

現地計測からみたハイドロフォンパルスの粒径依存特性について

国土交通省天竜川上流河川事務所 草野慎一, 中島一郎, 福本晃久
 国土交通省中部地方整備局河川計画課 小池優
 住鉦コンサルタント株式会社 山下伸太郎, ○高橋健太

1. はじめに

天竜川上流河川事務所では与田切川(図-1)の坊主平堰堤に流砂観測施設¹⁾を設置し、2000年9月から流砂量と土砂の粒度分布の時系列変化を観測している。また、2005年7月より簡易な手法による流砂量の把握を目的に、間接的手法であるハイドロフォンを設置して流砂量観測を行っている。

これまでの報告²⁾のように、与田切川の流砂観測施設では粒径別の流砂量が時系列的に把握できることを利用して、粒径別流砂量との関係に着目した観測データの整理を行ってきた。その結果、ハイドロフォンで検知可能な流砂の粒径は概ね0.5mm以上であることや、流砂の粒径の差異により流砂量が同じであっても観測パルス数が異なることが分かってきた。本報告では、2005~2009年の5カ年の観測データを分析して、ハイドロフォンによる流砂量・粒径の絶対値の把握を念頭にハイドロフォンパルスによる粒径依存特性について考察した。



図-1 位置図

2. 施設の概要

ハイドロフォンはステンレス製の測定管に粒子が衝突する際に発生する音を電圧(音圧)に変換し、閾値を超えた回数を記録する方式である。坊主平砂防堰堤では水通し部(幅50m)の左岸部に設置されており、長さは8mである。パルス数は単に流砂量との関係だけでなく、ハイドロフォンが検知可能な粒度成分との関連を把握するため、1,4,16,64,256及び1024倍の6段階の異なる増幅率で観測が可能である。パルス数及び水位・流速計の各データは、1分ごとにロガーに記録されている。

3. 観測結果

ハイドロフォンは測定管に粒子が衝突した回数を記録することから、先ず砂粒の個数に着目してデータを整理した。採取土砂の粒度試験結果から、粒径階を75, 19, 4.75, 2, 0.425, 0.075mmに区分し、砂粒の個数を算出した。単位幅あたりの砂粒の個数は、砂粒を球体として下式より算出した。

$$qn = qb / V_{sn}$$

ここに qn : 単位幅単位時間あたりの砂粒の個数(個/s/m)
 qb : 単位幅単位時間あたりの流砂量($m^3/s/m$)
 V_{sn} : 単位幅砂粒1個あたりの体積($m^3/個$)

表-1に示す出水時の流砂観測施設で観測した流砂量と、パルス数との関係について整理した。パルス数との関係の検討には、河床部に設置されている下段取水孔からの採取土砂量に基づく流砂量を用いた。上式より算出した粒径0.425, 2mm以上の砂粒の個数と増幅率64, 256, 1016倍のパルス数の関係を図-2に示す。砂粒の個数とパルス数には比較的良好な正の相関がみられ、最も良好な相関が得られたのは粒径2mm以上と増幅率256倍の観測データである。

そこで増幅率256倍のパルス数と粒径2mm以上の流砂量との関係を出水別に整理して図-3に示した。いずれの出水時のデータも良好な正の相関がみられる。しかし出水ごとに比較すると2007年の出水は単位パルス数あたりの流砂量(R_s)が小さくなる傾向であった。これは2007年に流砂の粒径が細粒化したためと考えられた。

そこで図-4に示すように、出水毎の平均粒径と R_s の関係を整理した結果、平均粒径が大きくなるのに伴い R_s も大きくなる傾向がみられた。このことから流砂の粒径の違いがパルス数に影響を与えていると考えられる。よってパルス数から流砂量をより精度よく推定するには、流砂の粒径との関係を把握する必要があることになる。

表-1 観測日時と概況

	最高水深 (m)	平均粒径 (mm)	R_s
2009/7/17~18	0.97	0.435	0.543
2009/5/17~18	0.61	0.990	0.352
2008/9/26~27	0.96	0.165	0.333
2008/6/29~30	1.10	0.168	0.638
2008/5/24~25	0.79	0.418	0.479
2007/10/26~27	0.97	0.045	0.142
2007/7/14~15	1.59	0.630	0.393
2007/6/29~7/4	0.91	0.048	0.089
2006/7/16~20	1.47	0.870	0.543
2006/6/15~16	1.05	1.440	0.675
2005/9/5~7	0.92	0.800	0.542

