

兵庫県都賀川における豪雨時の山地降雨の河川流出への寄与度に関する基礎的検討

神戸大学都市安全研究センター 正会員 ○小林 健一郎 神戸大学 市民工学専攻 正会員 川崎 遼
神戸大学 市民工学専攻 正会員 藤田 一郎 神戸大学 市民工学専攻 正会員 中山 恵介

1. はじめに

近年、日本では豪雨の増加により災害が多発している。本研究で対象とする兵庫県神戸市の都賀川に関しても、2008年7月28日に5名が亡くなる水難事故が発生した。このような災害への対策のため、分布型流出モデルを用いた過去の事例の吟味・将来予測が重要となる場面が多くなってきている。2008年水難事故時出水に関しても既往の研究¹⁾で流量・水位ハイドロの再現計算を実施した。この研究では、分布型流出モデル²⁾の山地降雨を0とすることで土壤浸透を表現し「水位・流量ハイドロピークへの山地降雨の寄与率は0%である」という結論を導いている。対して、本研究では分布型降雨流出モデル²⁾に土壤浸透物理過程を組み込み、2008年出水を対象事例として山腹斜面における水流動を評価した。分布型モデルとしては比較的細かい分解能(5m, 10m)を用い、堤内地流は二次元浅水方程式で追跡し、山地斜面には浸透層厚を一定(本研究では0.5m)とした不飽和浸透流方程式³⁾を導入した。また、土壤水分計を都賀川山地に設置し、観測と計算の比較を行った。この比較では2017年台風21号を対象事例としている。2017年降雨は、2008年と特徴が異なり長期間継続する降雨で、この際の雨水の土壤浸透過程を検討している。

2. 使用モデル

本研究では、分布型降雨流出・浸水モデルDRR/FIを、山地降雨の土壤浸透過程を再現できるように改良したものをを用いた。国土数値情報の土地利用区分における山地域セル(図-1)において浸透層を考慮し、そのメッシュへの降雨は一度すべて土壤に浸透するとする。浸透層内ではダルシー則に基づき水が流動し、メッシュ中の体積含水比 M が飽和体積含水比 M_s よりも大きくなると、超過分の水量を地表層浅水方程式に加え渡すことで地表流出を表現している。本研究では2008年出水ピーク水深に対する雨水幹線の影響も確認するため、雨水幹線有無の2パターン河道網データを使用し

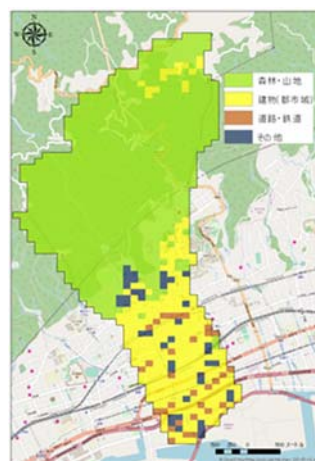


図-1 都賀川流域土地利用区分

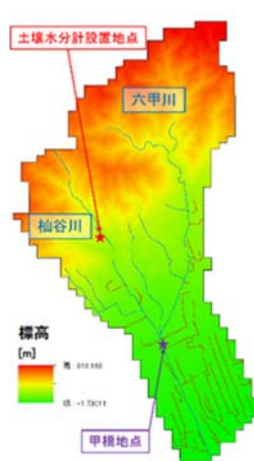


図-2 標高データと設定河道網

表-1 数値解析パラメータ

地表層		浸透層	
計算メッシュサイズ	5m or 10m	計算メッシュサイズ	5m or 10m
計算間隔 Δt	0.05秒	計算間隔 Δt	20秒
都市域粗度係数	0.015	絶対透水係数	0.0001
山地粗度係数	0.4	残留体積含水比	0.2
河道粗度係数	0.03	飽和体積含水比	0.4(特記時0.5)

ている。また、2008年出水は7月28日の神戸市水道局レーダによる250m解像度150秒間隔160分降雨データを入力し、2017年台風時は10月21日9:00~23日12:00の気象庁による神戸市観測所地点降雨を流域平均雨量として入力している。図-2に都賀川流域の標高データ・河道網(青が主川、赤が雨水幹線)・甲橋地点を示す。数値解析条件は表-1の通りである。

3. 土壤水分計

浸透層におけるパラメータ設定の参考にするため、本研究ではDecagon社による土壤水分計10HS計5基を都賀川山地(図-2中赤星印地点)に実際に設置し(2017年10月～)、土壤内の体積含水比推移を観測した。ここで得られた測定値を参考に、本研究では浸透層内の含水比が0.2~0.4または0.5の間を推移すると考え、表-1のように土壤パラメータを設定して数値解析している。本来透水係数や浸透層厚などは空間分布がある

キーワード 都賀川, 分布型降雨流出モデル, 土壤浸透, DRR/FI, 土壤水分計

連絡先 〒657-8501 兵庫県神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学 都市安全研究センター TEL 0788036260

