

高浜発電所 4 号炉

高経年化技術評価書

平成 2 6 年 6 月

(平成 2 7 年 1 0 月一部変更)

(平成 2 7 年 1 1 月一部変更)

関西電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 高浜発電所4号炉の概要	4
2.1 高浜発電所4号炉の設備概要	4
2.2 高浜発電所4号炉の経緯	6
2.3 技術基準規則への適合に向けた取組およびそのスケジュール	6
2.4 高浜発電所4号炉の保全概要	10
3. 技術評価の実施体制	15
3.1 評価の実施に係る組織	15
3.2 評価の方法	15
3.3 工程管理	15
3.4 協力事業者の管理	16
3.5 評価記録の管理	16
3.6 評価に係る教育訓練	17
3.7 評価年月日	17
3.8 評価を実施した者の氏名	17
4. 技術評価方法	20
4.1 技術評価対象機器	20
4.2 技術評価手順	20
4.3 耐震安全性評価	25
4.4 耐津波安全性評価	26
4.5 冷温停止状態維持時の技術評価	27
5. 技術評価結果	32
5.1 運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の 技術評価結果	32
5.2 運転を断続的に行うことを前提とした 耐震安全性評価結果	69
5.3 運転を断続的に行うことを前提とした 耐津波安全性評価結果	71
5.4 冷温停止状態維持を前提とした機器・構造物の 技術評価結果	72
5.5 冷温停止状態維持を前提とした耐震安全性評価結果	74
5.6 冷温停止状態維持を前提とした耐津波安全性評価結果	75
5.7 評価の結果に基づいた補修等の措置	75

6. 今後の高経年化対策	76
6. 1 長期保守管理方針の策定	76
6. 2 長期保守管理方針の実施	76
6. 3 技術開発課題	77
7. まとめ	81

1. はじめに

我が国の原子力発電所においては、1970年3月に運転を開始した日本原子力発電敦賀発電所1号炉を始め、2014年3月末時点で16ユニットが運転開始後30年を経過（うち4ユニットは40年を経過）しており、高浜発電所4号炉においても、2015年6月に運転開始後30年を経過している。

原子力発電所ではこれまでプラントの安全・安定運転を確保するために、電気事業法に基づく定期検査^{注1)}により、技術基準への適合が確認されるとともに、保守管理における機器・構造物の保全活動として、点検や予防保全活動等に取り組んでいる。加えて、最新の技術的知見の反映や国内外で経験された事故・故障の再発防止対策等についても、必要に応じ実施している。

また、一般的には、機器・材料は使用時間の経過とともに、経年劣化することが知られているが、これまでのところ30年の運転期間を超え40年目以降においても劣化の傾向が大きく変化することを示す技術的知見は得られていないことや、運転年数の増加に従ってトラブルの発生件数が増加しているという傾向は認められておらず、現時点で高経年化による原子力発電所設備の信頼性が低下している状況にはない。

しかしながら、より長期の運転を仮定した場合、経年化に伴い進展する事象は、運転年数の長いものから顕在化してくることから、運転年数の長い原子力発電所に対して、高経年化の観点から技術的評価を行い、そこで得られた知見を保全に反映していくことは原子力発電所の安全・安定運転を継続していく上で重要である。

このような認識のもと、1996年4月に通商産業省（現：経済産業省）資源エネルギー庁は「高経年化に関する基本的な考え方」をとりまとめ、原子力発電所の高経年化対策の基本方針を示した。さらに、2003年9月および2005年12月に「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」（以下、「実用炉規則」という。）を改正するとともに、原子力安全・保安院（現：原子力規制委員会。以下同じ）は「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドライン」および「実用発電用原子炉施設における高経年化対策標準審査要領（内規）」（以下、「高経年化対策実施ガイドライン等」という。）を発出し、原子炉の運転を開始した日以降29年を経過する日までに、また、以降10年毎に同様の期間内に、耐震安全性評価を含めた経年劣化に関する技術的な評価（以下、「高経年化技術評価」という。）を行い、これに基づき保全のために

実施すべき措置に関する10年間の計画を策定することを電気事業者に求めている。

その後、2008年8月に実用炉規則が改正され、高経年化対策を通常の保全の中に位置づけ一体化することで、原子力発電所の運転当初からの経年劣化管理を義務付けるとともに、「保全のために実施すべき措置に関する10年間の計画」（以下、「長期保全計画」という。）を、新たに「保全のために実施すべき措置に関する10年間の方針」（以下、「長期保守管理方針」という。）として原子炉施設保安規定（以下、「保安規定」という。）に位置づけ、認可の対象とされた。また、実用炉規則の改正に伴い、原子力安全・保安院は「高経年化対策実施ガイドライン等」を改訂し、2008年10月に発出後、2010年4月および2011年5月に改正している。

また、2011年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とこれにより生じた津波に起因する東京電力福島第一原子力発電所で発生した事故に鑑み、2012年9月19日に原子力規制委員会設置法が施行され、原子力安全・保安院に代わる機関として、原子力規制委員会が環境省の外局として設立された。

その後、2013年6月に「実用炉規則」を改正するとともに、「高経年化対策実施ガイドライン等」に代わるものとして、「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」および「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド」（以下、「高経年化対策実施ガイド等」という。）を制定し、2013年12月に改正している。

一方、日本原子力学会は2007年3月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2007」を制定、「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」（以下、「学会標準2008版」という。）として改定の上、2009年2月に発行、2010年4月にエンドースされた。さらに、2010年9月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2010追補1」（以下、「学会標準2010追補版」という。）、2012年6月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2011追補2」（以下、「学会標準2011追補版」という。）、2012年12月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2012追補3」（以下、「学会標準2012追補版」という。）を発行している。

さらに、原子力安全基盤機構（現：原子力規制委員会。以下同じ）は上記「高経年化対策実施ガイド等」および「学会標準2008版」に対応して、「高経年化技術評価審査マニュアル」を作成し、公表している。

注1：2013年7月以降は、「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」に基づき、原子力規制委員会が施設定期検査を実施

本評価書は、運転開始後30年を迎えた高浜発電所4号炉のプラントを構成する機器・構造物に対し、「高経年化対策実施ガイド等」、「学会標準2008版」、「学会標準2010追補版」、「学会標準2012追補版」などに基づき、60年間の運転および冷温停止を仮定し、想定される経年劣化事象に関する技術評価を30年目の高経年化技術評価として実施するとともに、運転を開始した日から30年以降の10年間に、高経年化の観点から現状保全を充実する新たな保全項目等を抽出し、長期保守管理方針としてとりまとめたものである。

この結果、現状の保全の継続等により、今後、プラントを健全に維持することが可能であることを確認した。

また、策定した長期保守管理方針については、保安規定に記載し、変更認可申請する。

今後は、認可された長期保守管理方針に基づき保全活動を実施していくとともに、実用炉規則82条にて定める時期に高経年化技術評価の再評価を実施していくことにより、機器・構造物を健全に維持・管理していく。

なお、本評価書は各機器・構造物の高経年化技術評価内容の概要等を示すものであり、各機器・構造物の詳細な高経年化技術評価、耐震安全性評価および耐津波安全性評価結果については、別冊にまとめている。

2. 高浜発電所4号炉の概要

2. 1 高浜発電所4号炉の設備概要

高浜発電所4号炉は、加圧水型の原子力発電所で燃料には低濃縮ウランを使用し、冷却材には軽水を使用している。

原子炉内で核分裂反応により発生した熱は、蒸気発生器内で1次冷却材から2次側の給水へ伝達され、蒸気を発生させる。また、熱交換を行った1次冷却材は1次冷却材ポンプにより再び原子炉へ戻される。

蒸気発生器で発生した蒸気は主蒸気管でタービン建屋に導かれタービンを駆動して発電し、その後復水器に流入して復水となり、復水ポンプ、低圧給水加熱器を通り給水ポンプにより高圧給水加熱器を経て再び蒸気発生器に戻される。

(1) 主要仕様

電気出力	約 8 7 0 MW
原子炉型式	加圧水型軽水炉
原子炉熱出力	約 2 6 6 0 MW
燃料	低濃縮ウラン（燃料集合体 1 5 7 体）
減速材	軽水
タービン	横置串型 4 車室 6 分流排気再熱再生式

(2) 主要系統

主要系統を資料 2 - 1 に示す。

2. 2 高浜発電所4号炉の経緯

高浜発電所4号炉は、我が国29番目の商業用原子力発電所で、加圧水型原子力発電所としては我が国14番目、当社では9番目のものである。

同炉は、1980年8月に原子炉設置許可を得て、通商産業大臣より電気工作物変更許可を取得した。同年12月に建設に着工し、1984年10月11日に初臨界、同年11月1日送電系統に初並列した後、翌1985年6月5日に営業運転を開始した。

また、高浜発電所4号炉では、原子力発電設備の有効利用によりCO₂排出量を削減でき、地球温暖化の防止にも貢献することができる定格熱出力一定運転実施に向け、2001年12月の経済産業省通達「定格熱出力一定運転を実施する原子力発電設備に関する保安上の取扱いについて」の手続きに基づき、設備の健全性評価、運転管理方法の改善へ向けた諸対策を実施し、2003年6月から定格熱出力一定運転を開始している。

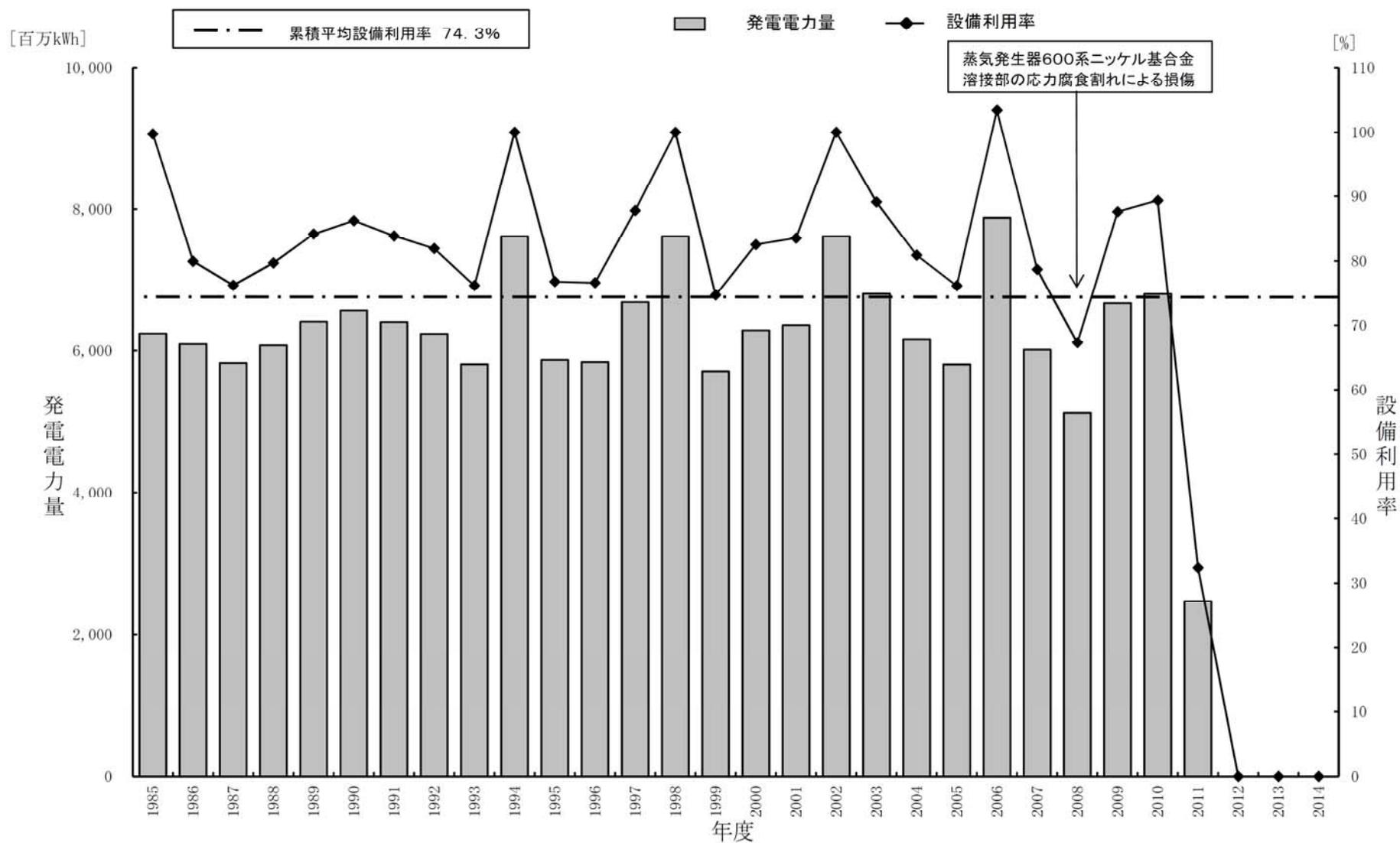
その後、2013年7月の原子力規制委員会設置法の一部の施行に伴い、高浜発電所4号炉の新規制基準への適合性を確認する審査を受けるため、原子力規制委員会へ、発電用原子炉設置変更許可、工事計画変更認可および保安規定変更認可を申請している。

発電電力量・設備利用率の年度推移を資料2-2、計画外停止回数の年度推移を資料2-3、事故・故障等一覧を資料2-4に示す。過去約30年間を遡った時点までの計画外停止（手動停止および自動停止）件数の推移を見ると、供用期間の長期化に伴い、計画外停止件数が増加する明確な傾向は認められない。

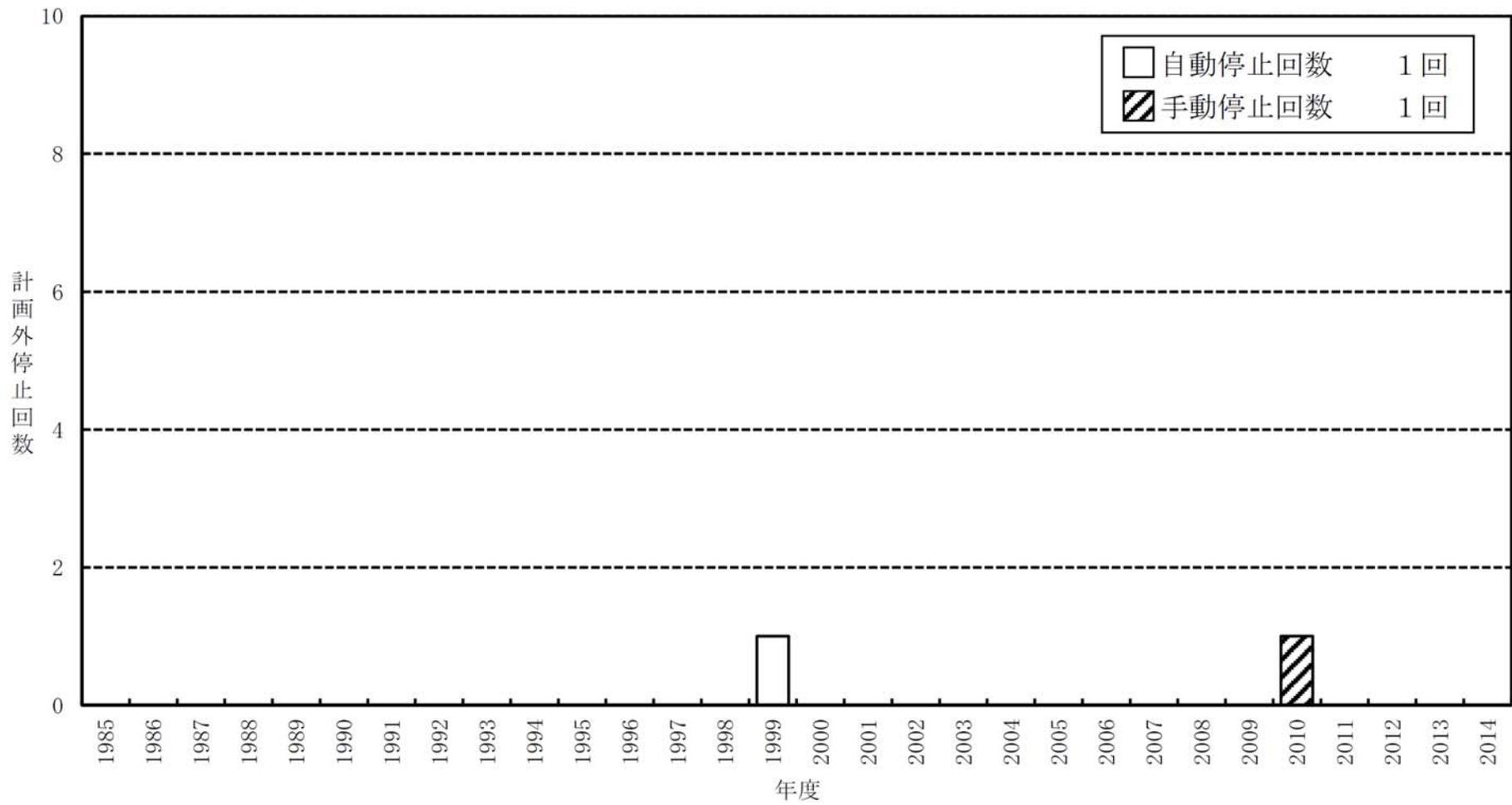
2. 3 技術基準規則への適合に向けた取組およびそのスケジュール

高浜4号炉については、技術基準規則等への適合性を確認する審査を受けるため、2013年7月に原子力規制委員会へ、原子炉設置変更許可、工事計画認可および保安規定変更認可を申請し、2015年2月に原子炉設置変更が許可されている。

