

VI-22 天然ゼオライト、活性アルミナによるリン酸除去の基礎的実験（その2）

ハザマ 正会員 ○野原勝明 則松勇 関根富明

1. はじめに

霞ヶ浦、手賀沼をはじめとする湖沼、ダム湖の富栄養化による被害が問題となっているが、主な原因の一つとして流入河川水に含まれる栄養塩類（窒素、リン）が考えられる。昨年の第48回年次講演会では、これらの栄養塩のうち富栄養化の制限因子とされているリンの効率的な除去方法の一つとして、活性アルミナをゼオライトと組み合わせることによりリン酸吸着能力を向上させることが可能であることを述べた。しかしながら実際の処理施設で吸着法を採用する場合、吸着材の能力（単位重量あたりのリン酸吸着可能量、吸着速度）に施設規模、吸着材の再生、交換時期等が決定されてしまうという問題がある。したがって根本的に処理効率を上げるためには吸着能力の高い材料を用いることが肝心である。そこで我々は、活性アルミナとは異なり、水中のリン酸、アンモニア性窒素を同時に除去することが可能な新しい吸着材（新吸着材と呼ぶ）を用いて室内実験、畜産排水の流入する河川で現場実験を行ったので報告する。

2. 実験方法

2.1 室内実験

室内実験では、新吸着材の吸着能力を確認するためのバッチ法と、活性アルミナとの吸着能力の違いを把握するためのカラム法の2種類の試験を行った。バッチ法の試験では、試料液には浮遊物質を除去した工場排水で、リン酸濃度（ PO_4 換算で） $350\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、アンモニア性窒素（ NH_4 換算で） $400\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ のものをを用いた。この試料液 200ml に新吸着材を 5g を加え、 15 分間攪拌し、 96 時間後に試料液中のリン酸、アンモニア性窒素濃度を分析した。カラム法の試験では、 $17\text{mm}\phi\times 250\text{mm}$ （ $\approx 57\text{ml}$ ）のカラムに 15g の吸着材を充填し、短時間で結果が出るようにリン酸濃度 $350\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、アンモニア性窒素 $160\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ と高濃度に調整した排水模擬液を $10\text{ml}\cdot\text{min}^{-1}$ （ $\text{SV}=1.1$ ）で上向流で通水した。

2.2 現場実験

現場実験は、新吸着材で実河川水を対象とした場合の吸着性能、天然ゼオライト（前回使用したものと同様のモルデナイト系）と組み合わせた場合の効果を確認するため2系列とし、河川水中の浮遊物質を除去したものを原水として実験を行った。実験期間中の原水の平均水質は表1に示す通りである。試験は $65\text{mm}\phi\times 1,000\text{mm}$ （ 3.32l ）の塩化ビニル製のカラムを用いて行い、新吸着材のみの場合をケース1、天然ゼオライトと組み合わせた場合をケース2とした（図1）。このカラムに新吸着材、天然ゼオライトをそれぞれ充填し、 $0.28, 0.55\text{l}\cdot\text{min}^{-1}$ （ $\text{SV}=5, 10$ ）で上向流で通水し、処理水中の全リン、全窒素濃度を分析した。

表1 原水平均水質（ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ）

項目	濃度
T-P	1.28
T-N	8.79

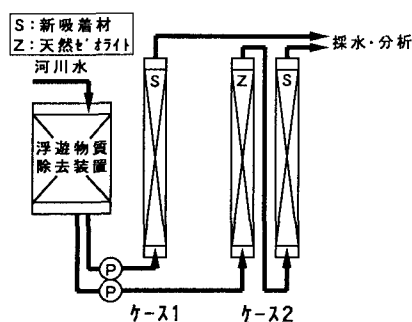


図1 実験装置図

3. 実験結果

3.1 室内実験

表2にバッチ法で処理した時の96時間後のリン酸とアンモニア性窒素の残留濃度分析結果を示した。リン酸濃度は $16\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 、アンモニア性窒素濃度は $20\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ で除去率はそれぞれ94.5%、95%であった。また新吸着材の単位重量あたりの吸着量を試算したところ $13.36\text{mgPO}_4\cdot\text{g}^{-1}$ 、 $15.2\text{mgNH}_4\cdot\text{g}^{-1}$ であった。図2にカラム法で処理した場合のリン酸除去率の経時変化を示した。実験開始直後にすでに約34%の差がでており両者の吸着能力の差がみられた。活性アルミナは30分後の測定で急激に除去率が下がっており、4～5時間後には完全に破過した。一方

