

嫌気性消化のメタン生成相に及ぼすSRTと基質負荷の影響について

東北大学 正 員 野池達也
同 学生員 張 祖恩
同 学生員 石川徳春

1. はじめに

嫌気性消化のメタン生成相は、酸生成相によって生産された揮発性有機酸をメタンと炭酸ガスへ転換する過程である。メタン生成相の担い手であるメタン菌叢は、基質代謝能力や環境条件への順応性の面で酸生成相より劣るため、嫌気性消化過程全体の律速段階であると考えられている。嫌気性消化の効率化のために、メタン生成菌の増殖と基質消費の特性、またその最適揮発性有機酸負荷速度、限界有機酸負荷速度及び最適菌体滞留時間などに関する研究が必要とされている。このような認識に基づいて、本研究では、菌体滞留時間(SRT)と投入基質濃度(S_0)を各々独立の実験パラメーターとして変化させた場合におけるメタン生成相の基本的な特性について連続実験により求めた結果を比較検討したものである。

2. 実験装置及び方法

実験装置は図-1に示すようなケモスタット型の連続実験装置を用い、温度は35±1℃に設定した。実験において用いた酢酸を単一炭素源とする基質の無機塩濃度は、表-1に示すように調整した。菌体滞留時間を約14日、10日、7日、5日程度に変化させ、また投入基質濃度を各々10000、20000、30000mg/lに変化させた。分析はガス発生量、ガス組成、混合液pH、アルカリ度、混合液中に含まれる無機性炭素濃度(TIC)、残存溶解性COD(COD_0)、残存揮発性有機酸濃度(VFA)、MLSS、MLVSS及び微生物性COD(COD_p)について行なった。

3. 実験結果及び考察

連続実験の定常期間における各濃度と希釈率($D = 1/SRT$)の平均値を図-2に示した。混合液中の残存 COD_0 、残存VFAは希釈率が増加するに従って増加する。また高希釈率側では S_0 が増加するに従って残存VFA、残存 COD_0 も増加する。培養系での生産物であるMLVSS、 COD_p は希釈率が増加するに従って、また S_0 が増加するにつれて増加する。同一 S_0 、低希釈率域でのMLVSS、 COD_p の減少は維持エネルギーや菌体合成エネルギーの要求が増加するためと考えられる。 S_0 及び希釈率が増加する程、残存VFA濃度が増加する。その結果、混合液pHとアルカリ度は希釈率と S_0 が大きくなるに従い減少する。混合液

