

II-495

嫌気性生物膜形成に及ぼす基質と上昇流速の影響

長岡工業高等専門学校 正 ○荒木 信夫 佐藤 伸幸
 長岡技術科学大学 工学部 山口 隆司
 長岡技術科学大学 工学部 正 原田 秀樹 正 桃井 清至

1. はじめに

反応器内への生物の保持が処理能力を左右する嫌気性生物処理プロセスでは、反応器内に付着メディアを投入し被処理液を循環するだけで高濃度の生物保持を達成する付着生物膜型の反応器が有効である。しかし、これら反応器は、スタートアップや能力予測の際に生物膜の形成が問題となるが、その形成機構や最適条件については未解明な点が多い。本研究は、嫌気性生物群が大別して酸生成菌・酢酸生成菌・水素酸化性メタン菌・酢酸酸化性メタン菌の4種の菌が共生して存在していることに注目し、各菌の共生の度合いが生物膜形成に及ぼす影響と付着生物膜型反応器の操作パラメータである循環上昇流速が生物膜に与える影響を評価するものである。

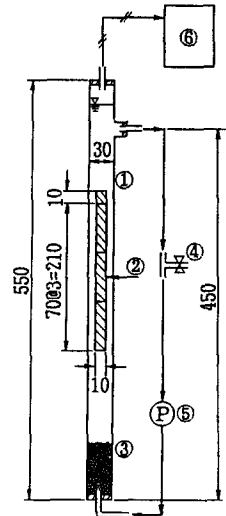
2. 実験装置および方法

図-1に実験装置の概要を示す。反応器は、内径3cm、高さ55cmの塩ビカラムを用い、ピアノ線にスライドガラス4枚(7×1cm:3枚、1×1cm:1枚)を軸方向に連結した付着担体4本を上昇流と平行に装着した。上昇流速は循環ポンプで15、30m/hrに設定し、基質は循環ラインの注入口から1日に1回供給(HRT=20days)した。反応器は、ショ糖基質の第1系、混合有機酸基質の第2系、酢酸基質の第3系の3系列を用意し、37℃に保温した。それぞれの基質の組成は表-1に示した。各反応器に投入した種汚泥は、それぞれ同等の基質組成で運転した反応器の流出汚泥を表-1に示した各基質で3ヶ月以上馴養したものを用いた。種汚泥の投入濃度は8.0gVSS/lである。第1、2系反応器の容積負荷は0.6gCOD/l·dayで、第3系反応器は0.2gCOD/l·dayで運転を行い、4回に分けて付着担体1本をサンプリングし、以下に述べる3項目の分析に供した。

① 付着生物量の測定—スライドガラス1枚を10mlの蒸留水中に浸し、超音波(11W 3mins)照射後の懸濁液の濁度(660nm)から算定。検量線は種汚泥を用いて作製。② 酢酸酸化メタン生成活性の測定—スライドガラス1枚を表-1のC+Dを8倍希釈した基質を用いて100mlバイアル瓶による回分試験(37℃)から算定。③ 走査電顕観察—ガラス面近傍の生物付着サイトを観察。

3. 実験結果と考察

15m/hrの第3系を除く各反応器内のCOD濃度は実験期間を通じて約200mg/lであり、それぞれの反応器とも良好にメタン生成が行われた。図-2は、上昇線流速15、30m/hrでのスライドガラスへの生物付着量の経日変化である。いずれの条件においても運転を継続するにつれて付着生物量は増加しており、生物膜の形成が確認された。付着生物量は、ほぼ第1系>第2系>第3系の傾向があり、生物共生群が複雑なほど生物膜形成速度は大きい。また、付着生物量は、ど



①固定床型反応器 ②スライドガラス
 ③ガラスビーズ ④基質注入口
 ⑤循環ポンプ ⑥ガスバック
 図-1 実験装置概要図

表-1 基質組成

Composition:A	mg/l	Composition:C	mg/l
SUCROSE	10400	CH ₃ COONa·3H ₂ O	6875
Yeast Extract	800	Yeast Extract	750
NH ₄ Cl	920	NH ₄ Cl	287
K ₂ HPO ₄	190	K ₂ HPO ₄	60
NaHCO ₃	8000		
Composition:B	mg/l	Mineral:D	mg/l
CH ₃ COONa·3H ₂ O	7920	FeCl ₂	5.0
CH ₃ CH ₂ COONa	3230	MgCl ₂ ·6H ₂ O	33.3
CH ₃ (CH ₂)COOH	0.204ml	MnSO ₄ ·4H ₂ O	15.0
Yeast Extract	800	CuSO ₄ ·5H ₂ O	5.0
NH ₄ Cl	920	CaCl ₂ ·2H ₂ O	36.8
K ₂ HPO ₄	190	Na ₂ SO ₃ ·7H ₂ O	107.0
		CoCl ₂ ·6H ₂ O	1.2
		Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	1.0
第1系反応器	A+D	第2系	B+D
		第3系	C+D

