

大型水生植物の根圏による脱窒に関する基礎実験

東京電機大学大学院 学生会員 ○村田知也
 東京電機大学大学院 小川純司
 東京電機大学 正会員 中井正則

1. はじめに

近年、水域の富栄養化が深刻化している。富栄養化問題の抜本的解決方法の1つは、水域から栄養塩を除去することであるが、窒素については「脱窒」とよばれる有効な除去プロセスが存在する。実際に、木崎湖（長野県、1985）において窒素の年間負荷量の17.2(%)が脱窒によって除去される¹⁾などの調査結果が存在し、脱窒による窒素除去は無視できない役割を果たしている。また、脱窒は自然生態系において酸化的環境と還元的環境とが近接している部位で起こりやすいと言われている。以上の点を踏まえ、本研究では、酸化還元境界を形成する大型水生植物の根圏による脱窒について基礎実験を行った。

2. 実験方法および観察・測定項目

実験は、大型水生植物（抽水・浮葉・沈水植物）を土壌栽培するケース（実験Ⅰ）と水耕栽培するケース（実験Ⅱ）の2つについて、ともに屋外で実施した。実験Ⅰでは、90Lバケツ4基（A, B, C, D）にそれぞれ黒土を25Lづつ投入した。なお、屋外で実験を行ったため、降雨の影響をみる目的で土壌・植物を入れないものも1基（E）用意した。一方、実験Ⅱでは、土壌を入れない90Lバケツ4基（a, b, c, d）を用意した。なお、この実験Ⅱでは脱窒と硝化を抑制するためにエアレーションを行い、また、ATU（アリルチオ尿素）を5(mg/l)となるように投入した。水生植物として、バケツA, aには抽水植物のヨシ（*Phragmites communis Trin.*）を、B, bには浮葉植物のアサザ（*Nymphaeoides peltata Kuntze*）を、C, cには沈水植物のホザキノフサモ（*Myriophyllum spicatum L.*）を植栽し、D, dは対照用（ブランク）として植物を植栽しなかった。

実験は、2004年8/12~8/19（実験Ⅰ）、9/25~9/30（実験Ⅰ、実験Ⅱ）、10/11~10/18（実験Ⅱ）に実施し、水生植物の生育状況の観察と水質関連項目（pH, Chl-a（相対値）、NH₄-N, NO₃-N）の測定を行った。また、それぞれの実験開始日の1日前（8/11, 9/24, 10/10）にNH₄-N, NO₃-N, PO₄-Pがそれぞれ1(mg/l), 2(mg/l), 0.3(mg/l)、およびN/Pが10となるように試薬を投入した。なお、この値は霞ヶ浦、

表1 植物の生育状況（実験Ⅰ：8/12~8/19, 9/25~9/30）

A:ヨシ	B:アサザ	C:ホザキノフサモ
茎の本数(本)	浮葉の数(枚)	茎の本数(本)
42~58	60~107	28~40
高さ(cm)	葉面積(cm ²)	高さ(cm)
82.5~92.0	13.7~19.9	38.5~47.0

表2 植物の生育状況（実験Ⅱ：9/25~9/30, 10/11~10/18）

a:ヨシ	b:アサザ	c:ホザキノフサモ
茎の本数(本)	浮葉の数(枚)	茎の本数(本)
10~41	25~119	15~25
高さ(cm)	葉面積(cm ²)	高さ(cm)
85.5~86.5	9.2~12.8	64.5~73.5

北浦における2000年度の平均値²⁾を参考にした。

3. 実験結果および考察

3.1 観察結果

最初に、表1, 2に水生植物の生育状況を示す。両表のように、水生植物は順調に生長しており、また、すべてのバケツに付着藻類が増殖していた（Eが最大であった）。

3.2 測定結果

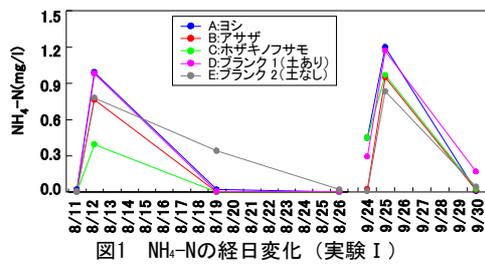
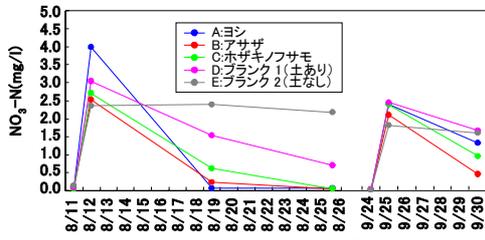
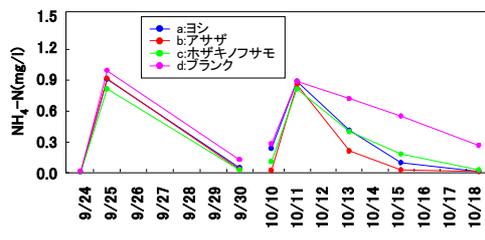
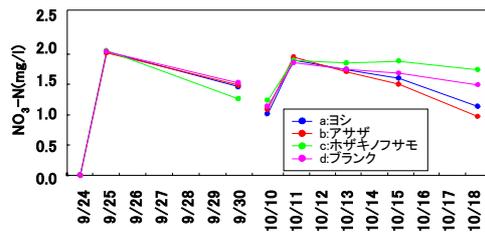
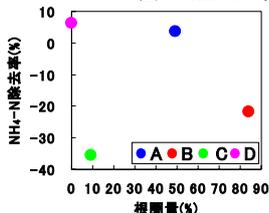
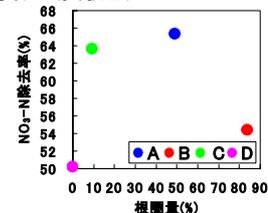
つぎに、図1~4に実験Ⅰ, ⅡのNH₄-N, NO₃-Nの経日変化を示す。なお、実験Ⅱでは前述のように、脱窒と硝化を抑制しているため、NH₄-NおよびNO₃-Nの減少はそのほとんどが植物体（水生植物、植物プランクトン、付着藻類）による吸収と考えられる。

