

## 施設配置計画に向けた土砂・洪水氾濫の解析事例

いであ株式会社 ○小林雄介, 森克味, 加藤陽平, 越智尊晴, 杉山知, 森充弘, 中田裕章

### 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。このような背景から、土砂・洪水氾濫対策について各種の調査・検討<sup>1)</sup>が進められる中、土砂・洪水氾濫の推定手法の高度化及びこれに基づく適正な施設配置計画が求められている。

本稿では、兵庫県に位置する千種川水系河内川を対象に、土砂・洪水氾濫の解析モデル構築における着眼点と構築した解析モデルに基づく施設配置計画の立案事例を紹介する。本事例では、土砂動態に大きな影響を及ぼす降雨流出について、限られた基礎情報下における極力精度の高い解析モデルの構築、及び家屋分布状況や観光地等の地域特性に配慮した実現性の高い施設配置計画に注力した。

### 2. 流域概要

河内川は、兵庫県宍粟市に位置する千種川水系の支川である。河内川の流域面積は約13km<sup>2</sup>であり、千種川流域754km<sup>2</sup>に対して限定的ではあるが、複数の溪流を抱えており土砂供給源が多く、地質は花崗岩であることから生産土砂量が多い。また、保全対象となる家屋は、2.0k付近より下流に集中している。

### 3. 解析モデルの構築

#### 3.1 着目点

山地河川の土砂動態は、水理状況、土砂生産の有無により劇的に変化するため、これらを精度良く表現できるモデルの構築が重要である。土砂生産の有無については、①地質、②流域の荒廃状況、③降雨の寄与が大きい。①地質、②流域の荒廃状況については、既存資料や現地調査により確認や推定が可能である（または推定せざるを得ない）。

次に、③降雨については、降雨を入力条件とした流出解析手法は、分布型流出モデル、貯留関数法、合理式法等があり、流域規模や検討目的に応じ解析手法が選択される。既定計画（河川整備基本方針等）が存在する場合は、当該計画における手法を用いる場合が多いが、最も重視すべきは施設配置計画を立案する流域の実績を再現できる手法の選択・構築である。

河内川は、流域面積が小規模であり、かつ複数の溪流を抱えているため、各溪流からの降雨流出とこれに伴う土砂流出の時系列を精度良く表現できる流出解析モデルの構築が、施設配置計画に不可欠と考えた。一方、千種川水系河川整備基本方針の流出解析モデルは貯留関数法であり、当該モデルの流出単位は河内川全流域を包絡する規模である。

このため、河内川流域の流出解析に千種川流域を対象に構築された貯留関数法を用いることは、各溪流からの流出波形や流入時刻に調整を要する可能性があり、精度上の課題が生じると想定された。

以上より、河内川の施設配置計画の立案にあたっては降雨流出解析モデルの適切な選択、及び構築に着目した。

#### 3.2 着目点を踏まえた流出解析モデルの構築

河内川では、前述の課題に対応すべく、各溪流の流出特性（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り、かつ各溪流からの流出時刻の調整を要しない分布型降雨流出モデルを構築した。メッシュは約50mの細分メッシュを設定し、メッシュ毎に流出解析を実施した。河内川流域内に水位・流量観測所が存在しないため、流出モデルの再現性を確保するため、下流の千種流量観測所までを解析対象範囲とした。

