

第 II 部門

閉鎖性内湾の港湾エリアにおける底質の酸素消費速度に関する研究

大阪市立大学工学部 学生員 水田 圭亮  
 大阪市立大学大学院工学研究科 学生員 遠藤 徹  
 大阪市立大学大学院工学研究科 正会員 重松 孝昌

1. 緒論

大都市を抱える閉鎖性内湾の港湾エリアの水環境は、夏季に発生する底層の貧酸素化によって極めて劣悪な状況下にある。図-1 は、大阪湾湾奥部に位置する堺泉北港北泊地で2007年8月から11月に測定したDO濃度の鉛直プロファイルを示したものであるが、8月から10月上旬にかけては底層で著しい貧酸素化が発生していたことが分かる。このような状態を打開するためには、貧酸素化の発生機構、特に、底質の酸素消費特性を解明することが重要である。

そこで、本研究では貧酸素海域において、底質の酸素消費の時間変化を詳細に計測し、底質の酸素消費特性を明らかにすることを目的とする。

2. 底泥の酸素消費速度の調査概要

底質の酸素消費速度の測定には、チャンバー法を用いた。これは、海底にチャンバーを設置することによって密閉空間を創出し、DO計を用いて計測したチャンバー内の酸素消費量と別途に暗瓶を用いて求めた水中溶存酸素消費量から底質による酸素消費量、速度を求める方法である。しかし、水底直上水が無酸素状態の場合には、このような手法をそのまま適用することはできない。本研究では、海底にチャンバーを設置した後に、あらかじめ採水して曝気しておいた底層水を、チャンバーにとりつけたチューブを通してゆっくりと流し込むことによって、チャンバー内のDO濃度を回復させた後に、DO濃度の時系列変化を測定した(図-2参照)。DO濃度は、蛍光式溶存酸素計(HACH社)を用いて5分間隔で、チャンバー内のDOがおおよそ0.0mg/lになるまで測定した。

調査は、大和川の河口に位置する堺泉北港北泊地で8月から11月までの小潮時に行った。

3. 調査結果

3.1. 底質の酸素消費フラックス

10月17日に測定したチャンバー内のDOの実測データを図-3に示す。従来、底質による酸素消費速度は、測定開始時のDO濃度と数時間後のDO濃度の差から底質が消費した酸素量を求め、計測時間で除

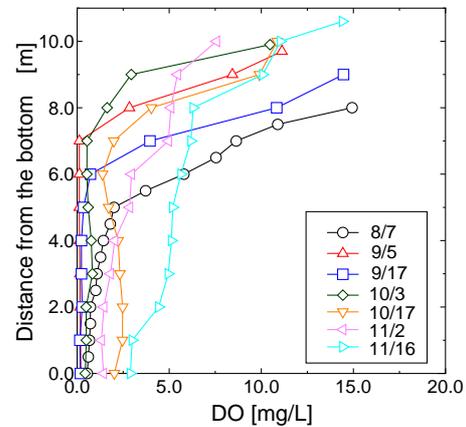


図-1 溶存酸素の鉛直プロファイル

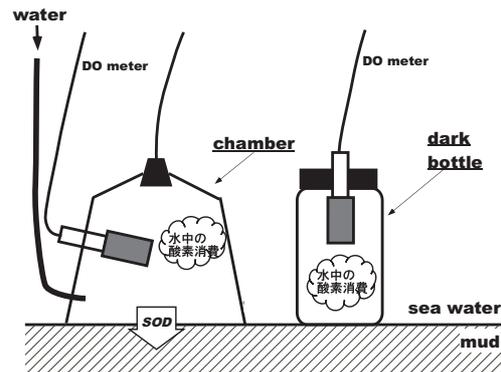


図-2 チャンバー

することによって求められることが多い。このことは、図-3の破線に示すように、測定期間中にはDOが一定の割合で減少すると仮定していることを意味する。しかし、図-3の計測結果によると、チャンバー内のDO濃度が減少する割合は、時間とともに変化していることがわかる。すなわち、これまで求められてきた底質の酸素消費速度は、底質の酸素消費メカニズムを正しく評価しているとは言えない。そこで、測定期間中に変化する底質の酸素消費の割合を、測定間隔毎に次式によって算出した。

