

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	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）
送配水機能 用水量調節機能 排水機能 排水量調節機能	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

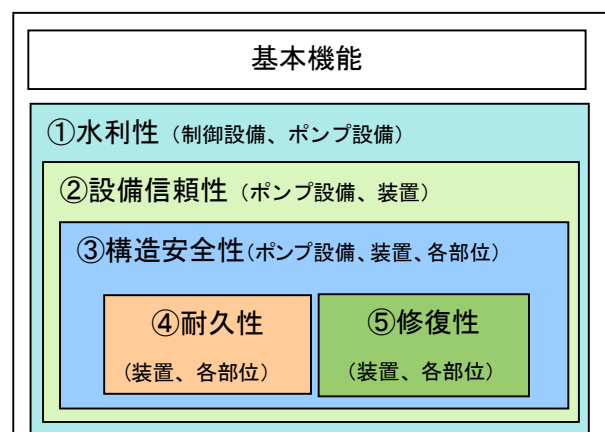
ポンプ設備の機能を水利システムの観点で分類した場合、基本機能は①水利機能（用・排水量の確保・調節など水利に関する役割）、②水理機能（全揚程の確保・送配水効果等位置エネルギーの確保など水理的な送水に関する役割）、③構造機能（ポンプの部材強度などの構造上の役割）に分類されるが、ポンプ場を構成するポンプ設備に求める具体的な役割で整理した場合、基本機能は、送配水機能、用水量調節機能、排水機能、排水量調節機能などに分類される。具体的な機能を理解することは、機能保全の基本である他、設備等の重要度を理解する上でも必要である。

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。

機能保全は、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）

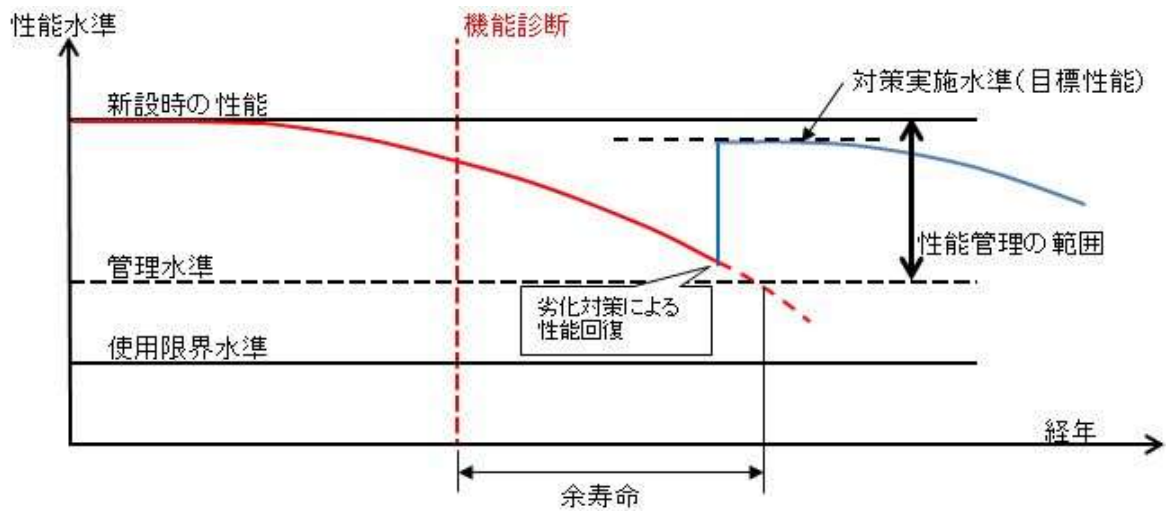


図1-17 設備の性能劣化曲線と性能管理の範囲

<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。