

嫌気性バッフル反応器による糖蜜廃水の処理性能

呉工業高等専門学校専攻科 学生会員 ○妹尾 将吾
呉工業高等専門学校 正会員 谷川 大輔

1. はじめに

製糖工場やアルコール製造工場から大量に排出される高濃度有機性廃水（糖蜜廃水）は、その一次処理として嫌気性生物処理が広く用いられている。しかしながら、糖蜜に含まれる高濃度の硫酸塩が嫌気性環境下で硫化物へと還元され、嫌気性菌へ阻害影響を及ぼすことが課題となっている。また、発展途上国においては経済的に困難な事情から、依然として未処理、もしくは大気中へのメタン放出や劣悪な処理効率が問題となる嫌気性ラグーン処理が用いられている。一方で、嫌気性バッフル反応器（Anaerobic Baffled Reactor : ABR）は、複数の槽で構成されることで菌叢が分離できることや、構造がシンプルで操作が容易なことから、高い経済性で良好な処理が可能となる。また、生成する硫化水素を回収・除去することで、嫌気性菌の有機物分解効率の向上およびバイオガスのエネルギー利用への寄与が期待できる。そこで、本研究では ABR と生物脱硫一体型の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 システムの糖蜜廃水へ適用し、連続処理実験を実施した。

2. 実験方法

本研究で用いた ABR-DHS システムの装置概要を図-1 に示す。ABR は 2 つのコンパートメントで構成し、有効容積を 3.85L、水理学的滞留時間（Hydraulic Retention Time: HRT）を 2.3 日とした。DHS リアクターは、有機物除去を目的とした下段と脱硫を目的とした上段で構成し、それぞれ有効容積を 0.46L、0.23L、HRT を 0.3 日、0.46 日とした。システム全体は 30℃に設定した恒温室内に設置した。ABR 槽内には循環型魚類飼育システム内で発生した余剰汚泥を植種していたが、後半で食品工場廃水を処理していたグラニューール汚泥を再植種した。下段 DHS 処理水の一部は上段の生物脱硫装置の上部へ返送し（返送比: 0.3）、ABR から生成したバイオガスを下部から吹き込んだ。生物脱硫装置の処理水は DHS 下段へ流入させた。また、流入廃水のアルカリ度調整を目的とし、廃水中に NaHCO_3 を 1g/L 供給して運転を行った。本研究で用いた糖蜜の組成を表-1 に示す。供試廃水として、糖蜜を水道水によって希釈した模擬糖蜜廃水を用いた。希釈倍率は処理状況が安定した際に変更し、有機物負荷（Organic Loading Rate: OLR）を段階的に上昇させ

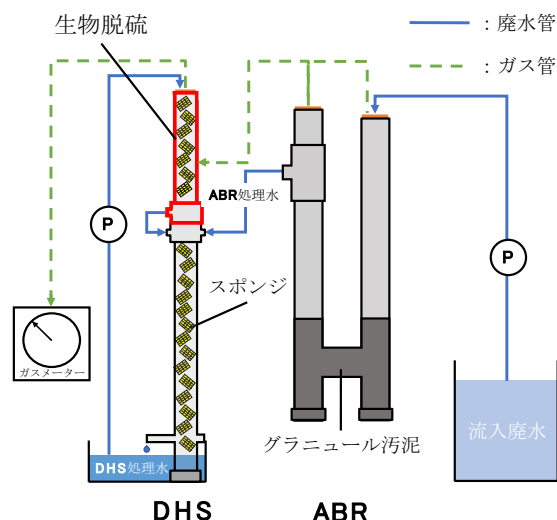


図-1 ABR-DHS システム概要

表-1 糖蜜組成

組成	濃度
COD	880000 mg/L
TN	5500 mg/L
PO_4^{3-}	549 mgP/L
SO_4^{2-}	6800 mgS/L
NH_4	100 mgN/L

て処理実験を行った。

3. 実験結果および考察

3.1 ABR-DHS システムによる糖蜜廃水処理特性

図-2 に ABR とシステム全体の COD 除去率および OLR の経日変化を示す。植種汚泥として循環型魚類飼育システム内で発生した余剰汚泥を用いて処理実験を行ったところ、COD 除去率が向上せず、OLR の負荷が増加させられなかったため、開始 58 日目でグラニューール汚泥を 2L 投入して運転を再開させた。初期の植種汚泥において OLR の上昇が困難であった原因として、汚泥濃度が低濃度であったこと、好気性汚泥でありメタン生成に優れた菌種が汚泥内に限定されていたことなどが考えられる。グラニューール汚泥植種後は処理が安定し、 $\text{OLR} 2.18\text{kg-COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{day})$ まで徐々に上昇させることができた。しかしながら、一週間で OLR を $2.18\text{kg-COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{日})$ から $2.83\text{kg-COD}/(\text{m}^3 \cdot \text{日})$ まで増加させたところ、ABR の

