

妙寿砂防堰堤の可動式シャッターの試験運用と流砂観測データを用いた検証

—2017 年 7～8 月出水を対象として—

北陸地方整備局 立山砂防事務所 大坂剛, 金子秀樹, 高橋至, 寺崎賢一
 日本工営(株) ○長山孝彦, 松田悟, 古谷智彦, 水谷佑, 伊藤隆郭
 政策研究大学院大学 水山高久, 京都大学防災研究所 藤田正治

1. 結論: 立山砂防事務所では、妙寿砂防堰堤に可動ゲートを有する可動式シャッターを設置し、積極的な土砂流出の制御に取り組んでいる¹⁾。加えて、流砂観測のデータを砂防事務所にリアルタイムで集約すると共に、山地河川における流水と流砂の不連続性、豪雨等に起因した災害発生への予警報システムへの応用、および流域内の妙寿砂防堰堤に設置された可動式シャッターの将来的な運用を見据えて、河川に縦断的に設置した流水・流砂計測機器一式のデータ管理も行っており、今後のシャッター運用との関連性について引き続き試験運用を行っている。

なお、今年出水期前には、妙寿堰堤堆砂敷において小型荷重計を活用した土砂堆積厚変化の測定、妙寿堰堤副堰堤部でのロバースト型ハイドロフォンによる流砂観測設備が改良整備され、出水期を迎えた。

平成 28 年 7 月 4 日に、千寿ヶ原にて時間雨量最大 26 mm/h(7/4 5:00)、積算降雨 288 mm の降雨があり、この降雨で妙寿砂防堰堤は水通し天端を越す出水が発生、これにあわせてシャッター堰堤の試験稼働を行った。このシャッター操作の実態と効果検証を報告する。

2. 出水ならびにシャッター試験操作: 7/1 より始まった降雨は、4 日朝までに積算雨量 221mm に達し(図-1)。これにより 4 日 4 時までに妙寿砂防堰堤では最大水位 10.2m を観測した(昨年度出水より 1m 高い; 水通し天端まで到達: 妙寿堰堤のスリット幅 7.5 m, スリット高: 8.5 m)。その後 8:00 頃には立山地方は雨域を水位低下が始まり、これ以上の水位上昇はないと判断、水位が水通し天端高さまで減衰した段階でシャッター全開操作を実施した(図-2)。それ以降徐々に減水したが堆砂域に貯留した土砂が多く、湛水域の水深が 5m 程度となった 6 日 8:10 より全開操作を行った。なお、操作時に懸念される作動時のシャッター機械部への土砂の噛みこみは、今回の操作においても発生しなかった。

3. 試験操作時の土砂流出量: 操作時には目視観察並

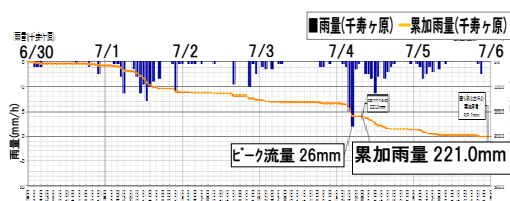


図-1 降雨状況(千寿ヶ原)

びに CCTV 画像解析より、堆積・侵食土砂量を、併せて妙寿堰堤および上下流の堰堤(上流: 七郎堰堤, 下流: 空谷堰堤)でのロバースト型ハイドロフォンによる掃流砂観測成果より、出水時の流入流出土砂量を算定した。

7 月 1～6 日の計測結果より推定される妙寿堰堤でのシャッター稼働時(開閉時)の土砂移動量を表-1 に示す。一連の出水(7/6 迄)時は、12,200m³(100%)の流入に対して、約 9,400m³(約 75%)の土砂をシャッター稼働を含む妙寿堰堤にて捕捉堆積、約 2,800m³(25%)の土砂が妙寿堰堤から流出、その下流で 6,300m³(50%)新たに河道を侵食し、空谷堰堤より下流へは 9,100m³(75%)の土砂が流出した。なお、次の出水(8/8 出水)までに



図-2 流出状況(左上: 平常時, 右上: 7/4 ピーク時(5:30), 左下: 7/6 開操作直前(8:10), 右下: 流出後(18:10))

表-1 流砂観測結果他より推定されるシャッター試験稼働時の土砂移動状況

出水日時	七郎堰堤からの流出土砂量(m ³)	妙寿堰堤での捕捉土砂量(m ³)	妙寿堰堤からの流出土砂量(m ³)	妙寿～空谷堰堤間での移動土砂量(m ³)	空谷堰堤からの流出土砂量(m ³)
計測手法	ハイドロフォンによる掃流砂計測値にキャリブレーション式を適用	目視観察並びに画像解析により算出	ハイドロフォンによる掃流砂計測値にキャリブレーション式を適用	空谷堰堤の算出土砂量と妙寿堰堤の算出土砂量の差分	ハイドロフォンによる掃流砂計測値にキャリブレーション式を適用
7/1-6 (シャッター操作有)	12,200 (100%)	9,400 (75%)	2,800 (25%)	-6,300 (50%) 侵食	9,100 (75%)
8/8-10 (シャッター操作無: 参考)	5,400 (100%)	0	5,400 (100%)	-900 (20%) 侵食	6,300 (120%)



