

平川・源太郎堰堤における流水・流砂観測(2011 年 6 月出水を対象として)

国土交通省 北陸地方整備局 松本砂防事務所 野村昌弘, 吉田俊康, 判田乾一

京都大学大学院 水山高久, 日本工営(株) ○ 田方 智, 長山孝彦, 後藤 健, 伊藤隆郭

1. 結論: 姫川上流の左支川平川では, 源太郎砂防堰堤において, 流砂観測のための流水・流砂計測機器が設置されている。掃流砂観測を主眼として, 2007 年度末からハイドロフォン(パルス式)と圧力式水位計による観測と副堤を用いた砂礫の堆砂測量による小出水時を対象とした簡易的な流砂量観測¹⁾が行われている。また, 源太郎砂防堰堤の水通し部に設置されたハイドロフォンを対象として, 1 様砂・混合砂を用いて中小規模の出水を模擬し, パルス数から粒径別流砂量を推定するための現地実験が行われている^{2), 3)}。2011 年 6 月末においては, 観測開始以降, 川幅が一杯で, かつ, 全粒径成分の流砂が移動する規模の出水があり, 掃流砂を対象としたハイドロフォン計測における有用な情報を得た。ここでは, 出水における水理データと機器観測における特徴を示す。

2. 流域諸量: 平川は, 流域面積が 22.85km², 堰堤上流の堆砂域の平均河床勾配が 1/31(=1.85°)の溪流であり, 堰堤水通し幅は, 68m である。水通し部には, 左岸, 中央部, 右岸にハイドロフォン(全長 2m, 検知部: 70cm×2 箇所)が設置され, 左岸には, 圧力式水位計(堰堤袖裏)と超音波水位計・流速計が設置され, 水通し右岸側には圧力式水位計が設置されている。流況は, CCTV により堰堤堆砂域の上流区間や堰堤水通し部を下流側から見た区間の撮影がなされている。濁度計や浮遊砂量計による観測も行われているが, ここでは対象としない。

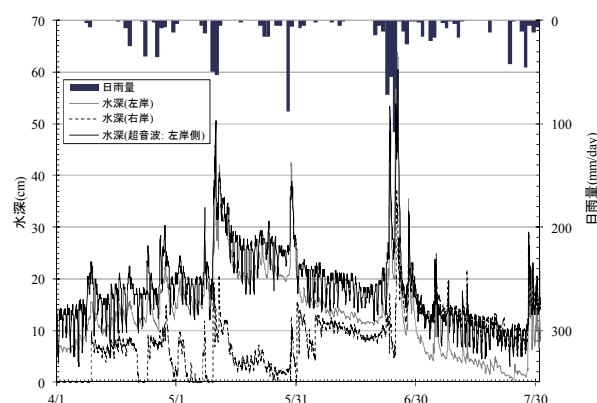
3. 出水データ: 2011 年 6 月 22 日～30 日に降雨があり, 時間最大雨量 15mm/h(6 月 25 日), 最大日雨量 108mm(6 月 25 日)のデータが白馬観測所で記録された。後述の左岸の圧力式水位計で 63.8cm, 超音波水位計で 60.4cm の水深を記録した。この水深規模の出水は, 圧力式水位計(左岸: 2007 年設置, 右岸 2010 年設置)や超音波水位計(2001 年設置)以降, 最大規模の出水である。

4. 観測機器によるデータ: 全幅で洪水流下が生じたため, 観測機器による観測データについて, 種々の特徴的なデータが得られた。

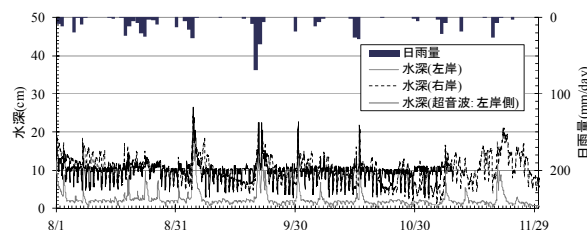
(1) 水位計: 圧力式および超音波水位計が設置されているが, それぞれの観測値の特性をみる。図-1 は, 2011 年 4 月初旬～7 月末, 8 月初旬～11 月末の期間の水位データを示す。左岸の圧力式・超音波式のデータを比較すると, 水深が約 15cm(マンニングの粗度係数 0.04[m-s 系])を用いた等流計算で, 12.9 m³/s)を境として, それ以上の水位観測データは, 超音波式水位計により観測データが安定して取得されている。非接触型の水位計では, 水表面の急激な乱れや石礫が水表面から突出している場合には, 水位データが取得できない場合があり, 一方, 圧力式水位計による水位計測は, 出水中のデータをほぼ良好に計測している。

