

宮崎県鰐塚山崩壊の流出土砂モニタリング

水野秀明* 稲村貴志** 小山内信智***

1. はじめに

台風や梅雨前線により大量の降水が山地流域に与えられると、崩壊が発生し、大量の土砂が溪床に堆積する。溪床に堆積した土砂はその後の降雨により下流へ流されて再度堆積し、河床を上昇させる。特に、大規模な崩壊が発生し、大量の土砂が溪床に堆積した場合には、長期間にわたって大量の土砂が下流へ移動して行き、土砂移動に関する問題を新たに生じさせる可能性がある。

このように流域内の土砂移動に関する状況が大きく変化すると、一般的には土砂災害を防止・軽減するための砂防基本計画を見直すことになる。最新の河川砂防技術基準同解説（計画編）¹⁾によれば、砂防基本計画（水系砂防）は土砂量だけでなく、時間スケールと土砂の粒径も考慮した土砂処理計画とすることとしており、さらに、土砂移動に関する問題が顕在化している水系では総合的な土砂管理にも配慮する必要がある。

しかしながら、大規模な崩壊後の土砂移動の経年的な変化の実態はほとんど明らかになっていない。そこで、本研究では大規模な崩壊後の土砂移動の変化の実態を把握することとした。

2. 土砂移動モニタリングの概要と結果

2.1 観測地点

図-1は本研究で対象としている宮崎県宮崎市田野町を流れる別府田野川の流域である。別府田野川は日向灘にそそぐ清武川の支川で、鰐塚山に源を発する。流域面積は19.13km²である。清武川の河口には砂浜の赤江海岸が広がる。観測地点は国道269号線が別府田野川を渡る橋の直下流で、図中の●印である。なお、鰐塚山山頂付近にはアメダス観測所が設置されている。

平成17年台風14号は同年9月5日から6日にかけて九州を北上し、鰐塚山のアメダス観測所において同月6日8時に最大時間雨量46.0mm/hを、同月

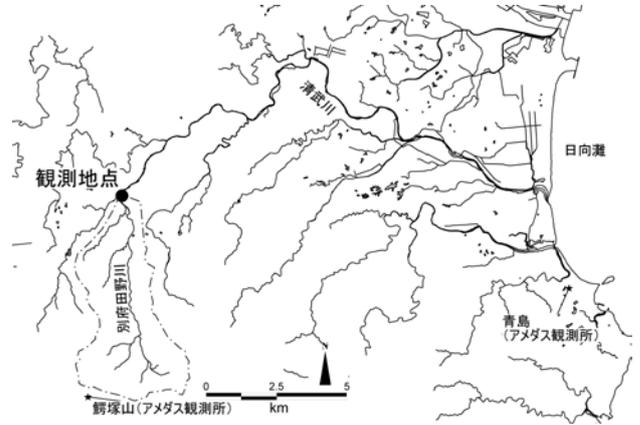


図-1 別府田野川流域と観測地点の位置

5日11時から6日11時までの期間で最大24時間雨量558.5mmを記録する豪雨をもたらした。この豪雨に伴って、別府田野川流域内では大きな崩壊が3ヶ所で発生し、別府田野川本川に大量の土砂を堆積させた。既往の調査²⁾によると、崩壊土量は561万m³、残土量は352万m³、不安定河床堆積量は108万m³と報告されており、大量の土砂が溪床に堆積している。

2.2 観測方法

土砂移動実態を把握する手段は既往の研究成果³⁾で整理されているが、本研究では長期間継続することに加えて、総合的な土砂管理という観点より山地から河川・海岸に流出する土砂を対象とすることを目的としたことから、流れの中に計測機器を投入してその土砂容積濃度を計測して流砂量を計測する「間接的な方法」を採用した。全流砂量の時間変化の実態を把握することが理想ではあるが、前述の目的を踏まえ、観測地点を浮遊形態で通過する流砂を対象とした。これは、浮遊砂が1回の出水でより遠くまで到達すると考えられるためである。土砂移動モニタリングでは、土砂容積濃度と流量を計測して、観測地点を通過する流砂量を推定した。また、観測機器の維持管理に合わせて、観測地点の河床の状況を撮影し、その変化も記録した。

