

湖沼堆積物からの栄養塩溶出に関する研究(第2報)

九州大学工学部 学生会員○足立義彦 九州大学大学院 学生会員 井上徹教
九州大学工学部 正会員 中村由行 九州大学工学部 フェロー 小松利光

1. はじめに

水・堆積物界面における物質交換速度は直上の流速によって影響を受け、流速が増加すると共にフラックスが増加することが知られている。これは、比較的遅い流速の条件下において界面直上に濃度境界層が形成され、そこでの拡散輸送が律速段階となって全体のフラックスを規定するためである。

他方で、リンの溶出量は様々な要因に依存するが、特に溶存酸素濃度の影響は顕著であり、水塊が貧酸素化するとフラックスが急増することが知られている。これは、好気条件下では底泥中の Fe^{2+} が酸化されて、 $\text{Fe}(\text{OH})_3$ となり、これがリンを吸着するため溶出しにくくなっているものと考えられる。

このことから、リンの溶出量は流速および溶存酸素濃度に依存するはずであり、中村ら(1994)がモデルにより理論的にリンの溶出フラックスを両者の関数として表現している。しかしながら、現在のところ本理論の実証はまだなされていない。そこで本研究では嫌気条件下において直上水の流速条件がリンの溶出フラックスにどのように影響するかを実験により調べた。

2. 実験装置

実験装置の概略を図1に示す。本実験装置は攪拌によって直上水の流速を変化させることができ、かつ下流部に配置されたポンプにより生じる負圧によって連続的に一定の溶存酸素濃度、栄養塩濃度の水をサンプルコア内に供給し、コア内の水がDOメーター(TOA製 DO meter DO-25A)、または、栄養塩測定のためのサンプリングに送られる連続培養系となっている。コア入口、出口で水をサンプリングすることでその濃度差から溶存物質のフラックスを次式により推定できる。

$$V \frac{dC_{\text{out}}}{dt} = Q \cdot C_{\text{in}} - Q \cdot C_{\text{out}} + \text{Flux} \cdot A \quad (1)$$

ここで、 V はコア内の直上水体积、 C_{in} は供給水の栄養塩濃度、 C_{out} は流出水の栄養塩濃度、 Q は供給水流量、 A はコア断面積を表す。また、供給水流量を変化させることにより直上水の溶存酸素濃度が制御できること、恒温水槽を用いてコア周囲の水温の制御が可能である等の利点がある。

この装置を用いて流速条件を変えて実験を二回行った。流速の違いはコア内直上水の攪拌で実現し、攪拌は底泥表面よりそれぞれ約11(高回転)、15(低回転)cm上方に設置したプラスチック製のプロペラによって行った。流速条件を表1に示す。また、今回の実験では供給水のタンク内を N_2 ガスで曝気し、タンク内に入れたDOメーターを用いて溶存酸素濃度を測定し 0mg/l を確認しながら行った。以下、それぞれの実験の初期条件が若干異なることを考慮して実験毎に概説する。

3. 実験その1(高回転)

(1)初期条件

堆積物には淡水の池(井牟田池、福岡県糟屋郡久山町)の湖心部(水深約5m)において船上より採泥した底泥を、実験室でアクリル管(内径8.5cm、高さ50cm)に詰める直前に十分攪乱したものを約37cm詰めて用いた。コア作成後直ちに実験装置に設置し、イオン交換水をコアに供給した。水の供給を開始してから約24時間後にサンプリングを開始した。流出水はポリ瓶(500ml)によりサンプリングし、ポリ瓶の交換時間間隔は6時間とした。

(2)実験結果および考察

$\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の経時変化を図2に示す。これを見ると、大きい攪拌速度のコアでは比較的似たような挙動をしているものの他のものはこれを挟んで推移している。リンの溶出フラックスを式(1)により求めた。30時間以降(定

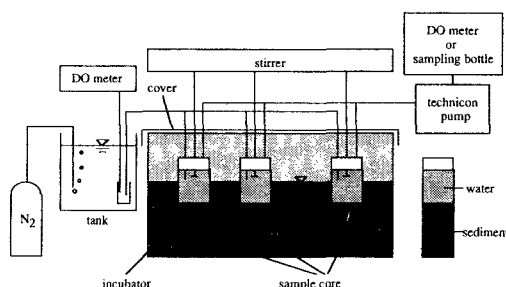


図1 実験装置概略図

表1 流速条件(攪拌速度)

place	rotation speed(r.p.m.)		
Pond Imuta	65	96	142
Lake Sinji	24	35	50
CORE NO.	1,2	3,4	5,6