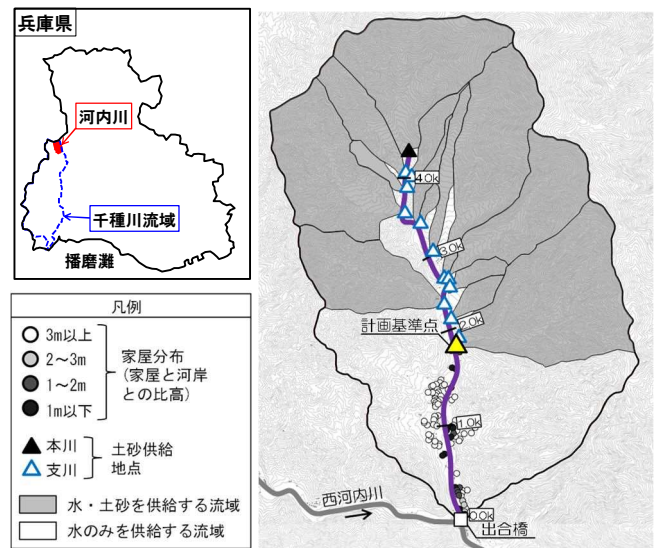


図-1 流域概要

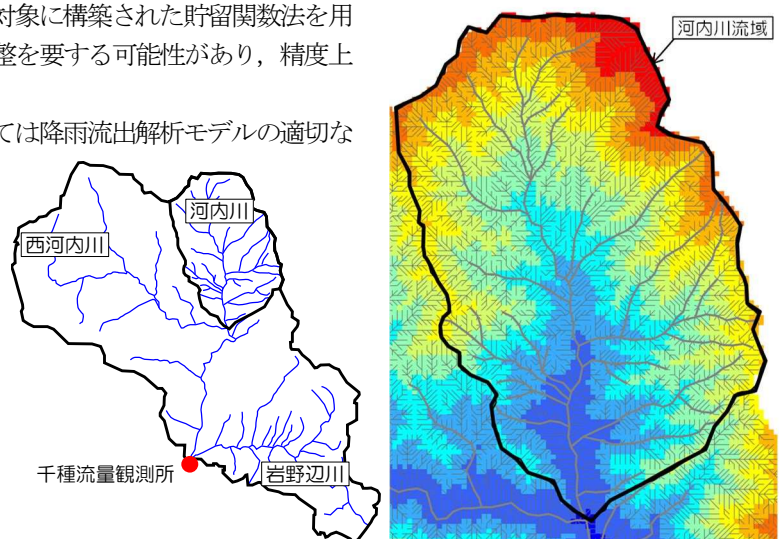


図-2 流出解析モデル構築範囲 図-3 河内川の落水線網(50mメッシュ)

### 3.3 再現計算

堤内における浸水・土砂堆積実績は確認できなかったため、河道内の土砂・水理現象を対象に、一次元河床変動解析による再現検証を行った。検証材料は、定量的な情報の揃う2018年7月洪水（H30.7西日本豪雨）による実績流量波形と土砂堆積量とした。

この結果、降雨流出についてはピーク流量と波形、土砂堆積については、検証範囲が限定的ではあるが出合橋付近の土砂堆積量（≒実績土砂撤去量と推定）の実績と解析値の比較により、良好な再現性を得た。

土砂・洪水氾濫解析モデルのフロー

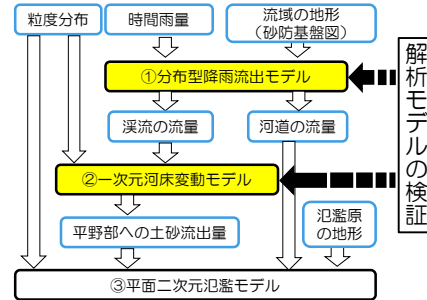


図-4 検証対象とする解析モデル



図-5 土砂堆積の検証結果

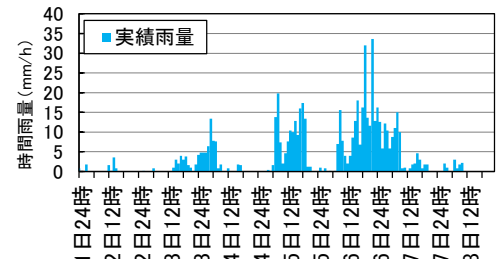


図-6 実績雨量(千種地点流域平均雨量)

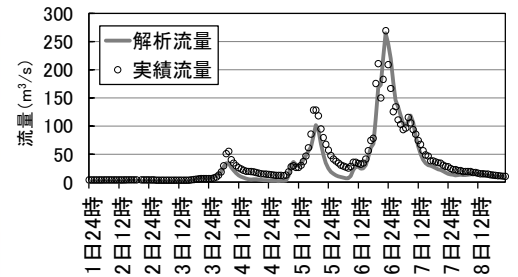


図-7 降雨流出の検証結果(千種地点)

