

植物及び菌類を用いた水中の硝酸塩除去手法と実用化の検討

前橋工科大学大学院 学生員 中込 潤
前橋工科大学 正会員 梅津 剛

1. はじめに

今日の水環境は、各種の規制や下水道を始めとする水質保全事業の実施によって、かつての危機的な状況を脱し、徐々に改善されつつある。しかし、その一方で湖沼や内湾などの閉鎖性水域は、現在も環境基準の達成率が低く、富栄養化現象が社会問題となっている。この原因となってくるものの一つとして、窒素化合物の蓄積が挙げられる。アンモニアや亜硝酸塩などの有害な窒素化合物は微生物反応によって硝酸塩となり安定化し、水中に蓄積し富栄養化の要因となるのである。著者らは、水中の窒素除去手法として微生物による脱窒現象に着目し研究を行っている¹⁾。この研究の中で硫黄造粒物を濾材とし、硫酸酸化細菌によって脱窒する手法を検討してきたが、植物のネギには硫黄が含まれることから、ネギが脱窒反応の濾材となりうるのではないかと考えた。高濃度の硝酸塩水の中に青ネギを浸したところ、硝酸塩は高速に減少するという結果が得られたが、この実験では気泡がさほど発生せず、脱窒反応とは異なる様相であり細胞内への吸収反応のようである²⁾。本論ではこの現象に着目し、高濃度の硝酸塩水からの硝酸塩除去手法と実用性を検討するものである。

2. 植物及び菌類の細胞が硝酸塩を吸収する要因

植物及び菌類の細胞は動物細胞と異なる特徴を持っている。細胞壁と液胞である。細胞壁は大きい抵張力を持ち、高い細胞内圧を支えることができ、自体に力学的強度を与えている。液胞には、無機塩、糖、アミノ酸、タンパク質を含む比較的粘性の低い細胞液が含まれている³⁾。液胞は有毒であり、環境に分泌できる量よりも多く作り出される老廃物を隔離し、吸収した過剰な塩を貯蔵する⁴⁾。液胞内には細胞質ゾルや細胞外液よりもはるかに高濃度に色々な物質を貯蔵することが出来る。

細胞膜内に代謝産物などを透過させるための輸送タンパク質の1つとしてチャンネルタンパク質がある。液胞膜には H⁺ポンプと陰イオンチャンネルによってつくられる膜電位と大きな H⁺濃度勾配がある。液胞膜には V

型イオンポンプと PPI 依存ポンプが存在し、H⁺を濃度勾配に逆らって液胞に送り込んでいる。液胞膜には NO₃⁻のチャンネルが存在しており、液胞に送り込んでいる。これら陰イオンを輸送する原動力は H⁺ポンプによって形成された内側が正の膜電位である。NO₃⁻はそれに引かれてチャンネルから中に流入する⁵⁾。

3. 水生生物への影響

3-1 実験目的

これまで実施してきた実験^{2),6),7)}では、水生生物に本手法を試みたことはなかった。ここでは、高濃度の硝酸塩水で実際に魚を飼育し、本手法を用いて硝酸塩の除去を行い、魚に影響が出てくるかどうかを検討する。本実験では、えのきを使用することにした。これまでの実施してきた実験^{2),6),7)}より、えのきが一番硝酸塩を吸収したからである。また、えのきは水への着色も少なく、臭気もそれほど移らないと言った利点がある。

3-2 実験方法

30×18×23 (cm) の水槽を、マット状の炭素繊維で、飼育域、生物化学ろ過域、えのき投入域の3域に仕切る。処理する水は、硝酸態窒素濃度 46mg/L の水を 9L 使用する。飼育域にグッピーを 18 匹入れ、エアリフトポンプでえのき投入域から、飼育域へ 250ml/min の流量で水を循環させる。えのきは 200 g 使用した。

3-3 実験結果と考察

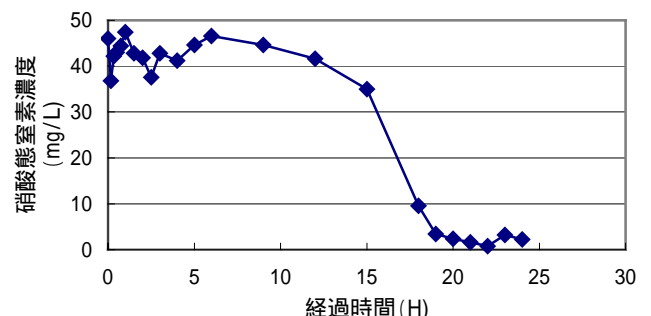


図1 硝酸態窒素濃度の変化

観察としては、4時間経過後から白濁が生じた。臭気は本実験では殆ど感じられなかった。えのきを投入しても、グッピーが即死したり病気にかかるなどといった異

常は見られなかった。実験終了後も1ヶ月以上グッピーは死亡することはなかった。このことから本手法は水生生物に対して影響はないと思われる。硝酸態窒素は、1g 当たり 1.97mg 吸収した。しかし、アンモニア態窒素が、3時間経過後 1g 当たり 0.02mg 出現し、亜硝酸態窒素も時間の経過とともに濃度が上昇し、12 時間経過後は 1g 当たり 0.49mg も出現した。本手法を使用するときは、硝化能力の高いものを対象とする必要がある。

