

# 排水機場における簡易診断調査手法の有効性検証について

帯広開発建設部 農業計画課 ○大西 肇  
国見 圭嗣  
小川 公彦

ストックマネジメント技術高度化事業は、現地での実践を通じて施設の診断技術、劣化予測、評価手法の確立及び対策工法の有効性や耐久性の検証を実施するものである。

本報は、施設の診断技術に着目し、十勝地域の排水機場を対象に、基本とされている診断手法の他に有力であると思われる簡易診断調査手法（内視鏡カメラ診断調査）及び新たな診断手法（潤滑油鉄粉濃度診断調査）の作業性や健全度評価における有効性を検証したものである。

キーワード：基礎技術、調査・計画、排水機場、簡易診断

## 1. はじめに

ポンプ設備の機能診断は、これまで「農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き」に基づき、外観目視を中心とした一次診断を行い、異常がある場合には二次診断を実施する手順となっていた。

この二次診断は、分解を伴う詳細な調査であったため、ストックマネジメントの調査としてはコスト的に実施困難な部分があった。

しかし、「農業用施設機械設備ストックマネジメントマニュアル(案)」(平成21年6月)(以下、「マニュアル(案)」)において、一次診断の点数評価に応じた簡易二次診断を実施することにより健全度評価が可能となった。

この簡易二次診断は、横軸ポンプについては上部ケーシング開放のみによる診断を基本としており、二次診断に比べて診断精度は劣るものの、健全度評価に必要な最低限の調査が可能であると考えられている。

本調査では、排水機場における機能診断技術の更なる高度化及び効率化を目指し、上部ケーシング開放のみによる診断手法以外に有力と思われる内視鏡カメラ診断調査や潤滑油鉄粉濃度診断調査について、調査の作業性や健全度評価における有効性を検証した。

## 2. 地域及び施設の概要

調査は、十勝地域に位置する利別排水機場及び二宮排水機場を対象に実施した。

本地域は、大雪山系と日高連峰を後背に丘陵地帯が広がり太平洋海岸の南部に酪農畜産、中央部には畑作

を主体とした大規模農業が展開されている。

かつては、排水性の劣る湿性火山灰等の土地条件や度重なる冷湿害に見舞われる気象条件など厳しい環境であったが、直轄明渠排水事業等による排水整備など土地基盤整備が進められ、現在では北海道有数の農業地帯となっている。

調査対象の排水機場は、降雨時及び融雪時の湛水被害の解消を目的として、直轄明渠排水事業により排水路の整備と合わせて設置された。

ポンプ規模であるが、利別排水機場はφ1,000mm・2台、二宮排水機場はφ1,350mm・2台であり、冬期の凍結に対して安全な横軸ポンプを採用している。横軸ポンプは、主ポンプ(ケーシング、インペラ及び主軸等)が水面より上に配置されているため、上部ケーシングを取り外せば点検が可能で、立軸ポンプに比べて内部の機能診断が容易な特徴を有している。



図-1 位置図

### 3. 簡易診断調査

#### (1) 内視鏡カメラ診断調査

##### a) 調査概要

内視鏡カメラ診断調査は、主ポンプのハンドホールカバーを開放して、カメラをポンプ内部へ進入させ、ケーシング内部及びインペラの限られた範囲の腐食、損傷等をモニターに映し出し、内部状況を確認するものである。

本調査は、二次診断に比べ調査できる項目が少なく確認範囲も狭いが、一次診断でできないポンプ内部が確認できる。また、ハンドホールカバーを開放することにより、インペラとケーシングの隙間についても手が届く範囲で隙間ゲージによる計測が可能となる。

##### b) 調査状況

内視鏡カメラ診断調査の作業は、①ハンドホールの取り外し、②高圧洗浄機による内部洗浄（必要に応じて実施）、③内視鏡カメラでの観察、④隙間ゲージによるインペラとケーシングの隙間計測の流れで行われる。

