

2020年7月1日の豪雨により根羽村で発生した崩壊と土石流

福山泰治郎・内川義行・小野 裕

信州大学学術研究院農学系

要約

2020年6月30日から7月1日のまとまった雨によって、長野県南部・根羽村の矢作川最上流域で小規模な崩壊と土石流が発生した。人的被害はなかったものの、作業道の崩落や土砂氾濫などの被害が生じた。雨量・流量・土砂濃度の時系列と7月5日の現地調査をもとに、崩壊と土石流の発生メカニズムを推定した。まず降雨のピーク時（6月30日23時20分頃）に崩壊が発生して暗渠の吐口が崩土で閉塞され、それにもなると作業道上流側の湛水位が急上昇したとみられる。このとき水が作業道地下に浸透して下流側に漏出したとみられ、雨がほぼ停止した7月1日4時20分に崩土が再移動し、それにもなると暗渠から急激に排水されたと考えられる。これにより崩壊土砂が土石流化し、高濃度の濁水が流路を侵食したと推測された。土石流のピーク流量は、流下痕跡から推定した流下断面積に土石流の流速を乗じて $9.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ と見積もられた。この値は、既往最大日降水量を合理式に適用して求めた清水ピーク流量と土砂濃度から推定した土石流ピーク流量 ($3.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) の3倍と顕著に大きい。この試算は、溪床堆積物と崩壊土砂の両者が土石流に寄与したという推測と一致していた。

キーワード：根羽村，土石流，斜面崩壊

1. はじめに

山地河川における豪雨時の土砂生産・流出現象は、発生頻度が小さい一方、斜面崩壊や土石流などによるさまざまな土砂生産形態と、土石流や掃流といったさまざまな土砂移動形態があり、観測そのものの困難さがある。しかしながら、近年特に問題視されている土砂・洪水氾濫などの対策を進めていくうえで、観測事例や災害調査事例を蓄積していくことが重要である。

2020年6月30日から7月1日にかけて、長野県では県南部を中心に大雨となった。この雨で、長野県南部の根羽村の矢作川最上流域において、小規模な崩壊と土石流が発生した。人的被害はなかったものの、作業道の崩落や土砂氾濫などの被害が生じた。当該流域では、山地酪農の試験地として調査研究を行っており、その一環として水文観測を行っている。土石流の直撃を受けて水文観測施設の一部が破損したが、降雨と流量、土砂濃度のデータが部分的に得られた。そこで、現地調査によって崩壊と土石流の規模を把握するとともに、水文観測データと現地調査に基づいて崩壊と土石流の発生メカニズムを検討した。

2. 調査方法

2.1 対象流域の概要

調査対象流域は矢作川水系小川川最上流部右岸に位置する根羽村有地（長野県下伊那郡根羽村）にあり、標高は約950 m～1,140 mである（図1）。流域は広葉樹天然林とスギなどの人工林に覆われ、標高1,010～1,030 m付近に森林作業道（赤坂線、1982年開設）が整備されている。この流域では2018年2月以降2 haの森林が伐採され、2018年6月から山地酪農の試験地として林間放牧がおこなわれている。流域内を人工構造物のない2溪流が南東方向に流れ、図1のNo.3およびNo.4地点付近で森林作業道の下を暗渠で流れている。2溪流のそれぞれ上・下流の計4箇所（図1、No.1～4）で流量を、1箇所（図1、▲で示した地点）で雨量を観測している。2020年6月30日から7月1日の降雨にもなると、南側流域で崩壊と土石流が発生した。

北側の流域は、広葉樹天然林に覆われた上流域（No.4、流域面積1.6 ha）と広葉樹天然林の一部とカラマツ・スギ人工林の大部分が伐採された放牧地を含む下流域（No.1、3.5 ha）で構成される。流路の平均勾配は、図2に示すように観測地点No.1の下流が約 $1/8$ （約 7° ）、No.1からNo.4の区間が約 $1/5$ （約 11° ）、No.4の上流が約 $1/2$ （約

