

アンモニアストリッピング法と活性炭吸着効果の複合利用の検討

前橋工科大学 学生員 大木 典子
前橋工科大学 正会員 梅津 剛

1. はじめに

アンモニア性窒素をはじめとする亜硝酸性窒素、硝酸性窒素の窒素成分は、海や湖沼などの富栄養化を引き起こし、赤潮を発生させるなど、水質汚染の深刻な原因となる。アンモニア性窒素の発生源は、食品・飲料水製造排水、化学工場排水、メッキ排水、半導体部品製造排水の他生活廃水など多岐にわたる。

アンモニア性窒素含有排水の処理は、排水量が多く、その濃度が数十～数百 mg/L 程度であれば、生物学的処理法が用いられる。しかし、排水量が少ない場合や濃度が極端に低い場合は、塩素分解などの物理化学的処理法が用いられる。塩素分解法をアンモニア性窒素濃度の高い排水に用いようとすると、多量の塩素化合物が必要となる。また、反応が急激に起きて発泡し、有毒な揮発性のクロラミン (NH_2Cl) や塩素ガスが発生するため、排ガス処理設備や反応の制御に十分な注意が必要となる。そこで、アンモニア性窒素が濃厚な排水を安全に処理する方法として、アンモニアストリッピング法がある。

また、様々な高度水処理装置が開発される中、活性炭による吸着処理が多く利用されるようになった。活性炭吸着法は処理する物質によって処理能力も違ってくる。

短期間での効率的な除去には、やはり物理化学的除去が有効である。さらに、物理化学的除去は生物処理に比べ、安定した処理ができる、二次廃棄物（汚泥）が発生しない、自動運転が可能である、などの利点が挙げられる。

本論では、アンモニアストリッピング法と活性炭吸着の特性をいかした、アンモニア性窒素の、短期間での効率的除去方法の検討を行うものとする。

2. アンモニアストリッピング法と活性炭吸着に関する基礎実験からの知見

活性炭吸着法とアンモニアストリッピング法を組み合わせる場合、同時に用いた際の諸条件下でも、それぞれが本来の効果を発揮することが必要である。そこで、2つの方法を組み合わせた場合の条件として、pHの吸着における影響と攪拌効果について検討する。

活性炭吸着のpHの検討では、pHは8.8と12.6の2つを設定し、容器を密閉することによりアンモニアストリッピングが起きない条件とする。結果、両者の吸着量に差はほとんどなく、活性炭はpHが高い状況においてもアンモニア性窒素を吸着することを確認した。

攪拌効果は、アンモニアストリッピングにおける空気接触面積確保の方法を検討する。処理水量は同じで、攪拌を行う場合と攪拌を行わない場合を設定した。両者の結果から、攪拌するよりも静止水表面による確保の方が効果があるということを確認した。また、活性炭も攪拌することにより吸着した物質を吐き出すという性質があることを考慮すると、両者を組み合わせて処理を行う場合、攪拌は行うべきではない。

3. 活性炭吸着効果を付加したアンモニアストリッピング法の検討

静止水面でのアンモニアストリッピングが有効であるという知見を基に、活性炭の表面積の利用効果を検討する。

実験条件を図1に示す。ケースBは、活性炭を完全に試料水の水面より下に沈め、活性炭の効果は吸着量のみを期待する。ケースDは、試料水を活性炭が完全に沈まない程度に入れ、表面張力を利用し活性炭表面に試料水の膜が形成されるようにする。これにより、より広大な表面積が確保できるのではないかと推測するものである。ケースAとケースCは、ケースBとケースDの条



A B



C D

実験条件
実験開始時(ABCD
共通):

$\text{NH}_3\text{-N}$ 11.2mg/L

pH 12.62

水温 20.2

A: V=500ml

活性炭なし

B: V=500ml

活性炭100g

C: V=200ml

活性炭なし

D: V=200ml

活性炭100g

図1: 実験条件

件において、活性炭を入れなかった場合のものである。

図2は、除去率の推移を示す。表1は、ケースAとケースBの除去率の差と、ケースCとケースDの除去率の差を求め、活性炭の効果算出したもので、この値が大きい程活性炭の効果が高い。活性炭を入れた場合、反応初期においては効果を発揮し、時間が経過するにつれ徐々に効果は弱まり、最終的にはわずかに処理を遅らせるという結果となった。これは、活性炭の吸着効果によるものと考えられる。反応初期においては活性炭がアンモニア性窒素を吸着し、時間が経過するにつれ吸着効果が弱まり、最終的に吸着したアンモニア性窒素を吐き出したと考えられる。

