

VII-42 水生植物（マコモ）による無機態窒素の吸収特性

東北工業大学工学部○学生員 李 璣 雨  
 東北工業大学大学院 学生員 黒坂 広一  
 東北工業大学工学部 正 員 江成敬次郎

1. はじめに

最近、地球環境問題の重大性が認識されるようになり、できるだけエネルギーを使わずに、また低コストで水进行处理する技術として植物を使った水質浄化手法が注目されつつある<sup>1)</sup>。植物により吸収される窒素としては硝酸態窒素、アンモニア態窒素、尿素、アミノ酸、ペプチドその他の有機態窒素がある。硝酸態窒素、アンモニア態窒素以外のものは土壤中で分解、または形態変化して NO<sub>3</sub> や NH<sub>4</sub> になるため、一般には植物根により吸収されている窒素は NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N を中心に考えてよい<sup>2)</sup>。根圏の pH が適当であれば、大部分の植物は NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N どちらの窒素でも利用可能であるが、水稻やヒエなどは好アンモニア性植物である<sup>2),3)</sup>。従って、水生植物の吸収力により窒素除去を図るためには、NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N の吸収特性を明確にしておく必要があり、その結果から最適環境条件が明らかになると考えられる。

本研究では、NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N の濃度比率を変えた混合窒素源を用いて、水生植物であるマコモの窒素吸収特性を検討した。

2. 実験方法

本研究に用いた実験装置を図1に示す。土壌による窒素吸着を防ぐために実験は水耕栽培で行った。透明ビニール袋に栽培液を入れ、マコモの苗を根が浸るように入れる。透明ビニール袋を黒ビニールで覆いビニール袋の口元を結わえてポリバケツに設置した。栽培液の組成を表1に示す。15本のマコモを5組に分け、それぞれ NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N 濃度の比率を変えて 51 時間実験を行った。各 RUN の NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N の濃度比率を表2に示す。硝化・脱窒による窒素除去を防ぐため、全ての RUN で ATU (2mg・L<sup>-1</sup>) の添加とばっ気を行った。本実験は 11 月に透明ガラスハウスで行った。

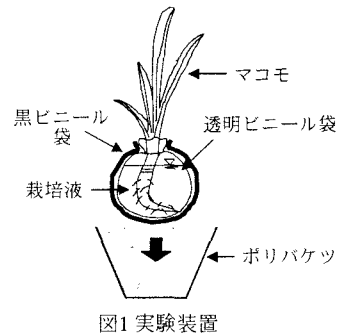


図1 実験装置

表1 栽培液の組成

元素	濃度(mg・L <sup>-1</sup> )
K	23.4
S	16.5
Ca	12
Mg	14.8
Fe	2.5
B	0.54
Mn	0.05
Cu	0.02
Zn	0.05
Mo	0.01
P	6

3. 結果と考察

各 RUN ごとに3本のマコモで 51 時間実験を行ったが、3本ともにほぼ同じ傾向が見られ、本研究では3本の平均値による考察を行う。各 RUN での pH は、ほぼ 7 付近を維持した。また、各 RUN での NO<sub>2</sub>-N 濃度は実験期間中ほぼ 0mg・L<sup>-1</sup> を維持した。このことから、硝化は抑えられたと考えられる。また、本実験ではばっ気を十分に行ったため、脱窒は起こりにくいとされる。従って、本実験での窒素除去はマコモによる吸収だけである。51 時間でのマコモによる NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N の減少量を図1に示す。RUN 3 での NH<sub>4</sub>-N と NO<sub>3</sub>-N の減少量が他より多いのが分かる。

表2 NH<sub>4</sub>-NとNO<sub>3</sub>-Nの濃度比率

	NH <sub>4</sub> -N(mg・L <sup>-1</sup> )	NO <sub>3</sub> -N(mg・L <sup>-1</sup> )
RUN 1	28	0
RUN 2	21	7
RUN 3	14	14
RUN 4	7	21
RUN 5	0	28

