

VII-23

緑藻類 *Spirogyra* sp.（アオミドロ）の栄養塩吸収特性と植栽浄化への応用性

東北大学工学部 学生会員 ○小船井 千恵 東北大学大学院工学研究科 正会員 中野 和典, 西村 修

1. はじめに

近年、人間の無数の方法による湖沼の利用と人間社会の数多くの汚染物質発生活動とが相まって、湖沼の生態系にストレスを与えている。その結果として湖沼に固有な生態的価値および環境価値を失いつつある。湖沼へのストレスの発生源となっているのは、都市下水や工場排水のような点源の他、特定しにくい土地浸食作用、流域内の都市や農場からの流出水といった面源負荷である。このような背景から面源負荷への対応策として、施設建設費、運転管理が安価で、運転管理に特殊な技術を必要としない植物を用いて水中の窒素・りんを除去する植栽浄化法が注目され、研究が進められている。しかし実際、植栽浄化の現場では、特定の植物のみを対象として定量的評価がなされており、植栽時に発生した藻類による窒素・りん除去能の評価は、見落とされている。具体的な例として川崎らの考案したヘチマ植栽浄化水路¹⁾では、無機態窒素除去の内訳は、ヘチマによる吸収除去が8%、アオミドロによる吸収除去が68%、その他（硝化-脱窒等）による除去が24%であり、無機態りん除去の内訳は、ヘチマによる吸収除去が10%、アオミドロによる吸収除去が90%であった。この結果は藻類による栄養塩除去能を評価する必要性を示している。そこで、本研究ではヘチマ植栽水路に生育していた淡水緑藻のアオミドロに注目し、人工廃水を用いた実験によりアオミドロの栄養塩吸収特性を評価し、ヘチマとアオミドロの組み合わせによる植栽浄化システムの応用性を検討した。

2. 実験方法

(1) 実験1: 硝酸態窒素の吸収実験

500mlのビーカーに、キムワイプで水気をふき取ったアオミドロ3gと、栄養塩類を添加した人工廃水を400ml加え、さらに水が蒸発しないようサランラップで封をした。アオミドロは宮城県七ヶ浜町にある阿川沼付近の水田から採取したものをを用いた。ビーカーを人工気象器内に設置し、温度25℃、明暗12時間サイクルで照度は5000lxに設定した。実験1では硝酸態窒素からなる人工廃水を用いた。硝酸態窒素濃度は、系1, 2, 3でそれぞれ0.5, 1.0, 1.3mg-N/lに調整し、リンは全て0.2mg/lとして合計3系列で硝酸態窒素の吸収実験を行った。人工廃水は蒸留水に硝酸態窒素と

してNaNO₃、りん酸態りんとしてNa₂HPO₄を添加し、ミネラル分としてKCl(4mg/l)、CaCl₂·2H₂O(12mg/l)、MgSO₄·7H₂O(10mg/l)を添加して作製した。

(2) 実験2: アンモニア態窒素の吸収実験

窒素源としてアンモニア態窒素の(NH₄)₂SO₄を用いたことを除き、人工廃水および実験条件は実験1と同様とした。アンモニア態窒素濃度は系4, 5, 6でそれぞれ0.5, 1.0, 1.3mg-N/lに調整し、リンは全て0.2mg/lとして合計3系列でアンモニア態窒素の吸収実験を行った。

(3) 実験3: 硝酸態窒素の連続処理

アオミドロ4gを入れた600mlの透明なプラスチック製容器にシリコン製チューブを通してペリスターポンプにより連続的に、阿川沼の水を供給した。実験は人工気象器内で行い、温度、光条件は実験1と同じ条件で実験とした。実験開始後から約390時間までは供給速度の調整により負荷速度を変化させ、それ以降は硝酸態窒素の濃度により窒素負荷速度を調整した。

(4) 測定項目および評価方法

測定項目は、無機態硝酸態窒素(NO₃-N)、アンモニア態窒素(NH₄-N)、りん酸態りん(PO₄-P)とした。NO₃-NはCd-Cu還元法、NH₄-Nはインドフェノール法、PO₄-Pはモリブデン青法によりブランルーベ社のトラックス800を用いて自動分析した。

3. 結果および考察

(1) 実験1および実験2

アオミドロの栄養塩除去特性の結果を図1, 2に示す。図1, 2より硝酸態窒素は48時間後に濃度が0mg/l、アンモニア態窒素は65時間後に濃度が0mg/lとなり、アオミドロが低濃度の窒素を迅速に吸収できることが確認できた。各系における実験開始時から24時間のアオミドロ1gあたりの窒素除去量を28.5時間までの窒素減少直線より算出した。硝酸態窒素を用いた実験1において系1, 2, 3でそれぞれ0.145, 0.159, 0.113mg-N/g-藻体/dayとなった。アンモニア態窒素を用いた実験2では系4, 5, 6でそれぞれ0.284, 0.522, 0.508mg-N/g-藻体/dayとなり、アンモニア態窒素の方が硝酸態窒素より除去速度が高くなった。この原因として、アオミドロによる栄養塩吸収の他に硝化作用によるアンモニア態窒素の減少が考えられる。また実

