

立型ガスタービン駆動による 雨水ポンプ施設の実用化研究

1. 研究目的

雨水ポンプ場のポンプ駆動機は従来、経済性に優れたディーゼルエンジンが主流であったが、近年、補機類が少なく高い信頼性を有する上に、設置面積が少ないガスタービンの有効性が注目されている。さらに、近年開発された立型ガスタービンは、更なる省スペース化が図られるもので、更新需要を含め、適用の可能性が高い機器である。

平成9年度に堺市と財団法人 下水道新技術推進機構の共同研究として実処理場での立型ガスタービンの適用を想定して機器仕様、経済性などの検討を実施し、以下の有効性を示す結果を得た。

- ① イニシャルコストの縮減
電動機と同様にポンプ直上に配置が可能であり、設置スペースに係わるコスト縮減が可能となる。
- ② ランニングコストの縮減
電動機と比較し受電電力が低減でき、燃料費を考慮してもコスト縮減となる。
- ③ 維持管理性の向上
横型のディーゼルエンジンやガスタービンと比較して傘歯車が不要であり、補機数も減少できるため、維持管理性、ひいては信頼性が向上する。

本研究は、上記共同研究に引き続き、新技術活用モデル事業としてポンプ場に設置した実設備を用い

て、以下に示す項目を目的に実施するものである。

- (i) 実施による運転諸特性の把握
- (ii) 信頼性および維持管理費の調査・検証
- (iii) 雨水排水施設への適用性評価

2. 研究内容

2.1 対象技術の概要

立型ガスタービン駆動雨水ポンプ施設は、立軸二床式ポンプの軸上真上に立型ガスタービンを配置することで、原動機本体平面スペースや傘歯車を不要とし、設備のコンパクト化が図れる特徴を有している。

立型ガスタービンは防音箱内にガスタービン本体、吸気サイレンサー、減速機等を収納した構造となっている。ガスタービン本体は航空機転用形の二軸式であり、小型軽量かつ回転数制御が容易である。

2.2 研究項目

本年度は、実際のポンプ場に2機の立型ガスタービン駆動ポンプを設置し、設置施工性や実際の降雨を模した水流を発生させた実規模の運転試験から本システムの基本特性を把握した。

本年度の研究項目は以下である。

- (a) 基本性能の確認：
設置性、機器基本性能、環境性
- (b) 維持管理費の調査：

燃料消費量の把握

- (c) 設備の挙動および追従性の確認：
 - ・ 流入水量変化に対する追従性
 - ・ 始動・停止繰り返し運転に対する追従性

3. 研究結果

3.1 設備概要

- (1) 設置場所
堺市三宝下水処理場高段ポンプ場
- (2) 設備概略仕様

表-1に設置した立型ガスタービン駆動ポンプの概略仕様を、図-1に立型ガスタービンの概略図を示す。

表-1 立型ガスタービン駆動ポンプ (1式当たり)

ガスタービン	形式 定格出力 使用燃料 定格回転数 減速機	単純開放サイクル2軸式 265 kW 灯油 33000 min ⁻¹ 3段減速機
ポンプ	形式 口径 吐出量 全揚程 定格回転数	立軸斜流ポンプ φ1000 mm 125 m ³ /min 8.6 m 450 min ⁻¹

