

土砂・洪水氾濫対策における分布型降雨流出モデルの適用事例

いであ株式会社 ○小林雄介, 森克味, 木村啓祐, 杉山知, 森充弘, 賀川真樹, 中田裕章, 大崎奈央子

1. はじめに

近年, 中山間地での複数の斜面崩壊・土石流と, それに伴う下流域での土砂・洪水氾濫の発生により, 甚大かつ広域な被害が頻発している¹⁾. このような背景から, 国土技術政策総合研究所から平成 30 年 11 月に「河床変動計算を用いた土砂・洪水氾濫解析に関する砂防施設配置検討の手引き(案)」(以下, 「手引き案」)が公表され, 現在, 多くの河川で「手引き案」に準拠した施設配置の検討が進められている. 「手引き案」では, 土砂・洪水氾濫の発生要因となる土砂や流木の流出に影響を与える降雨流出について, 対象流域の洪水計画における解析手法を用いることを一例に挙げているものの, 手法選定の考え方を明記するものではないと考える.

降雨流出の解析手法は, 集中型モデルと分布型モデルに大別される. 本稿では, 兵庫県に位置する千種川水系水根川(流域面積 2.9km²)の事例を通して, 保全対象が縦断的に分布し, 溪流を多く抱える流域を対象とした施設配置計画の検討においては, 降雨と土砂の流出を時間的・空間的に極力自然に表現し得る分布型モデルが有用であることを示した.

2. 流域特性

平成 21 年 8 月豪雨により, 本川千種川では土石流災害等から激甚災害に指定された. 本洪水により, 水根川では, 上流域の水根堰堤(不透過型)による土砂捕捉や中流域の水根川堰堤(透過型)による流木捕捉, 橋梁部の流木による河道閉塞が生じた. 橋梁部では河道に堆積した土砂が通水河積を減少させ, 流木による河道閉塞を助長した. これらより水根川の土砂・洪水氾濫の発生要因は, 土砂と流木の両者といえる(図-1). また, 土砂・洪水氾濫被害に影響する水根川の流域特性として, 保全対象については上流域と下流域に分布すること, 地形については流域内に多くの溪流を抱えることが特徴的である.

