

北海道開発局 石狩川開発建設部 正員 山口 甲
北海道開発局 土木試験所 〇正員 長谷川 茂

すえがき

広い流域を有する河川での融雪流出量の予測には、気温と融雪要因の重要な指標と考へ、短時間の融雪が問題となる融雪洪水時にデグリーアワー法を用いる方法がある。しかし、多くの場合流量予測の最小時間間隔は日単位として推算が行われている。ところで、洪水予報業務を行おう場合を考慮すれば、1時間間隔程度で洪水流を予測する予知法が必要となっているが、本文では石狩川上流域の伊納地区(流域面積 3,878.6 km²)を対象にその方法を検討した。すなわち、流域地形を 20km×20km のメッシュ化により把握し、それぞれメッシュのエレメントの積雪量、時間融雪量、河道への流出を多因子解析法によって系統的に電子計算機を利用して演算し、時間流量を予知するものであり石狩川への実用化が可能である。

1. 積雪相当水量分布の推定

積雪相当水量は積雪深と雪の平均密度を乗することによって求められるが、その分布は地形の影響を受けるため一様の積雪深を示さない。そこで積雪に影響を及ぼす地形因子を抽出して地形因子と積雪の関係から任意地点の積雪深を求める方法が研究されているが、ここでは表-1 に示した地形因子を用いることにし、スノーサーベイあるいは気象観測所で測定された積雪深、雪の平均密度から多重回帰方程式の係数も求め任意メッシュ格子長の積雪相当水量も算定することにした。すなわち積雪深推定の方程式は、

$$H_s = A_0 + A_1X + A_2Y + A_3X^2 + A_4Y^2 + A_5XY + A_6P_3 + \dots + A_{17}P_{17} \quad (1)$$

ここに H_s : 積雪深 X, Y : 座標 $A_0, A_1, \dots, A_{17}$: 定数, 係数 $P_3, P_4, \dots, P_{17}$: 表-1 参照で求める。また、雪の平均密度は、

$$H_p = A_0 + A_1X + A_2Y + A_3X^2 + A_4Y^2 + A_5XY + A_6P_3 + \dots + A_{17}P_{17} + A_{18}H_s \quad (2)$$

H_p : 雪の平均密度

$A_0, A_1, \dots, A_{17}$: 定数, 係数

で求める。ここで、 H_p の実測値は $a_1 \leq H_p \leq a_6$ の範囲にあったので(2)式にはこの条件を入れて計算した。

表-1 地形因子

記号	因子名	定 義
P_3	高 度	地点の標高(m)
P_4	起伏度(半径2km)	地点を中心とした半径2km以内の最高点の標高と地点の標高との差
P_5	起伏度(半径5km)	地点を中心とした半径5km以内の最高点の標高と地点の標高との差
P_6	起伏度(半径10km)	地点を中心とした半径10km以内の最高点の標高と地点の標高との差
P_7	傾斜(S-N方向)	地点の南1km点の標高と、北1km点の標高との差
P_8	傾斜(E-W方向)	地点の東1km点の標高と、西1km点の標高との差
P_9	凹凸度半径(S-N方向)	地点の南1km点の標高、地点の標高および地点の北1km点の3点を結んだ三角形の外接円の半径
P_{10}	凹凸度半径(E-W方向)	地点の東1km点の標高、地点の標高および地点の西1km点の3点を結んだ三角形の外接円の半径
P_{11}	地面傾斜	$\{(\bar{H}-\bar{H}_1) \times Y - (\bar{H}-\bar{H}_2) \times Y - 1\} / D$ $\bar{H}$: 地点の標高、 D : メッシュ間隔、 $\bar{H}_1$: メッシュ間隔Dに離れた周囲の4点における $\bar{H}$ の平均値
P_{12}	全 上	$\{(\bar{H}-\bar{H}_1) \times Y - (\bar{H}-\bar{H}_2) \times Y - 1\} / D$ $\bar{H}$: メッシュ間隔Dに離れた周囲の4点における $\bar{H}$ の平均値
P_{13}	全 上	$\{(\bar{H}-\bar{H}_1) \times Y - (\bar{H}-\bar{H}_2) \times Y - 1\} / D$ $\bar{H}$: メッシュ間隔Dに離れた周囲の4点における $\bar{H}$ の平均値
P_{14}	全 上	$\{(\bar{H}_1 \times Y - \bar{H}_2 \times Y - 1) / D$ (註、 $P_{11} \sim P_{14}$ は、主風向がX軸の正方向の場合の計算式を示す。)

