

## 原子力発電における保全業務革新—新検査制度の実施で新たなフェーズに

原子力発電における保全業務革新の概要を、整備 (Maintenance) と補給 (Distribution) の二つの観点から、その概要を報告する。「整備」の目的は、運転時の施設の即応性を向上させることにある。一方、「補給」の目的は「整備」に必要となる交換部品、試験機材、要員、技術情報等の即応性を向上させることにある。これらの「整備」と「補給」の保全業務革新の共通の業務基盤となるものが作業指示書 (ワークオーダー) であり、ワークオーダーに基づく作業管理方式の導入が保全革新の本丸になる。

SOLE 日本支部 菊地徹、山田憲吉

### 設備利用率向上で CO<sub>2</sub> 削減

現在、政府は温暖化ガス削減の中期目標を制定しようとしており、その中で期待されているのが既設の原子力発電所の設備利用率の向上だ。注目された 2008 年度の設備利用率は 60% と低調な結果に終わったが、2020 年の中期目標の時期までには 80% 以上に向上させることが強く求められている。

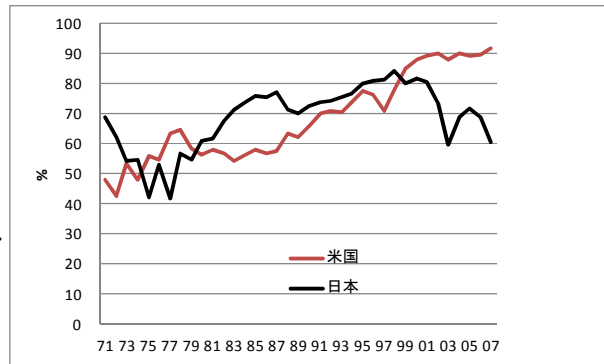


図 1 日米の原子力発電所の設備利用率の推移。米国は既に 90% 以上を達成している

これは今後 10 年以内に新設予定のプラント 9 基が計画通りに運転を開始した場合の目標であり、仮に 70% の場合、18 基の新設が必要とされている。このほかタービン改造による既設プラントの出力向上も検討されているが、中期目標の期間では多くを期待できないのが実情である。

従って、1% の向上が CO<sub>2</sub> 排出量換算で約 300 万トンの削減に結びつく既設プラントの設備利用率を少しでも向上させる必要があり、このための施策が強力に推進されつつある。

その一つが、今年四月に本格実施となった新検査制度である。新検査制度では、これまで一律 13 カ月ごとに運転を止めて実施してきた定期検査を 18 カ月にまで延長できる。さらに、定期検査中に実施してきた検査の一部を運転中に実施可能として定期検査期間を短縮するための検討も始められている。これらの施策を本格的に実施できれば理論上は 90% 以上の設備利用率を達成することが可能であり、米国では図 1 のとおり既に実現されている。

米国はスリーマイル島原子力発電所事故の後、1985 年頃より地道に取り組みを積み重ね、高パフォーマンスを実現した。我が国も次に示すような保全業務革新を発電所現場で推進していくことが必要である。

### 保全業務革新の四つの要素

原子力発電所において保全革新を実現するためには、次に示す四つの要素に取り組む必要がある。

- RCM (Reliability Centered Maintenance : 信頼性重視保全。有効な保全方針を決定するための手法) / CBM (Condition Based Maintenance : 状態監視保全。設備の状態監視を継続的に実施し、故障の予兆を見出した際に故障予防のための作業を行う) の導入 : 科学的かつ合理的な予防保全方式の採用
  - 新業務プロセスの導入 : SNPM (Standard Nuclear Performance Model : 標準原子力パフォーマンスモデル) などの標準的業務プロセスの採用
  - 保守システムの統合化 : EAM (Enterprise Asset Management : 設備資産管理) を中核とした保守システムの統合
  - 組織変革 : 人材の育成および組織体制の見直し
- これらの四つの要素はお互いに密接に関連しており、保全革新の実現に向けてワンセットの関係にある (図 2)。

