

天然ゴム廃水処理に関する最適運転条件の検討

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

1. はじめに

東南アジア地域の主要産業の一つである天然ゴム産業からは、高濃度の有機物および窒素を含有した廃水が大量に排出されている。現地の工場の多くは、開放型のラグーンシステムを用いて廃水の処理をおこなっているが、その過程でメタンや亜酸化窒素等の温室効果ガスが大量に放出されている。一方、既往の研究において、当該廃水に閉鎖型の嫌気性処理システムを適用することで、メタンおよび亜酸化窒素の排出量を99%以上削減可能となることが明らかになっている。しかしながら、廃水中に残存するゴム分の凝固によるシステムの閉塞が発生することが問題となっているため、閉鎖型の嫌気性処理システムの導入は進んでいない。一方、現行のラグーン法では、ラグーン内で凝固したゴム分は資源として回収・利用されている。また、天然ゴム生産国内で最も排水基準の厳しいベトナムでは、特に窒素除去のために多大な曝気動力が必要となっており、廃水処理コストの高騰を招いている。そこで、本研究では、天然ゴム廃水中の残存ゴム分および窒素成分の効率的な回収・除去法に着目し、最適な運転方法の検討をおこなった。

2. 実験方法

図1に本研究で用いた廃水処理システムの概略図を示す。当該システムは前段を嫌気性バツフル反応器 (Anaerobic Baffled Reactor: ABR)、後段を下降流懸垂型スポンジ (Down-flow Hanging Sponge: DHS) リアクターで構成した (ABR-DHS システム)。ABR では水理学的滞留時間 (Hydraulic Retention Time: HRT) がゴム回収に与える影響を評価するため、運転203日目にコンパートメント A, B の増設をおこなっており、増設前後での容積はそれぞれ6.3 Lおよび13.8 Lとした。DHS は内部を3段に分割し、各段にスポンジ担体を15個ずつ充填した (総スポンジ容積: 1.0 L)。ABR の増設前のコンパートメント (コンパートメント1~4) および DHS リアクターの植種汚泥には、模擬天然ゴム廃水で約9ヶ月間馴致した汚泥を用いた。ABR は東南アジア地域の室温を想定して30°Cの温室内に設置した。

表1に供試廃水の成分組成を示す。供試廃水は天然ゴム廃水組成に準じて、天然ゴムラテックス、アンモニア、酢酸およびプロピオン酸を混合し、水道水で所定濃度

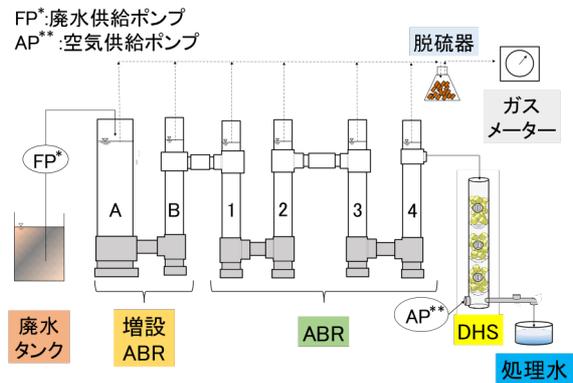


図1 廃水処理システムの概略図

表1 供試廃水の成分組成

項目	単位	濃度
pH	-	4.96±0.53
全COD	mgCOD/L	6,870±1,430
アンモニア	mgN/L	238±70

まで希釈したものを用いた。全化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand: COD) 中の約40%はラテックス由来であった。

本研究では、最適ゴム回収条件の検討のため、ABR の HRT および ABR, DHS へのゴムの植種の影響を評価した。ゴム分植種の影響評価では、運転315日目に ABR の各コンパートメント上部へゴムを植種し、運転362日目に DHS 最上段のスポンジをゴムと入れ替え、核となるゴムを設置することでのゴム回収率への影響を評価した。また、最適窒素除去条件の検討のため、DHS へ供給する空気量を4 L/min から段階的に無曝気条件まで減少させながら実験をおこなった。

3. 結果及び考察

3.1 最適なゴム回収条件の検討

図2に ABR のコンパートメント増設前、増設後、ゴム植種後の流入廃水および ABR 処理水の全 COD 濃度平均値を示す。コンパートメント増設前後で比較すると、ABR 内での COD 除去率は若干向上していた。一方、ゴム植種前後での COD 除去率の向上は確認されなかった。コンパートメント増設後の ABR では、HRT が2.2倍に

キーワード 天然ゴム廃水, 残存ゴム分回収, 窒素除去, 空気供給量

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

延長されているにも関わらず、ABR 内での COD 除去率の向上分は 10%程度であったことから、ABR 内でのゴム分回収は効率的ではないことが示唆された。

図 3 にゴム植種前後の DHS 流下方向の全 COD 濃度の変化を示す。両条件共に、DHS 内に蓄積したゴム分を回収した後にサンプリングをおこなっており、ゴム植種前はゴム回収 21 日後、ゴム植種後はゴム回収 14 日後の水質を示している。両条件を比較すると、DHS 内のどの地点においても、ゴム植種後において全 COD 濃度が低くなっていることが確認された。また、DHS 内の蓄積ゴム分回収後からの期間が短いにも関わらず、ゴム植種後の方が最終処理水の COD 濃度も低くなっていた。したがって、DHS 内において、核となるゴム分に廃水が接触することでゴムの凝固が促進されていることが示唆された。

