

有機性廃棄物の組成分析とメタン発酵特性

【環境化学室】

松田直子

1 はじめに

鳥取県は、梨、ラッキョウ、スイカの有数の産地であり、全国に出荷され本県のイメージ産品となっている。しかし、その一方で、ラッキョウの加工残さや規格外の梨くず、スイカくずなどの廃棄物が多量に発生し、その処理に困窮しているのが現状である。

そこで、本研究ではこれらの有機性廃棄物の再資源化を行うため、化学組成分析を行いメタン発酵法によるガス生成特性の把握、発酵阻害要因の究明及び効率的な発酵方法の検討を行った。

2 実験方法

1) 対象廃棄物の化学組成分析及びCOD分析

対象廃棄物（スイカ、梨、ラッキョウくず）の化学組成（水分、灰分、タンパク質、脂質、ホロセルロース、-セルロース、リグノセルロース、リグニン）を分析した¹⁾。

また、JIS K0102に準拠しCOD_{cr}の分析を行った。

2) バッチ式メタン発酵試験²⁾

メタン発酵試験には、財団法人鳥取県天神川流域下水道公社天神浄化センターの消化汚泥槽から採取した消化汚泥を、35℃で約1ヶ月間馴養してメタン発酵試験の種汚泥として用いた。対象廃棄物はミキサーで破碎し、冷凍保存したものをメタン発酵試験の原料として使用した。

バイオガスの回収

発酵槽（500ml三角フラスコ）に、各原料を有機物量（水分と灰分を除いた量）が2g（各原料の有機物量1gの重量はスイカ13.74g、梨7.91g、ラッキョウ6.60gであり、以下1g-vsと表記する。）となるように採取し、水を加えて試料容量を100mlに調製した。次に種汚泥250mlを添加し、発酵槽の中の空気を窒素ガスで置換した後、ポリプロピレンチューブをつないだゴム栓で封をして、チューブの先をガスホルダーと接続した。バイオガス回収は塩酸酸性飽和食塩水中で水上置換することにより行い、発酵槽は35℃に保った。

メタン発酵条件試験

発酵槽の条件を次のとおり変化させて、バイオガス回収量を測定した。

メタン発酵温度

発酵槽の温度を55℃にした。

栄養塩の添加

発酵液350mlに対し0.035mg（発酵槽中濃度として0.1mg/l）のニッケル及びコバルトを添加した。

前処理試験

発酵槽に投入する前に80℃で2時間及び100℃で2時間加熱処理を行い、バイオガス回収量を測定した。

ラッキョウの添加量試験

阻害要因が多いと考えられたラッキョウについて、原料を1g-vs、2g-vs、4g-vs、6g-vs、8g-vsと段階的に変えて添加し、バッチ式メタン発酵試験を行い、バイオガス回収量、pH及び揮発性有機酸（酢酸、プロ

表1 対象廃棄物の化学組成分析結果

(単位：%)

(%)	水分	灰分	有機物					
			たんぱく質	脂質	ホロセルロース		リグニン	
					-セルロース	ヘミセルロース		
スイカ	92.30	0.42	7.28	0.66	0.19	1.58	1.38	0.89
梨	87.03	0.33	12.64	0.42	0.18	3.22	2.91	2.19
ラッキョウ	84.63	0.21	15.16	0.53	0.34	1.07	2.09	0.67

ピオン酸、イソ酪酸、酪酸、イソ吉草酸、吉草酸)を測定した。pHはガラス電極法により、揮発性有機酸はFID-ガスクロマトグラフで測定¹⁾した。

3 結果及び考察

1) 化学組成分析結果及びCODcr分析結果

対象廃棄物の化学組成分析結果を表1に示す。いずれの廃棄物も水分が多く、アンモニアが発生する原因となるたんぱく質及び脂質は少なかった。また、梨は分解が困難と考えられている³⁾セルロースやリグニンといったリグノセルロース類を8.32%と多く含有していた。

CODcr分析結果は、スイカで68900mg/kg、梨で104000mg/kg、ラッキョウで100000mg/kgであった。

2) メタン発酵試験

バッチ式メタン発酵試験の結果

バイオガス発生量は270~430Nml/g-VSであり、スイカくずにおいてバイオガス発生量が多く、ラッキョウくずでは少なかった(図1)。

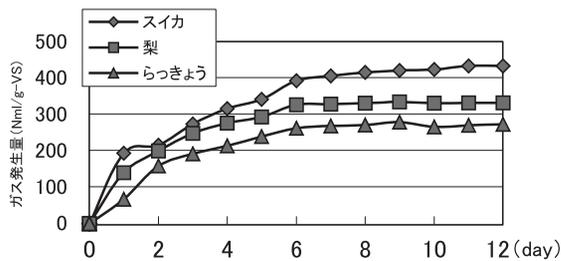


図1 バイオガス発生量

バイオガス発生量予測値及び理論値と実測値との比較 予測値の算出

廃棄物の化学組成分析結果(表1)からバイオガス発生量を予測した。メタンガス発生量の予測は以下の式⁴⁾で行い、有機物量は全体から水分、灰分を除いたものとした。

$$\text{メタンガス発生量 (l/g-VS)} = \{ 3.16/1000 \times (\text{有機物量}(\%) - \text{ヘミセルロース}(\%) - \text{リグニン}(\%)) + 0.03 \} \times \text{原料1g-VSの重量 (g)} \dots\dots$$