受付日 2020年12月25日

受理日 2021年2月4日

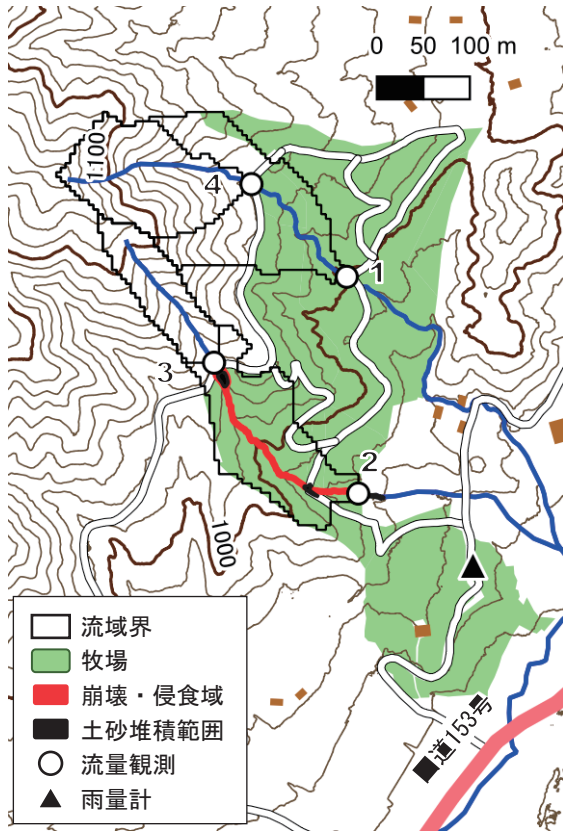


図1 流域の地形と観測機器の配置

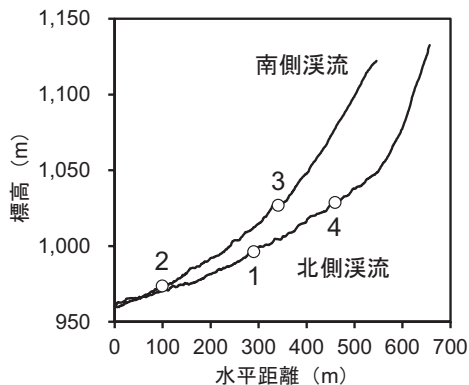


図2 河床縦断面図

28°)である。南側流域も同様に、広葉樹天然林に覆われた上流域 (No. 3, 0.9 ha) とカラマツ・ヒノキ・スギの人工林が伐採された放牧地を含む下流域 (No. 2, 2.5 ha) で構成される。流路の平均勾配は No. 2 地点の下流が約 $1/8$ (約 8°)、No. 2 から No. 3 の区間が約 $1/5$ (約 12°)、No. 3 地点の上流が約 $1/2$ (約 25°) である。

対象流域は中央構造線の西側、西南日本内帯に位置し、西南日本内帯の最も南側に位置する領家帯の変成岩類や花崗岩類を基盤としている。流域を構成する地質は、図3に示すように中生代 (ジュラ紀～白亜紀) の領家変成岩 (黒雲母片麻岩・珪質片岩・

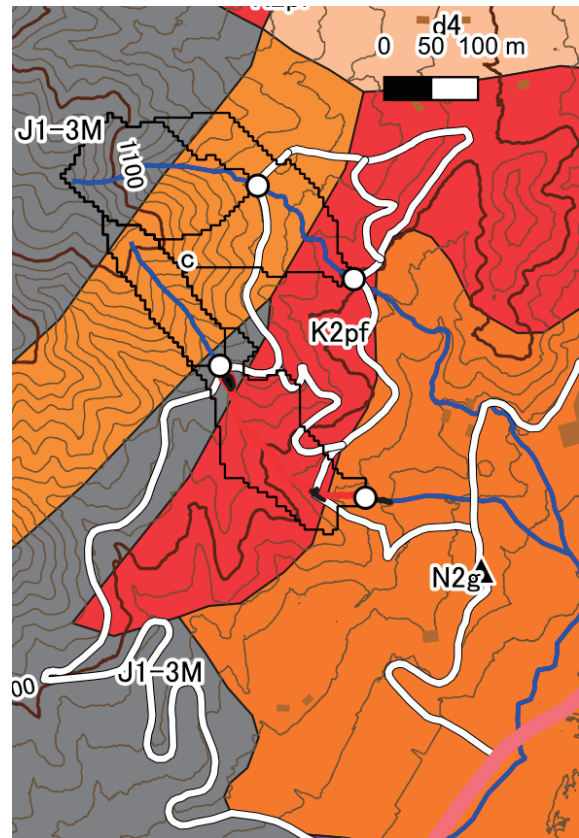


図3 流域の地質

J1-3M: 中生代 (ジュラ紀～白亜紀) の領家変成岩 (黒雲母片麻岩・珪質片岩・結晶質石灰岩など), c: 年代未詳～中生代 (～白亜紀) の付加コンプレックス (チャート), K2pf: 中生代 (白亜紀) の花崗岩・花崗閃緑岩, N2g: 新生代 (新第三紀) の海成堆積岩類, d4: 新生代 (第四紀) 崩壊堆積物

結晶質石灰岩など), 年代未詳～中生代 (～白亜紀) の付加コンプレックス (チャート), 中生代 (白亜紀) の花崗岩・花崗閃緑岩, 新生代 (新第三紀) の海成堆積岩類等である¹⁾。

2.2 水文観測

4 地点 (図1, No. 1～4) の流路に流量観測水路 (塚原製作所, パーシャルフリーム 5 in.) を設置し, 水圧式水位計 (メテオ電子, Water Memory Card2) を用いて水位を 5 分間隔で連続観測した。得られた水位を, 水位と流量の関係式によって流量に換算した。雨量は転倒ます型雨量計 (大田計器株式会社 No. 34-T) を用いて観測した。流量観測地点の下流側 2 箇所 (図1, No. 1, 2) では土砂濃度を観測した。土砂濃度はワイパー付きの透過光式濁度計 (株式会社ウイジン, UIZ-TC3000) を用いて 5 分間隔で観測した。

