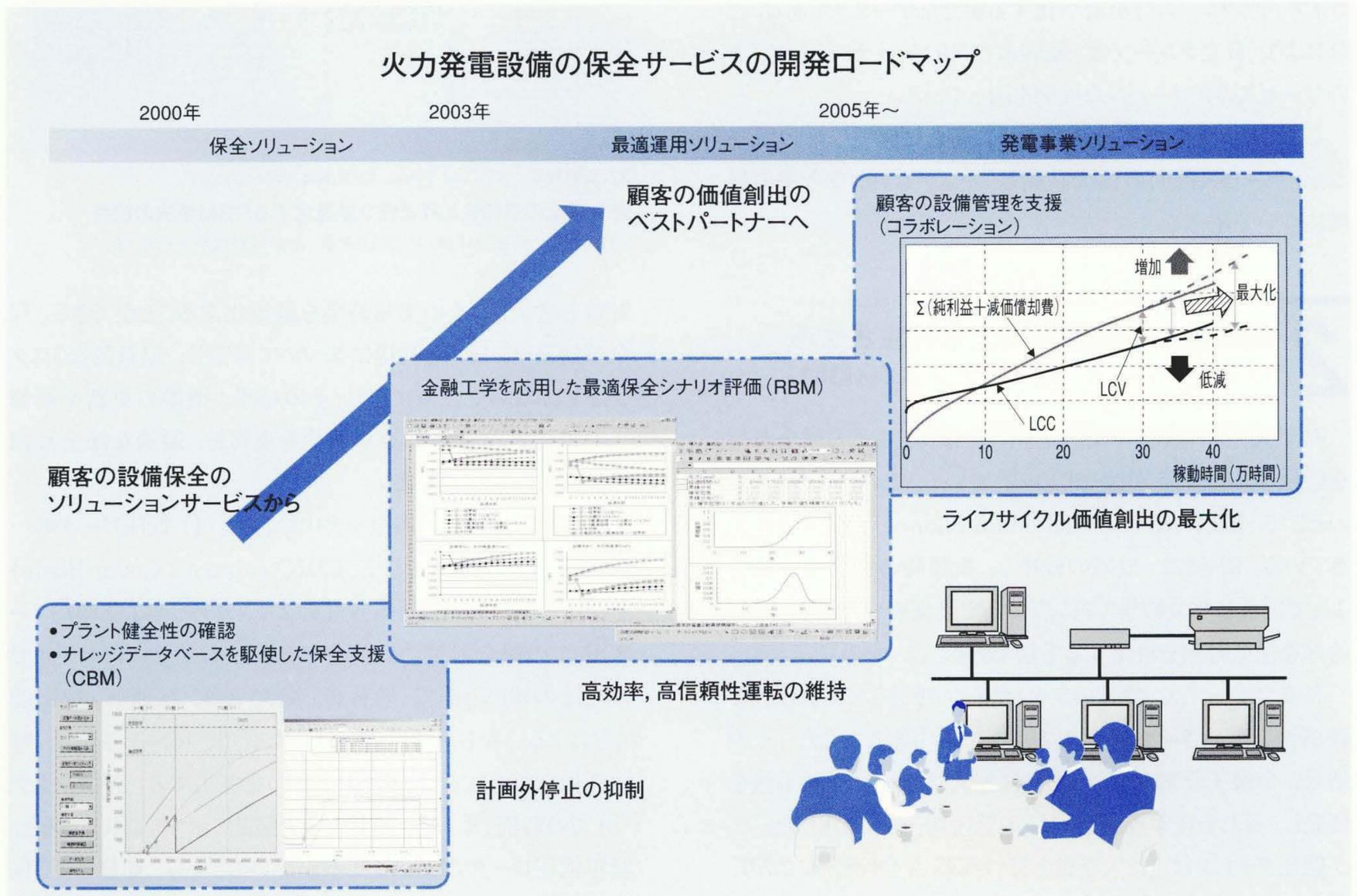


# 火力発電設備の保全トータル ソリューション サービスの展開

## Advanced Maintenance Total Solution Services for Thermal Power Generating Plants

桜井 茂雄 Shigeo Sakurai 池田 啓 Hiraku Ikeda  
 永瀨 尚之 Naoyuki Nagafuchi



注：略語説明 RBM(Risk-Based Maintenance), CBM(Condition-Based Maintenance), LCC(Life Cycle Cost), LCV(Life Cycle Value)

