

## 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) ケイ酸カルシウム機能紙の窒素・リンに対する吸着特性

信州大学工学部 正 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** 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(写真-1(a), (c))の粉粒をパルプに担持させたケイ酸カルシウム機能紙(写真-1(b), (d))<sup>1)</sup>を開発した. 本文では, 研究の端緒として, 多孔質ケイ酸カルシウムの粉粒およびケイ酸カルシウム機能紙の栄養塩類(窒素・リン)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** ケイ酸カルシウム機能紙(平均粒径  $D_{50}=48, 182\mu\text{m}$  の粉粒をそれぞれ,  $309, 295\text{g/m}^2$  担持)および多孔質ケイ酸カルシウム( $D_{50}=48, 182\mu\text{m}$ )の粉粒をそれぞれ用いた. いずれも添加量は  $6\text{g/L}$  とした. 機能紙の場合は, 同一の添加量にするために,  $2\times 2\text{cm}$  に裁断してそれぞれの担持量を考慮した枚数を用いた. 水溶液には, 純水に塩化アンモニウム( $\text{NH}_4\text{Cl}$ )およびリン酸水素二カリウム( $\text{K}_2\text{HPO}_4$ )を添加して所定の初期濃度に調整したアンモニア態窒素( $\text{NH}_4\text{-N} : 15\text{mg/L}$ )およびリン酸態リン( $\text{PO}_4\text{-P} : 1.3\text{mg/L}$ )の単一成分の水溶液および両者の混合水溶液( $\text{NH}_4\text{-N}, \text{PO}_4\text{-P} : 15, 1.3\text{mg/L}$  および  $30, 2.6\text{mg/L}$ )を用いた. 図-1 に示すように, 水溶液 1L にケイ酸カルシウム機能紙を添加して, スターラーにより 120 分間攪拌した. 機能紙の劣化および担持している粉粒の脱落について検討するために, 攪拌速度は  $22\text{cm/s}$  程度(ビーカー底部付近)とした. 所定時間毎に  $5\text{mL}$  程度採水してシリンジフィルター(孔径  $0.45\mu\text{m}$ )でろ過した後, 多項目水質計(共立理化学研究所, デジタルパックテスト・マルチ)を用いて,  $\text{NH}_4\text{-N}$  および  $\text{PO}_4\text{-P}$  の濃度を測定した.



写真-1 多孔質ケイ酸カルシウムとケイ酸カルシウム機能紙

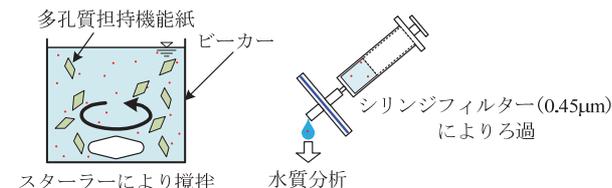


図-1 栄養塩類の吸着試験(攪拌)の概要

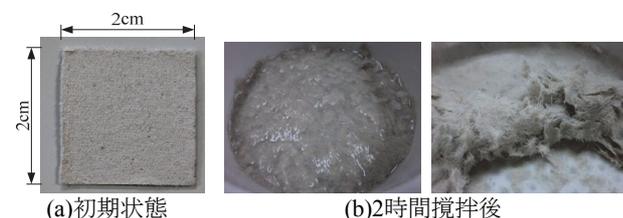


写真-2 吸着試験(攪拌)前後のケイ酸カルシウム機能紙

**3. 試験結果および考察** 吸着試験(攪拌)前後のケイ酸カルシウム機能紙を写真-2に示す. 写真-2(b)に示すように, ケイ酸カルシウム機能紙は, 攪拌によって崩れて原型をとどめないほど劣化する. しかし, 文献1), 2)で報告したように, 同様に作製した多孔質担持機能紙の1つであるゼオライト機能紙を不織布で被覆した場合には, 顕著な劣化は認められず, 担持した粉粒はほとんど漏出ししない. 不織布で被覆することは, ケイ酸カルシウム機能紙においても有効であると考えられる.

