

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。

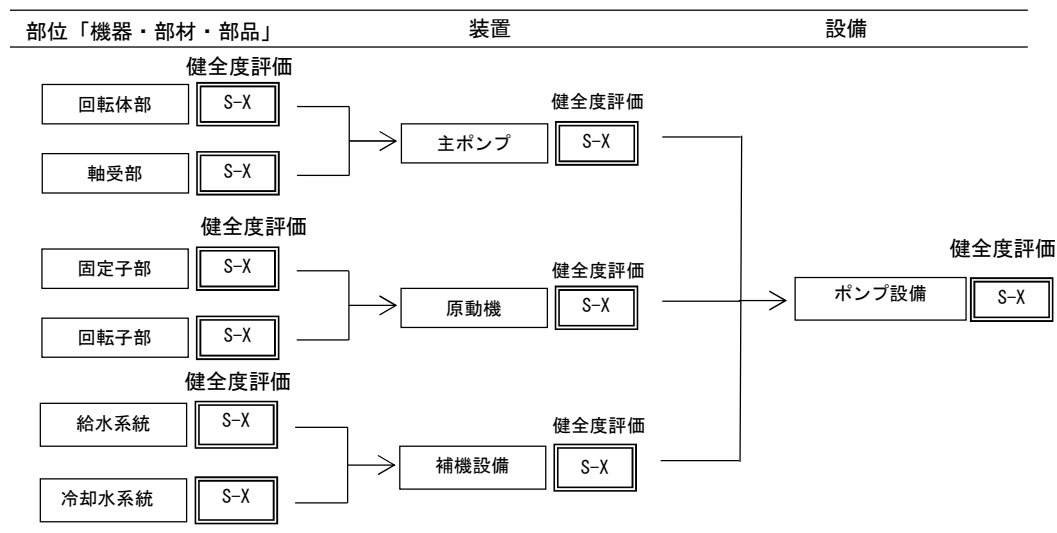


図4-1 ポンプ設備の健全度評価の考え方の例

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	S-3
		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	S-3
		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	S-3
		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。

