

セルロース分解促進による嫌気性消化高効率化の検討

富山県立大学 学生会員 ○田中 究
富山県立大学 学生 山口 千幸
富山県立大学 正会員 楠井 隆史

1. はじめに

廃棄物系バイオマスである下水汚泥を利用する方法として、メタン発酵がある。下水汚泥のメタン発酵は処分汚泥量削減と、生成したメタンをエネルギー源として活用できる利点がある。メタン発酵は従来から行われているが、下水汚泥はセルロースなどの難分解性有機物を多く含むため(約 50%)、そのポテンシャルを十分に生かし切れていない。本研究では、下水汚泥中のセルロースを分解してメタン発酵効率の向上を目的とし、酵素(セルラーゼ)添加による下水汚泥のメタン発酵高効率化の可能性を評価した。

2. 実験方法

2.1 ろ紙を用いたスクリーニング試験

下水汚泥に添加する酵素(セルラーゼ)の種類と量を決定するため、以下の実験を行った。

2.1.1 酵素製剤の種類を決めるスクリーニング試験

市販されている 6 種の酵素製剤を検討した。100mL バイアル瓶に、純水 50mL、ろ紙(セルロース)0.22g、酵素製剤 0.1g 入れ、最適温度(35℃ or 55℃)で 1 日保った。また、純水に酵素のみを添加した試験区も用意した。同時に、ろ紙のみの試験区と酵素のみの試験区の還元糖濃度をソモギネルソン法で測定し、その差から還元糖生成量を算出した。実験は 3 連で実施した。

2.1.2 酵素製剤の量を決めるスクリーニング試験

2.1.1 で決定した酵素(0.05 or 0.1 or 0.2g)入れて、35℃で 10 日間保った。また、純水に酵素のみを入れた試験区も用意した。次に、2 日おきに 10 日間、ろ紙が入っている試験区と酵素のみの試験区の還元糖濃度をソモギネルソン法で測定し、引くことによって、各日数の還元糖生成量を求めた。実験は 3 連で実施した。

2.2 下水汚泥を用いた試験

スクリーニング試験で決定した酵素製剤と添加量を用いて、下水汚泥への適用性を評価するために、汚泥中の懸濁性固形物を基質とした実験を行った。下水処理場の初沈汚泥と余剰汚泥を 1:1 で混合したて混合汚泥を調整し、1 時間煮沸滅菌した。100mL の混合汚泥を遠心沈降し、純水で洗浄し基質とした。200mL バイアル瓶を用いて表-1 の条件で実験を行った(35℃、7 日間放置)。実験は 3 連で実施した。還元糖濃度は 1 日おき、SS、VSS は実験開始時、実験終了時の 2 回、測定した。

表-1 サンプル

RUN1	純水100mL + 基質 + セルラーゼT(アマノ)4	0.2g
RUN2	純水100mL + 基質	
RUN3	純水100mL + セルラーゼT(アマノ)4	0.2g

3. 結果

3.1 ろ紙を用いたスクリーニング試験

3.1.1 酵素製剤の種類を決めるスクリーニング試験

セルラーゼはろ紙(セルロース)を分解して還元糖を生成するので、還元糖生成量から、分解能力を評価できる。生成量はドリセラーゼが一番大きかったが、コストを考慮し、使用する酵素製剤は次に生成量が多い T(アマノ)4 を選択した。

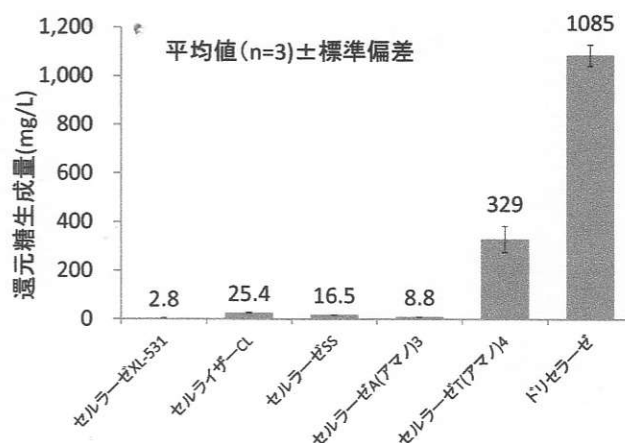


図-1 酵素製剤の分解能力比較

3.1.2 酵素製剤の量を決めるスクリーニング試験

10 日間の還元糖生成量は添加量 0.1g/50mL で最大となった。最大糖化率は添加量 0.1g/50mL、0.2g/50mL、0.05g/50mL で、それぞれ 98%、94%、60%となった。したがって、酵素製剤の添加量を 0.1g/50mL とした。

