

論文内容の要旨

氏名 渡利 高大

天然ゴムは東南アジア諸国において最も重要な農産物の一つであるが、その製造工程からは有機物や窒素を多く含んだ廃水が大量に排出される。東南アジアの天然ゴム生産国では、天然ゴム製造廃水の処理法として、嫌気性池と好気性池などを組み合わせたラグーン法が広く用いられているが、広大な敷地面積、曝気電力消費、余剰汚泥の発生、嫌気性池からの悪臭 (H_2S) や温室効果ガスの大気放出といった多くの問題も抱えている。また、その処理水が、産業廃水排出基準を超えて排出される場合もあり、その改善が求められている。そこで本研究では、ベトナムの天然ゴム製造工場から排出される廃水に対し、低コストで省・創エネルギーな廃水処理システムである up-flow anaerobic sludge blanket (UASB) - downflow hanging sponge (DHS) システムを適用し、連続処理実験を行い、ベトナムにおける産業廃水排出基準の達成を目標にその処理性能を評価した。

本論文の第三章では、実験室スケール UASB-DHS システムを用いて、連続処理実験を行った。実際の天然ゴム製造工場から排出される廃水と同程度の濃度の廃水に対して、 $98.6 \pm 1.2\%$ の Total COD 除去率と $98.0 \pm 1.4\%$ の TSS 除去率を示した。UASB リアクターの前段に設置したバフルドリアクターにおいて、 $42.3 \pm 34.5\%$ の TSS 除去率を示し、天然ゴム製造工程廃水処理にあたり問題になる残留ゴムの除去に大きく貢献した。加えて、バフルドリアクター内の揮発性脂肪酸の濃度の上昇が確認され、TSS 除去だけでなく、廃水の酸生成反応が生じていた。UASB リアクターにおいて有機物容積負荷 (Organic loading rate :OLR) は $12.2 \pm 6.2 \text{ kg-COD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ で Total COD 除去率 $92.7 \pm 2.3\%$ とメタン回収率 $93.3 \pm 19.3\%$ を達成し、既報の天然ゴム製造工程製造廃水を処理する UASB リアクターと比較して、前段処理装置であるバフルドリアクターと組み合わせることにより高い処理性能を示した。

これらの結果をもとに処理装置を設計し、ベトナム南部の実際のゴム工場にパイロットスケールの UASB-DHS システムを設置した。267 日間の連続処理実験では、UASB リアクターにおいて、COD 除去率 $55.6 \pm 16.6\%$ 及び BOD 除去率 $77.8 \pm 10.3\%$ を OLR $1.7 \text{ kg-COD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ の条件下で達成した。また、従来の処理システムの 20% 程度の処理時間で同等の水質 (Total COD: $140 \pm 64 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$, Total BOD: $31 \pm 12 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, TN: $58 \pm 24 \text{ mg-N} \cdot \text{L}^{-1}$) を得ることができた。加えて、提案する廃水処理プロセスからの温室効果ガスの大気放出量を 92% 削減可能であった。

本論文の第四章では上述の 2 つの実験から、本廃水に最適な処理システムの開発を遂行するためにはさらなる後段処理が必要であることが明らかになった。そこで、省エネルギーかつ処理時間を大幅に短縮できる DHS リアクター を、天然ゴム製造工程廃水を処理する実規模嫌気性タンクの後段に設置し、その処理性能を評価するとともに、同様の廃水を処理する藻類タンクと処理性能比較を行った。DHS リアクターは、Total COD 除去率 $64 \pm 8\%$ 、TN 除去率 $58 \pm 20\%$ で藻類タンクと比較して非常に短い処理時間で、高い有機物・窒素除去能を示した。DHS 処理水質は、Total COD: $102 \pm 46 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$, Total BOD: $35 \pm$

13 mg·L⁻¹, TSS: 27 ± 26 mg·L⁻¹, TN: 57 ± 26 mg-N·L⁻¹, Ammonia: 19 ± 22 mg-N·L⁻¹ でベトナムにおける排出基準 B (Total COD: 250 mg-COD·L⁻¹, Total BOD: 50 mg·L⁻¹, TSS: 100 mg·L⁻¹, TN: 60 mg-N·L⁻¹, Ammonia: 40 mg-N·L⁻¹) を満たしていた。微生物群集解析の結果、DHS リアクターのスポンジ保持汚泥からは硝化菌・脱窒菌だけではなく、Anammox 細菌も検出されており、従属栄養細菌による窒素除去だけではなく、独立栄養細菌による窒素除去が行われている可能性が示唆された。そこで、スポンジ担体を用いたバイオリアクターによる一槽型部分硝化-Anammox プロセスの開発を試みた。人工廃水を用いた連続処理実験から、アンモニア除去率 89.8 ± 8.2%, TN 除去率 42.7 ± 16.9% を達成した。しかしながら、リアクター下部で Anammox 反応が確認されず、何らかの障害が発生していると考えられた。

以上のように本論文では、ベトナムにおける天然ゴム製造工程廃水に対して非常に有効な処理システムの確立を行うことができた。本論文の成果はベトナムに限らず天然ゴム製造が行われている東南アジア諸国にも展開できるものと期待できる。