

山地流域の流砂水文観測の結果と今後の活用

国土技術政策総合研究所 ○桜井 亘・内田太郎・田中健貴（現；近畿地方整備局）・井内拓馬
 (株)コルバック 鶴田謙次・吉村暢也

1. はじめに

現在、直轄砂防事務所により約 90 箇所において、ハイドロフォンや濁度計を用いた流砂水文観測が行われている。観測結果は、以下の砂防事業へ反映が期待される。

- ①流域における土砂動態や流砂環境の変化を監視
- ②砂防事業の計画検討や事業評価時に活用
- ③総合的な土砂管理計画検討時に活用

近年、観測結果の蓄積が進み、短期（1 出水中）から中期（概ね 1～数年程度）に及ぶ土砂流出の実態が徐々に明らかになってきた。まだ①～③の全てを達成出来る段階ではないが、今後は、観測結果を実際の砂防事業に逐次、反映していくことが重要である。そこで、ここでは、現時点の短～中期の土砂流出に関する観測結果をレビューするとともに、その活用方法について、方向性を述べる。

2. 短期（1 出水；1～数日）の土砂流出実態

短期の土砂流出実態は、ハイドロフォンや濁度計による流砂量観測から明らかになってきた。今回の検討に用いた、観測地点上流において土石流や崩壊等の発生した観測事例を表-1 に示す。ここで用いた観測結果は、全てハイドロフォンの観測から得られた掃流砂量である。

表-1 検討に用いた観測事例

観測所名	河川名	観測日	土砂移動現象	ヒステリシス傾向
関の沢第二床固工	大谷川	2011.9.2	土石流	反時計回り
河原毛	六甲山地	2014.8.10	山腹崩壊	反時計回り
坊主平	与田切川	2010.10.25	土石流	反時計回り
坊主平	与田切川	2011.10.15	土石流	反時計回り
坊主平	与田切川	2012.9.18	土石流	反時計回り
坊主平	与田切川	2013.9.15	高濃度土砂	反時計回り

図-1 には、天竜川水系与田切川坊主平における土石流発生時と非発生時の水深および掃流砂量の観測結果を示す。掃流砂量の時間変化を見ると、土石流発生時は、出水のピーク以降、水深が時間とともに低下するにもかかわらず、掃流砂量が増加する傾向が見られるが、非発生時は、水位の変化に追従して増減するなど、その傾向に大きな違いが見られる。ここで示した出水以外でも、土石流が発生した出水では、水深が低下しても掃流砂量が増加する傾向は共通して見られる。

次に、水位と掃流砂量の関係が示すヒステリシスに着目する。図-2 は六甲山地の河原毛観測所における観測結果を示す。この観測事例が示すように、時計回り（2013 年出水 6）、反時計回り（2014 年出水 3 台風 11 号）、水位に応じて掃流砂量が増減（2014 年出水 5）するというように、3 つのヒステリシスの傾向に分類できる。崩壊等、土砂生産の発生時（2014 年台風 11 号）は、反

時計回りのヒステリシスを示す一方、非発生時は、時計回りか水位に応じた増減を示すなど、土砂生産発生時と非発生時は異なる傾向を示す。六甲山地では、田村ら¹⁾により、通常の出水時と土砂移動を伴う大規模な出水時では、水位と浮遊砂量の関係に見られるヒステリシスの傾向が異なる報告がされているが、ハイドロフォンによる掃流砂量の観測結果からも、同様の結果が得られた。このように、流域内に土石流や崩壊等が発生した場合、非発生時と比較すると、明らかに水深の変動に対する掃流砂量の増減傾向が異なると言える。このことから、流砂量観測により平常時から観測事例の蓄積があると、流域の流砂環境の変化を把握でき、土石流や崩壊発生等、異常な土砂生産の検知が可能と言える。

