

明星大学理工学部 正 ○田中 修三
 東京大学工学部 正 松尾 友矩

1. はじめに

二相嫌気性消化法は、従来の单相消化方式に比べて相分離により短い水理学的滞留時間(HRT)でより安定した消化が可能になるものと期待されている。これらの可能性をより確実にするために、筆者らは環境条件の変動に弱いメタン生成菌に対して槽容積を増大させることなく長い菌体滞留時間(SRT)を確保できる生物膜法である汚床とメタン槽とした二相消化実験を行っている。そのうち、本法の負荷変動に対する適応性を知る目的で、平常運転時負荷の3倍のCOD負荷に対する系の応答を調べる実験を行ったので、ここにその結果を報告する。

2. 実験方法

図1に示した完全混合型の酸槽と上向流汚床を用いたメタン槽からなる装置により、消化温度37℃で実験を行った。汚床には細目格子を持つ円筒状の汚材(D社製N-1[®]ネットリンフ)を充填し、汚床内空隙率は89%である。酸槽には気相部は設けず、酸槽での生成ガスは混合液と共にメタン槽に押し出す方式をとった。

基質としてM社製育児用粉ミルクを用い、表2に示したように平常運転時はこれを1(g/l)の濃度で水道水に溶かした人工废水を連続投与した。但し、C/N比が約7になるように重碳酸アンモニウムを人工废水に添加し、またリン酸緩衝剤によりpHの調整を行った。実験条件は表1に示した通りであり、負荷変動実験では系が定常状態に達してから平常運転時の3倍のCOD濃度(4,500 mg/l)の废水を24時間連続投与し、その後は元の濃度に戻り系が定常状態に達した。

種汚泥としては、ミルクを基質とした半連続培養方式で数日間培養している汚泥を用いた。

主な分析項目として、ガス成分はガスフロマトグラフ(TCD)、脂肪酸とアルコールはガスフロマトグラフ(FID)、CODは重クロム酸カリウム法により分析した。

3. 実験結果と考察

(1) 平常運転時の処理結果-----ガス生成速度と揮発酸組成の変化から判断した定常状態での処理結果を表3に示した。従来の单相消化方式に比べて、本法は4.4日という短いHRTでCOD除去率92%、流出水SS 40 (mg/l) という良好な処理が可能であることがわかった。ガス生成量は系全体で約535 (mg/l 流入水)であり、そのうち約80%がCH₄、20%がCO₂であった。酸槽での酸生成量はCOD転換率で37%であり、そのうち約60%が酢酸(HAc)、残りはプロピオン酸(HPr)と酪酸(HB)であった。一方、メタン槽からの流出水の中に酸は全く検出されず、メタン発酵が十分進行していることが確認された。

(2) 負荷変動に対する応答-----定常状態での分析終了後、平常運転時の3倍のCOD負荷を与えた時の系の応答を図2~4に示した。図2は負荷変動によるガス・揮発酸生成および流出水CODの変化も示したものである。図2(c)より酸槽混合液CODは負荷の増加開始から1日後に平常時の約2倍(3,000 mg/l)に達し、メタン槽からの流

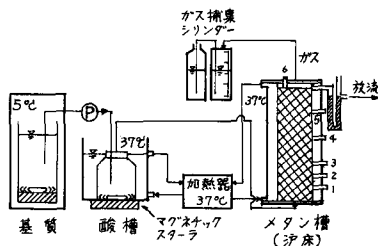


図1. 二相嫌気性消化実験装置

表1. 実験条件

項目	酸槽	メタン槽 (汚床)
液相部容積 (ℓ)	4.4	15.0
気相部容積 (ℓ)	無	1.0
HRT (日)	1.0	3.4
流入水量 (ℓ/日)	4.4	4.4
空筒速度 (cm/日)	—	24.9
COD負荷 (kgCOD/m ³ 日)		
平常時	1.50	^b 0.39
変動時	4.50	^b 1.18
COD (mg/l)	1,500	
SS (mg/l)	400	
流入水pH	7.9	

^a 汚床断面積当りの速度。

^b (液相部+汚材)汚槽当りのCOD負荷。

表2. 基質組成

成分	濃度(mg/l)
ミルク	1,000
NH ₄ HCO ₃	280
Na ₂ HPO ₄	350
K ₂ HPO ₄	200
KH ₂ PO ₄	50

^a 平常時の濃度であり、負荷変動時は3倍の濃度とした。

出水CODも若干遅れて約2倍(260mg/l)にまで上昇していることがわかる。しかし、平常負荷に戻りてから3~4日後には元の状態に復帰した。また図2(b)に示したように酸槽混合液中の揮発酸濃度も最高で平常時の約2倍にまで上昇したが、メタン槽からの流出水中には負荷増大にかかわらず揮発酸は全く検出されなかった。ガス生成は図2(a)のようにCH₄の生成速度が最高で平常時の約1.7倍にまで達した。

