浜岡３号機設備の点検間隔の延長に係る技術評価の概要について

Outline of Technical Assessment on Extension of Inspection Interval of Hamaoka Unit.3

中部電力株式会社　成瀬　昌樹　Masaki NARUSE　Member
中部電力株式会社　松崎　章弘　Akihiro MATSUZAKI　Member
中部電力株式会社　小高　敏浩　Toshihiro KODAKA　Member
中部電力株式会社　水野　道太　Michita MIZUNO　Member
中部電力株式会社　佐野　忠之　Tadayuki SANO　Member
中部電力株式会社　進藤　俊哉　Toshiya SHINDO　Member

Regarding implementation of the new inspection system in Japan, NISA (Nuclear and Industrial Safety Agency) requested to Japanese utilities to report maintenance plans on their nuclear power plants, which conduct periodical inspection during outage after April 2009. In maintenance plan of Hamaoka unit.3, the critical interval of all equipments was evaluated as 24 months or more. A technical assessment report was attached to the plan.
In this paper, outline of the technical assessment is described.

Keywords: New Inspection System, Maintenance Plan, Critical Interval, Technical Assessment

１．緒言

平成 21 年４月以降定期検査を開始するプラントから新検査制度が適用となり，保全計画の届出が必要となった。浜岡原子力発電所３号機の保全計画においては，これまで定期検査毎に実施している機器について，点検の実施頻度を今回改めて評価した。その結果，原子炉を停止して実施する必要がある点検の最短の間隔を，調整運転期間等を考慮して 24 ヶ月以上と評価し，第 16 保全サイクルの保全計画に詳細な技術評価を添付した。

なお，一部の定期事業者検査では，18 ヶ月未満の期間で技術基準適合性を確認することとしているため，第 16 保全サイクルの定期検査の間隔は，従前通り 13 ヶ月となる。

ここでは，詳細な技術評価の概要について述べる。

２．技術評価の概要

２.１　機器の分類

詳細な技術評価対象機器を選定するため，定期検査毎に点検を実施している機器を対象に，以下の手順に従い，機器の分類を行った。評価対象機器に対しては，外観点検や分解点検といった複数の点検がそれぞれ異なる頻度で実施されていることから，機器毎にそれぞれの点検項目を抽出および整理し，以下のとおりに分類した。なお，以下の（１）（２）については，分類の考え方を示しているものであり，分類作業の順序を必ずしも示しているものではない。

（１）性能維持のための措置を実施しない点検の分類の実施（分類 1）（316 機器／731 機器）

目視点検，弁作動試験，運転試験（運転状態確認），漏えい試験，絶縁抵抗測定などの調整行為や性能維持のための措置を実施しない点検は，原子炉を停止して実施する必要がある点検の実施頻度の設定には，影響しないことから，詳細な技術評価の対象外とした。ここで，調整行為や性能維持のための措置を実施しない点検の中には，それぞれの設備が有する劣化事象を念頭に実施しているもの（目視検査や非破壊検査など）が含まれるが，これらの点検においては，現状，定期検査毎に顕著に劣化が進展していないことを確認している。また，定期検査毎に，性能維持のための措置が実施されていないこと，及び，その点検が着目する劣化進展が 2 サイクル程度では設備に影響を与えないことを確認している。

（２）原子炉を停止して実施する必要がある点検の実施頻度の設定において考慮不要な点検の分類の実施（分類 2）（237 機器／731 機器）

本項に分類される機器については，運転中に点検，補修等が可能であることから，点検，補修等のために原子炉を停止する必要のないことを確認しているため対象外とした。

以下に，本分類とする点検の例を示す。

a．原子炉の運転中においてその機能または性能について技術基準に適合するための措置がなされるもの（保安規定における運転上の制限に該当するものは除く）

a-1 予備機または代替手段があり原子炉の運転中に点検が可能であるもの

（制御棒駆動水ポンプ，ほう酸水注入ポンプ，制御用空気圧縮機等）

a-2 原子炉の運転時において補修，取替え等の措置が可能なもの

（原子炉機器冷却海水渦流ストレーナ等（点検のためのバイパスラインがあるため））

2-b 原子炉の定格出力運転時において使用しないもの

（排ガスブロワ等）

（３）詳細な技術評価を実施する対象機器選定の実施（分類 3）（178 機器／731 機器）

上記（１）（２）の何れにも属さない機器について，定期検査の都度，性能維持のための措置を伴う点検項目のうち，定期検査時の作業に伴い実施する点検項目，または，起動前確認として念のため実施する点検項目については，原子炉を停止して実施する必要がある点検の実施頻度の設定には，影響しないため詳細な技術評価の対象外とした。

