

上向流嫌気性スラッジブランケット(UASB)法による製糖排水処理に関する研究

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、担体資材を用いることなく微生物をグラニュール化することで、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CH₄に転換される。UASB法は、排水からのエネルギー回収技術として高い評価を得ており、近年きわめて注目されている排水処理法である。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法の製糖排水処理への適用の可否を検討した。

2. 実験材料ならびに実験方法

2.1 実験装置

本実験で用いているUASBの処理フロー図を図-1に示す。リアクターの高さは1.18m、全容積は12.5L、反応部容積は7.5L(内径10cm)、沈降部容積は5.0L(内径20cm)である。リアクターの周りに組み込んである恒温ジャケットにより温度コントロールする。流入基質はポンプで流入し、上向流で汚泥ベッドを通過する。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)によってガスと汚泥は分離され、グラニュール汚泥は重力沈殿により汚泥ベッドに返送され、発生ガスはバイオガス収集装置に捕集され、処理水は出口からオーバーフローして処理水槽に導かれる。容積負荷は、沈降部の容積を除いて7.5Lの反応部容積だけで計算した。

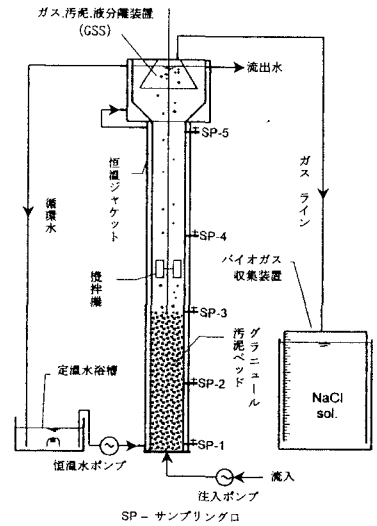


図-1 UASB 処理フロー図

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(MLSS:78.5 g/L, VSS:69.4 g/L, 直径:1~3mm)を使用した。

(2) 流入水には、スクロース(C₁₂H₂₂O₁₁)を炭素源として使用し、窒素とリンはNH₄ClとKH₂PO₄を使用した。濃度はC:N:Pの比率に応じて変えた。MgSO₄·7H₂O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、NaHCO₃を補填した。流入水が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。

表-1 微量金属溶液の組成

成分	濃度 (g/L)
FeCl ₃ 6H ₂ O	4.9
MnCl ₂ 4H ₂ O	0.35
CoCl ₂ 6H ₂ O	0.085
ZnCl ₂	0.35
NiCl ₂ 6H ₂ O	0.42
CaCl ₂ 2H ₂ O	0.35
H ₃ BO ₃	0.035
Na ₂ MoO ₄ 2H ₂ O	0.085
CuCl ₂ 2H ₂ O	0.009

表-2 リアクターの運転条件

運転時間 (日)	流入水の TOC 濃度 (mg/l)	HRT (h)	温度 °C
0~80	500~6000	36	37
81-161	1000~16000	36	37
162-206	1000~4000	24	37
207-211	6000	18	37
212-259	4000~8000	12	37
260-307	1000~6000	6	37
308-352	1500~4000	4	37
353-440	2000~4000	12	37

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のdの負荷量と36hの水理的滞留時間(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

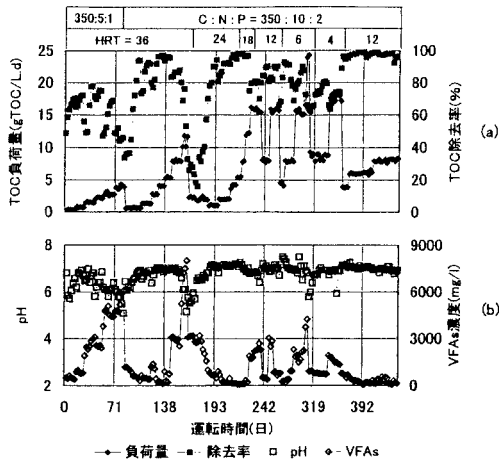


図-2 TOC負荷量と除去率(a)及びpHとVFAs(b)の経時変化

連続運転した。それぞれのRunで、処理水質、発生ガス量が安定した後に、TOC負荷量を高めてするという運転方法で実験を行った。

3. 実験結果と考察

最初の80日間は、HRTが36時間、流入水中のC:N:P比率が350:5:1で、TOC濃度を段階的に500mg/Lから高めてした。図-2(a)に示すように60%のTOC除去率しか得られなかった。この原因は、NとPが不足と考えられ、Cに対するN、Pの添加濃度を2倍に高めた結果、80~98%のTOC除去率が得られた。以後の実験では、C:N:P=350:10:2として実験を続けた。HRTが段階的に6時間まで短くし、TOC負荷量を16gTOC/L.dまで高めたが、その負荷量でも80%以上のTOC除去率が得られた。

処理水中の揮発性酸(VFAs)濃度とpHの変化を図-2(b)に示した。VFAs濃度の増加に伴い、pHとTOC除去率は低下し、高いVFAs濃度がTOC除去を阻害することが明らかとなった。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、pHを6.8~7.2の範囲に維持することが大切であることが分かった。

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。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で安定的に培養するとグラニュールの直径及びVSS濃度が増加した。

ガス発生については、図-3に示すようにTOC投入量の増加に伴いガス発生量も増加しており、ガス発生率としては約1.56L/gTOCの値が得られた。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-4に示した。図-4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%が微生物の増殖のために、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。

4. まとめ

UASBリアクターにより製糖廃水のメタン発酵処理を行い、0.3~16g-TOC/L.dの容積負荷量の範囲でTOCを80~98%の効率で処理できることを明らかにした。また、処理の管理パラメーターとしてC:N:Pの比率及びpHとVFAs濃度が有用であることを認めた。

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

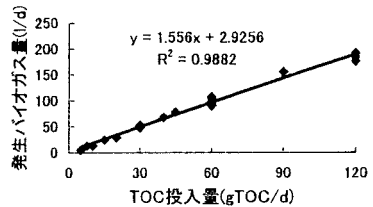


図-3 TOC投入量と発生バイオガス量の関係

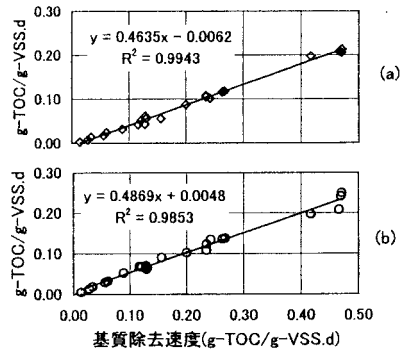


図-4 基質除去速度と発生バイオガス中の(a)CO₂及び(b)メタン生成速度の関係