

# 嫌気性発酵システムによるガス発生効率化および実用性能についての検討

日大生産工 (院) ○木科 大介 日大生産工 大木 宜章  
日大生産工 関根 宏 日大生産工 高橋 岩仁

## 1 序文

現在、環境に対する問題意識は世界規模で高まっており、なかでも化石燃料の燃焼による地球温暖化問題は対策が急がれている。この対策の一方向として、嫌気性発酵(メタン発酵)によるエネルギー生産の技術が挙げられ多くの研究が行われている。しかし、現代の我が国における廃棄物への制度・規制および廃棄物回収のコスト等の問題が、嫌気性発酵の実用化に大きな障害を与えているのが現状である。

本研究は「発生した廃棄物は発生現場で処理する」ことを研究理念とし、小規模コミュニティ(公共施設、家庭等)における廃棄物からのエネルギー回収を目的としている。そこで、連続バッチ式の小型嫌気性発酵システムを作成し実用性能についての検討および予備実験による発酵メカニズムの解明・効率化を図った。

## 2 実験条件および方法

### 2.1 試料条件

試料は単位体積あたりの含有有機物量が最も少ないキャベツを使用し、嫌気性発酵によるガス化の最低条件を得た。なお、試料は粉碎機によりスラリー状にし、菌体による分解の均一化を図った。また、一般家庭から1日に廃棄される生ゴミ量は 150mlといわれており、本実験での試料量はその二日分に相当する 300mlとした。

### 2.2 実験装置および方法

嫌気性発酵における有機物の分解は大きく消化工程と発酵工程の2つに分けられる。先ず、消化工程では通性嫌気性菌により有機酸およびエタノールを生成し、その後、発酵工程では消化工程で生成された物質(消化試料)を絶対嫌気性菌が分解し  $\text{CH}_4$  および  $\text{CO}_2$  ガスを生成する。そこで本研究は異なる菌体に最適な環境を与え効率的分解を図るため、消

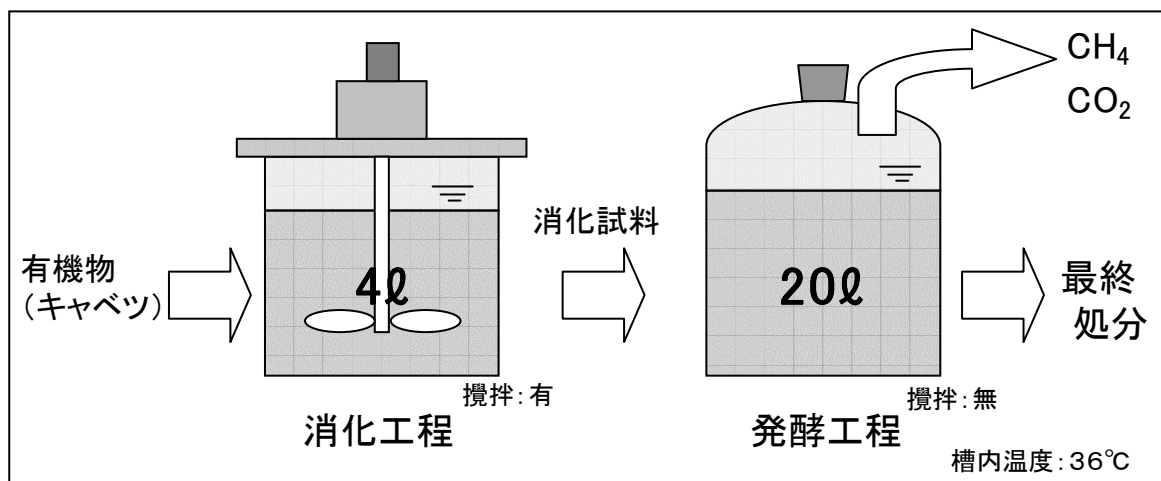


図-1 実験概略図

Study on Gas Generation Efficiency Improvement by Anaerobic Fermentation System and Performance in Use

