

電業社機械

DENGYOSHA KIKAI



おかげさまで 115周年

Vol.49 No.2 2025





表紙写真：当社役員 杉井守氏

挿絵：社会システム技術室 秋山倫子（生成AI+画像編集）

電業社機械

第49巻 第2号 通巻第97号 2025

目 次

◆卷頭言

- AI支援によるターボ機械の最適化設計 坂口大作 1

◆技術資料

- 雨水排水機場ポンプ設備を対象とした状態監視技術 鈴木崇史 3
奥川高広
インペラ翼の弱連成片方向FSI解析 大谷亮介 8

◆製品紹介

- 東京都下水道局殿 八王子水再生センター向け汚水ポンプ 中村祐太 11
川合茂
日本下水道事業団殿 室蘭市中島下水ポンプ場 雨水ポンプ設備 稲垣尚正 15
中村祐太
アラムコ・ラスタヌラ／リヤド製油所向 硫黄回収装置用プロワ 富田雅俊 19
千苅貯水池向けハウエルバンガーバルブ 高橋洋司 25
成瀬雄也

◆ニュース

- 茨城県企業局殿 守谷増圧ポンプ場機械設備工事受注 29
熊本市上下水道局殿 南部浄化センター No.3送風機機械設備工事受注 30
川崎重工業株式会社殿より気化器海水ポンプ受注 31
Maromba油田向けFPSO用Sea Water Lift Pump 3台受注／BW ENERGY 32
株式会社日向製錬所殿 転炉送風機受注 33
インドネシア地熱発電展示会 The 11th IIGCE 2025 Exhibition出展 34
機場探訪 愛知県建設局 発杭川排水機場 35

DENGYOSHA TECHNICAL REVIEW

DENGYOSHA KIKAI

Vol.49 No.2 2025

CONTENTS

◆Foreword

Design optimization of turbomachinery assisted by AI

D. Sakaguchi	1
--------------------	---

◆Technical Data

Condition-Based Maintenance Technology for River Pumping System

T. Suzuki and T. Okugawa	3
--------------------------------	---

Weak Coupling One-Way FSI Analysis of Impeller Blade

R. Otani	8
----------------	---

◆Product Introduction

Sewage Pump for Hachioji Water Reclamation Center, Bureau of Sewage Tokyo Metropolitan Government

Y. Nakamura and S. Kawai	11
--------------------------------	----

Muroran City Nakajima Sewage Pumping Station Rainwater pump equipment of Japan Sewage Works Agency

N. Inagaki and Y. Nakamura	15
----------------------------------	----

Air blowers for Ras Tanura Refinery and Riyadh Refinery in ARAMCO

M. Tomita	19
-----------------	----

Howell-Bunger Valves for Sengari Reservoir

Y. Takahashi, and Y. Naruse	25
-----------------------------------	----



AI支援による ターボ機械の最適化設計

Design optimization of turbomachinery assisted by AI

坂口 大作

長崎大学 総合生産科学研究科（工学系）教授

1. はじめに

人工知能（AI : Artificial Intelligence）は身近な技術となりました。現在のAIは第3回目のブーム到来と言われ、第1次ブームは1940年代にまで遡ります。当時は、大型計算機を扱える一部の科学者によって、人間の脳におけるニューロンがシナプス結合している様を数学的に表現し、コンピュータにいろんな判断をさせることができるというモデルの提案でした。第2次ブームは1990年代にパソコン用コンピュータが広まり、スタンドアロンのコンピュータでいろんなプログラムを実装するAIの研究が進みました。ファジー理論などの応用もAI研究の成果の一つです。そして、現在、インターネットに繋がったコンピュータで多くのデータで学習することができ、階層の深いディープラーニングを駆使したAIが普及しています。AIが人間の知能を超えるシンギュラリティポイントが目前にあるとも言われています。

AIを用いることで、工学における研究開発も加速できるようになりました。多くのパラメータ組み合わせを考える場合、コンピュータシミュレーションにより最適形状を探索し、AIにより効率的なパラメータ探索が可能となります。特にターボ機械設計を自動化する際のAIの効率的な使い方について、いくつかの工夫をご紹介したいと思います。

2. ターボ機械における最適化設計

一般に最適形状を探索する方法として、トポロジー最適化とパラメータ最適化があります。トポロジー最適化は、設計したい空間にどのように形状を配置すれば最適となるのかを追究する手法であり、配管や流路に関してトポロジー最適化が実用化されています。しかし、ターボ機械設計の難しさは3次元的に複雑な形状の生成にあり、特に翼列設計には、トポロジー最適化の実用化は未だ適用が難しいようです。一方、パラメータ最適化は、複数の目的関数に対し、設計パラメータを最適な組み合わせとして追究する手法であり、多くの設計パラメータを有するターボ機械の最適化には効果的な最適化手法と言えます。

ターボ機械のパラメータ最適化には、主として3つの工夫が必要です。まず第1にコントロールポイントを用いた設計パラメータの削減です。ターボ機械の内部流動をCFDにより解析する場合は、3次元CADの詳細な形状データから内部流路の計算格子を生成する必要がありますが、多くの点列情報であるCADデータを直接扱うのは得策ではありません。例えば、CADデータとして翼前縁から後縁にかけて滑らかな角度分布が点列データとして必要になります。そこで、コントロールポイントを置き、ベジェ曲線により滑らかな角度分布を再現すれば、設計変数としては数点だけで100点分の点列データ

タを再現することができます。

ターボ機械における最適設計の第2の工夫として、設計パラメータの自動探索です。遺伝的アルゴリズムは、ダーウィンの進化論のように「環境に適応した個体が次の世代に遺伝情報を伝達できる」というアルゴリズムを数学的に表現したもので、設計変数を2値化し、遺伝子配列のように扱うことで、交配や突然変異を表現します。非常に簡単な数学的取扱いなので、遺伝的アルゴリズム自体は極めて計算負荷が低いということも利点の一つです。ただし、「環境に適応した個体」を選出するためには、目的関数と呼ばれる性能改善指標を求める必要があり、単純にコンピュータシミュレーションにより性能評価を行なっていては世代を稼ぐことができません。ここで、コンピュータシミュレーションの代わりとなる性能評価方法が必要になり、メタモデル（代替モデル）が導入されます。メタモデルにはいくつかの方法が提案されていますが、ニューラルネットワーク（ANNs : Artificial Neural Networks）を基本とするAIも有効なメタモデルです。コンピュータシミュレーションのデータで学習したニューラルネットワークを形成させることによって、新しい入力に対しても学習したニューラルネットワークに基づいた判断を行うことができ、低い計算負荷で目的関数の評価を行うことができます。ただし、初期のニューラルネットワークの予測精度は悪く、新しいシミュレーション結果を与えるながら強化学習させる工夫が必要になります。

ターボ機械における最適設計の第3の工夫としては、最適形状探索、3次元形状作成、計算格子生成、ソルバーの設定、およびポスト処理という一連の流れを自動化することです。多くの商用コードは素晴らしいGUIを備えていますが、多くのプロセスを踏む最適化には向いていません。一連の作業をスクリプト化し、全自动で作業を行う仕組みが必要となります。

以上の3つの工夫により、AIを用いたターボ機械の最適化設計を行うことができるようになります。一度システムが出来上がれば、人の手を介すことなく自動的に最適形状を探索してくれるようになります。AIベースの最適化システムは、人が休んでいるときもどんどん最適な形状を検討してくれますので、効率的に最適形状を求めることができます。また、最適化システムが検討した全ての形状データについて、統計的な処理を行うことで、どの設計パラメータが目的関数に感度が良いのかが分かり、設計ノウハウを蓄積することができます。AIを用いた最適化設計システムは、決してブラックボックスではなく、効率的に設計するツールとして、研究開発を加速することに利用できると言えます。

3. 結び

ターボ機械の最適化設計はまだ一般化しているものではありませんが、強力な設計ツールとして利用でき、少しづつ設計現場に広がりつつあります。また、これまで設計法がなかった低流量域やチョーク流量近傍での効率改善などを行えば、性能曲線における効率の目玉を大きくすることができ、製品のばらつきを許容する設計など新しい視点での設計が可能となります。また、風力や潮流などの再生可能エネルギーを対象としたタービンなどに対しても、設計点だけでなく非設計点での効率改善などを目的関数とすることができる、幅広い運転流量範囲で高効率な羽根車形状などを探索することができます。さらに、全自动化された形状探索システムは、少人数で効率的な設計を可能とし、設計期間の短縮などに貢献できると考えられます。

AIは様々な分野で利用が進んでいます。ターボ機械設計の現場で利用できるAIの活用法として、紹介した工夫を参考にしていただけたら幸いです。

雨水排水機場ポンプ設備を対象とした状態監視技術

鈴木 崇史 奥川 高広

Condition-Based Maintenance Technology for River Pumping System

By Takafumi Suzuki and Takahiro Okugawa

To improve the reliability of standby pumps that allow flexible operation regardless of water level, a submerged bearing capable of long-term operation in air was developed. This bearing was installed in a 1,650 mm diameter vertical mixed-flow pump and tested over a one-year field trial. During the test, bearing temperature and shaft displacement were continuously monitored, and wear was estimated using vibration sensor data. The system incorporated cloud-based remote monitoring, enabling real-time data access. To optimize data management, selective sensing was applied based on pump operating conditions, reducing data volume by approximately 97% while maintaining high diagnostic accuracy. The results demonstrate that condition-based monitoring is effective in enhancing pump reliability, predicting bearing wear, and supporting proactive maintenance strategies under severe operating environments.

1. はじめに

1-1 雨水排水機場ポンプ設備の状態監視の役割

雨水排水機場は、都市部における内水氾濫リスクを低減するための基幹的社会インフラであり、降雨時における雨水の迅速かつ確実な排水を担っている。近年、局地的豪雨（いわゆるゲリラ豪雨）や台風の激甚化に伴い、排水機能の信頼性確保は重要な課題となっている。排水機場の中核を成すポンプ設備は、豪雨時、降雨前・後と高負荷かつ変動する運転条件下で稼働するため、故障リスクを最大限に抑え、安定稼働することが求められる設備である。

したがって、ポンプ設備の健全性を常時把握し、異常兆候を早期に検知する「状態監視」は、排水機場の安定運用に不可欠な技術である。先行待機型ポンプのように気中・実排水の運転を可能としている設備においては、過酷な運用上、軸受温度や摩耗状態の監視が信頼性確保の重要な要素となる⁽¹⁾。

1-2 状態監視の目的

ポンプ設備における状態監視は、振動、温度、圧力、電流などの運転データを取得・解析することで、設備の健全性を把握し、信頼性の高い運用を実現することを目的としている。そのため、異常兆候を早期に検知するこ

とで、計画的なメンテナンスが可能となり、突発的な故障リスクを低減する予防保全が実現する。さらに、状態監視によって得られた情報を活用することで、設備の長寿命化と、維持管理コストの最適化を図ることができる。これにより事後保全と違い、設備寿命を最大限確保し、最適時期に最適な維持管理の実施が可能となってくる。

1-3 状態監視の重要性が高まる社会的背景

雨水排水ポンプ設備は1970年代後半から1980年代前半（昭和50年代）をピークに整備が進められ、現在では約半数が設置後40年を超えており、今後整備・更新の施設が急増する見込みである。老朽化が進行する中、従来の時間計画保全では対応が困難なケースが増加している。

一方、IoT技術の進展により、非常用設備においても常時監視が可能となりつつある。多点センシングとクラウド連携により、運転状態の定量的把握と異常兆候の早期検知が現実的となり、状態監視は老朽化設備の信頼性確保に不可欠な技術となっている。

2. 雨水排水ポンプ設備における開発目標

2-1 ポンプ運転方法から見た状態監視の課題

雨水排水機場における先行待機型ポンプでは、ゲリラ

豪雨への対策としてポンプ水槽内に雨水が流入していない気中状態からポンプを運転可能として、降雨に応じて即座に排水運転へ移行する。運転開始時に水が存在しない「気中運転」、水と空気が混在する「気水混合運転」、水を揚水する「排水運転」、および水位低下に伴いポンプ内部に水が残留する「エアロック運転」、第一波の通過後、上流側の不確実な流入量変動により、再度先行運転で待機状態を強いられるなど、多様な運転状態を経る。

特に気中運転においては、ポンプ内部に水が存在しないため、軸受が冷却されず高温状態となる。これに続く排水運転では、急激な温度変化が軸受に加わり損傷リスクが高まる。また、気水混合運転およびエアロック運転時には、ポンプ内部に空気が混入することでポンプの振動特性が大きく変動する。このような運転状態下では、振動データの信頼性が著しく低下し、状態監視に用いるには不適切であると判断される。

これらの過酷な運転条件下においてポンプが安定稼働し続けるためには、軸受の高耐久性とその軸受の健全性を状態監視するための技術の高度化が不可欠である。

2-2 状態監視を可能にするセンシング対応構造設計

本設備では、状態監視を前提としてセンサの設置を考慮した構造設計を採用して、ポンプの運転状態を精度良く把握することを可能とする。従来はアクセスが困難であった水中部軸受周りにおいてもセンサの設置が可能となり、ポンプの健全性評価を構造的に支える設計とする(図1)。

