

原子力発電所設備信頼性管理システムに関する調査

Research on Reliability Management Systems for Nuclear Power Plant

牧 信男 (Nobuo Maki) *

要約 設備信頼性管理システムの研究開発状況に関して国内外文献調査を行うとともに、米国アイダホ国立技術・環境研究所、米国 (McGuire, Seabrook) ならびに仏国 (St.Laurent-des-Eaux) の原子力発電所、日本原子力研究所、(財)電力中央研究所および国内原子力プラントメーカーの訪問調査を実施した。

調査の結果以下の点が明らかになった。(1) 設備信頼性管理システムは、保全に関するデータを包括的に管理する保安全管理システムと保安全管理システムに入力された作業結果から不具合情報・信頼性データベースを作成する不具合情報・信頼性データ管理システムに分類される。(2) 保安全管理システムは欧米の原子力発電所では広く活用されており、保全作業の信頼性向上に欠かすことのできないシステムとなっている。(3) 欧米では機器信頼性に関するデータを基に信頼性重視保全等の保安全管理手法を適用することによりコスト削減に効果を上げている。それらの手法の適用においては、保全テンプレートの活用が効果的である。

また設備信頼性管理システムの設計に関して、以下の提言を行った。(1) システムの有効活用には詳細な設備・部品仕様データベースの整備が必要である。(2) 機器の起動停止等に関するデータ蓄積が信頼性データを活用した保安全管理手法の適用に不可欠である。(3) 信頼性データの品質を維持するためにデータベース管理専任者の配置が重要である。

キーワード 信頼性, 保全, 原子力発電所, 信頼性重視保全, リスク

Abstract Investigation on a reliability management system for Nuclear Power Plants (NPPs) has been performed on national and international archived documents as well as on current status of studies at Idaho National Engineering and Environmental Laboratory (INEEL), US NPPs (McGuire, Seabrook), a French NPP (St.Laurent-des-Eaux), Japan Atomic Energy Research Institute (JAERI), Central Research Institute of Electric Power Industries (CRIEPI), and power plant manufacturers in Japan. As a result of the investigation, the following points were identified: (i) A reliability management system is composed of a maintenance management system to inclusively manage maintenance data, and an anomalies information and reliability data management system to extract data from maintenance results stored in the maintenance management system and construct a reliability database. (ii) The maintenance management system, which is widely-used among NPPs in the US and Europe, is an indispensable system for the increase of maintenance reliability. (iii) Maintenance management methods utilizing reliability data like Reliability Centered Maintenance are applied for NPP maintenance in the US and Europe, and contributing to cost saving. Maintenance templates are effective in the application process.

In addition, the following points were proposed on the design of the system: (i) A detailed database on specifications of facilities and components is necessary for the effective use of the system. (ii) A demand database is indispensable for the application of the methods. (iii) Full-time database managers are important to maintain the quality of the reliability data.

Keywords Reliability, maintenance, nuclear power plant, Reliability Centered Maintenance, risk.

* (株)原子力安全システム研究所 技術システム研究所

1. はじめに

わが国の原子力発電所は、予防保全の精神に基づいて計画的に実施された保全管理、品質管理により世界的にも大変高い設備信頼性を確保してきた。しかしながら今日、電力自由化の流れによるコスト削減の要求から、高い信頼性を確保した上での保全作業の効率化が求められている。この一見背反する要求を実現するために、国内の多くの原子力発電所で行われている標準類と手作業を主体とした保全管理を電子化システムに置き換えるとともに、蓄積された信頼性データに基づいた効率的な保全管理手法を適用することが求められている。欧米ではこのような設備信頼性管理システムに関する研究が早くから始められており、かなりの成果を上げている。本調査では平成9年から平成11年にかけて信頼性管理システムに関する国内外文献調査を実施するとともに米国アイダホ国立技術・環境研究所（INEEL）および米国2箇所の原子力発電所（McGuire, Seabrook）、仏国の原子力発電所（St.Laurent-des-Eaux）、日本原子力研究所（原研）、（財）電力中央研究所（電中研）、国内原子力プラントメーカー3社の訪問調査を実施するとともに設備信頼性管理システムの設計における留意点をまとめた。

2. 設備信頼性管理システムの必要性

米国では1990年代初めに電気事業の規制緩和とコスト競争に向けて組織体制を整備する必要性に迫られ業務プロセス・リエンジニアリングが実施された。この手法では冗長な業務や煩雑な業務、あるいは現状に合わない業務を識別するために組織の業務の進め方の再評価が行われた。この再評価を行う上で業務プロセスの変更に要するコストと投資回収率の評価、文書・図面の管理、審査・更新手続き、保全に関わる契約・発注手続きにおけるコンピュータ技術の導入と拡大がはかられ発電所業務の合理化が実現された。設備信頼性管理システムの必要性を安全性、効率・経済性、戦略性の観点から整理すると次のようになる。

