

第5章 維持管理

第1節 技術全体の維持管理

§ 29 技術全体の維持管理の要点

本技術は、機器の振動や計装プロセス信号を取り込んで分析・診断する仕組みであるため、本技術に関わる装置が故障したとしても、既設設備に影響を与えることはない。

よって、センシング技術およびビッグデータ分析技術の導入後は、監視用 PC および各装置（振動センサ、オンライン振動収集装置、OPC サーバ等）の外観や動作状況を定期的に確認する程度で良い。

【解説】

センシング技術による振動診断は、対象機器に設置した振動センサから振動データを取得し、伝送ケーブルを伝って振動データ監視用 PC にて管理を行う仕組みとしている。

またビッグデータ分析技術は、本技術で設置した OPC サーバに下水処理場の計装プロセス信号データを蓄積し、データ解析は分析サーバ上で行う仕組みとしている。

よって、本技術の各種装置が停止したとしても既設設備に影響を与えることはなく、水処理・汚泥処理の能力低下を招くことはない。

通常時は、日々運用の中で外観や動作の確認を取る程度の維持管理とし、異常を発見した時はメーカーに連絡すると良い。

第2節 運用方法

§ 30 本技術の運転管理（運用方法）

センシング技術およびインバリエント分析技術（異常予兆検知）の操作例を以下に示す。
また、異種混合学習技術（劣化進行予測）は、システム導入を実施せず分析作業委託とするため、分析報告書の内容を例として示す。

- (1) センシング技術（振動データ監視画面 イメージ）
- (2) インバリエント分析技術（異常予兆検知画面 イメージ）
- (3) 異種混合学習技術（劣化進行予測報告 イメージ）

【解説】

センシング技術およびインバリエント分析技術の監視画面を以下に解説する。

- (1) センシング技術（振動データ監視画面 イメージ）

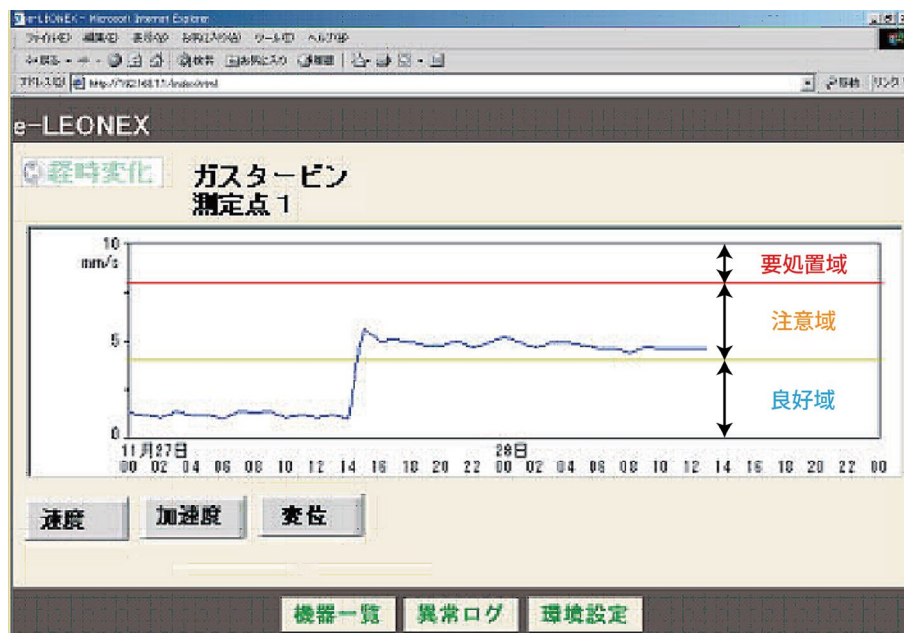


図 5-1 システム画面イメージ(傾向グラフ)

運用時の手順を以下に示す。

- 1) 基準値の設定

図 5-1 のグラフ内の黄色線で示している注意基準値および赤色線で示している要処置基準値を設定する。設定方法については本ガイドライン「§ 26 センシング技術の導入」に従う。

2) 振動値の確認

振動速度および振動加速度の傾向グラフ画面（図 5-1 参照）や測定データ画面（図 5-2 参照）を使って、現在の振動値が良好域、注意域、要処置域のどの領域にあるかを確認する。

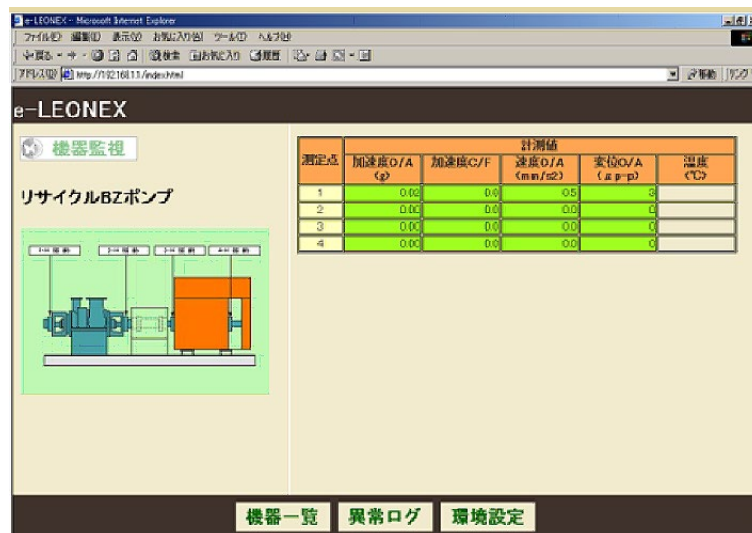


図 5-2 システム画面イメージ(測定データ)

3) 振動異常時の対応

- ・ 良好域内の場合は、振動値の監視を継続する
- ・ 注意域内の場合は、図 5-3 のフローに従った対応を実施する。
- ・ 要処置域内の場合は、専門家に相談したうえで機器点検や整備を実施する。

