

feature article

ポンプ設備のグローバル展開

Globalization of Hitachi's Pump Business

松井 志郎 Shiro Matsui

千葉 由昌 Yoshimasa Chiba

日立グループは、国内はもとより海外においても、多くの水関連の大型プロジェクトにポンプメーカーとして参画し、世界の水事業、社会インフラ整備に貢献してきた。世界的な水資源の不足と偏在という問題に対応するため、ポンプを取り巻く市場環境として、近年、高効率長距離送水ポンプや海水淡水化向けポンプの需要が特に高まっている。日立グループは、このような需要を背景に積極的にポンプのグローバル展開を進めており、CFD(数値流体力学)を駆使した高効率水力モデルや、環境負荷低減に配慮した全鋼板製ポンプ、海水淡水化プラント向けポンプなど、世界の顧客ニーズに応えるための技術開発を推進している。

1. はじめに

ポンプは「水」を扱う機械であり、水資源の開発、利用など、社会インフラ整備になくてはならないものである。また、日立グループにおいて最も歴史のある製品のひとつであり、その前身の佃島製作所時代を含めると100年を超える製作実績を有している。日立グループは、これまで、灌漑(かんがい)、上下水、排水、電力向けポンプを数多く納入し、国内だけでなく、海外のさまざまな大型プロジェクト、国家的プロジェクトにポンプメーカーとして参画し、世界の水事業に貢献してきた。例えば、1950年代の東パキスタン(現バングラデシュ)の灌漑プロジェクト、1960年代のエジプトの灌漑国家プロジェクト、1970年代の米国サザンネバダ水道プロジェクト、1980年代の米国セントラルアリゾナプロジェクト、米国シカゴの下水道プロジェクトなどがある。

ここでは、近年、日立グループが海外で参画してきた水関連大型プロジェクトとして、エジプトのムバラクポンプ場プロジェクト、中国の南水北調プロジェクト、米国カリフォルニア州のエドモンストンポンプ場の概要と、多様化する顧客ニーズに応えるために開発を進めている新技術について述べる。

2. 近年の水関連の大型プロジェクト

2.1 エジプトのムバラクポンプ場プロジェクト

エジプト・アラブ共和国では、古くから砂漠の緑化事業を推進してきており、日立グループは1960年代から大型灌漑ポンプ設備を約60台納入し、貢献してきた。

ムバラクポンプ場は、ナイル川の水を送り、砂漠を緑化して新しい街を建設するというトシユカ計画のための送水設備であり、日立グループの高度な技術を駆使し、かつ多国間コンソーシアムの中で技術面のリーダーシップを発揮して、設計から竣工(しゅんこう)までわずか5年で完成させた巨大なポンプ場である。31.5 mの水位変動に対応し、高効率運転を確保した最大吐出し量334 m³/sのポンプ場は、日立グループのエンジニアリング力を世界に示し、エジプトに対する国際貢献として永く評価されるとともに、同国の繁栄に寄与し、今後の国際的水事業に発展するものである(表1、図1参照)。

2.2 中国の南水北調プロジェクト

中国が進めている水利用計画「南水北調」は、「南(長江流域)の水をもって北(黄河流域)の水不足を調える。」という意味に由来する。水量の豊富な長江(揚子江、流出量約9,600億m³/年)から東線(長江河口から取水)、中線(中流の丹江口ダムから取水)、西線(長江上流から取水)の3ルートにより、北京市、天津市などの北部主要地域に送水

表1 ムバラクポンプ場の主ポンプ仕様

保証ポンプ効率は、約90%であり、日立グループはCFDによる最適化を行いクリアした。

型 式	立軸片吸込み渦巻ポンプ
吐出し量	16.7 m ³ /s
全揚程	57.1 m
ポンプ回転速度	210~300 min ⁻¹
原動機出力	1万2,000 kW
台 数	21台

注：略語説明 CFD (Computational Fluid Dynamics : 数値流体力学)

