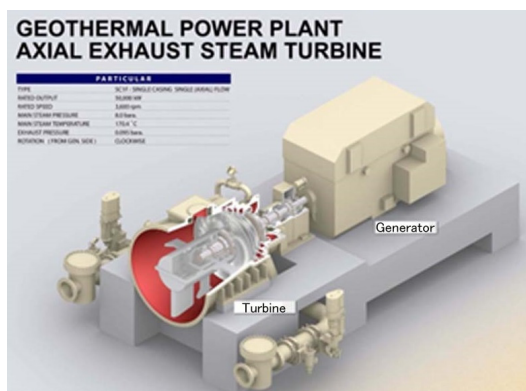


メキシコ向け高稼働率(99.6%)地熱発電プラント

High Availability (99.6%) Geothermal Power Plant in Mexico



三菱日立パワーシステムズ株式会社
エンジニアリング本部
長崎契約遂行部

地熱発電における蒸気条件は、蒸気タービン入口でほぼ飽和であり、タービンでの湿り度も高くエロージョンが発生しやすい。また蒸気・熱水に含まれる不純物が各種機器においてスケールの堆積や金属材料の腐食の原因となる。従って、蒸気タービンをはじめとする発電設備の性能と信頼性の確保・向上が安定した運転には不可欠である。本稿では近年の当社納入発電設備における性能向上及び信頼性確保の取り組みを紹介する。

1. はじめに

当社は、1951年に日本国内において試験用の発電用蒸気タービンを納入して以降、100台、3GWを超える蒸気タービンを含めた地熱発電設備を供給してきた。その歴史において蓄積した地熱発電設備に関する経験と技術から、地域により異なる地熱蒸気性状に対応するために各種腐食対策技術を開発し、またプラント全体の仕様を含めて性能向上を図ってきた。

本稿では最新の技術を導入して2015年2月に納入、2016年2月に1年間の稼働率保証を満了したメキシコのロス・アズフレス地熱発電所の実績を基に最新の性能・信頼性向上技術を紹介する。また、2016年3月に納入したメキシコのドモデサンペドロ地熱発電所に対する当社取組に対しても紹介する。

2. ロス・アズフレス地熱発電所

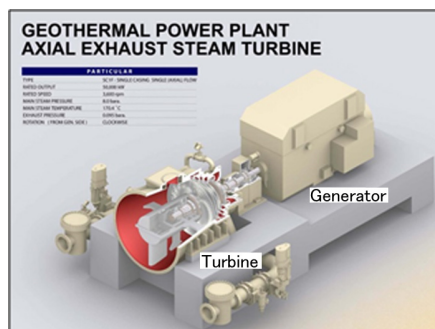
2.1 プロジェクトの概要

本発電所は、メキシコの首都メキシコシティから西方250kmに位置するミチョアカン(Michoacan)州ロス・アズフレスにある(図1)。本プロジェクトは、当社の前身である三菱重工業(株)がメキシコ連邦電力庁(Comision Federal de Electricidad: CFE, 本庁:メキシコシティ)からロス・アズフレス(Los Azufres) III フェイズI発電所向け地熱発電プラントとして受注した。当社は、蒸気タービンなどの主要機器及び補機的设计・製作・調達・据付・土工工事・試運転などを担当し、発電機は三菱電機(株)が供給した。

世界第5位の地熱資源を保有するメキシコに対し当社はこれまで、当該ロス・アズフレス発電所向けに5基の地熱発電プラントを納入しているほか、セロ・プリエト(Cerro Prieto)発電所向けに6基を納入している。新プラントは、これら既設プラントとともに、着実な経済成長が予想される同国の旺盛な電力需要を支えている。



図1 ロス・アズプレス発電所全景

図2 ロス・アズプレス向け
軸流排気タービン(カットモデル)

