

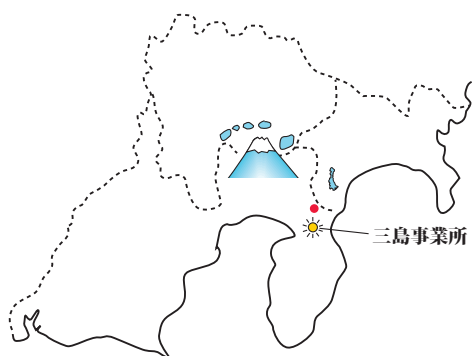
電業社機械

DENGYOSHA KIKAI

Vol.41 No.1 2017

No.80





表紙説明

三島市芙蓉台から望む富士山
(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41巻 第1号 通巻第80号 2017

目次

◆巻頭言

滑り軸受の原点	田中正人	1
---------	------	---

◆製品紹介

サウジアラビア向け 硫黄回収装置用ブロウ	富田雅俊	3
	柏田千秋	
インドネシア・カラハ向け地熱発電所用温水ポンプ	風間満	7
	田代崇	
IOCL向け石油製品圧送ポンプ	池田侑樹	11
	幡野貴也	
大阪府菊水ポンプ場向け 雨水ポンプ設備	佐々木隆	15
	西田志郎	
東京電力フェエル&パワー株式会社殿 横須賀火力発電所 淡水消火ポンプ	高梨真吾	19
	渕上貴大	
	前田浩一郎	
松阪市大口ポンプ場向け雨水ポンプ設備	秋山良介	23
	安藤友順	
	稲垣尚正	
ここで活躍しています -2016年 製品紹介-		27

◆海外出張記

海外視察報告(台湾)	長谷川浩久	33
------------	-------	----

◆ニュース

タイ王国 PTTLNG社向けLNG受け入れ基地向けスーパー二相ステンレス製予備ポンプ1台受注		36
新日鐵住金株式会社殿 名古屋製鐵所向けNo.6 COGブロウ受注		37
東京ガス株式会社殿 日立LNG基地Ⅱ期工事向け 気化器海水ポンプ受注		38
ナイジェリア・Dangote Oil Refining Company Limited社向け ガソリンブースターポンプ3台受注		39
インドGAIL社Jamnagar - Loni Pipeline Capacity Augmentation Project向け LPGパイプライン用ブースターポンプ受注		40
大阪府北部流域下水道事務所殿 前島ポンプ場向けNo.1、2雨水ポンプ設備受注		41
東京都下水道局殿 森ヶ崎水再生センター向け「(東)送風機設備再構築工事」受注		42

◆特許と実用新案

		43
--	--	----

DENGYOSHA TECHNICAL REVIEW

DENGYOSHA KIKAI

Vol.41 No.1 2017

CONTENTS

◆Foreword

Genesis of Plain Bearing	1
M. Tanaka	

◆Product Introduction

Blowers for Sulfur Recovery Unit in ARAMCO JAZAN	3
M. Tomita and C. Kashiwada	

Hotwell Pumps for Karaha Geothermal Power Plant in Indonesia	7
M. Kazama and T. Tashiro	

Main Line Pumps for Kandla Viramgam Reverse Pumping Project	11
Y. Ikeda and T. Hatano	

Kikusui Pump Station for Osaka prefecture	15
T. Sasaki and S. Nishida	

Fire Water Pump for Yokosuka Power Station of TEPCO Fuel & Power, Incorporated ...	19
S. Takanashi, T. Fuchigami and K. Maeda	

Matsuzaka City's Okuchi Pump Station	23
R. Akiyama, T. Ando and N. Inagaki	

◆Activities	27
-------------------	----

◆Essay

Report of Visitation to Taiwan	33
H. Hasegawa	

◆Patent	43
---------------	----



滑り軸受の原点

Genesis of Plain Bearing

田中 正人
東京大学 名誉教授

機械設計やトライボロジーの講義を受講すれば、回転機械に必須の機械要素である滑り軸受についてひとつひとつの事を学ぶことができます。しかし、「ひとつひとつ」の勉強では本質的理解を深めるのは容易ではありません。また、最近の教科書、参考書は記述内容に深みがなくなり、もう少し踏み込んだところまで勉強したいと思っても、応えてくれる本があまりないのは残念です。

学びの根底には、単に知識の量を増やしたいというだけでなく、学ぶ過程で「なぜ？」と疑問に思ったことの答を得たい、すなわち個々の知識と知識の関係性を理解し、知識を構造化して学びの質を高めたいという意欲があるはずで、そういう意欲を持ち続けることができれば学びが楽しくなり、楽しければますます学びたくなります。この循環が学びの原動力であり、「なぜ？」という疑問の答を得ようとする努力がこの好循環を起動し、駆動します。

本稿では、滑り軸受を題材に「なぜ？」を追究してみます。その際、薄っぺらな教科書は脇に置いておき、科学技術文献の原典に直接あたることになります。

回転機械用の滑り軸受は、現在では一般に「流体潤滑モード」で作動するように設計、運転されることが常識となっています。この「流体潤滑モード」というキーワードが滑り軸受に関連して表面化するきっかけとなったのは、19世紀末にイギリスでBeauchamp Tower（ビーチャム・タワー）が行った滑り軸受の実験研究であり、その結果をまとめた論文⁽¹⁾は1883年に発表されました。この論文を引用する多くの教科書には、タワーが滑り軸受の油膜中に高い圧力が発生していることを「偶然のことから」見だし、これが「流体潤滑」研究の夜明けになった、と書かれています。

「偶然のことから」とはどういうことか、と気になるのですが、タワーが研究を行った動機や時代背景など、歴史的視点も気になります。タワーはこのことについて論文で触れていませんが、イギリスのトライボロジストDuncan Dowson（ダンカン・ダウソン）の名著「History of Tribology」⁽²⁾に詳しく記述されています。

19世紀後半のイギリスでは、産業革命によって多くの産業が発展し、滑り軸受を組み込んださまざまな機械が使われていました。当時、固体面同士の摩擦係数は滑り速度に依らず一定であるというクーロンの摩擦法則が広く知られていましたが、滑り軸受の摩擦係数は、その法則に反して滑り速度が増すと共に増加するということが経験的に知られるようになり、これに注目したイギリス機械学会はタワーに資金を提供して、油で潤滑された滑り軸受の摩擦係数の挙動を調べるよう、研究を依頼したのです。

タワーが作成した実験装置は模式図に示すとおり、車体の重量が車軸に対して上からかかる鉄道車両用の部分円弧滑り軸受を手本にしています。図1(b)は当時普通に使われていたサイフォン給油で、上部から軸受面天頂部に達する給油孔をあけ、木綿芯の一端を潤滑油のカップに入れて他端を給油孔内に垂らすと、サイフォン効果で一旦吸い上げられた潤滑油が給油孔から滴下して、軸受内に給油さ

れる仕掛けです。図1(a)は(b)のような給油孔はなく、軸の下部に置いたバスタブ状の容器に潤滑油を入れて軸の一部が油中に浸るようにすれば、軸の回転に伴って軸受すき間に潤滑油が引き込まれる仕掛けであり、これをオイルバス給油といいます。

こうして一定荷重のもとで測定された軸受摩擦係数は、固体摩擦では通常得られない1/1000程度の小さい値となり、しかも滑り速度とともに増大することが確認され、滑り軸受の摩擦現象はクーロンの法則で説明できないことがはっきりしました。

すなわち、軸と軸受の摩擦は流体摩擦の特徴をもっていることになり、これが「偶然のことから」見いだされた軸受油膜中の圧力発生と関係してきます。

タワーの論文には、「図1(a)のオイルバス給油で実験をしていたとき、軸受荷重をかけ過ぎて焼き付きが生じたので、軸受を取り外して検査し、そのついでにあとで行うサイフォン給油用に軸受天頂部に給油孔を開ける加工をした。その軸受を再び組み付けて実験を再開したところ、あけた孔から油が溢れ出て周囲を汚してしまったのでコルク栓や木栓を孔に詰めたが、いずれも押し出されるようにして抜け落ちてしまった。孔に圧力計を設置してみると、軸受平均面圧の2倍を超える圧力が測定された。これは極めて興味深い発見である。」と書かれています。タワーはこのことから、荷重で軸に押しつけられている滑り軸受が軸受面に形成される油膜内の圧力で押し戻されて油膜に浮上していると結論づけています。摩擦係数の値が1/1000と小さく、滑り速度とともに増加するという特徴も流体摩擦であることから説明がつきます。すなわち「流体潤滑モード」とは、軸受荷重に対抗する流体力学的な圧力を滑り軸受油膜内に発生させて、軸が軸受と固体接触することなく回転できる状況を作り出すことなのです。

検査のため軸受を外した際、ついでに給油孔を加工しなければタワーがこの「興味深い発見」に至ることはなく、滑り軸受の歴史も変わっていたかもしれません。まさに油膜中に圧力が発生するという衝撃的な事実は、ここに記したような「偶然のことから」見いだされたのです。

タワーの研究報告を読んだ流体力学の大家Osborne Reynolds (オズボーン・レイノルズ) は、滑り軸受の油膜中に発生する圧力が満たす方程式を理論的に導出してタワーの発見した実験的事実を理論で裏付け、1886年に論文⁽³⁾として発表しました。これが、現在でも滑り軸受の流体潤滑解析、性能設計に用いられるレイノルズ方程式であり、油膜形状、潤滑油の粘性係数、軸回転速度の3つを与えると方程式を解くことができ油膜内の圧力分布が得られ、軸受性能が求まります。すなわち流体潤滑モードで作動する滑り軸受の性能は、この3つの変数で決まるということが理論的に明らかにされたのです。

学校では先生の話「よく聴く」ようにと指導されますが、よく学ぶためには聴いたことを鵜呑みにせずに「よく考える」こと、疑問に思ったことを答が得られるまで追究することが大切です。

<参考文献>

- (1) B. Tower : First Report on Friction Experiments, P.I.M.E., (November 1883), 632.
- (2) D. Dowson : History of Tribology, 2nd Edition, Professional Engineering Publishing, (1996), 324.
- (3) O. Reynolds : On the Theory of Lubrication and its Application to Mr. B. Tower's Experiments, Philosophical Transaction of Royal Society of London, 177, Part 1 (1886), 157.

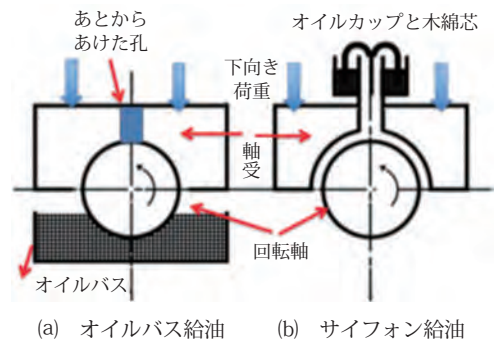


図1

サウジアラビア向け 硫黄回収装置用ブロワ

富田雅俊 柏田千秋

Blowers for Sulfur Recovery Unit in ARAMCO JAZAN

By Masatoshi Tomita and Chiaki Kashiwada

DMW multistage turbo blowers are used in various gas processing plants and petroleum refinery plants. This time, we, DMW supplied 2 kinds of blowers, i.e. Claus Air Blower (4 sets) and Main Air Blower (4 sets), total 8 sets, to Saudi Arabian Oil Company (ARAMCO) for Jazan Integrated Gasification Combined Cycle (IGCC) power plants in Saudi Arabia. Our air blowers are used in sulfur recovery units in the above Jazan project. The Jazan project adopts Shell Claus off-gas treatment technology for sulfur removal process. With that technology, ultra-low sulfur diesel fuel (99.5% sulfur removed) is produced⁽¹⁾. This report shows the design features of the Claus Air Blower and the Main Air Blower.

1. はじめに

当社の鋳鉄製多段ターボブロワは、ガス処理、石油精製プラントに数多く納入されている。今回、イタリアのEPC経由でSaudi Arabian Oil Company (ARAMCO) 社の石炭ガス化複合発電所 (IGCC) 向けに、硫黄回収装置用ブロワを2機種8台受注した。納入先であるサウジアラビアのジャザン州は、サウジアラビアの南西端、紅海沿岸に位置し、イエメンの国境に隣接している。40万バレル/日の処理能力をもつ製油所とオイルターミナル、そして世界最大級の約2.4 GWのIGCCが併設される。また、Jazan projectでは硫黄回収プロセスとしてShell Claus Off-gas Treatment (SCOT) 法を採用することにより、Acid gasから硫黄分を99.5%除去し超低硫黄ディーゼル燃料を製造し出荷される⁽¹⁾。

このたび、受注した2機種のClaus Air Blower、Main Air Blowerの工場出荷が完了したので、以下にその概要を紹介する。納入先であるサウジアラビアのジャザン州の位置を図1に示す。

2. 機器構成

2-1 全体構成

ブロワユニットの全体構成を図2の系統図に示す。

今回納品した2機種のClaus Air BlowerとMain Air Blowerは同様な機器構成であり、電動機駆動の片吸込多

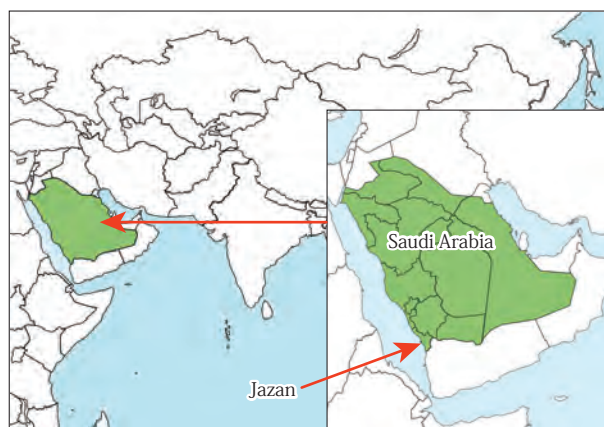


図1 サウジアラビア ジャザン州
Fig. 1 Jazan in Saudi Arabia

段ターボブロワである。軸受の潤滑方式は強制給油方式とし、強制給油装置を付属している。ブロワの吸込ラインにはフィルタおよびサイレンサを設置し、吐出しラインにはサイレンサおよび逆止弁を設置している。また、ブロワのサージ防止機能として、放風弁を用いている。以下に各構成機器について述べる。

