

山地溪流における流木の堆積に影響する要因の分析

土木研究所 ○田中真子、高木将行、伊藤誠記*

アジア航測株式会社 染谷哲久

*国土交通省

1. はじめに

平成 29 年に発生した九州北部豪雨災害では、土石流区間において発生した多量の流木が下流に到達し、被害をもたらしたことが報告されている¹⁾。その後の豪雨災害においても同様の被害が生じていること²⁾に鑑みると、土石流に伴い流下する流木の対策は重要である。

現在、土石流区間における流木対策では、計画施設で処理すべき計画流出流木量として、計画基準点上流での発生流木量に流木流出率 0.8~0.9 を掛けた値を通常用いることとされている³⁾。一方、過去の流木を伴う土石流災害では、実際の流木流出率が 0.8 以下となった事例が報告されている⁴⁾⁵⁾。これは、特定の河道地形で一定量の流木が堆積したためである⁵⁾⁶⁾。しかし、これらの事例において、流木の堆積が生じる地形条件は整理されておらず、不明である。

また、山地溪流で発生した流木天然ダムの形成要因を調査した事例では、側岸斜面の崩壊により発生した土砂と倒木が直下に堆積したタイプと、上流から流下してきた流木が集積しているタイプが確認されており、崩壊・上流からの流送など流木の供給形態と河道地形の両方が形成要因として影響していることが指摘されている⁷⁾。流木の供給形態が異なる場合、流動性の違いによって、堆積しやすい河道地形も異なることが予想され、流木が堆積する条件を明らかにする上では、流木の供給形態についても考慮が必要である。

本研究では、「河道地形」と「流木の供給形態」を流木堆積に影響する要因と考え、平成 29 年に発生した九州北部豪雨において流木が発生した流域を対象に、河道沿いに一定区間ごとの流木収支を調査した結果から、流木の供給が確認された区間を流木の供給形態によって分類し、それぞれの形態において、流木堆積が生じた地形条件を明らかにすることを目的とした。

2. 方法

2. 1. 対象流域

福岡県朝倉市に位置する筑後川水系奈良ヶ谷川と妙見川の 2 流域を調査対象とした。流域面積は奈良ヶ谷川 2.25km²、妙見川 2.54km² で、本川の平均縦断勾配はそれぞれ 4.4 度、6.2 度である。当流域では、平成 29 年 7 月に発生した九州北部豪雨によって流域内で流木発生が確認されており、災害発生後、土木研究所によって後述する堆積流木量等に関する調査が実施されている⁶⁾⁸⁾。本稿では土石流区間における流木の堆積に着目するため、流域内の支溪流における流木量調査結果を分析した。

2. 2. 検討方法

2. 3 に詳述するとおり、溪流を延長 50m ごとに分割し、区間ごとに堆積した流木量を集計したところ、約 1 割の区間に対象流域全体の堆積流木量の約 7 割が存在しており、流木堆積箇所が偏在していた(図-1)。このため本稿では、主に全体の堆積流木量の約 7 割を占める 10m³ 以上の堆積が生じた区間を対象に、流木の供給形態および地形条件について分析する。分析手法を以下に述べる。

1)「流木の供給形態」による影響を調べるため、流木供給形態別に 10m³ 以上の堆積が生じた区間の割合を比較する。また堆積した流木の起源を把握する。2. 4 にこれらの分類

手法について述べる。

2) 流木の供給形態により、堆積が生じる地形量の差を把握するため、流木供給形態別に縦断勾配と河道幅の範囲を比較する。2. 5. に地形量の分類について述べる。

2. 3. 流木量調査

2. 3. 1. 調査範囲

災害前後のオルソ画像及び航空レーザー測量データの 1mDEM 標高差分から、土砂移動範囲を判読し、流木量調査範囲とした。判読した土砂移動範囲については、土砂移動形態の判定式⁹⁾に基づき、斜面勾配 23 度以上の範囲を崩壊、23 度未満の範囲を溪床移動に分類した。

2. 3. 2. 発生流木量調査

発生流木量については、土砂移動範囲のうち、オルソ画像から立木流出が確認された面積に、林相別の単位面積あたり立木材積を掛け合わせて算出した。

2. 3. 3. 堆積流木量調査

堆積流木量については、災害後撮影のオルソ画像をもとに得られた堆積流木長に、現地立木調査で得た平均立木直径 0.27m を掛け合わせることで単木材積を算出した。流木塊として堆積し、単木での判読が困難な流木については、オルソ画像上での堆積範囲の面積に、現地でのサンプリング調査により得た代表的な流木塊の単位面積あたり材積を掛け合わせて算出した。

