

# 埋立地・掘込航路等と貧酸素化の関係についての研究

藤井智康

奈良教育大学 教育学部 准教授

## 1. はじめに

大阪湾や東京湾は、閉鎖性の強い内湾であり、高度経済成長期以後の埋立により大きな地形変化が生じている。この地形変化は、埋立地の周辺海域や港内海域の流況に大きな変化を生じさせている。港湾規模では、埋立によって作られた複雑な水路状地形によって多くの停滞性の水域（よどみ地形）が作られるために海水交換や物質循環に大きな変化が生じ、栄養塩や DO（溶存酸素）等が変化し、貧酸素水塊の形成を複雑にしていると考えられる。また、下水処理場の多くは埋立地に立地し、水路状海域に処理水が排水されている。

これまでの発表者らの調査結果により、大阪湾奥部における貧酸素・無酸素水塊の多くは、港湾域内の「窪地」にできていることが明らかになった。ただ、下水処理排水が流入する海域では「窪地」以外でも底層の貧酸素化がみられた。これまでの国、県あるいは各試験場の調査では、湾奥部の水路内の調査地点が少ないために、水路内の貧酸素水塊の分布や形成過程はよくわかっていない。

本研究では埋立地周辺の水路内や停滞性の強い港湾域において、短い測定地点間隔で調査を行い、港湾域内の貧酸素水塊の分布と形成過程の場所的な違いを明らかにした。

## 2. 研究方法

埋立地周辺及び水路内の貧酸素水塊の分布と形成過程を明らかにするために、水路あるいは港内において、地形規模にあった多数の地点（数 100 m 間隔の短い測点間隔）を設定した調査を行った。大阪湾内の港湾海域の堺浜 14 か所、尼崎港 19 か所、神戸港 25 か所の計 58 か所で現地調査を行った。本報告では、堺浜における調査結果について報告する。調査地点を図 1 に示す。

各調査地点では、直読式総合水質計 AAQ-177（JFE アドバンテック社製）を用い、水温、塩分、DO（溶存酸素）、クロロフィル蛍光、pH の鉛直分布を水深 0.1 m 間隔で測定した。調査は、2014 年 8 月 4 日、9 月 26 日、11 月 17 日、12 月 8 日の計 4 回実施した。

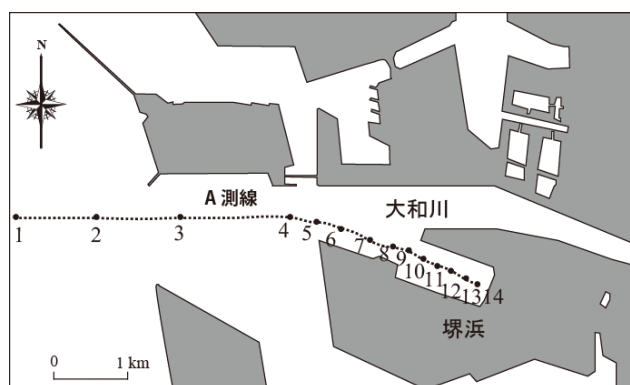


図 1 堺浜における貧酸素水塊分布調査地点。  
S1→S14（図中は S を省略した。）

### 3. 調査結果及び考察

堺浜における DO, 水温, 塩分の分布を図 2~図 4 にそれぞれ示す. 堺浜には深掘り跡 (窪地) があり, 窪地の平均水深は 12.7 m, 最深部水深は約 17 m である. 夏季から秋季には, この窪地に密度の大きい, 冷水塊が滞留している (図 3(a), (b)). また, この海域は大和川河口に位置し, 河川水流入により, 水深 4~5m 付近に塩分躍層がみられる (図 4).

#### (a) 貧酸素水塊の分布

8月4日および9月26日には, 水深 2 m 以深に DO が 3 mg/L 以下の貧酸素水塊がみられ, 窪地内の水深 10 m 以深に無酸素水塊がみられた (図 2(a), (b)). 11月17日では, 貧酸素水塊が上下 2 つに分かれ, 上方の中心は水深 10m に上昇し, 中層貧酸素水塊となっていた. 一方, 下方の DO は依然として 3 mg/L を下回っていた (図 2(c)). 12月8日では, 窪地内の停滞水塊が消滅し, DO が 3 mg/L を下回る水塊は確認されなかったが, 窪地内は沖側よりも DO が低かった (図 2(d)).

