

東北大学 学生員 ○ 林 秋 裕
同 正 員 佐 藤 和 明
同 正 員 松 本 順 一 郎

1. はじめに

嫌気性消化においては、下水汚泥、し尿および都市ゴミなどの廃棄物の主要な有機物である蛋白質、炭水化物、および脂質は分解を受けて最終的にメタンと二酸化炭素になる。嫌気性消化は実際には二相性であり、酸生成相およびメタン生成相の二相に分類される。二相消化法による嫌気性消化の機能向上に関する研究が数多く行なわれているが、高濃度基質のメタン生成相の浄化機構に関する研究は少なく、混合基質に対する菌体増殖の最適制御および物質代謝速度の均衡を考慮したプロセスの構成に関して、多くの未知事項が残されている。本研究は酸生成相における主要な発酵生成物である酢酸、プロピオン酸および酪酸を混合した基質を用いて、メタン生成相の基質消費、メタン生成、及び菌体増殖の特性について連続実験によって検討したものである。

2. 実験装置、材料および方法

実験装置は図-1に示すような基質投入、余剰混合液の引き抜きおよび生成ガスの循環による撹拌を連続的に行なうケモスタット型の嫌気的反應槽である。投入基質は実際のメタン生成相の基質となっている酢酸 (HAc)、プロピオン酸 (HPr) および酪酸 (HBu) を混合した合成基質で、混合基質の濃度は COD として表示した。種汚泥は、仙台市南蒲生下水処理場の下水汚泥消化槽より採取した消化汚泥を、酢酸、プロピオン酸、酪酸をそれぞれ単一基質とする COD 濃度 20000 mg/l の合成基質に3ヶ月以上馴致させた。実験は、酢酸汚泥、プロピオン酸汚泥、酪酸汚泥をそれぞれ容積で 2:1:1 の割合で消化槽に接種することによって開始し、混合基質中の HAc、HPr、HBu の割合は酸生成相で生成される揮発性脂肪酸の割合を参照してそれぞれ COD として種汚泥と同様の比率で混合した。実験方法としては、菌体滞留時間 (SRT) 4.5 日で一度とし、投入基質濃度を 10000 mg/l から徐々に増大させ、総有機酸 (TOA)、揮発性脂肪酸 (VFA)、pH、菌体濃度 (VSS)、ガス生成量およびメタンガス含有率などを測定した。実験温度は $35 \pm 1^\circ\text{C}$ に設定した。実験 pH は 7.1~7.3 中性域に設定し、濃塩酸または 10N-NaOH で制御した。定常状態を得るために、各系において SRT の約 6 倍の期間実験を継続した。これによって得られたデータより投入基質の許容濃度を求めるつもりである。

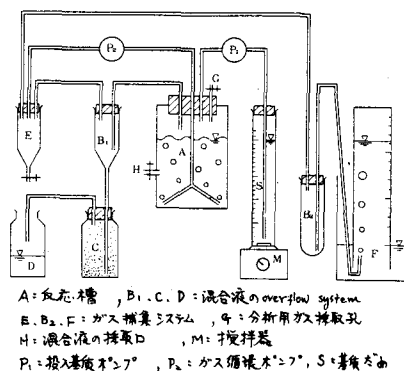


図-1 連続実験装置概略図

表-1 基質の無機栄養塩

$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	700mg/l
NH_4Cl	850mg/l
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	250mg/l
KCl	750mg/l
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	810mg/l
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	420mg/l
NaHCO_3	6720mg/l
$\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	18mg/l

3. 実験結果および考察

図-2に投入基質濃度 COD として 10000 mg/l ~ 50000 mg/l (Run 1 ~ Run 5) までの消化槽における残存揮発性脂肪酸濃度、およびガス生成速度の経日変化を示した。投入基質濃度を変化させた時には、反応容積あたりのガス生成速度が基質負荷速度の増大に伴って急激に増大することが見られた。Run 4 までは、投入基質濃度設定後、約 30 日程度で定常状態に達しているのが、Run 5 では 100 日もの実験期間を要した。これは実験途中 40 日から 60 日の間で基質投入量が増加してしまったことも一因となって

いる。

図-3に定常状態での残存VFA濃度、菌体濃度、メタンガス含有率およびメタン生成速度と基質負荷速度の関係を示した。ケモスタット理論によれば、菌体濃度は投入基質濃度に比例して増大するが、残存基質濃度は投入基質濃度に対して一定となる。本実験では、図-3より知られるように、菌体濃度は投入基質濃度に比例して増大したが、残存VFA濃度は一定とならず、投入基質濃度に依存するという結果を得た。

