

電業社機械

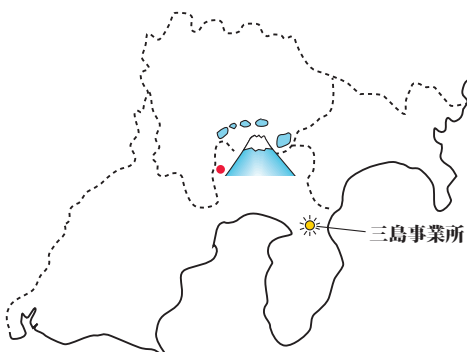
DENGYOSHA KIKAI

Vol.37 No.1 2013

No.72



Open up the future.
~新しい風が未来を切り開く~



表紙説明

富士宮市田貫湖より望む3月の富士山
(写真提供：元 当社製造部機械工作課 故市川康夫氏)
撮影場所は左記地図の●印です。

電業社機械

第37巻 第1号 通巻第72号 2013

目次

◆巻頭言

疲労..... 西田友久 1

◆技術報文

メッシュ再分割機能を利用したターボ機械大規模解析環境の構築..... 富松重行 3
山出吉伸
廣川雄一
西川憲明

◆技術資料

ベトナム ギソン1発電所向け循環水ポンプ..... 森下日左男 9

◆製品紹介

インド BPCL社向けマルチプロダクト・トランスファー・パイプライン用メインラインポンプ
..... 古澤友秀 12
浅川英明
船舶用立軸斜流ポンプ..... 飯田隆二 17
円山川水系排水機場・樋門設備 遠隔監視操作システム 高橋亨輔 20
高橋美帆
東京都下水道局 小菅水再生センター 送風機設備..... 中山淳 22
中町友則
船橋市中山ポンプ場 ポンプ設備..... 田代崇 26
ここで活躍しています -2012年 製品紹介- 29

◆ニュース

東京ガス株式会社殿 日立LNG基地向けポンプ受注..... 37
ペトロ・ラービグ社向け冷却水ポンプ22台受注 (ラービグ第2期計画) 38
東京都下水道局殿 三河島水再生センター向け「浅草系送風機設備再構築工事」受注..... 39
農林水産省東北農政局殿 大堀排水機場向け 排水ポンプ受注..... 40

◆特許と実用新案

..... 41

DENGYOSHA TECHNICAL REVIEW

DENGYOSHA KIKAI

Vol.37 No.1 2013

CONTENTS

◆Foreword

Fatigue	1
T. Nishida	

◆Technical Paper

Establishment of Large Scale Analysis Environment for Turbo Machinery using Refiner ...	3
S. Tomimatsu, Y. Yamade, Y. Hirokawa and N. Nishikawa	

◆Technical Data

Circulating Water Pumps for Nghi Son1 Thermal Power Plant (Vietnam)	9
H. Morishita	

◆Product Introduction

Mainline Pumps for Multiproduct Transfer Pipeline of BPCL (India)	12
T. Furusawa and H. Asakawa	
Vertical Mixed Flow Pump for Ship	17
R. Iida	
Remote Supervisory Control System for Drainage Facilities in Maruyama-River Water System	20
K. Takahashi and M. Takahashi	
Blowers for Kosuge Water Reclamation Center of Bureau of Sewerage Tokyo Metropolitan Government	22
J. Nakayama and T. Nakamachi	
Nakayama Pumping Station for Funabashi City.....	26
T. Tashiro	

◆Activities	29
-------------------	----

◆Patent	41
---------------	----



疲 勞

西田 友久

沼津工業高等専門学校 機械工学科 教授

1985年8月、搭乗員524名中520名の犠牲者を出したジャンボ機墜落事故が報道された。原因の詳細は不明の点もあるが「機体後部にリベット止めした圧力隔壁が金属疲労により損壊し、それに続く尾部胴体・垂直尾翼・操縦系統の破壊により操縦機能の喪失を来したため」とされている。これは私が金属の疲労強度に関する研究を始めてまだ間もない頃のことです。“金属疲労”の言葉が広く一般の方々にも知れ渡る大変衝撃的な事件であった。

構造物において破壊または不当な変形などを起こすのは、各部分において種々の外力から受ける応力が材料によって定まるある値（許容応力）以上となった場合である。ここで応力（stress：ストレス）とは、物体に外力が作用した場合の材料内部の抵抗力であり、例えば断面積Aの物体に引張り力Pが作用した時の応力は P/A （単位面積当たりの力）で表わされる。

機械構造物の破損原因を分類すると図1に示すように、熱疲労を含めた疲労による破損事例が8割程度を占めている⁽¹⁾。金属疲労とは物体に引張りやねじりなどの力が継続的あるいは繰り返し長期間にわたって作用するうちに、その物体にき裂が発生したり、材料固有の強度よりも低い強度にて破壊する現象である。一般的に構造部材の疲労に関する特性を解明する際に繰り返し応力振幅と破断までの繰り返し数が用いられる。この関係をS-N曲線と呼び、鉄鋼材料と非鉄金属のそれを図2に示す。鉄鋼材料の線図は繰り返し数 10^7 回付近で折れ曲がり、それ以降は水平となるため折れ曲がり点以下の応力では無限に繰り返しても破断しないとされている。このときの応力は“疲労限度”と呼ばれ疲労強度設計の重要な基準となることから、種々の材料における疲労限度はこれまで多く研究者によって実験から求められ、データとして蓄積されている⁽²⁾。一方、アルミニウム合金などの非鉄金属では鉄鋼材料のような明瞭な疲労限度は認められないため、繰り返し数 10^7 回における応力振幅を時間強度として表す。

私の研究テーマは「フレッティング疲労特性」であり、フレッティングは先に述べた航空機のリベットやボルトなどの締結部あるいは軸と軸受けのはめ合い部などにおいて発生し問題を引き起こす。フレッティングとは接触する二表面に目では見えない程の微小なすべりを伴って

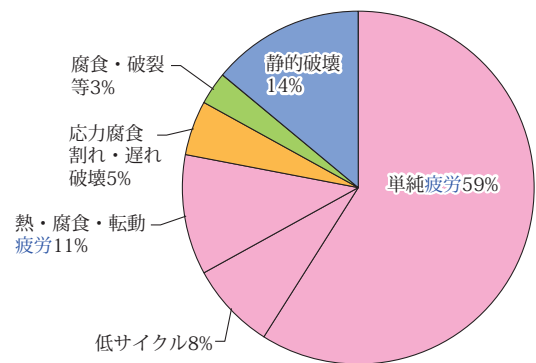


図1 機械構造物の破損原因の分類

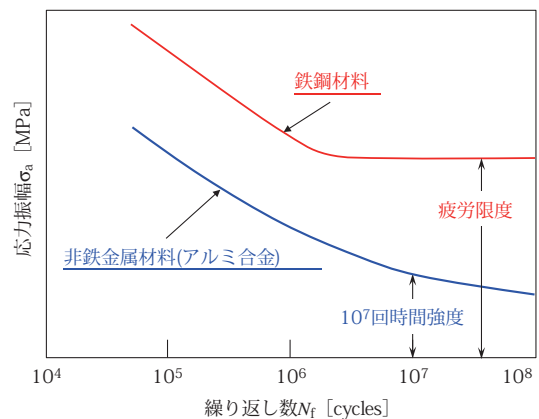


図2 S-N曲線

摩耗する現象のことであり、フレット部には繰返し応力が作用すると接触部からき裂が発生・進展して、通常の疲労限度に比べてフレットのそれは1/2から1/3程度低下することが知られている³⁾。流体機械においてはポンプの主軸や軸流タービン翼の付け根部分などでしばしば確認される。また、フレット疲労き裂は接触表面から発生するため、このような箇所においては部材形状の変更や材質の強化、あるいは潤滑油の供給やショットピーニングなどの表面処理を施すことによって解決できるが、材質や環境などの条件によってその対策方法は大きく異なる。そのため、さまざまな知識を身につけ、状況に応じた処理を選択することが重要である。

ところで、最近では労働者の心臓病やうつ病などさまざまな病気の発症率が高くなっており、その原因は“ストレス”や“疲れ”によるものも多いとされている。時としてストレスを解消するべきスポーツが過度のためオーバートレーニング症候群（過度のトレーニングにより疲労が慢性的になる現象）となることもある。一説によると1999年から疲労の医学的解明が始まり疲れのメカニズムや質問票による疲労の評価は行われているものの、金属の疲労限度に相当するような指標は存在しないとされている。金属の疲労に関する研究は、18世紀の鉱山巻上げ機における鎖の破損事故を始めとして今日までさまざまな研究が行われて安全設計の礎が築かれているが、人の疲労に対する定量的な研究は「疲労骨折」の言葉以外はほとんど耳にしたことがない。その理由として次の4つを挙げてみた。第一に機械ではいろいろな条件で破壊までの疲労試験が可能であるが、人の場合は困難であること。第二に応力（ストレス）の算出において、機械は外力や断面積がほぼ定まっているので容易に求められるが、人の場合、外力（例えば仕事のノルマ）は同じでも気の持ち方などによって断面積（人の場合は“心のゆとりや広さ”とでもいべきだろうか）を大きく変えることができるためにストレスの計算が困難であること。第三に人間は体の疲労と心の疲労が存在すること。知人の医師は「ガン最大の敵はストレスかもしれません！手当てすれば治る可能性が高いのに、進行度合いに対する疑いや再発を異常な程に気にするために食欲不振やノイローゼを引き起こして病状を悪化させる場合が多い。」と呟いていた。このことから心のストレスが人体に及ぼす影響は極めて大きいことがうかがえる。第四に機械はき裂を生じた後も同じ力が作用すると、き裂は次第に進展し最終的に破壊に至るが、人が小さな傷を負った場合には自然治癒力で完治すること、などに起因する。

人間と機械では多くの点が異なるために、人間の疲労限度に相当する値を決めることは容易ではないが、金属疲労の研究のようにいろいろなデータを集積・解析して目安をつくることによって、自己の状況把握や体調管理が行えるようになるだろう。取り敢えず、疲労に対する医学が進歩するまでは、ストレスおよび疲労と上手く付き合っていくことがたいせつである。

「若い時の辛勞は買うてもせよ」という諺があるが、若い時は体力・気力さらには回復力もあるので、体験や苦勞したことから自分のストレスや疲れに対する疲労限度を推測し、さらに向上できるのではないだろうか。

最後に、私の学生時代にある教員が「実験設備・装置は人と同じで、魂を込めて丁寧に扱えばそれなりに応えてくれる。そして、故障する場合にも事前に警鐘を鳴らしてくれる。」と教えてくれた。それは“ものづくり”の原点ではないだろうか？私も機械装置と付き合い長い年月を過ごしてきたが、時として人の声や気持ちが機械にも伝わっているような気がしてならない。今後も学生達に勉学を教えるのみならず、魂を込めて接し、ハートのある技術者を育てて社会に送り出したいと考えている。

ただ思いつくままに書かせて戴いた。

終わりに、貴社の益々のご発展を期待致す次第である。

<参考文献>

- (1) 溶接構造物の疲労破壊と疲労強度因子、西田新一、溶接学会誌、第62巻、第8号、595
- (2) 例えば疲労趨勢および疲労研究データベース、日本材料学会疲労部門委員会
- (3) アルミニウム合金の長寿命フレット疲労特性に及ぼす表面処理の影響、西田友久、他5名、第15回破壊力学シンポジウム、pp.334-338

メッシュ再分割機能を利用した ターボ機械大規模解析環境の構築

富松重行 山出吉伸* 廣川雄一** 西川憲明**

Establishment of Large Scale Analysis Environment for Turbo Machinery using Refiner

By Shigeyuki Tomimatsu, Yoshinobu Yamade, Yuichi Hirokawa and Noriaki Nishikawa

In order to conduct a product development of turbo machinery continuously and developmentally, an approach using LES (Large Eddy Simulation) should be one of the mainstream, because it is already essential to utilize CFD (Computational Fluid Dynamics) using RANS (Reynolds Averaged Navier-Stokes Simulation) in industrial field.

For example, in recent years, the demand of a high-efficiency and low-noise jet fan is getting larger and larger for environmental concerns. However, in order to simulate the noise reduction of the jet fan with high accuracy, which needs the high performance computing technique using a super computer such as the Earth Simulator. Thus, the purpose of this study is to establish the high performance computing environment and method which provides a seamless connection between a calculator, such as a PC cluster, in a company and the super computer such as the Earth Simulator.

1. はじめに

ターボ機械の流体性能設計の現場において、CFDは既に必要不可欠なツールの一つとなっている。従来から用いられているRANSによる解析では、ジェットファンから発生する空力騒音の予測はほぼ不可能であった。これに対して、LESによる解析では空力騒音の予測は可能となるが、精度良く解析を行うには空間分解能を上げる必要があるため計算量が大幅になり、PCクラスタなどでは設計開発の現場で実時間内に解析を終わらせることはほぼ不可能になるという問題がある。

本研究において、解析には文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発⁽¹⁾」プロジェクトで開発されたFrontFlow/blueを用いた。FrontFlow/blueは地球シミュレータなどのスーパーコンピュータでの稼働実績が既にあるソフトウェアであり、かつ空力騒音予測解析

に用いられた実績も多い⁽²⁾。また、FrontFlow/blueはメッシュ再分割機能(Refiner)の実装が完了している。したがって、このメッシュ再分割機能を利用して、分割前のメッシュモデルによる解析を企業内のPCクラスタなどのコンピュータ、分割後のメッシュモデルによる解析をスーパーコンピュータで行えば、解析精度の向上および大規模解析業務の効率化が見込まれる。また、再分割前のメッシュモデルを用いた解析を企業内で実施することによって、メッシュ品質のチェック、解析条件のチェックなどを大規模解析の実行前に行うことができ、これらの要因による大規模解析実行時のエラーを極力低減することができる。

そこで、本研究では再分割前のメッシュモデルを用いた解析を社内のPCクラスタで行い、再分割後のメッシュモデルを用いた解析を地球シミュレータで行っている。このようにすることで、企業内のコンピュータと地球シミュレータのようなスーパーコンピュータをシームレスにつなぎ、ターボ機械の設計開発業務において継続的に大規模解析を行えるハイパフォーマンスコンピューティング環境・方法が構築できると考える。本報では、

*みずほ情報総研㈱ ** (独)海洋研究開発機構

平成22年度「地球シミュレータ産業戦略利用プログラム」利用成果報告書pp.123-130に掲載されたものを一部加筆・修正した。

ジェットファンを対象にして行った流れ場と空力騒音の予測事例を紹介する。

2. 解析対象および方法

図1に本研究で解析対象としたジェットファンを示す。図に示すように、この単段のジェットファンは5枚の動翼、ケーシング、モータ、モータ架台で構成されている。口径は630 mmで、設計仕様点での流速は35 m/s、回転速度は2 930 min⁻¹である。

図2にジェットファンの解析モデルを示す。解析モデル入口から動翼前縁までは、ジェットファン口径の約10

倍の助走区間を設けてある。また、動翼から発生する旋回の影響を低減することを目的として、解析モデル出口にはバッファ領域としてジェットファンの口径よりも大きな径を持つ円筒ドメインを設けた。なお、本研究ではジェットファン動翼周りの流れ場に注目しているため、解析モデルはモータおよびモータ架台を省略したモデルとしている。

図3に解析に使用したメッシュモデルを示す。メッシュモデルを作成するにあたって、ジェットファンの解析モデルを3個のドメイン、すなわち、入口部、動翼部、出口部に分割した。入口部、出口部を静止系として取り扱

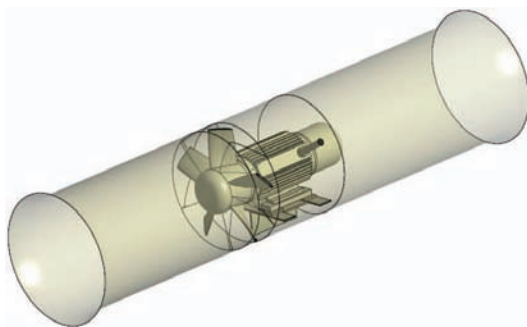


図1 ジェットファン
Fig.1 Jet fan

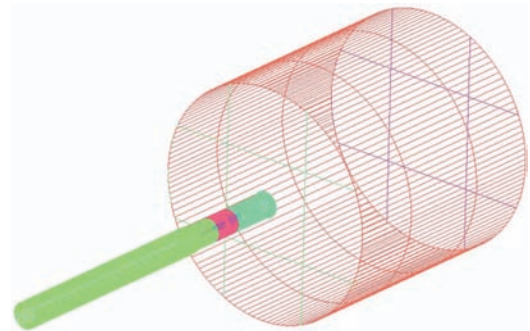
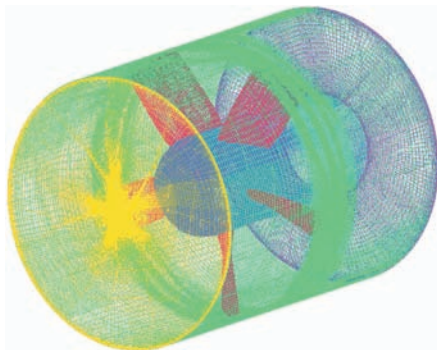
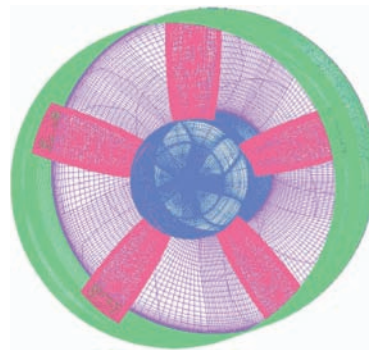


