

イソプロパノール(IPA)と硫酸塩を含む電子産業排水のメタン発酵処理のスタートアップ

岐阜工業高等専門学校 (学) 大石裕翔、(正) 角野晴彦、国立環境研究所 (正) 珠坪一晃

1. はじめに

近年、電子産業は急速に拡大しており、多種多様な排水が排出されている¹⁾。高濃度のIPA (Isopropyl Alcohol) 排水は、そのひとつである。本研究は、このIPA排水を処理対象とし、省・創エネのメタン発酵法で代表的なUASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) リアクターによって連続処理する。高濃度のIPA排水を処理するため、別工程の低有機物濃度で硫酸塩を含有する排水で希釈する。IPAと硫酸塩を含む排水の嫌気性処理の報告は、現在ない。

2. 実験方法

(1) UASBリアクター

本研究で用いるUASBリアクターの概要は、直径8.0 cmの円柱状のカラム部とGSS (Gas Solid Separator) 部により構成されており、全高150 cm、水容積8.0 Lである。リアクター温度は、35~37°Cとした。排水は、リアクター下部から供給され、上昇流により汚泥床を通過し、GSSで処理水とバイオガスに分離される。植種は、5年以上保管された2種類の食品系グラニューール汚泥である。この汚泥はIPAを処理歴がないと推測される。

(2) 連続処理

排水は、実排水を模擬した人工排水とした (出典非公開)。人工排水は、有機物として IPA 2500 mg-COD/L、酵母エキス 250 mg-COD/L、硫酸塩 300 mg-S/L、カルシウム 150 mg/L 等を含ませた。また、重曹 0.5~1.0 g/L の割合で添加し、処理水の pH を 7.5 以上とした。COD 容積負荷は 5 kg/m³/day、HRT は 12 h とした。

(3) 回分供給

硫酸塩還元の影響を調査するために、回分的な排水供給実験 (回分供給) をした。ここで供給した排水は、連続処理の排水から硫酸塩を除いた。

3. 実験結果と考察

(1) 連続処理

Fig. 1 (a) (b) は、排水と処理水のCOD経日変化を示す。CODは、COD_{Cr}の分析値に一部、IPA、アセトン、酢酸の値をプロットした。Fig. 1 (c) に排水と処理水の硫酸塩の経日変化を示す。Fig. 1 (d) にCOD回収率

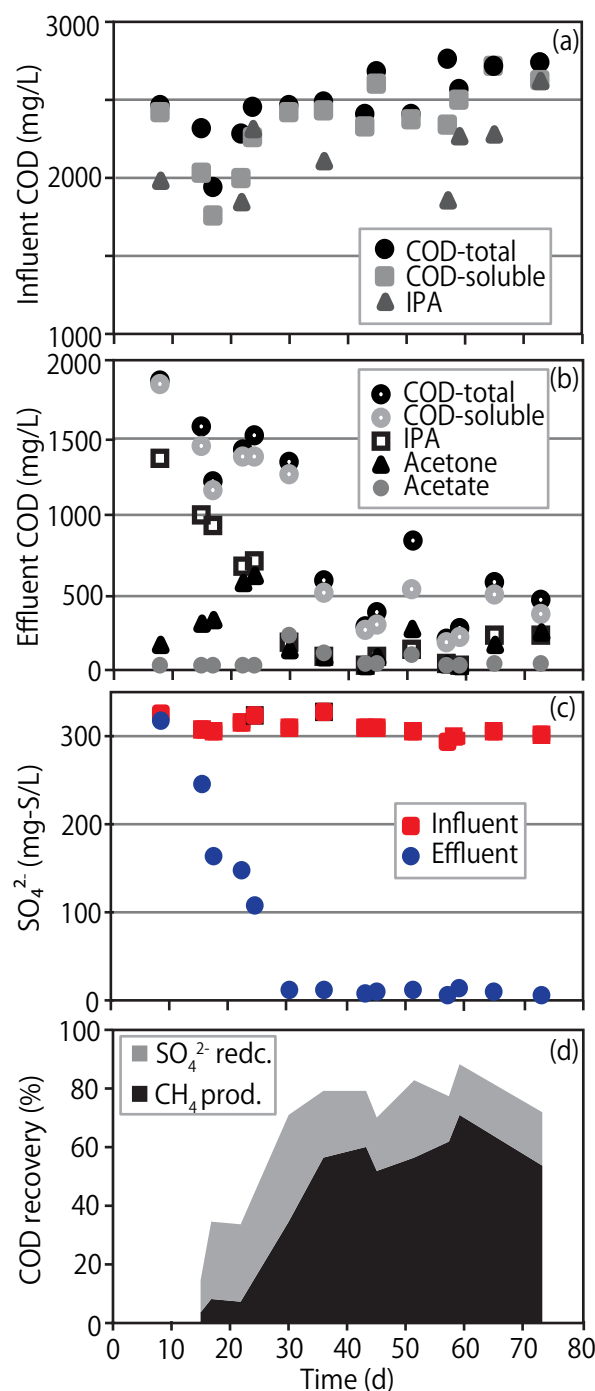


Fig. 1 Reactor performance.

