

芋川流域における分布型モデルを用いた融雪量シミュレーションについて

(独)土木研究所 ○伊藤禎将、山越隆雄、栗原淳一、寺田秀樹
 国土交通省 湯沢砂防事務所 官島邦康
 (株)東京建設コンサルタント 幸弘美、見上哲章

1. はじめに

分布型モデルは、流域要素（地形・土地利用など）をメッシュで表現して、メッシュ単位で計算を行うモデルである。既存の分布型モデルは、大別すると①短期計算（高水計算）、②長期計算（水循環計算）の2種類のモデルがあり、①は洪水流出解析、②は気候変動による水循環の変化・水質汚染物質の移動などの解析に用いられている。分布型モデルによる解析が進歩している背景には、入力条件である面的降雨予測（レーダ雨量など）の精度向上やリモートセンシング技術の進歩により面的な情報が入手可能となっていることが背景にある。分布型モデルを用いれば、メッシュ単位で水や土砂の移動量が時間ごとに計算できる。また、メッシュ別に地下水移動も把握できるので、土壌水分変化による斜面崩壊の考え方を取り込み斜面崩壊予測モデルと組み合わせることで、分布型モデルをレベルアップすることも可能であろう。砂防ではこれまで集中型による計算がなされてきたが、流域内での傾斜等の地形、土質特性等の地質、裸地植生等の被覆状況、移動可能な土砂量、融雪状況の分布などの差異を考慮した流出解析や、土地利用の変化による影響を検討する場合には、分布型モデルを用いた流出計算が効果的である。また、今後レーダ予測雨量の技術が進んでいくことは明らかであり、これらと分布型モデルを用いて計画流量ハイドロの設定が進むことも期待できる。

ここでは、日本で屈指の豪雪地帯である芋川流域は地震で荒廃しており、融雪に伴う土砂災害の発生が懸念されている。このため、標高や斜面方位の影響が大きい融雪現象に対して分布型モデルを適用し、簡易的な気象観測データによる融雪流出現象の再現性の検証を行った。

2. 調査流域の概要

対象とした流域は、信濃川水系魚野川の右支川（信濃川合流点より7.2km付近）の芋川流域とした。（図-1）流域面積は、38.4km²の山地河川である。芋川流域内において、寺野・東竹沢（湯沢砂防事務所）・小松倉（土木研究所）において気象観測を行った。また小芋大橋地点（流域面積：34.9km²）で水位観測（新潟県）を行い、H-Q式により流量換算を行った。

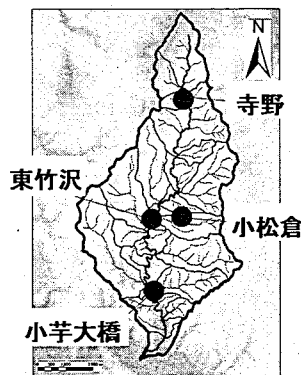


図-1 芋川流域図

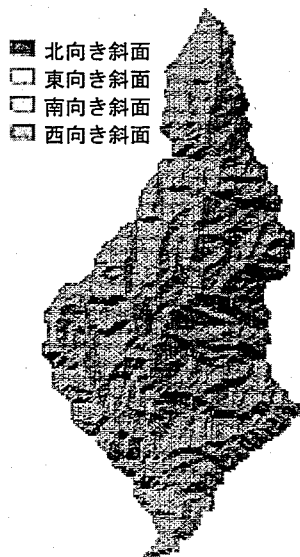


図-2 斜面方位角

3. 分布型モデルの概要

3.1 地形モデル

3次地域区画メッシュ（約1km:25,000地形図を縦横各10等分）を20等分し、芋川流域内を50mメッシュに分割した。標高は中越地震発生後（平成17年5月11日）に測量したLPデータを使用した。また、標高データより、図-2に

示す斜面傾斜角・斜面方位角を作成した。国土数値情報（KS-202）より土地利用を作成し、河道網として、50mメッシュごとの流出集中経路を表す擬河道網データを作成した。