2.2 プロジェクトの特徴

送電端出力5万 kW の本地熱発電所に、単車室軸流排気タービン(図2)を採用することにより、性能の向上、タービン建屋高さ低減による工期短縮を同時に達成した。化石燃料等を使用する火力発電と比べ、地熱発電は主蒸気圧力及び温度が非常に低いことにより、タービン内で変換できる熱エネルギー(断熱熱落差)が非常に小さく、排気損失の低減による性能改善率は火力発電に比べ格段に大きくなる。

軸流排気タービンではタービン排気の流れ方向を変えることなく、圧力回復が期待できるディフューザをタービン排気と復水器の間に配置できるので、上向き排気及び下向き排気タービンに比べると排気損失を低減することができる。

下向き排気タービンの場合は、まず復水器を据え付けた後にタービン車室を設置するという順序で据え付けていくが、軸流排気タービンを採用することにより、タービン及び復水器の据付工事を並行して進めることが可能となる。従って、下向き排気タービンよりも据付工程を短縮することが可能である。さらに軸流排気タービンの特長として、タービン建屋高さを大幅に低減できることが挙げられ、建設費を低減できる。

2.3 軸流排気タービンと直接接触式復水器の組合せ

軸流排気タービンの軸端はガバナ側で発電機と連結され、その反対側のタービン軸端は排気室の中に存在するので、2台目のタービンを連結することはできない。そのため軸流排気タービンは単流タービンにのみ適用される。本案件では、蒸気タービンの最終翼に60Hz地区地熱タービン向けとしては世界最長のインテグラル シュラウド ブレードが適用されている。長大翼の適用により単流タービンを実現し、性能向上とともに複流下方排気タービンに比べて設備のコンパクト化にも貢献しており、タービン建屋を最小化させ、景観への影響を最小とすることができた。また、当社として初めて軸流排気タービンと直接接触式復水器の組合せを採用した。図3、図4にロス・アズプレス発電所向けに納入された軸流排気タービンと直接接触式復水器の写真、図5、表1に排気方向によるタービン性能と建屋高さの比較を示す。

図3 ロス・アズプレス向け
軸流排気タービン・発電機図4 ロス・アズプレス向け
直接接触式復水器

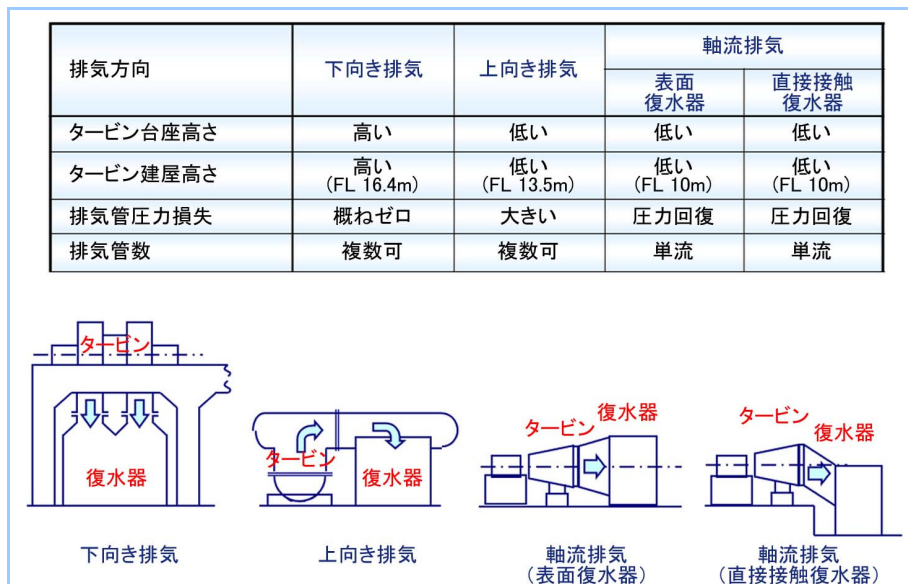


図5 タービン排気方向の違い

表1 ロス・アズプレス発電所向けタービン仕様

納入年	2015
型式	SC1F：単車室軸流排気
定格出力	50 000 kW(送電端出力)
定格回転数	3 600 rpm
主蒸気圧力	8.0 bara
主蒸気温度	170.4 ℃
タービン排気圧力	0.095 bara

