

II-488

嫌気性流動床型反応器のスタートアップに及ぼす温度の影響

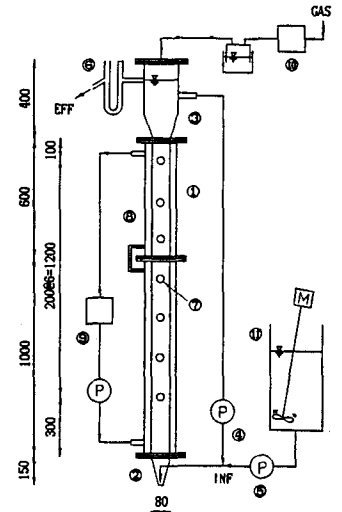
長岡工業高等専門学校 正 荒木 信夫
 長岡技術科学大学 工学部 学 ○田中 松生 大石 一明
 三機工業（株）技術研究所 正 長野 晃弘 正 小林 浩志

1. はじめに

流動床や固定床といった付着生物膜型の嫌気性処理プロセスは、生物膜の形成による反応器内への高濃度生物保持によって、廃水の高濃度メタン発酵処理を可能にするものである。これら反応器は、一部の産業廃水の処理に対して既に実用化されているが、更にその適用性の拡大を図るためには、低温度でのスタートアップ特性を評価する必要がある。本研究は、前報¹⁾の25℃に引き続き、15℃、35℃温度条件下での流動床型反応器のスタートアップ時の挙動を基質除去特性と生物膜の形成状況から比較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、低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10m/hrに設定した。反応器は2系列用意し、それぞれの温度をカラム部のウォータージャケットにより35℃と15℃に制御した。連続実験は、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1.45kgと種汚泥として都市下水処理場中温消化汚泥を投入し、表-1に示す人工基質（ $\text{COD}_{\text{Cr}} = 2000\text{mg}/\ell$ ）を用いて開始した。当初の容積負荷は0.25kg-COD/m³・dayに設定し、その後処理効率を観察しながら負荷を調整した。また、35℃反応器は、約1ヶ月間断続的な馴養運転を行ってから開始したものである。生物膜のメタン生成比活性は、表-1の酢酸および水素ガス基質を用いて100mℓのバイアル瓶による回分試験（35℃）によって評価した。



①流動床型反応器 ②整流器 ③分離槽 ④循環ポンプ
 ⑤基質ポンプ ⑥インバーテッドサイホン ⑦サンプリング口 ⑧ウォータージャケット ⑨恒温水槽 ⑩流速ガスメーター ⑪基質タンク

図-1 実験装置概要図

3. 実験結果および考察

図-2に、15℃、35℃反応器のCOD除去率とメタン生成速度の経日変化を示す。35℃反応器は、Run6（容積負荷6.5kg-COD/m³・day）までCOD除去率は90%以上の値を維持しており、メタン生成速度も負荷の増大に伴って上昇している。約60日間の運転で容積負荷10kg-COD/m³・dayまでの負荷上昇が可能であった。一方、15℃反応器は、開始時の負荷0.25kg-COD/m³・dayではCOD除去率は50%程度であり、その後負荷を調整しながら運転を行ったところ、約150日で4kg-COD/m³・dayまで負荷を上昇することができた。しかし、COD除去率は60%程度であり、除去COD当りのメタン回収率も0.16ℓ-CH₄/g-COD_rと低い値である。

図-3、4は、流動床内のMLVSSと酢酸および水素を基質としたメタン生成比活性の経日変化を示したものである。流

表-1 基質組成

Composition: A	mg/ℓ	Mineral:D	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	38	CuSO ₄ ·5H ₂ O	5.0
NaHCO ₃	1500	CaCl ₂ ·2H ₂ O	36.8
Composition: B	mg/ℓ	Na ₂ SO ₃ ·7H ₂ O	107.0
CH ₃ COONa·3H ₂ O	1920	CoCl ₂ ·8H ₂ O	1.2
Yeast Extract	75	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	1.0
Composition: C	%	Composition: E	mg/ℓ
H ₂ Gas	80	NH ₄ Cl	100
CO ₂ Gas	20	K ₂ HPO ₄	1450
		KH ₂ PO ₄	750
		Na ₂ S·9H ₂ O	200

