

電業社機械

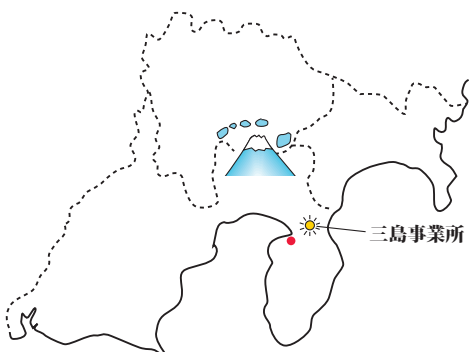
DENGYOSHA KIKAI

Vol.38 No.1 2014

No.74



Open up the future.
～新しい風が未来を切り開く～



表紙説明

沼津市の淡島越しに望む富士山
(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38巻 第1号 通巻第74号 2014

目次

◆巻頭言

水、この不思議なるもの……………長谷川 富 市 1

◆技術報文

オープン型吸込水槽の渦解析……………篠 塚 泰 4

◆技術資料

新型横軸斜流ポンプの開発……………角 晃太郎 8
大 谷 亮 介

◆製品紹介

サウジアラビア向け冷却水ポンプ……………加賀美 仁 12

江 口 崇

深 澤 正 幸

アメリカ向け鋼板製多段ターボブロワ……………遠 藤 航 治 17

小 林 穂 高

東京都三河島水再生センター向け汚水ポンプおよび送風機設備……………川 原 敦 之 20

下 田 敬 一

近 藤 友 明

北海道開発局札幌開発建設部 南9号排水機場向け排水ポンプ設備……………高 梨 真 吾 24

高 橋 亨 輔

名 取 一 弘

東京都下水道局新河岸水再生センター向け送風機設備……………志 澤 俊 一 27

土 屋 佑 太

ここで活躍しています —2013 製品紹介— …………… 30

◆ニュース

大阪市建設局殿今福下水処理場向け 返送汚泥ポンプ 受注 …………… 36

MODEC Petrobras社（ブラジル）向けおよび

Tullow Oil社（ガーナ）向けSea Water Lift Pump 計7台受注…………… 37

北海道開発局札幌開発建設部殿 新雄冬岬トンネル向けジェットファン受注…………… 38

農林水産省東北農政局殿より優良工事表彰を受ける—大堀排水機場緊急応急工事—…………… 39

電業社シンガポール事務所 開設…………… 40

◆海外出張記

海外視察報告（タイ）……………山 本 雄 一 41

◆特許と実用新案

…………… 43

DENGYOSHA TECHNICAL REVIEW

DENGYOSHA KIKAI

Vol.38 No.1 2014

CONTENTS

◆Foreword

Water - How, strange it is!	1
T. Hasegawa	

◆Technical Paper

Analysis Technique of Vortex of Open Type Suction Sump	4
Y. Shinozuka	

◆Technical Data

Development of New Horizontal Mixed Flow Pump	8
K. Kado and R. Otani	

◆Product Introduction

Cooling Water Pump for SaudiArabia	12
H. Kagami, T. Eguchi and M. Fukasawa	

Multistage Turbo Blower for United States.....	17
K. Endo and H. Kobayashi	

Mikawasima Sewage Pump Equipment and Blower Equipment for Tokyo Bureau of Sewerage	20
A. Kawahara, K. Shimoda and T. Kondo	

Minami 9th Pumping Station.....	24
S. Takanashi, K. Takahashi and K. Natori	

Blowers for Shingashi Water Treatment of Bureau of Sewerage Tokyo Metropolitan Government.....	27
S. Shizawa and Y. Tsuchiya	

◆Activities	30
-------------------	----

◆Essay

Visitation Report to Thailand	41
Y. Yamamoto	

◆Patent	43
---------------	----



水、この不思議なるもの

長谷川 富市

新潟工業短期大学長、新潟大学名誉教授

水は、比熱が大きい、固体になると体積が増える、4℃で密度が最大、固体・液体・気体の3相が日常生活の温度範囲で生じるなど、ほかの物質には見られない特別な性質がある。しかし、流体力学的に、水は空気・油とともにニュートンの粘性法則が成り立つ単純な流体（ニュートン流体）として扱われており、乱流などの複雑な流れや極限状態に近い流れを除くとその流動は予測可能「流れはNavier-Stokes方程式（以下N-S方程式）で記述できる」とされている。

筆者は20年以上にわたり細孔を通過する水の流れの研究を行ってきたが、水はニュートン流体から逸脱した種々の特性をしめすことを実験的に見出している。ここではその一部を紹介する。

図1は直径8.8μmの細孔「厚さは20μm、ハーバー（金属）製」を通る水（純水）の流動特性である⁽¹⁾。ただし、ここでは流れは比較的遅くレイノルズ数は小さい。縦軸は細孔を通過する際の全圧力損失 pt を動圧 $0.5\rho V^2$ で無次元化した無次元圧力損失、横軸はレイノルズ数 $Re (= \rho VD/\mu)$ である。ここに、 ρ は密度、 V は流速、 D は細孔直径、 μ は粘度を示す。本図から $2pt/(\rho V^2)$ はN-S方程式の予測値よりも大きな値を示しており、別の言い方をすれば、細孔を通過する水の流量は予測値よりも小さいことになる。

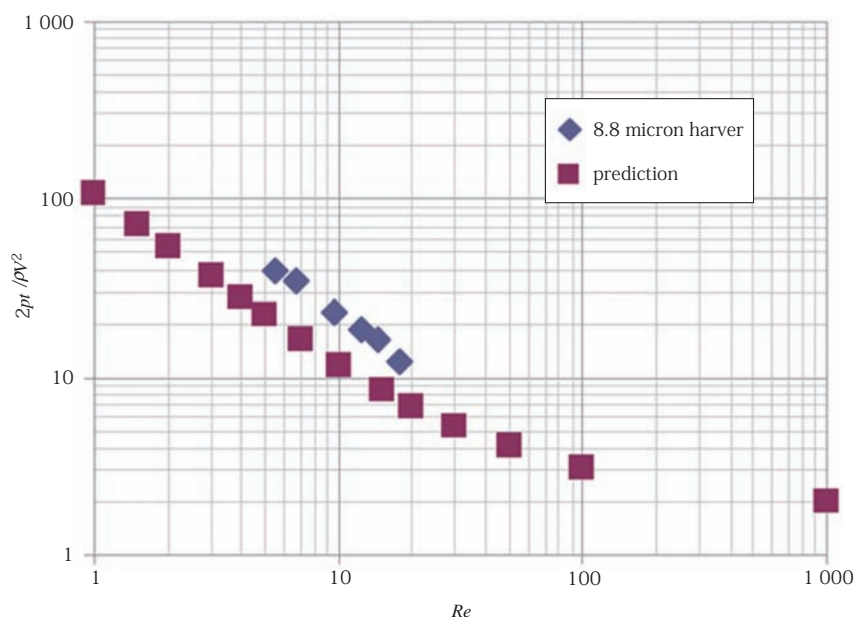


図1 流れが遅い場合の純水の流動特性

図2は細孔（直径 $D=5\ \mu\text{m}$ ）を通過する、速度が比較的大きい場合のひずみ速度 V/D に対する純水、グリセリン水溶液、シリコンオイルの pr を示す⁽²⁾⁽³⁾。同図中にはN-S方程式による予測値も実線と破線で示す。また、記号説明インセット中の D_b はオリフィス取り付け流路の直径、 T は液温である。この図によると、 D_b や T の違いによる pr の大きな差はみられない。また、実験を行った領域全てで pr は予測値より低くなっている。例えば $V/D=10^7\ \text{1/s}$ ($V=50\ \text{m/s}$)では、水とシリコンオイル1 cStの pr は予測値の1/10程度である。換言すれば、圧力が同じであれば、 $5\ \mu\text{m}$ 程度の細孔では水やシリコンオイルは予測値の10倍程度も多く流れることになる。また、粘度が水の10倍であるglycerol水溶液とsilicon oil 10 cStが水とほとんど同じ pr を示すことも興味深い。

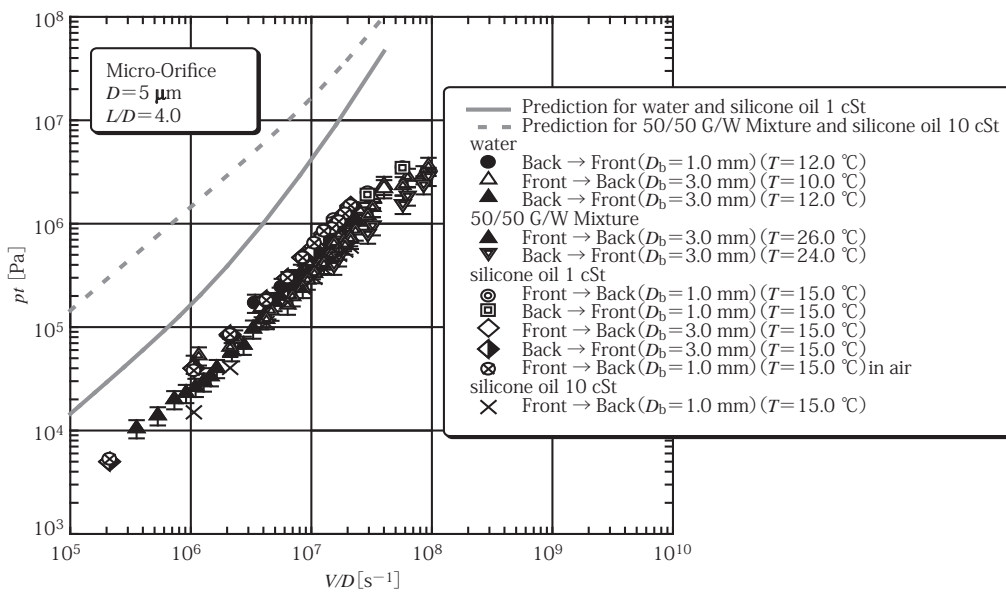


図2 流速が大きい場合の全圧力損失 pr 対ひずみ速度 V/D

このように、水は流れが遅い場合（図1）は流れ難く、流れが速い場合（図2）では流れ易いこととなり相反する性質を示す。この原因は現時点ではっきりしないけれども、図1では一定圧力をヘッドにより付加し流量（流速）を測定しており、図2では一定流量をシリンジにより付加し圧力を測定していて、この実験方法の違いが原因の一つとなっている可能性がある（理論的には両者は一致しなければならない）。また、最近、ヘッドにより圧力を付加した圧力一定の実験により、実験開始からの時間の経過につれて流れが徐々に遅くなり、最終的には流れが零、すなわち細孔の閉塞状態が起きることが明らかとなった（詳細は省略）。更に、この閉塞現象は圧力が小さいほど短時間で生じることも分かった。図3は上記の閉塞状態の実験を開始した直後（流れはまだ閉塞していない）における無次元流速である。圧力や他の実験条件を同一にしてもデータが非常にばらついている⁽⁴⁾。このように、細孔を通過する実験結果の再現性は悪く、現時点で水の流動特性は統計的にしか得られていない。興味あることは、図3から見るように、流速が予測値を超えるデータのあることであり、これは図2と同じ傾向である。一方、図中の予測値よりも低い流速は図1と同一の傾向である。このように、経過時間やばらつきが図1と図2の違いになっていることも考えられる。なお、細孔閉塞後の状態を顕微鏡観察したところ多くの場合に孔中に膜の生成が見られた。この膜の成分を調べた結果、水中に溶存

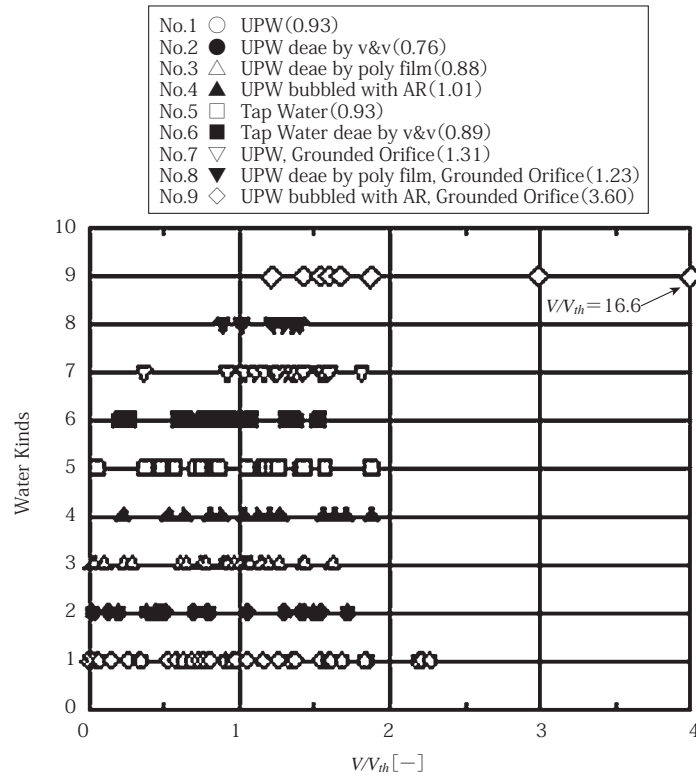


図3 種々の水に対する実験開始時の流速V (予測流速 V_{th} で無次元化してある)

No.1 超純水、括弧内の数字は V/V_{th} の平均値。以下同じ。No.2 振動により空気を抜いた（脱気）した超純水。No.3 高分子膜により脱気した超純水。No.4 Arガスを吹き込んだ超純水。No.5 水道水。No.6 真空と振動により脱気した水道水。No.7 細孔（オリフィス）にアースを付けて超純水を流した場合。No.8 細孔（オリフィス）にアースを付けて、高分子膜により脱気した超純水を流した場合。No.9 細孔（オリフィス）にアースを付けて、Arガスを吹き込んだ超純水を流した場合。

した空気が膜生成に関与していることが分かったがこれについては省略する。

以上を総括すると、水は細孔を通るようなひずみ速度の大きな流れでは、本来N-S方程式から予測される値よりは大きな流量を示す性質がある。しかし、水は細孔基質との摩擦により生じた電荷やラジカルなどの影響を受け（実際、細管から流出する水は帯電していることが確認される）、場合によっては細孔内に膜が生成されて、流量が徐々に減少し遂には閉塞状態に至る。この現象は、圧力一定の場合に顕著に見られる。しかし、流量一定で強制的に流す場合は、閉塞状態の原因物質が流し去られて水本来の性質、つまり図2のような、予測値より大きな流量を示すものと推察される。

<参考文献>

- (1) Anomaly of excess pressure drops of the flow through very small orifices, T.Hasegawa, M.Suganuma, H.Watanabe, Physics of Fluids, 9(1) (1997), 1-3.
- (2) Huge reduction in pressure drop of water, glycerol/water mixture, and aqueous solution of polyethylene oxide in high speed flows through micro-orifices, Tomiichi Hasegawa, Akiomi Ushida, and Takatsune Narumi, PHISICS OF FLUIDS 21, 052002 (2009) , 1-9.
- (3) Drag reduction for liquid flow through micro-apertures, Akiomi USHIDA, Tomiichi HASEGAWA, and Takatsune NARUMI, Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics, 165 (2010), 1516-1524.
- (4) 未発表データ。

オープン型吸込水槽の渦解析

篠塚 泰

Analysis Technique of Vortex of Open Type Suction Sump

By Yasushi Shinozuka

Air-intake and submerged vortices may develop in the suction sump of certain pumps depending on the pump's operating conditions and / or its shape and configuration. Therefore, when installing a new pump or replacing an old one, the possible generation of these harmful vortices is predicted and countermeasures against them taken. Conventionally, scaled models have been used to predict vortex generation and behavior. More recently, however, CFD (Computational Fluid Dynamics) analysis has also come into use. CFD analysis requires less time than conventional model analysis. However, CFD vortex prediction can be difficult due to factors such as unsteady vortex generation or the significant difference in scale of vortices generated proportionate to sump size.

This paper discusses recent findings / developments in vortex prediction methods by CFD analysis, mesh preparation and other related issues.