また、2013年8月、2015年2月、4月および9月に原子力規制委員会へ、工事計画認可の補正申請を行い、2015年10月に認可されている。



資料 2 - 2 高浜発電所 4号炉 発電電力量・設備利用率の年度推移



資料 2 - 3 高浜発電所 4 号炉 計画外停止回数の年度推移

資料 2 - 4 高浜発電所 4 号炉 事故・故障等一覧

No.	年 度	事 象
1	1988	燃料集合体の漏えいについて
2	1989	蒸気発生器伝熱管の損傷について
3		1 次冷却材ポンプ変流翼取付ボルトの損傷について
4	1995	燃料検査中における燃料集合体の変形等について
5	1999	蒸気発生器伝熱管の損傷について
6		炉内中性子束監視装置高圧シール継手部からのわずかなほう酸の析出について
7	2000	蒸気発生器伝熱管の損傷について
8	2001	蒸気発生器伝熱管の損傷について
9	2003	蒸気発生器伝熱管の損傷について
10	2004	蒸気発生器伝熱管の損傷について
11	2008	蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査における有意な信号指示の確認について
12		A、B、C - 蒸気発生器入口管台溶接部での傷の確認について
13	2009	蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果について
14	2011	蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果について

2. 4 高浜発電所4号炉の保全概要

原子力発電所の保全において最も重要な点は、系統・機器・構造物の経年劣化が徐々に進行して最終的に故障に至ることのないよう、定期的な検査や点検等により経年劣化の兆候を早期に検知し、必要な処置を行い、事故・故障を未然に防止することである。

したがって、原子力発電所では、事故・故障の未然防止を目的とし、資料2-5に示すような考え方にに基づき、保全活動を行っている。

当社は、運転監視、巡視点検、定期的な検査および点検により設備の健全性を確認し、経年劣化等の兆候が認められた場合には詳細な調査および評価を行い、補修、取替等の保全を実施している。特に長期の使用によって発生する経年劣化事象については、点検により経年的な変化の傾向を把握し、故障に至る前に計画的な保全を実施している。

また、2013年7月7日以前は「電気事業法」に基づく経済産業大臣の定期検査^{注)}を受検するとともに、定期事業者検査についても、その実施に係わる組織等の妥当性が定期安全管理審査において審査されている。

一方、当社の原子力発電所で発生した事故・故障については、速やかに原因究明および再発防止対策を実施するとともに国内外他社で発生した事故・故障の対策についても予防処置を行い、設備の改善、運転・保守運用等の改善を行うことにより発電所のより一層の安全・安定運転に努めている。

(1) 運転監視、巡視点検

運転状態を各種指示計、記録計、計算機出力等により常時運転員が監視するとともに、原子力発電所の多種多様な設備について運転員および保修員が計画的に巡視点検を行い、機器等の健全性確認、経年劣化等の兆候の早期発見に努めている。

(2) 定期的な検査

プラントの運転中を主体に待機設備の作動確認等の定期的な検査を行い、設備の健全性確認および経年劣化等の兆候の早期発見に努め、事故・故障の未然防止を図っている。定期的な検査のうち、工学的安全施設等の安全上重要な設備の定期的な検査の内容を保安規定に定め、これに基づく運用を行っている。

(3) 点検

「電気事業法」に基づき経済産業大臣が行う定期検査^{注)}に合わせ、定期的にプラントを停止し、高浜発電所保修業務所則指針に基

づき制定した保全指針等に基づき、保守部門が点検を実施し、設備の機能維持および経年劣化等の兆候の早期発見に努め、事故・故障の未然防止を図るとともに、環境、防災の維持を図っている。また、プラントを停止せずに点検を実施できる設備については、同様の点検をプラント運転中に実施している。点検の結果は記録としてまとめ、設備の経年的な傾向を管理し、以後の点検計画に反映している。

(4) 保守体制および業務

点検および検査は、当社の保守部門および発電部門が点検および検査計画、作業管理を行い、分解点検等の実作業は協力会社が実施している。

分解点検等にあたっては、保守部門が協力会社の行う作業および品質の管理を行っている。

(5) 予防保全

プラントの運転監視、巡視点検、定期的な点検および検査により、設備に機能低下や経年劣化等の兆候が認められた場合には、予防保全の考え方にに基づき、故障に至る前に補修、取替を行い、事故・故障の未然防止を図っている。

(6) トラブルの処理および再発防止

発生したトラブルについては、不適合・是正処置として速やかに原因究明および対策の検討、評価を行い、的確な復旧により設備の機能の回復を図るとともに再発防止対策を実施している。また、国内外他社の同種設備で発生したトラブルについても予防処置を実施し、事故・故障の未然防止を図っている。

(7) 改善活動

より一層の安全性、信頼性を確保するため、現行の保全活動のレベルを向上することが重要であるとの観点から、改善活動として研究開発、国内外の技術情報の活用、定期安全レビュー等の保全の有効性評価および保守管理の有効性評価の実施に取り組んでいる。

注：2013年7月以降は、「核原料物質、核燃料物質および原子炉の規制に関する法律」に基づき、原子力規制委員会が施設定期検査を実施

高浜発電所4号炉において、発電所の安全性・信頼性を向上させるために実施した最近の主な改善としては、次のものがある。

「腐食」

- ・2次系配管取替

計画的に超音波による肉厚測定を行い、余寿命評価を実施し、必要に応じて配管取替を実施している。

「疲労」

- ・余熱除去系統配管取替工事

国内外PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象（温度揺らぎによる熱疲労）を踏まえ、予防保全の観点から、第18回定期検査時（2008年度）に余熱除去冷却器バイパスライン合流部について温度ゆらぎを抑制するため、また、熱疲労を抑制するため、それぞれ配管ルートを変更する工事を実施した。

- ・安全注入系統補助注入ライン隔離弁追設置工事

国内PWRプラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象（温度ゆらぎによる疲労）を踏まえ、予防保全の観点から、第19回定期検査時（2009年度～2010年度）に安全注入系統の補助注入ラインに弁を追加し、シートリークのリスク低減を図った。

「応力腐食割れ」

- ・蒸気発生器伝熱管予防保全対策（高温側拡管部残留応力除去工事）

高浜発電所3、4号炉で発生した蒸気発生器伝熱管での損傷事象に鑑み、損傷要因の一つとなっている引張残留応力を低減するため、第13回定期検査時（2001年度）に製作時の伝熱管内面における引張残留応力をショットピーニングにより除去し、耐応力腐食割れ性の向上を図った。

- ・原子炉容器上部蓋取替工事

大飯発電所3号炉の原子炉容器上部蓋管台溶接部からの1次冷却材漏えい事象を踏まえ、予防保全の観点から、第17回定期検査時（2007年度）に、管台材料を耐腐食性に優れた690系ニッケル基合金に変更するなど改良型の原子炉容器上部蓋に交換した。

- ・原子炉容器炉内計装筒等の予防保全工事
国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全として、600系ニッケル基合金が使用されている溶接部表面の残留応力を低減させるため、第18回定期検査時（2008年度）に蒸気発生器出口管台についてショットピーニング（応力緩和）を、第19回定期検査時（2009年度～2010年度）に炉内計装筒についてウォータージェットピーニング（応力緩和）を、それぞれ実施した。
- ・600系ニッケル基合金溶接部取替
国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全として、第19回定期検査時（2009年度～2010年度）に、加圧器サージ管台、安全弁管台、逃がし弁管台、スプレイライン管台の溶接部を、600系ニッケル基合金で溶接された管台から、より耐食性に優れた690系ニッケル基合金で溶接された管台への取替を実施した。また、第20回定期検査時（2011年度～）に、原子炉容器冷却材出入口管台について、600系ニッケル基合金の溶接部内面全周を研削した後、より耐食性に優れた690系ニッケル基合金で溶接を行った。
- ・原子炉冷却系統設備小口径配管取替
国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、1次冷却材の流れがない配管（高温環境で溶存酸素濃度が高い）の溶接部について、予防保全として、計画的に対策工事を実施している。
- ・低圧タービンロータ取替工事
国外で発生した低圧タービン円板の翼取付部の応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全として、低圧タービン3基について、第19回定期検査時（2009年度～2010年度）に、材料強度の変更、全一体ロータ構造および最新の翼形状などを採用した低圧タービンに取り替えた。

3. 技術評価の実施体制

3. 1 評価の実施に係る組織

高経年化に関する技術評価および長期保守管理方針の策定にあたる体制を資料3-1に示す。高経年対策グループは、高経年化対策に関する実施計画、実施手順の策定、運転経験、最新知見の調査・分析等を行い評価書作成（コンクリート構造物および鉄骨構造物を除く）および、とりまとめ等の全体調整を行った。

土木建築設備グループは、コンクリート構造物および鉄骨構造物の技術評価を行い評価書を作成した。また、評価書作成助勢として、機械設備に関する保守等を行う機械設備グループ、電気・計装設備に関する保守等を行う電気設備グループ、高浜発電所およびその他の関係箇所と協力して、技術評価および長期保守管理方針の策定を実施した。

3. 2 評価の方法

高経年化技術評価は、「高経年化対策実施ガイド等」および「学会標準2008版」に準拠して策定した高経年化対策実施手順書に基づいて実施した。

評価方法の詳細については、4. 技術評価方法にまとめている。

3. 3 工程管理

「高経年化対策実施ガイド等」に基づき運転開始後28年9月を経過する日から3月以内に国へ保安規定変更認可申請を行うべく工程管理を実施した。

具体的には、資料3-2に示すように、2012年10月17日に実施計画および実施手順を策定し、技術評価の実施を開始した。2014年4月24日に高浜発電所の評価書レビューを完了し、2014年4月28日にグループ内での評価者以外による技術的な妥当性確認を完了した。

また、原子力事業本部品質保証グループによるプロセス確認のための内部監査を2014年5月8日までに完了した。

また、2014年5月23日に、社内の原子力発電安全委員会において本評価書の審議を実施し確認され、2014年5月26日に原子力技術部門統括が承認した。

さらに2015年9月までに補正申請を行なう工事計画を踏まえた評価等を本評価書に反映し、2015年9月28日に同委員会において審議を実施し確認され、2015年9月28日に原子力技術部門統括が承認した。

なお、工事計画は2015年9月の申請内容からの変更はなく同年10月に認可されており、審査過程においても高経年化技術評価に反映が必要となる追加設備や追加評価等がなかったことを確認した。

3. 4 協力事業者の管理

社内標準に定められる調達管理において、品質保証計画書の要求と当社による審査を経て、関電プラントには、技術評価対象機器リストの整備を委託し、原子力エンジニアリングには、国内外運転経験等の整理等を委託し、三菱重工および三菱電機には、技術評価対象機器について長期健全性評価等の業務委託を実施した。

3. 5 評価記録の管理

管理すべき文書・記録の名称、審査者、承認者、保有責任者および保有期間は、社内標準で定めている。高経年化対策技術評価に係る記録の主なものは以下の通りである。

名称	区別		審査者	承認者	保有責任者	保有期間
	内部文書	記録				
PLM実施計画書	○	○	高経年化対策グループチーフマネジャー	原子力技術部門統括	高経年化対策グループチーフマネジャー	永年
PLM評価書	—	○	—	原子力技術部門統括	高経年化対策グループチーフマネジャー	永年
PLM評価書妥当性確認チェックシート	—	○	—	評価担当グループチーフマネジャー	評価担当グループチーフマネジャー	10年

