

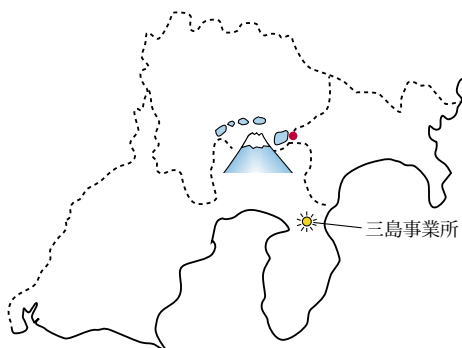
# 電業社機械

DENGYOSHA KIKAI

Vol.34 No.1 2010

No.66





#### 表紙説明

山梨県山中湖より望む夕焼けに映える夏の富士山  
(写真提供：元 当社製造部機械工作課 市川康夫氏)  
撮影場所は左記地図の●印です。

# 電業社機械

第34巻 第1号 通巻第66号 2010

## 目次

### ◆巻頭言

期待..... 水沼 博 1

### ◆技術資料

立軸両吸込ポンプ水槽解析..... 富松 重行 3  
野村 忠充

### ◆製品紹介

インド／HMPL社向け原油圧送ポンプ ..... 古澤 友秀 5  
浅川 英明  
国内火力発電所向け海水淡水化設備用高压ポンプおよび動力回収装置..... 中山 直人 9  
北原 敏喜  
愛知県弥富ポンプ場向け污水中継ポンプ設備..... 笹沼 眞裕 12  
柚木 孝洋  
野知 誠  
愛知県日光川放水路向け管理システム..... 高橋 亨輔 16  
地熱発電所向け温水ポンプ・熱水還元ポンプ ..... 市川 邦彦 19  
石谷 涉  
石油精製設備用ブロワ..... 市川 邦彦 23  
株式会社扇島パワー向け循環水ポンプ..... 勝又 英樹 26  
仙台火力発電所4号機向け循環水ポンプ..... 岩 渕 稔 28  
ここで活躍しています -2009年 製品紹介- ..... 30

### ◆ニュース

イタリア・アドリア海ベニス沖LNG海上ターミナル用ポンプ稼動開始！ ..... 37  
トルクメンガス向け硫黄回収用多段ブロワ6台受注..... 37  
Jubail Export Refinery Project向け硫黄回収用多段ブロワ6台 ..... 38  
およびアシッドガストリートメント用多段ブロワ3台受注  
ONGC（インド）向けB22 Field Development Project コンデンセートポンプ2台 ..... 38  
コンデンセートブースターポンプ2台 受注

### ◆特許と実用新案

..... 39

# DENGYOSHA TECHNICAL REVIEW

DENGYOSHA KIKAI

Vol.34 No.1 2010

## CONTENTS

◆Foreword	
Expectations .....	1
H. Mizunuma	
◆Technical Data	
CFD Analysis for Suction Sump of Vertical Double Suction Pump .....	3
S. Tomimatsu and T. Nomura	
◆Product Introduction	
Main Oil Line Pumps for HMPL/India .....	5
T. Furusawa and H. Asakawa	
High Pressure Pumps and Hydro-recovery Turbines of Sea Water Desalination .....	9
Facility for a Domestic Thermal Power Plant	
N. Nakayama and T. Kitahara	
Sewage Pumps Relay Equipment for Yatomi Pumping Station .....	12
of Aichi Prefecture	
M. Sasanuma, T. Yuzuki and M. Nochi	
The Operational Support System for Nikkou-River Flood Control Canal .....	16
K. Takahashi	
Hotwell Pumps and Geothermal Brine Re-Injection Pumps for Geothermal Power Plant .....	19
K. Ichikawa and W. Ishitani	
The Special Feature of DMW Blowers for Oil Refining .....	23
K. Ichikawa	
Circulating Water Pumps for Ohgishima Power Station .....	26
H. Katsumata	
Circulating Water Pumps for Sendai Thermal Power Station Unit No.4 .....	28
M. Iwabuchi	
◆Activities .....	30
◆Patent .....	39





## 期 待

水沼 博

首都大学東京 教授

自分と流体機械との関わりを通して、流体機械に関連する企業や技術への期待を書かせていただく。私が大学生の頃には流体機械の講義が第1と第2の二つあり、それぞれ第一線で活躍されていた企業の非常勤講師の先生からポンプと水車を勉強した。更に設計製図の授業でもやはり企業の非常勤講師の先生から渦巻ポンプの設計の講義をうけ、設計計算の後に、計画図と羽根車、ケーシングカバー、軸などを作図した。遠くにも関わらず電業社からも非常勤講師の方にきていただいた。このような企業の講師の話を書く経験は、自分の場合もそうだったように学生にとってその後の職業選択に貴重な経験となる。今ではご存知のように、私の所属する首都大学を含めほとんどの大学から流体機械という講義が消えている。このような影響もあってか最近の学生の就職志望も、やりたい仕事というより企業のブランド志向が強いように見える。最近は大学も高校へ広報活動に出向いたり、出前授業の要請を受けたりしている。企業から非常勤講師を受け入れる講義が少なくなっている今、企業から大学へも是非出前授業にきていただけると学生と企業の双方に良い効果が得られると思う。

自分の話に戻ると、卒研で流体研究室（当時は水力学実験室）に入ったこともあり、就職は流体機械の授業で勉強した水車の会社に入りたいと考えた。大自然の中で自分の設計した水車が、発電所の中の要として動き続けているのを想像すると、とても魅力的な仕事に思えたのがその理由だった。しかし、当時の指導教官の加藤宏先生から水車関連の職場には採用してくれそうにないと裏情報を知らされ断念した。ほかにやりたい仕事も思い浮かばず、研究もおもしろかったので大学に残ることになった。研究テーマは添加剤による乱流の抵抗低減であり、関連する乱流研究は今となっては考えられないような盛り上がりや当時みせていたが、基礎的な観点からの研究だったので直接流体機械と関係することはなかった。しかしその後、研究テーマが生体関連へと広がるにつれ流体機械との関連が深くなっている。その一つが血液の循環ポンプで、赤血球の機械的損傷と関連してポンプ内部のせん断応力の分布を、壁面埋め込み式のホットフィルムを使用して測定した。考えてみれば当たり前だったが、測定されたせん断応力はポンプ軸動力から予測されるせん断応力と大体同程度だった。一方、赤血球は柔軟に変形でき、テレビでもよく見るさらさら度のテストのように自分より小さな穴を変形して通過していく。この柔軟な赤血球の膜に大きなストレスが働くと膜に細孔が生じ、ある条件を越えると破れてしまう。しかし、せん断に対してはキャタピラのように自身を回転させて流れのストレスからうまく逃げている。赤血球に対するせん断の負荷がポンプを通過するときのように間欠的なきときは、赤血球も比較的壊れにくいという性質を持つこともわかった。このように送液の質がポンプ内の流れにより影響される問題では、ポンプ性能だけでなく内部の流れの構造が問題であり、更に研究の進展が期待される。

流体機械から少し離れるかもしれないが、最近研究を進めている「ごくん」と飲み込むときの食塊の流れは容積型ポンプの機構と似ている。呼吸しているときは鼻と肺の間で空気が行き来しているが、食塊を飲み込むときは舌から咽頭、食道へとぜん動運動により食塊が送られ、同時に喉頭蓋と呼ばれる弁が喉頭をふさぎ、食塊が喉頭から肺へ進入するのを防ぐ。飲み込みに要する時間は1秒以下で、短時間のうちにこれら複雑なプロセスが完了する。脳梗塞による麻痺や高齢化などによりこれらのプロセスに狂いが出ると、むせたり、肺に入った食べ物に雑菌が繁殖して肺炎になりやすくなる。今は食品にとろみをつけてむせにくくすることが広く行われているが、症状が進むとチューブを通して直接胃に栄養を送るなどの対策がとられる。この方法を用いても、送液が胃から喉頭へ逆流し、肺に入ってしまう場合があるため、必ずしも安全とはいえない。機械工学の観点からはこのような対策は消極的に感じられる。積極的に飲み込む運動を機械的に支援してどんな食品でも飲み込めるようにならないかと思う。送液や弁の機能そのものは流体機械で簡単に置き換えられると思うが、今のところそのような機能を機械で置き換える試みは行われていない。問題はやはり人の体と関わらなければならない点で、うまく機能しないときには生死に影響するリスクがある。しかし、口から食べることを維持できれば、精神的にも健康面でもいろいろな良い効果が期待できる。これ以外にも、医療の分野では新しい流体機械へのニーズがいろいろあり、そのような分野への寄与も期待している。

話は少し変わるが、たまたま研究室に留学生が在籍している関係で、3月にほかの研究室の留学生にも声をかけて2日間に分けて工場見学を引率した。工場見学を企画したいきさつは、留学生向けの授業が少ないため、企業から非常勤で講義に来ていただき、それらの講義とペアになるよう工場見学もお願いした、ということだった。留学生はインドネシア、バングラデッシュ、ベトナム、中国の4カ国5名の学生で、見学した工場は発電用のタービンやポンプなどの流体機械の製造プラントが中心だった。普段眼にしない機械類の見学のため、学生が関心を持ってくれるか不安だったが、見学中にも活発な質問が出て、終わりに居酒屋で懇親を深め、学生達と2回の工場見学を無事に終えることができた。学生達にも満足してもらえた理由は、事前に企業の方に大学で講義をしていただいたこと、留学生の出身地に見学した会社の工場があったり、その出身地へ輸出される機械が多かったり、などが挙げられる。見学した流体機械も見上げるような大型のものが多く、技術の高さとインペラ類の理にかなった曲線の美しさに感心させられた。これら留学生達の国々ではインフラ整備のニーズは切実なものであり、留学生への流体機械関連の教育は十分意義あるものといえる。言葉の問題はあるが、今後とも講義、工場見学、インターンシップなど可能な方法で留学生の教育を支援していただけないかと期待している。

私自身、どっぷりと流体機械の研究に専念してきたわけではないが、前述のように流体機械と関わりを保ってきた。この分野では卒業生も多数活躍している。今後とも、流体機械の研究開発に携わる企業が持っているポテンシャルをより広い分野で発揮し、社会に貢献していくことを期待している。

# 立軸両吸込ポンプ水槽解析

富松重行 野村忠充

## CFD Analysis for Suction Sump of Vertical Double Suction Pump

By Shigeyuki Tomimatsu and Tadamitsu Nomura

In recent years, CFD has become an essential tool for the design validation related to pump components. Also, the amount of calculation is getting larger and larger every year. Especially, it is well-known that massive computational resources are required to conduct a suction sump analysis. In this paper, the CFD result of the suction sump having two vertical double suction pumps is introduced.

### 1. はじめに

近年、CFD (Computational Fluid Dynamics) はポンプに関わる構成要素の設計検証を行うために必要不可欠なツールとなっている。その計算量は年々増加する傾向にあるが、中でもポンプ吸込水槽の解析は、大規模な計算資源を必要とする計算対象の一つとしてよく知られている。特に海外向けの水槽では、ポンプが複数台あるものが多く、必然的により大規模な計算が必要となる<sup>(1)</sup>。本報では、立軸両吸込ポンプ用吸込水槽のCFD解析について紹介する。

### 2. 解析条件

図1に解析で使用したポンプ吸込水槽の解析モデルを示す。図に示すように、本吸込水槽には立軸両吸込ポンプが二台設置されている。

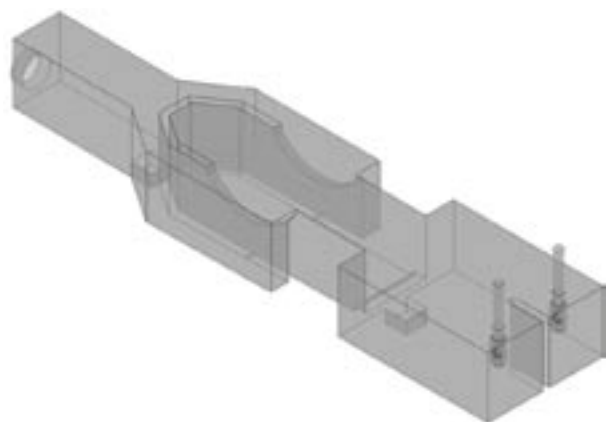


図1 解析モデル  
Fig. 1 Analysis model

図2に解析に使用したメッシュモデルを示す。メッシュモデルは非構造格子により構成されている。ただし、壁面境界層付近はプリズム格子で構成されており、格子数は約400万である。なお、メッシュモデルの作成には、ANSYS ICEM CFD 12.0を用いた。

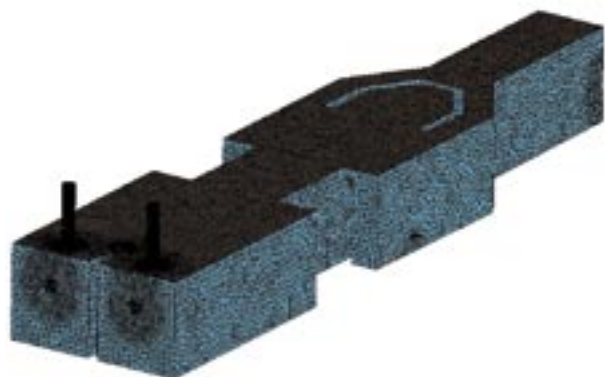
解析には汎用流体解析ソフトであるANSYS CFX 12.0を用いた。使用した乱流モデルはk-εモデルで、壁面近傍には壁関数を与えてある。入口に圧力、出口に流量を与えており、水槽壁および吸込管は滑りなし条件の固定壁、水面はフリースリップ条件の固定壁として扱った。また、作動流体は海水である。

また、渦軸線の処理には、汎用流体解析用ポストプロセッサであるVINAS FIELDVIEW 12.2を用いた。

### 3. 解析結果

図3にポンプ吸込水槽内の渦軸線分布を示す。水槽の上流側において渦軸線が散見されるが、いずれの渦軸線もポンプにまでは達しておらず、水槽上流からポンプに悪影響をおよぼす渦は発生しないと考えられる。

図4にポンプ周りの渦軸線分布を示す。図より水槽側壁からポンプに向かって渦軸線が伸びていることが分かる。しかしながら、この渦軸線はポンプ吸込口までは達しておらず、側壁からポンプに悪影響をおよぼす渦は発生しないと予測される。また、水槽底部からポンプに向けて渦軸線が伸びているが、これも同様にポンプ吸込口までは達しておらず、ポンプに悪影響をおよぼす渦は発生しないと考えられる。



(a) 水槽全体  
(a) Whole sump



(b) ポンプ周り  
(b) Around pump

図2 メッシュモデル  
Fig. 2 Mesh model

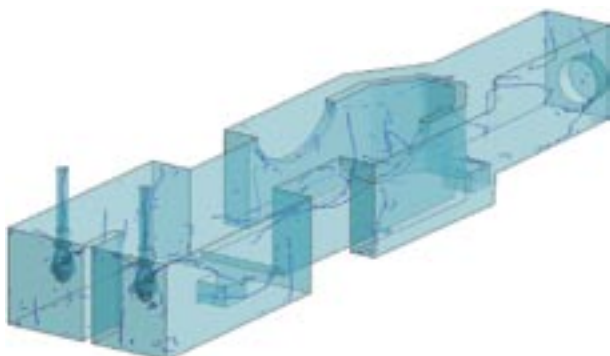


図3 水槽内の渦軸線  
Fig. 3 Vortex cores in suction sump

したがって、本解析で対象としたポンプ吸込水槽形状、運転条件下では、渦流防止装置として使用される三角柱やプラス型渦流防止板<sup>(1)</sup>を設置しなくても、ポンプに悪影響をおよぼす渦は発生しないと予測される。

#### 4. おわりに

立軸両吸込ポンプ用吸込水槽のCFD解析を行った。本報で対象とした水槽形状、運転条件下では渦流防止装置を設置しなくても、ポンプに悪影響をおよぼす渦は発生しないと考えられる。

#### <参考文献>

(1) 野村忠充・富松重行：海外向け水槽試験について，電業社機械，Vol.32, No.1（通巻第62号），（2008），pp.3-pp.8.