安全性

- a. ヒューマンエラーの防止
- b. 厳正な作業進捗管理
- c. 関係者への情報の伝達
- d. 的確な作業計画と開始

効率・経済性

- a. 輻輳する作業に対する支援
 - b. 日常作業の効率的な実施
 - c. 検索機能によるプラント・機器データへの簡単なアクセス
 - d. 機器寿命、P S Aデータ収集と評価の自動化
 - e. ペーパーレス化
 - f. 電子メールとの連携
- 戦略性・プラント全体の作業の掌握

- a. 様々な効率性の評価
- b. 作業毎のコスト管理
- c. ルーチン業務のチェック
- d. 人事ローテーション時のノウハウの伝達

3. 設備信頼性管理システムの必要機能

上記の要求を満たすために必要な設備信頼性管理システムの機能としては、次のようなものが上げられる。

- a. 定期試験・作業計画、定検計画
定期試験や日常の作業計画の作成、定検計画の策定を行う。
- b. 隔離管理
系統隔離を行う際のタグ管理、タグ発行を行う。
- c. 機器保守履歴管理
メンテナンス履歴を機器毎に管理し定期試験、定検計画に反映する。
- d. 機器不具合報告・再発防止
機器運転中に発生した不具合やメンテナンス実施時に判明した不具合を管理し定期試験、定検計画に反映する。
- e. 資材管理
機器メンテナンスに必要な資材を適正に管理する。
- f. ドキュメント（標準類）管理、コスト管理、予

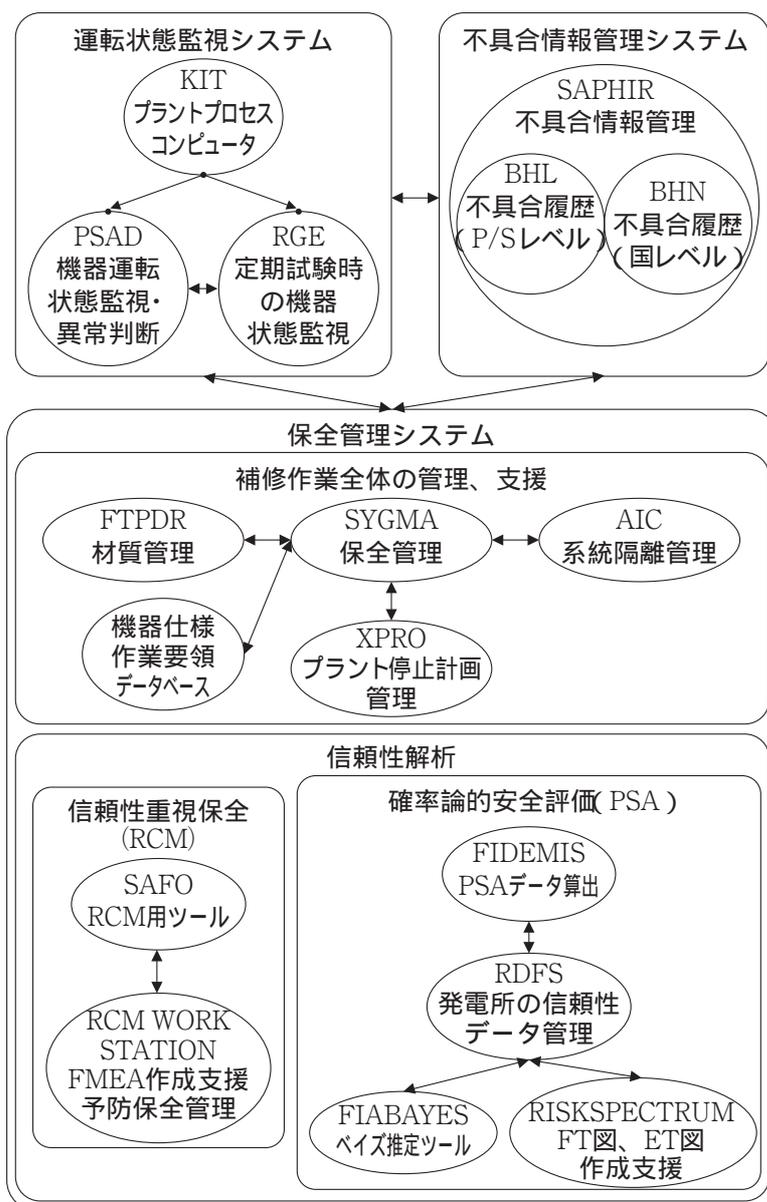


図1 EdFの設備信頼性管理システム

4. 設備信頼性管理システムの構成

設備信頼性管理システムは、保全に関するデータを包括的に管理する保全管理システムと保全管理システムに入力された作業結果から不具合情報・信頼性データベースを作成する不具合情報・信頼性データ管理システムに分類される。