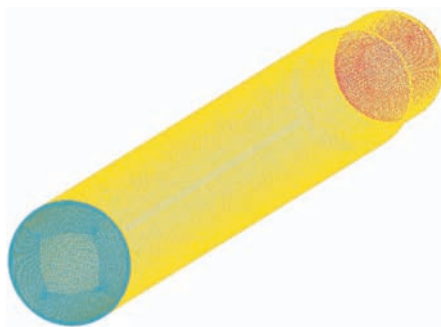
図2 解析モデル
Fig.2 Analysis model



(a) 動翼部
(a) Rotor



(b) 入口部
(b) Inlet



(c) 出口部
(c) Outlet

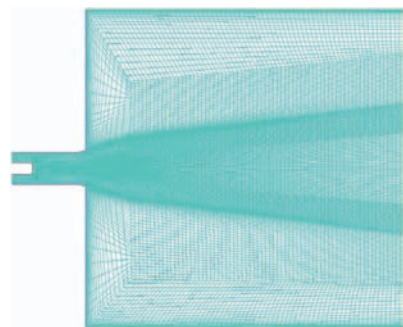


図3 メッシュモデル
Fig.3 Mesh model

い、動翼部を回転系として取り扱った。節点数は、入口部で約 2.1×10^6 、動翼部で約 2.5×10^6 、出口部で約 2.7×10^6 であり、総節点数は約 7.3×10^6 である。なお、全てのドメインに対して六面体要素を使用している。動翼表面の乱流境界層を高精度で解析するために、動翼周りには他の部分と比較してより細かなメッシュを作成している。ケーシングおよびハブ表面でも乱流境界層の発達を予測されるが、本研究ではこれらの領域の乱流境界層は解像しない。また、入口部と動翼部、ならびに動翼部と出口部との間にはオーバーセット領域を設け、各ドメイン間で最低5要素程度重なるようにモデリングしている。

解析に用いたFrontFlow/blueは、時間、空間に対して二次の精度を有する有限要素法のコードである。今回の解析では、サブグリッドスケールモデルとして標準スマゴリンスキーモデルおよびダイナミックスマゴリンスキーモデルを使用した非圧縮性LES解析をそれぞれ行った。なお、標準スマゴリンスキーモデルによる解析では、スマゴリンスキー定数を0.2とした。運動方程式の解法にはクランク・ニコルソン法を、圧力方程式の解法には低マッハ数近似を施したFractional-Step法をそれぞれ用いた。

境界条件としては、入口境界に35 m/sの速度一定の流入条件を与えた。出口境界には圧力0およびtraction-

freeの境界条件を、壁面には滑りなしの境界条件を与えた。これらの境界条件のもと、圧力および速度0を初期条件として動翼が20回転に達するまで計算を行い、得られた解析結果をもとにしてFrontFlow/blueの騒音解析機能を用いて騒音予測を行った。

さらに、より高空間分解能を有するLES解析を行うために、総節点数約 5.8×10^7 のメッシュモデルを用いて解析を行った。このメッシュモデルは、前述の総節点数約 7.3×10^6 のメッシュモデルに対してFrontFlow/blueのリファイナー機能を適用することにより、自動的に得られたものである。すなわち、リファイン後のメッシュモデルは、リファイン前のメッシュモデルの8倍の節点数を有することになる。図4にリファイン前のメッシュモデルとリファイン後のメッシュモデルをそれぞれ示す。

なお、リファイン前のメッシュモデルを用いた解析は社内のPCクラスタを用いて行い、リファイン後のメッシュモデルを用いた解析は地球シミュレータを用いて行っている。

3. 解析結果

図5に動翼周りの流跡線と動翼、ハブ上の表面圧力を可視化した図を示す。コンター図は表面圧力を、青色、赤色の矢印は流跡線をそれぞれ表す。これらの図におい

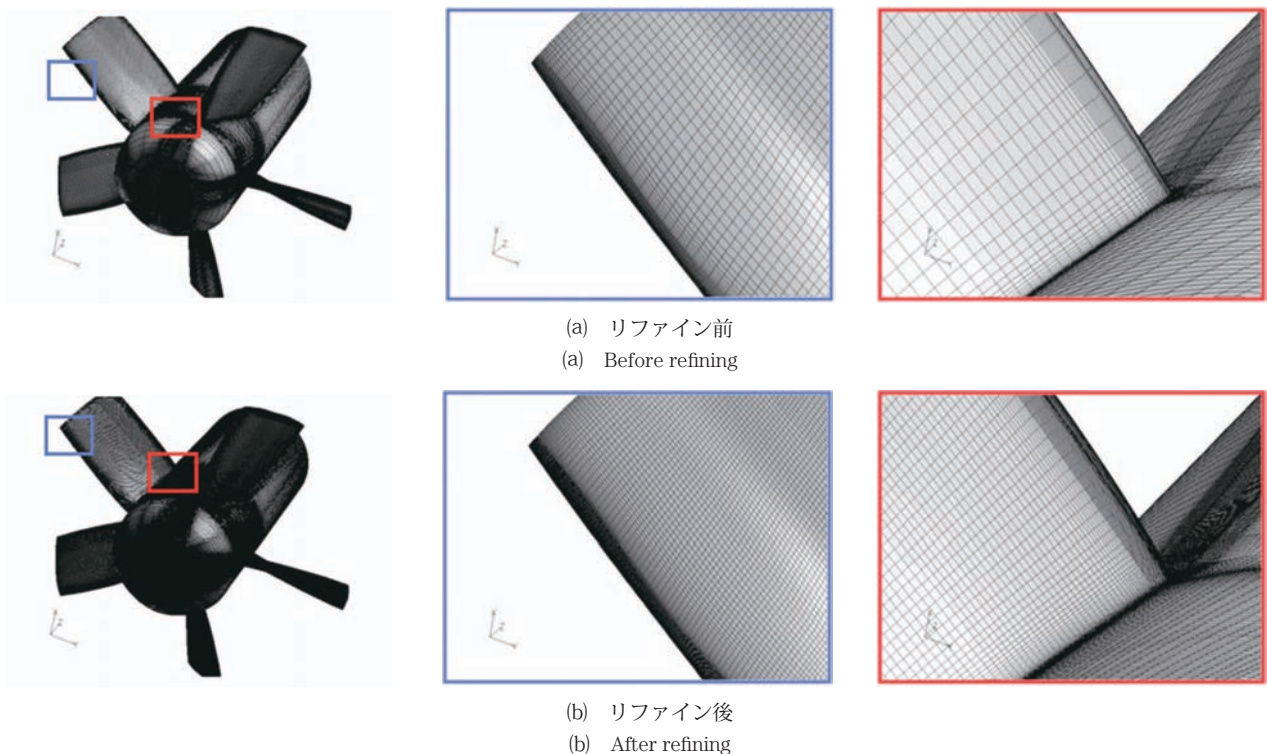


図4 メッシュモデルの比較
Fig.4 Comparison between mesh models

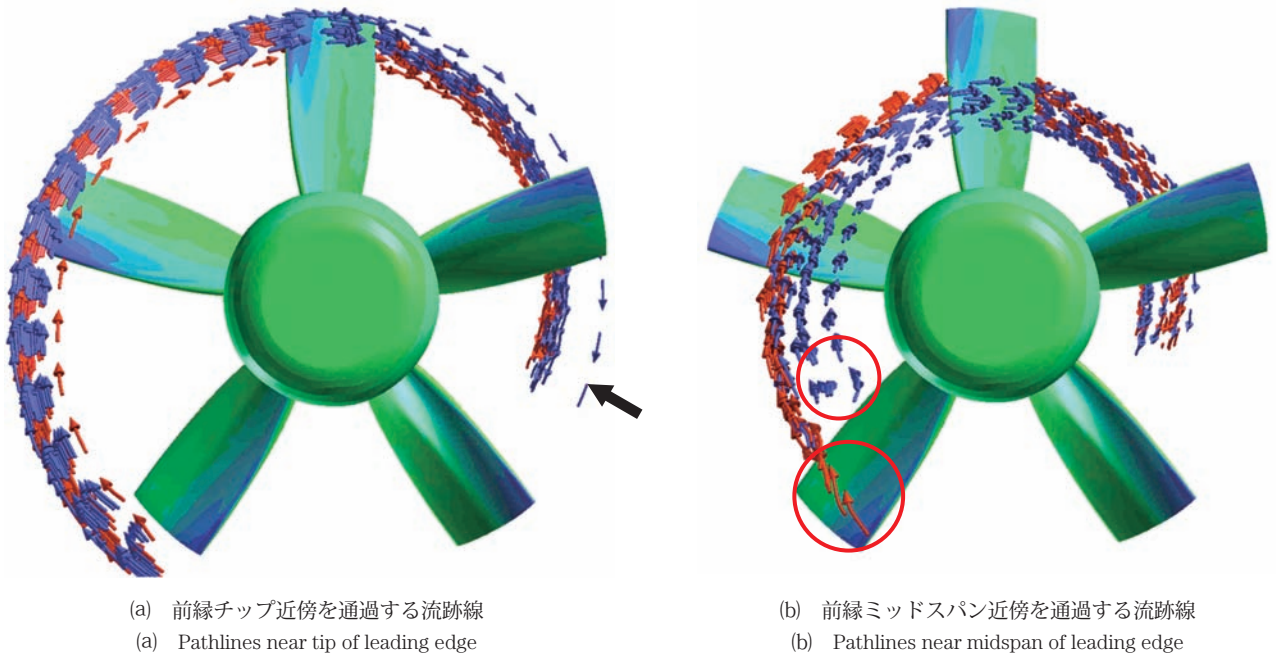


図5 表面圧力と流跡線

Fig.5 Surface pressure and pathlines

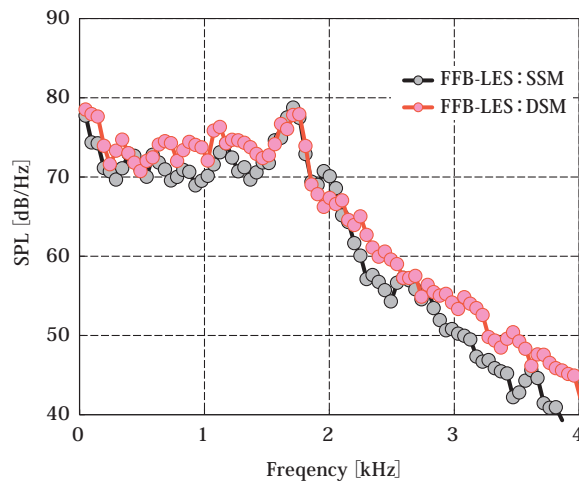
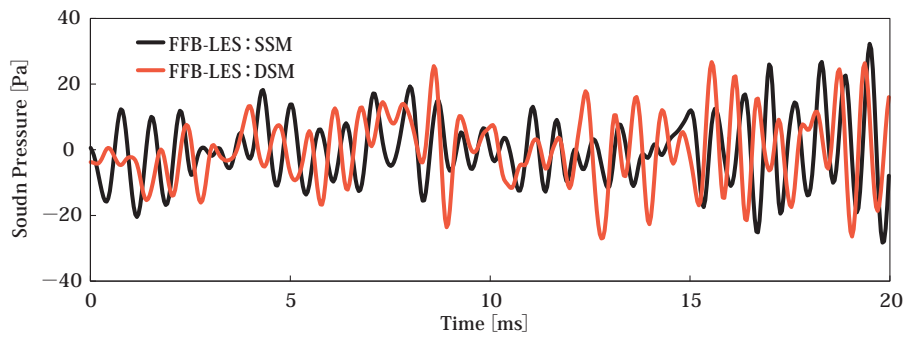


図6 騒音予測

Fig.6 Noise prediction

て、青色の矢印は翼の負圧面側を通過した流れを、赤色の矢印は正圧面側を通過した流れをそれぞれ表す。なお、これらの図は、リファイン前のメッシュモデルを使用して得られた解析結果である。

図5(a)において、黒色の矢印で示した流跡線は他の流跡線から離れている。これは、翼表面上のはく離によって引き起こされていると考えられる。したがって、翼チップ周りの形状を修正し、はく離を抑制することによってジェットファンの効率を改善することが可能なことを示唆している。

また、図5(b)において、赤色の丸印で囲まれた領域の流跡線は旋回していることがわかる。これらの領域は動

翼から上流側に位置しているが、ジェットファンの形状などを変更することによりこれらの旋回流を減少させることができれば、ジェットファンの性能改善につながる。また、翼ミッドスパン近傍の流跡線は翼通過前と翼通過後で同じような経路をたどることから、ミッドスパン近傍の翼形状は性能低下を引き起こしていないと言える。

図6に騒音予測の結果を示す。これらの図において、黒色の実線およびマーカーは標準スマゴリンスキーモデル (SSM : Standard Smagorinsky Model) による解析結果から得られた音圧および音圧レベルの予測結果を、赤色の実線およびマーカーはダイナミックスマゴリンスキーモデル (DSM : Dynamic Smagorinsky Model) に

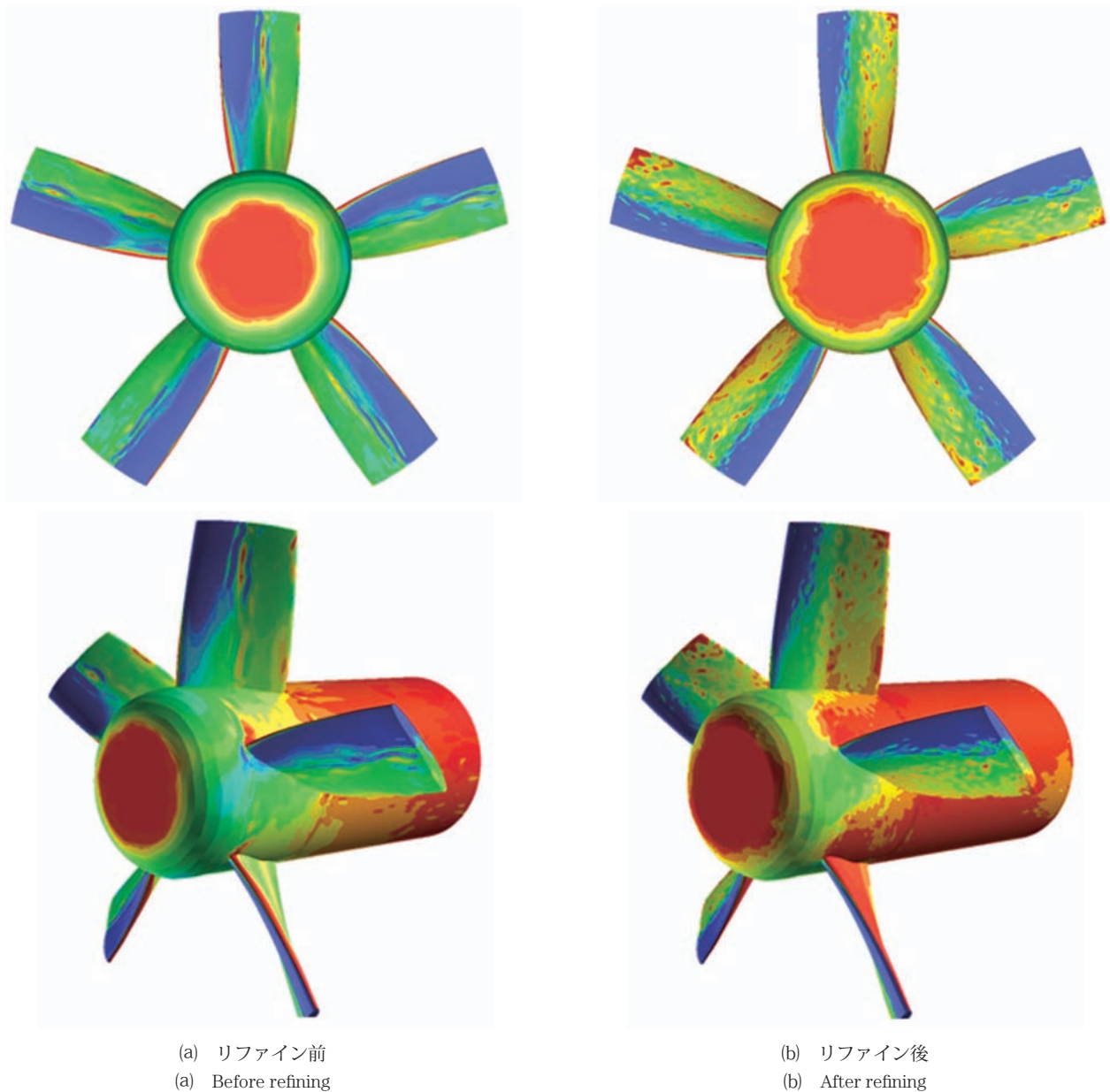


図7 動翼およびハブ上の表面圧力
Fig.7 Surface pressure on rotors and hub

よる解析結果から得られた音圧および音圧レベルをそれぞれ示す。なお、これらの結果はリファイン前のLES解析結果から騒音予測したものである。

図6(a)にジェットファンから上流1 mの位置での音圧を示す。時刻が経過するにつれて、標準スマゴリンスキーモデルとダイナミックスマゴリンスキーモデルによる解析結果から得られた音圧にわずかな違いがみられるが、音圧の最大値と最小値はほぼ同じであり、全体的に大きな違いは見られない。

図6(b)に音圧レベルと周波数の関係を示す。ダイナミックスマゴリンスキーモデルによる解析結果から得られた音圧レベルは、標準スマゴリンスキーモデルによる結果から得られたそれよりもわずかに大きいことがわかる。この傾向は、特に高周波数領域で顕著である。

図7に動翼とハブ上の表面圧力分布を示す。これらの結果は、それぞれリファイン前、リファイン後のメッシュモデルを用いて得られた結果である。リファイン後のメッシュモデルを用いて解析した結果得られた表面圧力分布は、リファイン前のものよりも細かなところまで解像できていることがわかる。したがって、ハイパフォーマンスコンピューティングを用いることによって、製品レベルのターボ機械であっても乱流遷移を捉えることが可能であると考えられる⁽³⁾。しかしながら、このことを結論づけるには更なる研究が必要である。

4. おわりに

自動車用道路のトンネル換気装置として用いられるジェットファンを対象にして標準スマゴリンスキーモデルおよびダイナミックスマゴリンスキーモデルによるLES解析を行って動翼周りの流れ場について検討し、騒音予測を行った。

また、FrontFlow/blueのリファイナー機能を用いて高解像度のメッシュを作成し、リファイン前とリファイン後のメッシュモデルを用いて解析した結果得られた表面

圧力分布を比較、検討した。リファイン後のメッシュモデルによる表面圧力分布は、リファイン前のそれよりも細かなところまで解像できており、ハイパフォーマンスコンピューティング技術を用いることによって、製品レベルのターボ機械であっても乱流遷移を捉えることが可能であることが示唆された。

<謝辞>

本研究は、平成21年度文部科学省先端研究施設共用促進事業「地球シミュレータ産業戦略利用プログラム」の“ジェットファンから発生する騒音のシミュレーション”および平成22年度同プログラム“メッシュ再分割機能を利用したターボ機械大規模解析環境の構築”の一環として行った。

FrontFlow/blueは文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」プロジェクトの一環として、東京大学 生産技術研究所で開発されたものである。

ここに記して謝意を表します。

<参考文献>

- (1) 文部科学省次世代IT基盤構築のための研究開発「イノベーション基盤シミュレーションソフトウェアの研究開発」ホームページ、<http://www.ciss.iis.u-tokyo.ac.jp/riss/>、(2013/5/10アクセス)
- (2) Yoshinobu Yamade, Chisachi Kato, Hayato Shimizu, Takahiro Nishioka, “LARGE EDDY SIMULATION AND ACOUSTICAL ANALYSIS FOR PREDICTION OF AEROACOUSTICS NOISE RADIATED FROM AN AXIAL-FLOW FAN”, Proc. FEDSM2006, paper #FEDSM2006-98303, Miami, 2006.
- (3) Chisachi Kato, et al, “Numerical prediction of sound generated from flows with a low Mach number”, Computers & Fluids, Volume 36, Issue 1, Pages 53-68, 2007.

