

II-22

最上川流域における融雪期の流出解析

東北大学工学部土木工学科 学生会員 ○寺沢純司
東北大学大学院工学研究科 正会員 真野 明

1. はじめに

日本海側を中心とした豪雪地帯において、冬季の積雪は貴重な水資源となる一方、時として融雪洪水を起こす可能性を秘めている。したがって、融雪流出機構を解明することは、利水・治水の両面から重要であるといえる。本研究では、一級河川である山形県最上川流域を対象とし、衛星データ、気象データおよび建設省の流量データを用いることにより、融雪量解析、流出量解析を行った。図1に対象流域を示す。

2. 融雪量解析

積雪域の判別、融雪量の解析は、小川¹⁾の方法で行った。まず、1000m×1000mの格子サイズの擬河道とNOAA/AVHRRのデータを重ね合わせるにより積雪域と無雪域を判別した。積雪域と判別された格子について融雪モデルを適用する。積雪表面のある厚さにおける熱収支は次式で表される。

$$Q_m = Q_I + Q_S + Q_E \quad \dots \dots \dots (1)$$

ここで、 Q_I は短波放射収支量、 Q_S は顕熱量、 Q_E は潜熱量であり、それぞれ次式で表される。顕熱量および潜熱量にはバルク法を用いた。

$$Q_I = (\beta D + \gamma)(1 - \alpha) \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$Q_S = c_p \rho C_H u_z (T_z - T_0) \quad \dots \dots \dots (3)$$

$$Q_E = l \rho C_H u_z (q - q_s) \quad \dots \dots \dots (4)$$

ここで、 D は日照時間、 α はアルベド、 c_p は空気の設定圧比熱、 ρ は空気密度、 C_H はバルク係数、 u_z 、 T_z はそれぞれ高さ z における風速、気温、 T_0 は積雪表面の温度、 l は水の気化熱、 q は比湿、 q_s は積雪の表面温度に対する飽和比湿である。 β 、 γ は短波放射量換算係数と定義し、山形と酒田における日照時間と全天日射量の関係から、それぞれ1.548、7.601とした。アルベド α は丹波ら²⁾の方法に倣い、以下の式から求めた。

$$\alpha = 0.85(0.82)^{0.46N_s} \quad \dots \dots \dots (5)$$

ここで N_s は降雪後の経過日数である。

各気象データを重みつき距離平均法により流域全体

に分布させ、各格子点における融雪熱量を求めた。融雪熱量の検証には、アメダス積雪深観測所でのデータを用いた。 dh (cm)の積雪が融解するのに必要な熱量は次式で表される。

$$Q_d = l_f \rho_s dh \quad \dots \dots \dots (6)$$

ここで、 l_f は氷の融解熱、 ρ_s は積雪密度である。 Q_m と Q_d を日別値として求め、比較検証を行った。

3. 流出量解析

作成した擬河道網を河道と斜面に分類し、八代ら³⁾に倣い、それぞれにkinematic wave法を用いて流出量の計算を行う。

河道については、各メッシュにおいて、基底流量に有効降雨量、融雪量を加え、下流に伝播させた。任意断面形状の流露におけるKleitz&Seddonの式を利用すると支配方程式は次のようになる。

$$\frac{1}{w} \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = (r_e + s_m) B_{sl} \quad , \quad w = \frac{Q}{A} \left(\frac{5}{3} - \frac{2}{3} \frac{A}{B^2} \frac{\partial B}{\partial h} \right) \quad \dots \dots \dots (7)$$

ここで、 w は洪水移動速度、 Q は流量、 t は時間、 x は流下方向の距離、 r_e は有効降雨量、 s_m は融雪量、 B_{sl} は降雨・流出を与える斜面幅、 A は流水断面積、 B は水面幅、 h は水深である。 A および B はマンニングの式を用いることにより、流量 Q を使って表現できる。よって、この式を差分化することにより、流出量を計算できる。なお河道断面については、八代ら³⁾が阿武隈川の流出解析に用いたものを、最上川に適用させた。

斜面については、地表流がManning則に従うとすると、連続式が次のように表される。

$$\frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial q}{\partial x} = r_e + s_m \quad , \quad q = \frac{1}{n} h^{\frac{5}{3}} I^{\frac{1}{2}} \quad \dots \dots \dots (8)$$