### 4. 施設配置計画の立案

施設配置計画の立案にあたり設定した目標は、雨量確率  $w=1/100$  (2018.7 実績型降雨波形) に対する床上浸水被害の解消とした。本目標は、西河内川合流点付近の家屋は、土砂流入がなくとも浸水が発生する可能性があるため、家屋の床上浸水被害解消を実現可能性の高い目標として位置付けたものである。

対策施設は、支溪には、保全対象の直上流に位置し、また河内川流域内で最も生産土砂量の大きい溪流である大外地に堰堤工1基(図-9の堰堤工A)を配置し、本川には土砂供給量と現地形により規定される施設容量のバランスを考慮し、堰堤工2基を配置した。特に、本川2基の内、下流側堰堤工(図-9の堰堤工B)については、観光名所となっている三室の滝に影響を及ぼさず、なおかつ目標を達成し得る施設配置をトライアル計算に基づき設定した。

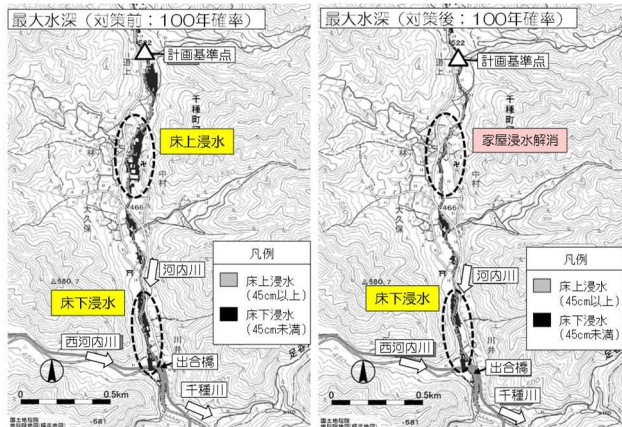


図-8 土砂・洪水氾濫解析結果(左: 対策前, 右: 対策後)

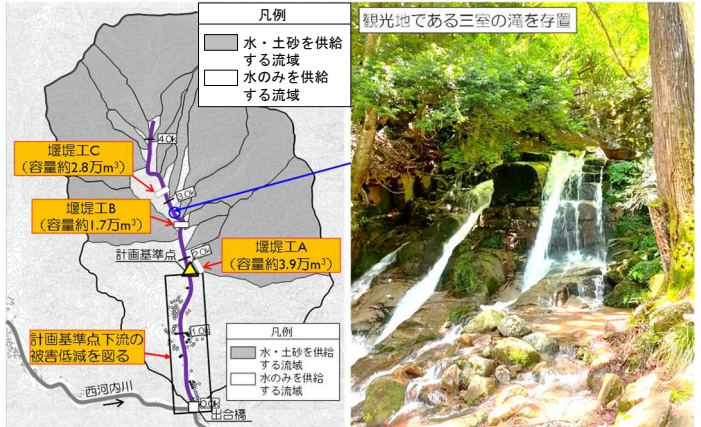


図-9 施設配置計画

### 5. まとめと今後の展開

河内川のような小流域における施設配置計画の立案に際し、分布型降雨流出モデルの有用性が示された。また、土砂流出特性(生産土砂量や流出地点)と地域特性(家屋分布や観光地)に配慮した施設配置計画を立案することが出来た。

河内川では大規模な新規崩壊や流木による閉塞実績が確認されなかったことから、今回の解析では斜面崩壊による生産土砂量、流木の発生等は考慮していない。今後は、これらの実績河川を対象に最新の知見を反映した土砂生産・流木生産・流木捕捉等のモデル化について検討し、解析モデルの精度向上を図り、また、本シミュレーションモデルを土砂・洪水氾濫に対する住民避難の促進、行政の危機管理対応の的確な判断に資する有効なツールとして活用するための研究を進める予定である。

### 謝辞

本稿で紹介した事例は、兵庫県龍野土木事務所からの委託業務成果を使用したものである。また、土砂・洪水氾濫解析モデルと解析条件の妥当性について筑波大学流域管理研究室の内田太郎准教授にご助言頂いた。ここに謝意を表します。

### 参考文献

- 1) 実効性のある避難を確保するための土砂災害対策のあり方について(報告書), 実効性のある避難を確保するための土砂災害対策検討委員会, 2019.5