1. はじめに

吸込水槽を有するポンプでは、運転条件や水槽形状によっては、空気吸込渦や水中渦と呼ばれるポンプ運転に有害となる渦が発生することがある。この渦は、ポンプ近傍で発生し、発生した渦と共に空気がポンプに吸込まれることによって、振動・騒音を発生させ、さらにポンプ性能の低下を引き起こす場合がある。そのため、ポンプ新設時や更新時には、それら有害な渦の発生の有無を予測し、発生すると考えられる渦に対して対策を講じている。特に最近では、水槽形状を変更しないでポンプの吐出し容量を増加させる傾向にあり、水槽内が高流速となるため、渦が発生しやすくなる場合がある。そのため、渦を検討する重要度が増している。

従来、渦の発生を予測する手段として模型試験が採用されていた。しかし近年は、ポンプ台数が少ない場合には模型試験に比べ短期間で実施できるCFD解析も採用されている。CFD解析は模型試験では捉えることが難しい水中の流れを可視化することもできる。しかし、CFD解析による渦の確認は、以下にあげられる理由により困難となる場合がある。

まず、発生する渦の大きさが水槽の大きさに比べ非常

に小さいことである。解析メッシュを、渦の流れ場が捉えられるサイズにすると、水槽全体ではメッシュ数が増加し、計算量が膨大になってしまう。

次に、渦の発生は非定常性が強いことである。しかしながら、設計検討時間を考慮すると、非定常解析の実施は実用的とは言えない。

そこで本稿では、CFDの定常解析でも計算量をそれほど増加させることなく、精度良く渦が捉えられるような手法を検討した。その結果、メッシュの作成方法などいくつかの知見が得られたので報告する。

2. 簡易水槽形状での解析

2-1 CFD解析手法

解析手法の検討には、模型試験を実施した形状で空気吸込渦が発生した条件を使用した。

メッシュ作成には、ANSYS ICEM 13.0を使用し、**図1**に示すとおりTetra + Prismメッシュとした。解析ソルバーはANSYS CFX 13.0を使用し、乱流モデルはSSTとした。

図2は、CFD解析結果をField Viewを使用し、渦中心線を表示させたものである。ここでは、水面、壁面から、

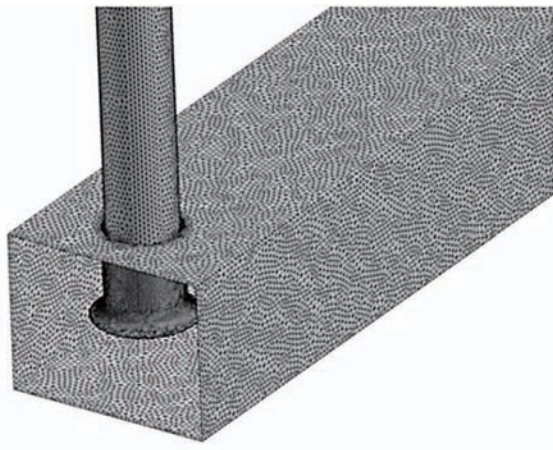


図1 解析メッシュ
Fig.1 Analysis mesh

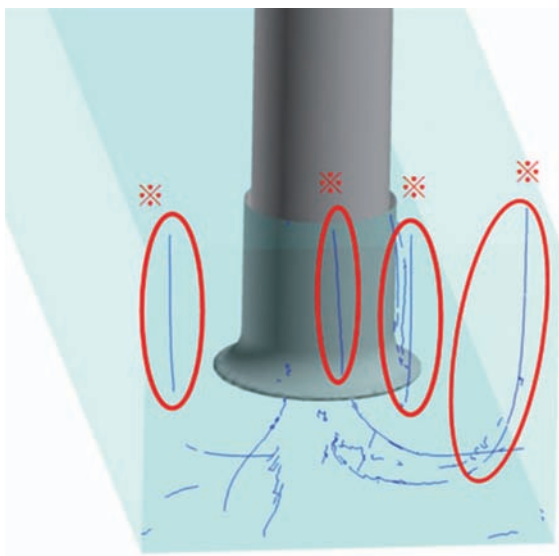


図2 解析結果 (渦中心線)
Fig.2 Analysis result (Vortex core)

ポンプベルマウスまで渦中心線が連続的につながっているかを、渦発生の判断基準の一つとしている。図2では、水面に端を持つ渦中心線がポンプベルマウスまで達していないため (図2中※部)、空気吸込渦発生とは判断しない。

空気吸込渦が捉えられなかった原因の一つとして、従来のメッシュでは、渦を捉えられる程度のメッシュサイズになっていないことが考えられる。

2-2 メッシュ作成方法の検討

そこで、モデルの空間分解能を上げるため、従来モデルよりメッシュサイズを小さくし解析を行った。しかし先に述べたとおり、渦の大きさに合わせ水槽全体のメッシュを作成するとメッシュ数が膨大になってしまい、実用的とは言えない。そのため、渦が発生し易い場所であ

るポンプ周りのみメッシュサイズを小さくし、水槽上流側を従来メッシュと同程度のメッシュサイズにした。

作成した解析メッシュを図3に示す。本稿で作成したメッシュは、ポンプ周りとその上流側の領域を分けて、別々のメッシュとした。これにより、ポンプ周り水槽上流側とのメッシュサイズの変更が、半自動的に容易に行える。領域を二つに分ける位置は、本稿では、ポンプ中心より $2D_0$ (D_0 :ポンプベルマウス径)とした (図4)。また、従来どおりのメッシュと、領域を二つに分けた際のメッシュのメッシュ数 (接点数) を表1に示す。本稿の方法では、ポンプ周りのメッシュ数 (領域①範囲) を従来のメッシュの約6倍としたが、水槽上流側のメッシュサイズを適切に設定することにより、水槽全体のメッシュ数としては従来のメッシュの約2.5倍に抑えた。

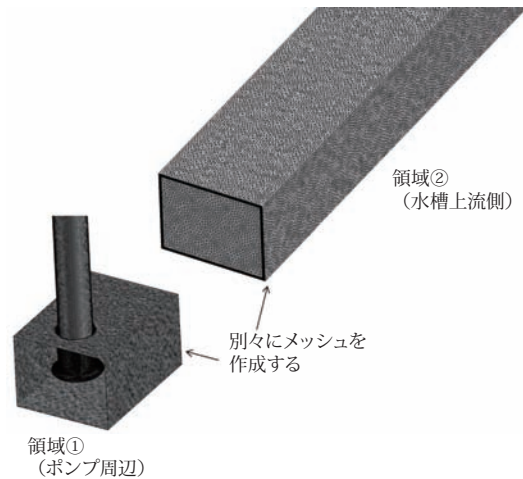


図3 解析メッシュ
Fig.3 Analysis result

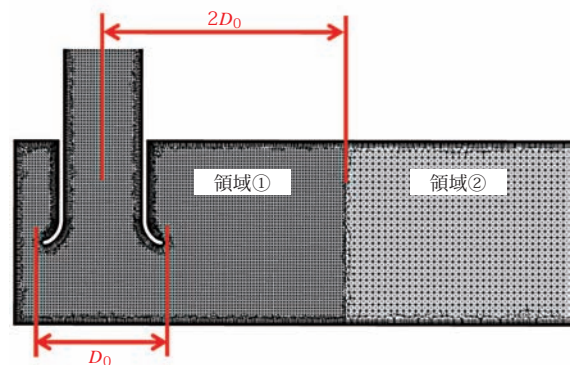


図4 解析メッシュ (断面)
Fig.4 Analysis mesh (Cross section)

CFD解析を実施した結果を、図5に示す。図5の渦中心線に示すとおり、先の解析では捉えられなかった空気吸込渦と判断できる渦中心線が捉えられた。さらに、図5

表1 メッシュ数
Table 1 Mesh number

	従来メッシュ (図1)	本稿によるメッシュ (図3)	
		領域①	領域②
メッシュ数 (接点数)	1 430 000	2 700 000	1 000 000

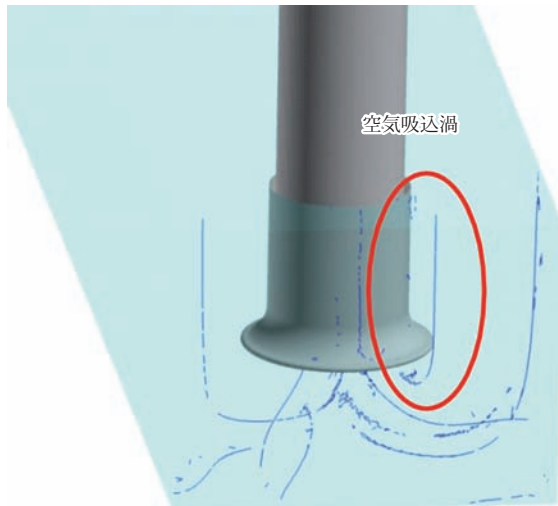


図5 解析結果 (渦中心線)
Fig. 5 Analysis result (Vortex core)

にポスト処理として流線を加えた結果を図6に示す。これにより、空気吸込渦がより鮮明に捉えられた。

3. 実水槽への適用

メッシュ作成方法の検証を簡単な形状で実施したが、実際の機場では、ポンプが複数台設置されたり、上流側

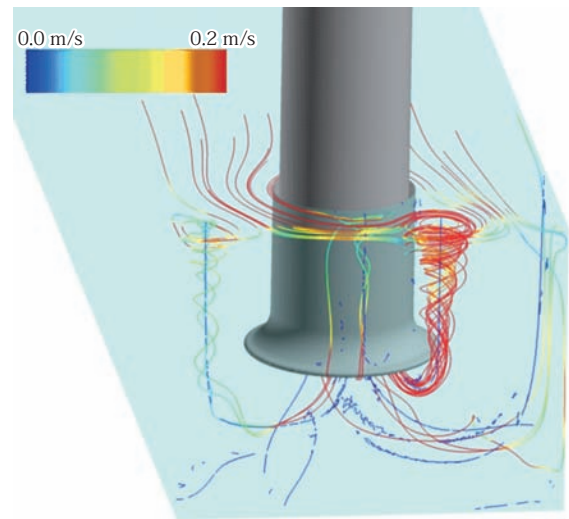


図6 解析結果 (渦中心線と流線)
Fig. 6 Analysis result (Vortex core and Streamline)

に沈砂地などがあったり、非常に複雑な形状になっている。そのような水槽でも、この方法で渦の発生が捉えられるかCFD解析を実施した。

対象としたのは、図7に示す水槽形状であり、模型試験において図8のとおり水中渦と空気吸込渦の両方が発生している。水中渦の発生個所は、ポンプベルマウス直下の床面とポンプ井側壁であり、空気吸込渦の発生場所は、ポンプと後壁の間の水面からである。

まず、従来の方法で解析を行った結果を図9に示す。床面からの水中渦を捉えることはできたが、側壁からの水中渦と、空気吸込渦を捉えられなかった。

次に、2-2項のとおり、ポンプ井と水槽上流側で

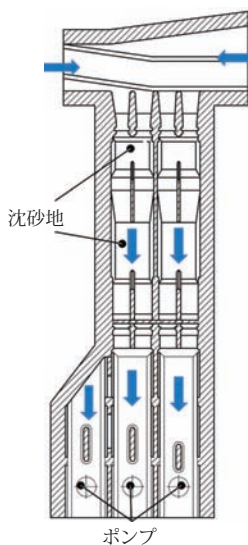


図7 水槽形状
Fig. 7 Layout of sump

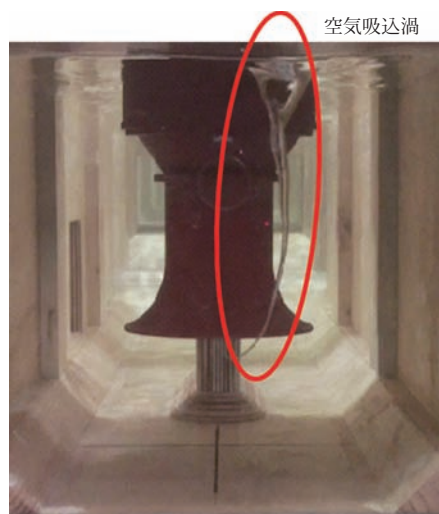


図8 模型試験結果 (左: 空気吸込渦、右: 水中渦)
Fig. 8 Result of model test (left: Air-intake vortex, right: submerged vortex)

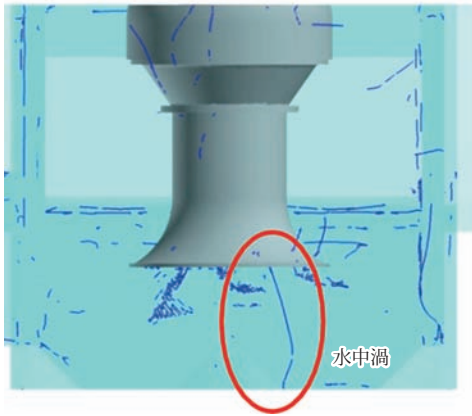


図9 解析結果 (従来のメッシュ)
Fig.9 Analysis result (Conventional mesh)

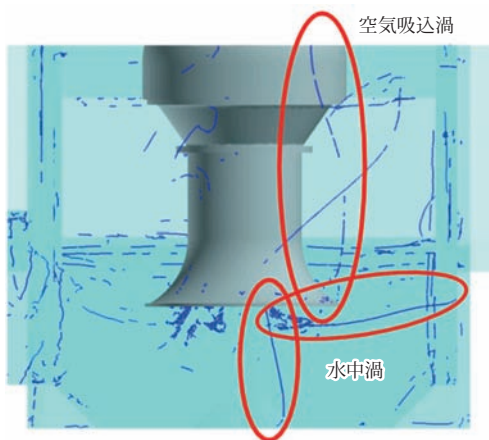


図10 解析結果
Fig.10 Analysis result

領域を2分化したメッシュによる解析結果を図10に示す。床面からの水中渦に加え、側壁からの水中渦も捉えられた。しかしながら、空気吸込渦は的確には捉えられなかった。

空気吸込渦は、本稿で示す方法で捉えられ易くなったが、水面の非定常的な流れに大きく影響される。定常解析では、メッシュを細かくするだけでは、空気吸込渦を捉えることが難しいと考えられる。

4. おわりに

本稿では、定常CFD解析により、オープン型の吸込水槽で発生するポンプ運転に有害となる渦の予測手法について検討した。

その結果、メッシュ作成方法の工夫により、従来手法よりポンプ周りの渦が捉えやすくなった。それゆえ、よりの確に渦発生の予測が行えると考えている。しかしながら、水面の非定常的な流れ場が大きく影響する空気吸込渦は、メッシュの作成方法の工夫だけでは捉えることが難しい。これを踏まえると、現状ではCFD解析による空気吸込渦発生の判断は、解析結果のポスト処理に加え、過去の模型試験のデータなどを交えて総合的に判断することが必要である。今後、空気吸込渦がさらに的確に捉えられるように、知見を得ていく必要があると考える。

<筆者紹介>

篠塚 泰：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 研究グループ

新型横軸斜流ポンプの開発

角 晃太郎 大谷亮介

Development of New Horizontal Mixed Flow Pump

By Kotaro Kado and Ryosuke Otani

Horizontal mixed flow pumps are used to drain rainwater to prevent or control flooding and to supply water for agricultural and other uses. The market is demanding ever more energy efficient, higher performance pumps. To keep pace with changing market conditions and customer needs, and with an eye to securing more orders, we should propose a higher efficiency pump.

With the goal of improving the efficiency of conventional model pump, we developed a new model pump. We began by conducting CFD analysis of conventional model to better understand pump performance and flow field. Using this data we reexamined our new model's dimensions.

In this paper, we report the higher efficiency and performance of new model pump over conventional model, as achieved and verified through model testing.

1. はじめに

横軸斜流ポンプは、河川での洪水防止を目的とした雨水排水機場や、農地へのかんがいを目的とした機場などで用いられている（図1）。総合評価方式が採用されている昨今では、インシヤルコストのみならずランニングコストの削減も重要視されている。また市場要求として、省エネルギーの観点から高性能なポンプが求められている。そのため、更なる受注の拡大を目指すにはポンプの高効率化が命題である。

そこで本開発では、高効率化を目的としてモデルポンプの開発を行い、詳細な性能データの取得を行った。本開発の性能検討には主にCFD（Computational Fluid Dynamics）解析を用いた。まず、従来モデルにおいてCFD解析によりポンプ性能や流れ場の把握を行った。次に、それらの結果を反映して新規モデルの形状検討を行った後、模型試験により性能を検証した。その結果、従来モデルに対して高効率化でき良好な結果が得られたため、本開発の概要を報告する。

2. 開発対象および解析方法

開発対象のポンプは比速度 $Ns=930[m, \text{min}^{-1}, \text{m}^3/\text{min}]$ の横軸斜流ポンプである。本ポンプはインペラ上流側に



図1 排水機場における設置例⁽¹⁾
Fig. 1 Installation example on drainage station

エルボが設置されているため、エルボ内の偏流や二次流れの影響により、インペラおよびケーシング内部の流れは各翼間で不均一になると考えられる。したがって、それらの流れをより正確に評価するためにはインペラおよびケーシングの全流路を対象に解析（全周解析）を行う必要がある。しかし、全周解析ではメッシュ数が膨大となり解析時間もより長くなるため、限られた開発期間の中で形状検討などのトライ&エラーの解析に用いるには

不向きである。よって、まずは従来モデルにおいて全周解析と単流路解析を行い、それらの結果を比較した。全周解析では吸込エルボを解析対象に含めるが、一方の単流路解析では吸込エルボを含めず、インペラおよびケーシングをそれぞれ1流路とした。新規モデルの形状検討時は単流路解析で行い、解析時間については開発期間の短縮を図った。また厳密に言えば、吸込エルボ内の流れは吸上げとなるため、特に大口径の場合、インペラ鉛直下部と上部では吸込ヘッド差が発生するため重力を考慮すべきであるが、本解析では重力の影響を無視した。

ここで、CFD解析には商用コードであるANSYS CFX 14.0を用いた。メッシュ数は全周解析で約1 000万要素、単流路解析で約150万要素であり、乱流モデルはSST、動翼と静翼のドメインインターフェイスはFrozen Rotorを採用し、定常解析を行った。

