

## 河道内の植生および流木が洪水流に与える影響に関する検討\*

秋田大学工学部 大森蒼士

秋田大学大学院理工学研究科 自見寿孝・齋藤憲寿・渡辺一也

### 1. はじめに

河川流域には多くの植生と樹木が存在している。河道内の植生は流水抵抗の働きをし、洪水時の水位上昇を引き起こす。河道周辺の樹木は洪水時に発生する河岸の崩壊により流木化し、河道内を流下する。これにより植生による水位上昇が生じる。その結果、氾濫水とともに流木が市街地に流入し、人命や家屋に被害が生じるおそれがあるため、適切な河川整備が必要である。既往研究では植生に関する河道内の流れの検討<sup>1)2)</sup>や、洪水時の流木の挙動に関する研究<sup>3)4)</sup>が行われてきたが、植生と流木が相互作用した際の洪水時の検討については行われていない。

そこで本研究では水理模型実験を行い、植生の密度と流木長による水位上昇量について検討した。

### 2. 研究対象

本研究のコンセプトとして、2022年8月に発生した記録的大雨により氾濫した五城目町の内川川や富津内川のような中小河川を対象にする。馬場目川圏域河川整備計画<sup>5)</sup>より馬場目川圏域中流部である富津内川合流点の川幅が30~50m、勾配は1/300である。よって、川幅30mの河川を想定し、縮尺を1/100として実験を行う。

### 3. 実験方法

実験は直線矩形開水路に植生モデルを設置し、流木の模型を水路の一方の端から投入して行った。本研究で用いた植生モデルの設計図を図-1に、水路に設置した模型を図-2に示す。植生モデルは剛体な植生を模擬するため真鍮を用い、直径6mm高さ50mmとした。密生度は2種類とし、高密生度(50mm間隔25本)と低密生度(100mm間隔9本)とした。実験で用いる流木模型を図-3に示す。材質は秋田県に広く分布している杉を用い、想定する流木の長さを20m、15m、10mとする。縮尺1/100より、流木の模型を200mm、150mm、100mmとした。杉の直径は実スケールにおいて0.5mと想定して、模型流木直径は5mmとした。

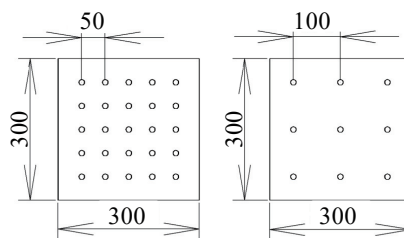


図-1 植生モデル設計図



図-2 植生モデル

(左:高密生度, 右:低密生度)

\*Study of the influence of vegetation and driftwood in the river channel by Soshi OMORI, Yoshitaka JIKEN, Noritoshi SAITO and Kazuya WATANABE

実験方法として、流量を  $0.0083 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.0056 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $0.0028 \text{ m}^3/\text{s}$  の3通り流して行く。それぞれの流量の特徴として、馬場目川の計画高水流量を基準に、「洪水流量」と「平水流量」と「低水流量」の3パターンである。秋田県の雄物川の支川である荒川に流入した杉流木数<sup>6)</sup>より本数を算出し、流木モデルを植生層のおよそ  $0.8 \text{ m}$  上流から流木長別に 40 本流下させた。流木の比重は乾燥状態で  $0.42\sim 0.50$  であり、7日間水につけた湿潤状態で比重は  $0.81\sim 0.88$  であった。実験では湿潤状態を使用した。上流から流木モデルを流下させ、カメラを用いて植生モデルを設置した箇所を横と上から流木が堆積の様子を記録した。流木は1秒におよそ3本ずつ投入した。流木長ごとに5回ずつ、密生度別と流量別に実験を行い、合計90回実験を行った。流木の堆積状況は、流木堆積率で評価した。流木堆積率は式(1)で表される。