3.2 最適な窒素除去条件の検討

図 4 に各空気供給量における DHS 流下方向の全無機態窒素濃度を示す。ここで、全無機態窒素とはアンモニア態窒素、亜硝酸態窒素および硝酸態窒素の合計と定義している。DHS 内での全無機態窒素除去率は、空気供給量の増加に伴い向上しており、13.3～21.2%の範囲であった。DHS 処理水中の硝酸態窒素および亜硝酸態窒素濃度は、いずれの空気供給量においてもそれぞれ、4 mgN/L 以下および 0.3 mgN/L 以下であった。一方、アンモニアガス濃度と空気供給量から揮散によるアンモニア除去量を算出したところ、全無機態窒素除去量に対するアンモニア揮散の割合は、空気供給量の増加に伴って上昇し、9.5%～38.5%の範囲であった。また、アンモニアの揮散を除いた全無機態窒素除去速度は、無曝気条件で 87.6 mgN/日、空気供給量 4 L/min の条件で 95.5 mgN/日であった。これらの窒素除去速度は、硝化-脱窒反応等の生物反応に起因するものであることが考えられた。揮散したアンモニアは、大気放出された後に窒素酸化物にまで酸化され、酸性雨の原因となることが懸念される。したがって、アンモニアの揮散の影響を最小限にし、かつ空気供給に要する動力を削減できるという観点から、DHS の無曝気運転を窒素除去における最適条件として提案する。しかしながら、DHS 処理水中には高濃度のアンモニアが残存しており、硝酸および亜硝酸もほとんど含まれていないことから、後段に窒素除去システムの増設が必要であることが示唆された。

4. まとめ

ABR-DHS システムを用いた模擬天然ゴム廃水の連続処理実験をおこない、ゴム回収および窒素除去における最適運転条件の検討を実施した。ゴム回収に関しては、後段の DHS 上部にゴムを植種し、廃水と核となるゴムの接触効率を向上させることで、効率的なゴム回収が可能となることが明らかとなった。

窒素除去に関しては、アンモニア揮散の影響および窒素除去コストを低減するため、DHS を無曝気で運転することが最適な運転条件となることが示唆された。一方、ABR-DHS システム単独では十分な窒素除去性能が得られなかったことから、後段に窒素除去システムが必要となることが考えられた。

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。

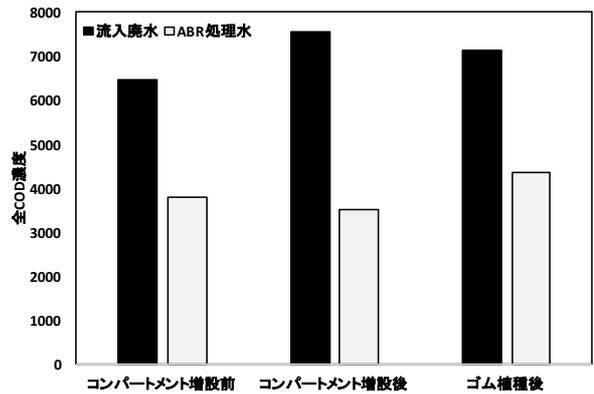


図 2 各期間における流入廃水および ABR 処理水の COD 濃度

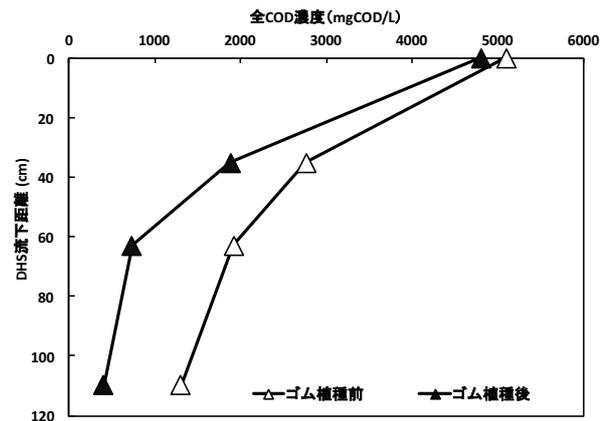


図 3 ゴム植種前後における DHS 流下方向の全 COD 濃度

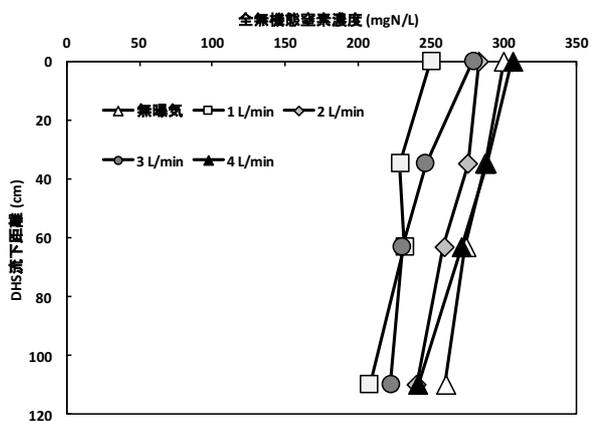


図 4 各空気供給量における DHS 流下方向の全無機態窒素濃度