COD 除去率が 58%まで急激に低下した。そこで、処理性能の安定化を図るため、OLR を 2.02 kg-COD/(m³・日)まで低下させて運転したところ、1 週間程度で ABR における COD 除去率が 80%まで回復した。このことから、ABR は急激な負荷変動に対して高い耐性を有することが確認された。その後、徐々に OLR を増加させていったところ、最大 OLR は 2.87kg-COD/(m³・日)、その際の平均 COD 除去率は ABR で 84.7%、システム全体では 90.6%と、良好な処理状況が確認された。図-3 に運転 116~137 日目の ABR における COD 収支の結果を示す。同期間は ABR に供給した廃水の COD の内、87.2%が除去されており、67.6%がメタンガスへと転換されていることが確認された。残りの 19.6%が未知分となっているが、これは菌体増殖による有機物の消費やリアクター内への有機物の蓄積、生成した硫化物由来の COD であることが考えられる。本システムでは現段階で 67.6%と高いメタン資源が回収されており、優れた資源回収性能を有することが示唆された。

3.3 脱硫 DHS による硫化水素除去性能

図-4 に運転 119~171 日目における脱硫前後の硫化水素濃度を示す。同期間内では 135 日目を除いて 2400ppm 以上の高濃度の硫化水素が発生していることが確認された。運転 119 日目において脱硫後の硫化水素濃度が 1250ppm となっているが、この要因としては前述した ABR 処理性能の悪化により、DHS 処理水の COD 濃度高騰による影響であると考えられる。したがって、脱硫性能は ABR-DHS システムの処理性能に影響を受けることが確認された。一方で、それ以降の期間では脱硫後の硫化水素濃度は 300ppm 程度まで除去されており、89.8±8.4%の硫化水素除去率を達成した。しかしながら、バイオガスを資源として利用する際には、硫化水素濃度を 2~20ppm まで低減させる必要である。したがって、DHS 処理水の循環比を上げるなどにより、脱硫性能の向上を図る必要があることが考えられた。一方、本脱硫システムを従来の乾式脱硫と組み合わせた場合、乾式脱硫のコストを大幅に削減可能であることが示唆された。

4. まとめ

本研究において得られた知見を以下に示す。

- 1) 本実験期間ににおいて、最大 OLR は 2.87kg-COD/(m³・日)、その際の平均 COD 除去率は ABR で 84.7%、システム全体で 90.6%と安定した有機物除去性能が確認された。
- 2) 運転期間 116~137 日目における ABR の COD 収支において、メタン転換率 67.6%を達成したことから優れた資源回収性能を有することが確認された。
- 3) ABR の処理過程で生成する高濃度の硫化水素

△COD除去率 (ABR) ●COD除去率 (ABR+DHS) ◆OLR

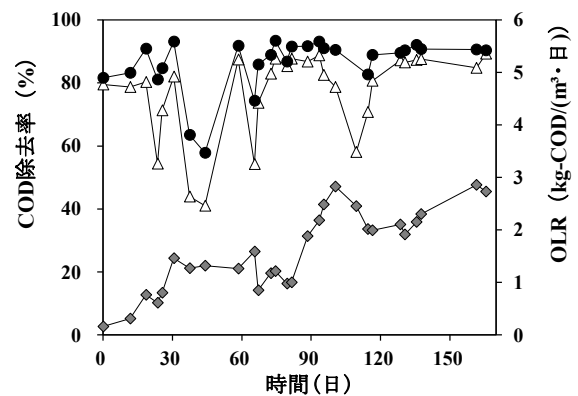


図-2 OLR と COD 除去率の経日変化

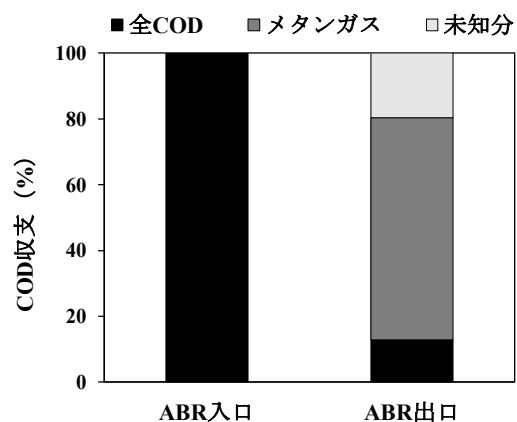


図-3 運転 116~135 日の COD 収支

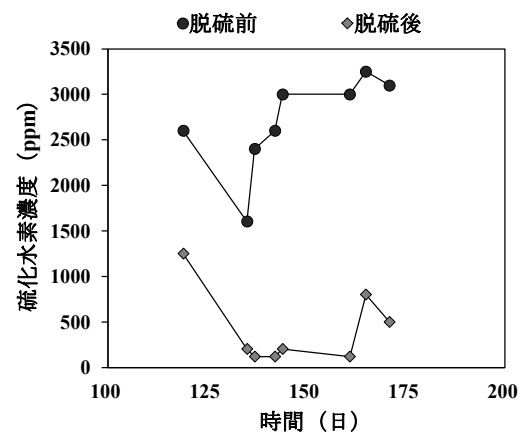


図-4 運転 119~171 日目における脱硫前後の硫化水素濃度

は脱硫 DHS によって除去率 89.8±8.4%を達成したことから、乾式脱硫と組み合わせることで大幅なコスト削減に寄与することが示唆された。

以上の結果より、ABR-DHS システムの良好な処理状況が確認された。