<筆者紹介>

富松重行：2003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、技術研究所研究グループ主幹技師。博士（工学）。技術士（機械部門）。

ベトナム ギソン1 発電所向け循環水ポンプ

森下 日左男

Circulating Water Pumps for Nghi Son1 Thermal Power Plant (Vietnam)

By Hisao Morishita

Recently DMW supplied circulating water pumps (CWP) to Nghi Son Power Plant, Vietnam. While conforming to user requirements, by capitalizing on years of experience, pump weight is successfully reduced by adopting the lighter axial flow type discharge bowl. After confirming the performance of the pump at our shop, the installation at the site was completed safely. The outline is introduced below.

1. はじめに

今回、循環水ポンプを納入する発電所は、ベトナム北部タインホア省ギソン地区に位置しており、ベトナム国营電力会社であるベトナム電力庁としてベトナム北部では

初の大型火力発電所となる。納入先である発電所の位置を図1に示す。発電設備は、総出力600 MW (60万kW)の石炭火力発電設備である。本発電所は、近年大幅な経済成長を遂げている同国の電力需要の増加に対応するため、ベトナム商工省およびベトナム電力公社が策定した、長期電源計画の中の重要案件と位置づけられており、同地区のインフラ整備に貢献するとして大きな期待を集めている。また、本発電所に隣接したサイトにてベトナム商工省が主導となりギソン2号案件が計画されている。

以下に、ベトナムギソン発電所に、納入した循環水ポンプの概要と特徴を紹介する。

2. ポンプの構造と特徴

ポンプ仕様を表1に、ポンプ外形図を図2に示す。

循環水ポンプは、タービンを回した蒸気を水に戻すための復水器に冷却材として海水を供給するためのものであり、タービン系の重要機器のひとつである。



図1 発電所の位置

Fig.1 Location of the power plant

表1 循環水ポンプ仕様
Table 1 Specifications of CWP

用途	循環水ポンプ
形式	立軸斜流ポンプ
台数	4台
口径	60 inch
全揚程	186 kPa
吐出し量	22 000 m ³ /h
出力	1 600 kW
液質	海水

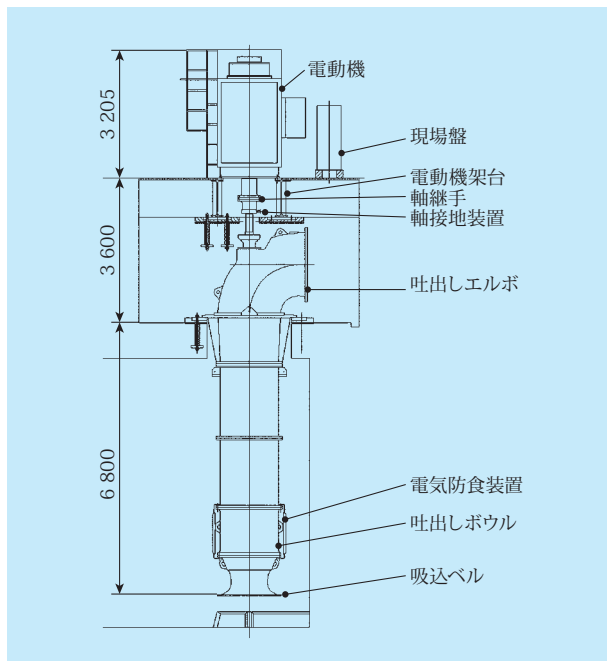
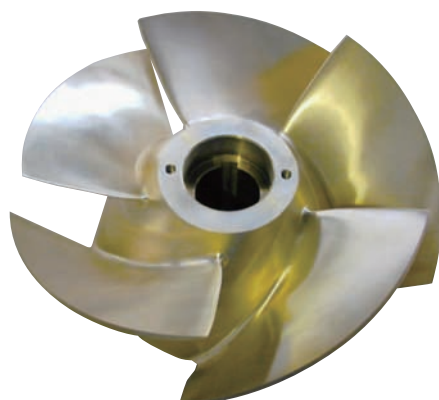


図2 循環水ポンプ外形図
Fig.2 Outline drawing of CWP

ポンプ型式としては、2床式、床上吐出し、一重胴の立軸斜流ポンプである。主な特徴を以下に述べる。

2-1 吐出しボウル

吐出しボウルは、軸流型形状とすることでボウル外径を縮小することが可能となり、小型化することができた。流路部のインペラおよびガイドベーン形状は、実機設計に先立ちモデルポンプによる試験を実施して、今回の性能を満足すること、さらに従来より高効率を得られることを確認し採用した。モデルポンプのインペラおよびガイドベーンを図3に示す。



(a) インペラ
(a) Impeller



(b) ガイドベーン
(b) Guide vane

図3 モデルポンプ
Fig.3 Model pump

2-2 水中軸受

水中軸受は、上部には初期無注水起動が可能なPTFEゴム軸受を採用し、常時没水となる下部は、合成ゴム軸受としている。PTFEゴム軸受の採用により、注水系統の配管、機器が不要となり、設備の簡素化を行っている。

2-3 主要材質

主要部品の材質は、当社循環水ポンプの標準材質を採用している。

- a. インペラ：SCS14
- b. 主 軸：SUS316
- c. 外筒部品：2%NiFC

これらの材質は、海水ポンプにおける耐食性を考慮した材質であり、経年使用において十分な実績を有するものである。外筒部品は、タールフリーエポキシ樹脂塗装を施工している。

2-4 腐食対策

海水による腐食を防止するために、吐出しボウル外側に、アルミ陽極を用いた流電陽極方式による、電気防食装置を設置すると同時に、軸接地装置により海水ポンプ特有の電気化学的腐食の防止を行っている。

2-5 計装機器

ポンプ吸込水槽水位、電動機振動、吐出し圧力、主軸偏心量、コイル温度および軸受温度などを常時中央操作室にて監視できるように計装機器類を設置した。また、現場盤も合わせて設置した。各計測値は盤面にも表示されるようになっており、現場でも確認できるようになっている。

今回、ポンプとその関連補機を一括で納入しており、その全体系統図を図4に示す。

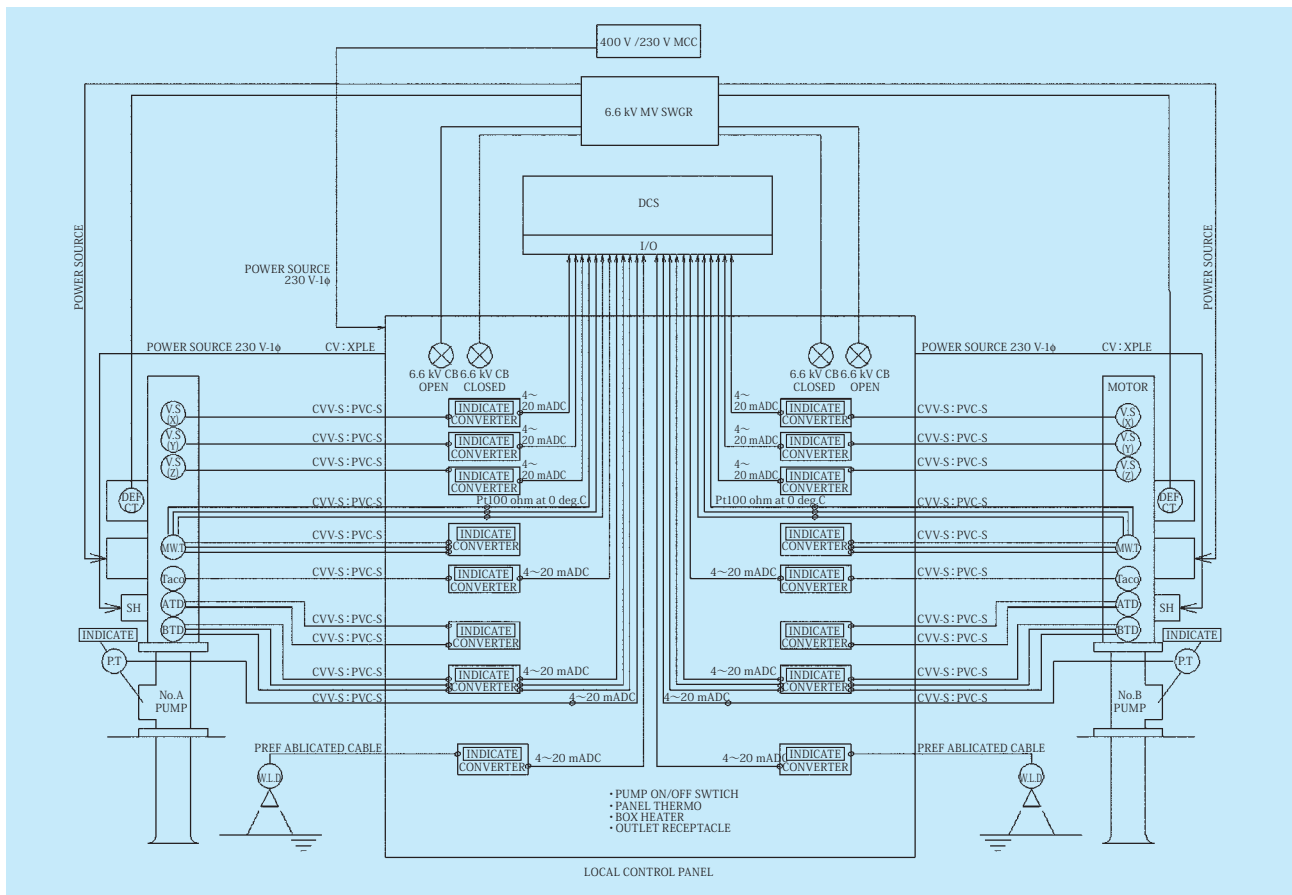


図4 系統図
Fig.4 P&I diagram

3. 現地据付、試運転

現地では、据付台数が4台であったが、当社指導員の指示のもと、複数台を並行して進めることで据付工程を短縮し、限られた期間の中で安全に作業を終了することができた。ポンプ本体下部据付中の現地写真を図5に示す。

試運転では、ポンプの各部における振動、騒音、温度および各付属品の健全性の確認を行い、いずれも異常なく好結果に終了した。

4. おわりに

以上、ベトナムギソン発電所向け循環水ポンプの概要を説明した。従来の循環水ポンプ構造に対し、吐出しボウルを軸流型形状とすることで小型化し、また性能面においては高効率を得ることができた。

今後ともユーザー様のさまざまなニーズに応えるとともに、時代に沿った合理的でかつ信頼性の高い製品を提供する所存である。おわりに本ポンプの計画、製作にあたり、終始適切にご指導とご協力を頂いた各位に厚く御礼申し上げます。



図5 現地写真
Fig.5 Lift up of pump assembly

<筆者紹介>

森下日左男：1990年入社。各種ポンプの機器設計に従事。現在、水力機械設計部 水力機械-1 グループ 主事補。

インド BPCL 社向け マルチプロダクト・トランスファー・パイプライン用 メインラインポンプ

古澤友秀 浅川英明

Mainline Pumps for Multiproduct Transfer Pipeline of BPCL (India)

By Tomohide Furusawa and Hideaki Asakawa

DMW delivered 4 units of Mainline Pump to M/s BPCL/India. These pumps are equipped for Kota-Piyala Pipeline Project, 2 units are installed in IP-3 pump station and 2 units are for Bharatpur pump station. Pump type is axially split, horizontal shaft and multistage type, i.e. API 610 standard type BB3.

DMW agreed to guarantee the top-level pump efficiency specified by the client, pump characteristics in mechanical and hydraulic were checked and confirmed during FAT. Low life cycle cost, High Reliability and Easy Maintenance are features of DMW pump.

1. はじめに

今回、インドの国営石油会社であるBharat Petroleum Corporation Ltd. (BPCL社) 向けに、既設パイプラインの末端にあたるKotaからニューデリー近郊の消費地であるPiyalaまで延長されたマルチプロダクト・トランスファー・パイプラインシステム (同一のパイプラインに異なる燃料油を切り替えて送油する方式、パイプラインルートを図1に示す) のメインラインポンプを受注し、工場出荷を完了したので紹介する。

2. 設備の概要

従来、BPCL社はインド中部のビナ精油所で精製した燃料油をパイプラインを介して、北部のKotaまで送油し、Kotaからさらに北部にはトラックで輸送していた。近年、ニューデリーを中心とする北部地域での燃料油の需要が高まっておりBPCL社はトラック輸送に代え輸送効率に優れたパイプラインによる輸送方式に切り替えるため、マルチプロダクト・トランスファー・パイプラインを増設した。当社ポンプは増設されたパイプラインのIP-3およびBharatpurに設置される中継ポンプユニットである。

本ポンプユニットはポンプ、モータ、強制給油装置とメインラインポンプ制御盤 (Unit Control Panel、以後UCPと略す)、動力回路切替制御盤 (Common Drive Logic Panel、以後CDLと略す)、インバータ盤 (Variable Frequency Drive Panel、以後VFDと略す)、振動監視装



図1 パイプラインルート

Fig.1 Pipeline route

置 (Vibration Monitor)、機側操作盤 (Local Control Station、以後LCSと略す) から構成され、図1に示すIP-3およびBharatpurの2ヶ所のポンプステーション (以後P.Sと略す) に、各々2ユニット設置され、パイプラインで直列に圧送する設備である。ポンプの工場試験状況外観を図2、構成を図3に示す。



図2 ポンプ工場試験状況外観
Fig.2 Outline view of Mainline Pump during FAT

3. ポンプ仕様および特徴

本ポンプの仕様を表1に示し、性能曲線を図4に示す。

3-1 ポンプ仕様

ポンプに求められる性能は2ヶ所のPSで異なる。さらに、揚液の液質が4種類におよぶことから、ポンプには各々に応じた複数の仕様点が求められることになる。しかし、将来のメンテナンス性を考慮した場合、4台のポンプの互換性は最大限に確保されるべきである。そのため、ポンプは同一とし、仕様点の違いを回転速度制御

表1 ポンプ仕様
Table 1 Specifications of Mainline Pump

型式	水平二ツ割横軸多段渦巻ポンプ API610規格Type BB3
口径	吸込250 mm×吐出し200 mm
段数	7段
出力	3 000 kW (インバータ制御)
回転速度	1 925~2 985 min ⁻¹
液質	ガソリン/航空用燃料/灯油/ディーゼル油
液温	5~45 °C
耐圧試験値	22.1 MPa
台数	4台 (2台+2台)

