

ヒル谷試験堰堤の排砂操作に伴う濁水・掃流砂の伝搬特性

日本工営（株） ○木佐洋志, 橋本憲二, 保谷智之, 渡部春樹, 倉上健, 高木優, 古木宏和, 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
 国立研究開発法人土木研究所 水垣滋, 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、河床位や粒径等の河床材料といった河床そのものへの影響に加え、副次的に、水質や生態系への影響が挙げられる。これらの影響を推測するうえで、濁水や掃流砂の伝搬特性の把握は重要であるが、検討事例は限られている¹⁾。本研究では、同一の排砂操作に伴う濁水と掃流砂の伝搬特性を明らかにするため、ヒル谷試験堰堤の排砂に合わせた現地実験を行い、排砂操作に伴う濁水と掃流砂の伝搬特性を、主として伝搬速度に着目して検討した結果を報告する。

2. 現地実験の概要

(1) 試験地

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 0.85 km²、以下、試験堰堤）の下流河道と足洗谷観測水路（流域面積 6.5 km²、以下、観測水路）で実施した。対象区間の河床縦断形状を図1に示す。

(2) 排砂操作と観測

2026/8/26 10:00～15:00 の5時間に、排砂ゲート開操作（以下、開操作）、沈砂池での土砂かき、排砂ゲート閉操作（以下、閉操作）、土砂供給の中断が繰り返され（図2）、計6回の排砂操作で53.9 m³（空隙込み）が排砂された。

濁水は、試験堰堤下流およびヒル谷・足洗谷合流点（以下、合流点）下流側の2箇所にて携帯型濁度計（TSS Portable, Hach 社製）を仮設し、観測水路で既報²⁾と同じ濁度計群（OBS-3+, NEP-5000, ClariVUE10 等）により濁度を観測した。また、試験堰堤下流と、観測水路で人力および

自動採水器（Teledyne ISCO 社製、3700 Portable Sampler）により採水した。採水試料はSS試験、粒径試験（レーザ回折・散乱法）を行った。掃流砂は、観測水路のパイプ型ハイドロフォン（パルス式、1分間隔）により、掃流砂の到達や継続時間を把握した。観測水路での水深は電波式水位計により観測した。図1に各観測位置を示す。また、試験堰堤下流や合流点で写真撮影を行った。なお、比較として既報²⁾の2024/9/6 9:30～11:08の単一排砂（総排砂量 39.7 m³、空隙込み）の観測データを併用する。

3. 実験結果

(1) 濁水の観測結果

試験堰堤下流および観測水路での濁水の観測結果を図2に示す。濁水のSS試験結果より、排砂時の浮遊物質量は試験堰堤下流で最大 5,124 mg/L、平均 1,576 mg/L で、足洗谷観測水路（中央）で最大 461 mg/L、平均 178 mg/L であった。また、観測水路の自動採水器（8/27 2:00 まで採水）では、8/26 23:00 に最小 34 mg/L まで減少したが、排砂前の平均値 21 mg/L よりやや大きかった（図3）。排

