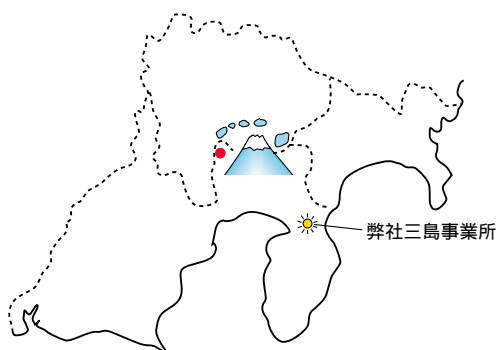


Open up the future.
~新しい風が未来を切り開く~



表紙説明

富士宮市朝霧高原より望む夏の富士山
(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29巻 第1号 通巻第56号 2005
目次

巻頭言

漢字からみた流れ現象 豊田 国昭 1

報文

水路浮遊ゴミ除去装置の開発 佐々木 撰 3
(第1報 除去フロートスクリーンについて) 郷古雅春
..... 佐藤博子
..... 張 国富

技術資料

オイルミストセパレータシステム「MSS- α 」の開発 鈴木 実 8
..... 市川 邦彦
減速機搭載型二重反転式立軸軸流ポンプ 富松 重行 11
..... 吉野 眞充
..... 野村 忠充

製品紹介

川崎重工業株式会社殿経由パーレーン電水省殿向け海水淡水化設備用高圧ポンプ 北原 敏喜 15
..... 岩本 友秀
大阪市都市環境局 津守下水処理場向け汚水ポンプ設備 廣瀬 不二男 18
..... 森下 日左夫
バイオマス発電用送風機 勝又 一樹 26
東京都下水道局葛西水再生センター向けポンプの無注水化 杉原 明 29
小鳥トンネル ジェットファン換気設備 原口 敏朗 33
..... 稲葉 則昭
角溝清掃装置 - 高圧水ジェット方式 - 戸塚 勝 37
ここで活躍しています - 2004年 製品紹介 - 41

国際会議

ポンプ技術者連盟による中国視察交流会 土屋 忠博 48
..... 張 国富

ニュース

愛・地球博(愛知万博)溶融炭酸塩形燃料電池(MCFC)用カソード循環プロワ 52
豊倉富太郎先生 平成17年春の叙勲 瑞宝中綬章 54

特許と実用新案

..... 53

DENGYOSHA TECHNICAL REVIEW

DENGYOSHA KIKAI

Vol.29 No.1 2005

CONTENTS

Foreword

Chinese Characters and Flow Phenomena.....	1
K. Toyoda	

Technical Paper

Development of a Rubbish Removing Apparatus in a Waterway	3
(1 st Report, about Float Screen of a Rubbish Removing Apparatus)	
O. Sasaki, M. Goko, H. Sato and K. Cho	

Technical Data

Development of Oil Mist Separator System " MSS- α "	8
M. Suzuki and K. Ichikawa	
Reduction Gear-mounted Vertical Axial-flow Counter Rotating Pump	11
S. Tomimatsu, M. Yoshino and T. Nomura	

Product Introduction

High Pressure Multistage Pumps for AD DUR Desalination Plant	15
T. Kitahara and T. Iwamoto	
Sewage Pump Equipment for Tsumori Sewage Treatment Plant of Osaka City Environment and Sewerage Bureau	18
F. Hirose and H. Morishita	

The Fans for the Power Plant Biomass Use	26
K. Katsumata	

Vertical Mixed Flow Pumps with Supply Waterless Bearings for Kasai Water Reclamation Center	29
A. Sugihara	

The Jet Fan Ventilation System for Odori Tunnel	33
T. Haraguchi and N. Inaba	

Cleaning System of Square Ditch for Weir	37
M. Totsuka	

Activities	41
-------------------------	----

International Symposium

Mission to Inspect the Pump Industry of China by Japan Pump Engineers Association	48
T. Tsuchiya and K. Cho	

Patent	53
---------------------	----



漢字からみた流れ現象

豊田 国昭

北海道工業大学 教授

一般の方々から「ご専門は？」と聞かれ、「流体力学です」と答えてもわかってもらえない。まして「研究分野は噴(ふん)流です」と言えば、「糞流」と誤解されてしまう。もっとも、酪農プラント設計会社から牛糞処理の流れについて技術的相談を受けたことがあるので、世間では「糞流」と受け取られるのが一般的かも知れない。

専門外の人々にわかりやすく流れの説明ができないかと考えていたが、ある学会で専門外の人々に流れの話をする機会があり、流れに関係する漢字を調べることを思い付いた。表意文字である漢字は身の周りの諸現象、思想、感情の人間相互間のコミュニケーション手段として発達したものであるため、漢字から人間にとって係り深い事象は何かを考えることができるであろう。

さて、漢和辞典(学研漢和大事典、昭和53年)を調査した結果、多い漢字の部首は以下のようであった。「氵」(さんずい、79ページ)、「亻」(にんべん、59ページ)、「艸」(くちへん、57ページ)、「木」(きへん、56ページ)、「艹」(くさかんむり、56ページ)となっている。これらの部首の漢字の多さはうなずけるような気がする。「氵」は水、「亻」と「艸」は人間、「木」と「艹」は自然を表現しているので、まさに、人間にとって重要なものに対応している。ところで、水の特性は「流れる」ことであるので、「氵」は流れを表現していると考えてもよいであろう。

現在の深刻な社会問題のキーワードは、政治、経済、生活であるが、これらの文字はすべて「氵」を含んでいる。また、新聞記事の見出しにも「氵」の文字が実に多い。憲法、決定、方法、活動、作法、海外、治安、自治、復活、激動、溝、激闘、決戦、韓流、源流、感染、派遣、活発、減額、決済、再生法、汗、渦中、注意、予測、交渉、交流、不況、決算、混乱、満足、などなどである。このことは、多くの社会現象が流れに関連していることを示している。

混迷の時代には生き方の本が良く売れるという。私も混沌の渦に巻込まれ悩みが多いので、時々この種の本を読む。先日出張中に稲盛和夫著「生き方」を読んだ際に「氵」の文字を数えてみた。プロローグの一節「混迷の時代だからこそ『生き方』を問い直す」は24行の文章であるが、実に11行に「氵」の文字が使われている。人間の生き方においても、流れがキーワードになっている。また、先日歯科医院の待合室で目にした女性週刊誌の有名女優対談記事の見出しに「流れに流されるのが私の流儀」とあり、興味深く記事を読んだが、まさに流れるような美しい生き方であった。

以上のように流れの概念がいたるところで使われているので、それらの現象を流体力学的に解釈しなくなる。学者の屁理屈好きの類であるが、読者の失笑を覚悟して勝手な解釈を述べさせていただく。流れの法則の一つである質量保存則「入る量と出る量の差は中に溜まる量に等しい」を適用してみる。この法則は金の流れを考えるとわかりやすい。20万円の収入に対して10万円を支出すれば10万円が溜まることになる。また、10万円の収入に対して20万円を支出するには10万円の借金を必要とする。この法則は他の流れに対しても適用可能で、川の流れでは上流からの水量が下流へ流れ出る水量を上回ると洪水

となり、暖房器具から出る熱量が屋外への放出量を上回ると家の中に熱が溜まり室温が上昇し、食べる量が出る量を上回ると太り過ぎになり、デパートに入る人数が出る人数を上回るとデパートの中の人が増えて混雑し、高速道路に入る車の数が出る車の数を上回ると渋滞する。このように流れは質量保存則に支配されているので、流れに伴う混乱はこの法則を無視したことによる場合が多い。例えば、経済の混乱は金の流れが不十分なこと、交通の混乱は車の出入りが不均衡なこと、組織の混乱または停滞は構成員の新旧交代の流れが不十分なこと、情報の混乱は不必要なものを捨て必要なものを入れる情報の流れが不十分なことが主な原因であることが多く、これらの混乱は質量保存則を考慮して流れをスムーズにすることにより避けることが可能であろう。

次に重要な法則は運動量の法則「流れの運動量（質量流量と速度の積）が変化するときには力が作用する」である。この法則の代表的適用例はジェットエンジンであり、エンジンの出入り口で運動量を変化させて推力を発生させている。社会における流れの変化においても何らかの力が作用していると考えられる。世界史の大きな流れの変化である革命や戦争も力の作用により発生している。フランス革命、ロシア革命などでは民衆の力、第二次世界大戦の発生は独裁者の力（強制力や説得力）によるものである。日本の歴史における明治時代以降の近代の急激な変化は外国からの力（外圧）によるものである。また、現代における政治、経済、社会の流れの変化も外圧によるものが大きいようである。どうも、日本は外圧を利用して流れを変化させているような気がしてならない。

身近な生活の流れの変化でも、力が伴うことを気にすると役に立つであろう。例えば、夫（または妻）の金の流れ（金使い）が変化したときには、何らかの力（浮気力、など）があるかも知れない。この話を社会人講座で話したときは大変好評で、家庭の主婦に感謝された。スポーツの試合では流れの変化が面白い。サッカーやバスケットボールなどでは試合中に選手の流れが急激に変わることがある。この流れの変化も力の作用によると考えられる。この場合の力は、気力や体力であろう。仕事の流れも力の作用により変化する。この場合には、気力や体力以外に企画力、技術力、創造力なども関連するであろう。組織の流れの変化には指導力や組織力が必要であろう。男女関係では魅力や経済力が流れを変化させるのであろうか。また、どのような流れにも必ず抵抗力が作用するので、流れを持続させるためには抵抗力に打ち勝つ力を加えなければならない。

流れを利用する機器では流れ制御技術が重要であるが、上述の様々な流れ現象においても流れの制御が必要とされる。以前に流れ制御に関する文献調査を行なった際に、世界的ネット書店のアマゾンで「Flow control」を検索したところ、金の流れに関する書籍が多数リストアップされ驚いた。流体の流れ制御技術の考え方を金の流れなどに応用したら有効かもしれない。

本稿の内容を考える際に最近の本誌記事に目を通したが、「『電業社機械』通巻50号発刊に寄せて」と題する渡邊昌信社長の記事（Vol.26、No.1、2002）が目にとまり、この記事の文章中の「ゝ」の文字を調べてみた。まず、お名前に「ゝ」があり、さらに「イ」もあり、「流れと人を大切に作る社長」と拝察した。また、39行の文章中13行に「ゝ」の文字（活動、海外、没頭、潜む、活躍、決勝、流体、淘汰、潜在、刺激）が含まれている。また、18行に「彡」の文字（技術、気持、挑戦、持つ、提案）が含まれており、電業社機械の発展には「彡」の文字もキーワードになっていると感じた。因みに「彡」の漢字数は5番目（てへん、53ページ）である。

以上のように私どもは様々な流れの中で生活しているが、一般の人々は流れを意識することが少ないような気がする。少なくとも小学校・中学校の理科の時間に流れに関する教育を行なって欲しいと思っている。流れを意識することにより、身の周りの様々な流れ現象を楽しく観察・体験し、仕事も効率よく流れるように処理でき、豊かな生活を楽しむことができるのではないだろうか。流れの専門家の我田引水的な拙文であるが、本稿が何かのお役に立てば幸いである。

水路浮遊ゴミ除去装置の開発

(第1報 除去フロートスクリーンについて)

佐々木 撰* 郷古雅春** 佐藤博子*** 張 国富

Development of a Rubbish Removing Apparatus in a Waterway (1st Report, about Float Screen of a Rubbish Removing Apparatus)

By Osamu Sasaki, Masaharu Goko, Hiroko Sato and Kunitomi Cho

There are many kinds of rubbish in a waterway, classified as float type, sunk type, drift type. It is a general method to remove the rubbish with a screen setting in a waterway. But the maintenance is necessary and hard work, just like as raking up rubbish stopped before a screen. So, the present paper shows a simple and powerless apparatus for removing rubbish in a waterway. The apparatus is composed of a float plate moving down or up with water level automatically, and a mound setting on the bottom of a waterway, and a pocket to storage rubbish flowed from the main waterway. As the results of field experiment, the apparatus is very effective, reliable and economical to remove rubbish in a waterway.

1. はじめに

農業用かんがい水路の横断暗渠部や揚水機場などへの分水工部には、浮遊ゴミ除去のため水路中にスクリーンを設置していることが多い。これらのスクリーンは、**図1**に示すように、浮遊ゴミの堆積によって通水断面積が縮小され損失ヘッドの増加が起こり、下流への通水障害の原因となっている。

今回、スクリーンへの浮遊ゴミ堆積問題を解決する方法として、水路の損失ヘッドの変化に影響させない構造で水路浮遊ゴミ除去装置（除去フロートスクリーン）の開発を行った。本装置は、浮遊ゴミ陸揚げ作業が低頻度であっても通水障害を生じないため、水路維持管理の省力化と管理費の低減化を可能としている。

本報では、水路流れのCFD（Computational Fluid Dynamics）による解析結果を基に水路浮遊ゴミ除去装置（除去フロートスクリーン）の設計を行い、フィールド試験により浮遊ゴミ除去効果を確認した。

2. ゴミ種別調査

水路には、落ち葉などの自然発生的ゴミやビニール・空き缶などの生活系ゴミおよび刈草などの水路維持管理系ゴミが流下している。



図1 浮遊ゴミ堆積状況

Fig. 1 Circumstance of heaped rubbish in a waterway

別途研究している「水路浮遊ゴミ流入防止装置」⁽¹⁾で行った浮遊ゴミ種別調査で、水面付近に湿潤状態容積比で90%の浮遊ゴミが集中している事を確認しており、水路表層部の浮遊ゴミを除去対象とすることで、十分な除塵効果が得られると判断した。

3. 装置構造

本研究で考案した浮遊ゴミ除去装置を**図2**に示す。本装置は、水路中の水位追従型フロートプレート（アクリル製、喫水深 $h=10\text{cm}$ ）と水路底に設置された傾斜マウンドおよび水路外の浮遊ゴミ集積ポケットから構成される。主水路内の表層水はフロートプレートのガイド作用を受