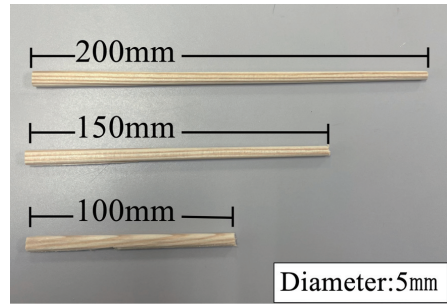


図-3 流木モデル

$$\text{流木堆積率(\%)} = \frac{\text{堆積した流木の本数}}{\text{投入した流木の本数}} \times 100 \quad (1)$$

流木が堆積した際の水位を計測した。計測した箇所を図-4に示す。計測箇所を植生間と植生後方に分類し、高密生度は各列5点、低密生度は各列3点計測した。列ごとの水位を平均し、1列目を  $0 \text{ mm}$  とし、高密生度は  $50 \text{ mm}$  間隔で6列、低密生度は  $100 \text{ mm}$  間隔で4列算出した。また、植生層を通過した際の水位を計測するため、 $400 \text{ mm}$  の列の水位を計測し同様に平均値を算出した。

流木モデルが無い状態の水位を基準にした際の水位の変化を水位上昇率で評価した。水位上昇率は式(2)で表される。

$$\text{水位上昇率(\%)} = \frac{\text{流木堆積時の水位}}{\text{流木無し時の水位}} \times 100 - 100 \quad (2)$$

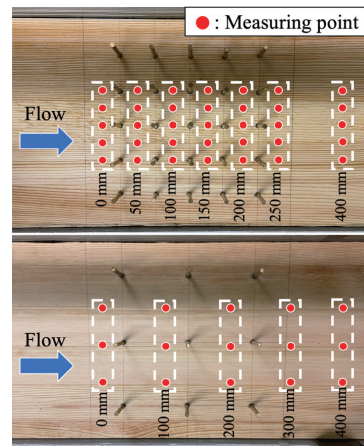


図-4 計測箇所

(上：高密生度，下：低密生度)

#### 4. 実験結果

##### (1)流木の挙動について

高密生度植生モデルの流木の挙動を植生層上と横から撮影したものを図-5に、低密生度植生モデルの場合を図-6に示す。左から  $200 \text{ mm}$ ,  $150 \text{ mm}$ ,  $100 \text{ mm}$  の流木モデルの様子である。写真は流量  $0.0056 \text{ m}^3/\text{s}$  時の挙動を撮影したものであるが、 $0.0028 \text{ m}^3/\text{s}$  の時も同じような挙動を示した。高密生度の場合、流木長に関わらず流木モデルの多くが1列目の植生モデルに堆積した。一方、低密生度の場合も  $200 \text{ mm}$ ,  $150 \text{ mm}$  の流木モデルは1列目の植生モデルに堆積したが、 $100 \text{ mm}$  の流木モデルの多くが植生層を通過し、堆積しなかった。

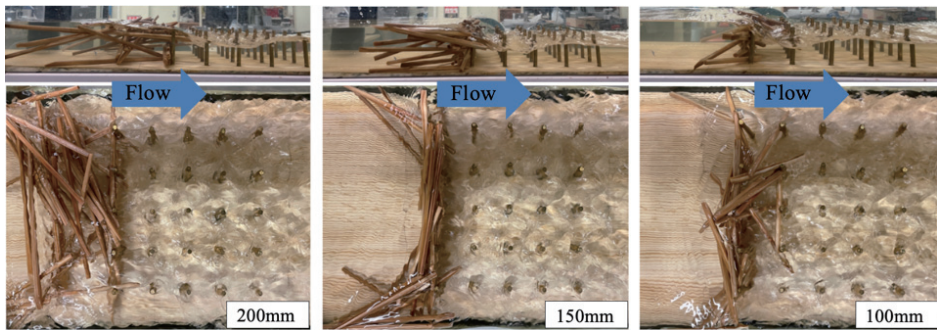


図-5 流木モデルが高密度植生モデルに堆積した様子 (0.0056 m<sup>3</sup>/s)

