

玄海原子力発電所 3 号炉

高経年化技術評価書

2023年3月

九州電力株式会社

改訂履歴

改訂	日付	内容
0	2023. 3. 13	策定

目 次

	頁
第1章 はじめに	1
第2章 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 技術基準規則への適合に向けた取組及びそのスケジュール	6
2. 4 発電所の保全概要	11
第3章 技術評価の実施体制	19
3. 1 評価の実施に係る組織	19
3. 2 評価の方法	19
3. 3 工程管理	19
3. 4 協力先の管理	20
3. 5 評価記録の管理	20
3. 6 評価に係る教育	20
3. 7 評価年月日	20
3. 8 評価を実施した者の氏名	20
第4章 技術評価方法	23
4. 1 技術評価対象機器	23
4. 2 技術評価手順	23
4. 3 耐震安全性評価	29
4. 4 耐津波安全性評価	30
4. 5 冷温停止状態維持時の技術評価	31
第5章 技術評価結果	36
5. 1 運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の 技術評価結果	36
5. 2 運転を断続的に行うことを前提とした 耐震安全性評価結果	38
5. 3 運転を断続的に行うことを前提とした 耐津波安全性評価結果	38
5. 4 冷温停止状態が維持されることを前提とした機器・構造物の 技術評価結果	39

5. 5	冷温停止状態が維持されることを前提とした 耐震安全性評価結果	39
5. 6	冷温停止状態が維持されることを前提とした 耐津波安全性評価結果	40
5. 7	評価の結果に基づいた補修等の措置	40
第6章	今後の高経年化対策	41
6. 1	長期施設管理方針の策定	41
6. 2	長期施設管理方針の実施	41
6. 3	技術開発課題	42
第7章	まとめ	45

第1章 はじめに

玄海原子力発電所3号炉（以下、「玄海3号炉」という。）においては、2024年3月に運転開始後30年を迎えようとしている。

原子力発電所では、これまでプラントの安全・安定運転を確保するために、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（以下、「原子炉等規制法」という。）に基づく定期事業者検査により、技術基準への適合を確認するとともに^注施設管理における機器等の保全活動として、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・故障等の再発防止対策等についても、必要に応じ実施している。

また、一般的には、機器・材料は使用時間の経過とともに、経年劣化することが知られているが、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、高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恐れがあることから、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。

注：2020年3月31日以前は、原子炉等規制法に基づき、原子力規制委員会が施設定期検査を実施。また、2020年4月1日以降は、同法に基づき、原子力規制委員会が原子力規制検査を実施。

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（現：原子力規制委員会。以下同じ）は「実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイドライン」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、以降10年を超えない期間ごとに、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」（以下、「長期保

全計画」という。)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、長期保全計画を、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、「長期施設管理方針」という。)として原子炉施設保安規定(以下、「保安規定」という。)に位置づけ、認可の対象とされた。また、実用炉規則の改正に伴い、原子力安全・保安院は「高経年化対策実施ガイドライン等」を改正し、2008年10月に発出後、2010年4月及び2011年5月に改正した。

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

その後、原子力規制委員会は2013年6月に「実用炉規則」を改正するとともに、「高経年化対策実施ガイドライン等」に代わるものとして、2013年6月に「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」、2013年7月に「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド」(以下、「高経年化対策実施ガイド等」という。)を制定し、2020年3月に最終改正している。

さらに、運転段階の原子力発電所の安全確保・強化を図るため、原子力規制委員会は原子炉等規制法を改正し、2020年4月から原子力規制委員会が事業者の保安活動を常時チェックし、かつ事業者が主体的に安全確保の水準の維持・向上に取り組む仕組み(原子力規制検査)が施行された。

一方、日本原子力学会は2007年3月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2007」を制定、「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」として改定のうえ、2009年2月に発行、2010年4月にエンドースされた。その後、2016年3月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」を発行し、2021年9月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2021」を発行した。

さらに、原子力安全基盤機構(現：原子力規制委員会。以下同じ)は「高経年化対策実施ガイド等」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。

本評価書は、運転開始後30年を迎える玄海3号炉のプラントを構成する機器・構造物に対し、「高経年化対策実施ガイド等」、「原子力発電所の高経年

化対策実施基準：2008」等に基づき、60年間の運転及び冷温停止を仮定し、想定される経年劣化事象に関する技術評価を30年目の高経年化技術評価として実施するとともに、運転を開始した日から30年以降の10年間に、高経年化の観点から現状保全を充実する新たな保全項目等を抽出し、長期施設管理方針としてとりまとめたものである。

この結果、現状の保全の継続及び点検・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、策定した長期施設管理方針については、保安規定に記載し、変更認可申請する。

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

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

また、特定重大事故等対処施設に属する機器・構造物の情報は機密情報のため、これらの評価結果は非公開情報として個別の別冊としてまとめている。

第2章 発電所の概要

2. 1 発電所の設備概要

玄海3号炉は、加圧水型の原子力発電所である。

原子炉容器内部ではウラン燃料が核分裂を起こし多量の熱が発生する。この熱は、1次系の水に伝えられ1次冷却材ポンプによって蒸気発生器へ送られる。

蒸気発生器へ送られた1次系の水は、伝熱管の内側を流れ、外側を流れる2次系の水に熱を伝えた後、再び原子炉容器へ送られる。

一方、蒸気発生器で熱を受けた2次系の水は蒸気となりタービンへ送られ、タービン・発電機を回し電気を起こす。

タービン・発電機で仕事を終えた蒸気は、復水器の伝熱管を介して海水により冷却され、再び水に戻り蒸気発生器へ送られる。

(1) 発電所の主要仕様

電気出力	約 1, 180 MW
原子炉型式	加圧水型軽水炉
原子炉熱出力	約 3, 423 MW
燃料	低濃縮ウラン (燃料集合体 193 体)
減速材	軽水
タービン	串型 4 車室 6 分流排気再熱再生式

