

機械設備の履歴管理システム調査・分析

1. 調査目的

本業務は、国土交通省関東地方整備局で管理する河川及び道路における機械設備の維持管理データを解析し、効率的な維持管理に資する傾向管理手法について検討することを目的とする。

平成 26 年度は、維持管理情報の電子化、傾向管理評価シート(案)の作成を行い、傾向管理手法の改善案を提案するとともに、新しい状態監視保全技術の現場への適用方法についても検討した。また、設備の維持修理費の推移について解析を行った。

2. 過去の経緯

平成 20 年度より、次の調査・検討を行っている。

平成 20 年度

- ・整備局管内の機械設備の維持管理に係るデータベース構築を目的に、維持管理システムの機能や入力帳票等について検討し提案を行った。
- ・河川排水ポンプ設備について、傾向管理に必要な管理項目と異常を判断する目安となる「しきい値」の検討を行い、正常値に対する標準偏差「 σ 」の 3 倍（ 3σ ）をしきい値とする事例の提案を行った。その他、FT 図を作成し、設備のリスク評価を行った。
- ・トンネル換気設備について、傾向管理項目・しきい値の検討を行うとともに、FT 図によるリスク評価を行った。

平成 21 年度

- ・揚水ポンプ設備について、傾向管理項目・しきい値の検討を行った。当該年度の解析対象である 1 施設の軸受振動値に特異な変化傾向が現れていることが解り、詳細調査の結果、設備の劣化傾向を把握する状態監視項目として採用できることがわかった。
- ・ポンプ設備の振動値については、標準偏差だけでなく ISO10816「機械の振動・非回転部分にて測定された機械振動の評価」の考え方を準用し、正常稼働時の振動値からの変化率に着目した相対評価手法を提案した。
- ・水門設備について、傾向管理すべき状態監視項目の検討を行った。
- ・道路排水設備について、傾向管理項目・しきい値の検討を行った。当該年度の解析対象である 3 施設の維持管理データを確認した結果、羽根車の腐食による劣化傾向を把握するためには、駆動電流値の状態監視が有効であることがわかった。
- ・基本的な設備構成を想定した FTA 及び FMEA を実施した。
- ・各設備について、維持管理データの収集とデータベース様式への入力を行った。

平成 22 年度

- ・排水ポンプ設備 3 施設、道路排水設備 1 施設、トンネル換気設備の 1 施設を対象として、維持管理情報の電子化を図るとともに各設備の実際の点検データに基づく解析を実施し、傾向管理すべき状態監視項目の検討を行った。

- ・解析対象施設の維持管理情報から、振動・温度・絶縁抵抗・圧力など点検作業で通常計測するパラメータに着目し、現場における傾向管理導入ツールとしての「傾向管理評価シート(案)」を作成した。作成にあたり、維持管理実態を把握するとともに、傾向管理手法のマニュアルをとりまとめた。
- ・関東地整管内排水機場ポンプ設備の潤滑油性状調査結果に基づく解析を実施した。
- ・解析対象施設の維持管理情報については、データベース様式への入力を行った。

平成 23 年度

- ・平成 22 年度に引き続き、揚排水ポンプ設備 7 施設、道路排水設備 2 施設、トンネル換気設備 4 施設を対象として傾向管理の評価シート(案)の検討を行い、評価方法について改善を図った。
- ・「温度」等のパラメータを用いる傾向管理に採用してきた標準偏差「 σ 」を用いた管理基準値に関し、従前の「 3σ 」に対して注意値「 2σ 」及び危険値「 3σ 」を用いる評価手法を提案し、現場における判断指標の具体化と活用のし易さを向上させた。
- ・揚排水ポンプ設備の傾向管理については、各系統機器についても適用範囲を拡大し評価シート(案)の種類を充実させた。
- ・各対象施設の点検結果と傾向管理の評価シート(案)を併用し、設備の健全度評価運用手法を提案した。
- ・維持管理情報の電子化、FT 図作成は各対象施設について実施した。
- ・潤滑油分析に基づく設備の劣化評価については、関東地整管内排水機場の主原動機における異常摩耗係数に着目し、経年変化について横断的解析を実施した。

平成 24 年度

- ・平成 23 年度に引き続き、揚排水ポンプ設備 4 施設、道路排水設備 2 施設、トンネル換気設備 2 施設を対象として傾向管理の評価シート(案)を作成した。
- ・対象施設のうち、近年分解整備・修繕を行った設備の経過年数や運転時間を考慮した上で、整備・修繕前後の機器の劣化程度を分解整備時の計測データと点検データを比較して評価した。
- ・関東地整管内排水機場ポンプ設備の潤滑油分析に基づく設備の劣化評価を実施した。
- ・各対象施設の FT 図作成及び FMEA を行うとともに、維持管理情報については、データベース様式への入力を行った。

平成 25 年度

- ・平成 24 年度に引き続き、揚排水ポンプ設備 4 施設を対象として傾向管理の評価シート(案)を作成した。
- ・関東地整管内排水機場ポンプ設備の潤滑油分析に基づく設備の劣化評価を実施した。
- ・各対象施設の FT 図作成及び FMEA を行うとともに、維持管理情報については、データベース様式への入力を行った。
- ・本業務において、過去に電子化した河川系・道路系機械設備の維持管理情報を、H26 年度より運用を開始する機械設備維持管理システムのデータ入力支援システムフォーマットに変換した。

3. 調査概要

3. 1 機械設備維持管理情報の電子化

水門設備4施設、揚排水ポンプ設備7施設、道路排水設備3施設について、完成図書、運転日報、点検整備報告書、定期整備完成図書、更新工事完成図書、故障記録・不具合報告書、点検整備修理・改造等の履歴に関する情報を、施設管理事務所から収集する。当該情報は、機械設備維持管理システムの

データベース様式へ入力する。

3. 2 実際のデータに基づく解析

対象施設の過年度資料をもとに、各種計測項目について、データの変化傾向を解析（傾向管理）する。

3. 3 傾向管理の評価シート(案)作成

継続的に適切なデータ収集・解析及び傾向管理ができるように、解析対象施設ごとに作業の手順などを体系的にまとめた傾向管理手法のマニュアル化を図る。以後継続使用できる評価シート（表計算ソフト）としてとりまとめを行う。

3. 1 項で収集したデータを時系列的に整理し、施設毎に傾向管理グラフを作成する。

3. 4 新しい状態監視保全技術の現場への適用方法の検討（潤滑油分析）

揚排水機場の原動機等の状態監視を行うために対象施設において実施している潤滑油分析結果をもとに(1)性状分析、(2)フェログラフィ法、(3)SOAP 法について解析を行い、収集データのデータベース入力を行った。なお、フェログラフィ法はオイル中の金属切粉形状を、SOAP 法は含まれる元素を分析することで、劣化箇所や劣化程度を診断する技術である。

3. 5 維持修理費推移の解析

維持修理費について、工事実績から算定し、建設費（増設費含む）に対する維持修理費（点検費・更新費・修繕費）の比率の値および経時変化傾向について確認を行う。

4. 調査結果

本年度の調査結果を以下に示す。なお、本報告における施設名は略称である。

4. 1 機械設備維持管理情報の電子化

水門設備 4 施設、揚排水ポンプ設備 7 施設、道路排水設備 3 施設の維持管理情報を機械設備維持管理システムデータベース様式へ入力した。

4. 2 実際のデータに基づく解析

対象施設について過年度データを基に解析を行った。

設備の異常傾向を示す事例は少なかったが、状態監視保全の推進に資するため、以下の事例に基づき今後の計測と傾向管理に関する提案をまとめた。

なお、傾向管理の評価シートにおける「危険値」については、今年度より「予防保全値」として表記を改めることとした。

4. 2. 1 AK2 水門

対象機器：ドラムギヤ 下流側

計 測 値：歯当り

状 況：歯当り測定値が 1 年で大幅に減少した。

【原因の推定】

図-1 にドラムギヤにおける下流側歯当り測定値の推移を示す。平成 22 年度に開閉装置を更新し

ている。更新後、平成 25 年度まで正常値の 92% で推移していたが、平成 26 年度に約半分に低下し許容値を超えて 50% となった。なお、平成 25 年度、26 年度とも特に計測値に影響を与えるような整備等は行っていない。

再計測を行った結果は正常値（92%）であったことから、測定値の誤記、または計測誤差である可能性が高い。

【対応案】

設備自体の劣化要因が考えられないことから、計測時は、旧 JIS B 1741：1977「歯車の歯当たり」及びゲート点検・整備要領(案)【解説 32】ギヤの歯当りを遵守した同一方法による計測を徹底することが重要である。

4. 2. 2 S2 排水機場①

対象機器：減速機 1 号機

計 測 値：潤滑油ポンプ給油圧力

状 況：過去の計測データが大きくばらついており傾向管理ができない

【原因の推定】

図-2 に潤滑油ポンプ供給圧力の推移を示す。平成 20 年度に減速機の分解整備をしている。分解整備後、平成 25 年度の 5 月まで正常値の 0.23MPa 近辺で推移していたが、平成 25 年度の 6～10 月の測定値が大幅に低下し予防保全値を超えて 0.04MPa となった。なお、平成 24 年度、25 年度とも特に計測値に影響を与えるような整備等は行っておらず、運転時点検計測データでは正常な数値で推移している（図-2 に運転時点検計測データの推移をグラフに併記）ことから、計測タイミングが運転開始直後などの理由で、安定した運転状態の数値ではない可能性がある。

