

## UASB/DHS プロセスのバイオエタノール製造工程

### から排出される洗缶廃水処理への適用

長岡技術科学大学 ○学生会員 永田 将弘 学生会員 佐瀬 信哉 Laura Rossetto

正会員 高橋 優信 正会員 川上 周司 正会員 山口 隆司

国立環境研究所 正会員 珠坪 一晃 長岡工業高等専門学校 正会員 荒木 信夫 三機工業株式会社 長野 晃弘

#### 1. 背景及び目的

近年、バイオエタノールは温室効果ガスである二酸化炭素の排出量抑制やエネルギー枯渇問題の解決策の一つとして注目されており、その製造量は2000年度に293億L/Yearであったのに対し、2007年度には495億L/Yearと大きく増加している。バイオエタノールの製造工程からは、エタノール1L当り10-15L程度と多くの廃液が排出される。また、その廃液は、黒色を帯びており、低pH、悪臭、高有機物濃度といった特徴を有している。現在、この廃液の大部分はポンド法(嫌気性処理)や農地還元法により処理されている。しかしながら、これらの処理方法では土壌浸透による地下水汚染や、温室効果ガスの一つであるメタンガスの大気放散が問題となっている。そのため、適切な廃水処理施設が必要となっている。そこで我々はバイオエタノール製造工程から発生する廃水の処理プロセスとして、省エネルギー技術として研究が進められているUASB(Upflow Anaerobic Sludge Blanket)/DHS(Down-flow Hanging Sponge)プロセスに着目した。本研究では、本プロセスのバイオエタノール製造廃液への適用性を評価するため、廃液の連続処理、処理特性及び性能評価を行った。また、必要リアクター容積を調査するため、リアクター基軸方向水質プロファイル試験を行った。

#### 2. 実験方法

##### 2.1 実験装置

図1にリアクターの概要図、表1に各リアクターのHRT、カラム容積及び運転温度を示す。実験装置は、酸生成槽、3台のUASB、2台のDHS、ASB(Anaerobic Sludge Blanket)で構成したラボスケールリアクターを用いた。1st UASBへの流入pHは水酸化ナトリウムを用いてpH 6-7に調整した。また、脱窒槽として用いたASBには炭素源としてメタノールを添加した。植種汚泥は、各UASB及びASBについて35℃培養グラニューク汚泥と消化汚泥を、DHSには活性汚泥を用いた。1st UASBの循環比は、流入廃水量に対して0.5とした。

##### 2.2 供試廃水

表2に各廃水の組成を示す。供給廃水は糖蜜原液、アルコール発酵廃水、アルコール蒸留廃水をCOD<sub>Cr</sub>比

(以下COD<sub>Cr</sub>をCODと示す)で2:3:2の割合で混合した模擬洗缶廃水を使用した。供給廃水にはpH緩衝剤として重炭酸ナトリウム(NaHCO<sub>3</sub>)を3000mg/Lとなるように添加した。また、供給廃水中のアンモニア態窒素濃度が240mg-N/Lとなるよう塩化アンモニウムを添加した。

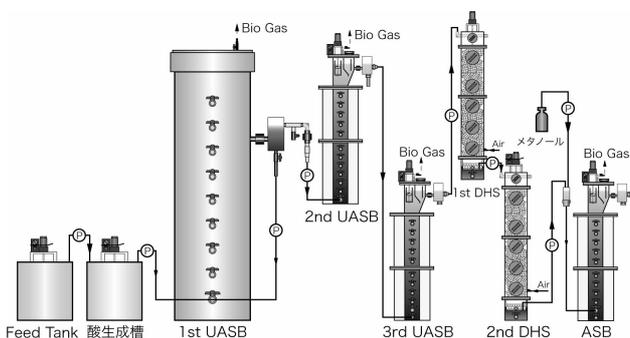


図1 リアクター概要図

表1 運転条件

	酸生成槽	1st UASB	2nd UASB	3rd UASB	1st DHS	2nd DHS	ASB
カラム容積 (L)	200	200	17	14	27	27	14
HRT (hr)	22	22	4	3	7	7	3
設定温度 (℃)	無加温	35	35	無加温	無加温	無加温	無加温