#### <筆者紹介>

富松重行：2003年入社。ポンプ、送風機および流体関連機器の研究開発に従事。現在、技術研究所 研究グループ主任。博士（工学）。

野村忠充：1981年入社。ポンプ、送風機および流体関連機器の研究開発に従事。現在、技術研究所 研究グループ主事補。

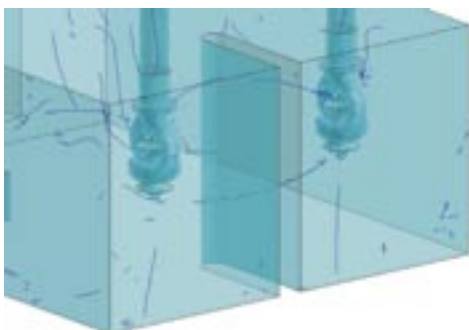
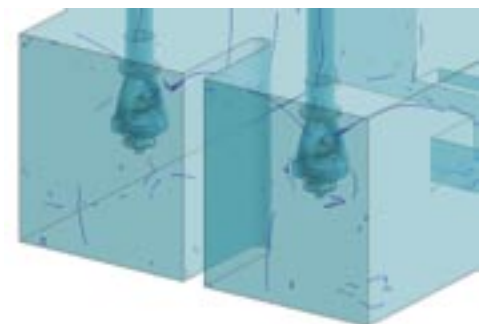


図4 ポンプ周りの渦軸線  
Fig. 4 Vortex cores around pumps



# インド／HMPL 社向け原油圧送ポンプ

古澤友秀 浅川英明

## Main Oil Line Pumps for HMPL/India

By Tomohide Furusawa and Hideaki Asakawa

DMW delivered 6 units of MOL Pump to HMPL/India. These pumps are Main Oil Line Pump for crude oil transportation facilities, 3 units built at Mundra port on Arabian Sea and 3 units on transit pump station. The total distance from Mundra port to Bhatinda oil refinery is about 1,014kms thus making these pumps the main machinery in this process. Type of pumps is axially split, horizontal shaft and multistage type i.e. API standard 610 type BB3.

DMW agreed to guarantee the client specified top-level pump efficiency, Excellent pump characteristics including pump efficiency were checked and confirmed at witness inspection. Features of pumps are life cycle cost reduction, high reliability and competitive maintenance performance.

### 1. はじめに

HPCL-Mittal Pipeline Ltd.社は、インドの国営石油会社であるHindustan Petroleum Corp. Ltd.社とルクセンブルグに本拠を置くMittal Energy Investments Pte. Ltd.社（Mittal製鉄の関連投資会社）の合弁会社であるHPCL-Mittal Energy Ltd. (HMEL) 社の100%出資子会社である。

今回、同社のアラビア海に面したGujarat州Mundra港から、内陸部のPunjab州Bhatinda精油所の間をパイプラインで原油を圧送するための、メインライン（以後MOLと略す）ポンプ設備を受注し、客先による工場立会検査を完了したので紹介する。

### 2. 設備の概要

本ポンプが設置されるパイプラインは、Mundra港からBhatinda精油所までの1,014kmの距離を圧送開始地点のMundra港と中継地点のDhansaにポンプステーション（以後P.Sと略す）を設け、直列で原油を圧送する設備である（図1）。

ひとつのポンプユニットはポンプ、モータ、強制給油装置とUnit Control Panel、Common Drive Logic Panel、Variable Frequency Drive Panel、Vibration Monitor、Local Control Stationから構成され、Mundra P.S.に3ユ

ニット、Dhansa P.S.に3ユニット、計6ユニットが設置される。



図1 パイプラインルート

Fig. 1 Pipeline route



図2 ポンプ工場試験状況概観  
Fig. 2 Outline view of main oil line pump at shop test

### 3. ポンプ仕様および特徴

表1 ポンプ仕様  
Table 1 Specifications of MOL pump

型式	水平2ツ割り横軸多段ポンプ
口径	吸込250mm×吐出200mm
段数	6段
出力	2,650kW (インバータ制御)
液質	CRUDE OIL
耐圧試験値	22.1MPa
台数	6台 (3台+3台)

仕様を表1に、構造を図3に示す。

#### 3-1 ポンプ仕様

ポンプ仕様はMundra P.SとDhansa P.Sで異なる。さら

に、設備の稼働当初と定格運転時でも異なるが、部品の互換性を考慮し、ポンプは同一とし、インペラ外径を変えることで仕様の違いに対応している。

#### 3-2 ポンプの特徴

ポンプは、API 610規格 第8版に準拠したモータ駆動の水平2ツ割りケーシング横軸6段渦巻ポンプである。特徴を以下に列記する。

- (1) 最大の特長は、客先保証効率を上回る高効率を達成したことである。従来のインペラ、ケーシング流水部の形状をCFD解析を行ない徹底的に見直した結果、世界最高水準のポンプ効率を得ることができた。
- (2) 重要部品である軸受、モータ巻線、メカニカルシールには振動・温度・漏洩などのセンサを設置し、運転状態の時系列監視・解析を可能にしている。
- (3) 回転系はAPI 610に基づきLateral AnalysisとTorsional Analysisを行い、減衰係数確認と固有振動数との離調確保を行なった。
- (4) ポンプ内部摺動部にはPEEK材を用い、接触によるかじりつきのリスクを低減した。

### 4. 電気設備

#### 4-1 設備概略

電気設備のシステム構成を図4に示す。

今回の設備は、Control Roomに設置するUnit Control PanelおよびVibration Monitor、Elect. Sub Stationに設置するCommon Drive Logic PanelおよびVariable Frequency Drive Panel、機側に設置するLocal Control Stationで構成される。

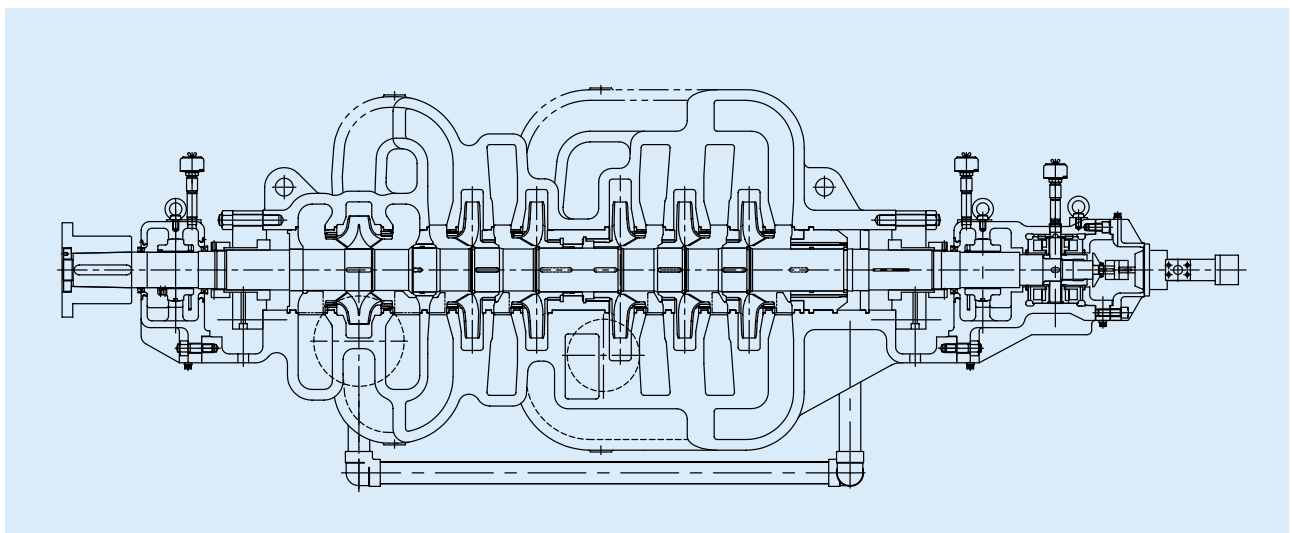


図3 ポンプ断面図  
Fig. 3 Sectional view of pump

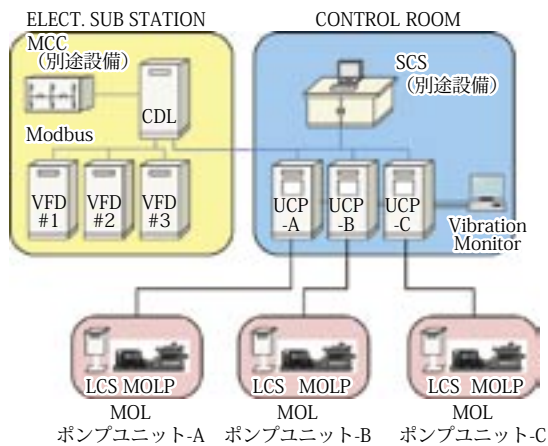


図4 システム構成図  
Fig. 4 System configuration chart

## 4-2 特徴

### (1) Unit Control Panel (UCP)

UCPは、MOLポンプおよび関連補機などの制御回路を内蔵し、盤面に取り付けたタッチパネルで、機器の稼働状況・各計測値の確認(図5を参照)および運転操作が

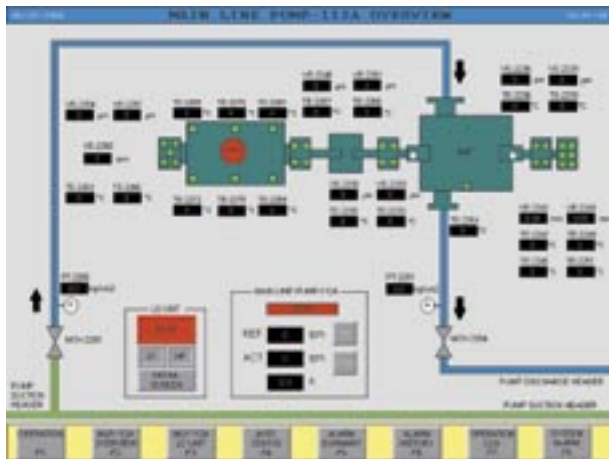


図5 UCP 画面サンプル  
Fig. 5 UCP screen sample

可能である。

制御にはProgrammable Logic Controller(以後 PLCと略す)を使用し、別途設備の中央操作装置にあたるStation Control System PLC(以後SCSと略す)や、次に説明するCDLおよびLCSが接続され、操作制御の核となる役割を担っている。

このため、PLCは2重化されており、設備の信頼性向上を図っている。

### (2) Common Drive Logic Panel (CDL Panel)

本設備の大きな特徴として、3台のVFDと3台のポンプを任意の組み合わせで運転することができることにあ

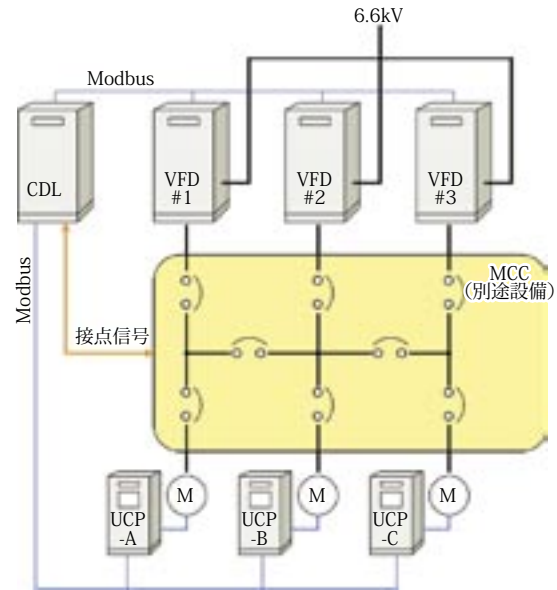


図6 電源切替回路イメージ  
Fig. 6 Image of power supply switch circuit

る(機器の構成については図6を参照)。

CDL Panelの機能は、電源系統の切替回路(別途設備のMCC)の制御と、VFDとUCPの組み合わせ選択を行う回路を有している。本盤の制御回路にもPLCを使用しており、UCPと同様にPLCは2重化されている。

### (3) Variable Frequency Drive Panel (VFD Panel)

VFD Panelは、6.6kV×2,650kWの電動機用高圧インバータを内蔵しており、90~100%(2,689~2,988min<sup>-1</sup>)の範囲でポンプの回転速度制御が可能である。

VFD Panelの主要部品は6,600V/630V 4,000kVAの変圧器と18台の630V×400Aのパワーセルで構成されており、1組あたり幅6,500mm、奥行1,600mm、高さ2,400mm、総重量9,400kgの設備である。

### (4) Vibration Monitor

ポンプおよび電動機に取り付けたセンサ(振動・温度・回転速度など)からの信号は、各UCPに取り付けられたVibration Monitorで信号変換され、Ethernetを介して振動監視用モニタ装置(サーバーコンピュータ)に情報が集約される。

振動監視用モニタ装置において、各種信号のデータ解析およびトレンドデータの蓄積が可能である。

### (5) Local Control Station (LCS)

LCSは各MOLポンプの近傍に設置され、MOLポンプ設備の単独運転・停止操作、非常停止釦などを備えた機側

操作盤である。構造はアルミダイキャストのボックスを組み合わせて製作されており、耐圧防爆仕様に对应している。

### 5. おわりに

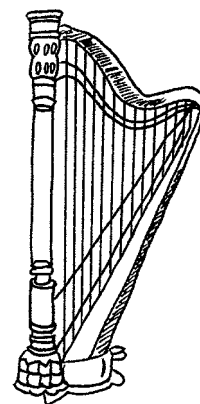
ポンプ流水部の見直しにより、当社のAPI 610 type BB3ポンプの特長として、世界最高水準のポンプ効率を有することが、顧客の立会検査においても確認された。ポンプの特長を生かし、もとより保有している電気・計

装技術と組み合わせて、ガス&オイル市場における更なるシェア拡大を図りたい。さらに、ボイラーフィード市場など、世界の広範囲の市場に展開を広げて行く所存である。

#### <筆者紹介>

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

古澤友秀：2003年入社。主に、プロセスポンプの設計業務に従





# 国内火力発電所向け 海水淡水化設備用高圧ポンプおよび動力回収装置

中山直人 北原敏喜

## High Pressure Pumps and Hydro-recovery Turbines of Sea Water Desalination Facility for a Domestic Thermal Power Plant

By Naoto Nakayama and Toshiki Kitahara

We supplied 2 sets each of RO High pressure pumps and hydro-recovery turbines to a domestic thermal power plant sea water desalination facility.

The pumps and hydro-recovery turbines supplied this time are equivalent to those supplied to No.1 sea water desalination facility. Hydro-turbo charger (herein after called as HTC), who was made by PEI, USA. The trial operation was carried out in May, 2009 and the machines are now operating satisfactorily.

This paper reports on the outline of these machines.