ハンドホールの着脱作業は、上部ケーシング開放時に比べて短時間かつ省力的であり、内視鏡カメラによる診断やインペラとケーシングの隙間計測作業も円滑に完了できた。

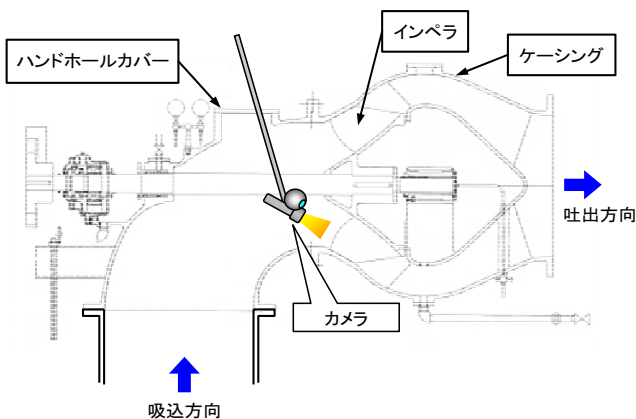


図-2 内視鏡カメラ診断イメージ図



写真-1 内視鏡カメラ装置

#### c) 調査結果

##### 利別排水機場

ポンプ内部は、内視鏡カメラ等によりはっきりと確認することができ、吸込配管と下部吸込ケーシングの接合面や上部吸込ケーシングと下部吸込ケーシングの接合面における軽微な腐食が確認された（写真-2）。また、インペラ表面には異常がなく、インペラ摺動側に軽微な腐食があることが確認された（写真-3, 写真-4）。更に、このカメラはモニター部に目盛りが表示されるため、インペラとケーシング間の隙間を計測することができ、その結果ギャップ寸法は正常と確認された（写真-4）。

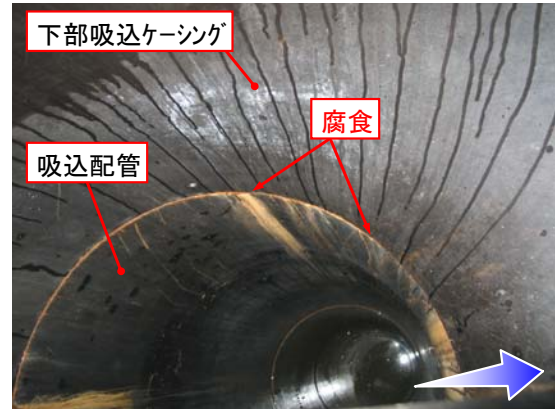


写真-2 吸込管, ケーシングの状況

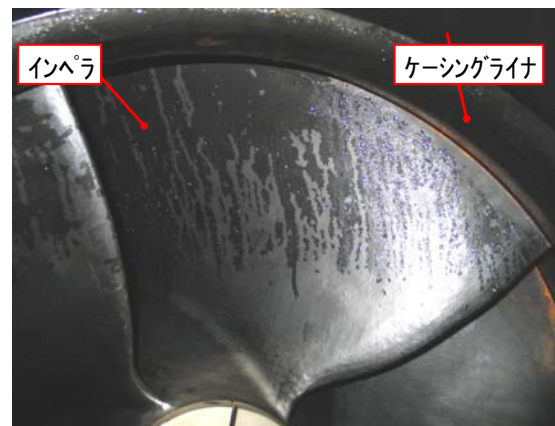


写真-3 インペラ, ケーシングの状況



写真-4 インペラ摺動部の状況

二宮排水機場

ポンプ内部は、後述のとおり利別排水機場と別のカメラを用いて調査を行ったが、ケーシング及びインペラ、主軸に損傷・ひび割れ・腐食等がないことがはっきりと確認できた(写真-6)。また、インペラ下流部の水中軸受は、満水検知器取付穴を開放しカメラを挿入することで、オイルシール部からのグリス漏れは見られないことが確認できた(写真-7)。しかし、開口部が小さく操作性がよくないため、上方からの確認しか出来なかった。



