

天然ゼオライトによる湖沼底泥からの栄養塩類溶出抑制効果（その2）

信州大学工学部 正会員 梅崎健夫, 正会員 河村 隆
信州大学工学部 学生会員 ○Moussa Garba-Say Zoukanel

1. はじめに 天然ゼオライトの浄化機能に着目して、諏訪湖湖底より採取した底泥を用いた 80 日間のカラム型溶出試験を実施し、底泥からの窒素やリンなどの栄養塩類の溶出抑制効果について検討した。

2. 試験の概要 栄養塩類の溶出試験は、(社)底質浄化協会「底質の調査・試験マニュアル」の栄養塩類溶出試験（窒素，リン）に準拠した¹⁾。カラム溶出試験装置の概要と試験条件を図-1 に示す。試験方法の詳細は文献²⁾，³⁾を参照されたい。ケース1では、30cm の底泥の上に直接湖水を注水した。ケース2では、純水で洗浄して空気乾燥させた天然ゼオライト（MG イワミライト⁴⁾，粒径 1～3mm）を 3cm の厚さで底泥の上に敷設し、湖水を注水した。窒素ガスで湖水を曝気することにより、栄養塩類が溶出しやすい嫌気状態（溶存酸素量：DO<1mg/L）とした。試験中は嫌気状態を保つために、カラム内の大気中もしくは水面直下で微量の窒素ガスの放出を継続した。湖水の DO および ORP（酸化還元電位）の経時変化を測定した。定期的に採水し、COD（化学的酸素要求量），全窒素と全リンの含有量，濁度の分析を行った。

3. 試験結果および考察 写真-1 (a)，(b) に試験中の湖水および底泥の変化を示す。

底泥のみのケース1では、20日を過ぎた頃から、湖水中に藻類が増加して湖水が薄い緑色を呈し、カラムの内側およびカラム外の循環パイプ内（30日以降に見られる底泥上 10cm 程度における黒い線）にも藻類の付着が確認された。一方、30日以降に見られる底泥の周囲の茶色い部分は、底泥をカラム内に投入する際に巻き込まれた空気によって底泥の表面だけが酸化したものである。（試験後に解体して取り出した底泥の内部は酸化していないことを確認している。）

