

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

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正 河村 隆
○南澤 博

1. はじめに 湖沼のような閉鎖性水域では、河川からの土砂流入の他に、窒素・リン等の栄養塩類も流入し、さらに、それらの底泥からの溶出も加わって、富栄養化が促進され水質汚濁や悪臭の発生等が問題となっている。梅崎ら¹⁾は、天然ゼオライトの浄化効果に着目して、諏訪湖湖岸において浄化実証実験を実施している。ゼオライト²⁾は、結晶構造中に微細な蜂の巣のような無数の孔を持ち、そこに水分やガスを吸着する性質がある。特に、カリウムや富栄養化の原因物質である窒素を強力に吸着し、悪臭のもととなる水中のアンモニアなどの吸着除去等の効果がある。

本文では、人工ゼオライトや合成ゼオライトよりも比較的安価な天然ゼオライトによる湖水中の栄養塩類の吸着効果および栄養塩類溶出抑制効果について検証するために、諏訪湖より採取した試料を用いてカラム型溶出試験を実施した。

2. 試験概要 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)に準拠したカラム溶出試験方法^{3),4)}とした。カラム溶出試験装置の概要を図-2に示す。室温20度の恒温室内に設置したアクリル円筒(内径20.5cm, 高さ100cm)内に、諏訪湖湖底より採取した底泥(初期含水比 $w_0 \approx 180\%$)を投入し、10層の軽い突き固めにより高さ30cmとした。投入量は約12kgである。ケース1では、底泥を巻き上げないように静かに諏訪湖湖水を50cm注入した。ケース2では底泥の上にまず湖水を10cm注入し、純水で洗浄し、空気乾燥させた天然ゼオライト(MGイワミライト¹⁾, 粒径1~3mm)を、水中落下により10cmの厚さで投入した。さらに、ゼオライト上面から50cmまで湖水を注入した。計測器類を設置し、カラムに蓋をした後、窒素ガスで湖水を曝気することにより、湖水を栄養塩類が溶出しやすい嫌気状態(溶存酸素量: $DO < 1\text{mg/l}$)とした。

試験中は、湖水の嫌気状態を保つために、カラム内の大気中で微量の窒素ガスの放出を継続した。12時間毎に、ポンプ(流量400~500mL/min)により湖水を循環させた。カラム内のDOおよびORP(酸化還元電位)の経時変化を測定した。試験開始後0, 10, 15, 20日後に500mL採水し、COD(化学的酸素要求量), 全窒素含有量, 全リン含有量, アンモニア性窒素含有量, 濁度の分析を行った。

3. 試験結果および考察 写真-1に試験中のカラムの写真を示す。ケース2ではゼオライトの微細粒子のために少し緑色になっている。そのため、目視によればケース2の方が澄んでいるように見えるが、後述するように濁度はほぼ同程度である(図-4(e))。

図-3に水温, DO, ORPの経時変化を示す。いずれも試験中18°C程度で水温が一定に保たれている。DOは嫌気状態($DO < 1.0\text{mg/L}$)を保っているが、ケース2において、時間の経過とともに増加している。これは、ゼオライトの微細孔に残された空気が析出してきたためであり、開始1日後より、ゼオライト部分に多数の気泡が確認されている。ORPは、試験開始直後は両ケースとも200mV程度で酸化状態である。ケース2において初期に増加したが、3日後以降において減少し、10日後においては、還元状態となる。一方、ケース1においては、酸化状態と還元状態の間を変動している。

図-4にCOD, アンモニア性窒素含有量, 全窒素含有量, 全リン含有量および濁度の経時変化を示す。湖水中のCOD, 全窒素および全リンの初期含有量は、それぞれ2.4, 1.0, 0.061mg/Lであり、全窒素および全リンは諏訪湖の水質基準を上回っている。図-4(a)に示す

