

竹炭を用いた回転円盤装置によるアンモニア除去性能と微生物群集構造解析

松江工業高等専門学校 非会員 ○中祖 惟月

松江工業高等専門学校 非会員 ムハマド アズリ ビン ロスディ

松江工業高等専門学校 正会員 山口 剛士

1. 目的

好気性微生物による処理が必要な活性汚泥法は、槽内に酸素供給が必要であり、多くの電力を使用する問題がある。一方、装置の回転により、酸素供給を行う回転円盤装置は、低コスト、容易な維持管理、省エネルギーの観点から様々な排水処理として利用されている¹⁾。従って、東南アジア等の新興国における養殖排水処理や湖沼等の水質改善には有効な方法であると言える。しかし、東南アジア等の地域では、高度な技術者の育成が整っておらず、また、安定した電力供給が難しいため、ポンドと呼ばれるため池で水処理を行っているのが現状である。そこで、外部電力を使用した回転円盤装置を用いることで電気供給が安定しておらず水処理装置の管理が難しい東南アジア等の湖沼や養殖施設の水質改善が行えるのではないかと考えた。さらに、近年のプラスチックの問題から有機物で水処理装置を作成することができれば、環境問題を解決する水処理装置になると考えた。そこで、本研究では、竹炭及び竹を用いた回転円盤装置を設計し、アンモニア除去性能と窒素循環に關与する微生物群集を明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法

(1) 流入水の濃度の準備

模擬排水は、市販の液体肥料を希釈し溶存無機窒素(以後 DIN)濃度を phase 1 (0~27 日) では、約 2.0 ppm を設定し、phase 2 (27~78 日) では、約 3.0 ppm になるように調整した。

(2) リアクター及び微生物担体

本研究で用いた回転円盤装置を図 1 に示す。微生物担体は、市販の竹炭を用い、島根県東部浄化センターの活性汚泥にあらかじめ竹炭を一週間程度浸し順養させた。また、竹の節を一つの反応槽として定義し、微生物叢を区別することを目的として硝化反応を促進するために、竹炭を 6 本の反応槽の内 3 本に竹の容積の半分程度充填させた(処理槽 1)。そして、脱窒反応を促進するために、残り 3 本には竹炭を反応槽の全容積に充填させた(処理槽 2)。

(3) 水質分析

水処理性能を評価するために、水質分析として、pH、水温、化学的酸素要求量(COD)、アンモニア性窒素濃度(NH₃-N)、亜硝酸性窒素濃度(NO₂-N)、硝酸性窒素濃度(NO₃-N)の測定を行った。pHはHORIBAのpHメーターを使用し、COD、NH₃-N、NO₂-N、NO₃-NはHachの吸光光度計(DR900)を用いて計測した。

(4) 微生物群集構造解析

水処理装置に生息する微生物群集構造解析は、運転開始前の活性汚泥及び運転開始 69 日の竹炭を採取し行った。まず、処理槽 1 及び処理槽 2 (内部、外側) から竹炭を採取した後、ビーズ式破碎装置を用いて DNA 抽出を行った。その後、16S rRNA 遺伝子の V4 領域を標的としたプライマーセットを用いて PCR を行い、QIIME2 software 及び Blast tool を用いてリアクター内の微生物の同定や多様性解析を行った。

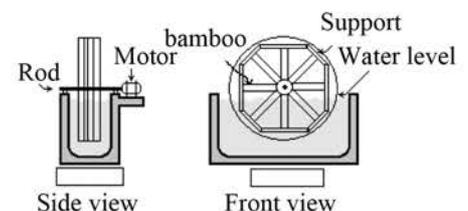


図 1 本研究で用いたリアクター概要図。

キーワード 回転円盤装置, 硝化, 脱窒, 竹炭, アンモニア性窒素除去

連絡先 〒690-8518 島根県松江市西生馬町 14-4 松江工業高等専門学校 環境・建設工学科

TEL 0852-36-5261

3. 実験結果及び考察

(1) アンモニア除去性能

まず, Phase1 では, DIN 濃度が 2.0 ppm として稼働させた結果, phase1 の平均 DIN 除去率は, $69 \pm 19\%$ であり, 全期間において安定した処理性能を示した. 特に, 12 日目までは良好な水処理が行えていた (図 2). 15 日以降は, アンモニア除去率が低下した. この結果から, アンモニア酸化を担う微生物の増殖が亜硝酸酸化細菌よりも鈍化していることに起因していると判断し, アンモニア酸化を促すように phase2 では, DIN 濃度を約 3.0 ppm に調整した. その結果, 運転開始 54 日目までには, 安定したアンモニア性窒素除去性能を示した (図 2). 一方で, 稼働していくうちに亜硝酸及び硝酸が蓄積し, DIN 濃度が流入濃度よりも流出濃度の方が高くなった (図 2). この結果は, アンモニア酸化反応が促進された一方で, 亜硝酸や硝酸が脱窒させずに水槽内に堆積したことに起因していたと考えられる. しかし, 54 日目以降では流出における DIN 濃度が減少した. 54 日目以降における DIN 濃度の減少は, 脱窒反応を担う脱窒菌が増殖し, 脱窒反応が生じていることに起因していると考えられる.