2. 3. 4. 流木収支

流域内支溪流に存在する溪床移動による土砂移動範囲について、本川との合流点から上流に向かって河道沿いに 50m 間隔で区間を設定し、区間ごとの堆積流木量、発生流木量、及び流木収支に基づく下流区間への流出流木量、上流区間からの流入流木量を算出した。

2. 3. 5. 堆積した流木の状況

図1に発生流木量または流入流木量が正となった 352 区間について、堆積流木量規模別の区間数割合と堆積流木量合計割合を集計した結果を示す。対象流域では、少数の区間に流木の多くが集中して堆積していた。例えば、堆積流木量 10m³ 以上の区間は全区間数の 11% (39 区間/352 区間) に過ぎないが、全区間の堆積流木量合計 1,701m³ のうち 72% に相当する 1,220m³ が堆積していた。

2. 4. 流木供給形態・流木堆積形態の調査

流木供給形態については、発生流木量または流入流木量が正であった区間を対象に、崩壊による土砂移動範囲に隣接している区間を「崩壊による供給があった区間」、隣接していない区間を「流送による供給のみの区間」に分類した。流木堆積形態については、堆積流木の倒伏方向、着葉状態、長さ等から、区間ごとの流木堆積形態を、隣接する崩壊地から供給された「倒木」と、上流区間より流送されてきた「流木」に分類した。

2. 5. 地形量調査

すべての区間について、災害後航空レーザー測量データをもとにした計測結果から、区間面積を区間延長で除した河道幅と、区間上下流端の標高差に基づく縦断勾配を算出した。

3. 結果

3. 1. 流木供給・堆積形態調査の結果

表1に流木供給形態調査の結果を示す。発生流木量ま

たは流入流木量が 10m³ 以上となった区間のうち約 8 割にあたる 34 区間/39 区間が「崩壊による供給があった区間」に分類された。このうち、堆積流木量 10m³ 以上の区間は 12%(34 区間/274 区間)であった。一方、「流送による供給のみの区間」では、堆積流木量 10m³ 以上の区間は全体の 7%(5 区間/71 区間)であり、流木供給形態別の堆積流木量 10m³ 以上の区間の割合は、「崩壊による供給があった区間」で 5%高かった。しかし、供給形態間で χ^2 乗検定を実施した結果、 $p=0.20$ となり、有意水準 5%では有意差は見られなかった。

表2に流木堆積形態調査の結果を示す。堆積流木量 10m³ 以上の区間のうち「崩壊による供給があった区間」であった区間の 71%(24 区間/34 区間)において、隣接する崩壊地から供給された倒木が堆積しており、21%(7 区間/34 区間)が上流から流送されてきた流木が堆積しており、残りの 8%(3 区間/34 区間)は倒木と流木の両方が堆積していた。

3. 2. 地形量調査の結果

発生流木量または流入流木量が 10m³ 以上となった 345 区間は縦断勾配 2.1 度～29.0 度、河道幅 3.5m～63.5m の範囲に分布していた。これに対して、堆積流木量 10m³ 以上の 39 区間は、縦断勾配 2.9 度～20.4 度、河道幅 8.2m～33.7m の範囲に分布しており、分布範囲が限られていた。

図2に流木供給形態別の縦断勾配と河道幅の分布を示す。供給形態の違いによって、すべてのプロットの分布範囲に大きな違いは見られない。一方で、堆積流木量 10m³ 以上の区間のプロット(赤色・青色)の分布範囲を比較すると、流送による供給のみの区間(縦断勾配 7.0 度～12.7 度、河道幅 16.1m～33.7m)に比べ、崩壊による供給があった区間(縦断勾配 2.9 度～20.4 度、河道幅 8.2m～32.0m)のほうが、より急勾配で河道幅が狭い範囲にも分布していた。

4. 考察

崩壊による供給があった区間は、流送による供給のみの区間に比べ、区間全体に占める堆積流木量 10m³ 以上の区間の割合が高かったものの統計上有意な差とならなかった理由は、サンプル数の少なさも原因の一つとして考えられた。

地形量調査の結果から、10m³ 以上の堆積が生じた 39 区間の縦断勾配と河道幅は、母集団である発生流木量または流入流木量が 10m³ 以上となった 345 区間の縦断勾配と河道幅の分布と比べると限定的だった。このことから、10m³ 以上の堆積が生じる縦断勾配の上限や河道幅の下限といった地形の境界条件があると考えられる。

流木供給形態別で分類して比較すると、縦断勾配と河道幅の分布範囲が異なった。このことから、流木堆積が生じる地形の境界条件は、流木の供給形態によって異なることや、崩壊による供給がある場合には「急勾配、狭い河道」での堆積が可能となり、10m³ 以上の堆積が生じる地形条件が緩和されることがわかる。このような結果となった理由として、河道幅が狭く急勾配な区間では、河道幅あたりの掃流力が大きく、崩壊によって一気に供給される場合でないとい堆積が生じにくかった可能性があることなどが考えられた。

