

# バイオガスを燃料とするりん酸形燃料電池の運転実績

大賀 俊輔

富士電機株式会社 事業開発室 燃料電池部  
290-8511 千葉県市原市八幡海岸通7番地

Operating Result of the PAFC Power System Using Biogas  
Shunsuke OHGA  
Corporate Technology Development Office Fuji Electric Co.,Ltd.  
7,Yawata-Kaigandori, Ichihara-shi, Chiba, 290-8511,

Phosphoric acid fuel-cell power units featuring environmentally-friendly qualities and high power generation efficiency has been studied in various fields. Fuji Electric Co., Ltd. installed fuel-cell power plants using biogas from garbage in the Port Island area of Kobe and biogas from sludge of sewage in Yamagata clean center.

The cumulative operation time of these systems achieved over 8,000 hours. We report these systems and operation data.

**Keywords:** Fuel Cell, Biogas, Garbage, Sludge of Sewage, Phosphoric Acid Fuel Cell

## 1. 緒言

富士電機は、りん酸形燃料電池発電システムの燃料として、都市ガスの他、液化石油ガス(プロパン、ブタン)、ナフサ、メタノール、電解工場からの副生水素の適用技術を蓄積して、実用化を促進してきた。また最近では、上記燃料以外に有機性廃棄物を嫌気性処理して発生したバイオガス、或いは下水汚泥を嫌気性処理して発生した消化ガスを燃料とした100kWりん酸形燃料電池発電システムについても、1年以上の安定した運転実績を得ている。前者のバイオガス燃料電池発電システムとしては、環境省殿からの委託を受け、神戸ポートアイランドに設置した生ごみメタン発酵バイオガス100kWりん酸形燃料電池発電システム(平成14年度第51回電機工業技術功労者表彰「会長賞」受賞)があり、2002年4月から本格稼働を開始している。後者としては、山形市浄化センター殿へ設置した下水汚泥メタン発酵消化ガス100kW×2台りん酸形燃料電池発電システム(第7回新エネ大賞「新エネルギー財団会長賞」受賞)があり、2002年3月から運転を開始している。両システムは現在も安定して運転されており、2003年5月1日時点で神戸ポートアイランドの燃料電池発電システムは累積運転時間8,000時間に到達し、山形の燃料電池発電システムは累積運転時間9,000時間に到達した。

## 2. システム構成と特徴

### 2.1 生ごみメタン発酵バイオガス燃料電池発電システム

本システムは、従来、廃棄物として焼却処分されている生ごみからエネルギーを効率よく回収する次世代システムとして、以下の特徴を有している。

- ①生ごみを嫌気性細菌により発酵させ、発生したバイオガスを資源として再利用
- ②バイオガスを燃焼させることなく、燃料電池により効率よく電気と熱に変換
- ③燃料電池利用により、排気中に大気汚染源となる物質がほとんど出ない

Fig.1に本システムのフローを示す。システムは大きく分けて4つのユニットから構成されている。各々のユニットについて以下に概説する。[1]

#### (1)前処理ユニット

神戸市内のホテルから排出される生ごみ(6トン/日)は、収集車により施設に搬入され、受け入れホッパーに投入される。そして、破袋・破碎された後、回転式粉碎分別機により異物(ラップ・金属片・割り箸等)を分別し、微生物分解に適した有機物のみをペースト化する。しかし、ペースト

