

# 市田川排水機場のポンプ状態監視による 長寿命化の取組について

村木 里宇

近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 道路管理課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142) .

近年,排水機場ポンプ設備において状態監視保全の重要性が高まってきている.新設する市田川排水機場において「状態監視装置」を導入し,実排水運転時のデータを収集する.そのデータの活用により,点検時や実排水時の傾向を管理し日常管理や点検の効率化・高度化を図る取組である.

本論文では,「状態監視装置」を用いた排水機場の点検・管理業務の効率化,長寿命化に向けた取組について発表するものである.

キーワード 排水機場, 状態監視保全, 振動計測, 傾向管理, 長寿命化

## 1. はじめに

### (1) 概要

熊野川(水系名:新宮川,河川名:熊野川)は奈良県吉野郡天川村の山上ヶ岳を起点とし,大小の支川を合わせながら,熊野灘に注ぐ一級河川である.その熊野川の支川である市田川は熊野川から南流し流域面積 5.36 km<sup>2</sup>,流路延 4.8 kmの河川である(図-1).

市田川排水機場は熊野川と市田川の境界に位置しており(図-2),市田川水門閉鎖時の市田川内水排除を目的としている.既設の市田川排水機場は,1982年(昭和57年)8月の大洪水被害を受け,横軸排水ポンプ 10.0m<sup>3</sup>/s(横軸斜流ポンプ 5.0m<sup>3</sup>/s×2基)が設置された.その後

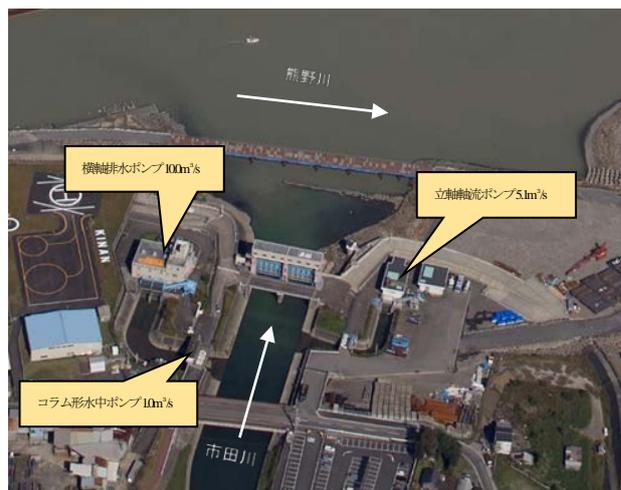


図-2 市田川排水機場全体写真

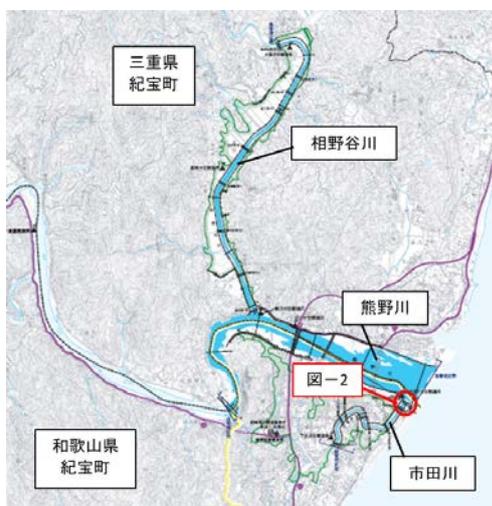


図-1 位置図

さらに,1997年(平成9年)7月に大洪水が発生し,新宮市内において浸水被害が発生したことを受け,更なる浸水被害軽減を目的に2000年(平成12年)に7.1m<sup>3</sup>/s(立軸軸流ポンプ 5.1m<sup>3</sup>/s,コラム形水中ポンプ 1m<sup>3</sup>/s×2基)が増設され,計 17.1m<sup>3</sup>/sの排水能力を持つ排水機場である.

