

密度場を考慮した流動モデル POM の改良と 有明・八代海への適応

矢北孝一：環境建設技術系

(1) 研究の目的

近年、有明海を含めた各地の沿岸域において、貧酸素水塊や赤潮発生の増加・大規模化等の環境変動に関する諸問題が顕在化し、現地調査に基づく底生生物・潮流・物質循環等の研究、水理実験・数値解析による研究、水質及び底質改善対策等が進められている。

その中で、干潟域が発達した海域での三次元流動特性の解明を目的に、POM (Princeton Ocean model) を改良し干潟域の干出・冠水等を考慮した事例が報告され、その特性が明らかになりつつある。しかし、干潟域を含めた沿岸域は、複雑な海底地形変化、潮汐の影響、さらに河川流入等に起因する密度成層の形成、気象等多岐に渡り、それらが複雑に絡み合う場であることから、全てを網羅した解析が実施されていない現状にある。

本研究では、干潟域を含む閉鎖性海域での流動・水質モデルを構築し、有明・八代海での物質循環の解明を最終目的としている。ここでは、いままで十分な再現性が得られていない、干潟の干出・冠水の再現及び淡水の流入に伴う密度場を考慮した三次元流動解析を目的に、POM に干潟域での冠水時の連続性、速度の空間勾配での片側差分の改良を行った。この手法を干潟域モデルでの解析を通して有明・八代海へ適応し、実測値との比較検討を行った。

(2) 研究の内容：本研究では、下記に示す改良と流動解析を実施した。

①干潟が冠水する場合、対象セルの x 、 y 方向の水深と流速から対象セルの水深を POM の二次元の連続式より算出し、算出水深を長波の運動方程式に代入し対象セルの流速を算出した。また水温と塩分は、周辺セルの平均値を対象セルに与えた。②隣接するセルの干出の有無によって、差分方程式を 2 次精度中央差分又は 1 次精度片側差分かを判断し、速度勾配を算出するように改良し粘性係数の算出を行った。③干潟域モデルの計算条件は、表-1 に示すように設定し、干潟域は 1/1000 勾配で変化させた。左境界では、正弦波の潮位変動を与え、海水温、塩分濃度は、初期値を計算ステップ毎に与え、淡水を $x=25\text{km}$ 、 $y=10\text{km}$ の位置から定常量 $10\text{m}^3/\text{sec}$ を表層より与え、14 日間の計算を実施した。④有明・八代海の計算期間は、2007 年 6 月の 30 日間とした。計算条件のモデル湾との変更点を表-2 に示し、初期水深、河川・大浦験潮所位置を図-1 に示した。南・西側境界からの潮位変動は、国立天文台で開発された NA0.99b を使用し、原点位置での 2007 年の 1 時間毎の潮位変動より最小二乗法より主要 4 分潮を求め、両境界より計算ステップ毎に与えた。また筑後川には、日平均流量を時間ステップ毎の変動値として与え、それ以外の河川では年平均流出量とした。なお助走期間を 1 日、コリオリ力は考慮し風向風速・日射等の影響は無視した。

(3) 主要な結論

①モデル湾の計算開始後 14 日目の上げ潮最強時の水深と平均流速ベクトルを図-2 に示す。図より、汀線位置の移動が確認でき、水深が浅くなる水際付近で異常な流速値はない。
②密度場を評価するため図-3 に平面図、図-4 に $y=10\text{km}$ での x 方向縦断の計算結果を示す。図-4 より、上げ潮時の乱れが著しい状況により、塩分濃度分布による密度差の影響が消滅

し、密度流の強混合型を再現していると考えられる。

③図-5 に、6月22日～30日までの大浦験潮所での実測と解析の潮位変動を示す。図より両者には若干の位相と潮位差が確認できるが、解析値の潮位変動は小潮から大潮への傾向を示している。また、図-6 に、図-1 に示した P1 地点表層付近の M₂ 調の観測値と解析値の潮流楕円を比較したものを示す。図より、計算値が観測値より小さいが、潮流楕円の方向及び大きさ等の傾向は一致しており、開境界での振幅の調整を実施していないことを考慮すると計算値の潮位変動の再現性は良好と考えられる。

④図-7(a), (b) に、6月28日干潮時における表・底層付近での密度の空間分布を示す。図では、表層と底層での密度分布を明確に示しており、干潮時に河川河口付近から密度の軽い河水が表層より海域へ流出している状況が再現されている。