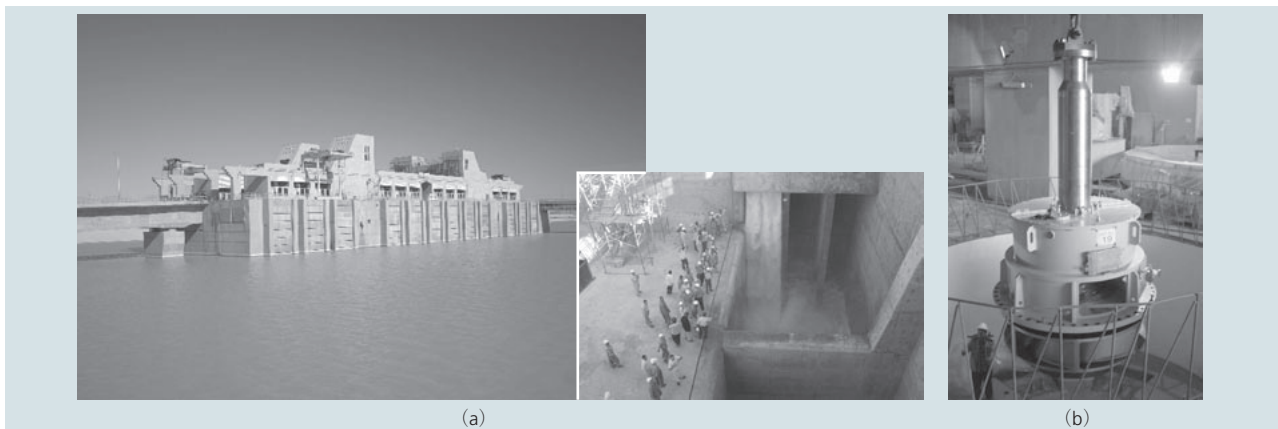


図1 ムバラクポンプ場 (a) とポンプロータ (b) の外観

吸込み水路の末端に池をつくり、その池の中にポンプ場を建設するアイランドポンプ場（日立特許取得済み）が採用された。ポンプロータは低流量域から高流量域にわたって高性能であり、現在も順調に稼動している。

する世界有数の大規模送水プロジェクトである。

日立グループは、このプロジェクトにおいて初めてのポンプ場である宝応ポンプ場（東線）を受注し、3台の可動翼斜流ポンプで100 m³/sの送水を行う設備を2005年に完成させた。また、2006年には、日立ポンプ製造（無錫）有限公司との合作により、同じく東線の蘭家場ポンプ場向けチューブラ式可動翼軸流ポンプを受注した。

このポンプ場は江蘇省徐州市銅山県内に位置し、解台ポンプ場から水路を通して送水されてくる水100 m³/sを南四湖に送水する設備であり、2009年3月に完成した（表2、図2参照）。

また、日立ポンプ製造（無錫）有限公司も中国国内メーカーとして、南水北調東線プロジェクトに参画しており、淮安第四ポンプ場（立軸軸流33.4 m³/s × 4.68 m × 2,240 kW、

4台）、劉山ポンプ場（立軸軸流31.5 m³/s × 6.43 m × 2,800 kW、5台）、解台ポンプ場（31.5 m³/s × 6.54 m × 2,800 kW、5台）にポンプ設備を納入することで、この国家プロジェクトに貢献している。

2.3 米国カリフォルニア州のエドモンストンポンプ場

米国カリフォルニア州は米国で最も人口の多い州であるが、南部は降水量が少なく、人口増加に対応した水源の確保が必要である。このため、カリフォルニア州では南北を貫き総延長600マイル（約960 km）に及ぶ送水路を築き、これを用いて北部の水源から南部のロサンゼルスやサンディエゴなどの都市部や農業地域に送水すると同時に、この設備を維持・管理するための大規模多目的送水プロジェクト（SWP：State Water Project）を継続的に進めている。

その中で、エドモンストンポンプ場は最重要の基幹ポンプ場であり、全揚程600 mの世界最大級の大型ポンプ14台が設置されている。しかし、既設ポンプ（他社製品）はキャビテーション損傷による保守管理費用の増加が問題となり、これを改善するために、カリフォルニア州の水資源局（Department of Water Resources）によるポンプの更新プロジェクトが推進された。

日立グループは、2004年にこのような既設ポンプ4台の更新工事を受注し、CFD（Computational Fluid Dynamics：数値流体力学）を駆使した水力モデルの最適化とRP（Rapid Prototyping）で羽根車を製作することによるモデル開発のスピードアップにより、スペック要求効率（91.2%）を上回る提案効率92%をさらに上回って達成することができた。第1号機は2007年6月に稼動し、8,000時間の保証時間を終えた後も順調に運転されている。現在、第2号機の据付けを開始したところであり、2011年3月までには4台すべてのポンプが稼動する予定である。

