

12 かれ沢における砂れき流動にかかる浅層伏流水・表流水発生の観測

鳥取大学 ○奥村 武信・西村 公志・藤井 恒一郎

1. はじめに

厚い堆積層に覆われ常時は流水の見られない「かれ沢」での降雨に伴う砂れき流動は、多くの場合土石流形態を取ると考えられる。渓床堆積物が流動化する土石流の発生機構については、大同¹⁾や高橋²⁾による説明が広く受け入れられているところである。これらの説明では、堆積層中の浸透水（ここでは伏流水と呼ぶ。）の水位が上昇し、れき層上に表流水が発生した時の、れき層の安定解析が出発点となっている。すなわち、水で飽和されたれき層上に表流水が出現することで、れき層は安定を崩し移動を開始するというものである。筆者らも、そのようなプロセスで発生する土石流は多いと考えるが、典型的な火山性荒廃地である鳥取県大山山域の、かなり急勾配で厚い砂れき堆積のある渓流源頭部ではこの説明に従えない砂れき流動（あえて土石流という言葉は使わない）があるのではないかとかねがね考えていた。そこで、いわゆるかれ沢の典型である大山弥山沢および一の沢において砂れき流動の発生に視点をおいて、渓床堆積物中の伏流水と砂れき層上に発生する表流水について観測を行った。

2. 調査地及び観測の概要

鳥取県西部に位置する大山主峰はスリバチ型爆裂火口跡といわれる北壁と、火山侵食の壯年期地形である南壁の2つの大崩壊地を有している。これらの岩壁からは日常的に砂れきが生産され、特に岩盤節理内の水の凍結融解が繰り返される秋・春の落石は大規模な崖錐を成長させている。この崖錐からの砂れきの流路である渓流では、平時には流水は伏流し表流水が殆ど見られない。堆積砂れきは、豪雨時にのみ土石流・土砂流の形態で流下する。

観測を実施した位置を図-1に示すが、弥山沢は北壁側の佐陀川源頭支渓で、一の沢は南壁側の日野川水系大江川主源頭である。観測点の集水面積および付近の渓床勾配は、それぞれ28ha、21°（弥山沢）、16ha、19°（一の沢上流）、76ha、11°（一の沢下流）である。一の沢下流は床固工群に挟まれた砂れき通過地帯である。

1989年に実施した弥山沢での観測は、伏流水位の変動を捉えることに主眼を置いて行った。すなわち、れき層表面から-0.9mにおける伏流水の発生とその変動を、フロートを介した可変抵抗型の水位計で1.5cmピッチで1分間隔の観測を行った。

1990年に実施した一の沢での観測は、れき層表面から-1mでの伏流水位の発生とその変動を5cmピッチで、また10cm深までの地表流水の変動をステップ式水位計³⁾を用い

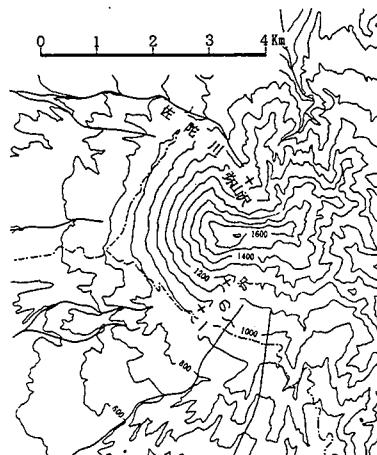


図-1 観測点位置図

て 5mmピッチで、同じく 1 分間隔で観測した。1分という観測時間間隔を採用したのは、水位センサーとレコーダーを結ぶ回線の切断時刻をもって砂れき流動発生時刻を判断することを考えたからである。また観測井は、共に砂れきが不安定に堆積した区間の、伏流水の水脈となることが推測される位置に設置した。

雨量観測は、1989年の場合は水位計設置個所ごく近傍で、1990年の場合は下流水位計設置個所ごく近傍の渓岸部で、0.5mm 計転倒桿型雨量計で観測し、1分間隔の記録を取った。

3. 結果と考察

1990年6月8日から観測を実施した一の沢では、9月17日午前5時から降りはじめた台風9019号の影響による降雨が最盛期を迎えた9月19日夜半に砂れき流動があった。この時の10分間雨量および伏流水位・表流水位の変動を図-2に示す。

比較的弱い降雨が継続した後に10分間5~7mmの強雨があり、20時38分に上流側で砂れきが流動した。この時、6.5cmの表流水（マニングの粗度係数n=0.04として計算し

た流量は約300l/sec）が観測された。にも拘らず、伏流水位はあまり上昇していない。表層80cmは不飽和の状態であった。下流側では20時45分に水位センサーが破壊された。16時40分頃には表流水は10cmを越える深さになり、砂れき層は19時10分になって完全に飽和している。

1989年弥山沢では、8月25日に水位計は砂れき流動により破壊されている。この時の10分間雨量および伏流水位の変動を図-3に示す。最大10分間雨量17.5mmに先行する15.5mmの雨があった

