

農業水利施設の機能保全の手引き

「ポンプ場（ポンプ設備）」

令和8年4月

農林水産省農村振興局整備部設計課

目 次

第1章	ポンプ設備の基本事項	1
1.1	ポンプ設備の特性を踏まえた取組	1
1.1.1	ポンプ場の構成要素	2
1.1.2	ポンプ設備の構成要素	6
1.1.3	ポンプ設備の特徴	9
1.2	ポンプ設備の性能管理	18
1.2.1	ポンプ設備の機能と性能	18
1.2.2	ポンプ設備の性能管理	21
1.3	保全方式の適用	26
1.4	ポンプの性能低下	33
1.5	ポンプ設備の機能保全の流れ	41
第2章	日常管理	42
第3章	機能診断調査	47
3.1	基本的事項	47
3.2	事前調査	49
3.3	現地踏査（巡回目視）	59
3.4	現地調査	61
第4章	機能診断評価	67
4.1	機能診断評価の視点	67
4.2	設備・装置・部位の健全度評価	69
第5章	機能保全計画	72
5.1	機能保全計画の策定プロセス	72
5.2	リスク管理	74
5.3	性能低下予測	76
5.4	機能保全計画の策定	81
5.4.1	機能保全対策の検討に当たっての留意事項	82
5.4.2	点検・整備計画	88
5.4.3	関係機関との合意形成	93

用語集

引用文献・参考文献

第1章 ポンプ設備の基本事項

1. 1 ポンプ設備の特性を踏まえた取組

ポンプ設備の効率的な機能保全のために、機能保全の各プロセスにおいて、ポンプ設備特有の性質を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

【解説】

ポンプ場に設置される用水ポンプ設備は、揚水等の必要な場所において水需要に応じた用水量を受益地等の目的地まで効率的に送配水するために設置され、送配水及び用水量調節などの機能を担っている。また、排水ポンプ設備は、洪水時に備え安全に排水を行うため、あるいは常時排水が必要な地区において、内水位を低下させることにより、農地等を災害や湛水被害から守るために設置され、排水及び排水量調節などの機能を担っている。

このため、ポンプ設備の機能保全の実施に当たっては、これらの機能が十分に発揮されるよう取り組む必要がある。

ポンプ場は、吸込水槽、吐出し水槽、沈砂池等の「コンクリート施設」とポンプ室、操作室、電気室等の「建築施設（建屋）」及びポンプ設備、電気設備、水管理制御設備等の「施設機械設備等」など、異なる機能を分担する施設・設備から構成される複合施設であり、これらの構成要素が有機的に結合して施設全体の機能を発揮している。また、ポンプ場を構成するポンプ設備も主ポンプ・主原動機・動力伝達装置・補機設備などの機器類や部品の集合体であり、これらが各々の役割を果たすことにより機能を発揮している。

このため、ポンプ設備の性能管理や機能診断評価に当たっては、ポンプ設備を構成する装置や機器・部材、部品などの部位を個別に評価するとともに、これらの部位がポンプ設備全体に与える影響を考慮する必要がある。

ポンプ設備の効率的な機能保全のためには、これらの特性を十分に踏まえた検討を行うことが重要である。

1. 1. 1 ポンプ場の構成要素

ポンプ場は、農地の用水改良又は排水改良の目的で設置するポンプ施設の総称で、異なる機能を有する施設・設備から構成される。これらの構成要素が所定の性能を発揮することによって施設の機能が確保されることから、ポンプ場の性能管理に当たっては、個々の施設の特徴や影響度、許容しうるリスク等の水準を考慮した上で、施設・設備に応じた適切な性能管理を行うこととする。

【解説】

ポンプ場は、ポンプ設備などの「施設機械設備」を中心に、「コンクリート施設」や「建屋」などの異なる機能を有する複数の施設・設備から構成される。これらポンプ場の構成は、**図1-1**に示すように階層的なシステムのなかで有機的に結合してポンプ場の施設全体としての機能を発揮している。本手引きは「ポンプ設備」を対象とし、それ以外の施設・設備については、関連する工種の機能保全の手引き等を参照して的確な性能管理を行う。

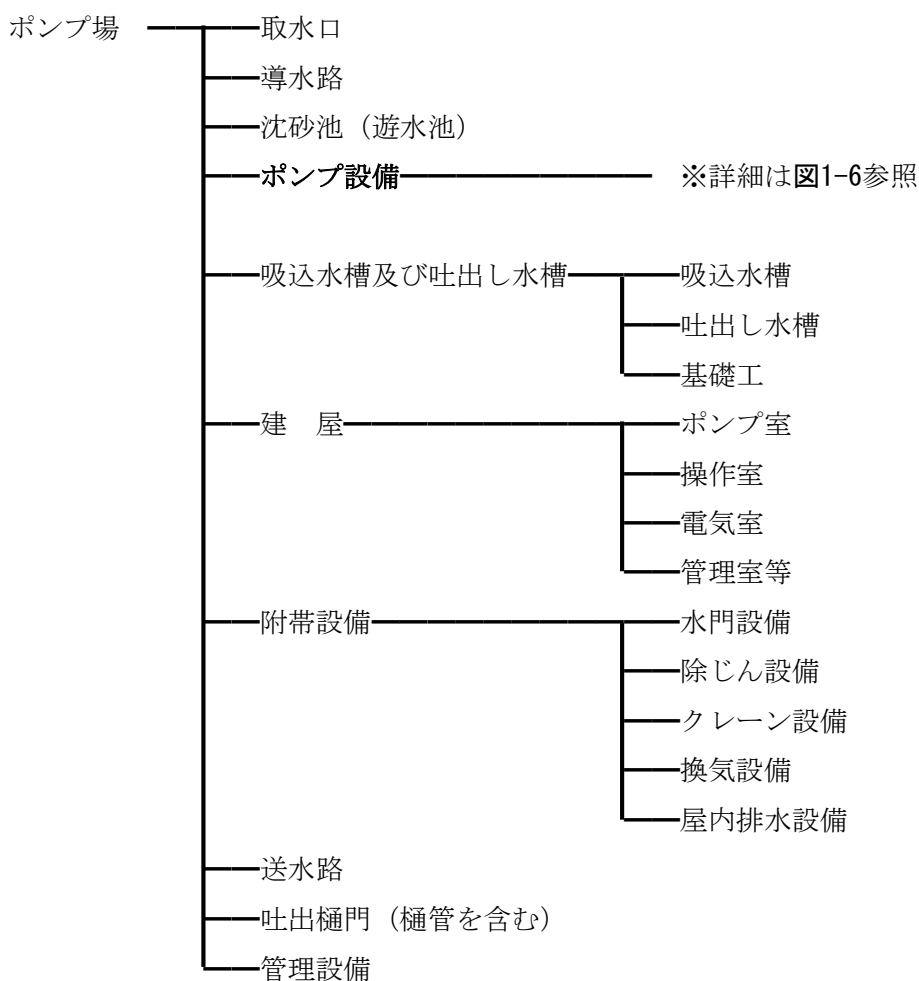


図1-1 ポンプ場の構成

参考として、ポンプ場の機能を維持するために、ポンプ設備を除く主要な施設の性能確認項目と準用すべき図書を表1-1に、ポンプ場の性能低下のメカニズムを図1-2に示す。

表1-1 主要な施設・設備の性能確認項目及び準用図書

施設・設備名	性能確認項目	準用図書	備考
導水路	<ul style="list-style-type: none"> 堆砂 漏水、ひび割れ 不同沈下 	農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」又は「パイプライン」	
吸込水槽 吐出し水槽	<ul style="list-style-type: none"> 地盤の沈下 堆砂、水位^{※1} 漏水、ひび割れ 	農業水利施設の機能保全の手引き「開水路」	
建屋	<ul style="list-style-type: none"> 床面の沈下、傾斜 壁面のひび割れ 柱、梁、筋交いの亀裂、変形、損傷、腐食 屋根のひび割れ、反り 	農業水利施設の機能保全の手引き及び国家機関の建築物等の保全に関する基準の実施に係る要領 ^{※2}	
附帯設備 (水門設備、除じん設備)	<ul style="list-style-type: none"> 変形、摩耗、腐食 振動、異音 堆砂 	農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工(ゲート設備)」	
取水口 沈砂池 吐出し樋門	<ul style="list-style-type: none"> 欠損、ひび割れ 堆砂 	農業水利施設の機能保全の手引き「頭首工」	
送水路	<ul style="list-style-type: none"> 振動、異音 亀裂、破損 不同沈下 	農業水利施設の機能保全の手引き「パイプライン」	
ポンプ設備のうち 監視設備、電気設備	<ul style="list-style-type: none"> 計器表示、作動状況 振動、異音 絶縁状態 予備品保有状況 	農業水利施設の機能保全の手引き「電気設備」、農業水利施設の機能保全の手引き「水管理設備」	

※1：吸込水槽及び吐出し水槽の水位

※2：建築構造別の確認部位、判断基準を規定（国土交通省大臣官房官庁営繕部長「国家機関の建築物等の保全に関する基準の実施に係る要領」 最終改正 平成22年3月31日 国営管第482号 国営保第30号）

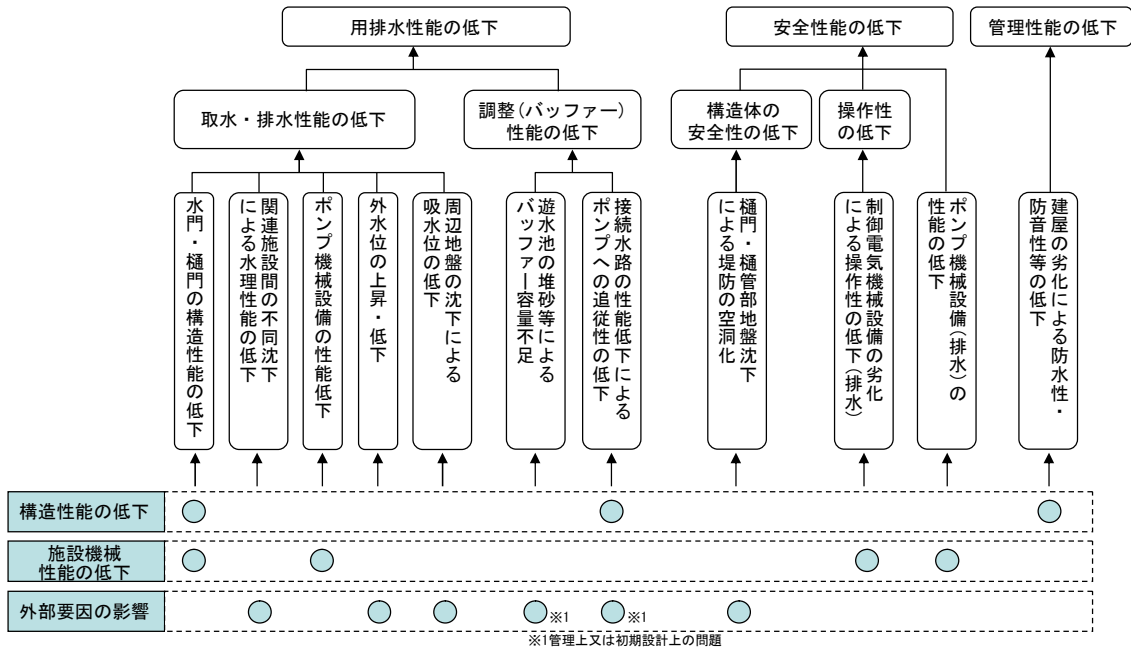


図1-2 ポンプ場の性能低下のメカニズム (模式図)

一般的なポンプ場（用水及び排水）の構成例を図1-3及び図1-4に示す。

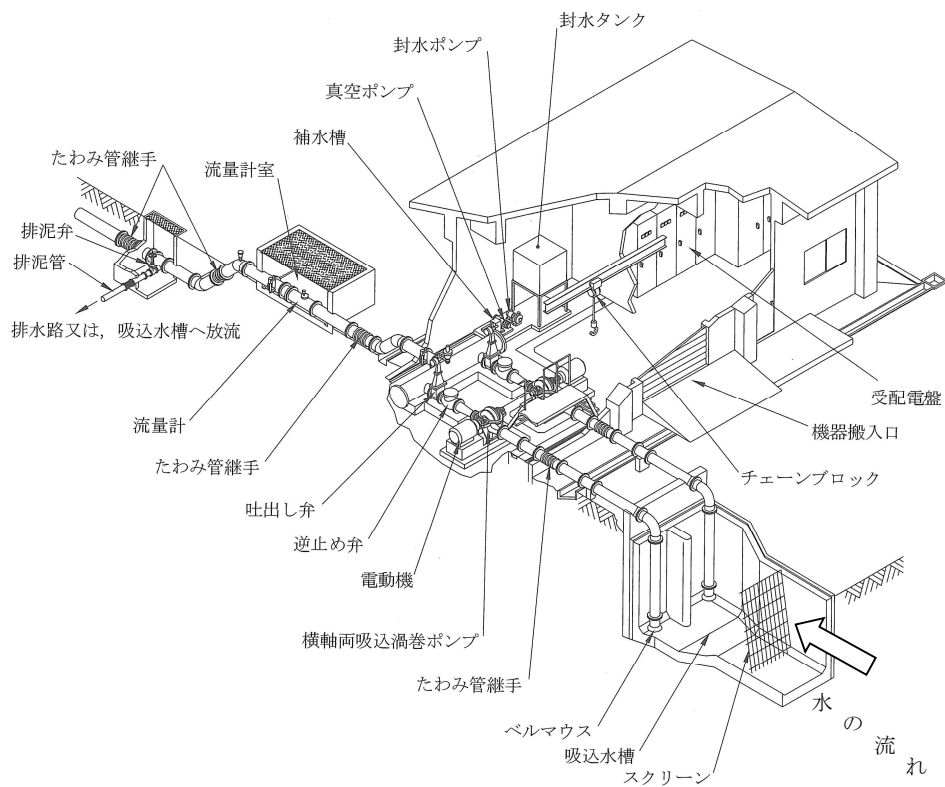


図1-3 ポンプ場（用水・横軸両吸込渦巻ポンプ）の構成例

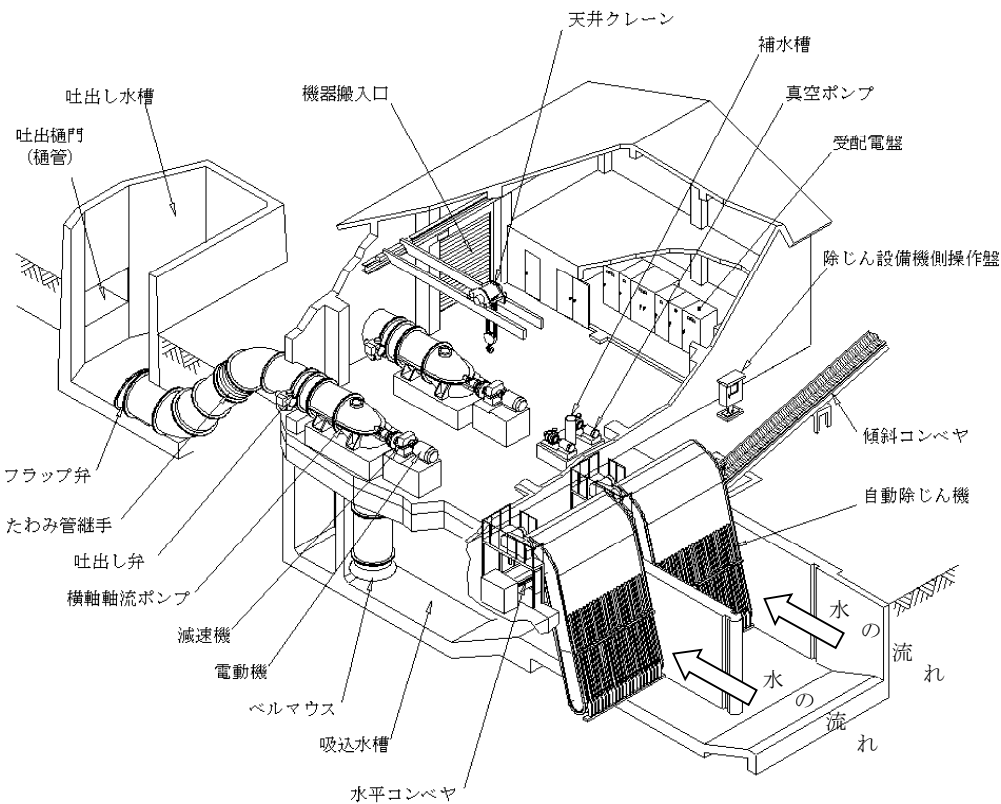


図1-4 ポンプ場（排水・横軸軸流ポンプ）の構成例

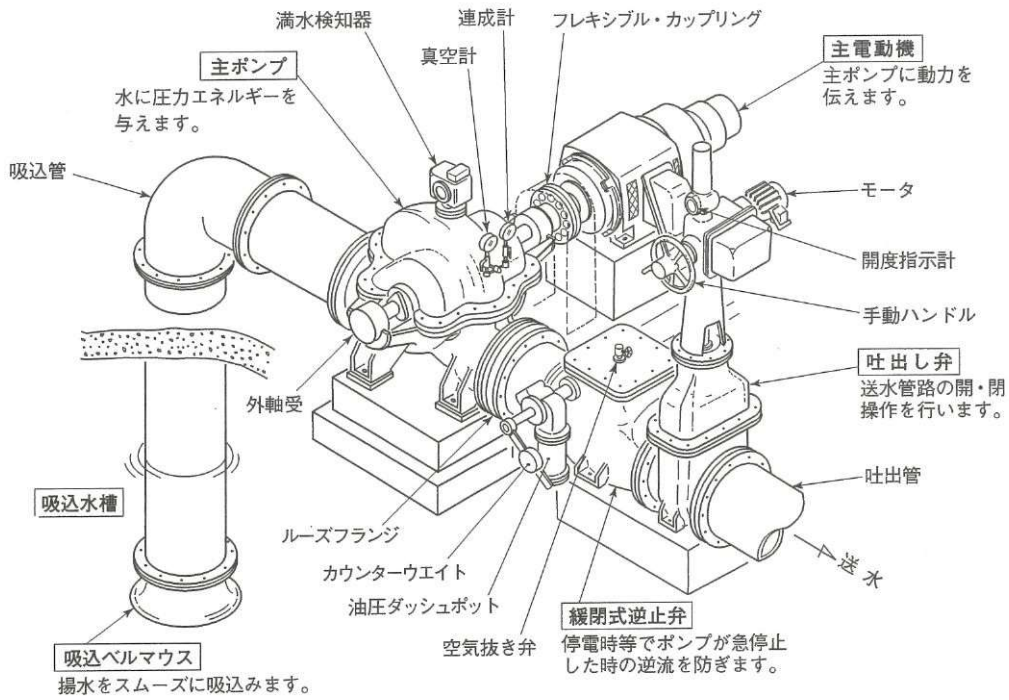


図1-5 主ポンプ回りを構成する付属機器の例（用水・横軸両吸込渦巻ポンプ）

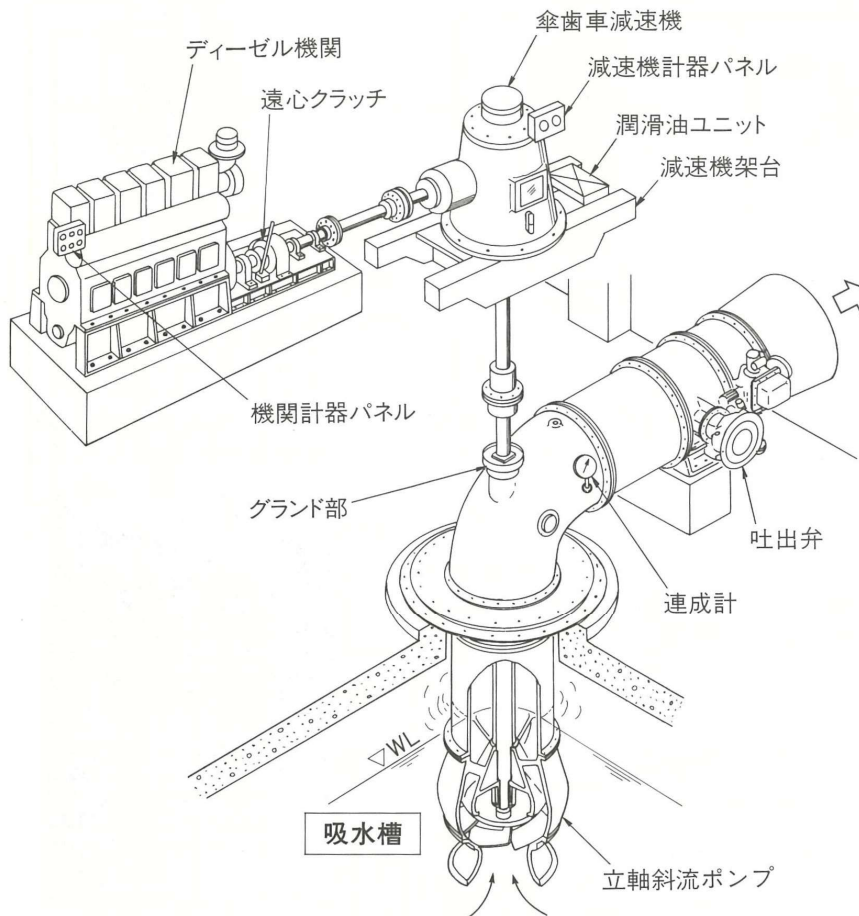


図1-6 主ポンプ回りを構成する付属機器の例（排水・立軸斜流ポンプ）

1. 1. 2 ポンプ設備の構成要素

ポンプ設備は、主ポンプ・主原動機・動力伝達装置・補機設備などの装置及びこれらを構成する機器・部材、部品の集合体であり、これらが各々の役割を果たすことにより、設備全体として機能を発揮している。このため階層的なシステムの特徴を踏まえ、系統的に構成要素の整理を行う必要がある。

【解説】

ポンプ設備では、設備の構成要素となる装置、機器・部材、部品について図1-7、表1-2に示すように系統的に整理を行うこととし、これら設備の機能診断評価の基本単位は、機器・部材、部品レベルを対象とする。

ポンプ設備は、主ポンプの他、動力を供給する主原動機・動力伝達装置、用排水を送水する管路・弁類及び運転に必要な冷却水などを供給する補機設備から構成されており、形式によって構成機器・部材が異なる。一般的な形式を図1-8に示す。

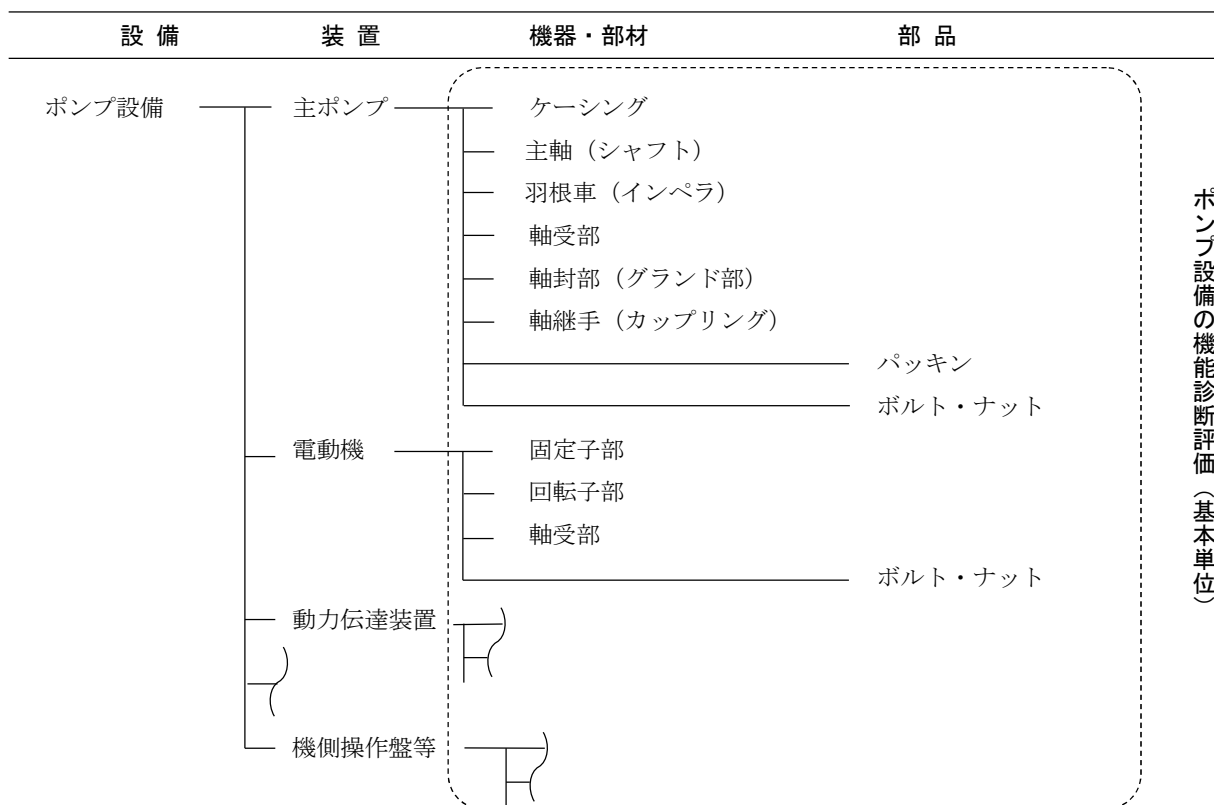


図1-7 ポンプ設備の構成要素系統図の例

表1-2 ポンプ設備の階層による区分

階層区分		ポンプ設備	
		設備等の内訳	主な対策方法
施設		用水機場、排水機場	補修
設備		ポンプ設備、運転管理設備、除じん設備等	修理、更新
装置		主ポンプ、主原動機、動力伝達装置、吸込管及び吐出し管、弁類（仕切弁、バタフライ弁、逆止め弁、フラップ弁）、補機設備（給水系統、満水系統、燃料系統、始動系統、潤滑油系統）、機側操作盤等	修理、更新
部位	機器・部材	主ポンプ関係（ケーシング、インペラ、主軸、軸受等） 電動機関係（回転子、固定子、軸受等） 内燃機関関係（ピストン、クランク軸、軸受等） 弁類関係（弁箱、弁体、弁軸、弁座等） 給水系統補機関係（取水ポンプ、冷却水ポンプ、管内クーラ、封水ポンプ、潤滑水ポンプ、高架水槽、膨張タンク、オートストレーナ等） 満水系統補機関係（真空ポンプ、補水槽等） 燃料系統補機関係（燃料移送ポンプ、燃料小出槽、燃料貯油槽等） 始動系統補機関係（空気圧縮機、始動空気槽等） 潤滑油系統補機関係（潤滑油冷却器、流体継手用給油ポンプ等）	修理、交換
	部品	ボルト、ナット、パッキン等	交換

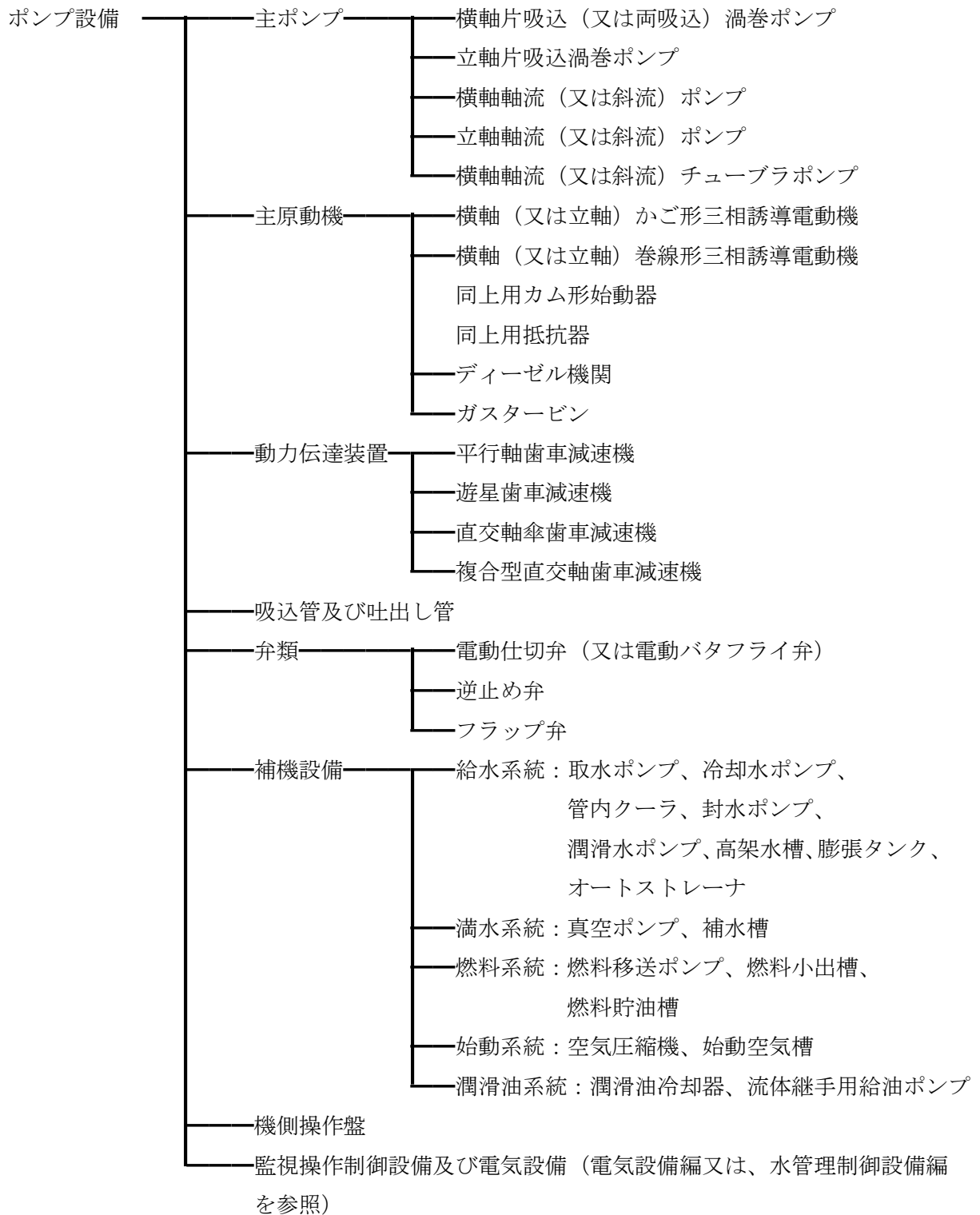


図1-8 ポンプ設備の一般的な装置と機器・部材の例

1. 1. 3 ポンプ設備の特徴

ポンプ設備を構成する機器・部材、部品は、水質や流下物等の周辺環境、設備の使用状況などにより特徴的な劣化を示すので、これらの特徴を理解するとともに、設備の構造上重要な部位に注意を払いながら、合理的かつ適切な機能保全の検討を行う必要がある。

また、ポンプ設備において、合理的な機能保全を行う上で、施設造成者は、施設管理者と連携を図ることが重要である。

【解説】

ポンプ設備の機能には、用排水機能や用排水量調節機能がある。これらの機能を十分に発揮させるためには、ポンプ設備を構成する機器・部材、部品における、変形、損傷、摩耗などについて性能管理を行うことが重要であり、定期的な機能診断を行う必要がある。

ポンプ設備の機能診断において特に留意しなければならない診断項目は、軸受（ベアリング）部分であり、異常な振動、温度上昇などを見過すと、軸受のみならず、軸受故障により、インペラの回転ブレを引き起こし、それがポンプケーシングなどの損傷につながる。ケーシングが損傷を受けると全ての設備を更新しなければならない状態になるおそれがあるため、状態監視保全などの予防保全が必要である。また、軸受は他の部位の損傷などに原因がある場合でも、その結果が軸受の発熱や振動となって現れるため、異常な兆候を発見した場合は、早めの対策が必要である。

軸受にセラミック軸受を使用している場合（特に横軸ポンプ）は、構造上、軸受等の劣化について事前に不具合の兆候を的確に把握することが困難な場合が多く、定期的な交換による時間計画保全が有効である。

なお、セラミック軸受を採用する場合、調達期間が長期化する傾向にあることから、計画的な更新時期の設定や予備品の確保に留意する必要がある。（セラミック軸受の製作期間は、製造しているメーカー毎に納期が異なり、通常5～12か月間程度であるが、社会情勢等により変化するため製造メーカーに都度確認する必要がある。）

ケーシングは、機能に支障が出るような亀裂等の損傷が発生しても補修できないうえ、インペラと主轴をセットで精度調整を行っている関係上、ケーシングのみの取り替えができないことから、主ポンプ全体を更新するなどの対策が必要となる。なお、渦巻きケーシング巻き始め部などは、水流による損傷を起こしやすい箇所であるため、留意する必要がある。