図-2(a), (b)に,  $\text{NH}_4\text{-N}$  および  $\text{PO}_4\text{-P}$  の単一成分のそれぞれ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-2(a)に示すように, 120 分後の  $\text{NH}_4\text{-N}$  の除去率は 10%程度であり, 多孔質ケイ酸カルシウムには  $\text{NH}_4\text{-N}$  が若干吸着するが, 吸着効果は同一条件下における天然ゼオライトの  $1/10$  程度<sup>1), 2)</sup>である. 一方, 図-2(b)に示すように, 水中の  $\text{PO}_4\text{-P}$  の多孔質ケイ酸カルシウムへの吸着は短時間で生じる. 吸着速度は, 粒径の小さい  $D_{50}=48\mu\text{m}$  の方が  $D_{50}=182\mu\text{m}$  より  $1.5\sim 2$  倍程度速い. 一方, ケイ酸カルシウム機能紙の  $\text{PO}_4\text{-P}$  に対する除去率は, 粒径が異なる場合においてもほぼ同じである. 多孔質ケイ酸カルシウムの粉粒よりもケイ酸カルシウム機能紙の方が, 吸着速度は若干遅くなるが, 吸着能力は高い.

キーワード: 水質浄化, 富栄養化, 窒素, リン, 多孔質ケイ酸カルシウム, 吸着試験

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

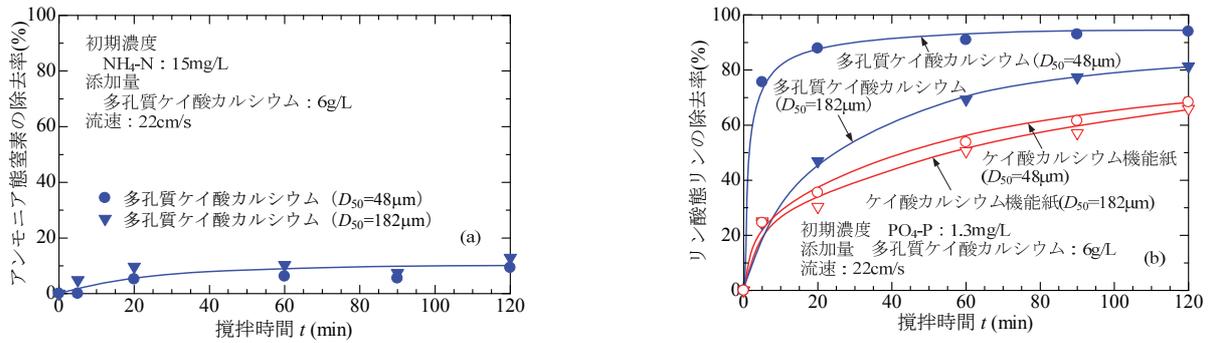


図-2  $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ の水溶液に対する除去率(吸着試験(攪拌),多孔質ケイ酸カルシウム)

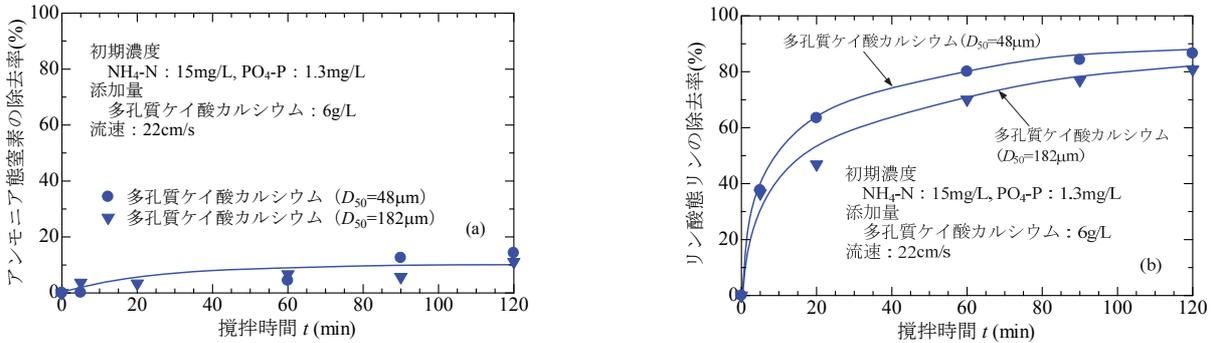


図-3  $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の混合水溶液に対する除去率(吸着試験(攪拌),多孔質ケイ酸カルシウム)

