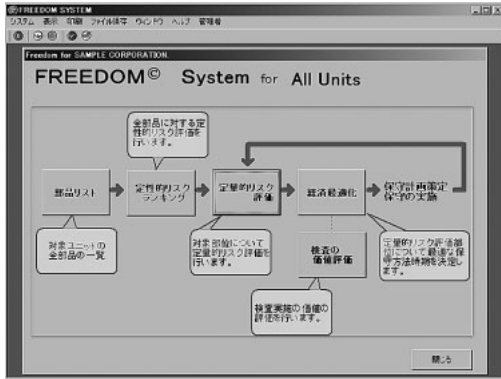


火力発電プラント保守計画最適化支援システム(FREEDOM)の開発

Development of Maintenance Optimization System for Aged Fossil Fired Power Plants

松本拓俊*1 西村宣彦*2 中馬康晴*3
熊野信太郎*4 小林雅浩*5 富永公彦*6
林貴美*7 椎橋啓*8



1. はじめに

電力業界における今後の自由化拡大を控え、火力発電プラントの保守を取り巻く環境は大きく変化しており、保守費の効率的な低減と有効活用が発電原価低減において不可欠となっている。このような環境の中、当社では火力発電プラント主要部位について保守計画最適化システム (FREEDOM: Financially and Reliably Enhanced Optimal Maintenance System) を開発し、実用化した。

本システムは確率論的寿命評価ツール、リスクシミュレーション、保守計画最適化ツールなどを備えており、損傷モードごとに各部位の破損確率を求め、ユニットの重要性を考慮して各部位の損傷発生時のリスクを客観的に把握できる。このツールを用いて、今後の運用計画を基にどの部位を、どの時期に対策を打つべきかなど、トータルライフコストが最小となるような経済的に最適な保守計画案を提供する。これにより、限られた予算内で最適な予算配分を行うことも可能である。本システムは既に国内8機の事業用火力プラントに適用され、経済的な保守計画の策定に貢献している。

2. FREEDOMの概要

2.1 システムの概要

FREEDOMでは、プラントに使用されている種々の部位において、長年の使用に伴う劣化・損傷によって破損に至り、プラントの運転が継続できなくなるリスクの推移を予測し、この破損を防止するための種々の保守方案 (部品の取替え、補修) の中から最も経済価値が高い保守戦略 (最適保守方法とその最適実施時期) をシミュレーションで求めることができる。本システムの導入画面を冒頭に示す。本システムでは、始めに対象となるプラントについて部位のリストを作成し、定性的リスク評価により図1に示すリスクプロットを作成する。このリスクプロットにおいて、赤い色の濃い部位ほどリスクが高い部位であり、リスクの高いいくつかの部位についてさらに定量的リスク評価を実施する。各部位における種々の保守方案に対して、その価値を方案実施によるリスク低下 (Cash In) とそれを実施するための費用 (Cash Out) の差 (正味現在価値) から求め、最も効果的な保守方案を提案す

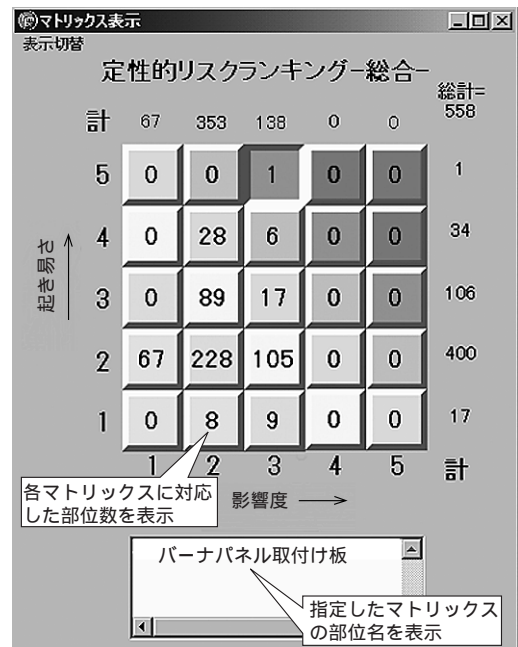


図1 定性的リスク評価に基づくリスクプロット

る。同様の評価をすべての定量的リスク評価対象部位について行い、それらを総合的に評価してプラント全体のトータルライフコストが最小となるように保守戦略を最適化する。

2.2 確率論的寿命評価

各部位のリスクは、その部位が経年的に破損する確率と破損が生じたときの損失額 (破損部位の復旧費用と発電停止による発電損失費用等の和) を掛け合わせた値として定義される。破損する確率は当社が長年にわたり蓄積してきた寿命評価技術を応用して開発した。本来、各部位は材料の物性、プラント運転条件の変動、製造品質等の因子のばらつきにより、破損時期にもばらつきを持つ。FREEDOMではこれらのばらつきを対象プラントあるいは類似プラントの温度、応力、寸法等の計測結果を基に算出し、モンテカルロシミュレーションなどの手法を適用して解析的に各部位の破損確率を算出する。これらの評価法はクリープ、疲労、腐食などプラントで考えられる様々な損傷モードに対応し、従来からの評価法 (確定論的寿命評価法) に材料特性や発生応力等のばらつき

