

# 東京湾における底質微生物群集が底泥酸素消費に与える影響

The Impact of Microbial Community Structure on Sediment Oxygen Consumption in Tokyo Bay

学籍番号 096743  
氏名 遠藤 雅実 (Endo, masanori)  
指導教員 鯉淵 幸生 講師

## 1. はじめに

東京湾をはじめとする内湾では、長年にわたり富栄養化が問題となっている。これまでも海域への流入負荷削減がなされ、流入負荷については一定の改善傾向となったが、内湾水質の根本的な改善には至っていない。これには、過去に堆積した陸域由来の有機汚濁物質や、沈降・堆積した植物プランクトン等のデトリタスが、海底に蓄積・濃縮され、底質微生物群集によって分解・無機化される過程で溶出し、再び湾内の物質循環に回帰していることが一因として挙げられる。また微生物群集による底泥直上での有機物の分解・無機化の際の酸素消費により、貧酸素化が促進され、湾内の水質・生態系に様々な悪影響を与えている。上記の一連のプロセスと微生物群集に係わる報告はされてきたが(藤田ら, 2003), その量や構造が、底泥の酸素消費に及ぼす影響については十分な知見が得られていない。そこで本研究では、東京湾における微生物群集構造が底泥酸素消費への寄与を明らかにすることを目的とした。

## 2. 観測地点と観測方法

### (1) 観測地点

現地観測は、**図-1**に示す東京湾中央 (St.8), 湾奥部の浚渫窪地内 (St.99), 羽田沖 (St.98),

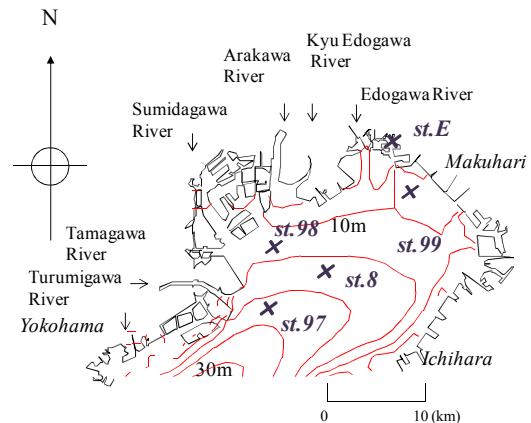


図-1 現地観測地点

風の塔付近 (St.97), 海老川河口 (St.E) の5地点とした。

### (2) 観測内容

湾内の St.8, St.99, St.98, St.97 においては千葉県観測船「きよすみ」に乗船し、船内に設置してあるバンドン採水器、多項目水質計等を用いて、各地点の表, 中, 底層に当たる水深で採水し、溶存酸素 (以下, DO) や水温, 塩分, 栄養塩, 硫化物等の水質観測を行った。同時に採取した柱状コアサンプルを用いて、実験室において酸素消費実験を実施した。柱状コアは内径 5.5cm, 高さ 25cm のアクリル製のパイプを使用し、上下をシリコン製のふたにより密閉した。採泥厚は表層 10cm 程度とした。河口域である St.E においては潜水作業により、同様の柱状コアによる採泥、海底直上水の採水, DO や水温, 塩分, 硫化物

等の水質観測を行った。これら採取したサンプルは、氷冷して速やかに実験室へ持ち帰り、後述する実験や分析を行った。観測期間は2009年、2010年の夏季から冬季にかけて、月に1回の頻度で実施した。

### (3) 酸素消費実験

酸素消費速度定数 (以下, SOC) を求めるため、酸素消費実験を行った。実験手法として大きくは、現地連続観測により行うものと室内実験によるものに分けられる。本研究では同時期かつ湾内複数地点が対象のため、実験の容易さから後者の室内実験を行った。