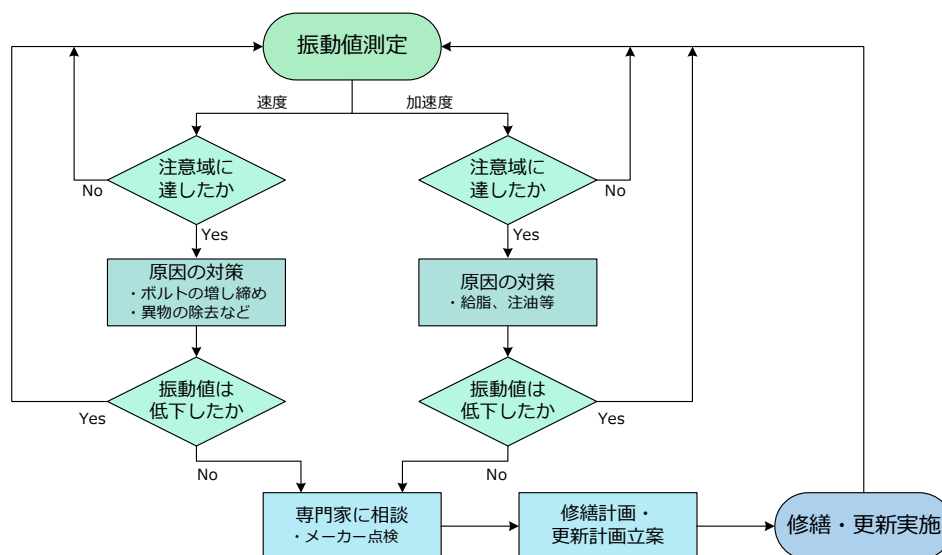


図 5-3 センシング技術のフロー

4) 振動センサ設置機器の修繕について

修繕等により機器から振動センサを取り外す場合は、修繕後に振動センサを再設置できるような取付座を残すように取り外すのが良い。

(2) インバリエント分析技術（異常予兆検知画面 イメージ）

ここでは、クライアント PC の操作画面を使って、沈砂池 No1 汚水主ポンプの「回転数設定値出力用変換器」の故障想定による、異常予兆検知結果の確認操作例を示す。

