

新電気事業法の施行により自己責任原則と競争原理の導入が図られ、火力発電設備のいっそうの高効率化とコストダウンが求められる状況にある。しかし、現在の火力発電設備の大半が経年火力であり、かつ、寿命の短い高温部品をもつガスタービン台数が増加したことから、これらの長寿命化を含めた合理的なメンテナンスが現在の重要な課題である。さらに、夏冬におけるピーク負荷の先鋭化に対し電力安定供給の課題がある。

このような課題に対し、当社は既設火力の出力・効率向上技術の開発のほかに、ガスタービン寿命診断技術の整備や長寿命化技術の開発に努め、成果を上げている。

There are strong calls from various fields for the improvement of thermal power plant performance and reduction of costs. However, a large portion of Japan's electricity supply depends on aged thermal power plants. To reduce maintenance costs, the optimization of maintenance is necessary.

Toshiba has been studying refurbishment technologies and advanced maintenance technologies for thermal power plants. Useful results benefiting the industry have been obtained as a result of these studies.

1 まえがき

現在の発電設備の大半は運転時間が10万時間を超える経年火力である。また、劣化損傷の早いガスタービンの台数が増えている。したがって、これらの長寿命化を含めた合理的なメンテナンスが電力安定供給と合わせて今後の重要な課題である。

当社は、上述の要求にこたえるためにメンテナンスコストの低減をねらったコンセプトの構築と設備の高性能・長寿命化技術の開発など、保守にかかわる技術の向上、および製品開発に努めている。ここではその概要について述べる。

2 ライフサイクルコンセプトの概要

コストダウンに対応した今後の保守のありかたは、ユニットのライフサイクルを念頭に入れたトータルメンテナンスコストのミニマム化の追求であると当社は考えている。従来は必要に応じてその都度、保守費用をかけてきたが、今後はユニットの部品単位ごとにその想定寿命から更新時期をあらかじめ計画し、図1に示すような最適更新時期に合わせた計画的投資により、従来必要とした補修費を積極的に省略し削減していく必要がある。

当社はこのようなメンテナンスの最適化の基盤となるライフサイクルコンセプトの開発・構築と合わせて、最適解を求める解析ツールの整備も進めている。

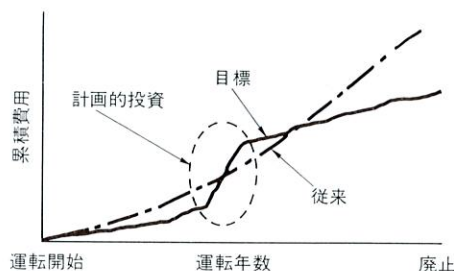


図1. 計画的投資例 計画的投資によりトータルメンテナンスコストを低減できる。

Example of trend in total maintenance cost

3 既設火力のリフレッシュ

タービンの内部効率を高めたり出力増加を図る技術は、近代化の代表的な技術であり、蒸気タービンに限らずガスタービンにも共通した重要なテーマである。以下の内容は、既設火力の出力・性能改善などによるリフレッシュに関する事例である。

3.1 既設火力設備の性能向上

三次元粘性流れ解析技術が向上し、通路部の流れだけでなく、羽根のルートとチップに生ずる壁面境界層による二次流れ損失を精度良く推定することが可能となった。そして、この技術により新しいノズルや動翼の開発を推進し、第二世代性能向上翼として製品化しすでに海外向け新規物件に採用している。

既設火力も、従来翼から第二世代性能向上翼へ切り換えることにより同様の効率向上が可能となる。具体的には、最適フローパターン設計を施し二次流れ損失を抑えたアドバンスドフローパターンノズル(以下、AFPノズルと略記)、チップ部に多段フィンを設けてリーク損失を改善したスナバ動翼、二次流れ損失を抑え段落効率を向上させたメリディアンノズルを採用する提案である(図2)。

