

B-7

高濃度 Co-digestion による油脂系食品廃棄物の高速減量化・資源化処理

アタカ工業(株) ○李玉友、山下耕司、佐々木宏、関廣二

1. はじめに

食品廃棄物の年間発生量は 2000 万トン（平成 8 年度実績）ほど多く、そのうち食品産業から生ずるもの（産業廃棄物）が約 340 万トン、食品流通業、外食産業などから発生するもの（一般廃棄物）が 600 万トン、また一般家庭から生ずるもの（一般廃棄物）が約 1 千万トンとなっている。これらの廃棄物は水分が多く腐敗しやすいので、その迅速な適正処理が望ましい。今年 5 月 30 日、食品廃棄物のリサイクル処理を義務づける「食品循環資源再生促進法」が国会で成立した。食品廃棄物再資源化処理技術としては、従来の飼料化・肥料化の他に、メタン発酵によるエネルギー化処理も新しい技術として評価されている。

著者らは高濃度メタン発酵法（嫌気性消化）による固形廃棄物の減量化（70～80%程度）、メタンガス生産（エネルギー回収）、消化残さの肥料価値向上等の処理効果に注目してこれまで生ごみと汚泥の高濃度・高速メタン発酵処理技術の開発を進めてきた¹⁻³⁾。本研究では、食品系廃棄物関連で取り扱いが難しいと言われている油脂汚泥の問題を取り上げて、高温・高濃度混合消化法（Co-digestion）による油脂系食品廃棄物の高速減量化・ガス化処理方法を考案し、油脂濃度の影響も併せて検討した。

2. 実験材料と方法

2.1 脂肪含有食品廃棄物の調製

本実験に用いた油脂系食品廃棄物は生ごみに油脂を添加して調合したものである。生ごみの前処理としては高速ブレンダーで粒径 3 mm 以下に微破碎してスラリー状にし、水道水を加えて所定の TS 濃度に調整した¹⁻²⁾。油脂含有率は、表 1 の通り低油脂条件（油脂含有率 8-14%程度）、中油脂条件（同 25%程度）、高油脂条件（同 40%程度）、計 4 つの Run に分けた。油脂含有率の調整方法としては前述したスラリー状生ごみに油脂（植物性油脂の代表としてサラダ油を、また動物性油脂の代表としてラードを選び、混合比率を重量比 1:1 とした）を加えて、混合物の油脂濃度を 9.1～44.3 g/L（投入 TS 比の油含有率で 8.4～40.2%）の範囲で変化させて、連続実験により油脂含有率の影響について検討を行った。

2.2 実験装置

実験装置の概略は図 1 に示す。投入物は 38℃（油脂の凝固を防ぐため）の基質貯留槽から、ローラーポンプで 1 日 4～8 回定量投入した。投入ポンプはタイマーコントローラで制御した。メタン発酵槽全容量は 8 L で、液体反応有効容積は 5 L であった。槽内の攪拌はガス循環で行い、処理混合液はタイマーで制御していた引抜ポンプより 1 日数回排出した。生成したバイオガスは容量式ガスメーターで計量した。なおメタン発酵槽と気液分離槽の温度は温水ジャケットで保温し、中温発酵は 35℃に、高温発酵は 55℃にそれぞれ維持した。

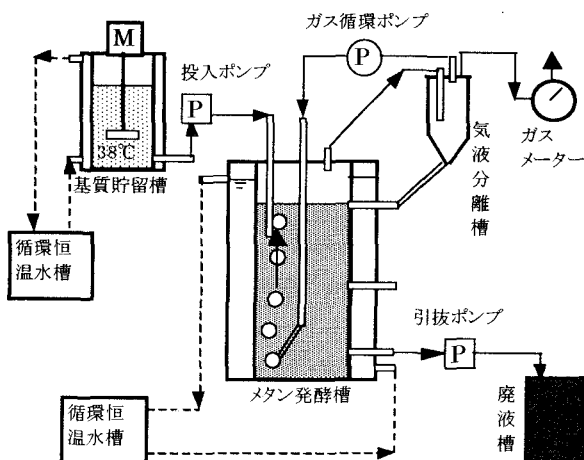


図1 ガス攪拌型メタン発酵槽の連続実験装置の概略

2.3 実験条件と操作方法

実験は表 1 にまとめた通り、脂肪含有率を変化させた 4 種類の基質について HRT と温度を変化させて計 10 個の運転条件で連続運転を行った。実験の方法としては中温発酵と高温発酵の 2 系列の反応槽を運転し、脂肪含有率を段階的に高めてそれぞれの条件における定常状態を確認しつつ、定常状態で詳細分析を行い 3 回以上の分析結果を平均して各条件での代表値とした。微量栄養塩の添加は既報に準じた¹⁻²⁾。

