

大阪市立大学工学部

学生員 ○岸川 真由美

大阪市立大学大学院工学研究科

正会員 遠藤 徹

1. 研究背景・目的

人間活動の影響を強く受ける港湾海域のような閉鎖性海域では、夏季の底層貧酸素化が深刻な問題となっており、流動改変による鉛直混合の促進や底層への酸素供給によって貧酸素化を改善する技術が開発されている。しかし、港湾海域の底質の酸素要求量は、貧酸素期に増大することが指摘されており¹⁾、上記の技術による貧酸素化の改善効果を検討するためには、貧酸素海域の底層へ酸素供給した場合の堆積物による酸素消費特性を理解しておく必要がある。貧酸素期の堆積物の酸素要求量が増大する原因として、貧酸素化した海域に酸素供給した場合、海底近傍では、①生物的酸素消費(生物による消費)、②化学的酸素消費(還元性物質の化学的酸化)、③物理的酸素消費(海水-堆積層間の移動)、といった様々な要因が複雑に共存するためだと考えられる。そこで、本研究では、貧酸素化した港湾海域の堆積物を用いて底層への酸素供給を模擬した室内実験を実施し、堆積物による酸素消費過程について検討した。

2. 実験概要

実験は、図-1に示すような、アクリル製の円柱水槽(直径0.3m, 高さ0.3m)に上蓋を設置した水槽で実施した。水槽内に、堺泉北港堺2区泊地で底層水が貧酸素化している時期に採泥した堆積物を敷き、その後、同じ日に採水した底層水を加えて、水槽内が無酸素状態になるように水槽を密閉して暗所に放置した。水槽内が嫌気的な環境になったら、水槽内の海水と曝気した濾過底層水(曝

気海水)を置換することで、貧酸素化した海域の底層への酸素供給を模擬した。実験中は、サーモスタット(テトラ社製)を用いて、水槽内の水温を約25°Cに保った。また、海水中の水質の濃度を均一にするため、マグネット式水中ポンプで製作した循環装置を用いて堆積物を乱さない程度に海水を混合させた。さらに、大気からの酸素の取り込みの影響を除去するために、水面を流動パラフィンで覆った。実験では、蛍光式溶存酸素計(HACH社製)を水槽内に設置し、実験開始から終了時までのDO濃度の時間変化を15分毎に連続計測した。また、水槽内の環境変化を把握するために、ポータブルpH・ORP計(東亜DKK社製)を用いて、海水中のpH・ORPを一日毎に計測した。さらに、一日毎にシリンジで海水を採水し、硫化物イオン濃度をメチレンブルー法によって定量した。実験では、各酸素消費要因について検討するために、表-1に示すようなcase-A~Cの3種類の実験を実施した。case-Aは、実際の海域に酸素供給した場合の酸素消費を検討するものである。case-Bは堆積物の化学的酸素消費を検討するために、実験開始前にホルマリン濃度を5%に調整した底層水で一定期間放置して堆積物中の生物的活性を抑制した。また、曝気海水は人工海水を用いることで海水中の生物的消費の影響を除去した。case-Cは海水中の酸素消費を検討するものである。実験開始前の水質と供給した曝気海水の水質を表-2に示す。

表-1 各実験ケースで考えられる酸素消費要因

		堆積物中		海水中
		化学的要因	生物的要因	生物的要因
case-A	堆積物+海水	○	○	○
case-B	堆積物(ホルマリン添加)+人工海水	○	×	×
case-C	海水のみ	-	-	○

表-2 酸素供給前の水槽内の海水と曝気海水の水質

		DO [mg/l]	pH	ORP [mV]	S ²⁻ [mg/l]	塩分 [psu]
実験開始前の水槽内の水質	case-A	0.84	8.17	-68	0.02	30.4
	case-B	0.43	7.36	-173	7.34	25.3
供給した曝気海水の水質	case-A	7.17	7.75	76	0.14	30.3
	case-B	7.72	8.44	132	0.00	30.9
	case-C	7.24	7.76	69	0.00	30.5

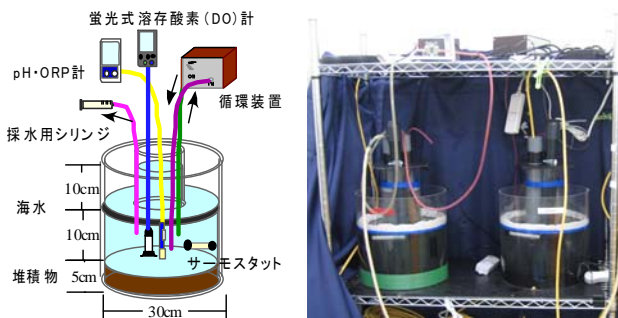


図-1 実験装置の概要図

Mayumi KISHIKAWA and Toru ENDO

endo@urban.eng.osaka-cu.ac.jp

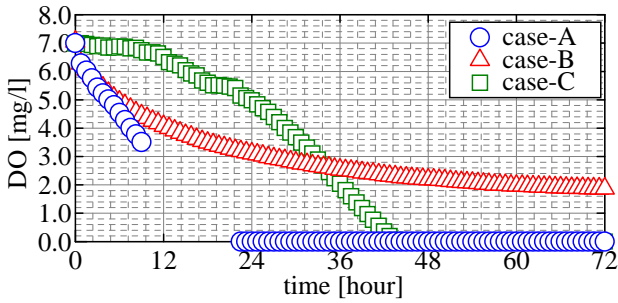


図-2 溶存酸素濃度の時間変化

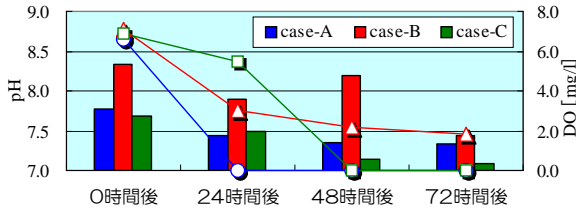


図-3 各水槽内の pH と DO 濃度の時間変化 (棒グラフ: pH, プロット: DO 濃度)

