

中温 UASB を用いた 2-プロパノールと硫酸塩を含む電子産業排水処理の最適化

岐阜工業高等専門学校 大石裕翔（学）、加藤博士、角野晴彦（正）
阿南工業高等専門学校 川上周司（正）、国立環境研究所 珠坪一晃（正）

1. 目 的

電子産業の発展に伴い、電子産業排水は増加する。高濃度の 2-プロパノール (IPA) 廃液はその一種である。IPA 廃液の適切な処理方法は、省・創エネ、廃棄物削減の観点から、メタン発酵処理である。本研究では高濃度の IPA 廃液を別工程の硫酸塩含有排水で希釈して処理すると想定する。本研究では、IPA と硫酸塩を含む排水の COD 濃度と HRT を変更し、UASB の最適な処理条件について検討する。

2. 実験方法

(1) 連続処理

本研究で用いた UASB は、高さ 118 cm、水容積 8.0 L、処理温度 31~34℃であった。植種は、硫酸塩を含む IPA 排水の処理歴を持つ、約 8 ヶ月間保管した汚泥を用いた。表 1 に運転条件を示す。IPA のメタン発酵処理における代謝経路は、IPA、アセトン、酢酸・水素、メタンの段階を経る¹⁾。72 日目まではスタートアップ期間の短縮を意図して、主基質に IPA、副基質に IPA の中間代謝物であるアセトンと酢酸を添加した。その後、主基質を IPA のみとし、連続処理を行った。全期間に共通して補助基質に酵母エキス 250 mg-COD/L、電子産業に特徴的な硫酸塩 300 mg-S/L となるように添加した。

(2) 活性試験

メタン生成活性試験と硫酸塩還元活性試験を行った。試験温度は 35℃である。

(3) FISH (Fluorescence in situ hybridization)

プローブは、古細菌に ARC915、細菌に EUB338 を用いた。細胞数は、顕微鏡観察画像を取得し、目視で数えた。微生物割合は、FISH 観察視野の細胞数を

DAPI 観察視野の細胞数で除して算出した。

(4) 回分供給

回分供給は、306 日目に硫酸塩を除いた排水で、UASB 高さ方向の水質を分析した。比較系として、連続処理時の通常排水で同じ分析をした。

3. 実験結果

(1) 連続処理

図 1 に (a) 処理水 COD と OLR、(b) 硫酸塩の経日変化を示す。期間 I では、35 日目以降、全 COD 除去率と硫酸塩還元率が 90%以上で推移した。

期間 II で副基質を除いた IPA 5,000 mg-COD/L の排水に変更したところ、77、83 日目で、全 COD 除去率が 90%以上となった。対して中間代謝物を無添加の比較系 UASB では、全 COD 除去率が約 50%だった²⁾。よって、中間代謝物の添加はスタートアップに効果があった。その後 39 日間の停止期間を経て、運転を再開すると、COD 除去および硫酸塩還元は低下し、処理水にアセトンの蓄積も見られた。その後、COD 除去と硫酸塩還元の回復は、約 3 週間を

表 1 運転条件

Item	Day	I ~72	II ~204	III ~264	IV ~317	V ~370
COD (mg-COD/L)						
IPA		2,500	5,000	10,000	10,000	5,000
Acetone		1,250	-	-	-	-
Acetate		1,250	-	-	-	-
Yeast Extract		250	250	250	250	250
Sulfate (mg-S/L)		300	300	300	300	300
HRT (h)		24	24	24	16	8
OLR (kg-COD/m ³ /d)		5.0	5.0	10.0	15.0	15.0
SLR (kg-S/m ³ /d)		0.3	0.3	0.3	0.45	0.9
COD/S		17.5	17.5	33.3	33.3	17.5

