

鳥取大学大学院工学研究科 学生会員○山田康弘

鳥取大学大学院工学研究科 正会員 矢島 啓

鳥取大学連合農学研究科 正会員 増木新吾

松江土建株式会社 環境部 非会員 戸島邦哲

1. はじめに

東京湾奥部に位置する千葉港周辺では、夏季にしばしば貧酸素水塊の湧昇による青潮が発生する¹⁾。青潮は生物への悪影響、悪臭、漁業被害を引き起こすため、問題となっている。現在千葉中央港地先では貧酸素化を回避し、湾内の水質・底質の保全を目的として、底層部に高濃度溶存酸素水を供給するためのシステム(水底質浄化装置)が設置されている²⁾。このシステムの水質改善効果を評価するために、吐出する高濃度酸素水の拡散範囲を把握することが必要となっている。本研究では高濃度酸素水の拡散範囲の推定の足掛かりとして、水底質浄化装置の設置場所における現地調査と数値シミュレーションにより現地の流況評価を試みた。

2. 現地調査の概要

千葉港千葉中央港地先の水底質浄化装置設置場所にて、2011年7月15日～8月22日までの間に多項目水質計及び流向流速計による長期連続観測を行った。現地は潜堤を境として岸壁部分とビーチ部分の2つにより構成され、最深部は水深約5mとなっている。図1中のSt.0～St.4の4地点に表1に示す各センサーを設置した。St.0ではADCP流速計(RD Instruments社製ワークホース)、ドップラー流速計(Nortek社製vector)、多項目水質計(Hydrolab社製DS-5X)により流向・流速、水温・塩分、DOを測定し、St.1では電磁流速計(JFEアドバンテック社製infinity-EM)により流向・流速を測定した。またSt.2ではサーミスターチェーン(Star-Oddi社製DST milli)と水位計(Onset社製HOBO U20)により水温の鉛直分布と水位を測定した。St.3ではドップラー流速計(Nortek社製vector)と多項目水質計(Hydrolab社製MS5)により流向・流速と水温、塩分、DOを測定した。St.4では電磁流速計(JFEアドバンテック社製infinity-EM)により流向・流速を観測した。観測結果は数値計算の再現性の検討に用いるものとした。

3. 数値計算の概要

数値計算は西オーストラリア大学 Centre for Water Research で開発された3次元水理モデルELCOMを用いて、作成した東京湾全域におけるモデル(東京湾モデル)と千葉港中央港におけるモデル(千葉港モデル)の2つのモデルを対象とした数値シミュレーションを行った。数値計算は東京湾モデルにおける千葉港周辺の数値