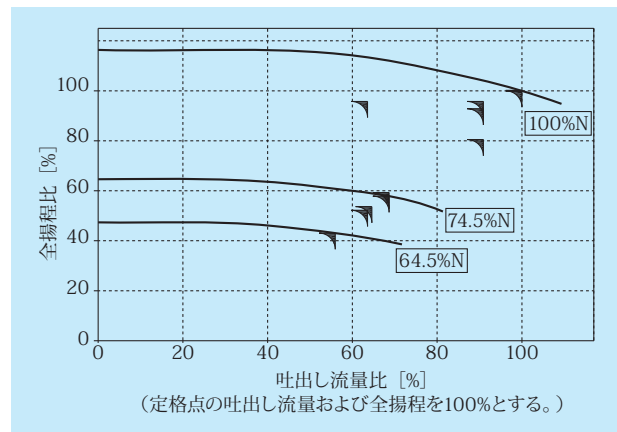


図4 ポンプ性能曲線
Fig.4 Performance curve

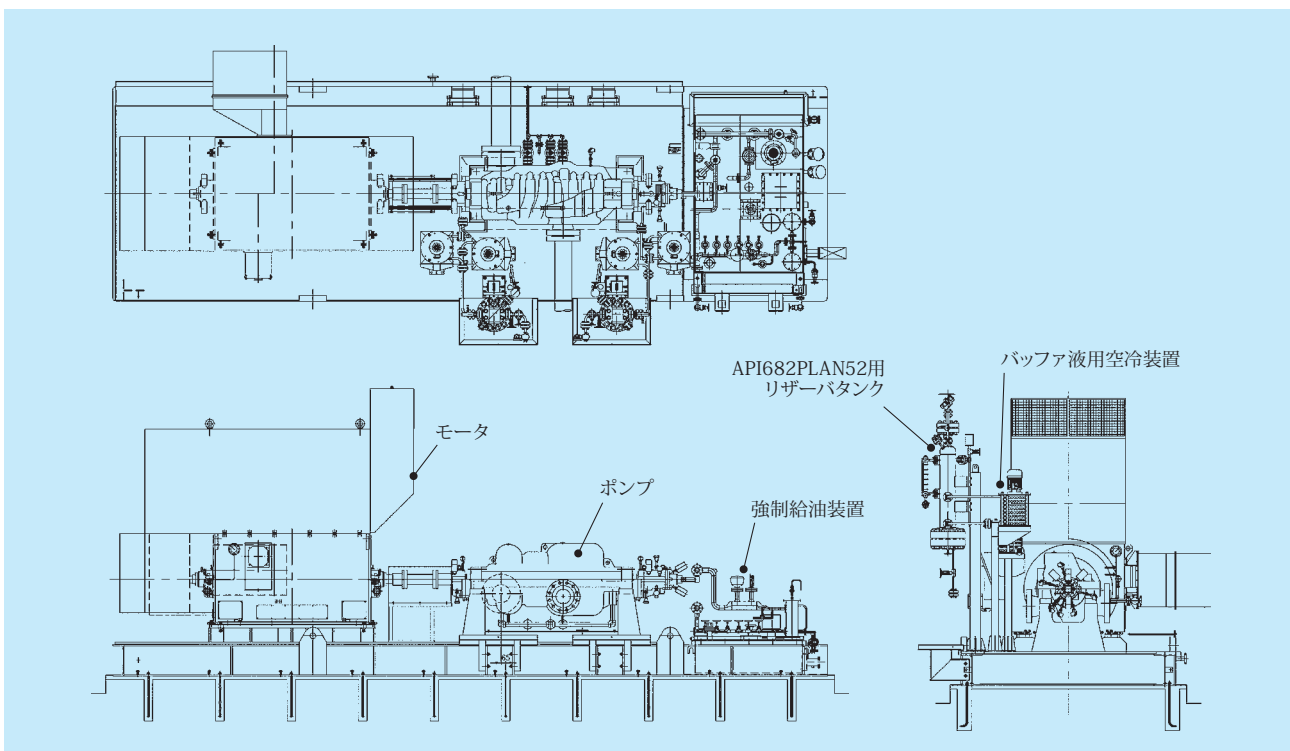


図3 ポンプの構成
Fig.3 Constitution of Mainline Pump

で対応する方式とした。回転速度制御範囲は、IP-3 PSで74.5~100%、Bharatpur PSで64.5~100%である。

3-2 ポンプの特徴

ポンプは、モータ駆動のAPI610規格 第10版に準拠した水平二ツ割横軸多段渦巻ポンプ (BB3) である。

特徴を以下に列記する。

- (1) 最大の長は、世界最高水準のポンプ効率である。
従来のインペラ、ケーシング流水部の形状をCFD解析を行い徹底的に見直し、かつ、製造過程においても品質管理を徹底した。
3 000kW級のポンプにおいては、ポンプ効率の向上がLCC (ライフサイクルコスト) を低減させる重要な要素となる。
- (2) 主要部品に設置する計装機器はHARTプロトコルに対応し、機器の設定、診断、トラブルシューティングなどの継続的オンライン診断を可能としている。
- (3) 回転系はAPI610規格に基づきLateral AnalysisとTorsional Analysisを行い、減衰効果の確認と固有振動数との離調確保を行った。特に、広範な速度制御領域において、発生することが避けられない駆動機のトルク変動について評価し、問題ないことを確認した。
- (4) ポンプ内部摺動部にはPEEK材を用い、接触によるかじりつきのリスクを低減した。
- (5) 主要部品の特徴を以下に示す。

(a) インペラ

初段は、両吸込インペラを採用し、ポンプ吸込性能を向上させている。2段目以降は、片吸込インペラを背面合わせに配列し、軸方向スラストの低減を図っている。

(b) ケーシング

メンテナンス性に優れる水平二ツ割構造としている。

(c) 軸受

ラジアル軸受には、ジャーナル軸受、スラスト軸受には、ハイドロダイナミック軸受を採用している。軸受および軸受ハウジングは、ケーシングと同様に、水平割り形の分解点検が容易な構造とし、潤滑方式は、API610規格のEnergy Densityの評価から、強制給油方式としている。

(d) 軸封

軸封は、メカニカルシール構造を採用し、API 682のPlan11およびPlan52を採用した。また、周

囲温度の上昇およびバッファ液の攪拌熱による温度上昇に伴う、一部のポンプ揚液の蒸発が懸念されるため、Plan52のバッファ液を冷却するための空冷式冷却装置を設置した (図5)。



図5 バッファ液用空冷式冷却装置
Fig.5 Air cooling system for buffer liquid of Plan 52

4. 電気設備

4-1 システム構成

本電気設備のシステム構成図を図6に示す。

今回の納入機器は、操作室に設置するUCPおよび振動監視装置 (Vibration Monitor)、電気室に設置するCDLおよびVFD、メインラインポンプの機側に設置するLCSである。

当社はこれまでに、この種のシステムを数多く納入してきた。今回のシステムにおいても、蓄積したノウハウ

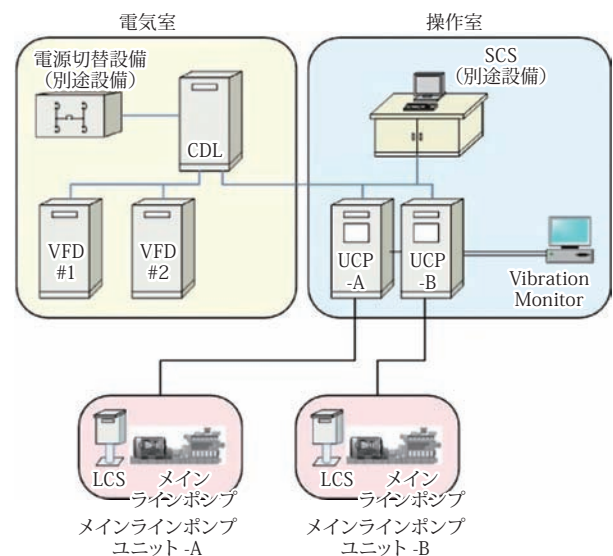


図6 システム構成図
Fig.6 System configuration chart

を反映することにより操作性と信頼性に優れたシステムとしている。

4-2 各機器の機能と特徴

(1) メインラインポンプ制御盤 (UCP)

UCPは、メインラインポンプ運転制御の核となる機器で、次に説明するCDL、LCSや、別途設備の中央操作装置にあたるStation Control PLC System (以後SCSと略す) および動力盤にあたるMotor Control Centerと接続されている。UCPには、メインラインポンプの運転操作に必要な、各種情報が集約されている。

機能の重要性から制御に使用しているプログラマブルロジックコントローラ (Programmable Logic Controller、以後PLCと略す) を2重化し、設備の信頼性向上を図っている。

パネルの前面には19インチのタッチパネルモニタを備えており、機器の稼働状況、各計測値、運転・停止履歴の確認およびメインラインポンプの運転・停止操作が可能である (図7)。

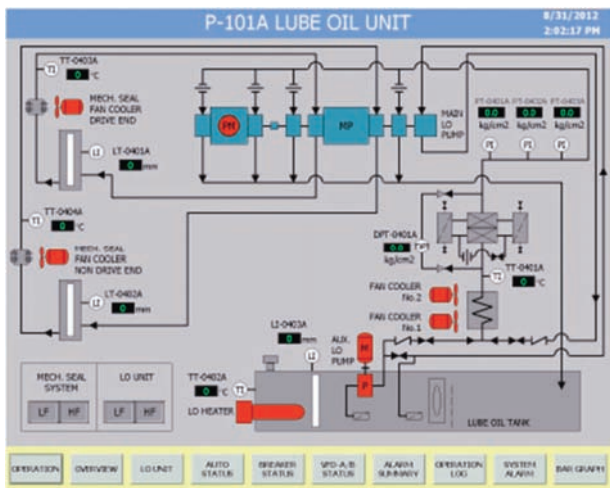


図7 UCP 画面サンプル(1)
Fig.7 UCP screen sample(1)

今回、UCP-CDL間の通信機能を追加したことにより、離れた場所に設置されているCDLの詳細情報をUCPのタッチパネル上でグラフィックイメージとして、確認することも可能とした (図8)。

(2) 動力回路切替制御盤 (CDL)

本設備は、メインラインポンプ2台とVFD2組が任意に組み合わせ可能な機器構成となっている (図9)。

メインラインポンプとVFDを任意の組み合わせで運転することにより、メインラインポンプまたはVFDが点検中においても、1台のメインラインポンプの運転を確保することが可能である。

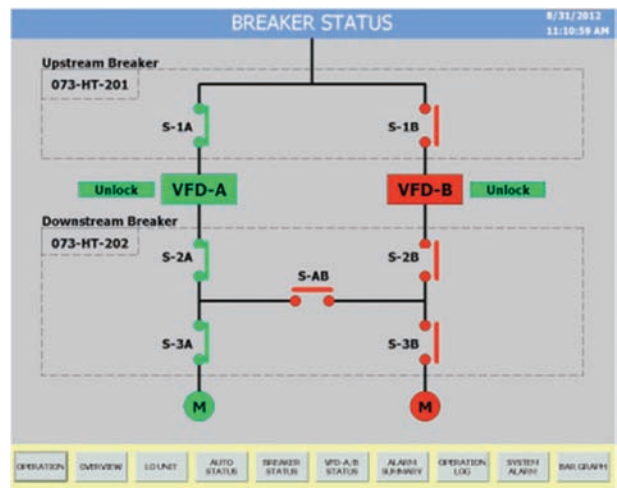


図8 UCP 画面サンプル(2)
Fig.8 UCP screen sample(2)

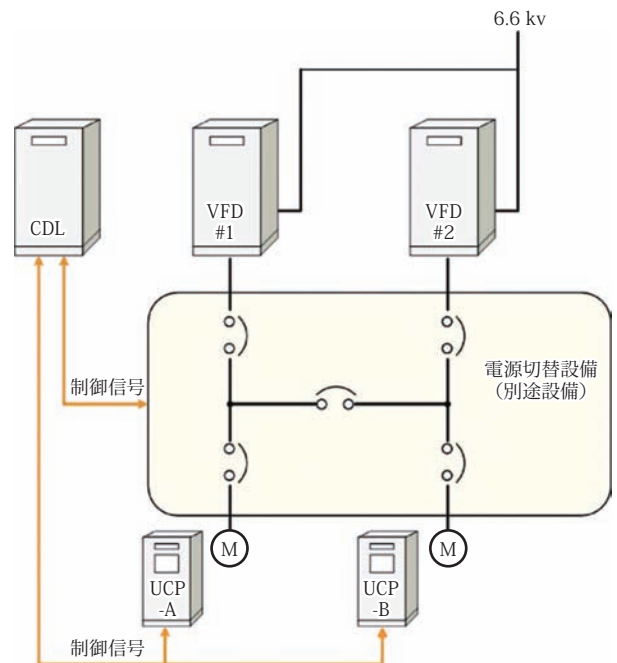


図9 電源切替回路イメージ
Fig.9 Image of power supply switch circuit

CDLは、別途設備の電源切替設備の制御と、切替えにともなうVFD-UCPの制御・計装信号切替えを行う機能を有している。本盤の制御回路もUCPと同様、PLCの2重化がされている。

(3) インバータ盤 (VFD)

VFDは、6.6kV 3 000kWの電動機用高圧インバータ設備であり、64.5~100%の範囲でメインラインポンプの回転速度制御が可能である。

さらに、メインラインポンプ起動時の始動電流が抑制され、周辺設備に対して電圧変動の低減が図られている。

VFDの主要部品は、6.6kV/630V 4 800kVAの変圧器と18台の630 V 400 Aのパワーセルで構成され、1組あたり幅6 500 mm、奥行1 600 mm、高さ2 400 mm、総重量12 000 kgの設備である。

(4) 振動監視装置

メインラインポンプおよび電動機には、設備の維持管理／状態監視用に、複数のセンサ（振動・温度・回転速度）が取り付けられている。これらの信号は、各UCPに取り付けられた振動監視装置で信号変換され、Ethernetを介して接続された振動監視用モニタ（サーバーコンピュータ）に情報集約されている。

振動監視用モニタでは、各種信号のトレンドデータが蓄積され、振動データの解析が可能である。

(5) 機側操作盤（LCS）

LCSは各メインラインポンプ機側に設置され、メインラインポンプ単独運転・非常停止操作などの操作スイッチを備えた機側操作盤である。

筐体はアルミダイキャストで製作されており、耐圧防爆仕様に対応している。

5. おわりに

本ポンプは、回転速度制御により各仕様点に対応するため、64.5～100%回転速度の広範囲での運転が求められ、LateralやTorsionalの振動増大が懸念された。それら要素の解析を重ねた結果、振動値は十分規定値を下回り、性能的にも顧客要求を満足する内容で工場立会検査を終えて出荷することができた。

本ポンプの最大の特長である世界最高水準のポンプ効率と、最適な運転点を得る回転速度制御を組み合わせることにより、省エネルギーをめざし、地球環境に貢献すると共に、顧客の信頼と満足を得られるよう努力する所存である。

<筆者紹介>

浅川英明：2001年入社。主に、電気・計装システムの設計業務に従事。現在、プラント建設部 電装システム設計グループ主任。

古澤友秀：2003年入社。主に、プロセスポンプの設計業務に従事。現在、水力機械設計部 高圧ポンプグループ。

船舶用立軸斜流ポンプ

飯田隆二

Vertical Mixed Flow Pump for Ship

By Ryuji Iida

The vertical mixed flow pump is applied for sea water lifting in FPSO (Floating Production, Storage and Offloading System). FPSO is applied as the most popular system when gas and oil are produced on the ocean. The configuration of the pump was studied and optimized for stability and maintenance at site and corrosive – resistance materials were taken into consideration for sea water application. This paper introduces the outline about the pump.

