

強閉鎖性海域の貧酸素水塊の動態

*藤井智康（奈良教育大・教育）・駒井幸雄（大阪工大・工）・藤原建紀（京大・院）

1. はじめに

湾奥部の港湾水域は、市民の最も身近な親水空間“里海”となっている。このような水域では、しばしば赤潮が起き、またときには無酸素水が湧昇し、青潮が発生し、悪臭を放つこともある。このような港湾水域の貧酸素・無酸素水塊について、現状では有効な発生防止対策がないのが現状である。そこで、本研究では、港湾規模の強閉鎖性海域で発生する貧酸素水塊対策に関連し、現地観測を実施し、強閉鎖性海域の貧酸素化機構やその動態について検討した。

2. 現地調査および解析

現地調査は、大阪湾奥部に位置する新西宮ヨットハーバー（以下 YH と称す）で実施した（図-1）。

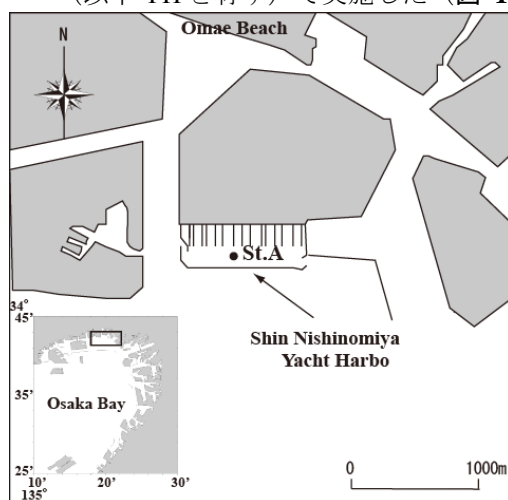


図-1 調査地点

(1) 水質調査

2009年5月下旬から12月初旬まで、図-1に示すYH内のSt. A (34° 42' 30" N, 135° 19' 47" E)で月2回程度行った。また、2009年11月12日～13日には、同地点で1時間間隔の24時間調査を実施した。クロロテックにより、水温、塩分、DO、pH、濁度、クロロフィルの鉛直分布を0.1m間隔で測定した。また、バンドーン採水器により表層から海底直上1mまで1m間隔で多層採水を行った。採水試料は、DIN (NO₂-N, NO₃-N, NH₄-N), TP, PO₄-P, TNおよび全アルカリ度の分析を行った。

(2) 水温連続観測

YH内 (St. A) の海底より水深1mごとにメモリー水温計 (Onset 社製ホボウォーターテンププロ H20-001, 精度: ±0.2°C) を設置し、10分間隔で水温連続観測を行った。観測期間は、2008年11月20日～28日である。

(3) 二酸化炭素の解析

貧酸素水塊中では、酸素消費にともなって二酸化炭素 (CO₂) が生成され蓄積されていた (藤原, 2010)。CO₂系の各項目の値は、pHと全アルカリ度から計算で求める方法である。計算式はCDIAC (Carbon Dioxide Information Analysis Center) が提供するCO₂SYS (Lewis & Wallace, 1998) を用いた。

計算で求めた表面海水の二酸化炭素分圧 (pCO₂) と大気中の二酸化炭素分圧 (380 μatm) の差 (ΔpCO₂) が正のとき (ΔpCO₂ > 0)、海水から大気へのCO₂の放出、負のとき (ΔpCO₂ < 0) を、吸収とした。

3. 調査結果

(1) 水質の季節変化

St. Aにおける塩分、DO、PO₄-P、およびNH₄-Nの2009年の季節変化を図-2に示す。

塩分躍層は6月中旬から発達し、7月中旬に最も強くなった後、8月下旬から9月上旬にかけて弱くなった。水深が約9mのSt. Aにおいて、5月下旬の時点で水深3m以深でDOが3mg/l以下の貧酸素状態であり、6月初旬には水深7m以深でDOが1mg/l以下となった。成層の発達に伴い、貧酸素層は上方に拡大し、8月には水深3m以深でDOが3mg/l以下となった。貧酸素層の深度に季節変化はあっても、少なくとも11月まで貧酸素状態は継続していた。また、10月下旬から11月にかけては、中層に貧酸素水塊が形成されていた。

(2) 水温変動

風速の北方成分と水温の変動を図-3に示す。

YH内では、大阪湾上の風による吹送に伴って、躍層深度が変動した。防波堤に囲まれた強閉鎖性海域であるYH内のSt. Aでは、2008年11月24日～25日にかけての北風の連吹 (北方風速が-4m/s) により、水温躍層付近の水深3～4m (海底上6～7m付近) の水塊が、水面付近まで湧昇した。

(3) 大阪湾の風の特徴

躍層の形成および貧酸素水塊の形成が顕著な夏季から秋季にかけての神戸港の風配図を図-4に示す。夏季 (6～8月) では、南西風が卓越し、大阪湾の沖方向から湾奥部への風が顕著であった。また、秋季 (9～11月) では、北北東風が卓越し、湾奥部から沖方向への風が顕著であった。大阪湾では、夏季と秋季で卓越風向が異なっていた。