験 1 において、実験 2 より初期窒素濃度が低く、実験 1 の系では最初のサンプルを取った 28.5 時間後よりも早く硝酸態窒素がゼロになっていた可能性が考えられる。実験 2 の、系 4、5 を比較すると、両者とも 28.5 時間後には濃度がほぼ 0mg/l になっていたが、系 4 の計算値が低かったのは、初期濃度が低く、実際は系 5 より早くアンモニア態窒素がゼロになっていたためと考えられる。以上の考察より、24 時間で 1g あたりのアオミドロの除去量は硝酸態窒素で 0.113~0.159mg よりもかなり高く、アンモニア態窒素で 0.515mg 程度であることが考えられた。

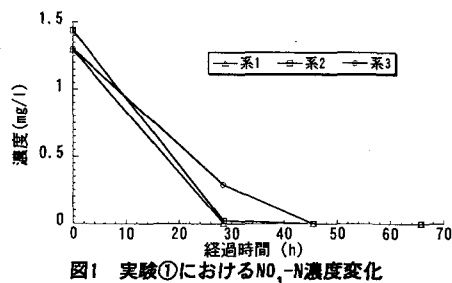


図1 実験①におけるNO₃-N濃度変化

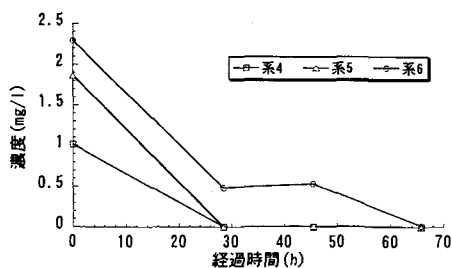


図2 実験①におけるNH₄-N濃度変化

(2) 実験3

図 3-a, b) に示す通り、実験開始から 470 時間において、負荷速度を 0.08g-N/m²/day に上げても、平均流出 DIN 濃度は 0.092mg-N/l にとどまり、ほぼ負荷速度=除去速度の関係が成り立っていた。よって負荷速度が 0.08g-N/m²/day 以下であれば、全窒素濃度が 0.46mg/l と低いレベルであっても、アオミドロの栄養塩除去率として 95% 以上が期待できることになる。また、硝酸態窒素濃度を 4.0mg/l として添加した 470 時間後からは、流入濃度と流出濃度の差が縮まっており、負荷速度=除去速度となった。470 時間以降はアオミドロが吸収する窒素量<流入する窒素量の関係が成り立ち、アオミドロの真の窒素除去能力が表れており、最大除去速度は 0.521g-N/m²/day であった。以上の結果より、全窒素濃度が 0.5~1.3mg/l の一般的な富栄養化湖沼水を対象として、例えばアオミドロを植栽した水

面積 25m² の水路により除去量 95% 以上を達成するためには、流量を 4~1.5m³/day に調整すれば良いことになる。また、本研究で得られたアオミドロの硝酸態窒素最大除去速度 0.521g/m²/day は、植栽浄化で実績あるホテイアオイの平均窒素除去速度 0.64g/m²/day⁽²⁾ と比べると多少低い、植栽浄化において活用するのに十分な値であるといえる。

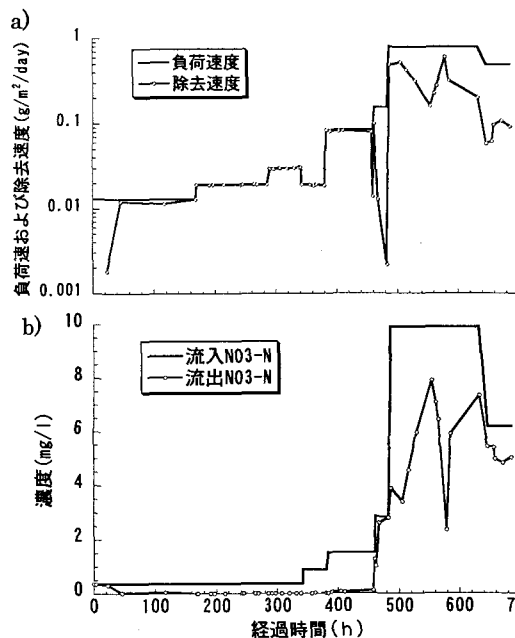


図3 a) 流入流出NO₃-N濃度変化 b) NO₃-N 負荷速度および除去速度変化

4. まとめ

本実験において、アオミドロの栄養塩除去特性と植栽浄化への応用性を検討した結果、24 時間でアオミドロ 1g あたり硝酸態窒素は少なくとも、0.113~0.159mg が吸収でき、アンモニア態窒素で 0.515mg が吸収可能であることがわかった。さらに、連続処理において 0.08g-N/m²/day までの窒素負荷速度をかけた、ほぼ負荷速度=除去速度の状態(除去率 95% 以上)を保つことができることがわかり、低栄養塩濃度の湖沼水や廃水の高度処理に応用可能であることが明らかになった。

参考文献

- (1) 川崎 剛: *Luffa cylindrica* 植栽浄化システムの浄化能解析, 東北大学大学院工学研究科土木工学専攻修士論文, 2003
- (2) (財)河川環境管理財団 河川環境総合研究所: 植生浄化施設計画の技術資料, 平成 14 年 12 月