1. はじめに

FPSO (Floating Production, Storage and Offloading System：浮体式海洋石油・ガス生産貯蔵積出設備)は、洋上で石油・ガスを生産し、それを船体に貯蔵し、タンカーへ積み出しを行う設備である。

このFPSOでは、設備の冷却目的および、オイルを地下から汲み上げた後の井戸の保全目的で注入する水の取水目的として海水を汲み上げており、これに海水取水ポンプが用いられている。

この海水取水ポンプの種類として、立軸斜流ポンプや立軸両吸込渦巻ポンプなどが用いられており、当社は2004年以降より本ポンプを製作してきており、現在で30台超を納入している。

以下に、海水取水ポンプとして用いられている立軸斜流ポンプの概要について紹介する。

2. ポンプ仕様

2012年に納入したポンプの仕様および主要部品の材質を表1に示す。

表1 ポンプ仕様
Table 1 Pump specifications

形 式	立軸斜流ポンプ
吐出し口径	450 mm
吐出し量	1 870 m ³ /h
全 揚 程	105 m
電動機出力	800 kW
液 質	海水
インペラ	二相ステンレス鋼
ケーシング	二相ステンレス鋼
主 軸	二相ステンレス鋼
床下長さ	約30 m
台 数	4台

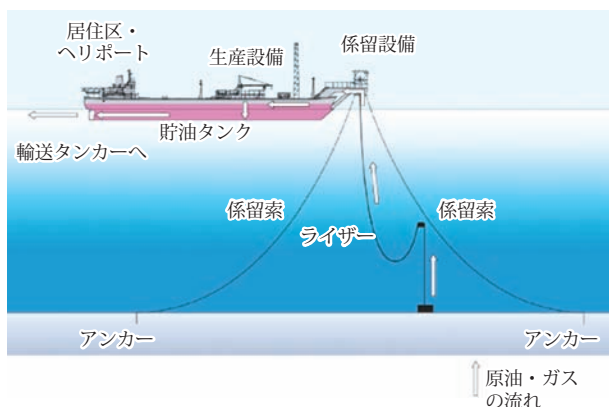


図1 FPSOの概念図⁽¹⁾

Fig.1 FPSO model

3. ポンプの構造と特徴⁽²⁾

本ポンプは、海洋の波の影響によるポンプの振れ防止のため、ポンプ全体を船舶の側舷(図2)もしくは、船体を上下に貫通する防波管(Caisson)内に設置し保護しているため、ポンプ長さも約30mと長尺となる。図3に本ポンプの外形図を図4にポンプ外観を示す。

揚水管の随所に支持サポート(Centralizer)を設け、波の影響による船の傾きや振動対策にも対処した構造とし、図5に示すようにポンプ構造をモデル化し、振動解析を実施し、支持サポートの位置を決定している。

また、波の影響により船が傾いても支障なく運転が継



図2 FPSO外観⁽¹⁾
Fig.2 View of FPSO

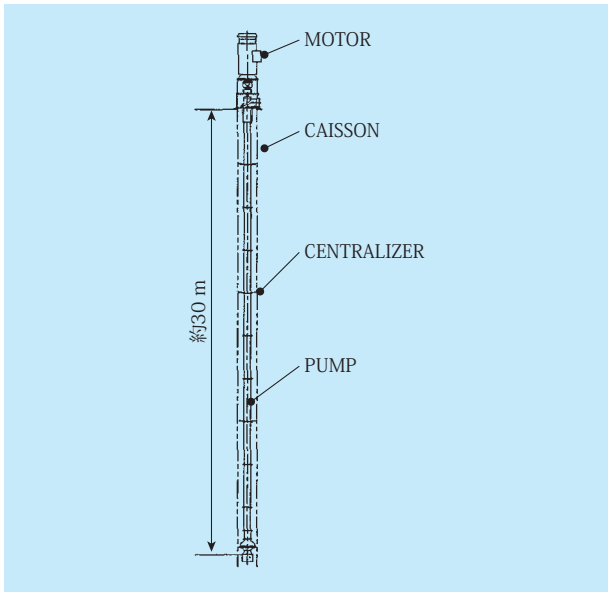


図3 ポンプ外形図
Fig.3 Outline drawing of pump



図4 ポンプ外観
Fig.4 View of pump

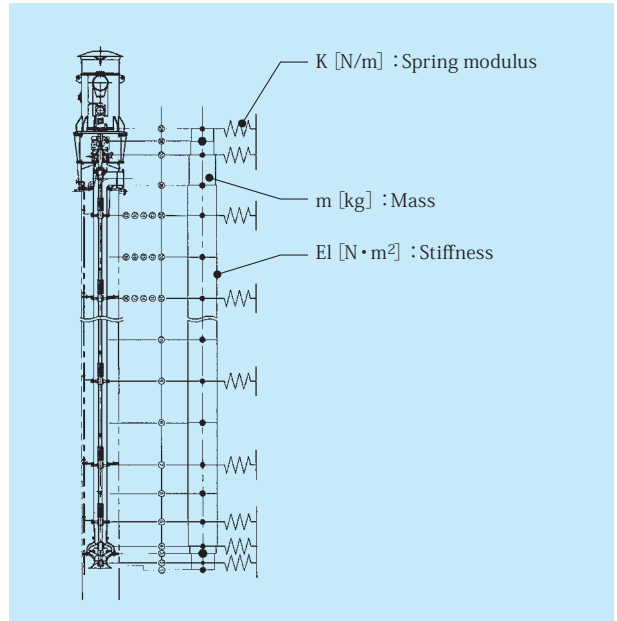


図5 振動解析
Fig.5 Vibration analysis

続けるようにポンプ内部の水中軸受や油浴式スラスト軸受ユニットの構造設計についても配慮が必要である。

さらに本ポンプは、船体甲板もしくはその上方に設置された甲板上に設置されるため、船体構造を含めた強度解析を行い、機器の剛性評価を確認している（図6）。

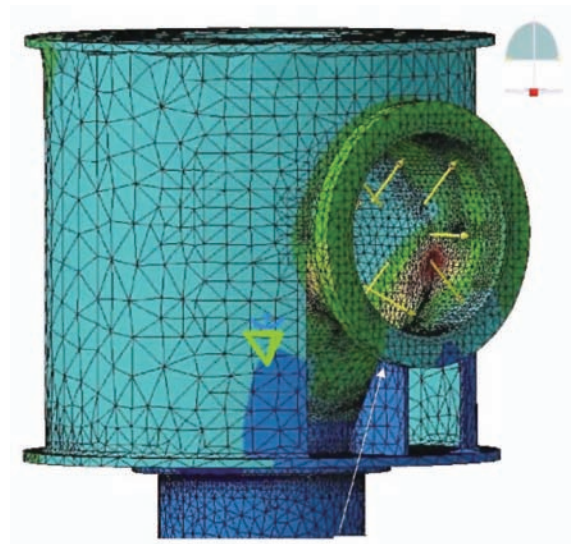


図6 FEM解析
Fig.6 FEM analysis

ポンプ駆動用電動機についても、海洋の厳しい条件においても運転に支障が生じないように、保護等級はIP56（定義：じん埃の侵入を防止し、たとえ侵入しても運転に支障がないこと。あらゆる方向からの強い噴流による有害

な影響がないこと)を採用している。

また、主要部の材質は、海水の性状や顧客の要求により選定されるが、主に回転体については耐食性の優れた二相ステンレス鋼またはスーパー二相ステンレス鋼を採用し、外筒ケーシングについても同様である。

4. おわりに

ガス・油田の生産設備は、従来は陸上用(Onshore)および海上用固定式プラットフォーム(Offshore Platform)が主流であったが、近年、巨大油田が深海で発見されるにつれ、FPSOの建設需要が伸びている。

FPSOで使用される海水取水ポンプは、オイル精製システムやガスハンドリングシステムの冷却にも用いられるため、極めて重要な機器の一つと言える。また、このポンプは設計する上で陸上用ポンプとは異なる点での留意が必要となる。

FPSOの必要性が高まっているなか、コスト競争や納期短縮の要望も強くなっている。このような背景のなか、当社は今後も設計ならびに製造プロセスの最適化を進めていき、品質、コスト、納期の面でユーザーの御要望に答えるべく、努力していく所存です。

最後に、本ポンプの設計・製作にあたり、終始適切な御指導と御協力を頂いた関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) 三井海洋開発㈱ホームページ
- (2) 飯田：FPSO船内搭載向け海水取水ポンプの構造と特徴、ターボ機械 第41巻、第3号(2013-3)、40-44

<筆者紹介>

飯田隆二：1983年入社。ポンプの機器設計を経て、現在、産業・海外向けポンプ、送風機の見積計画部門統括。産業システム技術部長。



円山川水系排水機場・樋門設備 遠隔監視操作システム

高橋亨輔 高橋美帆

Remote Supervisory Control System for Drainage Facilities in Maruyama-River Water System

By Kosuke Takahashi and Miho Takahashi

Maruyama-River is located in North Hyogo. We updated the remote supervisory control system for drainage facilities in Maruyama-River water system which “MLIT Kinki Regional Development Bureau, Toyooka Office of River and National Highways” has managed.

This paper introduces the outline of the remote supervisory control system for drainage pumps and sluice gates.

1. はじめに

2004年10月に発生した台風23号関連の河川激甚災害対策特別緊急事業の一環として、国土交通省 近畿地方

整備局 豊岡河川国道事務所（以降、「事務所」と略す）が管轄している円山川水系に点在する排水機場のうち、2009～2012年3月の間に豊岡、城崎および八代排水

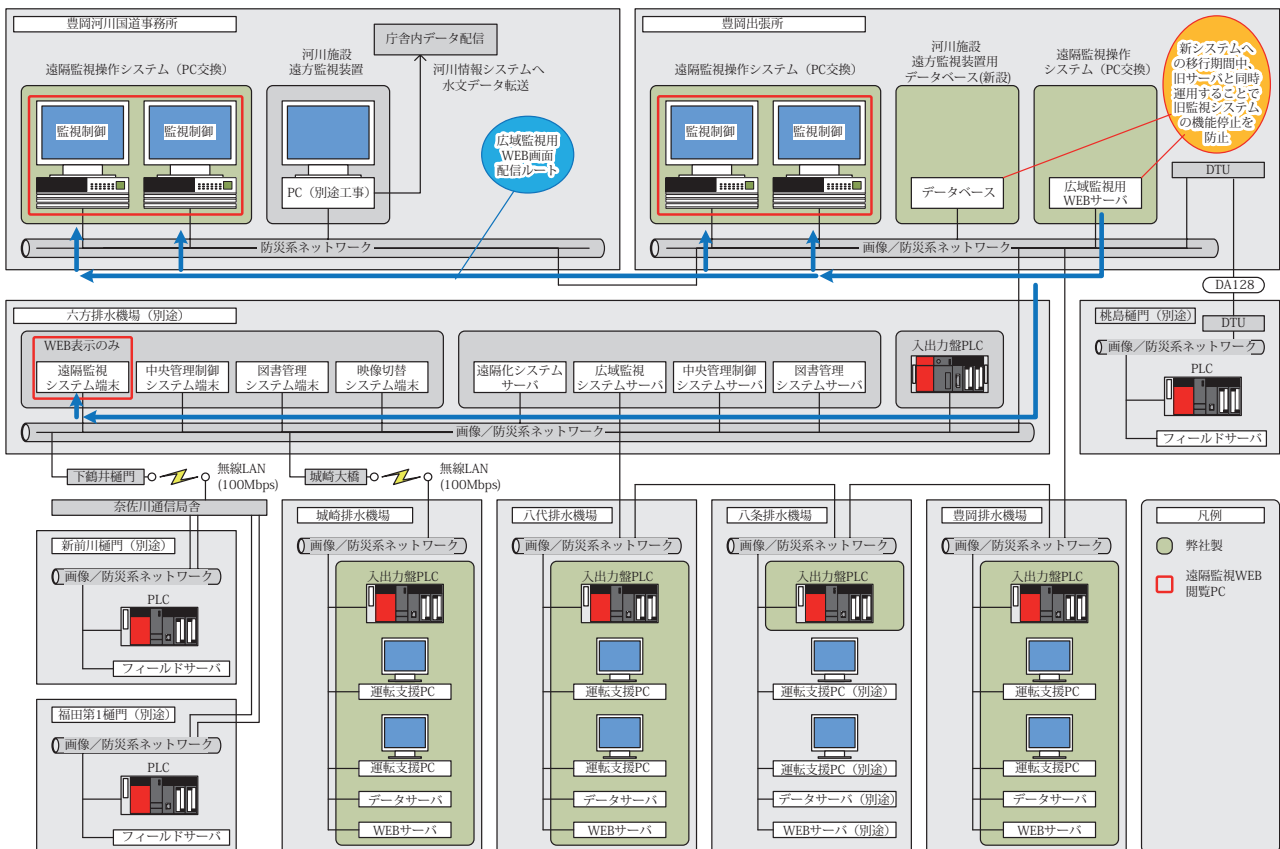


図1 遠隔監視操作システムのシステム構成

Fig. 1 Constitution of the remote supervisory control system

機場の排水ポンプが増強され、事務所および豊岡出張所（以降、「出張所」と略す）内に設置している後方支援機能付遠隔監視操作システムおよび前記3排水機場の運転支援システムについても更新を行った。ここでは遠隔監視操作システムについて紹介する。

2. システム構成および機能概要

本遠隔監視操作システムは図1で示すとおり、八代、八条、豊岡、六方ならびに城崎の排水機場5ヶ所および福田第一、新前川ならびに桃島の樋門3ヶ所（桃島のみポンプゲート）を遠隔監視操作対象としている。

出張所および事務所内のクライアントPCには、遠隔制御専用アプリがインストールされていて、各子局側のPLC (Programmable Logic Controller) と直接MCプロトコルで通信することで、各設備機器への制御を実現している。

図1の赤枠で示したPCから、出張所内の広域監視用WEBサーバ、各排水機場のWEBサーバおよび各樋門のフィールドサーバが配信するWEB画面へアクセスすることで、状態監視を行うことが可能である。

本遠隔監視操作システムが有する機能は、表1のとおりである。

また、始動停止タイミングおよび故障発生イベント通知には、テキストメッセージ（イベント発生時に各子局PCが広域監視用WEBサーバに対してテキスト形式のメッセージ伝文を送信する）方法を採用している。

表1 遠隔監視操作システムの機能一覧

Table 1 Functional overview of the remote supervisory control system

機能	内容
広域監視 (出張所WEB)	管内流域図を表示し、監視対象機場の概要監視を行う。
流域監視 (出張所WEB)	流域図を表示し、監視対象機場の状態を表示する。
タイミング表示 (出張所WEB)	監視対象機場の始動停止のタイミングを表示する。
故障表示 (出張所WEB)	監視対象機場にて発生中の故障をメッセージ表示する。
遠隔制御 (専用アプリ)	遠隔操作対象機場の主ポンプ、ゲート、除塵機、自家発電設備について、初動対応として、遠隔より運転/停止、開/閉/停止を行うことが可能。
その他 (各子局側WEB)	各排水機場および樋門の個別詳細情報（運転操作ガイダンス、グラフ表示、故障診断および帳票作成機能）は、現場側設置のWEBサーバにアクセスすることで、ブラウザ監視により実現している。

3. 本システムの施工概要

今回の工事では、事務所および出張所に設置されている遠隔監視システムの既設筐体は流用し、PCなどの消耗電子部品一式を交換している。

また、新システムへの移行期間中（約3週間）、旧システムの広域監視用WEBサーバとデータベースサーバを新システムのサーバと同時運用させることにより、遠隔監視操作システムの機能停止を防ぎ、無事に更新作業を終了している。



図2 遠隔監視操作システム（豊岡出張所内）

Fig.2 View of the remote supervisory control system in Toyooka Branch Office

4. おわりに

以上、円山川水系排水機場・樋門設備 遠隔監視システムの概要について紹介した。

最後に、本設備の施工にあたり、国土交通省 近畿地方整備局 豊岡河川国道事務所殿、関連工事業者殿を始めとする関係者の方々より、さまざまご指導、ご協力を賜りましたこと、厚く御礼申し上げます。

<筆者紹介>

高橋亨輔：1995年入社。広域管理システムおよび電気計装制御装置の設計に従事。現在、プラント建設部 電装システム設計グループ 主事補。

高橋美帆：1998年入社。広域管理システムおよび電気計装制御装置の設計に従事。現在、プラント建設部 電装システム設計グループ。

東京都下水道局 小菅水再生センター 送風機設備

中山 淳 中町友則

Blowers for Kosuge Water Reclamation Center of Bureau of Sewerage Tokyo Metropolitan Government

By Jun Nakayama and Tomonori Nakamachi

Kosuge Water Reclamation Center is located in Northern area of Tokyo, and the center has treated sewage in district of Katsushika-ku and a part of Adachi-ku. A lot of blowers are installed here. The optimal design of the arrangement in apparatus of a blower main part, force feed equipment, an electric motor, etc. was performed, and “AM-Turbo” which realized miniaturization of installation area as it is efficient was produced commercially. This reports on the outline of this water Reclamation Center as follows.

1. はじめに

小菅水再生センターは荒川と綾瀬川が近接する地点に位置し、綾瀬川を挟んで東西二つの施設からなっている。

処理した水は荒川および綾瀬川に放流、もしくは一部は砂ろ過してセンター内で機械の洗浄・冷却やトイレ用水などに使用するほか、水処理施設（沈殿池・雨天時貯留池・反応槽）の上部を利用した美しい花の咲き乱れる公園の樹木への散水にも使用している。

下記に当水再生センターに設置された送風機設備の概要を紹介する。

2. 機場の概要

今回、当センターに送風機設備の老朽化に伴う再構築工事として、送風機4台、弁類送気管一式、空気ろ過器一式を製作・設置した。

更新した送風機は、東京都下水道局管内で初めて鋼板

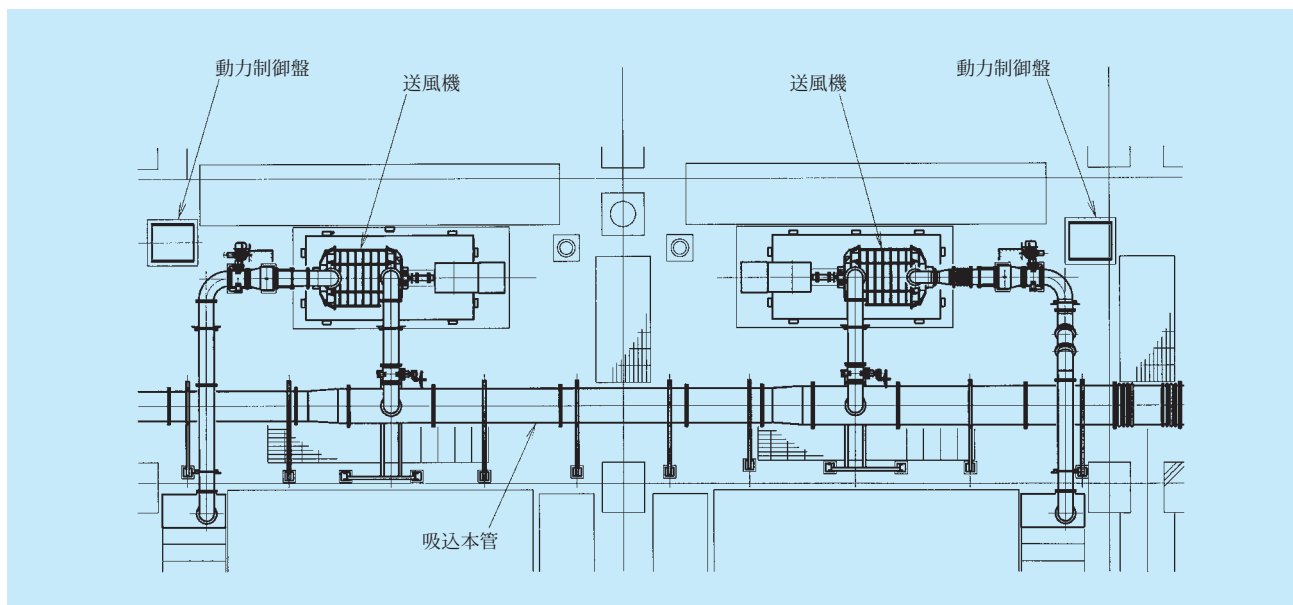


図1 プロワ据付平面図

Fig.1 Plane view of blowers

製多段ブロワを納入し、当社における官公庁向け鋼板製多段ターボブロワの最大容量となった。

本計画は、雨天時貯留池の上部にブロワ設備を設置するため、補機スペースの制約と床荷重10 kN/m²の制約があった。

そのため従来の選定であれば、鋳鉄製ケーシング、すべり軸受、強制給油装置付の構成仕様となるが、今回の制約条件を満足させるために、補機の簡略化とブロワを軽量化した「AM-Turbo (Advanced Multi-Turbo)」を採用した。

