

天然ゴム製造工場廃水を対象とした最適処理システムの提案

呉工業高等専門学校 正会員 ○片岡 大樹
 呉工業高等専門学校 非会員 杉森 風馬
 呉工業高等専門学校 正会員 谷川 大輔

1. はじめに

東南アジア地域の主要農産業の一つである天然ゴム産業からは、高濃度の有機物及び窒素分を含有した廃水が大量に排出されている。当該廃水の多くは、開放型の処理法により処理されているが、この方法では悪臭問題のほかに、メタンや亜酸化窒素といった温室効果ガスが大気中に大量に放出され、地球温暖化を招く原因となっている。既往の研究で、高い固液分離性能を有する嫌気性バッフル反応器（Anaerobic Baffled Reactor: ABR）と低コスト型の好気性処理法である下降流懸垂型スポンジ（Down-flow Hanging Sponge: DHS）リアクターを組み合わせた ABR-DHS システムを用いることで、廃水中の有機物の高い除去性能が確認されている。一方で、廃水中に含まれる残存ゴム分が装置内で凝固・蓄積し、システムの閉塞を招く問題が頻発した。また、当該システムでは窒素除去性能が不十分であったことから、窒素除去を目的とした後段処理の必要性が示唆された。そこで、本研究では、ABR-DHS システムに残存ゴム分の除去を対象とした前段処理システムと窒素除去を対象とした後段処理システムを導入および改良することで、天然ゴム製造工場廃水の処理実験を行い、最適処理方法の検討を行うこととした。

2. 実験方法

本実験で用いたシステムを図1および図2に示す。本システムは、残存ゴム分除去を目的とした前段処理槽、廃水中の有機物・窒素除去を目的とした ABR-DHS システム、および窒素除去を目的とした後段 DHS リアクターで構成した。前段処理槽は、横置きにしたポリ塩化ビニール(Polyvinyl Chloride; PVC)パイプと 500 mL ペットボトルを連結させて作製した流路に、核となるゴムを設置したものである。流路の途中に空気孔を2箇所設け、無曝気で運転をおこなった。ABR は4本の PVCパイプを連結して作製し、有効容積を 8.5 L とした。DHS は1本の PVCパイプに、ポリウレタン製のスポンジを32個設置することで作製し、有効容積をスポンジ基準で 0.64 L とした。また、DHS 最上段は、ABR 処理水中の残存ゴム分の凝固を促進するため、スポンジではなくゴムを植種した。なお、ABR に関しては 30℃前後に保たれた恒温室内に設置して運転を行った。後段 DHS は1本の PVCパイプにポリウレタン製のスポンジを39個設置することで作製し、有効容積をスポンジ基準で 0.78 L とした。

本実験の供試廃水として、天然ゴムラテックス、酢酸、プロピオン酸、アンモニア水を混合し、水道水で

メスアップすることで作製した模擬天然ゴム廃水を用いた。模擬廃水の pH, COD およびアンモニア濃度はそれぞれ、4.8, 7,172 mg-COD/L, 223 mg-N/L であった。

本実験では、後段 DHS の有無により実験期間を2つに分けて実施した。期間Iでは、ABR-DHS 処理水中にアンモニアが高濃度に残存していたため、後段 DHS を用いた硝化-脱窒による窒素除去をおこなった。一方、期間IIでは ABR 処理水中の残存ゴム分が減少していることが COD 濃度から確認されたため、DHS 最上段にもスポンジを設置し、後段 DHS を撤去し、DHS 内で硝化-脱窒反応を進行させた。脱窒反応を進行させるため、後段 DHS (期間I) および DHS (期間II) 下部に、炭素源となる酢酸ナトリウムを供給した。酢酸ナトリウムの化学的酸素要求量 (Chemical Oxygen Demand: COD) 濃度は、期間Iでは 500 mg/L, 期間IIでは 1,500 mg/L とし、脱窒における COD/N 比が約 2.5 となるように設定した。

