

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年 6月 3日現在

機関番号：57701

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2012

課題番号：22760410

研究課題名（和文） 多点分散供給方式による中温及び高温 UASB 反応器のアルカリ剤削減運転方法の開発

研究課題名（英文） Development of reduction in alkalinity through distributed feeding in mesophilic and thermophilic UASB reactor treating acid wastewater

研究代表者

山田 真義（YAMADA MASAYOSHI）

鹿児島工業高等専門学校・都市環境デザイン工学科・准教授

研究者番号：80469593

研究成果の概要（和文）：

UASB 反応器の高さ方向に廃水供給口を複数個設け、多点分散供給することにより、中温（37℃）及び高温（55℃）条件下でアルカリ剤削減運転を行った。連続処理実験の結果から、芋焼酎蒸留粕液画分を処理対象とした COD 容積負荷 30kgCOD/m<sup>3</sup>/day の条件で供給廃水に添加するアルカリ度添加率を中温で 63%、高温で 36% 削減した。また、バイオエタノール蒸留残渣液を処理対象とした COD 容積負荷 15kgCOD/m<sup>3</sup>/day の条件で供給廃水に添加するアルカリ度添加率を中温と高温共に 50% 削減した。

研究成果の概要（英文）：

This study was conducted to develop a new feeding wastewater system that alkali supply is reduced in methane fermentation processes treating two types of acidic wastewater, i. e. sweet potato-based alcohol distillery wastewater and bio-ethanol distillery wastewater. The system could supply wastewater in the height direction, and was successful to reduce alkalinity to 63% and 36% in mesophilic and thremophilic methane fermentation processes, respectively, at the COD loading rate of 30 kgCOD/m<sup>3</sup>/day.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木環境システム

キーワード：中温 UASB 反応器、高温 UASB 反応器、アルカリ度削減、酸性廃水、メタン発酵

## 1. 研究開始当初の背景

上向流嫌気性スラッジベッド（UASB：Upflow Anaerobic Sludge Blanket、以下、UASB とする。）法は 1970 年代後半にオランダの Wageningen 農業大学の Lettinga 博士らの研究により開発されてから約 40 年経過し、現在までに UASB 法（UASB 法を改良

したものを含む。）は、食品・飲料廃水を代表とする多種多様な産業廃水に適用され、約 1600 基が世界各地で建設され稼働している。わが国においても、食品産業廃水を中心に 180 基以上が稼働している実績がある。特に、ビール製造工場や焼酎製造工場においては嫌気性処理プロセスを導入して

いる実績がある。UASB 法が開発されてから約 40 年が経過しているが、国外・国内で多くの研究グループが現在でも精力的に研究を行っている。

## 2. 研究の目的

本研究の全体構想は、産業廃水処理技術の一つである創・省エネルギー型嫌気性処理法の代表とも言える中温及び高温 UASB 法により、pH4 の酸性廃水である焼酎蒸留粕液とバイオエタノール蒸留残渣液をアルカリ剤が従来法よりも大幅に削減可能な運転方法の一つとして多点分散供給方式を提案し、アルカリ剤削減方法を開発することを目的とする。また、本研究の具体的な目的は、ラボスケール UASB 反応器により、UASB 反応器の高さ方向に廃水供給口を複数個設け、分散供給することにより酸生成とメタン生成のバランスを取り、中温 (37℃) 及び高温 (55℃) 条件下でアルカリ剤削減運転を開発することを目標とする。また、現在実機として稼働している UASB プロセスのほとんどが中温プロセスであるため、中温プロセスで、このアルカリ剤削減方法が開発された場合の波及効果が大きい。また、高温 UASB プロセスにおいても、多点分散供給によるアルカリ剤削減運転が達成された場合、高温廃水を対象とした高温 UASB プロセスが普及する可能性がある。