表1から、ケースBとケースDを比較すると、ケースDの方がより除去が効率的に行われたことが分かる。これは、ケースDにおける活性炭の空気接触面積確保の効果が現れたものであると考えられる。ケースDの効果の方が、より大きくそして長時間得られている。よって、活性炭を用いる場合、反応をより短時間に行うことができ、なおかつ表面積を利用する手法の方がより効率的に除去が進むという結果となった。また、活性炭を用いる際の注意点としては、長時間反応させることは避け、活性炭の吸着飽和を把握する必要があるということである。

次に、活性炭の空気接触面積確保の影響をさらに検討する。実験条件は、図3に示す。活性炭を水面ぎりぎりに設置し、活性炭の量を変えた3ケースと、活性炭を入れないケースを用意した。図1の実験条件よりも、試料水に対する活性炭の割合を少なくすることにより、吸着の効果よりも水表面積確保の効果を期待するものである。

当初予想した結果とは逆に、最も除去が進んだのは活性炭を入れなかった Cubic D であった。また、除去の効果は活性炭の量に比例することもなく、測定時間によって傾向もばらばらであった。

考えられる要因は、活性炭によって確保された水表面積が、実験全体を通して一定でなかったということが挙げられる。活性炭が水面下に埋もれてしまえば、表面積は確保できず、水面より上すぎても表面張力は働かない。活性炭を同じ条件で常時水面に設置するという事は非常に困難である。また、活性炭により水表面積が確保できても、活性炭が少なすぎると、吸着飽和に達する時間も早まり、活性炭がアンモニア性窒素を吐き出すことにより処理が進まなくなるのではないかと考えられる。

4. おわりに

実験結果からは、図1のケースDの方法が有効であるという結論に達した。活性炭表面に試料水の膜を形成し、なおかつそこでアンモニオストリッピングを起こさせるためには、活性炭がアンモニア性窒素を吸着している状態でないといけないということが分かった。装置を設計する際も、活性炭の物理的性質や吸着量を把握した上で考える必要がある。

[参考文献]

菅原誠貴・梅津剛 土木学会第33回関東支部技術研究発表会講演概要集

「鉄鋼スラグを用いたアンモニオストリッピング法の効率化及び装置の検討」

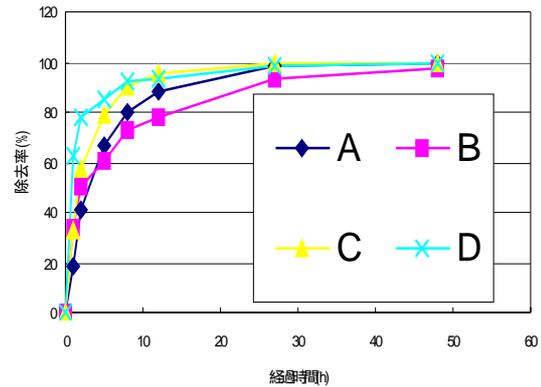


図2：除去率の推移

表1：活性炭の効果

経過時間(h)	B-A	D-C
0	0	0
1	15.1	30.4
2	9.5	21.2
5	-6.4	6.7
8	-7.4	2.5
12	-10.1	-1.4
27	-5.5	-0.9
48	-2.2	-0.3

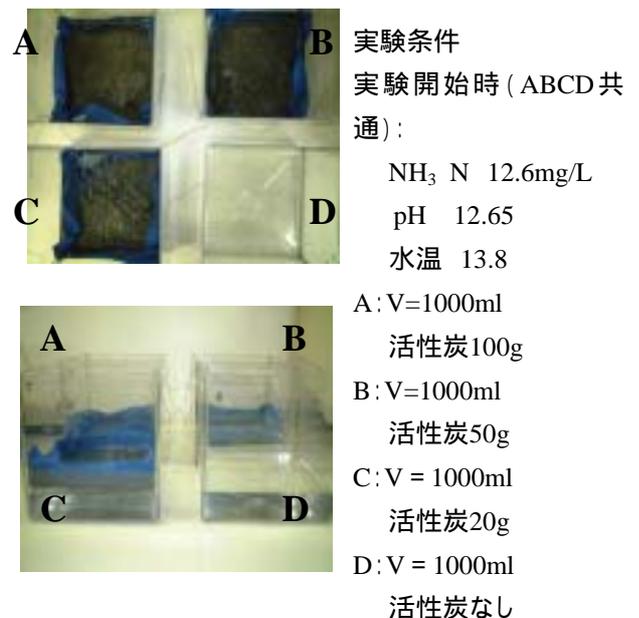


図3：実験条件