

硫黄造粒物による小型脱窒装置の開発

前橋工科大学 学生員 ○松田 将太郎
前橋工科大学 正会員 梅津 剛

1. はじめに

養殖を行う閉鎖性水域では有機物やアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素などの有害成分が発生するが、好気性菌群の良好な活動が行われることにより、長期的には硝酸態窒素濃度の増加が問題となってくる。土壌菌群に存在する脱窒菌は硝酸態窒素を窒素ガスとして除去するが、そのためには低濃度の溶存酸素状態と炭素源として糖類やアルコール類などの水素供与体の投与が求められる。無酸素状態を構築する脱窒素装置は大規模な構造となり、水素供与体の投与量の制御が難しいため脱窒反応を持続しようとする過大な水素供与体を与えてしまうことになり、それらは装置のイニシャルコスト、ランニングコストを増大させるだけではなく、水棲生物の環境をも悪化させることになる場合がある。一方、硫黄酸化細菌による脱窒素は、硫酸イオンを用いて脱窒素を行う独立栄養細菌である。炭酸カルシウムと硫黄を主成分とする硫黄造粒物を充填した容器に通水することにより、この反応は顕著に発生し、装置構造は非常に簡易なものとなる。

本研究では小型水槽レベルの閉鎖性水域をターゲットとして連続式の脱窒装置の開発を行うものである。装置開発は通水性とメンテナンス性を重視し実用化可能なプロトタイプを作成を試みるものである。

2. 硫黄造粒物

硫黄造粒物¹⁾²⁾は、硫黄と炭酸カルシウムの固形化合物であり、これに硫黄酸化細菌が付着することで水中の窒素を除去するという性質を持つ。本研究で使用する硫黄造粒物の形状は、図1に示される円柱状形であり、一粒の直径約4mm、長さは約20mmである。

3. 高い硝酸態窒素濃度が引き起こす問題

水槽内の硝酸態窒素濃度が高まると、硝酸態窒素を栄養としコケが大量に発生してしまう可能性がある。そうなった場合景観上劣悪なものとなり、生物の生存環境を維持するという目的から大きく外れた飼育環境になってしまう。また、水槽内の水が非常に高い硝酸態窒素濃度である場合、pH値は6以下まで低下し

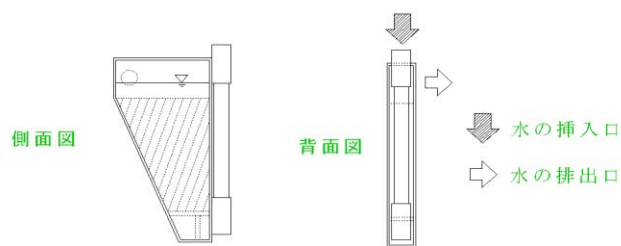
飼育している生物の健康状態に悪影響が出る。この二つの点から、硝酸態窒素濃度は可能な限り低い値を維持することが必要となる。



図-1 使用する硫黄造粒物

4. 脱窒装置の形状と脱窒方法

開発する脱窒装置の寸法は高さ240mm、幅(上)120mm、幅(下)40mm、厚さ35mm、容積400mL、有効水量160mLのもの(図-2)であり、投入する硫黄造粒物は約200gとする。この形状は装置の小型化と通水性を考慮したもので、重量は800g程度となり幅が薄いため水槽の側面上部に掛吊することが可能である。



斜線部は硫黄造粒設置場所

図-2 小型脱窒装置設計図

装置に対する流入は水槽上部の上層ろ過装置にくみ上げられる量の一部を取得するため、簡易な構造となる。飼育水槽システムは市販の上層ろ過装置が敷設した60cm水槽(容積56L)を用いるが、このような小規模の閉鎖水域で簡易な脱窒素装置が実現できれば、そのスケールアップは容易であり、多方面に応用できると考察する。



図-3 容積 56L の水槽に装置を設置した様子

5. 脱窒装置の性能評価実験

水槽に 56L の高濃度硝酸塩水を入れ、開発した装置の性能評価を行う。脱窒素装置内には予め硫黄酸化細菌を付着させたものを用いるものとする。通水量は 180mL/min とする。この場合の滞留時間はわずか 56 秒であり、脱窒としては極めて高速な処理である。より効果的な脱窒を行うには、数分間程度の滞留時間が望ましいが、10mL/min 程度の水補給を長期にわたり実現するためには特殊な装置が必要となり、現実的ではない。この装置開発と実験の目的は、長期に持続可能な量として極めて短い滞留時間での脱窒反応の実現を見ることにある。

6. 実験結果からの考察

図-4 に示したグラフは脱窒装置を水槽に設置した日から 11 日後までの硝酸の変化の様子を表している。

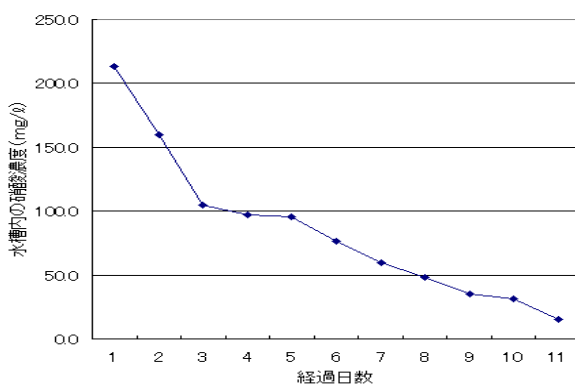


図-4 装置設置後の水槽内硝酸態窒素濃度の値

実験開始後、硝酸態窒素の減少勾配に違いはあるものの硝酸値は時間経過と共に安定に減少している。減少勾配の差は水槽内の硝酸濃度に依存すると考えられ、硝酸濃度が低くなるほど減少する値が小さくなっている。初期に 213mg/L であった硝酸態窒素濃度は 11

日目には 15.5mg/L に減少した。その間、給水量はやや変化した、ほぼ 180mL/min を維持したことにより、1 分間程度の極短い滞留時間によっても良好な脱窒素効果が得られたと考察する。

7. おわりに

本実験では脱窒装置の小型化を考え、その実現のために硫黄造粒物を使用した脱窒装置を考案しその性能評価を行った。60cm 水槽の側面に取り付けた本装置は小型で薄い構造のため、正面からはほとんど見えず、水槽の機能を阻害しないものとなっている。



図-5 硫黄造粒物から発生する脱窒による気泡

通水のために使用する機器は上層ろ過のためポンプの動力を必要としていない。飼育水量に対する脱窒装置は、容積比率は 1/140 であるが、規模が大きくなればこの比率はさらに下げられると考えられる。この装置を市販の 180cm 水槽(容積 560L)に応用し、その内部で 1 万匹の卵胎生メダカを飼育した水槽では、4L の脱窒素装置を取り付け、半年間にわたり硝酸態窒素濃度を 20mg/L 程度に維持し続けている。この装置に用いた硫黄造粒物は 1kg に過ぎない。水中に残留する硫酸イオンは、カルシウムと反応し、石膏の塩類を発生させるため、水槽上部が白濁する欠点があるものの、中和により硫酸イオンは増殖しない。現在まで観察によれば魚類だけではなくカワニナも成長し繁殖を行っている状況であり、脱窒素による生体への悪影響は発生していない。

参考文献

- 1) 木村大輔・梅津剛：第 30 回関東支部技術研究発表会講演概要書、硫黄造粒物による脱窒手法の検討
- 2) 宮田朋保・梅津剛：第 58 回年次学術講演会後援概要集、硫黄造粒物による脱窒手法の実験的研究