### 1. はじめに

海水淡水化の方法として、逆浸透膜（RO膜）に加圧した海水を供給し、脱塩することで淡水を生産する逆浸透膜法（RO法：Reverse Osmosis Membrane）があるが、その過程で高い圧力を保持した濃縮海水が生じる。そのためこの残圧をもつ濃縮海水を再利用し、RO膜給水への昇圧分に変換するため動力回収装置を使用する。近年、国内のROプラントメーカーでは動力回収装置として、コンパクトでメンテナンスも容易であるアメリカのPEI社製のHTCを採用する動きが広まってきている。

今回、国内火力発電所向けにRO高圧ポンプとHTCを、製作・納入した。昨年3月に現地試運転を終え、現在順調に稼動している。

以下に、このポンプの概要について紹介する。

### 2. 施設の概要

本ポンプは、当社が国内火力発電所先行プラントに過去納入したRO高圧ポンプ・HTCと同等品のものである。

図1に本施設のシステムフロー図を示す。

### 3. ポンプの構造と特徴

表1にポンプの仕様を示す。

RO高圧ポンプは、海水を扱う多段遠心ポンプであることから、耐食性に優れた材質の使用と、メンテナンスの容易性が要求されるポンプである。

以下に今回納入したポンプの構造と特徴について詳細を述べる。

#### (1) ケーシング

多段形のポンプケーシングは水平二ツ割り構造とし、ポンプの保守・点検が容易な構造であり、ケーシングの材質としてオーステナイトステンレス鋼（SCS14）を採用している。

#### (2) インペラ

インペラは2～5段用を背面合せにて配列し、バランズドラムとの併用によりポンプ運転中の軸方向スラスト力を軽減させる構造としている。

#### (3) ウェアリング

オーステナイト系ステンレス鋼特有のポンプ運転中のかじり付きを回避するため、ウェアリングには耐食性、自己潤滑性に優れたPEEK材（Poly Ether Ether Ketone）を採用している。

図2にポンプの断面図を示す。

### 4. HTCの構造と特徴

表2にHTCの仕様を示す。

HTCは、RO膜のプロセス流体の残高エネルギーを利用する、エネルギー回収タービンとポンプが同軸一体化したコンパクトな省エネ流体機械である。ユニットは、ブラインの残高圧流体エネルギーをタービンインペラにより機械エネルギーに変換し、同軸上にあるポンプイン

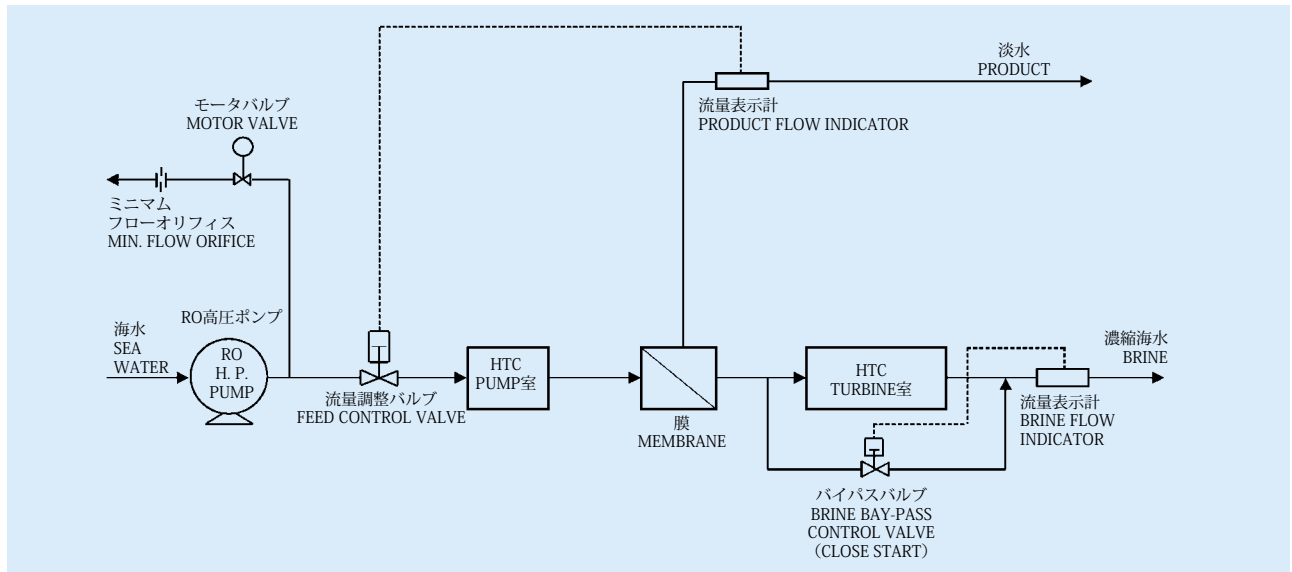


図1 システムフロー図  
Fig. 1 Flow diagram

表1 ポンプ仕様  
Table 1 Pump specifications

形 式	横軸水平二ツ割り形多段渦巻ポンプ DMF-SPG5
口 径	吸込150×吐出し100mm
吐 出 量	3.7m <sup>3</sup> /min
全 揚 程	470m
回 転 速 度	3,555min <sup>-1</sup>
液 質	海水
液 温	10~30℃
電動機出力	420kW
台 数	2台

表2 HTC仕様  
Table 2 HTC specifications

形 式	ハイドロターボチャージャ HTC II -900
メ ー カ	Pump Engineering Inc.社
F E E D 流 量	3.7m <sup>3</sup> /min
F E E D I N 圧 力	4.7MPaG
F E E D O U T 圧 力	6.8MPaG
B R I N E 流 量	2.1m <sup>3</sup> /min
B R I N E I N 圧 力	6.45MPaG
B R I N E E X H A U S T 圧 力	0.05MPaG
増 圧 値	2.1MPaG
有 効 落 差	6.4MPaG
台 数	2台

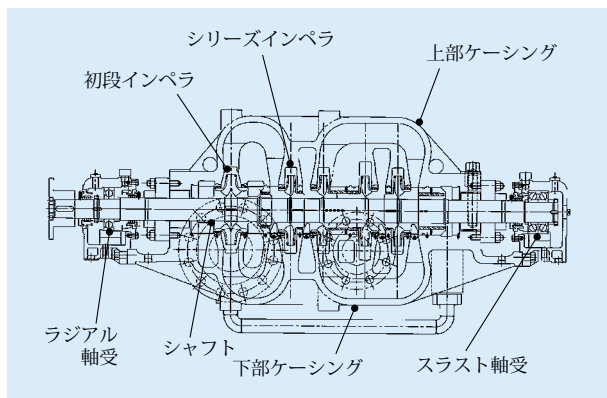


図2 ポンプ断面図  
Fig. 2 Sectional view of the pump

ペラがその機械エネルギーをフィード側の流体に圧力エネルギーとして伝えるものである。

以下に今回納入したHTCの構造と特徴について詳細を述べる。

(1) インペラ

タービン部・ポンプ部とも高速1段インペラであり、精密鑄造・最新設計により高効率が得られる。インペラの材質として耐食性に優れたスーパーオーステナイトステンレス鋼 (AL 6XN) を採用している。

(2) 軸受

軸受はすべて自己液潤滑のため潤滑油が不要である。長期連続運転が可能で、通常のメンテナンスが不要である。

(3) 軸シール

HTCには軸シールがなく、軸はケーシングの中に格納されている。

(4) 配管接続

フィードおよびブラインの入口出口の接続はすべて電気ジョイントで接続する。

図3にHTCの断面図を示す。

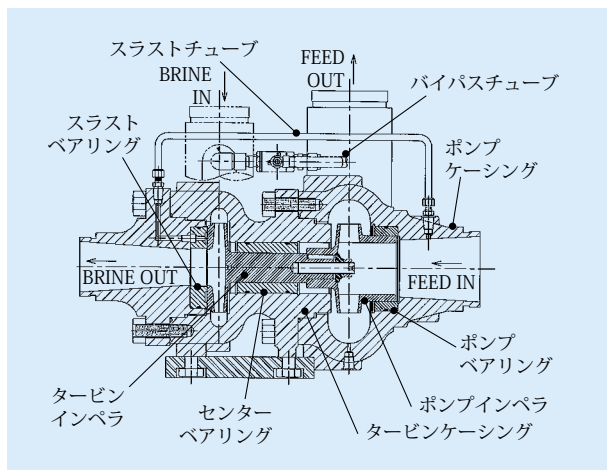


図3 HTC断面図  
Fig. 3 Sectional view of the HTC

### 5. 社内試運転結果

ポンプは2008年8月に、2台の社内試運転および客先立会検査を実施した。図4に社内性能試験中のポンプ外観を示す。

### 6. 現地試運転結果

2009年3月に現地主配管とポンプ据付を実施、その後試運転を実施し、無事引渡しを完了した。

### 7. おわりに

RO高圧ポンプおよびHTCは、海水淡水化施設の中で最も重要な設備である。同ポンプは高圧多段形であり、最近ではメンテナンス性が良い水平二ツ割り形ケーシング



図4 社内試運転  
Fig. 4 Shop performance test

が採用されるケースが多い。当社では従来より水平二ツ割り形を高圧ポンプの標準とし、HTCは内蔵 hidro タービン駆動の渦巻ポンプでコンパクトでメンテナンスも容易である、アメリカのPEI社製のHTCを標準としている。各地の海水淡水化施設では、新規施設の建設と共に、施設更新の時期も迎えており、今後ますます需要が増えるものと思われる。当社はこれまでのRO高圧ポンプの製作実績を生かしながら、今後も信頼性の高い製品を提供し、顧客の満足を得るよう努力していく所存である。

#### <筆者紹介>

中山直人：2004年入社。主に、産業・海外向けポンプの見積計画に従事。現在、産業システム技術部水力グループ。  
北原敏喜：1976年入社。一般用ポンプ、プロセス用ポンプの設計に従事。現在、水力機械設計部高圧ポンプグループグループマネージャー。

# 愛知県弥富ポンプ場向け汚水中継ポンプ設備

笹沼真裕 柚木孝洋 野知 誠

## Sewage Pumps Relay Equipment for Yatomi Pumping Station of Aichi Prefecture

By Masahiro Sasanuma, Takahiro Yuzuki and Makoto Nochi

Yatomi pumping station is a sewage pumping station located west of Aichi Prefecture. Many ground basin is less than sea level. Therefore, the natural flow at the sewage purification center may not be water. This pumping station is a facility established for the sewage pumping. This sewage pipeline is longer than any other pumping station in Japan. This paper introduces an outline of this Yatomi pumping station.

### 1. はじめに

弥富ポンプ場は、愛知県西部に位置する日光川下流域下水道における汚水中継ポンプ場である。2010年3月に県内で10番目の流域下水道として、津島市、愛西市、弥富市、あま市、大治町および蟹江町の4市2町で供用開始されている。ポンプ場の外観を図1に示す。茶色のポンプ場外壁には、汚泥リサイクル推進事業として、汚泥を再生したタイルが使用されている。



図1 ポンプ場外観

Fig. 1 View of pumping station

### 2. 日光川下流域下水道の概要

日光川下流域下水道は、日光川下流浄化センターと延長約66kmの管渠と3箇所の汚水中継ポンプ場からなっている。流域地盤の多くが海拔0m地帯であるため、名古屋港沿岸に設置された浄化センターまで汚水を自然

流下にて送水することが難しい地域である。このため、汚水は3箇所の汚水中継ポンプ場（佐織、津島、弥富）により圧送されている。弥富ポンプ場は、最も下流側に位置しており、日光川下流浄化センター内に設置される処理場内ポンプ場の設備機能も兼ねているため、浄化センター内には、汚水ポンプ場は設置されていない。本ポンプ場から日光川下流浄化センターまでの圧送距離は約8kmあり、全国的にも稀な長距離汚水圧送管となっている（図2）。このため、長距離圧送を安全・安心・確実にを行うためのさまざま工夫が施されている。以下に、その概要について紹介する。



図2 弥富ポンプ場の位置

Fig. 2 Location of Yatomi pumping station



### 3. ポンプ場の概要

本ポンプ場は、地上二階、地下三階の五階建てであり、今回納入した汚水ポンプは、地下三階に設置されている(図3)。場内には、地下一階まで立ち上げるための汚水管(最大径800mm、将来1500mm)が各階を縫うように配置され、ポンプ場からは2系統(将来3系統)で送水可能な設備となっている。各系統は相互に切替えができるバイパス弁が設けてあり、汚水ポンプ運転中においても管渠の点検が可能である。

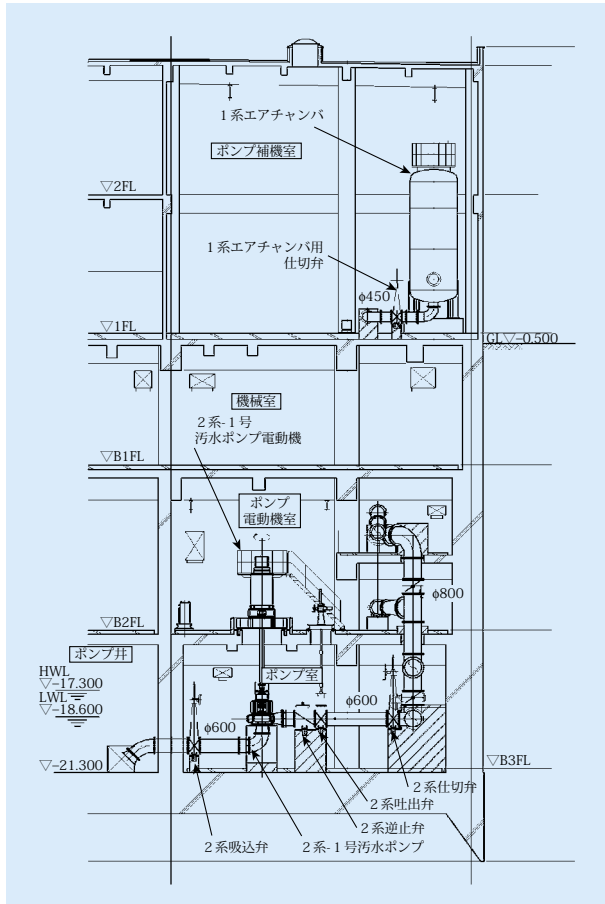


図3 ポンプ場断面図  
Fig. 3 Sectional view of pumping station

### 4. 主ポンプ設備

#### 4-1 汚水ポンプ

汚水ポンプは、単段インペラにて、高揚程を満足したものであり、運転範囲において十分な性能を確保している。また、スラスト荷重を受ける外部軸受は、水冷却に比べ付帯設備の少ない機付ファンでの冷却を採用した(図4)。これにより、維持管理における点検箇所が低減し、信頼性が向上した。据付形式は二床式で、駆動用の電動機を地下二階に設置している。1系汚水ポンプ駆動用の電動機は、インバータによる速度制御(流量制御)



図4 汚水ポンプ  
Fig. 4 Sewage pumps

を行い、流入量の変動に対して効果的な汚水圧送が可能である(表1)。

表1 ポンプ仕様  
Table 1 Pump specifications

	1系汚水ポンプ	2系汚水ポンプ
形式	立軸渦巻斜流ポンプ	
口径 [mm]	400	600
吐出量 [m <sup>3</sup> /min]	22.2	44.4
全揚程 [m]	63	56
動力 [kW]	350	600
駆動電動機	カゴ型	巻線型
電源	6,000V 60Hz	
流量制御	有 [速度制御]	無
台数 [台]	1	1

#### 4-2 エアチャンバ

本ポンプ場のような長距離圧送管は、停電時においてポンプが急停止した場合の水撃(ウォーターハンマ)対策が必要となる。今回、その対策として、エアチャンバを設置している(図5)。その仕様を表2に示す。

エアチャンバの容量決定に当たっては、当社開発の解析ソフトにより計算し、最適なエアチャンバの容量を決定した。計算結果を圧力勾配線図に示す(図6)。本図より、管路全域において問題になるような負圧は発生しないことがわかる。また、現地試運転時において圧力測定を行い、問題のないことを確認した。

表2 エアチャンバ仕様  
Table 2 Air chamber specifications

	1系エアチャンバ	2系エアチャンバ
形式	ステンレス製円筒立形圧力タンク	
呼称容量 [m <sup>3</sup> ]	25	38
空気補給方式	空気圧縮機	
台数 [基]	1	2



図5 エアチャンバ  
Fig. 5 View of air chamber

5. 酸素注入設備

5-1 污水圧送管内における硫化水素

污水圧送管方式は、管路内に空気が存在している自然流下方式に比べ、空気が遮断される状態になるため、下水の嫌気化が進み、硫化水素が発生しやすい環境となる。

発生した硫化水素は、悪臭の原因となるばかりでなく、空気のあるマンホール部などにおいて酸化され、その結果生成される硫酸により施設腐食などの劣化を促進する(図7)。本施設の圧送管には、このような汚水と空気が接触するマンホール部は無く、硫酸が生成しにくい管路となっている。しかし、8kmの圧送距離を有する本設備には、安心・安全のため硫化水素自体の発生を抑制する

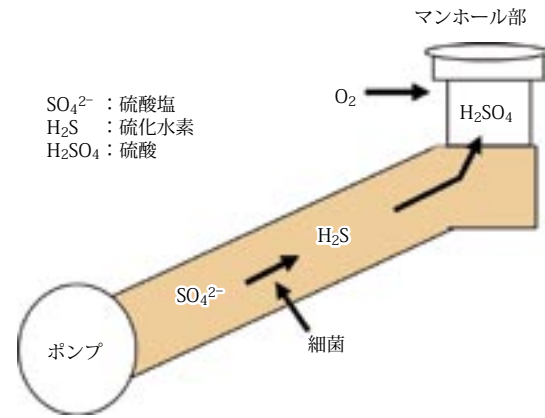


図7 汚水管内の硫酸発生状況  
Fig. 7 Occurrence of sulfate in the sewage pipe

技術が採用されている。以下にその概要を説明する。

5-2 硫化水素の抑制

硫化水素抑制方式としては、一般に図8の分類に示す2方式とそれぞれ2種類の技術がある。本ポンプ場には、圧送管の硫化水素発生を抑制するために、酸素注入技術が採用されている。本技術の特徴は、圧送管内に強制的に酸素を供給することにより、管内を好気状態とし、硫化水素発生の原因となっている細菌の活動を抑制することである。

