

大和田機場ポンプ設備改修工事

梅村 堅一*

Reconstruction of Owada Pump Station

by Kenichi UMEMURA

The manufacturing of pump equipment for and construction work at Owada Pump Station, Chiba Prefecture had been undertaken by Ebara between March 2004 and June 2007. This was done as a part of a reconstruction project of this pump station which was getting obsolete after 37 years of service. Ebara's commitment included the modification of pump machinery and control systems, as well as reconstruction of structures by civil engineering. Various technological solutions, beyond the scope of conventional pump facility construction, were put to use, such as designing instrumentations.

Keywords: Drainage pump station, Reconstruction, Vertical axial flow pump, Siphon, Concrete casing, No water system, Silencer, Short schedule, Temporary still water system, Static concrete cutting

1. はじめに

印旛沼開発事業は、千葉県北部に位置する印旛沼周辺農地の洪水排水、干拓及び農業用水・都市用水の補給を目的として実施された総合開発事業である。大和田機場は印旛沼開発の基幹となる排水機場で、印旛沼から新川・花見川を介し東京湾に排水する総排水量120 m³/sのポンプ場である。本機場は1966年の完成以来37年以上が経過し、設備の老朽化により機能が低下していたため、機能回復を目的に改修工事が行われた。

当社は、これらの工事のうち、核となるポンプ設備にかかわる機械設備・制御設備・土木設備の改修を「大和田機場ポンプ設備改修工事」として請負い、2004年3月から2007年6月にわたり機器製作及び現場工事を実施した。

本工事の遂行に当っては、機器設計・製作も含め既存のポンプ設備工事技術だけでは発注条件をクリアすることは不可能であったが、種々のソリューション技術を用いることで、工事を無事完了することができた。本稿は、その概要を報告するものである。

2. 工事の概要

表1に設備改修における基本方針を示す。表2に改修内容の概要を示す。工事後の機場配置図を図1に示す。写真1に工事前・後のポンプ室内全景を示す。

本工事は、老朽化した既設ポンプ設備を新しい仕様・形状の設備に更新する工事で、毎年2台ずつ、3年間で全6台のポンプ設備を更新した。

これまでに行われてきたポンプ場の更新工事の多くは、機器が寿命に達した場合、新しい機器に対する細部の見直しはあるものの、基本的には同形状の機器を入れ替える手法が取られていた。もしくは、これに加え、土木建築設備にある程度の劣化が認められた場合は、ポン

表1 改修工事の基本方針

Table 1 Main targets in reconstruction

1	排水能力は既設を踏襲 Maintaining the previous discharge capacity
2	設備簡素化によるコスト低減・信頼性向上 Cost reduction and improved reliability by use of simplified equipment
3	土木・建築設備流用による改修コスト低減・工程短縮 Cost reduction in reconstruction and short construction schedule by maintaining previous civil engineering and architectural factors
4	環境への配慮 Consideration to the environment