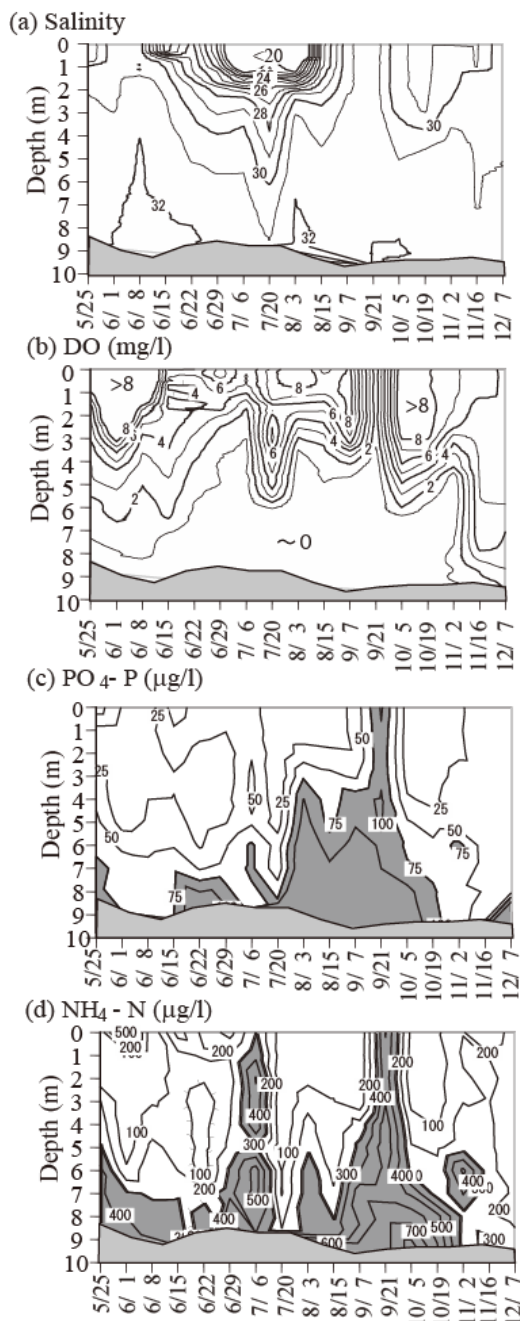


図-2 YH内 (St. A)における水質の季節変化 (2009年)

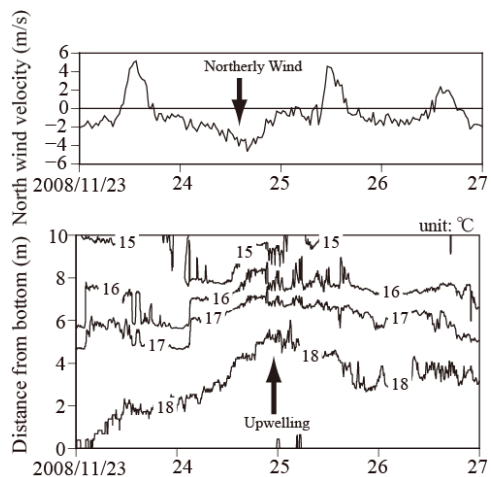


図-3 YH内 (St. A)の北方風速 (北風が負)と水温変動 (2008年11月23日~26日)

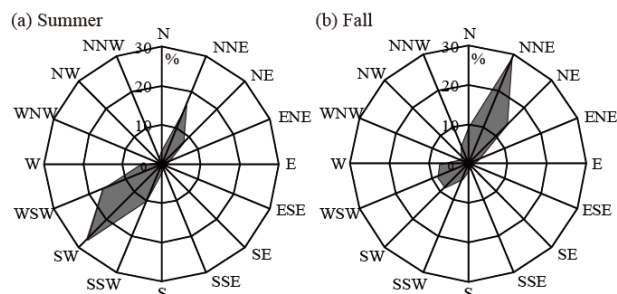


図-4 神戸港における風配図
(a) 夏季6~8月, (b) 秋季9~11月
(統計期間:2004~2009年)

4. 考察

(1) 成層の発達と DO・栄養塩濃度の季節変化

貧酸素水塊が形成されている底層では、 $\text{NH}_4\text{-N}$ や $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が高くなっていった。一方、DOが過飽和となっている表層では濃度が低くなっていった (図-2)。このことは、防波堤で囲まれた強閉鎖性海域では、直接の水質汚濁源がなくとも、底層では、貧酸素化の進行に伴い、底質からの溶出と有機物分解で $\text{NH}_4\text{-N}$ が生じ、底層のみならず上層に拡大し、植物プランクトンに利用され、次の再生生産に利用されていることが推察される。また、9月21日の一時的な底層水の表層への湧昇 (図-2)の要因については、9月18日から日本南岸には停滞前線があり、その南を台風14号が東進したことによって、大阪湾では北東風が連吹していた。そのため、大阪湾奥部では、下層水の湧昇が生じ、底層水が表層まで持ち上げられたと推察される。

(2) 風による吹送と貧酸素水塊の動態

図-3に示す、2008年11月25日の北風の連吹に伴う底層水の水面への湧昇は、図-5に示すように、大阪湾上を北風が連吹することにより、上層水は、湾奥部より沖方向に流出し、逆に下層水は湾奥部に寄せられ、上昇する。そのため、YH内 (St. A)には、大阪湾の下層水が防波堤の間を通過して密度流として流入し、YH内の底層水を持ち上げる。つまり、大阪湾上の風による吹送と強閉鎖性海域内の貧酸素水塊の動態とは連動している。成層後期の9~11月にあたるYH内 (St. A)では、大阪湾上の北北東の風の卓越により、沿岸部では貧酸素水塊が湧昇しやすい条件となっていた。

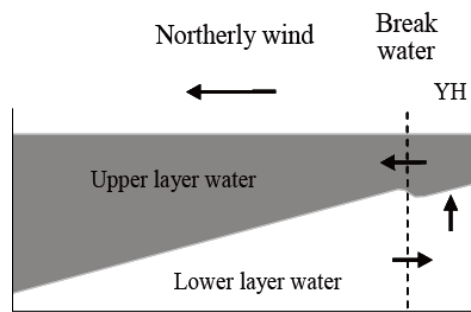


図-5 大阪湾上の北風の連吹と躍層面の変動