

内田 博  
H. Uchida

大森 達郎  
T. Omori

宮部 圭介  
K. Miyabe

わが国の電源構成のなかでの火力発電設備は、20年以上の長期にわたって使用された経年火力が60%以上を占め、しかもこれらは良質な電力の供給を期待されている。さらに、規制緩和に伴う定期点検インターバルの延長や、自主保安が広がる環境にあり、的確な設備管理に基づく運用がより重要になっている。

このためには製品寿命、稼働率、重要度に応じた保守管理が必要である。また、トータルメンテナンス費を低減させることも求められている。当社はこれらの課題にこたえるため、経年火力における定期点検や日常の運転データおよび各機器の寿命診断結果などを基に、中長期的な保守計画を作成する合理化技術に取り組んできており、成果を上げている。

A large portion of Japan's electricity supply still depends on aged thermal power plants. Recently, with the trend toward expanded inspection intervals for thermal power plants in line with the moves toward deregulation, great importance has been attached to timely maintenance management. For this purpose, maintenance technologies corresponding to plant life, rate of operation and key components are necessary. Moreover, reductions in maintenance costs over the total life of a plant are required.

Toshiba has been studying advanced maintenance technologies for aged thermal power plants and obtaining useful results.

## 1 まえがき

わが国の電源構成は火力発電設備の占める割合が大きく60%を超えている。このうちの大半は、高度経済成長期であった昭和30年代から40年代にかけて建設され、すでに20年以上の長期間にわたって使用された経年火力である。これらの多くは、資本費が安い、比較的消費地の近くにあるなどの理由で、今後とも良質な電力の供給が期待されている。

さらに、規制緩和に伴い定期点検インターバルが延長されるなどの状況にあるため、的確な設備管理に基づく運用がますます重要となっている。

これらの課題にこたえるためには、経年火力に対しての適切な改良保全技術が必要である。ここでは、蒸気タービンおよびガスタービンの改良保全に関する当社の最近の合理化技術について述べる。

## 2 蒸気タービン

蒸気タービンは発電設備のなかでもかなめとなる重要な機器であり、合理化に対する期待も大きい。これを効率的に保守・運用するため、当社はすでに高温部品の寿命診断技術を確立し、実機に適用し成果を上げている。さらに、長寿命化技術や点検方法の改善などにも取り組んでいる。

### 2.1 セラミック溶射ノズル

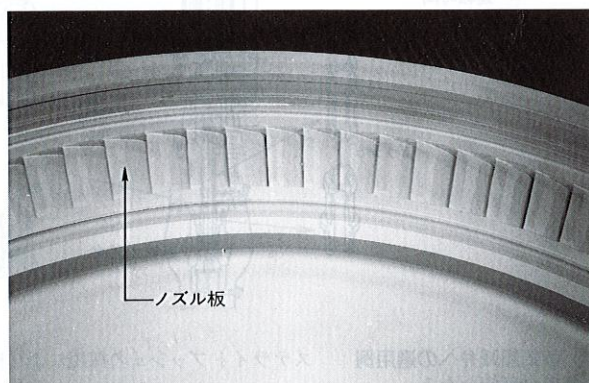


図1. セラミック溶射ノズル ノズル板表面をセラミック系材料で溶射し耐摩耗性を向上させた。

Nozzle partitions with ceramic coating

蒸気タービンの再熱初段に代表されるノズル板は、その出口側先端部が固体粒子により浸食され減肉や欠損が生ずることが多く、定期点検ごとに溶接補修を繰り返して行わなければならない。

このため、耐摩耗性の高いクロムカーバイド系のセラミック材料を用いて表面処理する方法を、中部電力㈱と共同研究し実用化に成功した(図1)。実機検証試験結果から、従来のノズル板に比べて減肉速度が約1/20に低下し、定期点検インターバル延長に寄与できることがわかり、すでに約20ユニットに採用されている。

## 2.2 主要弁ステライトブッシュ

蒸気温度が高温化するにつれ、水蒸気酸化によるスケール生成が顕著に見られるようになった。特に蒸気タービン制御弁では、弁棒と弁棒ブッシュの摺(しゅう)動部間隙(げき)がスケールにより減少し、弁棒スティックにつながることもある。

この対策として、これまでは頻繁なスケール除去および摺動部間隙の拡大などで対応してきたが、タービンの稼働率と性能が低下することから改善を求められていた。

このため、弁棒ブッシュの表面に耐食・耐酸化性に優れたステライト系合金を溶射する技術を確認した。すでに多くのタービンに採用され、定期点検インターバル延長に寄与している。さらに、弁棒にも耐食・耐高温クリープ性に優れたNi基系材料を用いることにより、スケール生成量を従来の1/2以下に抑えることができる(図2)。