### 日立グループが目指す火力発電予防保全トータル ソリューション サービス

日立グループは、「モノづくり」で培った技術力とIT(Information Technology)を駆使し、顧客のベストソリューション パートナーを目指す。

電力の自由化と規制緩和によるグローバルな競争激化により、電力会社や、IPP(Independent Power Producer)など新規参入電力事業者は、競争で優位に立つために、保守・修繕費の削減を強く求めている。さらに、稼働率を向上させるために、信頼性や経済性の保証の要求も大きくなっている。

これらのニーズにこたえるため、日立グループは、発電プラント全体のライフサイクルを最適化するトータルソリューション サービスを提供している。

これまで、個別機器ごとに行っていた保全作業に代え、このソリューションでは、設備保全・管理・運用を含めた発電プラント全体の保全サービスを行っている。

## 1 はじめに

最近の火力発電設備の保安全管理方法は、時間管理(タイ

ムベース)から状態管理(コンディションベース)へ、さらに、長期的な収益を考慮したリスク管理(リスクベース)へと推移しつつある。

同時に、ビジネス形態も、従来のように機器の単品売りか

ら、長期包括保守契約や他社製老朽設備のレトロフィット(改善)へと、これまでの範囲を越えた保守・保全業務へと急速に変わっている。また、グローバルな競争激化も加わり、経済性・信頼性・環境性に優れた機器とサービスが強く求められている。

このような状況にあって、日立グループは、個々の機器の性能の向上を図るとともに、これらの保全・管理・運用のためのトータルソリューションサービスを提供している。これは、近年急速に進展しているITを活用したもので、発電設備のライフサイクルコストを最小化する新たなサービスである。これにより、日立グループは、顧客のベストパートナーとして、このサービスのグローバルな展開を図っている。

ここでは、火力発電設備のために新たに開発したソリューションサービス指向の保全技術と、システムおよび今後の展開について述べる。

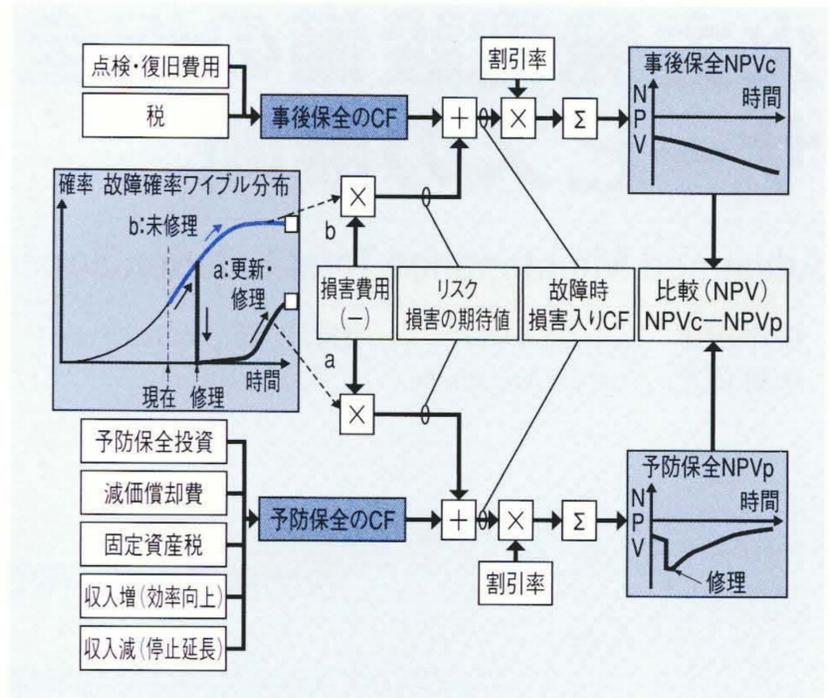
## 2 経済性と信頼性の向上を両立させる リスクベースメンテナンス(RBM)

