

マイクロガスタービンによる消化ガス発電

digestion-gas power-generating system by means of a microgasturbine

島田正夫¹⁾, 山本博英¹⁾, 猪木博雅¹⁾, ○戸田雅之²⁾

1) 日本下水道事業団 2) 株式会社明電舎

Masao Shimada¹⁾, Hakuei Yamamoto¹⁾, Hiromasa Inoki¹⁾, ○Masayuki Toda²⁾

1) Japan Sewage Works Agency, 2) Meidensha Corporation

Abstract

The new energy introduction conation is full in the sewage field, against the background of the necessity for the prevention of global warming, the energy saving and so on. In that various systems are examined, the aggressive utilization of digestion gases (the biogas) as the non-utilized energy is dealt with for the examination. As for the use of the biogas, history was old, in Europe. It was studied from the 1940's and the aggressive introduction of the biogas plant was specifically attempted in Germany, Denmark and so on.

As for the sewage business in Japan, approximately 300 anaerobic digestive facilities are prepared for the whole country. The digestion gases are also used sometimes for the generation of electricity and the heat source.

However, in a lot of cases, about 50 % is disposed as surplus gas. To become one of the means of the use of digestion gases especially in the small-scale processing place, this report reports the result of the proof examination on the system of the digestion gases generation of electricity which used microgasturbine with expected small capacity.

Key Words : microgasturbine (MGT), non-utilized energy, digestion-gas

1 はじめに

地球温暖化防止などを背景と、化石燃料の消費削減が急務となっている。風力、太陽光をはじめとした新エネルギーの導入が盛んであり、カーボンニュートラルなバイオマスの活用検討も積極的に実施されている。

消化ガスは下水汚泥の処理方法の一つである嫌気性消化処理により得られる可燃性ガスであり、いわゆるバイオガス的一种である。

本稿では、キャプストン社製マイクロガスタービンの消化ガス発電への適応についてまとめる。マイクロガスタービンは容量が小さいことから特に中小規模の下水処理場における適応が見込まれており、その実用化に向け、日本下水道事業団と共同で実証試験を継続している

2 マイクロガスタービンとは

マイクロガスタービンとは300kW未満のガスタービンを指す。ガスタービンは連続運転が可能であり、部品点数が少なく保守性にすぐれるなど、優れた特徴を持つ。このため、従来から常用の発電機用として広く用いられているが、容量が小さくなるほど効率が低下するという問題を持つ。しかし、近年の技術革新により30kWという小容量ながら実用的な効率が達成された。Fig.1に実証試験に用いているパッケージを示す。

2.1 マイクロガスタービンの原理

マイクロガスタービンは空気を作動ガスとする内燃機関であり次の工程を連続して同時に行うものである。①吸気：吸気フィルタを介して外気を取り込む。②圧縮：発電機と同軸に設けられた圧縮機にて加圧する。③燃焼-膨張：燃焼室においてバーナーで加熱する。高温高圧となった空気のエネルギーをパワータービンにて回転エネルギーに変換する。④排気：パワ



Fig. 1 マイクロガスタービン外観

タービンにて仕事をしたガスは大気に放出される。パワータービンは同一の軸で空気圧縮機及び発電機に接続されており、この回転により連続して吸気、発電を行うことができる。

2.2 マイクロガスタービンの特長

マイクロガスタービンの効率向上に寄与する技術としては再生器の構造及び空気軸受けの採用があげられる。

再生器はタービン出口の高温のガスと燃焼室に入る前の空気を熱交換することによりガスタービンの熱効率を向上するための仕組みである。キャプストン社製マイクロガスタービンにおいてはこの再生器が燃焼室を取り巻く様に構成されており、系内の熱を有効に活用することができる。

空気軸受けは最大96,000rpmで回転する軸を保持するものである。軸及びその軸受けの隙間は極狭く構成されている。高速で回転する軸はその周囲の空気に圧力分布を生じる。この圧力により軸は非接触で支持されるものである。この隙間には薄いフィルム状のスプリングが組み合わされている。非接触軸受けの採用は冷却水、潤滑油を不要とし高速回転する軸に対しても信頼性を確保するものである。

