

魚野川流域における流砂観測の遷移と土砂流出の経年変化に関するデータ解析

国土交通省 北陸地方整備局 湯沢砂防事務所 松本直樹・坂井等^{※1}・目黒喜之・笹川拓哉^{※2}
日本工営(株) ○麻生あすみ・松岡暁・松永一慶・伊藤隆郭・片山和紘・松田悟
京都大学 宮田秀介

(現所属=※1:飯豊山系砂防事務所,※2:神通川水系砂防事務所)

1. はじめに

湯沢砂防事務所管内の魚野川流域では、2004年の魚野川本川上流・大野原橋へのハイドロホン設置を契機に計5箇所（このうち1箇所は閉局）の観測所を設け、観測値をもとに流域の流砂量の把握や土砂流出の傾向等を観測してきた¹⁾。

本稿では、観測開始から約20年が経過した各観測所における流砂量観測の遷移と、観測結果から確認された土砂流出の経年変化について整理を行った。

2. 魚野川流域における流砂量観測
2.1 観測地点及び観測機器の概要

魚野川流域における2024年3月時点での観測箇所とその設置目的、設置している観測機器について表-1に示す。観測機器の設置期間を示すが、機器によっては適宜交換・修理を実施している。2018年までの各観測所の状況及び観測機器については梅田²⁾により整理されているが、2018年以降の大きな更新点として以下の土樽上流砂防堰堤の閉局が挙げられる。

湯沢砂防管内で初めに流砂観測が実施された魚野川本川上流域の大野原橋観測所、土樽上流砂防堰堤では、上下流に位置する2箇所の観測により魚野川本川の縦断的な土砂移動特性を調査してきた。2019年10月の台風19号により双方の観測機器が被災したため、2箇所で開催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。

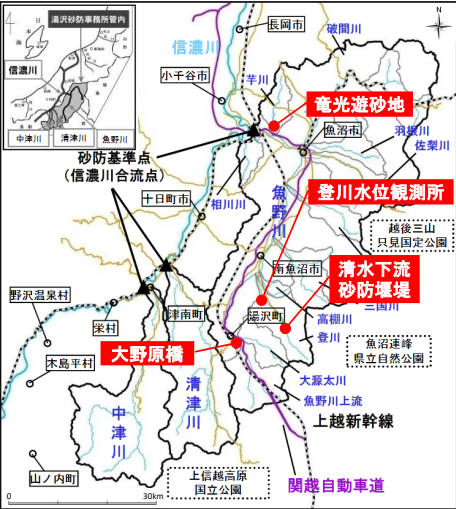


図-1 魚野川流域の流砂量観測所位置

2.2 各観測所における土砂流出の経年変化

(1)竜光遊砂地: 芋川の下流側に位置する竜光遊砂地(流域面積A=38.2km²,河床勾配i=1/150,川幅b=33.0m)では、2010年に水位計、パイプ型ハイドロホン(合成音圧式;L=0.5m,2.0m)、2019年からTDR(時間領域反射法)を利用した濁度計測手法)が設置されている。当該箇所の流砂観測では、特に2004年中越地震によって発生した崩壊土砂の流出を確認しており、地質的に細粒土砂が多いことから濁度計を用いた浮遊砂の流下傾向を図-2に基づき示す。観測計器が設置された2010年から数年間は、値が $Q_s=6\times10^{-6}\times Q^2$ を超えており²⁾、流量に対して浮遊砂量が多い状況にあったが、年々浮遊砂量が減少している傾向が認められる。このことから、2016年に終了した芋川流域における直轄地すべり事業や現在も継続されている砂防事業の効果が発揮されていることが示唆される。

