

ヒル谷試験堰堤からの排砂に伴う濁水の伝搬に関する現地実験

日本工営（株） ○木佐洋志，保谷智之，渡部春樹，倉上健，橋本憲二，長山孝彦，伊藤隆郭
（一財）砂防・地すべり技術センター 池田暁彦，京都大学防災研究所 高山翔揮
京都大学 宮田秀介，京都大学名誉教授 藤田正治

1. はじめに

ヒル谷試験堰堤¹⁾では、沈砂池の容量確保のため、不定期で人為的排砂が行われている。排砂が下流環境へ及ぼす影響には、河床位や河床材料の粒径等の河床そのものへの影響や、副次的に、河川の水環境、生態環境への影響等が挙げられる。これらの影響や回復過程の把握は、下流環境への影響を抑えた人為的排砂を行うために重要である。本研究では、ヒル谷試験堰堤での人為的排砂イベントに合わせて、採水と濁度計観測による濁水の伝搬把握と、UAV写真測量による小規模河床変動の差分の簡易取得の試行実験を行ったので報告する。

2. 試験地概要と実験内容

(1) 試験地の概要

現地実験は、神通川水系蒲田川左支川足洗谷にある京都大学防災研究所穂高砂防観測所のヒル谷試験堰堤（流域面積 0.85km²，以下、試験堰堤）での排砂（2024/9/6 実施）に合わせて、ヒル谷試験堰堤下流（図1参照）と足洗谷観測水路（流域面積 6.5km²，以下、観測水路）で行った。試験堰堤の下流側は、2020年7月の土石流で旧河道に多量の土砂が平均河床勾配 6~7° 程度で堆積²⁾している。

(2) 人為的排砂と観測の概要

試験堰堤は左右2門の排砂ゲートを持つ。排砂開始時刻は2024/9/6 9:30で、排砂ゲート開操作後、複数回のゲート開閉と人力の排砂作業（土砂かき）が10:58まで行われ、11:08に排砂ゲート閉操作までの約1.5時間に約39.7m³が排砂された。なお、排砂終了後の沈砂池の水位上昇速度から試験堰堤上流（ヒル谷試験流域）からの流入流量は0.02m³/s程度と推定された。試験堰堤下流側の直接採水位置を図1（赤丸破線）に示す。

観測水路は幅5m，高さ1m，水路勾配1/20であり、ヒル谷と足洗谷合流点から、約750m下流に位置する。観測水路の中央と右岸で採水し、水路右岸側の濁度計（OBS-3+，ClariVUE10，NEP-5000）で濁度を観測³⁾し、実験中の観測水路の水深，表面流速を計測した。

(3) 下流河道の差分の簡易取得

試験堰堤下流から足洗谷合流点までの120m区間のUAV写真撮影を排砂前(9/5)と排砂終了直後(9/6 11:27~11:45)に行った。UAVはマニュアル操作で河道右岸側（土石流堆積地）上を低空（平均飛行高度は排砂前で12.7m，排砂後は6.5m）で斜め，垂直写真混在でインターバル写真撮影した。排砂前(9/5)，排砂後(9/6)は異なる操縦者によりUAV写真撮影され、いずれも3経路分(1.5往復)の撮影を目安とした。取得写真は排砂前，排砂後ともに420枚程度に間引いて SfM に用いた。地上解像度（平均）は，排砂前，排砂後でそれぞれ約0.4cm/pix，約0.2cm/pixであった。使用写真の撮影平面位置（UAVのGPS取得座標）を排砂後のみ図1(中)に示す。

現地実験前の2024/9/4, 9/5に図1(左上)に示す対空標識を交互に配置し，簡易的にGNSS測位を行い，標定点または検証点として使用した（図1参照）。なお，GNSS測位は，準天頂衛星（みちびき）のCLAS(L6)対応のGNSSアンテナ（小峰無線電機製，QZG1256fQ）と2周波受信機（ジオセンス製，u-blox社のGNSS受信モジュールZED-F9P，NEO-D9C搭載）を用い，Fix解が得られた場合はFix後10分程度の位置座標（平均）を用いた。今回，L2はFix解が得られなかった他，R2はFix状態が途切れ，Floatに戻ることがあった。標定点測位時の受信衛星は平均で6~7基程度であった。準天頂衛星（みちびき）は，対空標識の測位中は平均2基（最小1基）の受信があった。

