

可溶性デンプンの嫌気性酸発酵に関する研究

東北大学 正員 野池達也
同 学生員 〇矢口淳一

1. はじめに

最近エネルギー回収型の生物学的排水処理法として、嫌気性消化は注目を集めており、特に嫌気性消化の各相を分離して操作する二相嫌気性消化法に関する研究が次々と発表され、各相に関与する細菌群の特性に関する知見が蓄積しつつある。特にメタン生成菌の増殖や代謝の活性は、酸生成菌のそれよりもかなり小さいことが多くの研究者によって示され、メタン生成相が全嫌気性消化プロセスの律速段階であると考えられている。

一方嫌気性消化の酸生成相は、高分子有機物を加水分解して揮発性脂肪酸を生成する過程であり、この相において律速となるのは、不溶性高分子有機物の分解過程だと考えられており、実際セルロース粉末の嫌気的分解に関する研究では、グルコースに比べて最大比基質消費速度、最大比総有機酸(T.O.A)生成速度はそれぞれ1/6と1/20にしかならないことが報告されている¹⁾。本研究はセルロースと構造の異なる9糖である可溶性デンプンを酸生成菌の基質に用いて、酸生成相における加水分解反応の動力学的特性及び、酸生成菌のセルロース、グルコース分解活性とデンプン分解活性の差異を検討するためになされた。

2. 実験材料、装置及び方法

1) 糞汚泥; 都市下水汚泥の嫌気性消化槽より採取した消化汚泥を下記の合成基質に約2ヶ月間馴致させたものを用いた。2) 投入基質; 単一炭素源としては可溶性デンプンを、また単一窒素源としては重炭酸アンモニウムを含み、無機塩類を添加した最小培地組成のもので、この合成基質の糖濃度はグルコースとして11700(mg/l), pH 8.31, C/N比は5.0である。表-1に合成基質の化学的組成を示した。3) 実験装置; 基質の連続的投入とガス循環による混合液の連続的引き抜きの可能な嫌気的ケモスタット反応槽を用いた。この装置の概略を図-1に示した。4) 実験方法; 各反応槽の生物学的固形物滞留時間(SRT)を流入(出)流量と反応容積によって3.0〜24(日)の範囲で9段階に変化させ、各分析項目の定常状態が得られるまで各SRTにおいて1ヶ月〜2ヶ月にわたる連続実験を行なった。また反応槽は35℃に保たれた恒温水槽中で加温した。5) 分析項目; 全糖類(ペンソロン-硫酸法), グルコース(酵素法), MLVSS, 有機性窒素及びアンモニウム性窒素(インドネ-ール法), pH, アルカリ度, T.O.A.(24分鍾クロマトグラフ法), 各揮発性脂肪酸(ガス-液クロマトグラフ法), ガス発生量, ガス組成(ガスクロマトグラフ法)

表-1. 合成基質の化学的組成

成 分	濃 度 (mg/L)
可溶性デンプン	10500
NH ₄ HCO ₃	5235
K ₂ HPO ₄	125
MgCl ₂ ・6H ₂ O	100
MnSO ₄ ・5H ₂ O	15
CuSO ₄ ・5H ₂ O	5
CoCl ₂ ・6H ₂ O	0.125
FeSO ₄ ・7H ₂ O	25

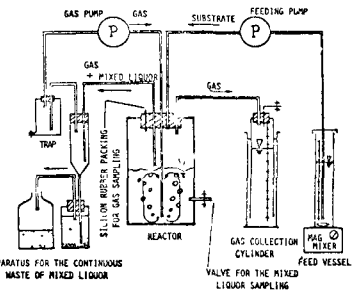


図-1. 実験装置概略図

3. 実験結果及び考察

図-2にSRT1.96(日)の系における経日変化を示した。分析項目のうち上澄液中の残存全糖濃度とMLVSS濃度は実験期間を通じて非常に安定していたが、T.O.A濃度は30日以後500(mg/l)ほど増加し、逆にガス発生速度は300(ml/day)減少した。さらにpHはT.O.A濃度と対応して変化し、30日以降次第に低下した。この結果、38〜52日の期間を定常とみなした。こうして得られたそれぞれのSRTの系の定常状態におけるデータを以下の図に示した。

図-3に各SRTにおける定常状態での混合液中及び上澄液中の全糖濃度とグルコース濃度の平均値を示した。0.5(日)以上のSRTでは基質除去率はすべて95%を越え、酸生成菌の可溶性デンプン分解活性が高いことが知

られた。これはSRT1.94(日)で約2%の分解率¹⁾がないセルロース分解活性より非常に高く、ほぼグルコースの分解活性に匹敵する。またグルコース濃度は上澄液中の全糖濃度の1/10以下で、グルコースまで加水分解されると速やかに細菌に摂取され、解糖系その他の経路を通じて異化や同化の代謝に利用されると推察される。

