

### 遠隔運転保守支援技術の開発及び実機適用

Development of Remote Operation & Maintenance Support service system

- (株) 東芝 電力・社会システム社 原子力タービン・ユーティリティ設計部
  - 山本 博樹 Hiroki YAMAMOTO Member
  - 日隈 幸治 Koji HIGUMA Member
  - 清水 俊一 Shinichi SHIMIZU Member
- (株) 東芝 電力・社会システム社 電力・社会システム技術開発センター
  - 佐久間 正剛 Masatake SAKUMSA Member
  - 園田 幸夫 Yukio SONODA Non-Member
  - 兼本 茂 Shigeru KANEMOTO Non-Member

**Abstract** In operating of nuclear power plants, it is required not only to preserve and improve the reliability and safety, but also to introduce more efficient and lower cost maintenance strategy simultaneously, due to the power trading deregulation in recent years. In addition, as the number of experienced operators / maintenance personnel decreases, comprehensive implementation of objective and transparent information provision system on plant operation and maintenance (O&M) being compliant with the law and further refinement of various plant O&M business, is now highly expected. In order to deal with such situations and requirements, TOSHIBA, as the plant manufacturer, has started the remote O&M service called the e-TOPS (e-Toshiba Operating Plant Service) for operation and maintenance of nuclear power plants, making full use of the latest information technology.

**Keywords:** remote operation and maintenance service, information technology, e-TOPS  
 連絡先: 山本博樹 〒235-8523 横浜市磯子区新杉田町 8 Tel:045-770-2431、  
 Fax:045-770-2450、E-mail: hiroki.yamamoto@toshiba.co.jp

#### 1. はじめに

原子力発電所は、信頼性と安全性の維持、向上に加え、昨今の電力自由化を背景に、運転保守に関わる費用の抑制や経済性向上が要望されている。一方、運転員や保守員の数や熟練者が減少傾向にある状況において、発電所業務の一層の品質向上や法令遵守、及びプラント運用情報の客観性と透明性の確保が重要視されつつある。

このようなことから発電所の運転保守支援は、より一層の効率化・迅速化及び発電所の幅広い業務への適用拡大が要望されている。

東芝は、プラントメーカーとしてこのような要望及び環境の変化に対応するため、遠隔地より発電所の運転保守業務を支援する「東芝リモート保全サービス (e-TOPS™; e-Toshiba Operating Plant Service、図1参照)」を構築し、2002年より運用を開始している[1]。

このサービスは、インターネット、モバイルなどのITと、原子力計測・診断技術およびセキュ

リティ技術の融合により、遠隔地からの多様な運転保守サービスを実現している。以下に、これらサービスの概要と、監視、検査、診断、技術支援における具体的なサービス事例について紹介する。

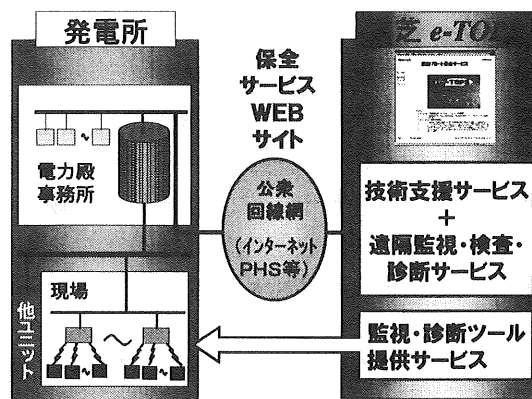


Fig. 1 Configuration of remote O & M service (e-TOPS™)

## 2. リモート保全サービスの概要

原子力発電所の運転保守業務を遠隔地より支援するサービス（e-TOPS™）は、以下の観点から、従来の現地派遣に基づくサービスと比較して多大の効果が期待できる。

- (1) 設計技術者など専門家のいるエンジニアリングセンターや工場より各発電所に対し、詳細で多面的な評価を迅速に提供できる。
- (2) 複数プラントに関わる設備データの集中管理により、プラント横並びの比較による精度の高い評価が可能となる。
- (3) 設備の集約、専門家の移動などを最小化・最適化して、業務全体の品質と効率を向上できる。

