

嫌気性消化のメタン生成に及ぼすグルコース添加の影響

○東北大学 学生会員 菅野 彬
学生会員 渡部 克美
正 会 員 野池 達也

1. 本研究の目的

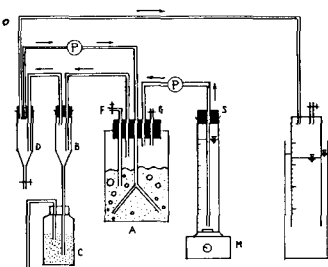
嫌気性消化のメタン生成相における主な基質は揮発性脂肪酸である。このため、嫌気性消化のメタン生成相に関する実験室規模の研究において、数種の揮発性脂肪酸を合成した人工基質を用いることが多く行われてきた。しかし、現実の二相嫌気性処理システムにおいて、メタン生成相への流入が揮発性脂肪酸に限られることは皆無であり、酸生成相で分解できなかった有機物が存在すると考えられる。

そこで本研究では、メタン生成相に対する脂肪酸以外の有機物流入の影響を検討する第一歩として、比較的分解しやすいグルコースをメタン生成相の基質中に添加し、その影響を検討した。

2. 実験装置および実験方法

本実験で用いた実験装置は図1に示す嫌気性ケモスタット型反応槽である。槽内の撹拌は消化ガスを循環させて行い、基質をポンプで投入すると同時に同量の汚泥が連続的にガス圧で引き抜かれるシステムである。

表1に本研究で用いた標準混合基質の組成を示す。この基質は酸生成相の主な代謝産物である酢酸、プロピオン酸、酪酸をCOD換算で2:1:1の割合で混合し栄養塩類を加えたものである。表2には実際に各系に投入した基質を示した。Run 1~4では上記の標準基質に0%, 1%, 5%, 10%の割合でグルコースを添加した。また、Run 5、Run 6にはF₄₂₀についての参考実験のため酢酸単一基質、酪酸単一基質を投入した。各基質濃度は、いずれも20000 mg COD/Lに統一した。



A: 反応槽
B, C: 気液分離システム
D, E: ガス抽出システム
F: ガスアブソルバント
G: ガスアブソルバント
H: ミキサー
I: ポンプ
J: 基質

図1 実験装置

3. 実験結果および考察

表3に各系の運転条件および操作状況を示す。Run 1~4はHRTを15日、45日の3通りで定常値をとった。

図2に基質中のグルコース濃度に対するCOD除去率の関係を示した。COD除去率は基質中のグルコース濃度が1%の系がHRTによらず最も小さい。また、グルコースを5%添加した系とグルコース無添加の系のCOD除去率が大きく、添加5%の系はそれとはほぼ同じが、若干上回っている。HRTの変化に対しては、各系ともHRTの減少に伴いCOD除去率は減少している。

このように負荷の増大に伴ってCOD除去率が減少するのは、水素分圧の上昇によるプロピオン酸の蓄積によつてメタン生成活性の阻害が起こ

表1 標準基質組成及び無機栄養塩

酢酸	10000 mg COD/L
プロピオン酸	5000 mg COD/L
酪酸	5000 mg COD/L
緩衝液	6720 mg/L
無機塩A (NH ₄) ₂ HPO ₄	700.0 mg/L
無機塩B KCl	750.0 mg/L
NH ₄ Cl	830.0 mg/L
MgCl ₂ 6H ₂ O	814.0 mg/L
MgSO ₄ 7H ₂ O	246.0 mg/L
FeCl ₃ 6H ₂ O	416.0 mg/L
CaCl ₂ 6H ₂ O	18.4 mg/L

表2 投入基質組成

	Run 1	Run 2	Run 3	Run 4	Run 5	Run 6
標準基質 (mg COD/L)	20000	19800	19000	18000	20000	20000
グルコース (mg COD/L)	0	200	1000	2000	0	0
計 (mg COD/L)	20000	20000	20000	20000	20000	20000

表3 実験条件及び操作状況

基質中のグルコース濃度 (%)	Run	SRT (day)	D (day ⁻¹)	基質中のグルコース濃度 (mg COD/L)	設定温度 (°C)	安定時 (日)
0%	HRT 15	14.92	0.067	1340	35.1	74.6
	HRT 45	8.61	0.125	2500		
	HRT 15	4.74	0.211	4220		
1%	HRT 15	14.77	0.068	1360		
	HRT 45	7.99	0.125	2500		
	HRT 15	4.53	0.220	4400		
5%	HRT 15	14.44	0.067	1340		
	HRT 45	7.98	0.125	2500		
10%	HRT 15	14.97	0.068	1360		
	HRT 45	7.44	0.126	2520		
酢酸単一基質	HRT 15	15.03	0.067	1340		
酪酸単一基質	HRT 15	15.23	0.067	1340		

