

下降流懸垂型スポンジリアクターによる窒素除去最適条件の検討

呉高専	非会員	○杉森	風馬
呉高専	非会員	角谷	萌
呉高専専攻科	学生会員	片岡	大樹
呉高専	正会員	谷川	大輔

1. はじめに

有機性廃水中に含まれる主要な汚染物質のひとつである窒素は、閉鎖性水域の富栄養化や、毒性による生態系への悪影響等の環境問題を引き起こす可能性がある。現在、窒素除去法として、生物学的硝化脱窒法などが用いられているが、この方法は処理コストが高く、大量の余剰汚泥が発生してしまうため、工場や事業所への導入率が低いことが課題になっている。一方で、省エネ型の廃水処理システムである下降流懸垂型スポンジ (Down-flow Hanging Sponge: DHS)リアクターに用いるスポンジ担体の表面は好気性空間、スポンジ中心部は嫌気性空間となっていることから、DHS リアクター単槽での硝化-脱窒が可能であると考えられる。そこで本研究は、低コスト型の窒素除去装置の開発を目的とし、DHS リアクター単槽での硝化-脱窒による天然ゴム廃水処理水の無曝気窒素除去を試みた。

2. 実験方法

図1に本研究で用いた DHS リアクターの概略図を示す。DHS リアクターは、ポリ塩化ビニルパイプ製で、リアクター容積を 3.65 L、スポンジ担体の容積を 0.78 L とした。流入廃水として、天然ゴム工場廃水を嫌気性バッフル反応器 (Anaerobic baffled reactor: ABR) および、DHS リアクター (ABR-DHS システム) によって処理した処理水を用い、DHS リアクター上部より供給した。水理的滞留時間は 1.9 日とした。流入廃水中のアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素、硝酸態窒素および化学的酸素要求量 (Chemical oxygen demand: COD) 濃度はそれぞれ、204 mg-N/L、3 mg-N/L、17 mg-N/L および 165 mg-COD/L であった。また、DHS リアクターには上方より 37 cm (ポート1)、75 cm (ポート2) の位置にサンプリングポートを設置し、空気孔として開閉することで運転条件を変更した。

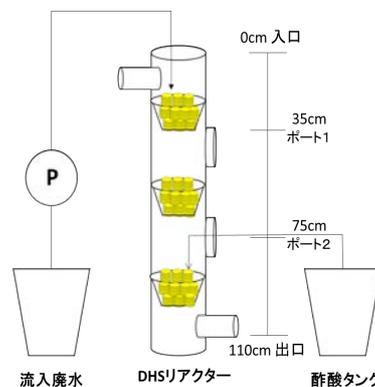


図1 DHS リアクターの概略図

本研究では、無曝気運転条件下における DHS リアクターの最大窒素除去性能を評価するため、空気孔の開閉状況により、実験期間を3つに分け実施した。期間1では、廃水流入口にのみ空気孔を設置してリアクターの運転を行った。期間2では、ポート1を、期間3では、ポート1、ポート2両方を空気孔として開口し、DHS 内への空気の流入量を増加させた。有機物の酢酸ナトリウム (COD 濃度: 500 mg/L) は、いずれの期間もポート2から流入させた。

3. 実験結果および考察

3. 1 DHS リアクターの窒素除去性能

図2は窒素除去率およびCOD除去率の経日変化を示す。図2より、窒素除去率は期間1, 2, 3と徐々に高くなっており、各Phaseの平均窒素除去率はそれぞれ、37.8%、61.5%および79.8%であった。期間1において、窒素除去率が一時的に10%前後まで低下したが、これは ABR-DHS システムの廃水処理性能悪化に起因していることが考えられた。また、DHS 処理水中の無機態窒素中ではアンモニアが最も残存しており、硝酸および亜硝酸濃度はほとんど残存していなかった。したがって、硝化反応によって生成された硝酸および亜硝酸は速やかに脱窒反応で消費されており、硝化反応が

キーワード DHS リアクター, 窒素除去, 単槽型硝化-脱窒

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南2-2-11 呉工業高等専門学校 環境都市工学科

TEL 083-73-8955

窒素除去における律速段階となっていることが示唆された。

一方、COD 除去率に関しては、期間 1 が最大となった。期間 2 以降、前段の ABR-DHS システム処理水中の COD 濃度が減少しており、DHS 処理水の平均 COD 濃度は期間 3 で最も低く、40 mg/L 程度と安定していた。したがって、流入廃水の COD 濃度が低下したことにより、見掛け上 COD 除去率が低下していたことが示唆された。

表 1 に、各期間の DHS 処理水水質のまとめを示す。期間 2、3 において、DHS 処理水は日本国内における一律排水基準（COD: 120 mg/L、窒素含有量: 60 mg-N/L）および、本研究で用いた天然ゴム廃水において最も厳しい基準値を有するベトナムの排水基準 B（COD: 250 mg/L、全窒素: 60 mg-N/L、アンモニア態窒素: 40 mg/L）を達成していることが確認された。