写真-5 インペラ, 主軸の状況(洗浄前)

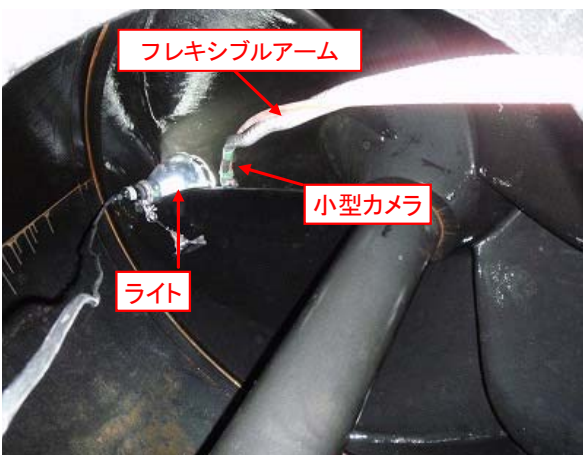


写真-6 内視鏡カメラ調査状況(洗浄後)

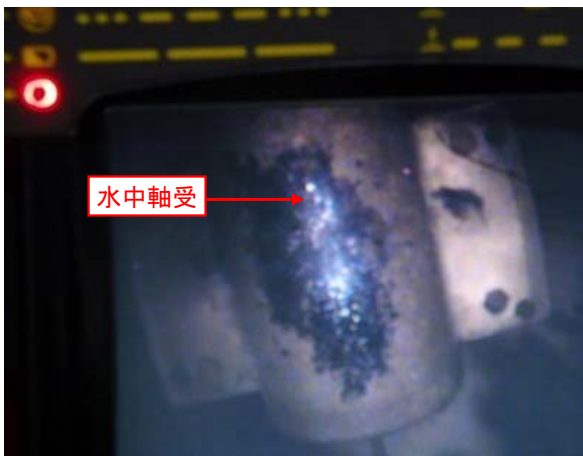


写真-7 水中軸受の状況

d) 健全度評価

簡易二次診断における健全度評価は、上記の「マニュアル(案)」では表-1 のとおり、健全度ランク毎の部位・設備の状態や現象の目安が示されている。

この区分と現場で確認した実施可能な調査項目及び精度を総合的に勘案し、排水機場の内視鏡カメラ診断における機能診断結果評価表を表-2 のとおり設定した。

なお、これに基づき評価した結果、両機場とも調査部位の健全度評価はS-4(継続監視)となった。

表-1 簡易二次診断における健全度ランク区分

健全度ランク	部位・設備の状態	現象の目安(例)	対策の目安
S-4	軽微な変状が認められる状態	① 振動、温度、吐出能力、インペラとライナリングの隙間、軸受の寿命時間などが許容値(設計値)以内 ② 損傷、ひび割れ、腐食はほとんど無い ③ ライナリングにガタツキはほとんど無い	継続監視
S-3	顕著な変状が認められる状態 劣化対策が必要な状態	① 振動、温度、吐出能力、インペラとライナリングの隙間、軸受の寿命時間などが許容値(設計値)を超過 ② 損傷、ひび割れ、腐食が顕著にある ③ ライナリングにガタツキが顕著にある	劣化対策
S-2	危険な変状が認められる状態 至急劣化対策が必要とされる状態	① 振動、温度、吐出能力、インペラとライナリングの隙間、軸受の寿命時間などが許容値(設計値)大幅に超過 ② 損傷、ひび割れ、腐食が該当箇所の全面に顕著にある ③ ライナリングのガタツキが許容できない程度である	至急劣化対策
S-1	危険な変状が複数の部位において認められる状態 個々の部位の至急劣化対策では経済的な対応が困難で、設備の更新が必要な状態 ※調査部位毎の健全度評価には適用しない	危険な変状が複数の部位にみられて認められ、機器や設備といった一定の部位のまともについて至急対策をしなければ運転継続停止の恐れがあるなど、危険な変状が認められる状態	更新(設備、機器/装置)