経年火力発電設備には、信頼性を確保しながら保全費用を低減する保全法が強く求められている。これにこたえるものとして、RBM(Risk-Based Maintenance)が適用されてきている。RBMは、故障の確率と、故障時の影響度の積によって定義した故障リスクに基づいて設備の状態を分析し、的確な保全対策を決定する手法である。

日立グループは、設備のライフサイクルを通じて、信頼性と経済性を両立させた保全の最適化に取り組んできた。その結果、金融工学的手法をRBMに導入した保全計画手法を開発し、それを経年蒸気タービンの低圧ロータに適用した。

低圧タービンは、長大な翼を持つ高速大型回転体であり、蒸気タービンの性能と信頼性を決定づける重要機器である。しかし近年、この経年低圧ロータでは、腐食疲労による損傷事例が多くなっている。そのため、損傷を調査し、荷重要因と環境要因を検討した結果、翼振動応答の経年による変化と腐食ピットの成長により、き裂の発生確率が大きくなることがわかった。

蒸気タービンの低圧ロータが故障する確率に基づく信頼性の評価と、保全の経済性を考慮したリスク評価手法を図1に示す。ここで、NPV(Net Present Value: 正味現在価値)とは、予防保全を実施した場合と実施しない場合(事後保全)の、利得と費用の差として定義される。リスクは故障確率と故障による損害額の積と定義し、リスクの定量化を図る。これは、損害の大きさの期待値と等価となる。NPVは、各期間の対象設備にかかる利益と故障確率を考慮した損害、および保全投資から成るCF(Cash Flow: 現金収支)を割引率で除し、積分することによって求められる。これにより、設備の状態や発電設備ごとに異なる運用計画に応じて、最適な保全



注: 略語説明 CF(Cash Flow), NPV(Net Present Value)

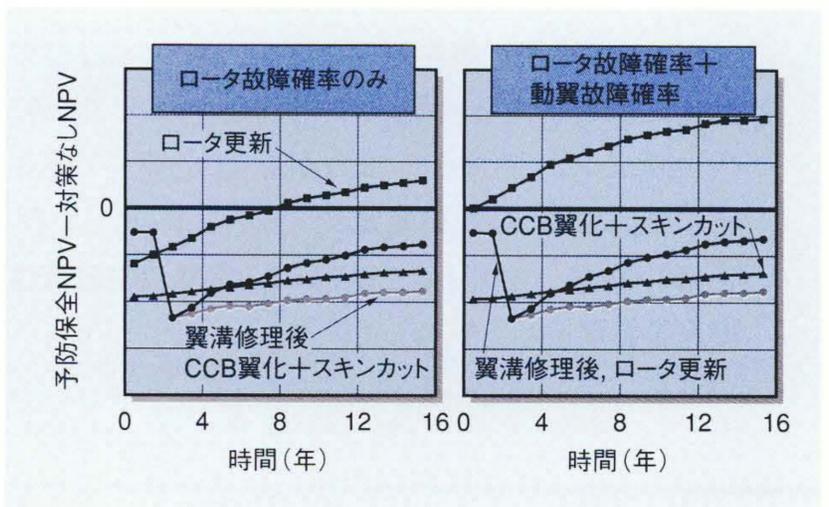
図1 保全の信頼性と経済性を最適化するRBM手法の概要

RBMでは、信頼性評価と経済性を考慮したリスク評価手法を用いる。

対策を選択し、その実施時期を適正化することができる。保全の効果は、費用と利得に基づいて算出し、定量的なリスク(NPV)によって表現できる。その結果、機器の更新や補修への予防保全投資の意思決定を支援し、最適な保全計画を立案することができる。

経年低圧ロータの保全シナリオでは、(1) 低圧ロータの一括更新、(2) 補修例としてCCB(Continuous Cover Blade)を採用した新構造翼と当該部のスキンカット、および(3) ベースとしての保全対策の3通りを考える。(1)と(2)のシナリオでの故障の確率と損害(燃料費、発電単価、稼働率、復旧費などによる。)から、(3)を基準とした費用と利得を評価し、時間価値を考慮して、リスク量(NPV)を算出する。各保全シナリオでの時間(年)とNPVの変化を図2に示す。これによると、経年低圧ロータでは故障確率が高いことから、補修による保全に比べて、ロータ一括更新のほうが、リスク評価の観点から有効な保全対策であることが確認できる。

