

II-516 UASB法による低濃度有機性廃水の嫌気性処理 (II) ——メタン発酵系における硫酸還元菌の役割——

小松製作所 正〇上村繁樹
 長岡技術科学大学 正 原田秀樹 正 桃井清至 学 長岡英明

1, はじめに

メタン発酵プロセスでは、酸生成菌やメタン生成菌(MPB)などの複雑な生態系のうえに成り立っているが、排水中に高濃度の硫酸塩が含まれたり、あるいは有機物に対する硫酸塩濃度が高い場合には、硫酸還元菌(SRB)の生育が助長され、メタン発酵システムにおける有機物分解に大きな役割を果たすと考えられる。そこで本報では、I 報で報告した硫酸濃度の異なる低濃度有機性廃水を処理するUASB反応器で得られた3種の汚泥について、メタン活性バイアル実験を施し、さらにSRB菌数を測定することにより、以下の諸点を明らかにすることを目的とした。①硫酸還元(S-R)反応による酢酸生成

②SRBによるH₂の消費 ③SRBによる酢酸の消費

2, 実験方法

表-1 SRB菌数測定培地組成

実験は前報で報告した培養硫酸塩濃度の異なるフィードを受ける3基のUASB反応器で培養された汚泥(RUN1; 30mgSO₄²⁻/ℓ, RUN2; 150mgSO₄²⁻/ℓ, RUN3; 600mgSO₄²⁻/ℓ, いずれもCOD濃度は500mg/ℓ, 負荷3kgCOD/m³・dayで培養)を用いた。メタン生成活性実験は、120mlセラムバイアルを使用し、35℃, pH7.0での振とう実験により求めた。テスト基質はグルコース、酢酸およびH₂+CO₂(80:20)を用いた。またバイアル内gSO₄²⁻-S/100gCOD比を0, 2(グルコースのみ), 10, 40に設定した。操作はすべて還元銅カラムを通してO₂ freeにしたN₂もしくはH₂+CO₂ガス気流下で行ない嫌気的条件を満たした。なお、バイアル内は無機塩、還元剤、酸化還元指示薬等も含んでいる。また、菌数測定に用いた培地を表-1に示す。炭素源は、乳酸、酢酸、プロピオン酸、酪酸を用いた。培地はPostgateの培地に若干の改良を行なった。培養法は二重皿法で行ない、35℃で7~14日間培養した。

基本培地	炭素源	
Yeast Extract	1.0 g	Na-Lactate 3.5 g
Na ₂ SO ₄	1.0 g	Na-Propionate 3.2 g
K ₂ HPO ₄	0.5 g	Na-Butyrate 3.1 g
MgSO ₄ ・7H ₂ O	2.0 g	Na-Acetate 3.4 g
CaCl ₂ ・2H ₂ O	0.1 g	
NH ₄ Cl	1.0 g	ビタミン源
Na ₂ SO ₃	0.5 g	ビオチン 0.01 mg
Fe ₂ SO ₄ ・7H ₂ O	0.5 g	p-アミノ安息香酸 0.05 mg
Na-チオグリコール酸	0.1 g	
アスコルビン酸	0.1 g	(水1ℓ当たり)

表-2 メタン生成活性
グルコース基質

gSO ₄ ²⁻ -S/100gCOD (mgSO ₄ ²⁻ -S/ℓ)	0	2	10	40
RUN 1 (10)	0.50	0.50	0.75	0.75
RUN 2 (50)	0.60	0.70	0.80	0.88
RUN 3 (200)	0.35	0.35	0.43	0.50

酢酸基質

gSO ₄ ²⁻ -S/100gCOD (mgSO ₄ ²⁻ -S/ℓ)	0	10	40
RUN 1 (10)	0.98	1.00	0.90
RUN 2 (50)	1.20	1.28	1.17
RUN 3 (200)	0.67	0.75	0.70

(H₂+CO₂)基質

gSO ₄ ²⁻ -S/100gCOD (mgSO ₄ ²⁻ -S/ℓ)	0	10	40
RUN 1 (10)	0.80	0.78	0.78
RUN 2 (50)	0.70	0.50	0.30
RUN 3 (200)	0.40	0.30	0.26

3, 実験結果および考察

得られたメタン生成活性を表-2にまとめる。また例としてRUN3汚泥のバイアル実験例を図-1に示す。表-3にグルコースのバイアル実験でのCOD収支を示す。培養硫酸塩濃度の高いRUN2, RUN3(それぞれgSO₄²⁻-S/100gCOD比が、10, 40)では、バイアル内gSO₄²⁻-S/100gCODが高くなる程メタン生成速度もメタン生成量も高くなる傾向にある。バイアル内gSO₄²⁻-S/100gCOD比が低いと残存CODが多くなり、その大部分がプロピオン酸であった。このことからSRBはCODを消費(SO₄²⁻を還元)しながらも酢酸生成反応に寄与し、メタン生成菌と共存しているものと思われる。酢酸をテスト基質として用いたメタン生成活性は図-1, 表-2に示すようにバイアル内gSO₄²⁻-S/100gCOD比にあまり依存せずほぼ一定である。すなわち、SRBは酢酸基質の摂取はあまり行なわず、MPBとの酢酸に対する競合作用は小さいものと推察された。(H₂+CO₂)をエネルギー源としたバイアル実験では、RUN1>RUN2>RUN3の順でメタン生成活性が高く、さらにいずれの系も、バイアル内gSO₄²⁻-S/100gCOD比が高くなるにつれて低下する傾向にあった。これは、水素酸化性SRB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。表-4にRUN1~RUN3の各リアクターから採取した汚泥のSRB