2.3 降雨と気象警報・注意報の発表状況

2020年6月30日から7月1日にかけて, 日本海を通過する低気圧や低気圧から伸びる寒冷前線の影響

で南から暖かく湿った空気が流れ込み、長野県では県南部を中心に大雨となった^{2,3)}。6月30日6時の降り始めから7月1日16時までの降水量は御嶽山で249 mm, 阿南町で223 mm, 飯田市南信濃で207.5 mm, 愛知県茶臼山で355 mmに達した。

この雨を受けて、6月30日13時20分に長野県南部の広い範囲に大雨・洪水注意報が発表された。16時25分には阿南町・売木村・天竜村に大雨警報（土砂災害）が発表され、阿南町に出されていた大雨警報（土砂災害）は17時52分に大雨警報（土砂災害・浸水害）に切り替えられた。23時18分には根羽村に大雨警報（土砂災害）が発表され、23時37分に大雨警報（土砂災害・浸水害）が発表された。その後、根羽村に出されていた大雨警報（土砂災害・浸水害）は翌7月1日5時23分に注意報に変更され、22時12分には長野県内の大雨警報が全て注意報に変更された^{2,3)}。

この雨で飯田市と阿南町の避難所には計4世帯9人が自主避難した。飯田市内では1世帯6人が一時避難したが、けが人などの被害はなかった。飯田市千代で住宅床下への浸水と土砂流入が1件ずつあり、飯田市千代では倒木で410戸が一時停電した。県飯田建設事務所が管理する国道と県道では、土砂崩れなどで5路線が通行止めになった。伊那市美薮下県の三峰川では右岸の堤防が長さ約200 mにわたって削られ、国土交通省天竜川上流河川事務所がブロックを投入するなど応急の復旧対策をした。JR 飯田

線は30日午後から一部区間で運転を見合わせ、7月1日は始発から中部天竜駅（浜松市）—駒ヶ根駅（駒ヶ根市）間で運転を見合わせた^{4,5)}。

2.4 現地調査

7月1日に、作業道法面の崩壊と南側溪流の土砂流出によるパーシャルフリーム破損の第一報が入った。7月3日に作業道の土砂氾濫や溪流の侵食、崩壊の状況が牧場管理者によって撮影された。7月5日に著者らが現地へ行き、崩壊と土砂流出が発生した南側流域を中心に、崩壊の規模と作業道への影響、溪流の侵食幅や侵食深、土砂の氾濫堆積状況、流下痕跡を調べた。本稿で示した写真は全て7月5日の現地調査時のものである。

3. 結果と考察

3.1 降雨と崩壊・土石流

(1) 降雨

根羽村の調査流域に設置した転倒ます雨量計では、6月30日6時から7月1日16時までに182 mmの降雨が観測された（図4）。一連の降雨の最大1時間雨量は31 mm（6/30 14:00）で、最大3時間雨量は52.5 mm（2020/6/30 22:00~7/1 1:00）だった。調査地に最も近い AMeDAS 観測地点（浪合：下伊那郡阿智村、調査地の北東10.2 km）では、6月30日6時から7月1日16時までに228 mmの降雨が観測された（図4）。