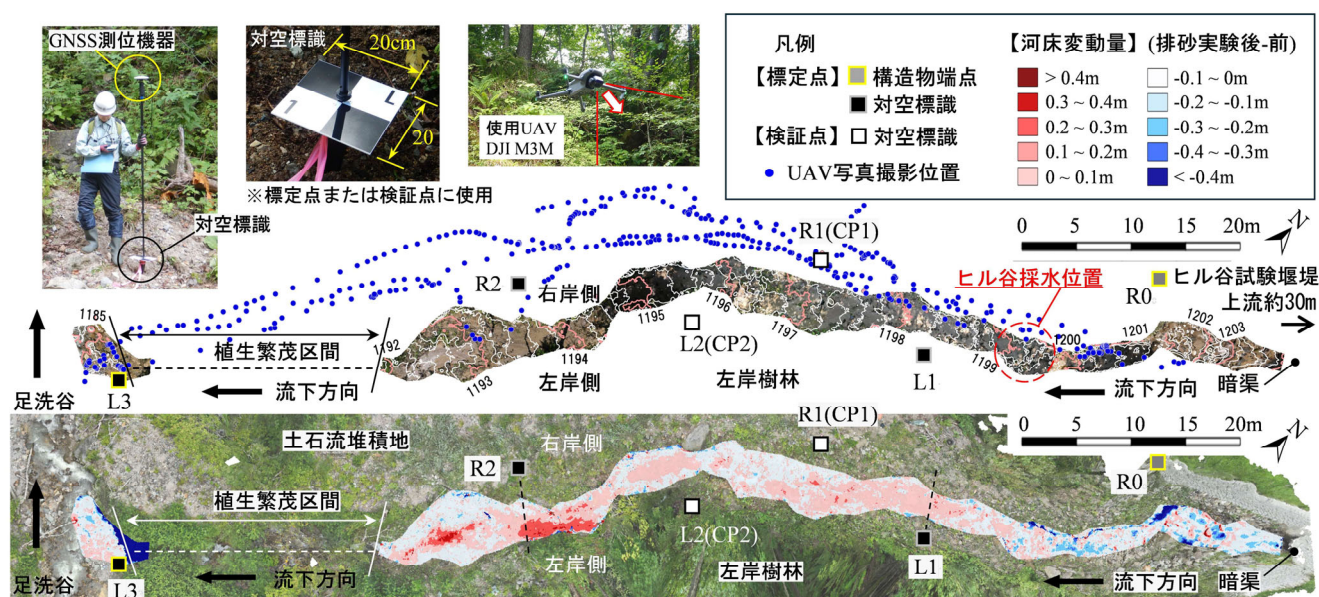


図1 使用機材(左上)，排砂後のヒル谷試験堰堤下流のオルソ画像(中)と排砂前後の河床変動量(下)

表2 再構築されたモデルでの排砂前後の検証点のずれ

検証点	位置	水平方向(m)	高さ方向(m)	合計(m)
CP1 (R1)	右岸側岸上	0.018	0.007	0.019
CP2 (L2)	左岸樹林付近	0.005	0	0.005
平均	—	0.012	0.0035	0.013

4. 考察

(1)濁水の伝搬

試験堰堤から観測水路まで約 900m で、排砂開始からの所要時間 12 分より、濁水の伝搬速度は平均で 1.25m/s と試算される。濁水到達に対する出力感度や異常値の発生有無等、濁度計により異なるが、いずれの濁度計も濁度のピークは同じ時刻(9:53)にとらえた。排砂ゲート閉操作後の濁度は、排砂前の状態まで短時間では低減せず、土砂の河道への堆積、二次移動や、濁りの滞留等の影響を受けている。

(2)試験堰堤下流域の河床変化

ヒル谷試験堰堤下流域は、日射と影、流水、植生等の存在、GNSS 測位精度低下をもたらす樹林からのマルチパスの可能性等、写真測量に不向きな条件が揃っている。ここでは、図 1(中) に示す検証点(CP1, CP2)を配置した標定点 L1 から R2 までの区間(延長約 40m, 面積約 130m²)での差分を評価した。侵食量 0.9 m³、堆積量 6.6 m³ で総じて 5.7m³ の土砂堆積があり、範囲平均で約 4.4cm の堆積となる。表 2 に示す排砂前後の 3 次元モデル上の検証点の位置のずれは平面で最大約 2cm、高さ方向のずれは最大 0.7cm である。堆積高の範囲平均値は、検証点の高さ方向のずれ(平均値で 0.35cm)の 12.5 倍と大きく、評価区間(L1~R2)での堆積量 5.7m³ は有意と判断した。つまり、目的を河床位の変化量の把握に限定すれば、GNSS 測位や UAV 写真測量に不向きな条件が揃う山地溪流でも、一概に適用範囲外とは言えず、少ない対空標識と簡易な UAV 写真測量により、低コスト・省力で中距離の河床変化の把握や回復プロセスの把握に活用できる可能性がある。