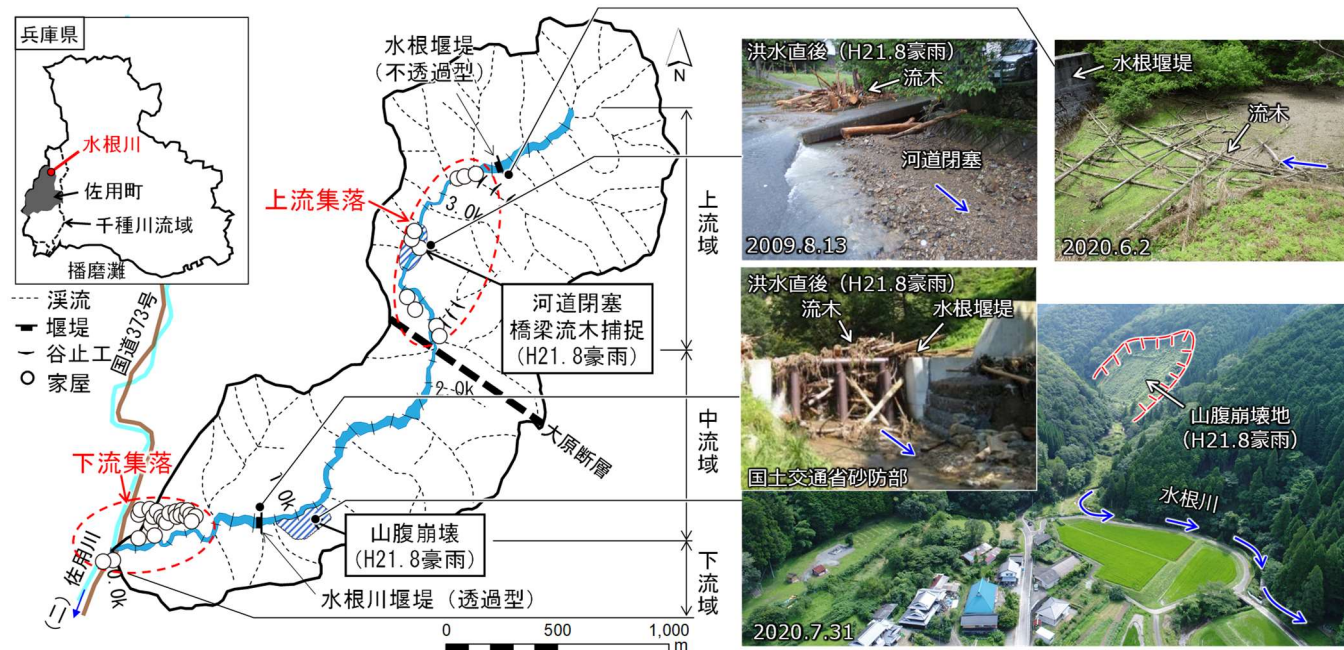


図-1 H21.8 豪雨による土砂・流木の発生状況, 及び家屋と溪流の分布状況

3. 流域特性等を踏まえた解析モデルの構築

3.1 土砂・洪水氾濫解析モデルの構成

本稿で用いた土砂・洪水氾濫解析モデルは, 降雨流出, 一次元河床変動, 平面二次元氾濫の各解析モデルから構築した(図-2). 一次元河床変動解析モデルは, 国総研資料第 874 号「豪雨時の土砂生産にともなう土砂動態解析に関する留意点」に準じた土石流, 掃流状集合流動, 掃流砂・浮遊砂の各発生領域に対応可能なモデルである. 本稿では, 降雨流出解析モデルの妥当性は, 再現洪水に対する流出解析結果, 及び流出解析結果を入力条件とした一次元河床変動解析結果から論ずる.

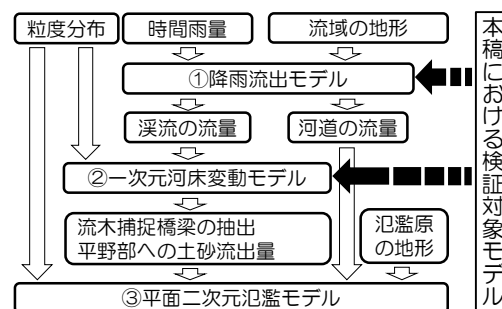


図-2 土砂・洪水氾濫解析モデルの構成

3.2 流出解析手法の選定

水根川の施設配置計画の検討に用いる流出解析手法は、「①降雨流出手法の特徴」、「②本川千種川水系の高水計画における流出解析手法を用いた場合の課題」、「③水根川の流域特性」に着目して選定した。

①降雨流出手法の特徴

降雨を入力条件とした流出解析手法には、集中型と分布型がある。集中型に対する分布型の特徴は、小スケールのメッシュ（例えば数十 m サイズ）に異なる雨量を与えることにより空間的な降雨分布を細かく表現し得ること、メッシュに地盤高等の情報を与えることから個々の溪流の有する流出特性（流域面積や山腹の勾配等）に応じた流出波形の算定が可能であることが挙げられる。

②千種川水系における流出解析手法を用いた場合の課題

千種川における高水計画（河川整備基本方針）の流出解析モデルは集中型（貯留関数法）である。水根川流域は、貯留関数上の単元流域の一部となり、流出波形が水根川流域外の 1 地点でしか得られない（図-3）。このため、本モデルの流出結果を水根川流域に適用した場合、水根川の各溪流からの流出波形は貯留関数法の単元流域面積に対する溪流面積比等により算定する必要がある、各溪流から本川への流入のタイミングを調整する必要がある等の課題が生じると想定された。

③水根川の流域特性

平成 21 年 8 月豪雨の実績では土砂・流木の流出・堆積が縦断的に複数の箇所が生じた。また、水根川では保全対象が縦断的に分布すること、各溪流から本川への降雨や土砂の流出のタイミングが土砂堆積の場所と量を規定する要因の一つであることから、小スケールの降雨流出解析モデルの構築が必要であった。

これらを踏まえ、水根川の降雨流出解析手法は、空間的な降雨分布設定と各溪流の流出特性に応じた流出波形の算定が可能であり、かつ各溪流からの流出時刻の調整を要しない分布型を選定した。

