

# 佃煮製造業を対象としたUASBによる排水処理の検討

## Study of Tsukudani Manufacturing Industrial Wastewater Treatment by the UASB Method

寺田 翔                      植田 晶子                      島田 敦之                      土取 みゆき\*  
Sho TERADA                  Akiko UEDA                  Atsuyuki SHIMADA              Miyuki TSUCHITORI

### 要 旨

UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 法による嫌気性処理法を用いて、香川県の佃煮製造業から発生する煮汁廃液処理について検討を行った。徐々に試料の汚濁濃度と水量を上げていき、127日以降のBOD容積負荷:  $5.0 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 、TOC容積負荷:  $3.9 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$  (BOD濃度: 約5000 mg/L、TOC濃度: 約3900 mg/L) 付近に調製して1日に20Lの処理運転を行ったところ、BOD除去率94%、TOC除去率91%と安定した処理が可能であった。また、UASB処理水に対してポリ塩化アルミニウム(PAC)を1500 mg/L添加することにより、TOC濃度: 160 mg/Lを下回ることが可能であった。

### Abstract

Liquid broth waste occurring from the tsukudani manufacturing industry in Kagawa was processed using the anaerobic treatment method UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket). By gradually raising the pollution concentration and quantity of the sample, 127 days later the BOD volume load was  $5.0 \text{ kg / m}^3 \cdot \text{d}$ , TOC volume load:  $3.9 \text{ kg / m}^3 \cdot \text{d}$  (BOD concentration: about 5000 mg / L, TOC concentration : about 3900 mg / L). After being subjected to a processing operation of 20L per day, a BOD removal rate of about 94%, and processing stability and a TOC removal rate of 91% was achieved. Furthermore, by the addition of 1500 mg / L polyaluminum chloride (PAC) to the UASB processing water, TOC concentration of below 160 mg / L was reached.

キーワード：煮汁廃液 UASB 排水処理 凝集沈殿

## I はじめに

香川県では、小規模特定事業場や未規制事業場(以下、小規模事業場という)を対象に平成24年4月から全有機炭素(TOC)を指標とした排水規制が行われている。小規模事業場から発生する原水は、比較的汚濁負荷が高い傾向があり、標準活性汚泥法等の現在広く普及している排水処理方式を用いた場合、広大な敷地と費用がかかるといわれている。また近年、低炭素社会型の排水処理技術の開発が注目されており、高濃度有機性排水の嫌気性処理による低コスト・省エネルギー技術は、産業排水処理において広く応用されており<sup>1)</sup>、法律の規制対象となっている香川県内の事業場に対しても今後取り組むべき課題である。

そこで、本研究ではUASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) 法による嫌気性排水処理を用いて、特に汚濁が高い佃煮製造業から発生する煮汁廃液処理の検討を行った。UASB法は、負荷変動に強く、好気性処理に比べ省エ  
\*香川県水道局県営水道事務所

ネルギーでかつ汚泥発生量が少ない<sup>2)</sup>点からランニングコストの削減効果が期待される。また、標準活性汚泥法に比べ5~10倍の高負荷運転が可能<sup>3)</sup>であるため、省スペース化が図れるといった利点がある。今回は、試作したUASBリアクターによる高濃度煮汁廃液の処理結果を報告する。

## II 方法

### 1 実験機

実験機の概要を図1に示す。試作したUASBリアクターは、内径104 mm(上部150 mm)、高さ2.4m、有効容積20ℓであり、材料として塩化ビニルパイプを用いた。このUASBリアクターの周りにホースを巻き、恒温槽からの温水を送液ポンプで循環させることで槽内の水温を35℃付近に保っている。またリアクターの上部側面から原水との合流までに循環ラインを設け、リアクター内の上昇流速を1m/hまで上げることにより、グラニューク汚泥と発生するガスを効率よく分離している。また発生ガスであ