*1 技術本部長崎研究所材料溶接研究室

*2 技術本部長崎研究所材料溶接研究室長 工博

*3 技術本部長崎研究所強度研究室

*4 技術本部高砂研究所電子技術研究室

*5 長崎造船所火力プラント設計部陸用ボイラ設計課サービスチーム

*6 長崎造船所火力プラント設計部陸用ボイラ設計課保守技術チーム

*7 長崎造船所火力プラント設計部業務システムグループ

*8 原動機事業本部ボイラ技術部ボイラ構造技術課長

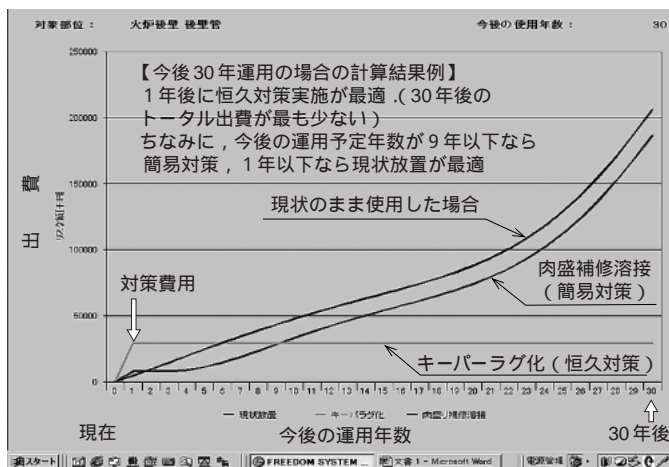


図2 経済最適化計算結果表示例 ボイラテンションプレート溶接部の出費・時間線図。

を考慮したものである。なお、損傷モードが疲労の場合は起動モードごとに、また、クリープの場合は負荷ごとに計算を行って、異なる運転パターンでの破損確率の変化も考慮することができる。

さらに、これまでに検査が実施されている部位については、検査結果を有効活用し破損確率の評価精度を向上させることが可能である。

2.3 保守計画最適化

FREEDOMでは上記の手法により算出したリスクを基に以下の式によって、その対策の価値を求める。

対策の価値 = 対策によって低下する経済リスク - 対策費
 実際には割引キャッシュフロー (DCF) 法で用いられる正味現在価値によって求め、将来の出費を現在価値に割り引いて評価する。

図2に保守計画最適化の計算結果表示例として、ボイラのテンションプレート溶接部における出費 - 時間線図を示す。FREEDOMでは、このように個々の部位についての最適計算結果を確認することが可能である。

また、各部位で最適化計算を行った結果の集約を図3に示す。このように本システムでは保守を行うべき優先度のランキング (正味現在価値の高い順) に表示することも可能で、保守計画を行うための情報 (最適対策実施年、最適対策案の内容、経済効果など)を一覧として知ることが出来る。また、プラントの運用計画や経済条件などの検討条件の変化にも対応可能で、各条件に合った最適な対策案を導き出すことができる。さらに、検査を実施することによる破損確率の精度向上を予想し、検査を実施する価値の有無、及び実施する価値がある場合はその検査数量と実施時期を求めることができる。

3. 実機適用状況

FREEDOMは製品としては寿命評価データなどを含んだソフトとして提供される。このソフトに火力プラント保有者にてプラント運用データ、破損による損害額など必要なデータを入力することで最適な保守計画が立案され、部位ごとの

ランク	サブコンポーネント	効果額 (リスク回避額)	削減費用 (保守費)	最適実施時期	対策内容	原因
1	二次再熱器二次再熱器管	優	優	1年後	バルブ取り替え	クリープ、腐蝕
2	納管器 納管器管	優	優	6年後	管取り替え、プロテクタ設置	摩耗腐蝕
3	納管器吊下げ管	優	優	4年後	管取り替え、プロテクタ設置	摩耗腐蝕
4	大伊石側壁石側壁管	優	優	9年後	バルブ取り替え、溶射	摩耗腐蝕
5	主蒸気管 主蒸気管	優	優	10年後	金具取り替え	クリープ
6	一次再熱器一次再熱器管	優	優	1年後	部分取り替え (特定仕様のみ)	クリープ、腐蝕
7	二次再熱器二次再熱器管	優	優	2年後	部分取り替え (特定仕様のみ)	クリープ、腐蝕
8	四次再熱器四次再熱器管	優	優	17年後	バルブ取り替え	クリープ、腐蝕
9	AAポルトバルブ AAポルトバルブ	優	優	1年後	溶射	摩耗腐蝕
10	三次再熱器三次再熱器管	優	優	1年後	溶射	摩耗腐蝕

図3 本システムの最適化計算結果表示例 各部位の効果額ランキング。

最適保守戦略、プラント全体での保守戦略、さらに複数プラントでの保守戦略などが策定される。

具体的な効果としては、

各部位が持つ定量的なリスクの大小が明確になる。

対策の要否及び対策が必要な場合にはその最適な実施時期と方法が明確になる (ユニットの運用計画や重要度、予算などを考慮した上で、経済的に最適な保守戦略の策定が可能)。

過剰なメンテナンスを防止し、保守費が低減される。

があげられ、既に国内既設火力発電用ボイラ7機・タービン1機に適用されている。

4. ま と め

火力プラント保守計画最適化支援システム“FREEDOM”は火力プラント所有者の保守計画をサポートするツールとして開発・実用化し既に8機のプラントに適用しており、お客様の高い評価をいただいている。本システム適用により従来熟練者が行っていた保守の意思決定を割引キャッシュフロー法などの金融工学的手法に基づき明確に行うことができる。

今後は本システムをプラント全体や重要部位の保守戦略の最適化、保守コスト削減のツールとして提供し、規制緩和のなか保守費低減に取り組んでいる火力プラント所有者へのサービス事業として展開していく。