【対応案】

安定した状態のデータで傾向管理を実施するため、測定方法の計測タイミングを統一すべきである。

4. 2. 3 S2 排水機場②

対象機器：減速機 3 号機

計 測 値：振動値（変位量）

状 況：交換後 6 年目で振動値が約 3 倍になった。

【原因の推定】

図-3 に減速機入力軸側の垂直方向 (Z) 振動値の推移を示す。平成 19 年度に減速機の軸受けを交換している。交換後、平成 24 年度まで

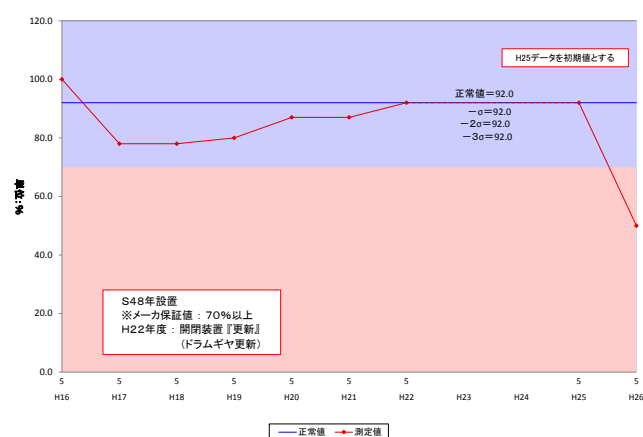


図-1 歯当り傾向管理グラフの事例

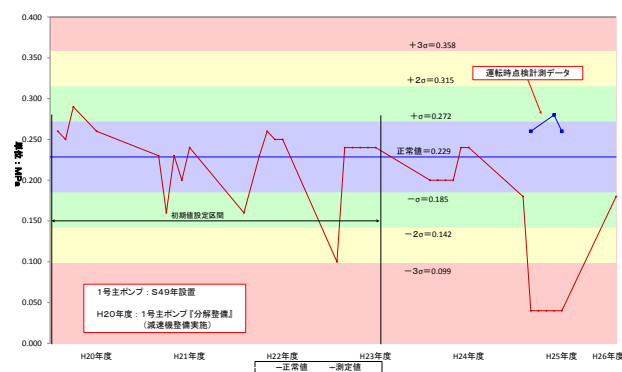


図-2 潤滑油圧力傾向管理グラフの事例

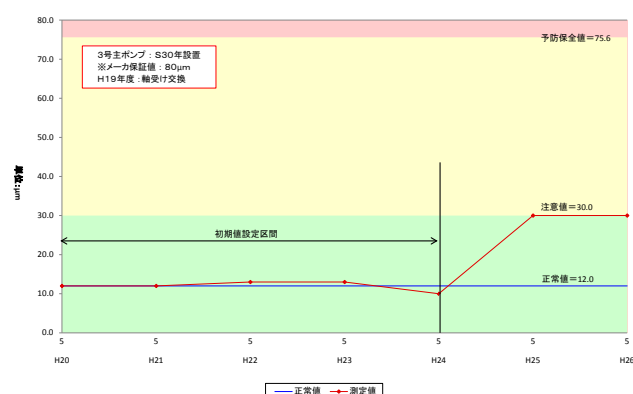


図-3 振動値傾向管理グラフの事例

正常値の $12\mu\text{m}$ 近辺で推移していたが、平成 25 年度以降約 3 倍近い $30\mu\text{m}$ となった。なお、平成 24 年度、25 年度とも特に計測値に影響を与えるような整備等は行っていない。運転時間及び交換後の経過時間から軸受損耗の恐れは低く、測定位置のズレによる測定値の違いである可能性が高いが、原因が特定できない現状においては注意が必要である。

【対応案】

ポンプ自体が古く他の劣化要因も考えられることから、精密診断の実施を検討する。また、計測時は、同一箇所・同一方法による計測を徹底し、測定位置のズレによる測定誤差の防止に努めることが重要である。

4. 2. 4 AJ8 排水機場

対象機器：主原動機 1 号機

計 測 値：潤滑油温度(冷却器入口温度)

状 況：急激な温度上昇が生じた。

【原因の推定】

図-4 に 1 号主原動機潤滑油温度(冷却器入口温度)の推移を示す。平成 18 年度にディーゼル機関の分解整備をしている。分解整備後、平成 25 年度まで正常値の 37.8°C 近辺で推移していたが、平成 26 年度に約 2 倍の予防保全値に近い 64°C となった。なお、平成 25 年度、26 年度とも特に計測値に影響を与えるような整備等は行っていない。

翌月の再計測データでは 40°C となり正常な数値に戻っているが、劣化要因として潤滑不良によるエンジンピストンリングやクランクピンメタルの焼き付きが考えられるため、直近の分解整備後から平成 26 年度まで気筒排気温度の変化を調査したが、急激な変動を確認することはできなかった(図-5)。現状では原因が特定できないが、計測値の読み違いである可能性もある。

【対応案】

今後も気筒排気温度の変化と合わせて傾向管理を適切に行っていく。また、計測時は、読み取りミス等の防止に努めることが重要である。

4. 2. 5 AJ2 排水ポンプ設備

対象機器：機側操作盤 1 号機

計 測 値：絶縁抵抗値

状 況：絶縁抵抗値が急速に改善された

【原因の推定】

図-6 に排水ポンプの機側操作盤における絶縁抵抗測定値の推移を示す。平成 15 年度から平成 24 年度まで許容下限値の $0.2\text{M}\Omega$ を僅かに上回って推移し平成 24 年度の $10\text{M}\Omega$ と比較して平成 25 年

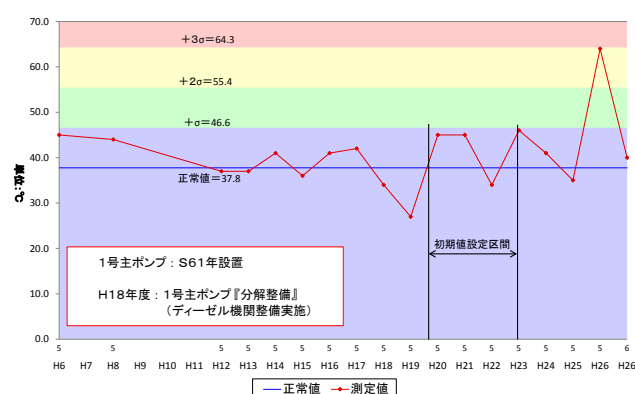


図-4 潤滑油温度傾向管理グラフの事例

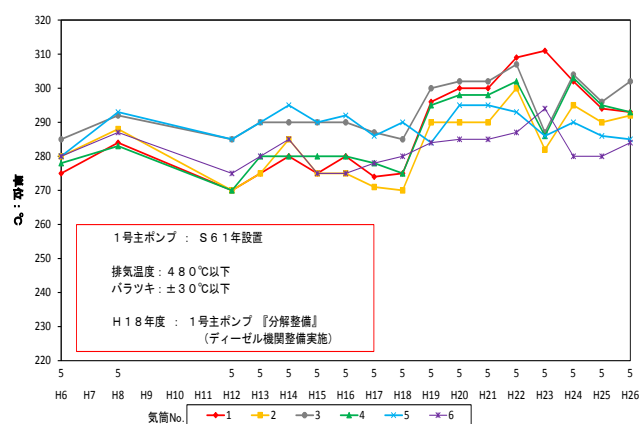


図-5 気筒排気温度傾向管理グラフの事例

度に5倍の50M Ω となった。なお、平成24年度、25年度とも特に計測値に影響を与えるような整備等を行っていない。

測定値が急激に上昇した理由として、平成25年3月に行った建屋改修が考えられる。平成25年3月以前は、建屋（トタン板）が老朽化し雨漏りしていたが、改修により機器の設置環境が改善された。

【対応案】

この施設の機側操作盤は、室内湿度に影響を受けることが既知となったため、今後の絶縁抵抗の動向に十分に配慮する。

4. 2. 6 TK7 排水機場

対象機器：ディーゼル機関 3号機

測定値：排気温度（過給機入口温度）

状況：平成26年9月に計測値が大幅に増大した。

【原因の推定】

図-7に3号機ディーゼル機関の過給機入口温度測定の推移を示す。平成26年9月に500℃と予防保全値を超過し、その後の計測でも温度が上昇し続けた。結果、過給機が破損した。故障原因は、結露と排気ガス硫黄分によるノズルの硫酸腐食であると判明した。

【対応案】

過給機破損に至るまでに、緩やかであるが、温度上昇の傾向を読み取ることができることから、今後同原因による破損を予防できる可能性が高い。この故障事例で得られた知見による傾向管理を重視し、予防保全値近傍において分解整備（清掃）の実施を検討する。

4. 2. 7 H3 道路排水設備

対象機器：水中ポンプ 1号機

測定値：電動機電流値

状況：H20年度に計測値が大幅に減少した。

【原因の推定】

図-8に1号機水中ポンプの電流値測定推移を示す。平成15年度に水中ポンプを設置し、平成22年度に更新を実施している。平成20年度の5月年点検において、低い数値が計測された。不具合報告書からシャフト部破断が原因であった。