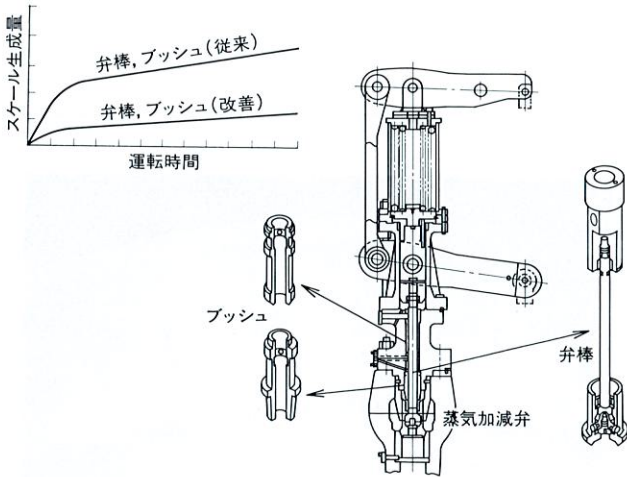


図2. 蒸気加減弁への適用例 ステライトブッシュの採用により長期の運用が可能となる。

Control valve incorporating new technologies

## 2.3 制御装置の点検工期短縮

蒸気タービンの制御装置は、回転数・負荷制御および保安制御のための重要な機器であり、定期的精密点検が必要である。これは制御装置を工場に搬入し、作動試験→分解→点検→部品交換→再組立て→性能試験→出荷の順で行っているが、点検中に交換部品や修理箇所が決まるので一定の補修期間が必要であり、対策を求められていた。

このため、標準仕様書による点検・作業の定型化、さらに標準取換え部品の設定と事前手配などの改善を行った。この結果、信頼性を維持しながら点検期間の短縮を図ることができた。この「新精密点検」では、例えば調速機の精密点検期間を従来の約2/3に短縮できる。

## 3 ガスタービン

コンバインドサイクルプラントは、起動時間が短い、高効率を得られるなどの利点が多いため、火力発電の主力となりつつある。この発電システムの主要部品であるガスタービンは過酷な運転条件で使用されるため、蒸気タービンに比べて高温部品の損傷・劣化が顕著である。

図3にガスタービン高温部品の寿命消費の特徴を示す。

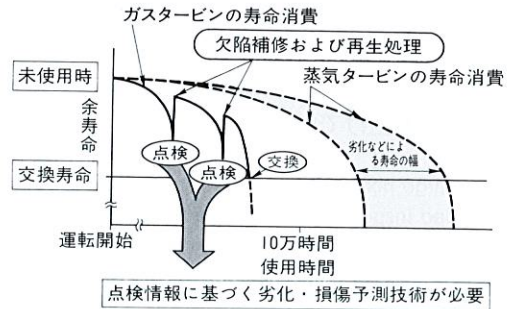


図3. ガスタービン高温部品の寿命消費の特徴 ガスタービン部品は蒸気タービンと比べて寿命が短い。

Life of gas turbine hot parts

保守の効率化の主要施策として、次の2点が重要である。

- (1) 寿命診断により定期点検間隔および補修・交換時期の最適化を図る。
- (2) 点検、部品交換に要する作業を合理化し、工期の短縮を図る。

### 3.1 ガスタービン寿命診断技術

定期点検時の非破壊検査により部品の劣化・損傷状態を計測・評価し、次回の定期点検時までの進行を予測するが、寿命予測精度を向上させ、補修判定基準の最適化を図ることにより、信頼性と経済性を高めることができる。

当社は、寿命診断技術として、金属組織観察とシミュレーション解析による劣化・損傷予測方法を開発し、これらを統計的に処理することにより寿命予測の精度向上を図っている。図4は、粒界析出物および粒内析出物とクリープ速度との関係を基に、トランジションピースの表面組織の観察から、次回の定期点検時までのクリープ変形量を予測した例である。

シミュレーション解析法は、き裂生成・成長のモデル化を行い定期点検時のき裂発生状態から損傷の進み具合を理論的に予測するものである。第一段静翼への適用例を図5に示す。第一回定期点検結果から予測した第三回定期点検時のき裂分布が実際とよく一致している。また、金属表面が高温のガスに直接さらされるのを防ぐコーティング材の劣化予測にも、シミュレーション解析手法を用いている。

