

山地溪流におけるハイドロフォンを用いた流砂観測

国土交通省中部地方整備局浜松河川国道事務所 ○平澤良輔
京都大学大学院農学研究科 水山高久
京都大学防災研究所 堤大三

1 はじめに

山地溪流において土砂移動は非平衡状態で生じるため、土砂生産が土砂移動に対して支配的となる。そのため、山地溪流における流砂量を知るためには現地での観測が必要となる。本研究では流砂観測装置として、神通川水系足洗谷流域内に複数設置されたハイドロフォンを使用した。既往研究からハイドロフォンを用いて流砂量を相対的に評価できることが知られているが、流砂の絶対量を求める手法はこれまで確立されていなかった。そこで本研究では、ハイドロフォンを用いて流砂量の定性的な観測を行うとともに、現地のハイドロフォンに対してキャリブレーションを実施してパルス数を用いた流砂量推定手法を検討した。また、観測結果から判明した流域内の各支川における土砂移動傾向の違いを決定する要因を考察するために、足洗谷流域を対象とした数値シミュレーションを実施した。

2 観測地

京都大学防災研究所穂高砂防観測所足洗谷流域（流域面積 7.2km²）を観測地とした。流域内の足洗谷本川、白水谷（流域面積 2.1km²）、黒谷（流域面積 1.2km²）、割谷（流域面積 1.11km²）の4か所にハイドロフォンを設置し、ハイドロフォンで得られたパルス数を1分間ごとに記録した。観測期間は2007年9月～2009年9月とした。観測地の概要を図2.1に示す。また、足洗谷の観測地点ではピット流砂観測装置による流砂の直接観測も並行して実施している。



図 2.1 観測地の概要
●…ハイドロフォン

3 結果

3.1 現地観測

現地観測の結果、出水時における土砂移動継続時間は河川ごとに大きく異なることが明らかとなった。また、この土砂移動傾向が出水によって変化することも観測によって明らかとなった。例として、図3.1に2009年7月～8月に観測された、割谷の土砂移動が短期間に活発化した後に沈静化した事例を示す。このように、ハイドロフォンを用いることで山地溪流における土砂移動の状況、およびその時間的変化を詳細に観測することができた。

3.2 キャリブレーション実験

足洗谷及び白水谷に設置されたハイドロフォンに対して、キャリブレーション実験を実施した。実験には市販の玉砂利を用い、一様粒径において流砂量と粒径を変化させた場合、混合粒径において粒度分布を変化させた場合の2種類の実験を実施した。

一様粒径での実験結果から、粒径を大きくするとパルスが得られるアンプの増幅率が低下すること、各粒径について礫個数とパルス数の比（以下、検出率と呼称）が流砂量によらずアンプ倍率毎に一定値となることが明らかとなった。このことから、ハイドロフォンで得られたパルス数から流砂量を求める方法として以下の式を提案した。

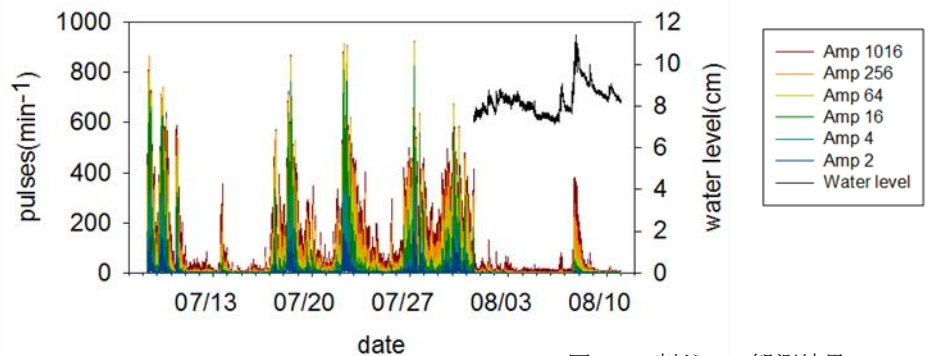


図 3.1 割谷での観測結果

$$P(a) = R_1(a)N_1 + R_2(a)N_2 + \dots + R_k(a)N_k \quad \dots(1)$$

ここで、Pはハイドロフォンで得られたパルス数、kは移動土砂の粒径階、N_iは粒径階iの礫の粒子数、R_iは粒径階iの礫に対する検出率、aはアンプの倍率である。

(1)式を混合粒径での実験結果に適用した結果、流砂量と粒度分布をおおむね推定可能であることが示された。そこで、実際の出水事例で得られたパルスに対して(1)式を適用し、ピット流砂観測装置の観測結果と比較検討した。図3.2～3.3に2009年5月13日および5月18日の流砂量の観測結果と推定値を示す。なお、5月18日の出水で