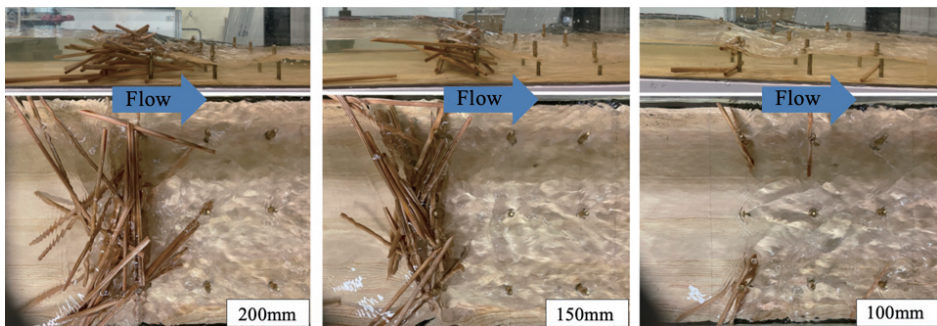


図-6 流木モデルが低密度植生モデルに堆積した様子 (0.0056 m<sup>3</sup>/s)

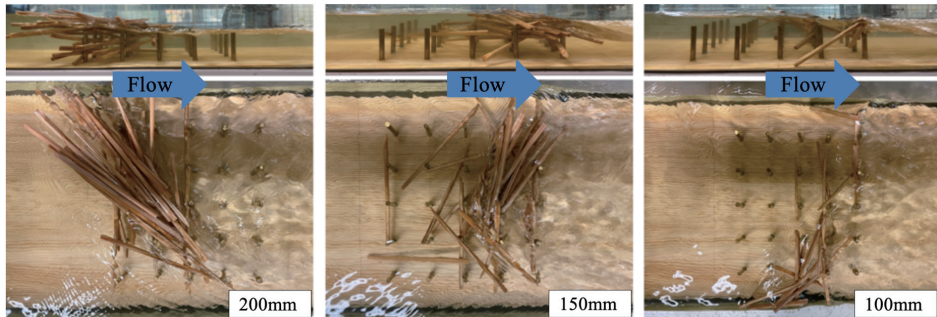


図-7 流木モデルが高密度植生モデルに堆積した様子 (0.0083 m<sup>3</sup>/s)

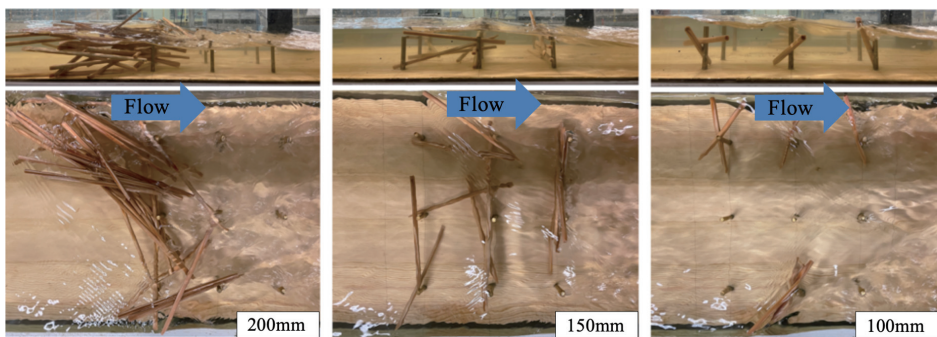


図-8 流木モデルが低密度植生モデルに堆積した様子 (0.0083 m<sup>3</sup>/s)

また、流量  $0.0083 \text{ m}^3/\text{s}$  時の高密生度植生モデルを図-7に、低密生度植生モデルの場合を図-8に示す。水位が植生高さより高いため、高密生度の場合流木モデルが植生モデルに重なるように堆積した。また、流量の増加に伴い水位も増加しているため、 $150 \text{ mm}$ の流木モデルは植生層後方に堆積し、 $100 \text{ mm}$ の流木モデルは半分以上が植生層を通過し、堆積しなかった。低密生度の場合、 $200 \text{ mm}$ の流木モデルは高密生度同様に堆積したが、 $150 \text{ mm}$ 、 $100 \text{ mm}$ の流木モデルはほとんどが植生層を通過した。

