

湖沼堆積物からの栄養塩溶出に関する研究

九州大学大学院 学生員 ○井上徹教 九州大学工学部 正会員 中村由行、小松利光
 島根県衛生公害研究所 石飛 裕

1. はじめに 環境問題が大きな社会問題となっている現在、閉鎖性の強い内湾・湖沼では、その水質に対する関心が非常に高まっている。閉鎖性水域を考える上で重要となるのは、河川等を通じての流入・流出フラックス、水・大気間での物質交換等に加えて、水・堆積物界面での物質移動速度を定量的に評価することである。その水・堆積物界面での物質移動速度に関して、溶存酸素(DO)については細井ら(1992)及びNakamura and Stefan (1994)が流速への依存性を指摘している。DOの移動速度に関する流速依存性については、筆者らは既に実験的に定量評価を行い、Nakamura and Stefan (1994)の提案する理論解との比較を行っている(例えば、中村ら、1996)。

リンの溶出の流速依存性についてもNakamura (1994)が理論的に予測しているが、いまだに実証されていない。そこで本稿では、堆積物からのリンの溶出速度に関して、流速への依存性を検証する目的で行った実験結果について報告する。

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供給され、サンプルコア内の水はDOメーター(TOA製 DO meter DO-25A)に排出される連続培養系となっている。排出水は栄養塩等の分析に用いられる。サンプルコアは汽水湖沼である宍道湖(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

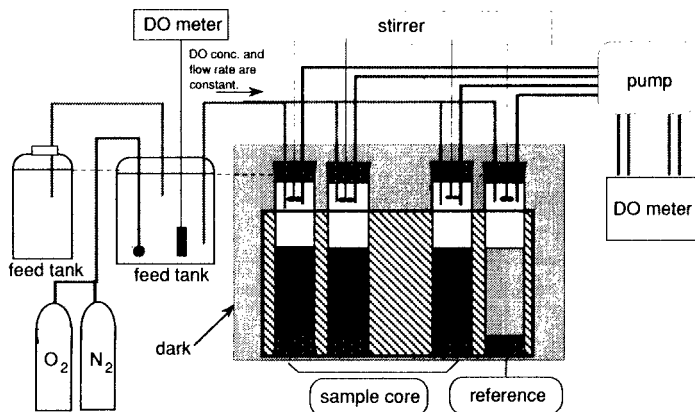


図-1 連続培養系実験装置模式図

ないように採取した(上部数mmに酸化層、それ以深に還元層が確認された)。恒温水槽内は25℃に設定し、暗条件とした。サンプルコア内の水の攪拌は水・堆積物界面より約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表-1に示すようにRUN1とRUN2で変更した。ここで回転速度が160(r.p.m.)の場合はある程度巻き上げを起こした後、定常となった。他の条件では巻き上げは全く生じなかった。別途行った流速測定により、35, 51, 77, 74, 108, 160 (r.p.m.)に対してそれぞれ $u_* = 0.10, 0.14, 0.21, 0.20, 0.28, 0.41$ (cm/s)程度であったと考えられる。採泥現場付近の底層水を濾紙(Whatman GF/C)で濾過し、さらに窒素・酸素混合ガスで曝気することによりDO濃度を調製したものを供給水として用いた。

3. 実験結果と考察 $PO_4\text{-P}$ 濃度の経時変化を図-2に示す。流速を増加させたRUN2ではRUN1と比較してCORE2,3の濃度は減少し、CORE5,6の濃度は増加している。濃度の変化はフラックスの変化に対応する。RUN2におけるCORE5,6についてのみ巻き上げが生じたことを考えると、巻き上げない範囲では流速の増加に伴いリンの溶出フラックスは減少傾向にあるが、巻き上げが始まると再び溶出量が增大することがわかる。しかしながらCORE1,2、CORE3,4はそれぞれ同一実験条件であるにも関わらず、その挙動は異なっている。この点に関しては、他のCOREからの流出水のEhの値は50mv前後であるのに対してCORE1では70mv前後、CORE4では80mv前後で高かったこと(RUN1)や、他のCOREの表層間隙率は90%以上あるのに対して、CORE4では68%であったこと等の分析結果を考慮して、さらなる解析を行うことが必要であると考えられる。

