

## 山地流域を対象とした流木流下過程の試行解析

日本工営株式会社 ○伊東直哉 長山孝彦 早川智也 伊藤隆郭 山崎祐介 水野裕斗  
国土交通省 四国山地砂防事務所 平澤良輔 向山正純 松岡高志(現 徳島河川国道事務所)  
三野汰晟(現 大洲河川国道事務所) 宮崎巴葉(現 新潟県 糸魚川地域振興局)

### 1. はじめに

斜面崩壊等により上流域で生産された流木が下流域へ流下することで橋梁部の氾濫や家屋の流出、道路・田畑への流木堆積等さまざまな被害が生じている<sup>1)</sup>。流木の流下過程や堆積機構は複雑であり、数値解析による再現計算<sup>2,3)</sup>が行われているが、被害予測を行った例は少ない。本稿では、山地流域における流木流出被害の予測を目的として、橋梁部付近の河道閉塞に伴う氾濫を想定し、市街地へ流出する流木の流下過程を試行的に解析した結果を示す。

### 2. 基礎方程式

流木の質量保存則は次に示すとおりである<sup>4)</sup>。既存の二次元氾濫計算モデルに組み込むことにより、流木の流下過程を計算した。

・広葉樹

$$\frac{\partial c_{wb}h}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_{bx} \frac{\partial c_{wb}h}{\partial x} - uhc_{wb} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_{by} \frac{\partial c_{wb}h}{\partial y} - vhc_{wb} \right) = E_{wc} - D_{wc} \quad (1)$$

$$E_{wb} = \left| \frac{\partial z_b}{\partial t} \right| (1 - \lambda_{wb}) \quad (2)$$

$$D_{wb} = |w_{0b}| c_{wb} \quad (3)$$

・針葉樹

$$\frac{\partial c_{wc}h}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial x} \left( \varepsilon_{cx} \frac{\partial c_{wc}h}{\partial x} - uhc_{wc} \right) - \frac{\partial}{\partial y} \left( \varepsilon_{cy} \frac{\partial c_{wc}h}{\partial y} - vhc_{wc} \right) = E_{wc} - D_{wc} \quad (4)$$

ここに、 $c_{wb}$ 、 $c_{wc}$  はそれぞれ広葉樹、針葉樹の堆積濃度、 $\varepsilon_{bx}$ 、 $\varepsilon_{by}$ 、 $\varepsilon_{cx}$ 、 $\varepsilon_{cy}$  は広葉樹、針葉樹の  $x$ 、 $y$  方向の拡散係数、 $E_{wb}$ 、 $D_{wb}$ 、 $E_{wc}$ 、 $D_{wc}$  : 広葉樹、針葉樹の河床からの侵食量および河床への堆積量、 $\lambda_{wb}$  : 堆積物中の広葉樹の間隙率、 $w_{0b}$  は広葉樹の沈降速度である。一般に比重の違いから針葉樹は水に浮き、広葉樹は沈む特性を持つ。そのため、式

(1)~(4)において針葉樹は河床から侵食される量のみを表し、広葉樹は河床からの侵食と河床へ堆積する量を表している。なお、流木の拡散係数については既往の実験結果<sup>5)</sup>を参考にし、 $0.1[\text{m}^2/\text{s}]$  とした。

### 3. 計算条件

計算対象地点の周辺状況は以下に示すとおりである。対象流域内の現地調査結果から算出した最大流木長と最小橋脚間長や桁下高等の橋梁諸元とを比較することにより、流域内で流木による河道閉塞が発生しやすく、市街地へ流木が流出する危険性のある地点を4箇所抽出した。

