

お茶の水排水機場ポンプ設備の 更新計画について —立軸排水機の非分解調査—

札幌開発建設部 札幌北農業事務所 ○片岡 大貴
寺田 大輔
川本 誠

農業用ポンプ設備の分解調査（内部診断）は、ケーシングの開放作業が伴うため、多大な費用を要する。特に立軸ポンプの場合は減速機、ポンプ内部の主軸・羽根車の取り外しを必要とし、調査費用が高いため、事前に策定した交換計画に基づく更新整備（時間計画保全）が一般的である。

本報では、非分解性調査手法として、ポンプ内部への内視鏡カメラによる調査等を行い、それらに基づいて新たな更新計画を策定したので報告する。

キーワード：更新事業、機能診断、ライフサイクルコスト、長寿命化

1. はじめに

基幹的な農業用ポンプ設備は全国に2,800箇所以上あり、農地ばかりではなく地域の用水及び排水を担う重要な施設である。

これらの約7割の施設が標準耐用年数を超過しており、今後、突発的な事故発生や標準耐用年数を超過した施設の更新が集中することが懸念されている。

農業用ポンプ設備の予防保全のうち、主ポンプについては、運転経過時間等の基準により点検を行う「時間計画保全」が基本である。しかし、時間計画保全では、分解調査などの調査費が抑えられる反面、破損及び劣化が見られない部品も全て交換するため、定期的に高額な維持管理費が必要となる。それに対して、「状態監視保全」では機能診断費用が必要となるが、必要な部品のみの交換を行うため整備費が安価に抑えられる利点がある。

そのため、機能診断費用を抑えつつ「状態監視保全」により、対象施設の劣化傾向を把握して、更新を行うことが、ライフサイクルコストの低減に有効である。

お茶の水排水機場については、内部診断を行い「状態監視保全」として、内視鏡によるポンプ内部の状態調査並びにインペラプロテクトライナー間のクリアランスの調査を行い、分解整備計画を策定したので報告する。

2. お茶の水地区並びに排水機場の概要

(1) お茶の水地区概要

お茶の水地区は岩見沢市及び江別市に位置し（図-1）、受益面積2,854haの農業地帯である。お茶の水地区の基幹

的な農業水利施設は、国営美唄土地改良事業(昭和26年度～昭和43年度)等により造成されたが、排水機場及び排水路の経年劣化による不測の事態が生じるなど施設の維持管理に多大な費用と労力を要している。

本事業では、これらの施設の機能を保全するための整備と耐震化のための整備を一体的に行うことにより、排水機能の維持及び施設の維持管理の費用と労力の軽減並びに大規模地震の発生に伴う被害の防止・軽減を図り、農業生産性の維持及び農業経営の安定に資するものである。

