

22AG 型ガスエンジンによる汚泥発酵メタンガス発電設備

Methane Fermentation Gas Use Power Generation

橋 本 徹 新潟原動機株式会社技術センター技術開発グループ シニアアシスタントマネージャー
後 藤 悟 新潟原動機株式会社技術センター技術開発グループ グループ長 工学博士

下水処理場の汚泥処理過程では消化ガスが発生する。従来はこのガスを大気放出していたが、環境問題やエネルギー枯渇問題の観点から、このガスを発電用エンジンの燃料として利用する動きが広がっている。しかし、このガスには燃焼を抑制する作用のある二酸化炭素が含まれており燃焼性が悪い。これに対し、新潟原動機株式会社が開発した 22AG 型ガスエンジンは、その強力な着火源によって消化ガスの安定燃焼が可能であり、エネルギーの有効利用を目的として、森ヶ崎水再生センター（東京都）で稼働している。

Sewage gas is generated in the process of sludge treatment at sewage treatment plants. In the past, this gas had been emitted to the atmosphere causing environmental problems. Recently to cope with the problems and energy shortage, sewage gas has experimentally been used as fuel for power generation. However, combustibility of sewage gas is not so good because it contains carbon dioxide (CO₂) that restrains combustion. For better combustion of sewage gas, Niigata Power Systems Co., Ltd. has developed the 22AG type gas engine having a powerful ignition system that allows stable operation. The successful engine is now operated at the MORIGASAKI Sewage Plant.

1. 緒 言

近年、バイオマスを利用した発電が脚光を浴びている。これは、化石燃料の枯渇およびこれに伴う燃料価格の高騰に端を発しており、エネルギーを有効に利用する気運が高まっているためである。

また、2003 年から施行された「電気事業者による新エネルギー等の利用に関する特別措置法」では、電気小売事業者に対してバイオマスなどの新エネルギーから発電される電気を一定量以上使うことを義務づけていることも要因として挙げられる⁽¹⁾。

これらを背景として、バイオマスから発生するガスを用いた発電への対応が市場から要求されている。新潟原動機株式会社（以下、NPS と呼ぶ）は、産業発電用のガスエンジンを製造販売しており、バイオマスから発生するガスを用いて発電する技術を開発したので、これを紹介する。

本技術は、森ヶ崎水再生センター（東京都）で、NPS 製 22AG 型ガスエンジンを用いて汚泥発酵メタンガス（以下、消化ガスと呼ぶ）による発電装置として実用化されている。

森ヶ崎水再生センターは、各家庭から排出された下水を浄化する施設であり、浄化に使われた汚泥を処理する過程で消化ガスが発生する。この消化ガスを 22AG 型ガスエ

ンジンの燃料として利用することによって発電を行う。

しかし、消化ガスは一般の産業発電用ガスエンジンの燃料として使われる都市ガス 13A に比べると発熱量が約 1/2 と低く、そのうえ、燃焼を抑制する二酸化炭素が含まれるので燃焼性が悪い。このため、従来の火花点火方式では、このガスを確実に燃焼させることができず、中大型の産業発電用ガスエンジンに使用することは困難であった。

これに対して NPS が独自で開発したマイクロパイロット着火方式の 22AG 型ガスエンジンは、その強力な着火源によって、この燃焼性の悪いガスでも確実に燃焼させることができる。

22AG 型ガスエンジンは、この特長を生かして、森ヶ崎水再生センターで消化ガスを燃料とした運転実績をあげている。

2. ガスエンジン仕様

2.1 22AG 型ガスエンジン

22AG 型ガスエンジンは、NPS のガスエンジンの主力製品であり、陸用のコジェネレーション用エンジンとして用いられている。

第 1 表に 22AG 型ガスエンジンの機関要目を、第 1 図にその外観を示す。シリンダ径は 220 mm、機関回転数

第1表 22AG型ガスエンジン機関要目
Table 1 22AG type gas engine specifications

型式	単位	6L22AG	8L22AG	12V22AG	16V22AG	18V22AG
燃焼方式	-	マイクロパイロット着火方式, 希薄燃焼ガスエンジン				
過給方式	-	排気タービン, 給気バイパス, エアクーラ付き				
シリンダ径	mm	220				
機関回転数	min ⁻¹	1 000 (50 Hz 地区)				
シリンダ数	-	6	8	12	16	18
発電出力	kW	1 050	1 400	2 120	2 850	3 200



第1図 22AG型ガスエンジン外観
Fig. 1 General view of 22AG type gas engine

は 1 000 min⁻¹ (50 Hz 地区) である。また、気筒数は 6 ~ 18 気筒のラインナップがあり、発電出力は 1 050 ~ 3 200 kW をカバーする。