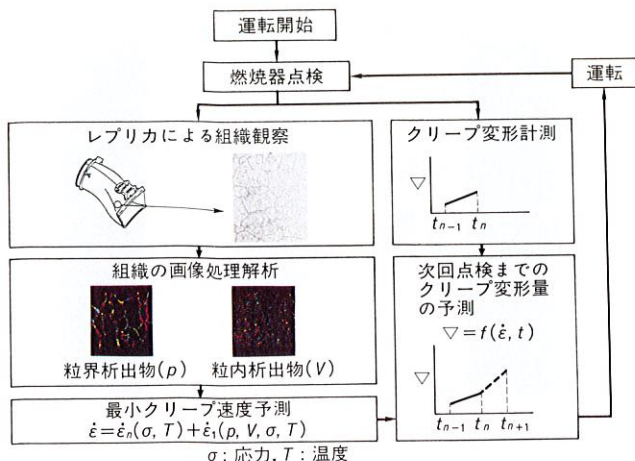


図4. 金属組織観察に基づく劣化・損傷予測技術 トランジションピースの表面組織観察から次回の定期点検時までのクリープ変形量を予測した例。

Degradation and damage prediction technology based on quantitative image analysis

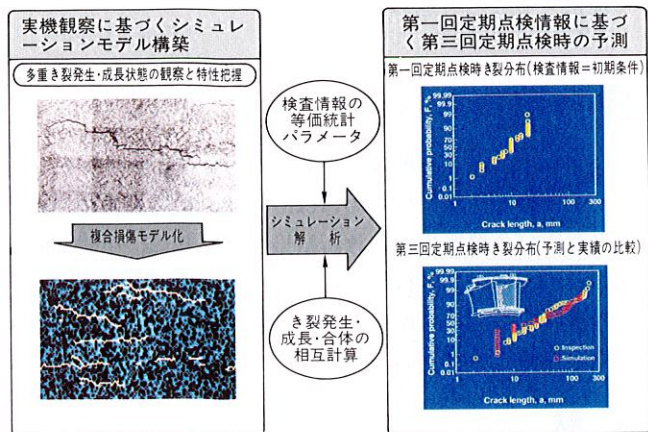


図5. シミュレーション解析に基づく劣化・損傷予測技術 第一段静翼への適用例で、第一回定期点検結果から予測した第三回定期点検時のき裂分布が実際とよく一致している。

Degradation and damage prediction technology based on simulation analysis

### 3.2 点検作業の合理化

コンバインドサイクルプラントにおいても、定期点検の工期短縮の要求が高まっており、特に燃焼器の分解・組立作業は人力に依存する部分が多く、作業環境の改善が強く望まれている。

このため、当社は作業性を改善し定期点検期間を短縮する目的で燃焼器の分解点検ロボットを開発中である。図6は試作ロボットによる燃焼器トランジションピースの引抜き作業の状況であり、次の特徴がある。

- (1) 燃焼器の四つの主要部品を把持、搬送する。
- (2) マンマシンインタフェースにより、作業員は部品の位置・方向の微調整を行うだけで、重労働から解放される。

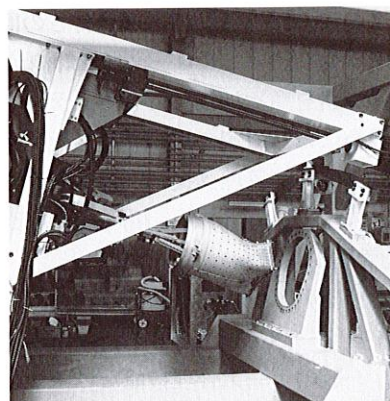


図6. 燃焼器分解点検ロボット 燃焼器トランジションピースの引抜き作業のようすを示す。

Robot for combustor overhaul

このロボットを採用することにより、従来18日間かかっていた燃焼器点検作業を9日間で行う見通しがついた。

## 4 定期点検情報管理

定期点検インターバル延長や工期の短縮、設備保全コストのミニマム化には、定期点検の計画や実施に必要な情報の入手・分析、定期点検時に発生する膨大なデータの効率的な管理・判断が重要である。これらのシステム化のポイントは、次のとおりである。

- (1) データ入力・管理の省力化 大量のデータの効率的な入力、管理の省力化を行うとともにケアレスミス防止に役だてる。
- (2) 診断・計画の支援 グラフィカルユーザインタフェース(GUI)による表示や専門知識の導入により、高度な判断を支援する。
- (3) マルチメディア化 文字情報中心から人が直感的に理解できるビジュアル化した情報を提供する。
- (4) ネットワーク化 データの一元管理を行うとともに、遠隔地との迅速な情報伝達を行う。

### 4.1 点検記録入力システム

エンジニアリングワークステーション(EWS)をホストとしノートパソコンと組み合わせて、定期点検時のデータ採取と点検記録作成を支援するものであり、次のような機能がある。

- (1) 点検対象設備と点検項目の管理 膨大な点検対象設備と点検項目を報告書の様式でホスト側で一括管理しており、あらゆる機器の点検に適用できる。
- (2) 点検データ採取の合理化 計測部位を報告書様式の中に図示するだけでなく、マニュアル表示機能として計測方法の説明とカラー写真を表示する。また、点

