

京都工學工部部 正會員 北尾高嶺
 京都工學工部部 學生員 鈴木秀男
 京都工學工部部 學生員 瓜生昌弘

1. はじめに

湖、沼、内湾などにおける富栄養化の進行は、上層水と直接面している底泥から溶出してくる栄養塩類の影響が少なからずあると考えられる。栄養塩類の溶出に影響する因子を把握し、溶出量を定量的に把握することになれば、水質汚濁の予知、あるいはそれに対する有効な手段を見出すための示唆を与えることになるだろう。本研究では、富栄養化の影響因子の一つであるリンに着目し、淡水系における底泥からのリンの溶出機構の一端を明らかにするため、2で述べるような実験を行い、簡単なモデル化の提議を行った。

2. 実験方法

琵琶湖の南湖および北湖において、エクマンバー型採泥器によって採泥したものを試料として用いた。試料を各々よくみきませて均一にしたのち、5ℓの広口ガラスびんに約12kgの湿泥を投入し、4ℓの蒸留水を、泥がまきあからないように注入した。最初約2週間空気曝気を行い、上層水を好氣的な状態に保ったあと、約40日間窒素ガスで曝気を行い上層水を嫌氣的な状態に保った。そしてその間、 PO_4^{3-} 、Fe、Mnの濃度の経時変化、上層水のORPの経時変化、底泥表層の状態変化を観測した。なお実験はすべて温度20℃のもとでおこなった。

3. 実験結果と考察

採泥地点を別にする6個の試料を用いて実験を行って、それぞれほぼ同じようなリンの溶出のしみたをした。空気曝気を行うとだんだん底泥表面に酸化層が形成されはじめ、2週間後には約5mmにまでなった。この空気曝気を行う、E間には PO_4^{3-} 、Fe、Mnとも検出限界以下の濃度ではほとんど溶出してこなかった。窒素曝気を行い、上層水を嫌氣的な状態に保ったときの各示標の経時変化を図1（北湖の底泥試料）、図2（南湖の底泥試料）に示す。上層水が好氣状態のとき形成された酸化層は、窒素曝気を行い上層水を嫌氣状態にしてもすぐには消滅せず、外見的な変化、つまり酸化層の色の変化は約3週間ぐうい変化せず、酸化層の衰退ないし消滅の過程はともない PO_4^{3-} の溶出量が増大しはじめている。これは上層水の好氣、嫌氣にみかわらず底泥表層に酸化層が形成されているときは一種のフィルター的作用をして PO_4^{3-} は溶出してこないことを示している。また図1、図2、より PO_4^{3-} の溶出のしみたは、長期間にわたってほぼ直線的な溶出のしみたであることがわかる。

図3、図4に、南湖、北湖の各々の試料のFe濃度と PO_4^{3-} 濃度の相関関係を示した。この図は両者の間には明確な比例関係もあり、底泥から PO_4^{3-} がFeと併合して溶出していることを示している。たいてい図4については途中一時的に空気が混入し、Fe濃度が減少したため、その前後では大

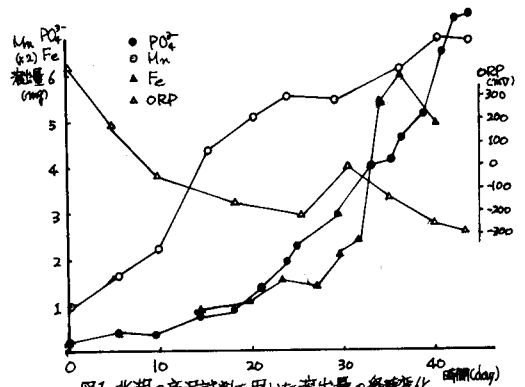


図1 北湖の底泥試料を用いた溶出量の経時変化

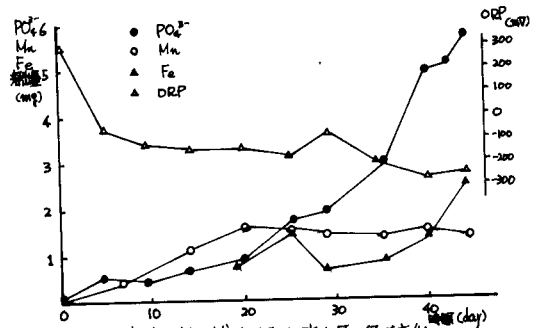


図2 南湖の底泥試料を用いた溶出量の経時変化

きな差があるがそれそれについては比例関係が成り立っている。

南湖、北湖各々の試料についてマンガン濃度と PO_4^{3-} 濃度の関係を図5、図6に示した。 Mn 濃度が低い領域ではリンの濃度の増大に比べて Mn 濃度が急激に上昇してきており Mn の方がリンより先に溶出してきており、その後マンガンとリンとはほぼ同時に溶出してくる。そして最終的には Mn に関係なくリンが溶出してきてい

