

II-423

嫌気性流動床によるエタノール分解

○金沢大学大学院 土 屋 之 也
京都大学工学部 松 井 三 郎
金沢大学工学部 山 本 良 子

1. はじめに

筆者らは嫌気性流動床法を用いた低濃度有機廃水の処理を目的に、基礎的研究を行ない硫酸塩還元反応が嫌気性分解に重要な役割を果たすことを指摘している。本研究では炭水化物の嫌気性分解中間生成物であるエタノールの分解について検討を行なった。

2. 実験方法

実験装置の概要を図-1に示す。流動床カラムは内径 5cm、高さ 120cmの亚克力樹脂製円筒であり、底部に偏流を防ぐ分散板と平均粒径 2.5mmのガラスビーズ層を設けている。基質は上向流で通過し、生物付着担体（ビルトン、 $\rho = 2.32\text{g/cm}^3$ 、平均粒径 0.65mm）と接触して分解される。微生物植種は金沢市A下水処理場初沈越流水を用いて1ヶ月間行ない、その後は表-1に示す組成の人工下水を用いて馴養を行なった。表-2に各実験の実験条件と流入基質の性状を示す。水質測定項目はエタノール、脂肪酸（C-2~C-5、ガスクロマトグラフィー）、 SO_4^{2-} （イソタコフォレシス）を用い、他は下水試験法に従った。

3. 結果および考察

表-3上部に主要な実験結果、下部に実験結果をもとに行なった試算の結果を示す。RUN-1,2は、硫酸塩の非存在下における実験であり、RUN-1はRUN-2と比較してエタノール濃度に対するIC濃度が低くなっている。RUN-3,4,5は硫酸塩存在下における実験である。RUN-3,4は流入基質中のエタノールおよび硫酸塩濃度の比率が一定となっており、エタノール、硫酸塩の相対濃度は同じであるが、IC濃度についてはRUN-3はRUN-4よりも低くなっている。また、RUN-5はRUN-1と流入基質中のエタノールの濃度レベルは等しく、IC濃度を低く設定した基質にRUN-4と同濃度の硫酸塩を添加している。

図-2はRUN-2についてエタノール分解量に対する生成有機酸量をプロットしたものである。これより両者には高い相関関係が確認された。図-3はエタノール分解量に対する消費IC量の関係を示しており、ここにおいても高い相関関係が見られる。またRUN-3,4,5においてエタノール分解量に対する生成酢酸および生成プロピオン酸量をプロットしたものが図-4,5であり、両図とも高い相関を示している。本流動床によるプロピオン酸分解は水素・酢酸生成菌によるものであり、硫酸塩還元反応と密接に関係し、次式に示す反応が忠実に進行されることが過去の研究によって確認されている。図-6は

表-1 人工下水の組成

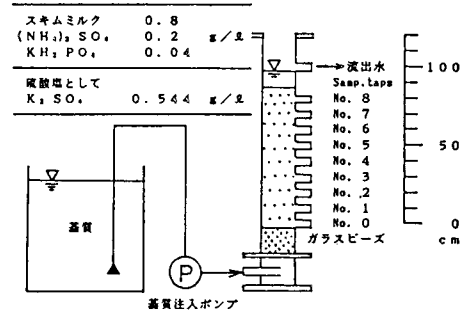


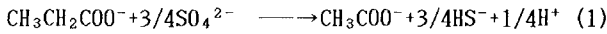
図-1 実験装置の概要

表-2 実験条件

	RUN-1	RUN-2	RUN-3	RUN-4	RUN-5
水温 (°C)	16	20	18	16	16
流量 (mL/min)	91.3	80.0	93.0	95.0	93.0
HRT (min)	23.2	27.9	21.3	22.7	24.2
増殖率 (-)	1.27	1.34	1.19	1.29	1.35
流入基質					
pH	7.85	中性	7.00	7.94	7.06
EtoH濃度 (mM)	9.27	3.28	4.48	7.38	9.03
SO_4^{2-} 濃度 (mM)	—	—	0.94	1.70	1.70
IC濃度 (mM/IC/L)	2.58	3.96	1.73	4.08	1.47

表-3 実験結果

	RUN-1	RUN-2	RUN-3	RUN-4	RUN-5
添加硫酸塩濃度 (mM/IC/L)	$\text{HCO}_3^- + \text{HCO}_3^-$	$\text{HCO}_3^- + \text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-} + \text{HCO}_3^-$
a. エタノール消費量 (mM)	0.75	1.33	2.95	2.69	2.14
b. SO_4^{2-} 消費量	—	—	0.83	0.69	0.77
c. 蓄積酢酸量	0.35	0.38	1.87	1.72	1.58
d. 蓄積プロピオン酸量	0.35	0.51	0.32	0.30	0.00
e. 最終生成酢酸量 (mM)	0.70	0.89	2.19	2.02	1.58
f. e/a	(—)	0.93	0.74	0.75	0.74
g. SO_4^{2-} 消費量より算出されるプロピオン酸分解量	—	—	1.11	0.92	1.03
h. 実生成プロピオン酸量 (d+h)	—	—	1.43	1.22	1.03