* 風水力機械カンパニー 技術・建設統括部 プロジェクト設計室

表2 改修工事内容の概要（主な改修点）
Table 2 Summary of reconstruction

設備名 Equipment	既設設備 Equipment before reconstruction	改修ポイント Reconstruction points	改修後設備 Equipment after reconstruction
主ポンプ Pump	<p>口径3600 mm 立軸軸流ポンプ×2台 Vertical axial flow pump 要項30 m³/s×5.3 m×115.4 min⁻¹×2000 kW 口径2500 mm 立軸軸流ポンプ×4台 Vertical axial flow pump 要項15 m³/s×5.3 m×163 min⁻¹×1214 kW Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サイフォンアシスト運転 The driving that assists the siphon effect ・ポンプ形状 ベンド-ベンド, 二床式 Shapes of suction and discharge: bent-bent, set on 2 floors ・可動羽根 (口径3600 mm だけ) Adjustable vane ・グランドパッキン Gland packing ・ゴム軸受 Rubber radial bearing ・可動羽根による流量制御 (口径3600 mm だけ) Flow quantity control by Adjustable vane 	<p>排水能力踏襲 Maintaining the previous discharge capacity サイフォン能力向上 Improvement of ability for siphon コンクリートケーシング流用 Concrete casing diversion 可動羽根廃止 No adjustable vane 注水設備廃止 No lubricating water system 流量制御方式の変更 The change of the flow quantity control system</p>	<p>口径3600 mm 立軸軸流ポンプ×2台 Vertical axial flow pump 要項30 m³/s×5.3 m×129 min⁻¹×2600 kW 口径2500 mm 立軸軸流ポンプ×4台 Vertical axial flow pump 要項15 m³/s×5.3 m×173 min⁻¹×1300 kW Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自力サイフォン運転 Own strength siphon driving ・ポンプ形状 ベンド-ベンド, 二床式 Shapes of suction and discharge: bent-bent, set on 2 floors ・固定羽根 (口径3600 mm, 口径2500 mm 共) Fixed vane ・無注水軸封装置 (フローティングシール) Dry seal (floating seal) ・セラミックス軸受 Ceramic radial bearing ・回転速度制御による流量制御 (口径3600 mm だけ) Flow quantity control by the rotary speed control
真空破壊 Vacuum breaking	<p>口径500 mm 真空破壊弁×6台 Vacuum breaker valve</p> <ul style="list-style-type: none"> ・油圧駆動式アングル弁 A right angle valve at oil pressure drive ・1系統/1水路 1 system/1 waterway <p>サイレンサ無し No silencer</p>	<p>油圧から空気設備へ取替 Exchange from oil pressure to air pressure バックアップ系統の追加 The addition of the backup system 環境への配慮 (低騒音) Consideration to the environment (low noise)</p>	<p>真空破壊弁 口径500 mm×4台, 口径350 mm×8台 Vacuum breaker valve</p> <ul style="list-style-type: none"> ・空気作動式偏心構造弁 Air operation-style unbalanced structure valve ・2系統 2 systems <p>真空破壊サイレンサ×4基 Vacuum breaker silencer</p> <ul style="list-style-type: none"> ・機側1 m 75 dB (A) 以下
駆動設備 Driver	<p>立軸同期電動機×2台 Vertical axial synchronous motors 2000 kW×52 P×AC 3300 V ディーゼル機関-流体継手-減速機×4台 Diesel engine - Fluid coupling - Reduction gears 1214 kW×720→163 min⁻¹×A重油</p>	<p>特殊電動機から一般電動機へ取替 Exchange from a special motor to a conventional motor 冷却水設備廃止 No cooling water system 環境への配慮 (低騒音, 低NOx) Consideration to the environment (low noise, low NOx)</p>	<p>横軸巻線電動機- かさ歯車減速機 (空冷ファン付)×2台 Wound rotor induction motor - Bevel type reduction gear (air cooling by fan) 2600 kW×4 P×AC 3300 V ガスタービン- かさ歯車減速機 (空冷ファン付)×4台 Gas turbine-Bevel type reduction gear (air cooling by fan) 1300 kW×1000→173 min⁻¹×灯油</p>
系統機器 Auxiliary equipment	<p>真空系統 (サイフォンアシスト用) Vacuum system (assists the siphon effect) 冷却水系統, 薬注設備, 潤滑油系統 Coolant system, System for injecting medicine, lubricating oil system 油系統 (翼角制御・真空破壊弁用) Oil system (adjustable vane control, vacuum breaker valve) 圧縮空気系統 (ディーゼルエンジン始動用) Compressed air system (diesel engine starts) 燃料系統 (ディーゼルエンジン用) Fuel system (diesel engine) 25 kL 屋外重油槽×2基 Outdoor heavy oil tank 1 kL 燃料小出槽×2基 Fuel service tank 室内給排気設備無し No ventilation facilities</p>	<p>前記主機変更に伴う廃止 Abolition by changing main equipment 前記主機変更に伴う用途変更 Change in usage by changing main equipment 土木構造物新設 Reconstruction for civil engineering structure 前記主機変更に伴う取替 Renovation by changing main equipment 環境への配慮 (低騒音) Consideration to the environment (low noise)</p>	<p>圧縮空気系統 (真空破壊弁用) Compressed air system (vacuum breaker valve) 燃料系統 (ガスタービン用) Fuel system (gas turbine) 105 kL 地下貯油槽×2基 Underground tank 11 kL 燃料小出槽×1基 Fuel service tank 室内給排気サイレンサ, 排気ファン Ventilation silencer and fan ・機側1 m 65 dB (A) 以下</p>
電気品類 Electric equipment	<p>高圧電動機盤設備 High voltage motor panel 操作制御設備 Operation control panel</p>	<p>前記主機変更に伴う取替 Renovation by changing main equipment 機能追加 Function addition</p>	<p>高圧電動機盤設備 High voltage motor panel 機側操作制御設備 Plant side operation control 中央監視制御設備 Central monitor control</p>
土木建築 Civil and architectural	<p>ポンプコンクリートケーシング Concrete casing pump</p>	<p>既設流用 Use existing structural design 前記系統機器変更に伴う新設 Reconstruction for changing auxiliary equipment</p>	<p>1種ケレン後, 再塗装し流用 First class surface treatment, re-painting, reuse 地下燃料貯油槽躯体, 燃料小出槽室 Underground tank engineering works makeup, fuel service tank room</p>

