

関西電力における保全最適化の取組み

Approach toward Maintenance Optimization by Kansai Electric Power Co.

関西電力株式会社	原田 靖晃	Yasuteru Harada
関西電力株式会社	横田 昌樹	Masaki Yokota
関電プラント株式会社	伊藤 雅之	Masayuki Itou
株式会社原子力エンジニアリング	秦 玄	Gen Hata
株式会社原子力エンジニアリング	内田 順一	Junichi Uchida
株式会社原子力エンジニアリング	奥谷 圭二	Keiji Okutani

The Kansai Electric Power Co., has been continuously working on the evaluation of the effectiveness of equipment maintenance work at our nuclear power plants and has incorporated the evaluation results into the maintenance program in order to maintain and improve the safety of our nuclear power generation facilities while achieving effective and efficient management of business operation. A Working Group has been newly formed with an aim to promote more efficient maintenance activities by sharing the information about optimized maintenance practices company-wide. One of the recent achievements of this Working Group is the optimization of maintenance practices for seawater pumps and seawater pump motors and the establishment of the procedure to evaluate the effectiveness of maintenance programs involving major contractors into the global organization. It is planned to extend the established maintenance practices and organization to other components in future.

Keywords: Nuclear Power Plants, Maintenance Optimization, Maintenance Effectiveness, Time Based Maintenance, Condition Based Maintenance, Condition Monitoring, Seawater Pump

1. 緒言

東日本大震災以降、規制要件の強化や電力市場の自由化等、電力業界を取り巻く環境は大きく変化し、高品質かつ低廉な電力の供給が求められる。電気事業者としては、設備の安全（信頼）性の維持・向上と効率的な業務運営の両立のため、保全の最適化に取り組んでおり、保全の有効性評価をこれまで以上に機能させていくことが重要となる。

今回、保全の有効性評価をより実効的に行う取組みとして、関西電力グループで実施した保全最適化の活動を紹介する。

2. 保全最適化の取組みの概要

関西電力の原子力発電所における保全活動においては、平成 15 年より保全業務全般を支援する「原子力保全総合システム (M35 システム)」を運用している^[1]。また、重要な設備においては、機器の構成部位ごとに劣化事象を運転・保守経験、メーカー設計的知見等に基づいて科学的に評価し、点検内容、点検頻度、検査方法等を一義的

株式会社原子力エンジニアリング 秦 玄
〒550-0001 大阪市西区土佐堀 1-3-7 (肥後橋シミズビル)
ghata@neltcd.co.jp

に定めた「保全指針」をユニットごとに策定して運用している。この「保全指針」を中心とし、プラント運転中および定期検査中における点検について、保全の有効性評価を行うことにより PDCA を確実に廻している (図 1)。

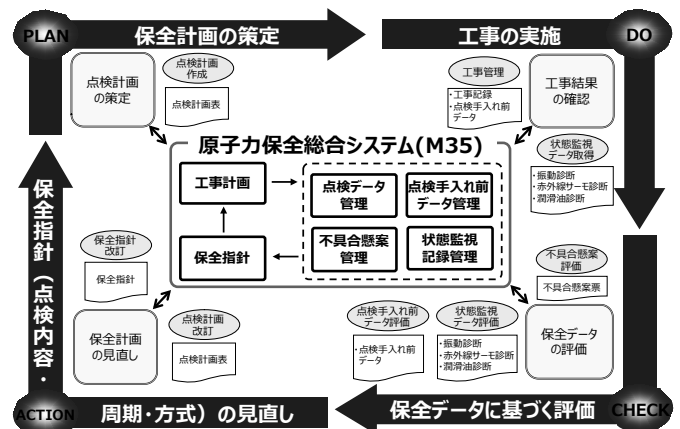


図 1 保全活動のPDCAの全体像

しかしながら、基本的には各発電所の設備の特性に応じた改善活動が中心となっており、自社の他発電所における各種保全データを積極的に活用するところまでは至っていないのが現状である。

そこで、保全活動の更なる充実化の推進に向けたワーキンググループ (WG) を立ち上げることにした。WG では、関西電力グループと 3 発電所の連携を強化するため、グループ会社も含めた役割分担を明確にした (図 2)。

