

II-93

水生植物（マコモ）の根圏における脱窒についての考察

東北工業大学 ○中野 智仁
東北工業大学 江成敬次郎

1. 研究の背景と目的

湖沼をはじめとする閉鎖性水域では、生活廃水の流入などによる水質汚濁が問題となっている。その中でも主要な課題となっているのが富栄養化現象であるが、その原因物質の窒素やリンは、植物の持つ水質浄化機能により、効果的に水域から除去することが可能である。それは、植物の生長にとって窒素やリンが欠くことのできない栄養物質で、植物自身が摂取するという要因に依存するばかりでなく、水生植物の根圏（根の近傍）には、微生物が介在する硝化・脱窒といった窒素除去の重要なプロセスが存在するからである。しかし、この浄化能力を機能的に利用するためには、浄化機能の定量的評価と物質変換の過程を明確にする必要がある。

そこで本研究では、実際に水生植物（マコモ）を栽培し、高濃度(30mg/l)の硝酸性窒素を含む水を流入させた場合の根圏での硝酸性窒素の消長を測定することによって、水生植物の根圏では脱窒がどのように進行するのかを考察した。

2. 実験装置と実験方法

マコモによる砂層栽培実験の装置を図-1に示す。この装置は、約10ℓのポリバケツに、採水器を取り付けたものである。装置1つにつきマコモの苗を1本移植した（条件B1、B2）。そして、ブランクとしてマコモを移植していない装置も設けた（条件A）。流入水は、硝酸性窒素濃度約30mg/ℓとなるように調整し、1日約1ℓの割合で連続的に流入させた。採水した位置は砂層下部と根圏にあたる砂層の中間部、そして流出部である。測定期間は、9月～12月であり、夏期～秋期～冬期を通じていて、季節ごとのマコモの生長の状態で水質変化の関連を考察した。

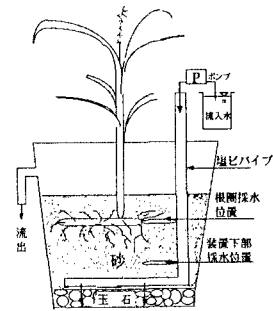


図-1 実験装置の概略

3. 結果と考察

(1) 根圏における水質変化

ここでは、流入させた硝酸性窒素濃度の変化について考察する。図-2は、硝酸性窒素濃度の測定結果のうち、砂層下部と根圏（砂層中部）での経日変化を示したものである。はじめに、このグラフにより砂層下部から根圏までの濃度変化を比較してみる。マコモを移植していない条件Aでは、測定期間を通して、採水位置による大きな違いは見られなかった。一方、マコモを移植した条件B1とB2では、採水位置によって大きく濃度が変化していることがわかる。砂層下部から根圏にかけての濃度の減少はかなり大きいと言える。測定時期による違いを比較すると、条件B1では、硝酸性窒素の減少が、測定を開始した9月5日から大きな値を示しており、それは経過日数60日あたりまで継続している。その後、硝酸性窒素の減少は小さくなり、測定期間の後半にかけては、濃度の減少はほとんど見られない。条件B2の場合は、移植後、硝酸性窒素の減少がしだいに大きくなっていったが、これも移植後60日目を境に、再び濃度が減少しなくなる。このように、条件B1やB2の

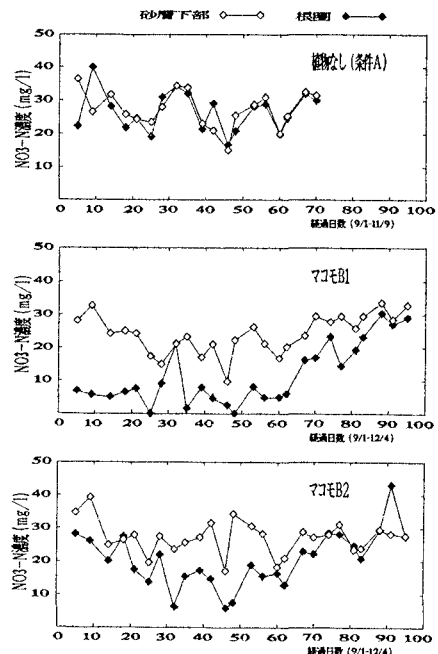


図-2 硝酸性N濃度の測定結果（砂層下部—根圏）

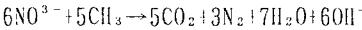
ような水生植物が存在する環境では、条件Aのような、砂層のみの場合と比較すると、装置内部においてかなりの量の硝酸性窒素が減少することが解った。また、B1とB2の間でも窒素濃度の低下の様子が異なるので、同じ植物でも生育の状態によって違いが生じると言える。