(1) 保全管理システム

保全に関連するデータ全てを管理しているシステムである。作業依頼伝票，作業指示伝票，作業結果，所要工数・費用，関連規制，社内標準等保全関連データをコンピュータで一括管理している。手動弁に至るまで詳細なプラント機器仕様，設計データベースを持っている。保全管理システムは欧米の原子力発電所では既に日常の保全管理に活用されており，保全作業の信頼性向上に欠かすことのできないシステムとなっている。

仏国電力公社（EdF）の保全管理システムSYGMA（System de Gestion de la Maintenance）（図1）は経

算差し引き

メンテナンスに必要なドキュメントや作業計画に必要なコストデータ，また予算の管理を行う。

g. 不具合情報，信頼性データ管理

保全管理データから抜き出した不具合情報データベース，さらに確率論的安全評価等に有用な機器故障率に関するデータベースの管理を行う。

理システムのデータベースとリンクされており，交換部品の価格や労務費に関するデータも参照できる他，予算差し引きもできるようになっている。作業依頼から作業完了までの一連の作業はコンピュータを用いて管理されており，作業計画者は交換部品の価格や所要労務費等をデータベースを参照しながら比較検討し，最良の選択をできるようになっている。

我が国では，調査を開始した平成9年時点で電力

向け開発実績はなかったが、その後コスト削減に対する要請から各プラントメーカーにおいて研究開発が開始された。プラントメーカーA社では、高経年化対応、プロセスデータの長期間管理、業務管理・文書管理に対応すべく設備保守支援システムの設計・構築を進めている。この内、定期検査等において採取された計器の保守データの管理システムは既に電力において運用されている。またトレンド管理システム、配管経年変化管理システムも開発されている。プラントメーカーB社では、機器保守情報管理システムによりサイト点検データ収集システムのデータを基に点検計画の策定、履歴傾向の評価、設備仕様の管理を行うシステムを開発している。従来目視で行っていたような点検は画像処理により作業軽減、精度向上をはかっている。また電子化された系統図に改良点が記録されるようになっている。さらに機器カルテにより機器保守・運転情報の一元管理を行うとともにクリティカル部品の故障劣化モードの評価を行い、点検周期の延長をはかったり、新センシング技術や劣化診断・余寿命評価技術の開発により点検周期フリーの状態監視保全を実現している。

(2) 不具合情報・信頼性データ管理システム

不具合情報・信頼性データ管理システムは、機器不具合データと信頼性分析の基礎データとなる機器故障率データを管理しているシステムで、保全管理システムとは独立したシステムになっている。

米国の多くの電力会社は米国発電運転者協会（INPO）のメンバーであり、共通の不具合情報・信頼性データ管理システムNPRDS（Nuclear Plant Reliability Data System）を構築し、約17万件の不具合データを収集している。NPRDSの後継データベースであるEPIX（Equipment Performance and Information Exchange System）ではNPRDSに欠けていた機器起動停止に関するデマンドや運転時間に関するデータも入力されるようになった。

EdFでも機器起動停止に関するデマンドや運転時間に関するデータを含む不具合事象データベースSAPHIRが運用されている。従来運用されていた信頼性評価システムSRDFIは、データに不完全なものがあつた上、研究所等一部の上位機関においてしか用いられていなかったため現場の反対により1992年

に廃止されSAPHIRに置き換えられた。SAPHIRには保全管理システムSYGMAに入力された作業結果から機器不具合に関するデータが抽出されて入力される。この不具合情報の内、国への報告基準に合致するものについては国レベルのデータベースBHNに、その他のデータはEdFのローカルデータベースBHLに移される。またSYGMA、SAPHIRから信頼性重視保全（RCM：Reliability Centred Maintenance）、確率論的安全評価（PSA：Probabilistic Safety Assessment）に必要なデータが逐次抽出されるようになっている。またSt. Laurent-des-Eaux発電所ではPSAシステムFIDEMISが試験導入されている。このシステムによりプラントに与えるリスクの観点から取替機器の比較検討をできるようになっている（図1）。

信頼性データは不具合事象報告システムや保全管理システムによって収集する。データ解析対象機器数は先進国電力会社の1/3程度は全機器（35,000機器程度）としているが、通常は安全系、安全関連系に限定する場合が多い。EdFでは1,100機器、INPO EPIXでは300～800機器について解析を行っている。リレー、発信器等の電気計装機器、配管、容器、熱交換チャディスク等の一部機器についてはプラント固有のデータがとりにくいことからデータベースに入力されないことが多い（小電気機器は共通要因故障を除いてPSA結果に影響を及ぼさない）。静的機器（配管、容器）に関して、米国の電力会社（ANO他）では電力研究所（EPRI）の開発した2次系配管経年劣化検査用のプログラムCHECWORKS（Chexal Horowitz Engineering Corrosion Works）を使用して配管腐食減肉に関するデータの管理を行っている場合もある。