5. まとめ

本検討により得られた要点を以下にまとめる。

- (1)ヒル谷試験堰堤からの人為的排砂時に、試験堰堤直下での採水や足洗谷観測水路での濁度計観測を行い、濁水の伝搬速度 1.25m/s 程度など基礎データを得た。
- (2)ヒル谷下流のような GNSS 測位や UAV 写真測量に不向きな山地溪流でも、少ない対空標識の配置次第で、中距離の河床変化が把握できる可能性がある。

本検討では 1 回の人為的排砂を対象とした。排砂後の降雨に伴う出水規模や回数と回復期間およびプロセスとの関係把握等も重要と考えられ、今後も検討を進めていきたい。

謝辞 ヒル谷試験堰堤の排砂実験に参加された学生をはじめとする多くの皆様、本研究の現地実験にご協力頂いた日本工営(株)の各位に感謝の意を表します。

参考文献 1) 藤田ら, 2003, 水工学論文集, 第 47 巻, p.739-744, 2) ゴメスら, 2022, 砂防学会誌, Vol. 75, No. 4, p. 25-29, 3) 西脇ら, 2024, 令和 6 年度砂防学会研究発表会概要集, p.51-52

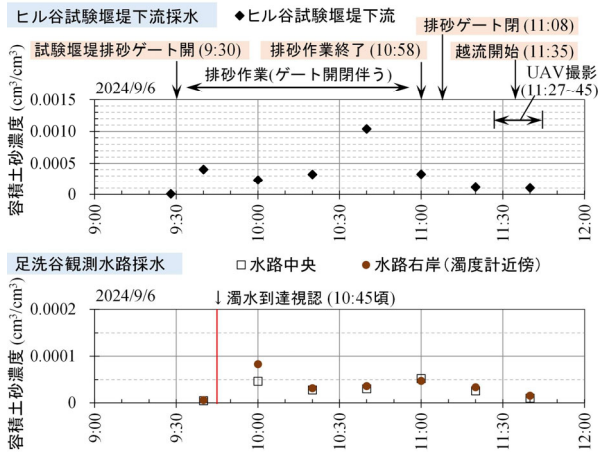


図2 採水試料の容積土砂濃度

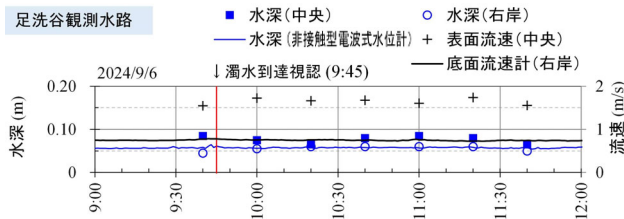


図3 足洗谷観測水路の水深および流速

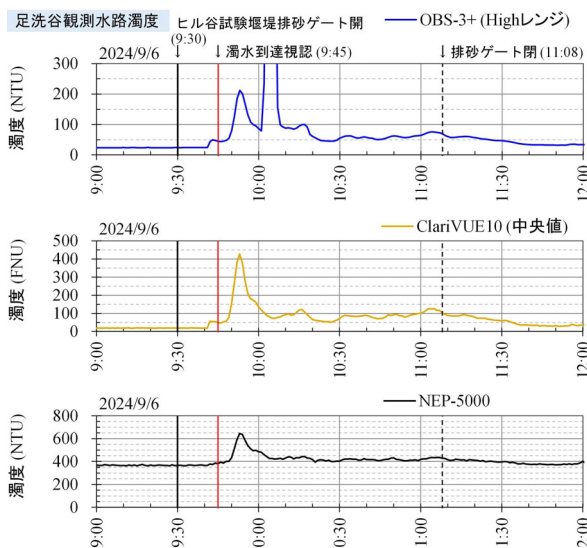


図4 足洗谷観測水路の濁度計観測値

表1 採水試料および堆積土砂の分析結果

試料	位置	土砂濃度(cm³/cm³)	中央粒径 d ₅₀ (mm)
採水試料	試験堰堤下流	最大 0.001 程度	0.02~0.03 程度 ^{*1}
採水試料	観測水路中央	最大 0.00005 程度	0.02~0.03 程度 ^{*1}
堆積土砂 ^{*3}	観測水路上流	—	0.25 程度 ^{*2}

*1 レーザー回折・散乱法, *2 ふるい試験, 沈降分析による, *3 排砂実験後に採取, 土粒子の密度 2.62g/cm³

3. 実験結果

試験堰堤下流および観測水路での採水による土砂濃度を図 2 に示す。試験堰堤での排砂開始(9:30)から 15 分後(9:45)に観測水路での濁水が視認された。観測水路の水深、流速の計測結果を図 3 に、濁度計観測結果を図 4 に示す。採水試料と、排砂後に観測水路上流で採取した堆積土砂の分析結果を表 1 に示す。