(備考) 健全度のSはステージの意味

表-2 機能診断結果評価表(簡易二次診断)

地区名		評価年月日								
施設名		評価者								
定点調査番号		調査号機等								
施設の状況 S-5: 一、S-4: 軽微な変状が見られる(継続監視)、S-3: 顕著な変状(劣化対策)、S-2: 危険な変状(至急劣化対策)、S-1: 補修不可(更新(全体・部分))										
調査部位	調査項目	調査方法	目標・計測部位	評価区分					部位別評価	機器評価
				S-5	S-4	S-3	S-2	S-1		
簡易二次診断(主軸)	①ケーシング	目視・内視鏡	案内羽根付根付機	正常	正常	異常	異常	異常	S-4	S-4
		目視・内視鏡	合わせ面	正常	正常	異常	異常	異常	S-4	
	②ケーシングの塗膜	目視・内視鏡	内面	正常	正常	異常	異常	異常	S-4	
		目視・内視鏡	外面	正常	正常	異常	異常	異常	S-4	
	③インペラ	目視・内視鏡	隙間の外形	許容値を超過	許容値を超過	許容値を超過	許容値を超過	許容値を超過	S-4	
		目視・内視鏡	羽根部	正常	正常	異常	異常	異常	S-4	
④主軸	目視・内視鏡	羽根付根付機	正常	正常	異常	異常	異常	S-4		
	目視・内視鏡	全周	正常	正常	異常	異常	異常	S-4		
⑤軸受(ころがり軸受)	目視・内視鏡	全周	正常	正常	異常	異常	異常	S-4	S-4	
記事										

(2) 潤滑油鉄粉濃度診断調査

a) 調査概要

潤滑油鉄粉濃度診断調査は、外部軸受のオイルドレンから採取された潤滑油の鉄粉濃度により軸受部の摩耗や損傷状況を推定するものである。

b) 調査状況と調査結果

潤滑油の採取は、通常の維持管理と同様の作業であるため特に問題はなく、潤滑油の一部を分析機関に送り容易に鉄粉濃度が把握できた(表-3参照)。

鉄粉濃度の数値を踏まえた軸受部の健全度評価については、「マニュアル(案)」において他分野で実施されている判断基準として表-4のとおり参考値が示されている。二宮排水機場の鉄粉濃度は 1ppm 以下であるため正



常値と考えられるが、利別排水機場の鉄粉濃度は114ppmであり注意値または異常値に該当する。しかし、対象ポンプは設置後12年間潤滑油の交換が無く、また運転時間が99時間と非常に短く一次診断でも特に不具合が確認されなかったことから、設置当初の試運転時に出たものが下部ドレン穴に溜まっていたものと考えられる。そのため、今回の鉄粉濃度からは、利別排水機場の軸受部の健全度評価は出来なかった。

#### 4. 簡易診断手法の有効性の検証

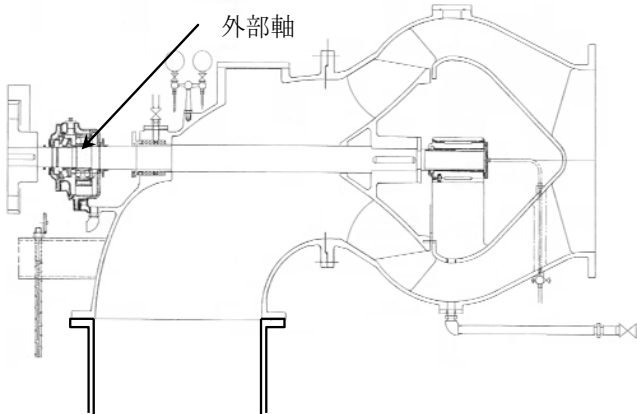


図-3 横軸斜流ポンプ断面図



写真-8 外部軸受潤滑油採取状況

表-3 潤滑油鉄粉濃度調査結果

対象施設	経過年数	交換後からの運転時間	鉄粉濃度
利別排水機場	12年	99時間	114ppm
二宮排水機場	1年	9時間	1ppm

表-4 潤滑油鉄粉濃度診断基準(参考)

