

## 1-3-1 汚泥処理施設における安定的な電源確保について

### ～ガスエンジン発電機の導入～

建設部 設備設計課 片岡 紘亮  
甲田 裕章  
齋藤 健士  
青柳 正俊

#### 1. 導入の経緯

平成 23 年 3 月 11 日の東日本大震災では震災直後の停電に加え、その後計画停電が実施され、また夏季には電力需給ひっ迫により、大口需要家に対して電力使用制限等規則及び、それに基づく告示（以下「電力使用制限令」という。）が発令されるなど、我が国の電力需給の信頼性が揺るがされる事態となった。東京都下水道局の施設においても運転調整による設備停止や非常用発電機の運転による対応を強いられ、大きな影響を受けた。これまで当局では、非常用発電機の電力負荷は揚水設備と水処理設備の一部（合流式の雨天時の場合）とし、汚泥処理設備は対象外としてきた。しかし、この震災による汚泥処理設備の停止が施設全体の運営に影響を及ぼしたことから、汚泥処理施設における電力確保の必要性を再検討した。その結果、経営計画 2013 において「震災時の自己電源の確保」として位置付け、南部スラッジプラントでは新たに発電機を導入し安定的な電源確保を図ることとなった。

発電機を導入するにあたり、原動機を比較検討した結果、今回の条件では、ガスエンジンが最適であると判断し、ガスエンジン発電機の導入に至った。しかし、当局では今までガスエンジンを採用した例がないため、ガスタービン発電機と比較し、冷却系や負荷投入時の制限等新たな項目の検討が必要となった。

ここでは、ガスエンジンの選定に至るまでの検討内容や、設計上の留意点等について報告する。

#### 2. 汚泥処理施設に適切な発電設備の選定

汚泥処理施設における安定的な電源確保を実現するには、「停電時の電源確保」と「電力使用制限令発令時に対応するための電源の確保」という 2 点の課題を解決する必要がある。これらを解決するシステムとして、「非常用・常用兼用発電機」の設置と「非常用発電機＋電力貯蔵設備」の設置の 2 案が考えられる。

一方で、汚泥処理施設では水処理施設と比較し求められる発電機の要求事項が異なるため、汚泥処理施設における最適なシステムとする必要がある。そこで、発電機に使用する原動機の種類と、電力貯蔵設備の設置の可否を検討し、汚泥処理施設の特徴にあったシステムを選定した。

##### (1) 汚泥処理施設と水処理施設との発電機要求事項の比較検討

汚泥処理施設、水処理施設それぞれにおける使用条件として発電機に必要な要件を比較した。

###### ア 発電機短時間始動の必要性

水処理施設については揚水設備があるため、短時間での始動が必要となるが、汚泥処理設備ではそのような短時間始動を要する設備はない。

###### イ 連続運転時間について

水処理設備において、停電状況下でのポンプの運転は、過去の実績より最大でも 2 時間程度である。また、電力使用制限令への対応は、電力貯蔵設備による不足電力の供給で対応している。一方、汚泥処理設備に関しては、施設の安全な停止のために 3 時間程度を要する。さらに電力使用制限令に対応するためには、11 時間の発電機運転もしくは電力貯蔵設備による対応が必要になる。

## (2) 使用燃料の検討

発電機で使用する燃料について検討した。燃料は主に都市ガスと液体燃料があるが、都市ガスについては、当施設ですでに焼却施設のための中圧 B ガス管が使用されており、また敷地に面する道路にガス会社が管理する中圧 A ガス管もある。さらに中圧ガス管は耐震性に優れ、震災時にも供給が停止しなかった実績がある。一方、液体燃料については当施設に貯蔵タンクはないため、新たに設置しなければならない。また、東日本大震災時にはタンクローリーが不足し、当局施設に発災から少なくとも 10 日間は燃料が供給されなかった実態がある。したがって、常時燃料を必要とする常用発電機については液体燃料を使用する原動機を除外して検討した。

## (3) 発電システムの比較

各発電システムの特徴を表 1 にまとめ、比較検討した。なお、ガスエンジン発電機は常用・非常用に区分はなく、停電時始動に必要な付帯設備を含む形で記載している。

表 1 各発電システムの特徴

発電機機関	ガスエンジン	ガスタービン		ディーゼルエンジン
		非常用	常用	
常用／非常用区分	常用・非常用	非常用	常用	非常用
燃料	都市ガス	灯油	都市ガス	軽油/重油
発電効率	<b>約 45%</b>	約 20%	約 30%	<b>約 40%</b>
始動時間	約 10 分	<b>約 3 分</b>	約 10 分	<b>約 40 秒</b>
窒素酸化物 (NOx)	200ppm	150ppm	150ppm	950ppm
排ガス処理装置	<b>不要</b> (規制値 <sup>※1</sup> :200ppm)	—	要 (規制値 <sup>※1</sup> :60ppm)	—
ボイラー・タービン主任技術者	<b>不要</b>	<b>不要</b>	要	<b>不要</b>
電力貯蔵設備	<b>不要</b>	要	<b>不要</b>	要

※1 窒素酸化物(NOx)の排ガス規制値。

これら特徴から、汚泥処理施設における発電設備要件に関しては、上記すべての機関が要件に合致する。したがって、電力貯蔵設備や排ガス処理装置等が必要ないガスエンジン発電機を選定した。