計算条件は下表に示すとおりである。流木濃度について、各計算地点における計画流出流量と計算時間中に流れる水の量から算出した値を定常的に与えた。また、対象地点はいずれも流木の生産域から比較的下流に位置しているため、広葉樹は河床に沈降したものとし、針葉樹のみを対象に計算を行った。このため、流量は計画流出流量に対し、流域全体における針葉樹の占める割合を乗じることによって算出した。なお、流木の河床との侵食・堆積の関係について、ここでは流木の流下過程に着目しているため、今回は考慮していない。流木の堆積厚もしくは土砂との混合を踏まえた侵食・堆積の扱い方については今後の課題とする。これらの計算条件に対して、各計算対象地点の橋梁部周辺の地盤高から氾濫地点および氾濫方向を推定し、氾濫計算を実施した。

表1 計算条件

計算条件	設定方法
流量	計画流量
計算時間	ピーク流量を含む10時間
河床	固定床
流木濃度 (0.001~0.01程度)	流木量 流木量+計算時間中に流れる水の総量



図1 計算対象地点の周辺状況

#### 4. 計算結果

地点 A～D における計算開始 1 時間後、6 時間後（ピーク流量時）、10 時間後の計算結果を以下に示す。地点 A や地点 C では氾濫流のほとんどが河道に戻ることに伴い、流木も河道内を流下していることを確認できる。一方で、地点 B では計算開始 1 時間の時点で標高が低くなっている耕作地に流木が溜まっており、計算時間の経過に伴って流量が増加することで下流部へと流下していく様子を確認できる。また、地点 D では計算 6 時間後の時点では流木が氾濫原へ流出している様子を確認できるが、計算 10 時間後の時点では下流へと流されていき、合流点で流木が河道内へ戻っていくことを確認した。

今回は山地流域を対象としているため、河川下流域と比べて縦断的に勾配が急であり、横断方向に氾濫流が拡がりにくかった。また、地点によっては掘込河道となっており、氾濫流および氾濫流に輸送される流木も河道内へ戻りやすく、市街地に拡散するような状況はあまり確認されなかったと考えられる。一方で、氾濫した流木が再び河道へ戻る過程においては、河川沿いの家屋に流木が衝突する可能性があり、このような状況では人的被害を引き起こす可能性もある。このため、実現象における被害を詳細に想定する上ではこうした被害形態についても今後検討する必要があると考えられる。

#### 5. おわりに

流木による橋梁部の河道閉塞を想定し、氾濫流によって流木が市街地へと流出する過程について検討した。氾濫地点から流木濃度を一定値として与え、ピーク流量を含む 10 時間を対象に流木の質量保存則によって流下過程を計算した。その結果、氾濫流に輸送されることで流木が流出し、田畑へ集積するようなケースも見られた。一方で、河道に戻っていく場合も多く見られた。河道から流出した流木が氾濫流に運ばれて再び河道に戻る際、その軌道上に位置する家屋は被害を受けることが予想される。定量的な流木災害の被害想定に向けて、今後はこのような現象についても検討を進める必要があると考えられる。

#### 【参考文献】

- 1) 国土交通省 水管理・国土保全局砂防部：土砂・洪水氾濫時に流出する流木の対策計画の基本的な考え方（試行版），2023.
- 2) 山崎祐介・江頭進治：豪雨に伴う土砂・流木の生産と流下過程に関する研究，河川技術論文集，第 24 巻，pp.71-76, 2018.
- 3) 原田大輔・江頭進治：移流拡散方程式に基づく流木の解析，河川技術論文集，第 24 巻，pp.197-202, 2018.
- 4) 西村茂樹・倉岡千郎・小川和彦：流木を含む土石流の解析装置及び解析方法，特開 2011-112481, 2011.
- 5) Watabe H., Itoh T., Kaitsuka K., Nishimura S. Experimental Studies on Debris Flow with Logs Focusing on Specific Weight Difference of Log Species, Journal of Mountain Science, Vol 10, No.2, pp.315-325. 201

