



Title	高温高濃度有機性廃棄物のメタン発酵システム
Author(s)	河野, 孝志
Description	第11回衛生工学シンポジウム (平成15年11月6日 (木) -11月7日 (金) 北海道大学学術交流会館) . 一般セッション . 4 廃棄物・汚染修復 . 4-4
Citation	衛生工学シンポジウム論文集, 11, 183-186
Issue Date	2003-10-31
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/7076
Type	departmental bulletin paper
File Information	11-4-4_p183-186.pdf



4-4

高温高濃度有機性廃棄物のメタン発酵システム

○河野孝志 (株式会社タクマ)

1. はじめに

わが国の都市ごみは現在約75%が焼却処理されているが、平成12年の容器包装リサイクル法の施行後、紙やプラスチックのリサイクルによって都市ごみは含水率の高い厨芥類が多くなってきている。また、平成13年には食品リサイクル法が施行され、食品廃棄物を排出する事業者は発生抑制及び、飼料化、肥料化、メタン化等の方法により、有機資源としてリサイクルを行うことが求められるようになった。さらには平成14年には「バイオマスニッポン総合戦略」が策定されるなど、わが国においては焼却以外のごみ処理法の確立とともに有機物の循環が課題となっている。

こうした背景のもと有機性廃棄物の資源化技術として、メタン化(メタン発酵)が注目されている。演者らはヨーロッパ Schmid 社よりコンポガスプロセスを技術導入し、「バイオガス化技術実証研究プラント」を京都市内に設置して、1999年6月から有機性廃棄物のメタン発酵の実証実験を行った。本プロセスはIEAレポート¹⁾によると、「乾式-連続式-押出し流れ-高温」発酵に位置づけされる。実証実験は家庭から排出される一般廃棄物中の有機性廃棄物(厨芥類、紙類、草木類)の処理を想定した運転条件の確立を目的として行った。本報ではその結果を報告する。

2. 実験方法

2.1 実証プラント概要

実証プラントのフローを図1に示す。実証プラントの発酵槽は、円筒横型で有効容積は100m³、計画処理量は3ton/日である。発酵槽へのごみの投入方法がピストンポンプ方式であるため、受入れたごみは30mm程度に破碎するがスラリー(液)状とする必要はなく、高い固形物濃度で発酵槽への投入が可能である。また前処理としてポリ袋等を除去する必要はない。ただし、発酵残さを有効利用する場合には、その利用用途に応じて分別収集の徹底が必要となる。

発生したメタンと炭酸ガスを主成分とするバイオガスは、ガスエンジン用燃料としてコジェネレーション発電を行い、発電した電力はプラントで必要な電力の一部を賄い、ガスエンジンの廃熱は熱交換器による投入物の加温及び発酵槽の加温に利用している。

