

大飯発電所 1 号機

高経年化技術評価等報告書

平成 2 0 年 3 月

〔平成 2 0 年 7 月一部変更〕
〔平成 2 0 年 1 0 月一部変更〕

関西電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 発電所の概要	3
2. 1 発電所の設備概要	3
2. 2 発電所の保全概要	4
2. 3 発電所の経緯	8
3. 技術評価の実施体制	13
3. 1 評価を実施した者の氏名	13
3. 2 評価の実施に係る組織	13
3. 3 工程管理	13
3. 4 協力業者の管理	14
3. 5 評価記録の管理	14
3. 6 評価に係る教育訓練	15
4. 技術評価方法	18
4. 1 技術評価対象機器	18
4. 2 技術評価手順	19
4. 3 耐震安全性評価	25
5. 技術評価結果	31
5. 1 評価年月日	31
5. 2 技術評価結果	31
5. 3 耐震安全性評価結果	66
5. 4 評価の結果に基づいた補修等の措置	68
6. 今後の高経年化対策	69
6. 1 長期保全計画の策定	69
6. 2 長期保全計画の実施	69
6. 3 技術開発課題	70
7. まとめ	88

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株式会社敦賀発電所1号機を始め、これまでに13ユニットが運転開始後30年を経過しており、大飯発電所1号機においても、2009年3月には運転開始後30年を迎えようとしている。

原子力発電所ではプラントの安全・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により、技術基準等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おり、これらを通じて良好な安全運転の実績を積み重ねている状況にある。

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、原子力発電所では運転年数の増加に伴って、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月及び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」及び「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）」等（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、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。

本報告書は、これら経緯を踏まえ、高経年化対策実施ガイドライン等に基づき、運転開始後30年を迎える大飯発電所1号機に対しプラントを構成する系統・機器・構造物に対し、60年間の運転を仮定し、経年劣化事象に関する技術評価を実施するとともに、高経年化の観点から現状の保全活動を充実する新たな保全策を抽出し、それを長期保全計画としてとりまとめたものである。

この結果、現状の保全の継続及び点検・検査の充実等により、今後、長期間の運転を仮定しても安全に運転を継続することが可能であることを確認した。

今後は、策定した長期保全計画に基づき、保全活動を実施していくとともに、10年を超えない期間毎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、本報告書は各機器・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及び耐震安全性評価結果については、別冊にまとめている。

2. 発電所の概要

2. 1 発電所の設備概要

大飯発電所1号機は、加圧水型の原子力発電所で燃料には濃縮ウランを使用し、冷却材には軽水を使用している。

原子炉内で原子核反応により発生した熱は、1次冷却材により蒸気発生器で2次側の給水へ伝達されタービンを駆動する高温高圧の蒸気を発生させる。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) 発電所の主要仕様

電気出力	約 1 1 7 5 MW
原子炉型式	加圧水型軽水炉
原子炉熱出力	約 3 4 2 3 MW
燃料	低濃縮ウラン（燃料集合体 1 9 3 体）
減速材	軽水
タービン	横置串型 4 車室再熱再生式

(2) 発電所の主要系統

発電所の主要系統を資料 2 - 1 に示す。

2. 2 発電所の保全概要

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2-2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、定期的な検査及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及び評価を行い、補修、取替え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、「電気事業法」に基づく経済産業大臣の定期検査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、速やかに原因究明及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水平展開を行い、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及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、設備の健全性確認及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に合わせ、定期的にプラントを停止し、保修部門によるプラント全般にわたる設備の点検を、大飯発電所保全指針所則で規定する保全指針等

に基づき実施して、設備の機能維持及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) 保守体制及び業務

点検及び検査は、原則として当社の保守部門が点検及び検査計画、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及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、定期的な点検及び検査により、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、取替えを行い、事故・故障の未然防止を図っている。

(6) トラブルの処理及び再発防止

発生したトラブルについては、速やかに原因究明及び対策の検討、評価を行い、的確な復旧により設備の機能の回復を図っている。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再発防止対策を水平展開し、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、停止時安全管理、定期安全レビュー、ヒューマンエラー防止対策等の実施に取り組んでいる。

大飯発電所1号機において、運転開始後、発電所の安全性・信頼性を向上させるために実施した主な改善としては、次のものがある。

「応力腐食割れ，疲労」

・蒸気発生器取替工事

1982年度以降、蒸気発生器伝熱管の損傷が確認されたが、これに対して徹底的な原因究明を行うとともに検査・補修技術の高度化などの諸施策を実施してきた。

その後、1991年2月に発生した美浜発電所2号機蒸気発生器伝熱管損傷事象を機に社会的信頼性、保守性、経済性の向上などを勘案し、第12回定期検査時（1994年度～1995年度）に改良型の蒸気発生器への取替えを実施した。

「疲労」

・1次冷却材分岐管取替

1999年4月に発生した美浜発電所2号機余剰抽出系統取出配管からの漏えい事象に鑑み、第16回定期検査時（2000年度）に、予防保全の観点から、A、B及びDループ冷却材ドレン系統配管の取替えを実施した。

「応力腐食割れ」

・原子炉容器上部蓋取替工事

海外のプラントで報告された原子炉容器上部蓋管台取付部の損傷事象に鑑み、第16回定期検査時（2000年度）に、予防保全の観点から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母材部等のウォータージェットピーニング

インコネル600合金使用部位の信頼性向上を図るため、第17回定期検査時（2001年度）に炉内計装筒母材部に、第21回定期検査時（2006年度～2007年度）に炉内計装筒J-溶接部及び冷却材出入口管台溶接部に、ウォータージェットピーニング（応力緩和）を実施した。

・蒸気発生器冷却材出入口管台とセーフエンド溶接部等のショットピーニング

インコネル600合金使用部位の信頼性向上を図るため、第21回定期検査時（2006年度～2007年度）に冷却材出入口管台とセーフエンドの溶接部及び冷却材出入口管台肉盛部に、ショットピー

ニング（応力緩和）を実施した。

- ・ 低圧タービンロータ取替工事

第15回定期検査時（1998年度～1999年度）に、低圧タービン翼溝部の応力腐食割れに対する予防保全対策として、低降伏応力材料を用いるとともに、翼溝部の応力を低減した車軸への取替えを実施した。

「腐食」

- ・ 2次系熱交換器取替

復水器細管の海水漏えい事象の未然防止を図るため、第21回定期検査時（2006年度～2007年度）に復水器細管を耐食性に優れたチタン管へ取り替えた。

また、蒸気発生器内の水質向上を図るため、第21回定期検査時（2006年度～2007年度）に湿分分離加熱器、第3、4、5低圧給水ヒータ、第6高圧給水ヒータの細管をステンレス管へ取替えた。

- ・ 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えを実施している。

「絶縁低下」

- ・ 主変圧器取替工事

主変圧器のコイル絶縁性能が経年劣化の傾向にあったことから、第20回定期検査時（2005年度）に主変圧器の取替えを実施した。

- ・ 発電機回転子コイル巻替工事

回転子コイル絶縁は、運転時間及び起動停止回数の累積とともに徐々に劣化し、残存耐電圧が低下することから、第12回定期検査時（1994年度～1995年度）に絶縁耐力に優れた絶縁材料に更新した。

「コンクリート劣化」

- ・ コンクリート外壁面塗装

1986年～1987年に外部遮へい壁等に塗装を施し、以降、必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施している。

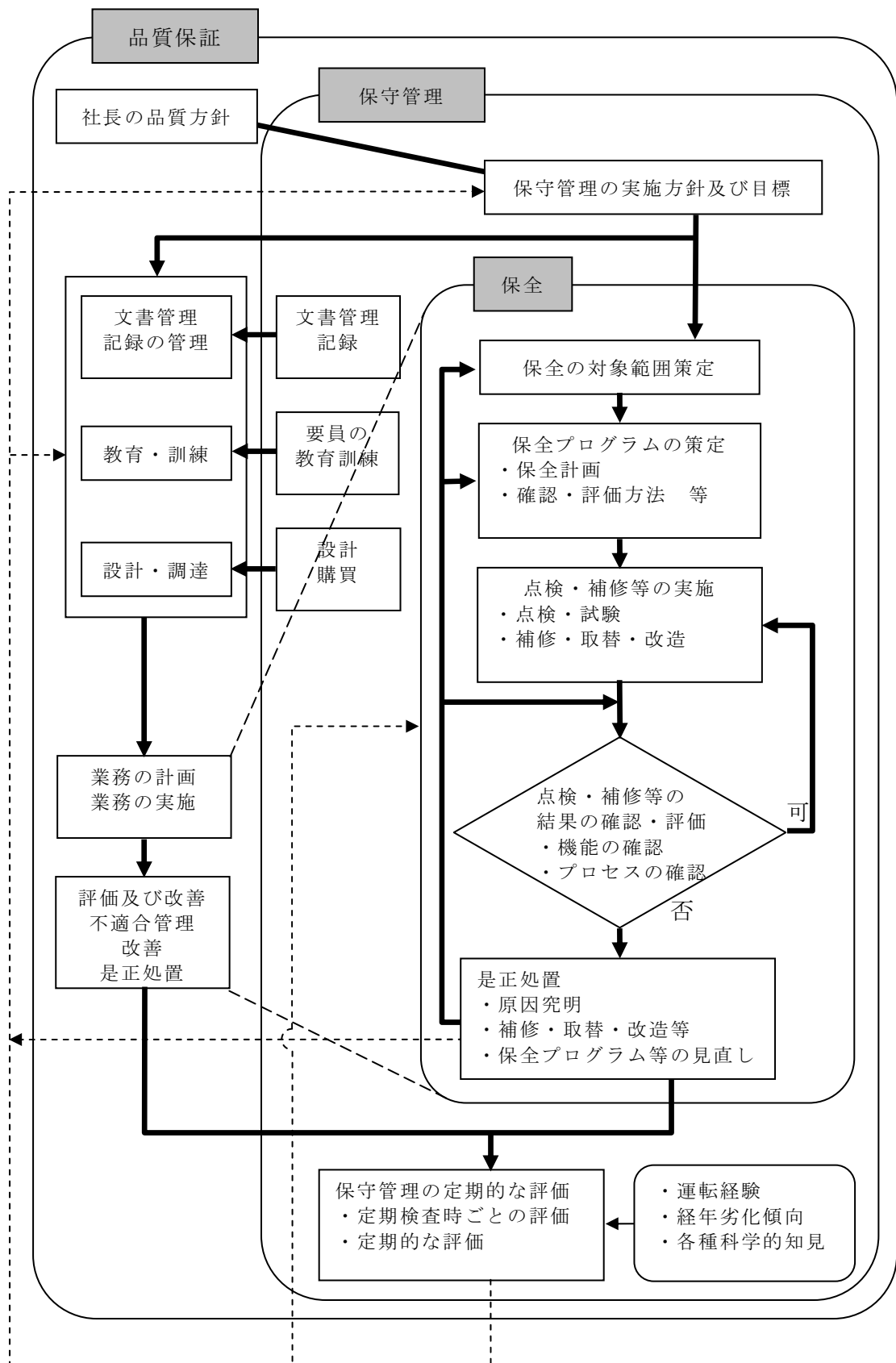
2. 3 発電所の経緯

大飯発電所1号機は、国内メーカーの製作による米国ウェスチングハウス社4ループ型の加圧水型軽水炉であり、我が国18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8番目、当社6番目のものである。

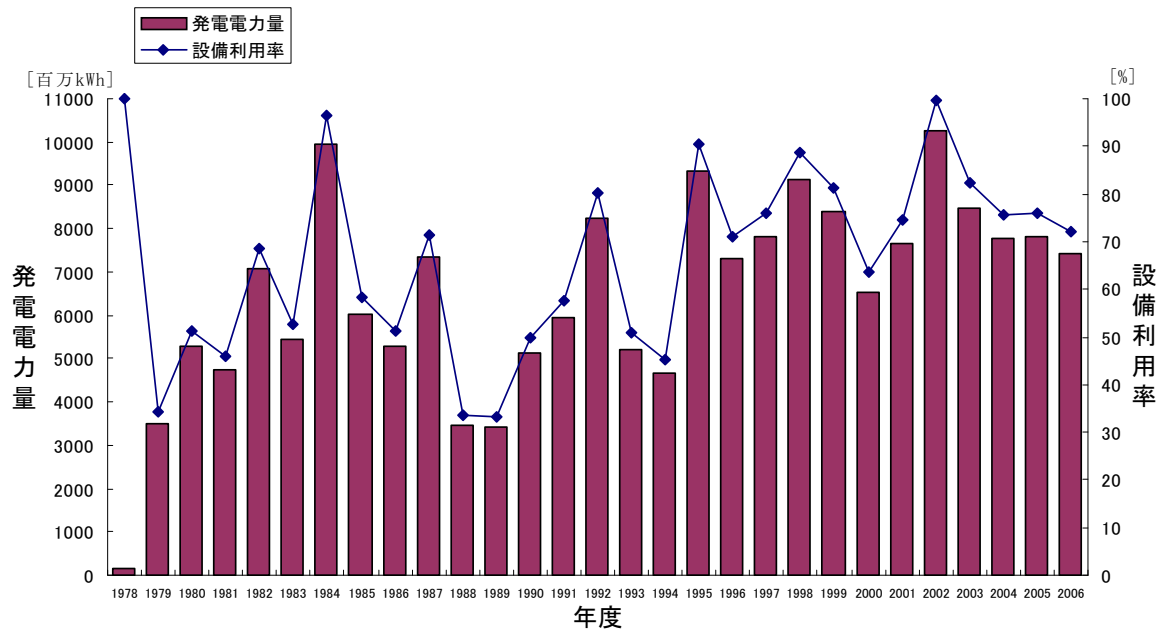
同機は、1970年10月の第53回電源開発調整審議会において、大飯発電所1号機建設が承認され、1972年7月4日に内閣総理大臣より原子炉設置許可を、通商産業大臣より電気工作物変更許可を取得した。同機の建設工事は、敷地造成工事、建屋基礎掘削工事を経て、1972年10月に建設工事を開始し、1977年10月には全ての工事を完了した。引き続き、各種試験を経て1977年12月2日に初臨界に達した。その後、出力上昇試験、12月23日の初送電を経て、1979年3月27日に通商産業大臣の使用前検査に合格し、電気出力117.5万kWで営業運転を開始した。

また、大飯発電所1号機では、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」の手續きに基づき、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。

