

北海道大学	学生員	○ 大西邦亮
同	正員	神山村一
同	正員	井上雄三

1. 目的. 嫌気性消化プロセスにおいては、そのうちのメタン発酵がプロセス全体の律速段階であると言われている。それに関わらずメタン発酵についての十分な解明はなされていないというのが現状である。本研究ではメタン発酵過程の律速段階要素とメタン生成菌の増殖特性の解明を目的として流動槽回分実験においては投入負荷、pH のガス生成速度に及ぼす影響、固定槽回分実験においては、ガス生成と基質除去の関係及び生成ガス量、生成ガスの組成について調べ、考察を行なった。

2. 実験方法および材料. 実験は図-1に示す流動槽、図-2に示す固定槽を用いて回分式で行ない、基質はすべてメタノールを単一炭素源とする合成基質を用いた。種汚泥は江別市下水処理場消化槽汚泥を約2ヶ月間グルコースで培養したものをさらに3~4ヶ月間メタノールを基質として馴養したものをを用いた。

実験-I. 流動槽回分実験. 投入負荷がガス生成速度に与える影響を調べるために、図-1の装置を10基備え、低負荷4基、高負荷6基に分けて実験を行なった。投入メタノール量を反応器内初期基質濃度が表わすと、低負荷では94, 188, 375, 750 ‰, 高負荷では500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000 ‰である。基質を投入した後、ガス生成量を測定しガス生成速度を求めた。pH がガス生成速度に与える影響を調べる実験では図-1の装置を6基用いて、pH をそれぞれ4.4, 5.2, 6.1, 7.1, 8.0, 9.1に設定した。その直後メタノールを注入し、ガス生成量を測定した。ガス生成が停止した後は再びメタノールを注入し、53時間後まで測定を続けた。

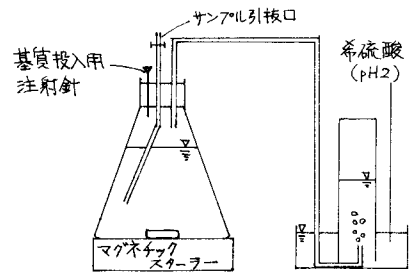


図-1 流動槽回分実験装置

実験-II. 固定槽回分実験. 図-2に示す装置に6500mgのメタノールを注入し、30分ごとにガス生成量とガスのCO₂含有量、溶液の溶解性COD_{cr}を測定した。なおこの装置の種汚泥は江別市下水処理場消化槽汚泥をメタノールとグルコースで培養した後、メタノールのみで培養したもので培養期間は約1ヶ月であった。このようにハニカム表面にメタン生成菌を付着させ固定槽としたのは、将来においてその処理性を評価するためであり今回の実験はその第1段階である。実験-I, IIとも実験期間を通して槽内温度は37℃に保った。

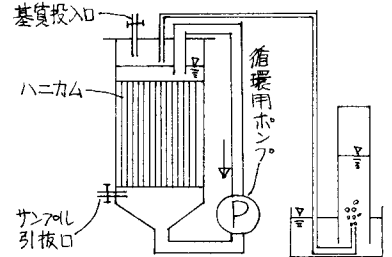


図-2 固定槽回分実験装置
(槽内液量 13.5 ℓ)

3. 結果および考察

実験-I. 図-3, 4にそれぞれ低負荷、高負荷の場合の基質投入後の経過時間に対する累積ガス生成量を示す。基質投入直後及び反応終了直前を除いて累積ガス量は直線的に増加している。従ってガス生成速度は一定であり直線の傾きから求めた速度を単位当りのガス生成速度で表わしたものを初期基質濃度に対してプロットしたのが図-5であり、低負荷、高負荷でそれぞれ0.83, 0.56と一定の値をとった。ガス生成が反応をおして零次反応的に進むということから菌体量の増加が殆どないと考えられ、これはメタン生成菌の増殖速度が極めて遅いのであろうということを示している。またメタノールを基質とする場合、本実験の範囲では投入負荷の違いによるガス生成速度の差はないと言える。低負荷、高負荷でガス生成速度に差が生じたのは馴養期間に差があった

ために菌体の活性が異なっていたためと思われる。図-6にpHに対するガス生成速度のpH変化直後から53時間後までの経過を示す。pH 4.4, 5.2 ではガス発生はみられなかった。またpH 9でガス発生が急激に低下していることからpH 9がメタン発酵における上限、pH 7付近の狭い範囲が最適pH範囲である。

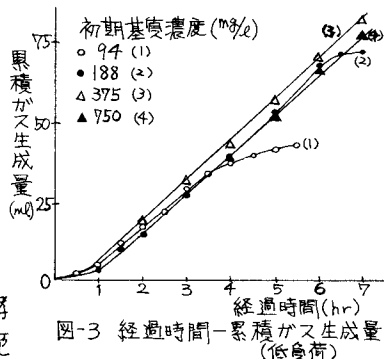


図-3 経過時間-累積ガス生成量 (低負荷)

