

鹿児島湾・北部海域における酸素消費過程についての考察

鹿児島大学大学院 学生会員 渡邊真澄

鹿児島大学大学院 正会員 安達貴浩

鹿児島大学大学院 正会員 小橋乃子

1. はじめに

本研究では、鹿児島湾において水質と底質の現地調査を実施するとともに、底泥の酸素消費速度を評価するための底質モデルを構築し、鹿児島湾・北部海域における酸素消費過程について考察を行った。

2. 現地観測の概要と結果

2009年11月以降、鹿児島湾・北部海域中央に位置する水深約140m地点（図-1）において、月に1回の頻度で現地観測を実施し、海水中の溶存酸素濃度（以下、DO）（JFE-ALEC社製COMPACT-DOW）、クロロフィル a （Chl. a ）（JFE-ALEC社製AAQ1183）、塩分、水温の鉛直分布を計測した。また、コアサンプラー（離合社製、G.S.型表層採泥器）を用いて直径8cmの底泥コアサンプルを取得後、底泥直上水をサンプリングし $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度を測定した。また、嫌氣的条件下で、底泥表層から5層目までを層厚1cm、6層目から15層目までを層厚2cmにスライスしてサンプリングを行った。得られたサンプルに対して、懸濁態有機炭素（以下、POC）、懸濁態有機窒素（PON）、酸揮発性有機物（AVS）、酸化還元電位（ORP）、水素イオン濃度（pH）、泥温、間隙率および粒度の鉛直分布を測定した。また別のコアサンプルから直径4cmのコアサンプルを取得し、底泥中のDOの微細構造（UNISENSE社製、OX-100）を測定した。さらに、これらのサンプリングと計測の間、セディメントトラップを24時間係留することにより、水深50mと海底上5m地点におけるPOCの沈降フラックスを測定した。

結果の一例として、2010年11月18日および2010年12月22日の底泥表面付近におけるDOの鉛直分布を図-2に示す。この結果に示されるように、底泥中のDOは界面下数mmでその値を急激に変化させている。

3. 底泥の酸素消費速度の推定

3.1 底質モデルならびに有機物分解速度の設定

本研究では、Wijsman et al. (2002)¹⁾を基に、鉛直1次元の多層モデルを構築した。構築したモデルのコン

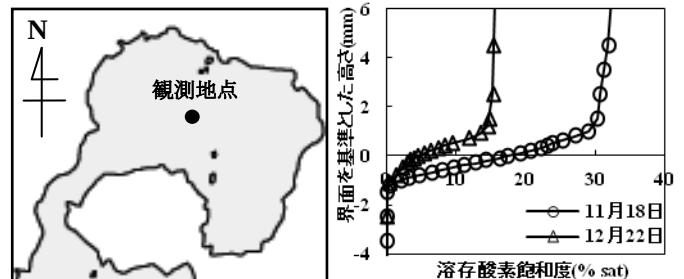


図-1. 鹿児島湾と観測地点の概要

図-2. 底泥表面付近のDO

パートメントおよびモデルの概要を図-2に示す。本モデルでは、有機物として TOC_1 （分解性有機物）と TOC_2 （非分解性有機物）の2種類を考慮した。なお、底泥の最下層で計測されたPOCを TOC_2 とし、K. Matsunaga et al. (1983)²⁾に倣って、底泥中のPOCの鉛直分布とPOCの沈降フラックスから、分解性有機物の分解速度を推定した。この結果、 TOC_1 の分解速度は $1.1 \times 10^{-3} \sim 4.9 \times 10^{-3} \text{ day}^{-1}$ 程度の値を示すという結果が得られた。この結果から、観測地点の海底に堆積する有機物は、難分解性有機物であると判断することができる¹⁾。

3.2 底泥の酸素消費速度についての考察

上記のモデルを用い、まず定常計算を行った。定常計算によりPOCだけでなくDOの微細構造も良好に再現できることから（図-4）、本モデルによって算出される底泥の酸素消費フラックス（SOD）は妥当であると判断した。なお、非定常計算を実施したところ、DOの鉛直構造に対して現象の非定常性はほとんど影響しないことが確認されている。

ところで、底泥のDOの分布形状が同一である場合、SODは（底泥表面のDO）/（DOの貫入深度）に比例することになるが、底泥表面のDOは春季から冬季にかけて大きく減少するのに対し、DOの貫入深度の変化は小さい（2~3mm程度、図-2参照）。この結果より、SODの値は底泥表面のDOの変化に伴って変動すると考えられたため、次に計算結果から得られるSODと底泥表面のDOの関係を調べた。この結果、両者の間には強い相関が見られ、以下の関係で近似できることが分かった（図-5）。

$$SOD = 10^{-7} \times DO_s$$

ここで, SOD : 底泥の酸素消費フラックス ($\text{mgO}_2/\text{cm}^2/\text{s}$),
 DO_s : 底泥表層の DO 濃度 (mgO_2/L) である.