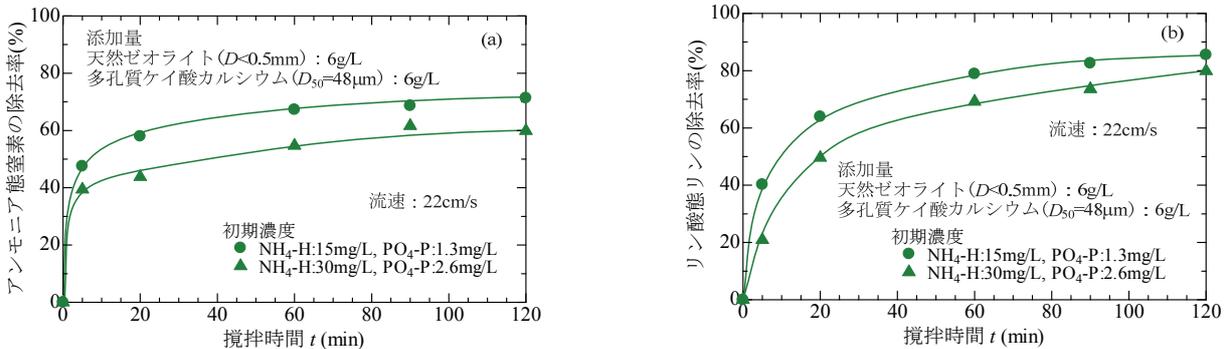


図-4  $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の混合水溶液に対する除去率(吸着試験(攪拌),天然ゼオライト・多孔質ケイ酸カルシウム)

図-3(a), (b)に,  $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の混合水溶液に多孔質ケイ酸カルシウムの粉粒( $D_{50}=48, 182\mu\text{m}$ )を添加した吸着試験(攪拌)の結果を示す. 図-2(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, 多孔質ケイ酸カルシウムの $\text{NH}_4\text{-N}$ に対する吸着効果は低い,  $\text{PO}_4\text{-P}$ に対する吸着は短時間で生じる. 図-2(b)に示した $\text{PO}_4\text{-P}$ 水溶液の場合よりも吸着速度が若干遅くなるが,  $\text{NH}_4\text{-N}$ が存在する場合においても $\text{PO}_4\text{-P}$ に対する高い吸着能力を有する.

図-4(a), (b)に,  $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ を混合した2種類の濃度の水溶液に, 陽イオン吸着剤としての天然ゼオライト<sup>1), 2)</sup>( $D < 0.5\text{mm}$ )と陰イオン吸着剤としての多孔質ケイ酸カルシウム( $D_{50}=48\mu\text{m}$ )の粉粒を添加した吸着試験(攪拌)の結果を示す. 両者を同時に添加することにより, 水中の $\text{NH}_4\text{-N}$ および $\text{PO}_4\text{-P}$ を一度に短時間で吸着除去することが可能である. 水溶液中の栄養塩類の濃度が高くなると, 除去率の増加は少し遅くなる. 天然ゼオライトと多孔質ケイ酸カルシウムを同時に添加した場合には,  $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸着速度は若干遅くなるが,  $\text{PO}_4\text{-P}$ の吸着速度はほとんど変わらない. 天然ゼオライトの陽イオン交換優先順位はアンモニウムイオン( $\text{NH}_4^+$ )の方がカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )よりも高いが, 同時に複数の陽イオンを吸着するので<sup>1), 2)</sup>, 天然ゼオライトが多孔質ケイ酸カルシウムの $\text{Ca}^{2+}$ を吸着した分だけ $\text{NH}_4\text{-N}$ の吸着が若干阻害されたものと考えられる.

**4. まとめ** 得られた主な知見は以下の通りである. ①多孔質ケイ酸カルシウムは,  $\text{NH}_4\text{-N}$ に阻害されることなく,  $\text{PO}_4\text{-P}$ を短時間で吸着する. ②ケイ酸カルシウム機能紙の $\text{PO}_4\text{-P}$ に対する吸着速度は, 同じ粒径の粉粒よりも少し低い, 高い吸着能力が保たれる. ③ゼオライト機能紙とケイ酸カルシウム機能紙を同時に用いることにより,  $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ を一度に短時間で吸着除去することが可能である.

**【参考文献】**1)梅崎, 河村, 西田, 早川, 石井, 志賀: 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), 2)梅崎, 河村, 西田, 早川, 石井, 志賀: 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, 土木学会第68回年次学術講演会, 2013(印刷中).