冬場などは特に枯葉は身近な材料である。実用性を考慮しても枯葉を用いることが適切であると考えられる。また枯葉は、保存することが可能で運搬性も良い。そこで複数種類で構成された枯葉を 90g 用いて同様の実験を行った。本実験でも、硝酸態窒素濃度を減少させることは出来た。えのきを用いたときと同様、グッピーが即死したり病気にかかるなどといった異常は見られなかった。しかし、1g あたり 1.12mg と、えのきの半分程度の吸収量だった。白濁するという事は無かったが、水への着色も激しく、実用化には向いていないと思われる。

4. 菌類による硝酸塩除去の連続処理実験

4-1 実験目的

3節で、えのきによる硝酸塩除去処理が水生生物に影響がないという知見を得た。そこで本実験では、実用化に向け、3節の実験よりも大量の水で連続処理を行う。

4-2 実験方法

硝酸態窒素濃度 34mg/L のグッピー飼育水 150 L を使用する。水槽の横に 10cm、高さ 65cm、有効容積 4 L の反応槽を設置し、中にえのきを 1000g 投与する。処理後は、フェルト状の炭素繊維のろ過を通し、濁りを除去する。排出はエアリフトポンプによるもので、平均流量は 160ml/min とする。反応槽内の滞留時間は約 20 分となる。反応槽への流入はサイホンを用い、流出した分だけ流入する。

4-3 実験結果と考察

観察としては、30 時間経過後から腐食し始め、臭気や粘性が発生した。実用化するときには、24 時間程度で処理を終わらせた方が良くと思われる。本実験でもグッピー

参考文献

- 1) 宮田朋保・梅津剛：第 58 回年次学術講演会講演概要集、硫黄造粒物による脱窒手法の実験的研究
- 2) 中込 潤・梅津剛：第 31 回関東支部技術研究発表会講演概要集、植物と菌類による硝酸態窒素除去手法の検討
- 3) 著者代表平本幸男：バイオメカニクスシリーズ 細胞のバイオメカニクス 日本機械学会編、オーム社（1980）、p179
- 4) H.LODISH, D.BALTIMORE, A.BERK, S.L.ZIPURSKY, P.MATSUDAIRA, J.DARNELL：分子細胞生物学（下）第 3 三版、株式会社東京化学同人（1997 年）、p617、pp629-631
- 5) キャンベル・ファーレル、監訳：川崎敏祐：キャンベル・ファーレル生化学 第 4 版、廣川書店（2004 年）、p28
- 6) 中込 潤・梅津剛：第 59 回年次学術講演会概要集、植物と菌類を用いた水中における硝酸態窒素除去手法に関する研究
- 7) 中込 潤・梅津剛：第 32 回関東支部技術研究発表会講演概要集、枯葉を用いた水中内の硝酸態窒素除去手法の検討

ーが即死したり病気にかかるなどといった異常は見られなかった。硝酸態窒素濃度は時間の経過と共に減少し、1g 当たり 2.79mg の吸収した。亜硝酸態窒素濃度は、3 時間経過後まで上昇し続け、1g 当たり 0.44mg 発生したが、9 時間経過後以降は発生はなかった。アンモニア態窒素濃度は、実験を通して殆ど増加しなかった。これは、水槽の硝化能力が高かった為だと思われる。

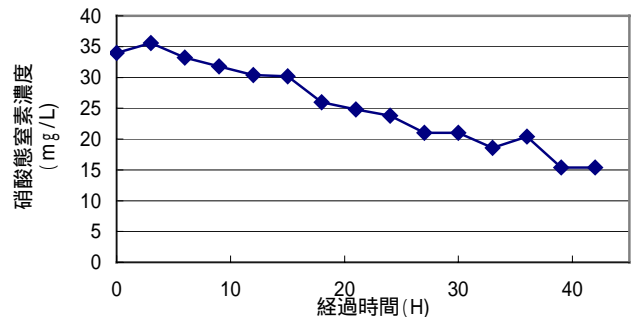


図2 硝酸態窒素濃度の変化

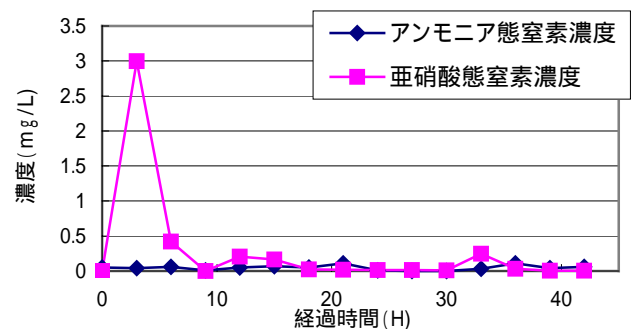


図3 アンモニア態窒素、亜硝酸態窒素濃度の変化

5. おわりに

本手法は、水生生物が即死したり病気にかかるなどといった異常は見られなかった。処理方法も特別な装置は必要なく、水に植物や菌類を入れるだけという容易さがあり、処理に掛かるコストも決して高いものではない。このことから本手法は、水中内に蓄積していく硝酸塩除去に有効だと考えられる。しかし、アンモニアや亜硝酸塩の発生が見られるために、硝化能力の高い水で処理を行う必要がある。また、時間の経過と共に植物及び菌類の腐食が始まり、着色や濁りが発生してくることから、24 時間以内に処理を行うことが望ましいと思われる。