

流域の湿潤状態が流出に与える影響についての研究

室蘭工業大学 学生員 ○中澤 辰哉

室蘭工業大学 正会員 中津川 誠

1. はじめに

本研究は土砂災害や洪水の予測といった河川管理上の対応策を考慮するうえで流域の湿潤状態を把握することの重要性を主張するものである。本研究で解析対象とした鵡川は2003年、2006年に大きな出水が発生した。出水時の総雨量はどちらの事例も同程度の規模であったが、ピーク流量においては2003年の方が大きかった。この違いを適切に表すためには長期水循環に基づく土壌湿潤状態の定量化が必要と考えた。図-1には両事例の比較に基づく計算の手順を示す。

2. 対象流域

解析対象流域は、図-2に示す北海道胆振地方東部を流れる鵡川(流域面積:1,270km²、幹線流路延長:135km)である。鵡川は勇払郡占冠村の狩振岳(標高:1,323m)に発し、双珠別川、穂別川等の支川と合流し太平洋に注ぐ一級河川である。流域の約9割が森林で占められており、南北に細長い形状で標高差も大きいことから上下流で降雨量も大きく変動するといった特徴を有している¹⁾。

3. 長期水循環モデル

図-1のような経緯を背景に長期水循環解析を行う。解析期間は1998年～2006年の9年間とし、日観測データを用いた。表-1には解析に使用したデータの緒元について示す。流域の長期的な水循環を推定するにあたり、流域を3次メッシュ(約1km×1kmのメッシュ)に分割した。また、流出計算については任意地点(メッシュ)における流量の推定が可能となる分布型流出モデルを採用し、流下方向を東西南北4方向のいずれかとする疑似河道網を作成して計算を行った。具体的な水文諸量の推定手法については臼谷ら³⁾の方法を参考として水・熱収支を考慮し、図-3に示す流れで解析を行った。

また、長期水循環モデルにおける斜面流出計算において用いる3段タンクモデルによって、湿潤状態を示す流域貯留量の推定を行った。対象流域の最下流に位置する観測所である鵡川地点での流量の推定結果およびタンクモデルによって得られた流域貯留量の推移を図-4に示す。この図から、計算結果は長期の流量を概ね再現できていることが確認された。流量の妥当な再現性を得るためにはタンク貯留量の適切な推定が必要である。したがって、この結果は逆説的にタンク貯留量の再現も良好であることを示している。

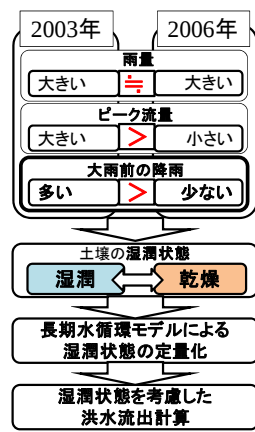


図-1 流域の湿潤状態を考慮した流出計算手順



図-2 鵡川流域

表-1 使用データ

気象要素	種別	地形要素	種別
降雨量	アメダス	数値地図	50mメッシュ(国土地理院)
気温	アメダス	標高	国土数値情報
降雪量	アメダス	傾斜量	メッシュ標高値の差から決定
積雪深	アメダス	流入流出データ	石井ら ²⁾ の解析結果
風速	アメダス	LAI	
日照時間	気象官署		
日射量	アメダス		
湿度	気象官署		

