

嫌気性消化のメタン生成相に及ぼす pH の影響について

東北大学工学部 正員 野池達也
 同 学生員 〇張 祖恩
 同 学生員 阿部吉郎

1. はじめに 嫌気性消化法は、下水汚泥、し尿および高濃度有機性工場廃水などの安定化のために有用な生物学的処理法であるが、その操作は非常に複雑でトラブルが起こりやすい。特に、プロセスのバランスがくずれると、揮発性脂肪酸の蓄積により酸敗消化が起きる。この酸敗消化に関する知見はよく知られていないが、多くの場合はメタン生成菌の増殖の阻害によってもたらされると考えられる。メタン生成菌は pH に極めて敏感であり、それらの増殖に最適な pH は 6.4 ~ 7.2 であることが知られているが、pH の変化に対するメタン生成菌の増殖、基質代謝、メタン生成および pH 耐性に関する動力学的研究はほとんどなされていない。本研究は、嫌気性消化プロセスの律速段階とされているメタン生成相に与える pH の影響を知るためになされた。

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発生ガスの循環による攪拌を連続的に行うケムスタット型の嫌気的反應槽である。投入基質は、酢酸を単一有機炭素源とする合成基質で、酢酸の濃度は 20000 mg/L である。この合成基質の無機栄養塩の組成を表-1 に示した。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、上述の基質に 6 ヶ月以上馴致させたものを用いた。実験方法としては、菌体滞留時間 (SRT) を投入流量と反応容積によって 14 日 ~ 4.5 日の範囲で 4 系列を設定し、また目標とする pH を 5.5, 6.0, 7.2, 7.9 および 8.4 の 5 段階に設定した。各反応槽の pH を目標 pH の値に制御するために、10N の NaOH または濃塩酸を投入基質に添加し、pH を調整した基質を用いた。その際、NaOH と濃塩酸の添加量は、その日の混合液 pH を参考にして目標 pH に近づけるように調整した。また実験は中性 pH 域から始め、徐々に高 pH 域および低 pH 域に変化させてメタン生成菌をそれぞれの pH 域に適応させながら行った。実験温度は 35 ± 1°C に設定した。定常状態が得られるまで各 SRT において、滞留時間の 4 倍以上にわたる連続実験を行った。なお、各系の定常状態が確立されたかを確かめるために、系中の MLVSS 濃度、残存揮発性脂肪酸 (VFA) 濃度およびメタン生成速度などを判断する基準とした。

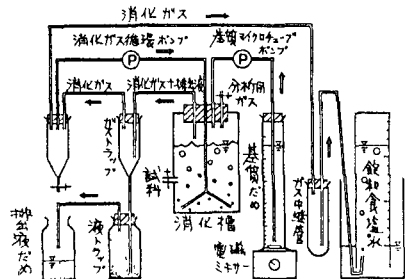


図-1 連続実験消化槽装置

表-1 基質の無機塩濃度

(NH ₄) ₂ HPO ₄	700mg/l
NH ₄ Cl	850mg/l
MgSO ₄ ·7H ₂ O	250mg/l
KCl	750mg/l
MgCl ₂ ·6H ₂ O	810mg/l
FeCl ₃ ·6H ₂ O	420mg/l
NaHCO ₃	6720mg/l
CoCl ₂ ·6H ₂ O	18mg/l

3. 実験結果および考察 図-2 に、各 pH 域での基質除去率および消費された酢酸からメタンへの転換割合を示した。pH 6.0¹⁾と 7.2 の系では、全実験範囲において除去率がほぼ 100% となり、良好かつ安定な基質代謝機能を示しているが、高 pH の系では、除去率が滞留時間の逆数である希釈率 (D) の増大に伴って急激に悪化し、特に高 pH、高希釈率の系においては、除去率は約 40% にしか達しなかった。消費された酢酸からメタンへの転換割合は、pH 6.0 と 7.2 の場合、ほぼ同程度で平均 0.8 mol/mol²⁾ であり、pH 7.9 と 8.4 の場合、より高くなり、平均

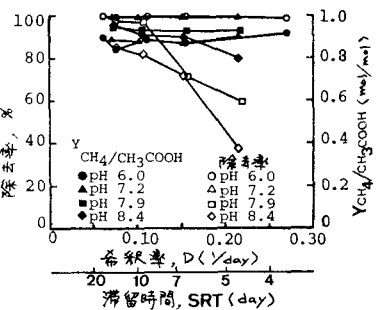


図-2 各 pH 域での除去率と Y_{CH₄/CH₃COOH}

0.9)の値を示している。図-3に、各PH域でのメタン生成産量に相応するMLVSSの濃度を示した。MLVSS濃度は各希釈率において、PHの上昇に伴って減少する傾向を示している。図-4に、各PH域での見かけの増殖収率を示した。これによれば、各希釈率の系では、高PH域での増殖収率は低PH域より小さい値であった。従って、高PH域の除去率の低下、メタン生成産量であるMLVSS濃度がよむ見かけ増殖収率の低下は、高PHによりメタン生成菌の基質代謝活性と増殖が阻害されるためであると思われる。