(1) NH₄-Nの経日変化

NH₄-Nの減少の原因として、次の3点が考えられる。第1点は植物体（水生植物、植物プランクトン、付着藻類）による吸収、第2点は硝化によるNO₂-N, NO₃-Nの生成、第3点は大気中への放散と土壌への吸着である。図1, 3の9/25~9/30におけるNH₄-Nの減少特性がほぼ一致していることより、この減少のほとんどが第1点の植物体の吸収によるものと考えられる。これは、一般にこれらの植物体が好アンモニア性であることに関係している。実際に、図2よりNO₃-Nの増大傾向は見られないので、硝化によるNO₃-Nの生成に伴うNH₄-Nの減少は少ないと考えられる。また、本実験ではpHが最大でも9.74であったため、土壌に吸着したNH₄-Nも最終的には植物体に吸収されること、さらに、NH₃分子としての大気中への放散はほとんどないことが推察される。このように、NH₄-Nの減少に対して先の第2, 3点の貢献は小さい。

キーワード：大型水生植物、根圏、脱窒、NH₄-N, NO₃-N

連絡先：〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂 TEL 049-296-2911（内線 2749） FAX 049-296-6501

図1 NH₄-Nの経日変化（実験Ⅰ）図2 NO₃-Nの経日変化（実験Ⅰ）図3 NH₄-Nの経日変化（実験Ⅱ）図4 NO₃-Nの経日変化（実験Ⅱ）図5 NH₄-N除去率と根圏量の関係図6 NO₃-N除去率と根圏量の関係

(2) NO₃-Nの経日変化

NO₃-Nの減少の原因として、次の2点が考えられる。第1点は植物体（水生植物、植物プランクトン、付着藻類）による吸収、第2点は土壌中の酸化還元境界からの脱窒である。図4との比較より、図2のNO₃-N減少はその半分以上が第2点の脱窒によるものと考えられる。これは、両図の9/25～9/30におけるNO₃-Nの変化を比較すると、実験ⅡのNO₃-Nの減少量（植物体の吸収量）が実験Ⅰのその半分以上以下であることからの推察である。このように、A～Dでは脱窒が活発となるが、これは、NO₃-Nが負に帯電しているため、土壌粒子に対して反発し、酸化還元境界まで速やかに移動するからと考えられる。なお、EにおいてNO₃-Nの

減少がほぼ0であることより、植物プランクトン、付着藻類によるNO₃-Nの吸収はほとんどなく、植物体による吸収は実際にはほぼ水生植物のみによっていると思われる。

3.3 NH₄-N・NO₃-N除去率の算出

図5、6にNH₄-N・NO₃-N除去率（総減少量に対する植物体の吸収以外による減少量）を水生植物の根圏の大きさとの関係において示す。ここで、横軸の「根圏量」はバケツ内の土壌体積に対する根圏体積の割合である。前述のように、NH₄-Nの減少は植物体による吸収がほとんどであった。実際に、図5より、NH₄-N除去率は非常に小さいことがわかる。特に、B（アサザ）、C（ホザキノフサモ）では負の値となっている。これは、栄養塩投入直後に植物体がNH₄-Nを吸収し、最初の測定日（8/12、9/25）に低い値が測定されたことが影響している。このような植物体によるNH₄-Nの急速な吸収現象はよく見られることであり、このことから、アサザ、ホザキノフサモの方がヨシに比べて好アンモニア性強いと考えられる。

一方、NO₃-Nについては前述のように、脱窒量の方が植物体の吸収量に比べて多かった。これは、手賀沼の調査結果³⁾と同じ傾向である。図6よりわかるように、NO₃-N除去率（総NO₃-N減少量に対する根圏からの脱窒量の割合(%)）はA：65.3、B：54.4、C：63.7、D：50.2であり、注目すべき点はA（ヨシ）、C（ホザキノフサモ）において大きい数値をとっていることである。両者の根圏量は10～50(%)程度であり、大型水生植物の根圏が土壌に対して適量存在する場合に脱窒が促進されると考えられる。

4. まとめ

本研究では、大型水生植物の根圏による脱窒量について検討を行った。以下に、得られた主要な結果を示す。

- ①水中のNH₄-Nのほぼすべてが植物体に吸収される。
- ②総NO₃-N減少量の半分以上が脱窒によるものである。
- ③大型水生植物の根圏が適量存在する場合に脱窒が促進される。

参考文献

- 1) 楠田哲也（1994）：自然の浄化機構の強化と制御，pp.147-155，技報堂出版。
- 2) 外岡健夫，堀直，谷村明俊，久保田次郎（2002）：2000年度霞ヶ浦北浦環境調査結果，茨城県内水面水産試験場調査研究報告，No.37，pp.71-77。
- 3) 上田真吾，小倉紀雄（1989）：手賀沼における底泥の脱窒活性と沼の浄化に果たす役割，陸水学雑誌，No.50，pp.15-24。