

RBM 評価を用いた原子力空調設備の保全計画方法の確立

Development of Planning Maintenance Method of Static Equipments Using Risk Based Maintenance

(株) 日立プラントテクノロジー 森 優介 Yusuke MORI
(株) 日立プラントテクノロジー 池原 徳彦 Norihiko IKEHARA
(株) 日立プラントテクノロジー 国安 英一 Hidekazu KUNIYASU
(株) 日立プラントテクノロジー 足立 真也 Shinya ADACHI

This study was aimed at sophisticating maintenance of static machineries in nuclear power plant HVAC by using RBM (Risk Based Maintenance). In the present report the author intends to validate the quantitative processing discussed earlier and to apply it to long-term maintenance plan. As a result of verifying RBM, 80% of apparatus was in agreement with judgment of expert engineers, and the prospect of RBM utilization was acquired. The long-term maintenance plan procedure using the result of RBM was established.

Keywords: Risk Management, Preventive Maintenance, Nuclear Power Plant

1. 緒言

現在、国内の原子力発電所は、55基が稼働しており、総発電電力量の約3分の1を占める基幹電源として重要な役割を果たしている。2030年以後も総発電電力量の30~40%程度以上を原子力発電が担うことを求められており、現在稼働中の原子力発電所を安定的に運転するための適切な検査や保守が不可欠である[1]。

そこで、2008年度から経済産業省管轄にて新検査制度が施行されることとなり、事業者は、プラント毎の特性を踏まえて保全計画を策定し、検査も一律の検査からプラント毎の特性に応じたきめ細かい検査等によって保全活動の充実を図ることが必要となった [2]。

本研究では、原子力発電所空調設備の機器点検・保守計画・施工・履歴管理の一連の保守点検業務を行う包括維持管理業務の高度化を目的に、静的機器保守工事計画の優先順位を決定する方法として、機器が故障した際のリスクの大きさを指標とした RBM(Risk Based Maintenance)を利用した保全計画方法を確立した。

連絡先：森優介、〒271-0064 千葉県松戸市上本郷537番地、(株)日立プラントテクノロジー 研究開発本部 松戸研究所 電力システム部、
電話：047-361-6122、
e-mail：yusuke.mori.ep@hitachi-pt.com

2. 本研究の課題

2.1 原子力発電所空調設備と維持管理業務

原子力発電所空調設備は建屋別、主機の構成別等により多数の系統が存在する。原子炉建屋およびタービン建屋の換気空調系からなる原子力発電所空調設備の構成例を図1に示す。空調設備は、外気を取り入れ、給気処理装置で除塵・冷却加熱し、建屋内各エリアへ送風し、排気処理装置でエリアを通過した際の塵埃等の除去処理を行った後、大気に戻す。空調設備の機器は、主に送風機・ポンプなどの回転機器とダクト・ダンパー等の静的機器に分けられる。

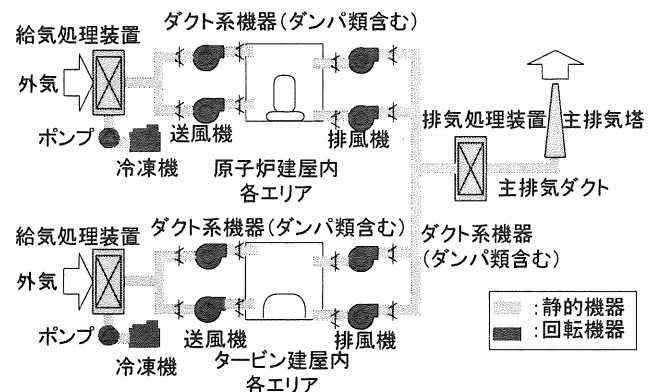


図1 原子力発電所空調設備の構成例

保全方式の分類を図2に示す[4]。保全方式は機器が故障する前に行う予防保全と、機器が故障してから行う事後保全に大別される。さらに、予防保全は予定した時期に行う時間計画保全と、監視機器の状態を基に行う状態監視保全に分かれる。また、事後保全は優先順

