

中温 UASB 反応器を利用した焼酎製造工程廃液の処理

呉高専 正 山口隆司 正 市坪 誠 (株)クリタス 正〇 中平美枝子

高知高専 正 山崎慎一 長岡技科大 正 原田秀樹 (株)日本製鋼所 阿部貴和子

1 はじめに

焼酎製造工程廃液は、COD、SS等の濃度が高い廃液であることから処理が困難である。そのため、焼酎廃液は、家畜飼料や施肥肥料として一部処分しているが、その大半が海洋投棄されている。しかし、2001年から施行のロンドン条約により廃棄物の海洋投棄が禁止され、焼酎蒸留粕・廃液もその対象となる。

従来、このような高濃度廃液の処理においては好気性処理よりも嫌気性処理の方が有効であることが知られている。嫌気性生物処理法の一つである上昇流嫌気性スラッジブランケット (Upflow Anaerobic Sludge Blanket : UASB) 法は、高負荷運転可能、省エネルギーなどの優れた特性を有することにより注目されている。UASB法とは付着担体を使用せず、嫌気性細菌群の持つ自己固定化能力を利用して、反応器内の微生物の高濃度保持を実現し、廃水の高濃度処理を可能にした廃水処理技術であり、現在では食品・パルプ廃水等、主に中・高濃度廃水の処理に広く用いられている。しかし、前述した焼酎廃液への適用性に関する研究は少ない。そこで本研究ではUASB反応器による焼酎廃水処理特性を評価し、その適用性について検討した。

2 実験方法

2.1 UASB 反応器

図1は、本研究で使用した反応器の概要を示す。実験に用いたUASB反応器は、耐熱塩ビ性で、全容積10Lである。カラム（有効容積7L、10cm×10cm×70cm）の上部に、気固液分離装置（GSS、3L）を備えた構造である。カラム部には、傾斜板及びガス捕集のためのガストラップがある。GSSは、2室に分かれ、攪拌・スカムブレイク部、および沈降・流出部とから成る。槽内はウォータージャケットにより35℃恒温とした。基質は、甘藷焼酎製造工程過程廃液を水道水で希釈して、濃度6000あるいは3000 mgCODcr・L⁻¹としたものを用いた。また、栄養バランスをとるためリン酸二カリウムを174mg・L⁻¹添加した（COD: N: P = 3000:120:8）。基質の腐敗によるpHの低下が見られたためNaOHによりpHを9.0前後に保ち、緩衝剤としてNaHCO₃を1500 mg・L⁻¹添加した。固形成分が沈殿しないよう基質タンク内は常時攪拌した。植種汚泥には、下水処理UASB反応器からのグラニュー汚泥を用いた。

2.2 活性評価試験

培養汚泥に対して、メタン生成活性 (gCOD・gVSS⁻¹・d⁻¹) を評価した。この操作は、窒素パージを施す嫌気的環境下で行った。まず、リン酸緩衝液 (25 mM, pH7.0)、無機塩、還元剤 (Na₂S・9H₂O, 250 mg・L⁻¹)、酸化還元指示薬 (レサズリン, 1 mg・L⁻¹)、重炭酸ナトリウム (1000 mg・L⁻¹) から成る培地を作成した。培養汚泥を、培地中で嫌気的に分散処理し、122 mLバイアル瓶に分注した。この時、バイアル内pHを7.0±0.1に調整した。バイアル瓶にテスト基質である酢酸および水素を添加し、これを35℃恒温ロータリーシェーカーに装着した。バイアル瓶中のガスの量と組成を経時的に測定した。各基質とも、2本ずつ評価した。

2.3 分析項目

原水・処理水のpH、温度、CODcr、VFA、発生ガスの量・組成分析を行った。分析方法は以下の通りである。pH (ハンディー pH)、ガス組成 (TCD)、VFA (FID)、その他の分析は、下水試験方法によった。ただしCODcrは、全 (Total) および溶解性 (Soluble: 15000 rpm, 10 min, 4℃) 成分を測定した。

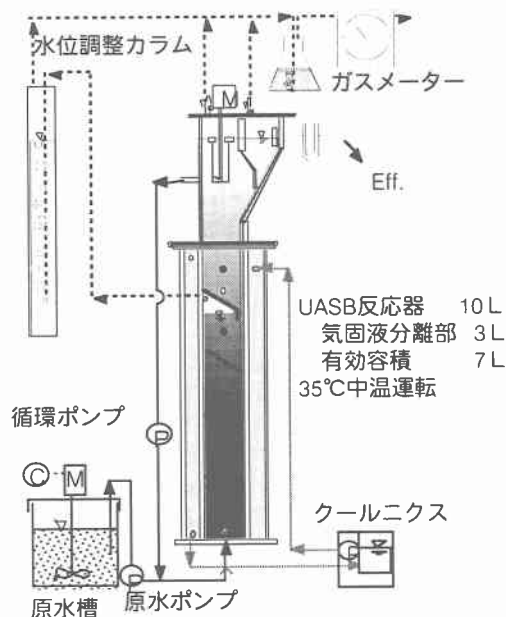


図1 反応器の概要図

3 実験結果及び考察

3.1 反応器運転状況

図2は、反応器のTotal・Solble-COD除去率、COD容積負荷及び水理学的滞留時間(Hydraulic Retention Time: HRT)の経日変化を示す。COD容積負荷は、5から15 $\text{kgCOD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ まで段階的に変化させた。この間HRTは15時間から最終的に3.5時間まで短縮された。10日目頃から酸敗により、COD除去率が低下したため、pH調整を行なった。すると、20日目頃からはCOD容積負荷の上昇によっても極端に低下することなく、Total CODでは平均70%, Solble CODでは85%除去できており、良好なCOD除去が行われた。