発電電力の制御方法は小型化を可能にし、使い勝手を向上するものである。マイクロガスタービンの発電機はタービン直結されている。このため、発電機の回転数は機械的な制御により変動するが、その電力はコンバータにより直流変換され、インバータにより系統に同期し出力される。この結果、従来必要であった同期の検定などが不要となり発電機の投入が容易になった。また複数台を系統に連系し設置する場合においても個々の発電機を制御する必要が無く設備は簡略化できる。

3 汚泥消化ガスの実情

嫌気性消化は汚泥を嫌気状態において35℃～40℃程度に加温することで、嫌気性微生物により有機物を分解するための手段であり、その減容化と衛生的処理に大きな効果がある。この処理工程で発生するのが消化ガスである。消化ガスはメタンを主成分とする可燃性ガスである。

3.1 汚泥消化ガスの利用状況

可燃性である消化ガスは現在でも様々に利用されている。(Fig 2) その多くが消化槽(発酵槽)の加温、暖房用などの熱源としての利用である。一方、30%以上は未利用であり、余剰ガスとして処分されている。さて、Table 1は消化ガスの発生量から分類した処理場毎の消化ガス発電実施数である。消化ガス発電はその多くが大規模な処理場に限定されていることがわかる。様々な要因があるが、発生ガス量に適した小容量な発電設備が無かったことも理由の一つと考えられる。

3.2 消化ガス発電へのマイクロガスタービン適応

小容量のマイクロガスタービンはその消費ガス量も少ないため、中小規模の処理場においてもその未利用ガス、つまり余剰ガスを用いて運用することが可能と考えられる。また、良好な保守性、小型のパッケージなどによる従来発電設備よりコストを低減できることが期待できる。

マイクロタービンによる消化ガス発電システムの概略を Fig 3 に示す。発生した消化ガスは、脱硫器により硫化水素を除去しガスホルダに貯蔵する。マイクロタービンに消化ガスを供給するためには約0.4MPaの圧力が必要なため、ガス圧縮機により昇圧する必要がある。このほか、凝縮水を排出するためのガスドライヤをもうける、さらに必要に応じてシロキサンの除去装置を設備する。

4 消化ガス発電実証試験

我々は前述の課題を明確に把握し、それを解決するため、2001年から実証試験を実施している。実証試験は北海道岩見沢市様のご協力により、同市南光園処理場様にて実施している。2001年3月に30kW機1台を設置し開始し基本特性の把握につとめた。02年5月に系統連系及び、排熱回収・利用設備の整備を実施した

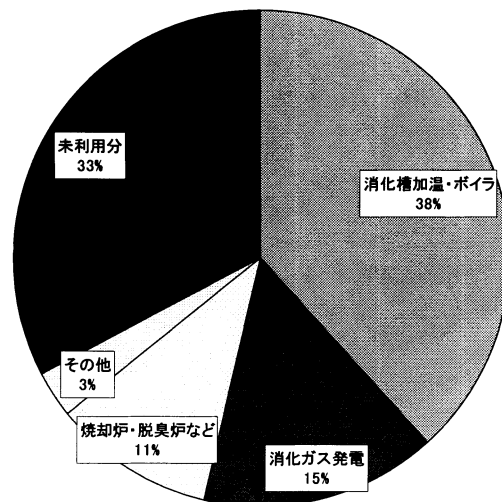


Fig. 2 消化ガス利用状況
(平成11年度版下水道統計による)

ガス発生量 (千m ³ /年)	処理場数	消化ガス 発電実施
5,000 ~	8	5
3,000 ~ 5,000	5	3
1,000 ~ 3,000	55	6
500 ~ 1,000	44	3
100 ~ 500	130	1
50 ~ 100	24	0
10 ~ 50	27	0
5 ~ 10	1	0
~ 5	4	0
合計	298	18

Table 1 消化ガス発電の実施状態
(平成11年度版下水道統計による)

上、24時間の連続運転を開始した。⁽¹⁾ さらに積算運転時間が10,000時間を経過した03年8月には30kW機を増設、現在では30kW×2台による連続運転を実施している。