このように、24時間のCOD負荷増大に対して系からの流出水CODも高くなったが、負荷変動の影響が5日間続いたとして計算したメタン槽からの流出水CODの水量による加重平均値は約180(mg/l)であり、全体としてはかなり安定した良好な処理が行なわれていたと言える。また、負荷変動時の流入水COD 4,500(mg/l)に対して酸槽混合液の最大CODは3,000(mg/l)であり、メタン生成菌にとって酸槽が負荷変動の緩和槽としても働いていると言える。

図3は酸槽混合液CODに対する酸槽での揮発酸への転換率とメタン槽でのCOD除去率の変化を示したものである。負荷増大の開始直後に酸槽での揮発酸への転換率は一旦低下しているが、その後はむしろ若干上昇している。同様にメタン槽でのCOD除去率も負荷変動中にわずかながら上昇する傾向を示した。負荷変動に強いと言われるメタン生成菌がこのように余裕のある良好な処理を続けているのは、上述したように相分離により酸槽が負荷変動を緩和する役割を果たしていることに加えて、浮床という生物膜方式により長いSRTと高密度の菌体を保持できることによるものと考えられる。

負荷変動に対する酸槽での個々の揮発酸の挙動を示したのが図4である。負荷増大によりいずれの揮発酸量も増加しているが、その平常値に対する増加率は酢酸が約2倍にのみ、ているのに対してプロピオン酸、酪酸、吉草酸(HV)は3~4倍にまで達した。また、平常負荷に戻りて1日目には酢酸は元の蓄積量に戻っているのに対して他の揮発酸は3~4日を要した。このように負荷変動に対する酸槽での個々の揮発酸の挙動は異なり、酸組成が変化した。メタン槽では全ての酸が分解しており、メタン生成への阻害は全く見られなかった。

4. おわりに

浮床を用いた二相嫌気性消化の負荷変動に対する応答を調べた結果、平常時の3倍のCOD負荷に対しても酸生成・メタン生成ともに非常に安定しており、90%以上のCOD除去率が維持された。負荷変動対策としての相分離と生物膜方式の有効性がある程度確認されたと考えられよう。

表3. 二相消化による処理結果

項目	酸槽	メタン槽(浮床)
ガス生成量 (ml/l 流入水)		
CH ₄	—	430
CO ₂	—	105
揮発酸濃度(mgCOD/l)		
HAc	230	
HP	90	
HB	60	
^a TVFA	400	N.D.
エタノール濃度(mgCOD/l)	10	N.D.
流出水COD (mg/l)	1350	120
SS (mg/l)	400	40
pH	6.1	6.5
COD除去率 (%)	10	^b 91(92)
酸生成量 (COD転換率,%)	^c 37	—
メタン生成量(COD転換率,%)	—	82

N.D. 検出されず。
^a その他の微量揮発酸も含む。
^b 酸槽流出水CODに対する率、()は流入水CODに対する率。
^c (揮発酸+エタノール+除去COD)の流入水CODに対する率。

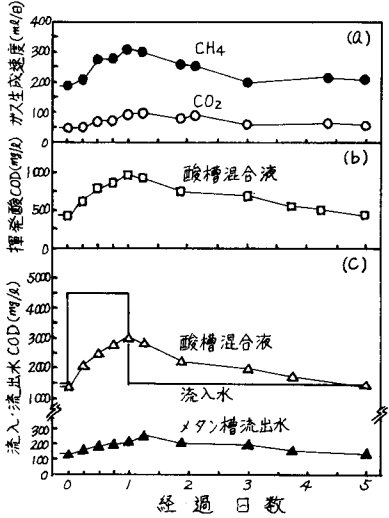


図2. 二相消化における負荷変動に対する応答

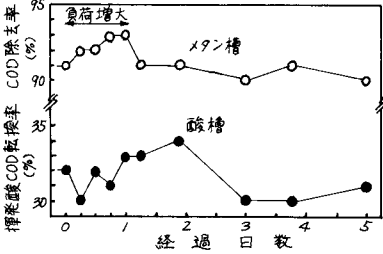


図3. 酸槽混合液CODに対する揮発酸COD転換率とCOD除去率の変化

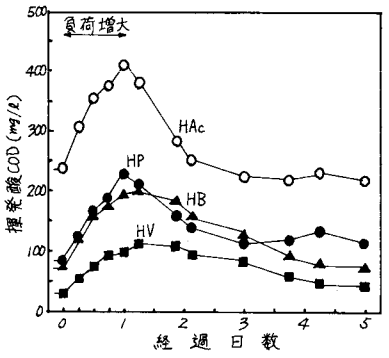


図4. 酸槽混合液中の個々の揮発酸の変化