

低・中温域における炭水化物排水のメタン発酵特性について

信州大学大学院 学生会員 ○河野悠平
 信州大学工学部 山崎和貴
 信州大学工学部 正会員 松本明人

1. はじめに

近年、人口増加や地球温暖化に伴い、環境にやさしい新しい科学技術の開発の重要性が強く認識される中で、カーボンニュートラルの特性を持つメタン発酵が世界で注目されている。日本でも、化石燃料に代替するバイオマスエネルギー利用が積極的に推奨され、これからの技術の貢献が期待されている。現在、メタン発酵法による処理は一般的に中温域もしくは高温域での最適温度条件で運転されているが、発生したメタンの一部は発酵槽の加温の為に消費されている。ここで、加温の為にメタンを消費しない無加温条件でのメタン発酵の検討は、エネルギー源として利用可能なメタン回収量増大につながると考えられる。本研究では、生物易分解性の炭水化物系排水として可溶性デンプンを基質に用い、発酵温度 15, 25, 35°C で水理的滞留時間（以降、HRT）5 日と 10 日の条件で連続実験を行い、スクロース基質の結果と比較しながら、発酵温度や滞留時間、基質の違いがメタン生成や処理性能に及ぼす影響の違いについて検討した。

2. 実験装置および方法

反応槽には完全混合型反応槽を用い、基質を連続的に投入する。槽内攪拌のためのガス循環により生ずる吸引力で反応槽内容液を連続的に引き抜いた。基質として表1に示す可溶性デンプンを単一炭素源とする合成基質を用いた。基質にはNaOH溶液を添加し、槽内pHを7.3～7.5付近に調整した。実験は前年度、発酵温度25°Cおよび15°Cの実験をおこなったシステムを用い、HRTを5日および10日に設定した二系列で実施した。測定項目は、ガス生成量、ガス組成、pH、揮発性脂肪酸、COD_{Cr}（以降、COD）、VSS、残存糖濃度、タンパク質濃度である。なお、後述するSCODとは反応槽内容液を3000rpmで15分間遠心分離した上澄液のCODであり、DCODとは上澄液を孔径0.45 μmのメンブレンフィルタでろ過したものの溶解性CODである。

表 1: 基質組成

炭素源	(mg/L)	無機塩	(mg/L)
可溶性デンプン	10000	KCl	750
		NH4Cl	830
緩衝剤	(mg/L)	MgCl2・6H2O	815
NaHCO3	3500	MgSO4・7H2O	246
K2HPO4	700	FeCl3・6H2O	416
アルカリ剤	(mg/L)	CoCl2・6H2O	18
NaOH	2200	NiCl2・6H2O	18

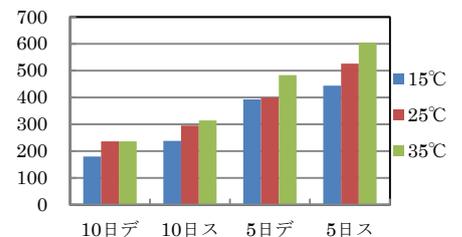


図 1: 温度毎のメタン生成量

表 2: メタン転換率

メタン転換率	15°C	25°C	35°C
デンプン10日	46.9	54.3	54.3
スクロース10日	57.0	75.5	82.1
デンプン5日	48.0	48.2	57.2
スクロース5日	56	69.2	77.9

3. 実験結果

まず、図 1 に各温度におけるメタン生成量を示す。デンプン基質によるメタン生成量はスクロース基質より全体的に少ない。また、デンプン基質の HRT5 日では、15°C と 25°C で生成量の差は小さく、HRT10 日では、25°C と 35°C でほとんど差は見られなかった。この結果は、表 2 のメタン転換率でも同様であり、デンプン 10 日の 25°C と 35°C では 54.3% で、5 日の 15°C と 25°C では 48.0% と 48.2% で近い転換率を示す。スクロースと比較しても、デンプン基質のほうが温度の影響が小さい。

次に、図 2 の各温度における菌体収率を示す。炭水化物の菌体収率は 0.1～0.25 や 0.35 という値が報告されている¹⁾が、今回得られた菌体収率はほぼこの範囲に収まっている。なお両 HRT のデンプンの

15℃の値では0.35付近と高い方の値を示していた。基質で比較すると、スクロースよりもデンプンの方が全体的に大きい値となった。一般的に、低分子ほど菌体収率は低いといわれているので今回の結果もデンプンよりスクロースが低分子であったためであると考えられる。そして、菌体収率を温度別で比べると全体的に温度が下がる程、高い値を示す傾向となった。理由として、温度上昇が起こると菌体を構成する成分の劣化が早まり、その修復のため菌体自身の構成成分が電子供与体としてエネルギー源に使われ、菌体自身が痩せていく²⁾ためではないかと考えられる。また、菌体による自己分解によって、タンパク質が放出されると考えられる。

