

N-1

高温高速メタン発酵による生ごみと汚泥の資源化システム

— パイロットプラント試験 —

アタカ工業（株） ○奥野芳男 鳥居久倫 山下耕司

李 玉友 小林英正 一瀬正秋

1. はじめに

循環型社会の構築を図るため、廃棄物から有価資源や再生エネルギーを回収できる循環型技術の開発が強く求められている。従来のし尿処理施設においてもし尿および浄化槽汚泥とともに生ごみなどの有機性廃棄物を対象にして、メタン発酵やコンポスト化などの再資源化技術を取り入れた「汚泥再生処理センター」が着々と進められている。

筆者らは、これまで生ごみとし尿汚泥を混合した液状廃棄物を対象として、一連のメタン発酵技術の開発を進め、高温高濃度メタン発酵（投入TS濃度10-13%、HRT15日）による高負荷処理システムを確立してきた。また、室内実験の結果では高温発酵ではHRT短縮による分解率の低下が低く、HRT7.5日でも15日と同程度の分解率が得られることを報告してきた¹⁾²⁾。この室内実験で得られた高速高温メタン発酵処理の実現性を確認するため、愛媛県下のし尿処理施設の敷地内に、パイロットプラントを建設し、収集生ごみおよびし尿汚泥を使ってHRT7.5日の実液試験を行った。得られた知見について報告する。

2. 実験装置および方法

2.1 対象物と種汚泥

パイロットプラント対象物としては、給食センター、ショッピングセンター、レストランなどから収集した生ごみとし尿処理施設から採取したし尿処理汚泥（脱水ケーキ：含水率85%）を使用した。メタン発酵槽の種汚泥には、高温消化を行っている下水処理場から採取した消化汚泥を用い、収集生ごみおよびし尿汚泥を投入基質として馴致した。

2.2 実験装置

メタン発酵パイロットプラントのフローを図-1に、主要設備仕様を表-1に示す。生ごみは、直接、破碎分別装置に投入した。破碎分別機は、押し込みスクリューと回転ブレードおよび下部スクリーンにより構成される高速回転式の破碎分別機を用いた。投入した生ごみは、高速回転する回転ブレードにより破碎され、ス

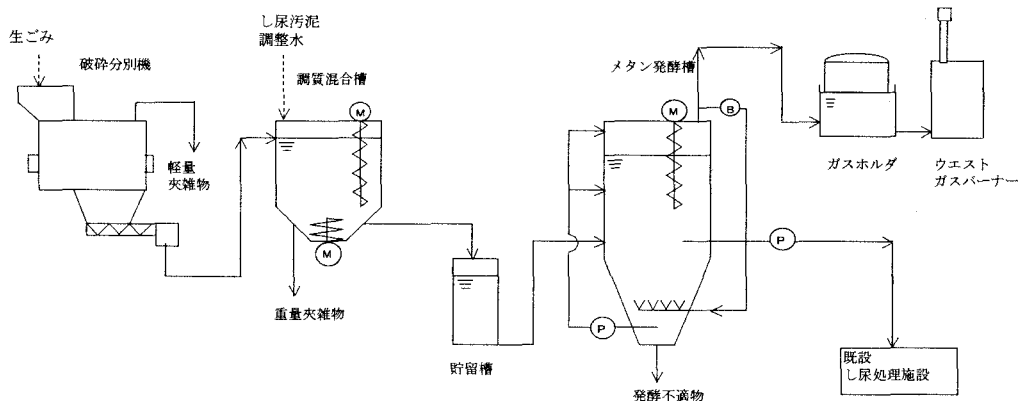


図-1 メタン発酵パイロットプラントフローシート

表-1 主要設備仕様

名称	仕様	
破碎分別機	遠心破碎式	500kg/hr
調質混合槽	鋼製円筒形	0.5m ³
貯留槽	鋼製円筒型	400L
メタン発酵槽	円筒下部円錐型	1.0m ³
ガスホルダ	水封式	200L
ウエストガス	燃焼式	MAX800L/H