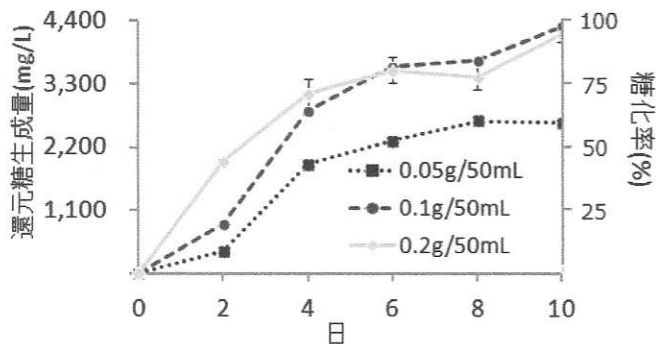


図-2 酵素添加量の影響

3.2 下水汚泥を用いた試験

3.2.1 還元糖生成量

RUN1 と RUN3 の還元糖生成量は実験 2 日目までは、ほぼ同じであったが、3 日目には RUN3 が RUN1 の約 2 倍になった。また、4 日目以降はすべての種類のサンプルにおいて還元糖濃度が減少し(図 3)、変動係数も日を追うごとに増加する傾向があった。雑菌が増殖していた可能性がある。還元糖酵素による還元糖生成量は $RUN1 - (RUN2 + RUN3)$ を計算し、算出した。この最大値は 3 日目の 1033 (mg/L)であった。この時の変動係数は 10%を超えておらず、生成量は再現性のある信頼できる値であり、酵素が汚泥中のセルロースを分解したものと推定される。

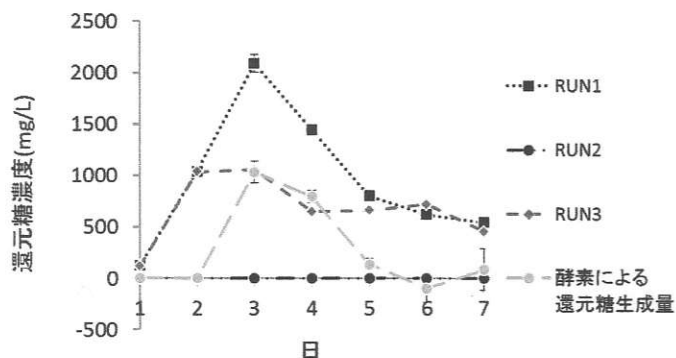


図-3 還元糖生成量の推移

3.2.2 SS、VSS 濃度

SS の減少量は RUN1、RUN2、RUN3 でそれぞれ 3726、1629、-29(mg/L)だった(図-4)。酵素による SS 減少量は 2097(mg/L)となり、全 SS(約 8500mg/L)の約 24.7%が酵素で分解されることがわかった。

VSS についても、SS と同様の傾向が見られた。有機物含有率は RUN1、RUN2 とともに約 82%だった。下水汚泥(基質)を入れていない RUN3 の SS、VSS は非常に微量であり、変動係数が大きかったので考察をする際、考慮に入れていない。

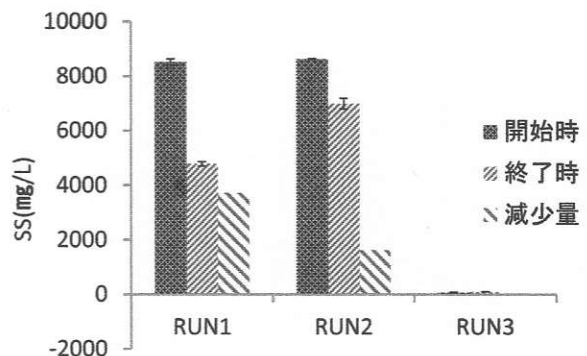


図-4 実験開始時と終了時の SS 濃度

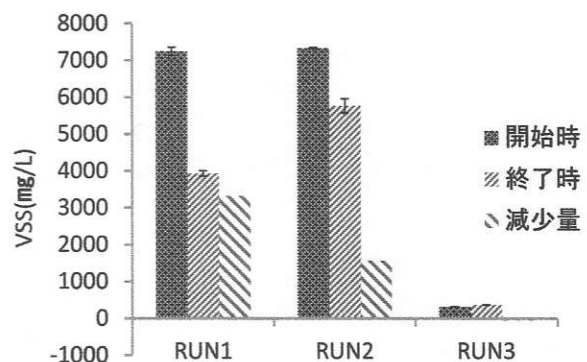


図-5 実験開始時と終了時の VSS 濃度

4. まとめ

ろ紙を用いたスクリーニング試験で決めた条件で酵素を添加すると、下水汚泥に対してもセルロース分解の促進効果があることが確認された。以上の結果をもとに、酵素添加によるメタン発酵への影響を評価するために、連続式メタン発酵の実験を継続しており、発表時にその結果を述べる予定である。