ケース2では、藻類の発生は無く、湖水は透明な状態が保たれている。底泥は、ケース1と同様に表面だけの酸化が生じている。

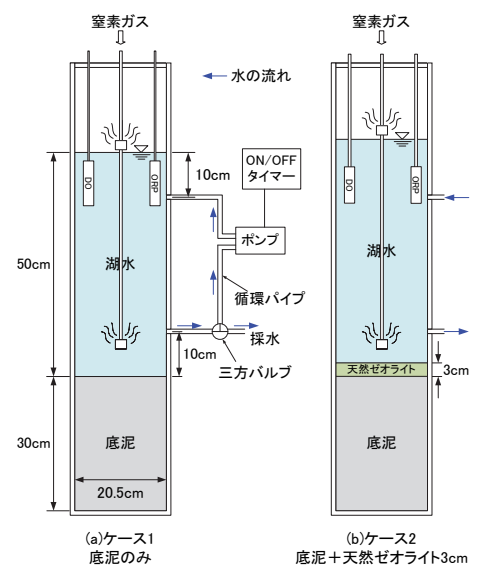


図-1 試験装置の概要と試験条件

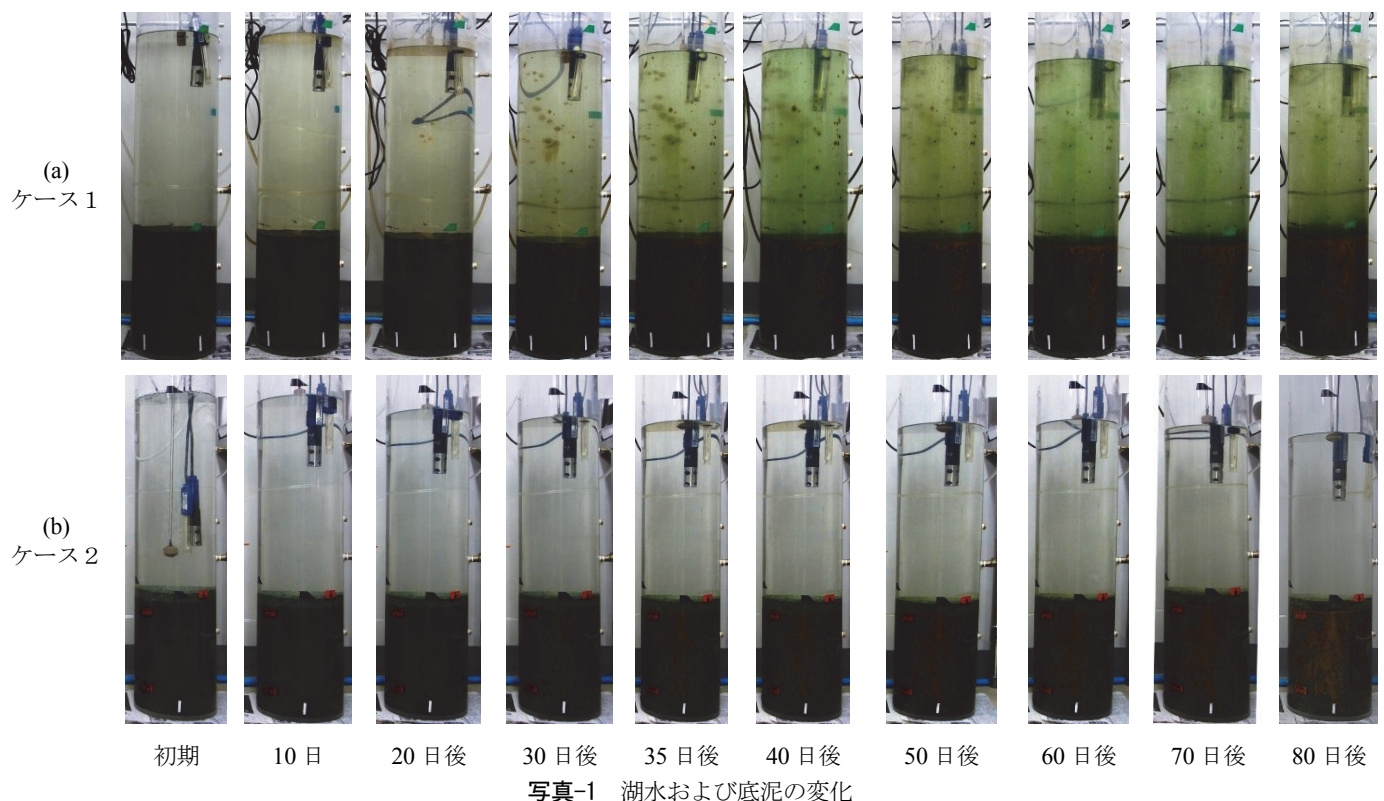


写真-1 湖水および底泥の変化

図-2(a), (b)に DO, ORP の経時変化を示す。

ケース 1 では、藻類の発生した 28 日付近から DO が増加している。カラム内に発生した藻類はシアノバクテリアと考えられ、DO の増加は、それによる光合成が活発に行われて、多量の酸素が生成したためであると考えられる⁵⁾。そのため、ORP は初期において酸化状態であるが、試験開始後、-400mV 程度の還元状態になり、DO の増加が生じた 28 日後に再び酸化状態となっている。

ケース 2 では、45 日付近から DO の増加が見られ、同時期に ORP も酸化状態に移行している。

図-3(a)~(d)に全窒素、全リン、COD および濁度の変化を示す。全窒素、全リンおよび COD の初期値は、それぞれ諏訪湖の水質基準の 0.83 倍、0.44 倍、1.3 倍程度の値であり、濁度は 2 度程度である。

ケース 1 において、全窒素および全リンは、時間の経過とともに増加し、5 日後において水質基準の 2.8 倍および 1.4 倍程度に増加し、20 日後に 3.8 倍および 3.0 倍程度で最大となっており、底泥からの栄養塩類の溶出は大きい。40 日後の減少は、湖水中に発生したシアノバクテリアが消費したことが原因と考えられる。COD および濁度は、時間の経過とともに増加して 40 日後にそれぞれ水質基準の約 2.5 倍、初期値の 4 倍程度で最大となり、その後減少する。COD および濁度の増加からも、シアノバクテリアのような藻類が増加していることが裏付けられる。

ケース 2 において、全窒素は、時間の経過とともに減少し、20 日後に水質基準の 0.23 倍程度まで減少している。その後若干増加するが、40 日後において 0.53 倍であり初期値よりも少ない状態である。全リンは水質基準以下の値が保たれている。COD は、若干増加するものの、40 日後において水質基準の 1.4 倍程度である。濁度は、ケース 1 と同様に、試験開始直後に初期値の 3 倍程度まで増加するものの、10 日以降は減少し、80 日において初期値と同程度まで回復している。

図-4 に水中の窒素とリンの濃度の関係を示す。アオコの発生は、水中の窒素・リンの濃度に依存している⁶⁾。図中には、カラム試験の湖水中の全窒素と全リンのデータを時間経過毎にプロットして示した。初期状態はアオコの増殖が困難な範囲にあるが、底泥のみのケース 1 では、5 日後にアオコの増殖が可能な範囲に移行し、それ以降もその範囲内にある。一方、天然ゼオライトを 3cm 敷設したケース 2 は増殖が困難な範囲にとどまっている。