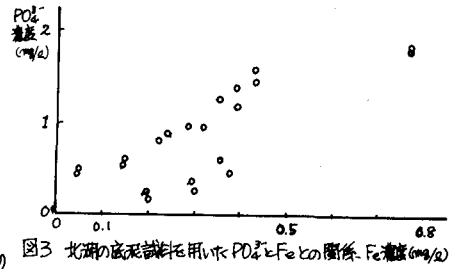


図3 北湖の底泥試料を用いた PO_4^{3-} と Fe との関係、 Fe 濃度(mg/L)

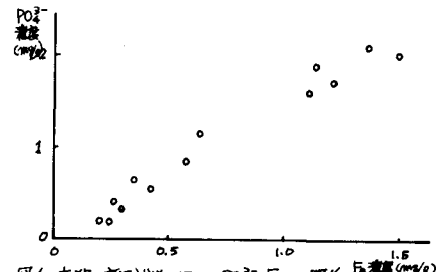


図4 南湖の底泥試料を用いた PO_4^{3-} と Fe との関係、 Fe 濃度(mg/L)

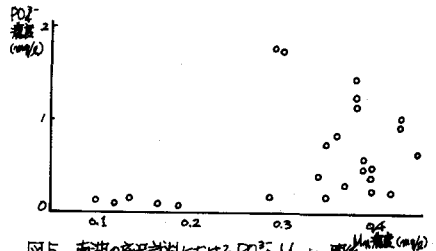


図5 南湖の底泥試料における PO_4^{3-} と Mn との関係、 Mn 濃度(mg/L)

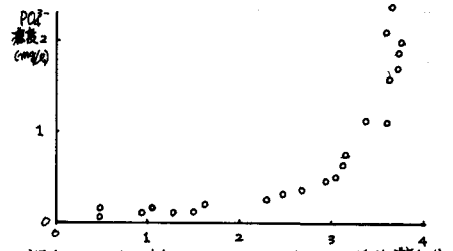


図6 北湖の底泥試料における PO_4^{3-} と Mn との関係、 Mn 濃度(mg/L)

4、
上層水が好気状態から嫌気状態に変わったときの PO_4^{3-} の溶出現象について、つぎのような基本的考えにたって、モデル化をこころみた。①底泥の間けき水中の PO_4^{3-} の移動については、Fickの拡散方程式に従う。②底泥と間けき水中の PO_4^{3-} 濃度の間には、 $q = kC$ の関係が成立し、酸化層の消滅にともなう、 k が小さくなる。つまり、底泥中の PO_4^{3-} が間けき水へ移行する。基礎式は式(1)のようによく用いられる式になる。

$$f \frac{\partial C}{\partial t} + (1-f) \rho \frac{\partial q}{\partial t} = D_e \frac{\partial^2 C}{\partial z^2} \quad \dots (1)$$

ここで

f : 空隙率 ρ : 底泥の密度
 D_e : 底泥内の拡散係数 C : 間けき水の濃度
 q : 底泥の濃度

式(1)において、 $q = kC$ の k は時間の関数であり、式(1)の解析解は求まらない。そこで実験条件にあう境界条件を定め、数値解析によるモデルのシミュレーションを行った。二の詳細については、講義稿に述べる予定である。

5. 今後の研究方向

本研究ではリンの溶出に関しては底泥の酸化還元の状態、とくに表層における酸化層の成生、消滅が大きな影響因子であることを明らかにした。さらに底泥の酸化還元の状態、酸化層の成生消滅を定量的に把握していく必要があるだろう。また底泥中において、リンが間隙水中に移行する機構を解明し、間隙水から上層水への移行について論ずる必要があるだろう。