

高・中温 UASB+DHS システムによる糖蜜廃水の高負荷処理

長岡技術科学大学大学院 ○蝶勢智明, 黒田恭平, 中村明靖, 幡本将史, 山口隆司
三井製糖株式会社 若林敬史, 河合俊和

1. はじめに

糖蜜には、30～40%のスクロースやカリウムなどの無機塩が含まれていることから、アルコール生産などの原料や肥料に用いられている。また、糖蜜には抗酸化作用のあるフラボノイドなどの生理活性効果を持つ物質が含まれており、このような有価物を抽出して利用する試みが進められている。その一方で、糖蜜を原料に生産活動を行なっている工場からは、有機物や無機塩、着色成分などを高濃度に含んだ高温の有機性廃水が排出される。この処理には、一部で嫌気性処理の上向流嫌気性汚泥床 (UASB) 法が用いられているが、廃水の希釈などを行なってから低容積負荷で処理されている。高温メタン発酵は、低コストで高いエネルギー回収を期待できるが、高温メタン発酵に関わる微生物は、中温のものより阻害物質や環境変化に対する活性の変化が大きいことから、高温メタン発酵の実機導入例は少ない。また、糖系廃水では人工基質による連続処理に関する報告はいくつかあるものの、無機塩などを高濃度に含んだ実廃水に対して連続処理実験を行なった報告は少なく、実用化に向けた基礎的知見が不足している。

本研究では、糖蜜から有価物を抽出する工場から排出された廃水 (糖蜜廃水) を高温・高負荷で処理するシステムの開発を目的として、UASB 槽内部の高さ方向に複数個のガス汚泥分離装置 (GSS) を設置した高温多段型 UASB (MS-UASB) 槽と、中温 UASB (2nd UASB) 槽および好気性処理の下向流スポンジ懸垂 (DHS) 槽を組み合わせたシステムによるラボスケールでの連続処理実験を行なった。そして、高負荷運転時における処理性能を評価するとともに、MS-UASB 槽内の菌叢変化を評価した。

2. 実験方法

2.1 供給廃水

実験開始時における供給廃水は、糖蜜を水道水で希釈した模擬廃液を使用し、運転 187 日目から糖蜜廃水に変更した。表 1 は、供給廃水の組成を示す。

2.2 実験装置

図 1 は、実験装置の概要図を示す。実験装置は 35℃の恒温室に設置し、MS-UASB 槽のみウォータージャケットを用いて 55℃に制御した。MS-UASB 槽 (有効容積 10L) は高さ 1.0m で、反応槽底部から 0.3, 0.6, 0.8m に GSS を設けた。MS-UASB 槽には、焼酎蒸留粕廃水を処理する高温 UASB 槽から採取したグラニュール汚泥を植種した。2nd UASB 槽 (有効容積 11L) には、食品工場廃水を処理する UASB 槽から採取したグラニュール汚泥を植種した。運転 197 日目からは、糖蜜廃水を酸生成槽で酸発酵させてから pH を 6.0 程度に調整し、MS-UASB 槽に供給した。運転 290 日目からは、MS-UASB 槽処理水の一部を酸生成槽に返送する循環運転に変更した (循環比 1)。OLR の上昇は、流入 COD_{cr} 濃度を増加させることで行った。

表 1 供給廃水の組成

	単位	糖蜜	糖蜜廃水
全 COD _{cr}	(mg/L)	1,076,600	99,200
全 BOD	(mg/L)	481,600	31,400
BOD/COD _{cr}	(%)	45	32
酢酸	(mgCOD/L)	5,500	200
全窒素	(mgN/L)	18,600	1,300
NH ₄ ⁺	(mgN/L)	730	60
SO ₄ ²⁻	(mgS/L)	16,000	1,300
K ⁺	(mgK/L)	77,000	6,600
Na ⁺	(mgNa/L)	1,400	320
着色度	(-)	3,054,000	19,500
全リン	(mgP/L)	1,600	140

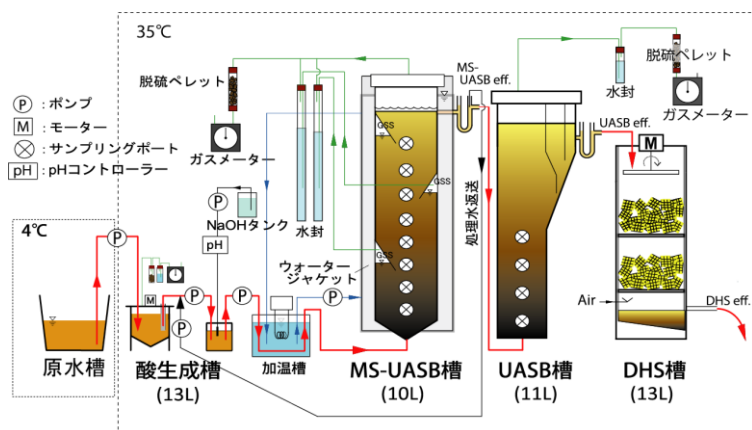


図 1 実験装置

キーワード 高温メタン発酵, 糖蜜廃水, UASB 法, DHS 法, 微生物群集

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学 水圏土壌環境制御工学研究室 TEL 0258-47-1611

