

短報

生ごみ・し尿汚泥等混合有機性廃棄物の高効率メタン発酵に関する基礎的研究

田所正晴，吉野秀吉
(環境工学部)

経常研究 [平成13年度]

1. はじめに

近年，環境負荷の増大により，廃棄物のリサイクルやエネルギー回収などを推進する資源循環型社会システムへの転換が求められている。このため，平成10年度から，し尿処理施設に生ごみ等種々の有機性廃棄物の処理機能を付加させ，メタン発酵によるエネルギー回収等を行う資源循環型施設である「汚泥再生処理センター」のみが国庫補助対象とされるようになった。これに対応するメタン発酵は，従来とは異なる減量化とエネルギー生産を目指した高固形物濃度・高負荷処理であるため，技術的には一応の段階に達したものの，国内では実用化されたばかりで実績は少ない。そのため，高効率のメタン発酵技術を十分把握できず，対象物となる種々の有機性廃棄物の処理特性や安定的な運転方法の検討が必要である。

そこで，メタン発酵によりバイオガスを高速かつ効率的・安定的に回収する基礎技術を確立することを目的に，生ごみや汚泥等の有機性廃棄物を処理対象として，その適用可能性や運転条件について基礎的検討を行った。

2. 実験方法

2.1 回分式メタン発酵実験 (高温発酵)

種汚泥は，県内のプラントメーカーから供与された高温メタン発酵汚泥で，濃縮後実験に供した。

基質には，有機性廃棄物である種々の生ごみ (果物類 (バナナ皮)，野菜類 (キャベツ)，肉魚類 (サバ魚くず)，残飯類 (コーン)) および有機性汚泥 (浄化槽汚泥) を用いた。これらの材料は，ミキサーで 2mm 以下に粉碎しスラリー状に調整した。

培養液は，上記の基質 10mL と種汚泥を混合して固形物 (TS) 濃度を水で約 10% に，また pH を中性に調整した。これを培養びん (200mL) に 100mL 入れて空間部を窒素置換後，50℃ の恒温槽内で 14 日間振とう培養し，基質としてのメタン発酵適用可能性を試験した (当たり試験)。発生したバイオガスはガス捕集袋で捕集し発生量を測定した。

2.2 連続式メタン発酵実験

(1) 中温メタン発酵実験

実験装置は，発酵槽 (有効容量 1 L) と発生ガスを回収するガス捕集管からなる。発酵槽は 36℃ に保持し，攪拌子により常時攪拌混合した。

種汚泥は，下水処理場の嫌気性消化槽 (中温発酵) より消化汚泥を採取し，濃縮後実験に供した。

基質には，し尿や浄化槽汚泥を想定しペプトンと肉エキスを主成分とした液体合成基質 (BOD 15,000mg/L, TS 21,000mg/L) を用いた。滞留日数は 7 ~ 15 日，発酵温度 36℃，有機物 (VTS) 負荷 0.87 ~ 3.0kg/m³・日の範囲で連続処理した。

(2) 高温メタン発酵実験

発酵装置，種汚泥および基質は，中温発酵と同様のものを使用した。ただし，種汚泥は発酵温度 50℃ で馴養した。処理条件は，滞留日数 7 日，有機物負荷 3.0kgVTS/m³・日で行った。

2.3 測定項目

バイオガスの発生量と組成，発酵液の pH，揮発性有機酸 (VFA)，アンモニア性窒素 (NH₄-N)，全有機性炭素 (TOC) 等を測定した。

3. 結果および考察

3.1 種々の有機性廃棄物におけるメタン発酵特性の確認 (回分実験)

(1) ガス発生量

種々の生ごみや浄化槽汚泥を基質として，14 日間で回収されたバイオガス発生量を測定したところ，表 1 のとおりであった。発生量はいずれも経過日数 10 日頃から横ばいとなり，その後著しい増加はなかった。14 日間における培養液 1 L 当たりのガス発生量は，果物類が最も多く，次いで残飯類，肉魚類，浄化槽汚泥，野菜類の順であった。ただし，基質中の VTS 1g 当たりのガス発生量は 0.45 ~ 0.58L/g-VTS で，肉魚類が最も少なかったが，その他はほぼ同様で，基質による大きな違いはないことがわかった。

(2) 発生ガスの組成

表 1 より，発生ガス中のメタン (CH₄) 濃度は 47 ~ 67% で，浄化槽汚泥が最も高く，肉魚類が最も低かった。一方，二酸化炭素 (CO₂) 濃度は 28 ~ 39% で，野菜類が最も高く，浄化槽汚泥が最も低かった。この両ガス成分の合計値はいずれも 90% 以上を占めたが，肉魚類のみが 79% と低く，残りのガス成分として有機酸から生成された水素あるいは混入した空気が推測された。なお，硫化水素 (H₂S) は，0.10 ~ 0.68% の濃度で，いずれも硫化水素阻害の濃度 (1.5%) 以下であった。