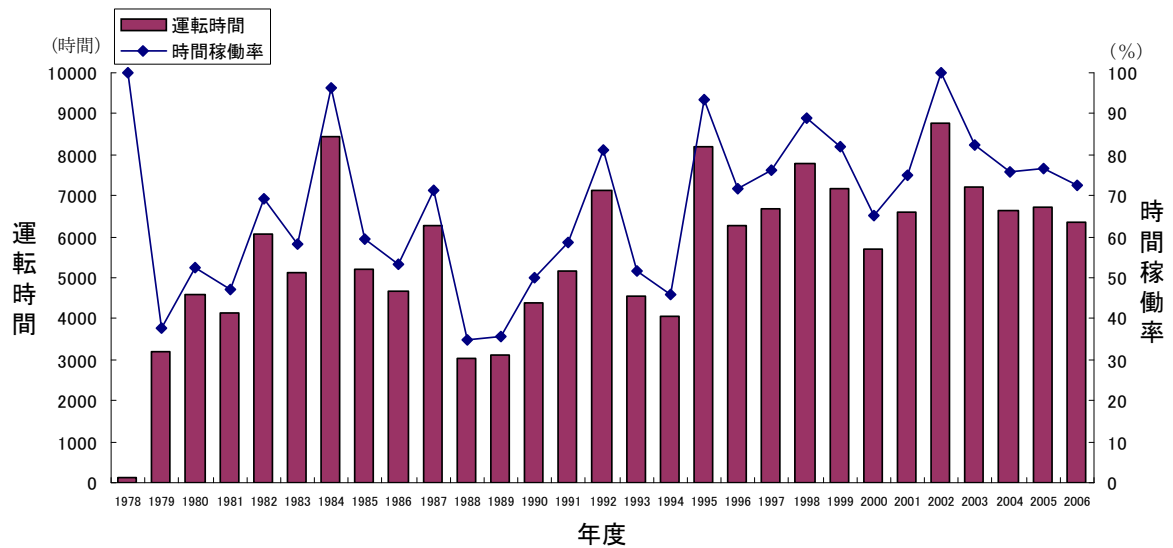
発電電力量・設備利用率の年度推移を資料2-3、運転時間・時間稼働率の年度推移を資料2-4、定期検査期間の推移を資料2-5、計画外停止回数の年度推移を資料2-6に示す。過去約30年間を遡った時点までの計画外停止（手動停止及び自動停止）件数の推移を見ると、供用期間の長期化に伴い、計画外停止件数が増加する明確な傾向は認められない。



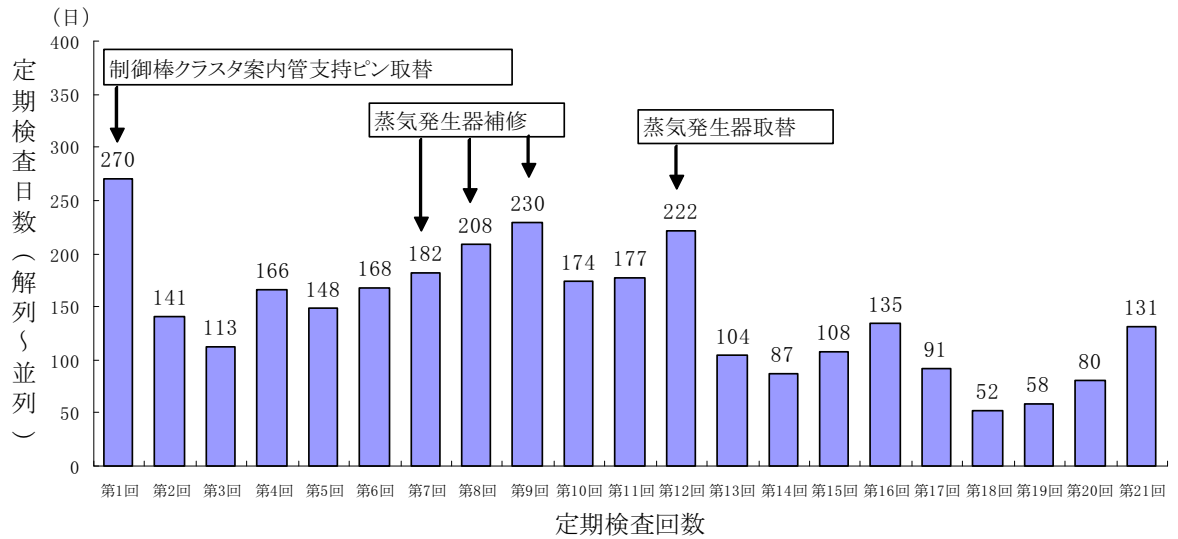
資料 2 - 2 原子力発電所の保守管理の概要



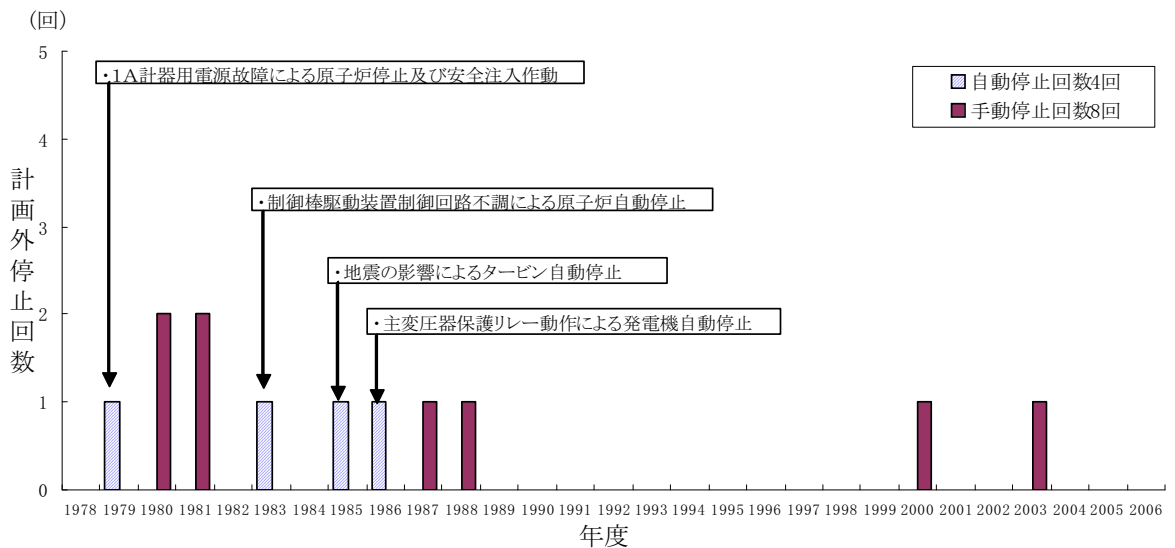
資料2-3 発電電力量・設備利用率の年度推移



資料2-4 運転時間・時間稼働率の年度推移



資料 2 - 5 定期検査期間の推移



資料2-6 計画外停止回数の年度推移

3. 技術評価の実施体制

3. 1 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 田中秀夫
原子力事業本部 土木建築グループチーフマネジャー 尾崎昌彦

3. 2 評価の実施に係る組織

高経年化に関する技術評価及び長期保全計画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・分析等を行い報告書作成（コンクリート構造物及び鉄骨構造物を除く）及び、とりまとめ等の全体調整を行った。

土木建築グループは、コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価を行い報告書を作成した。また、報告書作成助勢として、機械設備に関する保守等を行う機械技術グループ、電気・計装設備に関する保守等を行う電気技術グループ、大飯発電所及びその他の関係箇所と協力して、技術評価及び長期保全計画の策定を実施した。

3. 3 工程管理

運転開始後30年を経過するまでに国に報告し、評価を受けることを目標とした工程管理を実施した。

具体的には、資料3-2に示すように、2006年12月22日に実施計画及び実施手順を策定し、技術評価の実施を開始した。2008年2月12日には大飯発電所の報告書レビューを完了し、2008年2月13日に評価者以外による技術的な内容の社内の第三者評価を完了した。

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2008年2月14日までに完了した。

また、2008年2月22日に、社内の原子力発電安全委員会において本報告書の審議を実施し確認され、2008年2月29日に副事業本部長（原子力技術）が承認した。

3. 4 協力業者の管理

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、関電プラント株式会社には、技術評価対象機器リストの整備と実機調査を委託し、株式会社原子力エンジニアリングには、国内外運転経験等の整理、実過渡回数の評価等を委託し、三菱重工株式会社及び三菱電機株式会社には、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（平成2年8月30日原子力安全委員会決定）におけるクラス3以上の機器、構造物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，審査者，承認者，保有責任者及び保有期間は，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。

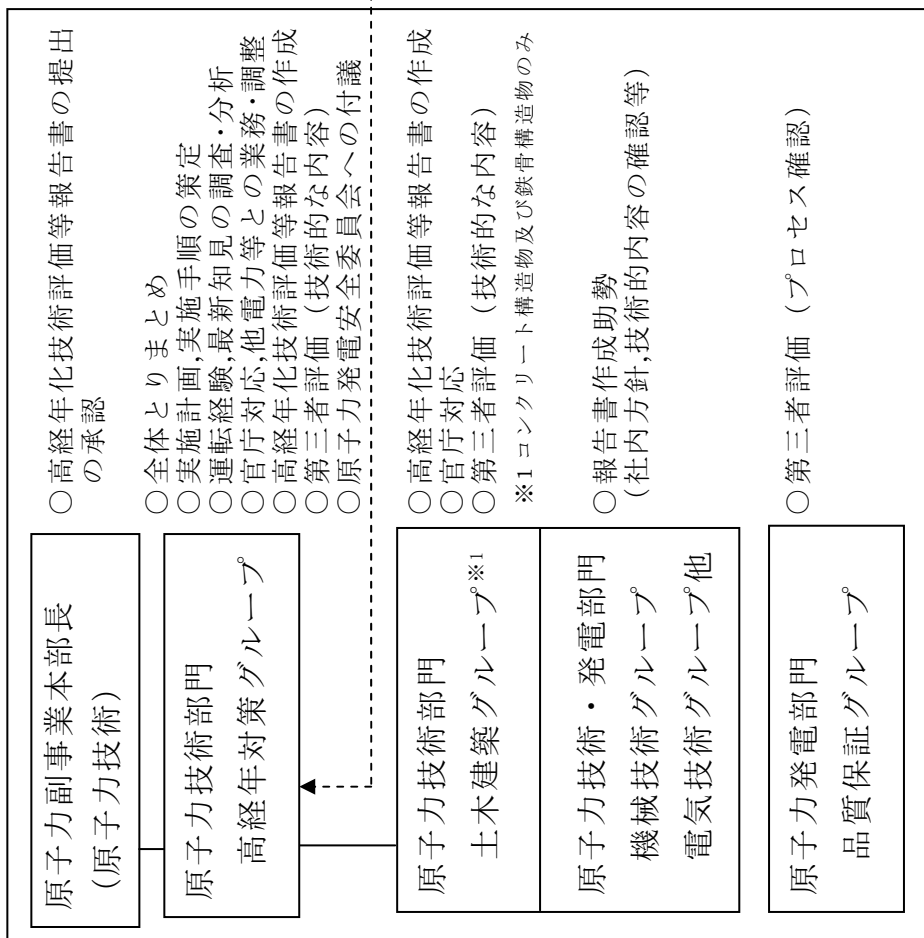
名称	区別		審査者	承認者	保有責任者	保有期間
	内部文書	品質記録				
PLM実施計画書	○	○	高経年化対策グループチーフマネジャー	副事業本部長（原子力技術）	高経年化対策グループチーフマネジャー	永年
PLM報告書	—	○	高経年化対策グループチーフマネジャー	副事業本部長（原子力技術）	高経年化対策グループチーフマネジャー	永年
PLM報告書妥当性確認チェックシート	—	○	評価担当グループマネジャーまたはリーダー	評価担当グループチーフマネジャー	評価担当グループチーフマネジャー	10年

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。

大飯発電所1号機 高経年化対策実施体制表

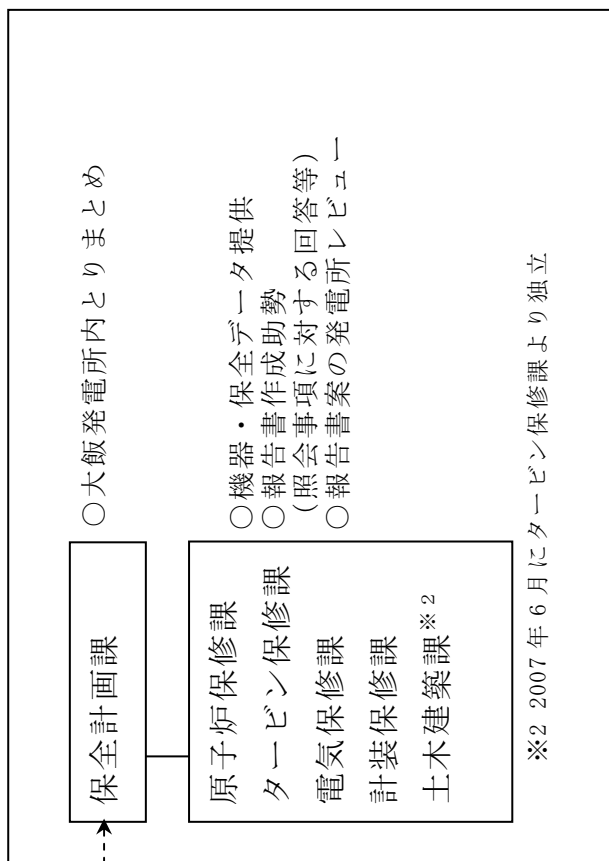
原子力事業本部



原子力発電安全委員会

副事業本部長(原子力発電)を委員長とし、各発電所長、各発電所原子炉主任技術者、各タービンマニージャ以上の職位から構成され原子炉施設の定期的な評価の結果等を審議する。

大飯発電所



注) 必要により報告書作成助勢等の外部委託を実施するものとする。
長期保全計画に基づく保守管理及び長期保全計画の維持は、大飯発電所にて実施する。

資料3-1 評価の実施に係る組織

4. 技術評価方法

高経年化技術評価では、高経年化対策実施ガイドライン等及び（社）日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準」に準拠した社内評価要領に基づいて、原子力発電所を構成する機器・構造物を対象に経年劣化事象の抽出及び評価を実施するとともに、新たに充実すべき保全策を取りまとめた長期保全計画を策定した。

4. 1 技術評価対象機器

本検討では、大飯発電所1号機の安全上重要な機器等（「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第十五条の二 第2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及び3の機能を有する機器・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、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えを前提とするもの又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、業務決定文書又は原子力発電所保守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 機器のグループ化及び代表機器の選定

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及び鉄骨構造物、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）、材料等によりグループ化し、グループ毎に重要度、使用条件、運転状態等を考慮して評価モデルとしての代表機器（以下、「代表機器」）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。

4. 2. 2 国内外の新たな運転経験および最新知見の反映

大飯発電所1号機の高経年化対策を検討するにあたり、美浜発電所1, 2, 3号機及び高浜発電所1, 2号機を含む先行号機の技術評価報告書を参考にするとともに、それ以降2005年12月～2007年10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。

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、有限責任中間法人日本原子力技術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及びInformation Noticeを対象とした。

大飯発電所1号機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 美浜発電所1号機 キャビティステンレスライニングの応力腐食割れ（2007年3月発生）
- ② 大飯発電所1号機 制御棒位置指示装置の不具合（2007

年4月発生)

- ③ 美浜発電所2号機 蒸気発生器1次冷却材入口管台溶接部での傷の確認(2007年9月発生)
- ④ 大飯発電所2号機 第2段湿分分離加熱器空気抜管からの僅かな蒸気漏れ(2007年12月発生)
- ⑤ 米国ブレイドウッド発電所1号機 加圧器ヒータスリーブの損傷(2006年12月Information Notice発行)
- ⑥ 海外プラント 加圧器ヒータシースの応力腐食割れ