3.2 融雪計算モデル

短波放射・長波放射・顕熱・潜熱・降雨による搬送熱の5要素による熱収支から融雪水量を算出するモデルを作成した。

$$Q_M = (1 - \alpha)Q_g + (R \downarrow - R \uparrow) + H + \lambda E + Q_r$$

$$M = Q_M / l_F$$

ここで、 Q_M ：融雪熱量(W/m²)、 α ：雪面のアルベド、 Q_g ：全天日射量(W/m²)、 $R \uparrow$ ：赤外放射(W/m²)、 $R \downarrow$ ：大気放射(W/m²)、 H ：顕熱輸送量(W/m²)、 λE ：潜熱輸送量(W/m²)、 Q_r ：降雨による輸送熱(W/m²)、 M ：融雪量、 l_F ：氷の融解潜熱を示す。

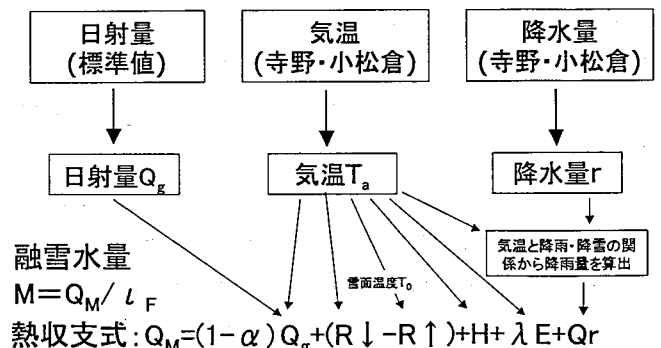


図-3 融雪計算モデルにおける計算の流れ

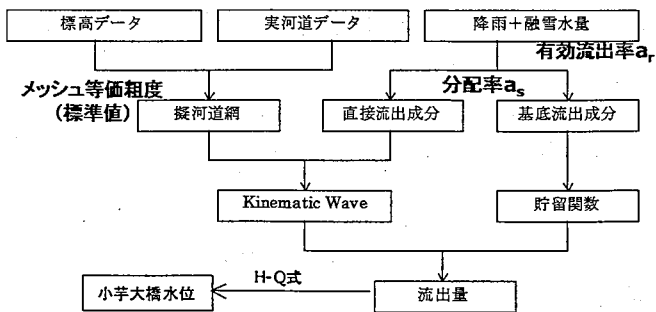


図-4 流下計算モデルのフロー

3. 3 流下計算モデル

流下計算には、陸ら¹⁾が魚野川流域で適用実績がある流出モデルを適用した。図-4 に示すように雨量に a_r を乗じて、さらに直接流出および基底流出成分の配分率 a_s を用いて分離を行った。直接流出成分は擬河道網を用いて流域の出口までkinematic-wave法で計算し、基底流出成分については貯留関数法で計算を行い流出高に変換した。両者の合計を流出量とした。

4. シミュレーション結果

4. 1 融雪モデルの検証

降雨は、東竹沢・寺野での地点雨量を、ティーセン分割しメッシュごとに与えた。また、メッシュの傾斜角・方位角を考慮し日射量の補正を行った。アルベドは、一般的な値である0.5を使用した²⁾。気温は観測値(寺野・小松倉)から、気温減率 $6.5^{\circ}\text{C}/\text{km}$ に基づき、地盤高よりメッシュごとに算定した。

融雪量の検証を行うために、ライシメータで融雪量観測をおこなった小松倉地点における実測値と計算結果の比較を図-5 に示す。図-4 より融雪の傾向を捉えており、このモデルで再現できていると考えられる。(相関係数: 0.863、平均誤差: $7.37\text{mm}/\text{day}$)