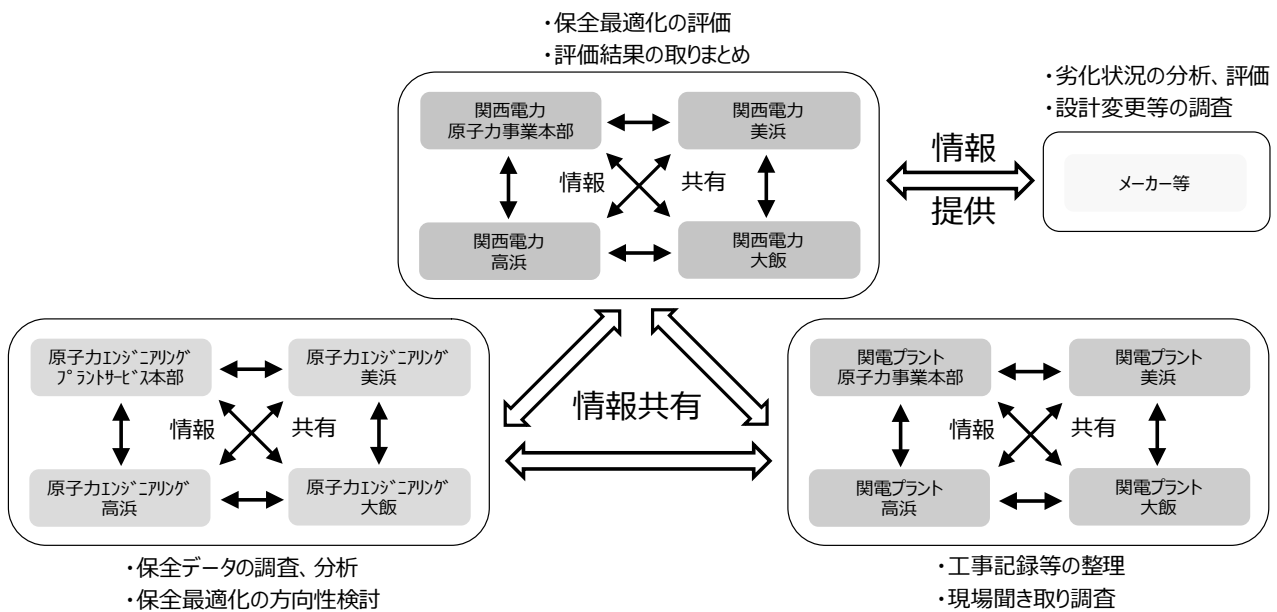


図2 WGにおける連携内容と主な役割分担

次章では、WGの成果の一例として、海水ポンプの保全最適化について紹介する。

3. 海水ポンプの保全最適化

3.1 評価対象設備の選定

保全最適化の手法としては、「原子力発電所の保守管理指針」^[2]に、「類似機器のベンチマークによる評価」に関する手法が示されている。この手法は、異なるユニットの同構造・同材料の設備について、保全内容を比較して保全最適化を行うものである。この手法を基に評価を進めていくこととし、優先度の高い設備として海水ポンプおよび海水ポンプモータを選定した。主な理由は以下のとおりである。

- ・過酷事故時における重要な水源であり、重要度が高い。
- ・内部流体が海水であるとともに屋外に設置されているため厳しい環境下にある。
- ・ポンプおよびポンプモータは、作業効率上、同定検時の点検がよい。
- ・新規基準に伴う対応により、点検作業の工程およびスペースの最適化が特に必要である。

3.2 保全最適化の手順

保全最適化の手順について、WGで検討を行い、図3に示すフローを構築した。各フローでの目的は以下のとおりである。

①比較対象設備の選定

- ・比較対象設備は、同型式の設備を設置しているプラントから代表の1ユニットを選定する。
- ・比較対象設備として、部位ごとの構造や材料を明確化し、設備全体ではなく、部位ごとに劣化事象（以下、劣化メカニズム）と点検内容を比較できるようにする。