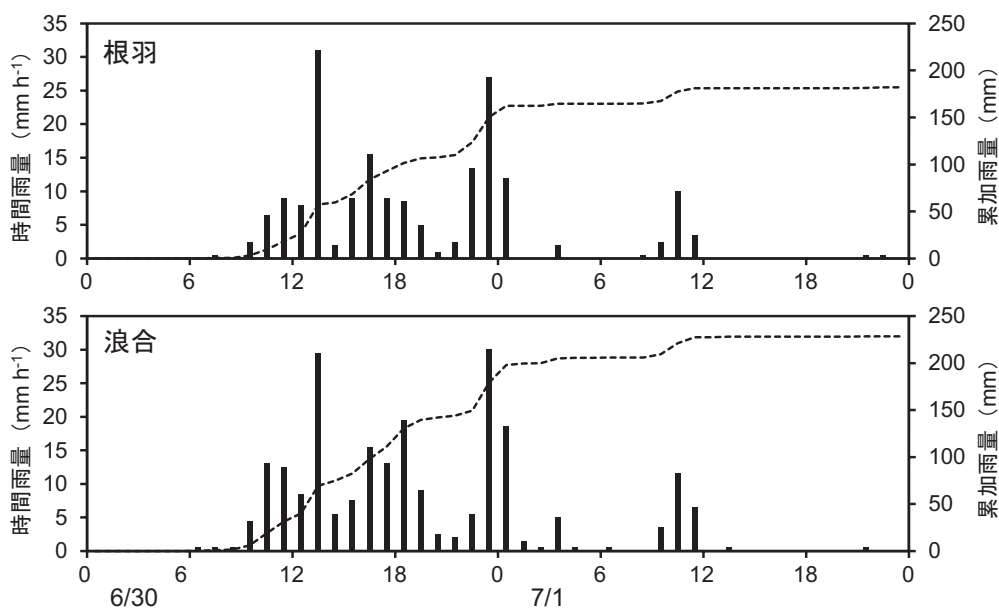


図4 根羽村と AMeDAS 浪合（下伊那郡阿智村）のハイエトグラフ（2020年6月30日0時～7月2日0時）。



写真1 作業道下流側法面の崩壊

(2) 崩壊

6月30日から7月1日にかけて、作業道が南側溪流を横断する地点（図1，No.3付近，標高約1,024 m）において、作業道下流側の盛土法面（写真1）と溪流右岸の自然斜面が崩壊した。崩壊の規模は、7月3日時点で幅約10 m，長さ約20 m，深さ約1.5 m程度とみられる。作業道の路面には長さ約10 mのクラックが生じ、車両が通行できなくなった。7月3日に撮影された映像では、崩壊土砂の多くがその場から流れ去った状況と、崩壊地に基岩が露出し、基岩上に水がしみ出すとともに、暗渠（ヒューム管：内径300 mm）からは澄んだ水が勢いよく流れ



写真2 南側溪流の溪床の侵食と基岩の露出（崩壊地～作業道の区間）



写真3 南側溪流の溪床の侵食と両岸斜面の流下痕跡（崩壊地～作業道の区間）

出す状況が確認された。7月3日の映像では不安定になった左岸側の表土（幅1 m，長さ2 m程度）がササや広葉樹の立木とともにブロック状で崩落する状況もみられた。作業道は、7月3日時点ではクラックが生じている状況だったが、その後拡大崩壊が進行し、7月5日時点では写真1のように幅約2 mを残して崩落していた。

現地調査を行った7月5日時点で、崩壊地の規模は幅約13 m，長さ約20 m，深さ約1.5 m，勾配約19°だった。崩壊地内には7月3日以降の拡大崩壊によって生じたと思われる崩土と倒木がとどまっていた。

(3) 溪流の侵食と土砂の氾濫・堆積

南側の溪流では、崩壊地から下流の区間（約225 m）において溪床の侵食が著しく、固結した泥質岩が露出していた（写真2，3）。崩壊地直下から作業道（標高984 m付近）までの区間では、写真3に示すように両岸のササが倒伏し、地表に泥が残っていることから、高濃度の濁水による大幅な水位上昇が一時的に生じたと考えられた。これらの状況から、崩壊土砂の流下と溪床侵食が生じたとみられる。侵食区間を225 m，侵食幅を1.2 m，侵食深を0.6 mとすると、流路からの侵食土砂量は162 m³と見積もられた。崩壊土砂量（推定300 m³）と併せた流出土砂量は合計462 m³と推定された。一方，No.3の上流側の流路には、作業道から目視した範囲では土砂流出の痕跡は見られなかった。

森林の伐採にともなって新たに整備された作業道では、南側の溪流を横断する地点（図1，標高984 m付近）から、細粒分と礫を含む土砂（最大礫径：約60 cm）と流木が氾濫・堆積し（写真4），車両が通行できない状態となった。作業道に堆積した土砂量は不明だが、流下する途中で土砂と流木の一部



写真4 作業道における土砂と流木の氾濫堆積



写真7 流量観測地点（図1, No.2）における土砂堆積



写真5 南側溪流の侵食と基岩（花崗閃緑岩）の露出（作業道～観測地点 No.2 の区間）



写真8 堆積域（流量観測地点 No.2 の下流）における土砂と流木の堆積



写真6 南側溪流の屈曲部における流木の堆積（作業道～観測地点 No.2 の区間）

が作業道に氾濫したことで、下流の被害が軽減されたとも考えられる。流木は根のついたものは少なく、流路沿いに置かれていた枝条や林地残材、作業道の洗い越しとして路面に敷かれていた丸太の一部が流出したようである。土砂流出が発生した区間では立木の多くが伐採されていたので、立木の流木化がほとんどみられなかったと考えられる。

土砂が氾濫した作業道の下流区間でも溪床侵食が著しく、花崗閃緑岩が露出していた（写真5）。兩岸のササが倒伏して地表に泥が残っているが、表土は侵食されていないので、高濃度の濁水による水位上昇は一時的だったと考えられる。流路の屈曲部では土砂や流木の堆積が見られた（写真6）。流量観測地点（図1, No.2, 標高974 m）の下流（勾配約1/8）では最大径75 cmの礫と流木が堆積していた（写真7）。土砂と流木は流路沿いの立木などに断続的に堆積していたが（写真8）、7月5日の調査時点では流路の閉塞や氾濫は見られなかった。流量観測地点 No.2 のパーシャルフリュームが流木と土砂に押しつぶされたために、水位と土砂濃度の