$$V/A(\partial C_c/\partial t - \partial C_w/\partial t) = -K_1 \quad (1)$$

ここに、 $C_c$ :チャンバー内のDO濃度(mg/l)、 $C_w$ :暗瓶内のDO濃度(mg/l)、 $t$ :時間(s)、 $K_1$ :酸素消費フ

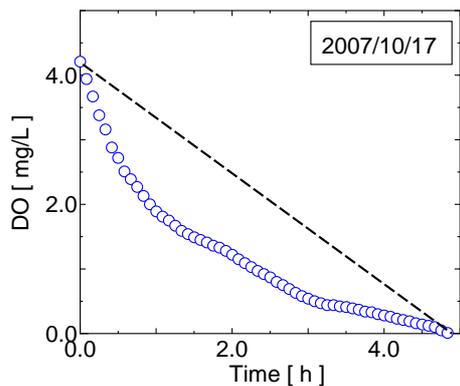


図-3 チャンバー内のDOの時間変化

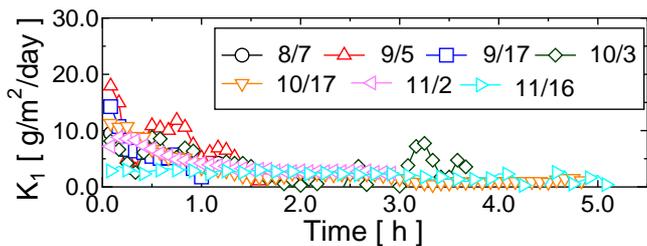


図-4 K<sub>1</sub>の時間変化

ラックス ( $\text{g/m}^2/\text{day}$ ),  $V$ : チャンバーの容積 ( $\text{m}^3$ ),  $A$ : チャンバーの底面積 ( $\text{m}^2$ ) である.  $K_1$  の時間変化を図-4に示す.  $K_1$  は, チャンバー内にDOが豊富に存在する測定開始から約1時間までの間でばらつきが生じているが, それ以降は安定した値を示している.  $K_1$  とDOの関係を示したものが図-5である. 図-5より, DO濃度が  $1\text{mg/l}$  よりも高いときにはばらつきが見られるが, DO濃度が  $1\text{mg/l}$  以下ではほぼ一定の値を示す傾向があることがわかる. すなわち,  $K_1$  は測定時間によって変化するが, これは  $K_1$  が直上のDO濃度に依存しているためではないかと考えられる.

### 3.2. 底質の酸素消費のDOの依存性

そこで, Hayakawaらに倣って底質の酸素消費を次式によって求めた.

$$V/A(\partial C_c/\partial t - \partial C_w/\partial t) = -K_2 \cdot C \quad (2)$$

ここに,  $K_2$ : 酸素消費速度 ( $\text{m/day}$ ),  $C$ : 水底直上のDO濃度 ( $\text{mg/l}$ ) である.  $K_2$  とDOの関係を示したものが図-6である.  $K_2$  は, チャンバー内のDOが豊富に存在するときはほぼ一定の値を示しているが, DO濃度が  $1.0\text{mg/l}$  以下になると急激に大きく変化することがわかる.

すなわち, 底質による酸素消費量を式(1)および式(2)で表すとすれば,  $1\text{mg/l}$  以上のときにほぼ一定の値を示す  $K_2$  と  $1\text{mg/l}$  以下のときにほぼ一定の値を示す  $K_1$  を用いて表すことが便利であると考えられる.

### 3.3. 底質の酸素消費過程の再現

このような考察に基づいて, DO濃度が  $1.0\text{mg/l}$  以

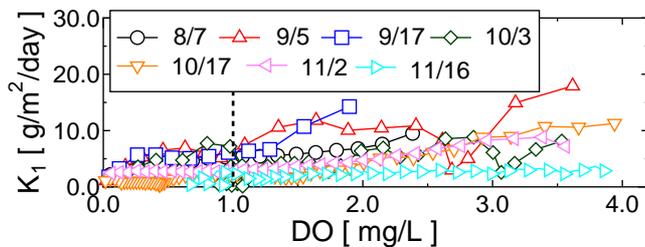


図-5 K<sub>1</sub>とDOの関係

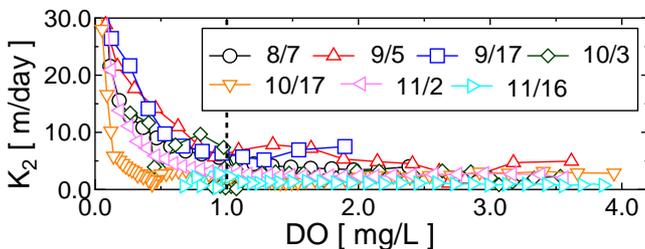
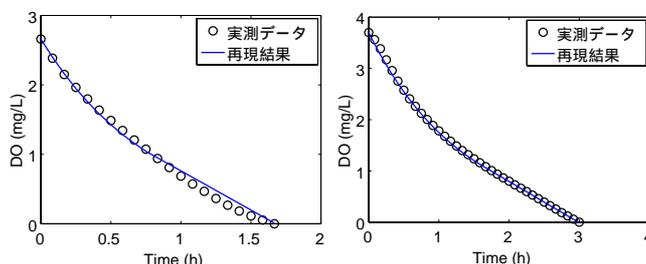


図-6 K<sub>2</sub>とDOの関係



(a) 8月7日 (b) 11月2日

図-7 K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub>による酸素消費過程の再現

上のときは  $K_2$  を,  $1.0\text{mg/l}$  以下のときは  $K_1$  を用いてチャンバー内の酸素消費過程の再現を試みた. それぞれの測定日に計測によって求められた  $K_1, K_2$  を用いて計算した結果を図-7に示す. 上記のように計算を行うと, 底質の酸素消費過程を再現することができた. つまり底質の酸素消費は, 常に同じ形態ではなく, DO濃度が  $1.0\text{mg/l}$  付近より高いときは  $K_2$  による酸素消費が支配的であり,  $1.0\text{mg/l}$  付近より低いときは  $K_1$  による酸素消費が支配的であることが考えられる.

### 4. 結論

底質の酸素消費過程は, 水底直上のDO濃度によって式(1)と式(2)を使い分けることによって再現が可能であり, DO濃度が  $1\text{mg/l}$  の場合には式(2)を,  $1\text{mg/l}$  以下の場合には式(1)を用いればよい.

#### 参考文献

- 1) Y. Hayakawa, K. Hayashizaki and K. Watanabe (1999): Measurement of Dissolved Oxygen Consumption Rates by Bottom Sediment in Estuary, Journal of National Fisheries Univ., Vol. 48, pp. 73-80.
- 2) 馬込大地・遠藤徹・重松孝昌 (2006): 海域における底泥の酸素消費に関する研究, 土木学会関西支部年次学術講演会, 土木学会, II-76 (CD) .