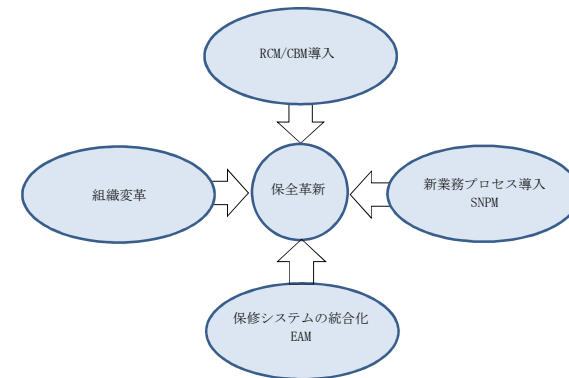


図 2 保全業務革新の 4 要素

### RCM/CBM の導入：科学的かつ合理的な予防保全方式の採用

保全革新のためには、まず予め定められた頻度で定期作業を行う時間計画保全中心の予防保全方式から、RCM を機軸として CBM を主体とした予防保全方式に移行する必要がある。

米国の原子力発電所は 85 年頃より RCM を導入し、今日では新しい予防保全方式に移行している。新たな予防保全方式では、プラントを構成する機器群を重要度の観点から Critical（その機器が故障した場合安全上影響がある）／Non-Critical（経済上の影響がある）／Run-To-Failure（安全上も経済上も影響がないため壊れたら直せばよく、予防保全を実施する必要がない）に 3 分類し、各々の故障モードに対応した予防保全方式を採用している。

米国原子力発電所におけるこれらの平均的な比率は、下記の通りである。

- Critical : 10 - 15%
- Non-Critical : 20-25%
- Run-To-Failure : 60 - 70%

この結果、米国原子力発電所では定期検査の検査対象機器数が大幅に削減された。またその半数以上を運転中に検査することにより、定期検査期間を短縮。現在、18 カ月もしくは 24 カ月の長期の運転を実施することによって、90% 以上の高い設備利用率を達成している。

### 新業務プロセスの導入：SNPM などの標準的業務プロセスの採用

予防保全方式の抜本的な見直しに続き、保安全管理の PDCA サイクルを通じて設備信頼度に対応した保全活動も実施しなければならない。具体的には、「保全活動の可視化」と「保全実績データに基づく継続的改善」を可能とする新業務プロセスを導入することが重要となる。

米国原子力発電所では、新業務プロセス導入に際して多くの原子力発電所が参加したベンチマーク評価の結果、ベストプラクティスと考えられる業務プロセスを集大成した業界標準の業務プロセスが採用された。業界標準の KPI と業務プロセスの採用により、SNPM を採用している多くの世界の他発電所とパフォーマンスの比較評価を行いながら、継続的に業務改善できる態勢を整えている。SNPM の全体モデルを図 3 に示す。

保全に関連する四つのコアプロセスは、ER（Equipment Reliability：設備信頼性管理、AP-913）を頂点に階層関係にあり、「整備」と「補給」に大別される。RCM/CBM 導入による新しい予防保全方式の採用は、直接的には WM（Work Management：作業管理、AP-928）に大きな影響を与えるが、MS（Materials & Services：資材&サービス、AP-908）や CM（Manage Configuration：構成管理、AP-929）などの補給系のコアプロセスにも、少な

からぬ影響を与えるものである。

我が国における新業務プロセス導入は、現在 AP-913 や AP-928 を中心として、電力グループなど調達側での「整備」の領域で業務改善が進みつつある。今後は AP-908 や AP-929 を中心に、電力グループ外部の供給側も巻き込んだ「補給」の領域の業務改善に波及することが期待されるが、その際「整備」の要求がワークオーダーにより可視化されることが重要である。