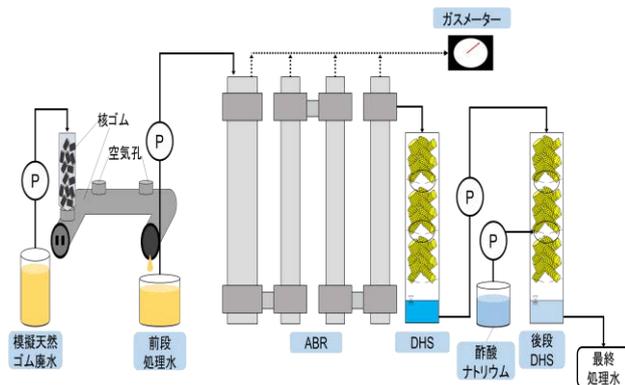


図1 廃水処理システムの概略図(期間 I)

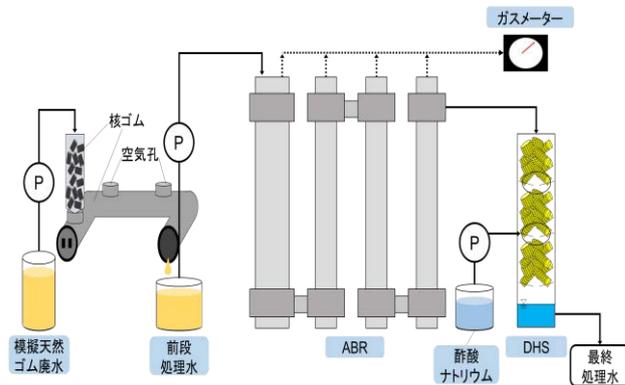


図2 廃水処理システムの概略図(期間 II)

キーワード 残存ゴム分除去装置, ABR-DHS システム, 窒素除去, 硝化脱窒反応, 低コスト

連絡先 〒737-8506 広島県呉市阿賀南二丁目2番11号 呉工業高等専門学校 環境都市工学分野 谷川研究室

T E L 0823-73-8955

3. 実験結果および考察

3.1 残存ゴム分の除去を対象とした前段処理実験

図3に前段処理前後の各サンプルの全COD (Total COD: T-COD) 濃度とその内訳およびSSを示す。ここでは、固形性のCODを残存ゴム分由来のCOD濃度と定義して考察を行った。溶解性COD (Soluble COD: S-COD) 濃度、残存ゴム分のCOD濃度、SSは前段処理を経ることでそれぞれ45.5%、41.6%、45.8%減少していた。前段処理槽内では、供給した模擬廃水中の残存ゴム分の約15%が凝固・蓄積していることが確認された。したがって、前段処理では残存ゴム分の凝固・蓄積だけではなく、生物反応による有機酸等のS-CODの分解も進行していることが示唆された。

3.2 ABR-DHSシステムを用いた処理実験

図4、図5に各サンプルのCOD濃度、およびBOD濃度をそれぞれ示す。COD濃度およびBOD濃度は共にABRを経ることで大幅に減少しており、流入に対する除去率は期間Iではそれぞれ75.8%、96.1%、期間IIではそれぞれ79.0%、93.1%であった。ABRにおけるメタン転換率は、期間I、IIでそれぞれ47.6%、56.5%であった。前段処理槽において、生分解性の高いS-CODの一部が分解されているにも関わらず、良好なメタン生成が進行していたことから、前段処理槽内で、残存ゴム分の低分子化も進行しており、ABR内での分解性が向上していたことが示唆された。

最終処理水のCOD濃度は期間Iで73 mg/L、期間IIで78 mg/Lまで減少していた。また、DHS処理水のBOD濃度は期間Iで4 mg/L、期間IIで6 mg/Lであったことから、廃水中の生物分解可能な有機物はABR-DHSシステム内でほぼ完全に除去可能であることが示唆された。

3.3 窒素除去を対象とした後段処理実験

図6に後段DHSにおける全窒素濃度の変化(期間I)、図7にDHSにおける全窒素濃度の変化(期間II)を示す。期間Iでは、後段DHSの流下距離0 cm~75 cmにかけて硝酸態窒素の割合が増加しており、流下距離110 cmでは急激に減少していることから、上・中段で硝化反応が進行し、炭素源を添加した下段で脱窒反応が進行していることが確認された。また、期間IIにおいても期間Iと同様の挙動がDHS内で確認された。これは、期間IIにおいて、前処理槽でのゴム除去性能が向上し、DHS最上段にもスポンジを設置したことにより、DHS内での硝化反応が進行したため、後段DHSが不要となったことが考えられた。従って、廃水中の残存ゴム分を前段に効率的に除去することが、DHS内での窒素除去性能の向上に寄与することが示唆された。