※ R_s : 単位パルス数あたりの流砂量

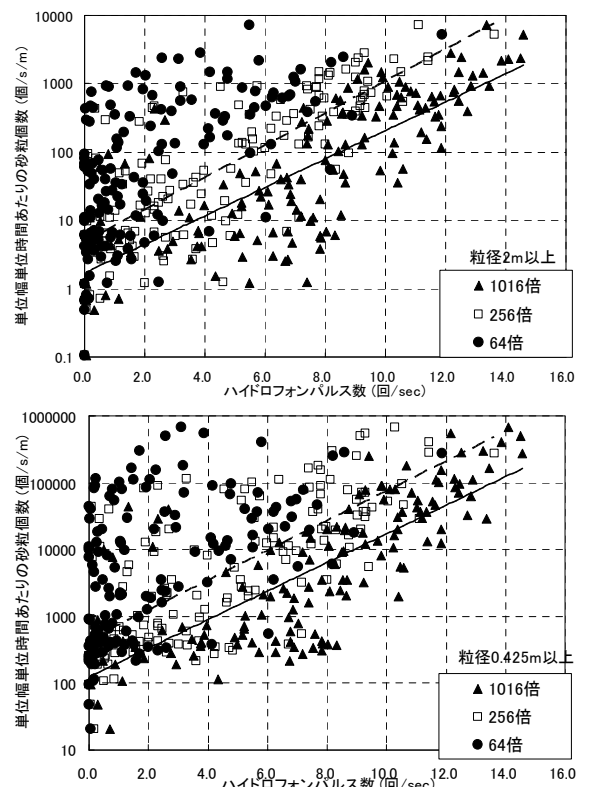


図-2 増幅率別パルス数と粒径別砂粒個数の関係

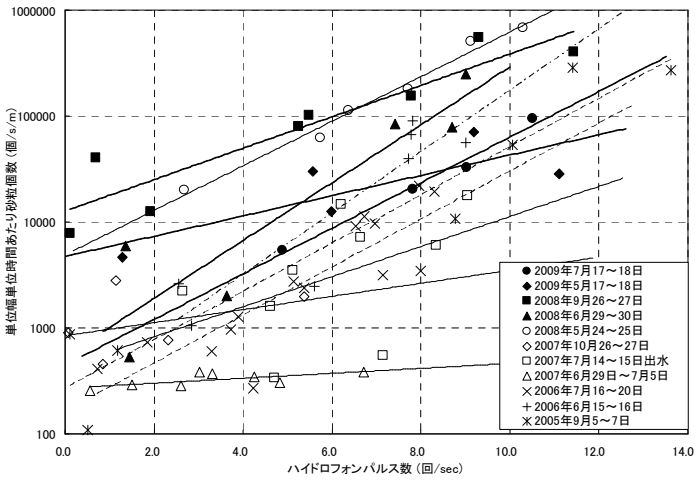


図-3 パルス数と0.425mm以上の砂粒個数との関係

そこで、まずパルス数と掃流力の大小が流砂の粒径依存特性にあたる影響を評価するための相対水深(h/d)と、パルス数から砂粒の個数を除して、ハイドロフォンによって検知可能な砂粒の個数の割合(検知率)を算出した。図-5に相対水深と検知率(相関性の高い増幅率256倍、粒径2mm以上を使用)の関係を平均粒径別に整理した。バラツキが大きいものの、h/dが高くなるに伴い検知率が減少する傾向であった。出水規模が同程度あれば平均粒径が小さくなるほど流砂の検知率は低くなるため、図-4に示したように粒径が小さいほどRsが小さくなるのは、この検知率の低下が要因と考えられる。検知率が減少する理由としては、水深が高いときには砂粒が測定管に集合体で衝突するため、検知音の処理限界を越えてしまうことや、掃流力の増加に伴い比較的粒径の小さい流砂が浮遊限界を超えて浮遊砂として流下するようになることがあげられる。これまでの報告²⁾で述べられているように、検知可能な最大のパルス数は概ね100回/s程度である。

4. 相対水深と流砂量との関係

次に相対水深(h/d)に着目して、増幅率256倍のパルス数と粒径2mm以上の砂粒個数の関係を図-6に整理した。その結果h/dが200以下に関しては良好な正の相関がみられたが、h/dが200以上になると、特にパルス数が6回/sec以下ではバラツキが大きい。これは、観測データからみると全体的に平均粒径が小さいため、測定管への衝突エネルギーが小さいことや、流砂が浮遊することによる検出率の低下が影響していると考えられる。

