

感潮河道から沿岸海域における流木群の挙動シミュレーション

九州大学	正会員	○山口 創一
株式会社パスコ	非会員	畠山 敦志
九州大学	非会員	戸田 健太
九州大学	非会員	竹上 昇希

1. はじめに

近年、九州地方では豪雨に伴う災害が多発している。平成 24 年 7 月に発生した熊本・大分・福岡・佐賀に甚大な水害をもたらした九州北部豪雨や令和元年 7 月の九州豪雨災害などは記憶に新しい。これらの災害発生時には、河川氾濫や土砂災害によって生まれた災害ゴミが河川を経由して有明海に流入したが、特に問題となったのは流木である。海域に流出後は、漂流し、海岸や港湾内へ漂着することにより、漁業操業の停止や船舶の破損、海岸施設の機能阻害など大きな被害を生じる。速やかに撤去する必要があるが、その回収には莫大な経費と労力が必要となる。回収作業の効率化のため、海域における挙動を把握する方策が求められており、その有効な方法の一つが数値シミュレーションを用いた漂流予測である。流木の挙動を再現するための数値モデルの開発や適用はこれまでも行われてきた（中川・高橋, 2001; 目黒ら, 2006; Stockstill et al., 2009; Persi et al., 2018 など）。本研究の計算対象領域である有明海は共振によって潮汐が発達し、河川はいずれも長大な感潮域を有している。感潮域では海水が遡上・後退を繰り返し、湾曲部においては二次流の発達に伴う複雑な流動場が形成されている（松村ら, 2017）。本研究ではこうした狭小な感潮河道から海域の連続した流れ場を計算すると共に、流木の遡上・後退・衝突を考慮した粒子追跡法を開発し、豪雨時に発生した流木群の挙動を解析した。本研究の一部は「令和 3 年度衛星画像を活用した被災状況の収集・予測に関する技術検討業務報告書」（国土交通省九州地方整備局港湾空港部, 2022）に纏められている。

2. 方法

ベースとなる数値モデルとして有限体積法沿岸海洋モデル FVCOM (Chen et al., 2003) を用いた。水平方向に三角形の非構造格子を採用しており、感潮河道から海域に至る領域を連続して計算した（計算領域および非構造格子を図 1 に示す）。感潮域の地形は国土地理院の基盤地図情報数値標高モデル (<https://fgd.gsi.go.jp/download/menu.php>) を参考に設定した。河道の河床地形は、各河川事務所より提供された最新の定期縦横断データを基に作成した。流木の挙動は付加質量、周囲流体による抗力、海面勾配、流木同士との衝突による 4 つの力で評価される。それぞれの力は Persi et al. (2018) による流木の並進運動と回転運動を考慮した ORSA2D_WT モデルをベースに、衝突運動 (Hecker C., 1997) を組み入れた粒子追跡法を用いて表現した。本研究では 2019 年に発生した「令和元年 8 月の前線に伴う大雨」（以降、令和元年 8 月豪雨とする）を対象として、実際の気象条件や河川流量を導入する非定常計算を行った。そこに流木を模した仮想粒子を筑後川の感潮河道の上流端に位置する筑後大堰から河川流量のピーク時に放出した。