酸素消費実験装置の概要を図-2に示す。実験室に持ち帰った各地点複数本のコアサンプルの直上水を、底泥を乱さないようにして酸素を飽和した人工海水に入れ替え、攪拌機により海水を攪拌し、蛍光式DO計 (Presens社, Fibox3-AOT) によりコア内のDOを消費し尽くすまでDOを測定した。現場環境により近い状態を再現するため、観測時の塩分、水温を用いて実験を行った。また同時に図-2の右側に示すようにコアにチューブを接続して、DOを消費し尽くした後で、ポンプで酸素が飽和した人工海水を供給し、繰り返し曝気できるようにして、蛍光式DO計 (HACH社, HQ40d18) をコア内に固定し、15分毎に測定を行い、これを二週間程度の長期に渡って継続した (以後この実験を観測当日の酸素消費実験との対比で長期実験と呼ぶ)。このような長期実験時のDOの時系列の一例を図-3に示す。DO消費は当初緩やかであったが、徐々に増加していくことがわかる。

### (4) キノンプロファイル法

底泥表層の微生物の量また群集構造のSOCへの寄与を明らかにするため、底泥直上での分解・無機化の作用が影響すると考えられる

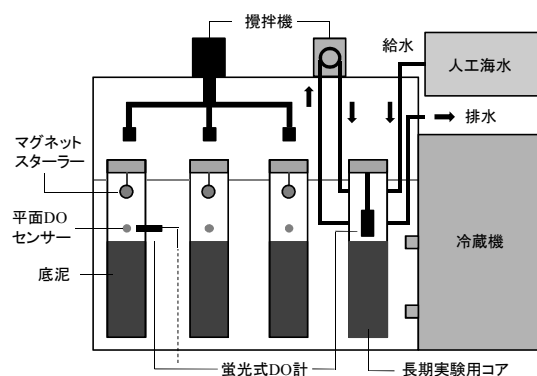


図-2 酸素消費実験装置概要

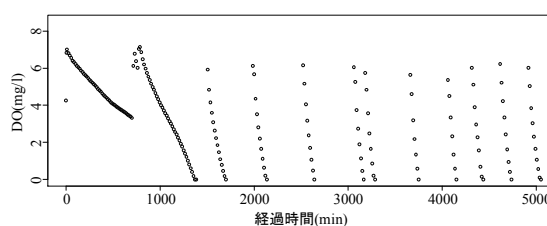


図-3 長期酸素消費実験におけるDOの時系列例

底泥表面 (表面 5mm) を採取し、キノンプロファイル法により、泥中内のキノン含有量とキノン構成比を求めた。ここで呼吸鎖キノン (以下, キノン) とは、細菌の電子伝達において水素キャリアーとして機能する補酵素である。一般的に、一細菌種は一種類の優先キノン種を持っており、好気呼吸に係わるユビキノン (以下, UQ-n) と嫌気呼吸に係わるメナキノン (以下, MK-n) に大別できることから、微生物の群集構造が把握できる。優先キノン種は、環境条件に応じて変化することがなく、遺伝的にも安定していることが知られている。化学分析により95%以上の収率で回収でき、微生物量あたりの含有率がほぼ一定なため、キノン含有量の変化を微生物量の変化と見なすことが可能である (Hiraishiら, 1989)。

## 3. 観測結果

### (1) 現地現況

海上保安庁により連続観測された、観測期

間中の千葉灯標における DO の時系列を 図-4 に示す。底層の貧酸素化は、観測を開始した 7 月にはすでに発生しており、2009 年は 9 月初旬に底層表層間の混合が見られ、2010 年は 10 月中旬頃であった。2009 年は 8 月より北風が頻繁に連吹しており、9 月 3 日の船橋での観測時には青潮を確認した。2010 年夏季は南風が卓越し、密度成層が強く、2009 年に比べ底層の無酸素化している期間が長かった。湾内観測時鉛直分布からも同様の傾向にあった。一方、浚渫窪地の St.99 では鉛直混合が弱く、貧酸素化が 12 月まで継続した。

## (2) 酸素消費速度定数 (SOC)

酸素消費実験により得られた DO 時系列が、一次反応であったため、指数近似をすることにより、各地点における SOC (1/min) を算出した。算出した SOC の平均値をとり、それらの時間変化を 図-6 に示す。