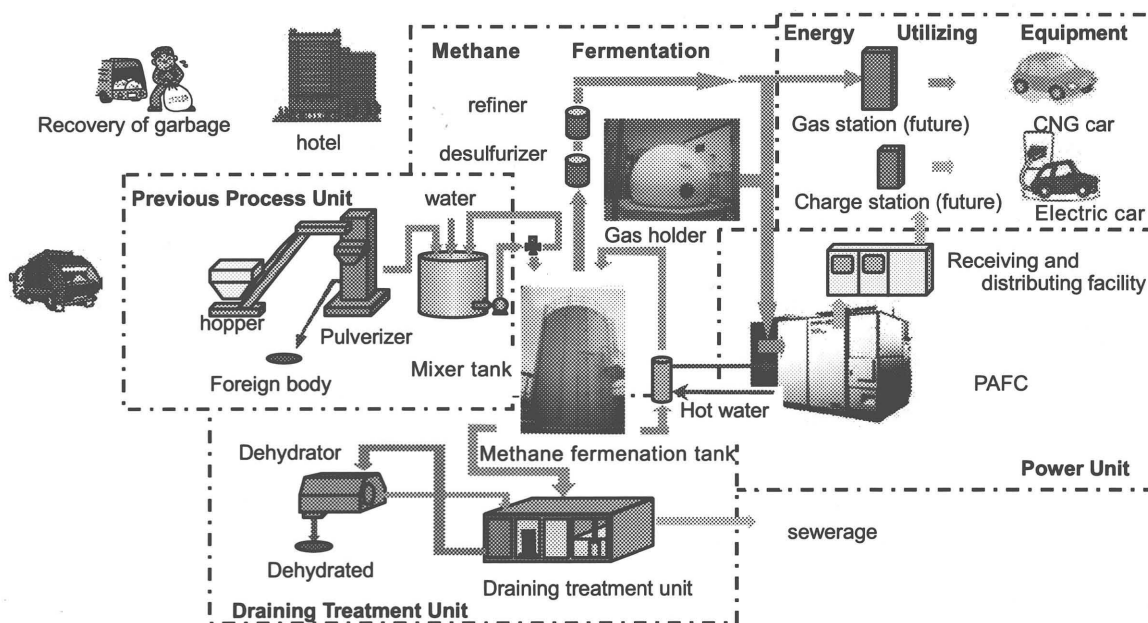


Fig. 1 PAFC Power System Using Biogas from Garbage

化された有機物は粘度が高く、また粒度も大きいので、混合槽にて同量程度の希釈水を加えた後、粉碎ポンプ(カッターポンプ)により微粉碎した生ごみスラリーとして、後段のメタン発酵槽に投入する。

(2)メタン発酵ユニット

メタン発酵槽本体は、ステンレス製円筒形の固定床式リアクタである。内部には円筒形炭素繊維微生物担体を充填している。微粉碎された生ごみスラリーは、メタン発酵槽上部から投入され、メタン生成菌を主体とする高温嫌気性微生物により嫌気性発酵する。また、リアクタ下部から引き抜かれた発酵液は、熱交換器を介して55℃に加温されリアクタ上部へ循環させる。この際の熱源には、燃料電池から排出される温水を利用する。

発生するバイオガスは、メタンと二酸化炭素がその主成分であるが、硫化水素・アンモニア等の不純物も含まれている。こうした不純物は、後段の燃料電池に悪影響を及ぼすため、脱硫塔(酸化鉄)・精製塔(活性炭)を通し、不純ガス成分を取り除いた後、燃料電池へ供給される。

また、脱硫・精製されたバイオガスは、ガスホルダーに貯留され、メタン発酵ユニットにおけるバイオガス発生量と燃料電池における消費量の差を緩衝するように配慮している。

(3)排水処理ユニット

メタン発酵槽のオーバーフローにより排出される発酵廃液や、各プロセスから排出される汚水は、施設内にある排

水処理ユニットに集められ、嫌気・好気性処理を行なった後、浸漬膜を通した処理水を下水道に放流する。また、排水処理により発生した汚泥は、脱水処理し、施設外に排出する。

(4)燃料電池発電ユニット

りん酸形燃料電池は、バイオガス中のメタン(CH<sub>4</sub>)を燃料電池パッケージ内の改質器で改質した水素(H<sub>2</sub>)と、空気中の酸素(O<sub>2</sub>)による電気化学反応により、電気(直流)を取り出すものであり、取り出された電気(直流)はインバータによりAC200V・60Hzの交流に変換して施設内に電力を供給する。Fig.2、Fig.3(次頁)に燃料電池発電装置外観写真及び発電プロセスを示す。施設内の電力は全て燃料電池の発電で賄うことが可能であり、約60%は余剰となり商用系統と系統連系し、施設外への電力供給も行っている。バイオガス燃料電池発電システムの仕様をTable1に示す。