## (2)流木の堆積率について

流木長と流木堆積率の関係を以下に示す。流量  $0.0028 \text{ m}^3/\text{s}$  を図-9、 $0.0056 \text{ m}^3/\text{s}$  を図-10、 $0.0083 \text{ m}^3/\text{s}$  を図-11に示す。

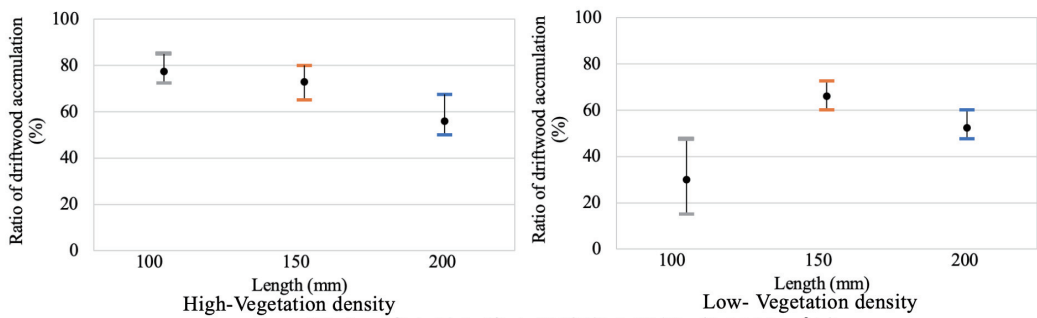


図-9 流木長と流木堆積率の関係 ( $0.0028 \text{ m}^3/\text{s}$ )

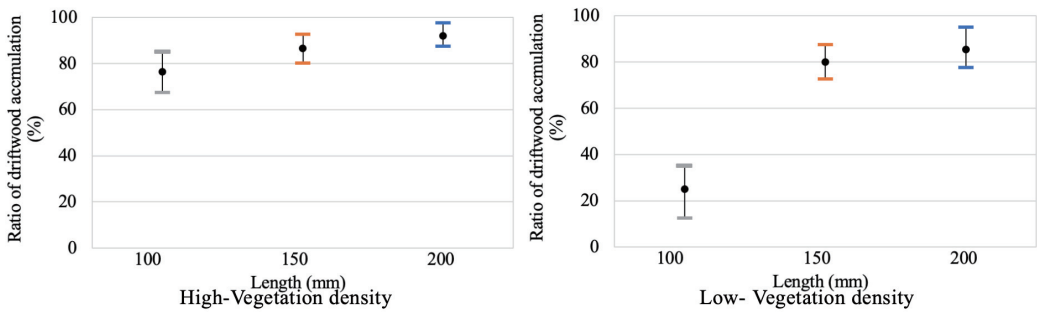


図-10 流木長と流木堆積率の関係 ( $0.0056 \text{ m}^3/\text{s}$ )

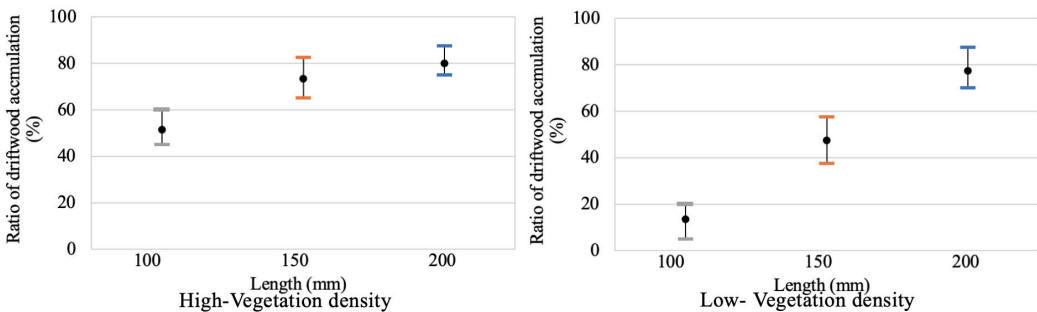


図-11 流木長と流木堆積率の関係 ( $0.0083 \text{ m}^3/\text{s}$ )