3. 6 評価に係る教育訓練

社内標準に基づき、高経年化技術評価を実施する力量を設定し、力量管理を実施するとともに、育成計画を定めて技術評価書作成時のOJT等により資質向上を図っている。

3. 7 評価年月日

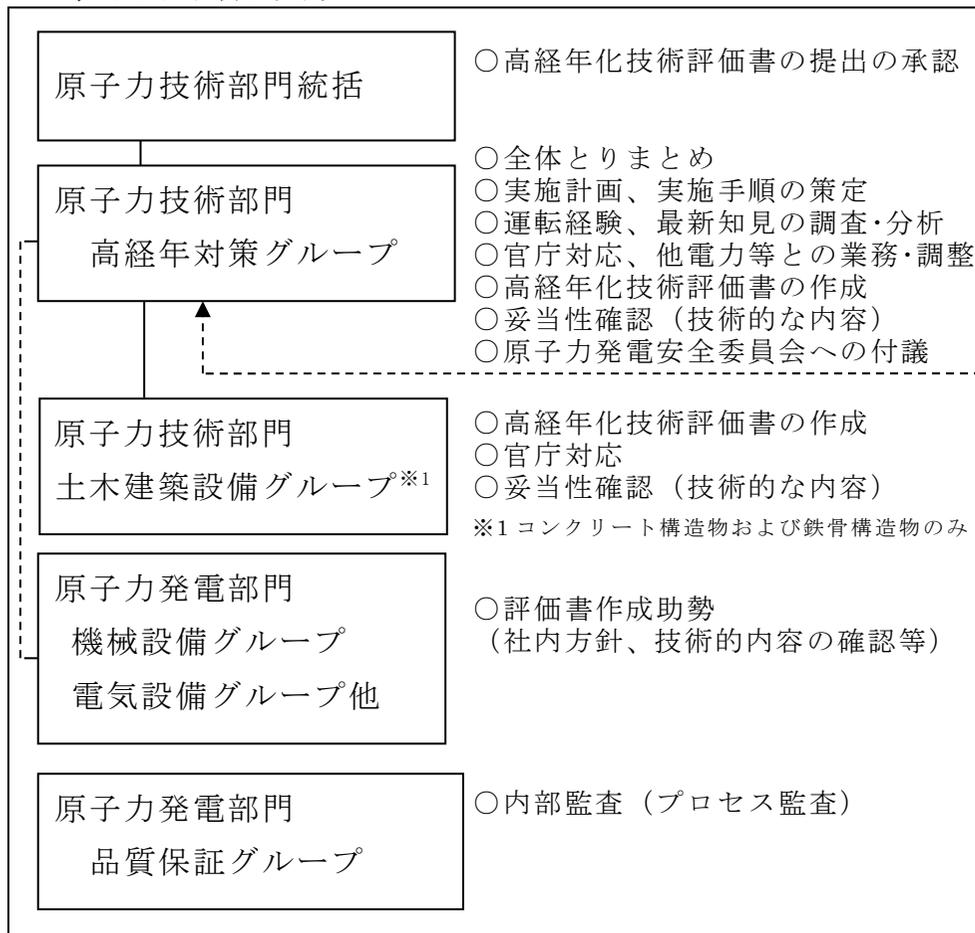
2015年9月17日

3. 8 評価を実施した者の氏名

原子力事業本部 高経年対策グループチーフマネジャー 南 安彦
原子力事業本部 土木建築設備グループチーフマネジャー 山田 淳

高浜発電所 4号炉 高経年化対策実施体制表

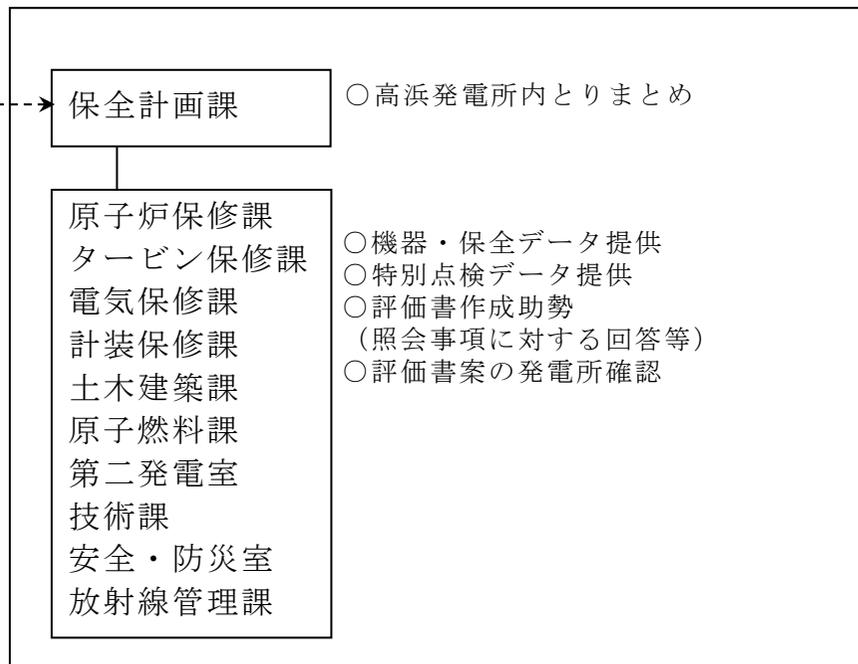
原子力事業本部



原子力発電安全委員会

原子力安全部門統括を委員長とし、各発電所長、各発電所原子炉主任技術者、各チーフマネージャー以上の職位から構成され原子炉施設保安規定の変更等を審議し確認する。

高浜発電所



注) 必要により評価書作成助勢等の外部委託を実施するものとする。
「長期保守管理方針に基づく保守管理の実施」および「長期保守管理方針の維持」の管理は、
発電所にて実施する。

年月 項目	2012			2013			2014								2015							
	10	11	12	1	..	12	1	2	3	4	5	6	..	12	4	5	6	7	8	9	10	
手順書作成	▼																					
評価書作成	■																					
発電所確認								■											■			
妥当性確認										■											■	
プロセス確認											※1 ▼										※2 ▼	
原子力発電安全委員会 (審議)											▼										▼	
保安規定変更認可申請												▼										▼

※1：内部監査（プロセス監査） ※2：妥当性確認のプロセス確認

4. 技術評価方法

4. 1 技術評価対象機器

本検討では、「高経年化対策実施ガイド等」に従い、高浜発電所4号炉の安全上重要な機器等（「実用炉規則 第82条第1項」で定める機器・構造物）を技術評価対象機器とした。

具体的には、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針（1990年8月30日原子力安全委員会決定）」において定義されるクラス1、2および3の機能を有する機器・構造物（実用炉規則別表第二において規定される浸水防護施設に属する機器および構造物を含む。）ならびに「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（2013年原子力規制委員会規則第5号）第43条第2項に規定される常設重大事故等対処設備」（以下、「常設重大事故等対処設備」という）に属する機器・構造物とし、原子力保全総合システム（M35）、系統図等を基に抽出した。なお、2015年9月までに補正申請を行なう工事計画で新たに追加された機器・構造物についても、評価対象として抽出した。なお、工事計画は2015年9月の申請内容からの変更はなく同年10月に認可されており、審査過程においても高経年化技術評価に反映が必要となる追加設備等がなかったことを確認した。

なお、供用に伴う消耗が予め想定される部品であって設計時に取替を前提とするものまたは機器分解点検等に伴い必然的に交換されるものは消耗品として対象から除外する。また、設計時に耐用期間内に計画的に取替えることを前提とする機器であり、交換基準が保全指針、業務決定文書または原子力発電所保修業務要綱指針により定められているものについても定期取替品として対象から除外する。

4. 2 技術評価手順

4. 2. 1 機器のグループ化および代表機器の選定

評価にあたっては、ポンプ、熱交換器、ポンプモータ、容器、配管、弁、炉内構造物、ケーブル、電気設備、タービン設備、コンクリート構造物および鉄骨構造物、計測制御設備、空調設備、機械設備、電源設備に分類（カテゴリ化）し機種毎に評価した。

選定された評価対象機器について合理的に評価するため、構造（型式等）、使用環境（内部流体等）、材料等により、「学会標準2008版」附属書A（規定）および「学会標準2012追補版」附属書A（規定）に基づき、「経年劣化メカニズムまとめ表^{注1)}」を参考に、対象機器を分類しグループ化を行った。

次に、グループ化した対象機器から重要度、使用条件、運転状態等

により各グループの代表機器（以下、「代表機器」という。）を選定し、代表機器で評価した結果をグループ内の全機器に水平展開するという手法で全ての機器について評価を実施した。ただし、代表機器の評価結果をそのまま水平展開できない経年劣化事象については個別に評価を実施した。

注：「経年劣化メカニズムまとめ表」はこれまでの高経年化技術評価の知見を包括的にまとめ、高経年化技術評価対象機器個別の条件（型式、使用環境、材料等）を考慮し、安全機能達成のために要求される機能の維持に必要な部位に展開した上で、その部位と経年劣化事象の組み合わせを整理した表であることから、「経年劣化メカニズムまとめ表」を活用することで、これまでに確認されている使用材料および環境に応じ発生しているかまたは発生が否定できない経年劣化事象を抜け落ちなく抽出することができる。

4. 2. 2 国内外の新たな運転経験および最新知見の反映

高浜発電所4号炉の高経年化対策を検討するにあたり、美浜発電所1、2、3号炉、高浜発電所1、2号炉および大飯発電所1、2号炉を含む先行号炉の30年目の技術評価報告書ならびに美浜発電所1、2号炉の40年目の技術評価報告書を参考にするとともに、それ以降2011年4月～2013年11月の国内外の運転経験について事象・原因を調査し、高経年化への影響を判断して反映を実施した。なお、その期間以降の最新知見、運転経験については、審査の状況等も踏まえ、適宜反映した。

国内の運転経験としては、法律対象のトラブルに加え、法令の定めでは国への報告は必要ないが、電力自主で公開している軽微な情報も含んでいる。具体的には、原子力安全推進協会が運営している原子力発電情報公開ライブラリーにおいて公開されている「トラブル情報」、「保全品質情報」を対象とした。

また、海外の運転経験としては、NRC（米国原子力規制委員会；Nuclear Regulatory Commission）のBulletin（通達）、Generic LetterおよびInformation Noticeを対象とした。

高浜発電所4号炉の高経年化対策の検討で、新たに考慮した主な運転経験を以下に示す。

- ①高浜発電所1号炉 非常用ディーゼル発電機からの潤滑油漏えいについて（2011年3月）

また、検討対象とした主なN I S A文書・N R A文書等を以下に示す。

- ① 「発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令の解釈についての一部改正について（通知）」
（平成23年5月6日、平成23・03・31原院第3号 NISA-325c-11-5）
- ② 「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」
（平成25年6月19日、原管P発第1306197号および平成25年12月6日、原管P発第1312062）
- ③ 「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド」
（平成25年6月19日、原管P発第1306198号および平成25年12月6日、原管P発第1312063）
- ④ 「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド」
（平成25年7月8日、原管P発第1307081号および平成25年12月18日、原管P発第1312181）

検討対象とした最新知見の情報を以下に示す。

- ・ 国の定める技術基準ならびに日本機械学会、日本電気協会および日本原子力学会等の規格・基準類
- ・ 原子力安全基盤機構の高経年化技術情報データベースにおける試験研究の情報

新たに考慮した主な最新知見を以下に示す。

- ① 日本機械学会 発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法（2009年版）（JSME S NF1-2009、2010年2月発行）
- ② 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準：2011追補2（AESJ-SC-P005:2012、2012年6月発行）
- ③ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準：2012追補3（AESJ-SC-P005:2012、2012年12月発行）
- ④ 日本電気協会 電気技術規程 原子炉構造材の監視試験方法 [2010年追補版]（JEAC 4201-2007[2010年追補版]、2010年11月発行）
- ⑤ 日本電気協会 電気技術規程 原子炉構造材の監視試験方法 [2013年追補版]（JEAC 4201-2007[2013年追補版]、2014年5月発行）

- ⑥ 原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル (JNES-RE-2013-9012)、2013年9月発行)
- ⑦ 原子力安全基盤機構 原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド (JNES-RE-2013-2049)、2014年2月発行)

4. 2. 3 経年劣化事象の抽出

高経年化技術評価を行うにあたっては、選定された評価対象機器の使用条件（型式、材料、環境条件等）を考慮し、「学会標準2008版」附属書A（規定）および「学会標準2012追補版」附属書A（規定）に基づき、「経年劣化メカニズムまとめ表」を参考に、経年劣化事象と部位の組み合わせを抽出した。

なお、抽出された経年劣化事象と部位の組み合わせのうち、下記のいずれかに該当する場合は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象として除外した。

- イ 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考えがたい経年劣化事象であって、想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っているもの
- ロ 現在までの運転経験や使用条件から得られた材料試験データとの比較等により、今後も経年劣化の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

4. 2. 4 経年劣化事象に対する技術評価

4. 2. 1 で選定された代表機器について、4. 2. 3 で抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と部位の組み合わせに対する技術評価を下記の健全性評価、現状保全、総合評価、高経年化への対応の手順で実施した。なお、技術評価は、運転を断続的に行うことを前提としたものおよび冷温停止状態が維持されることを前提としたものの各々について実施している。

a. 健全性評価

機器毎に抽出した部位・経年劣化事象の組み合わせ毎に60年間使用することを仮定して、傾向管理データによる評価および解析等の定量評価、過去の点検実績、一般産業で得られている知見等により健全性の評価を実施する。また、2015年9月までに補正申請を行なう工事計画を踏まえた健全性評価を实

施する。

b. 現状保全

評価対象部位に実施している点検内容、関連する機能試験内容、補修・取替等の現状保全の内容について整理する。

c. 総合評価

上記 a、b を合わせて現状の保全内容の妥当性等を評価する。具体的には、健全性評価結果と整合の取れた点検等が、現状の発電所における保全活動で実施されているか、また点検手法は当該の経年劣化事象の検知が可能か等を評価する。

d. 高経年化への対応

60年間の使用を考慮した場合、現状保全の継続が必要となる項目、今後新たに必要となる点検・検査項目、技術開発課題等を抽出する。

4. 3 耐震安全性評価

4. 2. 3で抽出した経年劣化事象およびその保全対策を考慮した上で各機器毎に耐震安全性評価を実施する。

4. 3. 1 耐震安全性評価対象機器

技術評価対象機器と同じとした。

4. 3. 2 耐震安全性評価手順

a. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

4. 2. 3で抽出した安全機能を有する機器・構造物に想定される全ての経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、代表機器の振動応答特性または、構造・強度上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「有意」なものを耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした。

b. 耐震安全性評価

前項で抽出した経年劣化事象毎に、耐震安全性評価を実施した。評価の基本となる項目は、大別すると以下のとおり分類される。

- ① 機器の耐震クラス
- ② 機器に作用する地震力の算定
- ③ 60年の供用を仮定した経年劣化事象のモデル化
- ④ 振動特性解析（地震応答解析）
- ⑤ 地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
- ⑥ 許容限界との比較

これらの項目のうち、④および⑥については経年劣化の影響を考慮して評価を実施した。また、評価に際しては、「原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等に準じて実施した。

c. 保全対策へ反映すべき項目の抽出

以上の検討結果を基に、耐震安全性の観点から高経年化対策に反映すべき項目について検討した。

4. 4 耐津波安全性評価

4. 2. 3で抽出した経年劣化事象およびその保全対策を考慮した上で耐津波安全性評価を実施する。

4. 4. 1 耐津波安全性評価対象機器

評価対象機器は、「技術評価」における評価対象機器のうち、津波の影響を受ける浸水防護施設を耐津波安全性評価の対象とした。

4. 4. 2 耐津波安全性評価手順

a. 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

耐津波安全性評価対象機器に対して4. 2. 3で抽出した経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、構造・強度上および止水性上影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「有意」なものを耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした。

b. 耐津波安全性評価

前項で整理される、耐津波安全性評価上考慮する必要のある経年劣化事象が想定される設備に対し、耐津波安全性に関する評価を実施した。

c. 保全対策へ反映すべき項目の抽出

以上の検討結果を基に、耐津波安全性の観点から高経年化対策に反映すべき項目について検討した。

4. 1～4. 4までの検討における評価フローを、資料4-1および資料4-2に示す。

4. 5 冷温停止状態維持時の技術評価

冷温停止状態維持時の技術評価フローを資料4-3に、冷温停止状態維持に必要な設備抽出フローを資料4-4に示す。抽出された冷温停止状態維持に必要な設備に対して、断続的運転を前提とした場合に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対して冷温停止状態の維持を前提とした場合における劣化の発生・進展に関する整理を実施し、その結果を基に冷温停止状態を前提とした評価（以下、「冷温停止を踏まえた再評価」）を以下の手順で実施した。

