

II-483

嫌気性生物処理におけるメタン生成菌と硫酸塩還元菌の共生・競合作用の解析

荏原インフィルコ(株) 貝谷吉英
長岡技術科学大学 桃井清至 滝沢智 中村雅彦
アジア工科大学 原田秀樹

1. はじめに

嫌気性処理では、有機物は生理的性質の異なる細菌群グループの密接な相互関係に依存して分解される。すなわち、その細菌群とは酸生成菌、水素生成酢酸生成菌、メタン生成菌である。この生態系に硫酸塩還元菌が存在すると生態系は複雑な影響を受ける。そこで、本報ではUASB型反応器を硫酸塩濃度の異なる低濃度有機性廃水で運転し、それらの汚泥の代謝活性と生菌数を測定することにより、硫酸塩還元菌のメタン発酵プロセスに与える影響を検討した。

2. 実験方法

2.1 供試汚泥

汚泥は3基のUASB型反応器を用い、低濃度有機性廃水（スターチ、シュクロース主体とした流入濃度500mg-COD/l）中の硫酸塩濃度を3段階（Run1=30、Run2=150、Run3=600mg-SO₄²⁻/l）に設定し、容積負荷3kg-COD/m³・dayにおいて長期連続培養したもの供した。全ての反応器でCOD除去率および硫酸塩還元率は90%以上であった。

2.2 各種嫌気性細菌群の代謝活性の測定

各種嫌気性細菌群の代謝活性の測定は、122ml容量のセルムバイアルを用いて行った。実験条件を表-1に示す。35±1℃で培養し、経時的にガス組成、ガス生成量、VFA、硫酸塩を測定した。

表-1 バイアル実験設定条件

測定する代謝活性		メタン生成活性および硫酸塩還元活性			水素生成活性	酸生成活性
test substrate		H ₂ /CO ₂	acetate	propionate	propionate	glucose
gas phase(ml)		82	72	72	82	72
liquied phase(ml)		40	50	50	40	50
substrate concentration		H ₂ :CO ₂ =80:20 (1 atm)	2500 (mg-COD/l)	2500 (mg-COD/l)	2500 (mg-COD/l)	2500 (mg-COD/l)
resazurin (mg/l)		1	1	1	1	1
Na ₂ S·9H ₂ O (mg/l)		250	250	250	250	250
NaHCO ₃ (mg/l)		3000				
sulfate (mg-SO ₄ ²⁻ /l)	g-SO ₄ ²⁻ -S /100g-COD=0	0	0	0		
	g-SO ₄ ²⁻ -S /100g-COD=40	1176	3000	3000		
2-BES(mM)					20	20

2.3 生菌数および補酵素F₄₂₀含量の測定

プロピオン酸および酢酸資化性硫酸塩還元菌は二重皿法で、プロピオン酸分解菌はロールチューブ法で測定した。また補酵素F₄₂₀含量の測定はJ.Dolfing¹⁾の方法で行った。

3. 実験結果および考察

各テスト基質におけるメタン生成活性および硫酸塩還元活性の測定結果を表-2に示す。テスト基質が酢酸の場合、Run1およびRun2においてはバイアルへの硫酸塩添加の有無に関係なくメタン生成活性は一定であり、硫酸塩還元活性も低い。すなわち硫酸塩還元菌による酢酸の摂取は微量であり、メタン生成菌との競合は小さいものと推察される。しかし、Run3ではメタン生成活性は低く、逆に硫酸塩還元活性が高くなっていることから、酢酸の消費はメタン生成菌に代わって硫酸塩還元菌が行っていると考えられる。テスト基質がH₂/CO₂の場合、バイアル内に硫酸塩を添加しない時はRun1>Run2>Run3の順にメタン生成活性は高く、硫酸塩還元活性は培養硫酸塩濃度

が高い程大きくなっている。これは、水素資化性硫酸塩還元菌の存在割合が培養硫酸塩濃度に比例して増加するためであると推察される。テスト基質がプロピオン酸の場合、Run1およびRun2において、バイアル内に硫酸塩を添加するとメタン生成活性は増加する。このことからこの2つの系では、硫酸塩還元反応がプロピオン酸分解反応を促進し、メタン生成反応に貢献していると考えられる。

