

ABR-DHS システムによる天然ゴム産業廃水の連続処理実験

長岡技術科学大学大学院 学生会員 ○惣中 英章

正会員 山口 隆司

正会員 幡本 将史

長岡技術科学大学 非会員 室 佳史乃

国立環境研究所 正会員 珠坪 一晃

呉工業高等専門学校 正会員 谷川 大輔

1. はじめに

天然ゴム産業は東南アジア地域における主要な農産業の一つである。一方で、当該産業から排出される廃水は残留ゴム分や有機酸、アンモニアに由来する高濃度の有機物、窒素分を含んでおり、処理が必要とされる。現状において、当該廃水の処理は開放型のラグーンシステムや活性汚泥法が主流である。しかしながら、これらの処理システムは排出基準の達成が難しいことや、メタンや亜酸化窒素など大量の温室効果ガスの排出などが問題となっているため、適切な廃水処理システムの開発が求められている。

そこで本研究では、閉鎖型の廃水処理装置である嫌気性バッフル反応器 (ABR) と、省エネルギー型の好気性生物処理システムである下降流懸垂型スポンジ (DHS) リアクターを組み合わせた ABR-DHS システムを用いて、天然ゴム産業廃水を対象とした連続処理実験を実施し、処理性能の評価を行った。

2. 実験方法および条件

2.1 ABR-DHS システムの概要

図 1 に本研究で用いた ABR-DHS システムの概略図を示す。ABR は $\phi 65$ mm の塩化ビニルパイプを連結させて作製し、リアクター容積を 6.3 L とした。ABR への植種汚泥には食品工場廃水の処理を行っていた上向流嫌気性汚泥床 (UASB) リアクターの汚泥を用いた。DHS は $\phi 65$ mm の塩化ビニルパイプを連結させて作製し、内部にはポリエチレン製のケーシングを装着させたポリウレタン製のスポンジを 20 個充填し、スポンジ容積を 0.4 L とした。ABR および DHS リアクターの水理的滞留時間をそれぞれ 3.4 日、0.2 日とした。

本システムは、東南アジア地域での運転を想定し、 30°C に設定した恒温室内に設置した。供試廃水は、既報¹⁾を参考として天然ゴムラテックス、酢酸、プロピオン酸、アンモニアを水道水で希釈することにより模擬天

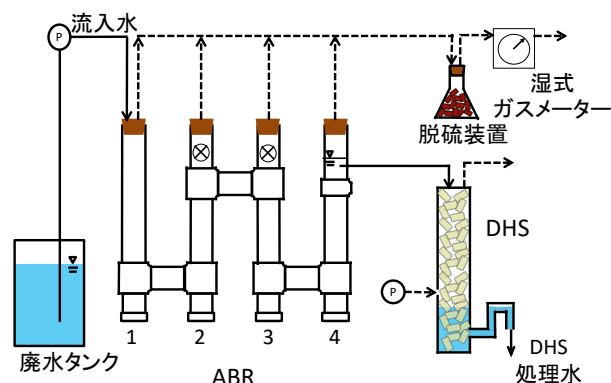


図 1 ABR-DHS システム概略図

然ゴム廃水を作製して用いた。また、本システムの立上げの際には、これを適宜希釈して供給し、段階的に負荷を上昇させた。

2.2 分析方法

週 1-2 回の頻度で試料を廃水タンク、ABR 出口、DHS 出口より採取し、水質分析を行った。ガス生成量は湿式ガスメーター (WS-1A, 株式会社シナガワ) により測定した。化学的酸素要求量 (COD) 濃度の測定は Hach 社の試薬および分析器材により行った。生成されたバイオガス組成の分析は TCD および ECD 検出器を搭載したガスクロマトグラフィ (GC-8A, SHIMADZU) により行った。ABR 保持汚泥の微生物菌叢解析には Miseq (illumina 社) を使用した。

3. 実験結果および考察

ABR-DHS システムに対する有機物負荷 (OLR) および COD 除去率の経日変化を図 2 に示す。本実験範囲における最大 OLR である $3.1 \pm 0.3 \text{ kgCOD}/(\text{m}^3 \cdot \text{day})$ の期間 (運転 147-171 日目) において、本システムは平均 COD 除去率 $98.5 \pm 2.4\%$ を達成した。

図 3 に運転 70-142 日目の ABR における COD 収支を示す。流入した COD の内、有機酸 (COD 換算) が占め

る割合と ABR 内でメタンに転換された割合は、両者ともに流入 COD の 40%程度であり、ほぼ一致している結果となった。よって、本システムを適用することで廃水中の有機酸のほぼ全量をメタンとして回収・利用可能であることが示唆された。一方で、ABR 処理後も約 40% の COD 成分が残留しており、後段の DHS に流入している事が確認された。この COD 成分は廃水中のゴム分であると考えられる。

図 4 に ABR の各コンパートメント保持汚泥のメタン生成活性試験の結果を示す。全体的な傾向として、コンパートメント 2 でメタン生成活性がピークを示した後、低下する結果となった。また、水素からのメタン生成活性は酢酸やプロピオン酸と比較して 13-45 倍の値を示しており、著しく高い傾向が確認された。