これを実現する具体的な手段として、発電所の運転保守業務を支援するサービス・コンテンツとその活用効果を図2に示す。

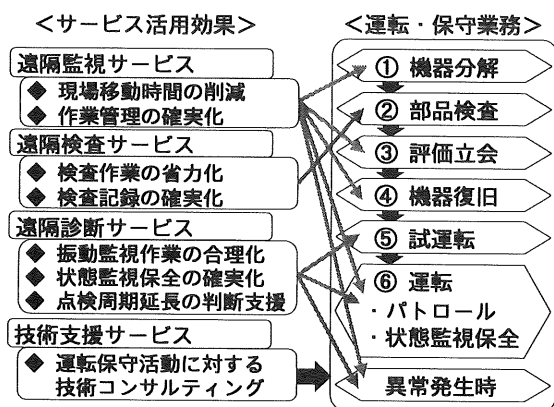


Fig. 2 Objectives of remote O & M service system  
本サービスでは、以下のコンテンツの提供とセキュリティの提供を実現している。

- 1) 発電所内に既設の PHS 回線網を活用して、プラント機器のプロセスデータだけでなく、機器の振動・音響データ、点検時の現場映像（動画、静止画）などの多様で多量な現場情報を、遠隔地の事務所やプラントメーカーに伝送可能としている。
- 2) 伝送された情報に基づく、監視、検査、診断による評価結果や対応策などの技術支援情報を、PHS やインターネット回線網を通じて、迅速に現地に返送、提示するサービスを可能としている。
- 3) 伝送された現場情報などを一元的、体系的に

管理し、点検周期の最適化など保守合理化の判断支援に有効な情報サービスの提供を可能としている。

- 4) 現場情報の伝送においては、原子力発電プラントの重要な情報を扱うことを考慮し、2重のファイアウォールによる管理や、物理乱数コードを用いた暗号化方式による、より高度なセキュリティ確保を可能としている。

以上より、技術支援サービスを中核として、遠隔監視・検査・診断の各サービス提供を実現しており、発電所における様々な運転保守業務の支援を可能としている。以下、これらサービス事例について紹介する。

### 2.1 遠隔監視サービス

従来、原子力発電プラントの起動時における機器健全性の確認作業や、定期検査での機器分解点検作業では、対象機器に関わる専門家を現地に派遣している。しかし近年は、プラント数の増加に伴いプラント起動や定期検査は集中化してきており、遠隔地から同等の支援ができれば、運転保守業務の効率化だけでなく、複数の専門家の確認による点検作業の質の向上も図れる。

このため、遠隔監視サービスでは、図3に示すように、ウェアラブル計算機、デジタルビデオカメラ、PHSなどを利用して、現場の映像（動画、静止画）と音声を複数の遠隔地に同時に伝送する遠隔監視システムを開発・使用している。