3. ブロワ

3-1 ブロワ仕様

主機であるブロワの仕様を表1に、外観を図2に示す。

表1 ブロワ仕様
Table 1 Blower specifications

形 式	鋼板製多段ターボブロワ
吸込/吐出し口径	300/250 mm
風 量	120 m ³ /min
昇 圧	70.5 kPa
取 扱 気 体	空気
電 動 機 出 力	230 kW
台 数	4台



図2 送風機外観
Fig.2 View of blower

3-2 ブロワの特徴

ブロワ軽量化と補機の簡略化についての詳細を以下に示す。

(1) ブロワロータ

インペラを軽量化するために、材質の見直しを実施し、アルミ合金製とした(図3)。インペラ軽量化に伴い、シャ



図3 ブロワロータ
Fig.3 Blower rotor

フトおよび軸受のダウンサイジングも可能となった。

さらに、省エネルギーのニーズに応えるべくブロワ本体の最適設計を行った結果、高効率化を実現した。

(2) 鋼板製ケーシング

本ブロワのケーシングには、鋼板製輪切り構造を採用し、従来の鋳鉄製ケーシングと比較して、大幅な軽量化を図った。試運転状況を図4に示す。



図4 社内試運転
Fig.4 Shop test

また、強制給油装置を不要としたことにより、設置面積を約30%削減、メンテナンスコストの低減、機器の軽量化および省エネルギーに貢献している。

(3) 空冷式ころがり軸受ユニット

従来仕様ではすべり軸受が選択されるが、軽量化によりころがり軸受の採用が可能となり、強制給油装置を不要とした。また、軸受冷却には強制空冷方式を採用し、ユーティリティ(冷却水)を不要とした(図5)。ころ



図5 空冷式ころがり軸受ユニット外観
Fig.5 Outline of anti friction bearing unit

がり軸受を使用するにあたり、工場および現地試験で軸受温度などが良好であることを確認した。

4. 動力制御盤

動力制御盤は、送風機の電源回路・制御回路および警報設定器などを収納し、現場でのブロワ運転操作、計器表示ならびに現場接点などの信号を上位制御装置と授受できる盤として設置した。

5. エアフィルタ

エアフィルタは、新しいブロワ棟の建築するスペースや費用などを考慮し、主機同様に雨天時貯留池の上部に設置した。また、エアフィルタ収納箱内には湿式エアフィルタと乾式エアフィルタを収納し、あわせてエンドユーザより低騒音の要求があった消音効果が得られる構造とした。



図6 動力制御盤
Fig.6 View of power operator control panel



図7 エアフィルタ収納箱
Fig.7 View of air filter box

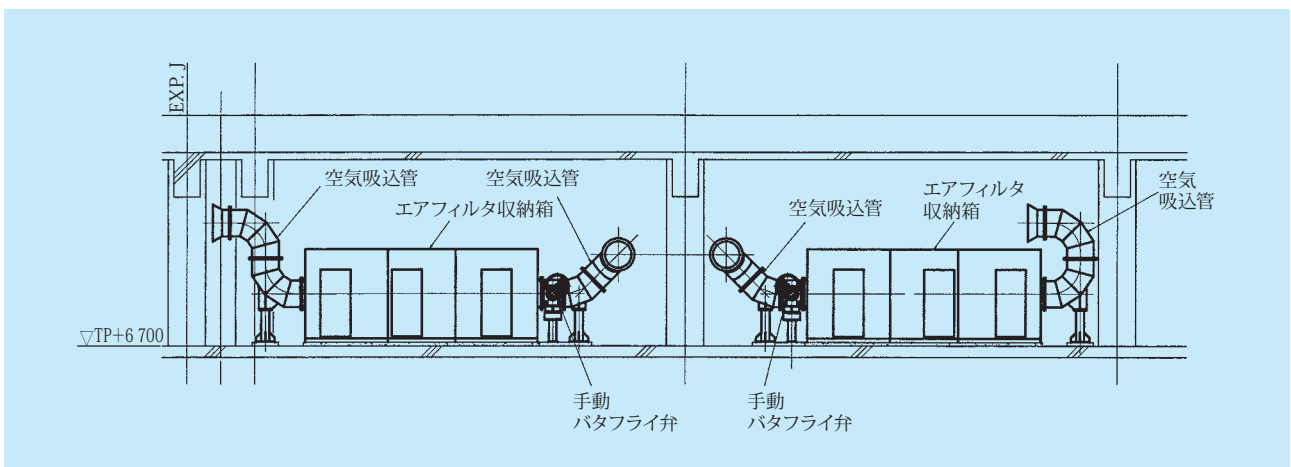


図8 エアフィルタ収納箱据付断面図
Fig.8 Sectional view of air-filter box

6. おわりに

下水処理設備において、風水力機械は欠かせないものであり、省エネルギー、高効率および省スペースの必要性は高い。また一方で、環境対策やシステムの高度化により、送風機の高圧力化と幅広い制御性を求められる傾向にもある。今回、従来の多段ターボブロワに代わる補機無しで高効率・コンパクト化を実現した「AM-Turbo」を紹介した。今後も地球温暖化対策に貢献できるように、環境に配慮した設備を提供していく所存である。

おわりに、本設備の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の関係各位に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

(1) 東京都下水道局ホームページ

<筆者紹介>

中山 淳：1997年入社。主に、ファン・ブロワの設計業務に従事。
現在、気体機械設計部 ブロワグループ 主事補。
中町友則：2004年入社。送風機設備の計画に従事。現在、社会システム技術部 技術1グループ。



船橋市中山ポンプ場 ポンプ設備

田代 崇

Nakayama Pumping Station for Funabashi City

By Takashi Tashiro

In Nakayama Pumping Station located in Funabashi City of Chiba Prefecture, 3 sets of the drainage pump are installed. The existing pumps were used for more than 40 years and considerably decrepit with it old age. Accordingly, the old pumps were replaced by newly remodeled 1 200 mm discharge diameter from 1 350 mm. In order to reduce the weight of the pump unit, steel plate type casing is used.

1. はじめに

千葉県船橋市本中山地区にある中山ポンプ場には、雨天時排水を行うために、口径1 350 mmの立軸斜流ポンプ3台が設置されている（図1）。このたび、ポンプ設備の老朽化に伴い、口径1 200 mmの立軸斜流ポンプ3台に更新することとなり、2013年3月に据付工事が完

了した。以下にポンプ設備の概要を報告する。

2. 機場の概要

図2に雨水ポンプの据付外観を示す。本ポンプ設備の特徴として、全3台の内2台は先行待機運転形を採用し、

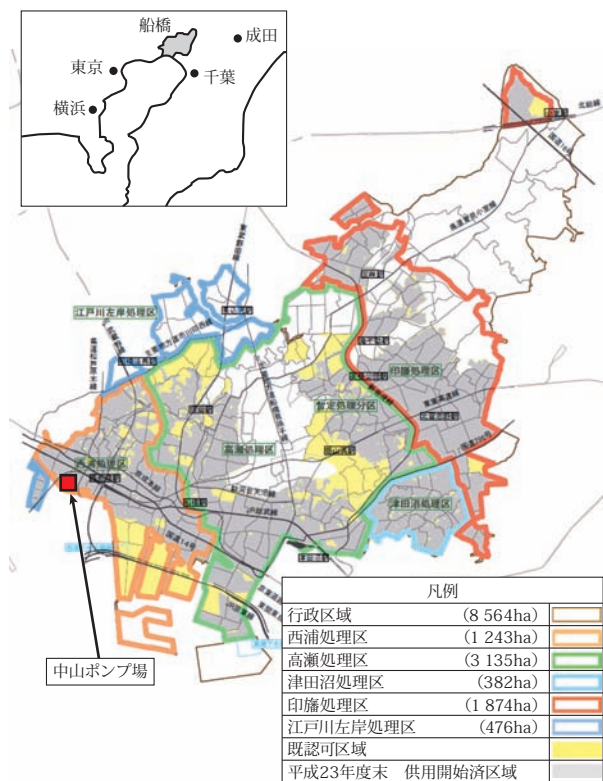


図1 中山ポンプ場位置図

Fig. 1 Location map of Nakayama pumping station



図2 雨水ポンプ据付外観

Fig. 2 View of installed pump

都市形水害に対応した。また、機場へ掛かる荷重の低減対策として、船橋市では初めての鋼板製ケーシングを採用し、さらに高比速度、高流速ポンプとすることで、既設ポンプに比べ小型軽量化を図っている。

3. ポンプ設備

3-1 ポンプの仕様

雨水ポンプの仕様を表1、使用材料を表2に示す。

表1 雨水ポンプ仕様
Table 1 Specifications of pump

用途	雨水ポンプ
形式	立軸斜流ポンプ (1床式)
台数	3台 (内2台は無注水先行待機形)
口径	1 200 mm
全揚程	3.8 m
吐出し量	246 m ³ /min
出力	230 kW
液質	雨水

表2 雨水ポンプ使用材料
Table 2 Material of pump

部品名	材料
吸込ベル	SS400
吐出しボウル	SS400
揚水管	SS400
吐出しエルボ (駆動機台一体型)	SS400
インペラ	SCS10
ケーシングライナ	SCS10
主軸	SUS420J2

3-2 ポンプの構造と特徴

図3に雨水ポンプの外観図、図4に雨水ポンプ外観を示す。ポンプの特徴は、次のとおりである。

ポンプ形式は一床式の立軸斜流ポンプを採用し、遊星歯車減速機を介した巻線形三相誘導電動機にて駆動している。

高比速度・高流速ポンプを採用しており、既設のポンプ口径1 350 mmに対し、今回のポンプ口径1 200 mmとなり、ポンプ質量の低減を図っている。

通常、雨水排水ポンプのケーシング材料は鋳鉄製 (FC250) が一般的であるが、ポンプ質量の低減のため、鋼板製 (SS400) を採用している。

吐出しエルボ、つり下げ管、駆動機台を一体形とし、質量の低減を図っている。

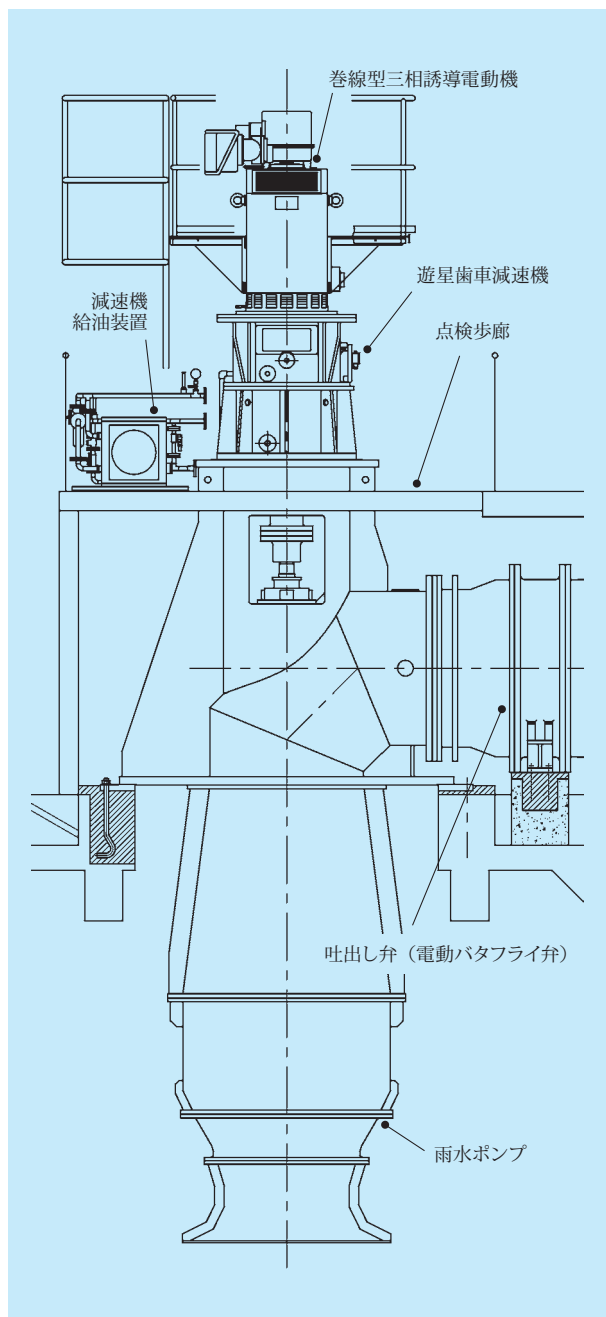


図3 雨水ポンプ外観図

Fig. 3 Outline drawing of pump

ポンプスラストを減速機支持とすることにより、ポンプ床上高さを低くし、質量の低減を図っている。

減速機および電動機の点検歩廊は、2階から直接アクセスする構造とし、メンテナンス性の向上を図っている。

インペラおよびケーシングライナ材料は、耐食、耐摩耗性に優れた二相ステンレス鋳鋼 (SCS10) を採用し、耐久性を向上している。

軸封装置には、無注水で非接触型のラビリンスシールを採用し、耐久性を向上している。



図4 雨水ポンプ外観
Fig.4 View of pump

4. おわりに

以上、中山ポンプ場向け雨水ポンプの概要を説明した。今回、機場へ掛かる荷重の低減のため、様々な対策を実施し、一定の効果が得られた。これから、今回の様なポンプ更新工事が多くなることが予想される。今後ともお客様の様々なニーズに応える製品を提供する所存である。

おわりに、本設備の施工に当りご指導頂いております船橋市建設局ならびに関係の皆様へ厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

(1) 船橋市 ホームページ <http://www.city.funabashi.chiba.jp>

<筆者紹介>

田代 崇：2004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グループ

ここで活躍しています

— 2012年 製品紹介 —

1. ポンプ

1-1 青森県上北地域県民局 上野取水ポンプ場

(1) 概要

本機場は青森県上北郡東北町大浦地区に位置し、七戸川の河川改修に伴う農業施設機械として設置され、今年度5月から運用が開始された(図1)。

(2) 特徴

- ① ポンプの構造は水中軸受にグリス潤滑方式、軸封部はラビリンスによる無注水方式である。
- ② 補機の構成は、25mm真空ポンプ2台と人力給水による240Lの真空ポンプ用の補水槽とシンプルである。
- ③ 関連工事ではあるが、取水堰として可動式のゴム堰が設置された。

(3) 仕様

口径500mm横軸斜流ポンプ×2台

29.97 m³/min×3.9 m×30 kW×456 min⁻¹



図1 ポンプ設置状況

1-2 神戸市建設局 新南駒栄ポンプ場

(1) 概要

神戸の街は、坂が多く、昔から水路が発達していたため、古い水路を新しくしたり、大きくしたりして雨水幹線の整備を行っている。近年の都市化の影響もあり、一気に雨水が流れ込み、浸水に対する危険性が高くなって

いる。当ポンプ場は、神戸市長田南部地区の雨水を長田港へ放水するために建設された機場であり、2013年3月にポンプ5台を納入した(図2、図3)。

(2) 特徴

雨水ポンプの軸受は、注水式水中ゴム軸受を採用している。注水には隣接する西部処理場の処理水を使うため、非常にエコノミーである。また、3、4号ポンプには先行待機形を採用している。

(3) 仕様

No.1、2号ポンプ

口径500mm立軸斜流ポンプ×2台(電動機駆動)

24 m³/min×15.5 m×90 kW×1 180 min⁻¹

No.3、4号ポンプ



図2 原動機室全景



図3 ポンプ設置状況

口径1 650 mm先行待機形立軸斜流ポンプ×2台（ガスタービン駆動）

$360 \text{ m}^3/\text{min} \times 15.5 \text{ m} \times 1\,300 \text{ kW} \times 300 \text{ min}^{-1}$

No.5号ポンプ

口径1 650 mm立軸斜流ポンプ×1台（ガスタービン駆動）

$360 \text{ m}^3/\text{min} \times 15.5 \text{ m} \times 1\,300 \text{ kW} \times 300 \text{ min}^{-1}$

1-3 広島県土木局 港湾漁港整備課 沢ポンプ場

(1) 概要

本機場は、沢ポンプ場のポンプ設備の更新計画に基づき、排水機器（No.2号機）の製作、輸送および据付（既設機器の撤去）を行い、2013年3月に完成した（図4）。

工事の概要は、口径500 mm立軸斜流ポンプ（Ⅱ型）1台、補助機械類1式および電気設備（改造）1式である。

(2) 特徴

水中軸受はセラミックス軸受とし、軸封装置に無注水シールを用い外部注水を不要とした。

吐出し管部にバイパス配管を2箇所設置したことにより、約10分間の管理運転を行うことができる。

(3) 仕様

No.2号排水ポンプ

口径500 mm立軸斜流ポンプ（Ⅱ型）（ディーゼル機関駆動）×1台

$0.65 \text{ m}^3/\text{min} \times 4.4 \text{ m} \times 48 \text{ kW} \times 630 \text{ min}^{-1}$