(水素・酢酸生成菌と硫酸塩還元菌の共生反応)

エタノール分解量に対する消費硫酸イオン量の関係であるが、高い相関を示しているためプロピオン酸分解反応は安定していたことがわかる。ここでエタノール分解反応の実験式を硫酸塩存在下の実験と非存在下の実験について求めた結果、両者にはほとんど差は見られず以下に示す反応式に従うことがわかった。また、

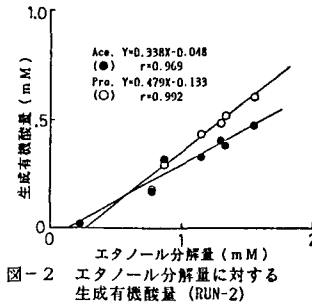
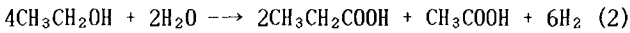
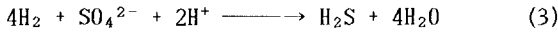


図-2 エタノール分解量に対する生成有機酸量 (RUN-2)



この反応はBryant¹⁾らによって報告されたエタノール資化性水素酢酸生成菌と同様に水素利用菌との共生によって増殖する可能性が考えられる。水素利用菌には硫酸塩還元菌、水素資化性メタン生成菌などがあげられ、各々は以下に示す反応を伴って増殖することが知られている。



RUN-3において、エタノール分解が(2)式に、プロピオン酸分解が(1)式に従っているものと仮定して生成する水素濃度を求めると 7.89mmol/lである。この内硫酸塩還元反応によって消費された量は(3)式より 3.32mmol/lであることが推定され、4.57mmol/lが残存するが、この水素を消費するために必要なIC量は(4)式より 1.14mmol/lである。実測値におけるIC消費濃度は 0.73mmol/lであるが、プロピオン酸分解により生成するIC濃度が1.155mmol/lであることを考慮すると、エタノール分解過程で生成した水素はすべて消費されたことが推測され、(2)式によって示される代謝反応は実験結果に沿っていることがわかる。

4. まとめ

酸生成層におけるエタノール分解実験を行なった結果、プロピオン酸、酢酸の生成が確認された。さらにエタノールは(2)式に従って分解されることが実験的に求められた。また、これらの分解過程においても、硫酸塩還元反応による水素消費量は、プロピオン酸分解によって生成する水素量とほぼ等量であった。

参考文献

1) Bryant M.P., et al: Arch. fur Microb., Vol. 59, p20(1967)

謝辞 本研究の一部は、文部省科学研究費補助金一般研究C (No. 60550379)によって行ないました。

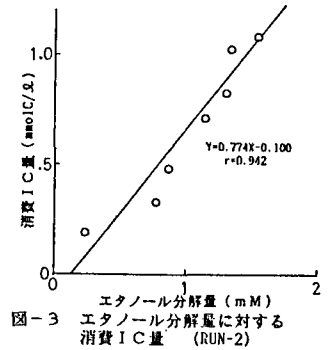


図-3 エタノール分解量 (mM) エタノール分解量に対する消費IC量 (RUN-2)

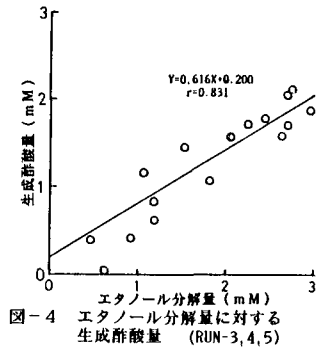


図-4 エタノール分解量 (mM) エタノール分解量に対する生成酢酸量 (RUN-3, 4, 5)

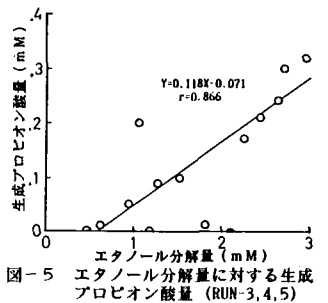


図-5 エタノール分解量 (mM) エタノール分解量に対する生成プロピオン酸量 (RUN-3, 4, 5)

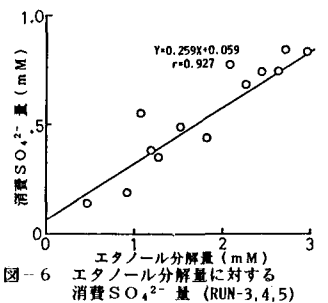


図-6 エタノール分解量 (mM) エタノール分解量に対する消費SO4^2-量 (RUN-3, 4, 5)