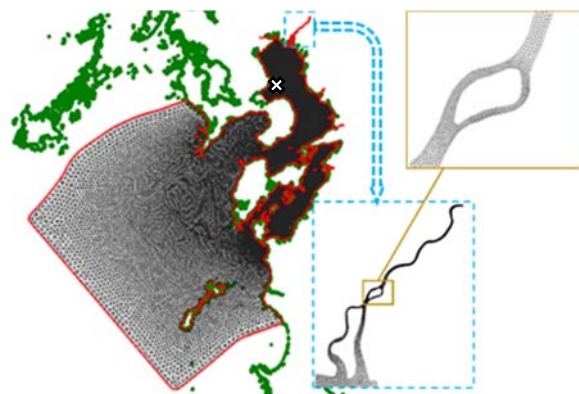


Fig.1 計算対象領域と非構造格子

3. 結果・考察

諫早湾口に位置する Sta.B6 (Fig.1 の✕印) の 6 月から 9 月の海面下 1.0m における塩分および水温変動につ

キーワード 流木群, 豪雨, 粒子追跡法, 有明海, 感潮河道, 非構造格子

連絡先 〒816-8580 福岡県春日市春日公園 6-1

九州大学大学院総合理工学研究院 TEL092-583-7560

いて現地観測データと比較した結果を Fig.2 に示す. 令和元年 8 月豪雨(8 月 26 日から 29 日)に伴う塩分および水温の低下を含む計算対象期間において, 本計算は高い精度で再現できていることが分かる. Fig.3 は流木同士の衝突が発生した箇所を示したものである. 衝突は感潮河道の湾曲した場所周辺で多く発生している. また頻度は少ないが河口沖海域でも発生していることが分かる. Fig.4 には令和元年 8 月豪雨に伴う筑後川流量のピーク(8 月 28 日 12 時)に放出した流木を模した粒子挙動を示す. 流量ピーク以降の満潮時のみを示している. 流木投入時は大出水と下げ潮による強い流れによって感潮域での流木の顕著な遡上・後退運動はほとんど見られず, 短時間のうちに海域へと流出した. その後は潮流によって南北に往復運動を繰り返しながら西岸方向へと輸送され, 諫早湾湾口から島原半島に数潮汐の短期間で到達した. こうした軌道は現地での回収場所と一致した. 流木に作用する 4 つの力について粒子軌道に沿って検証した結果, 感潮域では流体抗力が支配的で次いで水面勾配が主に働いていた. 河口域から海域においてはこれら 2 つの力に加えて付加質量による作用も無視できないことが分かった. 衝突による力はこの場所においても相対的に影響が小さかった. これは衝突以外の力は流木に常に作用する力であるのに対して, 衝突は非連続的な力であるため当然と言えるが, 衝突を考慮した場合は考慮しない場合に比べて, 海域における粒子位置が北寄りにシフトする等の違いが検出された. したがって, 衝突も重要なプロセスであることが示唆された.

4. 結論と今後

本研究では近年の豪雨災害に伴って発生する流木の回収作業の迅速化・省力化を図るため, 流木の挙動を支配する力を考慮した粒子追跡法を開発した. 有明海を計算対象海域として, FVCOM の非構造格子の特性を活かして流入河川の長大な感潮河道も計算対象領域に含め, 令和元年 8 月の前線に伴う大雨時に発生した流木群の海域流出後の挙動について検討した. 計算された流木挙動は実際に回収もしくは漂着した場所と一定の一致が見られ, 本シミュレーション手法の妥当性が確認された. 今後は他の年に起こった豪雨災害によって発生した流木挙動についても本モデルを適用し, 衛星や現地での回収記録等の観測データとシミュレーション結果を比較することで, 本計算手法の改良と精度向上を行うと共に, リアルタイムでの流木挙動の予測システムの構築および社会実装に繋げていきたいと考えている.

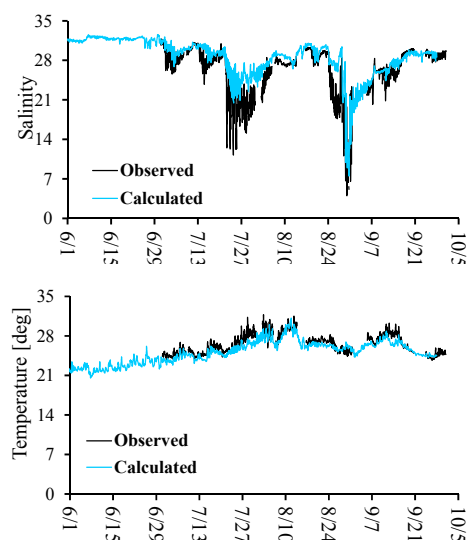


Fig.2 Sta.B6 の観測値との比較
(上:塩分 下:水温 黒:観測値 赤:計算値)

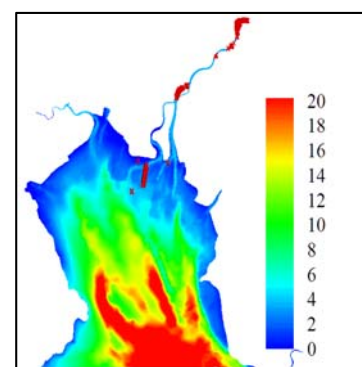


Fig.3 流木同士の衝突箇所 (図中の×印)

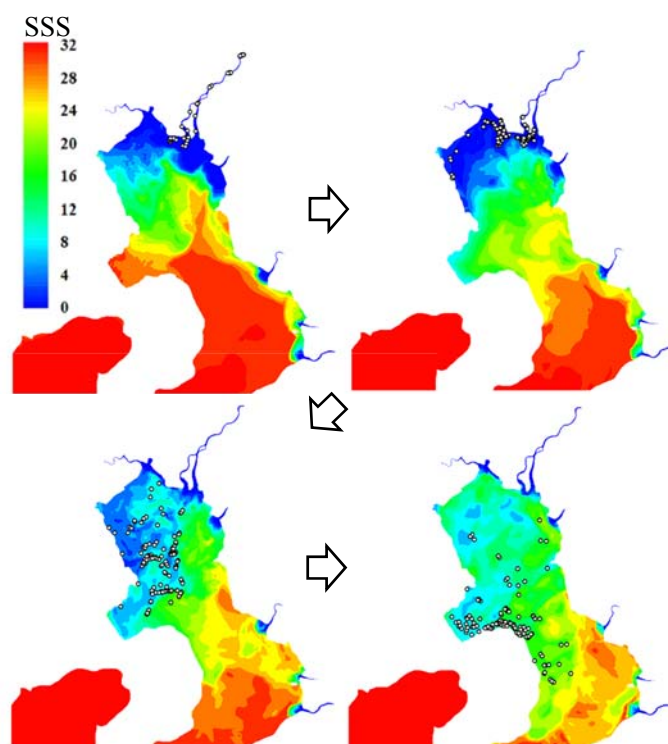


Fig.4 筑後川流量ピークに放出された粒子群の挙動
(背景のカラーコンターは海面塩分(SSS)分布)