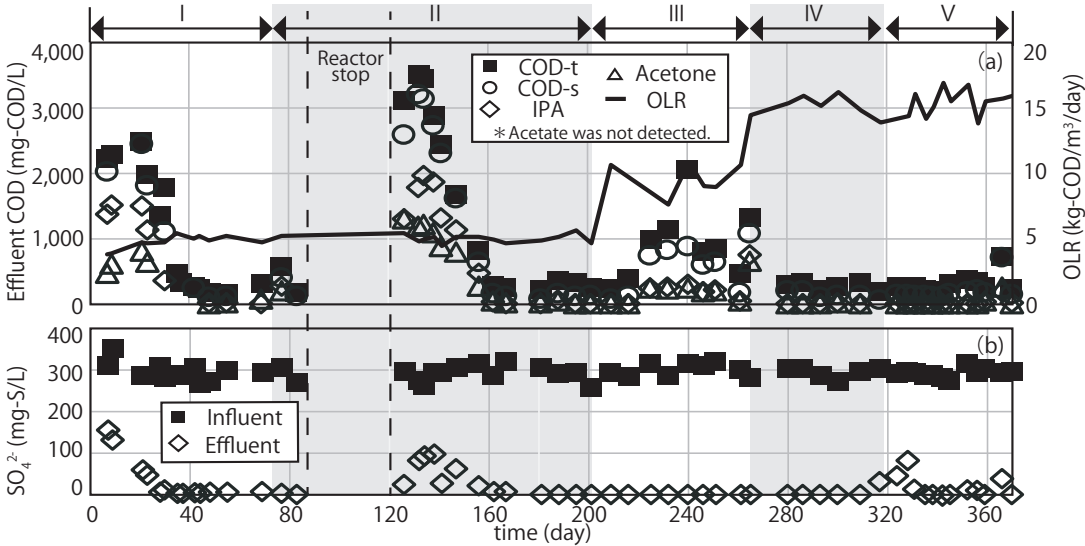


図 1 (a) 処理水 COD と OLR、(b) 硫酸塩の経日変化

要した。

期間Ⅲで IPA 10,000 mg-COD/L に変更し、OLR 10.0 kg-COD/m³/day で運転した。225～251 日目、溶解 COD、IPA、アセトンが定常的に残存し、平均 733、237、214 mg-COD/L であったが、261 日目、98、47、37 mg-COD/L と減少したため、期間Ⅳへ移行した。

期間Ⅳで HRT を 16 h、OLR 15.0 kg-COD/m³/day で運転すると、初めの 1 点を除き、280～317 日目、全 COD の平均が 266 mg-COD/L となった。同期間で硫酸塩は完全に還元された。期間Ⅴで OLR は変更せず、IPA 5,000 mg-COD/L、HRT 8 h、SLR 0.9 kg-S/m³/day に変更すると、366 日目を除き、全 COD の平均が 249 mg-COD/L となった。期間Ⅳと期間Ⅴで残存した COD に大きな差はなかった。硫酸塩還元は、SLR が 2 倍になることで、2 週間低下した。また、硫酸塩はスタートアップと期間Ⅱの運転停止後 39 日間、352、356、366 日目まで完全に除去されなかった。

(2) 活性試験

図 2 に (a) メタン生成、(b) 硫酸塩還元の活性を示す。メタン生成活性について説明する。期間Ⅰの 40 日目の活性は、IPA 基質、アセトン基質、酢酸基質で、それぞれ中間代謝物を無添加の比較系 UASB¹⁾の 10.7、4.1、3.5 倍となった。よって、中間代謝物はアセトンと酢酸のみならず、大元の IPA への活性向上の効果も示した。期間Ⅱの 183 日目のアセトン基質の活性は 40 日目の約 1/4 となった。対して IPA、酢酸の活性は上昇した。連続処理ではアセトンの蓄積も確認できた。よって、アセトン基質のみが運転停止の影響を受けた。期間Ⅳの 315 日目の活性は、40 日目と比較すると、OLR の増加に伴い全ての基質で増加した。183 日目に低い値であったアセトン基質の活性は回復した。

硫酸塩還元活性は、IPA と水素に認められた。硫酸塩還元細菌が利用すると報告²⁾されていたアセトンの活性は認められなかった。

(3) FISH

植種、40、183 日目における保持汚泥の古細菌は 67.4±1.1% となり、183 日目まで大きく変化しなかった。細菌は、植種の 12.6% から 183 日目まで 19.5% となった。食品排水を処理する中温メタン発酵汚泥の古細菌の割合は 34～40% と報告されている³⁾。古細菌割合は既報より高かった。これは IPA の代謝経路のうち、IPA からアセトンに代謝する古細菌と酢酸および水素からメタンに代謝する古細菌が優占したと考えられる。315 日目の古細菌は 45.1% にまで減少し、細菌は 35.4% にまで増加した。