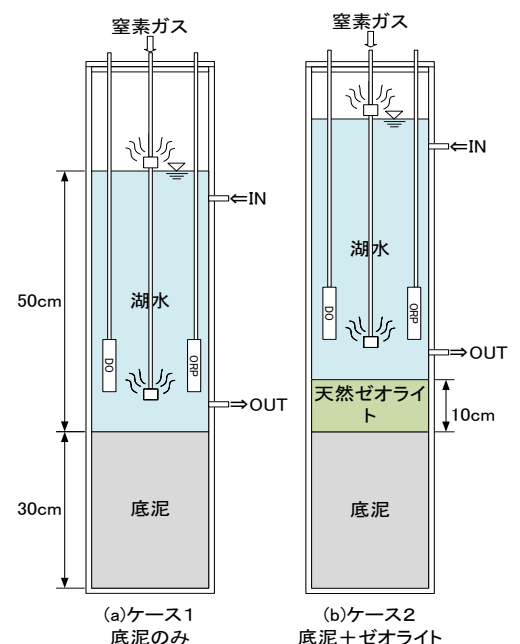


図-1 カラム型溶出試験装置の概略

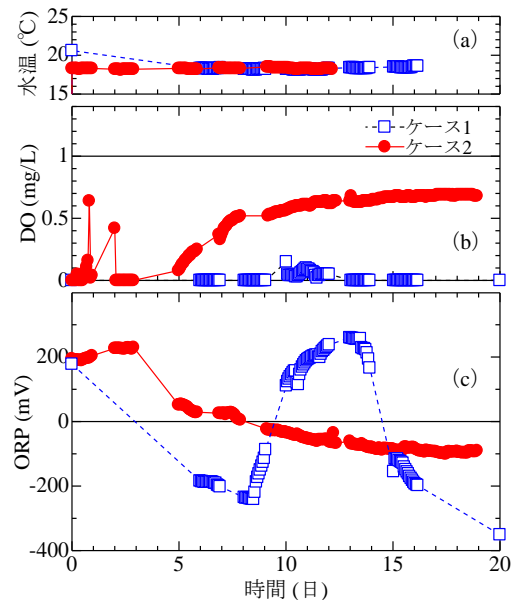
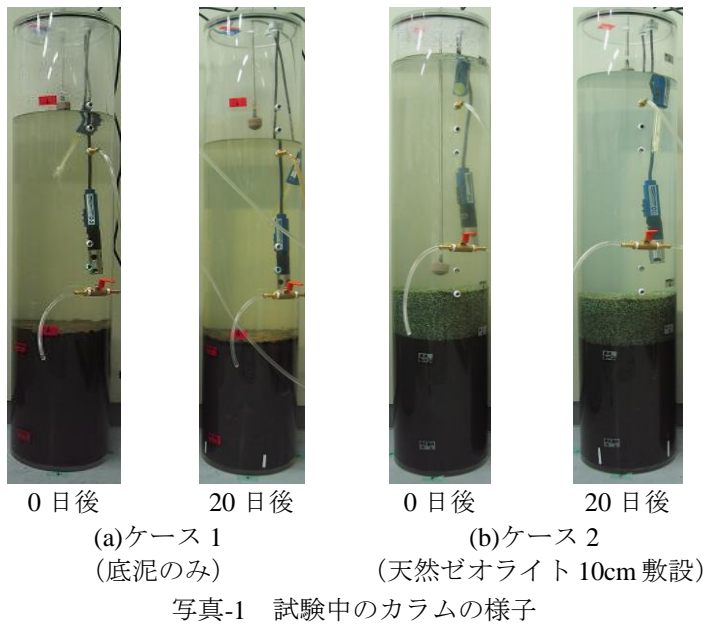