表-2 発酵槽運転条件

発酵温度 (°C)	51~55
HRT (日)	7.5
発酵槽容量 (m ³)	1.0
CODcr容積負荷 (kg-COD/m ³ /日)	17.7
TS負荷 (kg-TS/m ³ /日)	14.1

ラリー状になって下部スクリーンより排出される。一方、ビニール、プラスチックなどの発酵不適物は、ブレードの回転により発生する遠心力および風力により分別され、排出ダクトより排出される。破碎分別機から排出したスラリー状の発酵適物を調質混合槽に投入した。調質混合槽では、生ごみと汚泥の比率および投入TS濃度を調整するため、生ごみ量に応じてし尿汚泥、調整水を投入し1昼夜攪拌した後、貯留槽に移送した。

メタン発酵槽は、ガス攪拌および液循環の両方で攪拌混合する方式とし、液面のスカムを破碎するためのスクリー式攪拌機を設置している。発酵温度は、発酵槽に取り付けたリボンヒーターにより設定温度に調整した。投入基質は1日12回に分けて、投入ポンプにより投入し、発酵汚泥は同様に引抜ポンプにより引き抜いた。生成したバイオガスは、ガス流量計を経てガスホルダーに貯留した後、ウエストガスバーナーで燃焼させた。

2.3 メタン発酵槽運転条件

メタン発酵槽運転条件を表-2に示す。発酵温度は51~55°C、発酵槽容量は、1.0m³、発酵槽のHRTは7.5日、投入TS濃度は約10%に設定した。その結果CODcr（以下COD）容積負荷は17.7kg-COD/m³/日であった。

3. 実験結果

3.1 破碎分別機の状況

破碎分別機による試験結果を図-2に示す。下部スクリーンより排出される発酵物は、細かく細断されており、ビニール類のリークはほとんど見られなかった。

破碎分別機には、生ごみをビニールのまま投入したが、ビニール形状は数十センチの粗大な破碎片となっていた。また、軽量夾雑物側への発酵物の混入は、遠心力で破碎されない根菜類、魚の皮、タマネギの皮等であり、湿重量で約6%であった。

3.2 メタン発酵槽廻りの揮発性脂肪酸濃度とCOD収支

メタン発酵槽HRTを設定条件として投入量の調整を行い、発酵槽pH、TS、CODなどの状況から定常と判断した状態での水質分析を4~5回行い、収支を求めた。物質収支より求めたCOD分解率は、67.6%、VS分解率は67.2%、投入VSあたりのガス生成率0.48Nm³/kgVSであった⁴⁾。

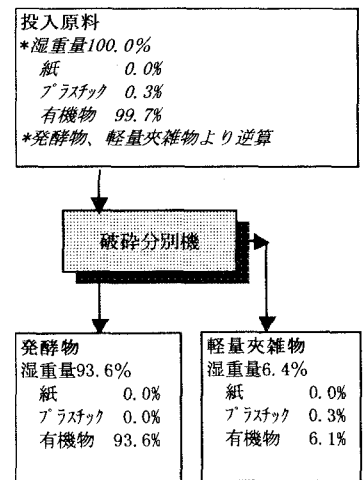


図-2 破碎分別機廻りの収支

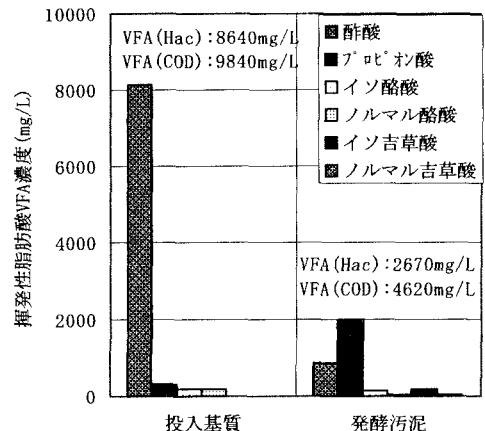


図-3 投入基質と発酵汚泥のVFA濃度

また、メタン発酵への投入基質（貯留槽内容物）とメタン発酵汚泥の揮発性脂肪酸濃度（VFA）の成分構成を図-3に示す。投入基質のVFAは、酢酸換算、COD換算値でそれぞれ9840mg/L、8640mg/Lであり、構成としては酢酸の割合が高かった、またメタン発酵汚泥では、それぞれ4620mg/L、2670mg/Lでプロピオン酸の割合が高かった。