1) 異常予兆の検知

異常予兆を検知した場合、クライアント PC 操作画面上のアラームボタンが赤枠で点灯（図 5-4 に示す）を開始する。

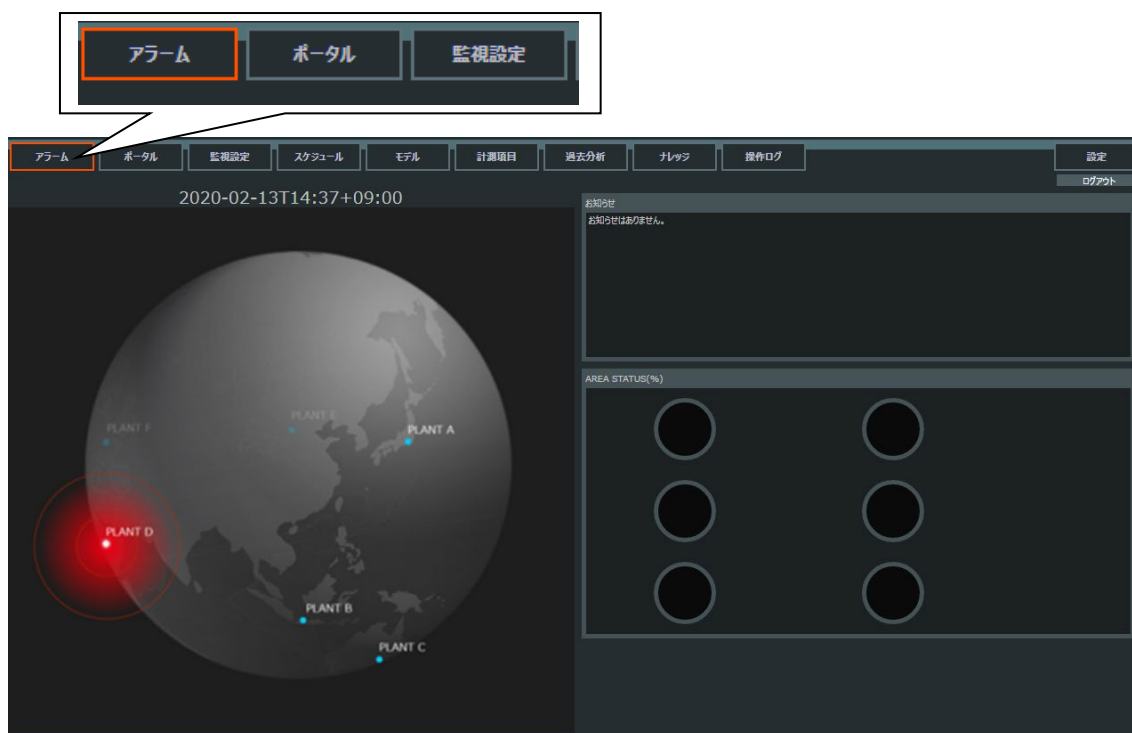


図 5-4 異常予兆の検知

2) 異常予兆の内容確認

「アラーム」タブで、異常予兆を検知した設備、日時を確認する。確認画面を図 5-5 に示す。その後、アラームをクリックし、異常予兆の詳細確認を行う。

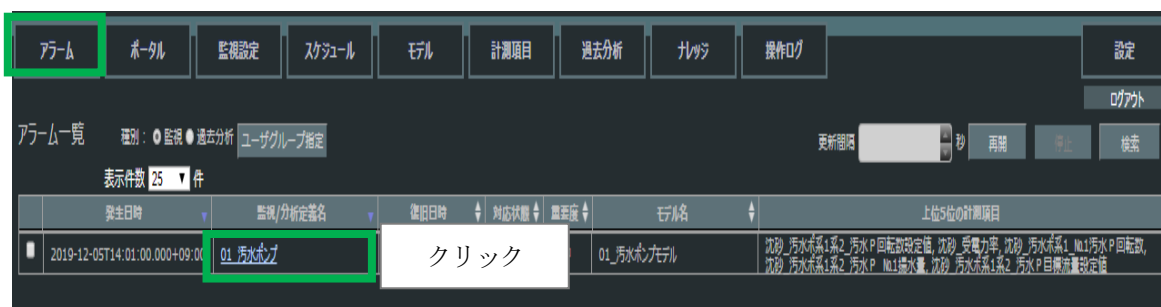


図 5-5 異常予兆の内容確認

3) 異常予兆の詳細確認

異常予兆の詳細内容が表示されるため、「異常度グラフ」や「破壊インバリエント」等を確認することで、異常が疑われる機器を確認する。確認画面を図 5-6 に示す。

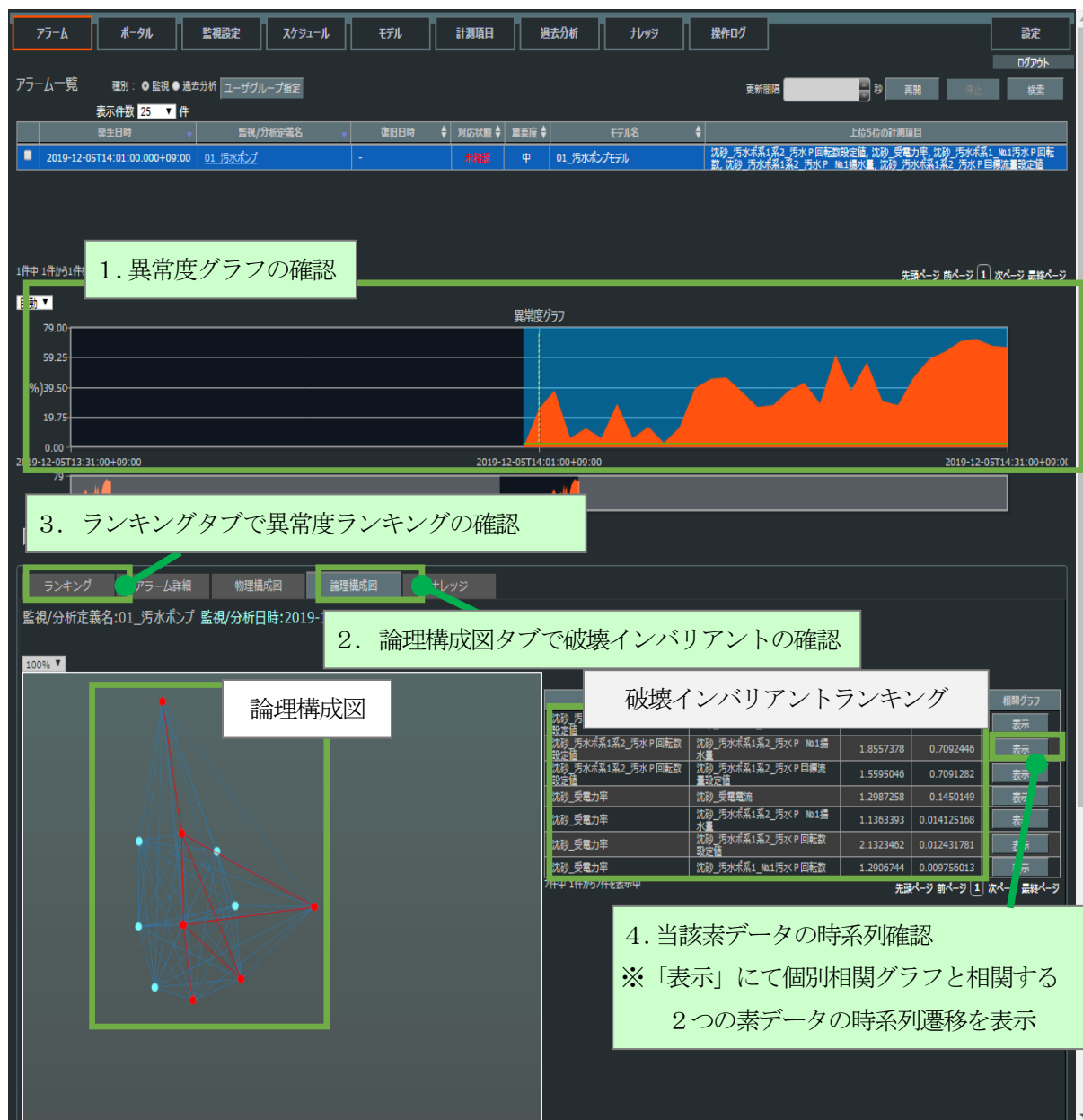


図 5-6 異常予兆の詳細確認

4) 異常度グラフの確認

異常度グラフにて、異常度の上昇度合いや継続性を確認する。異常度グラフの確認画面を図 5-7 に示す。

下図においては、異常度が急上昇、且つ常に高い状態となっており、機器が故障し、その故障状態が継続していることが疑われる。

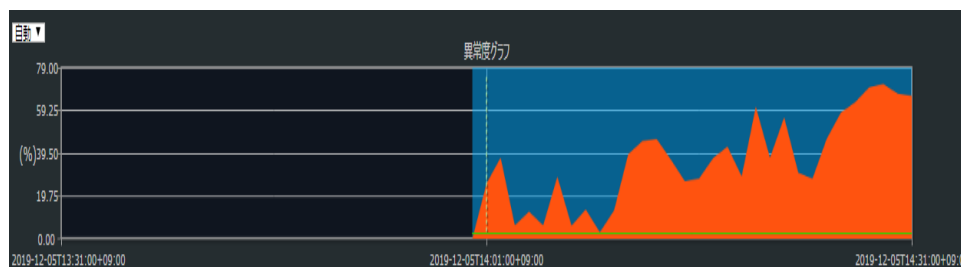


図 5-7 異常度グラフの確認

5) 破壊インバリアントの確認

論理構成図にて、破壊されたインバリアントの支点、頻出項目を確認する。破壊インバリアントの確認画面を図 5-8 に示す。

下図においては、破壊されたインバリアントの支点到「汚水主ポンプ回転数設定値」が多く存在している。

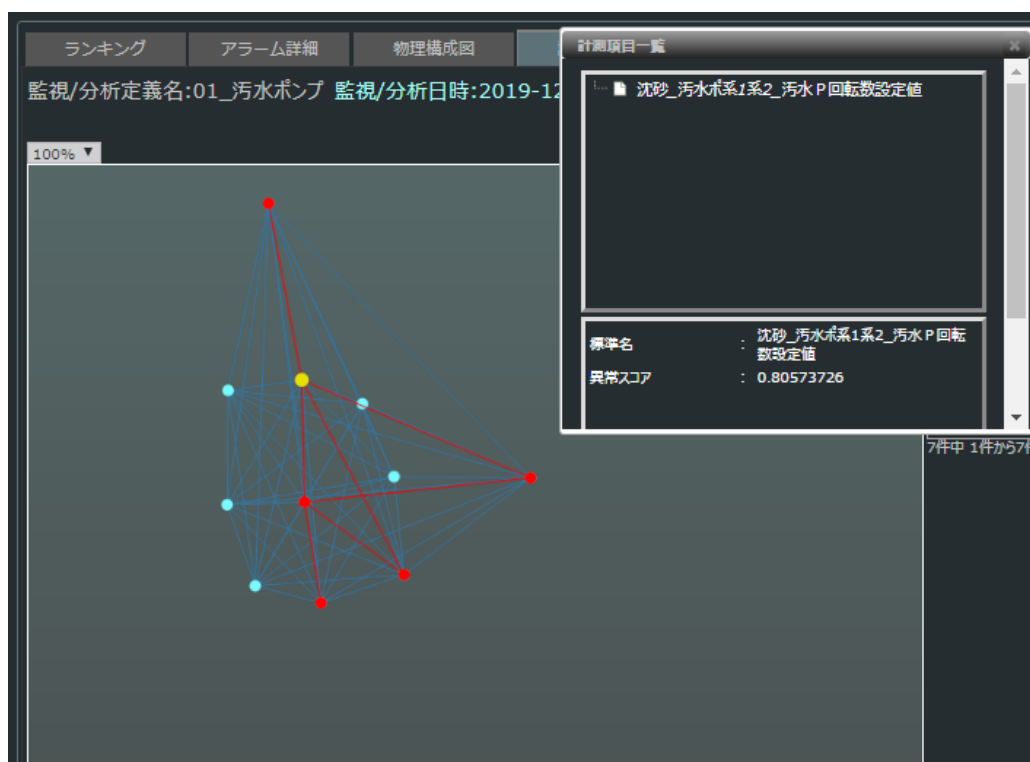


図 5-8 破壊インバリアントの確認

また、破壊インバリエントランキングにも「污水主ポンプ回転数設定値」が頻出している。そのため、「回転数設定値出力用変換器」の異常が疑われる。

破壊インバリエントランキングの確認画面を図 5-9 に示す。

計測項目(入力)	計測項目(出力)	破壊の大きさ	精度	相関グラフ
沈砂_污水系1系2_污水 P 回転数設定値	沈砂_污水系1_No1污水 P 回転数	1.8725365	0.7197949	表示