(2) 発電所の主要系統

発電所の系統図を資料 2-1 に示す。

2. 2 発電所の経緯

玄海3号炉は、我が国46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21番目、当社では5番目のものである。

同炉は、1984年10月に原子炉設置許可を得て、通商産業大臣より電気工作物変更許可を取得した。1985年8月に建設に着工し、1993年5月に初臨界を迎え、同年6月に送電系統に初並列した後、1994年3月に営業運転を開始した。

また、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、設備の健全性評価を実施し、2003年3月より定格熱出力一定運転を開始している。

玄海3号炉における発電電力量・設備利用率の年度推移を資料2-2、計画外停止回数の年度推移を資料2-3、事故・故障等一覧を資料2-4に示す。過去約30年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。

2. 3 技術基準規則への適合に向けた取組及びそのスケジュール

本申請の時点において、技術基準規則（30年を経過する日において適用されているものに限る。）に定める基準に適合していないものはない。なお、技術基準規則への適合に向けた主な取り組みは以下のとおり。

<新規制基準>

玄海3号炉については、技術基準規則へ適合させるため、平成25年7月12日付け発本原第95号をもって工事計画認可申請書（平成29年4月6日付け原発本第4号、平成29年6月13日付け原発本第65号、平成29年7月14日付け原発本第97号及び平成29年8月15日付け原発本第114号をもって一部補正）を申請し、平成29年8月25日付け原規規発第1708253号にて認可を受けている。

<特定重大事故等対処施設>

令和元年5月16日付け原発本第36号をもって工事計画認可申請書（令和元年10月9日付け原発本第101号及び令和元年11月15日付

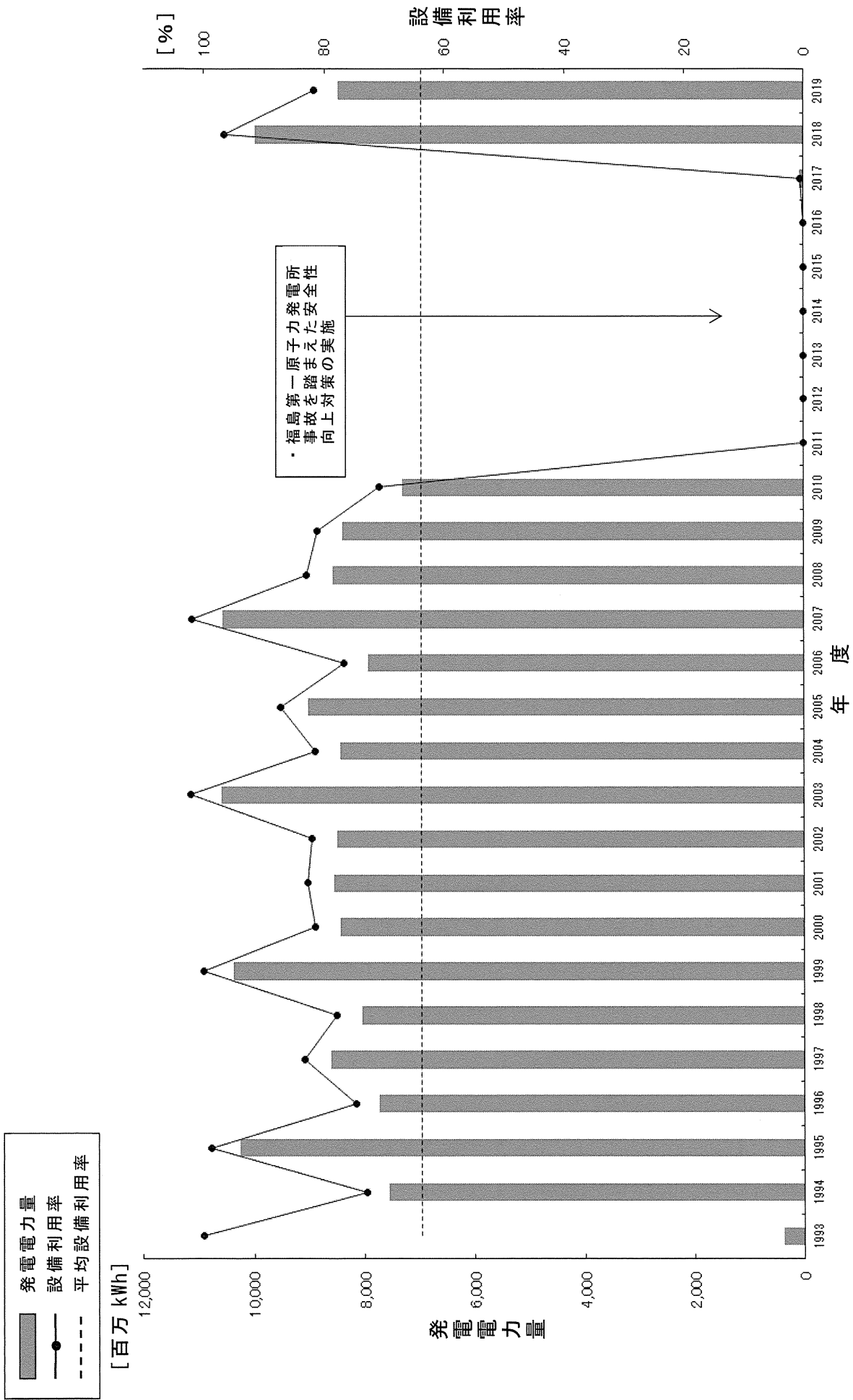
け原発本第131号をもって一部補正)を申請し、令和元年11月28日付け原規規発第1911282号にて認可を受けている。

