

ゼオライト機能紙を用いた栄養塩類の吸着除去

信州大学工学部 正 梅崎健夫, 正 河村 隆, 学〇古越省吾
 一般社団法人グリーンディール推進協会 非 西田健吾
 凸版印刷(株) 非 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) 非 志賀信彦

1. はじめに 水質浄化効果を有する天然ゼオライト^{1)~3)}および新たに開発されたゼオライト機能紙^{2), 3)}を用いてアンモニア態窒素およびリン酸態リンを含む水溶液に対する吸着試験を実施し, 栄養塩類の吸着除去について検討した。

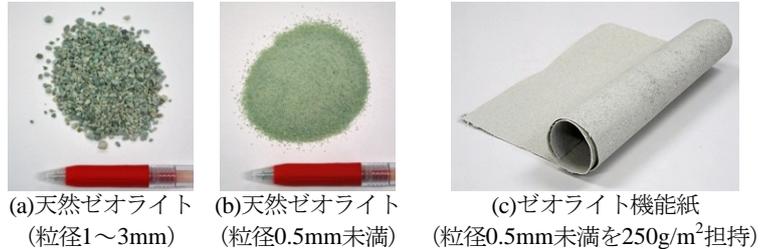


写真-1 天然ゼオライトとゼオライト機能紙

2. 実験概要 写真-1(a)~(c)に示す天然ゼオライト(粒径 1~3mm および 0.5mm 未満の粉末)とゼオライト機能紙単体(粒径0.5mm 未満の天然ゼオライト粉末を 250g/m² 担持, 天然ゼオライトの含有重量比約 84%)および建設資材として汎用的な不織布(表-1 参照)によって被覆したゼオライト機能紙を用いた。天然ゼオライトの添加量は 6g/L とした。ゼオライト機能紙の場合は, 同一の添加量にするために, 担持量(250g/m²)を考慮して, 2×2cm に裁断したものを 60 枚用いた。水溶液には, 純水に塩化アンモニウム(NH₄-Cl)およびリン酸水素二カリウム(K₂HPO₄)を添加してアンモニア態窒素(NH₄-N)およびリン酸態リン(PO₄-P)の初期濃度を 15 および 1.3mg/L に調整したものをを用いた。

表-1 不織布の材料特性

素材	ポリエステル	引裂強度(縦)	2.0 N
目付	50 g/m ²	引張強度(縦)	166 N/30mm
厚さ	0.175 mm	引張強度(横)	66 N/30mm
通気度	18cm ³ /cm ² ·sec	破断伸度(縦)	34%
		破断伸度(横)	30%

図-1 に示すように, 水溶液 1L に天然ゼオライトおよびゼオライト機能紙を添加して, スターラーにより 120 分間攪拌した。スターラーの回転数を 80~600rpm に調整することによりピーカー底部付近の流速を 5.3, 13.0, 21.8cm/s とした。所定時間毎に 5mL 程度採水して孔径 0.45μm のシリジフィルターでろ過した後, 多項目水質計(共立理化学研究所, デジタルバックテスト・マルチ)を用いて, アンモニア態窒素およびリン酸態リンの濃度を測定した。

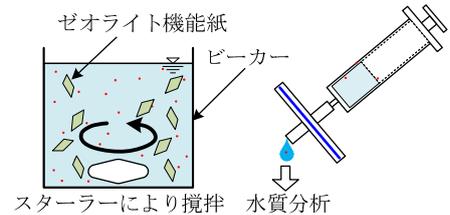


図-1 吸着試験の概要

3. 実験結果および考察 図-2 に攪拌時間とアンモニア態窒素(NH₄-N)の除去率の関係の一例を示す。除去率は, {(初期濃度-所定時間攪拌後の濃度)/初期濃度}×100 (%)として算定した。水中のアンモニア態窒素の天然ゼオライトへの吸着はいずれの場合においても短時間で生じる。天然ゼオライトの吸着速度は, 天然ゼオライト粉末(粒径 0.5mm 未満)の方が天然ゼオライト(粒径 1~3mm)よりも 2~5 倍程度速い。天然ゼオライトは主に粒子表面に栄養塩類をイオン吸着することから^{4), 5)}, 同一質量に対して, 粒径が小さくなるほど表面積が大きくなり, 吸着速度が速くなるためである。一方, 天然ゼオライト粉末(粒径 0.5mm 未満)を担持したゼオライト機能紙を乾燥状態で投入した場合は, 同じ粒径の天然ゼオライト粉末よりも攪拌開始直後の吸着速度は若干遅いが, 60 分以降における除去率はほぼ同じである。また, 不織布で被覆したゼオライト機能紙の場合は, 被覆していない場合よりも吸着速度は少し遅くなるが, 攪拌時間が長くなると両者の差は小さくなり, 被覆した場合に

