

II-28 融雪量の算定式について

宇都宮大学 学生員 田 辺 睦
宇都宮大学 正会員 長谷部 正 彦

1. はじめに

豪雪地方において春の雪解けは大変重要な問題となっている。治水、利水あるいは融雪洪水などに大きな影響がある。河川水文学における入力には主に降雨であるが、雪国においてはそれが雪にとって変わる。融雪の場合の降雨-流出系のシステムは、自然条件、つまり気象条件や地形などによって大きく左右される。融雪流出解析の手法はいくつか提案されているが、様々な融雪因子を考えた熱収支法での解析を実流域に適用するのは、データ入手の点などで困難な点が多く、気温のみを代表させて融雪量を算定しようという、気温日数法が提案されている。本論文では、特にこの気温日数法に注目して、さらに気温以外の融雪因子(残雪量・気温減率)を考慮した、より物理的な融雪流出モデルを提案する。

2. 融雪流出モデル

融雪水は、積雪地帯と非積雪地帯の境界線、すなわち雪線付近で生じると考え、微小融雪面積 dA 、その高度差を dH とし、残雪量(ΔSN)と気温減率(γ)を含めたモデルを図-1に示す。図中の各諸元を以下に述べる。

$T = 0$: 凍結線気温、その日の日最高気温が 0°C である地点を連ねた線での気温。

$T = \bar{T}_{SN}$: 雪線平均気温、積雪地帯と非積雪地帯の境界線での平均気温。

h : 平均積雪深、残雪量(ΔSN)を下式と定義したとき

$$\Delta SN = (\text{t日までの総降水量}) - (\text{t日までの総流出量}) = \int_0^t f \cdot R dt - \int_0^t Q dt \quad \text{-----} \quad (1)$$

(f : 流出率、この流出率は降雨量と流出量とから求めたもの) 次式で表せるとしたもの。

$$h = \Delta SN / A \cos \theta \quad \text{-----} \quad (2)$$

ΔT : 微小融雪高度 ΔH における雪線での平均気温との温度差。

θ : 斜面勾配、 γ : 気温減率、 c : 比例定数 である。

以上から、まず凍結線高度 H_F 、雪線高度 H_{SN} を求めると次式となる。

$$H_F = H_0 + (T_0)_{\max} / \gamma \quad \text{-----} \quad (3)$$

$$H_{SN} = H_0 + (T_0)_{\min} / \gamma \quad \text{-----} \quad (4)$$

ここに、 H_0 : 観測所の標高、 $(T_0)_{\max}$; $(T_0)_{\min}$: 観測所の最高および最低気温である。式(3)、(4)より、融雪可能領域の高度間隔 $H_F - H_{SN}$ は、次式で表せる。

$$H_F - H_{SN} = \{ (T_0)_{\max} - (T_0)_{\min} \} / \gamma \quad \text{-----} \quad (5)$$

次に、融雪は雪線付近の微小高度において生ずると仮定することから、積算気温は雪線での平均気温を用いると式(5)は以下のように書き直せる。

$$H_F - H_{SN} = 2 \bar{T}_{SN} / \gamma \quad \text{----} \quad (6)$$

つまり上式は、ある高度差が雪線での平均気温で表せるものと考えれば、融雪が雪線付近の微小融雪高度において生ずるという ΔH も雪線での平均気温で表せる。

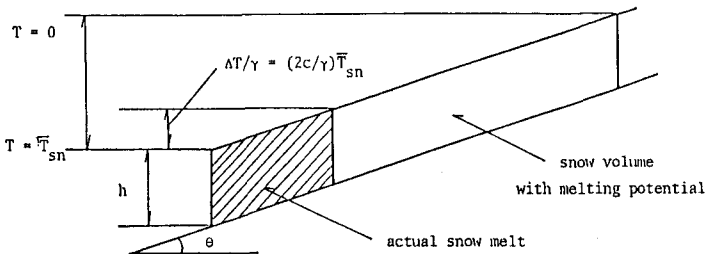


図-1 融雪流出モデル

$$\Delta H = 2 c \bar{T}_{SN} / \gamma \quad \text{----- (7)}$$

ここで、 c は前出の比例定数である。

さて、以上のような諸量を用いて融雪量を表すと下式のようなになる。

$$\begin{aligned} Q_{SN} &= \Sigma \frac{-2C}{\gamma} \bar{T}_{SN} \frac{dA \cos \theta}{dH} \frac{\Delta SN}{A \cos \theta} \\ &= \frac{b}{\gamma} \Sigma \bar{T}_{SN} \frac{dA}{A} \Delta SN \frac{1}{dH} \\ &= \frac{b}{\gamma} \frac{d(\ln A)}{dH} \Sigma \bar{T}_{SN} \Delta SN \\ &= \beta \Delta SN \Sigma \bar{T}_{SN} \quad \text{----- (8)} \\ \beta &= \frac{b}{\gamma} \frac{d(\ln A)}{dH} \end{aligned}$$