このNPVに基づく定量的なリスク評価は、経年設備の保



注: 略語説明 CCB(Continuous Cover Blade)

図2 経年蒸気タービン低圧ロータの保全シナリオに対応するRBM評価例

保全シナリオに対応するリスク評価により、有効性を定量的に評価する。

全シナリオを選択する際の価値評価にも適用できる。すなわち、故障時に保全対策を延期する場合、一括更新する事後のシナリオと、当年に一括更新する予防のシナリオの2モデルの場合についても評価できる。そこでも、経年設備への予防保全は、経済的に有利であることが確認されている。

経年火力発電設備の保全では、損失を未然に防止する予防保全が、信頼性や経済性のうえで合理的であることを示した。また、金融工学的手法を適用したリスク評価では、最適な保全策とその時期を決定できることを、蒸気タービンの低圧ロータの具体例によって示した。

### 3 効率向上と出力増加にこたえる STレトロフィット技術

近年、地球環境保全の観点から、これまでのような燃料費の低減ではなく、CO<sub>2</sub>の削減や電力自由化の動きに対応した、既設火力発電設備の効率の向上や出力増加といったニーズが高くなっている。

日立グループは、これらのニーズにこたえるため、高効率動翼やダイヤフラムノズルの開発を進めてきた。低圧最終段翼用として高効率で高信頼性のCCBを開発し、最終段以外の中短翼にもCCB動翼の技術を採用するなど、レトロフィット（高効率・高信頼性の最新技術を適用した改造）技術の適用拡大も図っている。

電力の自由化が進んでいる海外の既設火力発電設備では、効率向上と出力向上のニーズは非常に高く、最近の例では、500 MWの既設低圧タービン(TC4F-33.5, 50 Hz)の



図3 CCBを全段に採用した低圧ロータの外観

非OEM(相手先商標製造)機へのレトロフィット技術によるリバーエンジニアリング例を示す。

改造実績もある。

既設タービンには、低圧ロータ(ディスク焼ばめ式ロータ)のSCC(Stress Corrosion Cracking)による欠陥と経年的な効率・出力の低下が見られ、信頼性・運用性の両面で課題が生じていた。そのため、低圧段動翼全段にCCBを採用した低圧ロータと、ディスク焼ばめ構造のない一体ロータ、高効率ダイヤフラムなどのレトロフィット技術を適用した、低圧セクションの改造を行った。据付け後の性能試験において改造前後の相対効率の向上量が4.8%と、低圧タービンのレトロフィット技術適用機では従来の実績を大きく上回る効率の向上が確認でき、顧客の満足を十分に得ることができた(図3参照)。

このユニットはOEM機ではないことから、改造設計・据付け計画にあたっては、実機の寸法計測や機器の状態確認など現地調査を行い、その結果に基づいてリバーエンジニアリングを行った。今後も、リバーエンジニアリングの精度アップと現地測定期間の短縮に向けて、現場技術のいっそうの向上を目指している。

### 4 保全最適化にこたえる IT活用ソリューションサービス

日立グループは、すでに、海外の顧客を中心に、技術に関する質問への回答をインターネットで行っている。最新の運転・保守情報や改善についての情報提供サービスを、火力予防保全部門に設置したアンサーセンターで実施中である。

また、IPP(Independent Power Producer)やPPS(Power Producer and Supplier: 特定電気事業者)などの新規電力事業参入者や海外顧客には、10年から15年の長期包括保守契約(LTSA: Long-Term Service Agreement)を実施、展開中である。LTSA契約では、10年から15年の長期にわたり、対象プラントの運転履歴と保全情報の監視・診断・管理を行う必要がある。日立グループは、このためのモニタリングセンターを構築中であり、一部ですでに運用を開始している(図4参照)。

通常運転時には、1日に1回、制御装置のアナログ・デジタルデータをインターネット経由でモニタリングセンターに送信し、センター側サーバの診断機能によって自動的に異常予兆の監視・診断を行う。診断結果は、関連部署に設けたクライアントのパソコンで健全性を確認後、品質保証部門から顧客に定期レポートとして提供する。