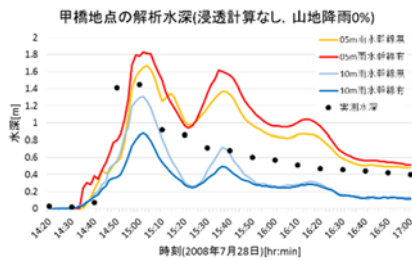


図-4 土壌浸透計算導入前解析結果

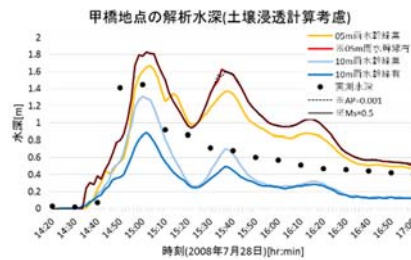


図-5 土壌浸透計算導入後解析結果

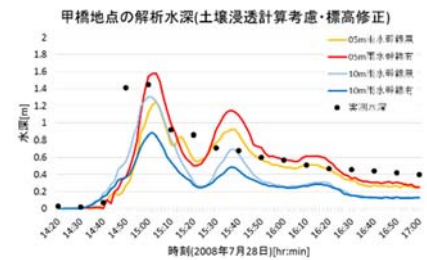


図-6 河道標高修正後解析結果

が、測定が困難なため山地全域で一様に与えた。

4. 数値解析結果(2008年出水)

図-4～6に2008年出水の甲橋地点における計算水深結果を観測値とともに示す。暖色が5m、寒色が10mメッシュで、それぞれ色の濃いほうは雨水幹線考慮後の結果を表している。黒点は甲橋水位計による実測水深である。既往研究¹⁾と同じ、山地降雨を0%として解析した図-4と、本研究で用いた浸透計算を導入して解析した図-5を比較すると、ほぼ差が見られない。これは「山地降雨のピーク寄与率が0%」という既往の研究の報告を裏付けている。しかし計算値は実測値とはまだ差があったため、ここでは河道網の標高値に問題があると考え、それを修正して再度解析を行った(図-6)。具体的には、堤内地の標高値を河道標高としているため逆勾配になる地点があり、その標高値を手動で順勾配に修正した。図-6を見ると、順勾配に修正したことで5mメッシュ雨水幹線考慮パターンでのピーク水深値が実測値により近づいた。しかし雨水幹線を考慮したことによるピーク水深増分については5mメッシュで約+25%という妥当な値に対し、10mメッシュで約-31%となった。理由として標高値が原因で10mメッシュでは主川の水が雨水幹線に逆流してしまっている可能性が示唆される。

5. 数値解析結果(2017年10月台風21号)

2017年ケースでは主に解析体積含水比と水分計測定値の比較を行った。図-7に山地域における解析体積含水比の推移、図-8に入力降雨と水分計設置地点の実測VWC(P1～P5)、飽和体積含水比 $M_s=0.4$ ないし 0.5 の場合の解析体積含水比の推移を示す。これによると大まかな解析含水比推移は実測と共通していることがわかる。なお、飽和に達した後の減衰については最終的に土層内の水が河川に直接流出する場合などを検討する必要があると考える。

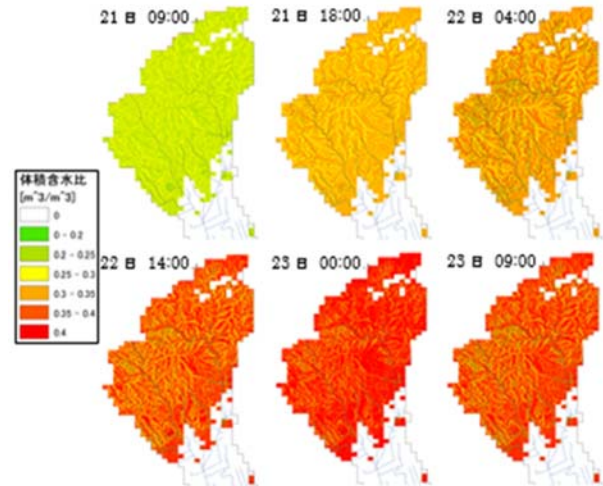


図-7 2017年台風21号を用いた解析体積含水比

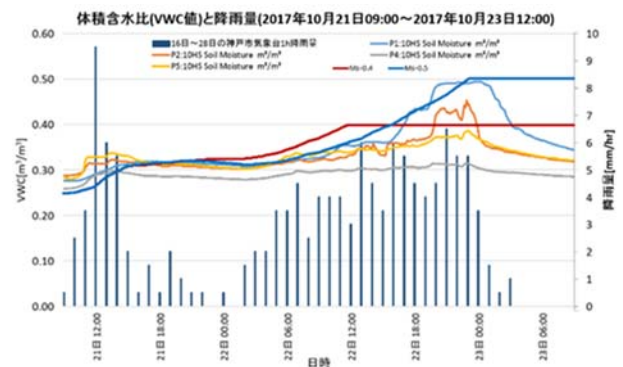


図-8 台風21号入力降雨と10HS設置地点の測定/解析体積含水比

6. おわりに

本研究ではDRR/FIモデルへ土壌浸透計算過程を導入した。標高値の問題があるものの、全体的に比較的良好に流出過程を再現することができた。

<参考文献>

- 1) 藤田一郎, 小林健一郎, 奥山貴也, 熊野元気「ゲリラ豪雨に対する都賀川の流出モデル開発と河川監視カメラを活用した水位流量ハイドロの検証」 水工学論文集第60巻, pp.151-156, 2016.
- 2) 小林健一郎, 寶馨, 津守博通, 関井勝善「損害保険に適用可能な国土基盤情報標準拠型の分布型降雨流出・洪水氾濫モデルの開発」 土木学会論文集B1, Vol.68, No.4, I_1069-I_1074, 2012.
- 3) 中山恵介, 伊藤哲, 藤田睦博「矩形グリッドを用いた山地流出解析」 水工学論文集, 第43巻, pp31-36, 1999.