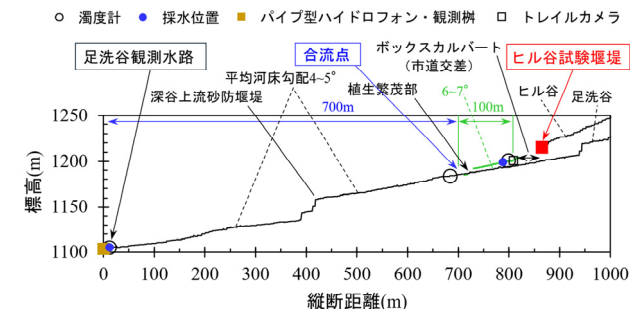


図1 足洗谷・ヒル谷河床縦断および観測位置

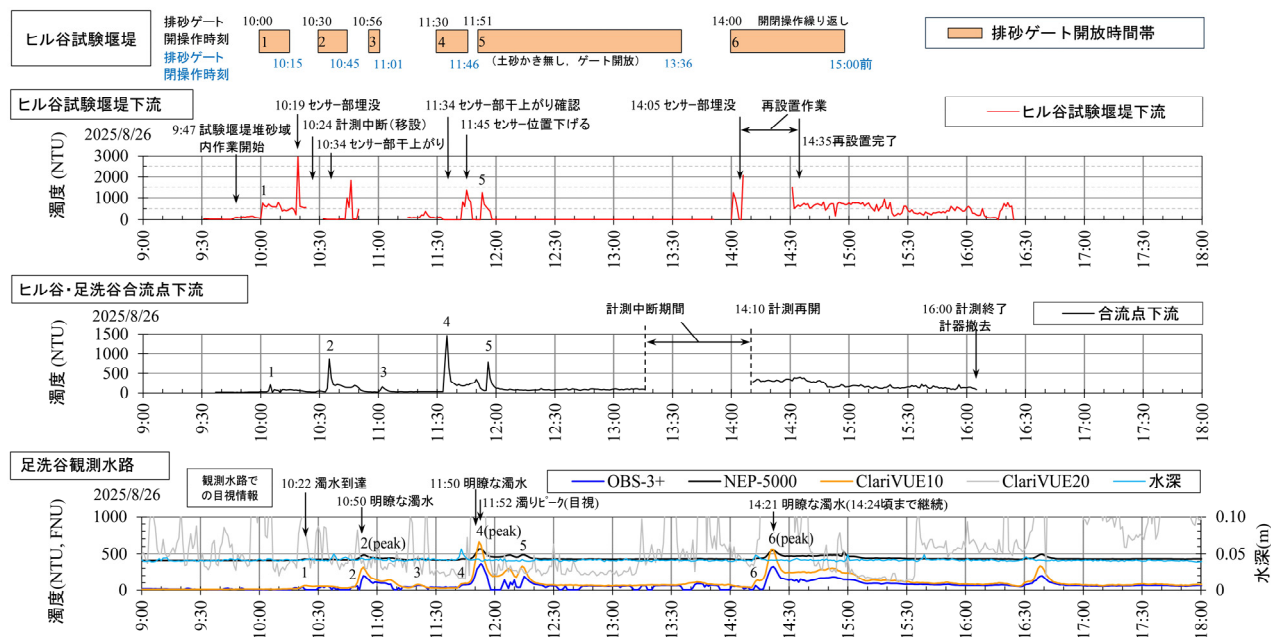


図2 ヒル谷試験堰堤下流および足洗谷観測水路での濁水の観測結果

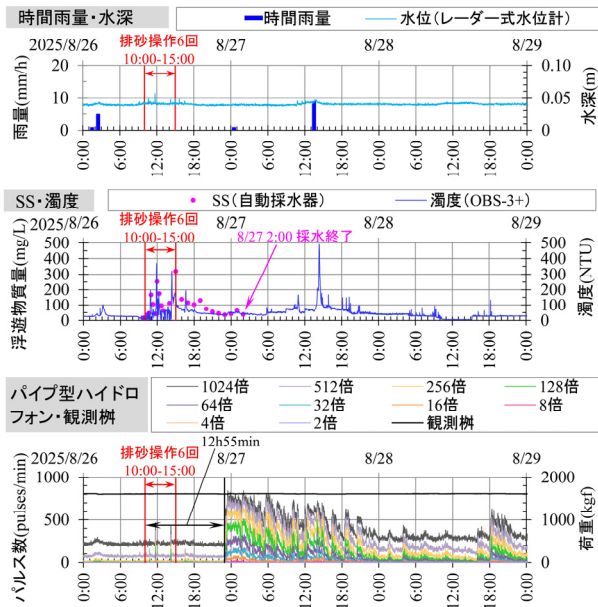


図3 足洗谷観測水路 2025年8月26-28日観測結果

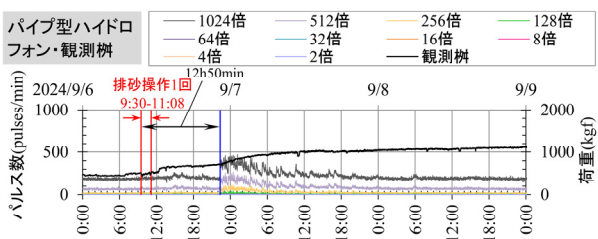


図4 足洗谷観測水路 2024年9月6-8日観測結果



図5 足洗谷・ヒル谷合流点(下流側を望む)

