

有明・八代海の流動特性に関する研究

熊本大学工学部環境システム工学科	学生会員	○柳田 弘一
熊本大学沿岸域環境科学教育研究センター	正会員	滝川 清
アジアプランニング株式会社	正会員	田淵 幹修
熊本大学工学部環境システム工学科	正会員	田中 健路

1. はじめに

有明・八代海域では、近年の恒常的赤潮の発生、水産物生産量の激減などの問題が起こっている。この問題の要因を分析し、干潟環境の回復を図るために改善策を考えていくことが急務となっている。しかし、有明・八代海は、総面積約 230km<sup>2</sup> に及ぶ広い干潟や水深 5m 未満の広大な極浅海域、最大 6m に達する潮位差、複雑な湾や海底形状、流入河川が多く閉鎖性の高い水域であるなど、流れに影響する要因が多く、精度の高い解析は難しい状況である。本研究では、このように複雑な要因の中で、これまで殆ど検討されていない、底質の巻き上げ沈降・河川から流出する濁質・河川水・水温による水の密度差の流れに対する影響を考慮した平面 2 次元の解析法を構築し、この海域の流れを解析することで流動特性を調べた。

2. 数値解析法

2. 1 概要

本研究での数値計算方法の基礎的な部分は、滝川・田淵<sup>1)</sup>(2002) で述べているので省略する。今回は、(a) 底質の巻き上げ沈降 (b) 河川から流出する濁質 (c) 河川水の流出及び拡散を原因とする密度の差が流れに及ぼす影響を考慮した。

2. 2 底質の巻き上げ沈降による SS 濃度の計算法

水中の SS 濃度は移流及び底質の巻き上げと沈降による SS の移動量に支配される。底質の巻き上げ量及び沈降量は次式で示される。

$$\cdot \text{巻き上げ量 } q_1 = k_1(\tau - \tau_{cs}) \quad (1)$$

$$\cdot \text{沈降量 } q_2 = k_2 Cu \quad (2)$$

ここで  $\tau_{cs}$  は巻き上げに関する限界せん断応力で、せん断応力がこれより大きいときに式(1)により巻き上げが生じ、式(2)により沈降は、粒子の沈降に関する限界せん断

力  $\tau_{cs}$  より下回るときに生じるものとする。 $k_1, k_2$  は定数で実測値に基づき  $k_1 = 0.2, k_2 = 0.6$  とした。また、 $C$  : 物質輸送量、 $u$  : 沈降速度である。ここで  $\tau_{cs}$  と  $\tau_{cs}$  は次のように表される。

$$\tau_{cs} = 6.5(1-w)^{1.6} \quad [Pa] \quad (3)$$

$$\tau_{cs} = 1.5 \{ 2\mu(\rho_p - \rho_w)gu \}^{1/2} \quad (4)$$

ここで、 $\mu$  : 水の分子粘性係数、 $\rho_p$  : 粒子密度  
 $\rho_w$  : 水の密度、 $w$  : 底質の含水比である。

粒子の沈降速度  $u$  において stokes の式を用いると

$$u = \frac{d^2(\rho_p / \rho_w - 1)}{18\nu} \quad (5)$$

$$\mu : 1.167 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{s} / \text{m}^2 \quad \rho_p : 2550 \text{ kg} / \text{m}^3$$

$$\nu : \text{動粘性係数 } 1.146 \times 10^{-6} \text{ m}^2 / \text{s}$$

$$\rho_w : 1000 \text{ kg} / \text{m}^3 \quad d : \text{粒子の直径}$$

なお、ここでは濁質の粒度分布を 3 分割して、3 個の代表粒径について計算する 3 粒子モデルを用いる。

2. 3 濁質、塩分及び水温の移流拡散

濁質 (SS) や塩分などの物質  $C$  の移流拡散は、次の物質保存則に従う (ここでは 1 次元で示す)。

$$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(CU) = \frac{\partial}{\partial x} \left( K \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \lambda C \quad (6)$$

