

美浜発電所 1 号炉

高経年化技術評価書

(4 0 年目)

平成 2 1 年 1 1 月

(平成 2 2 年 5 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	4
2 . 1 発電所の設備概要	4
2 . 2 発電所の経緯	6
2 . 3 発電所の保全概要	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	24
5 . 技術評価結果	28
5 . 1 技術評価結果	28
5 . 2 耐震安全性評価結果	63
5 . 3 評価の結果に基づいた補修等の措置	65
6 . 今後の高経年化対策	66
6 . 1 長期保守管理方針の策定	66
6 . 2 長期保守管理方針の実施	66
6 . 3 技術開発課題	67
7 . 40年目の高経年化技術評価で追加する項目	73
8 . まとめ	73

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号炉が2010年3月に，美浜発電所1号炉においても，2010年11月に運転開始後40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）」（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10年を超えない期間毎に，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、保安規定と言う）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月に発出した。

一方、（社）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」を制定し、2008年12月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」として改定している。なお、「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」については、原子力安全・保安院はエンドース作業を実施中である。

更に、（独）原子力安全基盤機構は上記「高経年化対策実施ガイドライン等」及び「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」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。

美浜発電所1号炉については、1999年2月8日に運転開始後30年時点での高経年化技術評価結果をとりまとめて通商産業省（現：経済産業省）資源エネルギー庁に提出している。

本評価書は、運転開始後40年を迎える美浜発電所1号炉について、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ライン等、「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」などに基づき、60年間の運転を仮定し、想定される経年劣化事象に関する技術評価を40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40年目以降の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、長期保全計画としてとりまとめたものである。更に、運転開始後30年時点での高経年化技術評価の検証として、劣化傾向の評価、保全実績の評価及び長期保守管理方針の有効性評価についてもとりまとめている。

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。

また，策定した長期保全計画に基づき，今後10年間の長期保守管理方針を策定し，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，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

美浜発電所 1 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。

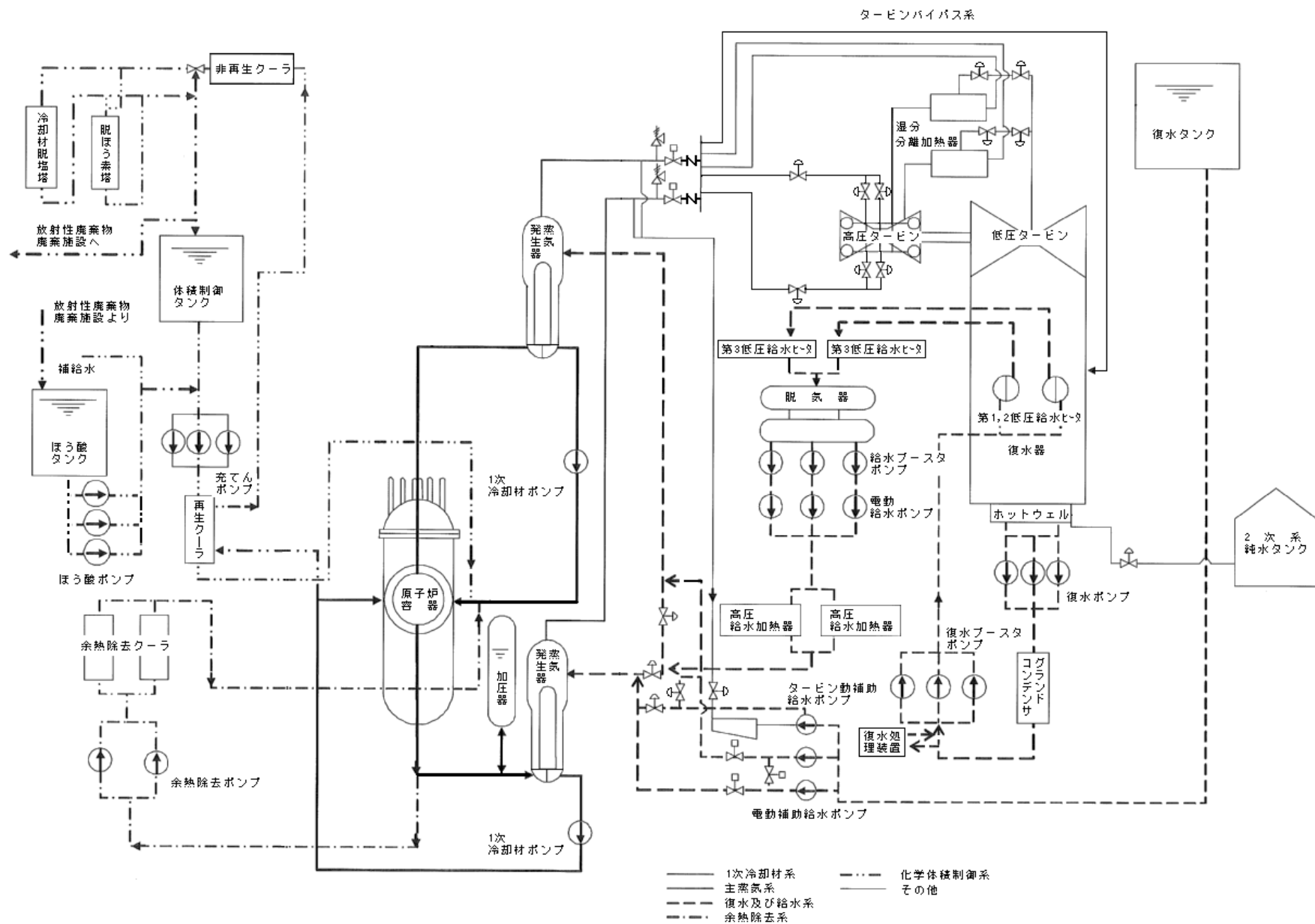
蒸気発生器で発生した蒸気は主蒸気管でタービン建屋に導かれタービンを駆動して発電し，その後復水器に流入して復水となり，復水ポンプ，低圧給水加熱器を通り給水ポンプにより高圧給水加熱器を経て再び蒸気発生器に戻される。

(1) 発電所の主要仕様

電気出力	約 3 4 0 MW
原子炉型式	加圧水型軽水炉
原子炉熱出力	約 1 0 3 1 MW
燃料	低濃縮ウラン（燃料集合体 1 2 1 体）
減速材	軽水
タービン	横置串型 2 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。