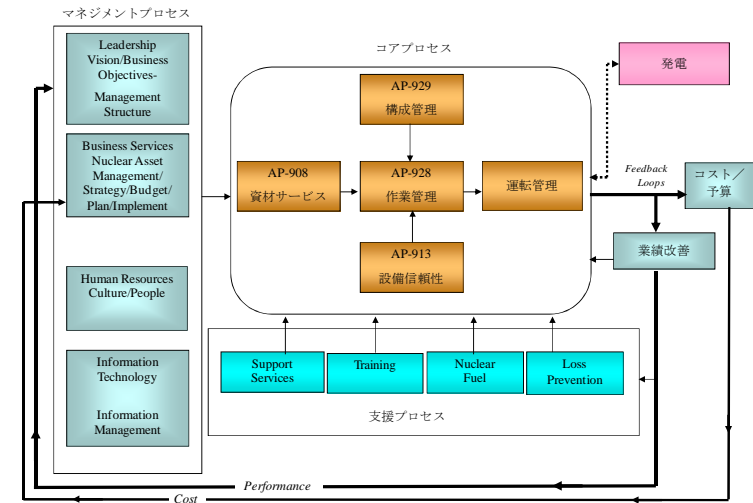


図 3 米国で採用されている標準プロセス SNPM のモデル

### 保守システム統合化：EAM を中核とした保守システムの統合

RCM/CBM 導入による予防保全方式では、機器単位で保全 PDCA サイクル管理することが要求される。米国産業界では、従前よりワークオーダーにより機器単位の保安全管理を実践している。このためのツールとして、ワークオーダーのオンラインリアルタイム処理を行うパッケージソフトウェア CMMS（Computerized Maintenance Management System）を活用してきた（図 4）。

2000 年代以降、CMMS は ERP との連携を強めて EAM として発展しつつある。現在、日本の原子力発電所では EAM 導入が本格化しつつあり、EAM を中核とした保守系システムの統合化が進んでいる。

EAM は保守業務の情報重武装化ツールであり、今後、EAM を介して作業現場でのタイムリーなデータ入出力など IT 先進技術の活用が進むことが期待

される。ただし EAM 機能の中核はワークオーダー機能であり、ワークオーダーに対応した新業務プロセスへの移行が必要不可欠なものとなる。

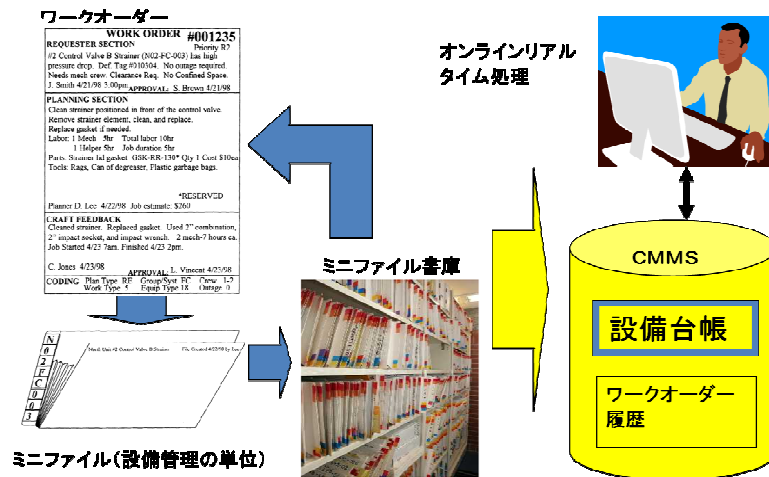


図 4 機器単位の保全管理を総合的に行う CMMS

### 組織変革：人材の育成および組織体制の見直し

これまでの原子力発電所の保修組織は機械、電気、計装など機種の違いに応じた縦割り組織となっていた。これは保全技術、保全技能に即した組織割りである。RCM/CBM 導入により、今後は設備の性能管理を行うための新たな組織が必要になる。これは設備の機能に即した組織割りであり、従来の組織とクロスした「マトリクス組織」に移行していく必要がある。