2-2 Claus Air Blower

Claus Air Blowerは酸性ガスを反応炉で燃焼させるために必要な空気を供給するためのブロワである。

表1にClaus Air Blowerの仕様、図3に外観を示す。

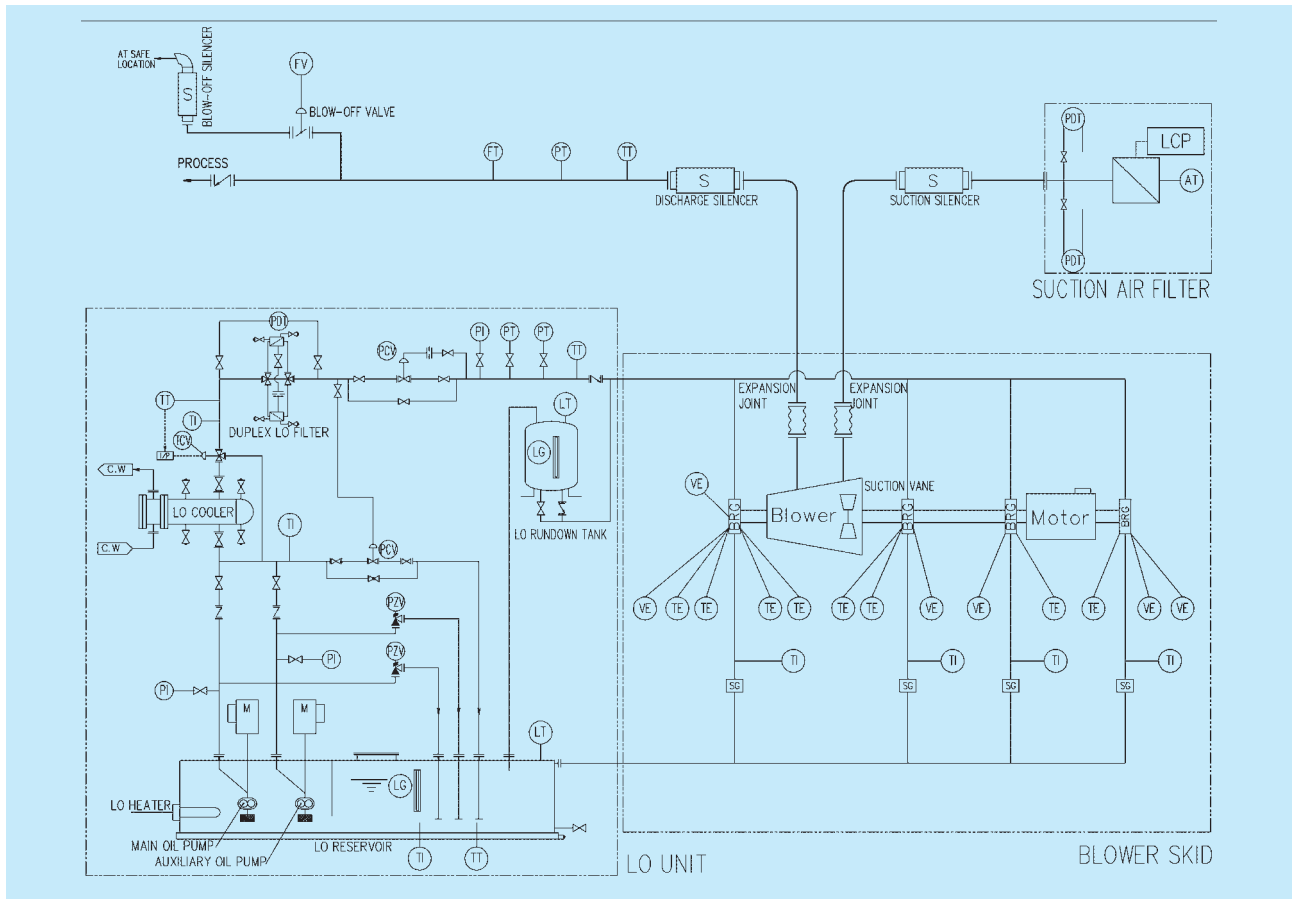


図2 系統図
Fig.2 P&I Diagram

表1 Claus Air Blower仕様
Table 1 Claus Air Blower specifications

形 式	鋳鉄製片吸込 多段ターボブロワ
吸込／吐出し口径 (mm)	900/800
風 量 (m ³ /min)	約825
昇 圧 (kPa)	約100
取 扱 気 体	空気
電 動 機 出 力 (kW)	1 450
台 数	4

2-3 Main Air Blower

Main Air Blowerは未反応の硫黄化合物を含むガスの
燃焼用空気を供給するためのブロワである。

表2にMain Air Blowerの仕様、図4に外観を示す。

2-4 ブロワの構造と特徴

2機種のプロワはどちらも当社オリジナルの構造が採用されたプロワである。その構造と特徴を以下に述べる。

プロワのインペラには、ステンレス鋼板を使用している。また、インペラを設計する上で、FEM解析にて強度評価を実施し最適な形状検討と信頼性を確認している。



図3 Claus Air Blower 外観
Fig.3 View of Claus Air Blower

FEM解析の例を図5に示す。

ケーシングは鋳鉄を使用した水平二ツ割構造を採用している。上下分割のため、上ケーシングの取外し作業のみで回転体の取出しが容易に行なえる。そのため、プロワのメンテナンスが容易に実施できる構造となっている。プロワ初段インペラ入口には、风量調節用のインレツ

表2 Main Air Blower仕様
Table 2 Main Air Blower specifications

形 式	铸铁製片吸込 多段ターボブロワ
吸込／吐出し口径 (mm)	700/600
風 量 (m ³ /min)	約425
昇 圧 (kPa)	約100
取 扱 気 体	空気
電 動 機 出 力 (kW)	850
台 数	4



図4 Main Air Blower外観
Fig.4 View of Main Air Blower



図5 FEM解析の一例
Fig.5 Example of FEM analysis

トガイドベーンを設置している。

ケーシング同様に軸受ユニットも水平二ツ割構造としており、滑り軸受を採用しジャーナルおよびスラスト荷重をティルティングパッド方式の軸受にて回転体を支持している。

2-5 強制給油装置

強制給油装置は、ブロワおよび電動機の軸受の強制潤滑給油に使用し、API614-4th Editionに準拠している。強制給油装置の外観を図6に示す。本強制給油装置は、2台の電動式給油ポンプを採用しているため、油のヘッド差を利用して緊急時の給油を行うランダウンタンクを付属している。



図6 LO unit外観
Fig.6 View of LO unit

2-6 パルスジェットフィルタ

パルスジェットフィルタはブロワ運転中にフィルタの自動洗浄が可能な構造である。フィルタの差圧および湿度を計測することで、吸込ラインの健全性を監視している。パルスジェットフィルタの外観を図7に示す。本パルスジェットフィルタは機側制御盤を付属し、中央制御室と制御信号を授受している。



図7 パルスジェットフィルタ外観
Fig.7 View of Pulse Jet Filter

6. 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、要求仕様を全て満足する結果を得た。また、ブロワの振動、軸受温度についても許容値を十分に満足し、仕様を満足する結果を得られた。

7. おわりに

サウジアラビア向けの硫黄回収装置用ブロワの概要を説明した。当社は中東、中央アジア地域で多くの実績を有しており、高い信頼性の評価を頂いている。その中で、ブロワはプラント内で重要な役割を担っているため、今後も、設備の用途、重要性を十分に認識し、顧客の信頼と満足を得られるよう努力していく所存である。

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

<参考文献>

- (1) Oil & Gas Journal
<http://www.ogj.com/articles/2014/05/saudi-aramco-lets-additional-contracts-for-jazan-igcc-plant.html>
(2017/4/28アクセス)

<筆者紹介>

- 富田雅俊：2012年入社。主にブロワの設計業務に従事。
現在、気体機械設計部 ブロワ設計課
柏田千秋：2013年入社。主に、海外案件向けポンプと送風機の営業に従事。現在、海外部 貿易課



インドネシア・カラハ向け地熱発電所用温水ポンプ

風間 満 田代 崇

Hotwell Pumps for Karaha Geothermal Power Plant in Indonesia

By Mitsuru Kazama and Takashi Tashiro

In Indonesia, population is increasing and industries are developing while crude oil production is decreasing. Import value of oil has been prevailing export value since early 2000s. In order to keep energy for export and provide enough energy to domestic area, Indonesia is trying to take advantage of geothermal power resources which are estimated as 28,000,000 kW, constructing geothermal power plants. Indonesia is the country with the second largest amount of available geothermal power next to the United States.

DMW CORPORATION has supplied pumps for geothermal power plants in Philippines, Kenya, New Zealand, Turkey and Indonesia with Hotwell Pumps. This time, we supplied Karaha geothermal power plant in Indonesia. In this article, we explain feature of the pumps.

1. はじめに

インドネシアでは、人口増加と産業発展により電力需要は増大している一方で、原油・石油生産量は減少し、2004年からは原油・石油輸入が輸出を上回っている状態が続いている。インドネシアは、輸出用エネルギーを確保しつつ、安定した国内への電力供給を実現し、同時にCO₂排出量を抑えて地球環境への負荷を減らすため、資源量2 800万kWと見積られるアメリカに次ぐ世界第二位の豊富な地熱資源の積極的な活用を推進し、地熱発電所の建設を進めている。

当社はこれまでに地熱発電所向け温水ポンプ (Hotwell pump) をインドネシア以外にもフィリピン、ケニア、ニュージーランド、トルコなどへ多数納入してきた。このたび、インドネシアの西ジャワ州タシクマラヤ地域に位置するカラハ地熱発電所 (容量30 MW) に温水ポンプ2台を納入したので、以下に、これら地熱発電所の発電プラントの重要補機のひとつである温水ポンプについて紹介する。

なお、当該ポンプは2017年夏に試運転が予定されている。

2. 温水ポンプ (Hotwell pump)

温水ポンプは、復水器から出る温水 (46.0 °C、最大



図1 カラハ地熱発電所の位置

Fig.1 Location of Karaha Geothermal Power Plant

50 °C) を冷却塔や還元井に送水するために用いるポンプであり、冷却塔で冷却された水は再び復水器に戻される。この復水器を循環する水は、硫化水素やシリカ等を多く含む地熱復水 (Geothermal steam condensate) が用いられており、温水ポンプの設計においては、材質選定に十分留意する必要がある。以下にKaraha向け地熱発電用温水ポンプの特徴を述べる。

2-1 ポンプ仕様と構造

本ポンプの仕様 (表1) および特徴を以下のとおり示す。

- ① 本ポンプは電動機直結駆動の一床式バレル形立軸斜流ポンプである（図2）。
- ② スラスト荷重はポンプのスラスト軸受ユニットで支持し、油面計、油面スイッチ、温度センサー、振動センサーなどが設置されている。
- ③ 軸封部は二つ割のメカニカルシールを採用し、スラスト軸受ユニットの分解を行わずにメカニカルシールの消耗品交換ができるようにしている。
- ④ 配管プランは、API682のPLAN32を採用しており、メカニカルシール部より外部注水することでポンプ停止時における復水器系統全体の真空保持を確保している。注水配管にはストレーナ、フロースイッチ、圧力発信器などが設置されている。
- ⑤ ポンプ水中軸受は、常時没水状態であることから合成ゴム軸受を採用している。
- ⑥ バレルケースは流れによる損失を考慮しつつ、バレルケース径を極力細くし、バレル底部および側面には、流れの旋回防止および整流の目的でリブを設け、バレルケースを細くすることによる影響が少なくなるよう考慮している。
- ⑦ バレルケース据付下面にサポートバーを設置し（図3）剛性を上げることで、ポンプ吸込みノズル部分の基礎開口の影響を軽減している。

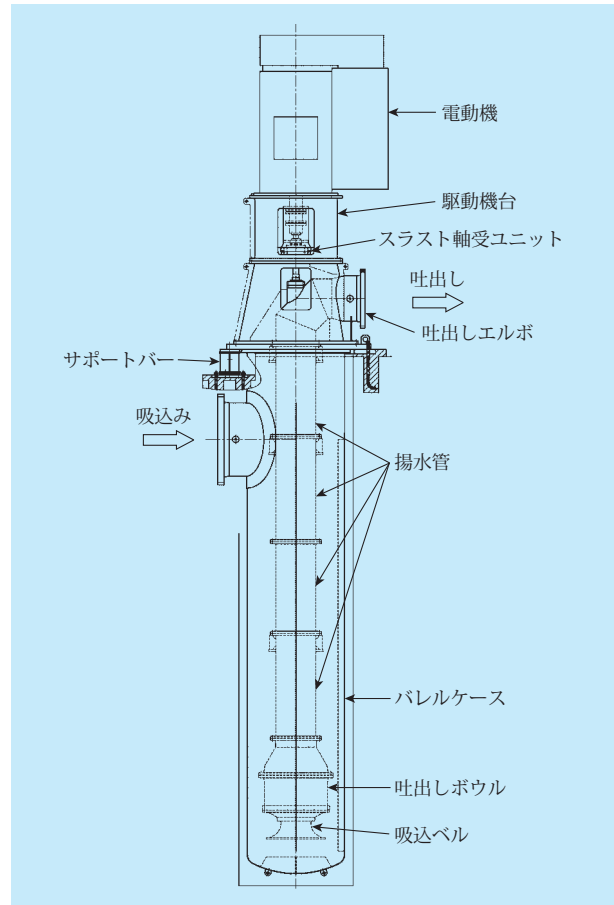


図2 温水ポンプ構造図
Fig.2 Sectional drawing of Hotwell pump

表1 ポンプ仕様

Table 1 Pump specifications

用途	温水ポンプ
形式	バレル形立軸斜流ポンプ
台数	2
吸込・吐出し口径 (inch)	48×30
全揚程 (m)	27
吐出し量 (m ³ /h)	3 800
出力 (kW)	370
NPSH av. (m)	8.0
液質	地熱復水

2-2 ポンプ材質

取扱液は腐食性の高い硫化水素などを含む地熱復水であることから、耐食性を考慮した材質となっている。接液部となる吐出しエルボ、揚水管、バレルケースなどの溶接構造品および主軸についてはステンレス鋼SUS316Lとし、インペラ、吐出しボウルなどはステンレス鋳鋼品SCS16Aを採用した。非接液部となる駆動機台については、経済性を考慮して炭素鋼SS400としている。なお、これらの材質の組み合わせは、今回と同様の地熱プラントにおいて実績があり、納入後10年以上経過したものに

おいても、大きな腐食などの問題は確認されていない。

2-3 ポンプの形式選定

温水ポンプは吸込側が復水器となることから、有効吸込ヘッド（NPSH av.）が厳しい条件となる。このため、吸込条件が有利となる立軸両吸込渦巻ポンプが用いられることが多く、同一仕様で斜流ポンプを選定した場合、通常は必要吸込ヘッドの確保のため、床下長さが長くなってしまふ。当社ではこれを改善するため、斜流ポンプの高効率化・高吸込性能化を目的としたモデルの開発を行うことにより、床下長さを長くすることなく、斜流ポンプでの選定が可能となった。これにより、立軸両吸込渦巻ポンプに比べ、バレルケース径を小さくすることができ、構造・サイズともにコンパクト化することでポンプ質量を大幅に低減した。また、ポンプ材質にステンレス鋼などの耐食性の良い材料を用いることで長寿命化が図れ、経済性にも大きなメリットとなる。

3. おわりに

インドネシア政府は、エネルギーの安全保障、環境対

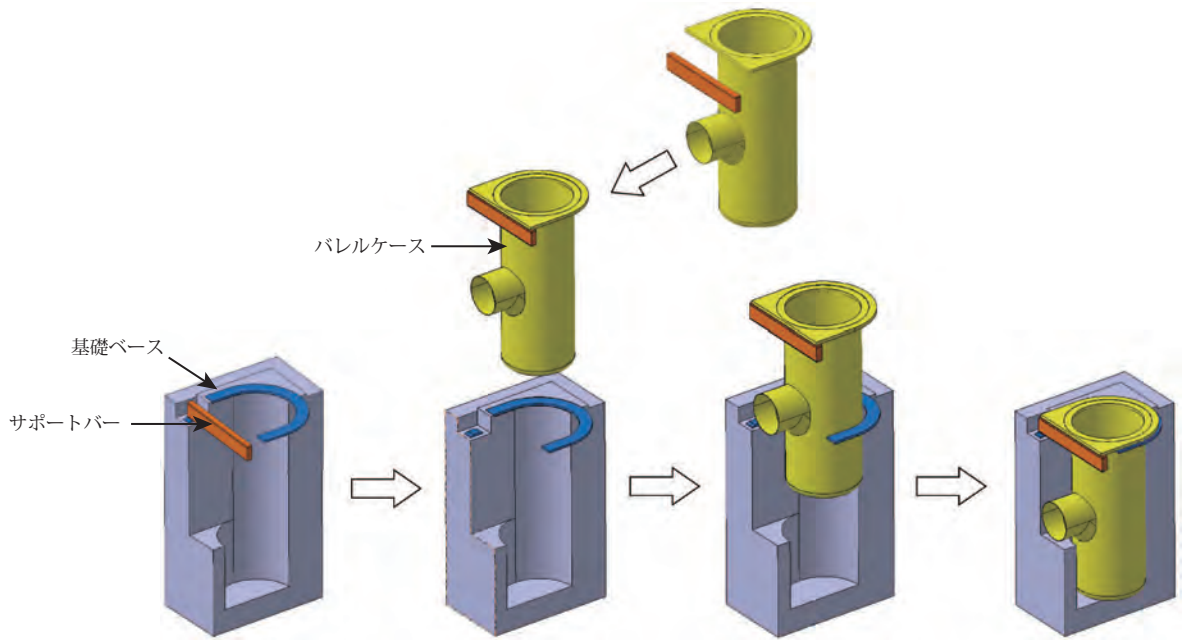


図3 バレルケース据付要領図
Fig.3 Installation drawing of barrel case



図4 温水ポンプ横外観
Fig.4 Sidewise view of Hotwell pump

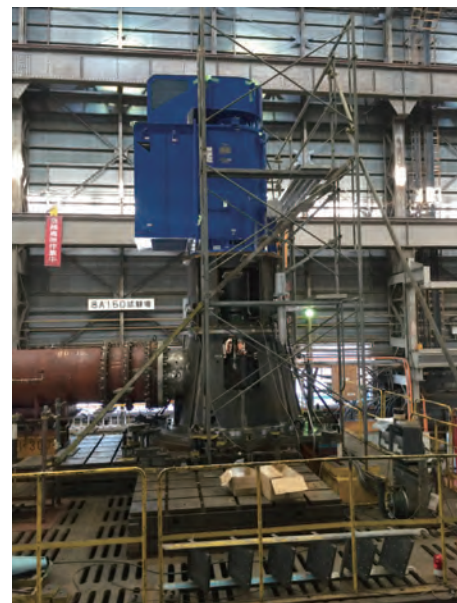


図6 温水ポンプ据付外観
Fig.6 Installation view of Hotwell pump



図5 吐出しエルボ外観
Fig.5 View of discharge elbow

策の一環として、2012年末に130万kWであった地熱発電容量を、2025年までに950万kWにまで増やす計画である。さらに、インドネシア国内のエネルギー供給に占める割合に関して、2014年には6%であった地熱発電を含む再生可能エネルギーを、2025年には23%、2050年までには31%にまで拡大することが数値目標とされている。

