II-219　嫌気性消化のメタン生成相に及ぼす滞留時間とpHの影響について

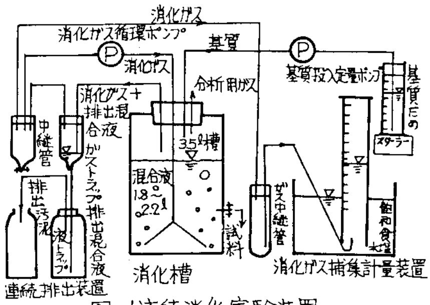
神奈川県　正員　高尾 治海
東北大学　正員　松本 順一郎
東北大学　正員　野池 達也

1. はじめに

嫌気性消化は，有機酸を生成する酸生成相と，有機酸をメタンガスまでに分解するメタン生成相から成りたっている。メタン生成相は，その小さな増殖速度や温度，pH等の環境因子に対し敏感であるためにプロセスの律速段階となっており，この段階を最適条件で操作することにより嫌気性消化の効率化が可能となる。本研究は，メタン生成相について単一有機炭素源として酢酸を用い，滞留時間と増殖速度の関係を考察し，更にpHを6に制御することにより低pHがメタン生成菌に及ぼす影響を連続実験により求めた結果を比較検討したものである。

表−1 基質組成

酢酸	20,000 mg/l
$(NH_4)_2HPO_4$	700 mg/l
NH_4Cl	850 mg/l
KCl	750 mg/l
$MgSO_4\cdot 7H_2O$	250 mg/l
$MgCl_2\cdot 6H_2O$	810 mg/l
$FeCl_3\cdot 6H_2O$	420 mg/l
$CoCl_2\cdot 6H_2O$	18 mg/l
$NaHCO_3$	6,720 mg/l



図−1 連続消化実験装置

2. 実験装置及び方法

実験装置は図−1に示すような連続流完全混合槽を用い温度は35±1℃に設定した。基質は表−1に示すような組成をもちpHは重炭酸塩の緩衝能によりほぼ7.2に維持され，またpH=6の系では塩酸により調節した。分析は，pH，揮発性脂肪酸濃度すなわちここでは酢酸濃度，アルカリ度，ガス発生量，ガス組成，MLSS，MLVSSについて行なった。

3. 結果及び考察

表−2にpH7.2及びpH6の連続実験から得られた定常値を示す。ただしRun9，11，17はwashoutにより定常値は得られていない。滞留時間の長いRunの例を$\theta=15.4$日について図−2に示す。短い滞留時間の例を$\theta=3.96$日について図−3に示す。pH制御系の例としては，$\theta=6.44$日の経日変化を図−4に示す。更に各定常値を図−5に示した。図よりpH7.2では希釈率の増加によってMLVSS，酢酸濃度は増加しガス発生量とメタン発生量は負荷速度に比例した。pH6の系では負荷速度，ガス発生量，メタン生成量は，pH7.2と同様の傾向を示しているが，MLVSSは，D=0.08 1/日，すなわち滞留時間13日において最大となり更にDの増加により減少傾向を示した。酢酸濃度は，20〜50 mg/lと低い値を示し$\theta=3.68$日では200 mg/lとなりpH7.2における同一滞留時間における濃度の1/3から1/4となり基質除去効率の面からは望ましい現象であることを示している。メタン生成菌は形態学上大きく二種類にわけられ一方はMethanobacteriumとよばれる桿菌状