これにより、従来は水中軸受の健全性を確認するには、ポンプを床下から引き揚げて分解点検を行う必要があり、多大な労力と設備の長期停止を伴う運用面での大きな負担が課題であったが、本構造では、回転体の振動および水中軸受の振動や温度をリアルタイムで計測可能なセンサを直接取り付けることができ、ポンプを稼働させたまま状態を常時監視・診断することが可能となる。また、メンテナンス性にも配慮し、センサ本体の外部からのアクセス性を高めるため、容易に着脱できる構造を採用し、点検や交換作業の効率化を図っている。

さらに、センサからの信号を確実に伝送するため、ケーブル配線の経路をあらかじめ構造内に設けている。これにより、配線の保護と整備性が向上し、長期的な運用においても信頼性の高いデータ伝送が可能となっている。

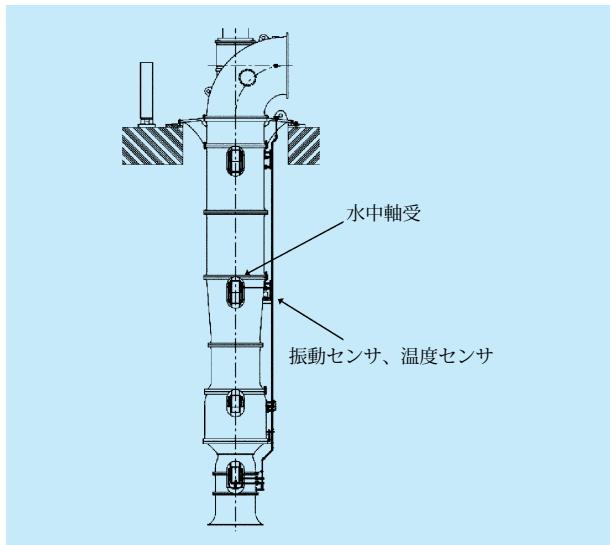


図1 水槽内ポンプ概要

Fig. 1 Overview of the Pump

また、センサや配線ルートは、機械的干渉を避けるように設計されており、長期的な安定動作を確保している。

2-3 選択的センシングによる状態監視の最適化

ポンプ設備の状態監視技術においては、長期評価期間に伴うビッグデータ化によるデータ蓄積量の増大が課題である。これに対し、本開発では機器の評価に必要な運転状態のみを対象としたデータ取得を基本方針とする。すなわち、ポンプが待機状態から運転状態へ移行するタイミングに限定して、振動、温度、電流などの測定データを取得することで、データの効率的な蓄積と解析を可能とする。

また、取得した測定データは、各運転状態と紐づけて管理される。これにより、例えばポンプ運転状態の傾向監視には通常排水の安定した運転状態を使用し、気中運転時の軸受温度と排水運転時の温度変化を比較するなど、運転状態ごとの設備挙動を詳細に分析することが可能となる。これらの技術は、異常予兆検知技術の精度向上、保守計画の高度化、さらには設備の長寿命化に寄与する。

3. 計測システムの構成

3-1 計測システムのフロー

図2に計測システムのフローを示す。

本システムは、ポンプの運転状態を効率的かつ正確に監視するため、センサ情報を取得し、閾値判定でデータ

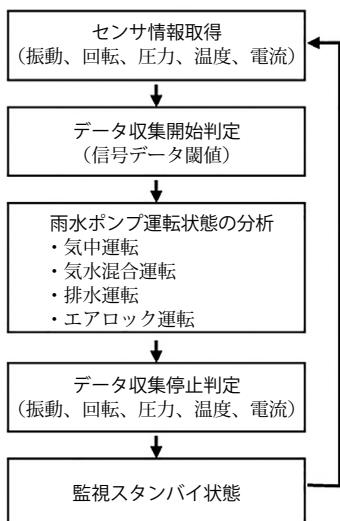


図2 計測システムのフロー概要

Fig.2 Overview of the measurement system flow

収集を開始する。取得データを解析して運転状態（気中運転、気水混合運転、排水運転、エアロック運転）を判別し、排水停止を検知すると収集が終了とともに、次の運転に備えて監視スタンバイ状態に移行する。ポンプの各運転状態ごとにタグ付けして分類された測定データをもとに分析することでポンプの健全性を精度良く評価でき、必要なデータのみを取得することでデータ量を抑制している。

3-2 クラウド連携型監視システムと遠隔監視機器

図3に遠隔監視操作盤の外観を示す。本システムでは、各種センサから取得した測定データをクラウドサーバー上に自動保存して、遠隔地からのリアルタイム監視を可能



図3 遠隔監視操作盤の外観

Fig.3 Appearance of the remote monitoring control panel

としている。さらに、保存されたデータはCSV形式などでダウンロード可能であり、任意のタイミングでデータを取得し、後処理による詳細解析や傾向分析を実施することができる。これにより、現場に赴くことなく設備の状態把握や異常兆候を検出できる体制を構築している。

4. 実ポンプ機場でのフィールド試験と評価結果

4-1 試験概要

本試験では、口径1650 mmの先行待機型立軸斜流ポンプを対象としている。1年間の評価期間にわたり軸受温度および軸振れ量を常時監視し、振動センサによる軸振れ量から軸受摩耗量を推定した信頼性評価を目的とした実機フィールド試験を実施した。

試験時の外観を図4および図5に示す。各水中軸受周辺にはセンサを取り付け、保護管に通したセンサケーブルはポンプ機側の遠隔監視盤に接続されている。測定データはインターネット経由でクラウドに送信され、遠隔監視システムにより常時監視を行った。



図4 実地試験

Fig.4 Field test

4-2 試験結果

図6に示す軸受近傍の軸振れまわりは、振動センサ（ギャップセンサ）で測定した軸振れ量を設計軸受すぎ間で割った値を示す。ポンプ軸上部ではポンプ吐出し方向に押されながら振れまわる様子を示し、ポンプ軸下部にかけて軸受面に沿うように振れまわり量が大きくなる様子を示し、測定結果から回転体の振動モード形状を観察できる。また、これらの測定値は、センサの振動や電



図5 軸受状態測定センサ

Fig. 5 Bearing condition measurement sensor

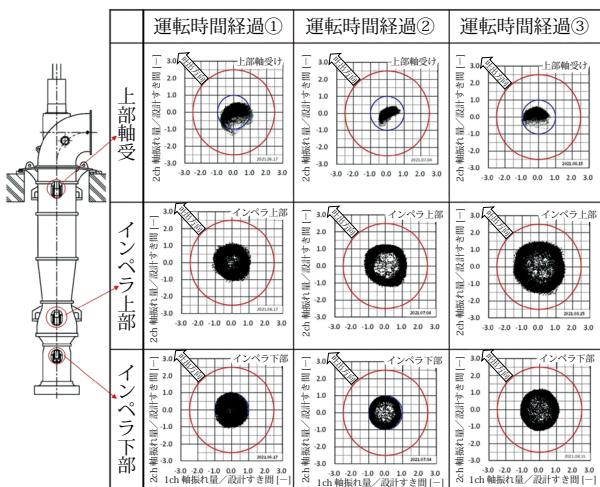


図6 軸受近傍の軸振れまわりの推移例

Fig. 6 Example of shaft whirling behavior near the bearing

気的なノイズなどを含んだ値となるため、最小二乗法により分散の中央値をとり、軸受の推定摩耗量を評価した。軸受の推定摩耗量を図7に示す。図7中の「測定データのエラーバー」が、測定された軸振れ量の全範囲であり、「推定摩耗量」が上記方法により推定した軸受の摩耗量である。測定の結果、徐々に軸振れ量が大きくなっていくことから運転経過に伴い軸受の摩耗が進行していると推定して、試験期間中に観察した現在の推定摩耗量（実線）の推移を評価することが可能となる。また、これにより軸受交換目安までの運転時間が予測（点線）され、各軸受の状態を評価できる。

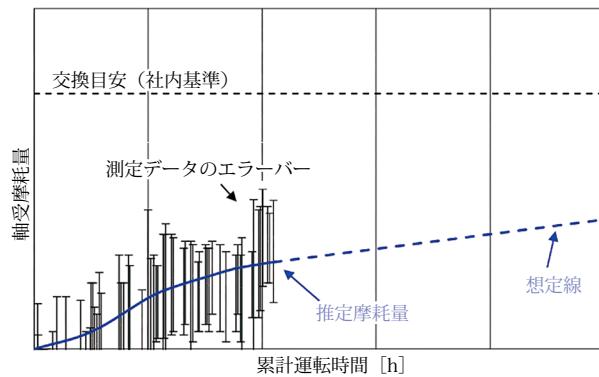


図7 軸受の想定摩耗量の評価例

Fig. 7 Example of estimated bearing wear evaluation

4-3 状態監視システムのデータ量削減効果

試験期間中に状態監視システムが検知したポンプ運転実績を図8に示す。運転状態を判定してデータ収集を行うことで、監視状態の経過時間に対する運転時間の割合から、データ量を約97%抑制している。ポンプの運転が排水時に限定される雨水ポンプにおいては、データ量削減率に大きな効果を得ることが分かる。

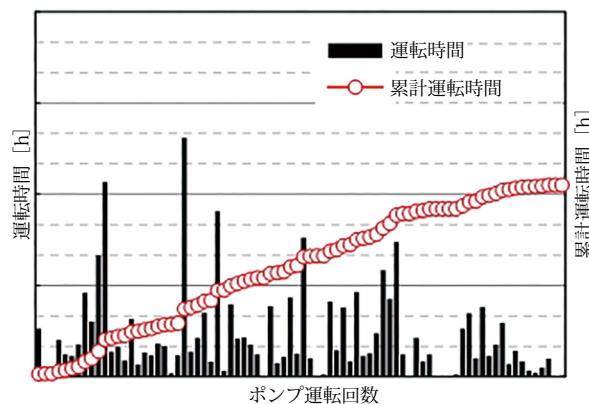


図8 ポンプ運転実績

Fig. 8 Pump operation record

5. おわりに

ポンプ運転条件に連動した状態監視システムの適用を行った。従来は評価が困難であった水中軸受の健全性を常時監視するとともに、状態監視の課題であったデータ蓄積量の最適化としてポンプ運転状態をセンサ情報から判別して測定データをタグ付けして分類することで必要データを選定することの有効性を確認した。

最後に、本研究の実施にあたり、東京都下水道局計画

調整部技術開発課殿をはじめ、多くのご関係者様にご協力をいただいたことに深く感謝いたします。

<参考文献>

- (1) 篠塚、田中 2022、“長時間の気中運転が可能な水中軸受の開発” 電業社機械、Vol.46、No.2

<筆者紹介>

鈴木崇史：2010年入社。ポンプ、送風機および流体関連機器の研究開発に従事。現在、技術研究所 研究開発課
主事補

奥川高広：2001年入社。ポンプ、送風機および流体関連機器の営業に従事。現在、社会システム営業1課 課長



インペラ翼の弱連成片方向 FSI 解析

大谷亮介

Weak Coupling One-Way FSI Analysis of Impeller Blade

By Ryosuke Otani

In recent years, Computational Fluid Dynamics (CFD) and Finite Element Method (FEM) analyses have become standard tools for enhancing the reliability of turbomachinery. Accurate FEM analysis requires realistic boundary conditions, especially pressure distributions on impeller blades, which vary along both the spanwise and chordwise directions and are dependent on the flow rate. This report presents a case study of a weak one-way fluid-structure interaction (FSI) analysis, in which pressure distributions obtained from CFD simulations are applied as input boundary conditions for FEM analysis to evaluate the structural integrity of the impeller.

1. はじめに

近年、ターボ機械の信頼性向上を目的として、CFD (Computational Fluid Dynamics) 解析やFEM (Finite Element Method) 解析を設計に活用することが一般的になっている。FEM解析において精度の高い評価を行うためには、実際の挙動に近い境界条件を設定することが重要である。インペラの強度評価においては、翼表面に作用する圧力がスパン方向および翼弦方向に一様ではなく、さらに流量によっても変化するため、詳細な検討が困難である。そこで、圧力分布の把握にはCFD解析が有効である。今回、CFD解析により得られた圧力分布を用いてFEM解析を実施したのでその概要を紹介する。

2. 連成解析

連成解析とは、互いに影響を及ぼす複数の物理現象を同時に考慮する解析手法であり、流体と構造の連成解析はFSI (Fluid-Structure Interaction) 解析と呼ばれる。連成解析には複数場を1度に解析する強連成解析、場ごとに解析を実施する弱連成解析があり、弱連成解析にはさらに、1度だけデータを受け渡す片方向連成と、相互にデータを取り取りする双方向連成が存在する。今回は、

限られた時間内で解析を実施する必要があったため、計算時間の短い弱連成片方向解析を採用した。

3. 解析モデル

今回解析したモデルは比速度 $N_s=1\ 550$ [$\text{min}^{-1}, \text{m}^3/\text{min}, \text{m}$] の立軸斜流ポンプである。CFD解析にはANSYS CFX、FEM解析にはANSYS Mechanicalをそれぞれ使用した。CFD解析において、計算時間を短くするため、インペラおよびガイドベーンの1流路のみを解析対象とした。また、翼の付根には高い応力が発生すると予想されるため、通常のCFD解析では考慮しない翼付根のフィレット形状も再現した。図1にCFD解析モデルを示す。

4. 解析結果

CFD解析結果と試験結果の比較を図2に示す。なお、縦軸および横軸は試験によって得られた仕様点の流量、全揚程、軸動力および効率でそれぞれ無次元化されている。CFD解析結果は試験結果と比較的良好に一致しており、FEM解析の入力条件となる圧力分布も実際に近い値が得られていると考えられる。CFD解析によって得られた圧力分布の一例として、図3に仕様点流量 ($Q/Q_s=1$)