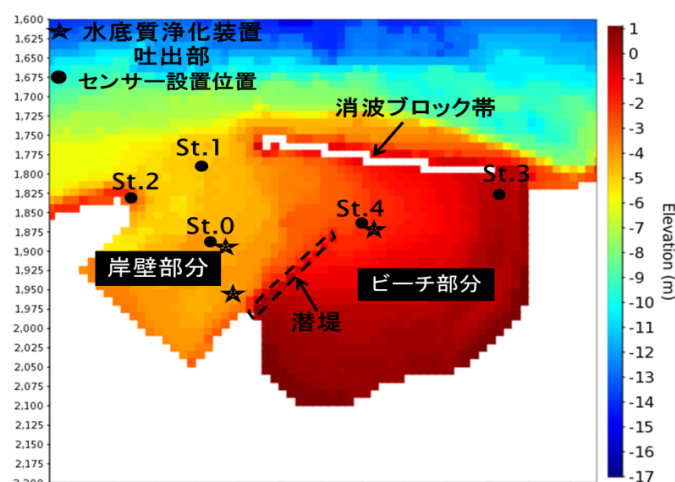


図1 現地概要及びセンサー設置位置図

表1 調査項目・使用機材一覧

設置地点	調査項目	使用機材と設置位置	設置期間
St.0 (WEP吐出部)	流向・流速	ADCP(水底+80cmから50cm層厚)	7/15～8/22
		ドップラー流速計(水底+80cm)	
	DO,水温,塩分	多項目水質計(水底+25cm,+50cm)	
St.1(ビーチ入口)	流向・流速	電磁流向流速計(表層-50cm)	7/15～7/16
St.2 (岸壁北端部)	水位	水位計	7/16～8/22
	水温	サーミスターチェーン(水底から50cm毎)	
St.3 (港内東堤防付け根付近)	流向・流速	ドップラー流速計(水底)	7/16～7/17 8/2～8/22 (流速計は8/14まで)
	DO,水温,塩分	多項目水質計(水底)	
St.4(潜堤先端)	流向・流速	電磁流向流速計(水底+30cm)	8/2～8/22

計算結果(水温・塩分の鉛直プロファイル)を千葉港モデルの境界、初期条件として開境界及び図2に示す a, b, c 点に適用(ネスティング)することで行うこととした(図2)。

東京湾モデルは計算期間を 2011 年 7 月 1 日～8 月 31 日として計算を行った。流入河川として東京湾に注ぐ鶴見川, 荒川, 多摩川, 江戸川, 小櫃川の計 5 河川を考慮し, 各流入量は線形貯留関数法で算出し与えた。算出の際には東京湾沿岸の測候所及びアメ

ダス観測地点(海老名, 府中, 八王子, 木更津, 鴻巣, 青梅, 相模原中央, さいたま, 坂畑, 鋸南,

江戸川臨海, 千葉, 秩父, 東京, 牛久, 横浜, 寄居, 小河南)計 18 地点の雨量データを平均化して用いた。また, 湾口境界の水温・塩分の鉛直分布に日本海洋データセンター(JODC)より北緯 34°～35°, 東経 139°～140°における月別平均統計値(水深 0m～200m)を用いた。境界水位には気象庁潮位観測所である布良の潮位データを用いた。東京湾モデルにおける気象条件として東京湾周辺のアメダス観測地点及び東京管区气象台(東京, 江戸川臨海, 船橋, 千葉, 木更津)の計 6 地点の観測値(風向・風速, 気温, 湿度, 雨量, 日射, 気圧)を平均化したものを用いた。ただし風速データに関しては五十嵐らの研究³⁾を参考に上記 6 地点の風速データを平均化したものを 2.07 倍して用いた。

千葉港モデルは計算期間を 2011 年 8 月 12 日～8 月 25 日として数値計算を行った。開境界における潮位に千葉港の南西沖約 5km に位置する千葉灯標での潮位観測値を与えた。また境界・初期条件には東京湾モデルで得られた水温・塩分の鉛直分布を与えた。気象条件として銚子地方气象台の千葉測候所における観測値(風向・風速, 気温, 湿度, 雨量, 日射, 気圧)を与えた。千葉港における流れの数値シミュレーションは現地の基本的な流れの把握, 流れが風から受ける影響の程度を確かめるため, 風有りの場合と風無しの場合について検討を行った。

4. 数値計算の再現性の検討

千葉港モデルにおける流況評価を行にあたり, まずモデルの再現性の検討を行った。流況評価は千葉港において行うが, 千葉港モデルには東京湾モデルの計算値を用いていることからまず東京湾モデルの再現性の検討を行った。検討は, 東京湾モデルの計算結果と東京湾の水質モニタリングポスト(浦安沖, 千葉波浪観測塔, 千葉港口一号灯標)における水温・塩分の実測値とモデル内の同地点(図2に順に示す A, B, C 点)における水温・塩分の計算値を比較することで行った。図3にその比較の例を示す。3 地点の水温に関する決定係数は

平均で 0.71 程度(最小 0.44～最大 0.83)と相関の高い結果となったが, 塩分に関しては 3 地点とも一致しなかった。原因として付着物による実測値自体の観測精度の不良と境界・初期条件に用いたデータの精度不足が考

