

UASBリアクター内での硫酸塩還元細菌の基質代謝特性評価

呉工業高等専門学校 正 山口 隆司 正 市坪 誠
長岡技術科学大学 学 ○栗栖 正憲 正 原田 秀樹
高知工業高等専門学校 正 山崎 慎一

1. はじめに

硫酸塩還元細菌（Sulfate-reducing bacteria, SRB）は、無酸素環境下で生育する微生物であり、また、自然界の硫黄サイクルの一部を担う微生物である。SRBの有機物分解過程には2通りある（Fig.1参照）。すなわち、硫酸塩存在下においてSRBは硫酸塩を還元することによって有機物分解を行う。また、硫酸塩の存在しない環境下において、SRBは発酵によって有機物分解を行う。しかしながら、これらの知見は少ない。

そこで本研究では、低硫酸塩負荷UASB反応器から釣菌したSRBの基質利用特性を評価して、SRBの増殖メカニズムの評価を行った。

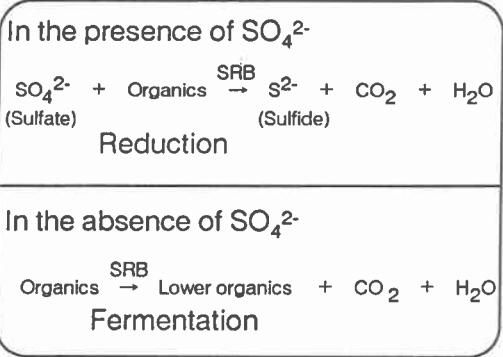


Fig.1 Anaerobic degradation by sulfate-reducing bacteria in the presence and absence of sulfate.

2. 実験方法

汚泥培養：汚泥培養は、低硫酸塩負荷人工廃水（COD:2000mg・ l^{-1} ,スクロース;酢酸;プロピオン酸;ペプトン = 45:22.5:22.5:10 as COD, 硫酸塩:33mgS・ l^{-1} ）をCOD容積負荷 15 kgCOD・ $\text{m}^3 \cdot \text{d}^{-1}$ で供給するUASB型反応器(35℃)で行った。

基質分解活性試験：窒素パージを施す嫌気的環境下で、培養汚泥を培地内で分散処理し、バイアル瓶に分注する。バイアル瓶を35℃シェーカーに装着する。基質（プロピオン酸、乳酸、エタノール）を注入し、経時的に濃度を測定して分解活性を求める。

基質代謝特性評価：本研究では、UASBリアクターから釣菌した中温プロピオン酸分解性SRBの基質利用特性を評価した。SRBを種々のテスト基質を含んだ培地（硫酸塩添加系、無添加系の2種類）の入ったバイアル瓶に注入し、温度 35℃で培養した。1週間に1回の頻度で基質、生成物の試料をサンプリングして分析を行った。

分析方法：水素ガス（TCDガスクロマトグラフィ）；気揮発性脂肪酸、乳酸、ピルビン酸、エタノール、プロパノール（FIDガスクロマトグラフィ）；硫酸塩（イオンクロマトグラフィ）。

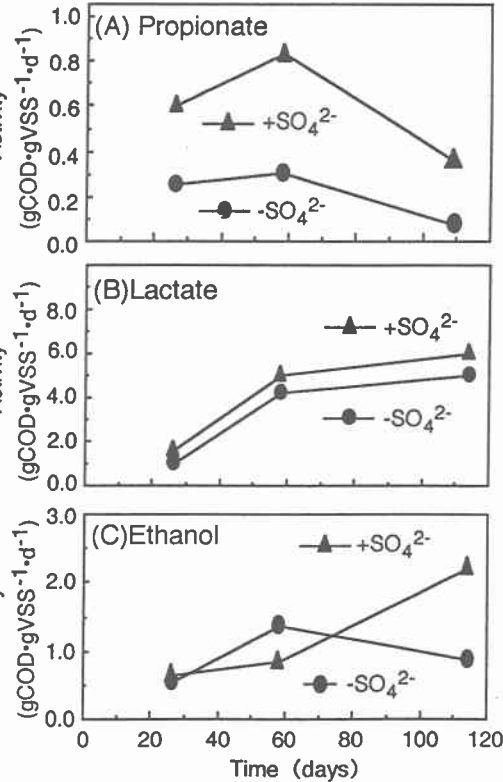


Fig.2 Propionate (A), lactate (B), and ethanol (C) degrading activity by sludge grown in the UASB reactor in the presence (+SO₄²⁻) and absence (-SO₄²⁻) of sulfate.

