

UASB-DHS システムを用いたメタン発酵消化液の高度処理技術開発

長岡技術科学大学院 学生会員 ○出畷 京太, 阿部 憲一, 中村 明靖, 幡本 将史, 山口 隆司
東京ガス株式会社 齋藤 安佐美, 大坂 典子
呉工業高等専門学校 谷川 大輔

1. はじめに

近年化石資源エネルギーに変わる新エネルギーとして、廃棄物からの生成が可能なバイオガス(メタンガス)が注目されている。しかし、バイオガスを生成した後にメタン発酵槽から排出される消化液(以下、メタン発酵消化液)は、難分解性 COD 成分や窒素成分を高濃度に含んでいる。特に窒素成分は、富栄養化を引き起こす物質の一つであることから、高度処理技術を組み合わせたシステムの開発が求められている。

そこで本研究では、曝気を必要とせず、省エネルギー化が可能な嫌気性処理である Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) 法と無曝気好気性処理である Down-flow Hanging Sponge (DHS) 法を組み合わせた UASB-DHS システムの高度処理技術への適用を試み、本システムを用いたメタン発酵消化液の連続処理実験から、排水基準の達成が可能であるか評価した。

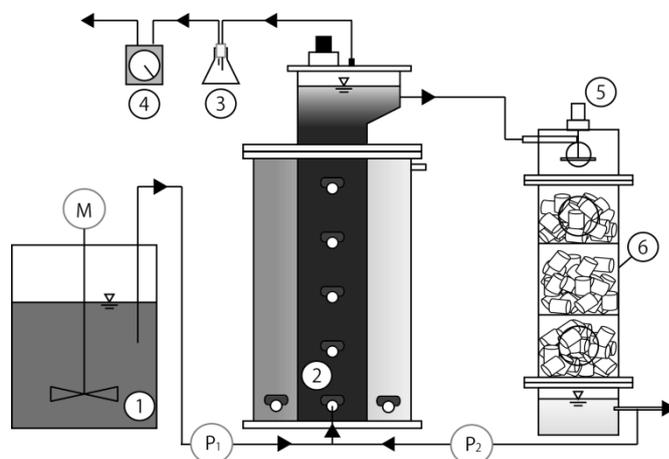
2. 実験方法

2.1 実験装置

図 1 に、実験に用いた UASB-DHS システムの概略図を示す。UASB 槽は有効容積 10 L で、食品工場廃水の処理に用いた嫌気性グラニュー汚泥を 7 L 充填した。DHS 槽には 3.3 cm×3.3 (外径×高さ) cm の円柱状スポンジ担体を 100 個ずつ 3 段に分けて合計 6.85 L 充填した。

2.2 連続処理実験の条件

表 1 に運転条件を示す。連続処理実験の開始から 37 日目まで (Phase 1) は、立ち上げ期間として UASB および DHS 槽内の汚泥の馴養と、DHS 槽における硝化性能の評価のため、メタン発酵消化液を水道水で 5 倍希釈して供給した。運転 38 日目から (Phase 2) は、DHS 処理水を UASB 槽へ循環させ (循環比 6)、UASB 槽の脱窒性能を評価した。各 Phase とも有機物負荷量 (OLR) を $1.5 \text{ kg-COD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$



- ①：廃水タンク ②：UASB 槽 ③：脱硫塔
④：ガスメーター ⑤：散水器 ⑥：DHS 槽
Ⓜ：攪拌器 Ⓟ₁：送水ポンプ Ⓟ₂：返送ポンプ

図 1 UASB-DHS システムの概略図

表 1 連続処理実験の運転条件

	Phase 1	Phase 2
運転期間 [Days]	0-37	38-129
HRT [hr]	UASB	24
	DHS	15
流量 [L/day]	10	10
OLR [$\text{kg-COD} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$]	1.5	1.5
NLR [$\text{kg-N} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$]	1.4	2.7
循環比	0	6
希釈方法	水道水希釈	処理水循環希釈

に設定し、全窒素負荷量 (NLR) は Phase 1 と 2 でそれぞれ $1.4, 2.7 \text{ kg-N} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{day}^{-1}$ とした。

2.3 UASB-DHS システム循環処理試験の条件

本システムの潜在的な処理性能を評価するために、運転 129 日目よりメタン発酵消化液の供給を止めて、Phase 2 の DHS 処理水を 10 L/day で UASB-DHS 内を循環させた。循環水には pH の変動を防ぐためにアルカリ剤として重炭酸ナトリウムを 4 g/L 添加した。

キーワード メタン発酵消化液, UASB, DHS, 窒素除去, 循環処理試験

連絡先 〒940-2188 新潟県長岡市上富岡町 1603-1 長岡技術科学大学院 工学研究科 水圏土壌環境制御工学研究室
TEL : 0258-47-1611 (内線 6646) E-mail : s113340@stn.nagaokaut.ac.jp