例えば、600 MW 汽力の高中圧タービンへ適用した場合、約1.6%(相対値)の熱効率改善が期待できる。

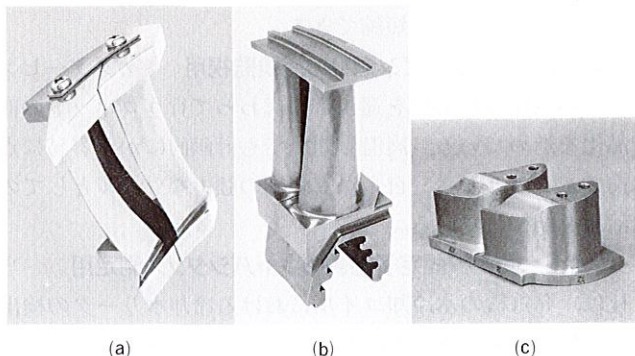


図2. 第二世代性能向上翼 AFPノズル(a), スナバ翼(b), メリディアンノズル(c)を示す。

Advanced nozzles and blades with high efficiency

3.2 既設火力の出力アップ

夏場のピーク負荷対応に備えて設備を一部改造し、既設火力の出力アップを図る提案である。その施策は、主として動力回収以外に使用される蒸気を極力削減し、それを動力回収に振り向ける内容である。具体的には、給水加熱器へ供給する蒸気のカットまたは削減、あるいは補助蒸気として使用する量のミニマム化などがある。加えて、第二世代の性能向上翼や最終段長翼化を採用することにより出力アップを図ることもできる。

600 MW 汽力への適用検討では、夏場6~8%以上(相対値)の出力アップが見込める。ただし、通路部を流れる蒸気量が増えるため、設備的な変更検討を十分実施する必要がある。

3.3 既設火力のリパワリング化

既設火力のリフレッシュ提案として、ガスタービン追設によるリパワリング化がある。原則としてLNG(液化天然ガス)焚(だ)き火力を適用対象としているが、ガスタービンとガス給水加熱器を従来汽力へ追設して大幅な出力アップと性能向上が可能である。

3.4 コンバインドサイクルの出力アップと性能向上

ガスタービン高温部品の更新時に合わせて冷却強化された部品へ変更すると同時に、ガスタービン入口温度を上げ

て出力・性能のアップを図ることが可能である。例えば、ガスタービン入口温度を1,085から1,104°Cへ変えることにより約4%の出力増加となる。

4 新しい保守技術

ここでは、当社が進めているガスタービンに関する新しい保守技術を中心にその開発・整備状況を述べる。

4.1 ガスタービン高温部品の寿命診断技術

短時間起動を特長とするコンバインドサイクル発電設備では、過酷な起動・停止運転を強いるため、ガスタービン高温部品の劣化・損傷が顕著なものとなる。そのため、その基盤技術として寿命診断技術の開発整備を進めてきた。それは、燃焼器・タービン動静翼の主要な劣化損傷を非破壊手法にて評価する内容である。これらの評価手法は、主に材料組織評価法、外的損傷量の統計的傾向解析法、シミュレーション解析法から成り立っている。

4.2 ガスタービン高温部品の長寿命化技術

高価である高温部品の長寿命化は、メンテナンスコストの低減に大きな効果をもたらすため強く望まれている。当社は燃焼器、動翼、静翼それぞれに対し技術整備を進めている。

4.2.1 燃焼器の耐摩耗改善技術

燃焼器の取合部や嵌(かん)合部の摩耗が点検延長を阻害する主要因となっている。当社は、燃焼器の2年間の連続運用をねらいとして、各部の摩耗率を従来の1/5以下に抑える耐摩耗処理技術を開発し燃焼器に適用した(図3)。

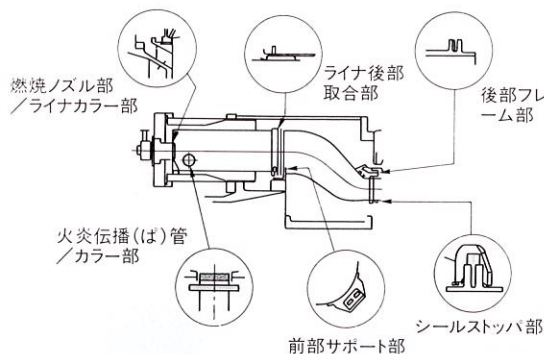


図3. 燃焼器の耐摩耗性改善部 対象部に耐摩耗コーティング・耐摩耗材を取り付け、摩耗率を従来の1/5以下に抑えた。

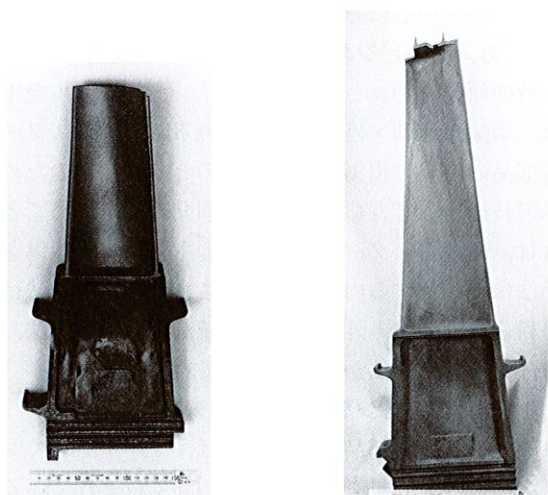
Improvement of wear on combustor

4.2.2 ガスタービン動翼の長寿命化技術

ガスタービン初段動翼の表面には高温酸化を防ぐためのコーティングが施されているが、経年的に劣化し基材寿命へも影響を与える。当社は基材への影響が出る前にその劣化したコーテ

