

グルコースの酸生成分解過程におけるSRTの影響

日本大学大学院 ○神戸 宏

日本大学工学部 中村 玄正

日本大学工学部 松本 順一郎

1. 目的

嫌気性消化における二相消化などプロセスの機能に関する研究やメタン生成機構及びメタン生成菌についての研究は行われているが、酸生成細菌群の増殖特性等の研究はあまり行われていない。特に混合培養系における酸生成過程でのグルコースの分解に関係する酸生成や、さらにSRTの影響、硫酸還元菌に関しては、報告例は少ない。

本研究は、SRTを比較的短く設定して、グルコースを基質とし、酸生成分解過程に関与する酸生成嫌気性細菌、*Clostridium*、Total硫酸還元菌、乳酸資化性硫酸還元菌、プロピオン酸資化性硫酸還元菌、酢酸資化性硫酸還元菌、水素資化性硫酸還元菌の活性等に関し、若干の知見を得たので報告する。

2. 実験方法

図-1に実験装置の概略を示す。表-1に装置諸元を示す。流入水は水道水を用い、グルコースを基質とした人工下水であり、その組成を表-2に示す。なお、水道水中に、硫酸イオンが約20(mg/ℓ)含まれている。汚泥は郡山市の終末処理場の嫌気性消化汚泥をグルコースで馴致させたものを用いた。単槽完全混合反応槽を5槽並列に設置し、SRTをそれぞれ2、4、6、8、10(hour)に設定した。実験項目はpH、ORP、 COD_{Cr} 、ソモギ法、揮発性有機酸、エタノール、ガス組成分析、嫌気性細菌の測定を行った。なお、嫌気性細菌の培養法はガス噴射法(ロールチューブ法)を用いた。噴射ガスは、350°Cの還元銅カラムによって還元された高純度N₂ガスを用いた。酸生成嫌気性細菌、*Clostridium*の培養は36±1°Cで20日間行い、コロニー数を測定した。また、硫酸還元菌の培養は、36±1°Cで10日間行い、コロニー数を測定した。

3. 実験結果と考察

多くの嫌気性細菌は発酵において、中間生成物もしくは副生成物として、エタノール等のアルコール類を生成する。本研究では、グルコースの酸生成分解をみたものであるが、エタノールの生成が一部みられた。図-2に設定SRTとエタノール濃度の関係を示す。この図より、各槽の流出水のエタノール濃度は、484~553(mg/ℓ)である。このことより、グルコース濃度11700(mg/ℓ)程度の濃度でSRTを2~10hrのように比

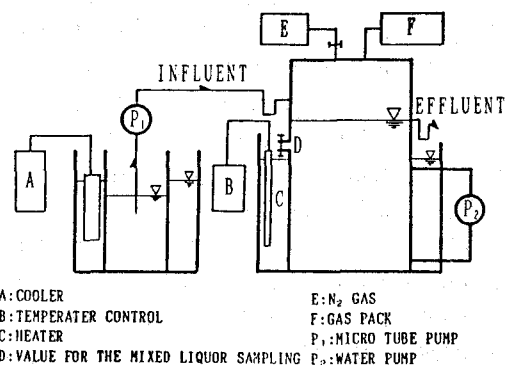


図-1 実験装置

表-1 装置諸元

有効容量	1.4 ℓ
液槽部体積	1.0 ℓ
攪拌方式	水流ポンプ
設定温度	36°C

表-2 基質条件

Glucose	11700	mg/ℓ
Yeast extract	100	mg/ℓ
NaHCO ₃	5223	mg/ℓ
NH ₄ Cl	38.2	mg/ℓ
Na ₂ HPO ₄	17.3	mg/ℓ
KH ₂ PO ₄	2.6	mg/ℓ
MgCl ₂ ·6H ₂ O	16.0	mg/ℓ
MnSO ₄ ·4H ₂ O	2.6	mg/ℓ
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.8	mg/ℓ
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.015	mg/ℓ
FeSO ₄ ·7H ₂ O	4.0	mg/ℓ

較的短く設定すると、エタノールが生成されることがわかった。Cohen¹⁾らは同じくグルコースを用いて、二相分離法の実験を行い、酸生成相において、エタノールが15~51(mg-C/ℓ)析出されたと報告している。本実験ではエタノールが253~289(mg-C/ℓ)生成されており、Cohenらの行った実験結果と比較して、約6~16倍多くエタノールが析出されていることがわかった。

