

ミミズと濾材が人工湿地からの亜酸化窒素生成に及ぼす影響

日本大学 学生会員 ○我妻 佑亮
マンパワーグループ(株) 佐々木百合
日本大学 中村 和徳
日本大学 正会員 中野 和典

1. はじめに

鉛直流型人工湿地に生息する土壌動物の中でミミズは最も多く存在している大型土壌動物である。ミミズ腸内は嫌気的な環境であり、脱窒菌による亜酸化窒素の生成が活発に行われることが報告されている¹⁾。従って、鉛直流型人工湿地においてもミミズが亜酸化窒素生成を含む窒素循環に影響を与えていると考えられる。一方、硝化及び脱窒反応の促進には酵素の活性中心を構成するFeや Cu 等の金属も有効であると考えられる。そこで本研究では、金属含量が異なる濾材を用いた人工湿地マイクロコスム実験及びバイアル実験により、ミミズと濾材の違いが人工湿地からの亜酸化窒素生成に及ぼす影響について明らかにすることを試みた。

2. 実験方法

2.1 人工湿地マイクロコスムを用いた比較実験

人工湿地マイクロコスムをワグネルポット(1/5000 a)を用いて作製した。ポットに濾材として 5-13 mm の碎石を充填し、宮城県大崎市から採取したヨシの地下茎を定植した。碎石として金属含量の多い玄武岩と金属含量の少ない花崗岩を準備し、ミミズの有無と組み合わせで花崗岩・ミミズなし(KP)、玄武岩・ミミズなし(GP)、花崗岩・ミミズあり(KPE)、玄武岩・ミミズあり(GPE)の4系列を設けた。人工湿地マイクロコスムのヨシの成長と微生物バイオフィルムの形成を促すために、乳牛舎から排出される畜産雑排水の投入と底部排出口からの排出を繰り返した後、KPEとGPEにミミズ(*Eisenia fetida*)を40匹投入し、明暗周期12時間の室内条件で実験を行った。比較実験では、まず畜産雑排水1.5 Lを各人工湿地マイクロコスムに投入し、10分間静置後底部の排出口より処理水を排出させた。7日後に再び畜産雑排水1.5 Lを各人工湿地マイクロコスムに投入し、10分間静置後処理水を排出させた。畜産雑排水(流入水)及び処理水の各窒素成分の濃度は下水試験方法に従い測定した。有機態窒素濃度は全窒素濃度と無機態窒素濃度の差として算出した。人工湿地マイクロコスムから発生する亜酸化窒素ガスを測定するため、畜産雑排水投入後から3時間人工湿地マイクロコスムをチャンバー内に静置し、次いでドライエアーポンプでチャンバー内のガスを8分間攪拌し、50 mLのガスタイトシリンジでガスを採取した。亜酸化窒素濃度はECD検出器を装備したガスクロマトグラフで測定した。

2.2 粉末化した金属含有濾材を用いた比較実験

ミミズが摂食可能な粒径に粉碎した濾材を与えた実験条件下でミミズの有無や金属含量の異なる濾材が亜酸化窒素の生成に及ぼす影響を明らかにするため、100 mL容のバキュームバイアルを用いた実験系を作製した。畜産排水処理を行っている人工湿地表面から採取した堆積土を風乾させた後、乳鉢で粉碎して 0.45 mm 以下の粒径に調整したものを窒素源として使用した。花崗岩と玄武岩はボールミルで粉碎して 0.45 mm 以下の粒径に調整した。調整した堆積土 10 g と濾材 1 g をバイアルに入れ、滅菌蒸留水で水分含量を 60%(w/w)に調整し、ミミズの有無と組み合わせで花崗岩・ミミズなし(K)、玄武岩・ミミズなし(G)、花崗岩・ミミズあり(KE)、玄武岩・ミミズあり(GE)の4系列3連を設けた。ミミズありの系列にはミミズを3匹投入した。バイアル内が酸欠になるのを避けるため、ナイロンメッシュで封をして20℃で19時間静置後、ブチルゴム栓で2時間密封してバイアルのヘッドスペースに蓄積した亜酸化窒素ガスを採取した。亜酸化窒素濃度はECD検出器を装備したガスクロマトグラフで測定した。

キーワード 人工湿地, 亜酸化窒素, ミミズ, 濾材, 金属含量, 排水処理

連絡先 〒963-8642 福島県郡山市田村町徳定字中河原1番地 日本大学工学部 環境生態工学研究室

3. 結果と考察

3.1 人工湿地マイクロコスムを用いた比較実験

人工湿地マイクロコスムの流入水と処理水の各窒素成分の濃度の平均 ($n=2$) を図-1 に示す。花崗岩を濾材とした系では、有機態窒素、硝酸態窒素及びアンモニア態窒素の全てにおいてミミズの存在する KPE よりも存在しない KP で低濃度の処理水が得られた。この結果は坑道形成などのミミズの活動が濾材による窒素成分の捕捉を阻害したことを示唆している。一方、玄武岩を濾材とした人工湿地マイクロコスムでは、全窒素とアンモニア態窒素においてミミズの存在する GPE で低濃度の処理水が得られた。したがって、金属含量の多い玄武岩を濾材とした場合には硝化・脱窒反応が促進され、花崗岩の系列で見られたミミズの活動による窒素成分の捕捉の阻害が打ち消されたと考えられた。