これら運転経験の高経年化対策への反映を資料4-1に示す。

また、検討対象とした主なNISA文書は以下の通り。

- ① 「高サイクル熱疲労に係る評価及び検査に対する要求事項について」
(平成19年2月16日, 平成19・02・15原院第2号 NISA-163b-07-1)
- ② 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
(平成19年6月15日, 平成19・06・07原院第7号 NISA-167a-07-1)
- ③ 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)
(平成19年6月15日, 平成19・06・07原院第8号 NISA-167c-07-1)
- ④ 「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査実施について」
(平成19年10月30日, 平成19・07・30原院第5号 NISA-167b-07-1)
- ⑤ 「蒸気発生器出入口管台溶接部の内表面の点検実施について」
(平成19年11月16日, 平成19・11・13原院第7号 NISA-163b-07-3)

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および(社)日本機械学会, (社)日本電気協会並びに(社)日本原子力学会等の規格・基準類
- ・ (独)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 (社)日本機械学会 発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法(JSME S NF1-2006, 2006年6月発行)
- ② (社)日本機械学会 発電用設備規格 配管減肉管理に関する

規格（2005年版）（増訂版）（JSME S CA1-2005,
2006年4月発行）

- ③（社）日本機械学会 発電用原子力設備規格 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, 2006年12月発行）
- ④（社）日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基
準：2007（AESJ-SC-P005:2007, 2007年3月発行）
- ⑤（独）原子力安全基盤機構「照射誘起応力腐食割れ（IASCC）評
価技術調査研究報告書」
- ⑥（独）原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル：原
子炉圧力容器の中性子照射脆化（JNES - SS - 0507 - 01, 2006
年10月改定）
- ⑦（独）原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル：応
力腐食割れ（JNES - SS - 0508 - 01, 2006年10月改定）
- ⑧（独）原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル：疲
労（JNES - SS - 0509 - 01, 2006年10月改定）
- ⑨（独）原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル：配
管減肉（JNES - SS - 0510 - 01, 2006年10月改定）
- ⑩（独）原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル：電
気計装設備の絶縁低下（含む電気計装設備の特性低下）
（JNES-SS-0511-01, 2006年10月改定）
- ⑪（独）原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル：コ
ンクリートの強度低下および遮へい能力低下（含む鉄骨構造の
強度低下）（JNES-SS-0512-02, 2007年12月改定）
- ⑫（独）原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル：耐
震安全性評価（JNES - SS - 0513 - 01, 2006年10月改定）

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、安全機能を有する機器・
構造物に発生しているか、又は発生する可能性のある全ての経年劣
化事象の中から、高経年化対策上考慮すべき経年劣化事象を抽出し
た。

- (1) 安全機能を有する機器・構造物に発生しているか、又は発生す
る可能性のある全ての経年劣化事象の選定

安全機能を有する機器・構造物に発生しているか、又は発生す
る可能性のある全ての経年劣化事象は、明らかな設計・施工不良

に起因すると認められる事象や消耗品・定期取替品の経年劣化事象については対象から除外した上，以下の3段階を用いた美浜3号機の技術評価における経年劣化事象の抽出結果に基づき，現在までの国内外の運転経験や研究等によって得られた新たな知見を加味して選定した。

① 第一段階

工業用材料に想定される経年劣化事象のうち，原子炉施設が置かれている環境を考慮し，想定される経年劣化事象を抽出する。

② 第二段階

使用材料の置かれている環境条件を考慮し，発生が想定される経年劣化事象を抽出する。

③ 第三段階

対象機器個別の条件を考慮し，安全機能達成のために要求される機能の維持に必要な項目に関連する主要な部位に展開した上で，部位を縦軸，経年劣化事象を横軸としたマトリックス形式により経年劣化事象を抽出する。

なお，分解点検を行わず一体として点検・取替を行っている機器（小型モータ，小型弁等）については，部位展開せずに一体として評価する。

(2) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

(1)で選定した安全機能を有する機器・構造物に発生しているか，又は発生する可能性のある全ての経年劣化事象の中から，以下の3つの理由から高経年化対策上有意な経年劣化事象ではないと判断されるものを除き，高経年化対策上重要と判断される事象を抽出した。

また，この事象は，「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」における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を包含していると考えられる。

この過程において高経年化対策上有意でないと判断して除いた経年劣化事象については，その具体的な理由を記述した。

- ① 現在までの運転経験で有意な経年劣化傾向が認められておらず，今後もこれらの傾向が変化する要因がないと判断できるもの
- ② 日常の巡視点検等にて経年劣化の兆候が容易に把握でき，かつ

容易に修復することが可能であるもの

- ③ 使用条件から考えて、材料試験データとの比較等により、容易に工学的には問題ないと判断できるもの

なお、高経年化対策上重要と判断される経年劣化事象は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を全て包含していることを、以下のとおり確認している。

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象とは、(1)で選定した経年劣化事象から下記のいずれかに該当するものを除外したものが該当する。

- 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、又は進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象

ロに該当する経年劣化事象は、①又は③に該当すると評価した経年劣化事象を全て包含したものとなっていると考える。

イに記載されている適切な保全活動には、巡視点検など機器を分解することなく実施する点検に基づく活動と、機器を分解して実施する点検に基づく活動が含まれるが、②では巡視点検など機器を分解することなく実施する点検により経年劣化の兆候が把握可能な経年劣化事象を対象としている。

一方、イに該当する経年劣化事象は、「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」という条件があるが、②に該当する経年劣化事象かどうかを評価する際には、日常の巡視点検等で予防保全としての適切な保全活動を行っていることを確認した上で、②に該当すると評価している。

以上から、イに該当する経年劣化事象は、②に該当すると評価した経年劣化事象を全て包含したものとなっており、結果として、高経年化対策上重要と判断される経年劣化事象は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を全て包含していると考えられる。なお、日常の巡視点検や日常保全等で確実に行われる予防保全には、例えば、腐食を防止する塗装のタッチアップが該当する。

4. 2. 4 経年劣化事象に対する技術評価

4. 1 で選定された代表機器について、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。

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及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。

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・取替え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年間の運転を考慮した場合、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

発生しうる経年劣化事象及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. 経年劣化事象の抽出

4. 2. 3 (1) で選定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」なものを耐震安全性評価上着目すべき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ごとに、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、経年劣化の影響を受けるものとしては、④及び⑥が考えられるが、各経年劣化事象に対してこの手法にしたがって評価を実施した。また、評価に際しては、「発電用原子炉施設に関する耐震設計審査指針（昭和56年7月20日原子力安全委員会決定）」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。

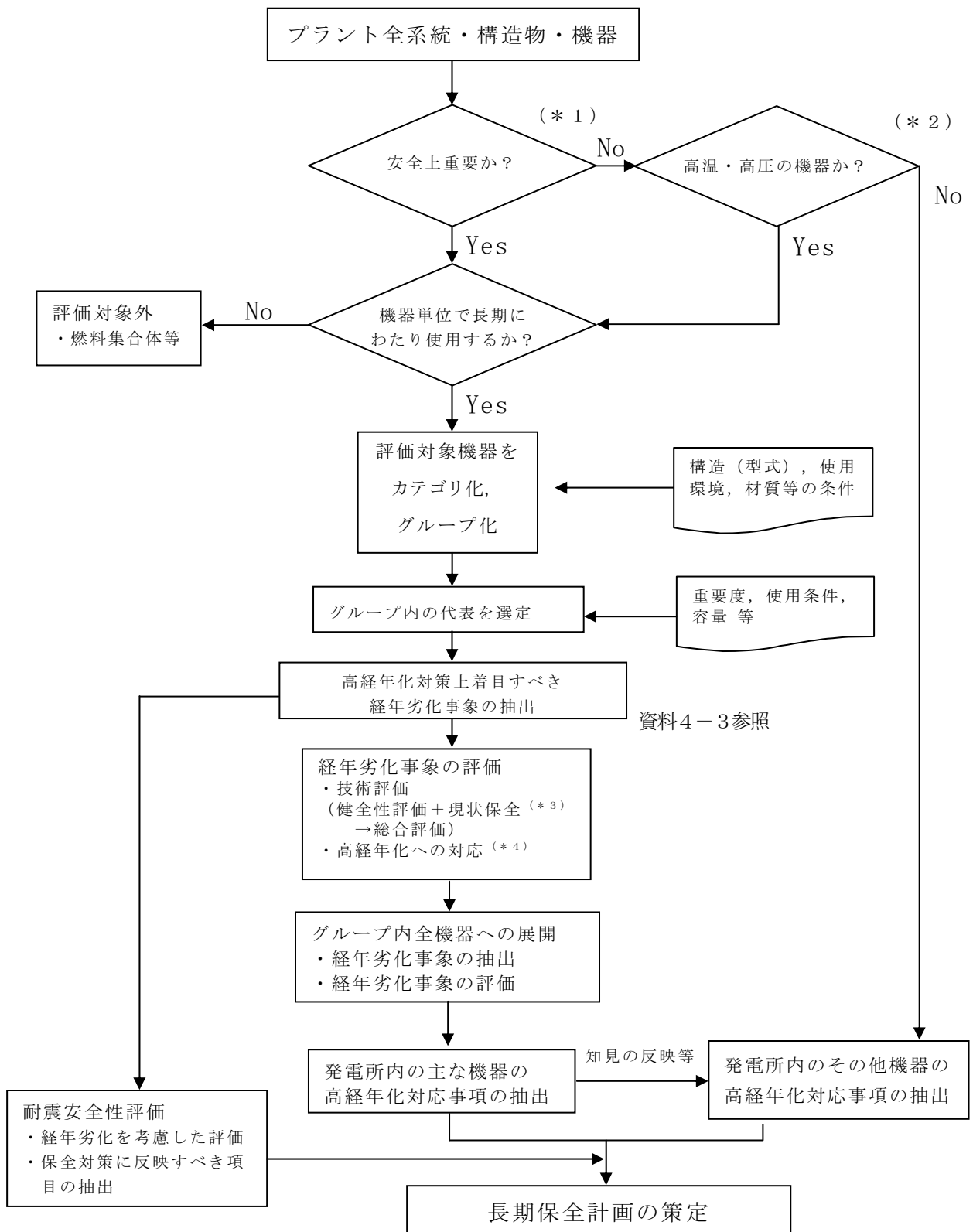
これらの検討における評価フローについて資料4-2「技術評価フロー」に示す。

資料4-1 運転経験の高経年化対策への反映(1/2)

運転経験	高経年化対策技術評価		備考
	総合評価	高経年化への対応	
<p>美浜1号機 キヤビテイスレンスライニングの応力腐食割れ (2007年3月発生) <事象> 本事象は、プラント建設時に付着した海塩粒子が、原子炉の運転により溶接部近傍の狭隘部分で濃縮されたことによる応力腐食割れと推定されている。</p>	<p>大飯1号機のキヤビテイスレンスライニングについて、応力腐食割れの発生の可能性は否定できないものの、直ちに保水の保持機能に影響を与えうる可能性は小さい。また、応力腐食割れに起因したコンクリート壁面からの漏えいは、目視による漏えい確認により検知可能であり、点検手法として適切である。</p>	<p>定期検査中の巡視点検時等に、キヤビテイト壁面の目視確認を実施していく。</p>	<p>「容器の報告書」の「7ブール型容器」P8参照</p>
<p>大飯発電所1号機 制御棒位置指示装置の不具合について (2007年4月発生) <事象> 本事象は、制御棒位置検出器コイルに電源を供給している引き出し線の接続部1箇所が断線したため、「RPI軽故障」警報が発信したものである。</p>	<p>断線が発生した検出器のコイルリード線ロウ付け部については、ロウ付け補修を行った。また、断線が発生した検出器以外のコイルリード線のロウ付け部については、緑青(銅錆)が確認されたもの、目視、触手点検及び導通抵抗測定で健全であることは確認できている。短期間での急激な劣化の可能性は小さい。コイルの導通不良及び断線については、抵抗測定、目視点検および触手点検で検知可能であり、点検手法として適切である。</p>	<p>定期的に抵抗測定、目視点検及び触手点検を実施していく。また、次回第22回定期検査において、断線が発生した検出器をサブプリング更新し、計画的な取替え、もしくはロウ付け補修等、今後の点検内容について検討する。</p>	<p>クラス3のうち高温・高圧の環境下にある機器・構造物以外のもの</p>
<p>美浜2号機 蒸気発生器1次冷却材入口管台溶接部での傷の確認 (2007年9月発生) <事象> 蒸気発生器冷却材入口管台セーフエントド(ステンレス鋼製)内面において、非常に軽微な粒界割れが管台との溶接部境近傍の機械加工部において確認されている。割れの起点は確認できていないが、蒸気発生器製作時に出入口管台とセーフエントドを溶接した後、機械加工を行ったことにより、硬さが上昇するとともに、セーフエントド溶接部近傍の内面の極表面層部において高い残留応力が発生し、溶接部近傍において運転中に粒界割れが進展したものと推定されている。</p>	<p>大飯1号機の蒸気発生器冷却材出入口管台セーフエントドについては、第21回定期検査時(2006~2007年度)にショットピーニング(応力緩和)を施工しており、応力腐食割れが発生する可能性はないと考える。</p>	<p>高経年化対策上有意な事象ではない。</p>	<p>「熱交換器の報告書」の「2蒸気発生器」P12参照</p>