さらに令和元年9月19日付け原発本第86号をもって工事計画認可申請書(令和2年1月10日付け原発本第159号及び令和2年2月14日付け原発本第188号をもって一部補正)を申請し、令和2年3月4日付け原規規発第2003041号にて認可を受けている。

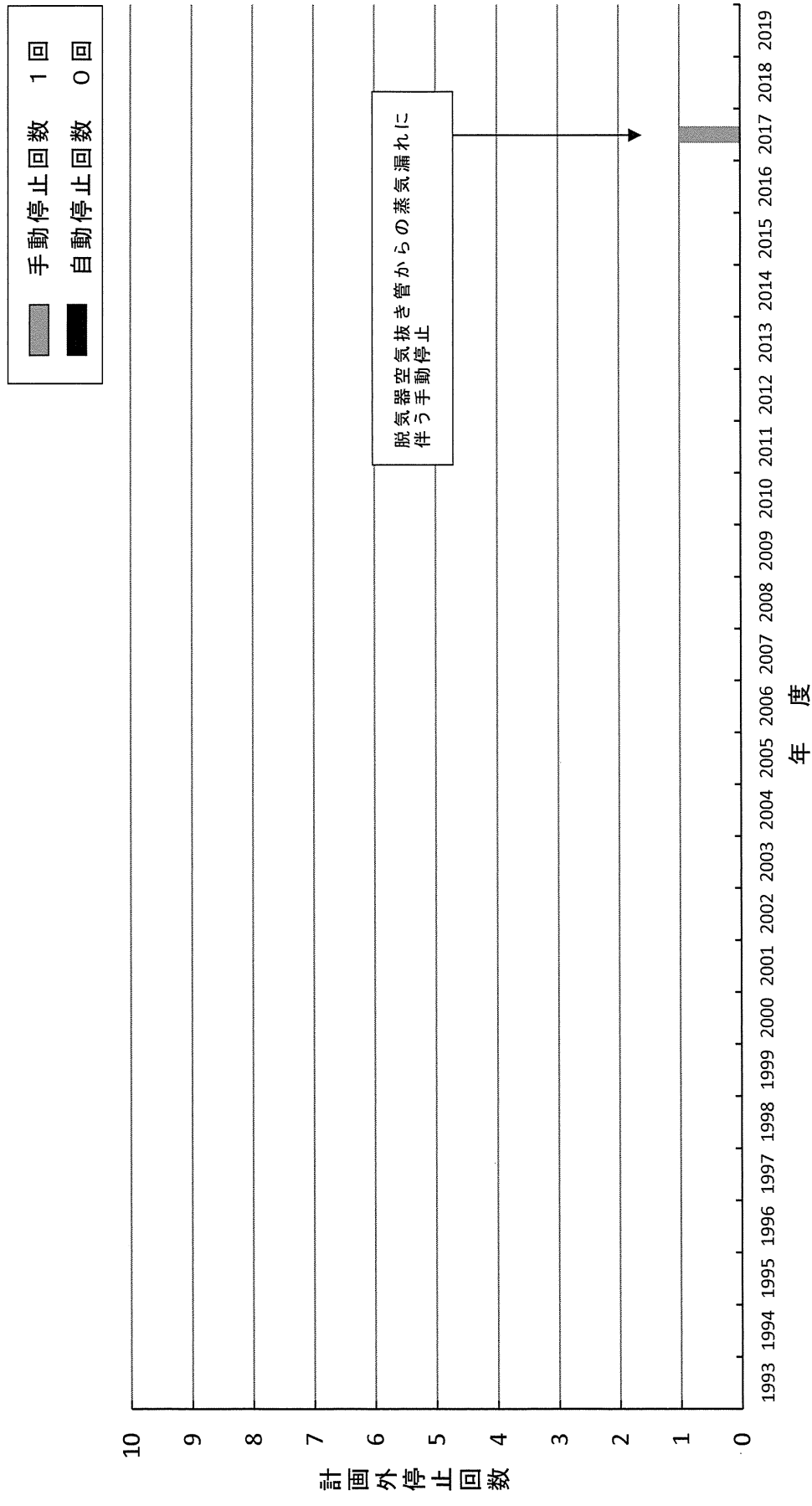
さらに令和2年1月17日付け原発本第161号をもって設計及び工事計画認可申請書(令和2年5月1日付け原発本第14号、令和2年7月28日付け原発本第74号及び令和2年8月21日付け原発本第139号をもって一部補正)を申請し、令和2年8月26日付け原規規発第2008262号にて認可を受けている。