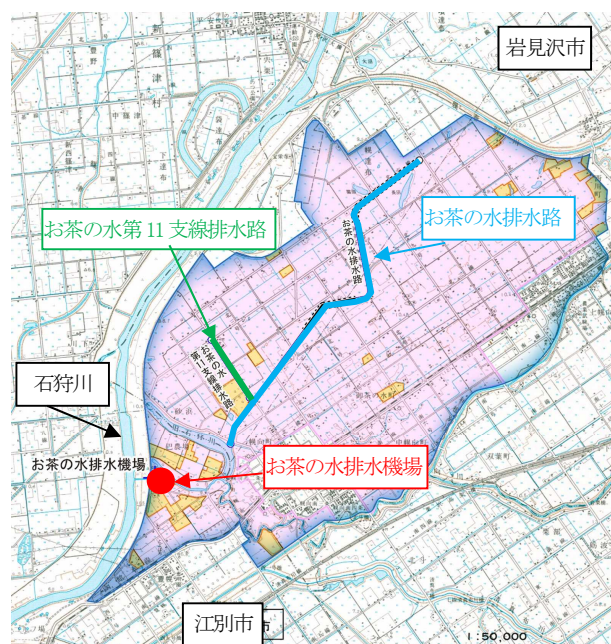


図-1 お茶の水地区位置図（事業計画図）

(2) お茶の水排水機場概要

本報で取り扱うお茶の水排水機場は、国営お茶の水土地改良事業（昭和42年度～昭和45年度）にて整備され、石狩川下流左岸区域農用地緊急保全整備事業（昭和63年度～平成7年度）により平成6年度に一度全面改修されている。今回の国営施設応急対策事業お茶の水地区では、お茶の水排水機場の立軸斜流ポンプφ2,200×4台（表-1、写真-1、写真-2）の更新を行う。

表-1 お茶の水排水機場概要

施設名称	お茶の水排水機場
場所	江別市豊幌
供用開始	平成6年
施設管理者	岩見沢市、江別市
構造諸元	型式：立軸斜流 ポンプ台数：4台 口径：2,200mm 吐出量：42.7m ³ /s 全揚程：5.90m 受益面積：2,854ha



写真-1 お茶の水排水機場内観



写真-2 お茶の水排水機場主ポンプ外観

3. 主ポンプの改修計画

事業計画策定時点では、主ポンプ（図-2）は大型の斜流ポンプであるため、主ポンプ内部の主軸、インペラ、プロテクトライナーの目視調査を行うには、分解調査が必要であり、調査費用が高むため内部調査は行わず、運転経過時間などの基準による「時間計画保全」により更新計画を立てている。

今回、実施設計を行うにあたり、ライフサイクルコストの低減を目的に、ポンプ内部の機能診断を行い、改修計画を策定した。調査は下記の内容のものを行った。

a) 内視鏡カメラ及び水中ドローンによるカメラ診断

調査対象：ケーシング、インペラ、プロテクトライナー、主軸の損耗並びに腐食状況の把握

b) インペラクリアランス測定

調査対象：インペラ-プロテクトライナー間のクリアランスの測定を行いプロテクトライナーの損耗の把握

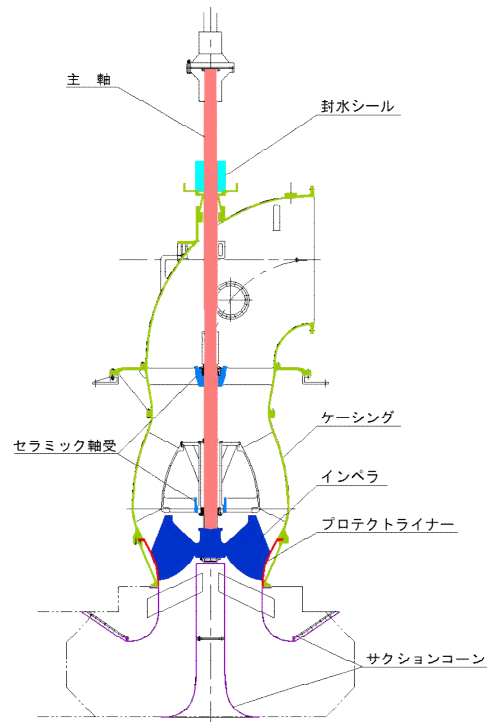


図-2 主ポンプ各部位の名称

4. 機能診断

現在、ポンプ設備の機能診断は、施設管理者による日常点検、メーカーによる定期点検、施設造作者による簡易内部診断により行われており、本報で取り扱うのはそのうちの内部診断である。

(1) 従来の検査方法

簡易内部診断は突発的な事故が生じた時点、又は、事故が発生しない場合は概ね20年間でケーシングを開放して内部の状態を診断するために行われる。そのため、一定年数以上経過すれば不具合が生じていなくとも高額な分解調査費用と手間が発生し、又、突発的な事故が発生した時点で高額な整備費用を負担しなければならない事態になっている。ポンプの機能低下は、回転部の金属摩耗により進行することが多いが、立軸ポンプはポンプ下部に水中部を擁し、ポンプ内の主軸及びインペラの取り外しを必要とし、機能診断に時間と調査費が高む。

