

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 23 日現在

機関番号：17601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22510197

研究課題名(和文) 豪雨反復発生による流域土砂動態の応答に関する砂防学的研究

研究課題名(英文) Study of stream channel sediment dynamics affected by repeated rainstorm events

研究代表者

清水 収 (SHIMIZU, Osamu)

宮崎大学・農学部・准教授

研究者番号：20178966

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円、(間接経費) 870,000円

研究成果の概要(和文)：近年、大規模な豪雨が顕著に増加しており、各地で土砂災害が多発するだけでなく、同じ地域が短い時間間隔で再び豪雨に見舞われる事態も生じている。そのため、豪雨の反復発生が流域の土砂流出に与える影響について研究が必要である。本研究は、期間中に2回の豪雨を含む11年間にわたって河床変動の現地計測を行い、豪雨時とそれ以降の一連の土砂移動の特性を調べたものである。研究成果として、豪雨後の時間経過につれて土砂移動が沈静化していく過程とその制御要因が明らかになった。

研究成果の概要(英文)：In recent years heavy rainstorms have remarkably increased. This causes that rain storm events recur at a site at a short time interval. Thus it is necessary to study the influences of repeated rainstorm events on sediment transport in mountain catchments. This study performed a monitoring program of cross-sectional changes of stream channels during 11 years which included two rainstorm events, and describes a series of sediment transport processes in and after the event. This study obtained an activating process of post-event sediment transport and its controlling factors.

研究分野：砂防学

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学，自然災害科学

キーワード：豪雨 土砂流出 河床変動 粗粒化 縦横断測量 滞留土砂

1. 研究開始当初の背景

(1) 日本では、台風の度重なる襲来や時間雨量 100mm 超の記録的集中豪雨といった水・土砂災害を引き起こす異常気象現象が増加している。これにより甚大な洪水・土砂災害が各地で引き起こされているが、これに加えて、同一地域において豪雨が短い時間間隔で再発生する例も見出される。しかしながら、同一地域での豪雨頻発という現状認識は未だ新しいため、それに焦点を当てた豪雨頻発に伴う水・土砂流出の変化特性に関する研究成果は、ほとんど見当たらない。

(2) 研究代表者は、2003 年の豪雨で大規模土砂移動が発生した山地溪流を試験流域に設定し、2003 年以降毎年、河床変動を計測してきたが、この試験流域では 2006 年にも再び豪雨が発生し大規模土砂移動が繰り返された。こうした経緯により、期間中に 2 回の豪雨発生が含まれる 11 年間の土砂移動モニタリングデータが蓄積された。

(3) このデータは、豪雨の反復発生が流域の土砂動態に与えた変化を実証的に検討できる希少なデータセットであり、本研究が開始された。

2. 研究の目的

(1) 近年顕在化しており、今後一層の激化が憂慮される豪雨が同一地域で繰り返されると、流域土砂動態がどのような変化をするのかを長期実測データを用いて分析し、豪雨反復発生による土砂動態の応答特性を明らかにすることが本研究の大きな目的である。このために、具体的な個別の目的を以下に記すように設定した。

(2) 豪雨イベントでは、流域内で多くの崩壊が発生して土砂が生産され、それらの土砂が河道内に大規模に堆積する。そして、この堆積土砂はその後の大小様々な規模の出水によって洗掘され、滞留土砂量が次第に減少していく。このとき、洗掘はいつまで続き、どのような経過で止まるのか。このことを明らかにする。

(3) 上に述べた大規模土砂堆積後の洗掘過程では、河床の横断形状も変化していき、また河床材料の粒径組成も変化していく。これらは、洗掘が生ずる場の条件の変化であり、洗掘を引き起こす側の外力(出水)とともに、洗掘を規定する重要な要素である。この場の条件の変化を詳細に分析し、洗掘の推移との関係を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 試験流域は、北海道日高地方を流れる一級河川沙流川の支流で、ルベシュベナイ川とパラダイ川という 2 つの山地溪流である。流域面積は共に約 2km² である。両流域の下流端

付近から上流に向かって、ルベシュベナイ川では長さ 2.3km、パラダイ川では長さ 1.8km の調査区間を設定し、ここに縦断距離 50m 間隔で固定横断測線を多数設けている。