### (2) 機場新設の背景

平成29年10月に発生した台風21号は,新宮流域観測所の観測史上1位となる累積雨量約893mm,時間最大雨量は約66mmを記録した.市田川では計画高水位を越え,新宮市全域で1,124戸の浸水被害が発生した(図-3).この台風を受け,既設の排水機場の排水能力 17.1m<sup>3</sup>/sに加え 11.1m<sup>3</sup>/s 増強を行う事となり,計画排水量 28.2m<sup>3</sup>/s(立軸斜流ポンプ 9.4m<sup>3</sup>/s×3基)の能力を持つ新排水機場を右岸に集約する形で設置することとなった.令和3年から



図-3 平成29年台風21号浸水被害概要

施工が開始され,工事完成に向け現在施工中である。

(3) 設備諸元

市田川排水機場の設備諸元は以下のとおりである。

a) 既設設備

- 左岸 主ポンプ 口径 1,500mm 横軸軸流ポンプ  
5.0m<sup>3</sup>/s 2基 (合計 10.0 m<sup>3</sup>/s)
- 主原動機 4サイクルディーゼル機関  
177kW (240PS) 2台
- 発電装置 発電機出力 150kVA 2基

- 主ポンプ 口径 700mm コラム型水中ポンプ  
1.0 m<sup>3</sup>/s 2基 (合計 2.0 m<sup>3</sup>/s)
- 発電装置 発電機出力 406kVA 1基

- 右岸 主ポンプ 口径 1,500mm 立軸軸流ポンプ  
5.1 m<sup>3</sup>/s 1基
- 主原動機 単純開放サイクル二軸式横軸タービン  
228kW (310PS) 1台

b) 新設設備

- 右岸 主ポンプ 口径1,800mm 立軸斜流ポンプ  
9.4 m<sup>3</sup>/s 3基 (合計 28.2 m<sup>3</sup>/s)
- 主原動機 ディーゼル機関  
720kW以上 3台

2. ポンプの点検と課題

ポンプ設備の点検は目視点検と計測による状態監視を行っている。計測による状態監視は、排水機場内の循環運転による管理運転を行い、その中でハンディ型の計測機器(振動計,騒音計,温度計等)により計測している場合が多い。その振動測定では、基準値や過年度との比較で異常値を判断している。

状態監視において、主に振動計測に用いられる理由と

表-1 機器の異常診断方法の比較

異常原因	寸法検査	NDI法	AE法	振動法	油分析法	温度法	電流法	圧力法	五感点検
クラック・欠陥		◎	◎	○	○				○
摩耗・ガタ	◎			○	◎				○
据付不良				◎					
変形	◎			◎					
きず・接触	◎			◎	○	◎			
圧力発生 機構異常				◎		○	○	◎	○
自動振動・共振				◎	○	◎			○
電氣的異常				◎					○

して、回転計測の容易性や回転状態がリアルタイムで確認することができるからである。さらに、目視点検では確認することができない多くの異常も振動値として現れるため、故障の原因を早期に特定し対応できるという利点がある(表-1)。

しかし管理運転は、短時間・低流量での運転であるため、ポンプ設計点での運転に伴う機器の状態を確認しているものではない。そのためポンプ設備の状態を正しく捉えられていないという問題と、計測による定量的な点検情報の整理が必要という課題がある。

3. 状態監視による保全

(1) 状態監視

保全には予防と事後に大別され、予防保全(図-4)には「時間計画保全」と「状態監視保全」がある。近年の考え方は、従来の「時間計画保全」から「状態監視保全」に移行されつつある。「状態監視保全」とは、設備の動作確認、各種計測、劣化傾向の検出等により機器等の劣化の進行を監視し、可能な延命化を図りながら故障発生前に予防保全を実施することである。この「状態監視保全」を行う傾向管理の手法確立が求められている。

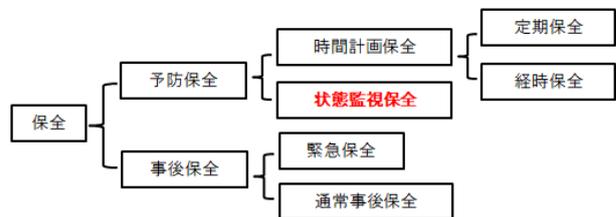


図-4 保全の分類 (JISZ8115:2000 「デイペンダビリティ(信頼性)用語」)

