

低・中温域におけるデンプン排水のメタン発酵について

信州大学大学院 学生会員 ○河野悠平
信州大学工学部 吉村優一
信州大学工学部 正会員 松本明人

1. はじめに

近年、環境負荷低減に向けた排水処理技術の開発が求められており、排水からメタンを回収できるメタン発酵法は電力や化石燃料の節減につながり、注目されている。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。そのため、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可能性がある。そこで本研究では、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°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、発酵温度 35°C および 25°C での結果、そして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がメタン生成や処理性能に及ぼす影響について検討した。

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とともに、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6.8~7.1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、残存糖濃度である。なお、後述するSCODとは反応槽内溶液を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
		NH ₄ Cl	830
緩衝剤	(mg/L)	MgCl ₂ ·6H ₂ O	815
NaHCO ₃	3500	MgSO ₄ ·7H ₂ O	246
K ₂ HPO ₄	700	FeCl ₃ ·6H ₂ O	416
アルカリ剤	(mg/L)	CoCl ₂ ·6H ₂ O	18
NaOH	2200	NiCl ₂ ·6H ₂ O	18

3. 実験結果

図1に各温度におけるCOD除去率を示す。ここでCOD除去率は、消費されたCODの割合(=(流入COD-SCOD)/流入COD)を示す。デンプン基質では両HRTとも15°CにおけるCOD除去率がおよそ85%と最も高く、25°Cおよび35°Cにおける除去率はHRT5日で69.0%と63.1%、HRT10日で70.3%と74.6%と温度による影響は小さかった。一方、スクロース基質でもHRT10日の15°C以外では、COD除去率は90%前後と温度の影響を受けなかった。ただし、除去率の値に関しては、15°C以外のデンプン基質において、スクロース基質での値と較べ大きく低下している。なお、デンプンの15°Cで

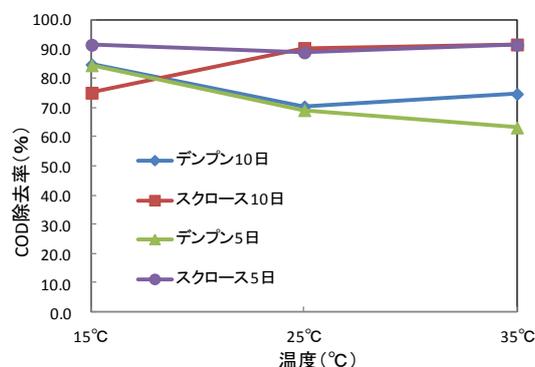


図1 COD除去率と温度の関係

の運転は安定性に欠け、本実験に先立ち行った運転では1カ月程でメタン生成は大幅に低下した。

図2に各温度におけるメタン転換率を示す。ここでメタン転換率は1日に流入したCODが、メタンへ変換された割合である。デンプン基質ではHRTに関わらずメタン転換率に対する温度の影響は小さく、いず

れの温度でもおよそ 50%前後の転換率であった。これに対しスクロース基質では、メタン転換率は温度の影響を大きく受け、HRTに関わらず発酵温度が低下すると転換率も低下した。ただし、メタン転換率の値はスクロース基質のほうがデンプン基質よりも高く、35℃では 80%前後、15℃でも 60%弱であった。

図 3 に各温度における菌体収率を示す。デンプン基質では両 HRT とも 25℃および 35℃において菌体収率は 0.24 前後で温度の影響を受けていないが、15℃になると HRT5 日で 0.34mgVSS/mgCOD と HRT10 日では 0.33 mgVSS/mgCOD に上昇した。15℃において収率が高くなることはスクロース基質の HRT10 日の系でも示されている。なお菌体収率に対する温度の影響は統一した見解が得られておらず、温度の影響をあまり受けないという報告¹⁾や温度の増加につれて菌体収率は減少するという報告²⁾がある。また菌体収率は炭水化物基質の場合、一般的な値として 0.35 と報告されているが、スクロース基質では全般的に低い値であり、特に HRT10 日の値はメタン生成菌の収率に近い値となっている。

図 4 に比メタン生成速度の温度特性を示す。比メタン生成速度は 35℃、25℃、15℃でそれぞれ HRT5 日において 0.90、0.65、0.35mgCOD/mgVSS/d、HRT10 日において 0.65、0.34、0.17mgCOD/mgVSS/d であり、デンプン基質、スクロース基質に関わらず両 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。これに対し、屠殺場排水を用いた実験では、30℃と 25℃の比メタン生成速度は変わらないが、20℃で大きく低下したという報告もある³⁾。

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) デンプン基質での COD 除去率は、両 HRT とも 15℃における COD 除去率がおよそ 85%と最も高く、25℃および 35℃における除去率は 70%前後と温度による影響は小さかった。
- 2) デンプン基質でのメタン転換率は HRT に関わらずメタン転換率に対する温度の影響は小さく、およそ 50%前後の転換率であった。
- 3) デンプン基質では両 HRT とも 25℃および 35℃において菌体収率は 0.24 mgVSS/mgCOD 前後で温度の影響を受けていないが、15℃になるとおよそ 0.34mgVSS/mgCOD と増加した。
- 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) 車ら：衛生工学研究論文集, Vol.28, pp29-37, 1992. 2) IWA TASK GROUP : Scientific and Technical Report No.13, IWA, 2002 3) D. I.Masse et al. : Biores Technol.76, pp91-98, 2001.

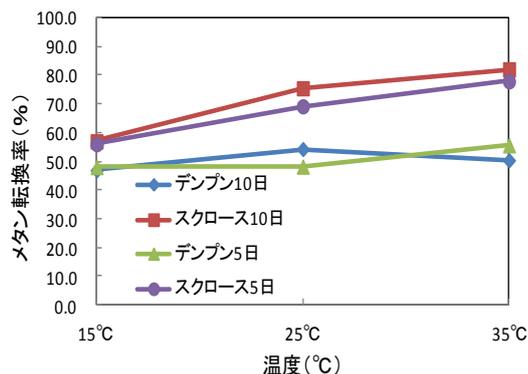


図 2 メタン転換率と温度の関係

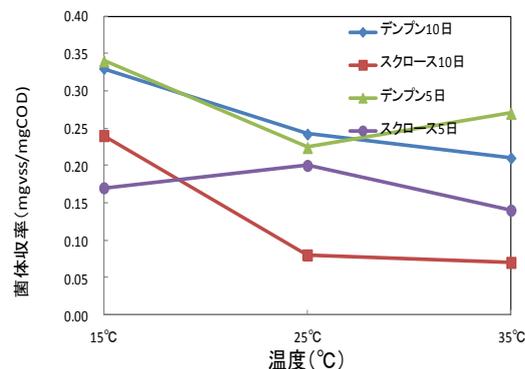


図 3 菌体収率と温度の関係

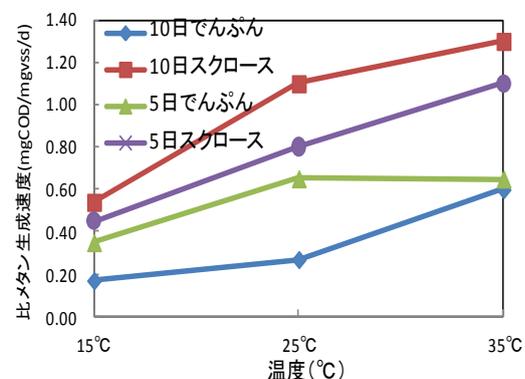


図 4 比メタン生成速度と温度の関係