

浅い湖沼における底泥から上層水へのリン回帰

開発情報工学研究室 小笠原 史人

1. はじめに

浅い湖沼において風による底泥の巻き上げ現象が問題視されている。その問題として巻き上げによる栄養塩の溶出あるいは光条件等の変化が生物にあたえる影響も大きいと考える。しかしながら従来の巻き上げに関する研究は巻き上げ量を求めることを目的としたものが多く、内部負荷としての栄養塩の溶出を巻き上げとの関係を論じたものは少ない。さらに底泥環境と栄養塩溶出を関連付けた知見は非常に乏しい。

このような背景から、本研究では水深が浅く巻き上げが起りやすい湖沼での底泥からの栄養塩溶出および底泥環境がどのように関与しているか定期観測ならびに室内実験を行った結果を基に考察した。今回はおもに生物に利用される溶解性のリン酸態リン (PO_4-P) に着目して考察を行った。

2. 研究方法

2.1 定期観測

鳥取県東部に位置する湖山池を対象に2003年5月22日、6月27日、8月13日、10月8日、2004年1月9日の計5回。湖水のTP、 PO_4-P 、SS、Chl-aを測定した。また底泥に関しては、間隙水中の PO_4P およびDTP、粒度分布、粒子に吸着したBAP(生物利用可能性リン)を測定した。BAPは H_2O-P 、 NH_4Cl-P 、 $NaOH-P$ 、 $HCl-P$ であり、測定には連続抽出法を用いた。

2.2 室内実験

巻き上げの頻度と上層水への PO_4-P 溶出の関係を考察するための室内実験を行う。嫌氣的条件下における攪拌を行わないカラムと好氣的条件下において攪拌を行わないもの、1日に2回、2日に1回攪拌を行うよう設定したカラムをそれぞれ3つ用意した。

3. 研究結果

湖山池において風が強い日(2003/10/8, 平均風速 9m/s)と弱い日(2004/1/9, 平均風速 3m/s)のSSおよびリン濃度を図1に示す。風が強い日にはSS

値が高く、これは湖山池が風によって巻き上げが発生することを意味している。夏季においてSSとTP、SSとChl-aの関係を図2に示す。SSが増加すると共にTPおよびChl-aが増加している。よって夏季において底泥が巻き上がることで植物プランクトンに影響することが考えられる。

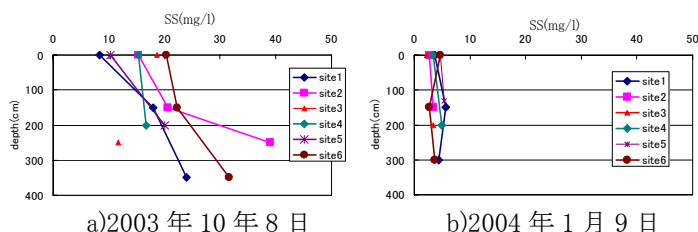


図1. 風速の違いによるSSの鉛直分布

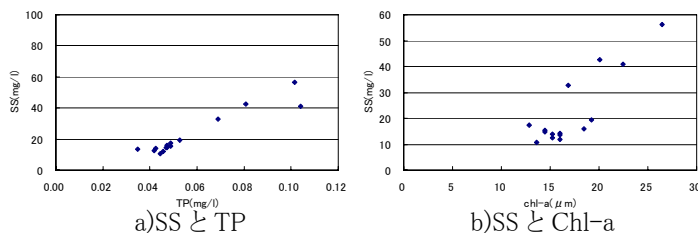


図2. 夏季におけるSSとの相関

そこで底泥間隙水中の PO_4-P 濃度をみる(図3)。1月と比べて10月において底泥直上水と比較すると非常に高い値を示した。底泥間隙水中の PO_4-P 濃度は季節別に変化することが考えられる。また今回、夏季における間隙水中の PO_4-P 濃度が欠測しているため、代わりにTP濃度をみる(図4)。すると8月と10月の値が他の季節よりも高いことが分かった。これにより底泥の巻き上げ現象によるリン回帰は夏季および秋季において他の季節よりも大きな影響を与える可能性があることが示唆される。

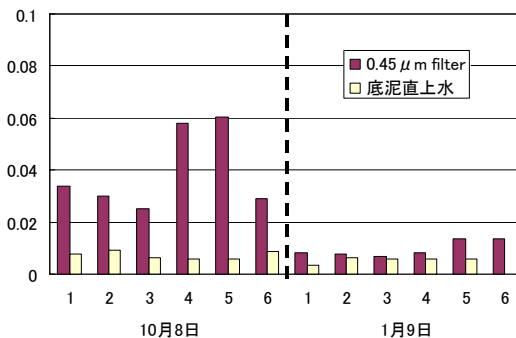


図3. 間隙水中の PO_4P 濃度

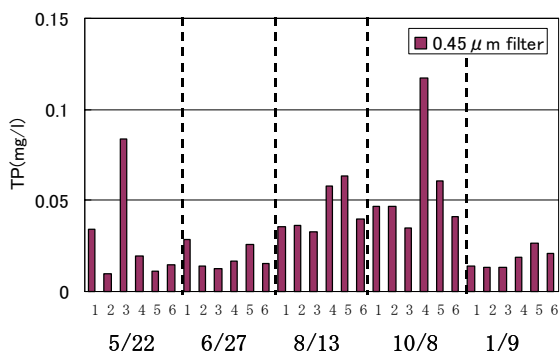


図 4. 間隙水中の TP 濃度の季節変化

次に底泥粒子の粒度分布を調べたが、季節的およびサイト別にほとんど差がなく、 $106\ \mu\text{m}$ 以下の粒子が大部分であり、 $45\ \mu\text{m}$ 以下の粒子が全体の約 80% を占めている結果となった(図 5)。ちなみに図中に示した値はふるい分けによって求められた重量比による粒度分布である。

