

大阪湾北部港湾域内における下層水の残留率についての数値計算

大阪大学大学院 学生員 ○窪田勇輝
国土交通省 正会員 佐々木昇平

大阪大学大学院 正会員 入江政安
大阪大学大学院 正会員 西田修三
大阪大学大学院 フェロー 中辻啓二

1. はじめに

大阪湾北東部港湾域は、埋立てや防波堤の建設により、閉鎖性が強く、水交換の悪い水域となっている。この海域では、夏季には貧酸素水塊が発生し、湾全体へと広がる。大阪湾の水質を改善するうえでも、大阪湾の貧酸素化を軽減することは重要である。これまで著者らは尼崎西宮芦屋港での貧酸素化を研究対象にしてきたが、運河を介して接続する神戸港でも貧酸素水塊が見られることから、神戸港と一体的に捉えることが必要であると考えられる。そこで本報では、数値シミュレーションを用いて尼崎西宮芦屋港および神戸港における貧酸素水塊の移流・拡散量の検討を行うために、下層水の残留率について解析を行った。

2. 尼崎西宮芦屋港および神戸港の下層水の残留率

数値解析は3次元流動モデル POM を用いて行った。計算対象領域は図-1に示すように大阪湾全域の計算メッシュを設定した。北部港湾域の流動構造をより正確に表現するために、場所に応じて格子サイズを変化させた。境界位置は播磨灘東部と紀伊水道北部とし、主な計算条件は表-1に示すとおりである。流動の再現性についてはこれまでの研究により、概ね良好であることが分かっている。

貧酸素水塊を想定して、尼崎西宮芦屋港と神戸港の下層(各位置において3割水深以深)のそれぞれに拡散物質を設け(図-2)、各港湾域における下層水の残留率を求める。また、港内の流動の影響についてのみ論じるため、生物化学的な変化は考慮していない。計算条件に関して、夏季については表-1の値、冬季については代表的な値(日射量: $0 \sim 250 \text{ W/m}^2$, 気温: $15 \sim 25$, 無風, 淀川流量: $250.0 \text{ m}^3/\text{s}$, 流入水温: 20.0 , 流入塩分 15.0 psu)を用いた。計算期間は港内の流動と密度場が安定するために必要な15日間の初期計算を含めた30日間とし、15日目にそれぞれの港湾域に拡散物質(濃度 1.0 mg/l)を設定した。夏季と冬季の尼崎西宮芦屋港内および神戸港における下層残留率と上層の増加率(15日間)を、図-3に示す。ただし、 P_0 は港内下層の初期総量、 $P(t)$ は時刻 t に下層に存在する総量、 $P'(t)$ は時刻 t に上層に存在する総量とし、下層の残留率を $P(t)/P_0$ 、上層の増加率を $P'(t)/P_0$ と定義している。尼崎西宮芦屋港において、夏季の下層の残存量は、開始1日後には70%(冬季: 70%)、5日目には25%(同17%)となり、15日目には4%(同4%)であった。

