

嫌気性消化のメタン産生相に関する研究

東北大学 正員 野池 達也  
 同 〇学生員 小松 明  
 同 学生員 高尾 治海

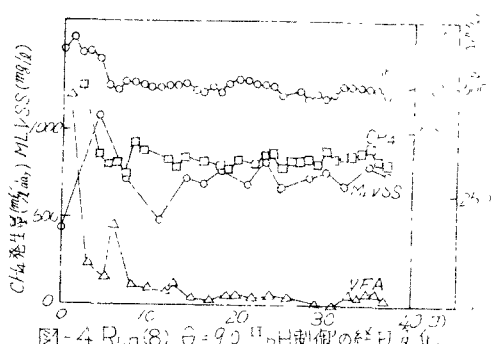
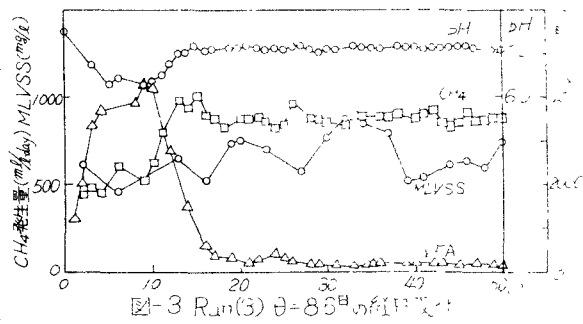
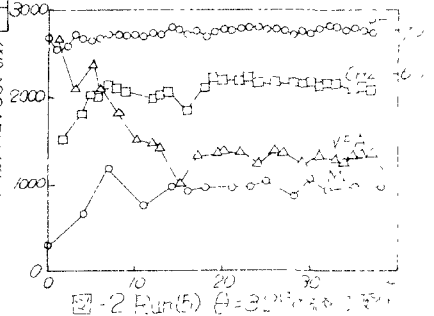
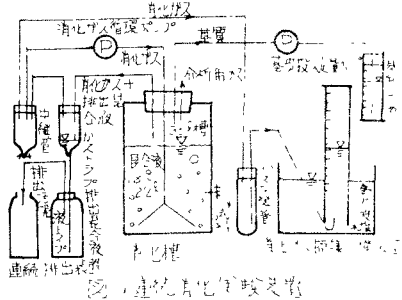
1. はじめに 嫌気性消化処理の最終的な安定化は、メタン産生菌によるガス化段階によって得られる。しかしながら、メタン産生菌は、一般に増殖速度が遅く、pH、負荷変動に対する耐性力も弱いなど、嫌気性消化プロセスの成否を左右すると考えられる。特に、負荷量の増大とともにpHが低下し、有機酸が多量に蓄積してガス発生が停止するという、いわゆる消化槽の酸敗現象は、嫌気性消化に関する重要な問題である。本研究は、有機基質として高濃度の酢酸を用いて連続実験を行ない、メタン産生菌の基質利用および増殖などに関し、実験的に解析を行なったものである。

表-1 基質組成

酢酸	20000 mg/l
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	700 mg/l
NH <sub>4</sub> Cl	850 mg/l
KCl	750 mg/l
MgSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	250 mg/l
MgCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	810 mg/l
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	420 mg/l
CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	18 mg/l

2. 実験装置及び方法 本研究は図-1に示したガス攪拌機による完全混合連続培養槽を用いた。実験条件として、滞留時間を16日、13日、9日、5日、3日、2日とした。また、塩酸を用いて、人為的にpH=6.0とした実験別に行なう。この時の滞留時間は13日、9日、3日とした。消化温度はすべて35℃に設定した。基質は酢酸を単一炭素源とし、それに無機塩類を添加した。組成を表-1に示す。有機酸濃度(VFA)の分析はカラムクロマトグラフ法を用いた。種汚泥は、表-1と類似の基質により、下水消化汚泥を長期間酢酸で培養したものであり、汚泥の連続槽への充填は嫌気的に行ない実験を開始した。

3. 実験結果及び考察 定常期における実験結果を表-2に示す。Run(6)及び(7)は、wash outが生じた。図-2はRun(5) θ=32日の経日変化である。生物量の増加は、活発な増殖があることを示している。  
 ・最小滞留時間 θ<sub>min</sub>について McCarty<sup>1)</sup>らは理論的最小滞留時間は酢酸の場合3.3日であると報告しているが、Run(6) θ=2日において wash outが生じたことと合わせて本実験においても3日前後が最小滞留時間と推察される。  
 ・生物相の遷移について 図-3にRun(3) θ=8.6日を経日変化を示す。槽内有機酸濃度(VFA)は、4000 mg/l