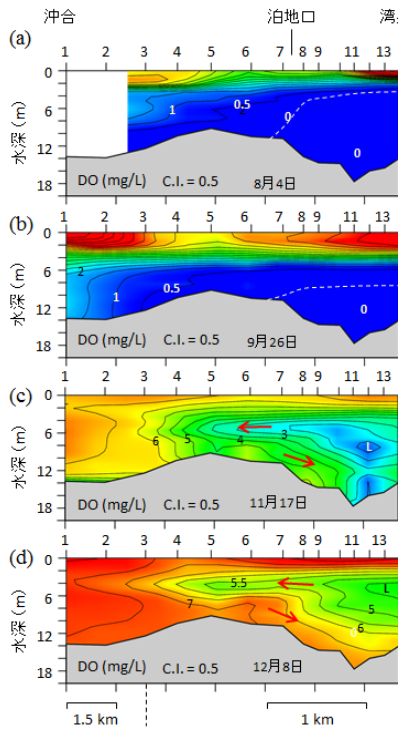


図 2 DO の分布.

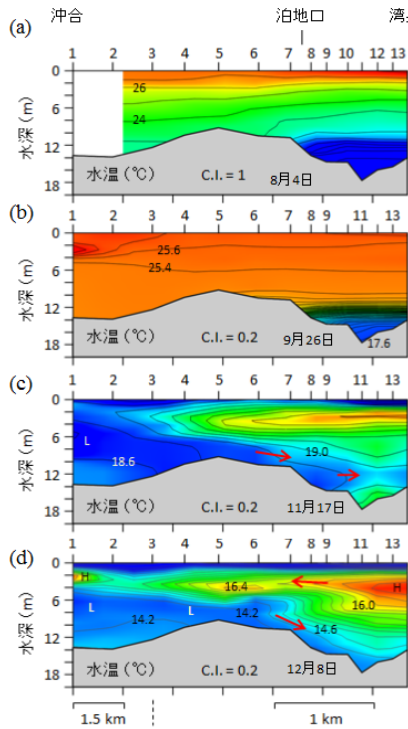


図 3 水温の分布.

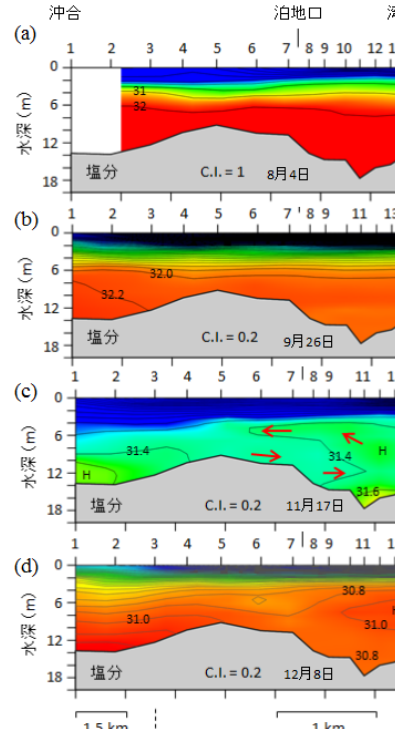


図 4 塩分の分布.

#### (b) 堺浜における沖合水の進入と中層貧酸素水塊

中層貧酸素水塊がみられた 11月17日の塩分, 水温, DO, 密度  $\sigma_t$  の縦断分布を図 5 に, St.S6 及び S11 (窪地の最深点) における鉛直分布を図 6 にそれぞれ示す. 11月17日では, 塩分については, 沖合水と窪地内水で大きな差異は見られなかったが, 水温については, 窪地内よりも沖合水の水温が低かった. そのため, 低水温の重い沖合海水が窪地内の水深 12 m 層に流入している (図 5(b)). このとき, 窪地内の St.S11 では, 中層 (水深約 8 m) の塩分が水深 12 m 層よりも高く, 沖合水の進入により窪地内水が持ち上げられたことを示している (図 5(a)). つまり, 沖合水の進入によって, 窪地内の貧酸素水塊は持ち上げられ, 中層上部を通り, 沖合に向かって拡がって

いる。ただし、流出の途中で希釈され、DOは上昇している(図5(c))。窪地外のSt.S6と、窪地内のSt.S11での鉛直分布も、上記の沖合水の進入と中層貧酸素水塊を示している(図6)。