位の低い機器に対する計画事後保全と優先順位の高い機器に対する緊急保全とに分類される。

緊急保全が起きると原子力発電所の信頼性・安全性に大きな影響を与えるため、緊急保全が起きないように、適切な保全計画を立案することが重要である。

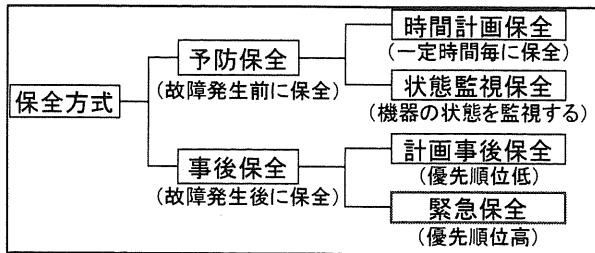


図2 保全方式の分類

空調設備機器毎の現状の保全方法と新検査制度への対応を Table1 に示す。回転機器は重要機器であるため、保守点検基準に基づき、一定期間ごとに状態監視データを取得し、部品交換等を行う。一方、静的機器は、現状チェックシートに基づき、目視点検を実施している。しかし、回転機器のように定量的な状態監視データはなく、工事の優先順位を現場技術者の判断に頼って決定していた。

Table1 Reduction of inspection system

機器分類	従来方法		新検査制度への対応
	保全業務	保全方式	
回転機器 (ファン・ポンプ)	定期点検	時間計画保全	状態監視保全への対応
静的機器 (ダクト・コイル)	保守工事	状態監視保全 事後保全	定量的な評価に基づく 保守工事計画

2.2 RBM 概要と適用課題

工事の優先順位を明確にするために、静的機器を対象に機器が故障した際のリスクを定量的に評価し、故障リスクの高い機器から保守工事を立案する RBM を適用した。RBM の概念を図3 に示す[5]。RBM は、評価対象機器が故障した場合の被害の大きさと対象機器の劣化度の2軸からなるリスクマトリックスで機器のリスクレベルを分別する(例ではI~IV)手法である。リスクマトリックスの右上に行くほどリスクが高く、保守工事を優先して行う必要がある。機器毎の被害の大きさと劣化度からリスクレベルが判定され、優先順位を客観的に示せるようになる。

ここで、RBM を適用する際は、被害の大きさと劣化度の数値化が必要である。

これまでに、RBM の基礎検討として、熟練技術者の

判断を基に、官能検査、新製品開発、デザイン評価などで用いられる階層化意思決定手法(AHP: Analytic Hierarchy Process) [6]によって、「被害の大きさ」を定量化する手法を構築した[7]。

本研究では、以下の2つの検討対象に取り組み、RBM を用いた保守工事計画方法を確立することとした。

(1)RBM の実機適用と実用化検証

(2)RBM を用いた長期保守工事計画作成方法の確立

(1)に関しては、実機適用にあたり、耐用年数の変動要素を整理して、劣化度の評価精度を向上した。

(2)に関しては、RBM のリスク経時変化の推測方法と、RBM を反映した保守工事計画方法を構築した。

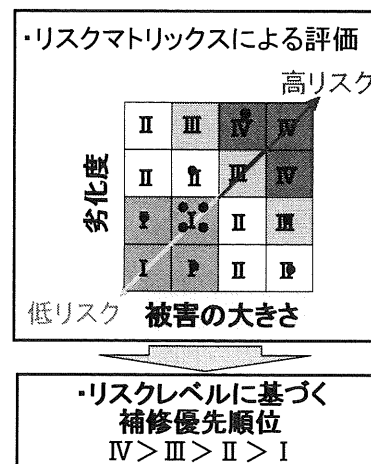


図3 RBM の概念

3. RBM を用いた保全計画立案手法の確立

3.1 RBM の実用化検証

耐用年数の変動要因を Table2 に示す。基礎検討では、劣化度を設計時の耐用年数から経過年数を差し引いて算出した。今回、実機適用に当たり、機器の故障事象、使用条件、設計条件を耐用年数に反映して評価した。

Table2 Change factor of expected lifetime

耐用年数の変動要因	細目
故障事象	主たる故障事象(腐食・疲労など)
	故障事象に対する使用実績(年数)
設計条件	製品材質(SUS,鋼板など)
	機器型式(新型・旧型など)
使用条件	設置位置(外気にさらされるか)
	風速(高低)
	内圧(高低)
	定期作動(有無)

RBM 評価と熟練者の計画・実績を図 4 に示す。リスクマトリックスの中にプロットした機器を、熟練技術者の判断によって保修計画・実績がある機器と計画・実績のない機器に分類した。一部、RBM 評価では保修工事計画対象ではなく熟練技術者の判断では保修工事計画・実績の有る機器や、RBM 評価では保修工事計画対象であり熟練技術者の判断では保修工事計画・実績が無い機器もあるが、RBM による保修工事計画対象と熟練技術者判断とが概ね一致している。

