

東北大学 学生員 矢口 淳一
同 学生員 佐々木 正昭
同 正会員 松本 順一郎

1. はじめに

多くの廃水では有機成分中セルロース性物質の占める割合が高く、嫌気性消化プロセスの律速段階だと考えられているセルロース性物質の分解を促進させることが、嫌気性消化プロセス全体の効率向上にとって最も重要な課題の一つとなっている。セルロースの分解速度が遅いのはその強固な分子構造に起因すると考えられているが、分解過程における pH、温度などの環境因子の影響も無視できない。本研究では嫌気性消化におけるセルロースの分解に関する最適 pH を求めるとともに、有機酸生成、メタン生成に及ぼす pH の影響についてもセルロースに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°C、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 5,000 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 5,000 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、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 溶液の添加量は、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 日以上の系では、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°C 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 SRT 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、反応槽内セルロース濃度、菌体有機性窒素濃度、総有機酸濃度 (T.O.A. 濃度) 及びガス発生速度を用いた。

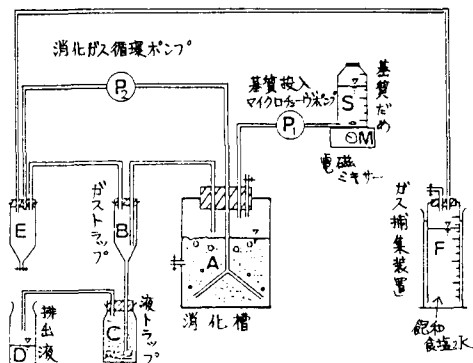


図-1. 実験装置概略図

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

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 日以上の 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 の系列では SRT 1/6 日で分解率は 50% 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 % に抑えられた。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。このような実験結果は、^{1) 2)} ルーメンにおける pH 変化に対するセルロース分解反応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 の系列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い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これは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 *n*-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主に生成される *iso*-酪酸、*iso*-吉草酸、及び *n*-吉草酸濃度は 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 の系では短い SRT の系では活発なメタン生成が観察されたが、5 日以上

SRT ではいずれの pH 系列でもメタン生成速度は 200 ml/l·day 以下となり、これらの系では TGA 濃度が高いため、メタン菌の代謝活性が阻害されていると考えられる。

4. 結 び

嫌気性消化におけ

るセルロースの分解

は pH 8.0 では中性域と変わらない活性を示すが、pH 6.0 以下では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, pp 317 ~ 320 (1969)

2) Stewart, C. S.; Appl. Environ. Microbiol., Vol. 33, pp 497 ~ 502 (1977)

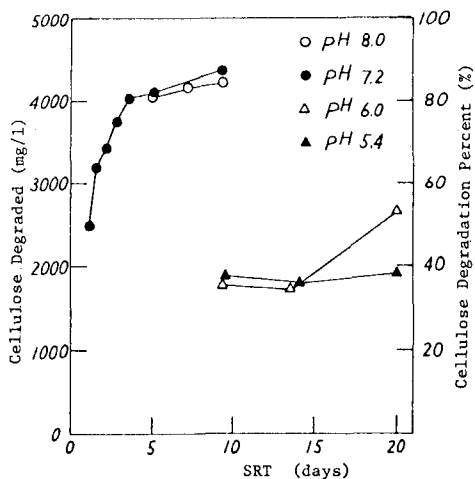


図-2. 各pH域におけるセルロース分解量(率)

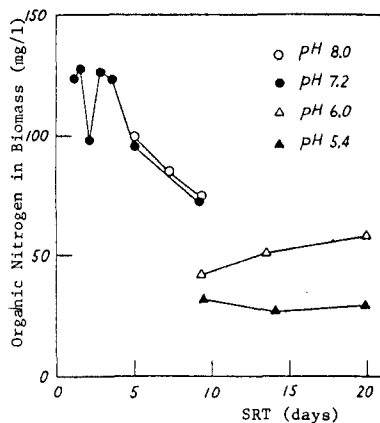


図-3. 各pH域における菌体有機性窒素濃度

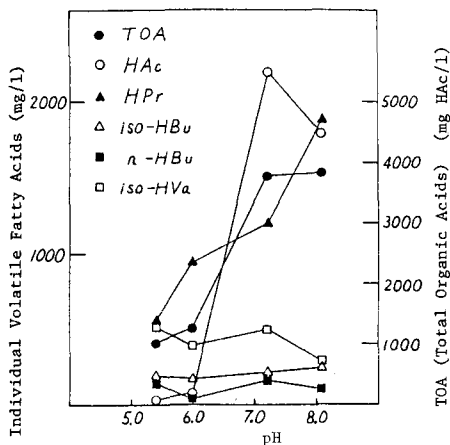


図-4. SRT 10 日の各系における揮発性脂肪酸濃度

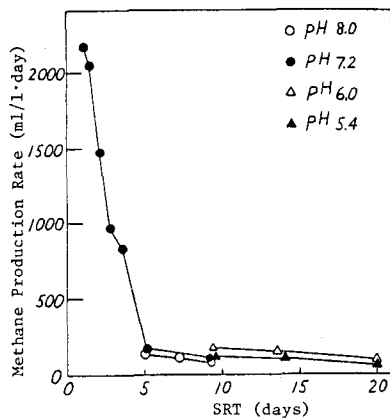


図-5. 各pH域におけるメタン生成速度