

有明海湾奥西部海域における酸素消費実験

(独) 水産総合研究センター 西海区水産研究所 正会員 徳永貴久

(独) 水産総合研究センター 西海区水産研究所 木元克則

1. はじめに

有明海奥部では、夏季の小潮に干潟縁辺部を中心として著しい貧酸素水塊が形成されることが明らかとなっている。有明海における酸素消費過程については、懸濁物による酸素消費の重要性(徳永ら(2005)), 懸濁物の質と酸素消費速度との関係(児玉ら(2009)), 室内実験による化学的酸素消費の分画(徳永ら, 2009)が明らかになっているものの、現地での化学的酸素消費の計測についてはほとんど検討されていない。本研究の目的は、現地実験によって化学的酸素消費の重要性を明らかにすることである。本研究は、環境省請負業務「平成22年度有明海生態系回復方策検討調査(二枚貝類の環境浄化機能解明調査)」によって行われた。

2. 実験概要

有明海湾奥西部海域に位置しているT14において、2010年8月上旬から下旬の小潮時に底層水の酸素消費に関する現地実験を3回行った(図-1)。実験では全酸素消費および化学的酸素消費の2種類の実験を行った。北原式採水器を用いて底層水を採取し、曝気処理を行わずシリコンチューブでDOピン(約100mL)に移した。DOセンサー(WTW社製UD-1)でDO濃度(初期値)を計測した。生物学的酸素消費を抑制するために中性ホルマリンを添加した(最終濃度3%)。化学的酸素消費および生物学的酸素消費量は以下の式により算出した。

$$\text{化学的酸素消費 (mgO}_2\text{ L}^{-1}) = \text{OC}_{\text{For}} \quad (1)$$

$$\text{生物学的酸素消費量 (mgO}_2\text{ L}^{-1}) = \text{OC}_{\text{Total}} - \text{OC}_{\text{For}} \quad (2)$$

ここで、 OC_{Total} :全酸素消費量、 OC_{For} :中性ホルマリンを添加した場合の酸素消費量である。また、全酸素消費量および化学的酸素消費量は平均化された($n=3$)。

現地培養は海底面から0.2m地点で約3時間程度行った。実験終了後にDOセンサーでDO濃度を計測した。初期DO濃度と実験終了後のDO濃度との差および培養時間から単位体積当たりの酸素消費速度($\text{mgO}_2\text{ L}^{-1}\text{ day}^{-1}$)を算出した。

酸素消費実験時に潜水土により底泥を採取し、船上で表層1cm層内の酸化還元電位(Eh)およびpHを測定した。また、10cmまで8層にスライスし、それぞれの間隙水中の硫化水素($\Sigma\text{H}_2\text{S}=\text{H}_2\text{S}+\text{HS}^-$)を測定した。分析は、菅原ら(2010)に従って行われた。

貧酸素化が著しくなると考えられた8月4日(小潮満潮時)に、西海区水産研究所、佐賀県有明水産振興センター、芙蓉海洋開発、東京久栄、日本ニクニヤの5機関で有明海奥部と諫早湾内の84地点において多項目水質計を用いた水質の一斉観測を行った。およそ3時間程度で観測は終了した。

3. 結果

図-2に8月4日の表層塩分および底層DO飽和度の水平分布を示す。低塩分水が湾奥部で広く分布しており、それに対応した形

で貧酸素水塊(<DO飽和度30%)が形成していることが分かる。

表-1に底質および酸素消費実験結果を示す。いずれの実験日も初期DO濃度は比較的高い値を示し、貧酸素状態(<3.00 $\text{mgO}_2\text{ L}^{-1}$)ではなかった。また、底泥表層1cm層内のEhも正の値を示した。化学的酸素消費速度は8月1日が最も大きく、約3.00 $\text{mgO}_2\text{ L}^{-1}\text{ day}^{-1}$ であった。また、生物化学的酸素消費速度は低い値を示し、化学的酸素消費の割合は99%を超えていた。8月18日および31日は低い値を示した。それぞれの化学的酸素消費の割合は、約16%および6%であった。

図-3に底泥間隙水中の硫化水素の鉛直分布を示す。7月上旬から中旬は全層で低い値を示したものの、下旬には表層から4~5cm層で高い値を示した。酸素消費実験を行った8月1日は、表層1~2cm層内は低い値を示したものの、2~5cm層に高い値が見られた。大規模な貧酸素水塊が発生した8月4日には2~3cm層で最も高い値(6.9 mgS L^{-1})を示した。8月18日は全層で低い値を示した。8月27日および31日は5cm以深で高い値を示した。