(2) 非分解調査方法

近年、非分解調査として内視鏡や水中ドローンによるポンプ内部の撮影を行い、腐食並びに劣化状況を確認する機能診断が実施されている。本調査では分解調査と比較して診断範囲は限られるが、安価かつ簡易にポンプ内部の診断を行うことが可能である非分解調査を実施した。以下に調査の概要について説明する。

a) 内視鏡カメラ及び水中ドローン調査

内視鏡カメラ診断調査は、主ポンプの点検孔を開放して、内視鏡カメラをポンプ内部へ進入させ（**図-3**）、主ポンプ内部（気中部）の腐食状況や欠損状況の確認をするものである（**写真-3**）。

水中ドローン診断調査は吸込水槽から水中ドローンを進入させ（**図-3**）、ポンプ内部（水中部）の腐食状況や欠損状況を確認するものである（**写真-4**）。

内視鏡カメラ及び水中ドローン調査は、従来調査に必要な主軸及びインペラの取り外しの行程を省略し、ポンプ内部の機能診断を行うことが出来る。

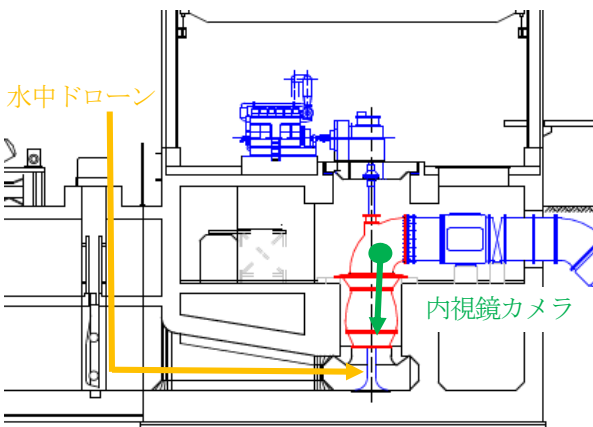


図-3 内視鏡及び水中ドローンによる調査箇所

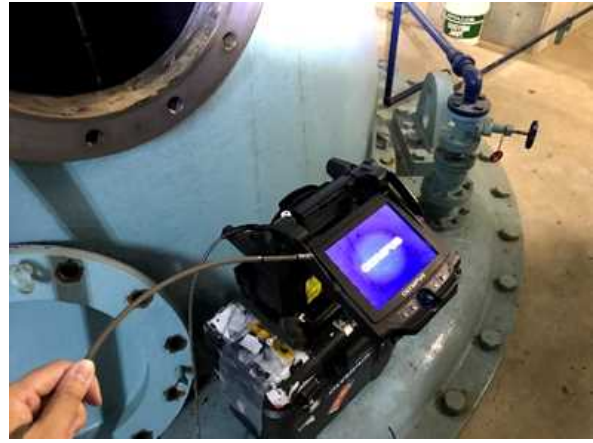


写真-3 内視鏡による調査状況写真



写真-4 水中ドローンによる調査状況写真

b) インペラクリアランス測定

内視鏡の結果より、プロテクトライナーに摩耗が見られた。許容値以上の摩耗があった場合は、ポンプの排水量が低下することから、インペラクリアランスを確認することとした。

インペラクリアランス測定は、主ポンプのカップリングから主ポンプのインペラを切り離し降下させ、その降下寸法（**図-4**）を測定し、測定値からポンプとインペラサクション間のクリアランス（**図-5**）を換算し推定するものである。

