

固定床式高温メタン発酵と燃料電池の組み合わせによる生ごみのエネルギー資源化

鹿島建設 技術研究所 正 後藤 雅史
同 上 多田羅昌浩
同 上 東郷 芳孝

1. はじめに

年間発生量が2,000万トン¹⁾にも及ぶと推定されている生ごみは、その大半が焼却処理や埋め立て処分されている。しかし現在の処理、処分法については焼却に伴うダイオキシン類の発生や発熱量の不足、埋め立て処分用地の逼迫や悪臭の発生等を始めとする様々な問題が指摘されている。

このような状況の下、我々は、生ごみなどの有機性固形廃棄物処理法として、発酵液温度55℃での高温メタン発酵法が固形物の可溶化や有機物のメタン化等の処理効率に優れていることに着目し、生ごみ高温メタン発酵処理システム（商品名「メタクレス」）を開発し、実際の店舗に導入してきた²⁾。今回、メタン発酵処理によって回収されたバイオガスを燃料とする燃料電池発電システムの実用性を明らかにすることを目的として、高温メタン発酵-燃料電池組み合わせシステムの実証実験を実施したので報告する。

2. 設備の概要

実証実験設備のプロセスフローを図-1に示す。本設備は、脱硫塔以降のバイオガス利用プロセス以外は基本的に実際の店舗に設置した実設備²⁾と同等であるが、設計処理量は200kg/日である。なお、本設備ではバイオガスを燃料電池の燃料として使用するため、微量のアンモニアや塩化水素を除去するための精製塔（活性炭）、精製バイオガス中のメタン濃度を変化させるための濃縮塔（NaOH溶液洗浄）、ならびに精製バイオガスの一時貯留ガスホルダー（50m³）等を追加した。実験に使用した燃料電池は、都市ガス発電用の市販りん酸形燃料電池（FP-50型、富士電機(株)製：定格発電量50kW）で、生ごみ日処理量が200kg程度では連続発電に必要なバイオガス量を確保することが不可能である。そこで、本実証実験ではバイオリアクタは連続運転としたが、燃料電池による発電は貯留バイオガスによるバッチ実験とした。また、十分なデータ収集を行うため、発電出力を定格の60%（30kW）として発電時間をできるだけ長くするように努めた。なお、今回の実験に用いた生ごみは、実際の商業施設から排出された生ごみである。

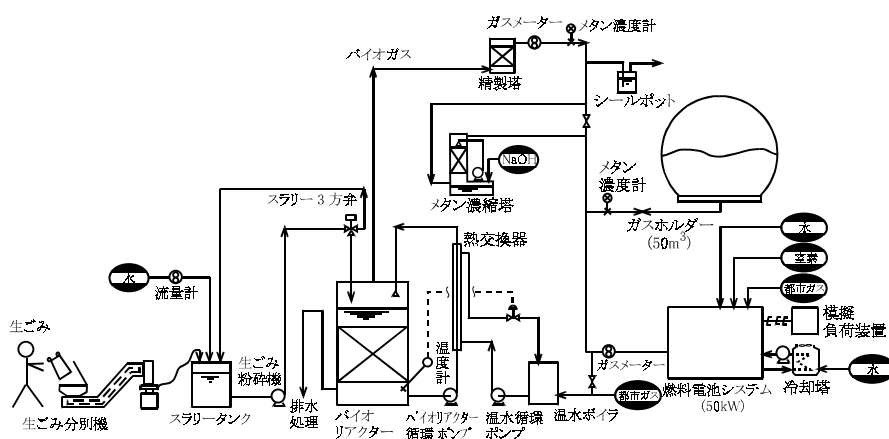


図-1 生ごみメタン発酵・燃料電池実証施設システムフロー

3. バイオリアクタ運転データ

表-1に2ヶ月間の実証実験で用いた生ごみスラリの平均性状を示す。生ごみスラリの投入量は、バイオリアクタへの有機物負荷の設定条件（10～30kg-CODcr/m³/日）に応じて変化させた。また、表-2にバイオリアクタの運転状況を示す。表-2で明らかな通り、実証実験期間を通じた投入有機物の分解率は、T-CODcr基準で87.3%、投入固形分（SS）の可溶化率は89.9%（揮発物（VSS）基準では90.8%）であった。また、表-2