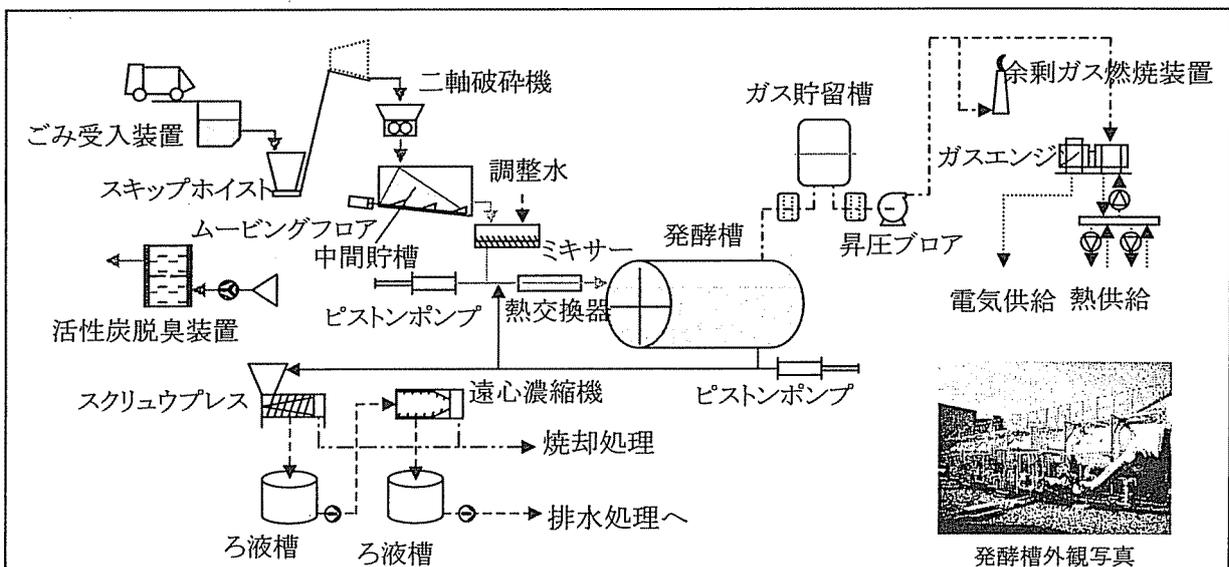


図1 実証プラントフロー図

2.2 投入基質

一般廃棄物中のごみ組成割合から、全ごみ中に有機性廃棄物にあたるのが、「厨芥、紙、木・竹・草・わら」であり、例えば京都市では全体の 72%²⁾にあたる。これらを模擬するために実証実験では厨芥類として、ホテル厨芥(ホテルから排出されるの残飯等)、市場ごみ(市場から期限切れ等により発生した、

野菜を中心としたごみ)、紙類として新聞古紙、草木類として街路樹等の剪定枝葉、草を使用した。なお、ホテル厨芥はポリ袋にて収集し、市場ごみには野菜を梱包している段ボールが最大 10wt%混入していたが、それらはそのまま前処理にて破碎し発酵槽へと投入している。

使用したごみの分析値を表 1 に示す。ホテル厨芥は全窒素濃度が高く動物性厨芥が主体であり、市場ごみは固形物濃度が低くホテル厨芥の約 1/3 倍である。新聞古紙は性状が安定しているが、草木類は季節により大きく固形物濃度が変動した。

表 1 ごみの分析値

		ホテル厨芥	市場ごみ	紙類	草木類
固形物濃度 TS [%]	最小	21.3	4.9	90.0	46.9
	最大	38.3	12.5	96.8	76.7
	平均	29.2	8.7	93.2	58.8
有機物濃度 VS [%]	最小	16.4	4.2	85.5	38.1
	最大	36.8	12.1	95.9	74.6
	平均	26.5	7.9	89.7	53.4
全窒素濃度 T-N [%-wet]	最小	0.523	0.084	0.041	0.250
	最大	1.340	0.210	0.715	0.893
	平均	0.966	0.157	0.110	0.645

※市場ごみの分析値は段ボールを除いたものである。

3. 実験結果及び考察

3.1 運転結果

実験期間中は、厨芥類、紙類、草木類を様々な組み合わせ及び比率で運転を行った。同じ投入量を維持し、バイオガス量などが安定した期間を定常状態とし、定常状態での wet ベースでのごみの投入重量割合と、ごみ 1 トンあたりのバイオガス発生量を表 2 に示す。

表 2 発酵槽投入割合とバイオガス発生量

RUN	No.	ごみの投入割合				ごみ 1 トンあたりのバイオガス発生量 [Nm ³ -dry/トン]	メタン濃度 [%-dry]
		ホテル厨芥	市場ごみ	紙類	草木類		
		[wt%]	[wt%]	[wt%]	[wt%]		
1	①	35.9	0	0	64.1	100	58.0
	②	46.6	0	0	53.4	124	57.2
2	①	72.8	0	27.2	0	220	58.1
	②	74.5	0	25.5	0	201	57.6
3	①	58.5	0	18.1	23.4	162	57.6
	②	48.3	0	8.5	43.2	144	58.2
4	①	17.9	60.6	0	21.5	92.9	55.0
	②	21.7	60.5	7.8	10.0	118	54.4
5	①	24.2	75.8	0	0	116	57.6
	②	18.6	81.4	0	0	85.7	57.7

実証実験ではごみ質が季節により変動³⁾し、それに応じてメタン発酵の効率が影響を受けたが、表 2 の結果をまとめると次のような傾向が見られる。

- ・厨芥類だけでなく、新聞紙、草木類といった有機性廃棄物からもバイオガス発生が認められる。
- ・厨芥類のうちでも市場ごみよりもホテル厨芥の方がバイオガス発生量は多い。これは 1 トンあたりの有機物量の相違が原因と考えられる。
- ・各有機性廃棄物を混合投入することにより、それぞれのごみ 1 トンからのバイオガス発生量は、ホテル厨芥から約 170Nm³-dry、市場ごみから約 80Nm³-dry、紙類から約 490 Nm³-dry、草木類から約 85Nm³-dry であった。ただし、それぞれのごみを単独でメタン発酵するには、窒素不足、微量栄養塩不足等の問題があり、混合投入することが、メタン発酵の効率化につながる。
- ・厨芥類のみを投入する場合、脱水残さを循環して投入することによって、1 年間連続で安定運転することができた。

3.2 発酵槽内状況

メタン発酵は嫌気性微生物群の働きにより有機物が有機酸となり、最終的にメタンへと分解されるため、有機酸が残存しているかどうか、メタン発酵が順調であるかどうかの指標となる。

