

# 有明海における漂流物追跡調査と 高精度漂流予測シミュレーションモデルの開発

九州大学大学院 工学研究院 附属アジア防災研究センター 山城 賢

豪雨時に河川から大量の漂流物が流出  
→ 漁業、船舶航行、港や海岸保全施設の機能維持、  
生態系・海洋環境など沿岸域の多方面に甚大な影響



平成29年7月九州北部豪雨  
(2017年7月14日毎日新聞より)



令和2年7月豪雨  
(2020年7月16日西日本新聞より)



令和4年台風14号  
(2022年9月24日南日本新聞より)

筑後川並行着流堤 (2024.07.11撮影)

## 研究の背景



九州地方整備局 環境整備船「海輝」  
(国土交通省九州地方整備局HPより)



海輝の作業の様子



令和5年7月九州北部豪雨時の回収作業の様子  
(FKBオンラインより)



▲漁船が回収した漂流物の受け取り  
(国土交通省九州地方整備局HPより)

豪雨の増加  
→ 漂流物被害の増加  
回収作業は目撃情報に依存  
→ 現場到着時には既に流されて  
いる場合も多い  
(九地整へのヒアリングでは  
回収率は50%程度)

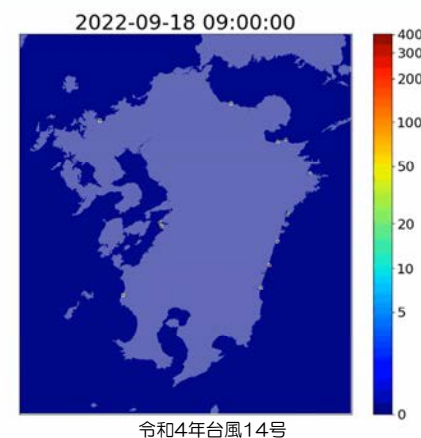
## 研究の背景

効率的な回収（漂流物被害の軽減）  
→ 高精度な漂流予測技術（シミュレーションなど）

漂流予測シミュレーション  
モデルの高精度化を継続



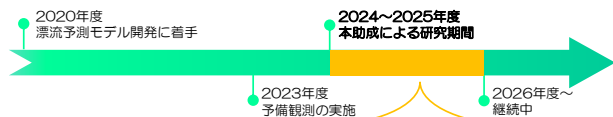
検証に十分な  
観測データが  
存在しない



## 研究の目的

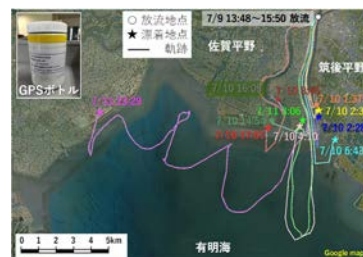
### 有明海における漂流物挙動の解明と漂流予測モデルの開発

- 漂流物追跡調査（データの蓄積、特徴の解明）
- 漂流予測モデル開発（精度検証、改良）



#### 研究スケジュール

| 実施項目        | 2024年度         | 2025年度 |
|-------------|----------------|--------|
| 漂流物追跡調査     |                |        |
| 調査計画・各種許可取得 |                |        |
| GPSボトルの作成   |                |        |
| 調査実施        | 9月以降は海苔養殖のため不可 | 実施できず  |
| 結果の整理・考察    |                |        |
| 漂流予測モデル開発   |                |        |
| 精度検証        |                |        |
| 改良          |                |        |
| 報告書作成       |                |        |

