

UASB 法による製糖排水処理に及ぼす影響因子の検討

熊本大学大学院 学生会員 ○Leu Tho Bach
 熊本大学工学部 Z.I. Bhatti
 熊本大学工学部 正会員 古川 憲治

1. はじめに

現在、ベトナムで急速に成長しているのが製糖産業である。発展途上国では、高い BOD と COD 濃度によって特徴づけられる製糖廃水の処理に、先進国で広く採用されているエネルギー消費型の活性汚泥法などは採用できず、低コストの処理方法を採用することが求められている。上向流嫌気性汚泥床(UASB)法は、複雑な装置構造を必要とせず、また、グラニュール化した微生物を用いることで、リアクター内の微生物を高濃度に保持することができる。リアクター内で排水中の高分子量の有機物は嫌氣的に分解され、最終的に CH_4 に転換される。本研究では、ベンチスケールの UASB リアクターを用いて、合成製糖排水処理の連続実験を行い、UASB 法における製糖排水処理に及ぼす影響因子の検討を行った。

2. 実験材料ならびに実験方法

2.1 実験装置

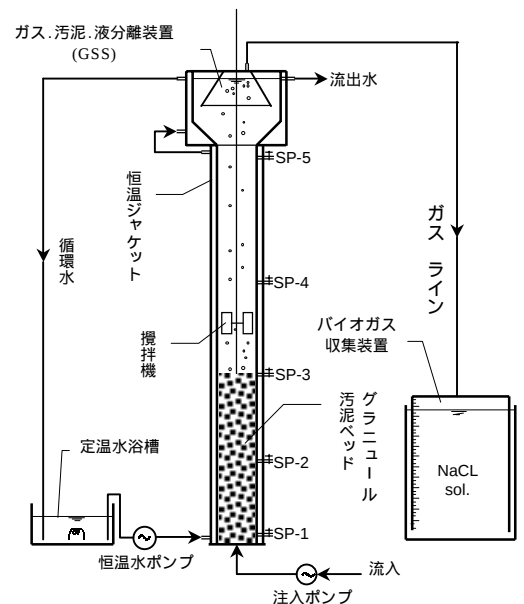
使用した UASB リアクターの模式図を図-1 に示す。リアクターは、高さ 1.18m、全容積 12.5L、反応部容積 7.5L(内径 10cm)、沈降部容積 5.0L(内径 20cm)である。リアクターの周りに組み込まれている恒温ジャケットによりリアクターの温度を 37℃ に設定した。流入基質は定量ポンプでリアクター底部から供給した。リアクターの上部に組み込まれているガス-汚泥-液分離装置(GSS)によって固液分離とガス分離が行われる。

2.2 実験材料

- (1) 種汚泥には、ビール工場排水処理を行っている UASB プラントのグラニュール汚泥を使用した。
- (2) 流入水には、スクロース($\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$)を炭素源として使用し、窒素とリンは NH_4Cl と KH_2PO_4 を使用した。濃度は C:N:P の比率に応じて変えた。 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ の 0.1g/L と表-1 に示す微量金属溶液の 10mL/L を加え、アルカリ度を補うために、 NaHCO_3 を補填した。流入水は 2 日ごとに調製し、窒素ガスで脱気した後、4℃ に保存した状態で使用した。

2.3 実験方法

まず、リアクターに 2.2L の種汚泥を投入し、流入水が 500 mg/L の TOC 濃度を与える 0.33g-TOC/L.d の負荷量と 36h の水理学的滞留時間(HRT)という状態で実験を開始した。リアクターは、表-2 に示すような運転パラメーターで連続運転した。



SP - サンプリング口

図-1 UASB リアクターの模式図

表-1 微量金属溶液組成

成分	濃度 (g/L)
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	4.9
$\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0.35
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.085
ZnCl_2	0.35
$\text{NiCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	0.42
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.35
H_3BO_3	0.035
$\text{Na}_2\text{MoO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.085
$\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.009

表-2 リアクター - の運転条件

Run	運転時間 (日)	負荷量 (gTOC / L.d)	HRT (h)	温度 (°C)
1	0 ~ 80	0.33 ~ 4	36	37
2	81~161	0.65 ~ 6	36	37
3	162~206	1 ~ 4	24	37
4	207~211	8	18	37
5	212~259	8 ~ 16	12	37
6	260~307	4 ~ 24	6	37
7	308~352	9 ~ 24	4	37
8	353~440	8	12	37

キーワード： UASB，揮発性脂肪酸，負荷量，水理学滞留時間，造粒汚泥

連絡先： 〒860-8555 熊本市黒髪2-39-1 熊本大学大学院自然科学研究科衛生工学研究室
 Tel & Fax 096-342-3544 E.mail 994d9332@gsst.stud.kumamoto-u.ac.jp

3. 実験結果と考察

UASB法において、高濃度の揮発性脂肪酸(VFAs)は、処理効率を低下させる。本研究でも、VFAs濃度の増加に伴い、TOC除去率が低下した。この結果、リアクターの運転管理に処理水中のVFAs濃度を1000mg/L以下維持することが大切であることが分かった。

実験Run2~7では、HRTを段階的に36時間から4時間まで短くし、TOC負荷量を24gTOC/L.dまで高めた。図-3より80%以上の効果的なTOC除去率が得られた最大TOC負荷量は16gTOC/L.dであると分かった。この負荷量の値は、実用的な観点からするとかなり高い値で、UASB法の製糖廃水処理への適用が有効であることを示している。

