

## 模擬バイオガスを用いたガスエンジンコージェネレーションの研究

小田裕輔<sup>1)</sup>・佐藤逸人<sup>2)</sup>・田島大輔<sup>3)</sup>・高庄幸孝<sup>4)</sup>・大坪昌久<sup>5)</sup>***Research of gas engine co-generation using mock biomass gas***

Yusuke ODA, Hayato SATO, Daisuke TASHIMA, Yukitaka KOSHO, Masahisa OTSUBO

## Abstract

*Fermentation technique of methane is an effective method to solve the global warming. The methane gases produced by the fermentation technique of methane are used to generate electric and it can produce the recycling energy. In this research, we have conducted three experiments. At first, mock biomass gas is made by mixing gases in the gas mixing chamber. The composition ratio of the mock biomass gas was investigated by using the gas chromatography. Secondly, co-generation system has been operated using the mock biomass gases. As the results, it is understood the less mock biomass gases density, the more flow input is needed. Thirdly, gas engine co-generation system was operated with the decreasing methane gas density. As the results, the minimum mock biomass gas density for this operation is 53%. However, it is reported that the minimum mock biomass gas density of 56.64% is need for gas engine co-generation system. Mock biomass gas density is decreased 4% compared to 56.64% in our experimental result.*

## Key Words :

Mock biogas, Co-generation, Composition of ratio of the mock gas

## 1. はじめに

地球温暖化問題や循環型社会形成への取り組みとしてメタン発酵技術が注目されている。平成14年2月に「バイオマス・ニッポン総合戦略」が閣議決定され国を挙げての一大プロジェクトになっている。日本の家畜の糞尿は、年間9,000万t、人間に換算すると5億人

分以上の膨大な量となる。現在、これらの畜産廃棄物を直接農地に還元することは法律で制限されている。その解決策として有効なのが、メタン発酵による処分である。家畜の糞尿から固形物を除去して発酵槽でメタン菌の働きによりメタン発酵させ、消化液を作る。そして、その中の窒素分を除去し農地へと還元していくものである。その過程で発生したメタンガスを発電に用いて有効利用することによって循環型社会を形成し、省エネルギー化を行うことは重要である。本研究プロジェクトは、宮崎大学農・工学部、宮崎県および地域が連携し、農林畜産廃棄物からのエネルギー獲得のための暖地仕様高速・コンパクト・廉価なメタン・水素発酵プラントの開発、メタン発酵後の消化液の有

- 
- 1) 電気電子工学専攻大学院生
  - 2) 電気電子工学科学生
  - 3) 物質エネルギー工学専攻大学院生
  - 4) 機械システム工学科助教
  - 5) 電気電子工学科教授

効・汎用利用技術と、消化液を利用した安心・安全・高機能な有機農産物および飼料作物の栽培システムとメタンガス利用技術を開発し、地域のエネルギー自給・資源循環型システム構築のための研究を行う。内容は、1. 宮崎県に最適な暖地仕様バイオガスプラントに必要なメタン発酵・水素発酵および前処理に関する基礎研究を行う。2. バイオガスプラントから発生する消化液が農林業に汎用的に利用可能な化学的研究、濃縮に関する研究を行うとともに、食としての安全性と環境保全に配慮した、消化液の各種作物への使用適量把握に関する研究を行う。3. 消化液を利用した有機農産物の品質・機能性評価を宮崎県と共同で行う。4. バイオガスエネルギーの地域での汎用利用技術に関する基礎研究を行う。5. 汚染地下水の浄化と余剰消化液の適正処理技術を開発する。本研究では、4項目のバイオガスエネルギーの地域での汎用利用技術に関する基礎研究を行う。そこで、本論文では、メタンガスと二酸化炭素を用いて、模擬バイオガスを作製し、メタン濃度を低下させた時のガスエンジンコージェネレーションシステムの運転特性について調べたので報告する。

## 2. コージェネレーションとは<sup>(1)</sup>

コージェネレーションとは、広義に1次エネルギーから連続的に2種類以上の2次エネルギーを発生させるシステムと定義されている。実際には、都市ガス、天然ガス、石油などの燃料でガスエンジン、ディーゼルエンジン、ガスタービンなどの原動機を駆動し、その動力と排熱を有効に利用するシステムである<sup>1)</sup>。このようにして多段的にエネルギーを利用することによって、総合効率を80%以上まで高めることが出来る。本研究では、アイシン精機社製の6kWガスエンジンコージェネレーションシステムを用いた。

