

アンモニア含有廃水を対象とした単槽型無曝気窒素除去システムの開発

呉工業高等専門学校 学生会員 ○山下 すみれ
非会員 片岡 大樹
長岡技術科学大学 正会員 山口 隆司
呉工業高等専門学校 正会員 谷川 大輔

1. はじめに

天然ゴム製造工場や畜産業から排出される廃水中には高濃度のアンモニア態窒素が含まれているため処理が必要となる。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、処理コストが高く、大量の余剰汚泥が発生する問題を有している。一方で、省エネルギー型の好気性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) リアクターは、担体にスポンジを用いることで、担体表面に好気性空間、スポンジ内部に無酸素空間が存在しており、理論上は DHS リアクター単槽での硝化-脱窒が可能となる。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-脱窒によるアンモニア含有廃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で作製し、リアクター容積を 3.65 L、スポンジ担体の容積を 0.83 L とした。供試廃水として、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。水理学的滞留時間はスポンジ担体ベースで 10 時間とした。表 1 に供試廃水の成分組成を示す。供試廃水中の窒素分の 85%はアンモニアであった。アンモニアおよび化学的酸素要求量 (Chemical oxygen demand: COD) 濃度はそれぞれ、 155 ± 65 mgN/L および 326 ± 329 mg-COD/L となっており、COD/N 比は 1.87 であった。DHS リアクターには廃水流入部から 37cm, 75cm のところにサンプリングポートを設置した。

本研究は炭素源の供給の有無および供給位置により、実験期間を 4 つに分け実施した。Phase1 では、廃水のみを DHS リアクターの流入部から供給した。Phase2, 3, 4 では、DHS リアクターの流入部、ポート 1、ポート 2 から炭素源を供給した。炭素源には、 $400 \sim 500$ mg-COD/L の酢酸ナトリウム溶液を用いた。

3. 結果及び考察

3.1 DHS リアクターの処理特性

図 2 にアンモニアおよび硝酸態窒素濃度の経日変化を示す。炭素源を供給していない Phase1 では、アンモ

ニア態窒素濃度の減少分とほぼ等量の硝酸態窒素濃度の増加が確認され、DHS 内で完全硝化反応が進行していた。一方、炭素源の供給を開始した Phase2 以降では、DHS 内での窒素除去が進行し、流出水中のアンモニアおよび硝酸態窒素濃度の双方が減少していることが確認された。Phase2, 3, 4 における窒素除去率はそれぞれ、23.2%, 55.5%, 57.3%となっており、炭素源供給位置を DHS 流下方向に対して下げることで窒素除去率が向上する傾向が確認された。一方、COD 除去率に関しては、期間における差は見られず、全期間の平均 COD 除去率は $92.3 \pm 10.0\%$ であった。

前段の ABR-DHS システムの処理性能悪化し、一時的に流入廃水濃度が増加した際に、窒素および COD 除去率の低下が確認された。しかしながら、流入廃水濃度低下後には直ちに処理性能が回復しており、DHS リアクターの高い負荷変動耐性も確認された。また、炭素源添加後の方が最終処理水中の COD 濃度が低下しており、炭素源の添加によって脱窒菌の活性が増加したことにより、廃水中に含まれる難分解性有機物の分解が促進されたことが示唆された。

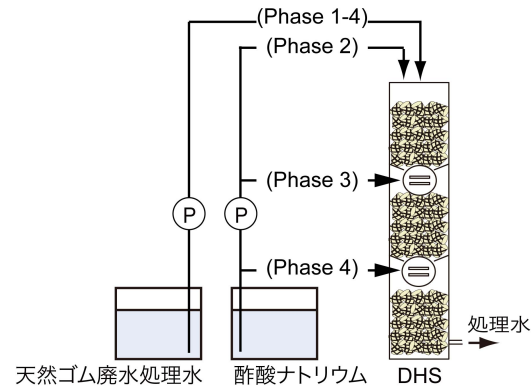


図 1 DHS リアクターの概略図

表 1 供試廃水の成分組成

項目	単位	平均値±標準偏差
pH	-	8.33 ± 0.34
アンモニア	mg-N/L	154 ± 65
亜硝酸	mg-N/L	0.6 ± 1.7
硝酸	mg-N/L	26.4 ± 25.8
COD	mg-COD/L	326 ± 329

キーワード アンモニア含有廃水, DHS リアクター, 単槽型硝化-脱窒, 無曝気窒素除去

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南 2-2-11, 0823-73-8955

3.2 各 Phase の DHS 内窒素濃度プロファイル

図3に各PhaseのDHS内窒素濃度プロファイルを示す。Phase1では完全硝化反応の進行が確認されたが、ポート2の時点でpHが4.24まで低下したため、それ以降硝化反応が進行せず、硝化率は32%と低かった。一方、炭素源を供給したPhase2, Phase3, Phase4では、徐々に窒素除去率が上昇し、硝化率も61.2%, 54.2%, 66.6%と高くなっていった。また、同期間では、DHS内のpHは6.8以上を維持していた。したがって、DHS内で脱窒を進行させることでアルカリ度が供給され、pHが上昇することで、硝化菌の活性も維持されたことが示唆された。