5. おわりに

本稿では「河道地形」と「流木の供給形態」に着目し、災害後の流木判読結果をもとに流木堆積が生じた要因の分析を行った。その結果、流木が堆積する地形の境界条件として、縦断勾配の上限や河道幅の下限が存在し、流木の供給形態によって条件は異なること、崩壊地からの流木供給がある場合、上流からの流送による供給のみの場合に比べて、急勾配で狭い河道においても堆積するといった傾向が見られた。ただし、流送による供給のみの区間数が少ないことに留意する必要がある。

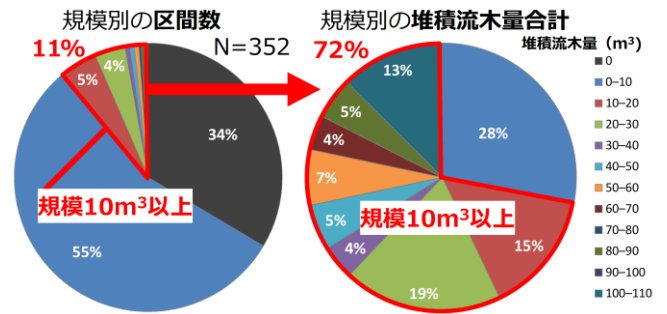


図1 堆積流木量規模別の区間数と堆積流木量合計

表1 流木供給形態別の区間数

(発生流木量または流入流木量が 10m³ 以上の区間対象)

	崩壊による供給があった区間	流送による供給のみの区間	合計
堆積流木量 10m ³ 以上	34(12%)	5(7%)	39
堆積流木量 10m ³ 未満	240(88%)	66(93%)	306
合計	274(100%)	71(100%)	345

表2 流木堆積形態別の区間数

(堆積流木量が 10m³ 以上の区間対象)

	崩壊による供給があった区間	流送による供給のみの区間	合計
倒木が堆積	24	—	24
流木が堆積	7	5	12
両方が堆積	3	—	3
合計	34	5	39

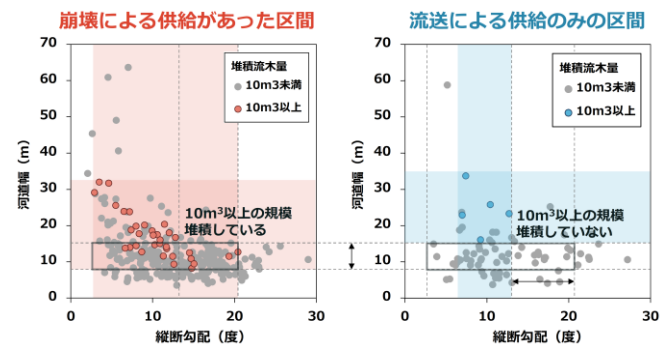


図2 崩壊地隣接状況別の河道地形分布

参考文献

- 丸谷ら:2017 年 7 月の九州北部豪雨による土砂災害, 砂防学会誌, Vol.70, No.4, p.31-42, 2017
- 鄒ら:2021 年 8 月豪雨による青森県下北半島北部における土砂災害, 砂防学会誌, Vol.74, No. 6, p.41-51, 2022
- 国土交通省国土技術政策総合研究所: 砂防基本計画策定指針(土石流・流木対策編)解説, 国土技術政策総合研究所資料第 904 号, p.20, 2025
- 石川ら: 土石流に伴う流木の発生及び流下機構, 砂防学会誌(新砂防), Vol.42, No.3, p.4-10, 1989
- 黒岩ら: 平成 23 年台風 12 号土砂災害における和歌山県那智川支流域の流木の発生と流出実態, 第 8 回土砂災害に関するシンポジウム論文集, 2016
- 染谷ら: 平成 29 年 7 月九州北部豪雨における流木の発生と堆積の実態—妙見川・奈良ヶ谷川の事例—, 平成 30 年度砂防学会研究発表会概要集, p.471-472, 2018
- 清水: 山地溪流における流木天然ダムの形成・破壊と流木の流出過程, 砂防学会誌, Vol.62, No.3, p.3-13, 2009
- 染谷ら: 緩勾配区間を含む溪流における流木の流出実態—平成 29 年 7 月九州北部豪雨奈良ヶ谷川の事例, 令和元年度砂防学会研究発表会概要集, p.111-112, 2016
- 高橋保: 土石流の停止・堆積機構に関する研究(3)—土石流扇状地の二次侵食—, 京都大学防災研究所年報第 25 号 B-2, 327-348, 1982