

殿ダム流域における融雪出水の数値シミュレーション

日本建設コンサルタント(株) 正会員 ○山本 晋一

鳥取大学工学部 正会員 矢島 啓

鳥取大学工学部 正会員 檜谷 治

鳥取大学工学部 正会員 梶川 勇樹

1. はじめに

降雨から流出を求めることは、長い間の水文学上の主要な課題であった。特に積雪寒冷地においては、降水形態が降雨と降雪に分かれ、降雪した雪は積雪により地上に一時保存されるため、降雨-流出過程が複雑になる。企図した水管理を行う上で、降雨から流出までのメカニズムを明確に把握することは非常に重要であり、本研究では、流出解析手法として、河道抵抗則により流量と水深を求め、保存系の連続式を満たしている点である程度物理的なモデルであるといえる kinematic wave model を用いる¹⁾。また、積雪した雪は雪面における熱の授与により融雪量が決定されるため、融雪量の推定には熱収支方程式を用いる。本研究では、このようにして構築した流出モデルを殿ダム流域に適用することにより、本流出モデルの検証を行う。

2. 流出解析手法の概要

本流出解析手法としては、河道抵抗則により流量と水深を求める上である程度物理的なモデルである kinematic wave model を用いる。流域地形モデルは、国土地理院による 50m グリッド型メッシュ DEM より、殿ダム上流域の地形データを作成し、その地形データより、落水線網および擬河道網を作成する。そして、作成した擬河道網を支川の合流点に着目していくつかの小流域に分割する。図-1 に作成した殿ダム流域の擬河道網図を示す。本研究では、小流域を左右斜面と中央河道により構成されている¹⁾ものとし、それぞれについて表面流と浸透流を考慮して流出計算を行う。

(1) 式に本研究で用いた河道区間の連続式を示す。流出量について、表面流はマンニングの平均流速公式より求め、浸透流はダルシー則より求めた。融雪量は、雪面における熱の授与により求めた。(2) 式に本流出モデルで使用した熱収支方程式²⁾を示す。

3. 殿ダム流域の概要および計算条件

本研究では、鳥取県東部に位置する千代川水系の支流である袋川上流域に現在建設中である殿ダム流域を対象として流出解析を行う。殿ダムは、千代川と袋川の合流点より上流 14.8km 地点に建設中の多目的ダム

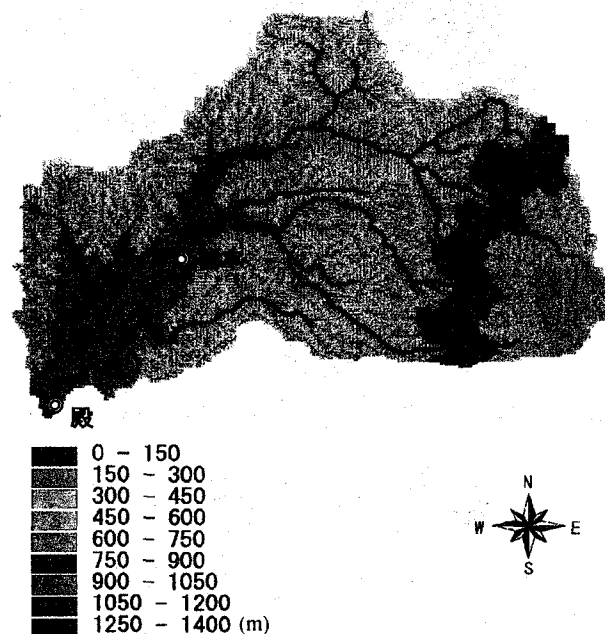


図-1 殿ダム流域擬河道網図

【基礎方程式】

(連続式)

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = q' + (f_{in} - f_{out}) \cdot b \cdots (1)$$

Q : 河川流量(m^3/s), A : 流水断面積(m^2), b : 河道幅(m), q' : 斜面単位幅あたりの河道への表面流入量(m^2/s), f_{in} : 鉛直方向の流入速度(m/s), f_{out} : 鉛直方向の流出量(m/s)

【熱収支方程式】

$$\left. \begin{aligned} Q_G &= R - \varepsilon \sigma T_s^4 - H - \ell E + Q_B + Q_R \\ R &= (1 - \text{ref}) S + \varepsilon L \\ L &= \sigma (273.15 + T)^4 \end{aligned} \right\} \cdots (2)$$

Q_G : 積雪層が表面および底面から得る正味のエネルギー(融雪に使われるエネルギー)(W/m^2), R : 入力放射量(W/m^2), ε : 積雪の射出率, σ : ステファン-ボルツマン定数, T_s : 積雪表面温度(K), H : 顕熱(W/m^2), ℓE : 潜熱(W/m^2), Q_B : 積雪底面からの地中伝導熱(W/m^2), Q_R : 雨の熱量(W/m^2), S : 水平面日射量(W/m^2), L : 下向きの大気放射量(W/m^2), ref : 積雪面のアルベド