潤滑油鉄粉濃度	判定基準	
	大型機械	小型機械
正常値	30ppm以下	100ppm以下
注意値	30~100ppm	100~300ppm
異常値	100ppm以上	300ppm以上

表-5 今回使用した内視鏡カメラ一覧

種別	水中カメラ	内視鏡カメラ (工業用ビデオスコープ)	管内検査カメラ
電源	AC100V	100~240V/14.4Vバッテリー	AC100V/14.4Vバッテリー
照明	別途	白色LED	白色LED(24灯)
カメラ外形寸法	φ64×81mm	φ6mm	φ30mm
ケーブル長	25m	3m	30m
モニター	別途	5.6型TFT	5型液晶
特徴	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラを長さ調節可能なポール等に固定し、操作する。</li> <li>操作は容易である。</li> <li>視野が広く全体状況を見るのに適している。</li> <li>比較的尺寸が大きいため、狭小箇所調査には不向き。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>手元のレバー操作により先端部を稼動可能。</li> <li>操作は若干経験を要する。</li> <li>細部を詳細に見るのに適している。</li> <li>ピンツを合わせることで間接的に隙間長さ計測可能。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>カメラをポール等に固定し、操作する。</li> <li>操作は容易である。</li> <li>先端部は柔軟であり、照度の高いライトが附属しているため、狭小箇所や暗い箇所の調査に適している。</li> </ul>
備考	利別排水機場で使用		二宮排水機場で使用

内視鏡カメラ診断の精度を高めるためには、始めに目視により大まかな状態を把握することが望ましい。そのためには、内部照明が不可欠であり、特に 360° を照射できる蛍光灯を用いると視野が十分に確保できた。

また、利別排水機場では内部洗浄せずに観察できたが、二宮排水機場ではポンプ内面に泥が付着していたため内部洗浄を行ったところ、調査箇所をはっきりと確認することができた。

インペラとケーシングの隙間間隔は、隙間ゲージを用いた場合にはハンドホールから手が届く範囲で計測可能である。手が届かない箇所については、カメラによる隙間の測定が有効であった。測定結果は、実際の測定結果と同値であり、測定精度が高いことが判明した。

調査費用については、上部ケーシングのみ開放による診断よりも安価であり、全体的な劣化傾向を概ね把握している場合の追跡調査には、非常に有効な調査方法であることが分かった。

## (2) 潤滑油鉄粉濃度診断

今回の調査により、潤滑油鉄粉濃度診断の作業は、容易に実施できることが分かった。

しかし、排水機場における鉄粉濃度による軸受部の健全度評価については、鉄粉濃度と軸受部の健全度に関するデータが少ないため、有効性が確認できなかった。

十勝管内の排水機場では、すべて横軸斜流ポンプが採用されており、外部軸受部は摩擦抵抗が小さい転がり軸受が採用されている。そのため、摩擦抵抗が大きい滑り軸受と比較して鉄粉濃度が検出されにくいことから、潤滑油鉄粉濃度診断では、軸受部の不具合が発見されにくいと考えられる。(図4参照)。

