

嫌気性流動床内付着微生物による基質分解特性

九大・工学部 ○学生員 中村修治 学生員 久場隆広
正 員 古米弘明 正 員 楠田哲也

1. はじめに

近年、省エネルギー面で有利である嫌気性消化に関する研究が進められているが、基質分解に関わる微生物群の相互関係を十分に検討されているとは言えない。本研究は、嫌気性消化の効率化の手段の一つである流動床処理プロセスを対象とした基礎的研究として酢酸、プロピオン酸、n-酪酸およびグルコースの分解特性を明らかにすることを目的としている。完全混合槽と流動床との基質分解過程を回分実験により比較検討した。

2. 実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。内径約4.5cm、有効高さ80cmのWater Jacket付きアクリル製流動床反応槽を二基作成した。また、有効体積800mlの完全混合槽三基も並行して運転した。流動床の担体には粒径0.299mm-0.344mmの合成ゼオライトを用いた(真比重=2.27、水中比重=2.09)。表-1に装置操作条件ならびに投入基質組成を示す。基質は、酢酸、プロピオン酸およびn-酪酸を2:1:1(COD換算)で混合した基質、酢酸、ならびにグルコース(それぞれ、Mix, HAc, Gluで表す。)の三種である。完全混合槽の植種には、福岡市下水処理場の嫌気性消化槽汚泥を用い、約2ヶ月間馴養したのち、その汚泥を流動床の植種汚泥に用いた。添加担体量は有効体積の20%とした。汚泥植種、基質を間欠的に投入しその後、除去が安定した時点で毎日一定量の投入を行った。測定項目は、pH、温度、VFA、菌体量の指標としてのタンパク濃度とVSS、ガス発生量、およびガス組成である。反応槽の温度は35~37°Cに保持した。表2に示すように実験は各反応

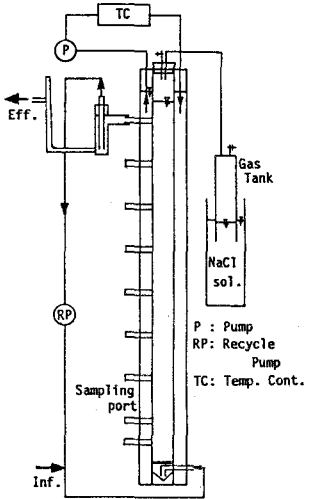


図-1 流動床概略図

表-1 装置操作条件ならびに投入基質組成

反応槽の種類	完全混合槽		流動床	
	C1	C2	F1	F2
基質の種類	Mix	Glu	Mix	Glu
有効反応体積 (L)	0.8	—	1.81	1.59
投入濃度 (gCOD/L)	0.33-0.75	—	0.11	0.13
基質組成				
種類	Mix		Glu	
有機質	HAc	5000	—	—
COD _g /L	RP	2500	—	—
	—H ₂ Bu	2500	—	—
	Glucose	2500	—	10000
酵母エキス	—		100	
無機質				
mg/L	(NH ₄) ₂ HPO ₄	700	700	700
	KCl	750	750	750
	NH ₄ Cl	800	800	800
	MgCl ₂ ·6H ₂ O	815	815	815
	MgSO ₄ ·7H ₂ O	248	248	248
	FeCl ₃ ·6H ₂ O	418	418	418
	CaCl ₂ ·6H ₂ O	18	18	18
	CaCl ₂ ·2H ₂ O	137	137	137
無機炭				
mg/L				
N a H C O ₃	4000		4000	
K ₂ H P O ₄	4000		4000	

表-2 回分実験条件

対象菌種	完全混合槽		バイアル回分実験			
	C1	F1	C1	C2	F2	F2
実験名	AM	AF	VM	VG	VF	VF
基質	Mix	Mix	Mix	Mix	Mix	Mix
接種濃度	1000	500	250	1000	1000	1000
濃度	1000	1000	1000	1000	1000	1000

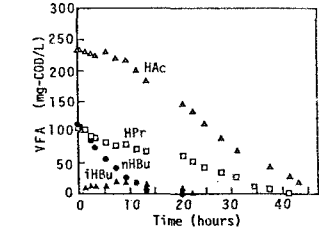


図-2 実験AF(Mix)脂肪酸経時変化

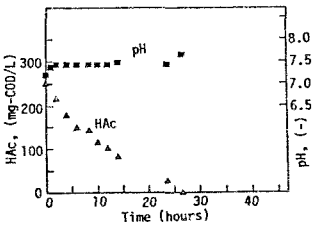


図-3 実験AF(HAc)酢酸経時変化

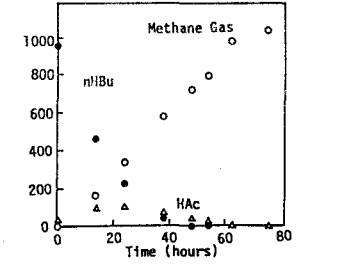
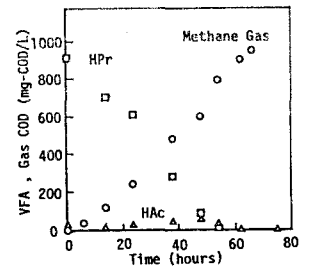
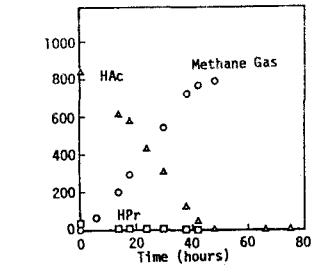