Phase2~4におけるDHS内での窒素の挙動を見ると、炭素源供給位置までに硝化反応が進行し、炭素源供給位置の直後で急速に窒素除去が進行、その後再度硝化反応が進行する傾向が確認された。この結果から、DHSリアクター内でより硝化反応が進行した位置に有機物供給を行うことで、脱窒反応により高い窒素除去を得ることができると示唆された。また、Phase3では酢酸ナトリウムを投入する前に、全無機態窒素が除去されていることから、廃水由来の有機物を用いた脱窒反応およびアナモックス反応によって窒素除去が進行していたことが推察された。

3.3 硝化脱窒法とDHSのコスト比較

図4に従来の硝化脱窒法とDHSリアクターを用いた場合の処理コストの比較を示す。従来の硝化脱窒法と比較すると、本研究で用いる装置の1kgの窒素を除去するために必要な有機物量は1.4~3.4倍高くなった。しかしながら、硝化の際に曝気電力およびアルカリ剤の投入が不要なため、従来の硝化脱窒法と比較して窒素除去コストを最大で91%の削減することが可能となった。また、Phase2, Phase3, Phase4と1kgの窒素を除去するのに必要となる酢酸ナトリウム供給量も減少していた。これは、硝化反応が進行した箇所に酢酸ナトリウムを供給することで、脱窒菌が優先的に酢酸ナトリウムを利用したためであると考えられた。

4. まとめ

DHSリアクターを用いて無曝気条件下でアンモニア含有廃水の連続処理を実施したところ、炭素源を供給することでDHSリアクター単独での硝化-脱窒が可能となり、最大窒素除去率57.3%を達成した。また、硝化反応が進行した位置に炭素源を供給することで、窒素除去を促進させることが可能となった。本システムは、曝気電力やアルカリ剤の添加が不要であり、従来の硝化-脱窒法よりも低コストでの窒素除去が可能であった。

謝辞：本研究はJSPS科研費(16K18176)および岩谷直治記念財団の助成を受けて実施されました。

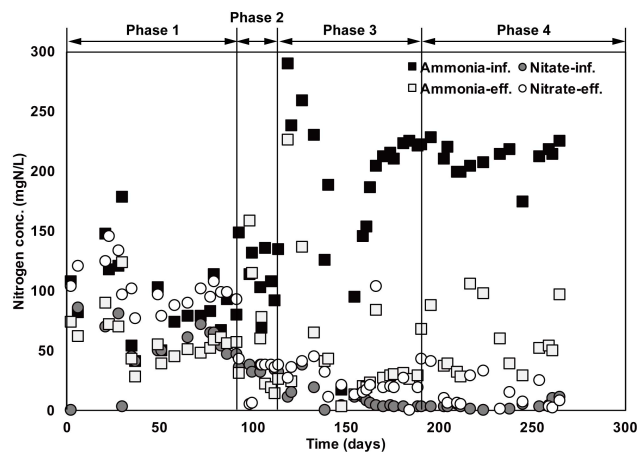


図2 アンモニアおよび硝酸態窒素濃度の経日変化

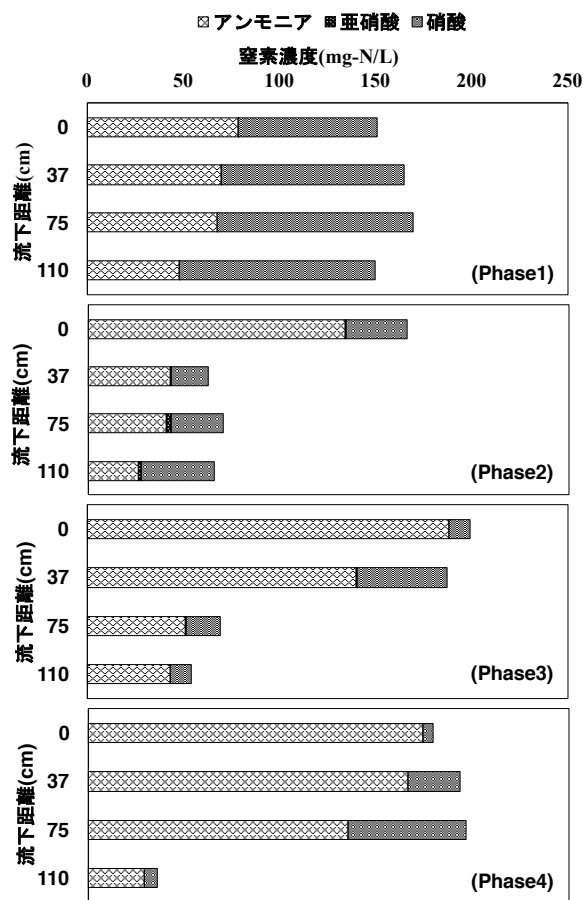


図3 各PhaseのDHS内窒素濃度プロファイル

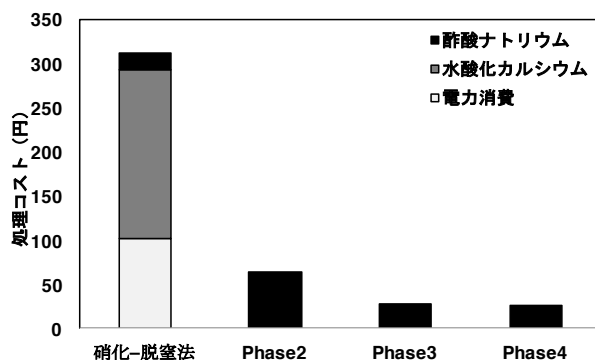


図4 硝化-脱窒法とDHSのコストの比較