沈砂_污水系1系2_污水 P 回転数設定値	沈砂_污水系1系2_污水 P No.1揚水量	1.8557378	0.7092446	表示
沈砂_污水系1系2_污水 P 回転数設定値	沈砂_污水系1系2_污水 P 目標流量設定値	1.5595046	0.7091282	表示
沈砂_受電力率	沈砂_受電電流	1.2987258	0.1450149	表示
沈砂_受電力率	沈砂_污水系1系2_污水 P No.1揚水量	1.1363393	0.014125168	表示
沈砂_受電力率	沈砂_污水系1系2_污水 P 回転数設定値	2.1323462	0.012431781	表示
沈砂_受電力率	沈砂_污水系1_No1污水 P 回転数	1.2906744	0.009756013	表示

7件中 1件から7件を表示中

先頭ページ 前ページ 1 次ページ 最終ページ

図 5-9 破壊インバリエントランキングの確認

6) 異常度ランキングの確認

異常度ランキングにて、故障疑義の計測データが異常度ランキングの上位でありスコアが高いかを確認する。異常度ランキングの確認画面を図 5-10 に示す。

下図においては、異常度ランキングの上位に「污水主ポンプ回転数設定値」があがっている。

標準名	拡張異常スコア(fitness考慮)	計測データグラフ
沈砂_污水系1系2_污水 P 回転数設定値	0.80573726	表示
沈砂_受電力率	0.7225578	表示
沈砂_污水系1_No1污水 P 回転数	0.17666899	表示
沈砂_污水系1系2_污水 P No.1揚水量	0.169675	表示
沈砂_污水系1系2_污水 P 目標流量設定値	0.10518427	表示
沈砂_受電電流	0.08894773	表示

6件中 1件から6件を表示中

先頭ページ 前ページ 1 次ページ 最終ページ

図 5-10 異常度ランキングの確認

7) 当該素データの確認

当該素データの時系列遷移を確認する。素データの確認画面を図 5-11 に示す。

下図においては、汚水主ポンプ回転数設定値の出力値が不安定になっていることが解る。



図 5-11 当該素データの確認

以上のインバリエント分析画面により、汚水主ポンプ回転数設定値のデータが異常であり「回転数設定値出力用変換器」の異常が疑われる。これにより、異常の可能性が高いと判断される機器については、現場で現物確認を行う。