表-1 モデルパラメータ

計算条件		case1	単位
粗度係数	斜面	0.15	s/m ^{-1/3}
	河道	0.05	s/m ^{-1/3}
透水係数	第1層	1.2×10 ⁻³	m/s
	第2層	9.0×10 ⁻⁸	m/s
	第3層	9.0×10 ⁻⁹	m/s
浸透能	第1層	6.5×10 ⁻⁵	m/s
	第2層	9.0×10 ⁻⁸	m/s
	第3層	9.0×10 ⁻⁹	m/s
損失係数		5.0×10 ⁻¹⁰	m/s
層厚	第1層	0.5	m
	第2層	1	m
	第3層	2	m
間隙率		0.35	
バルク係数	潜熱	0.004	
	顕熱	0.004	
雪面のアルベド		0.75	
空気の定常比熱		1004.8	J/kg/K
氷の潜熱		334000	J/kg
温度補正係数		0.45	°C/100m
降雪補正係数		0.001	1/m
ステファンボルツマン定数		5.67×10 ⁻⁸	

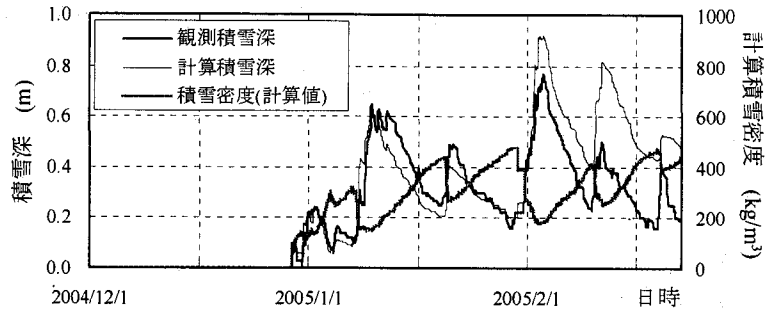


図-2 2004 年度冬季における積雪深の比較

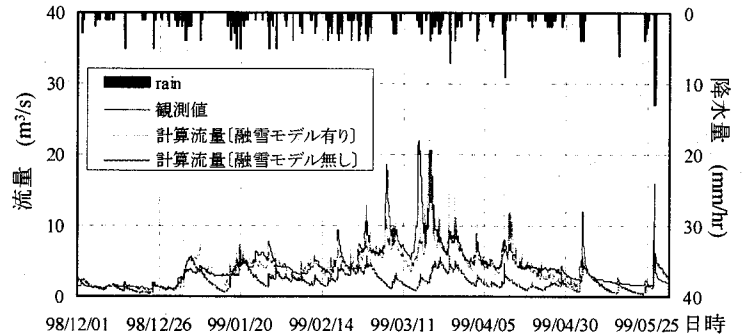


図-3 1999 年融雪期ハイドログラフ

であり、殿ダム流域の流域面積は約 38km²である。国土交通省は、図-1 に示す殿地点において流量観測を行っており、同時に栃本地点において雨量観測を行っている。計算条件として、計算に用いた気象データについては鳥取気象台で観測されたものを使用し、降水量は図-1 に示す栃本地点において観測されたものを使用した。また、計算に用いたモデルパラメータを表-1 に示す。

4. 冬季積雪過程の検証

図-2 は、本流出モデルにおける積雪－融雪過程を検証するため、2004 年度冬季における栃本地点での積雪深を比較したものである。図から分かるように、時間によっては積雪深が異なる部分が存在するが、積雪深は同じ流域でも日陰などの強風域などによって大きく異なり、ローカル性が大きく影響する。したがって、以上のことを考慮すると、計算値と観測値はグラフの概形も比較的良く似ており、良好に再現できているものと考えられる。

5. 融雪期 計算結果および考察

図-3 は、鳥取県東部において多雪年であった 1999 年を対象として流出解析を行なった場合の、殿地点における計算流量と観測流量を示したハイドログラフである。ここで、計算流量は〔融雪モデル有り〕と〔無し〕の場合を示しているが、〔融雪モデル無し〕とは降水形態において降雪を考慮せず、全て降雨で計算したものである。これより、融雪モデル有りの場合は観測値とハイドログラフの概形が良く似ており、融雪期における流出現象を良好に再現できているものと思われる。しかし、融雪モデル無しの場合は全体的に融雪期の流量が少なく、ハイドログラフの概形が不一致する点が多く見られる。以上より、殿ダム流域において融雪モデルを本流出モデルに組み込むことにより、融雪期の流出現象を良好に再現できることが分かる。

6. おわりに

本研究では、kinematic wave model を用いて分布型流出モデルを構築し、融雪出水を、熱収支方程式を用いて推定した。そして、構築した流出モデルを殿ダム流域に適用することにより、流出モデルの検証を行った。その結果、本流出モデルにより融雪期における流出現象を良好に再現できることが示された。

【参考文献】1) 山本ら：河道部の浸透を考慮した流出解析手法に関する研究，土木学会中国支部第 56 回研究発表会発表概要集，pp.165-166，2004。2) 近藤純正：水環境の気象学，朝倉書店，1994。