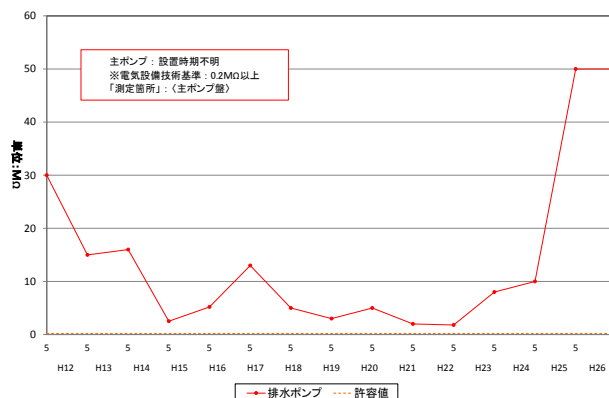


図-6 絶縁抵抗値傾向管理グラフの事例

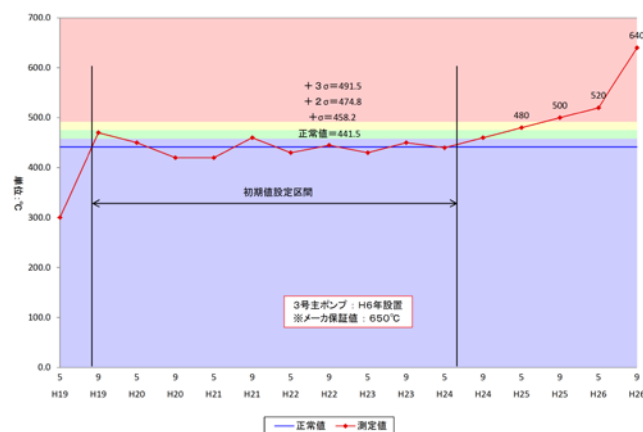


図-7 排気温度（過給機入口）傾向管理グラフの事例

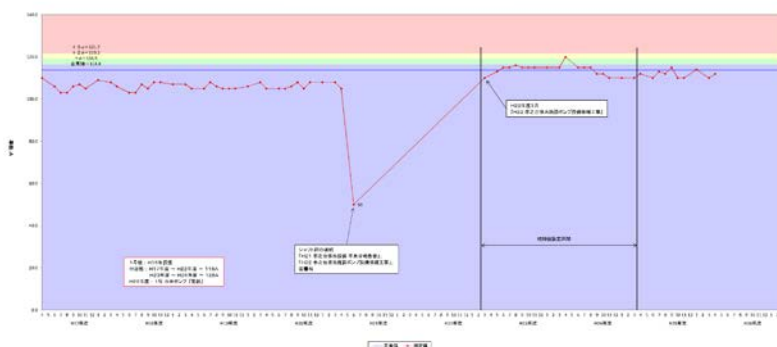


図-8 絶縁抵抗値傾向管理グラフの事例

【対応案】

電流値だけの管理では、前触れもなく数値が急激に変化し傾向管理が難しい場合がある。よって傾向管理においては、現状では標準化されていない振動値など他の計測項目を併せて実施していく必要がある。

4. 3 傾向管理の評価シート(案)作成

対象施設について、「傾向管理の評価シート(案)」を作成した。

4. 3. 1 傾向管理の評価シート(案)作成手順

現状に至る点検データの把握後、健全度の評価を行うための注意値・予防保全値の設定を行い、傾向管理の評価シート(案)としてまとめるという一連の手順を整理した。

4. 3. 2 正常値(初期値)の設定

正常値の設定は、計測データの傾向を確認した上で、正常値区間を設定する。

計測値が初期値から増加後安定するケースでは初期値＝正常値とし、初期値から一定期間徐々に変化した後安定するケースでは安定時の値を正常値とする。

4. 3. 3 傾向管理の評価シート(案)

傾向管理評価シート(案)の例を表-1 に示す。

今回、施設管理事務所などからの要望により改善した項目と理由を次のとおりとする。

- (1) 評価シートでは部品毎に評価方法と評価結果をとりまとめる様式となっているため、施設全体の評価結果を明確に把握できるように一覧表形式の様式を新たに追加した(表-2)。
- (2) 評価シートに施設名欄を設けた。
- (3) 評価方法の初期値設定について、注意値や予防保全値が不適切に大きくなる場合の取り扱いを追記した。
- (4) 健全度の評価は単一指標ではなくその他の評価要素と合わせて行うべきものであり、また一時的な傾向だけでは判断できないことから、1つの管理基準値は目安であることを示した。
- (5) 測定方法の運転条件については、管理運転と定格の排水運転で回転速度などの条件が異なる施設があるため、管理運転における諸条件を記載できるものとした。
- (6) 測定方法の計測時期について、設置時、修繕・更新・分解整備時または年・月点検時の何れかが判るようにした。
- (7) 30分の管理運転で全ての測定が難しい場合、管理運転時間の延長あるいは計測人員増加について検討すべきことを追記した。
- (8) 測定方法の統一化を図り、計測者によるばらつきを排除する必要があることから、当該方法を示す写真を新たに追加した。

本評価シート(案)は、「河川用ポンプ設備状態監視ガイドライン」に反映された¹⁾。

表-1には追記・追加した各項目(2)～(8)を示す。

また、傾向管理グラフの例を図-9に示す。

表-1 TK8 排水機場傾向管理の評価シート(案)の例 (主ポンプ設備吐出しベント 振動値)

施設名：○〇川球水処理場(○号) (2)		傾向管理項目	
機器名	軸動ポンプ	製品名称：吐出弁ポート H(Y)方向	振動
立軸ポンプ		新規掲付時 正常値 = 9.1 μm	健全度レベル：
定義	初期値 (m) 管理基準値 許容値	注意値：2.5m = 22.7 μm 予防保全値：6.3m = 57.2 μm メーカー保証値 = 80 μm または、JIS B 8301-2000付欄書B41	(H26年度)
評価フロー	定期点検 異常発生 注意値超過 計測結果確認 異常発生 急増急減 メーカー詳細確認 報告依頼 異常が 必要 健全状態 安全計画 図表：初期値 (m) 2.5, 注意値 (μm) 22.7, 健全状態 (μm) 9.1, 計測結果 (μm) 2.5, 注意値 (μm) 22.7, 健全状態 (μm) 9.1, 計測結果 (μm) 2.5, 注意値 (μm) 22.7, 健全状態 (μm) 9.1		
評価方法	立軸ポンプの場合の急増急減の許容値は、主ポンプと振動的に分離困難であるため、ポンプの許容値を採用する。 振動の評価法には、大きく分けて絶対判定基準法と相対判定基準法があるが、傾向管理を行う場合は一般に相対判定基準法が用いられる。 1.初期値設定 初期値（正常値）の設定方法は、以下によるものとする。 【設置時または稼働初期段階における計測データがある場合】 設置時または稼働初期段階における計測データの値、または平均値とする。 ただし、計測データが初期段階で一定期間漸減後安定するケースでは、漸減後の安定時の計測データとする。 【設置時または稼働初期段階における計測データが無い場合】 以下の2条件を満たす直近データの平均値とする。 ①計測値に急激な増減が無いこと。 ②点検時の不具合コメントが無いこと。 (3) ※初期値の値が大きく、注意値や予防保全値と不適切に大きくなる場合は、予防保全値を新設時の許容値（JIS B 8301、80 μm）と設定する等、速宜適切に設定する事。 ※初期値の値が大きさい：初期値 × 6.3 > 80 μm ⇒ 【予防保全値80 μm】 今回の初期値設定： 全体的に増減あり。 H24年度 ~ H26年度の値を初期値（正常値）とした。 2.管理基準値設定 注意値は、初期値の2.5倍の値、予防保全値は6.3倍の値とする。 機番が正常であれば測定データは注意値以下に収まる。 ただし、ポンプの振動に関しては、絶対値での許容値が存在する場合は、許容値も合わせて評価しなければならない。 (4) ※管理値は、目安でありこの値を超過したすぐに故障が発生するものではなく、また、この値に到達したとしても故障が発生する場合も想定される。 ・初期値 (m) ・注意値：2.5m (初期値の2.5倍) ・予防保全値：6.3m (初期値の6.3倍)		
現状評価結果	現状維持（変化なし/増減傾向、漸増・漸減） 要対応（急増・急減） 全体的に増減あり。近年の急増なし		
対処方法	計測値の評価は、傾向管理グラフにより確認し、 ①注意値となった場合は、計測頻度を増やす等の対策を取り、簡易診断（異常の有無を判定）する。 ②予防保全値となった場合は、精密診断（異常の原因を究明）し、メーカ詳細確認などを行い、対策を施す。		
測定方法	【計測箇所】 振動測定はボータブル振動計を用い、測定点にはマーキングを付けて測定を行う。測定点の環境及び測定条件は極力、同一条件で測定する。 (5) 【運転条件】 ・主ポンプ回転速度：160min⁻¹ ・主ポンプ吐出弁開度：100% (6) 【計測時期（精度）】 年次検時 【計測タイミング】 運転5分以後以降とする。 【計測時間】 秒砂程度 (7) ※管理運転30分以内での測定が難しい場合、運転時間の追加・計測人数の増加を検討する。 しい信 参考規格名 1.許容値：JIS B 8301-2000付欄書B41 振動基準値 2.管理基準値：ISO 10816-3 (2009) mechanical vibration 3.管理基準値：JIS B 8308 (2009) 機械振動一掃面転部分における機械振動の測定と評価一般的な指針 【計測機器】 ・型式：VM-3304 ・メーカー：IMV ※次のような特色（製造年月による変化） (8) ※主ポンプ1号H(Y)方向 (H26年5月)		