※ 分析サーバの設定変更（異常検知しきい値の変更）

① 設定変更の設備選択

クライアント PC 操作画面上の「監視設定」タブにて、異常検知しきい値を変更する設備を選択する。設備選択の画面を図 5-12 に示す。

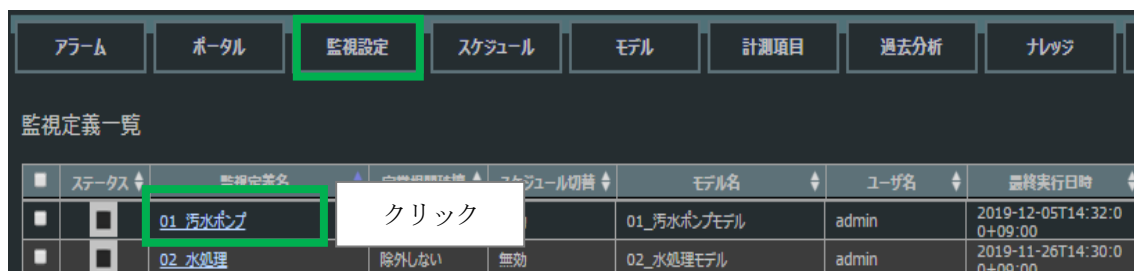


図 5-12 設定変更の設備選択

② 設定内容の確認

現在の設定内容を確認し、変更を行う場合は「編集」をクリックする。設定内容の確認画面を図 5-13 に示す。

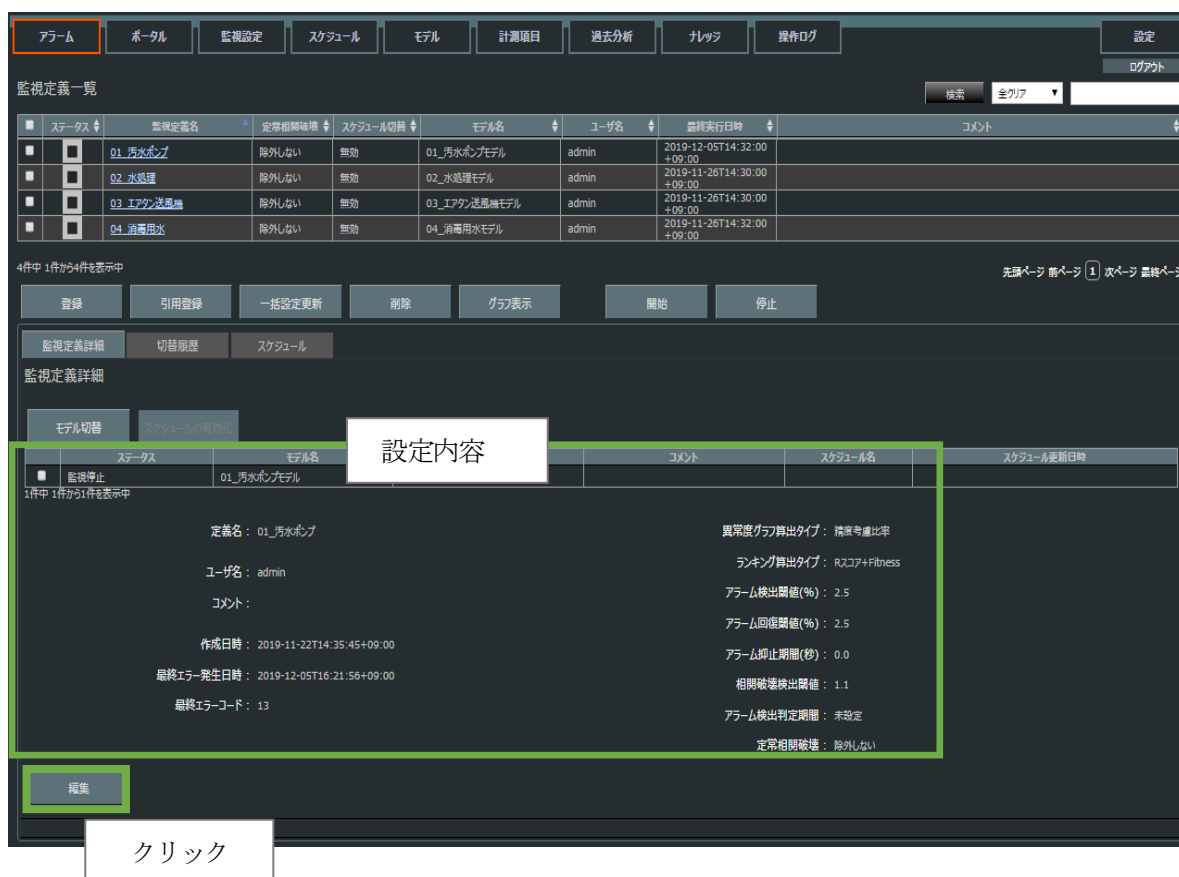


図 5-13 設定内容の確認

③ 異常検知しきい値の変更

異常検知しきい値を入力し、「更新」ボタンにて変更を反映させる。変更画面を図 5-14 に示す。(下図は異常検知しきい値を 2.5%から 1.7%に変更)

変更前)

The screenshot shows the 'Alarm Setting' screen for the model '01_汚水ポンプモデル'. The 'Alarm Detection Threshold (%)' is currently set to 2.5000. A callout box points to this value. Other settings include 'Alarm Return Threshold (%)' at 2.5000, 'Alarm Stop Time (sec)' at 0.000, and 'Phase Break Detection Threshold' at 1.1. The 'Update' button is visible at the bottom right.

変更後)

The screenshot shows the same 'Alarm Setting' screen after the change. The 'Alarm Detection Threshold (%)' has been updated to 1.7. A callout box points to this new value. The 'Update' button at the bottom right is now highlighted with a green box and labeled 'クリック' (Click).