るメタンと二酸化炭素は、大気中に拡散し、硫化水素は酸化鉄で脱硫した後、放出している。本実験では、調製した原水を送液ポンプによって UASB リアクター内へ連続的に供給し、原水と UASB リアクター処理水排出の水質分析をすることで、処理状況の確認を行った。

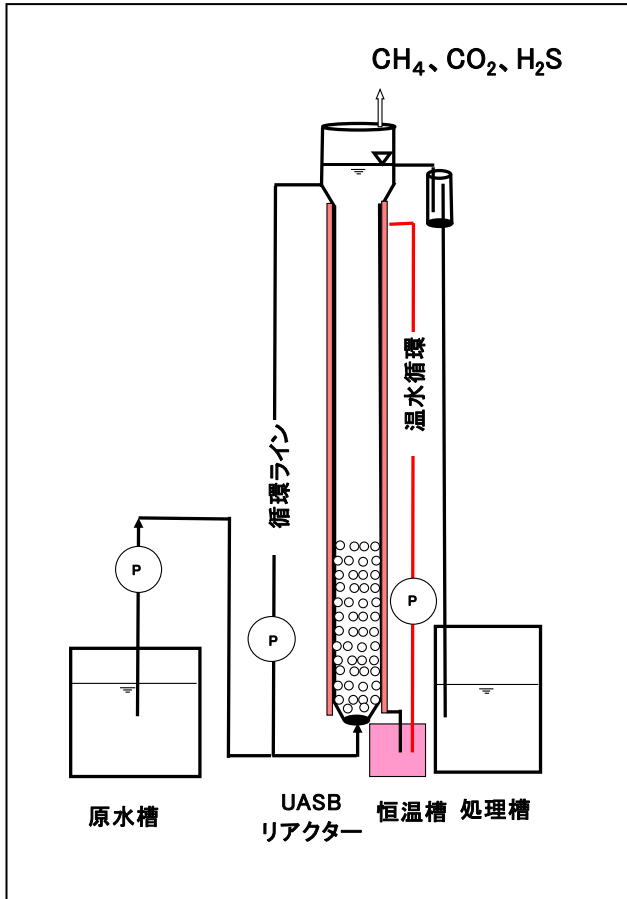


図1 実験機の概要

2 グラニュール汚泥

県内の食品製造業より約 50l 入手した (SS 濃度 : 69000 mg/L)。汚泥は 3 mm 程度の比較的大きな粒状のもので今回、UASB リアクター内に約 8L (550gSS) 用いた。

3 実験排水

汚濁負荷量や塩分・油分等の濃度により UASB の処理に影響を与える事例<sup>4) 5)</sup>があり、事前に佃煮製造業から発生する煮汁廃液の性状分析を行った。結果を表 1 に示す。煮汁廃液は、BOD が 244000 mg/L、COD<sub>mn</sub> が 292000 mg/L、TOC が 190000 mg/L 塩分が 76000 mg/L と非常に高かった。今回は、過去の実態調査<sup>6)</sup>を基に煮汁廃液を水道水で希釈したものを原水として用いた。調製の際に pH 調整のために炭酸水素ナトリウムを 2000 mg/L となるように添加し

た。また藤田ら<sup>7)</sup>は、原水に栄養塩や微量金属を添加してきたが、煮汁廃液には豊富に含まれていると考え、今回は無添加での運転を行った。

表 1 煮汁廃液の性状分析結果

項目	煮汁廃液
pH(100倍希釈)	5.0
BOD(mg/L)	244000
COD(mg/L)	292000
TOC(mg/L)	190000
NaCl(mg/L)	76000
T-N(mg/L)	7600
T-P(mg/L)	1200
n-ヘキサン抽出物質(mg/L)	88
比重	1.28