実証実験全期間に渡るバイオガス中のメタンガス濃度を図2の上のグラフに示す。また、下のグラフは発酵終了後基質の酢酸濃度とアンモニア性窒素濃度を示している。ここで、メタンガス濃度と比較してみると、メタンガス濃度が50%を下回ってくると酢酸が残存しており、メタン発酵が順調に行われていないことになる。つまり、メタンガス濃度で発酵状態が予測でき状態監視に役立つことが確認できた。

また、運転開始当初アンモニア性窒素濃度が8,000mg/Lまで上昇したと同時に、メタンガス濃度は低下した。また、短期的にアンモニア性窒素濃度が上昇した場合でも酢酸が上昇した。高温メタン発酵では一般的に2,500~3,000mg/Lで発酵の阻害が起こるが、長期間にわたって馴致を行えばメタン発酵は可能である⁴⁾といわれており、実証プラントのような高濃度のメタン発酵でも同様に、アンモニア性窒素が3,000 mg/Lを超えないように留意すれば、順調に運転できることが確認できた。

次に、槽内の基質の状況を図3に示す。横軸は発酵槽長さ方向でのサンプリング位置を示し、上のグラフはその基質の有機酸濃度、アンモニア性窒素濃度、下のグラフではサンプリングした基質からのラボ実験によるバイオガス発生速度を示した。全有機酸濃度は入口側の8g/Lから出口側にかけて減少し、入口から75%の位置でほぼ1g/L以下となっている。酢酸、プロピオン酸も同様の傾向を示していた。逆にアンモニア性窒素濃度は入口側から出口側にかけて増加傾向にあり、図3に示していないがpHも7.6から8.2まで増加する傾向が認められた。発酵槽1m³あたりのバイオガス発生速度は、入口側では4m³/日であるが、出口側では0.5m³/日以下であり、出口側で有機酸濃度が十分低下していることから、発酵がほぼ終了していることが分かる。このように流れ方向での濃度分布が存在し、押し出し流れないしはそれに近い状況が形成されていることが示唆された。