() 内 供試汚泥培養硫酸塩濃度
 () 内 バイアル実験SO₄²⁻-S濃度
 単位; kgCH₄-COD/kgVSS・day

生菌数を計数した結果を示す。各系を通じて、乳酸、酪酸、酢酸を資化するSRBは、 10^9 cell/g VSS のオーダーであったが、プロピオン酸を資化するSRBは $10^7 \sim 10^8$ cell/gVSS であった。各炭素源とも RUN 1 < RUN 2 < RUN 3 の順で培養硫酸塩濃度が高い程生菌数も増加していたが顕著な差はみられなかった。バイアル実験より酢酸を電子供与体とするS-R反応はあまり生じなかったが酢酸資化

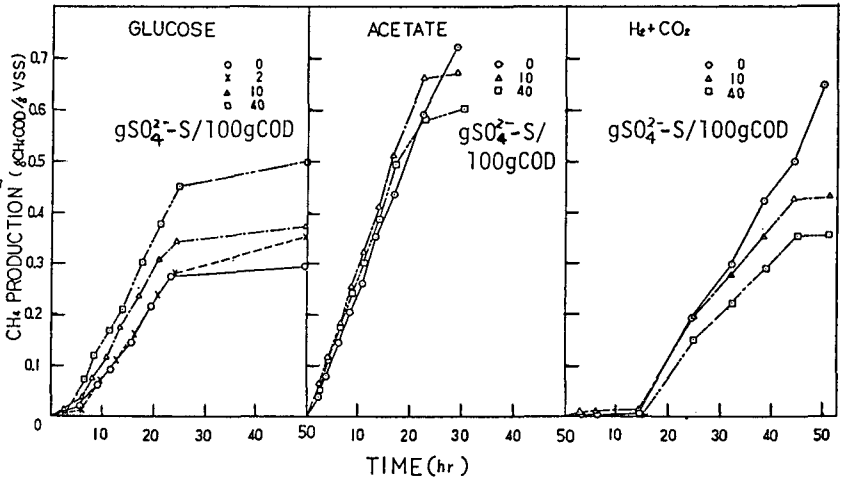


図-1 RUN 3 汚泥バイアル実験

表-3 グルコース基質によるバイアル実験のCOD収支

		残存溶解性 COD (mg/vial)					CH ₄ (mg/vial)	dSO ₄ -COD (mg/vial)	electron flow of MPB (%)	recovery (%)
		VFA				NON VFA				
		total	C ₂	C ₃	n-C ₄					
RUN 1	0	—	—	—	—	9.4	98.0	0.0	100	101
	2	—	—	—	—	11.3	93.8	3.0	97	102
	10	—	—	—	—	13.3	74.5	13.4	85	101
	40	—	—	—	—	16.8	69.9	27.8	72	108
RUN 2	0	57.7	0.44	54.4	1.0	0.2	49.5	0.0	100	112
	2	50.5	0.38	47.7	0.8	1.3	54.1	2.6	95	113
	10	14.8	0.15	12.7	—	9.8	67.4	18.3	79	115
	40	—	—	—	—	12.3	59.8	38.0	61	115
RUN 3	0	75.3	0.29	66.8	5.0	3.2	39.9	0.0	100	92
	2	77.9	0.40	70.0	4.1	0.0	47.8	1.5	97	97
	10	56.1	1.70	51.0	2.2	1.5	50.6	19.3	72	99
	40	—	—	—	—	15.9	64.1	66.1	49	113

性SRB菌数は乳酸、酪酸資化性SRBとほぼ同程度であった。本実験系でもプロピオン酸の酸化にはS-R反応が関与していることがわかったが、この菌種の生菌数が他のSRBと比較して1~2オーダー低いことから、SRBが直接プロピオン酸を使うよりも、水素を資化するSRBがinterspecies H₂ transfer に寄与し、プロピオン酸分解を助けているという役割の方が大きいのではないかと推察された。

4. おわりに

本実験で得られた知見をまとめると以下ようになる。

1, グルコースを炭素源として与えたバイアル実験では各RUNともに、バイアル内 gSO_4^{2-} -S/100gCOD比が高い系程メタン生成活性が高くなる傾向にあった。特に高濃度の硫酸塩で培養したRUN 2, RUN 3では、S-R反応がプロピオン酸の分解に寄与していることがわかった。

2, 酢酸を投与したバイアル実験では、SRBとMPBの間にはあまり競合作用がみられなかったが、(H₂ + CO₂)をエネルギー源としたバイアル実験ではSRBはMPBに対して優勢であった。

3, 乳酸、酪酸、酢酸を資化するSRBの生菌数に比べ、プロピオン酸を資化するSRBの生菌数は顕著に低かった。1, 2の結果と合わせて、プロピオン酸の分解は、SRBがinterspecies H₂ transfer に寄与している割合が大きいものと推察された。

本研究は文部省科研費（試験研究（1））によって補助を受けたことを付記する。

表-4 SRB生菌数計測結果 Cells/gVSS

培地 植種源	乳酸	プロピオン酸	酢酸	酪酸
RUN 1	1.57×10^9	1.34×10^8	1.07×10^9	1.13×10^9
RUN 2	1.20×10^9	2.97×10^7	1.23×10^9	1.15×10^9
RUN 3	5.39×10^9	2.17×10^8	5.70×10^9	3.50×10^9
消化下水汚泥	5.50×10^5	1.20×10^5	4.50×10^5	3.70×10^5