

宇都宮大学工学部 学生員 田 辺 睦
宇都宮大学工学部 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大きな影響がある。河川水文学における入力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。降雨-流出系のシステムと異なって、降雪-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、積雪地域と非積雪地域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。

$T=T_{sn}$: 雪線平均気温, 積雪地域と非積雪地域の境界線での気温。

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) 次式で表せるとしたものの。

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

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。雪線の平均気温は、図-2に示すような 0°C 以上の気温の積算値を1日の単位で割った値から導く。 $\bar{T}$: 任意高度の平均気温、 $T_{\max}$; $T_{\min}$: 任意高度の最高および最低気温とすると、三角形の相似条件より平均気温を求める式は次式となる。

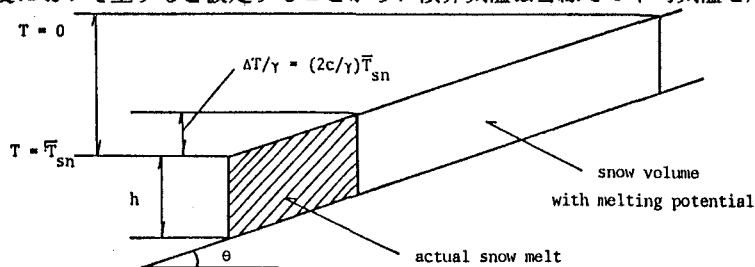


図-1 融雪流出モデル

$$\bar{T} = \frac{T_{\max}^2}{2(T_{\max} - T_{\min})} \quad \text{----- (6)}$$

また、雪線での最高および最低気温を観測所での最高および最低気温を用いて表し、これと式(4)、(6)より雪線の平均気温は次式となる。

$$\bar{T}_{sn} = \frac{(T_0)_{\max} - (T_0)_{\min}}{2} \quad \text{----- (7)}$$

この平均気温を用いて式(5)を書き直すと、

$$H_f - H_{sn} = 2 \bar{T}_{sn} / \gamma \quad \text{----- (8)}$$

となる。従って、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ふ ΔH も、雪線での平均気温で表せる。

$$\Delta H = 2 c \bar{T}_{sn} / \gamma \quad \text{----- (9)}$$

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、

$$Q_{sn} = \Sigma \Delta H \frac{dA \cos \theta}{dH} h$$

となる。ここに、 Q_{sn} ：融雪量である。上式に、式(2)、(9)を代入してまとめると下式のようになる。

$$\begin{aligned} Q_{sn} &= \Sigma \frac{-2C}{\gamma} \bar{T}_{sn} \frac{dA \cos \theta}{dH} \frac{\Delta SN}{A \cos \theta} = \frac{b}{\gamma} \Sigma \bar{T}_{sn} \frac{dA}{A} \Delta SN \frac{1}{dH} \\ &= \frac{b}{\gamma} \frac{d(\ln A)}{dH} \Sigma \bar{T}_{sn} \Delta SN = \beta \Delta SN \Sigma \bar{T}_{sn} \quad \text{----- (10)} \end{aligned}$$

$$\beta = \frac{b}{\gamma} \frac{d(\ln A)}{dH}$$

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(10)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。

3. あとがき

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とらえ方をしてきたが、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とらえ方をした解析を行った。

今後の検討としては、この提案式の各定数の有意性を考え、他の流域の実データなどを用いて、以上提案した融雪流出モデルの有効性を検討することにある。

講演時に計算例を具体的に示す。

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. 10, pp 89 - pp 96.
- 2) 日野 幹雄・長谷部 正彦：水文流出解析，森北出版。

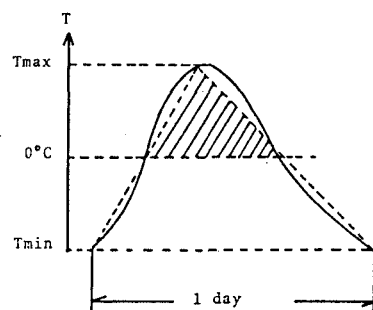


図-2 積算気温