

水生植物（マコモ）の窒素・リン除去量に関する考察

東北工業大学 正会員 ○江成 敬次郎
東北工業大学 佐藤 保

1. はじめに

水生植物（マコモ）は富栄養化の原因物質である窒素・リンを吸収し自らの根に蓄える特性を持っている。その根は冬期に飛来したハクチョウの餌となる。このようにして、水中の窒素(N)・リン(P)が分散し、減少することになる。

本実験では、水耕栽培によってマコモのN・P除去量を測定し、それと栽培液の濃度・液量条件との関係について考察した。

2. 実験方法

本実験では、図1のような装置でマコモの水耕栽培を行った。マコモは昨春、地下茎から発芽したものである。実験期間は10/2～10/23で、1週間のサイクルで栽培液を新しく交換し、それぞれ第1週(10/2～10/9)、第2週(10/9～10/16)、第3週(10/16～10/23)とした。使用した栽培液の組成及び液量を表1に示す。栽培液のN・P濃度については、第1週は同一条件とし、第2週を条件1～3に分け、第3週は再び同一条件に戻すことで、条件変化による影響とその後の影響を調査した。マコモは栽培条件ごとに10本、合計30本のマコモを使い実験を行った。なお、N濃度については $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ を加算したものであり、その比率は1:1である。

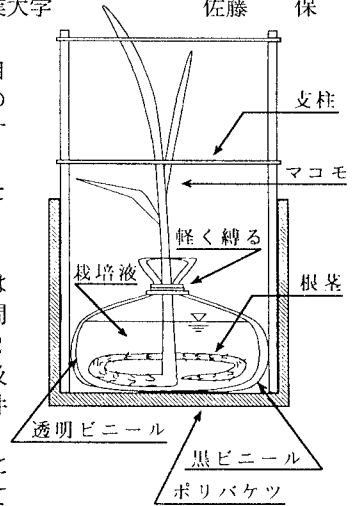


図1 マコモ栽培装置図

表1 栽培液の成分組成及び条件ごとの濃度と液量 (mg/l、液量: l)

成分	濃度	成分	濃度		条件1			条件2			条件3		
K	23.4	S	16.5		N	P	液量	N	P	液量	N	P	液量
Ca	12.0	Mg	14.8	第1週	28	6	3	28	6	3	28	6	3
Fe	2.50	B	0.54	第2週	14	2	6	28	4	3	56	8	1.5
Mn	0.05	Cu	0.02	第3週	28	6	3	28	6	3	28	6	3
Zn	0.05	Mo	0.01										

3. 実験結果と考察

3-1 濃度の経日変化について

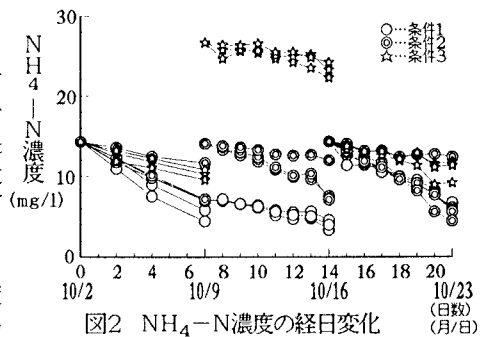
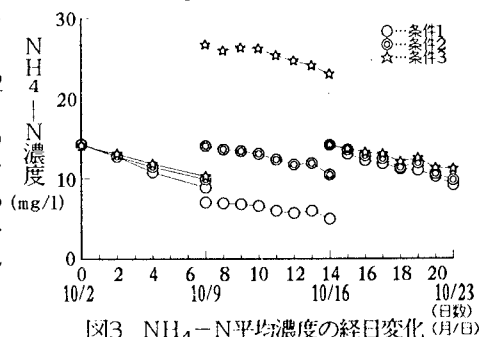
栽培液N・P濃度の経日変化のうち、 $\text{NH}_4\text{-N}$ を例に取り上げ考察する。図2は、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経日変化を各条件ごとに10本のマコモのうち3本を取り上げ、図示したものである。第1週及び第3週は各条件とも栽培液の濃度・液量条件が同じであるにも拘わらず、マコモによって濃度低下の大きさに違いが見られる。第2週についても、同様に濃度低下に幅が見られる。これについては、マコモ重量とそれによる吸水量の違いが原因と推測される。

そこで、各条件ごとに濃度の平均値を算出し、その経日変化を図3に示した。この図から各条件とも濃度はほぼ一定の割合で低下していることが分かる。また、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ についても同様の結果が得られた。

3-2 各条件のマコモ単位重量当たりの吸水量及び除去量について

前に述べたように、濃度の経日変化がほぼ一定であったので、栽培期間最終日の濃度と1週間の吸水量測定値から、マコモ単位重量当たりの吸水量と除去量を各マコモごとに求めた。次にそれらの単位重量当たりの吸水量と除去量の平均を各条件ごとに求め、それと栽培液条件との関係を図4に示した。以下、各項目ごとに次のような特徴が得られた。

吸水量: 濃度・液量条件を変えなかった条件2でも第1、

図2 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度の経日変化図3 $\text{NH}_4\text{-N}$ 平均濃度の経日変化