顧客によれば、このポンプ4台の更新により、CO₂排出

表2 蘭家場ポンプ場の主ポンプ仕様

可動翼斜流チューブラポンプの仕様を示す。

型 式	可動翼斜流チューブラポンプ
吐出し量	25 m ³ /s
全揚程	2.4 m
ポンプ回転速度	120 min ⁻¹
原動機出力	1,250 kW
台 数	4台

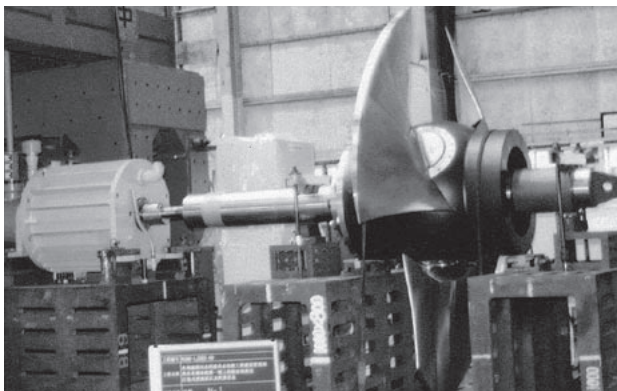


図2 蘭家場ポンプ場向け可動翼チューブラポンプのロータ

高比速度可動翼チューブラモデルの採用とCFDによる吸込水槽から吐出し水槽までの流路全体の最適設計により、高効率を達成した。

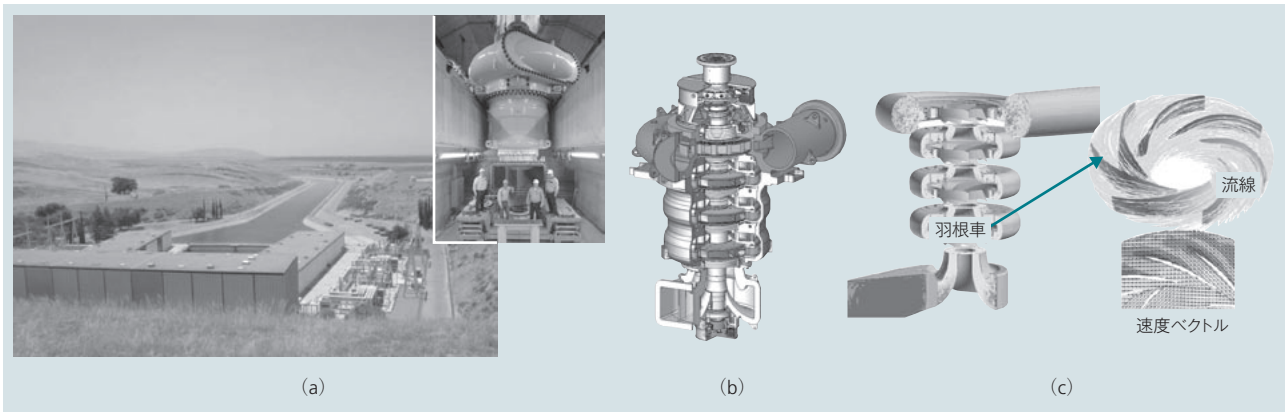


図3 エドモンストンポンプ場 (a) とCFDによる羽根車 (b)、ディフューザの最適化 (c) の概要

CFDを駆使した最適化とRP (Rapid Prototyping) による羽根車の製作により、モデル開発をスピードアップさせることで世界最高レベルの効率を達成した。

表3 エドモンストンポンプ場の主ポンプ仕様

保証ポンプ効率率は92%であり、IEC規格に基づく厳格な模型試験と現地での性能測定によって実証された。

型 式	立軸多段タービン渦巻ポンプ
吐出し量	8.92 m ³ /s
全揚程	600 m
ポンプ回転速度	600 min ⁻¹
原動機出力	8万HP (英馬力)
台 数	4台

注：略語説明 IEC (International Electrotechnical Commission: 国際電気標準会議)

量を2008年から2020年までに累計27万1,400 t低減できるとの試算であり、環境保全に力を入れているカリフォルニア州の排出量低減に貢献している (図3, 表3参照)。

