

嫌気性消化によるセルロースの分解に及ぼす pH の影響

東北大学 学生員 ○ 矢口淳一
同 学生員 佐々木正昭
同 正会員 佐藤和明

1. はじめに

廃水の有機成分中大きな割合を占めるセルロース性物質の分解が、嫌気性消化プロセス全体の効率向上のキーポイントであることはよく知られている。またエネルギー危機以来、セルロース性物質を多量に含む廃棄物バイオマスの嫌気性発酵による化学原料及び燃料の生成は最も注目されるところである。しかし嫌気性消化プロセスにおけるセルロースの分解は非常に遅く、消化槽中に SS の増加とメタン生成の減退をもたらす。本研究は嫌気性消化によるセルロースの分解に関する最適 pH を求めると共に、有機酸生成、メタン生成に及ぼす pH の影響についてペプトンを添加した複合基質を用いて検討した。

2. 実験装置、材料及び方法

実験装置は、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型反応槽で、その概略を図-1 に示す。種汚泥は、福島市下水道浄化センターの嫌気性消化槽より採取した消化汚泥を、35℃、菌体滞留時間 (SRT) 20 日の実験条件で、表-1 に示すセルロースを単一炭素源とする化学的合成基質に約 1 年半馴致させた後に接種した。尚実験に用いたセルロースは粉末沱紙 (Toyo Roshi ; Cellulose Powder-E) である。投入基質には、表-1 に示すセルロース濃度 5000 mg/l の最小培地組成の合成基質にペプトン (極東製薬製) を 5000 mg/l 添加した複合基質を用いた。目標とする槽内 pH は 5.4, 6.0, 7.2 及び 8.0 の 4 系列設定し、各 pH 系列で SRT を投入流量と反応容積によって数段階に変化させた。各反応槽の pH を設定値に保持するために、10N-塩酸または 10N-NaOH 溶液を投入基質に添加した。10N-塩酸または 10N-NaOH の添加量は、混合液 pH を参考にして設定 pH に近づけるように調整した。基質の投入はマイクロチューブ・ポンプを用いて行なったが、SRT 5 日以上では、チューブの目詰りを防ぐためタイマーを併用して 1 回 30 分ずつ 1 日に 6 回 (SRT 20 日)、8 回 (SRT 14 日)、及び 12 回 (SRT 5~10 日) に分けて投入した。また実験装置は 35±1℃ に保たれた恒温槽内に設置して加温した。各系の定常状態を確立するため、各系とも滞留時間の 3 倍以上の期間連続実験を継続した。尚、定常状態に達したかどうかを判断する指標として、反応槽内のセルロース濃度、菌体有機性窒素濃度、総有機酸 (T.O.A.) 濃度、及びガス生成速度を用いた。

3. 実験結果及び考察

図-2 に、各設定 pH 及び SRT におけるセルロース分解量 (率) の変化を示した。pH 7.2 と 8.0 の系では、5 日以上 SRT でセルロース分解率は 80% を越えた。しかし SRT の減少に伴ってセルロース分解量は減少し、pH 7.2 の系では SRT 1/6 日で分解率は 50

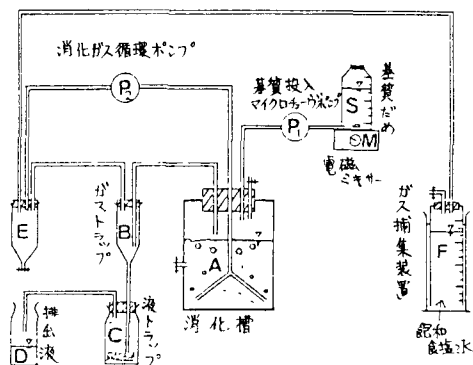


図-1 実験装置概略図

表-1 化学的合成基質の組成

component	concentration (mg/l)
Cellulose	5000
NH ₄ HCO ₃	2510
K ₂ HPO ₄	125
Na ₂ HPO ₄ · 12H ₂ O	100
MgCl ₂ · 6H ₂ O	100
FeSO ₄ · 7H ₂ O	25
MnSO ₄ · 4H ₂ O	15
CuSO ₄ · 5H ₂ O	5
CoCl ₂ · 6H ₂ O	0.125

%以下に低下した。一方 pH 5.4 と 6.0 の系では、SRT を 10 日以上に設定しても、セルロース分解率は 40~50 % 程度に低く抑えられた。従って嫌気性消化プロセスにおけるセルロースの分解活性は、pH 8.0 においては中性域と同程度を維持するが、pH 6.0 以下では急激に低下することが知られた。このような結果は、ルーメンにおける pH 変化に対するセルロース分解の応答と非常によく一致している。

