

大野原橋における流砂量観測の試み

国土交通省 北陸地方整備局 湯沢砂防事務所 松本直樹・小野正博・川邊三寿帆・徳坂文音
日本工営(株) ○麻生あすみ・松岡暁・伊藤隆郭・松田悟・矢下誠人

1. はじめに

湯沢砂防事務所管内の魚野川本川上流に位置する大野原橋観測所では、2004年7月から流心でのパイプ型ハイドロフォン（パルス式）・観測柵・水位計、2012年1月から底面流速計、2017年9月から左岸での水位計・濁度計を用

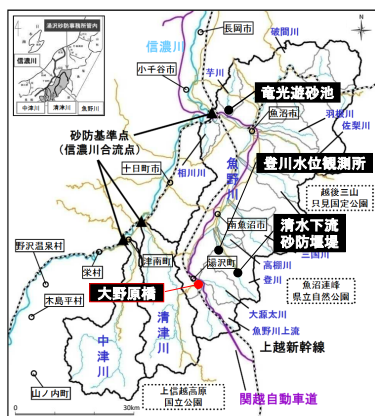


図-1 魚野川流域の流砂量観測所位置

いた流砂観測が実施され、観測値をもとに流域の掃流砂量の把握や土砂流出の傾向解析等を実施してきた¹⁾。

大野原橋観測所では2019年10月の台風19号により一部機器が被災したため、復旧に合わせてこれまでに設置・観測が続けられてきた機器を補修するほか、耐久性のある機器による掃流砂量の連続観測を目的としてプレート型ハイドロフォン（パルス式）を新設した。被災したパイプ型ハイドロフォンについては新たに機器を購入したほか、土樽上流砂防堰堤のみに設置していた合成音圧法を適用し、土樽と大野原橋の2箇所を実施してきた観測を大野原橋にて統合運用する形で観測を継続している状況である。

本稿では機器を復旧した2019年3月以降の各ハイドロフォンの観測結果をもとに、プレート型ハイドロフォンとパイプ型ハイドロフォンとの観測結果の比較を行った。また令和4年度の出水における観測状況について整理を行った。

2. 大野原橋観測所における観測体制

大野原橋観測所（流域面積 97.6km²、河床勾配 1/53.6、川幅 45m）では、表-1に示す観測機器が設置されており、パイプ型2.0mとプレート型ハイドロフォンにてパルス式での観測を実施している²⁾。パルス式ハイドロフォンのシステムは後藤ら³⁾に示すとおりである。プレート型ハイドロフォンは、京大防災研との共同研究である縦100×横500×厚さ6（mm）が設置され、従来規格（縦200×横500×厚さ12（mm））に対し厚さが薄く感度が高いこと、縦方向に短く礫の複数衝突が減少することが期待されている。

表-1 大野原橋設置観測機器諸元

	機器名	型式
流心	パイプ型ハイドロフォン	IHP-50L (L500×φ48.6)
		IHP-200L (L2000×φ48.6)
	プレート型ハイドロフォン	縦100×横500×厚さ6 (mm)
	観測柵	縦2000×横2000×深さ2000 (mm)
左岸	水圧式水位計	ATM-1ST
	底面流速計	RF
	水圧式水位計	ELP-2WSF
	濁度計	OBS-3+

3. 粒径別流砂量の算出

(1)パイプ型とプレート型の算出結果の比較：各ハイドロフォンの観測データから粒径別流砂量を算出した。算出にあつ

ては、観測データから粒径推定が可能となるように現地にて応答試験を実施し、運動量と出力電圧の関係式を求めた⁴⁾。また、算出した粒度分布とハイドロフォンのキャリブレーション式（出水中のパルス数※パイプ型：16倍、プレート型：64倍及び観測柵の掃流砂量の散布図から作成）、大野原橋にて令和4年度に観測された出水（ハイドロフォンの反応が認められた出水）の観測データ（パルス数：5分積算値、音響波形：5分平均値）から粒径別掃流砂量を算出した。

表-2 出水毎の粒径別流砂量と全掃流砂量（パイプ型）

出水	全掃流砂 (合計)	～0.85 mm	0.85～2.0 mm	2.0～4.75 mm	4.75～9.5 mm	9.5～19 mm
令和4(2022)年 3月26日出水	75.5	7.62	38.6	29.8	0	0
令和4(2022)年 4月14日出水	52.2	14.52	31.7	7.48	0	0
令和4(2022)年 4月27日出水	23.1	5.38	14.1	3.85	0	0
令和4(2022)年 5月27日出水	190.6	3.34	78	109	0	0
令和4(2022)年 7月12日出水	81.5	2.33	27.8	39.8	11.7	0
令和4(2022)年 7月20日出水	50.9	1.80	25.8	23.4	0	0
令和4(2022)年 9月7日出水	1.46	1.37	0	0	0	0
令和4(2022)年 9月20日出水	55.6	5.70	42.6	7.48	0	0

