

流砂観測データを用いた土砂流出監視手法の検討

ハイドロフォンを用いた警戒避難体制の構築に向けた取り組み

キーワード：流砂観測、警戒避難

九州国土保全コンサルタント技術部 滝澤 雅之・岡野 和行・武石 久佳 国土保全技術部 井元 成治
 西日本国土保全コンサルタント技術部 井之本 信・吉安 征香・鈴木 心 大阪支店 田村 健

はじめに

河道の流砂観測結果は、土砂の挙動を把握するための重要な情報の一つです。そのため、国土交通省において全国的に流砂観測が進められるとともに、流砂観測に関わる研究・技術開発が進められてきました。

近年では、これまでの観測実績から、流砂観測データを用いて、災害を引き起こす恐れのある土砂流出を把握できる可能性が示されており、下流域の警戒避難体制の

構築への活用が期待されています。

今回は、国土交通省紀伊山系砂防事務所が設置しているハイドロフォンの観測データで土砂流出を把握できた事例を紹介します。また、平常時の土砂流出と災害を引き起こす恐れのある土砂流出の境界条件の設定を試行した事例も紹介します。

ハイドロフォンとは

ハイドロフォンは、金属パイプに流砂が衝突した時に発生する音から間接的に流砂量を計測する機器です。金属パイプへの衝突音は、パイプ内に設置されたマイクロフォンで検知します。検知した音響データは、変換式を用いて流砂量に変換されます。変換時には、流砂量をより定量的に求めるために、現地試験で補正値を算出する場合もあります。また、金属パイプの代わりに金属プレートを用いたプレート型のハイドロフォンも開発されています。

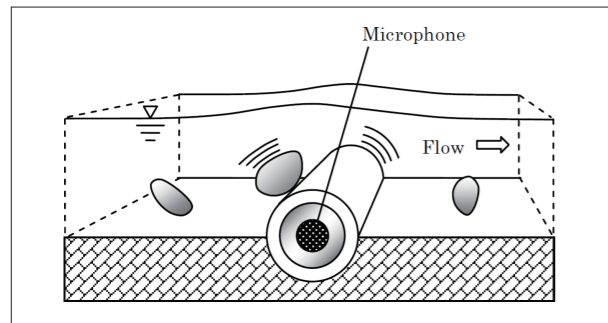


図1 ハイドロフォンで流砂を観測するイメージ図^{※1}

図2は、今回の検討に用いた日置川水系の熊野川観測所のプレート型のハイドロフォンの様子です。観測地点は、集水面積5.4km²、平常時の縦断勾配1/32、川幅4.3mの条件です。上流域の土砂生産は、近年は穏やかですが、平成30年の台風10号では崩壊に伴う土砂流出がありました。

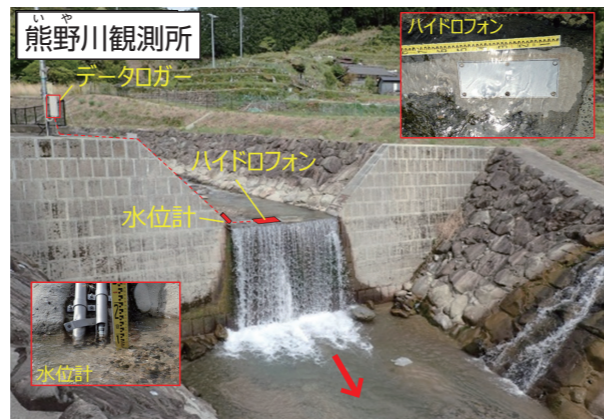


図2 熊野川観測所のハイドロフォン

土砂移動を示すヒステリシスループ

流域内で土石流などの災害を引き起こす恐れのある土砂移動が発生した時には、その下流域で河床を流下する流砂量に変化が生じることが報告されています^{※2}。観測データの流砂量の変化を縦軸に、水位の変化を横軸にして散布図で表現すると、その変化は左回りのヒステリシスループを描く特徴があると指摘されています。

日置川水系の熊野川観測所の出水イベント時のハイドロフォンの観測データを同様にプロットしたところ、図3に示したようにヒステリシスループを示しました。このことから、熊野川観測所の観測事例でも、災害を引き起こす恐れのある土砂移動を把握できることが分かりました。