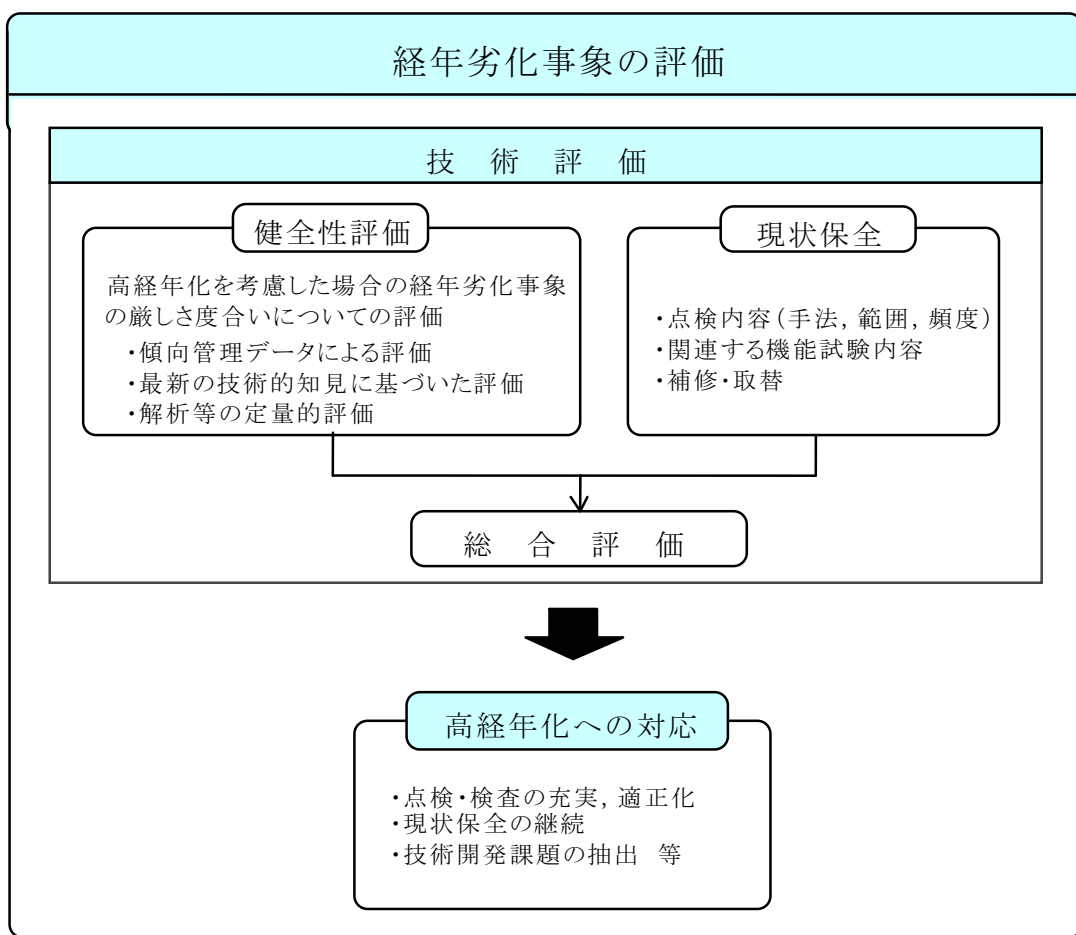
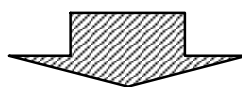
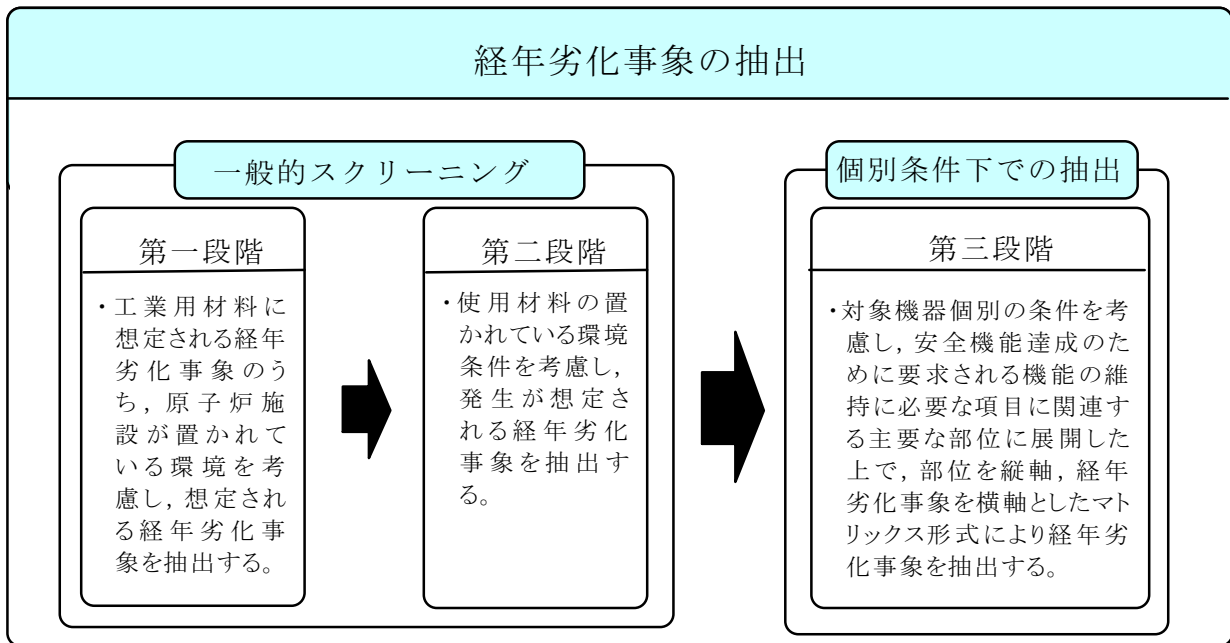
資料4-1 運転経験の高経年化対策への反映(2/2)

運転経験	高経年化対策技術評価		備考
	総合評価	高経年化への対応	
<p>大飯2号機 第2段過分分離加熱器空気抜管からの僅かな蒸気漏れ(2007年12月発生)</p> <p><事象> 本事象は、負圧機器につながる差圧が高い系統に設置されていたドレントラップの出口配管が口径の大きい当該空気配管にT字接続されたドレンが、ドレントラップ作動毎に排出されたドレンが減圧膨張しながら、当該空気抜管に衝突してわずかな減肉が発生し、これが長年繰り返された結果、貫通に至ったものと推定されている。</p> <p>米国ブレイドウッド発電所1号機 加圧器ヒータスリーブの損傷 (2006年12月 Information Notice 発行)</p> <p><事象> 本事象は、ヒータスリーブの溶接部が熱影響等により鋭敏化していたとともに、ヒータスリーブとヒータの隙間部で溶存酸素が高くなっていたことによる酸素型応力腐食割れと推定されている。</p>	<p>母管の腐食(エロージョン・コロージョン及びエロージョン)については、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づいた検査、取替えを継続して行く。また、検査結果による新たな知見を、継続的に管理指針に反映していくことは有効と考える。</p>	<p>2次系配管肉厚の管理指針」に基づいた検査、取替えを継続して行くとともに蓄積を図っていく。また、プラントの検査結果による知見を踏まえた「2次系配管肉厚の管理指針」の改訂を継続的に行っていく。</p>	<p>「配管の報告書」の「3炭素鋼配管」P30参照</p>
<p>海外プラント 加圧器ヒータスリーブの応力腐食割れ</p> <p><事象> 本事象は、ヒータスリーブ外面で応力腐食割れが発生し、1次系水が浸入したことによる絶縁低下及び漏えいが確認された事例があると報告されている。</p>	<p>大飯1号機のヒータスリーブについては、溶接時の入熱管理により局所的に溶存酸素が滞留し難くなっていることから、応力腐食割れ発生の可能性は小さいと考えられる。したがって、高経年化対策上有意な事象ではない。</p>	<p>高経年化対策上有意な事象ではない。</p>	<p>「容器の報告書」の「2加圧器本体」P7参照</p>
<p>海外プラント 加圧器ヒータスリーブの応力腐食割れ</p> <p><事象> 本事象は、ヒータスリーブ外面で応力腐食割れが発生し、1次系水が浸入したことによる絶縁低下及び漏えいが確認された事例があると報告されている。</p>	<p>大飯1号機と同様のヒータスリーブが報告されているものの、国内では、同様の事例は確認されておらず、ヒータスリーブの外面からの応力腐食割れによる絶縁低下及び漏えいが発生する可能性は小さい。</p> <p>海外プラントと同様の事例が報告されているものの、国内では、同様の事例は確認されておらず、ヒータスリーブの外面からの応力腐食割れによる絶縁低下及び漏えいが発生する可能性は小さい。</p> <p>ヒータスリーブが損傷し1次冷却材が浸入した場合には直ちに絶縁低下に至るため、絶縁抵抗測定で検知可能であり点検手法として適切である。</p> <p>また、接液表面硬化層等に起因すると考えられる応力腐食割れの知見等に基づき、今後の保全に反映すべきものであるか検討していく。</p>	<p>定期的な絶縁抵抗測定を実施し、1次冷却材の混入等による絶縁低下のないことを確認していく。</p> <p>海外プラントでの検討結果やBWRプラントにおける接液表面硬化層等に関する見等に基づき、今後の保全に反映すべきものであるか検討していく。</p>	<p>「容器の報告書」の「2.2加圧器ヒータ」P13参照</p>



- * 1 : 重要度クラス 1, 2 (* 5)
- * 2 : 最高使用温度が 9 5℃ を超え, または最高使用圧力が 1 9 0 0 kPa を超える機器で原子炉格納容器外にあるもの。
- * 3 : 系統レベルの機能確認を含む。
- * 4 : 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。
- * 5 : 「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 3 0 日原子力安全委員会決定)の重要度分類

資料 4 - 2 技術評価フロー



資料 4 - 3 経年劣化事象の抽出及び技術評価フロー

5. 技術評価結果

本章では、重要度分類指針クラス1及び2の機能を有する機器・構造物並びにクラス3の機能を有する高温・高圧環境下にある機器・構造物に係る技術評価結果及び耐震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、別冊にまとめている。

5. 1 評価年月日

2008年2月22日

5. 2 技術評価結果

本章においては、各機器における技術評価結果についてまとめた。

- 5. 2. 1 ポンプ
- 5. 2. 2 熱交換器
- 5. 2. 3 ポンプモータ
- 5. 2. 4 容器
- 5. 2. 5 配管
- 5. 2. 6 弁
- 5. 2. 7 炉内構造物
- 5. 2. 8 ケーブル
- 5. 2. 9 電気設備
- 5. 2. 10 タービン設備
- 5. 2. 11 コンクリート構造物及び鉄骨構造物
- 5. 2. 12 計測制御設備
- 5. 2. 13 空調設備
- 5. 2. 14 機械設備
- 5. 2. 15 電源設備

5. 2. 1 ポンプ

各部位に対する考慮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. 主軸のフレッティング疲労割れ
- c. 増速機歯車等の摩耗
- d. ケーシング等の疲労割れ
- 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及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、目視検査及び寸法検査を実施し、摩耗状況について確認している。目視検査及び寸法検査により歯車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あるが、目視による腐食の有無もしくは塗装の劣化の有無を確認し、さらにシール材の塗布等の腐食軽減対策を実施している。これらを継続すれば急激な腐食の進行は小さい。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 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、疲れ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、今後、実過渡回数に基づく評価を実施していく。

5. 2. 2 熱交換器

各部位に対する考慮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. 伝熱管の摩耗及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. 伝熱管等の応力腐食割れ

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及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 第1低圧給水ヒータ伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れについては，発生の可能性は十分小さいと考えられるが，エロージョン・コロージョンによる管支持板穴部の拡大の可能性はある。現状，伝熱管の渦流探傷検査を実施し，有意な欠陥がないことを確認している。伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れは，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。

「腐食」

- ② 再生クーラ支持脚（スライド脚）等の腐食（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。
- ③ 湿分分離加熱器胴板等の腐食（エロージョン・コロージョン）については，急激な腐食進行の可能性は小さい。現状，目視検査等を実施し減肉進行程度を監視している。腐食（エロージョン・コロージョン）については，目視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。

- ④ 第1 低圧給水ヒータ伝熱管の腐食（アンモニアアタック）については、発生の可能性は否定できない。現状、伝熱管の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。腐食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。
- ⑤ 放射性機器冷却水クーラハンドホール蓋等の腐食（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はく離は不確定であり、一律に定量的な評価が困難である。現状、ライニングのはがれ等のないことを目視検査により確認している。ライニングのはく離等は目視検査で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ⑥ 再生クーラ管板等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲れ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、今後、実過渡回数に基づく評価を実施していく。

「応力腐食割れ」

- ⑦ 蒸気発生器のインコネル600合金使用部位の応力腐食割れについては、美浜2号機の蒸気発生器を1994年に取り替えた際の点検では有意な欠陥が認められていないことから、取替え後の蒸気発生器については、いずれの部位においても、応力腐食割れが問題となる可能性は小さい。冷却材出入口管台とセーフエンドの溶接部及び冷却材出入口管台肉盛部については、美浜2号機で同じ部位に損傷が確認されているが、第21回定期検査時（2006～2007年度）にショットピーニング（応力緩和）を施工したことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。なお、第21回定期検査時（2006～2007年度）におけるショットピーニング（応力緩和）施工前の確認として冷却材出入口管台とセーフエンドの溶接部及び冷却材出入口管台肉盛部の渦流探傷検査を実施した結果、異常のないことを確認した。現状、インコネル600合金使用部位の応力腐食割れについては、超音波探傷検査等を実施し、有意な割れのないことを確認している。応力腐食割れは超音波探傷検査等にて検知可能であり保安院指示文書（平成17・06・10 原院7号 NISA-163a-05-2）に基づく継続的な検査等の実施により健全性を確認していくとともに、国プロジェクト「ニッケル基合金応力腐食割れ進展評価手法の調査研究」等により得られた知見を踏まえ、今後の保全に反映していくものであるか検討していく。

「スケール付着」

- ⑧ 再生クーラ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小さい。現状、通水時の流体温度等のパラメータの監視を行い、異常のないことを確認している。通水時の流体温度等のパラメータ監視により熱交換機能を把握可能であり、今後も現状保全を継続していく。なお、蒸気発生器の伝熱管については、プラントパラメータからのスケール付着の評価結果に基づき、海外でも実績のある化学洗浄等によるスケール除去を実施していく。

- ⑨ 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等により監視し、必要に応じて水ジェット等による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. 2. 3 ポンプモータ

各部位に対する考慮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及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値以上であることを確認し傾向管理を行うとともに、運転年数に基づき取替えを実施している。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 充てん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え等を実施している。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. 2. 4 容器

各部位に対する考慮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. インコネル600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. 鋼板等の腐食
- f. 電気ペネトレーションのポッティング材の絶縁低下
- g. アイスコンデンサ下部入口ドアのヒンジ等の固着
- h. アイスコンデンサ下部入口ドアのばねの変形

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及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、トップドーム部及び円筒部については、屋外大気に曝されておらず、現状の塗膜管理を行ってれば腐食は問題とならない。また、ナックル部については、閉塞空間を窒素雰囲気置換していることから腐食は問題とならない。現状、原子炉格納容器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及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。さらに、必要に応じて大気と接触する部分の再塗装を行っている。原子炉格納容器鋼板の腐食については、目視検査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については、塗膜の管理を行ってれば、機器の健全性に影響を与える可能性はない。現状、目視検査及び原子炉格納容器漏えい率試験によりバウンダリ機能の健全性を、また目視検査により塗膜に異常のないことを確認している。腐食は、目視検査等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ③ 放射性機器冷却水タンク支持脚（スライド脚）等の腐食については、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 補助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、疲れ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、今後実過渡回数に基づく評価を実施していく。

「応力腐食割れ」

- ⑥ 原子炉容器炉内計装筒等で使用しているインコネル600合金は、応力腐食割れ感受性を有しており、応力腐食割れ発生領域に至る応力が発生している可能性がある炉内計装筒母材部及び応力腐食割れ発生領域に至る高い応力が残存している可能性がある溶接部の表面仕上げ（バフ仕上げ）が行われていない場合の炉内計装筒J-溶接部、冷却材出入口管台の溶接部については応力腐食割れが発生する可能性は否定できない。現状、定期的に超音波探傷検査及びベアメタル検査等を実施し有意な欠陥のないことを確認している。応力腐食割れにより発生するき裂は、超音波探傷検査及びベアメタル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。応力腐食割れ発生領域に至る応力が発生している可能性がある炉内計装筒母材部については、第17回定期検査時（2001年度）に渦流探傷検査を実施し、異常のないことを確認した上で、ウォータージェットピーニング（応力緩和）を施工している。また、炉内計装筒J-溶接部及び冷却材出入口管台の溶接部については、第21回定期検査時（2006年度～2007年度）にウォータージェットピーニング（応力緩和）を施工している。保安院指示文書（平成17・06・10 原院7号 NISA-163a-05-2）に基づく継続的な検査の実施により健全性を確