4 凝集沈殿実験

凝集沈殿実験の概要を図 2 に示す。凝集沈殿実験は、UASB リアクター処理水 (TOC 約 300 mg/L) に無機系凝集剤であるポリ塩化アルミニウム (PAC) またはポリ硫酸第二鉄を用いて実施した。実験は容量 500mL のビーカーを用い、凝集剤を添加して 3 分間 120rpm で激しく攪拌し、次に 40rpm で緩やかに攪拌しその後、約 30 分間静置した。この上澄み液を採取し、pH、TOC 等の測定を行った。

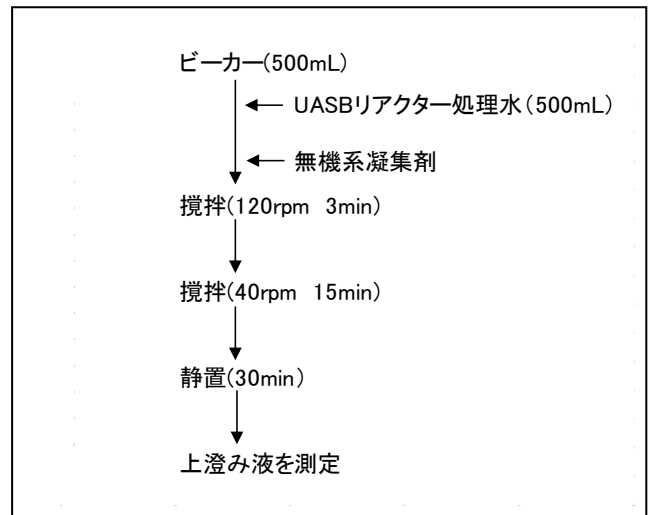


図2 凝集沈殿実験の概要

III 結果と考察

1 UASB による処理

図 3-6 に UASB リアクターによる煮汁廃液の処理実験結果を示す。運転開始時の原水 BOD 濃度 : 1200 mg/L、TOC 濃度 : 970 mg/L、水量 130/d、BOD 容積負荷 : 0.8 kg/m<sup>3</sup>・

d、TOC 容積負荷：0.7 kg/m<sup>3</sup>・d からスタートし、徐々に上昇させ、127 日以降に BOD 濃度：約 5000 mg/L、TOC 濃度：約 3900 mg/L、水量 20ℓ/d、BOD 容積負荷：5.0 kg/m<sup>3</sup>・d、TOC 容積負荷：3.9 kg/m<sup>3</sup>・d の条件で運転した。また UASB リアクター内の水温は 35℃ 付近、処理水の pH は中性付近となるよう調節した。

原水の BOD 容積負荷：3.1 kg/m<sup>3</sup>・d、TOC 容積負荷：2.4 kg/m<sup>3</sup>・d (BOD 濃度：約 3100 mg/L、TOC 濃度：約 2400 mg/L) の条件までであれば、UASB リアクターのみでの処理により TOC 濃度：160 mg/L を下回ることが可能であった。その後、BOD 容積負荷：3.5 kg/m<sup>3</sup>・d、TOC 容積負荷：2.7 kg/m<sup>3</sup>・d 付近で TOC 濃度：160 mg/L 付近の処理水が排出された。さらに負荷を上げ、BOD 容積負荷：5.0 kg/m<sup>3</sup>・d、TOC 容積負荷：3.9 kg/m<sup>3</sup>・d 付近での処理水の TOC 平均濃度：341 mg/L となり、単独処理は不可能な結果となった。BOD・TOC 除去率は、負荷を上げるにつれて低下する傾向にあったが、標準活性汚泥の約 10 倍の容積負荷である BOD 容積負荷：5.0 kg/m<sup>3</sup>・d の条件下でも BOD・TOC 平均除去率はそれぞれ 94%、91% と良好な処理が行われた。