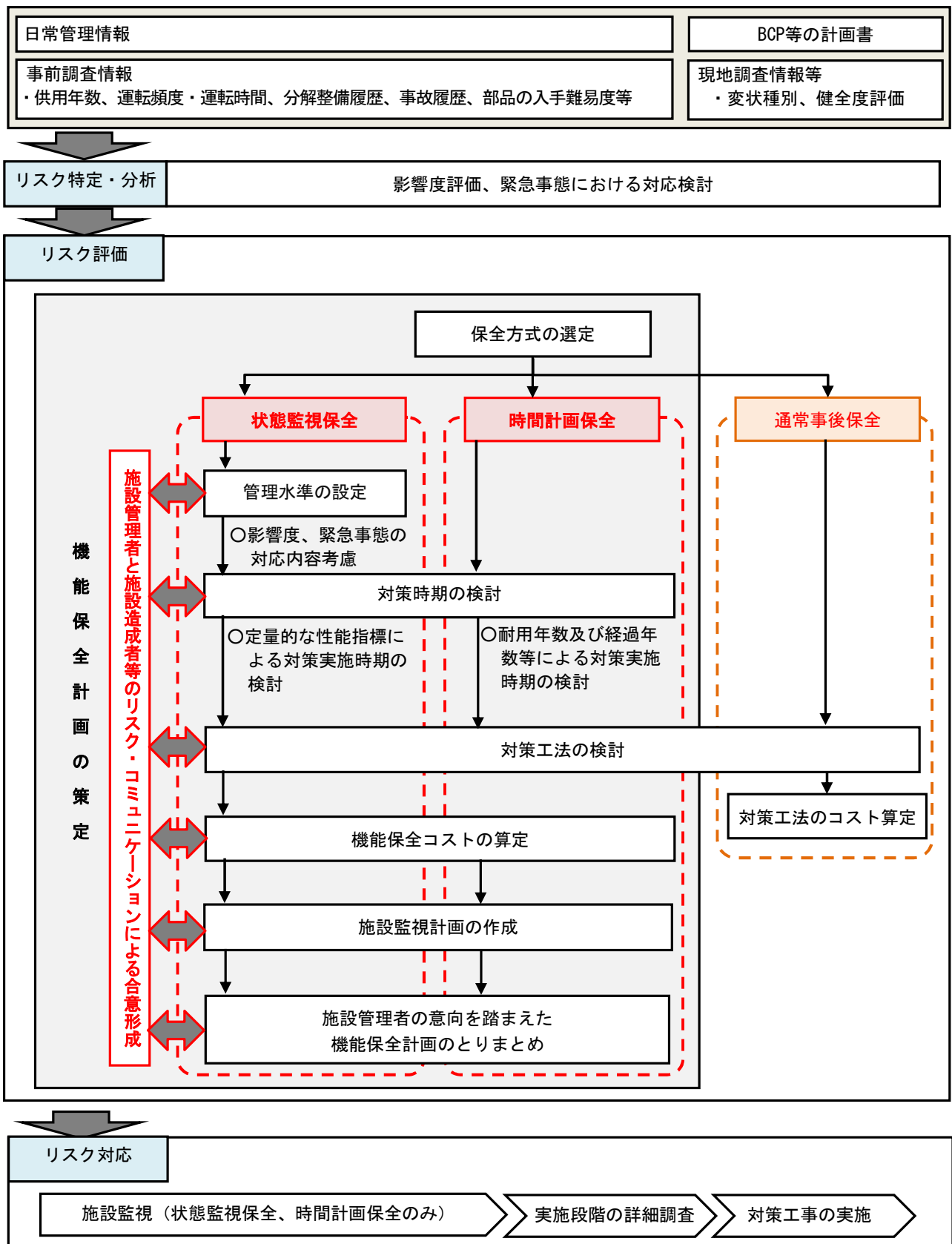


図5-1 リスク管理の考え方に基づく機能保全計画策定プロセス

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。

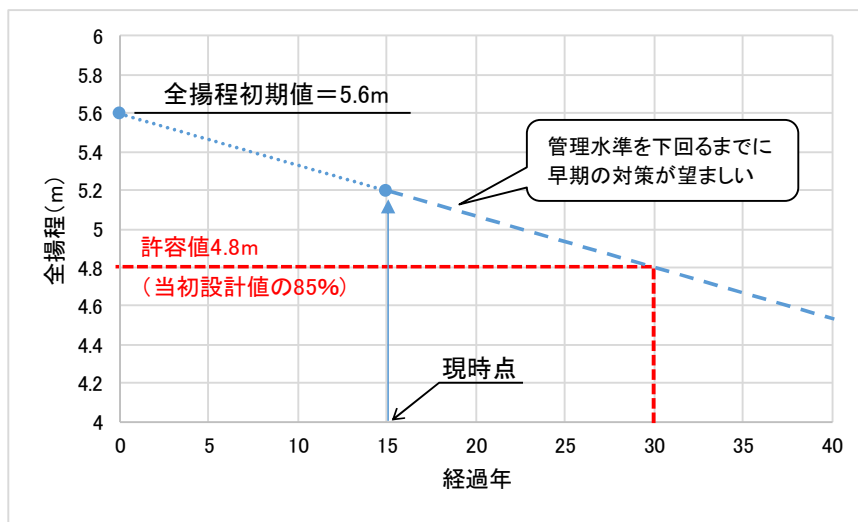


図5-2 長期間にわたり連続運転を行うポンプ設備の
締切全揚程を活用した余寿命予測の概念図(例)