我が国では、電中研原子力情報センターがポンプ、弁、非常用DG等56の機器に関する故障率を計算することのできる「原子力機器信頼性データシステム」および安全系6系統、常用系10系統について機器重要度評価を行うことのできる「重要度評価システム」を構築している⁽¹⁾。さらに、原子力発電所の確率論的安全評価用に、(財)原子力安全研究協会が国内の原子力発電所34基の10年間におよぶ運転データを基に、50機種の時間故障率に関する128の故障モード、15機種のデマンド故障率に関する24の故障モー

ドを含んだデータベースを整備している⁽²⁾。

5. 信頼性データの活用

信頼性データの活用方法として、欧米で既に取り入れられ保全コスト削減に効果を上げている信頼性重視保全および米国で試運用が始まっているリスク情報に基づくパフォーマンスベースの保全手法について述べる。

(1) 信頼性重視保全 (RCM)

背景

信頼性重視保全 (RCM) は1960年代に米国の航空機産業で航空機の大型化に伴い保全方法の変更が求められたことから発達した。その後保安全管理の合理化が求められていた原子力産業界への適用が開始された。

- a. 1984年にEPRIが原子力産業に導入
- b. Turkey Point発電所：原子炉補機冷却水 (CCW) 系統で24の追加作業を推奨
- c. McGuire発電所：主給水系統における作業の有効性を確認
- d. San Onofre発電所：補助給水系統の多くの定期保全 (TBM: Time Based Maintenance) を状態監視保全 (CBM: Condition Based Maintenance) に変更, または削減
- e. Ginna, San Onofre発電所：包括的なRCMの適用 (1988)。2年間で12~20系統を分析。

特徴

RCMは、重大な故障を引き起こす機器を重点的に保全し、費用を抑えかつ信頼性を向上する手法である。FMECA (Failure Mode Effects and Criticality Analysis) により機器故障の影響に基づいた評価により保全方法・周期を決定する。またLTA (Logic Tree Analysis) により故障が安全性や運転性に及ぼす結果や劣化メカニズムに応じて機器の保全項目を明らかにする。

適用の手順

RCMの適用に当たってはバウンダリ、系統に関する調査を行う。さらにプラント固有の機器運転・故障履歴を調査した上で潜在的な故障モードを明らか

かにする。当該プラントでは故障履歴がないような機器に関しては関連他産業の故障履歴の活用を行う。収集したデータを基にFME(C)A, LTAによる分析を行う。調査項目としては次のようなものがある。

- a. 系統のバウンダリ
 - b. 系統の機能の定義
 - c. 支配的な故障モードと故障の影響
 - d. 故障モードのクリティカリティとクリティカルな部品
 - e. 機器損傷メカニズムに基づいた故障を予防または減少させる効果的な作業
- 適用事例：EdFのケース

仏国EdFでは全発電所 (58ユニット) でそれぞれ50系統 (内 安全系20) にRCMを適用している。RCMでは過去の同種機器の故障発生率に関するデータが不可欠であり故障データが多いほど統計的に信頼性が高い結果が得られるが、EdFでは社内に同種プラント同種機器の不具合情報の蓄積があり、適用に際しての問題は少ないとの事である。

EdFではRCMの適用により保全コストが約15~20%削減された。保全費用全体からみると3~5%の削減である。削減額は、1997年はプラント当たり年間約8千5百万円、EdF全体で年間約46億円の修繕費 (フラマトム社への外注費) であった。2000年におけるコスト削減は約70億円 (350MFF) になる予定である。1997年よりリビングRCMを実施し運転履歴と信頼性データのフィードバックを行っている。

(2) 簡略化RCM

背景と特徴

従来型RCMでは標準RCM工程の約60%の時間がFMEAによる各系統機能にクリティカルな機器の抽出とLTAによるクリティカルな機器の故障モードに最も有効な予防保全策の抽出の2作業に費やされることから、この工程を簡略化した簡略化RCMが提唱された。簡略化RCMにおける改良点は次の通りである。

- a. 系統機能の事前評価を行い重要な機能についてのみFMEAを実施
 - b. 計装制御系については系統毎にマトリクスを用いたFMEAを実施
- a., b.により標準RCMに比べFMEA分析の時間が

