

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化の検討

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ている。また、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性窒素の発生や、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飼育水の酸性化が問題となる。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、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とすることが一般的には欠点となっている。本研究ではこの解決策として窒素除去手法の一つであるアンモニアストリッピング法に着目している。この現象の発現には、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、脱窒による硫酸イオンの発生・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。本論では、水面の面積比較や温度比較より効率化の検討を行い、またアルカリ薬品を用いた実験結果との違いを検討するものである。

2. 製鋼スラグによる基礎実験

これまでの実験¹⁾で水酸化ナトリウムと比較した際、製鋼スラグによる除去に大きな差異が無いことは確認されており、またその他の知見として以下のものがあげられる。

(1) pH の変化による影響

アンモニアストリッピング法はアルカリ側で発現し pH 上昇と共に効果が向上するが、pH10.5 以上になると除去率の増加は小さくなる。アンモニアストリッピングの発現が可能な最低 pH は pH7 であるが、この段階ではアンモニア性窒素除去は微量であり実用性が無い。実用装置として確立させるには、反応槽の pH を 9~10 程度は維持する必要がある。このように除去率に対し pH が大きく影響を与えるのは、水中における NH₄⁺ と NH₃ の存在割合が原因である。アンモニアストリッピングにおいてアンモニア性窒素は NH₃ という形になることで除去されるが、pH7 では水中のアンモニアのほとんどが NH₄⁺ の形で存在し、pH 上昇に伴い NH₃ の割合が増えていくといった傾向にある。また、温度が高いほど NH₃ の割合も高いとされている。

(2) 水面の面積による影響

著者らが行った製鋼スラグによる種々のアンモニアストリッピング実験によれば、試料水内部からアンモニアガスらしき気泡等の発生はまったく確認出来なかった。そのことから、この現象は水表面で気体化が行なわれていると予測された。そこで、水表面を大きくすることで処理効率化を考察し、次の実験を行なった。使用した容器は表面積 52 cm² のメスシリンダーと、表面積 510 cm² の 30cm 水槽であり約 10 倍の差がある。実験結果を図 1 に示す。結果により 10 倍の表面積において、約 2.5 倍の除去速度が得られている。このことから除去効率向上には空気に触れる面積の問題が重要であるといえる。

(3) 温度による影響

先の水表面の比較実験よりアンモニアストリッピング法とはアンモニアの蒸発現象を利用したものだと考えられる。そこで、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のではないかと予測し、以下の実験を行なった。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した。実験結果は図 2 に示すとおりである。わずか 60 分で 45mg/L あったアンモニア性窒素がすべて除去され、前回までの実験と比較するといちじるしい除去速度であった。この結果より加熱することは極めて有効な手段であると考えられる。しかしながら、加熱という手法は膨大なエネルギーとコストが要求され、さらに再利用のためには冷却する必要性も考えられる。

(4)濃度による除去量の変化

文献 2)によるとアンモニアストリッピング法の除去率は濃度に影響を受けないとされている。しかし、濃度が異なると除去率は同じであっても除去量は異なってくる。つまり、図 3 に示すようにアンモニア性窒素の濃度が高いほうが同じ時間であれば除去率は同じでも多くの量を除去出来ると思われ、糞かすなどの高濃度廃液への適用性は高いと考えられる。

3.適用場所の検討

陸上海水魚養殖への適用を考えた際、基本的に飼育槽はアンモニア性窒素濃度が 1mg/L 未満という低濃度である為、除去の対象としては不相当である。そこで今回、処理の対象として検討を行なっているのは梅津・明田川・朽岡らが開発した泡沫浮上分離装置 3)の排水である。この装置は、低濃度オゾンを用いエアレーションする事により汚濁物質を泡として分離する装置で、排水は 50mg/L 以上の高濃度のアンモニア性窒素を含有している。さらに泡として排出されたため曝気による微生物分解が困難である。この排水を対象とした除去手法は 2 槽移動式 3)が用いられたが、本手法ではそれよりもローコストに処理できる可能性が大きいと推測される。

4.おわりに

海洋環境問題にかかわる養殖排水流出の対策として、製鋼スラグによるアンモニアストリッピング手法の有効性について報告した。現在、小型の無換水海水魚養殖装置を製作し、本手法の適用を行っている。特に鉄鋼スラグの特性を活かした利用を検討し、濾材としての利用を含め実海域への応用手法なども考慮していく所存である。

【参考文献】

- 1) 菅原誠貴 梅津 剛：第 31 回関東支部技術研究発表会概要集「鉄鋼スラグを用いた水中の窒素除去手法について」
- 2) 栗村 宗人：「下水道実務講座 7 高度処理と再利用」
- 3) 朽岡英司 明田川康 梅津剛：

第 57 回土木学会年次講演会講演概要集「低濃度オゾン曝気による界面活性剤除去装置の開発に関する研究」

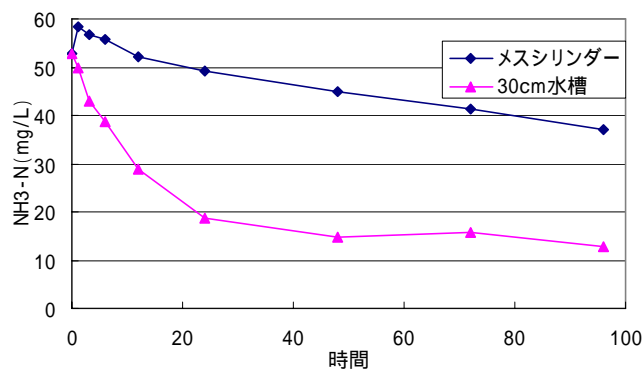


図 1：水面の面積による除去量の違い

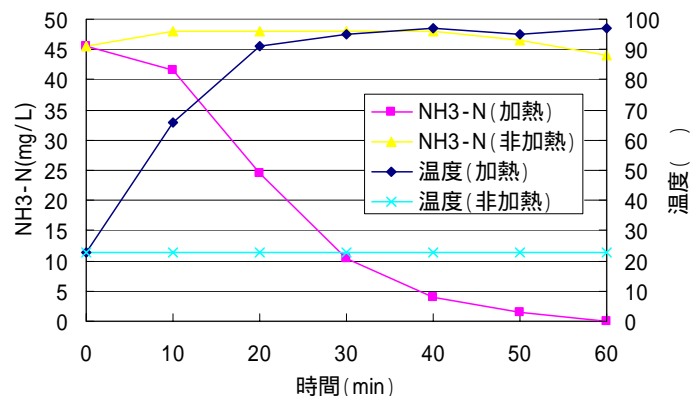


図 2：加熱による除去量の違い

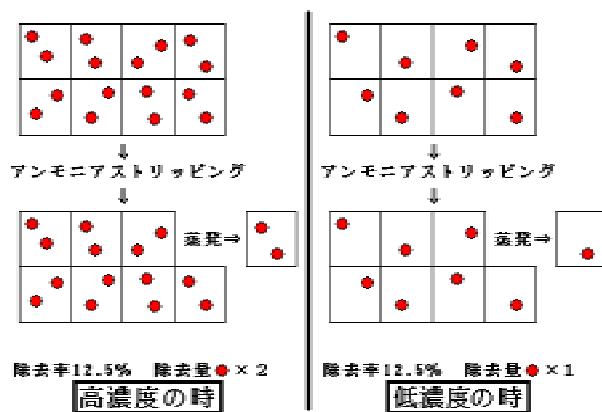


図 3：濃度と除去量・除去率の影響