0.0028  $\text{m}^3/\text{s}$  の場合、高密度では流木長が短いほど植生モデルに堆積しやすいが、低密度では150 mm が最も堆積していた。0.0056  $\text{m}^3/\text{s}$ 、0.0083  $\text{m}^3/\text{s}$  の場合、高密度・低密度ともに流木長が長いほど植生モデルに堆積することが確認できた。0.0028  $\text{m}^3/\text{s}$  時の傾向が異なることの原因として、流量が小さいため自重により流木長が長いほど河道内を流下せず留まる流木が現れることであると推測される。分布の範囲は10~30%であり、どの流量の場合も低密度の時の長さ100 mm の流木堆積率のばらつきが3種類の流木長の中で最も広範囲であった。これは流木長が植生モデルの1スパンの間隔と同じであり、植生モデルに多く堆積する場合とあまり堆積しない場合の2種類に分かれるためと推測される。

### (3)水位の上昇率について

各流木長における水位上昇率について、0.0028  $\text{m}^3/\text{s}$  を図-12、0.0056  $\text{m}^3/\text{s}$  を図-13、0.0083  $\text{m}^3/\text{s}$  を図-14 に示す。

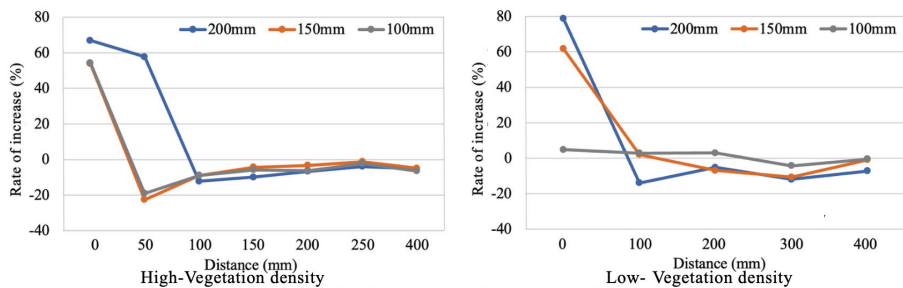


図-12 各流木長の水位上昇率 (0.0028  $\text{m}^3/\text{s}$ )

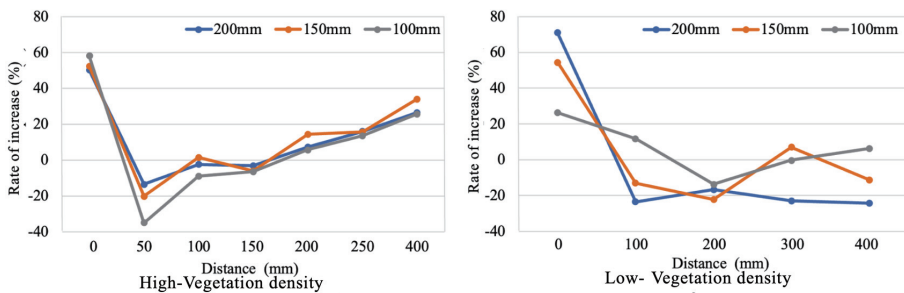


図-13 各流木長の水位上昇率 (0.0056  $\text{m}^3/\text{s}$ )

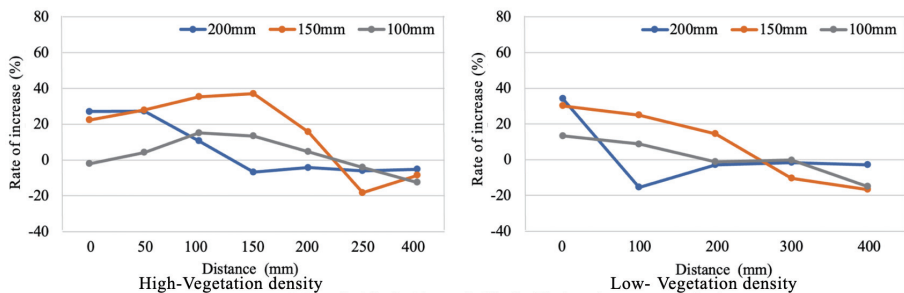


図-14 各流木長の水位上昇率 (0.0083  $\text{m}^3/\text{s}$ )