<海水ポンプ取替>

令和3年1月19日付け原発本第289号をもって設計及び工事計画変更認可申請書(令和3年10月1日付け原発本第76号をもって一部補正)を申請し、令和3年10月11日付け原規規発第21101112号にて認可を受けている。



資料 2-2 発電電力量・設備利用率の年度推移



資料 2 - 3 計画外停止回数の年度推移

資料 2 - 4 事故・故障等一覧

年 度	事 象 内 容	発 生 年 月 日	法 律 通 達	被 害 電 気 工 作 物 の 系 統 設 備
1998	燃料集合体の漏えい (第 4 回定期検査中)	1999. 1. 20	通 達	原子炉本体
2011	C 充てんポンプ主軸の折 損について (第 13 回定期検査中)	2011.12.16	通 達	原子炉冷却系統 設備

注：平成 15 年 10 月 1 日付け原子炉等規制法の関連規則の改正に伴い、通達に基づく報告が廃止されたことにより、原子力施設のトラブルに関する国への報告は、法律に基づくものに一本化された。

2. 4 発電所の保全概要

玄海3号炉での日常的な施設管理において時間経過に伴う特性変化に対応した劣化管理が的確に行われている経年劣化事象（以下、「日常劣化管理事象」という。）の劣化管理の考え方を以下に記す。

原子力発電所の保全においては、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・故障等を未然に防止することが最も重要である。

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劣化の傾向を把握し、故障に至る前に計画的な保全を実施している。

また、原子炉等規制法に基づき、定期事業者検査を実施し技術上の基準に適合していることを確認している。

さらに、保安規定において、定期事業者検査等の対象機器に対する作業項目のうち、原子炉施設の点検及び工事にて実施する分解点検、開放点検等の機能回復を図るものについて、保全の結果の確認・評価について規定している。

具体的には、実用炉規則第81条に掲げる施設管理に係る要求事項を満たすよう、「日本電気協会 原子力発電所の保守管理規程（JEAC 4209-2007）」に基づき、規定文書を策定して施設管理を実施している。

まず初めに、社長は原子力施設の安全確保を最優先として、施設管理の継続的な改善を図るため、施設管理の現状を踏まえて施設管理の実施方針を定める。同方針は、施設管理の有効性評価の結果を踏まえて見直しされるとともに、高経年化技術評価の結果として長期施設管理方針を策定又は変更した場合には、長期施設管理方針に従い保全を実施することを同方針に反映している。

また、原子力部門は、施設管理の実施方針に基づき、年度ごとに施設管理目標を設定し、施設管理の有効性評価の結果を踏まえて同目標の見直しを実施している。

この施設管理目標を達成するため、当社の原子力発電所では、資料2-5に示すフローに基づき保全活動を実施している。

玄海原子力発電所では、原子炉施設の中から号炉ごとに保全を行うべき対象範囲として機器・構造物を選定し、この保全対象範囲について系統ごとの範囲と機能を明確にした上で、「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)」(以下、「安全重要度分類審査指針」という。)の重要度とPRAから得られるリスク情報を考慮するとともに重大事故等対処設備への該当有無を考慮して保全重要度を設定する。

また、保全の有効性を監視し評価するために、保全重要度を踏まえてプラントレベル及び系統レベルの保全活動管理指標を設定している。

そして、保全対象範囲に対し、保全重要度を勘案して次の事項を考慮して保全計画を策定している。

- a. 運転実績、事故及び故障事例等の運転経験
- b. 使用環境及び設置環境
- c. 劣化、故障モード
- d. 機器の構造等の設計的知見
- e. 科学的知見

さらに、予め保全方式(時間基準保全、状態基準保全、事後保全)を選定し、「点検方法」、その「実施頻度」及び「実施時期」を定めた点検計画を策定している。

なお、この保全方式は、劣化事象・偶発事象を勘案し、保全重要度を踏まえた上で保全実績、劣化、故障モード等を考慮し、効果的な保全方式を選定している。

上記のうち「点検方法」について、個別機器の保全内容はそれぞれ個々に検討しているが、具体的には劣化メカニズム整理表^註及びこれまでの施設管理の結果から得られた機器の部位別に想定される劣化事象に着目した保全項目の検討を行い、検討結果に基づく保全内容を担保するために必要な作業、検査項目等を選定している。

注：過去に国内で実施してきた高経年化技術評価の評価結果をもとに、原子炉施設の保全を最適化するための情報として劣化メカニズム(機器機能、部位、劣化事象・因子、保全項目(検知機能)等)を一覧表にまとめたもの。

同様に「実施頻度」についても、過去の点検実績等を参考にしながら機器・構造物に応じて適切に選定している。

また、「実施時期」については、機器・構造物の点検方法及び実施頻度に基づき、点検の実施時期を「点検計画表」として定めている。

設計及び工事を実施する場合は、予めその方法及び実施時期を定めた設計及び工事の計画を策定している。

以上のとおり、予め定められた保全計画に従い、点検・補修等の保全を実施し、記録している。

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することで機能回復を行い、長期的な健全性・信頼性を確保している。

