

微細藻類-硝化細菌共生系プロセスとバッフルドリアクターによるアンモニア除去性能評価

長岡技術科学大学 ○(学) 福島 巧己, 三輪 徹, (正) 渡利 高大
(正) 幡本 将史, 牧 慎也, (正) 山口 隆司
阿南高専 (正) 川上 周司

1. はじめに

富栄養化の防止や水質保全の観点より工場や生活排水からのアンモニア態窒素 ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) の除去は重要である。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ を除去する方法の一つとして、微細藻類と硝化細菌を共生させたプロセスが注目されている。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。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去のプロセスは、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われるため、曝気が必要で省エネルギーという利点を有する。また、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なバッフルドリアクター²⁾に着目した。そこで本研究では、微細藻類-硝化細菌共生系プロセスとバッフルドリアクターを組み合わせ、微細藻類-硝化細菌フォトバッフルドリアクターによるアンモニア態窒素の除去性能評価を目的に連続処理実験を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置と運転条件

図 1 に微細藻類-硝化細菌フォトバッ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、リアクターを上下交互に連結し、有効容積 3.2 L, 室温 30°C で運転した。供給廃水は塩化アンモニウムなどを加えた人工廃水を用い、pH は NaHCO_3 で 8 程度に調整した。HRT は 2 日に設定し、 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を段階的に増加させた (表 1)。リアクターの 2 槽目 (R2) に *Chlorella vulgaris* を植種して実験を開始した。光は R2 のみ 300 Lx の LED ライトを 3 本用いて照射した。P1, 2 (運転 0~16 日目) は *C. vulgaris* の培養を行った。P3 (運転 16 日目以降) では、供給廃水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を 180 mg-N/L に設定し、リアクターの 1 槽目 (R1) に活性汚泥を 50 mL 投入した。

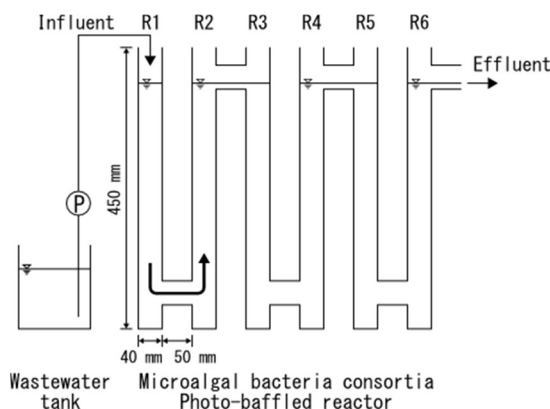


図 1 リアクター概略図

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

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、採水箇所は供給廃水タンク、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 各リアクターのプロファイル

微細藻類-硝化細菌フォトバッフルドリアクター内の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去やバイオマスの保持量を把握するために供給廃水と各リアクター、処理水に対しての水質分析と各リアクターの微生物群集構造解析を行った。

キーワード 微細藻類-硝化細菌, アンモニア除去, 16S rRNA

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壌環境研究室 Tel 0258-47-1611-6646

3. 結果と考察

3.1 連続運転結果

図2に微細藻類-硝化細菌フォトバツフルドリアクターの処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の経日変化を示す. P1, 2 の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の除去率はそれぞれ $30 \pm 3\%$, $59 \pm 10\%$ 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. P3 では, 供給廃水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度を 180 mg-N/L へと上げたため, 処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度が一時的に増加した(23日目の処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は 151 mg-N/L , 除去率は 11%). 23日目以降は処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は減少し, 32日目から156日目までの処理水の $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 濃度は $50.2 \pm 15.5 \text{ mg-N/L}$, 除去率は $68 \pm 8\%$ であった. $\text{NO}_2^-\text{-N}$ は26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. R2のDOは27日目から増加し, 水面付近では 10 mg/L 以上で過飽和であったが, 85日目以降は減少した(各リアクターで 1 mg/L 以下). P3の処理水の $\text{NO}_2^-\text{-N}$ と $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 濃度はそれぞれ $56.8 \pm 24.3 \text{ mg-N/L}$ と $0.8 \pm 1.1 \text{ mg-N/L}$ であった.

3.2 各リアクターのプロファイル

3.2.1 水質分析結果

図3に $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の結果を示す. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の供給廃水と処理水の濃度は 187.7 mg-N/L , 64.01 mg-N/L であり, $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率は 66% であった. $\text{NO}_2^-\text{-N}$ はR3からR6にかけて蓄積が見られた. $\text{NO}_3^-\text{-N}$ は各リアクターで低い濃度であり (0.5 mg-N/L 以下), 硝化反応は亜硝酸で停止していた.

