

現地レポート：見えないもの「痕跡」を検出する新技術の開発

画像認識技術を活用した糠田排水機場の運転監視 ～維持管理の高度化への取り組み～

二村健太・若尾信博・中川優貴

1. はじめに

糠田排水機場は、武蔵水路に取り込んだ内水を荒川に強制排水する施設である。排水量はポンプの稼働数及び組合せで決定され、最大排水時(50 m^3/s)は6台全てのポンプが稼働する。ポンプ運転時には設備状況の確認のため、監視員は1台につき24箇所の計器等の監視・計測を行うが、ポンプの運転台数の増加に伴って、計測作業が困難となり、注視すべきポンプ設備からの音、振動等の監視に支障を来していた。本稿では、このような状況を解決するために2018年度に導入した運転監視システムについて、導入に至った経緯、効果及び今後の取り組みを報告するものである。

2. 武蔵水路及び糠田排水機場

武蔵水路は、東京都および埼玉県の都市用水、河川浄化用水導水のほか、洪水時における近隣河川流域の内水を排除する目的を持つ。通常時は利根川の河川水を取水し、荒川へ水道用水、工業用水、河川浄化用水として最大約43 m^3/s を導水する。洪水時は利根川からの取水を停止し、近隣河川流域の内水を取り込み、荒川へ排水する。(以下「内水排除」という。)

糠田排水機場は、武蔵水路の最下流に位置し、武蔵水路に取り込んだ内水を荒川へ強制的に排水する設備である。ポンプ設備(図-1)の動力はディーゼルエンジンを使用し、排水能力は7.5 m^3/s が4台、10 m^3/s が2台、合計6台で最大50 m^3/s の排水が可能である。ポンプ運転台数は排水量によって決定され、運転の条件は図-2及び下記のとおりである。

①武蔵水路水位>荒川河川水位

→自然排水(ポンプによる運転は行わない)

ゲート操作：自然排水樋管を全開、強制排水樋管を全閉

②武蔵水路水位<荒川河川水位

→ポンプ運転による強制排水

ゲート操作：自然排水樋管を全閉、強制排水樋管を全開。

運転実績として、2017年10月21日に台風21号が関東地方に接近した際に行った内水排除は累計約537万 m^3 にのぼり、東京ドーム(124万 m^3)約4.3杯分に相当し、2015年度に武蔵水路の改築完了後、最大の排水量となった。糠田排水機場も改築後、初の全台運転を行い、周辺地域の洪水被害を軽減に努めることが出来た(図-3)。



図-1 糠田排水機場ポンプ設備



図-2 糠田排水機場の運転条件



図-3 台風21号接近時の荒川の様子

3. ポンプ運転時の点検及び計測方法

ポンプ運転時は、利根導水路機械設備点検整備実施要領に基づき、圧力・温度・回転数・音・振動の監視を行う。計測項目は、吐出圧力や主ポンプ回転数、軸受温度など、排水ポンプ1台あたり24項目（表-1）。計測方法は、機付きメータの指針を目視し計測するもの、放射温度計を使用し計測するもの、非接触式ハンドタコメータを使用し計測するものなど、様々である。

監視・計測は、2名体制で実施し、運転開始から1時間経過までは、数値が安定しないため、15分毎に計測を実施する。数値が徐々に安定する1時間経過～2時間経過までは30分毎に計測し、2時間経過以降は1時間毎に計測を実施する（図-4）。

表-1 運転時の計測項目（24項目）

計測項目	計測方法	計測項目	計測方法
吐出圧力	機付メータ	積算燃料消費量	機付メータ
主ポンプ回転数	非接触式ハンドタコメータ	冷却水温度入口	機付メータ
エンジン回転数	機付メータ	冷却水温度出口	機付メータ
クラッチ作動圧力	機付メータ	潤滑油温度入口	機付メータ
潤滑油圧力	機付メータ	潤滑油温度出口	機付メータ
スラスト軸受温度	機付メータ	外軸受温度（機側側）	放射温度計
潤滑油温度	機付メータ	外軸受温度（減速機側）	放射温度計
入力軸受温度	放射温度計	排気温度	機付メータ
冷却水圧力	機付メータ	タンク室貯油槽	機付メータ
機関潤滑油圧力	機付メータ	燃料小出槽	機付メータ
給気圧力	機付メータ	エンジン冷却水	機付メータ
燃料油圧力	機付メータ	減速機潤滑油	機付メータ

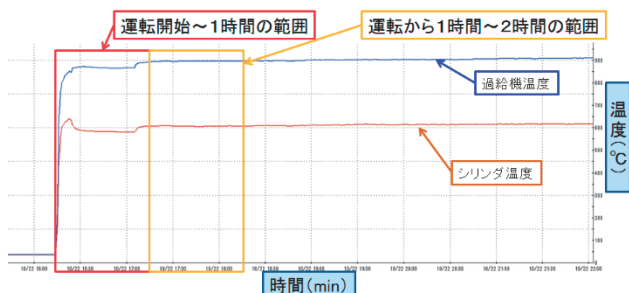


図-4 運転時の温度変化

4. 運転監視と維持管理における課題

運転台数が増加することにより、計測作業に時間を要し、本来、監視員が最も注視しなければならない設備の音や振動などの小さな変化、異常の察知が疎かになる場合がある。異常察知の遅れが最悪、内水排除時のポンプ設備の故障・停止となり、周辺地域の洪水被害に繋がる。

