

VII-24

ヨシ植栽基盤の深さが窒素除去特性に及ぼす影響

東北大学大学院工学研究科 学生○松井健良

東北大学大学院工学研究科 正員 中野和典

東北大学大学院工学研究科 正員 西村 修

1.はじめに

ヨシを用いた植生浄化法による水質浄化の主目的は栄養塩除去であり、これまでの既往の研究からヨシの根圏が窒素の硝化・脱窒に効果的な機能を果たしていることが示唆されている。その機能として、ヨシ根圏に棲息する根圏微生物に対して、ヨシの根から酸素や養分が供給され、これが根圏微生物による硝化・脱窒を支えていることが考えられている¹⁾²⁾。しかしこのようなヨシの根の働きを強化しようとする試みは見られない。本研究ではヨシの植栽基盤の深さを制限することでヨシの根を高密度化することを試み、それが根圏微生物による硝化・脱窒に及ぼす影響について検討を行った。

2.実験方法

2.1 異なる植栽基盤深さ条件でのヨシによる窒素除去実験

実験装置はφ30cm、高さ65cmの円筒形の容器を5本使用し、それぞれ上部からの植栽基盤の深さが7.5、15、30、60cmとなるように砂を充填し、その表層に透水性のシートを設置した。そして、そのシート上にヨシの苗を各系3本ずつ植栽し、それぞれ所定の植栽基盤深さとなるように砂をかぶせた。このようにして作成した植栽基盤の深さが異なるヨシに無機人工排水を連続供給した。実験は屋外で2003年9月上旬から2004年1月中旬まで行った。人工排水（流入水）は水道水にNH₄ClおよびKH₂PO₄を混合し、NH₄-N 15mg/l、PO₄-P 2mg/lとなるように調合したものをを用いた。各系の水面積負荷は0.38 (m³/m²・day)と設定し、それぞれの基盤深さから流出させた水の栄養塩濃度をモニタリングした。

2.2 異なる植栽基盤深さ条件でのヨシの根の評価

実験終了後、ヨシを掘り出し、ヨシを地表面から7.5cmずつ分割した後、ヨシの根を地下茎と親根及び側根に選別した。地下茎の長さは、選別後に定規で測定し、親根と側根の長さ測定にはTenix社製のルートスキャナーを用いて自動分析した。さらに分割したヨシの湿重量および乾燥重量を測定し、ヨシのバイオマスを構成する成分比についてはヨシを乾燥後N/P比を測定した。これらの分析によりヨシの根の構造を評価する指標として、根重密度、根長密度、乾燥重量、成分比を用いた。

3.実験結果及び考察

3.1 異なる基盤深さ条件で植栽したヨシの窒素除去能

植栽基盤深さが異なる系の各深さにおける硝化量の平均値を図1に示した。各系とも水温が平均2.3℃（データは、実験終了直前のもの）にも関わらず高い硝化能を示した。各基盤深さからの流出水中のアンモニア濃度から求めた硝化速度では、7.5、15、30、60cmの系でそれぞれ3.70、2.65、3.72、3.22、2.99 (g-N/m²/day)となり、硝化率ではそれぞれ96.4、68.8、96.5、83.7、77.5(%)となった。

植栽基盤深さが異なる各系の各深さにおける窒素除去量の平均値を図2に示した。各基盤深さからの流出水中の総窒素濃度から求めた窒素除去速度では、7.5、15、30、60cmの系で3.70、2.50、3.51、2.68、1.59 (g-N/m²/day)となり、除去率では92.3、60.4、87.5、42.2、41.6(%)という結果が得られた。これにより低水温にもかかわらず脱窒においても高い活性が維持されていたことが明らかとなった。

3.2 異なる基盤深さ条件で植栽したヨシの特性

表1に異なる基盤深さ条件で植栽したヨシの実験終了時の本数と各系の7.5cmの深さ範囲での根の長さとの比（根長重比）を示した。各系のヨシの本数から植栽基盤の浅い方がヨシの本数が多くなる傾向が読み取れる。特に基盤深さを7.5cmに制限した系のヨシは卓越した速さで分枝していたことを示している。植栽基盤の深さが制限された系ではヨシが根を深く伸ばせないことが、ヨシ地上部に栄養を送り、ヨシの本数の増大に繋がったと推察される。また、各系の7.5cm深さ範囲までの根の根長重比を比較すると、7.5cmの系のヨシの根が同層の他系の根と比べて極めて高く、ヨシの根の形態が明らかに異なることがわかる。高い根長重比は細い根毛が多量であったことを示しており、実際の形態としても7.5cmの系のヨシの根圏は根毛でマットを形成するかのようになりしめき合っていた。

3.3 異なる基盤深さ条件で植栽したヨシと窒素除去特性との関係

各系の7.5cmの深さで採水して得られた水質から計算した硝化・脱窒量の平均値及び地表面から7.5cmまでの深さにおける根長密度を表2に示した。7.5cmまでの硝化量及び脱窒量を比較すると、植栽基盤が深くなること