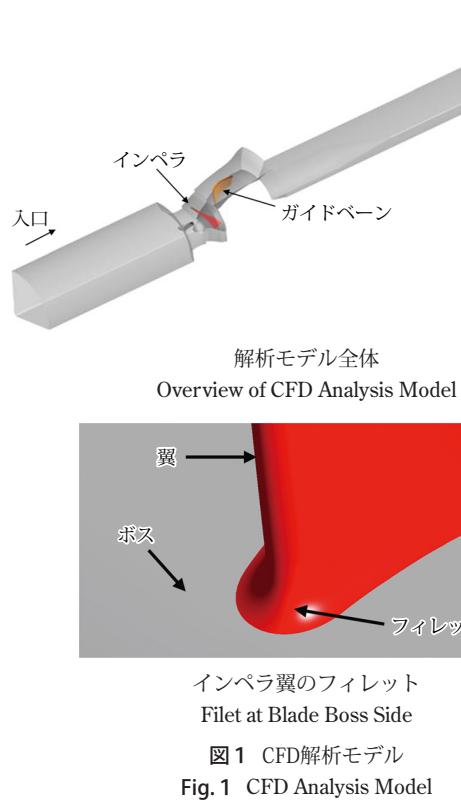


図1 CFD解析モデル
Fig. 1 CFD Analysis Model

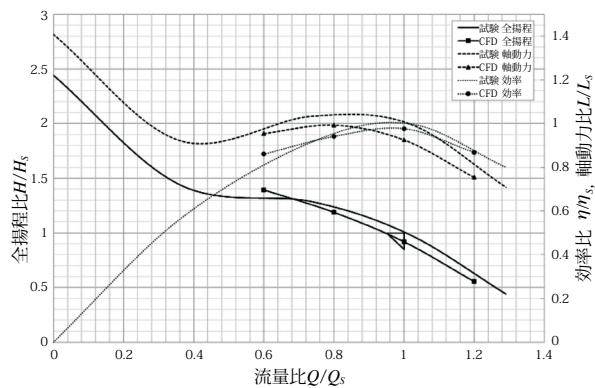


図2 CFD解析結果（性能曲線）
Fig. 2 Comparison of Experiment and CFD Analysis

における圧力面の圧力分布を示す。

続いて、FEM解析によって得られたミーゼス応力分布を図4に示す。図中には最大応力発生箇所も示している。低流量側 ($Q/Q_s=0.8$) および仕様点では圧力面と負圧面間の圧力差が大きいため、圧力面側の翼の付根に高い応力が集中している。一方、高流量側 ($Q/Q_s=1.2$) では、翼面間の圧力差が比較的小小さく、入口における動圧が大きいため、最大応力はインペラ前縁側で発生していると考えられる。

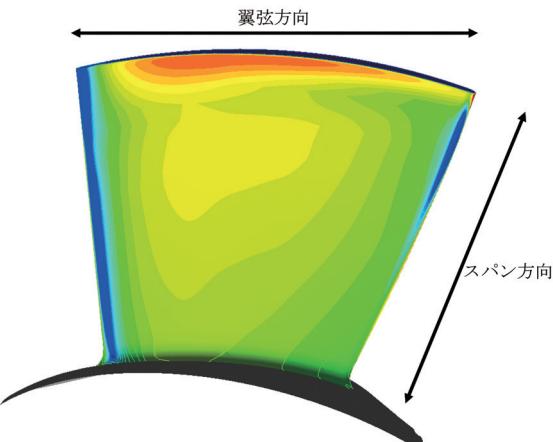


図3 CFD解析結果（圧力分布） $Q/Q_s=1$
Fig. 3 Pressure Distribution by CFD Analysis

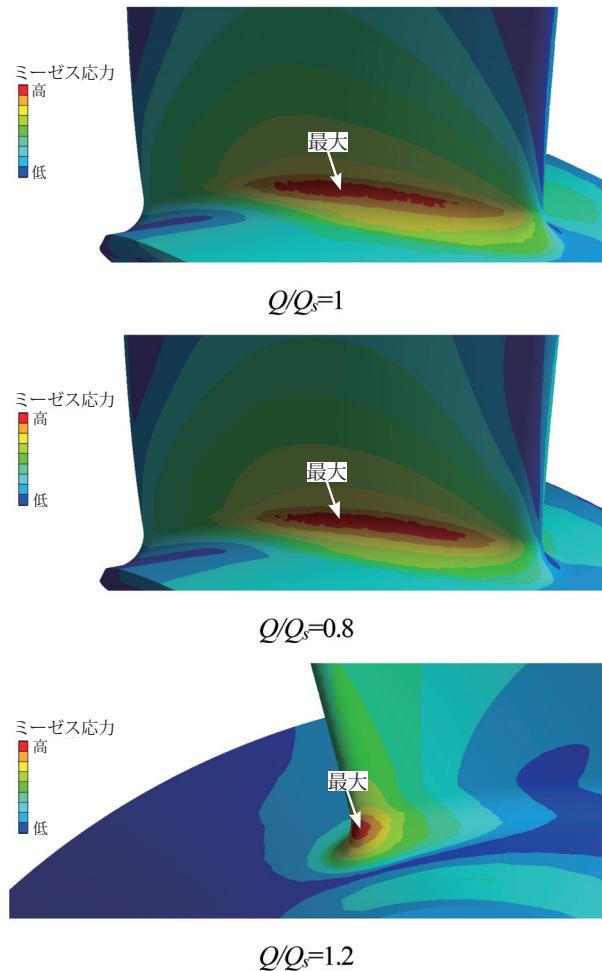


図4 FEM解析結果（ミーゼス応力）
Fig. 4 FEM Analysis Result (Mises Stress)

5. おわりに

本報文では、インペラ翼の弱連成解析の紹介を行った。限られた時間の中で、より信頼性の高い製品を提供するため、今後も各種解析ツールを積極的に活用し、技術力向上と製品品質の向上に努めていく所存である。

<著者紹介>

大谷亮介：2012年入社。主にポンプの設計開発に従事。
現在、水力機械設計部 高圧ポンプ課 主任



東京都下水道局殿 八王子水再生センター向け汚水ポンプ

中村祐太 川合 茂

Sewage Pump for Hachioji Water Reclamation Center, Bureau of Sewage Tokyo Metropolitan Government

By Yuta Nakamura and Shigeru Kawai

The Hachioji Water Reclamation Center, located in Komiya-machi Hachioji City, serves a planned treatment area of 8,546 hectares in the eastern part of Tokyo. As part of this project, a new sewage pump system was installed to lift influent wastewater from the East pump pit and convey it to the East water treatment facilities.

This project involved the replacement of the aging No.4 sewage pump, which had been in continuous operation for approximately 33 years. The updated pump was increased the discharge capacity from $100 \text{ m}^3/\text{min}$ to $130 \text{ m}^3/\text{min}$. Furthermore, a water-free submersible bearing system was adopted, contributing to equipment simplification and enhanced reliability. This introduces the design considerations and structural features of the supplied pump, which is designed to be reliable and easy to maintain.

1. はじめに

八王子水再生センターは八王子市小宮町にあり、処理区域は、八王子市・日野市・昭島市・羽村市の一都と、あきる野市・日の出町・檜原村の大部分で、計画処理面積は8 546haであり、処理能力は $207\,800 \text{ m}^3/\text{日}$ の施設である⁽¹⁾。

今回納入した汚水ポンプ設備は、東系ポンプ井に流入する汚水を吸揚し、東系水処理設備へ送水する設備である。処理された水は、多摩川に放流されるほか、一部はセンター内でも使用される。

老朽化した汚水ポンプ4号の更新工事を受注し、工事が完了したため、以下に概要を紹介する。

2. 汚水ポンプ設備の概要

東系ポンプ井では、計5台の汚水ポンプが稼働しており、本工事では、設置後約33年が経過した汚水ポンプ4号（口径1 000 mm）を1台を更新した。

更新に伴い吐出し量は $100 \text{ m}^3/\text{min}$ から $130 \text{ m}^3/\text{min}$ へ

増強された。また、水中軸受には無注水方式を採用し、設備の簡素化を図るとともに、信頼性の向上を実現した。

汚水ポンプ4号更新後の据付平面図および据付断面図を図1、図2、図3に示す。

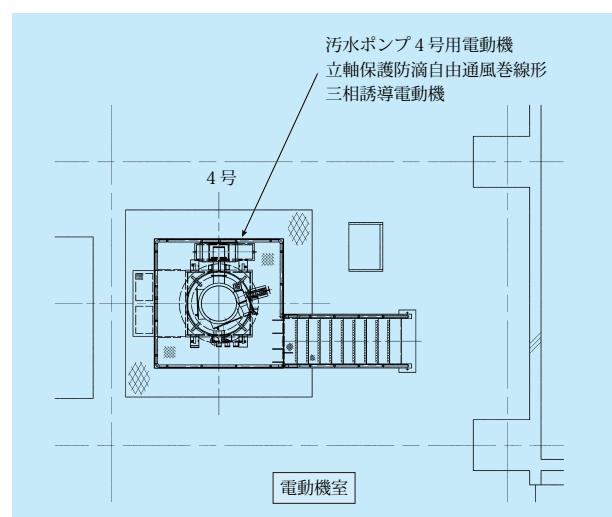


図1 据付平面図
Fig. 1 Layout of pumping station

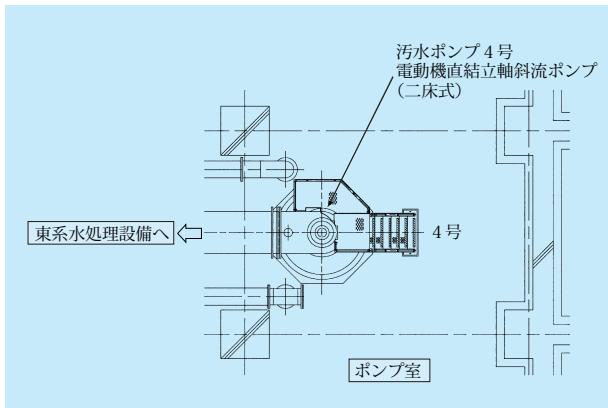


図2 据付平面図
Fig.2 Layout of pumping station

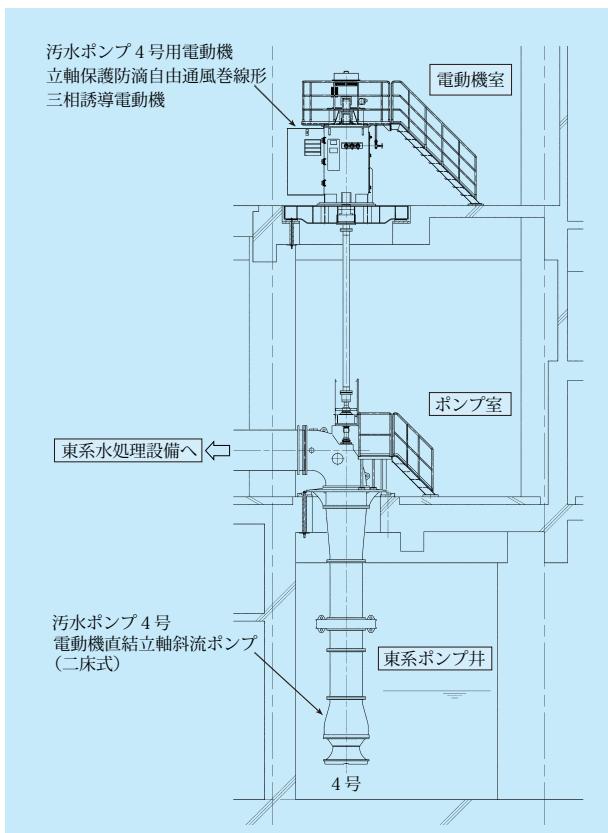


図3 据付断面図
Fig.3 Sectional view of pumping station

3. 汚水ポンプ設備の詳細

今回更新した汚水ポンプ4号の仕様を表1、使用材質を表2に示す。

本ポンプおよび電動機は、近隣地域の生活排水処理需要に応じてポンプの流量制御を行うために、既設のIGBTセルビュス装置を用いた回転速度制御を行う機器であ

表1 汚水ポンプ仕様
Table 1 Specifications of the pump

用 途	汚水ポンプ
形 式	二床式立軸斜流ポンプ
台 数	1
口 径 (mm)	1 000
全 揚 程 (m)	14
吐 出 し (m^3/min)	130
原 動 機 形 式	巻線形電動機
原 動 機 出 力 (kW)	420
水 中 軸 受	セラミックス軸受
軸 封 部	メカニカルシール

表2 使用材質
Table 2 Materials of the pump

部 品 名	材 料
吸 込 ベ ル	FC250
吐 出 し ボ ウ ル	FC250
揚 水 管	FC250
つり下げ揚水管	FC250
イ ン ペ ラ	SCS13
主 軸	SUS403
基 础 ベ ー ス	FC250

る。将来的にはVVVF(可変電圧・可変周波数)制御への移行が計画されており、本機器はVVVF制御にも対応可能な設計となっている。

また、本機場では汚水ポンプが常時稼働しており、停止すると処理能力に支障をきたすため、故障やトラブルを未然に防ぐことが重要である。このため、以下の通り機器の信頼性および維持管理性を考慮した設計および構造となっている。