図-4に各SRTにおけるMLVSS濃度²⁾と汚泥中の糖濃度の定常状態での平均値を示した。MLVSS濃度はSRT1.03(日)と1.25(日)で2000(mg/L)以上に達し、デンプンを基質に用いた場合、酸生成菌の増殖収率が極めて高かったことが知られた。汚泥中の糖濃度はMLVSS濃度とよく相関しており、高MLVSS濃度は、菌体中に蓄積したグリコーゲンなどのエネルギー貯蔵型多糖によるものと考えられる。また菌体中の糖蓄積率(汚泥中の糖濃度/MLVSS濃度)は、SRT1.25(日)以下の系ではほぼ30%を保つが、それ以上のSRTでは次第に減少する傾向を示した。

図-5に各SRTの実験において発酵生産された揮発性脂肪酸濃度とpHの定常状態における平均値を示した。T.O.A濃度は0.50(日)のSRTでは低いが、それ以上のSRTの系ではほぼ一定値を保った。生成された揮発性脂肪酸の大部分は酢酸と酪酸であるが、より低級な酢酸はT.O.Aと似た挙動を示したのに対し、より高級な酪酸は短いSRTの場合高濃度となった。また奇数炭素鎖のプロピオン酸は、高MLVSS濃度を示したSRT1.03(日)と1.25(日)で高濃度となった。

最後に図-6に各SRTの系の定常状態におけるガス発生状況を示した。ガス発生速度はSRTが長くなり、デンプン負荷が減少するに伴って減少した。ガス成分中最も外量に発生したのは炭酸ガスであるが、SRT0.50(日)と1.45(日)の系では、水素がそれぞれ約35%と約20%発生した。また実験した6つのSRTではメタンは4%以下しか発生せず、メタン菌の活性はほとんどみられなかった。これは、グルコースを基質に用いた場合、SRT0.50(日)以下の系で水素が発生し、0.50以上のSRTでは炭酸ガスを水素で還元してメタンを生成するメタン菌の活性がみられた²⁾とは全く異なっている。

4. 結び

酸生成菌の可溶性デンプン分解活性は、ほぼグルコースのそれに近いが、可溶性デンプンの発酵形式はグルコースとは非常に異なることが知られた。

2) 松本、野地、連藤：年報(1979)

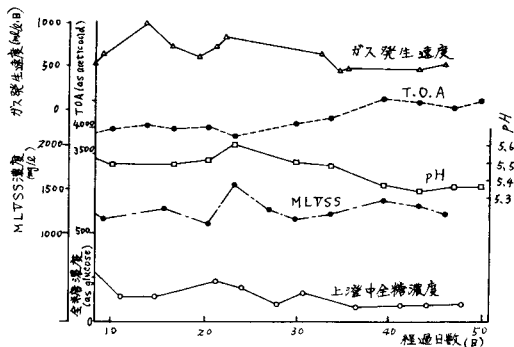


図-2 SRT=1.96(日)の系の経日変化

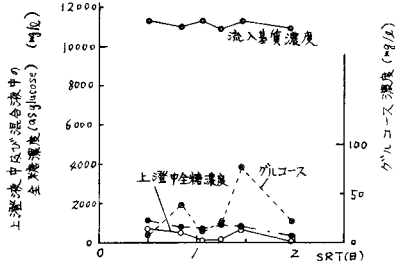


図-3 各SRTにおける混合液、上澄液中の全糖濃度とグルコース濃度

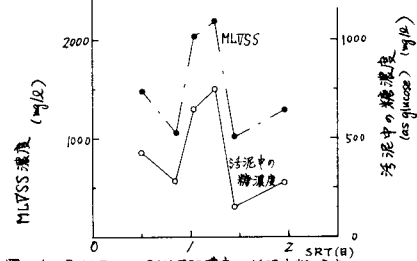


図-4 各SRTにおけるMLVSS濃度と汚泥中糖濃度

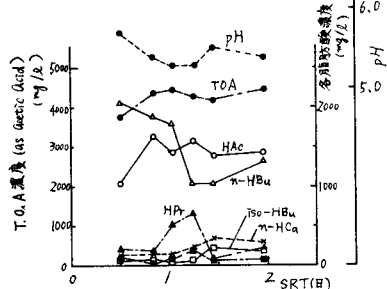


図-5 各SRTにおける揮発性脂肪酸濃度とpH

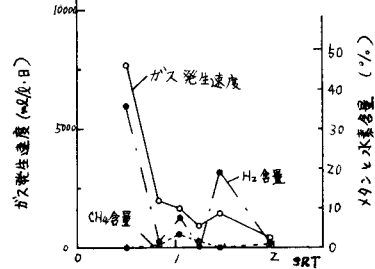


図-6 各SRTにおけるガス発生状況