

荒廃溪流源頭部における降雨流出特性

静岡大学大学院山岳流域研究院○大沼恵季

静岡大学学術院農学領域 今泉文寿

京都大学防災研究所 高山翔揮

1. はじめに

土砂災害に対する警戒避難体制などのソフト面における適切な基準雨量設定のために、従来から降雨指標を用いた土石流の発生予測が研究されてきた。Tsunetaka et al. (2021)は砂礫堆積量が減少すると土石流が発生する降雨の規模が小さくなることを明らかにしており、砂礫の堆積状況が土石流発生降雨条件に影響を及ぼす可能性を示唆している。溪床の砂礫堆積物の質的・量的な変化が流出特性に及ぼす影響を対象とした研究事例は少なく(例えば, Imaizumi et al., 2006), 土石流発生時の堆積物中の水分動態についても未解明な部分が多い。そこで本研究では、土石流の材料となる溪床の砂礫堆積物が降雨流出特性に及ぼす影響の解明を目的とし、荒廃溪流において流量観測を行った。加えて、EC(電気伝導率)の濃度形成に着目することで、大規模な崩壊の発生によって形成された荒廃溪流源頭部における降雨流出特性の把握を試みた。

2. 対象流域および研究手法

静岡県の安倍川源流域に位置する大谷崩内の一の沢、本谷の2流域を対象とした(図1, 表1)。大谷崩を含む一帯は古第三紀層の四万十帯及び瀬戸川層群に層し、大谷崩では砂岩、頁岩、砂岩および頁岩の互層がみられ、構造運動による断層・褶曲によって破碎が著しい(建設省静岡河川工事事務所, 1988)。一の沢では冬季の凍結融解による砂礫の供給と夏季から秋季にかけての土石流による砂礫の流域外への移動によって、時系列的に溪床の堆積量が変化する。本谷では1983年以降土石流の発生が確認されておらず、溪床には常に一の沢よりも多量の砂礫堆積物が存在する。国土交通省大谷観測所による観測では平均年降水量3,446mmであり、冬季には積雪がある。本研究では連続データの取得が比較的容易な水位とECを観測した。一の沢、本谷の溪床に水圧計とEC計を設置し、一の沢で1分間

隔、本谷で5分間隔の計測頻度で自動観測した。自動観測のほかにプロペラ式流速計を用いた流量の直接計測、ポータブルEC計を用いたECの直接計測を行った。雨量計を一の沢に設置し、観測した値を対象流域の降雨量として使用した。得られたデータをもとにハイエント・ハイドログラフを作成し、最大10分間雨量を記録した時間(降雨ピーク)から最大水位(流出ピーク)が発生するまでの時間差を求めた。この時間差をピーク遅れ時間と定義する。次に洪水時の流量形成要因を明らかにすることを目的として、洪水時の水位・EC変動傾向(ヒステリシスループ)を調べた。これは雨水が地中に浸透する過程におけるECの濃度形成要因にもとづくものであり、本研究では浅層を経路とする速やかな流出(低EC)と深層を経路とする流出(高EC)の2つに大別した。解析結果の検討には山川ら(2024)を参考とした。また、堆積状況の把握のためにUAV-SfM(多視点ステレオ写真測量)により地形測量を行った。地形データより数値標高モデル(DEM)を作製し、基岩DEMとの差分をとることで堆積量を算出した。基岩DEMとは2020年から2023年の観測期間に作成したDEM、過去複数回の航空レーザー測量データで得られたDEMを使用して作製した各メッシュの最低標高値を示す。

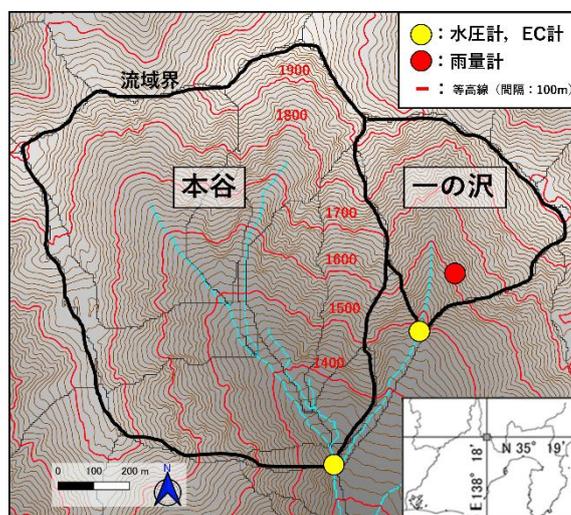


図1 対象流域の地形図

表1 対象流域の概要

流域名	流域面積 (km ²)	比高 (m)	流域平均勾配 (°)
一の沢	0.198	473	48
本谷	0.864	666	41

3. 結果と考察

UAVによる地形測量の結果、溪床の砂礫堆積量は2024年6月19日に16,220 m³、2024年9月11日に10,080 m³、2024年10月6日に7,789 m³となり、夏季から秋季の土石流により減少した。