Table 1 Specifications of PAFC for Biogas

Item	Specification
Rated Power	AC 100kW
Voltage/Frequency	200/50Hz(220V/60Hz)
Generation Efficiency	38%(LHV)
Total Efficiency	87%(LHV)
Fuel	Biogas(CH <sub>4</sub> : 60%, CO <sub>2</sub> : 40%)
Fuel Flow Rate	45m <sup>3</sup> /h(Normal)
Operation	Automatic
Heat Recovery	20%(90°C hot water) 29%(50°C hot water)
Emission	NO <sub>x</sub> : 5ppm or less SO <sub>x</sub> : under the limit of Detection
Noise	65dB(A) at 1m from Unit
Dimension	2.2m(W) × 4.1m(L) × 2.5m(H)
Weight	12ton

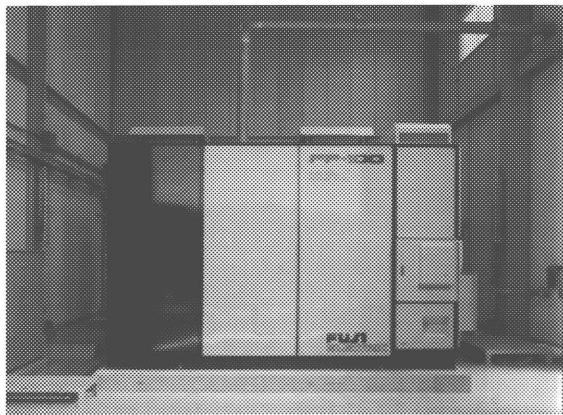


Fig. 2 The view of PAFC system for Biogas from Garbage

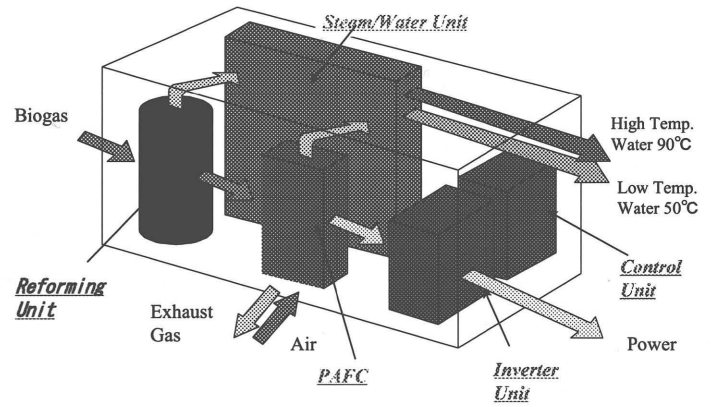


Fig. 3 System of PAFC for Biogas

22 下水汚泥メタン発酵/バイオガス燃料電池発電システム

(1)背景

山形市浄化センター殿では、従来、バイオガスエンジン発電機を導入し発電すると共に、ガスエンジンの排熱を温水として回収し、消化タンクの加温熱源としていた。夏期にはその排熱を吸収式冷凍機の熱源とし室内冷房を行なう等、汚泥資源の有効利用を、年間を通じて行なっている。しかし、近年、近隣の宅地化が進んだことにより汚泥量が増加し、ガスエンジンの能力を超えるバイオガスが発生するようになったため、漏洩したバイオガスによる悪臭が問

題となっていた。この余剰バイオガスの用途として、りん酸形燃料電池発電システムの増設を計画した。

(2)システム構成及び運転形態

山形市浄化センター殿は、処理人口69,190人、最大流入下水水量52,000m<sup>3</sup>/日、平均流入下水水量40,000m<sup>3</sup>/日の下水処理場である。平均で3,800m<sup>3</sup>/日のバイオガスが発生している。Fig.4に本システムのフロー、Fig.5に燃料電池発電装置外観を示す。発生したバイオガスの一部を100kW×2台のりん酸形燃料電池発電システムで電力として回収すると共に、排熱は温水として回収、循環させ、汚泥への熱交換を行い、その汚泥を消化タンクへ供給することで約37°Cに