3. 解析結果

3-1 従来モデル

従来モデルの単流路解析と全周解析の結果を実績性能と比較して図2に示す。ここで、縦軸は全揚程比 H/H_{bep} 、軸動力比 L/L_{bep} および効率比 η/η_{bep} を示し、横軸は流量比 Q/Q_{bep} を示す。ここに、 bep は実績性能の最高効率点である。また、■は単流路解析結果（吸込エルボなし）、○は全周解析結果（吸込エルボあり）、破線は実績性能を示す。

図2より全周および単流路解析結果を比較すると軸動力比 L/L_{bep} は一致しているものの、全揚程比 H/H_{bep} と効率比 η/η_{bep} には差異が見られる。また、全周解析におけるインペラ入口において相対速度分布に偏りが発生し、ガ

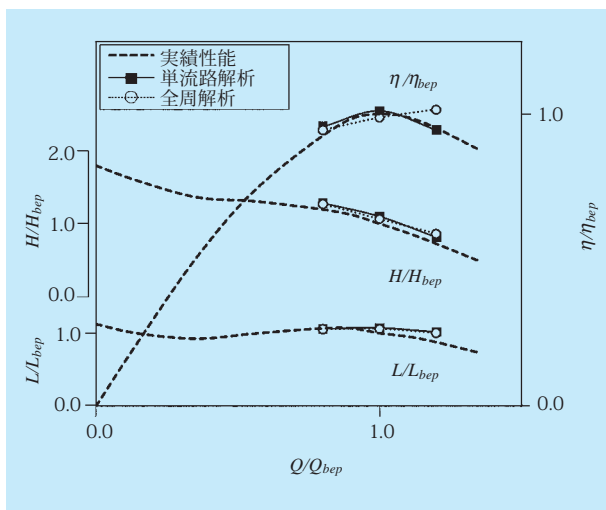


図2 従来モデル解析結果
Fig.2 Analysis result of conventional model

イドベーン各翼間の流れにおいても負圧面のはく離領域に若干の差異が見られた。これらの差異は吸込エルボにおける流れの偏りや、定常解析のため動静翼干渉に起因するものと考えられるが、全周解析時の翼間の流れの詳細については今後検討する必要がある。しかし結果的にポンプ性能としては、全周解析と単流路解析の結果はほぼ一致しているため、エルボが性能に与える影響は小さいとした。

3-2 新規モデル

従来モデルの解析結果をもとに効率の向上を狙い流路形状の変更を行った。まずは、インペラおよびガイドベーンの羽根枚数を減らすことで摩擦損失の低減を図った。次に、インペラの角度分布は、仕様点付近の効率と部分流量域の右上がり不安定特性をバランスさせるべく最適な角度分布とした。また、ケーシングおよびディフューザ部でははく離の発生を抑制するため、ガイドベーン間の流れ、子午面流れおよびディフューザ部の減速流れが最適な流れとなるよう流路面積や角度分布を決定した。CFD解析の結果の一例として、図3に従来モデルと新規モデルの仕様点流量におけるケーシング内の絶対流速の流線分布を示す（ケーシング下流側から見た図）。ケーシング内、特にガイドベーン負圧面のはく離領域が抑制され、流れを改善できているのが確認できる。

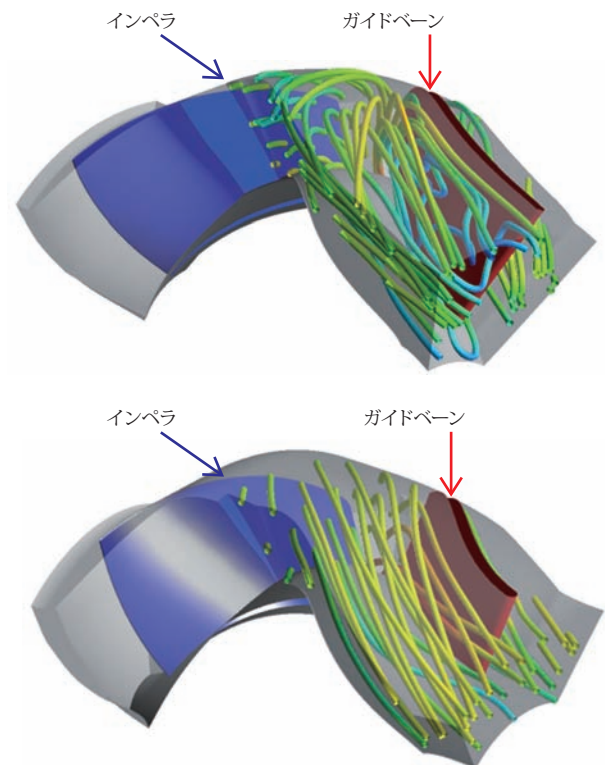


図3 流線分布（上：従来モデル、下：新規モデル）
Fig.3 Streamlines of conventional and new model

4. 試験結果

CFD解析により検討を行った形状をもとにモデルポンプを製作し、模型試験により性能データを取得した。試験ループにおけるモデルポンプを図4に示す。ここで、吸込方向は水平方向とした。

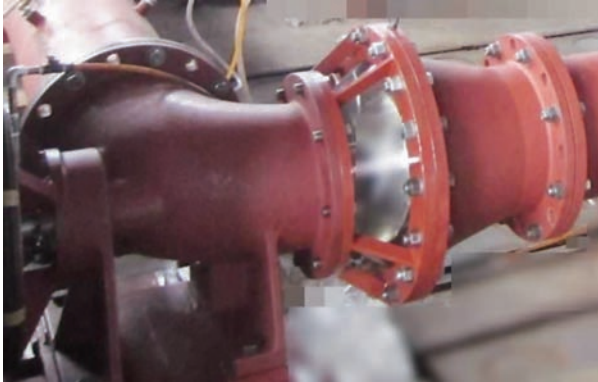


図4 モデルポンプ
Fig.4 View of model pump

CFD解析の妥当性を評価するため、新形状の試験、解析結果を比較し、従来モデル性能とともに図5に示す。ここで、縦軸は全揚程比 H/H_{bep} 、軸動力比 L/L_{bep} および効率比 η/η_{bep} を示し、横軸は流量比 Q/Q_{bep} を示す。ここに、 bep は従来モデル性能の最高効率点である。また、○および実線はそれぞれ新形状の解析結果と試験結果、破線は従来モデル性能を示す。試験結果と解析結果は全体的によく一致しており、CFD解析による性能および流れ分布の予測は妥当であったといえる。また、従来モデル性能に対して高効率化を達成した。

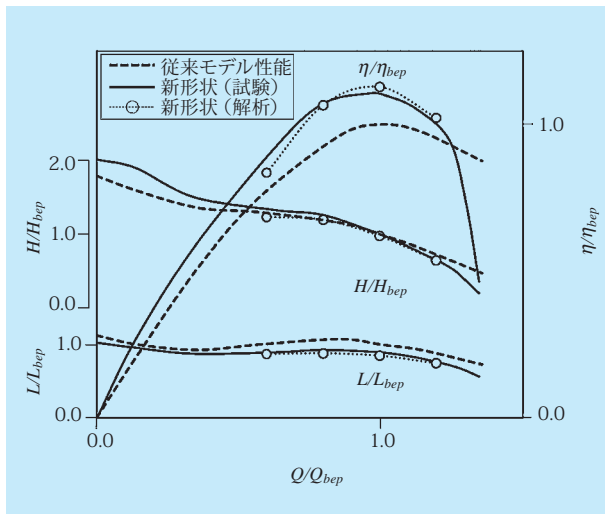


図5 模型試験結果
Fig.5 Test result of model pump

次に、吸込エルボ内の流れの改善を目的にコーナーベーン（案内羽根）を設置した場合の試験結果を図6に示す。ここで、実線はコーナーベーンなし、破線はコーナーベーンありの試験結果を示す。過大流量側において、全揚程と軸動力が増加したが、効率にはほとんど影響が見られなかった。これは過大流量側ではエルボ内の流れが所望通り整流され、インペラの仕事量は増加したものの、コーナーベーンによる摩擦損失の増加により効率は上昇しなかったものと考えられる。

なお、本新規モデルは実機に採用され、図7に示すように工場試験の結果、良好なポンプ性能が得られ、振動や騒音に関しても問題なく運転されることを確認した。

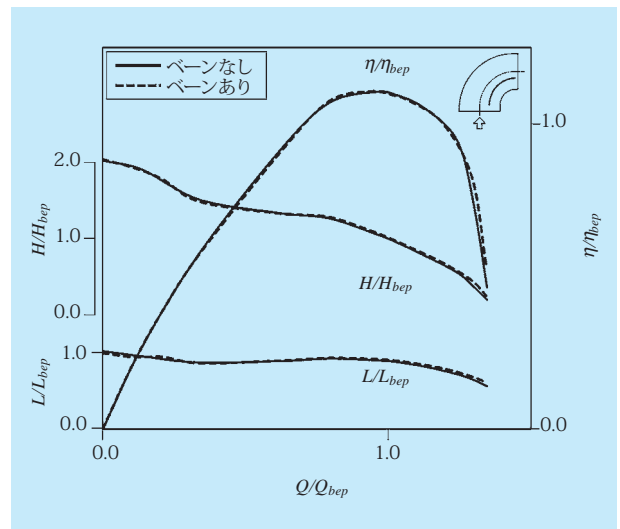


図6 コーナーベーン試験結果
Fig.6 Test result of model pump with corner vane



図7 実機工場試験の様子
Fig.7 New model pump view of shop test

5. おわりに

横軸斜流ポンプを対象にして従来モデルの高効率化を目的に新規モデルの開発を行った。CFD解析をベースに形状検討を行い、新規モデルの模型試験を行った結果、従来モデルと比較して高効率を達成した。CFD解析に関して、仕様点付近では十分な有用性を確認できたものの、全周解析における各翼間流れの詳細について今後も検討する余地がある。また、今後もターボ機械の発展に寄与できれば幸いである。

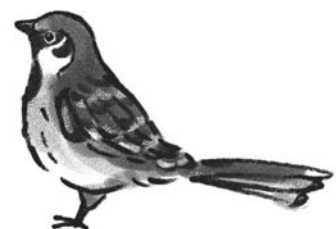
<参考文献>

- (1) 石谷 渉・宗田 憲郎：青森県 相原第2 機場向け排水ポンプ、電業社機械Vol.3、No.1 (2009)

<筆者紹介>

角 晃太郎：2009年入社、ポンプ、送風機および関連機器の研究開発に従事。現在、技術研究所 開発グループ。

大谷亮介：2012年入社、ポンプ、送風機および関連機器の研究開発に従事。現在、技術研究所 開発グループ。



サウジアラビア向け冷却水ポンプ

加賀美 仁 江口 崇 深澤正幸

Cooling Water Pump for Saudi Arabia

By Hitoshi Kagami , Takashi Eguchi and Masayuki Fukasawa

We have supplied 36 sets of Horizontal Double Suction Pumps for cooling towers to Sadara Chemical Company (Sadara), a joint venture formed between Dow and Saudi Arabian Oil Company (Saudi Aramco) according to PLA (Programmable Leverage Agreement). Once complete, the complex will represent the largest petrochemical facility ever built in one single phase all over the world. Detail description will be follows.

1. はじめに

近年、サウジアラビアでは石油政策の基本方針の一つとして、垂直統合が掲げられ、産業と経済の多角化、国内雇用の創出を目的としたダウンストリーム産業への投資が進められている。

その一環として、アラムコ (Saudi Aramco) とダウケミカルカンパニー (Dow Chemical Company) の合弁会社であるサダラケミカルカンパニー (Sadara Chemical Company) がサダラプロジェクト (Sadara Project) という大型石油化学コンプレックスの建設を計画している。今回、当社はそのサダラプロジェクト向け冷却水ポンプ (Cooling Tower Pump : 36台) のPLA (Program Leverage Agreement) と呼ばれる包括契約を締結するに至った。ここでは、プロジェクト、PLA概要さらにポンプの仕様および構造について説明する。



図1 納入場所
Fig.1 Site location

2. プロジェクト概要

サダラプロジェクトは、サウジアラビア東部のペルシヤ湾沿岸のジュベール (図1) に、世界最大級の石油化学コンプレックスを建設する計画で、総投資額は約200億ドルと見込まれている。エタノールやエチレンなど石化原料から多品種の石化製品 (ポリエチレン、グリコールエーテル、ポリウレタン、アミンなど) を生産する、26のユニットを備える、総生産能力が300万トンを超える設備である。

アラムコ社よりKBR社が2007年にマネジメント業務 (PMC : Project Management Contract) を正式受注し

た。当初は、ジュベールではなく、既存のラスタヌラ製油所に各種石化プラントを建設し、世界最大級の石油精製・石化一貫コンプレックスへと高度化する計画であったが、資金調達難などにより、2010年8月、立地先をジュベールへと変更になった。当社が納入する冷却水ポンプは機器の重要性と納入台数から、エンジニアリング会社への発注前にKBR社がアラムコ社の代行としてPLAをメーカーと交わすことが決まった。

2015年下期に一部製品で稼働を開始、2016年には全工程で稼働を開始する予定である。

3. PLA概要

PLAとは、いわゆる包括契約のことで、一括発注とも考えられがちであるが、大きな相違点としては、実際の発注者であるエンジニアリング会社が決定する以前に、オーナーがメーカを決定し、価格、取引条件 (Terms & Conditions) などを規定した契約書を締結してしまう点が挙げられる。

サダラプロジェクトでは、本冷却水ポンプを含め、全53件ものPLA契約が締結されている。当社に関連する代表的なPLAを交わした機器は、電動機、メカニカルシール、カップリングが相当する。PLAの段階では、技術的な基準・仕様に関する懸案事項・デヴィエーションなどをクリアにし、取引条件・価格体系についても事前同意することで、エンジニアリング会社段階での協議事項・時間・労力の削減を実現している。

本冷却水ポンプが含まれる6つのユニットを受注したエンジニアリング会社には、PLA契約および関連する参考情報などがサダラより与えられる。エンジニアリング会社は、各々、詳細設計を行い、冷却水ポンプの仕様を確定させ、PLAポンプメーカに再選定および見積りを要求する。

4. ポンプの仕様および構造

4-1 ポンプ仕様

本冷却水ポンプは異なる6つの設備で使用され、台数は6設備全体で36台である。ただし、それぞれの設備において、口径、吐出し量、全揚程などの主要な仕様はすべて異なるため、6仕様のポンプを設計、製作した。

各ポンプの仕様を表1、表2に示す。

表1 各ポンプの仕様(1)
Table 1 Pump specifications(1)

型 式		横軸両吸込渦巻ポンプ		
ユ ニ ッ ト 名	Mixed-Feed Cracker	Polyethylene	Chlorine	
吸 込 / 吐 出 し 口 径	40×28inch	32×24inch	28×20inch	
吐 出 し 量	12 385 m ³ /h	7 060 m ³ /h	5 200 m ³ /h	
全 揚 程	41 m	51.4 m	59 m	
電 動 機 出 力	2 500HP (1 864 kW)	2 000HP (1 492 kW)	1 500HP (1 119 kW)	
ラジアル/スラスト軸受	すべり/ころがり	ころがり/ころがり		
軸 受 冷 却 方 式	水冷	ファン空冷		
主要部材質	ケーシング	FCD400		
	インペラ	SCS14A		
	主 軸	SUS403		
液 質	Desalinated Water (脱塩水)			
台 数	8台	5台	5台	

表2 各ポンプの仕様(2)
Table 2 Pump specifications(2)

型 式		横軸両吸込渦巻ポンプ		
ユ ニ ッ ト 名	Isocyanates	POD	EO/ESS	
吸 込 み / 吐 出 し 口 径	40×28inch	40×28inch	32×24inch	
吐 出 し 量	13 750 m ³ /h	12 000 m ³ /h	7 963 m ³ /h	
用 途	58 m	56 m	59.5 m	
電 動 機 出 力	4 000HP (2 983 kW)	4 500HP (3 356 kW)	2 500HP (1 864 kW)	
ラジアル/スラスト軸受	すべり/ころがり			
軸 受 冷 却 方 式	水冷			
主要部材質	ケーシング	FCD400		
	インペラ	SCS14A		
	主 軸	SUS403		
液 質	Desalinated Water (脱塩水)			
台 数	5台	8台	5台	

4-2 ポンプ構造

(1) インペラ

本冷却水ポンプは、吸込性能の制限を目的として規定されたHI規格の吸込エネルギー規定に適合し、かつ、吸込性能の制限が要求された(表3)。

ここで、吸込エネルギー SEは、下記のように定義される。

$$SE = D_E \times N \times N_{SS} \times SG$$

D_E : インペラ吸込目玉径 (m)

N : 回転速度 (min^{-1})

N_{SS} : 吸込比速度 ($\text{min}^{-1}, \text{m}^3/\text{min}, \text{m}$)

SG : 比重

顧客仕様において、吸込比速度は最大で8 500 (US unit) である。吸込エネルギーを満足するためには、インペラ吸込目玉径の小径化が必要である。一方で、インペラ吸込径を小さくすると、入口流路面積が減少し入口速度の増加や速度分布の変化により、吸込性能の悪化が考えられる。当社従来型モデルでは吸込エネルギー規定を満足することができなかった。そこで、吸込エネルギー規定を満足するようインペラ吸込目玉径を従来型モデルに対して小径化し、吸込性能が確保できるモデルを新たに開発した。流れ解析にて性能検証を行ったのち、モデル試験を行い、良好な結果が得られたので本冷却水ポンプに採用した。

(2) ケーシング

①小型化、軽量化

ケーシングは、インペラを含めた流路形状を最適化す

ることで、従来型モデルよりも小型かつ軽量化を実現した。具体的には、従来型に対して吸込~吐出しフランジ面間長さが約10%短縮され、質量は約20%低減できた。

②ノズルロード試験

本冷却水ポンプは、顧客仕様においてAPI610に規定されているノズルロード試験に関し、実機での実証試験が要求された。

図2にノズルロード試験の様子を示す。ノズルロード試験は吸込および吐出しフランジにH形鋼を溶接した閉



図2 実機を用いたノズルロード試験
Fig.2 Nozzle Load Test

止フランジを取り付け、H形鋼の両端に荷重を掛け、モーメント力を作用させ、軸端の移動量を測定した。

なお、設計時にはケーシングの応力解析を行い、強度や振動に問題がないことを確認した。その解析例を図3に示す。試験結果は、許容値に対して十分小さい値であり、良好な結果が得られた。

表3 吸込性能の規定

Table 3 Minimum NPSH requirements

Both the NPSH Margin and NPSH Ratio must be equal to or greater than the listed values for both "A" and "B" conditions.

