

高機能化天然ゼオライトを用いた濁水及び富栄養化水の浄化の試み

西日本技術開発 正会員 ○井芹寧 水圏環境研究所 宮原勝則
九州大学 正会員 齊藤正徳・朴埼玉・慶東情報大学 朴王敬希

1. 目的

今日の陸水域における水質悪化の代表的な現象として、濁水の長期化問題及び富栄養化問題があげられる。

濁水の長期化は河川及び海域の水質・生物環境等に影響を及ぼし、富栄養化は利用水の着色、着臭、毒性物質の混入等の利水障害を引き起こしている。

これらの問題の解決のため各種の対策が講じられているが、多額の経費やエネルギーを要したり、2次的な環境汚染防止に配慮しなければならないなど、多くの課題を抱えている。経済的で、環境にやさしく、汎用性のある対策法の確立が求められている。

本研究は、天然のゼオライトを加工し凝集浄化機能を向上させた高機能天然ゼオライトを用いて、環境水の改善を目指すものである。今回は、珊瑚礁などの沿岸生態系に影響を及ぼしている赤土などの濁水の浄化効果と湖沼水の富栄養化の防止効果を確認するため行った基礎実験の結果を報告する。

2. 内容

(1) 高機能ゼオライト

実験に供した原料ゼオライトの主要鉱物組成を表-1に、主要化学組成を表-2に示す。

原料ゼオライトは天然鉱物であり主成分が二酸化ケイ素で、斜ブチロル沸石を多量に含有し安定的に陽イオン交換能力(200meq/100g程度)を有することを特徴とする。

環境改善資材として高機能化する処置として、凝集機能の向上に着目し、天然資材をとのイオン置換処置を行った高機能粉状ゼオライトと高温で焼結粒状化した高機能粒状ゼオライトを製作した。それぞれの外観を写真-1に示す。

表-1 天然ゼオライトの鉱物組成

Minerals(鉱物)	Wt.%(重量%)
Quartz(石英)	< 12.0
Muscovite(白雲母)	9.8 - 13.6
Feldspar(長石)	5.6 - 6.2
Clinoptilolite(斜ブチロル沸石)	66.7 - 72.0
Total Zeolite(ゼオライト, 沸石)	約 70%

表-2 天然ゼオライトの主要化学組成等 (%)

SiO ₂	二酸化珪素	63.44
Al ₂ O ₃	酸化アルミニウム	15.02
Fe ₂ O ₃	酸化第二鉄	Trace
MgO	酸化マグネシウム	Trace
CaO	カルシア	2.58
Na ₂ O	酸化ナトリウム	2.40
K ₂ O	カリウム	2.69
lg-Loss	1000°Cの強熱処理における減量分	13.87
CEC	Cation Exchange Capacity (陽イオン置換能力)	200 (meq/100g)



イオン置換活性化ゼオライト 焼結活性化ゼオライト

写真-1 高機能化ゼオライトの外観

(2) 濁水浄化実験方法

実験に供した濁水は2種類の土壌をそれぞれ蒸留水に分散させて作成した。土壌は沖縄で採取した赤土と九州で採取した四万十層起源の粘土を用いた。

各土壌を10Lの蒸留水に添加し攪拌し供試濁水とした。12時間静置後に1Lメスシリンダー2本に上層の濁水を分取し、その一つに高機能化ゼオライトを40mg/Lの濃度になるように添加した。処理後12時間静置し、分析用水試料を水面下10cmで採取した。四万十層粘土濁水に関しては窒素、リン、有機物成分。赤水濁水に関しては溶存イオン類の分析を行った。イオン類はICP-OES(Perkin Elmer)、濁度は濁度計(Hack Model 2100N)、pH及びECはpH、EC計(Orion 550A)を用いて測定した。窒素・リン、有機物成分はJIS法に準じて分析を行った。

(3) 富栄養化防止実験方法

地下水を2L入れたガラス水槽2台にそれぞれ20尾のメ

ダカを投入した。水槽を 3000Lux12hr 明, 12hr 暗, 20~25°C 温度条件の恒温室に静置し, 両水槽ともに毎日 0.4 g の飼料 (キョーリン社メダカ用飼料) を給餌した。