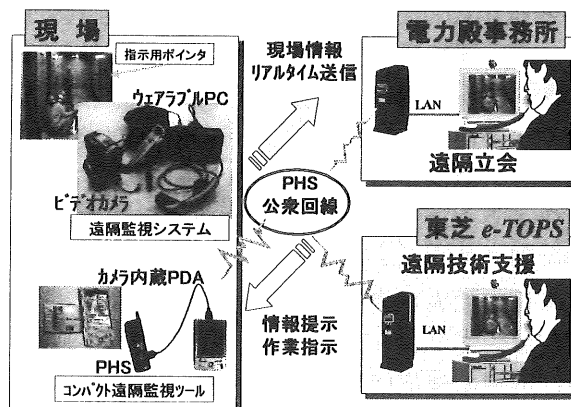


Fig. 3 Outline of remote monitoring service system using voice and movies

遠隔地から現場への指示は HMD (Head mounted display) とヘッドフォンを介して行い、現場からは圧縮処理した動画像による点検状況などの

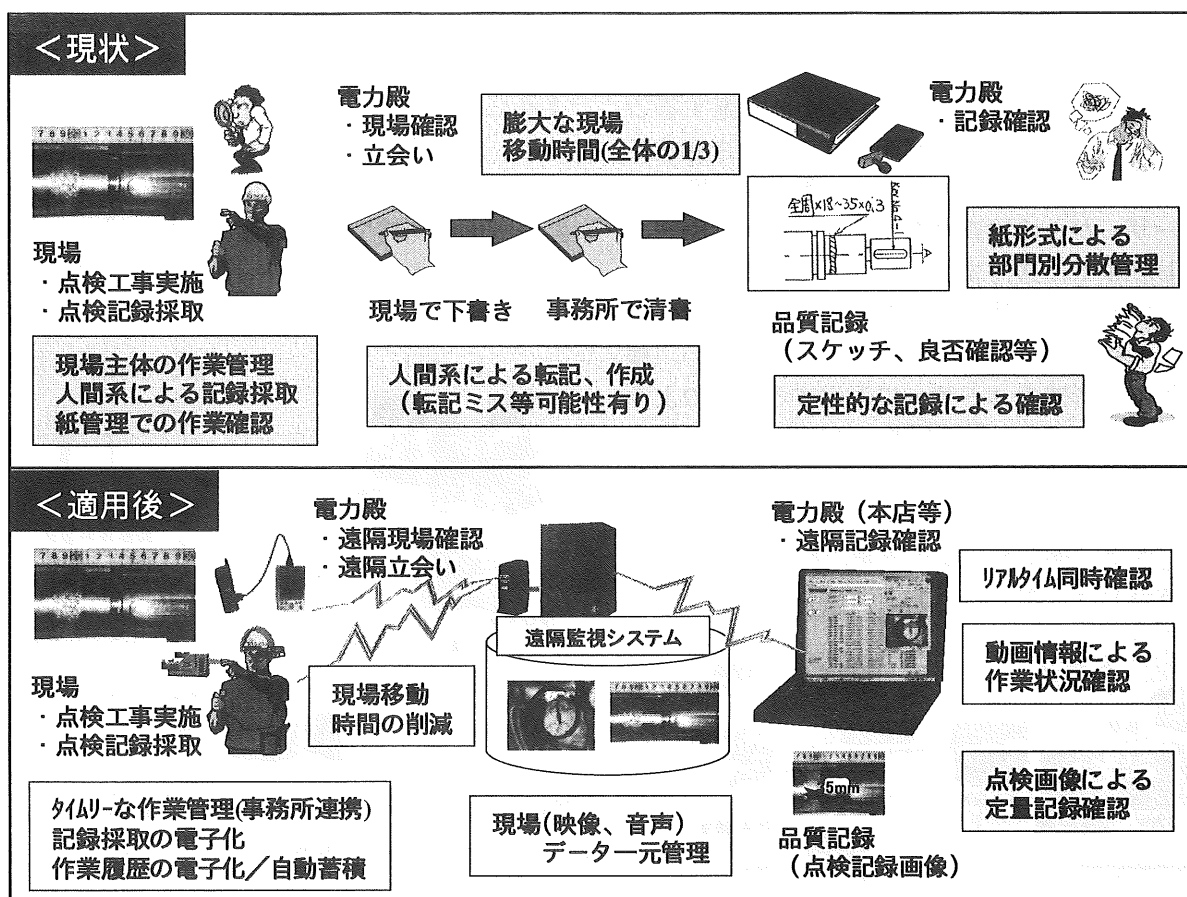


Fig. 4 Objectives of remote monitoring service system

伝送に加え、高分解能の静止画を必要に応じて伝送することで、高精度の支援を実現可能としている。このシステムは限られた情報伝送速度の下で、現場の状況をリアルにかつ高精度で伝送できる点が特徴である。実際の保守点検作業においても、従来の技術員派遣時と同等以上の的確性・迅速性が客先に好評を得ておりシステムの有効性が確認されている[2]。

更に、より簡便かつ小型のツールとして、現場の映像を同様に複数の遠隔地に伝送するコンパクト遠隔監視ツールも開発・使用している。現場における簡単なメモ代わりとして手軽さが認められており、パトロール時の現場確認といった実際の運転保守業務での活用が進められている。

遠隔監視システムでは、図4に示すように、現場の映像及び音声情報の伝送と共に、これらの情報を電子データとして記録し一元管理することが可能となっている。これにより、従来の人間の主観に依存した定性的な記録の確認、管理に代わって、電子データによる定量化及び自動蓄積を実現可能としており、保守点検記録や作業記録の電

子的なエビデンスに基づく客観性と透明性の確保に貢献できる。

また、図4に示す遠隔監視システムは、発電所内の多様な業務の効率化に活用も可能である。例えば、事務所から現場作業の管理や各種試験の立会などを遠隔で対応することにより、現場への移動時間や待ち時間といった非効率的な作業の時間短縮を可能としている。

## 2.2 遠隔検査サービス

原子力発電プラントでは、配管や圧力容器のような静的機器は、定期検査時の分解点検において、目視点検や超音波、渦電流などの非破壊検査が適用されている。特に目視検査は、検査作業全体の約6～7割を占める主要な作業であり、直接的あるいは間接的な映像情報を用いた目視により実施されているが、検査員のスキルに大きく依存するため、検査の客観性の保持が課題となっている。