不具合が発生したときは、センター側からのリクエストによって常時接続し、オンラインでサイト状況を確認しながら復旧を支援する。また、顧客の設備稼働率の低下を抑制する。

通信セキュリティ対策としては、プラント側とセンター側双方にファイアウォールを設置し、VPN(Virtual Private Network)によって擬似専用回線化すると同時に、データを暗号化処理して送受信している。

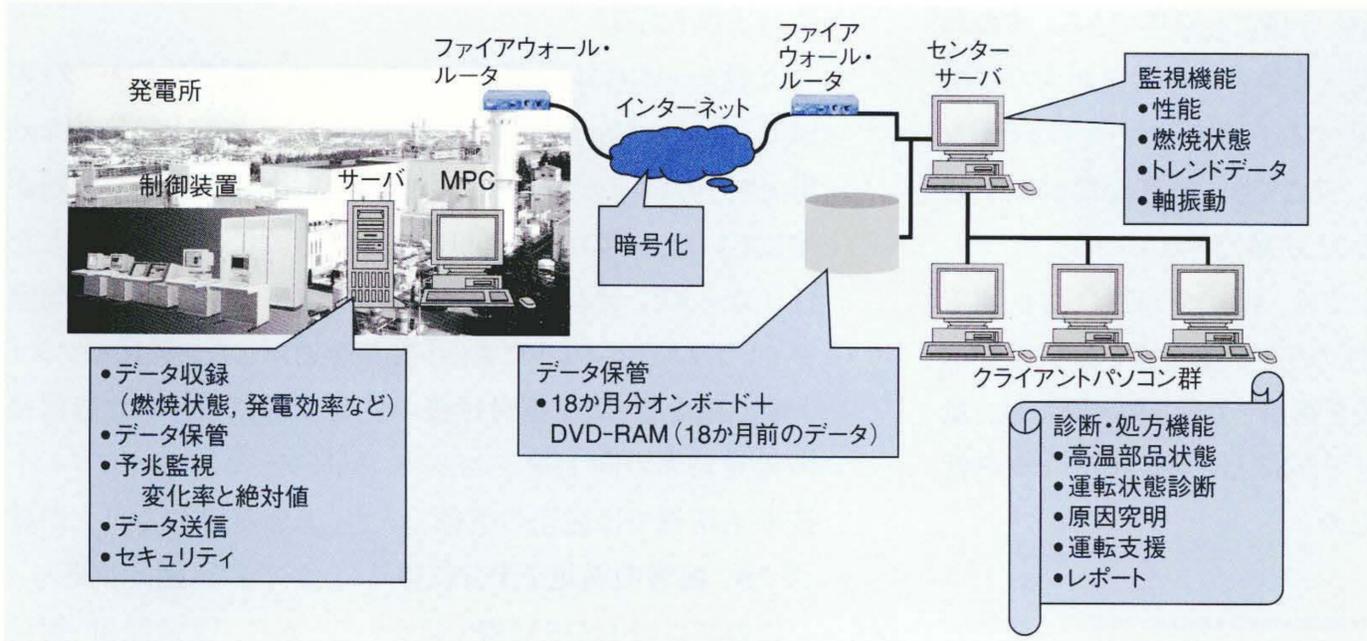


図4 リモート モニタリング システムの概要

インターネット経由で制御装置のアナログ・デジタルデータを日立製作所のモニタリングセンターに蓄積し、プラント健全性と異常予兆を監視、診断する。

注：略語説明  
 MPC (Monitoring Personal Computer)  
 DVD-RAM (Digital Versatile Disc/Random Access Memory)

リモート モニタリング システムについては、通常運転中のプラント状態監視のほか、建設試運転時の状態監視や、定期検査後の試運転調整支援に利用する。これにより、試運転期間が短縮され、試運転結果の報告書を作成する時間も短縮できる。

また、診断機能には、これまでの日立製作所製発電機器の安定運転に関するノウハウや、工場試験で得た豊富な試験結果をベースとした、原因究明ルールを内包している。特に性能診断には、日立グループが開発した設計ツールを適用した静特性シミュレータや、実装制御ロジックを組み合わせた動特性シミュレータによる診断機能を用意している。これにより、モニタリングシステムのデータベースから実機データを直接取り込み、解析結果と実機データとの比較検討ができるように構築している(図5参照)。

