

III-21 Degree-hour Factor による 融雪流出量の算定について

室蘭工業大学 正員 境 隆 雄

河川の融雪流出は、治水上あるいは利水上基本的な問題の一つである。然るに融雪の原因には多くの要素があり、これらの諸要素から理論的に融雪量を算定する研究もすでに行われてはいるが、これを実際の河川流域に適用して流出量を算定することは困難である。実用的な方法としては、Degree-day factor による方法があるが、これを更に進めて、より合理的な Degree-hour factor による方法と考察したので提案する。

この方法は融雪の主たる原因として毎日の 0°C 以上の積算気温をとるものであつて、これは自記温度計のあるところではその記録から求められるが、軽易な観測所では毎日の最高および最低気温を記録するのみであるから、直ちには求められない。著者はこれを次の如くにして求めた。

先づ気温の日変化を次式であらわす。

$$T = Cte^{-\alpha t^2} \dots\dots\dots (1)$$

ここに T は最低気温を基準とする気温($^{\circ}\text{C}$)、 t は最低気温時を起算とする時間、 C および α は常数である。そこで融雪期における最低気温時と最高気温時との時差を τ 時間として、境界条件より常数の數値を求め、気温の日較差を ΔT とすれば、次式を得る。(圖-1)

$$T = 0.2355 \Delta T e^{-\frac{t^2}{98}} \dots\dots\dots (2)$$

今最低気温を T_1 、最高気温を T_2 とすれば、 $\Delta T = T_2 - T_1$ であり、気温が 0°C となる時刻を t_1 および t_2 とすれば、これらの時刻は $T_2/\Delta T$ の比によつてきまるから、 t_1 から t_2 まで T を積分すれば、積算気温 D (Degree-hour)が求められる。即ち

$$\left. \begin{aligned} m &= T_2/\Delta T \\ C &= k \Delta T \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (3) \quad \text{とおけば}$$

$$\begin{aligned} D &= \int_{t_1}^{t_2} T dt - (\Delta T - T_2)(t_2 - t_1) = \Delta T \left\{ \frac{k}{2\alpha} (e^{-\alpha t_1^2} - e^{-\alpha t_2^2}) - (1-m)(t_2 - t_1) \right\} \\ &= \Delta T \left\{ 11.54 (10^{-0.00443 t_1^2} - 10^{-0.00443 t_2^2}) - (1-m)(t_2 - t_1) \right\} = \xi T \dots\dots\dots (4) \end{aligned}$$

上式は $T_1 < 0^{\circ}\text{C}$ 従つて $m < 1$ の場合であるが、 $T_1 = 0^{\circ}\text{C}$ の時には $m = 1$ で、この時の D を D_0 とすれば、 $D_0 = 11.50 \Delta T$ となり、 $T_1 > 0^{\circ}\text{C}$ の時には $m > 1$ で、

$$D = D_0 + 24 T_1 = 24(m - 0.521) \Delta T = \xi \Delta T \dots\dots\dots (5)$$

何れにしても ξ は結局 m のみの函数であつて、これを計算すれば 圖-2 を得る。

これを用いれば、任意の日において、最高および最低気温さえ与えられるならば、当日の 0°C 以上の積算気温 D を直ちに求めることができる。

さて河川流域において、積雪零の地吳を連ねる線を常線とし、日最高気温が 0°C となる

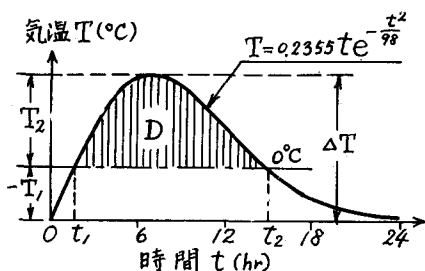


圖-1 気温変化曲線と積算気温

線を凍結線とすれば、融雪現象はこれら両者にはさまれた地帯において起る。今 図-3 において、雪線高度を h_1 、凍結線高度を h_2 とすれば、その各々に対する流域面積の % p_1 および p_2 は、高度面積分布曲線より直ちに見出され、従つて全流域面積を A_0 とすれば、融雪区域の面積 A は次式で求められる。

$$A = (p_1 - p_2) A_0 / 100 \quad \cdots \cdots (6)$$

雪線高は融雪期においては月日の進行と共に移動し一定しないが、河川流域についてこれを知ることは可能である。また凍結線標高は、気温の遞減率を仮定（例えば“高度 100 m につき 0.6°C ”）すれば、観測所の気温から求められる。融雪区域の気温は、その区域の中位高度 h_m (p_1 と p_2 との中矢 p_m に対する高度) における気温で代表されるが、これも観測所との気温差から求められるから、従つて毎日の最高および最低気温は容易に求められる。そこで前記の方法により毎日の D を求め、更にこれに融雪面積 A を乗じて毎日の DA を得る。

著者はこの方法を北海道日高の沙流川流域に試みた。¹⁾ この河川の日高観測所（標高 290 m）より上流の流域は 図-4 の如くて、 $A = 420 \text{ km}^2$ 、最大高度 1930 m である。昭和 32 年 4 月より 6 月までの融雪期の毎日の DA を求め、これと毎日の流出量とを比較検討した結果、流出量の Peak は DA の Peak よりも 2 日おくれて起ることがわかった。このような遅れは、結局融雪流出が中周地下流出的性質を帯びているためかと考えられる。そこで降雨の影響を無視し得る連続 4~5 日間を所々にえらび、基底流量を差引いた融雪による正味の流出量と ΣV_s とし、これより 2 日さかのほり、同じ連続日数間の DA の和を ΣDA とすれば、融雪流出率 (Degree-hour factor) f は次式で求められる。

$$f = \Sigma V_s / \Sigma DA \quad \cdots \cdots (7)$$

この式により計算した結果、図-5 を得た。これを見ると、5 月より 6 月に向い急増しているが、これは主として太陽輻射熱の増加によるものとおもわれる。またこの f の値は、地方によりあるいは河川流域により多少異なるであろう。この f を用いれば、これと DA との積により融雪流出量を計算することができる。本法により本流域の毎日の流量を算定し、実際の観測流量と比較したところ、大体一致して好結果を得た。

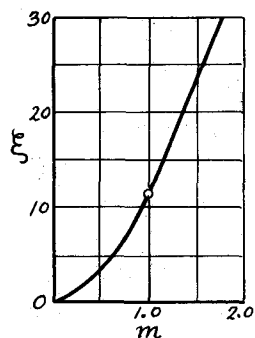


図-2 ξ - m 曲線

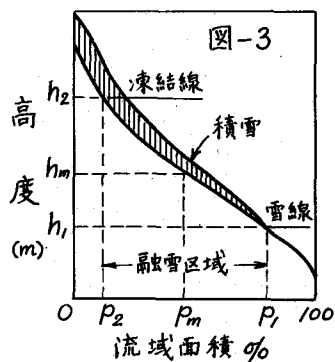


図-3



図-4 沙流川流域図

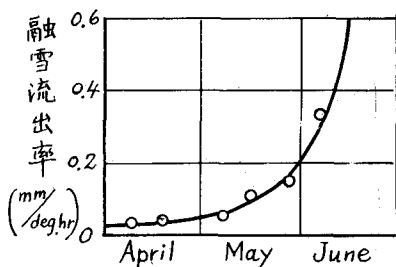


図-5

1) 境 隆雄：沙流川流域の融雪流出について。

土木学会北海道支部技術資料，第14号，(昭.33.2.)