微生物は高水温時に高い活性を示すことより、SOC は夏季に高い値をとり、10 月初旬に一度減少した後、10 月下旬に再び増加する傾向にあった。更に 図-7 には、長期間の実験により得られた、SOC の長期変化の一例を示している。東野ら (1997) が行った酸素消費の基礎実験によると、実験開始後数時間から数日で DO が急減し、その後は緩やかに減少し、最後には濃度がほとんど変化しない状態へと推移するとされている。これは好気的環境が続いた場合、底泥表面のごく薄い層のみが好気性に保たれ酸化層を形成し、これにより DO 消費物質の上層水中への溶出、拡散が抑制されることや、DO 消費物質が分解され減少するためと考えられている。従って一般的には SOC は初期に比較的大きく、徐々に減少する。また長期継続することで底泥表面にひび割れが生じ、DO 消費物質が溶出、拡散するため、DO

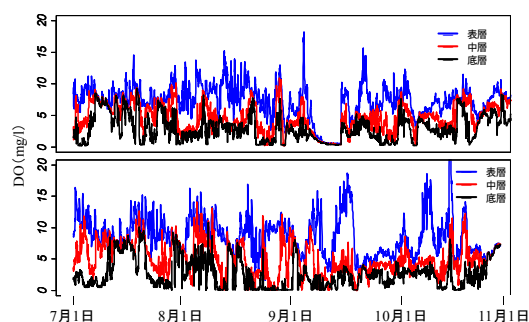


図-4 DO の時系列(上 2009 年, 下 2010 年)

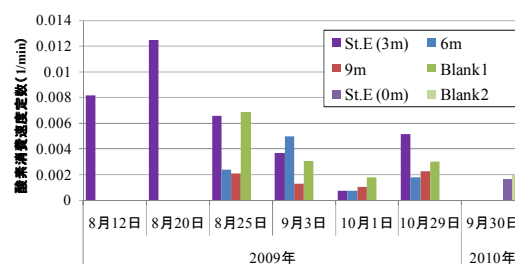
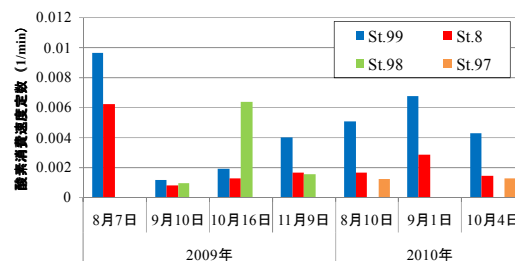


図-6 SOC の時系列変化

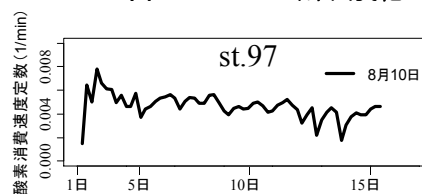


図-7 SOC の長期変化例

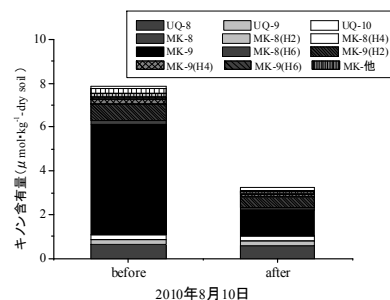


図-8 長期実験前後のキノン含有量

消費が再び促進すると報告されている (東野ら, 1997)。また長期実験前後での底泥キノ

ン量を調べたところ、UQの構成に大きな変化はなく、MKの減少が見られた(図-9)。上記の理由に加え、嫌気的環境が弱まり、嫌気時の溶出物の酸化が抑制されていると考えられる。

### (3) キノン含有量と構成比の時間変化

図-9に同時期の底泥表面のキノ含有量を示す。この図より St.8 における UQ (UQ-8, UQ-9) が貧酸素の解消と共に急増し、St.99 では MK が支配的であることが分かる。St.E では 9月3日の観測時に UQ は減少し、MK が増加しているが、青潮の発生と対応しているとみられる。