また、インドネシアのみならず、世界的にも化石エネルギーに変わるエネルギー源で、再生可能なCO₂排出量の少ないクリーンな地熱発電の容量は拡大する見込みである。当社としても、そのような各地域への安定したエネルギー供給と地球環境保全に資することは光栄であり、今後とも顧客の期待に応え、その設備の重要性を十分に認識して、常に信頼性の高い製品を提供し、満足して頂けるよう努力していく所存である。

<参考文献>

- (1) 日本地熱協会 ホームページサイト
<http://www.chinetsukyokai.com/information/sekai.html>
 (2017/5/30アクセス)
- (2) MINISTRY OF ENERGY AND MINERAL RESOURCES
 DIRECTORATE GENERAL OF ELECTRICITY殿、THE POLICY

AND MEASURES FOR IMPROVING ENERGY MIX AND BARRIERS TO BE SOLVED

<http://energy-indonesia.com/03dge/06mix.pdf>
 (2017/5/30アクセス)

- (3) 島本和明：インドネシアの電力事情報告書
<http://energy-indonesia.com/07basicinfo/0140319inturn.pdf>
 (2017/5/30アクセス)
- (4) 島田寛一，インドネシアの地熱発電に関する動向
<http://energy-indonesia.com/03dge/jinetsudoko1.pdf>
 (2017/5/30アクセス)

<筆者紹介>

風間 満：2014年入社。主に海外案件の営業に従事。
 現在、海外部貿易課 スタッフ

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課 主任



IOCL向け石油製品圧送ポンプ

池田 侑樹 幡野 貴也

Main Line Pumps for Kandla Viramgam Reverse Pumping Project

By Yuki Ikeda and Takaya Hatano

This is to introduce high pressure multistage pumps supplied to IOCL.

The supplied pump type is axially split multistage between-bearings pumps (API610 Pump type: BB3) and were inspected and confirmed at our shop which was witnessed by the client.

This article describes the outline and various analyses taken during the design stage.

1. はじめに

インドでは大気汚染の悪化が問題となっており、自動車排出ガス規制に沿ってガソリンおよび軽油の低硫黄化が進められている。近年はヨーロッパ連合 (EU) により大気汚染物質の排出規制値を定めている最新の規格であるEURO-6への対応を進めているものの、現在インド国内にある製油所の能力ではこれに対応した石油製品を生産することはできないため、EURO-6対応の石油製品を輸入し内陸部へ輸送している。

製油所で生産した石油製品を港湾・沿岸部へ輸送し、海外へ輸出するという本来の流れとは逆になるという点で、上記のパイプライン輸送は逆輸送 (Reverse

Pumping) と呼ばれる。

このたびインドのIndian Oil Corporation Limited (インド石油公社、以下IOCL) 社向け、石油製品圧送ポンプユニットを計3台受注した。ポンプ、電動機、インバータ盤 (Variable Frequency Drive Panel)、動力回路切替盤 (Isolator Panel) および機側操作盤 (Local Control Station) から構成される本ポンプユニットはパキスタン国境付近の町であるKandlaの圧送施設に設置され、石油製品は約250 km内陸部の配油基地Viramgamへ送られる。

今回、設計・製作・工場立会検査を経て、現地据付工事および試運転を完了したので以下に紹介する。

本ポンプユニットの設置場所であるKandlaの概略位置を図1に示す。

2. ポンプの仕様

ポンプ仕様を表1に示す。

表1 ポンプ仕様

Table 1 Specifications of pump

形 式	水平二分割横軸多段ポンプ API 610 規格 Type BB3
口 径 (mm)	吸込250×吐出し200
段 数	4
吐 出 量 (m ³ /h)	632 (STAGE-I) 853 (STAGE-II)
全 揚 程 (m)	565 (STAGE-I) 480 (STAGE-II)
電動機出力 (kW)	1 400
液 質	石油製品
台 数	3



図1 Kandlaの位置

Fig. 1 Location of Kandla

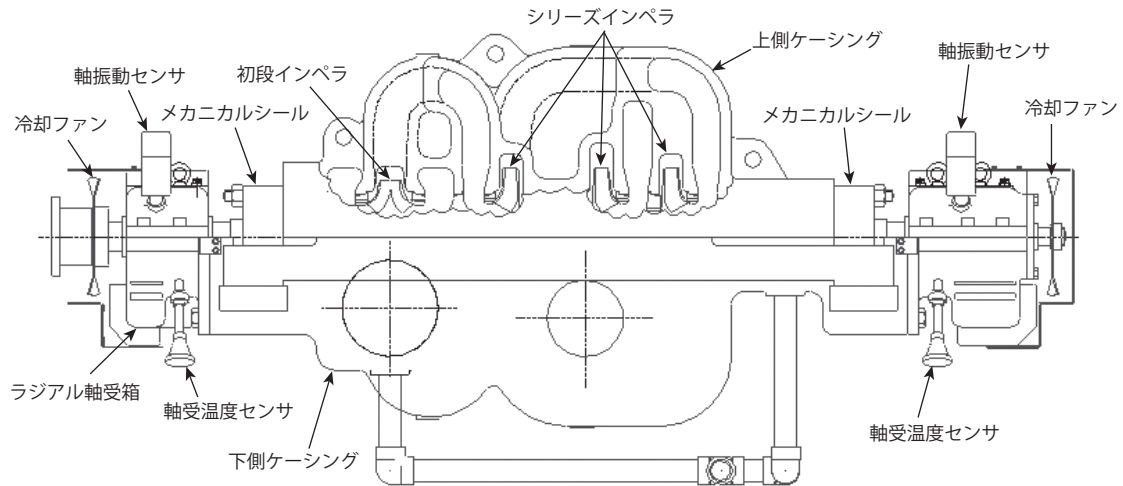


図2 ポンプ構造図
Fig. 2 Pump construction

3. ポンプの構造と特徴

ポンプはAPI610規格 第11版に準拠した電動機駆動の水平二ツ割横軸多段ポンプ (Type BB3) である。また、3台のポンプは直列に配列され、2台運転、1台を予備機として運用される。

特徴を以下に列記する。また、構造を図2に示す。

(1) インペラおよび回転体

初段は両吸込みインペラを採用し、ポンプ吸込性能を向上させている。2段階以降のシリーズインペラは、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。

また、ポンプ回転体の危険速度が運用回転速度範囲に対して十分な離調を確保していることを確認するために、解析ソフトを用いてAPI610規格に規定されている評価方法に従い横振動解析 (Lateral Analysis) を行った (図3)。

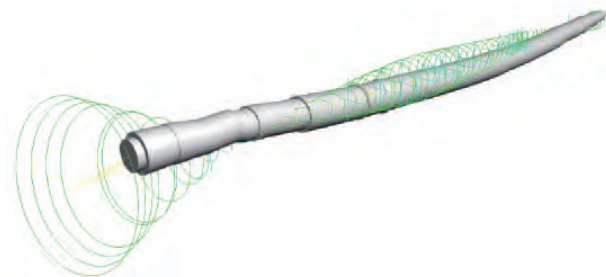


図3 横振動解析
Fig. 3 Lateral analysis

インバータを用いた運転では、インバータに起因する電動機出力軸のトルクリップルが励振力となり回転系に

振動を発生させる事例が報告されている。今回この問題の対策として、ポンプ回転体だけでなく電動機および軸継手を含めたトレインとしてモデリング、ねじり振動解析 (Torsional Analysis) を実施し問題ないことを確認した (図4)。

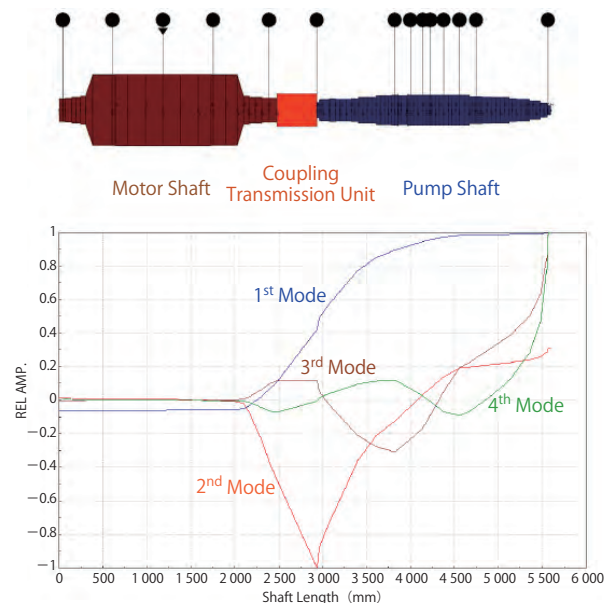


図4 ねじり振動解析
Fig. 4 Torsional analysis

(2) ケーシング

主配管を接続したまま上側ケーシングを取り外すことで回転体部品やウェアリングなどの摺動部のメンテナンスを行うことができるよう、水平二ツ割構造としている。

3台のポンプは直列に配列される (図5) ことから、2台目以降のケーシングには自らの吐出し圧力だけでは

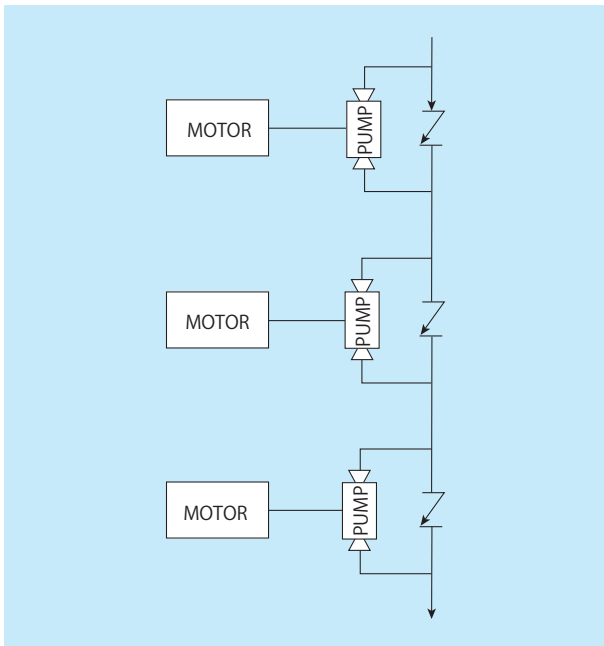


図5 ポンプ配列
Fig. 5 Arrangement of pump

なく、上流側のポンプの吐出し圧力がかかるため、ケーシング肉厚、水平二ツ割フランジ厚さおよび締付けボルトは高圧力に耐えられる設計としている。適正な締付けトルク値を検討し、耐圧試験にて漏洩がないことを確認した。

(3) 軸封装置

軸封はメカニカルシールを採用している。ケーシングと同様、2 台目以降のシールチャンバー部にも上流側ポンプの吐出し圧力がかかるため、メカニカルシール本体についても高圧力に耐えられる設計としている。

フラッシング配管にメカニカルシールの付属機器であるサイクロンセパレータ (API 682規格Plan31) を搭載し、異物の進入によるシール面の損傷を防いでいる。また、ドレン配管にはメカニカルシールからの漏れ量を検知するシステム (API 682規格 Plan 65) により、万が一何らかの理由によりシール面が損傷し過大な漏れ量になったとしても警報を鳴らすことで管理者に異常を知らせることができる機能を有している。

(4) 軸受および軸受箱

軸受の潤滑は強制給油を必要としない油浴式+オイルリング潤滑、潤滑油の冷却には軸に直結したファンを使用した自己空冷式を採用した。

ラジアル軸受として使用されるジャーナル軸受のモデリングを行い、運転時の潤滑油温度上昇などについて解析を実施し、仕様を満たしていることを確認した (図6)。

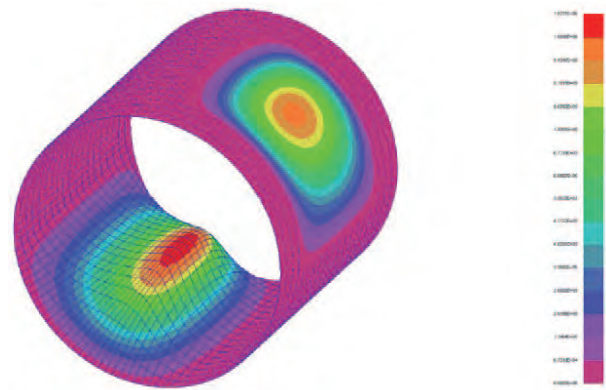


図6 ジャーナル軸受モデリング解析
Fig. 6 Model analysis of journal bearing

軸受箱は、ファン空冷による放熱効果をより効率的に行うため、大気部に複数のフィンをつけている。また、保守・点検が容易なように上下二ツ割構造としている。

(5) 状態監視装置

プラントにおいて重要度の高い機器の運転状態を常に測定し評価することは、保守・保全の面において、プラント全体の信頼性を向上させる上で有効である。本ポンプには、運転中の軸振動、軸受温度およびケーシング温度を常時測定・監視・傾向管理を行い、異常の発生を未然に防止するとともに、異常が発生した場合、警報・停止信号を発信するためのセンサを付属している。

4. 電気設備

4-1 システム構成

本電気設備システム構成図を図7に示す。

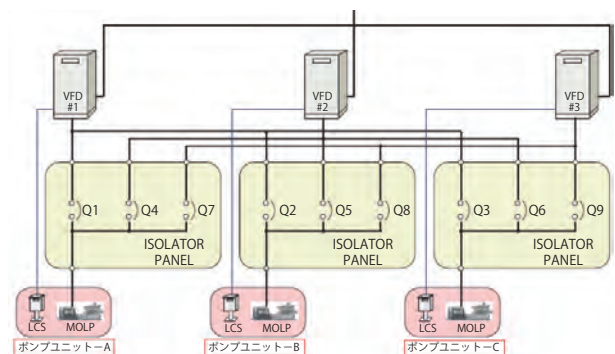


図7 システム構成図
Fig. 7 System configuration

今回の納入機器は、電気室に設置されるインバータ盤 (Variable Frequency Drive Panel) および動力回路切替制御盤 (Isolator Panel)、ポンプの機側に設置される機側操作盤 (Local Control Station) である。

4-2 各機器の機能と特徴

(1) インバータ盤 (Inverter Panel)

6.6 kV 1 400 kWの高圧インバータを使用することでポンプの運用に応じて回転速度を制御し、高効率で省エネルギー、そして安定した運転を実現させている。

(2) 動力回路切替盤 (Isolator Panel)

本設備はポンプ3台とインバータ盤3組を任意に組み合わせ合わせた運転を可能とした機器構成となっている。

これはポンプもしくはインバータ盤が点検等により使用出来ない状態であったとしても、その他のインバータ盤によってポンプの運転を可能とし、プラント設備としての信頼性を向上させている。

(3) 機側操作盤 (LCS)

機側操作盤は各ポンプの近傍に設置されている。通常の運用では中央操作室にてポンプの操作を行うが、メンテナンスなどの際にはこの機側操作盤からポンプの単独運転、停止、回転速度制御などの信号をインバータ盤に送ることで、ポンプのあらゆる操作を可能としている。また、回転速度計と電流計を備えている。

筐体はアルミダイキャストで製作されており、耐圧防爆仕様に適応している。

5. 社内および現地据付・試運転

社内試運転は、全てのセンサ類を取付けた状態で行った。性能についてはAPI610規格にて規定されている許容値、基準値に対して満足していることを確認し、機械的な健全性についても各部の振動、温度の測定、付属品の評価を行い、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り現地へ出荷された。

現地においてはAPI RP686規格にて推奨されている機器の据付基準に準拠した方法でポンプベースプレートの



図8 現地ポンプ据付
Fig.8 Pump installation

水平度調整、グラウト施工および芯出しを行った。

また、試運転前にはインバータ盤、動力回路切替盤などの電気設備の調整、計装品の配線やモニタ表示が問題ないことを確認した上でポンプを起動し良好な運転結果を得ることができた(図8)。

6. おわりに

インドは現在深刻な大気汚染に苦しんでおり、早急な対応が政府に求められている。そのなかで、現在エネルギーの中心として使用されている石油の最新の規格であるEURO-6(低硫黄)の輸送網としてのパイプライン整備は国家を上げての急務とされており、こうした国家的プロジェクトにおける重要な機器を納入できたことは、当社製品への更なる信頼性向上にも繋がったと考える。

今後インド国内で当規格に準拠した石油製品が生産可能となった際、輸送ポンプとして当社の機器をまた導入してもらえよう日々の努力を重ねて行く所存である。

<筆者紹介>

池田侑樹：2006年入社。主に高圧ポンプの設計に従事。

現在、水力機械設計部 高圧ポンプ課。

幡野貴也：2013年入社。主にインド、中東向けポンプの営業に従事。現在、海外部 貿易課所属。

大阪府菊水ポンプ場向け 雨水ポンプ設備

佐々木 隆 西田志郎

Kikusui Pump Station for Osaka prefecture

By Takashi Sasaki and Shiro Nishida

The Kikusui pumping station is located at Neyagawa river basin in Moriguchi city, Osaka prefecture. The pumping facility was in decrepit condition due to elapse of 38 years.