(2) 2003 年 8 月台風 10 号に伴う記録的豪雨により、試験流域では大規模な土砂移動が発生し、調査区間の河床に大規模な土砂堆積が生じた。その直後の同年 10 月に初回の縦横断測量を行った。その後、毎年 1 回、9 月に縦横断測量を実施し、2013 年まで継続してきた。なお、この間の 2006 年 8 月に停滞前線による豪雨が発生し、これは 2003 年とほぼ同じ雨量の豪雨イベントであった。試験流域では、この豪雨の際にも大規模土砂堆積が発生したが、このイベントに関しては発生前の測量結果があることから、特に詳細な河床変化が把握できた。

(3) 縦横断測量の結果は、次のように整理した。各測線で連続する 2 年分の横断図を重ね合わせ、前年と比較して変化した部分の断面積を求めた。なお、一測線の中で堆積と洗掘の両方が生ずるのが一般的であるため、断面積は堆積部と洗掘部をそれぞれ個別に計測した。

堆積と洗掘の土砂量は、隣り合う測線間で堆積と洗掘別々に断面積の平均値を求め、これに測線間の距離 50m を乗じて算出した。このように、土砂量は区間長 50m ごとに求められている。

(4) 堆積直後の河床表面材料には細かい土砂が優占し、洗掘が進行するにつれて粗い礫が目立つようになることが観察された。ルベシュベナイ川において、これらを数値化するために、各測線を約 10m 下流から撮影した毎年の写真を用い、測線における最大礫の直径と礫間を埋める径 10cm 未満の砂利の多寡を目測により求め、これの毎年の変化を把握した。さらに、目測による最大礫径の精度を確かめる目的で、2013 年に多くの測線で最大礫径を現地に於て計測し、またいくつかの測線を選び出して、線格子法による粒径分布調査を行った。

4. 研究成果

(1) 滞留土砂量の推移

2003 年豪雨イベントによりパラダイ流域で 3 万 m³、ルベシュベナイ流域で 6 万 m³ の土砂がそれぞれ堆積した。その後の 2 年間でパラダイ流域は 1070 m³/年、ルベシュベナイ流域は 5100 m³/年の洗掘レートで土砂が減少した。

再び起こった 2006 年豪雨イベントによりパラダイ流域で 0.6 万 m³、ルベシュベナイ流域で 2.4 万 m³ の滞留土砂がそれぞれ増加した。パラダイ流域は、その後の 3 年間の洗掘レートが 1750 m³/年であったが、次の 4 年間の洗掘レートは 560m³/年に低下した。ルベシ

ユベナイ流域では 2006 年以降の 5 年間の洗掘レートが 4200 m³/年であったが、次の 2 年間の洗掘レートは 1300 m³/年に低下した。

以上より、両流域ともにかつて土砂洗掘が活発であったが、最後の 4 年間ならびに 2 年間は大幅に洗掘が鈍化している。最終的な滞留土砂量は、両流域とも 2006 年イベントの前年の量に近い。このことは、区間全体の土砂量で見えた場合には、2006 年イベントの土砂増加分が洗掘により解消されることで、洗掘が鈍化し流路が安定化したと解釈できる。

(2) 河床変動の推移

区間全体の滞留土砂量は上述のように推移したものの、区間内を細かく見ると一律に河床変動が鈍化したのではない。そこで測線ごとの河床変動の推移を最低河床高の低下、河床横断形状の変化、河床材料の粗粒化の 3 要素から検討した。対象地は調査区間内に急勾配区間も含まれるルベシュペナイ流域である。

2006 年豪雨イベントによる土砂堆積で上昇した最低河床高は、その後低下する。上流区間では 4~5 年後に低下が止まり、その高さは上昇前の 2005 年の河床高に近かったが、中流区間では現在まで低下が継続し、河床高は 2005 年時よりも低くなっている。

河床横断形状は 2006 年豪雨イベントの土砂堆積で平坦な河床となる。その後の変化は、上流区間では平坦河床に溝状の流路が掘り込まれていき、4~5 年後に変化が止まったが、中流区間では洗掘による横断変化が継続している。

