

よみがえれ越後平野 (新川河口排水機場ポンプ設備更新工事－第1報)

高部 哲男* 大澤 博之**
清水 栄** 工藤 善夫**

Renewal of Shinkawa-kako Drainage Pump Station (First Report)

by Tetsuo TAKABE, Hiroyuki OSAWA, Sakae SHIMIZU, & Yoshio KUDO

The Shinkawa-kako Drainage Pump Station located in the Nishi-kanbara district, Niigata City, is one of the largest pump stations in Japan. The pump station is always exposed to seawater and subject to severe corrosion. With about 40 years having passed since the construction of the pump station, renewal of the facilities has been required. The renewal construction is extremely difficult because an ultra-large-scale tubular pump with concrete casing must be renewed during the limited period of the dry season each year, while maintaining the pumping capacity of the pump station. With Ebara's know-how for renewal construction, however, the construction has proceeded smoothly. Various innovations and ideas have been adopted with focus on improving the on-site installation process for higher maintainability.

This first report summarizes the features of the pump station and the renewal construction design.

Keywords: Drainage pump station, Renewal construction, Horizontal adjustable vane axial flow tubular pump, Concrete casing, Impeller, Under-ground structure, Dry season, Seawater, Corrosion, Maintenance

1. はじめに

新潟市西南に位置する西蒲原地区は信濃川などの諸河川によって生成された沖積地で、海拔0 m以下の土地が約2割を占める低湿地であるが、広大な水田が広がる日本有数の穀倉地帯として知られている。新川は同地区を縦断してほぼ南北に流れ、西区五十嵐にて日本海に注いでいる。新川の河口部に設けられた本排水機場は建設当時（1970年）東洋最大級とうたわれ、常時機械排水が不可欠な同地区治水の要として活躍してきた（写真1）。

しかし建設から約40年が経過し、汽水域に位置する地理的条件から海水による腐食進行が著しく、施設の老朽化や維持管理費の増加により機場の機能維持に支障を来す状況となってきた¹⁾。



13-53 01/240

写真1 新川河口排水機場

Photo 1 Shinkawa-kako drainage pump station (Aerial photo)

当社では2007年に農林水産省北陸農政局から、既設主ポンプ設備の撤去・更新と電気設備の更新工事を受注し、非出水期に1台ずつ計3台の更新を完了させた。現在二期工事が進行中で、主ポンプ残り3台の更新工事が進められている。

本報では新川河口排水機場の特徴と更新工事の設計的な要点を報告し、主ポンプ全台の更新完了後には、第2報として現地工事の概要を紹介する予定である。

* 風水力機械カンパニー 国内事業統括 社会システム技術統括部 風水力プロジェクト室

** 同 同 同 同

同 同 設計グループ

** 同 同 技術生産統括 富津工場 ポンプ技術第一室 国内ポンプグループ

** 同 同 国内事業統括 北陸支社 社会システム技術・建設室 技術・建設グループ

2. 機場の概要

2-1 主ポンプの仕様

主ポンプの諸元は次のとおりである。

型式：可動羽根横軸軸流チューブラポンプ

称呼口径：4200 mm

計画排水量：40 m³/s

計画全揚程：2.6 m

台数：6台

駆動機：1400 kW かご型誘導電動機

減速装置：2段遊星歯車減速機

機場総排水量：240 m³/s

2-2 主ポンプの特徴・構造

本機場のチューブラポンプは潜水艦を連想させる独創的な構造をしており、その画期的成果が評価されて日本機械学会賞を受賞²⁾(1972年)している。当時の資料では、本ポンプ構造を次のように紹介している³⁻⁵⁾。

“横軸チューブラポンプは、チューブラ型水車と同じような構造で、ポンプ胴体は水面下で水流方向に水平に配置され、機場の土木コンクリートと一体の構造になっている。ポンプ吐出ケーシングも円筒型で、その内胴内にはポンプ主軸受、遊星歯車減速機および駆動電動機の