次に、図3でSCOD・DCODの基質と温度毎の変化について表す。各CODとも温度上昇ごとに値は大きくなる。さらに、図4で各温度のタンパク質濃度を表す。タンパク質濃度はSCOD用分析試料を、紫外線吸収スペクトル法で測定した値である。両基質ともに温度上昇に伴い、タンパク質の濃度は上昇している。これは、温度上昇に伴い菌体が自己分解を起こしたため、タンパク質濃度が上昇し、その分SCOD・DCODも上昇したと考えられる。

次に、図5の比メタン生成速度の温度特性を示す。デンプンの比メタン生成速度は35℃、25℃、15℃でそれぞれHRT5日において0.80、0.65、0.35mgCOD/mgVSS/d、HRT10日において0.96、0.34、0.17mgCOD/mgVSS/dであり、基質に関わらず両HRTにおいて比メタン生成速度は温度の低下とともに低下している。

4. 結論

無加温メタン発酵を想定し、発酵温度15～35℃においてHRT5、10日で発酵特性を調べた結果、以下の知見が得られた。

- 1) メタン生成量・メタン転換率は、スクロース基質よりデンプン基質のほうが小さく、温度の影響はデンプンの方が受けにくい。
- 2) デンプン基質の方が菌体収率が大きく、温度が上がるとその値は低下した。
- 3) SCOD・DCOD・タンパク質濃度は温度上昇に伴い増加した。
- 4) デンプン基質、スクロース基質ともに、両HRTで比メタン生成速度は温度の低下とともに低下している。

(参考文献) 1) R. E. Speece 著：産業排水処理のための嫌気性バイオテクノロジー、技報堂出版 1999 2) 野池 達也 編著：メタン発酵、技報堂出版 2009

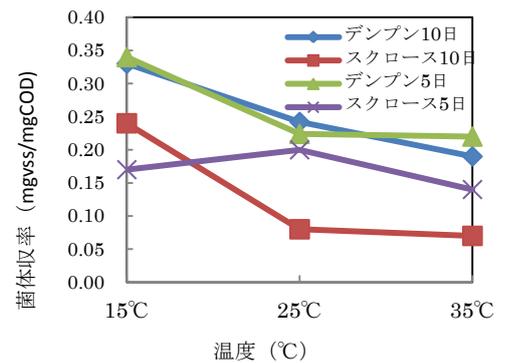


図2:菌体収率

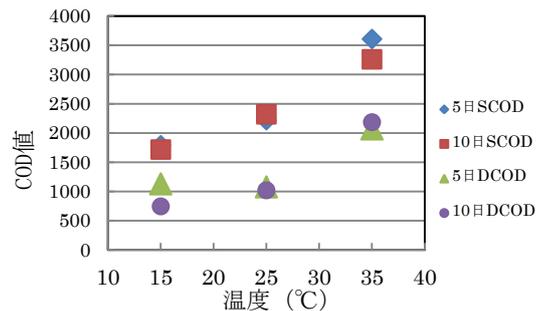


図3:デンプン基質におけるCODの温度変化

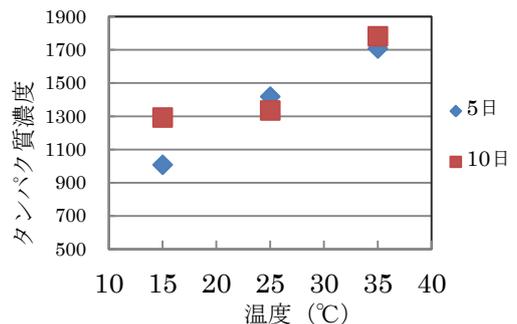


図4:SCOD分析試料中のタンパク質濃度

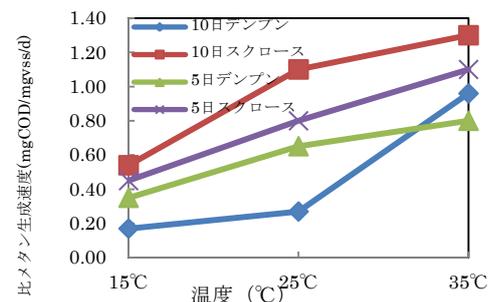


図5:比メタン生成速度