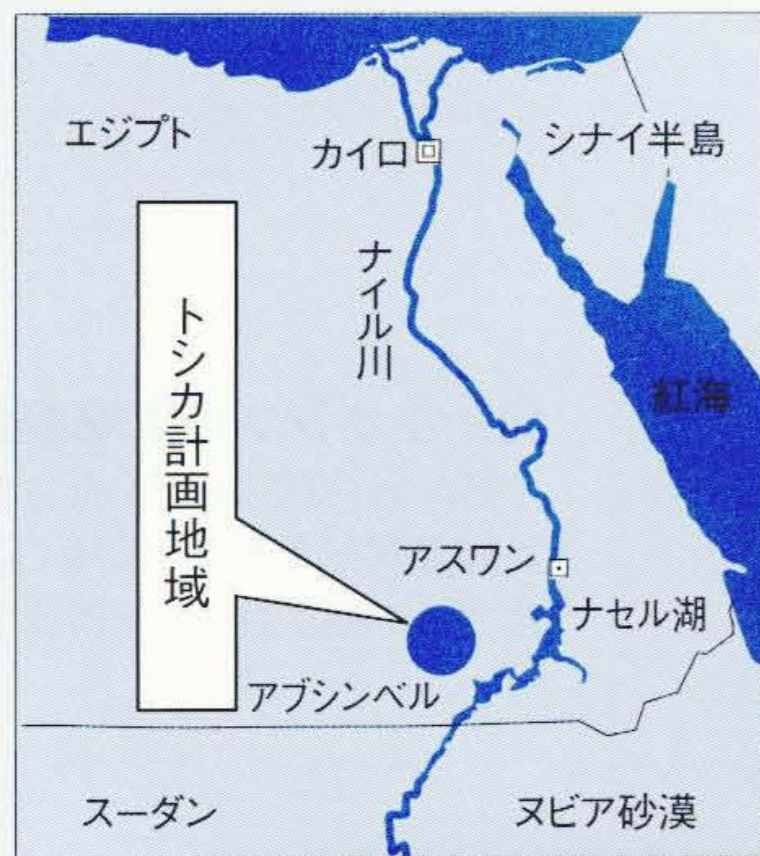


エジプト国内の砂漠の緑化に貢献する かんがい用水事業

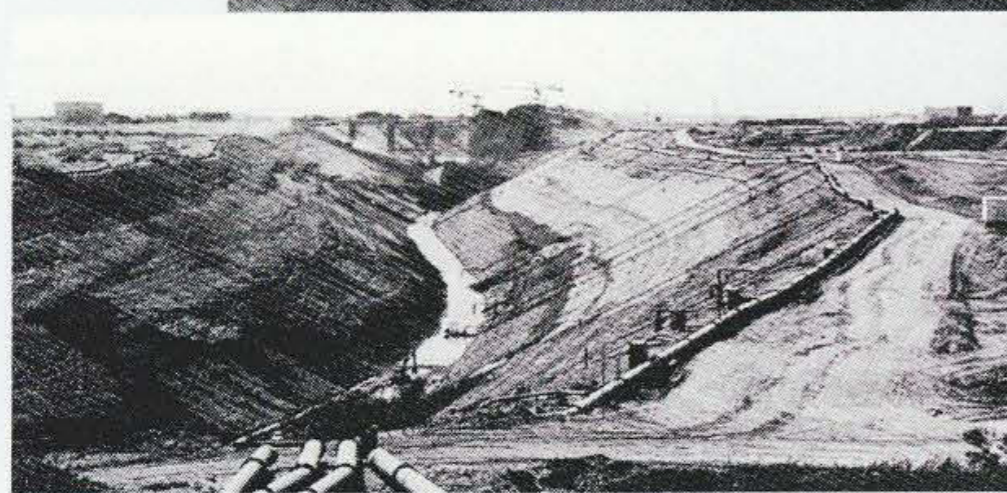
Irrigation Project for Greening of Egypt