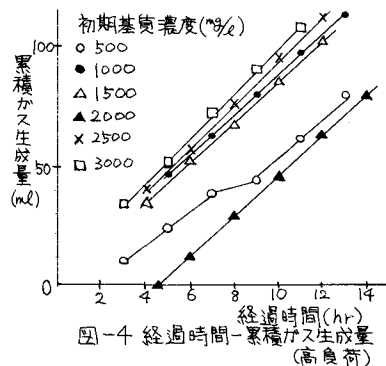
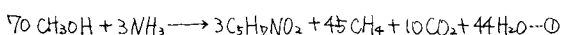


図-4 経過時間-累積ガス生成量 (高負荷)

実験-Ⅱ 図-7に累積ガス生成量と溶解性CO₂の時間変化を示した。図よりガス生成および基質除去ともに零次反応的に進むことがわかる。この相関はBuswellの標準式： $4CH_3OH \rightarrow 3CH_4 + CO_2 + 2H_2O$ によりメタノールの分解が一段階反応である事からも予想された結果である。生成ガスはメタンとCO₂だけであると考え、ガス中のCO₂含有量を測定することにより、ガス組成を求めた。ガス組成は基質投入時からガス発生が終了するまでほとんど一定で、メタン含有率は82.4%であった。メタン生成菌の組成をC₅H₇NO₂と仮定し、McCartyにより求められたメタノールを基質とした場合のメタン生成菌の増殖収率の153を導入すると以下の反応式が得られる。



この式によるとメタン含有率は81.9%で実験結果とはほぼ一致する。またメタノール1gあたりの生成ガス量は589mlとなるが本実験の値はメタノール1gあたり583mlで①式による計算値とはほぼ一致する。しかし本実験では槽内のハニカムに菌体を付着させているため菌体量の変化が把握できなかった。従って①式の妥当性を議論することはできなかったが、菌体生成を考慮することによって生成ガス量および組成を表わすことが可能となるのではないと思われる。

4. まとめ。メタノールを基質とした場合について以下の結論が得られた。(1) ガス生成及び基質除去速度は一定で、基質濃度が低濃度になるまで下がる。(2) 本実験の範囲内では投入負荷の違いによるガス生成速度の差は認められない。(3) メタノールを基質とするメタン生成菌の最適pHは7付近の狭い範囲である。(4) 生成したガスの組成は反応をとおして一定でBuswellの標準式で表わされるものよりメタン含有率は高いが、菌体生成を考慮して反応式を導くと生成ガス量及びその組成は実験値とはほぼ一致した。

*参考文献 McCarty, P.L.: Thermodynamics of Biological Synthesis and Growth, 一最後に一 本研究において労を惜しまず御助力をいただいた二田喜孝氏(当時学生), ならびに原淑子女士(同)に感謝の意を表します。

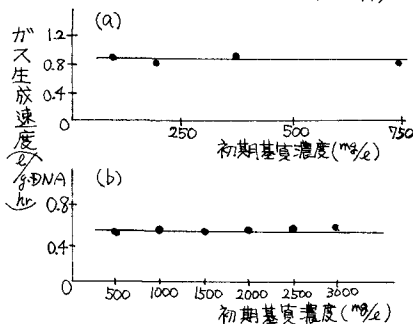


図-5 初期基質濃度-ガス生成速度

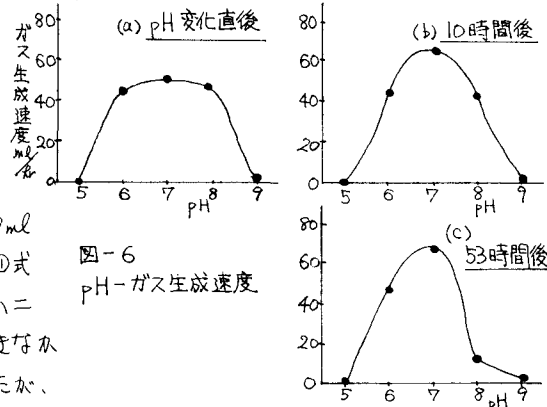


図-6 pH-ガス生成速度

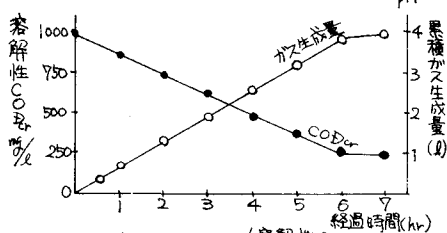


図-7 経過日数-溶解性CO₂-累積ガス生成量