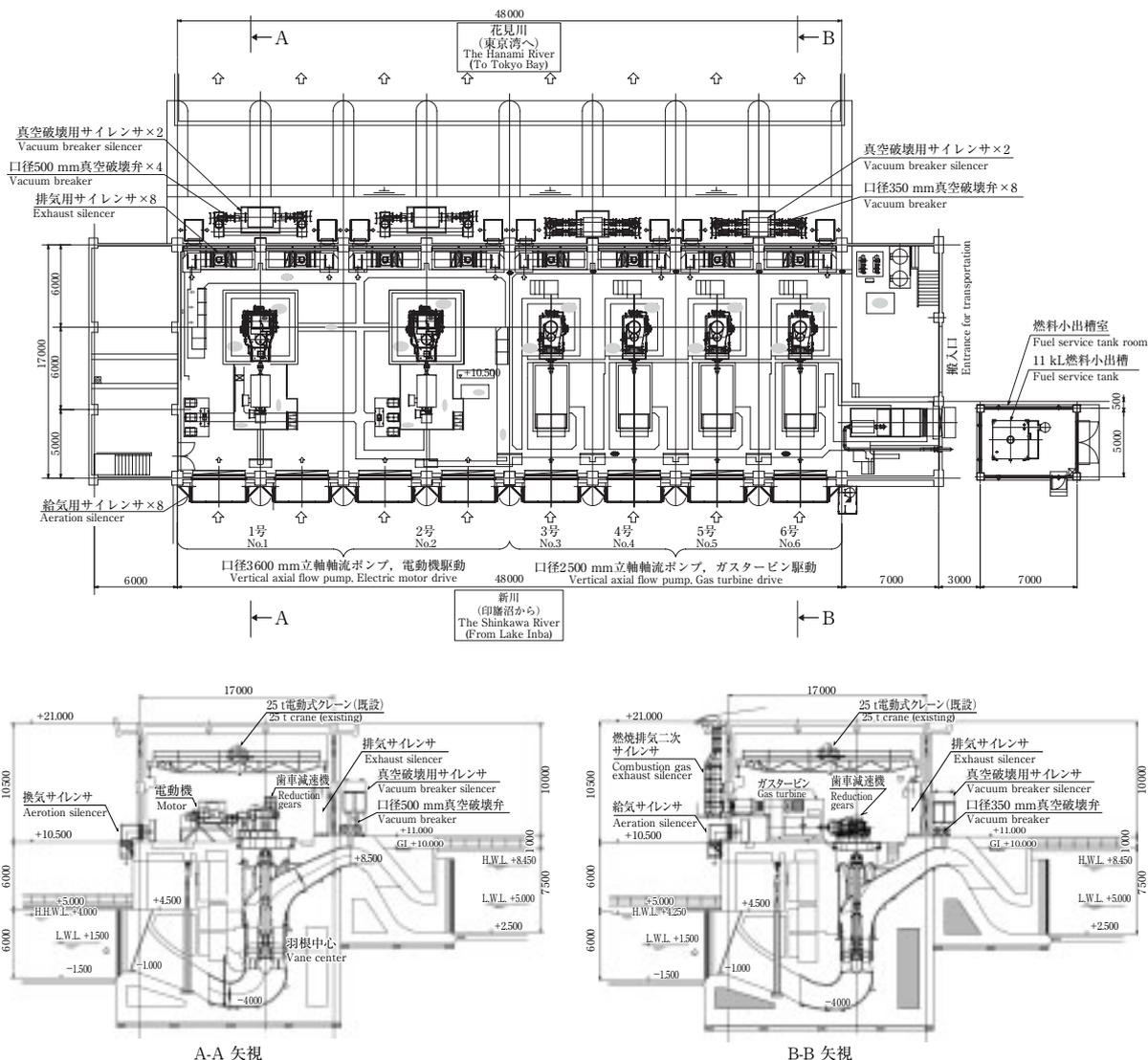


図1 改修工事後の機場配置
Fig. 1 Layout of pump station after reconstruction



改修前のポンプ室内全景
Driver room before renovation



改修後のポンプ室内全景
Driver room after renovation

写真1 改修工事前後のポンプ室内全景
Photo 1 View of driver room before and after reconstruction

08-07 01/218

プ場の全面改築が行われていた。

しかしながら、機器の寿命と土木・建築構造物の寿命を比較した場合、静的な鉄筋コンクリートで構成された土木・建築構造物の方が明らかに長寿命を有する。

よって、機器だけを更新した場合は、信頼性・技術の面で、また、全面改築を行った場合はコスト・工程の面で、必ずしも最適なものとはなりにくい。

本工事の場合、改修コストを抑えつつ、信頼性を確保するため、既設の土木・建築部を可能な限り流用しつつ、全面新規設計の機器及びシステムを導入したという点が最も大きな特長となっている。

3. 主な技術的課題

本工事においては、製作・施工上、次に示す複数の厳しい課題が与えられていた。

3-1 ポンプにおける課題

新設ポンプは、既設の吸込・吐出水路を流用し、次の条件を満足する必要があった。

- (1) 主ポンプの能力は自力サイフォンを可能とすること（設備の簡素化、コスト低減、信頼性確保）。
- (2) 土木構造物の傾きに伴い既存ポンプベースも傾いており、その上にポンプを垂直に据え付けること（コスト低減、工期短縮）。
- (3) コンクリートケーシングに固定されている吸込側案内羽根、及びボス（以下吸込ライナ）は、取替に伴う現地溶接による影響を回避すること。

3-2 防音設備構築における課題

新設設備で想定される次の騒音源に対し、それぞれに適したサイレンサを設置する必要があった（環境への配慮）。

- (1) ガスタービンの運転騒音
〔機側1 m：85 dB（A）以下〕