* 宮城県仙台地方振興事務所農業農村整備部技術主査
** 宮城県農村基盤計画課 技術主幹
*** 宮城県大河原地方振興事務所農業農村整備部技師

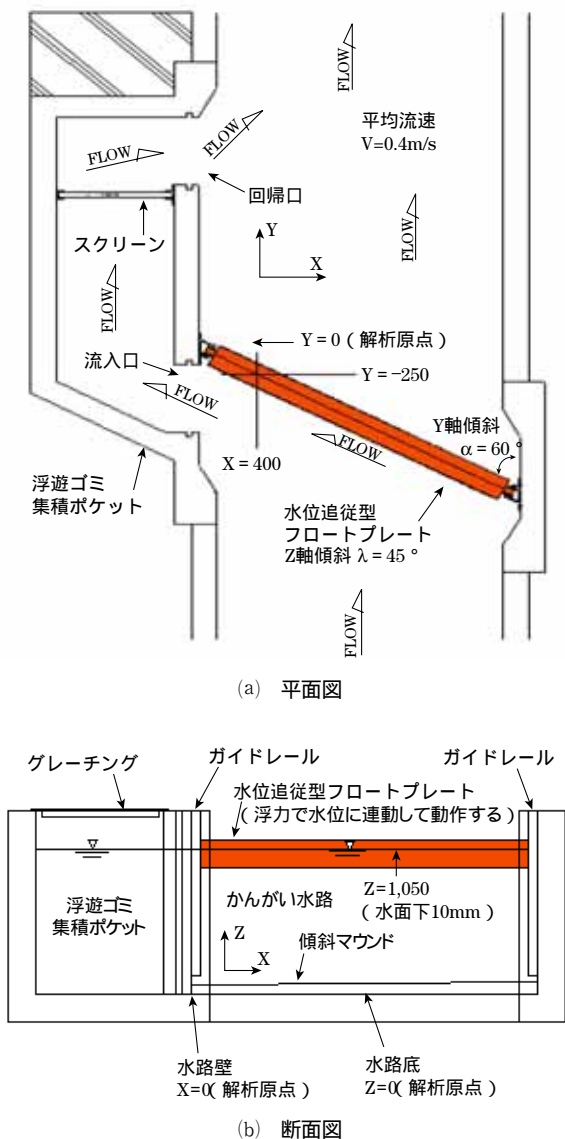


図2 供試浮遊ゴミ除去装置
Fig. 2 Tested float rubbish removing apparatus

け、主水路から斜めにポケットに流れ込み、ポケット内に設置されたスクリーンを経て回帰口からまた主水路に戻る。浮遊ゴミは、スクリーンの濾過作用を受け、ポケット内に留まる。

主水路の沈殿ゴミは、底部に設置された傾斜マウンドでポケットまで導かれる。本研究では、傾斜マウンドがフロートプレートと平行し、主水路壁と60度の傾斜角を持っている。なお、低水位時の通水を確保するため、マウンドとフロートプレートを流れ方向で前後ずらして設置した。

4. 試験装置の設計

フロートプレート付近の流れが浮遊ゴミ除去効果に大きな影響を与えることから、フロートプレート据付け最

適位置及び流れに対する最適角度などを市販流れ解析コードSCRYUと予備試験で求めた。

4-1 流水方向に対する設置角度

水路流速 V_0 が一定の場合、流水方向に対するプレートの設置角度 α の変化と同時に、浮遊ゴミをポケット側へ押し込む役割を果たす流速 V_3 も変わる。その関係を図3から式(1)に表すことができる。

$$V_3 = 1/2 V_0 \sin 2\alpha \dots\dots\dots(1)$$

α に対して V_3 の一次微分を求め、その値を0とすると、浮遊ゴミを押し込む力を最大値とするフロートプレートの最適設置角度 α は45°となるのが分かる。但し、プレートの設置角度を大きく取れば同一の水路幅にとっては、プレートの長さを短く、土木施工範囲も少なくすることができる。よって、本研究では $\alpha = 60^\circ$ にした。

一方、 α を大きく取り過ぎると、図3に示すcorner1でせき止めによる流れの回流渦が発生すると考えられる。この渦が一旦発生すると、浮遊ゴミをポケット側への押し込み流れが乱され、ゴミ除去効果に負の影響を与える恐れがあるので、本研究では試作に先立ち、予備試験と流れ数値シミュレーションで確認した。その結果、図4、図5に示すようにプレート設置角を $\alpha = 60^\circ$ にしてもcorner1で目立つ渦が発生しなかった。

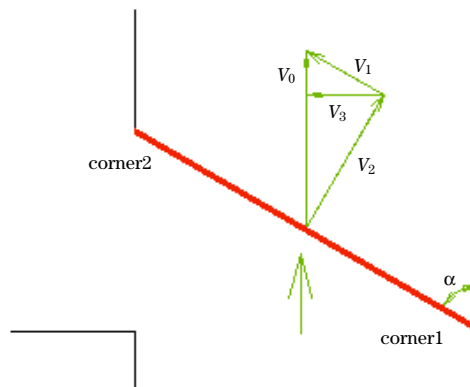


図3 流水方向に対する設置角度
Fig. 3 Plate setting angle against main flow

4-2 傾斜フロートプレート

フロートプレートを水面あるいは水路底面と垂直に設置した場合、図6に示しているようにプレート下部を潜る流れの存在が解析で判明した。

このような潜り流れは、浮遊ゴミを吸込み、下流側へ移動させる働きをするので、極力抑えた方がよい。ここで、考案したのは図7に示すような傾斜フロートプレートで、水面に斜め挿入となっている。図中の V_0 は水路内の主流速度で、 V_1 は V_0 の反射値を表す。流れがプレート

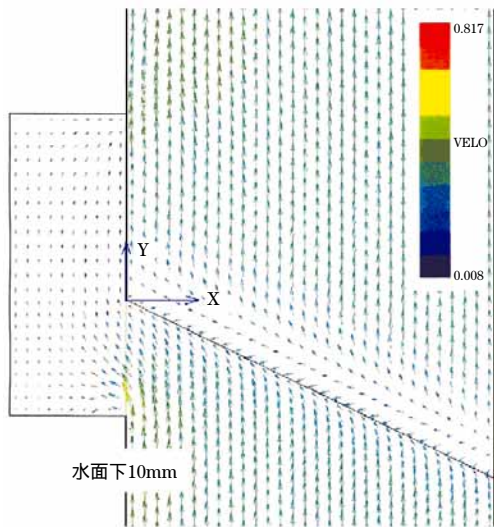


図4 CFDによるプレート設置角の検証
Fig. 4 Verification of plate setting angle with CFD

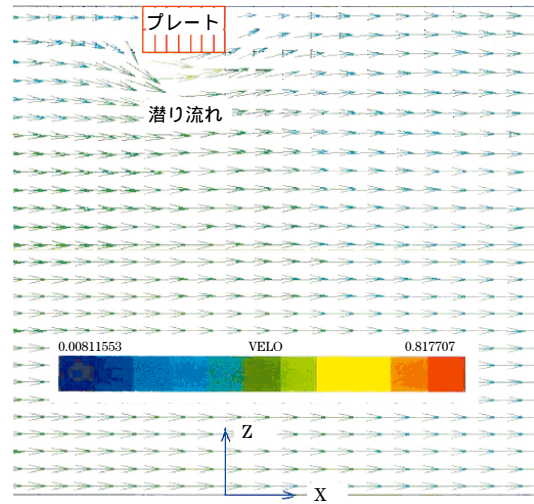


図6 プレート下部の潜り流れ
Fig. 6 Pass flow under plate



図5 実験によるプレート設置角の検証
Fig. 5 Verification of plate setting angle with experiment

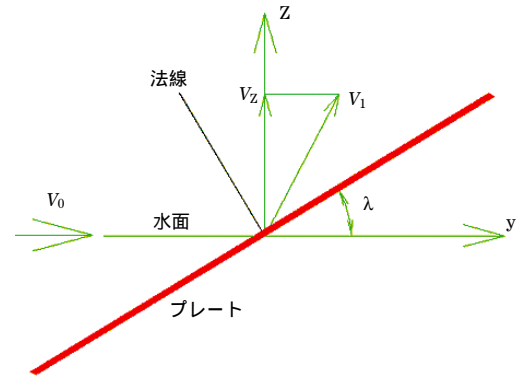


図7 傾斜フロートプレート
Fig. 7 Inclined float plate

との衝突損失を無視した場合、 $V_1 = V_0$ となる。

上向き速度成分 V_z が大きくなるほど、フロートプレート下に発生する潜り流れが弱くなり、浮遊ゴミ除去効果が高くなる。 V_z と λ との関係は式(2)で表すことができる。

$$V_z = V_0 \cos(90 - 2\lambda) \dots\dots\dots(2)$$

λ に対して V_z の一次微分値を0とすれば、上向き速度成分 V_z が最大となるプレートの傾斜角を求めることができる。算出結果は、 $\lambda = 45^\circ$ である。

図8はフロートプレート傾斜角が $\lambda = 45^\circ$ 時の解析結果(Y=-250断面での流速ベクトル図)を示す。流れがプレートとの衝突部分で方向変化が激しく見られた。一方プレートのガイド作用を受け、主水路内の流れが転向され、

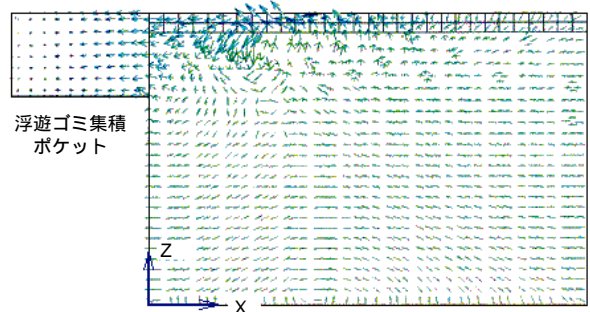


図8 傾斜フロートプレートの整流効果
Fig. 8 Rectified effect of an inclined float plate

水路サイドに設けたゴミ集積ポケットへ導かれていることが分かる。

4 - 3 噴水深

フロートプレート自体が流れの抵抗となるため、浮遊ゴミ除去効率さえ満足できれば、噴水深を極力小さく取った方がよい。なお試作に先立ち、ゴミ種別調査や予備試験などからフロートプレートの噴水深さを $h=10\text{cm}$ 程度でセットした。

5 . フィールド試験

5 - 1 試験場所(宮城県名取市飯野坂 地内)

名取川地区国営付帯帯営かんがい排水事業で施工された館腰用水路(水量 $Q=1.231\text{m}^3/\text{s}$ 、平均流速 $V=0.910\text{m/s}$)の上流端より $L=2.1\text{km}$ 下流地点を改築し、試験装置を設置した。水路ルート85%は、市街地を通過している。

5 - 2 フィールド試験装置

ゴミの流下量や種類は、常に変化するので、室内試験では実際の流域条件を再現することは不可能であるので、

浮遊ゴミ除去装置の有効性確認はフィールド試験が不可欠である。図9は上記の検討に基づき試作した水路浮遊ゴミ除去装置である。

図10に本流がフロートプレートのガイド作用を受け、転向され、浮遊ゴミと一緒にポケットへ流れ込む様子を表す。

平成17年4月18日から24日の浮遊ゴミ除去装置稼働状況を図11、図12に示す。大量の浮遊ゴミがポケットに集積し、除去効果が確認された。ゴミ集積ポケット容量の最適値選定は、エリア、ゴミ発生量、回収期間などにより異なるが、大きく取れば集積されたゴミの回収期間を長くすることができる。

沈殿ゴミ類(土砂、空き缶など)は、水路底に設置された傾斜マウンド(SUS304)のガイド作用を受け、浮遊ゴミと同じく主水路からゴミポケットへ流れていくことも本フィールド試験で確認された。



図9 フィールド試験装置
Fig. 9 Apparatus for field test



図11 浮遊ゴミの集積効果確認状況
Fig.11 Effective confirmation of accumulating float rubbish



図10 ポケットへの浮遊ゴミ流れ
Fig.10 Flow of float rubbish into pocket



図12 取り出された浮遊ゴミ
Fig.12 Raked drift-rubbish

6. おわりに

除去フロートスクリーンの開発は、農業用かんがい水路の管理労力や管理費を軽減するものであり、現場ニーズに合致していることから、実用化が期待されている。

今回行った流れ解析およびフィールド試験により以下のことを確認した。

- ① 水路外への浮遊ゴミ集積ポケットの設置により、水路の通水能力を落とさず、浮遊ゴミ集積を図ることができ、通水能力を確保するためだけを目的とした浮遊ゴミ陸揚げ作業の必要が無くなる。
- ② フロートプレートと傾斜マウンドの設置角度がゴミ除去効果に大きな影響を与えており、その最適値を現場条件に応じて流れ解析から求めることができる。

今後は、早期実用化を図るため本フィールド試験において、浮遊ゴミ種別と量の変化を1年間にわたって調査することとしている。また、集積されたゴミの簡易な陸揚げ方法や構造物形状の最適化などに対する検討を行う予定である。

最後に、フィールド試験の実施に当たり、御理解と御協力を頂いた名取土地改良区の各位に厚く御礼を申し上げます。

<参考文献>

- (1) 郷古・佐々木・佐藤・中島、浮遊ゴミ流入防止装置の開発、第48回農業土木学会東北支部研究発表会(2004.11.04)

<筆者紹介>

張 国富：1993年入社。ポンプ、送風機および関連機器の研究開発に従事。現在、技術研究所 研究グループ 主事補。



オイルミストセパレータシステム「MSS- α 」の開発

鈴木 実 市川邦彦

Development of Oil Mist Separator System “MSS- α ”

By Minoru Suzuki and Kunihiko Ichikawa

A large amount of oil mist is forming at a bearing and a increasing gear for a high speed rotating compressor and a blower. Dispersing oil mist from an air breather and a shaft seal in the machine room will cause harmful influence on work environmental condition, equipments and instruments. In addition, condensation of oil mist on the floor may lead to slip accident also.

Therefore, the device to clear off the oil mist had been desired and developed already. However the system consists of a mist induced draught fan driven by induction motor required its electrical power source and control panel. It was limited the installation place due to need a large space.

In this paper, we introduce the new developed oil mist separate system named MSS- α that does not need neither electric equipment such as a power source and a control panel nor rotating/moving parts and bearing, and accordingly we achieved long-life type.