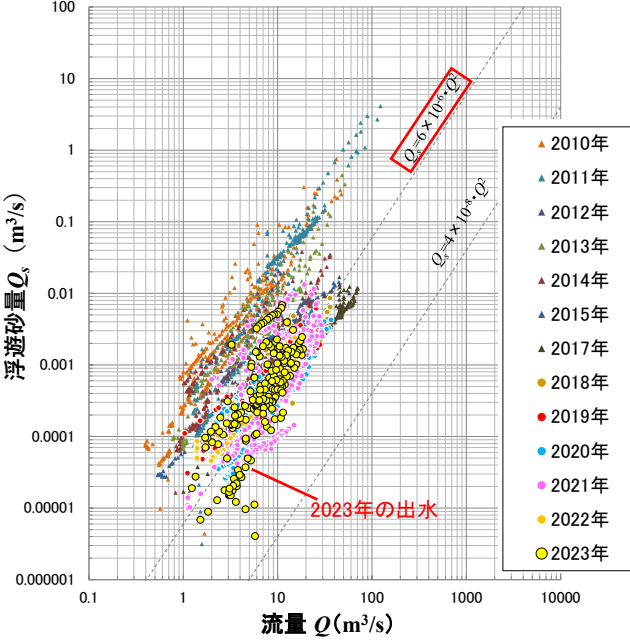


図-2 竜光遊砂地における流量-浮遊砂量の関係図

表-1 湯沢砂防事務所管内の各流砂量観測所における設置目的及び設置観測機器

観測箇所	観測目的	観測機器	
		左岸側	右岸側
大野原橋	魚野川本川における土砂移動特性の把握	水位計(2004.3～)、濁度計(2017.9～)	水位計(2004.3～)、濁度計(2017.9～)
		流砂量観測機:縦2.0m×横2.0m×深1.5m,流入部スリット幅0.4m(2005.11～2013.2)※現在は撤去済み	パイプ型ハイドロホン:L=0.5m,2.0m(ハルス式,2004.3～、合成音圧式,2020.3～)、流砂量観測機:縦2.0m×横2.0m×深1.5m,流入部スリット幅0.4m(2005.11～2020.2)→縦2.0m×横2.0m×深2.0m,流入部スリット幅0.4m(2020.3～)プレート型ハイドロホン:縦0.1m×横0.5m×厚0.006m(ハルス式)、水位計、底面流速計(左記全て2020.3～)
土樽上流砂防堰堤(2020年1月に閉局)	大野原橋観測所との上下流における土砂移動特性の把握	—	水位計、流砂量観測機:縦2.0m×横2.0m×深1.5m,流入部スリット幅0.4m(左記全て2005.1～2020.1)、パイプ型ハイドロホン:L=0.5m,2.0m(ハルス式,2005.11～2020.1)、濁度計(2015.3～2020.1)
登川水位観測所	登川における土砂移動特性の把握	右岸側	水位計、パイプ型ハイドロホン:L=0.5m,2.0m(合成音圧式)、濁度計(左記全て2010.6～)、底面流速計(2013.3～)
		左岸側	パイプ型ハイドロホン:L=0.5m,2.0m(合成音圧式)、底面流速計(左記全て2013.3～)
清水下流砂防堰堤	2011年7月新潟・福島豪雨を踏まえた、登川水位観測所との縦断的な土砂移動特性の把握	—	水位計、パイプ型ハイドロホン:L=0.5m,2.0m(合成音圧式)、濁度計、底面流速計(左記全て2013.3～)
竜光遊砂地	2004年中越地震による崩壊土砂の流出状況変化の把握※他地点との地質的な相違(生産土砂の粒径分布が小さい)も選定理由	—	水位計、パイプ型ハイドロホン:L=0.5m,2.0m(合成音圧式)、濁度計(左記全て2010.6～)TDR濁度計※(2019.12～)※宮田秀介・藤田正治、TDRを用いた土砂流出計測手法の開発、平成30年度砂防学会研究発表会概要集、p29-30、2018

(2)大野原橋:大野原橋(流域面積A=97.6km²,河床勾配i=1/53,川幅b=45.0m)では,2004年に水位計,パイプ型ハイドロフォン(パルス式;L=0.5m,2.0m),観測柵(右岸側),2005年に流心部に観測柵を追加し流砂量観測を実施してきた。また,前述した2019年台風19号の影響で一部機器が被災したため,新たな機器への交換及び土樽上流砂防堰堤の設置機器を移設し観測体制が復旧された³⁾。

大野原橋での集中観測を行うにあたり,土樽上流砂防堰堤との流量-掃流砂量データの比較を行い(図-3,図-4),魚野川における縦断的な掃流砂の違いが認められるかを確認した。2地点の縦断距離は約6.5kmであり,途中に支川も合流するため,下流側の大野原橋における掃流砂量が大きくなることが考えられるが,結果として2019年以前の観測値では大野原橋,土樽上流砂防堰堤ともに同程度の値を示しており,縦断的な掃流砂量の大きな違いがないことが確認された。