一切が一軸上に配置され、原動機室を形成している。

このような構造にすると、

①据付けが容易であり、土木構造に対して荷重を均一化できるので、地盤沈下による芯狂いの心配がない。

②普通の横軸ポンプよりも機場の長さが短く収まり、立軸ポンプのようにポンプ据付床下に吸込水槽を必要としない。機場の必要掘削深さが低減できる。

③管路の屈曲がないため、低揚程ポンプで特に問題になる、管路抵抗による損失が少ない。

④大形構造のため、原動機室へ自由に出入りができ、保守、点検は地上にある場合と変わらない。

といった利点がある。

大量排水を行うのに理想的な機場が完成した。”

2-3 機場の設備内訳と劣化の状況

本工事はポンプ設備及びその他付帯設備などの設計・製作・据付を一体的に行う「設計・施工一括発注方式」で発注されている。一期工事及び二期工事における発注内訳は次のとおりである（図1, 2）。

一期工事 二期工事

(1) 主ポンプ設備

・口径4200 mm主ポンプ	3台	3台
・模型ポンプ	1式	

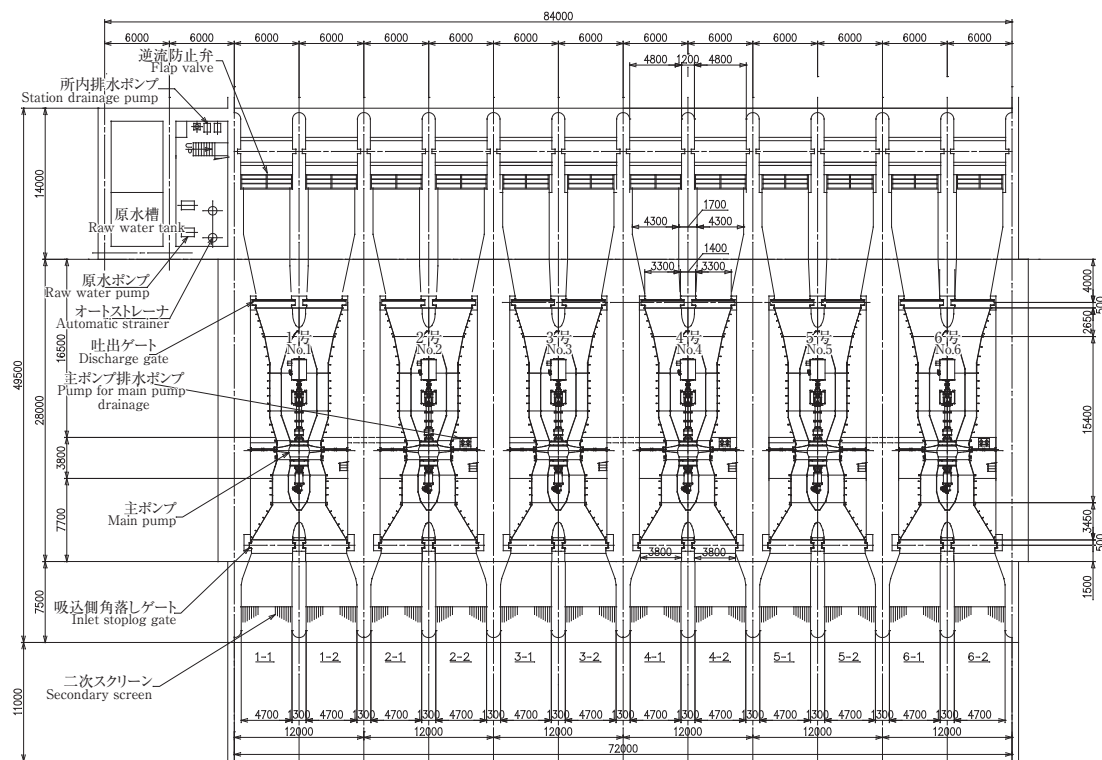


図1 機場平面図（地下部分）

Fig. 1 Pump station plan view (at the underground level)