黒岩 豊 Yutaka Kuroiwa 石川 精一 Seiichi Ishikawa
佐貫 英徳 Hidenori Sanuki 岡 潔 Kiyoshi Oka

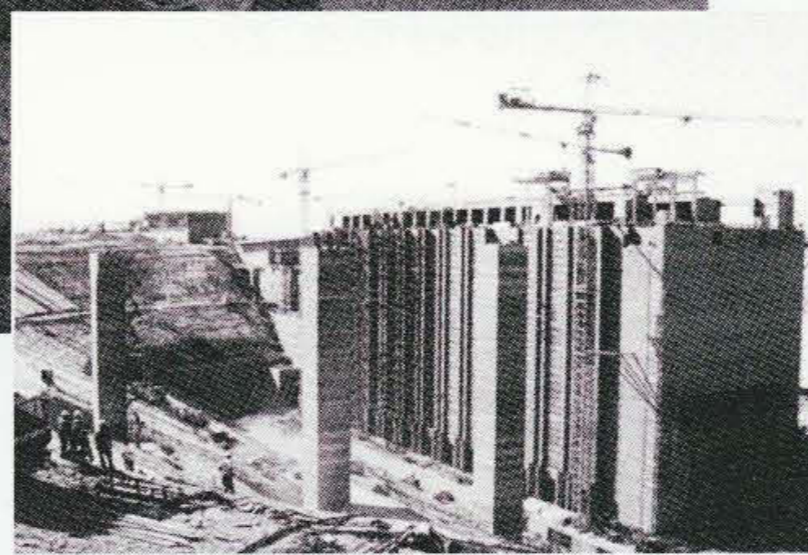


(a) トシカ計画地域の位置

(b) 建設中のポンプ場の鳥観写真



(c) 建設中の流入水路(深さ50 m)



(d) 建設中のポンプステーション
(縦140 m, 横40 m, 高さ70 m)

ムバラクポンプ場建設プロジェクトの全景

ポンプ場は、アスワンから南西へ約280 km、アブシンベル神殿から東北に約50 kmのところの位置し、ナセル湖岸に建設される。

エジプト・アラブ共和国では、古くから国土の約4%にあたるナイル川下流域に人口が集中していた。しかし、20世紀になって人口が急増し、その対策として、政府は、1950年代から砂漠の緑化事業を推進してきた。

さらに1997年には、ムバラク大統領が「国土開発20年計画」に着手した。人口が8,000万人まで増えると予測される2017年までに、現在の農耕地を475万haに増やし、人口を全国に分散させるという計画である。その中心プロジェクトであるトシカ開発は、22.5万ha(東京都の面積と同一規模)の砂漠を農耕地に変えて300万人を定住させるというもので、ここに総延長

240 kmのかんがい水路と巨大ポンプ場を建設する。

1997年9月、エジプト・アラブ共和国の水資源・灌漑(かんがい)省電気機械局は、この巨大ポンプ場の設計と建設についてプロポーザル方式による入札を実施した。応札した6グループのうち、日立製作所が参加したグループが認められ、受注をした。

日立製作所は、ポンプ場の機械・電気システム設計と機器納入を担当し、大容量高揚程ポンプ納入の経験を生かして巨大ポンプ場建設計画の中心的役割を担った。基本設計の一つは、巨大ポンプ場のコンパクト化である。

1 はじめに

エジプト・アラブ共和国の大統領の名から命名された「ムバラクポンプ場」は、揚水量毎秒334 t、所要動力240 MWの巨

大ポンプ場である。砂漠の平坦な地形やナセル湖の大きな水位の変動に対応させるため、数々の調査と水力模型試験を重ねて実施設計を進め、湖上に浮かぶアイランドポンプ場として実現するものである。