11月17日にみられたような沖合水の海底面に沿った進入は、沖合中層水の密度が増加するとき(降温期)にはしばしば起きており、中層貧酸素水塊が何回も作られていた(図7)。つまり、降温期には沖合水の進入進度が深く、窪地内に流入し、窪地内にあった無酸素水は持ち上げられ、中層貧酸素水塊になって沖合に出ていく。これが数回繰り返されて、貧酸素水塊がなくなっていた。

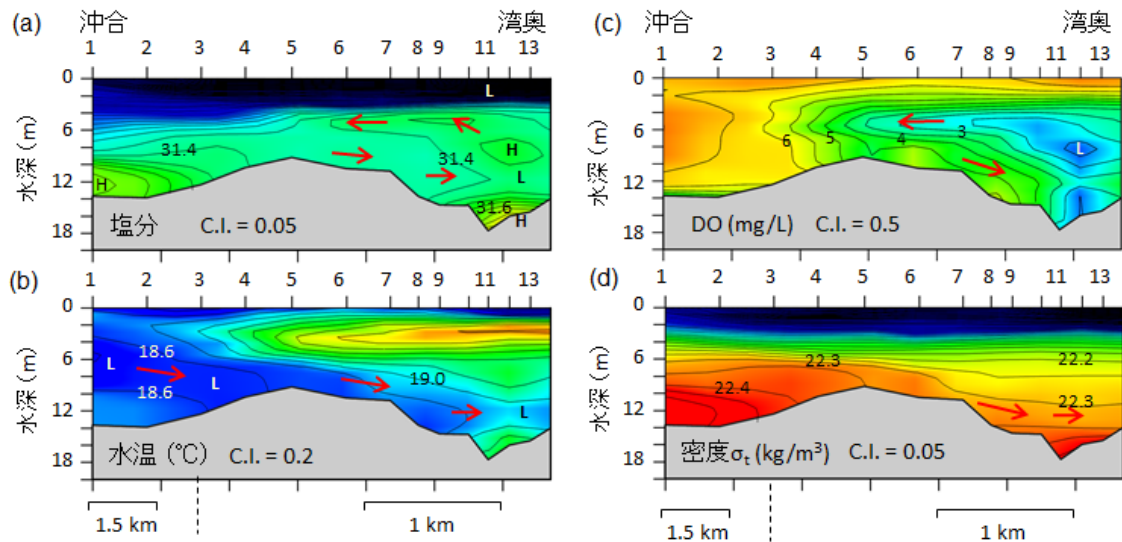


図5 塩分、水温、DO、密度 $\sigma_t$ の分布。  
2014年11月17日。

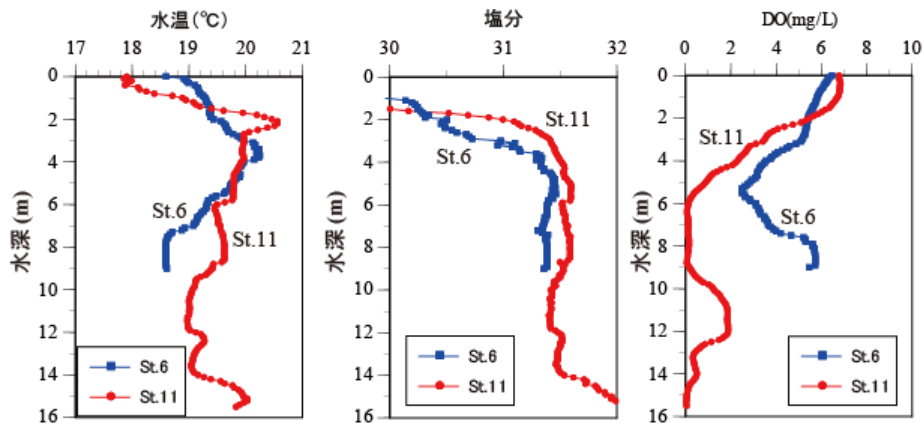


図6 St.6及びSt.11における水温・塩分・DO  
の鉛直分布(2014年11月17日)。

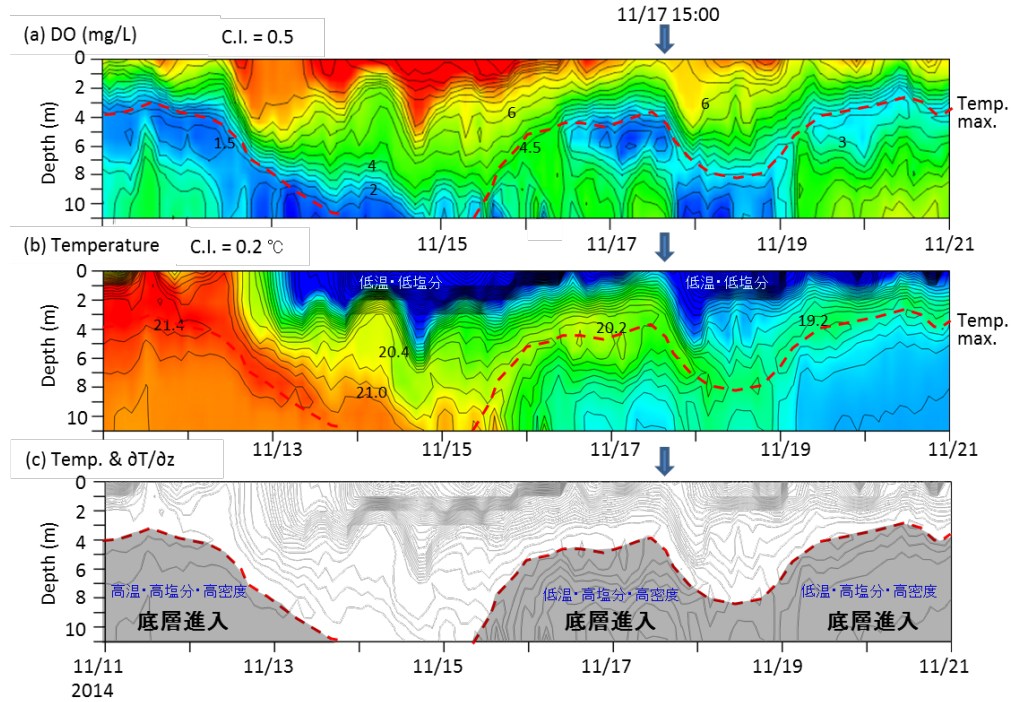


図 7 堺浜における DO，水温の鉛直分布の時間変化。  