3-1 振動対策と構造設計

回転速度制御方式によらず、ポンプ運転中にはポンプ軸、ケーシング、および電動機架台に対して加振力が作用し、その周波数域は制御範囲に依存する。そのため、共振を回避して過大振動を防ぐためには、広範囲な共振域を避ける設計が求められる。本機器では、制御範囲(70 ~ 100%)において、共振を避ける設計を行っている。ポンプ床の荷重制限や既設場内クレーンの質量制限が厳しくポンプ部品の肉厚増加による剛性アップが制限されるため、ポンプ床下の設計においては、振動モードを計算予測し、柔軟で離調することで最も効果的な箇所に

限定して負荷質量を配置、最適な構造設計を行った。

セルビウス制御では、電流制御に伴う波形変動やスイッチング遅延により、電動機に不均一な電磁力が作用し、周期的な駆動トルクの脈動が発生する。このトルク脈動が加振力となり、ポンプおよび電動機軸にねじり共振を引き起こす可能性があるため、ねじり振動解析を実施した(図4)。解析の結果、一般的な板ばね式軸継手では共振が懸念されたため、高弾性体を組み込んだ軸継手を採用し、回転体のねじり剛性を変更することでねじり共振を回避する設計としている。



図4 ねじり振動解析
Fig. 4 Torsional analysis of the rotor

3-2 電動機設計

本電動機は巻線型を採用し、二次抵抗による始動方式により、始動電流を顧客指定値以下に抑制している。セルビウス制御による速度制御運転時には、二次側を短絡した状態でブラシとスリップリングが連続して摺動するため、これに耐え得る設計となっている。また、二次抵抗始動後の固定速運転や、将来的なVVVF制御への対応を考慮して、ブラシ引き上げ装置を付属している。

さらに、VVVF制御下では電動機の回転子に渦電流が発生し、固定子側との間に電位差が生じることにより、



図5 現地据付後の汚水ポンプ4号用電動機
Fig. 5 View of the motor for No.4 pump at site

軸受の電食が発生する懸念があるが、該当部を絶縁処理することで電食対策を行っている(図5)。

3-3 ポンプ軸封部保守性の向上

ポンプ軸封部は、従来のグランドパッキンからメカニカルシールに変更することで、日常的な軸封調整作業が不要となっている。また、メカニカルシールは汚水や合流雨水で数多くの実績がある二つ割構造を採用しており、吐出しエルボおよび軸継手を分解するような大掛かりな工事を必要とすることなくメカニカルシールの交換・調整が可能になっている。さらに、摺動材の摩耗量を確認できるインジケータを備えており、状態確認を容易にしている。これらにより、軸封部保守性を向上させている。

4. 試運転検査

社内試運転(図6)では、実機電動機を使用し、実運用に近い条件で試験を実施した。工場での性能試験の結果、顧客要求を満足するポンプ性能が確認された。

また、現地でのポンプ設備施工後(図7)の試運転検査では、各部の振動および軸受温度などの機械的健全性を評価し、いずれも顧客仕様を満足する結果が得られ、立会検査にも合格した。



図6 ポンプ工場試運転
Fig. 6 View of the pump at shop test



図7 現地据付後の汚水ポンプ4号
Fig. 7 View of the No.4 pump at site

5. おわりに

八王子水再生センターの汚水ポンプ4号の概要を紹介した。納入した汚水ポンプは、流入してくる生活排水を適切に処理するための重要な設備である。今後も、社会

インフラの一端を担う企業として、設備の用途、重要性を十分に理解し、顧客の信頼と満足が得られるよう努力していく所存である。

おわりに、本設備の設計、施工にあたり適切なご指導、ご助言を頂いた東京都下水道局殿の関係各位に深く感謝いたします。

<参考文献>

(1) 東京都下水道局ホームページ

<https://www.gesui.metro.tokyo.lg.jp/pr/kengaku/guide/sise-list>
(2025/10/17アクセス)

<筆者紹介>

中村祐太：2014年入社。立軸ポンプの設計業務に従事。

現在、水力機械設計部 水力機械1課主任

川合 茂：2002年入社。ポンプ設備システム設計に従事。

現在、システム設計部 システム設計1課

担当課長

日本下水道事業団殿 室蘭市中島下水ポンプ場 雨水ポンプ設備

稻垣 尚正 中村 祐太

Muroran City Nakajima Sewage Pumping Station Rainwater pump equipment of Japan Sewage Works Agency

By Naomasa Inagaki and Yuta Nakamura

Nakajima Sewage Pumping Station in Muroran City is the only complex facility in the city that includes a combined pumping station, a sewage pumping station, a simple discharge facility, and a rainwater retention pond facility, covering a combined area of 243.8 hectares. The combined pumping station and sewage pumping station began operation in August 1969, and since more than 50 years have passed since then, the facility and equipment have deteriorated and become obsolete, and there are issues with insufficient earthquake resistance. Therefore, construction work was planned to reconstruct the pumping station, taking into consideration equipment renewal, ensuring earthquake resistance, reducing planned sewage volume, and reviewing the rainwater plan.

1. はじめに

室蘭市にある中島下水ポンプ場は、合流区域243.8 haを受け持つ汚水ポンプ施設・雨水ポンプ施設・簡易放流施設・雨水滞水池施設を併設した本市で唯一の複合施設である。ポンプ場一般平面図を図1に示す。

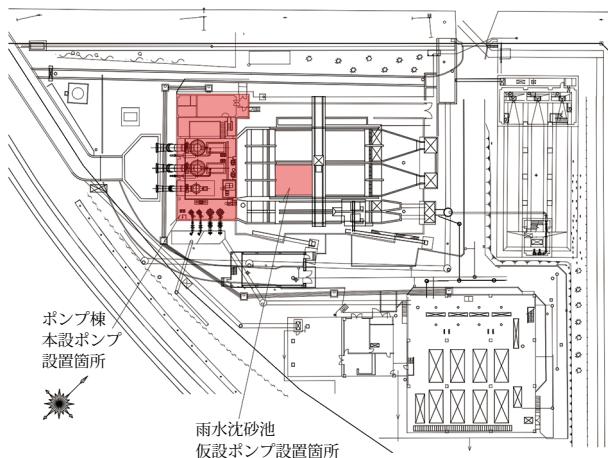


図1 ポンプ場一般平面図
Fig. 1 Pump station general plan

本ポンプ場は、1969年8月に汚水ポンプ施設と雨水ポンプ施設が供用開始され、すでに約50年以上が経過していることから、施設・設備の劣化・老朽化や耐震性能不足が課題となっていた。そのため、本ポンプ場の設備更新や耐震性の確保、汚水量の減少や雨水量の見直しなどを考慮した、施設全体の再構築に関する工事が計画された。

2. 施設の概要

中島下水ポンプ場の施設概要を表1に示す。

表1 ポンプ施設の概要

Table 1 Overview of the pumping station

施設名稱	室蘭市中島下水ポンプ場
位置	北海道室蘭市中島4丁目17番地
排除方式	合流式
供用開始	1969年8月
計画排水量 (m ³ /s) (全体計画)	汚水量: 晴天時0.1 雨天時0.3 雨水量: 15.4

中島下水ポンプ場のポンプ棟内には、1 000 mm × 1台の立軸斜流ポンプ (No.1雨水ポンプ)、1 500 mm × 2台の横軸斜流ポンプ (No.2、3雨水ポンプ) が設置さ

れており、今回工事はNo.1雨水ポンプが更新の対象であった。将来計画では、No.2、3雨水ポンプも立軸斜流ポンプに更新される予定である。ポンプ棟外観を図2に示す。



図2 ポンプ棟外観
Fig. 2 View of the pump building

3. 工事の概要

本工事は、既設No.1雨水ポンプ設備の撤去、および更新する同設備の製作ならびに据付工事であった。

既設No.1雨水ポンプは、エンジンと電動機の両掛け駆動の立軸斜流ポンプであったが、本工事では電動機掛けの減速機搭載型立軸斜流ポンプへ更新した。

また、No.1雨水ポンプの更新工事期間中も施設の排水機能を維持する必要があったため、No.1雨水ポンプと同排水量の仮設水中ポンプを設置する仮設工事を行った。

以下に、No.1雨水ポンプ設備ならびに仮設工事について紹介する。

4. 雨水ポンプ設備

4-1 No.1雨水ポンプ仕様

今回更新したNo.1雨水ポンプの仕様を表2に示す。

4-2 No.1雨水ポンプの構造と特徴

(1) ポンプ設置上の特徴

減速機搭載型立軸斜流ポンプとすることで、電動機をポンプと同一フロアに設置可能となっている。また、電動機の軸芯とポンプ吐出し中心の高さを同一としたことで、電動機の設置高さを低く抑えることができ、メンテナンス性が向上している。

表2 No.1雨水ポンプ仕様

Table 2 Specification of pump

形 式	減速機搭載型立軸斜流ポンプ
口 径 (mm)	1 000
全 揚 程 (m)	5
吐 出 し 量 (m ³ /min)	160
電動機形式、出力 (kW)	電動機、212
水 中 軸 受	セラミック軸受
軸 封 部	メカニカルシール
台 数	1

また、一般的な円形状のポンプベースでは躯体床に強度上の懸念があったため、ポンプベースを井桁形状とし、主桁はポンプ井の躯体梁上に機器荷重がかかる設計とした。No.1雨水ポンプ外観を図3に示す。



図3 No.1雨水ポンプ外観
Fig. 3 View of No.1 rainwater pump

(2) ポンプ構造上の特徴

減速機用潤滑油の冷却は、吐出しエルボの背面を利用した自己冷却方式である。吐出しエルボ内を流れる揚水との間で熱交換を行うため、外部冷却装置が不要という特長がある。

減速機潤滑油タンクは、吐出しエルボと一緒に铸造品としており、潤滑油がポンプの揚水に混入・流出するところがない構造としている。また、減速機各部の潤滑および冷却を行う上で十分な容量を備えているため、別置きの油タンクは不要である。さらに、透明なポリカーボネート製点検窓を備えており、運転中でも歯車の目視が可能である。

ポンプ主軸と歯車用主軸の接続は、吐出エルボ最上部にある固定軸継手によって行うため、据付けや分解整備時の接続作業が容易である。

潤滑油配管および潤滑油ポンプなどの付属油圧機器は、ポンプに搭載して完結しており、すべて工場内でプレハブ施工している。このため、施工品質の安定と現地作業の簡略化に寄与している。

軸封部のメカニカルシールは摺動部材を二割構造としているため、吐出エルボを分解することなく摺動部材の交換や調整が可能である。加えて、摺動材の摩耗量が確認できるインジケータを備えており、状態確認を容易にしている。雨水ポンプ外形図を図4に示す。

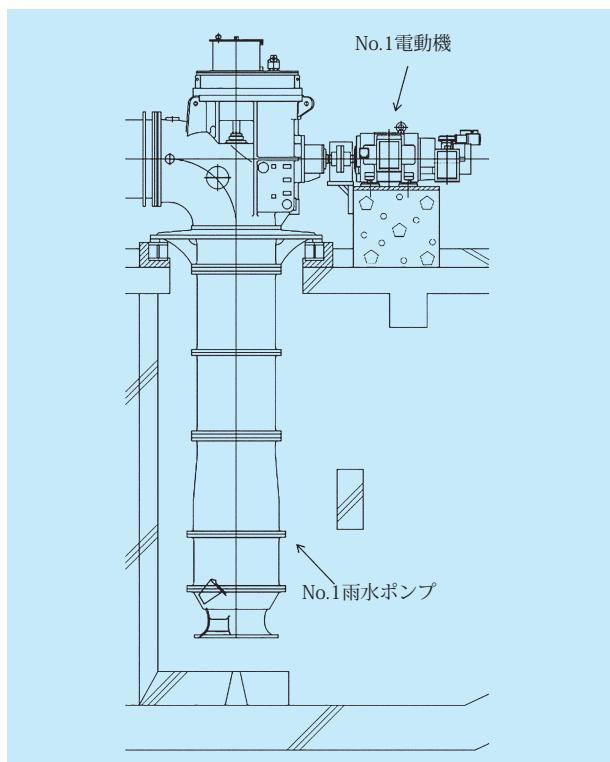


図4 No.1雨水ポンプ外形図
Fig.4 Outline drawing of No.1 rainwater pump

4-3 ポンプ設計上の留意点

減速機潤滑油配管は、多数の鋼管・銅管、および潤滑油ポンプやオイルフィルタなどの付属油圧機器類から構成されており、干渉の有無、施工性、操作性を十分に考慮した設計が求められる。このため、3D-CADを用いて潤滑油配管と構成機器類の計画を行った。これにより、最適な配管レイアウトの計画、干渉有無や施工性の確認、

