

II-PS 12 グルコースの嫌気性酸分解過程と細菌群について -pHの影響-

日本大学大学院 学生員○小木曾直行

日本大学工学部 正 員 中村玄正

日本大学工学部 正 員 松本順一郎

1. 目的

地球規模的環境問題の一つとしてエネルギーや汚泥処分をあげることができよう。嫌気性消化は CH_4 などエネルギー回収型汚泥処理法として重要な一面を有している。一方その前段階である酸生成相での有用物質は嫌気性汚泥処理系内で大きな可能性を有しているものとする。すなわち、この酸生成相での生成物の中には、水素ガス、エタノール等のエネルギー源として利用価値の高いものがある。本研究は酸生成相における水素ガスに着目し、エネルギー資源として回収することを目的とする一連の研究の一環である。

実験は、水素ガス生成に対するpHの影響を見るため、基質の有機物としてグルコースを用い、嫌気性ケモスタット型反応槽を6槽並列に設置し同時比較実験を行った。嫌気性酸分解過程で生成する水素ガス回収の可能性を検討するとともに、処理系内に関与する細菌の動態を明らかにすることを目的として嫌気性細菌の培養を行い、細菌数を計数した。

2. 実験方法

実験装置の概略を図-1に示す。液相部容量1ℓの嫌気性ケモスタット型反応槽を6槽並列に設置し、これまでの研究結果から、各槽とも反応槽内温度を $30 \pm 1^\circ\text{C}$ に、滞留時間を4hrに設定した。流入基質は、水道水にグルコース濃度を11700mg/ℓになるように加え、これに表-1に示す栄養塩類を加えたものである。目標設定pH値は2.5、3.5、4.5、5.5、6.5、7.5である。pH調整はpH2.5を塩酸で、pH3.5、4.5、5.5を水酸化ナトリウムで、pH6.5、7.5を炭酸水素ナトリウムで行った。結果として定常期におけるpH値は、2.5、3.4、4.2、4.7、6.0、6.4となった。実験に供した汚泥は、郡山市

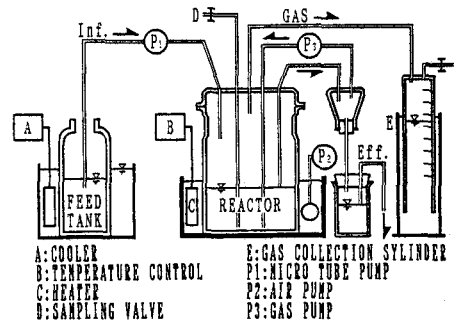


図-1 実験装置の概略図

表-1 栄養塩類組成

Glucose	11700	mg/ℓ
Yeast extract	100	mg/ℓ
NH_4Cl	191.0	mg/ℓ
$\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$	86.5	mg/ℓ
KH_2PO_4	13.0	mg/ℓ
$\text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	80.0	mg/ℓ
$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	13.0	mg/ℓ
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	4.0	mg/ℓ
$\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	0.075	mg/ℓ
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20.0	mg/ℓ

の終末処理場の消化汚泥を一年間グルコースで馴致したものを用了。各設定pHへの移行は15~30日にわたり徐々に行い、その後定常実験に入った。実験分析項目はpH、ORP、 COD_{Cr} 、ソモギ法、揮発性有機酸、エタノール、ガス組成等である。嫌気性細菌の培養は一般嫌気性細菌、酸生成嫌気性細菌、*Clostridium*属、硫酸塩還元細菌について行った。各嫌気性細菌の分離培養は選択培地を用いたロールチューブ法で行い、培養温度を $30 \pm 1^\circ\text{C}$ で20日間行った後、コロニー形成数を求めた。

3. 実験結果と考察

図-2にpH値とグルコース消費速度の関係を示す。本実験の流入グルコース負荷は $70.2\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ である。pH4.2~6.4ではグルコース消費速度は $35 \sim 50\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ であり、グルコース除去率50~70%である。pH2.5~3.4でもグルコース消費速度はおおよそ $25\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ となっており、グルコース除去率36%である。このような低いpHでもある種の酸生成細菌群が失活しないでグルコースを消費している。酸生成相での最適pHはおおよそ5.5~7.5であり、本実験ではpH3.4以下でグルコース消費速度が小さくなるという結果が得られた。Zoetemeyerら¹⁾は流入グルコース濃度10000mg/ℓ、滞留時間3hr、pH6.0で最大グルコース消費速度 $78.8\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ を得ており、本実験の最大グルコース消費速度はpH4.2における $47.2\text{kg}/\text{m}^3 \cdot \text{day}$ であり、これより低かった。

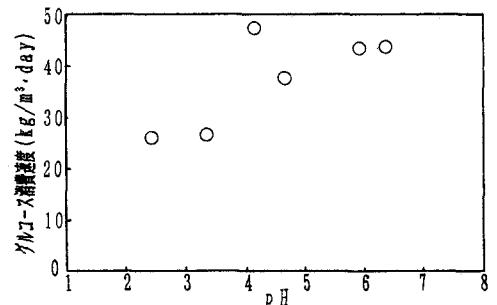


図-2 pH値とグルコース消費速度の関係

図-3にpH値と反応槽内VSS濃度の関係を示す。VSS濃度はpH4.7以上では170~200mg/ℓであり、pH4.2より低い槽では100mg/ℓ以下となりpHが低くなるに従いVSS濃度も低くなる傾向がみられている。Zoetemeyerら¹⁾は流入グルコース濃度10000mg/ℓ、滞留時間4hrで実験を行い、pH5.69でVSS濃度1500mg/ℓという値を得ている。この実験と比較して、本実験のVSS濃度が低いのは栄養塩類の組成が違うのが原因と思われる。特にNH₄⁺がZoetemeyerらの研究では流入濃度450mg/ℓであるのに対し本実験では191mg/ℓとなっていることから、生物汚泥化への転換が小さかったことが1つの理由と考えられた。