3. 実験結果・考察

UASB反応器運転では、メタン発酵が卓越し、（硫酸塩還元によるCOD除去量）/（全除去COD量）は3%と低かった。

Fig. 2にUASB反応器培養汚泥のプロピオン酸、乳酸、エタノール分解活性（硫酸塩無添加系・添加系）の経日変化を示す。いずれの基質でも硫酸塩添加系の分解活性が、硫酸塩無添加よりも運転期間を通して高くなった（1～4倍程度）。このことから低硫酸塩負荷UASB反応槽内でもSRBが発酵により増殖していたことがわかる。

Fig. 3はUASB反応槽から単離したSRBのプロピオン酸分解（硫酸塩存在下）を示す。硫酸塩還元を伴ってプロピオン酸が分解され、酢酸が生成された。

Fig.4に硫酸塩の存在しない環境下でのSRBのエタノール利用特性を示す。エタノールが分解され、酢酸と水素が生成された。硫酸塩の存在しない環境下ではSRBは水素生産性酢酸生成細菌の役割を果たすことがわかった。

Table 1に硫酸塩存在下でのSRBの基質代謝特性評価結果を示す。また、Table 2に硫酸塩の存在しない環境下での基質代謝特性評価結果を示す。SRBは、Table 2の基質を利用して低硫酸塩負荷の環境下で増殖し、また、硫酸塩が添加された場合にTable 1の基質分解に寄与するといえる。

4. 結論

本研究より以下の知見を得た。

- (1) メタン発酵が卓越したUASB反応槽培養汚泥（4ヶ月後）の有機物分解活性は、硫酸塩添加操作によってプロピオン酸、乳酸、エタノール基質で、それぞれ、4.4倍、2.4倍、1.2倍に高まった。
- (2) SRB株は、硫酸塩の存在する環境下では、以下の基質を利用して生育できることがわかった：プロピオン酸、酪酸、乳酸、リンゴ酸、コハク酸、フルクトース、エタノール、アセトン、水素、蟻酸。
- (3) SRB株は、硫酸塩の存在しない環境下では以下の基質を利用して増殖した：乳酸、フルクトース、エタノール、アセトン、ピルビン酸、プロパノール。
- (4) SRB株は、硫酸塩の存在しない、あるいは低濃度の環境下でも、発酵的代謝により増殖可能であることがわかった。

[謝辞] 本研究は、財団法人日本科学協会からの笹川科学研究助成を受けて一部遂行した。記して深謝致します。

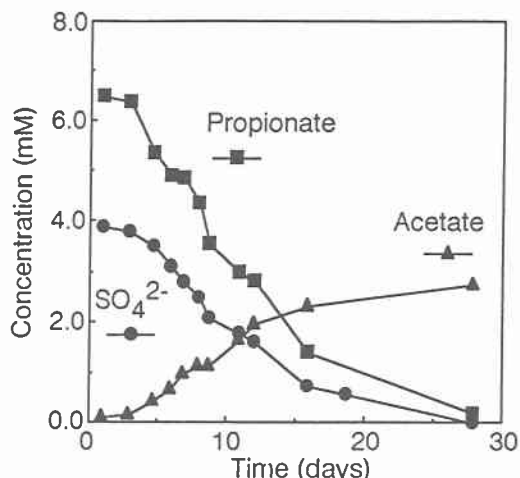


Fig.3 Propionate degradation with sulfate by a sulfate-reducing bacterium isolated from the UASB reactor.

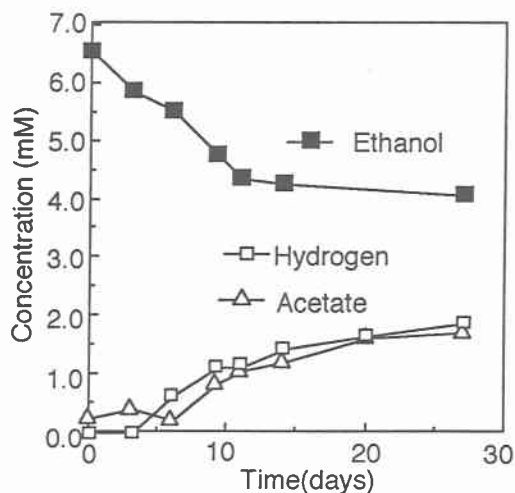


Fig.4 Ethanol degradation without sulfate by a sulfate-reducing bacterium isolated from the UASB reactor.

Table 1 Conversion of substrates by a sulfate-reducing bacterium in the presence of sulfate.

substrate (with sulfate)	product
propionate	acetate
butyrate	acetate, iso-butyrate
lactate	acetate, propionate, hydrogen
malate	acetate, propionate, hydrogen
fructose	acetate, propionate, hydrogen
ethanol	acetate, propionate, hydrogen
acetone	acetate, propionate, hydrogen
succinate	acetate, hydrogen
hydrogen	-
formate	-

Table 2 Conversion of substrates by a sulfate-reducing bacterium in the absence of sulfate.

substrate	product
lactate	acetate, propionate, hydrogen
fructose	acetate, propionate, hydrogen
ethanol	acetate, hydrogen
acetone	acetate, hydrogen
pyruvate	acetate
n-propanol	propionate, ethanol, hydrogen