

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

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

本研究は、陸上海水魚養殖におけるアンモニア性窒素問題の解決を目的とし、その解決策として窒素除去手法¹⁾の一つであるアンモニアストリッピング法に着目した。この現象の発現には前提として pH の問題があり、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、pH 上昇能力と、長期間の利用が可能ではないかと推測した。また適用した際、鉄鋼スラグは固形物であるため飼育槽に流出せず、処理槽内の pH を上げる事が出来る点も有効であると予測される。そこで本論では、製鋼スラグを用いたアンモニアストリッピング法による水中のアンモニア性窒素除去に関する基礎現象の確認及び効率的な除去手法の検討を行うものである。

この手法では高アルカリ溶液の排出が問題となるが、魚介類の養殖では pH 低下が深刻な問題であるため、その相殺性効果に期待し、実験は海水を用いるものとする。

2、海水魚の陸上養殖への応用による有効性

水替えが困難なこの養殖の問題点は様々あるが、その一つに pH の低下という現象がある。微生物や魚介類による二酸化炭素濃度の増加や硫黄造粒物を用いた脱窒で生じる硫酸イオンによる酸性化というものである。したがって、アンモニアストリッピング法を適用することは、処理水が強アルカリ状態になるため、酸性化に向かう飼育水の酸性化抑止に効果を発揮する面や、さらにアンモニア性窒素を除去することは亜硝酸性窒素、硝酸性窒素への硝化量を減少させ、結果的に脱窒による硫酸イオンの発生・酸性化抑止になる面から考えても極めて有効的な手段であるといえる。

3、製鋼スラグによる基礎実験

1) スラグと薬品の比較

初めに製鋼スラグによるストリッピングと薬品によるものとの相違点・有効性を確認するため、水酸化ナトリウムを用いるものとの比較実験を行う。試料水（海水）はアンモニア性窒素 62.5mg/L、pH 4.96 のもので 150mL を使用し、そこにスラグ 350g 投与し pH 10.5 とする。比較対象も同じ pH になるまで水酸化ナトリウムを投与する。結果は、図 1.2 の通りである。開始直後に水酸化ナトリウムのアンモニア性窒素が急激に上昇しているのは測定ミスの可能性が考えられる。また、91 時間でアンモニアが上昇したことについての原因は不明であるが、グラフを見る限り pH は違うもののスラグは水酸化ナトリウムと同様にストリッピングに活用可能であることが分かった。

2) pH による変化

pH の差によるストリッピング効果の差異を見るため、水酸化ナトリウムの方を pH 13 まで上昇させスラグとの比較実験を行った。試料水（海水）はアンモニア性窒素 49.5mg/L、pH 5.25 のものを 150mL 使用し、スラグは前回同様 350g である。結果は、図 3.4 の通りである。水酸化ナトリウムでは、初め急激に下がったがその後戻っていることから測定ミスである可能性がある。また、前回の実験で見られた突然の上昇はこの時点では確認できない。そ

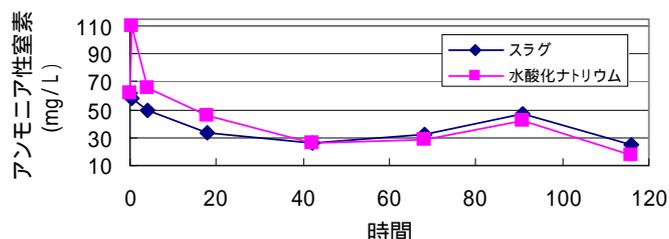


図 1：アンモニア性窒素濃度の推移

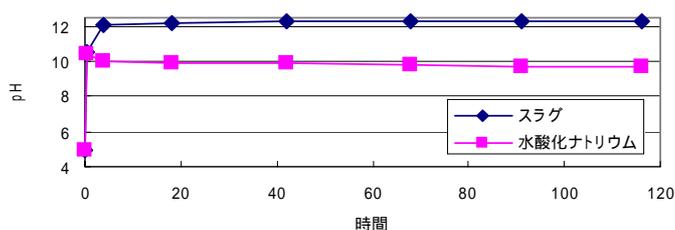


図 2：pH 推移

キーワード アンモニア性窒素、アンモニアストリッピング法、窒素除去、鉄鋼スラグ、pH

連絡先 〒371-0816 群馬県前橋市上佐鳥町 460-1 前橋工科大学建設工学科梅津研究室 TEL(027-265-7309)

