



Title	食品廃棄物のメタン発酵システム
Author(s)	松代, 武士; 足利, 伸行; 柴崎, 和夫
Description	第9回衛生工学シンポジウム (平成13年11月1日 (木) -2日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 6 廃棄物・汚泥処理 . 6-1
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 9, 261-265
Issue Date	2001-11-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7183
Type	departmental bulletin paper
File Information	9-6-1_p261-265.pdf



6-1

食品廃棄物のメタン発酵システム

株式会社東芝 ○松代武士 足利伸行 柴崎和夫

1. はじめに

食品廃棄物は、年間 2,000 万t排出されており¹⁾、それらの大部分が焼却後埋立て処分されているのが現状で、焼却によるダイオキシン発生、最終処分場の逼迫が大きな課題となっている。

食品廃棄物の発生抑制、再利用および減量を推進するため、平成 13 年 5 月 1 日、「食品循環資源の再利用等の促進に関する法律(食品リサイクル法)」が施行されリサイクルが義務付けられたため、飼料化、肥料化、メタン化等の技術開発が行われている。メタン発酵によって、食品廃棄物をバイオガスに分解するシステムは、得られたバイオガスを燃料電池等に供給することにより、ダイオキシンや窒素酸化物を排出しないクリーンな高効率発電システムが構築できる。

一方、システムの効率を上げるため、運転負荷の増加と排水量の低減が課題となっており、高濃度の固形物を含有する食品廃棄物を処理する場合、できるだけ希釈水を減らすことが望ましい。

本研究では中温発酵を採用したメタン発酵システムを用いて、従来処理が困難であった無希釈の生ごみを連続処理した結果について報告する。

2. 実験装置および方法

(1) 実験装置

図 1 に処理フロー、図 2 に装置概観を示す。本システムは、①生ごみスラリーを貯留する貯留槽、②生ごみをバイオガスに分解するメタン化槽、③消化液を濃縮する汚泥濃縮装置、④発生したバイオガスを測定するガスメータから構成される。貯留槽を約 5℃に保ち基質の変質を防止した系列 1 と、貯留槽を 37℃に加温し、基質の加水分解を促進した系列 2 の 2 系列で実験を行った。

両系列とも、菌体の流出を低減するため、メタン化槽の後段に汚泥濃縮装置を設置し、濃縮汚泥をメタン化槽へ返送した。メタン化槽と汚泥濃縮装置を合わせた有効容積は 140L で、発酵温度は 37℃で実験を行った。

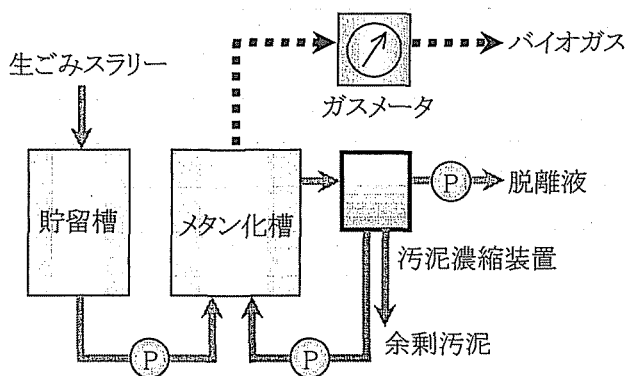


図 1 処理フロー

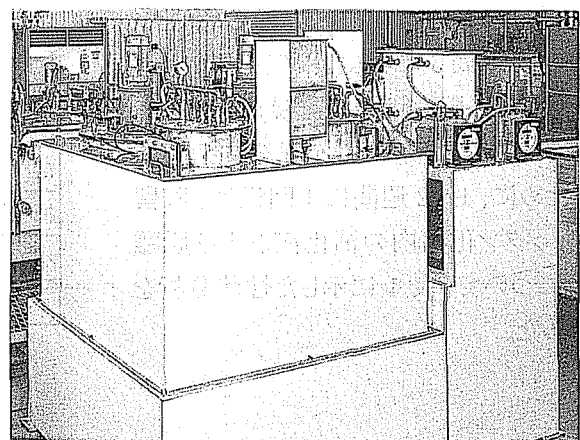


図 2 装置概観

(2) 実験材料および種汚泥

実験材料として、外食産業やホテル、食品メーカーなどから排出される食品廃棄物を想定し、キャベツ 34wt%、大根 30wt%、ご飯 20wt%、魚 8wt%、豚肉 7 wt%、ドレッシング 1wt% からなる人工生ごみを作成した。材料をカッターミルで 1 次破碎したのち、グローミルでさらに細かくすり潰してスラリー状にした。この人工生ごみについて、表 1 に示す項目と方法にて性状分析を実施した。