(2) ハイドロフォン: 円管の周成分の共振成分について, 音響データの振幅の閾値以上のカウント数(パルス数: 5 分間積算値)と音響データの電圧測定値(mV: サンプリング 1Hz, 5 分間平均値, 以下, 電圧と表記)の両方が計測されている。源太郎堰堤の水通部は広く(68 m), 全幅にまたがる出水が発生したとしても, 砂州・偏流の影響を受け, 固定断面での観測においては, 主流位置の横断方向への移動を考慮する必要がある。図-2 は, 左岸, 流路中央, 右岸に設置されたハイドロフォンのパルス数について, 増幅率ごと(4, 64, 1016 倍)のパルス数検知の時間変化を見たものである。増幅率の小さいものは, 粒径の大きい成分を検知し, 増幅率の大きいものは, 粒径の小さい成分から大きい成分まで検知する。これによれば, 図-1 の水位データと併せて見ると, 出水中の流砂移動について, 次のことが分かる。

① 6 月 23 日～24 日の期間: 全幅で流砂が流下するものの, 左岸・河道中央部に偏流している。
② 6 月 25 日～26 日(水位ピーク: 6 月 25 日 12:00 頃)の期間: 中央全幅にまたがり流水・流砂が流下している。
③ 6 月 24 日～25 日の期間: 主流が左岸側に移動している。
④ 6 月 27 日～30 日の期間では, 主流が河道中央部・右岸側に移動し



2011 年 4 月初旬～7 月末



2011 年 8 月初旬～11 月末

図-1 源太郎砂防堰堤における水位データ
(雨量観測所は白馬地点)

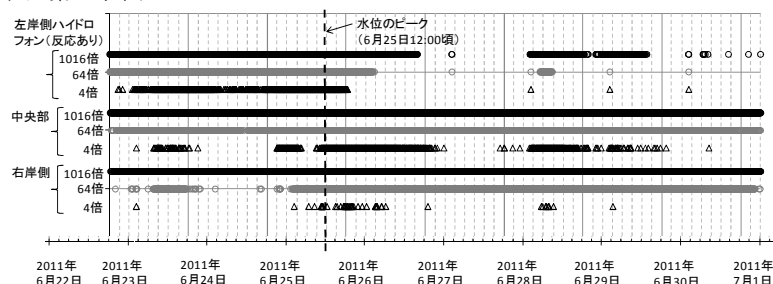


図-2 源太郎砂防堰堤における増幅率ごとのハイドロフォンパルスの関係
(2011 年 6 月 22 日～30 日出水)

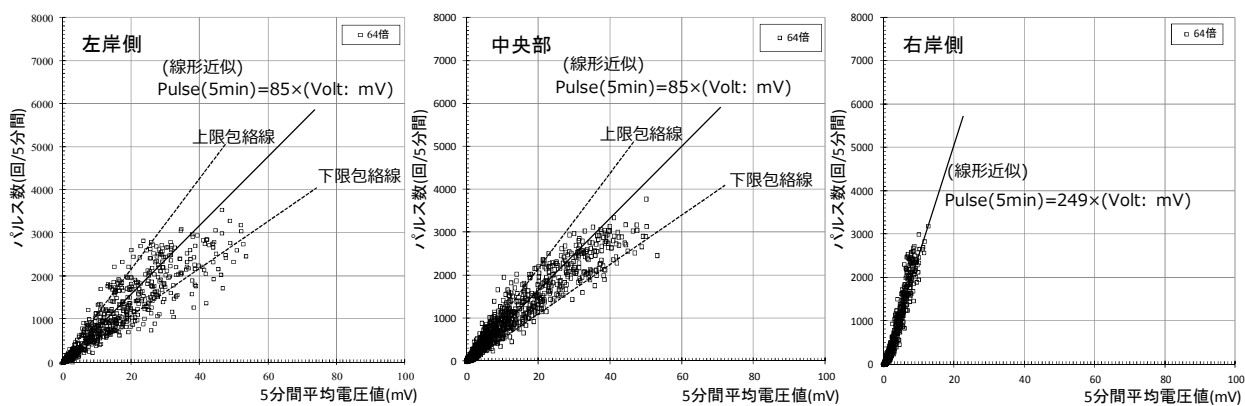


図-3 源太郎砂防堰堤における音圧・ハイドロフォンパルスの関係(2011年6月22日～30日出水)