河床材料は豪雨イベントによる土砂堆積で細粒化するが、それ以降、洗掘に伴い粗粒化していき、上流区間では 3~4 年で粗粒化が停止したが、中流区間では近年まで粗粒化が継続している。

これらより、河床低下、横断形状変化、粗粒化は同時進行することが分る。区間による違いについて、上流では変化が速やかに進んで早く止まり、中流では穏やかに変化が続いているのは、初期の堆積規模の差異および勾配の違いが反映されたと推察される。

それは即ち、上流は豪雨イベントによる土砂堆積が非常に多く移動可能土砂が過剰となったため、初期の河床状態が不安定であったこと、そして河床勾配が急であり土砂輸送能力が大きいため、過剰土砂を排出して安定な状態へ向かう駆動力が大きいこと、この 2 つの要因によって変化が速やかに進んだと考えられる。

一方、下流はそれら上流の 2 つの要因が共に該当せず、初期の河床状態の不安定さが著しくなく、また安定に向かう駆動力も大きくないことによって変化が穏やかであったと考えられる。

(3) 河床変動停止の条件

河床変動の停止した測線の横断形状の特徴

をパラダイ流域で検討した。その結果、洗掘で形成された溝状流路が一定程度以上の流路断面積を持つことが判明した。次に、その流路断面積を洪水流下能力の観点から評価した。方法は、溝状流路に 5 割、8 割、10 割の各水深で水が流れたときの想定される流量を、流水断面積と Manning の平均流速から求めた。次に、溝状流路は 2006 年以降の洗掘によって形成・拡大してきたので、2006 年以降に発生したと推定される最大流量をこの期間の最大 1 時間雨量のアメダス記録を合理式に適用して求めた。そして、これを先の各水深時における流量と比較した。その結果、洗掘が停止した流路断面は、2006 年以降の推定最大流量を 8 割の水深で流すことができる断面規模であることが分かった。一方で、洗掘が継続中の測線は未だその規模を満たしていなかった。これより、最大流量を余裕を持って流すことができる断面まで拡大することで、それ以上の洗掘が起こらなくなると推察される。

(4) 研究成果の国内外における位置づけ

本研究のような長期にわたる河床変動計測を実施している調査は、国内にはほとんど例がない。また、実地溪流における土砂動態の時間的・空間的特性を把握するには、現地モニタリングによる研究手法が最も有効であり、この点で非常に貴重な研究成果だと考えている。今後は、早期に複数の学術論文にまとめる予定である。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

久保田 哲也, 地頭 蘭 隆, 清水 収, ほか 20 名 3 番目, 平成 24 年 7 月九州北部豪雨による阿蘇地域の土砂災害, 砂防学会誌, 査読有, Vol.65, No.4, 2012, p.50-61

〔学会発表〕(計 5 件)

前田 幸恵, 清水 収, 過剰堆積土砂の減少過程における山地溪流の河床変動の特徴, 砂防学会, 2014 年 5 月 29 日, 新潟コンベンションセンター

清水 収, 2012 年 7 月阿蘇土砂災害で見られた石礫と流木の長距離到達, 砂防学会, 2014 年 5 月 29 日, 新潟コンベンションセンター

前田 幸恵, 清水 収, 山地溪流における大規模土砂堆積後の流路回復過程の評価, 九州森林学会, 2013 年 10 月 26 日, 宮崎大学農学部

前田 幸恵, 清水 収, 河床変動モニタリングによる大規模土砂堆積後の流路回復過程に関する考察, 砂防学会, 2013 年 5 月 29 日, 静岡市民文化会館

清水 収, 北海道沙流川の小支川における大規模土砂堆積とその後の洗掘過程,

砂防学会，2012年5月24日，高知県民文化ホール

〔図書〕(計1件)

清水 収ほか，一般社団法人みやざき公共・協働研究会，みやざきの自然災害，2012，p.42-46，p.51-59

6. 研究組織

(1) 研究代表者

清水 収 (SHIMIZU, Osamu)
宮崎大学・農学部・准教授
研究者番号：20178966

(2) 研究協力者

前田 幸恵 (MAEDA, Sachie)
宮崎大学・農学研究科・大学院修士課程