

Microalgal bacteria consortia Photo-baffled reactor によるアンモニア除去

長岡技術科学大学 ○福島 巧己, (非) 三輪 徹, (正) 渡利 高大, (正) 幡本 将史, (正) 山口 隆司

1. はじめに

アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) を除去する手法の1つとして、微細藻類と細菌を共生させたプロセスがある。このプロセスでは高濃度の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を除去することが可能であるため広く研究が行われている¹⁾²⁾。この $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去プロセスは、藻類による窒素固定と独立栄養細菌のアンモニア酸化細菌 (AOB) や亜硝酸酸化細菌 (NOB) による硝化反応である。硝化反応で消費する酸素は藻類の光合成によって補うため、曝気が不必要で省エネルギーという利点を有する。一方で、微細藻類-細菌を共生させたプロセスによる廃水の処理には2~10日の長い水理学的滞留時間 (Hydraulic retention time : HRT) が必要である³⁾。そこで、長い HRT が確保できるバフフルドリアクターを用いた。バフフルドリアクターは簡易的な構造で運転可能であり、固形物滞留時間 (Solids retention time : SRT) が長く、高濃度でのバイオマスの保持が可能である⁴⁾。本研究では、微細藻類-細菌を共生させたフォトバフフルドリアクターによるアンモニア態窒素の除去を目的とした。

2. 実験方法

2.1 実験装置と運転条件

図1に微細藻類-細菌フォトバフフルドリアクターの概略図を示す。実験装置は円筒型リアクター (直径40 mm, 高さ450 mm) を6槽設け、上下交互に連結し、有効容積3.2 L, 室温30°Cで運転した。廃水は塩化アンモニウムなどを加えた人工廃水を用い、HRTは2日に設定した。表1に運転条件を示す。リアクター2 (R2) に *Chlorella vulgaris* を植種し、実験を開始した。

R2のみ300 LxのLEDライトを3本用いて光を照射した。運転0~16日目 (Phase 1, 2) では、R2をエアレーションポンプで曝気し、*C. vulgaris* の培養を行った。運転16日目以降 (Phase 3) は $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を180 mg-N/Lに設定し、リアクター1 (R1) に長岡中央浄化センターから採取した活性汚泥を50 mL投入後、R2の曝気を止め、運転を行った。Phase 1及びPhase 2は循環運転し、pHは NaHCO_3 で調整した。

2.2 分析項目

分析項目はpH, 溶存酸素濃度 (DO), $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ とした。pH, DOは各リアクターで測定し、採水箇所は廃水タンク, 処理水とした。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の測定方法はネスラー法とし、HACH社製の吸光光度方式水質測定器 (DR-2800) を用いて測定した。 $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は高速液体クロマトグラフ (HPLC) 法で測定した。

2.3 各リアクターの窒素プロファイル

微細藻類-細菌フォトバフフルドリアクター内の窒素除去を把握するために、運転35日目に各リアクターに対して $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ のプロファイル分析を行った。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の総和を全窒素 (TN) とした。

3. 結果と考察

3.1 連続運転結果

図2に微細藻類-細菌フォトバフフルドリアクターの $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の経日変化を示す。Phase 1, Phase 2は *C. vulgaris* を培養した期間であり、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の除去率はそれぞれ $30\pm3\%$, $52\pm4\%$ であった。 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ と $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の増加は確認されず、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は *C. vulgaris* の増殖に利用されたと考えられる。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を180 mg-

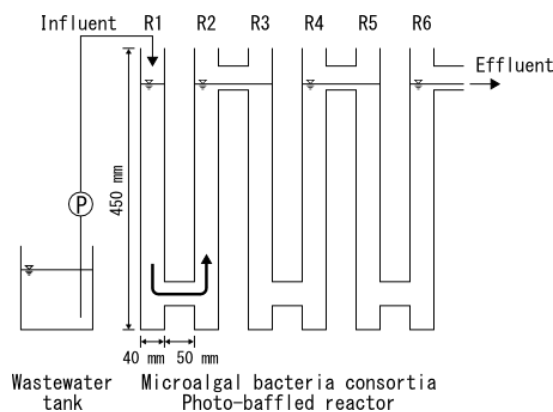


図1 リアクター概略図

表1 運転条件

Phase	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ (mg-N/L)	Operation system
1	10	Circulation
2	50	Circulation
3	180	Once through

N/L に設定した Phase 3 では廃水タンクに混入した硝化菌による $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の $\text{NO}_2^-\text{-N}$ への酸化や微生物による同化などにより、経日的に流入水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が減少した。処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は 23 日目において 150.8 mg-N/L となり、除去率は 11%となった。これは流入の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を上げたことで一時的に処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が増加したためであると考えられる。23 日目以降は処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は減少し、 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ と $\text{NO}_3^-\text{-N}$ はそれぞれ 26 日目、29 日目から増加した。これは *C. vulgaris* の増殖によりリアクター内の DO が増加し、硝化反応が進行したためであると考えられる。*C. vulgaris* を植種した R2 の DO は 27 日目から増加し、R2 の水面付近では 10 mg/L 以上で過飽和であった。32 日目から 43 日目までの処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度と除去率はそれぞれ 27.2 ± 5.4 mg-N/L, $79 \pm 3\%$ であった。処理水の $\text{NO}_2^-\text{-N}$ と $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度は 32 日目ではそれぞれ 93.9 mg-N/L, 3.44 mg-N/L に増加した。 $\text{NO}_2^-\text{-N}$ は 32 日目以降では減少傾向となった。