また、メタン発酵におけるバイオガス中のメタンガス含有率は一般的に60%と言われているため⁵⁾、今回発生したバイオガス中のメタンガスの割合を60%と仮定して、式のとおりバイオガス発生量の予測値を求めた。

バイオガス発生量 (l/g-VS)

$$= 10/6 \times \text{メタンガス発生量 (l/g-VS)} \dots\dots$$

理論値の算出

CODcr分析の結果から、以下の式によりメタンガス発生量の理論値を求めた。

$$\text{メタンガス発生量 (Nml/g-VS)} = 0.35 \times \text{CODcr (mg/kg)} \times \text{原料1g-VSの重量 (kg)} \dots\dots$$

また、と同様にメタンガスの含有率を60%と仮定し、式によりバイオガス発生量の理論値を求めた。

ガス発生量 (Nml/g-VS)

$$= 10/6 \times \text{メタンガス発生量 (Nml/g-VS)} \dots\dots$$

実測値との比較

実測値(発酵条件:バッチ式、発酵温度35℃、加熱処理無し)と上記で求めた予測値及び理論値と比較した(表2)。

化学組成による予測値との比較では約40%のバイオガス回収率であり、CODcr分析による理論値と比較すると約70%の回収率であった。

メタン発酵条件試験結果

発酵温度及び栄養塩の添加によるバイオガス回収量の増加は見られなかった。

前処理試験結果

梨、ラッキョウにおいて80℃で加熱した場合、バイオガス回収量が増加した(表3)。

前処理により、何らかの発酵阻害の改善又は発酵促進の効果があったと考えられた。

表2 バイオガス回収量の実測値と予測値、理論値との比較

	実測値 (Nml/g-VS)	化学組成による予測値		CODcrによる予測値	
		予測値 (Nml/g-VS)	割合	理論値 (Nml/g-VS)	割合
スイカ	430	1050	41%	550	370
梨	330	710	46%	480	540
ラッキョウ	290	760	38%	390	330

表3 加熱処理によるバイオガス発生量

	加熱無し	80℃加熱
スイカ	430	370
梨	330	540
ラッキョウ	290	330

(単位: Nml/g-VS)

ラッキョウの添加量の試験結果

添加量を段階的に増加させた場合、6g-VS以上のラッキョウを添加したときにガス回収量の低下が見られ、同時にpHの低下、有機酸濃度の上昇が見られた（表4）。なお、イソ酪酸、イソ吉草酸、吉草酸は検出されず、プロピオン酸は6g-VS、8g-VS添加したものにおいて100mg/l程度検出された。

このことから、多量の原料を添加した場合、有機酸の生成量が分解量を超えるため、有機酸が蓄積し、pHが低下することにより、発酵阻害が起こったと考えられた。

表4 ラッキョウの添加量別ガス発生量等の比較

添加量	ガス発生量 (Nml/g-VS)	pH	揮発性有機酸 (mg/l)	
			酢酸	酪酸
1/g-VS	308	8.5	0	0
2/g-VS	321	8.5	0	0
4/g-VS	327	7.9	20	20
6/g-VS	264	4.9	2700	2900
8/g-VS	250	4.6	4300	5700

4 まとめ

- 1) 組成分析の結果、どの廃棄物も水分が多く、タンパク質や脂質が少なかった。
- 2) バッチ式試験では270～430Nml/g-VSのバイオガスが回収できた。CODcrから予測される理論値との比較では約70%の回収率であった。
- 3) 発酵温度の違いや栄養塩の添加による発酵効率の向上は見られなかったが、原料を80℃で加熱処理した場合、梨とラッキョウにおいて回収量の増加が見られた。
- 4) ラッキョウにおいては、今回行ったバッチ式試験の条件では6g-VS以上の添加によりpHの低下をまねき、有機酸による発酵阻害が起こることがわかった。

参考文献

- 1) 鳥取県衛生環境研究所報 第45号 (2005) p85-89
- 2) 各種畜産廃棄物の嫌気消化処理におけるメタンガス発生量、廃棄物学会誌 (1999) vol.10 No.1 p1-8
- 3) バイオガス実用技術、Heinz Schulz Brabara Eder 共著 浮田良則 訳 オーム社 (2002) p25

4) 組成分析の基づいた有機性固形廃棄物の再資源化用途の評価、環境科学会誌 (2001) vol.14 No.2 p165-171

5) 有機性廃棄物からのバイオガス回収技術とその利用、水環境学会誌 (2004) vol.27 No.10 p11-15

6) 産業廃水処理のための嫌気性バイオテクノロジー、R.E.Speece 原著 松井三郎・高島正信 監訳、技報堂出版 (1999) p29-35、p92-94、p293-296