そのため、劣化傾向監視による管理として状態監視、点検及び取替結果の評価のための点検手入れ前データ（As-Found データ）を活用している。

一方、当社の原子力発電所で発生した事故・故障等については、速やかに必要な処置を実施するとともに、国内外の原子力発電所で発生した事故・故障等についても検討を行い、必要に応じて設備及び運転・施設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等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動作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・故障等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については、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

原子炉等規制法に基づき実施する定期事業者検査に合わせ、定期的にプラントを停止し、プラント全般にわたる設備の点検を実施して、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・故障等の未然防止を図るとともに、環境の維持、災害の未然防止を図っている。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) 作業管理体制及び業務

原則として当社が計画を策定し、協力会社が行う分解点検等の実作業の作業管理及び品質管理を行っている。

(5) 予防保全

プラントの運転監視、巡視点検、定期的な検査及び点検により、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、故障に至る前に補修、取替を行い、事故・故障等の未然防止を図っている。

(6) 事故・故障等の処理及び再発防止

発生した事故・故障等については、速やかに原因調査及び再発防止を含めた対策の検討、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、国内外の原子力発電所で発生した事故・故障等についても、未然予防処置の必要性を検討し、必要に応じて設備及び運転・施設管理等の改善を行い、事故・故障等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、保全データの推移及び経年劣化の長期的な傾向監視の実績、高経年化技術評価及び安全性向上評価の結果、他プラントのトラブル及び経年劣化傾向に係るデータ等に基づいて保全の有効性評価を実施するとともに、その結果と施設管理目標の達成度から定期的に施設管理の有効性評価を実施し、施設管理が有効に機能していることを確認するとともに、継続的な改善に取り組んでいる。

以上のような日常的な施設管理の有効性評価の手法として、プラントレベル及び系統レベルの保全活動管理指標を設定し、監視しており、至近（第14保全サイクル）における実績は以下のとおりである。

a. プラントレベルの保全活動管理指標

プラント全体の保全の有効性が確保されていることを監視する観点から、プラントレベルの保全活動管理指標として設定した「7,000 臨界時間当たりの計画外自動・手動トリップ回数」、「7,000 臨界時間当たりの計画外出力変動回数」及び「工学的安全施設の計画外作動回数」について、全ての実績値が目標値を満足していることから、保全は有効に機能していると評価した。

b. システムレベルの保全活動管理指標

より直接的に原子炉施設の安全性と保全活動とを関連付け監視する観点から、システムレベルの保全活動管理指標として、保全重要度の高いシステム^{注1}のうち、安全重要度分類審査指針クラス1、クラス2及びリスク重要度の高いシステム機能並びに特定重大事故等対処設備に対して設定した「予防可能故障(MPFF^{注2})回数」及び「非待機(UA^{注3})時間」について、全て実績値が目標値を満足していることから、保全は有効に機能していると評価した。

注1：原子炉施設の安全性を確保するため安全重要度分類審査指針の重要度に基づき、PRA（確率論的リスク評価）から得られるリスク情報を考慮して設定する。

注2：MPFF（Maintenance Preventable Functional Failure）システムもしくはトレイン（冗長化されているシステムにおいて、その冗長性の1単位を構成する一連の機器群）に要求される機能の喪失を引き起こすような機器の故障のうち、適切な保全が行われていれば予防できていた可能性のある故障。

注3：UA時間(Unavailable Hours)当該システムもしくはトレインに要求される機能が必要とされる期間内において、理由によらず、その機能を喪失した状態になっている時間。

これらの保全活動については、原子力発電所における機器の劣化兆候の把握及び点検の最適化につながるとともに、常にPDCAを回して改善が図られ、高経年プラントに対する的確な劣化管理に資するものであり、今後も日常点検を継続することで健全性を維持することが可能であると考えられる。

また、玄海3号炉では、発電所の安全性・信頼性をより一層向上させるために実施した最近の主な工事としては次のものがある。

- ・ 特定重大事故等対処施設設置工事

2021年度～2022年度（第16回）定期検査時に、原子炉補助建屋等への故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムにより、原子炉を冷却する機能が喪失し炉心が著しく損傷した場合に備えて、原子炉格納容器の破損を防止するための機能を有する施設を設置した。

- ・ 常設直流電源設備（3系統目）設置工事

2021年度～2022年度（第16回）定期検査時に、全ての交流電源が喪失した際に、重大事故等の対応に必要な設備に直流電力を供給する設備であり、既に設置済である2系統の直流電源設備に加え、もう1系統の常設直流電源設備（3系統目）を設置した。

- ・ 原子炉容器出入口管台溶接部計画保全工事

原子炉容器出入口管台溶接部については、応力腐食割れ対策としてウォータージェットピーニングを実施している。今回、2021年度～2022年度（第16回）定期検査時に、更なる予防保全の観点から、600系ニッケル基合金を用いた溶接材の内面を一部切削し、応力腐食割れ対策材料として優れた690系ニッケル基合金にて溶接を行った。