2. 融雪流出量の推算式と計算結果の考察

融雪期における河川からの流出量 Q は、基底流量 Q_B 、融雪による流量 Q_S 、降雨による流量 Q_R とすれば $Q = Q_B + Q_S + Q_R$ と表わされる。 Q_B を除いた直接流出 Q_S 、 Q_R について立神単位図法を応用すれば、融雪時の収集中量 i_s^* は

$$i_s^* = 0.2778 \frac{1}{\alpha'} \cdot \frac{L^{0.7}}{2.7} \cdot \frac{d}{dL} \left(\sum_{j=1}^n \alpha \cdot R \cdot f \right) \quad (3)$$

と表わされる。ここに

α : 任意メッシュ内の面積 (km^2) n : dL 区間にあるメッシュの個数 f : 流出係数 L : 距離 (km)
また、 R は次式とする。

$$R = R_R + R_S \quad (4)$$

ここに $R_R = r \cdot dt$, $R_S = \left\{ T_0 + (H_0 - H_M) \times \frac{\beta}{100} \right\} S_M \cdot dt$, $0 \leq R_S$ $0 \leq \Sigma R_S \leq H_W$

r : 降水強度 (mm/hr) 温度 T が $T > 0$ の場合は降雨、温度 T が $T \leq 0$ の場合は降雪

T_0 : 基地局の気温 ($^{\circ}\text{C}$) H_0 : 基地局の標高 (m) H_M : 任意メッシュ内の標高 (m) (4格子英の平均標高)

β : 温度でい減率 S_M : デグリー-アワー-ファクター ($^{\circ}\text{C}\cdot\text{hr}$) dt : 時間間隔 (hr) H_W : 任意メッシュ内の積雪相当水量 (mm)

立神単位図法では流域内一様の降雨分布を考えているが、(3)、(4)式は融雪時における高度の温度でい減による融雪量の変化と融雪面積の変化に対応した収集中量を考えているものである。また、流域に降水量があったときに任意メッシュ地先の気温が 0°C 以下の場合は降雪として任意メッシュ内に積雪相当水量に加算して一時貯留し、 0°C 以上の場合は降雨として直接流出する。 $0 \leq \Sigma R_S \leq H_W$ は累加融雪量の範囲を示し $\Sigma R_S > H_W$ とすれば新しく降雪がない限りこの地先からの流出は生じないことになり従来考えられている雪線を表わしている。流出量の計算は貯留方程式 $S = K\beta$ と連続の方程式 $dS = (i_s^* - g) dt$ を用いる。

融雪時における流出量の計算は3月1日0時より始めることにしたが、これに用いる定数、係数は充分解明されていない。そこで、温度でい減率 $\beta = 0.6$

$^{\circ}\text{C}/100\text{m}$ 河川流出係数 $f = 1/\Sigma Q'$ $V =$

積雪の総収水量 + 融雪期間の総降水量、

$\Sigma Q'$ は融雪期の実測総流出量、 $K = 1/C$ 、

C は実測流量のてい減係数の初期値を用いて計算をくり返したところ、 α' は $0.8 \sim$

0.40 程度、 S_M は $0.11 \sim 0.14$ 程度になること

がわかった。これは昭和43~45年の3ヶ年

における伊納測水所地先での値であるが、

同じ流域内の旭橋、中渡別、曉橋、西神楽

測水所地先で計算した結果もほぼ伊納と同じ

結果を示した。図-1に代表的な伊納の

計算結果を示したが実測値によく集束して

いる。洪水予報業務を行なう場合には融雪が始まってからの実測流量とあらかじめ仮定した f 、 K 、 α' 、 S_M を用いた計算流量と比較しながら逐次係数を修正してゆく。43年の融雪期で実際に実験したところ f 、 K を修正するだけで充分であった。基地局の気温、降水量の予測値に基づき流出量を予知することができ、実務に供している。

参考文献

1) 東田健二、水文気象の誌 (XIII) 水温の研究 12巻第1号 1963年6月
2) 丸安隆和、内田正人、田淵秀春、航空写真による融雪はらびに流出解析 1964年4月土木学会論文報告集第164号

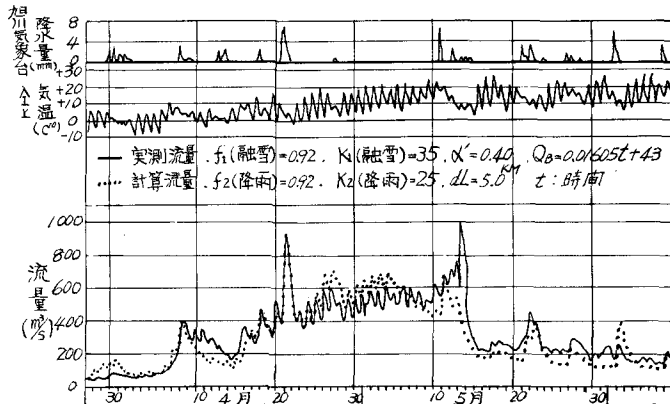


図-1 S45年伊納測水所融雪流出量曲線図