

栗田工業株式会社 正○長瀬道孝
東京大学工学部 正 松尾友矩

1. はじめに 二相消化の有効性を考える際には、酸生成槽における基質の分解特性のみでなく、メタン生成槽における基質分解、メタン生成の状況を、単相消化の場合と比較しながら調べることが必要である。筆者らはこれまで、炭水化物、蛋白質、脂質の三成分を含んだ人工基質としてベビーミルクを用いて、酸生成槽における分解特性、メタン生成槽における各成分の挙動について報告してきたが、今回は酸生成槽における運転負荷がメタン生成に及ぼす影響、二相消化と単相消化における脂質成分の分解状況の違いに着目して実験を行ない、知見を報告する。

2. 実験方法 実験条件を表1に示す。実験は、ベビーミルクを基質として連続運転している酸生成槽の混合液と、ベビーミルク溶液にそれぞれ単相消化汚泥を接種して、前者を疑似二相消化、後者を単相消化と考え、酸生成、メタン生成の状況を比較するという、バッチ条件で行なった。酸生成槽の概要は前に報告した通りである¹⁾。運転条件は、基質濃度 6g/l、HRT 18時間、温度 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ である。Run 2, 3 に用いたベビーミルクの濃度も 6g/l とした。種汚泥は、ベビーミルクを基質として、滞留日数 40 日、負荷量 0.5g/l/日の条件で培養したものである。酸生成槽混合液ベビーミルク溶液と種汚泥は、70ml のバイアル中で等量ずつ混合し、 $37 \pm 1^\circ\text{C}$ の湯浴中に浸しておいた。

表1. 実験条件.

Run.	基質	酸生成槽 pH	NaHCO ₃ 添加量 mg/Las CaCO ₃
1	酸生成槽混合液	5.0	—
2	ベビーミルク	—	1000
3	ベビーミルク	—	2000
4	酸生成槽混合液	4.0	—

3. 結果と考察 (1) 酸生成、メタン生成の状況の比較 Run 1~3 における酸生成、メタン生成の状況を図1(A)~(C)に示した。pH 5.0で運転中の酸生成槽においては、COD換算で基質の29.8%が分解されており、これがRun 1における酸生成量の初期値になっている。図1からわかることは、酸生成槽混合液に接種すると酸生成、メタン生成が順調に進むのに対して、ベビーミルク溶液に接種すると両方に遅滞がみられることである。pH 6.0で運転した酸生成槽の混合液についても図1(A)と同様の結果が得られている。濃度を半分の3g/lにしたベビーミルクに接種すると、Run 2, 3と異なり、メタン生成は順調に進み、酸生成のみが一時的に停滞したことは、前に報告した通りである²⁾。

(2) pHの影響 Run 2, 3 では、NaHCO₃の添加によってpHの低下を防いでいる。Run 1では、混合液が酸生成槽中でpH調整のためにNaOHの滴定を受けていたため、実験中のpHは6.90までしか下がらなかった。一方、Run 2, 3では、実験中のpHはそれぞれ6.49、6.89まで下がった。図1(B)(C)の比較により、pHを上げることによって、ベビーミルクからの酸生成、メタン生成が遅滞するのをある程度まで防げることがわかる。しかし、pHレベルの同じRun 1と3を比べれば、酸生成、メタン生成の遅れる原因は、pHの低下のみではないと考えられる。

(3) 成分別分解状況 図2は、Run 1, 2における炭水化物と蛋白質の濃度変

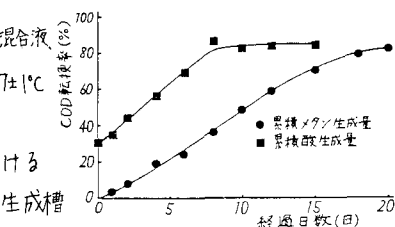


図1(A). Run 1における酸生成、メタン生成

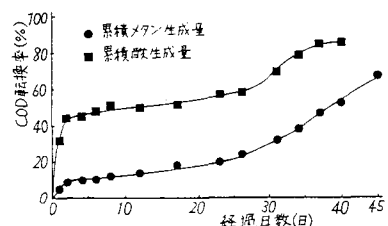


図1(B). Run 2における酸生成、メタン生成

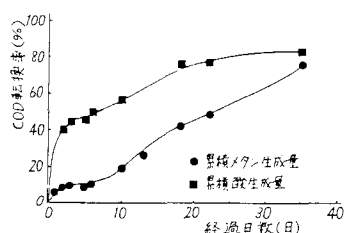


図1(C). Run 3における酸生成、メタン生成

化を示す。Run 1 の場合、炭水化物は酸生成槽中ではほぼ全量分解されていたため、混合液中にはほとんど残存していなかった。Run 2 でも炭水化物の分解は速く、最初の 1 日ではほとんど完了する。酸生成槽中では、蛋白質は分解されなかったため、Run 1, 2 の蛋白質濃度の初期値には大きな差がない。また、その後の推移をみても、同レベルで変化している。従って、Run 1 において酸生成が順調に進んだのに対して、Run 2, 3 ではそれが遅れたのは、ベビーミルク中の炭水化物、あるいは蛋白質の分解が遅れたことによるものではないと考えられる。

