

人工生ごみの消化・発酵プロセスでの挙動

日大生産工（院）○吉田 晃洋 日大生産工 大木 宜章
日大生産工 関根 宏 日大生産工（院）木科 大介

1. 序文

世界のエネルギー使用量は、発展途上国の近代化によるエネルギー消費量の増大など年々増加傾向にある。現在消費されているエネルギー資源の約 8 割は化石燃料に依存しており、この化石燃料は、無尽蔵に存在するわけではなく、また、燃焼時に CO₂ を発生するため地球温暖化など様々な問題を引き起こしている。このようなエネルギー事情や環境問題により、化石燃料に替わる資源循環型エネルギーが求められており、中でもメタン発酵は、人々が生活する上で必然的に発生する生ごみを再資源として利用することが可能な、クリーンエネルギーである。

本研究は、人工生ごみを用いたメタン発酵における各工程の有機物分解の挙動について検討を行った。

2. 実験条件

メタン発酵における有機物分解過程は消化工程・発酵工程に大別される。消化工程は、有機物を通性嫌気性菌が分解し、消化試料（有機酸及びエタノール）を生成する。発酵工程では消化試料を絶対嫌気性菌が分解しガス化する。

このため至適環境の異なる各工程を分けた 2 段階メタン発酵を用いて、効率的分解を図り、各工程の人工生ごみ分解過程の検討を行った。

〔実験装置〕

実験装置を Fig. -1 に示す。

消化工程実験装置は、有効容量 40 のアクリル製

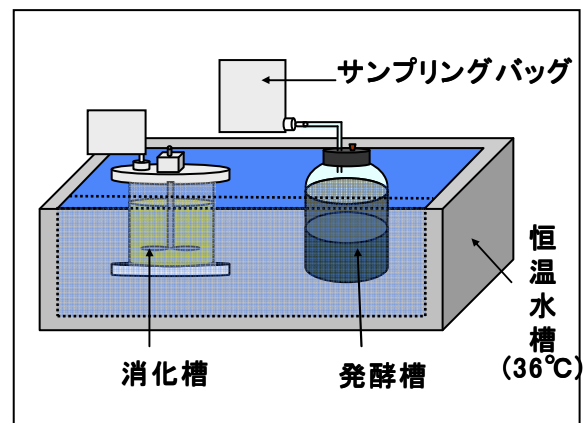


Fig. -1 実験装置図

容器に種汚泥 20 を入れ、嫌気性状態を保持するため密封した。菌体を固定化するためにバイオステージを投入し、試料と菌体の接触を図るため攪拌を行った。

発酵工程実験装置は、ガラス製容器に種汚泥 40 を入れ、嫌気性状態を保持するため密閉した。発生ガスは槽上部に取り付けたサンプリングバッグにて採取したものを発酵槽として用いた。

Table -1 種汚泥の性状

	消化種汚泥(%)	発酵種汚泥(%)
TS	7.3	4.5
水分	92.7	95.5
灰分	0.2	0.3
VS	7.1	4.3

Table -2 人工生ごみの構成

	使用試薬	g/l
炭水化物	でんぷん	55.4
	セルロース	6.9
たんぱく質	ポリペプトン	26.7
脂質	脂肪酸グリセリンエステル	7.9

〔種汚泥〕

種汚泥には下水処理場より採取した消化汚泥に各工程で用いる投入試料により低濃度負荷を加え嫌気性状態で馴致し菌体の増殖を図ったものを種汚泥として用いた。種汚泥の性状をTable-1に示す。

〔消化工程投入試料〕

試料は、一般家庭より排出される生ごみの成分を想定し、炭水化物・たんぱく質・脂質の標準物質を用い人工生ごみとした。人工生ごみの構成をTable-2に示す。

〔発酵工程投入試料〕

投入試料は消化工程にて生成された消化試料を用いた。しかし、消化試料は分解時の中間生成物質が異なるため、比較のために消化工程にて生成される中間生成物質（有機酸・エタノール）の標準物質を用いた試料の2種類を投入試料として用いた。標準試料は、酢酸・酪酸・プロピオン酸溶液（濃度10,000ppm）を2:4:4の比率で配合したものを用いた。

