

## 鳥屋野潟排水機場

山口 弘史\* 平子 雄一郎\*\*

### Pump System for Toyonogata Drainage Pump Station

by Hiroshi YAMAGUCHI, & Yuichiro HIRAKO

Ebara's pump system at the Toyonogata Drainage Pump Station (Total drainage capacity: 40 m<sup>3</sup>/second) in Niigata Prefecture features many innovations in pumping technology. This large-scale pump station has started operation in December 2002 and is functioning as a means of flood control for Toyonogata, a region which is between two rivers. The pump system was developed with cost reduction and upgraded reliability as the main objectives. Its capability of high flow velocity operation, its use of a vertical gas turbine engine, the omission of an overhead traveling crane, and the use of a space-efficient air supply and exhaust system for the gas turbine have achieved considerable compactness. Reliability is upgraded by the use of a floating seal for a totally dry operation, an operation support system and a remote supervisory control system. The following outlines the pump station and its pumping system.

**Keywords:** Cost reduction, High flow velocity, Gas turbine-engine, Ejector system, Surging, Hydraulic analysis, Remote control, Fiber optic communication, Large scale projector

#### 1. ま え が き

鳥屋野潟流域は、新潟市の一部と亀田町及び横越町の3市町にまたがる99.8 km<sup>2</sup>の流域面積を有し、そのほとんどが低平地で構成されている。信濃川と阿賀野川に挟まれたこの地域は1998年8月4日、新潟地方を襲った未曾有の豪雨（新潟市では観測史上最大の時間雨量97 mm、日降水量265 mmを記録）により多大な被害を受けた。その結果、河川激甚災害対策特別緊急事業が採択され、流域の降水が集中する鳥屋野潟から放水路を通じ、信濃川に内水排除を行う鳥屋野潟排水機場を建設することとなった。本機場のポンプ設備は40 m<sup>3</sup>/sの排水機能を有するもので2000年8月に着工し2002年5月の暫定排水及び通水式を経て同年12月に完成した。

以下に当社納入のポンプ設備及び監視操作制御設備の概要と特徴について紹介する。

#### 2. 鳥屋野潟排水機場の概要

図1に機場平面、図2に断面、図3に適用技術、図4に監視操作設備構成、写真1に機場全景、写真2にポン

プ羽根車外観、写真3に原動機（ガスタービン）外観を示す。また、表に排水機場の主要機器・設備を示す。

近年、排水機場を建設するに当たり、数々の「コスト縮減対策」、「新技術」の導入が図られ、新設機場においてはこれらの手法が標準化されつつある。鳥屋野潟排水機場においても、その設計製作着工時における最新の「建設コスト縮減対策」、「簡素化による設備信頼性の向上」が導入され、また光ファイバ通信網を利用した「遠方監視操作設備」等が採用されており、今後の排水機場設計の指針として位置づけられるものである。

#### 3. コスト縮減対策

建設コスト縮減のために、主ポンプの高速化・吸水路の高流速化による吸水路の縮小と、立形ガスタービン採用による設置面積の縮小及び天井クレーンの省略により、機場のコンパクト化が図られている。また、ガスタービンの吸気方式として、機場屋外からパッケージ内へ直接必要空気を取込むとともに、排気方式に統合排気方式を採用し、機場内換気設備と排気系統の簡素化が図られている。