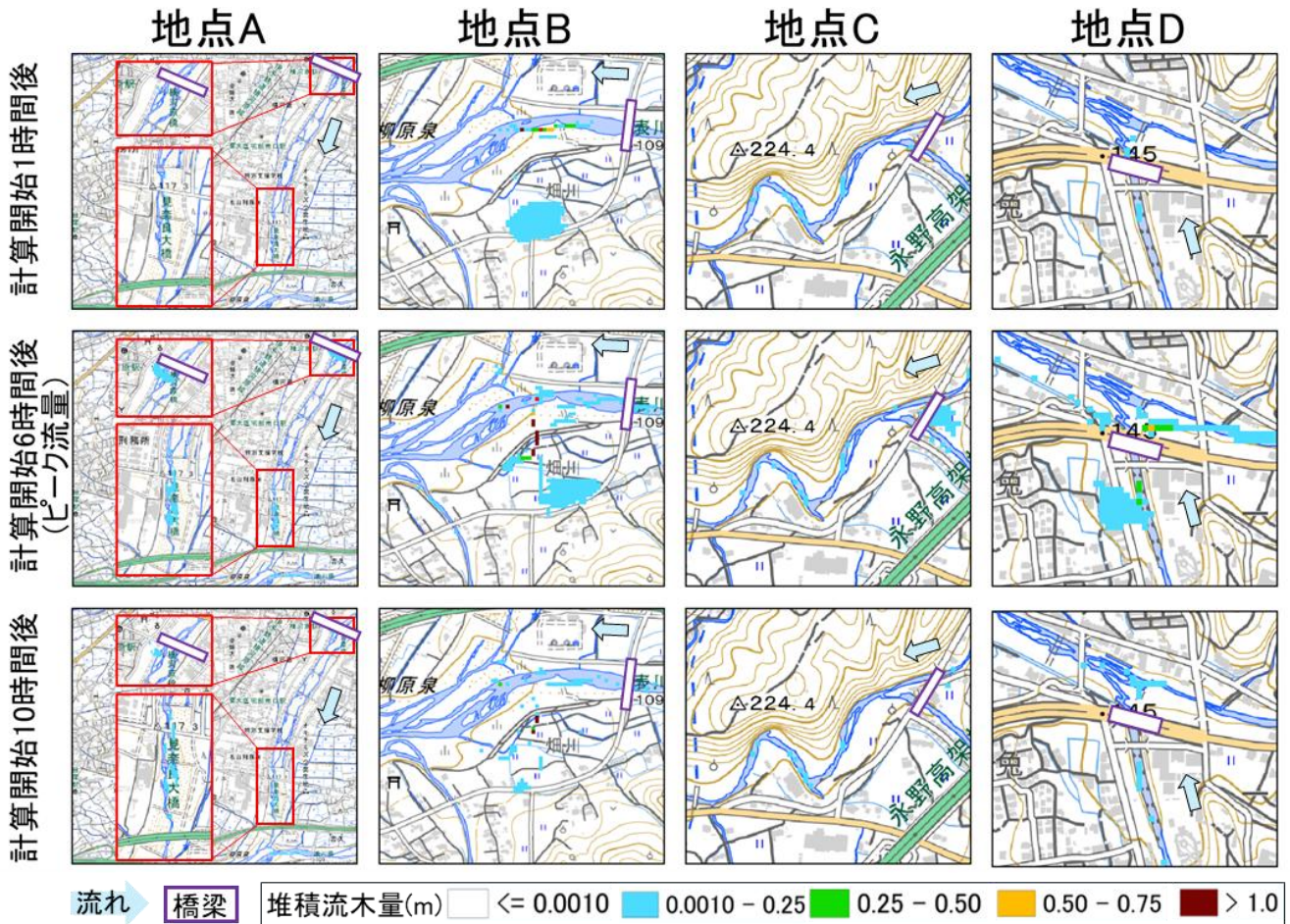


図 2 各地点・各時刻における流木流下過程の計算結果（背景：国土地理院）