巨大ポンプ場の主要施設を図1に示す。

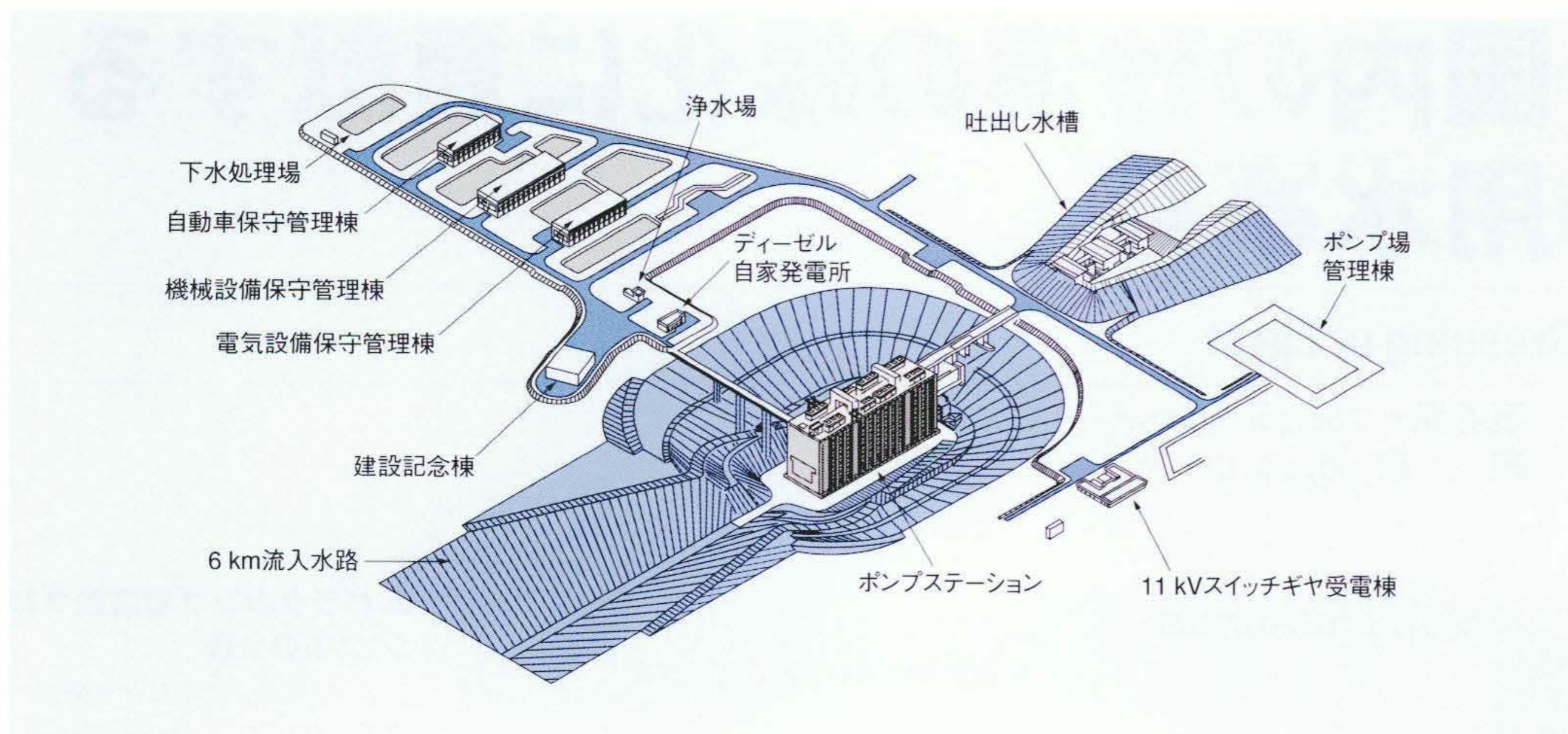


図1 巨大ポンプ場の主要施設

運転・管理運営に必要な諸施設がポンプ場に隣接して建設される。ポンプ場は顧客による自立型運転によって管理される。

契約内容は、(1) 6 kmの流入水路建設、(2) ポンプステーション建設、(3) 吐出し導水管路建設、(4) 吐出し水槽建設、(5) メンテナンス用のワークショップ建設、(6) 顧客の住居・管理棟建設、(7) 必要付帯設備の納入・据付け、(8) 試運転・引き渡し、(9) 顧客スタッフの教育、および(10) 4年間の運転指導員派遣である。