5-3 酸素注入設備

本ポンプ場に採用した酸素注入設備の構成を図9に示す。本設備は、空気圧縮機、除湿機、酸素発生機、酸素タンク、注入制御ユニットおよび制御盤により構成される。酸素発生装置により生成された高濃度の酸素(90%濃度)は、注入制御ユニットにより、効率よく污水管内に供給され、硫化水素の発生を抑制する。なお、本機場

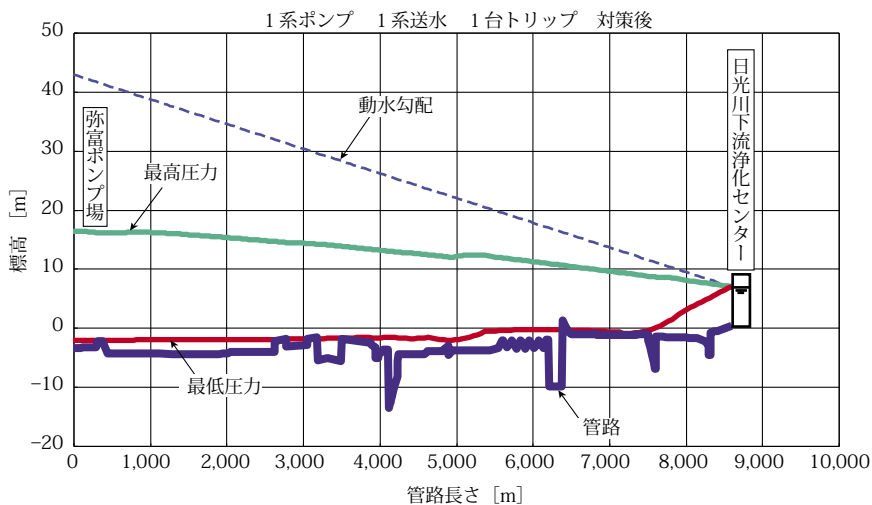


図6 圧力勾配線図  
Fig. 6 Pressure gradient diagram

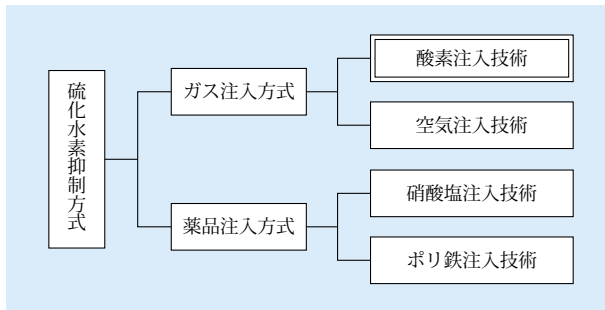


図8 硫化水素抑制方式の分類  
Fig. 8 Classification of hydrogen sulfide control system

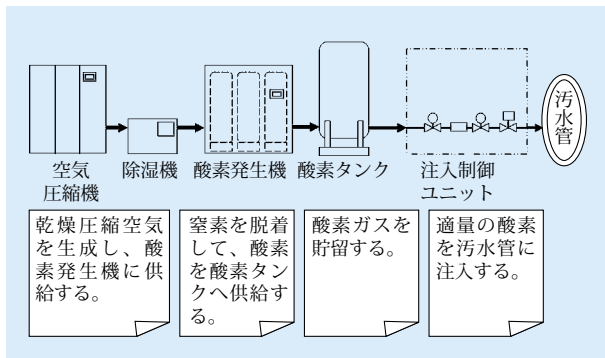


図9 酸素注入設備の構成  
Fig. 9 Oxygen injection equipment configuration

で採用した酸素発生機は、吸着分離方式（PSA）であり、定期的に補給する薬剤などがなく、維持管理が容易である。図10～図12に各機器の概観写真を示す。

## 6. おわりに

ここで紹介した弥富ポンプ場は、末端の日光川下流浄化センターに汚水を圧送する重要な設備である。本ポンプ場の各設備の機能を十分に発揮させるためには、今後の適切な維持管理が必要である。当社においても各設備が長期間にわたり、十分な機能維持を確保できるように万全なサポート体制を整え対応する所存である。

最後に、本工事施工に当たり、ご指導いただきました愛知県海部建設事務所ならびに関係各位に深く御礼申し上げます。

### <参考文献>

- (1) 財下水道新技術推進機構, 汚水圧送管路の硫化水素抑制対策技術マニュアル, 2007年3月

### <筆者紹介>

笹沼真裕：1980年入社。主に、揚排水ポンプ設備の計画に従事。現在、名古屋支店 技術グループ グループマネージャー。



図10 空気圧縮機と除湿機  
Fig.10 View of air compressor



図11 酸素発生機  
Fig.11 View of oxygen generator



図12 酸素タンクと制御盤  
Fig.12 View of oxygen tank and control panel

柚木孝洋：1993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グループ 主事補。  
野知 誠：1995年入社。製造部を経て、官公需の営業に従事。現在、名古屋支店社会システム営業グループ 主任。

# 愛知県日光川放水路向け管理システム

高橋 亨輔

## The Operational Support System for Nikkou-River Flood Control Canal

By Kosuke Takahashi

Nikkou-River flood control canal is located in Nikkou-River middle region. It has the purpose to pour the water of Nikkou-River and Ryounai-River in Kiso-River when the flood occurs.

There are many facilities in Nikkou-River flood control canal. And it is complex and difficult to operate these. So that we might smoothly operate gates and drainage pumps, we have installed newly the operational support system for these in the Nishinakano pumping station.

Moreover, to observe remotely Nikkou-River flood control canal, the WEB server was set up at Nishinakano pumping station.

This reports on the outline of an operational support system for drainage pumps and gates, as follows:

### 1. はじめに

西中野排水機場は、愛知県一宮市および稲沢市にまたがる日光川玉野放水路（3号放水路：全長約1.5km）および日光川祖父江放水路（4号放水路：全長約2.0km）の吐出側の機場として位置し、放水路施設全体の管理施設として機能している。

このたび、日光川玉野放水路および西中野排水機場内のNo.3/4排水ポンプ（1台あたり吐出し量13.75m<sup>3</sup>/s、口径2,100mm）増設の完成で、二級河川日光川上流からの洪水の一部を一級河川木曽川へ排出することが可能になったことに伴い、西中野排水機場にて円滑に排水を行うための放水路管理システムを始めとした遠隔監視制御システムが導入された。

広瀬ら<sup>1)</sup>は、日光川放水路西中野排水機場のポンプ設備について紹介しているが、本稿では、日光川放水路全体を管理するシステムの概要を紹介する。

### 2. 放水路管理システムの導入

洪水時、日光川放水路を運用するにあたり、木曽川の水位および木曽川BOD値による排水規制条件を考慮しながら、以下に示す複数の機器を適切に操作する必要がある。ポンプ設備の運転維持管理技術者には高度な判断が求められる。

ちなみに洪水時、操作しなければならない機器は以下

のとおりである（設置場所については図1参照）。

- |                 |    |
|-----------------|----|
| ① 西中野排水機場：主ポンプ  | 4台 |
| ② 西中野吐出樋管ゲート    | 5門 |
| ③ 祖父江放水路：広口池分流堰 | 2門 |
| ④ 広口池南水門        | 1門 |
| ⑤ 玉野放水路：玉野分流堰   | 1門 |
| ⑥ 玉野放水路：広口池東水門  | 1門 |

※③、④、⑤はライジングセクタゲート

②はスライドゲート、⑥はローラゲート

今回の増設工事では、日光川放水路を管理する運転維持管理技術者に対して、運用上の心理的および物理的負担を軽減する目的で、主ポンプの運転支援システムを拡張する形で、放水路管理システムが導入された。

システム構成図を図2、西中野排水機場内の放水路管理システムの画像を図3に示す。

### 3. 放水路管理システムの特徴

本システムの特徴を以下に示す。

- ① 平水時および洪水時の水文データの監視・管理機能

（日光川放水路設備内の情報のほかに、愛知県水防テレメータシステム（HANS.A<sub>3</sub>）および尾西排水機場のTM/TC局より、自動運転に必要なデータ収集を行う）。



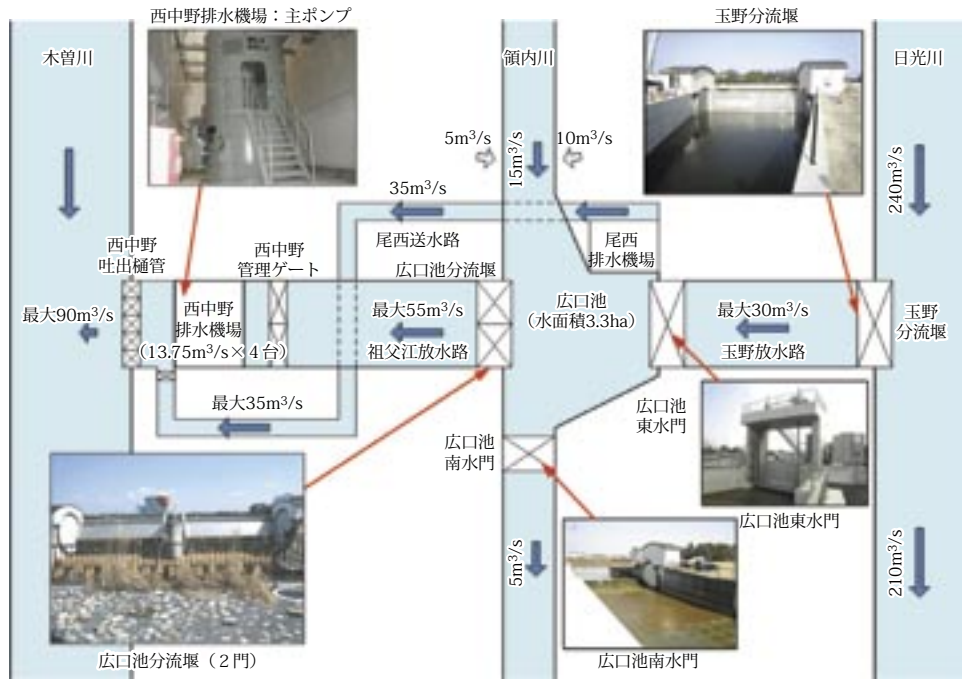


図1 日光川放水路模式図

Fig. 1 The schematic view of Nikkou-river flood control canal

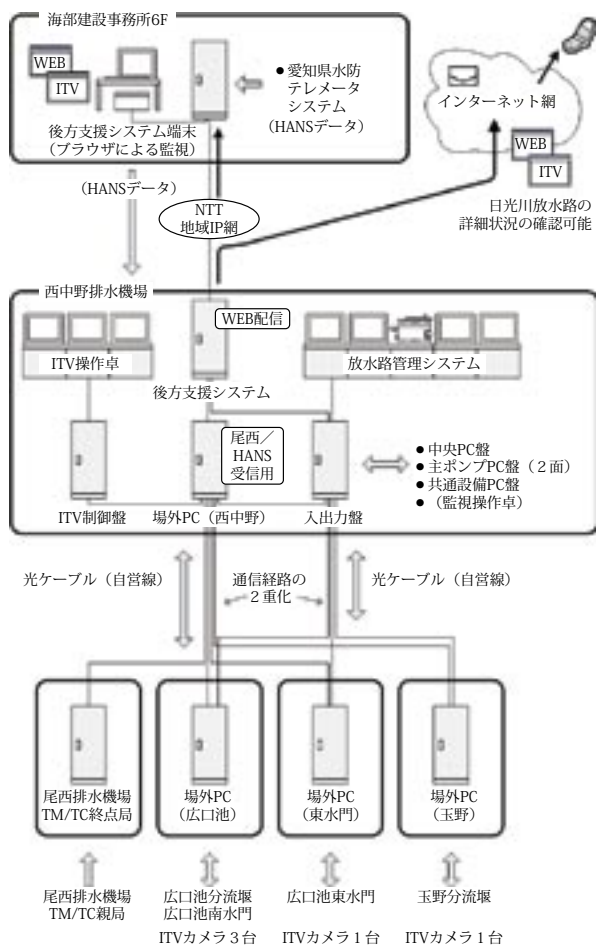


図2 操作制御システムの構成

Fig. 2 The constitution of the operational control system



図3 放水路管理システム

Fig. 3 System that supports monitor and operation of Nikkou-river flood control canal

- ② 放水路運用前準備、運用中巡回点検、運用後処置のような、設備の状態を正常に保持するための順守事項をチェックするための機能。
- ③ 遠隔手動操作機能（主ポンプ、各ゲートの操作）。
- ④ 放水路操作の省力化を推進するための各ゲートおよび主ポンプの自動運転機能（図4）。特に祖父江放水路の分流堰の制御については、主ポンプ制御との動作協調を考慮してファジー制御を採用している。
- ⑤ 円滑に中央操作を行うための、音声またはモニタ画面表示による運転操作ガイダンス機能。
- ⑥ 水位動向の予測を行うことで、運転維持管理技術者が次に行う作業の確認を容易にするための、放水路内流体過渡解析機能（図5）。



図4 ファジー制御による自動運転時の広口池分流堰  
Fig. 4 Rising sector gates controlled by fuzzy logic control

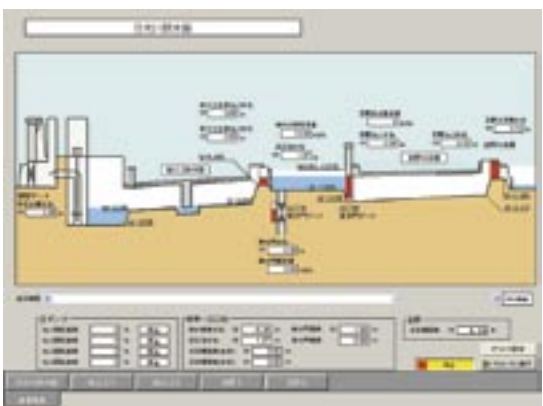


図5 過渡解析機能画面  
Fig. 5 The fluid transition analysis function screen

- ⑦ 発生した故障の内容、オンライン+オフライン手入力により絞り込んだ推定原因および応急対策をリスト表示することで、迅速に故障復旧、設備の再始動を可能にするための機能（故障対応支援機能）。
- ⑧ 帳票管理機能（運転日報/月報/操作記録/故障記録/水防テレメータ通信記録など）。

また、安全管理機能の部分では、以下のような設備の整備が含まれている。

ITV設備：ITVカメラ11台による施設監視（録画機能有り）。

放送設備：周辺への注意喚起を行うための音声放送。  
（遠隔操作による自動放送、マイク放送）

赤色回転灯：各ゲートに設置。放水路運用時に点灯。

#### 4. 後方支援システムの導入

今回の増設工事では、西中野排水機場—愛知県 海部建設事務所にVPN（Virtual Private Network）環境を構築することで、西中野排水機場内の後方支援システム

（WEBサーバ）から配信しているWEB情報（放水路周辺の主要な水文情報やITVカメラ画像）を海部建設事務所から閲覧できるようにした。

また、このWEB情報はインターネットを介して関係者への配信を行っている。

コンピュータ上のブラウザでアクセスした場合はコンピュータ用の画面で、携帯電話ブラウザ（NTT docomo、au、SOFTBANK MOBILE各社対応）でアクセスした場合は携帯電話用の画面で表示するような仕組みを採用している。

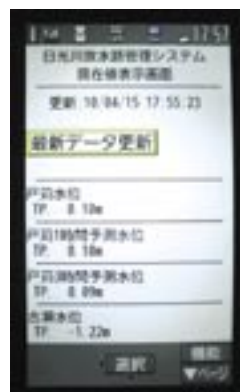


図6 携帯電話ブラウザによる監視  
Fig. 6 Monitor by the mobile phone browser

また、警戒水位に到達した場合と放水路で異常が発生した場合にメール通知する機能も持ち併せている。メール通報とWEB表示を併用することで、現場から離れていても放水路の状況をリアルタイムに把握することが可能になった（図6）。

#### 5. おわりに

以上、完成までに21年かかった日光川放水路関連工事の集大成として、当社として前回工事を含めて足掛5年の期間、本工事に関与できたことに対して誇りに思う。

最後に、本設備の施工にあたり、愛知県 海部建設事務所 日光川工事出張所殿、関連工事業者殿を始めとする関係者の方々より、さまざまな御指導、御協力を賜りましたこと、厚く御礼申し上げます。

#### <参考文献>

- (1) 広瀬・長谷川・高橋・野知：愛知県 日光川放水路西中野排水機場 排水ポンプ設備、電業社機械、32-1（2008）、12-16.