##### 3-1 主ポンプ吸水路の高流速化

ポンプ吸込形状に「高流速かさ形」を採用することにより、吸込流速を従来の2倍とし、吸水路幅高さの縮小、

\* 風水力事業本部 システム事業統括 プロジェクト設計第一部  
\*\* 同 同 電気制御システム部

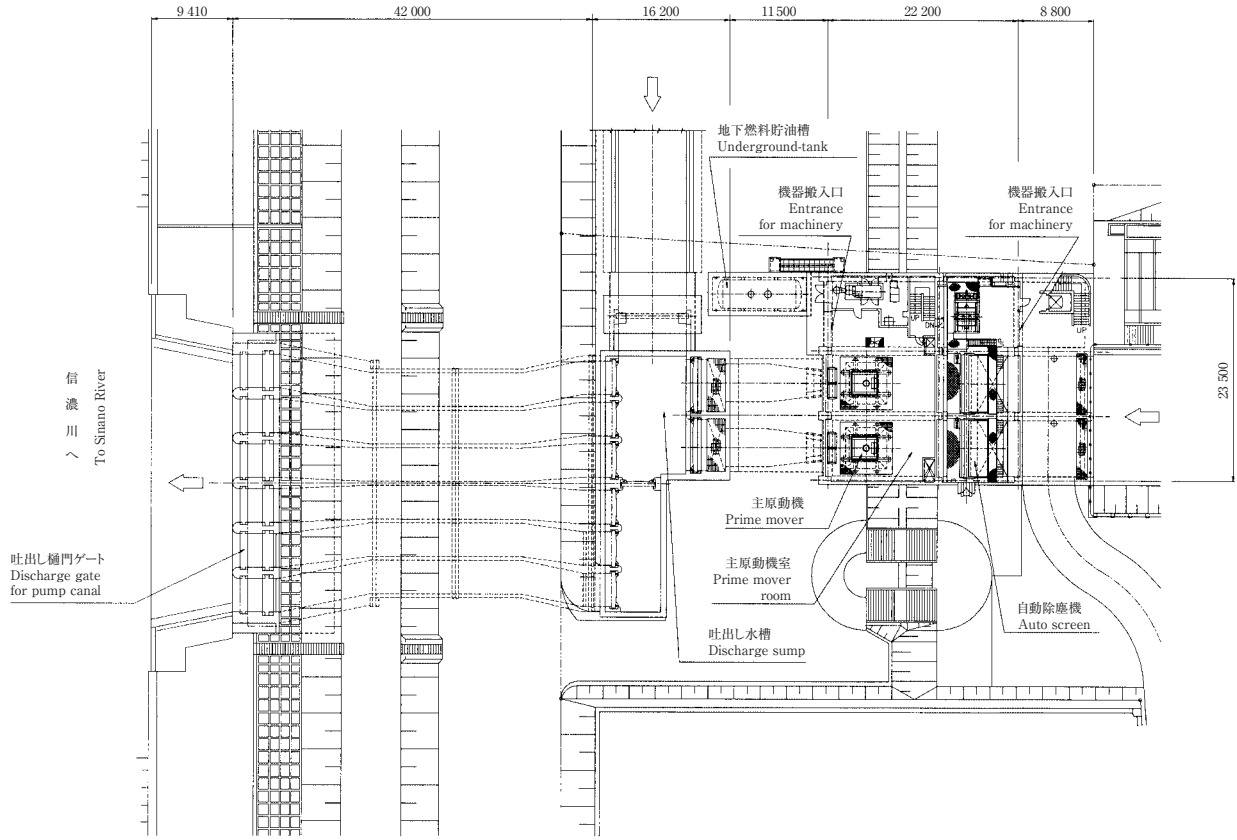


図1 機場平面図  
Fig. 1 Plan view

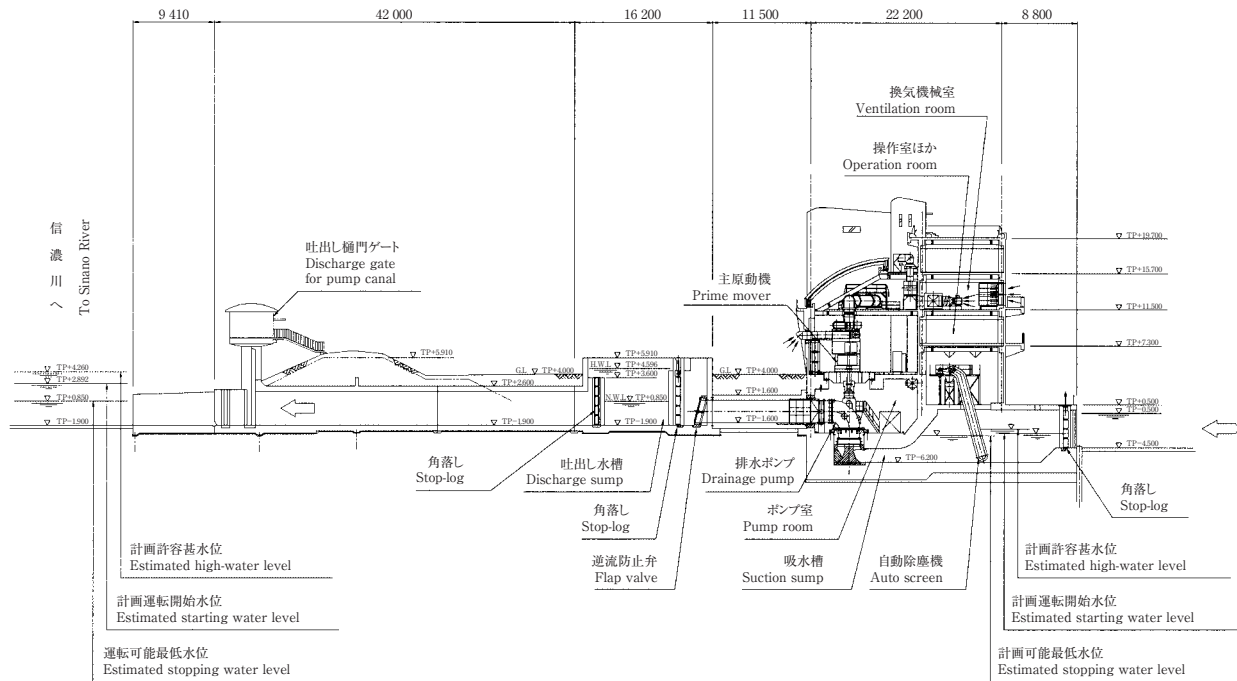


図2 機場断面図  
Fig. 2 Sectional view

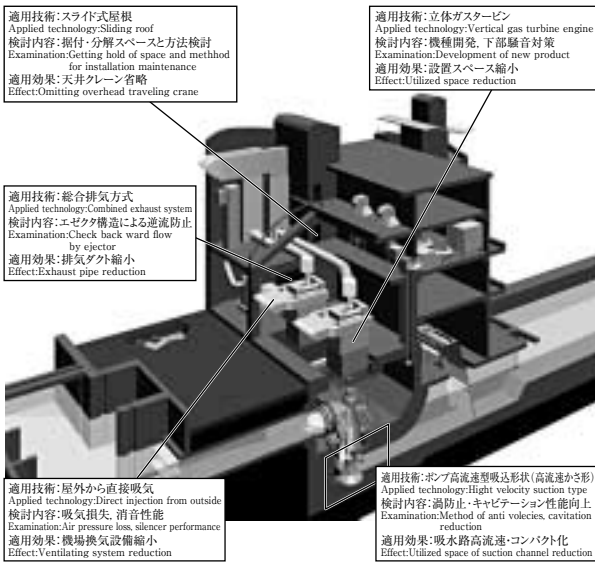


図3 適用技術  
Fig. 3 Applied technology

機場底盤レベルの浅化が図られている。本機場のポンプ吸込形状に採用された「高流速かき形」は、水中渦や吸込性能の低下を回避するため、ポンプ及び水路の流れ解析や模型実験によって検証を行い良好な性能であることが確認でき、吸水路の高流速化を実現している。

3-2 立形ガスタービンの採用

原動機は、機場無水化による信頼性向上と設置スペースの低減を図るため、立形ガスタービンを採用している。本ガスタービンは、出力1390 kWでありポンプ駆動用として採用されている立形ガスタービンとしては国内最大級のものである。

3-3 天井クレーン省略

据付、搬出入及びメンテナンス時に使用される天井クレーンが省略されている。本機場では吐出し水路上に搬入スペースが確保され、原動機室の上部に全面開放可能なスライド形の天井を採用することで、搬入スペースにトラッククレーン等の重機を設置して原動機室及びポンプ室での据付・分解作業が可能となっている。