資料 2 - 1 美浜発電所 1号炉系統図

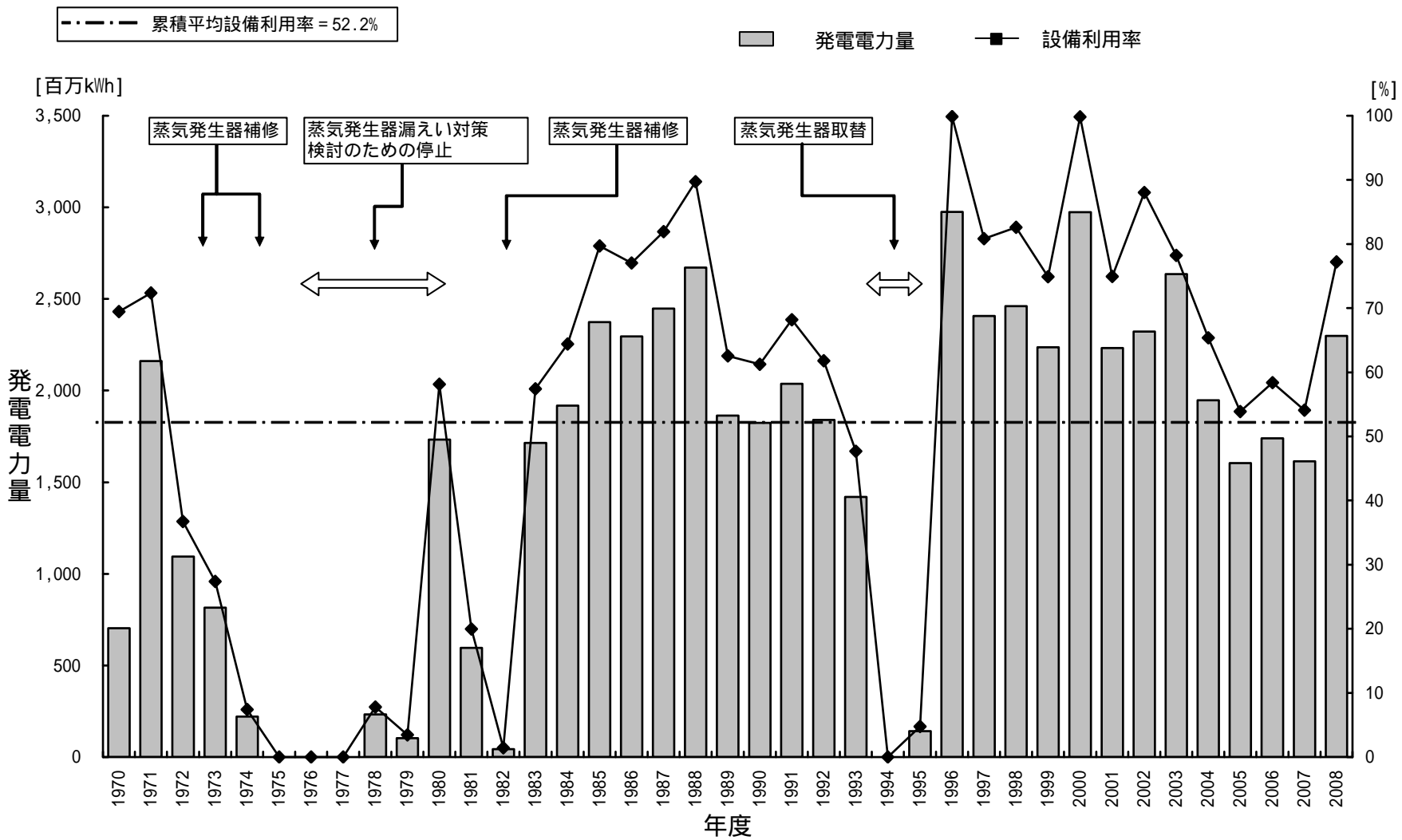
2.2 発電所の経緯

美浜発電所1号炉は、原子炉等の主要設備については、設計から据付・試運転まで米国ウエスチングハウス社との契約により建設した我が国3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最初のものである。

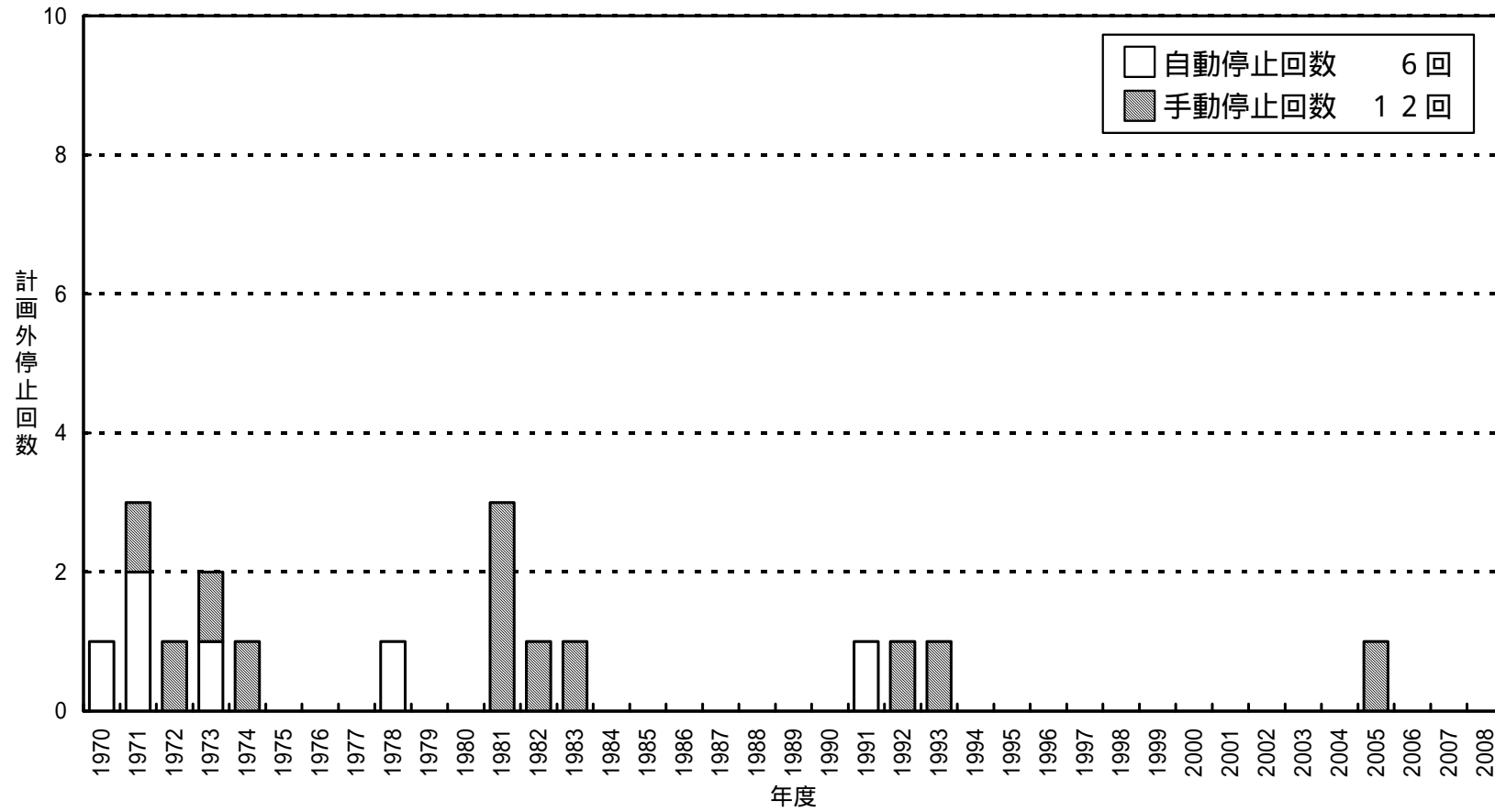
同炉は、1966年4月の第42回電源開発調整審議会において、新規着手地点として電源開発基本計画に組み入れられることが決定し、1966年12月1日に内閣総理大臣より原子炉設置許可を、通商産業大臣より電気工作物変更許可を取得した。同炉の建設工事は、敷地造成工事、建屋基礎掘削工事を経て1967年6月の建屋基礎工事によって本格化し、1970年7月には全ての工事を完了した。引き続き、各種試験を経て7月29日に初臨界に達した。その後、出力上昇試験、8月8日の初送電を経て、1970年11月28日に通商産業大臣の使用前検査に合格し、電気出力34万kWで営業運転を開始した。

また、美浜発電所1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、2002年11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2-2、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40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 美浜発電所 1号炉 発電電力量・設備利用率の年度推移



資料 2 - 3 美浜発電所 1号炉 計画外停止回数の年度推移

資料 2 - 4 美浜発電所 1号炉 事故・故障等一覧

No.	年 度	事 象
1	1970	送電系統落雷波及による原子炉自動停止
2	1971	1次系弁リークオフ量増加, B 高圧給水加熱器空気抜き管脱気器入口部から蒸気漏れによる発電停止
3		安全注入信号の誤発信による原子炉自動停止
4		計器用電源系統故障による原子炉自動停止
5	1972	蒸気発生器伝熱管漏えいによる発電停止
6	1973	1次系弁グランド部からの漏れによる発電停止
7		主給水制御弁用電磁弁損傷による原子炉自動停止
8	1974	蒸気発生器伝熱管漏えいによる発電停止
9	1978	A - 制御棒駆動用電源装置の故障
10		蒸気発生器水位異常低による原子炉自動停止
11		B - 制御棒駆動用電源装置の停止
12	1981	原子炉容器温度計測用素子ハウジング部からの水漏れ
13		試料採取弁不調による発電停止
14		蒸気タービン振動増加による発電停止
15		蒸気発生器伝熱管漏えいによる発電停止
16	1982	蒸気発生器伝熱管漏えいによる発電停止
17	1983	冷却材ポンプシール不調による発電停止
18	1984	冷却材ポンプシール不調
19		5 A - 高圧給水加熱気細管漏れ
20	1986	非常用ディーゼル発電機計器用変圧器ヒューズ不良による自動停止
21		低圧タービン動翼シュラウドバックウエルド部の損傷
22	1989	蒸気発生器伝熱管の損傷
23	1991	B - 蒸気発生器水位異常低による原子炉自動停止
24	1992	A 蒸気発生器伝熱管漏えいに伴う原子炉手動停止
25	1993	蒸気発生器伝熱管の損傷
26		タービン回転上昇試験時の不具合に伴う原子炉手動停止
27		A - 蒸気発生器伝熱管漏えいに伴う原子炉手動停止
28	2004	タービン動補助給水配管の肉厚不足
29		B - 充てんポンプマニホールカバーボルトの損傷
30	2005	補助建屋排気筒下部のひび割れおよびドレン管の接続不良
31		A - 1次冷却材ポンプシール水漏えいに伴う原子炉手動停止