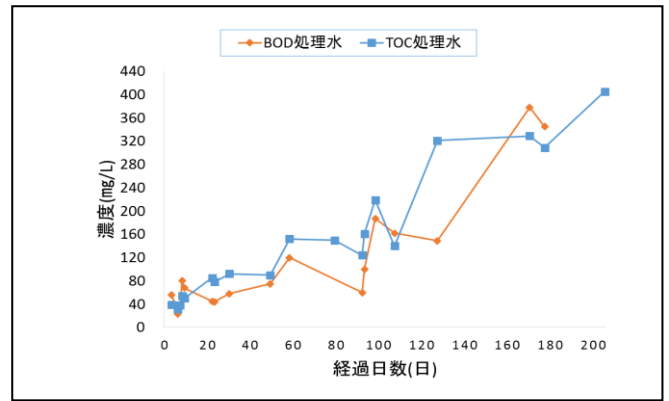


図5 処理水の経日変化

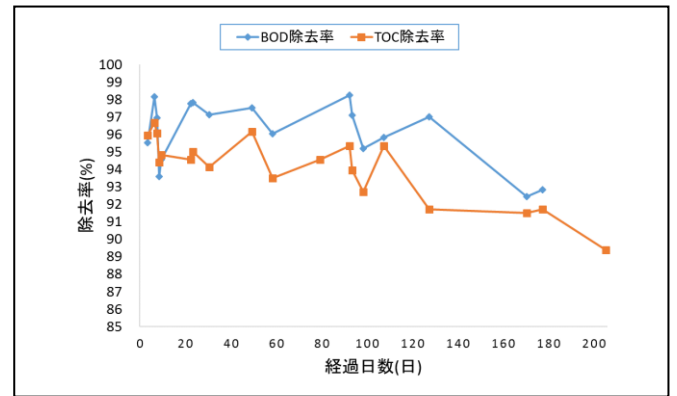


図6 除去率の経日変化

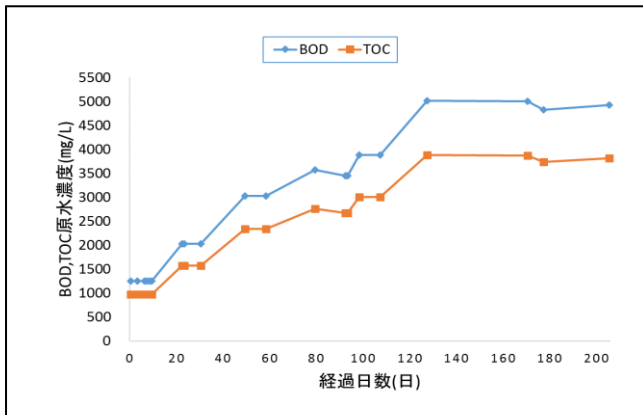


図3 原水濃度の経日変化

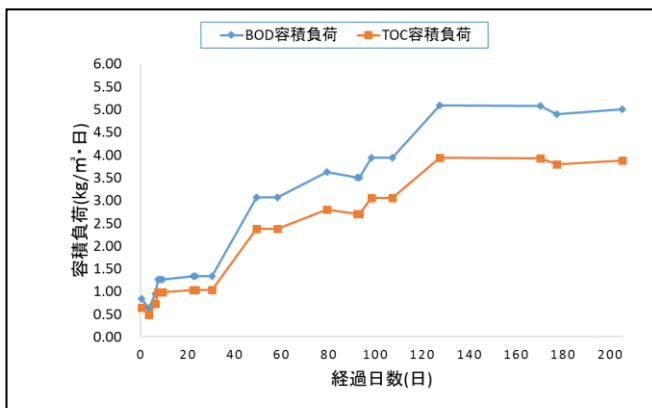


図4 容積負荷の経日変化

他の項目として、T-N 濃度除去率：59%、T-P 濃度除去率：73%の除去の確認ができたが SS 濃度除去率：-188% となり原水に対して増加する傾向にあった。また、排水量の 1~2%の汚泥が排出され、その中にグラニュー汚泥も確認された。また水質所見として、原水の色素は UASB リアクターによって処理されても変化はなく、難分解性であることが考えられる。