US Customary Suction Energy Level Service	Metric Suction Energy Level Service	A Normal Flow		B 110% Normal Flow or Any other Data Sheet Identified Operating Flow (i.e. maximum)	
		Margin	NPSHA/NPSHR Ratio	Margin	NPSHA/NPSHR Ratio
<120 000 000 Process or Utility	<59 000 000 Process or Utility	5ft (1.5 m)	1.2	3ft (1 m)	1.1
<120 000 000 Cooling Water	<59 000 000 Cooling Water	5ft (1.5 m)	1.3	3ft (1 m)	1.2
120 000 000 to 180 000 000 All	59 000 000 to 88 550 000 All	5ft (1.5 m)	1.3 to 2 Note	3ft (1 m)	1.2 to 1.7 Note
>180 000 000 All	>88 550 000 All	5ft (1.5 m)	2.5	3ft (1 m)	2

Note : Extrapolate margin value from actual SE within the SE range
EXAMPLE : Normal flow Ratio = 1.3 + 0.7 × (SE - 120 000 000 / 60 000 000)

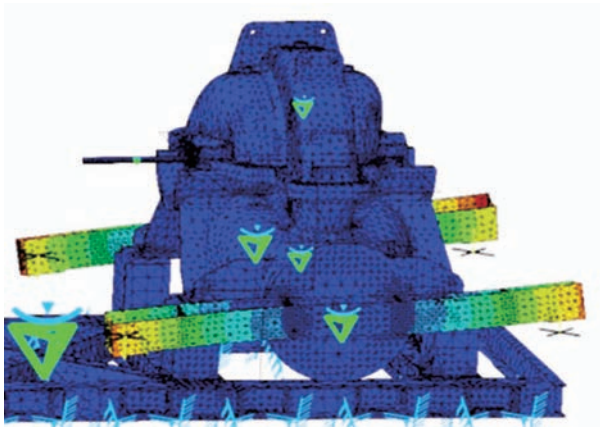


図3 応力解析例
Fig.3 Stress analysis

(3) 軸受部

軸受部はポンプの仕様により、2種類のタイプを採用している。

ひとつは、ラジアル軸受にすべり軸受、スラスト軸受にころがり軸受を採用したタイプで、給油はオイルリング式としている。冷却方式は水冷を採用し、ポンプ吐出し流路から揚水を取り出し、冷却に用いた水は吸込流路へ戻している。

もうひとつは、ラジアル軸受・スラスト軸受共にころがり軸受を採用したタイプで、給油はオイルリング式としている。冷却方式は軸受ケースにフィンを配し、軸に設置したファンによる空冷を採用した。

軸受胴は両タイプともに分解点検が容易な水平二ツ割とし、主軸貫通部にはインプロシールを採用している。油面管理はコンスタントレベルオイルラによって行われ、軸受温度測定用の測温抵抗体を設置している。

(4) 軸封部

軸封部は、メカニカルシールを採用している。メカニカルシールの構造は、事前に顧客とシールメーカーにて締結されたPLAにより、6機種において統一された設計思想にて製作したものとなっている。配管プランは、API682のPLAN32を採用しており、注水配管にはストレーナ、圧力計、流量計などが設置されている。

(5) 共通ベース

共通ベースは、電動機を含むすべての機器を載せた状態で吊上げることができる強度を有している。共通ベース上で維持管理を行う際、作業者の滑り転倒を防止する目的で、維持管理スペースには砂巻塗装を施している。

5. 社内試運転

社内試運転は、現地での運転をできるだけ再現するた

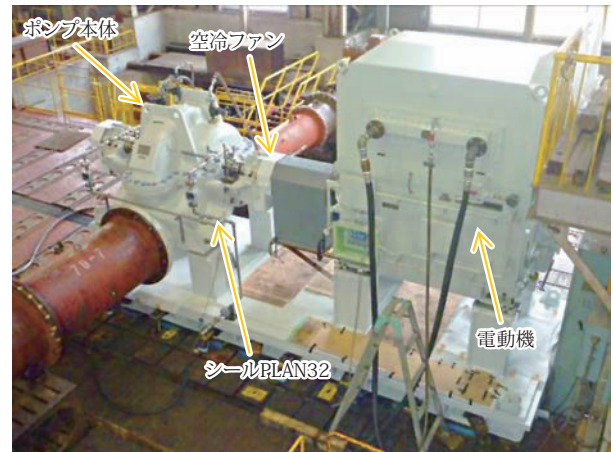


図4 社内試運転 (ころがり/ころがり軸受)
Fig.4 Shop test (Ball/Ball Bearing type)

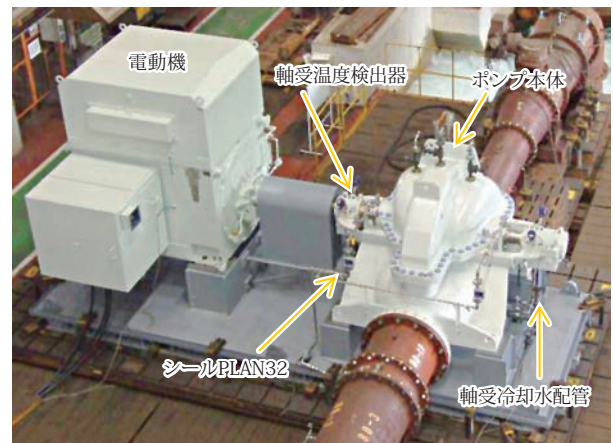


図5 社内試運転 (すべり/ころがり軸受)
Fig.5 Shop test (Sleeve/Ball Bearing type)

め、計測機器やメカプラン、小配管などの付属品を全て設置した状態で行った (図4、図5)。

性能については高効率を達成し、吸込性能についても顧客要求を満足した。また、ポンプの各部における振動や軸受温度などの機械的な健全性の評価を行い、いずれも顧客の仕様を満足する結果が得られ、立会検査も合格となった。

6. おわりに

本件においては、顧客要求の高効率および吸込性能規定に対応し、円高といった厳しい状況下でコストダウンを実施したことが、受注に至った大きな要因である。

また、これまで実績のなかったエンジニアリング会社からの受注実績ができたことは、今後の受注活動に大いに役立つものである。

中東案件、中南米案件、アメリカ国内案件など多数の計画が進められており、今後とも、構造のシンプル化、コンパクト化、および高効率化など、ユーザの様々なニーズに応えると共に、時代に沿った合理的でかつ信頼性の高い製品を提供していく所存である。

おわりに本ポンプの計画、製作にあたり、終始適切な御指導と御協力を頂いた関係各位に厚く御礼申し上げます。

<筆者紹介>

加賀美仁：1999年入社。主に、海外向け、ポンプと送風機の営業業務に従事。現在、海外部 海外1グループ 主事補。

江口 崇：2006年入社。主に、横軸遠心ポンプの機器設計業務に従事。現在、水力機械設計部 水力機械2グループ 主任。

深澤正幸：2002年入社。主に、横軸遠心ポンプの機器設計業務に従事。現在、水力機械設計部 水力機械2グループ 主任。



アメリカ向け鋼板製多段ターボブロワ

遠藤 航治 小林 穂高

Multistage Turbo Blower for United States

By Koji Endo and Hodaka Kobayashi

Our multistage turbo blower is used in the synthetic resin production plant. This time DMW delivered the blower to the customer for the new plant, which has high reliability in previously delivered one for certain chemical company. This paper introduces about the outline of the multistage turbo blower.

1. はじめに

当社の鋼板製多段ターボブロワは、合成樹脂生産プラントにおいても使用されている。以前に納入した某化学会社向けブロワの信頼性が高いことを評価して頂き、増設プラント向けにブロワを受注し工場出荷を完了した。

本稿では、その概要について紹介を行う。

2. 構造と特徴

ブロワ仕様を表1に、ブロワ外観を図1に示す。

本ブロワは、高効率を達成するため、羽根車の設計およびブロワ内部の流路形状を十分に検討し、機能ならびに構造は保守点検を容易にするように配慮した設計を行っている。また、軸封部には取扱気体の漏洩を防止する対策としてダブル型カーボンリングシールを採用している。



図1 ブロワ外観

Fig.1 View of multistage turbo blower

表1 ブロワ仕様

Table 1 Blower specifications

形 式	鋼板製多段ターボブロワ (ガスブロワ)	
	1号	2号
吸込/吐出し口径	600/600 mm	500/500 mm
風 量	約465 m ³ /min	約270 m ³ /min
昇 圧 力	55 kPa	55 kPa
取 扱 気 体	ガス	ガス
同期回転速度	3 600 min ⁻¹	3 600 min ⁻¹
電動機定格出力	550 kW	320 kW

ブロワの主要部品の特徴について、以下に述べる。

2-1 インペラ

ステンレス高張力鋼を使用した全溶接構造である。羽根の主板・側板の溶接部は完全融合として高周速で長期間の運転に耐えられる十分な強度と信頼性を有している。

2-2 ケーシング

ケーシングは、ステンレススチール (SUS304) 製ケーシングを採用している。ケーシングは上下分割構造であり、上ケーシングの分解作業のみで、回転体の取り外しが可能である。従って、回転体部品の点検など短い日程

で行うことが可能であり、ブロワ内部の点検や、メンテナンスが容易に実施できる。上ケーシング分解状態を図2に示す。



図2 上ケーシング分解状態
Fig.2 View of dismantled condition

2-3 軸受

1号ブロワではスラスト軸受、ジャーナル軸受共に、強制給油式すべり軸受を採用している。2号ブロワでは軸受に十分な寿命を有した転がり軸受を採用し、潤滑はオイルバス（ジャケット水冷式）として長時間の連続運転にも安定して使用できる。

2-4 強制給油装置

1号ブロワは給油装置付きであり、クーラは水冷式を採用している。ブロワ軸受の給油システムは、ブロワ軸端に取付けられた主オイルポンプと給油装置に設置された電動補助オイルポンプによって行われる。ブロワ起動、停止時には電動補助オイルポンプにより給油を行い、ブロワが起動完了すると軸端駆動の主オイルポンプにより給油される。強制給油装置外観を図3に示す。

2-5 軸封装置

軸貫通部にはカーボンリングシールを採用し、N₂パージ（N₂ガスによる軸封）により流体の漏洩を防止している。また、カーボンリングは分割構造のため、回転体を分解せずにシール部品の交換が可能であり、メンテナンス性を高めている。軸封装置の外観を図4に示す。

2-6 全体構成

今回のブロワは、ブロワ、モータおよび関連補機（給油装置、Local panelは1号ブロワのみ）をすべて共通ベース上に設置したユニットとして納入した。1号ブロワユニット全体の構成（系統）を図5に示す。



図3 強制給油装置外観
Fig.3 View of lube oil unit



図4 軸貫通部シール
Fig.4 View of shaft seal

3. 工場試験

工場における性能試験は、JIS B 8340に沿って実施し規定の要求を全て満足した。仕様点における風量・圧力・特性・効率は、ほぼ規定とおりの値を得ることができた。また、仕様点から不安定領域までの圧力マージンも30%以上となっており、安定した運転を実現することができた。

4. おわりに

本ブロワは以前納入したブロワの信頼性が高いことを評価して頂き、受注した。

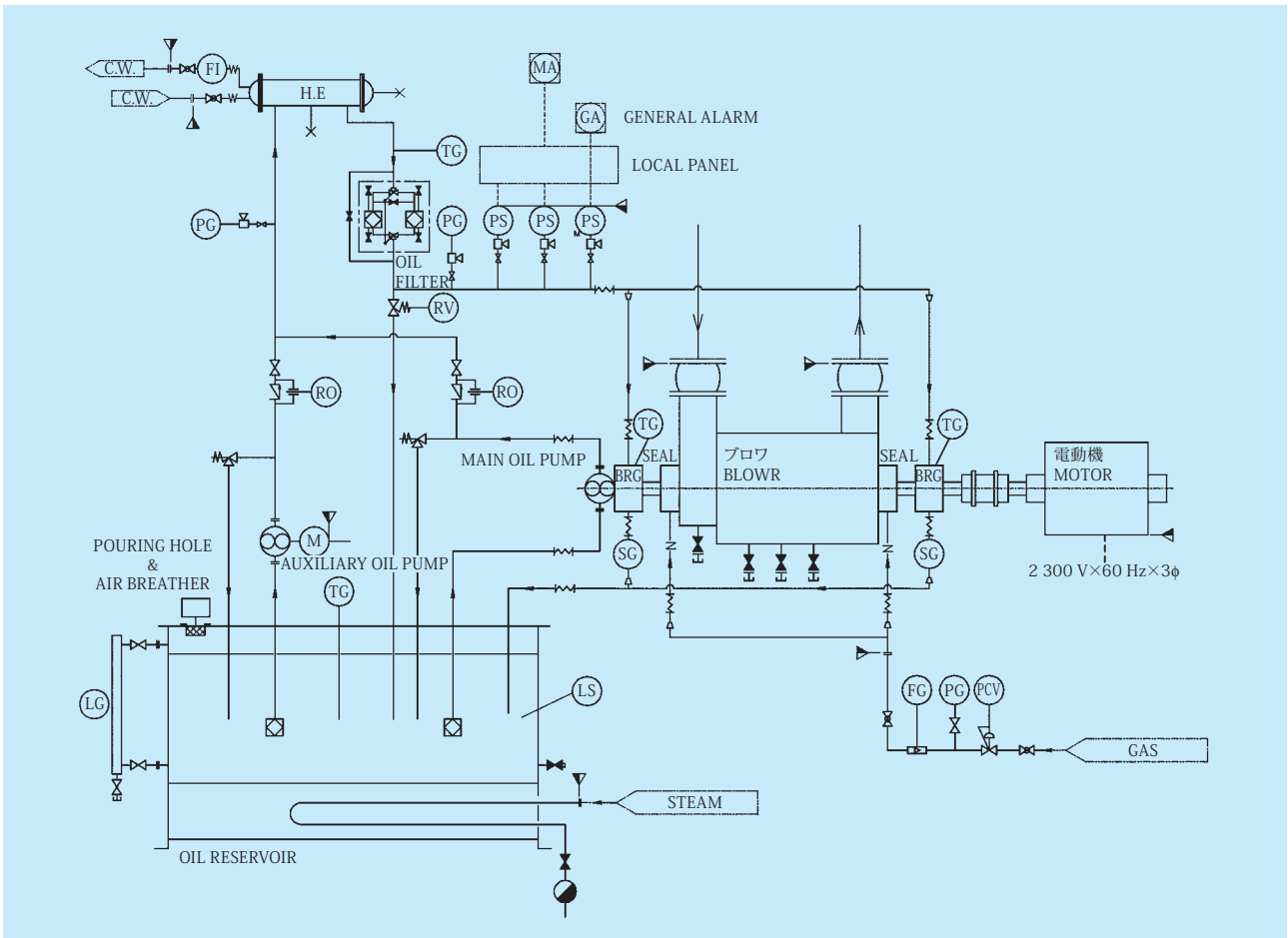


図5 系統図
Fig.5 P&I diagram

今後も高い信頼性による長期間の連続運転が可能な、保守点検が容易なブロワを提供し顧客のニーズに応え続け、社会に貢献していく所存である。

<筆者紹介>

遠藤航治：1999年入社、主に、ファン、ブロワの設計業務に従事。

現在、気体機械設計部ファングループ主任

小林穂高：2012年入社、主に、ファン、ブロワの設計業務に従事。

現在、気体機械設計部ファングループ

東京都三河島水再生センター向け 汚水ポンプおよび送風機設備

川原 敦之 下田 敬一 近藤 友明

Mikawashima Sewage Pump Equipment and Blower Equipment for Tokyo Bureau of Sewerage

By Atsuyuki Kawahara, Keiichi Shimoda and Tomoaki Kondo

Mikawashima water reclamation center in Arakawa-ward, Tokyo, is the first modern in wastewater treatment plant Japan. We have supplied blower equipment and sewage pump equipment to this new center.

The pump, supplied on the 4th underground floor, supplies wastewater to the water treatment facility, and VVVF control system has been adopted. This pump has become the high pressure and large capacity pump for the urban sewage treatment plant.

