

# 天然ゴム廃水を処理する嫌気性リアクターへの酸化鉄添加による影響評価

長岡技術科学大学大学院 学生員○重野弘行, 正会員 渡利高大,  
正会員 幡本将史, 正会員 山口隆司

## 1. はじめに

ベトナムでは天然ゴム産業が主要な農業産業の 1 つであるが<sup>1)</sup>, 製造工程で発生する天然ゴム廃水には高濃度のアンモニアや有機物, 残留ゴム粒子が含まれており, 環境汚染の原因となっている. この天然ゴム廃水処理には, 主にコストが安価で, メンテナンスが容易な開放型嫌気性池で行われている. 開放型嫌気性池には, 天然ゴム廃水中に残留するゴムが蓄積し, 清掃しやすい利点があるが, 処理時間が長く, 処理水質も低いことや廃水処理の際に発生するメタンや亜酸化窒素などの温室効果ガスを大気中に放出してしまう欠点がある.

申請者らの研究グループは, 有機物除去とメタン回収が同時に行える嫌気性プロセスである Anaerobic Baffled Reactor (ABR) を用いて天然ゴム廃水の処理をした<sup>2)</sup>. しかし, 天然ゴム廃水は高濃度のアンモニアを含むため, アンモニア阻害が発生し, 有機物の除去率が低下した<sup>3)</sup>.

近年, 導電性材料を介した直接種間電子移動 (DIET : Direct Interspecies Electron Transfer) はプロピオン酸酸化細菌とメタン生成古細菌間の電子伝達効率を高め, プロトンバランスの維持に用いるエネルギーを節約し, アンモニア阻害によって引き起こされるエネルギー不足の問題を軽減できることが報告されている<sup>4)</sup>. 導電性材料の 1 つである酸化鉄は嫌気性システムでのメタン生成を促進することが広く知られている<sup>4)</sup>. 酸化鉄の一種である  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  は比重が  $5.17 \text{ g/cm}^3$  と沈降性が良好であるため, バイオリアクターに投入した際に流出しない. また,  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  はプロピオン酸酸化細菌から二酸化炭素還元性メタン生成古細菌への DIET での代謝を強化することが報告されている<sup>5)</sup>.

他にも, 導電性材料は揮発性脂肪酸 (VFA : Volatile Fatty Acid) の急速な分解を促し, 嫌気性消化中の VFA の蓄積を抑える利点もある<sup>4)</sup>. しかし, 導電性材料が高濃度であるとメタン生成に悪影響を与える要

因となることも報告されている<sup>4)</sup>.

本研究では, 高濃度のアンモニアを含む天然ゴム廃水処理において嫌気性処理プロセスの有機物分解能の促進とアンモニア阻害を回避するために最適な  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  の添加量を調べるため嫌気性回分試験を行った.

## 2. 実験方法

嫌気性回分試験は, 720 mL バイアル瓶に窒素パージを行いながら, 模擬天然ゴム廃水と導電性材料である  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  (0 g/L, 5 g/L, 15 g/L, 20 g/L, 25 g/L), 無機栄養塩を含む培地, 還元剤, 天然ゴム廃水を処理する ABR から採取したグラニューール汚泥を加えた. 供試廃水は酢酸, プロピオン酸, ラテックス, アンモニア水を添加した模擬天然ゴム廃水を用いた.

バイアル内の COD 濃度とアンモニア濃度は, ベトナムの天然ゴム廃水と同程度にするため COD 濃度を 8000 mg/L, アンモニア濃度を 200~300 mg/L とした. 汚泥濃度は 7500 mg-VSS/L とし, pH を  $7.0 \pm 0.2$  に調整し, 35 °C の恒温槽で振とう培養を行った.

分析項目は s-COD, ガス生成量, メタンガス濃度とし, 3 日ごとに測定を行った. s-COD の測定は, ニクロム酸法及び吸光光度計 (HACH) を用いた. メタンガス濃度はガスクロマトグラフ (SHIMADZU : GC-8A) を用いて測定した.

## 3. 実験結果及び考察

図-1 に経日変化ごとの各  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  添加量の COD 値を示す. 実験開始 3 日目のバイアル内の COD 濃度は添加量 0 g/L が最も低い 2100 mg/L であったが, 6 日目に 1700 mg/L, 9 日目に 1500 mg/L と COD 濃度の減少量が低くなった. しかし, 導電性材料である  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  を加えたバイアルでは 6 日目, 9 日目でも COD 濃度の減少量が高かった. この結果, 導電性材料の添加によってアンモニア阻害の軽減もしくは, プロピオン酸の分解が促進したことが示唆された. また, 導電性材料を添加することによって VFA の蓄積を抑える利

