

衛星画像解析による発生流木量の推定と流木流出特性の考察

東北大学大学院工学研究科 学生会員 ○横山 光
 東北大学工学部 学生会員 中村 雅史
 東北大学大学院工学研究科 正会員 小森 大輔

1. 背景

流木は、斜面崩壊、河岸浸食、枯死などの様々な要因により発生し¹⁾、堆積と流下を繰り返しながら下流へと流出する。流木は河川環境に対して様々な作用をもつが、土石流と共に流下した場合には、家屋の損壊やダム機能障害につながり、深刻な流木被害を及ぼす。したがって、流木被害の対策を適切に行うため、各流域において流木流出特性を把握することは重要である。

流木流出特性に着目した既往研究として、小森らは、流木流出を 2 種類の成分で表現する貯留関数モデルを構築し、岩手県の複数のダム流域に適用することにより流木流出特性の考察を行った²⁾。小森らは、モデル入力値となる発生流木量を斜面崩壊物理モデルにより算出していたが、この手法は複雑な土壌定数の推定が必要となることが課題であった。一方、既往の研究における斜面崩壊の検出手法として、衛星画像解析によるものが提案されている³⁾⁴⁾。そこで、本研究においては衛星画像解析を用いて発生流木量を算出し、それらを入力値として流木流出の貯留関数モデルを適用することにより、日本のダム流域における流木流出特性について考察することを目的とした。

2. 手法

2.1. 対象地域と対象期間

対象地域は、北日本と南日本におけるそれぞれ 3 つのダム流域とした（図-1）。対象地域における流出流木量の観測データは国土交通省より入手し、その観測期間に合わせてそれぞれの対象期間を表-1 の通り設定した。

2.2. 衛星画像解析による発生流木量の算出

流木が発生すると、樹木等の植生が流出し裸地が露出する。したがって、流木発生による土地の変化は、植生変化との関係が強いと考えられる。そこで、衛星画像より得られる植生指標である NDVI に着目した。まず、対象流域・期間における Landsat 画像を年 1 枚、ほぼ

同時期のものを選定した。そして、石出・山崎ら³⁾による斜面崩壊箇所検出手法を参考に、各年において前年と後年の衛星画像を比較し、NDVI が顕著に低下した箇所を流木発生箇所として抽出した。その後、Global tree density map⁵⁾より得られる森林密度と 1 本あたりの流木体積を考慮し、発生流木量を算出した。

2.3. 貯留関数モデルを用いた流出流木量の推定

小森らによる貯留関数モデルは、2 種類の流木流出成分を 2 段のタンクを用いることにより表現する。1 段目のタンクからの流木流出は、以下の式により表現される。

$$q_1(m) = S_1(m) - Z \quad (S_1(m) \geq Z) \quad (1)$$

$$q_1(m) = 0 \quad (S_1(m) < Z) \quad (2)$$

$$P_{inf}(m) = b \cdot S_1(m) \quad (3)$$

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

ここで、 q_1 : 1 段目からの流出流木量 (m^3)、 S_1 : 1 段目の貯留流木量 (m^3)、 Z : 1 段目のタンクの容量 (m^3)、 P_{inf} : 1 段目から 2 段目への輸送流木量 (m^3)、 b : 係数、 P : 発生流木量 (m^3)、 m : 年次(-)である。

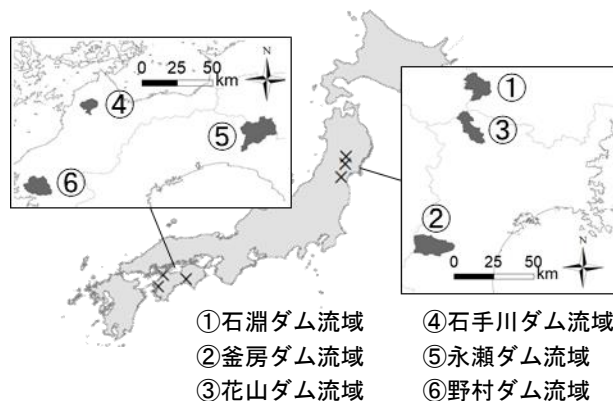


図-1 対象地域

表-1 流域面積と対象期間

流域	流域面積	対象期間	流域	流域面積	対象期間
石淵	154 km ²	1996年~2012年	石手川	73 km ²	2003年~2017年
釜房	195 km ²	1996年~2016年	永瀬	295 km ²	2001年~2016年
花山	127 km ²	2003年~2016年	野村	168 km ²	1996年~2017年

