

日本大学生産工学部 学生員 蔵瀬 真一郎
日本大学生産工学部 正員 金井 昌邦

1. はじめに

近年、湖沼や貯水池、ダム、また、内湾等の閉じた水域での富栄養化が重大な問題となっている。富栄養化現象の主要な原因物質として、窒素・リン等があり、これらの除去技術は、いまだ研究の日も浅く、残念ながら、プロセスとして必ずしも確立されるに至っていないのが現状である。我々は、モンモリロナイトを主成分とする粘土鉱物の陽イオン交換能に着目し、モンモリロナイトを主成分とする酸性白土及び合成ゼオライトを用いて、予備的な実験を行ない、さらに一歩進んで、自然界に無限に存在し、コストも低廉な砂及びベントナイト系粘土（モンモリロナイトを含有する）を用いたろ過法によるアンモニアの除去を行なった。その結果、若干の知見を得たのでここに報告する。

2. 酸性白土及び合成ゼオライトによるアンモニア除去

(a) 実験方法

原液としては、塩化アンモニウム溶液と水酸化アンモニウム溶液を用いた。イオン交換剤として、酸性白土及び合成ゼオライト（14～30メッシュ）を使用した。所定濃度に調整された原液をビーカーに取り、イオン交換剤を所定量添加し、マグネティックスターラーを用い、急速攪拌を行ない、平衡状態に達した後、固液分離を行ない、そのろ過液と原液の $\text{NH}_4\text{-N}$ を測定した。

(b) 実験結果及び考察

図-1は、原液 NH_4OH に対するゼオライトと酸性白土のグラム数変化によるアンモニア除去率を示したものである。これより、ゼオライトの方は、添加量5%まで急激な上昇を示し、7.5～10%で一定となっている。一方、酸性白土は、なだらかなカーブを描きながら上昇し、25～30%で一定となっている。又、除去率70%を達成するためには、前者が5%、後者が16%必要とする。すなわち、ゼオライトの方が酸性白土に比べ、量的には数倍効率の良い事がわかる。しかし、両者のコストをみると、酸性白土は35%なのに対して合成ゼオライトは、7500%と200倍以上も高くなっている。文献によれば、酸性白土の主成分であるモンモリロナイトの陽イオン交換容量は、80～150 $\text{meq}/100\text{g}$ 、ゼオライトは、120～150 $\text{meq}/100\text{g}$ である。実験値と理論値を比較すると、前者が理論値の35～38%、後者が76～77%の除去率となっている。この様に、酸性白土よりゼオライトの方が、アンモニア除去に対する能力が高いように思われるが、今後は、両者の再生とコストについて検討したい。

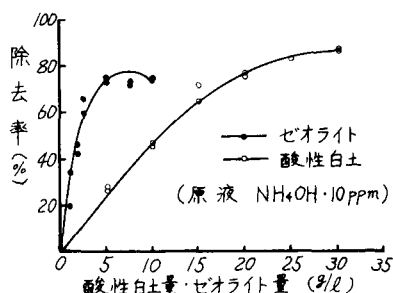


図-1 イオン交換剤量と $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去率の関係

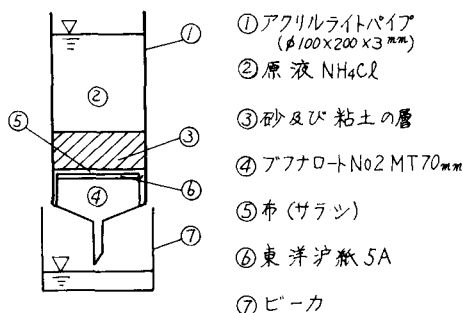


図-2 実験装置

3. ろ過によるアンモニア除去(砂・粘土層)

(a) 実験方法及び装置

図-2にろ過装置の概要を示す。内径100mm、肉厚3mm、長さ200mmのアクリルパイプを用い、その下部構造には、プフナロートNo2・MT70mmを用いた。この上

部に、有効径0.17mm、均等係数2.47、曲率係数1.02の砂を222g、粘土を161g充填した。砂と粘土の層の組み合わせは、表-1の通りである。次にこのろ過装置(A,B,C,Dの4種類)にそれぞれ、所定濃度に調整された原液NH₄Cl溶液を700mlずつ注ぎ込み、そのろ過液と原液のNH₄-Nを測定した。