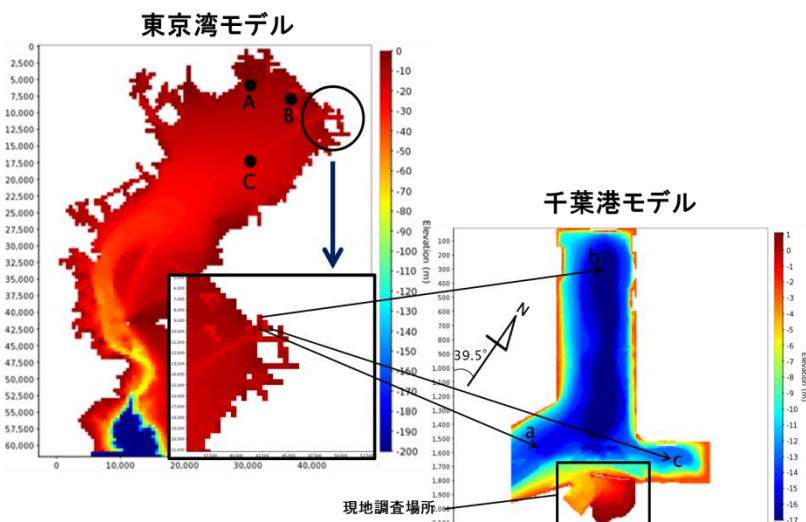


図2 千葉港モデルネスティング方法イメージ

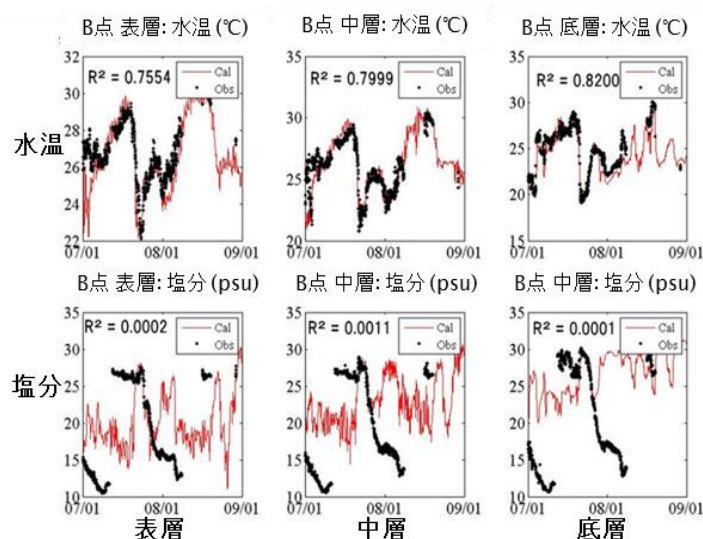


図3 東京湾モデルの再現性の検討例(千葉波浪観測塔)

えられたため計算精度の検討が困難と判断した。現地観測では St.0(図 1 参照)で数日間(特に 7 月 20 日～24 日), 比較的低温, 高塩分, 低 DO 状態が観測され, 北東風による東京湾または千葉港周辺の底層部から貧酸素水塊の湧昇が発生したと考えられる(図 4)。この湧昇の現象がモデルでも再現されているのかを確認することで検討を行った。図 5 は東京湾モデルにおける 7 月 20 日～22 日の表層及び底層の塩分濃度及び流れの状況(図 5 中のベクトル)を表している。この期間, 北東風が連続して吹いており, 表層の水は湾口方向へ, 底層の水は湾奥方向へ移動し, 北東風が吹き始めて 2 日後には湾奥表層の塩分濃度が上昇している。以上から, 湾奥に押しやられた底層の水塊が湾奥部表層まで湧昇していることがモデルからも確認できる。したがって東京湾モデルは塩分の定量的な一致はないもののこの低温, 高塩分の状態は再現されており, モデルによって実現象の概略的な再現はできていると考えられる。

