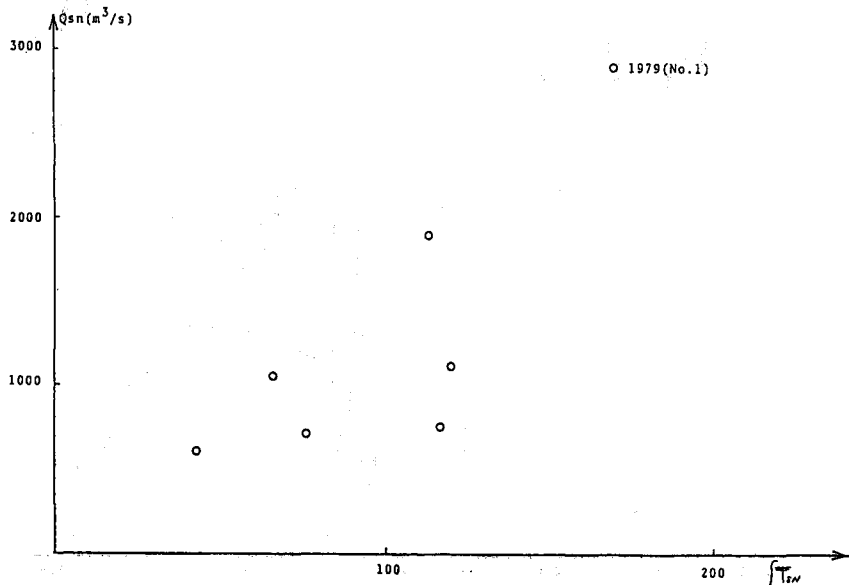


図-2

係にあるかどうか判断しにくい。このようなばらつきの原因としては、雪線より高い高度では、融けた水がすぐに流出量にはならず、一部の融雪水は、積雪層に浸透し再び凍結すると考えられる。

また、J. Martinec⁽³⁾によれば、デグリディ法のデグリディ係数は、積雪の密度の関数であるということを指摘している。

5. 融雪の流出機構

今、融雪水は、積雪地域と非積雪地域の境界線すなわち雪線で融雪すると考える。

積雪微小面積 dA 、その標高差 dZ とする。残雪量 (ΔSN) を積雪面積 (A) で割ると平均積雪深 (h) は、次式により求まる。

$$h = \Delta SN / A \dots\dots\dots (4)$$

次に、雪線の積算気温を $\int \bar{T}_{SN}$ とする。ただし、 $\bar{T}_{SN}$ は雪線の気温である。この時、融雪量 (Q_{SN}) は、次式で求まる。

$$Q_{SN} = \int \bar{T}_{SN} \times \frac{dA}{dZ} \times h \dots\dots\dots (5)$$

(4) 式、(5) 式より融雪量 (Q_{SN}) は、(6) 式となる。

$$\begin{aligned} Q_{SN} &= \int \bar{T}_{SN} \cdot \frac{dA}{dZ} \cdot \frac{\Delta SN}{A} \\ &= \alpha \cdot \Delta SN \cdot \int \bar{T}_{SN} \dots\dots\dots (6) \end{aligned}$$

ここに、 α は、定数である。ただし、 α が定数であるためには、標高と積雪面積が対数関係になればならない。

標高と積雪面積が対数関係にあれば、融雪量は (6) 式で求まる。(6) 式の融雪機構を検証するために、融雪量 (Q_{SN})、残雪量 (ΔSN) と雪線付近での積算気温の関係を求め、図-3 に整理した。その結果、(6) 式の関係を非常によく表わしていることがわかる。

○ 1979(No.1)