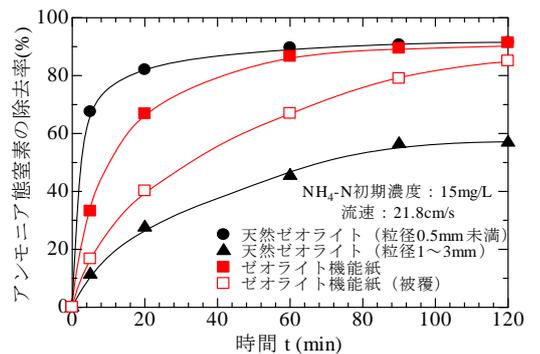


図-2 NH₄-Nの除去率 (流速21.8cm/s)

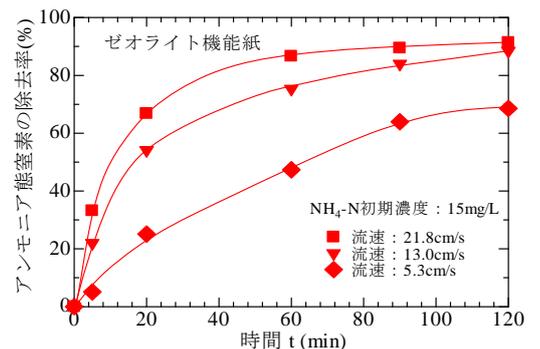


図-3 流速を変化させた場合のNH₄-Nの除去率

においても吸着能力は高い。

図-3 にゼオライト機能紙を用いて流速を変化させた場合のアンモニア態窒素の除去率を示す。流速の増加に伴った吸着速度も増加する。他のケースにおいても同様の結果が得られている。

写真-2 に吸着試験前後のゼオライト機能紙を示す。写真-2(a)に示すように、不織布で被覆していない場合は、流速が増加すると攪拌後に鋭角な角が丸くなり、劣化や天然ゼオライト粒子の脱落が進行し、ゼオライト機能紙の乾燥質量は減少する。試験後のピーカー底部には、天然ゼオライト粒子の残留が確認されている。一方、不織布で被覆した場合には、

120分程度の攪拌後においても、写真-2(b)に示すように、顕著な劣化は認められず、質量変化もほとんど無いことから、天然ゼオライト粉末はほとんど脱落しない。

図-4 にリン酸態リン(PO₄-P)水溶液に対する吸着試験の結果を示す。いずれの場合もリン酸態リンに対する吸着は認められない。ただし、諏訪湖における水質浄化実証実験⁴⁾においては、天然ゼオライトへの全リンの吸着が認められている。諏訪湖の湖水中にはカルシウムイオンやナトリウムイオンなどの陽イオンが多い⁶⁾。カルシウムイオンなどによって陽イオン交換された天然ゼオライトはリン酸イオンを吸着することが知られており⁷⁾、それと同様の吸着機能によるものと考えられる。

図-5 にアンモニア態窒素とリン酸態リンを同時に添加した場合のアンモニア態窒素の除去率を示す。アンモニア態窒素に対する吸着特性は、リン酸態リンが同時に存在する場合においてもアンモニア態窒素単体の場合とほぼ同じであり、リン酸態リンの影響をほとんど受けない。

4. まとめ 天然ゼオライトおよびゼオライト機能紙のアンモニア態窒素およびリン酸態リンに対する吸着試験を実施した。得られた主な知見は以下の通りである。①同一質量で粒径が小さくなるほど、流速が増加するほど、アンモニア態窒素の吸着速度は増加する。②ゼオライト機能紙と同一粒径の天然ゼオライト粉末の吸着速度を比較すると、ゼオライト機能紙の方が、攪拌開始直後において若干遅いが、60分以降においてはほぼ同じである。さらに、ゼオライト機能紙を不織布で被覆した場合には、吸着速度は少し遅くなるが、高い吸着能力が保持される。③ゼオライト機能紙を水中で攪拌した場合は、機能紙の劣化および天然ゼオライト粉末の脱落が生じる。しかし、不織布で被覆した場合には、劣化および脱落を抑制できる。④リン酸態リン単体に対する吸着は認められない。⑥アンモニア態窒素に対する吸着特性は、リン酸態リンが共存してもほとんど影響を受けない。

