

アタカ工業 (株) ○奥野芳男、李玉友、佐々木宏
関廣二、上垣内郁夫

1. はじめに

し尿や浄化槽汚泥および生ゴミなどの液状廃棄物の循環型処理プロセスとして高濃度メタン発酵によるエネルギー回収技術が注目されている。そこで、し尿処理施設の余剰汚泥（以下、し尿汚泥という）に生ゴミを混合した高濃度液状廃棄物を用いて中温メタン発酵と高温メタン発酵の連続実験を行った。ここでは、実験結果よりメタン発酵特性に及ぼす発酵温度および水理的滞留時間(HRT)の影響について報告する。

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

実験装置の概略図を図-1に示す。発酵槽はガス攪拌方式とし、生成したバイオガスをポンプ循環することにより混合攪拌した。基質の投入は1日に数回、タイマー作動の投入ポンプにより行い、消化混合液は気液分離槽を経て貯留槽に排出した。発酵槽温度はウォータージャケットへの温水循環によりコントロールした。生成されるバイオガスは、ガスメーターにより計測した。また基質貯留タンクの温度は $4 \pm 1^\circ\text{C}$ に保持した。

2.2 実験条件

実験条件を表-1に示す。2系列の発酵槽を用い、温度条件をそれぞれ中温 ($36 \pm 1^\circ\text{C}$)、高温 ($55 \pm 1^\circ\text{C}$) とした。滞留時間(HRT)は、投入ポンプのタイマーにより30、15、10日に設定した。種汚泥は、中温および高温の消化汚泥を生ゴミを基質として3カ月以上馴致したメタン発酵消化混合液を使用した。

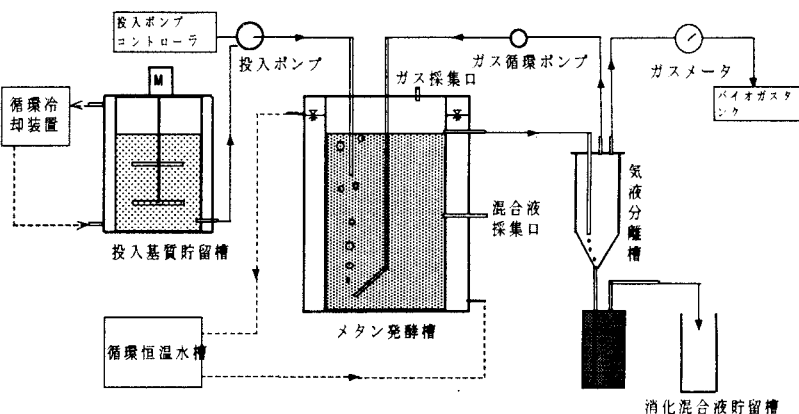


図-1 メタン発酵連続実験装置の概要図

表-1 実験条件

消化温度 ($^\circ\text{C}$)	発酵槽 1	36 ± 1 (中温)
	発酵槽 2	55 ± 1 (高温)

投入する基質は、人工生ゴミ¹⁾をミキサーで粒径3mm以下に粉砕し、これにH町し尿処理施設から採取したし尿汚泥（脱水ケーキ：含水率約85%）をT S比で9：1の割合で混合し、T S濃度約10%に水道水で調整した。

2.3 測定項目と分析方法

実験では、ガス組成、揮発性脂肪酸 (VFA) 濃度およびCOD_{Cr}濃度などに関して1週間に1～2回分析¹⁾を行い、各HRT条件の定常状態における3～4回のデータを平均して代表値として採用した。

Run No.	HRT (日)	COD容積負荷 (g-COD/L・日)	VS負荷 (g-VS/L・日)
1	30	4.50	2.83
2	15	9.33	5.81
3	10	13.90	8.52

3. 実験結果および考察

3.1 投入基質濃度

投入した基質濃度の平均値を表-3に示す。TS濃度は平均95.1g/L、有機物含有率(VS/TS比)は90.1%であった。

3.2 有機物分解率とガス生成量

(1) CODとVS分解率

HRT10~30日で運転したが、HRT10日、COD容積負荷14g-COD/L/dの高負荷条件でも高温、中温条件ともに安定したメタン発酵が可能であった。

中温と高温条件でのHRTとCOD分解率、VS分解率の関係を図-2に示す。高温条件でのCOD分解率は76~80%、中温条件では、70~75%であった。また、VS分解率は、高温条件で78~82%であり、中温条件では71~77%であった。いずれもHRTを短縮するに従って低下し、COD、VS分解率は、中温に比べ高温の方が高い傾向にあった。