4.1 運転実績

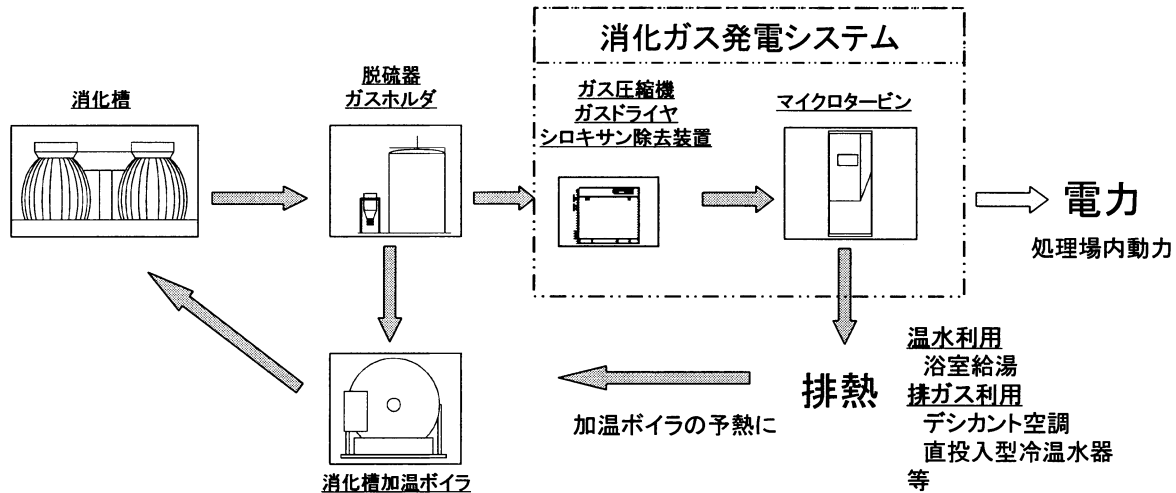


Fig. 3 消化ガス発電システムの概略図

実証試験によるマイクロガスタービンの運転時間は1号機、2号機通算で15,000時間を超えた。Fig.4は吸気温度が出力に与える影響をプロットしたものである。マイクロガスタービンは吸気温度が高くなると出力が低下する短所をもつ。その理由は気温上昇に伴い低下する空気密度により吸気圧縮機の効率が低下するためであり、ガスタービンシステムにおける原理的な短所である。実線が標準仕様値、点が測定値である。出力、効率ともに送電端であり、変圧器の損失などを含むため、標準仕様値(発電機端)を下回る。

4.3 水分の影響

消化ガスを発電に用いるにあたり、その不純物が問題となる。腐食性を持つ硫化水素(H₂S)は機器の寿命に影響するため、除去する必要があることが広く知られている。このため、一般的に脱硫設備が設けられ十分な除去が実施されている。一方、水分については配管系統において逐次ドレン排出除去しているものの、消化ガス発電システムの入口においても飽和状態であることが想像できる。

マイクロガスタービンにおいてはガス圧縮機においてガスを昇圧するため水分が凝縮する。この水分は配管に蓄積されるだけでなく流量調整バルブにおいてその制御性を悪化させるなどの悪影響を及ぼす。このため、ドライヤを設け、マイクロガスタービン入口における湿度を80%以下とする必要がある。

4.2 シロキサン除去

硫化水素、水分の他、消化ガスにはシロキサンと呼ばれる不純物が存在する。シャンプー、リンスなどに用いられる柔軟剤はケイ素を含む高分子化合物である。これらの物質はシロキサンとも呼ばれており、消化ガス中に微量ながら存在する。この物質は燃焼によりケイ素酸化物を生成することでエンジンに悪影響を与える。そのため、燃焼する前に除去する必要があるが、活性炭による吸着が有効であることが知られている⁽²⁾。Fig.5にはシロキサン吸着性能を2種類の活性炭により比較した結果を示す。この実験はデカメチルシクロペンタシロキサン(D5)

