

プロピオン酸分解における硫酸塩還元細菌の寄与特性

呉工業高等専門学校 正 山口 隆司
長岡技術科学大学 学 ○尾羽根 幸
防衛庁 正 石原 健司
長岡技術科学大学 正 原田 秀樹

1. はじめに

硫酸塩の存在する嫌気的環境下においてプロピオン酸は、以下3つの経路（ルート）で分解されると考えられている（Fig. 1参照）；ルート1：プロピオン酸資化性水素生産性酢酸生成細菌（PRA）と水素資化性メタン生成細菌（H-MPB）の共生系，ルート2：PRAと水素資化性硫酸塩還元細菌（H-SRB）の共生系，ルート3：プロピオン酸資化性硫酸塩還元細菌（P-SRB）。しかしながら，メタン発酵槽内に硫酸塩還元細菌（SRB）がどのくらい生育し，これらがプロピオン酸の分解にどのくらいの割合で，寄与しているか評価した知見は少ない。

そこで本研究では，硫酸塩還元によるCOD除去量の割合が総COD除去量に対して低いメタン発酵槽を3基連続運転し，培養汚泥について，（1）水素・酢酸・プロピオン酸資化性硫酸塩還元細菌の基質分解活性評価，（2）ルート1，2，3の各活性ポテンシャル評価を行うことで，メタン発酵槽内におけるSRBの生育特性を調べた。

2. 実験方法

実験ではまず，3種の汚泥の培養を行った。Table 1に，3種の汚泥の培養条件を示す（培養温度はいずれも35℃）。

Fig. 2にCSTR（有効容積20liter，生成ガスを脱硫塔に通気，循環させた）の概略図を示す。CSTRのRun1，Run2では，微生物は分散状態で培養される。一方，UASB反応器では微生物はグラニュール状に培養される。

プロピオン酸分解活性実験：プロピオン酸分解ルート1，2，3の活性比較を，Table 2（気相・液相部組成，各バイアル条件下でプロピオン酸分解に寄与し得る微生物）に示す5種のバイアル実験から求めた。ここで，ルート1，3の活性は，それぞれ，バイアル条件1，条件5から求められる活性とした。ルート2の活性は，バイアル条件3の活性値から条件5の活性値を差し引いたものとした。操作：嫌気条件下で，培養汚泥を活性実験用培地（リン酸緩衝液，無機塩，酸化還元指示薬等を含む）内で分散処理し，バイアル瓶に分注する。バイアル瓶をロータリー・シェーカー（回転半径4cm，150rpm，35℃）に装着する。経時的にプロピオン酸濃度を測定して活性を求める。

3. 実験結果・考察

Fig. 3にRun1の反応器廃水処理特性を示す。反応器の運転は，COD除去率が約90%と良好であった。流出硫酸塩は検出（検出下限：1mg・l⁻¹）されなかった。またRun2，UASBの廃水処理特性もCOD除去率で，90%程度と良好であった。

Fig. 4にCSTRのRun1，Run2及びUASB反応器運転におけるCODバランスを示す。いずれの反応器も，回収CODの約80%がメタンとなった。CSTRのRun1，Run2及びUASBの総COD除去量に対する硫酸塩還元によるCOD除去比率（SO₄²⁻/COD比率）は，3～4%であった。

Table 3は，ルート1，2，3のポテンシャルを，運転4ヶ月目のCSTRのRun1とRun2，及びUASBについて示し，^a乳酸，ペプトン=90:10。

たものである。UASBで培養した汚泥ではルート3に活性^bスクロース，プロピオン酸，酢酸，ペプトン=45:22.5:22.5:10。

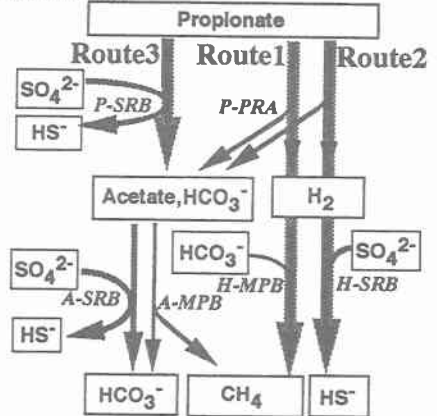


Fig.1 プロピオン酸の嫌気的分過程概要図 (硫酸塩添加系)

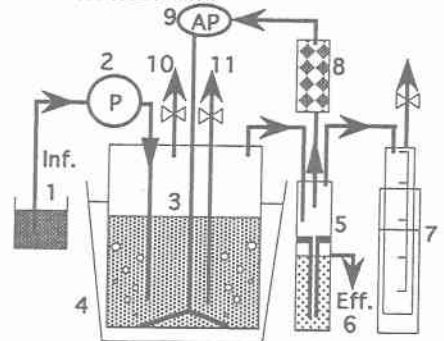


Fig.2 完全混合型反応器概要図

1. 基質貯水槽
2. 基質流入用ポンプ
3. 混合槽
4. 恒温槽
5. 気液分離槽
6. 排出口
7. ガスメーター
8. 脱硫塔
9. ガス循環ポンプ
10. ガス抽出口
11. 液抽出口