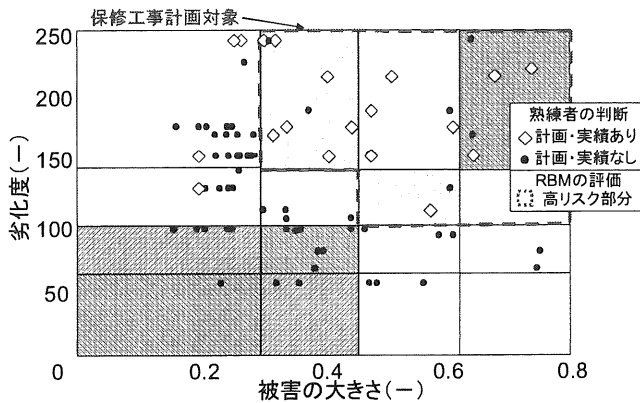


図 4 RBM 評価と熟練者の計画・実績

各プラントの熟練技術者の判断と RBM 評価との比較を Table 3 に示す。各プラントで熟練技術者の判断と RBM 評価とが一致する点と不一致の点のプロット数を集計した。いずれのプラントにおいても RBM による評価は、熟練技術者判断と 80% 程度の一致を確認できた。

Table 3 RBM for each plant

プラント	熟練技術者の判断と RBM 評価の比較 (プロットの数)		一致割合 (%)
A	一致	65	86.4
	不一致	10	
B	一致	74	83.0
	不一致	15	
C	一致	63	78.5
	不一致	20	

不一致部分に関して、RBM 評価では保修工事計画対象だが熟練技術者の判断では、保修工事計画・実績がない機器は、機器の稼働割合が低い、または予測ほど実際の劣化が進行していないという理由であった。これらについては、RBM は傾向管理であることから、RBM 評価実施後、機器の実態を把握することで、運用上問題は無いと考える。

また、RBM 評価では保修工事計画対象外である

が機器は、劣化の進行が激しく、故障状態にあったという理由であった。これについては、RBM 評価ではリスクレベル II の状態監視しながら利用することになっているため、日常点検によって対応可能と考える。従って、不一致項目についても、運用上対応は可能であり、RBM の妥当性は充分と考える。

3.2 RBM を用いた保全計画立案手順の構築

RBM が妥当であることを確認できたため、これを用いて工事計画作成フローを検討した。

RBM を用いた保修工事計画作成フローを図 5 に示す。まず、機器のリスクの経時変化を予測し、保修計画対象となる機器を RBM から求めた保修期間内に収まる様、工事計画を立てる。次に、同時期に保修すると効率の良い機器の保修工事計画をまとめる。同じ系統に属する機器は、同時に保修すると効率の良い機器が多いため、ここでは機器の系統に関する情報を参照し、同じ系統の機器は同時期に保修する様、計画する。さらに、定期点検の工程内に保修すべき機器を、定期点検計画を参照し、定期点検の工程内に納まる様、調整する。最後に、作成した保修工事計画による保修工事コストを年度毎に算出し、予算の平準化等を考慮して、適正な保修工事計画を立案する。

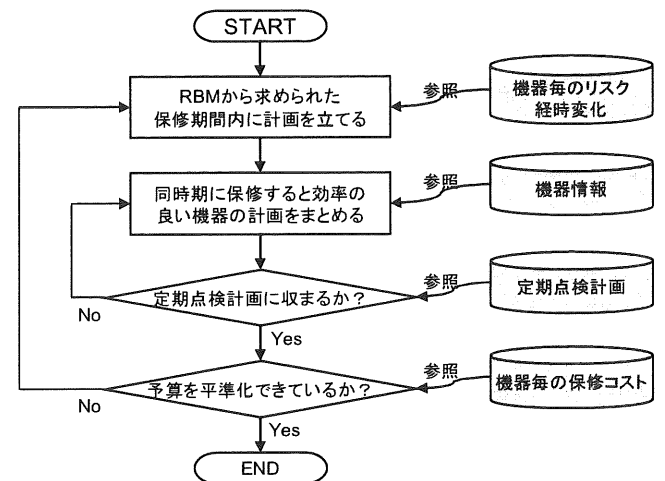


図 5 RBM を用いた保修工事計画作成フロー

リスクの経時変化の概念を図 6 に示す。RBM において、縦軸の劣化度は、耐用年数に対する経過年数の割合で算出することから、時間の経過に従って上昇する。リスクの経時変化を予測し、保修工事計画の対象となる機器を把握することで、工事計画対象の年度別の工事量などが把握できるようになる。例えば、機器 E に関して、2008 年の段階では、保修工事計画対象ではな

