

石川工業高等専門学校
金沢大学工学部

正員 畑 時男
正員 高瀬 信忠

1. はじめに

融雪流出は流出系が融雪の進行とともに変化するなど、各種要因の影響を受けて複雑な現象を呈し、そのことが融雪流出の問題取り扱いを困難にしている。これに対して、使用し得る融雪関係の資料は質的・量的な制約を受けるが、実用的な面を考慮すると、融雪流出の推定などの問題に使用される流出モデルは簡単なものが望ましいであろう。本報告は藤田・山岡らの提案した融雪流出のモデル¹⁾を北陸地方の2流域の短期間の融雪流出に適用した結果および融雪流出に降雨が伴った場合の特性について考察を加えてみたものである。

2. 融雪流出のモデル

藤田・山岡らのモデルにおいては、積雪内の融雪水の移動をダルシー則に従って移動するものとしている。今、積雪表面に生じた融雪水および雨水がすべて積雪内を斜面方向に浸透流下するものと考え、浸透流の運動方程式・連続式はそれぞれ次式によって表わされる²⁾。

$$V = -k \left(\sin \theta - \frac{\partial H}{\partial x} \right) \quad (1)$$

$$\gamma \frac{\partial H}{\partial x} + \frac{\partial (VH)}{\partial x} = w(t) + r(t) \quad (2)$$

上式において、 k は積雪の透水係数、 γ は有効空隙率、 t は時刻であり、その他は図-1に示される通りである。式(1)を式(2)に代入し、適当な近似により、特性曲線法によって解けば H の解が得られるが、式(2)の融雪量は資料の関係から次式によって推定した²⁾。

$$W = 0.34(T + 0.05) \quad \text{mm/} \rho r \quad (3)$$

上式において T は気温($^{\circ}\text{C}$)である。

上記のモデルを用いて実際河川の融雪流出のハイドログラフを推定するには、流域を適当に分割し、各分割流域ごとの融雪量をもとに、斜面下流端における河道流入量 $q(t)$ を計算し、これが流域下流端へそのまま伝播するものとして、各分割流域に対応する遅れ時間だけずらして重ね合わせによって合成した。

3. 北陸地方河川への適用およびその検討

適用流域は北陸地方の急流河川である黒部川の弥太蔵谷流域(流域面積18.2 km^2)、手取川の尾添川流域(流域面積186.0 km^2)であり、その流域図は図-2、3に示されているが、本報告における対象期間は、流域下流端に近い基準観測所(それぞれ宇奈月、尾口)における積雪深が0になる時間がその期間中およびその前後数日以内にあり、流域の大部分が積雪に覆われていると考えられる。また、積雪のパラメータは、積雪の状態の変化に対応して、融雪の進行とともに変化してゆくものと考えられるが、簡単のため固定した値を用い、透水係数 k を1.5 cm/sec 、有効空隙率 γ を0.7として計算した。このようにして計算された流域下流端のハイドログラフの二、三の例が図-4、5である。このうち、弥太蔵谷の昭和53年の例は比較的良好な結果を得ているが、昭和51年の例は計算ハイドログラフより過大な結果を与えており、式(3)によって計算される融雪量が実際の融雪量より大であること、さらに、土中への

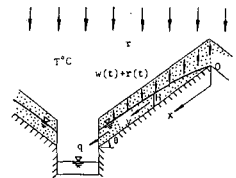


図-1 融雪水の積雪内移動

0 3km 6km

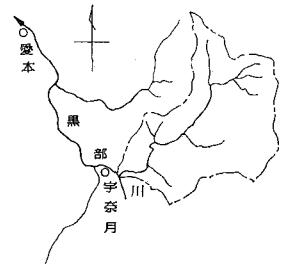


図-2 弥太蔵谷流域

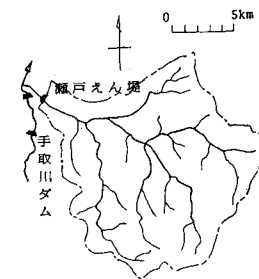


図-3 尾添川流域

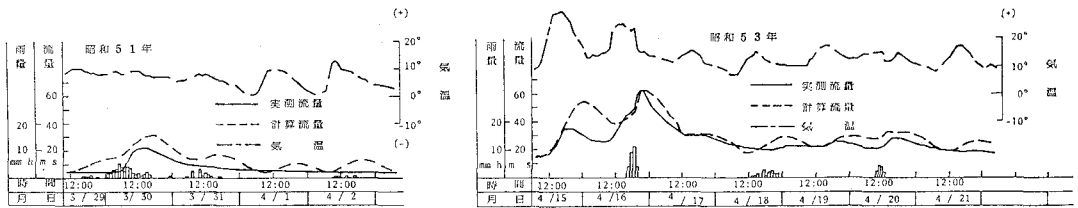


図-4 実測流量と計算流量との比較(弥太蔵谷流域)