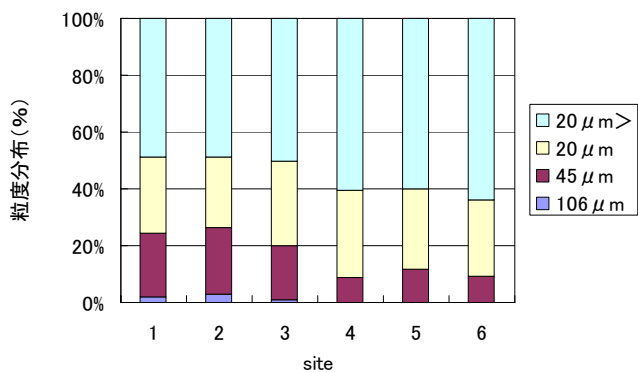


図 5. 底泥粒子の粒度分布(2003/8/13)

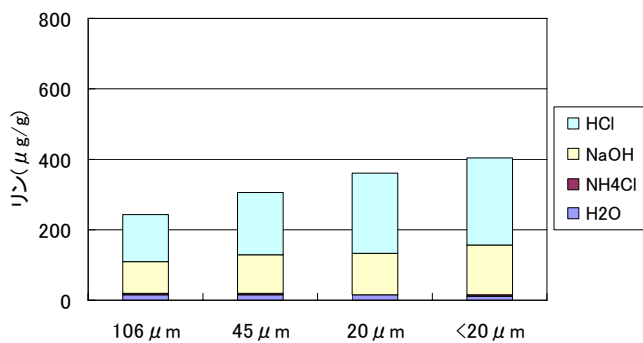


図 6. 粒子径別の BAP(2003/6/27 site1)

この結果を受けて底泥粒子の粒子径別に吸着した BAP 含有量を測定した(図 6)。BAP 含有量は粒子が細かいほど含有量が多くなる傾向にあった。しかし、本研究において $\text{H}_2\text{O-P}$ と $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ は生物に容易に利用されるリン、 NaOH-P は環境の変化によって生物に利用される可能性が高いリン、 HCl-P は生物に利用されないリンと考えている。BAP の粒子径別含有量をみると、生物に利用される可能性が高い

リン($\text{H}_2\text{O-P}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ 、 NaOH-P)はあまり粒径による差がないことが分かる。

よって底泥粒子に吸着した生物に利用される可能性が高いリンの影響を考慮すると、サイト別に違いがなく均一に吸着し、上層水に一定の影響を与えるのではないかと考える。

次にどのような巻き上げが上層水に与える影響を検討するために底泥攪拌におけるリン溶出実験を行った。図 7 の B1~3 は攪拌を二日に 1 回、C1~3 は一日に二回を行った。ともに曝気を行うことで好気的狀態を保った。その結果、攪拌を頻繁に行ったほうが溶出し続ける傾向がみられた。よって上層水に十分酸素が存在しても底泥が巻き上がることでリンが溶出することが示唆された。その要因として考えられるのが底泥粒子の浮遊時間や底泥内の微生物分解の促進などが考えられる。

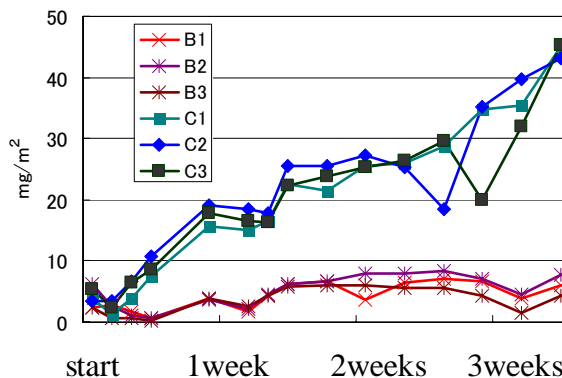


図 7. 攪拌の違いによる PO_4P 存在量の挙動

4. 結論

湖山池での定期観測および室内実験を行うことで、浅い湖沼における底泥から上層水へのリン回帰について考察を行った。底泥が巻き上がることでリンが溶出し、夏季において巻き上げによって溶出したリンが植物プランクトンに影響すると考えられる。そこで季節別の間隙水中のリン含有量を測定すると夏季および秋季に多く、冬季には少ない結果となった。このような結果から夏季において底泥間隙水中に多く含有するリンが影響していると考えられる。

また底泥粒子に着目してみると、特に生物に利用される可能性が高いリン ($\text{H}_2\text{O-P}$ 、 $\text{NH}_4\text{Cl-P}$ 、 NaOH-P) は粒子径別にほとんど差がないことが明らかとなった。よって底泥が頻繁に巻き上がることで粒子に均一に吸着したリンが脱着することがリン溶出の要因の一つであると考えられる。

今後の課題としては室内実験の結果より示唆された底泥の浮遊時間および微生物の分解の影響をそれぞれ分類し定量化することである。