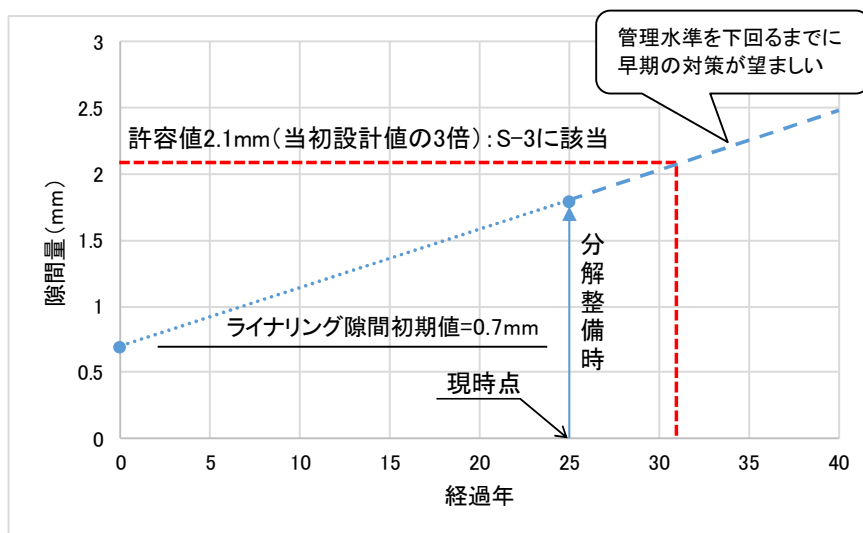


図5-3 長期間にわたり連続運転を行うポンプ設備の
ライナリングの摩耗量を活用した余寿命予測の概念図(例)

(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。

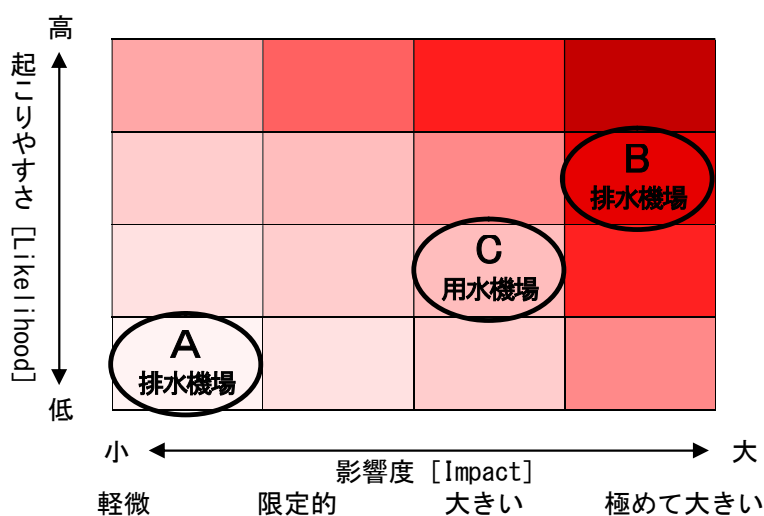
【参考】リスク・コミュニケーションの例

(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、施設造成本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、施設造成本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	・ 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	・ 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	・ 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	・ 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。

