

長良川上流域における融雪流出量の算定

岐阜大学工学部 正会員 小尻利治

岐阜大学工学部 学生員 ○高野直樹

1. はじめに

近年、長期的な気候変動、水利用形態の変化に伴って、渇水現象は各地で慢性的に発生しており、深刻な社会問題となりつつある。これに対処するためには、貯水池の建設、回収水の再利用など河川表流水の高度利用を行なうとともに、長期流出としてみた水資源利用量を把握し、効率的な水資源システムの策定が必要である。そこで本研究では、長期流出成分として重要な役割を果たす融雪流出に注目し、水資源利用可能量を推定しようとするものである。特に、長良川上流部を取り上げ、積雪、無積雪を繰り返す流域での流出量の推定と、降雪観測の少ない流域への衛星データの適用をはかろうとするものである。

2. 長良川上流域の融雪モデル

2. 1 流域のメッシュ化

郡上八幡より上流域の長良川を対象として、流域内を約1 Km四方のメッシュ（国土地理院の地形データをベースに2万5千分の1の地形図で補正を行った）に分割する。ここで、流出、積雪、融雪現象に関わりの深いと思われる地形因子については

- ①標高（四隅の標高値の平均値）
- ②起伏量（四隅の標高の最高値と最低値との差）
- ③斜面傾斜角（ $\tan^{-1}$ (起伏量/1000)）
- ④斜面方向（四方位で表わし流出方向を規定する）

を取り出し、各メッシュの地形情報とする。

また、融雪流出水の流出経路図を斜面方向と結合させて作成した（図-1参照）。図中の矢印は、斜面メッシュ、実線は、河道及び流域界を表わす。

2. 2 融雪モデル

対象流域内での水文観測所は4ヶ所と少なく、かつ、有効なデータも気温、降水量と少ないので、融雪モデルとして竹田ら（1989）¹⁾のモデルを各メッシュで適用する。すなわち、気温・降水量の2つの気象因子を用いて、降雨・降雪→積雪→融雪→浸透の各過程を解析するものである。時間ステップは6時-18時、1

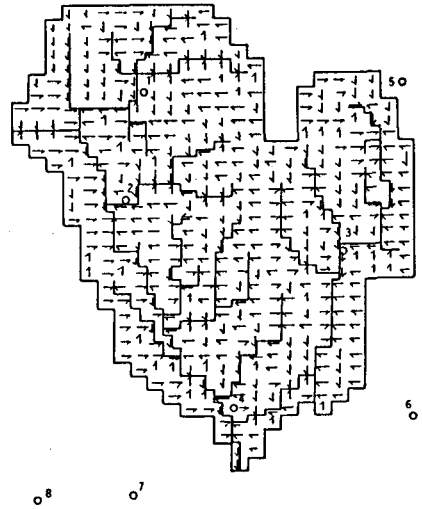


図-1 流域のメッシュ化

表-1 融雪過程（竹田、他 1989）

1) 降水形態の判定、及び積雪パラメータ $T_i > 2.5^\circ\text{C}$ 降雨 $DN = 0.04$ ($T_i < -3^\circ\text{C}$) $WC = PP \times 0.05$ $T_i \geq 0^\circ\text{C}$ $T_i \leq 2.5^\circ\text{C}$ 降雪 $DN = 0.1$ ($T_i \geq -3^\circ\text{C}$) $WC = 0$ $T_i < 0^\circ\text{C}$ T_i: 平均気温 DN: 積雪密度 WC: 含水量 PP: 降水量 2) 積雪の圧密過程 圧密後の密度 $DN_{i+1} = 1 / \alpha \cdot E^{-1} \{ 1 / \alpha \cdot F d t + E (\alpha DN_{i+1}) \}$ E: 崩壊係数 α: 雪の粘性係数 F: 圧縮荷重（J層より上の積雪+J層の積雪の半分） 圧密後の厚み $DP_{i+1} = W_{i+1} / DN_{i+1}$ W_{i+1}: J層の積雪	3) 融雪過程 左面融雪量 $HTI_{left} = 3.28 \cdot T_i - 0.74$ $HTI_{right} = 1.04 \cdot T_i - 0.16$ 地熱による最下層の融雪量 $HG = 0.42 \text{ (mm/halfday)}$ 4) 融雪水の浸透過程 積雪表面における融雪量は、各層の可能保水量を越える融雪水が下層に浸透し、地表面に到達した量を流出量とする。 降雨による融雪量 $HR = PP \cdot T / 80$ PP: 降水量 80: 水の融解潜熱
--	--