図 5-14 異常検知しきい値の変更

8) 異常予兆検知時の対応

異常予兆検知警報が発報した際は、相関性の崩れ事象として、従事者が機器を手動操作することによって発生する「運用における特異事象」と、設備や機器の故障による「設備の故障・異常」がある。

警報発報の際に、当該設備の点検作業や手動運転操作等を行っていないか運用状況に基づき、**図 5-15** のフロー図に示すとおり、設備の故障・異常の可能性を判断する必要がある。

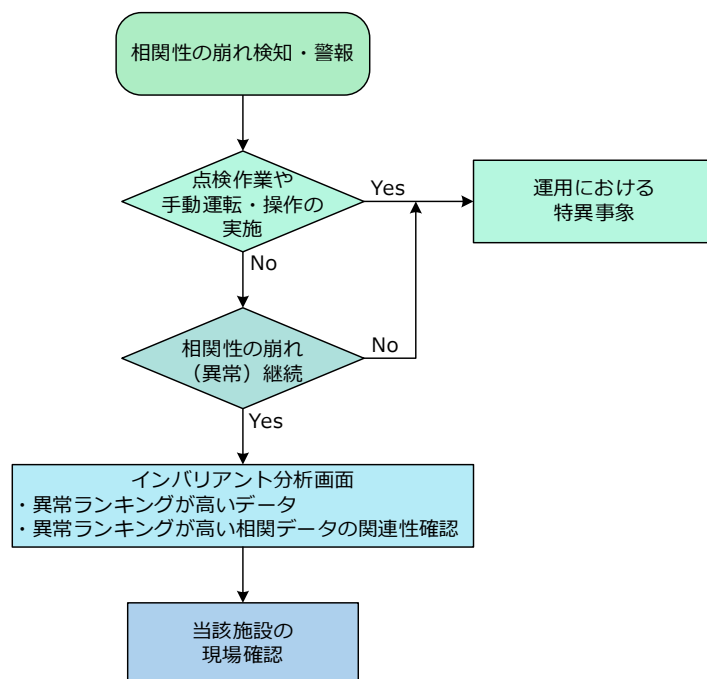


図 5-15 異常予兆検知時の確認フロー

(3) 異種混合学習技術（劣化進行予測報告 イメージ）

1) 分析結果報告書 の記載項目（例）

異種混合学習による劣化進行予測は、分析業務委託の形態をとるため、システム画面の操作は無い。劣化予測分析企業が蓄積データをオフラインで受取り、当該自治体へ分析結果を報告書にして提示する。

分析結果報告書に記載する項目（例）を以下に示す。

1. 劣化進行予測分析の概要・条件

(1) 分析の概要

- ・ 分析の目的、分析に用いた技法、分析環境（分析システム）について整理記載

(2) 対象とするポンプ設備

- ・ ポンプ設備の情報（対象ポンプ、稼働年数、所要能力 等）を整理記載

2. 分析内容・結果

(1) 計測データの整理と評価指標の設定

- 1) 計装設備データおよび環境要因（気象）データ一覧
- 2) 分析に使用したデータ期間
- 3) 運転記録表との照合、データクレンジングの内容
- 4) ポンプ設備の所要能力と性能評価指数

(2) 現状の性能状況推定

1) 性能状況推定 分析モデル

- ・ 目的変数、説明変数 一覧
- ・ 予測式の妥当性（検証結果の確認）（図 5-16）

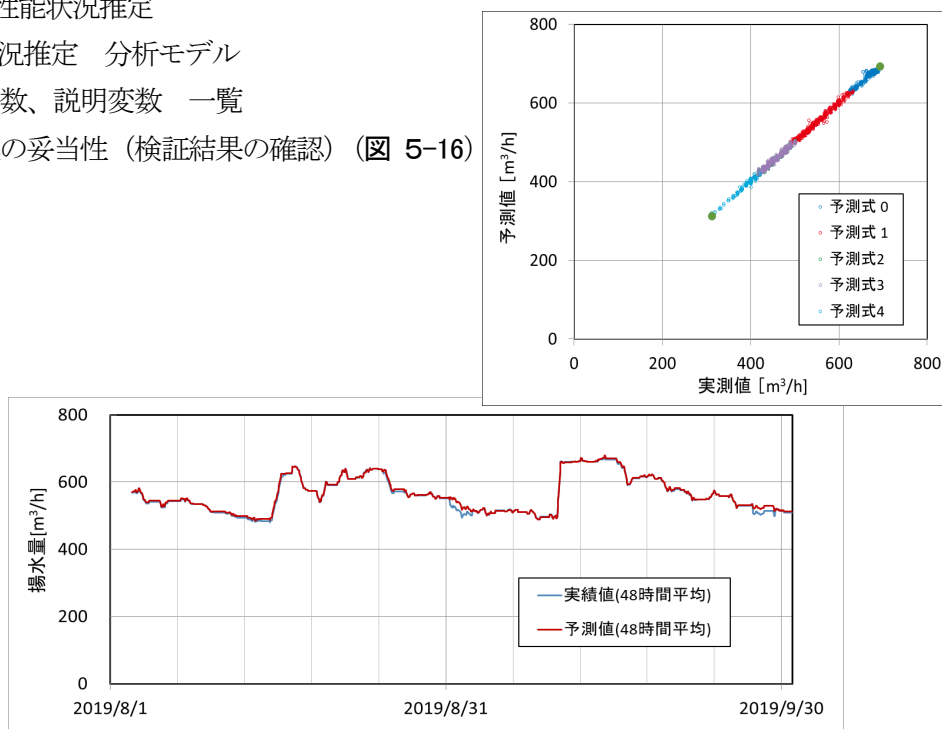


図 5-16 実測値と予測値の比較による検証結果確認(例)

2) 性能状況推定値の推算結果

- ・ 環境要因、運転条件を固定値とした際の、ポンプ設備の性能状況推定値（図 5-17）

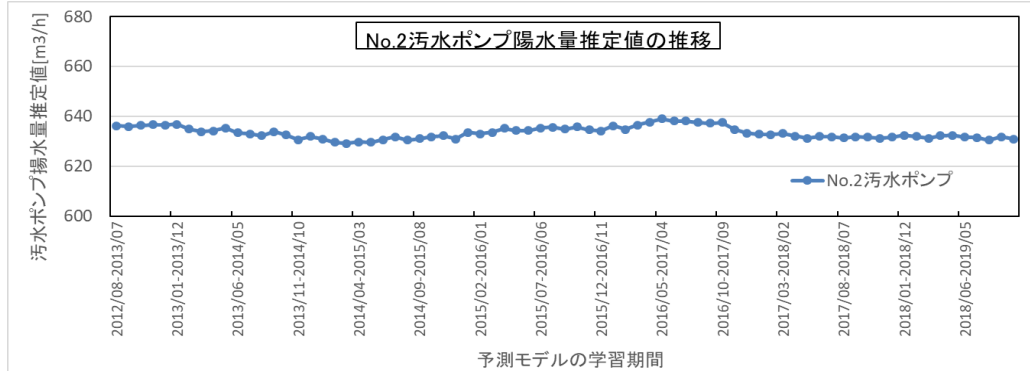


図 5-17 汚水主ポンプの性能状況推定値グラフ(例)