メタン生成菌は形態学上、桿菌、球菌と連鎖菌に分けられる。連続培養系での定常運転では環境条件を一定に保つことにより、その環境に適合した菌種が優占的に増殖する。本実験においては、各系に存在したメタン生成菌の顕微鏡的観察(600倍)により、希釈率およびPHの異なる反応槽では優占菌種の遷移が見られた。PH 7.2の場合、希釈率が 0.11 day^{-1} 以下の系では長さが様々に異なる桿菌が優占となり、希釈率が 0.16 day^{-1} 以上の系では連鎖菌が優占菌種となった。PH 7.9と8.4の場合、すべての希釈率において桿状のメタン生成菌が優占菌種となった。また、PHを6.0に制御した場合には、すべての希釈率において、連鎖菌が優占菌種となった。これは、桿菌群が高PHに強く、連鎖菌群が低PHに強く、選択的に生き残るためと考えられる。

図-5に、メタン生成菌の比消費速度(単位菌体当りの基質消費速度)のPHによる変化を示した。PH 6.0と7.2の場合、比消費速度が希釈率の増大に伴って増大し、高希釈率で最大となっていたのに対し、PH 7.9と8.4の場合、比消費速度がそれぞれ希釈率 0.11 と 0.15 day^{-1} の反応槽において最大となっていた。また、低希釈率の系では、比消費速度はPHの上昇に伴って増加しているが、高希釈率の系では、高PHの範囲において、この傾向は成立しない。これは、反応槽の希釈率とPHの違いにより、優占菌種が遷移し、各優占菌種の基質代謝特性、PH耐性が異なることに起因すると考えられる。図-6に、メタン生成菌の活性度の指標であるメタン生成速度(単位反応容積当りのメタン生成速度)のPHによる変化を示した。PH 6.0と7.2の場合、メタン生成速度は希釈率の増大に伴って増加するが、PH 7.9と8.4の場合、高希釈率の系では、メタン生成速度が急激に減少した。従って、メタン生成菌のメタン生成活性はPHの増大によって阻害されたことが知られる。

4. 結び メタン生成菌の基質代謝、増殖およびメタン生成の活性は、高PHにおいて阻害され、また、連続培養系の希釈率およびPHの変化により、桿菌と連鎖菌がそれぞれ高PHと低PHの系で選択的に生き残ることが知られた。

- (参考文献) 1) 小松, 松本, 野池: 第23回年講(1978)
 2) 高尾, 松本, 野池: 第24回年講(1979)

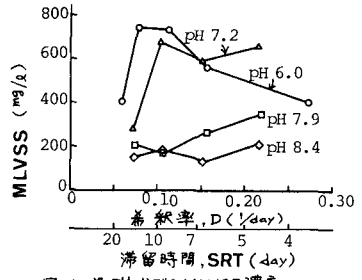


図-3 各PH域でのMLVSS濃度

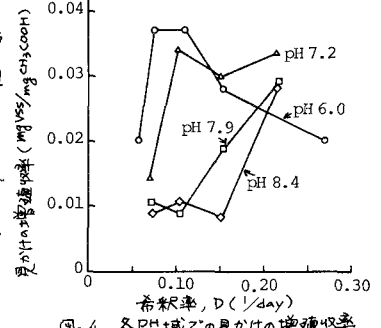


図-4 各PH域での見かけの増殖収率

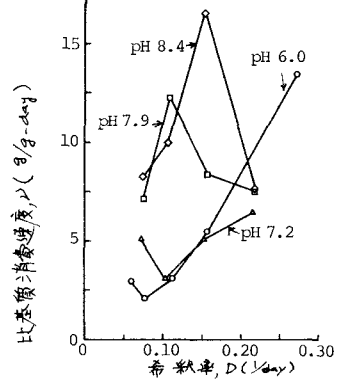


図-5 比消費速度のPHによる変化

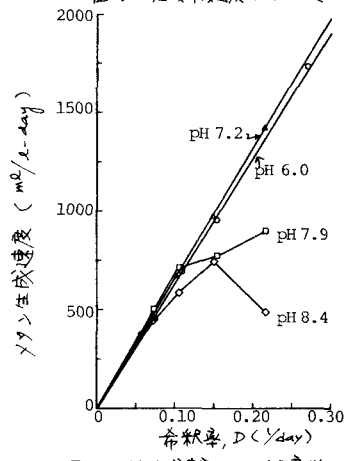


図-6 メタン生成速度のPHによる変化