このため、遠隔検査サービスでは、人間の目視に代わって、デジタル画像処理技術を適用することにより、目視検査の自動化を実現する方法を

提案している[3]。この方法では、図5に示すようなe-TOPS™の枠組みの中で、画像を専門家のいる遠隔地に伝送し解析処理を実施することにより、目視検査の精度を大きく向上させることを可能としている。すなわち、電力会社殿などのユーザーからの検査画像を、e-TOPS™のWebサイトに送付する。送付された画像にデジタル画像処理を適用し、例えば、腐食面積の自動計算や、スケッチ画像化などの処理を行い、検査報告書の形式でユーザーに返送する。このようなサービスにより、検査結果の客観性を維持しつつ報告書作成の効率化と品質の向上も実現できる。さらに、検査画像を数値として定量的に表現することで、例えば、腐食面積の傾向変化の監視や評価などに活用することも可能となる。



Fig. 5 Outline of remote inspection service system applied Image processing technologies

また、図5に示す遠隔検査サービスは、従来のスケッチやデータシートでの検査員（人）による記録方法における記載ミスや転記ミスといったヒューマン・エラーの介在を防止し、客観的なエビデンス情報としての検査記録を管理できるという点でも効果が期待できる。

### 2.3 遠隔診断サービス

原子力発電プラントにおいて、ポンプやモータなどの動的機器の保守は重要であり、軸受やシール部などの消耗部品の交換や耐久部品の点検のために定期的な分解点検が必要となっている。また、その点検周期を最適化するために、運転中の振動、温度、潤滑油などの状態を定期的に監視する状態監視保全が行われている。特に、運転中の振動監視は、回転機の劣化予測や、異常早期検出

に有効であり、実用が進んでいる。

このため、遠隔診断サービスでは、図6に示すように、PHSやLANなどの無線デバイスを用いて、回転機の振動をリアルタイムに当社エンジニアリングセンターなどに伝送し、集中管理と診断を行える可搬型の遠隔振動監視・診断システムを開発しており、振動データの簡易な遠隔計測を実現可能としている。

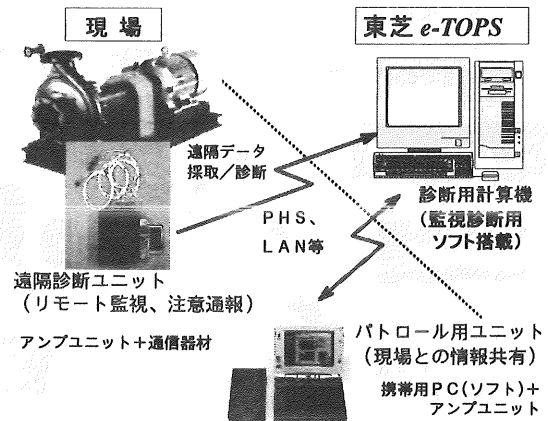


Fig. 6 Outline of remote vibration monitoring and diagnosis system

このシステムは、リサーチ、スペクトルトレンドの表示や、故障原因と対策などの診断結果を提示することができる。さらに、計測データを、回転機の動解析モデルによる結果と比較することで、回転軸にかかる負荷を推定し、劣化をより高精度で評価することも可能としている[4]。

また、機器の点検周期や点検範囲の最適化は、保守コストの削減という観点だけではなく、機器の重要度に応じた合理的な保守により、システム全体としての信頼性向上を図ることが重要となる。そのためには、故障率と故障影響などをリスクと、稼働率などの性能指標をベネフィットという形で定量的に評価し、保守戦略の最適化に役立てることが必要となる。このためには、設計情報と運転・保守に関わる現場情報を融合した支援システムが不可欠と考え、当社は、機器カルテ管理システムを開発している[5]。

このシステムは、図7に示すように、運転に関わる重要パラメータ、機器状態を監視するための振動や温度などのパラメータ、さらに、定期検査時の点検情報などを統合的に管理することができる。また、管理された多様なデータを基に、回帰分析や因子分析などの統計解析を