ており、さらに、左岸側の増幅率 1016 倍のハイドロフォンが反応していることから、左岸側のハイドロフォンは土砂に埋没しているが、その上に流水が流下している可能性がある。このように、川幅の広い観測断面では、幅方向の流砂移動を考慮した観測が必要であることが分かる。

図-3 は、6 月 22 日～30 日出水時の左岸、河道中央部、右岸でのハイドロフォンの特性を見るために、5 分間平均の音響データの電圧と 5 分間の積算パルス数(増幅率 64 倍)の関係を示したものである。これによると、左岸・河道中央部でのデータの傾向はほぼ等しいが、これらと比べて、右岸側のハイドロフォンの特性が異なり、電圧は小さく、パルス数が大きくカウントされる傾向にある。まず、左岸・河道中央部でのパルス数について見る。パルス数は 3000 回を超える付近から、パルス数が頭打ちになる傾向⁴⁾が見られる。

次いで、右岸側のハイドロフォンの特性についてみる。電圧値が小さく、パルス数が大きくカウントされる原因には、幾つか考えられる。①流砂の粒径が小さい、②ハイドロフォンの下流側の後流での堆積流砂の影響、③ハイドロフォンの固定方法、④電気系統のトラブル等。現時点では、③が原因であると考えられるが、今後、現地調査を踏まえて対処する予定である。ちなみに、図-3 に示す電圧値とパルス数の関係や、ハイドロフォンのカウント特性に関する結果(原因の②)は、ハイドロフォンの設置と設置後のメンテナンスについての留意点を示すものである。今後、現地設置・維持管理における注意点などを纏めていく必要がある。

(3)掃流砂量: 流砂量と電圧値やパルス数の関係について相関式が作成されると、ハイドロフォンの観測データを用いて、出水時の平均的な掃流砂量が算出される。通常、土砂量の把握においては、観測枡が用いられることが多いが、小規模出水を対象として、源太郎堰下流の床固工の堆積土砂量(土砂総量)と電圧値とパルス数との関係を整理し、次式が得られた。



図-4 源太郎砂防堰堤における音圧・ハイドロフォンパルスと予測された単位幅流砂量の関係(2011年6月22日～30日出水)

$$\text{【電圧値と流砂量】} \quad q_s = k_A \times 0.00133 A^{0.2958}, \quad k_A = 0.484 \quad (1)$$

$$\text{【パルス数と流砂量】} \quad q_s = k_p \times 3.5827 \times 10^{-5} P_{64}^{0.2958}, \quad k_p = 0.760 \quad (2)$$

ここに、 q_s : 単位幅流砂量 (m^2/s)、 A : 電圧値(mV , 5 分間平均値)、 P_{64} : 増幅率 64 倍のパルス数 (5 分間積算値)、 k_A , k_p : 現地補正係数 (小規模出水 (2010 年 11 月) を対象として得られた値: $k_A = 0.484$, $k_p = 0.760$) である。

図-4 は、2011 年 6 月 22 日～30 日出水の出水を対象として、ハイドロフォンのパルス数や電圧値の観測データを用いて予測した掃流砂量(m^3/s)の時間変化である。パルス法による掃流砂量の予測値が多い原因は、右岸側のハイドロフォンの電圧値～パルス数の関係が、左岸・河道中央部のものと異なるためである (図-3 参照)。

5. 結論: 平川源太郎砂防堰堤を対象として、2011 年 6 月末に発生した規模の大きい出水について、流水・掃流砂観測の観測機器から得られる幾つかの有用な情報 (広幅の河道における水位計測、砂州・偏流に起因したハイドロフォンの反応の違い、ハイドロフォンの設置方法に依存した計測データの違い等)を得た。今後、ハイドロフォン特性把握や観測枡を用いた流砂量とパルス数・電圧値の関係を行うなどの対処を行って、観測データの精度向上と粒径別掃流砂量の予測のための現地データの収集と観測機器の整備を行い、平川流域における管理型砂防や総合土砂管理のための基礎情報を収集すると共に、パルスと電圧値を用いた掃流砂量計測の限界流量・流砂量や流砂の移動速度や電圧値を用いた掃流砂量の予測や掃流砂の粒径予測法についても行う予定である。

参考文献: 1) 神野ら: 平成 22 年度砂防学会研究発表概要集, 242-243, 2010, 2) 神野ら: 平成 21 年度砂防学会研究発表概要集, 70-71, 2009, 3) 神野ら: 平成 23 年度砂防学会研究発表概要集, 222-223, 2011, 4) 水山ら: 砂防学会誌, Vol. 55, No. 3, 56-59, 2002.