

寺内ダム流域における流木流出メカニズムの解析

東北大学大学院工学研究科 学生会員

○横山 光

東北大学大学院工学研究科 正会員

小森 大輔

Kasetsart University 非会員 Thapthai Chaithong

1. はじめに

河川流域内における流木は、流路形状の形成や、流下する有機物や土砂の補足を行う役割、また水生生物の生息場としての役割など、河川環境においてさまざまな働きを行う。一方で、流木が一度に大量に流下することで人間生活に被害をもたらすこともある。平成 29 年 7 月九州北部豪雨の際には、斜面崩壊が多発し、それに伴い大量の流木が流下した結果、橋脚に流木が引っ掛かり橋梁が損傷するなどの被害が発生した¹⁾。また、福岡県朝倉市の寺内ダムにおいては、過去最大クラスの量の流木が流入する被害が発生した。角らは、寺内ダムへの流木流入状況について、画像解析を用いて流木の体積が概ね推定可能であることや、流木の多くが貯水池上流域に集中していたことを明らかにした²⁾。しかし、寺内ダム流域全体における流木の発生から流出までの一連のメカニズムは未だ明らかになっていない。

小森ら³⁾は、ダム流域における流木流出について、流木発生に伴い大量の流木が流出する大規模流木流出と、すでに流域内に堆積している流木が通常時に再移動する基底流木流出の 2 つの成分に分けることにより、流木流出量を再現する貯留関数モデルを構築した。そして、岩手県における 5 つのダム流域において貯留関数モデルを適用した結果、そのうちの 4 つのダム流域において再現性があることが明らかにされた。

以上の背景から、本研究においては、寺内ダム流域における流木流出特性を貯留関数モデルを用いて明らかにすることを目的とする。

2. 手法

2.1. 発生流木量の算出

対象期間は 1996 年から 2017 年までとした。流木の発生には降水量が大きく関係する⁴⁾ことから、流木の発生イベントとして、ダム流域内平均の 24 時間降水量

が年最大となった時を仮定し、流域内の降水量分布を求めた。ダム流域内の各メッシュ (50m×50m) における降水量の値を用いて表層土における地下水の浸透高を算出した後、Chaithong and Komori⁵⁾に基づき、式 (1)を用いて、各メッシュの安全率 FS を算出した。

$$FS = \frac{c' + [(h\gamma_{sat}) + (D - h)\gamma_t - (\gamma_w h)]\cos^2\beta\tan\varphi'}{[(h\gamma') + (D - h)\gamma_t + (\gamma_w h)]\sin\beta\cos\beta} \quad (1)$$

ここで、 c' : 粘着力 (kPa), h : 表層土の地下水浸透高 (m), γ_{sat} : 飽和単位体積重量 (kN/m³), D : 表層土厚 (m), γ_t : 湿潤単位体積重量 (kN/m³), γ_w : 水の単位体積重量 (kN/m³), β : 傾斜度 (rad), φ' : 内部摩擦角 (rad), γ' : 水中単位体積重量 (kN/m³) である。

$FS < 1$ となった箇所を斜面崩壊箇所とし、その後流域における森林密度を考慮した上で、最終的な発生流木量を算出した。

2.2. 流出流木量の算出

流木流出量を算出には、小森ら³⁾の貯留関数モデルを用いた。まず、以下の式を用い、1 段目のタンクにおいて大規模流木流出として流出する流木を表現する。

・ $S_1 \geq Z$ のとき

$$\begin{aligned} q_1 &= S_1 - Z \\ P_{inf}(m) &= b \cdot S_1(m) \end{aligned} \quad (2)$$

・ $S_1 < Z$ のとき

$$\begin{aligned} q_1 &= 0 \\ P_{inf} &= b \cdot S_1 \end{aligned} \quad (3)$$

また、

$$\frac{dS_1}{dt} = P - P_{inf} \quad (4)$$

ここで、 q_1 : 1 段目からの流出流木量 (m³), S_1 : 1 段目の貯留流木量 (m³), Z : 1 段目のタンクの容量 (m³), P_{inf} : 1 段目から 2 段目への輸送流木量 (m³), b : 係数, P : 発生流木量 (m³) である。