例）ドライウェル低電導度廃液サンプ槽の点検等（定期点検中の作業に伴い発生した水を抜き，起動に向けて清掃するため）（3 機器）

以上により抽出された 175 機器に対して原子炉を停止して実施する必要がある点検の間隔を評価した。なお，技術評価書の作成に際しては機器数も多いことから同種機器をグループ化するなど，合理的に作成し，31 の評価書にまとめた。

２.２　過去のトラブル実績および是正状況の確認

（１）確認方法

10 年間のトラブル実績のうち，時間依存性のある劣化事象の発生の有無を確認し，発生している場合には是正処置が適切に行われていることを確認した。また，トラブル発生時の不適合管理および是正処置の仕組みが構築されていることを確認した。

本ステップで確認する過去のトラブル実績としては，国内情報は原子力施設情報公開ライブラリー「ニューシア」の法令報告事象を，海外の運転経験は NRC（米国原子力規制委員会；Nuclear Regulatory Commission）の Bulletin，Generic Letter を対象とし，同種機器にかかる時間依存性の有無について確認した。ここで，機器の抽出にあたっては，炉型によらず同種のものは抽出した。

なお，後述する 2.3 の詳細な技術評価が必要な部位の抽出においては，これらの過去のトラブル事例に加え，国内情報は「ニューシア」の保全品質情報，海外の運転経験は，NRC の Information Notice も対象として，過去 10 年間の同種機器に係る時間依存性のある劣化事象も確認の上，評価を実施した。

事象の識別にあたり，以下の事象については，時間依存性の無い事象として整理した。

①設備／機器に直接関わらない事象

a. 労働災害（放射性物質による汚染を含む）

b. その他，設備／機器に直接関わらない事象

②原因が明らかに外部要因による事象

a. 自然現象（雷，地震，台風，高潮，設備に関わらない火災等）

b. その他，外部要因に係わる事象

③原因が明らかに人的過誤による事象

a. 設計・製作不良（主に建設・改造工事によるもの）に係わる事象

b. 保守・施工不良(主に保守・補修作業によるもの）に係わる事象

c. 運転・操作不良（プラント監視・判断，機器操作によるもの）に係わる事象

d. その他，人的過誤に係わる事象

④原因が明らかに人的過誤以外の偶発的要因による事象

a.電気計装品の静的素子の偶発的故障事象

b.異物混入による事象

c.その他，偶発的要因に係わる事象

（２）確認結果

①国内情報

10 年間のニューシア情報 1,360 件のうち技術評価書反映要のものは 20 件であり原子炉再循環ポンプ復水器，原子炉圧力容器等の詳細な技術評価に反映した。

②海外事象

10 年間に発行された Bulletin : 11 件，Generic Letter : 18 件のうち技術評価書反映要のものは 3 件であり原子炉圧力容器の詳細な技術評価に反映した。

2.3　詳細な技術評価が必要な部位の抽出

（1）各部位に対して想定される経時的な劣化メカニズムの整理

原子力プラントの高経年化技術評価を踏まえ，原子力学会標準として制定された経年劣化まとめ表に基づき，事業者の保全内容を決定していく上で有用な情報を取り込み，現状保全項目を追加した劣化メカニズム整理表（電事連版）が作成されている。よって，劣化メカニズム整理表（電事連版）を浜岡の機器仕様に合致するよう修正し，劣化メカズム整理表（浜岡版）を作成した。この劣化メカズム整理表（浜岡版）に基づき，保全結果，評価内容，周期延長の妥当性を加え，保全内容決定表を作成し，各部位に対して想定される経時的な劣化メカニズムの整理を行った。

