

竹炭を微生物反応槽に用いた回転円板装置による硝化性能評価

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 正会員 山口 剛士

1. はじめに

微生物の代謝反応により水処理を行う生物学的処理は、下水処理をはじめとして、多くの場所で用いられている。また生物学的処理の一つである回転円板法は、装置自体の回転により酸素供給を行うため、曝気を必要とせず活性汚泥法に比べて低コストかつ維持管理が容易なことから、河川や湖沼での環境保全を行う上で有効である。島根県の宍道湖では、卓越したアンモニア態窒素の蓄積により、悪臭などの環境問題の発生や、宍道湖に流入する十四間川では、高濃度のアンモニア態窒素が蓄積する問題が生じている。また、東南アジアなどの新興国の河川や湖沼においてもアンモニア態窒素が蓄積しており、硝化反応を促進させる装置が求められている。そこで、本研究では、円板装置の材質に竹を用い、微生物担体として竹炭を用いた回転円板装置を開発した。これは、竹や竹炭を用いることで世界的なプラスチック問題の解決に寄与するだけでなく、環境問題となっている竹害も同時に防ぐことができるのではないかと考えた。本発表では、竹炭を微生物反応槽に用いた回転円板装置の回転速度や流入溶存無機窒素(DIN)濃度を変更させた際の硝化性能評価および竹炭に生息する微生物群集構造を明らかにした結果について報告する。

2. 実験方法

(1) 回転円板装置の立ち上げ

水槽内に流入させる模擬排水は、市販の液体肥料を希釈し作製した。竹の反応槽に用いた竹炭は、稼働させていた回転円板装置に用いた竹炭と新たに購入した竹炭を混合させ、液体肥料を希釈した模擬排水に1週間浸し馴養させた。その後、竹の反応槽に竹炭を完全充填させ、回分式実験による運転を行い、処理性能を確認した。

表1 本実験における運転条件および竹炭採取日

段階	経過日数	回転速度 (rpm)	流入DIN濃度 (ppm)	採取日 (日)
Phase1	5~47	1	5.0	7
Phase2	64~141	2	5.0	86
Phase3	146~187	1	10.0	146

(2) 水質解析

本実験に用いた回転円板装置における水処理性能は、以下の項目の水質分析により判断した。回転円板装置の流入(Inf)および流出(Eff)でpH、水温、DOを測定し、また採取したサンプルのCOD、アンモニア態窒素濃度、亜硝酸態窒素濃度、硝酸態窒素濃度は、HACH社が指示するプロトコルに準拠し測定を行った。

(3) 段階フェーズの設定

連続運転による実験条件および微生物解析を行う各フェーズの竹炭採取日を表1に示す。まず、Phase1およびPhase2では、流入DIN濃度を5.0 ppmに設定した。また、円板の回転速度はPhase1で1 rpm、Phase2で2 rpmに設定して運転を行った。Phase3では、宍道湖湖心の平均DIN濃度が10.0 ppmであることから、流入DIN濃度を10.0 ppmとし、連続流入させた。また、硝化および脱窒の同時反応を促すため、有機物としてグルコースを連続供給した。

(4) 竹炭内の微生物群集構造解析

竹炭を用いた回転円板装置の処理メカニズムを明らかにするために、運転開始7日目と86日目と146日目に反応槽内の竹炭を採取した。その後、竹炭に固着した微生物のDNAを抽出し、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法を行い、Qiime2 softwareおよびBlast toolを用いて微生物の同定を行った。

キーワード 回転円板法、回転速度、硝化反応

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 生産・建設システム工学専攻1年

TEL 0852-36-5261

3. 実験結果及び考察

(1) 回転速度による水処理性能評価

竹炭を充填させた 1 週間の回分式実験を行った結果、1 週間後にはアンモニア態窒素がほとんど消費されていた。したがって、硝化反応を担う微生物が竹炭に存在していると判断した。次に、連続運転を行った結果を図 1 に示す。まず回転速度を 1 rpm として稼働させた Phase1 では、アンモニア態窒素の平均除去率は $61 \pm 0.3 \%$ であった。また 回転速度を 2 rpm とした Phase2 においても、アンモニア態窒素の平均除去率は $58 \pm 0.1 \%$ であった。したがって、竹炭を用いた回転円板装置における硝化反応は、回転速度による窒素負荷を向上させても順当に反応が生じたことが明らかとなった。一方で、硝酸態窒素の平均除去率は、Phase1, 2 共に 50%以下を下回った。この結果は、半水没型の回転円板法が好気処理であるため、脱窒反応を十分に担えないことに由来するが、竹炭を反応槽内部に完全充填していることから、反応槽内部が無酸素状態ではないかと考え、phase3 では有機物を添加し、脱窒反応の促進を試みた。