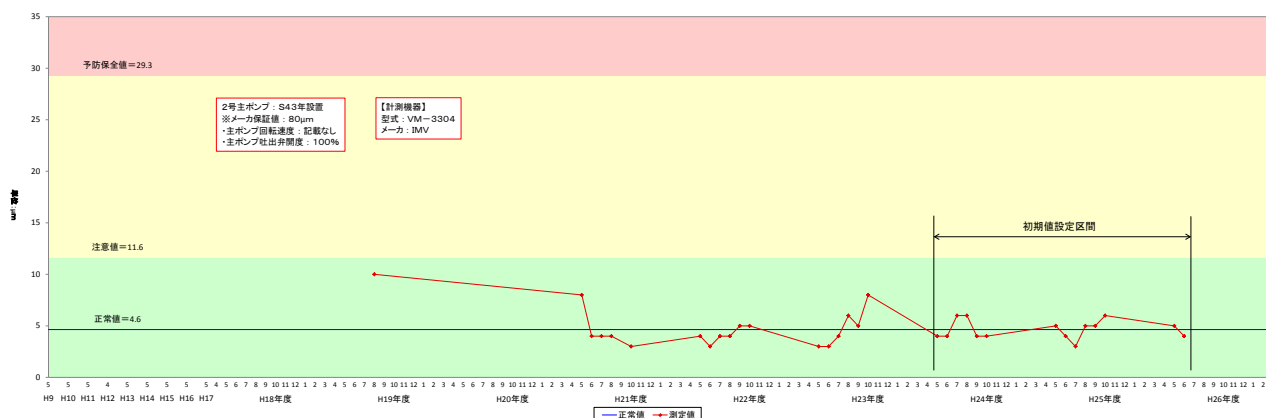


図-9 TK8 排水機場傾向管理グラフの例（主ポンプ設備吐出しベント 振動値）

表-2 TK8 排水機場傾向管理の評価シート(案)の評価結果一覧表の例 (揚排水ポンプ設備)

施設名： ○○排水機場										凡 例 ○：管理基準値超過していないことを示す		
測定箇所		測定項目	測定方法	管理基準値		許容値	現状評価結果	注意値超過	予防保全値超過	許容値超過		
機器名	部品名			注意値	予防保全値							
1号 ポンプ（立軸）	外部軸受	温度	温度計による測定	22.0℃	23.1℃	－	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	－		
	吐出しベント	振動	A(X) 方向	7.3 μm	18.5 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			H(Y) 方向	22.7 μm	57.2 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			V(Z) 方向	15.7 μm	39.6 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
	外部軸受	振動	A(X) 方向	11.8 μm	29.7 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年変化が小さい。	○	○	○		
			H(Y) 方向	19.1 μm	48.2 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし。	○	○	○		
V(Z) 方向			9.3 μm	23.4 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし。	○	○	○			
1号 減速機（水冷）	スラスト軸受	温度	温度計による測定	44.0℃	46.0℃	60℃	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年漸増あり。	○	○	○		
	潤滑油	温度	温度計による測定	35.3℃	37.6℃	60℃	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし。	○	○	○		
	潤滑油	圧力	機付圧力計による測定	0.065MPa 0.054MPa	0.067MPa 0.051MPa	－	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。	○	○	○		
	軸受	振動	A(X) 方向	31.8 μm	80.0 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし。	○	○	○		
			H(Y) 方向	31.8 μm	80.0 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。	○	○	○		
			V(Z) 方向	16.8 μm	42.3 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
1号 ディーゼル機関	排気ガス	温度	機付温度計による測定	539.5℃	558.5℃	650℃以下	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	油 （潤滑油冷却器 入口）	温度	機付温度計による測定	47.0℃	51.7℃	70℃以下	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	油 （潤滑油冷却器 出口）	温度	機付温度計による測定	42.2℃	44.7℃	70℃以下	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	冷却水 （機関 入口）	温度	機付温度計による測定	41.8℃	46.5℃	60℃以下	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	冷却水 （機関 出口）	温度	機付温度計による測定	48.3℃	50.6℃	60℃以下	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	潤滑油	圧力	機付圧力計による測定	0.289MPa 0.268MPa	0.294MPa 0.263MPa	0.24 ～ 0.49MPa	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施。	○	○	○		
	冷却水	圧力	機付圧力計による測定	0.084MPa 0.071MPa	0.087MPa 0.068MPa	0.02 ～ 0.2Mpa	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	1号 ディーゼル機関	始動時間	時間	ストップウォッチによる測定 （機付記録計による測定）	141.3秒	143.6秒	－	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	－	
停止時間		時間	ストップウォッチによる測定 （機付記録計による測定）	159.5秒	160.4秒	－	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	－		
原動機		振動	A(X) 方向	66.1 μm	166.5 μm	300 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
			H(Y) 方向	119.0 μm	300.0 μm	300 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
			V(Z) 方向	65.7 μm	165.6 μm	300 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
2号 ポンプ（立軸）		外部軸受	温度	温度計による測定	23.0℃	24.1℃	－	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	－	
	吐出しベント	振動	A(X) 方向	9.1 μm	23.0 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			H(Y) 方向	14.8 μm	37.4 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			V(Z) 方向	11.6 μm	29.3 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
	外部軸受	振動	A(X) 方向	9.8 μm	24.8 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			H(Y) 方向	11.3 μm	28.4 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			V(Z) 方向	9.3 μm	23.4 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 全体的に増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
	スラスト軸受	温度	温度計による測定	38.8℃	40.9℃	60℃	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
	潤滑油	温度	温度計による測定	38.7℃	42.8℃	60℃	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
潤滑油	圧力	機付圧力計による測定	0.056MPa 0.045MPa	0.059MPa 0.043MPa	－	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし	○	○	－			
2号 ディーゼル機関	軸受	振動	A(X) 方向	31.8 μm	80.0 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			H(Y) 方向	31.8 μm	80.0 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
			V(Z) 方向	31.8 μm	80.0 μm	80 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし	○	○	○		
	排気ガス	温度	機付温度計による測定	540.6℃	564.2℃	650℃以下	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	油 （潤滑油冷却器 入口）	温度	機付温度計による測定	46.4℃	50.0℃	70℃以下	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	油 （潤滑油冷却器 出口）	温度	機付温度計による測定	43.0℃	45.6℃	70℃以下	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
2号 ディーゼル機関	冷却水 （機関 入口）	温度	機付温度計による測定	37.8℃	40.4℃	60℃以下	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	冷却水 （機関 出口）	温度	機付温度計による測定	0.293MPa 0.265MPa	0.30MPa(258)	60℃以下	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	潤滑油	圧力	機付圧力計による測定	0.293MPa 0.265MPa	0.30MPa(258)	0.24 ～ 0.49MPa	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施。	○	○	○		
	冷却水	圧力	機付圧力計による測定	0.076MPa 0.063MPa	0.08MPa(260)	0.02 ～ 0.2MPa	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
	始動時間	時間	ストップウォッチによる測定 （機付記録計による測定）	140.1秒	143.1秒	－	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	－		
	停止時間	時間	ストップウォッチによる測定 （機付記録計による測定）	163.0秒	166.3秒	－	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	－		
	原動機	振動	A(X) 方向	69.3 μm	174.6 μm	300 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
			H(Y) 方向	119.0 μm	300.0 μm	300 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		
			V(Z) 方向	40.7 μm	102.6 μm	300 μm	現状維持（増減繰反）。 増減あり。近年の急増なし。H23年度、分解整備実施	○	○	○		

4. 4 新しい状態監視保全技術の現場への適用方法の検討（潤滑油分析）

4. 4. 1 排水機場原動機の潤滑油分析結果

施設管理事務所から収集した各排水機場ポンプ設備主原動機及び自家発電機用原動機（内燃機関）の平成 26 年度潤滑油分析報告書を、潤滑油分析を開始した平成 22 年度から 25 年度までと同様の様式に整え、施設管理事務所別に整理した。

また、摩耗粒子濃度及び異常摩耗粒子指数、元素量、オイル性状について、最新の平成 26 年度データを取り込んだ経年変化グラフを作成した。

作成例として、図-10 から図-13 に TJ4 排水機場の 2 号主原動機の経年変化グラフを示す。平成 25 年度にオイル交換をしており、それ以降のデータ傾向に変化傾向が認められる。

原動機形式により採油方法の統一化を図った上で、基本的な潤滑油分析結果の活用方法としては、オイル性状に合わせた更油時期評価及びエンジン劣化指標の設定などが考えられるので、今年度の解析結果を重視して今後も解析・評価していく。

