

乙石川上流の山地流路における流木ダム分布および堆積土砂量の把握

東京農工大学 ○宮崎仁・五味高志・宇田川理奈・荒田洋平

1. はじめに

近年の集中豪雨により、土砂と共に多量の流木が流下し、下流域で集積していることが報告されている(国土交通省, 2015)。平成 29 年 7 月九州北部豪雨では、流木と土砂の集積により河道閉塞が発生し、土砂・洪水氾濫となった(矢野ら, 2018)。流木の集積は、上流の山地流路内でも発生し、流木ダムとして、上流側に多量の土砂が滞留・堆積する(清水, 2009)。流木ダムを構成している流木と土砂は、二次的に下流域へ流下することも懸念されている(朝日新聞, 2018)ものの、山地流路内の流木ダムの形成実態把握は限られている。

流木ダムの形成実態把握では、流木ダムの分布や堆積土砂量の調査が重要となる。しかし、既往研究では、単位流路区間の出現流木ダム数などの評価(Comiti et al., 2006)が中心で、流木や土砂の流出評価を行う上で重要となる流れ内の分布やその偏りは評価されていない。

流木ダムと堆積土砂量の評価において、流木ダムの構成も重要である。たとえば、清水(2009)は、北海道沙流川支流パラダイ川の調査から、流木ダムの上流に滞留した土砂量は 30~630m³の違いがあり、この違いは流木ダム断面積と関連していることを示した。一方、流木ダムに占める流木の構成割合は 30%(清水, 2009)とされているものの、流木ダムの大きさは流木と土砂の流下・集積プロセスにより異なることも示されている(Abbe and Montgomery, 2003)。すなわち、流路内における流木ダムの形成箇所に対応した流木の構成を評価する必要がある。

そこで、本研究は、山地流路における(1)流木ダムの分布の把握、(2)流木ダムの堆積土砂量と構成流木の大きさの関係性の把握を目的とし、これらをふまえ、山地流路内における流木ダムと堆積土砂量の特徴を検討した。

2. 調査地と方法

本研究は、平成 29 年 7 月九州北部豪雨により崩壊と既往最大の流木が発生したと報告(末次, 2019)されている、福岡県朝倉市の赤谷川水系に位置する、乙石川支流 2 流域(L 流域: 38.8ha, R 流域: 35.6ha)を対象とした。年平均降水量 1991mm、年平均気温 16°Cである(アメダス朝倉 2001~2020 年)。植生は、スギ林とヒノキ林が流域森林面積の 95%以上を占め、そのうち 50%は 45~60 年生林分である(福岡県, 2014)。地質は、主に花崗閃緑岩であり、一部に泥質片岩がある(産総研地質調査総合センター, 2020)。

本研究は、GIS 解析と現地調査により構成される。GIS 解析は、豪雨後 2017 年 12 月に取得された LiDAR データから、1mDEM を作成し、地表面の詳細な凹凸を表現可能な CS 立体図を用いて、崩壊地の抽出と崩壊面積の算出を行った。崩壊地と森林簿の重ね合わせから、森林簿上の樹種と林齢をもとに材積を算出し、崩壊地ごとの流木発生量を算出した。

CS 立体図をもとに、流路内で河床勾配が局所的に大きくなる落差を、流木ダム形成候補箇所とした。ただ

し、河床勾配が局所的に大きい落差は滝や巨石による可能性もあり、現地調査から流木ダムの有無を判定した。1mDEM から流路の縦断面図および横断面図を作成し、5m 毎に谷幅(河床から 2m の高さの幅)と流路勾配を計測した。

現地調査は 2020 年 9 月 28~29 日と 11 月 28~30 日に実施した。主流路沿い(L 流域: 全長 1505m, R 流域: 全長 1360m)を踏査し、流木ダム形成候補箇所のうち、5 本以上の流木と土砂堆積の存在を流木ダムとした。流木ダム上流の堆積土砂の長さ・幅・ダム高を計測し、堆積土砂量を四角錐と仮定して算出した(Gomi et al., 2001)。

流木ダムを構成する流木は、直径 0.1m 以上・長さ 1.0m 以上の、すべての流木(Nakamura and Swanson, 1994)を対象とし、紅白ボールや輪尺を用いて直径と長さを計測し、根や枝の有無や樹種も記録した。その際、流木ダム内の流木分布を把握するためにダム下流から上流へ向けて 10m ごとに区分けした。流木材積は、スギの材積式(福岡県, 2014)を用いた。

