

地表流と地下水流を連成した物理水文モデルの開発

株式会社 建設技術研究所 正会員 ○高橋範仁
東北大学大学院 工学研究科 正会員 風間 聡

1. はじめに

岩手県岩泉町を流れる二級河川小本川では、平成 28 年台風第 10 号により、大規模な洪水が発生し、多数の住宅被害と 20 名にも上る犠牲者が発生している¹⁾。特に被害が甚大であった岩泉町乙茂地区では、洪水氾濫により居住地一帯が浸水し、9 人が犠牲となっている。

この洪水では、岩泉町乙茂地区の下流 5km に位置する赤鹿水位観測所で急激な水位上昇が見られ、水位は約 6 時間で 5m 以上上昇し、この間の水位上昇量は最大で約 2m/時間であった。筆者らの既報告²⁾では、この洪水氾濫の流体力は非常に大きいことから、歩いて避難することが困難であったことを示しており、早期避難の重要性を指摘している。

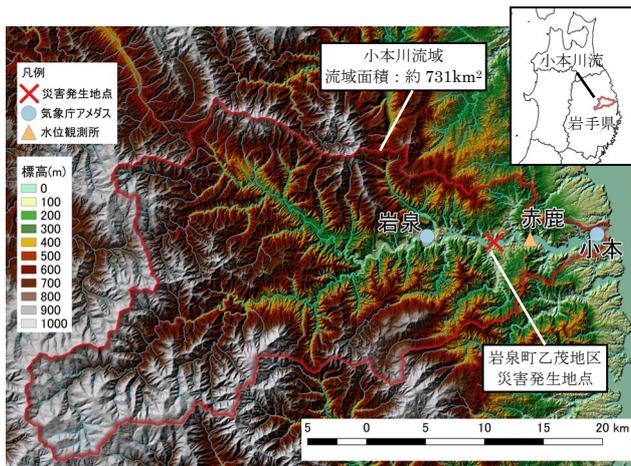


図-1 小本川流域

2. 目的

小本川などの山間河川に見られる特徴として、居住地が川に近く、洪水時の水位上昇が非常に早い。このため、避難のリードタイムが非常に短いことが挙げられる。このため、避難判断の目安となる洪水予測は非常に重要である。

一方、平成 28 年台風第 10 号の降雨について再現期間を算定した筆者らの既報告³⁾では、年最大時間雨量だけでなく、年最大月雨量も大きいことが確認されている（年最大時間雨量：138 年，年最大月雨量：70 年）。

このため、洪水予測精度を向上するためには、短時間雨量と洪水の関係だけでなく、先行降雨と洪水の関係についても検討することが重要である。

そこで、本研究では、小本川流域を対象として、水文モデルを用いた数値解析により、先行降雨が降雨流出機構に与える影響を検討することを目的とする。

3. 方法

(1) 水文モデルの選定

水文モデルは、降雨流出過程のモデル化から分類すると、概念モデルと物理モデルに大別される。概念モデルとしては、合理式、貯留関数モデル、タンクモデルなどが挙げられる。わが国では、河川整備等の治水計画立案に広く用いられており、降雨流出の再現において十分な精度を有していることは明らかである。しかし、流域定数 K , P など概念モデルの流出パラメータは、物理的意味が曖昧である。呉ら⁴⁾によれば、これら流出パラメータは、斜面流下方向流れを対象とすることで、流域の土壌と地形の特性として考えることができるとしているが、地下層への浸透よりも斜面流下方向流れが卓越するという条件を仮定している。すなわち、この状況は降雨により流域が十分に湿潤している洪水時と考えることができる。このため、地下層へ浸透が卓越する先行降雨時においては不適である。

物理モデルは、様々な手法が提案されているが、先行降雨が降雨流出機構に与える影響を評価するためには、先行降雨が地下層へ浸透することによる、土壌・地質の水飽和度や地下水位分布などの 3 次元的な変化を追跡可能な水循環モデルが望ましい。そこで、本論では、登坂ら⁵⁾の方法により、地表流と地下水流を強連成した物理水文モデルを開発した。

(2) 計算条件

解析モデルの地盤高は、国土地理院 基盤地図情報の基盤地図情報 5m および 10m メッシュ標高データを用いた。また、解析グリッドの解像度は 250m とし、国土数値情報の 5 次メッシュデータと整合を図った。

