

天竜川水系与田切川坊主平砂防堰堤流砂観測装置による流砂観測結果（2004～2023 年） — 掃流砂観測に着目した分析 —

株式会社建設技術研究所

○井内 拓馬, 家田 泰弘, 清野 真義, 中西 宏彰

株式会社コルバック

吉村 暢也, 遠藤 哲雄

国土交通省中部地方整備局天竜川上流河川事務所

吉田 桂治, 岡本 明, 福山 喜英 (現 中部地方整備局河川部), 室井 亮人

1. はじめに

天竜川上流河川事務所では、上流域に大規模荒廃地（オンボロ沢）を有する与田切川流域の土砂動態を把握するため、中流部の坊主平堰堤に流砂観測装置を設置し直接採取による流砂の量と質の観測を行っている。装置の試行運用は2000年9月に開始され、2004年6月より本格的な運用を行っている。また、2009年9月より間接的な掃流砂量の観測手法として、パイプ式ハイドロフォンによる観測も行っている。本稿では、2004～2023年の流砂観測施設による観測結果のうち、掃流砂に着目し分析した結果について報告する。

2. 流砂観測装置の概要と観測方法

流砂観測装置の詳細な機能・構造や観測方法に関しては、既に報告¹⁾²⁾されているため、ここでは概要のみ記す。本観測装置は、坊主平砂防堰堤地点（河床勾配 1/25）の左岸袖部に3段（河床から0cm（下段）、50cm（中段）、100cm（上段））の取水孔が設けられており、水深に応じて流水・流砂が導水管（内径0.2m）により施設に導かれる。各導水管は網目1mmの回転式ふるい（以下、トロンメル）に接続されている。トロンメルに残留した土砂の重量・粒径とトロンメルを通過する濁水のSS濃度を任意の時間間隔で測定することにより、同時に計測している導水流量と併せ、ウォッシュロード、浮遊砂、掃流砂の量とその粒度分布の時系列的変化を把握する。なお、取水孔入口には流木と大礫の侵入を防ぐため10cm×10cmフィルターが設置されている。

また、坊主平砂防堰堤には図2に示す位置に、各種観測機器が設置されており、1分間隔で計測を行っている。以降、水位の観測結果を示すにあたっては左岸に設置されている超音波水位計による観測結果を用い、本観測装置による掃流砂量観測結果と比較するにあたっては、下段取水孔の下流に設置されているハイドロフォンL-0.5-2による観測結果を用いる。なお、ハイドロフォンの掃流砂量への換算方法は2018年まで合成音圧式^{例えは3)}を採用し、2017年以降はパルス式^{例えは4)}を採用している（2017～2018年は併用）。

3. 代表的な観測出水の概要

2004～2023年に観測した出水のうち、最大水深が0.5m以上となった出水の概要を表1に示す。表1には観測出水前後において、オンボロ沢で土石流が発生した時期と観測出水で顕著な濁りが確認された出水を示している。

