

新東京国際空港公団 正員 小松 明  
 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

嫌気性消化処理の最終的な安定化は、メタン生成菌によるガス化段階によって得られる。しかしメタン生成菌は一般に増殖速度が遅く、pH、負荷変動等に対する抵抗力も弱いという点で、嫌気性消化プロセスの成否を左右すると考えられていく。特に負荷量の増大と共に有機酸が多量に蓄積し、pHが低下してガス発生が停止するといふいわゆる消化槽の酸敗現象は、嫌気性消化にとって重要な問題である。

本研究は、メタン生成相の主要な基質である酢酸を高濃度で投入し、滞留時間をパラメータとしてメタン生成相の基質利用及び増殖特性を実験的に検討したものである。

## 2. 実験装置及び方法

本研究は、図-1に示したガス攪拌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( $\theta$ )を16日、13日、9日、5日、3日、2日の6段階に変化させた。また環境因子としてのpHの影響を調べるために、塩酸を用いて人为的にpHを前後に制御した系を別に行なった。この時の滞留時間( $\theta$ )は、13日、9日、3日とした。消化温度はすべて35℃に設定した。基質は酢酸を炭素源とし、無機塩類を加え、重炭酸ナトリウムにより緩衝作用をもたらしたもので、組成を表-1に示す。なお、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、連続槽へ嫌気的に充填して実験を開始した。

## 3. 実験結果及び考察

各実験の定常値を表-2に示す。Run(6)及び(9)はwash outが生じた。図-2はRun(5)  $\theta=3.2$ 日の実験の経日変化である。生物量(MLVSS)の増加はメタン菌の活性な増殖があることを示している。McCarty<sup>5)</sup>は理論的最小滞留時間 $\theta_{min}$ が、酢酸の場合33日であると報告しているが、高濃度の酢酸を用いた場合も3日前後であると推察される。

表-1 基質組成

酢酸	20,000 mg/l
(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	700 mg/l
NaHCO <sub>3</sub>	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
NaHCO <sub>3</sub>	6,720 mg/l

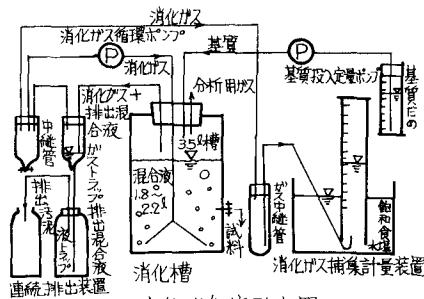


図-1 連続消化実験装置

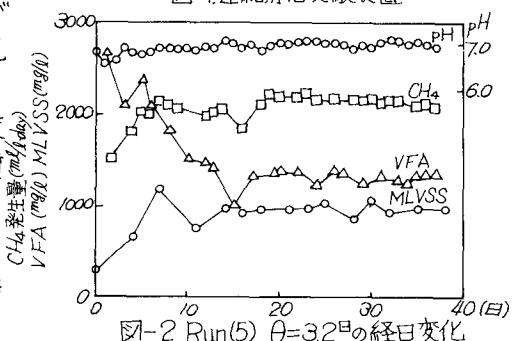
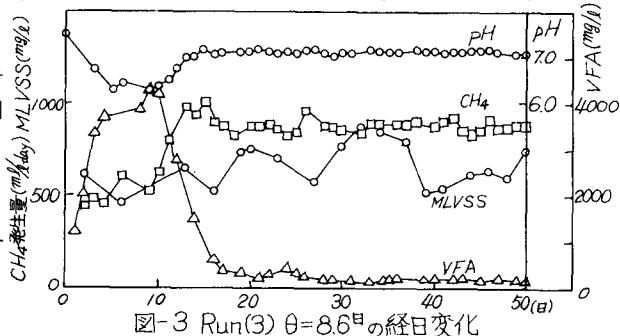
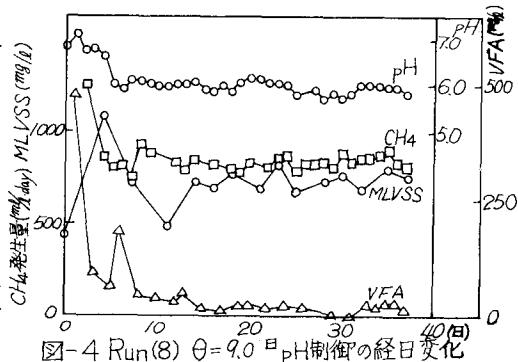
図-2 Run(5)  $\theta=3.2$ 日の経日変化図-3 Run(3)  $\theta=8.6$ 日の経日変化図-4 Run(8)  $\theta=9.0$  日 pH制御の経日変化