一方、図 3 は Run 1, 2 における脂質成分の濃度変化を示している。まず総脂質の動きをみると、Run 1 ではすみやかに減少しているのに対して、Run 2 では減りがきわめて遅く、蓄積の傾向がみられる。この傾向は、遊離高級脂肪酸の濃度変化にも同様にあらわれている。これに対して中性脂肪の動きをみると、加水分解による遊離高級脂肪酸への移行は非常に速く、Run 1, 2 ともに 2~3 日で終了している。以上のことは、Run 2, 3 において酸生成が遅れたのは、遊離高級脂肪酸の分解が遅いためであることを示している。また、中性脂肪の分解においては、加水分解よりも高級脂肪酸の分解が律速になっていると言えよう。メタン生成にも遅れがみられたのは、蓄積した高級脂肪酸がメタン生成菌に毒性を及ぼしたためだと考えられる。従って、二相消化では、高級脂肪酸が蓄積して、メタン生成菌、acetogenic 菌に阻害作用をもたらすのを防げる可能性があると考えられる。また、炭水化物、蛋白質は、高級脂肪酸の蓄積時にも、影響を受けずに分解されるため、揮発酸の蓄積、pH の低下を招き、高級脂肪酸の毒性を強めているものと考えられる。

(4) 酸生成槽における中性脂肪の加水分解 表 2 は、酸生成槽における中性脂肪の加水分解率を示している。すべての場合で、脂質総量の減少率は 10% 以下であったが、表 2 から、中性脂肪の加水分解は起きていることがわかる。加水分解率は、基質濃度が低い程、pH が高い程、高くなる傾向がみられる。基質濃度 6g/l、pH 4.0 の条件では、加水分解は全く起こらなかった。この条件では、基質 COD の分解率はわずか 6.7% に低下したことから、生物活性が低かったものと推定される。この酸生成槽の混合液を用いて行ったバイアル実験が表 1 の Run 4 である。Run 4 の結果を図 4 に示すが、ここでは Run 1 のように酸生成、メタン生成が順調に進行せず、Run 2 と同程度の遅れを見せている。中性脂肪の加水分解はすみやかであるから、酸生成槽において加水分解率がそれほど高くなる必要はないと考えられる。しかし、Run 4 のように、酸生成槽において加水分解が全く起こらない程生物活性が低い場合は、相分離によって高級脂肪酸の毒性を緩和する効果は期待できないものと推定される。

4. まとめ 相分離によって、高級脂肪酸がメタン生成菌、acetogenic 菌に及ぼす毒性を緩和できるという点で二相消化は有効だが、酸生成槽においては、中性脂肪の加水分解がある程度進むような生物活性を保たなければこの効果は期待できないと考えられる。〈参考文献〉1) 長瀬 松尾: 第 30 回化学技術講演会講演集, 2) 長瀬 松尾: 消化工学的論文集, vol. 20

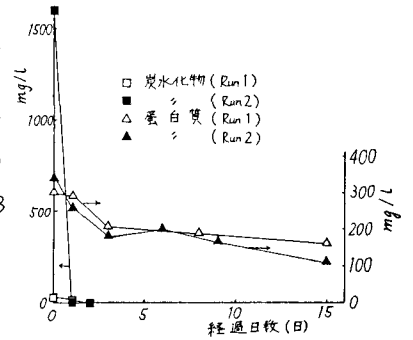


図 2. Run 1, 2 における炭水化物、蛋白質の濃度変化

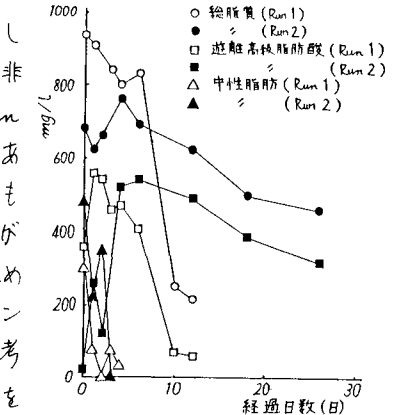


図 3. Run 1, 2 における脂質成分の濃度変化

表 2. 酸生成槽における中性脂肪の加水分解^a

基質濃度 g/l	酸生成槽 pH	加水分解率 %
3	5.0	30.6
3	4.0	13.8
6	6.0	49.3
6	5.0	20.8
6	4.0	0

^a HRT はすべて 18 時間

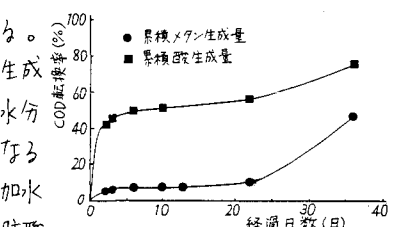


図 4. Run 4 における酸生成、メタン生成