2.3 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2-5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、美浜発電所保修業務所則指針で規定する保全指

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。

美浜発電所 1 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。

「疲労」

・ 1 次冷却材ポンプ熱遮へい装置取替工事

海外プラントでの 1 次冷却材ポンプ熱遮へい装置の熱疲労割れ事象（温度ゆらぎによる疲労）を踏まえ、第 2 3 回定期検査時（2007 年度～2008 年度）に、予防保全の観点から、A 号機の熱遮へい装置の取替を実施した。

・ 余熱除去系統配管取替工事

国内 PWR プラントにおける高サイクル熱疲労割れ事象（温度揺らぎによる疲労）を踏まえ、第 2 3 回定期検査時（2007 年度～2008 年度）に、予防保全の観点から、余熱除去冷却器バイパスライン合流部について、温度ゆらぎを抑制できる合流部形状に変更するとともに、応力集中部が小さい溶接形状に変更した。

「応力腐食割れ」

・ 高圧給水加熱器取替

2003 年 5 月に発生した美浜 2 号炉の高圧給水加熱器伝熱管において、製造時の初期傷等による応力腐食割れが発生した事例に鑑み、第 2 1 回定期検査時（2005 年度）に予防保全の観点から、同様の応力腐食割れが発生する可能性のある高圧給水加熱器について、銅合金から耐食性の優れたステンレスの伝熱管を採用した高圧給水加熱器への取替を実施した。

・ 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 1 8 回定期検査時（2001 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 6 9 0 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

6 0 0 系ニッケル基合金使用部位の信頼性向上を図るため、第 1 9 回定期検査時（2002 年度）に炉内計装筒母材部に、第 2 2 回定期検査時（2006 年度～2007 年度）に炉内計装筒 J - 溶接部、冷却材出入口管台溶接部及び安全注入管台溶接部に、ウォータージェットピーニング（応力緩和）を実施した。

- ・バッフルフォーマボルト取替工事

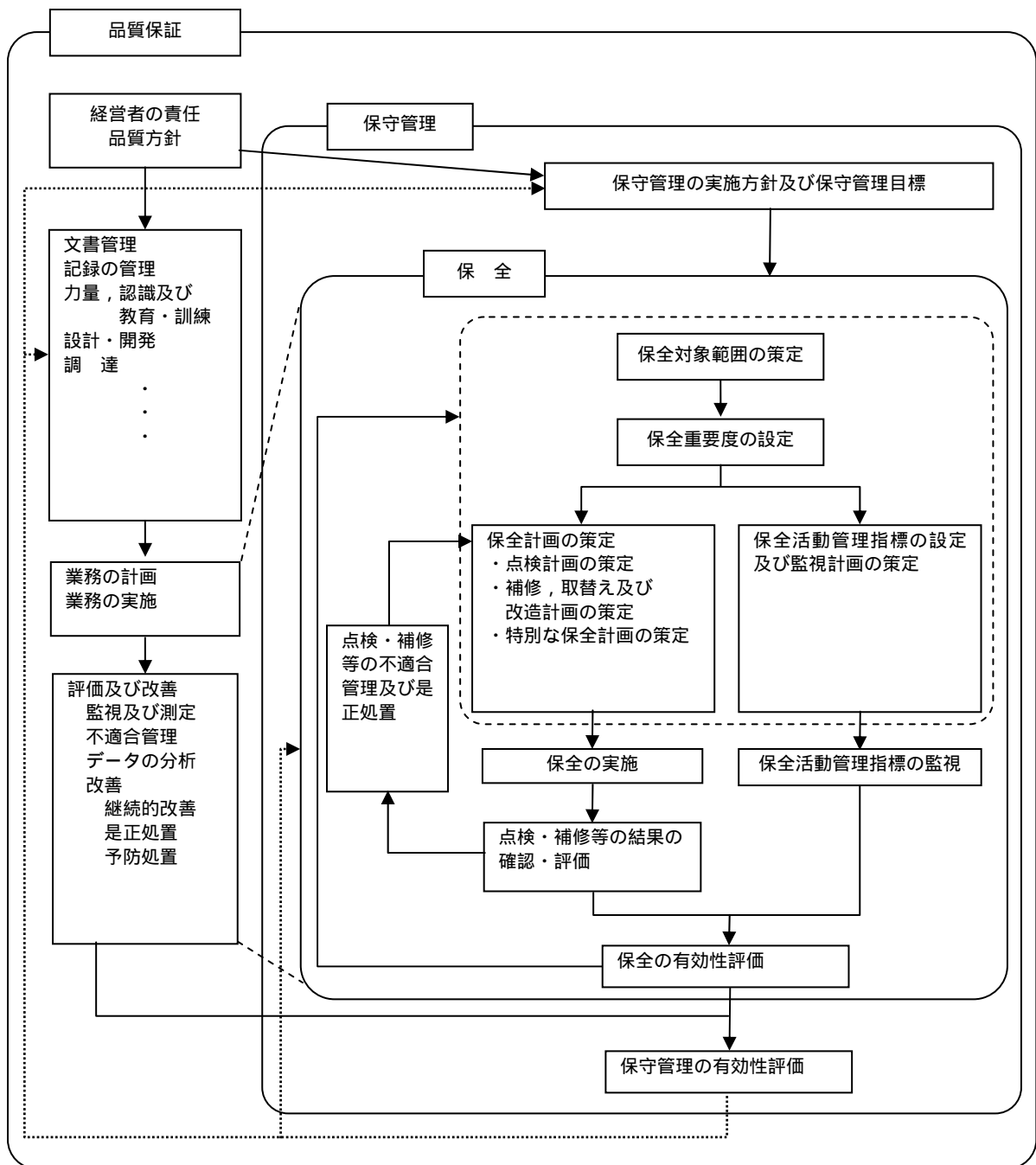
海外で発生したバッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れによる損傷事例に鑑み，長期的な信頼性を十分に確保する観点から，19回定期検査時（2002年度）にバッフルフォーマボルト全数（624本）について，材料・形状等を改良したものの取替を実施した。

- ・低圧タービンロータ取替工事

第17回定期検査時（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。

- ・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。



資料 2 - 5 原子力発電所の保守管理の概要

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及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、美浜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ライン等及び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：2008」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ライン等に基づき運転開始後38年を経過する日から1年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、2009年3月17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。2009年7月27日には美浜発電所の評価書レビューを完了し、2009年8月5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2009年8月6日までに完了した。

また、2009年8月18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、2009年8月19日に原子力技術部門統括が承認した。

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等を委託し、三菱重工業株式会社には、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	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