4. 2 流下計算モデルの検証

擬河道網において、等価粗度係数は土地利用別の標準値(水田:2.0、山地:0.7、宅地:0.01、その他0.3)を使用³⁾し、また主河道は流量観測の逆算粗度0.06を用いた。河道位数が6以上を主河道、それ以外を擬河道として取り扱くと再現性がよいことが判明した。有効流出率 a_r および配分率 a_s の感度分析を行い、最も流出結果を再現できる値を求めた。図-6 に流出計算結果を示す。 $a_r = 0.8$ 、 $a_s = 0.9$ とした場合が最も流出の傾向を再現できている。4/24以降の融雪量および小芋大橋流量の計算値が実績流量より大きく出ている傾向にあるが、図-7 に示すように、東竹沢における積雪深がゼロになっているのに対して、積雪深の分布を初期値としてH17/2/18の芋川流域積雪深LPデータを元に設定した計算では流域に積雪が残っているためではないかと推測される。

5. おわりに

- ・ 簡易的な気象観測より、分布型モデルを用いた融雪量の再現が可能であった。
- ・ 流出部分については、流出の傾向は再現できているが、ピーク流量が若干あわせきれていない。小芋大橋における流量観測データが少ないためデータを蓄積し、今後精度向上を図っていく。
- ・ 面的な雨量予測データを用いて、今回構築した分布型モデルで、明日の融雪量(予測情報)を出せるようモデルの修正を図る予定である。

参考文献

- 1) 陸ら: 分布型水文情報に対応する流出モデルの開発、土木学会論文集、第411号/II-12、pp.135-142、1989
- 2) 例えば、近藤純正: 水環境の気象学、朝倉書店、p11、2000
- 3) 例えば、土木学会: 水理公式集(平成11年版)、p.40、2001

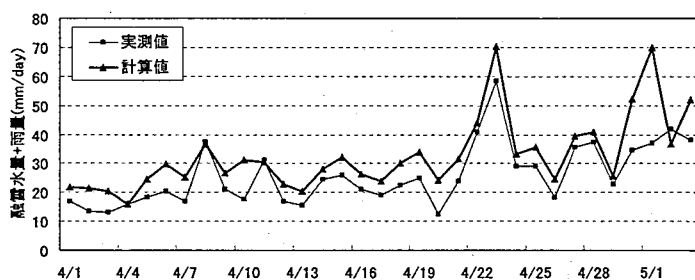


図-5 融雪計算結果(小松倉地点)

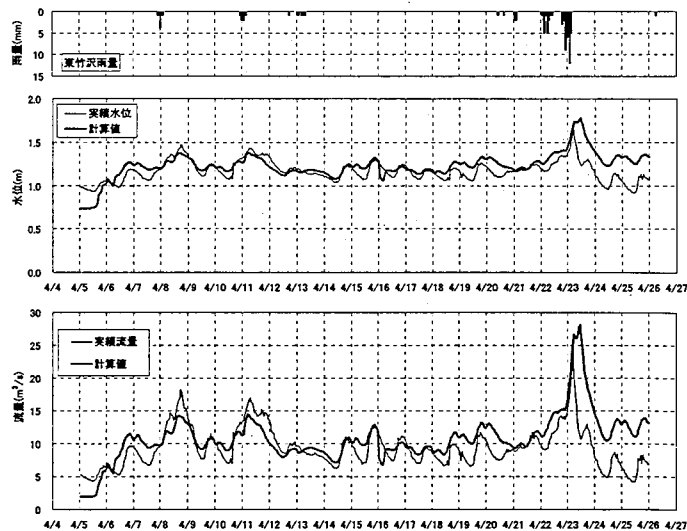


図-6 流出計算結果(小芋大橋地点)

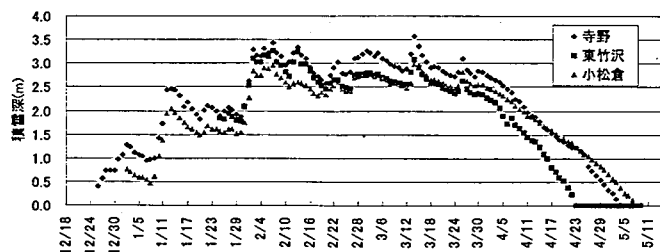


図-7 積雪深の変化(2004/12~2005/5)