

常願寺川流域における単位河道モデルを用いた平時・異常時の土砂流出と下流へのインパクト評価の試行

立山砂防事務所 石田孝司, 中田圭一, 村元陽介

京都大学名誉教授 水山高久, 藤田正治, 信州大学 堤大三, 富山県立大学 久加朋子, 京都大学 山野井 一輝

砂防・地すべり技術センター 池田暁彦, 日本工営株式会社 ○山崎祐介, 長山孝彦, 伊藤隆郭

1. はじめに

砂防事業を効果的に行うためには、流域内の土砂の生産・河床変動を伴う流下および流出を把握することと、適切な対策が必要になる。砂防の代表的な対策施設である砂防堰堤は、その役割によって不透過型から透過型、シャッター付きが登場し、堰堤群としての効果を期待されてきている。これらの効果を評価するためには、流域全体における土砂移動のシミュレーションなどによる把握が必要である。著者らは、単位斜面および単位河道で構成される流域スケールを対象とする土砂流出モデル（山野井・藤田，2016）への堰堤機能の導入手法、および堰堤効果のモデル化手法について検討を行っている。本稿では、シャッター付き堰堤の効果的な操作や堰堤群の最適配置などを検討する前段として、降雨、生産土砂量および質がそれぞれ異なる平時と異常時の状態を想定した土砂流出解析を、砂防事業がもっとも活発に行われている地域の一つである常願寺川において実施し、土砂流出と下流へのインパクト評価の試行を行う。

2. 解析モデル

流域地形モデルは矩形斜面とその接続する河道によって構成される（江頭・松木，2000）。斜面における表面流および浸透流には、それぞれマニング則およびダルシー則を適用している。河道における流水および流砂については、それぞれマニング則および芦田・道上式を適用している（江頭・松木，2000）。透過型堰堤における土砂の貯留・流出のモデル化において、もっとも重要である水位せき上げの1次元的評価は、水理模型実験によってある程度の定量的評価が可能に

表-1 粒径 (mm)と最小粒径からの順位

粒径	順位	粒径	順位	粒径	順位
0.590	No.1	44.0	No.8	274	No.15
1.30	No.2	56.8	No.9	346	No.16
3.09	No.3	69.6	No.10	447	No.17
6.73	No.4	87.3	No.11	548	No.18
13.5	No.5	122	No.12	648	No.19
22.0	No.6	173	No.13	748	No.20
31.1	No.7	224	No.14	1310	No.21

なっている（伊藤ら，2015）。単位河道に設置された透過型堰堤の土砂の貯留・流出は、これらの知見を用いて、堆砂状況に応じた勾配を設定しそれを摩擦速度に適用して算出している（山崎ら，2023）。

3. 計算条件

対象領域は上滝上流（流域面積：約 355 km²）である。対象出水と河道、土砂供給は平時と計画規模相当（以降、平時および異常時という）を設定した。

平時は、2004 年 7 月 17 日の降雨（図 1）を対象として計 100 回与えた。アメダス立山地点において最大 24 時間雨量 174 mm，最大時間雨量 45 mm である。流出解析による妙寿砂防堰堤地点でのピーク流量は 1,200 m³/s で、妙寿堰堤の計画流量（約 2,000 m³/s）の半分程度である。給砂は、降雨 10 回を 1 年と想定し、1500 m³/km²/年（野呂ら，2020）を流域全体に供給した。河床材料の初期粒度分布には、野呂ら（2020）の結果に 2011 年から 2020 年の降雨を用いた粒径