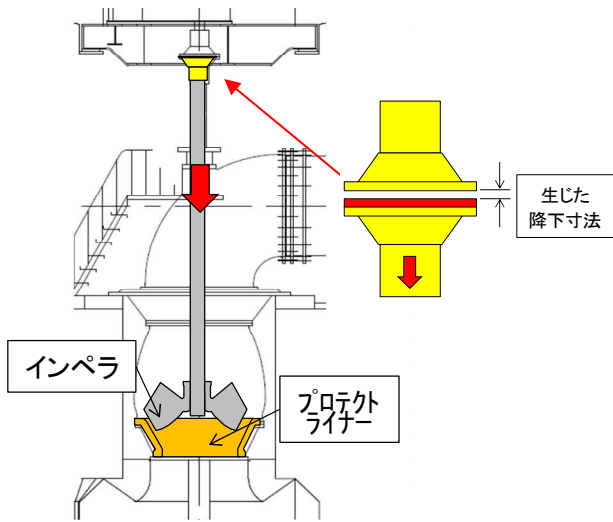


図-4 インペラ降下寸法計測図

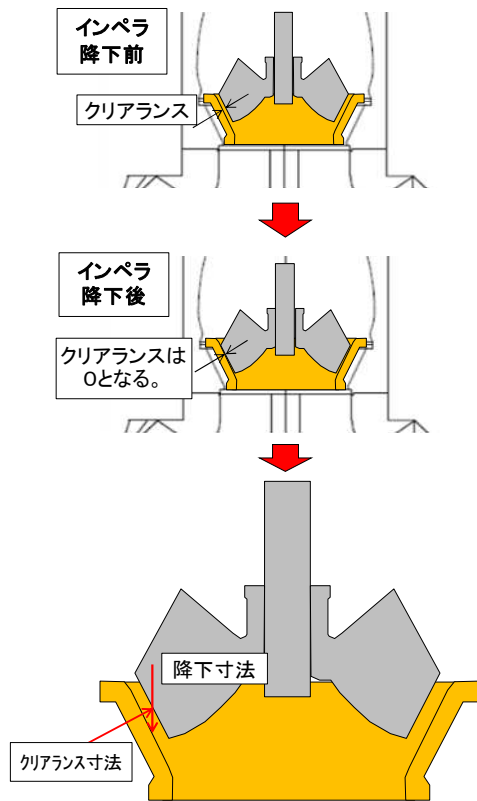


図-5 インペラ-プロテクトライナー間のクリアランス計測図

(3) 調査結果

主ポンプ内部調査の結果、経年によるプロテクトライナーの切削およびサクシヨンコーンの腐食が確認された。各部位の摩耗や腐食は、土砂並びに水質などが影響し、進行することから、設備の使用年数に伴う劣化と考えられる。各部位の調査状況を以下に報告する。

a) 内視鏡カメラ調査

- ケーシング/主軸 : 発錆等はあるが、大きな損傷は見られなかった (写真-5)。
- インペラ : 一部に打痕・削れ・発錆等が見られるが、大きな損傷はない (写真-6)。
- プロテクトライナー : レコード状の切削痕が認められ、大きく削られている (写真-7)。