本ガスエンジンは、2002 年から販売を開始し、すでに 100 台以上の国内納入実績をもっている。

2.2 マイクロパイロット着火方式

(1) 強力な着火源

22AG 型ガスエンジンでは、着火方式としてマイク

ロパイロット着火方式を採用しており、その最も大きな特長は、強力な着火源である。

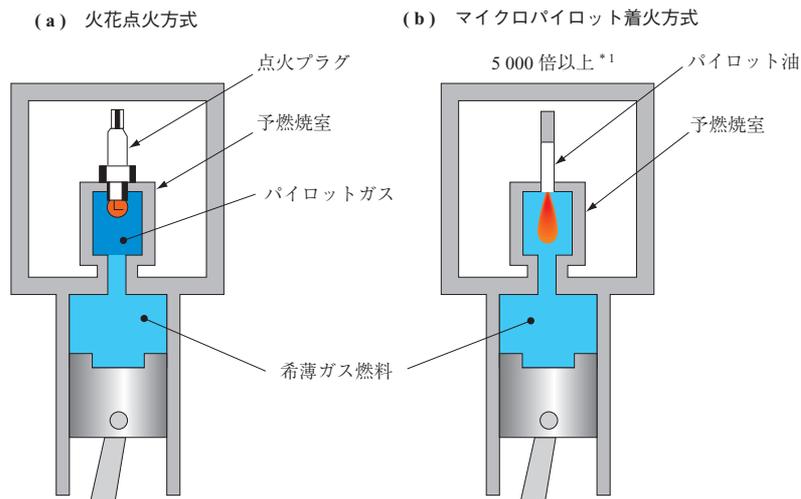
第2図に NPS が採用しているガスエンジンの着火方式として、予燃焼室をもつ火花点火方式とマイクロパイロット着火方式の概念を示す。

火花点火方式では、点火プラグの火花によって予燃焼室の混合気に点火する。これに対して、マイクロパイロット着火方式はディーゼル油を予燃焼室に噴射し、そのディーゼル油が自己着火した炎によって、予燃焼室内の混合気に点火する。ディーゼル油の炎のエネルギーは点火プラグの火花のエネルギーの 5 000 倍以上であるため、予燃焼室の混合気を確実に燃焼させることができる。

この特長を利用することによって、燃焼性の悪い消化ガスでも確実な燃焼を実現している。

(2) 少量噴射

マイクロパイロット着火方式のもう一つの特長は、少量噴射である。



(注) *1: 着火エネルギーが点火プラグの 5 000 倍以上

第2図 ガスエンジンの着火方式
Fig. 2 Ignition method of gas engine

これまでもディーゼル油の炎を混合気の着火源としたエンジン（デュアルフェューエルエンジン）は存在していた。しかし、ディーゼル油を直接、主燃焼室に噴射しており、噴霧を自己着火させるためには、多量のディーゼル油を噴射しなければならなかった。その量は、投入燃料発熱量の15～20%であった。このため、①ディーゼル油の貯蔵用タンクが大きくなる ②NO_x・煤じんの排出量が多くなる ③燃料代が高くなる、などの問題があった。

これに対して、マイクロパイロット着火方式では、ディーゼル油を予燃焼室に噴射することによって少量噴射を実現している。その量は、投入燃料発熱量の約1%であり、これによって、①ディーゼル油用貯蔵タンクのコンパクト化 ②NO_x・煤じんの排出量の低減 ③燃料代の削減、を行っている。

3. 消化ガス発電設備

3.1 消化ガス発電設備概要

NPSは2003年に森ヶ崎水再生センターに18V22AG型ガスエンジンを納入した。本エンジンは22AG型ガスエンジンシリーズのなかで、もっとも気筒数の多い18気筒のエンジンである。第3図に森ヶ崎水再生センターにおける、ガスエンジンを用いた消化ガス発電設備の概要を示す。

森ヶ崎水再生センターでは、各家庭から排出された下水を水処理施設で浄化し、浄化した水を東京湾に放流している。浄化の際に発生した汚泥は、処分の過程で減量を図

るため汚泥消化槽で微生物を利用した有機分解を行う。このときに発生するのが消化ガスである。発生した消化ガスは、22AG型ガスエンジンの燃料として使われる。発電した電力は水処理施設に使われ、電気代の削減となる。また、22AG型ガスエンジンは発電を行うとともに、温水を発生する。温水は汚泥消化槽の加温に使われ、汚泥を高温消化することによって消化の日数を短縮することができる。なお、温水の元の水は、水処理施設によって処理した水の一部を利用している。

