

# 分布型水・土砂流出計算モデルを用いた 短期・中期土砂流出対策施設配置の検討例

(株) 建設技術研究所 ○西尾潤太, 日名純也, 井上雄登, 中島奈桜, 奥山遼佑, 西口幸希, 松原智生  
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 泉山寛明, 山越隆雄

## 1. はじめに

短期土砂流出対策, 中期土砂流出対策のための施設配置計画立案には数値計算が有用なツールの一つであるが, 具体的な活用方法は検討の余地がある. 検討対象流域の面積が大きくなり, 多くの支川が入り込む場において概略的に施設の位置を検討するには分布型水・土砂流出計算モデルの利用が第一に考えられる(例えば1), 2), 3)). しかし, 分布型水・土砂流出計算モデルを用いた施設配置計画の検討事例は少なく, 短期・中期土砂流出現象に対して活用するにあたっての留意点の整理が必要である. また, 想定する降雨分布と実際のそれとに偏りがある場合, 十分な機能を発揮できずに被害をもたらす可能性があるため, 降雨分布はいくつか想定<sup>4)</sup>し, 被害発生の可能性が高いエリアを優先的に整備することが必要であると考え.

本研究では, 短期<sup>5)</sup>・中期的な土砂流出が確認された筑後川流域支流赤谷川流域(流域面積 20km<sup>2</sup>)を対象に, 分布型水・土砂流出計算モデルにより再現計算を実施してモデルの再現性を確認した. その上で, 短期・中期土砂流出により生じる被害箇所を把握し, 被害解消のために有効な事前対策としての施設配置を検討した.

## 2. 分布型水・土砂流出モデル概要

本研究では, 分布型水・土砂流出計算モデルである SiMHIS<sup>6)</sup>を用いた. SiMHIS では, 流域を単位河道・単位斜面・斜面要素に分割した地形モデル(図1)に, 降雨を入力条件として与えることで, 斜面における水流出, 斜面崩壊による土砂生産・河道への供給及び河道における水・土砂輸送を統合的に解析可能である. 斜面における水流出は, 表面流・中間流統合型の Kinematic wave モデルを用いる. また, 崩壊の発生と生産土砂量は物理モデルに基づいて構築された回帰式<sup>7)</sup>により斜面要素ごとに得られる.

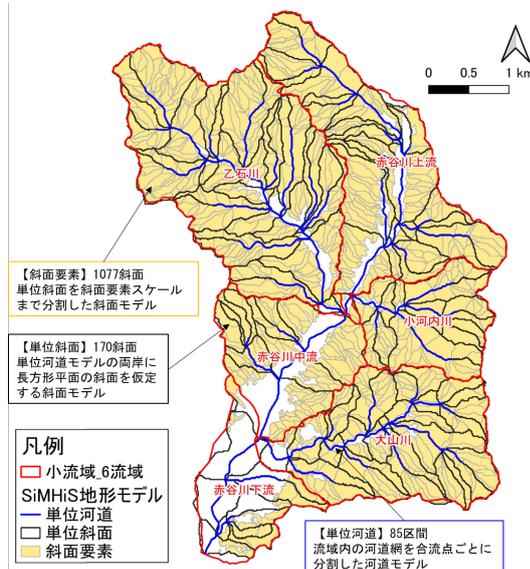


図1 SiMHIS 地形モデル(赤谷川流域)

## 3. 再現計算の実施と再現性の検証

短期土砂流出を対象とした再現計算では, H29 災害前後(平成 29 年 7 月 5 日から 7 月 16 日)の期間を対象に, 崩壊生産土砂量と降雨流出の結果により再現性を検証した. 土石流・土砂流の流動を考慮できず, 流出土砂量の再現性確保は今後の課題とし以後の施設配置検討では簡略的な検討を行っている. 短期土砂流出における計算条件及び設定根拠を表1に示す. ここに, 層厚, 透水係数, 間隙率, 等価粗度係数は水・土砂流出に影響のある値で, 比土中水分量と斜面崩壊幅は崩壊による土砂生産のみに影響のある値である. また, 斜面の A 層は斜面表層(透水層), B 層は A 層の下層(難透水層)である. なお, 比土中水分量は斜面崩壊発生を判定する閾値であり, 斜面内の土中水分量と限界土中水分量の比がこの値を超過した際に崩壊と判定される.

生産土砂量の計算結果を表2に, 降雨ピーク前後の赤谷川下流端(筑後川合流点直上)における流量の時間変化を図2に示す. 生産土砂量は, 流域全体で実績に対して 99.8%, 小流域ごとに 87~148%程度と概ね実績と整合する結果となった. また, 赤谷川下流端, 赤谷川の乙石川合流直上流地点のピーク流量は SiMHIS ではそれぞれ 527.9m<sup>3</sup>/s, 166.4m<sup>3</sup>/s であり実績の被災流量<sup>8)</sup>と概ね整合した. 以上のことから, 短期土砂流出を対象とした土砂生産及び降雨流出について良好な再現性が確認されたと言える.

