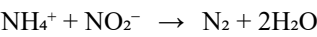


アナモックス菌を接種した不織布ろ床の窒素除去性能

日本大学 学生会員 ○佐藤 雄大
日本大学 正会員 中野 和典
農研機構畜産研究部門 非会員 和木 美代子

1. 研究の背景と目的

アナモックス反応(嫌気性アンモニア酸化)は、1990年代に発見されたアナモックス細菌による新しい窒素変換反応である。この反応では、アンモニアと亜硝酸が酸素の存在しない条件で窒素ガスに変換される。その化学反応式は以下で示される。



従来法では、排水中の窒素成分であるアンモニアを亜硝酸を経て硝酸まで分解する好気的な硝化工程と、硝酸を窒素に還元する嫌気的な脱窒工程の二段階で窒素ガスへと変換される。これに対しアンモニア(NH₄⁺-N)と亜硝酸(NO₂⁻-N)をする反応であるアナモックス反応は、NH₄⁺-NをNO₂⁻-Nへ変換する部分亜硝酸化工程で十分であり、硝酸が生成する硝化工程を全うする必要がない。このため曝気に必要なエネルギーを低減する事が出来る。さらにアナモックス反応のメリットとして従来法と異なり有機物が不要でない事が挙げられる。多段型人工湿地では、特に下流のろ床において有機物が不足して脱窒が制限される問題があった。有機物を必要としないアナモックス反応であれば、この問題を解決できると考えらる。そこで本研究では、アナモックス反応を人工湿地に応用することを目指す。有機物を必要としない独立栄養微生物であるアナモックス細菌の弱点は、増殖速度が遅いことである。この弱点を補うため本研究では、アナモックス細菌が定着しやすいと考えられる不織布をろ床材に用いることを試みた。

2. 実験材料及び方法

本研究で製作した水平流型ろ床リアクターの概要を図-1に示す。使用したろ床材は、ポリプロピレン(PP)不織布、ナイロン不織布、ポリエステル(PET)不織布、レーヨン不織布の4種類とアンモニアを吸着しやすいゼオライトの5種である。ろ床材として用いた不織布の枚数はそれぞれ40枚であり、ろ床高は、PP不織布3cm、ナイロン不織布2cm、PET不織布3cm、レーヨン不織布4cmとなった。ゼオライトは、4種類の不織布の高さの平均である3cmになるように115gを円筒カラムに充填した。このようにして作製した水平流型ろ床リアクター5系列に畜産排水処理施設で採集されたアナモックス汚泥を投入した。Phase1として1週間に1回500mlのアナモックス細菌用の培地をタイマー制御で自動的に各リアクターに流入させる連続実験を開始した。培地の組成を表-1に示す。Phase1は35日間継続した。次いで、Phase2として1日に1回500mlの培地を流入させる連続実験を41日間行った。最後にPhase3として3日に1回500mlの培地を流入させる連続実験を61日間行った。採水は1週間に1度の頻度で行い、培地中に残存する全窒素(T-N)及びアンモニア性窒素(NH₄⁺-N)の濃度を測定し、アナモックス反応を評価した。

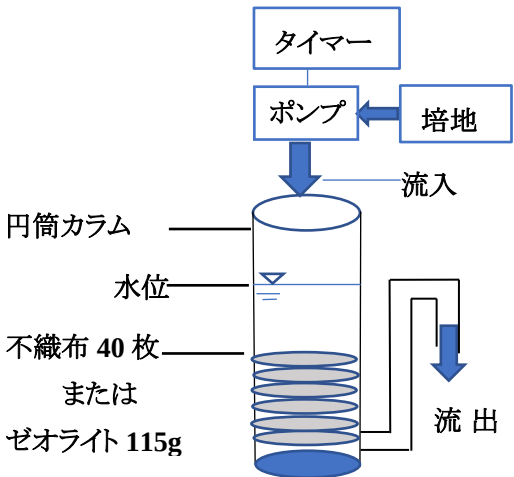


図-1 水平流型ろ床リアクターの概要

表-1 供試した培地の組成

成分名	濃度(g/L)
NH ₄ Cl	0.171
NaNO ₂	0.229
KH ₂ PO ₄	0.0272
MgSO ₄ ・7H ₂ O	0.3
CaCl ₂ ・2H ₂ O	0.18
NaHCO ₃	0.42
HEPES	0.475
EDTA-2Na	5.71
FeSO ₄ ・7H ₂ O	9.15
EDTA-2Na	15
CoCl ₂ ・6H ₂ O	0.24
MnCl ₂ ・4H ₂ O	0.99
CuSO ₄ ・5H ₂ O	0.25
ZnSO ₄ ・7H ₂ O	0.43
Na ₂ MoO ₄ ・2H ₂ O	0.22
NiCl ₂ ・6H ₂ O	0.19
Na ₂ SeO ₄	0.11
H ₃ BO ₃	0.014

