

第Ⅱ部門

防波堤の開口が大阪湾北部港湾域の静穏性と水質に及ぼす影響

大阪大学工学部 学生会員 ○出口 博之
 大阪大学大学院工研究科 学生会員 稲垣 翔太
 大阪大学大学院工研究科 正会員 中谷 祐介

1. はじめに

大阪湾奥部には人工島や防波堤の造成に伴う閉鎖性の強化による水質悪化が問題となっている地点が複数存在する。本研究では、このような高閉鎖性海域の海水交換機能改善の手段として防波堤の開口を提案し、これが港内の静穏性と港湾域の水質に及ぼす影響を数値シミュレーションにより評価した。大阪湾北部港湾域(図-1)を対象領域として、静穏性の評価指標として有義波高、水質の評価指標として底層溶存酸素濃度に着目し、防波堤開口の影響を評価した。

2. 大阪湾奥部の貧酸素化

夏季の大阪湾奥部では、成層が発達することで海水の鉛直混合が抑制され、上層から下層への酸素の供給が不足する。毎年7月から9月にかけて、大阪湾奥部底層の広い範囲で、溶存酸素濃度が水生生物の生存に必要とされている3 mg/l以下の貧酸素水塊が発生している。

3. モデルの再現性

本研究では、流動モデルとしてSCHISM¹⁾を用い、これに波浪モデルWWMIII²⁾および水質モデルICM³⁾を組み込んで数値シミュレーションを行った。SCHISMでは水平方向の分割に非構造格子を用いることができるため、湾奥部の複雑な地形を再現できる。水平解像度は湾奥部で約100 m、沖合で約1000 mとした。また、タイムステップは100 sに設定し、助走計算として2017年1月から7月、本計算として8月から9月の計算を行った。

WWMIIIは第3世代波浪モデルの1つであり、風からのエネルギー供給、4波共鳴相互作用、3波共鳴相互作用および砕波と底面摩擦によるエネルギー損失を考慮している。本研究では、境界条件として波のエネルギーは与えず、計算領域を広く設定し十分に吹送距離を確保することで波浪の再現を試みた。波の発達を再現するにあたって風の時空間分布を考慮する必要があることから、風速の入力データにはMSM-GPVの値を用いた。

水質計算では、植物プランクトン、炭素、窒素、リン、

シリカおよび溶存酸素を状態変数として扱った。炭素、窒素およびリンは易分解性懸濁態、難分解性懸濁態および溶存態に分け、シリカは湾内に十分な量が存在すると仮定して計算を行った。

現況地形(防波堤未開口)でのシミュレーション結果を用いてこれらのモデルの再現性を確認した。図-3に2017年7月30日から9月27日の60日間の神戸港波浪観測塔(図-1)における有義波高を示す。観測値(図-3、赤線)が0.3 m以下の平常時の波浪の再現性に課題が残るものの、有義波高の時間変化の主なピークは捉えられている。

図-4に同期間の同地点における溶存酸素濃度の変動を示す。8月は1か月を通して底層が貧酸素化しており、9月から溶存酸素濃度が徐々に回復していく様子が概ね再現されている。

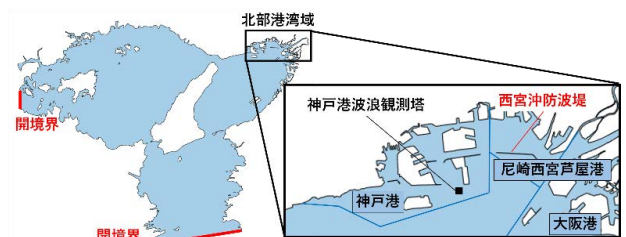


図-1 計算領域

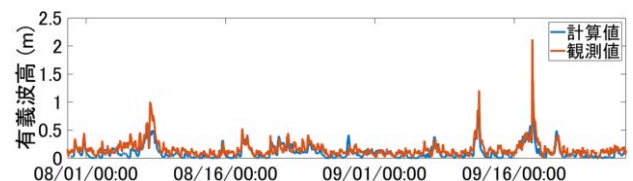
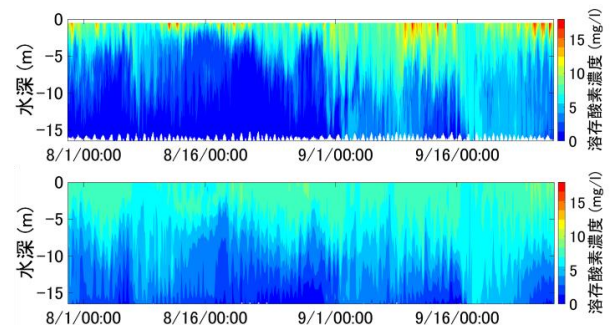


図-2 神戸港波浪観測塔における有義波高

図-3 神戸港波浪観測塔における溶存酸素濃度
(上：観測値、下：計算値)