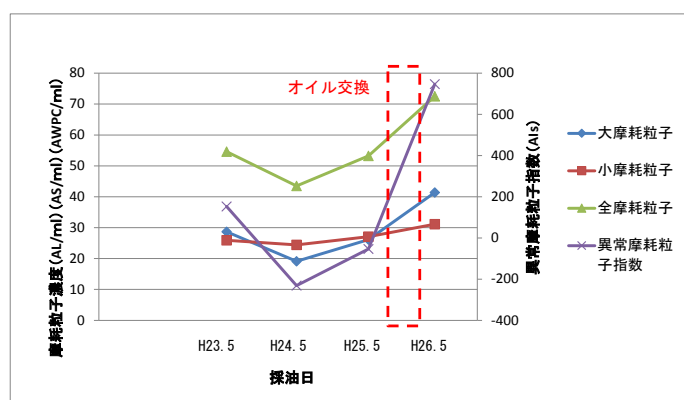


図-10 摩耗粒子の経年変化の事例

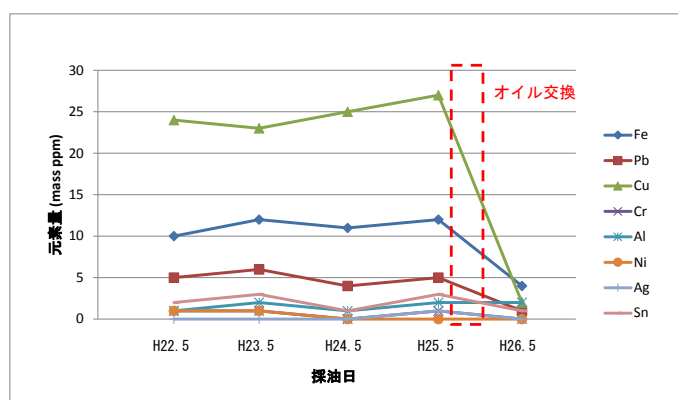


図-11 主な元素量の経年変化の事例

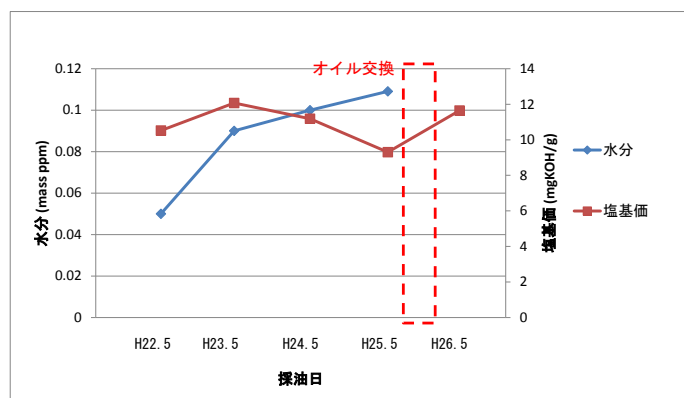


図-12 水分及び塩基価の経年変化の事例

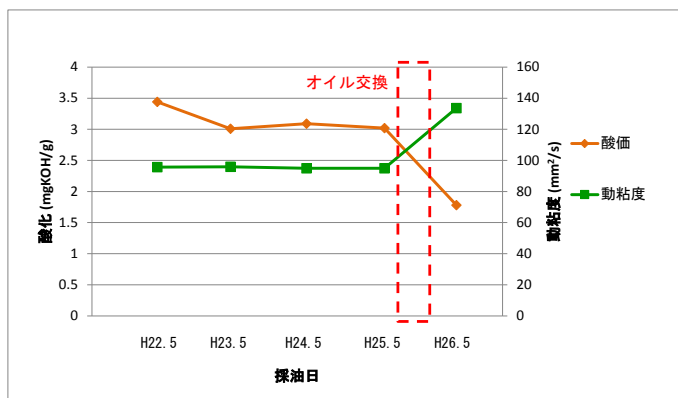


図-13 酸価及び動粘度の経年変化の事例

4. 4. 2 排水機場原動機の潤滑油分析結果に基づく修繕・更新前後の経年変化調査

排水機場の原動機潤滑油のフェログラフィデータを用いて、摩耗粒子濃度と経過年数の関係を、SOAP 法については元素量と経過年数との関係について整理した。

フェログラフィ試験では、定量フェログラフィによる全摩耗粒子濃度（WPC）と分析フェログラフィによる摩耗粒子の状態から診断が行われている。図-14 に TJ5 排水機場 1 号自家発電機用原動機の摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数を示すが、比較的単調な増加傾向を示していることが分かった。図-15 は K5 排水機場 1 号主原動機の SOAP 試験の結果であるが、排水機場主原動機の Cu 及び Fe の

数値が経年による増加を示している。特に Cu においては変化が顕著であることから、これらの元素を含有するメタルなどの内部部品の摩耗が懸念される事例であり、今後他の元素についても突然の増加に注意し傾向観察することとしたい。

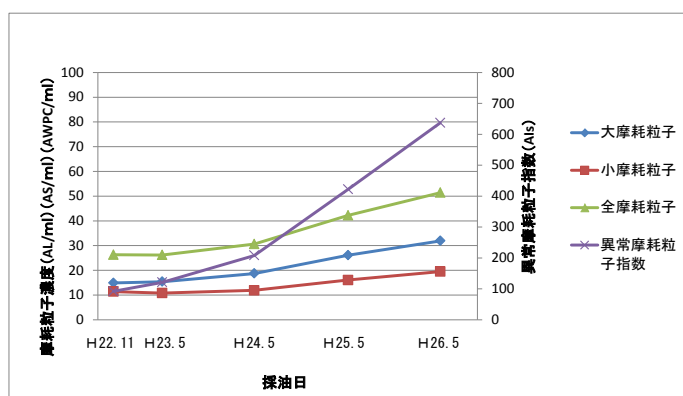


図-14 経過年数と摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数の関係

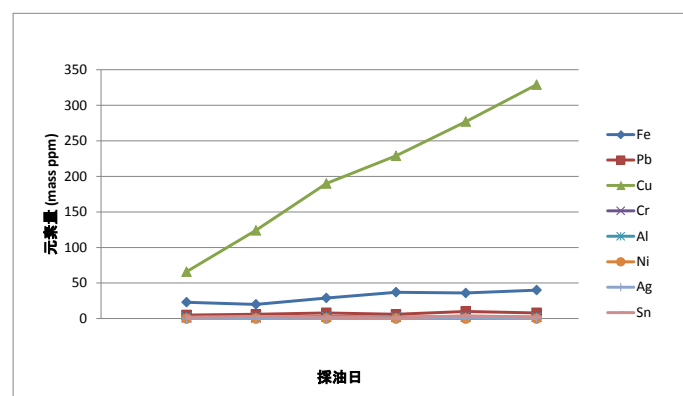


図-15 経過年数と試験元素量の関係

平成 26 年度にデータを取り込んだ最新の経年変化グラフを利用し、ここ数年で実施された施設の修繕・更新前後で、摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数及び元素量に変化があるかを検証した。すべての施設に当てはまるものではないが、ある傾向が見られた。

次に施設および修繕・更新別の傾向を示す。

(1) 主原動機の更新

主原動機更新を契機とした解析例として、図-16 に TJ5 排水機場 5 号機、図-17 に同 3 号機における摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数の経年変化グラフを示す。

また、各々の元素量の経年変化グラフを図-18、図-19 に示す。

いずれの経年変化グラフから見て取れるように、更新を境に摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数及び元素量の数値が減少している。

一般的に新品の内燃機関に見られる初期摩耗粉あるいは元素に起因するものと考えられる。今後の経過観察にて短期に粒子濃度の増加が見られる場合は、原動機保護を図るため更油の検討を提案していく。