- ・ 加圧器スプレイ配管取替工事

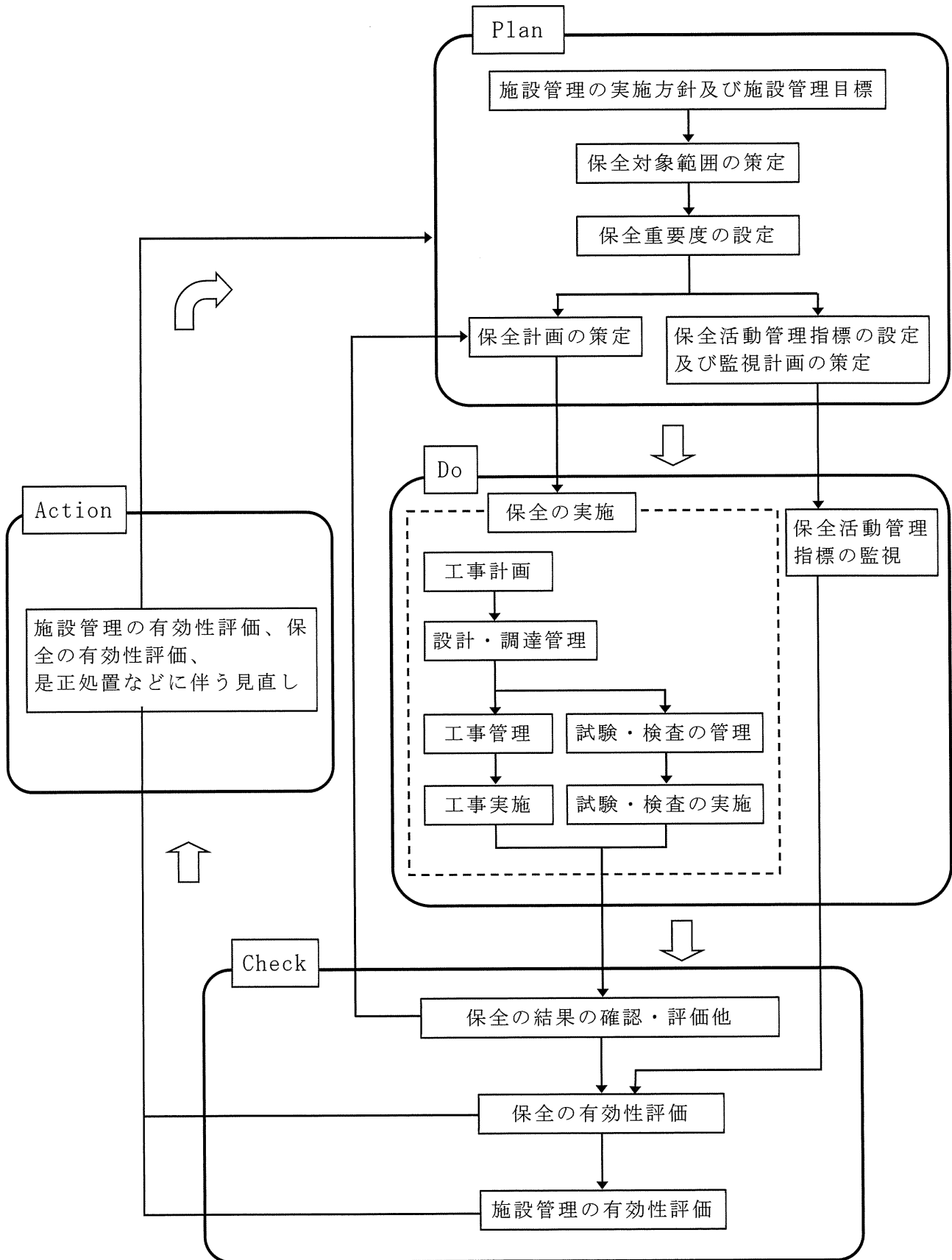
2021年度～2022年度（第16回）定期検査時に、加圧器スプレイ配管の一部について、予防保全の観点から、冷間曲げ管を同一仕様（主要寸法、材料）で残留応力の少ない熱間曲げ管へ取り替えた。

- ・ 海水ポンプ取替工事

2021年度～2022年度（第16回）定期検査時に、安全上重要な機器の冷却に用いるための海水を取水する海水ポンプについて、起動時の信頼性向上のため、起動時に軸受部への潤滑水供給が不要な無給水軸受を用いたポンプへ取り替えた。

- ・原子炉安全保護計装盤等更新工事

2021年度～2022年度（第16回）定期検査時に、原子炉圧力等のパラメータの異常を検知し、原子炉停止や原子炉を冷却するためのポンプ等を作動させるための信号を発信する原子炉安全保護計装盤等について、保守性向上の観点から、デジタル制御装置を適用した制御盤に取り替えた。



資料 2 - 5 玄海原子力発電所の施設管理の概要

第3章 技術評価の実施体制

3.1 評価の実施に係る組織

高経年化技術評価の実施は、保安規定第118条の6に規定している。保安規定、品質マニュアル（要則）等に従い、規定文書を定め、これに従い策定した「高経年化技術評価実施計画書」により実施手順を確立し、評価の実施体制を構築している。

技術評価等にあたる体制を資料3-1に示す。

原子力発電本部原子力経年対策グループは、技術評価に係るとりまとめ等を行うとともに、コンクリート構造物及び鉄骨構造物を除く技術評価を行った。

土木建築本部調査・計画グループは、コンクリート構造物及び鉄骨構造物の技術評価を行った。

また、作成した本評価書は、玄海原子力発電所及び本店の関係箇所でも内容確認する体制とした。

なお、プロセス確認のための内部監査は、独立した組織である原子力監査室とした。

3.2 評価の方法

高経年化対策実施ガイド等及び原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008等に準拠して策定した「高経年化技術評価実施手順書」により実施手順を確立し、これに基づき実施した。