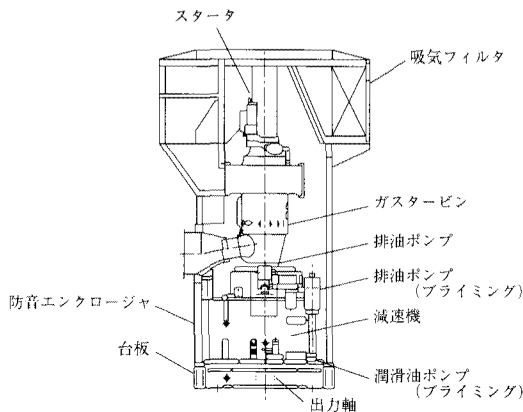


図-1 立型ガスタービン概略図

(3) 作動および制御方式

本設備の運転方式は、ポンプ井水位による①台数制御 (ON-OFF制御) と②水位一定制御 (回転数制

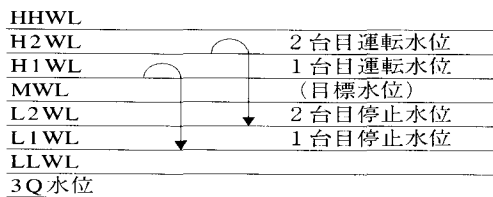


図-2 制御方式

御)の組み合わせによる2台回転数制御 (先発, 後発起動)とした。

図-2に示すように、水位H1WLでポンプ1台目が始動、目標水位を目指して回転数制御が開始する。流入量が増大して水位が更にH2WLまで上昇した場合に2台目始動、2台のポンプが回転数制御で運転する。ポンプの排水による水位の低下につれてL2WL, L1WLで順次、ポンプは停止する。

3.2 設置状況

立型ガスタービン駆動ポンプの設置後の現場状況を写真-1に示す。また、表-2に他の駆動機を設置する場合の機器の占める平面寸法と比較して示す。



写真-1 設置状況

表-2 駆動機の設置性の比較

ポンプ駆動機	駆動機平面寸法	ポンプ軸から機器末端までの距離
立型ガスタービン (防音箱入)	2×2.3m	1.15m
電動機	3×2.2m	1.6m
ディーゼルエンジン	1.6×4m	6.0m
横型ガスタービン (防音箱入)	3.5×3.5m	5.5m
三宝下水処理場高段ポンプ場		ポンプ軸から建屋壁までの距離 4.9m

ディーゼルエンジンと横型ガスタービンは機器の平面寸法が大きい上に傘歯車を設置するためポンプ軸から機器端部までの必要距離が大きい。このため元来、電動機駆動ポンプ用に建設されたポンプ場建屋内には収納できない。これに対して立型ガスタービンは写真で見るとコンパクトに設置できた。