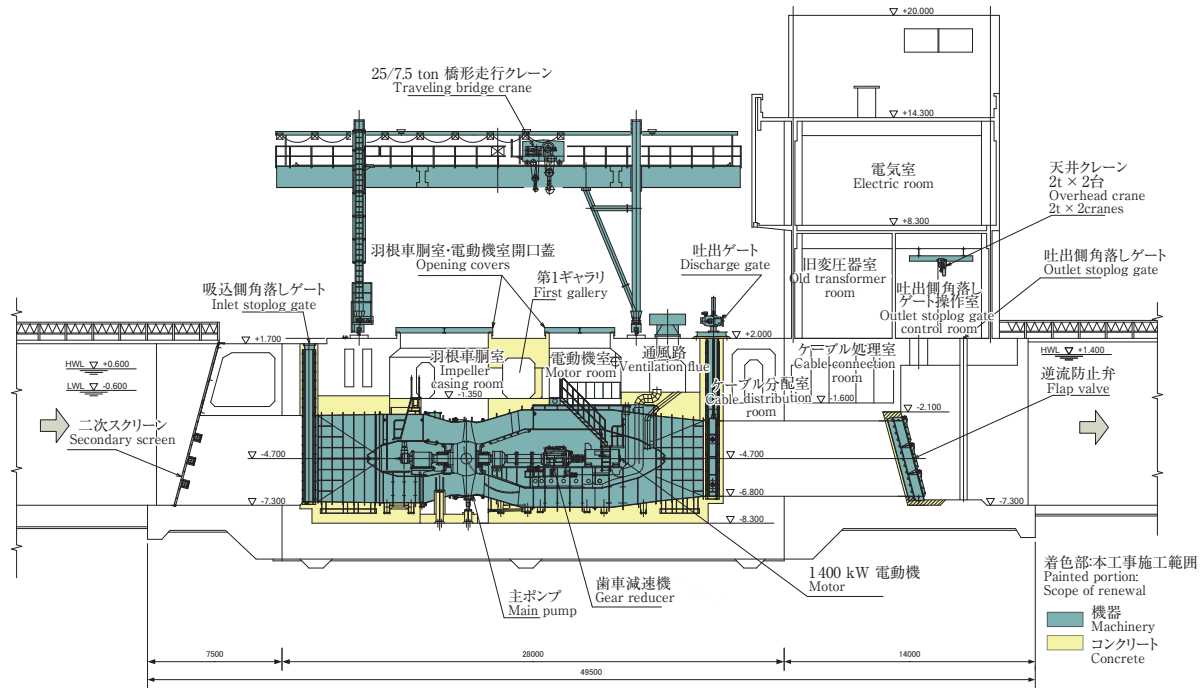


図2 機場断面図

Fig. 2 Pump station sectional view

(2) 動力伝達装置			(8) 無停電電源設備	1式	1式
・横軸遊星歯車減速機	3台	3台	(9) 監視制御設備	1式	1式
(3) 弁類			(10) 付帯土木工事（二次コンクリート打設など）		
・電動吐出ゲート	6門	6門		1式	1式
（幅3300 mm × 高さ4200 mm）			(11) 既設主ポンプ設備撤去	3台	3台
※主ポンプ1台当たり2門			補機ポンプなどの軽微なものは整備工事などで適切に		
・逆流防止弁	6基	6基	更新されていたが、コンクリートに埋まっている主ポン		
（幅4300 mm × 高さ4200 mm）			プは限界状態まで劣化が進んでいた（写真2）。		
※主ポンプ1台当たり2基					
(4) 原動機					
・1400 kW 電動機	3台	3台			
(5) 補助機械設備					
〈給水系統設備〉					
・給水ポンプ		4台			
〈諸排水ポンプ設備〉					
・主ポンプ排水ポンプ	2台	4台			
・所内排水ポンプ		2台			
〈その他設備〉					
・原水ポンプ		2台			
・オートストレーナ		2基			
(6) 付帯設備他					
・25/7.5 t橋形走行クレーン	1基				
(7) 高低圧電気設備	1式	1式			