TOC除去率に与える水理学的滞留時間(HRT)の影響を図-4に示した。流入排水のTOC濃度が高くなっても12時間以上のHRTであれば、80%以上のTOC除去率が得られた。高いTOC濃度を含む排水の効果的な処理には、長いHRTつまりリアクターの大きい容積が要求されるが、経済的な面から問題が残る。図の結果より、流入排水のTOC濃度と希望するTOC除去率が決まれば、それに適合するHRTを決定できる。

基質除去速度と発生ガス中のCO₂、メタン生成速度の関係を図-5に示した。図-5の直線の勾配より除去されたTOC量において、46%と49%がCO₂とメタンに変換され、残り5%が微生物の増殖ために使用されたことが明らかとなった。1gスクロース(C₁₂H₂₂O₁₁)は0.42gTOCに相当するので、汚泥の収率は0.12g-VSS/g-TOC(0.05/0.42)となった。

造粒汚泥の特性の変化は表-3に示した。負荷量が上がるとグラニュール直径とMLSSが減少した。走査型電子顕微鏡(SEM)撮影より造粒汚泥の微生物相は、桿菌が主体で *Methanobacterium* と形態が類似していた(写真-1(a))。353日から440日にかけて、約8gTOC/L.dのTOC負荷量と12時間のHRTで培養するとグラニュールの直径及びMLSS、VSS濃度が増加した。SEM撮影より長い桿菌に似ている *Methanothrix* 様の微生物が観察された(写真-1(b))。

表-3 造粒汚泥の特性の変化

運転時間(日)	0	160	325	438
直径(mm)	1~3	0.5~2.5	0.5~1.5	1~5
負荷量(gTOC/L.d)	0.33	10	18	8
MLSS(g/L)	78.5	90	52.2	86
VSS / MLSS	0.88	0.83	0.87	0.91

4. まとめ

UASB法により製糖廃水処理を行い、0.3~16g-TOC/L.dの負荷量、12時間以上のHRT、1000mg/L以下のVFAs濃度の条件でTOCを80~98%の効率で除去できた。除去されたTOC量の46%がCO₂に49%がメタンに変換され、残り5%が、0.12g-VSS/g-TOCの汚泥収率でバイオマスに変換された。

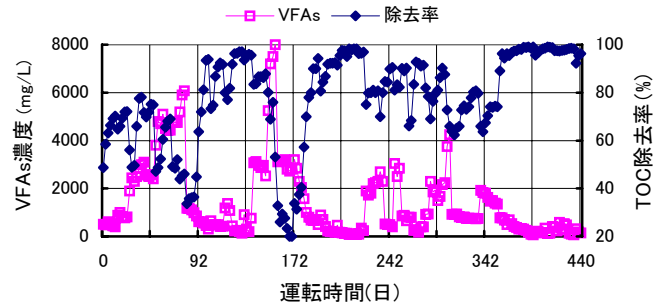


図-2 処理水中のVFAs濃度と除去率の関係

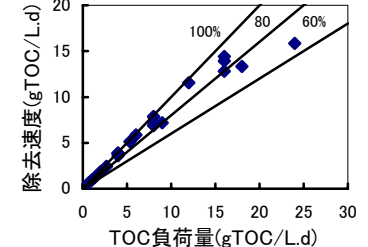


図-3 TOC負荷量と除去率の関係

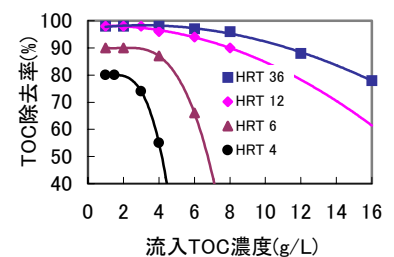


図-4 TOC除去率に与えるHRTの影響

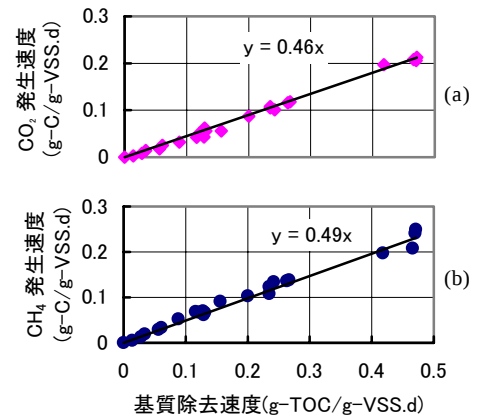
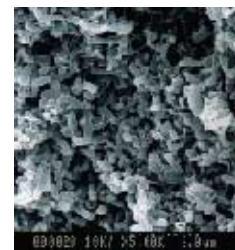
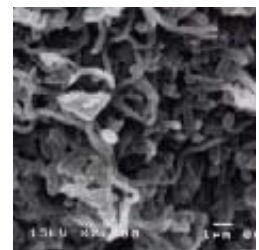


図-5 基質除去速度と発生ガス中の(a)CO₂及び(b)メタン生成速度の関係



(a) *Methanobacterium* 菌



(b) *Methanothrix* 菌

写真-1 凝集微生物のSEM撮影