の基質条件においても上昇線流速 $30\text{ m/hr} > 15\text{ m/hr}$ の傾向を示しており、担体表面の流体せん断力が大きいほうが生物膜形成速度は大きい結果が得られた。 30 m/hr での第1、2系反応器の付着生物膜量は 0.35 mgVSS/cm^2 から上昇せずほぼ一定値を示している。これは、生物膜のせん断強度と膜面の流体せん断力が平衡に達し、増殖生物膜の剥離現象が発生したためと考えられる。図-3は、 15 m/hr の条件で形成した生物膜のメタン生成比活性の経日変化である。運転開始5日では生物膜は形成したものの（第1、2系）メタン生成活性は認められなかった。しかし、生物膜の形成が進行すると付着量に比例して比活性は上昇している。これは、生物膜の形成に伴って酢酸酸化性メタン菌が集積していることを示唆している。図-4は、 30 m/hr 実験の63日目の各反応器の生物膜のSEM写真である。このSEM写真は、肥厚生物膜を人為的に剥離してガラス表面への生物の付着の様子を観察したものである。第1系でのガラス表面は、ほぼ短桿菌だけが一様に付着していた。第2系のガラス面近傍には、第1系に比較して薄膜状の細胞外ポリマー様の物質が大量に付着しており、菌同士もこの物質によって融合して付着しているものであった。第3系では、他の系に比較してガラス面近傍の生物膜中にMethanothrix様の菌の占める割合は高いが、ガラス面と付着しているのは第2系と同様のポリマー様物質で融合した球菌であり、Methanothrix様菌はその融合体に絡み付くように存在していた。

4. まとめ

嫌気性生物膜の形成速度は、酢酸<混合有機酸<シヨ精基質の順に大きくなる。また、付着担体表面の流体せん断力が大きいほうが生物膜の形成は速い。生物膜の形成は、酢酸酸化メタン生成比活性と比例関係にある。

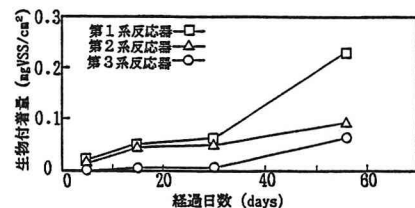
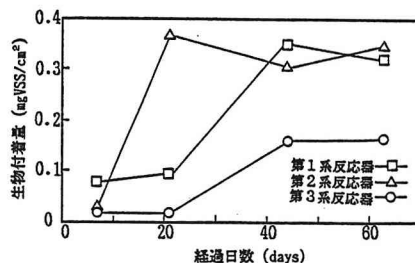


図-2 付着生物量経日変化
(上: 30 m/hr 、下: 15 m/hr)

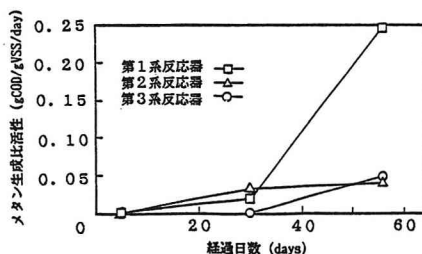


図-3 15 m/hr 反応器メタン生成比活性

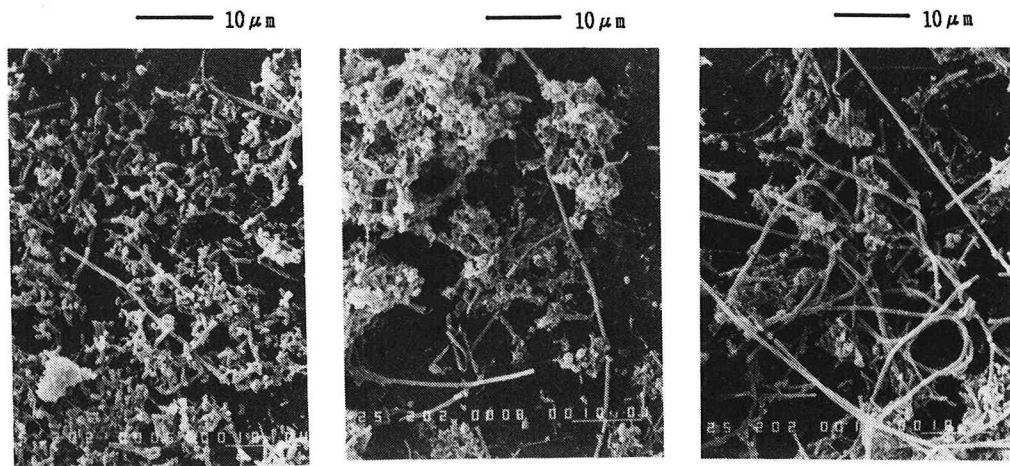


図-4 30 m/hr 反応器生物膜SEM (左: 第1系、中: 第2系、右: 第3系)