認していくとともに、国プロジェクト「ニッケル基合金応力腐食割れ進展評価手法の調査研究」等により得られた知見を踏まえ、今後の保全に反映すべきものであるか検討していく。

- ⑦ 加圧器サージ用管台のインコネル600合金使用部位の応力腐食割れについては、長期的には発生の可能性は否定できない。現状、超音波探傷検査、浸透探傷検査及びベアメタル検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。また漏えい試験を実施し、耐圧部の健全性を確認している。応力腐食割れについては、超音波探傷検査、浸透探傷検査及びベアメタル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。保安院指示文書（平成17・06・10 原院7号 NISA-163a-05-2）に基づく継続的な検査の実施により健全性を確認していくとともに、国プロジェクト「ニッケル基合金応力腐食割れ進展評価手法の調査研究」等により得られた知見を踏まえ、今後の保全に反映すべきものであるか検討していく。
- ⑧ 加圧器ヒータヒータシースの外面からの応力腐食割れについては、発生の可能性は否定できない。現状、ヒータの絶縁抵抗測定を実施し、1次冷却材の混入等による絶縁低下のないことを確認している。絶縁低下については、絶縁抵抗測定により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。また、海外プラントでの検討結果や国プロジェクト「原子炉用ステンレス鋼の耐応力腐食割れ実証事業」等の知見に基づき、今後の保全に反映すべきものであるか検討していく。
- ⑨ 燃料取替用水タンク胴板等の応力腐食割れについては、塗装や防水措置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。
- ⑩ キャビティステンレスライニング等の応力腐食割れについては、応力腐食割れが発生する可能性は否定できないものの、応力腐食割れが発生した場合においても、漏えいはにじみ程度に収まることから、応力腐食割れが直ちに保有水の保持機能に影響を与える可能性は小さい。応力腐食割れに起因したコンクリート壁面からの漏えいは水位監視及び目視による漏えい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。

「中性子照射脆化」

- ⑪ 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年時点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、現状保全項目に加えて、関連温度上昇については脆化予測式の精度向上の観点から、また、使用済試験片の再生技術確立については、現時点で試験片の数量に不足はないものの、データ拡充による長期的な予測信頼性向上に取り組む観点から、JEAC4201-2007の活用を検討する。また、国や民間の技術開発、規格基準化に積極的に参画し、最新知見による脆化予測式で評価を行うとともに、従来の予測と大幅に異なる場合は再生試験片の装荷なども含めて、実機への適用を検討していく。

「固着」

- ⑫ アイスコンデンサ下部入口ドアのヒンジ等の固着については、ヒンジに腐食が発生した場合、ヒンジ部の摺動抵抗が増加することになるが、これまで、定期検査毎にドアの開力が基準値を超えていないことを確認している。ヒンジ等の固着は、ドアの開力の測定にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

5. 2. 5 配管

各部位に対する考慮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. 母管の腐食
- b. 母管等の疲労割れ
- c. 母管の応力腐食割れ
- d. 1次冷却材管母管等の熱時効
- e. Uボルト本体等の摩耗
- f. スライドサポートスライドプレートのテフロンのはく離
- g. スプリングハンガばねの変形
- h. オイルスナバオイル等の劣化

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及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ボルト本体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、目視にて摺動面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 主蒸気系統配管母管等（ステンレス鋼）の腐食（エロージョン）については、保安院指示文書（平成17・02・16原院第1号 NISA-163a-05-1）や（社）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、試験対象系統及び部位や試験実施時期等の考え方を「2次系配管肉厚の管理指針」の改訂等により反映し、これに基づき、超音波を用いた肉厚計測を実施し、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ないと考える。また、人的過誤防止として、原子力検査データ処理システム（NIPS）による管理の徹底を図るとともに、改善を継続的に図り適用していく。なお、今後も知見拡充の観点から肉厚計測を行い、データの蓄積を図っていく。また、原子力検査データ処理システム（NIPS）による管理の徹底を図るとともに、改善を継続的に図り適用していく。さらに、プラントの検査結果による知見を踏まえた「2次系配管肉厚の管理指針」の改訂を

継続的に行っていく。

- ③ グランド蒸気系統配管母管等（低合金鋼）の腐食（エロージョン）については、保安院指示文書（平成 17・02・16 原院第 1 号 NISA-163a-05-1）や（社）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、試験対象系統及び部位や試験実施時期等の考え方を「2次系配管肉厚の管理指針」の改訂等により反映し、これに基づき、超音波を用いた肉厚計測を実施し、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ないと考える。また、人的過誤防止として、原子力検査データ処理システム（NIPS）による管理の徹底を図るとともに、改善を継続的に図り適用していく。なお、今後も知見拡充の観点から肉厚計測を行い、データの蓄積を図っていく。また、原子力検査データ処理システム（NIPS）による管理の徹底を図るとともに、改善を継続的に図り適用していく。さらに、プラントの検査結果による知見を踏まえた「2次系配管肉厚の管理指針」の改訂を継続的に行っていく。
- ④ 主蒸気系統配管母管等（炭素鋼）の腐食（エロージョン・コロージョン及びエロージョン）については、流速、水質、温度、当該部の形状等の使用条件から発生する可能性は推定できるものの、個々の肉厚測定結果による進展評価以外に正確に定量的な評価を行うことは困難であるため、配管の減肉管理については減肉の可能性のある箇所肉厚測定を行い、減肉の有無、減肉率を判断し、寿命評価を実施することとしている。「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計測を実施し、減肉の管理を行っており、第20回定期検査時（2005年度）までに主要点検部位及びその他の全ての管理対象箇所について点検を完了した。また、その後（社）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）」が制定されたことを踏まえて見直しを行った結果新たに管理対象となった箇所についても、第21回定期検査時（2006～2007年度）に全ての点検を行った。また、知見拡充の観点から、負圧機器に接続されている系統でドレントラップにより間欠的に二相流が流れる系統などを点検している。さらに、点検箇所の抜けなどの人的過誤防止対策として、配管材質、肉厚等の設計諸元並びに減肉の測定結果、減肉率等の管理を行なう「原子力検査データ処理システム（NIPS）」の改善を図っており、NIPSを用いた管理の徹底を図ることとしている。「2次系配管肉厚の管理指針」に基づいた検査、取替えを継続して行く。超音波を

用いた配管の肉厚計測結果により余寿命管理に基づく検査，取替えを継続して行くことで，緩やかに進行する減肉も含めた配管減肉の管理は可能と考える。なお，今後も知見拡充の観点から肉厚計測を行い，データの蓄積を図っていく。また，原子力検査データ処理システム（NIPS）による管理の徹底を図るとともに，改善を継続的に図り適用していく。さらに，プラントの検査結果による知見を踏まえた「2次系配管肉厚の管理指針」の改訂等を継続的に行っていく。

- ⑤ 海水系統配管の内面からの腐食については，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検査等で検知可能であり，今後も現状保全を継続していく。
- ⑥ 主蒸気系統配管等の外面からの腐食については，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，防水措置（保温）の健全性を確認している。塗装，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」

- ⑦ 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，疲れ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，今後，実過渡回数に基づく評価を実施していく。なお，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り，高サイクル熱疲労による損傷の防止については，保安院指示文書（平成 19・02・15 原院第 2 号 NISA-163b-07-1）に基づき，今後の保全を行っていく。
- ⑧ 余熱除去系統配管母管等の熱成層による疲労割れについては，隔離弁がリークした場合，成層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，充てん水止弁の分解点検等を実施している。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。なお，1次冷却系統配管については，疲労評価の結果，疲れ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，今後，実過渡回数に基づく評価を実施していく。

「応力腐食割れ」

- ⑨ 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。SUS304系の配管の内、高温で溶存酸素濃度が高くなる可能性のある範囲の溶接部については、予防保全として順次取替えを実施してきている。現状、溶接部を対象とした超音波探傷検査を実施し、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により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑩ 余熱除去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装及び防水措置（保温）の健全性確認を実施している。塗装及び防水措置（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。

「はく離」

- ⑪ 配管スライドサポート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、プラント起動時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. 2. 6 弁

各部位に対する考慮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. 弁箱等の疲労割れ
- b. 弁箱等の腐食
- c. 弁棒等の摩耗
- d. 安全逃し弁ばね等の変形
- e. 電動装置モータの絶縁低下

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及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 主給水系統玉形弁弁棒等の摩耗については，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，目視検査等にて摩耗の状態を確認し，必要に応じて補修等の対策を行っている。摩耗は，目視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。

「腐食」

- ② 主蒸気系統仕切弁弁箱等の腐食（エロージョン・コロージョン及びエロージョン）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小さい。現状，弁内面の目視検査を実施し，有意な減肉のないことを確認している。腐食は目視検査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 補助給水系統仕切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。

- ④ ディーゼル発電機設備仕切弁弁箱等の腐食（孔食・隙間腐食等）については、急激に腐食が進行する可能性は小さい。現状、目視検査を実施し、健全性を確認している。腐食は、目視検査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 余熱除去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、疲れ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、今後実過渡回数に基づく評価を実施していく。
- ⑥ 主蒸気止め弁弁体の疲労割れについては、起動・停止時に主蒸気圧力によって他の弁体部位より高い応力が、また、タービントリップ試験時に急閉する際にも応力が発生するが、疲労評価の結果、発生応力は許容値以下であり、疲労割れ発生の可能性はないと考える。弁体の疲労割れは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。

「絶縁低下」

- ⑦ 電動装置モータの絶縁低下については、絶縁種と使用温度の比較による評価、または、40年間の運転期間を想定した経年劣化及び事故時雰囲気を考慮した評価により、絶縁低下の可能性は否定できないが、現状、絶縁抵抗測定により許容値以上であることを確認している。絶縁低下は、絶縁抵抗測定にて検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。また、電動弁絶縁物の60年間の運転期間における温度、放射線、機械的及び事故時雰囲気による劣化を想定した試験を実施中であり、今後その試験結果にもとづく保全を検討していく。

5. 2. 7 炉内構造物

各部位に対する考慮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及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、急激に進展することではなく、今後もこの傾向が変化する可能性は小さい。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。今後、構造強度・機能を維持するのに必要な範囲の健全性が合理的に確保されるように、必要に応じて点検評価に関する（社）火力原子力発電技術協会「炉内構造物点検評価ガイドライン」、（社）日本機械学会「維持規格」等を踏まえ、今後の保全の必要性を検討していく。
- ② 炉内計装用シングルチューブ等の摩耗については、機能喪失に至る可能性は小さい。現状、渦流探傷検査等により摩耗状況を確認するとともに、必要に応じ、取替又は位置変更を実施することとしている。摩耗については、渦流探傷検査等で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

- ③ 炉心支持構造物の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲れ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、今後実過渡回数に基づく評価を実施していく。

「応力腐食割れ」

- ④ 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、発生するものと考えられるが、現時点の知見による損傷発生予測の結果、運転時間が約25万時間まではボルト損傷の可能性は小さい。バレルフォーマボルト等については、発生の可能性は小さい。現状、バッフルフォーマボルトに対して、超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。構造強度・機能を維持するのに必要な範囲の健全性が合理的に確保されるように、必要に応じて点検評価に関する（社）火力原子力発電技術協会「炉内構造物点検評価ガイドライン」、（社）日本機械学会「維持規格」等の活用により、適切な時期に超音波探傷検査を実施することを検討する。なお、取替えを行う場合については、バッフルフォーマボルトの取替えや炉内構造物全体の取替えが考えられる。また、国の研究プロジェクト「照射誘起型応力腐食割れ評価技術開発」や民間の技術開発、規格基準化に積極的に参画し、知見やデータの拡充及び発生時間予測式の高精度化を図り、実機保全への適用を検討していく。

「中性子照射による靱性低下」

- ⑤ 炉心そうの中性子照射による靱性低下については、応力レベルが低く、バッフルフォーマボルトに比較して照射量が少ないため、き裂が発生する可能性は小さい。万一、有意な欠陥を想定した場合でも不安定破壊発生の可能性はない。現状、より照射量が厳しいバッフルフォーマボルトにおいて、有意な欠陥がないことを確認している。しかしながら、構造強度・機能を維持するのに必要な範囲の健全性が合理的に確保されるように、必要に応じて点検評価に関する（社）火力原子力発電技術協会「炉内構造物点検評価ガイドライン」、（社）日本機械学会「維持規格」等の活用により、検査や取替えによる今後の保全の検討を進めていく。また、国のプロジェクト「照射誘起型応力腐食割れ評価技術開発」や民間の技術開発、規格基準化に積極的に参画し、実機保全への適用を検討していく。

5. 2. 8 ケーブル

各部位に対する考慮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及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 高圧C Aケーブル絶縁体等の絶縁低下については、現時点の知見において、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。また、代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルについても、代表ケーブルにおいて絶縁機能が維持できることを確認していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。現状、絶縁抵抗測定により許容値以上であることを確認している。なお、ケーブルの試験方法に関する検討が現在国プロジェクト「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していく。
- ② 難燃高圧C S H Vケーブル絶縁体等の絶縁低下（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。
- ③ 事故時雰囲気内で機能要求があるK Kケーブル絶縁体等の絶縁低下については、布設環境が厳しい一部のケーブルを除き、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。事故時雰囲気内で機能要求がないS H V Vケーブル絶縁体等の絶縁低下については、実機布設ケーブルと製造メーカーが異なるものの絶縁体材料が類似するケーブルにより絶縁機能が維持できることを確認していることから、絶縁低下の可

能性は小さいと考える。また、代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルについては、布設環境が厳しい一部のケーブルを除き、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。現状、絶縁抵抗測定または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。なお、事故時雰囲気内で機能要求がある代表ケーブルと製造メーカーが異なるPAケーブルについては、布設環境の厳しい条件を包絡する60年間の長期健全性試験による再評価、または取替を検討していく。さらに、ケーブルの試験方法に関する検討が現在国プロジェクト「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究」で実施されており、今後その成果の反映を検討していくとともに、保安院指示文書（平成19・07・30 原院第5号 NISA-167b-07-1）に基づく、原子炉格納容器内のケーブル布設環境（温度・放射線線量率）の調査結果を反映する。

- ④ 複合同軸コネクタ接続絶縁物等の絶縁低下については、熱及び放射線による絶縁低下が考えられる。現状、絶縁抵抗測定及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及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. 2. 9 電気設備

各部位に対する考慮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. メタクラ（安全系）ばね蓄勢用モータの絶縁低下
- b. メタクラ（安全系）リンク機構等の固着
- c. メタクラ（安全系）保護リレー等の特性変化

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及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，調整試験及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，調整試験及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，各部の目視点検，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，各部の目視点検，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. 2. 10 タービン設備

各部位に対する考慮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. 主蒸気入口管等の疲労割れ
- c. 車室の変形
- d. 翼環ボルト等の応力腐食割れ
- e. ジャーナル軸受ホワイトメタル等の摩耗，はく離
- f. ポンプモータの絶縁低下
- g. タービン保安装置ばね等の変形
- h. ガバナ調速機構の摩耗

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及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、目視検査，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，急激な摩耗の進行が生じる可能性は低い。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（エロージョン・コロージョン）による減肉の可能性が考えられる。現状，超音波による肉厚計測及び目視検査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，超音波による肉厚計測及び目視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。