13-53 02/240

写真2 主ポンプガイドケーシング腐食状況
Photo 2 Pump diffuser casing damaged by corrosion

3. 更新工事の特徴と制約事項

本工事は使用中の施設における更新工事であり、コンクリートケーシング構造のポンプを二次コンクリート部分から全て撤去し、新設のポンプを据え付けた後、再度二次コンクリートを打設するものである。二次コンクリート撤去の範囲は、主ポンプ以外に逆流防止弁、吐出ゲート戸当たりほか、が含まれる。

機場の排水機能を生かしながら更新工事を行うことを前提とするため、新設工事にはない様々な制約条件がある。

3-1 工程制限

『既設主ポンプの撤去及び新規製作ポンプの据え付けは、毎年1台ずつ非出水期間内に完了させなければならない。』

前記で指定される現地工程は、10月から翌年の5月中旬までの7箇月余りである。通常のポンプ設備であるならば至極妥当な工程と考えられるが、超大型のコンクリートケーシング構造のポンプでは、通常の施工方法では約2箇月足りないというのが実感であった。

3-2 排水機能の確保

『出水期（6月1日～9月30日）においては、ポンプ全6台が運転可能な状態を維持し、撤去・更新作業期間となる非出水期（10月1日～5月31日）においては、主ポンプ5台が運転可能な状態を保持させなければならない。』

本工事には電気品（盤類）の更新も含まれている。既設ポンプは既設盤で、更新後のポンプは新設の配電盤で運転する必要があるため、緻密な切り替え作業及び調整が必要になる。

3-3 荷重条件

『既存の土木躯体構造物を継続利用するため、荷重条件は、土木躯体構造物へ悪影響を及ぼさないよう既存設備の主機質量・吸込及び吐出ライナの質量と同等又はそれ以下として設計すること。』

既設ポンプと同一の設計を行えば荷重条件は単純に満足できることになるが、技術提案によるポンプ効率値を達成すべく、最新の流れ解析技術を用いて設計を進めることとした。

4. 本工事における着眼点

現場の工程制限は極めて深刻な問題であり、現場における工事関係者の努力だけでは解決不能なテーマであることは関係者の一致した見解であった。そのため次のように、「維持管理性の改善」に着目して現地工程の改善を図った。

4-1 据付工程の改善

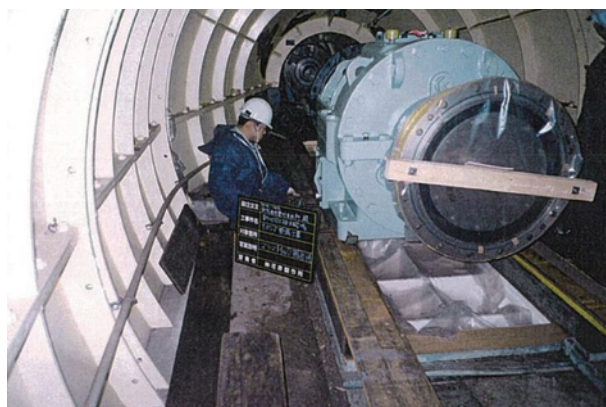
本機場の維持管理性を改善するため、実際に既設ポンプの整備工事を行ってきた関係者及び下請け業者へのヒアリングを実施した。本節における整備工事とは、インペラを含む回転体や歯車減速機、電動機などを定期的に工場へ持ち帰り整備を行うもので、かなり大掛かりな整備工事を意図している。この整備工事で苦勞している点や要望、ジグなどに対する要求が改善できれば、今後の整備工事における現地作業が格段に軽減できることになり、さらに本更新工事における現地工程の改善にも大幅に寄与できると考えた。