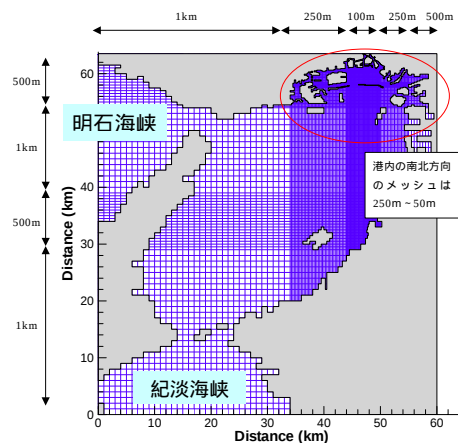


図-1 計算対象領域

表-1 流動モデルの計算条件

初期条件	
格子数	東西方向: 164, 南北方向: 145, 鉛直方向: 20層
格子間隔	沖側: 1km, 港奥側: 50m
差分時間間隔	外部モード: 0.8s, 内部モード: 24s
計算時間	30日間
コリオリパラメータ	$8.2606 \times 10^{-5} \text{ rad/s}$
水温分布	表層: 29.0 , 底層: 24.0
塩分分布	表層: 29.0 psu , 底層: 34.0 psu
日射量	代表的な夏季の日射量の日変動 ($0 \sim 400 \text{ W/m}^2$)
気温	代表的な夏季の気温の日変動 ($22 \sim 32$)
風	無風
境界条件	
潮位	主要6分潮 ($K_1, O_1, M_2, S_2, M_4, MS_4$)
河川	淀川の流量: $322.1 \text{ m}^3/\text{s}$
	大和川の流量: $33.7 \text{ m}^3/\text{s}$
	流入水温: 28.0
	流入塩分: 20.0 psu

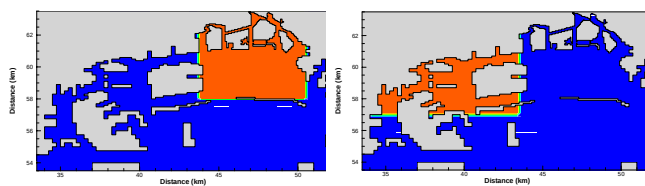


図-2 拡散物質の初期濃度分布

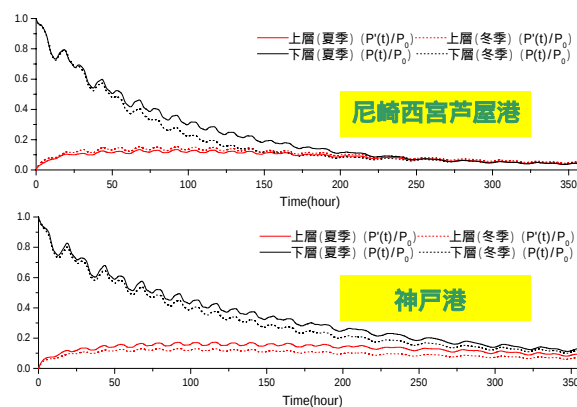


図-3 下層残留率と上層増加率

キーワード 大阪湾, 港湾域, 貧酸素水塊, 海水交換, 数値シミュレーション

連絡先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1 大阪大学大学院工学研究科地球総合工学専攻 TEL06-6879-7605

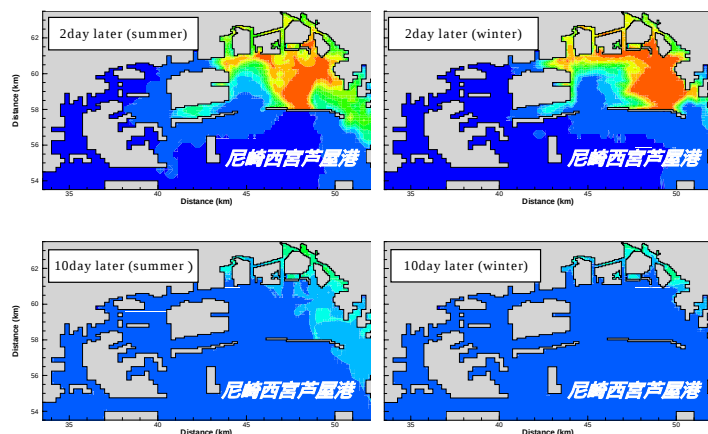
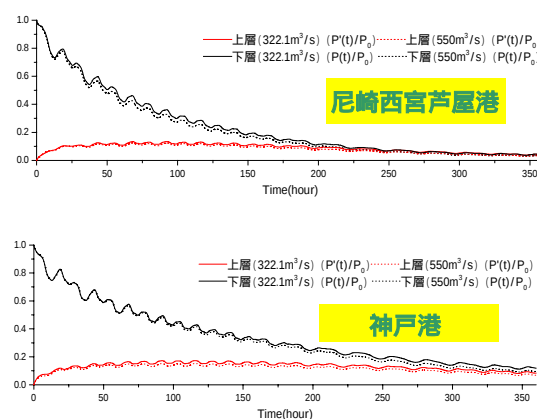