ここでは、日立製作所が納入した主ポンプ、同期電動機、および制御システムについて述べる。

2 主ポンプ

2.1 主ポンプの特徴

主ポンプの仕様を表1に、工場組立時の外観を図2にそれぞれ示す。このポンプは可変速制御で運転されるため、ポンプの性能にかかわる部分の形状には、低流量域から高流量域にわたって高効率・高吸込性能・高安定性能が求められた。これに対しては、三次元流れ解析とモデル試験により、最適モデルの開発を行った。

インペラの設計では羽根入口角度の改善を図り、課題であった低流量域での吸込性能を向上させ、効率向上を達成した。

ステーベーンとポリュートの設計では、実機の製作を考えて分割数の少ない製缶構造とし、原価低減を図りつつ高効率・安定性能を維持するという目標を達成した。ステーベーン羽根形状は、性能の面から翼形とした。実機製作のうち、翼

表1 主ポンプの仕様

ムバラクポンプ場では、大容量ポンプ21台が機場内に整然と並ぶ。その主ポンプの基本仕様を示す。

型式	立軸片吸込渦巻ポンプ
口径	2,400×1,800 (mm)
吐出し量	16.7 m ³ /s
全揚程	57.1 m
回転速度	210~300 min ⁻¹
原動機	12,000 kW 同期電動機
台数	21台



図2 主ポンプの工場組立

製品出荷前に実施した主ポンプの組立状態を示す。工場では、取合寸法や組立健全性を確認する。

形状部分については、厚板の前後縁を簡単に加工した後、プレス加工によって形状を完成させる方法を採用した。

主ポンプの軸受冷却水、軸封水、同期電動機の軸受冷却水、およびエアクーラの冷却水を主ポンプ吐出し側から導き、吸込み側に戻す自己冷却方式とした。これにより、独立した冷却水ポンプと付属運転設備を不要にし、機場の簡素化を図った。

2.2 主ポンプの組立・据付け

主ポンプの製缶構造であるケーシング部では、ステーベーン部分とその外側のポリュート部分を別送し、現地で溶接・機械加工を行い、一体構造としてポンプ場に搬入した。インペラシャフトなどのロータ部分とケーシングカバーについては、ポンプ場に隣設されたメカニカルワークショップ内で組立を行い、一体つり込み手法によってポンプ場に搬入した。