畜産雑排水投入から7日間の人工湿地マイクロコスムの亜酸化窒素生成量の平均 ($n=2$) を比較した結果を図-2 に示す。亜酸化窒素の生成はどちらの濾材でもミミズが存在する系で促進され、既往の報告と一致した。特に玄武岩を濾材として用いた場合に亜酸化窒素の生成量が大幅に増加した。このことから、玄武岩とミミズの両方が存在することにより硝化・脱窒反応が促進されるが、同時に温室効果ガスである亜酸化窒素の生成も促進されることが示唆された。これらの結果から、濾材に含まれる Fe や Cu 等の金属含量が硝化・脱窒反応の促進だけでなく、窒素成分の捕捉機構や微生物酵素反応を通して亜酸化窒素生成にも影響を与えることが確認出来た。

3.2 粉末化した金属含有濾材を用いた比較実験

亜酸化窒素の生成がミミズ腸内の脱窒菌により活発に行われることが報告されていることから、玄武岩を濾材として用いた系で高まった亜酸化窒素の生成にもミミズ腸内の脱窒菌が関わっていることが考えられた。人工湿地マイクロコスムに用いた玄武岩の粒径はミミズが摂食出来る大きさではなかったため、硝化及び脱窒反応の促進に有効な Fe や Cu 等の金属はミミズ腸内に供給されず、亜酸化窒素の生成が抑制されなかった可能性がある。そこでミミズが摂食可能な粒径に粉碎した濾材を与えて亜酸化窒素の生成量を比較する実験を行った。その結果を図-3 に示す。ミミズが存在しない場合には、玄武岩を用いた G の亜酸化窒素生成量が花崗岩を用いた K より高くなった。しかし、ミミズが存在する場合には逆の結果となり、玄武岩を用いた GE の亜酸化窒素生成量が花崗岩を用いた KE より低くなった。つまりミミズが存在することで花崗岩を用いた系では亜酸化窒素の生成が促進されたのに対し、玄武岩を用いた系では亜酸化窒素の生成が抑制された。この結果より、硝化及び脱窒反応の促進に有効な Fe や Cu 等の金属を含む濾材の粒径をミミズが摂食可能な大きさにすることで人工湿地における亜酸化窒素の生成を抑制できることが示された。

4. まとめ

本研究により、人工湿地の濾材の金属含量の違いがミミズによる亜酸化窒素生成に影響を与えることが示唆され、ミミズによる摂食を通して硝化及び脱窒反応の促進に有効な金属をミミズ腸内に供給することが出来れば、硝化・脱窒反応の促進と亜酸化窒素の抑制を両立できることが示された。

謝辞 本研究は、文部科学省東北マリンサイエンス拠点形成事業の一環として実施し、東北大学西村修教授、丸尾知佳子女史並びに日本大学古河幸雄教授のご協力を頂いた。ここに謝意を表する。

参考文献

- 1) Drake H.L. and Horn M.A. et al. 2007. As the worm turns: The earthworm gut as a transient habitat for soil microbial biomes. Annual Review of Microbiology, 61:169-189.

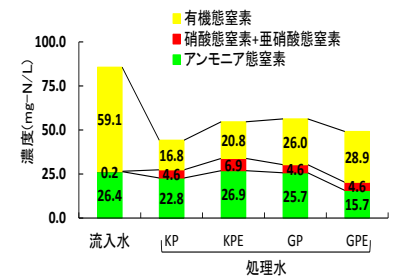


図-1 流入水と各系列の処理水の各窒素成分の濃度の比較

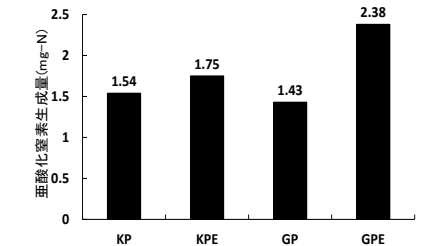


図-2 畜産雑排水投入後7日間の各系列の亜酸化窒素生成量の比較

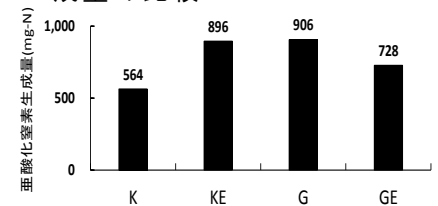


図-3 粉末化した濾材を与えた各系列の亜酸化窒素生成量の比較