また、投入基質と発酵汚泥のCOD収支を図-4に示す。投入基質の固形性成分は48.8%で約51.2%が可溶化し、溶解性成分中のVFAは全体の7.6%であった。これは、貯留槽（HRT1-3日）は40℃以上の高温で加温されているためと考えられ、破碎分別機と調質混合槽および貯留により投入CODの50%程度が可溶化されていた。

また全体の収支ではCOD成分の64.4%がメタンガスとして回収され24.9%の固形性COD成分が残留する結果となった。

3.3 室内実験データとの比較

HRT15日と7.5日の高温メタン発酵の室内実験データを図-5に示した²⁾³⁾。COD分解率、VS分解率およびガス生成量は、汚泥比率との相関が高いことが報告されている。HRT15日のデータは、TS濃度が12~13%と条件で若干異なるが、パイロット試験と室内実験データではほぼ同程度の分解率が得られることが確認された。

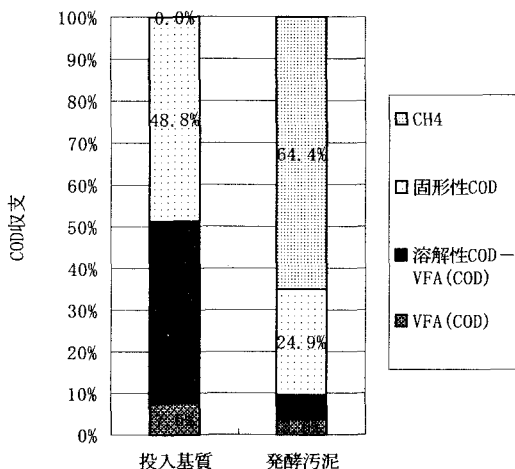


図-4 投入基質と発酵汚泥のCOD収支

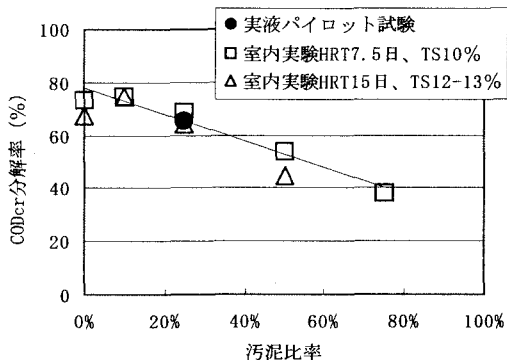


図-5 汚泥比率とCODcr分解率

4. まとめ

- (1) 生ごみの前処理について、高速回転ブレードによる破碎分別機により効率的な破碎・分別を行うことができた。
- (2) 実生ごみとし尿汚泥を対象としたメタン発酵パイロットプラントにおいて、TS濃度=10%、HRT=7.5日（COD容積負荷17.3kg-COD/m³/日）、高温発酵の条件で高速メタン発酵の安定運転が実証できた。
- (3) 破碎分別機と調質混合槽の前処理により投入CODの50%程度が可溶化され、VFAの収率は7.6%程度となることを確認した。
- (4) メタン発酵によるCOD分解率は67.6%というメタンガスへの高転換率が確認された。この結果は、HRT15日およびHRT7.5日の室内実験結果と同等の処理成績であり、室内実験で見出された負荷倍増を実証したものであった。

参考文献：1) 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P413-421 (1999)

2) 李ら、高温・高濃度消化による生ごみと汚泥の高負荷処理、第3回日本水環境学会シンポジウム(2000)

3) 奥野ら、液状廃棄物の高濃度メタン発酵特性（Ⅱ）、第20回全国都市清掃研究発表会 (1998)

4) 鳥居ら、生ごみとし尿汚泥の高温高速メタン発酵処理システムのパイロットプラント、第11回廃棄物学会研究発表会 (2000)