キーワード: アナモックス、不織布、窒素除去

3. 結果及び考察

滞留時間を7日としたPhase1で得られた窒素除去性能の比較を図-2に示す。T-N除去性能は、ゼオライト>レーヨン>PP>ナイロン>PETの順で高かったが大きな差はなく、T-N除去率の平均値は9.1%~10.0%の範囲であった。本実験で用いた培地には有機物が含まれていないことから通常の脱窒が起きることは考えられず、アナモックス反応により窒素が除去されたと考えられた。Phase1の33日目の外観(写真-1)に示されるように培地がピンク色になっておりアナモックス細菌の特徴である赤色になる事と一致したことからアナモックス細菌が増殖していたことが裏付けられた。T-NとNH₄⁺の除去率がほぼ一致していたのはレーヨンだけであった。他のろ床のNH₄⁺の除去率がT-Nより顕著に高かったのは硝化反応が原因と考えられた。したがって、アナモックス反応による窒素成分の変化を示しているのは、レーヨンだけであることが推察された。

Phase1でアナモックス細菌の増殖が確認されたことから、Phase2では、培地の流入頻度を7倍に高めた条件に切り替えた。その結果得られた窒素除去性能を図-3に示す。T-N除去性能は、PET>ナイロン>ゼオライト>PP>レーヨンの順で高かったが、T-N除去率は大きく低下した。窒素流入負荷は7倍になっており、それを考慮すると窒素除去量はPhase1の1.3倍~6.3倍であったと考えられた。

Phase2でT-N除去率の向上の兆しが見られなかったことから、Phase3では培地の流入頻度を低下(Phase1の3倍)させた。その結果得られた窒素除去性能を図-4に示す。T-N除去性能は、PP>PET>ナイロン>ゼオライト>レーヨン順で高かったが除去率の顕著な改善は見られなかった。窒素流入負荷はPhase1の3倍であり、それを考慮すると窒素除去量は、Phase1の1.3倍~3.2倍であったと考えられ、T-N除去量が負荷量に比例していたことが示された。NH₄⁺除去率が当初低かったレーヨンでもPhase3ではNH₄⁺除去率が71%になっており、硝化の進行が考えられた。そこで酸化還元電位(ORP)を測定したところ437mV~188mVの範囲にあったことから、硝化が起きやすい好気的条件となっていた事が分かった。アナモックス細菌は嫌気環境を好むことから本研究ではORPが適していなかったためにアナモックス反応が低いレベルであったと考えられた。

4. まとめ

本研究により、ゼオライトより不織布の方がアナモックス細菌が定着しやすい可能性が示された。また、不織布の性質によってもアナモックス菌の付着のし易さが異なっていた。PPとPETで高いT-N除去量が得られたことから、PPやPETのような吸湿性・吸水性が低い素材がアナモックス細菌の定着に適している事が推察された。しかし、今回の実験はアナモックス細菌に適したORP条件でなかったため、アナモックス細菌に適したORP条件で再現性を確認する必要がある。

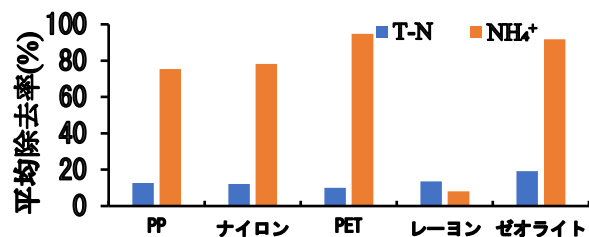


図-2 滞留時間7日の条件で5種類のろ床で得られた窒素除去性能の比較



写真-1 Phase1の33日目のリアクターの外観

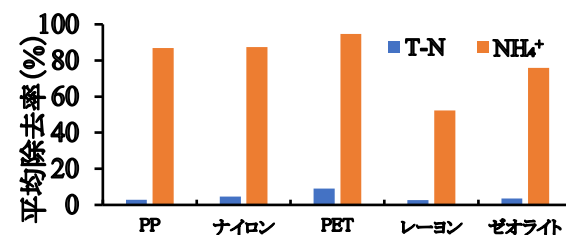


図-3 滞留時間1日の条件で5種類のろ床で得られた窒素除去性能の比較

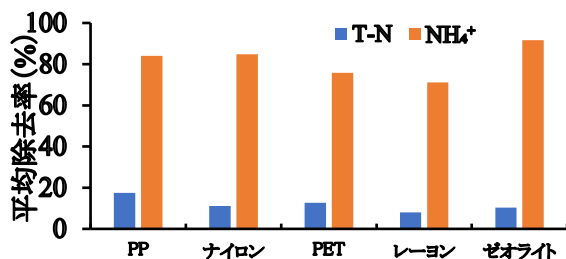


図-4 滞留時間3日の条件で5種類のろ床で得られた窒素除去性能の比較