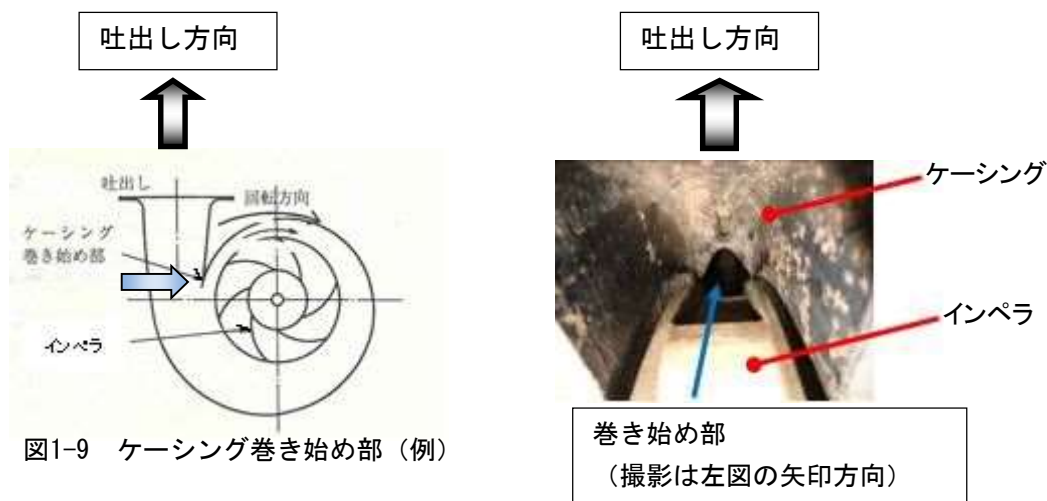


図1-9 ケーシング巻き始め部（例）

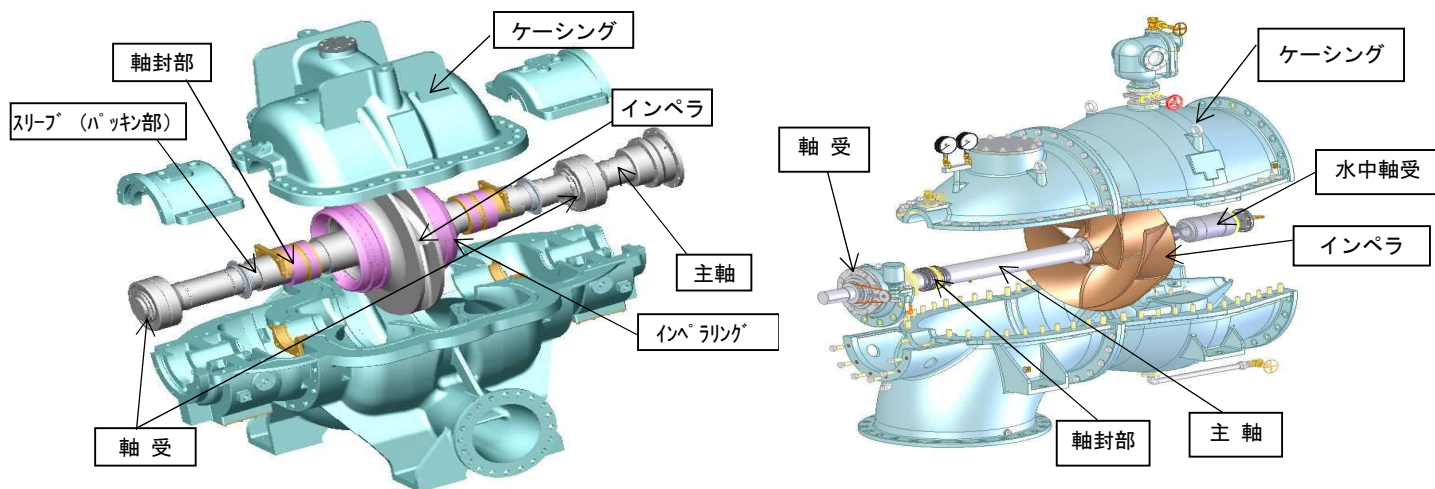
軸継手（カップリング）部の芯振れや面振れなどもそのまま放っておくと、原動機やポンプ軸受部に影響が及ぶ場合もあるため、定期的な計測が必要である。

ポンプ設備では、必要な量を必要な揚程まで送水する機能を発揮できなくなる状態を防ぐため、縮切運転により、全揚程の低下状態を確認する方法や、圧力計あるいは真空計（吐出し圧－吸込圧＝全揚程）や流量計を用いたQ－H曲線及びポンプ効率等について、設計時との比較を行うことにより性能低下状況を把握する方法がある。一方で、これらの方法については評価に技術を要するので、まずは、施設管理者に対する聞き取りや電動機の回転速度、電力消費量、圧力計、吐出し量等から性能低下状況を把握するとよい。（※高Ns斜流ポンプや軸流ポンプでは軸動力が原動機出力より大きくなるため、縮切運転はできない。また、水中軸受にセラミックスを使用している横軸あるいは立軸ポンプでは、軸受の破損を防ぐために、ポンプの性能を確認するための縮切運転は行なわないこと。）

Q－H曲線やポンプ効率等の低下は、主ポンプのケーシングとインペラの隙間が、摩耗、損傷等で増大することに起因すると考えられる。

通常、ケーシング（インペラ側にも設置していることもあり）には、ライナリングなどの代替摩耗部品が設置されているため、オーバーホールなどにより、定期的に摩耗状態などを確認する必要がある。

また、通常の管理において、電力量や用排水量に明らかな兆候が現れている場合も早めの対策が必要である。



用水ポンプ（横軸両吸込渦巻ポンプ）

排水ポンプ（横軸斜流ポンプ）

図1-10 ポンプの構造例

無注水ポンプは、軸受や軸封部の冷却・潤滑を外部給水に依存しない構造であることから、運転中の温度上昇や振動の変化が異常の初期兆候として現れやすい。このため、運転時における軸封部および軸受部の発熱の有無、異音、振動の増大等について、従来型ポンプと同様の診断項目に加え、より注意深く確認する必要がある。

なお、軸封部にメカニカルシールやラビリンスシール等を採用しているポンプでは、異常な水漏れ、発熱、空気の吸込み等が確認された場合、現地での分解・調整が困難なことが多く、メーカー又は専門業者による修理が必要となることに留意する。

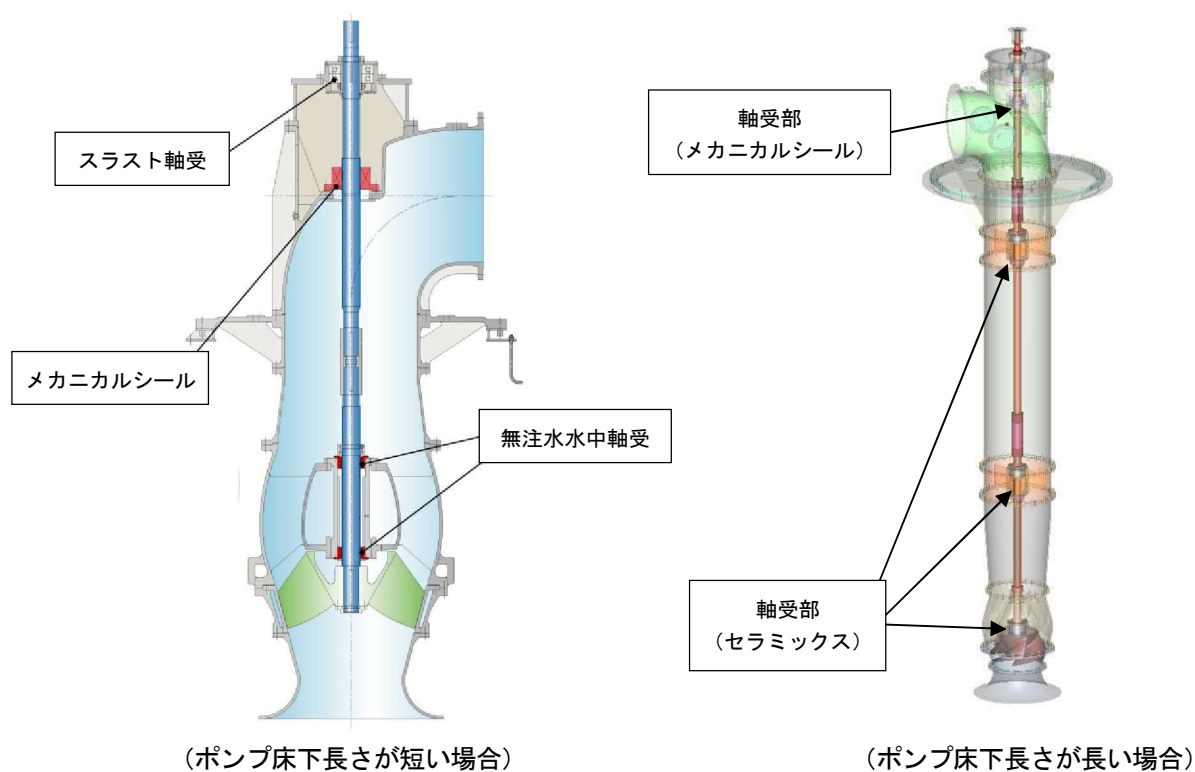


図1-11 無注水形立軸斜流ポンプの構造例

ポンプ駆動用電動機は三相誘導電動機が多くを占め、構造上「かご形」と「巻線形」に区分される。

かご形誘導電動機は、電磁誘導によって一次側（固定子）から二次側（回転子）に電力を送り、これを利用して回転運動を発生する構造である。

一方、巻線形誘導電動機は、回転子鉄心のスロットに絶縁された三相巻線を施し、スリップリングを経てブラシによって外部に三相電流を導く構造であり、かご形誘導電動機に比べて複雑な構造を有する。

電動機の診断は、ポンプ側の運転負荷、供給電源、設置場所の環境といった外的要因影響を加味して、電動機構造の劣化の程度や異常の有無を判断し、機能を発揮できなくなる状況を未然に防ぐことが目的である。そのためには、日頃から運転時の音、電流値、軸受温度、振動（振幅）や、停止時の回転体の状態（手回しの可否）、絶縁抵抗値などにより異常の有無を確認することが望ましい。

また、巻線形誘導電動機の場合は、二次抵抗接続用部品としてスリップリングが使用されており、ブラシとスリップリングの摩耗の状態を把握する。始動抵抗器として使用される液体抵抗器については、電解液の量や汚れ、電極の腐食状態も点検する。また、金属抵抗器が使用されている場合には、抵抗体の腐食・焼損、接続部の緩みや発熱痕、絶縁支持部の劣化等についても点検する。また、金属抵抗器が使用されている場合には、抵抗体の腐食・焼損、接続部の緩みや発熱痕、絶縁支持部の劣化等についても点検する。

さらに、施設管理者からの情報も重要な判定項目である。

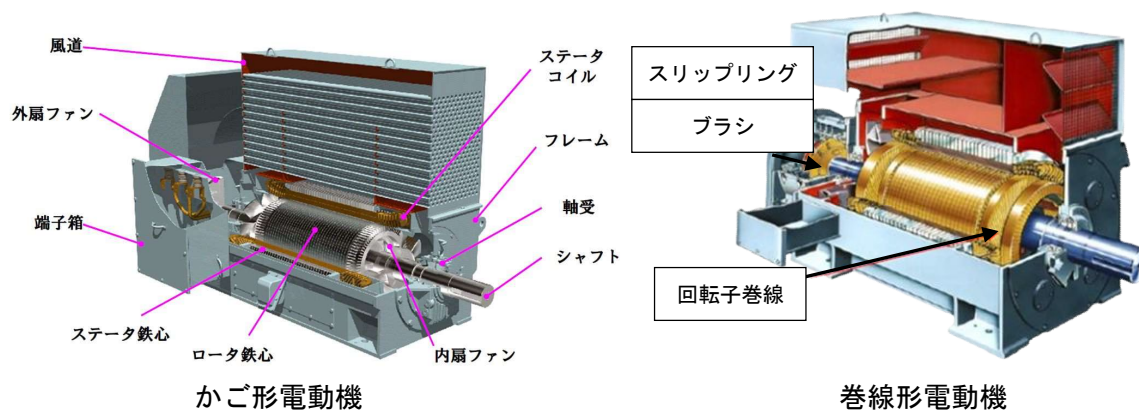


図1-12 ポンプ駆動用 主原動機（電動機）の構造例

主原動機の内燃機関は、ディーゼル機関とガスタービンがあるが、保守管理の容易性及び信頼性の観点から、ディーゼル機関が多く採用されている。

ディーゼル機関において重大な故障を引き起こす可能性のある部位として、燃料噴射弁、過給機軸受、ピストン、シリンダー及びクランク軸軸受が挙げられる。これらの部位における不具合は、主として使用時間の経過、運転条件、経年劣化等に起因するものであり、いずれの部位もディーゼル機関の内部であることから、製造メーカーによる定期的な分解点検の実施が不可欠である。

ディーゼル機関の機能診断に当たっては、これらの内部構造物における重大な不具合の予兆を看過することのないよう、機関本体、過給機、潤滑油ポンプにおける異常な運転音、温度上昇、振動（振幅）の有無や排気温度、冷却水温度、燃料系統の異常の有無等について確認を行うことが重要である。

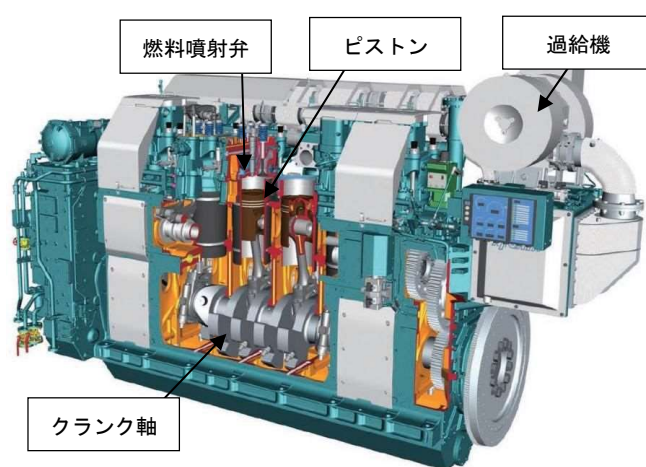


図1-13 ポンプ駆動用 主原動機（内燃機関）の構造例

【参考】ポンプ設備の性能低下の確認例

ポンプ設備の性能低下に関しては、用水ポンプ設備における全揚程及び吐出し量の低下の原因が、パイプラインの性能低下によるものか、ポンプ設備の性能低下によるものか、原因を特定する必要がある。以下の方法にてポンプ設備及びパイプラインの性能低下の概要を把握するものとする。

(ポンプ設備の性能低下の確認)

ポンプ設備の性能低下の把握を現場で行う場合は、以下の手順でポンプ性能を計測する。

確認方法 (図1-14参照)

- (1) ポンプのQ-H曲線 (吐出し量; Q、全揚程; H) を作成するため、設計点 Q_D を含めて5点 (JIS規定) を計測する。
- (2) 吐出し弁の開閉により流量を調整し、流量計の目盛りを読み取る。
 - ①点 締切点 ($Q=0\text{m}^3/\text{min}$)の全揚程の測定
 - ②点 設計点吐出し量 Q_D の1/3近傍の全揚程の測定
 - ③点 設計点吐出し量 Q_D の2/3近傍の全揚程の測定
 - ④点 設計点吐出し量 Q_D 近傍の全揚程の測定
 - ⑤点 吐出し量が設計点 Q_D と弁開度が全開近傍時の $Q_{全開}$ の中間点の全揚程の測定
(軸動力が過負荷にならないことを確認しながら測定する。)
- (3) 作成したQ-H曲線において、設計点全揚程 H_D に対する吐出し量が設計点吐出し量 Q_D を下回る場合は、ポンプ設備に異常があると判断する。

ここでいう異常とは、運転条件や計測誤差等を考慮してもなお、ポンプ内部の劣化・損傷 (羽根車摩耗、腐食、クリアランス拡大 等)、吸込条件の悪化 (空気混入、キャビテーション発生)、配管系統の抵抗増大等 (ストレーナ詰まり、弁の不完全開 等) に起因する性能低下が継続的に認められる状態をいう。

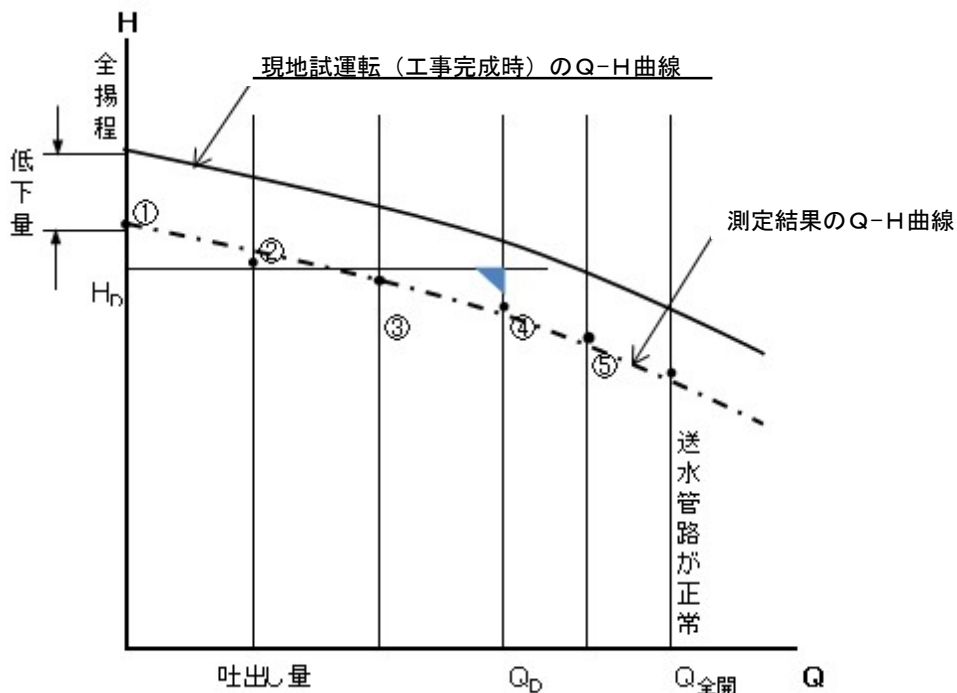


図1-14 ポンプ性能の計測 (イメージ)

(パイプラインの性能低下の確認) (図1-15参照)

- (1) パイプラインから完全に空気が排出されていることを確認する必要がある。
- (2) ポンプ設備の計器類(真空計、連成計、圧力計、水位計、流量計等)が正常であることを施設管理者とともに確認する。
- (3) 約60分間の揚水運転ができることを確認する。
- (4) ポンプの吐出し弁を全開(100%)まで開いたときの吐出し量($Q_{全開}$)が、ポンプの設計点吐出し量(Q_D)以上($Q_D \leq Q_{全開}$)である場合は、パイプラインの損失水頭は計画数値以下であると判断する。なお、吐出し弁を全開まで開いた時には、キャビテーション発生や過負荷にならないように注意する。
- (5) 逆に小さい場合($Q_D \geq Q_{全開}$)には、パイプラインの損失水頭が計画数値より大きいので設計点吐出し量の確保ができないため、パイプラインに異常があると判断する。

※ 設計点 : 設計点吐出し量 (Q_D)
設計点全揚程 (H_D)

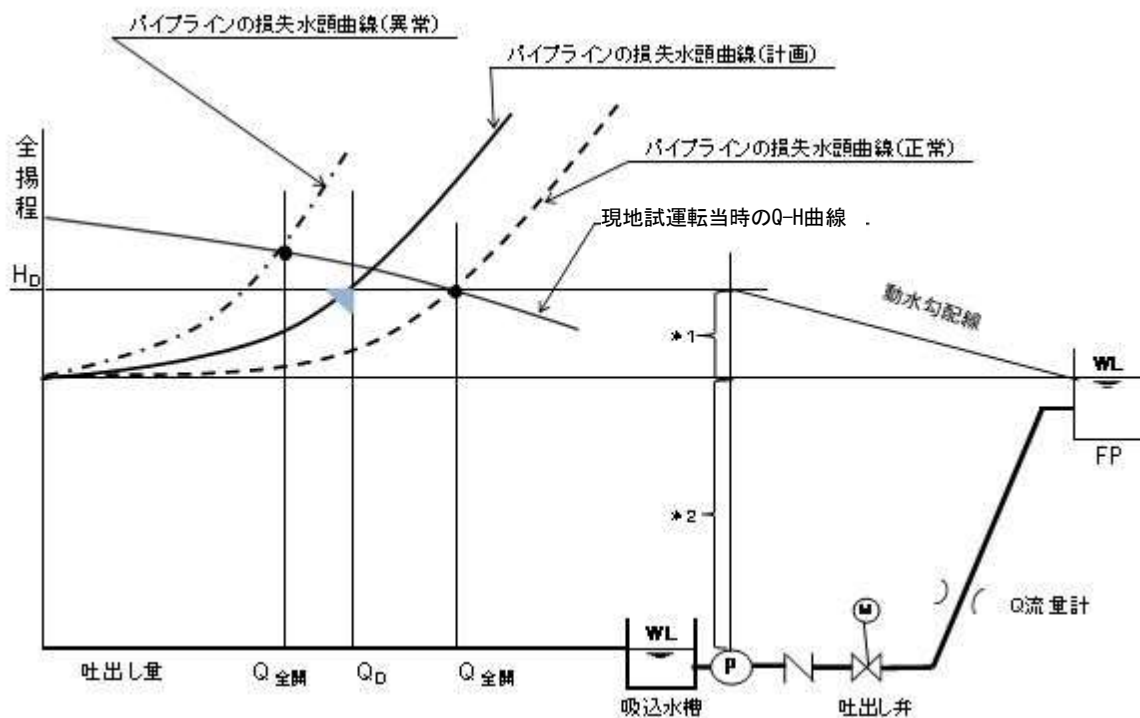


図1-15 パイプラインの性能低下に伴うポンプ運転点の変位 (イメージ)

※1 パイプラインの損失水頭等

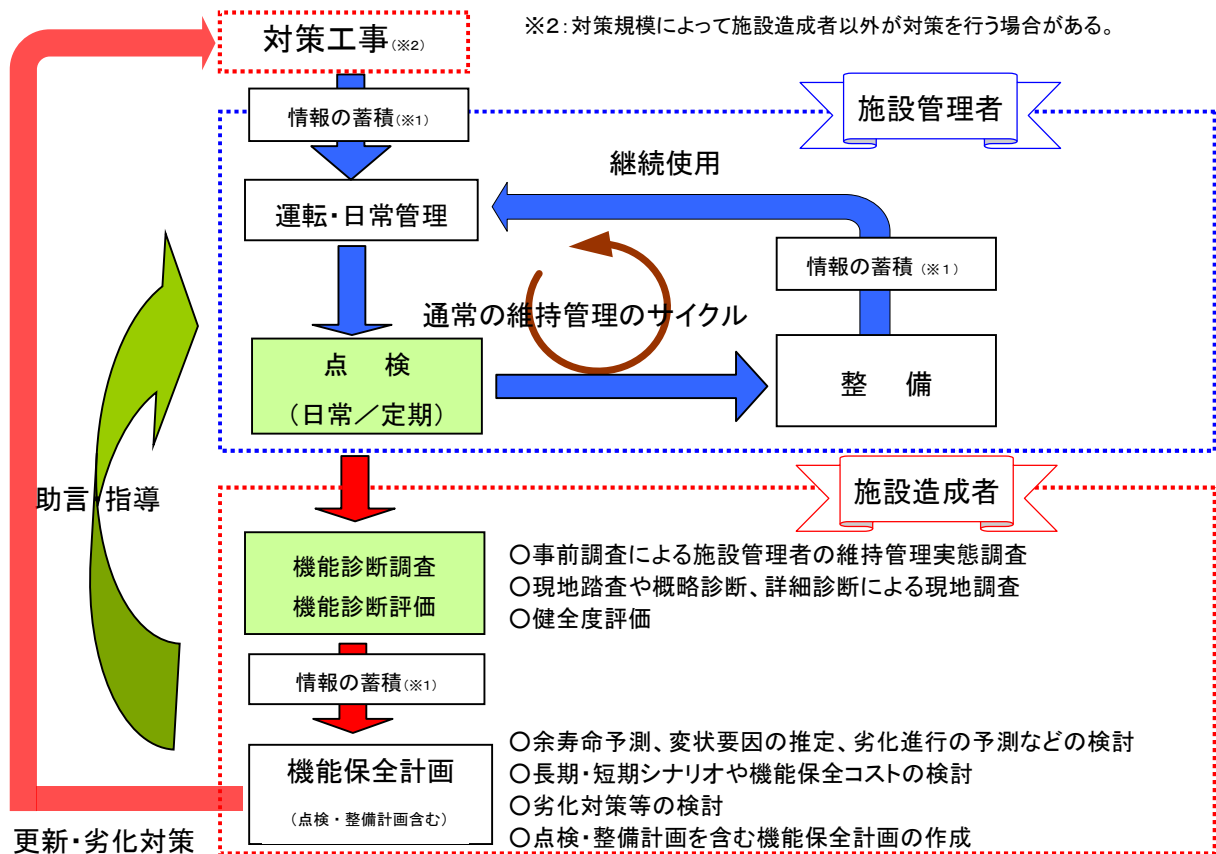
※2 実揚程 = FP水位 (WL) - 吸込水槽水位 (WL)

ポンプの特性が適正であるならば、パイプラインの概略の損失水頭が求まる。

パイプラインの概略損失水頭 = (全揚程 - 実揚程)

ポンプ設備などの施設機械設備は、土木施設と異なり、多数の機器・部材等から構成された集合体であることから、設備の機能の維持、ひいては設備の長寿命化を図るためには、日常管理における機器・部材等の適正な点検・整備が必要である。このため、施設造成者は、状況に応じて点検・整備に関する適切な助言を行うことが必要である。（図1-16参照）

また、施設造成者は、当該助言に資するため、機器製造者から設置機器についての点検、整備、耐久性及び機能保全コスト等の技術情報を収集することが必要である。



※1: 情報の蓄積イメージ

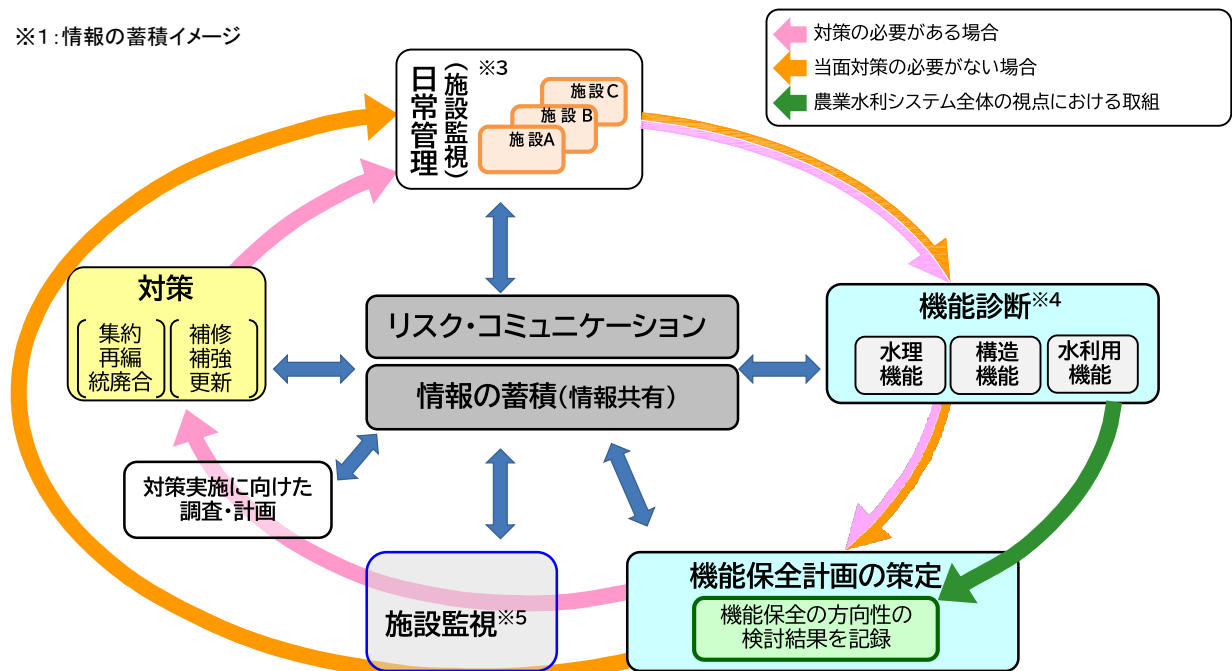


図1-16 施設造成者と施設管理者の連携イメージ

1. 2 ポンプ設備の性能管理

1. 2. 1 ポンプ設備の機能と性能

ポンプ設備は、用排水量を目的地まで送配水・排水し、また、それらの用排水量を調節する機能を有する。

ポンプ設備の性能は、これらの機能を発揮する能力であり、通水量、用・排水量、水撃圧などといった複数の性能指標で表すことができる。これらの要求性能を満足するよう、機能保全に努める必要がある。

【解説】

ポンプ設備の性能管理とは、ポンプ設備に必要な機能、性能を長期にわたって維持させる行為である。施設造成者は、ポンプ場やポンプ設備の設置目的、ポンプ設備が施設の中で果たすべき役割（機能）、そして、施設管理者がポンプ設備に対して期待する能力（性能のレベル、要求性能）を十分に理解し、適切な性能管理を実施していくことが重要である。

農業水利施設である用水機場を例にとると、用水の必要な場所において水需要に応じた用水量を受益地等の目的地まで送配水することが目的であり、これを達成するために送配水機能や用水量調節機能といった水利用機能が必要となる。

また、排水機場を例にとると、洪水時に備えて排水を行い、あるいは常時排水が必要な地区において内水位を低下させ、農地等を災害や湛水被害から守るためには、排水機能、排水量調節機能が必要となる。

表1-3に各ポンプ設備の設置目的と具備する機能を示す。

ポンプ設備の機能保全を行うに際しては、これら設備が有する機能に着目し、性能管理を行うことを基本とする。

表1-3 ポンプ設備の設置目的と具備する機能

施設	区分	一般的に使用されるポンプ	設置目的	機能（基本機能）
用水機場	用水ポンプ	渦巻ポンプ	・用水量を目的地まで送配水する ・用水量を調節する	送配水機能
				用水量調節機能
排水機場	排水ポンプ	斜流ポンプ 軸流ポンプ	・余剰水を河川等に排水することにより、受益地等の内水位を低下させる ・排水量を調節する	排水機能
				排水量調節機能

ポンプ設備が具備する様々な機能（基本機能）を実現するためには、その機能を発揮する能力である水利性、設備信頼性、構造安全性、修復性及び耐久性などの性能を確実に担保する必要がある。

また、基本機能以外の機能には、社会的機能があり、この機能を十分に発揮させるためには、経済性、環境性、維持管理性などの性能に着目する必要がある。ポンプ設備の機能・性能の例を表1-4に示す。

機能診断調査では、基本機能に関する性能の確認を行うことが主となるが、性能管理においては基本機能のみではなく社会的機能も考慮して、設備全体で適切な要求性能を把握・設定し管理していく必要がある。

表1-4 ポンプ設備の機能・性能の例

機能・性能	機能・性能の内容
1) 基本機能 送配水機能 用水量調節機能 排水機能 排水量調節機能	事業目的 ^{※1} やポンプ場の設置目的など、本来目的を達成するため、必須となる固有の機能（ポンプ設備に直接求める役割） 水利性 施設管理者の要求を満たす取水量を確実に取水又は排水量を確実に排除できる性能 設備信頼性 長期間の使用においても安定して稼働できる性能 構造安全性 水理学的及び力学的に安全な構造である性能 修復性 地震等の災害時や、故障・損傷時において、容易に復旧できる性能 耐久性 部材の経年や使用頻度、環境作用による劣化に抵抗する性能
2) 社会的機能	基本機能以外の機能で、社会的要求に対し、適切に貢献する機能 経済性 建設費、維持管理費等ライフサイクルコストを低減できる性能 環境性 ^{※2} 騒音・振動、環境負荷（CO ₂ 排出、生態系への影響）を低減でき、景観への配慮など、周辺環境と適合する性能 維持管理性 施設管理時において、施設管理者及び第三者の人的安全性を確保しながら容易に操作・管理ができる性能

※1 上表の基本機能における事業目的とは、土地改良事業（土地改良法の目的）を指す。

※2 上表の社会的機能（環境性）により、トップランナー形式のモータに更新した場合、電力使用量を従来より削減することによるCO₂の排出削減量（電力削減量1kWh 当たりに見込むCO₂削減量）の定量的評価も可能である。

【参考】ポンプ設備の機能・性能の考え方

1) 機能の考え方

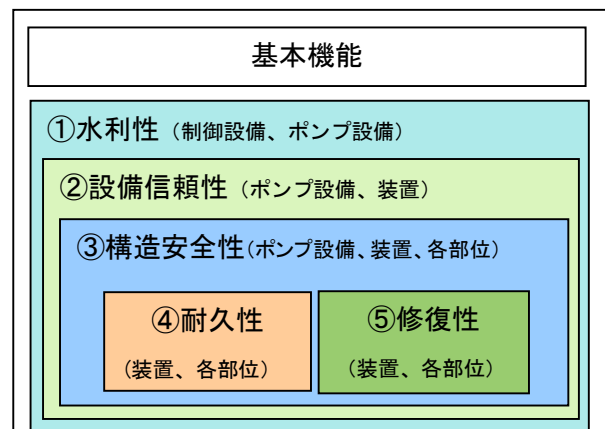
ポンプ設備の機能を水利システムの観点で分類した場合、基本機能は①水利機能（用・排水量の確保・調節など水利に関する役割）、②水理機能（全揚程の確保・送配水効果等位置エネルギーの確保など水理的な送水に関する役割）、③構造機能（ポンプの部材強度などの構造上の役割）に分類されるが、ポンプ場を構成するポンプ設備に求める具体的な役割で整理した場合、基本機能は、送配水機能、用水量調節機能、排水機能、排水量調節機能などに分類される。具体的な機能を理解することは、機能保全の基本である他、設備等の重要度を理解する上でも必要である。

なお、ポンプ設備における基本機能は、事業目的やポンプ場の設置目的など本来目的を達成するため、必須となる機能として整理し、それ以外の機能で、社会的要求に対し適切に貢献する機能を社会的機能として整理している。