#### <筆者紹介>

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

# 地熱発電所向け温水ポンプ・熱水還元ポンプ

市川邦彦 石谷 渉

## Hotwell Pumps and Geothermal Brine Re-Injection Pumps for Geothermal Power Plant

By Kunihiko Ichikawa and Wataru Ishitani

New Zealand depends on renewable energy sources, such as hydroelectric, wind power and geothermal, for 70 percent of its total 8000MW electric power needs. The remaining 30 percent has been dependent on natural gas and petroleum. However, as global warming countermeasure, construction of new fossil fuel power plants has been prohibited while ten years from 2007, and further efforts are being made to supply electric power from sources that consider the global environment. One of those methods is geothermal power generation which uses the abundant geothermal resources of the country. The goal is to have geothermal energy account for more than 30 percent of all electric power. At the Nga Awa Purua geothermal power plant, the world's largest 132MW with single dynamo is currently under construction. The following is an introduction to a hotwell pump and geothermal brine re-injection pump used as one of the important auxiliary units at this geothermal power plant.

### 1. はじめに

ニュージーランドでは、総発電量8,000MWの約70%を再生可能エネルギーである水力・風力・地熱によりまかなっており、多くを資源豊富な水力発電を利用している。残りの必要発電量を天然ガスや石油などによる火力発電により補ってきたが、地球温暖化対策として2007年より今後10年間の新規火力発電所が建設禁止となり、また、大規模な水力発電所の建設が難しい中、更なる地球環境に配慮した電力供給を目指して、豊富な地熱資源を利用した汽力発電設備である地熱発電所建設に注力しており、2010年までに総発電量における割合を30%以上とすることを目標としている。今回、富士電機システムズ株式会社殿は、単独発電機では世界最大となる132MW発電機を有する、Nga Awa Purua（ヌアワプルア）地熱発電所の建設を行っている。

以下に当社がこの地熱発電所に納入した重要補機である、温水ポンプおよび熱水還元ポンプについて紹介する。

### 2. 温水ポンプ (Hotwell pump)

温水ポンプは、復水器から出る温水（常時38℃、最大65℃）を冷却塔に送水するために用いられるポンプ

である。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、硫化水素やシリカなどを多く含む地熱蒸気の復水（Geothermal steam condensate）であり、温水ポンプの設計にあっては材質選定に十分留意する必要がある。

以下に、Nga Awa Purua地熱発電所用温水ポンプの特徴を述べる。

#### (1) ポンプ仕様

ポンプ仕様を表1に示す。

表1 温水ポンプ仕様  
Table 1 Hotwell pump specifications

形 式	バレル形立軸斜流ポンプ
吸込/吐出し口径	90×48inch
全 揚 程	24.6m
吐 出 量	15,200t/h
出 力	1,370kW
液 質	地熱復水
台 数	2

#### (2) ポンプ構造

ポンプの構造を図1に示す。

本ポンプは電動機直結駆動の一床式バレル形立軸斜流

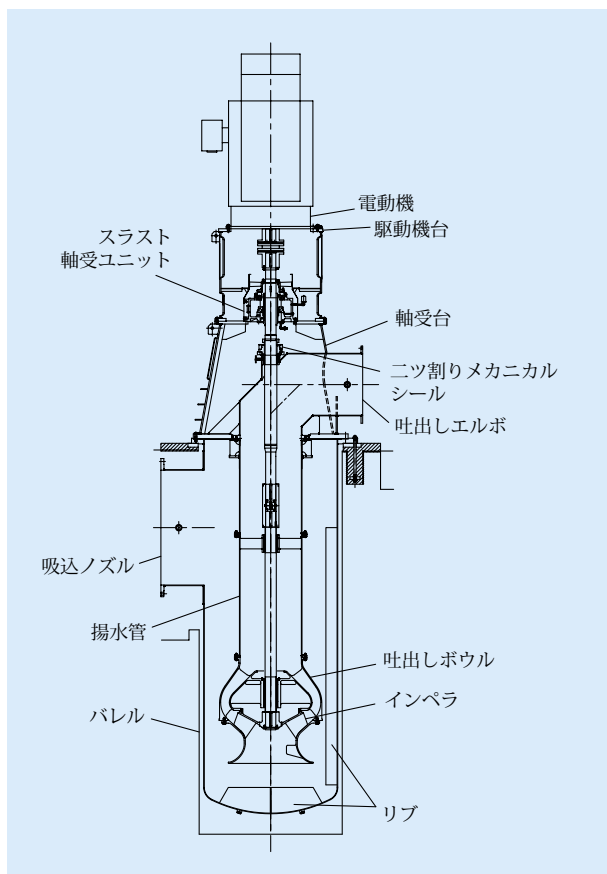


図1 温水ポンプ断面図  
Fig. 1 Sectional drawing of hotwell pump

ポンプで吸込／吐出し口径は90×48inchで、地熱発電用温水ポンプとしては大口径であり、当社としても最大級の温水ポンプである。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、軸封部はニツ割り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交換ができるようにしている。ポンプ水中軸受は、合成ゴム軸受を採用しているが、常時没水状態であることから軸受注水配管および計装機器を無くし、設備の簡素化を図っている。吐出しエルボと軸受台は一体構造となっており、配管からの熱影響を含むノズル荷重に対応していると共に、配管からの振動を駆動機台や電動機に伝わりにくくするように配慮している。

バレルは流れによる損失を考慮しつつ、バレル径を極力小さくしている。バレル形状および板厚は、流れ解析(図2)および有限要素法解析(図3)を実施し決定した。

図2の流れ解析結果では、バレル内の流速を評価の対象としたため、ポンプ内の流速は赤で示した。また、バレル底部および側面にリブを設けることにより流れの旋回防止および整流化を図るとともに、バレルの質量低減

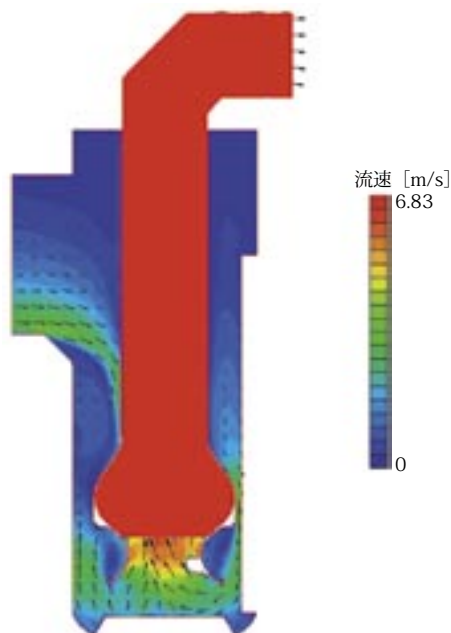


図2 バレルケース流れ解析  
Fig. 2 CFD analysis of barrel case

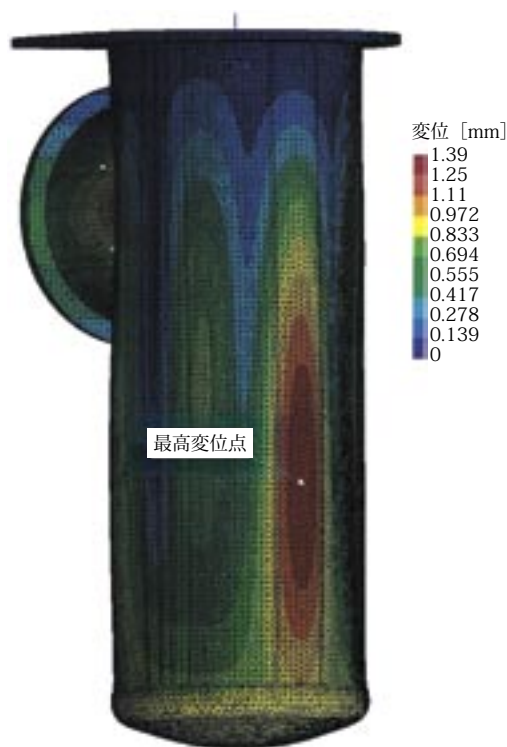


図3 バレルケース有限要素解析  
Fig. 3 FEM analysis of barrel case

を考慮している。

### (3) ポンプ材質

取扱流体は、腐食性の高い硫化水素などを含む地熱蒸気復水であることから、耐食性を考慮した材質を選定している。接液部となる吐出しエルボ、揚水管、バレル



ル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鑄鋼品 (SCS14A) を採用した。非接液部となる駆動機台、軸受台などについては、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、同様の地熱プラント向け温水ポンプにおいて実績があり、その後の定期点検において炭素鋼部分の腐食などの問題は確認されていない。

(4) 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、従来吸込条件が有利となる立軸両吸込渦巻ポンプが一般的に主流となった。同一仕様で斜流ポンプを選定した場合、床下長さが長くなる傾向にあり、建設費の増加が懸念されていた。当社ではこれを改善するために斜流ポンプの高効率化、吸込性能の改善を目的としたモデルの開発を行い、斜流ポンプにおいても立軸両吸込渦巻ポンプと同等な床下長さとなるポンプを開発した。今回このモデルを適用できる仕様であったことから、斜流ポンプが選定可能となった。これにより、立軸両吸込渦巻ポンプに比べ、構造・サイズ共にコンパクトな設計が可能となり、バレル径も小さくすることができたことにより、ポンプ質量の大幅な低減が可能となった。

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、メンテナンスコストに対しても大きな効果があった。

3. 熱水還元ポンプ  
(Geothermal brine re-injection pump)

熱水還元ポンプは汽水分離器にて蒸気から分離された熱水を再び地下に還すために用いられるポンプである。本ポンプは前述した温水ポンプ同様に硫化水素やシリカを多く含み、さらに最高で145℃の熱水を扱うポンプであるため、選定材質は耐食性などに加えて、高温時の材料特性を考慮する必要がある。

以下に、熱水還元ポンプの特徴を述べる。

(1) ポンプ仕様

ポンプ仕様を表2に示す。

(2) ポンプ構造・材質

ポンプ構造を図4に示す。

取扱い流体は、腐食性の高い硫化水素などを含む地熱水であることから、耐食性を考慮した材質となっている。また、流体の温度が130~145℃と高温のため、熱による影響を考慮した構造および材質選定としている。接液

表2 熱水還元ポンプ仕様

Table 2 Geothermal brine re-injection pump specifications

形式	横軸両吸込渦巻ポンプ
吸込/吐出し口径	12×8inch
全揚程	94m
吐出し量	570t/h
出力	260kW
液質	地熱水
台数	6

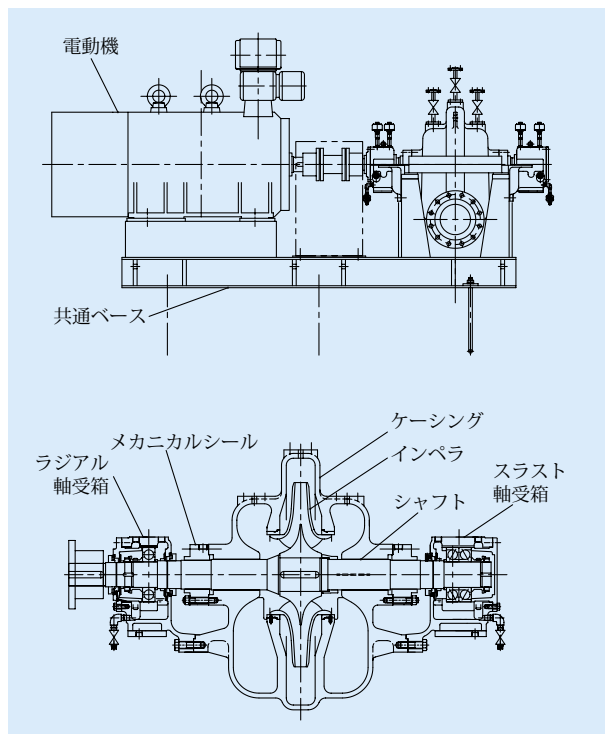


図4 熱水還元ポンプ外形図および断面図

Fig. 4 Outline drawing and sectional drawing of geothermal brine re-injection pump

部となるインペラ、ケーシング、シャフトにはステンレス鑄鋼 (SCS16A) やステンレス鋼 (SUS316L) を使用することにより、十分な耐食性を持っている。非接液部の軸受胴にはねずみ鑄鉄 (FC250)、共通ベース部には炭素鋼 (SS400) など経済性を考慮している。線膨張率の違う金属を使用しているが、接液部の熱が伝わらない様にするなど、熱変形による寸法の狂いが小さくなるような構造としている。

4. おわりに

再生可能エネルギーである地熱エネルギーを活用した地熱発電は、CO<sub>2</sub>排出量が少なく地球温暖化対策として有効であり、また、技術の進歩による発電効率の向上により、原油などの化石燃料の高騰による影響を受けた火



力発電との経済性格差の縮小などもあり、今後さらに地熱発電所の建設は増えるものと思われる。当社にて納入した温水ポンプおよび熱水還元ポンプは地熱発電設備に置いて重要な機器であり、さらに連続運転を必要とする機器でもあり、電力の安定供給という面から設備の高い信頼性を確保しなくてはならない。

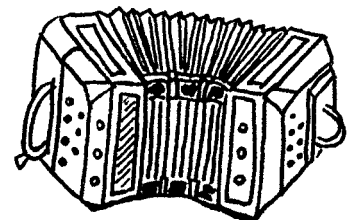
今後においても、顧客のご要望に応え、その設備の重要性を十分に認識して、常に信頼性の高い製品を提供し続け、顧客にさらなるご満足をして頂けるよう努力していく所存である。

最後に本ポンプの計画、製作にあたり、終始適切な助言と御指導を頂いた富士電機システムズ株式会社殿の関係各位に厚く御礼申し上げます。

<筆者紹介>

市川邦彦：1992年入社。主に、ファン・ブロウの設計業務に従事後、ポンプの機器設計業務に従事。現在、気体機械設計部ブロウグループ グループリーダー。

石谷 渉：2005年入社。主に、ポンプの機器設計業務に従事。現在、産業システム技術部水力グループ。



# 石油精製設備用ブロワ

市川邦彦

## The Special Feature of DMW Blowers for Oil Refining

By Kunihiko Ichikawa

In recent years, according to expansion of petroleum products demand in the worlds, up-grade of the plan of the new equipment for oil refining and the existing equipment is briskly performed mainly by countries in the Middle East. Enlargement of plant equipment is advanced according to it, and large size blowers increase. Moreover, equipment without a reserve number machine is also increasing in number. While the high reliability to the technical capabilities corresponding to large size of blower and apparatus is searched, blower for oil refining of our company has many delivery track records in countries in the Middle East. An outline is introduced about the special feature of blower of our company below.

