

東北大学 学生員 矢口淳一
 同 正会員 野池達也
 同 正会員 松本順一郎

1. はじめに

多くの廃水中、有機成分の半分以上を占めるセルロースの分解が、嫌気性消化プロセスの機能向上の鍵であることはよく知られている。また最近の代替エネルギー開発の流れの中で、バイオマスとしてのセルロースは重要なエネルギー源として注目されている。しかしセルロースの分解速度は非常に遅く、嫌気性消化槽中にSSの増加を招き、メタン生成が減退する。

ところで反すう動物の第一胃、ルーメンに関する研究では、少量のデンプンの添加がルーメン中のセルロース消化を促進させることが報告されている¹⁾。これは、デンプンのような利用し易い炭水化物の添加が、ルーメン細菌叢の生態と代謝を、セルロース分解菌の栄養要求を満足させるように変容させるからだ^{2) 3)}と推察されており、このようなセルロース分解菌と非セルロース^{2) 3)}との間の相互作用は、ある種のVFA(Volatile Fatty Acids)を媒介としたものであることが最近明らかにされた。嫌気性消化槽とルーメンの細菌叢を構成している細菌群は類似しており、デンプンを少量添加すれば、嫌気性消化プロセスでもセルロースの分解が促進されると考えられる。そこで本研究では、嫌気性消化プロセスにおけるセルロースの分解に及ぼす可溶性デンプン添加の影響について連続実験が検討した。

2. 実験装置、材料および方法

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な引き抜きの可能な嫌氣的ケモスタート型反応槽で、その概略を図-1に示す。種汚泥は、福島中下水道浄化センターの嫌気性消化槽より採取された消化汚泥を表-1に示すセルロースを単一炭素源とする基礎的合成基質に約2ヶ月間馴致させたものを用いた。実験方法としては、基礎的合成基質に各系毎にそれぞれ可溶性デンプンと重炭酸アンモニウムを添加し、各系の可溶性デンプン濃度を0, 3000, 5000, 7500, 10000 mg/lに設定し、またC/N比が5.0となるように添加する重炭酸アンモニウム量を調整した。各系の可溶性デンプン補充基質の炭素源、窒素源の濃度およびpHを表-2に示す。菌体滞留時間(SRT)は、5日前後に設定し、各系の実際のSRTも表-2に示す。基質の投入はマイクロチューブポンプにより行なうが、チューブの詰まりを防止するためにタイマーを併用して1回約30分ずつ12回/dayに分けて投入した。定常状態が確立されるのを保証するため、各反応槽は約1~2ヶ月間運転され、また各反応槽は35°Cに保たれた恒温槽中で加湿した。

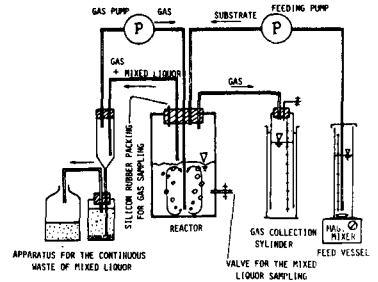


図-1 実験装置概略図

表-1 基礎的合成基質の化学的組成

成分	濃度 (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

表-2 各系の基質の炭素源、窒素源濃度、pHおよびSRT

消化槽番号	セルロース(mg/l)	可溶性デンプン(mg/l)	重炭酸アンモニア(mg/l)	pH	SRT(日)
No. 1	5000	0	2510	8.86	5.02
No. 2	5000	3000	4010	8.50	5.30
No. 3	5000	5000	5020	8.80	4.93
No. 4	5000	7500	6270	8.85	5.18
No. 5	5000	10000	7520	8.39	5.26