図-3に設定SRTと揮発性有機酸(VFA)の生成量を示す。一般に生成されたアルコールはさらに分解し、各種の有機酸が生成されるといわれている。図-3では、酢酸が最も多く生成されている。各槽の流出水の酢酸は704~880(mg/ℓ)であり、以下n-酪酸>プロピオン酸>n-吉草酸の濃度順に生成された。

図-4に設定SRTと槽内の酸生成嫌気性細菌、*Clostridium*、Total硫酸還元細菌のコロニー形成数の関係を示す。この図より、酸生成嫌気性細菌のコロニー形成数は、 $2.3 \times 10^3 \sim 3.6 \times 10^3$ (個/ml)であり、SRTが短くなるにつれて細菌数が少なくなる傾向がみられている。。このことは、世代交代時間の長い細菌、すなわち増殖速度の遅い細菌群がwash-outされたものと考えられる。*Clostridium*のコロニー形成数は、 $6.7 \times 10^6 \sim 1.5 \times 10^8$ (個/ml)であり、SRTが短くなるにつれて、細菌数が少なくなる。また、*Clostridium*は、酸生成嫌気性細菌の0.4~30%であり、SRTが短くなるにつれて、酸生成嫌気性細菌のうちで、優占菌になっていると考えられる。Total硫酸還元菌は、 $1.3 \times 10^5 \sim 4.3 \times 10^6$ (個/ml)であり、SRTが短くなるにつれて、細菌数が増加する傾向にあると考えられる。このことから、硫酸還元菌は比較的短いSRTにおいても、あまりwash-outされないことから比増殖速度がかなり大きいことが示唆される。ちなみに硫酸還元菌の μ は一般に $0.69 \sim 1.39(\text{day}^{-1})$ と報告されている。

図-5に設定SRTと槽内の乳酸酸化性硫酸還元菌、プロピオン酸酸化性硫酸還元菌、酢酸酸化性硫酸還元菌、水素酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数の関係を示す。この図より、乳酸酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数は、 $1.3 \times 10^5 \sim 2.5 \times 10^5$ (個/ml)、プロピオン酸酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数は $8.9 \times 10^4 \sim 4.0 \times 10^5$ (個/ml)、酢酸酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数は $7.1 \times 10^4 \sim 4.0 \times 10^5$ (個/ml)、水素酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数は $4.0 \times 10^3 \sim 1.6 \times 10^5$ (個/ml)である。上木ら²⁾の行った畜産廃水の嫌氣的貯蔵槽発酵液にお