メタン発酵の種汚泥として実稼動中の食品廃水処理施設の余剰グラニュールを水道水にて希釈し、メタン化槽に投入した。

表 1 性状分析項目

分析項目	分析方法	分析項目	分析方法
BOD	JIS K 0102 21 隔膜電極法	CODCr	JIS K 0102 20 滴定法
溶解性BOD		溶解性CODCr	
全窒素	JIS K 0102 45 1 総和法	n-ヘキサン抽出物質	環告 第64号 付表4 重量法
溶解性窒素			
全リン	ICP発光法	pH	ガラス電極法
TS	蒸発減量法	SS	遠心分離法
VS	強熱減量法	VSS	

(3) 運転条件および測定項目

表 2 に運転条件を示す。実験は人工生ごみスラリーをタイマー制御したポンプで半連続的に投入し、HRTを56日、28日、20日、15日と変化させて連続運転を行った。

系列1のCOD_{Cr}容積負荷はそれぞれ、3.4、6.8、9.5、12.6kg/m³/dとなり、系列2のCOD_{Cr}容積負荷はそれぞれ、3.2、6.4、9.0、12.0kg/m³/dとなった。

連続運転中は、メタン化槽の管理項目として、表 3 に示した測定を週に4～5回行い、発酵状態の監視を行った。

システムの分解状態を詳細に把握するために、1～2週間に1回程度、貯留槽、メタン化槽内の消化液および脱離液について、表 1 に示した性状分析を行った。

表 2 運転条件

HRT	人工生ごみ投入量 [kg/d]	有効容積 [L]	系列1	系列2
			COD _{Cr} 容積負荷	
			[kg/m ³ /d]	
56日	2.5	140	3.4	3.2
28日	5.0	140	6.8	6.4
19日	7.5	140	9.5	9.0
14日	10.0	140	12.6	12.0

表 3 日常測定項目

測定項目	測定方法
pH	ガラス電極法
溶解性TOC	燃焼酸化-赤外線式TOC自動計測法
揮発性有機酸(VFA)	高速液体クロマトグラフィー法
バイオガス発生量	湿式ガスメータ
バイオガス組成	ガスクロマトグラフィー法

3. 実験結果および考察

(1) 人工生ごみ性状分析

系列1および系列2のメタン化槽に供給した生ごみスラリーの性状分析結果を表4に示す。

COD_{cr}:N:P はともに 350:12:1.5 程度となり、メタン発酵に必要な栄養源のバランスは保たれていたと考える。溶解性 COD_{cr} は貯留槽を約 5℃に保った系列1に比べて、37℃に加温した系列2では増加した。

一方、TS、VS、SS、VSS は減少傾向にあり、貯留槽を加温することにより、固形成分の可溶化が促進していることが分かった。

表4 生ごみスラリー性状分析結果

分析項目	単位	1系列	2系列
COD _{cr}	mg/kg	190000	180000
溶解性COD _{cr}	mg/kg	83000	93000
n-ヘキサン抽出物質	mg/kg	19000	19000
全窒素	mg/kg	6400	6400
全リン	mg/kg	730	730
TS	mg/kg	153000	144000
VS	mg/kg	146000	123000
SS	mg/kg	79000	66000
VSS	mg/kg	77000	65000

(2) 有機物の分解

有機物の分解指標として、COD_{cr}分解率を用いた。COD_{cr}分解率は以下の式で定義する。

COD_{cr}分解率 =

$$\frac{\text{投入生ごみスラリーのCOD}_{cr}\text{量} - (\text{脱離液のCOD}_{cr}\text{量} + \text{余剰汚泥のCOD}_{cr}\text{量})}{\text{投入生ごみスラリーのCOD}_{cr}\text{量}} \times 100$$

余剰汚泥の引き抜きは、各条件において、メタン化槽のCOD_{cr}増減量 = 0 となるように行った。

図3に各条件における系列1および系列2のCOD_{cr}分解率を示した。貯留槽を37℃に加温した系列2はCOD_{cr}容積負荷6.4 kg/m³/dまでは98%分解率を保った。さらに負荷を上昇することにより、徐々に分解率は低下したが、COD_{cr}容積負荷12.0 kg/m³/dの場合でも、92.4%の分解率を維持した。

一方、貯留槽を約5℃に保った系列1は、COD_{cr}容積負荷9.5 kg/m³/dまでは系列2と同様の傾向を示したが、COD_{cr}容積負荷12.6 kg/m³/dに達した時点で分解率は86.8%まで低下した。このことから系列2の方が、処理速度は大きいと判断できる。