2) 性能の考え方

ポンプ設備の基本機能に関する性能としては、農家や施設管理者などの要求を満たす用水を十分に確保し、洪水時や用水後の余剰水を十分に排水できているかという視点の水利性と、そのために、機械設備が十分な信頼性を有しているかという視点の設備信頼性が必要となり、設備信頼性を構造安全性が下支えし、構造安全性を耐久性や修復性が下支えする関係となる。

このため、①水利性は、制御設備やポンプ設備を含む、設備全体としての性能が十分であるか、②設備信頼性は、ポンプ設備全体や装置レベルで十分な品質や動作確実性を有しているか、③構造安全性は、ポンプ設備が有害なキャビテーションを発生させない構造となっているか、安全な水密構造となっているか、部材が十分な強度を有しているか、④耐久性や⑤修復性は装置、各部品レベルで、十分な性能（摩耗代、予備品）を有しているかの視点で照査を行う必要がある。なお、本手引きでは制御設備における診断手法は対象外としているが、機能診断調査においては、制御設備も含めた設備全体として十分な性能を発揮しているかを確認することも必要である。



1. 2. 2 ポンプ設備の性能管理

ポンプ設備の性能管理は、施設管理者が行う日常点検や定期点検等の結果及び施設造成者が行う機能診断の結果をもとに、着目した性能について、要求が満たされるよう管理していくことを基本に、機器・部品等の健全度を評価し、機能保全計画の策定を行う必要がある。効率的な性能管理に取り組むため、施設管理者と施設造成者が連携・調整し、点検・機能診断項目や内容の合理化、実施時期の同期化を図ることが望ましい。

【解説】

ポンプ設備の性能管理では、性能レベルを健全度で表し、そのレベルに応じた対策を検討するものとする。また、合理的な性能管理を行う上で、ポンプを構成する部位等の重要度や、摩耗・損傷等の劣化が設備に与える影響度、水質や流下物等の周辺環境、使用頻度などを十分に理解、把握し、管理する必要がある。性能管理の効率化の観点から、施設管理者と施設造成者との十分な連携及び点検と機能診断調査の合理化・同期化が望ましい。

ポンプ設備は、オーバーホールに多大な経費を要するため、機能診断結果により交換を含めた長期的な整備計画を立てる必要がある。なお、特注品の製作に工期を要する部品は、製作品を予備品として保管することなどの検討も必要である。

機能診断調査については、「第3章機能診断調査」、機能診断評価については「第4章機能診断評価」、機能保全計画の策定については「第5章機能保全計画」を参照のこと。

(1) ポンプ設備の性能管理

ポンプ設備の性能管理は、ポンプ設備の目的、機能を発揮させるために、施設管理者が要求する性能が現在確保できているかどうかを点検、機能診断調査等を通じて直接確認し、管理することを基本とする。

ポンプ設備の性能は、設備を構成する装置や部位等の性能が確保されることにより発揮される。このため、機能診断調査では、ポンプ設備を構成する装置や機器、部材、部品を個別に調査・評価し、部位等の重要度やポンプ設備全体へ与える劣化の影響度を考慮し、設備の性能レベルを把握する。

ポンプ設備の性能や指標の例には、表1-5に示すものが考えられる。

表1-5 ポンプ設備の性能と指標の例

性能の例		指標の例
水利性		用・排水性（用・排水量、全揚程、ポンプ効率等送水効率性）、用排水変動追従性、水利制御性（総合試運転等による作動状況）
設備信頼性		長期使用安定性（耐用年数、使用時間、使用頻度）、動作確実性（制御確実性、動力及び補機等のバックアップシステム）、装置等の品質信頼性（品質管理等）
構造安全性	水理学的安定性	キャビテーション（異常音）
	水理学的安全性	水撃圧（フライホイール等の作動状況）、水密性（水圧試験、漏水等）
	力学的安全性	耐震性（局部震度法、許容応力度法等のボルト照査、ボルトの取付状況）
耐久性	耐疲労性	繰り返し使用による疲労耐久性（ポンプon-off頻度）
	耐腐食性	部材の耐防錆・防食性能（使用環境、使用条件に適した材質選定、腐食状況）
	耐摩耗性	部材の耐摩耗性（金属摩耗粒子の形態・大きさ・量等、使用環境、使用条件に適した材質選定）
	耐劣化性	油脂類等の耐劣化性（品質管理、使用期間、汚染状態（汚染度）等）
修復性		修復容易性、損傷・故障時対応性（部品調達、予備品等）
経済性		建設費（動力原動機等の経済比較）や維持管理費（原動機、減速機、ポンプ効率などを含むシステム効率化及び機器構成の簡素化）等
環境性		騒音・振動（原動機）、環境負荷（CO ₂ 排出、生態系への影響等）、景観（塗装色・老朽化後の景観）等
維持管理性	維持管理安全性	施設管理者、第三者の人的安全性（防護柵、危険表示板、危険部位の保護カバー等）
	維持管理容易性	維持管理容易性（メンテナンスフリー、操作容易性等）

（2）ポンプ設備における部位別の性能管理

ポンプ設備は、長年の使用により経年劣化して健全度が低下し、対策を講じなければ、やがて設備の性能の限界に達し、使用不能となる。しかし、様々な機器・部品等の集合体であるポンプ設備は点検・整備などにより適切な時期に機器・部品等の修理や交換を行うことによって、供用期間の延伸が期待できる。（図1-17）

ポンプ設備の性能管理は、機能・性能・性能の限界状態を十分理解した上で行う必要がある。ポンプ設備における部位別の機能と性能の例を表1-6に示す。

機能保全是、設備を構成する部材や機器類及び部品類の修理、交換が主となるため、機能診断調査による計測結果や、耐用年数等から余寿命を算出し、適切な時期に保全を行うことが重要であるが、その劣化特性は個々に異なることから、特性に応じた対策を講じる必要がある。（機器、部品等の劣化特性については1.3項で詳述）

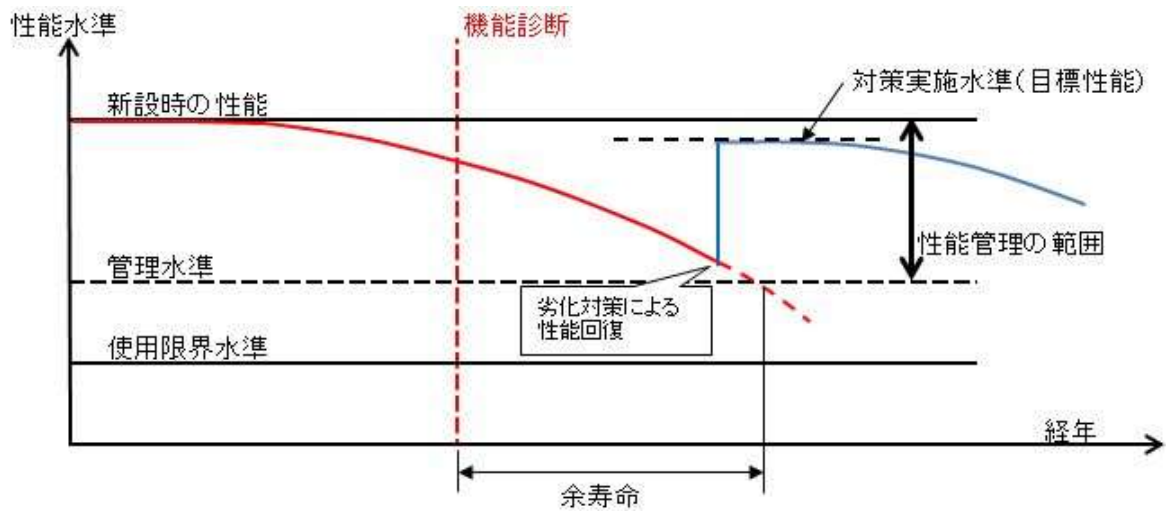


図1-17 設備の性能劣化曲線と性能管理の範囲

<用語の説明>

・対策実施水準	劣化対策により回復した性能レベル又は回復の目標とする性能レベル
・管理水準	性能低下を許容できる限界の性能レベル
・使用限界水準	設備を正常に使用できなくなる限界の性能レベル
・余寿命	機能診断を実施した時点から性能低下を許容できる限界に達するまでの期間

機能保全によって各機器や部品等の耐久性や修復性を向上させることは、安全性の向上につながり、その結果、設備の運用における信頼性を向上させることになる。一方で経年に伴って機能保全に係る費用（維持管理費）の増大も招くことから、経済性や機器類の陳腐化に伴う修復性の問題（入手困難性）などにも着目し、総合的な使用限界の水準を検討して、更新の是非を判断する必要がある。

表1-6 ポンプ設備における部位別の機能と性能の例（渦巻ポンプ）

機器名称	部位名称	設備全体に対する機器の機能	主な要求性能（例）	問題となる現象	性能限界（例）	対策方法
主ポンプ	主ポンプ全体	規定の水量を規定の高さに揚水する機能	構造安全性、水利性、設備信頼性、修復性、経済性	規定水量を揚水できない性能低下	揚水不能の状態	修理又は交換
	ケーシング	インペラによって発生する速度エネルギーを圧力エネルギーに変換する機能	構造安全性（水理的安全性）、耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	亀裂・損傷・腐食・漏水による機能停止	亀裂・損傷・変形などによる水漏れが発生した時	修理・主ポンプの更新
	インペラ	ポンプ内の液体に速度エネルギーを与える機能	構造安全性（水理的安全性）、耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	摩耗・腐食・ひび割れによる性能低下	摩耗量等が許容値を超えた時	修理又は交換
	主軸	インペラに動力を伝達する機能	耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	腐食・変形による振動大	曲がり、腐食が許容値を超えた時	修理又は交換
	パッキンスリーブ	主軸のグランドパッキン（軸封部）滑り部に嵌め、主軸の摩耗を抑える機能	耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	摩耗・腐食による軸封部からの水漏れが大	摩耗量が許容値を超えた又は滴水及び軸封不能になった時	修理又は交換
	軸スリーブ	主軸が揚液に触れないように保護する機能	耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	摩耗・腐食による性能低下	腐食により、主軸の保護ができなくなった時	交換（材質を考慮）
	インペラリング	ライナリングとの滑り部に対抗してインペラに取付け、摩耗したらそれだけを交換することによりポンプ性能を維持する機能	耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	摩耗・腐食による性能低下	摩耗量等が許容値を超えた時	修理又は交換
	ライナリング	インペラ（又はインペラリング）との滑り部に対抗してケーシングに取付け、それだけを交換することによりポンプ性能を維持する機能	耐久性（耐腐食性、耐摩耗性）	摩耗・腐食による性能低下	摩耗量等が許容値を超えた時	修理又は交換
	軸受ハウジング	軸受の支持、潤滑の維持、放熱及び軸受を保護する機能を有する箱	耐久性（耐腐食性）	変形・腐食による機能停止	亀裂・損傷・変形等が発生した時	修理又は交換
	ころがり軸受	インペラ、主軸などのラジアル方向の荷重とインペラによるスラスト荷重を支える機能	耐久性（耐摩耗性、耐疲労性）	摩耗・損傷による、著しい温度上昇、振動大	設計寿命運転時間又は温度上昇、振動が許容値を超えた時	交換
	すべり軸受	インペラ、主軸などの荷重を相對運動する部品間のすべりで支える機能	耐久性（耐摩耗性、耐疲労性）	ひび割れ・変形・摩耗による、著しい温度上昇、振動大	設計寿命運転時間又は温度上昇、振動が許容値を超えた時	修理又は交換
	軸封部（グランドパッキンあるいは無給水軸封装置（メカニカルシール等））	主軸がケーシングを貫通する箇所において、外部への液漏れや空気の吸込みを防止する機能	耐久性（耐摩耗性、耐疲労性）	漏洩、変形	漏水量が著しい時	交換（消耗部品）

※参考資料編から一部抜粋。

(3) ポンプ設備設計基準改定による留意点

1) 基準改定の背景

土地改良事業計画設計基準の改定主旨等について表1-7に示す。

表1-7 土地改良事業計画設計基準・設計（ポンプ場）における主な改定内容

制定・改定の年月	制定・改定の主旨	内容等の骨子
昭和57(1982)年 12月 制定	ポンプ計画技術マニュアル等を活用してきたが、ポンプ場に必要とされる機能の確保など、一層合理的なポンプ場建設に資するために技術基準を制定	基準は、9章で構成されており、それぞれ基準・解説・参考の三つで構成。 1. 一般事項、2. 調査、3. ポンプの設計、4. 吸・吐水槽の水理設計、5. 構造設計、6. 附帯設備設計、7. 運転管理設備設計、8. 施工、9. 運転管理及び保守管理
平成 9(1997)年 1月 改定	ポンプ仕様の改善、ポンプ場システムの簡素化や信頼性向上、及びポンプ規模の適用範囲の拡大等に伴う改定	①基準書と技術書に区分 ②基準は設計基準本文と設計基準の運用を定め、更に基準の解説に整理した。 ③技術書は採用可能な各種の計画・設計手法等について解説した。
平成18(2006)年 3月 改定	平成13(2001)年の土地改良法の一部改正、公共工事コスト縮減のための設計施工の合理性や仕様規定から性能規定への移行等に伴う改定。	①地域や目的に応じたポンプ場設計手法の明記 ②環境との調和に配慮したポンプ場設計手法の明記 ③関連技術基準類の改定に係る見直し
平成30(2018)年 5月 改定	東日本大震災の経験、戦略的な保全管理の取組や省エネルギー化等の時代の要請、技術の進展等を踏まえた改定	①河川の氾濫、高潮、津波等に対する対策 ②施設の長寿命化とライフサイクルコストの低減 ③関連する法令等の反映 ④送水路（パイプライン）を含めた最適設計 ⑤新技術等の反映

2) 留意点

機能診断調査や評価に当たっては、水位・水質・機場周辺の環境等の変化に留意することが望ましい。また、製造年代について確認しておくとともに、建設当時のポンプの選定範囲や設計条件を把握することで、社会的要求事項の変化に対する整合性を確認することが重要である。機器の設計・製造は製造業者によって異なることがあるため、必要に応じてメーカーからも技術情報を入手することが重要である。

1. 3 保全方式の適用

ポンプ設備を構成する機器・部材や部品等は、運転の時間経過とともに摩耗や腐食等の劣化が進行し、性能が低下するため、ポンプの設置目的、機器等の特性、設置条件、操作状況等を考慮し、効率的かつ計画的に機能保全を実施する。

【解説】

(1) 保全方式の分類

保全とは、信頼性用語として「常に使用及び運用可能状態に維持する、又は故障、欠陥などを回復するためのすべての処置及び活動」と定義され、この保全の方式としては、予防保全と事後保全に大別される。

予防保全 (Preventive Maintenance (PM)) は、設備の使用における故障を未然に防止し、設備を使用可能状態に維持するために計画的に行う保全であり、事後保全 (Breakdown Maintenance (BM)) は、設備が機能低下、又は機能停止した後に使用可能状態に回復する保全である。予防保全はさらに、時間計画保全 (Time Based Preventive Maintenance (TBM)) と状態監視保全 (Condition Based Preventive Maintenance (CBM)) に使い分けられ、事後保全は通常事後保全 (Planned Breakdown Maintenance (PBM)) と緊急保全 (Emergency Breakdown Maintenance (EBM)) に分けられる (図1-18)。なお、本手引きにおいては、全ての保全方式において、時間計画保全の一つである点検・整備が必須であることを前提としている。

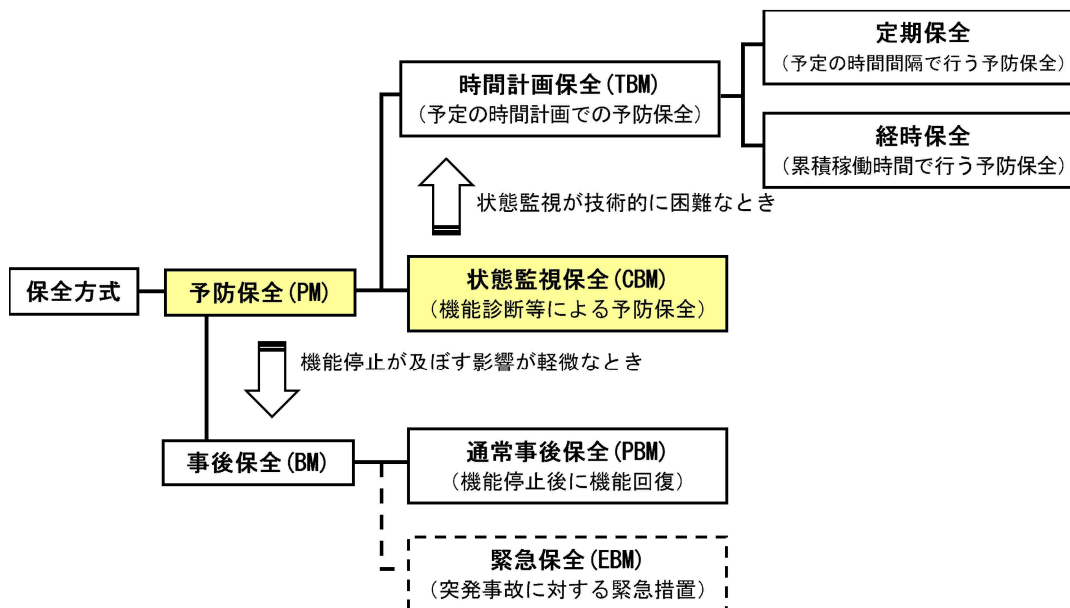


図1-18 保全方式の区分 (JIS Z 8115 : 2019)

(2) 予防保全の考え方

予防保全には、時間計画保全と状態監視保全がある。時間計画保全は、予定の時間計画（スケジュール）に基づく予防保全の総称で、予定の時間間隔で行う定期保全と設備や機器が予定の累積稼働時間に達したときに行う経時保全に大別される。計画的に実施する定期点検（月次点検・年次点検）や定期整備（定期的な部品等の交換を含む）は、時間計画保全に含まれる。状態監視保全とは、運転中の設備の状態を計測装置などにより観測し、その観測値に基づいて保全を実施するものである。常に、設備状態の傾向を監視・分析することにより異常（劣化の程度）の早期発見や、以後の劣化進行の予測を行い、適切な時期に保全を実施することが可能であり、近年では状態監視保全の実績も増えてきている。本手引きにおいては、日常点検、定期点検及び機能診断調査時の測定データによる劣化傾向の把握（傾向管理）も状態監視保全に含めるものとする。

(3) 事後保全の考え方

事後保全は、通常事後保全と緊急保全に分類されるが、通常事後保全とは、管理上、予防保全を実施しないと決めた機器・部材や部品等の性能低下に対する処置をいう。緊急保全とは、管理上、予防保全を行うと定めた機器・部材や部品等の予測が不可能な突発的故障に対する緊急処置をいう。

(4) ポンプ設備の重要度区分と保全方式

ポンプ設備は、ゲート設備と比べても部品点数が多く、構造も複雑な部類に属しているが、通常、保全方式は予防保全（PM）が基本であり、機器・部材等の不具合の兆候を早い段階で検知・監視しながら、その傾向管理を行う状態監視保全（CBM）を行うことが望ましい。

ただし、設備の重要度に応じて事後保全（BM）を適用するなど、保全の合理化を図ることも必要であり、例えば、事故が発生しても被害や復旧費用が少なく、予防保全による機能診断調査を行うよりも事後保全の方が明らかに経済的な設備は、機能診断調査の対象外とすることなどを検討するとよい。

ポンプ設備等の重要度区分と適した保全方式について表1-8に示す。

表1-8 ポンプ設備等の重要度区分と適した保全方式

設備の重要度区分	重要度要素	対象設備の例 ^{※1}	適した保全方式
高	設備が故障し機能を失った場合、国民の生命・財産に影響を及ぼすおそれのある設備	設備の重要度区分「中」に該当し、かつ次の①、②のいずれかに該当するもの。 ①排水ポンプ設備の例 ポンプ場の災害により、地域住民の生命・財産やライフラインに重大な影響を及ぼす ②用水ポンプ設備の例 施設の復旧が困難で、被災により地域の経済活動や生活機能に重大な影響を及ぼす	予防保全（PM）
中	設備が故障し機能を失った	上記①、②に該当しない用排水設備及	予防保全（PM）

	場合、営農を含む社会経済活動に影響を及ぼすおそれのある設備	び除じん設備	又は事後保全 ^{※2} (BM)
低	設備が故障し機能を失った場合、施設管理者の業務に影響が生じるものの、営農を含む社会経済活動への影響が限定的な設備	付帯設備 (クレーン設備、換気設備) など	事後保全 (BM)

※1 対象設備の例は、土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」技術書のポンプ場の重要度区分を参考とした。

※2 施設の重要度や地域の要求性能を加味し予防保全か事後保全を決定する。

(5) 点検項目と点検周期の検討

ポンプ設備の機能保全に当たっては、より効率的に取り組む観点から、施設管理者が行う日常点検や定期点検等と連携・調整を図るとともに、設備・部位の重要度、使用条件、使用環境、稼働形態、装置や機器等の特性等を考慮して、適切な保全方式を設定し、点検・機能診断調査項目の抽出や点検周期の合理化を図ることが重要である。

例えば、重要な設備の点検においては、年次点検、管理運転点検、運転時点検を全て行うことが望ましいが、設備の稼働形態が待機系と常用系に分かれる場合、運転時点検の少ない待機系においては、管理運転点検を必須とするなど、点検項目に軽重を付けるとよい。

また、点検周期の検討に当たっては、出水期／非出水期等、期別の稼働形態を加味して点検頻度を定めるなど、点検の合理化を図るとよい。点検周期の例を表1-9に示す。

表1-9 重要度や稼働形態を考慮した点検周期の例

設備の重要度	稼働形態 (※1)	点検周期		
		定期点検		日常点検
		年次点検	管理運転点検	運転時点検
高	常用系	1回/年	—	標準周期
	待機系	1回/年	標準周期 (※2)	稼働時
中	常用系	1回/年	—	標準周期×2 (※3)
	待機系	1回/年	標準周期×2 (※4)	稼働時
低	常用系 / 待機系	1回/年	—	—

※1：常用系は、用水（かんがい）ポンプや常時排水ポンプなど常時稼働する設備

待機系は、洪水時排水ポンプなど常時稼働しない設備

※2：出水（かんがい）期は月1回を標準、非出水（非かんがい）期は2～3か月に1回を標準とする。

※3：運転時点検項目が管理運転点検項目を満たす場合は、管理運転点検を兼ねて運転時点検を行い、その周期は標準の2倍程度に延長可能とする。

※4：設備の重要度区分「高」の標準周期の2倍程度に延長可能とする。

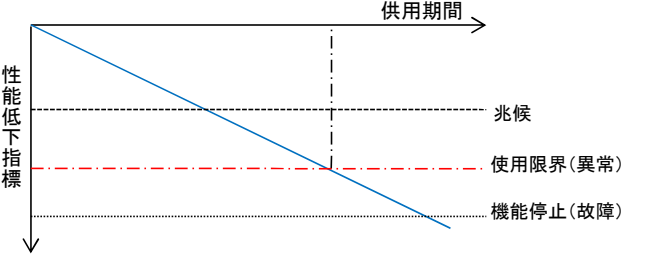
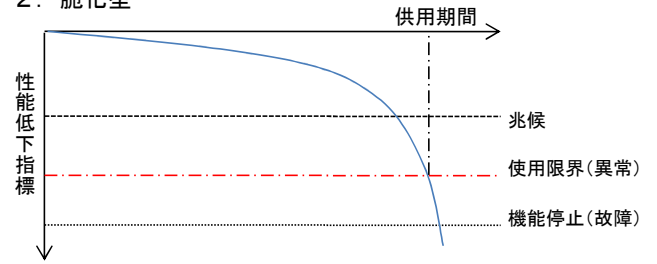
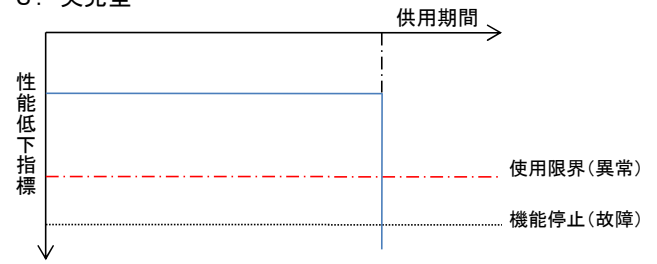
(6) 部位の劣化特性や重要度に応じた保全方式

1) 機器・部材や部品等の劣化特性と保全方式

機器・部材や部品等の不具合の発生は、一般的に経年劣化型、脆化型、突発型に分類される。本図書では、故障の起こりやすさを劣化傾向として取り扱うものとし、劣化傾向に着目すると、それぞれの劣化特性に適応した保全の方式が、表1-10のとおり設定できる。

このため、それぞれの劣化特性に合った保全方式を選択することが必要である。

表1-10 機器・部材や部品等の劣化特性と保全方式

劣化特性	性能低下予測・傾向管理	基本的な保全方式
<p>1. 経年劣化型</p>  <p>(性能低下の進行が時間・使用頻度に比例する場合)</p>	可能	<p>[状態監視保全 C BM]</p> <p>定期点検等によって性能低下の兆候及び進行状況を把握することができるため、状態監視保全を適用する。</p>
<p>2. 脆化型</p>  <p>(潜伏期間中は徐々に劣化が進み、ある時点を過ぎると急激に進行する場合)</p>	可能	<p>[状態監視保全 C BM]</p> <p>定期点検等によって性能低下の兆候及び進行状況を把握することができるため、状態監視保全を適用する。ただし、兆候が現れてから性能低下の進行が急激に進むため注意が必要である。</p>
<p>3. 突発型</p>  <p>(故障率が、時間/使用頻度に対してほぼ一定の場合。故障率が突発的に発生する場合)</p>	不可	<p>故障が突発的に発生することから事前に不具合の兆候を発見・把握することができない。</p> <p>[時間計画保全 T BM]</p> <p>影響度の大きい機器の場合は、定期的な交換・更新を適用し、未然に故障の発生を防ぐ。</p> <p>[通常事後保全 P BM]</p> <p>影響度が小さい機器の場合は、事後保全にて対応する。</p>

(国土交通省「河川用ポンプ設備 点検・整備・更新マニュアル(案)」を参考に整理)

2) ポンプ設備の構成部位毎の重要度と保全方式

ポンプ設備の構成部位毎の重要度に対応する適した保全方式は、表1-11のように整理できる。

これは、設備機能の維持に対して影響度が大きい機器・部品等については、不具合の発生を極力回避するよう予防保全を適用して設備機能を確実に確保する一方、影響度の小さい機器・部品等については、事後保全を適用し、壊れるまで使うことで費用対効果を最大限に得ることを考慮している。従って、通常事後保全で良いと判断した部位については、機能診断調査の対象外とすることも検討する。

表1-11 部位の重要度に適した保全方式の例

部位の重要度	定義	性能低下予測 傾向管理	適した保全方式
A (設備への影響度大)	部位の劣化や破損により、 重大事故や設備の機能停止 につながる部位	可 能	状態監視保全 (CBM) 時間計画保全 (TBM) ※
		不 可	時間計画保全 (TBM)
B (設備への影響度大)	部位の劣化や破損により、 設備の性能低下につながる 部位	可 能	状態監視保全 (CBM) 時間計画保全 (TBM) ※
		不 可	時間計画保全 (TBM)
C (設備への影響度小)	部位の劣化や破損が生じて も、設備の性能低下が限定 的な部位	可 能	通常事後保全 (PBM) 状態監視保全 (CBM) ※
		不 可	通常事後保全 (PBM)

※設備の重要度が高い設備にあつては、性能低下予測が可能であっても重要度A、Bの部位についてはTBMの適用を検討するとともに、重要度Cの部位についてはCBMの適用を検討する。

また、部位に適した保全方式の例に従い、部品の劣化特性を考慮して保全方式を整理すると、表1-12に示すとおりとなる。

なお、ポンプ設備の場合は部位の性能低下が設備全体の機能停止につながるが多いため、状態監視保全 (CBM)、時間計画保全 (TBM) のいずれか、又は両方式を併用する保全方式が基本となるが、ケーシングの塗装 (重要度C) など、他の部位への影響が小さい項目に限って、通常事後保全 (PBM) とするのが適当との考え方で整理した。

表1-12 部位毎の重要度と適した保全方式

機器 名称	形式	部品名称	部位の 重要度	適した保全方式
主 ポ ン プ	渦巻ポンプ	ケーシング	A	CBM (塗装はPBM)
		インペラ	A	CBM
		ライナリング	A	CBM
		主軸	A	CBM
		パッキンスリーブ	A	CBM
		軸受 (ころがり軸受)	A	CBM又はTBM※ ¹
		軸封部 (グランドパッキン)	A	CBM
		軸封部 (無給水軸封装置(メカニカルシール等))	A	TBM
	横軸軸流 (又は斜流) ポンプ (チューブラポンプは 横軸軸流 (又は斜流) ポンプに準じる)	ケーシング	A	CBM (塗装はPBM)
		インペラ	A	CBM
		ライナリング	A	CBM
		主軸	A	CBM
		水中軸受	A	TBM

機器名称	形式	部品名称	部位の重要度	適した保全方式
		水中軸受スリーブ	A	T B M
		外側軸受（ころがり軸受）	A	C B M又はT B M※1
		軸封部（グランドパッキン）	A	C B M
		軸封部（無給水軸封装置（メカニカルシール等））	A	T B M
		パッキンスリーブ	A	C B M
	立軸軸流（又は斜流）ポンプ	ケーシング	A	T B M（塗装はP B M）
		インペラ	A	T B M
		主軸	A	T B M
		水中軸受	A	T B M
		水中軸受スリーブ	A	T B M
		ケーシングライナ	A	T B M
		軸受箱	A	T B M
		外側軸受（ころがり軸受）	A	T B M
		軸封部（グランドパッキン）	A	C B M
	軸封部（無給水軸封装置（メカニカルシール等））	A	T B M	
パッキンスリーブ	A	T B M		
主原動機	かご形誘導電動機	フレーム	A	T B M
		固定子部（コア、コイル、コイルエンド）	A	T B M
		回転子部（コア、コイル）	A	T B M
		主軸	A	T B M
		軸受（ころがり軸受）	A	C B M又はT B M※1
		すべり軸受	A	T B M
		オイルリング	A	T B M
		スペースヒータ	B	T B M
		リード線	A	T B M
主原動機	巻線形誘導電動機	フレーム	A	T B M
		固定子部（コア、コイル、コイルエンド）	A	T B M
		回転子部（コア、コイル）	A	T B M
		主軸	A	T B M
		軸受（ころがり軸受）	A	C B M又はT B M※1
		すべり軸受	A	T B M
		オイルリング	A	T B M
		スペースヒータ	B	T B M
		スリップリング	A	T B M
		ブラシ	A	T B M
		リード線	A	T B M
	ディーゼル機関	ピストン	A	T B M
		シリンダヘッド	A	T B M
		クランク軸	A	T B M
		接続棒	A	T B M
		主軸受メタル他	A	T B M
		過給機部	A	C B M
		潤滑油プライミングポンプ	A	T B M
		潤滑油ポンプ	A	C B M
		潤滑油クーラ	A	C B M
		燃料噴射ポンプ	A	C B M
		燃料噴射弁	A	T B M
		調速装置	A	T B M

機器名称	形式	部品名称	部位の重要度	適した保全方式
		内部冷却水ポンプ	A	TBM
		清水クーラ	A	CBM
		始動弁	A	CBM
		分配弁	A	TBM
		塞止弁	A	TBM
		セルモータ	A	CBM
動力伝達装置	減速機	ケース	A	TBM
		歯車	A	TBM
		主軸	A	TBM
		軸受（ころがり軸受）	A	CBM又はTBM ^{※1}

TBM：時間計画保全（信頼性による修繕、取替の標準年数が経過した時点で詳細点検又は分解整備等を実施。）

CBM：状態監視保全

PBM：通常事後保全

※1：軸受部の温度上昇、振動、異常音などを直接計測できる軸受（ころがり軸受）はCBMとするが、運転時間の長い用水ポンプや常時排水ポンプなどの軸受で、交換部品の入手期間が長い場合はTBMも併用する

注）補機設備（給水、満水、燃料、始動、潤滑油系統の機器等）のうち、共通補機（設計基準参照）で予備機を設けている場合は、PBMとする。

3）使用条件と使用環境の検討

ポンプ設備の寿命は、設備の使用条件（使用頻度による摩耗部の消耗度合や、疲労度合の相違）や使用環境（水質、大気条件等）に影響されるため、これらを考慮し、点検・整備の内容や周期に重みを付けるなど、現場条件にあった対応が必要である。

1. 4 ポンプの性能低下

ポンプ設備を構成する機器・部品等は回転により発熱する部位と水に接触する部位等を有しており、使用時間とともに摩耗や腐食等の劣化の進行により故障が発生し、やがては設備全体の性能が低下する。

【解説】

(1) ポンプ設備の劣化と故障

用水ポンプ設備は、かんがい用水等の必要量を確実に、かつ効率的に送水する設備である。用水ポンプ設備の維持管理が不十分である場合、劣化の度合いが許容範囲を超え、必要なときにポンプが稼働しないおそれがあるのみならず、突発的な故障等によりポンプが停止し、営農に重大な影響を及ぼすおそれがあるため、適切な点検整備、保全を含めた機能保全計画をたてて設備・機器の機能を常に良好な状態に維持しなければならない。

また、排水ポンプ設備は、洪水時の内水排除等を機械排水で行う重要な設備であり、万一設備の機能が損なわれた場合には、湛水による農地や農作物の被害以外に地区内の住居等への被害も生じることとなり、その影響は極めて大きい。従って、排水ポンプ設備においても、適切な点検整備、保全を含めた機能保全計画をたてて設備・機器の機能を常に良好な状態に維持しなければならない。