3. 結果

3.1 流域の特徴と崩壊・流木発生状況

L 流域の主流路は、平均勾配 11°(SD: 8°)、平均谷幅 9m(SD: 3m)、R 流域主流路の平均勾配 9°(SD: 7°)、平均谷幅 10m(SD: 5m)であった。流域斜面の平均勾配は、L 流域 35°(SD: 12°)、R 流域 32°(SD: 12°)であった。

L 流域には 68 箇所、R 流域には 112 箇所の崩壊地を確認した。平均崩壊面積は、L と R 流域で、それぞれ 377m²(SD: 447m²)、325m²(SD: 420m²)であった。崩壊面積率は L 流域 7%、R 流域 10%であった。全崩壊面積に対する本流沿いの崩壊面積割合に注目すると、L 流域 69%、R 流域 29%であった。発生流木量は L 流域 1,367m³、R 流域 1,588m³と算出された。崩壊面積当たりの発生流木量は、L 流域 0.053m³/m²、R 流域 0.044m³/m²となった。

3.2 流木ダムの分布とその概要

L 流域 23 箇所(1.5 箇所/100m)、R 流域 13 箇所(1.0 箇所/100m)の流木ダムを確認した。ただし、L 流域は流れ全体に流木ダムが分布しているものの、R 流域では下流側に流木ダムが偏在していた。全流路内の流木ダム構成流木数は、L 流域 649 本、R 流域 995 本であり、それぞれ 247m³と 391m³の材積量となった。各流木ダムでは、L 流域 5~66 本(平均: 28 本)、R 流域 6~373 本(平均: 77 本)で構成され、最大の流木ダムは R 流域の下流から 957m 地点で確認された。流木ダムの堆積土砂量は L 流域 5~800m³(平均: 108m³)、R 流域 12~3386m³(平均: 582m³)であり、最大流木本数を確認した流木ダムで最も大きな土砂堆積量であった。各流木ダムの構成流木材積量が大きくなると、堆積土砂量も増える傾向があった(図-1)。

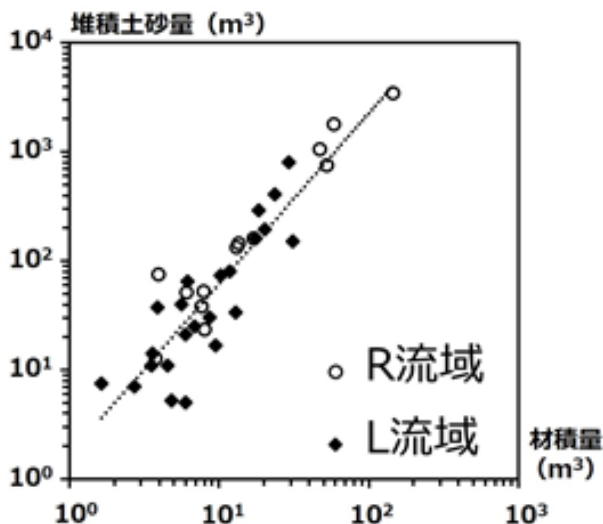


図-1 流木ダムでの材積量と堆積土砂量の関係

4. 考察

対象 2 流域は流域面積、森林状態、流路勾配、斜面勾配などが同程度であるものの、流木ダムの分布が異なっていた。L 流域は、流路沿いに存在する崩壊地面積の割合も大きく、かつ崩壊地が連続して分布していた。宮縁ら (1999) は、側方斜面の崩壊から供給される流木と土砂が流木ダムの形成要因であることを示しており、L 流域でも同様の現象により流木ダムが流路沿いに連続して形成されたと考えられた。

R 流域の流木ダム集中箇所は支流合流点で形成されていた。水山ら (1985) は、合流点の流木と土砂の集積が流木ダム形成に寄与することを示しており、R 流域は L 流域に対して流路沿いに存在する崩壊地面積割合は少ないものの、支流から供給される流木が本流に到達し、流木ダムを形成したと考えられた。L 流域でも支流が存在し、支流からの流木供給はあるものの、L 流域の支流面積 (平均: 1.4ha) は、R 流域 (平均: 2.5ha) より小さく、支流から本流への流木の押し出しが十分ではないと考えられた。支流からの流木が支流内に留まっていることは、現地調査でも確認できた。