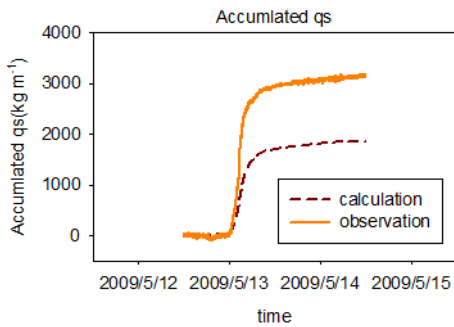


図 3.2 5/13 の観測地と計算値

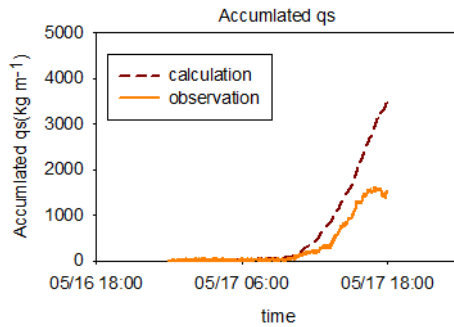


図 3.2 5/18 の観測地と計算値

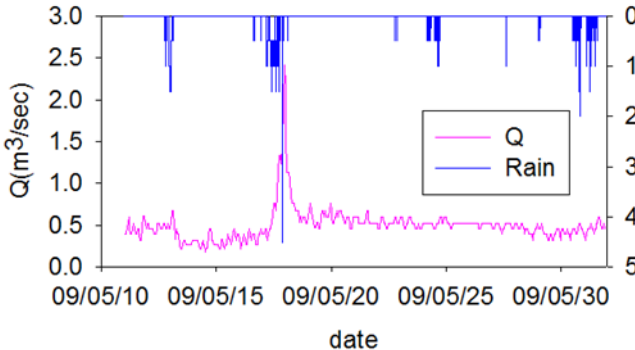


図 3.4 計算期間の流量と降水量

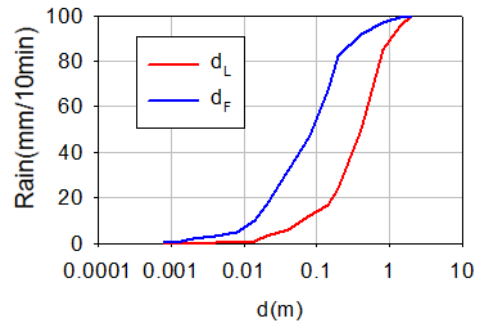


図 3.5 計算に用いた河床の粒度分布

表 3.1 計算条件

Case1	: 無し
Case2	: 足洗谷
Case3	: 白水谷
Case4	: 黒谷
Case5	: 割谷

図 3.6~3.7 に、計算期間中の 2009 年 5 月 13 日、5 月 18 日の出水に対する流砂量の計算値と観測値を示す。図より、精度に改善点が認められるものの、おおむね数値計算によって土砂移動の傾向を再現できたと言える。また、Case2 の場合に下流端で観測された土砂移動量は、5 月 13 日の出水では他のケースよりも顕著に大きい、5 月 18 日の出水では差が小さくなっている。これは計算初期において移動しやすい細粒分の土砂が流失したためと考えられる。このように河床材料の分布の違いが下流の土砂移動に大きな差を及ぼすことが明らかとなった。

4 まとめ

ハイドロフォンを用いた観測を継続的に実施することで、山地河川の土砂移動の傾向、およびその変化を明確に知ることができた。また、ハイドロフォンのキャリブレーション実験を行った結果、ハイドロフォンを用いて山地河川における土砂移動を定量的に知る手法を提案することができた。さらに、数値計算を用いることで山地河川における土砂移動に対して河床材料及びその影響を把握することができた。今後は流速や土砂濃度の影響を加味したキャリブレーション実験を実施して、ハイドロフォンを用いた流砂の定量的な観測精度を向上させること、河床材料の調査や流域内の降雨分布などを考慮し数値計算の精度を向上させることが課題である。

はピットが満砂するまでの値を示している。この結果から、検出率を用いた流砂量推定手法によって流砂量の傾向を精度良く再現できることが明らかとなった。2 回の出水で精度に差が見られるのは、礫の粒度分布の差が影響したものと推測される。

3.3 数値シミュレーション

3.1 節で述べたように同一流域内で多様な土砂移動傾向が見られた原因として、本研究では河床に存在する移動可能な土砂量に着目した。そこで、足洗谷流域を対象として、流域内の各支川の河床材料を条件毎に変化させて数値計算を実施し、土砂移動傾向の再現が可能か検討した。

本研究では、山地斜面を対象としたキネマティックウェーブ法を用いた流出解析モデルと、河道部分を対象とした一次元数値シミュレーションモデルを結合させ、計算に使用した。計算期間は 2009 年 5 月 11 日～31 日の 20 日間とし、期間中の顕著な出水である 5 月 13 日、5 月 18 日の出水に対して、下流端で観測される土砂移動量の計算値と実測値の比較、移動土砂の粒度分布に対する考察を行った。計算期間中の降水量と流量の観測値を図 3.4 に示す。ただし、示した流量は 3 時間ごとの移動平均である。河床材料には d_L 、 d_F の 2 種類を使用した。河床材料の粒度分布を図 3.5 に示す。河床材料は d_L を基本とし、表 3.1 に示したように条件毎に河床材料を d_F とする箇所を変化させた。

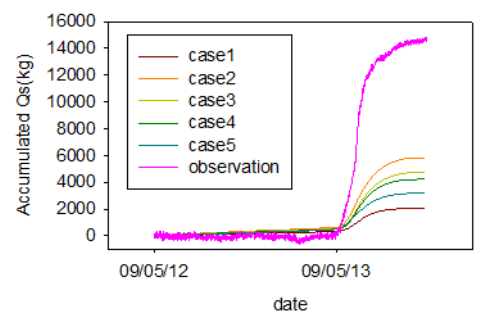


図 3.6 5/13 の計算値と観測値

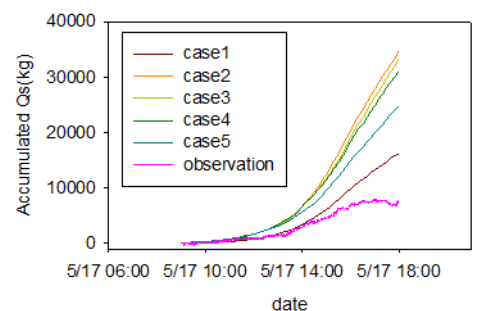


図 3.7 5/18 の計算値と観測値