〔試料投入量〕

試料投入量は過去の実験結果から、決定した。下記に資料投入量を示す。

消化工程…種汚泥 20に対し人工生ごみ 20

発酵工程…種汚泥 40に対し投入試料 200ml

〔測定項目〕

各工程において槽内有機酸濃度を目安に1サイクルを決定した。試料投入日を0日目とし1日毎に有機酸濃度・pH・TOCの測定を行い、発生ガス及び、高速液体クロマトグラフィーによる生成された有機酸の分析を行った。

3. 実験結果および検討

〔消化工程における実験結果〕

消化工程におけるpH・有機酸濃度の経日変化をFig-2示す。消化工程における有機物分解は、後の発酵工程に大きく影響するものであり、有機酸濃度を高濃度に維持する必要がある。有機酸濃度は、12日で7,000ppm増加した。また、2日目までの有機酸生成の停滞は、投入時に混入する酸素及び投入有機物による負荷のため

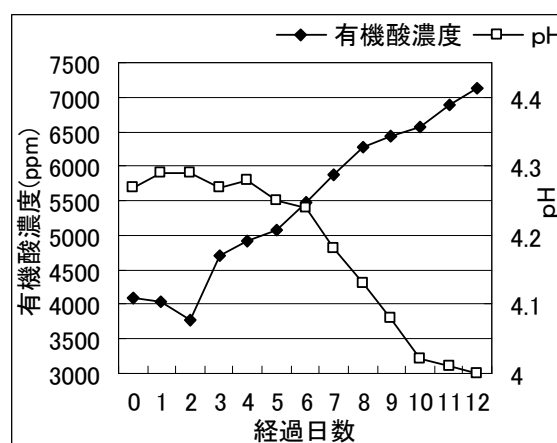


Fig-2 消化工程におけるpH・有機酸濃度の経日変化

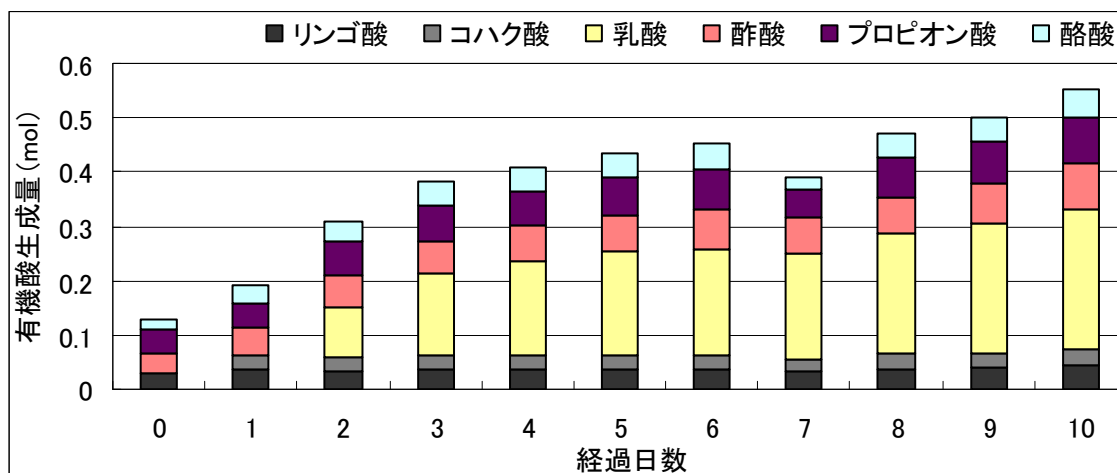


Fig-3 消化工程における生成有機酸の内訳

め一時的な馴致が行われたと考えられる。しかし、投入有機物量に対し生成された有機酸は、過去の実験結果より期待されたほどの生成濃度ではなかった。その理由として有機酸の他にエタノール生成が行われたことが考えられる。pHは有機酸の生成に伴い減少傾向を示し、消化工程における菌体の至適環境である 4~5 の値で推移した。

消化工程における TOC は大きな変動がなく、分解の際に発生する CO₂ に使用される炭素分だけ緩慢な減少傾向を示した。

消化工程における生成有機酸の内訳を Fig. ー3 に示す。この内乳酸の生成は 2 日目より確認され、2 日目以降の割合の増加が見られることから有機酸濃度上昇の主な要因であるといえる。また、過去の実験では乳酸の生成は確認されておらず今後、発酵工程における分解効率及びガス発生量の確認が今後の課題となっている。