【参考文献】1) MINDECO IWAMI PROFILE イワミライト, 三井金属資源開発株式会社, 2012. 2) 梅崎, 河村, 西田, 石井, 志賀: 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集, pp.25-30, 2012. 3) 梅崎, 河村, 西田, 石井, 志賀: ゼオライト機能紙を用いた水域浄化フェンスの開発と適用例, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会, 2013 (印刷中). 4) 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, No.109, pp.18-27, 2010. 5) 梅崎, 河村, 西田, 志賀: 栄養塩類を吸着した天然ゼオライトの機能回復, 平成24年度土木学会中部支部研究発表会, 2013 (印刷中) 6) 宮原, 今井, 柳本: 諏訪湖における主要イオンの分布に関する研究, 信州大学環境科学年報, 31号, pp.30-47, 2009. 7) 後藤, 松本, 磯: 天然ゼオライトのリン酸イオン吸着, 粘土科学, 第34巻, 第2号, pp.102-107, 1994.

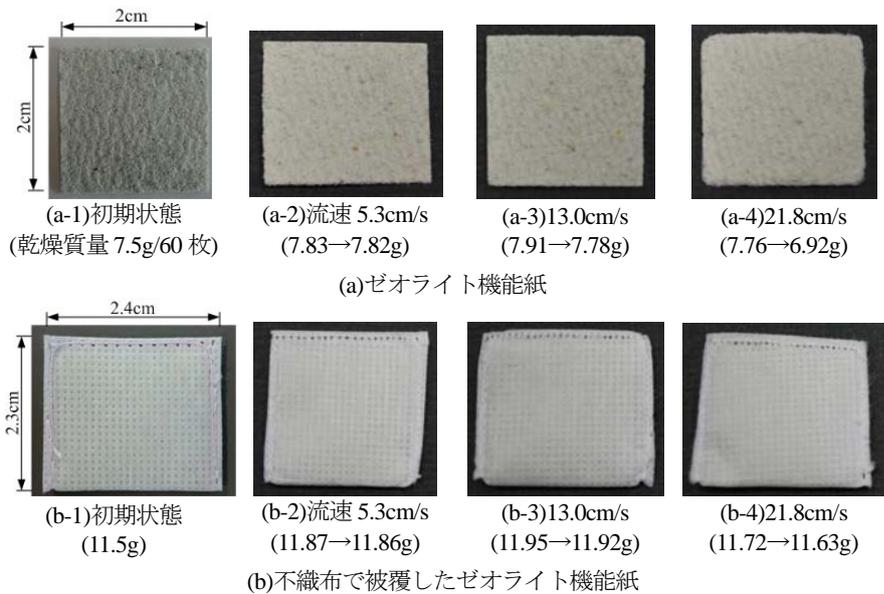


写真-2 吸着試験前後のゼオライト機能紙

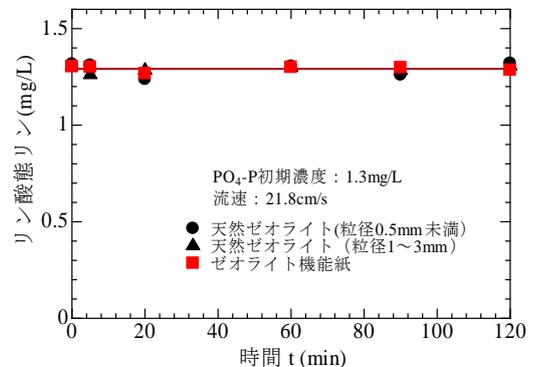


図-4 PO₄-Pの除去率

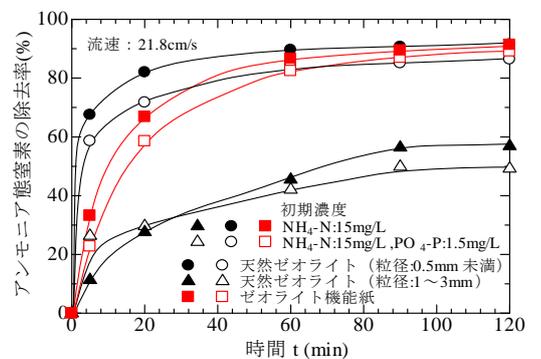


図-5 NH₄-NとPO₄-Pを含む水溶液を用いた場合のNH₄-Nの除去率