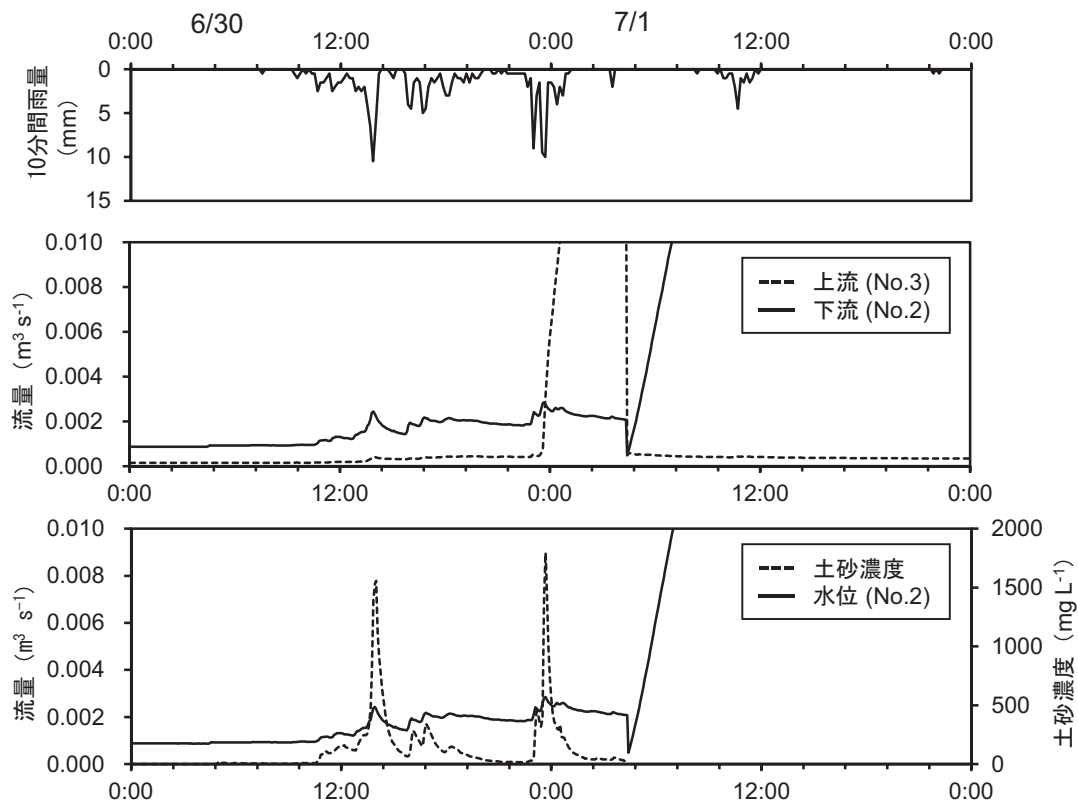


図5 南側溪流の流量（上流：No.3，下流：No.2）と土砂濃度（下流：No.2）の時系列

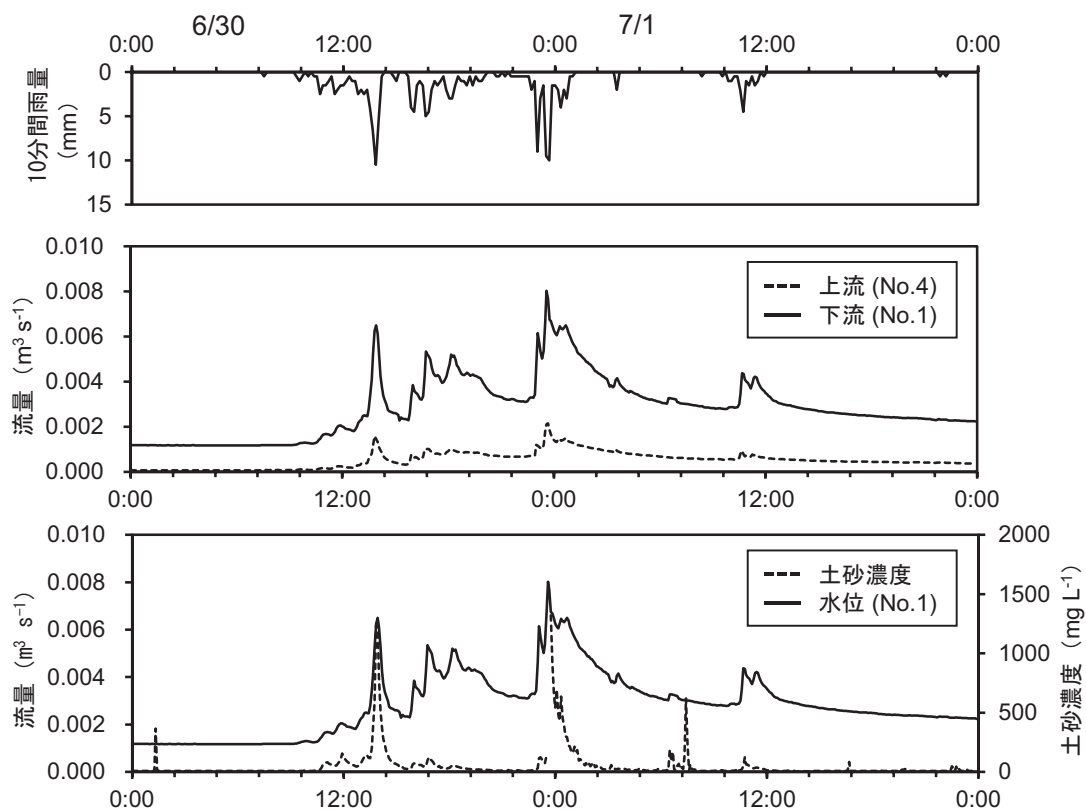


図6 北側溪流の流量（上流：No.4，下流：No.1）と土砂濃度（下流：No.1）の時系列

データに異常が生じた。

3.2 崩壊と土石流の発生過程

(1) 雨量・流量・土砂濃度の時系列

崩壊が発生した作業道のの上流 (No.3) のハイドログラフ (図5) を見ると、降雨のピーク時刻とほぼ同じ6月30日23時20分に水位が13.6 mm から急上昇し、7月1日2時10分には167.4 mm に達し、7月1日4時20分から急激に低下し、4時30分には元の水位に戻った。この観測地点 (No.3) のすぐ下流には作業道の下を通る暗渠があり、その下流側 (作業道の路肩) と溪流の右岸斜面が崩壊している。一連の水位変動から、一時的に暗渠が閉塞して渓流水が堰き止められたことにより6月30日23時20分に水位が上昇しはじめ、その後何らかの要因で急激に排水され、7月1日4時20分に水位が低下したと考えられる。閉塞したと思われる期間の水位変動は153.8 mm で、溪流と作業道の比高と比べると顕著に小さい。また、7月5日の踏査では、溪流が林道を越流して侵食した痕跡は見られなかった。したがって、暗渠の閉塞によって一時的に湛水して水位が上昇した可能性はあるが、越流による下流法面の侵食は生じていないと考えられる。

7月5日の調査では、暗渠の呑口 (上流側) に土砂や流木の堆積は見られなかった。このことから、作業道の下流側斜面と右岸斜面の崩壊によって暗渠の吐口が崩土で閉塞し、その後崩土が再移動して排水が回復した可能性がある。その場合、6月30日23時20分に作業道の路肩と右岸斜面が崩壊して暗渠吐口を閉塞し、その後7月1日4時20分に崩土が流出したことになる。雨量を見ると、6月30日23時40分が雨のピークになっており、直前の1時間雨量が34 mm、10分間雨量が10 mm を記録している。これは水位上昇が始まった時刻 (6/30 23:20) とほぼ一致しているので、降雨のピーク時に崩壊が発生し、崩土が暗渠の吐口を閉塞したと推察される。