### 1. はじめに

近年、世界の石油製品需要の拡大に合わせて、中東諸国を中心とした新規の石油精製用設備の計画および既存の設備のグレードアップ化が盛んに行われている。それに合わせてプラント設備の大型化が進められ、使用ブロワの大容量化が加速している。また、プラント設備として予備号機を持たない設備も増えている。

製造メーカーに対して、ブロワの大容量化に対応する技術力、機器への高い信頼性が問われている中で当社の石油精製用air blowerはこれまでに中東諸国に多くの納入実績を有している。

以下に、当社製ブロワの特色について概要を紹介する。

### 2. 構造的な特色

単段ブロワについては、API673-2<sup>nd</sup>Edition、多段ブロワについてはAPI617-6<sup>th</sup>Editionの適用が可能である。また、当社では仕様条件に合わせたブロワを都度設計することにより、高効率なブロワの供給を可能としている。個別顧客のご要求にあった構造、材質および付属機器の選定が可能であり、顧客に満足して頂けるブロワの製作が可能である。図1に当社のブロワモデルを示す。

多段ブロワの構造上の最大の特徴はケーシングに水平割面を設けることにより、上部ケーシングを取り外すことにて、ブロワ内部の点検を容易に行え、必要に応じ容

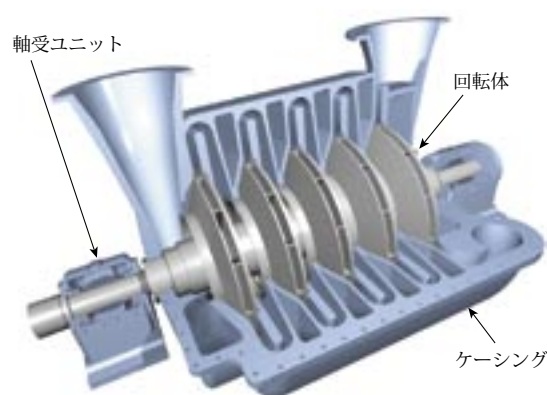


図1 ブロワモデル

Fig. 1 Construct model of blower

易にメンテナンスが実施できることである。再組立時には、ケーシングに設けられたガイドボルトを使用することによって、ケーシングなどの静止部と回転体間に存在する微小な隙間の管理を確実にし、回転体とケーシング部の接触の危険を防止している。

また、顧客が吸込、吐出し口を下ケーシング側とする配管レイアウトで計画されると、吸込、吐出しの主配管を分解することなしに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り、回転体部品の交換などを短日程で行うことが可能である。ケーシングは流体圧力、流体温度および顧客ご要望などにより鋼板製ケーシング

(CS材、SS材)、鋳物製ケーシングおよびステンレス鋳鋼製ケーシングなどの各材質での製造が可能である。

軸受ユニットは水平二ツ割りの軸受箱とし、上軸受箱を取り外すことで内部点検および軸受部品の交換を可能な構造としている。

図2に鋼板製ケーシングタイプのプロウの組立断面図を示す。各構成部品の特色を以下に述べる。

### 2-1 インペラ

圧延鋼板、高張力鋼、ステンレス鋼板およびアルミ鋳物製などの材質から仕様流体、仕様圧力、温度などの各条件により、最適な材質を選定している。ブレードは用途および形状により、溶接またはリベットによる取付方法を採用している。溶接はASME SEC.IXによる管理が可能である。

### 2-2 シャフト

剛性軸として設計することを原則としており、十分な離調率を確保した形状を計画することで、ブロウの振動を低く抑えている。

### 2-3 ケーシング

圧延鋼板、ステンレス鋼板およびねずみ鋳鉄からの採用を標準としているが、球状黒鉛鋳鉄、ステンレス鋳鋼、低温高圧用鋳鋼およびその他の特殊材の採用も可能である(図3、図4参照)。

### 2-4 軸受箱

仕様により、ころがり軸受、すべり軸受から選定し、ティルティングパット軸受の採用も可能である。



図3 プロウ外観(鋼板製ケーシング)  
Fig. 3 General view of blower (Steel casing)



図4 プロウ外観(鋳鉄製ケーシング)  
Fig. 4 General view of blower (Casting casing)

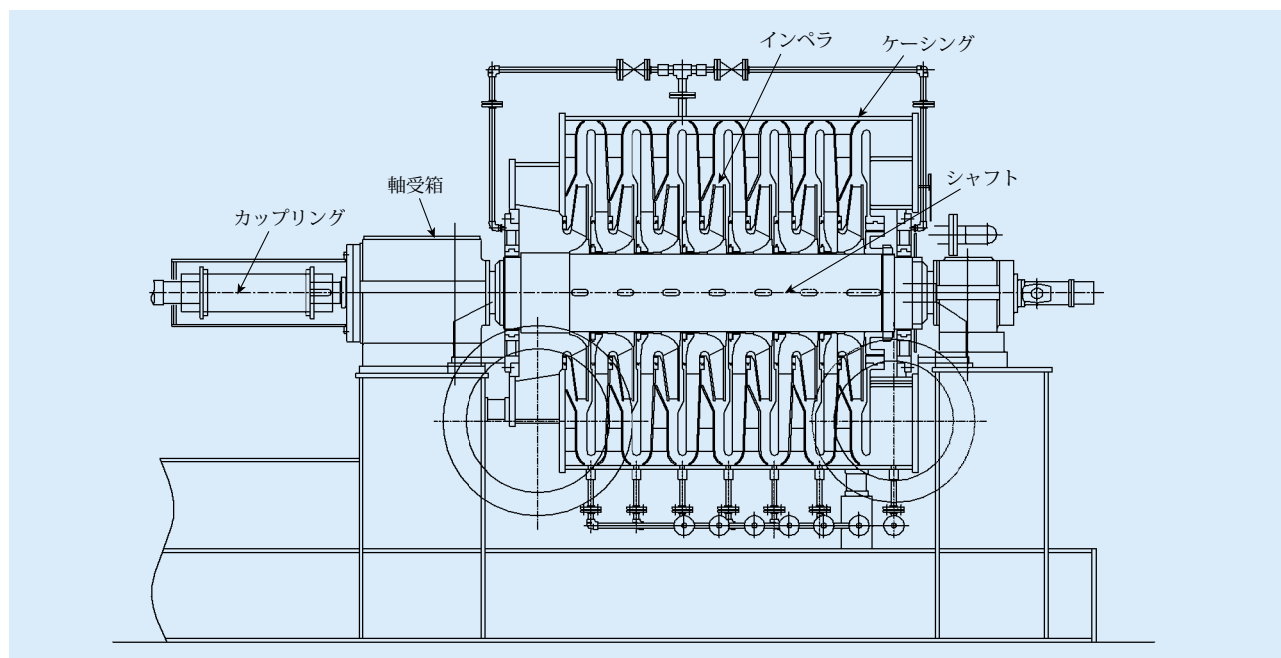


図2 プロウ断面図  
Fig. 2 Sectional view of blower

## 2-5 カップリング

フレキシブルカップリングの採用を標準としている。API610、API671対応のカップリングの取付も可能である。

## 3. 流れ解析などによる最適形状のブロワの製作

### 3-1 インペラ

高効率化および軽量化を目的としてCFD（流れ解析）により、ブレード内の流れ状態を確認し、剥離の発生しにくいスムーズな流れとなるようにインペラの設計を行い、高効率化を図っている。図5に流れ解析の一例を示す。また、強度解析を行い、発生応力を確認して最適なインペラ形状を決定している。

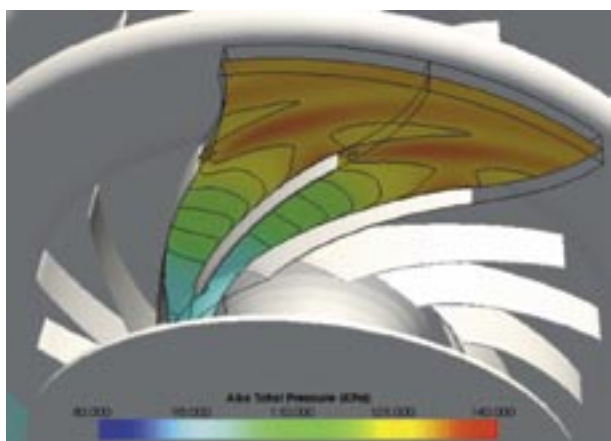


図5 流れ解析

Fig. 5 CFD analysis result of blower impeller

### 3-2 ケーシング

仕様圧力、温度および仕様流体を考慮して、ケーシングの材質を決定するとともに必要に応じて、強度解析により、発生応力を確認して、ケーシング構造を設計している。

また、CFD（流れ解析）を行い、ケーシング内の戻り流路流れ、インペラへの吸込流れなどをスムーズにして、損失を減少させて、ケーシングを最適形状とすることにより、高効率化を図っている。

## 4. 高い信頼性

当社製ブロワは顧客より、長期の運用が可能であるとの評価を受けており、高い信頼性をもっている。

インペラ、ケーシングについては上述のようにCFD（流れ解析）、強度解析を実施することにより、最適な形状

および板厚（肉厚）を決定している。

ブロワの各部を構成する部品は経験豊かな技術者により長年にわたり培われたノウハウにもとづき、高精度機械により加工され、十分な経験をもつ熟練工により、調整および組立を実施している（図6）。



図6 ブロワ現地据付状況（鋼板製）

Fig. 6 Installation of Blower (Steel Casing)

耐圧部品においては、耐圧および漏洩試験を実施することにより、強度的な保証を可能としている。

ブロワは当社工場での試運転を行うことを原則としている。当社は50Hzおよび60Hzいずれでも運転可能な周波数変換設備（サイクルチェンジャー設備）、高圧、低圧電圧のいずれでも運転可能な発電設備を所有しており、可能な範囲で顧客のご要望仕様に適した性能確認を実施している。

## 6. おわりに

顧客要望の「ブロワのさらなる高効率化」、また、「建設コストの縮減」のために最新の解析技術を駆使し、ブロワ小形化の開発設計を継続して実施している。当社のセールスポイントである高い信頼性を確保しつつ、時代のニーズを的確に反映して、フレキシブルに対応することにより、さらに顧客にご満足頂ける製品を今後も提供できるようにこれからも努力していく所存である。

### <筆者紹介>

市川邦彦：1992年入社。主に、ファン・ブロワの設計業務に従事後、ポンプ設計に従事。現在、気体機械設計部ブロワグループ グループリーダー。

# 株式会社扇島パワー向け循環水ポンプ

勝又英樹

## Circulating Water Pumps for Ohgishima Power Station

By Hideki Katsumata

We have been producing many circulating water pumps to the electric power company since about 1953. These circulating water pumps are one of the important pumps of the thermal power turbine system. The circulating water pump of the movable vane type that it is possible to follow to the change of the power generation load is along with the increase of the output of power generation and there is an adoption.

This time, Ohgishima Power Company constructs and manages the power generating machine that makes the natural gas a fuel by the output 400MW. We manufactured and delivered the movable vane type circulation water pumps set up in the power generating machine. It introduces the outline as follows.

### 1. はじめに

当社は、昭和20年代後半より、電力会社に多くの循環水ポンプを納入してきた。これらの循環水ポンプは火力タービン系の重要補機の1つである。発電出力の増大化に伴い必要動力が大きくなることから、所内動力の節減を目的に、負荷変動に追従できる可動翼タイプの循環水ポンプが採用されることが多々あり、可動翼ポンプは当社の主力製品の1つでもある。

今回、株式会社扇島パワー殿が東亜石油株式会社扇島西地区貯油所跡地に建設および運営される、40万kWクラス3ユニットの天然ガスを燃料とする発電設備に設置される可動翼循環水ポンプを当社が受注し、製造・納入したので、以下に概要を紹介する。

### 2. ポンプの構造と特徴

本循環水ポンプの仕様を表1に、構造を図1に示す。

表1 ポンプ仕様  
Table 1 Pump specifications

形 式	二床式立軸油圧式可動翼斜流ポンプ
全 揚 程	120kPa
吐 出 量	30,500m <sup>3</sup> /h
回 転 速 度	375min <sup>-1</sup>
軸 動 力	1,430kW
液 質	海水
口 径	1,800mm
台 数	3台

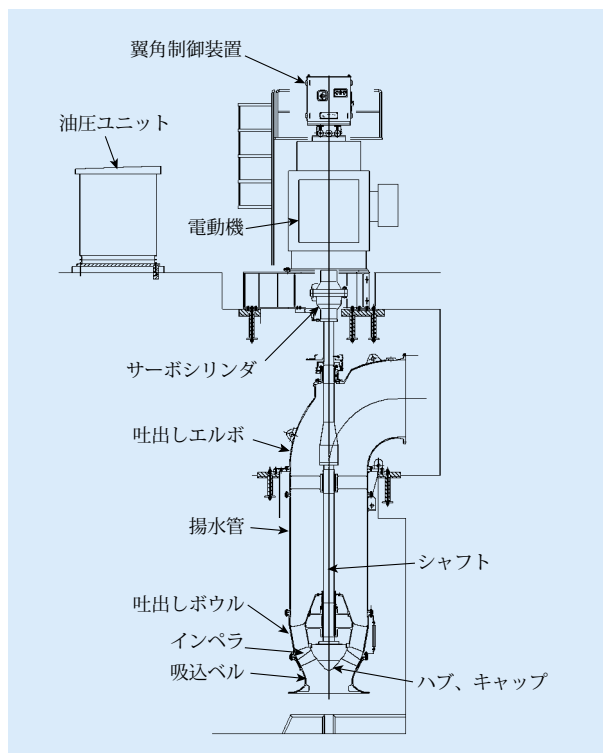


図1 ポンプ断面図

Fig. 1 Sectional drawing of circulating water pump

構造は、分解点検修理が容易な構造とし、材質などについては、用途、液質を考慮して選定し、細部にわたって長寿命設計を行い、広範囲にわたる仕様点において優



れた性能を長期間に亘り、発揮するものとした。本循環水ポンプの主な特徴は次のとおりである。

- (1) 電動機頂部に配圧弁、コントロールモータなどの翼角制御装置を配置し、油圧発生装置（油圧ユニット）をポンプ近傍に別置きし、油圧ユニットから発生した圧油を利用し可動翼操作を行う。
- (2) 循環水ポンプ3台に対し、油圧ユニットは1台として合理化並びに省スペース化を図っている。
- (3) ポンプの主要部品の材質は、当社循環水ポンプの標準的な組み合わせとしている。

• 回転体

インペラ、ハブ、キャップ：SCS14

シャフト：SUS316

軸継手（サーボシリンダ）：SF490A

• 外筒部

吐出しボウル、吸込ベル、吐出しエルボ：2%NiFC

揚水管：SS400

### 3. 現地建設状況

本ポンプの現地据付け状況をそれぞれ図2～図4に示す。



図2 電動機廻り  
Fig. 2 Around the Motor

### 4. おわりに

今回の循環水ポンプはその実績と技術力を評価していただき、受注に繋がったものである。今後とも、構造のシンプル化、メンテナンスの容易性、および高効率化な



図3 油圧ユニット部  
Fig. 3 Oil units



図4 可動翼装置部  
Fig. 4 Movable vane equipments

ど、ユーザーの様々なニーズに応えと共、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株式会社日立殿の関係各位に厚く御礼申し上げます。

#### <筆者紹介>

勝又英樹：1993年入社。主に、発電所向け立軸斜流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-1グループ 主任。

# 仙台火力発電所 4 号機向け循環水ポンプ

岩 淵 稔

## Circulating Water Pumps for Sendai Thermal Power Station Unit No.4

By Minoru Iwabuchi

With the replacement of Sendai thermal power station for Tohoku electric, new power station has been planned to construct as combined cycle power to develop high generation efficiency and consider the environment.

To reduce the power consumption, variable pitch type circulating water pump was adopted, manufacture and supply via Mitsubishi Heavy industry. This paper introduces the outline of the circulating water pumps.