図-4 実験AMメタンガスおよび脂肪酸経時変化

装置および35mlのガラス製バイアルを用いて行った。基質を所定の濃度になるように添加したのち、上記の測定項目を経時的に測定した。

3. 実験結果および考察

a) 混合酸分解特性 ; 図-2は、Mixの流動床にMix基質を投入した実験AF(Mix)のVFAの経時変化を示したものである。n-HBuは速やかに消費されるのに比較して、HPrの除去は遅く、またn-HBuが消費されている間はHPrの濃度は初期に若干低下するものの消費の遅滞傾向が伺える。またn-HBuの分解に対応して、i-HBuの生成がみられる。次に、各脂肪酸の分解速度について検討した。今回の床内の汚泥付着状況と膨張条件から判断して槽内濃度は均一と仮定できる。図-2の濃度変化データよりn-HBuとHPrの分解特性をMonod型の速度式で推定した後、HAcについては図-3に示した実験AF(HAc)の場合についてその速度式を推定し、前者二式と合せて実験AF(Mix)のHAc濃度の経時変化との照合を行った。この数値計算結果を図-5に実線で示した。反応後半において実験値とのずれが大きい。これは、Mix基質培養汚泥で酢酸単一の基質による実験値より求めた除去速度は混合酸中の酢酸除去速度より大きいことを示しており、今後さらに微生物相互の共生関係等を含めた形での解析が必要と考えられる。なお、最大比消費速度(ν_m)の値はn-HBu, HPr, HAcそれぞれ、1.20, 0.40, 1.00 mgCOD/mgProtein/dayであり、飽和定数(K_s)はそれぞれ、40, 40, 25 mgCOD/lである。また、点線で示した結果は $\nu_m=0.80$ mg/mg/day、 $K_s=15$ mg/lとした場合である。参考のため、完全混合槽における、混合酸を添加した回分実験による結果を図-4に示す。特に、図-2に示した流動床のHPr分解速度はこの植種汚泥である完全混合槽のものとは比べて速く、流動床内の各基質を除去する菌体の割合に変化が起こっているものと考えられる。

b) グルコース分解特性 ; グルコースを基質とする流動床(F2)のバイアル実験VFと完全混合槽(C2)のバイアル実験VGの結果を図-6~7に示した。流動床(F2)の生物付着ゼオライトのタンパク量は、300mg/l前後とかなり少なかったにもかかわらず、装置全体ではHPrの分解が速やかにおこなわれているのは、流動床界面に見られた汚泥粒子にHPrを分解可能な菌体が多く存在するためである。このことは、この汚泥粒子を用いたバイアル実験から確認された。

c) 汚泥付着状況 ; 写真1~2に、担体として用いたゼオライトとMix基質の流動床内担体(1.5月経過後)の走査型電子顕微鏡写真を示した。ゼオライトの表面は凸凹があり付着力の弱いと考えられるメタン生成菌にとっても容易に生物膜が形成される可能性がある。一方、床内担体の一部にMethanothrixと思われる微生物が付着している様子が観察された。しかしながらしっかりと生物膜は形成されておらず、タンパク質濃度の分析結果においても、わずか600~700mg/l程度にしか至っていない。今後、微生物の付着力に関して担体同士の衝突表面性状についても検討する必要がある。

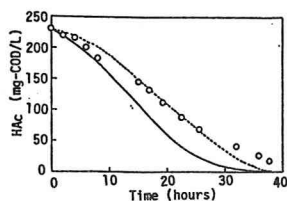


図-5 酢酸濃度シミュレーション経時変化

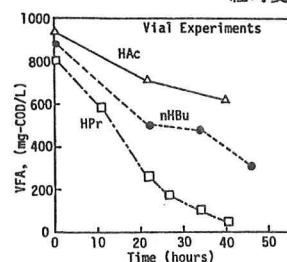


図-6 実験VF(Glu)脂肪酸経時変化

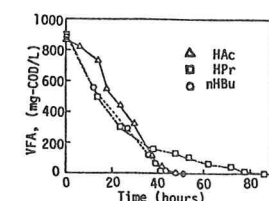


図-7 実験VG(Glu)脂肪酸経時変化

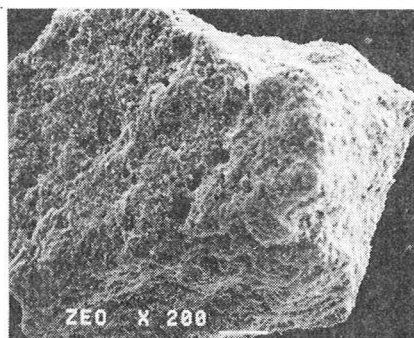


写真-1 合成ゼオライト

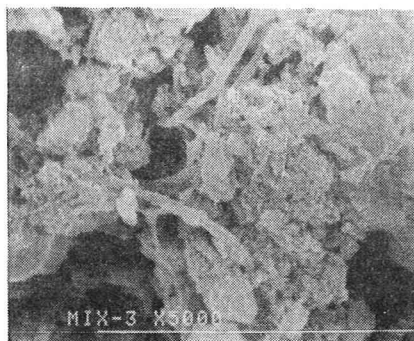


写真-2 流動床(F1)内生物付着担体