

Study on Initiation and Development Process of
Debris Flows Originating from Channel Deposits
in a Devastated Headwater Mountain Stream

January 2018

Haruka TSUNETAKA

Study on Initiation and Development Process of
Debris Flows Originating from Channel Deposits
in a Devastated Headwater Mountain Stream

A Dissertation Submitted to

the Graduate School of Life and Environmental Sciences,

the University of Tsukuba

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Doctor of Philosophy in Agricultural Science

(Doctoral Program in Appropriate Technology and Sciences for Sustainable
development)

Haruka TSUNETAKA

論文概要

論文題目 Study on Initiation and Development Process of Debris Flows Originating from Channel Deposits in a Devastated Headwater Mountain Stream

荒廃した山地源頭部における河床堆積物を起源とした土石流の発生と発達過程に関する研究

所属 生命環境科学研究科 国際地縁技術開発科学専攻

氏名 経隆 悠

学籍番号 201530267

論文概要

本論文は荒廃した山地源頭部における土石流の発生・発達と不安定土砂の関係に焦点を当て、土石流発生域で生じる地形変化が後続の土石流の流下に及ぼす影響を明らかにしようとするものである。

第一章では、本研究の動機と現在の課題をまとめた。山地源頭部では、土石流の発生が長期化する場合があります。下流での直接的な被害や河床上昇による洪水リスクの増加といった問題を引き起こす。さらに今後、大規模崩壊の発生により源頭部の荒廃が新たな流域でも生じる可能性が高い。そのため、源頭部での土石流の発生タイミングや規模の推定は流域管理における重要課題の一つであるが、その実態やメカニズムは未解明である上に、これらを検証するための現地観測・調査結果の蓄積も不十分である。本論文では、現地観測により、土石流の発生・発達が影響を受ける要因を明らかにした上で、数値シミュレーションによってそのメカニズムを解明することを目的とした。

第二章では、静岡県安倍川大谷崩一の沢において、土石流発生域を対象として土石流の観測を2012年から2015年の4年間実施した。従来、土石流の発生危険雨量は、平均降雨強度と降雨継続時間の関係から求まるID閾値や最大降雨強度によって検討されてきた。しかしながら、平均降雨強度と降雨継続時間が同様の降雨であっても、その最大降雨強度は降雨波形によって異なるため、降雨パターンが土石流の発生・発达到及ぼす影響は検討が不十分である。そこで、対象地では過去の観測により土石流発生最大降雨強度が既知(10分間雨量5 mm以上)であることに着目し、この既存の閾値を超える期間の累積度と集中度を評価する二つの降雨指標を新たに提案した。その結果、これらの既存閾値を超える期間の累積度または集中度が高い降雨で土石流が発生していることが分かった。観測結果から、降雨中に10分間降雨強度5 mm程度の降雨波形のピークに応じて、上流域では複数の土石流段波が繰り返し発生し、これらが河床の土砂の侵食・堆積を繰り返した結果、水深1.8 mを超えるような明確な土石流段波として下流域へ発達・伝搬していた。これらは、降雨パターンに応じて発生する河床堆積土砂の空間的な変化が、土石流の発生・発達を促進することを示している。また、過去の土石流の流下により堆積土砂が減少した場合には、上記の堆積土砂の最適化があらかじめ進行しているため、より瞬間的に強い降雨で土石流が発生することが明らかとなった。しかしながら、冬季の土砂生産によって堆積土砂の状態がリセットされるために、翌年の最初

の土石流の発生には再び短期間に強い雨の蓄積または集中が土石流の発生に必要であった。つまり、源頭部に土砂の生産と流出の明確なサイクルがある場合には、周期的に堆積土砂の量や分布がリセットされるために、比較的同様の降雨パターンで長期的に土石流が発生し続ける。

第三章では、前章と同様に大谷崩一の沢を対象として、源頭部の土石流発生域とその下流に位置する土石流扇状地において、土石流発生前後に UAV（ドローン）を用いた多視点写真測量を 2015 年から 2017 年の 3 年間行った。その結果、発生域の堆積土砂の侵食・堆積による地形変化は土石流発生前後では数メートルに達するのに対し、土石流非発生期間にはほとんどが数十センチメートル以下であり、土砂流出は土石流の発生の有無に支配されていた。発生した土石流は、土砂のほとんどが発生域内で堆積するイベント（堆積イベント）と顕著な堆積土砂の侵食を引き起こす比較的規模の大きいイベント（侵食イベント）の 2 タイプに分けられた。堆積イベントによって供給された土砂は、次の侵食イベントによって大部分が侵食されており、その後の土石流の発達に寄与することが分かった。侵食イベントでは、土石流が扇状地に到達したが、多くは扇頂付近に堆積しており、扇状地は源頭部からの土砂流出におけるバッファゾーンであった。一方で、発生域の侵食土砂量が他の侵食イベントの 3 倍程度であった大規模な土石流では、扇頂での堆積後に土石流の流下方向が変化し、左岸側に新たな谷地形を形成するほどの顕著な扇状地の侵食が生じていた。これらの結果は、源頭部から流下する土石流の規模に応じて、土石流扇状地からの土砂流出量が大きく変化することを意味する。

第四章では、直線水路を用いた数値シミュレーションに基づいて土石流の侵食速度と河床勾配の関係を明らかにした上で、河床に周期的な起伏を与えたモデル水路におけるシミュレーションを行い、河床の地形条件が土石流の発達に及ぼす影響を調べた。その結果、土石流の侵食速度が平衡濃度の上限値に達するような急勾配河床（およそ 20 度以上）において急上昇することが明らかになった。また、河床の堆積層表面に起伏を有する場合には、同じ平均勾配・堆積土砂量であっても、流下する土石流のピーク流量が増加した。このピーク流量の増加は、起伏の急勾配区間において直線水路の結果と同様に侵食速度が急増するために生じていた。そのため、起伏が大きく急勾配区間の距離の長くなるほどピーク流量が増加した。このことは、発生域のような急勾配河床の地形条件に応じて、同程度の降雨規模であっても土石流の流下規模が変化することを意味する。

以上の結果を要約した上で、本研究の結論をまとめ第五章とした。本研究の結果は、荒廃した山地源頭部から流下する土石流は、発生域の土砂の量や分布によっては、短期間の瞬間的な豪雨によっても発生し、すぐさま堆積土砂の侵食により大規模に発達する可能性があることを示唆する。さらに、この大規模化により、本来土石流の流下におけるバッファゾーンである扇状地において、さらなる土砂の侵食が発生し、大量の土砂が下流へ急激に供給される危険性がある。これらは、流域の防災・管理において、流域源頭部の堆積土砂の量や分布の考慮が不可欠であることを意味する。本研究では、源頭部の土砂の変化に応じて土石流発生危険降雨のパターンが変化すること、UAV を用いてそれら源頭部の変化が比較的容易に計測できることを示した。よって、源頭部の土砂量を継続的に測定しつつ、その変化に応じて土石流発生危険降雨パターンを変化させることで、土石流発生予測精度を向上させることができるだろう。