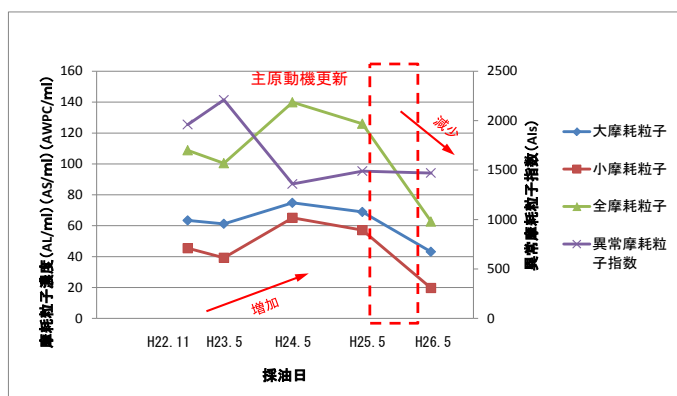


図-16 経過年数と摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数の関係

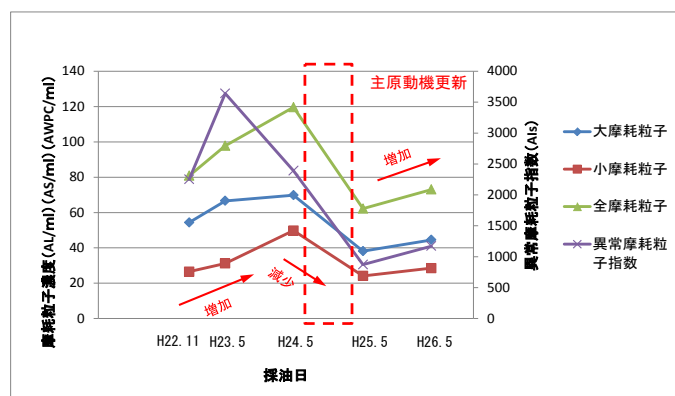


図-17 経過年数と摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数の関係

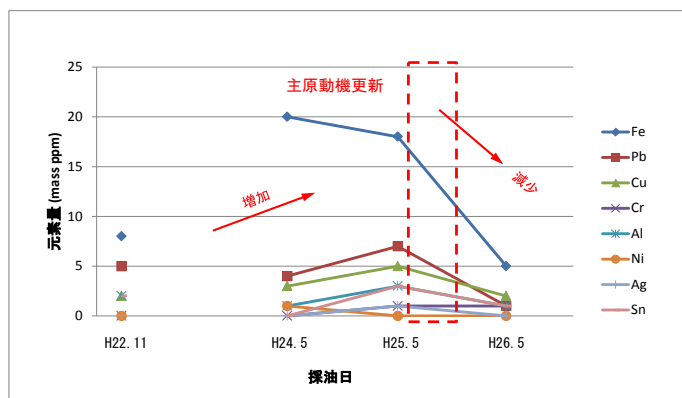


図-18 経過年数と試験元素量の関係

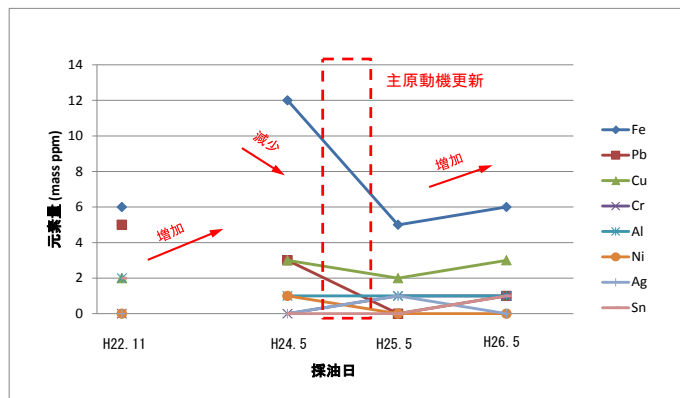


図-19 経過年数と試験元素量の関係

(2) 主原動機の分解整備

主原動機分解整備を契機とした解析例として、図-20 に AJ5 排水機場 3 号機、図-21 に AJ5 排水機場 2 号機の摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数の経年変化グラフを示す。

また、各々の元素量の経年変化グラフを図-22、図-23 に示す。

いずれの経年変化グラフから見て取れるように、分解整備を境に摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数及び元素量の数値が減少している。

減少傾向が継続するという事は、分解整備に伴い摩耗粒子や元素の溶出が減少し、なおかつ濾過器の効果が現れていると考えられる。このような特徴を把握していくことで、更油サイクルの適正化、濾過器の効果などについて検証できることから、今後も解析を継続する。

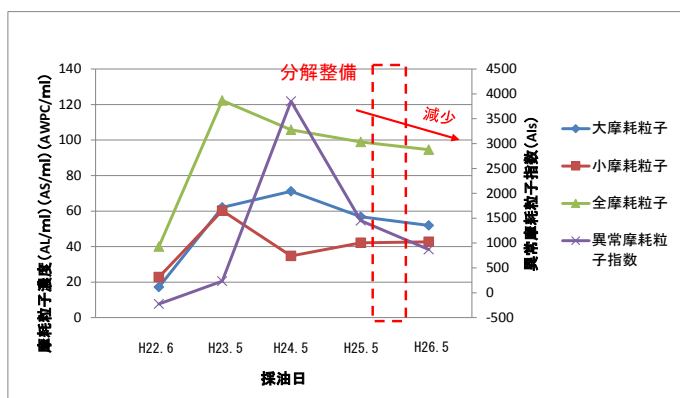


図-20 経過年数と磨耗粒子濃度・異常磨耗粒子指数の関係

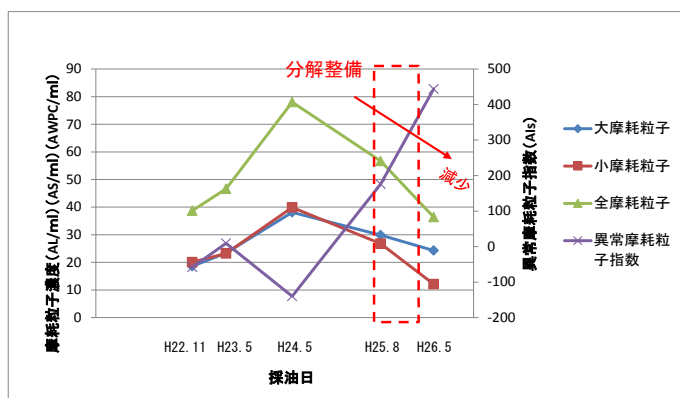


図-21 経過年数と磨耗粒子濃度・異常磨耗粒子指数の関係

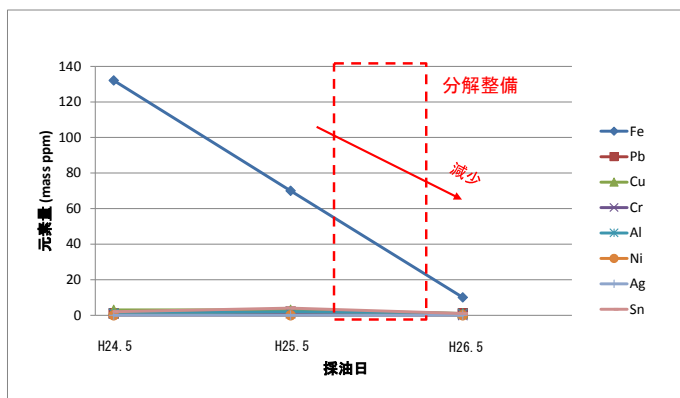


図-22 経過年数と試験元素量の関係

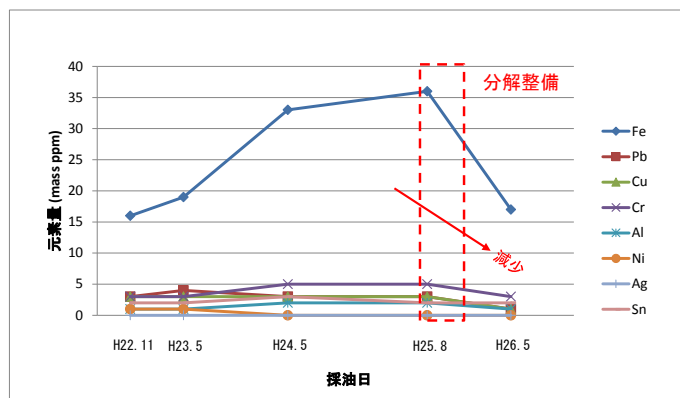


図-23 経過年数と試験元素量の関係

(3) 自家発電機用原動機の分解整備

自家発電機用原動機分解整備を契機とした解析例として図-24 に AK4 排水機場 1 号自家発電機用原動機、図-25 に W2 排水機場 1 号自家発電機用原動機の摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数の経年変化グラフを示す。

また、各々の元素量の経年変化グラフを図-26、図-27 に示す。

前項の主原動機の事例と同じように、分解整備を境に摩耗粒子濃度・異常摩耗粒子指数及び元素量の数値が減少している。このような分解整備後の粒子濃度や元素濃度の変化パターンを標準的なものとして考え、今後の他設備解析の参考指標としていく。