## 3. 研究の方法

図 1 にラボスケール UASB リアクターのフローシートを示す。UASB リアクターは液容積 10 L (高さ 100 cm) を高温および中温 UASB リアクター 2 基を用いた。多点分散供給方式として、供給口をリアクター最下部、最下部より 20 cm、40 cm の部分へ設置した。本研究には酸性廃水である芋焼酎蒸留粕液画分とバイオエタノール蒸留残渣液を用いた。各々の廃水の組成を表 1 及び表 2 に示す。実験温度は、高温 UASB リアクターは 55℃、中温 UASB リアクターは 37℃ で運転を行った。アルカリ剤は、重炭酸ナトリウムを用い、塩化コバルト六水和物と塩化ニッケル六水和物をそれぞれ 0.17 mg/L、0.04 mg/L となるように添加した。分析は、リアクターの温度測定、pH 測定、ガス生成量、ガス組成、CODcr (以下、COD とする)、アルカリ度 (TBA5.75)、VFA、SS について行った。

pH はポータブル pH メーター、COD は重クロム酸カリウムによる酸素要求量、SS は下水試験方法に従って測定した。また、流入水及び処理水の溶解性試料は、0.4 μm ガラス繊維濾紙で濾過したものを用いた。バイオガス組成は、TCD (TCD : Thermal Conductivity Detector) 型ガスクロマトグラフ、VFA は、

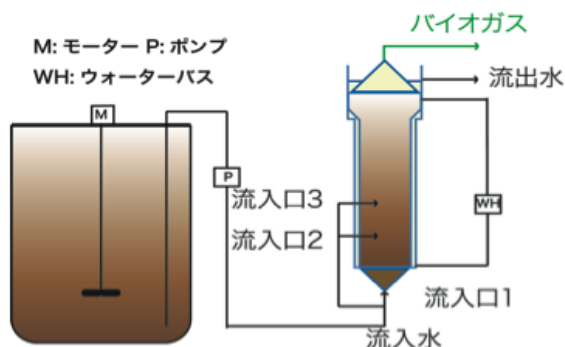


図 1 実験装置のフローシート

表 1 芋焼酎蒸留粕液画分の組成

pH		4.35
SS	(mg/L)	2,770
VSS	(mg/L)	2,450
VSS/SS	(%)	88
CODcr	total	(mg/L) 53,600
	soluble	(mg/L) 49,000

表 2 バイオエタノール蒸留残渣液の組成

pH	(-)	4.5
SS	(mg/L)	20960
VSS	(mg/L)	14600
VSS/SS	(%)	70
CODcr	total	(mg/L) 101900
	soluble	(mg/L) 86700

FID (FID : Flame Ionized Detector) 型ガスクロマトグラフによって測定した。

アルカリ度は以下の算出式で算出した。  
 アルカリ度 [ TBA 5.75 ] ( mgCaCO<sub>3</sub> / L )  
 $= a \times F \times 1000 / \text{試料}(ml) \times 5 \times 1.25$   
 ここで A:0.1mol/L 塩酸の滴定量, F:0.1mol/L 塩酸のファクター ( F = 25 / a )

## 4. 研究成果

芋焼酎蒸留粕液画分を処理対象とした連続処理実験結果を図-2 に示す。Run1 及び Run2 は、通常運転として芋焼酎蒸留粕液画分の pH を 7.0 に中和するために必要なアルカリ度添加率 0.11 kgCaCO<sub>3</sub>/kg COD をもとにアルカリ度を添加し運転を行った。

Run3 は COD 容積負荷 15 kgCOD/m<sup>3</sup>/day においてアルカリ剤削減運転を行った。運転中に明確な処理性能の低下はみられず、高温 UASB リアクター、中温 UASB リアクター共に COD 除去率 92%、処理水全 VFA 500 mgCOD/L 以下と良好な処理性能を示した。また、アルカリ度添加率 0.11 kgCaCO<sub>3</sub>/kgCOD を比較対象としてアルカリ度添加率を約 36% 削減した。208 日目よりアルカリ剤無添加運転を行ったが、高温 UASB は 210 日目に、中温 UASB リアクターは 214 日目にアルカリ剤の不足により、それぞれ pH が 6.78 と 6.70、COD 除去率が 79%

と72%まで低下したため、アルカリ度を供給し低負荷運転を行い処理性能の回復を図った。

Run4 はアルカリ度添加率 0.07 kg CaCO<sub>3</sub>/kgCOD で運転し COD 容積負荷を段階的に 30 kgCOD/m<sup>3</sup>/day まで増加させていった。COD 容積負荷 30 kgCOD/m<sup>3</sup>/day で運転した際も、高温 UASB リアクター、中温 UASB リアクター共に COD 除去率 93%、処理水 VFA 500 mgCOD/L 以下と良好な処理性能を示した。