- ④ 低圧タービン動翼等の腐食（エロージョン・コロージョン）については、急激な減肉進行及び動翼のステライトのはく離の可能性は小さい。現状、目視検査及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、目視検査及び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。

「疲労割れ」

- ⑤ 低圧タービン第1内部車室等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲れ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、今後実過渡回数に基づく評価を実施していく。

「応力腐食割れ」

- ⑥ 高圧タービン翼環ボルトの応力腐食割れについては、応力腐食割れ発生の可能性は小さい。現状、目視検査により有意な割れのないことを確認している。応力腐食割れについては、目視検査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 タービン調速装置高圧油供給装置・油ポンプモータ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え等を実施している。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。

「変形」

- ⑧ 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、水平継手面の隙間計測及び当り状況の確認等を実施している。高圧タービン車室等の変形は、間隙計測及び当り状況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. 2. 1 1 コンクリート構造物及び鉄骨構造物

各部位に対する考慮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. コンクリートの熱等による強度低下
- b. コンクリートの熱による遮へい能力低下
- c. 鉄骨の腐食による強度低下

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及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，塩分浸透及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，塗装の劣化等の目視点検を定期的を実施し，強度に支障をきたす可能性のあるような有害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。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。さらに，今後は現状保全に加えて，リバウンドハンマー（シュミットハンマー）によりコンクリートの強度推定を行う非破壊試験を定期的代表構造物において実施すること等により，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，定期的目視点検を実施し，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装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. 2. 1 2 計測制御設備

各部位に対する考慮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. 励磁装置の絶縁低下

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及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(広域)計測制御装置計装配管等の応力腐食割れについては、発生する可能性は否定できない。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の絶縁低下については、急激な絶縁低下の可能性は小さい。現状、絶縁抵抗測定を実施し、異常のないことを確認するとともに、20年経過後適切な頻度で絶縁抵抗測定、 $\tan \delta$ 測定、直流吸収比測定、巻線抵抗測定及びコイル内部観察を実施し、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 余熱除去クーラ出口流量計測制御装置伝送器類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。

5. 2. 1 3 空調設備

各部位に対する考慮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. Vプーリの摩耗
- c. モータ固定子コイル等の絶縁低下
- d. 電気ヒータ等の導通不良
- e. ダンパシャフトの固着
- f. ダンパばねの変形

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及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 中央制御室空調装置ファン等のVプーリの摩耗については、急激な摩耗の発生する可能性は小さい。現状、Vベルトの張力管理及びVプーリの目視検査を実施している。Vプーリの摩耗は、Vベルトの張力管理及びVプーリの目視検査で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「腐食」

- ② ディーゼル発電機室冷却ダクト外板の大気取入部の腐食（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、亜鉛メッキまたは塗装面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。外板の大気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」

- ③ 補助建屋下部よう素除去排気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え等を実施している。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。事故時機能要求のあるエアリターンファンモータについては、運転開始後40年までにモータの取替えを実施することについて計

画済である。

- ④ 空調チラーユニット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値以上であることを確認し傾向管理を行うとともに、運転年数に基づき取替えを実施している。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」

- ⑤ 中央制御室空調装置外気取入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. 2. 1 4 機械設備

各部位に対する考慮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. ホールドダウンピン等原子炉容器炉心近傍部材の中性子照射脆化
- b. サポートパッド摺動部等の摩耗
- c. サポートヒンジ溶接部等の疲労割れ
- d. モータ固定子コイル等の絶縁低下
- e. 空気レシーバ等の腐食
- f. 耐火煉瓦の減肉
- g. 圧力スイッチ等の特性変化
- h. ワイヤロープの摩耗及び素線切れ
- i. グリッパばね等の変形
- j. 制御棒クラスタ被覆管先端部の照射誘起割れ
- k. 廃液蒸発器銅板等のステンレス鋼部位の応力腐食割れ
- l. 伝熱管のスケール付着
- m. 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及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 計器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、目視検査及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。摩耗については、目視検査及び寸法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。
- ② 計器用空気圧縮機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ベルトの張力管理及びVプーリの目視検査を実施している。Vプーリの摩耗は、Vベルトの張力管理及びVプーリの目視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 燃料取換クレーンワイヤロープ等の摩耗及び素線切れについては、摩耗及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及び目視検査を実施している。

ワイヤロープの摩耗及び素線切れは、ワイヤロープ径の寸法計測及び目視検査で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

- ④ 燃料取換クレーングリッパの軸受の摩耗については、急激な摩耗の発生する可能性は小さい。現状、作動確認を実施し、有意な摩耗のないことを確認している。グリッパの軸受の摩耗は、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 燃料取換クレーンロッキングカム等の摩耗については、摩耗が急激に進展する可能性は小さい。現状、グリッパの作動検査等を実施している。ロッキングカムの摩耗については、グリッパの作動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。
- ⑥ 燃料ピットクレーン電磁ブレーキ等のライニングの摩耗については、急激な進展の可能性は小さい。現状、電磁石ストローク調整によりブレーキライニングの摩耗量を確認している。ライニングの摩耗は、電磁石ストローク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。
- ⑦ 炉内熱電対用フランジコノシールガスケット取付部等の摩耗については、発生の可能性は否定できない。現状、接触面の目視検査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、目視検査及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。
- ⑧ 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、制御棒クラスタ案内管案内板部については、摩耗進行曲線による運転時間管理によりステップ変更及び取替えを行っており、制御棒被覆管先端部については、先端部摩耗量測定に基づき制御棒クラスタ毎に管理し取替えを実施している。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。
- ⑨ アスファルト固化混合蒸発機攪拌用突起等の摩耗については、廃液中の固形分が付着・堆積し、ケーシング内径と攪拌用突起等の

クリアランスを超えるまでに成長すると、攪拌用突起等と接触する状況が生じることから攪拌用突起等の摩耗が発生する。現状、攪拌用突起等の表面の付着・堆積物を除去し、目視検査により有意な摩耗がないことを確認している。攪拌用突起等の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。

「腐食」

- ⑩ 支持脚（スライド脚）の腐食については、長期使用により腐食し固着の発生の可能性は否定できない。現状、装置起動時に支持脚が正常に動作していることを目視により確認している。支持脚（スライド脚）の動作状況については、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。
- ⑪ アスファルト固化混合蒸発機ロータ等の腐食については、長期使用により表面に廃液が付着・堆積し腐食が生じる可能性は否定できない。現状、ロータ等の表面の付着・堆積物を除去し、目視検査により有意な腐食がないことを確認している。ロータ等の腐食は目視検査により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。
- ⑫ 雑固体焼却炉耐火煉瓦の減肉については、焼却炉内は高温となり、溶融した焼却灰による浸食が考えられる。現状、寸法計測を実施し、必要に応じて耐火煉瓦の張替を実施している。耐火煉瓦の減肉は寸法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。
- ⑬ 雑固体焼却炉外殻等の腐食（全面腐食）については、急激に減肉が進行することはない。現状、超音波による肉厚測定を実施している。炉外殻等の腐食は肉厚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。
- ⑭ 基礎ボルトの大気接触部（塗装なし部）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るが、今後、現状保全項目に加えて、適切な機会を利用してサンプリング等により、腐食・付着力等の調査を実施していく。

「疲労割れ」

- ⑮ 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、疲れ累積係数は許容値に対して余裕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、今後、実過渡回数に基づく評価を実施していく。
- ⑯ 雑固体焼却炉耐火煉瓦等の割れについては、起動・停止時の温度変化により割れ発生の可能性は否定できない。現状、目視検査により、有意な割れのないことを確認している。有意な割れのないこと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。

「応力腐食割れ」

- ⑰ 廃液蒸発器胴板等ステンレス鋼部位の応力腐食割れについては、内部流体に塩化物イオン等を含んでおり、応力腐食割れ発生の可能性は否定できない。現状、胴板等の目視検査等を実施し異常のないことを確認している。応力腐食割れについては、目視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。

「絶縁低下」

- ⑱ 計器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え等を実施している。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。
- ⑲ 燃料取換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」

- ⑳ 計器用空気圧縮機潤滑油圧カ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、校正を実施し、精度が保たれていることを確認している。特性変化は、校正で検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

燃料取換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。

燃料取換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」

制御棒クラスタ被覆管の照射誘起割れについては、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えを行うとともに、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検査を実施し、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え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検査により検知可能であり、今後も現状保全を継続していく。

「スケール付着」

廃液蒸発器伝熱管等のスケール付着については、長期間の運転を想定した場合、スケール付着による伝熱性能低下の可能性は否定できない。現状、圧力等のパラメータの監視を行い、熱交換性能に異常のないことを確認するとともに、必要に応じて伝熱管の洗浄を行っている。スケール付着については、圧力等のパラメータの監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。

「劣化」

基礎ボルトのケミカルアンカの樹脂については、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るが、今後、現状保全項目に加えて、適切な機会を利用してサンプリング等により、樹脂の劣化等の調査を実施していく。

5. 2. 15 電源設備

各部位に対する考慮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. 燃料油供給ポンプ圧力調整弁等のばねの変形
- c. 空気冷却器水室等の腐食
- d. 伝熱管のスケール付着
- 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及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空気冷却器水室等の腐食（異種金属接触腐食等）については、管板との海水中での異種金属接触腐食等を防止するため、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、目視にてライニングのはく離等のないことを確認している。ライニングのはく離等のないことは目視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 非常用ディーゼル機関空気冷却器伝熱管等の内面の腐食（エロージョン・コロージョン）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、渦流探傷検査または漏えい試験を実施し、有意な異常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。
- ③ 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（エロージョン・コロージョン）については、定期的目視検査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、目視検査により、有意な減肉のないことを確認している。腐食は目視検査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 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、目視により塗膜や防水措置等の健全性を確認している。塗膜や防水措置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。

「絶縁低下」

- ⑤ 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値以上であ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え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。
- ⑥ 非常用ディーゼル機関付属設備シリンダ冷却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え等を実施している。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。
- ⑦ 原子炉トリップ遮断器盤遮断器ばね蓄勢用モータ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。

「特性変化」

- ⑧ 非常用ディーゼル機関圧力・温度スイッチ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、調整試験を実施し、精度が保たれていることを確認している。圧力・温度スイッチの特性変化は、調整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。
- ⑨ 直流電源装置用ドロップパー保護リレー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、校正を行い、特性に異常の

ないことを確認している。特性変化は、校正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」

- ⑩ 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は否定できない。現状、ブラシ洗浄等を実施するとともに、空気冷却器空気出口温度等のパラメータ監視を行い、異常のないことを確認している。伝熱管のスケール付着に対しては、空気冷却器空気出口温度等のパラメータ監視により、熱交換機能を把握するとともに、伝熱管の洗浄も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」

- ⑪ 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の固着については、各リンクの摺動抵抗が急激に増大する可能性は小さい。現状、摺動抵抗測定及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。各リンクの固着については、摺動抵抗測定及び負荷運転時の性能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。
- ⑫ 直流き電盤遮断器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、各部の目視点検、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、各部の目視点検、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. 3 耐震安全性評価結果

耐震安全性評価にあたっては、「技術評価」における評価結果を取り入れることとし、「技術評価」において将来的に発生の可能性がないか、又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、「技術評価」で検討された経年劣化事象を、「技術評価」で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する。

- (1) 現在発生しておらず、今後も発生の可能性がないもの又は小さいもの
- (2) 現在発生しているか、又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又は構造・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、耐震安全性評価上考慮すべき経年劣化事象の抽出を行い、考慮すべき経年劣化事象毎に、耐震安全性に関する詳細評価を実施した。

耐震安全性評価上考慮すべき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及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、必要最小板厚までの減肉を仮定し、地震時の腐食発生部位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。今後、現在行われている配管の減肉を想定した耐震安全性評価手法に関する国の高経年化対策強化基盤整備事業の成果の反映を検討する。

「疲労割れ」

- ③ 疲労割れについては、通常運転時及び地震時の疲れ累積係数の合計

値が1以下であることを確認した。また、疲れ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、き裂安定限界応力以下であることを確認した。

「応力腐食割れ」

- ④ 応力腐食割れについては、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、き裂安定限界応力以下であることを確認した。

- 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、発生評価上最も厳しいバッフルフォーマボルトに対し、最上段と最下段のバッフルフォーマボルトのみが健全な場合を仮定し、地震時の発生応力及び制御棒挿入時間を算定し、許容値以下であることを確認した。

「熱時効」

- ⑥ 1次冷却材管等の熱時効については、運転期間60年での疲労き裂を想定しても、材料の破壊靱性値は地震等による破壊力を十分上回ることを確認した。

「中性子照射脆化」

- ⑦ 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、通常運転時の荷重に地震荷重を重ね合わせて、初期き裂を想定した場合の破壊力学的評価を実施し、材料の破壊靱性値と加圧熱衝撃事象に設計用限界地震を考慮した応力拡大係数を比較し、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。

- ⑧ 原子炉容器サポートの中性子照射脆化については、設計用限界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。

「中性子照射による靱性低下」

- ⑨ 炉内構造物炉心そ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. 4 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 長期保全計画の策定

(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

上記の健全性評価結果を基に、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長期保全計画として取りまとめた。
(資料6-1 大飯発電所1号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画)

6. 2 長期保全計画の実施

上記(2)で抽出された長期保全計画については、今後、大飯発電所1号機の具体的な保全計画に反映し、運転開始後30年を迎える2009年3月27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。

長期保全計画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21年3月27日から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年以内に技術開発成果等新知見が得られる見込みであるもの
- ・5年以内に実施計画のあるもの（取替え等）等

b. 中長期（平成21年3月27日から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（実過渡回数の確認等）等

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、並びに更なる知見の蓄積に努める観点から、今後更に充実すべき主な技術開発課題を抽出した。

- (ア) 原子炉容器中中性子照射脆化の上部棚吸収エネルギー低下に関する評価技術の整備
- (イ) 原子炉容器中中性子照射脆化に関する関連温度上昇に対する脆化予測式の精度向上
- (ウ) インコネル600合金の応力腐食割れ評価手法の確立
- (エ) 原子力用ステンレス鋼の耐応力腐食割れ実証
- (オ) 電動弁絶縁物に関する運転期間を考慮した長期健全性試験の実施
- (カ) ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れ評価技術の確立
- (キ) ケーブルの絶縁低下に関する実機環境を模擬した評価手法の確立

これらの技術開発課題については、緊急性を有する課題ではないが、今後、成果等を活用し、保全計画に反映することとしており、現在、電力研究や国の研究プロジェクトで実施又は計画中である。

なお、高経年化対策のための技術情報基盤の整備のための産官学の有機的連携を行う総合調整の場として、原子力安全基盤機構の技術情報調整委員会が設置され、その場において2007年7月に高経年化対応技術戦略マップ2007が策定された。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、毎年実施されるローリングの中で整合を図って実施していく。