図4 ポンプ設置状況

1-4 徳島県つるぎ町 大須賀ポンプ場雨水排水ポンプ設備

(1) 概要

つるぎ町は徳島県西部の吉野川沿いに位置し、2005

年3月1日に3町村（旧貞光町・旧半田町・旧一字村）が合併してできた人口約10 500人の町である。本ポンプ場は町役場の近くにあり、貞光川左岸堤防の完成によって排水不能となる地域の市街化発展の疎害、浸水による物的被害の防除の対策として、貞光川左岸に設けられた施設であり、2013年3月にNo.2雨水ポンプ設備を増設した（図5）。

(2) 特徴

本機場の雨水排水ポンプにはスクリーポンプが採用されており、ポンプはスクリー軸長さが約18 mで、据付角度30°にて設置されている。

(3) 仕様

口径2 900 mmスクリーポンプ×1台（ディーゼル機関駆動）

$176.4 \text{ m}^3/\text{min} \times 7.6 \text{ m} \times 350 \text{ kW} \times 26 \text{ min}^{-1}$



図5 ポンプ場全景

1-5 東京都下水道局 業平橋ポンプ所

(1) 概要

業平橋ポンプ所は墨田区に設置されている無人の雨水ポンプ所であり、2013年3月までは両国ポンプ所にて管理されていたが、2013年4月からは木場ポンプ所での遠方制御にて運用されている。

雨水ポンプの設置台数は全4台で、老朽化した雨水ポンプ3号設備の機能向上を図る目的で2013年3月に本工事（再構築工事）を竣工した（図6）。

(2) 特徴

ポンプの特徴としては、従来の水中軸受に対して優れた耐磨耗性を有するWCセラミックス軸受を採用した無注水タイプの先行待機（全速）形電動機直結立軸斜流ポ



ンプである。

2011年3月に納入した芝浦ポンプ所竹芝系ポンプ雨水ポンプ1号・2号と同口径で、このタイプのポンプとしては最大口径の納入実績となった。

また、2012年5月22日に開業した東京スカイツリーが徒歩5分圏内にあることも本ポンプ所の特徴である。

(3) 仕様

口径1 650 mm先行待機（全速）形電動機直結立軸斜流ポンプ×1台（電動機駆動）

385 m³/min×9 m×790 kW×265 min⁻¹



図6 ポンプ設置状況

③ 今回の整備を機会に、ポンプが納入以来未整備であった、主軸、インペラなど回転体一式を更新した。

④ ポンプ軸封水部および真空ポンプの補水槽の給水は、従来原水取水を利用していたが水質が悪いため水道水に変更した。

(3) 仕様

No.2号排水ポンプ

口径500 mm立軸斜流ポンプ（Ⅱ型）（ディーゼル機関駆動）×1台

0.65 m³/min×4.4 m×48 kW×630 min⁻¹



図7 ポンプ復旧状況

1-6 福島県相双農林事務所 芹谷地排水機場

(1) 概要

本機場のある福島県相馬市芹谷地地区は太平洋から約1 km内陸に位置するが、先の震災で同地区は壊滅的な被害を受け256名の方々が犠牲となった。周辺にあった住宅が全て流出しポンプ場しか残っておらず、風景が一変してしまった。

しかし、地域の復旧のためには排水機場の機能回復が必須であり、震災発生の2011年8月には発電機による2号機および3号機を手動による応急復旧を行い、今回、全台数が連動運転可能となる恒久復旧を行った（図7、図8）。

(2) 特徴

① 地盤沈下を考慮し、ポンプ全揚程を0.3 mアップした。

② 応急復旧では各補機1台による手動運転であったが、補機の予備機を設置し電動機、減速機、盤、発電機および水位計の更新を行った。



図8 ポンプ復旧状況

1-7 中東（クウェート）向けVLポンプ

(1) 概要

1985年にクウェートの石油会社に納入したインラインポンプ2機種について、今回2機種2台の交換案件を



受注し、2012年8月に納入した。

1985年に2機種各4台納入した既設ポンプは問題なく運転されていたが、納入後25年超を経過し、今回各種共、4台中1台ずつの交換となった。

発注時において、顧客スタッフのみで交換作業を実施するため、既設品と寸分違わないようにとの要求を受けた。しかし、既設納入から既に25年以上を経過しており、特にモータについては、既設製作メーカーから現在同モデルは製作していないということであったが、特別設計の同等品で対応することとなった。端子箱の位置やケーブルの長さを既設と合わせることに非常に労を要した。

今回納入したポンプは、今後も残り各3台を順次交換予定である旨伺っている。

(2) 特徴

本機は立軸 (VL) 型のインラインプロセスポンプで軸封部にメカニカルシールを装着した立軸片吸込単段の高温・高圧対応ポンプである。

(3) 仕様

口径6×6inch VL インラインポンプ×1台 (電動機駆動)

760 US gpm×326ft×121.1hp×2 972 min⁻¹ (図9)

口径2×3inch VL インラインポンプ×1台 (電動機駆動)

201 US gpm×241ft×15.4hp×2 957 min⁻¹ (図10)



図9 6×6inch インラインポンプ外観



図10 2×3inch インラインポンプ外観

1-8 LNT/GSPC PLQP プラットフォーム

(1) 概要

Larsen&Turbro社はインド最大手の建設会社のひとつで今回のプロジェクトのEPCを受注した。

最終顧客のGujarat State Petroleum Corporation (GSPC) はインド国・グジャラート州政府が約95%の株式を保有しており、唯一の州政府が所有するオイル/ガス会社である。本ポンプ設備を納入したGSPC-PLQPプラットフォームは、ビシャカパトナム沖25~30 kmに位置する海上型石油掘削オフショア・プラットフォームで、GSPCが開発する初の海上プラットフォームである。今回、当社はSea Water Pumpなど全31台を一括納入した。

(2) 特徴

Sea Water PumpおよびUtility Water Pumpはスーパー二相ステンレス (S32760およびASTM A890 6A) を採用した。

プランジャポンプは、ポンプ吸込・吐出し両側にアキュムレータを設置し、圧力脈動低減対策を施している。

(3) 仕様

- 口径50×40 mm Cooling Water Circulation Pump × 2台
25 m³/h×72 m×15 kW×3 000 min⁻¹
- 口径100×100 mm Hot Oil Circulation Pump× 2台
113 m³/h×74 m×37 kW×3 000 min⁻¹
- 口径350×250 mm Coolant Circulation Pump× 3台
1 210 m³/h×37 m×170 kW×1 500 min⁻¹
- 口径80×50 mm Intermediate HP KOD Pump× 2台
25 m³/h×32 m×7.5 kW×1 500 min⁻¹
- 口径80×50 mm Potable Water Pump× 2台



- 35 m³/h×120 m×37 kW×3 000 min⁻¹
- 口径40×25 mm Lean Glycol Booster Pump×4台
6.7 m³/h×55 m×7.5 kW×3 000 min⁻¹
- 口径2-1/8×4inch Skimmer Condensate Pump×2台
10 m³/h×143.64 kg/cm²G×55 kW×1 450 min⁻¹
- 口径2-5/8×5inch Condensate Pump×3台
18 m³/h×139.6 kg/cm²G×75 kW×1 480 min⁻¹
- 口径50×50 mm Skimmer Condensate Booster Pump×2台
10 m³/h×18 m×3.7 kW×1 500 min⁻¹
- 口径3inch Utility Water Pump×2台
56 m³/h×140 m×45 kW×3 000 min⁻¹
- 口径450 mm Sea Water Lift Pump×3台
2 052 m³/h×87 m×700 kW×1 500 min⁻¹ (図11)
- 口径1-5/8×3inch Lean Glycol Circulation Pump×4台
5.1 m³/h×1 302 m×30 kW×296 min⁻¹



図11 海水ポンプ

1-9 千代田化工建設株式会社
国際石油開発帝石株式会社
直江津LNG受入基地向け海水ポンプ

(1) 概要

LNG基地の気化器設備に使用される気化器海水ポンプ、災害時に設置される防消火海水ポンプ、徐塵用設備のためのスクリーン洗浄ポンプのほか、海水電解用送水ポンプを駆動機共に納入した (図12、図13、図14)。

(2) 特徴

液質が海水のため、ケーシング、インペラ、シャフト共316系ステンレスとし、海水耐腐食性を向上させている。防消火海水ポンプは駆動機として電動機のほかに、

電源が断たれた非常時の運転のために、ディーゼルエンジンを設置した2軸駆動となっている。

(3) 仕様

◇気化器海水ポンプ

口径700 mm立軸斜流ポンプ×3台 (電動機駆動)
4 400 m³/h×31 m×500 kW×1 000 min⁻¹ (図12)
液質：海水

◇防消火海水ポンプ (図13、図14)

口径600 mm立軸斜流ポンプ×2台 (電動機+ディーゼルエンジン駆動)



図12 気化器海水ポンプ



図13 防消火海水ポンプ





図14 消防火海水ポンプ据付状況

3 600 m³/h×105 m×1 480 kW×1 000 min⁻¹

液質：海水

◇スクリーン洗浄ポンプ

口径200 mm立軸斜流ポンプ× 2台（電動機駆動）

330 m³/h×52 m×75 kW×1 500 min⁻¹

液質：海水

◇海水電解用送水ポンプ

口径100 mm立軸片吸込多段渦巻ポンプ× 2台（電動機駆動）

75 m³/h×53 m×22 kW×1 500 min⁻¹

液質：海水

1-10 MODEC OSX 3 FPSO向け海水取水ポンプ

(1) 概要

OSX社向けOSX-3 FPSOは、ブラジル沖カンポス海盆 Waikiki Pero Inga（ワイキキペロ・インガ）油田開発に用いられる。本プロジェクトは中古VLCCタンカーをFPSOに改造するもので、改造後のFPSOは日量10万バレルの原油生産能力、日量15万バレルの水処理・圧入能力および約130万バレルの原油貯蔵能力を持ち、合計約60メガワットの発電機を搭載し、水深約110 mの海上に係留される。本海水取水ポンプは上記設備全体の機器冷却を取水するための用途に使用される。

(2) 特徴

FPSO船内の最下部に設置されるポンプでスペースの制限から立軸両吸込渦巻ポンプ(VDF Type)を採用した。

ポンプの上にMotorを据えつけることができることから限られたスペースにポンプを設置するためコンパクトな設計とした。材質は耐食性を考慮して回転体、ケーシング共二相ステンレスを使用している（図15）。



図15 ポンプ性能試験状況

(3) 仕様

口径500 mm×300 mm立軸両吸込ポンプ× 3台

2 250 m³/h×110 m×950 kW×1 200 min⁻¹

2. 送風機

2-1 川崎重工業株式会社 近畿地方整備局

国道事務所 畑トンネル・八鹿トンネル

(1) 概要

北近畿豊岡自動車道は、黒豆、兵庫県の県鳥コウノトリ、松葉カニ、鉢伏山スキー場で有名な但馬と丹波地域を結び、京阪神ともつながる全長約70 kmの高規格幹線道路である。丹波の人々の期待を担って今、工事が進行中である。

和田山八鹿道路は、その区間内にあり全長約13.7 kmである。平成24年11月24日に開通し、養父市にある八鹿水上ICまで繋がっている。

和田山八鹿道路は、畑、八鹿の2トンネルに換気設備を設けている。

(2) 特徴

換気設備にはジェットファンが設置されている。傾向管理にて、高率的な維持管理を実施するために、当社の

故障診断設備を納入した (図16)。

(3) 仕様

畑トンネル用故障診断装置

センサ×ジェットファン3台分、伝送盤×1式、計測盤×1式

八鹿トンネル用故障診断装置

センサ×ジェットファン6台分、伝送盤×1式、計測盤×1式



図16 センサ取付図

2-2 九州地方整備局 延岡河川国道事務所
宇和田トンネル・祝子トンネル

(1) 概要

国道10号延岡道路は、並行する国道10号の交通混雑を解消するなど、バイパス機能を持つ規格の高い自動車専用道路として計画された道路であり、この路線は延岡市北川町長井を起点とし既に自動車専用道路として供用している延岡南道路に接続し、宮崎県北地域の骨格を成す道路となり、産業や経済の発展・文化交流など地域開発の促進、地域の活性化を支援し、また将来的には東九州自動車道、九州横断自動車道延岡線と一体となって、高速交通ネットワークを形成する重要な道路である。このたびその路線上に計画された宇和田トンネル1 504 m・祝子トンネル1 925 mの二つのトンネルに換気設備としてジェットファンが各3台ずつ設置された (図17)。

(2) 特徴

吐出し風速35 m/sの高風速型ジェットファンで羽根車は高効率形を採用しており、外装板ならびにケーシングがステンレス製で耐食性に優れた構造である。

(3) 仕様

祝子トンネル 口径1 250 mmジェットファン (高風速型) × 3台

43 m³/s×35 m/s×50 kW×1 200 min⁻¹ (同期)

宇和田トンネル 口径1 030 mmジェットファン (高風速型) × 3台

29 m³/s×35 m/s×33 kW×1 800 min⁻¹ (同期)



図17 ジェットファン設置状況

2-3 三菱重工業株式会社 TAF PROJECT

(1) 概要

タタルスタン共和国向け大規模肥料プラント用の送風機、ブロワ、ポンプを三菱重工業株式会社殿経由にて納入した。プラント概要はアンモニア/メタノール併産の尿素肥料プラントである。

(2) 特徴

納入場所がロシア/タタルスタン共和国のため、最低気温が-47度となる。特に屋外設置のファンについては、寒冷地対策として主要材質をステンレスまたは低温鋼とし、ダンパー用空気操作器に保温箱を設置した。

(3) 仕様

◇GRANULATOR SCRUBBER EXHAUST FAN

#16 FAOP-CNM-SNON×1台

6 619 m³/min×630 mmAq×990 kW×1 000 min⁻¹

気体: Humid Air

◇FIRST COOLER FLUIDIZATION AIR FAN

#14 FAOP-CNM-VNOG×1台

3 233 m³/min×450 mmAq×380 kW×1 000 min⁻¹

気体: Humid Air

◇FINAL COOLER FLUIDIZATION AIR FAN

#9 FAOP-CNM-VNOG× 1 台

1 906 m³/min×520 mmAq×240 kW×1 000 min⁻¹

気体：Humid Air

◇COOLER SCRUBBER EXHAUST FAN

#14 FAOP-CNM-SNOG× 1 台

5 718 m³/min×380 mmAq×630 kW×1 000 min⁻¹

気体：Humid Air

◇RECIRCULATION BLOWER

口径250/250 BT8P-CNM-SNON× 1 台

73 m³/min×8 300 mmAq×180 kW×3 000 min⁻¹

気体：Air + Recycle Gas

◇COOLING WATER PUMP FOR NH₃ & UTILITY PLANT

48×40inch DF-S-GT× 1 台 (図18)

12 500 m³/h×40 m×1 750 kW×590 min⁻¹

流体：Cooling Water



図18 Cooling water pump

東京ガス株式会社殿 日立LNG基地向けポンプ受注

このたび、東京ガス・エンジニアリング株式会社殿より、東京ガス株式会社殿 日立LNG基地向け気化器海水ポンプおよび消火海水ポンプ計5台を受注した。

LNG設備の主要機器となる気化器海水ポンプは、LNGをガス化する熱交換器の外面に、熱源となる海水を送水する用途として使用される。

また、消火海水ポンプの用途としては火災などの災害時に海水を利用して対策を行うものである。

これらのポンプと駆動機および据付工事1式を受注した。

今回の採用にあたっては、海水ポンプのLCC（ライフサイクルコスト）を評価され採用頂いた。

ポンプ仕様を、表1に示す。

日立LNG基地は、茨城県日立市茨城港日立港区内（図1参照）に位置し、主要設備としては、LNGタンク（23万kL×1基）、LPGタンク（5万kL×1基）、製造施設（LNG気化設備×3基）ローリ出荷設備、大型栈橋（外航LNG船受入設備）となる。

操業開始予定は2015年度となっており、それに向け機器製作、据付工事計画を順調に調整中である。

当社気化器海水ポンプの納入実績としては、電力会社向けを主要顧客として重点をおいた営業活動を行っていたが、今回の受注も含めて、幅広いユーザー層への実績も継続的に増加している。

（文責：朝倉 充）

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	型 式	吐出し量	全揚程	電動機出力	台 数
気化器海水ポンプ	口径650 mm VPFC-M 立軸斜流ポンプ	4 270 t/h	35 m	560 kW	3台
消火海水ポンプ	口径450 mm VPFC-M 立軸斜流ポンプ	1 500 t/h	105 m	630 kW	2台

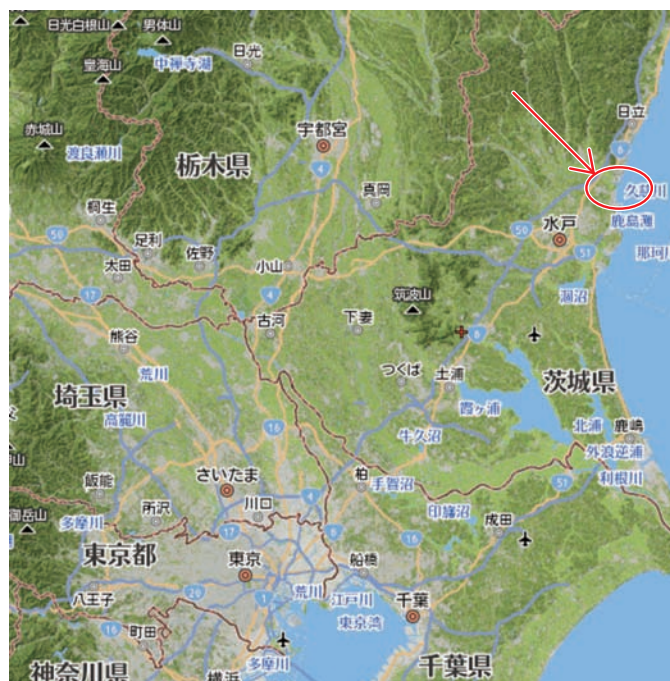


図1 基地建設予定地

ペトロ・ラービグ社向け冷却水ポンプ 22 台受注 (ラービグ第2期計画)