図-3 試験稼働の堆砂敷の状況

(左: 開操作直後; 中央: 開操作 10 時間後; 右: 6 日後)

4,000m³ 程度の土砂が継続的に流出している事が画像解析による情報から算出された(図-4)。下流への土砂流出がシャッター操作により土砂の動きを鈍くしていることが確認された。

一方で、8 月 8 日には最大時間雨量 30mm、累計雨量 316mm の降雨があり、これに伴い最大水位 9m を観測する出水が発生したが、この時はシャッター操作を行わず、出水時無操作の事例を計測した。この場合は、100%の土砂流入に対して、シャッターの操作が無い状態ではほぼ全量の 100%が流出し、下流域で 20%程度侵食を生じて、空谷堰堤より下流へは 120%の流出となった(表-1)。

4. シャッター操作と流砂の応答: 前述の通り、シャッター堰堤ならびに上下流の堰堤では、流砂観測機器が設置されている¹⁾。上流側では、七郎堰堤の他、真川 2 号堰堤で、下流側では空谷砂防堰堤の他、津之浦下流堰堤、本宮堰堤でも、水位計、流速計、ハイドロフォン、濁度計による連続観測を行っている。この一連のシャッター操作間の観測結果を示す。まず、各観測所(妙寿砂防堰堤より下流)での時系列変化をループ曲線で示す。妙寿砂防堰堤のシャッター閉塞後(7/4 8:25)の影響は、いずれの堰堤に

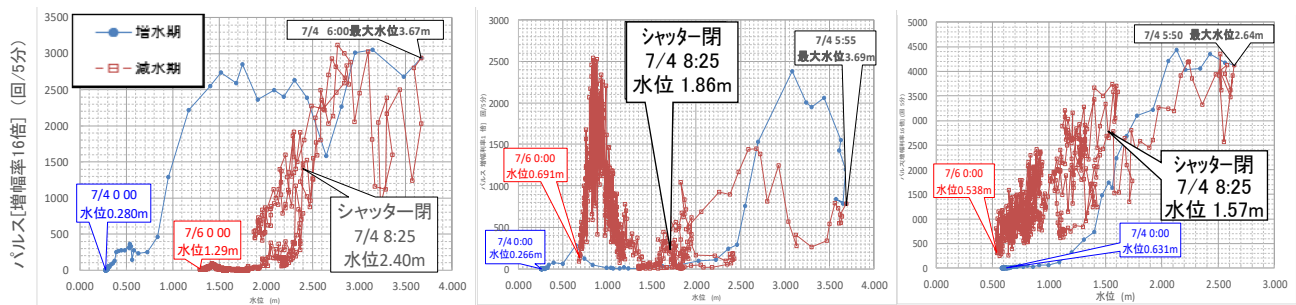


図-6 水深・ハイドロフォンパルス(掃流砂)のループ(左:空谷, 中:津之浦下流, 右:本宮)

においても下流域での掃流砂は減少し、かつ急激な流出も見られず、本宮堰堤以外では右回りのループが観測された(図-6)。なお、減水期後半に津之浦下流堰堤にて観測値が上昇しているのは、直近で河床内工事を行っていたことを確認している。

一方で、細粒成分(濁度・ウォッシュロード)の土砂濃度はシャッター操作では、妙寿堰堤直下の空谷堰堤ではループは右回り、本宮堰堤では左回りとなったが、操作時に大きな変化は見られなかった(図-7)。本宮堰堤では、掃流砂・細粒成分ともに左回りのループが得られたが、これは支川の称名川からの流入の影響と思われる。

次に、スリット・シャッターの効果検証のため、今回(7/1-6)の開閉操作時を含む期間にて七郎堰堤、妙寿堰堤、空谷堰堤での流砂観測結果(掃流砂成分)の時系列変化を示す(図-8)。いずれも、シャッターの開状態、閉操作(→後に開放)の状態での透過部からの掃流砂の挙動と下流(空谷堰堤)への影響は、既報²⁾で報告している昨年度出水時と類似していた。

すなわち、シャッターの開状態では、スリット部が上部・横棧、下部が開放されており、スリットとオリフスの機能の両方をもっている。水位堰上げ(3m)を境界として、流砂の捕捉機能と、洪水減水期での流出が認められた。次にシャッター閉操作(→後に開放)の状態ではシャッターの閉塞で掃流砂の流出が抑制される。また、掃流成分と細粒成分(濁度)の縦断的な伝播に