以上のように、下水の処理に必要な電力エネルギー・熱エネルギーの一部を施設内で発生した消化ガスでまかなうことによって、水処理コストの削減を行っている。

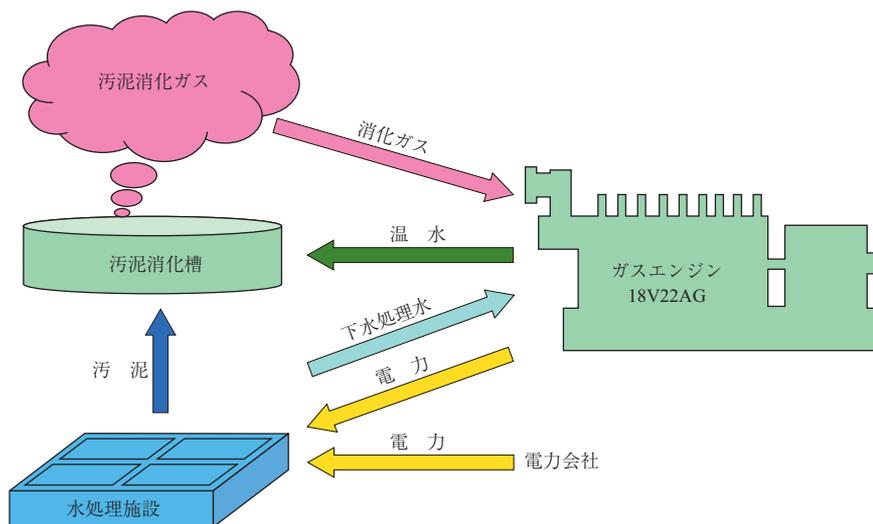
3.2 消化ガスの問題点と対策

エネルギーの有効利用に貢献している消化ガスであるが、エンジンの燃料としては決して良いものではない。第2表に都市ガス13Aと消化ガスの性状の違いを示す。

消化ガスの成分はメタンと二酸化炭素であり、発熱量は都市ガスの約1/2である。これらのガスを用いてガスエ

第2表 燃料ガスの代表性状（一例）
Table 2 Typical properties of fuel gas

項目	単位	都市ガス13A	消化ガス
主成分	vol%	CH ₄ : 約88	CH ₄ : 約60 CO ₂ : 約40
		C ₂ H ₆ : 約6	
		C ₃ H ₈ : 約4	
		n-C ₄ H ₁₀ : 約2	
低位発熱量	MJ/m ³ _N	約41.6	約21.5
発生源	-	ガス供給会社から購入	微生物を利用して、汚泥の有機化合物を分解



第3図 消化ガス発電設備概要
Fig. 3 Outline of power generating system using sewage gas

ンジンを運転し発電を行うには、幾つかの問題点がある。

(1) 燃 焼 性

消化ガスに含まれる二酸化炭素は不活性ガスであり燃焼しない。このため、消化ガスは燃焼性が悪く、着火遅れが生じる。着火遅れが発生すると、燃焼圧力が下がり、効率が低下する。このため、22AG 型ガスエンジンではディーゼル油を噴射するタイミングを進めることによって、効率の改善を行っている。ただし、燃料の噴射はカムと機械式ポンプによって行っているため、タイミングを進めるには限度があり、消化ガス用として、カム軸を特別仕様で設計した。

(2) 低い発熱量

消化ガスの発熱量は、都市ガス 13A の約 1/2 である。

これに対して、今回の発電出力は 3 200 kW であり、これは都市ガス 13A を用いたときと同じである。発熱量は約 1/2 であり、同じ出力を出すためには約 2 倍のガス量を燃焼室に供給しなくてはならない。このため、燃焼室に燃料ガスを供給する燃料ガス供給電磁弁を、都市ガス 13A 仕様に比べて 2 倍以上の流量係数のものに変更している。これによって、燃料ガス量の増加の改善を図り、出力を確保した。

3.3 運転実績

22AG 型ガスエンジンは 2003 年の納入以来、年間で約 8 400 時間の運転を行っており、2010 年 2 月はじめにおける総運転時間は約 47 800 時間に至っている。長い期間にわたり、エネルギーの有効利用に貢献している。

4. 結 言

NPS が開発した 22AG 型ガスエンジンは、マイクロパイロット着火方式を採用して、その強い着火力を生かし、燃焼性の悪い消化ガスでも安定した燃焼を実現した。これによって、これまで大気放出をして無駄にしていた消化ガスを有効に利用できるようになった。

NPS は、本ガスエンジンを森ヶ崎水再生センターに納入し、都市ガスと同様の 3 200 kW の出力を発生させ、総運転時間 47 800 時間以上の長期にわたる稼働によって、施設内の電力・温水の一部をまかない、さらに施設の電力コスト削減やエネルギーの有効利用に貢献している。

参 考 文 献

- (1) 資源エネルギー庁：新エネルギーの導入拡大に向けて 2008 年 10 月