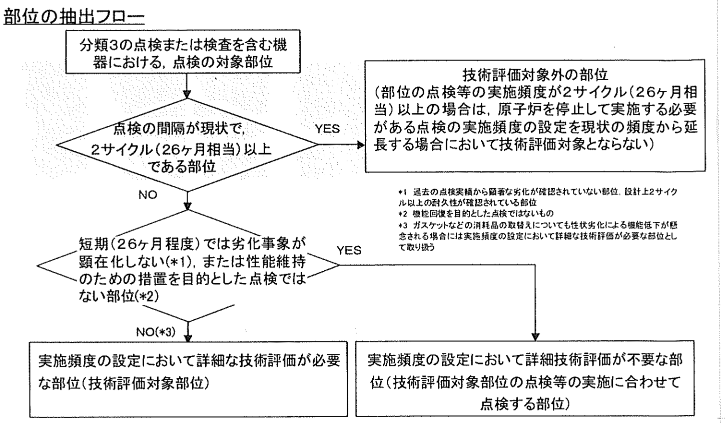
（2）詳細な技術評価が必要な部位の抽出

経時的な劣化事象に着目し抽出された主要部位のうち，まず，定期検査の都度，点検を実施するに当たっての点検のポイントについて，現状の運転サイクルである 13 ヶ月を基準に，2 サイクルに相当する 26 ヶ月での点検の実施頻度を想定した現状保全の整理を実施し，あわせて当該設備の過去の点検実績の妥当性を確認した。

以上の整理および確認を踏まえ，性能維持のための措置を伴う点検項目を，フローに従い実施頻度の設定において詳細な技術評価が必要となる部位として抽出を行った。

なお，実施頻度の設定において詳細な技術評価が必要となる部位以外の点検の間隔については，現状の点検の間隔と評価後の最短の間隔を照合して，当面の点検の間隔を記載するものである。

これらの点検については，実施頻度の設定において詳細な技術評価が必要となる部位の評価後の最短の間隔において，点検の間隔を決定するための主要部位になるもの，そうでないものが混在するため，今後は点検の間隔を適宜評価し，改善していく。



2.4　詳細な技術評価

定期検査の都度行われている点検または検査のうち定期事業者検査の対象機器について詳細な技術評価が必要と判断した機器（代表 31 の評価）について，次の４つの評価を適切に組み合わせて 26 ヶ月（24 ヶ月運転+2 ヶ月の調整運転等）使用可能であることを評価した。

①点検及び取替結果の評価（31）

②劣化トレンドによる評価（2）

③研究成果による評価（4）

④類似機器等の使用実績による評価（29）

（ ）内の数値は評価の数を表す（重複あり）

（1）点検及び取替結果の評価

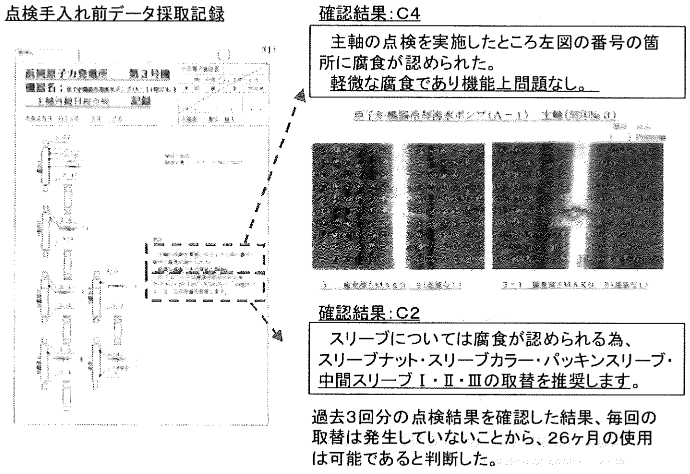
a. 31 の評価全てについて実施

b. 31 の評価のうち 20 の評価（本格点検（機器を分解，開放して行う点検）を実施している機器を中心にデータ採取）について，点検手入れ前データも使用して実施

c. 点検手入れ前データについては，以下の４段階で評価を実施した。

（取替部品の例）

状態コード	劣化の程度
C1	所定の機能を喪失し，取替が必要
C2	所定の機能喪失には至らなかったもの，次回定検までの期間を考慮すると，取替が必要
C3	所定の機能を満足しているが，次回の分解点検までの期間を考慮すると，取替が必要
C4	所定の機能を満足しており，取替は不要



