

東北大学 学生員 矢口淳一  
土木研究所 正会員 野池達也  
東北大学 正会員 松本順一郎

1. はじめに

セルロース様物質を多量に含むバイオマスは、再生可能で豊富なエネルギー源として最近注目されているが、なかでも嫌気性消化によるセルロース様物質の燃料(メタン, エタノールなど)、及び化学原料(酢酸, アセトン, ブタノールなど)への変換は最も期待されているプロセスである。しかしこのプロセスによるセルロースの分解は非常に遅く、消化槽内にSSの増加を招き、メタン生成が減退してしまう。著者らはルーメンにおける研究をヒントにして、少量の可溶性デンプンの添加が嫌気性消化プロセスにおけるセルロースの分解を促進させることを見出した。本研究では、ペプトン添加がセルロース分解に及ぼす影響について連続実験で検討した。

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气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年間馴致させた後接種した。尚実験に用いたセルロースは粉末浮紙(Toyo Roshi; Cellulose Powder-E)です。投入基質は、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)を添加したもので、各系のペプトン添加量を夫々0, 1000, 2500, 5000, 7500, 10000 mg/lに設定した。各系のSRTは、従来の単槽型消化槽に相当する約4.8日と二相型の酸生成相に相当する約2.2日の二系列設け、各系が定常状態に達するのを保証するため各系とも1~2ヶ月間運転を継続した。基質の投入はマイクロチューブ・ポンプによって行なったが、SRT4.8日の系列では、チューブの目詰りを防ぐためタイマーを併用して1回約30分ずつ1日に12回に分けて投入した。また各反応槽は35℃に保たれた恒温槽中で加温した。表-2に各系の基質の性状と実際のSRTを示す。

3. 実験結果及び考察

図-2に両系列のペプトン添加量と定常状態におけるセルロース分解量との関係を示す。セルロース分解量は、SRT2.2, 4.8日の両系列ともペプトンを添加したすべての系で対照となるペプトン無添加の系より増大し、セルロース分解率はSRT2.2日の系列では27.8~42.7%, SRT4.8日の系列では26.8~32.3%と向上した。

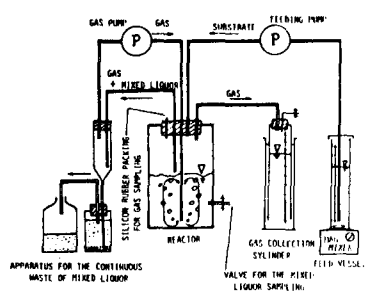


図-1 実験装置概略図

表-1 化学的合成基質の組成

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

表-2 各系の基質の性状と実際のSRT

| digester number | Cellulose Conc. (mg/l) | Peptone Added (mg/l) | pH   | SRT (days) |
|-----------------|------------------------|----------------------|------|------------|
| No.1            | 5000                   | 0                    | 8.81 | 2.26 4.92  |
| No.2            | 5000                   | 1000                 | 8.80 | 2.13 4.76  |
| No.3            | 5000                   | 2500                 | 8.79 | 2.28 4.77  |
| No.4            | 5000                   | 5000                 | 8.56 | 2.16 4.80  |
| No.5            | 5000                   | 7500                 | 8.45 | 2.16 4.83  |
| No.6            | 5000                   | 10000                | 8.37 | 2.16 4.84  |

しかし両系列ともペプトン添加量が増加しても、セルロース分解量はほとんど変化しなかった。このようなペプトン添加によるセルロース分解の促進は、可溶性デンプン添加による促進効果を大きく上回り、ペプトン添加が可溶性デンプン添加よりセルロース分解には一層効果的であることが知られる。

2)  
ルーメンにおける研究では、主要なセルロース分解菌は窒素源として $\text{NH}_4^+$ を必要としアミノ酸などの有機性窒素類は利用できないことが報告されている。そこでセルロース分解菌は、高級脂肪酸やアミノ酸の生合成のためにある種の揮発性脂肪酸(VFA)を栄養要求し、これらのVFAには iso-HBu, 2-methylbutyric acid, iso-HVa, n-HVa が含まれる。表-3 には両系列における各系のこれらのVFA濃度を示す。但し2-methylbutyric acidの分析は行われなかった。いずれのVFA濃度もペプトン添加量とともに増加しているが、特に10,000 mg/l 添加した系で急激な増加が見られた。また添加量1,000 mg/l の系でこれらのVFA濃度がペプトン無添加の系より低いのは、セルロース分解菌の高い増殖活性によって非セルロース分解菌が生産したVFAが消費されたからだと考えられる。