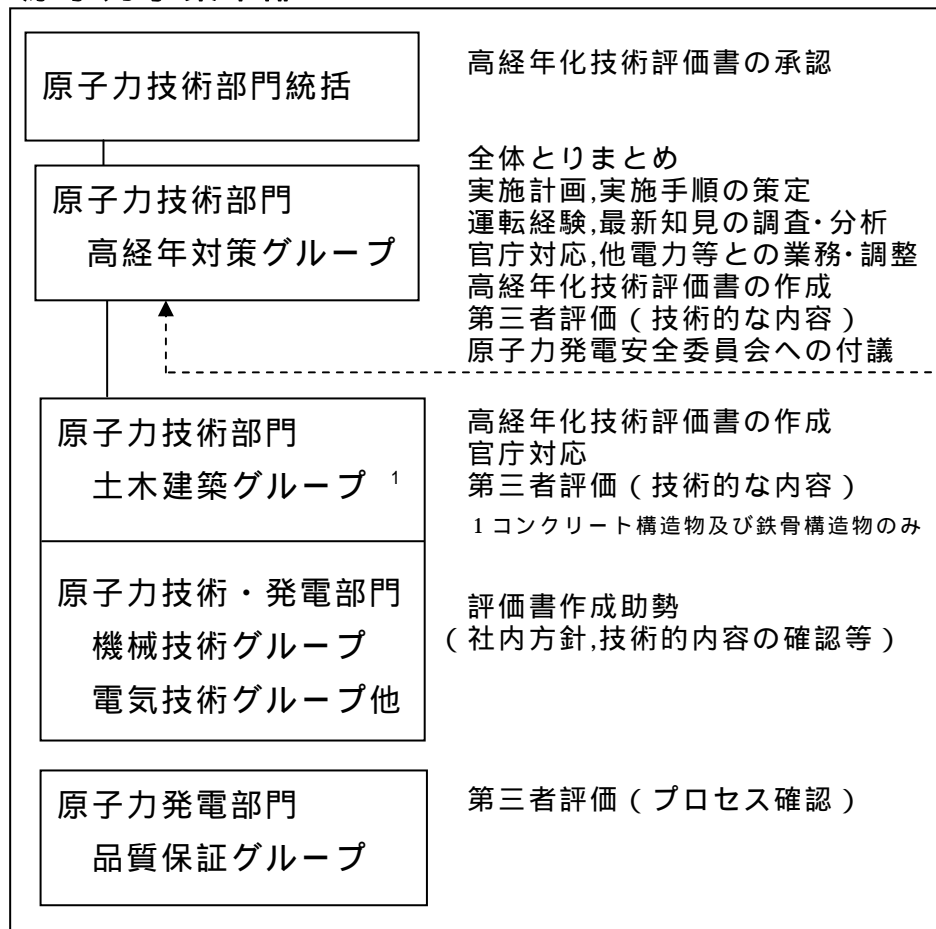
2009年8月11日

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 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

美浜発電所 1号炉 高経年化対策実施体制表

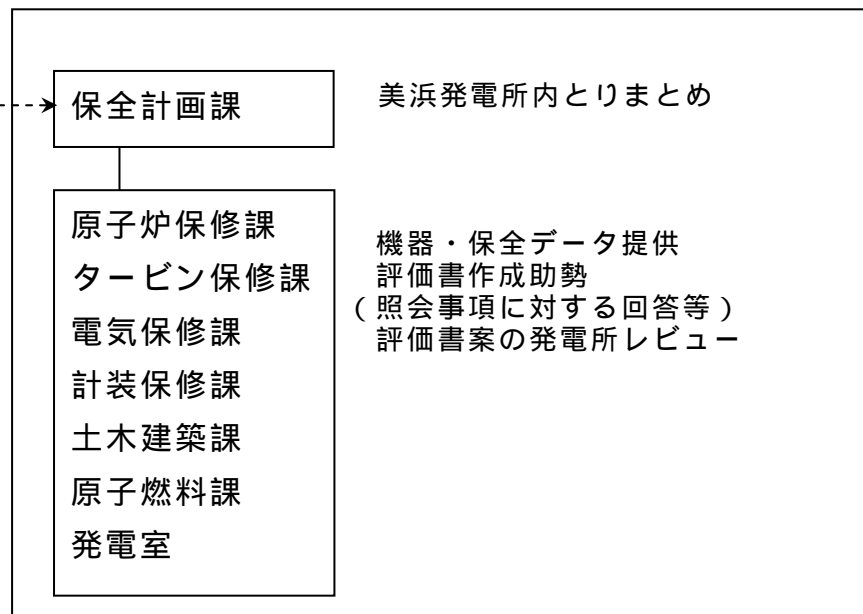
原子力事業本部



原子力発電安全委員会

原子力発電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。

美浜発電所



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	2009												2010						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	...	11 運開 40年	
手順書作成																			
評価書作成																			
発電所レビュー																			
第三者評価																			
内部監査 (プロセス監査)																			
原子力発電安全委員会 (審議)																			
保安規定変更認可申請																			

資料 3 - 2 実施工程

4 . 技術評価方法

4 . 1 技術評価対象機器

本検討では，美浜発電所 1 号炉の安全上重要な機器等（「实用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則 第十一条の二第 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 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（M 3 5），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，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：2008」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，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」）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

美浜発電所1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号炉及び大飯発電所1, 2号炉を含む先行号炉の30年目の技術評価報告書を参考にするとともに、それ以降2007年9月～2009年7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、一般社団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。

美浜発電所1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。

敦賀発電所2号炉 タービン動補助給水ポンプ起動入口弁の動作不良（2008年7月）

また、検討対象とした主なNISA文書は以下の通り。

「原子力発電所の配管肉厚管理に対する追加要求事項について」
(平成19年11月30日、平成19・11・29原院第3号 NISA-163b-07-4)

「原子力発電所の定期事業者検査に関する解釈（内規）の制定について」
(平成20年6月24日、平成20・06・23原院第6号 NISA-163c-08-2)

「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）の改正について」
(平成20年10月22日、平成20・10・17原院第7号 NISA-167c-08-1)

「実用発電用原子炉施設における高経年化対策の実施について」
(平成20年10月22日、平成20・10・17原院第3号 NISA-167a-08-2)

「発電用原子力設備における破壊を引き起こすき裂その他の欠陥の解釈について（内規）の制定について」
(平成21年2月27日、平成21・02・18原院第2号 NISA-325c-09-1, NISA-163c-09-2)

「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」
(平成21年2月27日，平成21・02・18原院第3号 NISA-325c-09-2)

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。

- （社）日本機械学会 発電用原子力設備規格 維持規格（2008年版）（JSME S NA1-2008，2008年11月発行）
- （社）日本機械学会 発電用設備規格 設計・建設規格（2008年版）（JSME S NC1-2008，2009年2月発行）
- （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：2008（AESJ-SC-P005:2008，2008年12月改定）
- （社）日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法（JEAC 4201-2007，2008年6月発行）
- （社）日本電気協会 原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法（JEAC 4206-2007，2008年6月発行）
- （社）日本電気協会 原子力発電所の安全系電気・計装品の対環境性能の検証に関する指針（JEAG 4623-2008，2009年3月発行）
- （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」
- （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-0511-02，2009年2月改定）
- （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 02，2009年2月改定）
- （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（IGSCC & NiSCC）（JNES SS 0508 02，2009年2月改定）
- （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：総括マニュアル（JNES-SS-0808-02，2009年4月改定）

- (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：低サイクル疲労 (JNES SS 0509 03, 2009年4月改定)
- (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 03, 2009年4月改定)
- (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：照射誘起型応力腐食割れ (IASCC) (JNES-SS-0809-01, 2009年4月改定)
- (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：2相ステンレス鋼の熱時効 (JNES-SS-0812-01, 2009年4月改定)
- (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-0512-04, 2009年4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、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, 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: 2008」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, 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