1. はじめに

最近、地球温暖化や環境に関する諸問題が注目され、ISO14000認証も官公庁、メーカーに浸透してきている。

車の排気ガス、焼却炉の排出ガス、工場排水の水質などについては既に厳しい基準にて規制されている。

一方、製造工場における機械加工時の切削油からの油煙や、プラントにおける高速回転機械の潤滑油オイルミストについては、現状規制が無いため対策されることが少なかった。

しかし、工場内や設備の設置された空間内での作業者が、頭痛や吐き気などの諸症状を訴えるという例もあり、労働環境の観点から、最近では電動機駆動のミスト吸引ファンなどを設置して環境改善を図る例が多くなった。

高速回転のコンプレッサ、ブロワの軸受箱内や増速機ケース内で発生したオイルミストがエアブリーザや軸貫通部から、また高速切削加工の機械では切削時の油煙、オイルミストが大気に放出され、周辺機器の汚損、電気接点への悪影響、床面への飛散による歩行の安全性への影響も懸念され問題視されている。

これらの諸問題を解決するために、電源や操作盤などの電気設備をまったく必要せず、可動部を持たない長寿命のオイルミストセパレータシステム「MSS- α 」を開発したので以下に紹介する。

2. オイルミストセパレータシステムの特徴

軸受箱、増速ギヤーボックスや油配管内のオイルミストを含んだ空気を吸引し、フィルタにて油分を除去した清浄な空気を外気に戻すシステムは、従来のミスト吸引ファンと同等である。

本オイルミストセパレータシステムの特徴としては

- ① 吸引力を発生させる手段として、エジェクタを使用し可動部を無くし長寿命化を図った。
- ② エジェクタの圧力空気源はブロワなど主機の吐出し空気圧を利用し、電動機や外部からの空気の導入を不要とし、省エネルギー・コンパクト化を図った。
- ③ システム全体をコンパクトなボックスに収め、パッケージ化することで取扱いを容易にした。
- ④ オイルミストセパレータのドレンはオイル吸収マットにて吸収し、このマットを定期的に取り替えることでメンテナンスできる構造とした。
- ⑤ 機器間の接続は高圧樹脂ホースを使い、ワンタッチジョイントにて接続することにより、取付け場所を選ばず、取付け取外しが容易に行えるようにした。

3. オイルミストセパレータシステムの装置概要

図1に装置の外観、図2に本システムのフロー、図3に機器構成、図4に装置内機器配置を示す。



図1 装置外観
Fig. 1 Appearance of apparatus



図4 装置内機器配置
Fig. 4 Equipment layout of apparatus inside

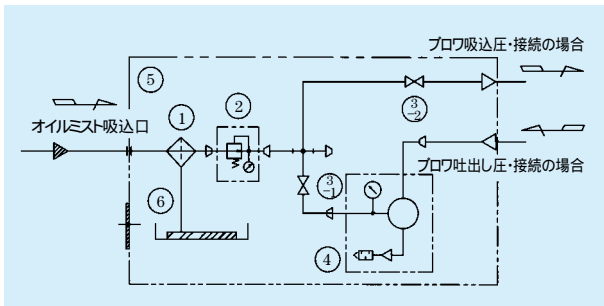


図2 システムフロー
Fig. 2 System flow

なお、本システムは特許申請済みである。

4. オイルミストの吸引方法

ブロワ軸受への給油方式は、集中給油方式、個別給油方式、オイルバス給油方式などが代表的なものであり、オイルミストの吸引方法はこれらの給油方式に適した方法や吸引圧力があり、効率よくオイルミスト回収ができるように組み合わせを検討する必要がある。

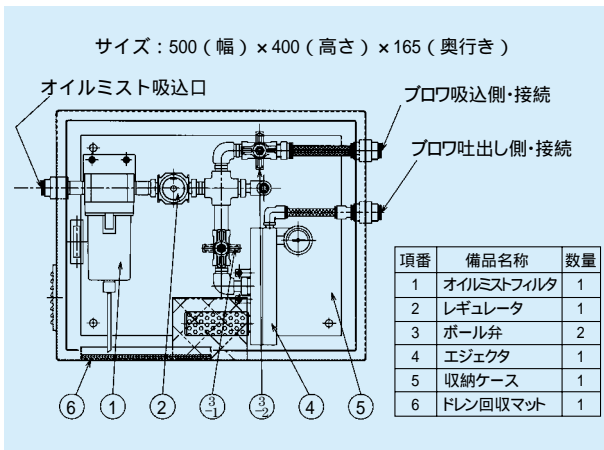


図3 機器構成
Fig. 3 Equipment configuration

項番	備品名称	数量
1	オイルミストフィルタ	1
2	レギュレータ	1
3	ボール弁	2
4	エジェクタ	1
5	収納ケース	1
6	ドレン回収マット	1

個別給油方式の場合、主に各軸受に給油されたオイルが主油タンクに戻る途中の戻油集合管より吸引することで、一箇所の吸引口でありながらこの配管で連通されている全ての軸受箱内を吸引することができる。

同様に集中給油方式の場合、各ブロワの集合排油配管より吸引する方法、オイルバス給油方式においては各軸受箱より直接吸引する方法が採用できる。

個別給油方式および集中給油方式の場合の吸引方法概要を図5に、オイルバス給油方式の場合の吸引方法概要を図6に示す。

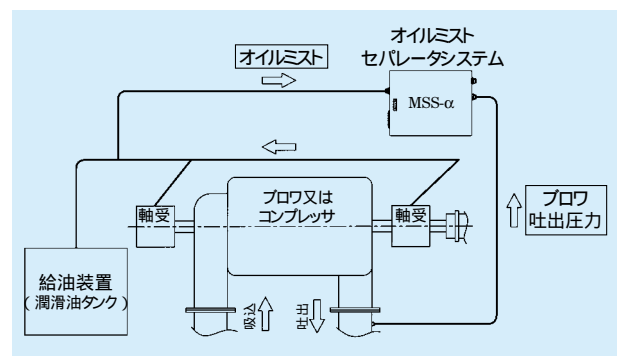


図5 個別および集中給油方式吸引方法概要
Fig. 5 Outline of method for suction of individual and intensive oil supply system

5. オイルミストセパレータシステムの実証試験

本システムの実証試験を個別給油方式のブロワと、オイルバス給油方式のブロワについて行った。

個別給油方式の場合、各軸受箱内の圧力は外気と一緒に粉塵を吸い込むことを極力防ぎたいため、必要以上に吸引力を大きくする必要はなく、ミスト吸引ファン設置時の事例から-50Paを目安とした。

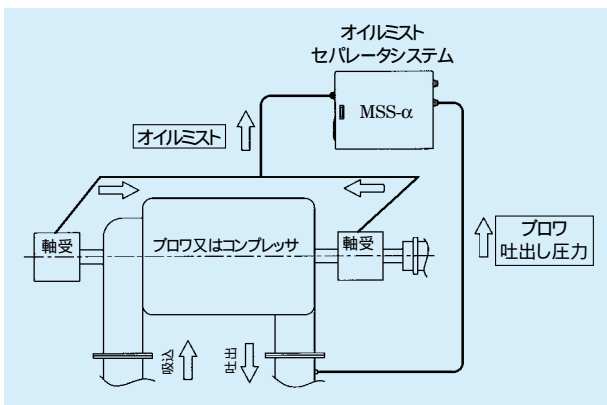


図6 オイルバス給油方式吸引方法概要

Fig. 6 Outline of method for suction of oil bath oil supply system

オイルバス給油方式では、各軸受箱内の圧力を下げすぎた場合、コンスタントレベルオイルの油を吸い出し、軸受箱の油面を必要以上に高くすることがあるため、各軸受箱内の圧力は-10Paを目安とした。

試験結果として、吸引力の制御が難しい、オイルバス給油方式の吸引圧力と吸引流量の関係を図7に示す。両給油方式にてレギュレータの効果を確認する目的で、プロウ吐出し空気圧を変化させた場合の吸引圧力を図8に示す。

軸受箱における吸引圧力を変化させたときの吸引流量の変化はほぼ直線な特性を示し、軸受箱の油切りの構造や隙間により決まると考えられる。

従って、軸貫通部の数に比例し、個別給油方式で電動機の軸受も連通されていれば吸引流量は増加すると考えられる。

一方、各軸受箱の吸引状況としては、プロウ吐出し空気圧が大きく変動しても吸引圧力が安定していることを示し、レギュレータの設定により常に安定した所定の吸引圧力を維持できることが確認できた。

ミスト吸引ファン設置の事例や、今回の試験結果から軸受箱内の負圧については、集中給油方式は-50Pa、個別給油方式も-50Pa、オイルバス給油方式については-10Paを目安としたが、今後の運用実績により見直しも視野に入れ検討することも考えている。

6. おわりに

軸受箱や増速機ケースからのオイルミスト放出は、時には油漏れと区別が付かないこともあり、数々の対策を試みてもなかなか効果が現れず、この問題の解決にかなりの費用と時間が必要であった。

この対策としてミスト吸引ファンを設置した場合、装

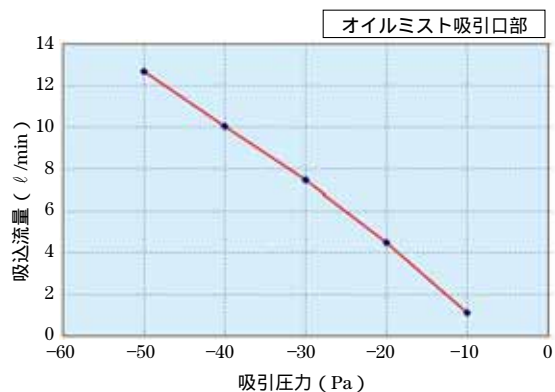


図7 吸引圧力と吸引流量

Fig. 7 Suction pressure and suction flow rate

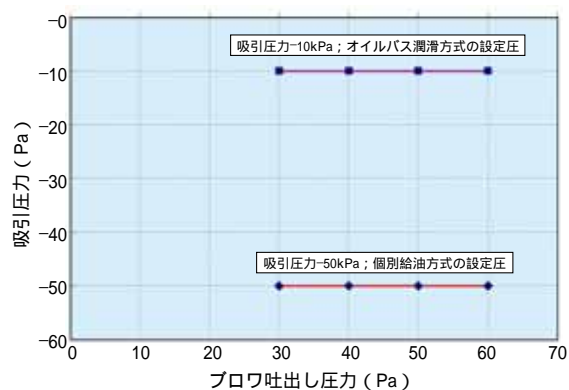


図8 吐出し圧力と吸引圧力

Fig. 8 Outlet pressure and suction pressure

置の運転制御盤、電源設備などが必要となり、既存設備への設置には大きな費用がかかる。

今回紹介したミストセパレータシステム「MSS-α」は、ほんの少しの空気供給源があれば十分にミスト吸引効果を発揮することができた。

既存設備への設置も、電気工事を必要とせず安価である。

今後、環境対策、安全対策、オイルミスト放出対策、油漏れ対策の切り札として、多くのプロウやコンプレッサなどに採用されるよう努力すると共に、更なる新技術を開発し、環境問題に挑戦し続ける所存である。

<筆者紹介>

鈴木 実：1968年入社、運転検査部門、ファン、プロウの機器設計業務を経て、現在、プラント建設部 システム設計グループ グループリーダー。

市川邦彦：1990年入社、ファン、プロウの機器設計業務に従事、現在、気体機械設計部 気体機械グループ 主任。

減速機搭載型二重反転式立軸軸流ポンプ

富松重行 吉野 眞 野村忠充

Reduction Gear-mounted Vertical Axial-flow Counter Rotating Pump

By Shigeyuki Tomimatsu, Makoto Yoshino, and Tadimitsu Nomura

It is well known that fluid loss is reduced by using the axial-flow counter rotating impeller, and this technique has been mainly applied to vessels. Recently, some researches, which are applied this technique to pumps, are mainly conducted in academic organizations. In the result, it is found that the axial-flow counter rotating pump is superior to conventional pumps in range of partial flow rates. This feature is meaningful in the siphon pump station, which is suggested for the purpose of decreasing construction costs in recent years. In addition, by mounting the reduction gear box on the vertical axial-flow counter rotating pump, it is possible to downscale the pump and the station. In this paper, configuration, features, and siphon formation of the reduction gear-mounted vertical axial-flow counter rotating pump are reported.

1. はじめに

前段羽根で発生した流体エネルギー損失分を後段羽根で回収することにより省エネルギー化を図る二重反転式羽根車の技術はよく知られており、船の推進用プロペラなどに用いられている⁽¹⁾。近年、この二重反転式羽根車の技術はポンプに応用され、種々の報告が行われている。しかしながら、それらの報告のほとんどはポンプの高効率化に関するもので、前段羽根車と後段羽根車のマッチング、羽根車の形状、回転速度制御などについて述べられているが、実際の機場への提案を前提とした報告はほとんど行われていない^{(2)~(5)}。

当社ではこれまでに、主にチューブラ機場への適用を目的とした二重反転式横軸軸流ポンプを開発し、その性能について調べてきた⁽⁶⁾⁽⁷⁾。ここで、単段軸流ポンプ、単段斜流ポンプ、および二重反転式軸流ポンプの特性を整理するために、**図1**に $n_s=1,200$ [min⁻¹、m³/min、m]相当の各々のポンプ特性の概略を示す。ここで、図中の下付き添え字₀が付いたパラメータは最高効率点における全揚程、ポンプ効率、軸動力、吐出し量をそれぞれ表す。

まず、単段軸流ポンプの場合であるが、吐出し量 Q/Q_0 が0.7以下の部分流量域では旋回失速、さらには逆流が発生して運転不可能となり、その結果揚程曲線が不安定特性を示す。したがって、運転可能範囲が吐出し量 Q/Q_0 で0.7以上に制限されることは良く知られている。