評価方法の詳細については、第4章 技術評価方法にまとめている。

3.3 工程管理

高経年化対策実施ガイド等に基づき、運転開始後28年9か月を経過する日から3か月以内に保安規定変更認可申請等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、2021年3月3日に実施計画書及び実施手順書を策定し、技術評価を開始した。2023年2月24日には玄海原子力発電所及び本店の関係箇所にて評価書の確認を完了した。

また、原子力監査室によるプロセス確認のための内部監査を2023年2月15日までに完了した。

なお、2023年3月13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、統括責任者が承認した。

3. 4 協力先の管理

経年劣化の技術評価を委託した三菱重工業株式会社及び三菱電機株式会社委託業務にあたって品質保証監査や品質保証計画書により品質保証体制等に問題のないことを確認した。

3. 5 評価記録の管理

管理すべき主な文書・記録の名称、保有主管箇所及び保存年限は、規定文書に定めている。高経年化技術評価に係る主なものは、以下のとおりである。

名称	分類	主管箇所	保存年限
高経年化技術評価実施計画書	文書	原子力経年対策グループ	10年
高経年化技術評価実施手順書	文書	原子力経年対策グループ	10年
高経年化技術評価書	記録	原子力経年対策グループ	永久

3. 6 評価に係る教育

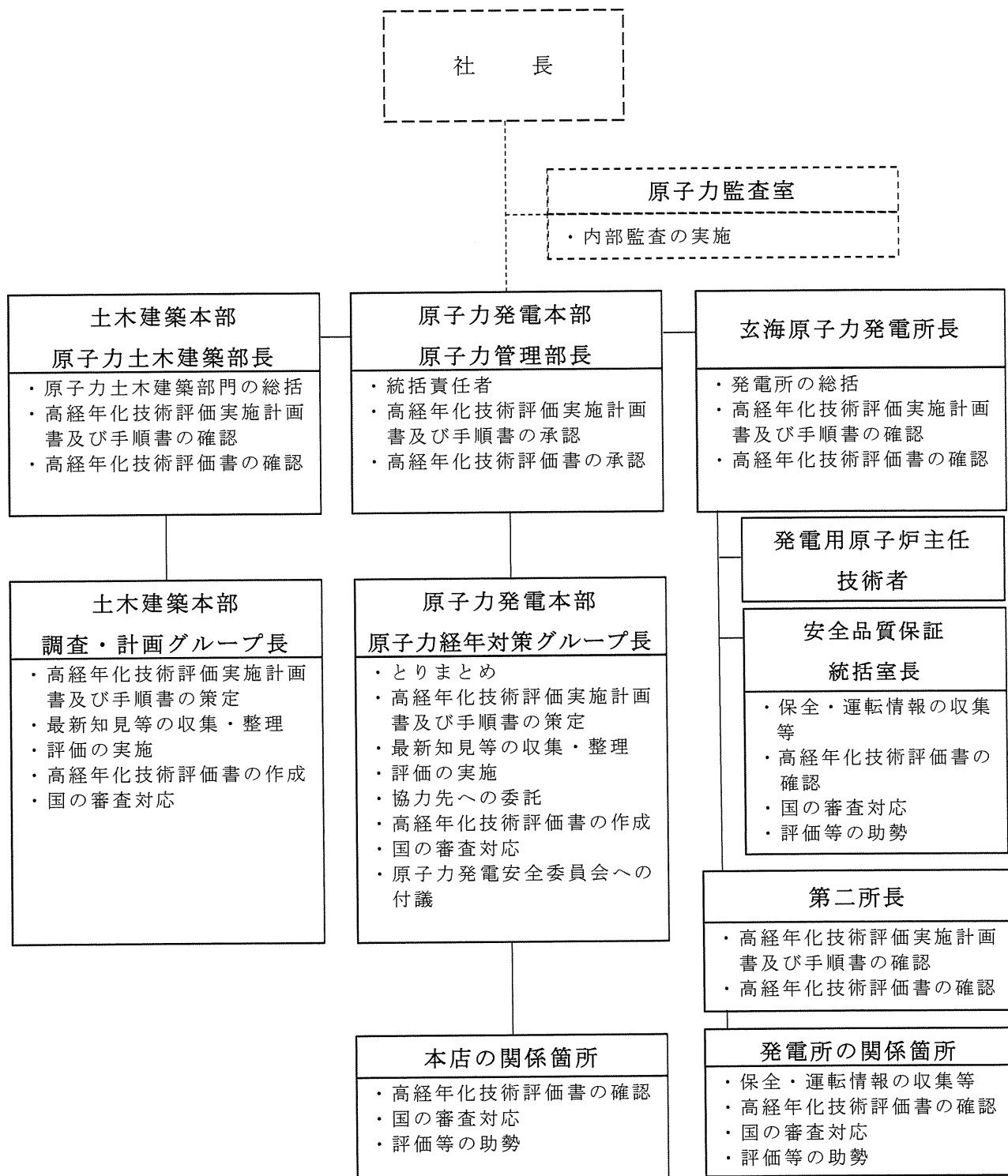
原子力発電本部原子力経年対策グループ及び土木建築本部調査・計画グループは、技術評価を実施する力量を設定し、力量管理を実施するとともに、技術評価時のOJT等により評価に関する知識の向上を図った。

