

II-472

嫌気性流動床型反応器によるメタン発酵処理に関する研究

長岡工業高等専門学校 正 ○荒木 信夫 須田 玲

1. はじめに

流動床型反応器は、投入した付着担体を廃水の上昇流によって流動せしめ、その担体表面に微生物増殖体（生物膜）を形成させ、廃水中の有機成分を無機化するものである。本反応器をメタン発酵処理に適用した場合、生物と廃水との接触効率がよく、生物膜の形成によって高濃度の生物保持が可能である点から、低濃度有機性廃水の処理に有効であると考えられる。本研究は、長期間の馴養が必要とされる流動床型反応器のスタートアップ時の挙動をショ糖＋スキムミルクを主成分とした人工基質を用いて、基質除去特性と生物膜の形成状況から検討したものである。

2. 実験装置と方法

実験に用いた流動床型反応器は、内径8cm・高さ160cmの塩ビカラムで、下部の流体整流器と上部の気・固・液分離槽から構成される。反応器の有効容積は約13ℓである。反応器内の上昇線流速は循環ポンプにより、15(Run1,2)~10(Run3,4,5)m/hrに設定した。反応器内の温度は、カラム部のウォータージャケットにより25℃に制御した。実験は、反応器内に付着担体として粒径0.3mmの人工軽量骨材($\rho=2.33\text{g/cm}^3$)を1.0kgと種汚泥として都市下水処理場中温消化汚泥19.0g-VSSを投入し、表-1に示す人工基質($\text{COD}_{\text{Cr}}=2000\text{mg/l}$)を用いて開始した。スタートアップ実験は、容積負荷 $0.5\text{kg-COD/m}^3\cdot\text{day}$ で開始し、その後負荷は1, 2, 4, $6\text{kg-COD/m}^3\cdot\text{day}$ (それぞれをRun1-5)と上昇しながら運転を行った。生物膜のメタン生成活性の評価は、表-1の酢酸基質を用いて100mlバイアル瓶による回分試験によって測定した。

3. 実験結果および考察

図-3に、流出COD_{fil}濃度・COD除去率とメタン生成速度の経日変化を示す。COD除去率は、運転開始当初には60%程度であったが、30日目には95%まで上昇した。Run4, 5と負荷を増加する際に一時的に除去率は低下するものの数日で回復し高い値を維持している。79日目には負荷6kg-COD/m³・dayを許容するに至った。発生ガス中のメタン含有率は65%とほぼ一定しており、メタン生成量は負荷の上昇に伴って増大している。Run6では19ℓ/dayのメタンガスが回収され、除去COD当たりのメタン収率は0.28ℓ-CH₄/g-COD_{rem}と高い値を示した。

反応器内生物濃度MLVSSとバイアル試験から測定したメタン生成活性の経日変化を図-4に示す。反応器内の生物濃度は、植種時には1.45g-VSS/ℓであり、また、運転開始当初に相当量の汚泥が流出したものの、生物膜の形成に伴って急激に増加しており、95日目には流動床内平均12.5g-VSS/ℓまで上昇した。また、流出SS濃度は0.1g-SS/ℓと比較的低い値を示しており、反応器内の生物は、ほぼ生物膜として固定されていた。メタン発酵の律速段階と考えられ

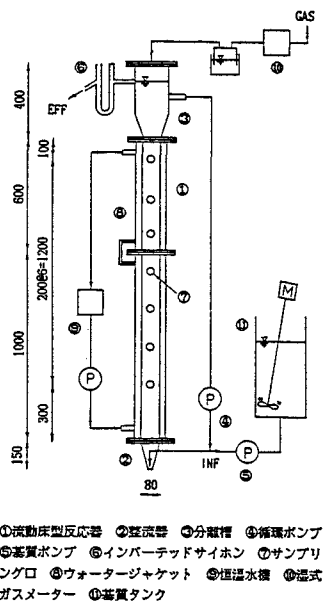


圖-1 實驗裝置概要圖

表-1 基質組成

Composition:A	mg/ℓ	Mineral:C	mg/ℓ
SUCROSE	1200	FeCl ₂	5.0
SKIM MILK	700	MgCl ₂ ·6H ₂ O	33.3
NH ₄ Cl	172	MnSO ₄ ·4H ₂ O	15.0
K ₂ HPO ₄	36	CuSO ₄ ·5H ₂ O	5.0
NaHCO ₃	1500	CaCl ₂ ·2H ₂ O	36.8
Composition:B		Na ₂ SO ₄ ·7H ₂ O	107.0
CH ₃ COONa·7H ₂ O		CaCl ₂ ·6H ₂ O	1.2
	3200	Na ₂ HPO ₄ ·2H ₂ O	1.0
SKIM MILK	300		
NH ₄ Cl	150	連続実験 A+C	
Na ₂ S·9H ₂ O	250	バイアル試験 B+C	
KH ₂ PO ₄	0.1 M		
K ₂ HPO ₄	0.1 M		

