

食品残渣等の都市ごみを対象としたメタン発酵システムの実験的検討（その2）

西松建設(株)技術研究所 正会員 ○伊藤忠彦

西松建設(株)技術研究所 正会員 石渡寛之

北海道大学 北方生物圏フィールド科学センター・農学研究院 清水直人

1. 目的

本研究は都市ごみからのメタン発酵システムの開発を行うものであり、バイオマス資源の中でも利用促進の余地がある食品残渣(以下、生ごみ)と、オフィス等から排出されるシュレッダー紙(以下、紙ごみ)の混合物から、メタンガスを安定的に回収するための混合条件等を実験的に検討したものである。実験はラゴによる連続発酵を試み、生ごみ・紙ごみ混合比の違いによるメタンガス発生量および発酵阻害要因であるフリーアンモニア濃度の挙動等の検討を行った。

表-1 実験条件一覧

	I 期	II 期	III 期
期間(day)	1~20	21~46	47~87
有機物負荷量 (gVS/kg-sludge/day)	1.2~4		2
撹拌方式	手動		撹拌機
生ごみ:紙ごみ 混合比(湿重量比)	2:1	1:1.5	1:1.3
投入原料窒素濃度 (mg-N/L)	6085	825	994
投入原料TS (%w.b.)	33	15	
加水(g/gVS)	—	5.6	6.7
牛ふん投入量 (g/gVS)	1.3	—	—

2. 連続発酵の実験方法

表-1 に実験条件を示す。実験は、セパラブルフラスコ(容量 2L)に馴養した種汚泥 1kg を投入し発酵槽とした。発酵温度は 52℃とし、連続原料投入による高温メタン発酵を 87 日間行った。実験は発酵期間の 87 日間を I 期, II 期, III 期に分け、それぞれ条件を変えて行った。写真-1 に投入原料と実験状況を示す。生ごみは疑似生ごみ¹⁾を用い、紙ごみは新品のコピー用紙を裁断して用いた。撹拌は 1 日 1 回 1 分間とした。

実験期間中の有機物負荷量(gVS/kg-sludge/day)は 1.2~4 とし、ガス発生状況を観察しながら適宜投入量を調整した。I 期から II 期では、投入原料に含まれる窒素濃度(mg-N/L)を生ごみ・紙ごみの混合比を変えることで減少させ、発酵槽内のアンモニア発生を抑えることを試みた。III 期では、より実際のプラントに近づけた条件とするため、有機物負荷量を一定に保ち、撹拌方法を手動から撹拌機に切り替え、保温方法を恒温槽からシリコンカバーヒータなどに変更した。

3. 実験結果および考察

(1) メタンガス発生量

メタンガス発生量と有機物負荷量の推移を図-1 に示す。有機物負荷量は、ほぼ一定で推移しているのに対し、メタンガス発生量は I 期から III 期で大きく変動した。各期における有機物負荷量あたりのメタンガス生産率(L/gVS)は、I 期が 0.07, II 期が 0.14, III 期が 0.37 となり、III 期は既往のバッチ試験¹⁾での最大値 0.15 を大きく上回った。これは、バッチ試験ではメタン菌の活性が十分でなかったのに対し、本実験 III 期はメタン菌の活性が高く、効率の良い消化が行えたためと考えられる。

キーワード バイオマス, メタン発酵, 生ごみ, 紙ごみ, ラゴ実験

連絡先 〒105-0004 東京都港区新橋 6-17-21 西松建設(株)技術研究所 TEL 03-3502-0267



写真-1 投入原料と実験状況

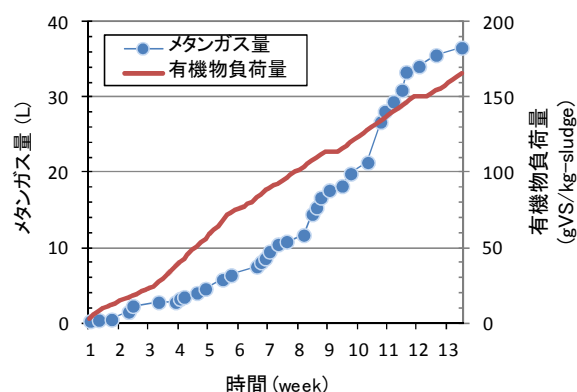


図-1 メタンガスと有機物負荷の積算値

図-2 にメタンガス濃度の推移を示す。Ⅰ期の前半ではメタンガス濃度は 40%以下の低い値を示したが、発酵が安定するにつれてⅠ期後半からⅡ期では 50%前後の値を推移し、Ⅲ期では 60%以上の範囲を示した。一般的なバイオガスのメタン濃度は 50~75%程度であるので、本実験のⅡ期以降は順調な連続発酵が達成できたと考えられる。

