

大規模崩壊地における土石流の流下による河床の地形と材料特性の変化

筑波大学生命環境科学研究科 ○経隆 悠
 筑波大学生命環境科学研究科 堀田 紀文
 静岡大学農学研究科 今泉 文寿
 東京大学 空間情報科学研究センター 早川 裕式
 静岡大学農学研究科 宥免 憲樹
 静岡大学農学研究科 土屋 智

1. はじめに

大規模崩壊地では、崩壊の発生から数百年が経過しても凍結融解や風化により、土砂の生産が活発である場合がある。生産された土砂は、豪雨時に土石流形態で流下することが知られており、下流への直接的な被害や河床の上昇を引き起こす危険がある。そのため、大規模崩壊地からの土砂流出が流域に与える影響は大きく、流出量の予測は防災や流域管理の観点から重要である。しかし、大規模崩壊地のような土石流発生域での、土砂流出量の予測手法は確立されていない。

予測手法が確立されていない要因のひとつとして、土石流発生域では様々な規模や流動形態の土石流が発生するが、そのような違いが生じるメカニズムについては、不明な点が多いことが挙げられる。従って、発生域の土石流の規模や動態について検討することは、予測手法の確立にとって重要である。

発生域の特徴として、河床の地形が複雑で急勾配であることや、堆積土砂の粒径が様々であり材料特性が空間的に不均一であることが挙げられる。これらの特徴は土石流流下域と大きく異なるため、その差異が土石流の規模や流動形態に影響している可能性がある。しかしながら、発生域の河床の地形や材料特性の時系列的な変化については情報が少なく、土石流との関係性に着目した検討は不十分である。

本研究では土石流発生域である大規模崩壊地において、現地観測・測量・粒度分析を行った。これらの結果を比較・解析することで、河床の地形や材料特性の時系列的な変化と土石流の流下との関係性について検討した。

2. 研究対象地の概要

対象地は静岡県大谷崩一沢で、流域の最高地点標高は約 1900 m、流路長が約 650 m、流域面積約 0.22 km²である。ここは、日本有数の大規模崩壊地であり、土砂の生産から流出のサイクルが、明確な 1 年周期で進む。土砂は、冬期の凍結融解によって生産され、春先に谷底に供給される。これらの土砂は、夏秋に土石流となって流出する。

ここでは、石礫を主体とした間隙水の少ない流れと高濃度の泥水を主体とした流れが確認されており、同一のイベント内でこれらふたつの流動特性が生じるケースも存在する。

3. 方法

3.1 土石流の発生・流下状況のモニタリング

雨量観測と土石流のビデオ撮影・定点撮影を行った。雨量観測は転倒マス式雨量計を用いた。雨量計はデー

タロガーに接続しデータを記録した。ビデオ撮影は土石流流下によるワイヤーセンサーの切断をトリガーとして実施した。定点撮影は、インターバルを 1 時間として、谷部を撮影した。ワイヤーセンサーの切断や定点撮影の結果から、土石流の発生・非発生を確認した。観測期間は、冬季 (12 月～3 月) を除いた 2011 年 11 月から 2013 年 11 月である。

3.2 現地測量・粒度分析

レーザースキャナ (GLS-1500、TOPCON) を用いて、地形測量を行った。測量は 2011 年 11 月と 2012 年 5 月、8 月、11 月、2013 年 5 月、8 月、11 月の計 7 回行った。レーザースキャナによって高精度な DEM (数値標高モデル、解像度: 10 cm) を得ることで、土石流の流下による地形や堆積域・堆積層厚の変化を推定した。2011 年 11 月、2012 年 11 月、2013 年の 11 月の 3 時期の測量結果から、各地点の最も低い標高値を抜き出し基岩とした。

粒度分析では、堆積域の上流部、中流部、下流部において堆積土砂の粒径を計測した。計測は、2012 年と 2013 年の 5 月、8 月、10 月、11 月の計 8 回行った。