キーワード 流木、流木流出特性、NDVI

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/>

2 段目のタンクからの流木流出は、以下の式により表現される。

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

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

ここで、 q_2 : 2 段目からの流出流木量 (m^3)、 S_2 : 2 段目の貯留流木量 (m^3)、 k, p : 係数である。

以上の式を用いて、観測された流出流木量 $q_{obs}(m^3)$ の再現性を Nash-Sutcliffe 係数 (NS) により評価し、最も再現性が高くなるようにパラメータ b, Z, k, p の組み合わせを決定し、流出流木量を計算した。

3. 結果と考察

貯留関数モデルを適用し、 q_{obs} を最も精度よく再現するよう流出流木量の計算を行った結果、各ダム流域における NS は、北日本において 0.78 (石淵)、0.62 (釜房)、0.71 (花山) となり、高い再現性を得た。すなわち、北日本においては流木流出特性を q_1, q_2 の 2 種類により説明可能であるといえる。一方南日本における NS は、0.14 (石手川)、0.012 (永瀬)、0.080 (野村) となり、貯留関数モデルによる再現性は低いことが明らかとなった。例として、北日本の石淵ダム流域と南日本の石手川ダム流域における流出流木量の計算結果を図-2, 3 にそれぞれ示す。

高い再現性が得られた石淵ダム流域においては、2007 年に約 1600 m^3 となる多量の流木流出が観測されており、計算値もこれとほぼ同じ値となった。この年における発生流木量は約 12000 m^3 であり、多量の流木発生に伴う流木流出を q_1 により正確に表現することができたと考えられる。

一方、再現性の低い石手川ダム流域においては、2011 年における流出流木量の観測値が約 1000 m^3 と高い値であるが、その年の発生流木量は他の年と比較して小さい。その結果 q_1 が発生せず、大きな誤差につながったと考えられる。つまり、石手川ダム流域における 2011 年の多量の流木流出は、その年の流木発生に起因するものでなく、2011 年以前から堆積していた流木の流出による影響が強いことが示唆された。このような特徴は、南日本の他 2 つのダム流域においても確認された。したがって、南日本における流木流出特性として、その年に発生した流木よりも、それ以前から堆積していた流木が多量の流木流出に起因することが推察できた。

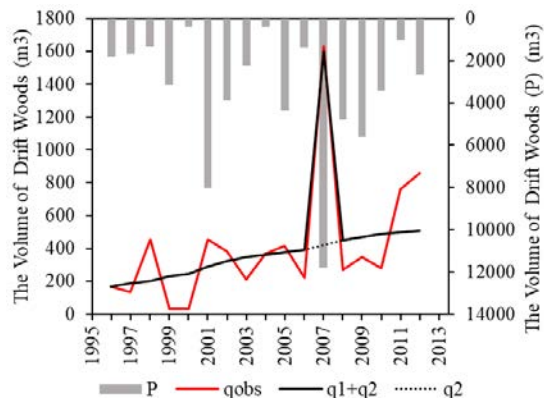


図-2 石淵ダム流域における計算結果

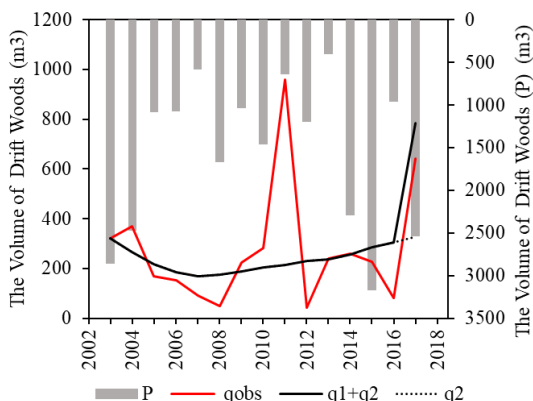


図-3 石手川ダム流域における計算結果

謝辞

本研究は、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) Benda, L., Miller, D., Marin, D., Bilby, R., Veldhuisen, C., and Dunne, T.: Wood recruitment process and wood budgeting, *American Fisheries Society Symposium* 37, pp.49-73, 2003.
- 2) 小森大輔, 助川友斗, Chaithong, T., 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.
- 3) 石出貴大, 山崎文雄: ALOS/AVNIR-2 画像を用いた 2008 年岩手・宮城内陸地震における斜面崩壊の検出, 日本地震工学会論文集, vol.10, No.3, pp.12-24, 2010.
- 4) 小畑健太, 岩男弘毅: 平成 28 年熊本地震に起因する斜面崩壊と ASTER データにおける NDVI 変化の関係, 日本リモートセンシング学会誌, Vol.36, No.4, pp.417-420, 2016.
- 5) Crowther, T., Glick, H., Covey, K. et al.: Mapping tree density at a global scale, *Nature*, vol.525, pp.201-205, 2015.