表2 各廃水の組成

	COD(mg/g,mg/L)	BOD(mg/g,mg/L)	TKN(mgN/g,mgN/L)
糖蜜	610	420	9
アルコール発酵廃水	214000	153000	4200
蒸留廃水	123000	51300	4240

#### 3. 実験結果及び考察

##### 3.1 連続排水処理試験

表3にリアクター運転開始から13日以降の供試廃水、嫌気性処理水(3rd UASB処理水)、好気性処理水(2nd DHS処理水)及び最終処理水の平均水質を示す。最終処理水のCODは730mg/L程度であり、除去率も89%に留まった。しかしながら、最終処理水のBODは70mg/L程度であり、除去率も98%と高いBOD除去性能を有し、BOD成分の除去は良好に行われた。

1st UASBにおける平均COD除去速度は5.9kgCOD/m<sup>3</sup>/Dayであり、最大で8.9kgCOD/m<sup>3</sup>/Dayであった。これは、既往の研究であるUASB方式の5.9kgCOD/m<sup>3</sup>/Day(J. S. Gonzalez et al. 1998.)、UASB+Filter方式の7.0kgCOD/m<sup>3</sup>/Day(Bhavik K. Acharya et al.

キーワード 嫌気性処理, UASB, DHS, バイオエタノール製造廃水

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡1603-1 長岡技術科学大学 環境・建設系

水圏土壌環境制御工学研究室 TEL0258-47-1611 (内線 6646) E-mail : mnagata@stn.nagaokaut.ac.jp

2008.)と同程度の処理性能であった。また、全窒素除去率は77%、アンモニア態窒素除去率では95%と窒素除去性能は良好であった。供試廃水と比較して、嫌気性処理では、アンモニア態窒素が20 mg-N/L増加していた。DHSでは、硝化反応の進行による硝酸態窒素の生成が確認され(106 mg-N/L)、また全窒素濃度の40%が減少した。これは、生成された硝酸態窒素の一部がスポンジ担体内部において脱窒されたためだと考えられた。また、最終処理水の窒素成分の内訳は有機態窒素が40 mg-N/L、アンモニア態窒素が12 mg-N/Lであり、有機性窒素を多く含有していた。これは、ASBからのSS流出が確認され(250 mg/L)、それに伴い、最終処理水中の有機性窒素が上昇したためと考えられた。

3.2. 2nd UASB 基軸方向プロファイル試験

図2に運転38日目における2nd UASBの高さ方向水質プロファイル試験の結果及び2nd UASBの保持汚泥濃度を示す。また、図中の最下部のプロットは流入水、最上部のプロットは処理水のCOD、BOD及びMLVSS濃度を示している。プロファイルの結果から、リアクター高さ65 cm以上でCOD及びBODに変化は見られなかった。また、リアクター下部の保持汚泥濃度は約35 gMLVSS/Lと高濃度で保持されており、有機物の分解が進行していたリアクター高さ65 cmまでの汚泥負荷は0.17 gBOD/gMLVSS/Dayと過負荷状態ではなかった。従って、リアクター高さ65 cmまでに、嫌気分解可能な成分は除去されていた。以上の結果から、2nd UASB全体でのHRTは4.9 hrであったが、リアクター高さ65 cmで定常状態に達していることから、HRT 1.5 hr程度あれば十分処理が可能だと考えられた。

3.3. DHS 基軸方向プロファイル試験

図3にDHS水質プロファイルの結果を示す。流下方向長さは1st DHSと2nd DHSが連結していると仮定し、図中最上部のプロットは1st DHS流入水、最下部のプロットは2nd DHS処理水の窒素濃度を示している。1st DHS流入直後からアンモニア態窒素の酸化が観察され、アンモニア態窒素の酸化速度はほぼ同じ速度で進行していった。また、硝酸態窒素の70%程度が2nd DHSで生成されていた。アンモニア酸化速度は最大で、0.79 kg-N/m<sup>3</sup>/Dayであったが、活性汚泥法の1.5-2.9 kg-N/m<sup>3</sup>/Dayと比較すると低調な結果となった。

4. まとめ

本研究では、OLR 1.0-3.0 kgCOD/m<sup>3</sup>/Day、流入アンモニア態窒素濃度 240 mg-N/L、運転温度 30-35℃におけるバイオエタノール製造工程模擬廃水の連続処理において、以下の成果が得られた。