3. 2 各期間における DHS 内プロファイル

図 3 に各期間における DHS 内の無機態窒素濃度の高さ方向プロファイルを示す。期間 1、2、および 3 における全無機態窒素除去率およびポート 2 までのアンモニア除去率は 58.2%、67.9%、78.7%、および 22.4%、52.5%、56.6% であった。したがって、DHS リアクターの空気孔を増やすことにより、DHS 上・中部で硝化反応が促進され、全無機態窒素除去率の向上に寄与していることが確認された。それと同時に、空気孔を増やした条件下においても脱窒反応が良好に進行していたことから、DHS リアクター内で、硝化-脱窒反応の双方が効率的に進行可能な環境が保持されていたことが示唆された。

また、期間 1 では、流入口より 37cm、75cm の地点で、全無機態窒素が増加しているが、期間 2、3 では、いずれの地点においても全無機態窒素は減少していた。前述の通り期間 2 以降は流入排水の COD 濃度の低下が確認されている。これらのことから、期間 2 以降は、DHS へ流入する COD 濃度が低下したことにより、増殖速度の低い硝化およびアナモックスを担う微生物が増殖しやすい環境となったことで、酢酸ナトリウムを添加しない部分においても、独立栄養型の窒素除去が進行したことが示唆された。

4. まとめ

DHS リアクターによるアンモニア含有廃水の窒素除去を行ったところ、最大で 79.8% の窒素除去を達成した。また、DHS リアクター途中に空気孔を設けることで、アンモニア酸化が促進され、窒素除去率が向上することが確認された。更に、有機物添加地点より上部においても、独立栄養型の脱窒反応が進行していることが推察された。

本研究で用いた DHS リアクターは、無曝気運転であり、下部に有機物を供給することだけで良好な

窒素除去性能が確認されていることから、低コストかつ維持管理制の容易な窒素除去システムであることが示唆された。

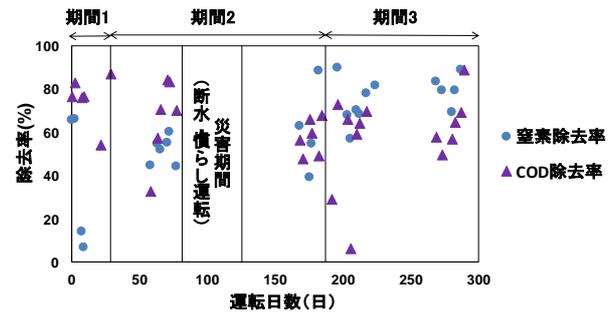


図 2 窒素除去率および COD 除去率の経日変化

表 1 各期間における DHS 処理水水質

項目	単位	DHS 処理水		
		期間 1	期間 2	期間 3
pH	-	8.5	8.8	8.9
全 COD	mg/L	52	64	41
アンモニア態窒素	mg-N/L	78	36	15
全窒素	mg-N/L	89	38	23

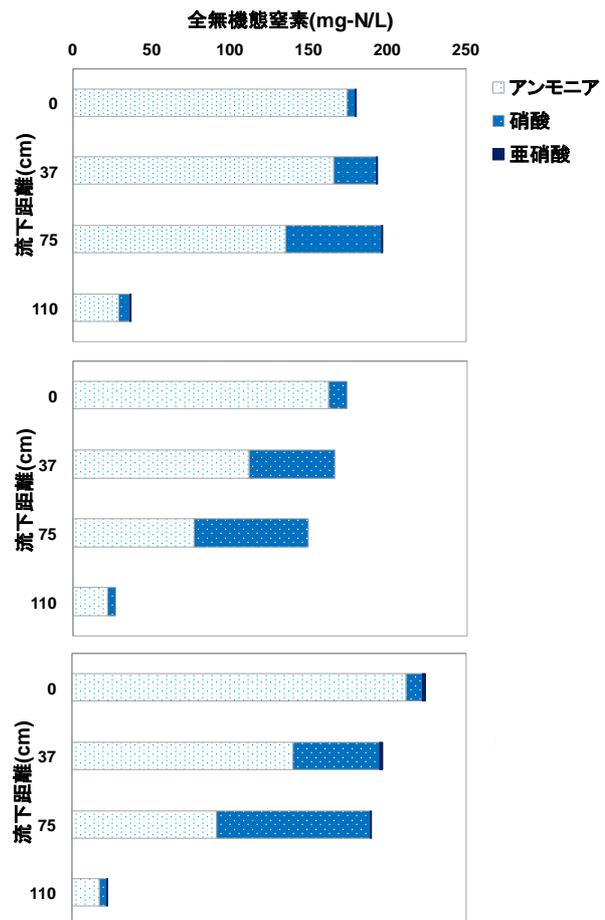


図 3 各期間における DHS 内の無機態窒素濃度の高さ方向プロファイル