

嫌気性消化におけるメタン生成相に関する基礎的研究

東北大学大学院
東北大学工学部
東北大学工学部

学生員 ○高尾 治海
正員 野池 達也
岩崎 晃

1. はじめに

嫌気性消化は、有機物を生成する酸性生成相と有機物をメタンガスまで分解するメタン生成相から成り立っている。メタン生成相は、その低い増殖速度や温度、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いる。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を高めることが可能となる。

本論文はメタン生成相について、単一有機物源として酢酸を用い、滞留時間と増殖特性の関係を考察し、さらにpH=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培養実験により求め、先の結果と比較検討したものである。

2. 実験装置及び方法

連続培養実験に用いた嫌気性消化装置を図1に示す。

この装置は連続的にガス循環を行ない流出液はサイホンにより系外へ排出される。表1に示した基質の組成をもった基質は連続的にポンプで投入される完全混合連続培養槽である。温度は35℃に保たれた。揮発性脂肪酸(VFA)の分析はカラムクロマトグラフ法により行なふ。

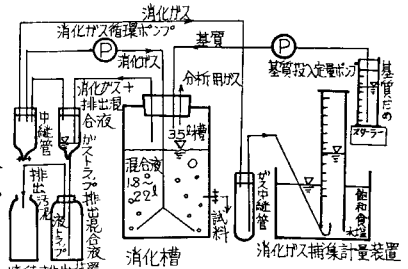


図1 連続消化実験装置

3. 結果及び考察

表2に示すように重炭酸塩緩衝能によりpHを7に維持した実験をRun1から11まで行ない、それぞれについて定常値を求めた。ただしRun9,11はwash outしたために定常値が得られていない。長い滞留時間における経日変化の例を $\theta=15.4$ 日について図2に示した。さらに短い滞留時間の例として $\theta=3.96$ 日の系について、図3に示した。また、pHを6に制御する実験は塩酸をフィードバック的に投入することにより行ないそれぞれの滞留時間で定常値を得たが、Run17 $\theta=2.93$ 日ではwash outが生じた。pH制御系の例として、Run15, $\theta=6.44$ 日の経日変化を図4に示す。

図5及び表2に本実験から得られた定常値を示した。図からMLVSSは希釈率Dの増加に伴って増加することから示されるが、pHを6に制御した系については、Dの増大によりMLVSSの減少が生じた。また、VFAはDの増大により急増することからpH7の系について認められるが、この現象は Monod

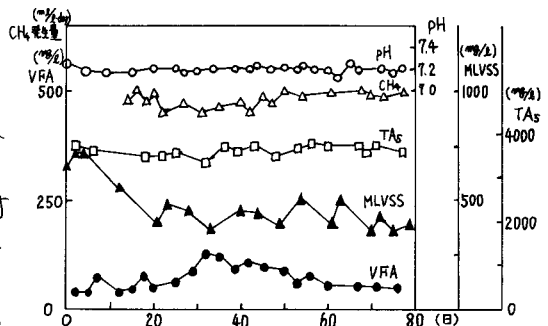


図2 Run 2 $\theta=15.4$ 日 pH=7の経日変化

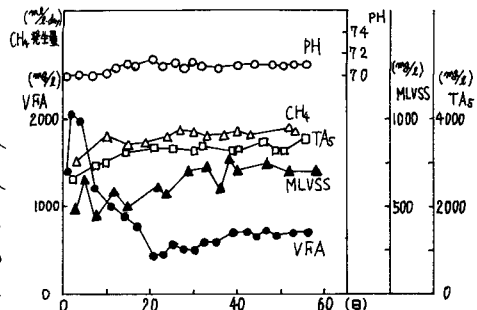


図3 Run 8 $\theta=3.96$ 日 pH=7の経日変化

Modelが適用できることを示している。(さらにpHを6に制御した系においては槽内のVFA濃度は20~50 mg/Lと低い値を示し、 $\theta = 3.68$ 日においてさえ199 mg/LとpH7での706 mg/L前後の値の1/3~1/4であり基質除去効率の面からは望ましい現象である。

CH₄発生量はpH6,7共にDに比例して増加することがわかる。図6に示す比消費速度 ν はDの増加につれて二度Peakを示す。Dが0.07~0.1にかけての増加と0.1以後の低下と再上昇への説明としては、細菌相の遷移の影響があるいは誤差によるものか? 遷移は、位相差顕微鏡により600倍で観察した結果Dが0.1前後でSarcinataから桿菌へと遷移することが見出されている。SarcinataはpH6においてほぼ全形状態で優勢であり、Sarcinataにおいて優勢に存在している。この遷移による生理代謝特性の変化により生じる現象であるという推論も考えられる。pH6の系においては、 ν はDの増加に伴って急上昇していることがわかる。比消費速度は単位菌体当りの速度であるからpH6でのD増大によるMLVSSの減少から ν の急上昇が生じたものと考えられる。図7に示した見かけの増殖効率 $Y_{G/S}$ はDの増加によりpH7の系では増加するがpH6の系では逆にD=0.1/dayをPeakにして減少の傾向を示す。以上の結果から、低pH(pH6)では菌体の増殖は、減少するか、除去は増加することが見出された。

