

多孔質担持機能紙を用いた水質浄化に関する基礎的研究(その1) ーゼオライト機能紙の窒素・リン・セシウムに対する吸着特性ー

信州大学工学部 正〇梅崎健夫, 正 河村 隆

一般社団法人グリーンディール推進協会 西田健吾, 凸版印刷(株) 早川 典

旭化成ジオテック(株) 正 石井大悟, 三井金属資源開発(株) 志賀信彦

1. はじめに 窒素や放射性セシウムなどの陽イオンの吸着剤として多孔質の天然ゼオライト(MG イワミライト, 写真-1(a)~(c))¹⁾の粉粒およびリンなどの陰イオンの吸着剤として多孔質ケイ酸カルシウム²⁾の粉粒をそれぞれパルプに担持させた2種類の多孔質担持機能紙(ゼオライト機能紙^{2),3)}およびケイ酸カルシウム機能紙^{2),4)}を開発した. 両者はいずれも軽量で加工も容易であり, 湖沼の富栄養化対策, 地下水汚染および放射性セシウムの除染対策などの用途に応じてそれぞれ適用できると考える. 本文では, 研究の端緒として, 2種類の機能紙のうち, ゼオライト機能紙の栄養塩類(窒素・リン)およびセシウム(安定同位体)イオンに対する吸着特性について検討した.

2. 水溶液を用いた室内吸着試験 栄養塩類に対する吸着試験では, ゼオライト機能紙(粒径 $D<0.5\text{mm}$ の粉粒を 250g/m^2 担持, 写真-1(d))と建設資材として汎用的な不織布²⁾によって被覆したゼオライト機能紙を用いた. 栄養塩類としてアンモニウム態窒素($\text{NH}_4\text{-N}$)およびリン酸態リン($\text{PO}_4\text{-P}$)を含む水溶液にゼオライト機能紙を添加し, スターラーにより120分間攪拌した. 所定時間毎に採水してろ過した後, $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の濃度を測定した. 比較のために, 天然ゼオライトの粉粒($D=1\sim3\text{mm}$, $D<0.5\text{mm}$)を用いた同様の試験も実施した. 試験方法の詳細については文献2), 4)を参照されたい.

セシウム(安定同位体)イオン(Cs^+)に対する吸着試験では, Cs^+ , カリウムイオン(K^+), カルシウムイオン(Ca^{2+}), ナトリウムイオン(Na^+)を含む水溶液にゼオライト機能紙を添加(天然ゼオライトの添加量 10g/L)して振とうを行った. 定期的に採水しフィルター($1\mu\text{m}$ 程度)でろ過して, ICP(誘導結合プラズマ)分析によってイオン濃度を測定した. また, 振とうを行わない浸漬するだけの同様の試験も実施した.

3. 試験結果および考察 吸着試験(攪拌)前後のゼオライト機能紙を写真-2に示す. 写真-2(a)に示すように, 不織布で被覆していない場合は, 機能紙の劣化や粉粒の脱落が生じ, 攪拌後の乾燥質量は減少する. しかし, 写真-2(b)に示すように, 不織布で被覆した場合には, 顕著な劣化は認められず, 質量変化もほとんど無く, 天然ゼオライトの粉粒はほとんど漏出ししない.

図-1(a), (b)に, $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ のそれぞれ単一成分の水溶液に対する攪拌時間と除去率の関係を示す. 除去率は, $\{(\text{初期濃度}-\text{所定時間攪拌後の濃度})/\text{初期濃度}\}\times 100(\%)$ として算定した. 図-1(a)に示すように, 水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の天然ゼオライトへの吸着は短時間で生じる. 天然ゼオライトは主に粒子表面に水中のイオンを吸着することから⁵⁾, 粒径が小さくなるほど, 同一質量に対する表面積が大きくなり, 吸着速度が大きくなる. ゼオライト機能紙($D<0.5\text{mm}$