(4) 回分供給

図 3 に (a) 通常排水、(b) 硫酸塩を除いた排水の UASB 高さ方向プロファイルを示す。通常排水は高さ 20 cm で IPA が大幅に減少し、アセトンが 2065 mg-COD/L であった。硫酸塩は 20 cm で完全に還元された。硫酸塩を除いた排水は、通常排水と異なり、

アセトンが 40 cm まで上昇した。UASB 内の pH と ORP は通常排水、硫酸塩無を除いた排水でそれぞれ 6.85 と -370、6.15 と -186 mV であった。よって、硫酸塩還元が良好な嫌気条件を整え、アセトンの分解を促進したと考えられる。ただし、硫酸塩還元は直接アセトンを利用しておらず、硫酸塩還元活性の結果を裏付けた。

4. まとめ

本 UASB は、IPA と硫酸塩を含む排水を OLR 15.0 kg-COD/m³/day、全 COD 除去率 90% で処理できた。同 OLR で SLR 0.45 と 0.9 kg-S/m³/day、COD/S 33.3 と 17.5 の違いによるメタン発酵への影響はなかった。

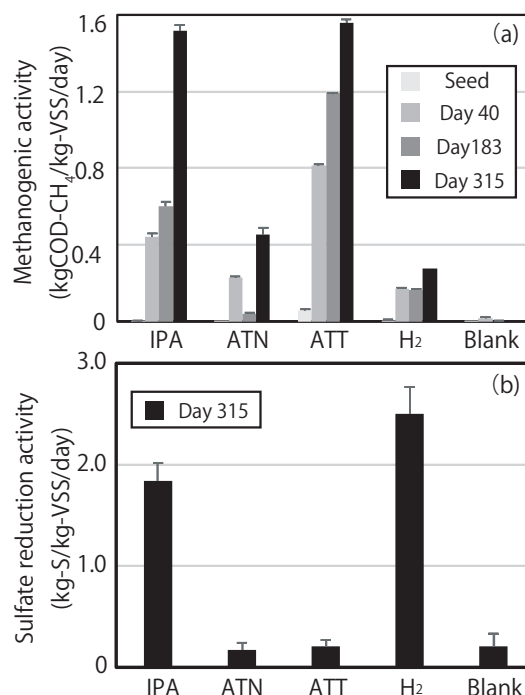


図 2 (a) メタン生成、(b) 硫酸塩還元の活性

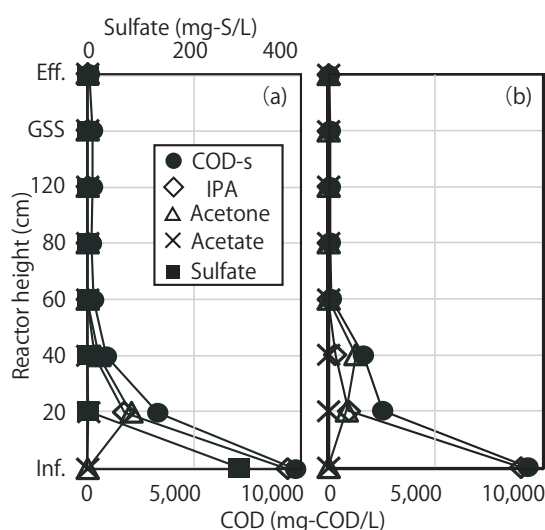


図 3 (a) 通常排水、(b) 硫酸塩を除いた排水の UASB 高さ方向プロファイル

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科学研究費の助成を受けました。

参考文献

- 1) 段下、長岡技術科学大学博士論文、2019
- 2) 大石ら、土木学会第 76 回年次学術講演会講演集、VII-26、2021
- 3) Tagawa, et al, Wat. Sci. & Tech., 42 (3-4), 77-82, 2000