The blower supplies the aeration air into the water treatment facility, and the air flow is adjusted by the inlet guide vanes control system. This blower equipment was able to contribute to energy saving system by using the low pressure loss check valve and the air-cooled oil cooler.

1. はじめに

三河島水再生センターは台東・荒川区の全部、文京・豊島区の大部分、千代田・新宿・北区の一部に流域を持つ日本で最初の近代的な下水処理施設である。

このたび、下水道全体計画の見直しに伴い建設された第二浅草幹線の汚水を汲み上げる目的と、従来設備の老朽化に伴う再構築を目的として新たに第二浅草系ポンプ室が建設された。この第二浅草系ポンプ室に納入した汚水ポンプ設備および送風機設備を紹介する。

2. 汚水ポンプ設備の概要

ポンプは地下4階に設置された4台（口径1 200 mm 2台と口径1 650 mm 2台）の大容量・高揚程ポンプである。将来、口径1 650 mmのポンプ1台を増設できる構成となっている。また、流入水量の変動に即時対応するため、可変速制御や吐出弁開度制御を組み合わせ、幅広く運転水量を制御できるシステムから成り立っている。汚水ポンプ設備の据付平面図および断面図を図1、図2に示す。

2-1 汚水ポンプ

汚水ポンプ設備の仕様を表1に示す。本ポンプの特徴は次のとおりである。

- ① ポンプの水中軸受にはゴム軸受を採用し、潤滑水は回収する構造である。
- ② ポンプに有害な渦流発生を抑止するために、流入水路の15分の1スケールの水槽模型実験を行い、必要な号機に渦流防止策を施した。
- ③ 将来にわたり流入水量の変動に対応するために、ポンプ台数および流量制御の組み合わせを検討した結果、45～360 m³/minの運転を可能とした。

表1 汚水ポンプ設備仕様

Table 1 Sewage pump equipment specifications

号 機	1、2号	3、4号
ポンプ形式	立軸斜流ポンプ	
口径 (mm)	1 200	1 650
全揚程 (m)	45	45
吐出し量 (m ³ /min)	180	360
駆動機形式	立軸巻線形三相誘導電動機	
駆動機出力 (kW)	1 810	3 560
流量制御方式	VVVF装置による 可変速運転 + 吐出弁開度制御	吐出弁開度制御
流量制御範囲 (m ³ /min)	45～180	180～360
弁 類	逆流防止弁、二床式電動蝶形弁	

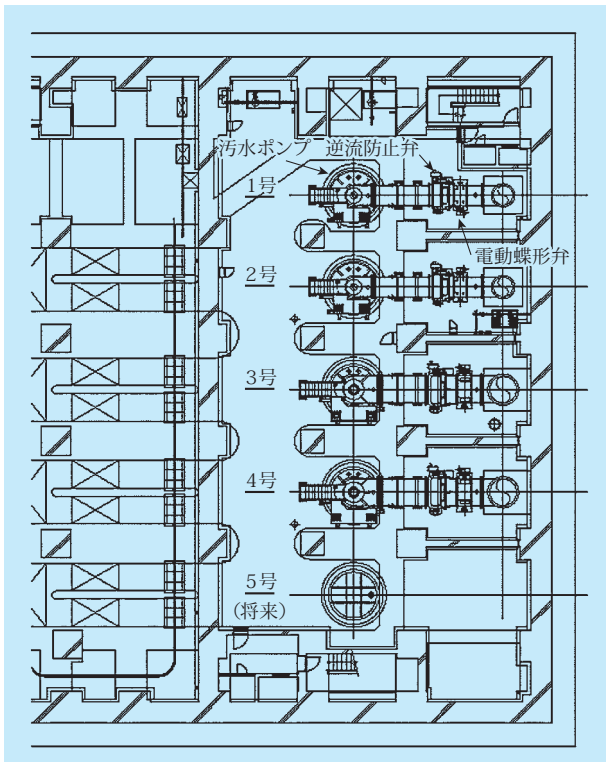


図1 ポンプ据付平面図

Fig.1 Layout of pumping equipment

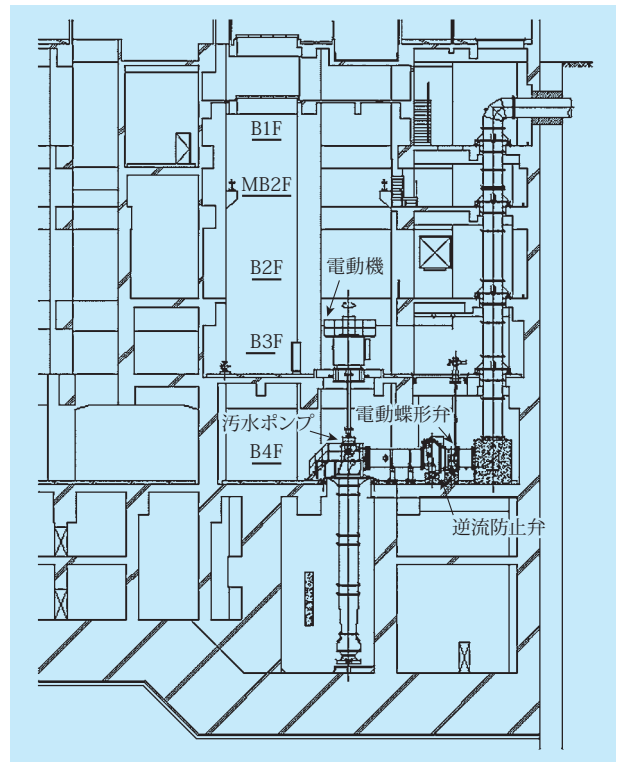


図2 ポンプ据付断面図

Fig.2 Sectional view of pumping equipment

2-2 機器の搬入据付

ポンプの搬入は、地上部の4 m×4 mの搬出入用開口部から搬出入口用天井クレーンを用いて地下3階の電動機室へ降ろし、そこで地下中2階に設置した天井クレーンに吊り替えて所定の位置まで横引きして設置する。地下3階ではポンプの組み立てなどを行うスペースの確保が困難であるため、分割数を極力減らしたポンプ構造とした。これにより、維持管理時の搬出入作業も短時間で

行うことができる。この時検討した地上の開口部での吊り荷の軌跡図を図3に示す。併せて当社工場にてシミュレーションを行い、計画通りに吊り降ろし作業が行えることを確認した(図4)。

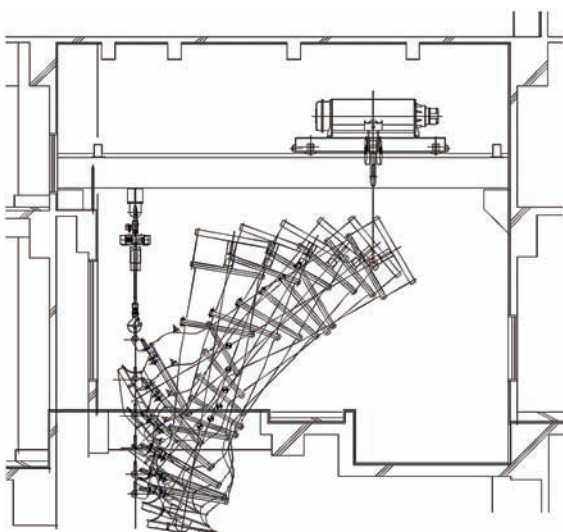


図3 軌跡図(地上の開口部)

Fig.3 Trajectory drawing



図4 搬入シミュレーション

Fig.4 Simulation

3. 送風機設備の概要

送風機設備は、流入下水のばっ気処理を目的とした水処理設備へ空気を送風する。地下2階に個別給油装置を備えた送風機を4台、地下3階に送風機の吸込・吐出し

配管、および共同管廊へ布設した吐出集合配管という構成である。送風機設備の据付平面図を図5、据付断面図を図6に示す。

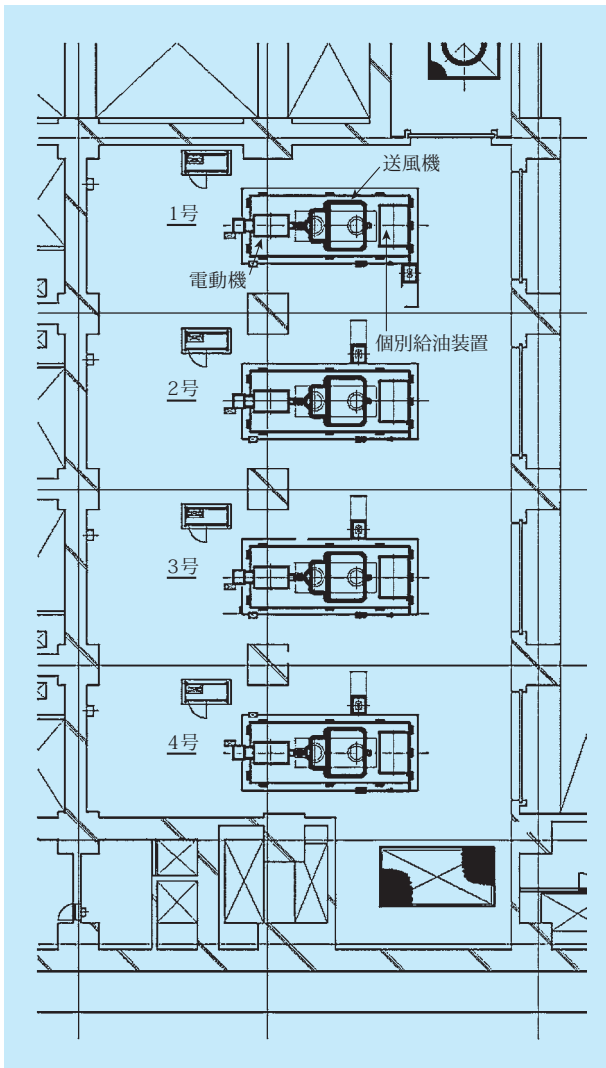


図5 送風機据付平面図
Fig.5 Layout of blower equipment

3-1 送風機

送風機設備の仕様を表2に示す。送風機は風量制御をインレットベーン式とした鋳鉄製多段ターボブロワである。以下に、送風機設備の特徴を示す。

- ① 送風機1台に対し、1台の給油装置にて潤滑油を供給する個別給油装置を採用した。個別給油装置は、ユニット化された給油装置単体として取り外しが可能な構造のため、工場での修理・点検が容易に対応可能である。
- ② 個別給油装置は潤滑油冷却方式として、空冷式のオイルクーラを採用した。
- ③ 送風機の吐出し配管ライン上に設置する逆止弁に

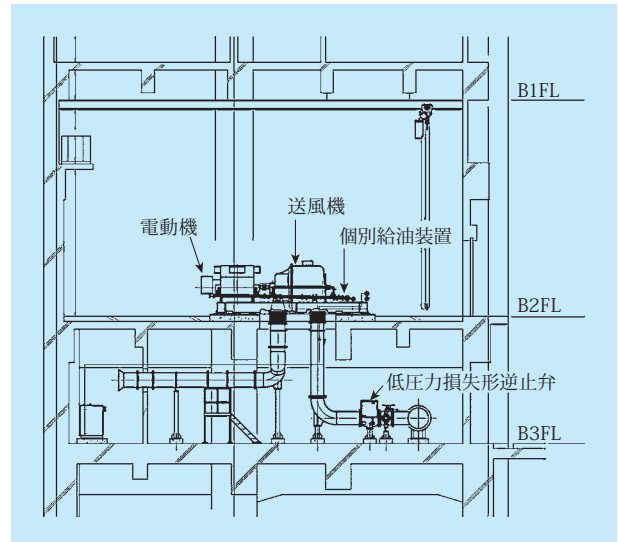


図6 送風機据付断面図
Fig.6 Sectional view of blower equipment

表2 送風機設備仕様
Table 2 Blower equipment specifications

号 機	1～4号
ブ ロ ヲ 形 式	片吸込多段ターボブロワ
吸込／吐出口径	550/500 mm
吸 込 風 量	420 m ³ /min
昇 圧	52.2 kPa
駆 動 機 形 式	横軸巻線形三相誘導電動機
駆 動 機 出 力	470 kW
流 量 制 御 方 式	インレットベーン式
台 数	4台

については、低圧力損失形逆止弁を採用した。

- ④ 送風機本体にはオイルミストを回収するオイルミスト回収装置（製品名：ミストセパレータシステム）を設置した。周囲の環境に影響を与える軸受から発生したオイルミストを送風機の吐出圧力を利用して回収するため、電源などの動力装置は不要である。

3-2 空冷式オイルクーラ

従来の水冷式オイルクーラでは、潤滑油を冷却する冷却水ポンプなどの冷却水設備が必要であった。今回採用した空冷式オイルクーラは冷却水が不要となり、冷却水設備や配管ラインが省略された（図7）。これにより機器設置に必要なスペースが従来に比べて小さくなるとともに、ランニングコストを抑えるメリットをもたらした。

3-3 低圧力損失形逆止弁

低圧力損失形逆止弁は送風機の吐出圧力をシリンダ内に引き込み、ピストンを押し上げることで連結したアームを介して弁体を開く。従来の物理的に弁体を開く力に



図7 空冷式オイルクーラ
Fig.7 Air-cooled oil cooler

加えシリンダによるアシスト機能をプラスすることで、より弁体開度を開方向に移動させ圧力損失を軽減させる。圧力損失軽減による送風効率の増加や、動作機構に電源を用いないなど、省エネルギー対応機器となっている(図8)。

4. おわりに

都市型下水処理設備で需要が増えることが予想される大容量・高揚程ポンプの先駆けとして、今回紹介したポンプ設備を提供できた。送風機設備では省エネルギー・環境対策機器を提供できたことなど、今後も次世代に繋がる技術を創造し、また継承して社会貢献に寄与してい



図8 低圧力損失形逆止弁
Fig.8 Low pressure loss check valves

く所存です。

最後に、設備の施工にあたりご指導を頂いた東京都下水道局殿ならびに関係各位に厚くお礼申し上げます。

<筆者紹介>

川原敦之：1993年入社。主に、揚水・排水機場のエンジニアリングに従事。現在、社会システム技術部技術2グループグループリーダー。

下田敬一：1991年入社。主に、送風機設備のシステム設計に従事。現在、プラント建設部システム設計グループグループリーダー。

近藤友明：2000年入社。主に、東京都下水道局向けの営業に従事。現在、社会システム営業部社会システム営業グループ主任。

北海道開発局札幌開発建設部 南9号排水機場向け排水ポンプ設備

高梨真吾 高橋亨輔 名取一弘

Minami 9th Pumping Station

By Shingo Takanashi, Kosuke Takahashi and Kazuhiro Natori

A typical lowland covers around the Chitose river which flows through Naganuma cho, Hokkaido. A farmland around there has a risk of overflow with a small amount of rainfall. As a drainage measure, large scaled drainage pump stations are under construction at each branch of the Chitose river. We accept repairs of decrepit Minami 9th drainage pump station which is located at one of the branch of the Chitose river, called Minami 9th river. We had completed installation and operation check of pump equipment, and this is the outline report of our work.