In this occasion, we renewed one of the four pumping units by changing the pump type to vertical and pull-out construction with built-in gear type from horizontal to improve ability at the time of the starting and keeping the easy maintenance at one floor. Generally, weight of the vertical shaft pump is larger than that of the horizontal shaft pump, and the value exceeds the allowable load level at the pump installation floor. To reduce downward load increased by the pump type change, we contrived so that the pump can be supported by the pump pit bottom board in addition to the pump installation floor. Also, in order to reduce generation of vortex under the pump bell mouth, we added vortex breakers.

1. はじめに

大阪府守口市の寝屋川流域は、地盤が河川水位より低いことに加え、都市化により水はけが悪く、雨が地面に浸み込みにくい地域である。このため、流域のほとんどが降雨時の河川への排出を雨水排水ポンプ施設に頼っており、菊水ポンプ場もその役を担っている機場の一つである（図1）。



図1 寝屋川流域のポンプ場位置図

Fig.1 Location of pumping station

菊水ポンプ場は既存の設備が設置されてから38年経過し老朽化対策に合わせ、雨水ポンプの予備化事業に着手し、今回、雨水排水ポンプ設備全4台中1台の更新工事を行ったので、以下に紹介する。

2. 機器更新の課題と対策

2-1 更新前の課題

- ① 横軸斜流ポンプは起動準備に時間を要する。近年増加傾向にある短期集中型のゲリラ豪雨に対応するため、起動性を向上させる必要がある。
- ② 横軸斜流ポンプは特有の補機（真空ポンプなど）を別に維持管理する必要があり、この補機が故障した場合は横軸斜流ポンプを起動できない。
- ③ 雨水ポンプの予備機が無いため、故障時に長期に渡り必要な排水能力を確保できない恐れがある。

2-2 課題に対する対策

ポンプの形式を減速機搭載型立軸斜流ポンプに更新することで、真空ポンプによる満水工程が不要になり、ポンプの起動性を向上させた。また、全体更新後のポンプ台数は現状と同じ4台であるが、1台あたりの吐出し量を増やして、3台で必要排水量を確保することにより、1台の予備機を確保した（図3）。さらに、排水能力を

表1 ポンプ仕様比較

Table 1 Comparison of pump specifications

	既設ポンプ	更新ポンプ
形式	横軸斜流ポンプ	プルアウト式減速機搭載型立軸斜流ポンプ
口径 (mm)	1 000	1 000
全揚程 (m)	5.4	5.2
吐出し量 (m ³ /min)	120	160
流速 (m/s)	2.5	3.4
出力 (kW)	160	215
台数	4	3 (+1予備)

上げたものの同口径としたことで、更新工事による1台あたりの施工期間の短縮および土木の改造を極力抑える設計とした(表1)。

3. ポンプの構造と特徴

通常、立軸斜流ポンプは横軸斜流ポンプよりポンプ荷重が増加する。本機場においてポンプ室床面からのつり下げ方式(ポンプ室床荷重支持)とすると、ポンプ荷重がポンプ室の床許容荷重を超えるため、立軸斜流ポンプの設置が困難であった。また、ポンプ室床を補強する長期的な工事期間を確保できないことから、ポンプ荷重を



図2 ポンプ外観

Fig.2 View of installed pump

ポンプ井底盤で支持し、ポンプ室床への機器荷重を軽減することができるポンプ井床置方式を採用した。併せて、維持管理性を向上するため、水路やポンプ井の止水を行わずにポンプ回転体を引抜くことのできるプルアウト式とした。

プルアウト式減速機搭載型立軸斜流ポンプは次の特徴を有している。

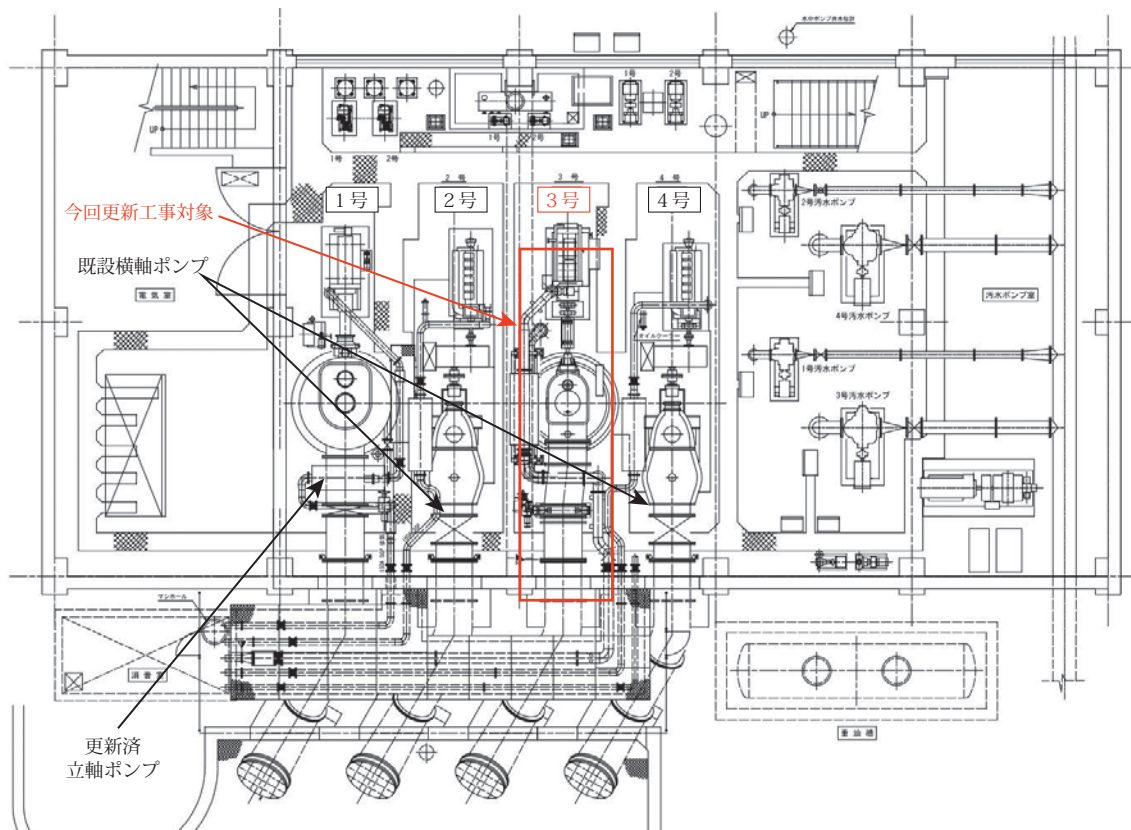


図3 据付平面図

Fig.3 Layout of pumping station

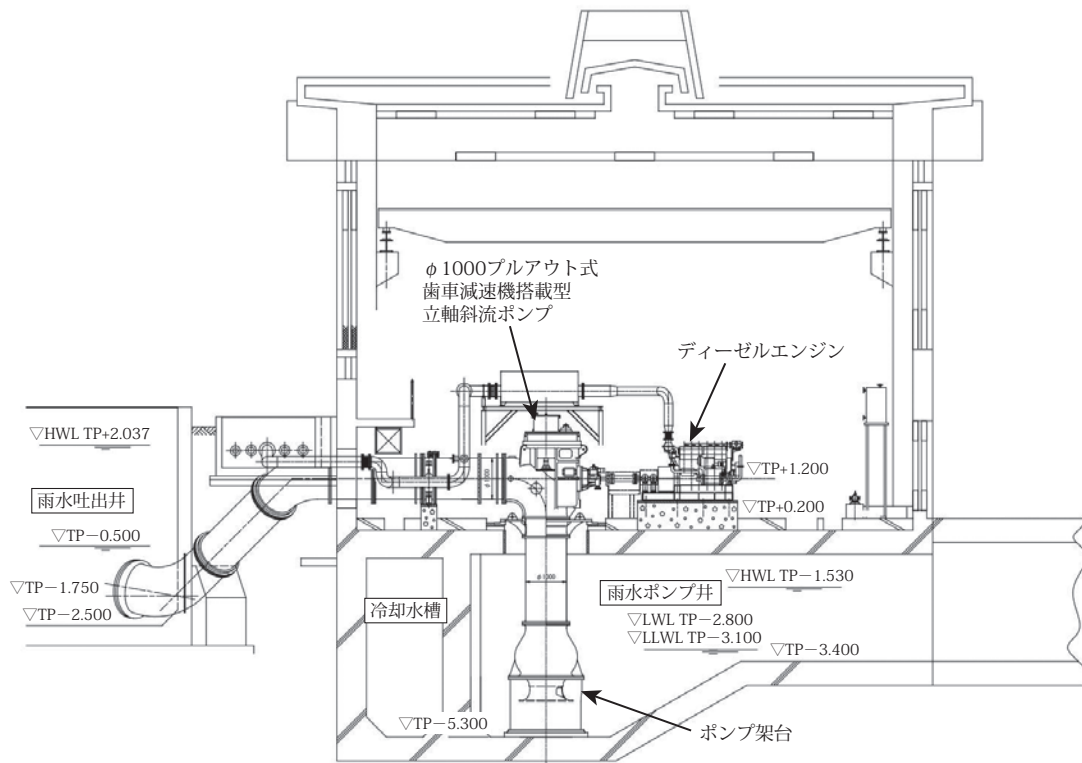


図4 据付断面図

Fig.4 Sectional view of pumping station

- ① 軸受ケース、水中軸受支えを、従来の外筒一体構造から、プルアウト構造に変更することで、ポンプ床下外筒部を水中に固定したままで、回転体および軸受を地上部へ引き抜くことが可能である。
- ② 横軸斜流ポンプを立軸化する場合、通常はポンプ床とは別に原動機床を設けなければならないが、減速機搭載型立軸ポンプを採用することにより、一床式にて対応した。
- ③ 減速機、原動機など全ての機器を同一床面で管理可能とし、メンテナンス性を向上させた。
- ④ 2段減速型の減速機を採用することにより、減速機入力軸心とポンプ吐出し中心の高さを同一とし、原動機の設置高さを低くすることにより、既設建屋を改造することなく立軸ポンプに更新可能とすることができた。

4. ポンプ井内の渦流対策

既存のポンプ井形状でポンプ吐出し量を増加すると、ポンプ井内の流速が増すため、ポンプの運転に有害な渦が発生する可能性がある。このため、CFDによるポンプ井内の流れ解析を行い、渦発生の有無とその対策検討を行った。

4-1 解析条件および解析結果

渦流防止対策前のポンプ井内の流れ解析条件および結果を表2に示す。解析結果(図5、図6)に示すとおり、空気吸込渦の発生は見られないが、運転台数が2台および3台時において、ポンプペルマウス近傍に水中渦の発生が見られ、渦流防止の対策が必要であることが確認された。

表2 解析結果

Table 2 Analysis results

Case	解析条件 ◎：運転 -：停止 今回対象号機				解析結果 (有害な渦あり×、なし○)		
	水槽形状	運転号機				空気吸込渦	水中渦
		1号	2号	3号	4号		
1-1	-	-	◎	-	○	○	
1-2	-	◎	◎	-	○	○	
1-3	未対策	-	◎	◎	○	×	
1-4	-	◎	◎	◎	○	×	
1-5	-	◎	◎	◎	○	○	

4-2 渦流防止対策

今回の更新ではポンプ井底盤にてポンプの荷重を受けるため、架台をポンプ底盤に設置している。そこで水中

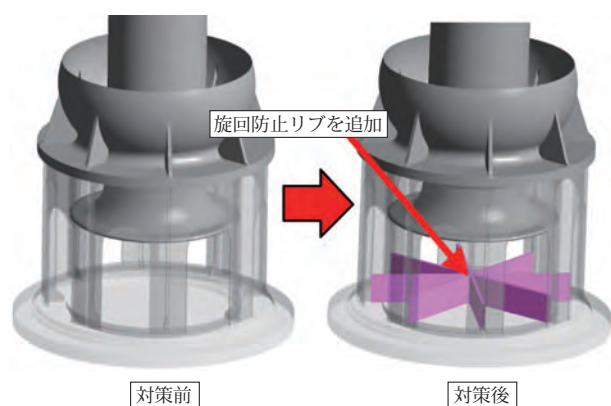


図5 ポンプ架台
Fig.5 Pump pedestal

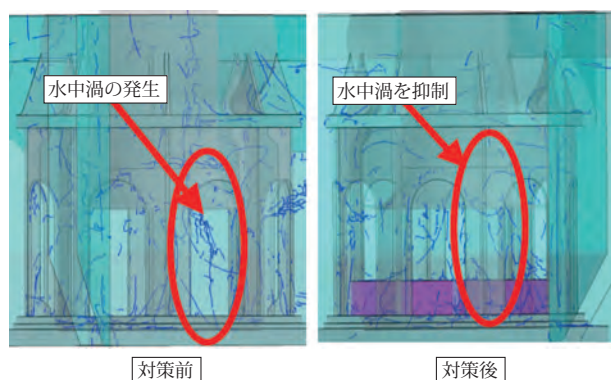


図6 ベルマウス廻りの渦軸線
Fig.6 Vortex lines near the bell mouth

渦対策として、ポンプ架台に旋回防止リブを追加した。その結果（図6）、ベルマウス下部の旋回流れを抑制し、有害な水中渦の発生を防止することが確認できた。

5. おわりに

本機場は横軸斜流ポンプから立軸斜流ポンプの更新に伴うポンプ荷重が増加するリスクに対し、ポンプ井底盤にポンプ架台を設置し荷重を分散させることで、土木構造物のポンプ室床荷重の課題を解消することができた。また、ポンプ回転体のみを取り外せるプルアウト式にすることにより、ポンプの維持管理の向上が図れた。

近年、ゲリラ豪雨や猛烈な台風などの異常気象や、排水条件の変更により、既存の雨水ポンプ設備の排水能力の向上が求められるようになってきている。今回のように横軸斜流ポンプから立軸斜流ポンプへの更新や、機場の制約による機器据付におけるポンプ床荷重の低減対策など、今後の工事の参考になれば幸いである。おわりに、本設備の設計・施工にあたりご指導頂きました大阪府東部流域下水道事務所各位に深く御礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) 大阪府流域下水道ホームページ
大阪府流域下水道 ポンプ運転情報
http://www.pref.osaka.lg.jp/gesui_jigyo/ryuiki/
(2017/6/22アクセス)

<筆者紹介>

佐々木隆：2001年入社。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課 主事補
西田志郎：2008年入社。主にポンプの設計業務に従事。現在、
水力機械設計部 水力機械2課 主任

東京電力フュエル&パワー株式会社 横須賀火力発電所 淡水消火ポンプ

高梨真吾 瀧上貴大 前田浩一郎

Fire Water Pump for Yokosuka Power Station of TEPCO Fuel & Power, Incorporated

By Shingo Takanashi, Takahiro Fuchigami and Koichiro Maeda

DMW manufactured and supplied a horizontal shaft double suction fire water pump package to Yokosuka Power Station of Tokyo Electric Power Co., Ltd. The equipment package supplied this time is used for the purpose of preventing and/or extinguishing fire occurred in the power station. Therefore, the package including the diesel engine driver, the electric motor driver and both control panels are fully in compliance with the technical standards of Japanese fire services act, and also passed the inspection. The essential points of the package are high performance, easy start/stop at the installation location, reliable continuous operation and easy maintenance.

