

## 地形からの小流域分類による流木貯留ポテンシャル評価手法の開発

東京農工大学 ○宇田川理奈 五味高志 宮崎仁

### 1. はじめに

山地流路内における流木（長さ 1.0m 以上、直径 10cm 以上）は、河道形態や、水の流れ、土砂貯留に影響を与えるなど様々な機能を持つ（Comiti et al, 2008）。流木の貯留量を調べることは、山地から下流域までの流木の流下動態を理解する上で重要である。流木の貯留量評価は、特定の流路区間における流木の供給と流下を基にした流木収支によって行われる（Benda and Sias, 2003）。

流木の貯留量は流域及び流路区間によって異なる。Comiti ら（2006）は、イタリアの 2.2~58.1km<sup>2</sup>の流域を対象とした現地調査に基づき、崩壊地や流路合流部が流木の供給や貯留に影響をもたらす、貯留流木量は 0~5m<sup>3</sup>100m<sup>2</sup>の範囲であったと報告している。スイスの 73~1144km<sup>2</sup>の流域では、土石流の発生した河川において、他の河川と比較して 7 倍以上の流木が流出したことが報告されている（Steeb et al, 2017）。

斜面崩壊や土石流の発生は、流木の供給に影響を与え（Steeb et al, 2017）、流木貯留を把握する上で重要である。傾斜 30° 以上の箇所では斜面崩壊が発生すると、土砂が土石流として流出する可能性がある（石川ら, 1996）。山口県での調査によると、土石流は勾配が 20° 以上で発生し、流路勾配 4° 地点で堆積した（阪口ら, 2015）。このように流域内の斜面勾配分布や流路との位置関係が流木貯留においては重要となる。

流木動態を把握するためには流路ネットワークが重要である（Gomi et al., 2002）ものの、流木の貯留を評価する研究の多くは、水路の一部や特定の流域に焦点を当てている（Comiti et al., 2008 ; Steeb et al., 2017）。流木の供給及び貯留把握のための流域の地形分類は、より大きな流域における流木動態を把握する方法の開発につながる可能性がある。

以上のことから、本研究の目的は、小流域ごとの流木貯留量を把握するための流域地形分類法を開発することを目的とした。

### 2. 調査地及び研究手法

本研究は、福岡県朝倉市の赤谷川上流域（625ha）と乙石川流域（596ha）を対象とした。対象地域では、平成 29 年 7 月九州北部豪雨（24 時間降水量 545.5mm、

最大 1 時間降水量 129.5mm）により、多数の斜面崩壊や土石流が発生し、崩壊面積率は赤谷上流域で 3%、乙石川流域で 5% であった。植生はスギ（*cryptomeria japonica*）、ヒノキ（*Chamaecyparis obtusa*）、サワラ（*Chamaecyparis pisifera*）が全面積の 75% を占めた。

地形分類には、崩壊後の LiDAR データ（2017 年 7 月 8 日~8 月 31 日撮影）による 1m 数値標高モデル (DEM) を使用した。累積流量の最小値は、現地調査により 2ha と仮定した。小流域の境界は、1 次流路の最初の合流点と定義した。その結果、対象地域内の小流域面積は 2.0~13.5ha（平均 4.9ha ; SD2.4ha）となった。

小流域の地形は、斜面傾斜 (Gs) と流域形状 (Rf) に基づいて分類した。Gs は 30° を超える場合、崩壊土砂及び流木が発生し土石流として流出しやすいと考え分類した。さらに、広い谷幅を持つ流域では流木が谷内に堆積することが確認されており、Rf を谷内での流木貯留の指標とした。Rf は、流域の幅を長さで割って算出した（塚本ら, 1978）。一次谷流域の Rf の平均はおよそ 0.35 であることから（塚本ら, 1978）、Rf > 0.35 の流域は谷底が広く、崩壊土砂が流路に到達する可能性は低いと考えた。一方、Rf < 0.35 の流域は谷底が狭く、崩壊土砂が流路に影響を与える可能性が高いと考えた。以上の指標から、小流域を次の 4 つのグループに分類した：グループ A (Rf ≥ 0.35 ; Gs < 30°)、グループ B (Rf < 0.35 ; Gs < 30°)、グループ C (Rf ≥ 0.35 ; Gs ≥ 30°)、グループ D (Rf < 0.35 ; Gs ≥ 30°)。D で発生した崩壊土砂及び流木の多くは流路に到達すると考えられる。

流路に到達した崩壊土砂及び流木はさらに下流へ流下する。流路内での移動性を示す指標として流路勾配を用いた。土石流は流路勾配 (s) 15° を境に土砂移動形態が異なるため（国土交通省, 2016）、D をグループ D1 (s < 15°) とグループ D2 (s ≥ 15°) に分類した。