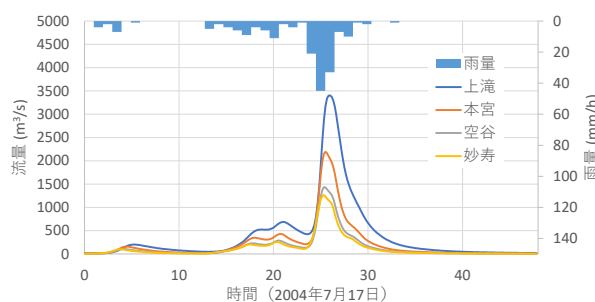


図 1 平時の降雨・流量

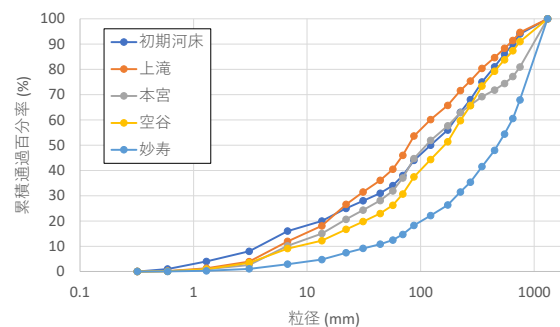


図 2 平時の初期河床と均し計算後の粒度分布

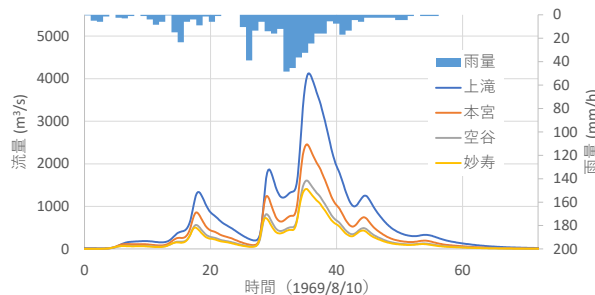


図 3 異常時の降雨・流量

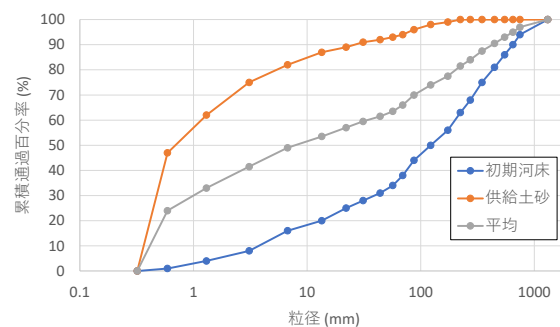


図 4 異常時の初期河床と供給土砂の粒度分布

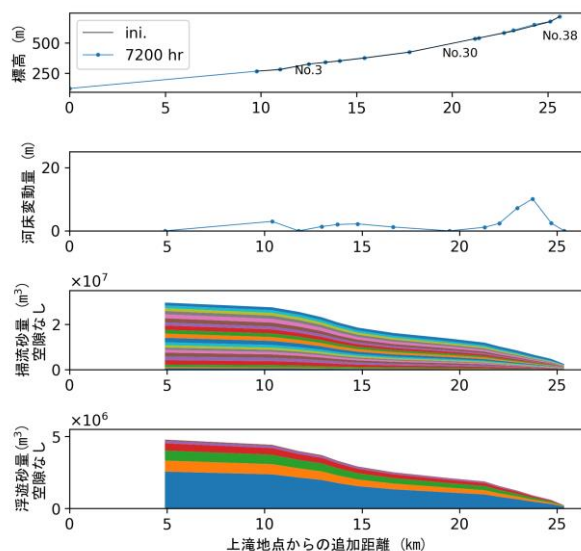


図5 平時の計算終了時の結果

の均し計算を実施することにより流水作用を考慮した(図2)。表1に粒径と最小粒径からの順位を示す。粒径分割数は、別途下流域で実施する解析との接続のため多くしている。

異常時は、1969年8月の降雨(図3)に加え、1995年7月の降雨を想定して、定常10 mm/hを2週間相当与えた。千寿が原における24時間最大雨量は395 mm、時間最大雨量は49 mmである。鳶山の崩壊により生産された土砂が鬼ヶ城砂防堰堤まで移動している状態を想定し、鬼ヶ城砂防堰堤から5°の勾配で土砂が堆積している状態に河床を設定した。川幅は係数5のレジーム則で定めた。この際、堆砂量(堆砂面と元地形の空間)は空隙込みで1億m³程度となり、飛越地震時に生産された土砂量と同程度である(Inoue et al., 2010)。河床材料は、崩壊土砂と河床にもとから存在した材料が混合した状態を想定し、河床と崩壊土砂(図4 野呂ら, 2020の一部変更)の平均値を与えた。

妙寿砂防堰堤(流域面積:115.2km²、堰堤高:14.5m、堤長:120.5m、水通幅:54m、スリット高さ×幅:8.5m×7.5m、三上ら, 2013)は、山崎ら(2023)によりモデル化されている。

4. 計算結果

図5, 6に上滝地点～妙寿堰堤区間における、平時、異常時における計算終了時の標高、河床変動高、粒径別掃流砂・浮遊砂の上流から下流への累積値の縦断変化を示す。No.38, No.30, No.3は、それぞれ妙寿砂防堰堤、空谷砂防堰堤、本宮砂防堰堤、下流端が上滝である。粒径階は、No1:粒径小～No21:粒径大である(表1)。