1. はじめに

北海道夕張郡長沼町を流れる千歳川の河川流域は低地帯のうえ、排水路の勾配が緩やかで、少量の雨でも周囲の農地を湛水させてしまう恐れがあるため⁽¹⁾、内水排除対策が必要な地域である。その対策として、千歳川の各支川に大規模な排水機場が建設されている。今回の工事では千歳川の南9号川合流点に建設されている南9号排水機場の老朽化に伴う更新工事を行った。

ここでは、ポンプ設備を納入して動作確認が完了したので、その概要を報告する(図1)。



図1 機場全景

Fig. 1 View of pumping station

2. 機場の特徴

排水ポンプは横軸斜流ポンプが採用され、ポンプの分

解点検整備を地上部で行うことが可能な設備である。原動機にはディーゼル機関を使用し、電源には自家発電設備を採用しているため、停電時などの緊急時においても運用可能な設備である。

また、排水ポンプの軸受は無注水軸受を使用し、ディーゼル機関および自家発電設備は外部冷却水を不要とするタイプとし、機場の無水化を実現した。

監視制御に関しては、排水機場での運転支援、および千歳川河川事務所からの状態監視や遠隔操作などを可能とした「遠隔・運転支援システム⁽²⁾」を設置した。

ポンプ設備の据付断面図を図2に示す。以下、今回の機場において特徴のある機能を項目別に概説する。

2-1 満水待機モードの採用

通常横軸斜流ポンプを起動する際は、真空ポンプで主ポンプ内を満水にする必要があり、満水に達するまでに3分から5分程度の時間を要しているため、緊急排水時の対応が遅れてしまう可能性がある。そこで、主ポンプを常時満水状態に保持する満水待機モードを採用し、緊急でポンプを起動しなければならない状態においても対応が可能とした。

2-2 インターロック解除装置の採用

通常のポンプ場では重故障が発生した場合、故障項目を解除しないとポンプの再起動ができないシステムになっている。この場合、計装機器の誤動作などによる重故障発生時においても同様にポンプの再起動ができない。そこで、インターロック解除スイッチを設けること

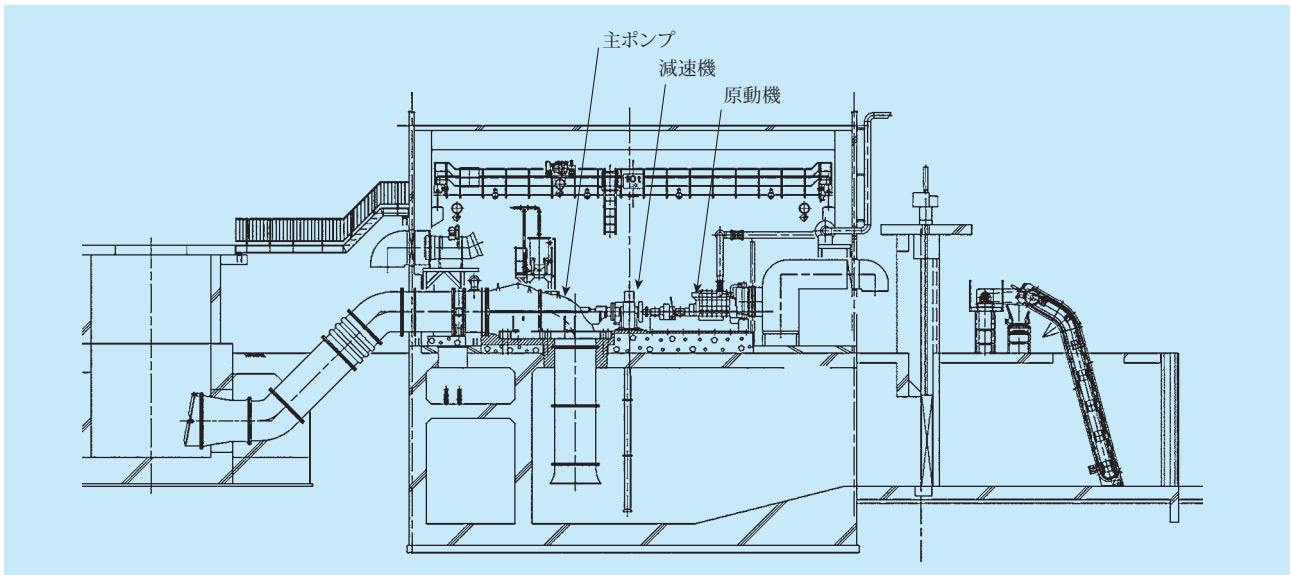


図2 据付断面図

Fig.2 Sectional view of pumping station

により、重故障が発生した場合においても、操作員にて問題ないと判断した場合には、強制的にポンプを起動できるシステムとした。

2-3 運転操作誘導機能の採用

排水ポンプの機側操作盤は、盤面上の各機器操作スイッチ上部にランプを設け、次に操作しなければならない機器の操作スイッチ上部のランプが自動点滅する運転操作誘導機能を有しており、誤操作の防止を図っている。

3. 設備の概要

3-1 主ポンプ

主ポンプは無注水軸封装置に分割構造のラビリンスシールを採用し、軸封装置の交換を容易とした。また、軸封装置用オイルシールには調整板を設け、スリーブとオイルシールの摺動面をずらすことが可能な構造とすることで、スリーブの長寿命化を実現した。

主ポンプの要項を表1に示す。

表1 主ポンプ要項
Table 1 Pump specifications

機器名称	No.1、2主ポンプ
ポンプ形式	横軸斜流ポンプ
口径	1 650 mm
台数	2台
全揚程	4.2 m
吐出し量	6.5 m ³ /s
原動機出力	360 kW

3-2 原動機

原動機は自己冷却型のラジエータを搭載し、ディーゼル機関の無水化を実現した。冷却水は不凍液を使用し、冷却水系統にヒータを設け冷却水の温度管理を行うことで凍結対策や冷態時の始動性を確保している。

また、レバーで入り切りの切替えが可能な遠心クラッチが搭載されており、ポンプを運転しなくてもディーゼル機関単体での管理運転が可能である(図3)。



図3 原動機

Fig.3 Prime mover

3-3 真空ポンプ

真空ポンプは封水を不要とする乾式真空ポンプを採用した。連続定格の電動機を使用し、常時満水状態の保持をすることが可能である(図4)。



図4 真空ポンプユニット
Fig.4 Vacuum pump unit

3-4 遠隔・運転支援システム

遠隔・運転支援システムは、排水機場内の運転支援システム、千歳川河川事務所内の広域監視操作システムおよび携帯端末向けWebサーバで構成している（図5、図6）。

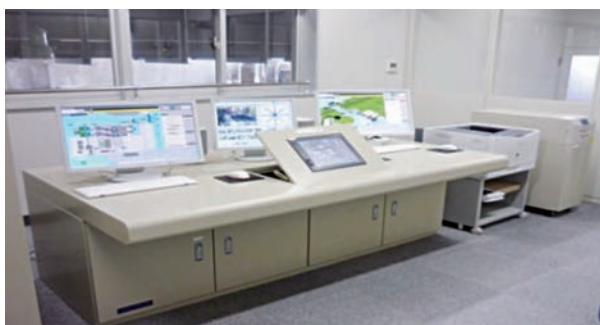


図5 運転支援システム
Fig.5 Supporting system of pump driving

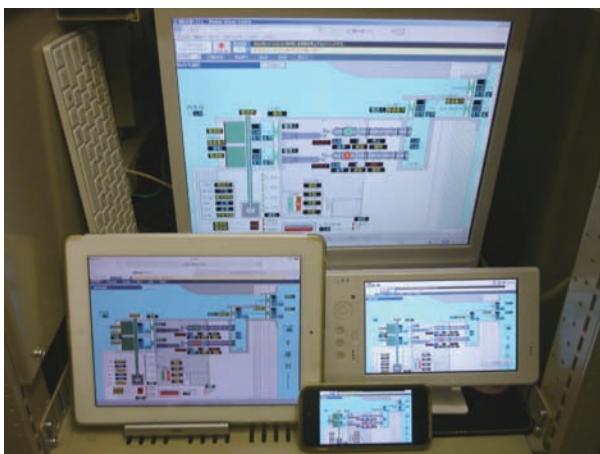


図6 携帯端末向けWebサーバ
Fig.6 Web server for personal digital assistants

携帯端末向けWebサーバのコンテンツ機能を構築するにあたり、フィーチャーフォン^{注1)}に対応させるとともに急速に普及率が高まっているスマートフォンとタブレットPCに対応させるため、「モバイルファースト^{注2)}」思想に基づいて、広域監視操作システムのコンテンツ機能のソースプログラムと共有させて設計している。なお、携帯端末向けWebサーバのコンテンツ機能は、Windows OSの標準ブラウザ、Android、iOS上で動作可能である。

4. おわりに

近年、局地的集中豪雨の増加への対応として、内水排除の信頼性向上や緊急時においても対応可能な設備の構築が求められるようになり、今回紹介した満水待機モードの採用や、遠隔・運転支援システムの採用が増加するものと考えられる。

また、緊急時に対応可能とした排水機能だけでなく、メンテナンスや維持管理の簡素化、各部品の延命化などにも焦点が当てられるものと考えられる。

最後に、本工事の実施にあたり、終始適切なお指導を頂いた札幌開発建設部殿ならびに関係各位に厚くお礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) 札幌開発建設部ホームページ
- (2) 遠隔・運転支援システム監視操作設備標準マニュアル（案）
平成20年10月 北海道開発局石狩川開発建設部

<筆者紹介>

- 高梨真吾：2005年に入社。主に、ポンプ設備のシステム設計に従事。現在、プラント建設部システム設計グループ。
- 高橋亨輔：1995年に入社。遠隔監視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。
- 名取一弘：1981年に入社。主に、揚・排水機場のエンジニアリングに従事。現在、社会システム技術グループリーダー。

注1) 従来からあるWebブラウザ付携帯電話の総称

注2) モバイル端末向けの画面デザインを先に作り、それをベースにPC向けのものを作る手法

東京都下水道局新河岸水再生センター向け送風機設備

志澤 俊一 土屋 佑太

Blowers for Shingashi Water Treatment of Bureau of Sewerage Tokyo Metropolitan Government

By Shunichi Shizawa and Yuta Tsuchiya

Shingashi Water Treatment is located at the spot where Arakawa and the Shingashi River approach. A lot of blowers are set up there. There are various limits such as set up space, noise, and floor load to set up blowers. We chose “AM-Turbo” for limit of setup space and floor load. This blower is simplified auxiliary machinery and lightened. And we covered the blower in the noise-proof cover for noise regulation. This reports on the outline of this water treatment as follows.

1. はじめに

新河岸水再生センターは荒川と新河岸川が近接する地点に位置し、工場地帯の排水に加え、住宅の多い練馬、板橋、杉並区の大部分と中野、北、豊島、新宿区の一部地域からの下水を処理し、新河岸川に放流している。また、処理水の一部を砂ろ過してセンター内で機械の洗浄・冷却、トイレ用水、緑地への散水などに使用している⁽¹⁾。今回、再構築工事にて送風機設備を納入したため、以下にその概要を紹介する。

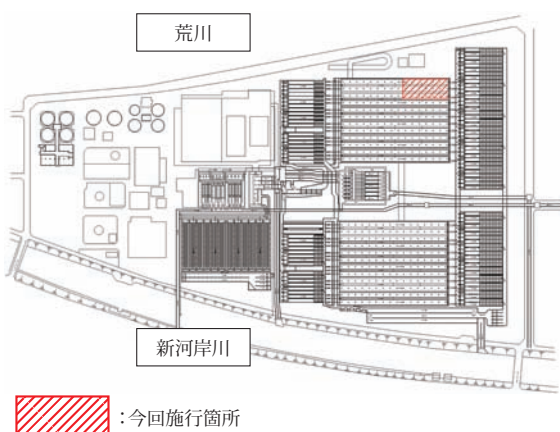


図1 水再生センター位置図
Fig.1 Plan view of Shingashi water treatment

2. 機場の概要

今回、当センターに送風機設備の反応槽への個別送風

化に伴う再構築工事として送風機3台、弁類送気管一式、空気ろ過器一式、天井クレーンを製作・設置した。処理場位置図を図1に主機の配置を図2に示す。

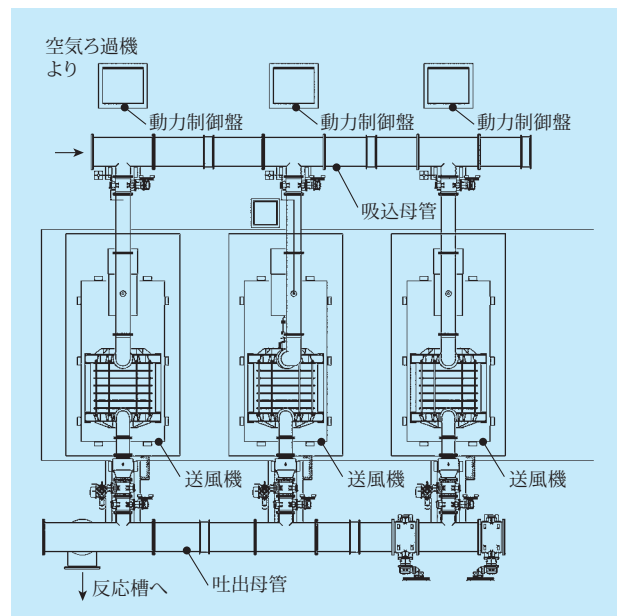


図2 ブロワ据付平面図
Fig.2 Plan view of blower

本計画は、反応槽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の制約、また、公共のグラウンドが隣接しているため、発生騒音の制約があった(図3)。

従来の選定であれば、鋳鉄製ケーシング、すべり軸



図3 上空写真¹⁾
Fig.3 Bird-eye view



図4 社内試運転
Fig.4 Shop test

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、補機の簡略化による省スペース化とブロワの軽量化を考慮し、鋼板製の「AM-Turbo (Advanced Multi-Turbo)」を採用、かつ防音カバーを取付けることで上記の制約条件に対応した。

3. ブロワ概要

本ブロワの仕様を表1、社内試運転状況を図4に示す。特徴を下記に示す。

- 鋼板製ケーシング採用による軽量化
- 軽量ロータの採用
- ころがり軸受採用により強制給油装置不要

鋼板製ケーシングを採用により鋳物製ケーシングに比べて、大幅な軽量化を達成した。また、設置スペースについても強制給油装置が不要になり、当社従来比で約30%削減した。

「AM-Turbo」は、補機を必要としないので、補機動力の削減、冷却水などのユーティリティが不要となり、ランニングコスト低減につながり総合的な省エネ化に貢献できる製品である。

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	350/300 mm
風 量	160 m ³ /min
昇 圧	69.5 kPa
取 扱 気 体	空気
電 動 機 出 力	270 kW
台 数	3台

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ており、現場においてブロワ運転操作、計器表示ならびに現場接点などの信号が上位制御装置と授受できる。



図5 動力制御盤
Fig.5 Power control panel

5. 騒音対策

送風機全体をカバーする防音カバーを取り付けると共に、吸気口がグラウンド側を向いていたため、空気吸込音に対しての消音効果が得られる構造とした吸込口カバーを設けた。

また、送風機吸込・吐出し口に取り付けた伸縮管からの漏れ音を抑制するため、被覆材の周りに遮音シートを



図6 送風機防音カバー
Fig.6 Noise-proof cover

取り付けて発生騒音を抑えた。

6. 天井クレーン

既設建屋の鉄骨に対して負荷をかけないようにするため、新たに鋼製のフレームを製作し据付を行った。

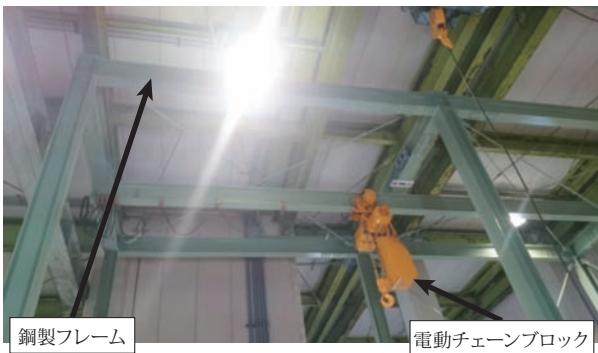


図7 天井クレーン
Fig.7 Overhead traveling crane

なお、据付前にフレームの構造計算を実施し、フレーム軸方向の荷重が建屋床面強度に対して十分であることを確認した。

7. おわりに

ばっ気用送風機の消費電力量は下水処理設備の中で、大きな割合を占めている。昨今の電気料金の上昇に伴い、設備としての維持管理費は上昇の一途である。そのため、省エネルギー、高効率の製品を開発・提案していく必要がある。今回、従来の多段ターボブロワに代わる補機無し・高効率でコンパクト化を実現した「AM-Turbo」を納入した。今後も省エネルギー製品の提案・納入を推進すると共に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>

- 志澤俊一：2005年入社。送風機設備のシステム設計に従事。現在、プラント建設部 システム設計グループ
- 土屋佑太：2011年入社。主に、ブロワ・ファンの設計業務に従事。現在、気体機械設計部 ファングループ

ここで活躍しています — 2013年 製品紹介 —

1. ポンプ

1-1 東京都下水道局 東小松川ポンプ所ポンプ設備

(1) 概要

東小松川ポンプ所は、昭和51年に創設されたポンプ所である。新小岩、西小松川の両ポンプ所より送水される汚水、並びに江戸川区東小松川、松江、西一之江、船堀および一之江流域の汚水と雨水を対象としている。汚水は葛西幹線により葛西水再生センターへ送水され、雨水は中川へ放流されている。

雨水ポンプ設備の老朽化および震災対策として、雨水ポンプ5号機および7号機を無注水型先行待機形ポンプへ更新を実施し、2014年3月に工事を竣工した(図1)。

(2) 特徴

ポンプは、無注水軸受を採用した無注水タイプの全速先行待機形立軸斜流ポンプであり、原動機は、既設ディーゼル機関駆動から電動機直結駆動へ変更した。

(3) 仕様

口径1 500 mm先行待機形立軸斜流ポンプ×2台(電動機駆動)

345 m³/min×15 m×1 180 kW



図1 口径1 500 mm立軸斜流ポンプ(雨水5号)

1-2 川崎市上下水道局 小向ポンプ場No.2 雨水ポンプ設備

(1) 概要

既設No.2雨水ポンプは、ディーゼル機関駆動の横軸斜

流ポンプであり、真空ポンプによる満水方式が採用されていたため、多くの補機設備で構成されていた。

老朽化した横軸ポンプを減速機搭載形立軸斜流ポンプへ更新(図2)することにより、真空ポンプや冷却水ポンプなどの補機設備が不要となり、信頼性が向上した。

(2) 特徴

地震対策として、雨水ポンプにはセラミックス軸受を採用し、原動機の空冷化、さらに減速機油冷部を自己冷却とすることで、システム全体の無水化を図った。また、設置スペースが狭い場所であったが、従来と比較して管理動線も確保された。

(3) 仕様

口径800 mm減速機搭載形立軸斜流ポンプ×1台

93 m³/min×6.4 m×160 kW×375 min⁻¹(ディーゼル機関駆動)