②保全内容の比較

- ・主な劣化メカニズムを整理し、保全内容の比較対象を明確にする。
- ・クリティカル部位（事実上、点検周期を決定している部位）およびサブクリティカル部位（クリティカル部位の次候補となるもの）を整理し、点検周期を決定付ける劣化メカニズムと保全内容を把握する。

③保全実績の調査

- ・劣化メカニズムごとに有効な点検が適切な周期（時期）で実施されているかについて比較評価し、分析する。
- ・部品等の取替周期（時期）の適切性について分析する。
- ・過去の不具合による処置が反映されているか、その後のフォローが適切かについて確認する。
- ・現場工事担当者やメーカーが持っている工事記録や点検手入れ前データ（以下、As-Found データ）を補

足するノウハウ情報が反映されているかについて確認する。

- ・保全指針の改定履歴や改定理由を調査し、保全の最適化に有効な情報を抽出する。

④その他の調査

- ・参考にするべき国内外の保全実績がないかについて調査する。
- ・国内外のトラブル事例から想定している劣化メカニズムが適切であるかについて調査する。

⑤保全最適化の総合評価

- ・保全最適化の方針をまとめ、その方針を具体化するためのマスタープランを作成し、その中に課題等を落とし込む。

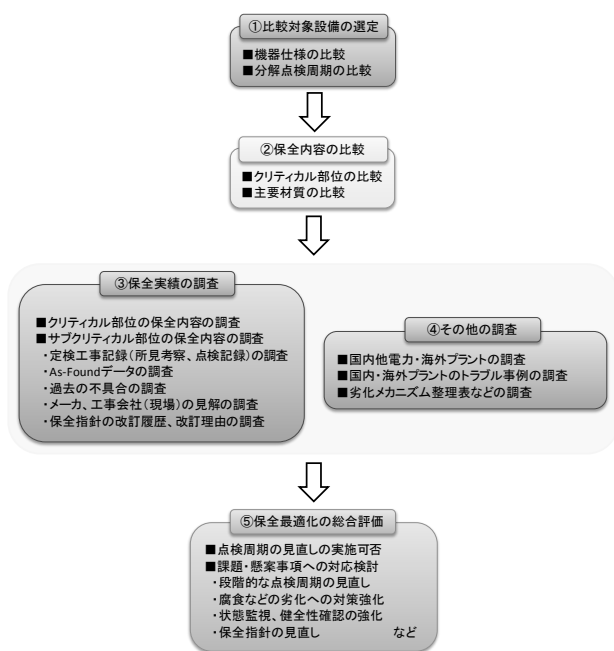


図3 保全最適化のフロー

3.3 保全最適化の検討結果

3.3.1 比較対象設備の選定

同型式である美浜3号機、高浜3/4号機および大飯3/4号機の海水ポンプを比較対象設備として選定した。

3.3.2 保全内容の比較

比較対象設備の主な仕様、クリティカル部位ならびに点検周期を表1に示す。

各設備の流量や揚程、回転数は異なるものの、ポンプ

の型式や主な材質、運転状態等の使用環境が同等であることから、比較対象設備として適切であることが分かる。ただし、実際の評価にあたっては、部位ごとの構造や材料の差異についても考慮して評価した。

表1 比較対象設備(海水ポンプ)の保全内容

発電所	美浜3号機	高浜3/4号機	大飯3/4号機
設備	海水ポンプ		
型式/内部流体/ケーシング材料	たて置斜流ポンプ/海水/ステンレス鋼		
流量 (m ³ /h)	3,200	5,100	5,300
揚程 (m)	30	21	48
回転数 (rpm)	885	506	715
台数 (1プラントあたり)	4台 (常用1台)	3台 (常用1台)	3台 (常用1台)
運転状態	連続		
各プラントが想定しているクリティカル部位	・ケーシング等の腐食 ・ゴム軸受 [*] 、主軸の摩耗 (ゴム軸受は剥離を含む)	・ケーシング等の腐食	・ゴム軸受 [*] 、主軸の摩耗
点検周期	2定検	2定検	4定検