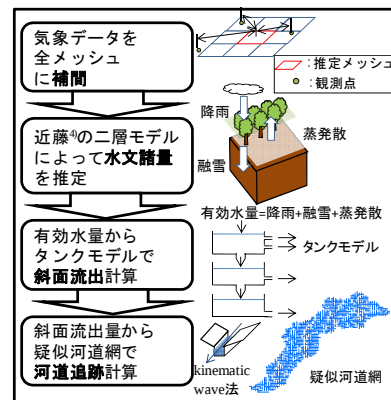


図-3 長期水循環解析の流れ

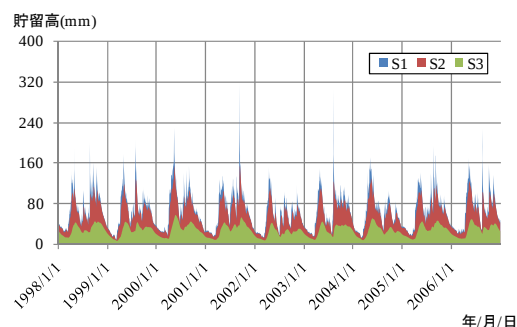
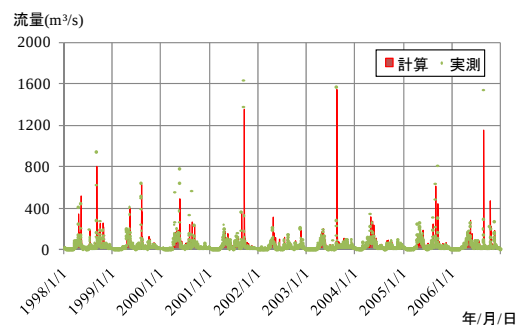


図-4 鵡川観測所(上:流量の再現 下:タンク貯留高(平均値))

キーワード 湿潤状態, 分布型流出モデル, 長期水循環, 流出率

連絡先 〒050-8585 北海道室蘭市水元町27-1

国立大学法人 室蘭工業大学 TEL0143-46-5276

4. 洪水流出計算モデル

4.1 流出率の決定

流出成分は表面流出と基底流出に分けられ、表面流出成分に寄与する降雨（有効雨量）の割合が流出率となる。流出率の決定には下式で表わされる山田ら⁵⁾の推定式を用いた。

$$f_i = 1 - \frac{\exp(-\alpha S_i)}{\alpha \sum_{n=1}^i r_n} \left\{ 1 - \exp\left(-\alpha \sum_{n=1}^i r_n\right) \right\} \quad (1)$$

ここで、 f_i :降雨開始からの流出率、 S_i :降雨開始前日における1段目タンク貯留高(mm)、 r_n :時刻 n の雨量強度(mm/h)、 α :未知定数である。 α は表-2に示す複数の降雨事例に対し(1)式に任意の値を与え、下式の評価関数 J を最小にするものをそれぞれ求め、平均によって代表値を決定した。

$$J = \left(\sum_{i=1}^m f_i r_i - \sum_{i=1}^m q_i \right)^2 \quad (2)$$

ここで、 f_i :降雨開始からの流出率、 r_i :時刻 i における時間雨量、 q_i :時刻 i における直接流出高(計算期間の初期流出高で水平分離)である。

4.2 洪水流出計算

計算は2003年と2006年の洪水時の開発局テレメータやアメダスで観測された時間雨量データを用いて行った。斜面部分の流出計算は表面および基底流出成分に分けて行い、河道網によって追跡計算を行った。モデル概略図を図-5に示す。図-6に実測の流量と雨量および流出計算結果を示す。なお、流出計算は日付が変更後の降雨開始からとした。計算日時は表-2に対応している。図-6について、まず実測の流量と総雨量に着目すると図-1で示したようにピーク流量の大小と総雨量との関係が単純に正の相関関係を有していないことが確認できる。次に、計算結果に着目すると若干の遅れもみられるが、ピーク流量や逓減部において良好な再現性を示している。

5. まとめ

本研究で得られた成果を以下に示す。

- (1) 流域の長期的な水文諸量の推定を行い、流域の湿潤状態を定量化した。
- (2) 流域の湿潤状態に流出率を関係付け、洪水発生時のハイドログラフの再現を行った。