図2 口径800 mm立軸斜流ポンプ

1-3 名古屋市上下水道局 中島ポンプ所

(1) 概要

中島ポンプ所は、名古屋市中心部の東海道五十三次41番目の宿場である宮宿(七里の渡し)、現在の白鳥庭園の堀川沿い下流に位置する。雨水排水の総排水能力405 m³/minを有するポンプ所であり、堀川へ放流される。

(2) 特徴

ポンプは、セラミックス軸受および無給水軸封装置を

採用している。なお、戻し弁など付帯設備なしで、締切状態での起動および10分程度の管理運転を行える。また、ディーゼル機関の回転速度制御（ガバナモータ）により、吐出し量の制御が可能である（図3）。

(3) 仕様

口径1 000 mm立軸斜流ポンプ×1台（ディーゼル機関駆動）

$135 \text{ m}^3/\text{min} \times 8.5 \text{ m} \times 280 \text{ kW} \times 385 \text{ min}^{-1}$



図3 原動機室全景

1-4 静岡県志太榛原農林事務所 榛原第2排水機場

(1) 概要

本機場は、1974年に設置された旧榛原第2排水機場の老朽化と排水能力の不足に伴い、機場および設備を更新したものであり、二級河川坂口谷川へ強制排水を行っている（図4）。

(2) 特徴

ポンプ設備は無給水軸封装置を採用した横軸軸流ポンプであり、空冷式ディーゼル機関の採用により無水化されている。なお、今回の更新に際し、ポンプ台数を1台から2台とし排水能力を增強した。

(3) 仕様

口径800 mm横軸軸流ポンプ×2台（ディーゼル機関駆動）

$84 \text{ m}^3/\text{min} \times 2.0 \text{ m} \times 44 \text{ kW} \times 322 \text{ min}^{-1}$



図4 口径800 mm横軸軸流ポンプ

1-5 山口県企業局 厚東川工業用水道事務所 宇部丸山ダム送水ポンプ設備

(1) 概要

本設備は、宇部・山陽小野田地区の工業用水の実質的な貯水量を確保するため、厚東川ダムから放流水の一部を宇部丸山ダムへ送水するためのポンプ設備である（図5）。

(2) 仕様

口径700 mm横軸斜流ポンプ×1台（電動機駆動）
 $60 \text{ m}^3/\text{min} \times 6 \text{ m} \times 90 \text{ kW} \times 450 \text{ min}^{-1}$

(3) 特徴

送水管路に設置するため、横吸込・横吐出しの斜流ポンプであり、常に満水（押し込み）のため真空ポンプ設備が不要である。また、ダムからの水圧（最大水頭約30 m）を受けるための強度を有する構造である。



図5 ポンプ設置状況

1-6 株式会社東芝 電力システム社 パトハ地熱発電所向けHotwell Pump

(1) 概要

東芝殿よりインドネシアジオディバエネルギー社の55 MWのパトハ地熱発電所1号機向けHWPを受注し、納入した(図6)。

パトハは西ジャワ州バンドン県に位置する。ジャワ地域は有望な地熱地点が分布しており、その中の一つである。ジャワ地域の電力は需給逼迫しており、その解消を担うために開発が進められている。

(2) 特徴

本機は、ピットバレル型の立軸斜流ポンプで、コスト低減として同用途にて他機場で実績のあるケーシング、ベルマウスに鋳鉄材、バレルに炭素鋼材を選定し、防食対策としてエポキシコーティングを施工している。

(3) 仕様

HWP (Hotwell Pump)

口径44×28インチ立軸斜流ポンプ×2台

5 000 m³/h × 30 m × 550 kW × 750 min⁻¹



図6 Hotwell pump

1-7 インドNPCC ONGC社BCPA2海上プラットフォーム向け立軸バレル形5段渦巻ポンプ

(1) 概要

インドNPCC社経由ONGC (インド石油公社) のBCPA2海上プラットフォーム向けCondensate Transfer Pumpを2台納入した(図7)。当該プラットフォームはMumbai沖西北西85キロの地点にあり、橋で繋がっているBPAプラットフォームへCondensateを圧送する。BPAプラットフォームより周囲のプラットフォームのCondensateをま

とめONGCのHazira Terminalへ圧送する。当該BPAプラットフォームでは既にCondensate用途で当社のプランジヤーポンプを合計5台納入済みである。これら製品の信頼性、実績、厳しいNPSH条件、短納期対応が高く評価され受注に至った。

(2) 特徴

本ポンプはAPI型式VS7立軸バレル型5段渦巻ポンプで材質はオールステンレス製である。モータは耐圧防爆型(Ex-d)でインド製を採用した。メカニカルシールはシールプラン53B air cooled heat exchanger付である。設計圧力: 67.5 kg/cm²Gと高く、また厳しいNPSH条件にも対応した設計となっている。

(3) 仕様

立軸バレル型5段渦巻Condensate Transfer Pump×2台

口径80×50 mm×20 m³/h×211 m×30 kW×3 000 min⁻¹



図7 Condensate transfer pump

1-8 LINDE インドISPRL社Padur向けブースタポンプ

(1) 概要

インドLINDE社よりISPRL (インド戦略石油備蓄会社) PADURステーション向けCrude Booster Pumpを4台納入した(図8)。本プロジェクトはインド政府主導で総量500万トンの石油をインド国内の3カ所に備蓄する計画の1つで、Padurは南インドのケララ州に位置する。

顧客の望む高い品質要求、要求仕様（高効率）、短納期対応のすべてを満足したことが評価され受注に至った。

(2) 特徴

本ポンプはAPI610タイプBB1横軸両吸込単段渦巻ポンプで、主要部材質は鋳鋼（API材料コードS-5）である。モータは耐圧防爆型（Ex-d）でインド防爆認証取得品を採用している。メカニカルシールはダブルシールとし、フラッシングプランは53Bを採用している。軸受箱は自己冷却式構造とし、冷却水を不要としている。運用許容圧力：40 kg/cm²G以上と高圧であり、また厳しいポンプ効率要求（ポンプ所要動力低減）にも対応した設計となっている。

(3) 仕様

口径500×300 mm横軸両吸込渦巻ポンプ×4台
2 475 m³/h×180 m×1 480 kW×1 500 min⁻¹（電動機駆動）



図8 ブースタポンプ

2. 送風機

2-1 中津終末処理場送風機設備

(1) 概要

本終末処理場は1986年に供用開始されており、当初は処理能力53 300 m³/日の標準活性汚泥法で計画されていた。一方、近年の人口推移や給水量の減少など生活様式の変化に対応するとともに、周防灘流域別下水道総合計画や流入水質の実績により全体計画および処理能力の見直しが行われてきた。その結果水処理方式が高度処理（2段階ステップ硝化脱窒法）に変更され2014年度に3、4系設備の増設が行われた。

(2) 特徴

計画当初は1、2系設備同様にルーツブロワの採用予定であったが検討を重ねた結果、鋼板製直結式多段ターボブロワが採用された。本ブロワはころがり軸受（オイルバス方式）高効率モータを採用し、潤滑油配管・冷却水配管並びに補機類は不要で、設備全体を簡素化することができた。また環境対策（オイルミスト防止）としてオイルミストセパレーターシステム（MSS-α）、省エネ対策として低圧力損失型逆止弁（AAチェッキ）を採用している（図9）。

(3) 仕様

口径250×200 mm片吸込多段ターボブロワ×2台
55 m³/min×78.5 kPa×110 kW×3 600 min⁻¹（同期）



図9 送風機設置状況

2-2 広島県土木局 熊野黒瀬トンネル

(1) 概要

安芸郡熊野町および東広島市黒瀬町を經由して広島市安芸区矢野と呉市安浦町を連絡する幹線道路として、主要地方道矢野安浦線熊野黒瀬トンネルを含む約2.8 kmのバイパスが完成し、開通した。軌道系アクセスのない内陸地域の連携や交流、経済活動を支えるとともに、東広島・呉自動車道黒瀬ICとの接続により、広域的な都市間の物流および経済交流の役割を担う極めて重要な路線である。そのバイパスにある熊野黒瀬トンネルに換気設備を設置した（図10）。

(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、外装板ならびにケーシングはステンレス製で耐食性に優れた構造である。

(3) 仕様

口径1 030 mmジェットファン（高風速型）× 2台
29 m³/s×35 m/s×33 kW×1 800 min⁻¹（同期）



図10 ジェットファン設置状況

2-3 沖縄県土木建築部下水道課
宜野湾浄化センター

(1) 概要

本設備は、エアレーションによる下水の高級処理を行うための設備である。今回、宜野湾浄化センターにNo.1/2送風機を新設し、2014年3月に運転を開始した（図11）。



図11 送風機設備設置状況

(2) 特徴

個別給油方式を採用してオイルミストセパレータシステムを標準装備し、沖縄仕様の塩害対策として、インレットベーンのマテリアルはステンレスとした。また消防法適用の緩和対策として潤滑油に高引火点オイルを採用した。さらに省エネ対策として、低圧力損失型逆止弁（AAチェッキ）を搭載している（図12）。

(3) 仕様

口径400×350 mm片吸込多段ターボブロワ× 2台
205 m³/min×70.82 kPa×300 kW×3 600 min⁻¹（同期）



図12 低圧力損失型逆止弁（AAチェッキ）

2-4 沖縄県土木建築部下水道課
具志川浄化センター

(1) 概要

本設備は、エアレーションによる下水の高級処理を行うための設備である。今回、No.5送風機1台の増設工事を実施し、2014年4月に運転を開始した（図13）。

(2) 特徴

個別給油方式を採用してオイルミストセパレータシステムを標準装備し、沖縄仕様の塩害対策として、インレットベーンのマテリアルはステンレスとした。また消防法適用の緩和対策として潤滑油に高引火点オイルを採用している。



図13 送風機設置状況

(3) 仕様
 口径350×300 mm片吸込多段ターボブロア×1台
 170 m³/min×65.3 kPa×250 kW×3 600 min⁻¹ (同期)

2-5 千代田化工建設株式会社

太陽石油株式会社四国事業所向け FDF、IDF

(1) 概要

キシレンカラムリボイラーヒーター用のFORCED DRAFT FAN (FDF) およびINDUCED DRAFT FAN (IDF) を各1台駆動用電動機と共に納入した (図14)。

(2) 特徴

FDF、IDF共にすべり軸受ユニットでオイルリング潤滑式を採用している。また、軸受ユニットの冷却水取り合い点がFDF、IDFで通常各4点(入口2、出口2)に対して、入出を連結し、各2点としている。

(3) 仕様

FORCED DRAFT FAN (FDF)

6FTOP-CNM片吸込遠心ファン×1台(電動機駆動)

571 m³/min×3.34 kPa×55 kW×1 800 min⁻¹

気体: Air

INDUCED DRAFT FAN (IDF)

7FTOP-CNM片吸込遠心ファン×1台(電動機駆動)

1 071 m³/min×3 kPa×90 kW×1 800 min⁻¹

気体: Flue gas



図14 IDF性能試験状況

2-6 八戸製錬株式会社八戸製錬所向け 硫酸ブロワ

(1) 概要

製錬所の硫酸ブロワとして他社製のブロワが使用されていたが、老朽化による更新に伴い高効率である当社のブロワが採用され、ブロワ本体、増速機、強制給油装置、吸込ダンパなどの補機および予備品類一式を納入した (図15)。

(2) 特徴

インペラはステンレス鋼からの削り出し構造で、流体の流れ損失を少なくするため3次元のブレード形状とし、高効率化によりランニングコストの低減を図っている。

また、取替工事期間が短期間であったため、既設共通ベースの流用や、強制給油装置のユニット化など短期間で行えるように配慮した。

(3) 仕様

口径1 200×1 000 mm両吸込ターボブロワ×1台

1 676 m³/min×44.13 kPa×1 800 kW×約6 898 min⁻¹



図15 口径1 200×1 000 mm両吸込ターボブロワ外観

大阪市建設局殿今福下水処理場向け返送汚泥ポンプ受注

大阪市建設局殿今福下水処理場は、大阪市東部に位置し、限られた敷地を有効に活用するため沈殿池を2階槽式に、反応タンクと沈澄池を上・下2階槽式に配置するなど施設を立体的に構築している。

このたび、本下水処理場向け返送汚泥ポンプ3台(表1)を受注した。当社が1972年に納入した返送汚泥ポンプ41 m³/min×4.7 m×3台を、111 m³/min×2台・50 m³/min×1台に更新する工事で、現在は機器の設計・製作段階である。

ポンプの型式は両吸込渦巻ポンプであり、汚泥を送水

するためオープンインペラを採用している。また、本ポンプの更新工事期間中は、処理場内の反応タンク・沈澄池の上・下2階槽式の一部を区画し、口径500 mm着脱式水中モータポンプ3台を設置して仮設返送汚泥ポンプとして運用することで、処理場の能力維持を図っている。あわせて、余剰汚泥ポンプ3 m³/min×18 m×3台を、新たに口径250 mmスクリーウ渦巻ポンプ5.9 m³/min×32 m×2台に更新する工事も並行して実施する。

(文責：戌亥 武)

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	型式	流量	全揚程	電動機出力	台数
返送汚泥ポンプ(1)	口径1 000×900 mm両吸込渦巻ポンプ	111 m ³ /min	5.3 m	150 kW	1
返送汚泥ポンプ(2)	口径1 000×900 mm両吸込渦巻ポンプ	111 m ³ /min	5.7 m	160 kW	1
返送汚泥ポンプ(3)	口径700×600 mm両吸込渦巻ポンプ	50 m ³ /min	7.2 m	90 kW	1

MODEC Petrobras 社 (ブラジル) 向けおよび Tullow Oil 社 (ガーナ) 向け Sea Water Lift Pump 計7台受注

このたび、MODEC Singapore社より、Petrobras社向けFPSO Cidade de Caraguatatuba MV27 Project用Sea water Lift Pump 4台およびTullow Oil社向けFPSO Tullow T.E.N Project用Sea Water Lift Pump 3台、計7台を受注した。

本ポンプの用途はFPSO船上(図1)の機器に冷却水を送るための海水取水用として使用される。特徴としては、FPSO船内のスペースに制限があるため、本ポンプは船舶側舷に設置され、揚水管長さ約30 mの長尺立軸ポンプが採用される。また、FPSO船の洋上での運転、耐久性を考慮して材質はスーパー二相ステンレスを採用している。さらに、洋上での揺れに対応するためポンプコラム外筒部にセンターライザを装着し、船の傾きや振

動にも対処した構造としている(ポンプ仕様は、表1による)。

当社は、過去40台ほど本用途のポンプを納入してきており、これら実績を評価されての今回受注となった。今後も、ポンプ品質向上、納入後のフォローなどを通じて顧客満足を充実し、受注拡大を目指す所存である。

(文責：鈴木伸一)

<参考文献>

(1) MODEC社

http://www.modec.com/jp/project/fpso_fso/mutineer.html
(2014年5月29日アクセス)

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
海水取水ポンプ	口径450 mm VPFC-M立軸斜流ポンプ	2 200 m ³ /h	109 m	950 kW	4台
海水取水ポンプ	口径450 mm VPFC-M立軸斜流ポンプ	2 300 m ³ /h	90 m	850 kW	3台



図1 FPSO船⁽¹⁾

北海道開発局札幌開発建設部殿 新雄冬岬トンネル向けジェットファン受注

このたび、北海道開発局札幌開発建設部殿より新雄冬岬トンネル向けジェットファン8台の製作・据付工事を受注し、現在製作中である。

本トンネルは、一般国道231号雄冬岬付近のガマタトンネル坑内と雄冬岬トンネル坑内をつなぐ形で現道から大きく山側に迂回するルートを開削し、2本のトンネルを1本につなぐ掘削延長1 555 m、開通後の全長4 748 mのトンネルである。一般国道231号は日本海と急峻地

形に挟まれた沿岸を通過しており、落石や雪崩の危険が予想される時、通行規制を行う特殊通行規制区間に指定されている。本トンネルは災害による道路寸断で孤立化する集落の解消を目的としている。

今回の設備の特徴としてジェットファンは高風速型が採用され、吊金具の設置はあと施工アンカーの代わりに埋込金具方式を採用している。

(文責：齋藤仁哉)

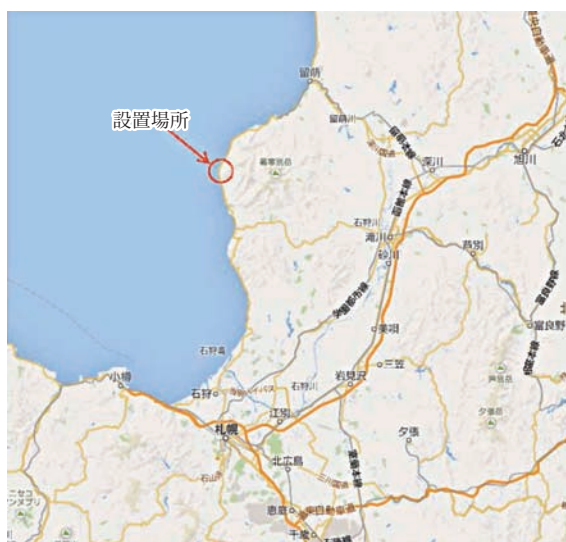


図1 設置場所

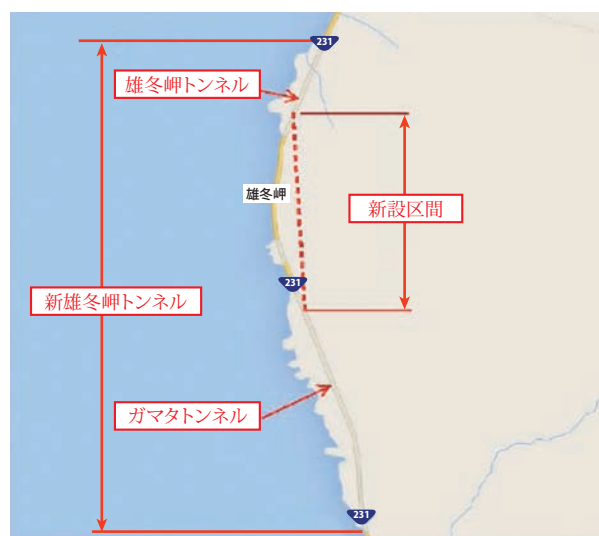


図2 設置場所 (詳細)