糠田排水機場の運転頻度は年3回程度と少なく、運転データの記録も定時のみ計測としているため、一度に取得できる運転データ量が設備の状態把握を行うには極めて少ない。よって最適な時期の修繕計画の立案が困難となる。

5. 画像認識技術を活用した運転監視システム

5.1 システム導入の検討

5.1.1 計測作業の自動化

課題を解決するために、カメラ映像や計測センサから計測データを数値化し、計測データを保存サーバに記録する自動計測方法に変更する。これにより、監視員は排水ポンプからの音、振動等の監視に集中することができ、十分な運転監視が可能となる。

自動計測化に合わせ、運転データの計測周期を短くし、記録データが増えることで設備の状態把握が出来、最適な時期の修繕計画の立案が行える。

5.1.2 計測手法の比較

自動計測方法を検討するにあたり、データ出力付きセンサによる計測とネットワークカメラによる画像認識技術を活用した計測を比較検討した。データ出力付きセンサについては排水ポンプの計器類をすべて交換及び既設設備の改造を行う必要がある。ポンプ設備は6台あるため、既設設備改造を含んだセンサ交換箇所は144箇所にもなり、コストが膨大に掛かる。

ネットワークカメラ設置の場合、汎用品のカメラの使用と既設計器類を流用でき、また1台のカメラで複数の計器類を計測できるため、低コストでシステムの構築が可能となる。よってネットワークカメラによる画像認識技術を活用した運転監視システムを構築することとした。

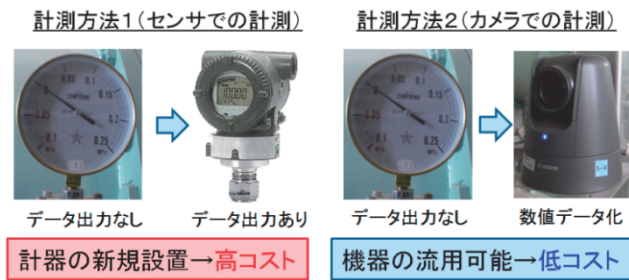


図-5 計測手法の比較

5.2 計測

5.2.1 ネットワークカメラ等による自動計測

監視員が機付メータ（アナログメータ、デジタルメータ、レベルゲージ、フローメータ）を目視、記録していたのを、パン・チルト式のネットワークカメラに置き換えることにより、1台のカメラで複数の機付メータの計測を可能とした。

一方、軸受部の温度の測定や主ポンプ回転軸の回転数はネットワークカメラでの計測が行えないため、代替策として軸受部の温度測定はサーモカメラ、主ポンプ回転軸の回転数の計測はレーザセンサで行うこととした。

画像解析及び数値化は、運転監視システム内で図-6のように各計器の原点設定（計器の中心位置の認識させる）、指針設定（指針の位置を認識させる）、スケール設定（目盛の刻み値の幅を認識させる）を行うことで可能となる。また、QRコードを計器に貼り付け、計測対象機器に合わせ、カメラのプリセット位置のズレ補正を行った。これらの設定を行うことにより、機付きメータの位置を正確に捕らえ、指針、目盛を正しく認識し、計測値を読み取ることが出来る。また、画像解析の設定時にカメラが計器の真正面の位置に合わせることが不可能でも、システム内で機付きメータの中心位置及び目盛の刻み幅を微調整することによって画像解析、数値化が可能である。



図-6 ネットワークカメラ（パン・チルト方式）

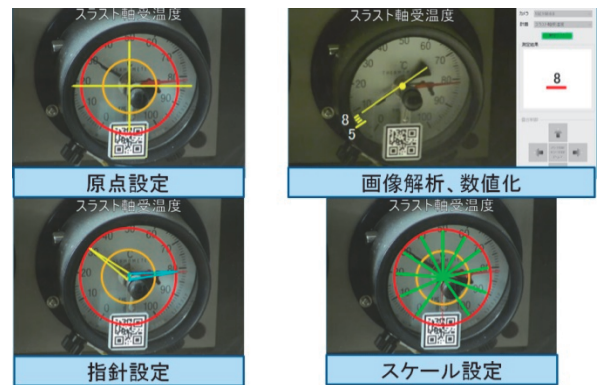


図-7 画像解析・数値化の設定内容

5.2.2 監視装置

ネットワークカメラ等で計測、数値化した各データは、操作室に設置する監視モニタにより、時系列表示とグラフ表示を確認することができ、一元的な監視が可能となる。また、約10年間分の計測データが自動的に保存され、必要なタイミングで期間を設定して、印字処理が行える。