(3) 将来の劣化進行予測

1) 劣化進行予測 分析モデル

- ・ 目的変数、説明変数 一覧
- ・ 分析における運転時間の整理
- ・ 故障期間、特殊運用期間を考慮した複数モデルの検討（表 5-1）

表 5-1 汚水主ポンプの特殊運用学習期間の表(例)

対象	学習方法	学習期間	
No1 汚水ポンプ 特殊運用： 2015/7月 ～2015/11月	特殊運用後のみ	1年学習	2017年10月～2018年09月
		2年学習	2016年12月～2018年09月
	特殊運用前後を合成	3年学習	2014年05月～2015年06月 2016年12月～2018年09月

2) 劣化進行予測の推算結果

- ・ 性能状況推定値の推移に基づく劣化進行予測値
(故障期間、特殊運用期間を考慮した複数モデルの実施結果)
- ・ 過去の実績データ期間を利用したの予測精度の検証（図 5-18）

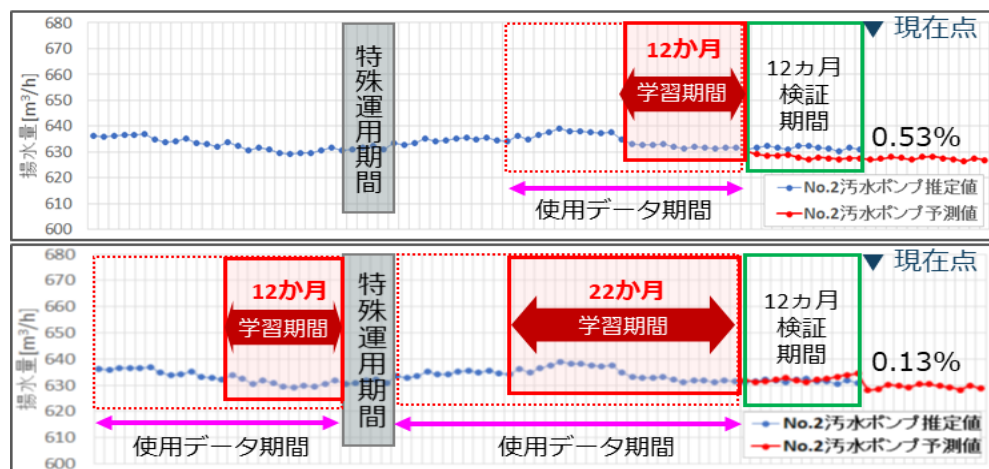


図 5-18 劣化進行予測の誤差率検証グラフ(例)

(4) 長期劣化進行予測による更新時期の推定

- ・劣化進行予測の近似式外挿による長期劣化進行予測
- ・ポンプ設備の所要能力（更新基準）に達する更新時期の推定（図 5-19）
（劣化進行予測の精度検証を反映、累積誤差を考慮）

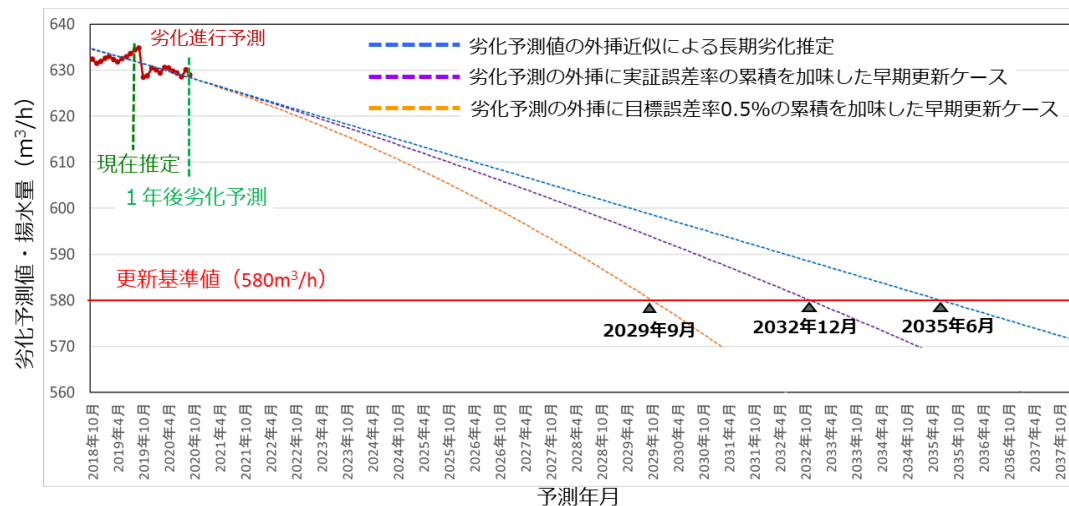


図 5-19 近似式外挿にて求めた長期劣化進行予測を使った更新時期推定(例)

3. まとめと考察

(1) 分析結果のまとめ

- ・対象のポンプ設備の性能状況、更新時期の予測結果を整理記載

(2) 分析結果の考察

- ・分析結果に対する考察、補足事項・留意事項を整理記載

本報告書の劣化進行予測値から、将来の污水主ポンプ性能状況（揚水量低下）を定量的に把握することで、対象となる污水主ポンプが、何年先まで要求される性能値を満足できる状態にあるか検討し、修繕計画や更新計画の策定を行うものとする。