り有機酸が蓄積したためと考えられる。図3に示す遊離VFA濃度は明らかにHRTの減少に伴って増大している。張は遊離VFA濃度が10mg HAc/Lに達するとメタン生成が阻害されるとした。どの程度の遊離VFA濃度からメタン生成活性が阻害されるかは研究者によ、てまちまちであるが、HRT45日の全系列とHRT8日-グルコース添加1%の系はメタン生成活性が阻害されていると考えられる。HRT45日でもグルコース添加5%の系は遊離VFA濃度が他の系列に比較して小さく、メタン生成活性阻害の程度は低いと考えられる。

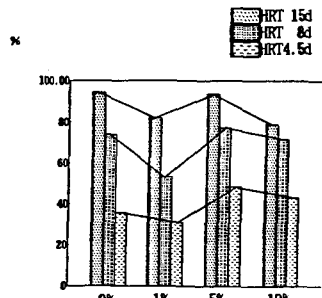


図2 基質中のグルコース濃度に対するCOD除去率

メタン生成相の基質にグルコースを添加することによって、酸生成菌が増殖し、反応槽内の生態系においてある割合を占めることになろう。数多くの研究者によ、て酸生成菌とメタン生成菌との共生関係が示唆されてきており、本実験のグルコース添加5%の系の処理状態が他を上回、たのはそうした共生によると考えられる。しかし、過剰のグルコース添加は、酸生成菌によるグルコース代謝過程で生じた水素によ、て水素分圧が上昇しメタン生成活性の阻害を引き起こしたと考えられる(添加10%)。

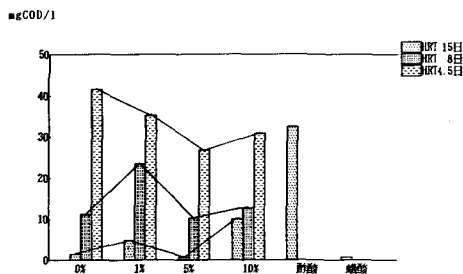


図3 基質中のグルコース濃度に対する遊離VFA濃度

本研究では各系の F_{420} を測定した。 F_{420} はメタン生成反応に関わる電子伝達物質であり、メタン生成菌固有の物質であり、菌種によ、て菌体量当りの含有量が異なることが報告されている。図4にMLVSS- F_{420} のグラフを示す(この F_{420} は67%イソプロパノールを基準とした相対値)。これによれば、HRT15日の系とそれより短いHRTの系では全く異なる傾向が伺え、菌相が変化したと考えられる。本研究の顕微鏡による観察でも、HRT15日では桿菌が、HRT45日では八連球菌が優占菌種であった。

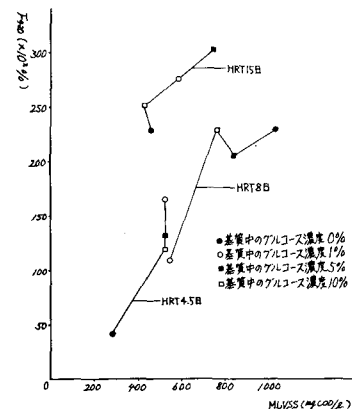


図4 各RunのMLVSSに対する F_{420}

本研究における残存VFA濃度(≡残存基質濃度)と比基質消費速度は図5に示すように、長いHRTではmonod式に、短いHRTでは1次反応に従う混合型の速度式で表わされた。

$$V = \frac{2.42 \cdot S}{299 + S} \quad (0 \text{ mg COD/l} < S < 6000 \text{ mg COD/l}) \quad \cdots (1)$$

$$V = 0.000425 \cdot S \quad (S > 6000 \text{ mg COD/l}) \quad \cdots (2)$$

ここで S : 槽内基質濃度 (mg COD/l)

V : 比基質消費速度 (mg COD/mg COD·d)

4. 結論

1. 基質中にグルコースを適量添加することにより、酸生成菌とメタン生成菌の共生関係が良好な状態で成立し、高い基質負荷速度でもグルコース無添加の系と同等かそれ以上の処理結果が得られた。この最適添加量は5%付近に存在すると考えられる。
2. 負荷の増加によ、て桿菌から八連球菌への菌相の変化が見られた。この結果比基質消費速度は上式のように混合型となった。

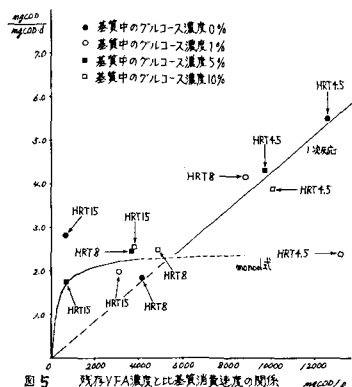


図5 残存VFA濃度と比基質消費速度の関係