主ポンプと同期電動機の断面を図3に示す。

3 同期電動機

同期電動機の仕様を表2に、工場組立時の外観を図4にそれぞれ示す。

可変速ドライブ装置との組合せとなるため、種々の工場実

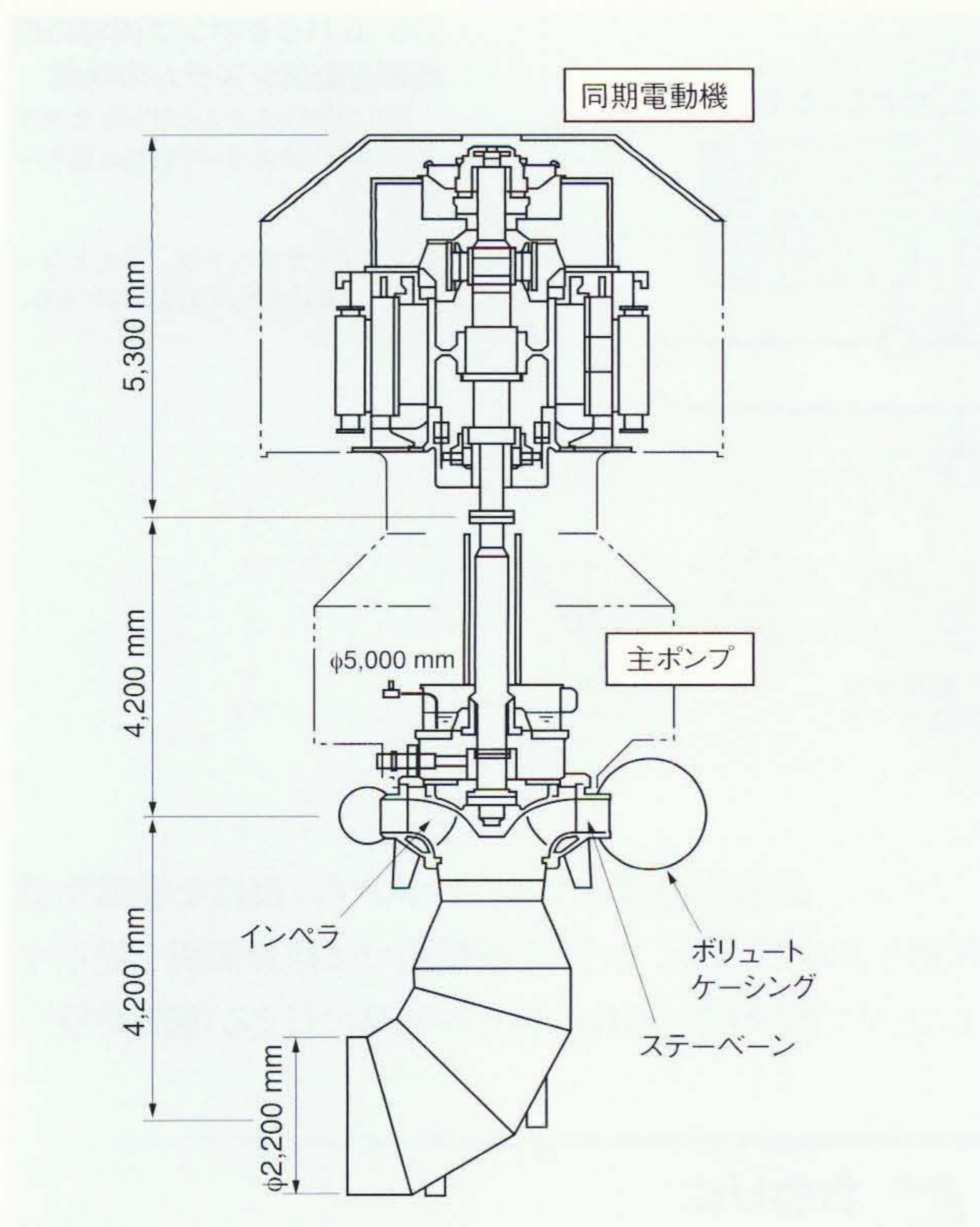


図3 主ポンプと同期電動機の断面

ポンプ機場のコンパクト化を基本とし、メンテナンスのために主ポンプや同期電動機は各フロアに配置される。

実践作試験を繰り返し、信頼性の確認を行った。この同期電動機の特徴について以下に述べる。

(1) ステータ

これまでフレームは円形を基本とした設計としていたが、今回は正六角形のフレームとし、加工工数の低減を図った。

電動機は、可変速ドライブによって駆動されるので、トルクリプルを軽減するために、コイル結線が2並列で、電気角が30度ずれた結線を採用した。高信頼性のワニス一体注入方式を採用することにより、作業工数の低減を図った。

(2) ロータ

ロータコイルは、従来の連続した導体を引き曲げて成形するエッジワイズ方式から、あらかじめ定尺に切った導体を高周波ろう付けすることにより、コイルを巻回させるバットろう付け方式とした。回転子磁極はそれ自体にかかる遠心力が小さいので、ボルト締めつけ方式とし、組立の簡略化を図った。

(3) 軸受ほか

下部ガイド軸受潤滑油の冷却にはヒートパイプを採用し、空冷化することにより、軸受用の冷却水配管を削減した。

(4) 交流励磁機・回転整流器

メンテナンスフリーの観点からブラシレス可変速運転を実現するため、巻線形誘導機を用いた交流励磁機を採用した。同期電動機、可変速ドライブ、静止励磁装置、交流励磁機、および回転整流器を組み合わせた工場回転試験を実施し、良好な結果を得た。

表2 同期電動機的主要仕様

回転速度は、可変速ドライブ装置の出力周波数によって一意的に決められる。

定格出力	12,000 kW
定格電圧	2,950 V
定格電流	1,369 A×2
定格力率	0.88(進み)
回転速度	210~300 min ⁻¹
周波数	35~50 Hz
極数	20
保護方式	IP54

