

II-456 嫌気性消化のメタン生成プロセスの温度特性について

逢申大学 正員 林 秋裕
 ○東北大学 正員 野池達也

1. はじめに

嫌気性消化においては、下水汚泥、し尿および高濃度有機性廃液などの主要な成分である炭水化物、蛋白質および脂質は分解して最終的にメタンと二酸化炭素になる。嫌気性消化は酸生成およびメタン生成の二相により構成されている。近年、二相嫌気性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るようになったがメタン生成相独自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は、多くの未知の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の混合基質を用いて、広い温度域の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り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に示すようなケモスタット型嫌氣的反応槽である。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)、酪酸(HBu)を混合した基質で、CODとして濃度を表現した。種汚泥は中温消化槽および高温消化槽より採取した消化汚泥を、29000 mg/l (COD)の人工合成基質で馴致させ、それぞれ中温域と高温域の種汚泥とした。合成基質のHAc、HPr、HBuの組成は実際に知られている値を参照してCODとして2:1:1とした。

3. 実験結果および考察

反応槽の運転状況: 15~40°Cの温度域で消化槽の運転状況は安定していたが、50°Cでは不安定であった。図2に示すように、除去効率は35°Cの最適消化温度で最大98%に達した。なお、20°Cでの除去効率は35.7%、14.1、10.0および6.2日の消化日数に対してそれぞれ、99.0、98.8、98.0、および68.8%であった。これらの結果より、20°Cの消化温度で消化日数10日以上ではCODの除去率は35°Cのものと同じであることがわかる。しかし、15°Cでの除去効率は急に落ちて消化日数10日では87.8%しかなかった。図2によれば流出VFA濃度は負荷速度の増大またはSRTの増加に伴って増大し、Chemostat型反応槽の動化学に従うことが分かる。定常時の残存VFA成分濃度について、50°Cと40°Cの二系において、HPrが消化日数と関係なく、HAcとHBuより高い濃度で検出された。これは、HPrの分解をを行うAcetogenic菌の活性が高温域では低いことが

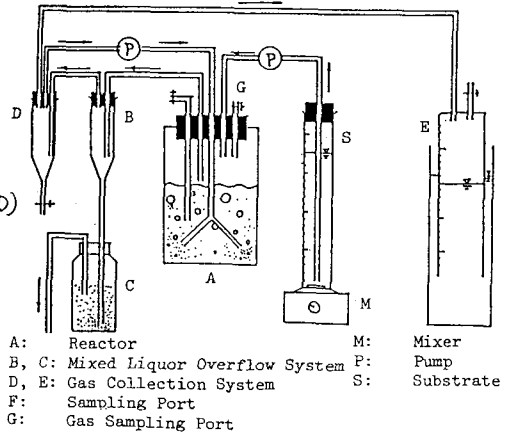


Fig. 1 Experimental apparatus
 TABLE 1 Composition of Synthetic Substrate

Inorganic Nutrients		Volatile Fatty Acid	
(NH ₄) ₂ HPO ₄	700 mg/l	Acetic acid 50% + Propionic acid 25% + n-Butyric acid 25% (COD basis)	
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		

TABLE 2 A Summary for Experimental Methods

Series	Temperature (°C)	Retention Time (days)
I	50	10; 8; 6; 4.5; 3.5
II	40	15; 10; 7; 4.5
III	35	10.5; 8; 5.5; 4.5; 3.5; 3.2; 2.9
IV	30	15; 10; 7; 4.5
V	25	30; 15; 10; 7
VI	20	30; 15; 10; 7
VII	15	30; 15; 10; 7

原因の一つであると考えられる。

メタン生成量：本実験での定常時における生成ガスのメタン含有率は30℃系列 SRT4.5日を除いて、62~67.5%でほぼ一定であり、温度による影響は見られない。これに対して、50℃の消化槽のメタン含有率はやや低く58~61%である。これによれば発生ガスのメタン含有率は温度の増大に対して減少することが知られ、この理由として、温度の増大の結果液相内のCO₂が減少するためと考えられる。図3にメタン生成量と負荷速度の関係を示す。まずメタン生成量は負荷速度の増大に伴って増大したが、負荷速度2g COD/l.dayを超えると減じた。この図によればメタン生成量は、温度と負荷速度に依存するが、負荷速度が約2g COD/l.dayの場合は、温度に依存しないことが知られる。