3.2 各リアクターの窒素プロファイル

図 3 にプロファイル結果を示す。TN の流入と処理水の濃度はそれぞれ 117.6 mg-N/L, 99.6 mg-N/L であり、窒素除去率は 15%であった。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の除去率は 76%であり、R3 までで 49%除去されていることが確認された。各リアクターの水面付近の DO は R1 では 2.08 mg/L, R2, R3 では 20 mg/L 以上で過飽和, R4, R5, R6 ではそれぞれ 7.08 mg/L, 2.32 mg/L, 0.61 mg/L であり、R2, R3 での *C. vulgaris* よる酸素生成量が多いことが確認された。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は AOB が徐々に $\text{NO}_2^-\text{-N}$ へと酸化しているが、 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ への酸化は少ないことが確認された。

4. まとめと今後の展望

高濃度アンモニア廃水を対象とした微細藻類-細菌フォトバブルドリアクターの $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率は 23 日目以降上昇し、32 日目から 43 日目では 79%であった。また、プロファイルの結果より $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は R3 までで 49%除去されていることが確認された。今後は活性汚泥を再度植種し、NOB による亜硝酸酸化反応を促進させる。

参考文献

- 1) A.M.Rada-Ariza *et al.*, (2017) *Bioresource Technology*, Vol. 245, Part A, pp.81-89.
- 2) Larissa T. Arashiro *et al.*, (2016) *Water Science and Technology*, Vol. 75, Issue4, pp.782-792.
- 3) Juan S Arcila *et al.*, (2016) *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, Vol.91, Issue11, pp.2862-2870.
- 4) William P.Barber, David C.Stuckey, (1999) *Water Research*, Vol.33, Issue7, pp.1559-1578.

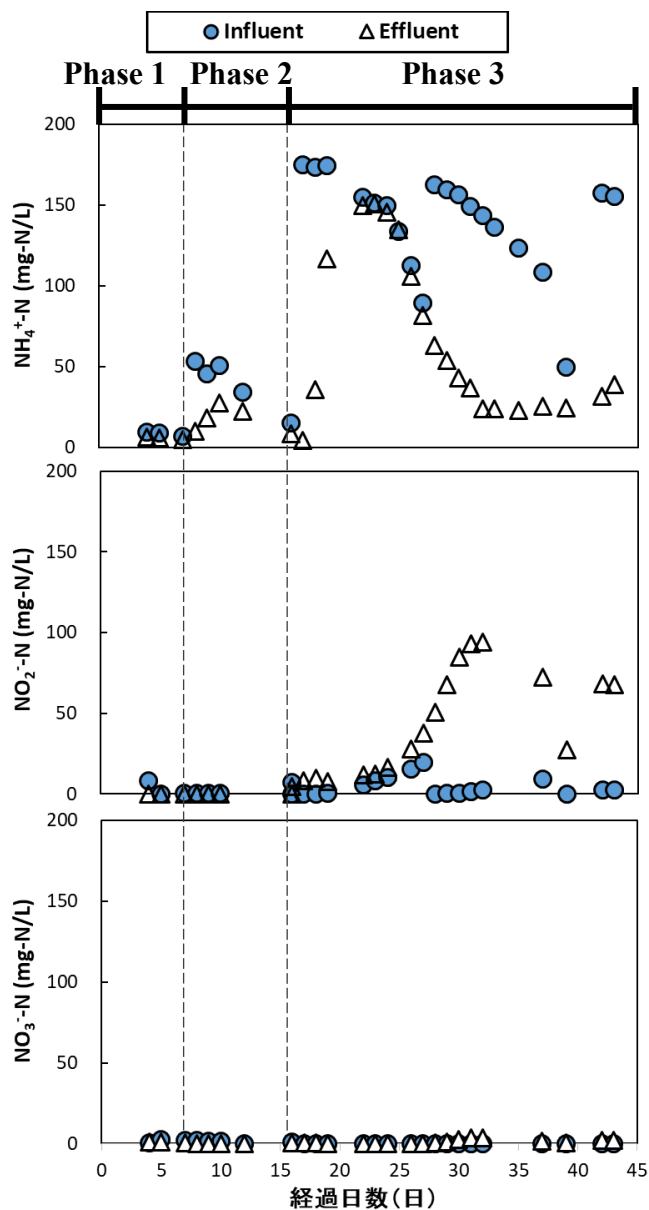


図 2 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の経日変化

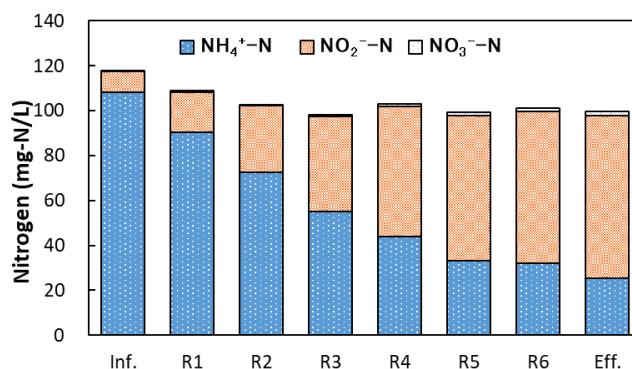


図 3 プロファイル結果