## 3. メタン発酵技術について

メタン発酵技術とは、家畜糞尿などの有機物を、嫌気性微生物の働きによって分解・発酵させ、バイオガ

スを得るシステムのことである。メタン発酵はヨーロッパなどで盛んに行われているが、近年のエネルギー問題と資源循環型社会への志向から日本でも再度注目されるようになり、家畜糞尿だけでなく、地域から生み出される廃棄物全体をエネルギー源として活用していこうという動きが強まっている。

酸素を遮断した嫌気性状態では、投入された家畜廃棄物などの有機物は嫌気性細菌（メタン菌）により二酸化炭素とメタンガス（バイオガス）に分解される。

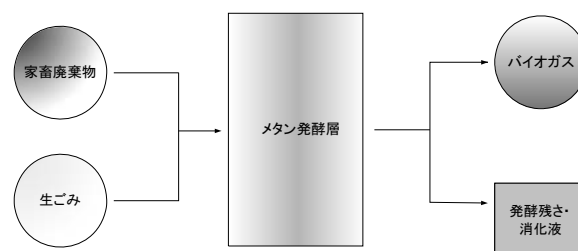


図1 メタン発酵技術フロー

## 4. ガスエンジンコージェネレーションシステムの構築

本実験では、高圧のメタンガスと二酸化炭素を燃料として使用する。高圧ポンペの圧力を一気に落とすと、それに比例して気体の温度が下がる。気体の温度が下がると、圧力を落としている一次圧力調整器が一般的なものであると、凍結してしまいガス流量が少なくなってしまう。それを避けるために、図2に示すように、ガスの圧力を多段的に落とす方法が用いられており、

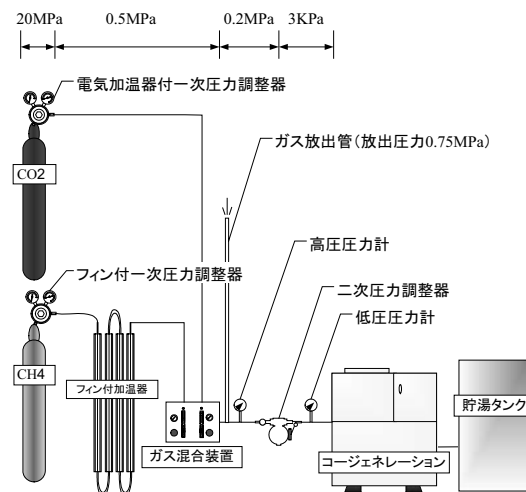


図2 実験装置概観

一次圧力調整器において、この場合、20MPa から0.5MPa に落としている。そこで、図3のような圧力調整器を使用した。この調整器には、フィン（放熱板）が付いていて、そこで外気との接触面積を増やしている。また、その温度を利用して凍結を防ぐ工夫もされており、図4に示すフィン付の加温器を使って凍結を防いでいる。

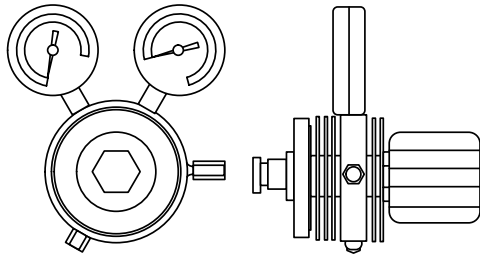


図3 フィン付一次調整器

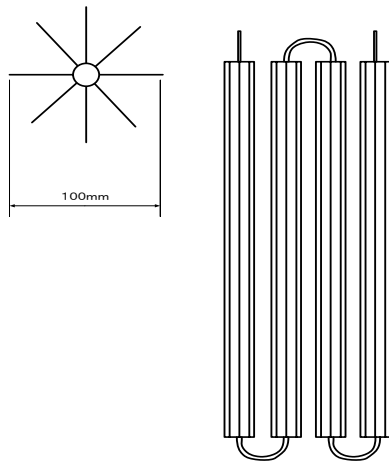


図4 フィン付加温器

本実験では、模擬バイオガスを作るためにアイシン精機株式会社にガス混合装置の試作を依頼し、それを使用した。仕様を表1、ガス混合器の概略を図5、実際のガス混合装置を図6に示す。また、コージェネレーション本体の入り口に分岐を設けてそこから、燃料ガスを取り出せるようにし、携帯型メタン検知器で簡易的に濃度を確認している。