下水処理場の混合汚泥の中温消化の実績では、COD分解率60%、VS分解率54%が報告されている²⁾。このことから、生ゴミは汚泥に比べ易分解性の有機物に富んでおり、メタン発酵による減量化が有効であることを示唆している。

(2) 炭水化物、蛋白質および脂肪の分解

炭水化物、蛋白質および脂肪の分解率とHRTの関係を図-3に示す。高温条件において、HRT10~30日での炭水化物、脂肪、蛋白質分解率はそれぞれ94~95%、87.2%~87.4%、40~52%であった。また中温条件において、それぞれ、92.7~93.0%、83~87%、28~40%であり、いずれも高温条件の分解率が高い傾向にあった。

また三成分の分解率の高さは炭水化物>脂肪>蛋白質の順であり、蛋白質に比べ炭水化物と脂肪の分解率が高い傾向にあった。蛋白質では分解とともに菌体の合成が行われ、見かけ上分解率が低くなっているためと考えられる。

(3) ガス生成量

HRT10~30日における投入VS当たりのガス生成量は、高温、中温でそれぞれ0.72~0.77L/g-VS、0.68~0.71L/g-VSとなり高温発酵が若干高かった。また、バイオガス中のメタン(CH_4)含有率は、高温、中温でそれぞれ58~61%、58~60%と同程度であった。

中温消化における混合汚泥のガス生成量は約0.63L/g-VS²⁾が報告されている。生ゴミと汚泥の混合により有機物分解率が向上したことがガス生成量に影響したと考えられる。

表-2 投入基質濃度
(生ゴミ+し尿汚泥)

項目	濃度
pH	(-) 4.48
TS (g/L)	95.1
VS (g/L)	85.7
SS (g/L)	60.4
VSS (g/L)	56.3
COD _{cr} (g/L)	138.0
炭水化物 (g/L)	35.2
蛋白質 (g/L)	21.9
脂肪 (g/L)	7.9

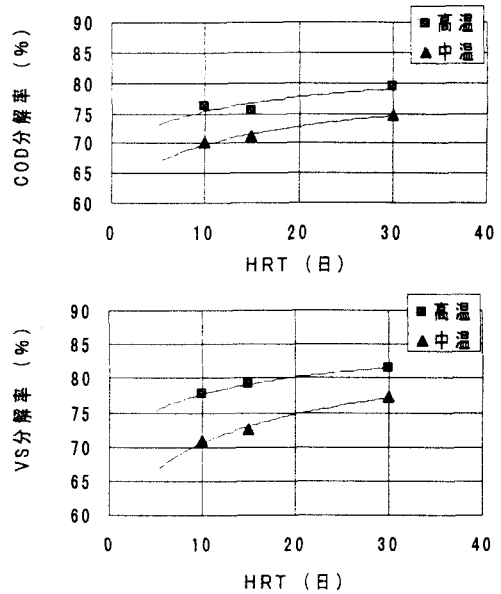


図-2 COD分解率、VS分解率の発酵温度とHRTによる影響

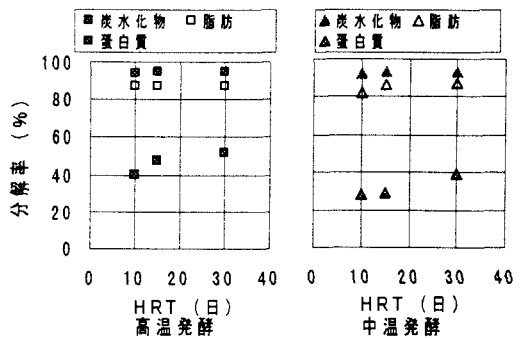


図-3 炭水化物、脂肪、蛋白質の分解率

3.3 揮発性脂肪酸 (VFA)