設備を構成する機器等は、一般的に使用時間の経過とともに、初期故障が多発する時期（初期故障期）、発生率が比較的 low 安定して推移する時期（偶発故障期）、部品が摩耗して再び故障が多発する時期（摩耗故障期）の順に推移する。このような過程を横軸に使用時間、縦軸に故障率をとって示したものを故障率曲線（バスタブカーブ）という（図1-19）。バスタブカーブは、各段階における故障率の傾向を概念的に表したものであり、設備自体の劣化傾向を示しているものではないことに留意が必要である。また、故障率及び信頼度と経過年との関係を図1-20に示す。

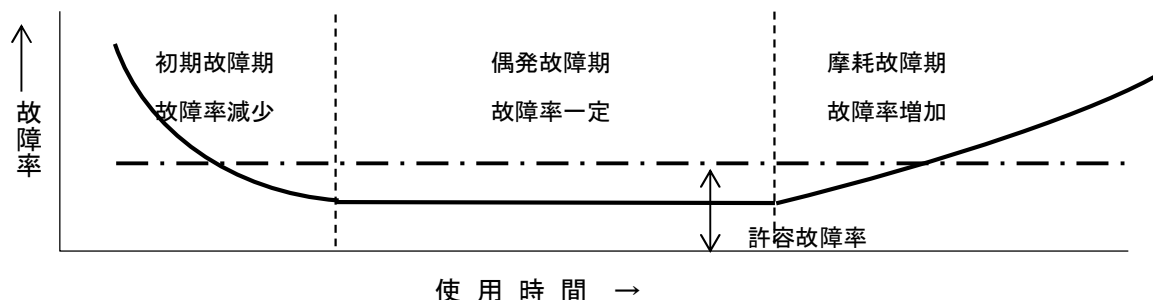


図1-19 使用時間と発生する故障の関係

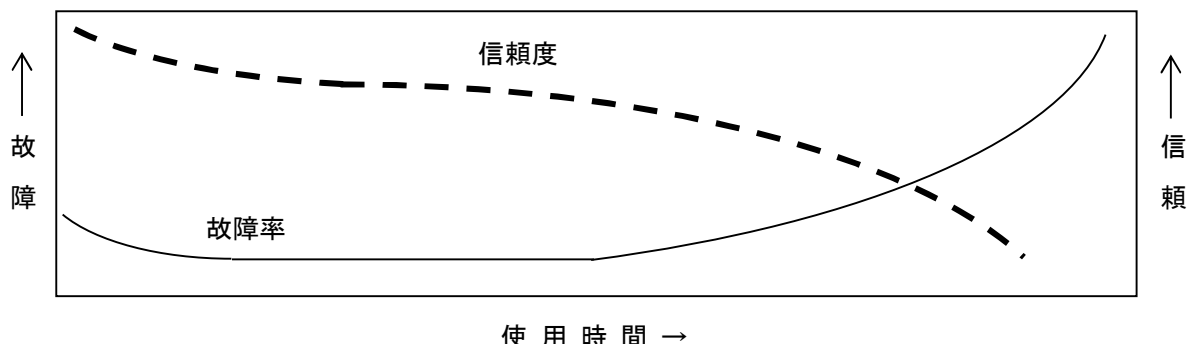


図1-20 故障率、信頼度と経過年の関係

(2) ポンプ設備の劣化特性

ポンプ設備の劣化特性は、代表的な部位ごとに次のように整理される。

1) 経年劣化型

インペラ、ライナリング、スリーブに発生する摩耗や腐食に代表される劣化特性で、材料特性や水質等に影響される。

2) 脆化型

電動機の絶縁抵抗の低下のような劣化特性で、材料の性状変化に起因する。

3) 突発型

セラミック軸受の破損など過負荷や衝撃等により突然発生する損傷を指し、予見は難しい。

(3) ポンプ設備の変状要因と現象

1) 変状要因

ポンプ設備の変状要因には、機械的、熱的、電氣的、環境、複合的要因がある。

変状要因別の代表的変状現象を次に示す。

①機械的要因

疲労破壊の原因である機械的応力、振動等が中心で、これら外的な機械力以外に熱膨張係数の相違による熱ひずみ力等から誘発される。

②熱的要因

化学反応を促進する温度上昇は、素材の劣化の速度を増大し、寿命を短縮する最も一般的な変状要因である。

③電氣的要因

機器素材が電気化学反応による腐食に起因するもので、電気絶縁の低下、熱、機械、化学的な劣化等各種の劣化の原因となる。

④環境要因

自然環境下で強い紫外線の照射により劣化が促進されたり、反応性物質、吸湿による加水分解、微生物による腐食等がある。

⑤複合的要因

一般に、上記各要因が複合して作用する場合が多い。

2) 変状現象

変状現象とその原因を次に示す。

①摩耗

過大荷重、過大振動、相対滑り、異物混入、異物付着、変形、発錆、潤滑不良

②腐食

(a)エロージョン

材料硬さ（硬さ異常）、流速、周速、キャビテーション

(b)全面腐食

使用環境（水分、塩分等）、防錆低下

(c)部分腐食

使用環境（水分、塩分等）、鋭敏化、（オーステナイト系ステンレス鋼の溶接時における組織変化）、デボジットスケール（付着した腐食生成物等）

- (d) 電食
 - 使用環境（水分、塩分、異種金属接触等）
- (e) 環境
 - 紫外線、オゾン、塵埃
- ③変形（歪み、へたり）
 - 温度不均一、材料劣化
- ④緩み・剥離（脱落、移動）
 - 摩耗、腐食
- ⑤焼損（焼付き）
 - 異物混入、保全不良、潤滑不良（潤滑切れ、圧力不足、潤滑剤の不適・劣化）
- ⑥亀裂・破壊（破損）
 - (a) 脆性亀裂・破壊
 - 過大応力、残留応力
 - (b) 延性亀裂・破壊
 - 過大応力
 - (c) 疲労亀裂・破壊
 - 過大繰り返し応力、残留応力、使用雰囲気
 - (d) 応力腐食亀裂・破壊
 - 残留応力、使用雰囲気、隙間腐食、鋭敏化
 - (e) 加工亀裂・破壊
 - 繰り返し応力
 - 紫外線、オゾン、塵埃
- ⑦漏洩
 - 取扱い不良、材料劣化、異物混入、摩耗、腐食、亀裂
- ⑧詰まり・付着
 - 保全不良、液体の仕様不良、取付け不良、機構不良（フィルタ）、異物混入、異物付着
- ⑨振動・騒音
 - (a) 流体的原因
 - 流速分布の不均一、圧力脈動、キャビテーション、カルマン渦、空気吸込み渦、水中渦、空気吸込み、サージング、水撃作用、目詰り
 - (b) 機械的原因
 - 組立不良（芯出し不良、バランス不良、締付け力不足、歯当り不良）、構造・剛性不良（配管反力・モーメント、サポート不良）、異物混入、潤滑不良、危険速度、自励振動、共振、変形、摩耗、基礎・支持台の不良又は劣化、トルク変動（欠相時）、負荷側の不平衡、断線電圧の不平衡、ブラシの接触不良、二次回路の不平衡
- ⑩作動不良
 - (a) 開動作不良
 - コンタミネーション（汚染物、異物の混入）、スティック（カジリ、キズ発生等）、流体圧力異常、駆動装置不良、機構部破損
 - (b) 閉動作不良

弁座の傷、コンタミネーション、スティック、流体圧力異常、駆動装置不良、機構部破損

(c)機械的不良

駆動装置不良、機構部破損

⑪ディーゼル機関始動・作動不良

始動装置不良、燃料ポンプ不良、燃料切れ（燃料劣化）、始動空気圧不足、軸受焼損、吸排気弁不良、シリンダ・ピストン焼損、燃料噴射ポンプ不良、燃料・吸気フィルタ目詰り、排気管・消音器詰り

⑫溶断・断線

過熱、配線不良、締付け不良、不完全投入、過負荷、異常電圧、短絡絶縁破壊、異常電圧、機械的破壊、汚損

⑬接点不良

異常消耗、過負荷、開閉頻度多、チャタリング（リレー接点等が切り替わった直後にばたついて、信号が入・切を繰り返す現象）、腐食性ガス、汚損、接触不良、組立不良、機構部破損、接点脱落、コイル断線、吸引不良、汚損、発錆、異物混入、保全不良、溶着、過熱、過負荷、突入電流大、炭化物付着、接触面荒れ、摩耗

⑭絶縁不良（短絡、漏電）

絶縁低下、汚損、吸湿、焼損、保全不良、絶縁劣化（絶縁物の劣化・亀裂）、振動

⑮電動機始動・作動不良

電源不良（電圧、周波数異常）、断線接続不良、回転子不良、過負荷

⑯塗膜劣化

塗膜の劣化により防食性能や美観保持機能が損なわれる場合があるが、ポンプ設備の機能や性能への影響は少ない。

変状要因別の調査手順及び対策については、「わかりやすい土地改良施設管理入門 用水ポンプ編、排水ポンプ編」等を参照。

3) 変状要因と現象の例

次にポンプ設備の主な装置・機器の変状要因と現象の例を示す。

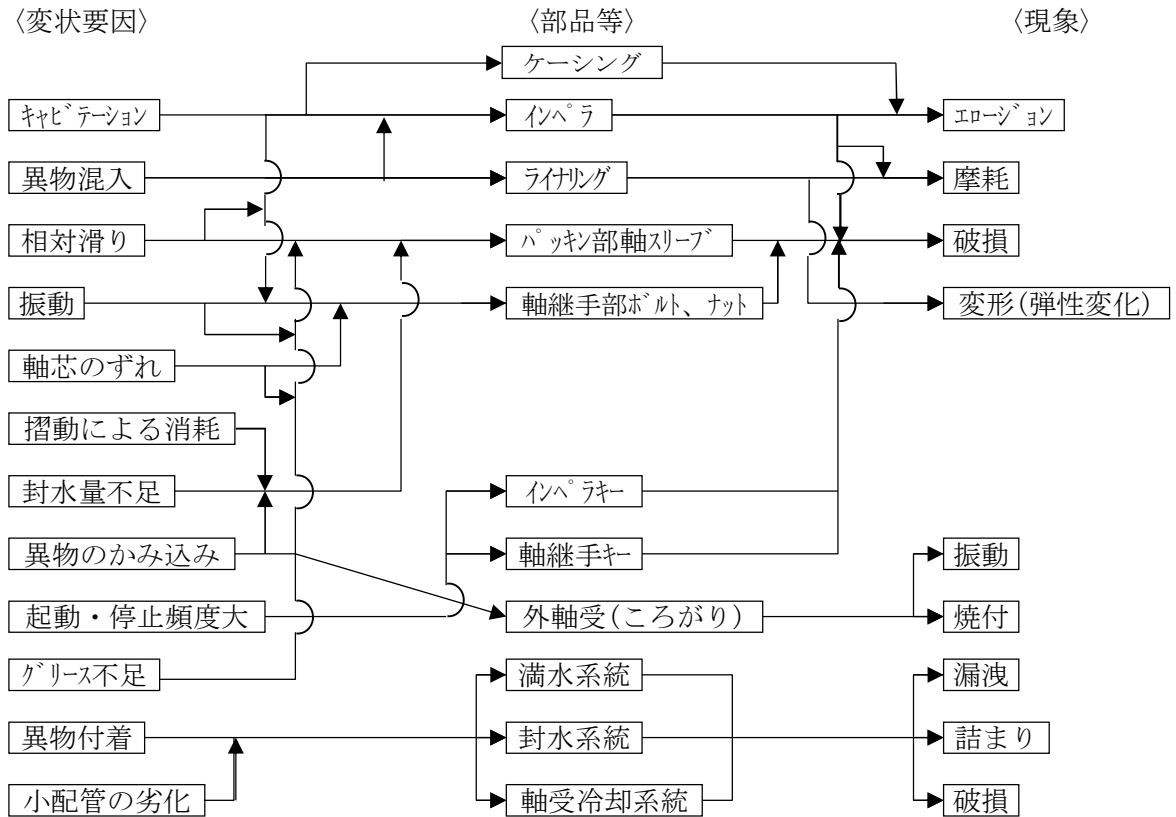


図1-21 両吸込渦巻ポンプの変状例

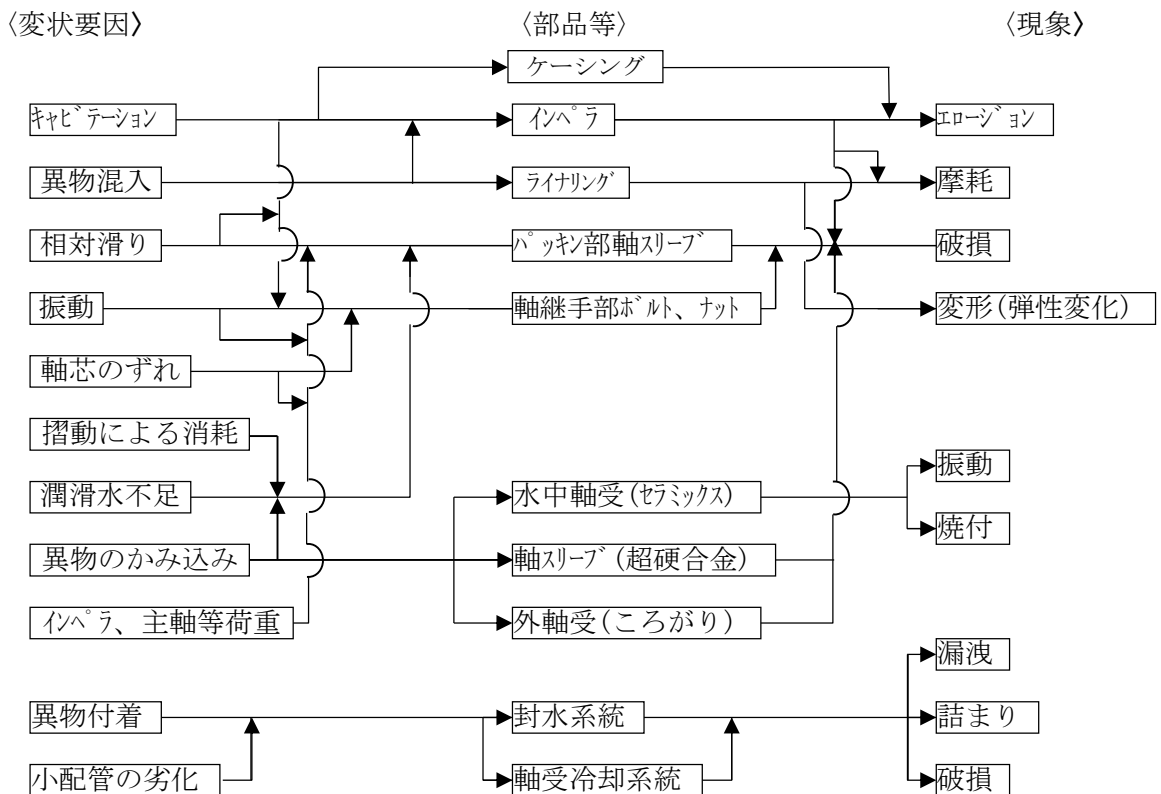


図1-22 立軸軸流・斜流ポンプの変状例

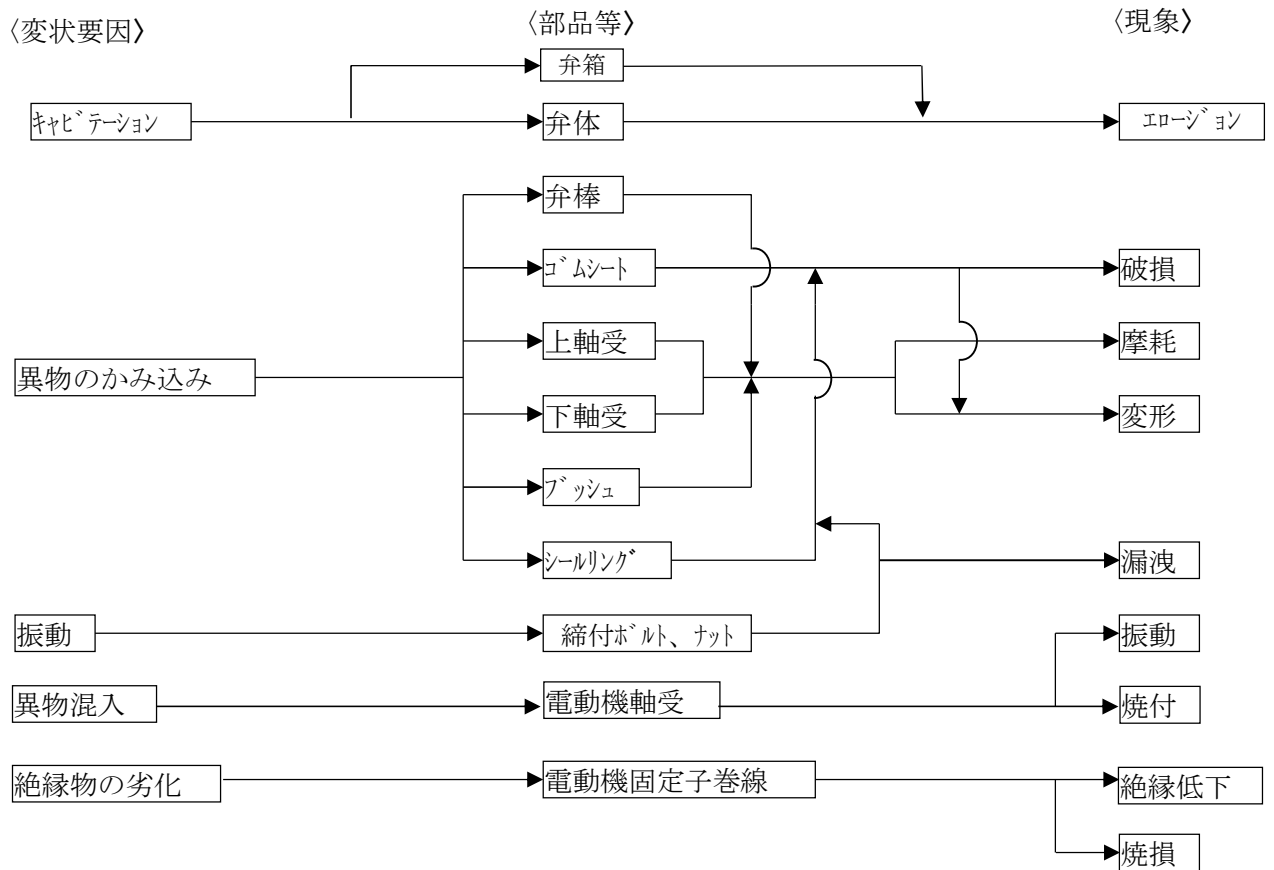


図1-23 電動バタフライ弁の変状例

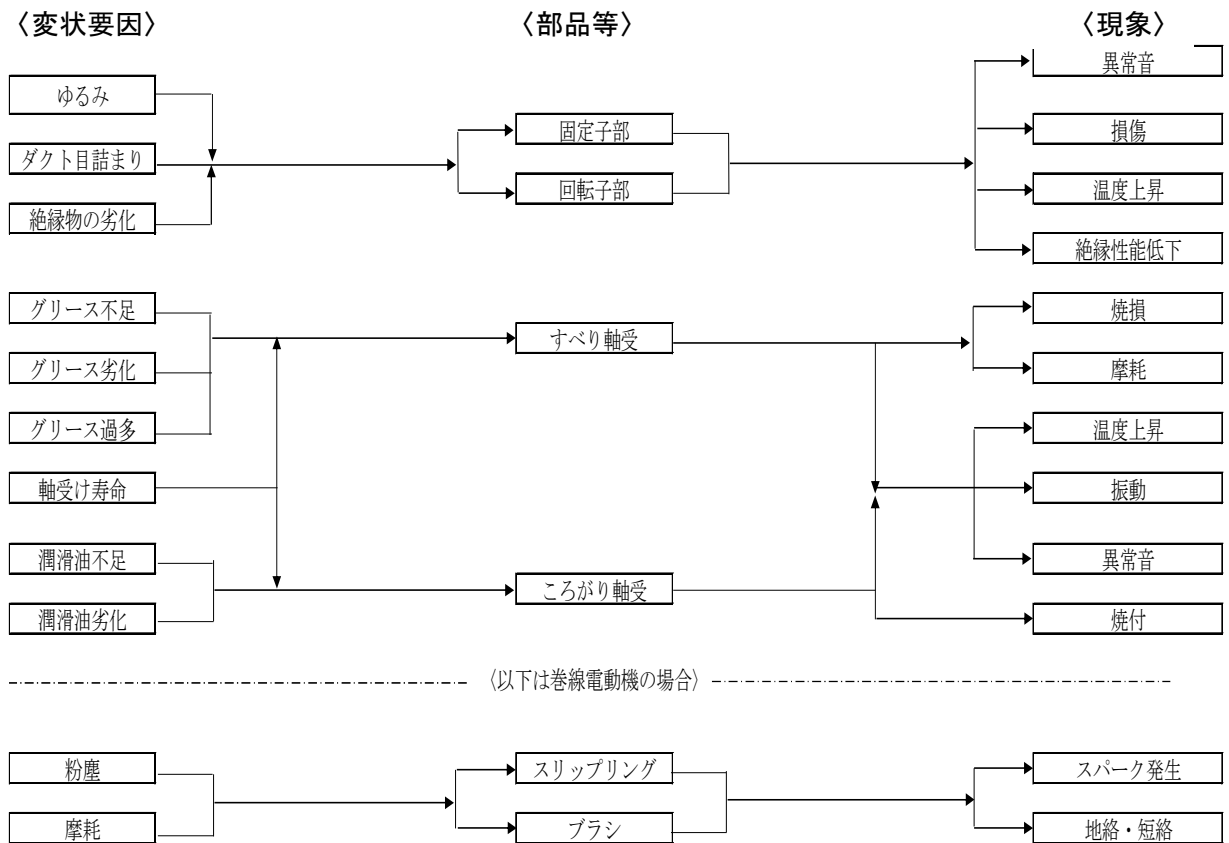


図1-24 電動機主要部の変状例

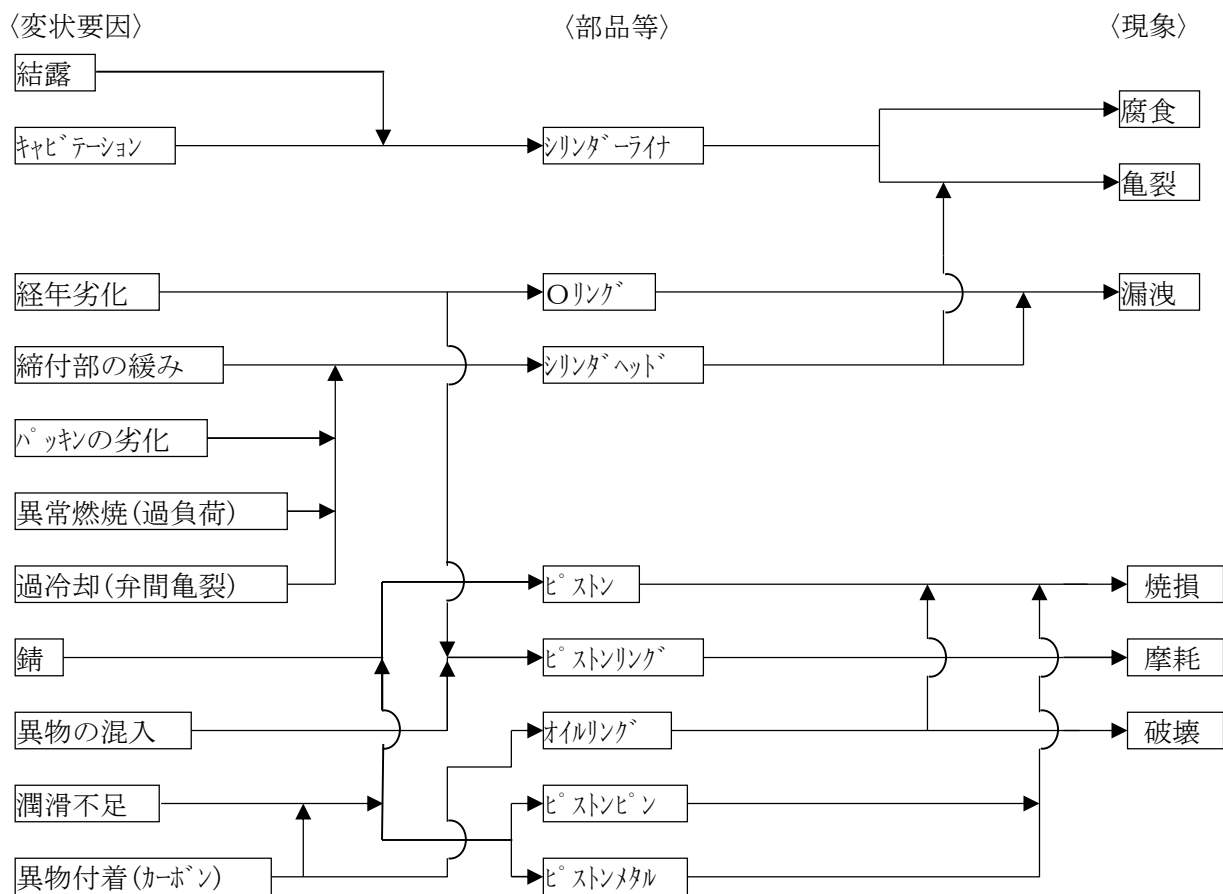


図1-25 ディーゼル機関主要部の変状例

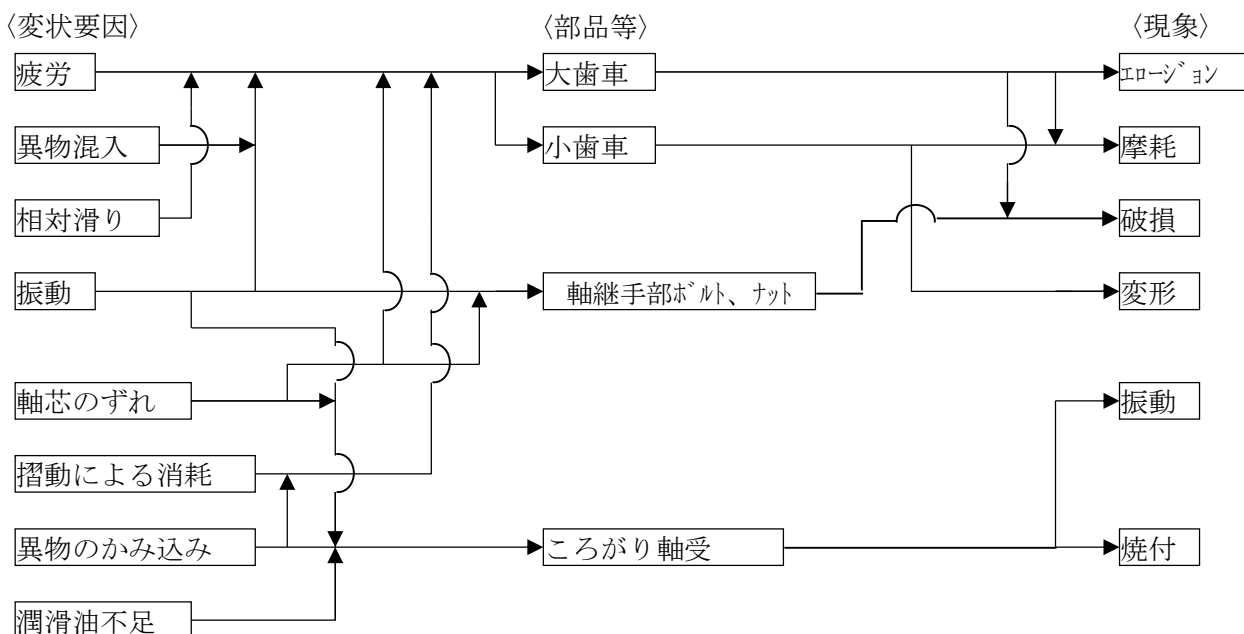


図1-26 平行軸（又は直交軸）歯車減速機の変状例

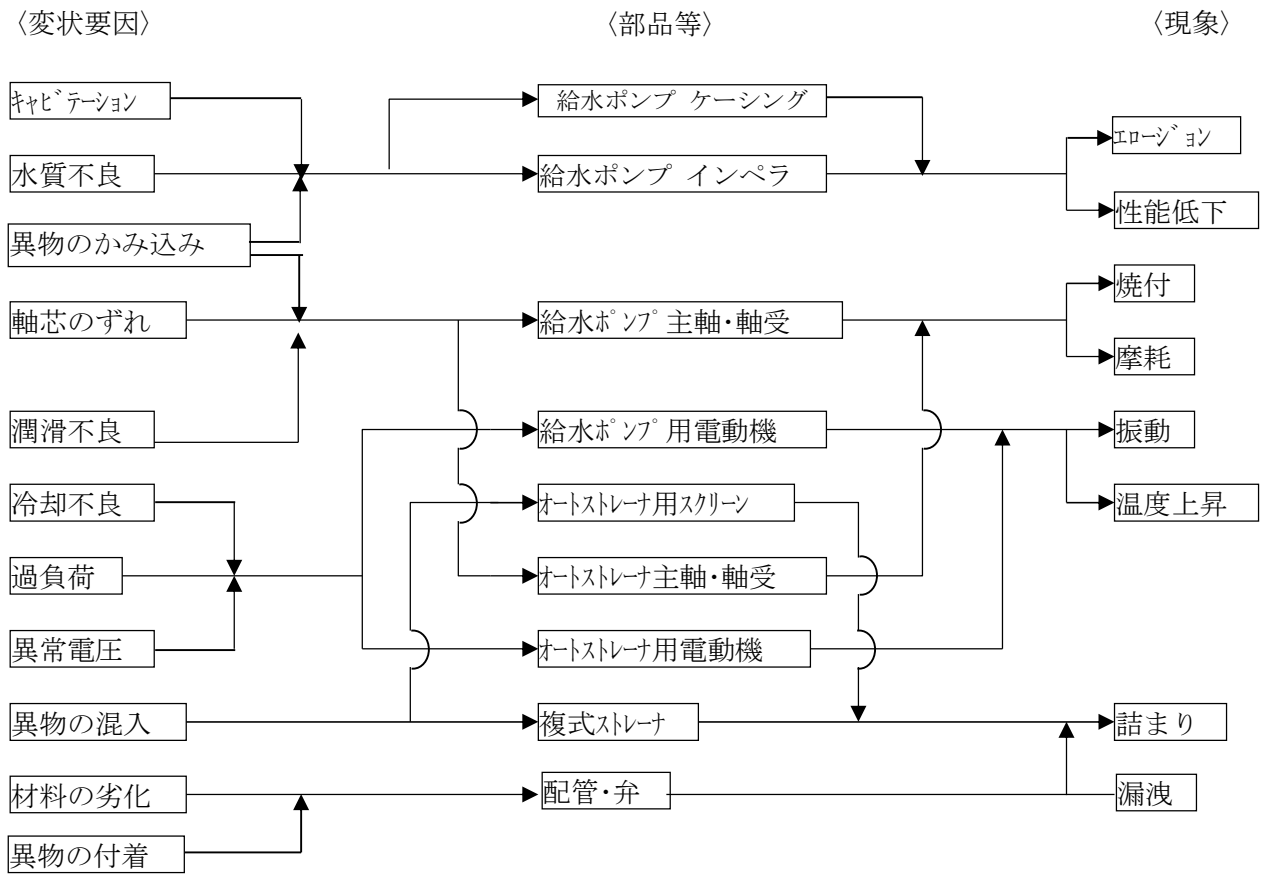


図1-27 補機設備：給水系統の変状例

1. 5 ポンプ設備の機能保全の流れ

ポンプ設備における機能保全は、日常点検に始まり、機能診断調査、機能診断評価を経て、保全対策や点検・整備計画等を含んだ機能保全計画を策定し、リスク管理や農業水利システム全体の視点を考慮しつつ同計画に基づき機能保全対策の実施、再び日常点検、機能診断のサイクルを段階的・継続的に実施するものである。