Daisuke KISHINA, Takaaki OHKI, Hiroshi SEKINE and Iwahito TAKAHASHI

化工程と発酵工程を分ける2槽式実験装置により嫌気性発酵を行った。

実験概略図を図-1に示す。実験装置規模は過去の研究結果に基づき設定し、試料負荷量300 mlに対する可能容量である

消化工程（消化槽）・・・4 l

発酵工程（発酵槽）・・・20 l

とした。なお、各槽内部には下水処理場より採取した消化汚泥を各工程に適するよう馴致させ、菌体の増殖を図ったものを種汚泥として使用した。

また、予備実験として実験装置の稼動に先立ち、本実験装置における嫌気性発酵メカニズムの解明を、1/5スケールの装置により同条件下で行った。

### 2・3 試料投入および測定条件

試料投入は実験装置の構造上、効率的に分解するため試料投入を48時間おきに行う連続バッチ方式とした。なお、試料投入日には、有機酸濃度およびガス分析を行い、消化工程有機物としてキャベツを、発酵工程には消化工程で生成された消化試料を投入した。

また、安定した消化状態でのpH・有機酸濃度の詳細な変化を見るために、6時間ごとに1サイクル(48時間)の分析を行った。

## 3. 実験結果および検討

### 3.1 予備実験による各工程の現象解明

#### (1) 消化工程

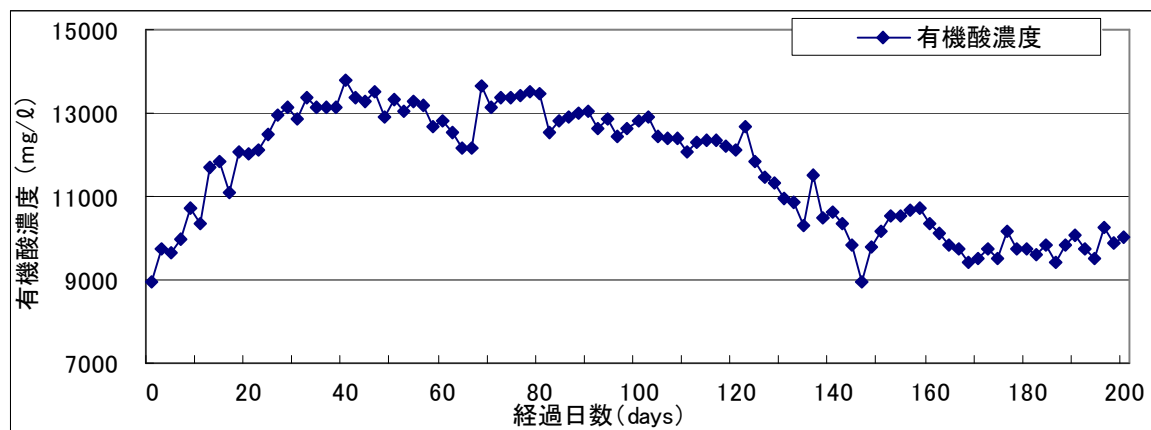


図-2 消化工程における pH および有機酸濃度の経日変化

#### [有機酸濃度および pH]

消化工程における実験開始から200日目までの有機酸濃度の経日変化を図-2に示す。実験初期段階、有機酸濃度は9,000 mg/lから増加し、30日目には有機酸濃度13,000 mg/lを示した。この状態で100日目まで平衡状態を保持した。しかし、その後徐々に減少傾向を示し、180日目時点で有機酸濃度は初期段階の9,000 mg/lにまで減少した。消化工程における有機酸濃度は発酵工程に投入する有機酸量に影響を与えるため、一定であることが望ましい。したがって、有機酸を高濃度で維持するための対策が必要である。

なお、pHは初期段階より4.5付近で安定した値を示した。

#### [ガス発生量]

消化工程におけるガス発生量は1日当たり600~800 mlであった。ガスの分析について

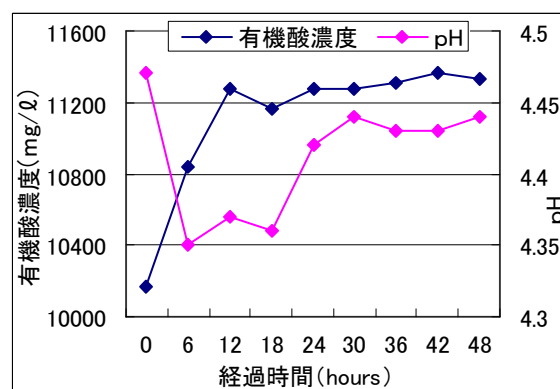


図-3 消化工程における有機酸濃度および pH の経時変化

は、実験装置の構造上、試料投入および排出時の空気の混入により正確な値が得られなかった。しかし、既存のバッチ式実験の解析によると、CO<sub>2</sub> が約 8～9 割と大部分であり、その他は O<sub>2</sub>、H<sub>2</sub> の発生がみられた。このことから連続バッチ式実験でも同様の割合でガスが発生していると考えられる。