### 3. 結果と考察

168 の小流域のうち、A は 7 流域、B は 54 流域、C は 22 流域、D は 85 流域で、それぞれ全流域の 4%、32%、13%、50% を占めた（図 1）。崩壊面積率は、D (平均 7.8% ; SD7.6%) が最も大きく、次いで A (平均 5.8% ; SD6.0%)、C (平均 5.3% ; SD5.5%)、B (平均 4.9% ; SD4.3%) で

あった。花井・横田（2006）も DEM を用いた地形解析により、島根県浜田市の斜面崩壊は  $G_s$  が高い箇所にて発生していることを明らかにしている。この結果は、今回の小流域での分類結果と一致する。また、 $R_f$  の減少は起伏量の増大と関連しており、斜面崩壊の可能性を高める。塚本ら（1978）は、1/5000 森林基本図から 1 次谷流域を無作為に抽出し、 $R_f$  の低下に伴って流域の起伏量が増加することを示した。このことから、 $D$  は、起伏量の増大に伴う斜面崩壊増大の結果でも考えられる。

$D$  の 85 流域のうち、 $D1$  が 35 流域、 $D2$  が 50 流域で、それぞれ全流域の 20.8%、29.8%であった。崩壊面積率の平均値は、それぞれ 10.2% (SD6.8%)、6.1% (SD7.7%) であった。 $D2$  で発生した崩壊土砂及び流木の一部は、急勾配のために土石流として流下したのではないかと考えられる。現地調査の結果、 $D2$  に分類された小流域では、土石流の流下及び流木ダム形成を確認した（図 2）。また、上記の小流域と崩壊面積率が同程度であり  $D1$  に分類された小流域についても同様に調査した際、土石流の流下は確認されず、大部分が貯留されていることが報告されている。

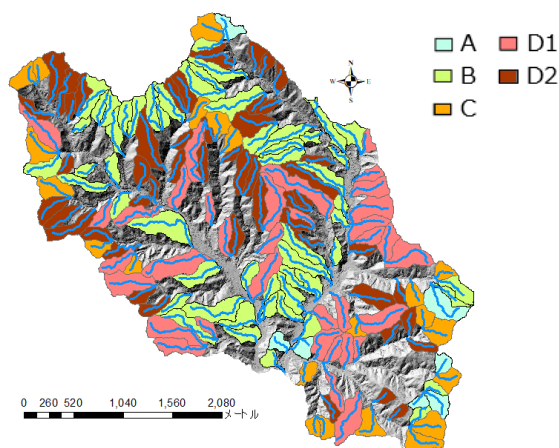


図 1 流域分類の結果



図 2  $D1$  (左)、 $D2$  (右) に分類された小流域

#### 4. おわりに

小流域の地形解析のアプローチは、より大きな流域での流木の供給と貯留を把握できる可能性がある。今回は、地形による小流域分類の提案を行ったが、今後はその適用性についてより詳細に評価する必要がある。なお、本研究は砂防学会より助成を受けている。

#### 引用文献

- Benda LE, Sias JC. 2003. A quantitative framework for evaluating the mass balance of in-stream organic debris. *Forest Ecology and Management* 172: 1-16.
- 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.
- Comiti F, Andreoli A, Mao L, Lenzi MA. 2008. Wood storage in three mountain streams of the Southern Andes and its hydro-morphological effects. *Earth Surface Processes and Landforms* 33: 244-262.
- Gomi T, Sidle RC, Richardson JS. 2002. Understanding Processes and Downstream Linkages of Headwater Systems. *BioScience* 52(10): 905-915.
- 花井健太・横田修一郎. 2006. 航空レーザースキャナによる高精度 DEM から得られた地形量と斜面崩壊発生箇所との対応関係. 日本応用地質学会 6.
- 石川芳治・前田昭浩・草野慎一. 1996. 山岳道路の土石流発生危険度判定手法. 砂防学会誌 49 (1) : 31-37.
- 国土交通省国土技術政策総合研究所. 2016. 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 904 : 9.
- 阪口和之・鈴木素之・松原輝明・高山陶子. 2015. 平成 21 年 7 月に山口県防府市で発生した土砂災害における源頭部崩壊と土石流の状況とその地形的特徴. *地盤工学ジャーナル* 10 (3) : 403-414.
- Steeb N, Rickenmann D, Badoux A, Rickli C, Waldner P. 2017. Large wood recruitment processes and transported volumes in Swiss mountain streams during the extreme flood of August 2005. *Geomorphology* 279: 112-127.
- 塚本良則・野口晴彦・山館昭夫. 1978. 侵食谷の発達様式に関する研究 (VII) - 平衡状態にある 1 次谷流域の地形特性 -. 砂防学会誌 31 (1) : 1-6.