表−2 連続消化実験の定常値

	Run	実験条件 θ (day)	実験条件 D (1/day)	CH_4発生量 (ml/l·day)	VFA (mg/l)	pH	TA_5 (mg/l)	MLVSS (mg/l)
pH7維持	1	16.17	0.062	427	56	7.18	4044	293
	2	15.42	0.065	486	45	7.19	3670	407
	3	12.70	0.079	551	156	7.28	3863	321
	4	11.94	0.084	—	208	7.34	3756	235
	5	10.09	0.099	—	250	7.38	3905	251
	6	8.56	0.117	868	156	7.12	3581	692
	7	6.50	0.154	1140	201	7.14	3544	627
	8	3.96	0.252	1790	696	7.08	3337	724
	9	3.92	0.255	washout				
	10	3.18	0.314	2126	1290	7.02	2807	962
	11	1.97	0.508	washout				
pH6制御	12	17.00	0.059	448	24	6.01	246	405
	13	13.13	0.076	538	50	6.01	346	739
	14	9.02	0.111	830	22	5.99	273	730
	15	6.44	0.155	1140	35	5.93	217	562
	16	3.68	0.272	2080	199	6.07	342	400
	17	2.93	0.341	wash out				

(注)・VFAは揮発性脂肪酸濃度(as CH_3COOH)
・TA_5はpH5におけるアルカリ度(as $CaCO_3$)

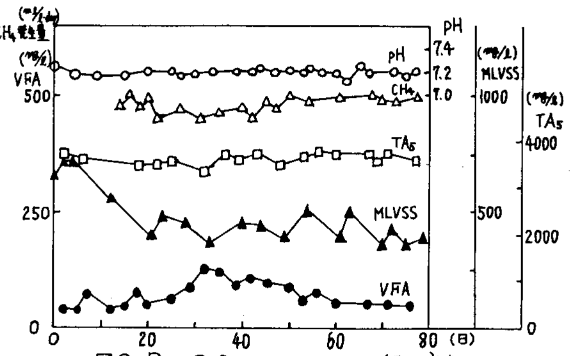


図2 Run2 θ=15.4日 pH=7の経日変化

であり，他方はMethanosarcinaとよばれる球菌状である。本実験においてはpH 6の全希釈率域にわたってM.Sarcinaが卓越しており，pH7.2の系ではD>0.1ではM.Sarcinaが，それ以下ではM.bacteriumが優占種となり細菌相の遷移が見られた。図-6に比消費速度νを比較する。pH7においてはDの増加に伴い2度のピークを示したが，これはD=0.1前後における細菌相の遷移によって生理代謝特性が変化することにより生じた現象であると考えられる。またpH6の系では希釈率の増大に伴い急増していることからpH7と比較するとD>0.16ではνを促進し，それ以下ではわずかに抑制していることが本実験結果により示された。図-7には見かけの増殖収率$Y_{x/s}$と希釈率の関係を示してある。$Y_{x/s}$はpH 7ではDの増大に伴い増加しpH 6では逆にD=0.1から低下の傾向を示している。比消費速度νは(1)式により示され，それぞれのpHについて最大比消費速度ν_m及びν_mの$\frac{1}{2}$における基質濃度$K_{s\nu}$は次のように求まった。ここでpH6におけるν_mがpH7におけるν_mの約3.6倍となっている。

$$\nu=\frac{\nu_m+S}{K_{s\nu}+S} \qquad (1)$$

pH7： $\nu_m=6.45\ ^{1/日}$ $K_{s\nu}=36.0\ ^{mg/l}$

pH6： $\nu_m=23.3\ ^{1/日}$ $K_{s\nu}=143\ ^{mg/l}$

pH7の系において，比増殖速度μは$\mu=Y_G\nu$を仮定し定常状態の物質収支により(2),(3)式からY_G, k_dが得られた。

ここで，k_d:比死滅速度(1/日) Y_G: 真の増殖収率である。

$$\mu-k_d=D \qquad (2)$$

$$\nu=\frac{D}{Y_G}+\frac{k_d}{Y_G} \qquad (3)$$

$Y_G=0.075$, $k_d=0.279$ (1/日) Monod式はμ_m: 最大比増殖速度(1/日), $K_{s\mu}=\frac{\mu_m}{2}$における基質濃度とすると(4)式により示されμ_m, $K_{s\mu}$が求まった。

$$\mu=\frac{\mu_m S}{K_{s\mu}+S} \qquad (4)$$

$\mu_m=0.625$(1/日)，$K_{s\mu}=98\ ^{mg/l}$

しかし，pH=6の系では$Y_G<0$となりY_G k_dは決定されなかったが理由としてpH制御により促進あるいは抑制作用が希釈率により異なりk_d, Y_G一定とする仮定が成り立たないためと考えられる。