表1 実験条件のまとめ

投入基質分類		投入基質濃度 (g/L)		発酵温度 (°C)	HRT (日)	COD _{Cr} 負荷 (g/L・d)	油脂負荷 (g/L・d)	連続運転 継続期間
番号	油脂条	TS	COD _{Cr} 油脂濃度					
Run 1	低油脂1	108	152	中温36	15	10.1	0.56	60日
					7.5	20.3	1.12	50日
				高温55	15	10.1	0.56	60日
					7.5	20.3	1.12	50日
Run 2	低油脂2	102	166	中温36	7.5	22.1	1.87	60日
				高温55	7.5	22.1	1.87	60日
Run 3	中油脂	101	188	中温36	7.5*→15	12.5	1.53	80日
				高温55	7.5	25.1	3.07	80日
Run 4	高油脂	110	250	中温36	15	16.7	2.95	80日
				高温55	7.5	33.3	5.91	80日

*脂肪含有率が高く、中温でHRT7.5日の高負荷処理はできなかったためHRT15日に変更した。

3. 結果及び考察

3.1 油脂分解における中温発酵と高温発酵の比較

中温発酵では低い油脂濃度（～14g/L）では HRT7.5 日の高速メタン発酵が可能であったが、中油脂濃度(23g/L)以上になると、HRT7.5 日では過負荷となり運転できず、HRT を 15 日と長くして負荷を抑えた条件で運転するしかなかった。それに対して、高温発酵では低い油脂濃度から高い油脂濃度まで(油脂濃度 8～40g/L)、HRT7.5 日での高速メタン発酵が可能であった。即ち、油脂濃度の高い廃棄物を処理する場合には、中温処理より高温メタン発酵処理の方が勝っていた。

3.2 高温発酵による超高負荷処理の可能性

図 2 に本研究での VS 分解率、COD_{Cr} 分解率及び油脂分解率に及ぼす COD_{Cr} 容積負荷の影響をまとめた。中温発酵では負荷の上昇に伴い分解率の低下が顕著で COD_{Cr} 容積負荷が 20kg/m³/日程度が上限であると見られる。一方、高温消化では、COD_{Cr} 容積負荷が 33kg/m³/日以上で超高負荷でも安定した高い分解率を得られている。

3.3 高速発酵における油脂含有率の影響

高温、HRT7.5 日、投入 TS 濃度 10%程度的高速発酵条件で投入基質中の油脂含有率を対 TS ベースで 8～40%まで（油脂濃度は 9 g/L から 44g/L）4 段階変化させて連続実験を行った結果を図 3 にまとめた。

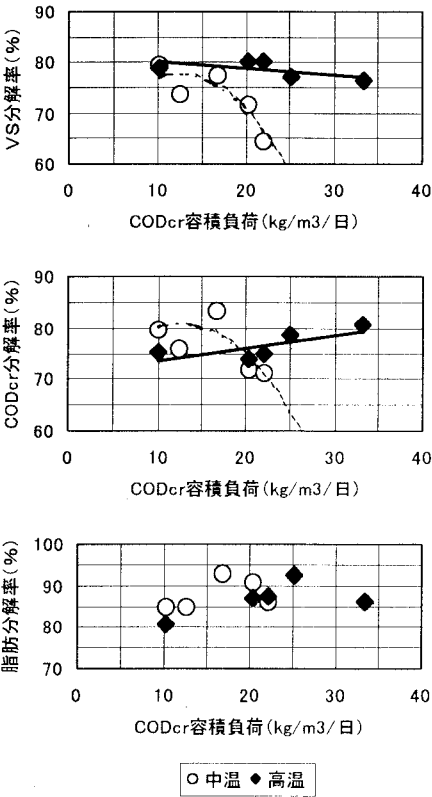


図2 中温発酵と高温発酵の比較
(負荷能力は高温の方が高い)