4. 5. 1 代表機器の選定

冷温停止状態維持に必要な設備を考慮して、断続的運転を前提とした技術評価における代表機器を本検討の代表機器として選定した。

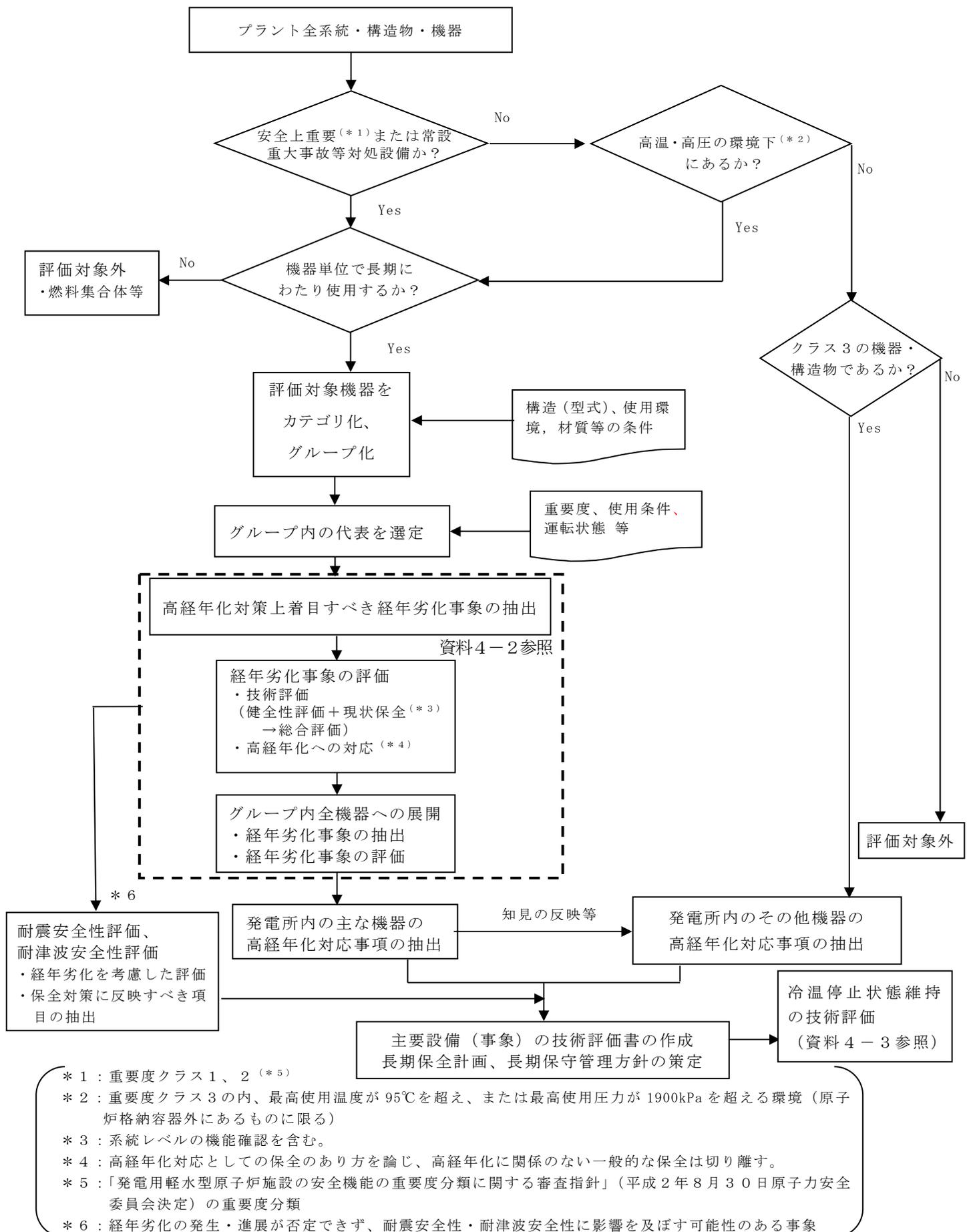
4. 5. 2 冷温停止を踏まえた再評価を行う経年劣化事象の抽出

断続的運転を前提とした場合に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象^{注)}に対して、冷温停止状態の維持を前提とした場合における劣化の発生・進展に関する整理を実施し、冷温停止状態の維持を前提とした場合において、発生・進展が断続的運転を前提とした場合より厳しくなることが想定される経年劣化事象を抽出した。その結果、より厳しくなることが想定される経年劣化事象が抽出された場合には、冷温停止を踏まえた再評価を実施した。なお、保全対策に反映すべき項目があるかもあわせて検討した。

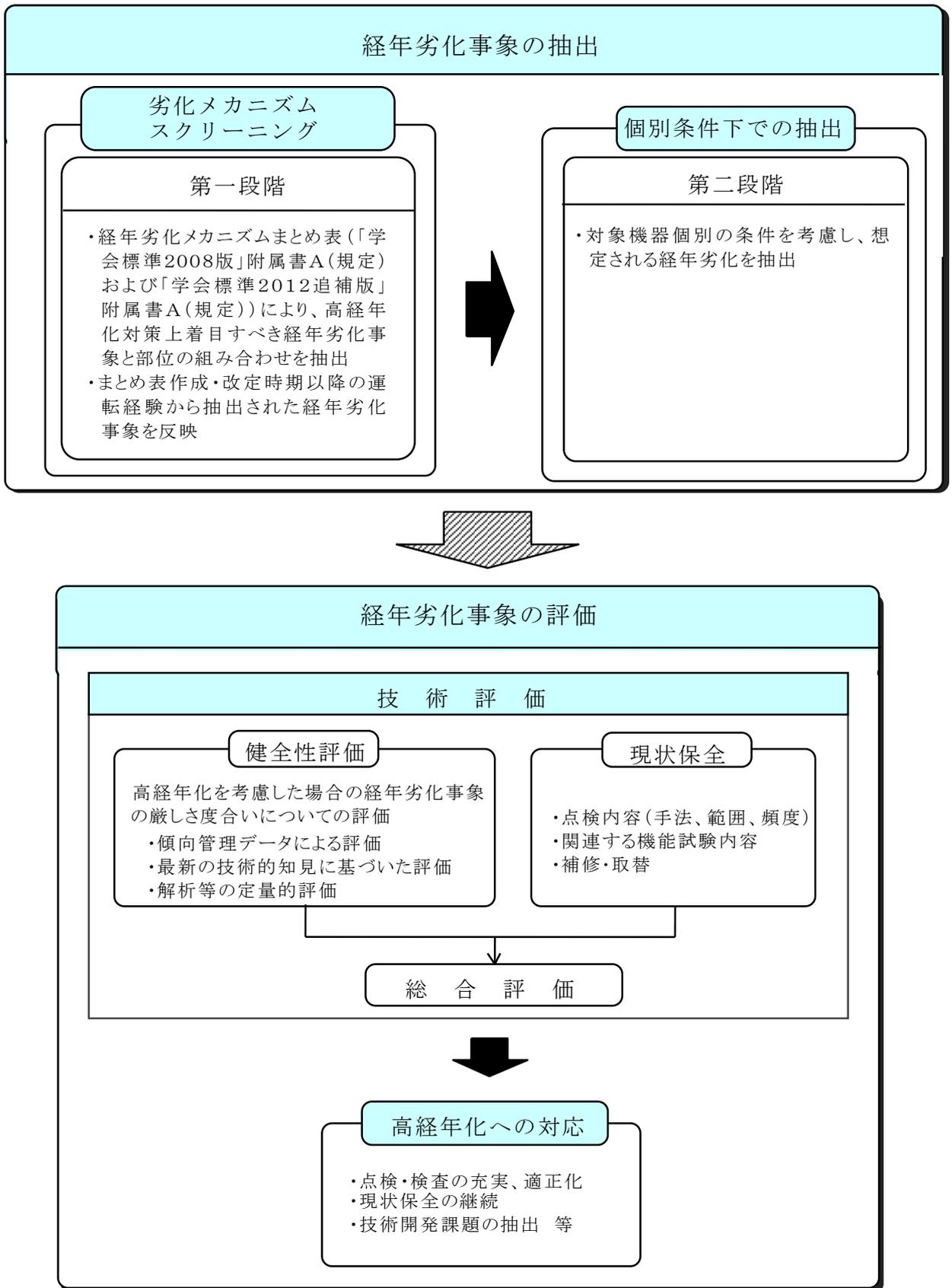
4. 5. 3 評価対象機器全体への展開

代表機器の評価結果を踏まえ、冷温停止状態の維持を前提とした場合において、発生・進展が断続的運転を前提とした場合より厳しくなることが想定される経年劣化事象を抽出した。その結果、より厳しくなることが想定される経年劣化事象が抽出された場合には、冷温停止を踏まえた再評価を実施した。なお、保全対策に反映すべき項目があるかもあわせて検討した。

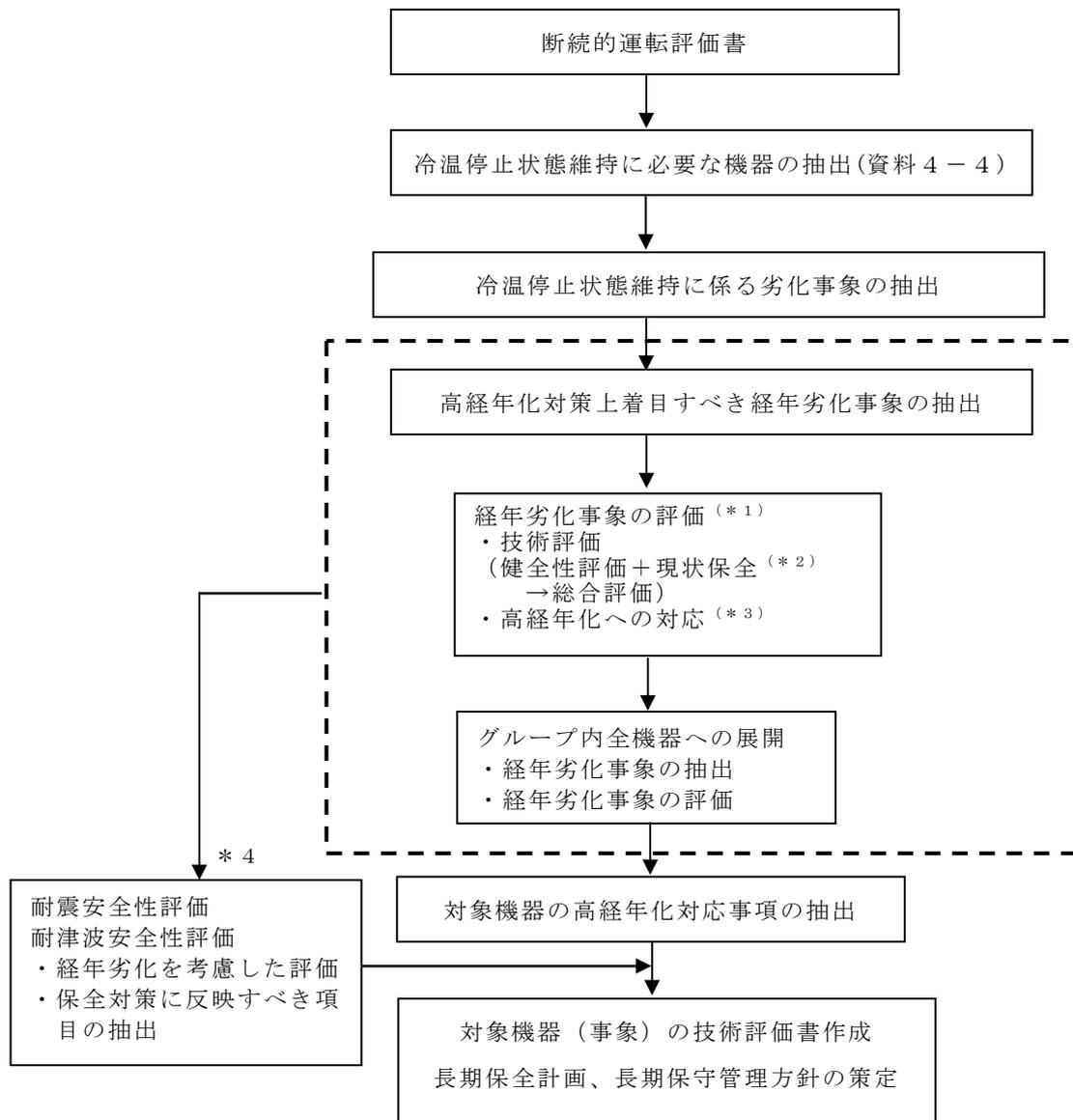
注: 運転を断続的に行うことを前提とした評価における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象以外の事象が、冷温停止状態が維持されることを前提とした評価において着目すべき経年劣化事象となる場合はそれらもあわせて抽出した。



資料 4 - 1 技術評価フロー

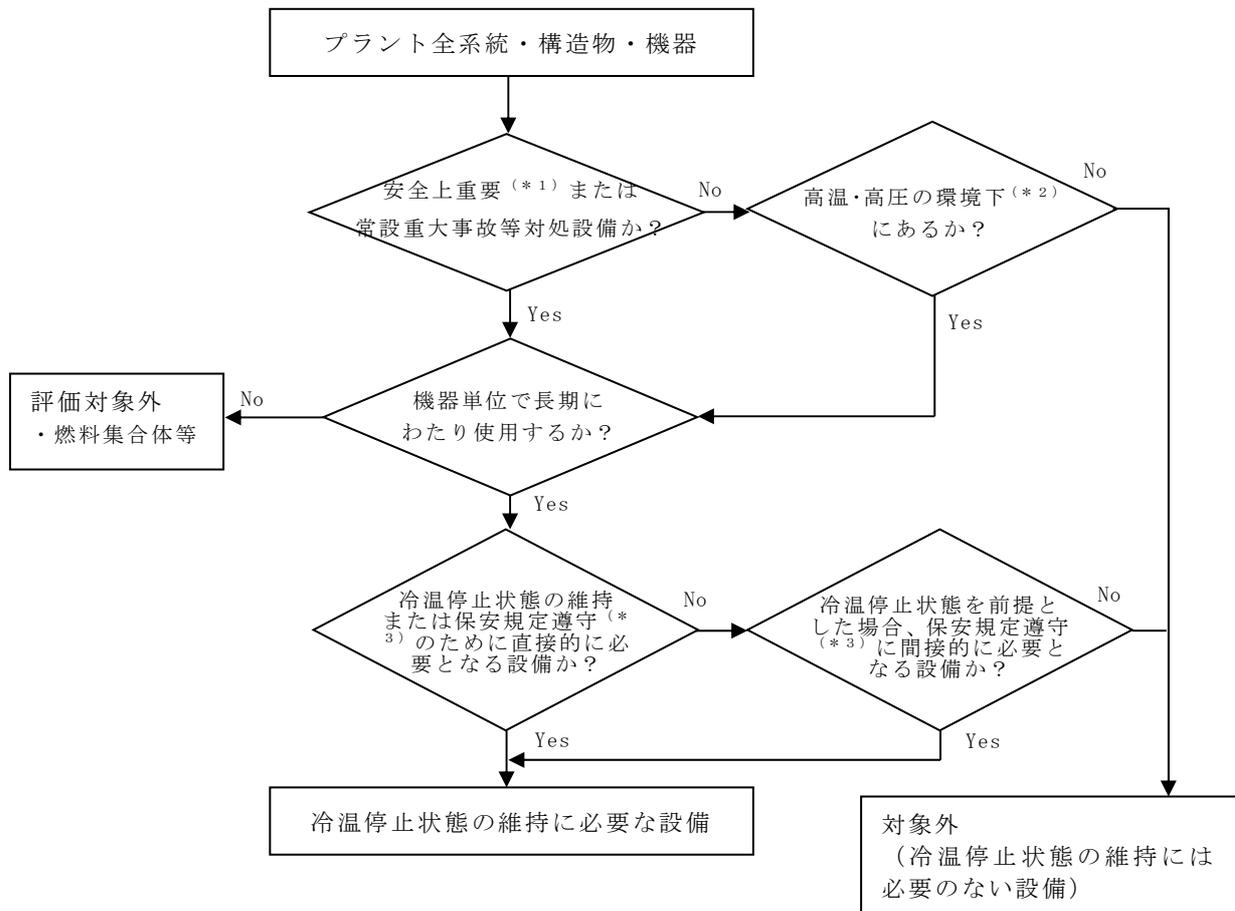


資料4-2 経年劣化事象の抽出および技術評価フロー



- * 1 : 運転を前提とした評価の代表機器として評価されている機器に関しては、冷温停止を前提とした場合に必要な機器として抽出されていなくても、次頁のフローより抽出する機器を評価するための代表機器として妥当な場合は、代表機器としての評価を記載することとする。
- * 2 : 系統レベルの機能確認を含む。
- * 3 : 高経年化対応としての保全のあり方を論じ、高経年化に関係のない一般的な保全は切り離す。
- * 4 : 経年劣化の発生・進展が否定できず、耐震安全性・耐津波安全性に影響を及ぼす可能性のある事象