図-2は観測地点における横断と観測機器の設置位置を示したものである。観測機器のシステムは水位計、濁度計、データロガーの3つの機器か

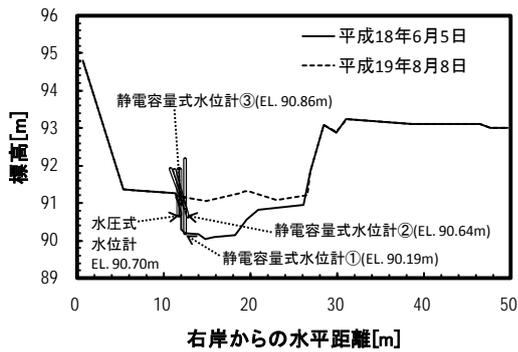


図-2 観測地点の横断形状と観測機器の配置から構成される。水位計はこれまでに出水による破損のため4回交換した。静電容量式水位計①を平成18年6月13日から同年8月8日まで標高90.19m、静電容量式水位計②を同年8月8日から同年9月15日まで標高90.64m、静電容量式水位計③を同年9月15日から平成19年10月26日まで標高90.86m、水圧式水位計を平成19年10月26日以降で標高90.70mに設置した。静電容量式水位計の出力値は内臓のデータロガーに記録したが、水圧式水位計の出力値は濁度計の出力値を記録しているデータロガーに記録した。なお、水圧式のものの場合では式(1)に出力値を代入して算出した。

$$H=1.25(V-1.0)+90.70 \quad \dots (1)$$

ここで、H：水位[m]、V：電圧[V]である。濁度計は0～5Vで計測結果を出力する。その出力値はデータロガーに10秒間隔で保存した。水位計はデータロガー内臓のものを採用したが、観測期間中の出水により破損したため、濁度と同様にデータロガーに計測値を出力できる機器に付け替えた。土砂容積濃度と水深は出力値を式(1)から(3)に代入して算出した。

$$C=0.0093V^2+0.0708V \quad \dots (2)$$

$$C=0.5004V^2+0.2917V \quad \dots (3)$$

ここで、C：土砂容積濃度[%]、V：濁度計からの出力値[V]である。なお、式(2)と(3)は既往文献⁴⁾に基づき、別府田野川で採取した土砂で0.075mm以上の土砂を取り除いたものを用いて設定した。

2.3 観測結果

観測機器が出水により破損したこと、落雷などにより一時的に停電が生じたためデータロガーが記録を停止したことなどにより、濁度計、水位計、あるいはその両方のデータが欠落した期間があった。観測を開始してから平成20年3月13日までの

期間で、濁度計と水位計の出力値がともに記録できたのは時間雨量20mmを越す一連の降水としては4回であった。

濁度計の出力値から土砂容積濃度を換算する際には、式(2)、(3)に示した換算式が観測精度に大きく影響を及ぼす。つまり、式(2)と(3)を作成する際に用いた土砂の粒度分布の設定が重要となる。著者らは、平成19年7月12日12：00から14：30にかけて観測地点において流水を5回採取し、流砂の粒度分布と土砂容積濃度を計測した。図-3は流水中の土砂の粒度分布を示したものである。土砂の粒度分布はレーザー分析により計測した。その結果、土砂は大きいもので粒径0.2mmの細砂であり、全体の95%程度が0.075mm以下のシルト・粘土であった。これは式(2)と(3)を作成する際に用いた土砂と概ね同じ粒径の成分であったことから、式(2)と(3)を用いたことは妥当と考えられる。また、土砂容積濃度は0.013～0.017%であった。

図-4は観測を開始した平成18年6月13日から平成20年3月13日までの観測結果で、上段から鱗塚山アメダス観測所の降水量、観測地点における水位、土砂容積濃度、累加浮遊砂量の累積値を示したものである。なお、累積浮遊砂量は水位から推定した流量に土砂容積濃度を掛け合わせた浮遊砂量を累計した値で、浮遊砂とウォッシュロードの合計量である。水位は降水量に応じて増減し、土砂容積濃度も水位の変化に応じて増減した。土砂容積濃度は平成18年7月末ごろまで0.6%程度と高い値であったが、それ以降、0.1%程度と低くなった。土砂容積濃度は平成19年7月12日に流水を採取して計測した結果と同じオーダーであったことから、濁度計の出力値から推定した土砂容積濃度の精度は実際のものとは比べて大きく異なるも

