

インドネシアにおける魚加工工場廃水を対象としたパイロットスケール ABR の処理性能評価

長岡技術科学大学大学院 ○ 正会員 渡利高大, 学生会員 平片悠河, 正会員 幡本将史, 正会員 山口隆司
(株)日水コン 今田俊彦, (株)西原ネオ 松崎賢司, PT Hosana Tan Hendra Kurinawan

1. 研究背景

魚加工工場から排出される廃水は非常に高濃度の有機物やアンモニアを含有しており、適切な処理が求められている。しかしながら、インドネシアをはじめとした東南アジア諸国では、これら廃水は不完全な処理あるいは未処理のまま環境中へ排出されており、大きな環境問題となっている。また、高濃度の廃水を処理する廃水処理システムの運転には知識や経験が必要であり、より簡素で高い処理性能を有するシステムの開発が必要である。本研究では、複数の反応槽を設け、廃水が上下に移動することでスカムや油分の除去が可能かつ酸生成とメタン発酵プロセスを分離可能で高濃度の廃水が処理可能な anaerobic baffled reactor (ABR) とその好気性後段処理プロセスである swim bed tank (SBT) システムをインドネシアの現地工場へ設置し、その処理性能を評価した。加えて 16S rRNA 遺伝子に基づいた ABR 槽内の微生物群集構造解析を行い、特徴的な微生物種について調査した。

2. 実験方法

2.1 供試廃水とパイロットスケール ABR-SBT システム

実験で使用した廃水は、インドネシアの魚加工工場から排出された廃水を用いた。廃水量は工場の運転状況によって異なっていたため、廃水が排出された時のみ供給した。(Phase 1: 21 回; Phase 2: 8 回)。図 1 にパイロットスケール

ABR-SBT システムの概略図を示す。ABR は 12 個の反応槽から形成され、それぞれの容積は 18 m^3 とした (全容積: 216 m^3)。ABR の後段処理として SBT を設置した (容積: 16 m^3)。アルカリ度の削減やグラニュー汚泥の形成を目的として、ABR 処理水を 7 槽目へ返送した。Phase 1 では、ABR の水理学的滞留時間を 350 時間、処理水循環を行う流量を $3.0 \text{ m}^3 \cdot \text{day}^{-1}$ で運転した。Phase 2 では、処理水循環を行う流量を $1.8 \text{ m}^3 \cdot \text{day}^{-1}$ に低下させた。SBT へは、ブローアーによって $2.0 \text{ m}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ の空気を供給した。

2.2 水質分析

水質分析用のサンプルは、流入水 (Inf), ABR 流出水 (ABR eff), 最終処理水 (Final eff) から採取した (図 1)。分析項目は、pH, Total COD, TSS, Ammonia とし、現地で測定を行った。また、ABR 槽内での有機物分解について把握するため、各槽の下部からサンプルを採取し、遠心分離で汚泥を除いた後、Soluble COD と揮発性脂肪酸 (VFA) を測定した。

2.3 微生物群集構造解析

運転 66 日目に ABR 槽内から汚泥を採取し、微生物群集構造解析を行った。抽出 DNA を鋳型として、原核生物の 16S rRNA 遺伝子を対象とした Univ341F-Univ806R プライマーセットを用いて PCR 反応を行った。PCR 増幅産物は精製後、次世代シーケンサー MiSeq (Illumina) により遺伝子配列を決定した。