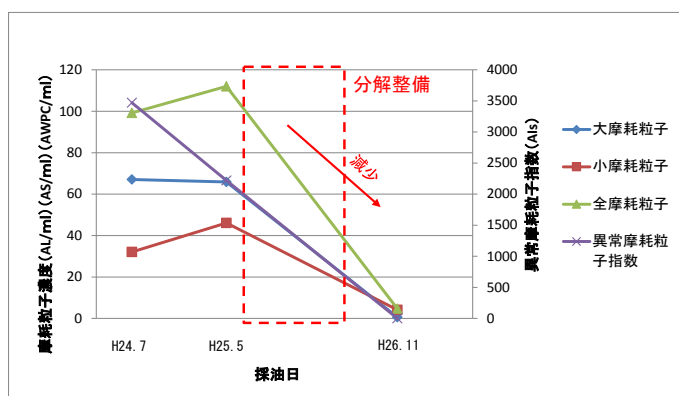


図-24 経過年数と摩耗粒子濃度・異常粒子指数の関係

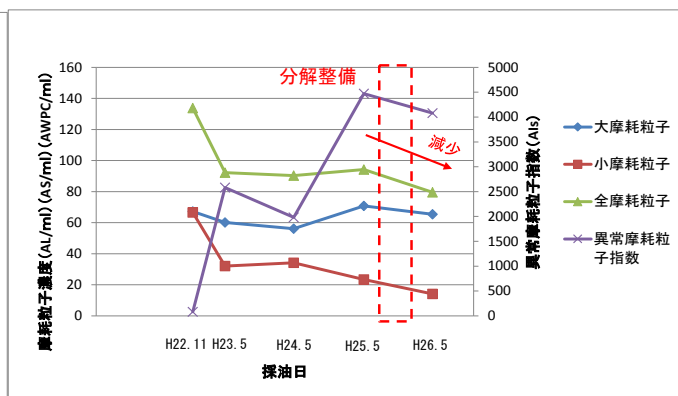


図-25 経過年数と摩耗粒子濃度・異常粒子指数の関係

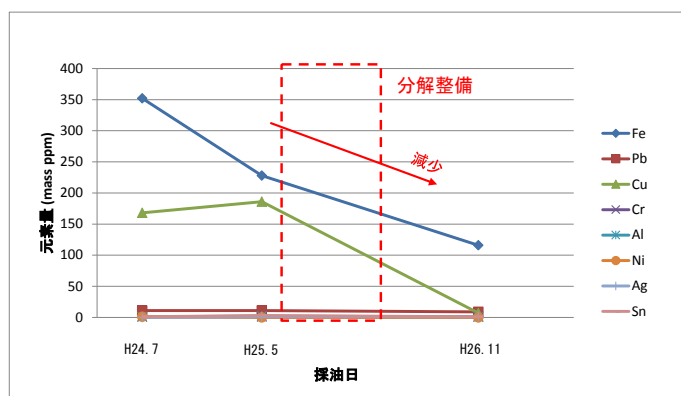


図-26 経過年数と試験元素量の関係

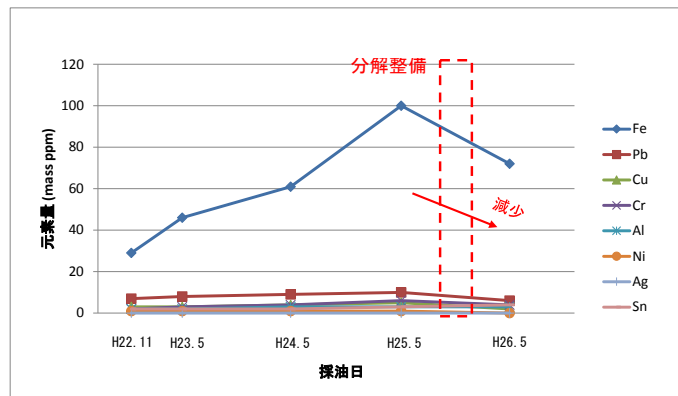


図-27 経過年数と試験元素量の関係

4. 4. 3 排水機場原動機の潤滑油分析結果に基づく動粘度分析

潤滑油更油時期の目安の検討として、各機場の更油実績を調査し潤滑油使用期間を求めて、これと潤滑油性状分析結果との相関について解析を行った。標準的な更油時期の設定を念頭においた複数機場による動粘度の解析では、データのばらつきが多く有意な解析値を得ることは困難であった（図-28）。ただし、単一機場による動粘度の解析からは、傾向のばらつきはあるものの、経年的に動粘度が低下する様子が読み取れるため（図-29）、今後データを増やして調査を行うことが有効と考えられる。

動粘度は潤滑性能を左右する重要な指標であることから、オイルメカ管理基準値との比較、他の性状分析値との比較などと併せて確認していくことが今後の課題である。

なお、データのばらつきは潤滑油交換記録を保存するルールが整理されていないことによる、使用期間の不確かさが原因のひとつと考えられるため、より正確なデータを集め精度の高い解析を行

うためには、今後は機械設備維持管理データベースの整備記録に必要な情報を記録するよう周知・浸透させることが重要であると考えられる。

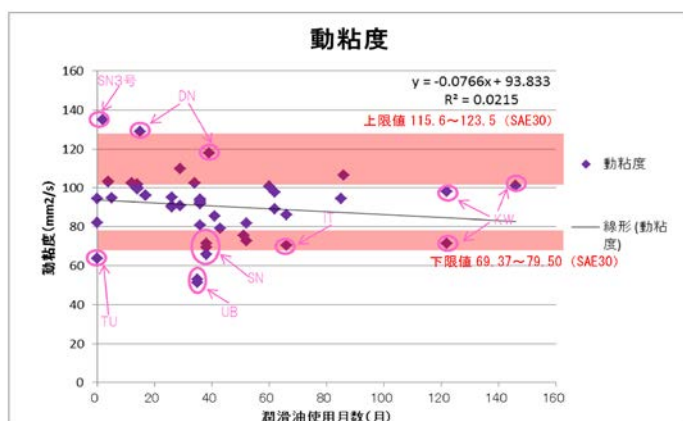


図-28 動粘度の複数機場による解析

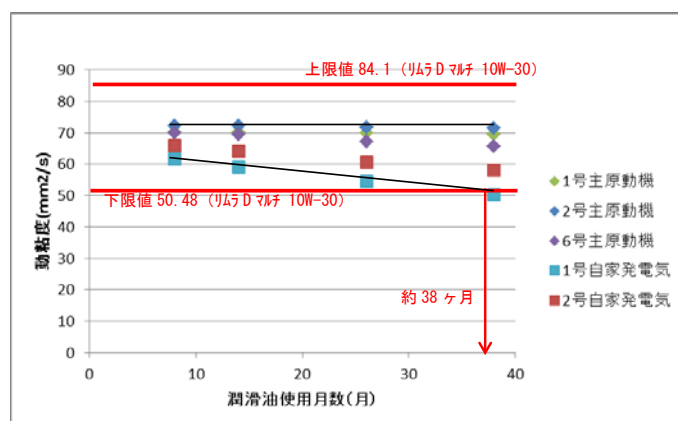


図-29 動粘度の単一機場による解析 (TJ5 排水機場)

4. 5 維持修理費推移の解析

建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編²⁾によると、治水事業の経済効果を把握するために計算する年便益本において、年維持管理費は事業費の0.5%という指標が掲載されている³⁾。

機械設備単独ではこのような指標がないことから、現状の維持管理レベルを確保するために要する費用を把握していく必要があり、その傾向から老朽化施設の増大に対応する新たな維持管理手法の検討材料を得ることができる。

今回、算出した水門設備4施設、揚排水ポンプ設備7施設、道路排水設備3施設について、設備毎に傾向をまとめると次のとおりである。なお、機械設備の維持管理費用として集計したものは、点検費・更新費・修繕費であり、水道光熱費・燃料費、用地費、点検業務に含まれない運転費は集計対象外とした。本報告では建設費に対する当該年間費用の割合を、「年間維持修理費率」という。

(1) 水門設備 0.5～0.6%

堰以外の水門設備の年間維持修理費率は0.5%程度である。

(2) 水門設備（堰）6.3%

建設費に対する維持修理費の割合が一般的な指標である0.5%より高い理由として以下の可能性が考えられる。

- ・ 常用設備であるため、月点検回数が多い。
- ・ 常用系設備であるため、点検業務内で整備を行っている項目が待機系設備に比べ多いことが想定される（給油作業、油圧ユニットの整備・調整等）。ただし、1事例であるので今後も堰のゲート設備における維持修理費傾向を把握する必要がある。

(3) 揚排水ポンプ設備 0.3～3.5%

揚排水ポンプ設備の年間維持修理費率は、ポンプ設備の規模に反比例する傾向が認められた。

(4) 道路排水設備 12.9～62.6%

建設費に対して維持管理費の割合が高い理由として以下の可能性が考えられる。

- ・ 道路排水設備は、比較的小規模な水中ポンプを主たる機器とする設備であり、建設費は低い反面、機器の老朽化に対して「修繕」より「取替」を行うことが多く、建設費に対する維持修理費の割合が上がりやすい。
- ・ 発電設備や操作制御設備など設備構成は比較的多く、維持管理に伴う手間（＝維持修理

費)がある程度必要であり、河川系のポンプ設備と相対的に比較すると、建設費が安価な分だけ年間維持修理費率が高くなると推定される。

5. 考察

5. 1 重要な傾向管理項目の確立

これまで実施してきた解析対象の揚排水ポンプ設備においては、振動や圧力等の計測値に変化が認められた事例があり、その後発生した故障・不具合との因果関係が明らかになったものがある。

平成 20 年度以降の解析⁴⁾において、以下の事例が確認されている。今後も、このような事例を蓄積し、予防法全と故障発生時の早期発見に資するため、より多く重要な傾向管理項目の確立を目指すことが重要である。解析事例を表-4 に示す。

表-4-1 解析事例

解析年度	施設区分	不具合内容	パラメータ	傾向管理グラフ
21	AK1 浄化導水 機場 2 号水中ポン プ	ポンプ軸受損傷	振動値	傾向管理グラフ: 振動値 (mm/s) の推移。2007年度4月から10月までのデータ。正常値 0.4mm/s, 危険値 2.3mm/s, 注意値 0.9mm/s。10月時点にて振動値が危険値を超え、大に付き運転停止。
21	TK11 機場ポン プ設備 5 号主原動機	エンジンクランク 軸微小変形	デフレクション	傾向管理グラフ: デフレクション (mm) の推移。2005年度から2009年度までのデータ。正常値 0.5mm, 危険値 1.5mm, 注意値 0.8mm。2008年度に危険値を超え、2009年度に注意値を超え。
21	C3 道路排水設 備 3 号水中ポン プ	インペラの腐食	電動機電流値	傾向管理グラフ: 電動機電流値 (A) の推移。2007年度から2009年度までのデータ。正常値 150A, 危険値 160A, 注意値 155A。2008年度に危険値を超え、2009年度に注意値を超え。