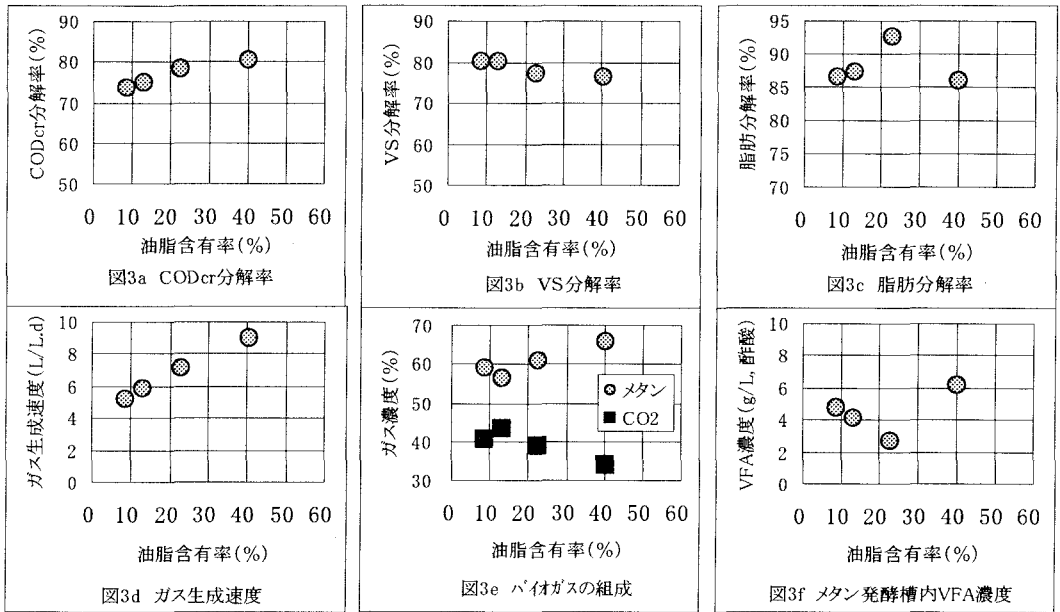


図3 高速(高温、HRT7.5日)Co-digestionにおける脂肪含有率の影響(脂肪含有率40%まで安定処理できた)

図3に示した通り、COD_{Cr}分解率は73%~80%の範囲で、油脂含有率の増大に伴い若干高くなる傾向があったが、VS分解率は80%~76%の範囲で比較的安定していた。また、ガス生成速度及びガス中のメタン濃度はいずれも油脂含有率の増加に伴い直線的に高くなっていった。その原因は、化学量論的計算より分かるように、有機物成分別のガス生成ポテンシャルは脂肪が1.425 m³/kg-VSで炭水化物やタンパク質の2倍ぐらゐであり、しかも生成ガス中のメタン含有率も70%程高い。即ち、油脂の分解条件さえ整えば、極めて高いバイオガス生成能があると言える。本研究での回帰解析の結果によれば油脂のCOD_{Cr}分解率は93%程度と高かった。

3.4 実油脂廃棄物に対する処理効果

実油脂汚泥に対する処理効果を確認するため、油脂汚泥スカムと生ごみの高温高濃度 Co-digestion を行った。処理条件を、TS濃度14%、油脂含有率55% (濃度77.1g/L)、HRT15日、COD_{Cr}容積負荷16.8 kg/m³/日と設定して2ヶ月間以上連続運転を行った。その結果、TS分解率が84%、VS分解率が86%、脂肪分解率が90%以上、COD_{Cr}分解率が83%といった高い減量化率が得られた。バイオガス生成率は0.73 m³/kg-TSであり、またメタン含有率は70%程度と比較的高かった。

4. まとめ

油脂系食品廃棄物を処理する場合、負荷の向上やHRTの短縮において中温処理より高温メタン発酵処理の方が勝っている。高温高濃度 Co-digestion を工夫することで、完全混合型の反応槽でもCOD_{Cr}容積負荷が33kg/m³/日以上、超高速発酵を実現でき、油脂含有率が40%と高くてもVSが約8割減量化できた。また、実油脂スカムに対する高い処理効率も連続実験で確認できた。

付記： 本研究は、農水省の研究開発補助事業「エコシステムの制御による高度排水処理技術の開発」の一部分として食品産業環境保全技術研究組合の委託を受けて実施したものである。

参考文献：

- 1) 李ら、生ごみ・し尿汚泥の高効率メタン発酵技術に関する基礎的検討、環境技術、Vol.27,p.867-874 (1998)
- 2) 佐々木ら、生ごみの高温・高濃度メタン発酵に及ぼす滞留時間と負荷の影響、水環境学会誌、Vol.22,p.983 (1999)
- 3) 李ら、生ごみの高濃度消化における中温と高温処理の比較、環境工学研究論文集、Vol.36,p.413 (1999)