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 ₃ ·6H ₂ O	18mg/l

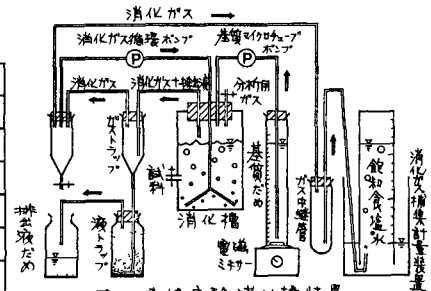


図-1 連続実験消化槽装置

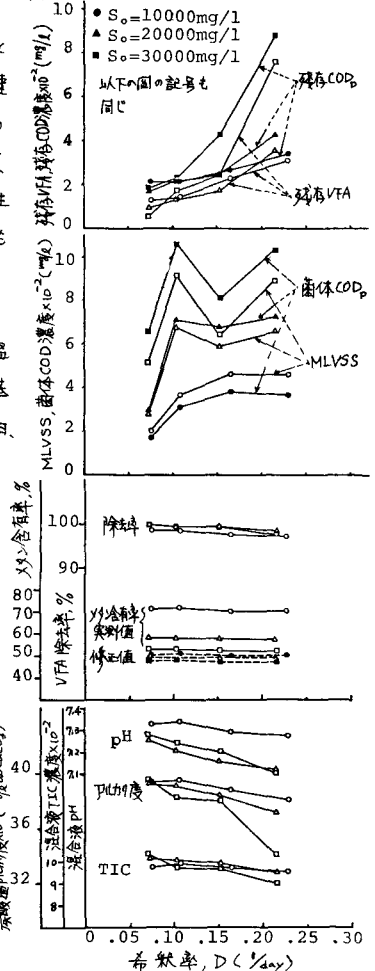


図-2 連続実験の各濃度と希釈率の定常値

の pH が低下すると液中の溶解性無機性炭素が負相へ炭酸ガスとして放出され、TIC 濃度が減少する結果となる。有機酸に対する除去率は各希釈率、各 S₀ の系では 98% 以上で、ほぼ一定となる。混合液中に含まれている炭酸ガスの量を測定した TIC 濃度から計算すると、図-2 の修正値のようになる。これは酢酸を嫌気性消化した場合の理論的なメタンと炭酸ガスの比が 1:1 になることに一致する。即ち、メタン含有率は 50% で、希釈率と S₀ に依存せず一定である。図-3 において示されたようにメタン比生成速度と比基質負荷速度 (単位 MLVSS 当りの基質負荷速度) の関係は S₀ と希釈率に依存せず、線形回帰直線の傾きから基質としての酢酸 1 mg の生産物としてのメタンへの転換割合は一定で 0.23 mg であることがわかる。図-4 よりメタンガス比生成速度に及ぼす希釈率の影響を考察すると、S₀ と希釈率が増加するに従って、メタンガス比生成速度は増加するが、低希釈率ではこの傾向は成立しないことがわかる。酢酸からメタンへの転換率は S₀ と希釈率に依存せず、ほぼ一定で 0.85 である。即ち、1 mole の酢酸が除去される際、0.85 mole のメタンが生成される。図-5 は比消費速度 (D) と比増殖速度である希釈率の関係をプロットしたものであり、図-4 に示したメタン比生成速度と希釈率の関係によく類似している。酢酸から菌体を生成する割合、真の増殖収率 (Y_G) と自己分解係数 (k_d) が、希釈率 (即ち、見掛けの比増殖速度) に依存せず一定であると仮定すると、X を菌体濃度として定常状態での菌体の物質収支式から次式が導かれる：
$$D = \frac{(S_0 - S)}{X} = \frac{1}{Y_G} D + \frac{k_d}{Y_G}$$
 (S は槽内基質濃度)。もし、D と希釈率がこの式に従って線形性を満足しているならば、その回帰直線の切片と傾きから、Y_G と k_d が計算できる。しかし、図-5 のように線形性は満足されない。これは希釈率の違いによって細菌相が遷移し、Y_G、k_d が変化するためと解釈される。図-6 には 見掛けの増殖収率 Y_{X/S} と希釈率の関係を示した。見掛けの増殖収率は希釈率が増加するにつれて増加するが、0.10/day 以上の希釈率では ほぼ一定となることを示しているが、他の細菌のそれに比較して約 1/10 小さい値であることが知られる。比消費速度 D が Monod モデルに従うと仮定すると、D の基質依存性は $D = \frac{D_{max} S}{K_s + S}$ のように表わされる。この式を逆数変換して、Hofstee プロットの形にすると、
$$\frac{S}{D} = \frac{K_s}{D_{max}} + \frac{S}{D_{max}}$$
 のようになり、槽内基質濃度 (S) の定常値と D から図-7 が得られる。この図より最大比消費速度 D_{max} は 8.52 mg 酢酸/mg VSS-day、基質飽和定数は 170 mg 酢酸/l と決定され、過去に報告されている値と比較してよく一致する。メタン生成菌は形態学上大きく 2 種類にわけられ、本実験の場合、希釈率の 0.15/day 以上では 4 連球菌が優占となり、それ以下の希釈率の系では桿菌が優占となった。従って、桿菌と 4 連球菌が遷移する臨界の希釈率域は D = 0.1 ~ 0.15/day の間にあると考えられる。

(1) Lawrence and McCarty (2) 小松、松本、野池 (3) 高尾、松本、野池
 WPCF Vol 41 No2 (1969) 第 33 回年譜 (1978) 第 34 回年譜 (1979)

