

染色廃水を処理する DHS リアクターの処理性能評価と微生物群集構造

長岡技術科学大学 (学) 〇秦 裕弥, (学) 渡利 高大, 牧 慎也, (正) 幡本 将史, (正) 山口 隆司
港屋株式会社 星野 貴宏, 星野 善彦

1. はじめに

染色工場廃水の処理方法としては、薬品添加による沈殿処理、活性汚泥法、オゾン酸化法などが用いられている。これらの方法は、処理費用が高いことやエネルギー消費が大きいことなどが課題として挙げられる^{1), 2), 3)}。日本国内の染色廃水の排出量は 100 万 m³/day と推計され⁴⁾、その処理費用の低減が求められている。また、染料は難分解性有機物である⁵⁾。一方、Down-flow Hanging Sponge (DHS) リアクターは、スポンジを担体とした散水ろ床法であり、曝気が不要のため省エネルギーかつ、維持管理費用が安価である利点を有する。そこで、本研究では、生物学的処理法である DHS リアクターを染色廃水処理へ適用し、その処理性能の評価を目的とした。また、DHS リアクターの流下方向に対してスポンジ担体から保持汚泥を採取し、16S rRNA 遺伝子に基づいた微生物群集構造を解析し染色廃水の処理に関与する微生物の評価を行った。

2. 実験方法

2.1 実験装置及び運転条件

図 1 は、DHS リアクターの概要図を示す。DHS リアクターは、高さ 1.2 m、スポンジ容積 2.0 L とした。汚泥保持担体は、3.3 cm 角の正方形のポリウレタン製スポンジをプラスチックネットリング (直径 3.3 cm, 高さ 3.3 cm) で覆ったものを用いた。水理学的滞留時間 (Hydraulic retention time : HRT) はスポンジ容積当たりで計算した。植種汚泥は、染色廃水を処理する回転円板リアクターからの流出汚泥を用いた。供試廃水は、実際の染色工場廃水を採水し、4℃の恒温室内にて保管しつつ使用した。DHS リアクターは、室温 (28.5 ± 2.8℃) で運転した。運転開始から 49 日目までをスタートアップ期間とした。運転 50 日目以降は DHS リアクターの後段に沈殿槽 (1 L) を設けた。運転 50 日目から 92 日目は、HRT 4 時間で運転を行った (Run 1)。運転 93 日目から 164 日目は、HRT 4 時間に加え、DHS 処理水を循環比 1 となるように DHS リアクター流入部に返送した (Run 2)。試料の採水箇所は、供試廃水タンク、DHS 処理水とした。ただし、運転 50 日目以降は DHS 処理水の採水箇所を沈殿槽流出水とした。

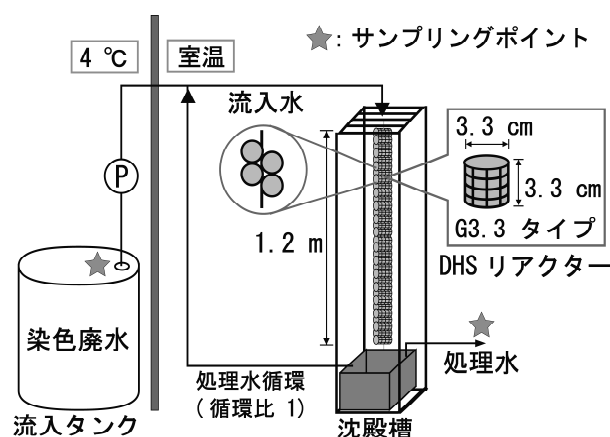


図 1 DHS リアクター概要図

2.2 分析項目

分析項目は、全 BOD、全窒素 (TN) および着色度等とした。BOD は下水試験方法に準じて行った。TN の測定方法は、過硫酸分解法とし、測定には HACH 社製の吸光光度方式水質測定器 (DR-2800) を用いた。着色度は日本電色工業社製の排水着色度計・色汚染度計 (NDR-2000) を用いて行った。

汚泥サンプルは、運転 62 日目および 159 日目に、DHS リアクター流下方向に対して等間隔に計 5 カ所採取した。採取した汚泥サンプルは、DNA 抽出を行った後、抽出 DNA を鋳型として、原核生物の 16S rRNA 遺伝子を対象とした Univ515F-Univ806R プライマーセットを用いて PCR 増幅反応を行った。PCR 増幅産物は精製後、次世代シーケンサー MiSeq (Illumina) により解析した。得られた 16S rRNA 遺伝子配列情報は、QIIME ソフトウェアを用いて解析した。

キーワード DHS リアクター, 染色廃水, 16S rRNA

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学大学院 環境社会基盤工学専攻 TEL 0258-47-1611-6646