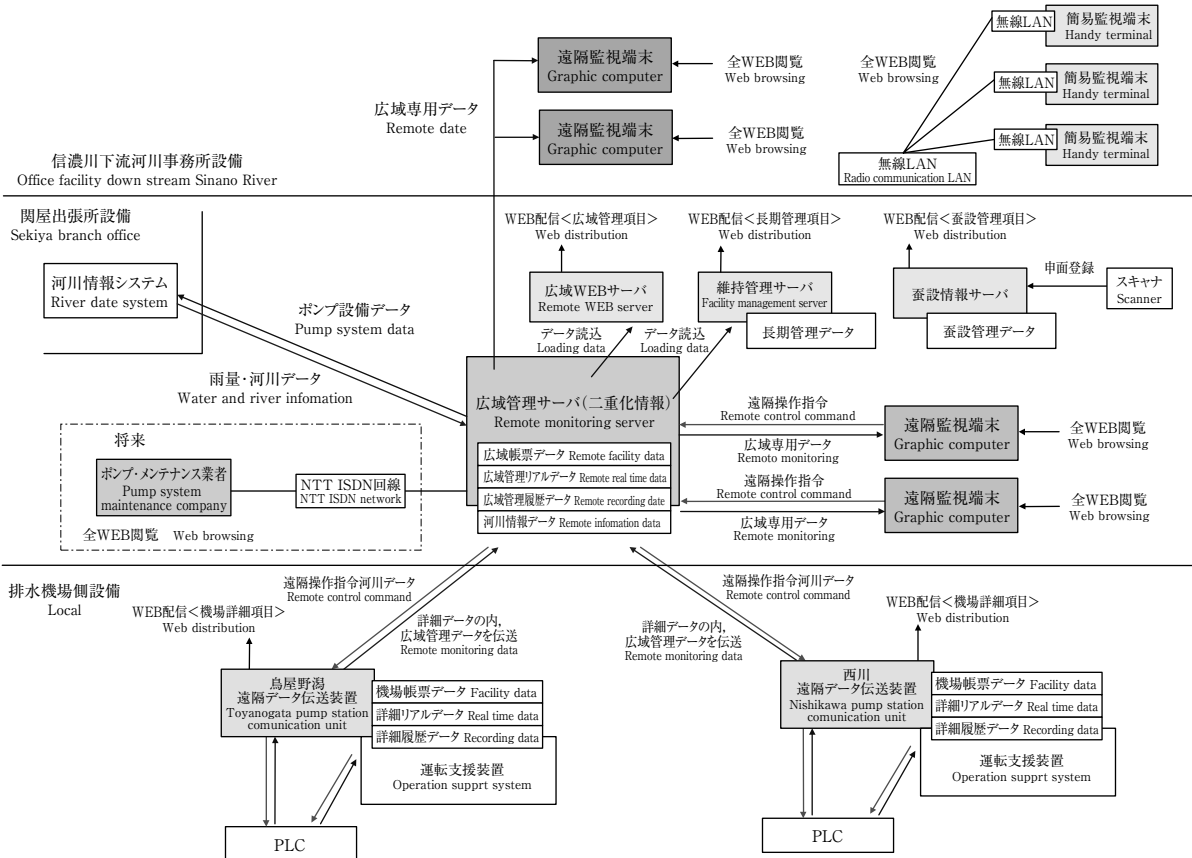


図4 監視操作設備構成  
Fig. 4 Operation system



03-53 01/201

写真1 機場全景  
Photo 1 Pump station view



03-53 02/201

写真2 ポンプ羽根車  
Photo 2 Impeller

### 3-4 吸排気系統の簡素化

ガスタービンの採用は機場を完全無水化することで設備信頼性の向上を図る有効な手段であるが、吸排気系統の簡素化にも貢献している。ポンプ駆動用内燃機関として多く採用されていたディーゼル機関に対し、換気容量が多くなること、また、排気系統として燃焼排気用とパッケージ内換気用の2系統のダクトが必要となり大きな設置スペースが必要となることが問題であった。これに対し今回採用されたガスタービンへの屋外からの直接吸気方式は機場換気設備容量を室内温度制御用空気だけにとどめるもので、換気設備容量を大幅に低減している。また、排気方式として統合排気方式を採用し、排気ダクトスペースを大幅に低減している。