4. 考察

図-2に示した大規模な貧酸素水塊が発生した直前の化学的酸素消費速度は3.00 $\text{mgO}_2\text{ L}^{-1}\text{ day}^{-1}$ 程度の高い値を示した(表-1)。また、生物学的酸素消費(有機物の分解や植物プランクトンの呼吸等)はほとんど寄与しておらず、還元物質(H_2S , Fe(II) , Mn(II))の酸化に伴う化学的酸素消費が全酸素消費のほとんどを占めていた。さらに底層のDO濃度も貧酸素状態ではなく、底泥表層1cm層内のEhは正值を示していた。これらのことより、有明海奥部での貧酸素水塊の形成過程には有機懸濁物の分解のみならず、還元物質の酸化・生成が重要な役割を果たしていることが示唆される。

直上水のDO濃度が著しく低下していない場合でも化学的酸素消費の寄与率は99%および16%程度を示した。一方、化学的酸素消費の寄与が小さい場合(8月31日)も見られた(表-1)。その理由として還元物質の移流、底泥再懸濁の層厚やその酸化還元状態の影響等が考えられる(徳永ら(2009))。また、底泥再懸濁後の底泥表面からの還元物質の溶出とその酸化も影響しているものと考えられるため(桑江ら(2008))、化学的酸素消費の寄与の変動要因については今後の検討課題であると思われる。

Wang(1980)は底泥表面からの化学的酸素消費の分画を行っており、化学的酸素消費のほとんどが Fe(II) および硫化水素の酸化であることを明らかにしている。本研究では Fe(II) の鉛直分布を分析していないが、酸化層が1cm程度形成していることや硫化水素の鉛直分布(図-3)を考慮すると8月1日に引き起こされた化学的酸素消費はWang(1980)と同様に硫化水素の酸化であると考えられるが、詳細は不明なため今後化学的酸素消費の要因を詳細に検討する予定である。

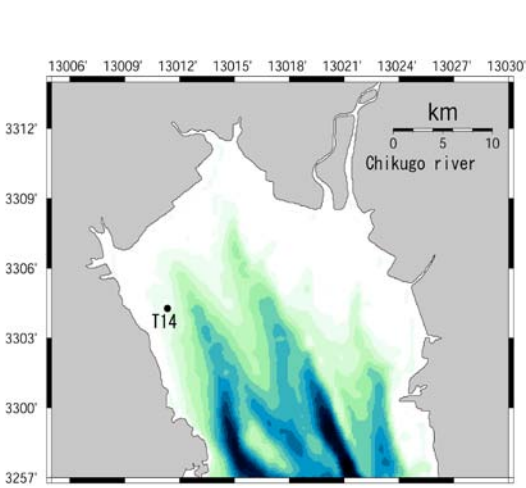


図-1 実験地点

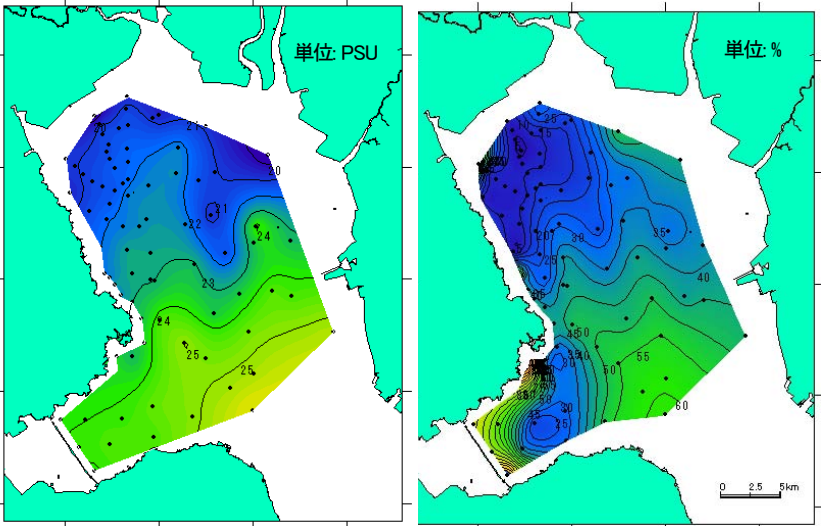


図-2 海面から0.5m深さの塩分(左図)および底層のDO飽和度(右図)の分布
(2010年8月4日)