ガス発生量は 2,800ml 得られた。主な成分は CO₂ で 63% であり、その他のガスが 31% となった。発生ガス中に O₂ があることから、試料投入時に空気が混入したと考えられるため、その他のガスの成分は窒素であると考えられる。

〔発酵工程における実験結果〕

消化試料投入による pH、有機酸濃度の経日変化を Fig. ー4 に、標準試料投入による pH、有機酸濃度の経日変化を Fig. ー5 示す。発酵工程における有機酸濃度の推移は、分解に伴い減少傾向を示す。しかし、酢酸以外の有機酸およびエタノールの分解は、一度酢酸に分解され、その後ガス化する 2 段階プロセスを示した。このため消化試料の有機酸濃度は 3 日目までに 1,500ppm となり、減少傾向を示した。pH は有機酸の減少に伴い 4 日目より上昇を示した。標準物質による有機酸濃度は 4 日目までに

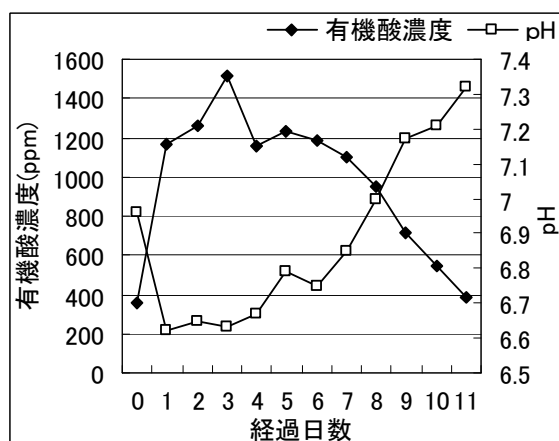


Fig. ー4 消化試料投入による pH、有機酸濃度の経日変化

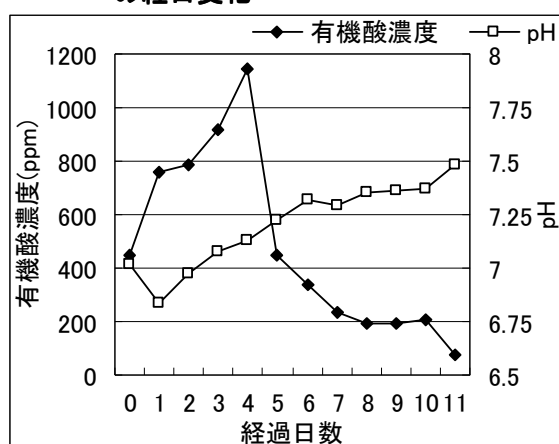


Fig. ー5 標準物質投入による pH、有機酸濃度の経日変化

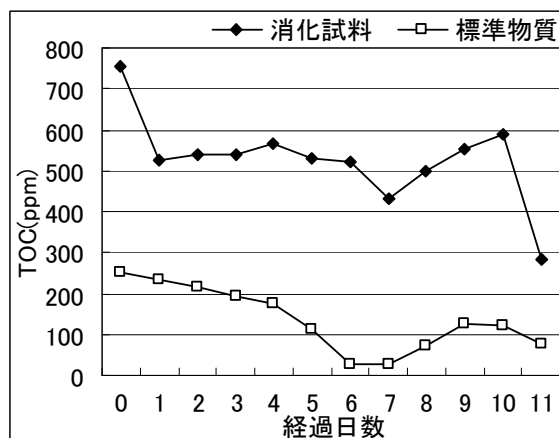


Fig. ー6 発酵工程における TOC の経日変化

1,200ppm となりその後、減少した。pH も消化試料と同様に有機酸分解に伴い上昇を示した。なお消化試料の分解速度は標準物質に比し遅く、この要因として消化試料は標準試料より、Fig. ー3 より酢酸以外の有機酸が多数混在しているため投入した後に有機酸量は増加するため、分