ィングを効率的に除去し、新たに翼表面に耐食コーティングを施工して動翼の延命化(従来の1.5倍)を図る技術確立している(図4)。

二・三段動翼については、高温・高圧下でクリープ疲労した金属を再生化する補修技術を開発した。従来の寿命から1.5~2倍に延長可能である(図4)。



劣化コーティング除去後

再生化処理翼

図4. ガスタービン動翼の長寿命化 初段と二段動翼に適用した。従来の寿命から1.5~2倍に延長可能である。

Refurbishment of gas turbine blades

4.3 ガスタービン部品の補修専門工場

当社は米国 GE 社と合弁でガスタービン部品の補修専門工場を1996年に京浜事業所内に設立した(図5)。今後は、ガスタービン補修に関する GE 社の最新情報と技術だけでなく、当社開発の補修技術と合わせて対応する。

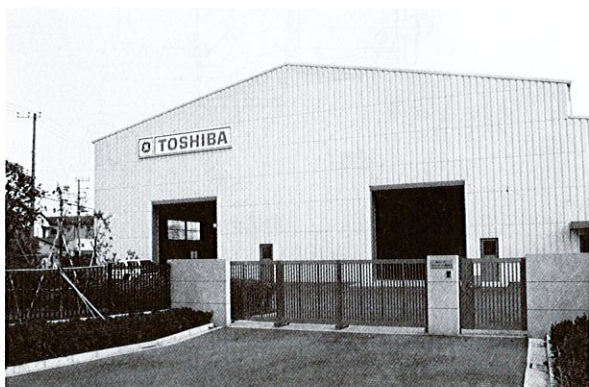


図5. 東芝ジーイー・タービンサービス株 ガスタービン部品補修専門工場で、米国 GE 社と当社の合弁で設立した。

Gas turbine maintenance shop

4.4 ロボットの活用

定期点検工期の短縮、3K 職場の追放、安全強化、点検・検査の高度化などの目的で、ロボットを改良保全に活用する検討は多方面で進められてる。当社は、タービンや発電機の以下の用途に使用するロボットを開発している。

4.4.1 ガスタービン燃焼器の分解組立作業用 低 NO_x 化により大型化した燃焼器を容易に分解組立できる支援装置として開発した。四種類のつめと周方向と軸方向の移動機構を利用して、燃料ノズル、燃焼器ケーシング、燃焼器ライナ、トランジションピースなどの重量物を上下半の取付位置に関係なく容易に分解組立支援ができる。これにより点検期間を大幅に短縮できる。

4.4.2 ガスタービン廻りの点検監視用 ガスタービン廻りの点検監視業務を巡視員に代わって行うロボットの商品化を進めている。高温雰囲気でも計画的にかつ容易に点検できることから、自主保安強化の強力なツールとしての活用を期待している。

4.4.3 発電機固定子巻線のキャパシタンス測定用 当社は、発電機の水冷却コイルにおける冷却水リークの検出および余寿命診断が可能なキャパシタンス測定ロボットを開発・実用化している。これにより、発電機ロータを引き抜くことなく計測作業が効果的に実施できるため、長期停止を必要とせず約2週間で完了する。

4.5 保守支援システム

改良保全に必要な教育ツール、定期点検の計画や実施に必要な情報の入手など現場のメンテナンスにかかわるさまざまな要求にこたえるため、支援システムの開発・整備にも努力している。

5 あとがき

電力の安定供給から経年火力やガスタービンの保守管理が、今後重要になってくる。特に、コスト低減を追求した施策が求められる。

当社は、今後ともこのような要求を考慮した新技術開発に努めていきたい。

文 献

- (1) 内田 博, 他: 火力発電プラントの改良保全における合理化技術, 東芝レビュー, 51, 8, pp.27-30 (1996)
- (2) 近藤卓久: ガスタービン保守技術, 平成9年度火力原子力発電大会要旨集, pp.52-53 (1997)



近藤 卓久 Takuhisa Kondo

火力事業部 火力改良保全技術部部长。
コンバインドサイクル機器の改良保全業務に従事。日本ガスタービン学会、火力原子力発電技術協会会員。
Thermal Power Plant Div.