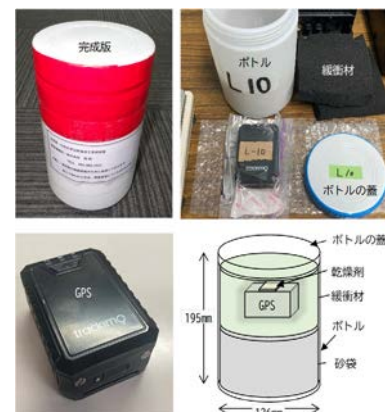


2023年度漂流物予備調査結果の例

## GPSボトル

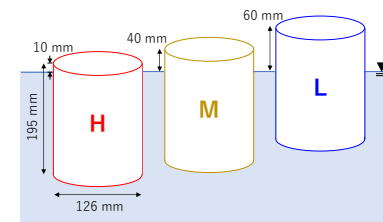
GPS: TRKM110-T

- 4G (LTE) 通信およびAGPSに対応
- 位置情報等をアプリやウェブブラウザ上で確認可能
- 測位間隔を遠隔操作により1~240分の範囲で変更可能



有明海沿岸の各漁業協同組合との協議により、放流しても漁船等に支障がない形状および寸法に決定

| 種類 | 個数 | 比率(水上/水中) | D(mm) |
|----|----|-----------|-------|
| H  | 8  | 2:37      | 10.0  |
| M  | 10 | 8:31      | 40.0  |
| L  | 10 | 4:9       | 60.0  |



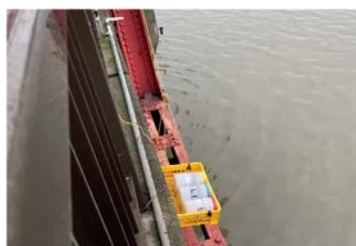
GPSボトルの浮遊状態

## 漂流物追跡調査

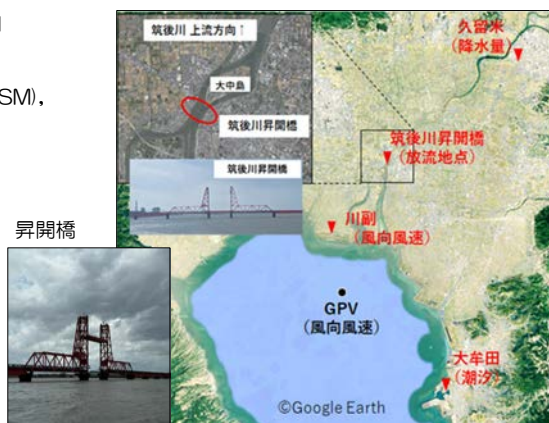
放流日: 2024年6月28日, 7月2日, 7月11日  
放流地点: 筑後川昇開橋 (河口から6.63km上流)  
気象海象データ: 降水量 (久留米, アメダス)  
風向風速 (川副, アメダス), 気象庁GPV (MSM),  
天文潮位 (大牟田, 気象庁)

#### 放流日と放流個数

|   | 6月28日 | 7月2日 | 7月11日 |
|---|-------|------|-------|
| H | 2     | 3    | 3     |
| M | 4     | 3    | 3     |
| L | 4     | 3    | 3     |