単位：m³(空腔込み)

表-3 出水毎の粒径別流砂量と全掃流砂量（プレート型）

出水	全掃流砂 (合計)	～0.85 mm	0.85～2.0 mm	2.0～4.75 mm	4.75～9.5 mm	9.5～19 mm
令和4(2022)年 3月26日出水	78	0	7.86×10^{-1}	67.5	10.2	0
令和4(2022)年 4月14日出水	35	0	1.78	32.9	7.39×10^{-1}	0
令和4(2022)年 4月27日出水	219	0	4.26	206	8.79	0
令和4(2022)年 5月27日出水	173.8	0	1.08	115	57.5	0
令和4(2022)年 7月12日出水	370.2	0	1.11	163	206	0
令和4(2022)年 7月20日出水	173.90	0	2.37×10^{-1}	63.2	110	0
令和4(2022)年 9月7日出水	20.32	0	1.2×10^{-1}	15.3	4.85	0
令和4(2022)年 9月20日出水	191.3	0	2.03×10^{-1}	67.7	123	0

単位：m³(空腔込み)

令和4年度のパイプ型の粒径別流砂量の算出結果（表-2）とプレート型の結果（表-3）を比較すると、全掃流砂量はプレート型の検知範囲が1オーダー大きくなる結果（4.75～9.5mm）となった。また、パイプ型ではほとんどの出水で粒径0.85mm以下の粒径を観測しているが、プレート型では観測されない結果となった。要因としては、機器形状の違いや音響波形の飽和によりパルス数が正常に取得できていないことがあげられる。

また、現地の河床状況や上流域の状況からはハイドロフォンの粒度分布が小さく算出されていると考えられるため、観測を継続し分析を行うほか、出水における礫や流砂の流れ方や出水中のハイドロフォンへの礫の当たり方を把握し、より実現に近い形で応答試験等を実施し粒径別掃流砂量の算出へつなげていくことが必要と考える。

(2) 大きい規模(300m³/s程度)の出水におけるパイプ型とプレート型の粒径別流砂量算出結果の違い: 令和4年度に大野原橋で観測した出水のうち、7月12日からの出水ではピーク時の流量が300m³/sを上回る結果となった(図-2, 流下断面積と流速の積により算出)。これは2019年の機器復旧後に観測された出水データのなかで最も規模が大きい出水であった。

図-3に令和4年7月12日からの出水における1時間ごとの粒径別流砂量時系列グラフを示す。パイプ型ハイドロフォンでは出水のピーク時に掃流砂量の増加が認められなかった(図-3)。これはハイドロフォン管内で音が飽和状態(図-4 赤丸箇所)となり、パルス数の取得が困難となっていることが原因と考えられる。一方で、同出水のプレート型ハイドロフォンの観測結果では、流量の増加に伴い流砂量が増加する結果が認められた。このような現象は、令和3年度に取得した出水データでも流量100m³/sを越えるような規模の出水において確認されている。このことから、プレート型はパイプ型のように頭打ちすることなくパルス数を取得できており、大きな規模の出水に対してはプレート型による観測がパイプ型に比べ優れていることが考えられる。また、綱川ら⁵⁾によれば、パイプ型($t=3\text{mm}$)の流砂計測の限界流量が300m³/s付近と示されていることから、ハイドロフォンの飽和状態への対処方法を検討する必要がある。

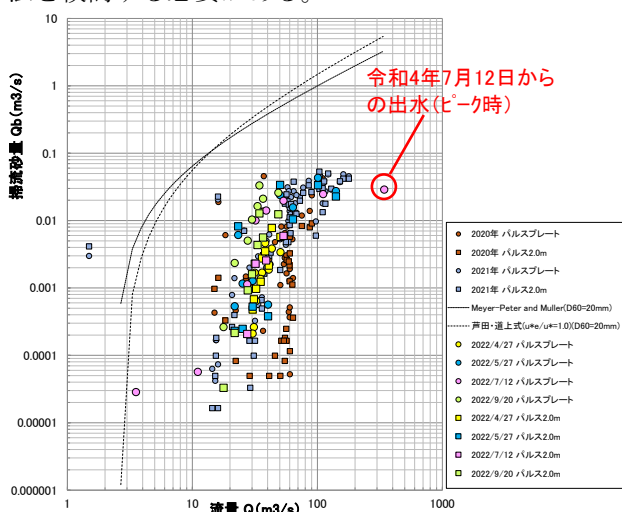


図-2 大野原橋 流量-掃流砂量グラフ(2020-2022出水)