を上回っているが、以後急激に回復に向かう。これは、種汚泥の培養条件と、連続実験の条件がかなり相異していたため、順応が遅れたとも考えられる。さらに、顕微鏡による定性的な観察によれば、培養汚泥は桿菌であったのに対し、Run(3)の定常期は、桿菌よりもむしろ球菌が上回っていたことから生物相の遷移から生じたとも考えられる。MLVSSが周期的に変動しているが、これも生物相の変動を示すものと思われる。

・pH制御系について 図-4はRun(8),  $\theta=9.0$ 日, pH制御の経日変化である。Run(3), (図-3)と $\theta$ はほぼ等しく、pHを6前後としたわけであるが、VFAレベルは約20 mg/l前後と低下している。Run(9)  $\theta=3$ 日 pH制御の実験にみられる wash out と関連して考えると、pHが低下した場合、飽和定数  $K_s$  および最大比増殖速度  $\mu_{max}$  が低くなるものと思われる。なお、顕微鏡による観察からは、槽内生物相は球菌であった。

・嫌気性消化の酸敗現象は、環境因子の変動により酸産生相とメタン産生相の均衡が破られ、メタン産生相の基質となる有機酸が多量に蓄積し、pHが低下してメタン産生相が完全に破壊されるためと考えられている。酸産生相によって有機酸が過剰に生産されることは、メタン産生相に対する基質負荷の増大と解釈されるが、本実験によれば、負荷速度を一定に保つことにより通常よりも長い滞留時間においても、メタン産生相をかなり安定に運転することが可能となり、酸産生相をかなり短く制御する相転移の有利性が確認された。図-5は希釈率Dに対する定常値の比較である。Dが小さい場合は、増殖率  $Y_{VS}$  (mgVSS/mgS) は、かなり低下している。一般に、希釈率が小さい場合、汚泥の自己分解係数  $k_d$  を考慮しなければならないとされている。ここでは、 $k_d$  が非常に大きく影響を与えているものと観察される。またVSSの大きな変動も同様に考えられる。(D=0.2日は、 $S_0$  の1/2である。)  $Y_G$  および  $k_d$  が一定であると仮定して、菌体および基質の物質収率から次式を得る。

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

ここで、X: 菌体濃度VSS (mg/l), S: 槽内基質濃度 (mg/l),

$1/D = \theta$  (日)  $Y_G$ : 真の増殖収率

である。図-6は、この式を適用したものである。Run(1), (2)は、明らかに線形とならず、これは生物相の相異により  $Y_G, k_d$  が異なるためと解釈される。Run(3), (4) (5), に対しては式より  $Y_G = 0.077, k_d = 0.139$  /日を得る。また、 $k_d$  を考慮し(最大比増殖速度  $\mu_{max}$  と飽和定数  $K_s$  を求めるもの)図-7である。  $\mu_{max} = 0.52$  /日,  $K_s = 206$  mg/lを得た。さらに最小滞留時間  $\theta_{min} = 1 / (\mu_{max} - k_d) = 2.6$  日を得る。

4. まとめ 高濃度の酢酸を基質として投入した場合も短い滞留時間での正常なメタン産生が可能である。この場合の理論的最低滞留時間は2.6日となる。pH6においてメタン産生相は正常に維持される。滞留時間とpHは、酢酸質とメタン菌の生物相遷移因子となる。

【参考文献】 1) Lawrence and McCarty J.WPCF 1969

表-2 連続消化実験の定常値

Run	$\theta$ (日)	D (1/日)	CH <sub>4</sub> 発生量 (ml/day)	VFA (mg/l)	pH	TA (mg/l)	MLVSS (mg/l)	DNA (mg/l)
1	16.2	0.062	868	56	7.18	4044	1273	51
2	27.0	0.037	138	56	7.28	3863	321	49
3	8.6	0.115	1806	156	7.12	3581	1272	21
4	4.9	0.204	1495	549	7.06	3237	622	99
5	3.2	0.313	4726	220	7.02	2807	422	77
6	2.0	0.500						
7	2.1	0.076	538	50	6.0	346	139	—
8	9.0	0.111	112	22	5.99	213	130	24
9	2.9	0.345						

(注) Run(4)は基質濃度以外の?  
Run(7)(8)(9)はpH制御  
VFAは揮発性脂肪酸(両)酸として電算した  
TAはpH5.0のバッチ型(CO<sub>2</sub>の1/2電算した)