放流の様子



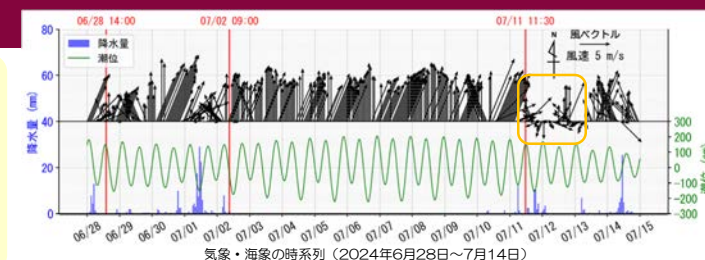
GPSボトル放流地点および気象・海象観測地点

## 漂流軌跡

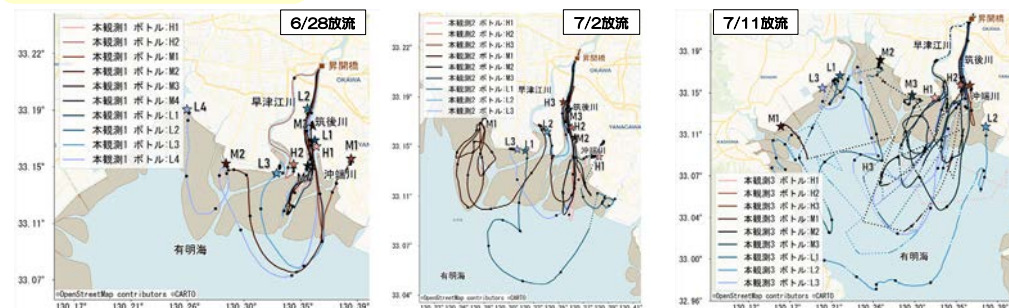
平均漂流時間

- 6/28放流: 約23時間
- 7/2放流: 約26時間
- 7/11放流: 約90時間

- 多くが河岸や河口周辺に漂着
- 滞筋を通して海域に流出する
- 潮目集積しやすい
- 稀に再漂流する

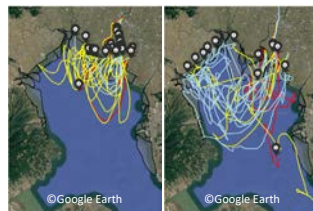


気象・海象の時系列 (2024年6月28日~7月14日)

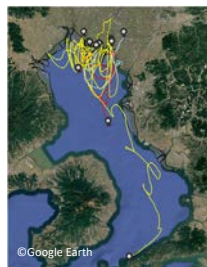


## 漂流挙動に影響する主な要因

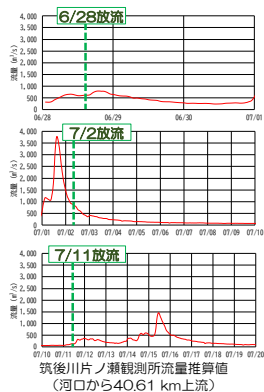
潮汐  
河川流量 \*本観測結果では不明瞭  
風(特に風向)  
漂流物の比重(海面上高さ)→風の影響  
波(質量輸送, 海浜流), 潮目など



風向の違いによる漂流軌跡  
(左図: 北風時に放流, 右図: 南風時に放流,  
赤: ボトルM, 黄: ボトルL, 青: ボトルS)



再漂流したケース



GPSボトルの比重による漂流軌跡の比較(左からボトルM, ボトルL, ボトルS).  
ピンは漂着地点もしくは最後に信号が受信された位置を示す.

## 漂流予測シミュレーション

非構造格子海洋流動モデルFVCOMを改良

風応力(土門ら(2012))

$$V_p = V_c + kU_{10} \quad \text{風応力項}$$

$$k = \left[ 0.2056 \frac{\rho_a}{\rho_w} R_A^{0.661} \right]^{1/2}$$

$$\text{投影面積比 } R_A = A_a / A_w$$

ランダムウォーク

格子スケールより小さい渦を考慮

$$X^{t+\Delta t} = X^t + V\Delta t + R\sqrt{2K_h\Delta t}$$

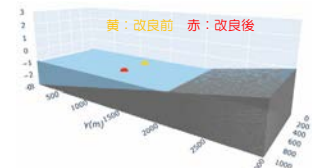
R: 正規乱数(平均値0, 標準偏差1)

$K_h$ : 海洋の水平渦拡散係数(0.2m²/s)

漂着・再漂流

漂流物の喫水より小さい水深で漂着

メッシュ外に出た粒子は直前の位置に戻す



開境界: 潮汐 (NAO.99Jb)  
海面境界: 気象庁MSMの気圧と風  
水平空間解像度は5 km, 時間間隔は1時間.  
FVCOMに外力として入力する際, 空間的  
には逆距離加重法, 時間的には線形補間に  
より内挿.

主な計算条件

| 項目             | 設定                                                                           |
|----------------|------------------------------------------------------------------------------|
| 最小格子間隔         | 150 m (有明海湾奥)                                                                |
| 最大格子間隔         | 3,000 m (開境界付近)                                                              |
| 鉛直座標           | 10層s座標 ※以下, 分割割合<br>(表層~底層: 2%, 6%, 10%, 14%,<br>18%, 18%, 14%, 10%, 6%, 2%) |
| 計算期間           | 2024年6月26日0時~7月4日0時                                                          |
| 計算時間間隔         | 外部モード: 0.05 s<br>内部モード: 0.5 s                                                |
| 初期水温, 塩分       | 15°C, 35 psu                                                                 |
| 開境界の<br>水温・塩分  | 15°C, 35 psu                                                                 |
| 河川境界の<br>水温・塩分 | 15°C, 0 psu                                                                  |