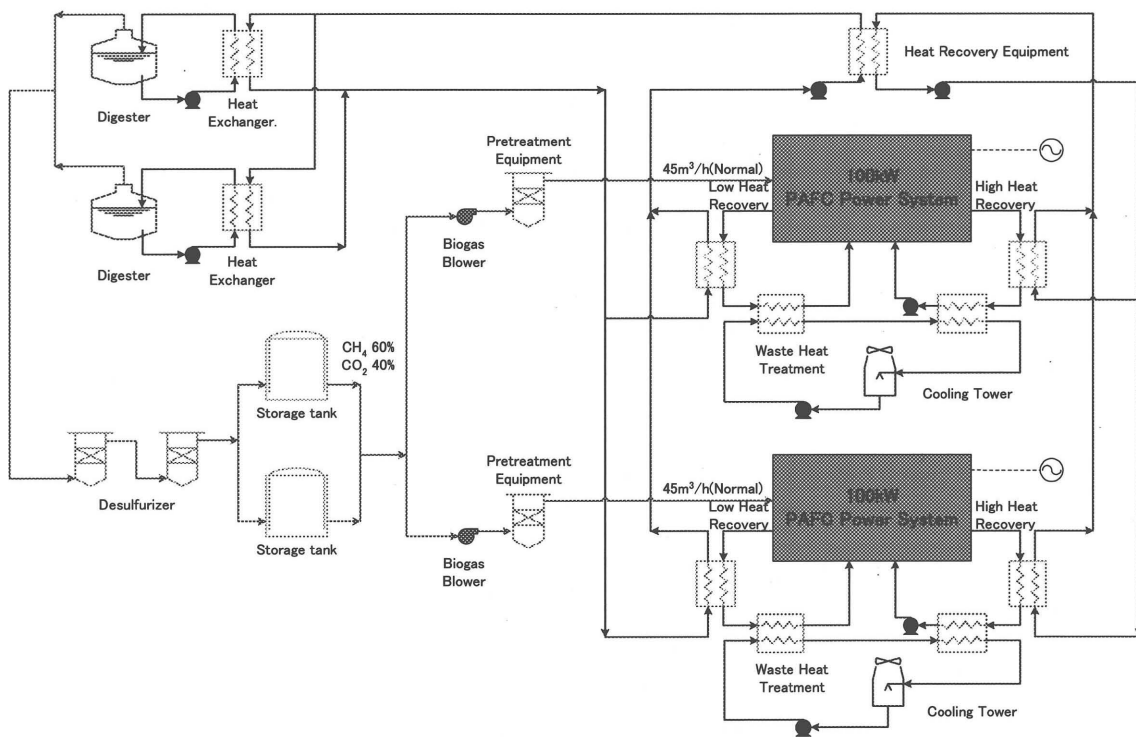


Fig. 4 PAFC Power System Using Biogas from Sludge of Sewage

加温している。

消化タンクでは、汚泥中の有機物を中温嫌気性微生物による嫌気性発酵によってメタンを発生させ、バイオガスを取り出している。運転形態は定格負荷運転とし、商用系統及びバイオガスエンジン発電機と系統連系を行なって、場内電力の一部を賅っている。場内消費電力は約1000kWであり、燃料電池とガスエンジンが合わせて約40%を賅っている。

**(3)ガス組成**

下水汚泥及び生ごみバイオガスの組成をTable2に示す。成分はいずれもメタン約60%、二酸化炭素約40%であり、その他に不純物として、硫化水素やアンモニアが含まれている。本発電システムでは、これらの不純物を除去するための前処理装置を燃料電池発電システムの前段に設置し、不純物を除去後、燃料電池発電システムに導入している。

Table 2 Component of Biogas

Component	Biogas from Sludge of Sewage	Biogas from Garbage
CH4	60%	60%
CO2	40%	40%
H2S	under 1000ppm	under 1000ppm
NH3	under 1ppm	under 200ppm

**3. 運転結果**

**3.1 生ごみメタン発酵バイオガス燃料電池発電システム**

メタン濃度の変動は56~64%の範囲であり、その濃度変化に追従した制御で安定した発電を行なっている。但し、6トン/日の生ごみをコンスタントに収集することが困難であるため、平均すると4トン/日程度となっている。従って、燃料電池の発電出力も一定ではなく、平均すると約50%程度の負荷となっている。2003年5月1日時点で累積運転時間8,000時間に到達した。その運転結果をTable3に示す。