次に単段斜流ポンプの場合であるが、軸流ポンプほど

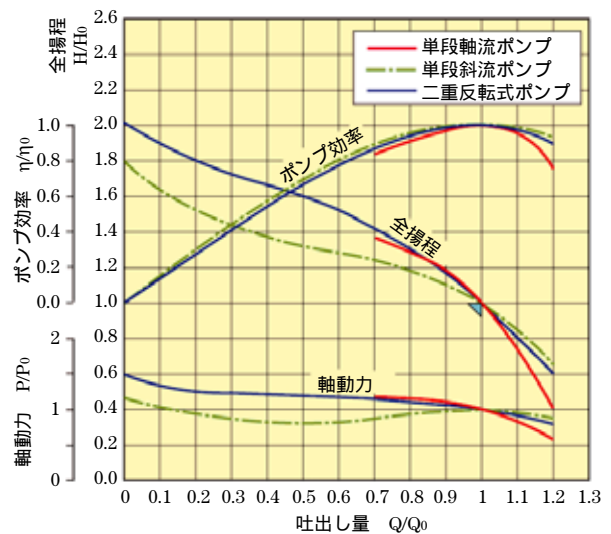


図1 ポンプ特性の比較

Fig. 1 Comparison of pump characteristics

顕著ではないが、特に高比速度の斜流ポンプでは吐出し量 Q/Q_0 が0.5~0.7となる範囲で右上がり特性を示す場合がある。

これに対して二重反転式軸流ポンプの場合、軸流ポンプや斜流ポンプに見られる部分流量域での不安定特性は見られない。さらに、部分流量域において、単段斜流ポンプの場合と比較して揚程は相対的に高いことがわかる。著者らは、二重反転式立軸軸流ポンプ (Vertical Axial-

flow Counter Rotating pump、商品名：V-Acro）を開発するにあたってこれら二点の特長に着目した。

二重反転式軸流ポンプが示す部分流量域で右上がり特性のない安定した揚程曲線は、コスト縮減を目的として提案されているサイホン機場向けのポンプに適した特性であると考えられる。また、部分流量域において単段斜流ポンプよりも二重反転式立軸軸流ポンプのほうが揚程が相対的に高くなることから、斜流ポンプの場合と比較して、サイホン運転時の系統抵抗を容易に超えることができると考えられる。また、エネルギー損失が少ないので従来の立軸ポンプよりも小口径で仕様点流量が確保でき、ポンプ本体の小型化が可能となる。さらに、著者らがこれまでに開発した減速機搭載型立軸ポンプの技術を併用することにより、さらなる機場の省スペース化やコンパクト化を図ることが可能となり、結果として機場のコスト縮減につながると考えられる⁽⁸⁾。

本報では、今回開発した主にサイホン機場向けの減速機搭載型二重反転式立軸軸流ポンプの構造、特長、およびサイホン形成について報告する。

2. 構造および特長

2-1 ポンプの構造

図2にV-Acroの構造図を示す。図に示すようにポンプは大きく分けて、減速機搭載エルボ、外側軸、内側軸、前段羽根車、後段羽根車、揚水管、ケーシングからなる。モータから伝達された動力は、減速機内で分配されて外側軸と内側軸を回転させる。ここで、外側軸および内側軸は、それぞれ二本の軸を連結して一軸となる構造になっている。また、減速比は約1:1.5とした。中空軸構造の外側軸と内側軸の間は潤滑油（ISO VG 32相当のタービン油）で満たされており、内側軸が前段羽根車を、外側軸が後段羽根車をそれぞれ回転させる。本ポンプを開発するにあたって使用した羽根は、二重反転式横軸軸流ポンプを開発した際に採用したものと同一のものである⁽⁶⁾⁽⁷⁾。ポンプの設計仕様は、流量 $Q=14.0\text{m}^3/\text{min}$ 、二段分の全揚程 $H=4.8\text{m}$ 、回転速度 $N=1,000\text{min}^{-1}$ （前段羽根車、後段羽根車ともに同じ回転速度）、二段分の比速度 $n_s=1,150 [\text{min}^{-1}, \text{m}^3/\text{min}, \text{m}]$ （一段あたりの比速度 $n_s \approx 2,000$ ）である。羽根枚数は前段、後段ともに三枚である。また、ポンプの口径は300mmである。

2-2 ポンプの特長

図3にV-Acroと $n_s=1,200$ 相当の斜流ポンプの性能比較図を示す。図中の印はV-Acroの特性を、印は斜流ポンプの特性をそれぞれ示す。また、図の紫色の破線はサイホン運転時の系統抵抗を表しており、サイホンを形成するためにはポンプの揚程がこの系統抵抗より高くなる

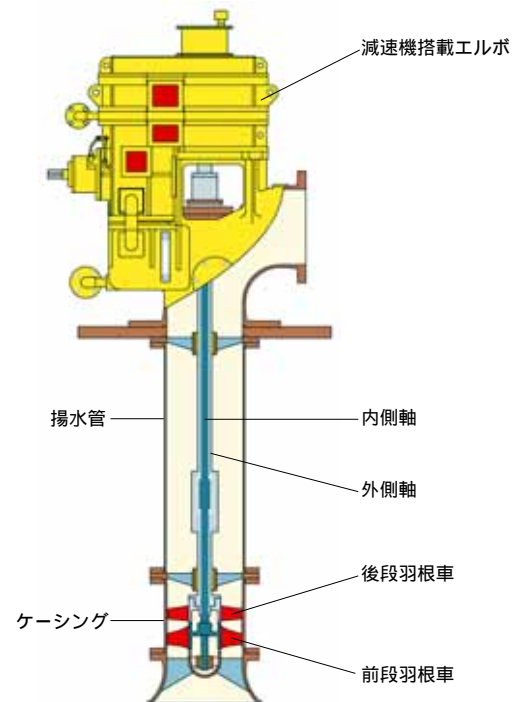


図2 V-Acroの構造

Fig. 2 Configuration of V-Acro

必要がある。

部分流量域における軸動力は、斜流ポンプよりもV-Acroのほうが大きくなっている。また、部分流量域におけるポンプ効率も斜流ポンプのほうがV-Acroよりも高い傾向を示している。しかしながら、部分流量域における揚程曲線に着目すると、締切運転点付近を除いてはV-Acroのほうが斜流ポンプよりも高く、かつ右上がり特性のない安定した傾向を広範囲にわたって示している。

次に、経験的に知られている完全サイホン形成が可能な最小の水路断面平均流速、すなわち限界流速 1m/s 前後の部分流量域⁽⁹⁾⁽¹⁰⁾に着目すると、斜流ポンプの揚程はサイホン形成時の系統抵抗よりも低くなっており、結果としてサイホンを形成することができないことがわかる。これに対してV-Acroの場合は、サイホン形成時の系統抵抗よりも高揚程となっており、問題なくサイホンを形成できることがわかる。

最後に、締切運転点において、静翼付きの単段軸流ポンプで見られる締切圧力および軸動力の急上昇は見られない。

3. V-Acroによるサイホン形成

3-1 サイホン試験装置

図4にサイホン試験に使用した試験装置の概略を、図5に工場試験時の模様を示す。サイホン試験は、図に示

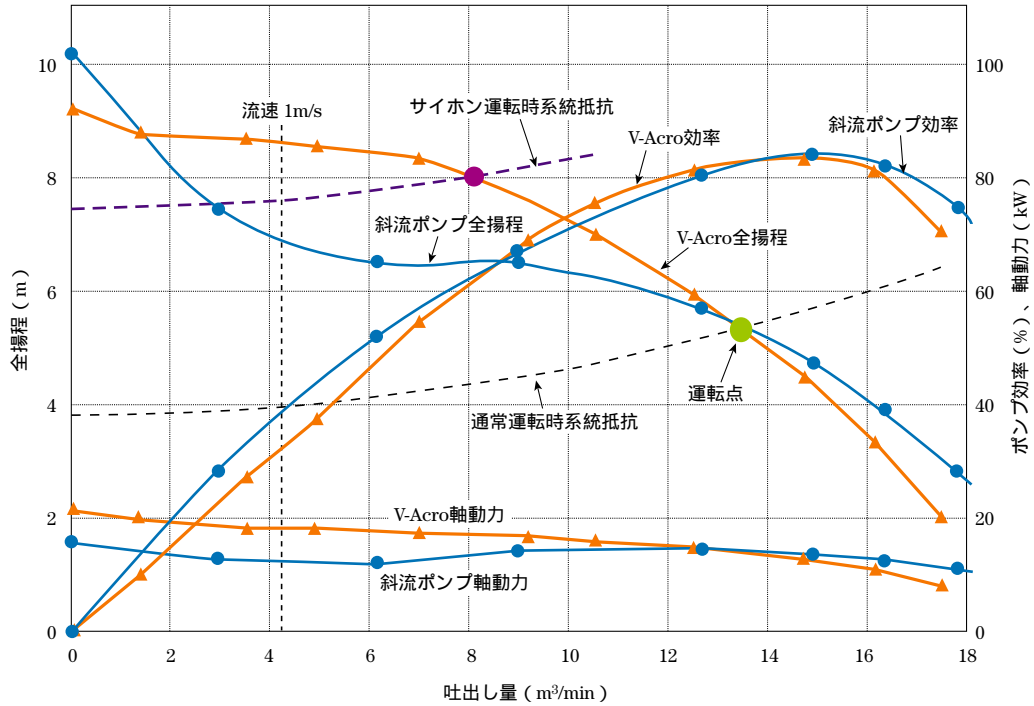


図3 V-Acroと斜流ポンプの性能比較

Fig. 3 Characteristics comparison between V-Acro and mixed flow pump

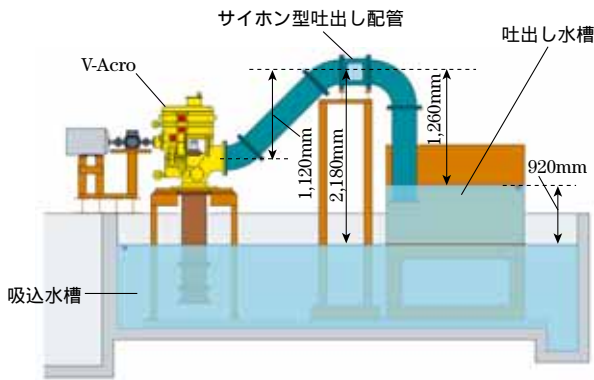


図4 サイホン試験装置

Fig. 4 Experimental apparatus of siphon test



図5 工場試験時の模様

Fig. 5 Experimental appearance in shop

すような山なりのサイホン型吐だし配管を使用して行った。減速機が搭載されたエルボの吐だし口を出た水は45°エルボを通過してループの頂上に達し、吐だし水槽内に流れ込む。ループの頂上に設置した窓付き配管は、内部にアクリルの円管を取り付けた二重構造となっており、内部の流動状態が観察できる構造となっている。吸入水槽水面と吐だし水槽水面との水面位置の差は920mmである。また、ループ頂上に設置した窓付き配管の中心軸から吸入水槽水面までの距離は2,180mm、吐だし水槽水面までの距離は1,260mm、吐だしエルボの管中心軸までの距離は1,120mmである。

なお、ここではV-Acroでサイホン形成ができるか否かを確認することを目的としているので、サイホン現象そのものについては議論しない。サイホン形成の有無の確認は、V-Acroの吐だしエルボとサイホン型吐だし配管の管頂に取り付けた圧力計のデータを用いて行った。

3-2 サイホン形成の確認

図6にV-Acroによるサイホン形成時間を示す。図中の時刻0sはポンプの起動時刻を表す。ここで、圧力サイホン形成開始時刻および完全サイホン形成開始時刻の定義は次のとおりである⁽¹⁾。

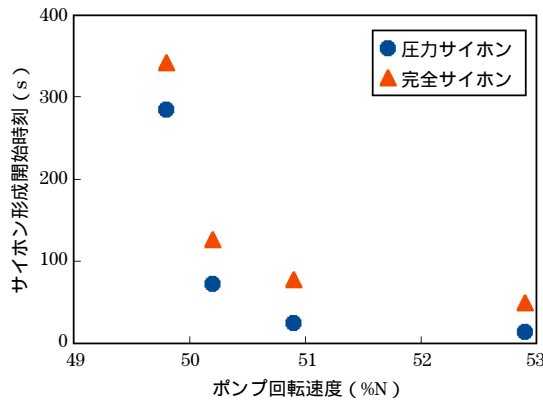


図6 サイホン形成開始時刻とポンプ回転速度の関係

Fig. 6 Relationship between start time of siphon formation and rotating speed of pump

- (1) 圧力サイホン形成開始時刻：吐出し圧が急激に低下し始める時刻
- (2) 完全サイホン形成開始時刻：吐出し圧が一定値に漸近し始める時刻

通常サイホン形成時間は管内流速との関係でまとめられるが、前述のように、ここではサイホン現象そのものではなくV-Acroでサイホン形成ができるか否かに焦点を当てているので、ポンプ回転速度を使って簡単に分類する。図の横軸は定格回転速度 ($N=1,000\text{min}^{-1}$) に対するポンプ回転速度の比率を表す。

図より、今回の試験条件では、ポンプ回転速度が49.8%Nから52.9%Nの範囲でサイホンを形成できていることが確認できた。この他に48.7%Nの条件でサイホン形成確認試験を行ったが、この条件でサイホン形成は確認できなかった。

4. おわりに

減速機搭載型二重反転式立軸軸流ポンプ(V-Acro)を開発した。限界流速として知られている 1m/s 前後の部分流量域に着目すると、V-Acroのほうが $n_s=1,200$ 相当の斜流ポンプよりも高揚程で、かつ右上がり特性のない安定した

傾向を示した。また、この部分流量域において、V-Acroの揚程はサイホン形成時の系統抵抗よりも高くなった。

さらに、サイホン型吐出し配管を有した試験ループを使用して実験を行い、問題なくサイホンを形成できることを確認した。

<参考文献>

- (1) 大谷・ほか5名、大型商船用新二重反転プロペラシステム軸系装置の開発 軸出力一万馬力相当実機モデル試験、川崎重工技報、132、(1997) 8-13.
- (2) 大嶋・武田、二重反転軸流ポンプの性能に関する研究、ターボ機械、29-8、(2001) 482-489.
- (3) 古川・ほか4名、二重反転軸流ポンプに関する実験的基礎研究、機論、67-657、B(2001) 1184-1190.
- (4) 重光・ほか3名、二重反転軸流ポンプの後段羽根車設計に関する実験的考察、ターボ機械、31-2、(2003) 84-90.
- (5) 大場・ほか3名、相反転方式軸流ポンプの羽根車設計変更による性能比較、機構論、No.04-25、(2004) 834.
- (6) 田中・ほか3名、二重反転軸流ポンプの開発(第1報)、電業社機械、25-2、(2001) 18-21.
- (7) 田中、二重反転軸流ポンプの開発(第2報)、電業社機械、26-2、(2002) 10-13.
- (8) 佐藤・ほか3名、歯車減速機搭載型立軸ポンプ、ターボ機械、27-6、(1999) 348-354.
- (9) Y. Mimura and S. Saito, Characteristics of Siphon Piping in Discharge Conduits of Large Pumps, China-Japan Joint Conf. On Hydraulic Machinery and Equipment, Hangzhou, China, (1984).
- (10) 永吉・ほか3名、サイホン吐出し水路の空気排出特性予測手法の開発、ターボ機械、31-2、(2003) 104-110.
- (11) 浦西、池澤、実機によるサイホン形成流速の確認とその予測、電業社機械、28-2、(2004) 14-20.