 - (2) ガスタービン燃焼排気、パッケージ換気の騒音
〔出口1 m：70 dB（A）以下〕
 - (3) 室内給排気の騒音
〔出入口1 m：65 dB（A）以下〕
 - (4) サイフォンブレイク時の騒音
〔入口1 m：75 dB（A）以下〕
- （補足）敷地境界の騒音規制値：50 dB（A）以下

3-3 現地工事における課題

既設機場の機能を生かしながら施工する必要があったため、全6台を毎年度2台ずつ、3年にわたって更新する工事であったが、これに加え、次に示す工程制限が設けられており、施工期間が非常に短かった。

- (1) 出水期（5～10月）は全6台、非出水期（11～4月）は4台の主ポンプが排水運転可能な状態で、工事を行う。つまり、各年行う工事は、毎回、非出水期の6箇月の短期間で、主な現地工事の施工を完了することが求められた。

4. 課題の解決方法

以上の課題に対して、次の技術を適用して工事を行った。

4-1 ポンプへの適用技術

ポンプへの適用技術を図2に示す。

写真2に工場におけるポンプ仮組状況と現地据付時のインペラの状況を示す。

(1) 既設ポンプは真空ポンプによりサイフォン管頂部から空気を吸い上げ、ポンプ揚水能力を補助してサイフォンを形成させていたが、新設ポンプではポンプの揚水能力だけでサイフォン形成まで行う必要があった。そこで、当社がこれまで蓄積してきた実験データを基に、サイフォン形成に必要な流量を求め、新設ポンプのハイドロを決定した。現地試運転の結果、真空破壊弁全閉からサイフォン形成まで3分程度で自力サイフォンができることを全号機で確認した。

(2) 既存ポンプベースの傾きは、これまでの整備工事で把握していたため、新設ポンプ設計当初から何らかの施策が必要であった。そこで、種々の方法の中から、コスト・現地工程を考慮し、調整ベースを挟むことにした。ただし、既設ポンプ設置中には精密測定ができないため、撤去後、速やかに現地での傾きを調査し、製作中の調整ベースに反映させた。調査により、全台吐出し側に傾いており、最大で3.1 mm/4 mの傾きであることが分かった。今回の修整で、新たな水平面が構築できたため、今後の運用・整備の信頼性の上でも十分耐えられるものとなった。