表1 ジェットファン仕様

機器名称	型 式	風 量	風 速	取扱流体	電動機出力	台数
ジェットファン	1 030 FV20-DNM 横型軸流送風機	29 m ³ /s以上	35 m/s	トンネル内空気	37 kW	8

農林水産省東北農政局殿より優良工事表彰を受ける —大堀排水機場緊急応急工事—

平成23年度～平成24年度に当社が施工した「仙台東地区直轄特定災害復旧事業大堀排水機場緊急応急工事」が、農林水産省東北農政局長殿より優良工事表彰を受けた。

1. 工事概要

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、平成23年3月11日に発生した東日本大震災被災後、機能が失われていた横軸ポンプ（計画排水量2.0 m³/s）の復旧を行う工事である。

尚、立軸ポンプ（計画排水量0.6 m³/s）は平成23年度に当社受注の別工事にて復旧済みである。

2. 優良工事表彰の受賞理由

本排水機場は、受注時点では建屋が復旧されていなかった。そのため建築工事業者と作業が輻輳し、機械工事の着手時期が遅れ、また、復旧工事が集中して発注されたため、購入機器の製作納期遅れ等による工期遅延が懸念されていた。

さらに、既施設にあった水道が被災により復旧の目処が立たないことが分かったため、エンジンの冷却水及び主ポンプの封水を、原水取水方式に変更せざるを得ず、また非常時を想定して、自家発電装置及び直流電源盤が追加になるなど、さまざまな設計変更があった。

そのような状況の中、並行に進んでいる別途建築工事



図1 被災直後の機場外観



図2 完成後の機場内部



図3 表彰式状況

業社や機器製作メーカー並びに工事施工業社、監督員殿との度重なる工程調整により、希望工期であった梅雨時期前に試運転を完了させる工程管理ができた。

また、工程管理のみならず、施工管理・品質管理・安全管理とともに優れているとの高評価を頂いたことで、本表彰の受賞に繋がったと思われる。

3. おわりに

工事にあたっては東北農政局殿および東北農政局土地改良技術事務所殿のご指導、ご協力を頂きましたことに深く感謝申し上げます。



図4 表彰状

表1 工事概要

工 事 名	大堀排水機場緊急応急工事	
工 期	平成23年12月15日～平成24年6月22日	
復 旧 機 器	主な仕様	応急復旧内容
主ポンプ	口径1000mm 横軸軸流ポンプ 1台	現地分解整備
主原動機	77kWディーゼル エンジン 1台	更新
主減速機	横軸遊星歯車減速機 1台	工場分解整備
操 作 制 御 設 備	低圧受電盤 1面	更新
	エンジンポンプ盤 1面	更新
	補機盤 1面	更新
電 源 設 備	直流電源盤 1面	更新
	60kVA非常用発電装置	更新
系 統 機 器 備 設	真空ポンプ 2台	更新
	燃料移送ポンプ 2台	更新
	200L燃料小出槽 1基	更新
	1950L燃料貯油槽 1基	更新
	空気圧縮機 2基	更新
	100L空気槽 1組	更新
	封水ポンプ 2台	更新
	取水ポンプ 1台	新規設置
	逆洗式オート ストレーナ 1台	新規設置
	サンドセパレータ 1台	新規設置
除 じ ん 備 設	ロータリーレーキ式 除じん機 2基	サイクロ減速機 工場整備
	除じん機仮設操作盤 1面	新規設置
水 門 設 備 (赤沼東)	スライドゲート 2門	ゲート巻上機の 撤去・設置及び ゲート現地整備
	ゲート操作盤 1面	更新

(文責：佐々木雄也)

電業社シンガポール事務所 開設

2014年5月に新たにシンガポールに海外事務所を開設しました。シンガポール政府登録名称は「DMW Representative Office Singapore」、当社にとってはムンバイ・ヒューストン・アムステルダム・大連に次いで5番目の海外拠点となります。

当社は、海外戦略の一環として海洋設備向けSea Water Lift PumpならびにWater Injection pumpを含む高圧ポンプの受注拡大およびアジア地域での新規発電所向け案件の受注拡大を目指しています。シンガポールを主拠点とする船舶製造メーカーが多く、従来より、当社と交流のあるメーカーだけではなく新規メーカーへも上記ポンプを納入すべく情報収集活動を行っていきます。

また、近隣国タイ・ベトナム・マレーシア・インドネシアなどの東南アジア圏において大型発電所の新規建設が多く計画されており、当社の主力製品のひとつである循環水ポンプの需要が、今後も増えることが見込まれます。これら機器の受注拡大にも貢献していきたいと考えています。

新規納入だけでなく、既に納入したポンプ、ファン、ブロワの現地巡回を行い、ストックビジネス拡大による顧客満足度アップにも貢献していく所存です。

事務所はシンガポールチャンギ国際空港から車で20分程度、Raffles Place Singapore Land Towerの1室にあります。Raffles Placeはシンガポールの金融機関の中心であり、多くの銀行、証券会社が軒をつらねています。交通利便性も非常によく地下鉄Raffles Place駅より東西線、南北線の2つの地下鉄が乗り入れており、大変便利です。また、バスも整備されており東京に劣らない交通利便性を誇っています。

シンガポールは英語が公用語の国であるため、事務所開設・運営面で意思疎通を容易に行うことができ、非常



図1 Raffles Place Singapore Land Tower

にスムーズに開設までに至ることができました。また、金融業が非常に進んでいる国であるため、資金の決裁もスムーズに行うことができます。

シンガポールはアジア近辺のハブ空港となっており、また、日本からも羽田空港国際線発着が増えたことから東京都内からシンガポールへのアクセスも格段によくなっています。シンガポールへお越しの際は、また乗継で時間があります際は、是非一度お立ち寄りください。

(文責：鈴木伸一)

海外視察報告 (タイ)

山本雄一

Visitation Report to Thailand

By Yuichi Yamamoto

1. はじめに

このたび、海外視察研修の機会を得て、2013年11月28日に岡本工作機械製作所のタイ工場、T.N.メタルワークスを視察したので、概要と印象について以下に報告する。

2. 岡本工作機械製作所タイ工場

2-1 岡本工作機械製作所 概要

岡本工作機械製作所は、1926年(大正15年)創業で研削盤メーカーのパイオニアである。1930年には歯車研削盤、1953年には平面研削盤の国産一号機を開発、あらゆる工作機械を世に送り出している会社である。生産拠点として本社安中工場のほか、オカモト・タイ、オカモト・シンガポールがある。

今回視察させていただいたオカモト・タイはアユタヤ県のワンノイに工場がある。このタイ工場では高品質な製品を最後まで責任をもってお客様に提供することを目的とし、設計から木型、鋳造、機械加工、塗装、組立、完成まで一貫した生産体制をとっている。生産体制や歴史は電業社と通じるものがあるという印象を受けた。

2-2 オカモト・タイ

まず、事務所に会社概要、タイでの人員確保や交通事情などの説明を受け、工場内を見学した。

木型工場では黙々と作業に当たる姿勢が、私をもって来たタイ人の作業員に対する先入観を変えてくれた(図1)。

木型倉庫では整然と並んだ木型の中に他社製品の名前もあり、木型、鋳造も受注し製造しているとのことであった。型枠や木型を外す作業は女性が木槌を使い、時に力強く、時に繊細で器用な作業をしていた、日本ではあまり見られない光景であった。できあがった鋳物は次工程に送る前にレイアウトマシンを使い、三次元での測定検



図1 木型工場の様子

査を実施していた。品質は部署ごとで万全を期し、次工程に送っている姿勢がうかがえた。

2-3 キサゲ作業

私の目をひいたのは仕上げ部門のキサゲ作業である。キサゲ作業とは、切削加工した底面や軸受内面をさらに精度の高い面に仕上げるために、キサゲという工具を使って少量ずつ削り取る精密加工方法の一つで、まったくの手作業であり、職人技の作業である。これは機械の精度を決める重要な加工で、このような高度な作業を現地作業員が行っていることに、教育レベルの高さを感じ、強く感銘を受けた(図2)。

基盤を組み立てる工場に入る時は、靴の裏をエアで清掃し、ワンタッチで靴を覆うカバーを付け、ごみの侵入を防いでおり、工場内も隅々まで綺麗に清掃されていた。工場内は整理整頓が行き届いており、無駄話もせずに黙々と自分の作業と向き合っている印象を受け、素材から製品まで徹底した品質管理に岡本工作機械製作所のブランド力を感じた。



図2 キサゲ作業の様子



図3 製缶工場の様子

3. T.N.メタルワークス

T.N.メタルワークスは傘下にVENZ Industrial Co. Ltd. という汎用ファンを主体に製作する会社を有している。その工場の製缶、機械加工、プレス作業を重点的に見学した。

プロジェクトチームのメンバーでLINEを構成し、今現在の進捗度、トラブルの回避方法を全員でタイムリーに共有していた。チームという名の通り、全員一丸で取り組んでいる姿勢がうかがえた。機械加工はシャフトやインペラなどの回転体関係を主としており、プレスや溶接が工場の大半を占めていた。現場では個人の持ち場が決まっており黙々と作業をしている印象を受けた（図3）。

工場内は作業工程に沿った効率的なレイアウトがなされており、機種により溶接ロボットが導入され作業の効率化を図っていた（図4）。

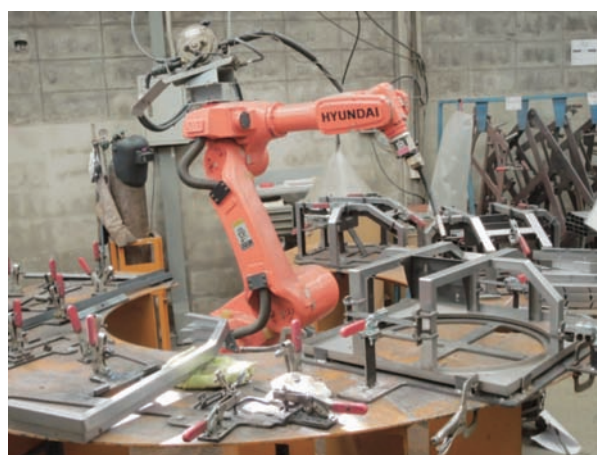


図4 ヒュンダイ社製 溶接ロボット

4. おわりに

今回、短い期間であったがオカモト・タイとT.N.メタルワークスを視察させて頂いた。

今回、タイ人の勤勉さを目の当たりにしたことで危機感も感じる事ができた。その危機感を少しでも和らげられる術は、まず、私たち中堅社員が一致団結し会社の要求に応えられる技能士、人材となり、さらに一歩ずつ前進し、次の世代へ繋げていかなければならないのではないかと考える。

そして、今回の海外視察で当社OBの方に面会でき、話を伺いました。話の中からは在籍中の仕事に対する真摯さや責任感、技術士としての誇りなどを感じることができ、私も志を持ち、常に前進し続けていきたいと思いました。

最後に、このように視野を広げられる貴重な機会を与えて下さった関係各位に対し、深く感謝致します。

<筆者紹介>

山本雄一：1994年入社。主に、機械加工業務に従事。現在、生産部 機械グループ班長。

特許と実用新案

「立軸ポンプ」 特許第5344751号

1. 従来技術の問題点

ポンプ配管内に作業員が入れるような大型の立軸ポンプでは、中間軸受が吐出しエルボまたは揚水管等のポンプ配管内にあり、中間軸受の軸受摺動部材をポンプ軸の上端から取り外しまたは取り付けるためには、吐出しエルボの外側にあるスペーサ軸継手を取り外すだけでなく、吐出しエルボの外壁を貫通するポンプ軸の軸封装置やポンプ軸の上部軸受等も分解する必要がある。さらに、ポンプ軸の中間軸受が配設された位置からポンプ軸の上端までの距離が長いので、この間のポンプ軸の外周部に腐食や付着物がある場合には、軸受摺動部材をポンプ軸の上端まで移動させるのが容易でなく、定期点検などの際に軸受摺動部材の取り付けおよび取り外しに多大な労力と時間を要するという問題がある。

2. 本発明の内容

本発明はこのような従来技術を改善するためになされたもので、**図1**、**図2**を参照して説明する。本発明による立軸ポンプ1は、ポンプ軸2を上部ポンプ軸2aと下部ポンプ軸2bに分割し、分割した2本のポンプ軸を揚水管3内で中間軸継手4により連結している。中間軸継手4は軸方向に2分割された連結部材5とこれを外嵌するスリーブ6で構成し、上部ポンプ軸2aの下端と下部ポンプ軸2bの上端の軸方向間隔を、中間軸受7の固定側摺動部材8または回転側摺動部材9の軸方向長さのいずれよりも長く設定している。また中間軸受7を中間軸継手4の少し下方位置に配設し、中間軸継手4を分解した状態では、固定側摺動部材8と回転側摺動部材9が下部ポンプ軸2bの上端まで容易に移動できるように構成している。

3. 本発明の効果

中間軸受が中間軸継手の少し下方位置に配設さ

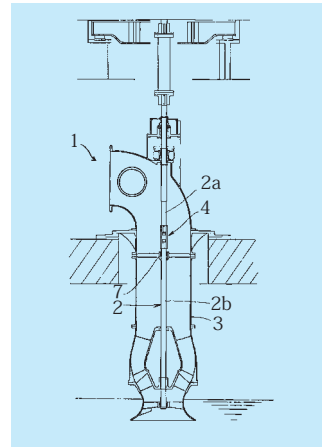


図1

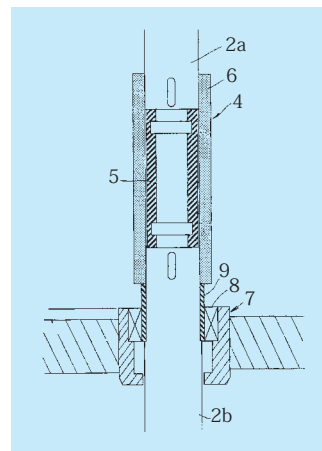


図2

れ、中間軸受の配設位置から下部ポンプ軸の上端までの距離が短いので、中間軸継手を分解することで、ポンプ配管内で中間軸受の固定側摺動部材と回転側摺動部材を下部ポンプ軸の上端から容易に取り外すことができる。そこで、点検作業の際、従来のようにスペーサ軸継手やポンプ軸の軸封装置、上部軸受等を分解する必要がないため、中間軸受の点検と部品の交換を容易に行うことができる。

(文責：山田正嗣)

編集後記

◆この度の巻頭言は、新潟工業短期大学長の長谷川富市先生に「水、この不思議なるもの」という題目でご執筆いただきました。

当社の主力製品の一つはポンプですので水を扱う機会は多く、興味深く拝読させていただきました。当社で製造しているポンプは比較的大きな流体機械に属するため必然的にレイノルズ数も高くなり、ニュートン流体として扱う水しか目にすることができません。そのため、水がニュートン流体から逸脱した種々の特性を示すことがあるという実験的事実は、驚きとともに新鮮な知見でした。20年以上にわたりこのような研究をされてきたとのことですが、真理を追及するにはかくも長い時間を要するものかと感嘆した次第です。

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す。

◆オープン型吸込水槽のCFD解析について紹介しました。従来は、クローズ型水槽のCFD解析のご要望を多数頂戴しておりましたが、最近はオープン型吸込水槽のCFD解析のご要望が多くなってきております。今後もこのようなお客様のご要望にお応えすべく、解析技術の向上に取り組む所存です。

◆新型横軸斜流ポンプの開発について紹介しました。省エネルギーへの関心が高まっている現在、市場要求の一つとして高性能なポンプが求められています。今回の開発では、従来モデルと比較して高効率なモデルを開発することができ、開発したポンプ形状を採用した実機を納入しました。今後も市場要求に応えられる製品開発に取り組む所存です。

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
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
四国支店	〒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 (博多プライムイースト) TEL 092 (409) 3173・FAX 092 (409) 3183
事務所		新潟・山口・熊本・インド (ムンバイ)・米国 (ヒューストン) 欧州 (アムステルダム)・東南アジア (シンガポール)・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)	〒411-0848	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	稲垣 晃	
委員	鯉沼博行	小澤文雄
	永田元彦	坂本 浩
	青山匡志	小山田嘉規
	上杉浩一郎	石澤勇人
	鈴木重雄	
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38巻第1号

発行日	平成26年7月31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。