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (1/16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
容器	原子炉容器	インコネル 600 合金使用部位 応力腐食割れ	PWR 1 次系水質環境下で感受性を有しており、応力腐食割れ発生領域に至る応力が発生している可能性がある炉内計装筒母材部及び応力腐食割れ発生領域に至る高い応力が残存している可能性がある溶接部の表面仕上げ（バフ仕上げ）が行われていない場合の炉内計装筒 J-1 溶接部については、応力腐食割れが発生する可能性は否定できない。しかしながら、炉内計装筒母材部については第 17 回定期検査時（2001 年度）に、炉内計装筒 J-1 溶接部及び冷却材出入口管台の溶接部については、第 21 回定期検査時（2006 年度）にウォータージェットピニング（応力緩和）を施工したことから応力腐食割れが発生する可能性は小さい。	定期的な超音波探傷検査及びベアータル検査等	炉内計装筒は渦流探傷検査の結果、異常は認められず、ウォータージェットピニングも実施したことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。炉内計装筒 J-1 溶接部及び冷却材出口管台等の部位については、応力腐食割れが発生領域に至る高い応力が残存している可能性があるが、ウォータージェットピニングを実施したことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。応力腐食割れにより発生するき裂は、超音波探傷検査及びベアータル検査等により検知可能であり、検査手法として適切である。	1	原子炉容器及び加圧器サージ用管台のニッケル合金（インコネル 600 合金）の応力腐食割れについては、原子炉安全基盤機構による安全研究「ニッケル合金応力腐食割れ進展評価技術調査」、及びその他の安全基盤研究の成果に基づき、保全への適用の可否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	短期 (終了は 中長期)
	加圧器	サージ用管台のインコネル 600 合金使用部位の応力腐食割れ	PWR 1 次系水質環境下で感受性を有しており、サージ用管台溶接継手部の運転中応力は比較的低いことから、応力腐食割れが発生する可能性は低いと考えられるが、長期的には発生の可能性は否定できない。	定期的な超音波探傷検査、浸透探傷検査及びベアータル検査等	短期間における応力腐食割れ発生の可能性はないと考えられるものの、長期的には発生の可能性は否定できない。応力腐食割れにより発生するき裂は、超音波探傷検査、浸透探傷検査及びベアータル検査により検知可能であり、検査手法として適切である。			

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間、中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (2 / 16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
熱交換器	蒸気発生器	インコネル 600 合金使用部位 応力腐食割れ	<p>取替え後の蒸気発生器については、いずれの部位においても、応力腐食割れが問題となる可能性は小さい。</p> <p>冷却材出入口管台とセーフエントの溶接部及び冷却材出入口管台肉盛部については、美浜 2 号機で同じ部位に損傷が確認されているが、第 21 回定期検査時 (2006 年度～2007 年度) にショットピーニング (応力緩和) を施工したことから、応力腐食割れが発生する可能性は小さい。</p>	<p>定期的な超音波探傷検査または目視検査。</p>	<p>発生の可能性は小さい。冷却材出入口管台とセーフエントの溶接部及び冷却材出入口管第肉盛部については、予防保全的措施としてショットピーニングを施工。超音波探傷検査等により検知可能。</p>	2	<p>蒸気発生器のインコネル 600 合金使用部位の応力腐食割れについては、原子力安全基盤機構による安全研究「インコネル合金応力腐食割れ進展評価技術調査」、及びその他の安全基盤研究の成果に基づき、保全への適用の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。</p>	中長期

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間、 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (3 / 16)

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	
						No.	保守管理の項目
容器	加圧器ヒータ	ヒータシース 応力腐食割れ	国内プラントにおいては、これまで外面からの応力腐食割れが原因とされる絶縁低下及び漏えいは確認されておらず、発生の可能性は小さいと考えられるが、大飯 1 号機のヒータシースは、事例が報告されている海外プラントと同様のステンレス鋼を使用しており、発生の可能性は否定できない。	ヒータの絶縁抵抗測定を実施し、1 次冷却材の混入等による絶縁低下のないことを確認	ヒータシースの外面からの応力腐食割れによる絶縁低下及び漏えいが発生する可能性があるが、使用材料が同等であることから、発生の可能性は否定できない。 また、海外プラントでの検討結果や国産ステンレス鋼の「原子炉用ステンレス鋼の耐応力腐食割れ実証事業」及びその他の安全基盤研究の成果に基づき、保全への適用の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	3	中長期

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間， 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (4/16)

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	
						No.	保守管理の項目
炉内構造物	炉内構造物	ステンレス鋼照射起裂力腐食割れ	海外トラブル事例があり、中性子照射量、温度及び応力が比較的高いバブルフオーム構造物について、中性子照射量の長期化を考慮すると、発生する可能性は否定できない。	炉内構造物のステンレス鋼照射起裂力腐食割れについても最も厳しいバブルフオーム構造物に対する超音波探傷検査を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。バブルフオーム構造物については、中性子照射量のより厳しいバブルフオーム構造物の超音波探傷検査結果にて有意な欠陥が認められなかったことから、現状問題ない。	バブルフオーム構造物については、照射起裂力腐食割れが約 25 万時間までは発生するものと考えられるが、運転時間が約 60 年時点ではボルト本数全体の損傷が約 7 割に達するとはないと予測され、構造強度・機能の健全性に影響を与え、予測されることがある。また、損傷が緩やかに進むことと、応力低減を図っている。	炉内構造物のステンレス鋼の照射起裂力腐食割れについては、以下の事項を行う。 ①火力原子力発電技術協会「PWR 炉内構造物点検評価ガイドライン」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格維持規格 JSME S MA1-2004」に基づき超音波探傷検査の実施の可否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。なお、取替を行う場合については、バブルフオーム構造物全体の取替、又は炉内構造物全体の取替を考慮して実施計画を策定する。 ②原子力安全基盤機構による安全研究「照射起裂力腐食割れ評価技術開発」及びその他の安全基盤研究の成果に基づき、発生時間予測の高精度化の可否を判断し、可判断した場合には保全への適用を図る。	4 中長期

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間、 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (5 / 16)

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	
						No.	保守管理の項目
配管 (ステン レス鋼)	主蒸気系統配管 第6抽気系統配管 第5抽気系統配管 低温再熱蒸気系統配管 補助蒸気系統配管 ポンプタービン駆動蒸気系統配管 気系統配管 主給水系統配管 復水系統配管 抽気・ドレン系統配管 その他設備の配管	母管 腐食(エ ロージ ョン)	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 波を用いた肉厚計測を 実施し、減肉の管理を 行っている。また、点 検箇所への抜きなど、人 的過誤防止対策とし て、配管材質、肉厚等 の設計諸元並びに減肉 の測定結果、減肉率等 の管理を行なう「原子 力検査データ処理シ ステム(NIPS)」の改善 を図っており、NIPSを 用いたこととしてい ている。	母管の腐食(エロージョン)につ いては、機器の健全性に影響を与 える可能性はない。超音波を用いた肉厚計測により適切で ある。さらに、人的過誤防止として て、原子力検査データ処理システ ム(NIPS)による管理の徹底を図 るとともに、改善を継続的に図り また、エロージョンについては、 検査結果による新たな知見を、継 続的に「2次系配管肉厚の管理指 針」に反映していくことは有効。	主蒸気系統配管等*1のステンレス鋼配管、及びブレード蒸気系統配管等*2の低合金鋼配管の母管内面からの腐食(エロージョン)については、以下の事項を行う。 ①2次系配管肉厚の管理指針における管理対象以外の配管についても知見拡充の観点で肉厚計測を行い、データを蓄積する。 ②原子力検査データ処理システム(NIPS)により減肉傾向を管理し、減肉傾向に応じて保全への適用の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。 ③プラントの検査結果から「2次系配管肉厚の管理指針」の改訂の要否を判断し、要の場合には改訂を実施する。 *1：主蒸気系統配管 第6抽気系統配管 第5抽気系統配管 低温再熱蒸気系統配管 補助蒸気系統配管 ポンプタービン駆動蒸気系統配管 主給水系統配管 復水系統配管 抽気・ドレン系統配管 *2：ブレード蒸気系統配管 補助蒸気系統配管 主給水系統配管	短期 (終了 は中長 期)
配管 (低合金 鋼)	グラウンド蒸気系統配管 補助蒸気系統配管 主給水系統配管	母管 腐食(エ ロージ ョン)	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 波を用いた肉厚計測を 実施し、減肉の管理を 行っている。また、点 検箇所への抜きなど、人 的過誤防止対策とし て、配管材質、肉厚等 の設計諸元並びに減肉 の測定結果、減肉率等 の管理を行なう「原子 力検査データ処理シ ステム(NIPS)」の改善 を図っており、NIPSを 用いたこととしてい ている。	母管の腐食(エロージョン)につ いては、機器の健全性に影響を与 える可能性はない。超音波を用いた肉厚計測により適切で ある。さらに、人的過誤防止として て、原子力検査データ処理システ ム(NIPS)による管理の徹底を図 るとともに、改善を継続的に図り また、エロージョンについては、 検査結果による新たな知見を、継 続的に「2次系配管肉厚の管理指 針」に反映していくことは有効。		

短期：平成21年3月27日から5年間、 中長期：平成21年3月27日から10年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (7/16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
配管 (ステンレス鋼)	余熱除去系統配管	母管 疲労割れ	余熱除去クローラ出口配管とパイパス配管の合流部は、局所的にパイパス配管からの高温水が流入し、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。	定期的な溶接部超音波探傷検査及び漏えい試験	余熱除去クローラ出口配管とパイパス配管の合流部は、高温水と低温水が混合し、複雑な流況による熱過渡を受け、疲労割れが発生する可能性が否定できないため、保安院指示文書(平成19・02・15 原院第2号 NISA-163b-07-1)に基づき今後の保全を行うことが必要。	8	余熱除去系統配管の母管*の疲労割れについては、原子力安全・保安院指し文書「高サイクル熱疲労に係る評価及び検査に対する要求事項について」(平成19年2月16日付け平成19・02・15 原院第2号)に基づき保全を実施する。 *：余熱除去クローラ出口配管とパイパス配管の合流部	短期
熱交換器	蒸気発生器	伝熱管 スケール附着	1次側については全てインコネル肉盛またはステンレス肉盛等が施されており、1次系の水質環境を考慮すると、フィルタ及び脱塩塔で浄化されているため、伝熱性能低下の可能性は小さい。 2次側については適切な水質管理により不純物の流入は抑制されているものの、長期運転にあたってはスケール附着による伝熱性能低下の可能性は否定できない。	プラント運転時にプラントパラメータを採取することによる伝熱性能の傾向監視	伝熱性能低下の可能性は否定できないことから、設計段階において伝熱性能に余裕を見込んだ設計としており、プラントパラメータから評価可能。	9	蒸気発生器の伝熱管のスケール附着については、伝熱性能の傾向監視結果に基づき、スケール除去の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	中長期

短期：平成21年3月27日から5年間、 中長期：平成21年3月27日から10年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (8 / 16)

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		
						No	保守管理の項目	実施時期
容器	原子炉容器	胴部 (炉心領域部) 中性子照射脆化	初期き裂を想定して、脆性破壊は起こらないと評価される。上部棚吸収エネルギー予測値を評価した結果、JEAC4206 で要求している 68 J 以上を満足していることを確認。	定期的な超音波探傷検査。計画的に監視試験カプセルを 6 当体挿入し、現在までに 4 体を取り出し健全性を評価。残りのカプセルについても JEAC4201 を踏まえつつ適切な活用、評価を実施。監視試験結果から、運転管理上の制限範囲 (加熱冷却時制限曲線) で運用	現時点の知見において、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うる可能性はないと考える。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。	10	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、日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法 JEAC4201-2007」による脆化予測式で評価を行うとともに、従来の予測と乖離する場合には、使用済試験片の再生技術適用による再生試験片の装荷の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	中長期
炉内構造物	炉内構造物	炉心そう 中性子照射による脆性低下	溶接部は応力集中が少なく照射量が少ないため照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性は小さい。有意な欠陥を仮定した照射による脆化により不安定破壊が生じないことを確認した。	より照射量の厳しいパワフルオオマボルトの超音波探傷検査	応力レベルが低く、健全性が確認されているパワフルオオマボルトに比較して照射量が少ないため、き裂が発生する可能性は小さい。また、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。	11	炉内構造物の炉心そうの中性子照射による脆性低下については、火力原子炉内製造技術協会「PWR炉内構造物点検評価ガイドライン」及び日本機械学会「発電用原子炉設備規格 維持規格 JSME S NAI-2004」に基づき、検査及び取替の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。また、原子力安全基盤機構による原子力安全基盤機構型応力腐食割れ評価技術開発」、及びその他の安全基盤研究の成果に基づき、保全への適用の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	中長期

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間、 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (9 / 16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
炉内構造物	炉内構造物	制御棒クランプ (案内板) 摩耗	第 18 回定期検査時 (2003 年度) に採取した摩耗データより火力原子力発電技術協会「炉内構造物点検評価ガイドライン」に基づき評価を実施した結果、制御棒の案内機能に影響を及ぼす可能性はない。	定期的な全制御棒の落下試験	摩耗が急激に進展する可能性は小さい。全制御棒の落下試験により検知可能。	12	炉内構造物の制御棒クランプ (案内板) の摩耗については、火力原子力発電技術協会「PWR 炉内構造物点検評価ガイドライン」及び日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME SNA1-2004」に基づき、保全への適用の可否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	中長期
ケーブル	高圧 C A ケーブル 高圧 C V ケーブル 難燃高圧 CSHV ケーブル	絶縁体 絶縁低下	ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性能の評価方法を、運転開始後 60 年時点においていても絶縁機能を維持できる。また、代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルについて、代表ケーブルに比べて劣化が著しいこと、絶縁性能が維持できていることを確認していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。	定期的な絶縁抵抗測定を行い、許容値以上であることを確認	現時点の知見においては、絶縁体の健全性に影響を与えない。絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能。	13	高圧 C A ケーブル等の絶縁体の絶縁低下については、原子力安全基盤機構による安全研究「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究」の成果に基づき、保全への適用の可否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。 * : 高圧 C A ケーブル 高圧 C V ケーブル 難燃高圧 CSHV ケーブル	短期

短期 : 平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間, 中長期 : 平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (10/16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
ケーブル	KK ケーブル 難燃 KK ケーブル PA ケーブル 難燃 PH ケーブル 難燃 PSHV ケーブル SHVV ケーブル SHVA ケーブル HVV ケーブル VV ケーブル VA ケーブル FEP ケーブル	絶縁体 絶縁低下	ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性の評価方法による評価の結果、布設環境が厳しい一部のケーブルを除き、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できる。 実機布設ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルについては、絶縁体材料が類似するケーブルにより絶縁機能が維持できることを確認していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。 また、代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルについては、布設環境が厳しい一部のケーブルを除き、絶縁体の絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はないと考える。	制御・計装用ケーブルについては、定期的に系統機器の動作に異常のないことを確認し、絶縁低下による機能低下のないことを確認 電力用ケーブルについては、定期的な絶縁抵抗測定を行い、許容値以上であることを確認	現時点の知見においては、布設環境が厳しい一部のケーブルを除き、絶縁体の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は、系統機器の動作確認または絶縁抵抗測定で検知可能。	14	KK ケーブル等 * 1 の絶縁体並びに三重同軸ケーブル等 * 2 の絶縁体及び内部シースの絶縁低下については、以下の事項を行う。 ① 原子力安全基盤機構による安全研究「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究」の成果に基づき、保全の可否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。 ② 原子力安全・保安院指示文書「原子炉格納容器内の安全機能を有するケーブルの布設環境等の調査実施について」(平成 19 年 10 月 30 日付け平成 19・07・30 原院第 5 号)に基づき C V 内環境調査を実施する。 * 1 : KK ケーブル 難燃 KK ケーブル PA ケーブル 難燃 PH ケーブル 難燃 PSHV ケーブル SHVV ケーブル SHVA ケーブル HVV ケーブル VV ケーブル VA ケーブル FEP ケーブル * 2 : 三重同軸ケーブル 1 難燃三重同軸ケーブル 1 難燃三重同軸ケーブル 2 ③ 事故時雰囲気内で機能要求がある代表ケーブルと製造メーカーが異なる PA ケーブルについては、布設環境の厳しい条件を包絡する 60 年間の長期健全性試験の結果に基づき、再評価又は取替の可否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	① 短期 (終了は中長期) ② 短期 (終了は中長期) ③ 短期
	三重同軸ケーブル 難燃三重同軸ケーブル 1 難燃三重同軸ケーブル 2	絶縁体及び内部シース 絶縁低下	ケーブルの長期間の経年劣化を考慮した必要性の評価方法による評価の結果、運転開始後 60 年時点においても絶縁機能を維持できる。 また、代表ケーブルと製造メーカーが異なるケーブルについても、代表ケーブルにおいて絶縁機能が維持できることを確認していることから、絶縁低下の可能性は小さいと考える。	定期的に絶縁抵抗測定を行い、許容値以上であることを確認	現時点の知見においては、絶縁体及び内部シースの絶縁低下により機器の健全性に影響を与える可能性はない。 絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能。			