### (4) SOC と微生物群集や各水質項目

各水質項目の酸素消費への寄与を示すため、全測点における SOC と各水質項目の相関を表-1に示す。この表から SOC と UQ の間には正の相関が見られ、好氣的微生物群集の増加と SOC の増加が、水温、塩分、DO よりもよく対応することがわかる。これは底泥の SOC が、従来考えられてきた水温や DO に加えて、微生物の量や質の影響を受けて変動することを意味する。表-2に SOC と各 UQ との相関を示す。UQ の中でも UQ-8, UQ-9 で高かった。主成分分析の結果、どちらが優先種であるかは言えなかった。逆にキノ急増と SOC が対応しない場合もあり、更に観測結果の蓄積が必要であるものの、底泥酸素消費と微生物群集の関係が確認できた。また SOC と DO の相関が低く出ているのは、観測時 DO はほぼ 0mg/l であり、代表性が低いためとみられる。

### 4. まとめ

本研究では、東京湾における酸素消費と微生物群集構造や量との関係を明らかにするため、水質や微生物群集の観測、底泥の酸素消費実験を実施した。その結果、酸素消費速度定数

(SOC) と UQ に正の相関が認められ、水温や塩分等の水質項目同様の寄与があり、底泥酸素消費と微生物群集との関係が確認された。酸素消費予測モデルを用いる際に、従来の水温や DO の関数のみでは不十分で、それらの履歴を反映する微生物群集を考慮する方法が有望とみられ、今後更に観測結果を蓄積し、検証していく必要がある。

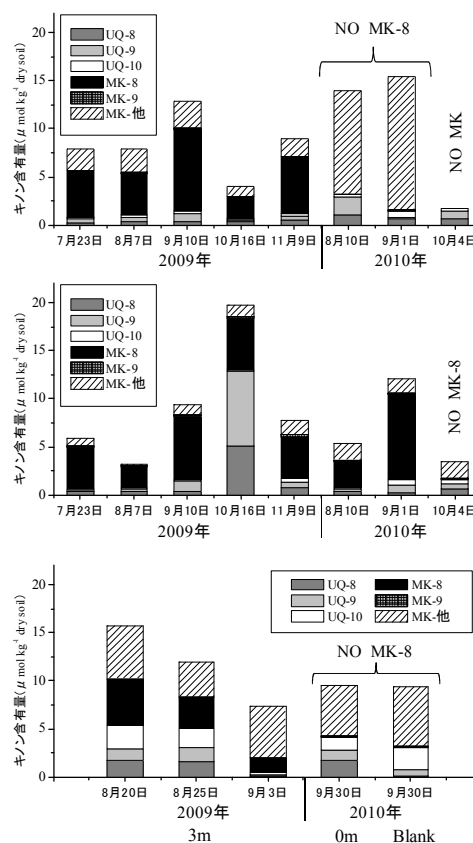


図-9 キノン含有量の時間変化  
(上: St.99, 中: St.8, 下: St.E)

表-1 SOC とキノ等との相関

	SOC	Temperature	Salinity	DO	Sulfide	Quinone	UQ	MK	C	N
SOC	1									
Temperature	0.330	1								
Salinity	-0.539	-0.711	1							
DO	-0.264	-0.062	0.233	1						
Sulfide	0.262	-0.289	0.063	-0.263	1					
Quinone	0.542	-0.184	-0.142	-0.241	0.611	1				
UQ	0.609	0.635	-0.765	-0.060	-0.080	0.398	1			
MK	0.285	-0.489	0.163	-0.181	0.712	0.910	-0.019	1		
C	-0.468	0.682	-0.808	0.100	-0.083	0.071	0.655	-0.222	1	
N	-0.536	0.658	-0.817	-0.084	-0.060	0.202	0.714	-0.109	0.961	1

表-2 酸素消費速度定数 (SOC) と各 UQ の相関

	UQ-8	UQ-9	UQ-10
	0.661	0.578	0.338