(西海区水研, 佐賀県有明水産振興センター, 芙蓉海洋開発, 日本ミクニヤ, 東京久栄
による共同観測)

表-1 底質および酸素消費実験結果

	8月1日	8月18日	8月31日
初期DO濃度(mgO ₂ L ⁻¹)	4.33	5.35	5.65
底泥表層1cm層内のEh(mV)	86	52	13
底泥表層1cm層内のpH	7.64	7.41	7.60
全酸素消費速度(mgO ₂ L ⁻¹ day ⁻¹)	2.96	1.35	0.65
化学的酸素消費(mgO ₂ L ⁻¹ day ⁻¹)	2.94	0.21	0.04
生物学的酸素消費(mgO ₂ L ⁻¹ day ⁻¹)	0.01	1.14	0.62
化学的酸素消費の割合(%)	99.6	15.9	5.7
生物学的酸素消費の割合(%)	0.4	84.1	94.3

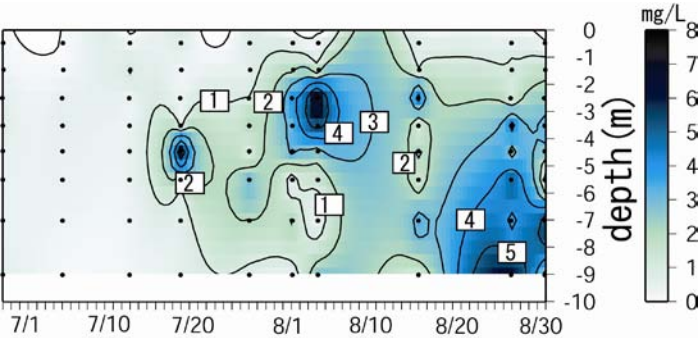


図-3 底泥間隙水中の硫化水素(H₂S=H₂S+HS⁻)の分布

5. おわりに

本研究で得られた結論を以下に示す. 一般的に有機物の分解に伴う酸素消費が海域の貧酸素化に寄与していることが明らかにされている. しかしながら, 今回の実験では生物学的酸素消費はほとんど寄与せず, 還元物質の酸化に伴う化学的酸素消費が全酸素消費のほとんどを占める場合があることから, 有明海奥部での貧酸素水塊の形成過程を明らかにする場合には還元物質を中心とした底泥―海水間の物質輸送過程や底泥再懸濁の影響等を考慮する必要があることが示唆された.

6. 謝辞

現地実験の実施に際し, 西村商会の柴原芳一氏, アクティブリサーチの新納昭徳氏および増山貴大氏に多大な協力をいただいた. また, 佐賀県有明水産振興センターの藤崎博氏, 芙蓉海洋開発の三輪竜一氏, 日本ミクニヤの藤田孝康氏および木村和也氏, 東京久栄の坂本裕昭氏には一斉水質観測で多大な協力をいただいた. ここに記して感謝の意を表す.

参考文献

(1) 徳永貴久, 松永信博, 阿部淳, 児玉真史, 安田秀一: 有明海西部海域における高濁度層の観測と懸濁物質による酸素消費の実験, 土木学会論文集, No.783/II-70, pp. 117-129, 2005.
(2) 児玉真史, 徳永貴久, 木元克則, 柴原芳一: 夏季の有明海奥

部における基礎生産速度と有機懸濁物質の分解特性, 海岸工学論文集, 第56巻, pp. 1006-1010, 2009.
(3) 徳永貴久, 児玉真史, 木元克則, 柴原芳一: 有明海湾奥西部海域における貧酸素水塊の形成特性, 海岸工学論文集, 第56巻, pp. 1011-1015, 2009.
(4) 菅原庄吾, 坂本達也, 鮎川和泰, 木元克則, 千賀有希子, 奥村稔, 清家泰: 砂泥堆積物中溶存硫化物の簡便な現場抽出/吸光光度定量及びその有明海北東部堆積物への適用, 分析化学, Vol. 59, No. 12, pp. 1155-1161, 2010.
(5) 徳永貴久, 磯野正典, 松永信博: 有明海泥質堆積物の再懸濁時における酸素消費―室内実験による検討―, 土木学会論文集 B, Vol. 65, No. 4, pp. 269-276, 2009.
(6) 桑江朝比呂, 中川康之, 三好英一: 海底境界面における酸素消費速度―渦相関法による現地連続観測―, 海岸工学論文集, 第55巻, pp. 1001-1005.
(7) Wang W.: Fractionation of sediment oxygen demand, *Water Research*, Vol. 14, pp. 603-612, 1980.