3.3 堆積土砂の安定解析

正規化された斜面の崩壊条件式¹⁾を、河床の堆積土砂に適用することで、堆積層の安全率を評価した。堆積層は土質定数が一定と仮定し、基岩と堆積層の境界をすべり面とした。

対象としたのは、土石流による侵食・堆積が顕著な谷部の堆積土砂である。谷部に 200 m の測線を設けて 5 m 毎のブロックに分割し、各ブロックの安全率を求めた。

4. 結果と考察

4.1 現地観測・測量

まず、現地観測の結果から、土石流の発生時期と降雨の関係を整理した。次に、谷部の土砂の堆積層厚や粒度分布の時系列的な変化を整理した。現地観測の結果から、2012 年 6 月、7 月、9 月と 2013 年 9 月に土石流の発生が確認された。この結果から、一の沢では初夏の梅雨と秋の台風によって土石流が発生することが多いことが分かった。谷部の堆積層厚の変化から、土石流の流下によって、河床は全体的に侵食される傾向が強く、堆積する部分は少ないことが分かった (図 1 (b))。しかし、6・7 月に複数回の土石流が発生・流下した後の河床を、9 月に再び土石流が流下する際には、土砂が堆積する区間が増加していることが分かった (図 1 (c))。2012 年、2013 年共に、土石流発生前には上流部に多くの土砂が堆積しており (図 1 (a) (b))、初めの数回の土石流によって中・下流部の大部分の土砂が侵食されていた (図 1 (b))。また、侵食後の下流部は、次の土石流流下後も侵食量が小さいことが分かった (図 1 (b) (c))。これらのことから、土石流は常に上流

部の土砂をソースとしており、中・下流部の河床は土石流発生前は移動床であるが、土石流によって侵食された後は、侵食量が小さく、固定床のように振る舞う場合があると考えられる。中・下流部が移動床のとき、侵食により土砂を取り込み土石流が発達するのに対し、固定床では、新たな土砂の獲得は生じない。そのため、中・下流部の堆積層厚の変化は、土石流の規模に影響を与えると考えられる。

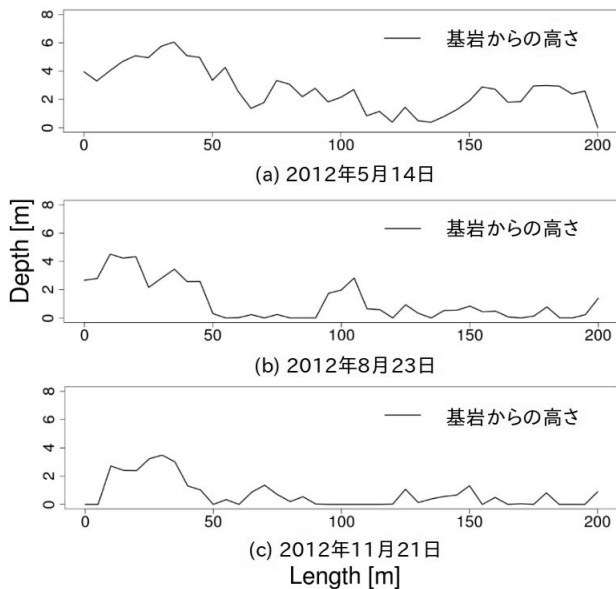


図1 2012年の堆積層厚の変化

(X軸0が上流側:A~B間、B~C間共に土石流発生)

4.2 粒度分析

粒度分析の結果から、土石流の発生後に大きく粒度分布が異なっていることが分かった。特に中流部や下流部では、土石流の流下によって50 cm以下の土砂が選択的に侵食され、河床は粗粒化していた(図2、図3)。この結果から、中・下流部では土石流の流下による侵食によって河床の材料特性が大きく変化していると言える。また、4.1節の結果と合わせて考えると、土石流流下後の中・下流部は、河床粗度の大きな固定床のような状況であると考えられる。