図-3にRun(3)D=8.6日の実験の経日変化を示す。有機酸濃度(VFA)は、4000mg/lを上回るほど蓄積したが、以後急速に回復している。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るのに對し、Run(3)の定期期は桿菌よりも球菌が優勢であった事実から、細菌相の遷移が有機酸の蓄積及び回復の原因と推察される。

次にpH制御系について考察する。図-4は、Run(8)D=9.0日、pH制御の実験の経日変化である。有機酸濃度(VFA)は約20%以前後であり、pH6程度でもメタン生成相は正常に維持される事がわかる。またpH制御系は、いずれも球菌であった事から、球菌はpHに対する抵抗力が桿菌よりも強いものと思われる。

図-5は、希釈率Dに対する各定常値の比較である。有機酸濃度(VFA)は希釈率Dの増加と共に急増しており、Monod型の理論式が適用できるものと思われる。増殖収率Y<sub>G</sub>は利用された基質/mg当たりの増殖した菌体MLVSS/mgを表す。希釈率Dの小さい場合にY<sub>G</sub>はかなり低下しているが、これは汚泥の自己分解係数k<sub>d</sub>が影響を与えていたためと考えられる。自己分解係数k<sub>d</sub>を考慮した増殖収率を真の収率Y<sub>G</sub>とする。真の収率Y<sub>G</sub>と自己分解係数k<sub>d</sub>が定数であると仮定して、定期期における菌体及び基質の物質収支から次式を得る。

$$\frac{S_0 - S}{X} = \frac{k_d}{Y_G} \cdot \frac{1}{D} + \frac{1}{Y_G} \quad (1) \quad \text{ここで } X: \text{菌体濃度MLVSS(mg/l)}, S_0: \text{流入基質濃度(mg/l)} \\ S: \text{槽内基質濃度(mg/l)}, D = \theta(\text{日})$$

図-6は、(1)式を適用したものであるが、Run(1), (2)の結果は明らかに線形とはならない。これは細菌相の相異によりY<sub>G</sub>、k<sub>d</sub>が異なるためと解釈される。細菌相の等しい、短い滞留時間の場合に対して、(1)式よりY<sub>G</sub>=0.077, k<sub>d</sub>=0.139/日を得る。なお、ここでpH制御系は環境条件が異なるため解析に加えなかつた。

次にk<sub>d</sub>を考慮して、Monod型により最大比増殖速度μ<sub>max</sub>と飽和定数K<sub>S</sub>を求めたものが図-7である。これよりμ<sub>max</sub>=0.518/日, K<sub>S</sub>=206mg/lを得た。さらに理論的最小滞留時間θ<sub>min</sub>=1/(μ<sub>max</sub>-k<sub>d</sub>)=2.6日を得た。

#### まとめ

高濃度の酢酸を基質として投入した場合、3日前後の比較的短い滞留時間でも正常なメタン生成が可能である事がわかつた。嫌気性消化の酸敗現象は、環境因子の変動等により酸生成相とメタン生成相の均衡が破られ、メタン生成相の基質となる有機酸が多量に蓄積し、pHが低下してメタン生成相が破壊されたためである。酸生成相によて有機酸が過剰生産される事はメタン生成相に対する基質負荷の増大と考えられるが、本実験によれば、負荷速度を一定に保つ事によりかなり短い滞留時間においてもメタン生成相を維持する事ができ、酸生成相を分離する二相消化法の有利性が確認された。

また、pH 6においてもメタン生成相は正常に維持される事、さらに滞留時間とpHは酢酸質化メタン生成菌の細菌相遷移因子となる事などの知見が得られた。

#### 5. おわりに

本研究を進めるに当り、多大な協力をいただいた東北大学大学院修士、高尾治海君に深く感謝致します。

参考文献: 1) Lawrence and McCarty, J.W.R.C.F., vol. 41, No. 2, (1969)

表-2 連続消化実験の定常値

RUN	実験条件	CH <sub>4</sub>	VFA	pH	TA <sub>50</sub>	MLVSS	DNA
		day	day	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
1	16.2 0062	868	56	7.18	4044	293	5.1
2	12.7 0.079	1138	156	7.28	3863	321	4.9
3	8.6 0.116	1806	156	7.12	3581	692	12.1
4	4.9 0.204	1495	544	7.05	3237	462	9.9
5	3.2 0.313	4726	290	7.02	2807	962	19.7
6	2.0 0.500				wash out		
7	1.31 0.076	538	50	6.01	346	739	—
8	9.0 0.111	1912	22	5.99	273	730	9.4
9	2.9 0.345				wash out		

(注) Run(4)は基質濃度が他の1/2

Run(7), (8), (9)はpH制御

・VFAは揮発性脂肪酸(酢酸として重量表示)

・TA<sub>50</sub>はpH5.0のアルカリ度(CaCO<sub>3</sub>として重量表示)