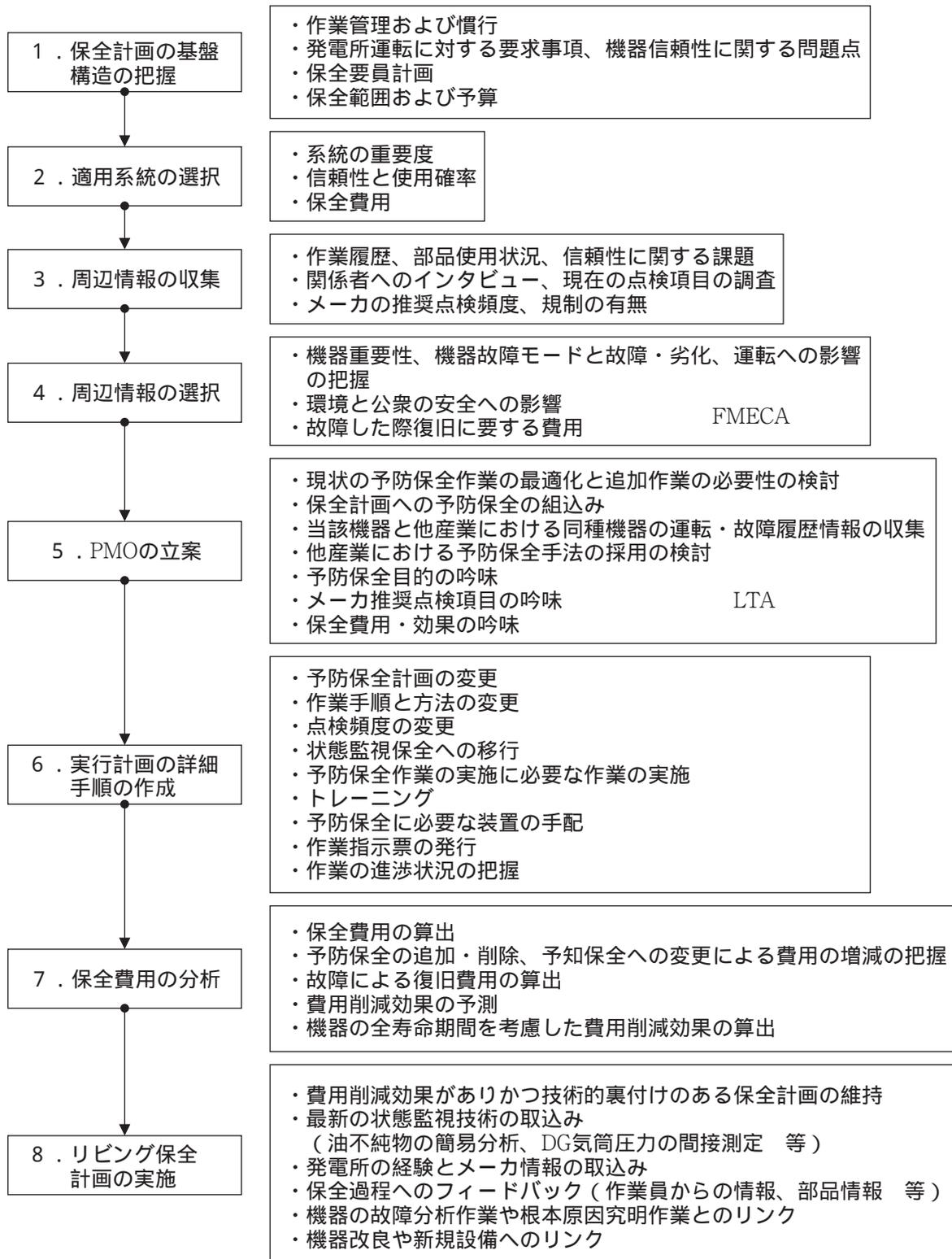


図2 PMOの適用手順

60%減少した。

- c. LTAについては保全テンプレートを活用： 顕著に時間短縮が可能
- d. 機器毎に最も有効な予防保全方法・頻度，状態監視方法を整理
- e. プラント固有情報を盛り込めば作業をほぼ自動的に選択可能

簡略化によるコスト削減効果

米国におけるRCM適用に関するコストは1987年時点で約1千万円（\$100,000）/系統であったが，簡略化RCMの適用により1992年では約4百万円（\$40,000）/系統まで低減した。EPRIと旧PECO電力（Limerick，Peach Bottom）は1994/1995年に60系統にRCMを適用し，原子力産業の経験を集約・活用した結果約150万円（\$15,000）/系統までコストを低減させることに成功した。

適用事例：Duke Energyのケース

Duke Energy社では従来のRCMに基づく保全をやめ，簡略化RCMの一種である最適化予防保全（PMO: Preventive Maintenance Optimization）を取り入れている。これは，RCMは航空機産業から導入されたが，多くの運転データを有する航空機産業と比べて原子力産業には有効なデータが少ない，技術者・研究者による予防保全タスクの分析に重きを置きすぎ現場の意見，点検結果のフィードバックがかりにくいといった欠点があったためである。

