

底泥からの窒素・磷の室内での溶出試験

加藤 賢二・青木 啓子・銚崎 有紀

Experimental in the indoor of nitrogen and phosphorus from the bottom mud the elution.

Kenji KATO, Keiko AOKI, Yuki HOKOZAKI

1 はじめに

湖沼などの閉鎖性水域における窒素・磷の増大は水の富栄養化を引き起こし、有毒アオコの発生など環境悪化の原因となっている。この窒素・磷は生活排水等による外部流入だけでなく、底泥に由来する分も無視できない。すなわち、底泥には多量の窒素・磷が蓄積されており、底層部の嫌気化により、窒素・磷が回帰し、負荷源となる。

そこで、底泥からの窒素・磷の溶出を把握するため、久々子湖の底質を用いて、溶出実験を実施した。

2 調査方法

2. 1 調査地点および調査時期

図1に久々子湖での採泥地点を示した。

なお、サンプリングは平成15年10月20日に実施した。

2. 2 採泥方法

離合社製の不攪乱柱状採泥器を用いた。

2. 3 測定方法

原則として底質調査法に準拠した。

ただし、窒素および磷の分析にあつては、JIS0102の銅・カドミウムカラム還元法等によった。

2. 4 溶出速度試験

図2に溶出速度試験に用いた実験容器の形状および条件を示した。

実験に供した泥は、泥の表層部から深さ5cmまでのコアとして採取したものを混合し、AまたはBの試験容器に湿重量6.0gになるように分取した。上層水は、底質採取時に採取した久々子湖水を1.0μmのガラスファイバーフィルターでろ過後、窒素ガスでパージしたものを気泡が入らないように加えた¹⁾。

溶出量の測定にあつては、上記の試料を混合後、静置し、上層水を1.0μmのガラスファイバーフィルターでろ過後、分析に供した。なお、経時変化の測定にあつては、同系列のものを複数個作成し、抜き取り方式で求めた。



図1 久々子湖における採泥地点

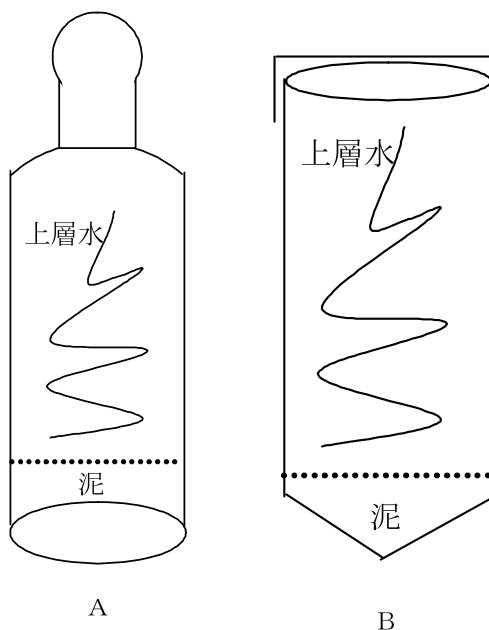


図2 溶出速度試験に用いた実験条件および形状

A : 100mlガラス製フランク瓶 湿泥重量=6.0g
B : 60mlポリスチレン製遠沈管 湿気重量=6.0g

3 結果と考察

3. 1 採泥地点での底質の性状

採泥地点の底質の全窒素および全燐濃度を図3に示した。また、図4に間隙水中の各態窒素および各態燐の濃度を示した。図中の深度はコアで採取した位置の平均値で示した(0.75cm: 0~1.5cm、2.25cm: 1.5~3.0cm、4.00cm: 3.0~5.0cm、7.5cm: 5~10cm)。

図3から底泥中の全窒素および全燐は、深くなるに従い減少傾向が見られたが、それほど大きな変化ではない。

一方、図4から間隙水中の全窒素とアンモニウム態窒素、全燐、燐酸体燐は深くなるに従い、濃度上昇が認められた。これは、泥深-7.5cmと-0.75cmの濃度差の分が湖水中に溶出したためと考えられるが、この試験からは溶出速度を求めることはできない。

また、間隙水中の窒素は、ほとんどがアンモニウム態窒素であることがわかった。

3. 2 溶出速度試験

2.4で示したBの条件で上層水の各窒素および燐の濃度を求め図5に示した。ここで、塩素イオン0mg/lはイオン交換水、3700mg/lは久々子湖の湖水を用いた場合である。

全窒素とアンモニウム態窒素の経時変化を比較すると、アンモニウム態窒素はデータのバラツキが大きい。この原因として経時変化に伴い硫化水素の発生があり、分析の妨害となったと考えられる(図4の試料では間隙水中に硫化水素はない)。