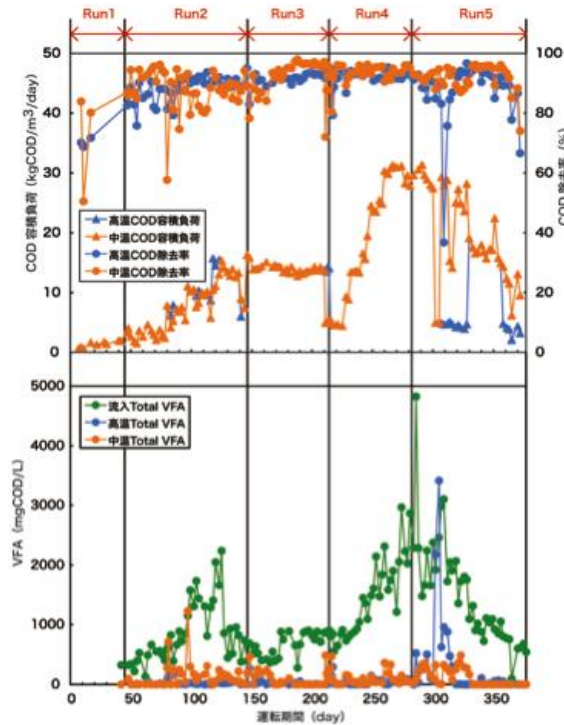


図2 芋焼酎蒸留粕液画分を処理対象とした連続処理実験結果

Run5 では COD 容積負荷 30 kgCOD/m<sup>3</sup>/day、アルカリ度添加率 0.04 kgCaCO<sub>3</sub>/kg COD で運転を行った。運転開始より 302 日目にアルカリ度の不足により高温 UASB リアクターの pH が 5.00 まで低下し、COD 除去率 37%、処理水全 VFA 3,400 mgCOD/L と処理に大きな影響を与えた。

図3に COD 容積負荷 30 kgCOD /m<sup>3</sup>/day での運転におけるアルカリ度添加率に対する COD 除去率を示した。Run5 で高温 UASB リアクターのみが影響を受けた原因は汚泥負荷の増大であると考えられる。224 日目と 359 日目の高温 UASB リアクターの汚泥負荷量を比較すると 1.18 から 2.25 kgCOD/kgMLVSS/day へと倍増しているが、中温 UASB リアクターは、0.88 から 0.51 kgCOD/kgMLVSS/day へと減少している。このことから、高温メタン生成菌は中温メタン生成菌と比べ、pH の低下やアルカリ度の減少による影響を受けやすく、汚泥