(3) 吸込ライナはコンクリートケーシングと一体となっていたため、切断し撤去した。新設吸込ライナを固定するためには、コンクリート埋設ライナに溶接で固定するが、熱の影響が懸念された。また、ボス天端部にはインペラを乗せ垂直にするため、水平度の管理も必要であった。そこで、溶接後に発生する溶接部の収縮を考慮し、現地での突合せ溶接をやめ、すべてすみ肉溶接ができる構造とした。また、溶接時の温度管理・溶接速度管理を行い、熱の影響を回避した。その結果、ボス天端の水平度も許容値内に納めることができた。

4-2 防音設備構築への適用技術

防音設備への適用技術を図3に示す。

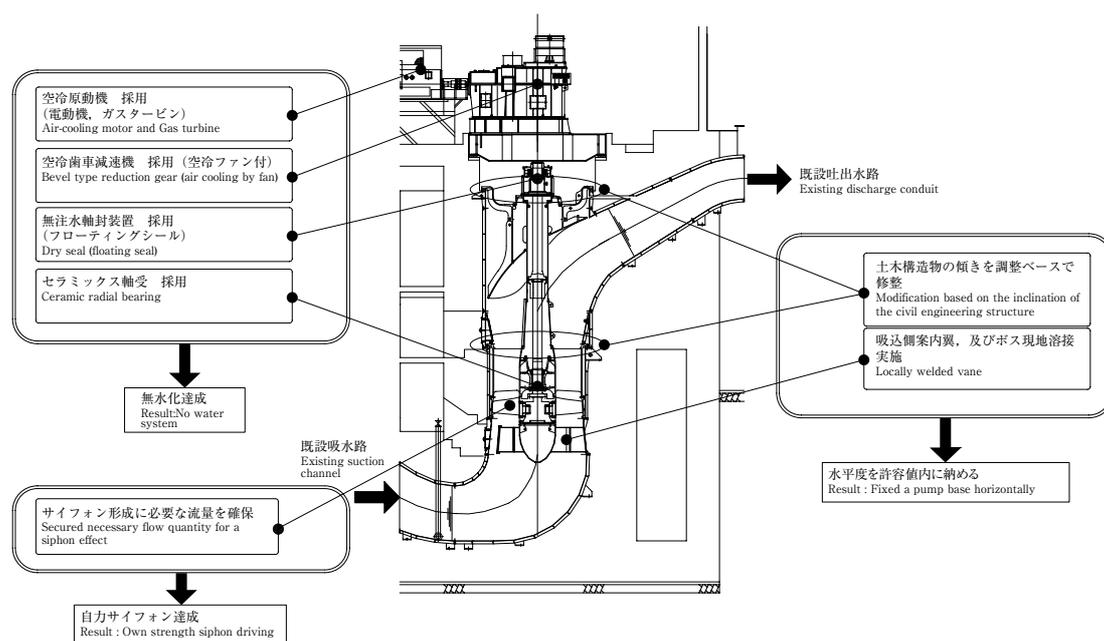


図2 ポンプへの適用技術
Fig. 2 Technology applied for new pump



口径3600 mm 立軸軸流ポンプ/工場仮組み状況
Vertical axial flow pump/Preliminary assembly at plant



口径3600 mm 立軸軸流ポンプ/インペラ現地据付時の状況
Vertical axial flow pump/Installation of impeller at site

写真2 工場仮組状況, 及び現地据付状況

Photo 2 Preliminary assembly at plant & installation of pump and impeller at site

08-07 02/18

各々の騒音スペクトルに対し、各サイレンサの設計を行ったが、最も難しかったものが経験の少ないサイフォンブレイク時のサイレンサであった。既設設備の状態で約130 dB (A) もの過大な騒音を発生していたため、既設設備の騒音スペクトルを測定し、かつこれまでの防音技術を駆使して設計・製作を行った。試運転の結果は、す