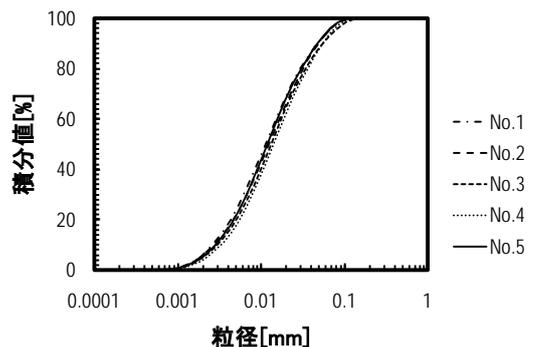


図-3 流水中の土砂の粒度分布（平成19年7月12日採取）

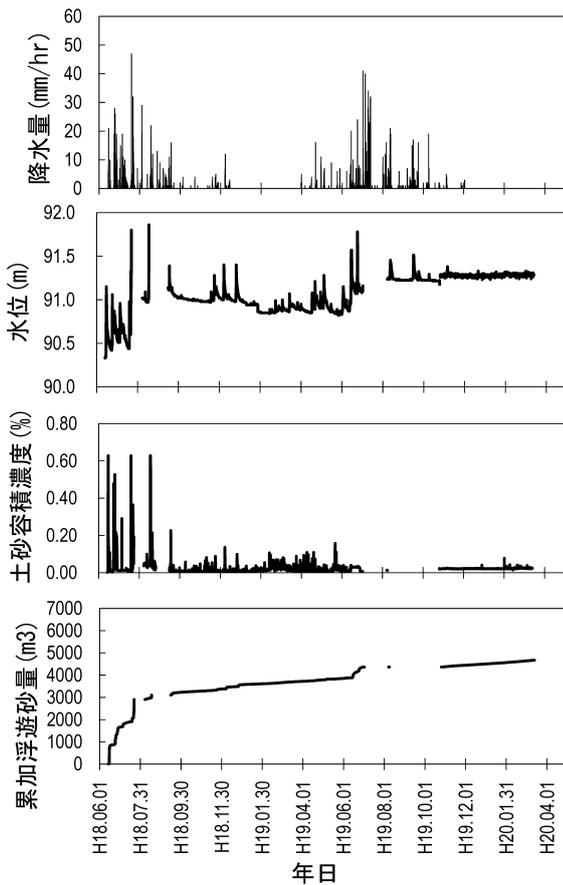


図-4 観測結果

のではないと考えられる。累加浮遊砂量は平成18年7月末までとそれ以降とで違った傾向を示しており、前期では急激に増加し、後期ではゆっくりと増加している。なお、前述の通り、欠測期間が存在しており、実際の累加浮遊砂量は図-4よりも多いと考えられる。

図-5は濁度計と水位計の両方の出力値を得ることができた降雨期間のうち典型的な傾向を示した2事例について流量と土砂容積濃度の関係を示したものである。その他の事例は既往文献⁵⁾を参照されたい。図中の◇が流量の増加過程、◆が流量の減少過程である。流量が増加すると土砂容積濃度が増加し、流量が減少すると土砂容積濃度が減少した。図-5(1)では流量の増加過程における土砂容積濃度、初期を除き、は流量の減少過程における値より低くなり、図-5(2)では逆の傾向となった。

図-6は観測地点における河床の横断形状の時間変化を示したものである。測量を行った平成18年6月5日から平成19年10月26日までの間で3回計測したものをプロットした。河床は平成18年6月5日時点で右岸側の護床ブロック付近で最

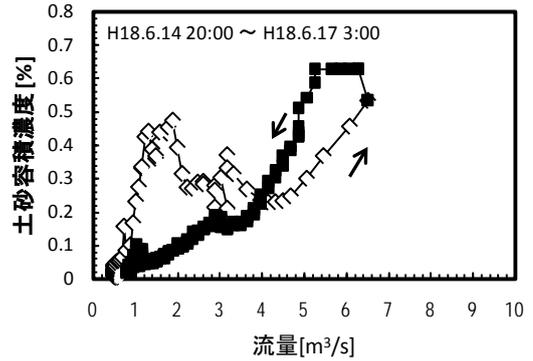


図-5(1) 出水中における流量と土砂容積濃度の関係

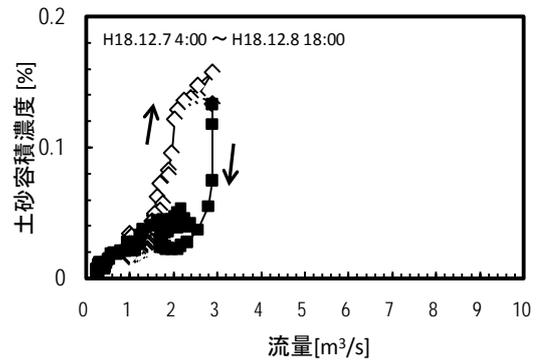


図-5(2) 出水中における流量と土砂容積濃度の関係

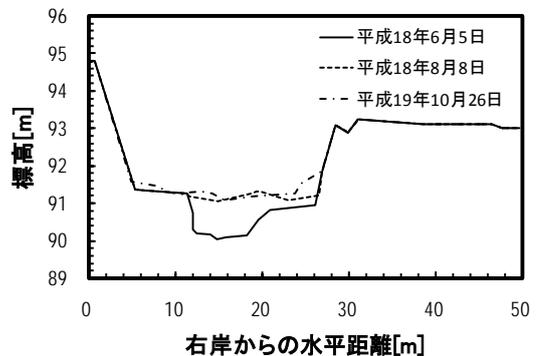


図-6 観測地点における河床の横断形状の変化も低かったが、同年8月8日時点で埋め戻された。平成19年10月26日時点での河床は平成18年8月8日時点のもの比べると右岸側と左岸側で上昇した。平成19年8月8日に観測地点付近の土砂を採取し粒度分布を調べたところ、平均粒径7.09mmであった。0.075mm未満のシルト・粘土は1.2%程度で、礫が80%以上を占めていた。最大で60cm程度の石が河床上に堆積していた。