製作図への展開を容易に行うことができた。図5に雨水ポンプの3Dモデリング図を示す。

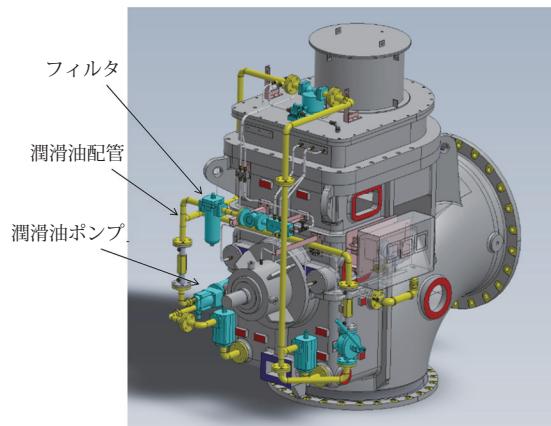


図5 ポンプ3Dモデリング図
Fig.5 3D modeling of the pump

5. 仮設工事

5-1 仮設工事の概要

中島下水ポンプ場は常時稼働中の施設であり、年間を通して計画排水量の雨水排水機能の保持が必要であった。そのため、No.1雨水ポンプの更新工事期間中においても、施設の排水機能を維持できるように、更新するNo.1雨水ポンプと同容量の排水量を確保できる水中ポンプを設置する仮設工事を行った。

仮設ポンプは、着脱式水中汚水ポンプを8台（350mm×4台、400mm×4台）設置した。仮設ポンプの仕様を表3、外観を図6に示す。

表3 仮設ポンプ仕様
Table 3 Specification of temporary pump

ポンプ形式	着脱式水中汚水ポンプ
ポンプ排水量 (m³/min)	163.6 (No.1雨水ポンプ吐出し量：160.8以上)
ポンプ口径 (mm) × 流量 (m³/min) × 台数	350×19.4×4 400×21.5×4

5-2 仮設ポンプの設置

雨水ポンプの更新に併せ、別途土木工事でポンプ井の耐震工事を施工するためにポンプ井のドライ化が必要であった。そのため、ポンプ井内に仮設ポンプを設置することができず、ポンプ井の上流にある雨水沈砂池に仮設ポンプを設置した。仮設設備据付平面図を図7、雨水沈砂池の仮設ポンプ設置状況を図8に示す。



図6 仮設ポンプ外観
Fig.6 View of temporary pump



図8 仮設ポンプ設置状況（雨水沈砂池）
Fig.8 Temporary pump installation status

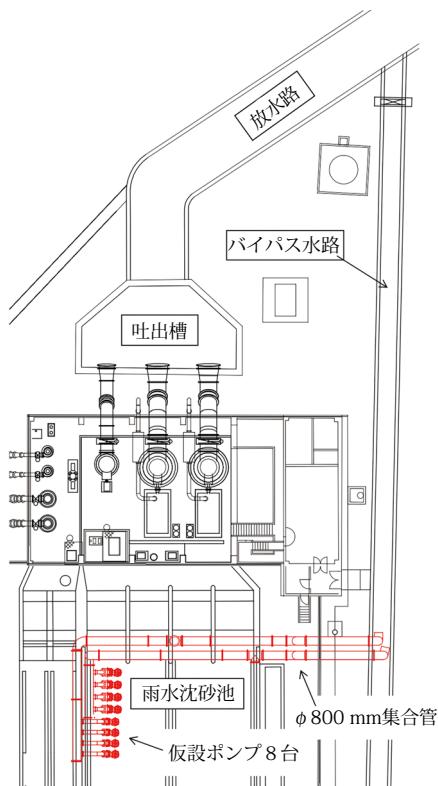


図7 仮設設備据付平面図
Fig.7 Temporary piping installation status

5-3 仮設配管の設置

仮設配管は、各仮設ポンプより $\phi 800\text{ mm}$ 集合管にて合流し、ポンプ場内を流れるバイパス水路に接続され、雨水は河川へと放流された。No.1雨水ポンプ据付完了後に、仮設ポンプ、仮設配管などの仮設設備は撤去した。仮設配管設置状況を図9に示す。



図9 仮設配管設置状況
Fig.8 Temporary piping installation status

6. おわりに

室蘭市中島下水ポンプ場における雨水ポンプ設備および仮設工事の概要について紹介した。

最後に、本設備の設計・施工にあたりご指導いただきました日本下水道事業団殿、室蘭市殿ならびに関係各位の皆様に厚く御礼申し上げます。

<筆者紹介>

稻垣尚正：2007年入社。主にポンプ設備のシステム設計業務に従事。現在、プラント工事部施工管理課主任
中村祐太：2014年入社。主に立軸ポンプの設計業務に従事。現在、水力機械設計部水力機械1課主任

アラムコ・ラスタヌラ／リヤド製油所向 硫黄回収装置用プロワ

富田 雅俊

Air blowers for Ras Tanura Refinery and Riyadh Refinery in ARAMCO

By Masatoshi Tomita

DMW multistage turbo blowers are used in various gas processing plants and petroleum refinery plants. For these projects, we supplied total 12 sets of air blowers for a Sulfur Recovery Unit (SRU) of 9 sets to Ras Tanura Refinery and, of 3 sets to Riyadh Refinery in Saudi Arabia. These plant expansion projects include the addition to tail gas treatment unit on the downstream of the SRU. These blowers are used in combustion air in this project. This report shows design features of a combustion air/reaction furnace blower.

1. はじめに

当社の鋳鉄製多段ターボプロワは、石油精製、ガス処理プラントに数多く納入されている。今回、Saudi ARAMCO社（アラムコ）のラスタヌラ製油所およびリヤド製油所の硫黄回収装置（SRU）向けにプロワを合計12台の製作が完了した。ラスタヌラ製油所のCombustion air blowerはエジプトのEPC経由にて3機種9台を、リヤド製油所のReaction furnace blowerはイタリアのEPC経由にて1機種3台を製作した。ラスタヌラ製油所はサウジアラビアの東部州にあり、近代的な港湾工業都市ジュベイルの南、アラムコ本社のあるダンマンの北に位置している。本プラントは1945年に創業を開始し、プラント拡張を続けてLPG、ナフサ、ガソリン、ジェット燃料／灯油、ディーゼル、重油、アスファルトを精製しており、世界最大級の原油処理能力を有する製油所である⁽¹⁾。また、リヤド製油所はアラビア半島の中央部のナジド地方、サウジアラビア首都であるリヤド地区にある。リヤドは2030年に万博の開催が計画されており、工業、金融、観光産業などサウジアラビア経済の中心地である。今回の計画は両プラントの環境負荷低減のために、SRUの酸性ガスを反応炉で燃焼させる設備を増強改修する。ラスタヌラ製油所のCombustion air blowerは他社製プロワの設備更新機として、リヤド製油所のReaction furnace blowerは2004年に当社が納入した能

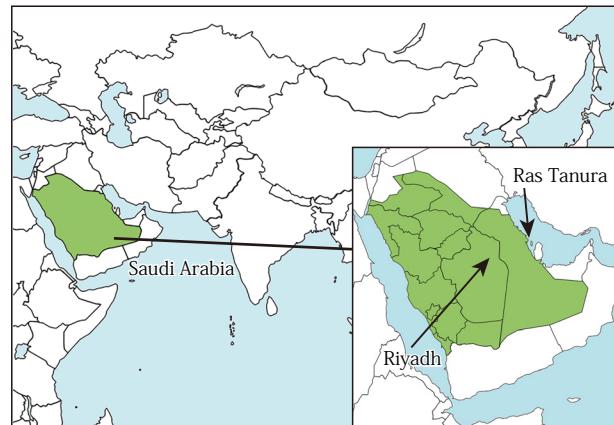


図1 サウジアラビア ラスタヌラ／リヤド
Fig. 1 Ras Tanura/Riyadh in Saudi Arabia

力増強機として設備更新する。

このたび、Combustion air blowerおよびReaction furnace blowerの工場試運転が全台完了したので、以下にその概要を紹介する。納入先のサウジアラビアの東部州およびリヤド州の位置を図1に示す。

2. 機器構成

2-1 全体構成

ラスタヌラ製油所のCombustion air blowerの全体構成を図2の系統図に、リヤド製油所のReaction furnace blowerの全体構成を図3の系統図を示す。

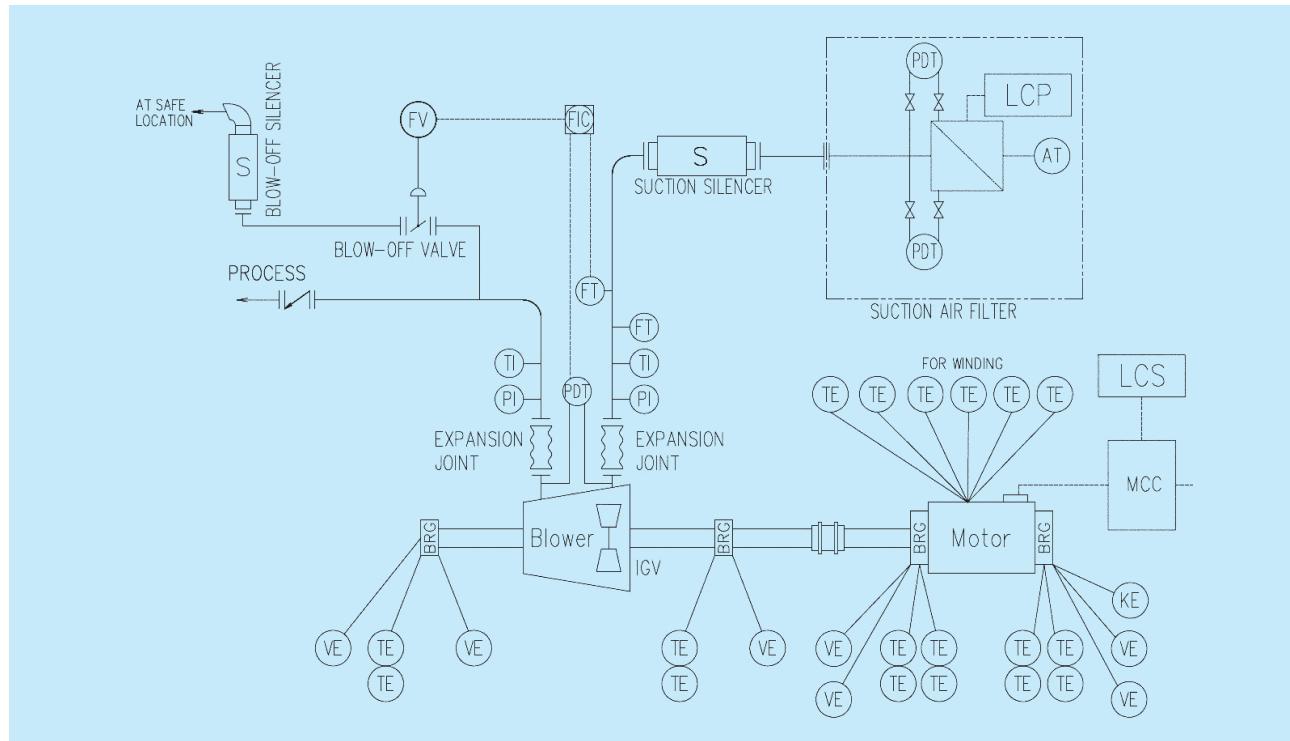


図2 Combustion air blower系統図
Fig.2 P&I Diagram for combustion air blower

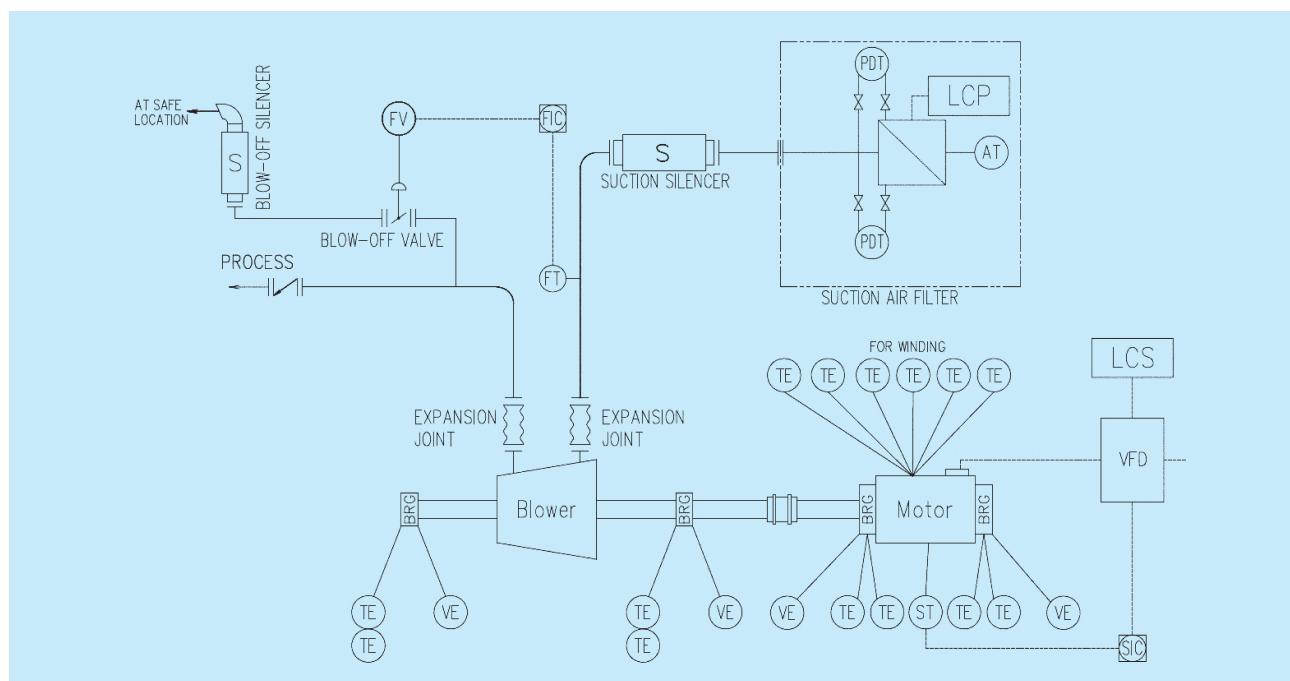


図3 Reaction furnace blower系統図
Fig.3 P&I Diagram for reaction furnace blower

Combustion air blowerおよびReaction furnace blowerはAPI617規格適用のプロワで、電動機駆動の片吸込多段ターボプロワである。このプロワは補助機器の最小化