各一級河川の水位流量観測所, 流域面積(観測所での集水面積), およびモデル入力値への補正係数と遅延時間

| 河川名 | 観測所 | 流域(集水)面積 (km²) | 補正係数  | 遅延時間(h) |
|-----|-----|----------------|-------|---------|
| 六角川 | 妙見橋 | 341(95)        | 3.589 | 3       |
| 嘉瀬川 | 川上  | 368(226)       | 1.628 | 2       |
| 筑後川 | 片ノ瀬 | 2,860(1,812)   | 1.578 | 7       |
| 矢部川 | 船小屋 | 620(460)       | 1.348 | 2       |
| 菊池川 | 山鹿  | 996(586)       | 1.700 | 4       |
| 白川  | 代継橋 | 480(477)       | 1.006 | 2       |
| 緑川  | 城南  | 1,213(681)     | 1.781 | 2       |

## 精度検証

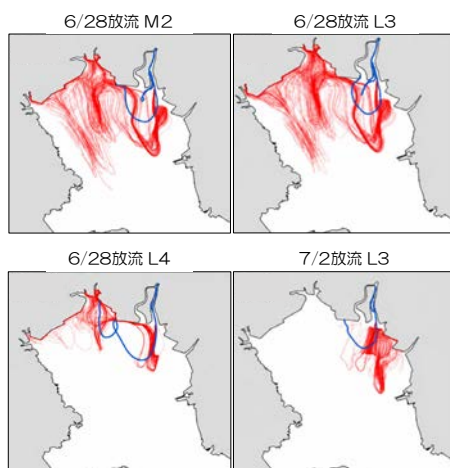
| 再現対象   |        |             |
|--------|--------|-------------|
| 観測     | GPSボトル | 流出時刻        |
| 6/28放流 | M2     | 6月28日 17:00 |
|        | L3     | 6月28日 17:00 |
|        | L4     | 6月29日 5:00  |
| 7/2放流  | L3     | 7月2日 22:00  |

\* 流出時刻: 放流した時刻ではなく,  
有明海に流出した時刻

漂流は非線形過程であり, 特定の漂流軌跡を完全に再現することは困難

ランダムウォークによる乱流拡散過程を考慮した粒子群の漂流状況と比較

シミュレーションでは, 各ボトルを模したそれぞれ100個の粒子群を河口から放出

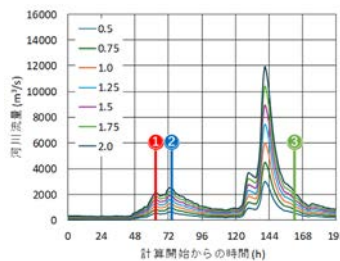


シミュレーションによる放出粒子(赤)とGPSボトル(青)の漂流軌跡の比較

漂流物の存在範囲  
や漂着の可能性が  
ある沿岸域をある  
程度予測可能

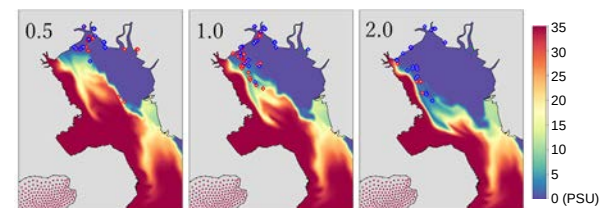
## 流出量の影響に関する検討

河川流量の影響は観測結果では不明瞭  
→ 数値シミュレーションによる検討

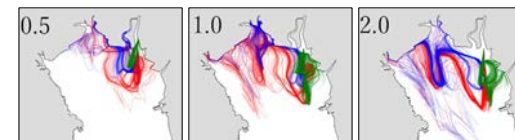


筑後川の河川流量の設定と粒子放出時刻

- 筑後川の河川流量のみ変化
- ①, ②, ③の3時刻にそれぞれ100個ずつ放出
- 粒子密度(投影面積比 $R_A$ )はボトルMの条件



河川流量のピーク直後(潮位は満潮)における塩分濃度, 左: 0.5倍, 中: 1.0倍, 右: 2.0倍, プロットの色は流量の時系列の粒子放出時刻①, ②を示す.



粒子の軌跡, 左: 0.5倍, 中: 1.0倍, 右: 2.0倍, プロットの色は上図と同様.

流出量は漂流物の存在範囲や挙動に大きく影響