中期土砂流出を対象とした再現計算では, R2 出水が発生した令和 2 年 7 月 1 日から 7 月 31 日を対象に, 降雨流出結果により再現性を検証した. 計算条件について日名ら(2022)<sup>6)</sup>で再現性が確認された条件を基に表3のように設定した. また, 中期土砂流出期間に新規の崩壊による土砂生産は生じないこととした. その結果, 降雨流出結果は観測値と整合する結果となり, 良好な再現性が確認されたと言える.

表1 短期土砂流出に関する再現計算の条件

項目	対象	設定値	設定根拠
対象期間	-	H29 7/5~16	・ H29災害
層厚	全層	水・土砂 2.0m	・ SiMHISの推奨値2.0m
	A層	水・土砂 1.5m	
	B層	水 0.5m	
透水係数	水・土砂	1.44 × 10 <sup>-4</sup> m/s	・ 地質ごとの透水試験結果
	水	4.49 × 10 <sup>-4</sup> m/s	
間隙率	水・土砂	1.0 × 10 <sup>-3</sup> m/s	・ A層より1オーダー小さい値
等価粗度係数(斜面)	水・土砂	0.52-0.58	・ 感度分析により小流域毎に決定
比土中水分量	土砂	0.7m <sup>-1/3</sup> ・s	・ 実態に合わせて決定
斜面崩壊幅	土砂	1.21	・ 感度分析により決定
斜面崩壊幅	土砂	25m	・ 感度分析により決定

表2 短期土砂流出の再現計算結果(生産土砂量)

流域名	流域面積 A (km <sup>2</sup> )	実績 生産土砂量 (万m <sup>3</sup> )	生産土砂量 (万m <sup>3</sup> )	実績に対する比率
赤谷川上流	4.37	67	67.6	100.8%
赤谷川中流	2.34	24	23.0	95.8%
赤谷川下流	1.69	0	0.0	-
乙石川	6.00	139	140.5	101.1%
小内河川	1.88	31	27.2	87.6%
大山川	3.72	5	7.4	148.3%
合計	20.00	266	265.6	99.8%

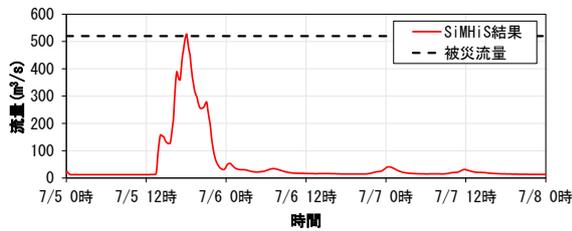


図2 短期土砂流出の再現計算結果（赤谷川流量）

表3 中期土砂流出に関する再現計算の条件

項目	対象	設定値	設定根拠	
対象期間	—	R2 7/1~7/31	・R2出水を含む期間	
層厚	全層	水・土砂	2.0m	・SiMHiSの推奨値2.0m ・感度分析により決定 <sup>9)</sup>
	A層	水・土砂	1.0m	
	B層	水	1.0m	
透水係数	A層	水・土砂	$1.44 \times 10^{-4} \text{m/s}$ $4.49 \times 10^{-4} \text{m/s}$	・短期と同様
	B層	水	$1.0 \times 10^{-5} \text{m/s}$	
	間隙率	水・土砂	0.56	
等価粗度係数(斜面)	水・土砂	$3.5 \text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$	・感度分析により決定	

#### 4. 短期・中期土砂流出の施設配置検討

##### 4.1 施設配置検討における計算手法

短期土砂流出に対する施設配置では、支川、斜面及び本川に対して施設を新規に配置し、施設効果の検証を行った（そのうち30基はH29災害における災関特緊施設と同じ位置とした）。施設効果は本検討では便宜的に表現した。支川・斜面の施設については各地点の本川河道への供給土砂量から施設効果量を差し引くことで表現した。本川の施設については、配置箇所より上流の支川・斜面からの供給土砂量から効果量分を差し引くことで表現した。降雨としては解析雨量を与え、H29災害時の赤谷川中流域に集中する降雨分布で計画規模（最大24時間雨量 $R_{24}$ : 590.3mm）、空間的に一様に与える場合（ $R_{24}$ : 363mm）、令和3年8月の乙石川、赤谷川上流に集中する降雨分布で雨量は引き延ばし（ $R_{24}$ : 590.3mm）の3パターンを与えた。