8時～翌6時までの半日ステップとして計算する(表-1参照)。

2.3 流出量の算定

流域末端の流出流量は各メッシュからの流量の合計であり、

$$Q_{out}(t) = \sum Q_i(t - T_i) \quad (1)$$

より算定する。ただし、 T_i はメッシュ*i*から流域末端地点までの流下時間であり、マンニングの平均流速より算定される。斜面メッシュでの流速は融雪深で、河道は融雪量を用いて計算される。一方、斜面メッシュにおいて、上流メッシュからの融雪流出量がある場合、①当該メッシュに積雪があれば融雪流出量は、

$$Q_i(t) = Q_{i-1}(t) + q_i(t) \quad (2)$$

q_i ：当該メッシュの融雪量、 $Q_{i-1}(t)$ ：上流側メッシュからの流下流量となる。また、②当該メッシュに積雪のない場合は、メッシュでの浸透、蒸発があり、

$$Q_i(t) = K Q_{i-1}(t) - EV_i(t) \quad (3)$$

を用いる。ここに、 K は浸透パラメータ、 EV はThornthwaiteの式より推定する。

3. 気象・水文データの推定

3.1 気温の推定

メッシュ内に水文観測所が存在すれば、観測された気温データをそのメッシュの代表値とすることができるが、ほとんどのメッシュにおいて観測データが存在しない。そこで、観測された地点間で、気温と地形(標高を)を因子として、重回帰式を求め、全メッシュでの気温を推定する。具体的には、日最高・最低気温は次式より得られる。

$$Th_i = 1.6463 + (-0.0034)H_i + 0.7953Tb_h \quad (4)$$

$$Tl_i = 0.2765 + (-0.0082)H_i + 0.7831Tb_l \quad (5)$$

Th_i, Tl_i ： i メッシュの最高気温及び最低気温 H_i ：基準点との標高差

Tb_h, Tb_l ：基準点の最高気温及び最低気温

3-2 降水量・降雪域の推定

メッシュの降水(降雪)量は、観測所の雨量データをもとに、テイーセン法を用いて与えられる。しかし、降雪域の判定に際しては、衛星データより面的情報が得られるので、奥山ら²⁾の判定基準を導入して、次のように降雪域を決定する。まず、衛星NOAAのAVHRRデータ(図-2参照)のCH.1～CH.4に対して、観測地点での積雪の有無より判別式を抽出する。ここでは、メッシュ内の状態が点数で表される。これを衛星データ入手毎にキャリブレーションを行い、任意のメッシュに適用し、積雪ありと判断された場合は、降水量は雪として、積雪無しと判断された場合は、降水量は雨として、融雪流出モデルに代入する。

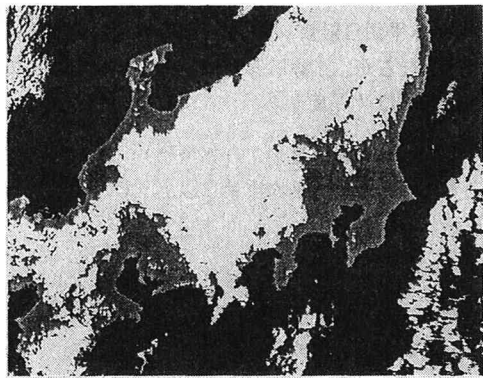


図-2 NOAAによる積雪域

4. おわりに

本研究では、降雨・降雪から流域全体の融雪水量を推定するまでの各過程を流域に点在する数カ所の水文観測所の気象データ、メッシュの地形データ、及び、衛星データにより推定する方法を提案した。今後は、各部分システムの精度向上をはかりたい。なお、詳しい適用結果は講演時に述べる。

5. 参考文献

- 1) 竹田、高瀬、宇治橋：積雪深予測モデルに関する研究、昭和63年度中部支部講演集、1989
- 2) 奥山、斉藤：NOAAデータを用いた積雪面積の推定について、日本気象協会