表1 ガス混合器の仕様

型式	TGM-C4-CH4/CO2	
ガス	A ガス : CH <sub>4</sub> (メタン)	B ガス : CO <sub>2</sub> (二酸化炭素)
外形寸法	400(W)×300(D)×350(H) mm	
重量	約 15kg	
混合ガス流量	最大 8N m <sup>3</sup> /h	
入口ガス流量	A ガス=0.4~ 4 N m <sup>3</sup> /h	B ガス=0.4~ 4 N m <sup>3</sup> /h
ガス流量精度	FS3%	
混合ガス出口 圧力	0.2MPa	
入口ガス圧力	0.3~0.97MPa	

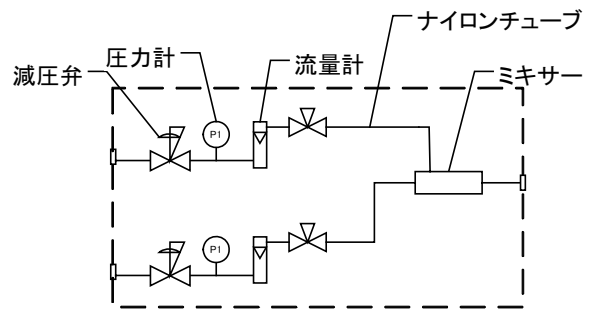


図5 ガス混合器概略



図6 ガス混合装置

5. 実験結果および考察

5.1 都市ガス（13A）を用いた起動試験

模擬バイオガスを使用する前に、都市ガス（13A）を用いて起動試験を行った。図7に測定回路を示す。

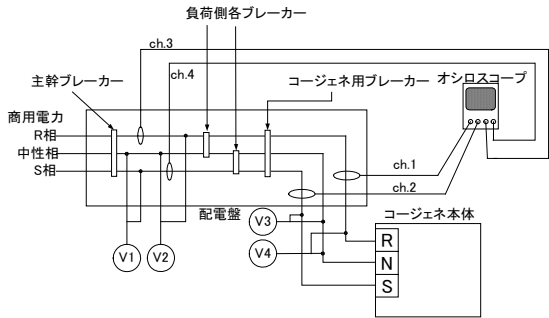


図7 測定回路

同図のコージェネレーション装置からの出力電流をch.1～ch.4の電流センサによって測定した。また、そのときの線間電圧を電圧計1～4により測定した。また、配管途中に設置したガス流量計測用のガスメータによって、使用したガスの量を記録した。それらのデータを式(1)に代入し、発電効率を計算した。

$$Efficiency_{electric} = \frac{W_{out}}{Q_{in}} \quad (1)$$

ここで、 $W_{out}$ ：電気の出力， $Q_{in}$ ：投入したガスの熱量である。結果を、表2に示す。今後、この結果を基準にして検討する。

表2 都市ガス13Aでの試験結果

ガスの種類	都市ガス13A
出力 [kW]	6
燃料消費量 [m <sup>3</sup> /h]	2.11
入力熱量 [MJ/h]	97.16
発電効率 [%]	22.23

5.2 ガス混合器での模擬バイオガスの作成

ガス混合器の流量計にて、ガスの流量を調整し、流量比でメタン濃度を70%から55%まで変化させて実験を行った。図8に示すように、コージェネレーション本体へのガス配管に分岐を取り付け、そこからガスを採取し、ガスクロマトグラフィー装置により成分分析を行った。表3にガスクロマトグラフィーにより得られた分析結果を示す。この結果より、流量の比が、ほぼCH<sub>4</sub>とCO<sub>2</sub>の比率になっていることが分かる。そこで次に、この値を参考にして模擬バイオガスの濃度を变化させて実験を行った。



図8 分岐からのサンプルガスの採取

表3 ガスクロマトグラフィーの結果

sample	Area (GC-TCD)		組成 (%)	
	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	CO <sub>2</sub>
CH <sub>4</sub> -70%	2372198.4	1383235.3	69.53	30.47
CH <sub>4</sub> -65%	2229942.5	1630861.2	64.53	35.47
CH <sub>4</sub> -62.5%	2130344.3	1737748.4	61.99	38.00
CH <sub>4</sub> -60%	1965245.5	1758013.2	59.80	40.20
CH <sub>4</sub> -57.5%	1979986.5	1947560.1	57.50	42.50
CH <sub>4</sub> -55%	1855859.4	2018709.1	55.02	44.98

