

サイフォン式 DHS リアクターの最適条件の検討

(非) Shehani Sharadha Maheepala

長岡技術科学大学大学院 (非) ○瀬下 景
(正) 渡利 高大 (正) 山口 隆司 (正) 幡本 将史

1. はじめに

下向流スポンジ懸垂 (Down-flow Hanging Sponge : DHS) リアクターは、エアレーションが不要なため省エネルギーでの運転が可能であり、維持管理が容易で低コストな生物学的排水処理システムである。スポンジ担体の外側は好気、内側は嫌気状態となっていることから硝化脱窒が行われている。脱窒反応のさらなる促進のためにサイフォン式 DHS リアクター (以降、サイフォン式) が開発された。サイフォン式は、従来式 DHS リアクター (以降、従来式) の流出部にサイフォン管を組み込み、水位の上下動を無動力で実施させた DHS リアクターである。従来式では処理水が連続的に流出するのに対し、サイフォン式ではサイフォン機構を導入することでリアクター内に処理水が一時的に滞留し、内部に水柱が形成される。この水柱により嫌気的環境が生じ、脱窒反応が促進される¹⁾。

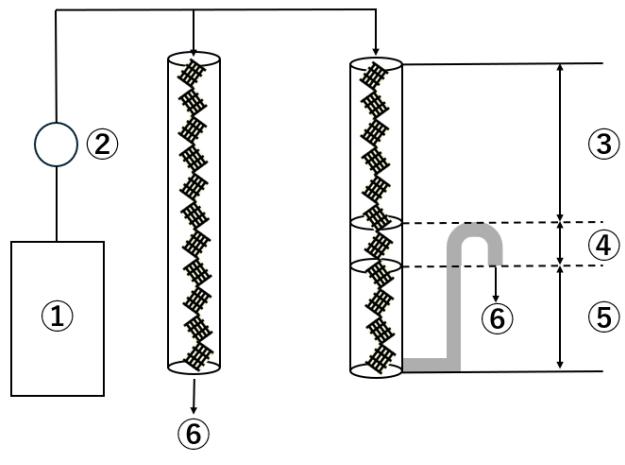
先行研究では、Activated Sludge Model No.1 (ASM1) を用いてサイフォン式の最適化およびモデル化を行った。その結果、好気・好気/嫌気・嫌気ゾーンの体積比を 55:10:35 とした場合に、COD 除去率 84%，硝化率 81%，脱窒率 91%が得られると予測された。しかし、この数理モデルによる予測を実験的に検証するためには、この体積比に基づいて設計・構築されたリアクターの運転が必要である。

そこで本研究では先行研究のシミュレーションの結果から得られた最適体積比条件でのリアクター性能調査を目的として実験を行った。

2. 実験方法

2.1 リアクターの概要

DHS リアクターには G-1 型を使用し、ポリ塩化ビニル製の円筒管内に設置した。使用した担体はプラスチックネットで覆った直径 30 mm, 高さ 33 mm のスポンジを 20 個連結し、全長は 940 mm とした。リアクターの有効容積 (スポンジ担体の体積) は 0.56 L であり、水理学的滞留時間 (HRT) は 5 時間に設定した。実験は、実下水および人工排水の 2 種類の供試水を用いて行つ



従来式DHS サイフォン式DHS

図 1 リアクターの概要図

①流入水 ②ポンプ ③好気ゾーン (スポンジ 10 から 20 個目) ④好気/嫌気ゾーン (スポンジ 8, 9 個目) ⑤嫌気ゾーン (スポンジ 1 から 7 個目) ⑥出口

た。人工排水は、ペプトン 57 mg/L, NH₄Cl 88 mg/L, MgCl₂·6H₂O 10 mg/L, KH₂PO₄ 28 mg/L, NaHCO₃ 100 mg/L, CH₃COONa 100 mg/L、および KCl 5 mg/L を含む組成とした。

実験は、従来式とサイフォン式の 2 系統で実施した。サイフォン式では下から 8, 9 個目のスポンジ間において、サイフォン機構により水の貯留および排出を繰り返す構造とした (図 1)。

2.2 分析項目

流入水および処理水の、酸化還元電位 (ORP), pH, 溶存酸素 (DO), 全 COD (tCOD), および溶解性 COD (sCOD) を測定した。COD は水質測定キット及び吸光光度計 (DR3900, HACH 社) を用いて測定し, sCOD は 0.45 μm メンブレンフィルターでろ過した試料を用いて測定した。

3. 実験結果及び考察

表 1 に ORP, pH, DO の結果を示す。ORP は実下水流入水で 59 mV, 従来式処理水は 152 mV, サイフォン

式処理水は 172 mV であった。人工排水流入水の ORP は 97 mV, 従来式処理水で 138 mV, サイフォン式処理水で 151 mV と実下水同様処理水で高くなつた。実下水の pH については流入水で 7.3 であったのに対し、従来式処理水は 6.7, サイフォン式処理水は 6.4 であった。人工排水の流入 pH は 7.4 であったのに対し、従来式とサイフォン式の処理水は共に 7.1 であった。また、DO は従来式とサイフォン式を比較すると従来式のほうが 2.0-3.0 mg/L 高くなつてゐた。