急激に水位が低下した7月1日4時20分時点では雨はほぼ止んでおり、直近1時間の雨量は2 mm だった。雨が降っていないにもかかわらず暗渠の排水が再開した要因としては、湛水によって上流側の水位から下流側の崩土までの動水勾配が上昇し、上流側から浸透して作業道の地下を通して下流に浸出する流量 (漏水量) が増加し、崩土が飽和して流動化したことが考えられる。作業道の構造や透水性は不明だが、作業道の上流側法面は碎石を詰めた蛇かごで保護されており、透水性があるとみられること、作業道の下流側斜面では崩壊跡地の基岩上に水がし



写真9 流下断面積調査地点 (流量観測地点 No.2 の上流20 m地点)

み出す状況が確認されていることから、暗渠 (ヒューム管) が閉塞しても上流側から浸透して作業道の地下を通して下流に浸出した可能性がある。

上流 (No.3 地点) で観測された急激な水位上昇 (6/30 23:20) の後、下流の観測地点 No.2 では雨が弱まるとともに流量と土砂濃度が低下していることから (図5)、この時点では溪流の侵食と土砂流出は少なかったと考えられる。7月1日4時25分に水位と土砂濃度の値が急変していることから、この時刻に土石流が生じ、パーシャルフリュームが破損し、水位計と濁度計のセンサー部分が土砂に埋没し、水位と土砂濃度の正常な計測が途切れたと考えられる。

雨量・流量 (水位)・土砂濃度の時間変化と現地調査に基づいて崩壊と土石流の発生過程を推定すると、降雨のピーク時に最初の崩壊が起きて暗渠の吐口が崩土で閉塞し (6/30 23:20)、それにとまって作業道上流側の水位が急上昇した。上流側の水位上昇によって作業道地下に浸透して下流側に漏出する水量が増え、雨がほぼ止んだ7月1日4時20分に崩土が再移動し、それにとまって暗渠から急激に排水され、崩壊土砂が土石流となって流下するとともに、高濃度の濁水が流路を侵食したと考えられる。一方、隣接する北側流域 (図1, No.1とNo.4) では、図6に示すように降雨強度の増加にとまって流量と土砂濃度の増加が見られたものの、南側流域のような崩壊は発生しておらず、顕著な土砂流出や溪床の侵食は見られなかった。