3.2.2 微生物群集構造解析結果

窒素循環に関わる細菌の OTU レベルでの菌叢構造を図4に示す. アンモニア酸化細菌 (AOB) が属している *Nitrosomonadaceae* 科に分類された OTU3095 の検出率は R3 から R6 につれて増加した. 亜硝酸酸化細菌 (NOB) に近縁な OTU は R1 と R2 からのみ検出され, R3 から R6 では検出されなかった. また, 脱窒菌が属している *Comamonadaceae* 科や *Rhodocyclaceae* 科に分類される微生物が検出された.

4. まとめ

人工アンモニア廃水を対象とした微細藻類-硝化細菌フォトバツフルドリアクターは *C. vulgaris* を植種して $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 除去率 67% を達成したが, 硝化反応は亜硝酸で停止していた. 200日目のプロファイルの結果, AOB の検出率は R3 から R6 が高く, NOB は R1 と R2 のみ検出された.

参考文献

- 1) Suresh R. Subashchandrabose et al., (2011) *Biotechnology Advances*, Vol. 29, Issue 6, pp.896-907.
- 2) William P.Barber, David C.Stuckey, (1999) *Water Research*, Vol.33, Issue7, pp.1559-1578.

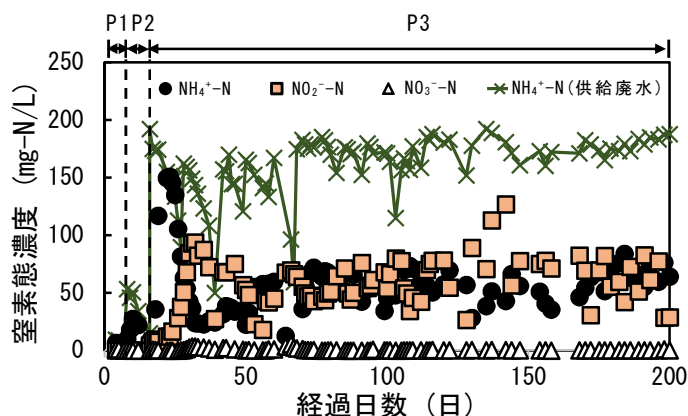


図2 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ の経日変化

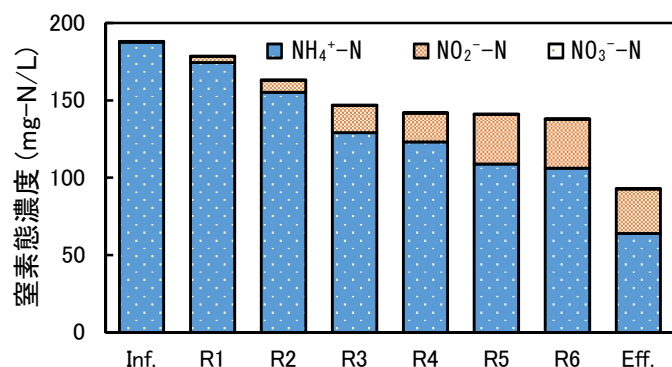


図3 $\text{NH}_4^+\text{-N}$, $\text{NO}_2^-\text{-N}$, $\text{NO}_3^-\text{-N}$ のプロファイル結果

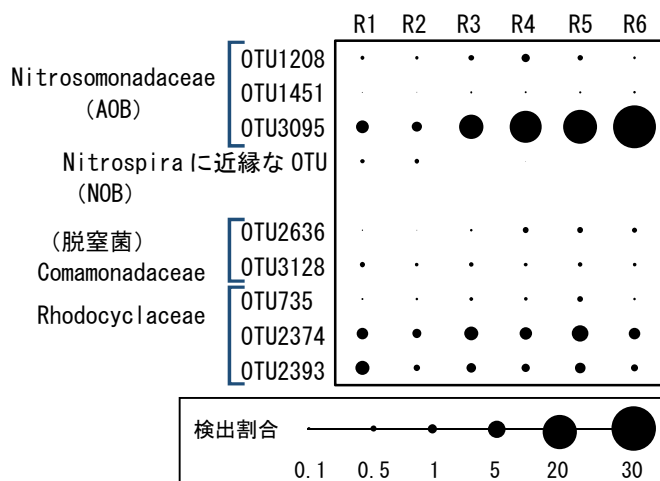


図4 窒素循環に関わる細菌の OTU レベルでの検出割合