### 1. はじめに

東北電力株式会社仙台火力発電所は、日本三景の1つである松島を望む場所に立地しており、昭和34年に営業運転を開始し、50年近くにわたり52.5万kW（1、2、3号機の総発電出力）石炭火力発電所として電力の安定供給を担ってきた。近年の二酸化炭素削減や発電の高効率化を受けて1、2、3号機を廃止し、リプレイスとして4号機が計画された。燃料を従来の重油および石炭から天然ガスとし、高効率コンバインドサイクル発電設備（発電出力：44.6万kW）とすることにより、二酸化炭素の排出量を従来火力発電所の約50%とする環境に配慮した発電設備とし、さら名勝地に立地していることから、主要構造物は自然環境と調和するように配慮されたデザインが採用されている。その発電プラントで使用される循環水ポンプはタービン系の重要補機の1つであり、発電出力の増大化に伴い必要動力も大きくなり、所内動力の削減とコンバインドサイクル発電による負荷変動に追随できる可動翼タイプのポンプが採用され、三菱重工業株式会社殿経由にて循環水ポンプを製作、納入したので以下に紹介する。

### 2. 仕様と構造

循環水ポンプの仕様を表1に、断面図を図1に示す。また、主な特徴を以下に述べる。

ポンプ型式は、二床式可動翼立軸斜流ポンプであり、電動機頂部に翼制御装置を設け、翼制御油圧ユニットか

表1 循環水ポンプ仕様

Table 1 Specifications of CWP

型 式	二床式可動翼立軸斜流ポンプ
口 径	1,500mm
全 揚 程	15m
吐 出 し 量	16,000m <sup>3</sup> /h
出 力	870kW
液 質	海水
台 数	2台

ら供給される制御油により、インペラの可動操作が行われる。

本可動翼構造は、約30プラントに納入実績があり、信頼性が高く、十分な実績を有するものである。

ポンプ水中軸受は、初期無注水起動が可能なPTFE・ゴム軸受を採用し、軸受注水配管および計装機器を無くし、設備の簡素化を行っている。

### 3. 主要材質

主要部品の材質は回転体のうち、インペラにはステンレス鋳鋼品：SCS14、主軸にはステンレス鍛造品：SUS316を使用し、外筒は鋳鉄品：2%NiFCとした。これらの材質の組合せは海水ポンプにおける耐食性を考慮した材質であり、経年使用において十分な実績を有するものである。

更に、吐出しボウル流水面には侵食および耐食性を考慮し、ガラスフレークライニングを採用している。

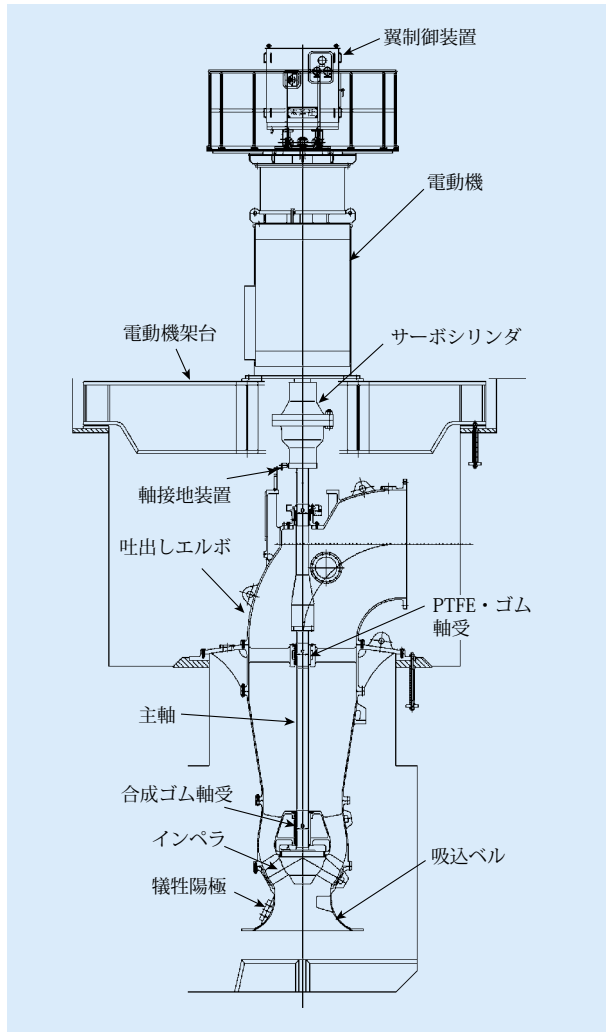


図1 循環水ポンプ断面図  
Fig. 1 Sectional drawing of CWP

吸込ベル外側にはアルミニウム合金犠牲陽極を用いた流電陽極式の電気防食装置を設置している。さらに、軸接地装置によりアースを行い、防食効果を向上させている。

#### 4. おわりに

今回、仙台火力発電所のリプレースにあたり、循環水ポンプを納入させて頂いた。納入した循環水ポンプは発電設備において重要な機器であり、さらに連続運転機器でもあり、その用途における電力の安定供給という面からも、設備の信頼性を確保しなくてはならない。

今後共、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。

最後に循環水ポンプの計画、製作にあたり、終始適切な助言と御指導を頂いた東北電力株式会社殿ならびに三菱重工業株式会社殿の関係各位に厚く御礼申し上げます。

#### <筆者紹介>

岩淵 稔：1981年入社。主に、発電所向立軸斜流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1Gr主任。

## ここで活躍しています — 2009年 製品紹介 —

### 1. ポンプ

#### 1-1 東京都下水道局 有明北雨水ポンプ所

##### (1) 概要

有明北雨水ポンプ所は江東区の臨海部で進むまちづくり（有明北地区土地区画整理事業）に伴い江東区有明北一丁目の埋立地の中に建設した新設のポンプ所である。

雨水ポンプの設置台数は全5台（1台予備）で、計画流入量 $13.369\text{m}^3/\text{s}$ に対し $17.083\text{m}^3/\text{s}$ の排水能力を有し、2009年12月に工事を竣工した（図1）。

##### (2) 特徴

東京都下水道局管内では1999年度以来、約10年ぶりのポンプ所新設工事である。ポンプは、無注水タイプの全速先行待機形電動機直結立軸斜流ポンプであり、従来の水中軸受に対して優れた耐摩耗性を有するWCセラミックス軸受が採用されている。

##### (3) 仕様

口径1,200mm先行待機形立軸斜流ポンプ×5台（電動機駆動）

$205\text{m}^3/\text{min} \times 8\text{m} \times 380\text{kW} \times 375\text{min}^{-1}$



図1 ポンプ設置状況

#### 1-2 大阪府北部流域下水道事務所 前島ポンプ場

##### (1) 概要

前島ポンプ場は昭和48年に供用開始されたが、降雨時の流出量が年々増加し、既存施設のみでの対応が困難な

状況となっていた。その対策として島本および前島排水区と山地流入分を受け持つ機場を増設し、2010年3月に完成した（図2）。

##### (2) 特徴

雨水排水を目的とする低段雨水ポンプ場である。ディーゼル機関用冷却水に井戸水を使用するため、鉄分などの除去を目的とする除鉄・除マンガン装置が設置されている。

##### (3) 仕様

口径1,200mm立軸斜流ポンプ×2台（ディーゼル機関駆動）

$202\text{m}^3/\text{min} \times 21.7\text{m} \times 1,029\text{kW} \times 450\text{min}^{-1}$

口径2,000mm立軸斜流ポンプ×2台（ディーゼル機関駆動）

$541\text{m}^3/\text{min} \times 21.8\text{m} \times 2,757\text{kW} \times 245\text{min}^{-1}$



図2 ポンプ設置状況

#### 1-3 中部地方整備局沼津河川国道事務所 小坂排水機場

##### (1) 概要

狩野川水系戸沢川流域の内水排除を目的として、戸沢川と狩野川の合流点付近に2009年9月に小坂救急排水機場のポンプ増強機場として建設された。

##### (2) 特徴

半地下ポンプ室でラジエーター水冷方式のディーゼル



機関駆動のため、排風ダクトにより屋外に強制排気を行う必要がある。背圧の小さい大型排風消音器が設置されており、機付きの排風ファンだけで、長い排風ダクトを排風する。

ポンプは油圧クラッチ付の歯車減速機搭載型立軸斜流ポンプ(Ⅱ型)でセラミックス軸受が採用されている(図3)。

(3) 仕様

口径900mm歯車減速機搭載型立軸斜流ポンプ(Ⅱ型) × 2台(ディーゼル機関駆動)  
150m<sup>3</sup>/min × 3.5m × 170kW × 370min<sup>-1</sup>



図3 ポンプ設置状況

ゼル機関で駆動される先行待機形ポンプである。ポンプ口径1,350mmに対して、床下長さは15.8mと長い。ポンプの水中軸受は合成ゴム軸受で、ポンプ軸封部とインペラ上部にそれぞれ設置されたメカニカルシールで封水され、水中軸受の潤滑水は回収される。

(3) 仕様

口径1,350mm先行待機形立軸斜流ポンプ × 1台  
(ディーゼル機関駆動)  
250m<sup>3</sup>/min × 17.0m × 1,010kW × 370min<sup>-1</sup>



図4 ポンプ場全景

1-4 日本下水道事業団 北九州市楠橋ポンプ場

(1) 概要

本機場は、北九州市の36カ所のポンプ場の中で西端に位置し、八幡南部地区の浸水解消を図るため、昭和58年に供用を開始している。雨水は隣接する遠賀川に放流され、汚水は則松ポンプ場を中継して皇后崎浄化センターに送られる分流式ポンプ場である。本機場の雨水ポンプ設備は、口径1,650mm × 4台、口径1,350mm × 2台、口径800mm × 2台の計8台のポンプで構成され、全体計画排水量は36.2m<sup>3</sup>/sの大型機場である。今回、既設設備の老朽化・雨水量の増加に伴い、4号機の更新を行った(図4、図5)。

(2) 特徴

ポンプは2床式の立軸斜流ポンプで、油圧多板クラッチ付き直交軸傘歯車減速機を介して、V形12気筒ディー



図5 ポンプ場建屋内





**1-5 愛知県知立建設事務所 水干川排水機場**

(1) 概要

本機場は水干川流域の内水を逢妻川に排水することを目的として、1982年に横軸斜流ポンプ4台（口径1,000mm×3台、口径800mm×1台）が設置された。横軸斜流ポンプ4台のうち2台（1970年製造）は、旧一ツ木排水機場から移設したものである。

(2) 特徴

自動化運転を目的に、移設されたポンプ2台のうち、口径800mm横軸斜流ポンプ1台を減速機搭載型立軸斜流ポンプ（ラムダ21）（図6）へ更新し、原動機についてもディーゼル機関から電動機に変更した。自動運転警告板（図7）を設置し、自動化運転時の安全確保のために、パトライト、メッセージまたは警告音で排水機場内



図6 ポンプ設置状況



図7 自動運転警告板

への注意喚起を行っている。

(3) 仕様

(更新後)

- 口径800mm減速機搭載型立軸斜流ポンプ×1台  
(電動機駆動)

$84\text{m}^3/\text{min} \times 3.8\text{m} \times 80\text{kW} \times 265\text{min}^{-1}$

(更新前)

- 口径800mm横軸斜流ポンプ×1台（1970年度製）  
(減速機掛けディーゼル機関駆動)

$70\text{m}^3/\text{min} \times 4.0\text{m} \times 77\text{kW} \times 330\text{min}^{-1}$

**1-6 大阪府水道部 美陵ポンプ場**

(1) 概要

本機場から狭山ポンプ場などへ送水するものであり、大阪府の大和川以南にある23市町村へ安全な水道水、工業用水を供給する重要な機場の一つである。本機場には送水ポンプが全6台設置されていたが、老朽化のため1号送水ポンプを更新し、2010年2月に完成した（図8）。

(2) 特徴

大阪府水道部指定のポンプ効率3点仕様を満足しつつ、実際の運用が140%流量付近でもあるため、これに対応できるようにインペラ・ケーシングを設計した。また、メタル軸受を従来のものよりコンパクト化した。

(3) 仕様

- 口径900mm両吸込渦巻ポンプ×1台（電動機駆動）

$5,500\text{m}^3/\text{h} \times 65\text{m} \times 1,350\text{kW} \times 600\text{min}^{-1}$



図8 ポンプ設置状況





**1-7 愛媛県松山市上水道 鷹子第2配水池**

(1) 概要

愛媛県松山市鷹子町に建設された新設の送水ポンプ場で、2010年3月に竣工した(図9)。

松山市は、小説「坊ちゃん」で有名な道後温泉(重要文化財)や、司馬遼太郎原作のNHKドラマ「坂の上の雲」があり、全国からの観光客で賑わっている。

(2) 特徴

震災対策として市之井手系と高井系を相互連絡するという設備であり、送水ポンプのほかに流量調整弁として電動式ロート弁(口径250mm×1台、口径350mm×1台)が採用されている。また、送水ポンプはウォーターハンマ対策としてフライホイール兼用カップリングを施した構造となっている。

(3) 仕様

口径300mm両吸込渦巻ポンプ×2台(電動機駆動)  
10.4m<sup>3</sup>/min×52m×132kW×1,800min<sup>-1</sup>



図9 ポンプ設置状況

**1-8 インドONGC社(石油ガス公社)NQプラットフォーム向け**

(1) 概要

2008年5月、インドのプラントメーカーL&T社経由にて同国石油ガス公社、ONGC社が運営するNQ海上プラットフォームにポンプ17台を一括納入した(図10)。

(2) 特徴

当該プラットフォームは、ムンバイ市沖合い約150kmの地点にあり、もともと当社製ポンプのほか、他社製

ポンプも据付けられていたが、同プラットフォーム全体の老朽化に対処する形で改修工事が実施されることになり、その際、当社製品の品質・耐久力・性能各面での実績が評価され、他社製ポンプの更新分も含め、複数ポンプを一括受注し、製作・納入したものである。

(3) 仕様

Glycol Booster Pump

口径40×25mm片吸込渦巻ポンプ×4台

10m<sup>3</sup>/h×55.5m×5.5kW

Hot Oil Circulation Pump

口径150×100mm片吸込渦巻ポンプ×2台

200m<sup>3</sup>/h×86.7m×75kW

Potable Water Pump

口径80×50mm片吸込渦巻ポンプ×2台

35m<sup>3</sup>/h×50m×11kW

Glycol Circulation Pump

2×3-1/4 3連プランジャーポンプ×4台

10m<sup>3</sup>/h×97kgf/cm<sup>2</sup>×45kW

Glycol Circulation Pump

2×3-1/4 3連プランジャーポンプ×4台

10m<sup>3</sup>/h×102kgf/cm<sup>2</sup>×45kW

Utility Water Pump

口径80mm水中ポンプ×1台

45m<sup>3</sup>/h×131m×30kW



図10 ポンプ設置状況(3連プランジャーポンプ)

**1-9 東京ガス株式会社 根岸工場**

(1) 概要

液化天然ガス(LNG)チェーンの気化器設備に使用さ



れる。このポンプを用いて海水を供給し、伝熱管内部を流れるLNGとの間で熱交換することでLNGを気化させる。このたびポンプおよび駆動機を納入し、据付工事を実施し、2009年に受渡しを完了した(図11、図12)。

(2) 特徴

液質が海水のため、ケーシング、インペラ、シャフト共全316系ステンレスとし、さらに犠牲陽極を設置し、耐海水腐食性を向上させている。

無注水起動軸受を採用し、他圧水注水を不要としている。

(3) 仕様

気化器海水ポンプ

口径700mm立軸斜流ポンプ×1台(電動機駆動)

4,800m<sup>3</sup>/h×37m×630kW×735min<sup>-1</sup>

液質：海水



図11 電動機



図12 ポンプ部

1-10 太陽石油株式会社 四国事業所

(1) 概要

西瀬戸自動車道(しまなみ街道)四国入口の町である愛媛県今治市にある太陽石油株式会社四国事業所向けとして、今回、新規に設置されるRFCC装置に伴い、No.2冷却供給設備更新として2009年9月に海水ポンプ3台を納入した。

(2) 特徴

- ポンプはオールステンレス製で、水中軸受には合成ゴム(下部)、PTFE(中間)を採用した。

- ケーシングリング内面、インペラリング外面、パッキンスリーブ外面にはコロモノイコーティングを実施し、耐摩耗性を向上している。

(3) 仕様

口径600mm立軸斜流ポンプ×3台

3,500m<sup>3</sup>/h×55m×700kW×1,180min<sup>-1</sup>

2. 送風機

2-1 日本下水道事業団 山口市浄水センター

(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(図13)1台の増設工事を実施し、2009年12月に完成した。

(2) 特徴

既設送風機は集中給油方式であったが、今回の増設号機から個別給油方式を採用して運用上の危険分散および省エネ化を実現した。また、環境対策(オイルミスト防止)



図13 送風機設備外観



として、オイルミストセパレータシステム (MSS- $\alpha$ ) (図14) の採用や、逆止弁に低圧力損失型逆止弁 (AAチェッキ) (図15) を採用するなど画期的な省エネ技術も搭載している。



図14 ミストセパレータシステム (MSS- $\alpha$ )



図15 エア・アシスト型省エネ逆止弁 (AA チェッキ)

(3) 仕様

口径300×250mm片吸込多段ターボブロワ×1台  
 $110\text{m}^3/\text{min} \times 55.86\text{kPa} \times 150\text{kW} \times 3,600\text{min}^{-1}$  (同期)

2-2 日本下水道事業団 長与町長与浄化センター

(1) 概要

長与町は、長崎市の中心部から北に約10kmに位置し、ベットタウンとして発展してきた。公共下水道事業は1973年度より着手しており、本浄化センターは1981年に供用開始された。