図-3に示したように、メタンガスの含有率は投入基質濃度の増大とともに減少しているが、投入基質濃度の増大に伴ってメタンガスの生成速度は高くなることが知られた。図-4に基質消費速度とメタン生成速度の関係を示した。最小二乗法による直線の傾きより、メタン生成菌の代謝によって消費されたVFA 1g CODあたり、0.83g CODのメタンが生成されたことが知られた。

図-5に定常状態における残存VFAの組成を示した。酢酸は、各Run共に50 mg/l程度の残存濃度であるのに対し、酢酸、プロピオン酸は、投入基質濃度の増大に伴ない残存濃度も上昇する傾向がある。これは、酢酸のメタンへの転換が酢酸分解の律速段階であり、プロピオン酸の酢酸への転換がプロピオン酸分解の律速段階であることを示していると考えられた。投入基質中のHAc, HPr, HBu濃度の割合が2:1:1であるにもかかわらず、混合液中のHPrがほかの酸に比べ、大量に残っていることはHPrが分解されにくい酸であることを示した。HPrの酸化作用は低い水素分圧、高いHAc濃度で抑制されやすいと考えられている²⁾。従って酸敗現象を検討し、許容基質負荷速度を求める場合には、残存プロピオン酸濃度に留意する必要があると思われる。

各投入基質濃度のメタン菌相については、位相差顕微鏡によって観察した。低い基質濃度のRun1は桿菌のみしか存在せず、Run2以降は高い基質代謝を持つハネ球菌と桿菌が混在していた。

4 おわりに

本実験の結果より、次の知見が得られた。(1) 流出基質濃度すなわち残存VFA濃度は投入基質濃度に依存する。(2) 酸敗現象を検討し、許容基質負荷速度を求める場合には残存プロピオン酸濃度に留意する必要があると思われる。(3) 投入基質濃度の変化と共にメタン生成菌の菌相が遷移する。

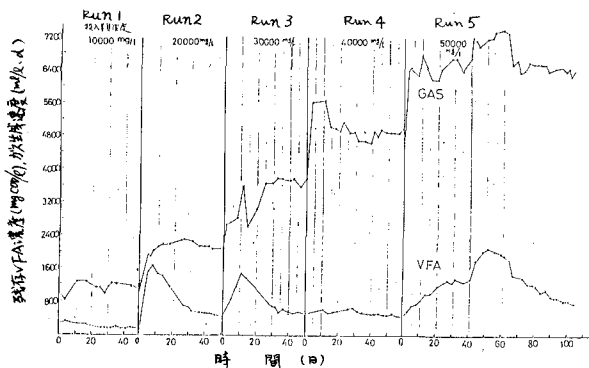


図2 各Runにおける残存VFA濃度、メタン生成速度の経日変化

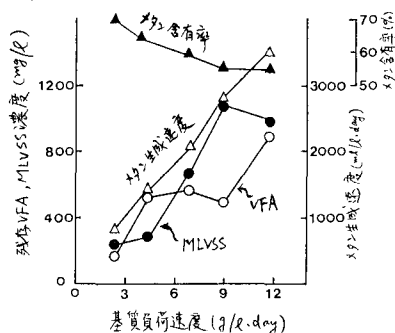


図3 定常状態の残存VFA、MLVSS、メタン生成速度およびメタン含有率と基質負荷速度の関係

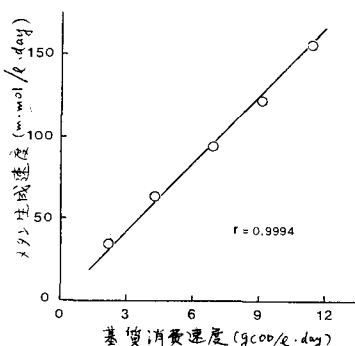


図4 メタン生成速度と基質消費速度の関係

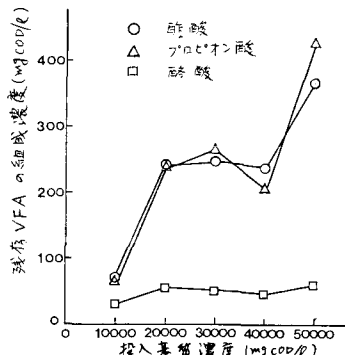


図5 残存VFA組成と投入基質濃度の関係

- (参考文献):
 1. Ghosh, S. et al.: JWPCE, vol. 67, no. 1, (1975)
 2. 3張, 野地, 社本: 日本学会論文報告集, 第320号(1982), 第333号(1983)
 3. Kasparov, H. F. et al.: Microbial Ecology, vol. 4, (1978)