**【試料減少量】**

投入された有機物量は消化工程においてガス化により約 82%まで減量した。このため投入試量に減少率をかけた量を消化試料として排出し発酵工程に投入した。なお、この排出により容量は減少するため、先の減少率を加味し、さらに試料負荷量を考慮して消化容量条件の一定化を計るべく、この投入有機物量は各サイクル 300 ml とした。

**【定常期における 1 サイクルの経時変化】**

安定した状態における 100 日目において、試料投入後 48 時間の有機酸濃度および pH の測定を行った。経時変化を図-3 に示す。有機酸濃度は 12 時間後まで著しい増加を示し、その後は平衡状態となった。pH は有機酸の増加に伴い 6 時間後まで低下し、18 時間後から上昇傾向を示した。この 1 サイクルにおける pH と有機酸の挙動は、既存のバッチ式実験の挙動と同様であった。

**(2) 発酵工程**

発酵工程における実験開始からの有機酸濃度およびガス発生量の経日変化を図-4 に示

す。なお、発酵工程は有機酸濃度の変化から 2 つの Step に分けられる。

**[Step 1]**

実験開始直後、有機酸濃度は増加し 20 日目には 720 mg/l となった。その後、濃度は減少し、40 日経過時には 350 mg/l を示した。この結果を検討すると、実験初期段階は試料投入による環境変化に対し、菌体が順応しておらず濃度増加し、その後の減少は徐々に順応した菌体が負荷以上の分解を行ったと推測される。このことは、開始直後よりガス発生量が徐々に増加していることからいえる。なお、ガス発生量は 20～40 日目にかけて約 1,700 ml と稼働期間の中で最大の値を示した。これは残存する高い有機酸濃度を分解することに起因したものとイえる。

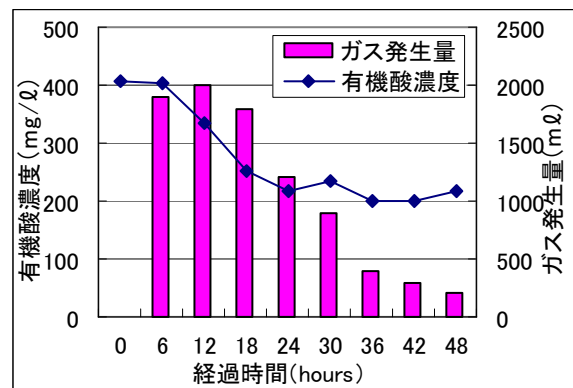


図-5 発酵工程におけるガス発生量および有機酸濃度の経時変化

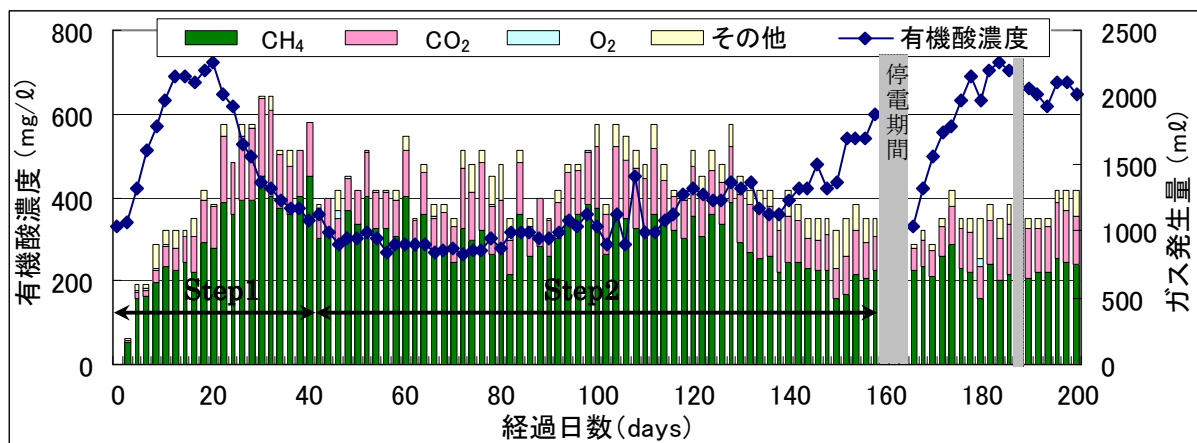
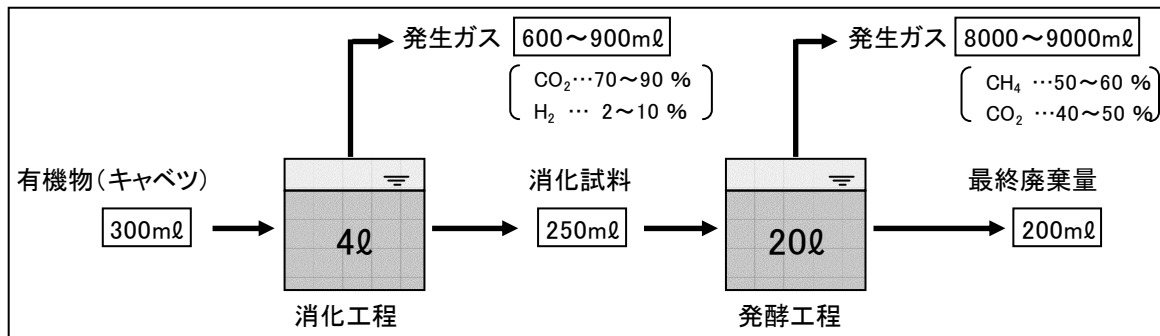