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。

既設設備の老朽化により、今回工事で送風機設備2台の更新を行った (図16)。

(2) 特徴

供用開始時に設置された鑄鉄製片吸込多段ターボブロワが2台、1989年に鋼板製片吸込多段ターボブロワが1台増設され、計3台が稼動しており、今回の工事では、鑄鉄製ブロワ2台を鋼板製ブロワ2台に更新した。

新ブロワではころがり軸受 (オイルバス式) とカゴ形電動機を採用し、既設の潤滑油配管・冷却水配管ならびに補機類を撤去して、設備全体をシンプルな設備とすることができた。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システム (MSS- $\alpha$ )、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250×200mm片吸込多段ターボブロワ×2台  
 $46\text{m}^3/\text{min} \times 54.9\text{kPa} \times 75\text{kW} \times 3,600\text{min}^{-1}$  (同期)



図16 送風機設備外観

2-3 名古屋市上下水道局 堀留水処理センター

(1) 概要

堀留水処理センターは、わが国で初めて散気式活性汚泥法を採用した画期的な水処理センターとして1930年に建設された。戦後の都市化が進み汚水量が急速に増大したため、久屋大通公園南端の地下に施設を拡張し1973年11月に完成した。その後、設備の老朽化に伴い

送風機設備の更新が昨年度末に完了した (図17)。

(2) 特徴

既設送風機は集中給油方式であったが、2008年更新号機から個別給油方式を採用して、運用上の危険分散および省エネ化を実現した。

また、環境対策 (オイルミスト防止) オイルミストセパレータシステム (MSS- $\alpha$ ) や、逆止弁に低圧力損失型逆止弁 (AAチェッキ) を採用するなど画期的な省エネ技術をも搭載している。

個別給油方式を採用することで、ブロワ室は危険物一般取扱所から少量危険物取扱所に変更した。

(3) 仕様

- 口径350×300mm片吸込多段ターボブロワ×1台  
140m<sup>3</sup>/min×59.1kPa×210kW×3,600min<sup>-1</sup> (同期)
- 口径450×400mm片吸込多段ターボブロワ×2台  
280m<sup>3</sup>/min×58.9kPa×380kW×3,600min<sup>-1</sup> (同期)



図 17 送風機設備外観

2-4 JFEスチール株式会社 西日本製鉄所 (福山地区) 5炉2号ガス循環ファン

(1) 概要

JFEスチール株式会社西日本製鉄所 (福山地区) において、環境・エネルギー対策設備新設工事として、コークス乾式消火設備 (CDQ) において密閉系内のガスを循環させることを目的として設置されたファンである。

(2) 特徴

コークスを冷却するガスを循環するため、ガス温度は170℃に達し、また、耐摩耗性を考慮し特殊材 (TOP-PLATE Grade-A) をインペラ、ケーシングに使用している。また、風量調整を実施するために、本ファンには客先支給の電動機と併せ、流体継手をカップルし、100%から40%回転速度の連続可変速の運用を可能としている。

(3) 仕様

- 型式 #10 両吸込ターボ送風機  
ガス循環ファン×1台  
3,343m<sup>3</sup>/min×6.86kPa×750kW×1,785min<sup>-1</sup>~715min<sup>-1</sup> (流体継手による可変速対応)

2-5 サウジアラビア 化学プラント向け燃焼装置

(1) 概要

エチレンプラントで発生した廃アルカリ液を処理する液中燃焼装置の燃焼空気供給用に使用される。

(2) 特徴

羽根車を直列2段 (背面合せ) に配置した構造となっており、ケーシングは1段目吐出し口と2段目吸込口を外部ダクトで接続する構造となっている。従来多段ブロワの領域を2段送風機としたところが特徴である (図18)。

(3) 仕様

- 型式 #12片吸込2段送風機  
836m<sup>3</sup>/min×28.9kPa×710kW



図 18 送風機設置状況



## イタリア・アドリア海ベニス沖 LNG 海上ターミナル用ポンプ稼動開始！

当社は、AK SolutionとExxon Mobilが共同で建造したLNG受入用海上ターミナル向けに、4台の気化器海水ポンプと2台の海水取水ポンプ（サービスポンプ）を納入した。本ターミナルは、着底式洋上気化設備（GBS：Gravity Based Structure）で、スペインで建造され、地中海3,000kmを西から東にタグボートで曳航されたことから世界的に注目された。本設備は、ベニス沖に設置され、2009年10月より稼動開始となり、カタールか

らのLNGを受入れ貯蔵し、年間600万トン、イタリアのLNG全使用量の10%を供給している。エクソンモービルは、「CO<sub>2</sub>排出量の少ないLNG供給により環境改善に寄与している」とのコマーシャルを欧州にてテレビ放映し、ターミナル全容が画面に映り、当社のポンプも登場している。

（文責：鈴木重雄）



建造中のGBS式LNG設備

ポンプ据付図

## トルクメンガス向け硫黄回収用多段ブロワ6台受注

トルクメニスタンの国営会社であるトルクメンガス向け、硫黄回収用多段ブロワ6台を韓国EPC Contractorを通じてこのたび受注した。

プロジェクトは、トルクメニスタン南東部のヨロテンで計画される大型天然ガスプロジェクトの一環で年間100億m<sup>3</sup>の天然ガスの処理能力を持ち中国などに供給される予定である。

このたび受注した硫黄回収用多段ブロワの仕様は、表1のとおりである。

トルクメニスタンにおける天然ガスの推定埋蔵量は4～14兆m<sup>3</sup>で、世界第4位とされており今後も大きな成長市場として継続的な受注にも期待している。

（文責：加賀美 仁）

表1 ブロワ仕様

ブロワ名称	型式	風量	差圧	取扱気体	電動機出力	台数
硫黄回収用多段ブロワ	口径1,000×900 4段 遠心多段ブロワ	1,116m <sup>3</sup> /min	10,020mmAq	空気	1,950kW	6台

## Jubail Export Refinery Project 向け硫黄回収用多段ブロワ 6台 およびアッシドガストリートメント用多段ブロワ 3台受注

アラムコ（サウジアラビア国営石油会社）とTOTAL（フランス）の合弁会社であるSaudi Aramco and Total Refining & Petrochemical Company（SATORP）向け、硫黄回収用多段ブロワ 6台およびアッシドガストリートメント用多段ブロワ 3台の計 9台を韓国のEPC Contractorを通じてこのたび受注した。

プロジェクトは、東部ジュベールに日量処理能力40万バレルの製油所を建設するもので、同国のマニファ油田で生産される重質油などを原料に、ディーゼル油やジェット燃料などの石油製品を生産するほか、2次設備からの誘導品として年産70万トンのパラキシレン、14

万トンのベンゼン、20万トンのプロピレン（ポリマーグレード）も生産する。また、マニファ油田向けにも現在、スペインのエンジニアリング会社を通じて受注したボイラー給水ポンプを 4台製作中である。

このたび受注した硫黄回収用多段ブロワおよびアッシドガストリートメント用多段ブロワの仕様は、表1のとおりである。

今回の受注でアラムコ向け多段ブロワは、合計約40台を納入しており今後のプロジェクトにも弾みがつくと期待している。

（文責：加賀美 仁）

表1 ブロワ仕様

ブロワ名称	型式	風量	差圧	取扱気体	電動機出力	台数
硫黄回収用多段ブロワ	口径900×750mm 4段 遠心多段ブロワ	912m <sup>3</sup> /min	9,688mmAq	空気	1,850kW	6台
アッシドガストリートメント用多段ブロワ	口径600×600mm 2段 遠心多段ブロワ	288m <sup>3</sup> /min	1,938mmAq	窒素	140kW	3台

## ONGC(インド)向けB22 Field Development Project コンデンセートポンプ 2台 コンデンセートブースターポンプ 2台 受注

このたび、National Petroleum Construction Company（U.A.E.）よりONGC（インド）向けB22 Field development projectにコンデンセートポンプ 2台、コンデンセートブースターポンプ 2台を受注した。既設のプラットフォームにポンプを増設してコンデンセートをパイプラインを経て陸上へ圧送する役割を担う。モータはイタリア製210kW-1,500min<sup>-1</sup>耐圧防爆型電動機を使用する。

当社はインドONGC向けコンデンセートポンプとしてBPA、NQGなどの各プラットフォームに同様のポンプ納入実績が有り、高性能、高耐久性を高く評価されている。今回National Petroleum Construction Company（U.A.E.）からの注文は 2回目で、当社の実績、性能を高く評価いただき受注に至った。

（文責：鈴木伸一）

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
コンデンセートポンプ	3"×5"HR5IG-J	53m <sup>3</sup> /h	95.37kgf/cm <sup>2</sup> (Suc. Pressure 66.67kgf/cm <sup>2</sup> )	210kW	2台
コンデンセートブースターポンプ	100×80-310 SMKP-M	53m <sup>3</sup> /h	25m	7.5kW	2台

## 特許と実用新案

### 「自吸式ポンプ」 (特許第4137614号)

自吸式ポンプは、自吸運転時間が短く、かつ揚水運転時におけるポンプケーシングへの戻り水量が少ないことがポンプ効率上望ましい。自吸運転時間を短くするには、気液混合水から空気分離を迅速に行うことが必要不可欠である。また戻り水量を少なくするには戻り流路に開閉弁を設けて流路を狭窄または遮断する方法が考えられるが、戻り流路に開閉弁を設けると制御機構が複雑になるとともに、異物を多く含む水を扱う場合には異物が開閉弁に噛み込まれて開閉操作が不能になり、ポンプの運転に支障をきたす恐れがある。

本発明は、自吸運転時は空気を迅速に排除し、揚水運転時は戻り水量が少なくなるように改良した自吸式ポンプに関するものである。

図1、図2を参照して本発明による自吸式ポンプを両吸込渦巻ポンプの例で説明する。ポンプケーシング1の羽根車室2の壁に導出口3と、導出口3より下流側の吐出室4の壁に導入口5がそれぞれ設けられ、導出口3と導入口5が連通管6で連通される。さらに導入口5よりも下流側の吐出室4の壁に流出口7が設けられ、流出口7と戻り流量規制部8に設けられた流入口9が流入連通管10で連通される。戻り流量規制部8は円筒状で、底面の中心に孔11が穿設され、孔11とポンプケーシング1の吸込室12、12が戻り連通管13、13で連通される。

ポンプケーシング1内に水を充填してポンプを運転すると、吸込室12、12の水が羽根車室2に移動して吸込室12、12が負圧になり、揚水管（図示せず）内の水位が上昇する。吸込室12、12に流入した揚水管内の空気は気液混合水となって羽根車室2から吐出室4に吐出され下流に向けて流れ、その一部が

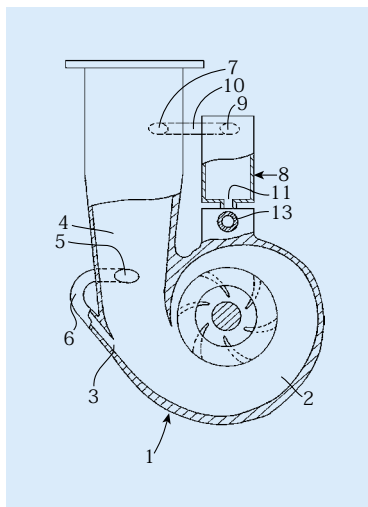


図1

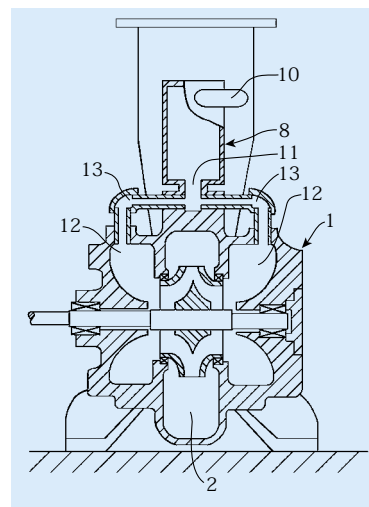


図2

導出口3から連通管6を通して導入口5より再び吐出室4に吐出され、これにより吐出室4内に旋回流が生じる。この旋回流による遠心分離作用で吐出室4内の気液混合水は、吐出室4の内壁側に水が、吐出室4の中心側に空気が集まるように分離され、吐出室4の内壁側に集まった水は流出口7から流入連通管10を介して戻り流量規制部8内に入り、底面の孔11から戻り連通管13、13を経てポンプケーシング1の吸込室12、12に再び戻る。空気が排除された分だけ吸込室12、12の負圧が増大するため、揚水管内の水位がさらに上昇する。そして、最終的に揚水管やポンプケーシング1内がすべて水で充填されて揚水運転に移行する。

揚水運転が開始されると流入口9から戻り流量規制部8に流入した水は内壁に沿った渦流となり、底面近くで流れ方向を90度折り曲げられるようにして孔11から流出するため、戻り流量規制部8内で流れの大きな損失抵抗が生じる。損失抵抗が増大することで戻り水量が少なくなり、ポンプ効率が向上する。

(文責：山田正嗣)

## 編集後記

◆この度の巻頭言は、首都大学東京教授の水沼博先生に「期待」という題目で、ご執筆頂きました。

先生ご自身と流体機械との関わりを通して、流体機械に関連する企業や技術への期待について述べておられます。先生が学生の頃に比べ、最近では、ほとんどの大学から流体機械の講義が消えている。

先生が本文中で述べておられる企業から大学への出前授業も、流体機械メーカーへ学生の関心を向けさせる1方法と感じました。

ご多忙な公務をぬって、大変興味深いご寄稿を頂きありがとうございました。

◆日光川放水路全体を管理する遠隔監視制御システムが導入されましたので、取り上げてみました。本システムでは、流体過渡解析機能にて放水路内の水位の予測をおこなえるなど様々な特徴をもっています。ポンプ・送風機だけでなく監視システムにつきましてもよろしくお願ひします。

◆インドの原油圧送ポンプ6台を納入しましたので、その概要を紹介しました。お客様のニーズに応え、常に信頼性の高い製品を供給していく所存です。今後とも当社の製品をご愛顧のほどよろしくお願ひ申し上げます。





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	〒330-0835	さいたま市大宮区北袋町1丁目82番地 (産見ビル) TEL 048 (658) 2531・FAX 048 (658) 2533
新潟営業所	〒951-8052	新潟市下大川前通四之町2185番地 TEL 025 (227) 5052・FAX 025 (227) 5053
横浜営業所	〒231-0013	横浜市中区住吉町5丁目64番1号 (石渡ビル) TEL 045 (662) 7415・FAX 045 (662) 4419
沖縄営業所	〒902-0066	沖縄県那覇市字大道55-7番地 TEL 098 (887) 6687・FAX 098 (887) 6688
東北支店	〒980-0803	仙台市青葉区国分町2丁目2番2号 (東芝仙台ビル) TEL 022 (222) 1217・FAX 022 (225) 1933
北海道営業所	〒060-0061	札幌市中央区南1条西10丁目4番地 (南大通ビルアネックス) TEL 011 (271) 5144・FAX 011 (221) 5530
静岡支店	〒420-0857	静岡市葵区御幸町11番地10 (第一生命静岡鉄道ビル) 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	〒541-0053	大阪市中央区本町4丁目2番5号 (本町セントラルビル) TEL 06 (6251) 2561・FAX 06 (6251) 2846
四国営業所	〒760-0024	高松市兵庫町8番地1 (日本生命高松兵庫町ビル) TEL 087 (851) 8953・FAX 087 (822) 7603
中国支店	〒730-0015	広島市中区橋本町10番10号 (広島インテス) TEL 082 (222) 7407・FAX 082 (222) 7595
九州支店	〒810-0004	福岡市中央区渡辺通1丁目1番1号 (電気ビルサンセルコ別館) TEL 092 (761) 2831・FAX 092 (761) 8869
連絡事務所		山口・熊本・インド (ムンバイ)・米国 (ヒューストン) オランダ (アムステルダム)
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
<b>&lt; 関連会社 &gt;</b>		
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

委員長 浅見幸男  
委員 小澤文雄 鯉沼博行  
中川原滋 工藤聖仁  
彦坂典男 山岸嗣宏  
小山田嘉規 坂本 浩  
青山匡志  
幹事 井戸章雄 飯田隆二  
事務局 橋本久美子 田上愛香

### 電業社機械 第34巻第1号

発行日 平成22年6月30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。