図-3 に、各設定 pH 及び SRT における菌体有機性窒素濃度の変化を示した。菌体有機性窒素濃度は細菌の増殖量を示す指標であり、pH 8.0 の系における高セルロース分解活性の維持は細菌の増殖量が低下しなかったためだと考えられる。また pH 6.0 以下の系では細菌の増殖活性も低下した。

図-4 に、SRT 10 日の各系における TGA 濃度、揮発性脂肪酸濃度と pH の関係を示した。TGA 濃度は pH の増加に伴って増大した。ペプトン中の蛋白質の分解量はデータとして示していないがほとんど完全に分解されているので、TGA の増加分はセルロース由来と考えられる。生成された主要な酸は酢酸とプロピオン酸で、プロピオン酸濃度は TGA 濃度と同様に pH の増加と共に増大したが、酢酸は pH 6.0 以下の系ではほとんど生成されなかった。また酸生成相で通常高濃度となる γ -酪酸は 500 mg/l 以下に抑えられた。一方ペプトン中の蛋白質から生成される iso-酪酸、iso-吉草酸、及び γ -酪酸濃度は pH 変化によってほとんど影響されなかった。

図-5 に、各設定 pH 及び SRT におけるメタン生成速度の変化を示した。pH 7.2 の系では SRT の増加に伴ってメタン生成速度は急激に減少した。低 pH 域

では SRT 5 日以上

4. 結び

嫌気性消化によるセルロースの分解は pH 8.0 では中性域と変わりない活性を示すが、pH 6.0 以下

でセルロースの分解量が急激に低下することが知られた。

<<参考文献>> 1) Terry, R. A. et al. ; J. Sci. Fd Agric., Vol. 20, p317~320 (1969)

2) Stewart, C. S. ; Appl. Environ. Microbiol., Vol. 33, p497~502 (1977)

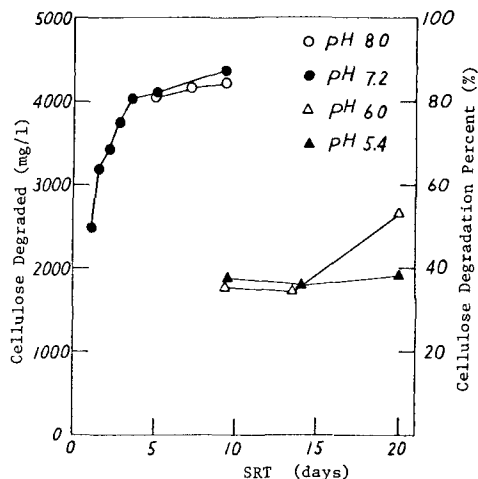


図-2. 各 pH 域におけるセルロース分解量(率)

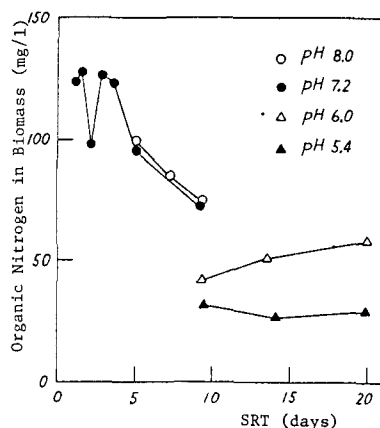


図-3. 各 pH 域における菌体有機性窒素濃度

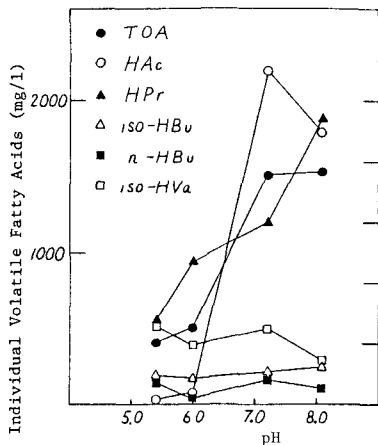


図-4. SRT 10 日の系における揮発性脂肪酸濃度

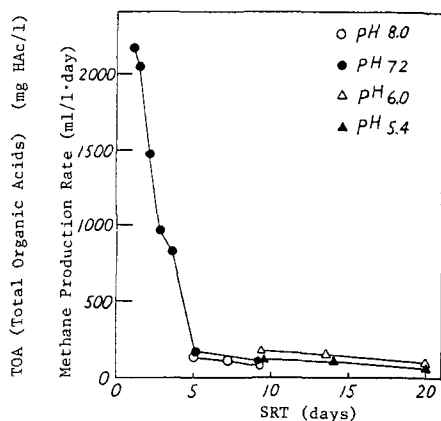


図-5 各 pH 域におけるメタン生成速度