ここで、 q は単位幅流量、 n は粗度係数、 I は勾配である。この式を差分化することにより、単位幅流量を求めることができ、斜面幅を掛けることにより、流量を求めることができる。

以上の方法により、流量を日平均値として求め、建

設省流量観測所における観測値と比較することにより検証を行った。

4. 結果と考察

図2に大井沢、肘折の2地点における融雪熱量 Q_m と Q_d の比較、図3に下野、小出の2地点におけるモデルと観測値の流量の比較をそれぞれ示す。図2では、後半部分では Q_m と Q_d がよく一致しているが、前半部分において、 Q_d が Q_m を大幅に上回っている部分がある。 Q_d は観測点における積雪深の減少が、すべて融雪によるものであるとして求めた熱量である。しかし、図3におけるこの期間の流出量があまり増加していないことから、実際には融雪以外にも、風による新雪の吹き飛ばし、積雪の圧密など、他の要因によって積雪深が減少したと考えられる。よって、 Q_d が過大評価されていると考えられ、このことを考慮すると、 Q_m は Q_d をよく表しているといえる。図3については、モデルは観測値をよく表しているといえる。

5. まとめ

衛星データ、気象データを用いることにより、残雪域の推定、融雪量解析、流出量解析を行った。いずれもモデルは観測値をよく表しており、このモデルが融雪流出を表現するのに妥当であるといえる。今後、風による吹き飛ばしの効果、圧密の効果、融雪の積雪層への浸透等をモデルに組み込むことにより、さらに精度を高めることが課題である。

参考文献

- 1) 小川かおり：最上川流域における融雪出水・物質輸送特性，東北大学工学研究科土木工学専攻修士学位論文，2000
- 2) 丹波薫・盛谷明弘：ダム流入量予測のための融雪流出のモデル化，土木研究所資料，第2826号，pp.121，1990
- 3) 八代義信・真野明：河道特性を考慮した阿武隈川流域の流出解析，土木学会第51回年次学術講演会講演概要集，pp.704-705，1996

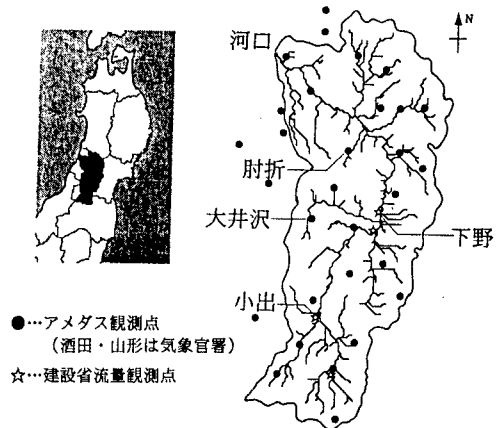


図1 対象流域と現地観測点

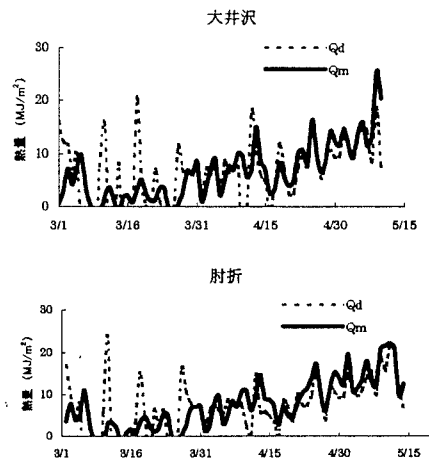


図2 Q_m と Q_d の比較

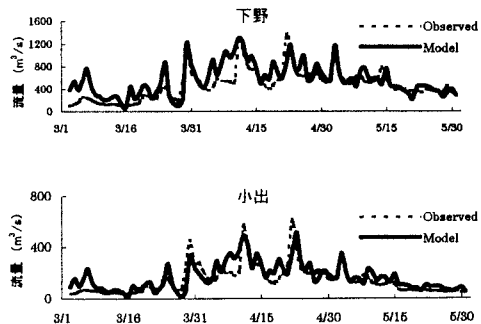


図3 流量の比較