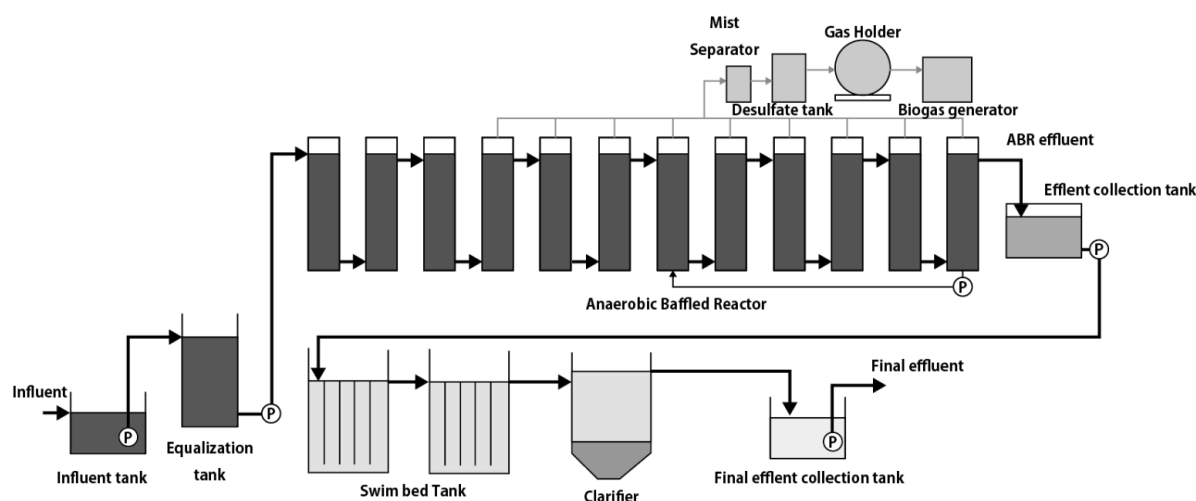


図1 パイロットスケール ABR-swim bed tank システムの概略図

キーワード 魚加工工場廃水, ABR, 嫌気性処理

連絡先

〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 環境社会基盤工学専攻 TEL 0258-47-9612

3. 実験結果及び考察

図2に Total COD 濃度の経日変化を示す。全運転期間における流入水の COD は、 $29,080 \pm 18,060 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。運転開始後1ヶ月以降から運転条件を変更する運転開始後64日目までの間 (Phase 1) での ABR の COD 除去率は、 $\text{OLR: } 2.1 \pm 1.3 \text{ kg-COD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ の条件下で $93.8 \pm 3.5\%$ であった。そのため、ABR にてほとんどの有機物が分解されていた。Phase 1 における ABR 処理水の COD は、 $1,035 \pm 480 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。後段処理プロセスである SBT における COD 除去率は、 $70.0 \pm 16.0\%$ で最終処理水の COD は、 $252 \pm 59 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。システム全体での COD 除去率は、 $98.5 \pm 0.6\%$ であった。

Phase2 における ABR の COD 除去率は、 $92.1 \pm 17.1\%$ であった。ABR 処理水の COD は、Phase 1 と比べ向上し、 $820 \pm 520 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。処理水質の向上の要因としては、Phase 1 と比べ廃水の投入回数が半分以下になったこと、ABR 槽内の線流速を低下させたことによってグラニュレーションに最適な線流速の範囲となり、また、汚泥との接触時間が増えたためと考えられる。Phase 2 におけるシステム全体の COD 除去率は、 $95.2 \pm 17.6\%$ で最終処理水の COD 濃度は、 $290 \pm 170 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。

図3に運転開始66日目の ABR 槽内の VFA 濃度を示す。ABR 槽内の Soluble COD は3槽目まで増加し、 $8,350 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。そのため、ABR の1槽目から3槽目の間で固形性の有機物が、分解し可溶化が起きたと考えられる。特に3槽目では、酢酸及びプロピオン酸の濃度が高く、それぞれ $3,162 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ と $838 \text{ mg-COD} \cdot \text{L}^{-1}$ であった。そのため、ABR の前半の槽は、酸生成槽として機能していた。処理水循環を行っていた7槽目以降では、溶解性 COD の減少は大きく確認できなかったが、酢酸やプロピオン酸などの VFA 濃度は減少していたため、分解されたと考えられる。

ABR1 槽目、2槽目では、*Firmicutes* 門と *Actinobacteria* 門が優占していた (図4)。この門に属する微生物は、有機物の可溶化や低分子化に関わる微生物が多く報告されている。可溶化された有機物を脂肪酸に酸化する細菌やその脂肪酸を分解する脂肪酸酸化細菌の *Syntrophomonas* sp., *Syntrophobacter* sp. や *Syntrophus* sp. は5槽目以降の槽内で多く検出されていた。メタン生成を担う *Euryarchaeota* 門は、ABR3 槽目以降で多く検出され、最も優占したメタン生成古細菌は、酢酸資化性である *Methanosarcina* sp. であり次に、*Methanosaeta* sp. が優占していた。

