

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

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正〇河村 隆
三井金属資源開発(株) 境 大学, 松永 斉

1.はじめに 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の強力な吸着等の効果がある。本文では、浄化剤として用いる天然ゼオライトの底泥からの栄養塩類の溶出抑制効果について検証するために、条件を一定に制御しやすい実験室内においてカラム溶出試験を実施し、定期的に採取した湖水および天然ゼオライトの分析を行った。

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)に準拠したカラム溶出試験³⁾とした。カラム溶出試験装置の概要および試験条件を図-1に示す。各ケースの詳細は表-1の通りである。試料には、天然ゼオライト(MG イワミライト²⁾, 粒径 1~3mm), 諏訪湖の湖水および湖底より採泥器によって採取した底泥(初期含水比 $w_0 \approx 180\%$)を用いた。ケース 1, 2-1 および 2-2 では攪拌していない底泥を、ケース 3 では天然ゼオライトを乾燥重量比 6%添加してマルチドレーン真空脱水法⁴⁾により脱水浄化処理した底泥を、それぞれアクリル円筒に投入し、10層の軽い突き固めにより高さ 30cm とした。ケース 2-1 および 2-2 では、その上に純水で洗浄して空気乾燥させた天然ゼオライトを敷設した。湖水を注水して栄養塩類が溶出しやすい嫌気状態(DO(溶解酸素量) < 1mg/L)に維持し、ポンプ(流量: 400~500mL/min)および 12時間 ON/OFF タイマーを用いて湖水の循環も行った。計測・分析項目を表-2に示す。ここで、ORP: 酸化還元電位, COD: 化学的酸素要求量である。

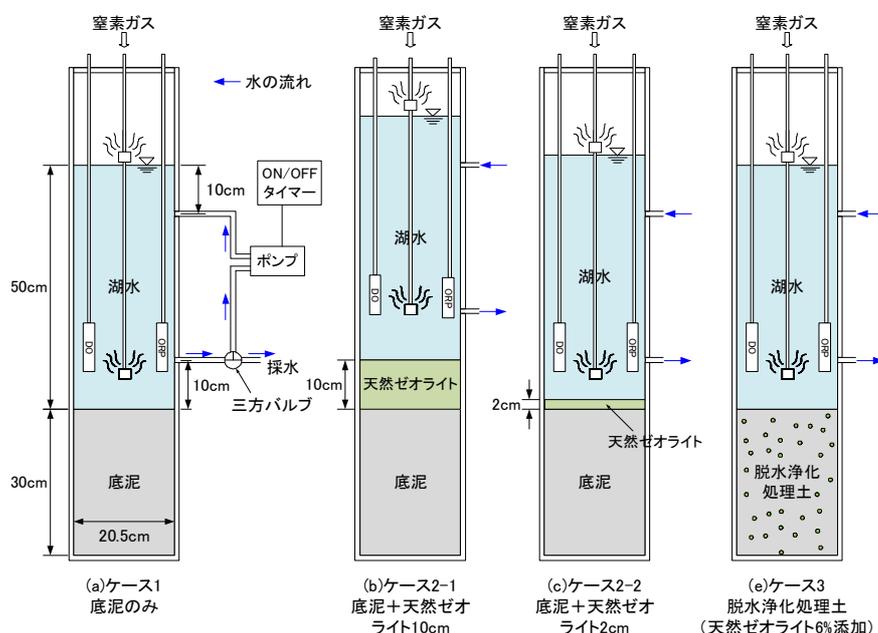


図-1 試験装置の概要と試験条件

3. 試験結果および考察 図-2(a)~(d)