1. はじめに

東京電力フュエル&パワー株式会社横須賀火力発電所向け淡水消火設備1式を製作し納入を完了したので、以下に紹介する。

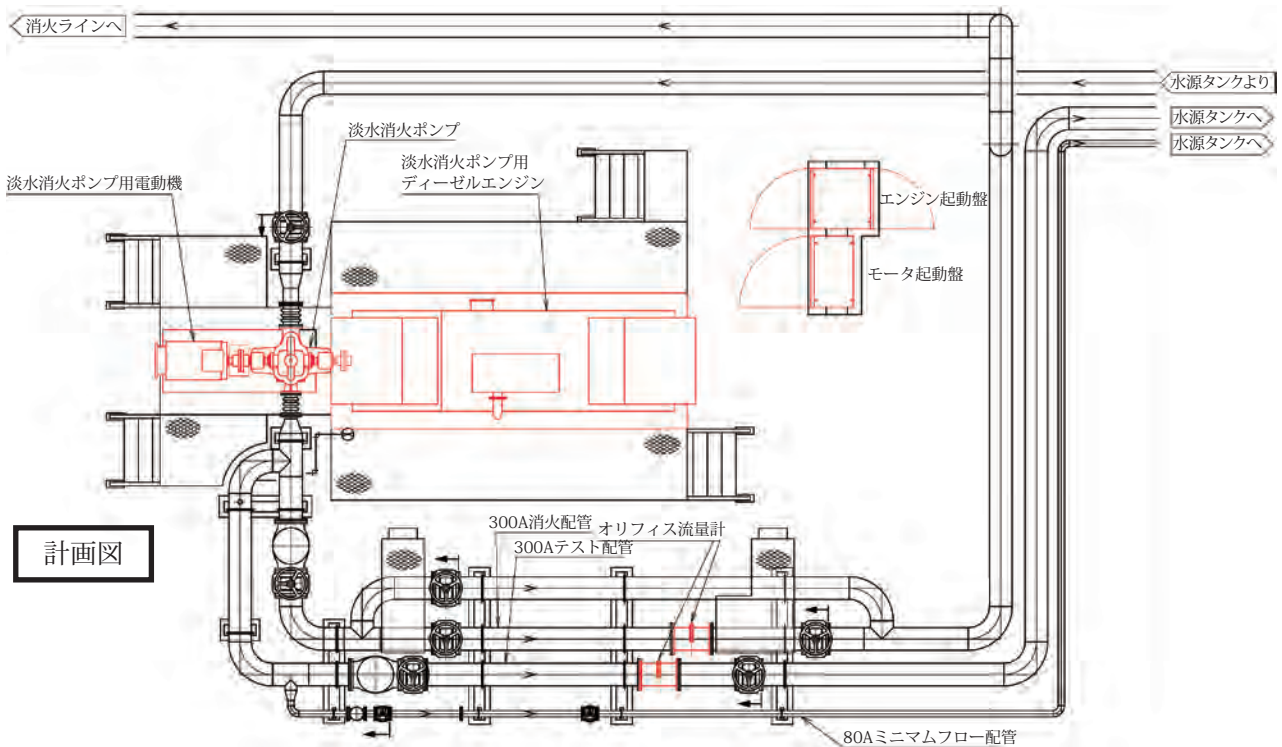


図1 据付平面計画図

Fig.1 Installation drawing

2. 特徴

今回納入した設備は、発電所の防火・消火設備として使用する設備であるため、消防法の技術基準（加圧送水装置の基準、配電盤および分電盤の基準）に準拠したものであり、かつ、ディーゼルエンジンは内燃機関を原動機とする加圧送水装置の構造および性能の基準を満足するものを求められた。また、実績や信頼性、連続運転に耐える高性能設備、運転操作や保守管理が容易である設備、さらに設備全体で消防法および消防検査を満足することが必須であった。ポンプの駆動方式は火災時の電源遮断に備え、電動機とディーゼルエンジンの両掛け駆動である。消防法適用については、当社の三島事業所において一般財団法人 日本消防設備安全センター殿からポンプと電動機の型式認定と個別認定を新規に取得した。また、電動機制御盤も消防法認定品であり、ディーゼルエンジン設備は日本内燃力発電設備協会認定品を採用した（図1参照）。

2-1 淡水消火ポンプ

火災時などの緊急送水に用いられる淡水消火ポンプは、吸込口径200 mm、吐出し口径150 mmの横軸両吸込渦巻ポンプで110 kWの電動機およびディーゼルエンジンに接続された2種類の駆動機を持つポンプである。消防法適用のポンプとするため、加圧送水装置の性能の基準を満たす必要があり、規定吐出し量、規定吐出し量の150%および締切運転防止用の30 m³/hでの広い運転範囲における性能保証を満足している。今回ポンプの仕様を表1に示す。

表1 ポンプ仕様
Table 1 Pump specifications

形 式	横軸両吸込 単段渦巻ポンプ
吸込／吐出し口径 (mm)	200／150
吐 出 し 量 (ミニマムフロー含む) (m ³ /h)	240+30
全 揚 程 (m)	84
取 扱 流 体	淡水
電 動 機 出 力 (kW)	110
台 数	1

2-2 ディーゼルエンジン

本ディーゼルエンジンは、日本内燃力発電設備協会より型式認定を取得したディーゼルエンジンである。外部からの冷却水は不要で電動ポンプも搭載されておらず非

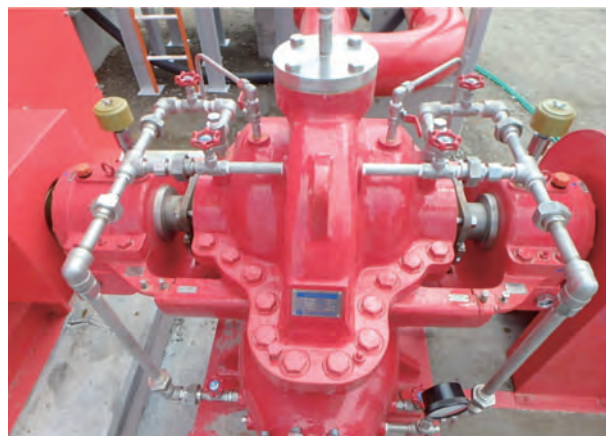


図2 消火ポンプ

Fig.2 View of fire water pump

常に単純な構成となっている。そのため故障の発生は少なく、維持管理における点検項目も少ないディーゼルエンジンである。沿岸部に設置されているため、重耐塩塗装を施した防音パッケージ内に設置し、耐食性を向上させている。今回のディーゼルエンジンにはレバー付の遠心クラッチを付属しており、メンテナンス運転時にはディーゼルエンジン単体での運転確認を可能としている。

2-3 電動機起動盤

通常電動機の遮断器は、電気室など機側から離れた場所に設置されるが、今回は消防法準拠となることから機側に設置した制御盤内に遮断器を設置している。起動方式は特殊コンドルファ起動を採用し、電動機起動時電流の低減を図っている。また、設置場所が屋外であるため重耐塩塗装を施し、耐食性を有した構造である。



図3 消火ポンプ設備

Fig.3 View of fire water pump station



図4 消火ポンプ設備
Fig.4 View of fire water pump station

2-4 エンジン起動盤

今回のエンジン起動盤は、日本内燃力発電設備協会の

認定を取得した盤であり、電動機運転中の故障発生時や電源供給が断たれた場合にバックアップ起動を行うよう設計されている。また、エンジン起動盤から直接エンジンを起動・停止する機能を有しており、メンテナンス運転においても容易に対応可能な構造としている (図3、図4、図5参照)。

3. おわりに

本消火ポンプ設備は火災時などの緊急の際に迅速かつ確実に稼動し、人命や設備の安全を確保する重要な設備であり高い信頼性が求められる。今後とも顧客のニーズに応えるため、設備の重要性を十分に認識し、高品質・高信頼性を満たすポンプおよび設備の設計・製作に努力する所存である。

おわりに、本設備の設計・製作にあたり終始適切など指導とご協力を頂いた東京電力フュエル&パワー株式会

計画図

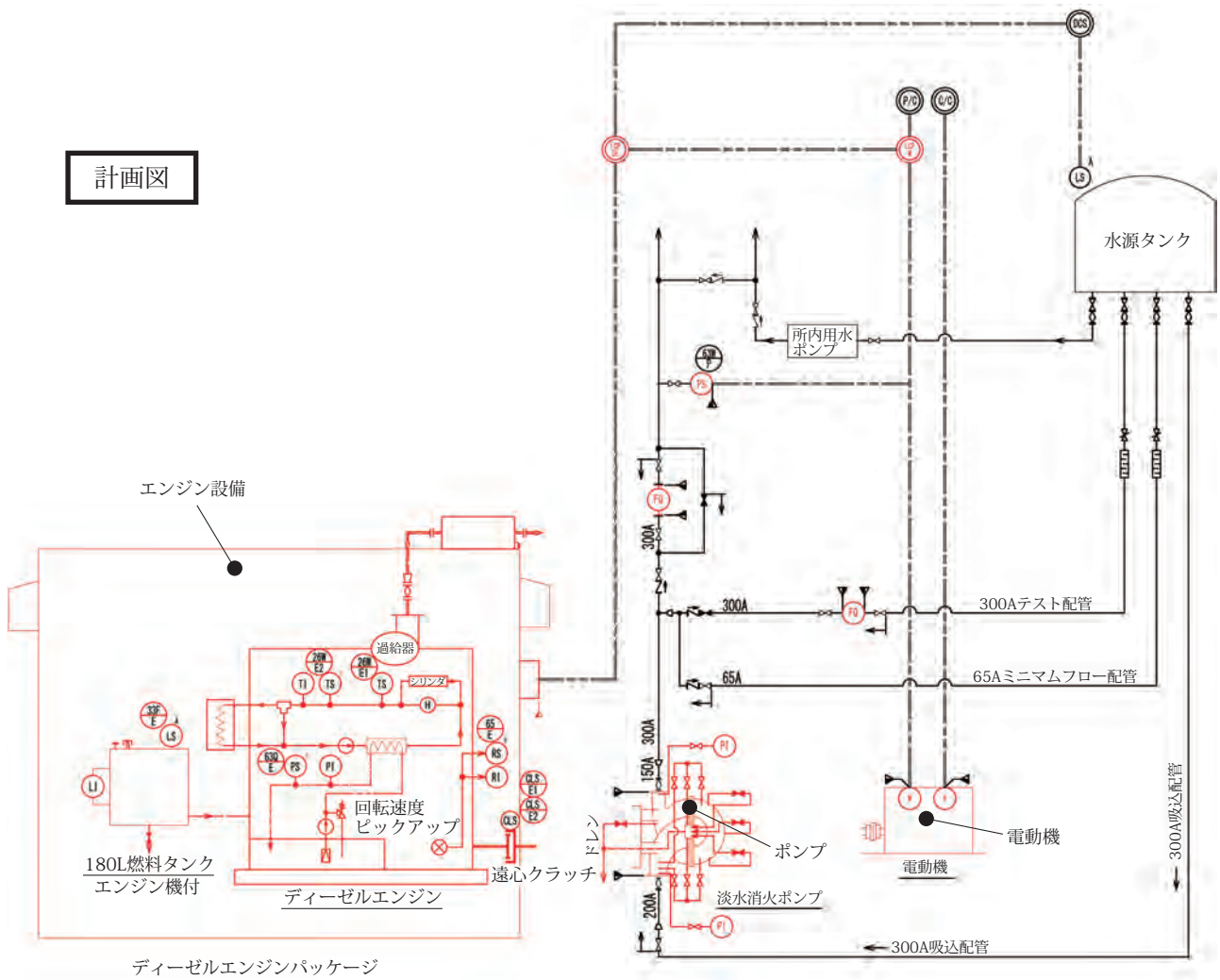


図5 機器配置計画図 (今回設備の構成)
Fig.5 Arrangement plan of components (Constitution of facility)

社殿の関係各位に心より感謝の意を表します。

<筆者紹介>

高梨 真吾：2005年入社。

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 システム設計課。

淵上 貴大：2011年入社。

主に、横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2課。

前田浩一郎：2007年入社。

官公庁、民間会社向け営業に従事した後、電力会社
向け営業に従事。

現在、産業システム営業部 電力課 主任。



松阪市大口ポンプ場向け雨水ポンプ設備

秋山良介 安藤友順 稲垣尚正

Matsuzaka City's Okuchi Pump Station

By Ryosuke Akiyama, Tomoyori Ando and Naomasa Inagaki

Matsuzaka City's Okuchi Pump Station is a rain water pump station for the purpose of inundation control for the Okuchi drainage region. The 253 hectare region north of Matsuzaka Station between the Sakanai and Atago Rivers and Route 23 is mainly urban.

The pump station began operating in 1991 with vertical flow pumps having 1 000 mm and 2 200 mm diameter. Thus, the total drainage capacity is 1 380 m³/min.

Two additional pumps were installed in March 2017 to double the station's drainage capacity and better protect the growing residential areas in the region from floods.

