

小規模流域における流域特徴の比較分析による土砂・洪水氾濫被害想定手法の検討

国土交通省国土技術政策総合研究所土砂災害研究部砂防研究室
鈴木啓介，田中健貴
株式会社建設技術研究所
○速見智，日名純也，清水万莉子，井上雄登，片岡秀太

1. はじめに

近年、気候変動の影響による降雨パターンの変化により、土砂・洪水氾濫による甚大な被害が報告されている。こうした状況に対応するため、土砂・洪水氾濫の発生の可能性が高い流域を絞り込みで「土砂・洪水氾濫により大きな被害のおそれのある流域の調査要領（案）試行版（令和4年3月）」等に従い、「土砂・洪水氾濫により大きな被害のおそれのある流域」を抽出されている。流域抽出後にはできるだけ簡便に、必要な精度を保って、数値解析やその他の手法を用いて被害予測を実施し、土砂・洪水氾濫対策を行うことが求められている。

土砂・洪水氾濫の被害予測は国総研資料第874号及び第1048号に基づいた手法により実施されることが多いが、細粒土砂の流動を考慮した混合粒径の河床変動計算モデルの構築や、流出解析、土砂量等の計算条件を設定するには高度な専門知識を有する。一方で土石流氾濫の被害予測計算では汎用性の高いモデルが開発されており、それらを土砂・洪水氾濫の被害予測へ適用することが考えられ、災害事例に適用された研究事例もある。そこで、本検討においては、土砂・洪水氾濫が発生した比較的規模の小さな流域を対象として、汎用的な検討手法を用いて氾濫実績の再現を試みた。

2. 汎用的な検討手法

ここでは、汎用的なモデルとして以下を用いて、実際の氾濫実績の再現を試みた。

- ・HyperKANAKO¹⁾
- ・iRIC (Morpho2DH、Nays2D Flood)²⁾

3. 流域特性の分類

各検討手法が適用できる流域を選定するために、流域特性の分類を行った。近年発生した土砂・洪水氾濫災害事例をもとに、調査要領（案）により調査される項目（発生・被害ポテンシャル調査）を踏まえて以下の観点から分類した（表1）。

- ・地形的特徴（流域面積）
- ・保全対象と土砂生産源との距離
- ・支川の合流
- ・主な土砂生産源（崩壊または河道）

保全対象と土砂生産源との距離は、谷出口直下に保全対象がある場合に「近い」、谷出口から200m以上離れた所に保全対象がある場合に「比較的距離がある」と評価した。

支川合流については、流域下流の1/30～1/200の区間に支川合流がある場合を支川合流が有として整理した。ここで支川とした流域は、本川と同程度の生産源があることや、流域内に保全対象がある流域としている。支川合流がある流域は4事例あり、流域面積が20km²程度以上、支川合流がない流域は7事例あり流域面積は数km²程度であった。

保全対象と土砂生産源との距離が「近い」流域で、支川合流が無い流域を「小規模流域」として定義し

た。近年土砂・洪水氾濫が発生した「小規模流域」としては、下馬沢川、小屋淵川、塚田川等の5流域が該当する。本検討において、汎用的な土石流シミュレータを用いることから、保全対象が土砂生産源と距離が近く大きな支川合流がない流域で、縦断的に土石流区間の割合が大きい小屋淵川を対象として検討を実施した。

表 1 土砂・洪水氾濫が発生した流域の分類

河川名	要因	流域面積 (km ²)	保全対象		土砂災害警戒区域	土砂災害警戒区域外への支川合流の有無※	土砂・洪水氾濫の被害のおそれのある区間の割合	主な土砂生産源（崩壊か河道生産起源か）	概要
			生産源との距離※	土砂災害警戒区域					
那智川	平成23年台風12号	24.8	比較的距離がある	警戒区域外	有	無	崩壊	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫
ベケレベツ川	平成28年台風第10号	5.1	比較的距離がある	警戒区域外	有	無	河道生産	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫
小本川	平成28年台風第10号	731.0	比較的距離がある	警戒区域外	有	有	河道生産	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫
赤谷川	平成29年7月九州北部豪雨	20.0	比較的距離がある	警戒区域外	有	有	崩壊	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫
天地川	平成30年7月西日本豪雨	3.7	近い	一部警戒区域外	無	無	崩壊	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫
大塚大川	平成30年7月西日本豪雨	6.3	近い	一部警戒区域外	無	無	河道生産	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫
五福谷川	令和元年台風第10号	24.0	比較的距離がある	警戒区域外	有	有	崩壊	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫	比較的規模の大きな流域における土砂・洪水氾濫
下馬沢川	令和3年9月豪雨	2.0	近い	一部警戒区域外	無	無	河道生産	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫
萩生川	令和4年8月豪雨	12.8	比較的距離がある	一部警戒区域外	無	無	河道生産	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫
小屋淵川	令和6年7月豪雨	1.2	近い	一部警戒区域外	無	無	崩壊	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫
塚田川	令和6年9月豪雨	6.9	近い	警戒区域外	無	無	河道生産	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫	小規模流域における河道生産に起因する土砂・洪水氾濫