資料 4 - 3 冷温停止状態維持時の技術評価フロー



* 1 : 重要度クラス 1、2 (* 4)

* 2 : 重要度クラス 3 のうち、最高使用温度が 95℃ を超え、または最高使用圧力が 1900kPa を超える環境 (原子炉格納容器外に限る)

* 3 : 保安規定で定義されている原子炉の運転モード 5、モード 6 および運転モードに関係なく要求される機能を対象とする。

* 4 : 「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」(平成 2 年 8 月 30 日原子力安全委員会決定) の重要度分類

資料 4 - 4 冷温停止状態維持に必要な設備抽出フロー

5. 技術評価結果

本章では、資料4-1および資料4-3で抽出した機器・構造物に係る技術評価結果、耐震安全性評価結果および耐津波安全性評価結果の概要を記載している。

なお、各機器の詳細な評価結果については、それぞれ別冊にまとめている。

5. 1 運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の技術評価結果

本節においては、運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の技術評価結果についてまとめた。

- 5. 1. 1 ポンプ
- 5. 1. 2 熱交換器
- 5. 1. 3 ポンプモータ
- 5. 1. 4 容器
- 5. 1. 5 配管
- 5. 1. 6 弁
- 5. 1. 7 炉内構造物
- 5. 1. 8 ケーブル
- 5. 1. 9 電気設備
- 5. 1. 10 タービン設備
- 5. 1. 11 コンクリート構造物および鉄骨構造物
- 5. 1. 12 計測制御設備
- 5. 1. 13 空調設備
- 5. 1. 14 機械設備
- 5. 1. 15 電源設備
- 5. 1. 16 その他設備（長期保守管理方針に係る技術評価）

なお、溢水評価上の防護対象設備については、高エネルギー配管破損による環境が、電気・計装品の劣化に有意な影響を及ぼす可能性があり、評価上の考慮が必要と考えられるため、以下の通り評価を行った。

- 原子炉格納容器内および主蒸気配管室内に設置されている機器については、当該エリアの使用環境に著しい影響を与える1次冷却材配管破断（LOCA）および主蒸気・主給水配管破断（MSLB）を踏まえた長期健全性試験により、健全性に問題のないことを確認した。
- それ以外の建屋（原子炉補助建屋や中間建屋等）に設置されている機器については、高エネルギー配管（抽出系統配管、補助蒸気系統配管および蒸気発生器ブローダウンサンプル系統配管）破損に対して蒸気影響緩和対策を施すことにより環境悪化を緩和している※ことを踏まえ、通常運転時の長期健全性試験や現状保全の妥当性確認により、健全性に問題のないことを確認した。

※ 配管破損時の環境において促進される劣化量が、通常運転サイクル中に受ける劣化量に対し考慮が不要と判断できる程度

5. 1. 1 ポンプ

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 主軸等の腐食
- b. 主軸のフレット疲労割れ
- c. 増速機歯車等の摩耗
- d. ケーシングの疲労割れ
- e. ケーシングの熱時効

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「摩耗」

- ① 充てん／高圧注入ポンプ等の増速機歯車等の摩耗については、急激な摩耗の進行により機器の健全性に影響を与える可能性は小さい。現状、目視確認および寸法計測を実施し、有意な摩耗のないことを確認している。目視確認および寸法計測により増速機歯車等の摩耗は検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ② 海水ポンプ主軸等、海水と接液する部位の腐食については、腐食進行の可能性は否定できないが、目視により各部の腐食の有無もしくは塗装の劣化程度を確認し、腐食進行程度の把握を行っている。有意な腐食の有無もしくは塗装の劣化の有無は目視にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ③ 電動補助給水ポンプのフレット疲労割れについては、曲げ応力振幅が疲労限以上であるが、運転開始後60年時点の発生繰返し数は、曲げ応力振幅に対する許容値繰返し数を下回るため、フレット疲労割れが問題となる可能性は小さい。現状、振動確認により有意な振動がないことを確認している。振動確認により主軸のフレット疲労割れは検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 余熱除去ポンプケーシング等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 2 熱交換器

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 伝熱管の摩耗および高サイクル疲労割れ
- b. 伝熱管等のスケール付着
- c. 管板等の疲労割れ
- d. 支持脚等の腐食
- e. 伝熱管の損傷
- f. 600系ニッケル基合金使用部位の応力腐食割れ

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「腐食」

- ① 再生熱交換器等支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）については、長期使用により支持脚（スライド脚）の腐食による固着の可能性は否定できない。現状、プラント起動時に支持脚が正常に動作し、熱交換器が横方向に移動していること、もしくはスライド部の塗膜に異常のないことを目視により確認している。支持脚の腐食は目視により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② 湿分分離加熱器胴板等の腐食（流れ加速型腐食）については、急激な腐食進行の可能性は小さい。現状、目視確認等を実施し減肉進行程度を監視している。腐食（流れ加速型腐食）については、目視確認等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ③ 原子炉補機冷却水冷却器伝熱管の腐食（流れ加速型腐食）については、貝等の異物の付着により腐食が発生する可能性があるが、異物の大きさ等は不確定であり、一律で定量的な評価は困難である。現状、渦流探傷検査を実施し、有意な腐食のないことを確認している。伝熱管の腐食については、渦流探傷検査にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 原子炉補機冷却水冷却器管側平板等の腐食（異種金属接触腐食等）については、海水接液面にライニングを施工しているが、ライニングの劣化や異物の衝突等によるライニングのはく離等は不確定であり、一律で定量的な評価が困難である。現状、定期的にライニング状況の監視を実施している。ライニングのはく離等のないことはライニング状況の監視にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑤ 第1 低圧給水加熱器胴側耐圧構成品等の腐食については、支持板の穴部で流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。現状、伝熱管の渦流探傷検査を実施し、支持板の穴部の減肉状況を確認している。支持板の穴部の減肉状況は伝熱管の渦流探傷検査で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑥ 脱気器耐圧構成品の外面からの腐食（全面腐食）については、塗装や防水措置（保温）を施しており、腐食が発生する可能性は小さい。現状、目視確認により塗装や防水措置（保温）の健全性を確認している。外面からの腐食は塗装や防水措置（保温）の目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ⑦ 再生熱交換器管板等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。

「応力腐食割れ」

- ⑧ 600系ニッケル基合金を使用している蒸気発生器仕切板溶接部廻りの応力腐食割れについては、長時間運転経過後の発生の可能性は否定できない。現状、目視確認を実施し、有意な割れのないことを確認している。応力腐食割れは目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「伝熱管の損傷」

- ⑨ 蒸気発生器の伝熱管の各種損傷については、摩耗等による発生の可能性は小さい。現状、渦流探傷検査による健全性の確認や、スラッジランシングを実施し、管板上のスラッジ除去を行っているが、伝熱管材料は600系ニッケル基合金であり、管板拡管部の応力腐食割れ等による損傷の可能性は否定できないことから、現状保全項目に加えて、蒸気発生器取替を含めた保全方法を検討していく。

「スケール付着」

- ⑩ スチームコンバータ本体伝熱管等のスケール付着についてはスケール付着による伝熱性能の低下の可能性は否定できない。現状、運転時の蒸気圧力等のパラメータ監視により異常のないことの確認や、定期的なブラシ洗浄等による付着物の除去を行っている。スケール付着は、パラメータ監視にて検知可能であり、また、ブラシ洗浄等にて除去可能であることから、今後も現状保全を継続していく。
- ⑪ 蒸気発生器の管支持板穴へのスケール付着については、発生の可能性は否定できない。現状、スケール付着傾向は渦流探傷検査信号による閉塞率評価等により監視し、必要に応じて付着スケール除去のための洗浄を実施している。管支持板穴へのスケール付着傾向については、渦流探傷検査信号による閉塞率評価等により把握可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 3 ポンプモータ

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

a. 固定子コイル等の絶縁低下

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「絶縁低下」

- ① 海水ポンプモータ固定子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁診断により許容範囲に収まっていることを確認し傾向管理を行うとともに、運転年数と絶縁診断に基づき取替を実施している。絶縁低下については、絶縁診断により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② ほう酸ポンプモータ固定子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定により許容値以上であることを確認するとともに、点検結果に基づき取替等を実施している。絶縁低下については、絶縁抵抗測定により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 4 容器

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 冷却材出入口管台等の疲労割れ
- b. 原子炉容器胴部の中性子照射脆化
- c. 600系ニッケル基合金使用部位等の応力腐食割れ
- d. ヒータエレメント等の導通不良
- e. 原子炉格納容器鋼板等の腐食
- f. ポッティング材等の絶縁低下

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目(現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目)を以下に抽出した。

「腐食」

- ① 原子炉格納容器鋼板の腐食については、現状の塗膜管理を行っていれば腐食は問題とならない。現状、原子炉格納容器全体漏えい率試験によりバウンダリ機能の健全性を確認するとともに、同試験の前に原子炉格納容器の構造上の健全性および気密性に影響を与える恐れのある劣化が起こっていないことを目視で確認している。また、定期的に板厚測定を実施し、有意な腐食がないことを確認している。原子炉格納容器鋼板の腐食については、目視確認等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② 原子炉格納容器機械ペネトレーション・固定式配管貫通部スリーブ等の腐食(全面腐食)については、塗膜の管理を行っていけば、機器の健全性に影響を与える可能性は小さい。現状、目視確認により塗膜に異常のないことを確認している。腐食は目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ③ 原子炉補機冷却水サージタンク等の支持脚(スライド脚)の腐食(全面腐食)については、長期使用により支持脚(スライド脚)の腐食による固着の可能性は否定できない。現状、プラント起動時に支持脚が正常に動作し、タンクが横方向に移動していることを目視により確認している。支持脚の腐食は目視により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 復水タンク胴板等の外面からの腐食（全面腐食）については、塗装や防水措置が不十分であると、雨水等により外面からの腐食が発生する可能性がある。現状、目視確認により塗装や防水措置の健全性確認を実施している。塗装や防水措置の異常は目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ⑤ 原子炉容器冷却材出入口管台等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。

「応力腐食割れ」

- ⑥ 復水タンク管台等耐圧構成品の外面からの応力腐食割れについては、塗装を施して海塩粒子の付着を防止しており、応力腐食割れの発生の可能性は小さい。現状、目視にて塗膜の健全性確認を実施している。塗膜の異常は目視確認にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「中性子照射脆化」

- ⑦ 原子炉容器胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化については、最新の破壊力学的手法を用いて、運転開始後60年間の中性子照射を考慮し、初期き裂を想定して評価を行っても脆性破壊は起こらないことを確認した。現状、超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥の無いことを確認している。また、監視試験片による試験で将来の破壊靱性の変化を先行把握している。胴部材料の機械的性質の予測は監視試験により把握可能であり、また有意な欠陥のないことも超音波探傷検査により確認しているが、今後、JEAC4201に基づき計画的に監視試験を実施して健全性評価の妥当性を確認するとともに、定期的に超音波探傷検査を実施していく。また、監視試験結果から、JEAC4206に基づき、運転管理上の制限として加熱・冷却運転時に許容しうる温度・圧力の範囲（加熱冷却時制限曲線）および耐圧漏えい試験温度を設けて運用していく。さらに、現状保全項目に加えて、原子炉の運転時間および照射量を勘案し、第5回監視試験の実施計画を策定する。

「絶縁低下」

- ⑧ 電気ペネトレーションのポッティング材および外部リードについては、60年間の通常運転とその後の設計基準事故後、または60年間の通常運転とその後の重大事故等後においても絶縁機能を維持できると判断する。現状、絶縁抵抗測定等を行い有意な絶縁低下のないことを確認している。なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法の構築に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。

5. 1. 5 配管

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 母管等の疲労割れ
- b. 母管の高サイクル熱疲労割れ
- c. 母管の応力腐食割れ
- d. 母管の腐食
- e. 母管等の熱時効
- f. Uボルト等の摩耗
- g. スライドサポートのスライドプレートのテフロンのはく離
- h. スプリングハンガのばねの変形
- i. メカニカルスナバのグリスの劣化

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「摩耗」

- ① 配管サポートUボルト等の摩耗については、著しい摩耗が生じる可能性は小さい。現状、目視にて摺動部の状態や支持状態に異常のないことを確認している。摩耗は、摺動状態または支持状態の目視確認にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ② 補助蒸気系統配管母管等の腐食（エロージョン）については、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を行っており、機器の健全性に影響を与える可能性は小さいと考える。今後も補助蒸気系統配管母管等の腐食（エロージョン）については、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づいた管理を実施していく。

- ③ 主蒸気系統配管母管等（炭素鋼）の腐食（流れ加速型腐食）については、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を行っており、機器の健全性に影響を与える可能性は小さいと考える。今後も炭素鋼配管の腐食（流れ加速型腐食）については、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づいた管理を実施していく。
- ④ 海水系統配管母管の内面からの腐食（全面腐食）については、ライニングのはく離等が生じた場合腐食が発生する可能性がある。現状、ライニング点検を実施し、健全性を確認している。ライニングのはく離等は目視確認等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑤ 主給水系統配管母管等の屋外保温部の外面からの腐食（全面腐食）については、塗装や防水措置（保温）が不十分であると、雨水等により外面からの腐食が発生する可能性がある。現状、目視確認により塗膜や防水措置（保温）の健全性を確認している。塗膜や防水措置（保温）の異常は目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ⑥ 余熱除去系統配管母管等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。
- ⑦ 余熱除去系統配管母管の高サイクル熱疲労割れについては、隔離弁がリークした場合、界面が変動することにより疲労割れが発生する可能性がある。現状、弁の分解点検等を実施しているが、弁リークの発生は分解点検等にて防止可能であり、今後も現状保全を継続していく。また、余熱除去系統配管合流部は、複雑な流況による熱過渡を受けることから疲労が蓄積する可能性があるが、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。

「応力腐食割れ」

- ⑧ 余熱除去系統配管母管等の内面からの応力腐食割れについては、閉塞滞留部となり溶存酸素濃度が高くなる可能性があり、かつ1次冷却材の流れの影響により高温となる可能性がある部位では発生の可能性は否定できないが、当該部位については、第20回定期検査時（2011年度～）にSUS304系からSUS316系に取替を完了しており、応力腐食割れ発生の可能性は小さい。現状、溶接部を対象とした超音波探傷検査等を実施し、有意な欠陥がないことを確認している。内面からの応力腐食割れは超音波探傷検査等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑨ 補助給水系統配管母管等の外面からの応力腐食割れについては、配管外面に大気中の海塩粒子等の塩分が付着した場合、塩化物イオンにより応力腐食割れが発生する可能性がある。現状、母管の外面からの応力腐食割れに対しては、定期的に目視確認により屋外に設置されている配管の塗膜または保温の健全性確認を実施している。塗膜等の異常は、目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「はく離」

- ⑩ 配管スライドサポートのスライドプレートのテフロンのはく離については、高温条件下で長期間使用した場合は、テフロンのはく離する可能性は否定できない。現状、解列前後に目視にてスライドサポートの動作状況を確認している。スライドサポートの動作状況は目視により確認可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 6 弁