表-1 実験条件

CORE No.	RUN1	RUN2
	(r.p.m.)	(r.p.m.)
1	35	74
2	35	74
3	51	108
4	51	108
5	77	160
6	77	160

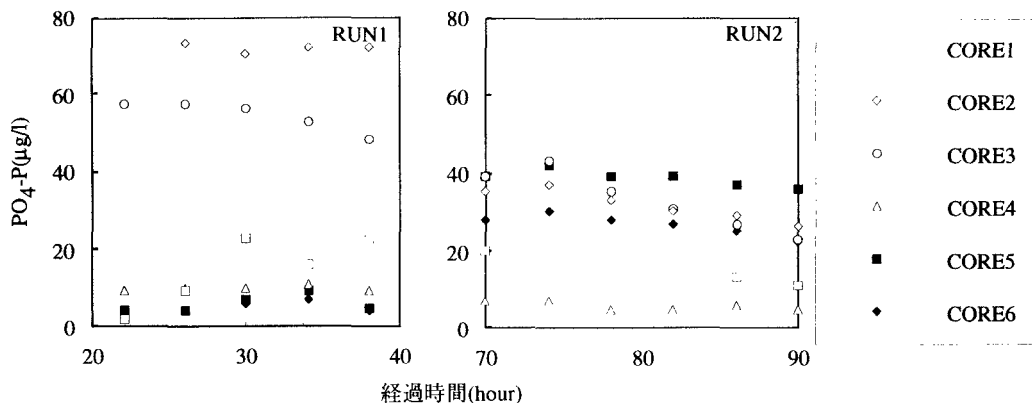


図-2 $PO_4\text{-P}$ 濃度の時系列変化

Nakamura (1994)はリンの溶出フラックスに関して次の理論解を提唱している。

$$\tilde{\phi}_P = \frac{\tilde{U}}{1+\tilde{U}} + \frac{\tilde{k}_o \tilde{C}_o \tilde{U}^2 \left[\left(-1 + \frac{2}{\tilde{L}} \tanh \frac{\tilde{L}}{2} \right) \tilde{U} + \left(\frac{1}{\tilde{L}} - \coth \tilde{L} \right) \right]}{(\coth \tilde{L} + \tilde{U}) (\tilde{D}_o^{1/4} / \tilde{L} + \tilde{U}) (1+\tilde{U})} \quad \dots (1)$$

ここで、 U は流速、 k_o は二価鉄の酸化定数、 C_o はバルクのDO濃度、 L は酸化層の厚さ、 D_o は堆積物中のDOの見かけの拡散係数、 $\sim$ はそれぞれの無次元量を表している。

こうして得られた理論解と実験結果とを比較したものが図-3である。これを見るとオーダーは等しいが、理論解と実験値との間には差異が見られ、 $Eh \cdot pH$ ・間隙率等に関するより詳細な検討が必要であると考えられる。

4. 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未攪乱堆積物からのリンの溶出速度を測定した。その結果、直上水の攪拌速度(流速)の変化にともない、リンの溶出速度は大きく影響を受けることがわかった。しかしながらその定量的評価に関しては多くの問題が残されており、特に堆積物の生物化学的性状に関してより詳細な検討が必要であると考えられる。

参考文献

細井由彦、村上仁士、上月康則(1992): 底泥による酸素消費に関する研究、土木学会論文集、No.456/II-21、pp.83-92.

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

中村由行、井上徹教、Fatos Kerciku、左山幹雄(1996): 微小酸素電極を用いた濃度境界層の微細構造の把握、海岸工学論文集、Vol.43、pp1081-1085.

Nakamura, Y. (1994): Effect of flow velocity on phosphate release from sediment, Water Science and Technology, Vol.30, pp263-272.

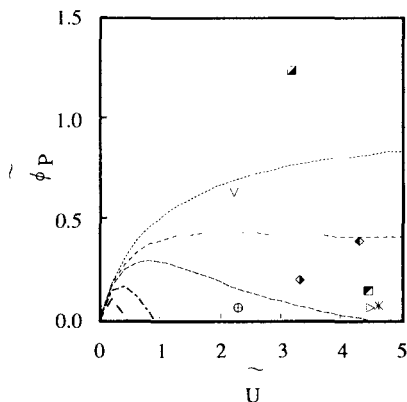


図-3 理論解と実験結果との比較(破線は理論解を示している。実験結果には巻上げの生じた条件は含まれていない。)