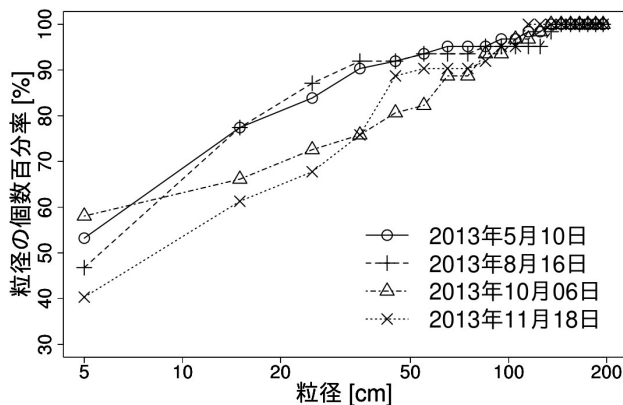


図2 2013年の中流部の粒度分布の変化
(2013年9月に土石流発生)

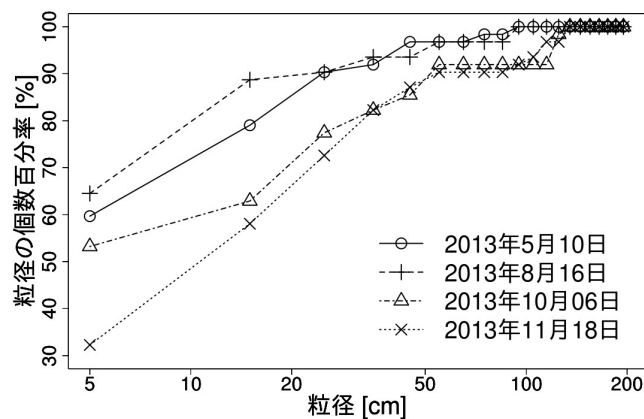


図3 2013年の下流部の粒度分布の変化
(2013年9月に土石流発生)

4.3 堆積土砂の安定解析

安定計算から、堆積層が厚い土石流発生前の上流部において、地下水深の堆積層厚に対する割合が半分以下の場合でも、安全率が1を下回り不安定な状態になる場所が存在することが分かった。このような結果は、土石流発生後の図1(b)でも同様に得られた。これらの結果から、土石流が上流部の不安定な河床の堆積土砂を材料として発生する場合、濃度が非常に高い状態であると考えられる。これは、過去に観測されている石礫を主体とした間隙水の少ない流れが発生する可能性があることを支持する結果である。また、4.1節や4.2節の結果を合わせて考えると、中・下流部が侵食された後に土石流が再び流下する際には、高濃度な土石流が河床粗度の大きな固定床を流下する状況が生じると推察できる。土石流の土砂濃度が高いほど、河床粗度の影響が大きく、摩擦抵抗係数が大きくなることが実験的に示されている²⁾ことから、堆積層厚や粒度分布の時系列的な変化が、土石流の流動形態を変化させる場合があると考えられる。また、以上のことから、土石流発生域では、土石流の規模や流下形態と河床の地形や材料特性の間に相互作用があると言える。

5. まとめ

土石流発生域で現地観測・測量・粒度分析を行うことで、土石流の流下により河床の堆積層厚や粒度分布が大きく変化することが分かった。特に土石流が流下する区間では、河床の条件が土石流の発生前後で大きく異なることが明らかとなった。堆積土砂の安定解析により、堆積土砂が、十分に飽和していない状態であっても、不安定化する場合があることが分かった。

発生域において、土石流の流下による侵食が引き起こす堆積層厚や粒度分布の変化が、土石流の流下の規模や形態に及ぼす影響が大きいことが示唆された。したがって、発生域の土石流による土砂流出量を予測する際には、先行する土石流による河床条件の変化を考慮する必要がある。

引用文献

- 1) 今泉ら(2003), 砂防学会誌, Vol.56, No.2, p.14-23
- 2) 鈴木ら(2003), 砂防学会誌, Vol.56, No.2, p.5-13