4. まとめ

カラム型溶出試験を実施し、以下の主な知見が得られた。
①底泥のみの試験においては、試験開始直後から、底泥から湖水へ窒素やリンが溶出し、30 日を経過すると藻類が発生し、湖水の透明度が低下する。
②天然ゼオライトを 3cm 敷設することにより、底泥から溶出する栄養塩類が吸着され、湖水中の栄養塩類の増加を抑制し、湖水の透明度が保たれる。

【参考文献】1) (社) 底質浄化協会 底質の調査・試験マニュアル, 4 節 栄養塩類溶出試験 (窒素, リン), pp.3-3-31~3-3-40, 2003. 2)梅崎ら: 天然ゼオライトを用いた湖沼底泥からの栄養塩類溶出抑制効果, 土木学会第 65 回年次学術講演会, pp.341-351, 2010. 3)梅崎ら: 天然ゼオライトを用いた諏訪湖底泥からの栄養塩類の溶出抑制効果, 信州大学環境科学年報, pp.46-53, 2010. 4)MINDECO IWAMI PROFILE イワミライト, 三井金属資源開発株式会社, 2006. 5)広瀬ら, 2. シアノバクテリア, 低温科学, Vol.67, pp.9-15, 2009. 6)森本ら: ゼオライト混液法による脱チッソ, 脱リン技術, (株) アステック社内技術資料, pp.1-4, 1996.

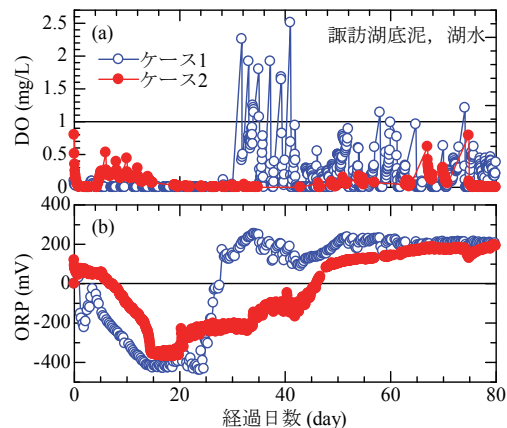


図-2 DO および ORP の経時変化

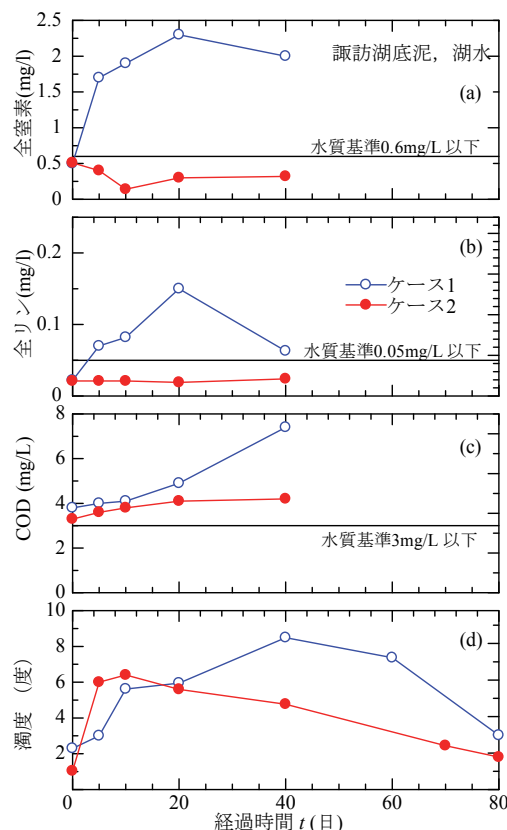


図-3 全窒素、全リン、COD、濁度の経時変化

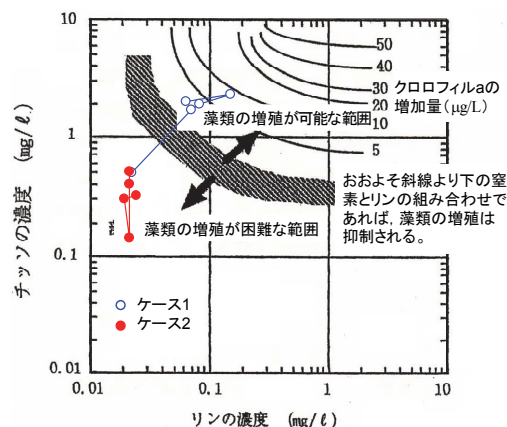


図-4 アオコの発生と窒素・リンの濃度の関係 (文献 6) に加筆)