表2 各 Phase における COD, BOD および窒素成分濃度と環境省の一律排水基準

	単位	原水	Phase 1 (水道水5倍希釈)			Phase 2 (処理水循環希釈6倍)			排水基準
			UASB流入水	UASB処理水	DHS 処理水	UASB流入水	UASB処理水	DHS 処理水	
期間	day	-	0-37			38-129			-
OLR	kg-COD \cdot m ⁻³ \cdot day ⁻¹	-	1.5			1.5			-
NLR	kg-N \cdot m ⁻³ \cdot day ⁻¹	-	1.4			2.7			-
全COD	mg/L	7,611	1,288 \pm 130	392 \pm 147	245 \pm 81	1,529 \pm 67	596 \pm 60	353 \pm 35	-
溶解性COD	mg/L	5,455	912 \pm 57	321 \pm 56	191 \pm 40	1,124 \pm 173	448 \pm 22	222 \pm 33	-
全BOD	mg/L	5,174	753 \pm 18	389 \pm 28	271 \pm 13	424 \pm 6	52 \pm 12	34 \pm 7	120
溶解性BOD	mg/L	2,790	402 \pm 23	164 \pm 13	11 \pm 5	268 \pm 4	39 \pm 5	15 \pm 3	-
全窒素	mgN/L	6,920	1,364 \pm 110	1,166 \pm 104	759 \pm 146	2,715 \pm 142	1,633 \pm 99	1,387 \pm 78	120
アンモニア態窒素	mgN/L	1,310	266 \pm 49	257 \pm 47	173 \pm 33	410 \pm 17	368 \pm 11	249 \pm 15	-
亜硝酸態窒素	mgN/L	32	9 \pm 30	2 \pm 6	66 \pm 19	101 \pm 3	0 \pm 0	118 \pm 12	-
硝酸態窒素	mgN/L	21	3 \pm 8	0 \pm 0	24 \pm 14	32 \pm 4	0 \pm 0	43 \pm 2	-

※表中の数値は、平均値 \pm 標準偏差を示す。

3. 実験結果

3.1 各 Phase における処理性能評価

表2に各 Phase の COD, BOD および窒素成分濃度と環境省の河川における一律排水基準を示す。全 BOD の排水基準 120 mg/L に対して、Phase 1 では、DHS 処理水中の全 BOD (溶解性 BOD) が 271 \pm 13 mg/L (11 \pm 5 mg/L) であったが、Phase 2 では、34 \pm 7 mg/L (15 \pm 3 mg/L) と排水基準を達成する結果が得られた。一方、全窒素の排水基準 120 mg-N/L に対して、Phase 1 では DHS 処理水において 759 \pm 146 mg-N/L (除去率 44%)、Phase 2 では 1387 \pm 78 mg-N/L (39%) と排水基準を大きく超える結果であった。DHS 槽の硝化性能は、200 mg-N/L 以上のアンモニア態窒素の残存と 100 mg-N/L 以上の亜硝酸態窒素の蓄積から、良好ではなかった (Phase 2)。既報では、硝化槽流入水に溶解性 BOD が 30 mg/L 以上含まれていると、硝化率が 10~20 % 程度に減少することを報告していることから¹⁾、低い硝化率を示したのは BOD の残存に起因するものだと考えられる。一方、UASB 槽での脱窒性能は、循環運転を行った Phase 2 において、亜硝酸態および硝酸態窒素 (101 \pm 3 mg-N/L, 32 \pm 4 mg-N/L) とともに検出限界以下まで除去される良好な結果が得られた。また、UASB 処理水から DHS 処理水で全窒素が約 250 mg-N/L 除去されていた。Chuang らは²⁾DHS 槽内のスポンジ担体中心部には、大気中の酸素が届きにくい嫌気性領域を有していることが報告されていることから、DHS 内で脱窒が生じていることが示唆された。

3.2 UASB-DHS システム循環処理試験

連続処理実験の結果、現在の条件では全窒素の処理能力が足りないことが示され、本システムの潜在的な処理性能を評価する必要性が示唆された。まず初めに各槽の個別の循環試験を行ったが、全窒素濃度の減少はみられなかった。そのため、UASB-DHS システムの循環試験を行った。その全 COD および

全窒素濃度の結果を図2に示す。循環処理試験の結果、運転 17 日目より全 COD および全窒素濃度が下げ止まり、それぞれ 265 \pm 7 mg/L および 627 \pm 15 mg-N/L となった。全窒素においては排水基準を大きく上回る結果であった。また、23 日目におけるアンモニア、亜硝酸、硝酸態窒素濃度はそれぞれ 56, 0, 197 mg-N/L であり、脱窒に利用可能な電子供与体の不足が示唆された。窒素成分には、アンモニアおよび硝酸以外の生物分解できない成分が多く残存しているため、本システム後段における化学処理プロセスの必要性が示された。

4. まとめ

UASB-DHS システムを用いた消化液処理の連続実験/循環試験より、BOD については一律排出基準を達成できたが、全窒素については排出基準を大きく上回る結果であり、後段の化学処理プロセスの必要性が示された。しかし、後段プロセスへの負荷を軽減するためには、高濃度に残存する全窒素の主成分を明らかにした上で、より効率的な運転条件を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 和田洋六, 入門水処理技術, 学校法人東京電機大学東京電機大学出版局, 2012, p.) 148
- 2) Chuang, H. P. et al., 2007, *Water Res.*, 41, pp.295-302

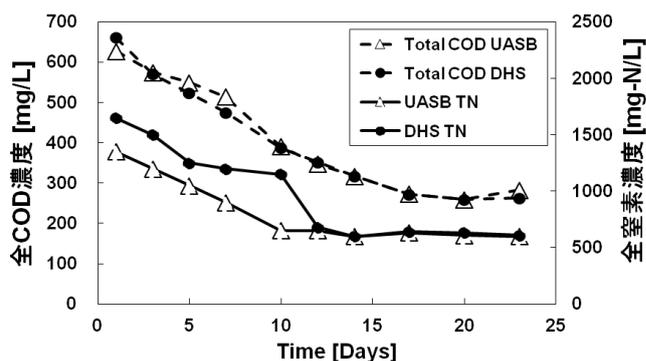


図2 循環処理試験における全 COD, 全窒素濃度