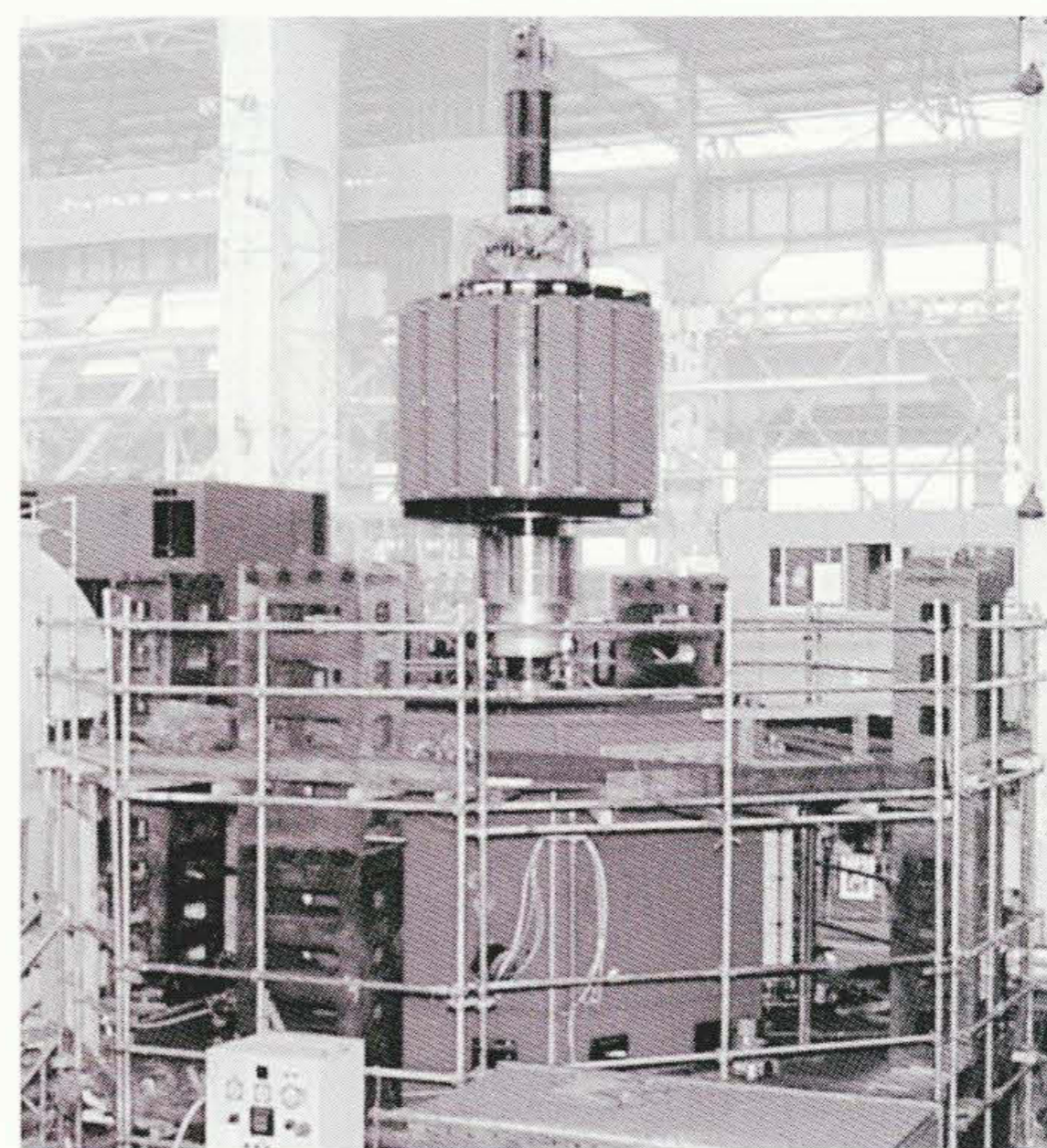


図4 同期電動機の工場組立

同期電動機ロータのステータへの取り付け作業を示す。

4 ポンプ可変速ドライブ装置と運転制御監視システム

ナセル湖のポンプ運転水位は、年間を通じて147 mから178.5 mの範囲で変化する。この変化に合わせて運転させるために、可変速ドライブ装置としてロード コミュテーション インバータを採用し、70%から100%の運転を可能とした。