動学的速度定数を求めるには、比分解速度定数 k_d 及び臭の増殖効率 Y_G が一定であると仮定し、物質収支式を用いると。

$$\frac{S_0 - S}{X} = \frac{1}{Y_G} + \frac{k_d}{Y_G} \frac{1}{D}$$

となり、 $Y_G = 0.075$ 、 $k_d = 0.279/\text{日}$ となる。また

$$\mu = \frac{Y_G S}{K_S + S}$$

のMonod式をEadie Plotにより線形化すると

$$\frac{S}{\mu} = \frac{K_S}{\mu_m} + \frac{1}{\mu_m} S$$

$\mu_m = 0.625/\text{day}$ 、 $K_S = 9.8 \text{ mg/L}$ が得られる。また最大滞留時間 θ_{min} は

$$\theta_{min} = \frac{1}{\mu_m - k_d}$$

により求められ、2.49日が得られこの値はLawrenceにより求められた3.3日にはほぼ等しい値となった。

1) Lawrence and McCarty J.W.P.C.F. 6/14/12 (1950)

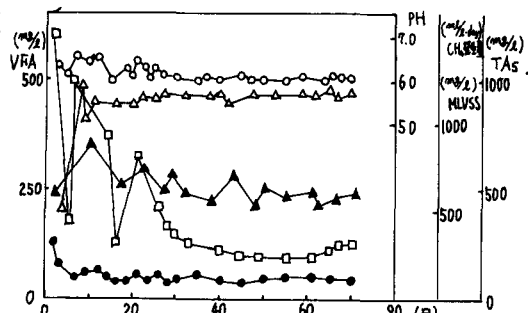


図4 Run 15 $\theta = 6.44$ 日 pH6 の経日変化

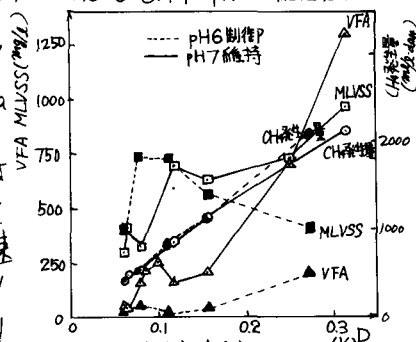


図5 連続実験定常値

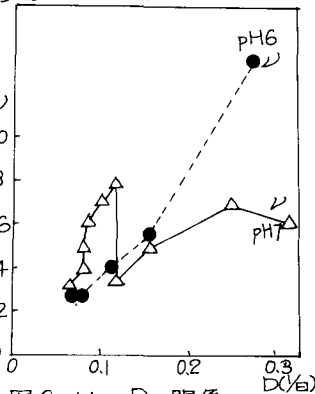


図6 ν vs D の関係

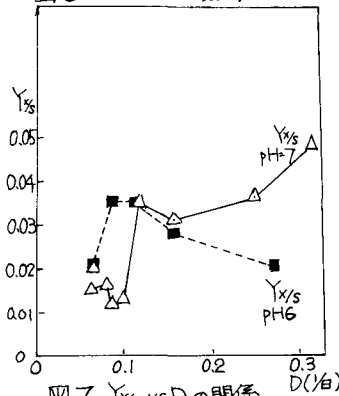


図7 $Y_{G/S}$ vs D の関係

表-2
連続消化実験の定常値

Run	θ (day)	D (1/day)	CH ₄ 発生 (m³/day)	VFA (mg/L)	pH	TAS (mg/L)	MLVSS (mg/L)
1	16.17	0.062	427	56	7.19	4044	293
2	15.42	0.065	426	45	7.19	3670	407
3	12.70	0.079	551	156	7.22	3263	321
4	11.94	0.084	—	208	7.34	3756	235
5	10.09	0.099	—	250	7.38	3405	251
6	8.56	0.117	868	156	7.12	3581	192
7	6.50	0.154	1140	201	7.14	3144	127
8	3.96	0.252	1720	696	7.08	1333	724
9	3.22	0.235	—	washout	—	—	—
10	3.18	0.234	2126	1220	7.02	1220	962
11	1.97	0.508	—	washout	—	—	—
12	17.00	0.059	488	24	6.01	246	405
13	12.13	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	2082	99	6.07	342	400
17	2.93	0.341	—	washout	—	—	—

(注) VFAは揮発性脂肪酸濃度 (as CH₃COOH)
TASはpH5におけるチロシド濃度 (as Ala(O₂))