(2) 土石流のピーク流量と土石流発生過程の推定

土石流ピーク流量は、流下痕跡調査によって流下断面積を推定し、それに土石流の流速を乗じて求めた⁶⁾。土石流の流下痕跡調査は、流量観測地点 (No.2) の上流20 m地点において行った (写真9)。

流下断面積は、兩岸の流下痕跡と土石流発生後（7月5日時点）の河床および兩岸の地形変換点で作られる多角形を流下断面として求めた。流下痕跡の最大幅2.8 m、河床幅1.4 m、高さ1.2 mより、流下断面積は 2.16 m^2 と見積もられた。流速は、流下断面積を潤辺（4.3 m）で除して径深を算出し、上流200 m区間の平均河床勾配（0.23）によりマンニングの平均流速公式を用いて 3.4 m s^{-1} と見積もられた。ここで、粗度係数は山地流路（大玉石まじりの玉石）では $0.04 \sim 0.07^7$ 、ステップ・プール構造を有する急峻な流路では $0.09 \sim 0.23^8$ と報告されていることから、粗度係数 $n = 0.1$ とした。流下断面積と流速から、土石流ピーク流量は $9.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ と見積もられた。

次に、降雨量に基づき合理式によって推定した清水ピーク流量と土砂濃度に基づいて土石流ピーク流量を推定した⁶。まず、合理式に近傍の AMeDAS 観測点（浪合）の既往最大日降水量（263.5 mm）を1時間当たり換算して求めた平均降雨強度（11.0 mm）と流出係数（0.75）、流域面積（ 0.039 km^2 ）を適用して、清水のピーク流量（ $0.97 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ）を求めた。これに係数（1.5）を乗じて土砂含有を考慮した流量（ $1.46 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ）を求めた。係数は土石流・流木対策施設的设计⁹において用いられる値を適用した。次に、想定土石流流出区間の移動可能土砂量を求めた。作業道直下の崩壊地から下流の流路延長（225 m）に、河床の平均幅（1.2 m）と河床堆積物の侵食深（0.6 m）から得た断面積（ 0.72 m^2 ）を乗じて、移動可能土砂量（ 162.0 m^3 ）を求めた。さらに、礫の密度（ $2,600 \text{ kg m}^{-3}$ ）、濁水密度（ $1,200 \text{ kg m}^{-3}$ ）、堆積土砂の内部摩擦角（ 35° ）および現溪床勾配（ 12.7° ）を用いて土石流濃度（0.32）を求めた。最後に、1波の土石流により流出すると想定される土砂量を、移動可能土砂量（ 162.0 m^3 ）、堆積土砂の容積濃度（0.6）および土石流濃度（0.32）を用いて計算し、 $3.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ と見積もられた。

上述のように、痕跡から推定された土石流ピーク流量（ $9.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ）は、降雨量に基づいて推定される土石流ピーク流量（ $3.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$ ）の約3倍と見積もられた。土石流の発生過程には、①溪床堆積物が流水により強く侵食されて土石流になるケース、②山腹崩壊土砂がそのまま土石流になるケース、③山腹崩壊土砂が流れを堰き止めて天然ダムを形成し、それが決壊して土石流になるケースが考えられる⁶。降雨量に基づく算出方法は①のプロセスによる土石

流のピーク流量を想定したものである。一方、痕跡から推定された土石流ピーク流量が降雨量に基づいて推定されるピーク流量より顕著に大きかった。

本事例と同様に、林道の溪流横断部の崩壊が降雨停止後に遅れて下流に土石流をもたらした事例として、広島県の2018年7月豪雨災害がある。安芸郡府中町の榎川では、降雨終了後2日以上経過して段波が発生し、下流市街地で橋梁の閉塞とそれにとまなう土砂や流木の氾濫が発生した。この一因として、林道の溪流横過部で暗渠の閉塞や破損などの原因で渓流水が越流し、溪流横断部の盛土が遅れて崩壊した可能性が指摘されている¹⁰。また、流下痕跡から推定されたピーク流量が大きく、林道盛土の崩壊の影響と矛盾しないことも指摘されている。林道以外でも、直轄国道における斜面災害、73事例中5件（7%）が暗渠の閉塞・漏水等による崩壊（路肩崩壊）であることが報告されている¹¹。林道や作業道では、溪流を横断するために暗渠や洗い越しが設けられる。暗渠では流下断面積が縮小するため、出水時にしばしば土砂や流木が堆積する。流路が閉塞されると湛水・越流して下流法面が崩壊するケースもある。流路の一時的な閉塞とその後発生する土石流は、降雨ピークから土石流発生までに遅れ時間が生じる点と、土石流ピーク流量が大きくなる点で、警戒避難上注意が必要である。豪雨時の土砂災害の拡大を防ぐためには、林道や森林作業道が溪流を横断する箇所における洗い越し構造の導入¹²や普段からの巡視などの閉塞対策や、法面の保全が重要であると考えられる。