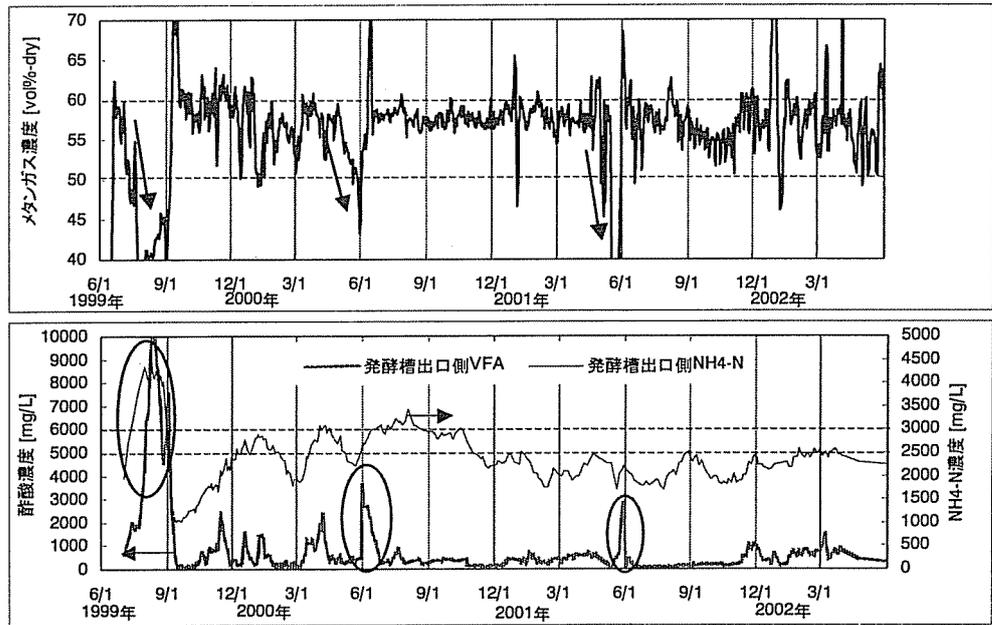


図2 バイオガス中のメタンガス濃度と有機酸の経日変化

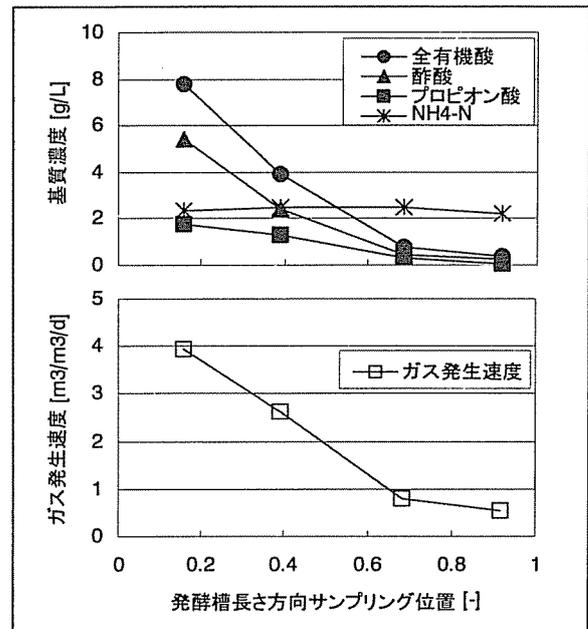


図3 発酵槽長さ方向でのサンプリング基質の分析値

3.3 物質収支

実証実験により得られた代表的な物質収支を図4に示す。厨芥+紙+草木、および厨芥単独での収支を示しており、それぞれ発酵槽へと投入した基質を100%とした場合におけるウェットベースの重量の収支である。厨芥は分解率が高いことから、発酵槽内の固形物濃度を維持するため、脱水残さを再循環するシステムを構築し運転を行った結果⁵⁾である。

バイオガスとしてはいずれも約10%程度の回収率であり、残存した固形分は有機物の分解のしやすさに応じて、脱水残さ量が異なるという結果となった。

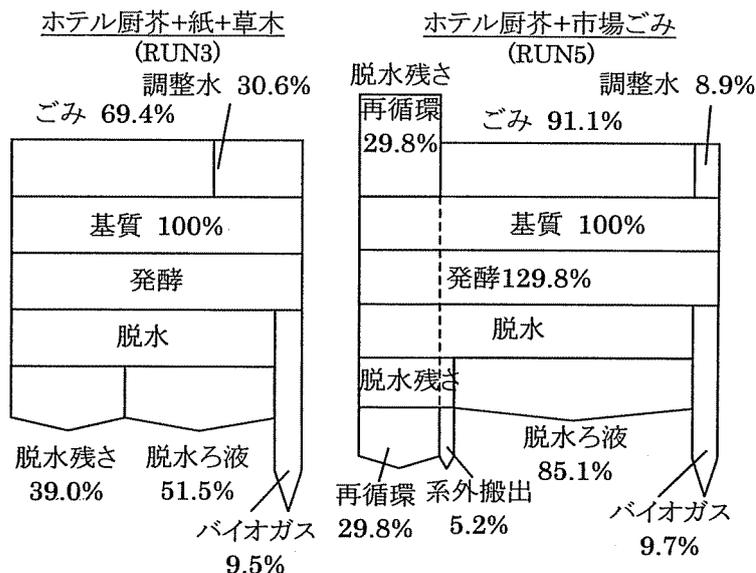


図4 物質収支

4. 結論

- ・一般廃棄物の有機性廃棄物を模擬し、「厨芥類+紙類」「厨芥類+草木類」「厨芥類+紙類+草木類」「厨芥類のみ」の組み合わせで運転を行ったが、各条件いずれも安定的に処理ができた。
- ・厨芥類単独の場合、脱水残さを再循環することで連続運転ができた。
- ・厨芥類だけでなく、紙類、草木類からもバイオガス回収が可能であった。しかし、その原料により発生するバイオガス量が異なることが示唆された。
- ・メタン発酵はメタンガス濃度の監視によりある程度状態監視ができる。
- ・高濃度メタン発酵でも発酵槽内基質のアンモニア性窒素濃度を3,000mg/L以下に留意することで運転ができた。
- ・発酵槽内基質のVFA、アンモニア性窒素、ガス発生量の濃度分布より、押出し流れないしはそれに近い状況であることが示唆された。

参考文献

- 1) IEA Biogas from Municipal Solid Waste, Minister of Energy/Danish Energy Agency, Copenhagen (1994)
- 2) Fact Book 廃棄物基本データ集 2000 : 財団法人日本環境衛生センター
- 3) 河野孝志他、有機系廃棄物再資源化実証プラントの運転報告(その 2)、第 12 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、B2-5、pp305-307(2001)
- 4) 藤島繁樹他、脱水汚泥の嫌気性消化に及ぼす固形物濃度の影響、土木学会論文集、No.622/VII-11、73-80(1999)
- 5) 河野孝志他、有機系廃棄物再資源化実証プラントの運転報告(その 3)、第 13 回廃棄物学会研究発表会講演論文集、B3-1、pp331-333(2002)

謝辞

プラントの建設及び運営にあたっては、(財)クリーン・ジャパン・センター殿、京都市環境局殿、廃棄物研究財団殿に多大なる御協力を頂き、ここに謝意を表します。

なお、本研究は(株)タクマ、(株)クボタ、石川島播磨重工業(株)、川崎重工業(株)、日本鋼管(株)(現:JFE エンジニアリング(株))、日立造船(株)の6社の共同研究である。