高温条件と中温条件の各HRTにおけるVFA濃度の組成を図-4に示す。中温と比較すると、高温条件のVFA蓄積が多い傾向にあった。一方、高温条件でHRT10日のVFAが15、30日に比較して低くなっている。これは、Run3において、栄養塩類 (Fe、Co、Ni) を連続投入したことによりVFAが低下したためである。著者ら³⁾は、生ゴミを基質とした高温メタン発酵連続実験において、栄養塩類を補給することによりVFAの低下および安定運転が可能であったことを報告したが、本実験においても同様な効果を確認した。

3.4 COD物質収支

有機物の存在形態を固形物、溶解性物質およびメタンガスに大別し、量論式から求めたCOD換算係数により各条件でのCOD物質収支を算出し⁴⁾、結果を図-5に示す。投入基質、高温、中温の固形物CODの割合はそれぞれ60%、11~14%、20~26%であり、高温条件において可溶化が進行しやすいことがわかる。溶解性成分VFA、SVS、Othersの割合も、中温に比べ高温が多かった。

メタンガスへのCOD転換率は高温、中温でそれぞれ、76~79%、70~75%であり、COD分解率とよく整合した。全体の収支は96~103%でCOD物質収支が取れていることを確認した。

4. まとめ

(1) HRT10日、COD容積負荷14g-COD/L/dの高負荷条件で高温、中温条件とも安定した処理が行えた。

(2) 高温条件におけるCOD分解率、TS分解率はそれぞれ76~80%、78~82%、中温条件においては70~75%、71~77%であり、高温条件の分解率が高い結果となった。投入VSあたりのガス生成量は、高温0.72~0.77L/g-VS、中温0.68~0.71L/g-VSとなった。

(3) 中温と高温を比較すると、高温条件において揮発性脂肪酸(VFA)の蓄積が見られたが、栄養塩類を連続添加することにより減少することができた。

(4) COD物質収支の計算より、投入CODのメタンガスへの転換率は、高温で76~79%、中温で70~75%であり、高温で若干高かった。

今後、生ゴミと汚泥の混合比率を変化させた連続実験を行い、温度条件や混合比率の影響などを検討する。

(参考文献)

- 1) 奥野芳男他、生ゴミと汚泥の高濃度メタン発酵処理特性、廃棄物学会第8回研究発表講演論文集(1997)
- 2) Y. Y. Li *et al.*, ECOLOGICAL ANALYSIS OF THE BACTERIAL SYSTEM IN A FULL-SCALE EGG-SHAPED DIGESTER TREATING SEWAGE SLUDGE, Proc. 8th International Conf. on Anaerobic Digestion, (1997)
- 3) 佐々木宏他、生ゴミの高濃度メタン発酵処理特性、廃棄物学会第8回研究発表講演論文集(1997)
- 4) 李 玉友、野池達也、嫌気性消化の酸生成相における余剰汚泥の分解特性、水質汚濁研究 第10巻、第12号 (1987)

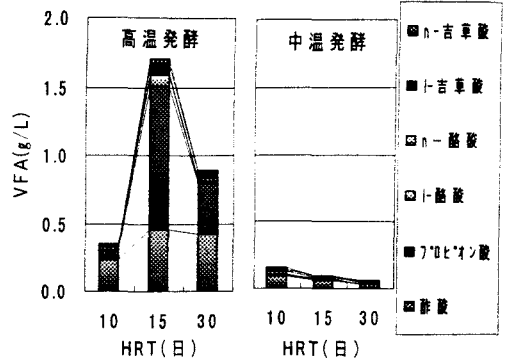


図-4 高温・中温におけるVFAの比較

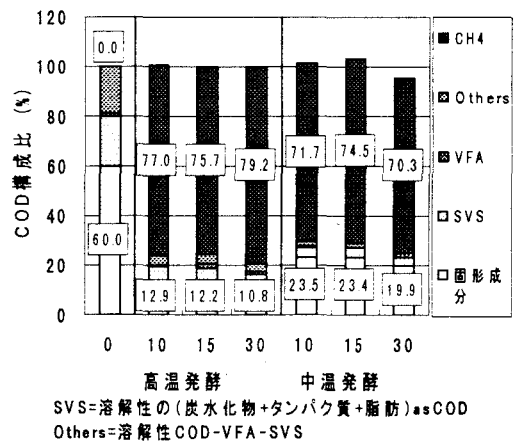


図-5 中温および高温メタン発酵におけるCOD物質収支