 (a)DO, (b) 水温, (c)赤点線は水温最大線，陰影部は水温の鉛直勾配 ( $\delta T/\delta z$ ) が正の領域，つまり上方ほど暖かい領域．水深 11 m までのデータであり，窪地内（水深 12 m 以深）の水質は測定されていない．

#### 4. まとめ

海底地形に対応した詳細な貧酸素水塊分布調査により，貧酸素水塊は窪地や水路末端にできていることが明らかになった．堺浜のような河口域に位置し，河川の淡水流入の影響を強く受け，一年にわたって塩分成層した海域の貧酸素水塊の発生・消滅機構を模式化し図 8 に示す．岸近くの海域の中底層には，水平的な流れ（エスチュアリー循環流）によって沖合海域から熱・酸素等が運ばれている．沖合中層水の密度が減少するとき（昇温期）には，浅いエスチュアリー循環流となり，岸近くの底層の貧酸素化が進む（図 8(a)）．一方，沖合中層水の密度が増加するとき（降温期）には，深いエスチュアリー循環流となり，岸近くの底層の貧酸素水塊は解消に向かう．この貧酸素水塊解消時には，中層貧酸素水塊が何回も作られている（図 8(b)）．

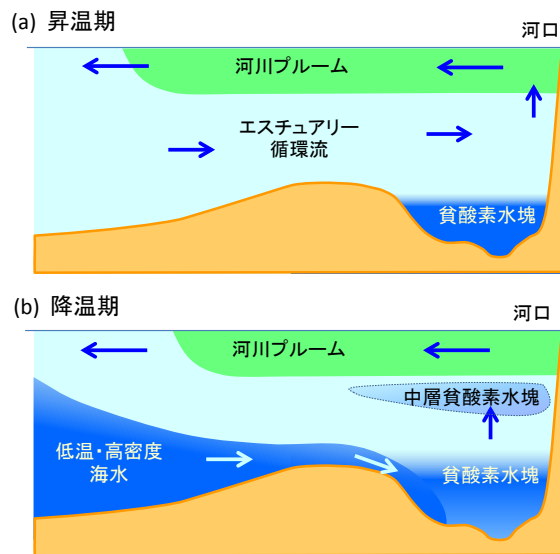


図 8 窪地の貧酸素水塊の発生・消滅機構