ヒアリング結果の概要は次のとおりである。

- ・ポンプ内胴内に設置されている電動機や歯車減速機、軸受は、搬出するためには橋型クレーンのフック位置まで水平移動する必要がある、重量が大きいため大変苦勞している。
- ・特にポンプ内胴最奥部にあるスラスト軸受はすべり軸受構造で重量が大きく、据付ジグや吊り具用のフック追加などの要望があった。
- ・歯車減速機下部には別置きの潤滑油槽が設けられており、歯車減速機撤去後には開放状態となり、汚染防止に神経を使っている（写真3、4）。
- ・インペラと主軸の結合は搬入スペースの関係で主ポンプ内部の狭いエリアで行われており、作業性の改善が必要である。

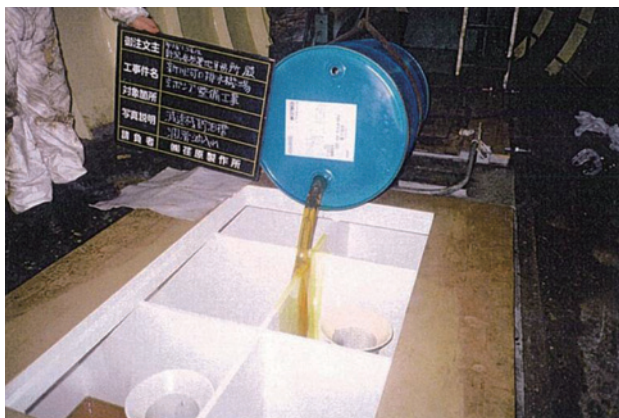
4-2 システムの簡素化

既設ポンプでは機場規模・出力に応じた各種システムが採用されており、これらが簡素化できれば維持管理性が格段に改善でき、本工事の現地工程短縮にも寄与することが確実であった。



13-53 03/240

写真3 既設歯車減速機
Photo 3 Existing gear reducer



13-53 04/240

写真4 既設歯車減速機別置きオイルパン（減速機台板下部）

Photo 4 Separated oil pan located underneath the existing gear reducer

改善可能な既設システムには次の点が挙げられる。

- ・ポンプ可動羽根機構及び吐出ゲートの開閉には推力の大きい油圧システムが採用されており、地下ポンプ室に設けられた油圧源装置と配管接続されている。
- ・歯車減速機潤滑油は、前述の減速機下部の油槽以外にポンプピット最下部に潤滑油装置が設けられており、減速機～潤滑油槽～潤滑油装置が現地配管で接

続されている。

- ・主ポンプ軸受、歯車減速機は冷却が必要で、原水取水後に二次冷却水を用いた複雑な配管システムが用いられている。

5. 本工事における改善事項・創意工夫

現地工事分を含めると一期、二期の更新工事を通じて100項目を超える改善事項、創意・工夫がある。次にその代表的なものを紹介する。

5-1 据付工程の改善

維持管理性の改善に属する設計上の代表例を次に示す。

(1) 歯車減速機、電動機設置位置の工夫 (図3)

ポンプ内胴内の重量物を、開口部クレーン吊り位置（赤色表示）に収まるように配置した。

①歯車減速機及び電動機：フローティング型カップリングの採用によって機器設置位置を改善し、開口部クレーン吊り位置内に収めた。設置位置の改善によって歯車減速機、電動機は横方向の移動なしに、個別に吊り下ろしが可能となる。