第3節 保守点検

§ 31 保守点検

本技術の保守点検は、以下に示す内容について実施する。

- (1) システム保守
- (2) その他の点検
- (3) インバリエント分析技術（異常予兆検知） モデルの更新
- (4) 異種混合学習技術（劣化進行予測） 定期再分析
- (5) 組合せ技術 モデルの更新

【解説】

本技術の保守点検やモデルの更新については、以下に示す内容について実施する。

(1) システム保守

振動データ監視用 PC およびビッグデータ分析装置を構成する機器（OPC サーバ、分析サーバ、クライアント PC）は、日常的に動作確認を行うことで保守点検の代用とできる。動作確認項目は表 5-2 による。

(2) その他の点検

振動センサは長期間使用した場合、誤差が生じる可能性があるため、3 年に 1 回程度の定期的な校正作業が必要となる。

表 5-2 保守点検項目

対象機器	点検項目	点検方法	管理基準	頻度	備考
振動データ監視用PC	・ 機器確認 ・ 時刻確認	・ LED表示確認 ・ 時刻確認	正常に動作しているか	日常	
オンライン 振動収集装置	据付状況の確認	目視	・ 脱落していないか ・ 損傷していないか	日常	センサ校正時に表示値を確認する
振動センサ	据付状況の確認	目視	・ 脱落していないか ・ 損傷していないか	日常	
	校正	校正器による校正	・ 校正器の基準値±10%	1回／3年	
OPCサーバ	・ 機器確認 ・ 時刻確認	・ LED表示確認 ・ 時刻確認	正常に動作しているか	日常	既存装置（PLCなど）は含まない
カートリッジサーバ	・ 機器確認 ・ 時刻確認	・ LED表示確認 ・ 時刻確認	正常に動作しているか	日常	既存装置（PLCなど）は含まない
GPS_NTPサーバ	・ 機器確認 ・ 時刻確認	・ LED表示確認 ・ 時刻確認	正常に動作しているか	日常	既存装置（PLCなど）は含まない
分析サーバ	・ 機器確認 ・ 時刻確認	・ LED表示確認 ・ 時刻確認	正常に動作しているか	日常	既存装置（PLCなど）は含まない
クライアントPC	・ 機器確認 ・ 時刻確認 ・ 分析サーバ接続確認	・ LED表示確認 ・ 時刻確認 ・ 分析サーバとのWeb接続確認	正常に動作しているか	日常	既存装置（PLCなど）は含まない

(3) インバリエント分析技術（異常予兆検知） モデルの更新

インバリエント分析技術では、いつもと違う動きを検知して異常を警報するため、通常運用時の正常な運転状態のデータを学習してモデルを設定する。そのため、監視対象設備の更新や増設を実施した場合や運転条件の変更を行った場合は、相関関係に変化が生じたり、**Anomaly Score** の出力値に変動が生じたりする可能性がある。その際には、インバリエントモデルの再作成と異常検知しきい値の再設定が必要となる。また、異常予兆検知の精度を維持していくには、監視対象設備の更新や増設がない場合でも、誤検知の発生がなかったか、1年毎に確認することを推奨する。

運用を通して、もし誤検知が頻繁に発生する状態となった場合は、運転条件や外囲条件の変更や機器の劣化等の原因推定を行うと共に、モデルの見直し若しくは異常検知しきい値の見直しを検討する。

(4) 異種混合学習技術（劣化進行予測） 定期再分析

異種混合学習技術による劣化進行予測は、ストックマネジメントにおける設備の更新計画の検討に活用することを想定し、コンサルティング業務の形態にて実施する。

対象設備の耐用年数が近づいてきた際、若しくは設備の健全度評価結果が3~2となった際の更新計画の検討時に実施する。なお、劣化進行予測による更新計画の検討を行う場合は、運用方法の変更などにより運転実績が変動することを考慮し、約5年を目安に再分析を行い、更新計画へ反映していくことを推奨する。

再分析の際は、蓄積データ期間に故障や特殊運用期間の有無に留意する。故障や特殊運用期間があった場合は、性能状況推定におけるその期間のデータを除外して実施する。劣化進行予測においても、前後データの活用について検討した上で実施する。蓄積データ期間に故障や特殊運用期間がない場合は、できるだけ長い蓄積データを活用して劣化進行予測を行うことが有効であることから、更新データだけでなく、前回分析時に使用した蓄積データも含め再分析を行う。

(5) 組合せ技術 モデルの更新

組合せ技術は、インバリエント分析技術にセンシング技術で得られたデータを活用するものであるため、モデルの更新はインバリエント分析技術に準ずる。

組合せ技術では、振動センサの追加や取付け位置の変更を行った場合には、インバリエント分析のモデル更新および異常検知しきい値の再設定を要することに留意する。

また、組合せ技術においてもインバリエント分析技術と同様に、設備の更新や増設がない場合であっても、誤検知の発生がなかったか1年毎に確認を行い、検知した異常の設定が適切であったか定期的に確認することを推奨する。

第4節 異常時の対応と対策

§ 32 異常時の対応と対策

本技術の異常時は、以下の項目に従って対応と対策を実施する。

(1) 本システムの異常時の対応

【解説】

センシング技術の振動データ監視用 PC およびインバリアント分析技術のビッグデータ分析装置の異常時の対応について以下の内容に従い対応し対処する。

(1) 本システムの異常時の対応

振動データ監視用 PC は、後付けの振動センサを設置して機械振動を測定するシステムであることから異常が発生しても既存設備の運転や水処理等に影響を与えることはない。

また、ビッグデータ分析技術についても監視制御盤コントローラからプロセスデータのみ取得しているため、基本的に監視制御には影響を与えない。

なお、正常に動作していない場合は、メーカーによる対応が必要となる（オンコール対応）。

(2) 停電時対策

停電発生時に、急なシステムのシャットダウンによる PC エラー等が懸念される場合は、PC 用の電源に無停電対策（CVCF、UPS 等）を講じておくことが望ましい。

ビッグデータ分析技術においては、各 OPC サーバについても同様とする。