## 3. ガスエンジン発電機の概要と仕様

ガスエンジン発電機の基本構成は図 1 のとおりである。都市ガスを使用する原動機の特徴として、流入ガス圧力が低い場合に対応するためガス圧縮機が必要になり、その付帯設備にも冷却設備が必要になる。本発電機の燃料の供給圧力は、ガス会社との協議により最低 0.3MPa、通常時 0.7MPa となる。本発電機では最低 0.45MPa の圧力が必要であるため、これより圧力が低い場合にはガス圧縮機が運転される。一方、供給圧力が 0.45MPa より高い場合は昇圧の必要がないため、バイパス経路を通るシステムを構築し、圧縮機を停止させることにより省エネを図っている。

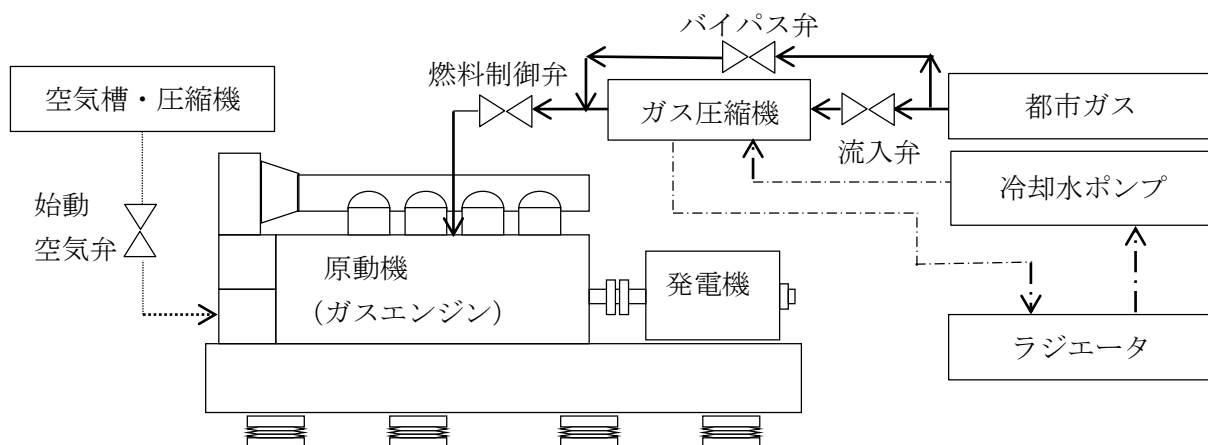


図1 ガスエンジン発電機概略図

発電機本体には、ガスタービンやディーゼルエンジンと同じ横軸、空冷、全閉、無保護形の同期発電機を採用している。表-2 にガスエンジン、発電機の仕様を示す。

表2 原動機・発電機仕様

原 動 機 仕 様		発 電 機 仕 様	
形 式	4 サイクル、V 型、水冷 (ラジエータ式)	形 式	横軸、空冷、全閉、無保護形、回転界磁式
定 格 出 力	発電機端出力 7,800kW	定 格 出 力	8,667kVA
年間運転時間	6000 時間以下 (クラス A 相当 <sup>※1</sup> )	定 格 電 圧	6.6kV
年間始動回数	500 回未満 (レンジ II 相当 <sup>※1</sup> )	定 格 周 波 数	50Hz
継続運転時間	168 時間以上	相 数	三相
始 動 装 置	空気式	力 率	90% (遅れ)
始 動 時 間	電圧確立まで 3 分、定格運転まで 10 分	励 磁 方 式	ブラシレス形永久磁石発電機式
使 用 燃 料	都市ガス (13A)	冷 却 方 式	空冷
冷 却 方 式	空冷及び水冷		

※1 ガスタービンの調達仕様 (JIS B 8042-2) との比較のために記した。

#### 4. ガスエンジン発電機的设计上の留意点

設計時に発現した固有の留意点を以下に述べる。

##### (1) 停電時起動の条件

今回導入のガスエンジン発電機は、始動時にガス圧縮機及び冷却水ポンプの運転が確立していないと、停電時に自立運転ができない。そのため、停電時には小型非常用発電機により各付帯設備を運転し、ガスエンジンの始動を可能とした。なお、ガスエンジンが定格運転を確立した後に小型非常用発電機は停止する。

##### (2) 冷却系の信頼性

ガス圧縮機や潤滑油冷却について、発熱量が大きく空冷を選択できないため、水冷設備を設置しなければならない。近年、当局における発電機の冷却方式は、空冷を基本原則としてきた。これは水冷方式の場合、災害時に冷却水の供給が不能となると発電機の運転が不可能となるためである。そこで本発電機では、ラジエータで冷却水の熱交換を行い、水の供給がなくても運転できるシステムとした。

### (3) 負荷変動への対応

ガスエンジンは、軽負荷運転を行うと不完全燃焼を起こし、シリンダ内にススが残リクランク破損の恐れがある。また負荷変動に対する許容が小さく、大型機器の同時運転あるいは同時停止をすることができない。これらについて、商用電源との系統連系時は負荷分担することで対応できるが、単独運転時に主幹での制御はできないことになる。そこで本発電機では、乾式負荷装置を設置することで負荷変動の制御を行い、機器の運転、停止の自由度を確保し、かつ軽負荷時の運転を可能にした。

## 5. まとめ

ガスエンジン発電機は、中圧ガスを使用する場合に液体燃料を使用した発電機と比較し災害に強く、また環境負荷の小さい発電機である。下水道施設におけるガスエンジンの採用の可否は、発電機の使用形態や起動時間の長さや負荷投入条件が合致するか、ガス管敷設や排ガス処理装置設置の費用が主な判断基準となる。これら条件に合致していれば、費用対効果に優れた非常用・常用兼用の発電機としての選択肢の一つになる。

なお本発電機は、現在、製作段階に入っている。稼働は平成 28 年 4 月を予定している。