$U$  : 断面平均流速  $K$  : 拡散係数

$\lambda$  : 物質の発生するとき正、減衰するとき負

SS 濃度の場合には式(5)の右辺第 2 項は  $(q_1 - q_2)/h$  とおく。また  $K$  は移流分散係数で、Elder の式を変形した次式を用いる。

$$K = C_i \times (5.86 + 0.068) h \sqrt{g} \times nR^{-1/6} |U| \quad (7)$$

## 2. 4 巻き上げ・沈降モデルの1次元解析による検証

前述の巻き上げ・沈降モデルの妥当性を確かめるため、筑後川の支流、山の井川で得られたCL濃度及びSS濃度の実測値<sup>2)</sup>を用いた検証結果を図-1～図-3に示す。いずれの図においても、計算結果を実線で、実測結果をマーカーで示している。これらの図より、CLおよびSS濃度の計算結果は比較的実測値とよく合っていることが分かり、2次元流動モデルへの組み込みに適用可能であると考えられる。

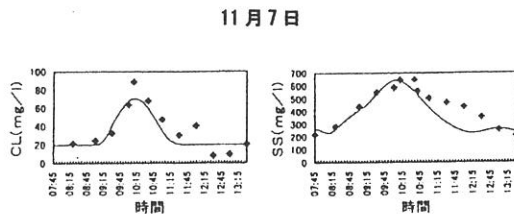


図-1 : CL濃度とSS濃度の経時変化(11月7日)

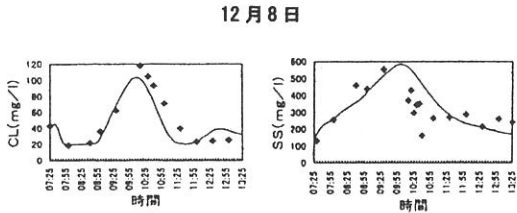


図-1 : CL濃度とSS濃度の経時変化(12月8日)

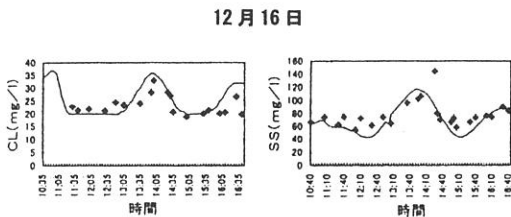


図-1 : CL濃度とSS濃度の経時変化(12月16日)

## 3. 有明海の潮流場の計算

前節で示した方法を基に、有明海全域での2次元流動場の解析を行った。河川からの流出流量は一級河川について豊水時流量を与えた。図-4、図-5に有明海の上潮、下潮最盛期の流向流速分布を示す。図中の等値線は水深を表している。上潮、下潮ともに湾口から島原沿岸にか

けての比較的水深が大きい領域では、流速が1m/sを超えていることが示されている。一方、熊本県沿岸域、諫早湾内、湾奥部などの極浅海域においては、流速が小さいことがわかる。また、下げ潮最盛期においては、筑後川河口域は、河川からの流入による影響が反映されている様子が伺える。このような、河川からの出水に伴う、SSの流入、温度・密度場の拡散については、講演時に紹介する。

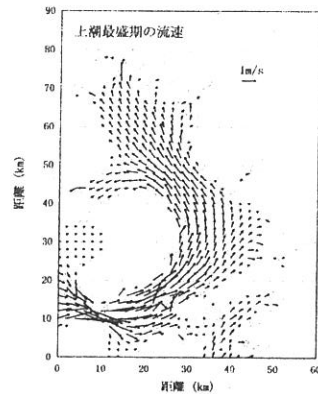


図-4 : 上潮最盛期の流速分布

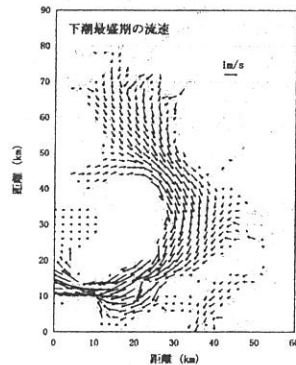


図-5 : 下潮最盛期の流速分布

## <参考文献>

- 1) 滝川清、田渕幹修 (2002) : 有明海の潮汐変動特性と沿岸構造物の影響、海岸工学論文集、49、pp1061-1065
- 2) 田中欽也 (1997) : 浮泥の巻き上げ沈降特性について、熊本大学工学部環境システム工学科卒業論文