(2) 有機物の追加による水処理性能評価

竹炭の回転円板装置で硝化および脱窒の反応促進を図るため、Phase3 では回転速度を減少させ、DO 平均値を $6.3 \pm 0.6 \text{ mg/L}$ から $5.1 \pm 0.3 \text{ mg/L}$ に低下させた。また、既報に準拠し C/N 比が 3.56 になるようにグルコースを連続供給した²⁾。その結果、Phase3 でのアンモニア態窒素の平均除去率は、 $72 \pm 0.1 \%$ と各段階フェーズで最も高いアンモニア除去率を示し、宍道湖湖心の流入 DIN 濃度に対しても、順当な硝化反応が生じることを確認できた。しかし、硝酸態窒素除去率は、Phase1, 2 と比較しても変化が見られなかった。脱窒反応の鈍化した要因として、冬季に近づく水温の低下や装置の長期運転による反応槽内の担体となる竹炭減少に起因すると考えた。

(3) 微生物群集構造解析

本装置内の処理メカニズムを明らかにするために 16S rRNA 遺伝子の V4 領域を標的とした微生物群集構造解析を行った (図 2)。その結果、生態学的特徴が未知であるが、硝化反応に関与すると報告されている *Sphingomonas* 属³⁾ に近縁な微生物の存在が確認された。したがって、本研究においても *Sphingomonas* 属に近縁な微生物が硝化反応を担っている可能性が示唆された。また、Phase3 では脱窒反応を担う細菌として *Pseudomonas* 属⁴⁾ に近縁な微生物もわずかに存在していたが、有機物を利用する微生物である *Staphylococcus* 属に近縁な微生物も増加しており、脱窒反応を阻害していた可能性が示唆された。

4. まとめ

本研究により竹炭を用いた回転円板装置を用いて水処理を行った結果、硝化反応は、各フェーズにおいて順当な反応を生じた。脱窒反応は、有機物の追加などを行ったが、処理性能に向上が見られなかった。今後は、十四間川の流入 DIN 濃度である 25 ppm に設定し、さらなる窒素負荷量に対する性能評価を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 斉藤ら, 土木学会論文 B2, Vol. 69 (2013), 2) Jiunn-Jey Her et al, *Bioresource Technology*, Vol.54, 1995
- 3) Fitzgerald et al, *Water Research*, Vol70, 2015, 4) Saleh-Lakha et al., *Appl. Environ. Microbiol.*, Vol.75, 2009

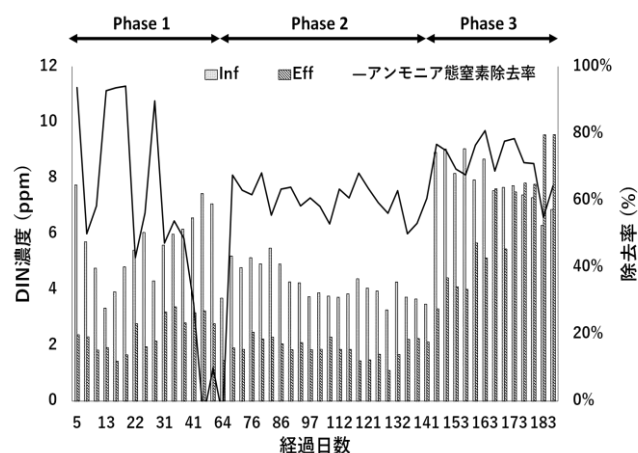


図 1 各 Phase における DIN 濃度の挙動

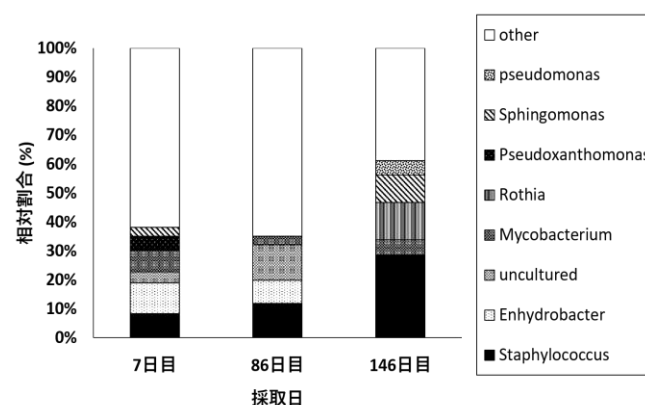


図 2 各 Phase における群集構造解析の結果