1. はじめに

大口ポンプ場は、三重県松阪市大口町地内に位置し、都市整備事業の一環として、阪内川と愛宕川間で、松阪駅北側と国道23号線間の市街地を中心とした253haの大口排水区の浸水防除を図る目的の雨水ポンプ施設である。大口ポンプ場周辺位置図を図1に示す。

既設ポンプ設備は23 m³/sの排水能力を有し、1991年に供用開始された。近年、大口排水区域内の宅地開発な

どが進んでいるため、排水機能増強の目的で今回の増設工事が計画された。

2. 施設の概要

既設ポンプ施設の建屋内には、1 000 mm × 1 台 (No.1 雨水ポンプ)、2 200mm × 2 台 (No.2、3雨水ポンプ)、の立軸斜流ポンプが設置されているが、増設のポンプ設備を設置するスペースがないため、既設ポンプ棟の横に新たにポンプ棟を建設している。図2に既設ポンプ棟と新設ポンプ棟外観を示す。

今回工事では、No.4雨水ポンプとして、口径1 000 mm (3.1 m³/s) の立軸斜流ポンプが1台、No.5雨水ポンプとして、口径2 200 mm (10.4 m³/s) の立軸斜流ポ



図1 ポンプ場位置図

Fig. 1 Pumping stations around position view



図2 既設ポンプ棟および新設ポンプ棟外観

Fig. 2 View of existing pump building and new pump building

ンプが1台、計2台が増設され、その他の系統機器設備も合わせて増設となった。また、ポンプ棟の新設に伴い、別途設備工事として、流入・放流ゲート設備工事、沈砂池機械設備工事が大口ポンプ場増設事業の一環として計画されている。

3. 雨水ポンプ設備

3-1 雨水ポンプ (No.5雨水ポンプ) 仕様

口径2 200 mm (10.4 m³/s)、立軸斜流ポンプの仕様を表1、使用材料を表2に示す。

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

形 式	立軸斜流ポンプ	
吐出し口径 (mm)	(mm)	2 200
全 揚 程 (m)	(m)	3.2
吐 出 量 (m ³ /min)	(m ³ /min)	625
出 力 (kW)	(kW)	450
取 扱 流 体		雨水
台 数		1

表2 使用材質
Table 2 Material of pump

部 品 名	材 料
吸 込 ベル	FC250
吐出しボウル	FC250
吊り下げ管	FC250
吐出しエルボ	FC250
イ ン ペ ラ	SCS13
ボウルエンド	SS400
主 軸	SUS403

3-2 雨水ポンプの構造と特徴

3-2-1 構造

雨水ポンプの外観を図3、外形図を図4に示す。

本ポンプは機場の増設に伴う新規ポンプであり、形式は二床式立軸斜流ポンプである。

3-2-2 特徴

雨水ポンプ投入部は、口径3 200 mmと開口が狭く水槽深さも浅い特徴的な構造となる。吐出しボウルは高比速度・高流速のストレート形状に近いタイプを採用し、開口が狭い条件に対応させている。

3-2-3 軸受

水中軸受はゴム軸受を採用し、注水式の構造である。潤滑水の回収は吐出しボウルの内部補強リブおよびガイドベーンと一体化させ、ポンプ性能に影響を与えない構



図3 No.5雨水ポンプ外観
Fig. 3 No.5 View of pump

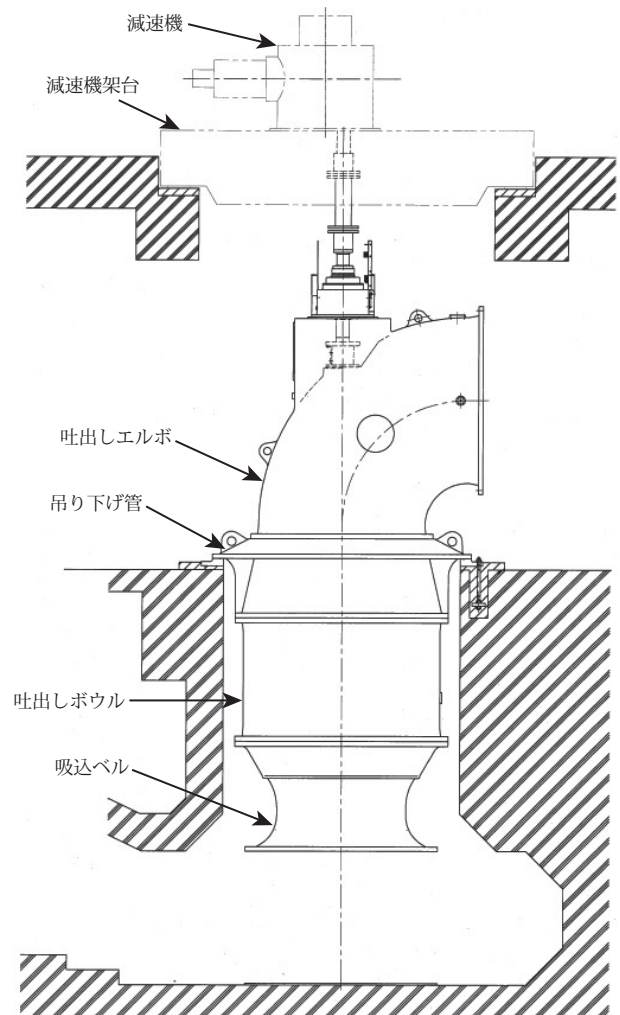


図4 No.5雨水ポンプ外形図
Fig. 4 No.5 Outline drawing of pump

造としている。

3-2-4 水槽

CFD解析を実施した結果、運転に支障をきたす有害な

渦が発生すると判断した。既設の雨水ポンプはコンクリートケーシングを採用し暗きょ水槽としていたが、今回は水槽形状の変更と、吸込コーンの設置による基礎改造を行うことで、有害な渦が発生しないことを確認した。

3-2-5 据付

雨水ポンプの工場組立時の床下組立品を図5に示す。

機場内に十分なスペースが無く、建屋内での組立が困難であったため、床下部品は一体組みの状態で搬入、据付ができる構造とした。また、分割質量が既設クレーンの定格荷重を超えないよう、分解位置の調整を行った。雨水ポンプ内部の構造品は製缶品を使用しており、軽量化を図っている。組立手順が特殊となるため組立手順の指示を行い、それに伴う専用特殊工具も製作した。



図5 床下組立品
Fig.5 Lower of pump assembly

4-1 ディーゼル機関

雨水ポンプ駆動用ディーゼル機関は、立形単動4サイクル直接噴射式のディーゼルエンジンである。また、基礎に伝播する振動を低減させる防振台床（防振ゴム）を採用している。ディーゼル機関外観を図6に示す。

4-2 管内クーラ

雨水ポンプの原動機に使用されているディーゼル機関および減速機の冷却は、管内クーラ方式を採用している。



図6 ディーゼル機関外観
Fig.6 View of diesel engine

2 200 mmの管内クーラを設置しており、ポンプ吐出し水を利用して冷却された冷却水は膨張タンクへ送水している。

管内クーラの構造はコイル式を採用している。ケーシング内にコイル形の伝熱管を設置した構造で、ポンプ吐出し水の流れ方向に対して伝熱管が直角に配置されている。平行な流れである多管式に比べ伝熱係数が大きく、面間寸法は短くできる。

管内クーラの外観を図7に示す。



図7 管内クーラ外観
Fig.7 View of inline cooler

4-3 逆流防止弁

雨水ポンプ停止時の逆流を防止するため、No.5雨水ポンプに角形3 100 mm×2 200 mmの逆流防止弁を吐出し管端に設置している。逆流時の衝撃緩和のため弁体を

分割しており、No.5雨水ポンプ用の逆流防止弁は四分割
としている。

また、必要以上に弁体が上がらないように、弁体の動
作を制限するストッパを設けている。

逆流防止弁の外観を図8に示す。



図8 逆流防止弁外観

Fig.8 View of non return valve

5. おわりに

大口ポンプ場のポンプ設備の概要を紹介した。ポンプ
設備工事は平成28年度（2017年3月）に無事完成を迎
えたが、別途電気設備工事は平成29年度（翌年度）に竣
工となる。大口ポンプ場増設事業はこれをもって完工と
なり、増設ポンプの運用はそれ以降に開始される予定で
ある。

最後に、本設備の設計・施工にあたりご指導頂きまし
た松阪市の関係各位皆様に厚く御礼申し上げます。

<筆者紹介>

秋山良介：2013年入社。主に立軸ポンプの設計業務に従事。

現在、水力機械設計部水力機械1課

安藤友順：1984年入社。主にバルブなどの設計業務に従事。

現在、水力機械設計部特機課主任

稲垣尚正：2007年入社。主にポンプ設備のシステム設計業務に

従事。現在、プラント建設部施工管理課主任



ここで活躍しています

－ 2016年 製品紹介 －

1. ポンプ

1-1 北海道空知総合振興局 二幹川1揚水機場

(1) 概要

二幹川1揚水機場は、北海道の空知管内の美唄市に位置し、地域の農業用水の供給を目的として1974年に設置された。今回、設備の老朽化に伴いポンプ設備の更新を行った(図1)。

(2) 特徴

メンテナンス性の向上や浸水対策として、ポンプ形式および取水方式を押込み式の横軸斜流ポンプから吸上げ式の横軸両吸込渦巻ポンプに変更した。

ポンプ運転方式は、既設同様に二次抵抗器による回転速度制御を採用した。また、ポンプの据付位置を地下から地上部へ変更するため、鋼製架台を新規に設置した。

(3) 仕様

口径600×500 mm横軸両吸込渦巻ポンプ×1台
36.9 m³/min×15.5 m×132 kW (電動機駆動)



図1 横軸両吸込渦巻ポンプ

1-2 東北農政局

塚原第二排水機場ポンプ設備

(1) 概要

本機場は福島県南相馬市小高区塚原地内に位置し、先の東日本大震災で被災した南相馬地区の農業施設他の復

旧を目的とした南相馬特定災害復旧計画に基づき再築された(図2)。

(2) 特徴

常用ポンプには高効率かつ緩やかな変化特性を持った羽根車のモデルを採用することで、運転範囲(最低実揚程～最高実揚程)での軸動力を低減した。

また、各ポンプの軸封部には非接触タイプの無注水軸封装置ラビリンスシールを採用し、メンテナンス費用の低減を図った。

(3) 仕様

口径1 000 mm横軸斜流ポンプ×2台
135 m³/min×3.1 m×100 kW (ディーゼル機関駆動)
口径800 mm横軸斜流ポンプ×1台
78 m³/min×3.1 m×50 kW (電動機駆動)



図2 ポンプ室全景

1-3 関東農政局大井川用水事業所

島田1号・2号水路ポンプ設備

(1) 概要

本設備は静岡県島田市に位置し、島田市内の田畑に安定した農業用水の供給を目的として新設された設備である(図3)。

(2) 特徴

ポンプの高効率化、吐出水槽の配管形状の工夫により、ポンプの小口径化、電動機出力の低減を実施し、ランニ

ングコストの低減を実現した機場である。

(3) 仕様

- 口径250 mm 横軸両吸込渦巻ポンプ×2台
- 9.24 m³/min×36 m×75 kW (電動機駆動)
- 口径80 mm 横軸片吸込渦巻ポンプ×1台
- 0.96 m³/min×36 m×11 kW (電動機駆動)



図3 ポンプ室全景

1-4 大阪市建設局
長堀抽水所

(1) 概要

長堀抽水所は、大阪府中央区および西区の一部を排水区域とし、晴天時の汚水を送水し、雨天時の雨水を放流するポンプ場である。

今回、1963年に設置された雨水ポンプの老朽化に伴い3台を撤去し、2台を新規に設置した(図4)。



図4 ディーゼル機関の防音パッケージ

(2) 特徴

本ポンプは、急激な雨水の流入に対応するために全速先行待機形立軸斜流ポンプを採用し、あらゆる水位でもポンプ起動を行うことが可能となった。

また、地域環境対策の一環として、ポンプおよびディーゼル機関を防音パッケージで覆い、機場外への音漏れを低減する防音対策を施した。

(3) 仕様

- 口径1 200 mm全速先行待機形立軸斜流ポンプ(減速機搭載型)×2台
- 210 m³/min×6.5 m×330 kW (ディーゼル機関駆動)

1-5 日本下水道事業団

周南市江口ポンプ場

(1) 概要

本設備は山口県周南市に位置し、建設後40年以上経過し老朽化した設備の機能回復のために、1系2号雨水ポンプ設備および1系汚水・1系雨水沈砂池設備(流入ゲート×2基、除塵機×2基)、天井クレーン他の更新を行った工事である。

(2) 特徴

本工事では既設の横軸斜流ポンプを立軸斜流ポンプに更新するものであるが、横軸と立軸ポンプでは吐出配管中心レベルが異なるため、既設の吐出管と接続するために偏芯形の吐出管を必要とする(図5左側)。今回従来形の減速機搭載型立軸斜流ポンプの一部を改良した一段減速形の減速機搭載型立軸斜流ポンプを採用し、ポンプ吐出中心レベルと既設吐出配管中心レベルを同一にした(図5右側)。これによりポンプ設置高さも低くでき、点検しやすい設備にすることができた。



図5 減速機搭載型立軸斜流ポンプ

(3) 仕様

口径600 mm減速機搭載型立軸斜流ポンプ×1台
48 m³/min×4 m×56 kW (ディーゼル機関駆動)

1-6 高松市水道局 福岡ポンプ場

(1) 概要

本ポンプ場は2004年10月に発生した台風23号での都市型洪水被害の対策として雨水を中部バイパス幹線で集め、詰田川に速やかに排水することを目的として香川県高松市福岡町三丁目に新設されたポンプ場である(図6)。

(2) 特徴

急激な水位上昇に対応した先行待機形雨水ポンプ設備であり、高松市では初めての採用である。

また、無水運転でのポンプ・エンジンの管理運転が可能な設備である。

(3) 仕様

口径1 500 mm二床式先行待機形立軸斜流ポンプ×2台
314 m³/min×9.8 m×695 kW (ディーゼル機関駆動)



図6 口径1 500 mm先行待機形立軸斜流ポンプ

1-7 クウェートKOC社 New Gathering Center (GC30) 向け Treated Water Disposal Pump

(1) 概要

当社はインドLarsen & Toubro Limited社より、クウェートKuwait Oil Company社のクウェート北部に設けられたNew Gathering Center (GC-30) 向けTreated Water Disposal Pump 3台を受注し、納入した。同New

Gathering Centerは、クウェート北部のRaudhatain fieldから集められた原油を処理するための新施設である(図7)。

(2) 特徴

本ポンプはAPI610に準拠した横軸水平二ツ割多段ポンプ(API型式BB3)で、主要部品の材質はスーパー二相ステンレスである。ポンプ取扱流体には有毒な硫化水素が含まれているため、メカニカルシールはダブルシールとし、シールシステムは加圧型のプラン53Bを採用した。また、バリア液を自動補充するAutomatic Top-up Unitも納入した。

(3) 仕様

口径300×200 mm横軸水平二ツ割多段ポンプ×3台
874 m³/hr×782.8 m×2 900 kW (電動機駆動)



図7 口径300×200 mm横軸水平二ツ割多段ポンプ

1-8 中部電力株式会社 西名古屋火力発電所 7号系列循環水ポンプ

(1) 概要

東芝殿より中部電力株式会社西名古屋火力発電所7号系列向循環水ポンプを4台受注した。

西名古屋火力発電所は、石油を燃料とする汽力発電設備1～4号機(119万kW)から天然ガスを燃料とする高効率なコンバインドサイクル発電設備7号系列(231.6万kW)にリフレッシュすることで高効率発電を実現する(図8)。

(2) 特徴

世界最高の発電効率を実現するために、ポンプの効率に89%の要求があった。それに応え、工場立会試験では90%を超える効率を記録した。また、主要部品の材質は、当社循環水ポンプの標準とし、回転体部品はステンレス、

外筒部品は2% NiFCを採用した。

(3) 仕様

循環水ポンプ

口径2 000 mm立軸斜流ポンプ× 4台

715 m³/min×0.16 MPa×2 500 kW (電動機駆動)

(4) その他

西名古屋火力発電所向けには、消火用水ポンプ2台も受注しており、その仕様は下記となる。

消火用水ポンプ

口径200 mm×150 mm横軸両吸込渦巻ポンプ× 2台

175(150+25)m³/h×90 m×90 kW(電動機、ディーゼルエンジン駆動)



図8 2 000 mm立軸斜流ポンプ

1-9 電源開発株式会社

竹原火力新1号機設備更新工事

アンモニア散水ポンプ

(1) 概要

竹原火力発電所1号機は、1967年から運転を開始しているが、今回、高経年化対応、地球温暖化問題への対応のために新1号設備への更新をした(図10)。

(2) 特徴

モーターおよびエンジンの両方で起動できるタイプであり、万が一モーターが使用できなくなった場合でも、エンジンを使用しポンプを駆動できる構造である。

また、アンモニア貯蔵設備に過熱などの異常がみられた際に、貯蔵設備に送水し冷却や毒性の中和をはかるポンプである。将来的に消火ラインにも接続して、火災時には消火ポンプのバックアップとして機能する。

(3) 仕様

口径250×150 mm横軸両吸込渦巻ポンプ× 1台

660 (600+60) m³/h×100 m×280 kW

(電動機、ディーゼルエンジン駆動)



図10 横軸両吸込渦巻ポンプ



図9 200×150 mm横軸両吸込渦巻ポンプ

2. 送風機

2-1 日本下水道事業団

大崎市古川師山下水浄化センター

(1) 概要

師山下水浄化センターは、1984年供用が開始されており、当初は29 600 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により、現在では13 500 m³/日まで処理量が見直された。今回、既存送風機設備4台のうち2台の老朽化が著しいことや運用範囲見直しにより型式を変更して更新が行われることとなった(図11)。

(2) 特徴

既存の送風機設備では単段増速ターボブロワが採用されていたが検討を重ねた結果、運用範囲に優位性を持つ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（オイルバス潤滑）、高効率モータを採用し、潤滑油配管・冷却水配管なら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。

(3) 仕様

口径200×200 mm鋼板製直結式多段ターボブロワ×2台

35 m³/min×63.76 kPa×75 kW（電動機駆動）



図11 口径200×200 mm鋼板製直結式多段ターボブロワ

2-2 東京都下水道局

浅川水再生センター送風機設備

(1) 概要

浅川水再生センターは日野市の大部分と八王子市の一部を処理区域とし、計画処理面積は3 902ヘクタールである。処理した水は根川を経て多摩川に放流するとともに、その一部を砂ろ過してセンター内のトイレ用水や機械の洗浄・冷却として使用している。

