

群馬大学工学部 正員 ○黒田 正和
神原 豊

1. まえがき

筆者らは先に、畜産廃棄物の二段階嫌気性消化処理の速度論的検討を目的として、ガス発酵については酢酸の分解速度を求め、酸発酵、ガス発酵速度について報告している。本研究においては、酸発酵過程で主として生ずる酢酸、プロピオン酸、酪酸およびこれらの混合物のガス発酵速度について、実験的検討を行なったものである。

2. 実験装置および方法

回分式発酵装置の概略を Fig. 1 に示した。メタン発酵槽としては、500ml の三角フラスコを使用し、ガス貯留・計量ビンおよび封液流入ビンとして、5 ㍓ポリエチレン製ビンを使用した。封液は、飽和食塩水を用いた。

発酵は、一定温度(37±1℃)に設定した恒温槽内で行ない、発生ガスは、貯留・計量ビンまで導かれ、そこで封液と置換し、ガス発生量を測定した。

種消化汚泥は、相生市衛生センターより得た消化汚泥を豚糞により充分馴致し、25×ッシュの金網でこした糞1gr 当りの発生ガス量が、350~400 (ml/day) であるように汚泥を調整し使用した。試料豚糞は、残飯飼料と人工飼料との比が7:3の豚の糞を用い、その元素分析結果を Table 1 に示した。消化汚泥濃度は、乾燥残留物重量で決定した。揮発性酸は、ドロマイトで、PH 6~7 に調整して用いた。各酸濃度は、 2.5×10^{-4} (ppm) まで変化させ、発生ガスのメタン組成は、TCD で分析求めた。

3. 実験結果および考察

3-1. 単一酸の分解速度

Fig. 2 は、汚泥濃度 25 (g/l)、初期酢酸濃度を $3 \times 10^3 \sim 10^4$ (ppm) まで変化させた場合の発酵日数に対するメタン発生量を示したものである。なお、図中のカッコ内の数字は、酢酸 1 mol からメタン 1 mol が発生するとした場合の収率を示したもので、0.94 (平均値) 程度であった。初期酢酸濃度が大きくなるにしたがい、ガス発生速度は大きくなることがわかる。

Fig. 3 は、酢酸の場合と同様、プロピオン酸に対して示したものである。発酵初期に馴致期間がみられるが、この期間を無視すると、酸濃度が大きいほど、ガス発生速度は大きくなることがわかる。なお、この馴致期間は、初期酸濃度が大きくなるほど、長くなる傾向があるが、3000 (ppm) 以下ではこの馴致期間はみられなかった。メタン収率は、0.90 (平均値) 程度であった。Fig. 4 は、酪酸の場合を示したものである。初期酪酸濃度が大きくなるほど、ガス発生速度は大きくなり、メタン収率は、0.95 (平均値) 程度であった。Figs. 2, 3, 4 からわかるように、初期

酸濃度が同一の場合、初期ガス発生速度は、酪酸>酢酸>プロピオン酸の順となった。

Table - 1		
C	N	H
44.8(%)	3.65(%)	5.81(%)

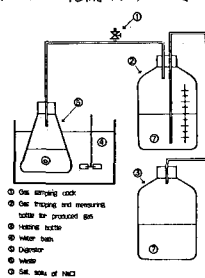


Fig. - 1 Diagram of Experimental Apparatus

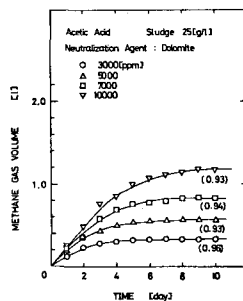


Fig. - 2

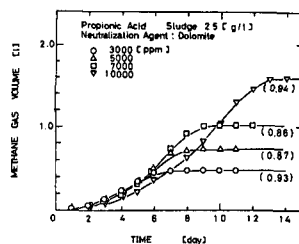


Fig. - 3

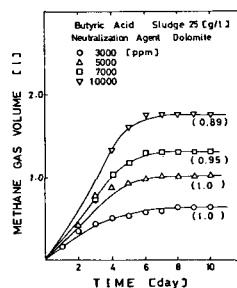


Fig. - 4

Fig. 5は、メタン発生量とメタン収率より酸分解量に換算して、初期酸分解速度と各酸濃度との関係を示したものである。酸分解速度は、メタン発生速度と同様、酢酸>プロピオン酸>ブチ酸の順となることがわかる。

