

# 水耕栽培における水生植物（マコモ）の窒素吸収特性

東北工業大学大学院工学研究科 正会員 李 玉賛 雨

東北工業大学大学院工学研究科 学生会員 黒坂広一

東北工業大学大学院工学研究科 正会員 江成敬次郎

## 1. はじめに

窒素やリンなどの栄養塩類を含む生活排水などの流入による湖沼や内海、内湾といった閉鎖性水域における富栄養化は、依然として解決が必要とされる問題である。その対策として、できるだけエネルギーを使わずに、また低コストで水を処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土壤中に存在す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が、土壤中で分解や形態変化が起こるため、一般には植物根により吸収される窒素としては  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  になる<sup>2)</sup>。根圏の pH が適当であれば、大部分の植物は  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  どちらの窒素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と知られている<sup>3)</sup>。従って、植物の吸収力による窒素除去を最大にするためには、 $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収特性を明確にしておく必要があり、その結果から植物を用いた水質浄化手法の最適環境条件が明らかになると考えられる。

本研究では、 $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の濃度比率を変えた混合窒素源を用いて、短期間における水生植物であるマコモの窒素吸収特性を把握し、その結果を基に成長期（4 月～7 月）における窒素吸収特性について検討した。

## 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。本実験は透明ガラスハウスで行った。

### 2.1 短期間（51 時間）での窒素吸収実験

15 本のマコモを 3 本ずつ RUN1 から RUN5 まで分け、それぞれ  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度の比率を変えて 51 時間実験を行った。各 RUN の  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の初期濃度を表 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 ( $2\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) の添加とばっ気を行った。本実験は 11 月に行った。

### 2.2 成長期での窒素吸収実験

15 本のマコモを 5 本ずつ RUN6 から RUN9 まで分け、それぞれ  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  濃度を表 3 に示したようにに添加した。本実験はマコモが成長期である 4 月から 7 月まで継続的に行い、毎月一回、一週間の径日濃度

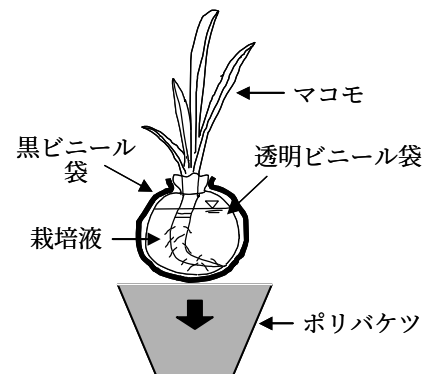


図1 実験装置

表1 栽培液の組成

| 元素 | 濃度 ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ ) |
|----|----------------------------------------|
| 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                                      |

表2  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の初期濃度条件

|       | $\text{NH}_4\text{-N}(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ | $\text{NO}_3\text{-N}(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ |
|-------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| RUN 1 | 28                                                    | 0                                                     |
| RUN 2 | 21                                                    | 7                                                     |
| RUN 3 | 14                                                    | 14                                                    |
| RUN 4 | 7                                                     | 21                                                    |
| RUN 5 | 0                                                     | 28                                                    |

表3  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の初期濃度条件

|       | $\text{NH}_4\text{-N}(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ | $\text{NO}_3\text{-N}(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$ |
|-------|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| RUN 6 | 7                                                     | 7                                                     |
| RUN 7 | 14                                                    | 14                                                    |
| RUN 8 | 21                                                    | 21                                                    |
| RUN 9 | 28                                                    | 28                                                    |

【キーワード：水生植物、マコモ、水耕栽培、窒素除去】

【〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1 TEL 022-229-1151 (内 256) FAX 022-229-8393】

変化を測定した。

### 3. 結果と考察

#### 3.1 51 時間におけるの窒素吸収特性

各 RUN ごとに 3 本のマコモで 51 時間実験を行ったが、3 本ともにはほぼ同じ傾向が見られたので、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  $\text{NO}_2\text{-N}$  濃度は実験期間中ほぼ  $0\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  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考えられる。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  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収量を図 3 に示す。RUN 3 での  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収量が他より多いことが分かる。RUN 3 は  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  を同量に添加した条件である。また、吸収された 28mg の窒素の中で  $\text{NH}_4\text{-N}$  が 20mg、 $\text{NO}_3\text{-N}$  が 8mg であり、 $\text{NH}_4\text{-N}$  を優先的に吸収していることが分かる。窒素の吸収量が多かった RUN 3 での  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収速度を求め、反応速度定数 ( $k$ ,  $\text{hr}^{-1}$ ) を計算した結果、 $\text{NH}_4\text{-N}$  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  $\text{NH}_4\text{-N}$  の吸収速度が速いことが明らかになった。