### 5.3 模擬バイオガスを用いたコージェネレーションシステムの運転試験

宮崎県中部農林振興局のデータでは、嫌気処理で発生するガスの成分はメタン濃度が約 6 割で、残りのほとんどが、二酸化炭素であることが報告されている。そこで、模擬バイオガスの濃度を混合器で決めたように、70%、65%、62.5%、60%と変化させて発電効率を求めた。表 4 にメタン濃度を変化させた時の入力熱量、燃料ガス流量、発電効率を示す。この結果より、混合ガスのメタン濃度が減るごとに、燃料消費量が増えていることが分かる。しかし、ガスエンジンを回すためには入力熱量が一定することが必要である。そのため、より多くの燃料が必要なことが分かる。また、燃料消費量が増えても、発電効率には差が認められなかった。この原因として、入力熱量が一定であることが考えられる。

表 4 模擬バイオガスを用いた時の変化

メタン濃度 [%]	入力熱量 [MJ/h]	燃料ガス流量 [m <sup>3</sup> /h]	発電効率 [%]
都市ガス	97.16	2.11	22.23
70	102.51	2.72	21.07
65	94.37	3.85	22.89
62.5	99.13	4.21	21.79
60	94.27	4.17	22.91

### 5.4 模擬バイオガスの希薄燃焼試験

実際のバイオガスを利用するに当たって、バイオガスは濃度が一定ではないといった問題点がある。それは、生物の働きによってメタンガスを発生させるので、周囲の温度や、有機物の種類によって発生量が変わるためである。このため、バイオガスエンジンには、広い燃焼範囲が求められる。このガスエンジンコージェネレーションにおいては、56.64%まで発電することが確認されている<sup>2)</sup>。そこで、メタンガスの濃度を徐々

に下げていき、エンジンが回り発電し系統連携できる範囲を調べた。この試験結果を表 5 に示す。この結果より、ガスエンジンがメタン濃度 53%まで低下しても、発電機が運転できたことが分かる。よって、この装置ではメタン濃度 53%までのバイオガスに対応できている。国内機で唯一データを発表しているアイシン精機株式会社のメタン濃度 56.64%に比べて、メタンガス濃度がさらに約 4%低下しても運転が可能であることを明らかにした。

表 5 希薄燃焼試験結果

メタン濃度	状況
70%	問題なく作動 入力ガス流量 4 m <sup>3</sup> /h
62.5%	問題なく作動 入力ガス流量 4 m <sup>3</sup> /h
60%	問題なく作動 入力ガス流量 4 m <sup>3</sup> /h
57.5%	問題なく作動 入力ガス流量 4 m <sup>3</sup> /h
55%	問題なく作動 入力ガス流量 5.5 m <sup>3</sup> /h
54%	問題なく作動 入力ガス流量 5.5 m <sup>3</sup> /h
53%	問題なく作動 入力ガス流量 5.5 m <sup>3</sup> /h
52%	エンジンはかかるが、ノッキングが発生し連携不可、場合によってはエンジン停止

## 6. まとめ

発電機出力 6kW の模擬バイオガスコージェネレーションシステムを構築し、その運転特性を調べた。その結果、以下のことが分かった。

- (1)一般的に使用される都市ガスを用いた試験では、発電効率は約 22%であることが分かった。
- (2)ガス混合器を使って、メタンガスと二酸化炭素を混合し、ガスクロマトグラフィーで濃度を確かめた。その結果、流量の比が、ほぼ CH<sub>4</sub> と CO<sub>2</sub> の比率になっていることが分かった。

(3)模擬バイオガスで発電を行い、メタンガス濃度を変化させても発電効率は変化しないことを明らかにした。

(3)メタンガス濃度を低下させてガスエンジンを運転させたところ、これまで公表されているメタン濃度56.64%に比べて、メタンガス濃度がさらに約4%低下しても運転が可能であることを明らかにした。

#### 謝辞

本研究は「農林畜産廃棄物利用による地域資源循環システムの構築」により行われたことを記し、関係者に謝意を表す。また、ガスの混合等について宮崎ガスリビング常務取締役の佐々木吉弘氏にご協力いただいた。ガスクロマトグラフィーによる測定には、物質環境化学科の田畑研二教授のご指導とご協力を頂いた。ここに厚くお礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1)井上宇市, 高田秋一:「コージェネレーション技術入門」, オーム社, pp.1-4, 1992
- 2) 永田龍三郎, 篠原博幸, 澤山茂樹, 塚原健一郎:「バイオガス利用 6kW ガスエンジンコージェネ開発」, 日本エネルギー学会大会講演要旨集, No.3-39, 2003