4. 氾濫実績の再現の試み

山形県荒瀬川水系の小屋淵川を対象として氾濫被害の再現を各検討手法により試みた。

1) 災害概要

小屋淵川流域では令和6年7月24日未明からの降雨により、2つの右支溪において大規模な崩壊が発生した。最大1時間雨量は67.5mm、最大24時間雨量は357.5mmを記録した（図1）。流下した土砂は継続的な降雨の影響で谷出口の民家周辺に流出した。土砂が氾濫域に堆積した時刻は災害後のヒアリング等³⁾により7月25日の15時頃までであったことが確認できている。氾濫域では谷出口から扇状地状に土砂が堆積し、水路を埋塞した（図2）。谷出口付近では1.5mほどの堆積があり、水位は堆砂面から0.2～0.3m程度までであったと痕跡から確認されている。下流の氾濫域では流木の堆積も確認された。流出土砂量は災害前後のLP差分解析により15,900m³であることを確認した。

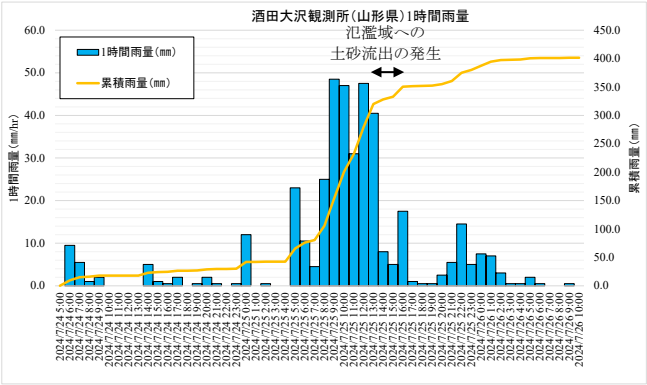


図 1 令和6年7月 災害時の1時間雨量

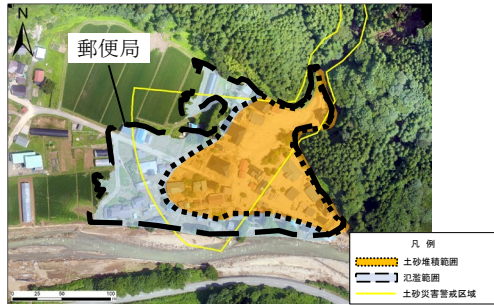
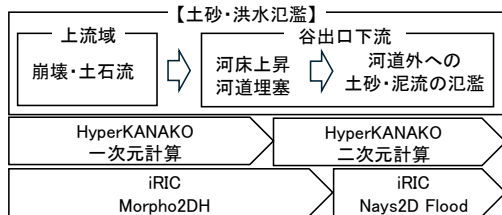


図 2 下流の氾濫状況

2) 再現する現象とモデル

汎用的なモデルにおいては、土砂・洪水氾濫の崩壊発生から下流域における河道外への氾濫までのすべての現象を一つのモデルで再現できないため、図3のように現象を切り分けて再現した。HyperKANAKOでは土石流の発生から、谷出口上流までの河床上昇を一次元で計算し、下流の河道埋塞、氾濫は二次元で計算した。iRICによる計算では2つのソルバーを組み合わせ、上流の斜面崩壊から土石流流動、谷出口下流の河床上昇・閉塞までをMorpho2DHで、土石流が堆積した後の泥流による氾濫被害をNays2D Floodにより計算した。本検討においては災害報告をもとに7月25日13時頃に崩壊および土石流氾濫が発生したとして、13時以降の現象を再現した。


 図 3 土砂・洪水氾濫の各現象と計算に用いたモデル
3) HyperKANAKOによる計算

HyperKANAKOによる計算では一次元計算領域の上流端を荒瀬川合流点から1100m地点として谷出口までを一次元計算領域、谷出口下流を二次元計算領域と設定した。一次元計算領域の上流端に、谷出口地点の合理式で算出したハイドログラフと、支川からの流出土砂量33,000m³を平衡土砂濃度により供給した。1次元計算領域の流域最下流の堰堤までは実績を踏まえて侵食可能深を2.0mと設定し、それより下流の一次元および二次元計算領域は固定床とした。現地調査結果から粒径は0.7mmとして、間隙流体の密度は感度分析より1200kg/m³と同定した。