- 1)本システムは、最終処理水質が BOD 68±43 mg/L、BOD除去率98±1%と高いBOD除去性能を発揮した。
- 2)本システムは、全窒素除去率 77%、アンモニア態窒素除去率 95%と高い窒素除去性能を発揮した。
- 3)1st UASB における最大 COD 除去速度は 8.9

kgCOD/m<sup>3</sup>/Dayであり、既往の研究と同程度の処理性能を有していた。

- 4)DHS における最大アンモニア酸化速度は、0.79 kgNH<sub>4</sub>-N/m<sup>3</sup>/Dayであった。

表3 連続排水処理試験結果

	流入水	嫌気処理水	好気処理水	最終処理水
pH	6.0 (±0.6)	8.0 (±0.1)	8.6 (±0.1)	8.7 (±0.2)
水温 (°C)	25.4 (±1.9)	31.0 (±0.6)	27.9 (±1.3)	27.3 (±1.7)
COD (mg/L)	6620 (±2880)	1260 (±630)	740 (±250)	730 (±310)
BOD (mg/L)	5510 (±2610)	310 (±170)	61 (±42)	68 (±43)
NH <sub>4</sub> -N (mg-N/L)	186 (±65)	205 (±38)	16 (±17)	12 (±10)
NO <sub>2</sub> -N (mg-N/L)	1.4 (±1.7)	0.1 (±0.1)	8.3 (±12.3)	3.0 (±0.7)
NO <sub>3</sub> -N (mg-N/L)	0.2 (±0.1)	0.5 (±1.0)	106 (±21)	20 (±16)
T-N (mg-N/L)	283 (±140)	278 (±74)	165 (±38)	75 (±21)

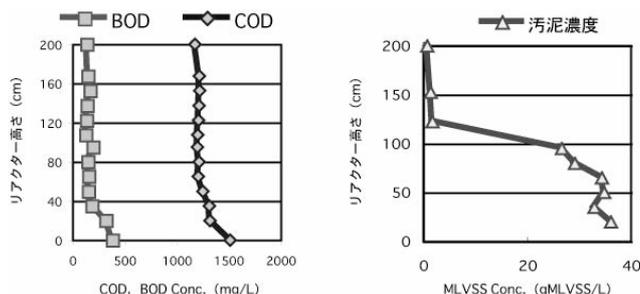


図2 2nd UASB 水質プロファイル結果 (左: COD, BOD 水質プロファイル, 右: 汚泥濃度)

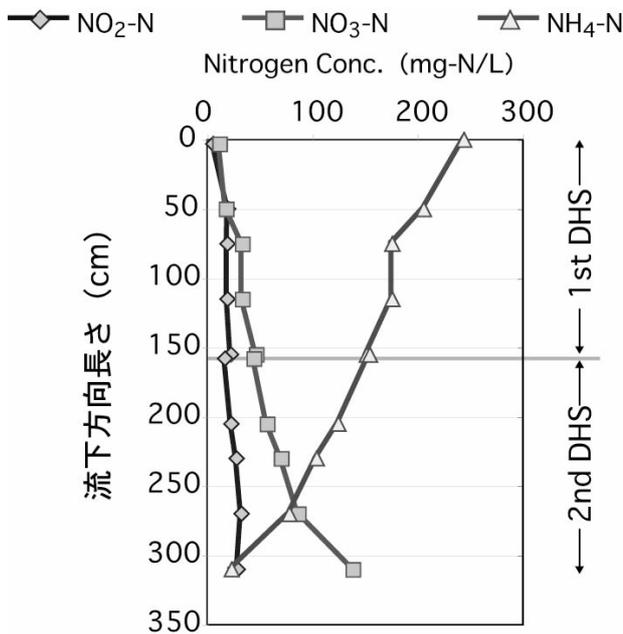


図3 DHS 水質プロファイル結果

5. 参考文献

Bhavik K. Acharya et al., 2008, Anaerobic treatment of distillery spent wash – A study on upflow anaerobic Fixed film bioreactor, Bioresource Technology 99, 4621-4626.  
 J. S. Gonzalez et al., 1998, Influence of organic volumetric loading rate, nutrient balance and alkalinity : COD ratio on the anaerobic sludge granulation of an UASB reactor treating sugar cane molasses, International Biodeterioration & Biodegradation 41, 127-131.