（2）劣化トレンドによる評価

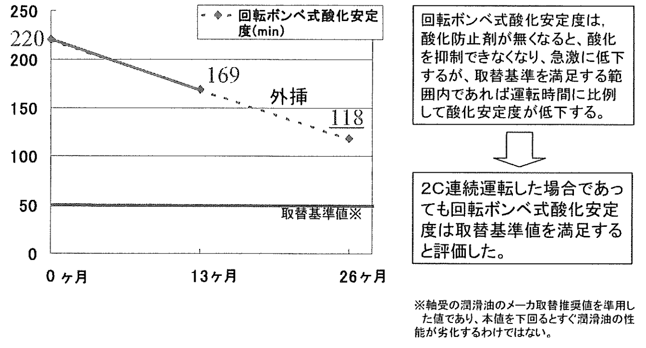
以下の2機器について評価を実施。

a. 原子炉冷却材再循環ポンプ電動機（潤滑油）

原子炉冷却材再循環ポンプ電動機の潤滑油に含まれる酸化防止剤の残存量について JIS 規格（JIS K2514）に定められている回転ボンベ式酸化安定度試験を用いて傾向を確認している。

回転ボンベ式酸化安定度は，酸化防止剤が無くなると，酸化を抑制できなくなり急激に低下するが，取替基準を満足する範囲内であれば運転時間に比例して酸化安定度が低下する。

26 ヶ月連続運転した場合であっても回転ボンベ式酸化安定度は取替基準値を満足すると評価した。



※軸受の潤滑油のメーカ取替推奨値を準用した値であり、本値を下回るとすぐ潤滑油の性能が劣化するわけではない。

b. 計測制御系統設備（ドリフト評価）

計測制御系統設備のドリフト評価について「安全保護系計器のドリフト評価指針（JEAG4621-2007）」の評価手法に基づき評価を実施している。

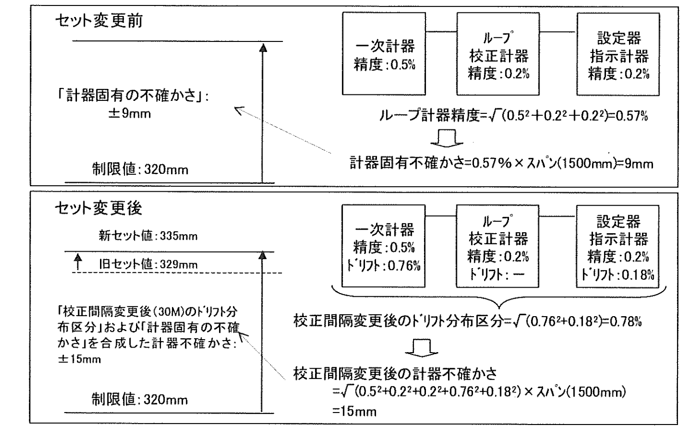
1. 対象計器の抽出

2. 計器の校正間隔変更後（30 ヶ月）のドリフト量を評価

3. ドリフトを考慮して，設定値への影響を評価

以上の評価を実施した結果，65 計器のうち 23 計器についてセット値の見直し実施した。

「原子炉水位」原子炉スクラムの制限値の例



（3）研究成果による評価

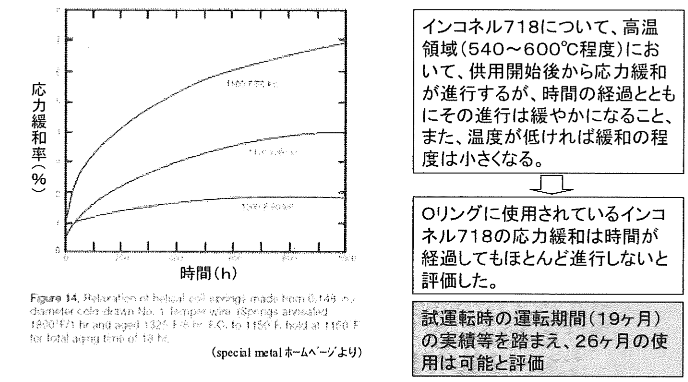
以下の4機器について評価を実施。

a. 原子炉圧力容器Oリング

Oリングに使用されるインコネル 718 の応力緩和挙動については，高温領域（540～600℃程度）において，供用開始後から応力緩和が進行するが，時間の経過とともにその進行は緩やかになる。また，温度が低ければ緩和の程度は小さくなる。