べてのサイレンサにおいて顧客の仕様を満足する結果が得られた。

4-3 現場工事への適用技術

現地工事は、短い施工期間内（非出水期6箇月間）に、2台分のポンプの既設機械撤去、既設コンクリートケーシング補修、新規設備据付を完了し、全台数運転可能な

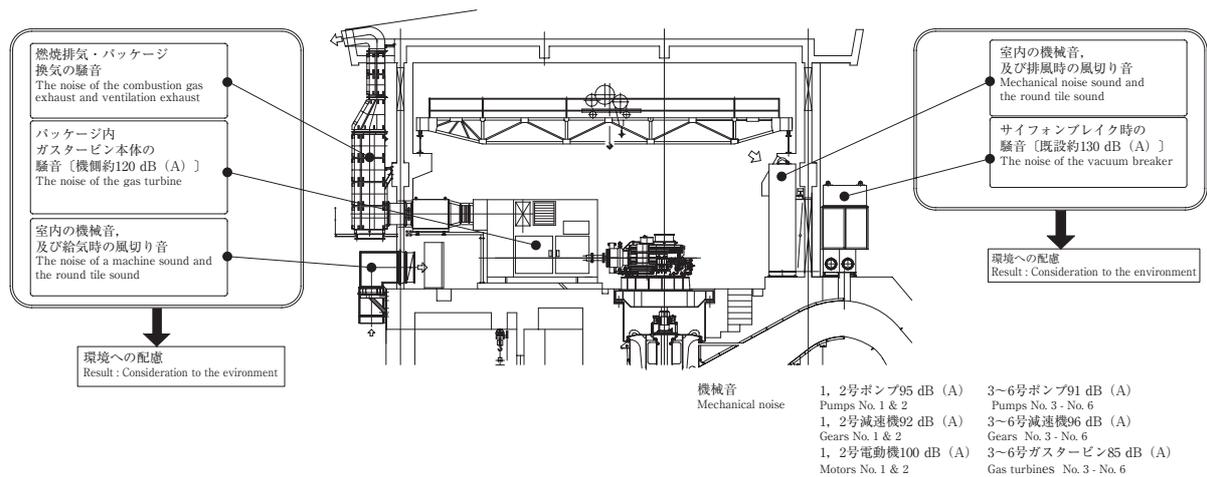


図3 環境への配慮
Fig. 3 Consideration to the environment

状態にする必要があった。

このため、現地工事においては、各工種において様々な技術を適用して施工を行った。

特に、機械設備の撤去・据付工事において、据付・撤去が容易で作業性の良い仮止水設備を吸込水槽のセンターピア間に設置した。この仮止水設備は2006年度竣工した印旛機場ポンプ設備改修工事においても、採用していたが、水中作業での設置工事で接続ボルト本数が多く、水中作業の工程に時間を要した。今回工事においては、前回工事の経験を生かし、必要最少限の本数に変更し、水中作業時間の工程を短縮した。また、角落し戸当り撤去に関しては対象部分の数量が多く、従来多く使用して

きた撤去技術であるはつり工法は、時間的、また振動・粉塵の発生の観点から採用せず、ワイヤソーによる静的コンクリート切断工法を採用し、土木撤去期間を短縮した。

写真3に仮止水設備の据付状況を示す。

以上のように、機械設計・システム設計・設備施工技術等の総合ソリューションエンジニアリングによって、種々の困難な条件を満足する設計・施工が可能となり、本工事の施工を短工期内で完遂することができた。

5. 終わりに

本工事のように、既設機場の土木・建築部分を流用しつつ、全く新しい設備に改修を行うという更新手法は、



吸込側の仮止水設備/上流側
Temporary still water at suction side/The upper classes side



吸込側の仮止水設備/水路内部
Temporary still water at suction side/The waterway inside

写真3 現地据付状況
Photo 3 Installation conditions at site

08-07 03/218

コスト低減，信頼性向上の両面から考えて，今後増加していくであろうポンプ場更新方法の一つであると考えられる。この手法では，新設のポンプ場における機械工事とは異なり，土木，建築，機械，電気の全体を総合して一つの設備としてとらえ，施工技術を含めた，トータルエンジニアリングを行うことが重要となる。

本工事では，当社のもつ総合技術力によって従来のポンプ場建設において経験の無かった様々な技術を検討・採用し，工期を含め，仕様を十分に満足した施工を行うことができた。この結果，大形排水機場の更新技術に対し，

工期短縮・コスト縮減の観点から種々の新たな技術を蓄積できたと考える。

また，本機場は，工期内にも，既に数度の実排水運転を行っており，地域の方々に貢献する排水機場の姿を竣工に先駆けて体感できたこと，また，その工事に携われたことに大きな喜びを感じる。

おわりに，本工事施工に関して，御協力を頂いた協力会社各位，並びに工事全体に対し，多大なる御指導と御協力を頂いた水資源機構千葉用水事業所の関係各位に謝意を表す。