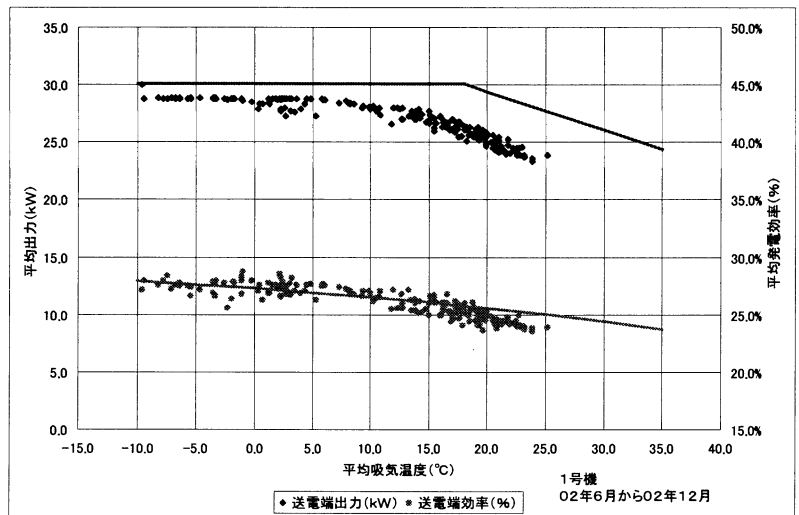


Fig. 4 吸気温度が出力に与える影響

を用いた室内実験であり高濃度のシロキサンを含有する模擬ガスによる比較結果である。この実験から活性炭によるシロキサン吸着の有効性が確認できた。現在では実証試験において同様の活性炭吸着設備を付加し、その有効性、運用などを検証している。

5 終わりに

地球温暖化防止などのため、バイオマスの有効利用は今後の大きな課題である。下水処理場においてはエネルギーの自給率向上の観点から、あるいは維持管理費の低減なども含め消化ガスの有効利用は大きな課題である。近年ではその貯蔵方法にも新しい技術開発がなされるなど⁽³⁾ 利用範囲の拡大、活用の効率化などより積極的に検討されている。

我々は容量が小さいという特性から、特に中小規模の処理場において有望と思われるマイクロガスタービンについて実証試験により得られた知見を報告した。日本下水道事業団

と実施する本共同研究では水分、シロキサンなど消化ガスに含まれる不純物の排除などの課題を解決し実用化に大きく近づいているものとする。今後は実設備への適応を視野にいれ、さらなる経済性向上、信頼性向上を目指し研鑽を重ねる所存である。

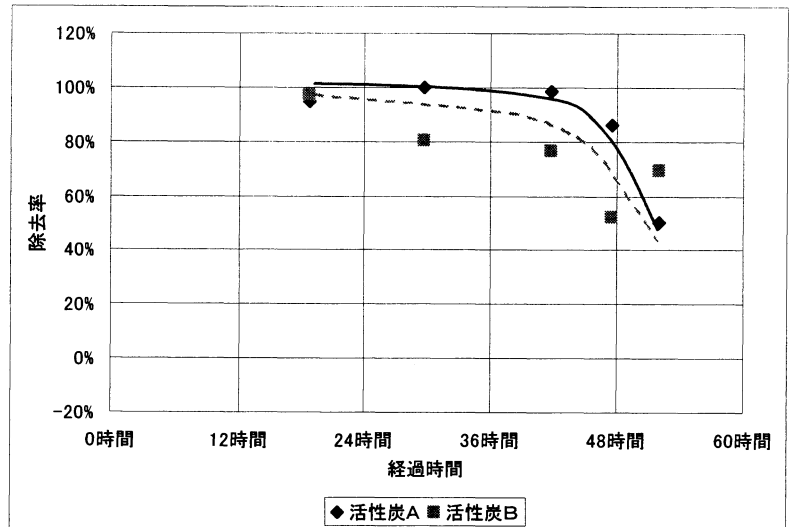


Fig. 5 シロキサン吸着性能比較実験

参考文献

- 2) 森ら；マイクロガスタービンによる消化ガス発電，第39回下水道研究発表会講演集，pp188～190
- 2) 長藤ら；消化ガス中のシロキサン化合物の吸着除去，第38回下水道研究発表講演集，695-697、2001
- 3) 金森ら；消化ガス吸着貯蔵技術に関する性能評価研究，第40回下水道研究発表会講演集，p1021
- 4) 日本下水道協会；下水道統計56号（平成11年度版）