2.3 微生物群集解析

運転179日目 (OLR $18\text{kgCOD}_{\text{Cr}}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$) と357日目 (OLR $31\text{kgCOD}_{\text{Cr}}\cdot\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1}$) におけるMS-UASB槽の高さ0.1mの保持汚泥を採取し、DNA抽出を行なった。抽出DNAを鋳型として、V4領域を含む16S rRNA遺伝子を対象としたUniv515F-Univ806Rプライマーセットを用いてPCR増幅反応を行った。PCR増幅産物は精製後、次世代シーケンサーMiSeq (Illumina) により解析した。得られた16S rRNA遺伝子配列情報は、QIIMEソフトウェアを用いて解析した。

3. 実験結果および考察

3.1 連続処理実験

図2は、(A) MS-UASB槽におけるOLRと COD_{Cr} 除去率、(B) COD_{Cr} 濃度の経日変化を示す。システム全体での COD_{Cr} 除去率は、スタートアップ期間 (運転開始から35日間) を除いた全期間で $88\pm 5.1\%$ であった。同期間におけるBOD除去率は $98\pm 2.0\%$ で、DHS処理水にはVFAの残存は見られなかった。このことから、本システムで除去できなかった COD_{Cr} は、生物分解の難しい着色成分であることが示唆された。MS-UASB槽で除去された溶解性 COD_{Cr} の多くは酢酸およびn-酪酸であり、プロピオン酸は2nd UASB槽で除去されていた。糖蜜廃水を基質とした運転期間では、システム全体で除去された COD_{Cr} の $71\pm 13\%$ は、メタンガスとしてエネルギー回収できることが分かった。

3.2 微生物群集解析

表2は、MS-UASB槽内における優占種と存在率を示す。運転の経過に伴って、*Thermoanaerobacterium* sp. や *Coprothermobacter* sp.などの糖分解細菌は減少し、酢酸酸化細菌の*Thermacetogenium* sp.や酪酸酸化細菌の*Syntrophothermus* sp.が増殖した。この菌叢変化は、連続処理実験の途中から酸生成槽を導入したことで、糖類の流入が減少したためであると考えられる。

古細菌では菌叢に変化は見られず、水素資化性メタン菌の*Methanothermobacter* sp. に近縁な系統分類群が占めていた。*Methanothermobacter* sp. は、廃糖蜜や生ごみを基質とした高温メタン発酵槽においても優占種として報告されている^{1) 2)}。その他には、*Thermodesulfovibrio* sp. に近縁な系統分類群が占めており (運転179, 357日目における存在率はそれぞれ4.5%と6.9%)、MS-UASB槽内における水素消費に寄与していたことが示唆された。

4. おわりに

糖類の分解によって生成したVFAの除去は、MS-UASB槽と2nd UASB槽で行なわれ、DHS槽も含めたシステム全体では安定した有機物除去能を維持した。MS-UASB槽では、負荷変動によらず*Methanothermobacter* sp. に近縁な系統分類群が優占しており、水素を利用したメタン生成が進行していることを確認した。

参考文献

- 1) Kongjan et al. (2013) *Eng.Life.Sci.*, **13** (2), 118-125.
- 2) 千ら (2007) *環境工学論文集*, **44**, 625-632.

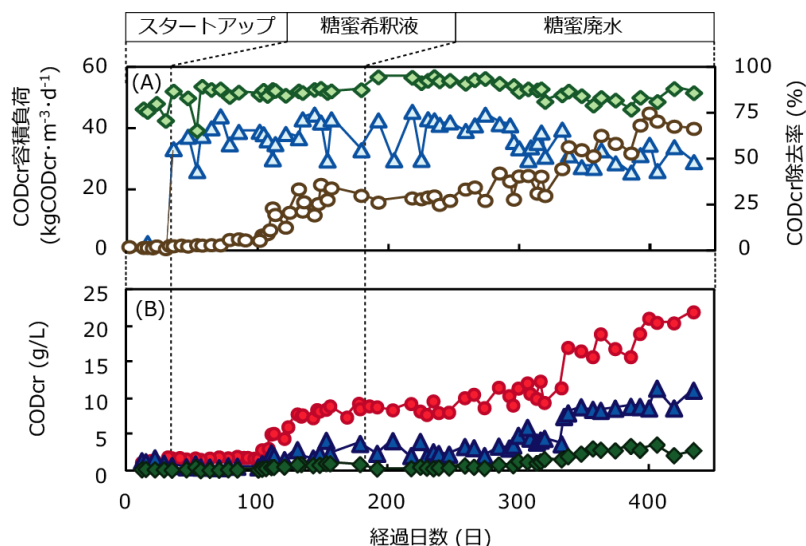


図2 (A) COD_{Cr} 容積負荷と COD_{Cr} 除去率、(B) COD_{Cr} 濃度の経日変化

—○— COD_{Cr} 容積負荷 —△— COD_{Cr} 除去率 (MS-UASB) —◇— COD_{Cr} 除去率 (Total)
—●— MS-UASB inf. —▲— MS-UASB eff. —■— DHS eff.

表2 MS-UASB槽における優占種と存在率

系統的分類	存在率 (%)	
	運転179日目	運転357日目
<i>Firmicutes</i>		
<i>Thermoanaerobacterium</i> sp.	25	0
<i>Coprothermobacter</i> sp.	16	2
<i>Caldicellulosiruptor</i> sp.	7	0
<i>Thermacetogenium</i> sp.	1	13
<i>Syntrophothermus</i> sp.	0	7
Others	10	20
<i>Euryarchaeota</i>		
<i>Methanothermobacter</i> sp.	26	24
Others	<1	<1
Others	16	34
Total	100	100