キーワード： 生ごみ、高温メタン発酵、燃料電池

連絡先：後藤雅史 〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 phone：0424-89-7422 fax：0424-89-2896

に明らかな通り、バイオガス中には硫化水素、アンモニアならびに塩化水素等が微量含まれているが、これらの不純成分は精製塔出口において検出限界以下にまで除去されていた。

表-1 生ごみスラリーの性状（平均値）

[mg/L]					
有機物濃度*		固形分		油分	窒素
(T-CODcr)	(S-CODcr)	(SS)	(VSS)	(n-Hex)	(K-N)
207,250	66,350	99,280	94,060	12,860	5,000

* T-CODcr：全CODcr，S-CODcr：溶解性CODcr

表-2 バイオリアクタ運転状況（平均値）

運転データ		有機物除去率 [%]		バイオガス不純成分 [ppm]		
				生成濃度	精製塔出口	
生ごみ投入量	140kg/日	T-CODcr	87.3	H ₂ S	655	<0.0005
ガス発生量	32.5Nm ³ /日	S-CODcr	75.9	H ₂	<0.1	<0.1
ガス発生量*	23.2Nm ³ /100kg	SS	89.9	NH ₃	27.6	<0.1
CH ₄ 濃度	63.4%	VSS	90.8	HCl	5.5	<0.4
CO ₂ 濃度	36.6%	n-Hex	96.1			

注 * 生ごみ投入量100kg/日当りのバイオガス発生量

4. 燃料電池による発電

表-3 に供給燃料ガス（精製バイオガス）中のメタン濃度を変えた場合の、燃料電池による発電効率を示す。表-3 に明かなように、精製バイオガスを用いた時の平均発電効率は 34.0%であり、本燃料電池に都市ガスを供給した時の発電効率 36.1%に比して 2.1%低い数値であった。しかし、発電安定性等の問題は観察されず、いずれの設定濃度においても精製バイオガスは燃料電池の燃料として十分に実用性のあることが実証された。

表-3 バイオガス・燃料電池発電実験結果

RUN	使用 ガス量	メタン 平均濃度	最大・最小 メタン濃度	燃料電池 制御 設定濃度	発電出力 (設定値)	発電効率
	[m ³ /h]	[%]	[%]	[%]	[kW]	[%]
1	9.50	92.50	92.0 ⇄ 93.5	90	30	34.3
2	10.85	80.15	79.9 ⇄ 80.4	80	30	34.7
3	10.99	80.38	80.2 ⇄ 80.5	80	30	34.2
4	10.84	84.80	84.2 ⇄ 86.3	80	30	32.8
5	12.18	71.64	69.7 ⇄ 74.2	70	30	34.6
6	13.60	66.60	66.1 ⇄ 67.9	70	30	33.2
					(平均効率)	34.0
都市ガス	-	-	-	-	30	36.1

5. まとめ

生ゴミの高温メタン発酵処理により得たバイオガスを燃料として、燃料電池で発電する実証試験を実施した。設計処理量 200kg/日の高温メタン発酵処理プロセスからは、生ゴミ投入量 100kg 当たり約 23m³のバイオガス（平均メタン濃度 67%）が安定して回収された。また、このバイオガスに含まれる硫化水素、アンモニアなどの不純成分を除去した精製バイオガスは、都市ガス用りん酸形燃料電池の燃料として十分に利用できた。バイオガスを燃料とした時の発電効率は、燃料バイオガス中のメタン濃度には一義的には依存せず、平均 34.1%であった。この効率は、本燃料電池を都市ガスで運転した場合の発電効率に比して約 2%しか低下しなかった。

謝辞

本研究は、NEDO「平成 10 年度即効型提案公募事業」として実施したものである。

参考文献

- 1) 生物系廃棄物リサイクル研究会，生物系廃棄物のリサイクルの現状と課題，p. 5 (1999).
- 2) 後藤ら，食品廃棄物の高温メタン発酵処理システム，第 54 回土木学会年次学術講演会講演概要集，pp.822-823 (1999).