

# 東欧における火力発電所のリハビリテーション

Rehabilitation of Thermal Power Plants in Eastern Europe

山中 哲哉

■YAMANAKA Tetsuya

児玉 寛嗣

■KODAMA Hirotsugu

林 知幸

■HAYASHI Tomoyuki

東欧では、大半の火力発電所の老朽化が進み、運転中止のものや性能が大幅に低下したまま運転を余儀なくされている設備も多い。また、EU（欧州連合）加盟に伴う環境規制の強化などと合わせて、火力発電所のリハビリテーション（以下、リハビリと略記）需要が大きい。東芝は、日本国内と海外で培った蒸気タービン技術や発電所建設技術を活用し、これら東欧のリハビリ市場に積極的に参加している。ルーマニアでは、中断していた他社製品のリハビリプロジェクトを再開させ、ブルガリアでは、6台の他社製タービン・発電機の更新・改造工事を受注した。

また、ビジネス展開のためのリバースエンジニアリングの開発なども進めている。

Most of the thermal power plants in Eastern Europe have been operated for more than 20 years, and many have been suspended from operation or derated due to severe deterioration. These power plants therefore constitute a large market for the rehabilitation business.

As a manufacturer and engineering/procurement/construction (EPC) contractor, Toshiba is participating in this market utilizing its extensive experience in this field throughout the world. Recently, a rehabilitation project commenced in Romania and Bulgaria.

## 1 まえがき

東芝は、2003年3月にルーマニアのパロセニ石炭火力発電所のリハビリプロジェクトを受注した。このプロジェクトは、タービン発電機、ボイラ、プラント制御装置、電気集塵器などを更新して発電所の再生を図り、発電所の総発電量の増大、地域熱供給の増大、環境問題の解決、並びに熱効率向上を実現させるものである。

東欧諸国の発電所の大半は、建設以来20年以上を経過して保守が十分でなく、運転中止のものや性能が大幅に低下したまま運転を余儀なくされている設備が多い。EU加盟などを機会に西側の最新技術を活用したりハビリを期待する顧客も多く、リハビリビジネスの大きな市場である。また、当社はリハビリビジネス展開のための他社製機に対応したリバースエンジニアリング（製品から要素技術を分析する技術）の開発なども行っている。

## 2 火力発電所のリハビリ技術

火力発電所のリハビリとして、顧客がリハビリメーカーに求めるメリットには、以下のものが挙げられる。

- (1) 性能向上
- (2) 寿命延伸
- (3) 信頼性向上
- (4) 環境負荷低減

### (5) メンテナンス性向上

特に、性能向上、寿命延伸、及び信頼性向上は、リハビリの経済性に大きくかかわるものである。以下に、これらの項目と環境負荷低減技術について述べる。

### 2.1 性能向上技術

性能向上としては、不足する電力供給を改善するための出力向上、及び燃料コストや環境負荷低減のための効率向上の両者が求められる。

出力向上策としては、ボイラを改修し、発生する蒸気流量を増加させることがもっとも効果的である。当社は、蒸気タービンメーカーとして、供給される蒸気量に最適化された蒸気タービンを設計・供給する。供給範囲は、蒸気タービンすべての場合もあるが部分的な更新の場合もあり、その範囲は流用部品の寿命評価とプロジェクト全体の経済性を考慮して決定される。

一方、蒸気タービンの効率向上技術としては、三次元(3D)流体解析に基づいて二次流れ損失を低減させた翼列(図1)や、通路部からの漏れ蒸気を低減するためのシール構造(図2)などがあり、これらを適用することにより大幅な性能向上が実現される。

### 2.2 寿命延伸技術及び信頼性向上技術

火力発電所においては、通常、高温の蒸気にさらされる部品の寿命がもっとも短い。これら高温部品を交換することにより、その他の部品の多くを流用しながら、発電所全体の寿命を延伸することが可能となる。