(2) ポンプ設備の劣化要因と振動

ポンプ設備のような回転機械において、劣化要因の機械的要因の振動は、他のタービンや発電機、電動機等の回転機械とは異なり水の流れによって引き起こされる力として、羽根車に働く流体荷重による振動が、おおよそ70～80%を占めている(図-5)。流体と振動が関わりあることは、ポンプの性能曲線(H-Q性能曲線)(図-6)において吐出量と軸動力が現されていることから明らかである。そのため「振動計測技術」を用いてポンプ性能の劣化要因を捉えていくものとする。

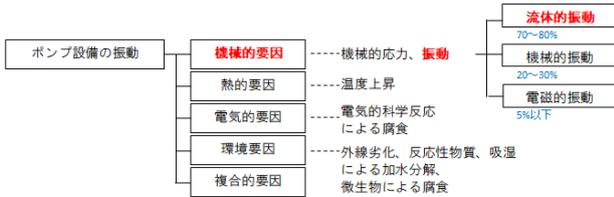


図-5 ポンプ設備の劣化要因と振動の占める割合

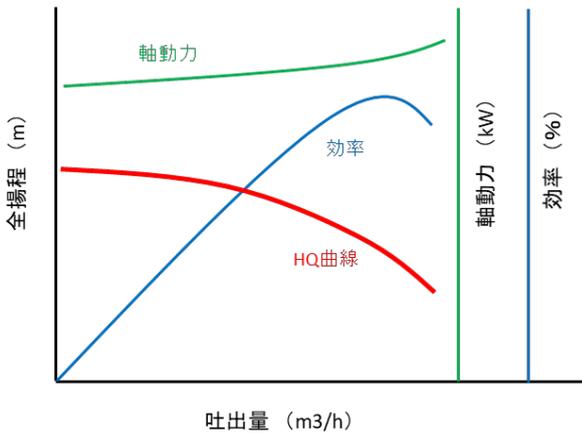


図-6 H-Q性能曲線

(3) 流量と振動に着目した状態監視

今回の「振動計測技術」では、従来の点検時のハンディ型計測機器を用いた計測ではなく、計測機器をポンプ設備に常設することで、実排水運転時(長時間・高流量)のデータ取得も可能となるようにする。ポンプの軸振動の発生要因が流体による影響が大半を占めていることから、ポンプ設備の軸振動とポンプの流量率には相関性があることが明らかとなっている。よって、同一流量時の振動データを比較することで、ポンプ性能の変化が把握できると考えられる。そのため「振動計測」と同時に「流量計測」を紐付けし「傾向管理」を行っていく。

(4) 状態監視装置の設置内容

計測機器については常設して設置する。常設については、①同一箇所において同一手法により機械状態を複数箇所でも同時計測が可能、②測定者の経験や技量によらない正確な計測が可能、③管理運転に加え、実排水でのデー

タ計測も容易となり、運転データを多く蓄積でき、④点検業者や操作員(実排水時)の負担軽減になる、が挙げられ正確な状態監視が行える。

新設の市田川排水機場において設置する状態監視装置の種類(表-2)と設置場所(主ポンプ、主原動機、減速機)について示す。(図-7～10)

表-2 センサー構成

計測項目	適用センサー
振動加速度	アンプ内蔵型加速度センサー
軸振動	過電流式スペースセンサー
回転数	ブリッジ式小型圧力変換器
吐出圧力	光電式回転検出器
吐出流量	ベント流量計
軸温度	测温抵抗体(運転支援装置と共用)