おいては、ハイドロフォンを用いた観測から、掃流砂のシャッター操作の有無による違いが現れる事が確認された。一方で濁度(細粒成分)に対しては、シャッター操作の有無に関わらず、濁度は下流に伝播する事が確認された。

5.結論: 妙寿シャッター堰堤において、試験稼働対象流量でのシャッター操作を実施、併せて対象流量での操作無し事例を比較検証した。その結果、開操作時に捕捉(一次貯留)した掃流砂成分を遅れて流出させる、すなわち平滑化させることが、比較事例においても示された。また、今後は同流域で進められている時空間的な流砂観測に関するシステムを活用し、土砂監視、土砂資源利用に向けて、シャッター稼働パターンをさらに、試験運用と合わせた検討を進めて行く予定である。

参考文献: 1) 三上幸三ら: 砂防学会誌, Vol.66, No.5, p.42-48, 2013.

2) 長山孝彦ら: 妙寿砂防堰堤の可動式シャッターの試験運用, 平成 29 年砂防学会研究発表会概要集, p.1-10, 2017.

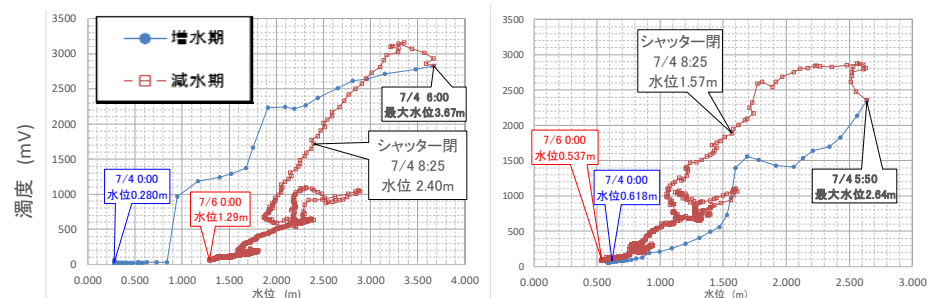


図-7 水深・細粒成分の流砂量のループ(左:空谷, 右:本宮)

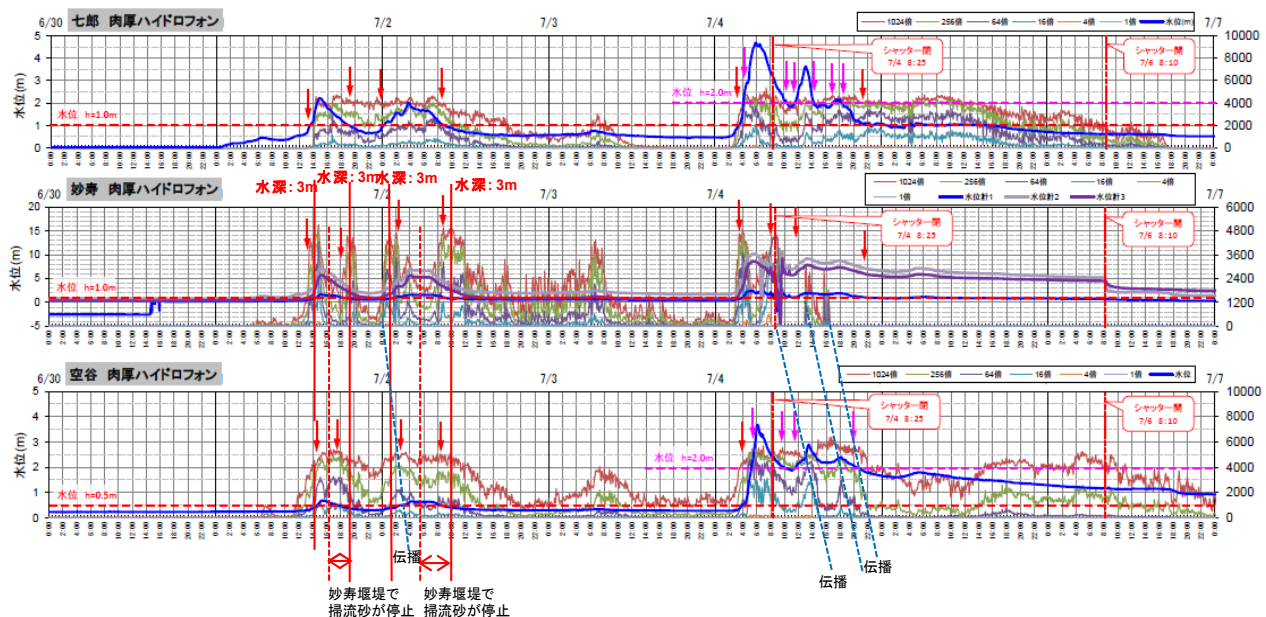


図-8 2017 年 7/1-6 出水(シャッター稼働時)の妙寿堰堤による掃流砂の土砂調節効果