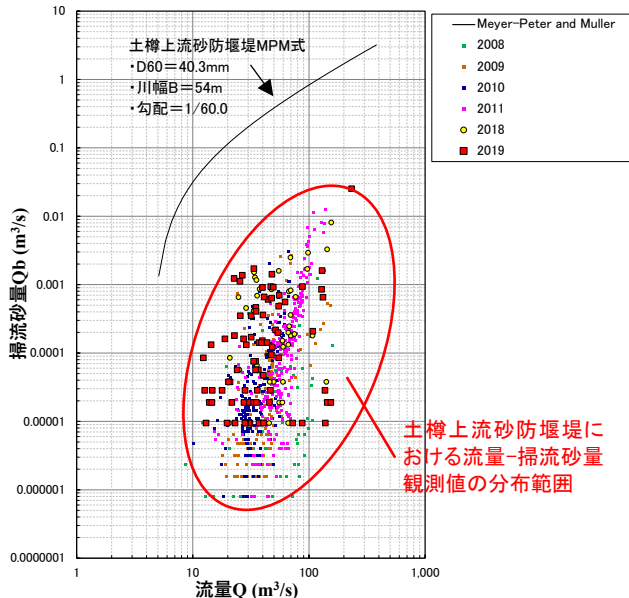


図-3 土樽上流砂防堰堤における流量-掃流砂量関係図

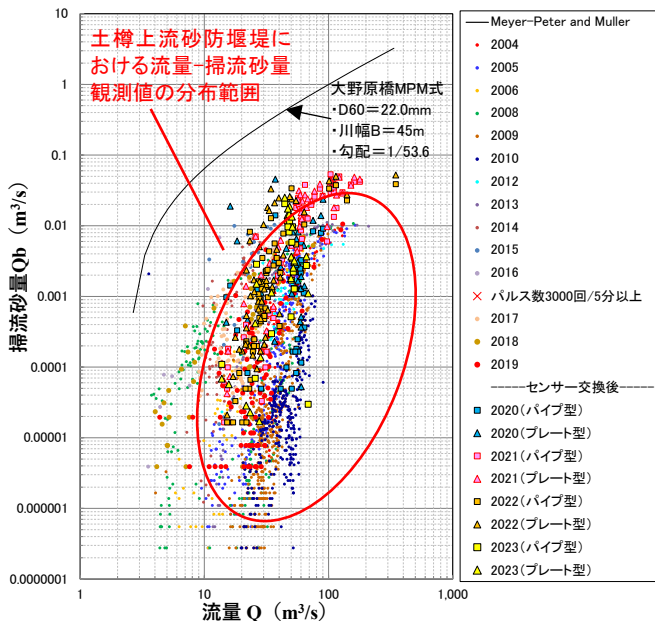


図-4 大野原橋における流量-掃流砂量関係図

また,図-4からは赤沼³⁾が示した通り大野原橋の掃流砂量の増減傾向が確認でき,掃流砂量は周期的に変動を繰り返していると言える。

3. 令和5年度の出水イベントの観測

3.1 各観測箇所における出水イベント

令和5年度の各観測所の出水イベントを示す(表-2)。令和5年度は,いずれの観測箇所とも近年の最大規模の出水(参考)に対し水位が小さい結果となった。

なお,イベント設定にあたっては観測箇所ごとに過年度の出水実績に基づき抽出基準=水位を設定している。

表-2 各観測箇所の出水イベント一覧【令和5年度】

観測所名	No.	期間	総雨量 [mm]	最大時間 雨量 [mm/h]	最大水位 [m]	最大 浮遊砂量 (濁度計) [cm³/cm³]	最大 掃流砂量 [m³/s/m]	最大 掃流砂量 [m³/s/m]	備考
大野原橋	1-1	2023/3/22 ~ 3/25	14	5	0.53	0.00556	0.00083046	0.00000035	
	1-2	2023/6/15 ~ 6/17	71	18	0.60	0.00031	0.00005127	0.00000002	
	1-3	2023/6/27 ~ 6/29	68	15	0.62	0.00050	0.00025699	0.00000028	
	1-4	2023/7/20 ~ 7/22	17	7	0.68	0.00182	0.00050500	0.00000032	
	参考	2020/9/8 ~ 9/10	24	13	1.21	0.79140	0.00334100	0.00642430	※
登川 水位観測所	2-1	2023/3/23 ~ 3/25	30	6	0.39	0.00007	0.00001491	0.00000750	右岸
	2-2	2023/6/15 ~ 6/17	70	9	0.31	0.00037	0.00000343	0.00000103	左岸
	2-3	2023/6/27 ~ 6/29	71	14	0.33	0.00005	0.00000321	0.00000103	左岸
	参考	2019/10/12 ~ 10/13	266	31	0.81	(撤去中)	0.00186760	0.00234910	※
	参考	2019/10/12 ~ 10/13	266	31	1.47	0.00716	0.02824342		※
清水下流 砂防堰堤	3-1	2023/3/23 ~ 3/25	30	6	0.69	0.00511	0.00037932	0.00014711	
	3-2	2023/6/27 ~ 6/29	71	14	0.59	0.00904	0.00045033	0.0001478	
	参考	2019/10/12 ~ 10/13	266	31	1.47	0.00716	0.02824342		※
	4-1	2023/2/18 ~ 2/20	67	4	0.68	0.00031	0.00049379	0.00058703	
	4-2	2023/3/12 ~ 3/14	18	3	0.51	0.00062	0.00015753	0.00030183	
竜光遊砂地 下流	4-3	2023/3/22 ~ 3/27	27	2	0.67	0.00014	0.00024058	0.00064642	
	4-4	2023/6/15 ~ 6/17	76	18	0.48	0.00059	0.00076991	0.00022188	
	4-5	2023/11/29 ~ 12/1	80	5	0.43	0.00007	0.00008981	0.00005515	
	4-6	2023/12/31 ~ 2024/1/2	28	3	0.52	0.00018	0.00021457	0.00042455	
	参考	2019/10/12 ~ 10/13	113	9	0.81	0.00097	0.00067920		※