また定期検査や OLM (Online Maintenance: 運転中保全) の準備をプロジェクト体制で実施し、機器の重要度に応じたメリハリの効いた管理が求められる。米国原子力発電所では、従来の保修組織のほかにエンジニアリング組織があり、かつ、保修組織内部でもサポート組織が設置されている (図 5)。

このような組織変革は我が国の原子力発電所でも進みつつある。さらに今後、人材に関してもより専門化を進め、業務分掌の細分化と明確化を図っていかなくてはならない。

以上、保全業務革新のための四要素をみてきた。我が国の原子力発電所でも、新検査制度の本格実施によって設備信頼度管理の保全革新が急速に進みつつある。かつ、運転中保全の本格実施に向けて、作業管理の保全革新の準備も着実に進みつつある。

一方、「補給」の領域の保全革新は未だこれからの段階にある。しかしここまで説明したような「整備」の領域での調達側の業務の標準化が進展することにより、供給側の保全支援のアウトソーシングビジネスの拡大が期待される。

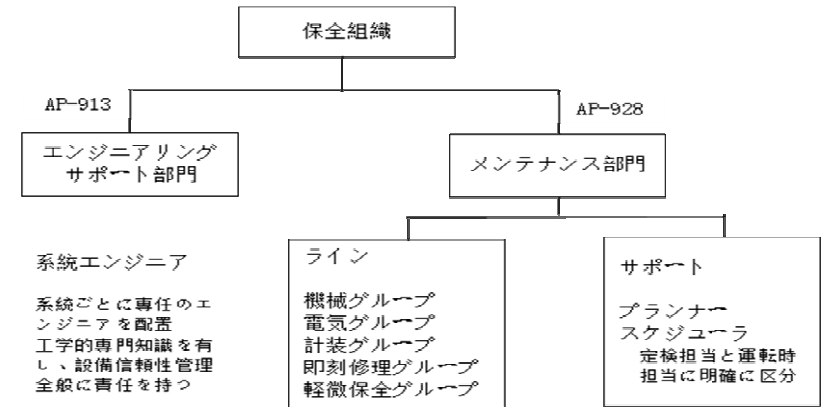


図 5 米国の原子力発電所の組織の事例

### 保全高度化で変わる在庫管理

原子力発電所の「運転」、「保全」、「補給」は、ワークオーダーを介して連携し、それぞれを支える SNPM の業務プロセスがこれらに対応する (図 6)。以下では、原子力発電所における補給について考察する。

補給に対応する SNPM コアプロセスである、AP-908 は、6 サブプロセスから構成されている。

- 在庫管理
- 資材調達
- サービス調達
- 倉庫管理
- 廃棄
- 修理・更新・返品

このうち資材調達、サービス調達については、他分野の補給と大きく変わる点はない。資材の供給者のパフォーマンス評価を例にとると、配送のパフォーマンス、過不足、損傷、購買発注の修正といった補給で通常考えられる評価項目により、供給者のパフォーマンスを評価する。

しかし在庫管理のあり方は、原子力発電所の補給で通常の物流と大きく異なる。取替機器/予備機器の在庫を決定する出発点は、AP-913 の機器重要度分類だ。保全高度化では RCM の考えに基づいて機器を分類するが、予防保全の

対象外である Run-to-Failure 機器が全体の 60 - 70%を占めるようになる。

従来、ベンダーの勧告に基づいて実施していた時間計画保全では、取替部品の使用数量と使用時期を予定することができ、発電所内に在庫を抱える必然性は少なかった。しかし、これらが予防保全から外れて事後保全にまわることによって、偶発的故障に備えて在庫を抱える必要性が増大する。