表 1 に ABR 保持汚泥の菌叢解析結果を示す。ABR 保持汚泥中には、水素資化性のメタン生成古細菌である *Methanobacterium* 属の微生物が優占しており、酢酸資化性のメタン生成古細菌である *Methanosarcina* 属の存在割合は低かった。また、プロピオン酸酸化細菌である *Syntrophobacter* 属の微生物がコンパートメント 2 以降に多く存在していることから、プロピオン酸からのメタン生成はプロピオン酸酸化細菌と水素資化性のメタン生成古細菌の共生によるものが主であることが推察された。また、*Methanobacterium* 属と *Syntrophobacter* 属のコンパートメント毎での存在比の推移を見ると、いずれもコンパートメント 2 において最大であった。これらの菌叢解析結果は、メタン生成活性試験の結果とも一致しており、天然ゴム産業廃水の嫌氣的処理過程においては、水素経路による有機酸の分解が優先しておこり、リアクターの中段部分が重要な役割を担うことが示唆された。

4. まとめ

本研究では、高濃度の有機物およびアンモニアを含む天然ゴム産業廃水を対象として ABR-DHS システムによる連続処理実験を実施した。3.1±0.3 kgCOD/(m³・day) の期間において、COD 除去率 98.5±2.4%を達成し、当該廃水に含まれる有機酸分の COD をメタンに転換し、利用可能であることが確認された。また、ABR 保持汚泥のメタン生成活性および保持汚泥の菌叢解析結果から、天然ゴム廃水中の有機酸分解に対する水素資化性メタン生成古細菌の寄与が示唆された。

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。

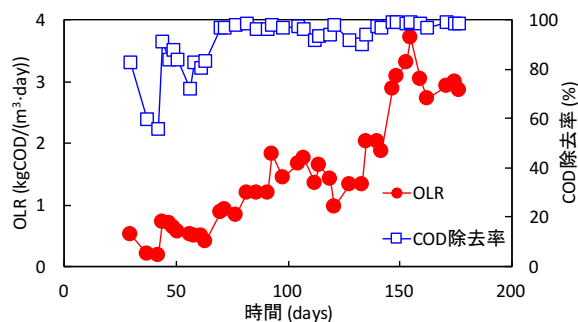


図 2 ABR-DHS システムの OLR および COD 除去率の経日変化

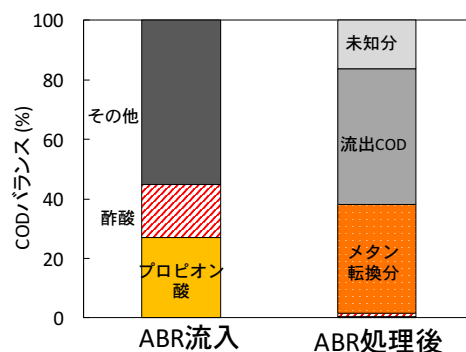


図 3 運転 70–142 日目の ABR における COD 収支

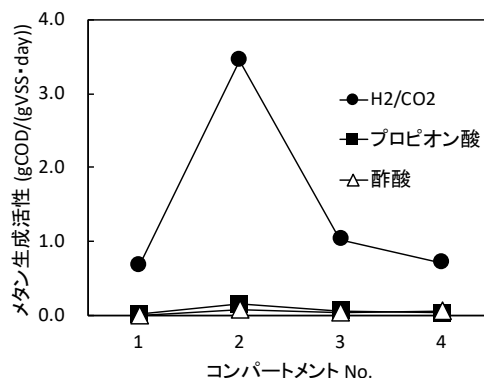


図 4 ABR 保持汚泥からのメタン生成活性

表 1 ABR 保持汚泥の菌叢解析結果

門	属	存在割合 コンパートメント No.			
		1	2	3	4
<i>Euryarchaeota</i>	<i>Methanobacterium</i>	22.3%	23.1%	16.6%	10.0%
	<i>Methanosarcina</i>	0.5%	0.6%	1.3%	1.4%
	その他	9.1%	1.1%	1.9%	1.9%
<i>Firmicutes</i>	<i>Clostridium</i>	15.2%	0.9%	1.4%	1.5%
	<i>Pelotomaculum</i>	0.0%	6.9%	8.8%	3.1%
	<i>Syntrophomonas</i>	0.4%	1.3%	1.5%	1.7%
	その他	24.3%	8.3%	9.7%	10.3%
<i>Proteobacteria</i>	<i>Bosea</i>	1.3%	0.1%	0.2%	0.3%
	<i>Microvirgula</i>	2.0%	0.5%	2.0%	2.0%
	<i>Syntrophobacter</i>	9.2%	37.1%	22.1%	18.4%
その他		15.7%	20.1%	34.4%	49.5%

参考文献

- 1) Syutsubo ら, 2015. Proceedings International Rubber Conference 2015, 498-505.