る酢酸からのメタン生成活性（25℃）は、種汚泥では0.036g-CODasCH₄/g-VSS・dayと低い値であったが、生物膜の形成に伴って0.26g-CODasCH₄/g-VSS・dayと上昇した。これは、生物膜が酢酸資化性メタン菌の集積によって形成されることを示唆している。

担体への生物の付着は運転開始直後に観察され、流動床は3～4日目には分離槽まで展開した。当初の生物膜は担体の一部に辛うじて付着したフロック状のものであったが、運転を継続するにつれて担体全体を半透明に被覆し、生物密度を高めながら次第に強固に付着増殖するものであった。図-4に示すSEM写真は、上部が未使用人工軽量骨材で下部が19日経過した生物膜付着担体である。人工軽量骨材は、10～100μm程度の孔が多数存在しており、生物膜はその孔の内部から付着し、孔を埋めるように増殖している。しかし、この膜表面に菌は多く観察されず、体外分泌ポリマーと思われる物質で覆われていた。図-5、6は、76日目の生物膜を観察したものである。生物膜は担体全体を滑らかな表面で包んでおり、部分的に球菌・カン菌のコロニーが点在している。生物膜の内部は、主に糸状性のMethanotrix様の菌によるマトリクスで構成されていた。76日目に実体顕微鏡写真から生物膜担体の平均粒径を実測し、算定した生物膜厚は54μmであった。

4. まとめ

25℃において嫌気性流動床型反応器を人工基質を用いてスタートアップしたところ、以下の知見が得られた。
① 低活性の種汚泥を植種した場合でも約80日の運転で容積負荷6kg-COD/m³・dayを許容し、その時のCOD除去率は86%、メタン生成速度は19.3ℓ/dayと優秀な処理成績を示した。
② 反応器内の生物濃度は、膜厚54μmのMethanotrix様の菌の集積した生物膜の形成によって12.5g-VSS/ℓに維持され、汚泥のメタン生成比活性も種汚泥の7倍に上昇した。

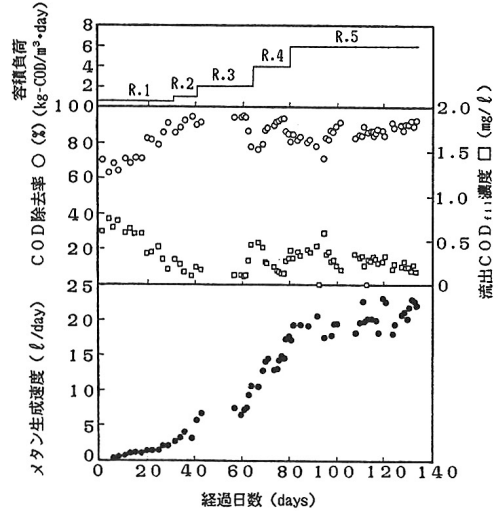


図-2 流出COD・メタン生成経日変化

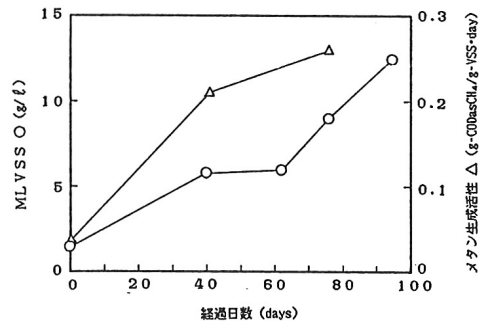


図-3 MLVSS・メタン生成比活性経日変化

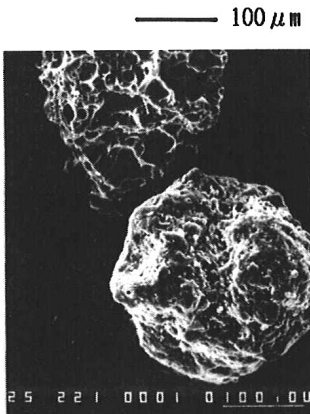


図-4 19日生物膜SEM

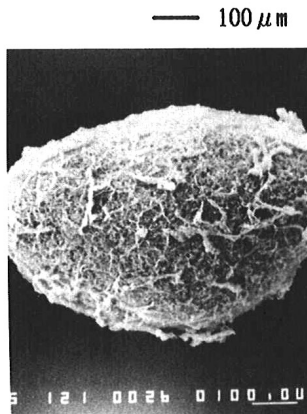


図-5 76日生物膜SEM

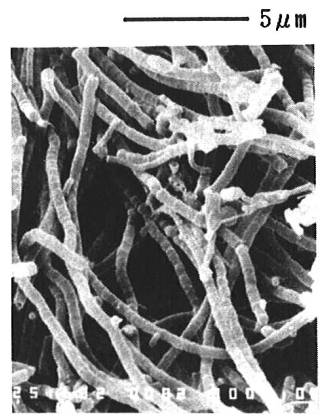


図-6 生物膜クローズアップ