またセルロース分解菌のビタミンBに対する栄養要求性が報告されているので、ペプトン中に含まれているビタミン類などはセルロース分解菌によって同化代謝されていると考えられる。以上のようにペプトン添加によるセルロース分解の促進は、ペプトン中のビタミン類や微量元素の直接的供給と、ペプトン中の蛋白質の分解によって生ずるある種のVFAの間接的供給によってもたらされるものと推察される。

図-3 には両系列のペプトン添加量とセルロース分解速度の関係を示す。酢酸消費メタン菌の限界滞留時間は約3.0日であることが知られているので、SRT 2.2日の系列は酢酸消費メタン菌の存在しない酸生成相である。ペプトン無添加の系では、両系列のセルロース分解速度にほとんど差は見られないが、ペプトンを添加した系では、SRT 2.2日の系列はSRT 4.8日の系列の約1.5倍以上のセルロース分解速度を示した。このようにペプトンを添加した場合、酢酸消費メタン菌とセルロース分解菌の間には何らかの競合関係が存在するものと思われる。

#### 4. 結び

ペプトンの添加は、嫌気性消化プロセスにおけるセルロースの分解を著しく促進させる。しかし必要なペプトン量は少量で、それ以上ペプトンを添加してもセルロース分解量は変化しないことが知られた。

《参考文献》 リ矢口・野池・松本(1982)年講

2) Bryant, M. P. (1973) Fed. Proc.

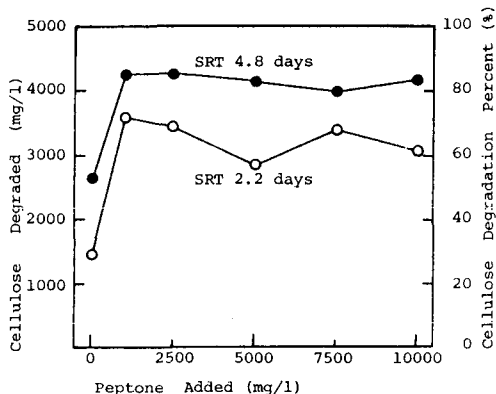


図-2 両系列のペプトン添加量とセルロース分解量との関係

表-3 各系におけるある種のVFA濃度

| (a) SRT 2.2 (days)   |                       |         |       |  |
|----------------------|-----------------------|---------|-------|--|
| Peptone Added (mg/l) | VFA production (mg/l) |         |       |  |
|                      | iso-HBu               | iso-HVa | n-HVa |  |
| 0                    | 7.0                   | 3.9     | 1.1   |  |
| 1000                 | 4.1                   | 3.2     | 0.7   |  |
| 2500                 | 6.4                   | 6.5     | 1.6   |  |
| 5000                 | 17.0                  | 14.8    | 0     |  |
| 7500                 | 29.4                  | 38.4    | 10.0  |  |
| 10000                | 121.8                 | 155.1   | 35.4  |  |

| (b) SRT 4.8 (days)   |                       |         |       |  |
|----------------------|-----------------------|---------|-------|--|
| Peptone Added (mg/l) | VFA production (mg/l) |         |       |  |
|                      | iso-HBu               | iso-HVa | n-HVa |  |
| 0                    | 10.3                  | 7.7     | 3.3   |  |
| 1000                 | 2.0                   | 3.0     | 0     |  |
| 2500                 | 34.8                  | 75.8    | 7.2   |  |
| 5000                 | 179.0                 | 306.2   | 32.6  |  |
| 7500                 | 107.2                 | 251.7   | 25.5  |  |
| 10000                | 391.7                 | 848.0   | 91.9  |  |

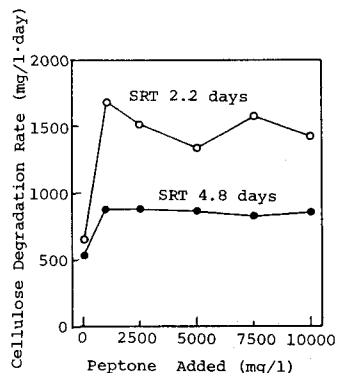


図-3 両系列のペプトン添加量とセルロース分解速度との関係