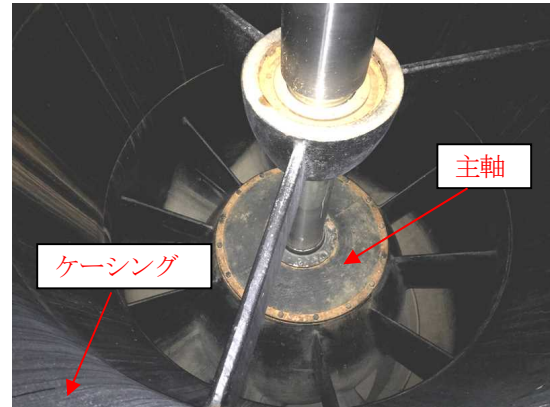


写真-5 内視鏡カメラによるケーシング主軸の確認

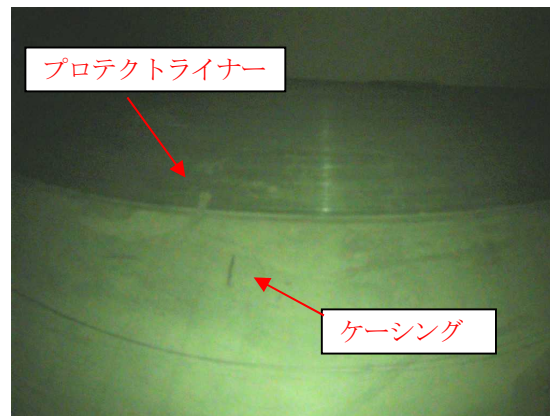


写真-6 内視鏡カメラによるプロテクトライナー調査状況

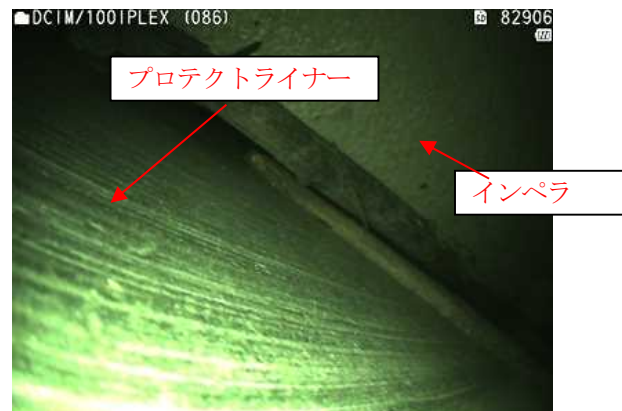


写真-7 内視鏡カメラによるインペラプロテクトライナー調査状況

b) 水中ドローン調査

水中ドローンにより主ポンプ水中部 (図-3) の撮影を行った結果、各部位事に腐食や損傷などの劣化が見られた。各部位の調査状況を以下に報告する。

- インペラ : 一部に発錆等が見られるが、大きな損傷はない (写真-8)。
- プロテクトライナー : レコード状の切削痕が認められ、削られている (写真-8)。
- サクシヨンコーン : 材質がSSであり、腐食が進行している (写真-8)。

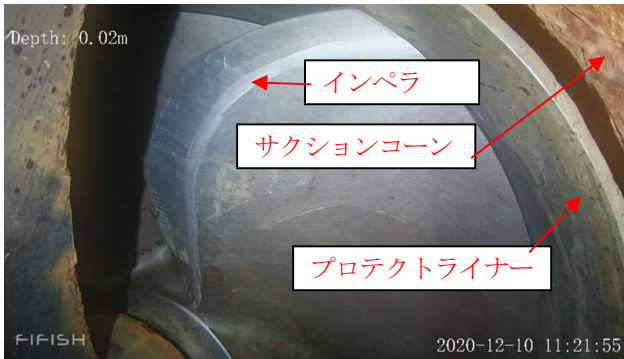


写真-8 水中ドローン調査状況

c) インペラクリアランス測定

調査 (写真-9) の結果、インペラクリアランス寸法 (図-6) は1.88~2.24mm (表-2) であり、設計許容値 (2.00~3.00) に対して、2号及び3号ポンプにて設計許容値を下回る結果となった。施工時はインペラクリアランスが設計許容値内で施工されているとすればインペラ及びプロテクトライナーの摩耗による減少以外に数値が変化することがないため、原因は、減速機 (流体継手) 用架台 (写真-10) の歪みによりインペラが降下しクリアランスの減少が生じた可能性が考えられ、設計許容値内にある1号及び4号主ポンプについても同様の影響があるが許容値の範囲内に収まったと考えられる。しかし、下記の通り、プロテクトライナーの最大摩耗量は0.24mmと設計許容値内であり、今後20年間で同様の運用状況である場合、その摩耗量は0.42mmと設計許容値内であると想定されることから、プロテクトライナーは次回の点検時まで利用可能であり、今回の整備は不要であると考えられる。