【解説】

ポンプ設備における機能保全計画策定までの、機能保全の実施手順を図1-28に示す。

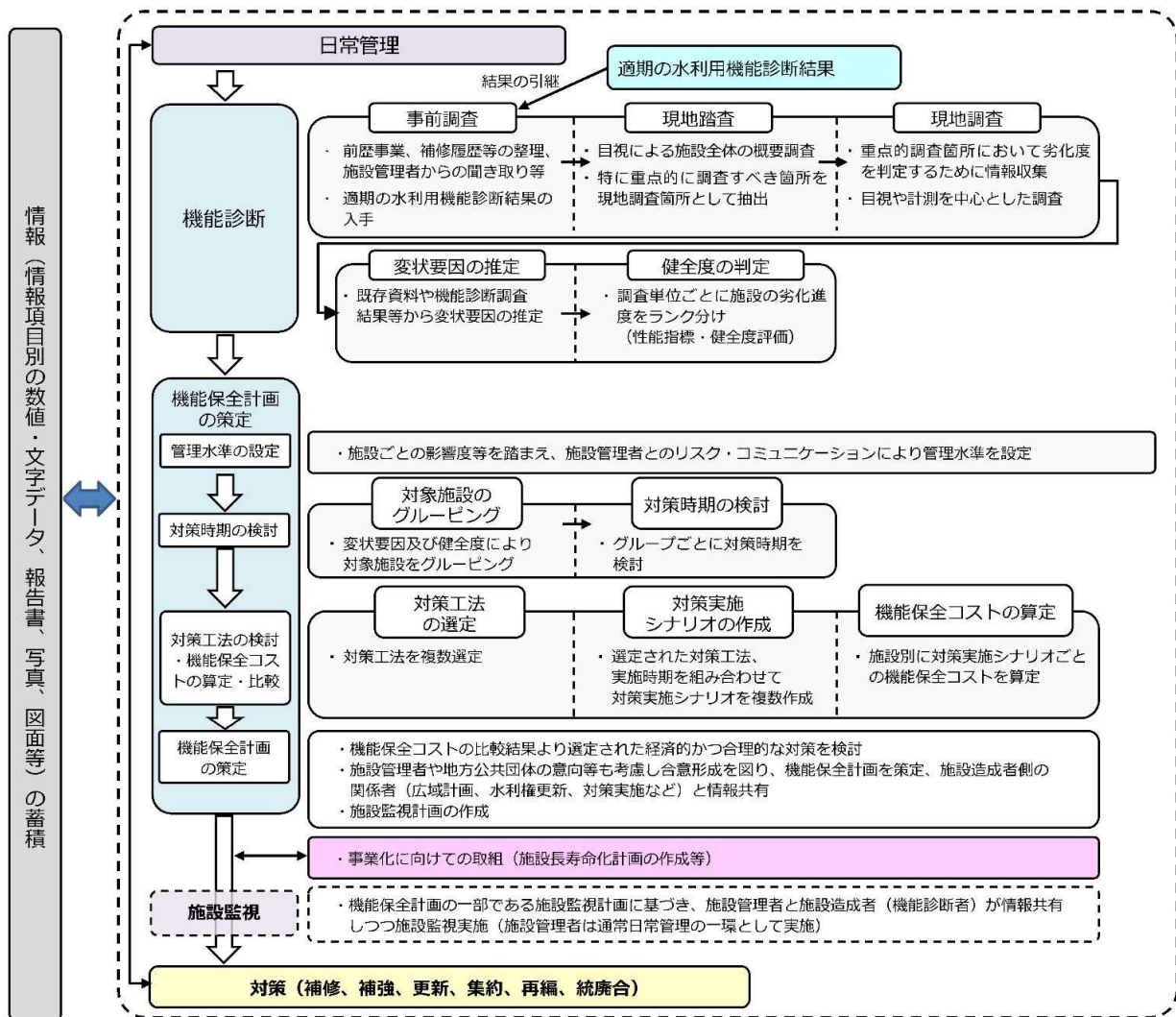


図1-28 機能保全の実施手順

第2章 日常管理

施設管理者は、日常管理（施設監視を含む。）を通じて常に施設を良好な状態に保つことが重要である。日常管理における点検や整備については、土地改良施設管理基準等によるほか、農業水利システム全体の視点も踏まえて行うものとし、運転記録、事故、点検、整備等の履歴を適切に整理し、保管管理する必要がある。定期的な機能診断の結果、特に留意すべき点検項目を設定し、機能保全計画等も踏まえた日常管理を行う必要がある。

また、機能診断を行った際には、調査に当たった専門的知見を有する技術者から日常管理の中で留意すべき事項について助言を受けておくことが望ましい。

【解説】

（1）日常管理の重要性

構造物や周辺状態の巡回目視、設備の運転操作時等における点検及び日常的な範囲で処置できる軽微な補修等が適切に行われることが、施設の信頼性や安全性の確保だけでなく、施設の長寿命化に直接影響を与える。このため、施設管理者は施設の良好な状態を維持できるよう、施設の機能が停止した場合の農業面と農業以外の面（施設周辺環境等）に与える影響や機能診断結果（健全度）等を踏まえ日常管理（この一環として実施する施設監視と対策の実施を含む。）を適切に行う必要がある。

特に、施設機械設備は、構成部品の一部に異常が発生した段階で設備全体の機能停止に至る場合があるので、施設の種類や特性に応じて、適切に点検し、整備を行う必要がある。なお、部品供給の停止等により、機能保全が困難となる場合があることにも留意する。

日常管理においては、通常時の状況と異なる現象が生じていないかを常に意識しつつ、運転操作や点検に臨む必要がある。具体的には、

- ・施設の構造の変状はないか（変形、沈下、変色、異音、異臭等）
- ・通水性などの施設機能に異常はないか（水位変動、水撃圧、キャビテーション等）
- ・周辺環境に変化は生じていないか（地盤沈下、倒木、湛水等）
- ・利用者や周辺住民等からの苦情等はないか

等に留意する。

（2）日常管理の手順、記録方法

ポンプ設備の日常点検は、日毎又は1か月未満のサイクルで行うこととし、設備の機能状態について目視、指触、聴音などにより判断し、点検・整備結果を所定のチェックシート（次頁参照）に記録・保管する。

また、聴診調査の精度向上を図るため、日頃の施設管理者による期別の運転音の録音データの蓄積が望ましい。

施設の点検の項目等については、「土地改良施設管理基準」（用水機場編、排水機場編）を踏まえるとともに、全国土地改良事業団体連合会の「わかりやすい土地改良施設管理入門」（用水ポンプ編、排水ポンプ編）等を参考に、地区の状況に応じて適切に対応するものとする。

表2-1 日常点検（チェックシート） 横軸両吸込渦巻ポンプの例

主技術者		点検者		西暦	年	月	日	(曜)
				天候	気温			

区分	項目	点検内容	点検方法	判断の基準	整備内容	特記事項	点検結果		
							1号	2号	3号
始動前	全体	吸水槽水位	水位	目視(水位計)	水位が規定以上あること。	水位の上昇を待つ。			
		主ポンプ本体	外観	目視	異常が見られないこと。	汚れ、塗装のハガレ、錆、割れ、グリース漏れ等異常の有無を確	ボルト、ナットの弛みの確認も含む。		
		主電動機本体	外観	目視	異常が見られないこと。	認補修する。			
始動	真空ポンプ	ポンプ本体	振動	指触	異常が認められないこと。	異常があれば原因調査する。			
		含軸受部、グラント部	異常音	聴音	異常が認められないこと。	異常があれば原因調査する。			
			温度	指触	異常が認められないこと。	異常があれば原因調査する。			
			グラントパッキン	目視	異常な漏水がないこと。	異常があれば原因調査する。			
		電動機	過負荷	目視(電流計)	規定の電流値であること。	異常があれば原因調査する。			
		満水系統	満水確認	目視(満水検知器)	通常の時間で満水になること。	通常の時間より大幅に時間がかかる時は原因を調査する。	押込の場合、本項は除外となる。		
運	主ポンプ	吸水槽水位	水位	目視(水位計)	水位が規定以上であること。	水位が規定以下になる場合、一端停止して水位の上昇を待つ。			
		ポンプ本体	振動	指触	異常な振動や騒音がないこと。	異常の場合は、原因を調査し整備する。	面振れ、芯振れを調べる。		
			異常音	聴音					
		圧力計	指示値	目視	通常の指示に比べて異常がないこと。	計器類が正常か確認する。	計器に指示値マークしておく。点検する時のみコックをあげる。		
		真空計	指示値	目視					
		ころがり軸受	温度	指触(温度計)	手で触れられること。(周囲温度+40℃以下であること)	異常高温の場合は原因を調査し整備する。	面振れ、芯振れ、グリースの量が適正か、グリースの劣化などを調べる。		
		グラント部	振動	指触	異常な振動や騒音がないこと。				
			異常音	聴音					
			グリース漏れ	目視	グリース漏れがないこと。	グリースの入れすぎ、または軸封部を調査する。			
			封水量	目視	常に少量の水が漏れていること。	漏水が多い時は、グラント調整する。漏水が少ない時は、封水系を調査し、場合によってはグラントパッキンを交換する。			
		温度	指触	手で触れられる程度の温度であること。					
	三相誘導電動機	電源状態	電圧	目視(電圧計)	電圧変動は定格値の±10%以内で各相のバランスがとれていること。	異常の場合、運転を中止し、原因調査すること。			
			電流	目視(電流計)	電流は定格値以下で各相のバランスがとれていること。				
		電動機本体(運転状況)	振動	指触(振動計)	運転中に異常な振動がないこと。	異常の場合、運転を中止し、原因調査すること。			
			異音	聴音	運転中に異常な音や、焦げくさい臭気などがでないこと。	異常の場合、運転を中止し、原因調査すること。			
異臭			嗅覚						
温度(フレーム)			指触(温度計)	通常運転に比べて大幅な変化がないこと。(周囲温度+40℃以下であること。)	異常の場合、運転を中止し、原因調査すること。				
本体外周部		通風状態	目視(温度計)	換気孔、フィルターなどの目詰まりがないこと。	清掃(空気吹き抜け、水洗など)する。	1週ごと			
軸受回り(ころがり軸受)		振動	指触	運転中に異常な振動や音がしないこと。	異常の場合、運転を中止し、原因調査すること。				
		異常音	聴音						
	軸受温度	指触(温度計)	通常運転に比べて大幅な変化がないこと。(周囲温度+40℃以下であること。)	グリースの過不足、劣化の調査をする。軸受損傷が考えられる場合は、原因調査する。					
	グリース漏れ	目視	グリースの漏れがないこと。	グリースの入れすぎ、または軸封部を調査する。					
中	封水(水中ポンプ)	水中ポンプ	吐出圧	目視(圧力計)	規定の圧力があること。	異常があれば、原因調査する。			
		水中電動機	過負荷	目視(電流計)	規定の電流値であること。	異常があれば、原因調査する。			
	電源スライシ弁(パタフライシ弁)	グラント部	漏水(弁箱貫通シール部)	目視	漏水がないこと。(ただし、少量は可)	パッキン押えを平均に増締め、またはパッキンを取替え、弁棒の摩耗などの保護をする。			
		電動機	過負荷	目視(電流計)	規定の電流値であること。	異常があれば、原因調査する。			
逆止め弁	全般	漏水	目視	漏水がないこと。	増締め、またはパッキンを交換する。				
	弁体動作	摩耗・損傷	聴音	旧来に比べ、弁閉鎖音が大きくないこと。	弁体・弁座の摩耗、損傷、カタツキを調査する。				
	軸シール	漏水(弁箱貫通部)	目視	漏水がないこと。	増締め、またはシールを交換する。				

(注) 作業記号 良好 レ 調整 A 分解 W 交換 X 測定 M 異常 T 検査 K 未点検 /

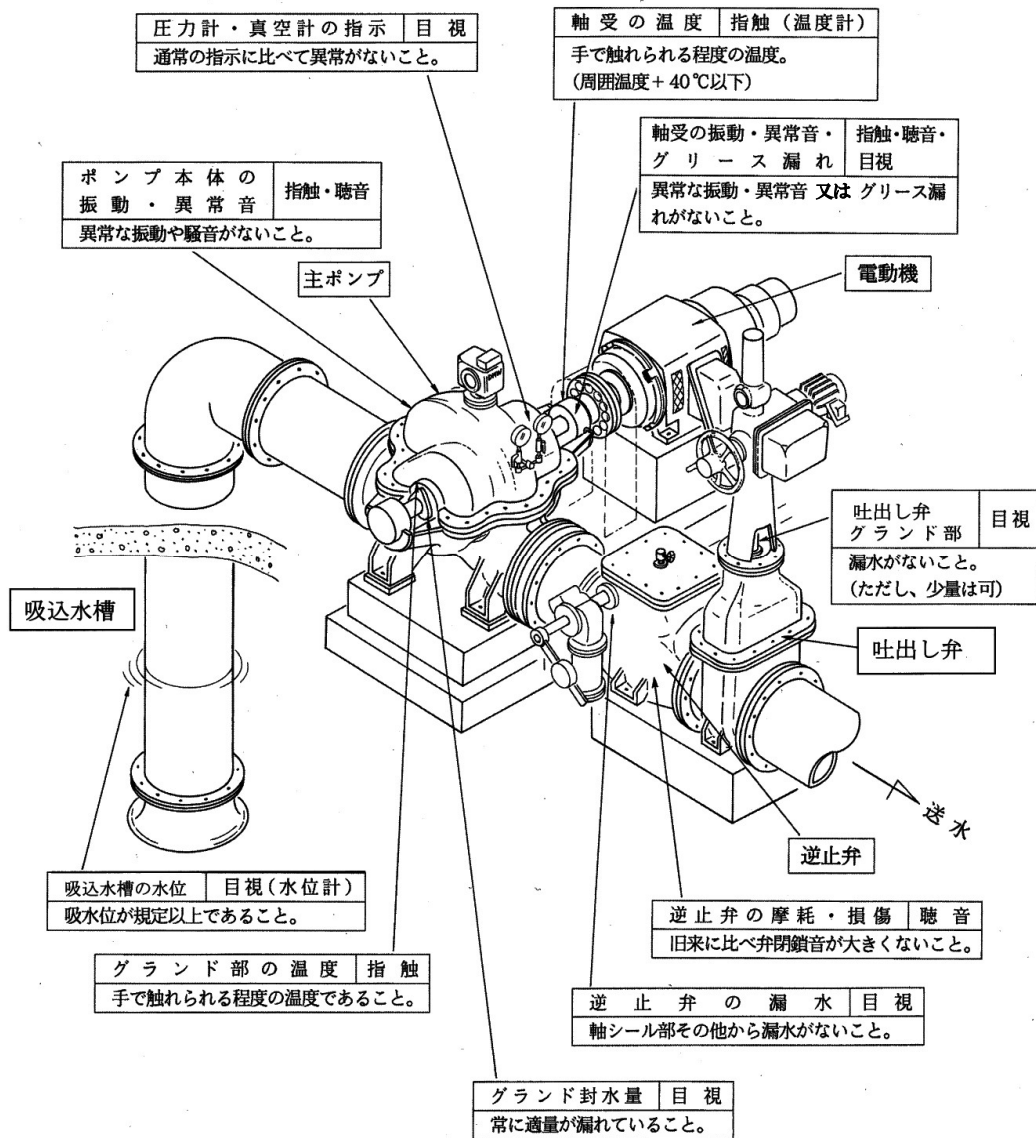


図2-1 主ポンプ回りの日常点検（運転中）作業（用水・横軸両吸込渦巻ポンプ）
 ※排水ポンプについては、「わかりやすい土地改良施設管理入門」（排水ポンプ編）を参照。

(3) 排水機場の日常管理

排水機場の洪水時排水ポンプは、通常時においては待機状態のため、異常や不具合の発見が困難であることから、長期休止による機能劣化を防ぐため、定期的な管理運転が不可欠である。

管理運転は、実負荷運転又はそれに近い状態での総合的な運転を行い、確実な運転確保、機器の機能保持、運転操作員の習熟度向上を目的として行うものであり、排水ポンプの運転状況を踏まえ、半年に1回程度の実施が望ましい。

また、管理運転は定格排水量に近い全負荷状態での総合運転（全水量運転方式）が望ましい。運転方式としては、本川利用循環方式、自然流下ゲート利用循環方式、バイパス水路循環方式、戻り配管循環方式等があり、排水機場の立地条件を勘案し適切な方式を選定する。

各方式の施設の配置例を図2-2、2-3に示す。

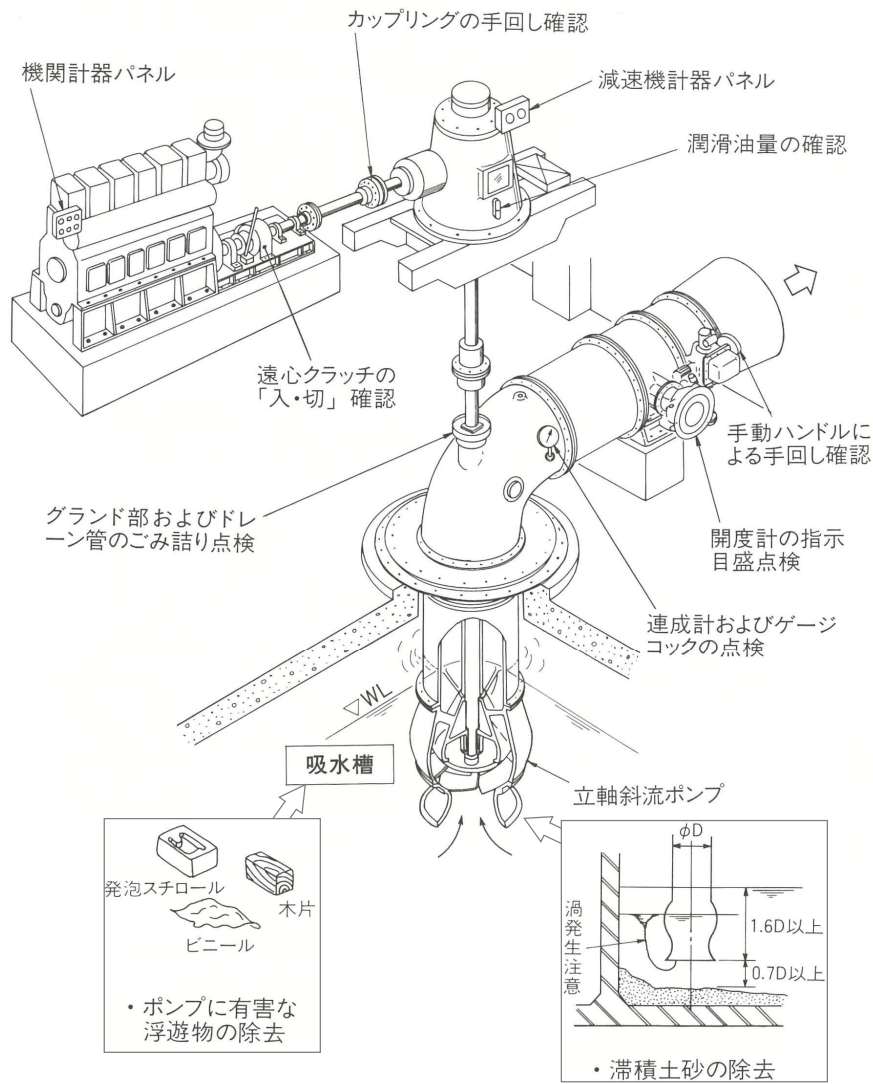


図2-2 主ポンプ回りの日常点検（運転中）作業（排水・立軸斜流ポンプ）

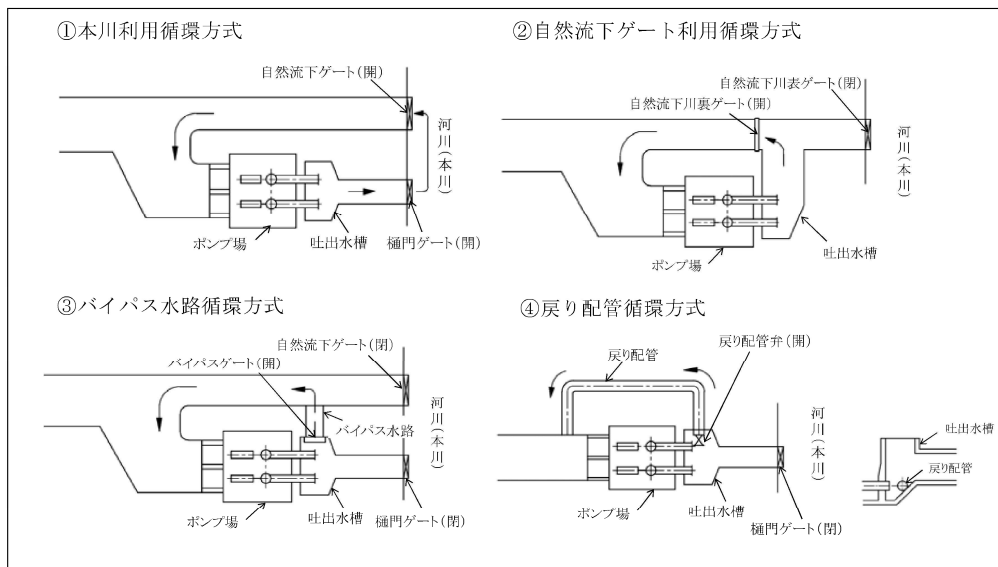


図2-3 管理運転の施設配置例（全水量運転方式）

(4) 日常管理に関する情報の蓄積

ポンプの稼働状況などの運転記録、操作記録、日常管理における点検、整備のデータは、変状の発見や次回以降の点検・整備に役立つばかりでなく、定期的に行う機能診断時の基礎的な情報として重要であるため、適切に整理し保管管理する。

また、大規模地震の発生など、施設に影響を与える偶発的な事象があった際には、定期的な点検や機能診断とは別に、施設の変状を把握し関係機関に報告するとともに、その結果を適切に記録する。

なお、施設管理の効率化・高度化を図るため、それらのデータについては電子化に努める。

第3章 機能診断調査

3. 1 基本的事項

機能診断調査は、事前調査、現地踏査及び現地調査によって対象施設の水利機能や構造機能の状態、劣化状況等を把握するとともに、その要因を特定してポンプ設備の性能レベル（健全度）を把握する目的で実施する。機能診断で実施する調査内容や手法の選定に当たっては、構成する機器毎の特性を踏まえ、調査の目的を明確にした上で、その目的に対応した最適な手段を選択する必要がある。

【解説】

(1) 機能診断調査の基本的な考え方

機能保全では、設備が適正な性能レベルで管理されているかを判断し、性能レベルの低下がみられる場合は、レベルの低下に応じた機能保全計画（点検・整備計画を含む）を立案する流れとなる。このうち、性能レベル（健全度）を把握する目的として機能診断調査を実施する。

（健全度については、4. 1 機能診断評価の視点 を参照）施設管理者が行う点検では要求性能を満たしているか否かを判定するのに対し、機能診断では、どの程度要求性能を満たしているか、あるいはどの程度性能が低下しているかを判定する。このため、定期点検が実施され履歴管理が確実に実行されており、事前調査により健全度が明らかに高い（S－5又はS－4相当）と判断できる場合などは、現地調査を省略してもよい。

また、調査を行う際は、調査の結果により判定できる事実がもたらすコスト削減やリスク回避といった価値と、調査に要する費用等が見合うものであるか、などの視点での検討も必要である。

なお、機能診断調査に係る情報は、一元化を図り農業水利ストック情報データベース等の情報システムに蓄積するとともに、調査に当たっては、これらを施設の状態を把握するための基礎情報として活用する。

(2) 機能診断調査の手順

ポンプ場の機能診断調査は、効率的に施設を把握する観点から以下の3段階を基本とし、ポンプ設備の構成要素毎の主要な劣化及び劣化特性を踏まえて、合理的に調査を実施する。詳細な流れは図3-1の機能診断調査の手順に示すとおりである。

- ① 資料収集や施設管理者からの聞き取りによる事前調査
- ② 設備の概況把握、仮設の必要性確認、現場の制約事項の確認等を行う現地踏査
- ③ 目視、計測等により定性的・定量的な調査を行う現地調査

1) 事前調査

事前調査は、現地調査の実施方法の検討を目的とし、農業水利ストック情報などのデータベース等の情報システムのデータ等の参照、設計図書、点検整備記録、管理・故障・補修履歴等の文献調査、施設管理者からの聞き取り調査等により、機能診断調査のための基本的情報を収集する。

2) 現地踏査

現地踏査は、技術的知見を持つ技術者が目視により対象施設を調査することで、劣化箇所

の位置、劣化の内容や程度、構造的に診断が不可能な箇所、現地調査に伴う仮設等の必要性などを概略把握し、現地調査の実施方法や調査範囲を具体的に検討することを目的とする。

3) 現地調査

現地調査は、事前調査及び現地踏査の結果から、設備の重要度や経済性を踏まえて効率的な調査計画を検討し、現地において定性的・定量的な調査や診断を実施する。診断には、五感による目視・聴音等や簡易計測等の簡易診断による定性的な概略診断調査と、必要に応じ詳細計測等を行う定量的な詳細診断調査の流れで調査を行う。

なお、詳細診断調査には簡易内部診断と分解整備時の診断がある。(3.4 現地調査 参照)

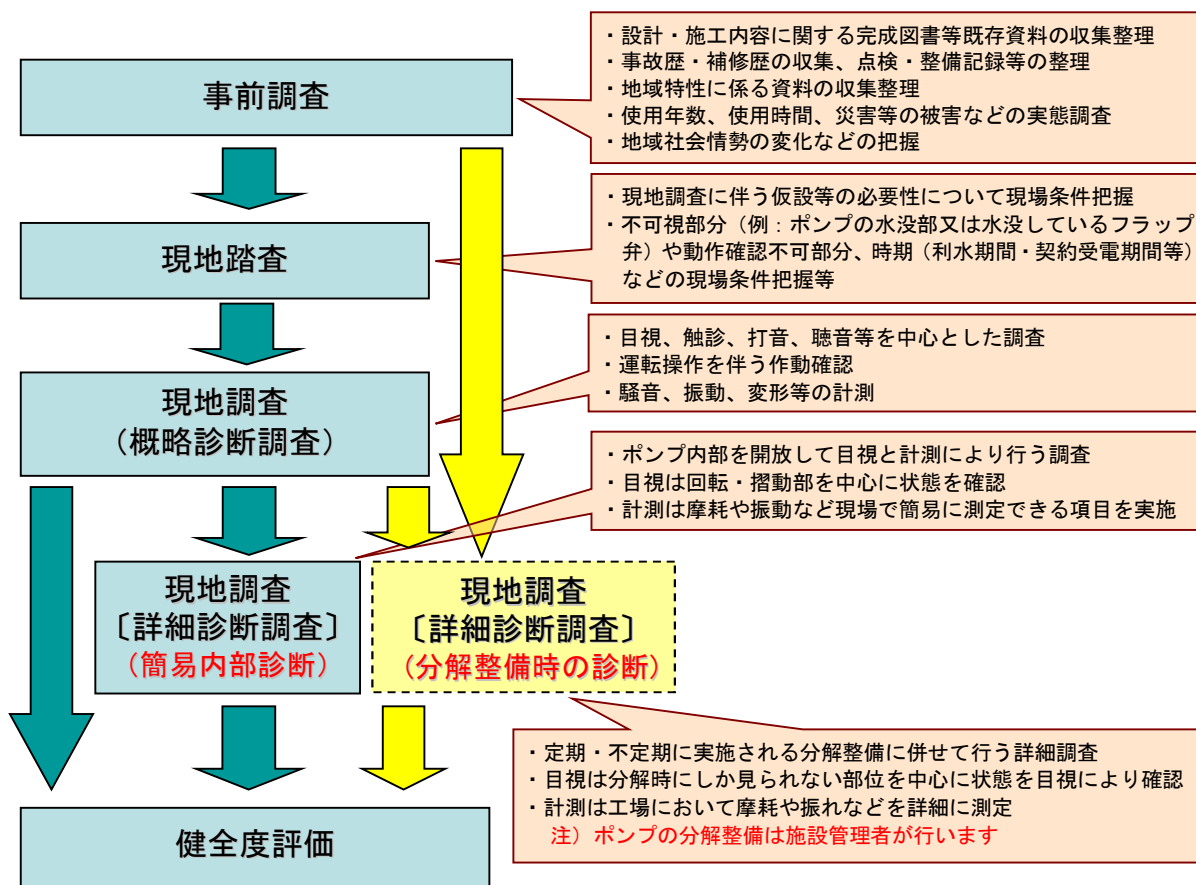


図3-1 機能診断調査の手順 (標準的な例)

【ポンプ設備の機能診断調査実施手順についての注意点】

ポンプ設備の機能診断を行う場合、下記の例のように様々なケースが考えられることから、実施計画を立てる際にどのような手順で行うのが合理的か、施設管理者に内容や調査時期について確認を行うことが不可欠です。

ケース1 事前調査の段階で施設管理者がポンプの分解整備を実施する予定があることがわかった場合

現地踏査や現地調査を省略して、分解整備に併せてポンプ内部の詳細な調査を行い、健全度を評価する。

ケース2 竣工後の経過年数が浅く(参考耐用年数の1/2未満)、概略診断の結果健全度が高い(S-5又はS-4相当)場合

簡易内部診断を省略して、概略診断結果と過去の点検記録等から改めて、健全度を評価する。

その他、比較的最近に分解整備を行った際の報告書がある場合や、概略診断の結果が比較的良好にも関わらず耐用年数を大幅に超過している場合などのケースでは、標準的な調査フローにとらわれずに施設の状況に応じた調査手順を作成することが必要です。

3. 2 事前調査

事前調査では、設備の状況や問題点等を把握するために、施設管理者から事前に既存資料収集や聞き取り調査等を行う。これにより、現地踏査における調査項目や留意事項を決定し、健全度評価や劣化対策等に必要となる情報を収集・整理する。

【解説】

(1) 既存資料の収集・整理

1) 設計、施工内容に関する既存資料の収集整理

設計、施工内容に関する調査では、施設管理者からポンプ場の設計図書（設計図、業務報告書）、完成図書（完成図、施工記録等）、施工方法、使用材料及び施工年月に関する資料、事業誌、工事誌及び用地関係の資料を可能な限り収集するとともに、必要に応じて、構造物の設計者及び施工者に対して聞き取り調査を行う。

特に、主ポンプのケーシング、ライナリング、インペラ、主軸スリーブ等の摩耗量の判定及び傾向管理による判定を行う場合、設置当初の計測値と対比する必要があることから、装置や機器の仕様・施工管理データを収録した当該設備の「完成図書」が必要となる。

また、設置後の運転記録（運転時間や計測機器の指示値及び故障データを含む）や今まで設備に対して実施してきた機器・部品の交換、補修等の状況を把握できる「故障履歴情報」「補修・整備履歴情報」「運転操作記録」「点検・整備時の計測記録情報」等を収集するものとし、施設管理者からこれらの情報の聞き取りを行い整理するものとする。

主な調査項目は次のとおりである。

①ポンプ場の名称、所在地、設計者及び施工者

この項目は調査対象の構造物の基本事項であり、必要に応じて設計者や施工者への聞き取り調査を行う。

②完成年月

設計図書、完成図書などから完成年月（施工時期）を調査する必要がある。変状現象は経年的に進行する場合もあることから、完成後の経過時間を把握することにより、変状要因の把握、今後の予測などを行う基礎的資料となる。

また、施工当時の各種基準、材料特性などを把握することができ、それにより劣化要因を推定することが可能となる場合もある。

③設計内容

設計図書（設計図、業務報告書）、完成図書（完成図、施工記録、取扱説明書等）から、構造物の用途・規模・構造等、当初の設計条件、荷重条件、地盤条件、部材条件等を調査し、設計内容の妥当性の確認を行うとともに、当初と現在の設計基準・規格内容を比較し、必要に応じて現在の設計基準類により安全性の確認を行う。くわえて、現地踏査及び現地調査結果と比較することにより、設計条件との違いを明らかにし、それにより変状要因を想定することが可能となる。

2) 運転履歴、事故履歴等の収集

① 運転履歴・維持管理内容

施設機械設備の劣化は設備の運転時間、維持管理内容やその頻度に大きく影響されるため、運転記録や維持管理内容、運転頻度、保守整備費等の情報を収集する。

② 電気設備の法定点検記録の活用

ポンプ場の電気設備が自家用電気工作物である場合、電気主任技術者を選任し、保安規程を作成後、保安規程に基づく点検を行わなければならない（電気事業法第42・43条）。

対象となる電気設備は、受変電設備・配線設備・電線路・接地・負荷設備・自家用発電設備・避雷器などである。

一般的な点検区分は、月次点検（毎月の点検）や年次点検（年1回）などがあり、年次点検では、

- 1) 高圧機器点検、清掃、端子増し締め
- 2) 高圧・低圧回路絶縁抵抗測定
- 3) 接地抵抗測定
- 4) 電気使用場所の設備見回り点検
- 5) その他

などの点検及び報告が実施されている。

概略診断調査表では、各電動機の絶縁抵抗の測定項目があるが、高圧電動機の場合には安全上から施設全体の停電を行う必要があり、電気主任技術者等から電力会社に連絡し、引込柱の開閉器で通電を遮断した後、絶縁抵抗測定を行うことになる。一方、低圧電動機の場合には、当該箇所の停電だけで測定可能であるが、施設によっては、機器を1台ずつ停電させることができない場合もあるので、施設管理者と十分な協議が必要である。したがって、電動機の絶縁抵抗測定については、この法定点検記録を参考にして記入しても良いものとする。なお、法定点検記録を参考にするときは、過去の年次記録から絶縁抵抗値の傾向を把握することが大切である。

表3-1に測定記録書の事例を示す。

表3-1 絶縁・接地抵抗測定記録書の事例

1. 高圧絶縁抵抗

平成20年6月11日 天候 曇 気温28℃

測定箇所	電圧(V)	絶縁抵抗(MΩ)			判定	備考
		18年度	19年度	20年度		
高圧一括	6,600	400	120	100	良	19,20年度、湿度大
ケーブル	6,600	100,000	100,000	100,000	良	10kV
ケーブルシース	—	100	100	100	良	
AS~OCB二次側	6,600	1,000	150	800	良	
OCB二次側	6,600	500	200	200	良	
200kVA動力変圧器	6,600	800	300	300	良	
3kV変圧器一次側	6,600	2,000	1,000	500	良	
3kV変圧器二次側	3,300	2,000	2,000	500	良	
3kV変圧器一、二次間	3,300	2,000	2,000	500	良	
3kV高圧電動機	3,300	1,000	1,000	500	良	