連続実験 A+D
 バイアル試験 酢酸基質 B+D+E
 水素基質 C+D+E

動床内担体への生物の付着は、15℃反応器では前報¹⁾と同様に運転開始早々に発生し、流動床は高さ方向に急速に展開した。35℃ではこのような初期吸着は発生せず、約40日間の運転によって上部の分離槽に展開した。これは温度によって液粘度が変化するために両反応器内の担体表面の流体せん断力が異なるためと予測される。生物濃度は、35℃では運転の経過につれて18g/lまで上昇したが、15℃では3~5g/lと低い値のままである。運転60日において35℃反応器のMLVSSが急激に低下した理由は、生物膜の増殖速度が大きくなったために定常的な運転が困難となり、装置の故障により生物膜が担体から剝離したものである。

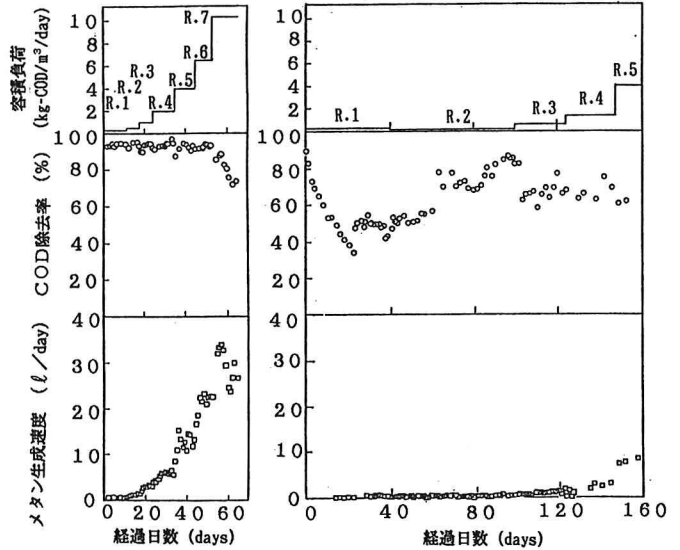


図-2 運転結果 (左: 35℃, 右: 15℃)

メタン生成比活性は、いずれの場合も水素資化メタン生成比活性が酢酸資化メタン生成比活性より高い値を示しており、両活性とも種汚泥に比較して数倍に増大している。比活性の経日変化は、15℃、35℃ともにMLVSSと同様の傾向を示している。また、15℃においても酢酸資化メタン生成比活性は、35℃と同等までに上昇している。これは、温度に関わらず嫌気性生物膜がメタン生成菌の集積によって形成することを示唆している。しかし、15℃では生物膜の形成によって流動床は展開するものの、流動床内の生物濃度が上昇しない理由は、膜中の生物密度が増加しないためと考えられる。図-5は、35℃反応器44日目の生物膜担体の実体顕微鏡写真である。生物膜は担体全体を一律に被覆している。生物膜担体と剝離担体の平均粒径の差から算定した生物膜厚は67μmであった。15℃反応器の生物膜は非常に脆弱であり、サンプリングによって容易に剝離した。

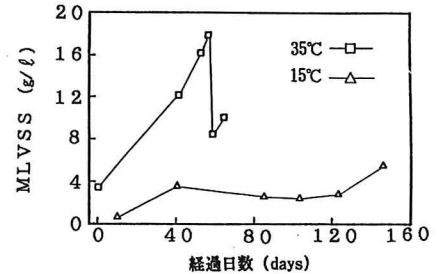


図-3 MLVSS 経日変化

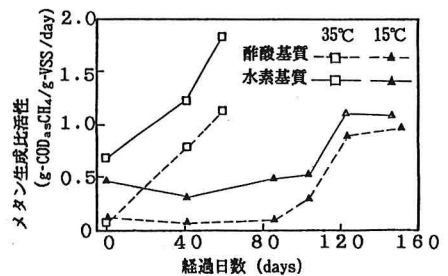


図-4 メタン生成比活性経日変化

4. まとめ

嫌気性流動床型反応器のスタートアップ時の温度の影響を検討したところ、35℃では、約60日の馴養運転で生物膜の形成によって流動床内の生物濃度は18gVSS/lに増加し、良好な処理能力を示した。15℃では、35℃と同等のメタン生成菌の集積した生物膜の形成は観察されるものの、150日の運転においても流動床内の生物濃度は4.5gVSS/lと低い値であった。

参考文献: (1) 荒木・須田 (1988) 土木学会第43回年講 II

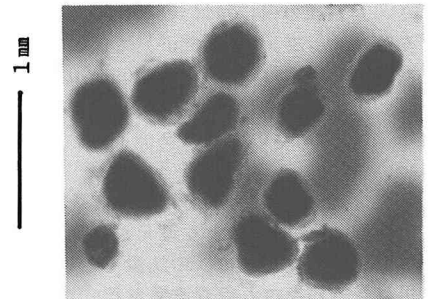


図-5 35℃反応器生物膜