#### 3.2 成長期におけるの窒素吸収特性

51 時間での窒素吸収実験で得られた結果に基づき、 $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の濃度を同量した条件で、無機態窒素濃度が異なる 4 つの RUN について検討を行った。ここでも各 RUN ごとに 5 本のマコモともにほぼ同じ傾向が見られ、平均値による考察を行った。図 3 に RUN 6~9 の各 RUN での  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収量の径月変化を示す。RUN 6, 7, 8 を比較すると無機態窒素濃度が高くなるにつれてマコモによる吸収量が多くなることが分かる。しかし、RUN 9 での窒素吸収量は RUN 8 より低くなり、RUN 8 の条件が最大窒素吸収条件であることが明らかになった。RUN 6 での  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収量はほぼ同じあったが、RUN 7~9 では  $\text{NH}_4\text{-N}$  の吸収量が  $\text{NO}_3\text{-N}$  より多いことが分かる。しかし、RUN 8 の場合、6 月に  $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の吸収量の差が約 12mg になり、 $\text{NO}_3\text{-N}$  より  $\text{NH}_4\text{-N}$  の吸収量が最も多かった。

### 4. まとめ

$\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  の濃度が同量である条件で窒素吸収力が多かった。さらに、 $\text{NH}_4\text{-N}$  と  $\text{NO}_3\text{-N}$  を  $21\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ずつ添加した条件が最適であった。マコモの成長期においては  $\text{NO}_3\text{-N}$  より  $\text{NH}_4\text{-N}$  の吸収量が多かった。

### 5. 参考文献

- 1) 細見正明、須藤隆一：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、1991
- 2) 態沢喜久雄：植物栄養学大要、養賢堂、pp.93-100、1995

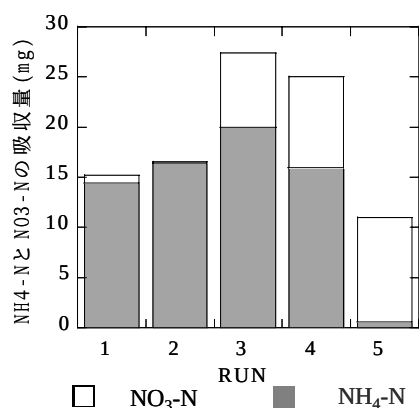


図1 51時間での $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収量

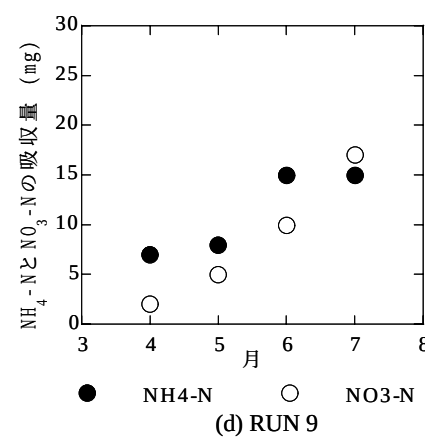
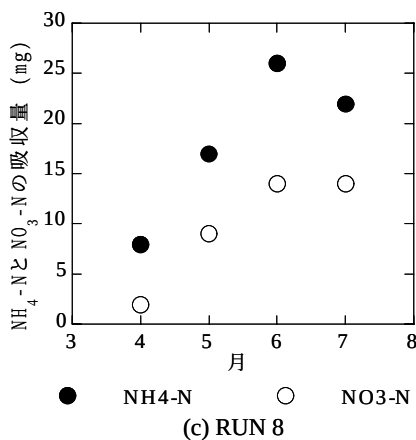
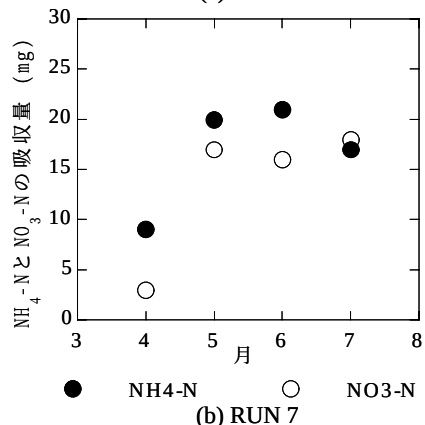
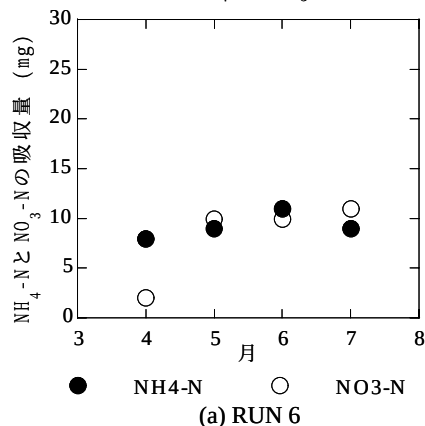


図3 成長期におけるの $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の吸収量