下流での必要水量は、河川管理システムからLANを経由して、運転制御監視システムに送られる(図5参照)。このシステムでは、省エネルギーで最適な運転を実現するために、以下に述べるシステム構成とし、各種の制御機能を採用している。

4.1 システム構成

このポンプ場は24時間連続運転されることから、特に信頼性の高い機器を採用している。

21台のポンプがそれぞれ単独で運転できるようにPLC(Programmable Logic Controller)を個別に配置し、受電制御監視システムでは、信頼性を高めるためにPLCを二重化した。

運転操作には、24時間連続運転が可能なHMI(Human Interface)装置を2台設置した。さらに、1,000 km離れたカイロにある水資源・灌漑省電気機械局でも運転状態が監視できるように、電話回線を経由してHMI装置を1台設置した。

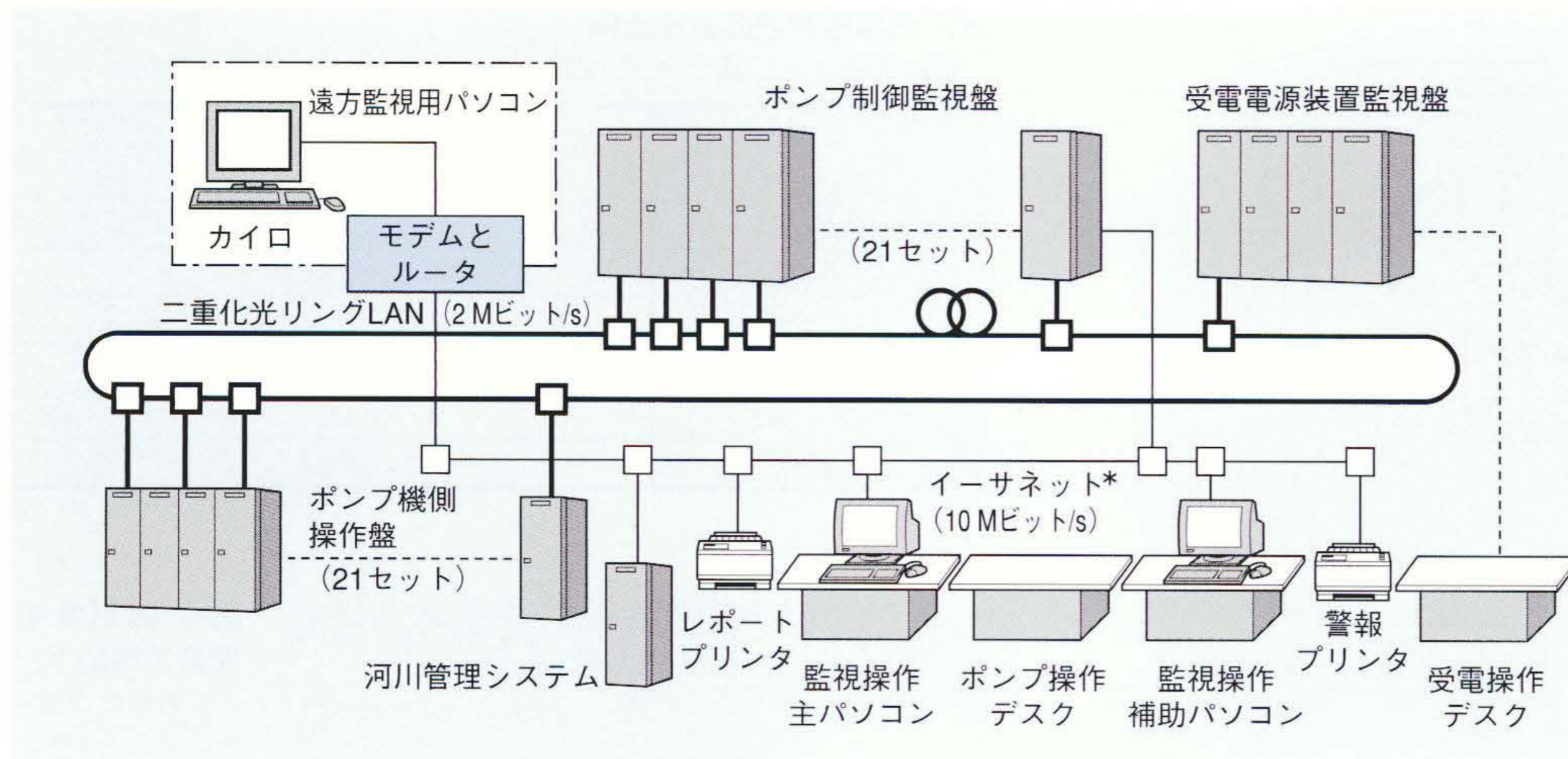


図5 ムバラクポンプ機場の運転制御監視システムの構成

河川管理システムとの密な連携により、省エネルギーで最適な運転を実現する。

注：*イーサネットは、富士ゼロックス株式会社の商品名称である。

PLCのLANでは、インバータからのノイズを防止するために二重化「光リングLAN」を、HMIのLANでは、標準LANのイーサネットをそれぞれ採用した。

全体の運転ガイダンスとインタロックを管理するために共通PLCを設置した。

4.2 システム機能

21台のポンプを安定して稼働させるために、さらに、運転員や保守要員の作業を軽減するために、下記の機能も採用している。

(1) ポンプ運転ガイダンス機能、(2) ポンプ自動運転監視機能、(3) ポンプ運転準備監視機能、(4) 吸込み・吐出し水位監視機能、(5) 稼働状況・トレンド監視、(6) 故障監視および通報機能、(7) エネルギー管理機能、(8) 日報・月報作成機能ほか

上記のポンプ運転ガイダンス機能により、下流で必要とされる水量に合わせた運転ができ、ナセル湖の水位変化に柔軟に対応できるようにした。また、ポンプの最適運転台数、省エネルギー運転速度、保守の平準化などを考慮し、どのポンプを起動、停止させるかの情報を運転員に提供できるようにしている。