ラービグ・リファイニング・アンド・ペトロケミカル・カンパニー（ペトロ・ラービグ社）は、アラムコと住友化学が各々 50%出資によって設立された合弁会社である。

ラービグ第1期計画にて、当社冷却水ポンプを30台納入済みである。今回はその増設計画であり、第2期計画は既存の設備に加え、新たに確保する30百万立方フィート/日のエタンと、約3百万トン/年のナフサを主原料に、エタンクラッカーの増設や芳香族プラントの新設を通して、付加価値の高いさまざまな石油化学製品を生産し、エチレンの生産能力は既設プラントの30万トン増、160万トンにもなる。

大きく分けて、タンクファーム（U03）とコモニュティリティの2つのパッケージがあり、タンクファーム（U03）とコモニュティリティの一部（U02）はイギリスのエンジニアリング会社：Petrofac、また別のコモニュティリティの一部（CP3&CP4）は韓国のエン

지니어リング会社：GS Engineering & Construction（GS E&C）が受注した。当社は上記2パッケージの冷却水を全ての設備（機器）へ送水する冷却塔冷却水ポンプ（Petrofac：タービン駆動3台、モータ駆動3台 計6台／GS E&C：モータ駆動16台）全22台を受注した。

当社のポンプが止まった場合、全てのプラント設備が停止するだけでは無く製造途中の半製品までも無駄にしまうため、“機器の信頼性” およびプラントの中で一番最初に稼働をして冷却水を設備へ供給するため“納期の厳守”が非常に重要となっている。

近年の原油の高騰を受けて、今後も多数の類似プラントの建設が中東諸国を中心として続くと想定され、今回納入した冷却塔冷却水ポンプのような主要機器の需要が期待できる。今後も、客先へ機器の信頼性・工程管理・技術的支援を継続的に行い、受注に向け積極的な営業活動を続けていきたい。

（文責：野極雄史）



図1 ラービグ1 ペトロケミカルプラント



図2 ラービグの位置

表1 ポンプ仕様

エンジニアリング会社	名称	型式	流量	全揚程	取扱流体	電動機出力	台数
Petrofac	冷却水ポンプ	32"×24" DF-S-M 32"×24" DF-S-GT	6 500 m ³ /h	48.7 m	冷却水	1 150 kW	6
GS E&C	冷却水ポンプ	32"×24" DF-S-M	6 500 m ³ /h	48.7 m	冷却水	1 150 kW	16

東京都下水道局殿

三河島水再生センター向け「浅草系送風機設備再構築工事」受注

三河島水再生センターは大正11年(1922年)に稼動した日本で最初の近代的な下水処理施設である。現在も当センターのシンボルとして残っている赤いレンガ造りの唧筒(ポンプ)室は、設立当初から平成11年に稼動を停止するまでの実に77年間使用され続け、平成19年12月には国の重要文化財(構造物)に指定された。処理区域は荒川・台東区の全部、文京・豊島区の大部分、千代田・新宿・北区の一部(面積:3 936 ha)で、処理した水は隅田川に放流している。

このたび、前号の『電業社機械 Vol.36 No.2 2012』で紹介した『第二浅草系ポンプ室ポンプ設備工事』と同様に、新たに三河島水再生センター内に建設された第二浅草系ポンプ室に納める送風機仕様(表1)に示す送風機の製作・据付工事を受注した。本送風機は機械棟に設置されている既設浅草系送風機設備が老朽化したため、これを再構築するものであり、現在は様々な解析を行い

鋭意設計・製作中である。

今回受注した設備の最大の特徴は、送風機本体の全断熱効率が81%以上であること。これに加え省エネ対策として、個別給油装置の潤滑油を外気で冷却し、冷却水設備を不要とした空冷式オイルクーラを風道に設置する。低圧力損失形逆止弁を設置する。送風機本体および送風機用電動機の潤滑油を高引火点潤滑油とする。更には環境対策として送風機本体および送風機用電動機軸受箱より大気へ放出されるオイルミストに対し、送風機の吐出し圧力を利用してオイルミストを吸引する動力不要のミストセパレータシステム(MSS-α)を納入する予定である。

今後もこうした省エネルギー対策・環境対策を考慮したより良い製品開発・製作に取組み、お客様満足度の向上を第一に、社会貢献・環境貢献に寄与する所存である。

(文責:近藤友明)

表1 送風機仕様

名称	型式	風量	圧力	出力	台数
浅草系送風機	口径550 / 500 mm 電動機直結片吸込多段ターボブロワ	420 m ³ /min	52.2 kPa	470 kW	4台

農林水産省東北農政局殿 大堀排水機場向け 排水ポンプ受注

このたび、農林水産省東北農政局殿大堀排水機場向け排水ポンプ設備3台を受注した。

本排水機場は、北長沼排水路から貞山運河へ排水する施設で、東日本大震災被災後、地盤沈下などで仕様見直しが必要となった旧大堀排水機場の更新を行い、新たに全体計画排水量4.20m³/sを建設するものである。

被災後迅速な設備更新が望まれることから、詳細設計付き物件となっており、自ら詳細設計を実施した後に機器の製作・据付を行うものである(表1、図1)。

今回設備の特徴としては、災害復旧工事ということで

既設の応急復旧機器の流用や、津波被害の教訓を活かした以下4点が挙げられる。

- ① 応急復旧機器の流用(ディーゼルエンジン、盤類、補機類等)
- ② 電気室を2階に設置
- ③ 水冷式エンジンの機付ラジエーター冷却による機場の無水化(真空ポンプ用補水槽を除く)
- ④ 自家発電装置の負荷に常時兼用ポンプを含む

(文責：佐々木雄也)

表1 ポンプ仕様(詳細設計後)

ポンプ名称	型 式	台数	流 量	全揚程	出 力
常時兼用ポンプ	口径600 mm横軸斜流ポンプ	1	0.80 m ³ /s (常時) 0.75 m ³ /s (洪水時)	3.3 m	37 kW
洪水時ポンプ	口径900 mm横軸斜流ポンプ	1	1.63 m ³ /s	3.4 m	77 kW
	口径900 mm横軸斜流ポンプ	1	1.82 m ³ /s	3.5 m	90 kW

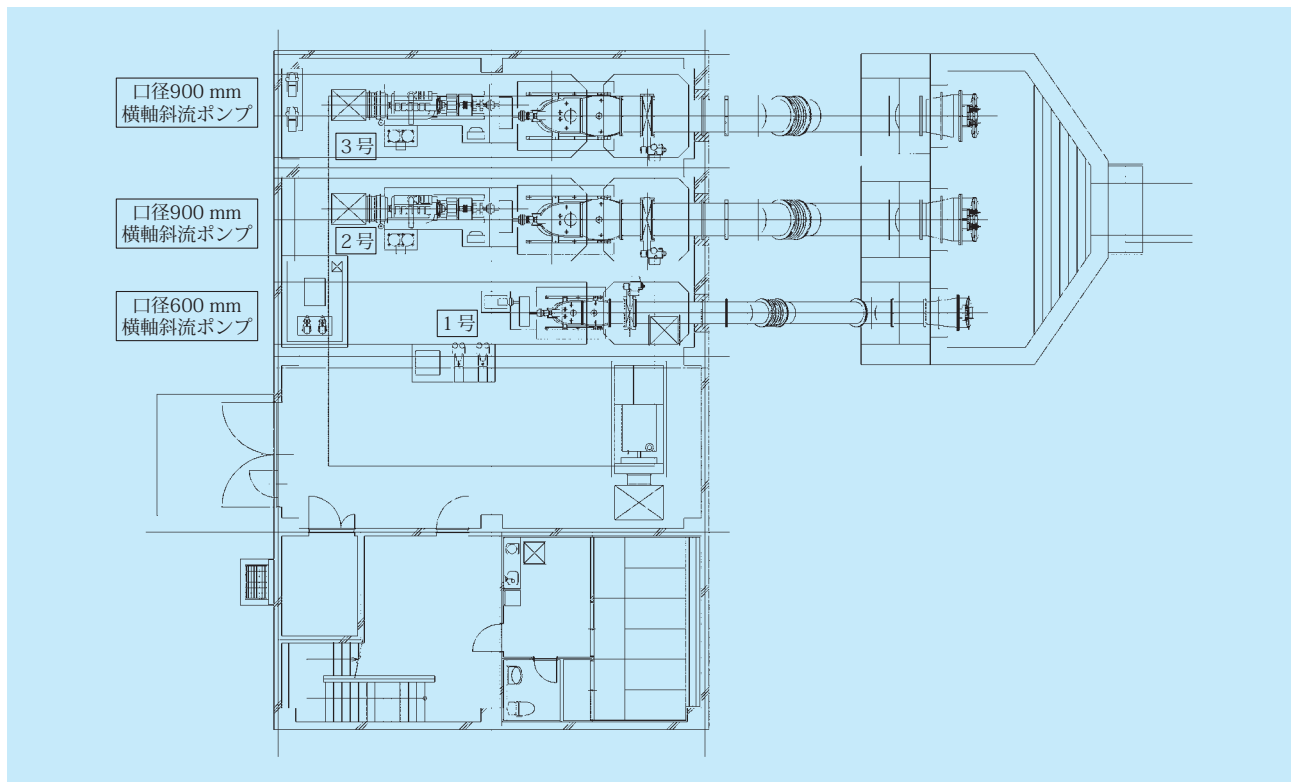


図1 据付平面図

特許と実用新案

「水中ポンプおよび該水中ポンプを用いたゲートポンプ」

特許第5041632号

1. 従来技術の問題点

図1に示す従来の水中斜流ポンプ1は、ハブ2と羽根車羽根3、3…で構成された羽根車4の下流直近に設けられる案内羽根5、5…に異物が引っ掛かり易く、ポンプが閉塞され易いという問題があった。そこで、異物の引っ掛かりを無くすため案内羽根5、5…を省いてしまうと、羽根車羽根3、3…で予旋回流を与えられた水が整流されることがなく吐出しエルボ6に流入し、吐出しエルボ6内での流れが乱れて流路内を効率よく流ることができなくなり、ポンプ効率が低下するという新たな問題が生じる。

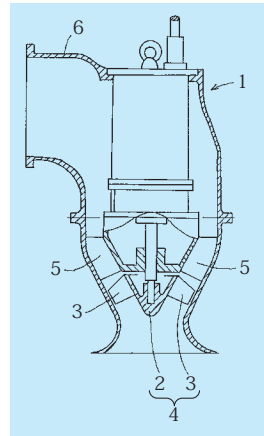


図1

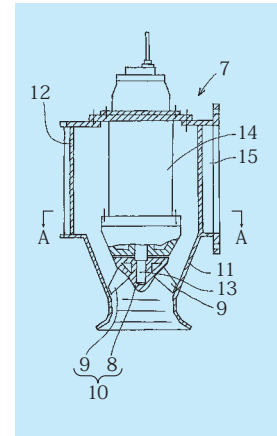


図2

2. 本発明の内容

本発明は従来技術の問題点を解決するためなされたもので、図2、図3（図2のA-A断面図）を参照して説明する。

本発明による水中ポンプ7は、ハブ8と羽根車羽根9、9…で構成される羽根車10と、羽根車10を囲んで配設されたポンプケーシング11と、ポンプケーシング11の下流側に積み重ねられるように連通接続された渦巻ケーシング12と、渦巻ケーシング12の渦巻の中心位置にポンプ軸13の軸心が位置するように固定された水中モータ14とで構成されている。ポンプケーシング11は羽根車10の下流側の流路がテーパ状に拡大されている。渦巻ケーシング12はポンプ軸13と直交する方向に吐出口15が配設されるとともに羽根車10の回転方向と同方向に渦巻が巻回され、水中モータ14の外周壁で渦巻ケーシング12の内側壁が形成されている。また羽根車10の上流側と下流側のいずれにも案内羽根が設けられていない。図4は、水中ポンプ7を用いたゲートポンプの一例である。

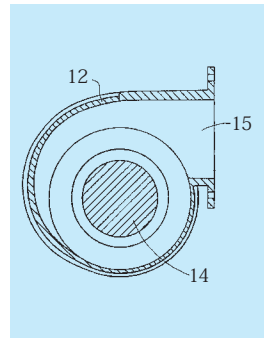


図3

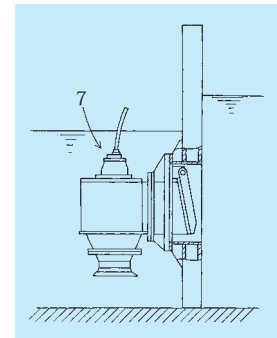


図4

- ① 羽根車の回転でポンプケーシングに流入した水が、速度エネルギーを与えられるとともに予旋回流をもって渦巻ケーシングに流れ、渦巻ケーシング内で流れが乱されずに速度エネルギーが圧力エネルギーに変換されるのでポンプ効率が良い。
- ② 案内羽根が無いので、ポンプが閉塞しにくい。
- ③ ポンプ軸の軸心を渦巻の中心位置にして水中モータを固定することにより、水中モータの外周壁が渦巻ケーシングの内側壁として作用し、ポンプ全体の外形寸法を小さくできる。

（文責：山田正嗣）

3. 本発明の効果

本発明の効果を次に示す。

編集後記

◆この度の巻頭言は、沼津工業高等専門学校教授の西田友久先生に「疲労」という題目でご執筆いただきました。

昔に比べてコストダウンのご要望が高まっておりますが、このようなご要望にお応えするための解決策の一つとして製品の軽量化が進んでおり、エンジニアは金属疲労を強く意識して仕事を進めなくてはならなくなっています。また、ボルト、リベットなどは当社の製品にも数多く使われている機械要素ですので、「フレットング疲労特性」のお話は大変興味深いものでした。何事にもスピードが求められる時代ですが、疲れやストレスを感じた時は適度に休息を取りながら、これらの分野の深い理解が得られるように自己研鑽に励み、当社の製品に反映していく所存です。

ご多忙なご公務の間をぬって、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。

◆「メッシュ再分割機能を利用したターボ機械大規模解析環境の構築」というタイトルで、当社の解析に関する取り組みを紹介しました。神戸に設置された京に代表されるようにスーパーコンピュータの産業利用が活発になっておりますが、解析技術が製品開発の現場で利用されることが当たり前の時代ですのでスキルアップは欠かせません。今後も新製品の開発に、このような新しい技術を取り入れていく所存です。

◆ベトナム北部タインホア省ギソン地区に納入した循環水ポンプについて紹介させていただきました。吐出しボウルを軸流型形状とすることで小型化し、かつ高効率のポンプを実現することができました。今後もお客様のニーズに応えられる製品をご提供させていただき所存です。

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 (大森駅東口ビルディング) TEL 03 (3298) 5115 (代表)・FAX 03 (3298) 5149
関東支店	〒330-0802	さいたま市大宮区宮町2丁目96番1号 (三井生命大宮宮町ビル) TEL 048 (658) 2531・FAX 048 (658) 2533
新潟営業所	〒951-8052	新潟市下大川前通四之町2185番地 TEL 025 (227) 5052・FAX 025 (227) 5053
横浜営業所	〒231-0013	横浜市中区住吉町5丁目64番1号 (石渡ビル) TEL 045 (662) 7415・FAX 045 (662) 4419
沖縄営業所	〒902-0066	沖縄県那覇市字大道55-7番地 TEL 098 (887) 6687・FAX 098 (887) 6688
北海道営業所	〒060-0061	札幌市中央区南1条西10丁目4番地 (南大通ビルアネックス) 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
静岡支店	〒420-0858	静岡市葵区伝馬町9番地の1 (河村ビル) TEL 054 (253) 3701・FAX 054 (253) 4980
名古屋支店	〒460-0008	名古屋市中区栄2丁目4番18号 (岡谷ビル) 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・FAX082 (545) 8581
四国営業所	〒760-0024	高松市兵庫町8番地1 (日本生命高松兵庫町ビル) 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 (JT博多ビル) TEL 092 (409) 3173・FAX 092 (409) 3183
事務所		山口・インド (ムンバイ)・米国 (ヒューストン) 欧州 (アムステルダム)・中国 (大連)
出張所		熊本
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)	〒411-0848	静岡県三島市緑町10番24号 (株)電業社機械製作所内 TEL 055 (975) 8233・FAX 055 (975) 8239
(株)エコアドバンス	〒411-0943	静岡県駿東郡長泉町下土狩20番地の3 (山光ビルA棟403号) TEL 055 (980) 5822・FAX 055 (988) 5222

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 <http://www.dmw.co.jp>

主要製品

各種ポンプ
各種送風機
各種ブロワ
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
自動除塵機
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
広域水管理システム

編集委員

監 修	浅見幸男	
委員長	井戸章雄	
委 員	鯉沼博行	小澤文雄
	永田元彦	石澤勇人
	中川原滋	小山田嘉規
	坂本 浩	上杉浩一郎
	青山匡志	
幹 事	飯田隆二	富松重行
事務局	坂根久美子	田上愛香

電業社機械 第37巻第1号

発 行 日	平成25年7月25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	浅見幸男
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



GREEN
PROPORTION

リサイクルコート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。