以上より、干潟域を有する有明・八代海での密度場を考慮した流動解析の可能性を示すことができた。

(4) 主要な結論に至る図表等

表-1 モデル湾計算条件

計算領域	25km×20km
格子幅	400m×400m
格子数	63×51×14
鉛直層数	13
水温・塩分値	海水: 28°C, 34psu 淡水: 20°C, 5psu
境界波高・周期	2m, 12hr
計算ステップ	外部: 1秒 内部: 10秒
干潟判定水深	0.20m
最低水深	0.01m

表-2 有明・八代海計算条件

計算領域	90km×140km
格子数	225×350×14
水温・塩分値	海水: 28°C, 34psu 淡水: 25°C, 10psu
境界波高・周期	主要4分潮

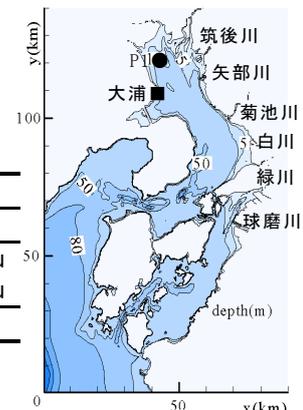


図-1 計算領域と水深分布

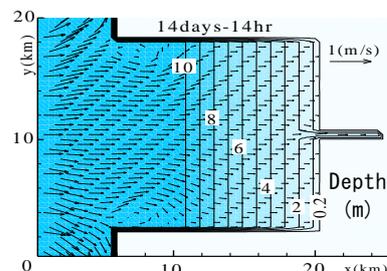


図-2 水深と平均流速ベクトル

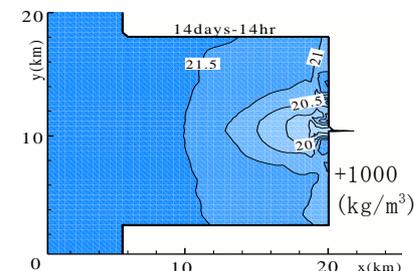


図-3 密度の平面分布

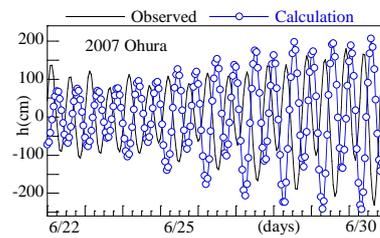
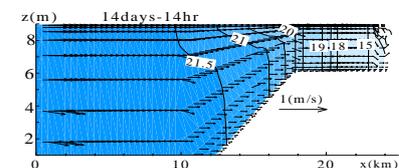


図-5 潮位変動の比較

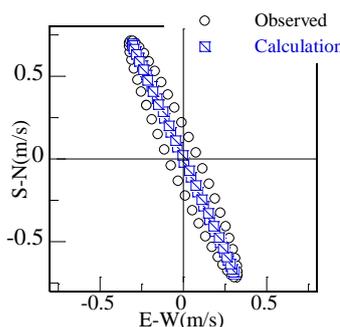
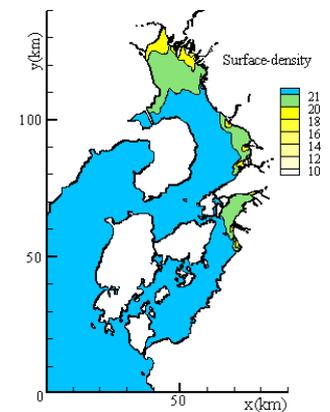
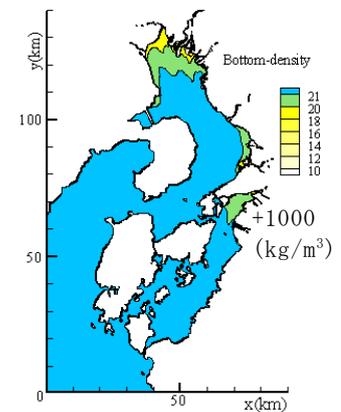


図-6 潮流楕円の比較



(a) 表層付近



(b) 底層付近

図-7 密度の平面分布

- ・1 実施期間 平成 23 年 1 月～平成 23 年 3 月
- ・2 業務内容 概要の原案，プログラム変更，数値計算，データ処理及び考察を実施

図-4 密度の縦断分布と流速ベクトル