PMO手法では図2に示すような手順でLTA，FMECAによりPMOの対象とすべき予防保全タスクを選択し，最適と考えられる点検周期を現場担当者の意見，関連法令・規制，T-Spec，過去の保全データを参考に設定する。メーカーの推奨値は根拠がはっきりしているものしか参考としない。予防保全タスクの選択においては，機器別の予防保全方法・頻度，状態監視方法を標準化した保全テンプレートを活用する。この保全テンプレートの活用により効率的な予防保全タスクの選択が可能である。プラント運転中は携帯端末によりモータの電流・抵抗，ポンプ軸受けの振動・温度等のデータを採取したり，赤外線サーモグラフィやアコースティックエミッションのデータ，回転機器の潤滑油分析データ等を用いて異常診断解析を行なう。ポンプの潤滑油は機器の運転中でもサンプルを採取できるように潤滑油ライ

ンにサンプル採取口が設けられている。また成分分析をしなくても簡易に油の劣化を検知できる装置も導入されている。診断結果は直ちにデータベースに入力され，機器点検周期の見直し要否が専任の信頼性データ管理者により判断され，必要であれば点検周期が修正される。

PMOとRCMの最大の違いは，現場経験者の意見，現場機器のIn-situの点検データがどの程度，またどの位迅速に機器点検周期にフィードバックされるかという点にある。PMOではこれらを点検周期決定の最大のよりどころとしているのに対し，RCMは現場の意見は参考とするもののあくまでも機器故障率を基とした信頼性解析を主体とする。

Duke Energy社はこのPMOをMcGuire発電所に適用することにより1996年に約4千7百万円の修繕費（社内作業費）を節減した。全社でプラント寿命期間中の節減効果は約36億円と見込まれている。

(3) リスク情報に基づくパフォーマンスベースの保全手法

リスク情報に基づくパフォーマンスベースの保全手法は，リスク情報を保全計画へ活用する手法としてリスク上重要な設備を分類してその機能に適合した性能基準を設定し，性能基準を満足するように機器の信頼性を確保し保守の有効性を確認する手法である。

背景

米国原子力規制委員会（USNRC）は，米国での保守実態の調査結果から保守実態の改善のために1988年3月，「原子力発電所の保守に関する政策声明書」を公表し，保守プログラム（稼働率確保のため，機器・系統・構造物の定期的評価および迅速な補修を提供）の開発・実施を求め，1991年7月最終規則を公表した。この規則は「10 CFR50.65：原子力発電所の保守の有効性を監視するための要件」であり，パフォーマンス（保全の実施結果，設備の性能）・ベースの規則となっており，電力会社に対し，原子力発電所の所定の安全機能を保持するために自らが設定した目標に対して，対象とされる系統，構造物，機器の性能あるいは状態を監視することを要求するものである。この規則では次のような事項が事業者者に要求されている。

- a. 有効な保守の欠如により生ずる故障等を最小限

に抑えるための安全上重要な機器等に係わる保守作業の有効性の監視

- b.設置者が設定した目標に対する対象とされる構造物，系統，機器の性能あるいは状態の監視
- c.運転経験を考慮した保守プログラムの総合的な有効性の評価，対象とされる機器等の故障の防止，保守による非信頼度を最小に抑え必要に応じて保守プログラムを調整すること
- d.監視および保守活動を実施する上で機器を供用外にする場合の安全機能への影響の考慮（監視の範囲は安全関連および非安全関連の構造物，系統および機器）

原子力管理人材協議会（NUMARC）（現行原子力エネルギー協議会：NEI）は，NRC保守規則実施のためのガイドライン「原子力発電所保守の有効性の監視に係わる産業界のガイドライン」（NUMARC93-1，1993年5月付）を公表した．このガイドラインでは重要なプラント構造物，系統および機器（SSC）の抽出，リスク重要度基準の設定，プラント性能基準の設定にPSA手法の適用を考慮している．ガイドラインの主な内容は次の通りである．

- a.電力会社は安全関連および非安全関連のSSCを抽出する．保守規則の範囲外のSSCについては，既存の保守プログラムを継続する．
- b.保守規則の範囲内のSSCは予防保全プログラムの一部となる．リスク重要度基準とプラント個別の性能基準を設定する．プラント個別の性能基準は，リスク上重要なSSCに対してなされる．残りのSSCは，プラント全体レベルの性能基準に従って監視される．
- c.リスク上重要なSSCは，体系的に文書化された個別プラントの解析（IPE），確率論的安全評価（PSA），クリティカル安全機能（例えば原子炉水位コントロール）およびシステム性能の審査を用いて抽出しなければならない．またリスク上の重要性は，リスク低減値，炉心損傷への影響等を考慮して議論される．
- d.リスク上重要でないSSCに対しては，プラントレベル性能基準を設定する．例えば7000時間当たりの計画外自動スクラム，計画外安全系の作動等がある．
- e.電力会社によって設定された性能基準を満足し