原子力発電所の在庫管理はこうした Run-to-Failure 機器の増加に伴う在庫戦略の変更のほか、従前からの特徴であるリードタイムの長い重要予備品の扱い、JIT (ジャストインタイム) に適した運転・保全の大量消耗品、旧式化への対応など種々の考慮要素が存在する。これらのベストミックスが原子力発電所の在庫管理のあり方を決定するといえる。

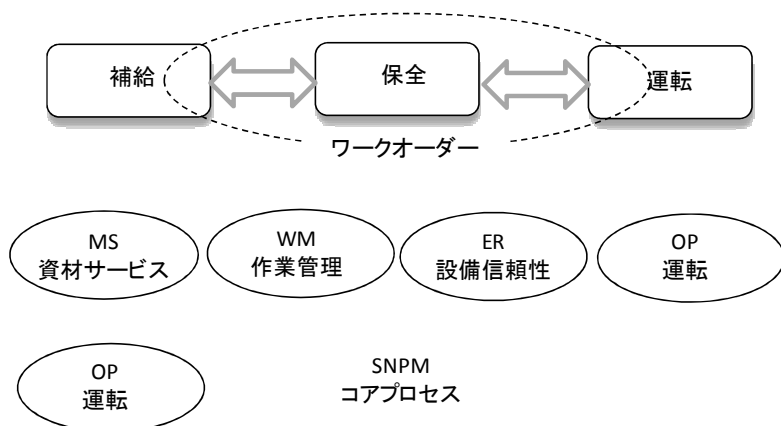


図 6 ワークオーダーによる運転・保全・補給の連係

構成管理もまた、補給の一部と捉えることができる。SNPM の構成管理の基本思想は ANSI 規格 (ANSI/NIRMA CM 1.0 - 2000) に基づいており、図 7 に示すように、設計要件・構成情報・物理構成の三者の間が整合する状態を保つことにある。

構成変更の要求が発生した場合の構成管理のプロセスは三つのレベルに分類される。第一のレベルは「構成変更」であり、設計要件の変更は伴わず、運転構成の変更あるいはハードウェアの等価交換で対応するレベルである。流量や設定点などの運用構成を変更し、故障確率を低減することなどがその例である。

第二のレベルは「設計変更」であり、規制の承認を必要としない比較的軽微な設計の変更である。第三のレベルは「設計基準変更」であり、技術仕様書 (保安規定) など認可対象文書の変更を伴う。出力を増強して稼働率向上を図るこ

とが、設計基準変更の代表的な例である。

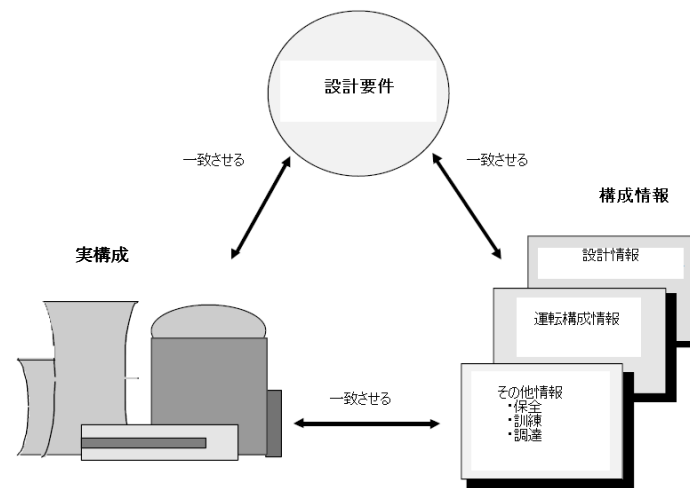


図 7 原子力発電所構成管理の概念

原子力発電所の業務とそれを支える情報システムの革新の動きは新検査制度の本格実施を契機として加速すると考えられる。その重要な鍵のひとつがワークオーダーであり、運転～保全～補給をつなぐ役割を持っている。原子力発電所の保全革新は、補給を含めた総合的な実施を検討するフェーズに移行しつつある。