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。

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。

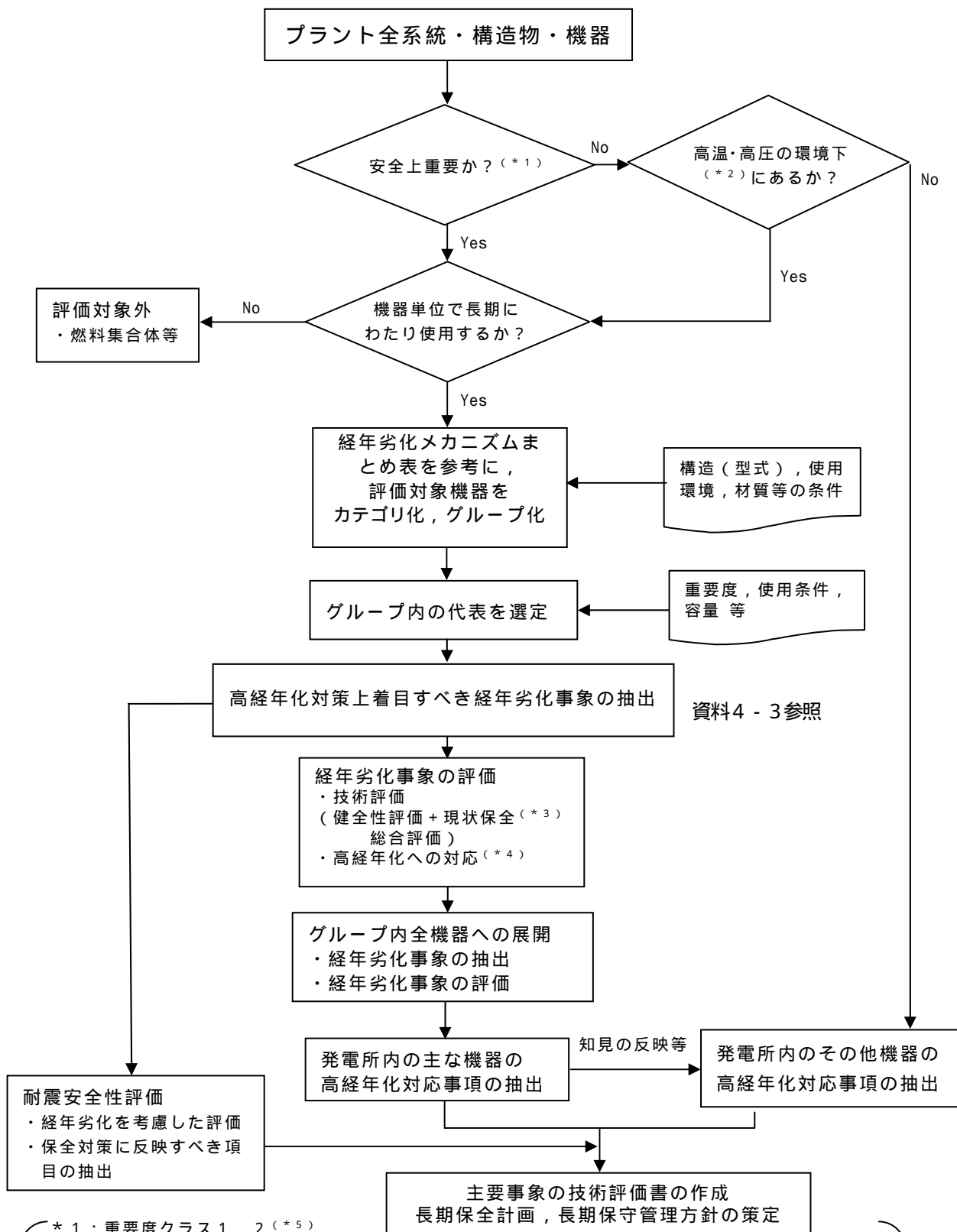
- 機器の耐震クラス
- 機器に作用する地震力の算定
- 60年の供用を仮定した経年劣化事象のモデル化
- 振動特性解析（地震応答解析）
- 地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
- 許容限界との比較

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、及び 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。

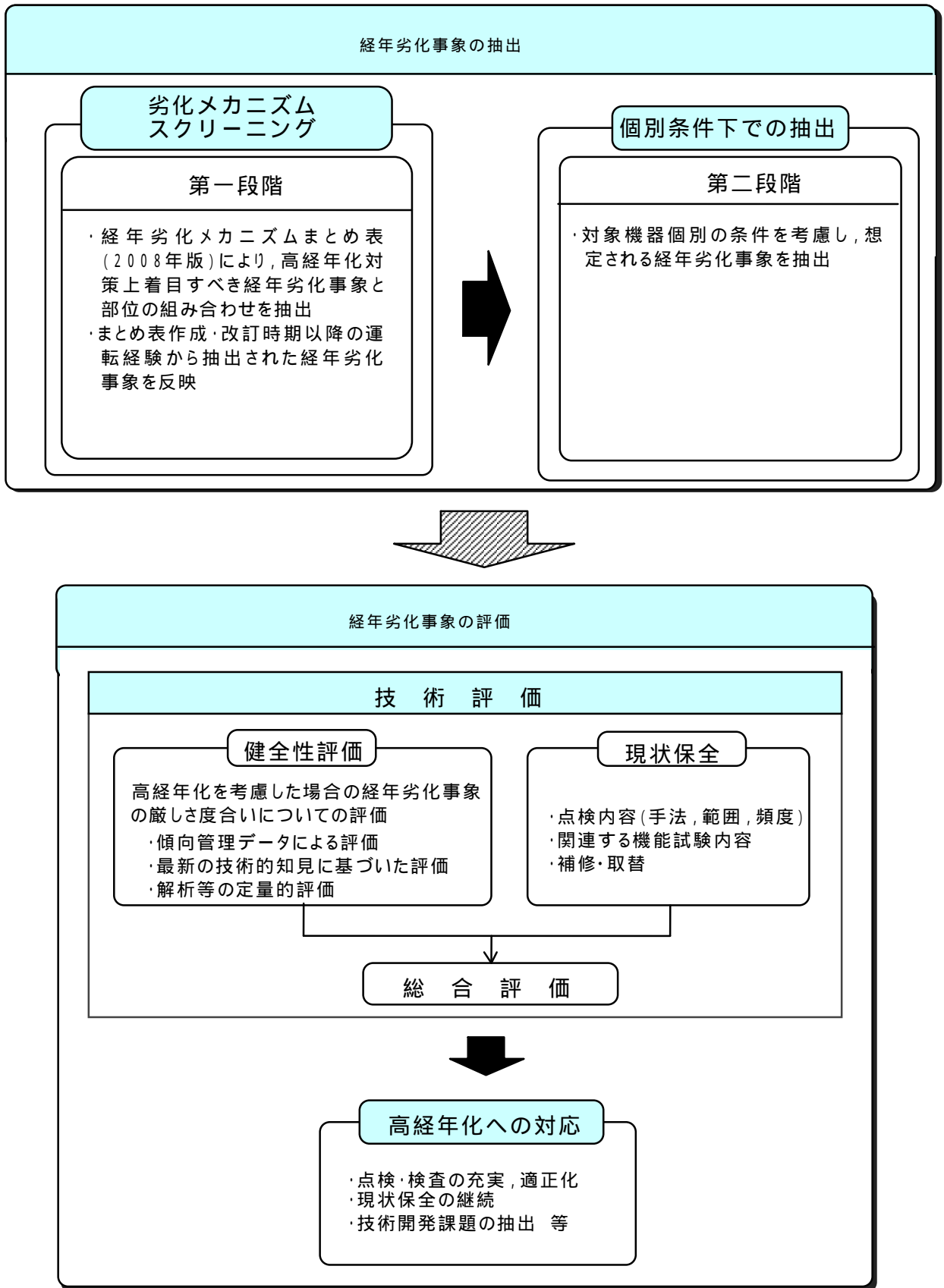
c. 保全対策へ反映すべき項目の抽出

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。



* 1 : 重要度クラス 1 , 2 (* 5)
 * 2 : 重要度クラス 3 の内 , 最高使用温度が 95 を超え , 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 : 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 - 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 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 . 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 . 1 0	タービン設備
5 . 1 . 1 1	コンクリート構造物及び鉄骨構造物
5 . 1 . 1 2	計測制御設備
5 . 1 . 1 3	空調設備
5 . 1 . 1 4	機械設備
5 . 1 . 1 5	電源設備

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．ケーシング等の疲労割れ
- d．プランジャ等の摩耗
- 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」

充てんポンプのプランジャ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プランジャ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」

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，目視による腐食進行程度もしくは塗装の劣化程度を確認することによる管理の継続，取替等により許容腐食量を維持している。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」

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，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」

第1 / 2 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，流れ加速型腐食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」

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。

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，目視検査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。

第1 / 2 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。

1次系冷却水クーラ伝熱管の腐食（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は否定できない。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。

1次系冷却水クーラ管側板平板等の腐食（異種金属接触腐食）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。