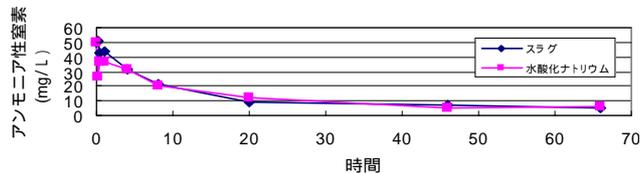


図3：アンモニア性窒素濃度の推移

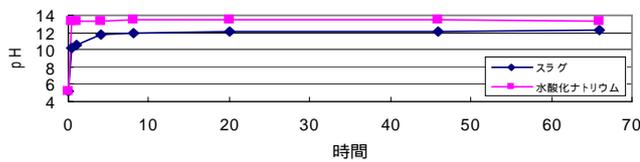


図4：pH推移

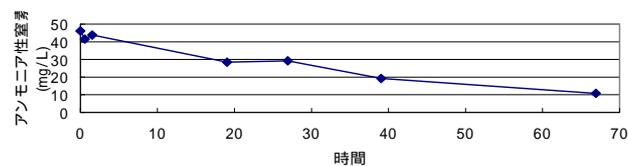


図5：アンモニア性窒素濃度推移

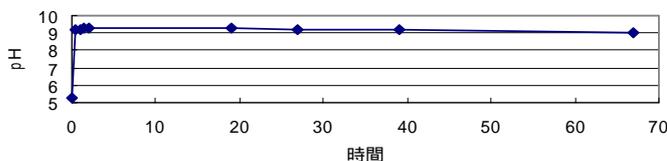


図6：pH推移

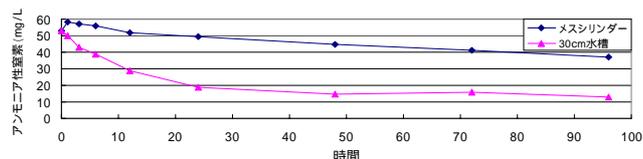


図7：アンモニア性窒素濃度推移

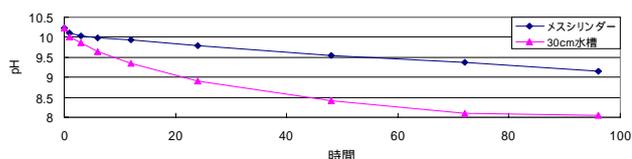


図8：pH推移

して、pHは1.0ほど差があるにもかかわらず、除去率には大きな差が見られなかった。このことより、製鋼スラグによるpH上昇能力はアンモニアストリッピングを発現するに十分なアルカリ性があると考えられる。

次に、弱アルカリの条件下においてストリッピングは発現するのか確認するため、約pH9において実験を行った。試料水（海水）は、アンモニア性窒素46.5mg/L、pH5.25のもの100mLを使用した。結果は図5.6の通りである。図5よりpH13に比べ時間はかかるものの、アンモニア性窒素の除去は可能であることが分かった。

3) 大気接触面積による比較

これまで実験で水中に気泡の発生などが確認できないためアンモニア性窒素の除去は水表面で行なわれていることが予測される。そこで、形状の違う実験容器として2Lメスシリンダーと30cm水槽の二種類用意し観察を行った。試料水は（海水）はアンモニア性窒素52.8mg/L、pH5.18のもの1Lを使用した。結果は図7.8通りである。結果からメスシリンダーの大気接触面積は約52cm²、水槽は約510cm²と約10倍の差があり、アンモニア性窒素の除去も約10倍差があることから大気接触面積と除去率は強い関係があると思われる。また除去されるにつれてpHが低下していることから、除去とpHの低下についても関係性があると思われる。

4) アンモニア性窒素濃度による違い

微量のアンモニア性窒素の除去についての可能性だが、特に実験をまだ行っていないため明確には言えない。しかし、スラグを通した海水の前後でアンモニア性窒素を測ったところ0.17mg/Lだったものが0.10mg/Lに減少する結果が得られた事からアンモニア性窒素の濃度が微量でも除去は可能であることが考えられる。

4、おわりに

文献²⁾によるとアンモニア性窒素の除去率に影響を及ぼす因子は、pH、水温等がある。pHは高いほど良いがpH10.5以上では除去率の増加は小さくなるといわれている。また水温も高いほど除去率は良いとされる。一方、除去率に影響を及ぼさない因子としては、アンモニア性窒素濃度である。一般的には濃度と除去率には相関は無いと報告されている。今後、以上の実験結果をふまえた上で効果的な除去手法の確立、また陸上養殖に適用するに当たり循環型のシステムの確立を行うことが課題といえる。

【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」