そのため、排水機場における鉄粉濃度と軸受部の健全度に関するデータを蓄積し、濃度と変状の関係性を把握して評価基準を作成する必要があると考える。

表-6 内視鏡カメラ診断と上部ケーシング開放のみによる診断の比較

	内視鏡カメラ診断	上部ケーシング開放のみによる診断
調査性	カメラで確認できる箇所については診断調査可能である。	目視で確認できる箇所については診断調査可能である。
調査範囲	ハンドホールが設置されているインペラよりも上流側が調査可能である。インペラ下流側に空気弁がある場合にはインペラよりも下流側でも調査可能である。	回転体をそのままの状態にする以外は二次診断と同じ範囲が調査可能である。
調査に要する時間	ハンドホール開放のため取外・復旧に要する時間が短い。調査範囲が小さく調査項目が少ないため診断に要する時間が短い。 [1日/台程度]	ケーシングの取り外し時間が長い。調査範囲が大きく調査項目も多いため診断に要する時間が長い。  [2日/台程度]
経済性	200万円/台程度	300万円/台程度
汎用性	診断技術を有する調査員が望ましい。	診断技術を有する調査員が必要である。
課題	可視部分により全体を評価するため、隠れた劣化が確認できない場合がある。	特になし

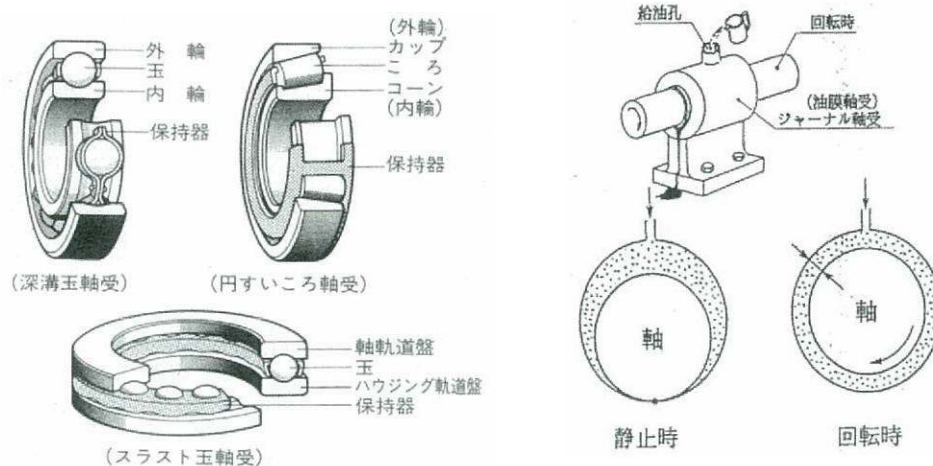


図-4 (左)転がり軸受け, (右)滑り軸受け

## 5. おわりに

今回の検証により、内視鏡カメラ診断調査は、排水機場の簡易二次診断として有効な手法の一つであることが分かった。

洪水時運転の排水機場は、年に1回程度の運転頻度であるものの、大雨時には確実な運転が求められる。このため、定期的な機能診断の実施が不可欠であり、資料収集や問診調査、一次診断を基本とした日常的な保守点検により施設の状況を適切に把握することが重要である。

一次診断で異常が認められた場合には、「マニュアル(案)」に記載されているとおり、上部ケーシング開放のみによる診断を基本とした簡易二次診断を実施すべきと考える。

内視鏡カメラ診断については、劣化進行度合いを確認する調査として非常に有効であることから、その後の定期診断において2回に1回程度、上部ケーシング開放診断の代わりに実施し、劣化進行度合いを確認すると良いと思われる。

また、潤滑油鉄粉濃度診断については、潤滑油の交換

時に鉄粉濃度データを蓄積すると共に判定基準の設定を含めて継続調査が望ましいと考える。

今後、農業水利施設については老朽化が進み、標準的な耐用年数を経過した施設が増加傾向にある。このため限られた予算の中で効率的に農業水利施設の機能を維持するためには、施設の長寿命化を図る機能診断の技術向上が重要となってくる。

今回報告した内容について、排水機場におけるストックマネジメント技術向上のため、他の排水機場においても調査を行い、取りまとめていくことが重要であると考えられる。

## 参考文献

- 1) 農業用施設機械設備ストックマネジメントマニュアル(案) (平成21年6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業所 保全技術センター)
- 2) 農業用施設機械設備更新及び保全技術の手引き (平成18年6月 社団法人農業土木事業協会)