(雨量観測所) 大野原橋: 湯沢観測所。登川水位観測所: 清水下流砂防堰堤: 清水観測所。竜光遊砂地下流: 堀之内観測所
※灰色着色部(参考): 各観測箇所における2018年からの最大出水(最大水位をとった出水)

3.2 大野原橋の出水イベントにおける粒径別流砂量算出

大野原橋の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,パイプ型とプレート型における算出結果の相違について検証した。検証方法は,松本ら⁴⁾の通りとした。

表-3 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)	0.075 mm	0.075~0.20 mm	0.20~0.475 mm	0.475~0.95 mm	0.95~1.9 mm	1.9~26.5 mm	26.5~37.5 mm	37.5~53 mm
令和5(2023)年 3月22日出水	115.4	8.89	44.3	62.7	0	0	0	0	0
令和5(2023)年 6月15日出水	27.4	5.23×10^{-1}	10.4	16.5	0	0	0	0	0
令和5(2023)年 6月27日出水	27.7	1.58	11.6	14.5	0	0	0	0	0
令和5(2023)年 7月20日出水	11.1	6.61×10^{-2}	2.17	8.89	0	0	0	0	0

表-4 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)	0.075 mm	0.075~0.20 mm	0.20~0.475 mm	0.475~0.95 mm	0.95~1.9 mm	1.9~26.5 mm	26.5~37.5 mm	37.5~53 mm
令和5(2023)年 3月22日出水	254	76.8	182	0	0	0	0	0	0
令和5(2023)年 6月15日出水	49	27.8	22	0	0	0	0	0	0
令和5(2023)年 6月27日出水	81	34.4	48.2	0	0	0	0	0	0
令和5(2023)年 7月20日出水	44.5	6.54	21.8	16.3	0	0	0	0	0

過年度⁴⁾と比較すると全体的に全掃流砂量が小さい結果となったが,パイプ型の算出傾向(粒径割合)は過年度結果と同様の傾向を示した。プレート型では粒径が極端に小さく算出されたが,当該箇所で行った令和5年度観測柵調査の粒度分布結果と60%粒径の整合性が高いことが確認できた(紙面の都合上,本稿での詳細記載は省略する)。出水形態や規模によりハイドロフォンの形状に応じた適用性や音響波形の飽和状況が異なると考えられ,今後も観測を継続し分析を行う。

4. おわりに:魚野川流域の流砂量観測箇所でも土砂流出が活発な竜光遊砂地では,浮遊砂量が年々減少傾向であることを過去のデータを踏まえ確認できた。観測開始から約20年を迎え,各観測所とも砂防事業の効果を流砂観測の結果から推察できるデータが集約されている状況にあり,今後も継続した観測を行っていく。

【参考文献(題目省略)】 1) 梅田ハルミ,砂防学会誌,Vol.70-NO.6, pp.66-70,2018 2) 水理公式集,H17,p.171 3) 赤沼一,福田光生,後藤健,榎田司紀,松田悟,田方智,木村詩穂,五十嵐和秀,伊藤隆郭,令和元年度砂防学会研究発表会概要集,pp.141-142,2019 4) 松本直樹,小野正博,川邊三寿帆,徳坂文音,麻生あすみ,松岡暁,伊藤隆郭,松田悟,矢下誠人,令和4年度砂防学会研究発表会概要集,pp. 575-576,2023