②スラスト軸受：転がり軸受の採用によって大幅に軽量化されたスラスト軸受は、内胴内部に用意された吊りジグを用いた横引き方式とした。

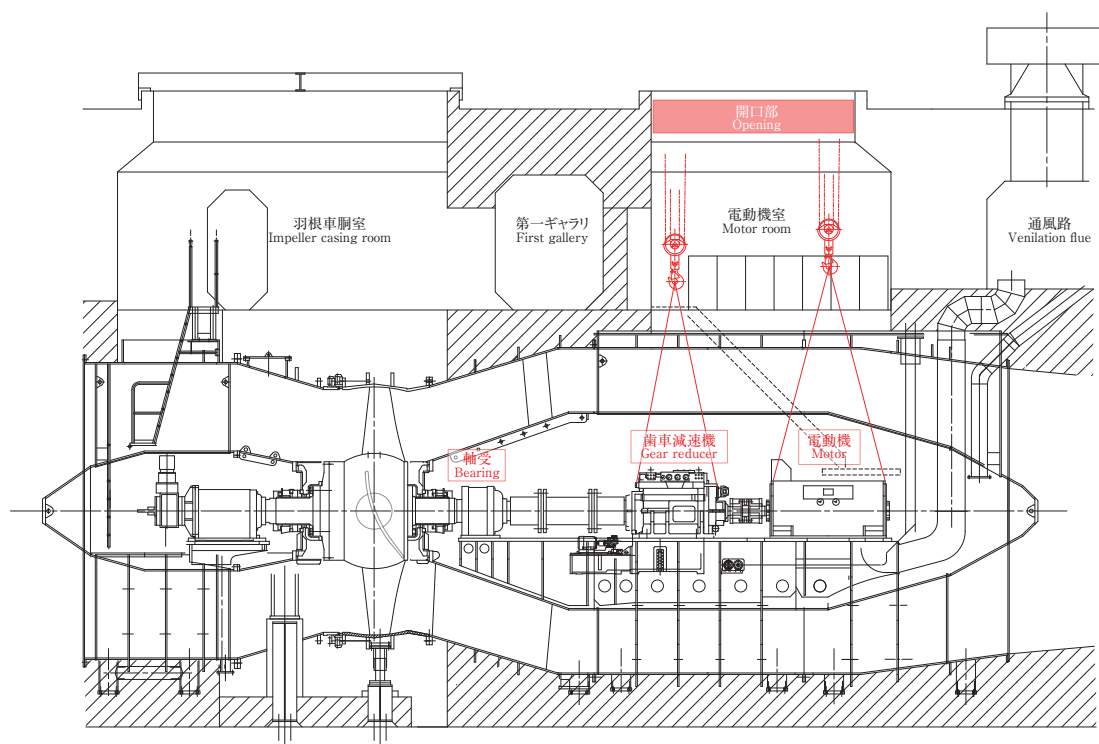
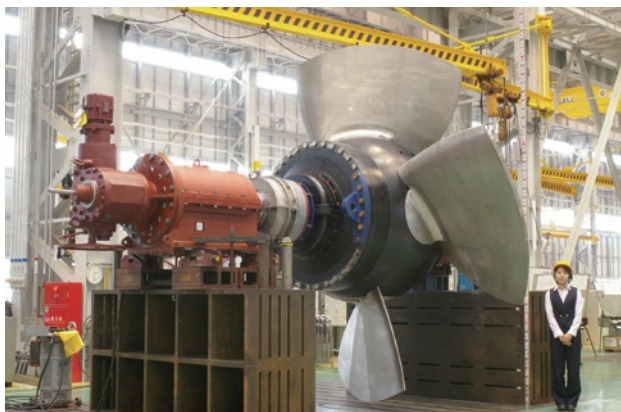


図3 歯車減速機、電動機の設置位置の工夫

Fig. 3 Improvement of the gear reducer and motor layout



13-53 05/240

写真5 ポンプ回転体（上下のインペラが植込方式）

Photo 5 Pump rotor (The impeller blades located at the top and bottom sides are demountable.)