## 2 凝集沈殿

過去の排水調査<sup>8)</sup>において SS 濃度の高い排水は、TOC 濃度が上昇させる事例があったため、凝集剤による物理的除去をした後の TOC 濃度を検討した。pH：7.4、TOC 濃度：343 mg/L、SS 濃度：200 mg/L の UASB リアクター処理水に PAC とポリ硫酸第二鉄をそれぞれ添加した。pH、TOC、汚泥発生状況を図 7-9 に示す。今回の排水では PAC の方がポリ硫酸第二鉄に比べ pH 影響を与えず、より TOC 濃度を下げることが可能であった。また、発生する汚泥量が全体的に PAC の方が高い傾向であった。PAC 濃度：1500 mg/L では、上澄みの TOC 濃度は 152 mg/L であり、基準を下回ることができた。しかし、PAC 濃度 1500 mg/L では排

水量の24.6%が汚泥であり、維持管理していくうえで汚泥処分費が非常に高くなることが考えられる。また凝集剤も入手方法により異なるが、佃煮製造業が密集している小豆島地域のような島しょ部になると輸送費等の関係により、費用がさらに高まることが考えられ、今後添加量の調節等の低コスト化の工夫が必要となってくる。

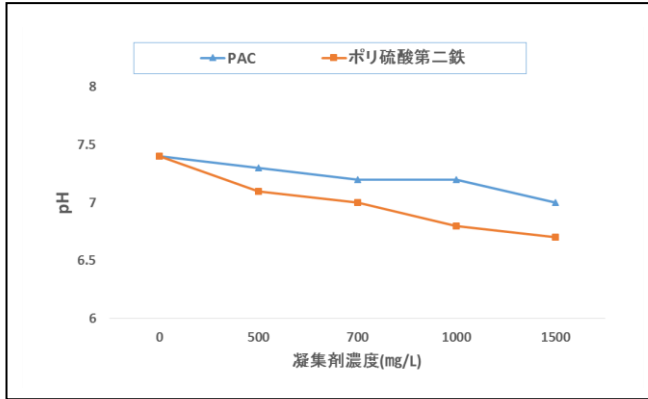


図7 凝集剤による pH の変化

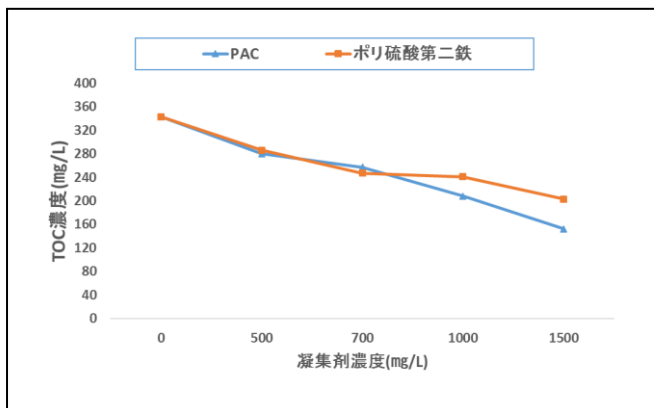


図8 凝集剤による TOC の濃度変化

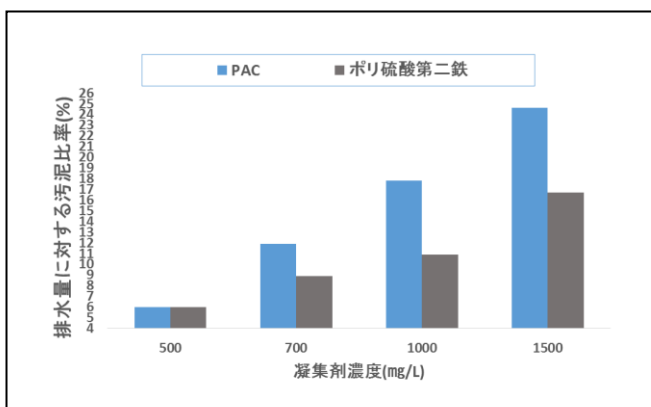


図9 排水量に対する汚泥比率の変化

## V まとめ

佃煮製造業から排出される煮汁廃液を希釈し、原水と

見立ててUASBによる嫌気性処理を行った結果、BOD容積負荷： $5.0 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$ 、TOC容積負荷： $3.9 \text{ kg/m}^3 \cdot \text{d}$  (BOD濃度：約  $5000 \text{ mg/L}$ 、TOC濃度：約  $3900 \text{ mg/L}$ ) の条件下でBOD：94%、TOC：91%と安定した運転が可能であった。また容積負荷が低い状態では、より高い除去率が得られることから、今後は適切な負荷量の調節が必要となってくる。