図 2 に実下水を用いた実験の COD 濃度の結果を示す。実下水流入水の tCOD 濃度は平均 130 mg/L で従来式処理水では平均 40 mg/L, サイフォン式処理水では平均 35 mg/L となり、両リアクターとも約 70% の tCOD 除去率が得られた(図 2(a))。sCOD 濃度は、実下水流入水は平均 90 mg/L に対し、従来式処理水・サイフォン式処理水ともに平均 30 mg/L まで低下し、sCOD 除去率はともに約 65% であった(図 2(b))。図 3 に人工排水の結果を示す。tCOD 濃度は人工排水流入水平均 180 mg/L に対して処理後はいずれも平均 20 mg/L となり、約 90% の高い除去率を示した(図 3(a))。sCOD 濃度は、流入水平均 70 mg/L に対し、処理水はいずれも平均 15 mg/L であり、約 75% の除去が確認された(図 3(b))。これらの結果から、実下水、人工排水において従来式およびサイフォン式リアクターはほぼ同等の COD 除去性能を示すことが確認された。

4. まとめ

本研究では従来式とサイフォン式の DHS リアクター運用を行い、処理性能を比較した。その結果、COD 除去においては、同等な処理性能が得られた。

今後は溶存態窒素 (NH_4^+ -N, NO_2^- -N, NO_3^- -N) について分析を行い、硝化脱窒性能を評価する。また微生物解析により、DHS リアクターの微生物分布の解明、プロファイル分析による処理性能評価を行う。

参考文献

- 1) Maheepala, Shehani Sharadha, et al. "Aerobic-anaerobic DHS reactor for enhancing denitrification in municipal wastewater treatment." *Science of The Total Environment* 956 (2024): 177283.

表 1 水質分析結果

	ORP (mV)	pH	DO (mg/L)
流入水	59	7.3	3.3
実下水 従来式処理水	152	6.7	6.6
サイフォン式処理水	172	6.4	4.6
流入水	97	7.4	3.0
人工排水 従来式処理水	138	7.1	6.6
サイフォン式処理水	151	7.1	3.5

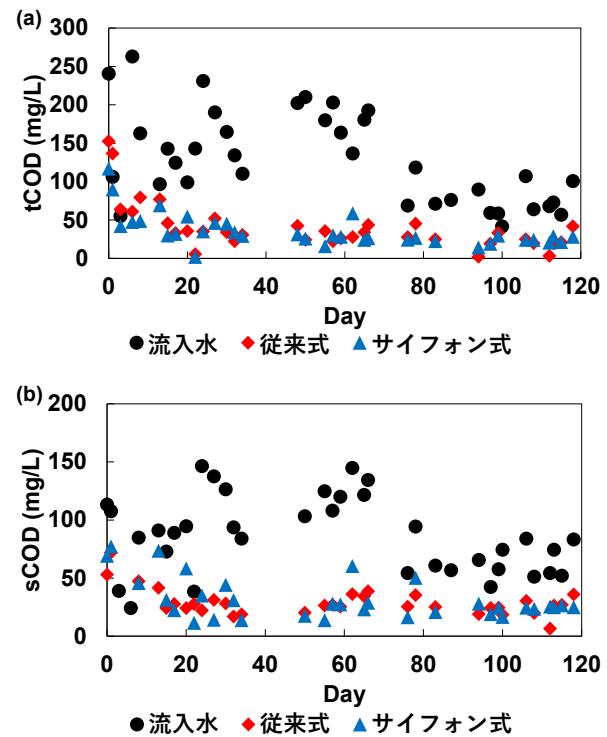


図 2 実下水における tCOD 濃度(a), sCOD 濃度(b)

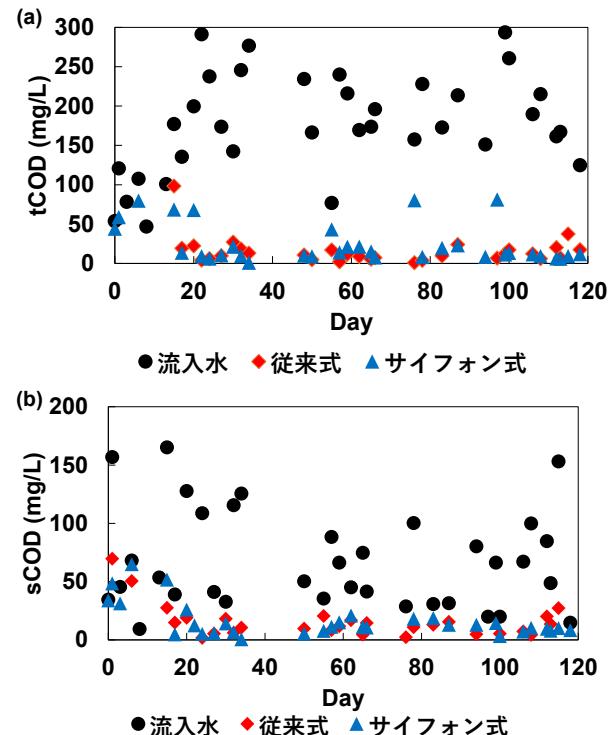


図 3 人工排水における tCOD 濃度(a), sCOD 濃度(b)