飼育開始50日後に水槽内の水試料を採取し, pH, EC, 濁度, DO, クロロフィル a の計測を多項目水質計(クロロテックAAQ-1183)を用いて計測し, リンをAuto Analyzer (BLTEC社製)を用いて分析した。その他の成分は濁水分析と同様とした。

3. 結果

(1) 濁水浄化実験結果

処理 12 時間静置後の水質分析結果を表-3 に示す。

赤土濁水に関しては, 濁度は無処理(control)の 11.4NTU に対し, ゼオライトを添加した処理水においては 1.2NTU と濁度低下が認められた。溶存イオン類に関しては大きな変化は認められなかった。2 次的汚染が懸念される Al^{3+} はいずれも検出されなかった。

四万十層粘土濁水に関しては, 濁度は無処理(control)の 56NTU に対し, ゼオライトを添加した処理水においては 2.1NTU と濁度低下が認められた。また, T-N に関して 6.6mg/L が 2.1mg/L に, COD に関して 18mg/L が 3mg/L に改善された。 Al^{3+} についてはいずれも検出されなかった。

表-3(1) 濁水浄化試験結果 (赤土)

項目	control	処理水
濁度 (NTU)	11.4	1.2
pH	7.6	7.5
EC ($\mu S/cm$)	288	290
Ca^{2+} (mg/L)	24.0	25.3
Mg^{2+} (mg/L)	6.0	6.3
Na^+ (mg/L)	24.8	26.7
K^+ (mg/L)	4.0	3.9
Al^{3+} (mg/L)	ND	ND

表-3(2) 濁水浄化試験結果 (四万十層粘土)

項目	control	処理水
濁度 (NTU)	56	2.1
pH	7.7	7.8
T-N (mg/L)	6.6	2.1
T-P (mg/L)	0.01	0.01
COD (mg/L)	18	3
Al^{3+} (mg/L)	ND	ND

(2) 富栄養化防止実験結果

メダカ飼育50日後の水質測定・分析結果を表-4 に示す。

また, 実験水槽の写真を写真-2に示す。

無処理のcontrol区と比較して, ゼオライト処理区は, 濁度が239NTUに対し1.1NTU, CODが159mg/Lに対し67mg/L, T-Pが0.167mg/Lに対し0.030mg/Lと各項目とも大幅な水質浄化効果が認められた。藻類の指標であるクロロフィル a (Chl-a) もcontrol区が322 $\mu g/L$ に対しゼオライト処理区は5 $\mu g/L$ と1/64の現存量となり, 良好な富栄養化防止効果が確認された。

表-4 富栄養化防止実験結果

項目	control	処理区
水温 ($^{\circ}C$)	23.8	23.8
濁度 (NTU)	25.9	1.1
EC ($\mu S/cm$)	239	295
pH	9.7	9.3
DO (mg/L)	9.9	9.1
COD (mg/L)	159	67
T-P (mg/L)	0.167	0.030
Chl-a ($\mu g/L$)	322	5



写真-2 水槽実験結果 (左:control 右:ゼオライト投入)

4. 結論

赤土で形成された濁水にイオン置換活性化天然ゼオライトを40mg/Lの割合で添加した結果, 濁度が56NTUから2.1NTUに改善されるなど, ゼオライト添加による濁水浄化効果が確認された。また, アルミニウムイオン等の2次的汚染物質は検出されなかった。

粒状の焼結活性化天然ゼオライトを投入したメダカ飼育実験では飼育後50日目のcontrol(未処理槽)においてクロロフィルaが322 $\mu g/L$ とアオコ状態を呈したが, ゼオライト投入槽では5 $\mu g/L$ と低濃度で, 良好な富栄養化防止効果が認められた。

今回適用した高機能化天然ゼオライトは, 環境に優しく, 汎用性のある濁水浄化資材, 富栄養化防止資材として期待される。今後は, 実規模の現地適用試験を実施する予定である。