と冷却水などのユーティリティ削減を目標に、空気プロワ用途として開発された「AM-Turbo^{®(2)}」を採用している。両プロワの共通事項は、アルミ合金製インペラを有する

表1 Combustion air blower仕様
Table 1 Combustion air blower specifications

形 式	鋳鉄製片吸込多段ターボプロワ	鋳鉄製片吸込多段ターボプロワ	鋳鉄製片吸込多段ターボプロワ
吸込／吐出し口径 (mm)	600/500	500/450	450/400
風 量 (m³/min)	約384	約292	約231
昇 圧 (kPa)	約83	約87	約101
取 扱 気 体	空気	空気	空気
電 動 機 出 力 (kW)	660	530	470
台 数	3	3	3

回転体で、軸受にころがり軸受を採用している。軸受潤滑はオイルバス潤滑方式とし、強制給油装置を必要としている。駆動機はAPI541規格適用のかご型三相誘導電動機であり、API671規格適用のフレキシブルディスクカップリングによってプロワへ動力を伝達している。機側操作盤を含めて、電動機とプロワは共通ベース上に配置されている。プロワの吸込ラインにはパルスジェットフィルタおよびサイレンサを設置し、プロワのサージング防止機能として放風弁を用いている。風量制御方式は両プロワで異なる。Combustion air blowerはプロワ初段インペラ上流に設置した可変インレットガイドベーンにより風量調整しているのに対して、Reaction furnace blowerはVFD盤により電動機の回転速度を調整して風量調整している。以下に各構成機器について述べる。

2-2 Combustion air blower

Combustion air blowerはSRUのうち、酸性ガスを反応炉で燃焼させるために必要な空気を供給するためのプロワである。表1にCombustion air blower 3機種の仕様、図4に3機種のうち1機種の外観を示す。3機種の仕様

は異なるものの、機器の部品構成は設計思想を統一して可能な限り部品の共有化を図っている。

2-3 Reaction furnace blower

Reaction furnace blowerはCombustion air blowerと同一用途のプロワである。表2にReaction furnace blowerの仕様、図5に外観を示す。

表2 Reaction furnace blower仕様
Table 2 Combustion air blower specifications

形 式	鋳鉄製片吸込 多段ターボプロワ
吸込／吐出し口径 (mm)	450/350
風 量 (m³/min)	約197
昇 圧 (kPa)	約95
取 扱 気 体	空気
電 動 機 出 力 (kW)	400
台 数	3

2-4 プロワの構造と特徴

両プロワはAPI617規格を適用した構造である。その構造と特徴を以下に述べる。



図4 Combustion air blower外観
Fig. 4 View of combustion air blower



図5 Reaction furnace blower外観
Fig. 5 View of reaction furnace blower

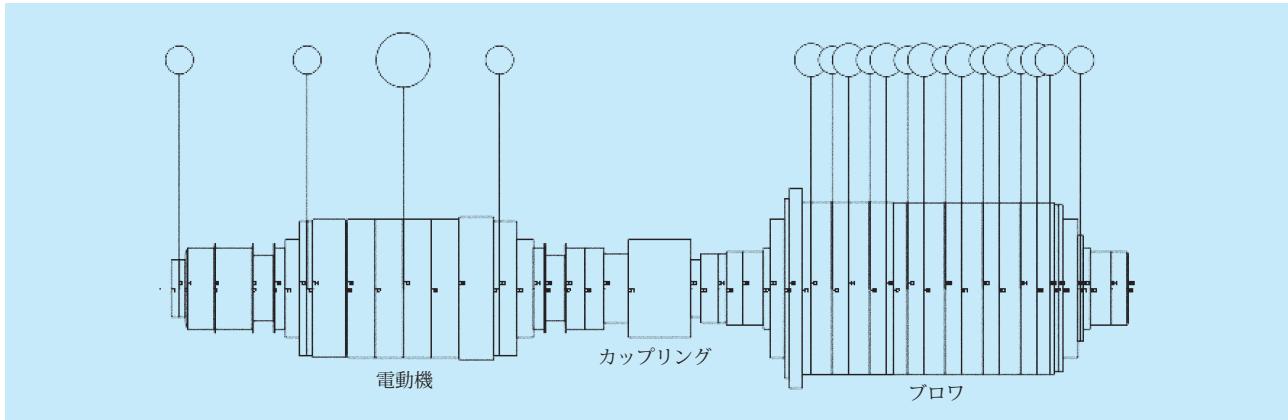


図6 ねじり振動解析モデル
Fig. 6 Rotor model of the torsional vibration analysis

プロワのインペラはアルミ合金製を採用している。またインペラを設計する上で、FEM解析にて強度評価を実施し、最適な形状検討と信頼性を確保している。

ケーシングは鋳鉄を使用した水平二つ割構造を採用している。上下分割のため、上ケーシングの取外し作業のみで回転体の取出しが行なえ、プロワのメンテナンスが容易に実施できる構造となっている。軸貫通部のシール構造はラビリンスシールを採用し、プロワにより昇圧された空気をページガスとして使用している。

軸受ユニットはケーシング同様に水平二つ割構造の空冷式を採用している。軸受はころがり軸受を採用している。ジャーナルおよびスラスト荷重は深溝玉軸受により支持している。軸受潤滑はオイルバス潤滑方式とし、コンスタントレベルオイラによる自動給油でメンテナンス性を容易にしている。回転体の危険速度が運用回転速度に対し十分な離調を確保していることを確認するために、解析ソフトを用いてAPI617規格に規定されている評価方法に従い振動解析を行っている。

2-5 振動解析

可変速機器を採用しているReaction furnace blowerは、運用回転速度範囲に対して横振動の危険速度やねじり振動による共振を回避する必要がある。特にVFD盤に起因する電動機出力軸のトルクリップルが励振力となり回転系に振動を発生させる事例が報告されている。プロワ、電動機および軸継手を含めたトレインとしてモデリングし、ねじり振動解析（Torsional Analysis）を実施した（図6）。運用回転速度である定格回転速度の90%から常用最大回転速度まで、有害な振動要因がないことを

確認し、回転体の最適化設計および付属機器の妥当性を確認している。

3. 付属機器と運転制御

3-1 パルスジェットフィルタ

パルスジェットフィルタは、プロワ運転中に圧縮空気の間欠的な噴射を用いてフィルタの自動洗浄が可能な構造である。フィルタの差圧および空気の相対湿度を電送器により計測することで、吸込ラインの健全性を状態監視している。パルスジェットフィルタの外観を図7に示す。本パルスジェットフィルタは機側制御盤（LCP）を付属している。LCPは分散制御システム（DCS）との制御信号を授受し、内部のシーケンサによって圧縮空気の噴射間隔およびタイマー管理による自動洗浄を管理している。



図7 パルスジェットフィルタ外観
Fig. 7 View of the pulse jet filter

3-2 機側操作盤 (LCS)

プロワはDCSからのオペレータによる運転指令と、共通ベース上に設置した機側操作盤 (LCS) からの運転指令で起動／停止をおこなう。LCSはプロワの状態表示のランプおよび運転指令のスイッチで構成されている。LCSの盤面を図8に示す。



図8 機側操作盤外観
Fig.8 View of local control station

Combustion air blowerのLCSは電動機制御センタ (MCC) に接続され、電動機の運転指令が可能である。一方、Reaction furnace blowerのLCSはVFD盤に接続され、DCSで状態監視項目をVFD盤へ信号伝達しLCSへ表示している。

3-3 電動機およびVFD盤

電動機は全閉外扇型であり、API541規格に準拠している。軸受はすべり軸受を採用し、巻線温度、軸受温度および軸振動の監視計測器を有している。

Reaction furnace blowerの風量調整はVFD盤により電動機の回転速度で制御する。VFD盤の外観を図9に示す。VFD盤は電動機の連続運転可能な最低回転速度から連続回転速度の約105%までを運用可能なものとし、プロワの運転状態監視を行っている。盤正面には液晶ディスプレイを備え、電気室で手動操作および機器の状態監視を可能にしている。上部には強制空冷方式による冗長化した空冷ファンを設置している。

3-4 サージング防止制御

プロワは小風量域でのサージング運転の継続を防ぐ必



図9 VFD盤外観
Fig.9 View of Variable Frequency Drive panel

要があり、本機器は放風運転によるサージング防止制御を採用している。

サージング防止制御はプロワの吸込風量を風量計により測定し、サージング防止風量と比較演算することで放風弁を制御しサージングの発生を防止する手法である。Reaction furnace blowerは運用圧力によらず一定のサージング防止風量を基準にしてサージング防止制御を緊急停止システム (ESD) にて実施している。Combustion air blowerは上述に加えて、プロワの差圧を検出し、運転圧力におけるサージング防止風量をDCSで演算して制御をおこなう。夏季と冬季で生じる密度差による必要風量の変化に合わせて、サージング防止制御に必要な計測機器を選定、配置している。

3-5 予備機の自動追起動

SRUの上流側に配置されるCombustion air blowerおよびReaction furnace blowerは、風量低下またはプロワ全台停止がSRUの設備停止に繋がる重要機器である。機器設計は連続運転継続可能な信頼性の高いプロワが求められ、プラント計画は運転予備機を設けるようEPCの入札段階で計画されることが一般的である。両プロワは1機種あたり3台で計画され、2台の常用運転で予備機1台として運用される。常用号機の想定していないプロワの緊急停止においても即座に予備機を追起動できるよう、自動追起動の制御をDCSに実装している。自動追起動の制御方法は、プラント設計の詳細および既存設備の流用



図10 Combustion air blower工場試験
Fig.10 FAT for combustion air blower



図11 Reaction furnace blower工場試験
Fig.11 FAT for reaction furnace blower

検討を経てEPCと共に詳細をすり合わせている。前述の通り、強制給油装置や冷却水などのユーティリティ不要であるAM-Turbo[®]はプロワの始動条件を成立させることができ比較的容易であり、自動追起動との親和性が高い機器構成となっている。

4. 工場試験

Combustion air blowerの工場試験は、プロワ単独の運転確認だけではなく、実機の電動機、計測機器を用いて実施した。性能試験は、API617規格および客先要求により指定されている許容値、基準値に対して満足していることを確認した。また空気操作器により駆動する可変インレットガイドベーンを用いて、現地の風量条件に合わせた運転状態を確認することで、機器の健全性を確認した。また、プロワの振動、軸受温度についても許容値を十分に満足し、機械的に健全な状態である結果を得られた。社内試運転時の様子を図10に示す。

Reaction furnace blowerの工場試験は、プロワ単独の運転確認だけではなく、実機の電動機およびVFD盤を組合せた状態で実施した。性能試験は、API617規格および客先要求により指定されている許容値、基準値に対して満足していることを確認した。また、要求仕様の許容最大回転速度まで運転し、機器の健全性を確認した。また、プロワの振動、軸受温度についても許容値を十分に満足し、機械的に健全な状態である結果を得られた。社内試運転時の様子を図11に示す。

5. おわりに

サウジアラビア向のSRU用空気プロワの概要を説明した。当社は中東、中央アジア地域で多くの実績を有しております、高い信頼性を評価されている。その中で、プロワはプラント内で重要な役割を担っているため、今後も設備の用途、重要性を十分に認識し、顧客の信頼と満足を得られるよう努力していく所存である。

おわりに、本プロワの計画・製作にあたり適切なご指導、ご助言を頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) Aramco Asia Japan
<https://japan.aramco.com/ja-jp/what-we-do/energy-products/refined-products>
(2025/10/14アクセス)
- (2) 電業社機械 Vol.36 No.1 (2012)

<筆者紹介>

富田雅俊：2012年入社。主にプロワの設計業務に従事。
現在、気体機械設計部 プロワ設計課 主任

千苅貯水池向けハウエルバンガーバルブ

高橋 洋司 成瀬 雄也

Howell-Bunger Valves for Sengari Reservoir

By Yoji Takahashi, Yuya Naruse

The Howell-Bunger valve (HBV), also known as a fixed-cone valve, is widely used in dam and reservoir systems for surplus water discharge, operational flow control, and emergency turbine bypass. These valves play a crucial role in ensuring the safe and efficient management of water resources. To sustain long-term functionality and reliability, systematic maintenance is essential.

This paper presents an overview of the Howell-Bunger valves installed at Sengari Reservoir, where replacement work for aging units has recently been completed.