<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。博士(工学)

吉野 眞：1973年入社。ポンプ本体設計を経て、ポンプおよび関連機器の開発に従事。現在、技術研究所部長。

野村忠充：1981年入社。ポンプの設計業務を経て、ポンプの研究開発に従事。現在、技術研究所 研究グループ 主任。

川崎重工業株式会社殿経由バーレーン電水省殿向け 海水淡水化設備用高压ポンプ

北原 敏喜 岩本 友秀

High Pressure Multistage Pumps for AD DUR Desalination Plant

By Toshiki Kitahara and Tomohide Iwamoto

Providing “sea water” from intake at clean area of the sea to the Desalination Plant and producing “fresh water”, that is a very practical system in those Middle East countries or isolated islands where natural water resources were limited. In these days many huge desalination plants have been constructed successively and are working, especially in the countries rich in petroleum and natural gas. “Reverse Osmosis Membrane System(RO System)” is known as one of efficient desalination methods, that is using specialized membrane whose function is to filter the seawater, that is boosted-up to high pressure, to “fresh water” and “brine”. Recently, DMW supplied 4(four)units of RO High Pressure Pumps, the biggest model ever made, to AD DUR Desalination Plant in Bahrain through KAWASAKI HEAVY INDUSTRIES, LTD. After the test run of these pumps were finished successfully at site in May 2005, they are operating satisfactorily to produce “fresh water”.

1. はじめに

海水を取水して淡水を生産する海水淡水化施設は、主として天然水が乏しい中東諸国や離島などの地域で採用されている。特に海外においては、産油国を中心として大形海水淡水化施設が続々建設され稼動中である。

海水淡水化の方法としては、海水を加熱する多段フラッシュ蒸発法と、加圧した海水を特殊な膜に供給し脱塩する逆浸透膜法（RO法：Reverse Osmosis Membrane System）がある。

今回、バーレーン電水省水処理施設改修工事において、川崎重工業株式会社殿経由でRO高压ポンプ4台を受注し製作・納入した。同ポンプは当社が過去に製作したRO高压ポンプの中で最も大容量であり、本年5月初旬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

今回の海水淡水化施設は、1992年に英国と韓国のプラントメーカーが共同で建設した造水量4.5万t/dの設備である。図1に本施設のシステムフロー図を示す。本施設は、取水・調整・加圧・逆浸透膜淡水化の順に進むシステムとなっている。今回のポンプでは、既設ポンプ（他社製）の老朽化にともない、既設ポンプに発生していたトラブ

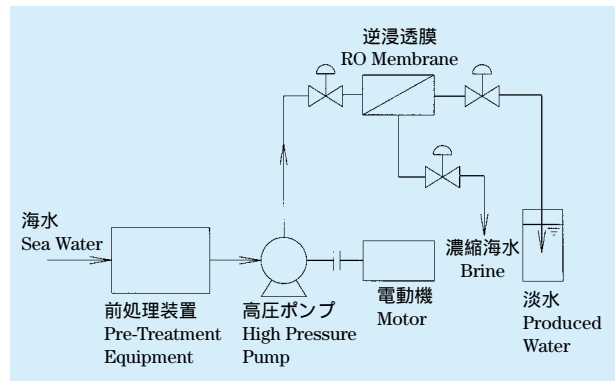


図1 RO法のシステムフロー図
Fig. 1 Flow diagram of the RO plant

ルの解消が主な命題であった。

3. ポンプ仕様

表1にポンプの仕様を示す。

4. ポンプの構造と特徴

RO高压ポンプは、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。

表1 ポンプ仕様
Table 1 Pump specifications

項目	仕様
形式	横軸水平二つ割形多段渦巻ポンプ DMF-SPK5
口径	吸込250×吐出200mm
吐出量	677m ³ /h
全揚程	748m
回転速度	2,970min ⁻¹
液質	海水
液温	39
電動機出力	1,950kW
台数	4台

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。

4-1 適用規格

ポンプはAPI610-8th（アメリカ石油工業規格）を適用し設計・製作した。

4-2 ポンプの構造と特徴

図2にポンプの構造図を示す。また、ポンプの構造と特徴を以下に述べる。

(1) ケーシング

多段形のポンプケーシングは水平二つ割り構造とし、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、海水ポンプ特有の耐隙間腐食性に優れたスーパーオステナイト系ステンレス鋼（ASTM A743、CK-3McU-N）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、バランス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。

(4) 軸受

軸受は、ラジアル軸受を分解点検の容易な二つ割形すべり軸受とし、スラスト軸受はアンギュラ形玉軸受である。

(5) 軸封

軸封は、ユーザの指定により、既設ポンプの構造に合わせてグランドパッキン方式とした。また、直接ケーシング内部の海水が軸封部から外へ漏れないように、グランドパッキン奥側に外部圧力水（清水）を注水する構造としている。

4-3 設計上の留意点

(1) ケーシングの強度解析

ケーシングのFEM応力解析およびケーシング内部圧力による変形解析を行い、今回の材質・圧力に対してケーシング各部での最適な肉厚を求め、実機に反映した。図3にケーシング応力解析の一例を示す。

(2) 軸系の安定解析

API610-8thの規定によるポンプ回転体の軸振動解析を行い、ポンプ回転体の安定性を確認した。

(3) 吸込管内の流れ解析

ポンプは既設設備の更新であったため、設置スペースの制約からポンプ吸込配管形状を自由に決定することができなかった。従って、吸込配管内の流れ解析を行い、流れの偏流・剥離・渦の発生がポンプ性能に影響を与えないレベルになるよう形状を決定した。

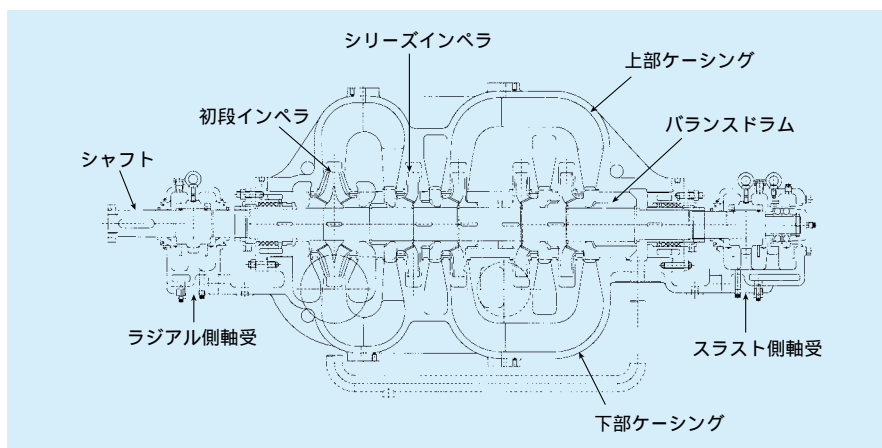


図2 ポンプ構造図

Fig. 2 Sectional view of the pump

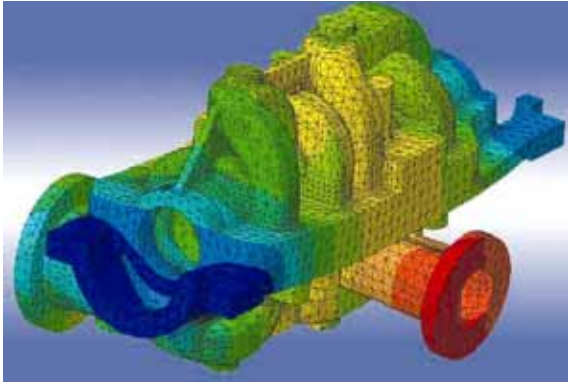


図3 ポンプケーシングFEM解析
Fig. 3 FEM analysis of the pump casing

5. 社内試運転結果

ポンプは2004年12月から2005年2月にかけて、4台の社内試運転及び客先立会検査を実施し合格となった。図4に社内性能試験中のポンプ外観を示す。また、図5にポンプ性能試験結果を示す。



図4 社内試運転
Fig. 4 Shop performance test

6. 現地試運転結果

2005年5月初旬、現地主配管の更新工事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。

図6は、現地で稼働中の写真を示す。

7. おわりに

RO高圧ポンプは、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高い水平二つ割形ケーシングが採用されるケースが多い。当社では従来より水平二つ割形を高圧ポンプの標準としており、この用途にマッチしている。

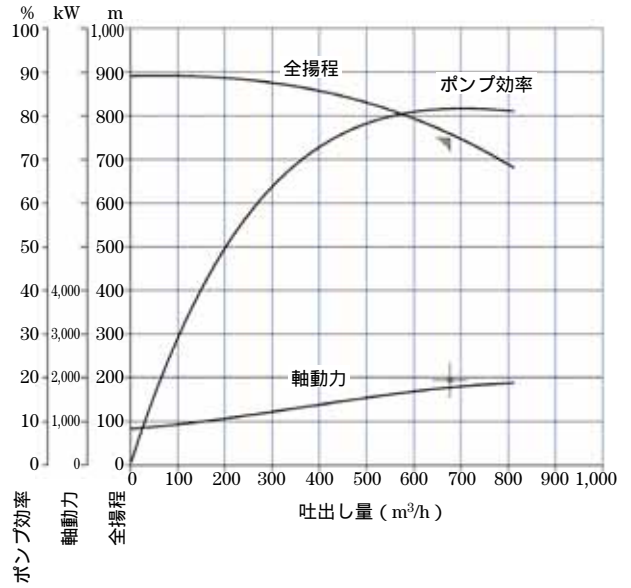


図5 性能曲線
Fig. 5 Pump performance curve



図6 現地稼働中のポンプ
Fig. 6 View of high pressure pump at site

各地の海水淡水化施設では、新規施設の建設と共に、施設更新の時期を迎えており、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。

最後に、本ポンプの設計・製作にあたり、終始適切な助言をいただいた川崎重工業株式会社殿、および関係者の方々に厚く御礼申し上げます。

<筆者紹介>

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 水力機械 - 2グループ グループリーダー。

岩本友秀：2003年入社。プロセス用ポンプの設計に従事。現在、水力機械設計部 水力機械 - 2グループ。

大阪市都市環境局 津守下水処理場向け污水ポンプ設備

廣瀬不二男 森下日左夫

Sewage Pump Equipment for Tsumori Sewage Treatment Plant of Osaka City Environment and Sewerage Bureau

By Fujio Hirose and Hisao Morishita

Tsumori sewage treatment plant, which was constructed in Osaka city first, started operation in 1940. It has passed for 65 years in 2005. This time, the sewage treatment plant was scrapped and reconstruction, so DMW supplied adjustable vane pump equipments with high energy-saving effect, and they have been beginning operation from April 2005.

This paper introduces about the features of equipments, and the pump operation control.

1. はじめに

大阪市の下水道の歴史は古く、豊臣秀吉による大阪城築城に伴い碁盤の目状に道路と共に下水溝が掘られ、まちづくりの基本となった。この下水溝は「背割下水」あるいは秀吉にちなみ「太閤下水」と呼ばれている。

また、近代的下水道事業は、明治27年（1894年）に始められ、昭和15年（1940年）に大阪市で最初の津守、海老江の下水処理場が通水し、商工業の発展に伴う人口増加により、12ヶ所の下水処理場と56ヶ所の抽水所（ポンプ場）や約4,800kmにおよぶ管路網の整備を行い普及率はほぼ100%に達している。さらに平成11年（1999年）に策定された「大阪市水環境計画」による良好な水環境の創出を目標として平成13年度より「第9次下水道整備5か年計画」に基づき、合流式下水道の改善のための施設整備や老朽化した施設の改築、更新が進められている。本文では施設の更新に伴い下水道ポンプに求められる省エネルギー効果の高いポンプとして可動羽根ポンプを導入し、平成17年4月に供用開始に至った津守下水処理場の污水ポンプ設備について紹介する。

2. 機場の概要

津守下水処理場は、大阪市西部の木津川の左岸に位置し、処理区域は、浪速区の全域と中央区、西区、西成区の大部分および北区、天王寺区、阿倍野区の一部の1,962haに及び、363,000m³/日の処理能力を有する施設である（図1参照）。

下水処理方法としては通水当初から標準活性汚泥法に



図1 下水処理区と下水処理場（黒丸）
Fig. 1 Treatment area and location of sewage treatment plants

よる処理を行っており、現在では一部の下水は接触酸化法による処理を行うとともに、残りの下水の処理については嫌気好気活性汚泥法への高度処理へ転換を行った。

ポンプ設備については、第1ポンプ室から第5ポンプ室まで分散して配置されていた27台のポンプ設備を新ポンプ棟に統合し、雨水ポンプ設備では能力の増強を行ない平成15年（2003年）4月供用開始した。また、污水ポンプ設備では昭和15年に第1ポンプ室へ設置され、65年

にわたり大阪市の発展を担ってきた両吸込渦巻ポンプを始めとする5台の汚水ポンプ（雨水兼用含む）を、可動羽根ポンプ3台を含む5台のポンプに更新し、処理施設を継続運用しながら平成17年4月に供用開始した（図2参照）。



図2 新ポンプ棟と第1ポンプ室の汚水ポンプ

Fig. 2 New pump station and Sewage pump in the first pump room

3. 汚水ポンプ設備

3-1 汚水ポンプの仕様

汚水ポンプの仕様を表1に、機械式可動羽根ポンプの外観を図3に示す。

表1 汚水ポンプ仕様
Table 1 Pumps specification

機器名称	No.1、2 汚水ポンプ	No.3 汚水ポンプ	No.4、5 汚水ポンプ
形式	立軸渦巻斜流ポンプ (機械式可動羽根)		立軸渦巻斜流ポンプ
口径	1,000mm	1,200mm	1,800mm
吐出量	140m ³ /min	210m ³ /min	450m ³ /min
全揚程	17.0m	17.0m	17.5m
流量制御範囲	20%~100%	20%~100%	-
回転速度	508min ⁻¹	440min ⁻¹	295min ⁻¹
動力	520kW	770kW	1,650kW
台数	2台	1台	2台