に湖水中のCOD, 全窒素, 全リンおよびORPの経時変化を示す。図-2(a)に示すように、CODの初期値は1.6~3.4 mg/Lとケース毎に異なっている。ケース1(底泥のみ)では3.4 mg/Lであり、このケースだけが諏訪湖の水質基準を上回っている。その他のケースでは、大きな差は認められないが、いずれも10日目以降において幾分増加する傾向にある。図-2(b)に示すように、全窒素の初期含有量は1.0~1.6mg/Lであり、いずれのケースも諏訪湖の水質基準を上回っている。ケース1(底泥のみ)では、時間の経過とともに全窒素の含有量が増加して、富栄養化が進行している。一方、天然ゼオライトを用いたケースでは初期値よりも減少している。特に、ケース 2-1(10cm敷設)では10日目以降においても水質基準を下回っている。また、ケース2-2においても初期値の約1/2に減少しており、2cm程度の薄層でも浄化効果が得られている。さらに、ケース3(脱水浄化処理土)においても、初期値の約3/4に減少しており、効果が認められる。別途実施し

表-1 試験ケース

ケース	条件
ケース 1	底泥のみ
ケース 2-1	底泥の上に天然ゼオライトを層厚 10cm 敷設
ケース 2-2	底泥の上に天然ゼオライトを層厚 2cm 敷設
ケース 3	底泥に天然ゼオライトを6%添加しマルチドレーン真空脱水法により脱水減容化した脱水浄化処理土

表-2 計測・分析項目

	項目	測定日
室内計測	DO, 水温, ORP	連続計測
水質分析	含有量分析: COD, 全リン, 全窒素	0, 10, 15, 20日後
天然ゼオライト分析	吸着量分析: 全窒素, 全リン	0, 20日後

キーワード: 閉鎖性水域, 浄化, 水質・底質, 全窒素, 全リン, ゼオライト, 溶出

連絡先: 〒380-8553 長野市若里 4-17-1 信州大学工学部土木工学科, TEL&FAX:026-269-5291

た脱水浄化処理土からの溶出量分析⁴⁾において、20%添加した場合には、全窒素の溶出量を1/2程度に抑制できることを明らかにしており、添加量を増やすことによりさらに抑制効果が期待できる。

図-2(c)に示すように、全リンの初期含有量は0.037~0.055mg/Lであり、水質基準を上回っているケースもある。いずれのケースにおいても時間の経過とともに減少し、10日後および15日後において水質基準を下回っている。15日後から20日後の間に若干増加するケースも見られるが、20日後においても水質基準を下回っている。一方、ケース2-1は、この期間においても全リンが増加していない。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、正の値(酸化状態)では減少するとの報告²⁾がある。図-2(d)に示すように、いずれのケースも15日後および20日後において還元状態であったが、ケース2-1において全リンの含有量が増加していないのは天然ゼオライトによる吸着効果であると考えられる。

アオコの発生は、水中の窒素・リンの濃度に依存しているという報告がある(図-3)⁵⁾。図中には、カラム試験の20日後の湖水中の全窒素と全リンのデータをプロットして示した。ケース1(底泥のみ)は、アオコの増殖が可能な範囲にある。一方、天然ゼオライトを10cm敷設したケース2-1は増殖可能な範囲を大きく外れている。ケース2-2およびケース3もおおよそ範囲外にある。

図-4(a), (b)に試験開始前後における天然ゼオライトの全窒素および全リンの吸着量を示す。図-4(a)に示すように、全窒素吸着量の初期値はいずれも測定範囲未満である。ケース2-1では、上層5cmには全窒素が全く吸着していないのに対して、下層5cmには110mg/kg吸着している。また、ケース2-2においても吸着量は45mg/kgである。一方、図-4(b)に示すように、既往の報告によれば天然ゼオライトによるリンの吸着に対する十分な効果は確認されていないが、20日後において、全リンの吸着量はいずれのケースにおいても初期値の2倍程度に増加している。すなわち、天然ゼオライトの窒素・リンの吸着効果が検証された。