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，目視確認により塗膜や防水措置（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）の目視点検で検知可能であり，今後も現状保全を継続していく。

「疲労割れ」

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，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」

蒸気発生器冷却材出入口管台セーフエンドの応力腐食割れについては，割れ発生の可能性は否定できない。現状，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，今後も現状保全を継続していく。

蒸気発生器の600系ニッケル基合金使用部位の応力腐食割れについては、応力腐食割れが問題となる可能性は小さい。現状、目視検査を実施し、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。

「スケール付着」

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、通水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。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。

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、必要に応じて水ジェット等による洗浄を実施することとしている。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」

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 . 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 . 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及び外部リードの絶縁低下

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。

「腐食」

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。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。

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いけば，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。

1次系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。

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」

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，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」

原子炉容器炉内計装筒等で使用している600系ニッケル基合金は，応力腐食割れ感受性を有しており，応力条件として厳しい炉内計装筒母材部及び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，冷却材出口管台等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，定期的にベアメタル検査，超音波探傷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。なお，炉内計装筒母材部については，第19回定期検査時（2002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口管台等溶接部については，第22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。

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。

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」

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）及び耐圧漏えい試験温度を設けて運用していく。

「絶縁低下」

電気ペネトレーションのポッティング材及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想定事故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。また、三重同軸型電気ペネトレーション及び代表機器と製造メーカーが異なるピッグテイル型電気ペネトレーションのポッティング材及び外部リードの絶縁低下については、実機同等品による再評価を実施する。

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」

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」

第4抽気系統配管母管等（ステンレス鋼）や主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 20・06・23 原院第 6 号 NISA-163c-08-2）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。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こととしている。今後もステンレス

鋼配管の腐食（エロージョン）については、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づいた検査を実施していく。

主蒸気系統配管母管等（炭素鋼）の腐食（流れ加速型腐食及びエロージョン）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23回定期検査（2007年度～2008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、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。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こととしている。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、取替えを継続していくことで、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。今後も炭素鋼配管の腐食（流れ加速型腐食及びエロージョン）については、「2次系配管肉厚の管理指針」に基づいた検査、取替を継続していく。

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。

主給水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」

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、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。

余熱除去系統配管母管等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、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」

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。

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」

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 . 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 . 弁箱等の疲労割れ
- 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 . 弁体の固着
- f . 安全逃し弁等のばね変形
- g . 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」

海水系統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。

主蒸気系統仕切弁弁箱等の腐食（流れ加速型腐食及びエロージョン）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。

海水系統バタフライ弁弁箱等の腐食（異種金属接触腐食）については、海水接液面にライニングを施工しているが、ライニングのはく離等を放置すれば腐食が進行する可能性は否定できない。現状、ライニングのはく離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。

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。

雑固体焼却設備バタフライ弁弁箱等の腐食（全面腐食）については、弁箱等の腐食の進行程度は耐火物の割れの状況等により、一律に定量的な評価は困難であるが、現状、目視確認により、弁箱等または耐火物の健全性確認を実施している。弁箱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。

「疲労割れ」

1次冷却系統仕切弁等弁箱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、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。

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。

「応力腐食割れ」

液体廃棄物処理系統ダイヤフラム弁弁箱等の応力腐食割れについては、環境要因による割れ発生の可能性は否定できないが、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。応力腐食割れに対しては、内面の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。

海水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、弁箱等の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、弁箱等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弁箱等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。

「固着」

1次系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、現在まで有意な腐食生成物の堆積は認められていない。現状、目視検査により、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。

「絶縁低下」

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の設計想定事故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。

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．バップ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」

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。今後，現状保全に加えて，（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，日本機械学会 維持規格（JSME S NA1-2008）に基づき，目視検査実施時期を検討する。

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している。摩耗については，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。

支持ピンの摩耗については，摩耗が問題になる可能性は小さい。現状，目視検査を実施し，摩耗が認められた場合は取替を行う運用としている。摩耗については，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」

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，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」

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、運転時間が約27.8万時間までは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。バッフルフォーマボルトについては第19回定期検査時(2002年度)に全数取替を実施している。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、必要に応じて日本機械学会 維持規格(JSME S NA1-2008)に基づき、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。

「中性子照射による靱性低下」

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、より照射量の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」

事故時雰囲気内で機能要求があるK Aケーブル等及び事故時雰囲気内で機能要求がないS H V Vケーブル等の絶縁体の絶縁低下については，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。また，事故時雰囲気内で機能要求がなく，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，長期健全性試験を実施していないことから，絶縁低下の可能性は否定できない。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り，代表ケーブルと製造メーカーが異なるK Aケーブル等については，第25回定期検査時に代表ケーブルと製造メーカーが同じケーブルへの取替を実施する。さらに，より実機環境を模擬したケーブルの経年劣化評価手法に関する検討が国プロジェクト「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。

原子炉格納容器外電動弁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。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 . 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 . 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」

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」

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」

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。

5.1.10 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．第一内部車室等の疲労割れ
- 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．タービン調速装置ばね等の変形
- g．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」

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。

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」

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，超音波による肉厚計測や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や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。

低圧タービン動翼等の腐食（流れ加速型腐食）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，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」

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，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」

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，目視検査や超音波探傷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，目視検査や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。

「変形」

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。

5.1.11 コンクリート構造物及び鉄骨構造物

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．コンクリートの遮へい能力低下
- 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」

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。長期保守管理方針に基づき定期的に非破壊試験による点検を実施し，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。R/Vサポート下部の冷却コイルについては，定期的に適切な流量が確保されている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。

なお，耐熱コンクリートの強度低下に関しては，現状，R/Vサポート部の変形監視の観点から定期的を実施しているキャピティシール据付時の隙間計測により，耐熱コンクリートに変形が生じていないこともあわせて傾向監視を行っていく。

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，定期的に目視点検を実施し，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 . 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 . 励磁装置の絶縁低下
- d . 計装用取出配管の腐食

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」

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，10年経過後適切な頻度で絶縁抵抗測定，tan 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」

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。

「腐食」

海水ポンプヘッド圧力の計装用取出配管内面にライニングを施工しており、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について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。

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 . Vプーリの摩耗
- c . モータ固定子コイル等の絶縁低下
- d . 圧縮機ばね等の変形
- e . ダンパシャフトの固着

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」

中央制御室空調装置送気ファン等の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」

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。

チラーユニットの凝縮器水室の腐食（異種金属接触腐食含む）については，防食塗装により腐食を防止している。現状，水室を目視により確認し，有意な腐食等のないことを確認している。水室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。

非常用ディーゼル発電機室換気ダクト外板等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」

リレー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。

格納容器循環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している。第25回定期検査時（運転開始後40年を経過する日までに開始）にモータの取替を実施する。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。

「固着」

ME-43・46戻り[B]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。

5.1.14 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. ボルト等原子炉容器炉心近傍部材の中性子及び 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等の疲労割れ
- d. モータ固定子コイル等の絶縁低下
- e. 計器用空気レシーバ等の腐食
- f. 空気だめ圧力検出器等の特性変化
- g. ワイヤロープの摩耗及び素線切れ
- h. グリッパばね等の変形
- i. 制御棒クラスタ被覆管先端部の照射誘起割れ
- j. 蒸発器胴板等の応力腐食割れ
- k. 伝熱管のスケール付着
- l. 耐火煉瓦等の減肉
- m. 耐火煉瓦等の割れ
- n. 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」

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。

非常用空気圧縮装置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プーリの目視検査を実施しており，Vプーリの摩耗を検知可能であることから，今後も現状保全を継続していく。

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。

燃料取換クレーングリッパ等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。

燃料移送装置チェーン（ブッシュ部）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、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。

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。

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及び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。

アスファルト固化設備加熱部内胴及び羽根板の摩耗・変形については、廃液中の固形分が付着・堆積し、加熱部内胴内径と羽根板のクリアランスを超えるまでに成長すると、羽根板と接触する状況が生じることから加熱部内胴及び羽根板の摩耗・変形が発生する。現状、加熱部内胴及び羽根板の表面の付着・堆積物を除去し、目視検査により有意な摩耗・変形がないことを確認している。加熱部内胴及び羽根板の摩耗・変形は目視確認に