表1に期間I、IIにおける最終処理水水質および主要な天然ゴム生産国における排水基準を示す。両期間共に最終処理水は排水基準を達成していることが確認された。また、期間IIでは酢酸ナトリウムの供給量を期間Iの1/3に削減しているが、最終処理水中の全窒素およびアンモニア濃度は同程度であったことから、窒素除去に対する酢酸ナトリウムの希釈効果は少なく、脱窒反応により除去されていることが示唆された。

4. まとめ

本研究において、ゴム廃水中の残存ゴム分および窒素の除去方法が示された。前段処理槽、DHS共に、現

地の排水路の有効活用、および現地の廃水処理システムとの組み合わせにより、低コストで運用が可能となることから、本提案システムの現地への導入(部分導入)可能性が期待された。

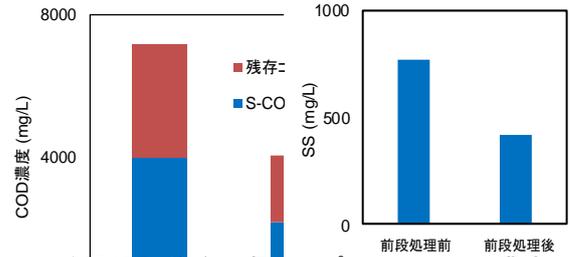


図3 前段処理前後の各サンプルのT-COD濃度とその内訳(左図)およびSS(右図)

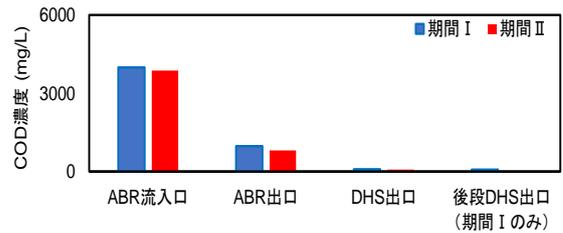


図4 各サンプルのCOD濃度

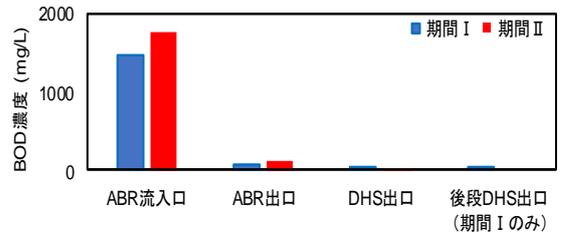


図5 各サンプルのBOD濃度

表1 本研究の最終処理水水質と排水基準

項目	単位	最終処理水(期間I)	最終処理水(期間II)	排水基準	
				ベトナム(B)	タイ
pH	-	8.29	8.38	6-9	5.5-9
COD濃度	mg/L	73	78	250	120
BOD濃度	mg/L	4	6	50	20
全窒素	mg-N/L	23	38	60	100
アンモニア態窒素	mg-N/L	18	23	40	-

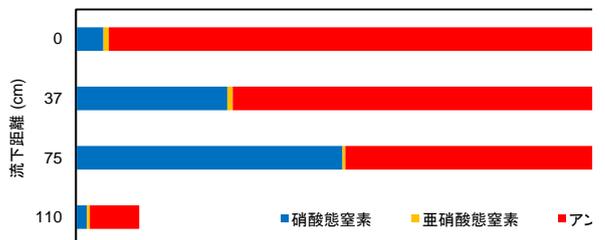


図6 後段DHSにおける全窒素濃度の変化(期間I)

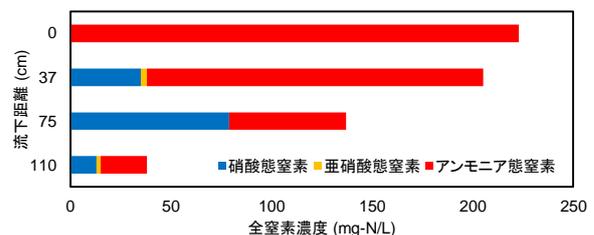


図7 DHSにおける全窒素濃度の変化(期間II)