図3は、反応器の連続運転におけるCODバランスを示す。流入CODの50% ($1500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) がSSであり、固形成分負荷の高い廃水であることが分かる。また、回収CODの60%がメタンに転換されており、この反応器はメタン発酵の卓越した運転を行っていたことがわかる。総CODバランスは80%であった。回収されなかった残りの20%は、固形性成分の内部保持(消化)、あるいはスカムとして蓄積されていたと考えられる。

3.2 活性評価試験

図4は、酢酸及び H_2/CO_2 に対するメタン生成活性を示す。保持汚泥の酢酸資化性メタン生成活性は、運転60日目には種汚泥の4.2倍 ($0.7 \text{ gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) となり、安定してメタン発酵を行うレベルにまで達した。21日目の活性の低下はリアクター内の酸敗のためだと考えられる。また、水素資化性メタン生成活性が、60日目で種汚泥の3.1倍のレベル ($1.7 \text{ gCOD} \cdot \text{gVSS}^{-1} \cdot \text{d}^{-1}$) に達したことより、反応器内に十分にメタン生成細菌が増殖したことが分かる。

4 まとめ

- (1) 中温UASB反応器による焼酎廃液の処理実験を行ったところ、運転期間60日、負荷 $15 \text{ kgCOD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ で、全COD除去率70%, 溶解性COD除去率85%を許容し、良好な処理状況を示した。
- (2) メタン生成細菌が増殖することによって、廃水の処理が効率的に行われた。即ち、運転60日目のメタン生成活性値が、種汚泥の活性と比較して酢酸基質で4.2倍、水素基質で3.1倍上昇した。
- (3) 最適運転をするためには、基質の栄養バランス(特にPの添加, $1 \text{ gPO}_4^{3-}/300 \text{ gCODcr}$) とpHの調整(流出のpHを7にする)を行う必要がある。

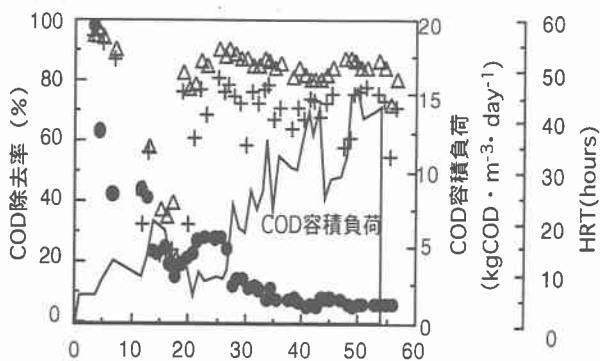


図2 T・S-COD除去率, COD容積負荷, HRTの経日変化; +: T-COD除去率
Δ: S-COD除去率 ●: HRT

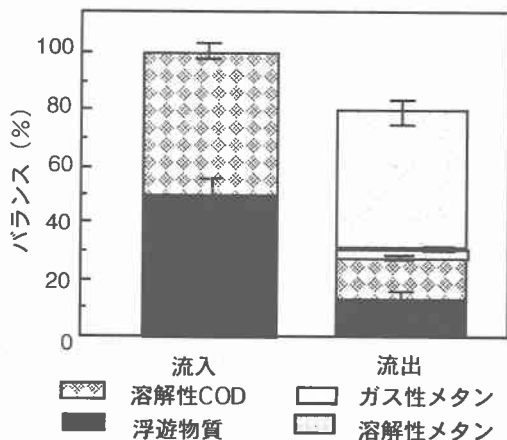


図3 連続運転におけるCODバランス

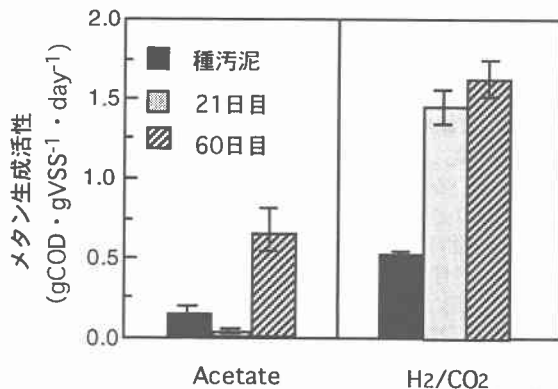


図4 酢酸および水素基質供与メタン生成活性