最後に本研究を進めるに当り多大な協力をいただいた，新東京国際空港公団，小松明氏並びに東北大学学生，岩崎晃氏に深く感謝いたします。

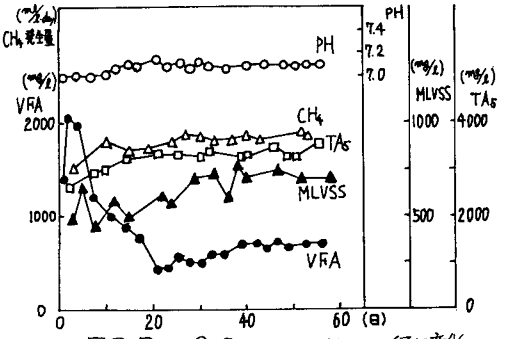


図3 Run 8 θ=3.96日 pH=7の経日変化

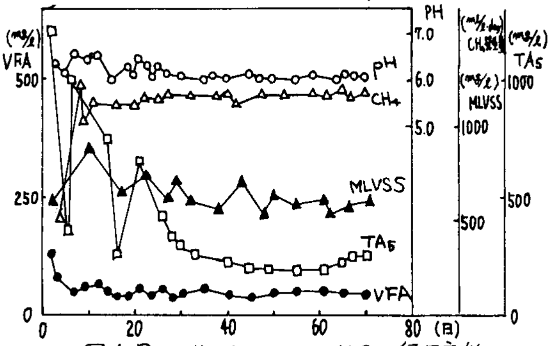


図4 Run 15 θ=6.44日 pH6の経日変化

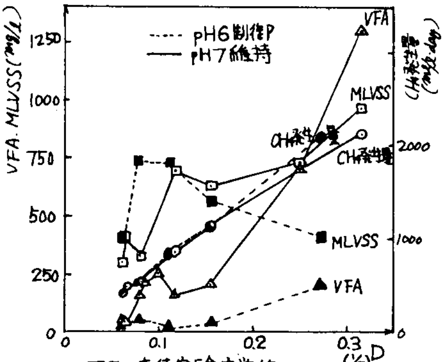


図5 連続実験定常値

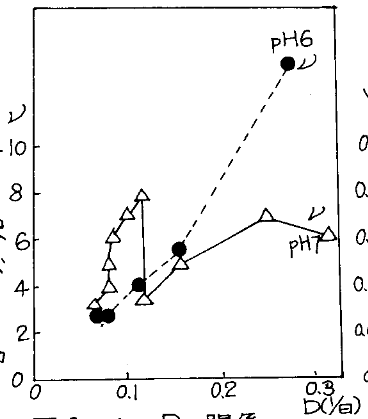


図6 ν vs Dの関係

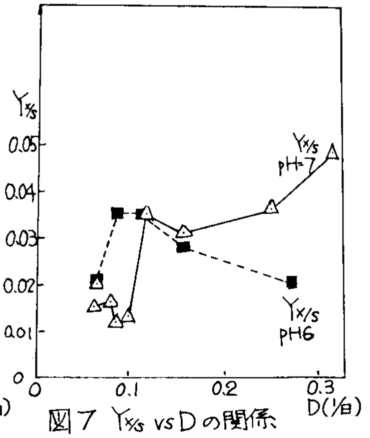


図7 $Y_{x/s}$ vs Dの関係

〈参考文献〉1) Lawrence and McCarty J.W.P.C.F. Vol41 No.2 (1969) 2) 小松,松本,野池 第33回年講 (1978) 3) 高尾,野池,岩崎 S53年度土木学会東北支部技術研究発表会