3.3 解析モデルの妥当性検証（再現計算）

再現洪水は、土砂・洪水氾濫が生じ、検証材料を収集できた平成 21 年 8 月洪水とした。検証材料は、降雨流出に対しては佐用観測所地点の流量波形であり、河床変動に対しては、洪水直後の実測地形データが存在しないため、写真から判別した土砂堆積地点と土砂堆積状況である。

ここに、降雨流出の解析範囲は、検証地点となる観測所が水根川流域内に存在しないため、最近傍観測所である佐用観測所まで拡充した（図-4）。また、降雨は、解析範囲の近傍観測所雨量（上石井、三河、佐用）をティーセン分割域内のメッシュに与えた。

降雨流出の検証は、複数回の試行により斜面表層及び土層のパラメータを設定した結果、流量のピークと波形について良好な再現性を得た（図-5）。土砂堆積の検証は、解析と平成 21 年 8 月洪水直後に撮影された現地写真との土砂堆積状況の比較から、良好な再現性を得た（図-6）。降雨流出解析結果と流出解析結果を入力条件とした一次元河床変動解析結果から分布型降雨流出モデルの妥当性を確認した。

4. まとめと今後の展開

保全対象が縦断的に分布し、溪流を多く抱える流域を対象とした土砂・洪水氾濫対策の施設配置計画の検討において、分布型降雨流出モデルの有用性を示した。水根川の事例では、流出解析に輸入する降雨データは地上観測所雨量を用いたため、降雨の空間分布の違いは、ティーセン分割のスケールであった。

今後は、レーダ雨量を用いて空間的に詳細な降雨分布を与えることで、解析精度の向上を図る予定である。

謝辞

本稿で紹介した事例は、兵庫県光都土木事務所からの委託業務成果を使用したものである。ここに謝意を表します。

参考文献 1) 国土交通省：土砂・洪水氾濫対策 WG 資料 1 開催趣旨，2021。

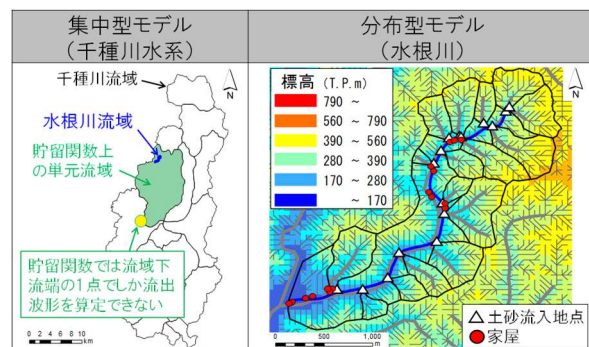


図-3 流出モデルの概要

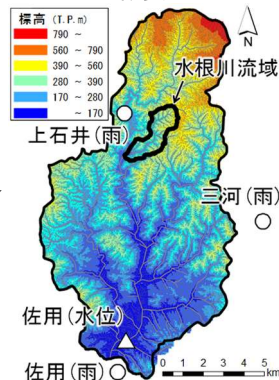


図-4 観測所位置

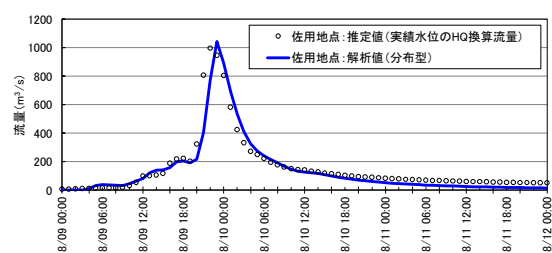


図-5 降雨流出の検証結果（分布型降雨流出解析）

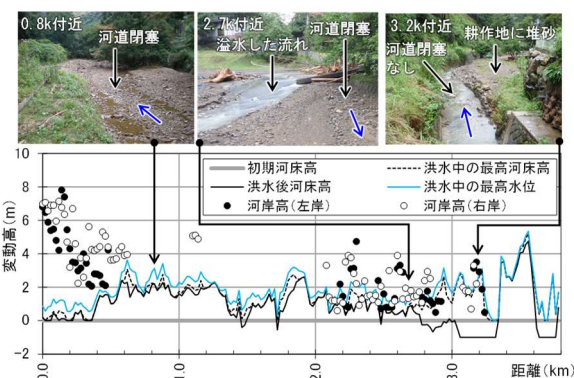


図-6 河床変動の検証結果（一次元河床変動解析）