表-3に、各反応器から得られた汚泥の生菌数を示す。すべての系においてプロピオン酸分解菌は、プロピオン酸資化性硫酸塩還元菌よりも1~2オーダー高いことから、プロピオン酸の分解は、プロピオン酸分解菌が”菌種間水素伝達作用”に依存して行う方が優勢であると考えられる。

表-4に各反応器から得られた汚泥の補酵素F₄₂₀含量を示す。培養硫酸塩濃度が高いほど小さくなっており、水素および酢酸資化性メタン生成菌が水素資化性硫酸還元菌により生態系から次第に排除されていくことがわかる。

表-5に水素および酸生成活性の結果を示す。酸生成活性は、Run2において、Run1およびRun3の約2倍となっている。Run2において酢酸資化性メタン生成菌が酢酸資化性硫酸還元菌との競合に打ち勝ち増殖したのは、この高い酸生成能力のためであると考えられる。

表-2 メタン生成活性と硫酸塩還元活性

Run 1		メタン生成活性		硫酸塩還元活性
g-SO ₄ ²⁻ /S/100g-COD		0	40	40
酢酸		1.23	1.24	0.10
H ₂ /CO ₂		0.84	0.89	0.35
プロピオン酸		0.51	0.88	0.43

Run 2		メタン生成活性		硫酸塩還元活性
g-SO ₄ ²⁻ /S/100g-COD		0	40	40
酢酸		1.38	1.34	0.08
H ₂ /CO ₂		0.45	0.04	1.56
プロピオン酸		0.03	0.88	1.00

Run 3		メタン生成活性		硫酸塩還元活性
g-SO ₄ ²⁻ /S/100g-COD		0	40	40
酢酸		0.15	0.09	1.45
H ₂ /CO ₂		0.02	0.04	2.28
プロピオン酸		0.04	0.09	2.00

* 単位: g-COD as CH₄/g-VSS・day
** 単位: g-SO₄²⁻/g-VSS・day

4. おわりに

本研究で得られた知見をまとめると

- ①メタン生成菌と硫酸塩還元菌は、H₂ scavengerとして激しく競合し、培養硫酸塩濃度が高くなる程、硫酸塩還元菌が優勢となる。
- ②プロピオン酸の分解は、プロピオン酸資化性硫酸塩還元菌よりも水素生成酢酸生成菌が”菌種間水素伝達作用”に依存して行う方が優勢である。
- ③硫酸塩濃度が有機物濃度に比べ極めて高く酢酸律速状態の場合、水素および酢酸資化性メタン生成菌は生態系から排除され、代わって硫酸塩還元菌が有機物分解過程の最終段階での水素および酢酸消費者として機能する。

5. 参考文献

1) J.Dolfing and J.W.Mulder Appl.Environ.Microbiol.49:1142-1145

この研究は、文部省科学研究費試験研究(1) 01850128の補助を受けた事を付記する。

表-4 各汚泥の補酵素F₄₂₀含量

汚泥	補酵素F ₄₂₀ 含量 (mg-F ₄₂₀ /g-VSS)
Run1	0.511
Run2	0.049
Run3	0.008

表-5 水素および酸生成活性

汚泥	水素生成活性	酸生成活性
Run1	0.009	0.95
Run2	0.007	1.65
Run3	0.016	0.80

(単位: g-COD/g-VSS・day)

表-3 各反応器の生菌数

Bacterial group	Run1	Run2	Run3
I (Acetogenic)			
Propionate consuming	9.9x10 ⁹ (32%)	6.8x10 ⁹ (42%)	2.9x10 ⁹ (18%)
II (Sulfate reducing)			
Acetate consuming	1.4x10 ⁹ (36%)	1.0x10 ⁹ (18%)	2.2x10 ¹¹ (32%)
Propionate consuming	1.2x10 ⁸ (18%)	1.9x10 ⁸ (29%)	2.2x10 ⁸ (13%)

単位: cell/g-VSS、()は偏差