表2 バッチ試験結果（ $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ）

	リン酸	アンモニア性窒素
処理前	350	400
処理後	16	20

の新吸着材は緩やかに除去率を下げ20時間後には破過した。試験終了後、充填していた吸着材を取り出し、分析したところ新吸着材で吸着材重量の7.14%、活性アルミナで2.98%のリン酸を吸着しており、新吸着材は活性アルミナの約2.4倍の吸着能力があることが確認された。図3にアンモニア性窒素除去率の経時変化を示した。実験開始直後の除去率は、活性アルミナの方が良い結果であるが、30分後の処理水の測定では除去率は20%以下となり、1時間後には完全に破過している。一方の新吸着材では、それほど高い除去率は得られていないものの、4時間後から実験終了時（20時間後）までは約10%の除去率を維持し破過には至らなかった。これらの結果から新吸着材は、活性アルミナと比較して明らかにリン酸、アンモニア性窒素吸着能力が高いことが確認された。

3.2 現場実験

図4～5に現場実験での全リン除去率と濃度の経時変化を示した。経過時間50日の線は通水量を変化（SV=5→10）させた点である。実験開始直後にはケース1,2とも約90%全リンを除去しているが、その後は両者の除去率に差がみられ始めた。通水量を増加させてからも除去率の差がみられており、除去率のばらつきはあるものの、全体としては天然ゼオライトを組み合わせたケース2がケース1と比較して良好な結果となった。ケース1については通水量がSV=5の時、全リン除去率が60～90%、SV=10に増加させた時は30～40%であった。ケース2についてはSV=5の時で75～90%と良好な結果が得られ、SV=10の時では50～60%であった。ケース1,2ともに通水量を2倍にすると除去率は半分程度に落ち込んだ。一方、全窒素の除去率は、ケース1,2とも全体を通じて差がなく20%以下を推移した結果となった。これはゼオライトのイオン交換作用があまり行われていないということであり、ケース2の全リン除去率がケース1より良好であったのは、むしろゼオライトのろ過作用による浮遊物質除去の影響ではないかと考えられた。

4. まとめ

室内実験、現場実験により、新しい吸着材の性能試験を行った。その結果、新吸着材のリン酸、アンモニア性窒素吸着能力は、明らかに活性アルミナより優れていると判明した。

またゼオライトと組み合わせる方が新吸着材を単独で用いて処理した場合より吸着性能が良いことも判明した。この効果がゼオライトのイオン交換によるものか、浮遊物質除去作用によるものかの検討が必要である。また新吸着材の処理施設への適用には、今後は①通水量と除去率の関係、②流入水中の浮遊物質と除去率の関係、③吸着材の再生方法、廃棄方法等の検討を行なう必要がある。

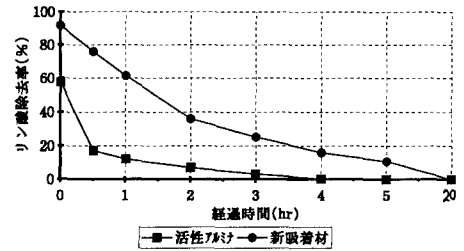


図2 室内実験カラム法(リン酸)

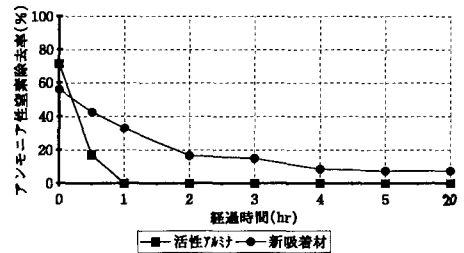


図3 室内実験カラム法(アンモニア性窒素)

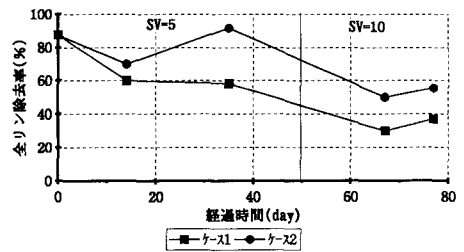


図4 現場実験(全リン除去率)

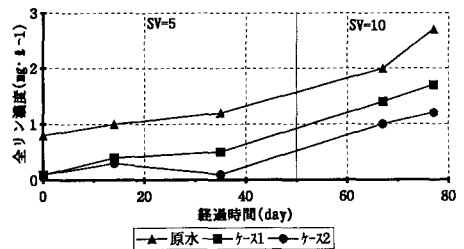


図5 現場実験(全リン濃度変化)