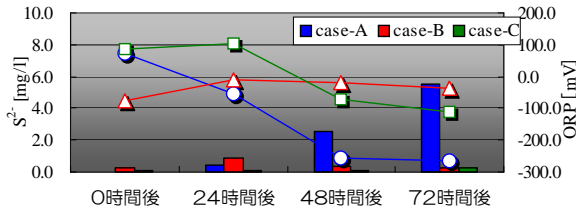


図-4 各水槽内の S²濃度と ORP の時間変化 (棒グラフ: S², プロット: ORP)

3. 実験結果

1) 溶存酸素濃度の時間変化

各水槽内の DO 濃度の時間変化を図-2 に示す。計測器の不具合により、case-A の 10~20 時間のデータが欠損している。実験開始から 10 時間で、case-A・B の DO 濃度は急激に低下しているが、case-C の DO 濃度はほとんど変化していない。これは、case-A・B は、酸素供給直後に化学的な酸素消費によって急激に酸素が消費されたためと考えられる。その後、case-A の DO 濃度は、実験開始からほぼ同じ速度で低下し約 20 時間で 0.0 mg/l となった。一方、case-B の DO 濃度は緩やかに低下し約 50 時間以降ほとんど低下しなくなった。これは、堆積物中に還元物質がなくなったためと考えられる。case-C の DO 濃度は、約 10 時間後から低下しはじめ、約 42 時間で 0.0 mg/l となった。これは、実験中に水槽内でバクテリアによる生物学的酸素消費が生じたものと考えられる。

2) DO 濃度の消費過程と底層環境の関係

DO 濃度と pH の時間変化を図-3 に示す。case-A・C に関しては、DO の低下にともなって pH も低下し、水槽内の DO 濃度がなくなると pH の低下しなくなっている。これは、生物学的酸素消費によって CO₂ が排出されたためと考えられる。次に、S²濃度と ORP の変化を図-4 に

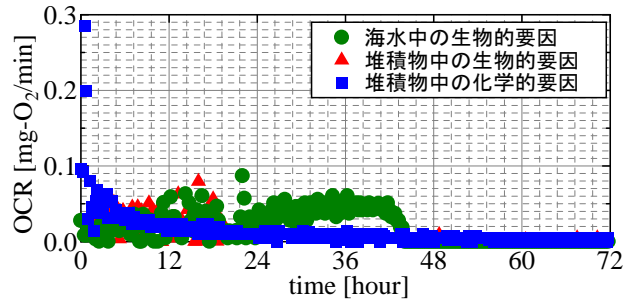


図-5 各酸素消費要因による酸素消費量の時間変化

示す。case-A の S²は実験開始してから徐々に濃度が増加し 72 時間後には約 5.0 mg/L になった。このことから、硫酸還元菌による反応があったものと考えられる。ORP の値も 48 時間後には -200 mV であり還元的な環境に戻っている。

3) 酸素消費要因の酸素消費特性

DO 濃度の時間変化から、計測時間間隔毎に水槽内で消費された酸素量 (OCR) を、次式のように求めた。

$$OCR = (dC/dt) \cdot V \quad (1)$$

dC は計測時間毎の DO 濃度の酸素濃度の変化量、dt は計測時間間隔 (15 分)、V は水槽内の水体积である。その後、表-1 の各水槽における各酸素消費要因の有無の関係から、(1) 海水中の生物学的酸素要因を case-C の SOC の値、(2) 堆積物中の生物学的要因を case-A の SOC から case-B と case-C の SOC を引いた値、(3) 堆積物中の化学的要因を case-C の SOC の値、として評価した。ここで、case-A の欠損データは線形補間した。各酸素消費要因の SOC の時間変化を図-5 に示す。同図より、貧酸素化した底層に酸素供給した場合の堆積物による酸素消費特性は、酸素供給直後は化学的な酸素消費が支配的となり、その後、生物学的酸素消費が支配的となる。しかし、時間スケールで見ると、化学的酸素消費は酸素供給直後であるが、生物学的酸素消費は長時間影響している。

4. まとめ

- 貧酸素状態の堆積物上に酸素供給した場合、供給直後は堆積物の化学的酸素消費が主要因となり急激に酸素が低下し、その後、酸素が無くなるまで生物学的酸素消費要因が支配的となる。
- 酸素供給によって貧酸素化を改善するためには、時間的に変化する酸素消費要因を如何にして解消するかを検討することが重要であるといえる。

【参考文献】

1) 遠藤 徹・重松孝昌 (2009)：港湾海域における底質の酸素消費特性の季節変化に関する研究，海岸工学論文集，第 56 巻，pp. 1051-1055.