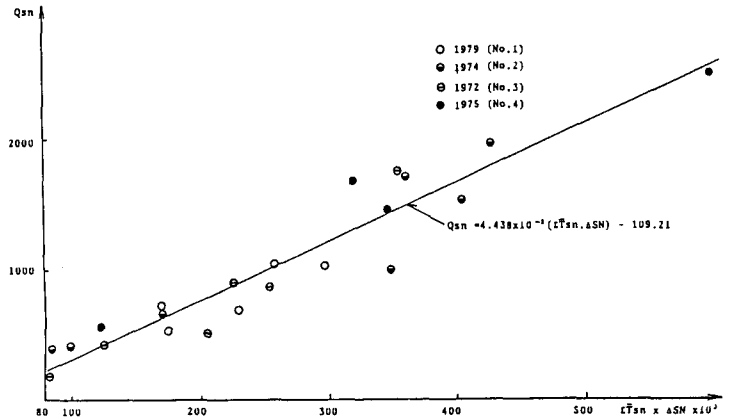


図-2 Q_{SN} と $\Sigma \bar{T}_{SN} \cdot \Delta SN$ の関係

ここで、 b は dA/dH が負であることを含めて定数 $-2c$ とする。また、 $d(\ln A)/dH$ の標高と積雪面積の関係が直線になれば、 β も定数となる。式(8)の $\beta \cdot \Delta SN$ を気温日数法の気温日融雪率に対応するものと考えれば、融雪量は、残雪量と雪線での平均気温の積に比例して求まることがわかる。式(8)の融雪量と残雪量・雪線での平均気温の積算値の関係を示したのが図-2である。この図より、両者の間には非常によい相関があることがわかる（このときの相関係数 $r = 0.950$ であった）。

次に、図-2で求めた直線の回帰係数から ΔH と $H_F - H_{SN}$ との関係求めたのが図-3である。この図は、融解可能領域の高度 $H_F - H_{SN}$ に比べて雪線付近の微小な高度 ΔH が非常に小さいことを示しており、このことは、融雪は雪線付近で生じていることを示している。

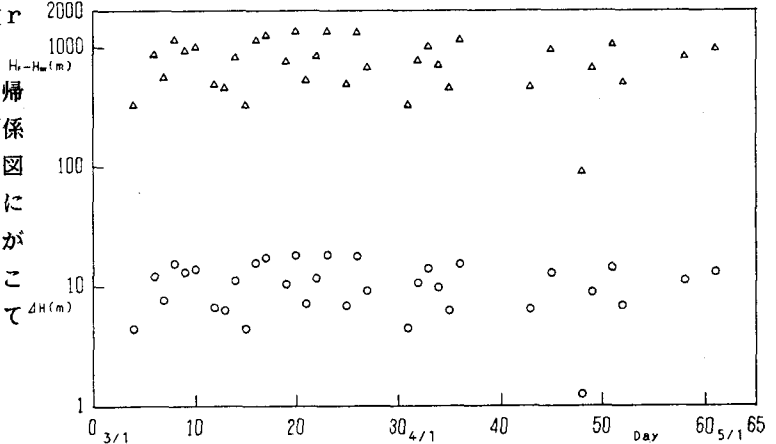


図-3 ΔH と $H_F - H_{SN}$ との関係

3. まとめ

これまでの気温日数法は、融雪量

は気温日融雪率、積算気温、流域面積より求める面的な捉え方をしてきたが、日本のような小流域で、かつ複雑な地形においては、これまでの気温日数法をそのまま適用すると、気温日融雪率がばらついてあまり好ましくない。本論文では、それらの問題点を検討し、新たに融雪量は、残雪量と雪線での平均気温の積算値に比例するという空間的な捉え方をした解析を行ない、さらに気温減率を含めたモデルより、融雪は雪線付近の微小高度において生じるという考え方の検討を行った。

参考文献

- 1) 日野幹雄・長谷部正彦・野田賢治：雪線高度の気温、残雪量を考慮した融雪量の算定式について，土木学会論文報告集，第338号，1983年10月。
- 2) 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。
- 3) 木下誠一：雪の話、水の話，丸善出版