1. はじめに

ハウエルバンガーバルブは、一般にフィクストコーンバルブとも呼ばれている放流バルブで、ダムや貯水池の余水放流用、維持・管理放流用、水車の保安放流用などに使用されている。各放流設備に設置されたハウエルバンガーバルブは重要な役割を担っており、その機能・信頼性を永年にわたり保持していくためには計画的な維持管理が重要となる。

本稿では、老朽化したハウエルバンガーバルブの更新工事が完了した千苅貯水池向けハウエルバンガーバルブについて、概要を紹介する。

2. 千苅貯水池と上ヶ原導水弁

千苅貯水池は1919年（大正8年）に建設され、ダム部はブロック状の荒石を積み、モルタルで固定した作りになっている。構造、景観とも評価が高く、1998年に（平成10年）に国の登録有形文化財に指定され、近代土木遺産としても位置づけられている。また、上ヶ原浄水場までの直線的な導水経路を実現するため、河川横断地点に水管橋群が設けられ、周辺環境との調和が図られている（図1）。

更新対象となった千苅ダム向け上ヶ原導水弁の仕様を表1に示す。本弁にて水量の調整を行い、浄水場の処理能力や市内の水需要に応じた安定供給が行われている。

また、ハウエルバンガーバルブは円錐状の放流口を持ち、放流水を円錐状に拡散放流するので、減勢効果が大きく、下流河川や設備への影響を抑える役割も担う重要な機器である。しかし、竣工から約57年が経過し、各部の経年劣化も激しいため、更新することとなった。



図1 千苅ダム全景

Fig. 1 Panoramic View of Sengari Dam

表1 上ヶ原導水弁仕様
Table 1 Specifications of the HBV

用 途	放流用、流量制御用
形 式	空中放流
台 数	2
口 径 (mm)	450
設 計 水 頭 (m)	30
最 大 流 量 (m^3/s)	1.69
開 閉 方 式	電動
開 閉 時 間 (秒)	約175
本 体 材 質	SUS304

3. 千歳貯水池上ヶ原導水弁更新工事

3-1 工事の特徴

千歳ダムの導水弁室（ハウエルバンガーバルブ設置室）へは車両が通行可能な搬入路はなく、ヘリコプタの使用が禁止であったため、導水弁室への搬出・搬入は索道運搬で行った（図2）。



図2 索道運搬
Fig. 2 Cableway transport

また、仮設やアンカの設置が困難な対岸側には工夫を凝らし、自生している木を利用してワイヤの固定を行った（図3、図4）。

3-2 工事の施工手順

今回工事の施工手順は以下のとおりである。

① 作業準備・養生

索道用アンカ設置用足場・作業通路足場設置。

本工事では2つの仮設足場を設置した。1つは索道運



図3 木に固定
Fig. 3 Secure the wire to the tree

搬用のワイヤを固定するための足場の設置である。もう1つは水管橋での重量物の運搬を避けると共に、作業通路を確保するための仮設足場の設置である（図5）。

② 索道準備工

弁室対岸に自生している立木にワイヤを固定し、合わせて岩盤にワイヤ固定用のアンカを設置した。その後、索道用の足場までワイヤを通し、索道ワイヤを設置した。

③ 既設バルブ撤去工

④ 索道作業工（撤去品搬出）

索道にて既設品を導水弁室から対岸まで運搬した。

⑤ 隧道内作業（運搬作業）

搬出入機器は台車を用いて、隧道内を通り荷吊り場まで運搬した。



図4 仮設に固定
Fig. 4 Secure the wire to the Temporary scaffolding



図5 岸壁の仮設足場
Fig. 5 Temporary scaffolding on the rock face

⑥ 索道作業工（新設品搬入）

荷吊り場より、新設品を弁室前まで索道にて運搬する。導水弁室前の荷下ろし場にて台車の上に乗せ、導水弁室内に搬入する。搬入品は、バルブ本体・駆動部・ドライブベース台・バルブコントロールなど計7つに分割した状態で搬入した。

⑦ 新設バルブ設置工

据付完成状況を図6と図7に示す。

⑧ 作業通路足場・索道用アンカ設置用足場撤去

⑨ 機器補修塗装・作業場仕舞

4. 放流形式

千葉ダム向けの空中放流形と、放流形式が異なる水中放流形の違いについて紹介する。各形式の構造を図8と図9に示し、特徴について説明する。



図6 導水弁2号の更新状況

Fig.6 Post-Renewal Condition of HBV No.2

4-1 構造

- バルブの開閉（放流）はゲートを胴体の上で前後にスライドさせて行われる。
- ゲートの操作はスクリュ軸や各ギヤ装置を介し電動操作機により行われる。
- 放流は胴体先端にある円錐状のコーン部とゲート間より行われる。

4-2 特徴

- 操作力は他の放流用バルブに比べて小さくすみ、操作方式は電動式が一般的である。
- 電動操作方式の場合、全閉時にトルクスイッチで停止されるトルクシート方式を採用していることがあげられる。

このためシート部（シートリング部）は金属接触にもかかわらず良好な水密性が得られる。



図7 導水弁1号の更新状況

Fig.7 Post-Renewal Condition of HBV No.1

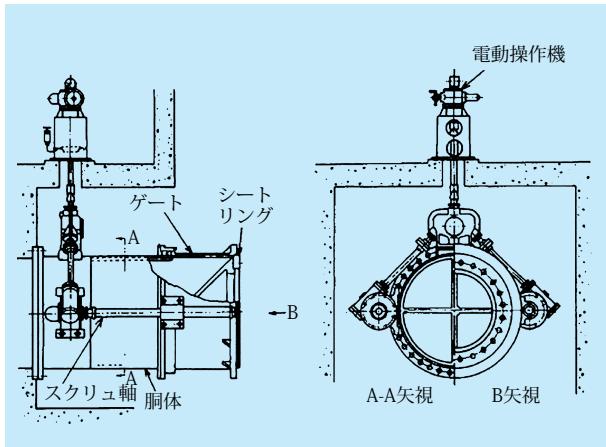


図8 空中放流形
Fig.8 Aerial discharge type

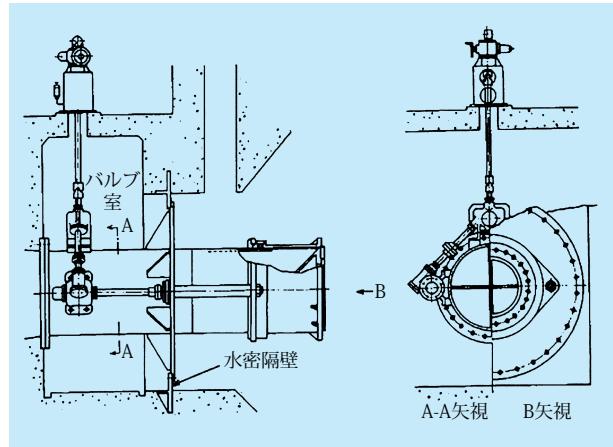


図9 水中放流形
Fig.9 Submerged discharge type

4-2-1 空中放流形

- ・円錐状のコーン部より空気中に広範囲に噴霧拡散されることにより減勢効果が大きい。

4-2-2 水中放流形

- ・バルブの駆動機構であるギヤ装置、軸などを水中にさらさないための水密隔壁を備えている。
- ・水中に放流されるため騒音が少なくすむ。
- ・高圧・高流速の場合、減勢池や減勢室の構造、寸法、バッフル形状、給気の方式・程度などの計画が必要。

5. おわりに

千苅貯水池向けハウエルバンガーバルブの概要を紹介した。本バルブは、水量調整を行い水需給に応じた安定供給を保ち、生活の安定を担う重要な機器である。老朽化にともない更新を行ったが、同様に納入後50年以上経過するバルブも少なくない。今後も更新の提案を進めていくとともに、各機器にマッチした現地工事の計画を提

案することも重要になってくると、改めて考えさせられる事例であった。

最後に、本バルブの設計・施工にあたり、神戸市水道局殿をはじめ、関係各位皆様の御指導と御協力に厚く御礼を申し上げます。

<参考文献>

- (1) 神戸市水道局ホームページ
<https://kobe-wb.jp/kobe-suidou/tyosuichi/>
(2025/11/10アクセス)
- (2) 公益社団法人土木学会公式ホームページ
https://www.jsce.or.jp/contents/isan/files/2025_13.shtml
(2025/11/10アクセス)

<筆者紹介>

高橋洋司：2010年入社。主にポンプ、バルブの設計業務に従事。
現在、水力機械設計部 特機課 課長代理
成瀬雄也：2016年入社。ポンプ設備のシステム設計に従事。
現在、プラント工事部 工事課。千苅貯水池上ヶ原導水弁更新工事の主任技術者・現場代理人として従事。

茨城県企業局殿 守谷増圧ポンプ場機械設備工事受注

茨城県企業局殿では、県南広域（以下旧県南）および県西広域（以下旧県西）の各広域水道用水供給事業を統合した、「県南西広域水道用水供給事業」を2020年度より実施している。これにより、旧県南広域から旧県西広域への水融通が可能になり、各受水団体（市町村など）からの要望に応える形で、県水受水量の増減および受水地点の変更が計画された。

その過程で増圧ポンプ場の必要性が議論され今回守谷増圧ポンプ場を新設する運びとなった。

本ポンプ場は、増圧ポンプ3台で浄水を増圧し常総増圧ポンプ場へ送るための重要な役割を担っている。

当該ポンプ場の完成により、各受水団体に対する安定した水道用水の供給が期待されている。

（文責：中林佑輔）

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	型式	吐出し量	全揚程	取扱流体	電動機出力	台数
増圧ポンプ	口径250 mm横軸両吸込渦巻ポンプ	6.0 m ³ /min	49 m	水道水	75 kW	3

熊本市上下水道局殿 南部浄化センターNo.3送風機機械設備工事受注

このたび、熊本市上下水道局殿より、都市計画事業
南部浄化センター No.3送風機機械設備工事（5001工区）
を受注した。

今回工事では、老朽化に伴う設備更新として、No.3送風機の更新が行われる。

送風機の特徴は、2017年度優秀省エネルギー機器として経済産業大臣賞を受賞した、省エネルギーおよびメンテナンスコスト低減対策が可能な鋳鉄製多段ターボブロワ（当社製品名：鋳鉄製AM-Turbo[®]）であり、2021

年度に更新したNo.2送風機と同型式である。

本送風機は回転体質量の軽量化により、ころがり軸受の採用を可能とし、旧来型のすべり軸受構造で必要になる潤滑油装置や冷却水設備が一切不要となり、信頼性が向上（故障リスクが低減）し、メンテナンスコストの低減を実現した。

また、インペラ他流路の最適化設計により効率が向上することで、動力費（電力量）の低減が可能となる。

（文責：三渡健太）



図1 機場外観写真

表1 送風機仕様

送風機名称	形式	風量	昇圧	取扱気体	電動機出力	台数
No.3送風機	口径300×250 mm 電動機直結鋳鉄製 片吸込多段ターボブロワ	90 m ³ /min	61.76 kPa	空気	140 kW	1

川崎重工業株式会社殿より気化器海水ポンプ受注

当社は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が実施するグリーンイノベーション基金事業において日本水素エネルギー株式会社殿が推進する「液化水素サプライチェーンの商用化実証」における、神奈川県川崎市扇島地区に建設中の液化水素受入基地（液化水素基地 図1完成予想図参照）向けに、気化器海水ポンプ2台を同基地のプライムコントラクターである川崎重工業株式会社殿より受注した。機器仕様を表1に示す。

本ポンプは、気化器に海水を供給するために使用され、受入基地において重要な役割を担う機器である。

構造としては、立軸斜流ポンプ型を採用しており、国内外の発電所やLNG基地への多数の納入実績を有している。さらに、ポンプスラストを受ける軸受を電動機のスラスト軸受と共にし、ポンプ地上部には軸受を設けない

構造とすることで、部品点数の削減と共に機器のコストダウン、ポンプメンテナンスの簡易化に貢献している。

また、流体部にはオーステナイト系ステンレスを採用し、耐食性に配慮した仕様としている。本ポンプは、部品点数の削減とメンテナンス性向上を両立し、耐食性にも配慮した設計を採用している。

今後も顧客の期待に応えるべく、信頼性の高い機器を供給していく所存である。

(文責：長沢博仁)

<参考文献>

- (1) 日本水素エネルギー株式会社殿／ニュースリリース 2025年5月26日、「液化水素サプライチェーン構築に向けた商用化実証における国内基地建設工事着工」
<https://www.japansuisoenergy.com/news/>
 (2025/10/6アクセス)



図1 完成予想図

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	全揚程	取扱流体	電動機出力	台数
気化器海水ポンプ	口径350 mm 立軸斜流ポンプ	1 350 m ³ /h	55 m	海水	290 kW	2

Maromba油田向けFPSO用Sea Water Lift Pump 3台受注／BW ENERGY

BW Energy社がオペレーターを務めるブラジル・カンポス海盆沖合Maromba油田の開発プロジェクトにおいて当社はFPSO（BW Maromba）向け海水取水ポンプ3台を受注した。

本ポンプは、FPSOの冷却水システムに用いられる機器であり、API（アメリカ石油協会）の規格であるAPI610に準拠した電動機駆動の立軸斜流ポンプ（Type: VS1）である。主なポンプ仕様を表1に示す。ポンプ材質にはSuper Duplex Stainless Steel（スーパーニュートラルレス鋼）を採用している。全長は約28 mの長軸ポンプであるため、振動解析を実施し、軸振動に関する検討を行っている。

本案件ポンプは海外の大手ポンプメーカーとの競合であったが、FPSO船向けに70台を超える海水取水ポンプの納入実績が評価されたことに加え、技術部門、調達部門と連携しながら最適な提案を行った結果、受注に至ったものである。今後も継続的な受注を目指し、積極的に活動していく所存である。