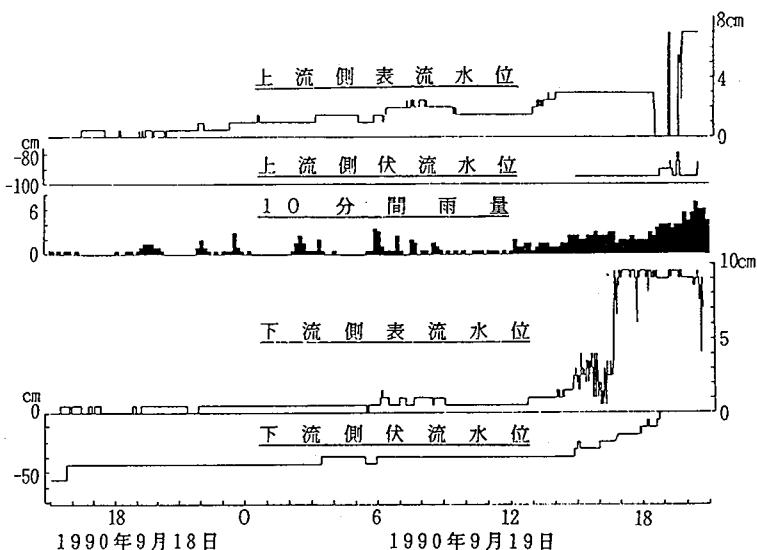


図-2 一の沢で砂れき流動の有った時の
伏流水位・表流水位の変動及びハイエトグラフ

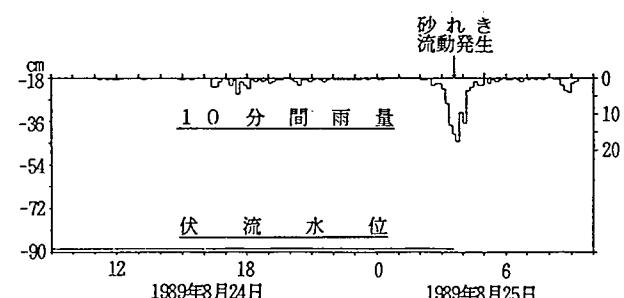


図-3 弥山沢で砂れき流動の有った時の
伏流水位の変動及びハイエトグラフ

時に砂れきが流動したようである。この時伏流水の上昇はほとんど無い。表流水の出現の有無については、論拠はないが、多分あったと考える。

このように、砂れき層が飽和の状態に至らなくても表流水の発生が有れば砂れき流動が起り得ることが観測で確認された。一方、これらの時以上に伏流水位が上昇しているにも拘らず砂れき流動が発生しないことがあることも観測された。

図-4に、1989年7月12日、7月21日の10分間雨量および伏流水位の変動を示す。前者の場合、最大10分間雨量7.5mmの降雨が現われ、この降雨ピークに10~15分遅れて伏流水位はほぼ砂れき層を満たすまで上昇した。しかし、砂れき流動は無かった。後者の場合、図-3に示した場合より強い降雨を含んでいたが、やはり砂れき流動は無かった。伏流水位は-50cm程度までは上がっていた。

図-5に、1990年7月2~3日、7月17~18日の一の沢での観測結果を示す。前者は10分間2mm程度の降雨が続き、小止みの後10分間5mm程度の強度を含む降雨が後続したもので、後者は最大10分間雨量11.5mmという強雨を含む驟雨の時のものである。

前者の場合、上流側では伏流水位の浅層伏流水、表流水共に殆ど現われなかった。下流側では降雨開始に2時間半程度遅れて浅層伏流水位が現われ、短時間に砂れき層をほぼ飽和させるまで水位が上昇し、それに連続する形で表流水が現われている。後続雨の場合