2、3週と経過的に吸水量が低下している。そして、最も特徴的なことは、条件1の第2週目に条件2、3には見られない吸水量の増加が見られたことである。

$\text{NH}_4\text{-N}$ ：各条件とも第2週の除去量が最も小さくなっている。
 $\text{NO}_3\text{-N}$ ： $\text{NH}_4\text{-N}$ とは反対に、各条件とも第2週の除去量が最も大きくなっている。

$\text{PO}_4\text{-P}$ ： $\text{PO}_4\text{-P}$ の場合は、条件ごとに週ごとの変化が異なっている。

以上のように、栽培液の濃度・液量条件が同じである条件2でも、吸水量やN・P除去量に経過的な増加・減少がみられる。また、各条件ごとに栽培液の濃度・液量条件を経過的に変えているにも拘わらず、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 及び $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去量の増加・減少の経過的パターンが条件1～3で類似している。そのため、栽培液の濃度・液量条件の違いでN・P除去量と吸水量に変化が表れたかどうかを知るために、有意差検定を行った。

3-3 有意差検定

検定は、各条件におけるマコモ単位重量当たりの吸水量及びN・P除去量の平均値を用いて行った。検定の方法として、1つは条件ごとに各週の吸水量、N・P除去量を対象に行い、そしてもう1つは週ごとに各条件の吸水量、N・P除去量を対象に行った。なお、ここでの危険率は1%と10%で計算を行っており、危険率10%を越えるものについては有意差は無しとした。

吸水量：栽培液の濃度・液量条件を変えなかった条件2と変化させた条件3は、検定の結果、有意差は全く表れなかった。このことから、第2週に栽培液濃度を高くし、液量を少なくした条件3のマコモについては吸水量に変化がなかったことになる。条件1については、第1週と第2週及び第2週と第3週の検定で有意差が表れた。つまり、栽培液濃度を低くし、液量を増加させた第2週に変化が表れたといえる。

このことは、第2週の条件1と条件2、そして条件1と条件3で有意差が表れたことにも示されている。

$\text{NH}_4\text{-N}$ ：条件2については吸水量同様、有意差は表れなかった。条件1では第2週と第3週、条件3では第1週と第2週に有意差が出ている。栽培液濃度・液量を変化させたことで、第2週の $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量に影響を与えたと言える。条件1と条件3の有意差検定の結果から $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量の場合、栽培液濃度を高くし、液量を減らすことによって除去量に何らかの影響を与えられられる。

$\text{NO}_3\text{-N}$ ： $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去量については、栽培液濃度及び液量を変化させなかった条件2の第1週と第2週及び第1週と第3週の間有意差が出てしまった。そのため、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 除去量についてはこの方法で影響の有無を知ることは出来ない。

$\text{PO}_4\text{-P}$ ： $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去量については、どの条件でも経過週の間には有意差は全く見られなかった。しかし週ごとにみると第3週では条件1と条件2、条件1と条件3に有意差がみられた。第3週は条件1～3は同じ栽培液濃度・液量条件であり、栽培液濃度・液量条件を変えた第2週では有意差がみられないことなど、明確な原因を示すことは出来なかった。

4. 要約

水生植物（マコモ）の水耕栽培によって、N・P除去に関して次のような結果が得られた。
◇栽培液の濃度や水量条件を変化させても、濃度の経日変化に対する影響は少なかった。
◇吸水量、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 除去量は栽培液濃度を減少させ、液量を増加させると変化する。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 除去量についてはその影響を確認することは出来なかった。

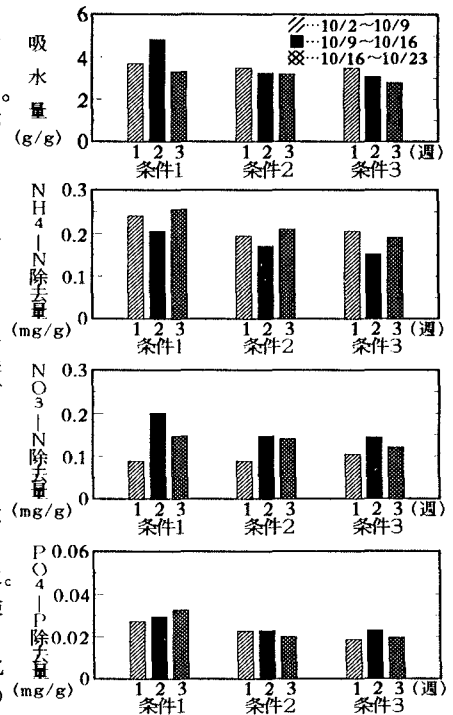


図4 単位重量当たりの平均吸水量及び各平均除去量

表2 有意差検定

	条件1と条件2				条件2と条件3				条件1と条件3			
	NH	NO	PO	水	NH	NO	PO	水	NH	NO	PO	水
第1週	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
第2週	-	-	-	○	-	-	-	-	△	-	-	○
第3週	-	-	△	-	-	-	-	-	△	-	○	-

	第1週と第2週				第2週と第3週				第1週と第3週			
	NH	NO	PO	水	NH	NO	PO	水	NH	NO	PO	水
条件1	-	○	-	△	△	-	-	○	-	△	-	-
条件2	-	○	-	-	-	-	-	-	-	○	-	-
条件3	△	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

NH： $\text{NH}_4\text{-N}$ PO： $\text{PO}_4\text{-P}$ ○：危険率1%で有意差有り
NO： $\text{NO}_3\text{-N}$ 水：吸水量 △：危険率10%で有意差有り
-：有意差無し