キーワード 流木, 斜面崩壊, 流出流木, 堆積流木, 発生流木

連絡先 東北大学 水環境システム学研究室 <http://kaigan.civil.tohoku.ac.jp/kaigan/>

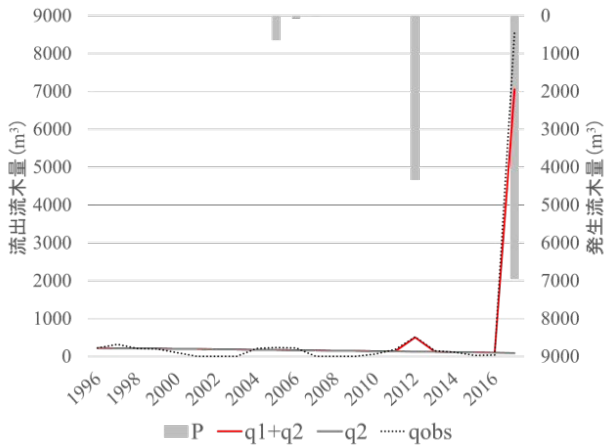


図1 寺内ダム流域における計算結果

表1 寺内ダム流域と岩手県のダム流域におけるパラメータの比較

	A(km ²)	Z(m ³)	Z/A(m ³ /km ²)	b(-)
寺内	51	4700	92.2	0.00010
御所	635	91200	143.6	0.10
湯田	583	22800	39.1	1.0
石淵	154	32900	213.6	0.090
田瀬	740	79100	106.9	0.01

次に、2 段目のタンクにおいて、基底流木流出として流出する流木を以下のように表現する。

$$\frac{dS_2}{dt} = P_{inf} - q_2 \quad (5)$$

$$S_2 = k \cdot q_2^p \quad (6)$$

ただし、 q_2 : 2 段目からの流出流木量 (m³)、 S_2 : 2 段目の貯留流木量 (m³)、 k, p : 係数である。

以上の式から求められる流出流木量の計算値と観測値を比較し、その誤差が一番小さくなるよう 4 つのパラメータ b, k, p, Z を同定した。

3. 結果と考察

図1に貯留関数モデルの適用結果と流出流木量観測値 (q_{obs}) との比較を示す。Nash-Sutcliffe 係数が 0.963 と高い値となったことから、貯留関数モデルの再現性は十分に高いことが示された。また 2012 年と 2017 年において発生流木量の値が大きく、それと同時に大規模流木流出が発生していることが示された。

寺内ダム流域における流木流出の特徴についてさらに考察するため、小森らの研究で再現性があるとされた岩手県の 4 つのダム流域における貯留関数モデル適用結果と比較した。各ダム流域において同定されたパラメータ Z, b 、また Z を流域面積で除した値 Z/A を比較したものを表1に示す。 Z/A の値は、発生した流

木を 1 段目のタンクがどの程度貯めることが可能かを示すと考えられる。寺内ダムにおける Z/A の値は田瀬ダム流域と同程度で、他の流域と比較すると中程度の値である。一方で、1 段目から 2 段目のタンクに流木を輸送する能力を示す b の値は、寺内ダム流域は他の流域に比べかなり低い値となった。以上の結果より、寺内ダムにおける流木流出の特徴として、流木が発生した際ある程度の量は貯留することが可能であり、大規模流木流出を引き止めることができるが、短期間に連続して流木が発生した場合、第2タンクへの流木の輸送が追いつかず、第1タンクの容量を容易に超越し、大規模流木流出が発生することが考えられた。

4. 結論

本研究にて、寺内ダム流域における流木流出特性についての考察を行った。その結果、特徴として短期間に連続して流木が発生した場合に大規模流木流出が起きやすいことが示され、さらに 2017 年の大量の流木流出が起きた背景には、2012 年の流木発生が関係している可能性が示された。

謝辞

一般財団法人河川情報センター、科学研究費補助金（代表：小森大輔：19H02395）の支援により実施された。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) 塚田真之, 加藤誉之, 住本公平, 関根大樹: 斜め空中写真による平成29年7月九州北部豪雨災害の被害把握, 写真測量とリモートセンシング, vol. 56, No. 4, pp. 118-119, 2017.
- 2) 角哲也, 鈴木湧久, 小木曾友輔, 小林草平, 竹門康弘, カントウッシュ _サメ: 九州北部豪雨における寺内ダムへの流木流入の実態とダム下流に対するその意義, 京都大学防災研究所年報, No.61 B, 2018.
- 3) 小森大輔, 助川友斗, T.Chaithong, 風間聡: 流域スケールでの流出流木量の推計モデルの構築, 河川技術論文集, vol.25, 2019.
- 4) 助川友斗, 小森大輔: 日本全国のダム貯水池における流木流出量の統計解析, 土木学会論文集G (環境), vol.73, No.5, pp. I_55-I_61, 2017.
- 5) Thaipthai Chaithong, Daisuke Komori: Hydrological-Geotechnical Model to Assess the Extreme Rainfall-Induced Shallow Landslides, 地球環境研究論文集, Vol.73, No.3, p. I_223-I_228, 2017.