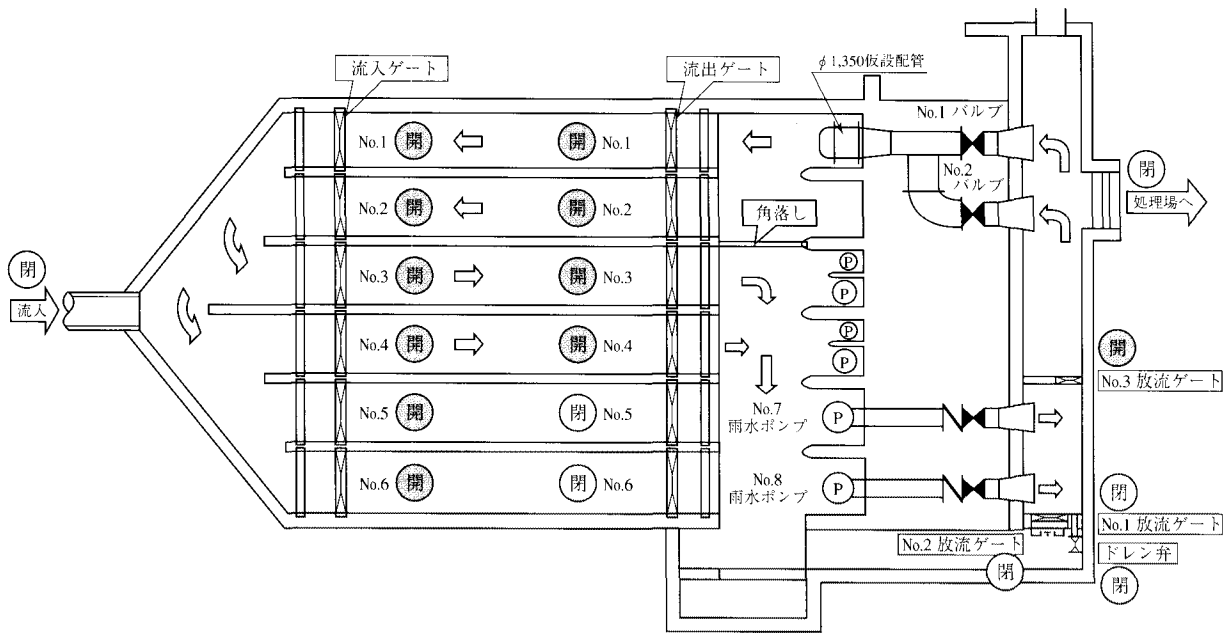


図-3 高段ポンプ場実験運転時フロー

3.3 模擬流入水による排水性能確認実験

雨水ポンプ施設への雨水流入水量の時間的変化(流入パターン)を模擬的に再現し、このときのポンプの運転状況を調査することとした。流入パターンは、ポンプ場に循環配管を仮設して回流を発生させ、沈砂池流出ゲートの開閉によって水量を調節することで模擬的に再現した(図-3参照、図中No.7、No.8ポンプが立型ガスタービン駆動ポンプである)。

表-3 流入パターンの設定

流入パターン	目的
I	堺市10年確率降雨データを想定
II	流入量が短時間に増加し、最大流入量が長時間継続する場合を想定
III	継続的な降雨に対し、短い時間間隔でのポンプ運転を必要とする場合を想定

表-3に実験を行った流入パターンの設定目的を示す。図-4に目標とする流入パターンのイメージ(シミュレーション流入パターン)と実際に再現した流入水量変化を示す。流入パターンIは初期の約2時間は1m³/secであった流入量が、急激に増加して最大4.5m³/secに達するものだが、実験的にはポンプ場沈砂池の保有可能な循環水量および流入量を調整する沈砂池流出ゲートの動作性能から図中に示す様な階段状の流入パターンとなっている。流入パターンIIIは想定する降雨よりも更に短時間でのポンプの

始動停止を必要とするものとし、循環水流量の不足に対してはポンプ1台運転で対応することとしてポンプの排水性能を確認することとした。

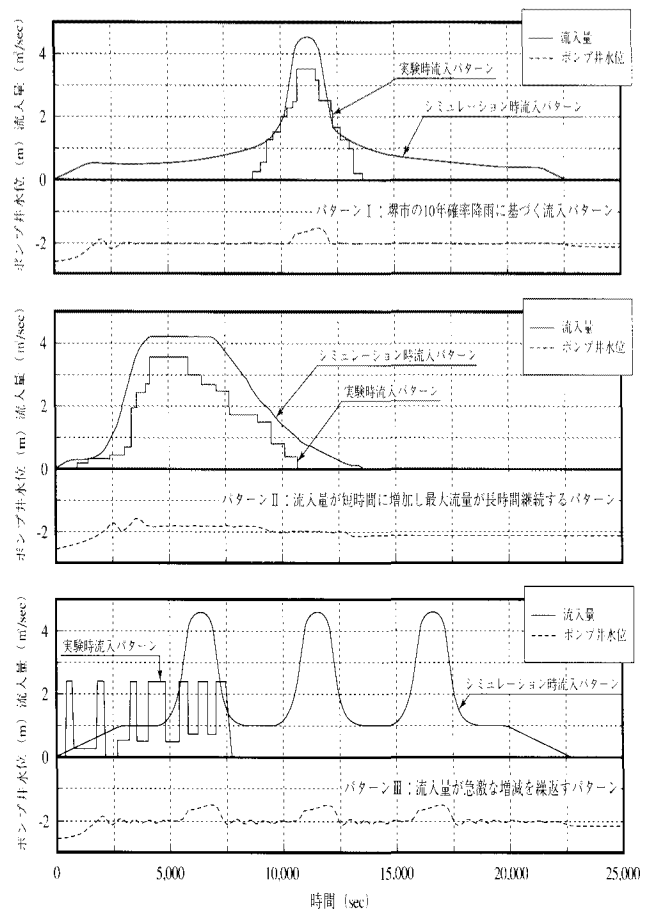


図-4 流入水量の時間的変化(流入パターン)