* 内面に優れた摺動特性および耐摩耗性を有するゴムを採用した水潤滑方式のすべり軸受

3.3.3 保全実績の調査

各設備の保全指針で定める劣化メカニズムについて、点検データやAs-Foundデータ、不具合情報等の各種保全データを網羅的に確認し、真にクリティカルな劣化メカニズムに対して現状の保全内容で問題はないかという点に留意して調査した。

各設備の近年(至近3回程度の分解点検)における保全実績の調査結果の概要を以下に記す。

(1) ゴム軸受

美浜3号機および高浜3/4号機において、現状は分解点検を2定検で行っているが、劣化の進展に問題がなく継続使用しているものが確認された。また、2定検で取替えている場合でも取替基準に達したものは少なく、予防保全によるものが大半であった。

一方、大飯3/4号機では、現状は分解点検を4定検で行っているが、劣化の進展に問題がなく継続使用しているものが大勢を占めていた。また、4定検で取替えている場合でも取替基準に達したものはなく、予防保全によるもののみであった。

(2) ケーシング等、主軸、その他の部位

各部位において使用実績に応じた腐食や摩耗の劣化は確認されたものの、As-Foundデータの結果は全て「良い」であり、機能や性能に影響を及ぼす劣化や不具合は確認されなかった。また、大飯3/4号機の簡略点検時における試運転記録やプラントの運転期間中にお

ける運転パラメータとして吐出圧力を調査した結果、分解点検後3～4年の経過後も、異常がないことが確認できた。

さらに、主軸および羽根車は、ANERI（原子力用次世代機器開発研究所）が開発した耐食性ステンレス鋼^[3]を使用することにより優れた防食効果が得られていることが確認できた。

3.3.4 その他の調査

(1) 他電力プラントのトラブル情報

「原子力施設情報公開ライブラリー」^[4]に基づいて調査した結果、他電力プラントにおける海水ポンプのトラブル情報は確認されなかった。

(2) 海外プラントの保全内容

米国における海水ポンプの保全実績について、米国電力研究所(EPRI:Electric Power Research Institute)が発行している予防保全基準データベース(PMBD:Preventive Maintenance Basis Database)に基づいて調査した結果、想定すべき劣化メカニズムは網羅されていることが確認できた。また、米国では状態基準保全(CBM:Condition Based Maintenance)を主体とした保全が行われていることも確認できた。

3.3.5 保全最適化の総合評価

3.3.3および3.3.4項に示した調査結果に基づき、本取組みにて評価対象とした美浜3号機、高浜3/4号機および大飯3/4号機の海水ポンプについては、以下のとおり保全内容の見直し(改善)が必要であると評価した。

- ・クリティカル部位は、ケーシング等(腐食)ではなく、ゴム軸受(摩耗および剥離)に見直す。
- ・分解点検周期を順次、大飯3/4号機と同じ4定検へ見直す。ただし、見直しに際しては、慎重を期することとし、軸受の異常を早期に検知するための運転パラメータの監視強化に努める。

4. 結言

本取組みにより、海水ポンプおよび海水ポンプモータの保全を最適化するとともに、グループ会社を体制に組み込んだ保全の有効性評価の手順を確立できた。今後は、他の設備についても同様の改善活動を積極的に進めて保全最適化を図っていく。

また、状態監視技術を適切かつ有効に組み合わせることにより、時間基準保全(TBM:Time Based Maintenance)を実施している設備の点検周期の最適化や完全なCBMへの移行についても併せて取組んでいく。

参考文献

- [1]高岡 幸久、吉沢 浩一、津田 和佳、“原子力保全総合システムの導入”、電気現場技術、Vol.42, No.497(2003年10月)、pp.22-27
- [2](社)日本電気協会、“原子力発電所の保守管理指針(JEAG4210-2014)”、2014、p.42
- [3]岡崎 且、森本 庄吾、村上 宣興、大谷 卓、小野 昇一、“原子力発電プラントへの新素材の適用研究—ANERI15年の成果—”、日本原子力学会誌、Vol.42, No.3(2000)、pp.2-33
- [4](社)原子力安全推進協会、“原子力施設情報公開ライブラリー(<http://www.nucia.jp/>)”