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 弁箱の疲労割れ
- b. 弁体シート面等の摩耗
- c. 弁箱等の腐食
- d. 弁箱等の応力腐食割れ
- e. 安全逃し弁等のばねの変形
- f. リフト逆止弁弁体の固着
- g. 電動装置モータ等の絶縁低下

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「摩耗」

- ① 1次冷却系統仕切弁弁体シート面等の摩耗については、弁内面状態等を確認していくことで、急激に摩耗が進行する可能性は小さい。現状、目視確認等にて摩耗の状態を確認している。摩耗は、目視確認等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ② 海水系統バタフライ弁弁体等の腐食（孔食・隙間腐食）については、急激に腐食が進行する可能性は小さい。現状、目視確認を実施し、健全性を確認している。腐食は、目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ③ 主蒸気系統仕切弁弁箱等の腐食（流れ加速型腐食）については、定期的に弁内面状態を確認していくことで、機器の健全性に影響を与える可能性はない。現状、弁内面の目視確認等を実施し、有意な減肉のないことを確認している。腐食は目視確認等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 海水系統バタフライ弁弁箱等の腐食（異種金属接触腐食を含む）については、分解点検時にライニングの状況を確認することで、急激な腐食進行の可能性は小さい。現状、ライニングの目視確認を実施し、健全性を確認している。ライニングのはく離等は目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑤ 海水系統バタフライ弁弁箱等の外面からの腐食（全面腐食）については、塗装や防水措置（保温）が不十分であると、雨水等により外面からの腐食が発生する可能性がある。現状、目視確認により、塗膜や防水措置（保温）の健全性確認を実施している。塗膜や防水措置（保温）の異常は、目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑥ ドレン系統仕切弁弁箱等の腐食（エロージョン）については、高減圧部となる部位では流速が大きくなるため、エロージョンにより減肉が発生する可能性がある。現状、分解点検時に弁内面の状態を確認している。弁箱等の腐食は分解点検時に実施している目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑦ 換気空調系統バタフライ弁弁箱等の腐食（全面腐食）については、急激な腐食の進行により機器の健全性に影響を与える可能性は小さい。現状、定期的に目視確認を実施し、有意な腐食やライニングのはく離がないことを確認している。弁箱等の腐食は目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ⑧ 1次冷却系統仕切弁弁箱等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対し余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。

「応力腐食割れ」

- ⑨ 第5抽気系統仕切弁弁箱等の外面からの応力腐食割れについては、防水措置（保温）が不十分であると、応力腐食割れ発生の可能性は否定できないが、防水措置（保温）および弁外面の目視確認を実施していくことで、応力腐食割れの可能性は小さい。防水措置（保温）の異常は目視確認で、外面からの応力腐食割れは弁外面の目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「固着」

- ⑩ 原子炉補機冷却水系統リフト逆止弁弁体の固着については、一律で定量的な評価は困難であるが、現状、目視確認により腐食生成物等の堆積の兆候がないことを確認している。弁体の固着は、目視確認にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「絶縁低下」

- ⑪ 設計基準事故時雰囲気内等で機能要求がある電動装置モータの固定子コイル等の絶縁低下については、60年間の通常運転とその後設計基準事故等後においても絶縁機能を維持できると判断する。現状、定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることの確認を行っている。なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法の構築に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。また、事故時雰囲気内で機能要求がない弁電動装置モータの固定子コイル等の絶縁低下については、絶縁低下が生じる可能性は否定できない。絶縁低下は絶縁抵抗測定で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「変形」

- ⑫ 1次冷却系統玉形弁等のばねの変形（応力緩和）については、定期的に弁開閉試験および弁分解点検を実施し健全性を確認しており、発生の可能性は小さい。ばねの変形は弁開閉試験および弁分解点検により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 7 炉内構造物

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 炉心支持構造物の疲労割れ
- b. 制御棒クラスタ案内管（案内板）等の摩耗
- c. 炉心そうの中性子照射による靱性低下
- d. バッフルフォーマボルト等の照射誘起型応力腐食割れ

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「摩耗」

- ① 制御棒クラスタ案内管（案内板）の摩耗については、制御棒の案内機能に直ちに影響を及ぼす可能性はないと考える。現状、全制御棒の落下試験を実施しており、挿入時間に問題がないことによりその健全性を確認している。摩耗については、落下試験により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② 炉内計装用シングルチューブの摩耗については、機能喪失に至る可能性は小さい。現状、渦流探傷検査により摩耗状況を確認するとともに、必要に応じて位置変更または取替を実施している。炉内計装用シングルチューブの摩耗は渦流探傷検査で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ③ 支持ピンの摩耗
第18回定期検査時（2008年度）の点検結果では有意な摩耗は認められていない。現状、水中テレビカメラによる目視確認を実施し、有意な摩耗がないことを確認している。支持ピンの摩耗は目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ④ 炉心支持構造物の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。

「応力腐食割れ」

- ⑤ バッフルフォーマボルト等の照射誘起型応力腐食割れについては、バッフルフォーマボルトにおいて、損傷発生予測の結果、運転開始後60年時点に相当する運転時間約44万時間までにボルトは1本も損傷せず、ボルト損傷の可能性は小さい。なお、バレルフォーマボルト等については、バッフルフォーマボルトと比較して応力や照射量が小さいことから発生の可能性は小さい。現状、水中テレビカメラによる可視範囲の目視確認を実施し、異常がないことを確認しており、今後も現状保全を継続していく。

「中性子照射による靱性低下」

- ⑥ 炉心そうの中性子照射による靱性低下については、健全性が確認されているバッフルフォーマボルトと比較して応力レベルが低く、照射量も少ないため、き裂が発生する可能性は小さい。万一、有意な欠陥を仮定した場合でも不安定破壊発生の可能性はない。現状、水中テレビカメラによる可視範囲の目視確認を実施し、有意な欠陥がないことを確認しており、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 8 ケーブル

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

a. 絶縁体等の絶縁低下

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「絶縁低下」

- ① 難燃高圧C S H Vケーブル（屋外に布設）の絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化）については、屋外布設ケーブルが長時間浸水状態となる可能性は低く、水トリー劣化による絶縁低下の可能性は小さいと考えるが、高湿度環境となることを考慮すると、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁低下は絶縁診断で、浸水状態はトレンチ内の目視で確認している。絶縁低下は絶縁診断で、浸水状態は目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② 長期健全性試験を実施していない難燃高圧C S H Vケーブルの絶縁体の絶縁低下（水トリー劣化を除く）については、絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁体の絶縁低下は絶縁抵抗測定により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ③ 事故時雰囲気内で機能要求があるループ室内布設分の難燃P Hケーブル（代表）の絶縁体の絶縁低下については、長期健全性評価結果から評価期間に至る前に取替等の措置を実施する。また、事故時雰囲気内で機能要求がないF P E Tケーブル等については、絶縁低下の可能性は否定できないが、絶縁低下は絶縁抵抗測定または系統機器の動作確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 事故時雰囲気内で機能要求がある気密端子箱接続絶縁物等の絶縁低下については、運転開始後60年時点においても絶縁機能を維持できると判断する。なお、より実機条件に即した電気・計装設備の長期健全性評価手法の構築に関する検討が国プロジェクト「電気・計装設備の健全性評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。また、事故時雰囲気内で機能要求がない三重同軸コネクタ接続絶縁物等の絶縁低下については、熱および放射線による絶縁低下が考えられる。現状、絶縁抵抗測定および系統機器の動作確認を行い、異常のないことを確認している。絶縁低下は絶縁抵抗測定および系統機器の動作確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 9 電気設備

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. リンク機構（遮断器）の固着
- b. ばね（遮断器）の変形
- c. ばね蓄勢用モータ（遮断器）等の絶縁低下
- d. 保護リレーの特性変化

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「絶縁低下」

- ① メタクラ（安全系）ばね蓄勢用モータ等の絶縁低下については、絶縁低下の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定を行い異常のないことを確認している。絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「特性変化」

- ② メタクラ（安全系）保護リレー等の特性変化については、特性変化の可能性は否定できない。現状、調整試験および動作試験を実施し、異常のないことを確認している。特性変化は、調整試験および動作試験により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「固着」

- ③ メタクラ（安全系）リンク機構等の固着については、注油を実施することによりグリスの劣化の進行を緩和することが可能である。現状、注油を行い、各部の目視確認、動作確認を実施し、固着のないことを確認している。固着は、注油を行い、各部の目視確認、動作確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 10 タービン設備

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 主蒸気入口管等の腐食
- b. 車室の変形
- c. 車軸等の応力腐食割れ
- d. ジャーナル軸受ホワイトメタル等の摩耗、はく離
- e. ガバナ調速機構等のばねの変形

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「摩耗」

- ① 高圧タービンジャーナル軸受ホワイトメタル等の摩耗については、経年的な摩耗が発生するとしても非常に緩やかであり、摩耗の急激な進行の可能性は小さい。また、はく離についても現状保全を継続し、その結果を反映することにより、健全性の確保が可能である。摩耗、はく離は、目視確認、間隙測定、浸透探傷検査等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② タービン動補助給水ポンプ蒸気タービンガバナ調速機構の摩耗については、摩耗の進行の可能性は否定できない。現状、寸法計測により摩耗の進行程度を確認している。摩耗については、寸法計測にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ③ 高圧タービン主蒸気入口管等については、腐食（流れ加速型腐食）による減肉の可能性が考えられる。現状、超音波による肉厚測定や目視確認等により有意な減肉のないことを確認している。主蒸気入口管等の腐食は、超音波による肉厚測定や目視確認等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 低圧タービン動翼等の腐食（エロージョン）については、急激な減肉進行、動翼のステライトのはく離の可能性は小さい。現状、目視確認および浸透探傷検査等を実施している。低圧タービン動翼等の腐食は、目視確認、浸透探傷検査等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「応力腐食割れ」

- ⑤ 高圧タービン翼環ボルトの応力腐食割れについては、締付管理により応力腐食割れの感受性が緩和されており、これまで有意な割れが認められていないことから、発生の可能性は小さい。現状、目視確認を実施している。高圧タービン翼環ボルトの応力腐食割れは、目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑥ タービン動主給水ポンプ蒸気タービン車軸の応力腐食割れについては、発生の可能性は小さいと考えられるが否定できない。現状、翼取付部の目視確認を実施している。車軸の応力腐食割れは目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「変形」

- ⑦ 高圧タービン車室等の変形については、急激な変形進行の可能性は小さい。現状、水平継手面の間隙計測および当り状況の確認を実施している。高圧タービン車室等の変形は、間隙計測および当り状況確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 11 コンクリート構造物および鉄骨構造物

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. コンクリートの強度低下
- b. コンクリートの遮蔽能力低下
- c. 鉄骨の強度低下

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「強度低下」

- ① コンクリート構造物の熱、放射線照射、中性化、塩分浸透および機械振動による強度低下については、健全性評価結果から、強度低下が発生する可能性は小さい。現状、コンクリート表面のひび割れ、塗膜の劣化等の目視確認を定期的の実施し、強度に支障をきたす可能性のあるような有意な欠陥がないことを確認し、必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施している。また、非破壊試験等を実施し、強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認している。現状の保全方法は適切であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② 鉄骨構造物の腐食による強度低下については、現時点において強度低下につながるような鋼材の腐食は認められていない。また、腐食が急激に発生、進展する可能性は小さいと考えられる。現状、定期的な目視確認を実施し、強度に支障をきたす可能性のあるような鋼材の腐食につながる塗膜の劣化等が認められた場合には、その部分の塗装の塗替え等を行うこととしている。現状の保全方法は適切であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 1 2 計測制御設備

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 計装配管の応力腐食割れ
- b. 伝送器等の特性変化
- c. 計装用取出配管の内面からの腐食
- d. 計器用変流器等の絶縁低下

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「応力腐食割れ」

- ① 1次冷却材圧力計測制御装置計装配管等の応力腐食割れについては、発生する可能性は小さい。現状、漏えい試験時に健全性の確認を実施している。応力腐食割れについては、漏えい試験時の健全性確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「絶縁低下」

- ② 非常用ディーゼル発電機制御盤励磁装置等の絶縁低下については、絶縁低下の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定等を実施し、異常のないことを確認している。絶縁低下については、絶縁抵抗測定等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「特性変化」

- ③ 余熱除去流量計測制御装置伝送器等の特性変化については、特性変化の可能性は否定できない。現状、校正試験・調整等を実施し、精度が保たれていることを確認している。特性変化は、校正試験・調整等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ④ 海水ヘッダ圧力計測制御装置の計装用取出配管の内面からの腐食（全面腐食）については、定期的にライニングの健全性を確認していくことで、急激な腐食進行の可能性は小さい。現状、系統の弁分解点検時等に目視確認を実施し、ライニングの健全性を確認している。ライニングのはく離等は目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 1 3 空調設備

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. ファン主軸等の腐食
- b. モータ固定子コイル等の絶縁低下
- c. ダンパシャフトの固着
- d. ダンパ駆動装置等のばねの変形

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目(現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目)を以下に抽出した。

「腐食」

- ① チラーユニットの凝縮器伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)については、貝等の異物の付着により内面腐食(流れ加速型腐食)が発生する場合があるが、異物の大きさ等は不確定であり、一律で定量的な評価は困難である。現状、渦流探傷検査を実施し、有意な腐食のないことを確認している。凝縮器伝熱管の内面腐食(流れ加速型腐食)については、渦流探傷検査にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② チラーユニットの凝縮器水室の腐食(異種金属接触腐食等)については、炭素鋼部位の海水接液面にライニングを施工しているが、ライニングの劣化や異物の衝突等によるライニングのはく離等は不確定であり、一律で定量的な評価が困難である。現状、定期的にライニング状況の監視を実施している。ライニングのはく離等のないことはライニング状況の監視にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ③ 非常用ディーゼル発電機室換気系統ダクト外板の大气取入部等の腐食(全面腐食)については、腐食発生の可能性は否定できないが、亜鉛メッキが健全であれば腐食の発生は防止できる。現状、ダクト入口部の表面状態を目視により確認し、必要に応じて塗装を実施している。外板の大气取入部の腐食は目視による表面状態の確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「絶縁低下」

- ④ 安全補機開閉器室空調ファンモータ固定子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定により許容値以上であることを確認するとともに、点検結果に基づき取替等を実施している。絶縁低下については、絶縁抵抗測定により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ⑤ チラーユニット用圧縮機モータ固定子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁診断により許容範囲に収まっていることを確認し傾向管理を行うとともに、運転年数と絶縁診断に基づき取替を実施している。絶縁低下については、絶縁診断により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「固着」

- ⑥ 安全補機室排気系RHRポンプ室防火ダンパ等ダンパシャフトの固着については、急激な固着発生の可能性は小さい。現状、ダンパの作動確認を実施し、必要に応じて給油している。ダンパシャフトの固着については、作動確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 1 4 機械設備

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. サポートブラケットの中性子および γ 線照射脆化
- b. パッド、ヒンジ摺動部等の摩耗
- c. 加圧器スカート溶接部の疲労割れ
- d. モータ固定子コイル等の絶縁低下
- e. 空気だめ等の腐食
- f. 圧力スイッチ等の特性変化
- g. ワイヤロープの摩耗および素線切れ
- h. グリッパ等のばねの変形
- i. 制御棒クラスタ被覆管先端部の照射誘起割れ
- j. ケミカルアンカ樹脂の劣化

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目(現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目)を以下に抽出した。