2.4 プラント最適化

標高 2909mの高地に対して Spray jet type の直接接触式復水器を納入するに当たり、低い大気圧条件下においても復水器スプレー圧を確保するため冷却塔水槽水位と復水器のレベル関係を最適化。また設計段階から復水器水位レベル制御を予め検証することでタービンウォーターインダクションも防止することができた。

2.5 プロジェクト遂行及び稼働率

本案件はプラント設備以外にも変電所、送電線、光通信、遠隔操作室を供給範囲に含み、各設備に対して CFE 独自の設計基準を適用することが求められた。当社は Power Engineers, Inc. 社(PEI, 米国)へ設計の一部を委託し、単独 EPC コントラクターとしてプロジェクトを完遂した。

1年間の稼働率保証運転中は主要設備に起因する大きな問題なく、通年で電力(kWH)換算 99.6%の高い稼働率を達成し保証運転を満了することができ高い信頼性を示すことができた。

3. ドモデサンペドロ地熱発電所

3.1 プロジェクトの概要

本発電所は、メキシコ中西部のナヤリット(Nayarit)州ドモデサンペドロ(Domo de San Pedro)にある(図6)。本プロジェクトは、メキシコの発電会社である GEODESA 社(Geotermica para el Desarrollo S.A.P.I. de C.V.)から送電端出力2万 5500 キロワットの地熱発電設備をフルターンキー契約で 2014 年に受注、2016 年に引き渡し完了し、メキシコ向け地熱発電設備の受注は本プロジェクトで 13 基目となった。

当社はこれまでメキシコ連邦電力庁から、前述の Los Azufres を含めた2か所の発電所向けに各6基(計 12 基)の地熱発電プラントを受注してきたが、当該地熱発電所はそれらに続くものである。メキシコでの発電設備容量に占める当社のシェアは火力・地熱あわせて約 40 パーセントに達しており、当社にとって重要な市場となっている。



図6 ドモデサンペドロ発電所全景

3.2 プロジェクトの特徴

同国内に納入した Cerro Prieto IVに適用された単車室上向排気タービンを2万 5500kW の本地熱発電所にも採用することにより、信頼性の向上、設計・据付期間の短縮を同時に達成した。

本案件は同国初の民間企業による地熱発電所であり、高い提案力が求められる案件であった。当社は地熱タービン製作メーカーとしてみならず EPC コントラクターとしての豊富な経験に基づき本プロジェクトを成功裏に引き渡すことができた。

3.3 プラント最適化

タービン型式としては、同国内に納入した Cerro Prieto IVをモデルプラントとしたが、復水器、エジェクター、インターコンデンサー、そしてアフターコンデンサーは狭隘な敷地を有効に活用すべく一体化が図られた(表2)。

表2 ドモデサンペドロ発電所向けタービン仕様

納入年	2016
型式	SC1F：単車室上向排気
定格出力	25 500 kW(送電端出力)
定格回転数	3 600 rpm
主蒸気圧力	8.0 bara
主蒸気温度	170.4 °C
タービン排気圧力	0.136 bara

4. まとめ

当社はロス・アズプレス地熱発電所において 3600 回転向け地熱タービンとしては世界最長の最終翼を適用することによりコンパクトでありながらタービン効率を大きく改善することができ、1年間の保証運転を通じて 99.6%という高い稼働率を実証することができた。

また、当社は後続のドモデサンペドロ地熱発電所建設も成功裏に完工し、2015 年、2016 年を通してメキシコ国内で2件の地熱発電所を単独 EPC コントラクターとして無事完遂した。