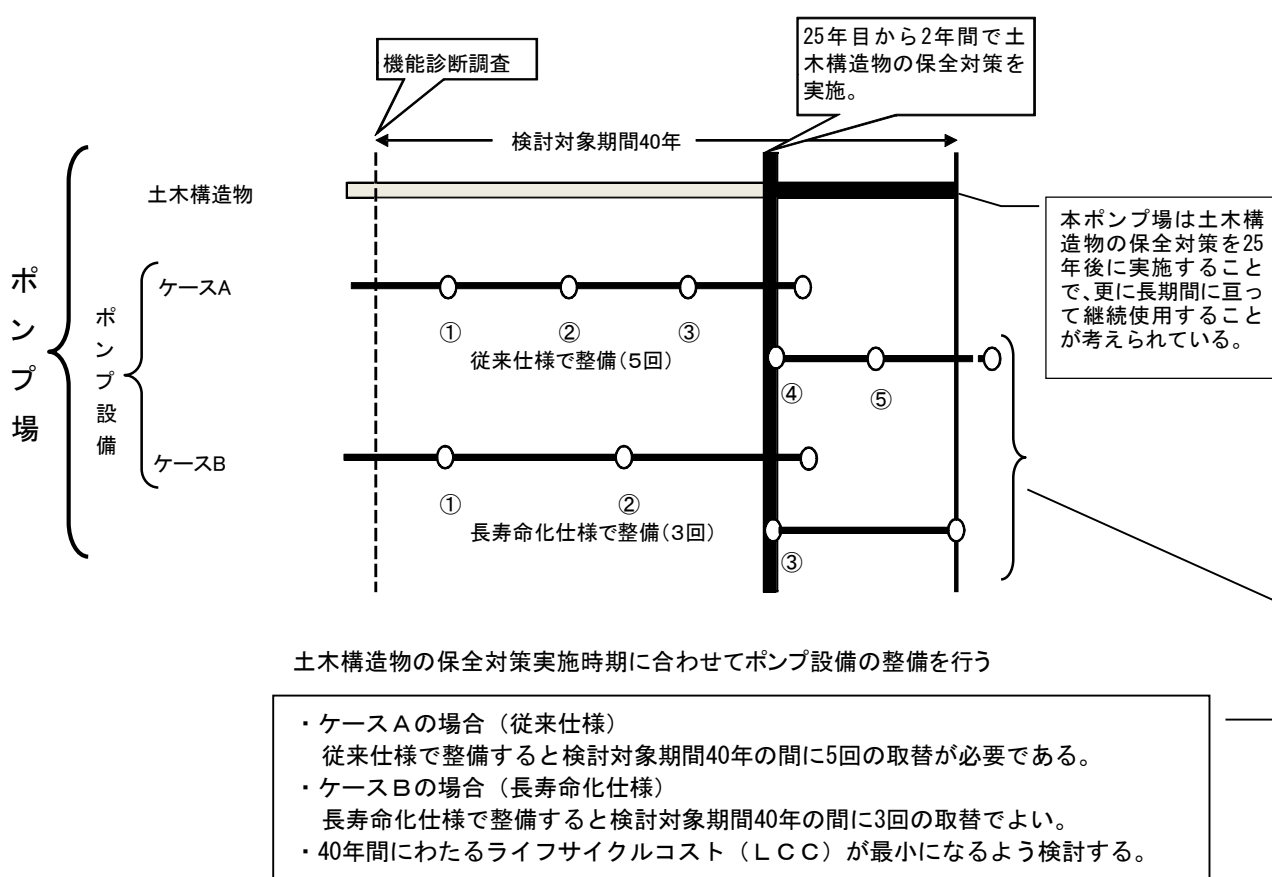


図5-4 シナリオ検討手順のイメージ

(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。

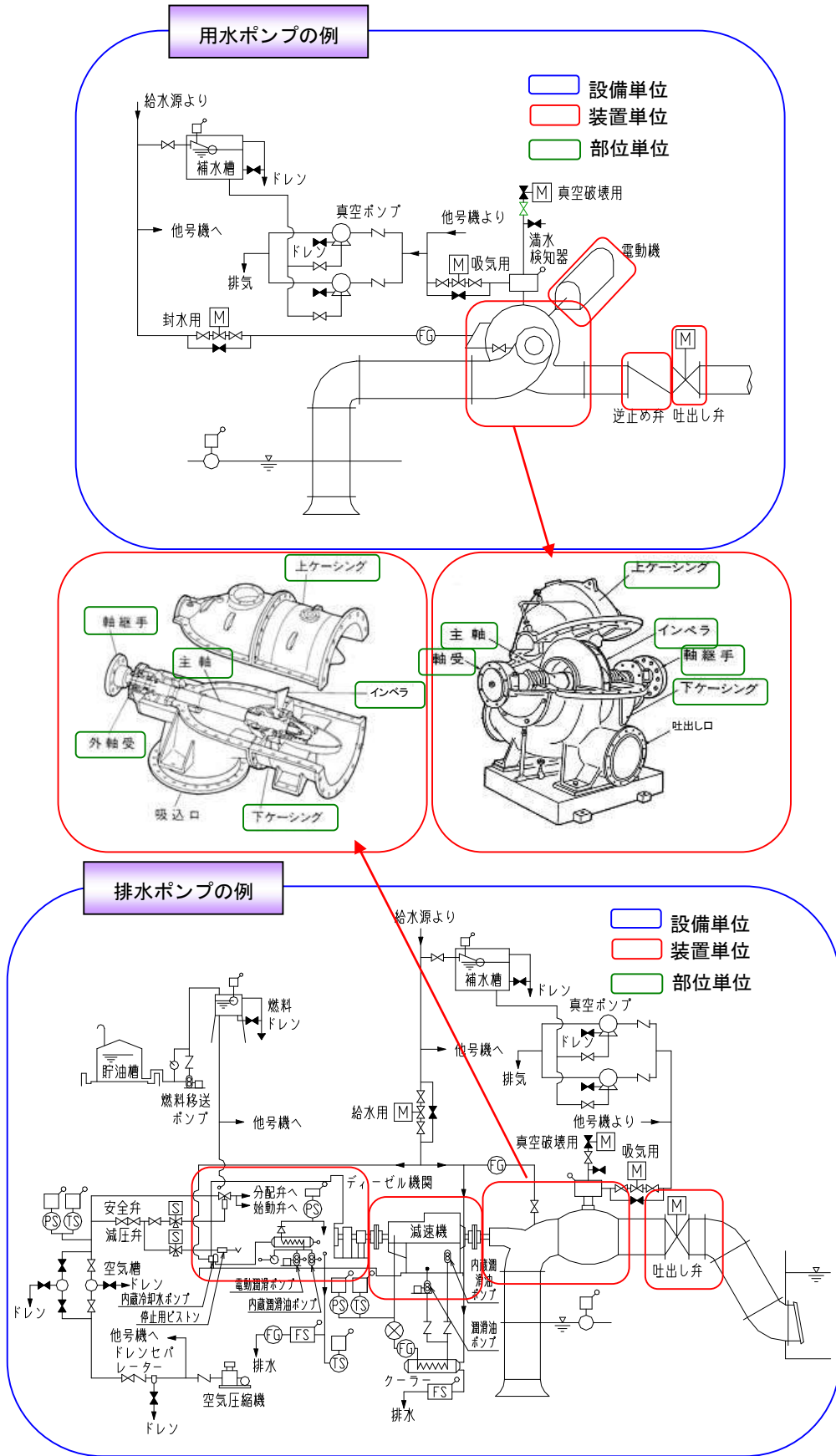


図5-5 施設機械設備の保全対策の単位（ポンプ設備）の例

【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

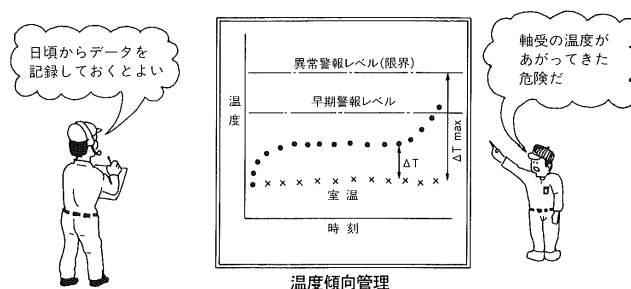
点検項目は、機能診断時の数値のみで劣化度合いを判定することは困難であることから、過去の点検記録から得られた計測結果をグラフ等