図1. 改良型翼列 — 3D流体解析に基づき、二次流れ損失を低減させるように羽根通路部の形状を改善した。  
Array of advanced blades

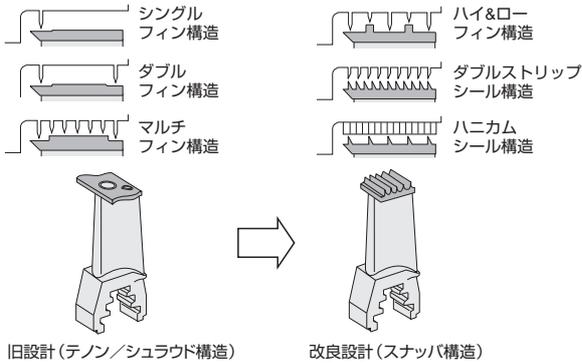


図2. 羽根先端のシール構造 — スナップ構造を採用し、羽根先端のシール構造を改善した。  
Leakage control at blade tips

一方、低圧部、特に最終段の動翼も、エロージョンによる侵食のため、定期的な交換が必要である。東欧諸国の発電所では、メンテナンスが不十分なため最終段動翼の飛散事故が多く発生しており、更に、予算不足のために新しい最終段動翼に更新することなく運転を継続しているケースも多い。この場合、当然熱効率は大幅に低下しており、リハビリ実施による性能向上のメリットは非常に大きくなる。

図3は、当社が開発した最終段動翼である。全周一群構造を採用し、局所的なエロージョンを避けるとともに振動特性が大幅に改善されている。また、通路部形状の改善による性能向上も図られている。これらの最新技術を適用し、プラントの寿命延伸と信頼性向上を達成する。

### 2.3 環境負荷低減技術

EUに加盟するにあたり、東欧諸国の環境基準もEUのそれに準ずることが求められている。

- ◆ 全周一群構造
  - ・ 振動応力の低減
  - ・ 溶接構造の排除による品質の安定
  - ・ 選択的エロージョンの低減
- ◆ 高強度翼材とセルフシールド翼
  - ・ 翼材強度及び疲労強度の向上
  - ・ エロージョンシールド板取付けの際の品質不確定要因(はく離、残留応力、熱影響など)の排除
- ◆ 入口先端部突出し形状
  - ・ エロージョンに対する長寿命化

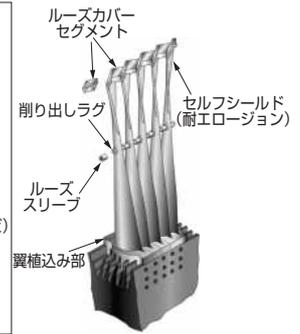


図3. 改良型最終段動翼の構造と特徴 — 全周一群構造を採用し、振動特性を改善した最終段動翼である。

Advanced last-stage blades

このため、発電所のリハビリに伴い、脱硫装置や電気集塵器設置などの環境対策も同時に実施されることが多い。

当社は、EPC (Engineering, Procurement and Construction) 事業者として、装置の仕様決定、購入、据付けなどを実施する。

## 3 課題

当社は、東欧諸国への火力発電所の納入実績がないため、リハビリ対象となるのは、すべて他社製品である。

自社製品に対して、他社製品のリハビリでは以下のような課題が挙げられる。

- (1) 設計情報の欠如
- (2) 運転履歴の欠如
- (3) 補修・改造履歴の欠如

これらを解決するために、現地調査が非常に重要である。調査精度が、プロジェクトの成否を左右すると言っても過言ではない。

特に、実際に運用されている機器を正確に計測することが、その後のエンジニアリングにとって必須である。

現在、実機計測には、以下の4種類が用いられている。

- (1) マイクロメータやノギスなどによる計測(従来計測)
- (2) ロボットアームを使用した寸法計測
- (3) デジタルカメラを使用した寸法計測
- (4) レーザ測定による寸法計測

それぞれの計測方法に一長一短があり、実際には、複数の方法を組み合わせて計測を行っている(表1)。

また、計測結果に基づくリバースエンジニアリングも長足の進歩を遂げており、現在では、計測したデータをそのまま3D CADデータに変換することが可能である(図4)。

そのほかにも、発電所が持っている運転情報やその他の技術データを入手し、エンジニアリングに活用することも重要である。

表1. 3D計測手法の比較

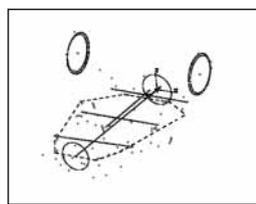
3D measurement methods

計測方法	計測精度	計測範囲	計測速度	3D CAD化	想定用途
従来計測	◎	△	○	×	ロータジャーナル径など(計測が容易でかつ精度が要求される箇所)
ロボットアーム	○	○	○	○	タービン内部構造など
デジタルカメラ(3D)	○	◎	△	○	タービン内部構造など(アームの届かない範囲も計測可能)
レーザ	△	◎	○	○	プラント配置など