ていないと判断されたSSCの性能は，容認し得る性能をもたらす目標の設定と監視を受ける必要がある．この判断は，リスク上の重要度とプラント個別の性能基準に対するSSCの性能を考慮してなされる．目標設定は一般には系統レベルであるが，電力会社が適切と判断したときは機器レベルの目標が設定され，目標が達成されるまで監視される．

- f.プラント安全機能をサポートするSSCが，監視あるいは予防保全活動のために供用外になった時は，安全に対する総合的影響評価が実施される．
- g.定期的な性能評価および監視は，事象の根本原因究明，事後措置，運転経験等を考慮し，電力会社個別のプログラムを通じて実施される．また十分なデータおよび情報を収集し，保守および監視活動の有効性が判断できるようにする．

NRCは，Reg. Guide 1.6「原子力発電所の保守の有効性の監視」を1993年6月付けで公表し，このガイドラインはNRCの保守規則に合致し，容認し得る方法を提供するものであるとしてその使用を推奨している．

特徴

リスク情報に基づくパフォーマンススペースの手法は，リスクの観点からより重要な作業に焦点を当て規制上の意志決定の主要な根拠としてパフォーマンスを用いる手法で以下の特徴がある．

- a.最も重要な作業に焦点を当てる．
- b.パフォーマンスを評価するための目標を設定する．
- c.系統状態を監視し，また事業者のパフォーマンスを監視するために，測定可能または計算可能なパラメータを開発する．
- d.パフォーマンスを満足するために採用する方法には柔軟性を持たせ，事業者からより優れた結果が生み出されるようにする．
- e.規制の観点からはパフォーマンス第一とする．

このリスク情報に基づくパフォーマンススペースの手法は，NRCのSALP（Systematic Assessment of

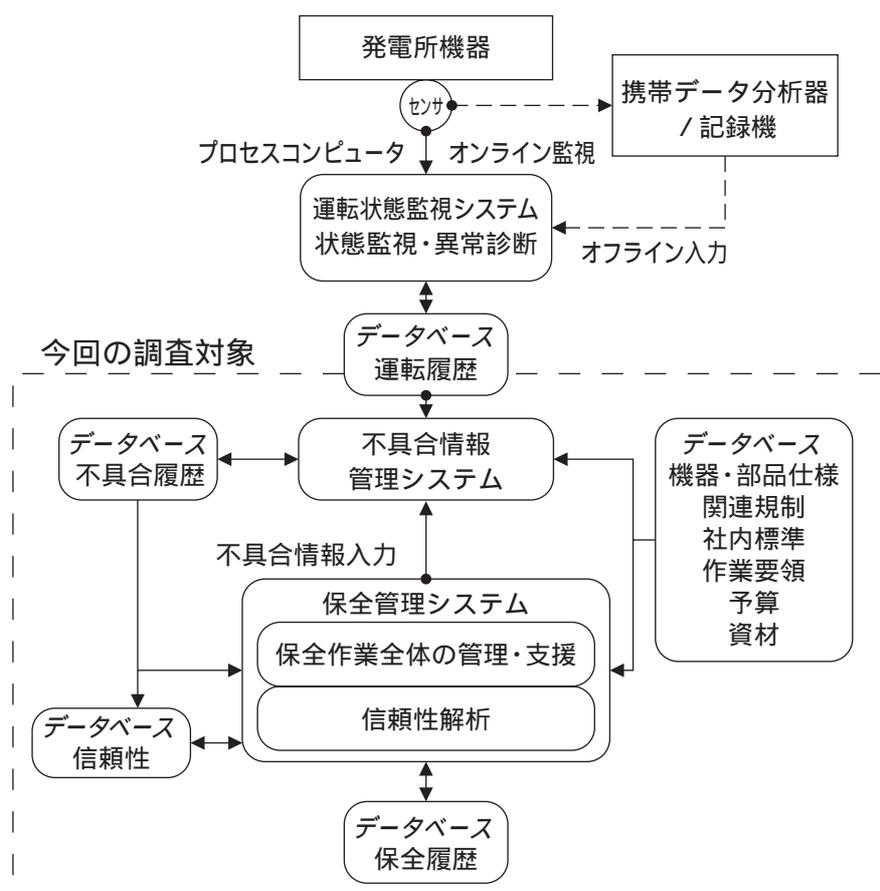


図3 理想的な設備信頼性管理システム

Licensee Performance) の後継プログラムである発電所設置者のパフォーマンス評価プログラムに取り入れられている。このプログラムでは安全に大きな潜在的影響のある保全作業や系統に重点を置いて監視を行い発電所のパフォーマンスの指標とする。1999年6月から米国の9発電所で試行され、2000年4月から全発電所に対して適用開始された。2001年6月に新プロセスの評価が行われる予定である。