常状態)を平均したものと攪拌速度との関係を図3に示す。これを見ると、ほとんど攪拌速度の影響は見られず、リンの溶出フラックスはほぼ一定となっている。これは、攪拌速度がこの実験の範囲では速すぎてほとんど流速の影響が現れなかったためと考えられる。

4. 実験その2(低回転)

(1)初期条件

堆積物には汽水湖である宍道湖(島根県)の湖心部(水深約5.7m)で船上よりエックマンバージで採泥した底泥を、アクリル管に詰める直前に十分攪乱したものを約34cm詰めて用いた。コア作成後十分経過した後(約一カ月後)に実験装置に設置した。なお、コアは底泥直上にイオン交換水を張って放置しておいた。コア設置後供給水としてイオン交換水にNaClとNaOHを加えて塩分濃度を約9g/l(採泥時の底泥界面での塩分濃度)、pHを約8に調製したものを供給し、供給開始後すぐにサンプリングを開始した。流出水のサンプリングは実験その1と同様に行いポリ瓶の交換時間間隔は6時間とした。

(2)実験結果および考察

$\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度の経時変化を図4に示す。これを見ると、直上水の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度はすべてのコアにおいて徐々に減少している。これは長期間コアを放置していたことにより、その間に底泥間隙水中から直上水にリンが溶出してしまったために溶出フラックスが減少したためと考えられる。また、同時刻の結果を比べるとコア毎に多少のばらつきはあるものの大きな攪拌速度のコアでは概ね $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度が大きいことが分かる。リンの溶出フラックスを式(1)により求めた。得られた結果を平均したものと攪拌速度との関係を図5に示す。これを見ると、攪拌速度とリンの溶出フラックスには正の相関が見られる。これは堆積物表面に濃度境界層が形成され、流速が増加すると境界層の厚さは薄くなり、濃度勾配は次第に急になるため、濃度勾配と分子拡散係数との積で表されるフラックスが増加したためと考えられる。

5. 結論

連続培養系の実験装置を用いて、底泥からのリンの溶出フラックスの流速依存性に関する実験的研究を行った。その結果、無酸素条件下においては、低流速時には流速の増加に伴いリンの溶出フラックスも増加するものの、ある程度の流速以上になるとフラックスはほとんど違いを示さなくなることが分かった。

参考文献

中村由行ら(1994):底層水の流動がリンの溶出フラックスに及ぼす影響, 海岸工学論文集, 41, 1081-1085.

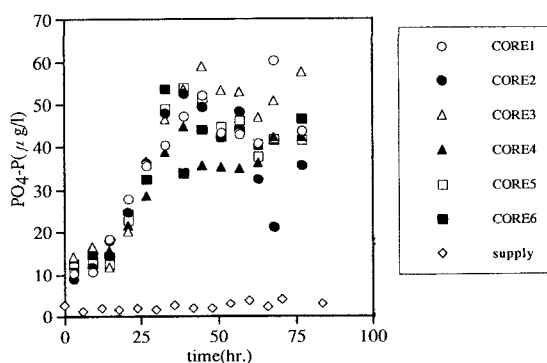


図2 $\text{PO}_4\text{-P}$ の経時変化

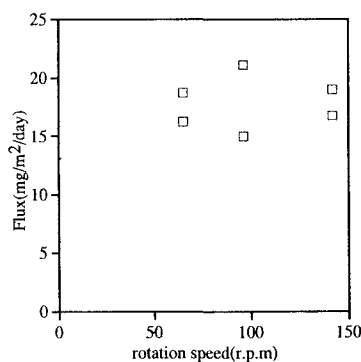


図3 攪拌速度とフラックスとの関係

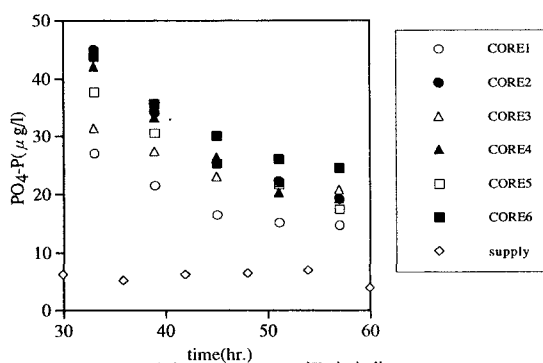


図4 $\text{PO}_4\text{-P}$ の経時変化

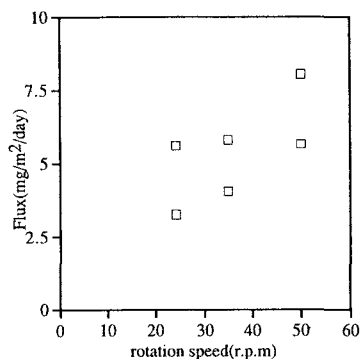


図5 攪拌速度とフラックスとの関係