また、観測期間中に有効高35.5mの飯島第6砂防堰堤（1991.5着工、2006.2完成）が2018.9.5時点で満砂していることが確認されている。

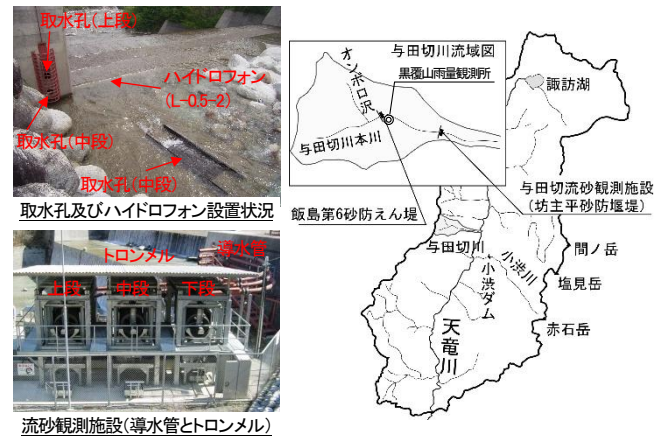


図1 坊主平砂防堰堤流砂観測装置の位置図と状況写真

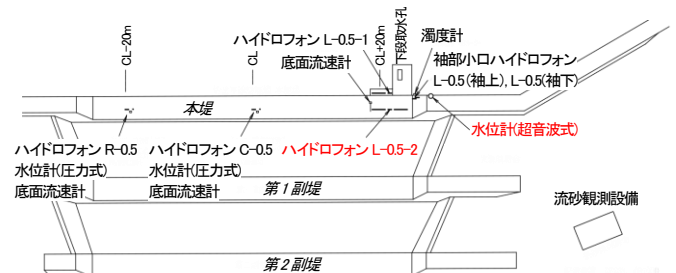


図2 坊主平砂防堰堤に設置されている各種観測機器

表1 観測出水（最大水深≧0.5m）の概要

年度	出水期間	最大水深 (m)	黒覆山 最大時間雨量 (mm/h)	黒覆山 連続雨量 (mm)	年度	出水期間	最大水深 (m)	黒覆山 最大時間雨量 (mm/h)	黒覆山 連続雨量 (mm)
2004	06/21-06/22	1.23	21	117	2008	08/24～08/25	0.59	16	77
	08/18-08/20	0.78	20	52		09/25～09/27	0.96	11	87
	08/30-08/31	1.67	29	140	2009	05/17～05/18	0.61	6	80
	09/07-09/08	0.66	15	69		06/22～06/23	0.52	12	65
	09/29-09/30	0.58	12	50		07/17～07/18	0.97	34	115
	10/08-10/10	1.04	14	165		07/28～07/29	0.62	12	83
	10/19-10/21	1.67	27	202		10/02～10/03	0.73	14	66
2005	07/04-07/05	0.98	16	140		10/07～10/08	0.59	15	73
	07/12	0.78	10	41	2010	06/18～06/19	0.92	13	88
	09/05-09/07	0.92	18	116		10/25オンボロ沢で土石流発生			
2006	05/13-05/14	0.62	6	51	2011	09/19～09/22	1.47	24	322
	05/19-05/20	0.90	9	48		10/15オンボロ沢で土石流発生			
	06/15-06/16	1.05	20	185	2012	06/19～06/20	0.66	10	53
	07/01-07/02	0.83	13	94		06/21～06/22	0.99	23	91
	07/04-07/05	0.58	10	62		09/19オンボロ沢で土石流発生			
	07/16-07/20	1.47	20	325	2013	09/16	1.19	24	93
	07/20-07/22	0.70	15	51	2017	08/07～08/08	0.92	14	104
	07/24-07/25	0.68	14	69	2018	07/4～07/07	0.79	14	314
2007	06/22-06/23	0.62	9	63		09/05飯島第6砂防堰堤満砂			
	06/29-06/30	0.83	-	-		09/30～10/01	1.83	32	212
	07/04-07/05	0.91	12	73	2019	08/15～08/16	0.90	26	147
	07/12-07/13	0.53	12	39		10/12	0.20	6	61
	07/14-07/15	1.59	19	220	2020	06/14オンボロ沢で土石流発生			
	09/06-09/07	0.55	14	46		06/30～07/01	0.92	14	160
	09/11-09/12	0.62	16	77	2021	05/20～05/21	1.12	24	217
	10/26-10/28	0.97	9	100	2022	09/1オンボロ沢で土石流発生			
2008	05/24～05/25	0.79	13	102		09/20	0.64	19	123
	06/23～06/24	0.60	18	123	2023	06/02	1.41	31	236
	06/29～06/30	1.10	25	123					

：顕著な濁りが確認された出水

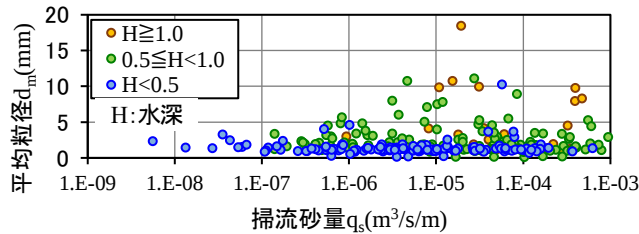


図5 流砂観測装置による掃流砂量と平均粒径の関係

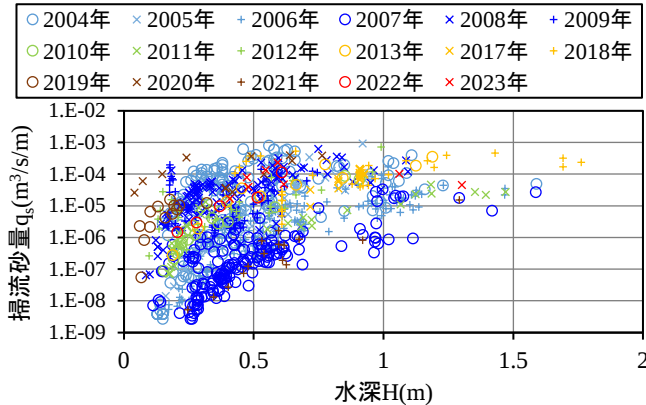


図6 流砂観測装置による掃流砂量と水深の関係

4. 観測結果

4.1 流砂観測装置による掃流砂量と平均粒径の関係

下段取水孔およびトロンメルで捕捉した掃流砂のうち、粒度を分析したサンプルについて、単位幅掃流砂量 q_s と平均粒径 d_m の関係を水深 H により区分し、図5に整理した。

図5より、 $H < 0.5$ m 未満のときは $d_m < 5$ mm となり、 $H \geq 0.5$ m のときは d_m は最大で 20 mm 程度となる。