図-4にpH値と揮発性有機酸生成量の関係を示す。揮発性有機酸濃度が高いのはpH4.2~pH4.7である。pH6.0以上では揮発性有機酸濃度は低い。これは生成した揮発性有機酸がCO₂、H₂にガス化しているため、濃度が低くなったことによるものと考えられる。pH2.5~pH3.4では揮発性有機酸濃度は高いが、ガス生成量が少なかったことから、ガス化への移行がみられないことが分かった。

図-5にpH値とH₂、CH₄生成速度の関係を示す。pH6.0付近でH₂生成速度は最大値1682ml/ℓ・dayを示した。Zoetemeyerら¹⁾は流入グルコース濃度10000mg/ℓ、滞留時間3hrで実験を行い、pH6.44でH₂生成速度7447ml/ℓ・dayという値を得ている。この時のH₂とCO₂の割合は75.8%、24.2%である。本実験の生成ガス割合はH₂およそ10%、CO₂85%以上であり、Zoetemeyerら¹⁾の実験とガス組成が大きく異なっている。pH2.5~pH4.7ではガス全体の生成量が少なく、H₂生成速度は小さい。pH4.7よりpHが高い槽では、H₂がCH₄に変換されており、その量はpHが7.0に近付くほど多くなる傾向にある。また、ガス組成分析の結果からメタン生成細菌はpH4.2以下では存在していないと考えられる。

図-6にpH値と各嫌気性細菌の関係を示す。一般嫌気性細菌、酸生成細菌、Clostridium属のコロニー形成数はpHによる影響はあまり見られない。硫酸塩還元細菌はpHが低くなるにつれて減少する傾向がある。硫酸塩還元細菌の報告されている増殖pH範囲は5.3~9.0であり、本実験ではpH4.7より低い槽では硫酸塩還元細菌は10⁴CFU/ml以下となっている。

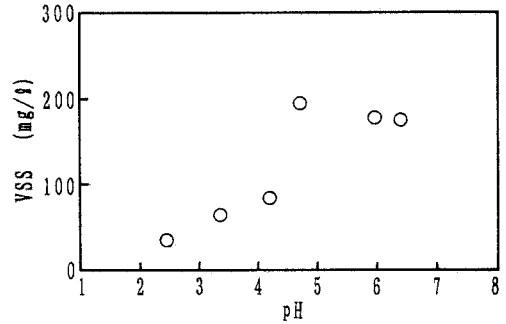


図-3 pH値と反応槽内VSS濃度の関係

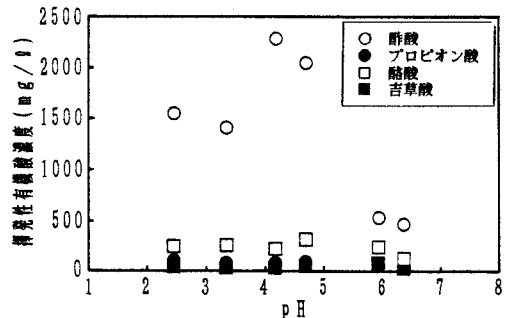


図-4 pH値と揮発性有機酸生成量の関係

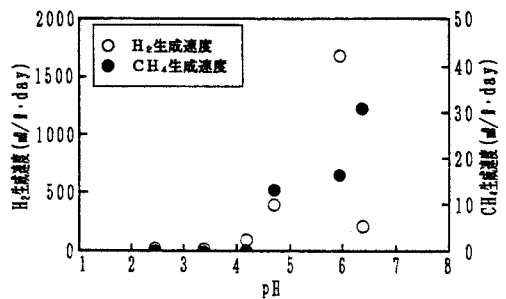


図-5 pH値とH₂、CH₄生成速度の関係

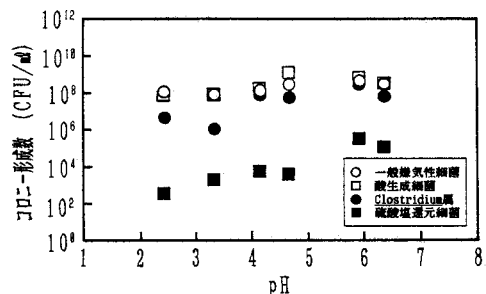


図-6 pH値と各嫌気性細菌の関係

(1) H₂生成速度が最も大きかったのはpH6.0であった。

(2) pH2.5~pH4.7では酸生成細菌の至適pHより低いので水素ガス生成速度は小さい。

(3) 本実験の生成ガス割合はH₂およそ10%、CO₂85%以上であり、Zoetemeyerら¹⁾の実験(H₂75.8%、CO₂24.2%)とガス組成が大きく異なっていたので、これについてさらに検討する予定である。

参考文献: R.J.Zoetemeyer et al Water Res.Vol.16 pp.303 to 311 (1982)