3-2 汚水ポンプの特徴と構造

図4に汚水ポンプ室平面、図5に汚水ポンプ室断面を示す。



図3 機械式可動羽根ポンプ外観

Fig. 3 Appearance of adjustable vane pump with mechanical adjusting mechanism

- ① No.1～No.3汚水ポンプは、機械式可動羽根を採用し、汚水流入量の変動に対して幅広い運転範囲で制御可能であり、運転効率が高いため省エネルギーに寄与する。
- ② No.4、No.5汚水ポンプは、固定羽根で吐出側のバルブの操作により汚水送水と雨水排水を行なう。
- ③ ポンプは、ケーシングを取り外すことなく、回転体の吊上げ、分解が可能である。
- ④ 大型の3床式ポンプであるが、オーバーホール時に中間軸受架台と電動機架台を取り外すことなく回転体を引き出すことが可能である。
- ⑤ ポンプの軸受は、軸受台にスラストおよびラジアル軸受が組み込まれ、潤滑はオイル潤滑式を採用し、スラスト軸受は外部注水による水冷式を採用している。
- ⑥ 軸封は、メカニカルシール方式とし、外部注水にてシールを行っている。また、摺動部品は、取替えが容易な二つ割形としている。
- ⑦ 可動羽根の操作方法は、機械式を採用し、電動アクチュエータを駆動装置として使用している。また、潤滑油の冷却は、外部注水による水冷式としている。
- ⑧ インベラボス内の潤滑材には、環境対策を考慮し

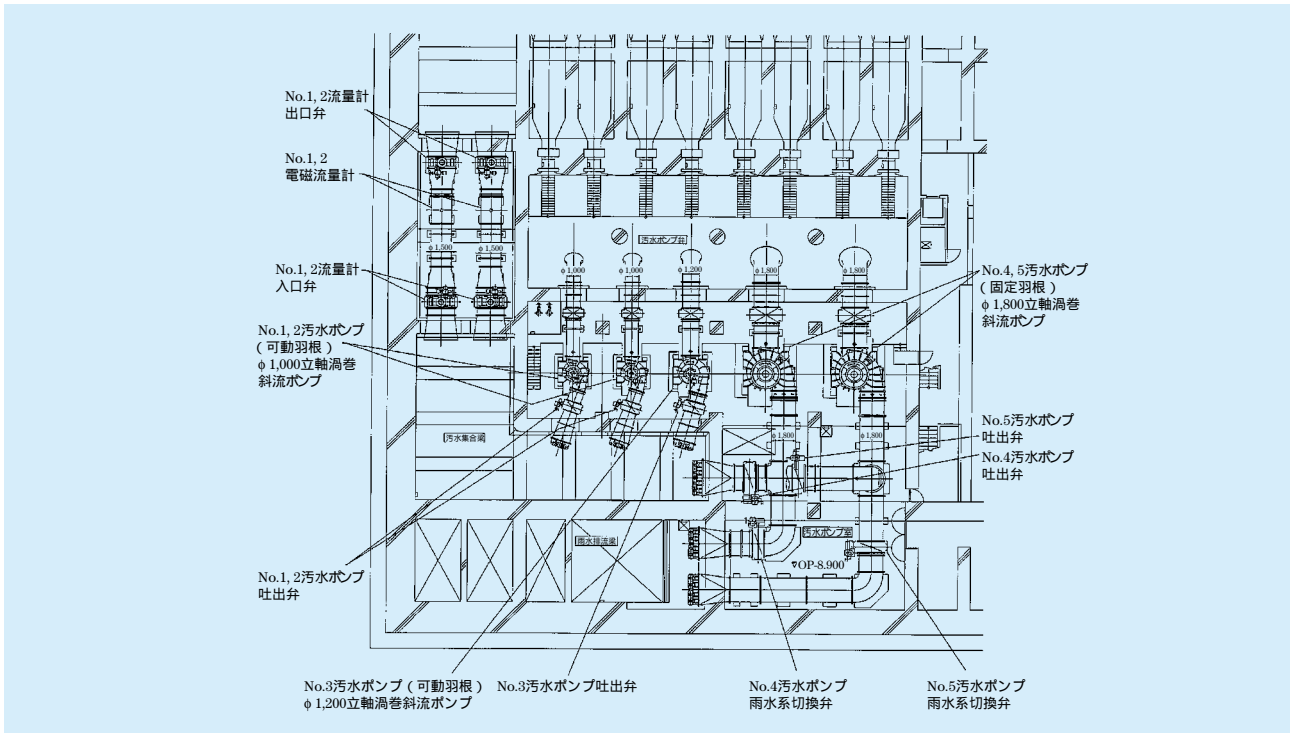


図4 汚水ポンプ室平面図
Fig. 4 Plain view of sewage pump room

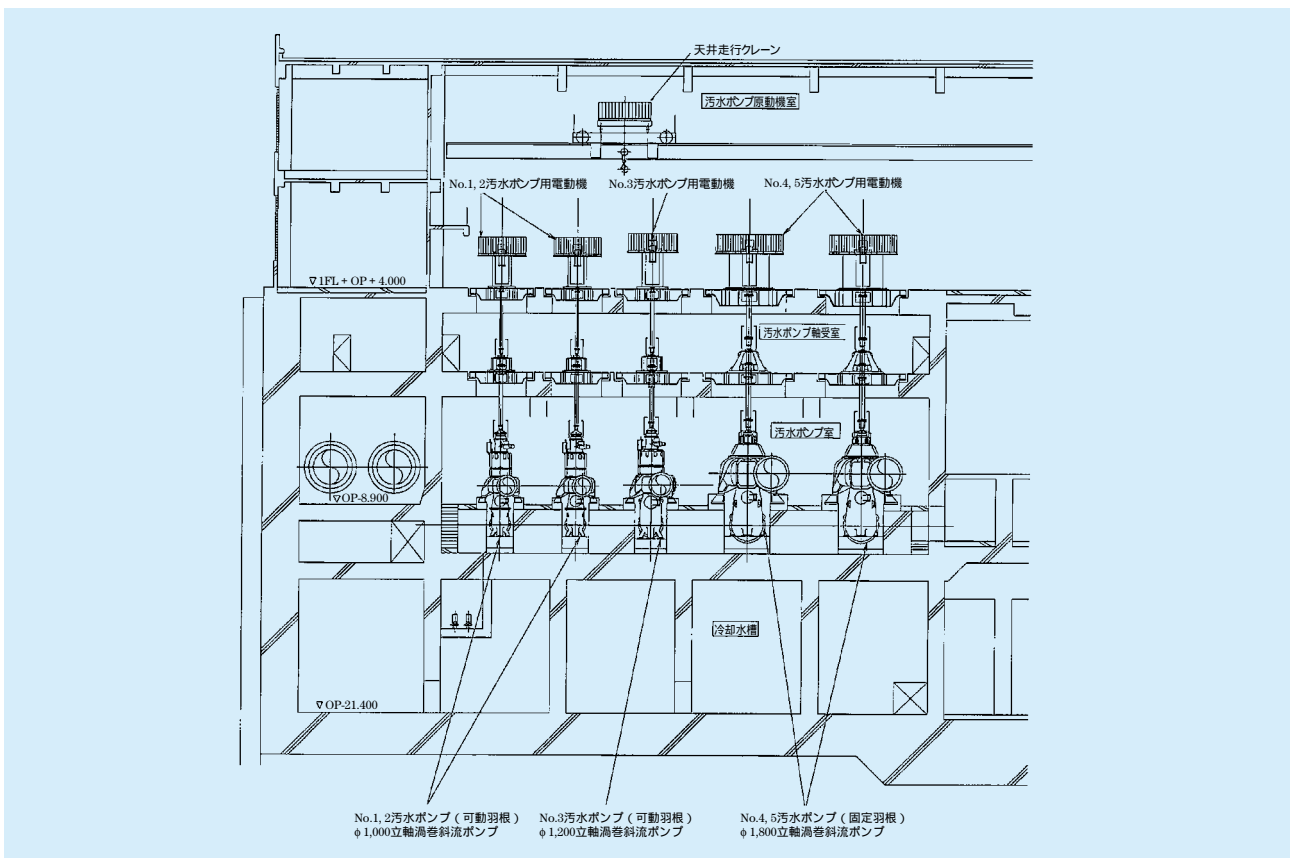


図5 汚水ポンプ室断面図
Fig. 5 Sectional view of sewage pump room

た水グリコール系高含水作動液を封入している。

図6に機械式可動羽根ポンプの構造を示す。

4. 汚水ポンプの流量制御方式について

下水処理場の汚水ポンプは、年間の稼働時間が長く、通常時における汚水流入量の変動が大きいことから、運転、停止の頻度が少ない安定したポンプの運転を行うためには流量制御可能なポンプシステムが必要である。

4-1 流量制御の方法

本機場では流量制御方式として、可動羽根ポンプによる羽根角度制御と台数制御の組合せが採用されている。

全揚程に占める配管抵抗の割合が小さい場合では、各羽根角度でポンプ効率の高い点で運転できるためポンプ軸動力が小さくなることから羽根角度制御方式が最も経済的な運転が可能となる。

また、ポンプ吐出流量が台数制御との組み合わせにより広範囲にわたりカバーできることからポンプの運転、停止頻度が少なくなり水処理設備の負荷変動を少なくすることが効果として挙げられる。

図7に汚水ポンプの並列運転特性曲線を示す。

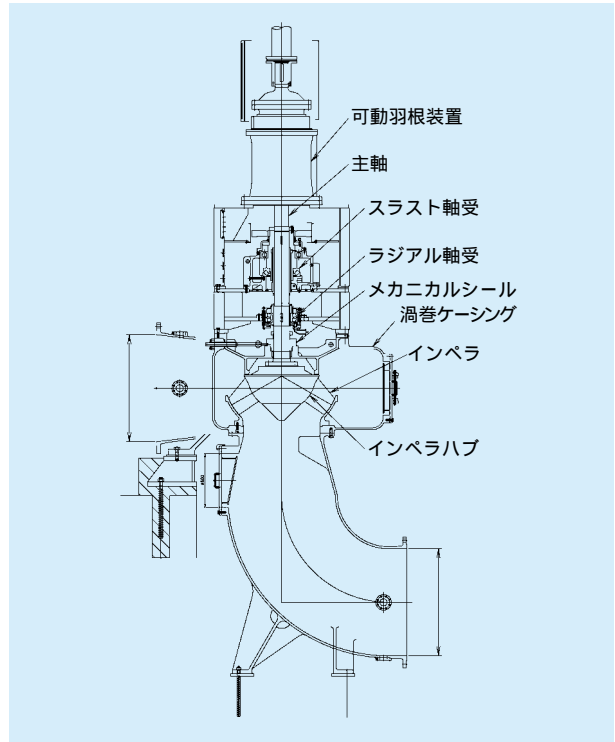


図6 可動羽根ポンプ断面図

Fig. 6 Sectional drawing of adjustable vane pump

運転領域区分	ポンプ運転組合せ				
	1,000mm	1,200mm	1,000mm	1,800mm	1,800mm
	汚水ポンプ 可動羽根	汚水ポンプ 可動羽根	汚水ポンプ 固定羽根	汚水ポンプ 固定羽根	汚水ポンプ 固定羽根
A		x	x	x	x
B			x	x	x
C				x	x
D		x	x		x
E			x		x
F					x
G		x	x		
H			x		
I				x	