今回工事は、浅川水再生センターの水処理施設4系反応槽増設に伴い送風機設備を増設し、鋼板製多段ターボブロワ（2台）の設置を2017年3月に完了した（図12）。

(2) 特徴

今回設置した送風機は、2014年3月および2016年3月竣工の新河岸水再生センターに設置した送風機同様に、防音カバーの設置により更に低騒音仕様として環境に配慮したこと、設置場所が送風機室とは異なり、荷重制限のある反応槽上部のため、ケーシングを鋼板製とすることで軽量化を図ったこと、付帯設備ではエアフィルタ室が設けられないため、フィルター収納箱にエアフィルターを収納し、設備全体のコンパクト化・低コスト化を図ったこと、環境対策・省エネ対策としてオイルミスト吸引装置（MSS- α ）、低圧力損失形逆止弁（AAチェッキ）を採用したことを特徴としている。

(3) 仕様

口径250×200 mm鋼板製片吸込多段ターボブロワ×2台

50 m³/min×71.0 kPa×100 kW（電動機駆動）



図12 防音カバー付鋼板製片吸込多段ターボブロワ

2-3 国土交通省近畿地方整備局

浪速国道事務所 鍋谷峠トンネル

(1) 概要

一般国道480号における大阪府域の父鬼（ちちおに）バイパスと和歌山県域の平（たいら）道路を結び、土砂崩落などによる通行止めの回避、災害時の迂回解消を含む走行時間短縮などを目的としたトンネルである。本工事では合計6台のジェットファンを設置し、2017年4月に開通した（図13）。

(2) 特徴

ジェットファンは消費電力量削減を目的とし、トップ



図13 ジェットファン設置状況



図14 片吸込多段ターボブロウ

ランナーモータ (IE3) を採用した当社初号機である。さらに、計測機器の取付にはNETIS登録されているAAPトルネード膨張アンカー工法 (SK-160014-A) を採用し信頼性向上を図った。

(3) 仕様

口径1 030 mmジェットファン (高風速型) × 6台
29 m³/s × 35 m/s × 33 kW (電動機駆動)

2-4 日向市下水道課 日向市浄化センター

(1) 概要

宮崎県に位置する日向市浄化センターは、エアレーションによる下水の高度処理を行うための施設である。今回、設備の老朽化に伴いNo.2送風機1台の更新工事を実施し、2017年4月に運転を開始した (図14)。

(2) 特徴

既設はロータリ (ルーツ式) ブロウ2台と片吸込多段

ターボブロウ1台があり、このうちロータリ (ルーツ式) ブロウ2台を片吸込多段ターボブロウ1台に更新する工事である。

本ブロウはころがり軸受 (オイルバス方式) を採用し、潤滑油配管・冷却水配管並びに補機類を不要にすることで、設備全体の簡素化を図った。

また、軸受への潤滑油には高引火点オイルを今回採用し長寿命化を図った。併せて、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) を採用している。

(3) 仕様

口径250 × 200 mm片吸込多段ターボブロウ × 1台
50 m³/min × 61.7 kPa × 90 kW (電動機駆動)

海外視察報告 (台湾)

長谷川 浩久

Report of Visitation to Taiwan

By Hirohisa Hasegawa

1. はじめに

今回、海外研修の機会を得て、台北市の玉成抽水所と林森抽水所を訪問したので、以下に報告する。

2. 玉成抽水所の概要

玉成抽水所は、台北市の中心部の東部に位置し、基隆河の南側に設置されている。通常は、「三張犁截水溝」と「南港排水幹線」から自然流下で基隆河へ送水されているが、降雨時には基隆河の河川水が逆流し、市街地が浸水する。これらの被害を防止するため、1987年に玉成抽水所が建設された。

建設当時、東南アジアで最大の排水ポンプ場として建設され、当社のポンプが納入されている。納入後、約30年が経過している機場である。

2-1 設備概要

主要設備について、以下に紹介する。

表1にポンプ設備仕様を示す。ポンプは当社製で口径

3 000 mmコンクリートケーシング製の立軸斜流ポンプである。

また、油圧式の翼角制御装置を搭載しており、翼角度制御を行っている。駆動機は、出力2 110 kWのKHD DEUTZ製水冷式ディーゼルエンジンであり、伝達装置は



図2 玉成抽水所

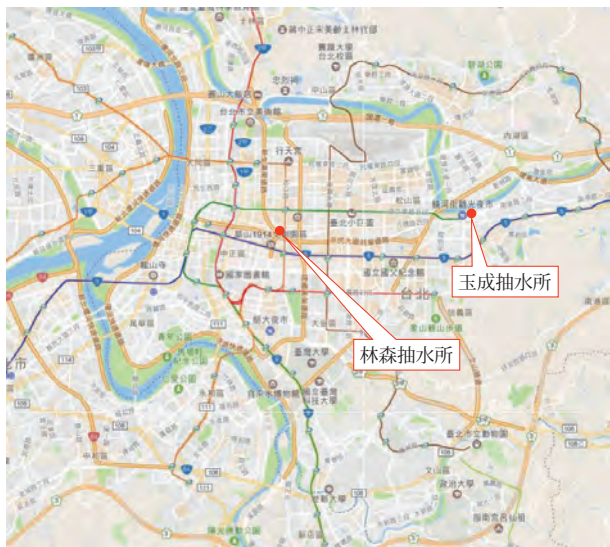


図1 玉成抽水所、林森抽水所位置図

表1 主ポンプ設備仕様

ポンプ形式	立軸斜流ポンプ可動翼制御装置付
口径 (mm)	3 000
台数	7
全揚程 (m)	5.2
吐出し量 (m ³ /min)	1 578
回転速度 (min ⁻¹)	151
駆動機形式	水冷式4サイクルディーゼルエンジン
駆動機出力 (kW)	2 110
伝達装置形式	直交軸歯車減速機



図3 ポンプ上部ケーシングカバー



図4 駆動機室全景

大阪製鎖製造所（現在の住友重機械ギヤボックス）製の直交軸歯車減速機が設置されている。

2-2 機場管理

ポンプ場の管理は、台北市から発注された管理会社により管理されている。5月～11月の出水期は24時間二人体制であり、非出水期は昼間の一人体制で機場監視をしている。台湾の他の機場では、台湾軍の兵士が管理している機場もあるとのことだった。

玉成抽水所は、老朽化のため主ポンプの自動制御ができない状態にある。そのため、排水時は操作員による手動運転を行っている。当社で納入した自動制御装置は水位による台数と翼角度制御を行っており、納入当時を知る操作員からは、自動制御の使い易さを非常に評価されていた。また、経年劣化のため、補機や電気品の故障が多く、故障した機器は既設仕様に合った機器を地元メーカーに発注し、交換をおこなっている。しかし、故障機器を単体で交換しており、主ポンプ設備としてのシステム

設計を熟知できていないため、交換後の運用や使い勝手に合わないことが多く、苦勞しているとのことだった。

3. 林森抽水所の概要

林森抽水所は台北市の中心部に位置しており、金山・忠孝東地区の排水路から流入する雨水を新生北路排水溝へ排水するポンプ場で1986年に建設された。

機場の外観は、普通のビルと変わらず、吐出ゲート建屋があることでポンプ場と認識することができる。



図5 林森抽水所

3-1 設備概要

主要設備について、以下に紹介する。

表2にポンプ設備仕様を示す。ポンプは口径1 650 mm立軸斜流ポンプであり、駆動機は500 kWのKHD DEUTZ製水冷式ディーゼルエンジンである。また、口径700 mmコラム式水中軸流ポンプも設置しており、フリクト製水中モータポンプである。ポンプの制御は、ポンプ井の水位による台数制御を行っている。

本機場は、当社が台湾機械殿に技術協力し、納入した排水機場である。

表2 主ポンプ設備仕様

ポンプ形式	立軸斜流ポンプ	コラム式水中軸流ポンプ
口径 (mm)	1 650	500
台数	6	3
全揚程 (m)	4.23	5.2
吐出量 (m ³ /min)	420	36
回転速度 (min ⁻¹)	258	880
駆動機形式	水冷式4サイクルディーゼルエンジン	水中モータ
駆動機出力 (kW)	500	45
伝達装置形式	直交軸歯車減速機	—



図6 駆動機室全景

3-2 台北市のポンプ場情勢

台北市の設計者と短い時間だったが、近年の台北市のポンプ場情勢について面談を行えた。台湾のポンプメーカーは3、4社あり、ポンプ設備工事は国内メーカーが受注して、海外メーカーの受注はほとんどない。台北市ではポンプ場の更新期間を約30年としていて、現在は新規のポンプ場の設計は無く、老朽化した機場の更新業務がほとんどであるとのことだった。

また、玉成・林森は騒音問題が発生していないが、他の機場では住宅地に隣接しているため、ポンプ運転時の騒音が問題となり、建屋の防音工事のみ発注されている。特に台北市内は機場の敷地が狭く、近隣住民への対応に苦慮されている。

4. おわりに

今回の視察で玉成抽水所、林森抽水所を訪問し、当社のポンプの現状と機場管理について視察した。

ポンプ自体の故障は無く、自動制御を含めた機場全体のシステム設計を非常に評価されていた。現在のシステム設計の思想の根幹となるものであり、諸先輩方の技術力を知ることができた。

また、管理上、経年劣化による補機や電気品の補修・交換に苦勞しており、ストックビジネスを行うことで新たな仕事に展開できる可能性があると考えられる。ただし、コスト面で大きな差があり、当社が受注するには非常に厳しいものを感じた。

台北市の設計者との面談で、既設機場の更新業務は現状筆者が行っている業務と重なっており、騒音などの環境面で同じ苦勞をしていると感じた。

今回、初めての海外視察ということもあり、大変有意義な経験であった。また、現地視察に協力頂いた台湾守谷商会殿とこのような研修の機会を与えて頂いた関係各位の皆様に感謝申し上げます。

<参考文献>

- (1) URL : <https://www.google.co.jp/maps/@25.0439271,121.5332892,14z>
(2017/4/21アクセス)

<筆者紹介>

長谷川浩久：1999年入社。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課担当課長。

タイ王国 P TTLNG社向けLNG受け入れ基地向け —スーパー二相ステンレス製予備ポンプ1台受注—

このたび、タイP TTLNG社より同国のLNG受入基地でLNG気化用に使用されるスーパー二相ステンレス製ポンプ1台を、タイ商社SATTINTER SUPPLY CO., LTD. 経由にて受注した。

本ポンプは、タイにおける初のLNG受入基地であるMap Ta Phut LNG基地（**図1**参照）に納入済み当社製ポンプの予備となる。

同LNG基地は2011年に稼働し、16万m³のLNGタンク2基で年間500万トンの液化天然ガスを受け入れており、拡張設備工事により年間LNG受入量1 000万トン受

け入れを目指している。

当社は2015年に、拡張用気化器海水ポンプを2台納入しており、ポンプにおける技術力、品質管理とともにプロジェクト遂行時の好対応が高く評価されて、今回受注に至ったものである。また、受注した予備ポンプは、既設設備用他社気化器海水用ポンプの共有予備としても保管されることになっており、当社製ポンプへの信頼性が高く期待されている。

（文責：鈴木伸一）

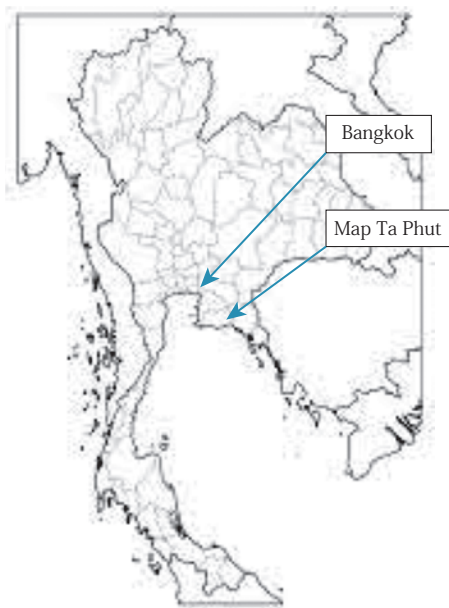


図1 Map Ta Phutの位置



図2 気化器海水ポンプ外観

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	全揚程	取扱流体	電動機出力	台数
気化器海水ポンプ	口径40 inch 立軸斜流ポンプ	7 673 m ³ /h (Phase1) 10 300 m ³ /h (Phase2)	38 m (Phase1) 27 m (Phase2)	海水	1 100 kW	1

新日鐵住金株式会社 名古屋製鐵所向けNo.6 COGブロワ受注

このたび、新日鐵住金株式会社より、名古屋製鐵所向けCOGブロワ1台を受注した。

COGブロワとは、コークス炉より発生したガス（COG）を吸引して精製工程へ送る送風機であり、製鐵所内において重要な設備のひとつである。今回、1968年に当社が納入したNo.6号機を更新するものである。送風機仕様を表1に示す。

本ブロワは、3次元形状のオープンラジアル形の羽根車を採用しており、高効率で高速回転に適した構造とし

ている。今回の更新にあたり実際の運用を考慮した運転範囲に変更を行っている。軸シールには、機内ガスの漏えいを防止するため水封ラビリンスを採用している。また、ベース・増速機および強制給油装置などの既設設備を最大限流用することで、現場工事期間を短縮することが可能となり、顧客要望に応える提案ができたことで今回の受注につながった。

(文責：金田宏幸)

表1 送風機仕様

送風機名称	形式	吸込風量	静圧差	取扱気体	電動機出力	台数
No.6COG ブロワ	口径700×600 mm 両吸込単段ターボブロワ	1 035 m ³ /min	19.61 kPa	コークス炉ガス	600 kW	1

東京ガス株式会社殿 日立 LNG 基地Ⅱ期工事向け 気化器海水ポンプ受注

このたび、東京ガス株式会社殿より日立LNG基地Ⅱ期工事向け、気化器海水ポンプ計2台を受注した。

日立LNG基地（図1参照）は、LNG船やLPG船の受入設備となる大型栈橋や、地上式タンクとして世界最大規模となる容量23万kLのLNGタンク、熱量調整用のLPGタンク、ガス製造設備などが備わっており、本基地のタンク1基で、一般の家庭の年間使用量の約34万軒分に相当する都市ガスの供給が可能となっている。本基地は2016年3月より営業運転が開始されており、加えて同基地から西側に新たに敷設された高圧パイプラインは既存ラインと接続され、全長約84 kmのLNGパイプライン「茨城～栃木幹線」（茨城県日立市～栃木県真岡市）として同時期に運用が開始された。これにより、首都圏を中

心に950 kmの高圧パイプライン網が完成された。

本気化器海水ポンプは、Ⅰ期工事用として納入済の既設の3台に対する増設2台であり、気化器設備の能力増強により都市ガスの製造能力を増やす目的となっている（海水ポンプ設置場所は図2、図3参照）。

当社は基地建設当初のⅠ期工事に引き続き、Ⅱ期工事においてもポンプと駆動機および据付工事1式を受注した。

ポンプ仕様を表1に示す。

入札評価については、Ⅰ期工事同様に機器の価格だけでなく、ランニングコストも含めて総合的に評価され、ご採用頂いた。

（文責：朝倉 充）

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	取扱流体	全揚程	電動機出力	台数
気化器海水ポンプ	口径900 mm 立軸斜流ポンプ	6 370 m ³ /h	海水	35 m	800 kW	2



図1 日立LNG基地全景①



図2 日立LNG基地全景②



図3 海水ポンプ設置場所

ナイジェリア・Dangote Oil Refining Company Limited社向け ガソリンブースターポンプ3台受注

ナイジェリアは原油輸出国であるが、国内自給能力の増強および石油製品として販売することで付加価値を高めることを目的とし、製油所建設の新設が計画された。同製油所の原油精製能力は2 000万トン/年(40万BPD)である。同製油所はDangote Refineryと呼ばれ、事業主体はDangote Oil Refining Company Limited社である。また、同社はナイジェリアのダンゴートグループ(Dangote Group)の一社であり、同グループは貿易を中心に精糖、製粉、セメント、石油、ガス、運輸および銀行業などさまざまな分野へ投資している。また、製油所新設プロジェクトでは、石油精製のほか、ポリプロピレンの製造や肥料原料としての尿素製造も含まれている。本件では、インドの国営エンジニアリング会社EIL社がPMC業務とEPC業務を兼務している。