4. 防波堤の開口が静穏性に及ぼす影響

北部港湾域に造成されている全長約 4000 m の西宮沖防波堤を 1200 m の幅で開口した地形（図-4）で数値シミュレーションを行った。図-5 に 2017 年 7 月 30 日から 9 月 27 日の鳴尾浜臨海公園および深江浜町（図-4）における有義波高の計算結果を示す。防波堤背後の東側に位置する鳴尾浜臨海公園においては、平常時は両地形ともに有義波高が荷役可能目安の 0.5 m 以上になることはほとんどないが、台風 18 号が襲来した 9 月 17 日時点では現況地形での計算値（図-5、青線）が 0.6 m であるのに対し、防波堤開口地形での計算値（図-5、赤線）が 1.1 m であった。一方、防波堤背後の西側に位置する深江浜町においては、現況地形での計算値と防波堤開口地形での計算値がすべての時点ではほぼ一致する結果となった。大阪湾は楕円形をしており、その長軸方向の吹送距離が長くなることから、南西から伝わる波が発達しやすい。そのため、防波堤の開口により、波が開口部を通過し北東方向に進行することで、防波堤背後の東側の有義波高が大きくなったと考えられる。防波堤の開口は平常時の静穏性にはあまり影響しないが、台風接近時などは防波堤背後の東側の安全性を極端に低下させることが示唆された。

5. 防波堤の開口が水質に及ぼす影響

図-6 に底層溶存酸素濃度の 30 日間時間平均値（2017 年 7 月 30 日から 8 月 28 日）の差を示す。防波堤の開口により、開口部を中心に溶存酸素濃度が上昇していることがわかる。図-7 に溶存酸素濃度の変化が顕著にみられる地点 A（図-6）における溶存酸素濃度の差を示す。図より、ほとんどすべての時間帯で水深 5 m 以下の溶存酸素濃度が上昇する様子がみられる。また、上層の値がやや低下していることから、防波堤の開口により、開口部を通過する方向に流速が発生し海水が鉛直混合している可能性が考えられる。しかし、この地点においても底層で貧酸素水塊が発生する日数は本計算期間の 60 日のうち 1 日しか減少しなかったため、防波堤の開口は夏季に北部港湾域の広い範囲でみられる貧酸素水塊の完全な解消には及ばないといえる。

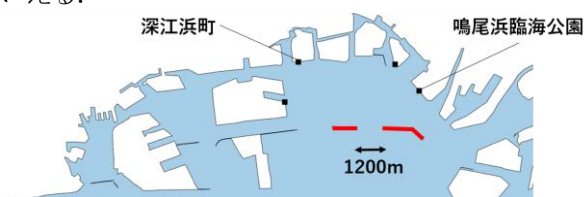


図-4 現況の地形と開口後の地形

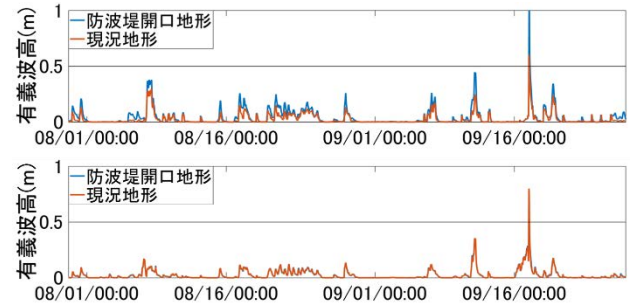


図-5 防波堤背後における有義波高
（上：鳴尾浜臨海公園，下：深江浜町）

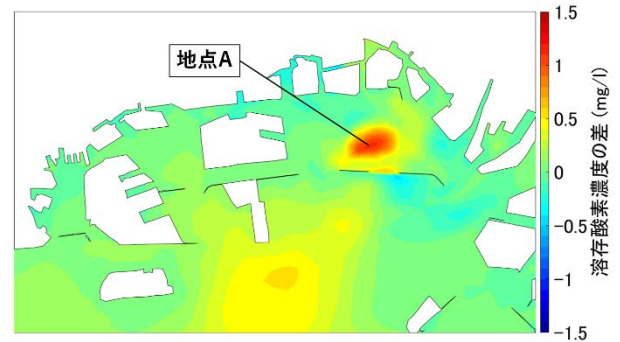


図-6 8月の底層溶存酸素濃度の平均値の差
（（防波堤開口地形）-（現況地形））

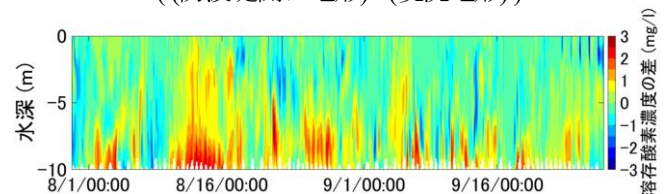


図-7 地点Aにおける溶存酸素濃度の差
（（防波堤開口地形）-（現況地形））

6. まとめ

西宮沖防波堤を 1200 m の幅で開口した場合、平常時の有義波高に大きな変化は生じないが、防波堤背後の東側の防災機能は著しく低下することが示唆された。一方で、底層溶存酸素濃度が上昇したことから、防波堤の開口は貧酸素化の解消に対して一定の効果があることがわかった。

謝辞

本研究成果は大阪大学サイバーメディアセンターの大規模計算機システムを利用して得られたものであり、記して謝意を表する。

参考文献

- 1) SCHISM development teams (<http://ccrm.vims.edu/schismweb/>)
- 2) Aron Roland : Entwicklung von WWM II, Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft Technische Universität Darmstadt, Heft 146
- 3) Carl F Cerco and Thomas Cole : Three Dimensional Eutrophication Model of Chesapeake Bay