3. 考察

3.1 流出土砂量の経年変化

図-4より、欠測期間を除けば、平成18年6月13日から平成19年6月13日までの1年間で観測地点を通過した浮遊形態の流砂は10.8m³/日で、それ

以降で平成20年3月13日までの9ヶ月間で2.9m³/日であった。2年目のデータは平成20年の梅雨期の観測値を含んでいないので直接的に比較できないが、図-4の傾向を踏まえると、観測地点を通過する浮遊形態の流砂量は減少傾向にあると推測できる。また、図-6に示したように、観測地点付近の河床は上昇傾向を示しているものの、その上昇割合は鈍くなっていた。このことから、観測地点を掃流形態で通過する流砂も浮遊形態と同様に減少傾向にあると推測できる。

3.2 出水中における土砂容積濃度の時間変化

図-5(1)と(2)の相違点は流量の増加過程における土砂容積濃度が増加する傾向である。土砂容積濃度は流れの速度に合わせて下流へ伝搬することから、流量の増加過程における土砂容積濃度は主に観測地点付近の河床侵食による影響を大きく受け、流量の減少過程における土砂容積濃度は主に観測地点より離れた上流の河床侵食による影響を大きく受ける。図-4より、図-5(2)の場合の降雨は図-5(1)に比べて時間雨量の最大値も小さく、降雨の継続時間も短かった。このことを踏まえると、図-5(2)の場合では、観測地点付近の河床の土砂が流れに取り込まれて観測地点を通過したものの、流量が少なくなってしまう、観測地点より上流の遠方における河床の土砂が観測地点まで到達できなかったと考えられる。つまり、継続時間が短い降雨であれば、流量の増加期間の土砂容積濃度は流量の減少期間の値よりも高くなると考えられる。

4. おわりに

本研究では現時点までで以下の点が分かった。

(1) 観測地点を通過する浮遊形態の流砂は大規模崩壊発生後経年的に減少傾向にあると推測できる。

(2) 継続時間が長い降雨であれば、流量の増加期間の土砂容積濃度は流量の減少期間の値よりも小さくなる。逆に、継続時間が短い降雨であれば、流量の増加期間の土砂容積濃度は流量の減少期間の値よりも高くなる。

ここでは昨年度までの観測結果を報告した。長期的な土砂移動の実態を把握するという目的から、別府田野川における土砂移動モニタリングは現在も継続している。今後は土砂移動モニタリングデータの結果を蓄積するとともに、降雨流出解析と河床変動計算を行い、土砂移動の実態の把握と将来の変化を推測したいと考えている。

最後になりましたが、本研究を進めるにあたり、九州地方整備局宮崎河川国道事務所、宮崎県砂防課、財団法人宮崎県建設技術推進機構の関係各位に多大な協力を賜りました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省河川局監修、社団法人日本河川協会編：国土交通省河川砂防技術基準同解説計画編、山海堂、p.48-49、2005
- 2) 谷口義信、内田太郎、大村寛、落合博貴、海堀正博、久保田哲也、笹原克夫、地頭園隆、清水収、下川悦郎、寺田秀樹、寺本行芳、日浦哲全、吉田真也：2005年9月台風14号による土砂災害、砂防学会誌、Vol.58、No.4、p.46-53、2005
- 3) 水野秀明：流砂系における土砂移動実態に関する研究、土木技術資料、46-3、p.14-17、2004
- 4) 小山内信智、水野秀明、林真一郎、沖中健起：濁度計を用いた土砂移動緊急監視システムに関する研究、国総研資料第332号、p.25-29、2006
- 5) 稲村貴志、小山内信智、水野秀明：別府田野川における大規模崩壊後の流出土砂量の変化、平成20年度砂防学会研究発表会概要集、p.316-317、2008

水野秀明*



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室 主任研究官、博士(農学)
Dr. Hideaki MIZUNO

稲村貴志**



㈱荒谷建設コンサルタント四国支社技術部(前 国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室 交流研究員)
Takashi INAMURA

小山内信智***



国土交通省国土技術政策総合研究所危機管理技術研究センター砂防研究室長、博士(農学)
Dr. Nobutomo OSANAI