0.0028 m<sup>3</sup>/s の場合、高密生度は流木長にかかわらず 1 列目に 50 %を超える水位上昇があり、3 列目以降の変化は見られなかった。低密生度は 200 mm、150 mm の流木モデルは高密生度同様の結果が得られたが、100 mm の流木モデルの水位変化は見られなかった。0.0056 m<sup>3</sup>/s の場合、高密生度・低密生度ともに上昇率にやや違いはあるものの同じような形となり、同様の結果が得られた。0.0083 m<sup>3</sup>/s の場合、植生の列ごとの上昇変化は 0.0028 m<sup>3</sup>/s と 0.0056 m<sup>3</sup>/s ほどではないが、全体的に同じような変化となった。これは、0.0083 m<sup>3</sup>/s は水位が植生の高さよりも高くなるため、流木モデルの堆積位置が植生層全体に広がるためと推測される。

## 5. おわりに

本研究では、植生の密度と流木長による水位上昇量について検討を行った。その結果、以下の知見が得られた。

- 1) 流木の堆積について、流木長が長いほど密生度に関わらず堆積率が高く、流木長が短いと植生層を通過し、堆積率が低くなることが確認された。また、流量が小さいと流木の自重により河道内に留まる流木が見られ、特に長い流木で顕著に見られた。
- 2) 水位の上昇について、流木長が長いほど密生度に関わらず水位が上昇することが確認された。しかし、洪水時は全体的に水位が上昇するので平常時に比べて変化量は小さくなった。また、洪水時は密生度よりも流木長の影響を大きく受け、流木長が長いほど流木は複雑に堆積するため、水位の変化も複雑であった。

## 謝辞

本研究を行うにあたり科学研究費補助金（20H00256、代表：風間 聡）の助成を受けた。ここに記し、謝意を表する。

## 参考文献

- 1) 赤堀良介, 春日井勇輝: 植生内の流れの構造と浮遊砂堆積状況の関連について, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.70, No.2(応用力学論文集 Vol.17), I\_753-I\_760, 2014.
- 2) 溝口敦子: 直立性植生内の流速鉛直分布荷底面粗度が及ぼす影響の実験的検討, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.74, No.1, pp.38-50, 2018.
- 3) 初田直彦, 赤堀良介, 清水康行: 蛇行流路の流体場と流木の挙動に関する実験と数値解析, 土木学会論文集 A2(応用力学), Vol.68, No.2(応用力学論文集 Vol.15), I\_415-I\_422, 2012.
- 4) 西脇 遼, 渡辺一也, 齋藤憲寿, 松林由里子, 田中 仁: 橋梁部に堆積した杉流木に関する水理模型実験, 土木学会論文集 G(環境), Vol.75, No.5, I\_255-I\_260, 2019.
- 5) 秋田県: 二級河川馬場目川水系馬場目川圏域河川整備計画変更, 平成 27 年 2 月, <[https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjd7\\_OMtP37AhWrmFYBHXC8ClSQFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.pref.akita.lg.jp%2Fpublic%2Fpublic%2Farchive\\_0000010601\\_00%2Fseibi\\_babame.pdf&usq=AOvVaw0IhLTFHt8kbrScIwz7g3PA](https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKewjd7_OMtP37AhWrmFYBHXC8ClSQFnoECBoQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.pref.akita.lg.jp%2Fpublic%2Fpublic%2Farchive_0000010601_00%2Fseibi_babame.pdf&usq=AOvVaw0IhLTFHt8kbrScIwz7g3PA)>(2023/1/12 閲覧)
- 6) 松林由里子: 2017 年秋田豪雨によって水田に堆積した流木の特徴: 東北地域災害科学研究, 第 56 巻, pp. 1-6, 2020.