

VII-173

底泥の酸素消費に関する連続培養系での実験

九州大学工学部	学生員	井上徹教
九州大学大学院	正会員	中村由行
地質調査所		山室真澄
島根県衛生公害研究所		神谷 宏

1. はじめに 湖沼や海洋における底層水の貧酸素化あるいは無酸素化は魚類の斃死や青潮発生の原因となるため、そこでの溶存酸素(DO)濃度の変化を把握することは生態系や水質変動を考える上で非常に重要である。底層水中のDO濃度減少の要因としては、呼吸分解による水中のDO消費とともに底質による酸素消費(SOD)が挙げられる。このSODが底泥直上水の流れの影響を大きく受けることはよく知られている。筆者ら(1994)は既に両者の関係の数理モデルを発表しているが、それを検証できる実験例は乏しい。そこで、ここでは直上水を攪拌することにより流れの状態を変化させることのできる実験系を用いて、SODを測定した実験結果とそれに対する考察について報告する。

2. 実験内容 実験装置を図-1に示す。下流部に配置されたポンプによる負圧によって供給水がサンプルコア内に、サンプルコア内の水がDOメーター(TOA製 DO meter DO-25A)に送られる連続培養型となっている。従来おこなわれた実験系の多くはbatch実験によるものであり、そこではDO濃度ははじめ実験条件が時々刻々変化するため、SODに及ぼす各因子の影響度を把握しにくい。この事を避けるため、本実験は図-1に示すような連続系とし

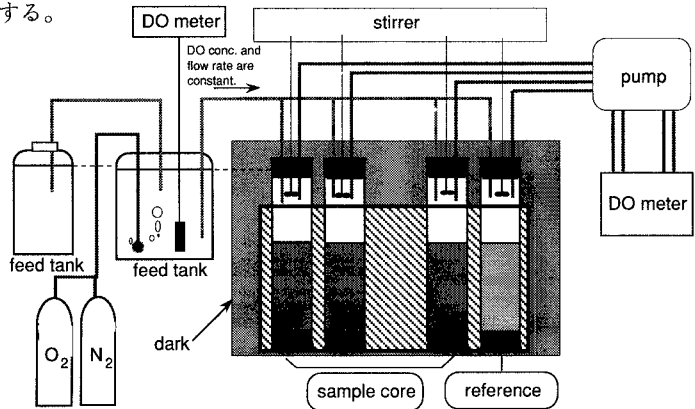


図-1 実験装置概略図

て、可能な限り定常状態を作り出すことを目指した。供給水流量を変化させることで、直上水の底泥接触時間(直上水の滞留時間)が変わり、最終的に定常状態となった時の直上水のDO濃度条件を変える実験を行うことができる。但し、本実験では滞留時間が大きく、目標としたDO濃度の定常状態を完全には実現することはできなかった。但しDO濃度の変化速度は充分小さく、ほぼ定常に近い実験が行えたものと考えられる。サンプルコアは汽水域である宍道湖(島根県)の湖心部において、船上よりアクリルパイプ(内径8.5cm)を直接底泥に差し込むことにより乱さないように採取した泥(上部数cmに酸化層、それ以深に還元層が確認された)を暗条件として用いた。恒温水槽内は採泥時の現場水温にあわせて15℃とした。サンプルコア内の水の攪拌は水・底泥界面より約11cm上方に設置したプラスチック製のプロペラによって行い、プロペラの回転速度は底泥の巻き上げを考慮して約63,89,130rpmの3種類を設定した。各攪拌速度に関しては、別途行った流速測定により、それぞれ $u=1.47, 1.82, 3.22\text{cm/s}$ であった。供給水は採泥現場付近の底層水を濾紙(Whatman GF/C)で濾過したものを、窒素・酸素混合ガスでばっ気することによりDO濃度を調製したものをを用いた。また供給水流量は2種類を設定したため、3種類の攪拌条件と組み合わせた計6条件について各2本ずつのサンプルコア(CORE1~12)と1本のリファレンスコア(CORE13)の合計13本を用意した。各コアは採泥後直ちに上述の実験系に設置し、供給水を流し始めてから約24時間後にDO濃度測定(供給水については30分毎に、コアからの流出水については30分毎に1コアずつ順番にDOメーターで測定)を開始した(RUN1)。RUN1終了後供給水のDO濃度と流量を変化させ、約24時間経過後再び測定を開始した(RUN2)。