適用した一次処理から、機器の劣化傾向を評価することができる。

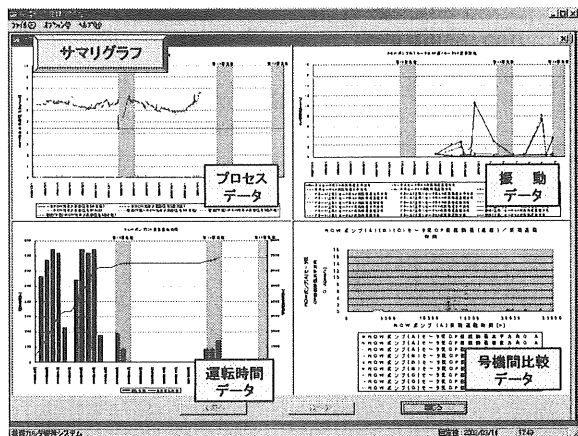


Fig. 7 Examples of the device Karte management system displays

## 2.4 技術支援サービス

最後に、電力会社殿の運転保守活動で生じた多様な技術的課題に対応する技術支援サービスについて紹介する。このサービスは、従来、現地駐在員が受けた個々の依頼に対して、遠隔地にいる設計技術者とEメールやファックスで連絡を取り、その結果を駐在員がとりまとめて回答するという個別対応が主であり、情報の授受や質問内容の確認に時間を要していた。

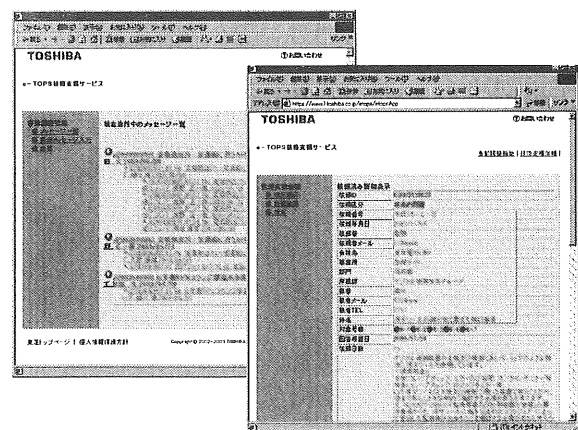


Fig. 8 Examples of technical question and answer web system displays

e-TOPS™のWebサイトを介した技術支援サービスでは、電力担当者の自席パソコンから質問事項・回答の入出力が可能となり、迅速かつ効率的なサービスの提供を実現している。質問の確認に正確性を期すため、図8に示すような正式依頼前の事前調整での受送信

履歴の提示機能や、依頼済みの内容とその回答の確認機能も有している。

## 3. あとがき

本報で紹介したリモート保全サービスe-TOPS™は、従来の現地派遣に代わる新たなサービスとして、実際の業務で活用され、その有効性が確認されているが、原子力プラントの運転保守業務は多様かつ複雑であり、更なるサービス・コンテンツとして、水質診断、熱効率診断、予備品手配、保守訓練教育、設備改善の提案などのサービス拡充を進めている。また、これらのサービス展開に備えて、当社の磯子エンジニアリングセンターにe-TOPS™の集中管理センターを開設予定である。

今後は、原子力発電プラントの信頼性と安全性の維持、向上に加え、合理化や経済性向上を実現していく上で重要なテーマとなる定期検査期間の短縮化、オンラインメンテナンスや状態監視保全の導入、合理的な保全計画の策定などに寄与する幅広いサービスの充実を図っていく予定である。

## 参考文献

- [1] “東芝レビュー特集2001年の技術成果、技術成果の総覧。保全サービスWebサイト構築”、東芝レビュー.57,3,2002,p.70.
- [2] 佐久間正剛,ほか.“PHSを用いた遠隔・検査システム”.平成13年度電気学会,電子・情報・システム部門大会予稿集(II),TC7-3,2001-8,電気学会.p.157-160.
- [3] 久保克巳,ほか.“デジタル画像処理による目視観察の自動化”.日本非破壊検査協会,平成11年度秋季大会講演概要集.1999-10,日本非破壊検査協会.p.99-102.
- [4] 渡部幸夫,ほか.“回転機の劣化予測技術の開発”.JAST トライボロジー会議予稿集,E29.東京,2002-5,JAST.p.339-340.
- [5] 園田幸夫,ほか.“状態監視保全の実機への適用(その3)ー機器カルテ管理システムと経年劣化の傾向予測技術の開発ー”.日本原子力学会 2001 年秋の大会,H20~H22.2001-09,日本原子力学会.p.409.