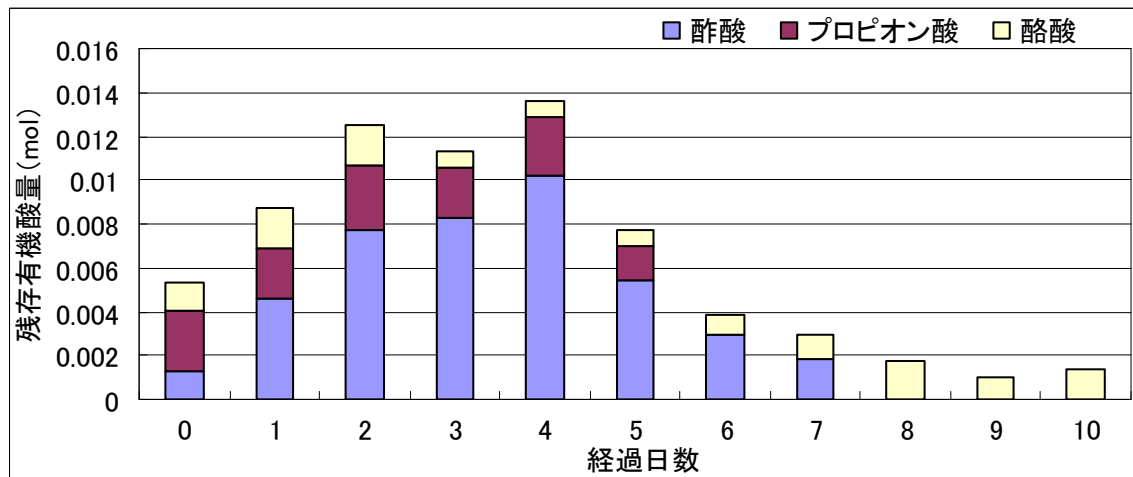


Fig. 7 発酵工程における消化資料投入による残存有機酸の内訳

解速度が遅くなったといえる。

発酵工程における TOC の経日変化を Fig. 6 に示す。TOC はガス化に使用された炭素量の影響を受け減少するため、試料投入直後の有機酸の上昇の影響は無く減少傾向を示した。消化試料の TOC が標準物質の TOC より高い値を推移しているが、この要因として標準物質より、高分子の有機酸が多数存在していることや、エタノールが含まれているためである。

消化試料投入における残存有機酸の内訳を Fig. 7 に示す。酢酸は 4 日目まで増加傾向を示し、プロピオン酸は 6 日目までに分解された。このことから 4 日目までの有機酸増加には主にプロピオン酸の分解が起因していると考えられる。しかし、酪酸は分解されず 10 日目まで確認された。

発酵工程における発生ガス割合を Fig. 8 に示す。ガス発生量は有機酸負荷に対し少量の 5,200ml が得られ、メタンは 55% (2,600ml) 発生した。発生ガスが少量となった要因として、投入試料に含まれる有機酸量は少であり、Fig. 7 より酪酸の分解が行われず。メタンの生成が行われなかったといえる。

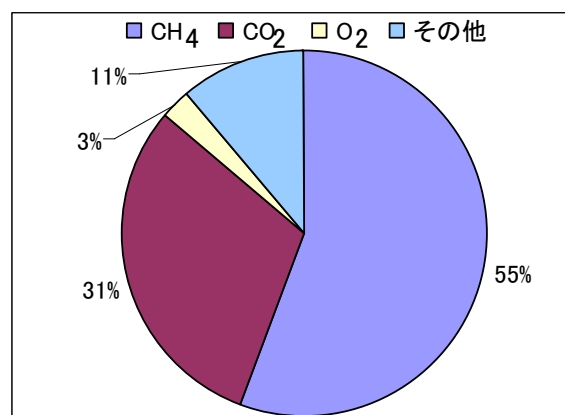


Fig. 8 発酵工程における発生ガスの内訳

4. まとめ

1) 消化工程において乳酸の生成により有機酸濃度は上昇したが。発酵工程において乳酸の分解効率およびガス生成量は不明であり、検討を行う必要がある。

2) 発酵工程において酢酸以外の有機酸分解効率が悪く酪酸にいたっては分解がほぼ行われなかった。このことより馴致を行い酢酸生成菌の増殖を図る必要がある。

3) 消化試料分解によるメタン生成は 2,600 ml 得られ、発生ガスの 55% を占めたが消化による有機酸濃度を高め、ガス発生量の増加を図り、メタン生成割合を上げる必要がある。