なお、この図より酸分解速度がMichaelis-Menten型になるとすると、 K_m ($1/2 V_{max}$ における酸濃度) は、各酸とも、5.0 (g/l) 程度の値となっている。

Fig. 6は、比酸分解速度 $\frac{1}{E^*} \frac{dS}{dt}$ と各酸濃度 S との、LineWeaver-Burk plotしたものである。この図より、各酸に対するメタンガス発生速度は、以下ようになった。ここで E^* は、汚泥濃度である。

$$V_{CH_4} = Y_{CH_4/S} \cdot \frac{k' \times E^* \times S}{K_m + S} \quad \text{--- (1)}$$

Acetic Acid: $k' = 0.147$ (1/day), $K_m = 5.0$ (g/l), $Y_{CH_4/S}^{(1)} = 0.94 \times 16/60$ [-]

Propionic Acid: $k' = 0.100$, $K_m = 5.0$, $Y_{CH_4/S}^{(2)} = 0.90 \times \frac{44}{80} \times 16/74$

Butyric Acid: $k' = 0.167$, $K_m = 5.0$, $Y_{CH_4/S}^{(3)} = 0.95 \times \frac{5}{2} \times 16/88$

ここで $Y_{CH_4/S}$ は、各々の酸からメタンへの yield Const. であり、酢酸の場合 McCarty らの代謝モデル²⁾によると、 $Y_{CH_4/S}^{(1)} = 0.95 \times 16/60$ であり、ほぼ本実験の値と一致している。

3-2. 混酸の分解速度

一般にメタン菌は基質特異性が強いとされており、混酸の分解速度は、各酸の分解速度の加成性がなりたつと仮定すると、メタンガス発生速度は次式となる。

$$V_{CH_4} = Y_{CH_4/S}^{(1)} \cdot V_{ace} + Y_{CH_4/S}^{(2)} \cdot V_{pro} + Y_{CH_4/S}^{(3)} \cdot V_{bu} \quad \text{--- (2)}$$

Fig. 7は、全酸濃度を10000 (ppm) とし、Mullar³⁾の分析結果に従い、50 wt% を酢酸、プロピオン酸および酪酸の混合割合をそれぞれ10~40wt% で変えてガス発生させた場合のメタンガス発生量の実験結果と(2)式の計算値を馴致期間に示すしるしとを比較したものである。プロピオン酸の割合が大きくなるほど馴致期間は長くなり、総合的なメタン生成速度は小さくなる。図からわかるように、実験値と計算値は極めてよく一致しており、混合酸のメタンガス発生速度は、(2)式で表わされると考えられる。

4. まとめ

酸発酵過程で主として生成される酢酸、プロピオン酸、酪酸の各酸に対する酸分解速度を求めた。

実際に消化槽内で生成されるこれらの混合酸の分解速度は、それぞれの酸の分解速度の加成性がなりたつとして求めた値とよく一致することがわかった。

〔使用記号〕

K_m : Michaelis-Menten Const. (g/l), $Y_{CH_4/S}$: Yield Const. (-)

S : 各種酸濃度 (g/l), E^* : 汚泥濃度 (g/l)

V_{ace} , V_{pro} , V_{bu} : 酸分解速度 (g/l-sludge/day),

V_{CH_4} : メタンガス発生速度 (g/l-sludge/day)

〔参考文献〕

1) 黒田、武井ら, 第16回衛生工学討論会

2) McCarty, Department of Civil Engineering 6 (1970)

3) Muller et al., S. I. W., 31, (1959)

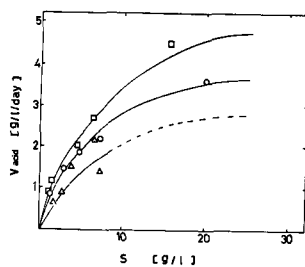


Fig. - 5

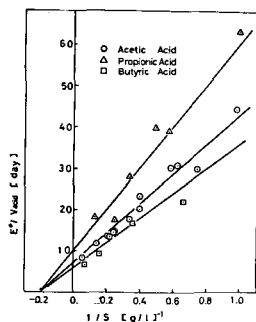


Fig. - 6

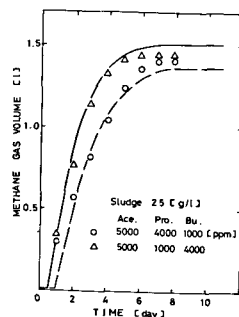


Fig. - 7