## 4. 設備信頼性の向上

### 4-1 機場の無水化

前項で述べたとおり、ポンプ駆動設備は立形2軸式ガスタービンが採用されている。また、ポンプ水中軸受にセラミックス、軸封装置に無注水軸封装置（フローティングシール）が採用され機場の完全無水化が図られている。このことにより系統機器設備は燃料系統だけとなり、設備の信頼性が向上している。

### 4-2 始動信頼性の確保

ガスタービンの採用による始動の速さと吸水路の高流速化に伴い、吸水路のサージ現象が予測されたので、運転制御・水理解析を行い、サージ現象を低減させる最適なガスタービンの始動・停止方式を決定した。これにより始動停止の信頼性が向上している。



03-53 03/201

写真3 立形ガスタービン  
Photo 3 Vertical gas turbine-engine

### 4-3 停電時の継続運転

ガスタービンパッケージ換気ファンは、商用電源が停電すると自家発電機が始動し給電するまでの間停止するため、ガスタービン潤滑油温度の異常上昇によりポンプが停止することが懸念された。これを解決するためにガスタービン吸・排気ダクトに停電時自動的に開閉するダンパを設置し、パッケージ換気ファン停止時のガスタービンパッケージ内換気を確保することで停電時のポンプの運転継続を確保した。現地実証試験においても良好な結果を得ている。

## 5. 監視操作設備及び遠方監視操作設備の導入

本機場の監視操作設備は、監視機能、操作機能及び運転支援機能からなり、操作室での集中監視操作を行うとともに、有事に際しては機場の運転状況や支援情報を

表 機場主要機器  
Table Specifications of equipment

機器・設備名称 Equipment	形式 Type	数量 Sets	基本仕様 Specifications
排水ポンプ Drainage pump	立軸軸流ポンプ Vertical-shaft axial-flow pump	2台	吐出し量 $20 \text{ m}^3/\text{s}$ × 全揚程 $4.9 \text{ m}$ × 回転速度 $146 \text{ min}^{-1}$ × 出力 $1390 \text{ kW}$ Flow rate Total head Speed Output
原動機 Prime mover	立形2軸式ガスタービン Vertical-twin-shaft gas-turbine engine	2台	出力回転速度 $146 \text{ min}^{-1}$ × 出力 $1390 \text{ kW}$ Output speed Output
吐出し弁 Discharge valve	バタフライ弁 Butterfly valve	2台	口径 $2500 \text{ mm}$ Size
逆流防止弁 Flap valve	角形フラップ弁 Rectangular flap valve	2台	高さ $2600 \text{ mm}$ × 幅 $4400 \text{ mm}$ Height Width
監視操作制御設備 Operation system		1式	[主要設備構成] Main equipment ・監視操作, 運転支援システム Monitoring and control Operation support system CRT付デスク形 : 1式 CRT ・大形プロジェクタ装置 Large projector 50型/プラズマディスプレイ : 6面 50 inch/PLD
除塵設備 Screen system	自動除塵機 Auto-screen	2台	水路幅 $6.5 \text{ m}$ × 水路高 $6.7 \text{ m}$ ほか Canal width height
自家発電設備 Non-utility generator	ガスタービン発電機 Gas turbine generator	(1台)	$300 \text{ kVA}$
吐出し樋門 Discharge sluice	ラック式ローラゲート Rack-operated roller gate	(4門)	純径間 $3.9 \text{ m}$ × 有効高 $4.5 \text{ m}$ Width Height

( ) 内は別途工事施工範囲を示す

web画面を通じて、機場内外で情報の共有化が図れるよう設計されている。

機器の操作はすべてCRT上からマウス操作で行うシステムであり、監視操作画面及び運転支援画面は遠隔とwebによる共用及び画面統一により、遠方監視操作との操作性の統一が図られている。また、大形プロジェクタの採用により待機及び操作時にCCTV設備、遠方監視操作設備と連携して、多くの流域情報と画像情報をリアルタイムに監視できるシステムとなっている。