2. 低圧絶縁抵抗

平成20年6月11日 天候 曇 気温28℃

測定箇所	電圧(V)	絶縁抵抗(MΩ)	判定	備考
動力主幹	200	1.5	良	
発電機	200	10	良	
Wスロー 二次側				
左より 1 250ACB	200	20	良	
左より 2 75ACB	200	20	良	
左より 3 400ACB	200	0.3	良	
コントロールセンタ				20MΩ未満を記載
TM電源	100	10	良	
盤内照明	100	15	良	
照明主幹	100	10	良	不良箇所を除く
水位計	100	5.0	良	
引込	100	15	良	
制御電源	200	5.0	良	
自動除じん機	200	15	良	
電動ゲート	200	5.0	良	
コントロールセンタMg二次				20MΩ未満を記載
No.1冷却ポンプ	200	5.0	良	
No.3冷却ポンプ	200	10	良	
事務所電灯分電盤				
操作室外受口	100	0.01	不良	技術基準0.1以上
事務室和室受口	100	0.01	不良	技術基準0.1以上

3. 接地抵抗

平成20年6月11日 天候 曇 気温28℃

測定箇所	種類	接地抵抗(MΩ)	判定	備考
区分開閉器の外箱	EA	1.5	良	
構内柱避雷器	EA	3.0	良	
区分開閉器用GR継電器	ED	8.1	良	
高圧機器外箱等	EA	共用1.9	良	
変圧器二次電路	EB	共用1.9	良	
低圧機器外箱等	ED	共用1.9	良	構内鉄骨も同じ
避雷器	EA	1.9	良	
発電機	ED	1.9	良	

No.1冷却ポンプ : 高圧絶縁抵抗の急激な低下及び低圧絶縁抵抗値が20MΩより大きく低下しているため経過観察が必要

2) 事故履歴・補修履歴の収集整理

設備を良好な状態に維持し、適切な整備・補修方法を選定するためには、設備の故障や整備・補修の履歴を所定の様式により記録し、設備の機能・性能がどのような状態にあるかを絶えず把握しておく「履歴管理」が重要である。

整備・補修の履歴は、設備の機能状態、変状状態等を定量的に把握するための基礎資料として可能な限り詳細に記録しておくことが必要であり、これらデータの変化や推移を見ることが異常の兆候をいち早く発見するのにも有効利用できるため、これらの情報を収集する。特に、経年劣化の推移を把握するためには、履歴と併せて写真データも記録する。

履歴管理に必要な項目と内容については表3-2に示す。

表3-2 履歴管理に必要な項目と内容

項 目	内 容
点検・保守記録	日常、定期、臨時点検結果、外部委託の場合に要した費用
整備・補修記録	整備・補修内容、整備・補修年月日、補修交換部品等名称、整備・補修に要した費用
故障・修理記録	故障部位、故障内容、故障原因、故障発生年月日、修理処置内容、交換部品等名称、修理年月日、修理に要した費用
運転記録	運転時間（総運転時間、年平均運転時間、年毎運転時間等）

3) 地域特性に係る資料の収集整理

塩害等の水質環境、塵芥物等により変状を促進させる地域特性が存在する場合は、これらを把握しておくことが必要である。

4) 施設管理者に対する問診事項及び取りまとめ方法

施設管理者に対する問診事項としては、設備のどの部分に、どのような変状や異常が発生しているかを基本とするが、可能な限り変状の程度や水管理・保守上の課題、維持補修費用、ポンプ等の操作の実態等まで確認することが必要である。

変状が顕在化している箇所では、設備改修の緊急性等について施設管理者の意識・要望等を把握する。ポンプ設備は、運転期間や通電期間等の制約を受けることが多く、現地調査時にはポンプを稼働、停止させる必要があることから運転期間、停止可能期間（時間）、通電期間などを把握しておく。また、排水ポンプなど、機能診断時に吸込水位又は吐出し水位の低下により、ポンプ設備の運転ができないものについては、これまでの排水運転時に異常音等の問題の有無について施設管理者に確認しておく必要もある。施設管理者への問診は、通常、表3-3～3-5に示すような事前調査表（問診票）を機能診断調査の実施者が作成し、施設管理者に対して必要事項の記入又は記載内容が把握できる関連資料の提出を依頼し作成する。その後、調査実施者が提出された情報を収集・整理する。

ポンプ場等のポンプ設備は、設置後、数十年経過している場合、ポンプ設備を取り巻く周辺環境も大きく変わっていることが多い。流砂や流木及び塵埃等の流下物や水質の変化、また、必要用水量の変化といった水利用形態等も、「機能保全計画書」作成時の更新手法や工法等の決定に重要な要素となるため、事前調査において把握する必要がある。

表3-3 ポンプ設備の事前調査表（設備概要） 記載例(1/3)

1. 地区・設備の概要	
項目	内 容
事業名	国営 ○○ 農業水利事業
地区名	○○地区
ポンプ場名称	○○排水機場
設置場所	○○県○○市○○地区
管理者名	○○県○○土地改良区
施工業者名 （保守業者含）	（株）○○製作所（保守業者：○○工業（株））
施工費用	○△ 千円
設置年月 （供用年月）	昭和56年2月（供用：昭和56年3月）
設備概要 （主要機器仕様）	①主ポンプ
	1,2号機：横軸斜流ポンプ φ1000 Q=2.25m ³ /s/台
	3号機：横軸斜流ポンプ φ1100 Q=2.526m ³ /s/台
	②主原動機
	1,2号機：高圧巻線形三相誘導電動機 170 kW
	3号機：高圧かご形三相誘導電動機 170kW
	③動力伝達装置
	1,2号機：平行軸歯車減速機 730 min ⁻¹
	3号機：遊星歯車減速機 990 min ⁻¹
	④補機設備
	真空ポンプ（1,2号機）：φ65、4.5m ³ /m、7.5kW
	封水ポンプ（1,2号機）：φ50、1200/m、1.5kW
	⑤弁類
	1,2号機用：電動バタフライ弁（流量制御） φ1000
	3号機用：電動バタフライ弁（流量制御） φ1100
	1,2号機用：フラップ弁 φ1350
	3号機用：フラップ弁 φ1500
	⑥除じん設備
	背面降下前面搔揚式自動除じん機 B=4.4×H4.25m×3基
	スクリーン B=4.4×H4.25m×2面
	塵芥処理設備 水平・傾斜ベルトコンベア×1式
⑦建屋 鉄骨造/S56	

2. 点検・整備実績

実施年月	番号	対象機器	点検整備内容	実施者 (業者名等)	費用 (千円)
S62年9月	①	主ポンプ(1, 2, 3号機)	分解整備	㈱〇〇製作所	△千円
H8年11月	②-1	主ポンプ(1号機)	分解整備	〃	△千円
	②-2	真空ポンプ(1, 2号機)	補修	〃	
	②-3	封水ポンプ(1, 2号機)	補修	〃	
	②-4	電動機(1, 2, 3号機用)	整備	〃	
H12年11月	③	主ポンプ(2, 3号機)	分解整備	〃	△千円

3. 機器・部品等の整備実績

実施年月	番号	対象機器	整備内容	事由	数量	費用 (千円)
S62年2月	④	真空ポンプ(1, 2号機)	取替	劣化	各1台	△千円
H1年3月	⑤	除じん機(1, 2号機用)	背面スクロット取替	劣化	2台	△千円
H2年3月	⑥	主ポンプ(1号機)	水中軸受スリーブ取替	劣化	1個	△千円
H5年11月	⑦	建屋	外壁、屋根補修	劣化	1式	△千円
H8年11月	⑧-1	主ポンプ(2号機)	水中軸受スリーブ取替	劣化	1本	△千円
	⑧-2		グランドスリーブ取替	劣化	1本	
	⑧-3	主ポンプ(3号機)	水中軸受スリーブ取替	劣化	1本	
	⑧-4		グランドスリーブ取替	劣化	1本	
H8年12月	⑨-1	電気設備	1号機用高圧電動機盤取替	劣化	1面	△千円
	⑨-2		2号機用高圧電動機盤取替	劣化	1面	
	⑨-3		3号機用高圧電動機盤取替	劣化	1面	
	⑨-4		低圧操作盤取替	劣化	1面	
	⑨-5		除じん機操作盤取替	劣化	1面	
	⑨-6		三相変圧器取替	劣化	1台	
	⑨-7		単相変圧器取替	劣化	1台	
H14年10月	⑩-1	除じん設備	除じん機 (B4.4×H4.25)取替	劣化	2基	△千円
	⑩-2		スクリーン (B4.4×H4.25)取替	劣化	2基	
	⑩-3		水平・傾斜ベルトコンベア取替	劣化	各1基	
H15年2月	⑪-1	主ポンプ(3号機)	横軸斜流ポンプ φ1100取替	劣化	1台	△千円
	⑪-2		減速機(3号機用)取替	劣化	1台	
	⑪-3		電動機(3号機用)取替	劣化	1台	
	⑪-4		吐出し弁(3号機用)取替	劣化	1台	
	⑪-5		浄水ポンプ取替	劣化	1台	
	⑪-6	電気設備	改造	劣化	1式	
H17年2月	⑫-1	主ポンプ(1, 2号機)改造	水中軸受メタル取替	劣化	2個	△千円
	⑫-2		水中軸受カバー取替	劣化	2個	
	⑫-3		水中軸受スリーブ取替	劣化	2本	
	⑫-4		主軸取替	劣化	2本	
	⑫-5		シャフトナット取替	劣化	2個	
	⑫-6		オイルシール類取替	劣化	2個	
	⑫-7		ラジアル玉軸受取替	劣化	2個	
	⑫-8		スラストころ軸受取替	劣化	2個	
	⑫-9		水封式真空ポンプ取替	劣化	1台	
	⑫-10	電気設備	改造	劣化	1式	

※本記載例の内容が把握できる資料が別途ある場合は、当該資料で代用してもよい。

4. 故障・不具合の記録

発生年月日	故障原因	修理工期	故障前の兆候	内容	取替部品内訳	費用 (千円)

5. 事故記録

発生年月日	原因	内容	対応措置方法
年月**日	異物の混入	ポンプの落水	ポンプの上ケーシングを開放して、異物を取り出す

6. 管理・操作体制

7. その他特記事項

表3-5 ポンプ設備の事前調査表（設備の現状） 記載例(3/3)

整理番号	001	調査年月日	○年○月○日
地区名	○○地区	記入者	○○ ○○
施設名	○○排水機場	前回分解点検実施年月日	○年○月○日
項目	異常の有無、内容 ^{※1}		異常箇所 ^{※2}
構造上の劣化	主ポンプ	1. 異常有り ①外観に異常が見られる（錆、割れ、ボルト・ナットの緩み等） ②異常な振動・音が発生している ③軸受が過熱されている ④油・グリースが漏れている ⑤水漏れしている ⑥その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	原動機 （電動機又は 内燃機関）	1. 異常有り ①外観に異常が見られる（錆、割れ、ボルト・ナットの緩み等） ②異常な振動・音が発生している ③軸受が過熱している ④油・グリースが漏れている ⑤異臭がする ⑥その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	補機類	1. 異常有り ①外観に異常が見られる（錆、割れ、ボルト・ナットの緩み等） ②異常な振動・音が発生している ③軸受が過熱している ④油・グリースが漏れている ⑤異臭がする ⑥その他の異常が見られる（水槽のレベルスイッチが故障） 2. 異常無し 【特記】	真空ポンプ2号機の補水槽
	弁類	1. 異常有り ①正常に機能していない（弁が完全に閉まらない等） ②老朽化が著しい（弁座からの漏水等） ③操作性が低下している（操作力が異常に大きい等） ④その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
	電気機器	1. 異常有り ①外観に異常が見られる（盤面及び盤内機器変色等） ②計器類が正常に作動しない ③異常な振動・音が発生している ④過熱による異常が見られる（絶縁物劣化、変形、ひずみ等） ⑤異臭がする ⑥その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】	
吐出し量・揚水量	1. 異常有り ①所定の吐出し量が確保できない ②吐出し量が安定しない（管理が難しい） ③その他の異常が見られる（ ） 2. 異常無し 【特記】		
定期点検実施の有無	1. 定期的に実施（前回実施日：H18年8月30日）点検・整備記録の有無（周期：○○に1回） 2. 不定期に実施（前回実施日：H○年○月○日） 3. 未実施 【特記】 毎日の巡回（外観）、定期点検計画に基づき実施している。		

※1：異常の有無、内容は、該当する番号に○印をつける。

※2：異常箇所は、発生している位置を記入する。（例 1号ポンプ軸受）

3. 3 現地踏査（巡回目視）

現地踏査では、事前調査で得られた情報をもとに巡回目視を行うとともに、現地調査の実施手順等を決定するために、事前調査で得られた情報をもとに現地にて、現場条件などの必要な事項を把握する。

【解説】

事前調査で得られた情報をもとに、巡回目視により設備一式を観察することを原則とする。劣化箇所の位置や劣化の内容、程度を概略把握し、現地調査箇所、調査項目、調査方法を決定する。現地踏査は、日常管理を通じて平常時の状況を熟知する施設管理者が同行することが望ましい。

現地踏査では、運転中の状況確認が非常に重要であるため、調査の実施時期について、施設管理者と十分な調整が必要である。

（1）踏査方法

- ①目視により設備全体を観察し、変状の有無や変状の内容・程度を概略把握する。
- ②変状要因の把握のため、水質など周辺の環境条件等を調査する。
- ③現地調査に先がけて、不可視部分の確認や、仮設の必要性の有無、動作確認に必要な電源の確保の可否、診断可能時期、圧力計等の計器類の正確性などの把握を行う。

（2）現地踏査時の問診

現地踏査時に施設管理者及び操作員に対して行うポンプ設備の問診例として、ポンプ設備の現地踏査表の記載例を表3-6に示す。

なお、現地踏査では、定量計測等の現地調査が可能かどうかを確認する。

特にポンプのケーシング開放、通水による運転の可否と、運転が可の場合は許容時間を確認することも重要である。

（3）変状要因の推定

現地調査における調査項目の設定や調査対象機器、装置、部位の選定を効率的に行うため、事前調査で得られた情報を基に、主な変状要因を推定する。

主な変状要因は、「1.4ポンプ設備の性能低下 (2) ポンプ設備の変状要因と現象」に基づいて判断されるが、関連性が低い要因であっても、過去の機能診断結果や事故原因調査等から要因として特定される場合は、関連資料の追加収集や現地調査計画に反映させる。

表3-6 ポンプ設備の現地踏査表 記載例

整理番号	〇〇〇	調査年月日	〇〇年〇〇月〇〇日
地区名	〇〇地区	記入者	〇〇 〇〇
施設名	〇〇排水機場		
写真整理 No.	No. 〇-〇~〇-〇		
異常等 現地 確認	設備名称		
	異常の内容 (現地確認)	前問診調査内容に追加等なし	
	設備名称		
	異常の内容 (現地確認)		
環境 条件	堆砂状況	特に問題なし	
	水質状況	排水路のため、水は濁っている	
	その他		
仮設 の 必要 性	吊上げ設備	天井走行クレーンが設備されており、特に必要ない。	
	足場		
	水替工		
	その他		
診断 時期	受電期間	通年受電	
	通水の可否	通年通水可能	
	診断時期	非かんがい期で10月～3月なら診断可能。	
現場 条件 の 制約 事項	動作確認の可否	通年受電のため動作確認は非かんがい期においても可能。	
	不可視部		
	その他		
必要 な 安全 対策	一般的な安全対策を適用すればよい。		
特記事項： 特に無し			

3. 4 現地調査

現地調査では、事前調査・現地踏査で得られた結果等を踏まえ、調査施設の種類や機能停止した場合の影響度等を勘案して、調査項目及び調査内容を設定し、目視や計測等により変状の程度を定性的、定量的に把握する。

現地調査を実施するにあたり、現場条件により制約を受ける場合においても、可能な限り、効率的な調査を行い設備の健全度の把握に努める必要がある。

【解説】

土地改良施設を有効に利用するためには、設備の長寿命化や機能保全コストの低減、更には更新をいかに合理的・経済的に実施するかが重要である。

そのためには、設備の機能診断調査を行い、余寿命を把握し、その結果をもとに有効な保全対策を検討することが必要である。

設備の機能診断調査は、当該時点での設備の機能・性能がどの程度の状態になっているのかを判断するものであり、これらの結果より、余寿命を推定し、異常あるいは故障に関する原因及び将来への影響を予知・予測するものである。設備の診断は、五感や簡易な計測などによる概略診断調査、必要に応じ専門技術者が行う詳細診断調査とレベルを高めていく方法をとる。

なお、詳細診断には、現地で簡易的に内部を診断、計測する「簡易内部診断」と定期的な分解整備等に合わせて詳細診断を行う「分解整備時の診断」の2種類がある。

ポンプ設備については、突発事故の防止、安全性・信頼性確保、ライフサイクルコストの低減等の観点から状態監視診断技術の活用が求められている。機械設備のメンテナンスの現場においては、回転機械の主要な故障原因である軸受の損傷や異常を的確かつ早期に検出する状態監視診断技術として、潤滑油診断、振動測定、温度測定等が用いられることが多い。

現地調査を行う場合、写真管理を行っておくと、経年劣化の進行状況や、専門家などへ意見を求める場合に有効である。

また、現地調査で、ポンプ操作を伴う調査を行う場合は、管理規程等を遵守する必要がある。その他留意点として、ポンプ設備は、様々な種類の装置・機器で構成されており、詳細な診断を行うより取り替えた方が経済性、信頼性の面で有利となる場合があるため、診断結果から求めるものが診断コストに見合うものか十分な検討が必要である。この場合、あらかじめ各装置・機器類の納入期間等も調べておくとよい。

(1) 概略診断調査

目視、触覚、聴覚等、人間の五感による判断と付属計器類の指示値、簡易計測器の測定値等、日常・定期点検記録や整備・補修記録及び運転操作記録等から異常の有無の確認が主な作業内容となる診断である。概略診断調査において問題がみられなくても、回転体の摺動部など、経年変化や使用時間に伴って摩耗する部位について、定期的な交換や点検・整備がなされていないなど、健全度の把握ができない場合は詳細診断調査に移行する。

ポンプ設備における異常音などの判断は、通常維持管理時の正常時の音と比較し、相対的な判断を要するため、施設管理者を伴う診断が必要となる。

(2) 詳細診断調査

設備・機器・部材の状態について、専門技術者が行う調査であり、計測器等を用いた定量的調査や定性的調査の総合判断によって、劣化の程度（原因）の判定を行うものである。

簡易内部診断は、ポンプ内部を開放して目視と計測により行う調査であり、目視で回転・摺動部を中心に状態を確認し、摩耗や振動などを測定するものである。具体的な手法として、内視鏡診断がある。内視鏡診断は、内視鏡カメラによる主ポンプ内部の状況把握手法であり、軸受部以外のケーシング内部、インペラ等のカメラが挿入可能な範囲の摩耗、損傷、腐食状況を把握することを目的として実施する。なお、内視鏡診断の具体的な調査手法等については、「農業用施設機械(ポンプ設備)における状態監視の手引き(案)」を参照。

また、簡易内部診断調査でケーシングの開放作業を行う場合、天井クレーンを使用するが、操作に当たっては、床上操作式クレーン運転技能講習を受けていることが必要となり、機器・部材の吊り上げ等には玉掛けの資格が必要となることに留意する。このことから、調査に当たり資格取得又は資格取得者の配置を検討する。

一方、分解整備時の診断は、施設管理者が実施する定期・不定期の分解整備に併せて行う詳細調査であり、分解時にしか目視できない部位を中心に状態を確認するものである。分解整備時に併せて詳細診断調査を行うことにより摩耗の進行速度や余寿命等を予測でき、適切な修理・交換時期の判断が可能となるため、施設管理者と十分調整した上で診断計画を立てることが有効である。

それぞれの診断調査表の例を表3-7～3-9に示す。

(3) 不可視部分等の取り扱い

設備の現場条件によっては、点検や機能診断調査が行えない不可視部分（部位）がある。その不可視部分に関して別の診断方法による評価を行う。

1) 動作確認不可時の取扱い

用水機場のように、季節受電を行っているポンプ設備では、契約期間外には運転ができないため、運転音、合わせ面水漏れ、グランド部水漏れ状態確認、振動、騒音、軸受温度の計測などができない。この場合は、契約期間内に調査を行うことが望ましいが、それができない場合には、施設管理者に直近の運転状態や分解点検整備記録などの聞き取りを行い調査を進める。

また、用水確保ができない場合であっても、同様の調査を行うものとする。

2) 不可視部分の取扱い

立軸ポンプの据付床より下部や水中ポンプなど常時水没して外観調査が不可能な場合、あるいは、フラップ弁の外観、打診、開閉調査などができない場合には、水中ドローンによる点検又は施設管理者への直近の運転状態や分解点検整備記録などの聞き取りにより調査を進め、調査データの整理を行う。

3) 詳細診断調査の留意事項

①流量計が設置されていない用・排水機場のポンプ性能の確認について

- (a) 締切運転が可能なポンプ設備：現地試運転時の締切圧力と比較して、吐出し量＝0（ゼロ）における性能確認（全揚程）を行う。本調査に当たっては、施設管理者への聞き取り、電動機の回転速度、電力消費量、全揚程、流量を日常管理で記録しておくことが性能確認の把握に有効である。
- (b) 締切運転が不可能なポンプ設備：圧力計などからの全揚程計測は不可能であるため、施設管理者に聞き取りを行うとともに、直近の運転状態のデータや分解点検整備記録などを活用し、調査データの整理を行う。

②電動機の絶縁抵抗測定について

絶縁抵抗測定時には、ポンプ場を全停電にした状態で行うため、停電・復電作業方法、調査時の運転、復旧、復旧後の確認等の方法について施設管理者と十分な調整を行い、トラブルが発生しないよう留意する必要がある。

停電・復電作業は施設管理者から、電気主任技術者等へ作業を依頼する。調査時に全停電ができない場合には、絶縁抵抗の測定ができないため、直近の法定点検記録書等のデータを活用し、調査データの整理を行ってもよい。

表3-7 渦巻ポンプ 概略診断調査表の例

施設名		コード No.															
用途		調査者氏名															
機器名称		調査年月日															
機種名		仕様															
製造者																	
製造番号																	
製造年		運転時間															
		総計：約 時間、年平均：約 時間															
装置区分	形式	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	許容値又は判定基準	点検条件 注1	調査結果		調査項目No. 注2			
												項目別健全度	部位別健全度				
主ポンプ	本体	A	全般	35			運転音	A	聴診	異常な音がないこと	運			2			
							吐出圧力	A	目視	ポンプ締切圧力について、試運転データとの比較	運			3			
	ケーシング部	A	ケーシング(上、下)	35			ひび割れ亀裂	A	目視	ひび割れ、亀裂の程度	運・停			11			
							腐食	A	目視	腐食の程度	運・停			11			
							ケーシングの塗装	5		塗膜	C	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停			17
							ケーシングの合わせ面	35		水漏れ	A	目視	水漏れがないこと	運・停			8
	インペラ・主軸部	A	主軸	20			回転の状態	A	指触	手回しができること	停・断			9			
	軸受部	A	軸受(ころがり軸受又はすべり軸受) 注3	5年又は10年			振動	A	計測	基準値以下であること	運				12		
							温度	A	指触・計測	手で触れられること(周囲温度(+)40℃以内であること)	運			16			
							油漏れ	A	目視	油漏れがないこと	運・停			7			
							摩耗	A	計算	設計寿命時間との対比	運・停			4			
	軸封部	A	グラウンドパッキン	2			水漏れ	B	目視	異常な水漏れがないこと グラウンド部のドレン受け部が乾いてないこと	運			8			
			メカニカルシール	10			水漏れ	A	目視	異常な水漏れがないこと	運			8			
	軸継手部	A	軸継手	35			芯振れ	A	計測	芯振れ等が基準値以下であること	停			15			
	ベース部	A	全体	35			塗膜	A	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停			17			
	【記事】																

注1：点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。

注2：調査項目No.とは、参考資料欄の調査項目の番号である。

注3：軸受部の参考耐用年数は、調査対象機種種の当該軸受種別を選定し、軸受の設計寿命時間及び機場の運転時間を考慮の上確認を行う。

表3-8 渦巻ポンプ 詳細診断調査表（簡易内部診断）の例

施設名				コード No.											
用途				調査者氏名											
機器名称				調査年月日											
機種名				仕様											
製造者															
製造番号															
製造年				運転時間 総計：約 時間、年平均：約 時間											
装置区分	形式	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	許容値又は判定基準	点検条件 注1	開放時調査項目	調査結果		調査項目No. 注2
													項目別健全度	部位別健全度	
主ポンプ	本体	A	全般	35			運転音	A	聴診	異常な音がないこと	運				2
							吐出圧力	A	目視	ポンプ締切圧力について、試運転データとの比較	運				3
	ケーシング部	A	ケーシング (上、下)	35			損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
			ケーシングの塗装	5			塗膜	C	目視 (聴覚)	さび・ふくれ・われ・はがれの程度 (ふくれは心臓) による打撃音で確認できる)	停	○			17
			ライナリング	10			摩耗	A	計測	インペラとの隙間が当初設計値の3倍までであること	停	○			21
	インペラ・主軸部	A	インペラ	20			腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11
			インペラリング	10			摩耗	A	計測	ライナリングとの隙間が当初設計値の3倍まで	停	○			21
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
			主軸	20			腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	A	目視・計測	ガタツキがある場合は許容不可	停	○			22
	スリーブ (パッキン部)	10			腐食	A	目視	腐食の程度	停	○				11	
					摩耗	A	計測	設計時の外径に対する割合	停	○			22		
	軸受部	A	軸受 (ころがり軸受又はすべり軸受) 注3	5年又は10年			振動	A	計測	基準値以下であること	運				12
							温度	A	指触 (温度計)	手で触れられること (周囲温度(+)40℃以内であること)	運				16
							油漏れ	A	目視 (油面計)	油漏れがないこと	運・停				7
							摩耗	A	計算	設計寿命時間との対比	運・停				4
	軸封部	A	パッキン押さえ	35			摩耗	B	目視	主軸やスリーブとの接触跡の程度	停				22
							腐食	B	目視	腐食の程度	停				11
			封水リング ねじ付	35			腐食	B	目視	腐食の程度	停	○			11
							摩耗	B	目視	スリーブとの接触跡の程度	停	○			22
	軸継手部	A	軸継手	35			摩耗	A	目視	ガタツキがある場合は許容不可	停				11
							変形・ひび割れ	A	目視	ゴムの変形・ひび割れの程度	停				11
ベース部	A	全体	35			塗膜	A	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停				17	

【記事】

注1：点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。
 注2：調査項目No.とは、参考資料編の調査項目の番号である。
 注3：軸受部の参考耐用年数は、調査対象機種種の当該軸受種別を選定し、軸受の設計寿命時間及び機場の運転時間を考慮の上確認を行う。
 注4：簡易内部診断時には、ポンプケーシング合わせ面のシートパッキン及び軸封部のグランドパッキンは交換するものとする。

表3-9 渦巻ポンプ 詳細診断調査表（分解整備時の診断）の例

施設名		コード No.																
用途		調査者氏名																
機器名称		調査年月日																
機種名		仕様																
製造者																		
製造番号																		
製造年		運転時間 総計：約 時間、年平均：約 時間																
装置区分	形式	調査部位	部位重要度	詳細部位	参考耐用年数	納入後又は交換後の経過年数	調査項目	劣化影響度	調査方法	許容値又は判定基準	点検条件 注1	分解整備時調査項目	調査結果 項目別健全度	部位別健全度	調査項目 No.	注2		
渦巻ポンプ 主ポンプ	本体	A	全般	35			運転音	A	聴診	異常な音がないこと	運				2			
							吐出圧力	A	目視	ポンプ締切圧力について、試運転データとの比較	運				3			
	ケーシング部	A	ケーシング (上、下)	35			損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11			
							腐食	A	計測	製作時肉厚に対する割合 (製作時肉厚が不明な場合、今後定点観測)	停	○			21			
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11			
							ライナリング	10		摩耗	A	計測	インペラとの隙間が当初設計値の3倍までであること	停	○			21
	インペラ・主軸部	A	インペラ	20			腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11			
							損傷・ひび割れ	A	目視	損傷・ひび割れの程度	停	○			11			
							摩耗	A	計測	主軸との嵌合隙間が設計値以内	停	○			21			
							摩耗	A	計測	製作時肉厚に対する割合 (製作時肉厚が不明な場合、今後定点観測)	停	○			21			
			インペラリング	10			腐食	A	目視	腐食の程度	停	○				11		
							摩耗	A	計測	ライナリングとの隙間が当初設計値の3倍まで	停	○			21			
			主軸	20			芯振れ	A	計測	主軸の芯振れが許容値まで。超える場合は曲がり直し	停	○					15	
							腐食	A	目視	腐食の程度	停	○			11			
							摩耗	A	目視、計測	ガタツキがある場合は許容不可	停	○			22			
							変形	A	目視	ねじ摩滅、変形等の程度	停	○			11			
	スリーブ (パッキン部)	10			腐食	A	目視	腐食の程度	停	○					11			
					摩耗	A	計測	設計時の外径に対する割合	停	○			22					
	軸受部	A	軸受箱	35			変形	A	目視	シール性を損なう傷や変形、軸受に無理な力がかかるような変形の程度	停	○				11		
							摩耗	A	目視	軸受の転動、叩かれ等の形跡の程度	停	○			11			
			軸受 (ころがり軸受又はすべり軸受) 注3	5年又は10年			振動	A	計測	基準値以下であること	運						12	
							温度	A	指触 (温度計)	手で触れられること (周囲温度+40℃以内であること)	運				16			
							油漏れ	A	目視 (油面計)	油漏れがないこと	運・停				7			
							摩耗	A	計算	設計寿命時間との対比	運・停				4			
損傷	A	目視	傷、熱負荷、過剰加圧の程度	停	○			11										
軸封部	A	グラウンドパッキン	4			摩耗	B	目視	摩耗の程度	停					11			
						変形	B	目視	変形の程度	停				11				
		メカニカルシール	10			摩耗	A	目視	摩耗の程度	停					11			
						変形	A	目視	変形の程度	停				11				
		パッキン押さえ	35			摩耗	B	目視	主軸やスリーブとの接触跡の程度	停	○				22			
						腐食	B	目視	腐食の程度	停	○			11				
		封水リング (メカパッキン)	35			腐食	B	目視	腐食の程度	停	○				11			
						摩耗	B	計測	スリーブとの接触跡の程度 (深さ)	停	○			22				
軸継手部	A	軸継手	35			摩耗	A	目視	ガタツキがある場合は許容不可	停					11			
						変形・ひび割れ	A	目視	ゴムの変形・ひび割れの程度	停				11				
ベース部	A	全体	35			塗膜	A	目視	塗装剥離、発錆の程度	運・停					17			

【記事】

注1：点検条件欄の「停」は停止中、「運」は運転中、「断」は電源遮断状態を示す。
 注2：調査項目No.とは、参考資料欄の調査項目の番号である。
 注3：軸受部の参考耐用年数は、調査対象機種種の当該軸受種別を選定し、軸受の設計寿命時間及び機場の運転時間を考慮の上確認を行う。
 注4：分解整備時には、ポンプケーシング合わせ面のシールドパッキン及び軸封部のグラウンドパッキンは交換するものとする。

補足) 施設管理者又は作成者が分解整備を予定している場合、上記表を記入することが望ましい。

第4章 機能診断評価

4.1 機能診断評価の視点

機能診断評価は、構成する設備の部位毎に行うことを基本とし、機能診断調査の結果から設備・装置・部位の性能低下状態やその要因を把握し、設備・装置・部位の健全度を総合的に判定し、性能維持や機能保全計画策定のために行う。

【解説】

機能診断調査より得られた結果をもとに健全度評価を行い、性能レベルが低下しないように施設管理者に対し助言を行い、点検・整備を通じ性能維持に努めてもらう必要がある。

また、性能低下が著しく、経済性からも性能維持が困難な場合など、更新に向けた判断指標として、健全度を把握する必要がある。表4-1に施設機械設備における健全度指標の区分を示す。

なお、健全度指標は施設の状態に基づいて評価するものであり、補修・補強・更新といった対策の必要性や緊急性が評価の予断とならないように注意する必要がある。また、製造中止やメーカーの保守限界等の対策の緊急性に関する事項は、「5.2 リスク管理」の解説においてリスク・コミュニケーションで考慮する指標として例示する。

表4-1 施設機械設備における健全度指標の区分

健全度指標	健全度指標の定義	現象例
S-5	・変状が認められない状態	・新設時点とほぼ同様の状態で外観、機能上の変状が認められない状態
S-4	・軽微な変状が認められるが、機能上の支障がない状態	・軽微な腐食や摩耗が認められる場合においても、振動や軸受の温度上昇などの調査結果が評価基準値内であり、機能上の支障はない状態
S-3	・放置されると機能に支障が出る状態	・振動や摺動部の摩耗などの調査結果が評価基準値を超過するなどの状態
S-2	・著しい性能低下により、機能に支障がある状態	・振動や摺動部の摩耗などが許容できないレベルに達し、設備が機能停止に至るおそれがある状態
S-1 ※	・設備等の信頼性が著しく低下しており、近い将来に設備の機能が失われるリスクが高い状態。性能が総合的に著しく低下している状態	・調査の結果、ケーシングやインペラなど重要部位等のS-3、S-2評価が多く、装置又は設備単位で更新した方が経済的に有利な状態

※S-1の評価については、設備又は装置の健全度評価で適用

(1) 健全度の考え方

機能診断調査の結果から、現状の性能レベルを健全度という指標で判定する。健全度は、低い状態から高い状態へS-1からS-5で示し、S-4を劣化対策要否判定の基準レベル（要求性能が満足されている状態）とする。

性能管理においては、日常管理における点検・整備を通じて、健全度をS-4レベルに維持することを基本とし、S-1からS-3の健全度と判定された場合は、性能レベルを回復するための対策を講じる必要がある。

ただし、S-3の健全度と判定された場合については、維持管理コスト等の問題により早急な対策実施が困難な場合、点検・監視を強化するなどして健全度が急激に変化しないことを確認するという条件で、対策実施までの供用を許容する。この点で、S-5～S-3までを性能管理の範囲とする。なお、S-2については、これを許容せず直ちに対策を施すこととする。