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」

アスファルト固化設備加熱部内胴及び羽根板の腐食については，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，加熱部内胴等の表面の付着・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。加熱部内胴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。

雑固体焼却炉耐火煉瓦の減肉については，雑固体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。

溶融炉耐火煉瓦等の減肉については，溶融時の溶湯の飛び散り付着により，溶融炉内部に内張りされている耐火煉瓦等が腐食減肉することが考えられる。現状，目視検査により溶湯の飛び散りの影響がないことを確認しており，必要に応じて寸法計測を実施している。耐火煉瓦等の減肉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。

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または外殻か耐火物の目視検査を実施している。炉外殻等の腐食は肉厚測定また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。

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，美浜1号炉も含め原子力発電所共通として，基礎ボルトを取り外す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。

廃液蒸発装置蒸発器支持脚（スライド脚）の腐食（全面腐食）については、長期使用により接触面が腐食し固着する可能性は否定できない。現状、装置起動時に支持脚（スライド脚）が正常に動作し、熱交換器が横方向へ移動していることを目視確認している。支持脚の腐食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。

「疲労割れ」

加圧器スカート溶接部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」

廃液蒸発装置蒸発器胴板等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。

雑固体焼却設備の伸縮継手の応力腐食割れについては、排気ガス中に腐食性ガスが含まれていることから、内面の耐火物に減肉、割れ等が発生した場合、伸縮継手のステンレス鋼部位に応力腐食割れが発生する可能性がある。現状、試運転時の目視検査により有意な漏えいがないことを確認している。応力腐食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。

「絶縁低下」

非常用空気圧縮装置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。

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」

非常用空気圧縮装置空気だめ圧力検出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。

- ②① 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。
- ②② 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」

- ②③ 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。

「割れ」

- ②④ 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が発生することが考えられる。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。

「劣化」

- ②⑤ 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，美浜1号炉も含め原子力発電所共通として，ケミカルアンカを取り外す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。

「スケール付着」

- ②⑥ 廃液蒸発装置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，温度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している。スケール付着については，温度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。

5 . 1 . 1 5 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 . 燃料油供給ポンプ調圧弁等のばねの変形
- c . 空気冷却器水室等の腐食
- d . 空気冷却器等伝熱管のスケール付着
- e . 過給機タービンホイール等のクリープ
- 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」

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。

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。

非常用ディーゼル機関付属設備シリンダ冷却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。

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」

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。

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。

非常用ディーゼル機関付属設備燃料油移送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。

「特性変化」

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。

静止インバータ出力調整装置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，特性試験及び動作試験を行い，特性に異常のないことを確認している。特性変化は，特性試験及び動作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。

「スケール付着」

非常用ディーゼル機関空気冷却器等伝熱管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」

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。

原子炉トリップ遮断器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。

5.2 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」

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」

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。

「疲労割れ」

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」

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。

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，下から2段目及び3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本数の1/3）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及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。

「熱時効」

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」

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。

原子炉容器サポートの中性子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。

「中性子照射による靱性低下」

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 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，実施方法及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 美浜発電所1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，美浜発電所1号炉の具体的な保全計画に反映し，運転開始後40年を迎える2010年11月28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22年11月28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（取替え等）等

b. 中長期（平成22年11月28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。昨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更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、更に改善された高経年化対策及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、並びに更なる知見の蓄積に努める観点から、今後更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。しかし、今後、電力研究や国の研究プロジェクトの成果等を活用し、必要なものは保全計画に反映することとしている。具体的には、国の「照射誘起応力腐食割れ（IASCC）評価技術」、「高照射量領域の照射脆化予測（PRE）」及び「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究（ACA）」等が考えられる。

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である原子力安全基盤機構の技術情報調整委員会の場において、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、毎年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 美浜発電所 1 号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針 (1 / 5)

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	保守管理の項目	実施時期		
68	熱交換器	蒸気発生器	伝熱管スケール付着	1 次側については全てニッケル基合金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、スケール付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いる。プラントパラメータから評価可能。	汚れ係数による伝熱性能の確認を実施していくとともに、汚れ係数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。	中長期	1	蒸気発生器の伝熱管のスケール付着については、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
	容器	電気ベネトレーション	ポッティング材及び外部リード絶縁低下	実機同等品による長期健全性試験結果に基づき評価を行った結果、ビッグテイル型電気ベネトレーションについては 60 年間の通常運転とその後の設計想定事故後においても絶縁機能を維持できると判断する。三重同軸型電気ベネトレーション及び代表機器と製造メーカーが異なるビッグテイル型電気ベネトレーションについては、実機相当品による長期健全性試験結果に基づき評価を行った結果、60 年間の通常運転とその後の設計想定事故後においても絶縁機能を維持できると判断する。	定期的（系統機器の絶縁抵抗測定時または系統機器の動作確認時）にケーブル及び機器を含めた絶縁抵抗測定または機器の動作確認を実施し、有意な絶縁低下のないことを確認	ポッティング材及び外部リードの絶縁低下は、絶縁抵抗測定または機器の動作確認で検知可能であり、点検手法として適切である。	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。なお、三重同軸型電気ベネトレーション及び代表機器と製造メーカーが異なるビッグテイル型電気ベネトレーションについては、実機同等品による再評価を実施する。	中長期	2	三重同軸型電気ベネトレーション及び代表機器と製造メーカーが異なるビッグテイル型電気ベネトレーションのポッティング材及び外部リードの絶縁低下については、実機同等品による再評価を実施する。	中長期

短期：平成 22 年 1 月 28 日からの 5 年間，中長期：平成 22 年 1 月 28 日からの 10 年間

資料 6 - 1 美浜発電所 1 号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針 (2 / 5)

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		保守管理の項目	実施時期
炉内構造物	炉内構造物	制御棒クラスター案内管（案内板） 摩耗	日本機械学会の維持規格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と考える。	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。	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、日本機械学会の維持規格に基づき、目視検査実施時期を検討する。	中長期	3	炉内構造物の制御棒クラスター案内管（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 S NA1-2008」に基づき、保全への適用の要否を判断し、要の場合には目視検査の実施計画を策定する。	中長期
	炉内構造物	バッフルフォーマボルト 照射誘起型応力腐食割れ	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ッフルフォーマボルトについては、運転の長期化を考慮すると、発生する可能性は否定できない。	供用期間中検査時にバッフルフォーマボルト、バレルフォーマボルト等の可視範囲について水中テレビカメラによる目視検査を実施し、部品の破損及び脱落等がないことを確認している。また、評価上最も厳しい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。なお、バッフルフォーマボルトについては、予防保全として第19回定期検査時（2002年度）に全数取替を実施している。	バッフルフォーマボルトについては、照射誘起型応力腐食割れが発生するものと考えられるが、運転時間が約27.8万時間まではボルト損傷の可能性は小さい。また、運転開始後60年時点ではボルト本数全体の損傷が約7割に至るこ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る可能性は低い。なお、必要に応じて日本機械学会「維持規格」に基づき、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。また、バッフルフォーマボルトに有意なき裂が発生した場合、超音波探傷検査にて検知可能であり、点検手法として適切。	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、必要に応じて日本機械学会「維持規格」に基づき、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。	中長期	4	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、日本機械学会「発電用原子力設備規格 維持規格 JSME S NA1-2008」に基づく超音波探傷検査の実施の要否を判断し、要の場合には実施計画を策定する。	中長期

短期：平成22年11月28日からの5年間、中長期：平成22年11月28日からの10年間

資料 6 - 1 美浜発電所 1 号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針 (3 / 5)