次に千葉港モデルにおける St.0 での現地観測結果と比較した。千葉港モデルの計算結果と観測結果は水温・塩分, 流向・流速とも明確な一致は確認できなかった。しかしながら千葉港モデルにおいても現地観測での低温, 高塩分の状態は再現されており, 概略的な再現性は有しているのではないかと考えられた。ただし, ここで千葉港モデルの結果についての図は省略している。

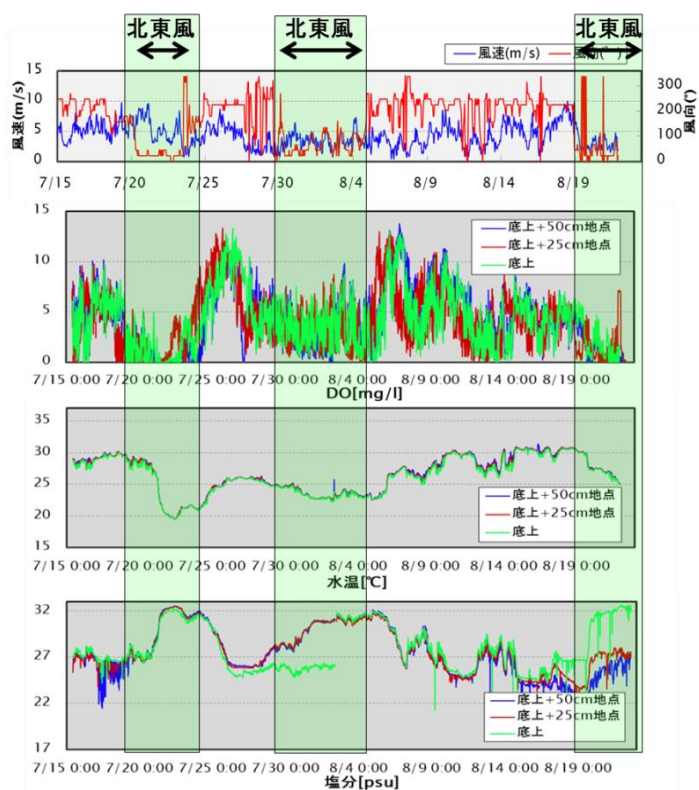


図 4 St.0 における現地観測結果(DO, 水温, 塩分)