一般の植物は  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  のみでは十分な生育をとげることができず、豊富な  $\text{NO}_3\text{-N}$  のもとで若干の  $\text{NH}_4\text{-N}$  が共存していたほうが良好な結果を示すことが多い<sup>2)</sup>。しかし、本実験では  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  ともに  $14\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  の濃度比率が最適であることが分かった。さらに、除去された  $27.5\text{mg}$  の窒素の中で  $\text{NH}_4\text{-N}$  が  $20\text{mg}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  が  $7.5\text{mg}$  であり、 $\text{NH}_4\text{-N}$  を優先的に吸収していることが分かった。また、 $\text{NH}_4\text{-N}$  濃度が  $14\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  以上では濃度が高くなるにつれて、マコモによる窒素吸収量は低下する傾向が見られた。一般に、根は高濃度の養分に遭遇すると、形態的に変化するだけでなく、吸収速度も変化させるという報告がある<sup>3)</sup>。 $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の減少量が多かった RUN3 での  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の減少速度を比較するため、以下の式を用いてそれぞれの減少速度を求めた。ここで、 $k$  ( $\text{hr}^{-1}$ ) は反応速度定数である。この結果を図2に示す。 $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の相関係

$$\frac{d[\text{NH}_4\text{-N}]}{dt} = -k[\text{NH}_4\text{-N}] \quad (1)$$

$$\frac{d[\text{NO}_3\text{-N}]}{dt} = -k[\text{NO}_3\text{-N}] \quad (2)$$

数 ( $R^2$ ) は、それぞれ  $0.96$ 、 $0.78$  であった。また、反応速度定数は  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  それぞれ  $0.0076\text{hr}^{-1}$ 、 $0.0026\text{hr}^{-1}$  になり、本実験では  $\text{NO}_3\text{-N}$  より  $\text{NH}_4\text{-N}$  の減少速度が速いことが明らかになった。本実験での pH は 7 付近に維持したが、一般に pH が低下するにつれて  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収速度が速まり、 $\text{NH}_4\text{-N}$  の吸収速度は低下する<sup>4)</sup>。以上の結果から、11月でのマコモは好アンモニア性植物であり、マコモの吸収により最大窒素除去を図るためには還元的な雰囲気にする必要があると考えられる。

#### 4. まとめ

$\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の濃度比率を変えた混合窒素源を用いてマコモの窒素吸収特性を検討した結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$  は  $14\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  は  $14\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  づつ混合した条件で無機態窒素の減少量が多かった。また、上記の条件で  $\text{NH}_4\text{-N}$  の減少速度定数 ( $k$ ) は  $0.0076\text{hr}^{-1}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$  は  $0.0026\text{hr}^{-1}$  になり、マコモに対しては  $\text{NO}_3\text{-N}$  より  $\text{NH}_4\text{-N}$  の減少速度が速かった。

#### 5. 参考文献

- 1) 細見正明、須藤隆一(1991)湿地による生活排水の浄化、水質汚濁研究、第14巻、第10号、pp.674-681
- 2) 熊沢喜久雄(1995)植物栄養学大要、養賢堂、pp.93-100
- 3) Walter Larcher(1999)植物生態生理学、シュプリンガー・フェアラーク東京、pp.136-140
- 4) 根の事典編集委員会(1998)根の事典、朝倉書店、pp.331-338

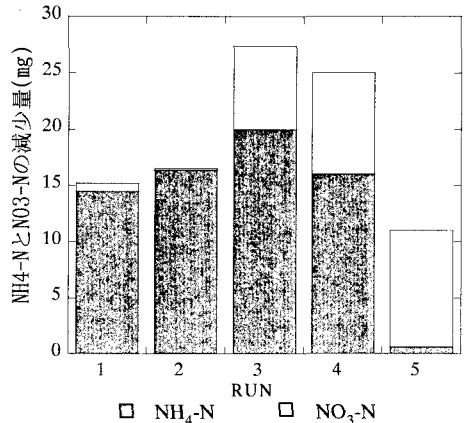


図1 51時間での $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ 減少量

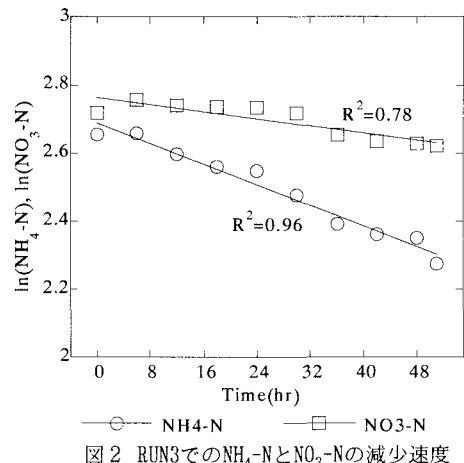


図2 RUN3での $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の減少速度

表3 各RUNの反応速度定数、 $k$  ( $\text{hr}^{-1}$ )

	$\text{NH}_4\text{-N}$	$\text{NO}_3\text{-N}$
RUN1	0.0024	-
RUN2	0.004	0.0008
RUN3	0.0076	0.0026
RUN4	0.0079	0.0015
RUN5	-	0.0013