（文責：岩田 直）

＜参考文献＞

- (1) 白地図ぬりぬり <https://n.freemap.jp>
(2025/11/10アクセス)

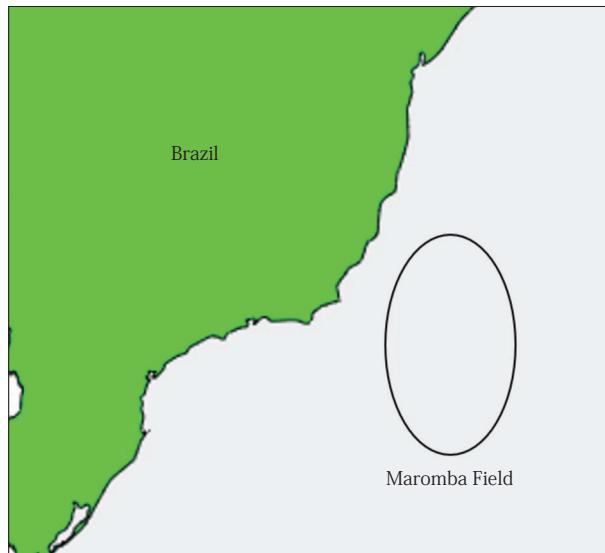


図1 位置図

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	全揚程	取扱流体	駆動機出力	台数
Sea Water Lift Pump	口径 22inch 立軸斜流ポンプ	3 500 m ³ /h	64 m	Sea Water	900 kW	3

株式会社日向製錬所殿 転炉送風機受注

株式会社日向製錬所殿（宮崎県日向市、以下「日向製錬所」）は、1943年に日本電気製鉄として創業し、1956年に住友金属鉱山株式会社殿（以下「住友金属鉱山」）の傘下となった後、現在の社名へと変更された。主力事業は、鉄とニッケルの合金であるフェロニッケルの製造である。

このたび、親会社である住友金属鉱山は、日向製錬所においてニッケル原料の国内生産体制を強化するため、約280億円の設備投資を決定した。

日向製錬所は、現在フェロニッケルを生産し、主にステンレス鋼メーカーに販売しているが、本設備投資の完了後は、フェロニッケルの生産・販売を継続しながら、同社生産のフェロニッケルを主原料とするニッケルマットを新たに生産する計画である。

現在、住友金属鉱山では、特殊合金や車載電池向け正極材などの材料として使用されるニッケル原料を主に海外子会社などから調達しているが、新たに日向製錬所にニッケルマット製造設備を導入することで、ニッケルサプライチェーンの安定化・多様化を図る。

新設備の完成は2027年度中を予定している。このプロジェクトの一環として導入される「転炉送風機」について、当社が受注した。本送風機は、非常に高い圧力条件下での運転が求められる特殊な仕様で計画段階から綿密な技術協議を重ねた結果、今回の受注に至った。風量については転炉内の熔体であるフェロニッケルの状態に合わせて調整が必要であり、その制御のためにインバータ制御の他、サーボング防止機構として放風弁（盤含む）も受注となった。

(文責：青柳正一)

インドネシア地熱発電展示会 The 11th IIGCE 2025 Exhibition出展

2025年9月17日から19日までインドネシア、ジャカルタ特別州のJakarta International Convention Centerで開催され「第11回、Indonesia Internal Geothermal Convention & Exhibition」に当社地熱用Hotwell pumpの縮尺模型を展示し出展した（図1、図2）。

インドネシアの地熱開発は、世界第2位の潜在量を誇り、国内電力の大きな部分を貢献する可能性を秘めている。これは「地熱大国」として大きなポテンシャルを持ち、気象に左右されない安定した再生可能エネルギー源として、インドネシア政府も開発を推進しており、CO₂排出実質ゼロを目指す国家目標の達成に不可欠な要素と位置づけられている。当社のHotwell pumpは地熱発電所に

おいて復水器から冷却塔への送水用途に使用される主要機器のひとつである。インドネシア国内の地熱発電所にも多数の納入実績があり、地熱発電の安定運用に貢献している。

本展示会では、当社の地熱発電用Hotwell pumpを導入いただいている既存顧客へのフォローに加え、当社製品をまだご存じない新規顧客へのPR活動を通じて、製品理解と、顧客満足度の向上を図ることを目的に模型ポンプの展示を行った。今後も本展示会を契機として、さらなる満足度向上およびHotwell pumpの受注拡大を図っていく所である。

（文責：鈴木伸一）



図1 ブース外観

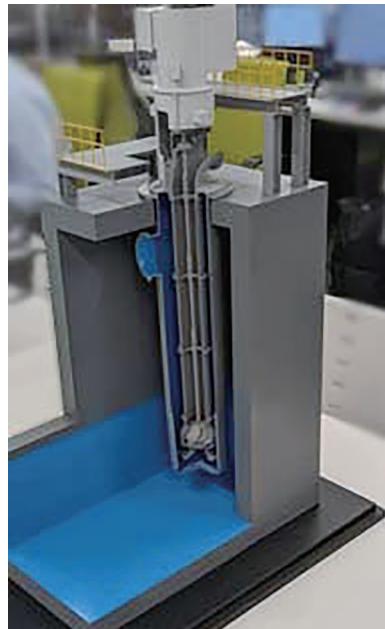


図2 地熱用Hotwell縮尺模型

機場探訪

愛知県建設局 発杭川排水機場

発杭川排水機場は、境川水系の治水対策を担う重要な施設であり、過去に洪水被害を受けた愛知県刈谷市に位置しています（図1、図2）。



図1 発杭川排水機場位置図



図2 発杭川排水機場外観

2000年9月11日、東海地方を襲った東海豪雨では、名古屋市を中心に約7万棟が浸水、10名が死亡するなど甚大な被害が発生しました。この災害では、河川の氾濫（外水氾濫）だけでなく、下水道の処理能力を超えた雨水が街中に溢れる内水氾濫も深刻な問題となりました。

この経験を踏まえ、愛知県では排水機場の整備や河川改修、雨水貯留施設の増設など、都市型水害への対策が進められています。

主原動機は、冷却水が不要なガスタービン駆動が採用され、主ポンプの無水化と合わせて、排水機場の完全無水化を可能にした機場であり2004年10月に口径1650mm立軸斜流ポンプ（吐出量7.65 m³/s 全揚程6.4 m ガスタービン出力710 kW）2台の運用が開始されました。

運用開始から22年が経過し、2024年度に1号主ポンプの工場持込整備を行いました。2025年度は2号主ポンプの工場持込整備を予定しています（図3）。



図3 2号主ポンプ

近年、全国各地で豪雨災害が頻発する中、発杭川排水機場では強力なポンプ設備により迅速な排水を行い、豪雨時の浸水被害を防止することで、地域住民の安心・安全な暮らしを支えています。

<参考文献>

- (1) 名古屋市消防局防災部『東海豪雨水害に関する記録』
(2001年3月発行)
- (2) 境川水系流域治水プロジェクト資料（愛知県）
<https://www.google.co.jp/maps/> (2025/10/6アクセス)
- (3) Google maps (<https://www.google.co.jp/maps>)
(2025/10/17アクセス)

(文責：千葉 誠)

編 集 後 記

◆このたびの巻頭言は、長崎大学 総合生産科学研究科（工学系）教授の坂口大作先生に「AI支援によるターボ機械の最適化設計」という題目でご執筆いただきました。

ChatGPTの登場以来、AIがより身近なものとなりました。以前はAIという言葉に触れる機会といえばSF映画の世界でしたが、今や生活の周りにいろいろなAIがあふれています。

巻頭言に記されているパラメータ最適化ですが、所望の結果を得るために設計パラメータ同士がトレードオフの関係になってしまることがよくあり、これをどうやって解決するかが大きな悩みでした。設計パラメータが増えると、設計者による判断はより一層難しくなります。巻頭言を拝読して、このような作業は近い将来AIに任せることになると深く考えさせられました。

ご多忙の中、大変興味深いご寄稿をいただきありがとうございました。

◆インペラ翼の弱連成片方向FSI解析について掲載しました。FSI解析自体は昔から使われている手法ですが、Post処理を含め、当時はハイスペックのコンピュータを使った研究レベルの解析でした。しかしながら、コンピュータの性能が著しく向上した昨今では、社内のコンピュータ環境でも実施できるようになりました。今後も世の中のニーズに貢献できる技術を提供させていただく所存です。

◆ラスタヌラ製油所に納めたCombustion air blowerとリヤド製油所に納めたReaction furnace blowerについて掲載しました。当社のプロフは中東、中央アジア地域で多くの実績があり、高い信頼性を評価されています。今後もお客様のご要望にお応えできるような製品を提案させていただく所存です。

今後とも当社の製品をご愛顧いただきますようよろしくお願い申し上げます。



株式会社電業社機械製作所

DMW CORPORATION

本 社 〒143-8558 東京都大田区大森北1丁目5番1号 (JRE大森駅東口ビル)
TEL 03 (3298) 5115 (代表)・FAX 03 (3298) 5149

北 海 道 支 店 〒060-0061 札幌市中央区南1条西10丁目4番地 (南大通ビルAネックス)
TEL 011 (271) 5144・FAX 011 (221) 5530

東 北 支 店 〒983-0852 仙台市宮城野区榴岡4丁目5番22号 (宮城野センタービル)
TEL 022 (290) 7754・FAX 022 (290) 7762

関 東 支 店 〒330-0803 さいたま市大宮区高鼻町1丁目47番地1 (PRSビル)
TEL 048 (658) 2531・FAX 048 (658) 2533

静 岡 支 店 〒411-0843 静岡県三島市三好町3番27号
TEL 055 (975) 8417・FAX 055 (975) 8451

名 古 屋 支 店 〒460-0008 名古屋市中区栄2丁目4番18号 (岡谷鋼機ビル)
TEL 052 (231) 6211・FAX 052 (201) 6920

大 阪 支 店 〒541-0054 大阪市中央区南本町2丁目6番12号 (サンマリオンNBFタワー)
TEL 06 (6251) 2561・FAX 06 (6251) 2846

中 国 支 店 〒730-0021 広島市中区胡町4番21号 (朝日生命広島胡町ビル)
TEL 082 (242) 5456・FAX 082 (545) 8581

四 国 支 店 〒760-0024 香川県高松市兵庫町8番地1 (高松兵庫町ビル)
TEL 087 (851) 8953・FAX 087 (822) 7603

九 州 支 店 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東2丁目10番35号 (博多プライムイースト)
TEL 092 (409) 3173・FAX 092 (409) 3183

中 東 支 店 3508, Liwa Heights 1, Jumeirah Lakes Towers, Dubai, U.A.E.
TEL +971-4-568-1914

シンガポール支店 50 Raffles Place, Singapore Land Tower
Level 30 Singapore 048623

横浜営業所 〒240-0065 横浜市保土ヶ谷区和田1丁目18番7 (和田アストビル)
TEL +65-9062-7595・FAX +65-6632-3600

三重営業所 〒510-0074 三重県四日市市 鵜の森2丁目3番19号 (ダイアパレス四日市)
TEL 059 (329) 5239・FAX 059 (329) 5279

沖縄営業所 〒902-0062 沖縄那覇市字松川1786番地 (K's MAKABI)
TEL 098 (887) 6687・FAX 098 (887) 6688

事務所 新潟・山口・熊本・徳島
中国(大連)

三島事業所 〒411-8560 静岡県三島市三好町3番27号
TEL 055 (975) 8221・FAX 055 (975) 5784

<関連会社>

電業社工事(株) 〒411-0843 静岡県三島市三好町3番27号
TEL 055 (975) 8233・FAX 055 (975) 8239

(株)エコアドバンス 〒411-8560 静岡県三島市三好町3番27号
TEL 055 (975) 8251・FAX 055 (975) 8253

**DMW CORPORATION
INDIA PRIVATE
LIMITED** 211, 2F Great Eastern Galleria, Sector 4,
Off Palm Beach Road, Nerul, Navi Mumbai, 400706, India
TEL +91-22-2771-0610/0611・FAX +91-22-2771-0612

主要製品

各種ポンプ
各種送風機
各種プロワ
ロートバルブ
ハウエルバンガーバルブ
廃水処理装置
廃棄物処理装置
水中排砂ロボット
配電盤
電気制御計装装置
電気通信制御装置
流量計
広域水管管理システム
海水淡水化装置

本誌はインターネットで御覧いただけます。 電業社ホームページ <https://www.dmw.co.jp>

編集委員

監修 原 広志
委員長 野口 寛
委員 石澤勇人 小野寺謙
定金篤志 加賀美仁
江口 崇 中山 淳
古澤範久
幹事 新宅知矢 富松重行
事務局 秋山倫子 田上愛香

電業社機械 第49巻第2号

発行日 令和7年12月26日
発行所 株式会社電業社機械製作所
〒143-8558 東京都大田区大森北1丁目5番1号
TEL 03 (3298) 5115 FAX 03 (3298) 5149

編集兼発行者 野口 寛
企画製作 日本工業出版株式会社
〒113-8610 東京都文京区本駒込6丁目3番26号
TEL 03 (3944) 1181 FAX 03 (3944) 6826

禁無断転載



DMW CORPORATION



リサイクルマークT-6を使用しています

電業社機械は環境保全・環境負荷低減に貢献する
PEFC認証紙を使用しています。