土砂堆積は空谷堰堤～妙寿堰堤に発生しており、異常時の方が多。掃流砂量の縦断変化をみると、平時の方が多く、これは平時の通水時間が異常時よりも長いことによるものと考えられる。平時においては、大部分の粒径が同程度流出しているのに対し、異常時ではNo1(0.59 mm)からNo5(13.5 mm)の粒径が総量の約50%を占める。浮遊砂量の縦断変化をみると、平時と異常時における量に顕著な差はないが、異常時の方がNo1とNo2(1.3 mm)の含有率が高い。掃流砂および浮遊砂の異常時における細粒成分の含有率が多いのは、河床・供給土砂の微細成分の含有率が高く、かつ、平時の場合には均し計算による河床材料の粗粒化が生じていることが原因であると考えられる。

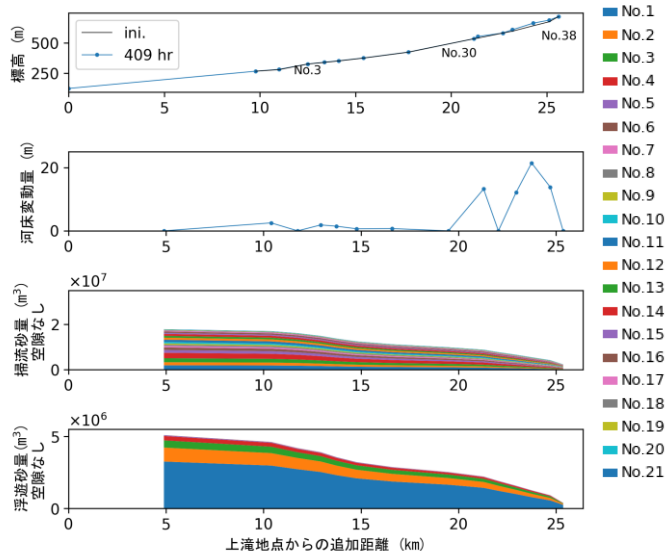


図6 異常時の計算終了時の結果

5. おわりに

本稿は、土砂流出モデルを常願寺川に適用し、平時・異常時における土砂流出と下流へのインパクト評価の試行を行った。異常時における下流端(上滝地点)の流出土砂量は2.2百万m³(空隙込)であり、生産土砂1億m³(空隙込)の2%に過ぎない。これは、飛越地震時と同程度の土砂が生産されても、近年の降雨条件下においては、直ちに下流へ到達しない可能性を示している。今後、出水シナリオに基づいた計算や施設効果・改良の検討の計算を行う予定である。

謝辞:国土交通省北陸地方整備局立山砂防事務所にデータの提供および助言をいただいた。本成果は、河川砂防技術研究開発公募 地域課題分野(砂防)常願寺川砂防事業への土砂移動観測の効果的な活用(代表者:堤大三)の成果の一部である。ここに謝意を表します。

引用文献

- 江頭・松木:河道貯留土砂を対象とした流出土砂の予測法, 水工学論文集, 44巻, pp.735-740, 2000
- 三上ら:常願寺川における可動式シャッター砂防堰堤の設置と運用について, 砂防学会誌, 66巻, 5号, p.42-48, 2013
- Inoue et al., "The Catastrophic Tombi Landslide and Accompanying Landslide Dams Induced by the 1858 Hietsu Earthquake," *J. Disaster Res.*, Vol.5 No.3, pp. 245-256, 2010.
- 伊藤ら:種々の透過型砂防堰堤を対象とした土砂流出の制御と促進に関する模型実験, 砂防学会誌, 68巻, 2号, p.23-34, 2015
- 山野・藤田:複合土砂災害シミュレータ SiMHIS を用いた山間地域における土砂災害の警戒避難情報の提供に関する一考察, 砂防学会誌, 69巻, 6号, pp.15-23, 2016
- 野呂ら:常願寺川における単位河道モデルによる水・土砂流出解析と適用性に関する試行, 2020 年度砂防学会研究発表会概要集, R1-035, 2020
- 山崎ら:単位河道モデルに透過型等の砂防堰堤を含む簡易モデルの開発, 2022 年度砂防学会研究発表会概要集, R1-1, 2022
- 山崎ら:単位河道モデルに透過型等の砂防堰堤を含む簡易モデルの開発(2), 2023 年度砂防学会研究発表会概要集, R8-9, 2023