2次元氾濫計算結果から、氾濫は谷出口付近から扇状地状に広がり、下流流路の土砂堆積により右岸側への広がりが確認できた。計算結果と土砂堆積(図4)や氾濫実績(図5)を比較すると概ね整合する結果となった。

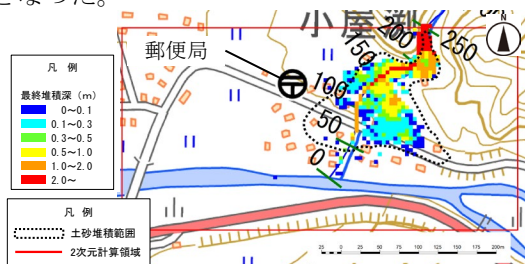


図 4 HyperKANAKOによる計算結果(最終堆積深)

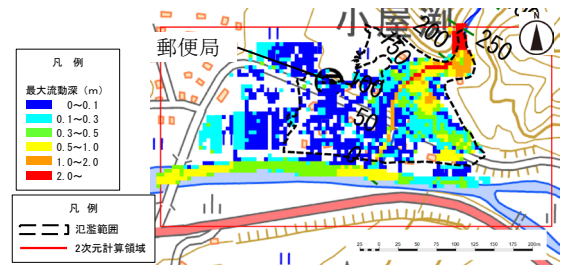


図 5 HyperKANAKOによる計算結果(最大流動深)

4) iRIC(Morpho2DH、Nays2D Flood)による計算

Morpho2DHではLP差分解析から得られた崩壊地の範囲と侵食土砂量に合うように崩壊範囲、崩壊深を設定した。現地調査結果から土石流流動域の侵食深は2.0m、粒径は0.7mmと設定した。Morpho2DHによる二次元土石流氾濫計算の堆積深の結果をNays2D Floodに引継ぎ、土石流流出後の河道外への氾濫を二次元氾濫計算で実施した。Nays2D Floodは計算領域内の河床変動を考慮できず、流入ハイドログラフに流砂量や土砂濃度の設定ができないため、清水の氾濫解析となる。本検討においては土石流氾濫後の土砂を含んだ水の流出であることを表現するために、流出解析によって得られた清水のハイドログラフを各時間当たり土砂含有分10%を割り増し谷出口より供給した。氾濫解析結果を実績と比較すると、概ね氾濫範囲が整合した結果(図6)が得られた。

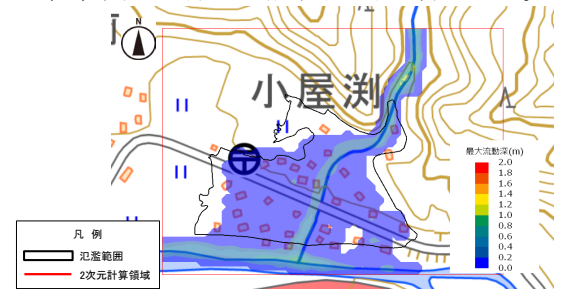


図 6 iRIC(Nays2D Flood)による氾濫計算結果

5. おわりに

小規模渓流に対して汎用的なモデルを用いて土砂・洪水氾濫の再現を試みた。対象とした渓流では土砂生産源と保全対象の距離が近く支川合流がない。また、流動形態が土石流形態である区間の割合が大きいため、混合粒径のモデルを用いなくても、HyperKANAKOやiRIC等の汎用的なモデルで概ね氾濫範囲の再現が可能であった。一方で今回対象としなかった土砂生産源から比較的距離があり、下流の長い区間に掃流域がある流域では、掃流砂・浮遊砂の解析が必要となる。また複数の土砂生産源がある流域や、支川内の保全対象の被害予測が必要な場合は支川合流を考慮する必要があるため、今回用いた汎用的なモデルでは再現が難しいことが考えられる。今後は流域の特性が異なる他の流域にも適用し、各手法の適用範囲を検証していく。

参考文献

- 1) 長谷川祐治ら(2019): 呉天応地区で発生した土砂災害と土砂洪水氾濫の検証, 土木学会論文集B1(水工学)
- 2) 蔭山星ら(2020): 土石流の河川への流入を考慮した洪水氾濫リスク評価, 砂防学会研究発表会概要集
- 3) 野田龍ら(2025): 2024年7月豪雨により山形県酒田市で発生した土砂災害, 砂防学会誌