以上の知見に，試運転時の運転期間（19 ヶ月）の実績等を踏まえ，26 ヶ月の使用は可能と評価した。

Oリングに使用されるインコネル718の応力緩和挙動



(special metal ホームページより)

b. 原子炉格納容器主フランジ

他製造メーカのシリコンゴムの熱空気老化試験結果より，100℃の使用条件にて，5 年を経過しても安定した特性が得られていると評価した。本研究成果を使用するため，原子炉格納容器主フランジに使用されているガスケットを他製造メーカのものに取り

替えることにより 26 ヶ月の使用が可能であると評価した。

c. 非常用ディーゼル機関等のパッキン，Oリング

非常用ディーゼル機関等に使用しているパッキン，Oリングの一部については，メーカ取扱説明書により 300 時間毎の取替が推奨されている。

ディーゼル機関の定期的に実施するサーベランスによる実運転時間は 26 ヶ月で約 40 時間であり，ディーゼル機関の設計要求である 7 日間（168 時間）を加味しても，取替が推奨されている運転時間 300 時間と比較して十分に短い値であるため，26 ヶ月の使用は可能と評価した。

d. 計測制御系統設備（地震加速度検出器，放射線計測装置（主蒸気管モニタ等），信号変換処理部（タービン軸振動））

地震加速度検出器は，地震の加速度成分の大きさに応じて振子重錘が振れ，その変位を重錘に設けた接点で検出する原理であり，計器設定は接点の物理的な間隔による。

放射線計測装置（主蒸気管モニタ等）は，事故時の放射能レベルの変化量に対して，通常レベルに対する相対値（バックグランドの 6 または 10 倍）を設定値に設定されており，ドリフトが検出能力に影響を与えない。

以上は，JEAG 解説の「構造，動作原理からドリフトは発生しない，又は無視できる程度に小さいと判断されるもの」に該当し，ドリフト評価不要とした。

信号変換処理部（タービン軸振動）は，メーカ実施の評価試験結果より，摩耗の進展は緩やかであることを確認した。

（4）類似機器等の使用実績による評価

類似の機器の抽出にあたっては，以下の条件から浜岡原子力発電所の類似機器を優先し，無ければ他電力の類似機器の中から選定した。

・機種が同種のもの
・点検の間隔を決定するための主要部位の使用材料が同種のもの
・使用条件（連続使用，待機系等）が同等以上のもの
・使用環境（温度，圧力，または水質等）が同等以上のもの
・実績プラントが国内他プラントの場合にも自プラントの場合と同様に，使用実績の比較を実施

また，非石綿，石綿の同等性については下表の検討を行い，応力緩和特性等について同等以上であると評価した。

非石綿、石綿の同等性評価

部　位	数量	種　類	評価内容
グランドパッキン（ポンプ）	1	炭化繊維	使用条件 PV値※
グランドパッキン （主蒸気隔離弁）	1	膨張黒鉛	使用条件 摺動抵抗係数 応力緩和特性
グランドパッキン （安全弁手動ハンドル部）	1	炭化繊維＋ 膨張黒鉛	使用条件
ガスケット	3	ジョイント材	使用条件 応力緩和特性
	3	膨張黒鉛	
	1	無機質紙	

※（PV値）＝（摺動面圧）×（摺動速度）

3．結言

浜岡原子力発電所 3 号機の保全計画においては，プラント全体にわたって，これまで定期検査毎に実施している機器について，点検の実施頻度を今回改めて評価した。その結果，原子炉を停止して実施する必要がある点検の最短の間隔は，調整運転期間等を考慮して 24 ヶ月以上と評価した。

今後 1 サイクル以上は，現行の 13 ヶ月運転を継続し，保全活動の更なる充実（点検手入れ前データの充実等）を行い，知見の蓄積を図っていく。

参考文献

[1] (社) 日本電気協会原子力規格委員会，“安全保護系計器のドリフト評価指針（JEAG4621-2007）”，平成 20 年 3 月
[2] "INCONEL® alloy 718", 〈http://www.specialmetals.com/documents/Inconel%20alloy%20718.pdf〉, (参照2009/01/27).