(2) アンモニアの分析

メタン菌は窒素を必須元素としており、アンモニアはその窒素源としてメタン発酵にとっては必要不可欠であるが、生ごみをメタン発酵する際には、投入窒素濃度が高い影響でアンモニア過多となり発酵阻害が発生しやすい。さらに、槽内の pH が高いと電離平衡の関係からフリーアンモニアの割合が大きくなり、より強い発酵阻害を引き起こすことが考えられる。フリーアンモニア濃度は式(1)より算出した。

$$[NH_3] = [T-NH_3] / \{ 1 + (H^+ / k_a) \} \quad \dots (1)$$

ここに、 $[NH_3]$ ：フリーアンモニア濃度

$[T-NH_3]$ ：総アンモニア濃度

H^+ ：水素イオン濃度

k_a ：温度関数 (52℃では $k_a = 34.4 \times 10^{-10}$ 一定)

図-3 に槽内の総アンモニア濃度およびフリーアンモニア濃度の推移を示す。総アンモニア濃度はⅠ期～Ⅲ期にかけて 1200~500mg-N/L 程度まで減少した。これは、投入原料の C/N 比が高く生成されるアンモニア量が少なかったため、投入原料によってアンモニアが薄まったと考えられる。フリーアンモニア濃度に関しては、Ⅰ期において濃度の上昇が見られた。これは高い pH の影響であり、総アンモニア濃度がメタン発酵に問題ないレベルであっても、フリーアンモニア濃度が高いと発酵阻害が発生する可能性があることを示している。図-1 より、Ⅰ期後半のフリーアンモニア濃度が 500mg-N/L 程度に上昇した時、メタンガス量が大きく落ち込んでいるのがわかる。

(3) pH および揮発性脂肪酸 VFA

図-4 に発酵槽内の pH と VFA の推移を示す。今回の実験では、pH は総アンモニア濃度の推移と近い傾向を示し、Ⅲ期の pH は平均 7.26 であった。VFA 濃度はⅠ期～Ⅲ期を通じて変動が大きかったものの、1500~2500mg/L の範囲内で推移し、発酵阻害が疑われる 3000mg/L を超えることは無かった。

4. まとめ

都市ごみからのメタン発酵システムに着目した基礎的なラボ実験を実施した。その結果、生ごみに紙ごみを 1.3~1.5 倍量加えて投入原料中の窒素を希釈し、フリーアンモニア濃度を少なくとも 500mg-N/L 以下に抑制することで、高濃度生ごみの安定的な連続メタン発酵を実現できることがわかった。今後は本実験で明らかとなった原料組成の周辺条件においてデータを蓄積していきたい。

参考文献

1) 伊藤, 石渡, 中嶋, 清水: 食品残渣等の都市ごみを対象としたメタン発酵システムの実験的検討, 第 70 回土木学会年次学術講演会講演概要集, VII-017, 2015.9

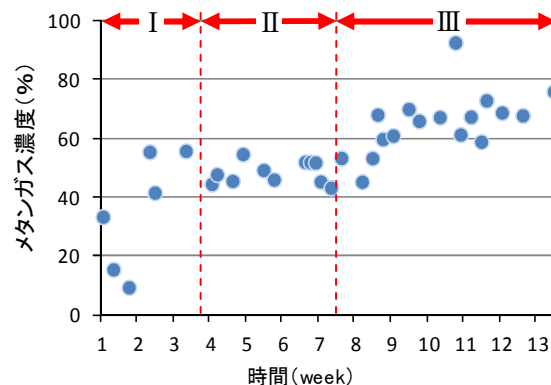


図-2 メタンガス濃度の推移

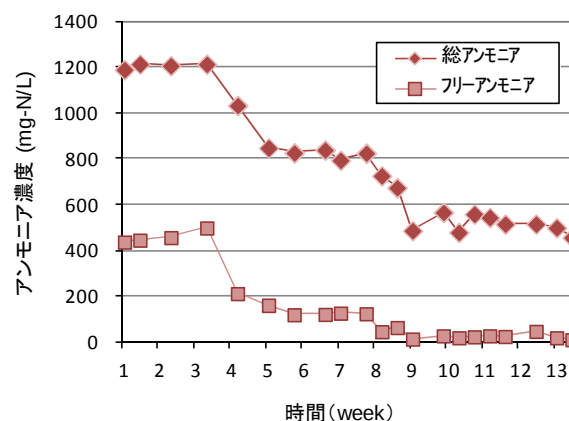


図-3 アンモニアの分析結果

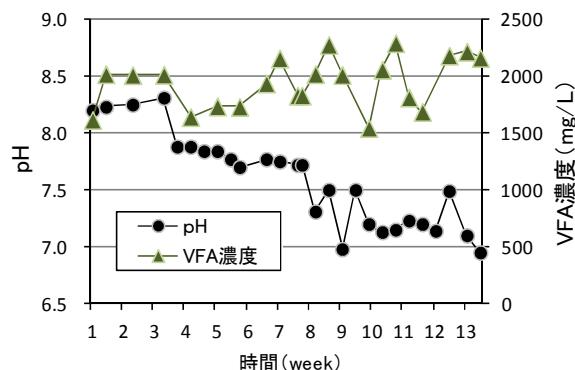


図-4 pH および揮発性脂肪酸 VFA 濃度