Table 3 Performance of PAFC Power System Using Biogas

Item	Garbage Biogas System	Sludge of Sewage Biogas System
Date	18-Jun-02	29-May-02
Output Power	AC 100kW	AC 100kW
Voltage/Frequency	220V/60Hz	210/50Hz
Generation Efficiency	36.0%(LHV)	37.5%(LHV)
Total Efficiency	80%(LHV)	86.5%(LHV)
Fuel	Biogas(CH4: 57%, CO2: 43%)	Biogas(CH4: 57%, CO2: 43%)
Fuel Flow Rate	47.4m <sup>3</sup> /h(Normal)	46.9m <sup>3</sup> /h(Normal)
Heat Recovery	16%(90°C hot water)	20%(90°C hot water)
	28%(50°C hot water)	29%(50°C hot water)

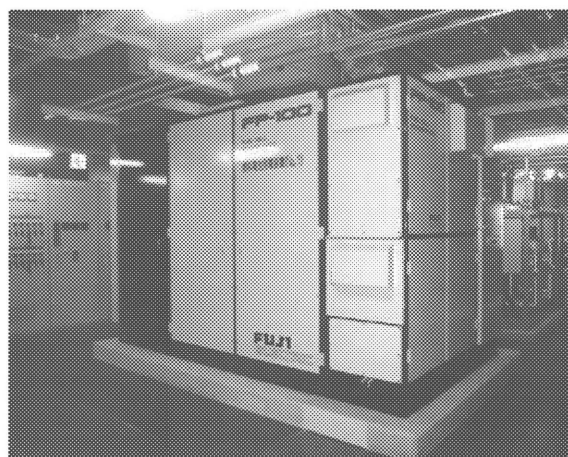


Fig. 5 The view of PAFC system for Biogas from Sludge of Sewage

**3.2 下水汚泥メタン発酵バイオガス燃料電池発電システム**

メタン濃度は55~60%の範囲で変動しているが、その濃度変化に追従した制御で安定した発電を行なっている。2003年5月1日時点で累積運転時間9,000時間に到達した。その運転結果をTable3に生ごみメタン発酵燃料電池発電システムの結果と合わせて示す。

**4. おわりに**

現在、日本国内の年間生ごみ総排出量は約2,000万トンであり、その多くは焼却処分されており、二酸化炭素排出の大きな要因となっている。また、「食品循環資源の再利用等の促進に関する法律(食品リサイクル法)」が2001年4月に施行されたこと、COP3の京都議定書の批准が2002年5月に衆議院で採択されたこと等から二酸化炭素排出権取引市場或いは炭素税、環境税と言った議論が始まっている。更に、燃料電池が2001年グリーン購入法の特定期調達品に指定されたこともあり、廃棄物の減容化、未利用資源の有効活用、二酸化炭素排出量削減という環境面において、そ

の負荷を大きく低減できる燃料電池発電システムの時代が到来するものと予想される。

一方、下水汚泥の有機物嫌気性発酵についても国内約300箇所の下水処理場で実施されており、バイオガスの総発生量は約2.6億 $m^3$ /年である。そのうち100kW燃料電池発電システムを稼働させるのに必要なバイオガス発生量を有する施設は約100箇所以上ある。現状は、ボイラによる熱エネルギーやガスエンジンによる電気エネルギー回収に使用されているが、今後、高効率であるために二酸化炭素削減効果が大きい燃料電池発電システムが普及していくものと考えられる。

現在、りん酸形燃料電池発電システムは、都市ガス仕様で40,000時間以上の運転実績を有しており、このたび、バイオガス仕様においても、1年間に渡る安定運転の実績が得られたことで、りん酸形燃料電池の普及がさらに促進されるものと信じている。

#### 参考文献

1. 秋山幸司; "生ごみバイオガス化燃料電池による発電施設", OHM, Vol.88, No.9, p.101(2001)
2. 長谷川雅一; "りん酸形燃料電池の開発とその実用性", 生産と電気, Vol.55, No.3, p.9(2003)