(3) 発酵培養液中の VFA

培養液中に蓄積した VFA は，酢酸とプロピオ

ン酸が主体であった。この2種類の有機酸合計濃度は、果物類や肉魚類のようにガス発生量の多かった基質は300mg/L以下と低く、逆に野菜類のように少ないものは500mg/L以上と濃度が高くなる傾向があった。

3.2 中温発酵による処理特性（連続実験）

滞留日数7～15日，VTS負荷0.87～3.0kg/m³・日の範囲で処理したところ，滞留日数は短いほど，有機物負荷は高いほど，VFAの蓄積が進行し，最大8,800mg/Lまで上昇するなど，VFA阻害濃度¹⁾を大幅に超過した。この結果，処理機能が阻害され，図1に示したように有機物除去やガス発生量が低下する傾向があった。また，バイオガスのメタン含有率も50%以下に低下した。

3.3 高温発酵による処理特性（連続実験）

高温メタン発酵の馴養を前述した条件で行った結果，1カ月間経過しても定常状態が得られず，BOD除去率が平均52%，TOC除去率は平均37%と非常に低かった。特にVFAは，8,840mg/Lまで蓄積し，高濃度発酵におけるメタン生成菌の阻害濃度5,000mg/L¹⁾を著しく超過した。このため，有機物1g当たりのガス発生量は0.047～0.080L/g-VTSと非常に少なかった。NH₄-Nは平均2,300mg/Lで，アンモニア性窒素による阻害濃度3,500mg/L²⁾を大きく下回った。

このようなことから，高温発酵はメタン発酵の高効率化に有効といわれているが，多量の加温エネルギーを必要とするだけでなく，馴養が困難で長期間を要すること，機能も容易に回復しないことなど，欠点も少なくないことがわかった。ただし，最適な滞留日数や負荷条件については，さらに検討が必要と考えられた。

表1 種々の有機性廃棄物におけるバイオガスおよび培養液の特性（回分実験）

廃棄物の種類	果物類	野菜類	肉魚類	残飯類	汚泥類
ガス発生量 (L/L-培養液)	14	6.9	7.3	12	7.0
ガス成分 (%)					
CH ₄	58	52	47	56	67
CO ₂	32	39	32	38	28
H ₂ S	0.54	0.68	0.20	0.13	0.10
有機酸 (mg/L)					
酢酸	200	310	280	160	210
プロピオン酸	100	250	220	120	60

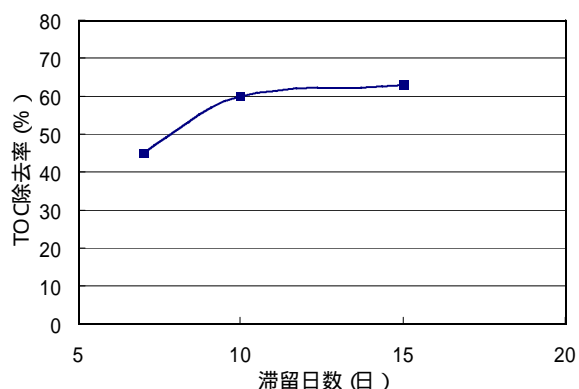


図1 メタン発酵における滞留日数と有機物除去率の関係（中温発酵）

4. まとめ

生ごみ等の有機性廃棄物を対象にメタン発酵実験を行い，その適用性や運転条件について検討を行った結果，以下のような知見が得られた。

1) 回分実験： 種々の生ごみによる発生ガス中のCH₄は47～67%の範囲にあり，基質別にみると，野菜くずがガス発生量，メタン含有濃度ともに低く，VFAが蓄積しやすかった。ただし，基質中のVTS1g当たりのガス発生量は0.45～0.58L/g-VTSで，基質による大きな違いはなかった。

培養液に蓄積したVFAは酢酸とプロピオン酸が主体で，その合計濃度でみると，果物類や肉魚類のようにガス発生量の多かった基質は300mg/L以下と低く，野菜類のように少ないものは500mg/L以上と濃度が高くなる傾向があった。

2) 連続実験： 高温メタン発酵は高効率化に有効といわれているが，馴養が困難で長期間を要すること，機能低下すると回復が容易でないことなどの欠点を有することがわかった。また，中温発酵でも滞留日数が短すぎるとVFAによる機能阻害が生じる可能性があった。

参考文献

- 1) (社)全国都市清掃会議：汚泥再生処理センター等施設整備の計画・設計要領，266～283(2001)。
- 2) 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)