砂時の濁水中の粒子径は中央粒径 d_{50} で、試験堰堤下流が $0.030 \sim 0.089 \text{ mm}$ 、観測水路で $0.018 \sim 0.031 \text{ mm}$ であった。試験堰堤下流での濁度観測で、堆積土砂への埋没や干上がり、移設作業時間帯を除くと、1回目の排砂で開操作1分後、5回目の排砂で2分後に濁度のピークが観測された。合流点下流では1~5回目の排砂で、濁度のピークは開操作4~6分後であった。観測水路では、ClarVUE10の場合で、1~6回目の排砂に対し、開操作の11~21分後(平均14.8分後)に濁度上昇が、開操作の22~25分後(平均23.0分後)に濁度のピークが観測された。なお、ここでの濁度上昇は、定性的ではあるが、ClariVUE10の1分間に濁度測定値の中央値(1分間隔で記録)が2回連続で上昇かつ上昇幅が閾値1FNUを越えたときとした。

(2) 掃流砂の観測結果

掃流砂の観測結果を図3に示す。観測水路のパイプ型ハイドロフォンのパルス数は、1回目の排砂の開操作(10:00)の12時間55分後(22:55)に増加した。その

後、9回程度のピークを伴いながら、排砂終了時刻から約33時間後の8/28 0:00頃まで継続して観測された。図4に示す既報²⁾の単一排砂の現地実験(2024/9/6実施)でも、パイプ型ハイドロフォンでは今回とほぼ同じ開操作から12時間50分後にパルス数の増大がみられた一方、継続時間は排砂終了時刻から約21時間後と違いがみられた。なお、排砂開始時刻を基準として、試験堰堤下流のトレイルカメラ地点で開操作の7分後に河床上昇が、19分後に濁度計の埋没、約35分後の10:35頃には合流点でヒル谷からの流出砂礫の堆積がみられた。

4. 考察

(1) 濁水の伝搬特性

濁度観測結果から、濁水は排砂操作による土砂供給に対し、下流へ波として伝搬する特性を示した。濁水の伝搬速度は、濁水のフロント到達でみると、前回排砂の濁水の影響がない1回目排砂で観測水路まで11分、距離865mとして1.31m/sで、既報²⁾の1.25m/sと同程度であった。合流点下流から観測水路までの700m区間で、懸濁物質の移動を示す濁度のピークの伝搬速度を、ピークの明瞭な2,4回目排砂に着目すると、2,4回目ともにピーク伝搬の所要時間は18分で、0.65m/sであった。観測水路での濁水到達から濁度のピークの遅れは、足洗谷本川の濁水伝搬に、縦断距離に依存する拡散のほか、本川流量との合流による横断方向の濃度平均化や、途中河道での一時的な滞留や再移動による遅れの影響の可能性もある。また、ピーク遅れ時間の違い(数~十数分)には、先行した排砂操作の履歴が影響した可能性がある。

(2) 掃流砂の伝搬特性

パイプ型ハイドロフォンでの観測結果に対して、掃流砂到達までの時間(12時間50分)と距離(約880m)から掃流砂の伝搬速度を算出すると、0.019m/sであった。また、合流点での砂礫の堆積確認時点(10:35頃)を合流点への掃流砂の到達時刻と仮定すると、ヒル谷下流で伝搬時間(35分)と距離(約165m)より、合流点までの掃流砂の伝搬速度は、0.078m/sとなった。足洗谷本川では、伝搬時間(12時間15分)と距離(約700m)から、掃流砂の伝搬速度は0.016m/sと試算され、本川より支川が5倍程度大きい結果となった。パイプ型ハイドロフォンで観測された掃流砂の継続時間は、複数回の排砂を行った今回(2025/8/26実施)の約33時間と、単一排砂(2024/9/6実施)の約21時間と差が見られ、これは、排砂量や排砂操作の違い等が影響した可能性があり、今後の検討課題である。

5. まとめ

本研究で得られた要点を以下にまとめる。

- (1) ヒル谷試験堰堤から複数回の排砂操作に伴う同一イベントに対し、濁水と掃流砂の伝搬を把握した。
- (2) 排砂に伴う濁水の伝搬速度は、濁度の上昇(フロントの到達)でみると1.31m/s、濁度のピーク(物質の伝搬)でみると合流点より下流で0.65m/sであった。
- (3) パイプ型ハイドロフォンで検出した排砂に伴う掃流砂の伝搬速度は、0.019m/sであった。

謝辞 ヒル谷試験堰堤の排砂実験に参加された多くの学生、教員、技術者の皆様、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) 大野ら:平成13年度砂防学会研究発表会概要集(2001PI011), 2001, 2) 木佐ら:令和7年度砂防学会研究発表会概要集, pp.45-46, 2025