さらに、運転準備機能では、各ポンプの複雑な準備作業状態を表示し、また、故障監視機能では修理箇所を提示することができるので、操作や保守が容易に行える(図5参照)。

5 おわりに

ここでは、エジプトのムバラクポンプ場で使用される主要機器の特徴について述べた。

2002年11月に初号機ポンプ2台が試運転を開始した。引き続き、全21台の試運転、検収を推進している。主要機器のサイトへの搬入はすべて完了しており、当初の目標は達成している。一方、別契約の240 km水路建設も順調に進んでいる。開発地区への入植も始まり、開発は着実に進展している。

日立製作所は、今後もかんがい用システムの技術開発を推進し、砂漠の緑化に貢献していく考えである。

参考文献

- 1) A.Kuroda, et al.: Large-Capacity High-Lift Transfer Pump System for the Havasu Pumping Plant, HITACHI REVIEW, 32, 1, 7~12(1983)

執筆者紹介



黒岩 豊

1972年日立製作所入社、電力・電機グループ 社会システム事業部 公共施設システム部 所属
現在、海外ポンプシステムのエンジニアリングに従事
E-mail: yutaka_kuroiwa @ pis. hitachi. co. jp



石川精一

1972年日立製作所入社、株式会社日立インダストリイズ 社会インフラ事業部 海外ポンプ エンジニアリングセンター 所属
現在、海外ポンプシステムの設計・エンジニアリングに従事
E-mail: seiichi_ishikawa @ pis. hitachi. co. jp



佐貫英徳

1971年日立製作所入社、電力・電機グループ 社会システム事業部 情報システム部 所属
現在、輸出関係のシステムエンジニアリングに従事
E-mail: hidenori_sanuki @ pis. hitachi. co. jp



岡 潔

1992年日立製作所入社、電力・電機グループ 電機システム事業部 発電機システム本部 電力設計部 所属
現在、大型同期発電機、電動機の設計に従事
E-mail: kiyoshi_oka @ pis. hitachi. co. jp