3. 実験結果および考察

図-2に定常状態における各系のセルロース分解量と溶解性糖濃度の平均値を示す。セルロース分解量は可溶性デンプンを3,000 mg/l投入した系で、対照となる可溶性デンプン無添加の系より増加し、セルロース分解率は約14%向上した。しかし投入可溶性デンプン濃度が5,000 mg/lを越える系ではセルロース分解量は対照より減少した。これらの結果は、嫌気性消化プロセスでもルーメンと同様に、セルロース分解菌と非セルロース分解菌との間の相互作用が少量の可溶性デンプンの添加によって刺激されることを示唆する。両細菌群間の相互作用は、セルロース分解菌の増殖必須因子である iso-HVa, n-HVa, iso-HBu などのある種のVFAを媒介として成り立つので、表-3に本研究で得られたこれらのVFAの濃度を示す。セルロース分解率が最大となった投入可溶性デンプン3,000 mg/lのNo.2の系でこれらのVFAの濃度が低かったのは、セルロース分解菌の増殖によるVFA消費の結果だと考えられる。ところで投入可溶性デンプン濃度が5,000 mg/lを越える系で

生じた大量のデンプン添加によるセルロース分解の抑制は、おそらくセルロース分解菌と非セルロース分解菌との間のエネルギー源以外の必須栄養の摂取に関する競合現象に主として帰因するものと考えられる。

図-3には定常状態における各系の有機性窒素濃度および見掛けの増殖収率を示す。有機性窒素濃度は細菌の増殖量に相当し、全細菌量は投入可溶性デンプン濃度とほぼ比例して増加している。また見掛けの増殖収率はほぼ一定であるが、投入可溶性デンプン濃度が増加するにつれて必ず高くなり、デンプン中心の基質の方が、幾分増殖収率が高いことが知られる。

図-4には定常状態における揮発性脂肪酸濃度とpHの平均値を示す。生成された揮発性脂肪酸の大部分は酢酸とプロピオン酸であり、プロピオン酸は基質負荷に追随して急激に増大した。またn-酪酸は少量しか検出されなかった。

4. 結び

少量の可溶性デンプンの添加は、嫌気性消化プロセスにおけるセルロースの分解を促進させ、また大量の可溶性デンプンの添加はセルロース分解を抑制することが知られた。

《参考文献》 1) Belasco, J. J. (1956) J. Anim. Sci. 2) Bryant, M. P. (1973) Fed. Proc. 3) Miura, H. et al. (1980) Appl. Environ. Microbiol.

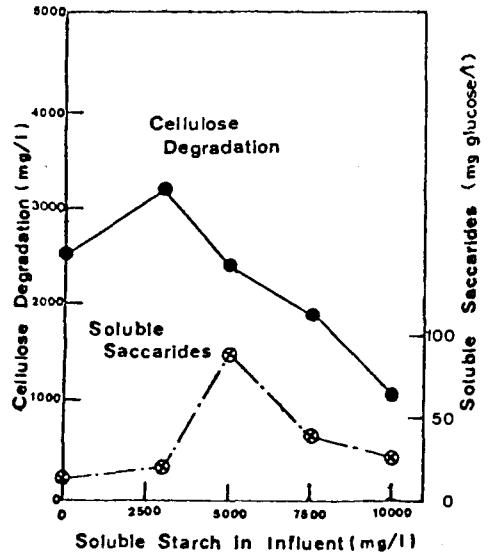


図-2 各系におけるセルロース分解量と溶解性糖濃度

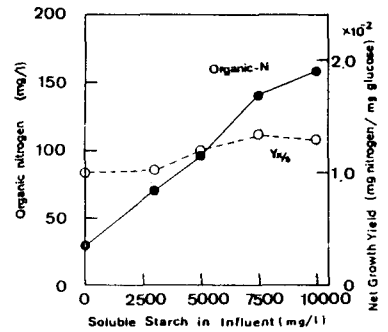


図-3 各系における有機性窒素濃度と見掛けの増殖収率

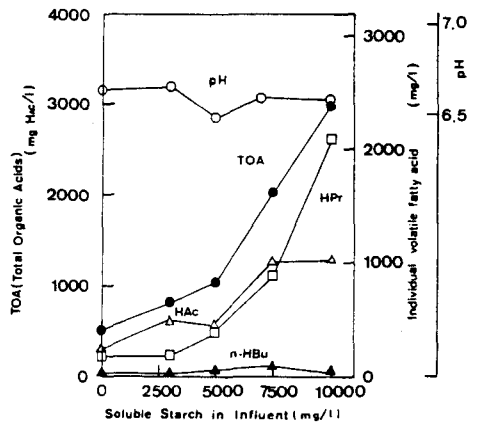


図-4 各系における揮発性脂肪酸濃度とpH