今後は、日立製作所の高温部材寿命評価技術と、これまで培ってきた材料開発や補修技術ノウハウ、および先行プラントでの実績データベースを組み合わせることにより、ライフサイクル コストの最小化を実現するための最適保全計画の

立案支援機能を付加する予定である。

## 5 おわりに

ここでは、電力の自由化と規制緩和・グローバル化に伴う顧客ニーズの変化への取り組みとして、日立グループが開発した、ソリューションサービス指向の火力発電設備のための保全技術とシステムについて述べた。

日立グループは、今後も、ITと「モノづくり」のコア技術を融合させたトータル ソリューション サービスのいっそうの質的向上を図り、提案していく考えである。

### 参考文献

- 1) 桜井, 外: 信頼性確保と長寿命化を目指すガスタービンの予防保全技術, 日立評論, 79, 3, 271~274(1997.3)
- 2) 下村, 外: 火力発電設備の予防保全と余寿命診断技術, 火力原子力発電, No. 530(2000)

### 執筆者紹介



桜井 茂雄

1977年日立製作所入社, 電力・電機グループ 火力・水力事業部 火力サービス部 所属  
 現在, 火力発電機器の保全技術の開発に従事  
 工学博士  
 日本機械学会会員, 日本金属学会会員  
 E-mail: shigeo\_sakurai @ pis. hitachi. co. jp



永淵 尚之

1988年日立製作所入社, 電力・電機グループ 火力・水力事業部 火力サービス部 所属  
 現在, 火力発電所の予防保全業務に従事  
 工学博士  
 日本機械学会会員, 電気学会会員  
 E-mail: naoyuki\_nagafuchi @ pis. hitachi. co. jp



池田 啓

1980年日立製作所入社, 電力・電機グループ 火力・水力事業部 火力サービス部 所属  
 現在, 火力発電所の予防保全業務に従事  
 日本機械学会会員  
 E-mail: hiraku\_ikeda @ pis. hitachi. co. jp

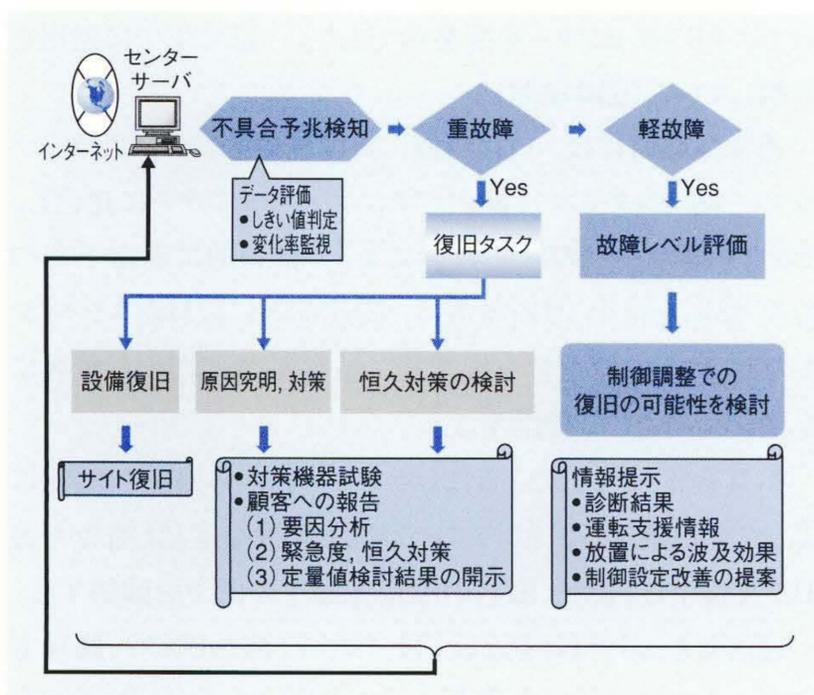


図5 監視・診断の流れ

モニタリングで得られたプラント情報を基に、健全性や異常予兆を診断し、兆候を検知した場合には、原因究明や復旧を支援する。