S-1評価については、安全性等の構造的な面のみでなく、維持管理費などの経済性、修復性や環境性なども加味する必要がある。このため、機能保全対策では、性能低下に伴う維持管理費の経年増加や部品等の陳腐化による入手困難性、その他老朽化による周辺景観への影響等の環境適合性などの情報を加味し、適切な更新計画を立案することが重要である。S-1評価の検討要素については、基本機能は現地調査等、社会的機能は事前調査等により把握し、長期シナリオへ反映する。

4. 2 設備・装置・部位の健全度評価

ポンプ設備の健全度は、設備・装置・部位毎に各々評価する。複数の部位・装置の健全度・変状要因をもとに装置や設備の健全度を総合的に評価する場合には、設備全体の機能に及ぼす影響度、性能低下を進行させるより支配的な変状要因などを考慮して、適切に評価する。

【解説】

施設を構成する設備・装置・部位の健全度の評価に当たっては、「4. 1 機能診断評価の視点表4-1 施設機械設備における健全度指標の区分」に示す内容を参考に評価を行う。

部位評価において異なる健全度が混在する場合は、部位の重要度や劣化の影響度などを加味し、性能低下を進行させる支配的な要因を抽出し、健全度指標の低いものを代表とし、S-3、S-2の評価数やエンジニアリングジャッジなどを含め、装置の健全度とするなど工夫するとよい。(図4-1参照)

なお、S-5からS-2の評価においては、現地調査により変状等の程度を基本機能における性能の低下レベルで評価する。また、更新の可否を決定するS-1評価においては、基本機能に加え、社会的機能における設備の総合的な要求性能の低下を加味して評価を行う。この際、設備に求める要求性能は地区毎に異なるため、地区の実情を把握し要求性能レベルを設定する。

劣化の影響度は、表4-2に示すように調査項目の劣化内容が、部位にとってどの程度影響を及ぼすかを3ランクにし、復旧の難易度を考慮した評価もできるものとする。例えば、ケーシングの場合、ひび割れや亀裂はケーシング本体に大きく影響を及ぼすことから影響度をAとし、塗膜の劣化は本体への直接的な影響が小さいため、影響度をCとする。

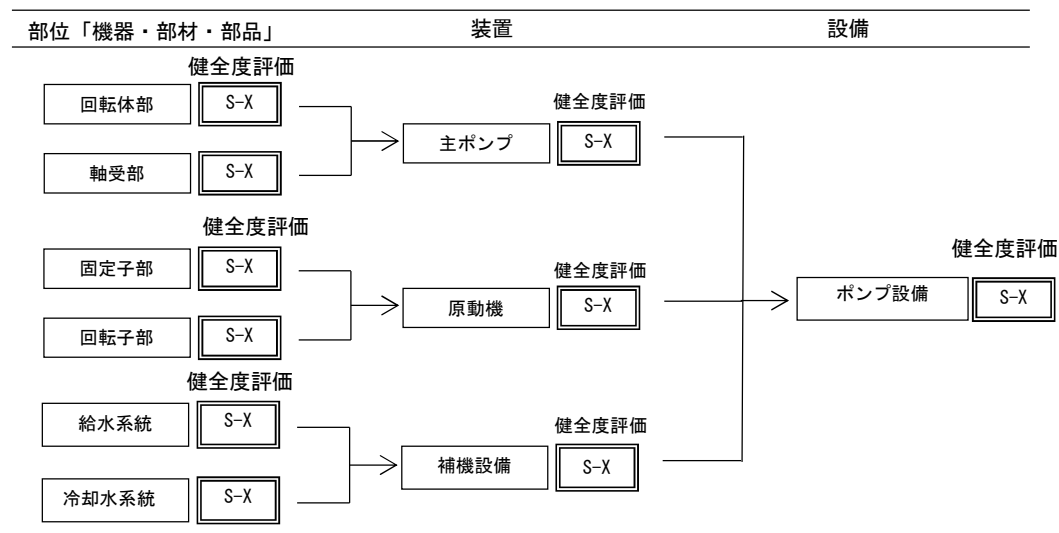


図4-1 ポンプ設備の健全度評価の考え方の例

表4-2 劣化の影響度

劣化の影響度 (ランク)	A	B	C
調査項目の劣化内容が部位に及ぼす影響度	大	中	小

(1) 部位毎の健全度評価の考え方

部位毎の健全度評価手法の基本的な考え方を以下に示す。

- ・ 部位の健全度はS-5～S-2で評価を行い、S-5は新品同様、S-4は多少の変状はみられるが摩耗等が判定基準又は許容値内で機能上の支障はない状態である。なお、重要部位における部品陳腐化などの入手困難性により、更新が必要な場合が考えられる場合はS-1評価を用いる。
- ・ 判定基準値を超えたものは、S-3又はS-2の判定とする。
- ・ S-4と判定されたものは、機能保全計画策定のためにS-3に至るまでの期間（余寿命）を算定する。
- ・ 予防保全の考え方として、S-3と判定された場合はそのまま放置せず、S-2に移行する前に対策を行うことが前提であるため、施設管理者への適切な指導・助言が必要となる。なお、S-3とS-2が混在する場合は、S-2を優先して対策の検討を行う。
- ・ 異常音など、概略診断調査では原因が特定できない場合、健全度評価は行わず、詳細診断調査へ移行する。

このような基本的な考え方に基づいて、設備・装置・部位の健全度評価の考え方の例を表4-3に示す。（判定方法の考え方は次頁を参照）

表4-3 設備・装置・部位の健全度評価の考え方（標準例）

装置	機器	調査部位	部位の重要度	調査項目	劣化の影響度	健全度評価(部位)	健全度評価(装置)	設備の健全度
主ポンプ	主ポンプ	ケーシング部	A	損傷、ひび割れ	A	S-4	S-2	経済性や修復性等も加味してできるだけ客観的にかつ総合的に評価する
		インペラ・主軸部	A	損傷、ひび割れ	A	S-4		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S-3		
		軸封部	A	腐食、摩耗	B	S-2		
動力伝達装置	減速機	ケーシング部	A	損傷、ひび割れ	A	S-4	S-3	部位の重要度等を考慮して評価する
		歯車部	A	バックラッシュ	A	S-3		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S-4		
主原動機	電動機	固定子部	A	破損、絶縁低下	A	S-4	S-4	
		回転子部	A	破損、絶縁低下	A	S-4		
		軸受部	A	摩耗、損傷	A	S-4		

※図4-1、表4-3の項目はイメージを表すため便宜的に代表的なものを記載。詳細は、表3-7～9に示す調査表の例を参照。

※劣化の影響度は、診断項目の劣化内容が部位にとってどの程度影響を及ぼすかを3ランク（A：影響度大、B：影響度中、C：影響度小）に区分。

※軸受部は運転時間が設計時間を大幅に超えており、軸受部温度も80℃（許容値：周囲温度+40℃以下、最高75℃）と高いため、軸受交換が必要である。（S-3）

※軸封部のグランドパッキンからの水漏れが激しく、調整が効かなくなっているため、グランドパッキンの変形が相当進んでいると推測し、交換が必要である。軸封部の部位の重要度はAであるため、これが主ポンプの健全度を決定している。（S-2）

(2) 評価に当たっての留意点

定性的評価などで評価が困難な場合は、専門的な知見を有する者からの意見を活用することが有意であるが、特に基幹施設の改修の要否に関わる判断につながる場合は、技術検討委員会を設けて検討するなど、客観的な評価に努める必要がある。

また、評価の対象部位をビデオや写真等に保存しておくことで、専門家の評価以外に今後のサンプルデータとしての活用も可能である。

(3) 判定基準

具体的な判定基準は、調査項目毎に参考資料編に示しているが、部位毎の判定基準の一例を図4-2に示す。

		概略診断調査
		詳細診断調査
○軸継手芯振れ・面振れ		
		
スキマゲージによる測定	すきまゲージ	ダイヤルゲージによる測定
判定基準例		
健全度	状 態	判断例
S-4	軽微な変状が認められるが、機能上の支障はない状態	面振れ、芯振れのいずれも許容値以下
S-3	放置されると機能に支障がでる状態	面振れ、芯振れのいずれかが許容値を超える
S-2	著しい性能低下により、機能に支障がある状態	面振れ、芯振れのいずれかが許容値を著しく超える状態（目安は許容値の2～3倍）かつ振動（振幅値）が基準値を超える
※許容値（目安）：芯振れ 30/100mm以内、面振れ 16/100mm以内		
※許容値を超えた場合は、振動や温度測定の結果を組み合わせる必要がある。		

図4-2 軸継手芯振れ・面振れ測定と判定基準の例

第5章 機能保全計画

5. 1 機能保全計画の策定プロセス

機能保全計画では、設備を構成する装置・部位毎に、着目する性能管理指標が必要な範囲に留まるよう、その性能低下予測から技術的、経済的に実施可能と考えられる対応方を複数仮定し、これらに要する機能保全コストを踏まえた計画を策定する。また、機能保全計画の策定に当たっては、リスク管理の考え方を踏まえ、選定した保全方式に応じた手順で計画を策定する。

【解説】

機能保全計画は、機能診断調査・評価の結果を踏まえ、可能な範囲で性能低下予測を実施した上で作成することを基本とする。この際、着目する性能指標が検討対象期間に管理水準の範囲に留めることができるよう対応方針を複数仮定し、経済性等の比較検討を行うことで、適切な計画策定とすることが重要である。

また、機能保全計画は、施設規模や機能診断結果（定量的な性能指標の有無）、事故履歴やその後の状況、施設機能が喪失した場合の損失や発生頻度、農業面及び農業以外の面に対する影響度、事故発生を想定した緊急事態の対応（業務継続計画（BCP）等）を考慮した上で、リスク特定・リスク分析を行い、適切な保全方式（「1. 3 保全方式の適用」参照）を選定し、保全方式に応じたプロセスで策定する。

なお、故障等の危険度が高く早急に対策を検討する装置・部位等や、危険度が低く事後保全を前提とした継続監視とする装置・部位等に判断されたものは、性能低下予測のプロセスを経ることなく機能保全対策の実施シナリオの作成検討を行うことを基本とする。

機能保全計画の策定までのプロセスは、「1. 5 ポンプ設備の機能保全の流れ」及び図5-1を参照。

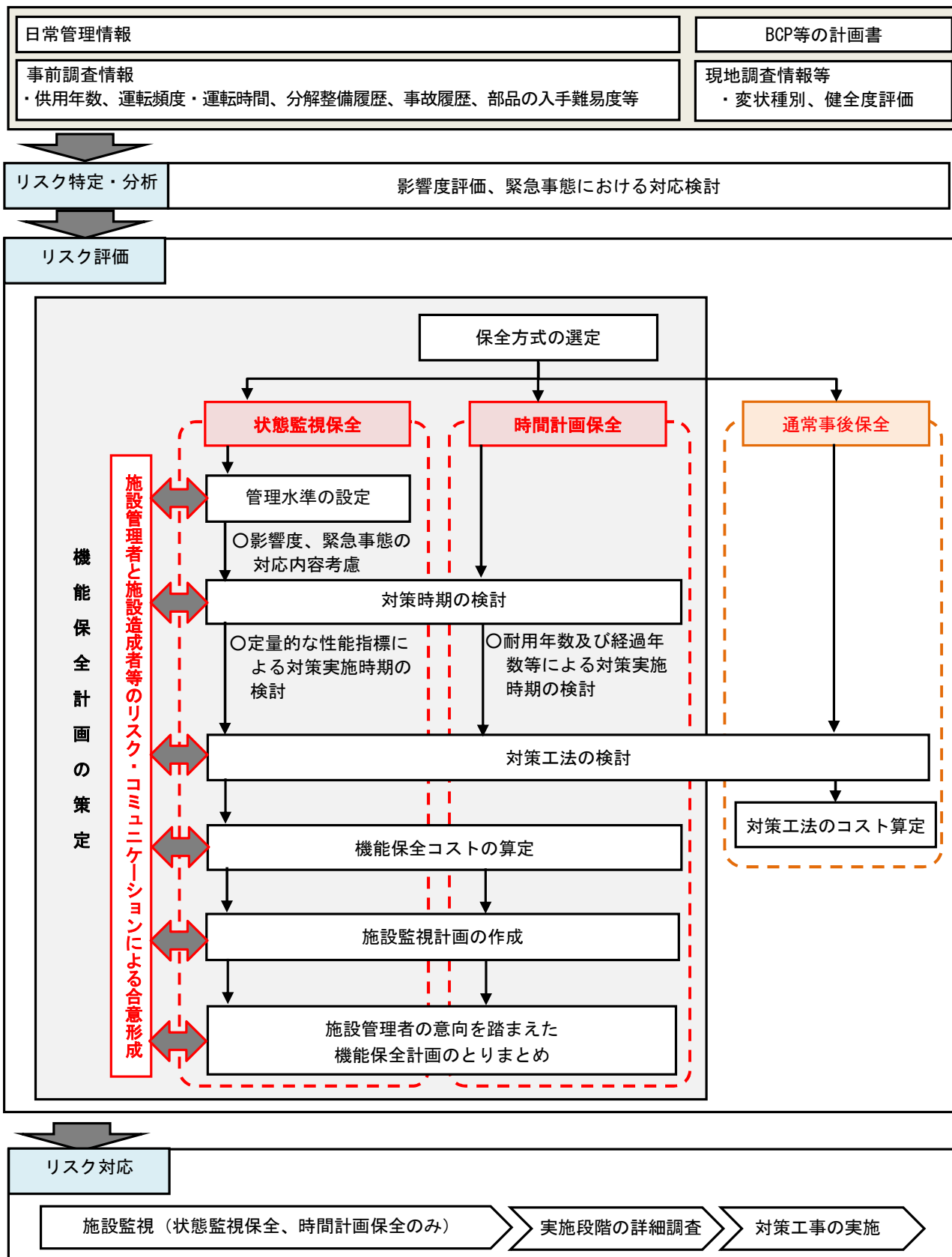


図5-1 リスク管理の考え方に基づく機能保全計画策定プロセス

5. 2 リスク管理

ポンプ設備では、施設の劣化や自然災害などにより、施設機能が低下して施設の損壊に至るおそれがある。その結果、農業生産への直接的被害のみならず、道路の冠水、周辺家屋の浸水等の二次被害が発生し、地域社会や地域経済に重大な影響を及ぼす可能性がある。

こうした事態に備え、未然に事故の発生を防止し、発生したとしても被害を最小限に抑えるため、リスク管理を行いつつストックマネジメントを推進しなければならない。併せて、リスクの評価を踏まえた管理水準の設定等機能保全対策への反映とともに、リスク・コミュニケーションにより施設管理者の意向を踏まえた機能保全計画の策定が重要である。

【解説】

リスク管理とは、一般にリスク特定、リスク分析、リスク評価、リスク対応及びリスク・コミュニケーションからなるものとされている（JIS Q 31000）。ポンプ設備のリスク管理においては、以下に示すようなリスクを特定した上で、そのリスクを施設造成者自らの責任において分析・評価する。また、その結果を基に、施設管理者とのリスク・コミュニケーションを通じ、施設管理者の意向を踏まえた機能保全計画を策定した上で、その計画に基づいた施設監視、機能診断、機能保全対策の実施等によってリスク対応を図ることが基本となる。

（１）リスク特定

ポンプ設備のリスクとしては、性能低下や機能停止等が想定される。

（２）リスク分析

想定されるリスクについて、劣化、電気系統の異常、動力源の喪失、偶発的な外力（設計・施工条件で想定していない外力）、周辺環境の影響などの要因及び起こりやすさを分析する。ポンプ設備の具体的な変状としては、インペラ、ライナリング、スリーブ等の摩耗・欠損、電動機の絶縁抵抗の低下、セラミックス軸受の損傷などが挙げられ、その要因には、機械的、熱的、電氣的、環境、複合的要因と多岐にわたる。

また、想定される複数のリスクについて、農業面では基本機能（水利用機能等の基本機能や営農活動等）に与える影響、農業以外の面では第三者被害や地域の経済活動への影響を分析する。

さらに、完備品の製造中止、代替品での対応困難、保守対応の終了による修理不能など、施設機械設備の陳腐化に起因する部品の入手困難性についても把握し、対応を検討しておくことが重要である。

（３）リスク評価

リスク分析の結果に基づき、適切な保全方式の選定と保全方式に応じた機能保全対策の立案を行う。

(4) リスク対応

リスク対応とは、リスクに対処するための選択肢を選定し、実施することである。具体的には、対策実施までの期間の施設監視、対策実施のための詳細調査、対策の実施がこれに該当する。

(5) リスク・コミュニケーション

リスク・コミュニケーションとは、施設造成者と施設管理者等が対話を通じて、対象施設で想定されるリスクや緊急事態における対応手順・内容、連絡体制等を共有する取組である。これにより、対策実施時期や対策工法の検討結果等について、意思決定の過程及びその根拠を関係者間で相互に理解することを目的とする。

ポンプ設備におけるリスク・コミュニケーションについては、「5.3 (2) リスク・コミュニケーションを用いる方法」参照。

5. 3 性能低下予測

ポンプ設備の性能低下予測は、経験式などの手法が確立されていないため困難な場合が多い。このため、締切全揚程の変化や分解整備時に確認されるライナリングの摩耗量等、定量的なデータが得られる場合は、それらを許容値と比較することで余寿命予測を行う。一方で、定量的なデータが得られない場合は、参考耐用年数を用いて余寿命予測を行う。これらの結果を踏まえ、施設造成者及び施設管理者によるリスク・コミュニケーションを行い、合意形成を図った上で適切な対策時期を決定する。

【解説】

機能保全計画は、検討対象期間（診断時点より40年を基本）にわたって設備の性能を維持していくための計画である。機能保全計画を検討するに当たっては、設備全体としての性能低下予測を行うことが必要となるが、ポンプ設備は様々な部位で構成され、その耐用年数も多様であり、かつ余寿命管理を行うことが適さない部位などもあり、部位毎に個別評価する必要がある。

これらの個別評価結果をもとに設備としての余寿命を予測する場合は、部位の重要度や劣化の影響度が高い部位の余寿命を参考に総合的に判断する必要がある。（例：ケーシングの余寿命が、支配的要因となる場合は、ケーシングの余寿命を設備の余寿命とするなど）図4-1に健全度と余寿命の関係を示す。

なお、余寿命は点検・整備の状態によって大きく影響を受け、評価された余寿命期間中、部位の性能が必ずしも満足されるわけではない。また、設備の性能管理レベルの範囲はS-3～S-5が原則であり、余寿命予測においてはS-3になるまでの期間の予測を行い、機能保全計画を立案する。このため、診断結果によりS-3以下と評価されたものについては、余寿命予測は行わず、劣化対策等の実施を前提とし、設備・部位の重要度や現場の状況等を考慮して劣化対策等の指導を施設管理者に対して行う。実施に当たっては、S-2評価の部位等の対策を優先する必要がある。

(1) 概略診断及び詳細診断調査の測定結果等を用いた余寿命予測を用いる方法

経年的に徐々に劣化が進行する設備・機器について、対象とした調査部位の腐食や摩耗量等の進み具合などから許容値又は判定基準との対比を行い、余寿命を予測する。(例えば、20年で2mm進行したので、許容値3mmまでは30年(=余寿命10年)という予測。図5-2、5-3に概念図(例)を示す。)

この手法で将来予測を行うと比較的正確に余寿命が算出できるが、余寿命を出すためだけに詳細診断調査を行うのはコスト面から現実的ではないため、健全度評価がS-5評価では、参考耐用年数や過去の整備履歴などを参考とするとよい。

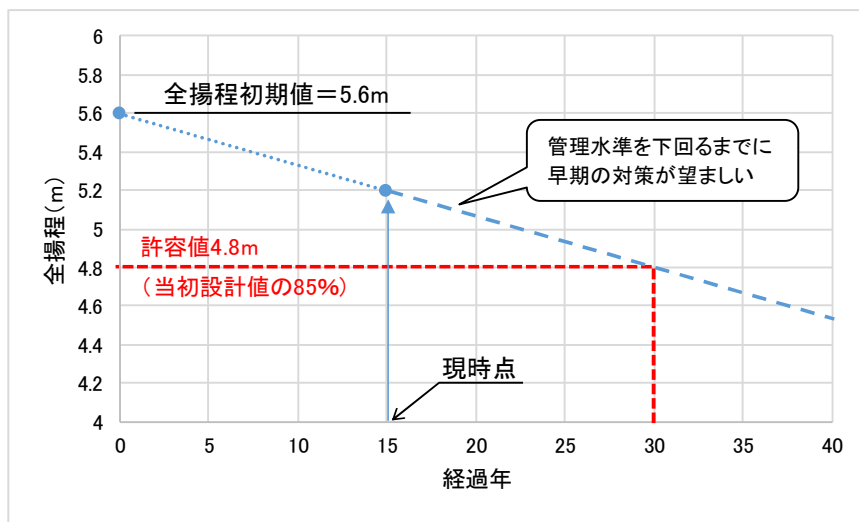


図5-2 長期間にわたり連続運転を行うポンプ設備の
締切全揚程を活用した余寿命予測の概念図(例)

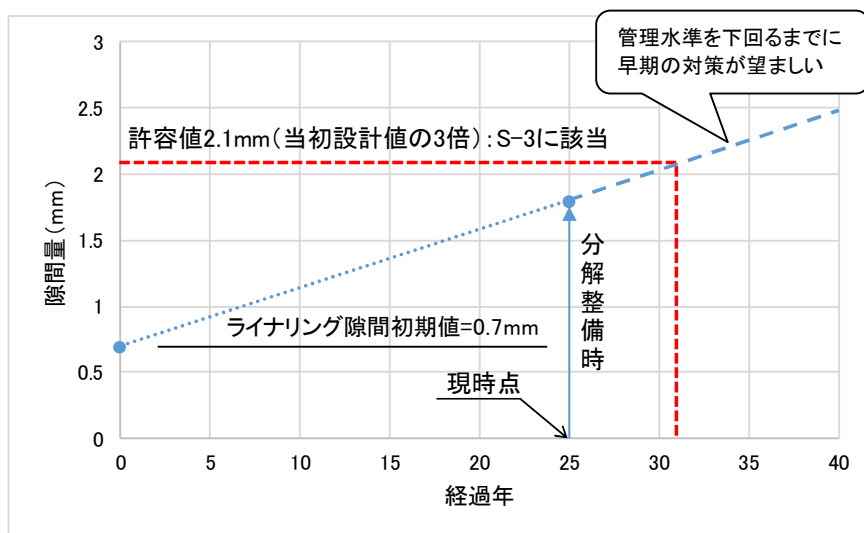


図5-3 長期間にわたり連続運転を行うポンプ設備の
ライナリングの摩耗量を活用した余寿命予測の概念図(例)

(2) リスク・コミュニケーションを用いる方法

ポンプ設備の分解整備履歴がないなど、定量的なデータに基づく余寿命予測が実施できない設備に対しては、目安として参考耐用年数を用いて余寿命予測を行っている。しかし、施設の劣化状況は多種多様であり、一律に参考耐用年数を用いた場合、地区の実情にそぐわないケースも考えられるため、施設造成者と施設管理者によるリスク・コミュニケーションを行い、合意形成を図った上で対策時期を決定する。

機能保全計画策定や対策実施等の各プロセスの意思決定に当たっては、施設造成者及び施設管理者間でリスクに関する情報の共有を図るとともに、機能診断結果や保全方式の検討結果などについて説明・提案を行い、施設管理者の意向も踏まえた、より実行性のある機能保全計画を策定・更新する手段としてリスク・コミュニケーションを推進することが重要である。

ポンプ設備に関するリスク・コミュニケーションにおいては、分解整備履歴、事故履歴、部品の入手難易度、現地調査で得られた施設諸元（施設規模、供用年数）、運転頻度・運転時間、分解整備履歴、事故履歴、部品の入手難易度、現地調査で得られた健全度評価等の機能診断結果、ポンプ設備の機能が喪失した場合の影響度等の情報を参考に、施設造成者が保全方式、対策実施時期及び対策内容について提案する。これに対し、対話により施設管理者の意向を把握し、必要に応じて修正を行い、施設管理者の意向を踏まえた機能保全計画を策定・更新する。

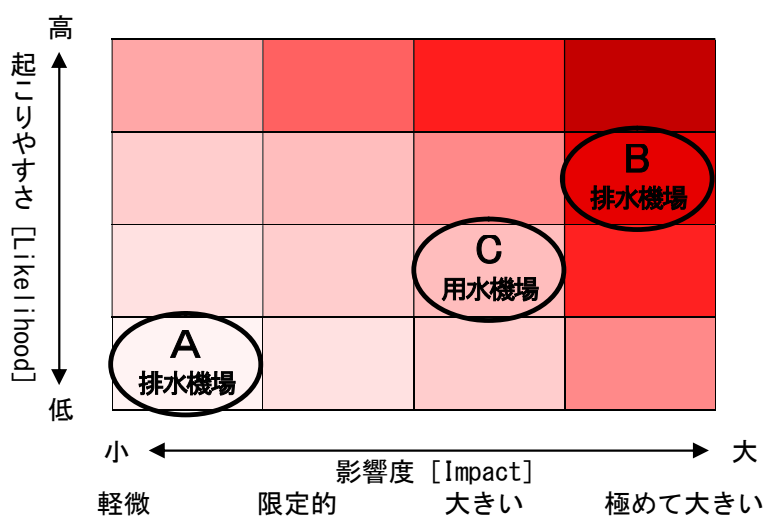
【参考】リスク・コミュニケーションの例

(1) リスク・マトリックスの活用事例

リスク・マトリックスを活用したリスク・コミュニケーションの例を以下に示す。

マトリックスの要素として、横軸は事故等により施設機能が喪失した場合の影響度を示す。また、縦軸は施設機能が喪失する起こりやすさを示すが、起こりやすさは過去の事故履歴、現状の健全度評価、経過年数等から推定する。管理対象施設ごとに各要素を決定し、マトリックスにプロットする。

同一地区内に2施設の排水機場、1施設の用水機場が存在し、各施設については表に示すような諸元等を有すると想定した場合に、「施設機能が喪失した場合の影響度」と「機能喪失の起こりやすさ」をマトリックスに表現する。プロット位置を踏まえ、3施設の対策の優先度を対話により決定する。



考慮する内容	A排水機場	B排水機場	C用水機場
供用年数	15年	50年	35年
運転頻度・運転時間	低・約2,500時間	中・約15,000時間	高(通年)・約35,000時間
分解整備実績	なし	あり (13年前に実施)	あり (2年前に実施)
整備内容	—	主要部品すべて交換	一部の主要部品
過去年間の故障件数	なし	3件	1件
健全度	S-4	S-3	S-3
水質	土砂少	土砂多	土砂少
振動値の増加傾向	なし	あり	なし
部品の入手難易度	容易	一部困難	容易
農業面の影響	農地50haの湛水被害	農地300haの湛水被害	受益面積500haの 用水供給停止
農業以外の面の影響	農業用納屋の浸水	多くの周辺家屋及び 駅舎、学校の浸水	なし

- ・ 事前調査で得られる情報：供用年数、運転頻度・運転時間、分解整備履歴、事故履歴、部品の入手難易度等
- ・ 現地調査で得られる情報：健全度評価、水質、振動値の増加傾向、ポンプ設備の機能が喪失した場合の影響度等

(2) 対話のイメージ

施設造成者



- ・ A排水機場のポンプ設備は、供用年数も15年と比較的新しく、また確認されている変状も軽微で健全度評価はS-4であるため、更新時期はポンプ設備完備品の耐用年数を超過する20年後としたい。
- ・ B排水機場のポンプ設備は、供用年数が50年であり、分解整備実施後13年が経過している。他のポンプ設備に比べ、流水中の土砂量が多いなどにより故障発生頻度が高く、振動値も増加傾向を示しているため、機能停止の起こりやすさも高いと判断。分解整備による余寿命の延伸効果も見込めないため、直近5年間で新規事業を計画し、更新整備を検討したい。
- ・ C用水機場は通年運転の施設で、他機場よりも累計運転時間は長く完備品としての耐用年数を超過した段階であるが、2年前に分解整備を実施し、分解整備時の詳細調査で交換が必要な主要部品は交換済みである。このため、余寿命を10年程度と想定し、10年以内に対策を検討する。

施設管理者



- ・ A排水機場のポンプ設備は、提案のとおり20年後の更新を想定するが、大きな不具合が生じない限り、できるだけ長期供用したい。
- ・ B排水機場のポンプ設備は、現状で機能に支障は生じていないが、特注のポンプ設備でありメーカーの保守対応期限や部品の供給状況に関する明確な回答も得られていない。このため、将来的な維持管理労力やコストの軽減を見据え、A排水機場との統合も視野に入れた更新時期を前倒しし、直近3年間で更新整備を計画してほしい。
- ・ C用水機場のポンプ設備は、提案のとおり10年以内の対策を想定するが、大きな不具合が生じない限り、できるだけ長期供用したい。

5. 4 機能保全計画の策定

個別設備の機能保全計画の策定は、機能保全コストの最小化に着目するとともに、設備機能の維持、対策実施の合理性、設備の重要度との適合性、維持管理の容易さ等を総合的に勘案し策定する。

また、設備を構成する装置・部位毎の重要度から対策実施の優先度及び保全方式の検討を行うことが重要である。

【解説】

機能保全計画策定時にチェックすべき事項を以下に示す。

(1) 地区全体としての対策の妥当性

同一施設のコンクリート施設との対策時期の同期化を図ることは当然のことであるが、施設管理者が管理する地区全体の対策を確認し、年度実施計画や費用負担等の面から、妥当であるかどうかチェックし、実効性のある計画とする必要がある。

(2) 設備の機能保全計画の留意点

設備の合理的な管理運用のためには、設備の機能が安定的に保たれ、これに要する機能保全コストが適正であることが重要である。

設備の健全度の低下を放置して、機能保全対策を実施しなければ機能保全コストは安価になるが、そのことにより設備の性能が低下して、農業生産に悪影響を及ぼすのみでなく、国民の生命・財産に影響を及ぼすようなことがあってはならない。

このため、設備のもつ機能を理解し、設備の重要度に応じた適切な機能保全計画を立案することが必要である。

(3) 維持管理の費用の軽減と管理の容易さ

機能保全対策の実施により、維持管理の費用と労力が軽減され、ライフサイクルコストの低減に効果があるような対策（メンテナンスフリーの素材の活用等）が望ましい。

5. 4. 1 機能保全対策の検討に当たっての留意事項

機能診断評価結果を踏まえ、当面必要となる機能保全対策の検討や、劣化傾向等を把握し、将来的な対策の検討を行う。また、シナリオ作成や具体的機能保全対策の検討に当たっては、土木構造物の保全対策時期等との調和を図り、信頼性、管理制約条件、社会的情勢等を勘案し総合的に検討する。

【解説】

ポンプ設備においては、適切な維持管理による性能管理が必要となるため、当面必要となる対策の検討の他に、将来的に必要となる対策の検討を行う必要がある。

また、具体的な検討に当たっては、河川流況や取水等により対策範囲や期間に制約を受けることが多いため、対策の施工性や仮設工事の範囲等を十分に考慮し、効率的かつ経済的な対策工範囲及び実施時期を設定する必要がある。

(1) 当面必要となる対策の検討

当面必要となる対策とは、機能診断の結果を踏まえ速やかに行う必要がある対策のうち、直接的・具体的な対応が可能であるものをいう。具体的には、機能診断によりインペラギャップ（インペラとケーシングとの隙間）が基準値以上（S-3、S-2）となっていることが判明し、この劣化に対して必要となる対策が、当面必要となる対策である。

機能保全対策の検討に当たっては、まず、この当面必要となる対策について検討する必要がある（表5-1参照）。また、健全度評価の結果に基づき、施設造業者は施設管理者に対して助言する必要がある。一般的には、機能診断評価結果がS-3以下と判断された場合に当面必要となる対策の検討が必要となるが、S-4以上の場合でも予防保全の観点から対策を行う場合もあるので留意する。

これらの検討結果は、「5. 4. 2 点検・整備計画」に示す、点検・整備内容の指導に併せ、施設造業者が施設管理者に対して助言する必要がある。

表5-1 健全度と対策工法の基本的な考え方

健全度指標	対 策
S-5	継続使用
S-4	<ul style="list-style-type: none">・要観察地点とし追跡調査を行う。・S-4は「要観察」を基本とするが、設備が機能停止した場合の影響度が高い場合、変状や不具合が軽度であってもその要因が明確かつ今後の劣化進行の可能性が高く早期対策が機能保全コスト上有利となる場合など、比較的早い時期に対策を実施した方が効果的な場合もある。このような場合は、残耐用年数や機能保全コストの検討を踏まえ、予防保全として対策工法の検討を行ってもよい。
S-3	<ul style="list-style-type: none">・変状要因が明確な場合は、その要因に対して効果的な対策工法を検討する。・変状要因が特定できず、効果的な対策の選定が難しい場合には、分解点検や専門的調査を実施して、補修塗装や分解整備・修理など具体的な工法の検討を行う必要がある。
S-2	<ul style="list-style-type: none">・変状要因に関わらず、早急に専門的調査を実施し、部分更新又は更新を講じる。
S-1	<ul style="list-style-type: none">・変状要因に関わらず、早急に専門的調査を実施し、おおむね更新を目安として適切な対策を講じる。

注：なお、対策工事の実施までの間、施設の継続的な監視を着実に実施する。また、事故等に備えた事後対応についても検討しておくことが望ましい。

(2) 具体的な対策の検討手法

機能診断調査結果から個別に当面必要となる対策を検討できる場合は、その結果に基づき、対策を検討する。

しかし、これまでの診断が、概略診断調査や一部の詳細診断調査に留まっている場合等においては、調査精度が低いことから、当面必要となる対策を立案できない場合がある。このような場合は、他地区事例を参考とした標準的な対策を計画するなど工夫するとよい。