「摩耗」

- ① 格納容器外制御用空気圧縮機主軸等の摩耗については、長期運転時に許容摩耗量を超える可能性は否定できない。現状、寸法計測等を実施し、有意な摩耗のないことを確認している。摩耗については、寸法計測等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② 格納容器外制御用空気圧縮機Vプーリ等の摩耗については、急激な摩耗の発生する可能性は小さい。現状、Vプーリ等の目視確認等を実施している。Vプーリ等の摩耗はVプーリの目視確認等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ③ 燃料取替クレーンワイヤロープ等の摩耗および素線切れについては、摩耗および素線切れにより健全性に影響を与える可能性は小さい。現状、ワイヤロープ径の寸法計測および目視確認を実施している。ワイヤロープの摩耗および素線切れは、ワイヤロープ径の寸法計測および目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ④ 燃料取替クレーンロッキングカム等の摩耗については、長期運転時に許容摩耗量を超える可能性は否定できない。現状、グリッパの作動検査および隙間計測による管理等を実施している。ロッキングカムの摩耗はグリッパの作動検査および隙間計測による管理等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑤ 燃料移送装置チェーン（ブッシュ部）の摩耗については、チェーンの許容伸び量を超える可能性は否定できない。現状、チェーンの伸び計測を実施し、伸びの傾向を監視している。チェーン（ブッシュ部）の摩耗はチェーンの伸び計測により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑥ 炉内熱電対用フランジコノシールガスケット取付部の摩耗については、定期的にコノシールガスケットの取替を行っており、取付部に摩耗が発生する可能性がある。現状、接触面の目視確認を実施するとともに、漏えい試験を実施し、漏えいのないことを確認している。摩耗は、目視確認および漏えい試験にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑦ 制御棒クラスタの被覆管の摩耗については、制御棒が流体振動をおこし、制御棒クラスタ案内管案内板等との長時間にわたる干渉により生じる可能性がある。現状、制御棒クラスタの被覆管については、摩耗進行曲線による運転時間管理によりステップ変更および取替を実施している。また、全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題のないことを確認している。制御棒クラスタ被覆管の摩耗については、摩耗深さが肉厚を超えないような管理により健全性は確保され、挿入性については落下試験により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ⑧ 基礎ボルトの大気接触部（塗装なし部）の腐食（全面腐食）については、腐食減肉による支持機能の低下の可能性は小さい。現状、巡視点検や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことを確認している。基礎ボルトの大気接触部については、巡視点検や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことにより、支持機能に異常がないことが確認可能であり、今後も現状保全を継続していく。なお、今後も知見の充実のため、各種基礎ボルトの引抜き機会があれば、引き続き調査を行っていく。

「疲労割れ」

- ⑨ 加圧器スカート溶接部の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。ただし、疲労評価は実過渡回数に依存するため、現状、高経年化技術評価に合わせて、実過渡回数に基づく評価を実施することとしており、今後も現状保全を継続していく。

「絶縁低下」

- ⑩ 格納容器外制御用空気圧縮機モータ固定子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定により許容値以上であることを確認するとともに、点検結果に基づき取替等を実施している。絶縁低下については、絶縁抵抗測定により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑪ 燃料取替クレーン電磁ブレーキ固定鉄心等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定を行い、有意な絶縁低下がないことを確認している。絶縁低下は、絶縁抵抗測定により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「特性変化」

- ⑫ 格納容器外制御用空気圧縮機潤滑油圧力スイッチ等の特性変化については、特性変化の可能性は否定できない。現状、調整試験等を実施し、精度が保たれていることを確認している。特性変化は調整試験等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑬ 燃料取替クレーンロードセル等の特性変化については、急激な特性変化が発生する可能性は小さい。現状、初期ひずみ測定、感度調整を実施し、精度が保たれていることを確認している。ロードセルの特性変化は、初期ひずみ測定、感度調整にて検知可能であり、今後

も現状保全を継続していく。

- ⑭ 燃料取替クレーン荷重監視装置等の特性変化については、特性変化の可能性は否定できない。現状、出力信号測定等を実施し健全性を確認している。荷重監視装置等の特性変化は、出力信号測定等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「照射誘起割れ」

- ⑮ 制御棒クラスタ被覆管の照射誘起割れについては、中性子照射量が十分大きくなると、被覆管先端部付近に発生する可能性がある。現状、中性子照射量に応じた取替を行うとともに、全制御棒クラスタの落下試験を実施し、挿入性に問題のないことを確認している。また水中カメラを用いた目視確認を実施し、有意なクラックがないことを確認している。照射誘起割れに対しては、中性子照射量に応じた取替を行うことで健全性は確保され、制御棒クラスタの挿入性については落下試験により、また照射誘起割れについては目視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「劣化」

- ⑯ 基礎ボルトのケミカルアンカの樹脂の劣化については、劣化による支持機能の低下の可能性は小さい。現状、巡視点検や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことを確認している。基礎ボルトのケミカルアンカの樹脂については、巡視点検や定期検査時の試運転にて機器に異常な振動等がないことにより、支持機能に異常がないことが確認可能であり、今後も現状保全を継続していく。なお、今後も知見の充実のため、ケミカルアンカの引抜きの機会があれば、引き続き調査を行っていく。

5. 1. 15 電源設備

各部位に対する着目すべき経年劣化事象を抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 固定子コイル等の絶縁低下
- b. シリンダライナ等の腐食
- c. 燃料油供給ポンプ調圧弁等のばねの変形
- d. 空気冷却器伝熱管等のスケール付着
- e. 過給機タービンロータ等のクリープ
- f. 燃料噴射ポンプ調整装置組立品各リンク等の固着
- g. 圧力スイッチ等の特性変化

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「腐食」

- ① 非常用ディーゼル機関シリンダライナ等純水接液部の腐食（全面腐食）については、発生の可能性は否定できない。現状、定期的に目視確認を実施している。純水接液部の有意な腐食は目視確認で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ② 非常用ディーゼル機関空気冷却器水室等の腐食（異種金属接触腐食を含む）については、管板との海水中での異種金属接触腐食を防止するため、水室の海水接液面全面にライニングを施工しているが、ライニングの劣化や異物の衝突等によるライニングのはく離等は不確定であり、一律で定量的評価は困難である。現状、定期的にライニング状況の監視を実施している。ライニングのはく離等のないことはライニング状況の監視にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ③ 非常用ディーゼル機関空気冷却器伝熱管の内面の腐食（流れ加速型腐食）については、貝等の異物の混入により腐食が発生する可能性は否定できない。現状、渦流探傷検査および漏えい試験を実施し、有意な減肉のないことを確認している。伝熱管の腐食は渦流探傷検査または漏えい試験にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 非常用ディーゼル機関付属設備清水加熱器胴板等の腐食（流れ加速型腐食）については、定期的に見視確認を実施していくことで、機器の健全性に影響を与える可能性は小さい。現状、見視確認により有意な減肉のないことを確認している。腐食は見視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑤ 空冷式非常用発電装置内燃機関燃料噴射ポンプデフレクタの腐食（キャビテーション）については、定期的に見視確認を実施していくことで、腐食が急激に進行する可能性は小さい。表面の肌荒れ等のエロージョンの兆候は見視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑥ 非常用ディーゼル機関付属設備燃料油系統配管の外面からの腐食（全面腐食）については、屋外設置の炭素鋼配管であることから、塗装や防水措置が不十分であると雨水等により外面からの腐食が発生する可能性がある。現状、外面からの腐食に対しては、見視により塗膜や防水措置の健全性を確認している。塗膜や防水措置の異常は見視確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「絶縁低下」

- ⑦ 非常用ディーゼル発電機固定子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁診断により許容範囲に収まっていることを確認し傾向管理を行うとともに、点検結果に基づき取替を実施することとしている。絶縁低下については、絶縁診断により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑧ 非常用ディーゼル発電機回転子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定により許容値以上であることを確認するとともに、点検結果に基づき必要により洗浄、乾燥、絶縁補修処理もしくは取替を実施することとしている。絶縁低下については、絶縁抵抗測定により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑨ 原子炉トリップ遮断器盤遮断器のばね蓄勢用モータ絶縁物等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定等により許容値以上であることを確認している。絶縁低下については、絶縁抵抗測定等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「特性変化」

- ⑩ 非常用ディーゼル機関圧力・温度スイッチ等の特性変化については、発生の可能性は否定できない。現状、校正試験・調整を実施し、精度が保たれていることを確認している。圧力・温度スイッチ等の特性変化は、校正試験・調整にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「スケール付着」

- ⑪ 非常用ディーゼル機関空気冷却器伝熱管等のスケール付着については、海生物等の影響で伝熱性能低下の可能性が考えられる。現状、ブラシ洗浄等を実施している。伝熱管のスケール付着に対しては、伝熱管の洗浄をすることがスケール除去の観点から有効であり、今後も現状保全を継続していく。

「固着」

- ⑫ 非常用ディーゼル機関燃料油供給ポンプ軸スリーブの固着については、発生可能性があるが、定期的な分解点検を実施することで発生の可能性が小さい。現状、ポンプの分解点検で潤滑油残渣のないことを確認し、作動確認により作動に問題がないかを確認しており、今後も現状保全を継続していく。
- ⑬ 非常用ディーゼル機関燃料噴射ポンプ調整装置組立品各リンク等の固着については、各リンク等の摺動抵抗が急激に増大する可能性は小さい。現状、摺動抵抗測定および負荷運転時の性能確認を行い、異常のないことを確認している。各リンク等の固着については、摺動抵抗測定および負荷運転時の性能確認等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑭ 原子炉トリップ遮断器盤遮断器リンク機構の固着については、注油を実施することによりグリスの劣化の進行を緩和することが可能である。現状、注油を行い、各部の目視確認、動作確認を実施し、固着のないことを確認している。固着は、注油を行い、各部の目視確認、動作確認により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 1. 16 その他設備（長期保守管理方針に係る技術評価）

高浜発電所4号炉の構造物、系統または機器のうち、安全機能を有するものから安全上重要な機器、高温・高圧の環境下にある機器および常設重大事故等対処設備を除いたその他設備の高経年化に係る技術評価の結果、長期保守管理方針の策定に至った機器および事象を以下に抽出した。

・主変圧器コイルの絶縁低下

主変圧器コイルの絶縁低下については、絶縁低下の可能性は否定できない。現状、絶縁抵抗測定により許容値以上であることを確認するとともにフルフラール成分量測定を実施し、平均重合度の変化を確認している。絶縁低下は絶縁抵抗測定で、平均重合度の変化は油中フルフラール成分量測定または変圧器開放点検時のプレスボード採取による平均重合度測定で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。なお、現状保全項目に加えて、絶縁紙の寿命評価に基づき、変圧器の取替の実施を検討していく。

5. 2 運転を断続的に行うことを前提とした耐震安全性評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした耐震安全性評価にあたっては、第5. 1節における技術評価結果を取り入れ、将来的に発生の可能性がないか、または小さい経年劣化事象については評価対象外とした。

すなわち、第5. 1節における技術評価で検討された経年劣化事象の検討結果に基づき、以下のとおり整理し、(2)の事象についてのみ耐震安全性を評価した。

- (1) 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないものまたは小さいもの
- (2) 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

ここで、整理された(2)の経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、代表機器の振動応答特性または構造・強度上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行い、抽出された経年劣化事象毎に、耐震安全性に関する詳細評価を実施した。

耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の主な評価結果を以下に示す。

なお、機器に共通のものは経年劣化事象毎に整理した。機器個別に独自の評価を行っているものについては、個別に記載した。

「摩耗」

- ① 炉内構造物制御棒クラスタ案内管および制御棒クラスタ被覆管の摩耗については、保全活動の範囲内で発生する摩耗量を仮定し、地震時に制御棒挿入時間が規定値を上回らないことを確認した。

「腐食」

- ② 腐食については、保全活動の範囲内で発生し得る、今後10年を超える時点での腐食量を仮定して、地震時の発生応力を算出し許容応力以下であることを確認した。なお、配管減肉において、肉厚測定による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管については、耐震性が確認できる板厚に到達するまでに、サポート改造等の設備対策工事を行う計画としていることから、工事完了後に、設備対策を反映した耐震安全性評価を行う必要がある。なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉傾向の把握およ

びデータ蓄積を継続して行い、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を実施する。

「疲労割れ」

- ③ 疲労割れについては、通常運転時および地震時の疲労累積係数の合計値が1以下であることを確認した。また、疲労評価を実施していない箇所については、割れの発生を安全側に想定し、地震時の割れ発生部位の発生応力を算出し、想定き裂に基づく安定限界応力以下であることを確認した。

「熱時効」

- ④ 1次冷却材管等の熱時効については、運転期間60年での疲労き裂に通常運転状態で働く荷重に加えて地震発生時の荷重を考慮しても、配管は不安定破壊しないことを確認した。

「炉内構造物の照射誘起型応力腐食割れ」

- ⑤ 炉内構造物のバッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れについては、損傷パターンは2段目～8段目のバッフルフォーマボルト全て（全バッフルフォーマボルト1080本のうち、840本に損傷）を仮定し、評価上最も厳しいバッフルフォーマボルトに生じる地震時の発生応力および制御棒挿入時間を算定し、それぞれの許容値以下であることを確認した。

「原子炉容器の中性子照射脆化」

- ⑥ 原子炉容器胴部の中性子照射による関連温度上昇については、初期き裂と地震時荷重を想定した場合の破壊力学的評価を実施し、地震を考慮した応力拡大係数が十分小さいことを確認した。

「原子炉容器サポートの中性子およびγ線照射脆化」

- ⑦ 原子炉容器サポートの中性子およびγ線照射脆化については、地震時の発生応力を算定し、材料の破壊靱性値が地震による応力拡大係数を上回っていることを確認した。

「炉内構造物の中性子照射による靱性低下」

- ⑧ 炉内構造物炉心さうの中性子照射による靱性低下については、想定欠陥に対し、地震時のき裂の進展の有無を評価し、材料の破壊靱性値が地震による応力拡大係数を上回っていることを確認した。

5. 3 運転を断続的に行うことを前提とした耐津波安全性評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした耐津波安全性評価にあたっては、第5. 1節における技術評価結果を取り入れ、将来的に発生の可能性がないか、または小さい経年劣化事象については評価対象外とした。

すなわち、第5. 1節における技術評価で検討された経年劣化事象の検討結果に基づき、以下のとおり整理し、(2)の事象についてのみ耐津波安全性を評価した。

- (1) 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないものまたは小さいもの
- (2) 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

ここで、整理された(2)の経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、構造・強度上および止水性上影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行い、抽出された経年劣化事象毎に、耐津波安全性に関する詳細評価を実施した。

その結果、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5. 4 冷温停止状態維持を前提とした機器・構造物の技術評価結果

本節においては、冷温停止状態維持を前提とした機器・構造物の技術評価結果についてまとめた。

冷温停止状態を前提とした場合に、断続的運転を前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなる恐れがある機器と経年劣化事象の組み合わせを抽出し、経年劣化事象毎にまとめたものを以下に示す。

- a. 充てん／高圧注入ポンプ主軸のフレットィング疲労割れ
- b. 余熱除去ポンプモータ固定子コイル等の絶縁低下
- c. 充てん水流量制御弁等の弁体、弁座または弁箱弁座部シート面の腐食（エロージョン）

これらの経年劣化事象について評価した結果、高経年化への対応が必要な項目（現状保全を継続すべき項目および現状保全に新たに加えるべき項目）を以下に抽出した。

「疲労割れ」

- ① 充てん／高圧注入ポンプ主軸のフレットィング疲労割れについては、冷温停止状態では化学体積制御系統の流量を低下させるため、吐出流量も低下することとなり、フレットィング疲労割れの発生・進展がより厳しくなるが、曲げ応力振幅が疲労限に対して小さく、問題となる可能性は小さい。現状、振動確認により有意な振動がないことを確認している。振動確認により主軸のフレットィング疲労割れは検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「絶縁低下」