システム導入前は、手書きの計測（点検）記録をパソコンに再入力して、データを管理していたが、導入後は、これらの作業も省力化が出来、業務の効率化を図ることが出来た。

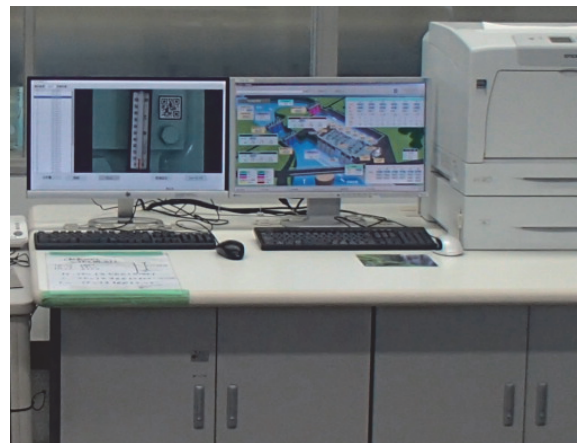


図-8 監視装置

5.2.3 警報通知

各監視項目にそれぞれ閾値を設定し、閾値を超えた場合やトレンド監視において急激な変化が発生した場合は、操作員に設備の異常を通知すると共に、警報履歴として、システムに自動記録され、警報履歴が残ることで、当該設備に異常が発生したタイミングとその時のデータ計測値の結果を照らし合わせることが出来る。これにより、設備に異常があった場合、迅速な対応が可能となると共に、設備の障害を事前に防ぎ、結果、ポンプ設備の故障、停止の可能性を軽減することが出来る。

5.2.4 タブレットを活用したリアルタイム監視

機場内にWi-Fi環境を構築し、監視画面のワイヤレス化を図った。これにより監視員は、タブレット等の端末より、各種計測データをリアルタイムで確認しながら、設備の音や振動などの小さな変化、異常の察知に注視することが出来た。また、警報が発すれば、機場内のどこにいても、当該設備に駆け付けることが出来、小さな異常にも速やかに対応することが可能である（図-9）。

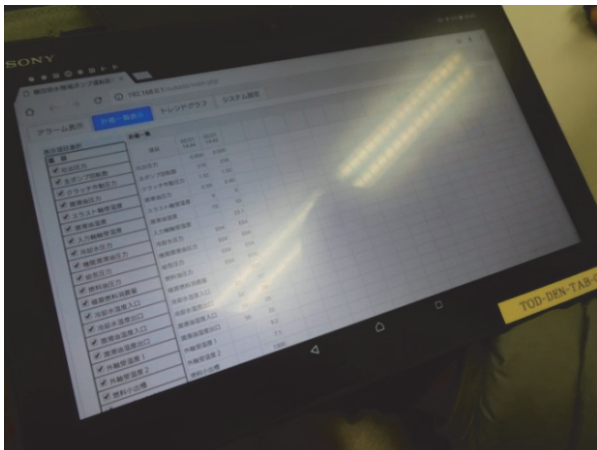


図-9 タブレットでのデータ確認

6. システムの導入効果（評価）

本システム構築により、監視員は運転時の計測作業を省力化でき、注視すべき設備からの音、振動等の監視を支障なく行うことが可能となった。また、収集したデータは瞬時に処理し、閾値またはトレンド監視において異常があった場合は警報を発し、設備の異常に対して瞬時に対応することが可能になった。これにより、糠田排水機場のより安全且つ安定した排水ポンプ運転が可能となり、武蔵水路の内水排除をより確実なものとしている。

また、計測値を正確に読み取り記録することができ、計測値管理の品質が向上した。従来は、手書きの計測（点検）記録をパソコンに再入力して、データを管理していたが、導入後は、システムで集約、保存サーバにて管理し、必要な期間を設定して、印字処理が出来、業務の効率化も図れた。

計測データ量が大幅に増えることにより、ポンプ設備の状態の把握が容易に出来、最適な時期の修繕計画の立案が十分に行えるようになった。

7. 今後の取組み

ポンプ設備の故障が発生した場合、ポンプが緊急停止し、内水排除に支障が起きる。その予防として設備の故障予兆を把握するため、今後、今回導入した運転監視システムを活用して、ポンプ設備の定期点検、実稼働を通して運転データを十分に記録していく。それを基に劣化傾向の解析を行い、故障予兆を特定し、その結果を異常判定の閾値とすることで、ポンプ設備故障による緊急停止の軽減がより図ることが可能である。

音、振動等のセンサを導入し、音、振動を可視化することで、監視員による振動監視結果に併せ、排水機場設備の小さな変化にも対応できるのではないかと考えられる。

今後は、異常判定の閾値精度の向上、センサ導入検討等を行い、更なる維持管理の高度化を進めていく。

二村 健太



執筆当時 独立行政法人水資源機構利根導水総合事業所電気通信課、現 独立行政法人水資源機構関西・吉野川支社淀川本部中津川管理室
FUTAMURA Kenta

若尾 信博



独立行政法人水資源機構利根導水総合事業所電気通信課長
WAKAO Nobuhiro

中川 優貴



執筆当時 独立行政法人水資源機構利根導水総合事業所電気通信課 副参事、現 独立行政法人水資源機構長良川河口堰管理所機械課 副参事
NAKAGAWA Yuki