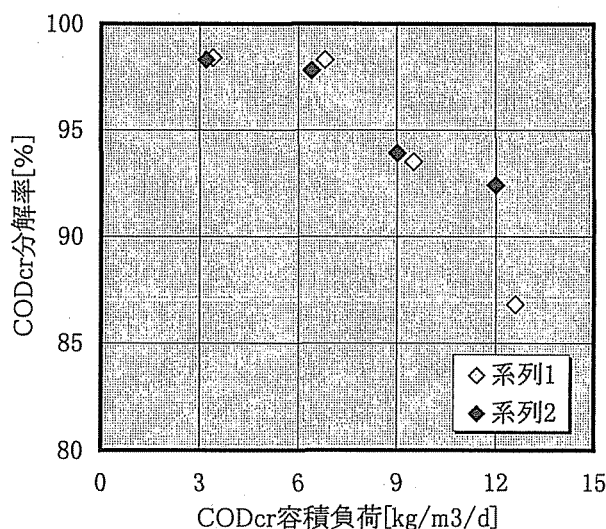


図3 COD_{cr}容積負荷に対するCOD_{cr}分解率

(3) pHと揮発性有機酸

図4に系列2におけるCOD_{cr}容積負荷に対するpHおよび揮発性有機酸濃度を示した。

実験期間を通して、メタン槽内のpHは8.0付近で安定していた。メタン槽内の酢酸およびプロピオン酸濃度はCOD_{cr}容積負荷の上昇にともない徐々に高くなる傾向を示したが、COD_{cr}容積負荷12.0 kg/m³/dの場合でも、2,000mg/L以下で安定していた。

実験期間中のpH、酢酸およびプロピオン酸濃度は、妥当な範囲内であり¹⁾、発酵が順調に進行したと判断した。

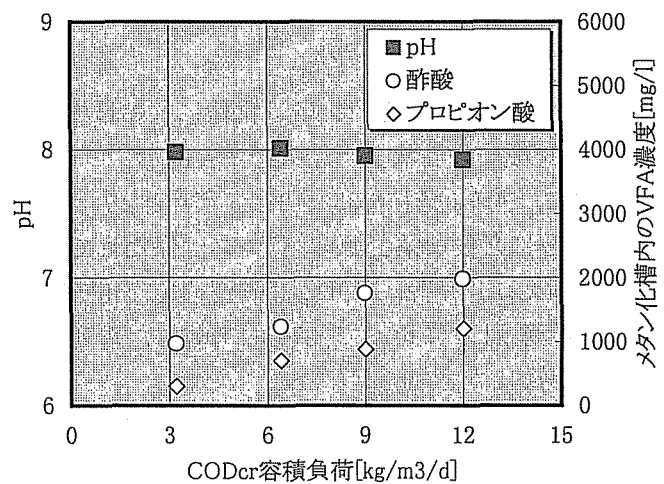


図4 pHと揮発性有機酸

(4) バイオガス発生量

図5に系列1および系列2におけるCOD_{cr}容積負荷に対するリアクタ容積あたりのバイオガス発生量を示した。

このプロットの傾きから、COD_{cr}1kgあたり約0.5m³のバイオガスが安定して発生した。この値を投入生ごみ量に換算すると、生ごみ1tあたり、110m³のバイオガスが発生する。

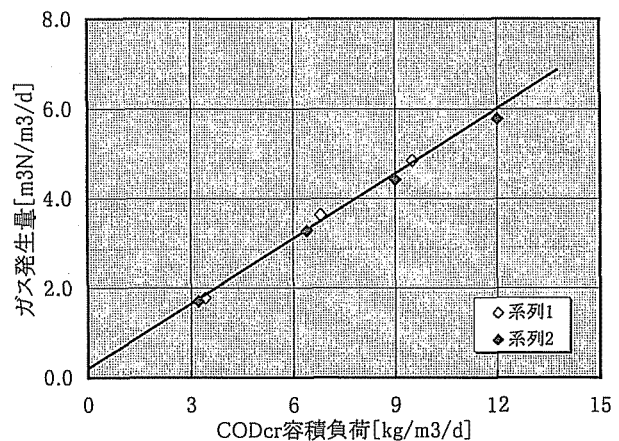


図5 COD_{cr}容積負荷とガス発生量

(5) アンモニア性窒素と揮発性有機酸

食品廃棄物のメタン発酵において、タンパク質の分解にともないアンモニア性窒素が蓄積し、メタン発酵に阻害をおよぼすケースがしばしば報告されている²⁾。図6にメタン化槽内のアンモニア性窒素濃度に対する酢酸およびプロピオン酸の濃度を示す(系列2)。メタン槽内のアンモニア性窒素濃度はCOD_{cr}容積負荷の上昇にともない徐々に高くなり、VFA濃度も徐々に上昇したが、メタン化槽内のアンモニア性窒素濃度4,800[mg/L]の場合でも、酢酸、プロピオン酸の濃度は、ともに2,000[mg/L]以下で安定していた。