3. 実験結果と考察 RUN1におけるDO濃度の経時変化を図-2に示す。これらのように供給水流量が等しい

COREを較べてみると、流速の違いによるDO濃度の差が明確に現れることがわかる。これは流速が大きくなるほど濃度境界層厚は減少し、その結果として界面付近におけるDOの鉛直方向濃度勾配が大きくなるため、堆積物への拡散速度、すなわちSODが増加するためであると考えられる。このような流速の違いによるDO濃度の差は、時間の経過とともにより明確になってくる。ある時刻のSODの値を、その時刻の供給水と流出水の濃度差、及び濃度の時間変化速度を用いて次の式から計算した。

$$V \frac{dC}{dt} = C_{in} \cdot Q - C_{out} \cdot Q - SOD \cdot A \quad (1)$$

ここでVはCORE内の直上水体積、CはCORE内のDO濃度、 C_{in} は供給水のDO濃度、 C_{out} は流出水のDO濃度、Qは供給水流量、AはCORE断面積を示す。得られたSOD値を同一条件のCOREで平均し、攪拌速度との関係を調べたものが図-3である。これをみると攪拌速度(流速)が増大するにつれてSODも大きな値をとることがわかる。しかしRUN1とRUN2を比較するとRUN2の方が小さなSODの値をとっている。これは直上水のDO濃度がRUN2の方が低かったために界面付近でのDOの濃度勾配が小さくなったためであると思われる。

4. 理論解との比較 Nakamura and Stefan (1994)は流速とSODとの関係式として次式を導いている。

$$SOD^* = \frac{U_*}{1 + \sqrt{1 + U_*^2}} \quad (2)$$

$$SOD^* = \frac{SOD}{\sqrt{2} D_s R C_\infty}, U_* = \frac{2n}{\pi} \sqrt{C_f Sc^{-3/4} u_\infty \sqrt{2 C_\infty / D_s R}} \quad (3)$$

ここで、 D_s は堆積物中での酸素の見かけの拡散係数、Rは堆積物単位体積あたりの酸素消費速度、 C_∞ は直上水のDO濃度、 $n(0.124)$ は定数、 C_f は底面抵抗係数、 Sc はシュミット数、 u_∞ は流速である。理論解と実験値との比較を図-4に示す。これを見ると理論解は定性的には実験値を再現しているものの、実験値よりも小さな値をとっていることがわかる。今回の実験においてはサンプルコア内に多数のベントスが確認されたため、バイオターベーションの影響が大きかったものと考えられる。

5. 結論 直上水を攪拌することにより流れの状態を変化させることのできる実験系を用いてSODを測定した。その結果、直上水の攪拌速度(流速)が大きくなるにしたがってSODは増大することがわかった。また、SODは直上水のDO濃度にも大きく依存することがわかった。また、Nakamura and Stefan (1994)による理論解との比較を行った結果、実験値が約2倍大きい結果となった。

参考文献

Nakamura and Stefan (1994) Effect of flow velocity on sediment oxygen demand: Theory, J. Env. Eng., ASCE, Vol. 120 pp. 996~1016.

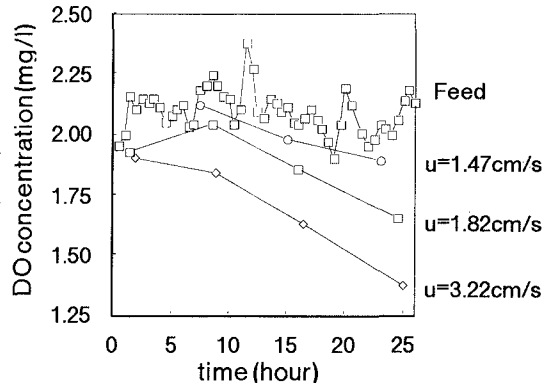


図-2 DO濃度経時変化の流速による違い

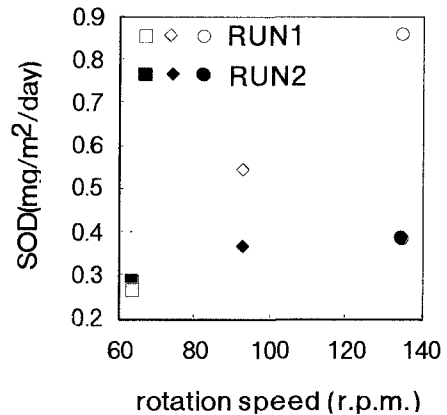


図-3 攪拌速度とSODとの関係

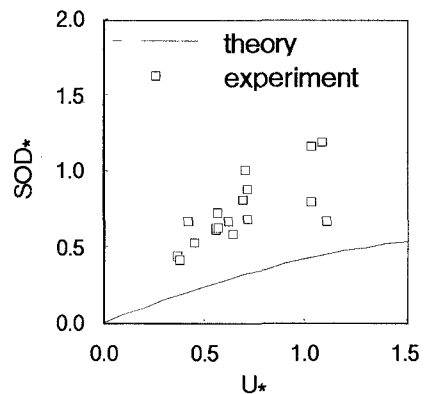


図-4 理論解と実験値との比較