4. まとめ 得られた主な知見は以下のとおりである。①天然ゼオライトで底泥表面を5cm程度被覆することにより、底泥から溶出する栄養塩類が吸着され、湖水中の栄養塩類増加が抑制できる。②浚渫した底泥に天然ゼオライトを添加して、マルチドレーン真空脱水法により脱水処理した土を湖底に還元すること(ゼロエミッションの達成)により、底泥からの栄養塩類溶出を抑制することができる。

謝辞: 試験は長野県諏訪建設事務所より委託された「平成21年度 国補 河川環境整備事業に伴う浄化効果検討業務委託」の一環として実施された。付記して、感謝の意を表わします。

【参考文献】 1) 梅崎健夫ほか: 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, 4節 栄養塩類溶出試験(窒素, リン), pp.3-31~3-3-40, 2003. 4) 梅崎健夫ほか: マルチドレーン真空脱水法による閉鎖性水域底泥の脱水・浄化システム, 第43回地盤工学研究発表会, pp.901-902, 2008. 5) 森本辰雄, 湊 秀雄: 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.

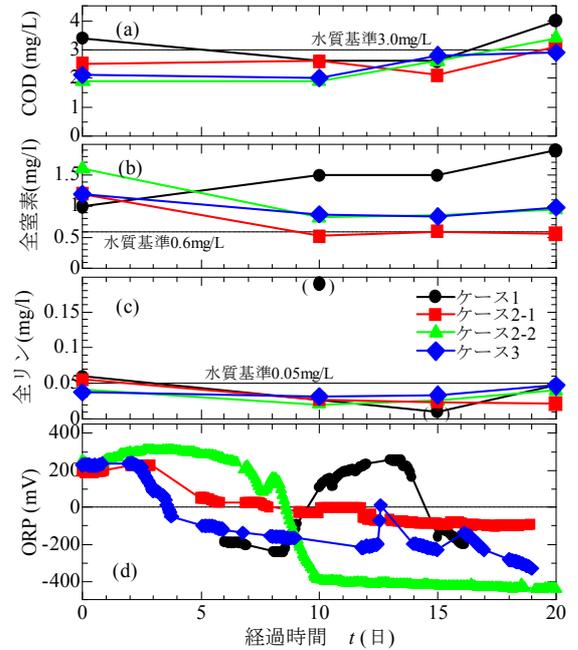


図-2 COD, 全リン, 全窒素およびORPの経時変化

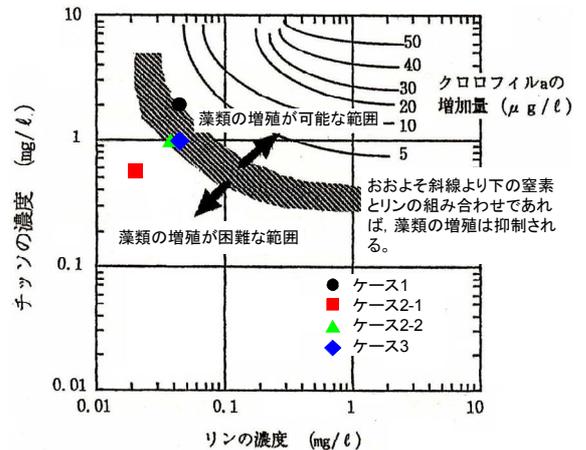


図-3 アオコの発生と窒素・リンの濃度の関係(文献5)に加筆

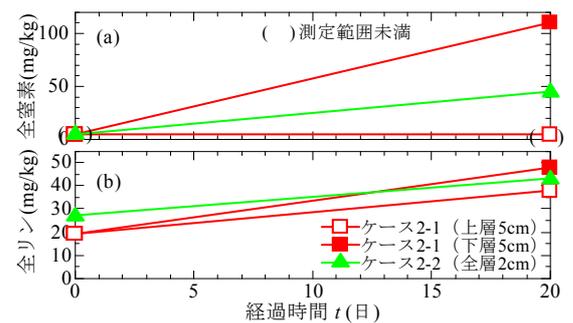


図-4 天然ゼオライトの吸着量