

北海道大学工学部 正 員 井上雄三・神山桂一
同 学生員 高橋 彰・山田祥文

1. はじめに 嫌気性消化法における固定床メタン発酵槽の長所について、筆者らはいくつかの報告^{1,2)}をしているが、Canada Research Council³⁾においても固定生物膜反応槽の優位性が指摘されている。

生物化学反応に対する環境の影響は重要である。従来の混相嫌気性消化法については、適切な環境条件に関する報告が数多くあるが、二相消化法におけるメタン生成相—特に固定床メタン生成相—については皆無と言ってよい。

以上の理由から、メタン生成の効率を向上させるために、一連の実験を行ない、メタン生成生物膜の温度

2. 実験装置 図-1に実験装置の概略を示す。pHおよび温度の制御が可能であり、pHおよびORPは自動記録された。反応槽液量は16.7ℓ、充填体容積は5.76ℓ、セルサイズは13mm、循環流量は40%である。

3. 実験条件および方法 表1に実験および飼養に用いた基質組成を示す。基質の連続投入による実験で定常状態を作り(単位時間当りのガス発生量で定常を確認)、最大分解速度を求めるための実験はバッチ⁴⁾行ない、分解速度に応じて初期酢酸濃度を120~500mgℓと変化

およびpHの特性を最大基質分解速度 $U_{\max}$ により評価を行った。なお $U_{\max}$ は、次式を基礎とする生物膜内拡散モデルにより求めた。

$$\frac{dC}{dt} = D_s \left(\frac{dC}{dx} + \frac{1}{L} \frac{dC}{dx} \right) - U \quad \dots\dots (1)$$

$$N_L = A_s \cdot \epsilon_L \cdot (C_L - C_{r-rs}) \quad \dots\dots (2)$$

$$U = \frac{V_L}{V_B} \cdot R_m \quad \dots\dots (3)$$

ここに、C: 基質濃度(添字L: 液本体, $r = r_s$: 生物膜表面), D_s : 拡散係数, U : 単位体積当りの最大基質分解速度, ϵ_L : 境界移動抵抗, A_s : 表面積, V_L : 液量, V_B : 生物量, R_m : 反応槽の基質分解速度

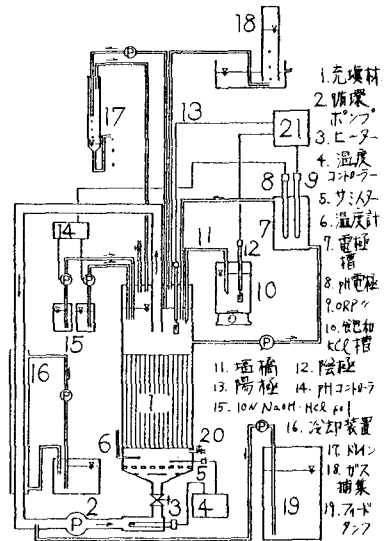


図-1 固定床メタン発酵槽の概略

表-1 基質組成

pH	濃 度 (mg/l)		
	6	7	8
CH ₃ COOH	5000		
NH ₄ Cl	200 ~ 500		
魚肉エキス	100 (濃重)		
KH ₂ PO ₄	3,630	1,000	270
Na ₂ HPO ₄	950	4,000	4,450

注) 基質の調整には北大工学部地下水を使用

4. 結果と考察

(1) 酢酸分解速度に及ぼすpHの影響 ガス発生量、残存酢酸濃度、ガス発生速度の時間的変化を図-2~図-4に示す。それらの図より得られた最大ガス発生速度および酢酸除去速度を表-2に示す。また当研究室において原⁵⁾が行なった、メタノール基質、懸濁性メタン菌との比較を図-5で行なった。原らの結果は、Karube⁵⁾の結果と類似している。

今回の実験結果から次のことがいえる。

させた。酢酸の分析はガスクロマトグラフ法により行なった。種汚泥は別処理場消化汚泥を用い、表1の基質組成で2ヶ月以上飼養を行なった。

① 実験の性質上、pHを厳密に一定とすることができず、それぞれの設定pHでの活性とすることに無理があるが、pH6以下になると著しい遅滞が生じる。このことは高pHと低pH側において、阻害作用の程度が異なるとも考えられるが、pH6以下に下がったことが微妙に影響したものと思われる。今後の研究での確認が必要である。

② メタン生成生物膜のpH耐性は、懸濁性メタン生成菌のそれと類似しているが、前者の方がpH耐性が高いよう

に思われる。

(2) 酢酸分解速度

に及ぼす温度の影響

実験結果を図

-6に示す。それ

ぞれの曲線の直線

部分の傾きが最大

酢酸分解速度 R_m

($\text{mg}/\ell/\text{min}$)

