

鉄鋼スラグを用いたアンモニアストリッピング法の効率化及び装置の検討

前橋工科大学大学院 学生員 菅原 誠貴
前橋工科大学 正会員 梅津 剛

1. はじめに

海上生簀や沿岸のかけ流し養殖では多量の糞や餌かすを直接海域に排出することから、環境汚染の問題を引き起こす可能性が指摘され始め、薬剤使用による殺菌などの問題も表面化している。このため海洋汚染改善手法の一つとして、無換水型の陸上海水魚養殖の研究が進められている。無換水での養殖では、多量の糞かすによるアンモニア態窒素の発生や、二酸化炭素、硝酸態窒素の蓄積により、本来 pH8 程度のアルカリ度を持つ海水は pH5 近辺まで酸性化する問題が生じる。特に糞かすを集積した沈殿槽底部の汚水液は、極めて高濃度のアンモニアを含むものとなる。一方、水中のアンモニア態窒素の蒸発除去手法であるアンモニアストリッピング法では、反応水を高アルカリ状態にした後、再び pH を下げるなどの処理が行われる。これらの2つの問題は、それぞれの利点を応用できるものであると考察される。

アンモニアストリッピング現象の発現には、水酸化物イオン (OH^-) を反応に用いるため、水中の pH は強アルカリ状態になっていることが条件である。一方、鉄鋼スラグの一種である製鋼スラグは、石灰 (CaO) を多量に含む強アルカリであり、養殖水に求められる pH 上昇能力とあわせて、養殖システムに対しての製鋼スラグの有効利用が可能ではないかと考えられる。製鋼スラグの再利用によるアンモニアストリッピング法の適用は、極めて処理しにくい高濃度の糞廃液に対し、アンモニアの直接気体排除として硝化量を減少させ、硝酸態窒素蓄積による酸性化抑止ともなり得る。さらに処理後の水は再び飼育水として酸性化抑止に効果を発揮することから有効性が高いと判断される。そこで本論では、様々な条件の検討を行い効率的手法の確立を目指すものである。

2. 効率的手法の検討

(1) 装置形状の検討

スラグを投入し、いくつか実験¹⁾を行なった際、試料水内部からアンモニアガスらしき気泡等の発生は確認出来なかった。そのことから、アンモニアストリッピング法は水表面で除去が行なわれていると推測される。そこで、水表面を大きくすることで処理の効率化が可能であると考え、2種類の容器を用いて実験を行なった。使用した容器は表面積 52 cm^2 のメスシリンダーと、表面積 510 cm^2 の30cm水槽であり約9.8倍の差がある。実験結果は図1に示すが、表面積比と同程度の差が生じている。したがって、空気に触れる面積は直接アンモニアストリッピングの性能を左右することが解る。

(2) 加熱条件の検討

加熱することによって蒸発が促進され、それに伴いアンモニアの除去も加速する可能性は高い。実験は水道水にアンモニアを投与したものに製鋼スラグを加え pH を 12 まで上げたものを 4L 用い、加熱には市販のガスコンロを使用する。実験結果を図2に示す。1時間の実験で、100℃では100%、40℃では22%、

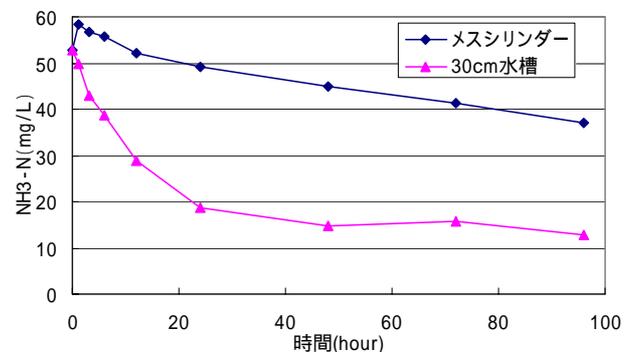


図1：水面の面積による除去量の違い

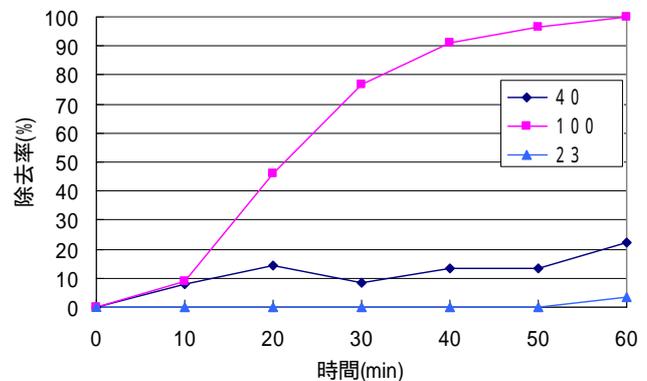


図2：温度による除去率の推移

常温では3%の除去であった。常温で放置した場合には数日間必要となる除去が過熱によって大幅に短縮することが解る。しかしながら、加熱という手法は膨大なエネルギーを必要とし、さらに冷却する手続きも必要となる。実際の装置では総合的な実用性を考慮し40 程度の加熱が妥当であると本論では評価した。