生ごみバイオガス化システムで広く利用されている高温メタン菌は、アンモニア性窒素濃度が2,500[mg/L]以上になるとメタン生成活性が低下するという報告があり³⁾、中温メタン菌の方がアンモニア性窒素に対する耐性が高いとされているが、本実験でも同様の結果が得られた。

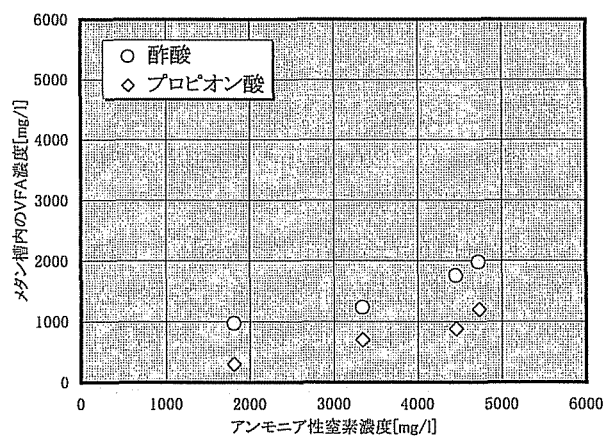


図6 アンモニア性窒素と揮発性有機酸

4. システムフロー

本実験の結果から、燃料電池による発電と2次処理設備による河川放流を行った場合のシステムフローを図7に示す。

生ごみ1tを分解することによって、110m³のバイオガスが生成した。バイオガスは通常65%程度のメタンを含有しているため、燃料電池に供給することにより240kWhの電気と880MJの熱を得ることができる。

一方、メタン発酵設備と污泥処理設備から排出される脱離液は依然として多くの有機分や窒素分を含んでいるため、水処理設備で2次処理され、污泥は処理後残渣として回収される。

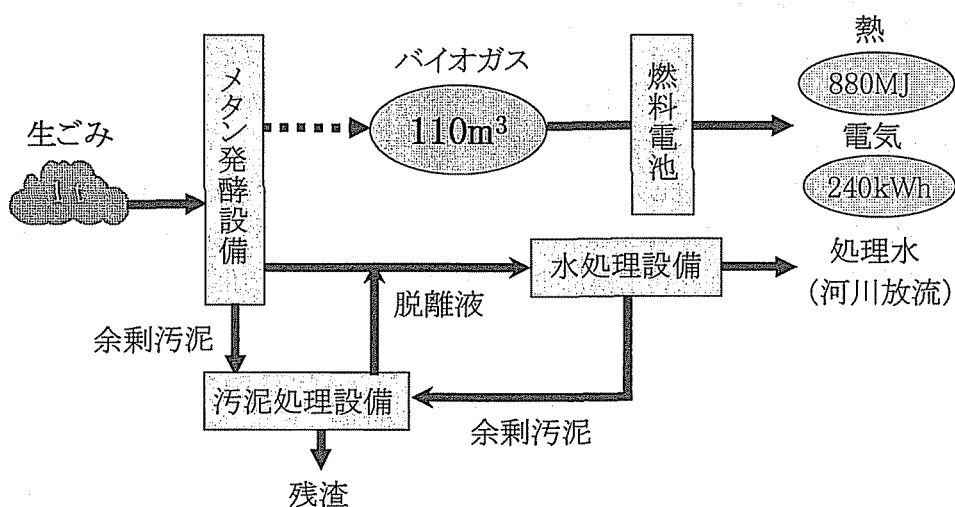


図7 システムフロー

5. まとめ

- ・達成した COD_{cr} 容積負荷と有機物分解率から、貯留槽を約 5°C に保った系列 1 に比べ、37°C に加温した系列 2 の方が、処理速度は速いことが明らかになった。
- ・中温メタン発酵の採用により、無希釈の人工生ごみでも、アンモニア性窒素濃度 4800mg/L まで安定してメタン発酵を行えることを確認した。

参考文献

- 1) 厚生省資料(1996)
- 2) 李玉友・佐々木宏・奥野芳男・関廣二・上垣内郁夫: 生ごみ・し尿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、No. 12、867-874(1998)
- 3) 李玉友、佐々木宏、関廣二、上垣内郁夫: 有機性廃棄物の高濃度メタン発酵におけるアンモニア阻害の解析、第 34 回日本水環境学会年会講演集、189(2000)