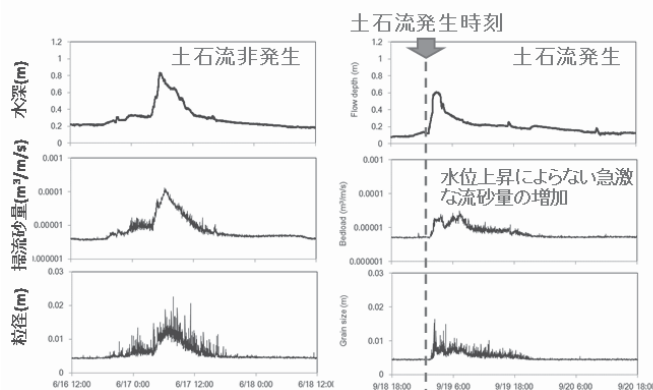


図-1 土石流発生・非発生時の掃流砂量の時間変化

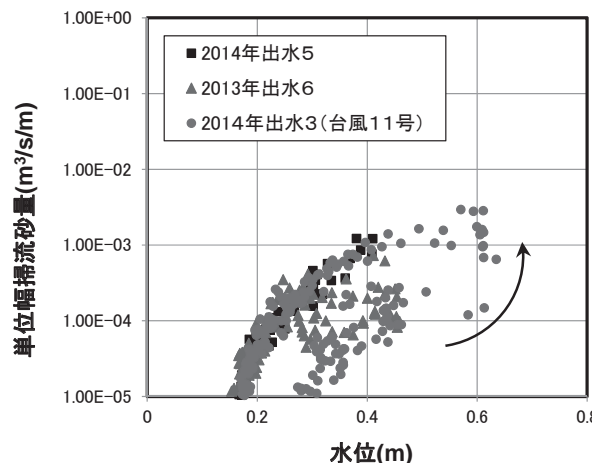


図-2 土砂生産時と非生産時の水位と掃流砂量の関係

3. 中期（1 年～）の土砂流出実態

土石流等、土砂生産後の流砂環境の変化を観測結果か

ら見てみる。大規模出水前後では同じ水位でも掃流砂量が異なることが既に報告されている²⁾。ここでは、土石流発生が確認された事例³⁾について、発生から翌年にかけて、水位と掃流砂量の関係におけるヒステリシスの変化を見てみる。図-3は、大谷川の関の沢第2床固工における2011年9月の土石流発生後から2012年6月までの水位と掃流砂量の関係を示す。

上流で土石流が発生した2011年9月台風12号時(a)は反時計回りのヒステリシスが生じているが、その後、同月の台風15号時(b)は、時計回りのヒステリシスが生じ、2012年6月の台風4号時(c)は、水位に対応した掃流砂量の増減となっている。これは、2011年9月台風12号時は、土石流等により河道への土砂供給量が増加したため、出水後半の掃流砂量が増加、2011年9月台風15号時は、新たに顕著な土砂供給が無い状態で台風12号時に河床に堆積した土砂が洪水前半に流出して減少、2012年6月の台風4号時には、台風12号時の影響が無くなり掃流力に応じた土砂移動のみが生じたためと考えられる。この観測結果は、水位と掃流砂量の関係が示すヒステリシスの時間経過による変化に着目すると、より明瞭に流域の中期的な流砂環境の変化が把握できることを示す事例と言える。