(3)スラグ使用方法の検討

一般的なアンモニアストリッピング装置では、pH 調整は反応槽と別に pH 調整槽が設けられている。本論では、装置のコンパクト化を考慮し反応槽と pH 調整槽を一つにすることを検討している。この際に問題となるのがスラグの設置方法であるが、その選択として図3 に示す4種類の設置による検討を行なうこととする。実験結果は図4の通りである。この結果より、ダム型が除去率とpH変化において総合的に優れていると評価した。

3、モデル装置の検討

陸上海水魚養殖への適用を考えた際、飼育水はアンモニア態窒素濃度が1mg/L未満という低濃度であり、水量も多いことから好気処理槽による硝化によって除去され、アンモニアストリッピングの適用には向かない²⁾。そこで、本論で処理の対象として仮定したのはオゾン泡沫浮上分離装置³⁾の廃液水である。この廃液水は水中に混合したたんぱく質や油質成分、浮遊物が泡となって排出されたもので、実際には50mg/L以上の高濃度アンモニア態窒素を含有している。この廃液は曝気が不可能であるため微生物処理が難しい。著者らが実施しているヒラメ100匹程度を飼育する養殖実験システムの泡沫浮上分離装置の廃液は1~2L/dayであるため、これを元に図5に示される簡易なモデル装置を作成した。この装置はW555mm×D210mm×H55mmで、曲部にスラグを設置し加熱には35℃を保つことができる電気ヒーターを用いた。試料水はアンモニア態窒素51mg/Lの廃液を用い、流量は1L/dayと2L/dayとした。実験結果は図6・7の通りである。流量1L/day加熱は蒸発量が多く処理水を得ることはできなかったが、この流量においては加熱無しで90%以上の除去がなされた。滞留時間が1/2の2L/day無加熱は処理水で10mg/Lであり、加熱との併用の効果が現れる。

4、おわりに

モデル装置は、廃液の濃度や量によって、滞留時間だけではなく加熱の選択も可能であり、装置の拡大縮小の必要性が軽減され、製作が容易であり自由度が高い。実用化に際しては、スラグのpH持続性や目詰まりが問題となるが、浅い形状はそれらに有利であると考えらる。

【参考文献】

- 1) 菅原誠貴 梅津 剛：第59回土木学会年次講演会講演概要集7-031「鉄鋼スラグを用いたアンモニアストリッピング法の基礎的研究」
- 2) 栗村 宗人：「下水道実務講座7 高度処理と再利用」pp165-170
- 3) 朽岡英司 明田川康 梅津剛：第29回関東支部技術研究発表会概要集 p978-979「オゾン曝気による洗濯排水浄化装置の開発及び手法に関する研究」
- 4) 菅原誠貴 梅津 剛：第60回土木学会年次講演会講演概要集7-016「鉄鋼スラグを用いたアンモニアストリッピング法における効率的加熱法の検討」



図3：スラグ設置例

設置方法	除去率 (%)	pH変化
スラグ無	90.3	-3.04
ひたひた	84.4	+0.75
スラグ少量	85.0	+0.56
ダム型	89.8	+0.54

図4：設置方法による影響

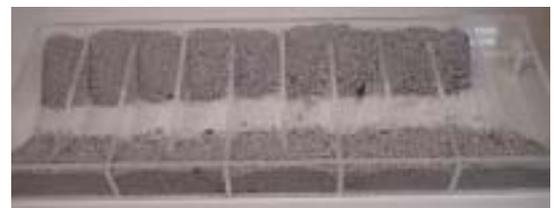


図5：モデル装置

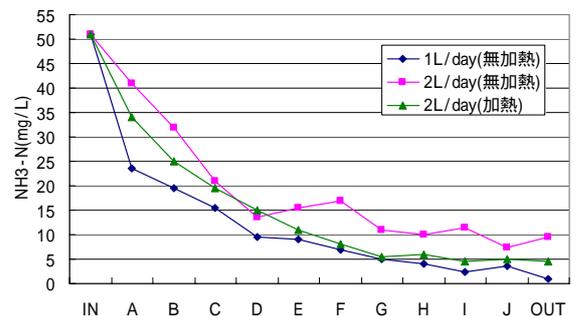


図6：NH₃-N推移

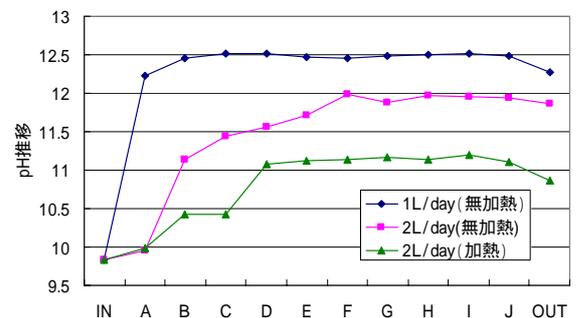


図7：pH推移