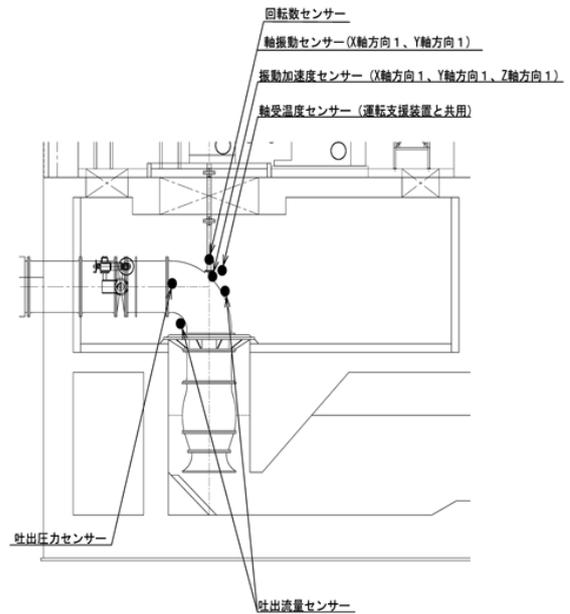


図-7 主ポンプのセンサー取付位置図(側面図)

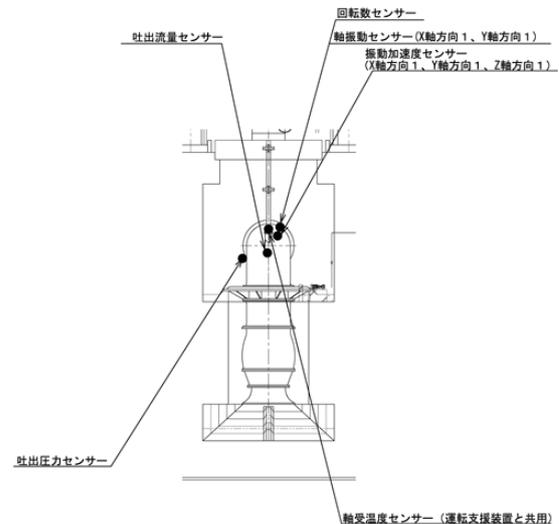


図-8 主ポンプのセンサー取付位置図(背面図)

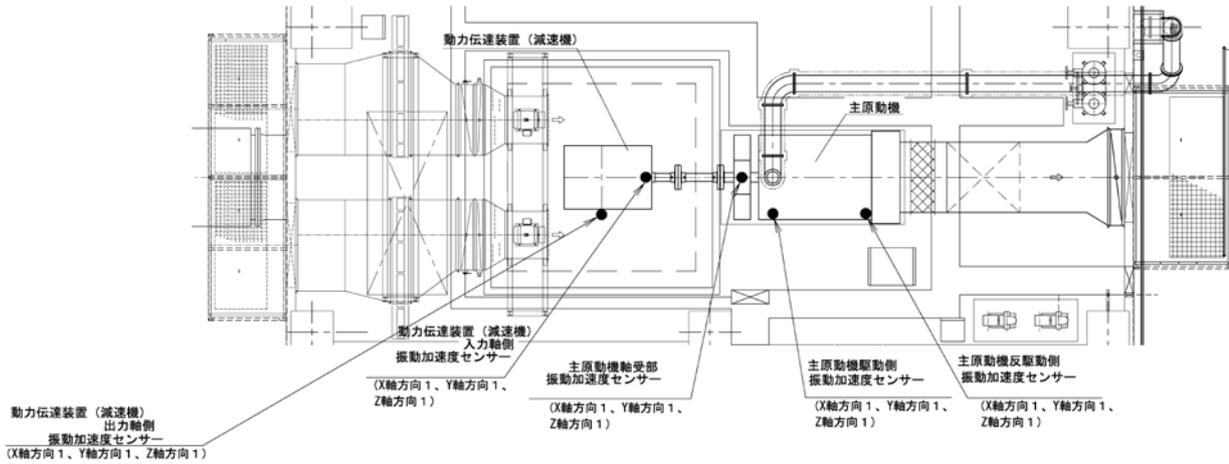


図-9 主原動機・減速機のセンサー取付位置図 (平面図)