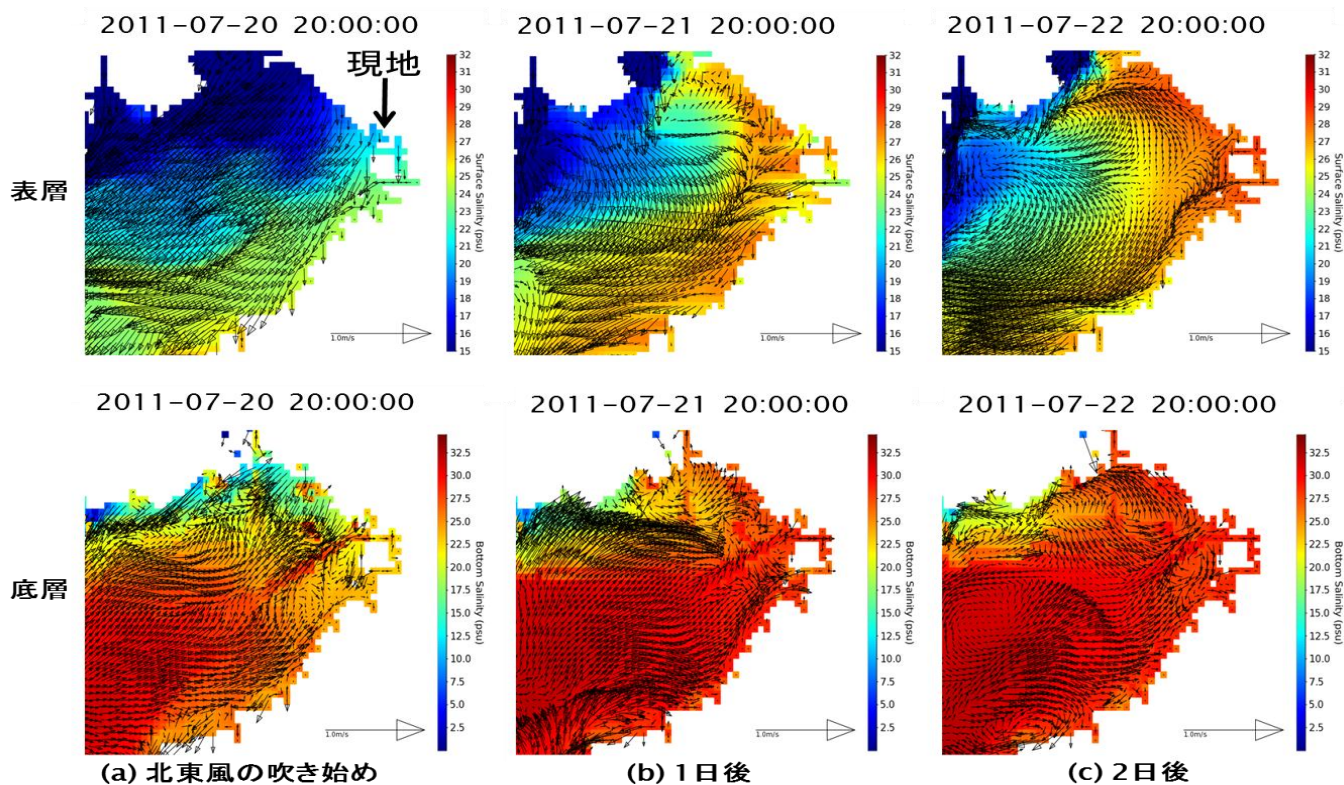


図 5 北東風時における東京湾奥部表層・底層の塩分濃度及び流れの状況(東京湾モデル)

5. 現地の流況評価

現地の流況評価は千葉港モデルの数値シミュレーションにより風無しケースと風有りケースを比較して行った。風無しのケースにおいて、上げ潮時、港内に流入した流れは岸壁部と潜堤奥の2つに分かれどちらも時計回りの流れ(図中赤矢印)が生じることが確認できた(図6 上段)。一方、下げ潮時においては下げ初めは岸壁部から流出が生じ、下げが本格化するにしたがって潜堤奥部からの消波ブロック帯に沿って流出する流れが確認できた(図6 下段)。図7、図8に風有りケースにおける流れの様子を示す。図中左上が表層、左下が底層の流れ、右下にメッシュ毎に鉛直平均した流れを示している。風有りの場合においても上げ潮、下げ潮時は風無し時と同様な時計回り、反時計回りの流れを確認することができた。また表層水は風速が約3m/s以上になると潮汐に関わらず風向に追従して流れが生じることがわかった。また風速が7m/s以上となると、潜堤奥のビーチ部分では水深に関係なく風の影響を受け、規則的な流れは確認できなくなった。現地の風有り時における流れは、風無し時同様の流れを示す傾向にあるが、風の影響を受けて時々刻々変化するものと考えられた。

6. 結論

現地調査とシミュレーションにより、現地は貧酸素水塊の湧昇を受ける場所であることが確認された。また数値シミュレーションで風無しケースと風有ケースを比較することで、現地の基本的な流れを把握することができた。しかし現時点で数値計算の精度は良いとは言えず、今回は現地のおおまかな流況の把握にとどまった。今後は初期・境界条件に用いるデータの精度向上や、適用方法についても工夫することでより詳細に流れの把握を行い、同時にDO水の拡散範囲についても関連付ける必要がある。

参考文献

- 1) 窪村聡子, 和田明:東京湾奥部に発生する青潮について, 土木学会関東支部技術研究発表会概要集, 第28巻, pp.304-305, 2001.
- 2) 松江土建株式会社ホームページ, <http://www.matue-doken.co.jp/wep-news/achievements.html>, (2012年4月現在).
- 3) 五十嵐学, 中山恵介:東京湾における季節特性を考慮した湾内流動の再現計算, 海洋開発論文集, 第22巻, pp.829-834, 2006.

