

嫌気性消化のメタン生成相に及ぼす菌体滞留時間の影響

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、およ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、采配混合液の引き抜きおよび生成ガスの循環による攪拌を連続的に行うケモスタート型の嫌気反応槽である。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。汚泥は、仙台市南郷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、HAc、HPr、n-HBuをそれぞれ単一基質とするCOD濃度20000 mg/lの合成基質で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(表-1)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¹⁾を参照してそれぞれCODとして汚泥と同様の比率で混合した。実験方法としては、投入基質濃度を20000 mg COD/lで一定とし、滞留時間(DT)を数段階に変化させ、総有機酸(TOA)、揮発性脂肪酸(VFA)、pH、菌体濃度(MLVSS)、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±1℃に設定した。実験pHは7.1~7.3の中性域に設定し、濃塩酸または10N-NaOHで制御した。定常状態を得るために各Runにおいて7週間以上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基質消費特性ならびに動力学定数などについて考察を行った。表-2に実験方法を要約した。

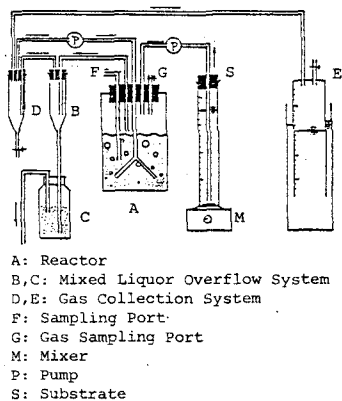


図-1 連続実験装置概略

Table 1 Composition Of Mixed Substrate

(NH ₄) ₂ HPO ₄	700 mg/l
NH ₄ Cl	850 mg/l
MgSO ₄ ·7H ₂ O	250 mg/l
KCl	750 mg/l
MgCl ₂ ·6H ₂ O	810 mg/l
FeCl ₃ ·6H ₂ O	420 mg/l
NaHCO ₃	6720 mg/l
CoCl ₂ ·6H ₂ O	18 mg/l
Acetic acid	50 % ‡
Propionic acid	25 %
n-Butyric acid	25 %

‡ Base on COD

3. 実験結果および考察

定常時のデータ 図-2 各Runにおける定常状態での残存VFA濃度、MLVSS濃度およびメタン生成速度と菌体滞留時間(SRT)、希釈率(D=1/SRT)の関係を示す。残存VFA濃度はSRTの減少とともに増大することが

Table 2 Summary For Experimental Methods

Run No.	Reactor Volume, l	DT days	Substrate + Concentration, mg/l	Experimental Procedure
1	1.5	10.5	20000	Started from longer DT.
2		8.0		
3	2.0	5.5		
4		3.5		
5		2.9		
6	2.0	4.5		
7		3.2		

+ Base on COD

分かる。SRT 2.91日で反応槽の残存VFA濃度は614 mg COD/lとなり、COD除去率は96.9%と計算されるので、アルカリを添加しなくても反応槽は短いSRTの2.91日で安定な操作ができることが分かる。

残存有機酸成分の挙動 図-3に各Runの定常時の残存VFA成分濃度とSRTの関係を示す。これによれば、HAcとHPr濃度はSRTの減少とともに増大することが分かる。図-4にRun 7における残存VFA濃度の経日変化を示す。DTを変化させた直後、負荷速度の増大により、残存VFAの一時的な蓄積が観察された。ここで、蓄積されたVFAは主にHAcおよびHPrであることに注目してもらいたい。この結果より、HAcおよびHPr分解活性はDT変化をもたらした負荷変化に影響を受けやすいと考えられる。

メタン転換率 図-2に示したように、本実験ではメタン生成速度はSRTの減少とともに増大するが、発生ガスのメタン含有率は61~63%で一一定であった。基質消費速度とメタン生成速度の関係に基づき、最小二乗法による回帰直線の傾きより、VFAからメタンへの転換率は消費されたVFA 1g COD当り、0.318 l(CSPT)であることが知られた。この転換率はSRTには依存しない。

菌相の観察 混合液の優占菌種は位相差顕微鏡で観察され、全て桿菌であったが、SRTの減少、即ち希釈率の増大とともに球菌および連鎖菌も出現した。

最小菌体滞留時間 図-5でMonod式に基づいた完全混合培養系の動力学パラメーターである最大比基質消費速度 V_{max} 、基質飽和定数 K_s 、増殖率 μ_{max} および死滅係数 K_d を求めた。なお、式 $SRT_{min} = \frac{1}{\mu_{max} - K_d}$ 、 $\mu_{max} = Y_g \cdot V_{max} - K_d$ より計算した最小菌体滞留時間は2.42日であった。図-6にRun 5のDTを短くし実験をさらに継続して酸敗になった消化槽におけるMLVSS、残存VFA濃度およびガス生成速度などの経日変化を示す。DTを最小菌体滞留時間(2.42日)より短くした場合2.19日で菌体はWashoutし、完全に酸敗となった。これによれば、2.40日は臨界滞留時間であり、計算した最小菌体滞留時間2.42日とほぼ一致することが知られる。

4. おわりに

- (1) 相消化法のメタン生成相は投入基質濃度20000 mg COD/lでSRTが2.91日でも運転も可能であり、最小菌体滞留時間は2.42日であった。
- (2) 酢酸およびプロピオン酸の分解活性は滞留時間の減少により顕著に低下した。
- (3) 桿菌は優占菌種であったが、滞留時間の減少で球菌と連鎖菌が観察された。(参考文献: 1. Ghosh, S. et al.: JWCPE, vol. 4, no. 1, 1975)

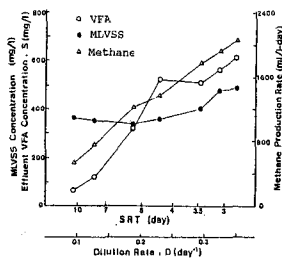


図-2 定常時のデータ

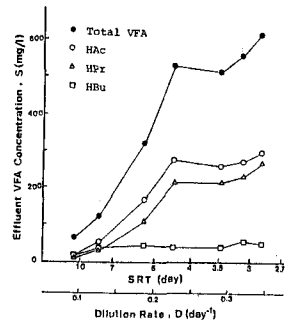


図-3 定常時の残存VFA成分濃度

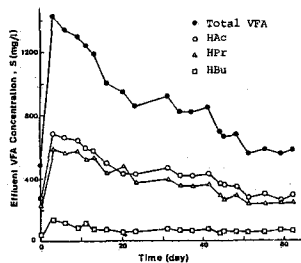


図-4 Run 7における残存VFA濃度の経日変化

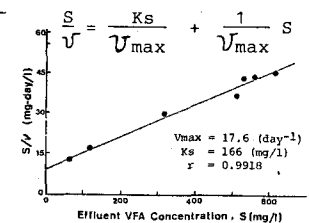
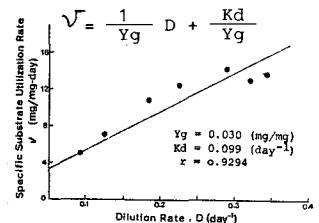


図-5 動力学パラメーターの求め

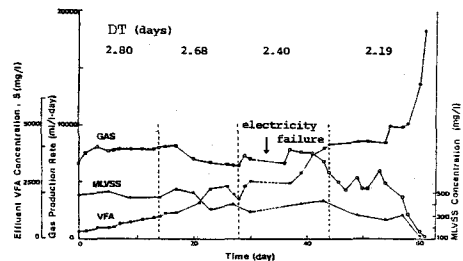


図-6 Run 5の滞留時間を短くした実験