図-3 水温、DO、ORP の経時変化

ように、COD には、大きな差は認められない。図-4(b)に示すように、アンモニア性窒素含有量は、ケース1では初期より増加しており、20日後には初期値の10倍の1.3mg/Lとなっているが、ケース2では増加していない。図-4(c)に示すように、全窒素含有量においても、ケース1では増加し、20日後には初期値の1.9倍の1.9mg/Lであるが、ケース2では、初期値よりも減少し、水質基準を下回っている。これは、ゼオライトがアンモニア性窒素を吸着する性質が有効に機能しているためであると考えられる。図-4(d)に示すように、全リンは、ケース1において10日後で初期値の3.2倍まで増加しているものの、15、20日後は初期値よりも減少して、環境基準を下回っている。ケース2では、時間の経過とともに減少し、いずれも環境基準を下回っている。リンの底質からの溶出量はORPが負の値(還元状態)では大きく、ORPが正の値(酸化状態)では減少するとの報告⁴⁾がある。図-3(c)に示したように、ケース2は還元状態であったが、全リンの含有量が減少しているのはゼオライトによる効果であると考えられる。図-4(d)に示すように、いずれにおいても、濁度は時間の経過とともに少しずつ減少している。

4. まとめ 天然ゼオライトの湖底からの栄養塩類の溶出抑制効果を検討するためにカラム型溶出試験を実施した。その結果、ゼオライトを湖底に敷設することにより、アンモニア性窒素、全窒素および全リンの溶出を低減することができることを示した。

謝辞 本試験および水質分析は、長野県諏訪建設事務所委託の共同研究の一環で実施された。ここに記して、関係各位に謝意を表します。

【参考文献】1) 梅崎健夫, 河村 隆, 河野剛志, 河崎 彰, 野村忠明, 大寺正志, 藤森徳雄, 細野武久, 西井 淳, 境 大学, 松永 斉, 岡村昭彦, 近藤誠二: ジオテキスタイルと天然ゼオライトを用いた人工なぎさの水質浄化実験, ジオシンセティックス論文集, 第23巻, pp.119-126, 2008. 2) MINDECO IWAMI PROFILE イワミライト, 三井金属資源開発株式会社, 2006. 3) (社)底質浄化協会: 底質の調査・試験マニュアル第三版, 2003. 4) 吉野広司, 畑野俊久, 斎藤悦郎, 望月美登志, 土開健義: PS 灰を用いた富栄養湖における浚渫土の改良, 第40回地盤工学研究発表会, pp.683-684, 2005.

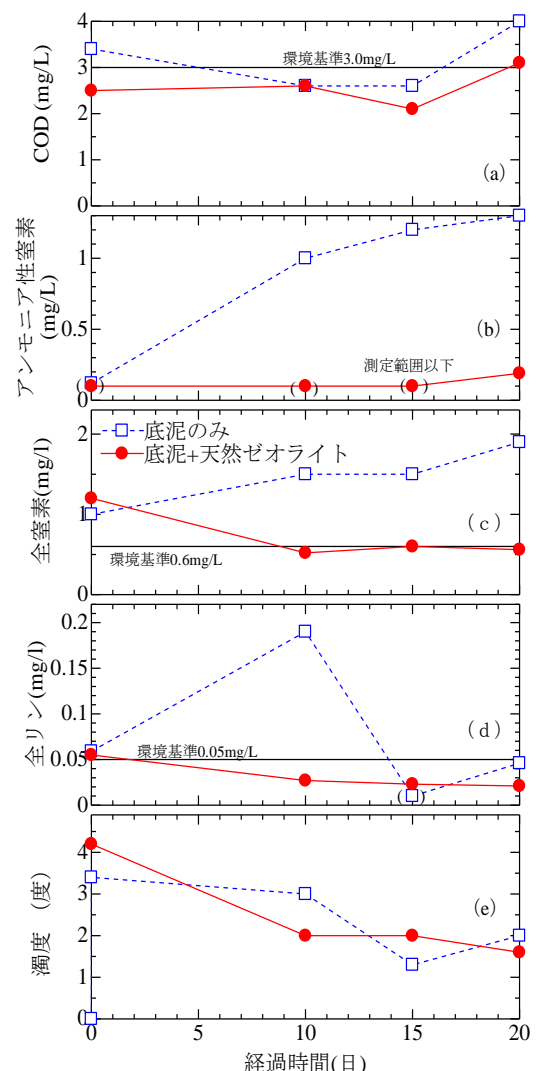


図-4 水質分析結果