また、本機場の監視操作は管轄事務所である信濃川下流河川事務所及び関屋出張所からも可能である（操作機能は関屋出張所だけ実装）。両監視・操作場所では、鳥屋野潟排水機場をはじめとする信濃川下流域の管理対象施設で作成するweb画面を中心に表示しており、施設側、遠隔側双方での情報共有化が図れるようになっている。

本システムの導入により、流況の監視による初動対応の早期化及び管轄内諸設備の維持管理性工場、故障対応の早期化が実現している。また、本システムはメンテナンス業者に開放できる機能を具備しており、これが実現

すれば機場の維持管理性、信頼性のより一層の向上が図れるものと考えられる。

## 6. 特徴的な技術に関する補足

以上に述べた技術の適用により、排水機場建設コスト縮減及び信頼性向上に大きく貢献できた。なかでも、「3-4 吸排気系統の簡素化」で述べたガスタービンの統合排気方式、「4-2 始動信頼性の確保」で述べた吸水路サージング回避方法は、本機場の設計において特徴となる要素である。

これについて以下に紹介する。

### 6-1 ガスタービンの統合排気方式

ガスタービンは燃焼排気用、パッケージ換気の2系統のダクトを必要とする。本機場で採用されている統合排気方式は、ガスタービン出口直近でパッケージ換気と燃焼排気を合流し排気ダクトを一本化する方式である。図5にその設備構成を示す。パッケージ換気ファンの出口に逆流防止ダンパを設けると共に、燃焼排気換気との合流部にエゼクタ構造を採用し、パッケージ換気ダクトへの燃焼排気の逆流を防止すると共に、パッケージ換気フ

ファン容量を低減している。その採用効果としては、先に述べたダクトスペースの低減だけでなく、排気温度が低くなることにより、ダクト設計が容易になることが上げられる。本機場においては、ガスタービンの排気が約600℃であるのに対し、合流後の排気温度は370℃となっている。

6-2 吸水路のサージング回避

吸水路の高流速化に合わせ、原動機にガスタービンを採用した場合、始動停止時の吸水路流速の速度変化率増

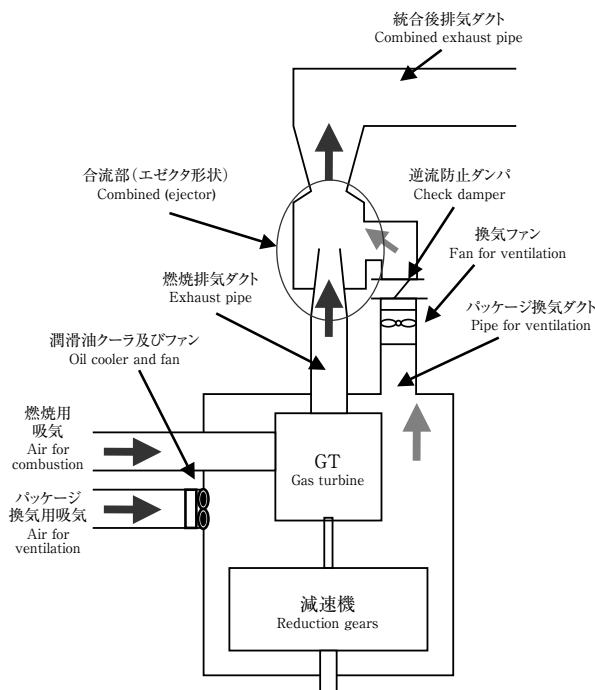


図5 ガスタービンの吸・排気設備構成

Fig. 5 Configuration of the gas turbine ventilation facility

大から、サージングが問題となる場合がある。このような場合、定性的には始動・停止速度を長くにとって、吸水路の速度変動率を小さくすればよい。しかしながら定量的に始動停止時間を定めなければ、実際の制御に際しサージング抑制が不十分であったり、操作員のストレスの原因となる可能性がある。本機場においては、サージングを低減するため、当社開発の運転制御・水理解析シミュレータ「Fleia」を用いて適切な始動停止時間を求め、これに基づいて始動停止方法を決定した。また、現地において通常ガスタービン始動停止を行った場合と、始動停止時間の制御を行った場合との水位実変動データを採取し、「Fleia」による解析結果と照合して、決定した制御方法と始動停止時間が適切であることを実証した。図6に「Fleia」による解析例、図7にポンプ始動時のガ