(2) インペラブレード取付け方式（写真5）

インペラブレードの取付けを植込方式とし、回転体のポンプ組込み後に取付け可能とした。

①輸送：超大型のポンプでは、インペラ輸送時には寸法上の制約からインペラブレードを1～2枚取り外して輸送する必要がある。羽根角制御のリンク機構までも取り外す必要が生じる。現地作業の軽減と品質の向上を目的に、羽根角制御リンク機構の現地作業（組立作業、耐圧作業）を必要としないインペラブレード取付け方法を工夫した。

②現地組込み作業：既設ポンプは寸法上の制約から回転体・主軸（吸込側）・主軸（吐出側）を個別に吊り下ろし、ポンプ内部で吊り状態のまま組立作業を行う必要があった。本工事では回転体・吸込側主軸・吐出側主軸を地上部で結合し、一体で組み込むことが可能な革新的な作業方法を採用した。（第2報で詳述予定）

5-2 システムの簡素化

システムの簡素化に関する設計上の代表例を次に示す。

(1) 油圧駆動から電動駆動方式へ

既設ポンプで用いていた油圧機構を廃止し、電動機による直動機構に変更した。具体的には、

①ポンプ可動羽根機構：電動アクチュエータによるウォーム歯車で、可動羽根機構軸（テンションロッド）を前後に直接動かす操作方式の採用、

②吐出ゲート：ゲート扉体に接続するラック棒を、電動開閉器のピン歯車で上下させる直動方式の採用とした。これによって現地配管の省略と大量の作動油の削減ができた。

(2) 潤滑油系統の簡素化

歯車減速機潤滑油の系統も見直し、次に示す大幅な簡素化を図った（写真6、図4、5）。

①潤滑油槽、潤滑油装置：既設の潤滑油槽、潤滑油装置を廃止し、補助油ポンプは歯車減速機付きとした。

②ラジエータ：上部のポンプ室にラジエータを設置する空冷方式とした。

③潤滑油ヒータ：主ポンプ軸受と減速機の潤滑油の共用をやめ、各々に適した潤滑油を選定した。歯車減速機には低温特性に優れた潤滑油を採用することで、既設で不評であった潤滑油ヒータを省略した。

(3) 冷却水の無水化

前述のように、転がり軸受の採用や空冷化によって冷却水を不要とするシステムに改善し、冷却水小配管を全て不要とした。



13-53 06/240

写真6 歯車減速機（今回工事にて製作）

Photo 6 Gear reducer (Newly manufactured)

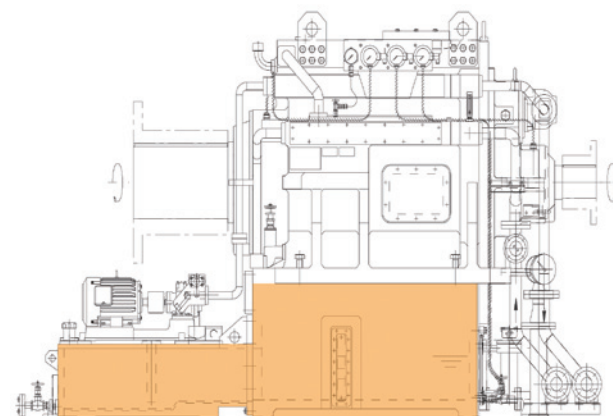


図4 歯車減速機外形図～オイルパン（着色部）を一体構造としている

Fig. 4 Gear reducer drawing : Oil pan (colored) integrated at the bottom of gear casing