また凝集沈殿では、TOC濃度  $343 \text{ mg/L}$  のUASBリアクター処理水に対して、PAC濃度： $1500 \text{ mg/L}$  となるよう添加することでTOC濃度： $160 \text{ mg/L}$  を下回ることができた。しかし、PAC濃度： $1500 \text{ mg/L}$  の条件で試算すると、薬品費  $1 \text{ kg } 50 \text{ 円}$  と仮定して、排水量  $1 \text{ m}^3$  あたり  $75 \text{ 円}$  の薬品費がかかることが考えられる。また、汚泥処分費用  $1 \text{ t}$  あたり  $25000 \text{ 円}$  と仮定し、水量の約24.6%が汚泥に転換され、脱水機で10分の1に濃縮されても汚泥処分費用が排水量  $1 \text{ m}^3$  あたり  $620 \text{ 円}$  となり現実的な処理方法ではない。この対策として、無機凝集剤と高分子凝集剤の併用が考えられる。少量の高分子凝集剤を用いることにより、凝集効果がさらに高まり、より強固な汚泥が形成され①汚泥含水率の低下(汚泥処分費削減)、②無機凝集剤の減量化(薬品費削減)が期待できる。

また、後段に好気性処理を導入することで、凝集沈殿に比べ処理能力や汚泥転換率が改善されるためより低コストな処理が実現できると考えられる。

今後の方針として、高分子凝集剤を用いた凝集沈殿実験を検討するとともに、UASBリアクターの後段に担体流動床や膜分離活性汚泥等の好気性処理の中でも省スペースに適した手法を取り入れ、低コストで排水基準を遵守できるよう検討する。

## 文献

- 1) 李玉友ほか：嫌気性処理による高濃度排水の省エネルギー浄化およびクリーンエネルギー回収、用水と廃水、52, 10, 77-85 (2010)
- 2) 片岡直明：嫌気性生物処理技術の特徴と発展の流れ、エバラ時報、229, 27-38 (2010)
- 3) 須藤隆一：水環境保全のための生物学、産業用水調査会、59-63 (2004)
- 4) 片岡直明ほか：油脂含有食品加工排水のメタン発酵促進技術の研究、エバラ時報、212, 3-9 (2006)
- 5) 大隅省二郎ほか：高塩分濃度・高pH石鹼工場廃液のUASB処理に関する研究、廃棄物資源循環学会論文誌、23, 3, 117-124 (2012)

- 6) 藤田久雄ほか: 佃煮製造業を対象とした産業廃棄物の減量化のための実態調査結果について, 香川県環境保健研究センター所報, 8, 135-137 (2009)
- 7) 藤田久雄ほか: うどん湯煮廃液の下水消化汚泥を種汚泥とした UASB 装置の立ち上げ, 香川県環境保健研究センター所報, 4, 169-171 (2005)
- 8) 植田晶子ほか: 小規模事業場の排水調査について (II), 香川県環境保健研究センター所報, 4, 169-171 (2005)