主要ポンプは事業主体により直発注となっており、当社はこのほど、Dangote Refinery and Petrochemicals

Project向けで、Dangote Oil Refining Company Limited社からガソリンブースターポンプ3台を受注した。発注前の打ち合わせはEILで実施した。

ポンプは同社製油所製品であるガソリンをその貯蔵タンクから送り出すためのブースターポンプであり、台数は3台である。建設予定地はナイジェリア南西部オゲン州のOlokola自由貿易地区となる。

据付場所は地下に水脈があるため、吸込みバレルタンクの深さを2.5 mに抑えるよう要求があり、ポンプ全長を短くしつつ所定の仕様を満足できるように設計できたことで受注に結び付いた。

当該パイプライン向けポンプの供給を突破口として、今後各種ポンプの需要が見込まれるアフリカ新興市場の開拓に努めていく所存である。

(文責：青山譲治)

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	全揚程	取扱流体	電動機出力	台数
GASOLINE BOOSTER PUMP	口径800×600 mm ピットバレル形立軸斜流ポンプ	2 750 m ³ /h	56.9 m	ガソリン	550 kW	3

インド GAIL 社 Jamnagar – Loni Pipeline Capacity Augmentation Project 向け LPG パイプライン用ブースターポンプ受注

インドGAIL社（Gas Authority India Limited）より、Loni Pipeline Capacity Augmentation Project向けLPGパイプライン用ブースターポンプを計2台受注した。

当プロジェクトは既存のGujarat州のJamnagarからUttar Pradesh州のLoni を繋ぐ1 270 kmのパイプラインのLPG輸送能力増強を図るものであり、既存の170万トンから250万トンへの増強が予定されている。LPGはJamnagarにあるReliance社の製油所にて生産、圧送され、BPCL社およびHPCL社が販売を手がける。本件はその輸送能力増強のためのブースターポンプの納入である。

ポンプの仕様を表1に示す。

LPGはその組成により、飽和蒸気圧が高く気化しやすいため、ポンプの吸込条件にとって有害なキャビテーションが発生しやすい。そのためポンプの長さを十分に

確保した。また、省スペースを考慮しつつ仕様を満足させるため、ポンプ段数を8段とした。

炭酸ガス排出量が他の燃料と比べて少ないLPGは、深刻な大気汚染問題に悩まされるインドにおいて注目される燃料となっており、インドは現在世界2位のLPG消費国家となっている。そのため、これからも更なる設備新設、増設の計画が見込まれるが、同時にコスト重視のインド案件においては競合企業の技術向上とコストダウンも目を見張るものがあるため、予断を許さない状況である。現地法人との連携を密にして顧客との信頼関係を更に強固なものにすると同時にさらなるコストダウンを図り、インド市場におけるプレゼンスを高めていけるよう営業活動に邁進する次第である。

（文責：幡野貴也）

表1 ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	全揚程	取扱流体	電動機出力	台数
BOOSTER PUMP	口径300×200 mm ピットバレル形 立軸斜流ポンプ（8段）	245 m ³ /h (CASE-I)	195 m (CASE-I)	LPG	280 kW	2
		196 m ³ /h (CASE-II)	291 m (CASE-II)			

大阪府北部流域下水道事務所殿 前島ポンプ場向けNo.1、2雨水ポンプ設備受注

このたび、大阪府北部流域下水道事務所殿より前島ポンプ場No.1、2雨水ポンプ設備を受注した。

前島ポンプ場は、淀川右岸流域の水無瀬川右岸から桜尾川左岸周辺区域の雨水を淀川に排水する目的で1973年に供用開始された。1999年からは雨水滞水地が供用され、合流式ポンプ場における公共用水域の汚濁負荷量削減にも寄与している。

今回工事は、設置後44年経過し老朽化した設備の更新を期に、雨水ポンプの排水能力をアップさせ、将来は1

台予備化を目指している。

特徴としては、表1、表2のとおり排水能力が増加するため、ポンプ井の流速が高速化となり、有害な渦が発生することが懸念される。そのため流れ解析による検討を行ない、渦流防止壁などの設置を施す必要がある。

現在、2018年5月中の1台分据付完了を目指し、設計・製作中である。

(文責：弘田幸治)

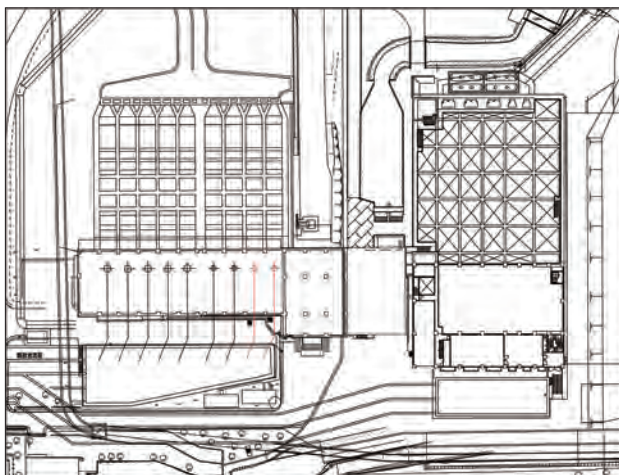


図1 全体平面図

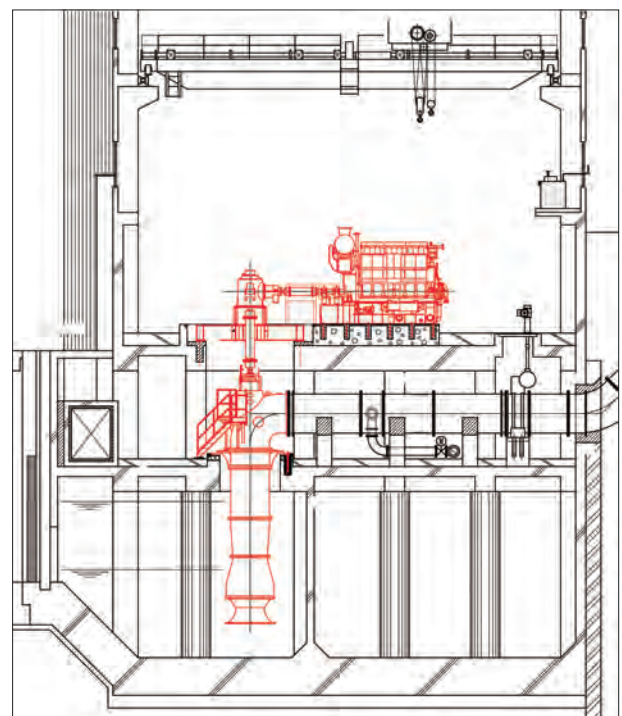


図2 据付断面図

表1 既設ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	全揚程	取扱流体	原動機出力
No.1、2雨水ポンプ	口径1 500 mm 立軸斜流ポンプ (I型)	300 m ³ /min	12.8 m	雨水	1 350 PS

表2 更新ポンプ仕様

ポンプ名称	形式	吐出し量	全揚程	取扱流体	原動機出力
No.1、2雨水ポンプ	口径1 500 mm 立軸斜流ポンプ (II型)	360 m ³ /min	15.5 m	雨水	1 400 kW

東京都下水道局殿 森ヶ崎水再生センター向け 「(東)送風機設備再構築工事」受注

森ヶ崎水再生センターは昭和41年（1966年）に稼働した、東西二つの施設からなる国内最大の水再生センターである。

処理区域は、大田区の全域、品川・目黒・世田谷区の大部分、渋谷・杉並区の一部（面積は14 675ヘクタール）で、これは区部全体面積の約4分の1にあたる。また、多摩地域の野川処理区等の下水も受け入れを行っている。

処理した水は東京湾に放流するとともに、その一部を砂ろ過してセンター内で機械の洗浄・冷却やトイレ用水に使用するほか、大田清掃工場、品川清掃工場にも供給している。発生した汚泥については、芝浦水再生センターから送られてきた汚泥とともに、南部スラッジプラントに圧送し処理を行っている。

このたび、森ヶ崎水再生センター東処理施設の送風機設備が老朽化したため、表1に示す送風機の製作・据付工事を受注し、現在は様々な解析を行い鋭意設計・製作

中である。

本設備の最大の特徴は、当社官公庁向け送風機としては最大実績となる風量1 100 m³/minであること。これに加え省エネルギー対策として、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フィルタ室に設置する。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から大気へ放出されるオイルミストに対し、送風機の吐出圧力を利用し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

送風機名称	形式	風量	圧力	電動機出力	台数
送風機1・2号	口径900 / 800 mm 電動機直結鉄製 片吸込多段ターボブロワ	1 100 m ³ /min	55.1 kPa	1 300 kW	2

特許と実用新案

「流量調整装置」

特許第5996509号

1. 従来技術の問題点

下水処理場の曝気ブロウ用風量調整弁にはバタフライ弁などが用いられている。図1に示すように従来のバタフライ弁1は、電油操作器2の駆動アーム3が位置Aにあるとき、レバーアーム4がA1にあるように設定される。このとき、弁体5は流れ方向と平行し、バタフライ弁1は全開の状態となる。また、駆動アーム3が90度回転して位置Bに移動すると、リンク棒6を介してレバーアーム4も90度回転して位置B1に移動する。このとき、弁体5も同時に回転して流れ方向と直交し、バタフライ弁1は全閉の状態となる。

従来のバタフライ弁1は、電油操作器2の駆動アーム3とバタフライ弁1のレバーアーム4とが同じ速度（角速度）で回転するので、全開側付近においては開度の変化に対する流量変化率が小さく、回転速度が大きくても流量調整にさほどの困難はない。しかしながら、開度の変化に対する流量変化率の大きな全閉側付近では開度の微調整が難しいため、適正な風量調整が難しいという問題があった。

2. 本発明の内容

本発明による流量調整装置の一例を図2に示す。流量調整装置10は、流体流路Lが形成されたケーシング11内に設けられ流体流路Lの開度を変える弁体12と、ケーシング11の外側で弁体回転軸13に基端が固定され弁体回転軸13と共に回転する長板状のレバーアーム14と、レバーアーム14に一端が取り付けられたリンク棒15と、リンク棒15の他端側に取り付けられリンク棒15を進退させる駆動機16と、レバーアーム14とリンク棒15との取付部17をレバーアーム14の回転角度に応じてレバーアーム14に沿って移動させるガイド機構18とを備えている。ガイド機構18は、長板状のガイド部材19を有し、ガイド部材19にはガイド側長孔20が形成されてい

る。また、レバーアーム14は、延在方向に沿って形成されたアーム側長孔21を有している。さらに、取付部17は、ガイド側長孔20とアーム側長孔21との両方にピン部材が挿通されて、これら長孔に沿って移動可能に取り付けられている。

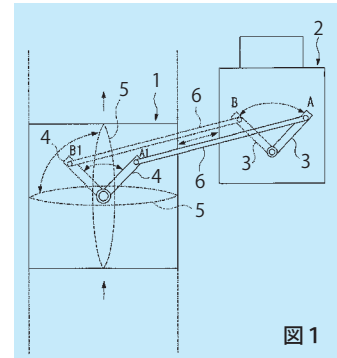


図1

3. 本発明の効果

本発明の流量調整装置によれば、ガイド機構が、開度が大きくなる方向にレバーアームを回転させる際に取付部をレバーアームの基端側に移動させると共に、開度が小さくなる方向にレバーアームを回転させる際に取付部をレバーアームの先端側に移動させるので、開度が小さくなるほど駆動アームの回転に対するレバーアームの回転変化率が小さくなって、微調整が容易になる。

また、取付部がレバーアームとガイド部材とが重なった位置でこれら両方を連結すると共にこれら両方に沿って移動可能に取り付けられているので、レバーアームの回転の度合いが、連結されたガイド部材によって規制され、ガイド部材とレバーアームとの位置関係に応じて、開度の調整を設定することができる。

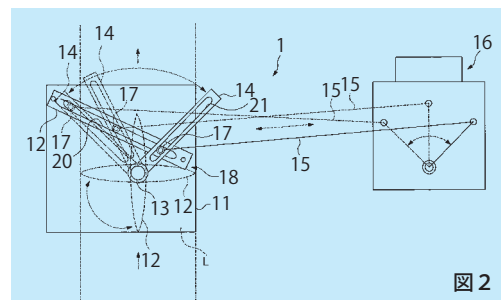


図2

編集後記

◆このたびの巻頭言は、東京大学名誉教授の田中正人先生に「滑り軸受の原点」という題目でご執筆いただきました。

当社製品にも滑り軸受が用いられていますが、滑り軸受の理論を支える「流体潤滑」研究の夜明けがビーチャム・タワーによる偶然の発見から始まったというのは大変興味深いお話でした。歴史を振り返ってみますと今日の科学は多くの偶然的発見に支えられています。例えば、世界初の抗生物質であるペニシリンはアレクサンダー・フレミングの偶然の発見というの有名な話です。このような偶然に何かを発見する能力はセレンディピティと呼ばれ、イノベーションを起こす上で重要な能力の一つと言われています。我々も日々の業務の中で予想外のことが発生した際に「なぜ？」という疑問を大切に、学びを深めなければと考えさせられる内容でした。

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。

◆大阪府菊水ポンプ場向けの雨水ポンプ設備更新工事について掲載しました。雨水ポンプ設備の更新工事では、建設当時はなかったゲリラ豪雨などに対応する必要があります。土木の改造はなるべく抑えたいというご要望をお客様から頂戴することがありますが、このような場合、ポンプで解決しなければならない種々の課題が出てきます。今後もこのような既設設備を再利用する際に発生する課題を解決し、お客様にご満足いただける製品を提供していく所存です。

◆当社がお納めした製品を紹介する“ここで活躍しています”の2016年度版を掲載しました。本稿で紹介した従来形の減速機搭載型立軸斜流ポンプの一部を改良した一段減速形の減速機搭載型立軸斜流ポンプを採用した事例のように、今後もお客様のご要望、ご期待に応えられる製品を開発していく所存です。

今後とも当社の製品をご愛顧いただきますようよろしくお願い申し上げます。



株式会社 電業社機械製作所

DMW CORPORATION

本 社	〒143-8558	東京都大田区大森北1丁目5番1号 (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	〒411-0843	静岡県三島市三好町3番27号 TEL 055 (975) 8417・FAX 055 (975) 8451
名古屋支店	〒460-0008	名古屋市中区栄2丁目4番18号 (岡谷ビル) 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
アブダビ支店		P.O.Box 3876, World Trade Center, Suite No.4,Level 17, The Office World Trade Center, Central Market, Al Markaziya, Abu Dhabi, U.A.E. TEL +971-2-654-4020,4021 FAX+971-2-654-4022
シンガポール支店		50 Raffles Place, Singapore Land Tower Level 30 Singapore 048623
事務所		新潟・山口・熊本・徳島・米国 (ヒューストン) 欧州・中国 (大連)
三島事業所	〒411-8560	静岡県三島市三好町3番27号 TEL 055 (975) 8221・FAX 055 (975) 5784
< 関連会社 >		
電業社工事(株)	〒411-0843	静岡県三島市三好町3番27号 TEL 055 (975) 8233・FAX 055 (975) 8239
(株)エコアドバンス	〒411-8560	静岡県三島市三好町3番27号 TEL 055 (975) 8251・FAX 055 (975) 8253
DMW India Private Limited		309, 3F Great Eastern, Galleria, Sector4, Off Palm Beach Road, Nerul, Navi Mumbai, 400 706, India TEL +91-22-2771-0610/0611・FAX +91-22-2771-0612

主要製品

- 各種ポンプ
- 各種送風機
- 各種ブロワ
- 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
- 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
- 海水淡水化装置

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

編集委員

監 修	浅見幸男	
委員長	青山匡志	
委 員	山岸嗣宏	前田治郎
	石澤勇人	上杉浩一郎
	新宅知矢	鈴木重雄
	石倉武志	柚木孝洋
	江口 崇	
幹 事	川原敦之	富松重行
事務局	川名かおり	田上愛香

電業社機械 第41巻第1号

発 行 日	平成29年7月28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。