表-4-2 解析事例

解析年度	施設区分	不具合内容	パラメータ	傾向管理グラフ
23	E21 排水機場 ポンプ設備 1号減速機	減速機軸受損傷	潤滑油冷却器出口温度	
26	TK7 排水機場 ポンプ設備 3号主原動機	過給機の破損	過給機入口温度	
26	H3 道路排水設備 1号水中ポンプ	シャフト部の破断	電動機電流値	

5. 2 「潤滑油分析」の実施

潤滑油分析については、フェログラフィ試験及び SOAP 試験ともに、傾向管理の指標になり得ると考える。しかし、各々単独の解析結果で評価を行うことは難しい。

近年の複数の原動機、減速機を対象とした解析結果から、傾向管理に活用できる有効な指標となりうる事例を把握できている反面、データを組み合わせた評価手法の確立にはデータの蓄積が重要であり、今後も定期的に分析を実施することが必要である。

これまでに得られた知見及び考察を以下にまとめる。

- (1) 潤滑油分析による原動機や減速機の状態監視を実施するためには、潤滑油の性状（水分・酸価・アルカリ価・粘度・汚染度）を管理し、潤滑油自体が使用に耐える状態であることを確認する。特に、排水ポンプ設備に使用されている潤滑油では、短期間で水分が高くなりやすい傾向がある。
- (2) 定量フェログラフィ、分析フェログラフィ、SOAP 法は、測定会社や測定方法（使用する機械の種類・希釈率等の選定）が複数存在し、同じサンプルであってもそれらの数値が一致する保証はなく、相互のキャリブレーション手法も確立していない。よって、定量フェログラフィ及び SOAP 法は横断的な統計によるしきい値の設定を目指すより、1つの機器に関する時系列変化に着目す

べきである。

- (3) サンプル量が使用している潤滑油量に対して非常に少ないため、同一会社、同一方法によっても採油方法(場所)を変更するあるいは誤ると評価に大きな影響を及ぼす。
- (4) SOAP 法においては、軸受や回転軸の素材である鉄、銅、すず、鉛、アルミニウム等の濃度に注意を要する。また、長期間更油していない油では鉄分が高くなる傾向がある。
- (5) 分析フェログラフィでは分析会社によってサンプル油の希釈方法に差異がある。管理者としては、分析フェログラフィによって粒子の形状を見極めたいため、特異な粒子を判別できるまで希釈したいが、逆に希釈率を上げることによって、サンプルのさらに限定された部分を評価することになる。よって、希釈率及び粒子の判定については、分析会社や研究機関との連携とデータの蓄積が必要である。
- (6) 今回の検証では、施設の修繕・更新の前後で想定した傾向がはっきりと分かるものもあったが、データにバラつきがあり現時点で傾向が見られないものもあった。

更新した原動機において、2年目から Fe や Cu が増加している事例は、初期摩耗粉が検出されている可能性がある。今後の評価に対する留意点として、分析フェログラフィにおける粒子形状のチェック重視などが考えられる。大きな異常摩耗粒子が多く目視確認できる場合、機関保護の観点から更油を検討すべきである。

5. 3 新しい状態監視保全技術の現場への適用方法の検討（潤滑油分析）

5. 2 (1) 項において、潤滑油交換の重要性を示した。潤滑油交換時期の目安を定めるためには、個々の機器の潤滑油性状の時系列変化から求めることが有効であると考えられるが、同じような使用条件でも時系列的に一樣に劣化しない例もあり、今後さらにデータを集めて検討する必要があると考えられる。なお、水分が短期間に増加してもアルカリ価や粘度に問題がない場合、水分だけ除去する民間技術もあるため、更油と併せて総合的な検討も必要である。

潤滑油分析は、点検業者（分析会社）への委託作業となるため、管理者としては個々の設備毎に採油場所、手法を徹底する必要がある。また、一般的に分析会社は数値や写真とともに評価結果を付記するのが通例であり、各数値と評価結果の因果について不明疑義が生じた場合は見解を明確に聴取しておく必要がある。

5. 4 維持修理費推移の解析

水門設備及び揚排水ポンプ設備は、高価な機器を装備した非常用設備であるが、各水門及び各機場とも排水時の機能低下を引き起こした実績が少ないことから求められる一定の信頼性は確保されていると考えることができる。

一方で、設備の建設費に対して、建設以来の累積の維持修理費がどの程度要してきたかということについては、現段階において整理されていない例が多く、今後の設備老朽化を勘案すると、この累計年間維持修理費率（建設費に対する年間の維持修理費の割合）を明確にしていくこと、及び経年による増加傾向の把握が当面の目標となる。

また、累積の維持修理費率の内訳として、通常の保全に要した費用と、定期整備に要した費用の比率を整理することで、今後の維持管理のあり方を検討する上で有効な視点となる可能性がある。

6. 今後の計画

6. 1 実際のデータに基づく解析

6. 1. 1 健全度の評価

各施設の維持管理情報に基づく傾向管理を実現するため、過去の計測データの統計的処理あるいはISO規格の状態監視指標を参考として、施設の号機単位で管理値を設定する方法を今回作成の「傾向管理の評価シート(案)作成手順」及び「傾向管理基準値の設定及び評価方法」に反映させた。今後現場で試行しながら改良していく。

本評価シートは、点検結果の判定に基づき実施する「健全度の評価」において活用できるものである。点検データに変曲点があったときの原因が、異常傾向を示す変化か、あるいは計測方法による測定誤差か慎重にその過程を見極めなければならないが、計測時の運転条件による影響も考慮する必要がある。したがって、現行の傾向管理項目に追加して、水位や主原動機の発停回数等も取り入れた傾向管理を実施することを新たな取り組みとして実践する予定である。

この傾向管理で劣化兆候を捉えた場合には、精密診断（主に振動解析）による設備の劣化の状況及び原因等の特定を試み、傾向管理の結果の検証を行うことによって今後の運用に関する適用性を評価していく。

6. 1. 2 適正な傾向管理手法の普及

設備の劣化評価に、点検で得られる計測データを活用していくには、毎回同じ方法で実施し、方法や計測者によるばらつきを排除する必要がある。よって、現状の測定点・測定方法の実態を把握するとともに設備毎に時系列での解析に最も有効な方法を提案し、「傾向管理の評価シート(案)」へ当該方法を示す写真を貼り付け、図面を添付するなど継続的に運用できるよう配慮した。

今回は、排水機場の主原動機過給機故障事例から排気温度（過給機入口温度）と相関を捉えたことから傾向管理項目として追加している。この項目は平成27年度より運用予定の「河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル(案)⁵⁾」に反映されたが、今後も主要施設の維持管理データによる傾向管理を実施し、適正な傾向管理手法の普及に努めていく。また、故障・トラブル発生時にどのような計測事項によって状況・原因を把握してきたか事例を調査し評価に活用していく。

6. 2 新しい状態監視保全技術の現場への適用方法の検討（潤滑油分析）

排水機場原動機の潤滑油分析結果に基づく経年変化調査では、さらにデータを蓄積することにより、どのような変化や分析値の相関があるかを確認していくこととする。

また、同修繕・更新前後の経年変化調査では、傾向がはっきりと現れなかった施設もあったため、引き続き整備後の計測値（各部の摩耗量など）と数値変化や相関関係について調査していく。

6. 3 維持修理費推移の解析

今回の累計年間維持修理費率の算出においては、一部に費用実績が直ちには判明しない項目があった。特にイニシャルコストは、施設の維持修理費率の評価に永続的に影響を与える数値であるため、設備老朽化がもたらす経済的な影響の程度を評価するためには、可能な限り正確な費用を用いて維持修理費率の傾向を確認することが望ましい。今後も主要施設の建設費を的確に調査し、維持管理情報データベース（機械設備維持システム）の設備台帳に確実に入力していく。

また、解析においては、定常的に必要となる維持修理費と定期整備など長いサイクルで比較的大きな予算を必要とする維持修理費との比率を明確にしていくとともに、先に述べたとおり老朽化に伴う増加傾向も把握していく。

施設技術課

参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局公共事業企画調整課:河川用ポンプ設備状態監視ガイドライン(案), pp.22-34, 2015.1
- 2) 建設省河川局:改訂新版 建設省河川砂防技術基準(案)同解説調査編, pp.546-547, 社団法人日本河川協会, 1997.10
- 3) 田中義光:河川ポンプ設備の信頼性と経済性を考慮したマネジメント手法, H21 年度国土技術研究会報文, p.4, 2009.10
- 4) 武田直人:機械設備の効率的な維持管理手法～H21 年度の解析事例～, H22 年度国土技術研究会報文, pp.3-6, 2010.10
- 5) 国土交通省総合政策局公共事業企画調整課:河川ポンプ設備点検・整備・更新マニュアル(案), p.3-15, 2015.3