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	保守管理の項目	実施時期	
ケーブル	K Aケーブル K Kケーブル 難燃 K K ケーブル 難燃 P H ケーブル 難燃 P S H V ケーブル S H V V ケーブル S H V A ケーブル H V V ケーブル V V ケーブル V A 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。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、事故時雰囲気内で機能要求のある代表ケーブルと製造メーカーが異なる一部のケーブルを除いて、長期健全性試験を実施していないことから、絶縁低下の可能性は否定できない。	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、定期的に絶縁抵抗測定を行い、許容値以上であることを確認	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。 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、事故時雰囲気内で機能要求のある代表ケーブルと製造メーカーが異なる一部のケーブルを除いて、絶縁低下の可能性は否定できない。 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。	事故時雰囲気内で機能要求があり、代表ケーブルと製造メーカーが異なる K A ケーブル及び難燃 P H ケーブルについては、代表ケーブルと製造メーカーが同じケーブルへの取替を実施する。さらに、より実機環境を模擬したケーブルの経年劣化評価手法に関する検討が国プロジェクト「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。	短期	5	事故時雰囲気内で機能要求のある K A ケーブル、難燃 P H ケーブル及び難燃三重同軸ケーブルの絶縁体及び内部シースの絶縁低下については、製造メーカーの実機調査を行い、その調査結果に基づき、取替を実施する。	短期
	三重同軸ケーブル 難燃三重同軸ケーブル	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能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は、事故時雰囲気内で機能要求のある代表ケーブルと製造メーカーが異なる一部のケーブルを除いて、長期健全性試験を実施していないことから、絶縁低下の可能性は否定できない。	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	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。 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、事故時雰囲気内で機能要求のある代表ケーブルと製造メーカーが異なる一部のケーブルを除いて、絶縁低下の可能性は否定できない。 絶縁低下は、絶縁抵抗測定で検知可能。	事故時雰囲気内で機能要求があり、代表ケーブルと製造メーカーが異なる難燃三重同軸ケーブルについては、代表ケーブルと製造メーカーが同じケーブルへの取替を実施する。さらに、より実機環境を模擬したケーブルの経年劣化評価手法に関する検討が国プロジェクト「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。	短期			

短期：平成 22 年 1 月 28 日からの 5 年間、中長期：平成 22 年 1 月 28 日からの 10 年間

資料 6 - 1 美浜発電所 1 号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針 (4 / 5)

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	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	内部コンクリート(耐熱コンクリート含む)の強度低下	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,長期健全性評価上問題とならない。	定期的に目視点検を実施。必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施。長期保守管理方針に基づき非破壊検査を実施。RVサポート下部の冷却コイルの流量が確保されていることを確認。なお,コンクリート上部のRVサポート部については,変形が発生していないことを確認する観点から,キャビティシール据付時の隙間計測を実施し,計測結果に有意な変化がないことを定期的に確認。	コンクリート構造物の強度については,健全性評価結果から判断して,現状において設計基準強度を上回っており,また今後,強度低下が急激に発生する可能性は小さい。また,定期的に目視点検を実施し,必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施していることから,保全方法は適切である。	現状,RVサポート部の変形監視の観点から定期的実施しているキャビティシール据付時の隙間計測により,耐熱コンクリートに変形が生じていないこともあわせて傾向監視を行っている。	中長期	6	耐熱コンクリートの強度低下については,定期的実施しているキャビティシール据付時の隙間計測結果を用いて,耐熱コンクリートの変形を傾向監視する。	中長期
空調設備	格納容器循環ファンモータ	固定子コイル及び口出線・接続部品絶縁低下	実機同等品による長期健全性試験で想定した期間40年に対して判定条件を満足しているが,60年の供用を想定すると絶縁低下の可能性は否定できない。	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	固定子コイル及び口出線・接続部品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否定できないが,第25回定期検査時にモータの取替を実施することにより,運転開始後60年までの健全性を維持することが可能である。絶縁低下は,絶縁抵抗測定で検知可能。	第25回定期検査時にモータの取替を実施する。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。	短期	7	格納容器循環ファンモータの固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下については,モータの取替を実施する。	短期

短期：平成22年11月28日からの5年間,中長期：平成22年11月28日からの10年間

資料 6 - 1 美浜発電所 1 号炉 高経年化技術評価に基づく長期保守管理方針 (5 / 5)

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	保守管理の項目	実施時期	
機械設備	スタッドボルト、 ターボボルト及びシールド (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	地震時の基礎ボルトの発生応力は許容応力を超えることはないことから、機器の支持機能を喪失する可能性は小さいと考えられる。	各種基礎ボルトのコンクリート直上部並びにメカニカルアンカのコンクリート埋設部に対しては、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、支持機能に異常のないことを確認	コンクリート直上部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ンクリート埋設部であるターボボルト及びシールドについては急激に支持機能の低下及び腐食が進行する可能性は小さい。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。腐食・付着力等の観点からサンプリング等による調査を実施することが望ましい。	美浜 1 号炉も含め原子力発電所共通として、基礎ボルトを取り外す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。	中長期	8	スタッドボルト等*の大気接触部の全面腐食については、美浜 1 号炉も含め原子力発電所共通として、基礎ボルトを取り外す場合に調査を実施する。 *：スタッドボルト ターボボルト及びシールド(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。	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、支持機能に異常のないことを確認	支持機能の低下が進行する可能性は小さい。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を検知可能。樹脂の劣化等の観点からサンプリング等による調査を実施することが望ましい。	美浜 1 号炉も含め原子力発電所共通として、ケミカルアンカを取り外す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。	中長期	9	ケミカルアンカの樹脂の劣化については、美浜 1 号炉も含め原子力発電所共通として、ケミカルアンカを取り外す場合に調査を実施する。	中長期
その他設備(発電設備)	タービン発電機	固定子コイル及び固定子相リード絶縁低下	発電機固定子コイルの絶縁耐力が、必要最小絶縁耐力となる運転時間は約 26 万時間であり、定期検査等による設備利用率で換算すると、26 万時間は約 48 年に相当し、運転開始後 60 年までに絶縁耐力が低下することは否定できない。	定期的な絶縁診断として絶縁抵抗測定及び直流吸収試験、tan 試験、部分放電試験	固定子コイル及び固定子相リードの絶縁低下の可能性は否定できないが、第 26 回定期検査時に固定子コイルの巻替を実施することにより、運転開始後 60 年までの健全性を維持することが可能である。絶縁低下は絶縁診断で検知可能であり、点検手法として適切である。	第 26 回定期検査時に固定子コイルの巻替を実施する。	短期	10	タービン発電機の固定子コイル及び固定子相リードの絶縁低下については、固定子コイルの巻替を実施する。	短期
	主変圧器	コイル絶縁低下	絶縁紙のホットスポットの重合度が絶縁紙に必要な限界重合度 360 に達するまでの実運転時間は、約 27 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ルール成分測定、必要に応じて変圧器開放点検時のプレスボード採取による重合度測定 定期的な油中ガス分析	コイルの急激な絶縁低下の可能性は否定できないが、第 25 回定期検査時に主変圧器の取替を実施することで、運転開始後 60 年までの健全性を維持することが可能である。絶縁低下は絶縁抵抗測定で、重合度の変化は油中フルフルール成分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重合度測定で検知可能であり、点検手法として適切である。	第 25 回定期検査時に主変圧器の取替を実施する。	短期	11	主変圧器のコイルの絶縁低下については、主変圧器の取替を実施する。	短期

短期：平成 22 年 1 月 28 日からの 5 年間，中長期：平成 22 年 1 月 28 日からの 10 年間

7. 40年目の高経年化技術評価で追加する項目

40年目の高経年化技術評価においては、高経年化対策実施ガイドライン等及び高経年化技術評価審査マニュアルにおいて以下の3項目を追加評価項目としている。

経年劣化傾向の評価

保全実績の評価

長期保守管理方針の有効性評価

経年劣化傾向については、40年目の評価は30年目の評価から大きく予測が変わるものではないことが確認できた。保全実績の評価については、40年目の評価から抽出された課題はあったものの、現状保全の継続による健全性維持の観点から課題は無いことを確認した。更に、長期保守管理方針が有効であり、必要に応じて現状保全に反映されていると確認した。

しかしながら、機器の製造・施工段階において考慮すべき諸条件に即した経年劣化事象を想定することも必要であると評価した。

以上については、評価結果を「40年目の高経年化技術評価で追加する評価に係る技術評価書」にまとめる。

8. まとめ

(1) 総合評価

運転開始以来、38年を経過した美浜発電所1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

策定した長期保守管理方針について、運転開始後40年となる2010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守管理方針の策定は、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
- ・原子炉の運転期間の変更
- ・原子炉の定格熱出力の変更

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