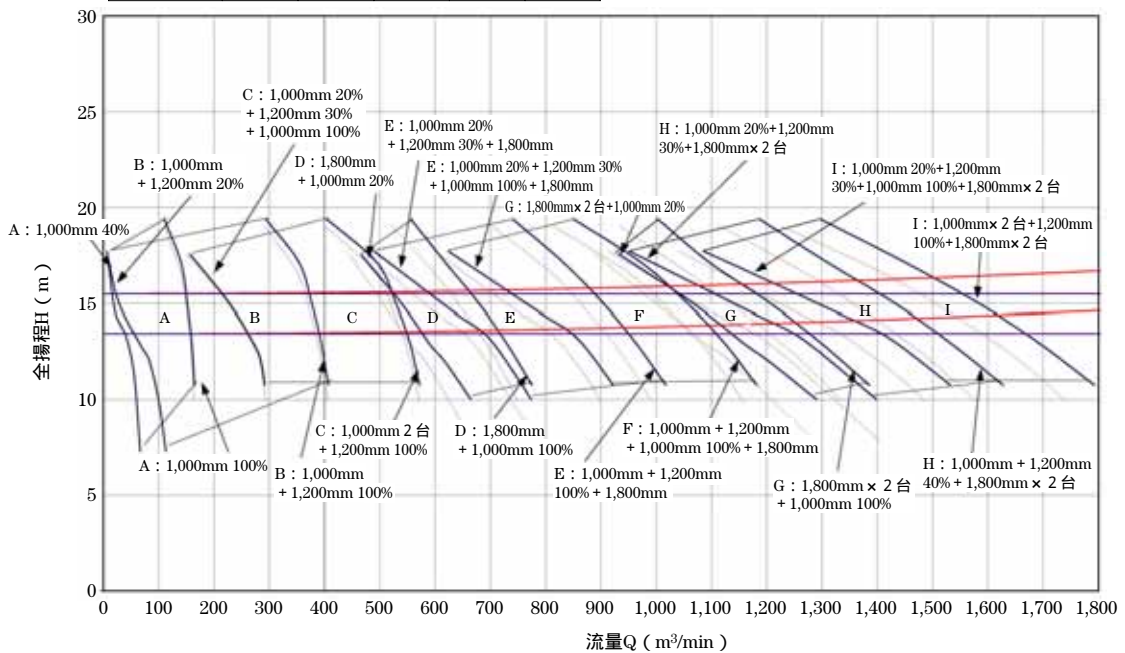


図7 汚水ポンプ並列運転特性曲線

Fig. 7 Characteristic performance curves

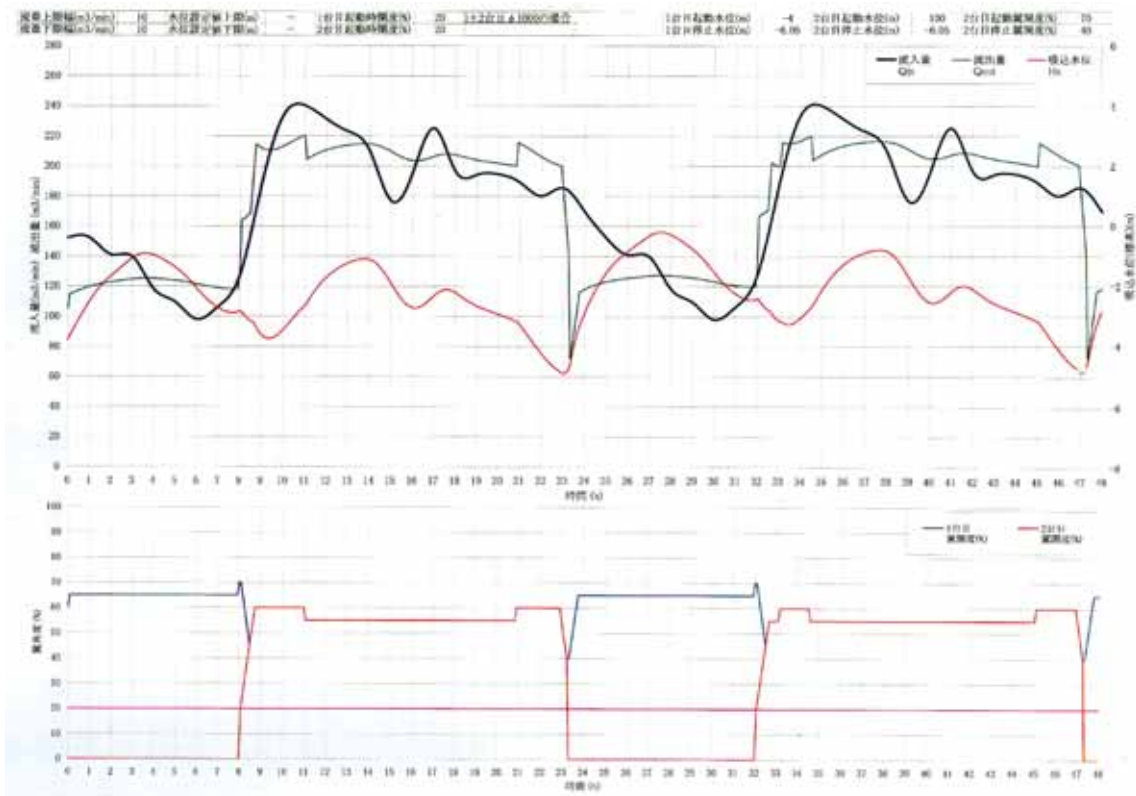


図8 運転パターン図
Fig. 8 Pattern of operation

5. 設備の試運転調整

本工事は、污水ポンプ設備全体の更新工事であるため、既設ポンプ設備から新ポンプ設備への切換えは沈砂池設備や脱臭設備の関連設備工事との連携や、切換え後に設備の停止ができないなどの制約があるため入念なる試運転段階を踏んで切換えを実施した。また、ポンプの制御は、ポンプ井の水位を一定に保つ水位一定制御ならびに最初沈殿池の負荷を一定に保つ吐出流量一定制御が選択できるため、各々の制御について切換え後の初期段階で手動運転にて運転を行ない、ポンプ吐出流量を測定してそのデータを処理場流入量に置換えて制御シュミレーションを行った。

図8に運転パターン図を示す。

このシュミレーションにより水位変動状況、運転台数の変化、水位（流量）設定値の目安を検討した上で、自動制御の試験を実施し良好な結果を得られた。

6. おわりに

以上、津守下水処理場污水ポンプ設備の概要を紹介した。

今後、污水ポンプ設備の効率的な運転を行うために機械式可動羽根ポンプの採用や設備の運転切換えの参考になれば幸いである。

この実績を基に、今後多様化されたニーズに応えていく所存である。

おわりに、本設備の施工にあたりご指導頂きました大阪市都市環境局の関係各位に深く感謝いたします。

<筆者紹介>

廣瀬不二男：1980年入社。各種ポンプの設計を経て機場設計に従事。現在、プラント建設部 システム設計グループ主任。

森下日左夫：1990年入社。各種ポンプの機器設計業務に従事。現在、水力機械設計部 水力機械 - 2グループ 主任。

バイオマス発電所用送風機

勝又一樹

The Fans for the Power Plant Biomass Use

By Kazuki Katsumata

Biomass energy is being watched as a new energy in place of the petroleum energy recently.

Using biomass controls the exhaustion of the resources, and carbon dioxide emission can be reduced, and it is considering having effect with the prevention of a global warming as well.

DMW delivered six fans for the power plant of the biomass use to HOKUETSU PAPER MILLS, LTD.

It is introduced about the outline of the fans and the biomass power plant here.

1. はじめに

近年、石油エネルギーにかわる新エネルギーとして、バイオマスエネルギーが注目されている。「バイオマス」を使用することにより、資源の枯渇を抑制し、CO₂の排出量も削減でき、地球温暖化防止にも効果があるとされている。したがって、バイオマス発電による自家発電設備のプラントは、年々その数を増加している。

今回川崎重工業株式会社殿経由にて、北越製紙株式会社新潟工場殿のバイオマス（黒液）発電所用ソーダ回収ボイラ設備に誘引通風機をはじめとし、2機種 of 押込み通風機、デゾルバー排気ファンなど計6機種の送風機を納入した。

ここにバイオマス発電設備と今回納入した送風機の概要について紹介する。

2. バイオマスエネルギー

バイオマス（生物起源）エネルギーとは、化石資源を除く、動植物に由来する有機物で、エネルギー源として利用可能なものを指す。

このバイオマスの燃焼などにより放出されるCO₂は、生物の成長過程で光合成により大気中から吸収したCO₂であることから、持続的な使い方をすれば、バイオマスは大気中のCO₂を増加させないという特性をもっている。これを「カーボンニュートラル」という。地球温暖化ガスの一つであるCO₂の発生量を抑制することから、石油や石炭などの化石系資源に代替され、地球温暖化防止対策の有効な手段の一つとされる。

バイオマスの種類は多岐にわたり、その分類は生物学的観点から分類、利用・用途による分類、発生源による分類などさまざまである。

分類名称の一例としては

- 製紙業などの過程で排出される産業廃棄物（黒液、木屑チップ、セルロースなど）
- 農業、畜産、水産業の過程で排出される副産物・廃棄物（麦わら、もみ殻、家畜排泄物など）
- 生活系廃棄物（食品廃棄物、下水汚泥、し尿汚泥など）
- エネルギー作物（さとうきび、とうもろこし、なたね油など）
- 建築廃材（建築発生木材、木屑）

などが挙げられる。

図1にバイオマスエネルギーの循環システムの一例を示す。

また、このバイオマス発電は1999年度実績で原油換算で5.4万kℓであったものが、2010年度の目標では原油換算で34万kℓ、約6倍の増加が見込まれ、発展の一途にある。表1に供給サイドの新エネルギーを示す。

3. バイオマス発電ボイラの概要

木の成分の半分は繊維分（セルロース）とリグニンなどの樹脂分（黒液）で、黒液を燃焼すると蒸気と電気をつくることができる。北越製紙株式会社新潟工場殿では、木材から製紙用パルプを製造する際に発生する黒液をバイオマスエネルギーとして、ソーダ回収ボイラ設備にて

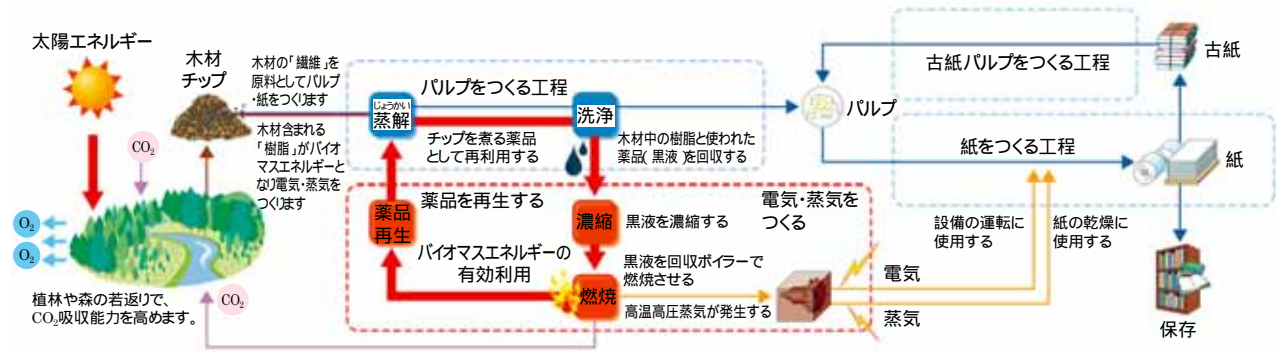


図1 バイオマスエネルギーの循環システム⁽¹⁾
Fig. 1 Circulation system of biomass energy

表1 供給サイドの新エネルギー⁽²⁾
Table 1 New energy of supply side

	1999年度実績		2010年度見通し / 目標				2010/1999
	原油換算 (万kl)	設備容量 (万kW)	現行対策維持ケース		目標ケース		
			原油換算 (万kl)	設備容量 (万kW)	原油換算 (万kl)	設備容量 (万kW)	
(発電分野)							
太陽光発電	5.3	20.9	62	254	118	482	約23倍
風力発電	3.5	8.3	32	78	134	300	約38倍
廃棄物発電	115	90	208	175	552	417	約5倍
バイオマス発電	5.4	8.0	13	16	34	33	約6倍
(熱利用分野)							
太陽熱発電	98	-	72	-	439	-	約4倍
未利用エネルギー							
(雪氷冷熱を含む)	4.1	-	9.3	-	58	-	約14倍
廃棄物熱利用	4.4	-	4.4	-	14	-	約3倍
バイオマス熱利用	-	-	-	-	67	-	-
黒液・廃材等(1)	457	-	479	-	494	-	約1.1倍
新エネルギー供給計 (一次エネルギー総供給/構成比)	693(1.2%)	-	878(1.4%)	-	1,910(3%程度)	-	約3倍
一次エネルギー総供給	約5.9億kl		約6.2億kl		約6.0億kl程度		

(1) バイオマスの一つとして整理されるものでもあり、発電として利用される分を一部含む。

燃焼した蒸気により自家発電を行う。また、黒液中の無機成分は薬品として回収され、パルプ製造工程で循環使用される。

本発電所の能力は、黒液を使用するバイオマス発電ボイラとしては日本最大級であり、発電量は年間74万MWhに達する。これは、新潟市20万世帯 / 50万人の家庭用電力消費量に相当する。また、年間3万キロリットル(タンカー1隻分)の重油を削減し、CO₂の排出量も年間72,000t削減できる高効率・省エネルギー型のコージェネレーションシステムである。

- 出力 : 85,000kW
- ボイラ形式 : 単胴自立自然循環式
- 燃焼方法 : 平衡通風方式(黒液専焼)

- 最大連続蒸発量 : 475t/h
- 黒液固形分処理量 : 2,900t/d
- 温度 : 505
- 圧力 : 10.3MPa

4. 誘引通風機概要

表2に仕様を示す。

表2 誘引通風機仕様
Table 2 Specifications

形式	#24 両吸込遠心送風機
風量	24,200m ³ /min
圧力	3.1kPa
出力	1,760kW
温度	185

ケーシングの寸法は幅7,600mm×高さ8,500mm×奥行き6,900mmと大形であったが、輸送経路を考慮し、最大分割寸法を高さ・幅ともに2,500mm以内とした。これにより通常より多い20以上の分割が必要であったが、ケーシングの剛性の低下が生じないような構造にした。現地での据付および運転も良好であった。表3に今回納入した送風機リストを、図2に誘引通風機外観を、図3に誘引通風機構造図示す。

表3 送風機リスト
Table 3 Specifications of fans

用途	1次押込通風機	2次押込通風機	誘引通風機
型式	#12 FADB-CNV	#12 FADB-CNV	#24 FADB-CNV
用途	シール空気ファン	臭気ガスファン	デゾルバー排気ファン
型式	#7 FTOP-CNM	#12 FTOP-CNM	#7 1/2 FTOP-CNM

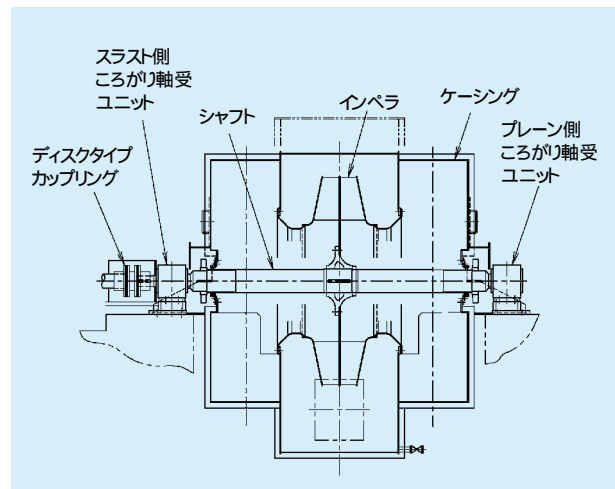


図3 構造図
Fig. 3 Sectional drawing

5. おわりに

平成17年2月6日に京都議定書が正式発効され、それに伴い地球温暖化対策の推進に関する法律（地球温暖化対策推進法）の一部改正案も2006年4月1日施行を目指し審議中である。この改正案には温室効果ガスを一定量以上排出する事業者を対象にした「温室効果ガスの算定・報告・公表制度」の創設が盛り込まれている。こうした流れのなかで今後ますます、従来の石油エネルギーにとって代わる、環境および資源対策に配慮した生産設備の必要性が高まっていくと考えられる。

多くの工場設備には、風水力機械は欠かせないものであり、省エネルギー、高効率、省スペースの必要性は高い。また一方で、環境対策やシステムの高度化により、送風機の高圧力化と幅広い制御性を求められる傾向にもある。

今後もこのような顧客のニーズに応え、環境に配慮した、高付加価値の送風機を提供し続けたいと考える。

最後に、終始適切なご指摘、ご指導をいただいた川崎重工業株式会社殿の関係各位に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) 北越製紙株式会社 ホームページ
www.hokuetsu-paper.co.jp
- (2) 環境省 地球温暖化対策に関する法律及び一部改正
- (3) 通商産業省 新エネルギー部会報告書（平成13年6月）

<筆者紹介>

勝又一樹：1994年入社、主にファン、ブロウの設計業務に従事。
現在、気体機械設計部 気体機械グループ 主任。



図2 誘引通風機外観
Fig. 2 View of IDF

東京都下水道局葛西水再生センター向けポンプの無注水化

杉原 明

Vertical Mixed Flow Pumps with Supply Waterless Bearings for Kasai Water Reclamation Center

By Akira Sugihara

Almost all pumps need external water supply equipment for lubrication and cooling for a bearing and a mechanical seal. When the equipment will fail to supply external water due to earthquake or accidents of something, a pump won't be able to be operated even if a pump itself is good condition. For this reason, a pump that water for lubrication and cooling is unnecessary has been expected eagerly. Recently, the tendency that equipment management itself was simplified came out because of the reliability improvement of the equipment by the adoption of the system without the watering that the incidental facilities of the feed water system were omitted.