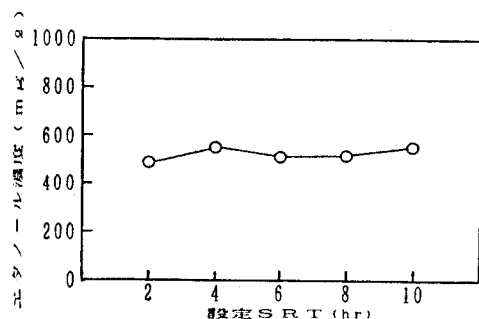


図-2 設定SRTとエタノール濃度

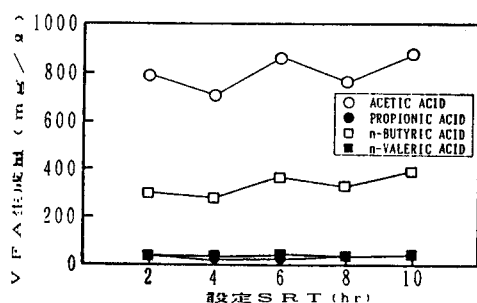


図-3 設定SRTとVFA生成量

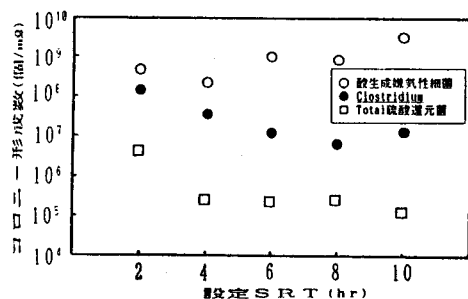


図-4 設定SRTと酸生成嫌気性細菌、*Clostridium*、Total硫酸還元菌のコロニー形成数

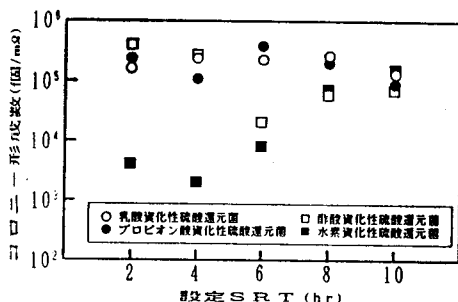


図-5 設定SRTと硫酸還元菌のコロニー形成数

ける硫酸還元菌の分布の実験では、発酵液中に乳酸酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数は $6.7 \times 10^3 \sim 4.9 \times 10^5$ (個/m ℓ)、プロピオン酸酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数は $8.9 \times 10^3 \sim 4.9 \times 10^5$ (個/m ℓ)、酢酸酸化性硫酸還元菌のコロニー形成数は $1.6 \times 10^4 \sim 6.0 \times 10^6$ (個/m ℓ)存在していると報告している。これらの細菌数と本実験の細菌数を比較すると、発酵液中の硫酸還元菌の数がわずかに多いといえる。このことは、上木らの行った発酵液中の平均硫酸イオンが62(mg/ℓ)であるのに対し、流入水(水道水)の硫酸イオンが約20(mg/ℓ)と本実験の硫酸イオン濃度が小さく、その結果、本実験の細菌数が少なかったものと推測される。また、乳酸酸化性硫酸還元菌、プロピオン酸酸化性硫酸還元菌、酢酸酸化性硫酸還元菌は、SRTの違いによる細菌数の相違は見られないが、水素酸化性硫酸還元菌は、SRTが短くなるにつれて細菌数が減少する傾向にあり、SRT 2~4hrではコロニー形成数は $2.0 \sim 4.0 \times 10^3$ (個/m ℓ)であった。またSRT 10hrにおいては、硫酸還元菌中で水素酸化性菌が優占菌となっていることが考えられる。

図-6に設定SRTと水素ガス・メタンガスの発生割合を示す。この図より、設定SRTが長い場合、水素ガスの発生割合が若干少なくなる傾向が見られる。またSRT 10hrにおいては、水素ガスの割合が最も低い。これは、SRT 10hrにおいて、水素酸化性菌の数が多くことから、水素ガスが水素酸化性菌によって消費されたものと推測される。

図-7に設定SRTと炭素収支率を示す。この図より、SRTが長くなるにつれて、グルコースの炭素収支率が減少し、同時にグルコース以外の溶解性有機炭素の比率が増加したことがわかる。揮発性有機酸の炭素率は、SRT 10hrにおいて15%と最大となり、エタノールの炭素率は、SRT 2hrにおいて12%と最大になっている。また、SRTが長くなるにつれて、揮発性有機酸、エタノール等以外の発酵生産物が増加するものと考えられる。

4. 結論

- (1) 本実験のようにSRTが短く、高負荷の場合、流出水中にエタノールが484~553(mg/ℓ)析出された。
- (2) SRTが短い場合、Clostridiumが槽内で相対的に優勢になるものと考えられる。
- (3) SRTが長い場合、硫酸還元菌中で水素酸化性菌が優勢になる傾向が見られる。
- (4) SRTを比較的短く設定した場合、水素ガスの発生割合が7.5~9.5%の割合で発生した。

参考文献

- 1) Cohen, A., Zoetemeyer, R. J., van Deursen, A., and van An del, J. G., " Anaerobic Digestion of Glucose with Separated Acid Production and Methano Formation ", Wat. Res., Vol. 13, 571 (1979)
- 2) 上木ら (1990), 用水と廃水, Vol. 32, No. 2. pp. 136~144

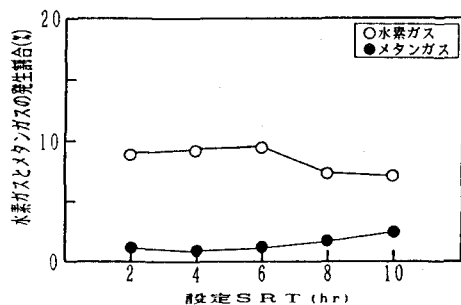


図-6 設定SRTと水素ガスとメタンガスの生成割合

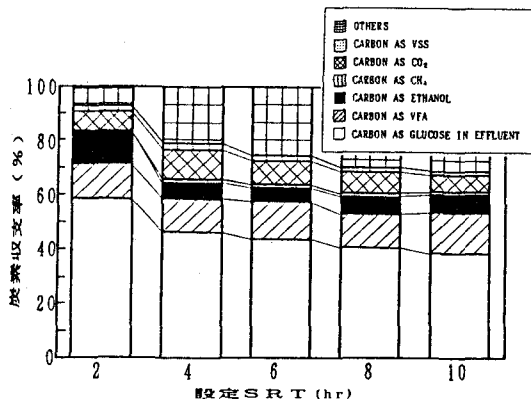


図-7 設定SRTと炭素収支率