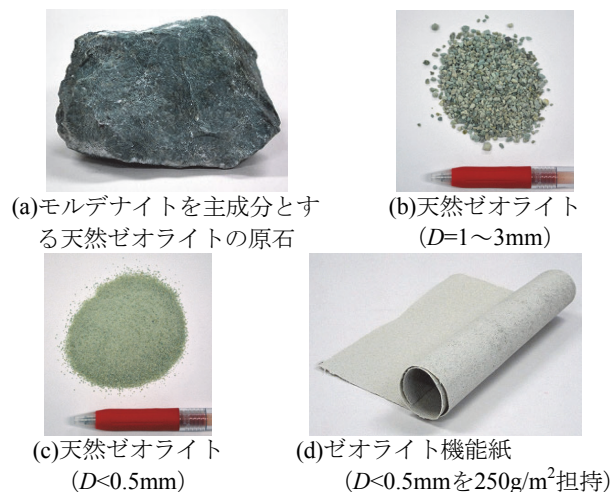


写真-1 天然ゼオライトとゼオライト機能紙

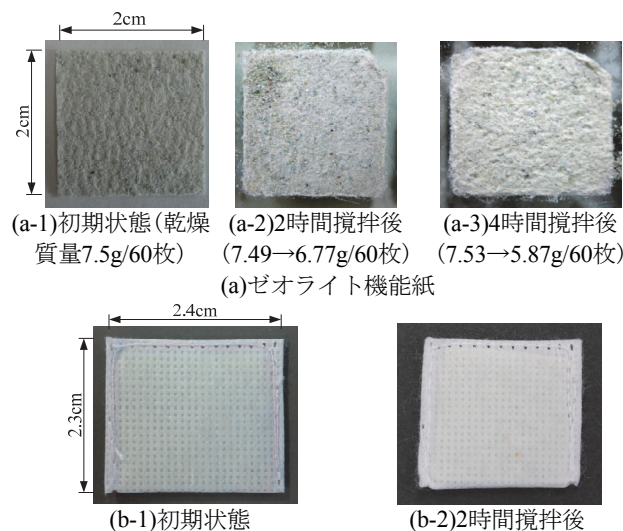


写真-2 吸着試験(攪拌)前後のゼオライト機能紙

キーワード: 水質浄化, 富栄養化, 窒素, リン, 放射性セシウム, 天然ゼオライト

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

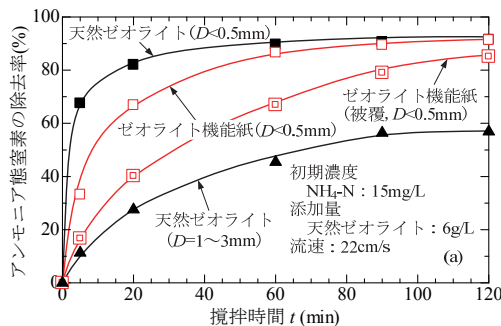


図-1 $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の水溶液に対する除去率 (吸着試験 (攪拌), 天然ゼオライト)

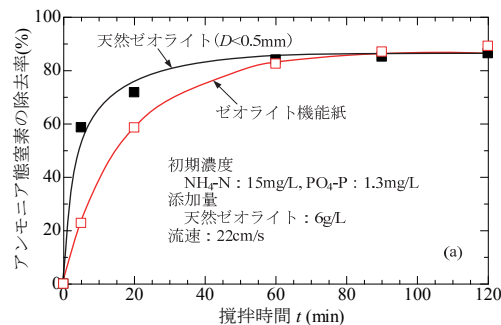
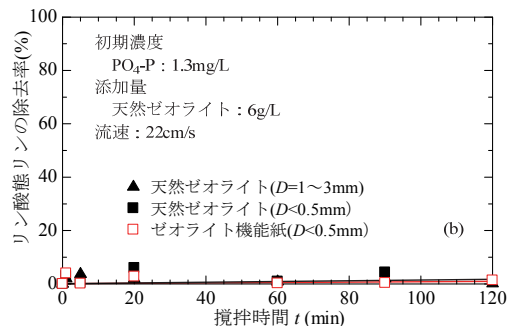


図-2 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の混合水溶液に対する除去率 (吸着試験 (攪拌), 天然ゼオライト)