浸透を無視したことなどによるものと考えられる。本報告以外の例で、流出量が小さい場合には、波形はほぼ同様な形態を示すが、計算ハイドログラフの流量が大きくなる例が見られ、式(4)の融雪量の推定値がやや大きな値を与えているようである。

次に、尾添川の適用結果については、本報告に取り上げた昭和38年の例は降雨を伴わず、計算ハイドログラフは実測ハイドログラフと比較的類似した推移を示しているものの、他の2例については実測ハイドログラフのピーク付近の流量が計算ハイドログラフのそれを大きく上まわっている。この時には、最大で 10 mm/hr を越えるかなりの降雨が見られ、当然この影響が出ているものと考えられる。すなわち、融雪に及ぼす降雨の影響および流出の非線型性の存在によるものであろう。図-6はこの降雨を伴っている2例について、貯留関数法における貯留高 S_e と流出高 g_e の関係を示したものである。必ずしも両者の関係は一価関数とはいえないかもしれないが、粗い近似で一価関数とみなすと、 S_e は g_e のほぼ0.45~0.50乗に比例する。この値は洪水の場合の値に近く、この2例の場合には、融雪水の積雪内の移動を式(2)で表現することは必ずしも適当でないことを示唆しているものといえよう。しかし、融雪が余り進行していない流出例の場合には、 S_e が g_e のほぼ0.3乗程度に比例する例が幾つか見られ、融雪量の推定精度に問題が残っているので断言することはできないが、積雪内の融雪水の移動は層流に近いものと考えられる。

本報告において用いたモデルにおいては、流域内における融雪量の正確な推定が必要であり、同時に大きな降雨を伴う場合の融雪水の移動について考慮する必要があると思われる。

おわりに、貴重な資料を提供していただいた建設省北陸地方建設局黒部工事事務所、金沢工事事務所の担当者各位に深く感謝いたします。

(参考文献)

- 1) 藤田・加島・山岡：融雪流出のシミュレーションモデルについて，土木学会第25回年次学術講演会講演集，昭和45年
- 2) 藤田・山崎：融雪流出の実験的研究(その3)，土木学会第29回年次学術講演会講演集，昭和49年
- 3) 木村：貯留関数法，河錫書店，昭和50年

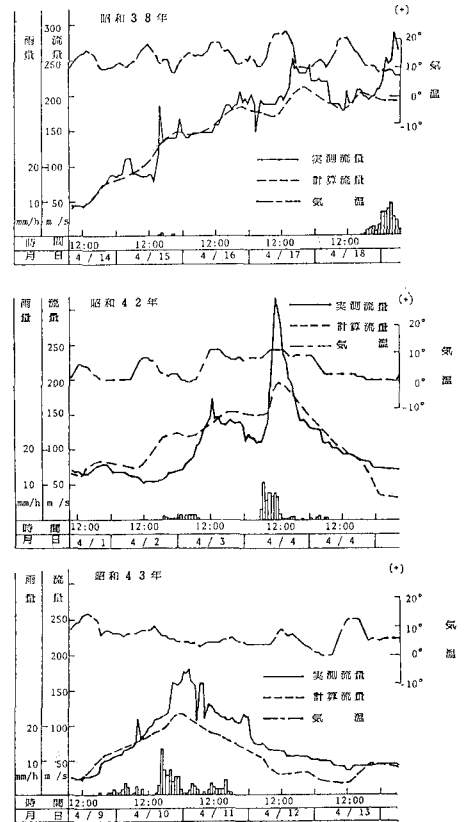


図-5 実測流量と計算流量との比較(尾添川流域)

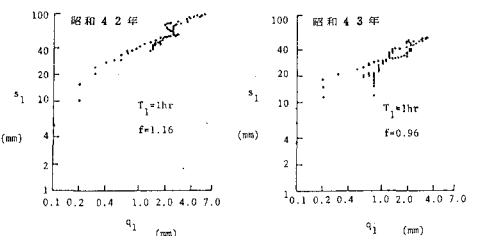


図-6 貯留高と流出高との関係