点が結果に大きく影響した可能性がある。

最も COD 濃度が減少したのは添加量 25 g/L のバイアルで、実験開始 3 日目に 3000 mg/L であったが、実験開始 6 日目に 800 mg/L、実験開始 9 日目に 300 mg/L と COD 濃度が減少した。

この結果、COD 濃度 8000 mg/L、アンモニア濃度 200~300 mg/L の天然ゴム廃水に対し Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> は 25 g/L の添加量が適していることが示唆された。

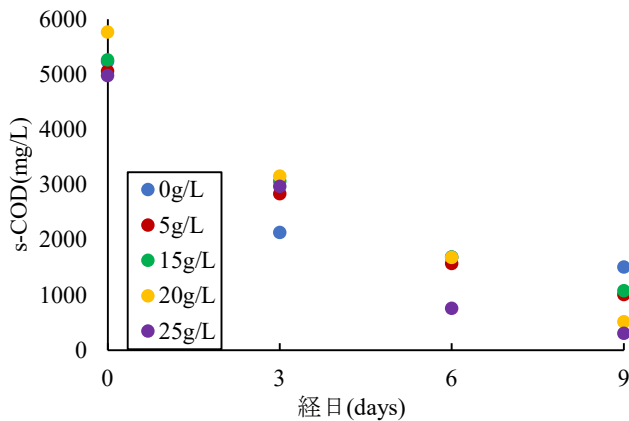


図-1 経日変化ごとの各 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 添加量の COD 値

図-2 に Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の各添加量のメタンガス発生量を示す。メタンガス量が高いのは実験開始 0~3 日目が添加量 0 g/L の 58 mL/day、3~6 日目は添加量 25 g/L の 55 mL/day、6~9 日目は添加量 20 g/L の 37 mL/day であった。図-1 よりそれぞれ COD 濃度が大きく減少した時にメタンガス量が増加していた。また、6~9 日目の添加量 0 g/L はメタンガス量が 8 mL/day と低かった。実験開始後 9 日間のメタンガス発生量の合計は 5 g/L 以外のバイアルでは 300 mL 程度で、Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> 添加によるメタンガスの発生量の促進は確認できなかった。

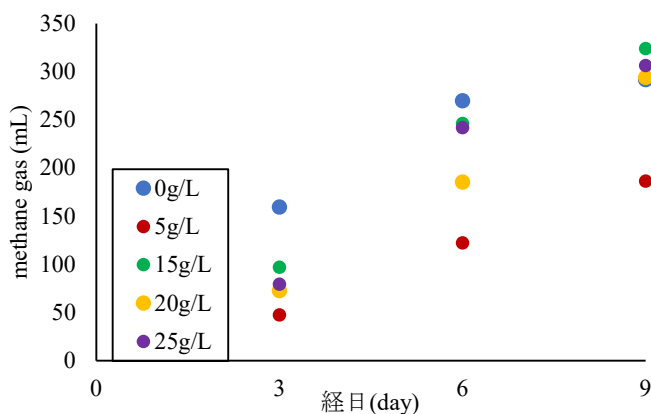


図-2 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の各添加量のメタンガス発生量

#### 4. まとめと今後の予定

- ・嫌気性回分試験から導電性材料 Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> の添加によって COD 除去率の向上が確認された。
- ・COD 濃度 8000 mg/L、アンモニア濃度 200~300 mg/L の天然ゴム廃水に対し Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> は 25 g/L の添加量が適していることが示唆された。
- ・今後は ABR を用いた連続処理実験を行い、導電性材料添加による有機物除去性能向上効果について検証を行う。

#### 謝辞

本研究は、JST 持続可能開発目標達成支援事業「持続可能な天然ゴムエコシステムの社会実装拡大に向けた技術開発と新産業の創出」の一環で行いました。

#### 参考文献

- 1) Daisuke Tanikawa et al, Evaluation of key factors for residual rubber coagulation in natural rubber processing wastewater, Journal of Water Process Engineering, Volume 33, 101041 (2020).
- 2) Phuong Thao Tran et al, Anaerobic Baffled Reactor in Treatment of Natural Rubber Processing Wastewater: Reactor Performance and Analysis of Microbial Community, Journal of Water and Environment Technology, Volume 15, Pages 241-251 (2017).
- 3) Daisuke Tanikawa et al, Pre-treatment and post-treatment systems for enhancing natural rubber industrial wastewater treatment, Process Safety and Environmental Protection, Volume 138, Pages 256-262 (2020).
- 4) Qidong Yin et al, Inhibition mitigation of Methanogenesis processes by conductive materials: A critical review, Bioresource Technology, Volume 317, 123977 (2020).
- 5) Carolina Cruz Viggli et al, Magnetite Particles Triggering a Faster and More Robust Syntrophic Pathway of Methanogenic Propionate Degradation, Environmental Science & Technology, 5016789 (2014).