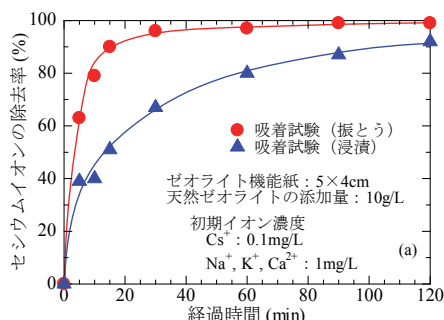
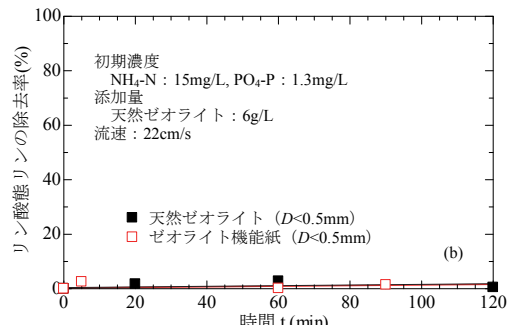
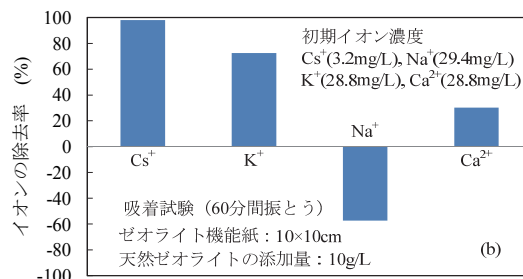


図-3 セシウム (安定同位体) イオンの除去率 (吸着試験 (振とう, 浸漬), 天然ゼオライト)



を担持)の吸着速度は、同じ粒径の天然ゼオライトの粉粒よりも攪拌開始直後において若干遅いが、60分以降における除去率はほぼ同じである。また、不織布で被覆した場合においても吸着能力は高い。一方、図-1(b)に示すように、水中の $\text{PO}_4\text{-P}$ の除去率は5%未満であり、天然ゼオライトには $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸着はほとんど生じない。

図-2(a), (b)に $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の混合水溶液に対する吸着試験(攪拌)の結果を示す。天然ゼオライトへの $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸着は、 $\text{PO}_4\text{-P}$ にほとんど阻害されない。すなわち、図-1(a), (b)に示した単一成分のそれぞれの水溶液の場合と同様に、水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸着は短時間で生じるが、水中の $\text{PO}_4\text{-P}$ に対する吸着はほとんど認められない。

図-3(a)に Cs^+ の除去率と経過時間の関係を示す。ゼオライト機能紙への Cs^+ の吸着はいずれの場合も短時間で生じる。振とうした場合の方が浸漬した場合よりも吸着速度は大きいものの、いずれも短時間で Cs^+ を吸着できる。図-3(b)に60分間振とう後の各イオンの除去率を示す。イオンの除去率は、 Cs^+ 、 K^+ 、 Ca^{2+} の順に大きい。天然ゼオライトの陽イオン交換優先順位⁶⁾： $\text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{Sr}^{2+} > \text{Na}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Al}^{3+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Li}^+$ と同じ傾向であり、 Cs^+ に対する除去率が最も高く、60分後にはほとんどすべてが吸着除去(98%)されている。 Na^+ が増加しているのは、天然ゼオライトに事前に吸着されていた Na^+ が、他のイオンで置換されて流出したためであると考えられる。

4. まとめ 得られた主な知見は以下の通りである。①ゼオライト機能紙は、 $\text{PO}_4\text{-P}$ に阻害されることなく、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を短時間で吸着する。②ゼオライト機能紙の吸着能力は同じ粒径の粉粒とほぼ同じである。③不織布で被覆することにより、吸着能力を損なうことなく、機能紙の劣化を防止できる。④ゼオライト機能紙は Cs^+ を優先的に吸着する。

【参考文献】1)MINDECO IWAMI PROFILE イワミライト、三井金属資源開発(株)、2012。2)梅崎ら：多孔質担持機能紙の適用性と窒素・リン・セシウムに対する吸着特性、信州大学環境科学年報、35号、2013(印刷中)。3)梅崎ら：ゼオライト機能紙とジオシンセティックスを用いた浄化システム、ジオシンセティックス論文集、第27巻、pp.25-30、2012。4)梅崎ら：多孔質担持機能紙を用いた水質浄化に関する基礎的研究(その2)ーケイ酸カルシウム機能紙の窒素・リンに対する吸着特性ー、土木学会第68回年次学術講演会、2013(印刷中)。5)梅崎：天然ゼオライトを用いた湖沼の水質浄化実験と水質・底質浄化対策について、ヘドロー、No.109、pp.18-27、2010。6)L. L. Ames: The Cation Sieve Properties of Clinoptilolite, American Mineralogist, Vol. 45, pp.689-700, 1960。