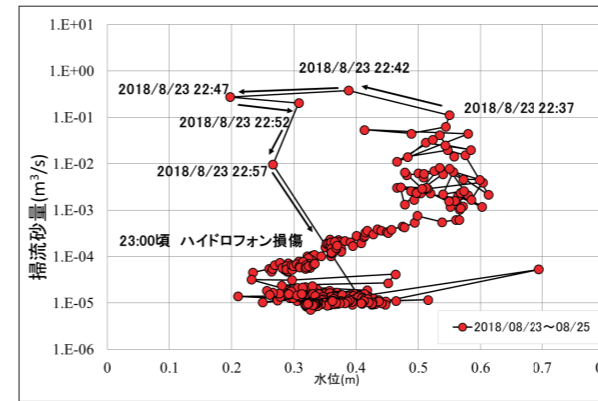


図3 ヒステリシスループを示した観測データ

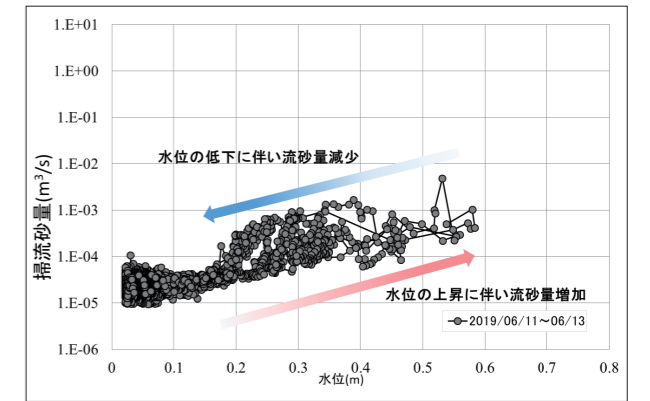


図4 平常時の観測データ

平衡流砂量式を用いた境界条件設定の試行

下流域の警戒避難体制の構築には、上流域で発生した土砂移動が平常時のものか、土砂災害を引き起こす恐れのある異常なものかを判別することが重要です。今回の検討では、平衡流砂量式を用いて判別することを試行しました。平衡流砂量式は、ある流量（水位）とその時の掃流力によって運搬される流砂量との関係が示された式です。つまり、理論上運搬され得る流砂量を基準にして、観測データを比較することで、異常な土砂移動を判別できないか考えました。

図5は、縦軸を流砂量、横軸を水位にして観測データと流砂量式をプロットしたものです。赤丸のプロットが前項で示したイベント時のデータです。その他のプロットは顕著な土砂流出が無かった観測データです。流砂量式は、A.T.M式^{※3}とM.P.M式^{※4}を用いました。流砂量式に用いる土砂の代表粒径は、観測地点の河床材料調査結果を用いてさまざまな値で試しました。

検討の結果、今回の事例では、A.T.M式に85%粒径を適用した流砂量式のプロットが、ヒステリシスループ

を示している土砂移動とその他の土砂移動との境界線になりました。このことから、85%粒径を用いた流砂量式の境界線を上回る範囲に観測データがプロットされた場合に、異常な土砂流出の発生を示す可能性があると考えました。

今後、さらに多くの事例でこの手法による異常な土砂流出の分離の有効性が示されれば、この境界を閾値として観測データをモニタリングして警戒避難情報を発令することが可能になると考えられます。

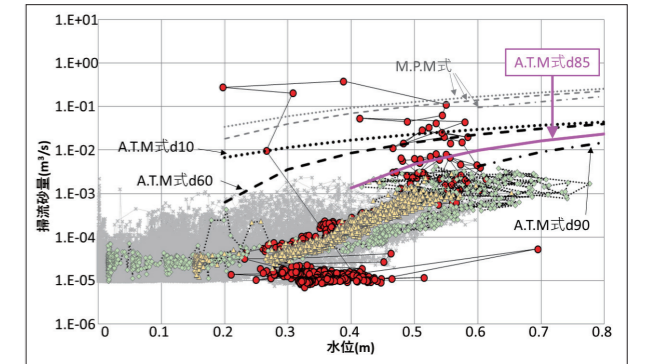


図5 流砂量式を用いた境界条件の設定結果

おわりに

今回は、ハイドロフォンの観測データを活用した警戒避難体制が構築できる可能性を示せたと考えています。しかしながら、実用化には多くの課題があります。

まずは、多くの事例を積み重ねて、流砂量式を用いた境界条件設定の有効性を実証することが必要です。次に、さまざまな観測地点へ展開するために、流砂量式を用いた境界条件を設定する手法を確立する必要があります。さらに、観測機器の最適な設置位置やデータの最適な伝送方法などの運用体制に関する検討も必要です。

今後、少しでも多くの課題が解決できるように、検討を継続し、警戒避難体制の構築に僅かでも貢献できればと考えています。

最後に本内容は、国土交通省近畿地方整備局紀伊山系砂防事務所から受託した「ハイドロフォン等による大規模崩壊後の土砂移動状況調査業務」で検討したものです。業務の遂行において関係者の皆様には多大なるご指導、ご協力をいただきました。ここに記して、感謝の意を表します。

※1「堤ら：山地流域における土砂動態の定量的モニタリング手法の開発、京都大学防災研究年報、第51号B、p.661-668、2008」から引用
 ※2 桜井ら：流砂水文観測から得られた異常な土砂生産時の掃流砂流出特性と観測結果の山地流域監視への適用について、砂防学会誌、Vol.72、No.2、p.25-31、2019
 ※3 芦田・高橋・水山式の略称。急勾配の山地河川を念頭において求められた平衡流砂量式。
 ※4 Meyer Peter-Müller式の略称。Meyer PeterとMüllerによって提案された流砂量式。