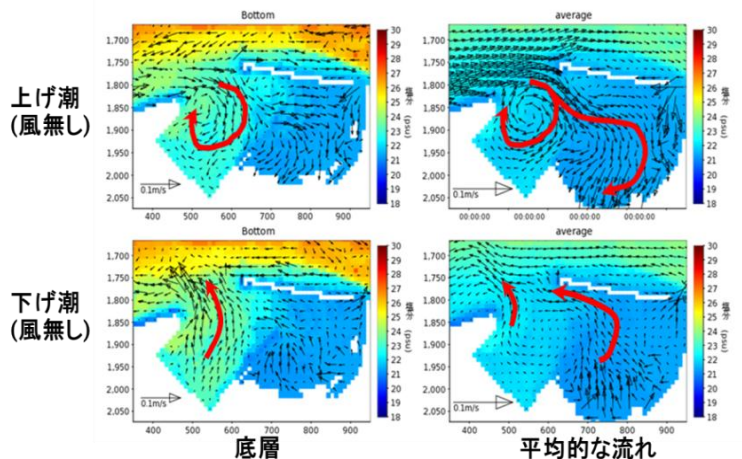


図6 千葉港モデルにおける底層部の流れと平均的な流れの様子(風無しケース)

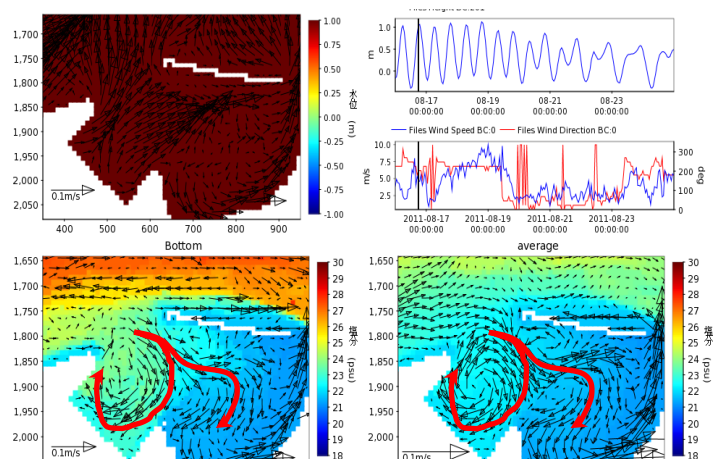


図7 千葉港モデルにおける上げ潮時の表層・底層の流れと平均的な流れの様子(風有りケース)

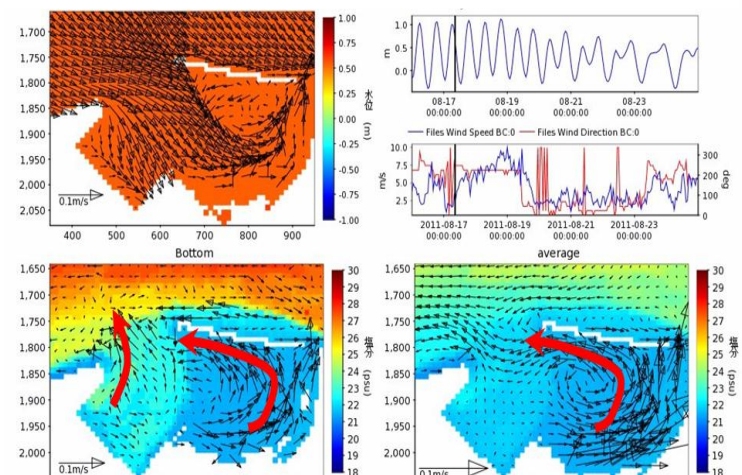


図8 千葉港モデルにおける下げ潮時の表層・底層の流れと平均的な流れの様子(風有りケース)