3. 実験結果および考察

図2は、各測定項目の経日変化と除去率を示す。Run1において、最終処理水の水質は、全BOD 6 ± 5 mg/L, TN 13 ± 5 mg-N/Lであった。この処理水質は、環境省の定める一律排水基準 (BOD: 120 mg/L, TN: 60 mg/L (日間平均)) を満たした。また、新潟県水質汚濁防止法に基づく排水基準の条例第3条に規定する基準 (BOD: 20 mg/L (日間平均)) も同様に満たした。そのため、本システムは、染色廃水処理に適用可能であると考えられる。Run1における処理水の全BOD, TNおよび着色度の除去率はそれぞれ $93 \pm 4\%$, $37 \pm 15\%$ および $65 \pm 12\%$ であった。Run2における処理水の全BOD, TNおよび着色度の除去率はそれぞれ $96 \pm 2\%$, $49 \pm 11\%$ および $54 \pm 27\%$ であった。Run2において全BODおよびTNの除去性能が向上した。窒素除去性能の向上は、処理水中の硝酸が流入水と混合することで、廃水中の有機物源を利用して脱窒反応が効率的に起こったためと考えられる。実際に、微生物群集構造解析の結果、脱窒菌として知られる *Paracoccus* 属がRun1においては、ほとんど検出されなかったが、Run2では、DHSリアクター上部において1.9%検出された。Run2における着色度の除去率は、Run1と比較して減少した。この結果から、処理水循環は、有機物と窒素の除去に対しては有効であった。一方、着色度の除去性能は、処理水循環なしの方が良好であった。

図3は、運転62日目 (Run1) および159日目 (Run2) におけるDHSリアクター流下方向に対する保持汚泥の属レベルの微生物群集構造解析である。図3に示す *Acinetobacter* 属, *Xanthobacter* 属および *Amaricoccus* 属は、Run1およびRun2における存在割合の最大値が10%以上かつ存在割合が大きく異なっていた優占種であった。Run1では *Acinetobacter* 属が最も優占していた。一方、Run2では、*Xanthobacter* 属がDHSリアクター上部で最も優占していた。NCBIのBLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/>) により既知種から相同性の高い種を検索した結果、*Acinetobacter* 属のうちの一つは、*Acinetobacter calcoaceticus* と相同性99%であった。この種は、染料分解菌として知られており⁶⁾、Run1においてこの種が主に染色廃水中の染料の分解に関与したと考えられる。

4. まとめ

染色廃水処理 DHS リアクターは、HRT 4 時間および HRT 4 時間に処理水循環を加えた実験条件において排水基準を満たし、適用可能であった。DHS リアクター保持汚泥の微生物群集構造解析の結果、実験条件の違いにより微生物群集構造の変化が確認され、*Acinetobacter* 属が染色廃水処理における着色度除去に関与すると考えられた。

参考文献

- 1) Saratale, R. G., et al., (2011) *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42(1), 138-157.
- 2) 小川利彦, et al., (1974) *繊維学会誌*, 30(4), T153-T159.
- 3) Young, D. F., & Koopman, B. (1991) *Journal of Environmental Engineering*, 117(3), 300-307.
- 4) 牧教雄 (2003) *繊維機械学会誌*, 56(2), 86-88.
- 5) 小川利彦 (1980) *繊維学会誌*, 36(11), P468-P473.
- 6) Ghodake, G. S., et al., (2009) *International Journal of Phytoremediation*, 11(4), 297-312.

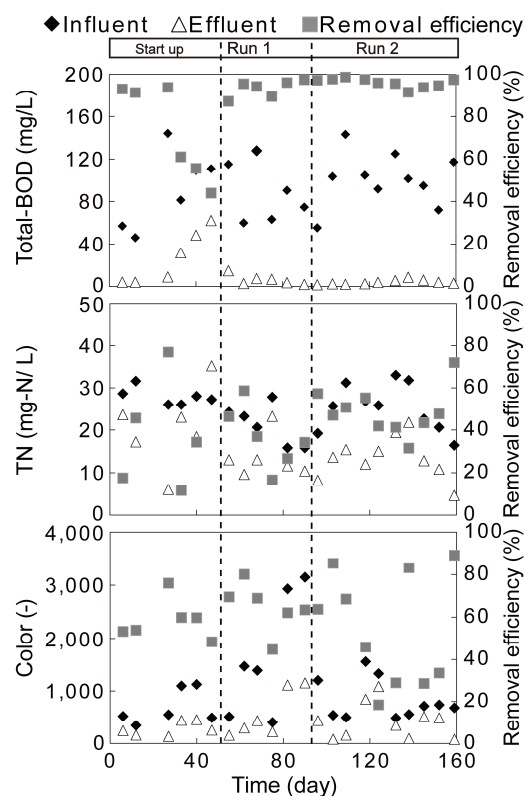


図2 DHSリアクターにおける各測定項目の経日変化と除去率

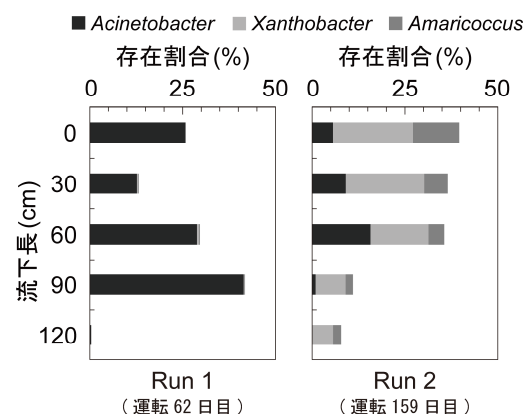


図3 Run1とRun2におけるDHS内の属レベルの微生物群集構造