3. ポンプの新技术への取り組み

3.1 環境負荷低減技術

ポンプの高効率・省エネルギー技術については、前述のようにCFDを駆使することにより、飛躍的に向上することが可能となった。

また近年、産業機械においてもLCA (Life Cycle Assessment) の観点からCO₂排出量の低減が製品の評価基準に盛り込まれつつある。回転機械であるポンプにおける取り組みについて以下に述べる。

今回述べる立軸斜流ポンプは、治水用排水、下水・雨水排水、発電所冷却用、造水用取水ポンプなど用途が広く、需要の多い形式のポンプである。このポンプを鋳物構造から鋼板溶接構造化することにより、ポンプの軽量化ならびに製造におけるCO₂発生量を従来の鋳物製に比べ約40%以上の低減が可能となる。

日立全鋼板製ポンプの特徴は以下のとおりである (図4, 表4参照)。

(1) 鋼板は、鋳物に比べ調達性がよく、製作期間の短縮ができる。また、材料強度が鋳物よりも高いためポンプの軽量化とともに、機場設備などのコンパクト化も可能となり、事業の初期投資コストを低減し、早期に運用を開始することができる。

(2) 均質圧延材の適用により材料欠陥のリスクがなく、高い信頼性と長寿命化が得られるとともに補修が容易である。また、海水を取り扱う場合には二相ステンレス鋼 (高耐食・高強度材) を採用することで防食に対するメンテナンスコストの大幅な低減が可能となり、LCC (Life Cycle Cost) を最小限にすることができる。

(3) 高性能を要求される羽根車と案内羽根はその複雑な流

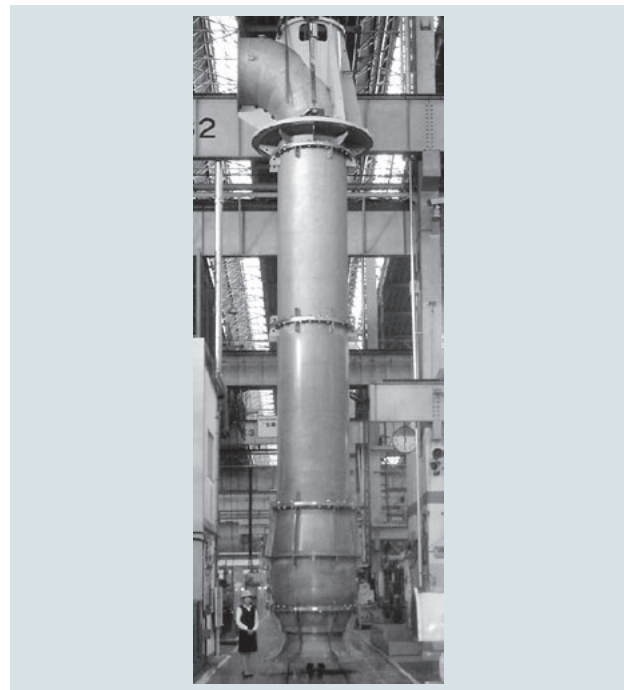


図4 全鋼板製立軸斜流ポンプの外観

海水仕様であるため接液部を含めて全二相ステンレス鋼板製ポンプとし、耐腐食性と軽量化を達成した。

表4 全鋼板製立軸斜流ポンプの仕様

新羽根設計法による羽根車、案内羽根の設計を実施し、鋳物製と同等の高効率を達成した。

型 式	立軸斜流ポンプ
吐出し量	5.0 m ³ /s
全揚程	27.5 m
ポンプ回転速度	423 min ⁻¹
原動機出力	1,850 kW
台 数	4台



図5 溶接構造オープン羽根車の外観 **図6** 溶接構造クローズ羽根車の外観
(外径 約φ1,470 mm) (外径 約φ1,420 mm)

新羽根設計法を適用した高比速度オープン羽根車(二相ステンレス鋼)である。新羽根設計法を適用した高揚程クローズ羽根車(二相ステンレス鋼)である。

路形状のために、従来の鋼板溶接製の羽根では鋳物製に比べ性能的に劣る点があった。今回、新羽根設計法の開発と独自製造技術の適用より、鋳物製と同等以上の効率向上を図ることができた(図5、図6参照)。

また、鋼板溶接構造であることから、溶接部の信頼性を確保するため、流体一構造連成解析ならびに溶接部の強度試験を実施し、十分な信頼性を確保した製品とした。今後も、全鋼板製ポンプシリーズとして他の形式のポンプへの適用拡大を図っていく計画である。