4. 結論

6月30日から7月1日の豪雨で、崩壊が降雨のピーク（6月30日23時20分）に起きたとみられる。崩壊土砂が暗渠を閉塞したとみられ、それが決壊するまでにはタイムラグが生じ、土石流が発生したのは5時間後（7月1日4時20分）だった。7月1日1時10分には雨はほぼ止んでいたため、土石流が発生したのは雨が止んで3時間以上経過した後だった。本稿で示した崩壊と土石流の事例は、大雨が止んだあともしばらくは土砂災害の危険性が高く、注意が必要であることを示唆している。根羽村で大雨警報（土砂災害）が発表されたのは降雨のピーク直前の6月30日23時18分で、大雨警報（土砂災害・浸水害）が発表されたのは23時37分である。警報が注意報に変更されたのは翌7月1日5時23分であった。崩壊や土石流の発生状況から見ると、警報発表と引

き下げのタイミングは適切だったと考えられる。

謝辞

本研究の調査・観測を行うにあたり、根羽村役場および牧場管理者である幸山明良氏に協力いただきました。また現地調査では、農村計画学研究室の佐藤礼旺さん、信州大学農学部3年生の竹村郁輝さん、平松綾乃さん、田中来実さんに協力いただきました。記して感謝します。

引用文献

- 1) 長野県地質図活用普及事業研究会編 (2015) 長野県デジタル地質図2015
- 2) 長野地方気象台 (2020) 長野県の気象概況 令和2年 (2020年) 6月, p. 16
- 3) 長野地方気象台 (2020) 長野県の気象概況 令和2年 (2020年) 7月, p. 27
- 4) 読売新聞 (2020) 2020年7月2日
- 5) 朝日新聞 (2020) 2020年7月2日 長野全県版
- 6) 国土技術政策総合研究所 (2016) 国土技術政策総合研究所資料第904号, 砂防基本計画策定指針 (土石流・流木対策編) 解説, 第2節 土石流・流木対策計画の基本的事項, p. 28
- 7) 土木学会水理委員会編 (1999) 水理公式集, 土木学会, 東京, p. 89
- 8) 浅野友子・星野晋一郎・内田太郎・秋山浩一 (2012) 山地河道における水の流れとマンニングの粗度係数の実測. 砂防学会誌, 65(1): p. 62-68
- 9) 国土技術政策総合研究所 (2016) 国土技術政策総合研究所資料第905号, 土石流・流木対策設計技術指針解説, 第2節 土石流・流木対策施設の設計, p. 8
- 10) 海堀正博・長谷川祐治・山下祐一・崎田博史・中井真司・桑田志保・平松晋也・地頭蘭 隆・井良沢道也・清水 収・今泉文寿・中谷加奈・柏原佳明・加藤誠章・鳥田英司・平川泰之・吉永子規・田中健路・林 拙郎 (2018) 平成30年7月豪雨により広島県で発生した土砂災害. 砂防学会誌, 71(4): p. 49-60
- 11) 浅井健一・林 浩幸・宮本浩二・佐々木靖人 (2014) 事例分析により明らかになった最近の国道斜面災害の特徴と道路斜面管理における留意点. 応用地質, 54(6): p. 281-298
- 12) 林野庁 (2015) 平成27年度版 森林作業道作設ガイドライン, p. 51
<https://www.rinya.maff.go.jp/j/seibi/sagyoudo/attach/pdf/itakukouhyou-2.pdf> (2021 / 1 / 29参照)

Landslide and Debris flow in Neba Village caused by Heavy Rain on July 1, 2020

Taijiro FUKUYAMA, Yoshiyuki UCHIKAWA and Hiroshi ONO

Faculty of Agriculture, Shinshu University

Summary

Heavy rains from June 30 to July 1, 2020 caused small-scale landslide and debris flow in the uppermost reaches of the Yahagi River in Neba Village, southwestern Nagano Prefecture. Although there were no human casualties, there were some damages such as collapse of a forest road and overflow of soil. The mechanism of the collapse and debris flow was estimated based on the hydrograph, time series of suspended-sediment concentration and the ground reconnaissance on July 5. First, a collapse occurred at the peak of the rainfall, blocking the outlet of the culvert with collapsed soil, which caused a sharp rise in the flooded level upstream of the forest road. Therefore, it is inferred that the water level rise upstream increased the flow rate that infiltrated into the ground beneath the forest road and leaked downstream, and at 4:20 a.m. on July 1, when the rain had almost stopped, the collapsed soil removed, which caused the culvert to drain rapidly, and the collapsed soil became a debris flow. And then, it is estimated that the high concentration of muddy water eroded the channel bed. The peak discharge of the debris flow was estimated to be $9.2 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$, based on the cross-sectional area of the flow at the maximum stage and the velocity of the debris flow. This value is three times larger than the peak flow rate of the debris flow ($3.1 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$) estimated from the peak flow rate of fresh water and sediment concentration by applying the maximum daily precipitation to the rational method for predicting peak discharge. This estimate is consistent with the conjecture that both streambed sediment and collapsed sediment would have contributed to the debris flow. This case suggest that we need to be aware of the slope failures and debris flow not only during heavy rains but also for some time after the rains have stopped.

Key Words: Neba Village, Debris flow, Landslide