キーワード 二級河川小本川，山間河川，先行降雨，物理水文モデル，連成解析

連絡先 〒980-0811 仙台市青葉区一番町 4-1-25 (株) 建設技術研究所 東北支社 TEL: 022-261-6861

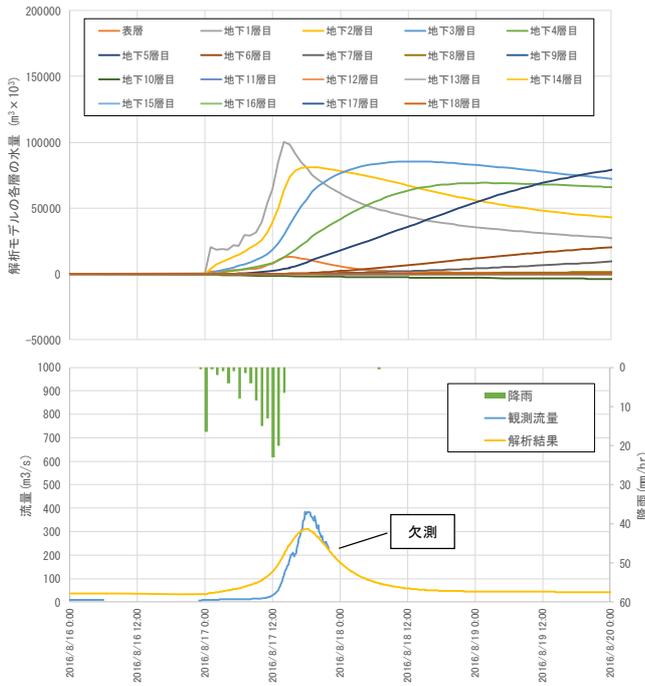


図-3 解析モデルの各層の貯留量の変化

土壌・地質の分布は、国土数値情報を用いた。層厚は、斜面勾配および風化深度から設定した。透水係数は、A0層 $1.0 \times 10^{-2} \text{cm/s}$ 、AB層 $1.0 \times 10^{-3} \text{cm/s}$ 、C層 $1.0 \times 10^{-4} \text{cm/s}$ 程度とし、マニング粗度は、流域 0.6、河道 0.03 とした。計算期間は、2016年8月の大規模な洪水を引き起こした台風10号の降雨の先行降雨である台風7号の降雨を対象とした。降雨は、アメダス観測所のティーセン分割で流域の8割程度を占めるアメダス岩泉の雨量データを用い、流域一様として検証した。

4. 結果

図-3は、解析モデルの各層の貯留量の変化で、降雨前の初期状態からの変化量で示している。これを見ると、GL-10m程度までの深度が比較的浅い層で、貯留量が大きく変化している傾向にある。このことから、1日程度の短期流出では、深度が比較的浅い層において洪水流出が形成されていると推定される。

次に、水および空気の流速、圧力、水飽和率の空間的な分布状況を確認した。GL-5m程度までの比較的深度が浅い不飽和帯では、地形に沿った側方の流れが生じ、河道に集まるような傾向が見られる。鉛直方向は、流域全体で地下に浸透する流れが卓越しているが、河道直下の地下層では、地表に水が湧出する流れが生じている。図-4は、GL-12mでの圧力分布であるが、先行降雨により、流域全体で圧力上昇が生じているのに対し、河道直下では圧力低下が生じている。これら圧力

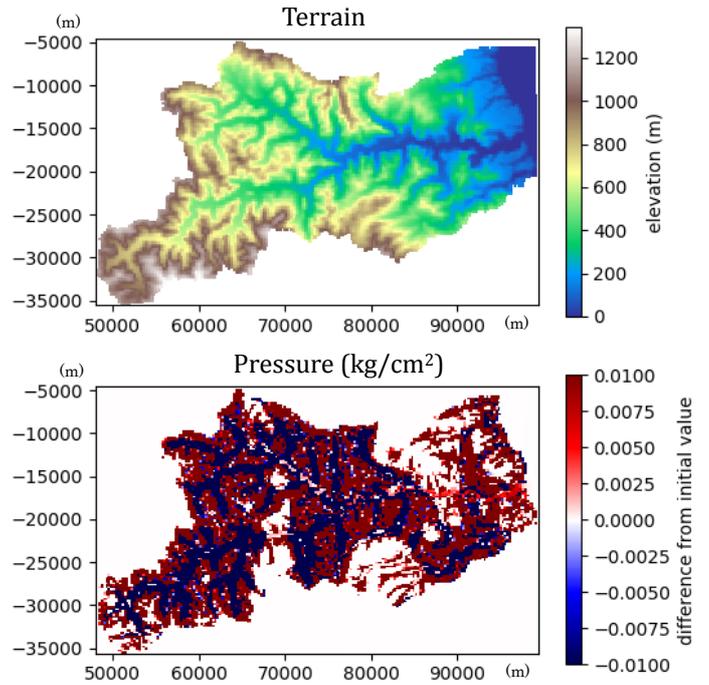


図-4 圧力分布（GL-12m）

分布の変化は、流域全体から河道直下への集水を促し、地表への湧水は、河道直下に集水された水が地表に排水されることで形成されるものと考えられる。

5. おわりに

本論では、物理水文モデルを用いた数値解析により、先行降雨が降雨流出機構に与える影響を検討した。この結果から、先行降雨により地下層での圧力分布が変化することで、河道直下へ集水され、地下水の地表への湧出が増長される傾向にあることが確認された。

今後は、解析モデルの洪水流量の再現性の向上を図ると共に、先行降雨の長期的な影響を検討する。

参考文献

- 1) 総務省消防庁：平成28年台風第10号による被害状況等について(第30報) 平成28年9月，2016.
- 2) 風間聡；峠嘉哉；高橋範仁：平成28年台風第10号による二級河川小本川での洪水発生状況の考察，水工学論文集 JSCE，2017，61: I_1303-1308.
- 3) 高橋範仁，風間聡：平成28年台風第10号における二級河川小本川での降雨状況，土木学会東北支部技術研究発表会講演概要集 JSCE，2018: II-14.
- 4) 呉修一；山田正：既往概念流出モデルの理論的導出. 水文・水資源学会誌，2009，22.5: 386-400.
- 5) 登坂博行，et al.：地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発. 地下水学会誌，1996，38.4: 253-267.