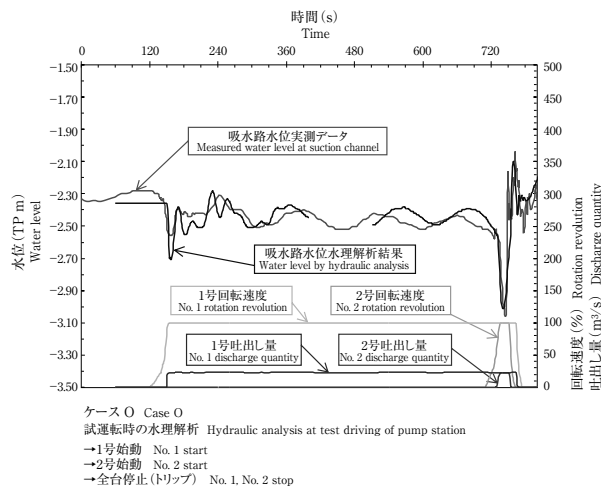


図6 Fleiaによる始動停止時の水位変動解析例

Fig. 6 An example of hydraulic analysis at starting and stopping operation

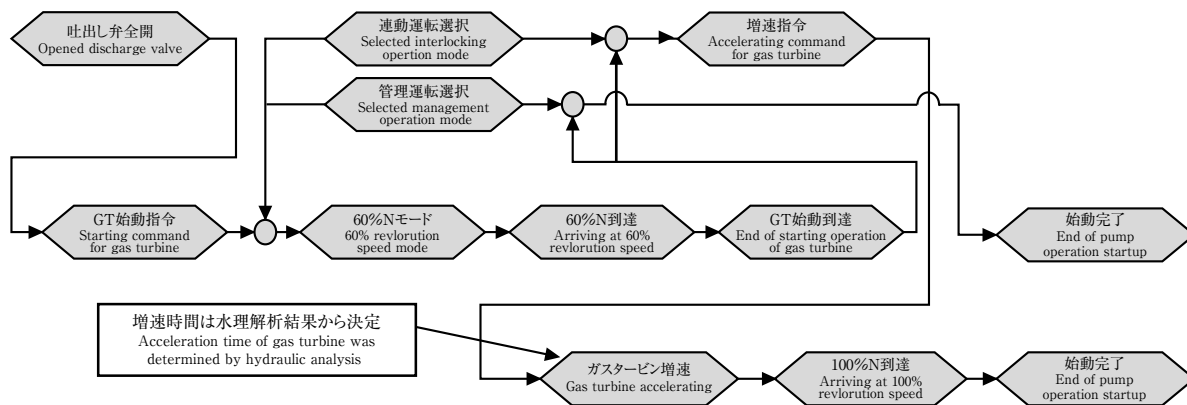


図7 ポンプ始動時の制御方法

Fig. 7 Pump operation startup control

スタービン制御ブロックを示す。

## 7. おわりに

2002年6月、本機场上流部に位置する新潟スタジアム（ビッグスワン）において日・韓主催のワールドカップサッカー大会が開催された。これに先だって排水機能の確立・確認を行うとともに2002年10月までの出水期間中に数度の実排水運転を行った。また、2002年12月の完成納入までに機場内各機能の確認を行い、良好であることが確認された。

排水機場は、その運転に対する信頼性が第一に優先される設備であり、竣工前に地域の方々に貢献できたこと、

また万全の状態ですべての出水期間を迎えられることに大きな喜びを感じる。

終わりに、本工事に当たり多大なる御指導と御協力をいただいた国土交通省北陸地方整備局信濃川下流河川事務所の関係各位、機場機能確認のため多大なる御協力をいただいた親松排水機場の関係各位、機場始動方法決定に際し、その解析・調査に多大なる御協力をいただいた八千代エンジニアリング(株)の関係各位、関連他工事を施工され、本工事との工程や取合の調整に御尽力いただいた、(株)明電舎、豊国工業(株)、遠藤鋼機(株)、鹿島・戸田特定建設企業体の関係各位に心から感謝の意を表す。