各流入パターンにおける流入水量，ポンプ運転状況，ポンプ井水位変化の測定結果を図-5～図-7に示す。

流入パターンⅠ（図-5）では，ポンプ井水位がある値（A点）を越えるとポンプが始動し，排水を始める。立ち上がり時の流入量が少ないときはポンプが定格回転数以下で作動（回転数制御）する。流入量の増加によりポンプの排水量が不足し，ポンプ井水位が上昇する（B点）と，2台目が始動（台数制御）し，2台による回転数制御がはじまる。流入

量が減少し，ポンプの排水によりポンプ井水位が低下する（C点）と1台が停止して1台運転となる。また，流入量の変化に対して排出量は時間遅れなく追従している。

流入パターンⅡ（図-6）でもポンプ井水位によるポンプの制御が計画通りに作動し，過不足無く排水できている。流入パターンⅢ（図-7）では2時間に7回のON-OFF運転を行い，変動する流入量に追従して排水がなされていることが確認できた。

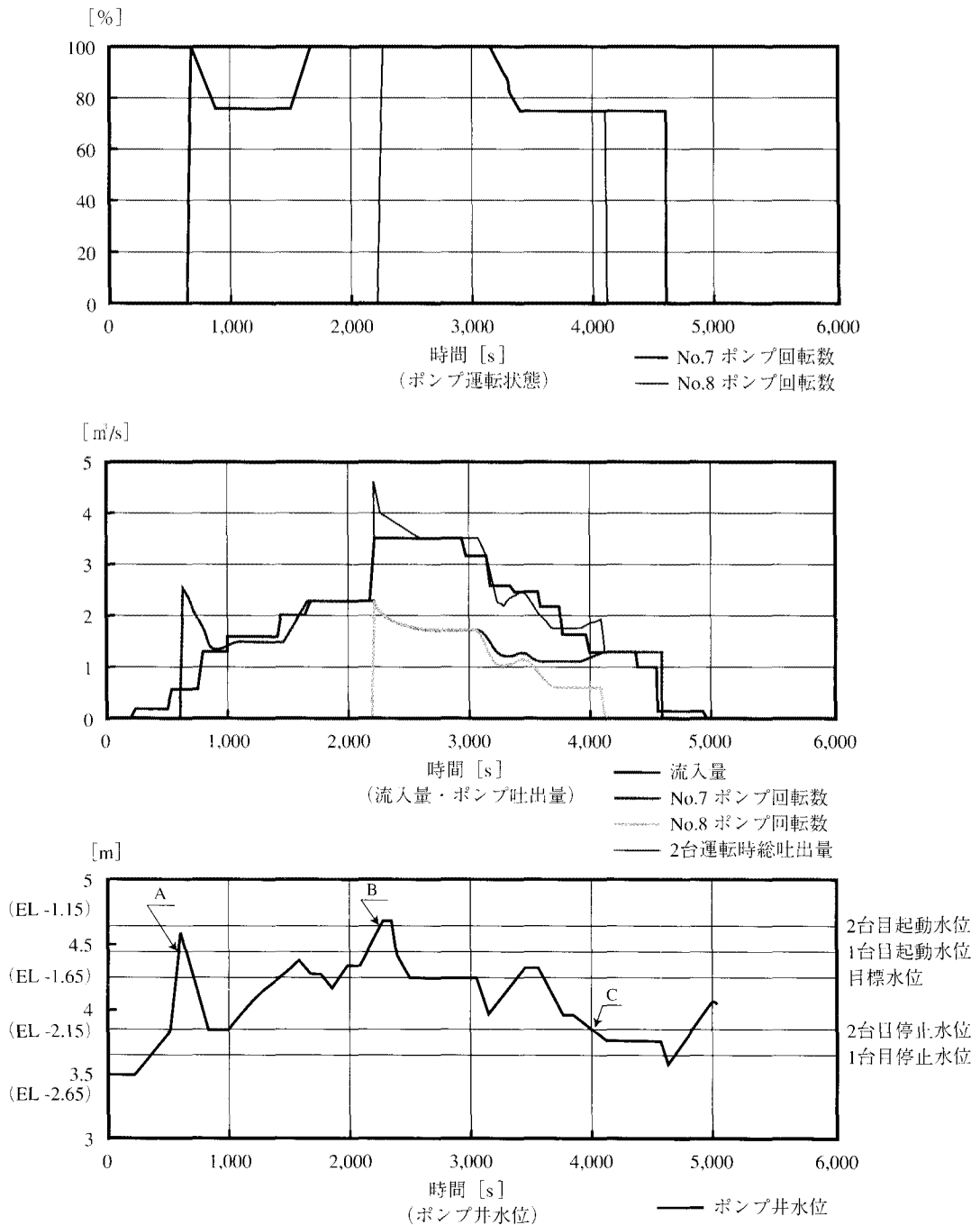


図-5 立型ガスタービン駆動ポンプ運転結果（流入パターンⅠの場合）

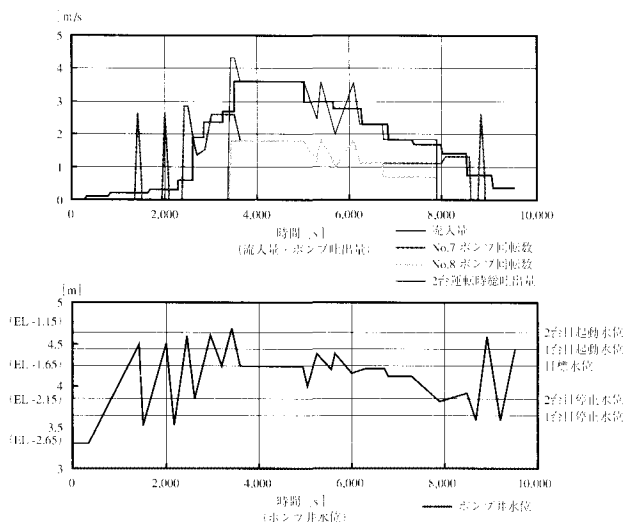


図-6 立型ガスタービン駆動ポンプ運転結果 (流入パターンⅡの場合)

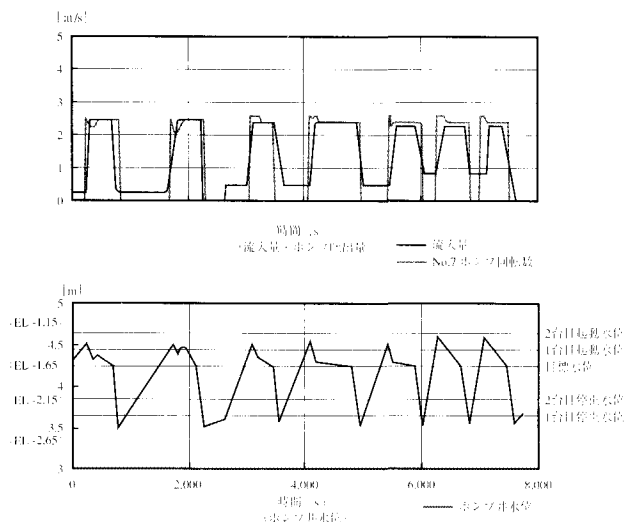


図-7 立型ガスタービン駆動ポンプ運転結果 (流入パターンⅢの場合)