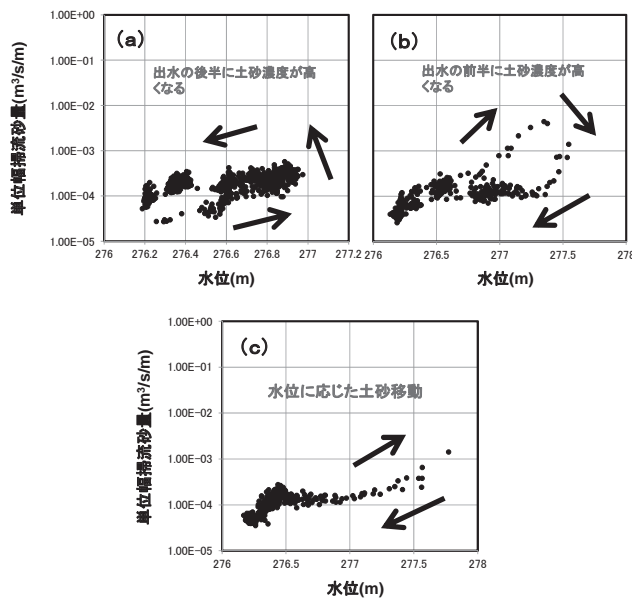


図-3 土砂生産後のヒステリシスの時間変化

4. 今後の活用方法

以上の観測結果の整理から、現時点では a, b のように流域監視による危機管理や総合土砂管理の観点から、砂防事業へ流砂量観測結果の活用が可能と考えられる。

a) 流域内の異常な土砂生産の早期検知

b) 土砂流出に応じた砂防堰堤による土砂流出制御

a) については、2. で述べたように、水位と掃流砂量の関係に見られるヒステリシス、また土石流や崩壊発生時と非発生時の水位と掃流砂量の関係から閾値を設定し監

視する手法が考えられる。図-4は、ニューラルネットワークにより、発生・非発生の境界を閾値として、非発生観測データのカバー率も考慮して設定(下位50%の水位を棄却)し、土石流発生時の観測結果をプロットしたものである。

b) については、3. で示したような流砂環境の変化を流砂量観測により捉えながら、シャッター堰堤等を用いて、大量の土砂生産による流砂量の増加後から発生前の状態に戻るまでの期間は、下流への流砂量を抑制し、それ以外の期間は、下流へ土砂を供給する等の手法により、可能と考えられる。

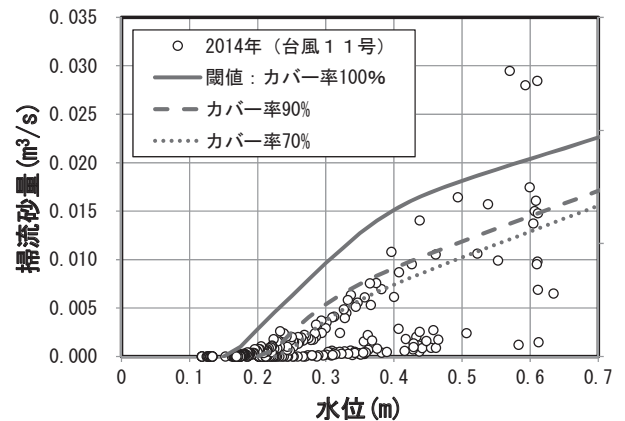


図-4 発生・非発生の閾値による警戒避難への適用事例案

5. おわりに

流域内の流砂環境の変化を把握し、警戒避難や砂防堰堤による流砂量の効果的な制御等への適用が可能になるなど、危機管理や総合土砂の点から、流砂水文観測結果の活用が可能であることが分かった。今後も引き続き観測によるデータ蓄積が必要であり、国総研としても、得られた観測結果の具体的な活用手法について更に研究を進める方針である。

最後に、日々の観測を継続する直轄砂防事務所の担当各位に敬意を表するとともに、データを提供頂いた事務所の担当者の皆様に感謝申し上げます。

参考文献

- 1) 田村圭司ほか；六甲山系における比較的大きな出水時の浮遊砂の特徴，平成27年度砂防学会研究発表会概要集B，pp.296～297，2015
- 2) 小林拓也ほか；ハイドロフォンによる流砂観測に基づく流砂移動の特性変化に関する分析，平成26年度砂防学会研究発表会概要集A，pp.186～187，2014
- 3) 光永健男ほか；流砂量自動観測装置が捉えた日光大谷川(稲荷川)の土石流発生事象，平成25年度砂防学会研究発表会概要集A，pp.276～277，2013