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間、中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (11/16)

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		
						No.	保守管理の項目	
弁	余熱除去ポンプ入口弁 (第2弁を含む) 電動装置 加圧器逃がし弁元弁電動装置 冷却材ポンプ封水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 アキユームレタータ出口弁電動装置 冷却材ポンプモーター軸受冷却水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 冷却材ポンプサーマルバリア冷却水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 非放射射性機器冷却水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 冷却材 A ループ高温側サンプリング隔離弁 (C V側) 電動装置 エアリアクターファン入口弁電動装置	モーター (低圧モーター) の固定子コイル及び出口線・接続部品絶縁低下	長期的な経年化及び事故時劣化を考慮した評価の結果、電動弁絶縁物は 40 年間の通常運転において絶縁性能は維持できる。	定期的な絶縁抵抗測定により、許容値以上であることと確認	固定子コイル及び出口線・接続部品の絶縁低下の可能性は小さい。絶縁抵抗測定で検知可能。	15	余熱除去ポンプ入口弁 (第2弁を含む) 電動装置 加圧器逃がし弁元弁電動装置 冷却材ポンプ封水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 アキユームレタータ出口弁電動装置 冷却材ポンプモーター軸受冷却水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 冷却材ポンプサーマルバリア冷却水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 非放射射性機器冷却水戻り隔離弁 (C V側) 電動装置 冷却材 A ループ高温側サンプリング隔離弁 (C V側) 電動装置 エアリアクターファン入口弁電動装置	実施時期 短期

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間， 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (12/16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
コンクリート構造物及び鉄骨構造物	コンクリート構造物	強度低下	熱、放射線照射、中性化、塩分浸透及び機械振動による強度低下については、発生の可能性は小さい。	定期的な目視点検及び必要に応じた塗装等の補修	強度低下が発生する可能性は小さい。強度低下に影響を及ぼす有害な欠陥がないこととの定期的な状態確認、必要に応じた塗装等の補修は保全方法として適切である。目視点検に加えて、非破壊試験等を実施することは有効である。	16	コンクリート構造物の代表構造物等*の強度低下については、定期的なリバウンドハンマーを用いた非破壊試験による点検を実施し、強度に高経年化劣化が生じていないことを確認する。 *：外部遮へい壁 内部コンクリート 原子炉格納施設基礎 原子炉補助建屋 取水構造物 タービン建屋 (タービン架台)	中長期
機械設備	スタッドボルト、ターバボルト及びシーールド (メカニカルアンカ)、アンカボルト (ケミカルアンカ)	大気接触部全面腐食	運転開始後 60 年時点での推定腐食量を考慮した健全性評価の結果、機器の支持機能を喪失する可能性は小さい。他ブラケットサンブラグデータも評価の妥当性を裏付けている。	各種基礎ボルトのコンクリート直上部分並びにメカニカルアンカのコネクタ部に対しては、目視点検や定期検査時の試験に異常な振動等がないことにより、支持機能に異常なことを確認	コンクリート直上部分に対しては支持機能の低下の可能性は小さい。メカニカルアンカのコネクタ部についてはターバボルト及びシーールドに異常な振動等がないことにより、支持機能に異常なことを確認可能。腐食・付着力等の観点からサンブラグ等による調査を実施することが望ましい。	17	スタッドボルト等*の大気接触部の全面腐食については、機器の取替が行われる場合、調査を実施する。 *：スタッドボルト ターバボルト及びシーールド (メカニカルアンカ) アンカボルト (ケミカルアンカ)	中長期
	ケミカルアンカ	樹脂劣化	コンクリート埋設のため高温環境にさらされることはなく、紫外線、放射線、水分については実験データから健全性が阻害される可能性は小さい。	目視点検や定期検査時の試験に異常な振動等がないことにより、支持機能に異常なことを確認	支持機能の低下が進行する可能性は小さい。目視点検や定期検査時の試験により、支持機能に異常なことを検知可能。樹脂の劣化等の観点からサンブラグ等による調査を実施することが望ましい。	18	ケミカルアンカの樹脂の劣化については、機器の取替が行われる場合、調査を実施する。	中長期

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間、中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (13/16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
ポンプ	余熱除去ポンプ	ケーシング (ケーシングカバ を含む) 疲労割れ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な内面 目視検査	現時点の知見において発生 の可能性はない。疲労評価 は実過渡回数に依存する。 目視検査により検知可能。	19	余熱除去ポンプ等*の疲労割れについては、実過渡回 数に基づく評価を実施する。 *：余熱除去ポンプ (ケーシング (ケーシングカバ を含む)) 1 次冷却ポンプ (ケーシング) 再生クローラ (管板) 余熱除去クローラ (管板) 蒸気発生器 (管板, 給水入口管台) 原子炉容器 (冷却材出入口管台, 上部蓋, 上部胴, 中間胴, 下部胴, 下部鏡, 上部胴フランジ, 蓋用管 台, 空気抜管, 炉内計装筒, 炉心支持金物, スタッ ドボルト) 加圧器 (スプレイライン用管台, サージ用管台) 余熱除去ポンプ入口出口ライン貫通部 (固定式配管 貫通部) (端板) 主蒸気・主給水ライン貫通部 (伸縮式配管貫通部) (伸縮継手) 余熱除去系統配管 (母管) 安全注水系統配管 (母管) 1 次冷却系統配管 (母管) 主給水系統配管 (母管) 1 次冷却材管 (母管及び管台) 余熱除去系統配管サポート (配管サポート) 余熱除去系統 (仕切弁) (弁箱) 化学体積制御系統 (玉形弁) (弁箱) 安全注水系統 (スイング逆止弁) (弁箱) 化学体積制御系統 (リフト逆止弁) (弁箱) 炉内構造物 炉心支持構造物 (上部炉心板, 上部炉心支持柱, 下 部炉心支持板, 下部炉心板, 下部炉心支持柱, 下 部炉心支持板, 炉心そう) 低圧タービン (第 1 内部車室) タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン (ケーシング グ (ケーシングカバを含む) 及びダイヤラム) 加圧器サポート (加圧器スカート溶接部)	中長期
	1 次冷却ポン プ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な内面 目視検査, 配 管溶接部目視 検査または超 音波探傷検査 及び脚部溶接 部目視検査	現時点の知見において発生 の可能性はない。疲労評価 は実過渡回数に依存する。 目視検査, 超音波探傷検査 及び浸透探傷検査により検 知可能。				
熱交換 器	再生クローラ	管板 疲労割れ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な漏え い試験	現時点の知見において発生 の可能性はない。疲労評価 は実過渡回数に依存する。 漏えい試験で検知可能。	19	余熱除去系統配管 (母管) 安全注水系統配管 (母管) 1 次冷却系統配管 (母管) 主給水系統配管 (母管) 1 次冷却材管 (母管及び管台) 余熱除去系統配管サポート (配管サポート) 余熱除去系統 (仕切弁) (弁箱) 化学体積制御系統 (玉形弁) (弁箱) 安全注水系統 (スイング逆止弁) (弁箱) 化学体積制御系統 (リフト逆止弁) (弁箱) 炉内構造物 炉心支持構造物 (上部炉心板, 上部炉心支持柱, 下 部炉心支持板, 下部炉心板, 下部炉心支持柱, 下 部炉心支持板, 炉心そう) 低圧タービン (第 1 内部車室) タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン (ケーシング グ (ケーシングカバを含む) 及びダイヤラム) 加圧器サポート (加圧器スカート溶接部)	中長期
	余熱除去クローラ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な目視 検査	現時点の知見において発生 の可能性はない。疲労評価 は実過渡回数に依存する。 目視検査で検知可能。				
熱交換 器	蒸気発生器	管板及び給水 入口管台 疲労割れ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な管板 溶接部超音波 探傷検査及び 漏えい試験	現時点の知見において発生 の可能性はない。疲労評価 は実過渡回数に依存する。 超音波探傷検査等で検知可 能。	19	余熱除去系統配管 (母管) 安全注水系統配管 (母管) 1 次冷却系統配管 (母管) 主給水系統配管 (母管) 1 次冷却材管 (母管及び管台) 余熱除去系統配管サポート (配管サポート) 余熱除去系統 (仕切弁) (弁箱) 化学体積制御系統 (玉形弁) (弁箱) 安全注水系統 (スイング逆止弁) (弁箱) 化学体積制御系統 (リフト逆止弁) (弁箱) 炉内構造物 炉心支持構造物 (上部炉心板, 上部炉心支持柱, 下 部炉心支持板, 下部炉心板, 下部炉心支持柱, 下 部炉心支持板, 炉心そう) 低圧タービン (第 1 内部車室) タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン (ケーシング グ (ケーシングカバを含む) 及びダイヤラム) 加圧器サポート (加圧器スカート溶接部)	中長期

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間, 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (14/16)

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		
						No.	保守管理の項目	実施時期
容器	原子炉容器	冷却材出入口管台等疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な超音波探傷検査、目視検査、ベアメタル検査及び漏えい試験	現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。超音波探傷検査等で検知可能。	19		
	加圧器	スプレイライオン管台等疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な超音波探傷検査及び漏えい試験	現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。超音波探傷検査で検知可能。			
	余熱除去ポンプ入口出口ライン貫通部 (固定式配管貫通部)	端板疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な目視検査及び原子炉格納容器漏えい率試験	現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。原子炉格納容器漏えい率試験で検知可能。			
	主蒸気・主給水ライン貫通部 (伸縮式配管貫通部)	伸縮継手疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な目視検査及び原子炉格納容器漏えい率試験	現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。原子炉格納容器漏えい率試験にて検知可能。			
	配管 (ステンレス鋼)	余熱除去系統配管 安全注入系統配管	母管疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な溶接部超音波探傷検査及び漏えい試験			現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。超音波探傷検査等で検知可能。
		1 次冷却系統配管	母管熱成層による疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な溶接部超音波探傷検査			現時点での知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。超音波探傷検査で検知可能。

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間， 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (15/16)

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	
						No.	保守管理の項目
配管 (炭素鋼)	主給水系統	母管 疲労割れ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な漏えい試験	現時点の知見においては発生 の可能性はない。疲労評価は 実過渡回数に依存する。漏えい 試験により検知可能。	19	
	1 次冷却材管	母管及び管台 疲労割れ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な溶接部超音波探傷検査 又は浸透探傷検査及び漏えい試験	現時点の知見においては発生 の可能性はない。疲労評価は 実過渡回数に依存する。超音波 探傷検査で検知可能。		
配管	余熱除去系統配管サポータ	配管サポータ 疲労割れ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	クラス 1 及びクラス 2 の配管サポータについては定期的な溶接部浸透探傷検査、 それ以外の配管サポータについては目視により支持状態に異常のないことを確認	現時点の知見においては発生 の可能性はない。疲労評価は 実過渡回数に依存する。目視 確認及び浸透探傷検査で検知可能。	19	
	弁	余熱除去系統 (仕切弁) 化学体積制御系統 (玉形弁) 安全注入系統 (スイング逆止弁)	弁箱 疲労割れ	定期的な内面目視検査	現時点での知見においては発生 の可能性はない。疲労評価は 実過渡回数に依存する。目視 検査で検知可能。		
	化学体積制御系統 (リフト逆止弁)	弁箱 疲労割れ	疲れ評価を行い、 疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な漏えい検査	現時点での知見においては発生 の可能性はない。疲労評価は 実過渡回数に依存する。漏えい 検査で検知可能。		

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間， 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

資料 6-1 大飯発電所 1 号機 高経年化技術評価に基づく長期保全計画 (16/16)

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	
						No.	保守管理の項目
炉内構造物	炉内構造物 (上部炉心板, 上部炉心支持柱, 下部炉心板, 下部炉心支持柱, 炉心そり)	炉内構造物 (上部炉心板, 上部炉心支持柱, 下部炉心板, 下部炉心支持柱, 炉心そり) 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	疲れ累積係数の比較的大きい上部炉心支持柱等の可視範囲について、定期的な水中テレビカメラによる目視検査	現時点での知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。目視検査で検知可能。	19	
	低圧タービン	第 1 内部車室 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な内面目視検査	現時点の知見においては発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。目視検査により検知可能。		
タービン設備	タービン動補助給水ポンプ蒸気タービン	ケーシング (ケーシングカバールームを含む) 及びダイヤフラム 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的なケーシング内表面及びダイヤフラム表面の目視検査	現時点の知見においては発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。目視検査により検知可能。		
	加圧器サポータ	加圧器スカート溶接部 疲労割れ	疲れ評価を行い、疲れ累積係数が 1 以下。	定期的な浸透探傷検査	現時点の知見において発生の可能性はない。疲労評価は実過渡回数に依存する。浸透探傷検査により検知可能。		

短期：平成 21 年 3 月 27 日から 5 年間， 中長期：平成 21 年 3 月 27 日から 10 年間

7. まとめ

(1) 総合評価

運転開始以来、28年を経過した大飯発電所1号機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、長期間の運転を仮定しても、安全に運転を継続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全計画としてとりまとめ、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、長期間の運転を仮定しても、安全に運転を継続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

策定した長期保全計画について、運転開始後30年となる2009年以降の最初の定期検査より原則定期事業者検査として実施し、その実施状況を国に報告していく。

また、今回実施した高経年化技術評価及び長期保全計画の策定は、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及び変更を実施していく。

- ・材料劣化に係る安全研究の成果
- ・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
- ・関係法令の制定及び改廃
- ・原子力安全・保安院からの指示
- ・材料劣化に係る規格・基準類の制定及び改廃

なお、再評価及び変更にあたっては、「総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会 高経年化対策検討委員会」及び（独）原子力安全基盤機構に設置された「技術情報調整委員会」等の審議結果並びに（社）日本原子力学会「原子力発電所の高経年化対策実施基準」の動向を踏まえ実施していく。

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