3.2 海水淡水化プラント向けポンプ技術

近年の地球レベルでの気候変動ならびに人口増加により世界レベルでの深刻な水不足が予測されている。そこで、豊富な水資源である海水を利用して生活および農・工業用に適用する海水淡水化技術が必須となってきている。

特に、海水淡水化プラント(蒸発法、逆浸透膜法)において、ポンプは取水、循環、給水などで重要機器となっている。従来は各方式単独でのプラントが多かったが、今後、2方式(蒸発法、逆浸透膜法)を併用するハイブリッド型淡水化プラントへの注目と需要の増が見込まれる。したがって、いずれの方式へも対応するポンプを新規開拓分野として重点開発を進めている。

以下のポンプはいずれも海水を取り扱うため、耐海水用ステンレス(二相系ステンレス鋼)や樹脂系材料を組み合わせることで工夫している。

- (1) 海水取水ポンプ：いずれの方式にも適用され、ポンプ形式は前述の全鋼板製ポンプである。
- (2) ブライン循環ポンプ：蒸発法の主ポンプで、高吸込み性能・高揚程・短軸化ポンプである。これにより、吸込みピットを浅くし建設費を抑えることができる(図7参照)。
- (3) 高圧給水ポンプ：逆浸透膜法(RO：Reverse Osmosis)の主ポンプで高圧・小型コンパクト化ポンプである。また、エネルギー効率を高めるためにポンプの高効率化技術とともに逆浸透膜から回収する高効率の動力回収装置もセットで開発している(図8参照)。

これらを含め、最近のポンプ開発では、単に高性能化だ

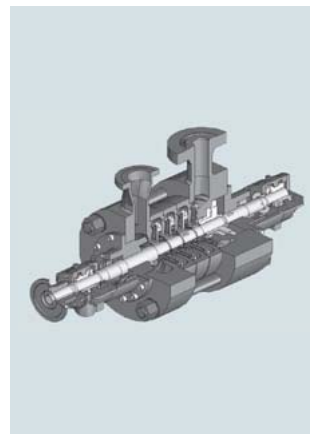
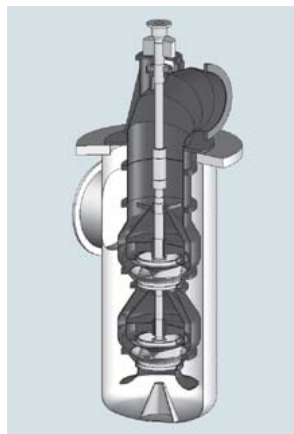


図7 ブライン循環ポンプの概略図 **図8** RO高圧給水ポンプの概略図
ビットバレル型立軸ポンプ、高吸込み性能・高揚程・短軸化ポンプである。 輪切り型多段タービンポンプ、小型コンパクト化プロセスポンプである。

けではなくキャビテーション解析や変動流体力解析技術など、日立グループでのオリジナル解析コードを駆使することで高信頼性を確保した製品の提供を推進している。

4. おわりに

ここでは、近年、日立グループが海外で参画してきた水関連大型プロジェクトとして、エジプトのムバラクポンプ場プロジェクト、中国の南水北調プロジェクト、米国カリフォルニア州のエドモンストンポンプ場の概要と、多様化する顧客ニーズに応えるために開発を進めている新技術について述べた。

「水の世紀」に入り、安全で安心して利用できる水資源を確保するために、今後はここで紹介したような大規模な送水プロジェクトや造水プラント(IWP：Independent Water Production)、発電と造水を組み合わせたIWPP(Independent Water and Power Production)プラントなどが建設され、ますますポンプの需要は伸びると考えられる。

日立グループは、このような市場の要求に応えるため、最新の技術を適用し、信頼性が高く、高効率で環境負荷の小さなポンプを含めた最適システムを提案し、いっそうの社会貢献を進めていく考えである。

執筆者紹介



松井 志郎
1987年日立製作所入社、株式会社日立プラントテクノロジー 社会・産業システム事業本部 ポンプ・送風機技術本部 ポンプ・送風機設計部 所属
現在、ポンプ設備の設計、開発に従事
技術士(機械部門)



千葉 由昌
1979年日立産機エンジニアリング株式会社入社、株式会社日立プラントテクノロジー 社会・産業システム事業本部 ポンプ・送風機技術本部 ポンプ・送風機設計部 所属
現在、ポンプ設備の設計、開発に従事