5. まとめ

パルス数と流砂の粒径の関係の整理結果から、h/dが高くなるに伴い単位掃流砂量個数あたりのパルス数が減少する傾向があり、h/dが200以下の場合、粒径2mm以上の流砂と増幅率256倍のパルス数で良好な正の相関がみられた。これは、与田切川においては水深0.3~1.0m、平均粒径1~10mmの領域で、パルス数から流砂量を比較的精度良く算出することが可能であるといえる。しかし、パルス数と流砂の粒径との関係を明確には見出すことはできなかった。2009年から音圧による計測も開始されており、今後さらに観測データを蓄積し、パルス数を用いたより精度の高い粒径別流砂量の定量化を図っていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 浦ら：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, P. 81-88, 2001.
- 2) 伊藤ら：ハイドロフォンパルスによる流砂量及び粒度計測に関する考察(その2), 平成20年度砂防学会研究発表会概要集, P. 308-309, 2008. 閲覧

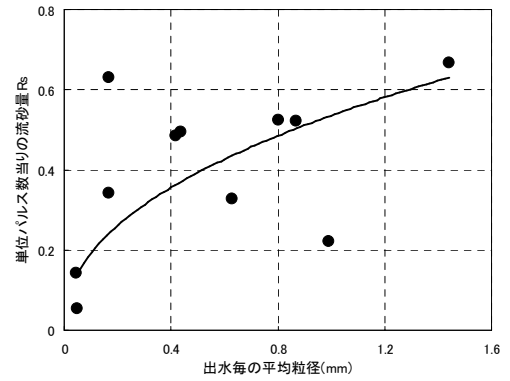


図-4 出水毎の平均粒径とRsとの関係

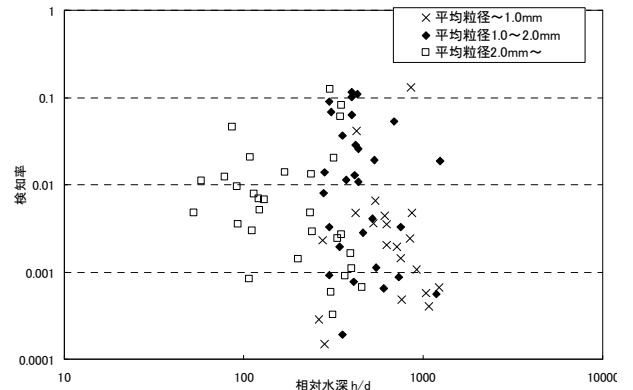


図-5 h/dと検知率の関係

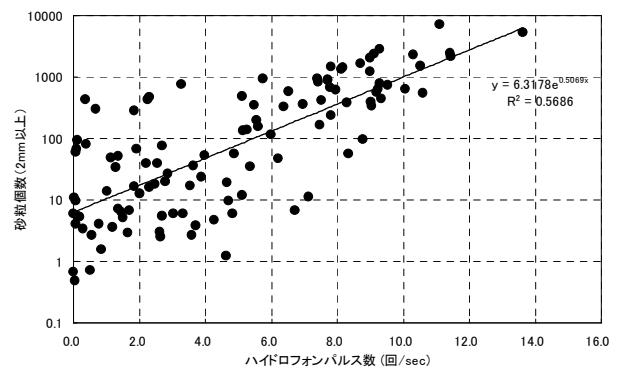
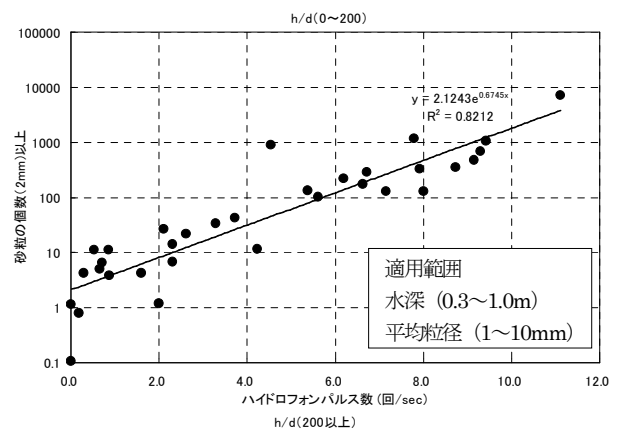


図-6 h/dで区分したパルス数と砂粒個数の関係