3.1 ピーク遅れ時間の評価

一の沢、本谷について2024年5月～2024年10月までの水位の連続観測データをもとに、ピーク遅れ時間を抽出した(図2)。一の沢についてはピーク遅れ時間が抽出されたときの堆積量を地形測量の結果に基づき示した。一の沢では最大10分間雨量1.2～4.4 mm、ピーク遅れ時間3～260 min、本谷では最大10分間雨量3.0～13.0 mm、ピーク遅れ時間102～417 minとなった。本谷は一の沢と比較してピーク遅れ時間が長くなる傾向にあり、流域面積の影響を大きく受けていると考えられる。また、共通する点として降雨強度が大きくなるとピーク遅れ時間がほとんど一定の値となることが確認された。堆積量とピーク遅れ時間の関係について、一の沢では堆積量が10,000 m³未満のときに特にピーク遅れ時間が短くなることがわかった。このことから堆積量がピーク遅れ時間に影響を及ぼす可能性が示唆されたため、本谷におけるピーク遅れ時間についても砂礫堆積物が影響していると考えられる。

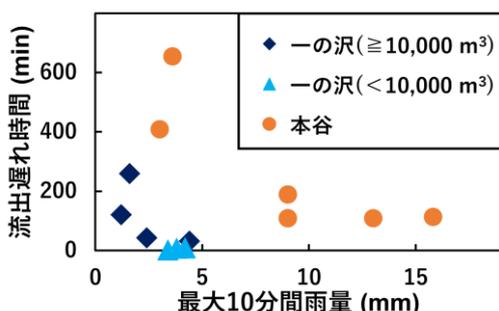


図2 ピーク遅れ時間 (一の沢, 本谷)

3.2 EC 実測値の結果

2024年5月～2024年10月にポータブルEC計を用いて一の沢8回、本谷7回の渓流水のEC計測を行っ

た。一の沢は最大値63.0 mS/m、最小値51.1 mS/m、平均値56.1 mS/m、本谷は最大値34.3 mS/m、最小値26.3 mS/m、平均値29.9 mS/mであった。2つの流域は隣接しているが、平均値では一の沢において本谷の2倍近い値を記録した。大谷崩一帯では構造運動により基岩の破砕が進み、基岩内の空隙率が大きくなっていることが推測される。雨水が地中の深部まで浸透するため基岩と水の反応時間が長いことや、空隙が多いことによる接触面積の増加などが渓流水の高いECを示す要因になっていると考えられる。

3.2 ヒステリシスループ解析

本谷について、2024年8月～2024年11月までの水位・ECの連続観測データをもとに、10つのイベントのヒステリシスループ解析を行った。ヒステリシスループが判別できたものは8つであり、そのうち75%がAnti-clockwise型、25%がDirect型のヒステリシスを示し、Clockwise型は観測されなかった。本谷ではAnti-clockwise型が優勢であることから出水時には基岩層を經由しない速やかな流出成分が卓越する傾向が示唆された。一の沢ではデータセットを3回の降雨イベント分取得した。このうち溪床の砂礫堆積量が小さいときには1つの降雨イベントに対して2つのECピークがみられ、ヒステリシスは判別不可であった。

4. おわりに

本研究では、堆積量の増大に伴いピーク遅れ時間が増加することがわかった。また、降雨強度が大きくなるとピーク遅れ時間がほとんど一定の値となることが確認された。最小ピーク遅れ時間を規定する要因について、今後の観測により検討していく必要があると考える。

参考文献

Imaizumi, F., Sidle, R.C., Tsuchiya, S., Ohsaka, O.(2006):Hydrogeomorphic processes in a steep debris flow initiation zone, GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, Vol.33
 建設省静岡河川工事事務所(1988):安倍川砂防史
 Tsunetaka, H., Hotta, N., Imaizumi, F., Hayakawa., Y., Masui, T.(2021) Variation in rainfall patterns triggering debris flow in the initiation zone of the Ichino-sawa torrent, Ohya landslide, Japan, Geomorphology, Vol.375
 山川陽祐・内田太郎・輿水康二(2024):大起伏付加体堆積岩山地における地質構造に着目した降雨流出プロセスの解析, 令和6年度砂防学会研究発表会概要集