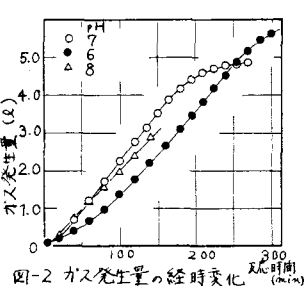


図-2 ガス発生量の経時変化

表-2

pH	ガス発生量		分解除去速度	
	ℓ/hr	相対活性	mg/hr	相対活性
6.0	1.42	0.93	132	0.88
7.0	1.52	1.0	150	1.00
8.0	1.10	0.72	105	0.70

である。こ

の R_m は見か

けの速度で

あるから、

(1) (2) など

を用いて解析的に比分解速度を求め²⁾、この値を生物膜の湿潤密度(1.003)で割り、生物膜単位湿潤重量当りの酢酸分解速度、即ち比消費速度 ρ ($\text{mg}/\text{mg-wet biomass}/\text{min}$) (表3)を得る。 ρ と水温との関係を図-7に示す。ここで黒丸は、初期酢酸濃度が低いため、分解速度が小さく見積られたものである。また、 ρ と水温をArrheniusプロットすると図-8が得られる。一点鎖線は、E. coli (中温菌)のそれである。これらの活性化エネルギーはそれぞれ17.7, 25.2 kcal/mol と計算される。以上のことより次のことがいえる。

① 筆者らが37°Cで調査

し、実験に用いたメタン

生成菌は、中温領域に属

する酢酸分解菌と断定で

きる。

② 一般に温度依存性が

大きいといわれていた嫌

気性菌群は、メタン菌に

ついては好気性菌と同程

度である。

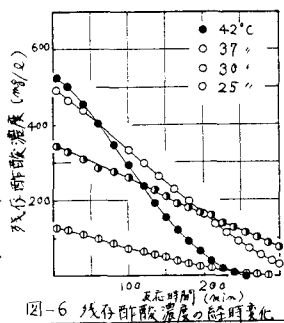


図-6 残酢酸濃度の経時変化

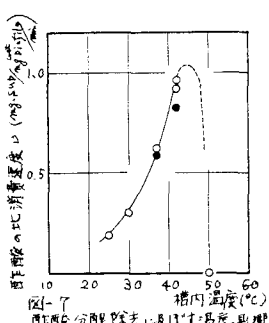


図-7 酢酸分解除去に及ぼす温度の影響

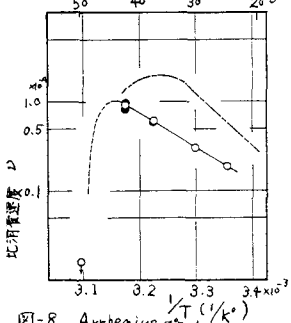


図-8 Arrheniusプロット

5 まとめ 本報告において、固定床メタン発酵法のpHおよび温度特性を不十分であるが示し得た。以後醸生成相も含めた固定床メタン発酵相の実用化が大きな問題となろう。

最後に、本研究において当清掃工学講座技官の松尾孝之氏には、実験装置の作成・実験の遂行に多大な協力をいただいたことを付記し謝意を表します。

表-3

RUN No	温度 °C	初期基 質濃度 (mg/ℓ)	最大基質分 解速度 ($\text{mg}/\ell/\text{hr}$)	ρ ($\text{mg}/\text{mg-wet biomass}/\text{min}$)	ρ ($\text{mg}/\text{mg-wet biomass}/\text{min}$)
I-1	37	500	1.8	62.1	0.619
2	37	330	1.7	58.7	0.585
3	42	500	2.8	96.6	0.963
4	42	330	2.4	82.8	0.826
5	42	500	2.5	92.5	0.922
6	37	330	1.7	58.7	0.585
7	30	330	0.88	30.3	0.303
8	25	130	0.55	19.0	0.189
9	42	500	2.2	93.2	0.929

参考文献 1) 松本順一郎他; 文部省科研費総合研究(A) 435028, 54年度研究成果報告書 (2) 井上雄三他; 才16 回衛生工学討論会論文集p102~108(1980) 3) Compost Science/Land Utilization, J. Waste Recycling, 7, 8 (1980) 4) 原, 二田; 北海道大学工学部卒業論文(1977) 5) I. Karube et al; Biotech & Bioeng, Vol. XXII p849 ~857(1980) 6) 布施; 北海道大学工学部研究科修論(1981)