Table 1 反応器運転条件

反応器	CSTR, Run1	CSTR, Run2	UASB
汚泥形態	分散	分散	凝集
炭素源組成	ComA ^a)	ComB ^b)	ComB
基質COD濃度(mg/l)	20,000	20,000	2,000
硫酸塩 (mgSO ₄ ²⁻ /l)	1,000	1,000	100
SO ₄ ²⁻ /COD比 (w/w)	1/20	1/20	1/20

があったことから、グラニュール汚泥では、プロピオン酸直接分解者としてSRBが寄与していることが分かった。

Table 4は、水素、酢酸、プロピオン酸基質に対する硫酸塩還元活性を、3汚泥について示す（運転4ヶ月目のRun1, Run2, 及びUASB）。Table 3, 4より、プロピオン酸分解過程でSRBは、分散汚泥では水素除去者として、グラニュール汚泥では水素・プロピオン酸除去者として寄与することが分かった。

4. 結論

プロピオン酸の嫌氣的分解過程における硫酸塩還元細菌の寄与を、培養環境の異なる3汚泥（ $\text{SO}_4^{2-}/\text{COD}$ 比率の低い、CSTRのRun1, Run2, およびUASB反応器で培養）について評価したところ、以下の知見を得た。

- (1) 反応器運転におけるCSTRのRun1, Run2及びUASBの総COD除去量に対する硫酸塩還元によるCOD除去比率は、3～4%であった。
- (2) CSTRで培養された汚泥中で、SRBは H_2 除去者としてプロピオン酸分解に寄与していた。一方、UASB反応器で培養されたグラニュール汚泥中で、SRBは H_2 除去者としてのみでなくプロピオン酸の直接分解者としてもプロピオン酸分解に寄与した。
- (3) 4ヶ月の反応器運転を通して、ルート1の活性に対するルート2, 3の活性比率は、CSTRのRun1で33%, 0%, CSTRのRun2で、53%, 0%, 及びUASBで143%, 85%となった。

[謝辞] 本研究は、一部(財)古川技術振興財団より研究助成を受けて行った。記して深謝いたします。

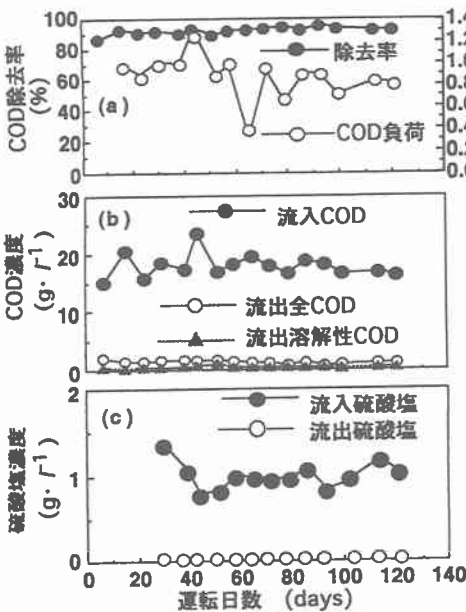


Fig.3 反応器廃水処理特性 (RUN1)
(a) COD容積負荷, COD除去率
(b) 流入・流出COD濃度
(c) 流入・流出硫酸塩濃度

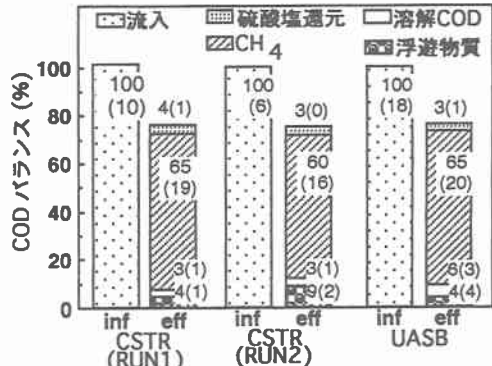


Fig.4 CODバランス (CSTR, UASB)

Table 2 プロピオン酸分解活性実験のバイアル条件

バイアル条件		1	2	3	4	5
気相	N_2	○	×	○	○	×
	H_2	×	○	×	×	○
液相	Propionate	○	○	○	○	○
	CHCl_3	×	○	○	×	○
	SO_4^{2-}	×	×	○	○	○
微生物		P, M	-	P, S	P, M, S	P, S

○:添加; ×:無添加.

P:水素生産性酢酸生成細菌; M:メタン生成細菌;

S:硫酸塩還元細菌; P-S:プロピオン酸酸化性SRB

Table 3 運転4ヶ月のプロピオン酸分解活性 ($\text{gCOD}\cdot\text{gVSS}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$)

分解経路	ルート1	ルート2	ルート3
CSTR, Run1	0.207 (100%)	0.0687 (33%)	0.000 (0%)
CSTR, Run2	0.0190 (100%)	0.0101 (53%)	0.000 (0%)
UASB	0.265 (100%)	0.380 (143%)	0.226 (85%)

()内の数値は、ルート1の活性を100%としたときの比率を示す。

Table 4 運転4ヶ月の硫酸塩還元活性 (COD換算, $\text{gCOD}\cdot\text{gVSS}^{-1}\cdot\text{day}^{-1}$)

基質	水素	酢酸	プロピオン酸
CSTR, Run1	0.492 (100%)	0.127 (26%)	0.000 (0%)
CSTR, Run2	0.255 (100%)	0.175 (69%)	0.000 (0%)
UASB	0.700 (100%)	0.0444 (6%)	0.226 (32%)

()内の数値は、水素の活性を100%としたときの比率を示す。