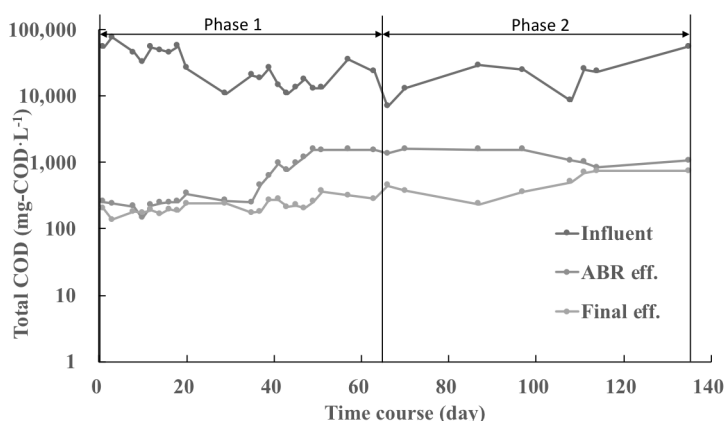


図2 Total COD 濃度の経日変化

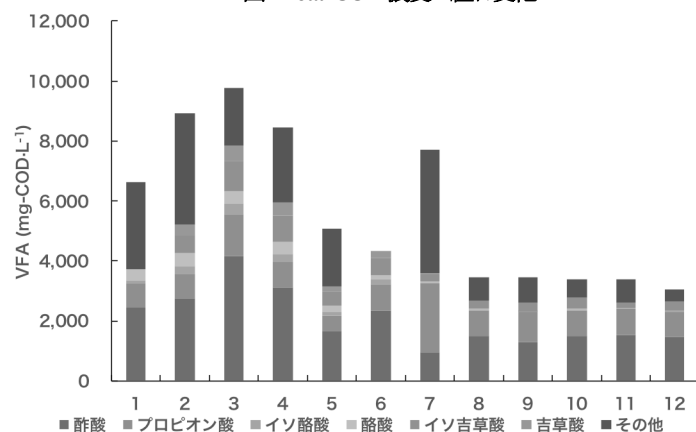


図3 運転66日目の ABR 槽内の VFA 濃度

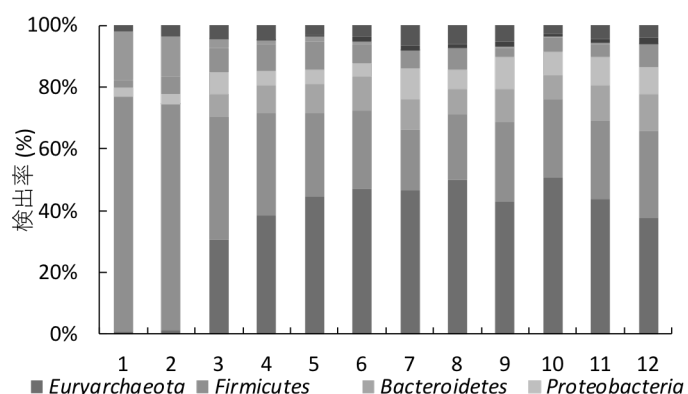


図4 運転66日目の ABR 槽内の微生物群集構造

4. まとめ

本研究では、インドネシアの実魚加工工場にパイロットスケール ABR-SBT システムを設置し、連続処理実験を行った。システムは、廃水の供給が安定しない条件下で高い処理性能を示した。運転66日目に行った ABR 槽内の VFA 分析及び微生物群集構造解析の結果から、ABR 槽内の前半部分で、有機物の可溶化が行われており、後半部分でメタン生成が行われていた。以上のことから、本システムは高濃度の有機物を含み廃水量が安定しない魚加工工場からの廃水に有効であった。

謝辞

本研究は、環境省の助成を受け遂行いたしました。