3.4 立型ガスタービン諸特性の把握

3.4.1 燃料消費量

ガスタービンが消費する燃料量の実測結果を表-4に示す。2台とも工場でのガスタービン単体試運転時と同程度で、当初設計仕様より燃料消費量が低めで運転されていた。

表-4 燃料消費量 (L/h)

	7号機	8号機
設計仕様	169	
工場試験値	156	155
現地運転実績	141~150	148~154

3.4.2 排気ガス性状

ガスタービンの排気ガス中のダスト濃度と窒素酸化物濃度を測定した。結果を表-5に示す。本設備は相当量の降雨のある雨天時のみに運転される非常用設備であるため、規制の対象ではないが同様の設備の規制値を十分満足するものである。

表-5 排ガス性状

	単位	7号機	8号機	規制値*
ガス量(乾)	m³/h	7280	7460	—
ダスト濃度	mg/m³	1.3	2.7	50
窒素酸化物	ppm	55	59	70

*同様の設備に対する法の規制値を示す。
(O₂16%換算値)

3.4.3 振動・騒音

(1) 振動

運転時の振動計測結果を表-6に示す。100%負荷時の鉛直方向および水平方向の両振幅量を計測し

たものである。一般的には50(1/1000mm)が機器運転上の管理値になっており、2台ともこの値を十分に満足している。

表-6 振動計測結果 (1/1000mm両振幅)

	方向	7号機	7号機
工場試験時	鉛直	2.0~15.0	3.0~19.0
	水平	3.0~13.0	3.6~13.5
現地運転時	鉛直	1.0~11.0	1.0~8.5
	水平	0.7~7.0	0.8~10.0

(2) 騒音

工場試験時および現地運転時の機(防音箱)側1m(高さ1.2m)と現地運転時の敷地境界における騒音計測結果を表-7に示す。計測は全て100%負荷運転時に行われている。機側のデータは防音箱から1mの距離の周囲4方向における値のうちの最大値を示している。防音箱に収納されていることで、騒音レベルは90dB前後である。また、建屋外の敷地境界では52dBであり、対象地域の規制値を満足している。

表-7 騒音計測結果 (dB)

			7号機	8号機
工場	機側	暗騒音	78	75
		運転時	93	91
現地	機側	暗騒音	72	72
		運転時	89	91
	敷地境界	暗騒音	50	
		運転時*	52	
規制値	敷地境界	昼間	65	
		朝・夕	60	
		夜間	55	

* 2台同時運転時

4. まとめ

平成10年度は立型ガスタービン駆動ポンプの実設備の建設と試験運転から以下の結果を得た。

(1) 基本性能の確認

① 設置性

既存スペースに十分収まり、立型ガスタービンの省スペース性が確認できた。

② 機器基本性能

工場試験および現地運転からガスタービン本体およびポンプ本体の基本性能(出力、回転数、吐出量等)を確認した。

③ 環境性

排気性状、騒音などが当初計画通りであり、各種基準に適合することを確認した。

(2) 維持管理費の調査

運転に係わる費用として燃料消費量を調査し、ほぼ当初設計値通りであることを確認した。

(3) 設備の挙動確認および追従性の確認

① 流入水量変化に対する追従性

堺市10年確率の降雨パターンについてポンプ井水位一定制御を行ったが、雨水ポンプは台数制御及び回転数制御で適切に運転され、流入水量変化に対する追従性が確認できた。

② 始動・停止繰り返し運転に対する追従性

雨水ポンプの運転間隔を徐々に短くし、約2時間で7回のON-OFF運転を行ったが、何れの場合も確実に運転でき、繰り返し運転における追従性が確認できた。

上記結果より雨水ポンプ施設としての制御性、機能および排水特性については問題のないことが確認できた。今後は以下の課題について検討し、技術評価することとする。

1) 実際の降雨による運転性能確認

2) 本雨水ポンプ施設の有効性の検証

3) 維持管理性の調査

●この研究に関する問い合わせは 研究第一部長
研究第一部主任研究員
研究第一部研究員

大嶋 吉雄
星野 寧
高嶋 健一