の経日変化を示す。メタン生成によるCOD回収率は生成ガス量と組成より、硫酸塩還元によるCOD回収率は硫酸塩1g-Sの還元 (減少) 当たり2 g-COD処理されたという考え方より、算出した。

全期間における排水の平均は、全COD 2467 mg/L、硫酸塩305 mg-S/Lであった。全CODの分析日の一部で、IPAを分析したところ、排水のIPAは1716~2612

mg/Lであった。

8～30日目における処理水について述べる。8～30日目における全CODは、1296～816 mg/Lまで減少傾向であった。これに対し、IPAは1328～146 mg/Lまで減少傾向であり、減少傾向は全CODのそれより大きかった。アセトンは8～24日目において138～582 mg/Lまで増加し、30日目において101 mg/Lに減少した。30日目では、初めて酢酸190 mg/Lが検出された。この期間において、硫酸塩は、運転日数の経過に伴い減少し、30日目では9 mg-S/Lであった。

36～73日目における処理水について述べる。全CODは、172～860 mg/Lの間で変動した。51日目を除き、溶解性CODはこの変動に伴っており、固形性CODが全CODの変動にほとんど影響していなかった。IPA、アセトン、酢酸は検出されると、全CODが400 mg/Lを超える。ここでの濃度は、IPAは64～197 mg/L、アセトンは58～239 mg/L、酢酸は10～82 mg/Lであり、その検出傾向は掴めなかった。この期間において、硫酸塩は、常に10 mg-S/L以下であった。

IPAの嫌気性代謝経路は、①IPAからアセトン生成、②アセトンから酢酸生成、③酢酸からメタン生成となる¹⁾。①を担う菌は、水素資化性メタン生成古細菌が多い¹⁾。②を担う菌は特定されていないが、③を担う菌は既知の通りである¹⁾。この代謝経路のどこかに硫酸塩還元細菌が寄与していると考えられる。②と硫酸塩還元を担う菌を特定できないが、その他の菌は一般的なグラニュール汚泥に含まれている。本実験では、IPA排水のメタン発酵処理は概ね順調なスタートアップを見せた。よって、②を担う菌も一般的なグラニュール汚泥に含まれていたと考えられる。ただし、運転開始後2ヶ月経過しても、処理は完全に安定しなかった。

COD回収率について述べる。30日目まで、メタン生成が3～34%、硫酸塩還元が11～36%であり、硫酸塩還元による有機物除去への寄与が高かった。ただし、硫酸塩還元は不完全酸化型の反応も含まれており、IPAの完全酸化を示していない。36日目以降は比較的安定しており、平均でメタン生成が59%、硫酸塩還元が20%となった。硫酸塩還元は有機物除去に影響を及ぼしており、次の回分供給で詳細を評価した。

(2) 回分供給

Fig. 2 (a) は連続処理の73日目、Fig. 2 (b) は硫酸

塩を除いた排水による回分供給(79日目)におけるリアクター基軸方向の水質プロファイルを示す。Fig. 2 (a) について述べる。高さ20 cmで、IPAがほぼ分解されており、溶解性COD 730 mg/Lのうちアセトンが667 mg/Lであった。高さ40 cmで、溶解性COD、IPA、アセトン、酢酸は、470、57、273、20 mg/Lであった。これよりGSSまで、CODに大きな変化はなかった。硫酸塩は、排水～高さ60 cmにかけて297～23 mg-S/Lと減少した。よって、硫酸塩還元は、IPAが無機化するまで全ての経路に寄与している可能性がある。

これに対しFig. 2 (b) の溶解性CODは、排水～高さ20 cmで2415～420 mg/Lと著しく減少し、高さ60 cmで64 mg/Lとなった。硫酸塩還元なしで、メタン発酵処理のみでFig. 2 (a) よりも高い水質が得られた。よって、硫酸塩還元が、CODで約500 mg/L以下の低濃度域のメタン発酵に悪影響を与えていた。これは36日目以降の不安定な処理の理由にもなりうる。

4. おわりに

一般的なグラニュール汚泥を植種した UASB リアクターによって、IPA と硫酸塩を含む人工排水を処理した。概ね順調に IPA のメタン発酵処理がスタートアップすると同時に、硫酸塩還元も進んだ。ただし、硫酸塩還元が、COD で約 500 mg/L 以下の低濃度域のメタン発酵に悪影響を与えていた。

参考文献 1) 段下 剛志、長岡技術科学大学博士論文、2019

謝辞 本研究は、JSPS 科学研究費、(公財)小川科学技術財団の助成を受け、また国立環境研究所の安全確保研究プログラム「地域の水環境保全に向けた水質改善・評価手法の開発プロジェクト」の一部として実施しました。

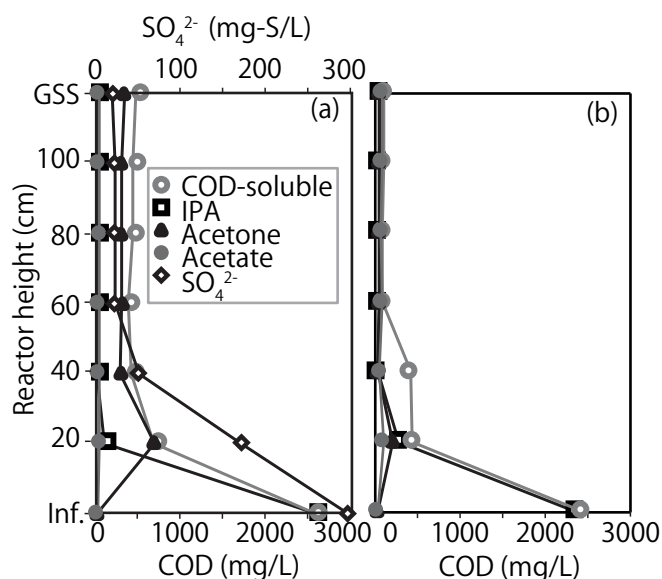


Fig. 2 Water quality profiles along the reactor height in the UASB reactor with (a)continuous feeding exp., (b)batch feeding exp.