また、全燐と燐酸体燐の場合は、若干燐酸体燐が高めに検出されているが、これは分析時の希釈倍率による誤差と考えられる。

こうしたことから、溶出速度は全窒素および全燐の変化曲線から求めることとし、計算には、ほぼ直線域である30日までを用いた。

その結果を、図6に示した。

図から窒素および燐の溶出は20℃を超えると顕著になり、特に窒素の溶出速度の上昇が著しくなった。

溶出速度は、30℃の場合、窒素で $0.163 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ 、燐で $0.119 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ であった。

この溶出速度を平成3年度に実施した「富栄養化汚濁解析報告書」²⁾のシミュレーション結果に代入し、湖水中に存在する窒素・燐の底質からの溶出による寄与割合を試算すると、窒素1.3%、燐19%となった。なお、三方湖に適用した場合には、窒素3%、燐23%となる。

また、昭和59年度にPb210法³⁾(底質の体積速度と窒素・燐の含有量から算出)で求めた溶出速度は、窒素で $0.771 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ (文献値³⁾: $0.12 \sim 0.49$)、燐で $0.283 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ (文献値⁴⁾: $0.05 \sim 0.17$)となっている。

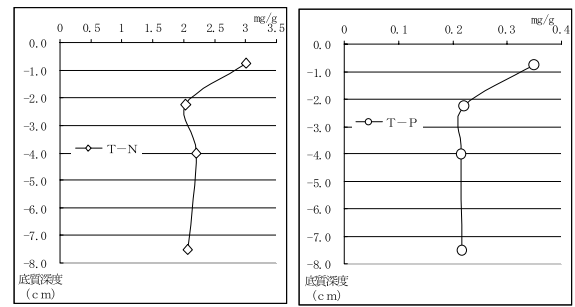


図3 底質中の全窒素および全燐濃度

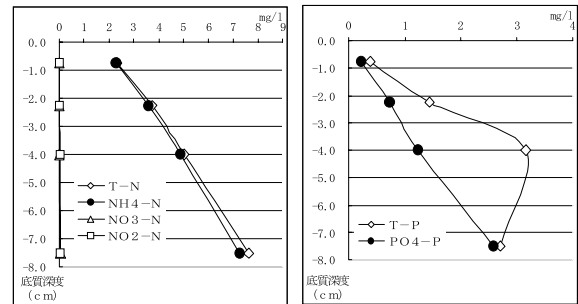


図4 間隙水中の各態窒素および各態燐濃度

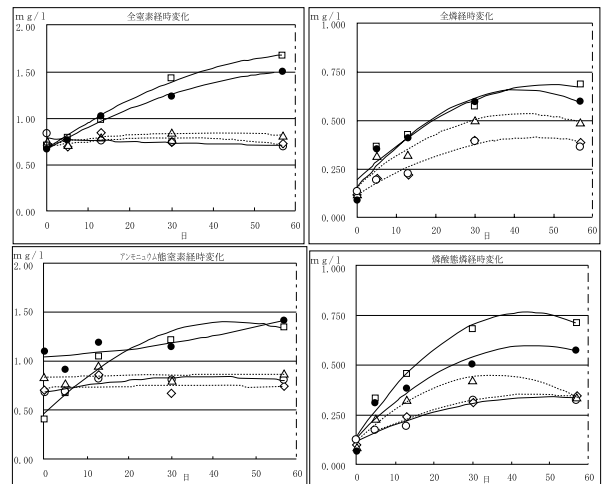


図5 各濃度における窒素および燐の経時変化

□ Cl 0mg/l、30℃ ○ Cl 3700mg/l、5℃ ◇ Cl 3700mg/l、10℃
△ Cl 3700mg/l、20℃ ● Cl 3700mg/l、30℃

3. 3 溶出試験時における酸素の影響

3. 2の溶出試験時に、2. 4のBで示した実験系では時間の経過とともに底質が酸化され泥全体が赤褐色に変化した。通常、保存した泥の酸化の例では泥の表層部分から酸化を受け、しだいに内部へ酸化が進行していく。しかし、今回は、泥の下層部分からも同時に変色していることから、使用したポリスチレンに酸素透過性があるためと考えられ、この実験系からは溶出速度を求めることは出来ないが、酸素が混入した場合の定性的な変化を知ることができる。

図7に、この時の経時変化状況を示した。

混入した酸素量は不明なため、各濃度の絶対値を評価することはできないが、各態窒素および磷の変化のパターンを知ることができる。すなわち、実験開始から数日間は嫌気性状態にあるため磷酸態磷およびアンモニウム態窒素の溶出が認められたが、5日を経過したところからアンモニウム態窒素はバラツキが大きくなるとともに減少傾向にあった。磷酸態磷については、減少速度が速く、30日を過ぎるとほとんど検出されなくなった。磷酸態磷とは逆に、5日ごろからアンモニウム態窒素が酸化され硝酸態窒素および亜硝酸態窒素が検出されるようになった。