図-4 発酵工程におけるガス発生量および有機酸濃度の経日変化



図－6 嫌気性発酵フロー図

## [Step 2]

40日目以降、有機酸濃度は約900 mg/lと定常状態が継続した。ガス発生量は1,100～1,800 mlの範囲で推移しており、その内のCH<sub>4</sub>発生量も750～1,270 mlの範囲で安定した値を示した。また、馴致を経たStep 2の状態は、連続する有機物の負荷に対し、馴致期間を必要とせず分解されるため、効率的なガス発生ができるといえる。

なお、160～164日目(5日間)において、施設の都合により停電があったため、その間の試料供給を停止し、166日目以降、再び開始した。これにより、有機酸濃度は上昇傾向を示し、186日目には710 mg/lとなった。この要因として、停電期間により槽内温度が下がり、一時的に菌体活動が停止したと考えられる。また、166日目以降の状態は、実験初期段階の現象(馴致期間)と類似しており、今後、有機酸濃度は、馴致期間を経て徐々に減少し、定常状態に戻ると推測される。

## [定常期における1サイクルの経時変化]

安定した状態における100日目において、試料投入後48時間の有機酸濃度およびpHの測定を行った。経時変化を図－5に示す。有機酸濃度は6時間後までは400 mg/lで変化が見られなかったが、その後、徐々に減少し24時間後から200 mg/lで安定した。

ガス発生量は18時間後まで1,800～2,000 mlで安定した値を示した後、徐々に減少し、36時間以降は500 ml以下となった。この一連の挙動は消化工程同様、既存のバッチ実験

の結果と同様であった。なお、ガス発生総量はバッチ式実験に比し多く、このことから連続バッチにより、ガス発生の効率化が図られたといえる。

## 3. 2 嫌気性発酵システムの実用性能

嫌気性発酵システムの総合評価フロー図を図－6に示す。現在、嫌気性発酵システムは150日を経過して稼働中である。有機物(300 ml)の投入により、平均8,500 mlのガスを発生、発生ガス中のCH<sub>4</sub>は約4,500 mlとなった。また、発酵工程後の最終廃棄量は200 mlであり、このことから本嫌気性発酵システムによる廃棄物減少量は33%となった。この値は、処理場における一般的な減少量に比し低いものといえる。以上のことから、廃棄物減少量についての課題は残されるが、長期間における本嫌気性発酵システムの稼働状況から実用的な稼働は可能であるといえる。

## 4 まとめ

- 1) 消化工程において有機酸濃度の減少は嫌気性発酵に支障を与える恐れがあるため、減少の解明および対策が必要である。
- 1) 連続バッチ式による定常状態での分解は、馴致期間を必要とせず連続して安定したガス発生を行う。
- 3) 廃棄物減少量についての課題は残されるが、本嫌気性発酵システムによる効率的なエネルギー回収および実用的な稼働が可能であるといえる。