

天然ゴム製造工場廃水を対象とした最適処理プロセスの検討

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○片岡 大樹
 呉工業高等専門学校 非会員 角谷 萌
 呉工業高等専門学校 正会員 谷川 大輔

1. はじめに

東南アジア地域における主要農産業の一つに天然ゴム産業がある。当該地域での天然ゴムの年間生産量は1,000万t以上あり、全世界の天然ゴム生産量のうちおよそ8割を占めている。

一方で、天然ゴム生産に由来する廃水も大量に発生している。当該廃水には高濃度の有機物や窒素等が含有されているため、適切な処理を行う必要がある。東南アジア地域では、開放型のラグーン法や活性汚泥法などといった処理法により処理されているが、これらの処理法では現地の排水基準を達成できていない。そのため、現地に適用可能な処理技術の開発が求められている。

既往の研究において、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、廃水中の難分解性有機物であ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。残存ゴム分の多くは、DHS 内の担体表面に蓄積しており、核となる物質と効率的に接触させることで、ゴム分の凝固が促進されることが確認された。また、廃水中の有機物は十分除去できていたが、窒素除去率が不十分であり、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 システムにゴム除去を対象とする前処理システムと窒素除去を対象とする後処理システムを導入することで、天然ゴム廃水の最適処理プロセスの検討を行うこととした。

2. 実験方法

2. 1 天然ゴム廃水の循環処理実験

本研究では、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て作製した模擬天然ゴム廃水を用いて実験をおこなった。残存ゴム分の回収を目的とした前処理システムに関する実験では、廃水の循環方法を閉鎖型高速循環、閉鎖型低速循環、開放型高速循環の3種類の条件下で実験を行った。

高速循環では流速 12 L/min、低速循環では流速 0.006 L/min で廃水を循環させた。また、閉鎖型循環では核となるゴムをポリ塩化ビニル（Polyvinyl Chloride; PVC）パイプに詰め、ゴム栓をすることで密封した状態で廃水循環を実施した。開放型循環ではザル状のカゴに核となるゴムを設置し、外気に触れるようにタンクの蓋を開放した状態で廃水循環を実施した。ゴムの回収性

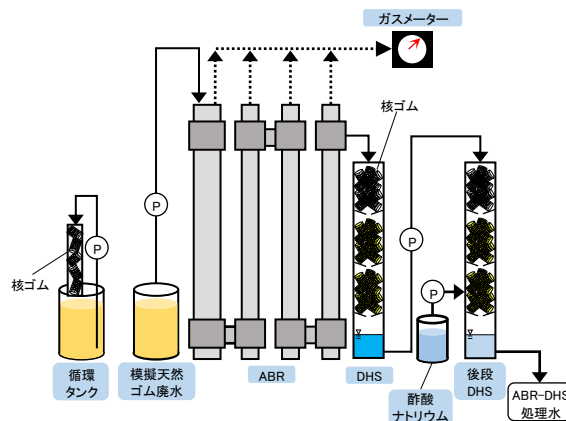


図1 廃水処理システムの概略図

能は、化学的酸素要求量（Chemical Oxygen Demand: COD）濃度の変化により評価した。

2. 2 ABR-DHS システムを用いた廃水処理実験

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。ABRは4本のPVCパイプを連結して作製し、有効容積を8.5Lとした。DHSは1本のPVCパイプにより作製し、上段に核となるゴムを7個、中・下段にポリウレタン製のスポンジを25個設置し、有効容積をスポンジ基準で0.5Lとした。

なお、ABRに関しては、35℃前後に保たれた恒温室内に設置して運転を行った。

本処理実験は、供試廃水として循環なし、閉鎖型高速循環後、閉鎖型低速循環後、開放型高速循環後の4種類を用いたため、それぞれ期間A（1~133日）、期間B（134~175日）、期間C（176~201日）、期間D（202~230日）の4つに分類される。

2. 3 窒素除去を対象とした後段処理実験

本研究では、図1に示すように ABR-DHS システムの後段に、DHS を1基追加で設置して窒素除去実験を実施した。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、上・中・下段の3段構成とした。有効容積はスポンジ基準で0.78Lとした。ABR-DHS システムによって処理された処理水をポンプアップし、後段 DHS 上部より供給した。後段 DHS の下段に炭素源となる酢酸ナトリウム水溶液（COD 濃度: 500 mg/L）を添加することにより、単槽での硝化脱窒を試みた。後段 DHS は、空気孔を3箇所設け、無曝気で運転をおこなった。

3. 実験結果および考察

3. 1 天然ゴム廃水の循環処理実験

図2に天然ゴム廃水の循環における COD 除去速度を

キーワード 天然ゴム製造工場廃水、残存ゴム分、窒素除去、ABR-DHS システム

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 TEL 0823-73-8955

示す。循環条件による COD 除去速度の比較をすると、開放型高速循環が最も高いことが判明した。また、開放型高速循環では、廃水タンク内の側面や核となるゴムを設置しているザル状のカゴに凝固したゴムが付着する様子が確認された。したがって、核となるゴムに廃水を低速で接触させるよりも、高速で循環し、接触回数を増加させる方が効率よく残存ゴム分を除去できることが示唆された。図 3 に開放型高速循環時における pH および COD 濃度の経日変化の関係を示す。循環日数の経過とともに COD 濃度は低下する一方で、pH は上昇している。また、pH が上昇した後も COD 濃度が顕著に減少していることから、廃水中の有機物の揮散よりも残存ゴム分の凝固により COD 濃度の低下が起きている可能性が高いことが考えられる。