中期土砂流出の対策として、日名ら(2022)による中期土砂流出対策の選定フロー（試案）に基づき、除石、改良、新規施設の配置を検討し、施設効果の検証を行った。除石は、被害リスクの低減を図る河道の上流に位置する本川施設の堆積土砂を除くことを想定した。改良は既存施設に対して有効高15mを上限として嵩上し、その効果量を増加させた。新規施設は、短期における本川施設と同様の計算手法とした。降雨は、平成29年7月12日から令和1年7月12日の解析雨量を基に設定した。

##### 4.2 短期土砂流出の被害想定と施設配置の検討

3パターンの降雨分布における無施設時の被害想定の結果、平成29年7月型の降雨分布が最も被害が大きく、図3の赤の実線で示した14の河道で氾濫被害が生じると推定された。ここで氾濫基準は、計算結果の最大水位が、単位河道ごとの水のみで計算した場合の水位と保全対象地盤高のうち、初期河床からの比高が大きい方を超過することとした。施設としては図3に示すように砂防堰堤を37基設置し、施設効果量が約86万 $\text{m}^3$ となるようにした。なお対策施設は被害が生じる単位河道の直上の河道または、被害が生じる河道の近隣の斜面や支川に配置した（図3）。その結果、図4のように最大で2m程度水位及び河床位が低下し、被害が生じていた河道のほぼ全箇所被害が軽減・解消した。

#### 4.3 中期土砂流出の被害想定と対策の検討

中期土砂流出時の被害想定と対策の検討では、4.2の施設配置を行った場合の、短期土砂流出後の河床を初期条件とした。河道内の残存土砂の移動を推定した結果、上流側では河床高は低下する傾向にあるが、下流側の赤谷川本川1箇所、乙石川3箇所中期土砂流出期間の最大河床位が短期土砂流出直後の河床高より大きくなった。この4箇所に対して、除石、改良、新規施設の配置を行い施設効果の検証を行った。その結果、いずれの箇所においても中期土砂流出による河床上昇が解消された。

#### 5. おわりに

本検討では、赤谷川流域を対象として、分布型水・土砂流出計算モデルを用いた短期・中期土砂流出に対する再現計算、被害想定及び施設配置計画の検討を実施した。その結果、短期としては災関特緊施設30基に加え施設を37基新規に設置し、中期土砂流出対策としては除石、改良、新規を使い分けることで土砂の捕捉機能を発揮することが分かった。土石流・土砂流の流動を考慮できていないこと、また中期土砂流出現象での計画規模の設定については吟味が必要であり、今後の課題である。

謝辞 現地のデータを提供頂いた九州地方整備局の関係者の方々には心より御礼申し上げます。

参考文献 1)山野井, 藤田, 砂防学会誌, Vol.69, No.6, p.15-23, 2016, 2)富田ら, 砂防学会誌, Vol.67, No.2, p.15-21, 2014, 3)野呂ら, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, p.63-64, 2022, 4)丸下ら, 砂防学会誌, Vol.75, No.4, p.30-35, 2021, 5)筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会: 筑後川右岸流域 河川・砂防復旧技術検討委員会報告書, 2017, 6)日名ら, 令和4年度砂防学会研究発表会概要集, p.591-592, 2022

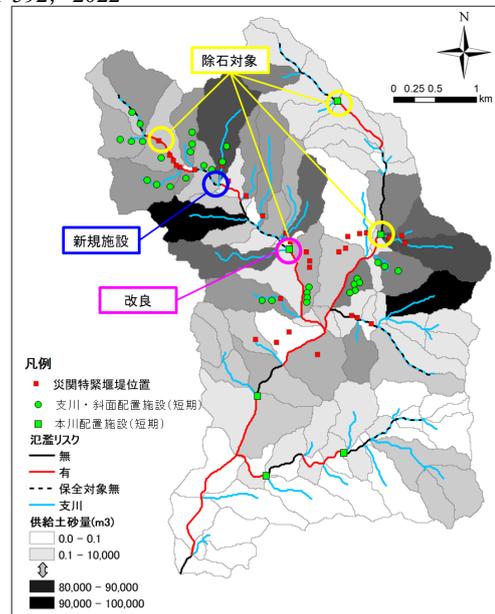


図3 短期・中期土砂流出の対策施設配置結果

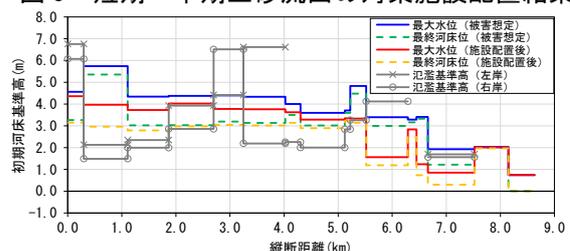


図4 短期土砂流出における計算結果（赤谷川本川）