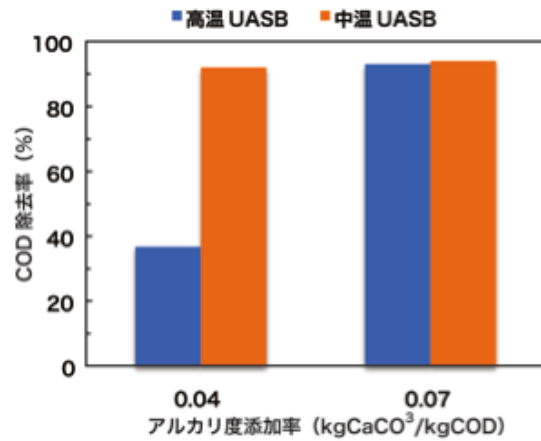


図3 アルカリ度添加率に対する COD 除去率

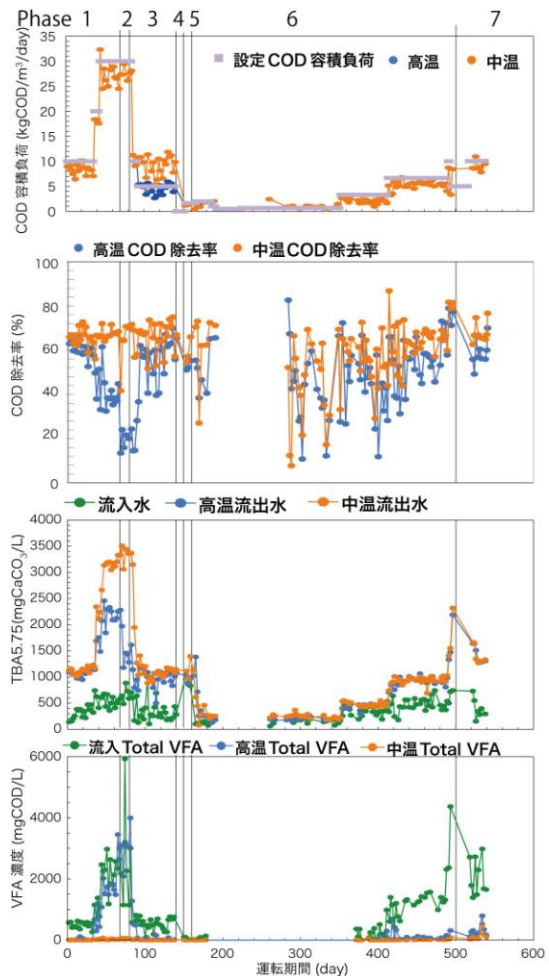


図4 バイオエタノール蒸留残渣液を処理対象とした連続処理実験結果

の増殖が制限されることが示唆された。

バイオエタノール蒸留残渣液を処理対象とした連続処理実験結果を図4に示す。

Phase6 の運転開始 28 日目より COD 容積負荷を 1 kgCOD/m<sup>3</sup>/day、163 日目より 5 kgCOD/m<sup>3</sup>/day、アルカリ度添加率を 0.125 kgCaCO<sub>3</sub>/kgCOD に設定し運転を行った。COD 容

積負荷が 1 kgCOD/m<sup>3</sup>/day の時は高温 UASB リアクター、中温リアクター共に COD 除去率にばらつきがあったが、5 kgCOD/m<sup>3</sup>/day に上げてからは高温 UASB リアクター、中温 UASB リアクター共に除去率が安定し、最終的にそれぞれ COD 除去率が 66%、88%、処理水全 VFA 200 mgCOD/L 以下と良好な処理を行った。

Phase6 の運転開始 252 日目より COD 容積負荷を 10 kgCOD/m<sup>3</sup>/day に、329 日目に 15 kgCOD/m<sup>3</sup>/day に設定した。両設定条件においても、大きな処理性能の低下はみられず、COD 除去率が高温 UASB リアクターにおいて 79%、中温 UASB リアクターにおいては 81%、処理水 VFA は高温 UASB リアクターでは 300 mgCOD/L 以下、中温 UASB リアクターでは 100 mg COD/L 以下となった。

Phase7 からはアルカリ度添加率 0.125 kgCaCO<sub>3</sub>/kgCOD を比較対象としてアルカリ度添加率を 50%削減した。その結果、COD 除去率が高温 UASB リアクターでは 56%、中温リアクターでは 65%まで一時的に低下したが、すぐに上昇傾向がみられた。処理水 VFA は高温 UASB リアクター、中温 UASB リアクター共に大きな影響はなく良好な処理性能を示した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

①山田真義，上潟口知世，福元慎吾，山内正仁．酸性廃水を対象とした多点分散供給方式による中温及び高温 UASB リアクターの連続処理実験．第 15 回日本水環境学会シンポジウム．2012 年 9 月 10 日．佐賀大学．

②小丸哲斉，山田真義，山内正仁．多点分鎖供給方式による高温及び中温 UASB 反応器のアルカリ度削減運転の性能調査，土木学会第 66 回年次学術講演会．2011 年 9 月 9 日．愛媛大学．

③小丸哲斉，山田真義，山内正仁．多点分散供給方式による UASB リアクターのアルカリ度削減効果についての一考察，平成 22 年度土木学会西部支部研究発表会．2011 年 3 月 5 日．九州工業大学．

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

山田 真義 (YAMADA MASAYOSHI)  
鹿児島工業苦闘専門学校・  
都市環境デザイン工学科・准教授  
研究者番号：80469593

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

( )

研究者番号：