今後、洪水時の流量計算のみならず流域の湿潤状態と土砂動態との関係を調べていきたい。また、鶴川流域のみならず他の流域にも適用し、解析事例を増やしていきたい。

謝辞

本論文をまとめるにあたり、(財) 気象協会臼谷氏からデータ提供等でご協力いただいた。ここに記して謝意を表す。

表-2 α の算定

礪川観測所上流域											
No	計算期間		合計時間	流域平均合計雨量	総直接流出高	計算開始前日の1段目タンク貯留高	最適 α	採用 α	算定流出率		
	年	計算開始時	計算終了時	hr	mm	mm			計算開始時	計算終了時	
1	1998	8/28 1:00	9/1 0:00	96	200	133.74	1.18	0.0331	0.0276	0.03	0.82
2	2001	8/22 7:00	8/26 0:00	90	122	46.16	0.01	0.0177	0.0276	0.00	0.71
3	2001	9/10 8:00	9/15 0:00	113	275	221.80	27.04	0.0236	0.0276	0.53	0.94
4	2003	8/8 1:00	8/13 0:00	120	226	153.92	5.93	0.0272	0.0276	0.16	0.86
5	2005	8/21 1:00	8/26 0:00	120	134	92.84	19.83	0.0259	0.0276	0.41	0.84
6	2005	9/7 2:00	9/11 0:00	95	137	86.57	0.03	0.0447	0.0276	0.00	0.74
7	2006	8/18 2:00	8/22 0:00	95	246	150.82	1.00	0.0213	0.0276	0.03	0.86
平均値(採用 α)								0.0276			

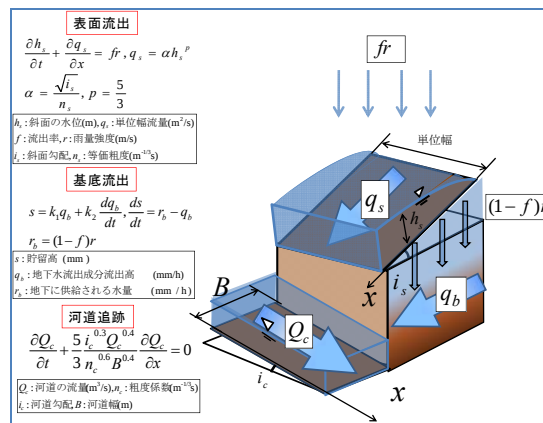


図-5 洪水流出計算の概略図

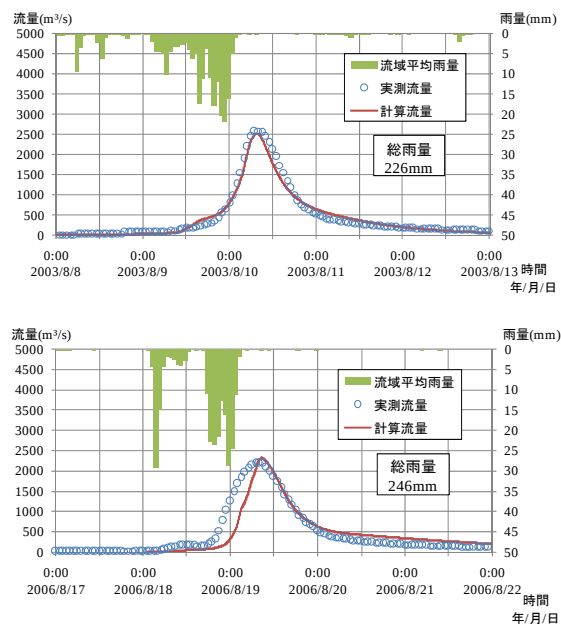


図-6 洪水流出計算結果（上:2003年 下:2006年）

参考文献

- 1) 北海道開発局室蘭開発建設部：鶴川・沙流川治水史，1995。
- 2) 石井孝ら：衛星データによる葉面積指数 LAI の推定，水文・水資源誌，vol.12 No.3，pp.210-220，1999。
- 3) 臼谷友秀，中津川誠，工藤啓介：石狩川を対象にした水循環の定量化，北海道開発土木研究所月報，No.628，pp.18-34，2003。
- 4) 近藤純正編著：水環境の気象学，朝倉書店，1994。
- 5) 山田正，山崎幸二：流域における保水能の分布が流出に与える影響について，第27回水理講演会，pp.385-392，1983。