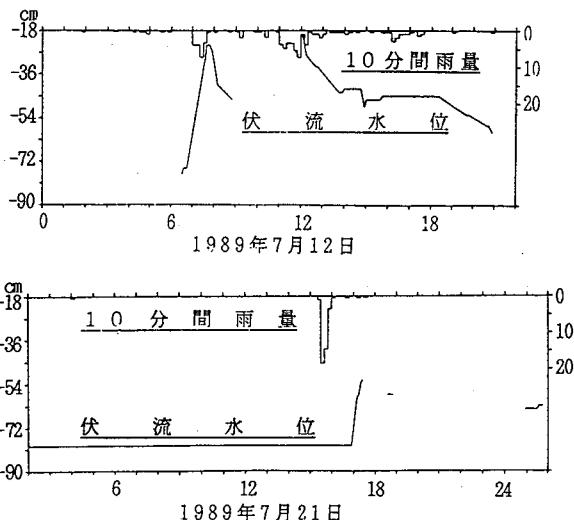


図-4 弥山沢での浅い伏流水位の観測例

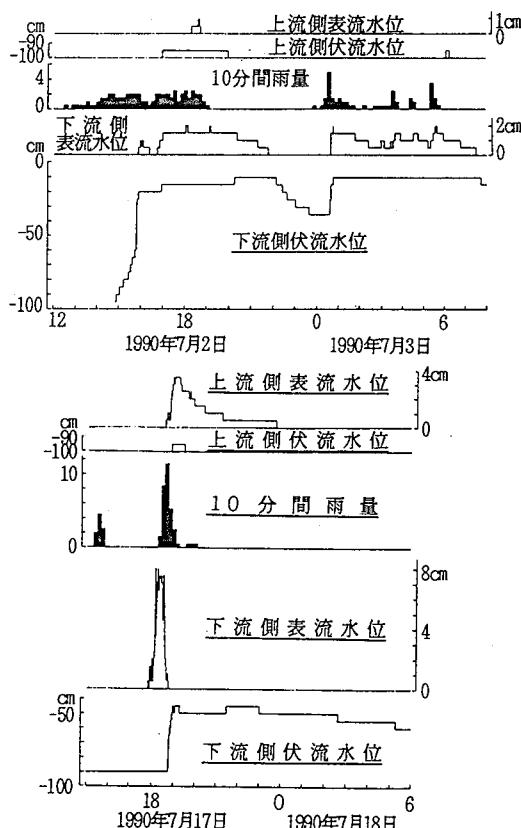


図-5 一の沢での浅い伏流水位の観測例

も同様な変動を示し、表流水の消滅後に伏流水位が遁下する過程を示している。言わば土石流発生機構の説明に最適な水位変動であるが、目立った砂れき流動は無かった。渓床勾配が 11° と小さかったため、砂れき流動には至らなかったと考えられる。

後者の場合、上流側では降雨ピークに遅れることなく表流水が現われた。しかし、9月19日の場合程深い流れにはならなかった。浅層伏流水は殆ど発生していない。下流側では、前述した7月2～3日の場合と異なり、伏流水で砂れきが飽和された後の表流水出現ではなく、表層50cmが未だ不飽和の状態で表流水が現われ、降雨パターンに対応した変動を示している。降雨強度が堆積層の浸透能力を大きく上回っていたことが、このような変動パターンをもたらしたものと考える。なお、下流側渓床で浅池注水試験⁵⁾で求めた砂れき層の透水係数は $7 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ と焼岳で求められた値⁴⁾よりも小さく、堆積物の粒度解析の結果では、シルト・粘土の構成割合は約10%であった。

4.まとめ

渓床堆積砂れき層が浸透水で飽和され表流水が発生すると砂れき層の安定が破壊されて土石流が発生するという考えが広く認められた土石流発生機構の説明である。沢田らも、この説を支持する観測結果を得ている。⁵⁾しかし、筆者らの観測は、砂れき層が飽和の状態に至らなくても表流水の発生が有れば砂れき流動が起り得ることを確認した。このような現象を示唆する観測結果を諏訪も焼岳上々堀沢での観測で得ている⁴⁾が、彼の観測点は砂れき流動発生点から 50m 上流であった。筆者らの1990年一の沢上流側観測点は、まさに砂れき流動発生個所であった。この点で、今回の水挙動に関する観測結果は、砂れき流動に対する新しい知見を与えると確信する。観測点上流 50m～下流 70m に亘って実施した渓床変動測量では、観測点で約 1 m、その断面上では最大 2 m の侵食を受けたことがわかった。それでも未だ厚い砂れき堆積層を残している。

高橋も、「極めて急勾配の堆積層では、浸透流がまだ深いところにあって堆積層自身は安定な時に急激に表面流が与えられると、流れが粒子を押し流す作用によって表面の粒子が水流に取り込まれ、堆積層の延長が長いときには、やはり土石流に発達することができる。」⁶⁾としている。筆者らの観測点の渓床勾配約 20° が「極めて急勾配」に含まれているなら取り立てて強調する現象でないかも知れないが、かかる現象を捉えたと言う意味でこの観測結果の意義があろう。

なお、一の沢上流での砂れき流動は土石流に発達しなかった。直ぐ下流の谷止工が緩勾配で深い砂れき層を作っていたためである。また弥山沢の場合、流動開始地点を予想して観測点を設定したが、砂れき流動後の観察では観測位置は流動砂れきの堆積点になっていた。上の観測データは、砂れき層が不飽和で残っていることが流動砂れきを堆積させることの別の話題⁷⁾につながるだろう。

参考文献

- 1)大同：京大学位論文(1970)、2)高橋：京大防災研年報 20B-2(1977)、3)奥田ほか：京大防災研年報 19B-1(1976)、4)諏訪ほか：京大防災研年報 32B-1(1989)、5)芦田・沢田：京大防災研年報 32B-2(1989)、6)高橋：京大防災研公開講座「都市の防災」(第1回)テキスト(1990)、7)奥村ほか：鳥大農演報 14(1984)