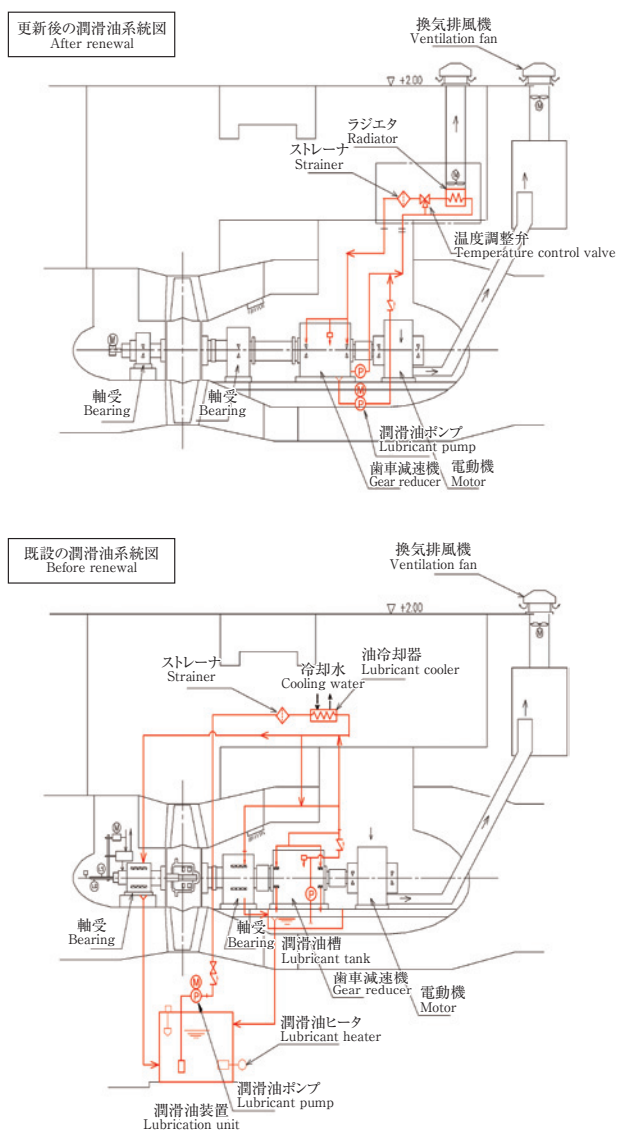


図5 潤滑油系統図
Fig. 5 Lubricant system

6. おわりに

機場の更新工事が開始された直後、既設ポンプ設備工事の関係者の一人である川口恭司氏が、当時を偲んでターボ機械協会誌へ寄稿された⁶⁾。我々の大先輩である同氏の思いが少しでも伝わればと思い、本稿も同一のタイトルとさせていただいた。

筆者らが初めて本機場の現地調査を行った際、ポンプ内胴内に収められた電動機を床下排風とするなど、既設ポンプの各所へのこだわりと完成度の高さに圧倒された。正直なところ「既設ポンプに勝る設計が我々に果たしてできるのだろうか?」と自問した。幸いなことに「維持管理性の改善」に着目してシミュレーションを重ね、多くの改善を実施した今回の設備は、大先輩達にも胸を張って報告できる成果と自負している。

また、超大型ポンプを非出水期に更新するという、不可能とも思われた工程を達成できたことは大きな財産であり、今後の合理的な更新工事への試金石になったと考えている。

最後に、工事期間を通じ、また現在も貴重な御指導・御協力をいただいている、新川流域農業水利事業所、新潟県並びに西蒲原土地改良区の関係各位に心から感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 北陸農政局新川流域農業水利事業所、国営新川流域農業水利事業 事業概要、P3、(2011修正版)。
- 2) 坂本、山口、望月、尾又、川口、別府、松浦、平沢、昭和47年度日本機械学会賞受賞技術概要、日本機械学会誌、第76巻、第653号、P16、(1973)。
- 3) 尾又、川口、新川河口排水機場の計画と設計、エハラ時報、第19巻、第73号、P11-20、(1970)。
- 4) 川口、別府、松浦、平沢、新川河口排水機場の完成、エハラ時報、第20巻、第77号、P25-35、(1971)。
- 5) 梶原 滋美、水と空気Ⅱ、荏原製作所、P248-250、(1988)。
- 6) 川口恭司、よみがえれ越後平野、ターボ機械、第36巻、第5号、P59-61、(2008)。