検データの入力には無線伝送機能付きの間隙計測用ターバページや、タービンロタ振れ計測システムなど、機械化の範囲を順次拡張している。データが管理値を超える場合には、対策の提示も行える(図7)。

(3) 点検計測データ管理支援 入力されたデータはデータベースとして保管され、傾向管理などに利用する。

#### 4.2 減肉管理システム

配管や熱交換器胴の経年的な減肉状況の把握は、肉厚測定や修理のインターバルを決めるうえで重要である。このシステムは、一般のデータ管理機能だけでなく、三次元グラフ表示や統計分析機能を付加し、多角的な判断を支援することが特長である(図8)。

#### 4.3 技術情報提供システム

最新の技術情報をネットワークを介して提供することは、プラント機器設備の詳細な改良保全計画を立案するうえで大きな判断材料となる。

このため、セキュリティなどの課題も含め、利用技術の

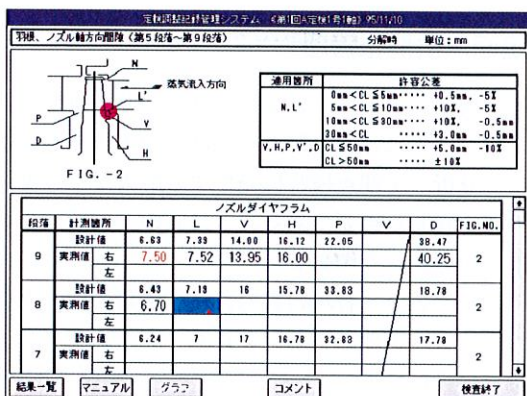


図7. 点検データ記録入力システム表示画面例 点検データを報告書の様式で入力することができる。

Example of inspection data recording system display

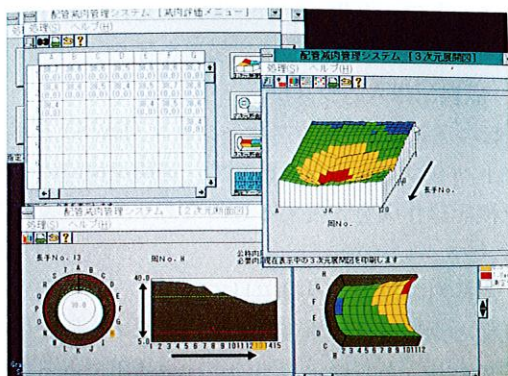


図8. 減肉管理システム画面例 各種のグラフ表示により減肉状況が容易に理解できる。

Example of wall thinning data management system display

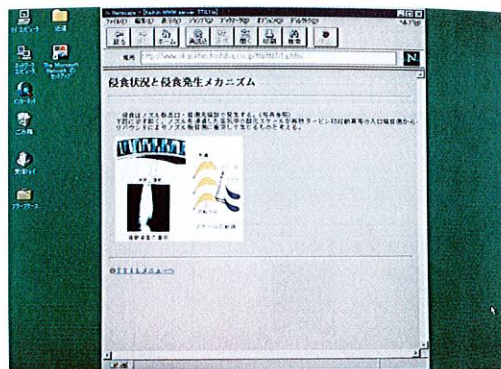


図9. 技術情報提供システム 情報伝達のスピードの速さと正確さが特長であり、トータルコストの削減に大きく寄与する。

Multimedia technical information system

開発を進めている(図9)。また、メンテナンスマニュアルなどをマルチメディア化し、電子媒体(CD-ROM, MOなど)で提供することも進めている。

## 5 あとがき

経年火力の保守管理は、今後ますます重要となってくる。プラントの予防保全のためには、定期点検や日常の運転データおよび各機器の寿命診断結果などを基に、中長期的な保守計画を作成し実行することが大切である。

当社は、今後とも保守・点検の合理化につながる新技術開発に努めていきたい。

## 文 献

- (1) 岡部永年, 他: ガスタービンの寿命診断・保守技術, 東芝レビュー, 49, 4, pp.27-30 (1994)
- (2) 小野邦夫, 他: タービン設備の改良保全技術, 東芝レビュー, 50, 6, pp.422-425 (1995)



内田 博 Hiroshi Uchida

火力事業部火力改良保全技術部主査。  
蒸気タービンの設計・エンジニアリング業務に従事。日本機械学会, 火力原子力発電技術協会会員。  
Thermal Power Plant Div.



大森 達郎 Tatsuro Omori

火力事業部火力プラント技術部部長。  
コンバインドサイクルプラントのエンジニアリング業務に従事。日本機械学会。  
Thermal Power Plant Div.



宮部 圭介 Keisuke Miyabe

京浜事業所タービンプラントシステム部主査。  
発電プラント診断支援システムの設計・開発に従事。日本機械学会, 日本設備管理学会会員。  
Keihin Product Operations