図-4 底層における拡散物質の水平分布

図-5 下層残留率と上層増加率
(淀川流量 550.0 m³/s の場合)

一方、上層の増加量は開始1日後が10%(冬季:12%)、5日目に11%(同13%)、15日後には4%(同5%)と算出された。冬季は夏季に比べ下層の残存率の低下が速く、また上層への輸送量も増加していることが分かる。これは密度成層が弱まり鉛直混合が進むためだと考えられる。神戸港の下層水の移流・拡散についての計算結果では、下層の残存率は尼崎西宮芦屋港と同様、冬季のほうが減少は速いが上層の増加量は夏季のほうが速く、また大きい。夏季の下層の残存量は、開始1日後には73%(冬季:71%)、5日目には39%(同34%)となり、15日後には12%(同11%)であった。一方、上層の増加量は開始1日後が15%(冬季:10%)、5日目に19%(同12%)、15日後は8%(同6%)と算出された。以上から、海水交換能について両港とも夏季よりも冬季のほうがよいが、神戸港は尼崎西宮芦屋港よりも悪いことが分かる。また、尼崎西宮芦屋港における下層の拡散物質の平面分布(開始から2日後、10日後)をそれぞれ図-4に示す。尼崎西宮芦屋港において、開始から2日後には南部開口部から北に2kmまでの水域で濃度が著しく低下しており、この開口部付近の海水交換が大きいことが分かる。これまでの貧酸素水塊現地調査の結果同様、南部開口部付近の貧酸素水塊の解消が早く、海水交換による港外水からの酸素供給が貧酸素水塊の解消に大きく関わってくることが分かる。また、2日後、10日後ともに夏季は冬季に比べて東部開口部から港外へ輸送される量が多いことが分かる。これは淀川からの出水の影響で海水交換が活発になされているためである。しかしながら、人工島背後では10日後でも高い値を示している。これは夏季において慢性的に貧酸素水塊が発生している場所と一致している。特に夏季において下層水が神戸港へと広がっていく様子がうかがえる。これより、夏季には尼崎西宮芦屋港内の貧酸素水塊が接続部を通じて神戸港に広がり、神戸港の水質に影響を及ぼしているものと考えられる。

3. 下層水の残留率に及ぼす河川流量の影響

下層水の交換に及ぼす河川の影響について考察を行った。ここでは、淀川からの河川流入の増減が下層水残留率へ及ぼす影響を評価する。基本的な計算条件は代表的な夏季を想定したものをを用いた。淀川流量は夏季の平均流量である 322.1 m³/s に対し、550.0 m³/s のケースの計算を行った。尼崎西宮芦屋港内および神戸港で淀川流量を変化させた場合の下層残留率と上層の増加率(15日間)を、それぞれ図-5に示す。尼崎西宮芦屋港において、流量を 550.0 m³/s に増やした計算では下層水の残留率の低下が見られた。5日後の残留率は約20%であった。次に、神戸港においても尼崎西宮芦屋港と同様、550.0 m³/s に増やしたケースでは下層水の残留率の低下が見られた。5日後の残留率は約36%であった。これらの原因は流量増加によるエスチュアリー循環の増大があげられる。

4. まとめ

本報では大阪湾北部港湾域における下層水残留率についての数値解析を行った。尼崎西宮芦屋港と神戸港の両港において海水交換能は夏季よりも冬季のほうがよく、神戸港の海水交換能は夏季、冬季ともに尼崎西宮芦屋港よりも悪いことが分かった。夏季においては尼崎西宮芦屋港の下層水は神戸港にまで運ばれ、神戸港の水質に影響を及ぼしているものと推察される。また、両港とも淀川流量が増えると海水交換能がよくなることが分かった。

<参考文献> 川西澄; 広島湾北部海域の流動構造と海水交換特性, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.1041-1045, 1999