(3) 対策工範囲の検討

ポンプ設備は多数の機器・部品から構成された集合体であり、これらが相互に有機的に機能してはじめて設備全体が正常に機能する。よって機能低下した機器・部品等のみを対策の対象とするのではなく、土木構造物、遠隔監視制御設備、電源設備など機能が連携している他設備との関連や影響を調査するなど、設備全体の機能維持・性能・回復を図る観点から対策の範囲を検討する必要がある。

劣化対策の範囲として、施設、設備、装置、機器・部材、部品の各階層を対象に検討する必要があり、部品単位で交換すれば十分な場合もあるが、機器・部材単位で交換する方が作業は容易で信頼性が高く、延命化や経済性に結びつくこともあり留意が必要である。

【参考】ポンプ設備の更新・補修技術（対策例）

主ポンプ設備の更新・補修技術の主な対策例を以下に示す。

対策	工法内容	効果・留意点	対策可能な主ポンプ形式
水中軸受の無給水化	潤滑水の供給が必要な既設の軸受を、潤滑水の供給が不要となる無給水軸受に更新する。なお、これに伴い主軸の改造が必要となる。	給水系統の機器が不要となるため、維持管理費が縮減される。オーバーホール等の実施時期に合わせて施工することにより、ポンプの不稼働期間及び分解・組立て費用が縮減される。	立軸（軸流・斜流）
軸封部の無給水化	潤滑水の供給が必要な既設の軸封部を、潤滑水の供給が不要となる無給水軸封装置に更新する。なお、これに伴い主軸の改造が必要となる。		横軸（渦巻・軸流・斜流） 立軸（渦巻・軸流・斜流） チューブラ（軸流・斜流）
回転体の更新	ケーシングは既設のものを流用し、回転体（主軸、インペラ、軸受、軸封部）を更新する。	回転体の更新範囲（全面更新とするか、部分更新とするか）については、回転体を構成する部材（主軸、インペラ、軸受、軸封部等）の劣化状態等に応じて判断する必要がある。	
ケーシングの補修	既設ケーシングの局所的な腐食、摩耗に対して、 ①鋼板製ケーシングでは溶接（パッチワーク） ②鋳鉄製ケーシングでは工業用メンテナンス用補修材による肉盛・成形、耐摩耗性・耐食性に優れた金属への置換等によりケーシング形状を復元する。	ケーシングの全面更新に比べて大幅に費用が縮減される。適用に当たっては腐食・摩耗の程度を考慮する必要がある。	
インペラ及びインペラハブの補修	ステンレス製のインペラ及びインペラハブの著しい腐食、摩耗に対して、溶接（肉盛溶接）により形状を復元する。	インペラ及びインペラハブの全面更新に比べて大幅に費用が縮減される。適用に当たっては腐食・摩耗の程度を考慮する必要がある。	
パッキンスリーブ表面の硬質加工	グランドパッキンとの摩擦によるパッキンスリーブ表面の摩耗を抑制するため、パッキンスリーブ表面に耐摩耗性金属を溶射する。	パッキンスリーブの長寿命化に効果がある。オーバーホール等の実施時期に合わせて施工することにより、ポンプの不稼働期間及び分解・組立て費用が縮減される。	

(4) 長寿命化の検討

長寿命化とは、一般の耐用年数を超えて供用期間を延長させることをいい、装置、機器・部材及び部品の機能保全対策により、設備全体の延命化を図ることが必要である。機能保全対策を検討する際、長寿命化は当然考慮すべきものであるが、経済性や技術的な整合等に留意して検討する必要がある。(図5-4参照)

【参考】対策実施のシナリオ作成手順の例

- ① 本ポンプ場の機能保全の検討対象期間を40年とする。
- ② ポンプ場は複合施設であることから土木構造物と保全対策の同期化等を考慮し、対策工法を検討する。
- ③ ポンプ設備の部位毎の劣化対策を組み合わせることで最適案を作成する。

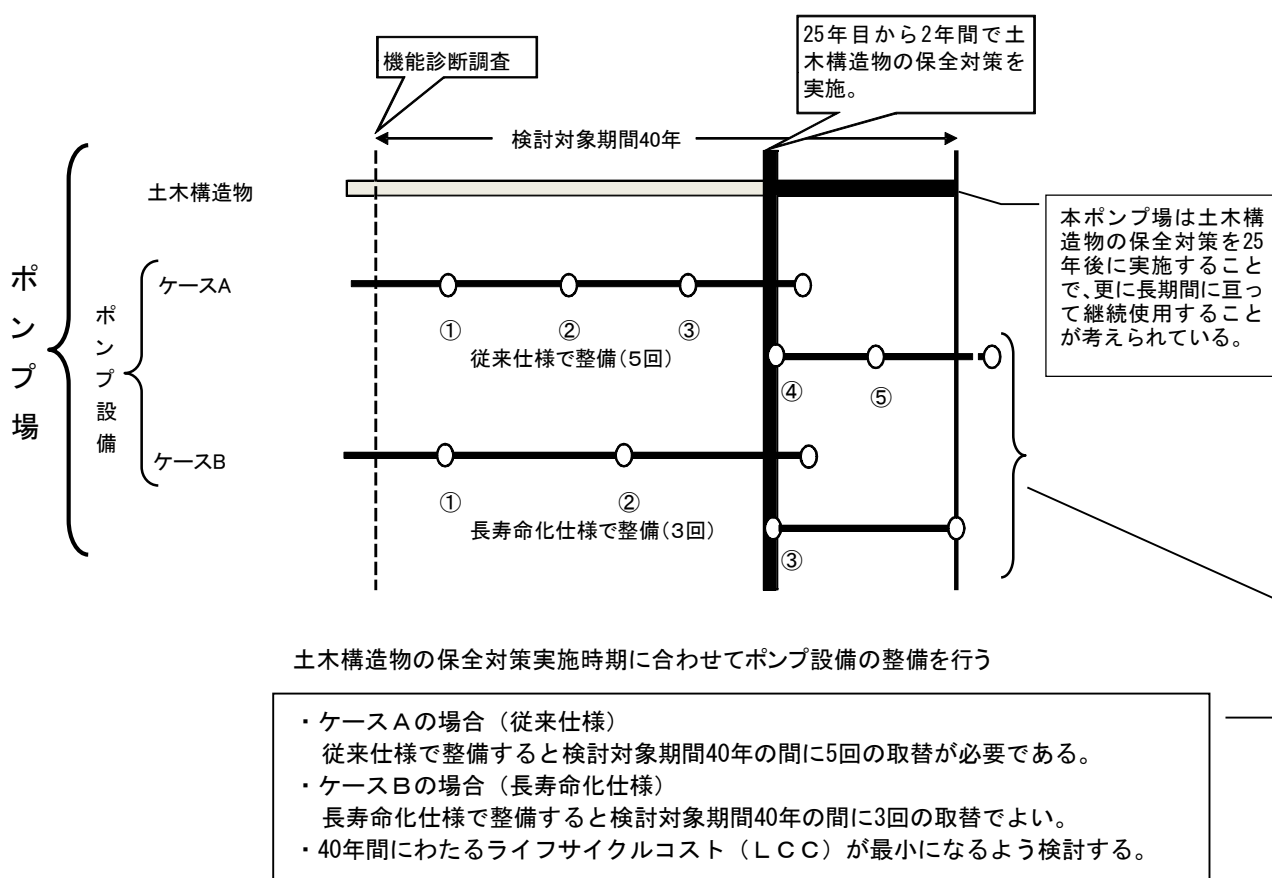


図5-4 シナリオ検討手順のイメージ

(5) 保全対策の範囲と同期化の検討

個々の機器・部品等の保全対策(交換・修理等)をその都度行くと、共通作業回数が増え保全費用が高額となることもあるため、保全対策時期の同期化を図ることが重要である。このとき、設備の保全対策範囲は、機器等の特性、保全方式、経済性及び信頼性を勘案して効率的な対策範囲を検討することが重要である(図5-4)。例えば、渦巻ポンプにおいては、ライナリング、スリーブ等回転体部品の交換をそれぞれ部品毎に交換するよりも、同じ時期に交換する方が、上ケーシングの開放作業と回転体の分解作業が1回で済むため、経済的である。なお、グランドパッキン及びシートパッキンをケーシング開放の際は交換する必要がある。

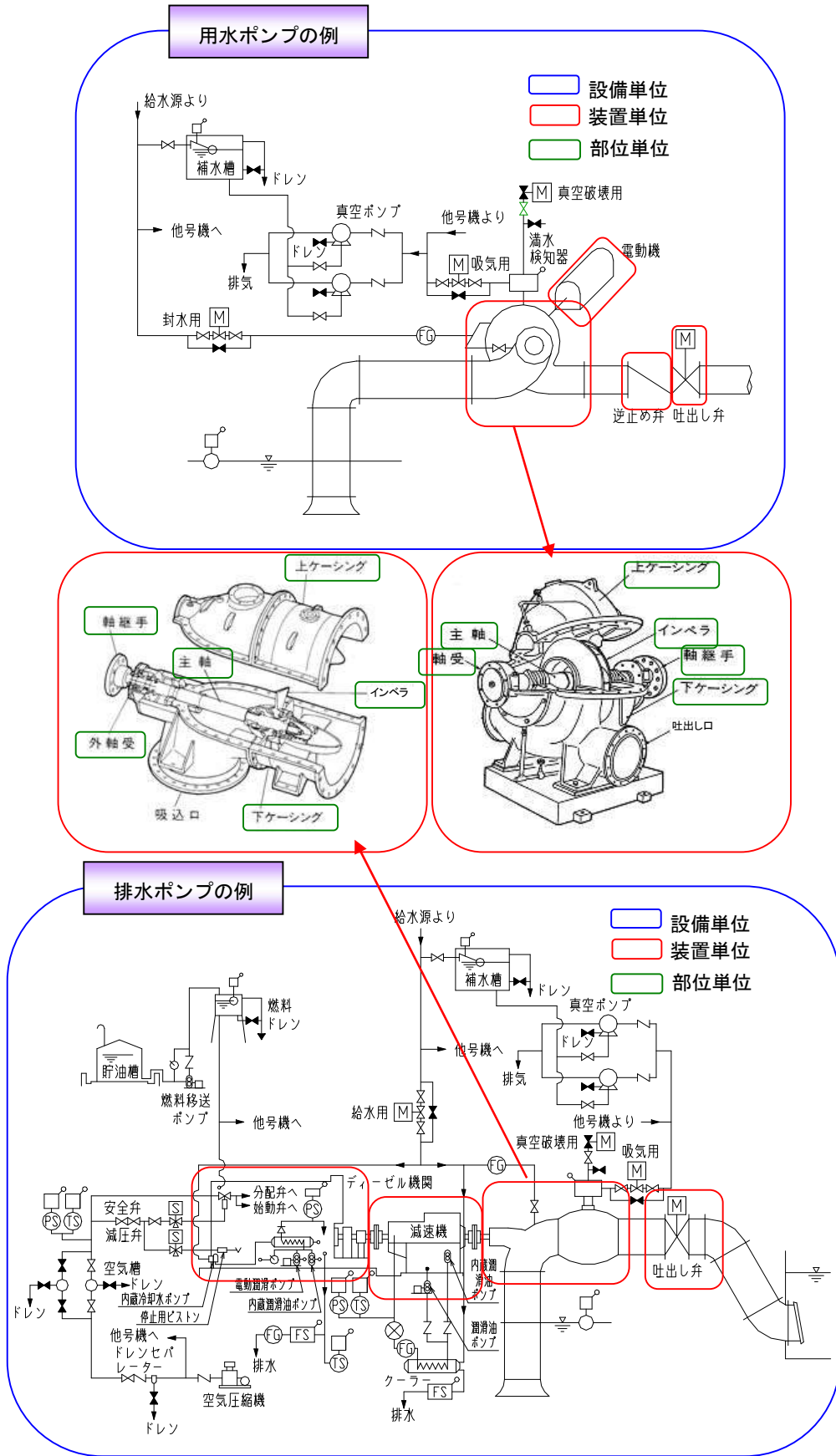


図5-5 施設機械設備の保全対策の単位（ポンプ設備）の例

【参考】状態監視保全の適用を広げる新技術の導入

ポンプ設備におけるストックマネジメントの取組を、より高い精度で実施していくためには、回転機械であるポンプ設備の特性を踏まえ、新技術を活用して点検や機能診断の高度化・省力化を図ることが重要である。

機能診断等においては、従来の標準的な調査手法を基本としつつ、振動、運転音、電流値、温度等の運転状態を把握する技術を活用し、ポンプ設備の状態を継続的に監視する手法を適切に組み合わせることで選択することが望ましい。

新技術の導入に当たっては、関連する技術情報の収集や現場条件を踏まえた試行等を通じて、ポンプ設備への適用性を十分に検討することが重要である。

例えば、水中ポンプ等の不可視部の調査においては、水中ドローンの活用が考えられる。また、近年では、IoTを活用した回転機械の状態監視システムや、AIによるポンプ設備の異常検知技術が開発されており、これらの先進技術を活用することで、状態監視の自動化や傾向管理データに基づく劣化予測が可能となる。これにより、保全管理の省力化や状態監視精度の向上を通じた保全管理コストの縮減が期待される。

5. 4. 2 点検・整備計画

ポンプ設備の機能保全においては、施設管理者が実施する点検との関連が非常に重要となる。施設造成者は、施設管理者による日常管理の状況及び問題点を踏まえ、施設管理者が行う定期点検・整備計画を含めた機能保全計画を検討する。施設管理者は、施設造成者が実施した診断結果及び機能保全計画を踏まえ、点検内容、実施時期及び対応の優先順位を整理した上で、定期点検を確実に実施する必要がある。

【解説】

(1) 合理的な点検・整備計画施設監視（継続監視）計画の立案

ポンプ設備などの施設機械設備の維持管理においては、施設管理者が行う定期点検が極めて重要であり、機能保全を進めていく上でも、定期点検といかに関連できるかが鍵となる。

診断結果をもとに、S-3、S-2と評価された部位などの、整備・補修に関する助言、維持管理方法等に関する助言を行い設備の機能維持を図るとともに、今後の定期点検についても助言を行い合理的な点検を確実に実施することで、機能診断調査の合理化が図られ、常に最新の設備の状況を把握することが可能になる。

このため、施設機械設備においては、施設管理者が行う定期点検・整備計画も含めた機能保全計画を検討することを念頭におき、各地区の日常管理上の問題点を把握した上で、各ケースに応じた指導・助言を行う必要がある。例えば維持管理コストに原因があり、十分な管理が行われていない場合などは、「1. 3 ポンプ設備の機能保全」に示すとおり、設備・部位等の重要度や稼働形態などを考慮し、合理的な保全方式の選択や、点検項目・点検周期の検討を行って、効率的な点検整備計画を助言する。

年間点検計画の作成例及び機能保全計画設備監視計画の作成例を表5-2及び表5-3に示す。

なお、土地改良施設管理基準（用水機場編）及び（排水機場編）、基幹水利施設指導点検・整備マニュアル（揚水機場編）及び（排水機場編）、設備の完成図書等による適切な維持管理を行っており、日常管理に問題がない場合も点検・整備内容がオーバースペックになっていないかなど、必要に応じて、適切な助言を行う。

表5-2 重要度と稼働形態を加味した年間点検計画の作成例

設備の重要度区分			月												点検周期の例	
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
重要度 高	常用系	かんがい期						●	●	●	●	●				毎月1回
		非かんがい期	◎	○	○	○	○							○	○	毎月1回
	待機系	出水期						○	○	○	○	○				毎月1回
		非出水期	◎		○		○							○		1回/2か月に延長
重要度 中	常用系	かんがい期							●		●				1回/2か月に延長	
		非かんがい期	◎		○		○						○		1回/2か月に延長	
	待機系	出水期						○		○		○			1回/2か月に延長	
		非出水期	◎			○										1回/3か月に延長
重要度 低	常用系/待機系		◎												必要に応じて実施	

常用系：用水（かんがい）ポンプや常時排水ポンプ

凡例：◎年次点検、○管理運転点検、●運転時点検

待機系：洪水時排水ポンプ

注）年次点検の時期は地域の実情に応じて決定する。

【ポイント】 時間計画保全や状態監視保全による設備の保全を図る場合は特に、このような定期点検の記録が極めて重要な資料となり、データの蓄積を行うことでより精度の高い健全度評価や、合理的な保全計画を立てることが可能になるため、確実な実施が望まれる。

表5-3 機能保全計画設備監視計画の作成例

設備・部位	監視内容・項目	監視頻度	監視の留意事項	監視実施者	異常時の措置	次回診断 予定時期
1号ポンプ	動作確認	日常	異常音や軸受部の異常な温度・振動がないことを確認する。	○○改良区○ 課○係	指導技術者に 連絡	20XX年
2号ポンプ	ケーシング部	6か月	○○については重点的に監視する	特別指導事業 を実施している 指導技術者	メーカーに連 絡	〃
3号ポンプ	電動機の絶縁 抵抗	12か月	500Vメガーで 1MΩ以上であるこ と、異常音がないこ とを確認する。 絶縁抵抗値が1MΩ 未満となった場合 は、使用限界に近い 状態であり、事故防 止の観点から、運転 停止を含めた対策を 検討。	電気技術者（電 気保安協会等）	電気技術者 （電気保安協 会等）、メー カーに連絡	〃

※監視内容・項目、監視の留意事項や異常時の措置は具体的な判断基準と、その場合の措置について記載する。

（2）点検の種類

点検とは、設備・機器の異常・故障・疲労・劣化などによる機能損失の有無、性能低下の確認などのために実施する目視・聴覚・嗅覚・打診・触診及び簡単な器具や測定機器を用いた計測・動作確認等、それを記録することをいい、主として分解を伴わない対象設備・機器への直接的な作業である。ポンプの「管理運転」等も、機能を確認するための作業であり点検の一部として取り扱う。

点検には、基本的に以下のとおり「日常点検」、「定期点検」及び「臨時点検」の3種類がある。

1) 日常点検

日常点検とは、始動前、始動中、運転中に実施する異常の有無確認や、見回り点検による第三者事故の防止等を目的として、日常又は1か月未満のサイクルで実施する点検をいう。

2) 定期点検

定期点検には、「年次点検」や「管理運転点検」（表1-9参照）等があり、設備等の状況把握並びに機能保全を図るため、当該設備の目的・機能・設置環境に対応した方法で実施する。

洪水時ポンプなどの待機系の設備は、管理運転を実施し機能を確認することが必要となる。年次点検は、打診・触診・聴診及び計測等による診断を中心とした方法によるが、できるだけ定量的な点検方法により機能を確認するのが望ましい。なお、管理運転を実施して機能損失の有無を確認するものとし、特に、前回の点検結果との相違についても注意して実施すべきである（傾向管理の実施）。

3) 臨時点検

臨時点検は、水質や設備に異常が生じた際や、地震、洪水、落雷等により設備機能への影響が懸念された場合に実施する点検で、目視点検を中心に、当該設備の目的・機能・設置環境に対応した方法で、設備全般について点検を実施する。

(3) 整備

設備の機能を常に発揮できるよう準備を整えることをいい、予防保全のため又は点検の判定結果に基づき、設備の機能保持及び復帰のために実施する清掃、調整、給油脂・部品交換、修理等の作業並びにその記録を行う。

(4) 傾向管理

傾向管理は施設機械設備の劣化判定方法の一つで、機器・部品等の状態を経時的に監視・計測して、その傾向の変化より機器の劣化進行を把握する方法である。計測値の経年変化をグラフ上にプロット（傾向管理グラフ）し、劣化の進行具合を予測し、整備・補修又は更新（取替）時期を検討する。

ポンプ設備における傾向管理項目は、「わかりやすい土地改良施設管理入門(全国土地改良事業団体連合会) 用水ポンプ編、排水ポンプ編」に掲載されているものを表5-4に示す。

1) 測定項目と測定周期

①傾向管理の項目(用水ポンプ及び排水ポンプ)

表5-4 傾向管理項目（用水ポンプ及び排水ポンプ）

機器名	測定項目	測定方法	測定周期	傾向管理グラフによるデータの評価
主ポンプ	軸受部振動	ポータブル振動計	施設管理者にて定める	限界値以下で安定していること
	軸受温度	温度計が付属されていない場合はポータブル温度計	施設管理者にて定める	周囲温度+40℃以下で安定していること
	吐出し圧力	ポンプ付属の圧力計	施設管理者にて定める	吐出し圧力、水位により専門家がポンプ性能低下などを評価する
	吸・吐水位	機場設置の水位計	施設管理者にて定める	規定水位値で安定していること
電動機	軸受部振動	ポータブル振動計	施設管理者にて定める	限界値以下で安定していること
	温度	温度計が付属されていない場合はポータブル温度計	施設管理者にて定める	許容値以下で安定していること
	絶縁抵抗	絶縁抵抗計	1年に1回程度	判定値以上で安定していること
歯車減速機	軸受部振動	ポータブル振動計	施設管理者にて定める	限界値以下で安定していること
	潤滑油圧力	付属の圧力計	施設管理者にて定める	規定圧力で安定していること
	潤滑油温度	付属の温度計	施設管理者にて定める	75℃以下で安定していること
	軸受温度	温度計が付属されていない場合はポータブル温度計	施設管理者にて定める	周囲温度+40℃以下で安定していること
ディーゼル機関	潤滑油温度	付属の温度計	施設管理者にて定める	許容値以下で安定していること
	潤滑油圧力	付属の圧力計	施設管理者にて定める	規定圧力で安定していること
	冷却水温度	付属の温度計	施設管理者にて定める	許容値以下で安定していること
	気筒排気温度	付属の温度計	施設管理者にて定める	許容値以下で安定していること
	回転速度	付属の回転速度計	施設管理者にて定める	許容値以下で安定していること
	始動時間	ストップウォッチ	施設管理者にて定める	過去の計測値と比較し安定していること
	停止時間	ストップウォッチ	施設管理者にて定める	過去の計測値と比較し安定していること
	デフレクション	クランクピン	1年に1回程度	許容値以下で安定していること
	排気温度 (過給機入口温度)	付属の温度計	施設管理者にて定める	許容値以下で安定していること

②測定周期

測定周期は定期的（例えば1～2か月に1回程度）とするのが望ましいが、施設の用途によりポンプ運転時間が異なるため施設の条件に合わせて設定する必要がある。また、平常時の記録を管理しておき、測定値に大きな変動が認められれば測定周期を短くするなどの対応も必要である。なお、測定に当たっては測定場所や運転時間、回転速度、吐出し量等の測定時のポンプの運転状況等をあらかじめ決めて測定する等、測定時の条件が同じになるよう留意する。

2) 傾向管理手法

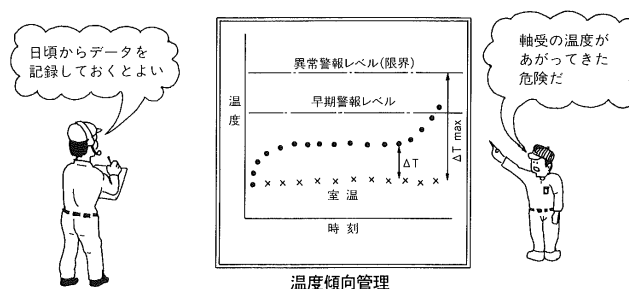
点検項目は、機能診断時の数値のみで劣化度合いを判定することは困難であることから、過去の点検記録から得られた計測結果をグラフ等に表示して時系列変化(=経年変化)状況(傾向管理グラフ)から、劣化の進行度合いを経験則的に想定し、整備・更新時期等を決定する。

代表的な傾向管理手法として、振動診断と潤滑診断がある。振動診断とは、軸受の振動値(振動変位・振動速度・振動加速度)を測定・解析することで、ポンプ設備の回転機械の状態を把握する手法であり、測定結果を基準値や初期値と比較することで状態を評価する「簡易診断」と、異常が検出された際にFFT周波数解析を用いて劣化部位や劣化状況を評価する「精密診断」がある。

また、潤滑診断とは、ポンプ設備における減速機や軸受等の回転部の潤滑剤(オイル・グリース)を採取し、分析により得られた金属摩耗粒子の量や形態等の情報を用いて摩耗状態を把握し評価する診断手法であり、早期の予防保全措置の実施や劣化部位の推定が可能となる。

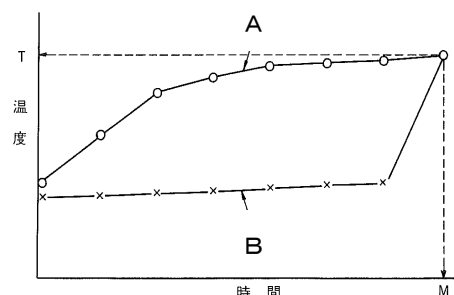
3) 傾向管理グラフ作成例

傾向管理グラフが許容値以下で安定した傾向を示していれば正常運転であり、グラフに異常な変化が現れた場合は、故障が近づいているおそれがあるので適切な対応が必要である。

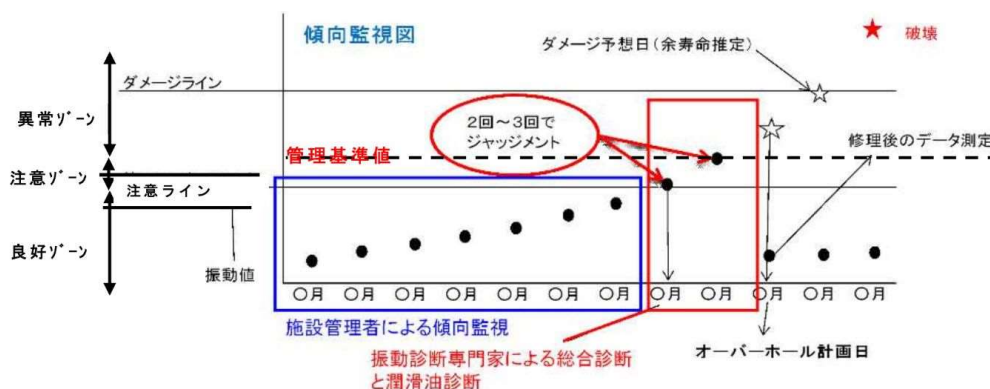


傾向管理グラフの見方について一例を示す。

軸受温度がある時期Mにおいて、温度がTを示した場合は、その履歴がAの場合は特に問題ないが、Bの場合は何等かの異常が発生しているおそれがあり、整備が必要と判断される。



なお、「農業用施設機械(ポンプ設備)における理(相対評価)に当たり、相対値評価基準値として「注意値」「予防保全値」を設定し、計測データの変化傾向とトレンドグラフに示した管理基準値との比較を行うとされている(下図参照)。



(5) 合理的な点検

点検を合理的に実施するためには、設備の構成機器とその故障の発生原因を整理し、点検項目を決める必要がある。年次点検では、部位の重要度A、B（「1. 3 ポンプ設備の機能保全」参照）とされた機器（予防保全適用）を中心に、部位の重要度Cの機器についてもその状態を把握し、かつ突発的に発生する故障・劣化等により設備の性能が低下していないかを確認するとともに、場合によっては計測による傾向管理を実施し、整備の実施時期の検討に活用するものとする。

また、設備の重要度等を勘案し、点検項目・内容・点検整備の間隔などの検討を行うものとする。

5. 4. 3 関係機関との合意形成

機能保全コストの比較により算定された最適なシナリオを基本に、関係者（施設管理者、関係行政機関等）の意向や意見を踏まえるプロセスを経て、機能保全計画を策定する必要がある。

【解説】

機能保全計画の策定に当たっては、実効性のある計画とするため、関係機関との協議が不可欠である。

特に、多大な費用負担や点検頻度を伴うシナリオを策定する場合などは、施設管理者と十分に協議を行った上で、策定する必要がある。また、対策の実施に先駆け、どのような事業で取り組むかをある程度想定した上で、関係機関と協議しつつシナリオを策定することで、対象地区や施設における劣化対策対象設備のグルーピングや予算手当の検討を、よりスムーズに行うことが可能となる。

用語集

本手引きで扱う主な用語の定義は以下のとおりである。

- 「点 検」：設備・機器の機能、状態等をひとつひとつ目視、計測等によりチェックを行って、不良・異常箇所を調べ、それを記録することをいう。
- 「日常点検」：日毎又は1か月未満のサイクルで行う点検で、始動条件の確認と連続運転性能の確保を目的として設備の運転に際しての異常の有無を確認するため実施するものをいう。
- 「整備」：設備の機能をつねに発揮できるよう準備を整えることをいう。損傷予防のため、又は点検の判定に基づき、設備の機能保持及び復帰のために実施する清掃、調整、給油脂・部品交換、修理等の作業並びにその記録を行う。
- 「点検整備」：点検及び整備を一貫して行うことをいう。
- 「保守」：設備・機器の正常な状態を保つために実施する清掃、調整、給油脂、部品交換、修理等の作業並びにその記録を行うことで、「整備」よりも軽微なものをいう。
- 「保全」：施設、設備をその使用期間において適正な状態に保つことをいい、このために必要な点検・整備、補修、長寿命化に資する整備等の全ての行為を含む。
- 「劣化」：立地や気象条件、使用状況（流水による浸食等）等に起因し、時間の経過とともに施設の性能低下をもたらす部材や構造等の変状。
- 「経年劣化」：物理的劣化と時代的劣化の両方を合わせたものをいう。経年劣化は総合的な利用価値の低下を意味する。
- 「変 状」：施設が健全な状態で本来期待されている機能や状況と比較して、異なっている状況。劣化、初期欠陥、損傷を含む。
- 「陳腐化」：古くさくなることをいう。例えば、修理・交換が従前の機器では困難となること。
- 「老朽化」：設備・機器が使用年限を超過し、経年劣化等により役立たなくなることをいう。
- 「機能」：もののはたらき。機械設備では、機械に備わった能力をいう。
- 「機能低下」：施設・設備・機器等の機能が設置当初に比べて低下することをいう。
- 「故障」：機器・部品において劣化や地震、風水害、雷等の外的要因による異常、不調が生じ、機能が円滑に働かなくなることをいう。
- 「交換」：劣化した機器・部品を補修用機器・部品に取り替えることをいう。
- 「修理」：劣化又は破損した部位、部材（部品）等の性能・機能を実用上支障のない状態まで回復させるよう、部品交換等の必要な処置を行い、直すことをいう。
「修繕」と呼ぶこともある。
- 「補修」：故障、破損した機器・部品を交換、修理により補いつくろうことをいう。
- 「改造」：設備・装置・機器等を作り直すことで、機能的な変更を伴うものをいう。
- 「寿命」：機器・部品等が壊れずに使用に耐えて働く期間をいう。
- 「余寿命」：診断した時点から、機器・部材、部品の機能・性能が許容範囲内であると判断

される期間をいう。

「耐用年数」：設備の経済的な検討における設備個別又は全体システムの現実的な推定使用年数をいう。

「参考耐用年数」：設備・装置等を標準状態で使用し、使用開始から、機能、安全性、操作性等について問題が生じ、取り替えが必要となるまでの期間である。

「使用年数」：本手引き中では当該施設の使用開始年から、廃止までの期間をいう。

「更新」：施設あるいは設備全体又は一部を新しいものに取り替えることをいう。劣化した機器・部品を修理・交換するよりも全体を取り替えた方が経済的な場合や、施設・設備の機能が時代、社会状況等にそぐわなくなった場合等に更新が行われる。更新には「リプレース」と「リニューアル」のふたつの形態がある。

「管理運転」：点検の一手法として実施する運転であり、実負荷運転又はそれに近い状態での総合的な運転を行って、システム全体の故障発見を第一義的に実施し、併せて機器及び操作制御設備等の機能保持や運転操作員の習熟度を高めるために行う運転をいう。

「保守管理」：管理体制を確立し、主ポンプ設備及びその他の設備について、十分な保守点検計画を立て施設の機能を保全する行為をいう。「保守管理」には、点検整備も含まれる。

「保全管理」：施設、設備をその使用期間において適正な状態に保つことをいい、このために必要な点検・整備、補修、長寿命化に資する整備等の全ての行為を含む管理で、予防保全方式と事後保全方式に大別される。

引用文献・参考文献

【引用文献】

- ・ 農林水産省農村振興局整備部設計課『土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」基準書・技術書』平成30年5月
- ・ 農林水産省関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所『農業用施設機械（ポンプ設備）における状態監視の手引き（案）』令和3年3月

【参考文献】

- ・ 農林水産省農村振興局整備部設計課『土地改良事業計画設計基準・設計「ポンプ場」』平成30年5月
- ・ 農林水産省構造改善局総務課施設管理室『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（揚水機場編）』平成7年1月
- ・ 農林水産省構造改善局総務課施設管理室『基幹水利施設指導・点検・整備マニュアル（排水機場編）』平成7年1月
- ・ 全国土地改良事業団体連合会『わかりやすい土地改良施設管理入門 用水ポンプ編』平成22年3月
- ・ 全国土地改良事業団体連合会『わかりやすい土地改良施設管理入門 排水ポンプ編』平成9年9月
- ・ 農林水産省農村振興局整備部水利整備課『土地改良施設管理基準（用水機場編）』平成30年5月
- ・ 農林水産省農村振興局整備部水利整備課『土地改良施設管理基準（排水機場編）』平成30年5月
- ・ 農林水産省関東農政局利根川水系土地改良調査管理事務所『農業施設機械（ポンプ設備）における状態監視の手引き（案）』令和3年3月
- ・ 農林水産省関東農政局土地改良技術事務所『農業用施設機械（ポンプ設備）における簡易潤滑油診断マニュアル（案）』令和3年2月