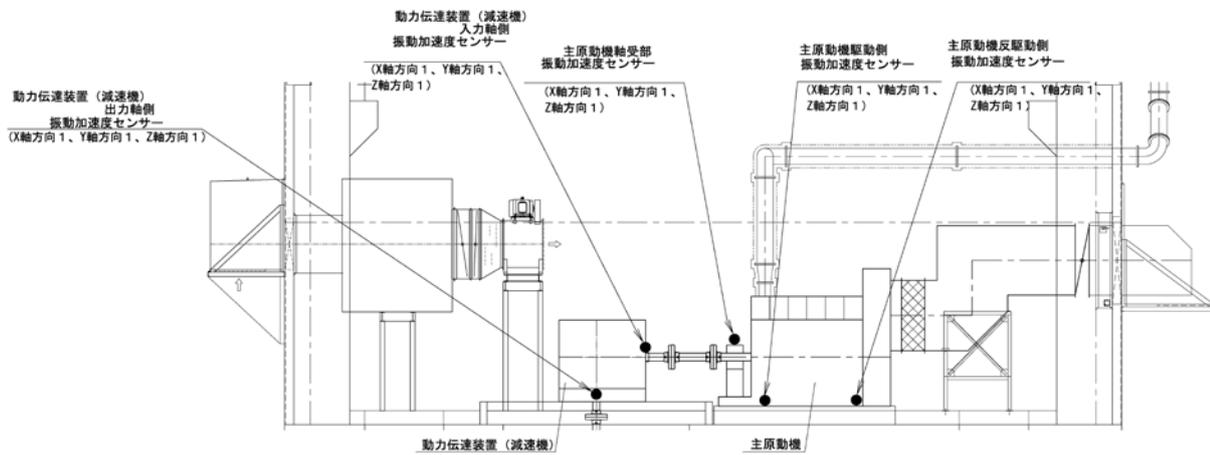


図-10 主原動機・減速機のセンサー取付位置図 (断面図)

#### 4. 信頼性の向上, 効率的な維持管理

従来の時間計画保全では故障の有無に関わらず定められた年数で機械の修繕を行っていたところ, 今回の状態監視保全では, 状態監視により交換が必要な消耗品の部品と継続の使用が可能な部品に分類することが可能となる. 適正な時期での部品交換を行う判断になり, 修繕費用算定の絞り込みや不可視部分の部品の信頼性が向上し, 結果的に部品の長寿命化に至ることになる. (図-11)

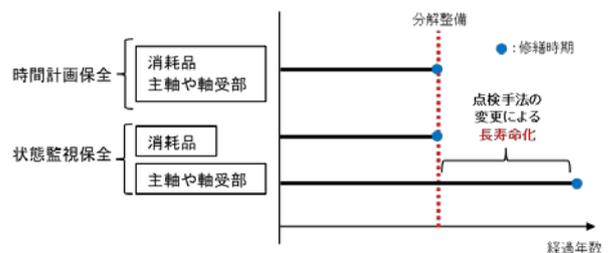


図-11 状態監視保全導入による長寿命化の考え方 (イメージ)

## 5. 今後の取り組み

### (1) 計測データの蓄積

計測データの異常の判定として、注意値や予防保全値といった判断を行うために、計測機器の設置から管理運転、実排水運転の計測データを毎年継続してモニタリングし、蓄積することが必要となる。その蓄積データを基に、データと不具合の関連性と特徴を把握する。

### (2) 解析と診断手法の確立

前述のとおり得られたデータを解析し、原因の追及、対策の検討を行っていく必要があるが、その取得・蓄積したデータをどのように解析・診断していくか、振動と流量を紐付けして解析・診断手法を確立する必要がある。

### (3) 点検に活用

現在の点検項目と状態監視による傾向管理で点検

結果の関連性を検証し、代替が可能な項目については今回の振動計測技術による内容での代替を行うことで、点検作業の省力化や定期整備間隔の合理化などの維持管理の効率化に繋がるものとする。

**謝辞：**本稿の作成にあたり、様々なご助言を賜りました。ご教授いただいた全ての方々の御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) 国土交通省,河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル(案)(平成27年3月)
- 2) 国土交通省,河川用ポンプ設備状態監視ガイドライン(案)(平成30年4月)
- 3) 令和3年度近畿地方整備局  
土木機械設備診断委員会会議資料