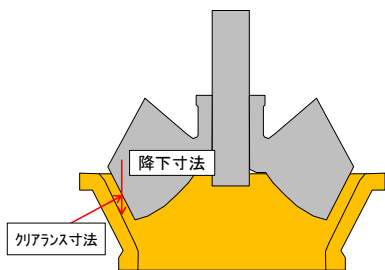


図-6 降下寸法位置図

表-2 インペラクリアランス計測結果表

号機		No.1	No.2	No.3	No.4	備考	
経過年数	①(年)	26				H6供用開始	
降下寸法(計測値)	②(mm)	4.00	3.89	3.76	4.47		
インペラクリアランス	当初値	2.0				※1	
	許容値	3.0				※1	
	換算値	⑤(mm)	2.00	1.95	1.88	2.24	※2
摩耗量	速度	⑥(mm/26年)	0.00	-0.05	-0.12	0.24	⑤-③
	速度	⑦(mm/年)	0.00	-	-	0.009	⑥/①
20年後のクリアランス	推定値	⑧(mm)	-	-	-	0.42	⑥+⑦×20年

※1 設計値2.00mm 許容値+1.00mm (メーカー資料)

※2 降下寸法からの換算値



写真-9 インペラプロテクトライナー間のクリアランス計測状況 (インペラ降下量)



写真-10 減速機 (流体継手) 用架台

5. 整備計画

(1) 機能診断結果からの各部位の評価

内視鏡カメラ・水中ドローン調査、インペラクリアランス調査の結果、以下のように評価した

・インペラ

一部に打痕・発錆等が見られるが、大きな損傷がなかったことから現状とする。

・プロテクトライナー

レコード状の切削根認められ、摩耗により削られているが、大きな損傷がなく、20年後においても規格値内と想定したため、現状とする。

・ケーシング

発錆等が見られるが、大きな損傷がなかったことから現状とする。

・主軸

発錆等は見られるが、大きな損傷がなかったことから現状とする。

・サクシヨンコーン

材質がS S材であり、端部の錆こぶを確認しているが、現時点では鋼板の厚みは十分あると認めることから、現状とする。

・封水シール・セラミック軸受け

供用に伴い経年劣化するため、時間計画保全に基づき交換する。

(2) 評価結果を踏まえた整備計画

調査結果を踏まえてお茶の水排水機場の整備計画を作成した。主ポンプの更新計画は、プロテクトライナーは摩耗による切削は確認されたが、クリアランス測定では規格値内であり、その他の部品についても、内部の損傷が確認されていないため再利用とする。なお、封水シール、セラミック軸受けは運転経過時間により劣化しているため更新する(表-3)。

表-3 事業計画との比較表

	事業計画	実施	備考
インペラ	—	—	
プロテクトライナー	更新	—	クリアランスが許容値内であった
ケーシング	—	—	
主軸	—	—	
サクシヨンコーン	—	—	
封水シール	更新	更新	運転時間経過
セラミック軸受け	更新	更新	運転時間経過

6. まとめ

お茶の水排水機場のような大型のポンプの場合、分解調査費用が嵩むことから、内部調査を行わずに運転時間経過のみで施設の更新を行う場合(時間計画保全)が多い。今回の調査では、主ポンプの分解調査を行わずに、内視鏡カメラや水中ドローンによる内部診断及びインペラクリアランス測定による隙間計測を行い、調査結果に基づいて施設の更新対象を決定することとした(状態監視保全)。

本調査では、調査対象設備の一部に発錆や腐食、切削痕等が確認されたが限定的なものであること、インペラクリアランス測定では摩耗量が設計許容値内であることが確認された。これらの調査結果から、事業計画(時間計画保全)では更新対象とされていたプロテクトライナーが既設利用できることが判明し、ポンプ更新に係る費用が抑えられ、ライフサイクルコストの低減が図られる整備計画となった。

また、事業計画では対象とされていなかったインペラやケーシング等の部位についても、発錆等は確認されたものの更新が必要な状況までには至っておらず、運転に支障が無く更新が不要な状況であることが確認されたことから、お茶の水地区での整備完了後における管理や次の段階の更新整備の方針検討(ライフサイクルコストの縮減)に寄与するデータが得られた。