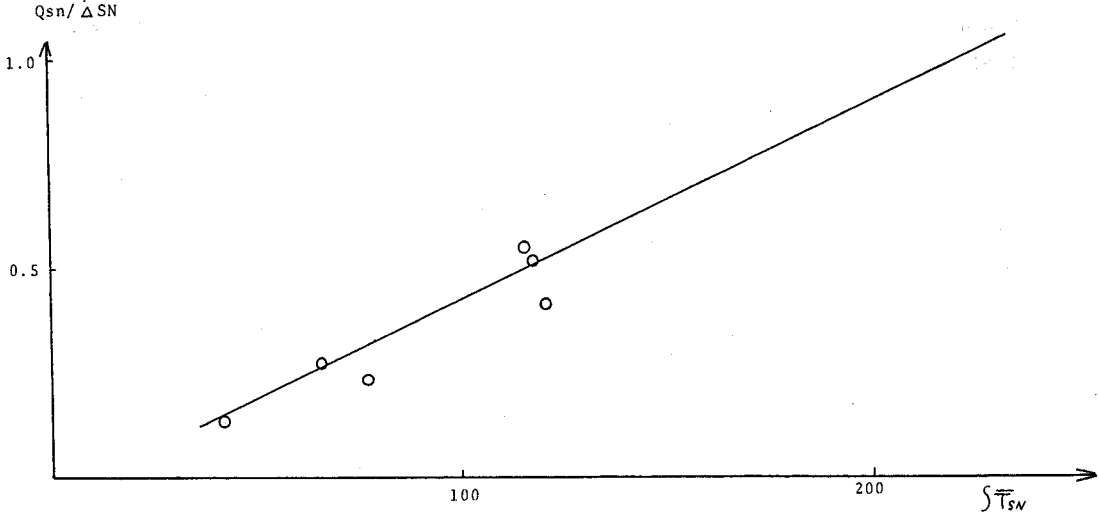


図-3

結 論

融雪量と雪線付近の気温による degree day の関係を調べたが、比例関係には表わされなかった。この結果、デグリディ法により融雪量を求めると不十分な場合もあることが示された。新たに、雪線付近の気温、残雪量を考慮することにより、融雪量を求める式が提案された。

この式から、融雪は雪線付近で起きて、そのときの融雪量は、雪線での積算気温と残雪量の積に比例することがわかった。

水津・山田・若浜は、札幌の手稲山（標高約 1,000 m）の融雪は、高度に無関係であることを指摘している。このことは、本論文での融雪機構と異なっているように思えるが、この異なる理由としては、標高の違い（奥只見では、約 2,300 m）か、あるいは、北海道の雪質と本州（この場合は奥只見流域）の雪質との違いによると考えられるが、この点については今後、検討していく必要がある。

謝 辞

貴重な資料を提供してくれた電源開発株式会社の土木部設計室の藤野浩一氏、黒田重徳氏、並びに土木設計室の皆様にご心から感謝の意を表します。また、本研究は、自然災害特別研究（1）「豪雪地帯における融雪洪水の予測と制御」（研究代表者・東京工業大学・日野幹雄）の補助を受けた。

参 考 文 献

- (1) 電源開発株式会社：奥只見地域、積雪・気象・流量調査資料、1980年、3月
- (2) 武田要・高橋裕：LANDSAT 雪線情報と積算暖度法による流域最大積雪水量算定に関する研究、土木学会論文報告集、第 311 号、1981 年、7 月
- (3) 境 隆雄：河川の融雪流出に関する研究、土木学会論文集、第 95 号、1963 年、7 月
- (4) J. MARTINEC : Snow melt-Runoff Model for Stream Flow Forecasts : Nordic Hydrology, 6, 1975
- (5) 高瀬信忠：河川水文学、森北出版、1978
- (6) 水津重雄・山田知充・若浜五郎：手稲山における積雪の堆積と雪質の変化、低温科学、物理篇、第 37 輯、昭和 53 年
- (7) 日野幹雄・長谷部正彦・野田賢治：融雪時における河川の融雪流出機構の研究、第 37 回年講、1982
- (8) 日野幹雄・長谷部正彦・野田賢治：融雪出水の予測法、第 19 回自然災害科学総合シンポジウム、1982