表-1 ろ過層の組み合わせ

A	B	C	D
粘土	砂	砂	砂 + 粘土
砂	粘土	粘土	(混合)

(b) 実験結果及び考察

図-3は、砂と粘土の層の組み合わせの違いによる、ろ過した液量とアンモニア除去率の関係を示したものである。この図より、A,B,C共に0.7~6.3lまで、かなり急激に除去率が低下しているのに対し、Dは、0.7~4.9lまでコンスタントに95%以上の除去率を示し、A,B,Cに比較して明らかに卓越している。この理由として次の様な事が考えられる。A,B,Cは、それぞれ粘土が2cmの層を成しているが、この場合粘土は固まりとなり、NH₄Cl溶液と粘土粒子の接触する部分が小さく、原液の通る道が決まってしまう。一方、Dの場合は、砂と粘土の粒子が互いに均等に混ざり合って4cmの層を成しているために、原液と粘土粒子とが接触する部分が大きく、4cmの層の中を原液がムラなく、一様に通っていくためであると思われる。

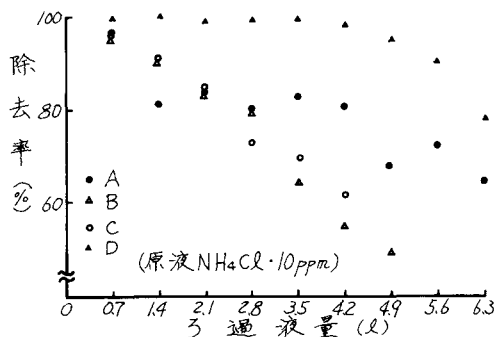


図-3 各層によるろ過液量とアンモニア除去率の関係

図-4に、D,E,Fという3種類の砂の粒径加積曲線を示す。又、表-2にその砂のES, UC, UC'を示した。

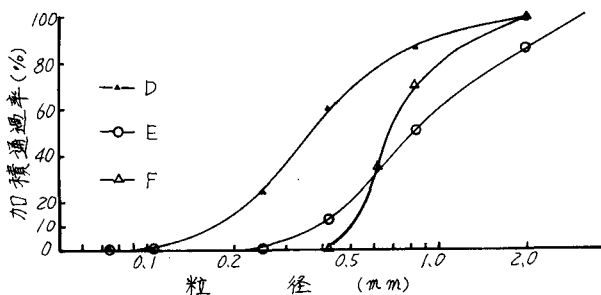


図-4 対象砂の粒径加積曲線

図-5は、砂の粒度変化とアンモニア除去率の関係を示したものである。これは、図-4の3種類の砂(222g)にそれぞれ、粘土(161g)を加えて、均等に混合し、ろ過を行なったものである。これより、3.5lまでは、D,E,F共に95%以上の除去率を示し、前述したように、砂と粘土を混ぜ合わせた方が、別々に層を成すよりも、より効果的である事が証明された。D,E,Fは、砂と粘土の重量を一定にしておき、砂の粒度だけを変化させたのであるが、D>E>Fの順で除去率が良くなっている。

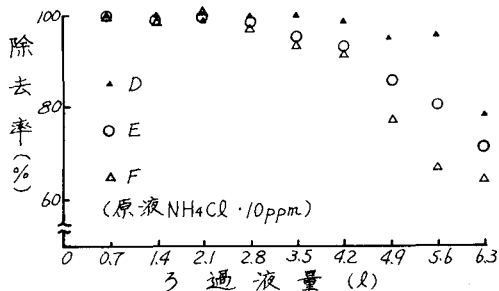


図-5 砂の粒度変化とアンモニア除去率の関係

表-2 対象砂のES, UC, UC'

項目	種類	D	E	F
有効径(mm)ES		0.17	0.39	0.47
均等係数 UC		2.47	2.51	1.55
曲率係数 UC'		1.02	0.94	0.98

最後にろ速についてみると、図-3ではB>D>A>C、図-5ではD>E>Fの順に早くなっている。これには、砂の粒度、粘土量等様々な因子が影響していると考えられ、これを今後の課題として、総合的な見地から検討していく予定である。

<参考文献>

- (1) 日本粘土学会編 粘土ハンドブック