4. 底泥での酸素消費速度の定量評価

現地観測結果から, 冬季において水深 75m 付近にやや強い密度躍層が存在していることが確認された. それ以深には上方からの乱流拡散による DO の供給が少ないと考えられること, さらに, 75m 以深では植物プランクトンの影響が無視できることから, 75m 以深の DO の減少は底泥と水中での有機物の分解による酸素消費によって生じると考えられる. このため, このような密度躍層が形成される期間のみを対象に DO の鉛直分布から底泥と海水両方での有機物分解の影響を含んだ酸素消費速度を算定した. この結果, $7.3 \times 10^{-8} \sim 9.8 \times 10^{-8} \text{mgO}_2/\text{L}/\text{s}$ という酸素消費速度が得られた.

一方, 前章の計算より算出された 11 月の SOD は $1.0 \times 10^{-7} \text{mgO}_2/\text{cm}^2/\text{s}$ であり, この結果と上記の結果から 75m 以深の平均的な内部消費速度を算定し, SOD と内部消費の寄与率を推定したところ, 冬季の 75m 以深における酸素消費速度の内, 底質による寄与は約 2 割であるとの推定結果が得られた.

また, 得られた内部消費速度 D_w と POC と DO の実測値を以下のモデル式に代入し, 75m 以深に存在する有機物の分解速度を算出したところ, $1.47 \times 10^{-2} \text{day}^{-1}$ という値が得られた³⁾.

$$D_w = R \cdot POC_1 [TOC : C_{POC}] \frac{DO}{DO + DO_1}$$

ここで, POC_1 : 易分解性有機物濃度, R : 有機物の分解速度, $[TOC : C_{POC}]$: DO と POC_1 との化学平衡定数, DO_1 : DO による有機物分解阻害効果の半飽和定数である.

易分解性有機物と難分解性有機物の分解速度はそれぞれ 7.53×10^{-2} , $3.0 \times 10^{-3} \text{day}^{-1}$ 程度の値を示すことから¹⁾, これらの値を用いて易分解性, 難分解性有機物の構成比を算出したところ, 75m 以深に存在する有機物の約 84%が難分解性の有機物であると算定された.

5. 鹿児島湾における支配的な酸素消費過程

以上の結果より, 鹿児島湾北部海域における酸素消費過程を以下のようにまとめることができる.

- 1) 比較的水深の大きな鹿児島湾では, プランクトン由来の易分解性有機物は底層には到達せず, 底層の内部消費に対して, 難分解性有機物が支配的な

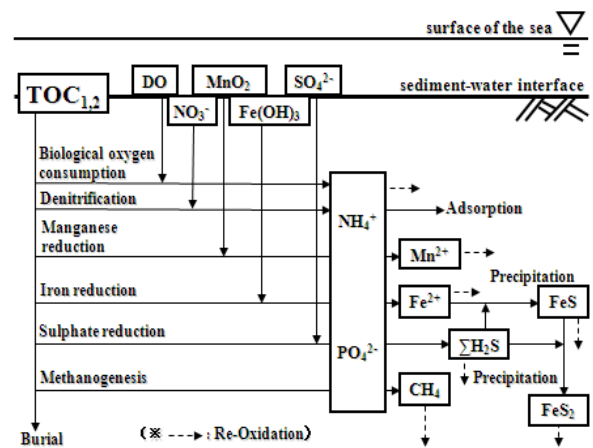


図-3. 底質モデル概念図

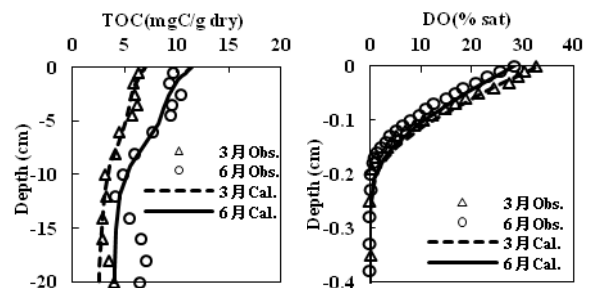


図-4. 2010 年 3 月, 6 月の観測結果と定常計算結果

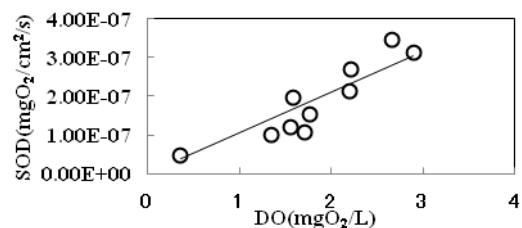


図-5. 底泥表面の DO と SOD の相関

役割を果たす.

- 2) あくまでも冬季の 75m 以深の底層を対象とした結果ではあるが, 密度躍層が形成されると, SOD 2 割, 内部消費 8 割程度の割合で酸素が消費される.
- 3) 2)の酸素消費によって底泥表面の DO が減少し, これに伴って SOD も減少する.

6. 結論

本研究では, 現地観測及び底質シミュレーション結果を用いて, 鹿児島湾北部海域における支配的な酸素消費過程を明らかにした.

参考文献

- 1) J. W. M. Wijsman et al.(2002) : Estuarine, Coastal and Shelf Science, 54, pp403-421
- 2) K. Matsunaga et al.(1983) : Journal of the Oceanographical Society of Japan, Vol.39, pp101-109
- 3) 安達貴浩ら(2011): 水工学論文集, 第 55 巻, pp.s1657-s1662.