3. 2 ABR-DHS システムを用いた廃水処理実験

ABR での除去 COD あたりのメタン転換率および COD 除去率の期間ごとの変化を図 4 に示す。循環処理を施していない廃水を用いた期間 A では 30.5%であったメタン転換率が、開放型高速循環を施すことで 54.2%まで増加した。また、ABR における COD 除去率が期間 A では 45.0%、期間 B では 61.8%、期間 C では 64.1%、期間 D では 51.4%となっており、循環処理を施した廃水を用いた方が上昇していることが判明した。

これより、前処理で除去された有機物の大部分は回収されたゴム分であり、有機物の揮散の影響は小さいと共に、前処理過程でゴム分の一部が低分子化されていることが考えられた。したがって、本研究で用いた前処理法により、ゴムの回収と低分子化を同時に行うことで、廃水処理の効率化が図れることが示唆された。

ABR-DHS システムでは、全運転期間において ABR の有機物負荷 (Organic Loading Rate: OLR) 1.32 kg-COD/(m³・日)で、システム全体の COD 除去率 96.8%を達成し、非常に高い有機物除去性能が確認された。

3. 3 窒素除去を対象とした後段処理実験

図 5 に後段 DHS における全無機態窒素濃度の変化を示す。後段 DHS では、流下距離 37 cm, 75 cm において徐々に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、硝化率は 37 cm 地点では 62.5%、75 cm 地点では 72.5%となっていた。ABR-DHS システムのみによって処理された後段 DHS の流入水に残存している全無機態窒素濃度は 220 mgN/L 以上であるのに対し、後段 DHS を経た処理水では約 20 mgN/L という結果が得られた。したがって後段 DHS システムは高い窒素除去性能を有していることが判明した。

4. まとめ

表 1 に本研究によって得られた処理水 (期間 D) と現地の排水基準値を示す。前後処理を導入した本システムにより、いずれの項目も達成可能となった。

本研究で提案した循環型前段処理法は、現状において天然ゴム廃水処理に閉鎖型嫌気性処理システムを導入するネックとなっているゴム凝固による閉塞を解決可能となる。また、後段 DHS による窒素除去は、低コストで高効率な窒素除去が可能であることから、既存のシステムとの組み合わせ導入が期待される。

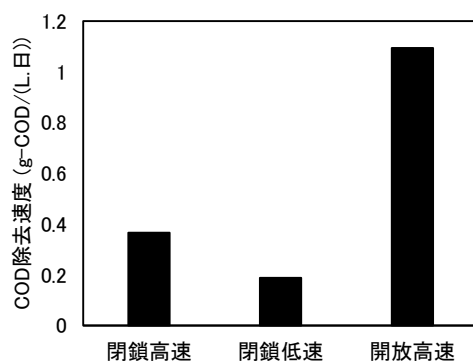


図 2 廃水循環における COD 除去速度

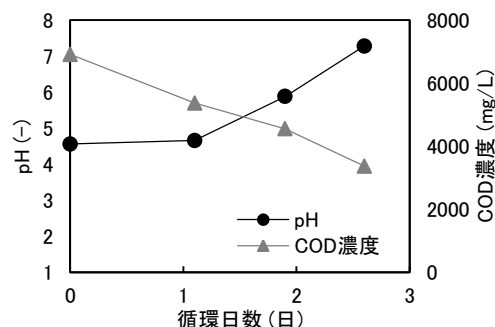


図 3 開放型高速循環による pH・COD の経日変化

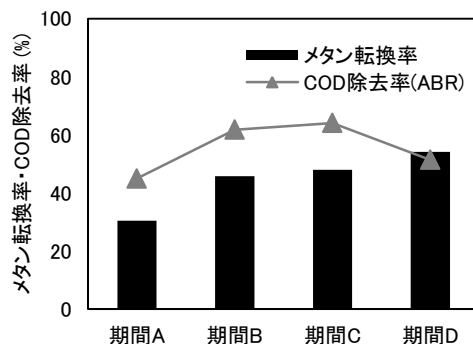


図 4 ABR での流入 COD に対するメタン転換率および COD 除去率

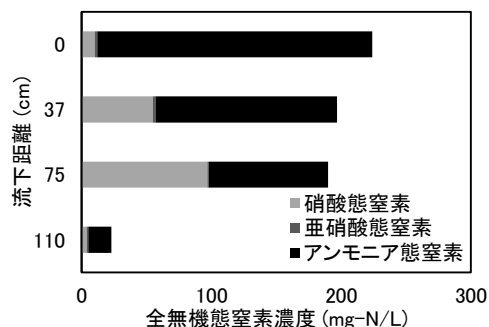


図 5 後段 DHS における全無機態窒素濃度の変化

表 1 本研究で得られた処理水と排水基準の比較

項目	単位	処理水 (期間 D)	排水基準		
			マレーシア	ベトナム(B)	タイ
pH	-	8.29	6-9	6-9	5.5-9
COD 濃度	mg/L	47	400	250	120
全窒素	mgN/L	23	300	60	100
アンモニア 態窒素	mgN/L	18	300	40	-