4.2 流砂観測装置による掃流砂量と水深の関係

下段取水孔およびトロンメルで捕捉した掃流砂量と水深の関係を図6に示す。図6より、飯島第6砂防堰堤満砂後の2018.9.5以降は、同程度の水深 H に対し単位幅掃流砂量 q_s は多くなっている。また、単位幅掃流砂量の最大値は水深に関係なく $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$ 程度となっている。しかし、近年の観測データは十分ではないため、飯島第6砂防堰堤満砂後も最大値が $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$ 程度となるかは不明である。

4.3 流砂観測装置とハイドロフォンの各観測値の関係

掃流砂量観測結果について、流砂観測装置とハイドロフォンの観測結果の関係を水深 H により区分し、掃流砂量への換算方式別に図7に整理した。図7より、合成音圧式ではハイドロフォンの観測値（以下、間接観測値）は、観測装置の値（以下、直接観測値）より小さな値となっているものの、水深 H や単位幅掃流砂量の多少に関係なく直接観測値との相関性は高い。一方、パルス式では直接観測値と同程度か少し大きな値となる。水深との関係はこれらデータのみでは不明である。また、間接観測値が $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s/m}$ 程度以下の場合は直接観測値との相関性は低い、 $1.0 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s/m}$ より大きい場合は相関性が高い。これら傾向となる要因として、合成音圧式では土粒子が金属管（ハイドロフォン）に衝突する割合を考慮していないこと、パルス式では掃流砂量の多少を換算式で考慮できていないことが考えられる。

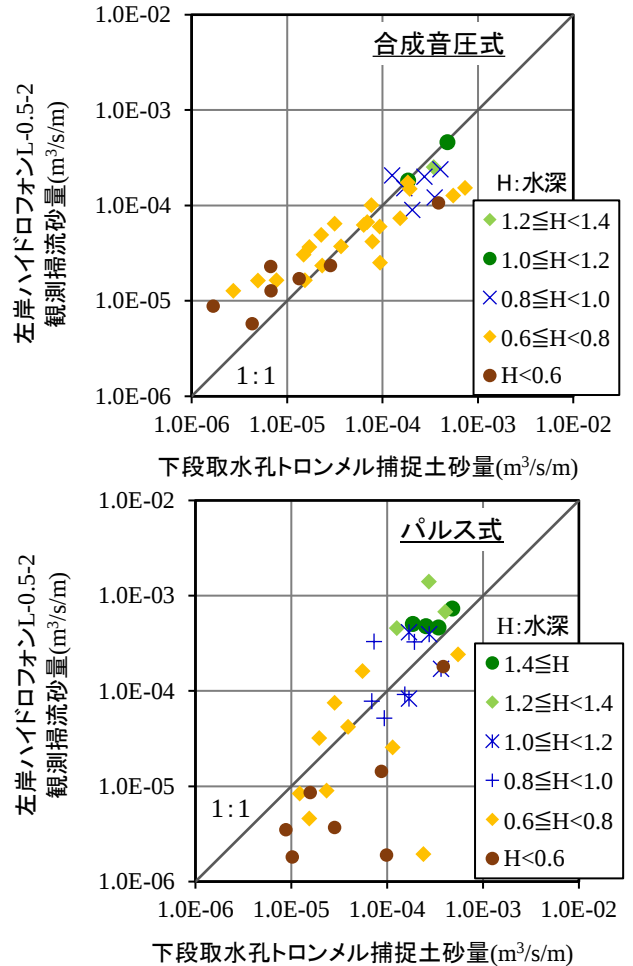


図7 掃流砂量観測結果における流砂観測装置とハイドロフォンの関係（上図：音圧式，下図：パルス式）

5. まとめ

流砂観測装置により直接観測した結果のうち、掃流砂に着目し分析した結果、これまでに観測した出水規模内であるが、以下が確認された。今後はこれら分析結果と合わせ、ウォッシュロードと浮遊砂の観測結果も整理・分析し、流砂観測装置の観測結果としてとりまとめる予定である。

- ・水深 H が 0.5 m 以上の場合、掃流砂の平均粒径 d_m は最大で 20 mm 程度となる。
- ・観測期間の単位幅掃流砂量は水深に関係なく最大 $1.0 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s/m}$ 程度である（飯島第6砂防堰堤満砂後は不明）。
- ・合成音圧式による観測値は、掃流砂量の多少に関係なく実測値との相関性が高く、1:1 より小さくなる。パルス式による観測値は、掃流砂量が比較的多い場合に実測値との相関性が高く、1:1 または 1:1 より少し大きくなる。

参考文献 1) 浦真ほか：与田切川における流砂の計測—流砂系モニタリングのために—，砂防学会誌，Vol.54，No.3，P81-88，2001。 2) 草野ほか：天竜川水系与田切川流域における土砂動態観測，砂防学会誌，Vol.63，No.6，p.71-74，2011。 3) 鈴木ほか：音圧データを用いたハイドロフォンによる掃流砂量計測手法に関する基礎的研究，砂防学会誌，Vol.62，No.5，p.18-26，2010。 4) 中谷ほか：山地河川における流砂解析手法の改良事例，砂防学会誌，Vol.69，No.5，p.43-46，2017。