- ② 余熱除去ポンプモータ固定子コイル等の絶縁低下については、発生の可能性は否定できない。断続的運転を前提とした場合と比べ年間の運転時間が長くなるが、現状実施している絶縁診断については、機器の運転年数に基づき絶縁診断の周期を短縮することとしているため、冷温停止維持状態を前提とした点検手法としても適切である。絶縁低下については、絶縁診断により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ③ 充てん水流量制御弁等の弁体、弁座または弁箱弁座部シート面の腐食（エロージョン）については、当該弁は、高圧の充てん/高圧注入ポンプ出口ラインから、冷温停止中に低圧となる1次冷却系統に向って減圧される弁であることから、冷温停止状態の維持を前提とした場合、弁前後の差圧が大きい状態が長時間継続する可能性がある。このため断続的運転を前提とした場合より厳しくなることが想定される経年劣化事象であるが、定期的に弁内面状態を確認していくことで、機器の健全性に影響を与える可能性はない。現状、弁内面の目視確認等を実施し、有意な減肉のないことを確認している。腐食は目視確認等により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 5 冷温停止状態維持を前提とした耐震安全性評価結果

冷温停止状態維持を前提とした耐震安全性評価にあたっては、第5.2節における耐震安全性評価結果および第5.4節における技術評価結果を取り入れることとし、将来的に発生の可能性がないか、または小さい経年劣化事象については評価対象外とした。

すなわち、第5.2節における耐震安全性評価結果に加え、第5.4節における技術評価で抽出された経年劣化事象に関しては以下のとおり整理し、(2)の事象について耐震安全性を追加評価した。

- (1) 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないものまたは小さいもの
- (2) 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

ここで、整理された(2)の経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、代表機器の振動応答特性または構造・強度上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行い、抽出された経年劣化事象毎に、耐震安全性に関する詳細評価を実施した。

その結果、第5.2節における耐震安全性評価結果に加え、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5. 6 冷温停止状態維持を前提とした耐津波安全性評価結果

冷温停止状態維持を前提とした耐津波安全性評価にあたっては、第5. 3節における耐津波安全性評価結果および第5. 4節における技術評価結果を取り入れることとし、将来的に発生の可能性がないか、または小さい経年劣化事象については評価対象外とした。

すなわち、第5. 3節における耐津波安全性評価結果に加え、第5. 4節における技術評価で抽出された経年劣化事象の検討結果に基づき、以下のとおり整理し、(2)の事象についてのみ耐津波安全性を評価した。

- (1) 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないものまたは小さいもの
- (2) 現在発生しているか、または将来にわたって起こることが否定できないもの

ここで、整理された(2)の経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、構造・強度上および止水性上影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出を行い、抽出された経年劣化事象毎に、耐津波安全性に関する詳細評価を実施した。

その結果、第5. 4節における耐津波安全性評価に加え、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5. 7 評価の結果に基づいた補修等の措置

本技術評価を提出する以前に健全性評価結果に基づき実施した補修等はない。

6. 今後の高経年化対策

高経年化に関する技術評価結果により、今後の高経年化対策として充実にすべき課題等を抽出した。

6. 1 長期保守管理方針の策定

(1) 総合評価結果

高経年化に関する技術評価結果から、現状の保全策に追加すべき項目が抽出された。60年間の運転および冷温停止を仮定しても現状の保全を継続するとともに、一部の機器・構造物において追加保全策を講じることで、プラント全体の機器・構造物の長期健全性が確保されることを確認した。

(2) 現状の保全策に追加すべき項目

総合評価結果を基に、高経年化対策上現状の保全項目に追加すべき新たな保全策について具体的な実施内容、実施方法および実施時期を長期保全計画として取りまとめ、長期保全計画に基づき保守管理に関する方針を策定した。(資料6-1 高浜発電所4号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針)

6. 2 長期保守管理方針の実施

上記(2)で抽出された長期保守管理方針については、今後、高浜発電所4号炉の具体的な保全計画に反映し、運転開始後30年を迎える2015年6月5日を始期とした10年間の適用期間で計画的に実施していくこととしている。

長期保守管理方針の実施にあたっては、これらの新たな保全項目を直ちに実施しなければならないものでないことから、実施時期を下記のとおり2つに大別した。

a. 短期（平成27年6月5日からの5年間）

- ・健全性評価結果から実機プラントデータでの確認・評価が早急に必要なもの
- ・5年以内に実施計画のあるもの（取替等）等

b. 中長期（平成27年6月5日からの10年間）

- ・健全性評価において長期にわたる健全性は確保できると評価されるが、定期的（約10年毎）に評価条件の妥当性の確認が必要であるもの等

策定した長期保守管理方針については、具体的な保全計画に反映され、保全サイクル毎に保全計画の実施状況も含めて電気事業法に定める保安規程の変更として国に届出されることになる。2009年から導入された新検査制度では、長期保守管理方針に基づく保全の実績は、高経年化技術評価結果と同様に保全の有効性評価のインプットに位置づけられており、保全の有効性評価を通じてさらなる保全計画の改善に活用していくことになる。

さらに、保全のPDCAサイクルを回す過程で得られた知見は、その他の運転経験や最新知見と共に、高経年化対策の評価のインプットとして扱い、高経年化対策の再評価に反映し、さらに改善された高経年化対策および保全計画策定に努めていくものとする。

6. 3 技術開発課題

高経年化に関する技術評価においては、現在までの知見と実績を基にしたものであるが、点検・検査技術の高度化、ならびにさらなる知見の蓄積に努める観点から、今後さらに技術開発課題に取り組んでいく必要がある。現時点では緊急性を有する課題はないが、今後も、電力研究や高経年化技術評価高度化事業の成果等を活用し、必要なものは保全計画に反映することとしている。

なお、高経年化対策のための技術情報基盤の整備を目的とした産官学の有機的連携を行う総合調整の場である原子力安全基盤機構の技術情報調整委員会において、2009年7月に高経年化対応技術戦略マップ2009が策定されている。高経年化対応技術戦略マップでは、高経年化技術評価によって抽出された技術開発課題も検討対象とされており、今後実施されるローリングの中で整合を図ってこれらの技術開発課題を実施していく。

資料6-1 高浜発電所4号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針（1/3）

機種名	機器名	経年劣化事象	健全性評価結果	現状保全	総合評価	長期保全計画		長期保守管理方針		
						高経年化への対応	実施時期	No.	保守管理の項目	実施時期
熱交換器	蒸気発生器	伝熱管の損傷	管板拡管部および拡管境界部応力腐食割れ等については、改善策を講じることで有意なき裂の発生は著しく低下している。万一有意なき裂が生じた場合、検出限界の大きさのき裂が構造上許容されるき裂深さに達するまでの時間を評価し、適切な間隔で点検を実施することにより健全性を確保できると考える。	損傷形態、部位に応じた適切な渦流探傷プローブにより、定期的に全数渦流探傷検査を実施し、健全性を確認している。	管板拡管部および拡管境界部応力腐食割れ等については発生が否定できないことから、潜在している可能性のある応力腐食割れが進展した場合であっても構造上許容されるき裂の深さに達していないことを確認する必要がある。応力腐食割れの進展が構造上許容されるき裂の深さに達していないことは定期的な全数渦流探傷検査にて検知可能であり、点検手法として適切である。	伝熱管材料は600系ニッケル基合金であり、管板拡管部の応力腐食割れ等の発生が否定できないことから蒸気発生器取替を含めた保全方法を検討していく。	中長期	1	蒸気発生器の伝熱管の損傷については、蒸気発生器取替を含めた保全方法を検討する。	中長期
容器	原子炉容器	胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化	関連温度の上昇について、第4回までの監視試験結果を用いた評価により、運転開始後60年時点でも脆性破壊は起こらないと評価した。上部棚吸収エネルギーの低下については、運転開始後60年時点でも十分な上部棚吸収エネルギーがあると評価した。	定期的に超音波探傷試験を実施し、有意な欠陥がないことを確認している。JEAC4201に基づいて、計画的に監視試験を実施し、将来の破壊靱性の変化を先行把握している。JEA C4206に基づき、運転管理上の制限として加熱・冷却運転時に許容しうる温度・圧力の範囲（加熱冷却時制限曲線）を設けて運用している。	健全性評価結果から判断して、胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化が機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。ただし、胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対しては、今後も計画的に監視試験を実施して健全性評価の妥当性を確認する必要がある。胴部（炉心領域部）材料の機械的性質の予測は監視試験により把握可能であり、また有意な欠陥のないことも超音波探傷検査により確認していることから、保全内容として適切である。	胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化に対しては、JEAC4201に基づき計画的に監視試験を実施して健全性評価の妥当性を確認するとともに、定期的に超音波探傷検査を実施していく。また、監視試験結果から、JEAC4206に基づき、運転管理上の制限として加熱・冷却運転時に許容しうる温度・圧力の範囲（加熱冷却時制限曲線）および耐圧漏えい試験温度を設けて運用していく。なお、健全性評価の結果から胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化が原子炉の安全性に影響を及ぼす可能性はないと考えるが、健全性評価の妥当性を確認するため、今後の原子炉の運転時間・照射量を勘案して第5回監視試験の実施計画を策定する。	中長期	2	原子炉容器の胴部（炉心領域部）の中性子照射脆化については、原子炉の運転時間および照射量を勘案し、第5回監視試験の実施計画を策定する。	中長期

短期：平成27年6月5日からの5年間、中長期：平成27年6月5日からの10年間

資料6-1 高浜発電所4号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針(2/3)

機種名	機器名	経年劣化事象	健全性評価結果	現状保全	総合評価	長期保全計画		長期保守管理方針		
						高経年化への対応	実施時期	No.	保守管理の項目	実施時期
配管	ドレン系統配管	母管腐食(流れ加速型腐食)	保安院指示文書や「日本機械学会 加圧水型原子力発電所配管減肉管理に関する技術規格(JSME S NG1-2006)」に定められた内容に従い「2次系配管肉厚の管理指針」に改定等反映し、これに基づき配管減肉管理を実施している。	「2次系配管肉厚の管理指針」に基づき、超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を行っており、第15回定期検査時(2004年度)、第16回定期検査時(2005年度)および第17回定期検査時(2007年度)で主要点検部位およびその他部位の全ての管理対象箇所について点検を完了した。また、肉厚測定およびデータの管理にあたっては、検査装置から計測結果をパソコンに取り込み、データベース化し管理している。	超音波を用いた肉厚測定を実施し、減肉の管理を行っていくことで、機器の健全性に影響を与える可能性は無いと考える。減肉は超音波を用いた肉厚測定により検知可能であり、点検手法として適切である。	肉厚測定による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管*については、耐震性が確認できる板厚に到達するまでに、サポート改造等の設備対策工事を行い、これを反映した耐震安全性評価を実施する。 なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉傾向の把握およびデータ蓄積を継続して行い、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を実施する。 * : ドレン系統配管	短期	3	配管の腐食(流れ加速型腐食)については、肉厚測定による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管*については、耐震性が確認できる板厚に到達するまでに、サポート改造等の設備対策を行い、これを反映した耐震安全性評価を実施する。 なお、サポート改造等の設備対策が完了するまでは、減肉傾向の把握およびデータ蓄積を継続して行い、減肉進展の実測データを反映した耐震安全性評価を実施する。 * : ドレン系統配管	短期
耐震安全性	基準地震動による評価が必要な設備	耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象	基準地震動Ss-1に対する耐震安全性を確認している。 基準地震動Ss-2~Ss-7に対しては、基準地震動Ss-1に対する評価結果から評価が厳しいと考えられる等の機器・経年劣化事象について、耐震安全性を確認している。	基準地震動Ss-1に対する耐震安全性を確認している。 基準地震動Ss-2~Ss-7に対しては、基準地震動Ss-1に対する評価結果から評価が厳しいと考えられる等の機器・経年劣化事象について、耐震安全性を確認している。	基準地震動Ss-1に対する耐震安全性を確認している。 基準地震動Ss-2~Ss-7に対しては、基準地震動Ss-1に対する評価結果から評価が厳しいと考えられる等の機器・経年劣化事象について、耐震安全性を確認している。	基準地震動Ss-2~Ss-7に対する評価が必要な全ての機器・経年劣化事象について、継続して評価を実施していく。	短期	4	基準地震動Ss-2~Ss-7に対する評価*1が必要な全ての機器・経年劣化事象*2について、継続して評価を実施する。 *1 : 弾性設計用地震動Sd-2~Sd-7に対する評価を含む。 *2 : 基準地震動Ss-1に対する評価結果から評価が厳しいと考えられる機器・経年劣化事象等については、基準地震動Ss-2~Ss-7に対する評価を実施し、耐震安全性を確認している。	短期

短期：平成27年6月5日からの5年間、中長期：平成27年6月5日からの10年間

資料 6 - 1 高浜発電所 4 号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針 (3 / 3)

機種名	機器名	経年劣化事象	健全性評価結果	現状保全	総合評価	長期保全計画		長期保守管理方針		
						高経年化への対応	実施時期	No.	保守管理の項目	実施時期
その他設備 (発電設備)	主変圧器	コイル 絶縁低下	絶縁紙のホットスポットの平均重合度が絶縁紙に必要とされる限界重合度に達するまでの実運転時間は、約 6 4 千時間と評価され、絶縁紙の重合度低下による絶縁低下の可能性は否定できない。	定期的な絶縁抵抗測定 定期的な油中フルフラール成分量測定 定期的な油中ガス分析	コイルの絶縁低下の可能性は否定できない。 絶縁低下は絶縁抵抗測定で、平均重合度の変化は油中フルフラール成分量測定で検知可能であり、点検手法として適切である。	絶縁紙の寿命評価に基づき、変圧器の取替の実施を検討していく。	中長期	5	主変圧器のコイルの絶縁低下については、絶縁紙の寿命評価に基づく取替の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	中長期

短期：平成 2 7 年 6 月 5 日からの 5 年間、中長期：平成 2 7 年 6 月 5 日からの 1 0 年間

7. まとめ

(1) 総合評価

運転開始以来、28年を経過した高浜発電所4号炉のプラントを構成する機器・構造物について、高経年化対策に関する評価を実施した結果、大部分の機器・構造物については、現状の保全を継続していくことにより、長期間の運転および冷温停止を仮定しても、プラントを健全に維持することは可能との見通しを得た。

また、一部の機器・構造物については、高経年化への対応として新たに講じる必要がある保全項目が抽出されたが、これらについては長期保守管理方針としてとりまとめ、具体的な保全計画に反映し、計画的に実施していくことにより、長期間の運転および冷温停止を仮定しても、プラントを健全に維持することは可能との見通しを得た。

さらに、緊急性を有する課題ではないが、今後さらに充実すべき技術開発課題を抽出した。これらについては成果等を活用し、保全活動等に反映していくものとする。

(2) 今後の取組み

今回実施した高経年化技術評価は、現在の最新知見に基づき実施したものであるが、今後以下に示すような運転経験や最新知見等を踏まえ、適切な時期に再評価および変更を実施していく。

- ・材料劣化に係る安全基盤研究の成果
- ・これまで想定していなかった部位等における経年劣化事象が原因と考えられる国内外の事故・トラブル
- ・関係法令の制定および改廃
- ・原子力規制委員会からの指示
- ・材料劣化に係る規格・基準類の制定および改廃
- ・発電用原子炉の運転期間の変更
- ・発電用原子炉の定格熱出力の変更
- ・発電用原子炉の設備利用率（実績）から算出した原子炉容器の中性子照射量
- ・点検・補修・取替の実績

当社は、高経年化対策に関するこれらの活動を通じて、今後とも原子力プラントの安全・安定運転に努めるとともに、安全性・信頼性のなお一層の向上に取り組んでいく所存である。

以上