◎:非常に優れている ○:優れている △:若干劣る ×:適用不可能



デジタルカメラで撮影



3D CADデータ生成

図4. デジタルカメラ計測データから3D CADデータへの変換 — デジタルカメラを使用した3D計測結果を3D CADデータへ簡単に変換できる。

Conversion from digital photo data to 3D CAD data

## 4 実施例 — パロセニ総合リハビリプロジェクト

ルーマニアにおいては、発電設備の半数が20～30年前に運転を開始したものであり、運転中止のものや性能が大幅に低下したまま運転を余儀なくされている設備がある。また、同国では、発電所による熱水供給システムが国民の重要な暖房設備となっているが、老朽化によって満足な熱供給ができず、社会問題の一つにもなっている。

パロセニ石炭火力発電所は、現在、1956年から1959年に運転を開始した1～3号機が稼働中である。一方、4号機は、1964年に運転を開始したが、その後、タービン発電機及びボイラの老朽化によって、1989年から停止している。1990年から改修工事を行ったが、資金難のため1995年に中断された。今回、改修工事を当社が引き継ぎ、リハビリプロジェクトが再開された。改修後のプラント配置計画を図5に示す。

客先は、ルーマニアの電力会社であるターモエレクトリカ社(Termoelectrica S.A.)で、当社は、プラント制御装置、発電機、電気集塵装置、計装品、配管、補機などを供給し、土木建設及び据付工事の責任を持っている。

一方、客先は中断していたリハビリ工事のために導入してあった機器を供給し、当社がその数量と品質検査(インベントリーチェック)を実施し、新規に購入すべき部品の最終エンジニアリングを行っている。

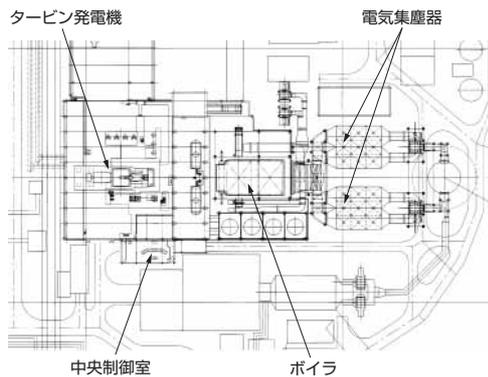


図5. 改修後のプラント配置計画 — リハビリの対象は、タービン発電機、ボイラ、電気集塵器、制御装置などである。

Layout after rehabilitation

このプロジェクトは、2003年3月の契約発行から39か月後の、2006年6月に完成引渡しとなっている。現在、現地では基礎工事とボイラ建設作業が進行中であり、一方、当社では発電機の製造が進んでいる。

## 5 あとがき

パロセニ総合リハビリプロジェクトを成功させることによって、パロセニ火力発電所における総発電量は5倍に、熱供給量は2倍に、また、煤塵(ばいじん)濃度は1/10に改善され、ルーマニアの発展に日本企業として貢献する意義は大きい。

また、このプロジェクト以外にも、東欧諸国でのリハビリプロジェクトは多数計画されており、最近、ブルガリアのマリツァイストII発電所向けに150MW及び210MWの発電設備の改修工事を計6ユニット受注した。今後も当社の火力発電所リハビリビジネスの柱の一つとするべく、注力していく。



山中 哲哉 YAMANAKA Tetsuya

電力・社会システム社 火力・水力事業部 火力サービス技術部主務。海外火力発電所アフタサービス業務に従事。  
Thermal Power & Hydroelectric Power Systems & Services Div.



児玉 寛嗣 KODAMA Hirotsugu

電力・社会システム社 火力・水力事業部 火力サービス技術部参事。海外火力発電所アフタサービス業務に従事。  
Thermal Power & Hydroelectric Power Systems & Services Div.



林 知幸 HAYASHI Tomoyuki

電力・社会システム社 火力・水力事業部 火力サービス技術部グループ長。海外火力発電所アフタサービス業務に従事。  
Thermal Power & Hydroelectric Power Systems & Services Div.