かったが、2010年には劣化度の上昇によって、保守工事計画の対象となる。同様に2012年までリスクの経時変化を予測すると、2008年では機器Aと機器Cのみであった保守工事計画対象が、2012年には機器A、B、C、Dの4機器となる。

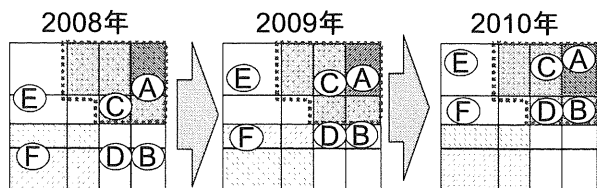


図6 リスク経時変化の概念

保守工事計画作成例を図7に示す。工事件名の一覧には、図6のリスク経時変化に示した2012年度までの保守工事計画対象機器を抽出している。これらの機器に対して、まず、①RBM評価に基づいた保守計画を実施するために、RBMの保守推奨期間（リスクレベルⅣ：2年以内、リスクレベルⅢ：5年以内）を表示し、推奨期間内に保守工事計画を立案すべきことを分かるようにする。

次に、②同時期に保守すると効率の良い機器の計画をまとめる。さらに、③定期点検の計画に収まるかの判断のために、最上部の定期点検工程を参照しながら、保守工事を計画する。

最後に、④保守工事計画に基づいて、保守工事費用を年度毎に集計する。年度ごとの予算の平準化が達成できている場合は、計画作成を終了し、達成できない場合は、再度、保守工事計画を立てる。

このように、RBMによる長期保守工事計画作成方法では、リスク経時変化段階で抽出した保守計画機器に対して、精度が高く、かつ保守期間・効率化・定期点検の工程を考慮した保守スケジュールの作成によって、予算を平準化した効率的な保守工事計画が可能となる。

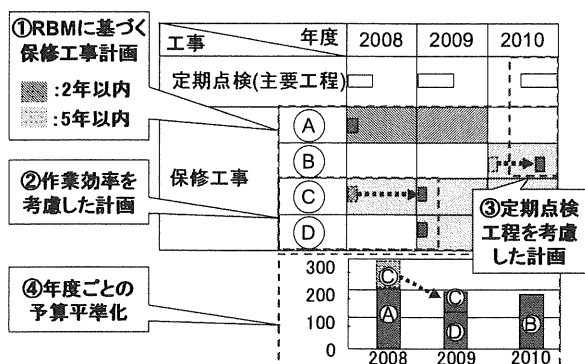


図7 保守工事計画作成例

以上の検討により構築した手法を、図8に示すリスク・コストシミュレーションシステムに実装し、実際の保守工事計画へ適用を可能とした。

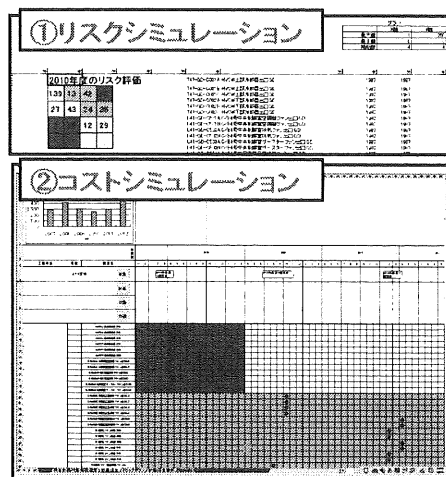


図8 リスク・コストシミュレーションシステム

4. 結言

原子力発電所空調設備の保全業務において、信頼性向上とコスト低減を目的として、RBMを用いた保全計画作成方法を検討し、以下の結論を得た。

- (1) RBMの検証を行った結果、80%程度の機器が熟練技術者の判断と一致することを確認し、RBM実用化の見通しを得た。
- (2) RBMから求めた補修工事計画期間、定期点検工程、作業効率、及び年度毎の保全費用を考慮した補修工事計画手順を確立した。

5. 参考文献

- [1] 経済産業省“原子力立国計画”、2006
- [2] 資源エネルギー庁“ポスト「原子力立国計画」の行動計画”、2007
- [3] 久保保雄“原子力施設のメンテナンスと特殊性”設備と管理、Vol. 17、(13)、pp95～98、1983
- [4] 大島榮次監修“設備管理技術事典”産業技術サービスセンター、2003
- [5] 木原重光、富士彰夫“RBI/RBM入門”JIPMソリューション、2002
- [6] 刀根薫、眞鍋龍太郎“AHP事例集”日科技連、1990
- [7] 森優介ほか3名“RBMを用いた空調設備内静的機器管理方法の基礎検討”、日本保全学会第4会学術講演会要旨集、pp185～pp187、2007