6. 我が国の原子力発電所で必要とされるシステム

今後、我が国の原子力発電所でも機器の状態に応じた点検周期の変更に対して迅速かつフレキシブルに対応し、点検計画を策定できる設備信頼性管理システムの導入が必要である。紙の帳票は廃止し、保

全関連データは全てこのシステムで管理を行うことができる構成とすることが望ましい。また保全に関連する各種データベース（例えば機器・部品の仕様、資材の在庫、予算、関連規制、作業要領等のデータベースも各システム共通のデータベースとして整備する必要がある。さらにシステムの構築にあたっては、プラント側の手順を再評価しシステムへの投資が最大限に発揮できるようエンジニアリングすることも必要である。日本的な発想では現状の組織に合わせてシステムを構築してしまうために、システムができあがっても手作業が機械に置き換わっただけで合理化が実現されないといった事が起こりがちである。発想を逆転して米国的に、まずデータの活用という点から合理的なシステムを設計した上で組織(人)を張り付けるといった考え方も必要である。以下にシステム設計上の留意点をまとめた。また図

3に理想的な設備信頼性管理システムの構成を示した。

a. 設備・部品仕様データベースの整備

部品レベルの故障不具合・保守点検経歴の把握、経年劣化解析を行うための基本データベースとして重要である。

b. 機器の起動停止（デマンド）、起動成功・失敗、待機状態にならなかったケース（補修後の復旧、不適切なラインアップ）のデータ入力

将来的な機器信頼性解析に必要となる。

c. データベース管理専任者の配置

保全上重要な機器に関する不具合情報・信頼性データについては、データベース管理専任者が不足する情報を補完し、信頼性解析のための基礎データとして利用できるようにデータベースの品質を保持しておく必要がある。データベース管理専任者は、不具合情報データベースから必要な機器の不具合データを抽出し2次データベースを構築する。データ管理に要するマンパワーは平均0.5～3人/炉（プラントデータの収集は別途必要）である。

d. データ取得（ダウンロード）機能の設置

データの有効活用（パソコンでの各種解析）のために必要である。

e. 他のシステムとの連携

以下のようなシステムとの有効な連携が求められる。

- ・原子力定検工程管理システム
- ・系統隔離支援システム
- ・原子力ドキュメント管理システム
- ・予算執行管理システム
- ・資材管理システム他基幹重点システム 等

f. 同種機器の分類

機器の分類においては、設計、使用環境、運転条件が類似しているものをまとめ統計処理時のサンプルサイズと運転時間データを多くとれるようにする必要がある。カナダOntario Hydroの例では、設備信頼性データシステム上でニーズに応じた機器の分類ができるが、故障率、補修時間等の信頼性推定を行う際は同一の工学的条件を持つものを類別するようになっている。また独GRSでは、機器の分類の際には最低限型式、運転形態、系統の

条件により分類するようにしている。

g. その他

データベースの重複を避ける、ユーザ本位の共通の操作性を持たせる、データ入力必要箇所を最小限にする、用語とフォーマットを統一するといったことも重要である。

7. まとめ

原子力発電所の設備信頼性管理システムに関して国内外文献調査、国内および欧米の研究所および発電所等の訪問調査を実施した。その結果、保全管理システムは欧米の原子力発電所では既に日常の保全管理に活用されており保全作業の信頼性向上に欠かすことのできないシステムとなっていること、蓄積された保全データから不具合データ管理システムを用いて機器信頼性に関するデータベースを構築し、そのデータを基に信頼性重視保全等の保全管理手法を適用することによりコスト削減に効果を上げていること、保全の合理化における信頼性手法の活用においては、保全テンプレート（機器別の予防保全方法・頻度、状態監視方法を標準化したもの）の適用が効果的であることが判明した。また設備信頼性管理システムが備えるべき機能を示した上で、これらのシステムの設計においては、システムの有効活用をはかるため設備・部品仕様データベースの整備、データ管理専任者の配置が必要であること、さらに機器の起動停止等に関するデータ蓄積が今後の信頼性手法の精度向上に不可欠であることを指摘した。

文献

- (1) 高津正志, 金沢治仁, 尾山泰史, 桐本順広, 原子力発電所に関する確率論的安全評価用の機器故障率の算出, 電力中央研究所報告P95001, (財)電力中央研究所(1996).
- (2) 原子力発電所信頼性データ調査専門委員会, PSA用故障率データに関する調査, (財)原子力安全研究協会(1997).
- (3) OECD/NEA CSNI, Data Collection and Analysis to Support Probabilistic Safety Analysis, Questionnaire Results, OECD(1992).

- (4) OECD/NEA CSNI, Proceeding of the International WS on Reliability Data Collection in Support of PSA, Maintenance and Life-Assurance Programmes, NEA/CSNI/R(95)13, pp.166-171, OECD (1995).
- (5) IAEA, Good Practices for Cost Effective Maintenance of Nuclear Power Plants, TECDOC-928, IAEA (1997).