(2) 硝酸性窒素の除去要因について

硝酸性窒素の減少が見られなかった条件Aに、70日目以降、メタノールを供給した。そして、メタノール供給前と供給後の、各採水位置における硝酸性窒素濃度の平均値を図-3に示した。この結果から、装置内部における脱窒が確認できる。このことから、B1、B2の硝酸性窒素の減少には、脱窒作用が大きな位置を占めているものと考えられる。また、この実験は秋期から冬期にかけての寒冷な時期に行ったものである。この実験の結果によって、気温が低くても炭素の供給があれば、ある程度の脱窒反応が進行すると判断できる。その一方で、B1とB2が寒冷な時期に脱窒能力を失うのは、マコモが枯れたためと考えられる。つまり、マコモから供給された炭素源によって進行した脱窒作用が、炭素を装置内部に供給することができなくなることによって、その機能を失ったためだと思われる。

(3) アルカリ度との関係について

図-4は、アルカリ度の経日変化を示したものである。ここでは、条件B1やB2のようなマコモが存在する環境においてアルカリ度が大きく上昇している様子がわかる。しかも、窒素の除去量が条件B2よりも多かった条件B1は、アルカリ度の上昇においても条件B2を上回った。そこで、除去された硝酸性窒素と、その時のアルカリ度の上昇の関係を図-5に示した。1~2コのデータのバラツキがあるが、全体的な傾向としては、直線的な増加傾向を示している。しかし、その傾きは、硝酸性窒素 1mg/Lの消費に対してアルカリ度約5.6mg/Lの生成という値を示した。この値は、



なる脱窒を表す化学反応式から得られる、1mgの $\text{NO}_3\text{-N}$ の消費に対して3.57mg/Lのアルカリ度の生成という関係と比較すると、やや大きい値であると言える。この結果から判断すると、水生植物が存在することによって、脱窒以外にアルカリ度を高める要因が生じたと考えられる。

4. 結論

今回の実験結果から、マコモの根圏における脱窒作用について次のようなことが考えられた。マコモの根圏における脱窒反応は、マコモの発達状態や季節に大きく関連するといえる。そして脱窒活動をするにあたって、非常に有効な環境を持っていることも確認された。また、マコモの活動期においては、根圏に有機炭素を供給しているらしいという確証も得た。マコモは地上部と共に地下部において大きく生長する。そして、その地下茎と根は、微生物が付着する大きな表面積を供給し、そこに多くの微生物が付着し、脱窒反応を活発にする。マコモは地下茎および根が発達していくが、マコモ自身による有機炭素の供給を強めたり、水分や栄養分の摂取を高めるなどして窒素除去量を増加させ、活動が低下する冬期には、窒素除去能力も低下する。

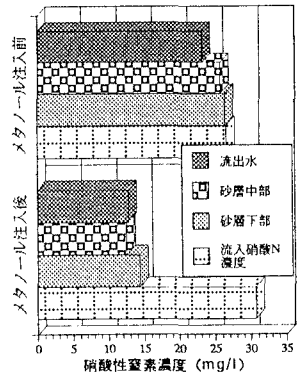


図3 炭素源(メタノール)を流入させる前後での硝酸性窒素濃度と採水位置との関係

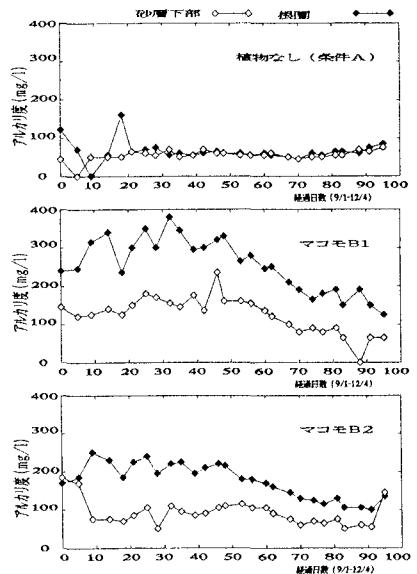


図-4 アルカリ度の測定結果(砂層下部・根圏)

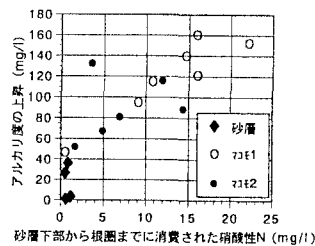


図5.アルカリ度の上昇と除去された硝酸性窒素との関係