によって、硝化・脱窒能が低下する傾向が読み取れる。根長密度においても、植栽基盤の深さが浅い方が高い傾向を示しており、特に7.5cmの系において突出した高い値を示した。ヨシの根長密度が各系によって異なることから、その影響が除去能に表れたものと考えられる。また、60cmの基盤深さの系及び対照系においても硝化はある程度進んでいた。これは流入水中の酸素及び空気中の酸素が水に溶け込んだためだと考えられる。

しかし図2から明らかなように60cmの基盤深さの系及び対照系においては、脱窒は他の系に比べて進んでいなかった。これは実験で用いた流入水には有機物を添加していないため、脱窒に必要な有機物が不十分であったために脱窒反応が進まなかったものと考えられる。一方、7.5・30cmの基盤深さの系では高い脱窒活性が得られたことから、高密度な根条件が有機物の供給に関連していたことが考えられた。また、流出水の溶存酸素濃度によりヨシの根圏は嫌気条件下ではなかったことが分かった。一般に脱窒は嫌気的な条件下でしか起こらないが、本研究の結果(図3.1,3.2)よりヨシ根圏では硝化と脱窒が同じ深さで起っていることが示された。

これらの結果より、硝化・脱窒ともにヨシの根の高密度化の影響を受けていることが明らかとなり、植栽基盤深さの制限によるヨシの根の高密度化が根圏微生物による硝化・脱窒能力の向上に繋がることが示された。

表3に各系の7.5cmまでの深さ及び各基盤深さでの根圏体積あたりの窒素除去効率を示した。7.5cmでの深さで比較評価すると7.5cmの系>30cmの系>60cmの系>15cmの系>対照系の順で高い除去効率となった。15cmの系における結果を除外して考えると、ヨシの根長密度と同じ順序となっていることから、窒素除去効率とヨシの根長密度との関係が示唆される。また、各基盤深さでの窒素除去効率の比較においては、植栽基盤の深さが浅いほど高い効率を示した。このことは、植栽基盤深さを制限することによってヨシ根圏の硝化・脱窒効率を向上できることを示しており、短い理論的滞留時間でも高い窒素除去能を期待できることが明らかとなった。

4.参考文献

- 1)森田茂紀：根の発育学 東京大学出版(2000年)
- 2)Buchberger *et.al.*, *Eco.Eng.*,4,249-275(1995)

表1 異なる基盤深さ条件で植栽したヨシの実験終了時の本数と各系の7.5cmの深さ範囲での根長重比

基盤深さ (cm)	7.5	15	30	60
ヨシ本数 (本)	72	33	41	17
側根重比 (°)	47.5	35.1	33.2	33.2

表2 各系の7.5cmの深さでの硝化・脱窒量の平均値及び地表面から7.5cmまでの深さにおける根長密度

基盤深さ (cm)	7.5	15	30	60	Blank
硝化(mg-N)	3.70	0.45	2.29	0.70	0.004
脱窒(mg-N)	3.70	0.41	1.69	0.58	0.002
根長密度(cm/cm³)	177	2.9	2.8	0.3	-

表3 各系の7.5cmまでの深さ及び各基盤深さでの根圏体積あたりの窒素除去効率

基盤深さ (cm)	7.5	15	30	60	Blank
7.5cm-硝化効率	0.70	0.09	0.43	0.13	0.07
基盤深-硝化効率	0.70	0.25	0.18	0.08	0.07
7.5cm-脱窒効率	0.70	0.08	0.32	0.11	0
基盤深-脱窒効率	0.70	0.23	0.17	0.04	0.04

単位: (mg - N/cm³)

■ 0-7.5cm ■ 7.5-15cm □ 15-30cm □ 30-60cm

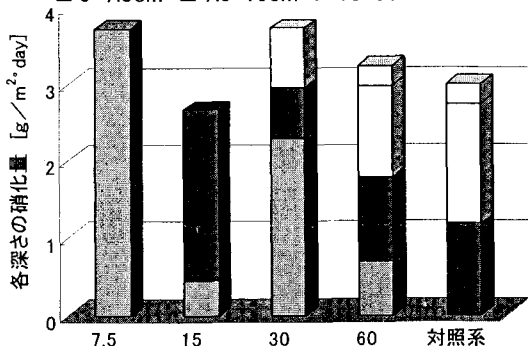


図1 植栽基盤深さが異なる系の各深さにおける硝化量の平均値

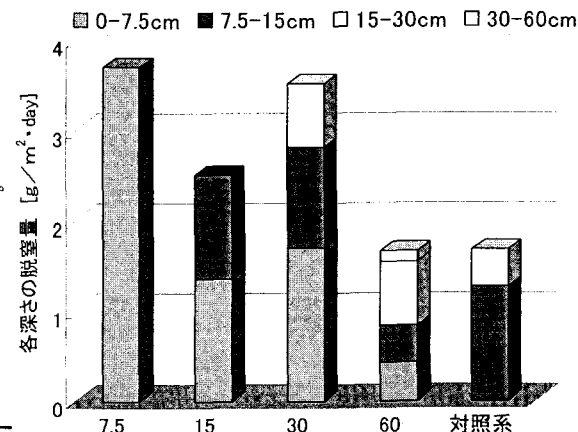


図2 植栽基盤深さが異なる各系の各深さにおける窒素除去量の平均値