久々子湖のような浅い湖では、底泥の表面近くまで酸素の存在が確認されており、この実験は、こうした底泥付近を定性的に再現していたとみることもできる。

4 ま と め

久々子湖南部の底質を用いた窒素・磷の溶出試験から、嫌気性状態での窒素および磷の溶出速度を求めた。窒素では $0 \sim 0.163 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ 、磷で $0.053 \sim 0.119 \mu\text{g}/\text{cm}^2/\text{day}$ であり、水温が 20°C を超えると溶出速度が増すことがわかった。

また、底質から窒素や磷などが溶出する際には、酸素の存在が重要なファクターであることが示唆された。

謝 辞

本研究にあたり、丁寧なご指導をいただいた国立環境研究所の稲森悠平室長、同研究室の方々に対して深謝いたします。

参 考 文 献

- 1) 大垣真一郎他：II-2底質中のリン存在形態とリンの溶出, 国立公害研究所調査報告, 第22号 (B-22'-82), p68-76
- 2) 平成4年度 福井県委託業務報告書「水質汚濁解析

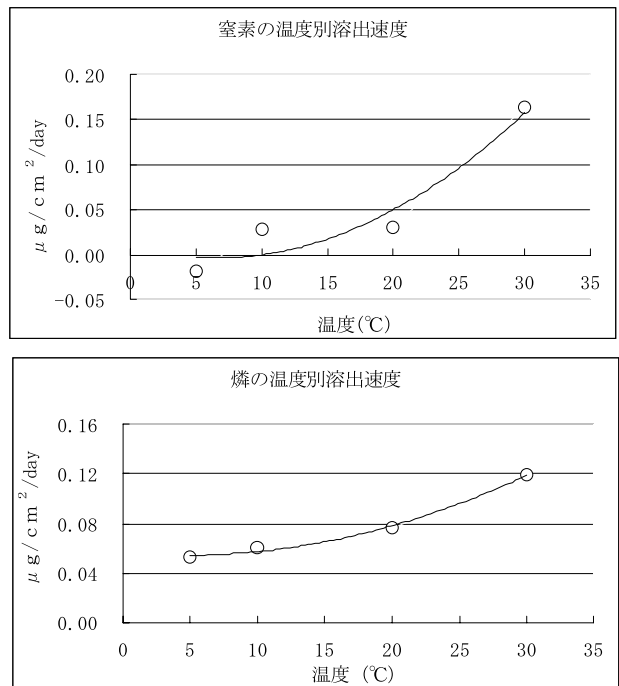


図6 窒素および磷の溶出速度

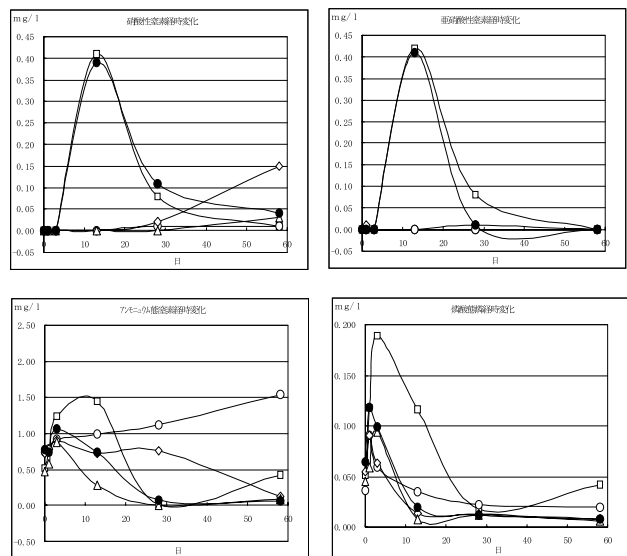


図7 溶出試験時における酸素の影響
(各態イオンの経時変化)

□ Cl 0mg/l, 30°C ○ Cl 3700mg/l, 5°C ◇ Cl 3700mg/l, 10°C
△ Cl 3700mg/l, 20°C ● Cl 3700mg/l, 30°C

業務報告書, 平成4年10月, 財団法人 日本気象協会福井支部, p92-94

- 3) 前川勉他：三方五湖の富栄養化に関する研究 (第7法) - 底質からの栄養塩の回帰量 -, 福井県公害センター年報, 14, pp. 159-168, 1984
- 4) 吉川昌範他：湖沼水質シミュレーションモデルの開発, 福井県環境センター年報, 22, pp. 61-71, 1992