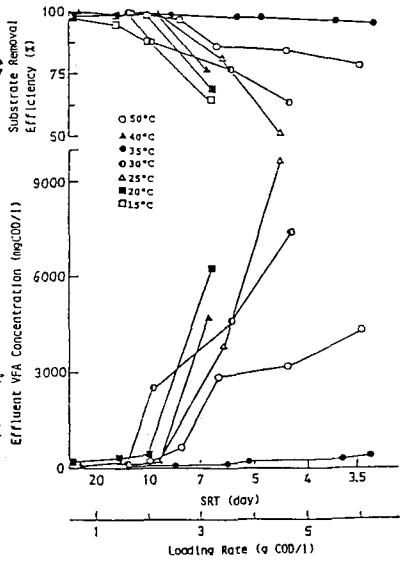


Fig. 2 Effluent volatile fatty acid conc. and substrate removal

動力学：Michaelis-Menten式に基づいて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 、増殖収率、死滅係数 K_d および最小菌体滞留時間 SRT_{min} を求めた。図4は各温度での SRT_{min} を示し、 SRT_{min} の温度特性は酵生成相におけるものと類似している。図5に動力学パラメーターの中から、最大比基質消費速度 V_{max} の温度依存性を示した。これによれば、中温域においては、温度の増大につれ、 V_{max} は増大し、直線の勾配より V_{max} の温度係数が求められる。同様にして、 K_s および Y_g についても次の結果を得た。

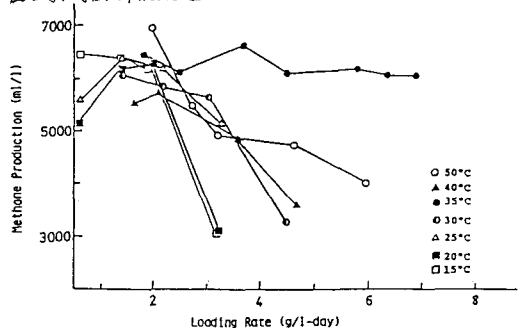


Fig. 3 Relationship between methane production and loading rate at each studied temperature

$$(V_{max})_T = 7.4(1.077)^{(T-25)} \quad (15^\circ C \leq T \leq 35^\circ C)$$

$$(K_s)_T = 230(0.939)^{(T-25)} \quad (15^\circ C \leq T \leq 35^\circ C)$$

$$(Y_g)_T = 0.02(1.036)^{(T-25)} \quad (25^\circ C \leq T \leq 40^\circ C)$$

図5に示した各直線の数学式を K_d を無視したLawrenceらの提案による動力学式に代入することにより、中温域におけるメタン生成プロセスのSimulation Modelが次のように得られ図6にその結果を示した。

$$\frac{1}{SRT} = \frac{(0.148)(1.116)^{(T-25)} \cdot S}{230(0.939)^{(T-25)} + S}$$

SRTが6日以下の時には消化温度の低下により基質除去率はかなり悪化するが、8日以上では25℃~35℃では差がない。

4. おわりに

本研究では、嫌気性消化のメタン生成プロセスの温度特性をSimulation Modelで表現した。

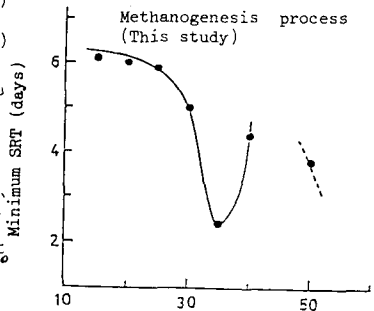


Fig. 4 Minimum SRTs for methanogenesis process

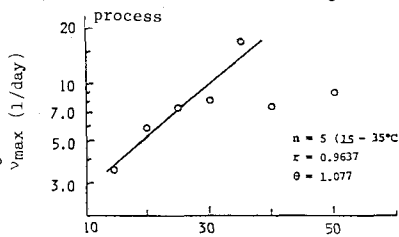


Fig. 5 Temperature dependent characteristics(V_{max})

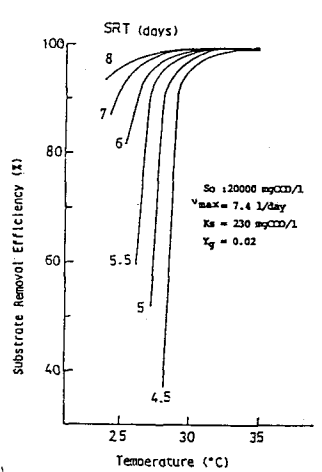


Fig. 6 Temperature model equation to predict process efficiency