に表示して時系列変化(=経年変化)状況(傾向管理グラフ)から、劣化の進行度合いを経験則的に想定し、整備・更新時期等を決定する。

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。

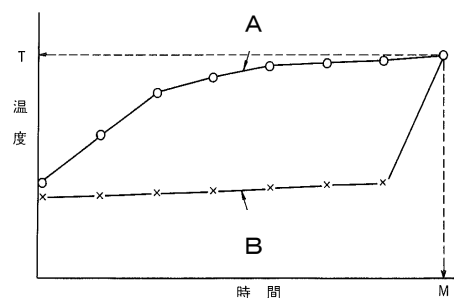
3) 傾向管理グラフ作成例

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。

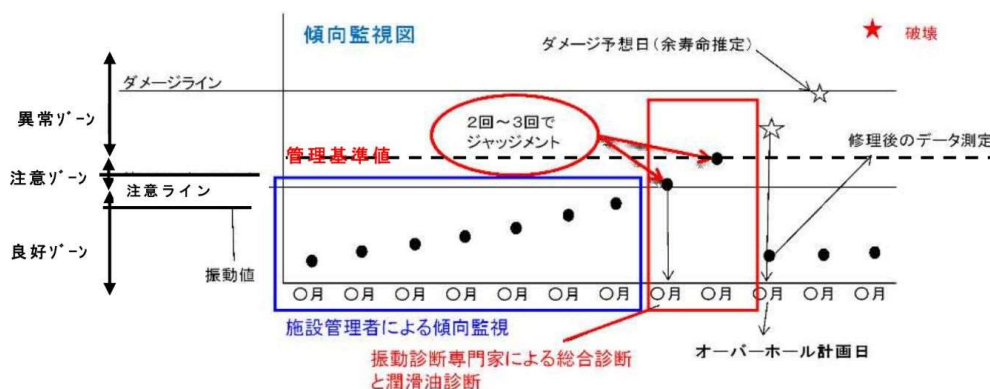


傾向管理グラフの見方について一例を示す。

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