流木ダムの材積量が大きいほど、堆積土砂量は大きくなり、ダム堤体の大きさと土砂堆積量の関係を示すことができた。清水 (2009) は、流木ダム先端断面積 (幅×ダム高) と堆積土砂量の正の相関関係も報告している。本研究でも、流木ダム材積量と先端断面積の相関を確認し、材積量増加が土砂貯蓄量増加をもたらしたと考えられた。

ダム堤体断面積と堆積土砂量の関係は、これまでの砂防ダム設計でも用いられているものの、流木ダムは砂防ダムのように安定性は確保されていない。安定性などに影響すると考えられる流木構成は、供給流木の大きさと量により異なると考えられる。たとえば、L 流域と R 流域で、800m³ (L-13 ダム) と 728m³ (R-7 ダム) の同程度の堆積土砂量であったが、流木ダムの安定に寄与する直径が大きく長い流木 (Abbe and Montgomery, 2013) についてみると、L-13 ダム (総本数: 63 本) では、直径 40cm 以上が 0% と長さ 10m 以上が 46%、R-7 ダム (総本数: 124 本) では、直径 40cm 以上が 7% と長さ 10m 以上 31% と異なっていた。R-7 ダムは、支流からの流木が本流に合流した箇所で流木ダムとなっており、支流から本流への流下過程で大径木による流木ダムが形成されたと考えられた。

5. まとめ

本研究では、流程における流木ダムの分布を把握することにより、崩壊地や支流の分布にともなう流木ダム形成プロセスが異なることが分かった。また、形成プロセスの違いは流木ダムを構成する流木の直径や長さなどの違いをもたらす可能性が示唆された。すなわち、流木の発生や流下のみならず、流域地形や森林状態による流木ダム形成過程の把握が今後の流木対策の立案などにおいて重要だと考えられた。

引用文献

- Abbe T B, Montgomery D R (2003) Patterns and processes of wood debris accumulation in the Queets river basin, Washington. *Geomorphology* 51 81-107.
- 朝日新聞 朝刊 (2018.07.26) 「大量の流木 二次災害懸念」 3.
- Comiti F, Andreoli A, Lenzi MA, Mao L (2006) Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology* 78 44-63.
- 福岡県森林林業技術センター監修 (2014) 「福岡県材積表 福岡県施業体系図」福岡県農林水産部農山漁村振興課編集・発行 2014 年 3 月改定版.
- Gomi T, Sidle R, Bryant M D, Woodsmith R D (2001) The characteristics of woody debris and sediment distribution in headwater streams, southeastern Alaska. *Canadian Journal of Forest Research* 31(8) 1386-1399
- 気象庁「過去の気象データ 朝倉 年ごとの値」
http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrn/view/annually_a.php?prec_no=82&block_no=0788&year=&month=&da (閲覧日: 2021 年 1 月 28 日)
- 国土交通省 社会資本整備審議会 河川分科会 気候変動に適切した治水対策検討小委員会 (2015) 「水災害分野における気候変動適応策のあり方について—災害リスク情報と危機感を共有し、減災に取り組む社会へ— 答申」
<https://www.mlit.go.jp/common/001101554.pdf> (閲覧日: 2020.10.14)
- 水山高久・大場章・万膳英彦 (1985) 土石流発生に伴う流木の生産、流出事例と対策. *新砂防* 38 (1) 1-6.
- 宮縁育夫・清水晃・小川泰浩 (1999) 九州北部の山地河川に堆積する倒・流木と土砂. *砂防学会誌* 52 (1) 21-27.
- Nakamura F, Swanson F J (1994) Distribution of coarse woody debris in a mountain stream, western Cascade Range, Oregon. *Canadian Journal of Forest Research* 24(12) 2395-2403
- 産業技術総合研究所 地質調査総合センター (編) (2020) 20 万分の 1 日本シームレス地質図 2020 年 4 月 6 日版.
- 清水収 (2009) 山地流域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* 62(3) 3-13.
- 末次忠司 (2019) 特集 平成 29 年 7 月九州北部豪雨と流木災害: 水害被害を助長する土砂・流木の影響. *水利科学* 62(6) 56-69.
- 矢野真一郎・大久保遼太・津末明義・竹村大・富田浩平・笠間清伸・二瓶泰雄 (2018) 平成 29 年 7 月九州北部豪雨による流木災害の発生要因に関する分析. *土木学会論文集 B1(水工学)* 74(5) I_1063-I_1068.