So as for this pump for Kasai Water Reclamation Center, this system was adopted because it could specially get great effect with no watering system of the main pump. Therefore, we designed pumps with bearings that were unnecessary to supply water, and we manufactured them completely. This paper introduces the outline of vertical mixed flow pumps without supply water for Kasai Water Reclamation Center.

1. はじめに

東京都下水道局葛西水再生センターは、荒川（中川との合流点から下流）と江戸川に囲まれた江戸川区の大部分と、葛飾区の一部を抱える処理区を持ち、家庭や工場からの排水を再生し、再び川や海に戻している。水再生センターと下水処理区域を図1に示す。また、ポンプ室全景を図2に示す。

今回、雨水貯留池送水ポンプ1、2号機を製作・納入したので、その概要を紹介する。

これらのポンプは雨天時に河川に初期雨水が流出するのを防止するため、雨水貯留池に送水すること（合流改善）を目的として設置された。

また近年、設備の信頼性向上のため、注水系の設備を簡素化した無注水システムを計画することが多く、特に主ポンプの無注水化は、大変大きな効果を得ることができる。本ポンプについてもこれが採用されている。

2. 無注水形ポンプ

一般に立軸ポンプを運転する際、水中軸受、スラスト軸受、軸封部に注水する必要があるが、注水配管設備の閉塞や震災被害などにより注水が確保できなくなると、



図1 葛西水再生センターと下水処理区域⁽¹⁾
Fig. 1 Treatment area and location of Kasai Water Reclamation Center

ポンプ本体に問題がなくても運転不能になる。今回はこれらすべての部品を無注水化した。これらの無注水化により、関連設備も不要となる。不要となる設備を以下に列挙する。



図2 ポンプ室全景
Fig.2 View of pump room

- (1) 水中軸受
起動時、ゴム軸受を潤滑するための給水システム
- (2) スラスト軸受
運転中、スラスト軸受を冷却するための注水システム
- (3) 軸封部
運転中、グランドパッキンを潤滑・冷却するための注水システム

2号機据付断面図を図3に、ポンプ全体構造図を図4、図5に、ポンプ仕様を表1に示す。

2-1 セラミックス軸受・超硬スリーブ

水中軸受にセラミックス軸受を用いれば、ゴム軸受のようにポンプ運転時に注水する必要がない。

ただし、セラミックス軸受は、硬度が高く、耐磨耗性に優れる反面、局所的な過大面圧、片あたりなどには考

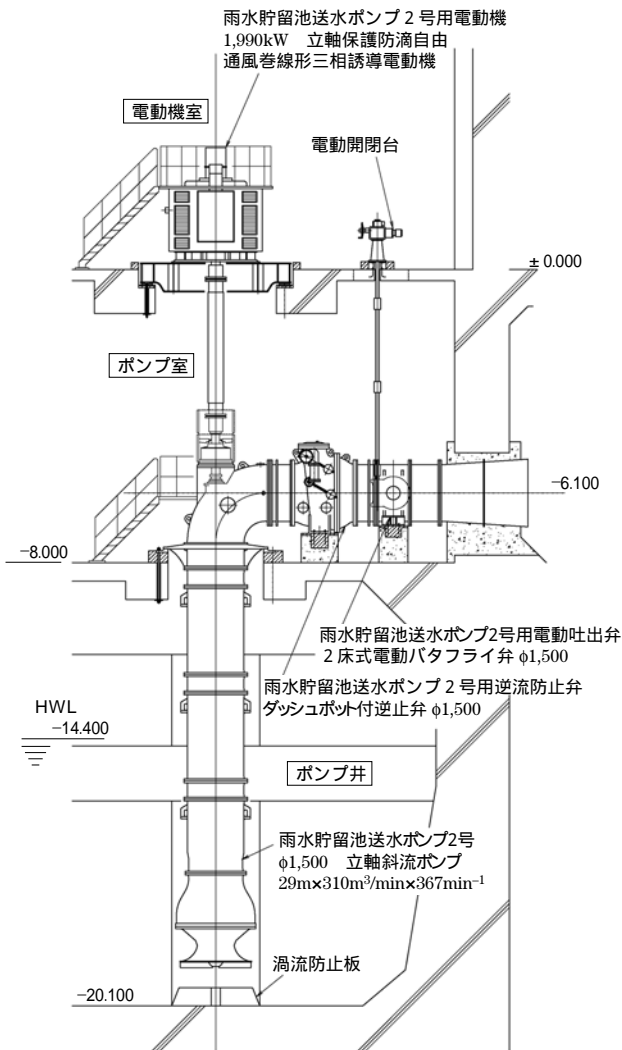


図3 据付断面図
Fig.3 Pump layout drawing

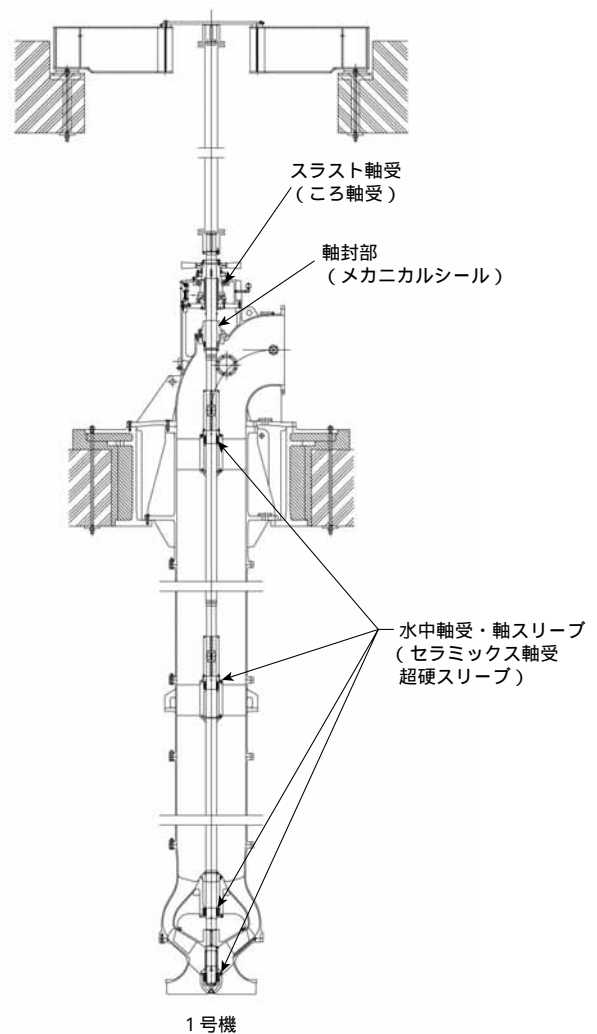


図4 1号ポンプ全体構造図
Fig.4 No.1 Sectional view of vertical mixed flow pump

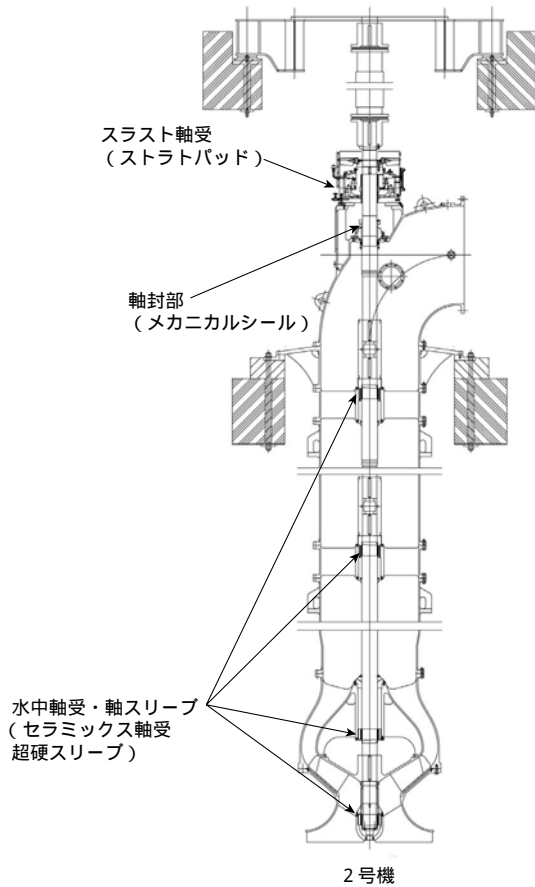


図5 2号ポンプ全体構造図
Fig. 5 No.2 Sectional view of vertical mixed flow pump

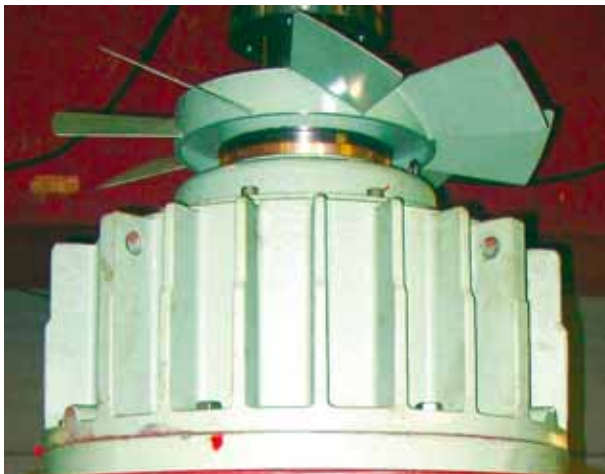


図6 1号機スラスト軸受ユニット
Fig. 6 Thrust bearing unit of No.1

表1 ポンプ仕様
Table 1 Specifications

形式	立軸斜流ポンプ	
	1号機	2号機
名称	1号機	2号機
台数	1台	1台
口径	900mm	1,500mm
全揚程	29m	
吐出し量	100m ³ /min	310m ³ /min
回転速度	585min ⁻¹	367 min ⁻¹
出力	680kW	1,990kW
保証効率	81%	85%

慮が必要である。今回のような高揚程ポンプでは軸受面圧も高くなるため、吸込ベル部に最下部軸受となるセラミックス軸受を追加配置することで、最高面圧部となるインペラ周りの負荷を2つの軸受に分担させる構造としている。

また、各セラミックス軸受には、一定以上の大きさの異物が侵入することを防止する構造とし、耐磨耗性を向上させた。

軸スリーブ材質は超硬合金とし、塩素イオン濃度の観点からNiバインダーのものを採用している。

2-2 スラスト軸受・電動機

ポンプスラストは、ポンプによりスラストを支持する構造を採用した。

1、2号機それぞれのスラスト軸受外観写真を図6、図7に示す。



図7 2号機スラスト軸受ユニット
Fig. 7 Thrust bearing unit of No.2

1号機スラスト軸受には、ころ軸受を採用した。2号機はポンプスラスト値が大きく、スラスト軸受温度上昇値が高くなり、ころ軸受では軸受性能・寿命などに問題



図8 メカニカルシール
Fig. 8 Mechanical seal

があったため、パッド軸受を採用し、摺動部材料を強度・耐熱性に優れたPEEK樹脂とS45Cの組合せとした。また、スラスト軸受ケースをアルミニウム合金製とし、更にフィンとファンを設置することで、放熱効果を上げ、軸受温度を許容値以内に納めることができた。

2 - 3 軸封部

無注水軸封装置としては、無注水形メカニカルシールを採用した。

二ツ割構造なので、メンテナンスも容易で、また、臭気面でも問題ない。

なお、摺動材料はカーボンとセラミックスの組合せとした。図8にメカニカルシール外観を示す。

3 . 性能・振動

今回納入したポンプは、ポンプ全長が長いこと、比較的高揚程であること、セラミックス軸受を採用していることにより、ポンプの振動検討は非常に重要であり、伝達マトリクス法を用いて、床上・床下部の振動詳細計算を実施した。この結果、1号機では、通常的基础ベースでは、床下において、ポンプ固有周波数と電動機加振周波数とを十分に離調させることが困難であったため、基礎ベースを特殊な形状として、上部揚水管に中間支持点を設けることで、十分に離調させる構造とした。

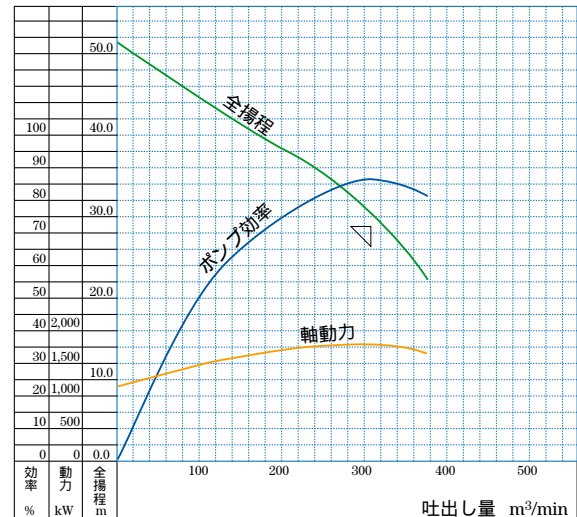


図9 2号ポンプ性能曲線
Fig. 9 Pump performance curve of No.2

また、不安定領域での運転による振動を回避するために、全領域において完全な漸降性を持ったインペラを採用した。ポンプ効率も保証値となる81% (1号機)・85% (2号機)を超えるものが得られた。2号機の性能曲線を図9に示す。

4 . おわりに

今回、比較的高揚程で全長が長く、しかも無注水形であるポンプを設計、製作し、無事、現地試運転を完了した。無注水形ポンプを納入することで、より信頼性の高い製品を供給することができた。

今後ともお客様の期待に応えるため、その設備の重要性を十分に認識し、信頼性の高いポンプの設計製作に鋭意努力する所存である。

おわりに本ポンプの計画、製作にあたり、御指導と御協力頂いた東京都下水道局の関係各位の皆様様に厚く御礼申し上げます。

<参考文献>

- (1) 東京都下水道局ホームページ

<筆者紹介>

杉原 明：2002年入社。ポンプの設計に従事。現在、水力機械設計部 水力機械 - 1Gr。