(2) 微生物群集構造解析

本装置で窒素循環に関与している微生物を同定するために, 脱窒が確認できた運転開始 69 日目に微生物群集構造解析を行った. 門レベルで解析した結果を図3に示す. その結果, アーキアに属する微生物が存在しておらず, アンモニア酸化アーキアが存在していないことが明らかとなった. 本装置では, *Proteobacteria* 門, *Bacteroidetes* 門に属する微生物が優占していた. また, 亜硝酸酸化反応を担う *Nitrospirae* 門の *Nitrospira* 属に近縁な微生物がすべてのサンプルで約 0.5% 存在していた. 最も優占していた *Proteobacteria* 門に属する *Dechloromonas* 属に近縁な微生物は, 脱窒性能を有すると報告されており, 処理槽 1 で最も多く約 21% 存在していた. さらに, *Proteobacteria* 門に属する *Azonexus* 属に近縁な微生物も約 7% 存在しており, *Dechloromonas* 属及び *Azonexus* 属に属する微生物が主な脱窒反応を担う微生物であると示唆された. アンモニア酸化を担う微生物は, *Nitrosomonas* 属が存在しておりその他硝酸還元反応を担う *Acidovorax* 属や *Diaphorobacter* 属に近縁な微生物などが合計 10% 程度存在していた. *Nitrosomonas oligotropha* は, 低濃度及び中濃度のアンモニア性窒素処理において優占し, また亜硝酸性窒素が蓄積するときに増殖抑制することから²⁾, 亜硝酸性窒素が蓄積していない本装置において *Nitrosomonas oligotropha* が主なアンモニア酸化を担っていたと考えられる. 一方, 竹炭を竹の全容量充填している処理槽 2 では内部と外側でサンプリングを行ったが, 微生物叢に大きな違いが見られなかった (データ非表示). 従って, 内部と外側で嫌気環境及び好気環境が混在していることが示唆された.

4. まとめ

本研究により, 脱窒菌の増殖に順養期間を要するが竹炭を用いた回転円盤装置においても硝化反応と脱窒反応を同時に生じることが明らかとなった. また, *Nitrosomonas* 属に近縁な微生物がアンモニアを亜硝酸に酸化し, *Nitrospira* 属に近縁な微生物が亜硝酸から硝酸に酸化し, 硝化反応を担っていることが明らかとなった. さらに, *Acidovorax* 属に近縁な微生物などが硝酸還元を行い, *Dechloromonas* 属に近縁な微生物などが脱窒を行っていることが明らかとなった. 今後は, DIN 濃度を変更した後, 炭蓄電池を利用し本回転円盤装置を稼働させる予定である.

参考文献 (1) C. Hewawasam *et al.*, *Biochem. Eng. J.*, 128, 162-167, 2017. (2) 金田一ら, 環境工学研究論文集, 40, 2003

謝辞: 本研究は, 公益財団法人 八洲環境技術振興財団の助成を受け, 実施いたしました.

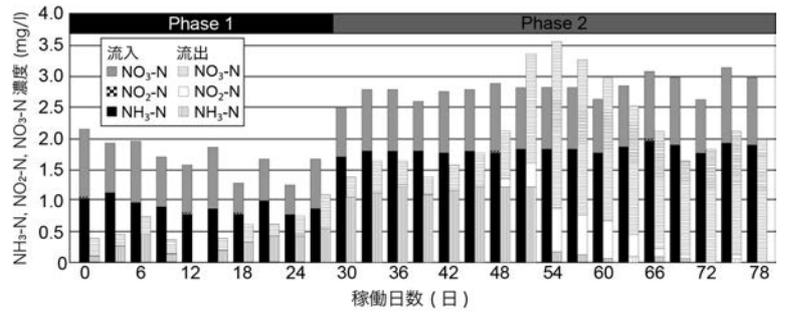


図 2 回転円盤装置による DIN 挙動

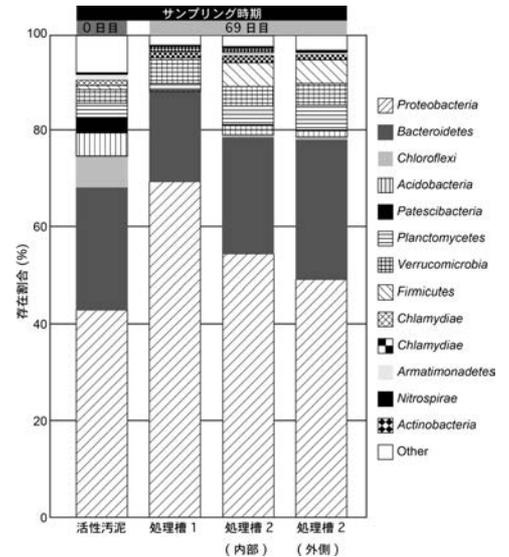


図 3 微生物群集構造解析の結果