3. 7 評価年月日

2023年3月13日

3. 8 評価を実施した者の氏名

原子力発電本部	原子力経年対策グループ長	石井 朝行
土木建築本部	調査・計画グループ長	生貞 幸治



○原子力発電安全委員会
 原子力管理部長を委員長とし、各原子力発電所長、各発電用原子炉主任技術者に加え、各部門の課長職以上の者から構成され、保安規定の変更に関する事項等を審議し確認する。

資料 3 - 1 評価の実施に係る体制

資料 3-2 実施工程

年度	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度
項目				
実施計画書、実施手順書の作成	▼			
評価書作成				
発電所レビュー			■	
評価書の確認			■	
内部監査		▼	▼	
原子力発電安全委員会 (審議)			▼	
保安規定変更認可申請			▼	

第4章 技術評価方法

本章では、評価対象機器・構造物に係る技術評価方法及び耐震・耐津波安全性評価方法の概要を記載している。

4. 1 技術評価対象機器

対象機器は、高経年化対策実施ガイド等に従い、玄海3号炉の安全上重要な機器等（「実用炉規則第82第1項」で定める機器・構造物）とした。

なお、玄海1、2、3、4号炉で共用する機器・構造物及び玄海3、4号炉で共用する機器・構造物についても本評価書の評価対象としている。

具体的には、安全重要度分類審査指針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（実用炉規則別表第二において規定される浸水防護施設に属する機器・構造物を含む）、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年原子力規制委員会規則第5号）第43条第2項に規定される常設重大事故等対処設備」（以下、「常設重大事故等対処設備」という。）に属する機器・構造物とし、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、設計時に取替を前提とする部品又は機器分解点検時等に伴い必然的に取り替えている部品は、消耗品として対象から除外する。また、同様に設計時に耐用期間内に計画的に取り替えることを前提とする部品は、定期取替品として対象から除外する。

上記の消耗品、定期取替品については、発電所の規定文書に基づき整備している。

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、ポンプ用電動機、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、電源設備に分類し評価した。

また、選定された評価対象機器は合理的に評価するため、構造（型式）、使用環境（内部流体等）、材質等により、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）等に基づき、「経年劣化メカニズムまとめ表^注」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、運転状況等により各グループの代表機器（以下、「代表機器」という。）を選定し、代

表機器で評価した結果をグループ内代表機器以外に水平展開するという手法で全ての機器について評価を実施した。ただし、代表機器の評価結果をそのまま水平展開できない経年劣化事象については、個別に評価を実施した。

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

なお、2.4に示す「劣化メカニズム整理表」は「経年劣化メカニズムまとめ表」に保全を最適化するために施設管理に活用する情報を集約してまとめたものであり、施設管理の結果により充実していくものである。この「劣化メカニズム整理表」に反映される施設管理の結果による情報は必要に応じて「経年劣化メカニズムまとめ表」にフィードバックされる。

4. 2. 2 国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映

玄海3号炉の技術評価を実施するにあたり、運転開始から2015年3月までの期間における最新知見については、川内2号炉の30年目の高経年化技術評価において既に整理が完了していることから、それ以降2015年4月～2020年3月までの国内外の運転経験及び最新知見を確認し、高経年化への影響を判断して反映を実施した。

なお、その期間以外においても、高経年化技術評価上特に重要な知見、運転経験が得られた場合には、反映を実施する。

国内の運転経験としては、法令に基づき国への報告が必要なトラブル情報に加え、法令に基づく報告が必要のない軽微な事象であるが保安活動の向上の観点から情報共有することが有益な情報も含んでいる。具体的には、原子力安全推進協会が運営している原子力施設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、Generic Letter及び

Information Notice 並びに PWR 海外情報検討会で重要情報としてスクリーニングされた情報や、社外の組織（原子力安全システム研究所（INSS）、国内外のプラントメーカー等）から入手した情報を対象とした。

玄海 3 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。

- a. 仏国ベルビル 2 号炉 制御棒駆動機構のサーマルスリーブの摩耗（2017年12月）
- b. 大飯発電所 3 号炉 加圧器スプレイライン配管溶接部における有意な指示（2020年8月）

また、玄海 3 号炉の技術評価において、検討対象とした主な原子力規制委員会からの指示文書等を以下に示す。

- a. 実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイドの一部改正について（平成 28 年 11 月 2 日、原規規発第 16110217 号）
- b. 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の一部改正について（平成 29 年 9 月 20 日、原規規発第 1709202 号）
- c. 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈等の一部改正について（令和 2 年 3 月 31 日、原規規発第 20033110 号）

その他、玄海 3 号炉の技術評価において、検討対象とした国の定める技術基準、日本機械学会、日本電気協会、日本原子力学会等の規格・基準類及び原子力規制委員会により公開されている安全研究のうち、新たに考慮した主な情報を以下に示す。

- a. 日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法 [2013 追補版]（JEAC 4201-2007）
- b. 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準:2021（AESJ-SC-P005:2021）
- c. N R A 技術報告 中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響（NTEC-2019-1001）

4. 2. 3 経年劣化事象の抽出

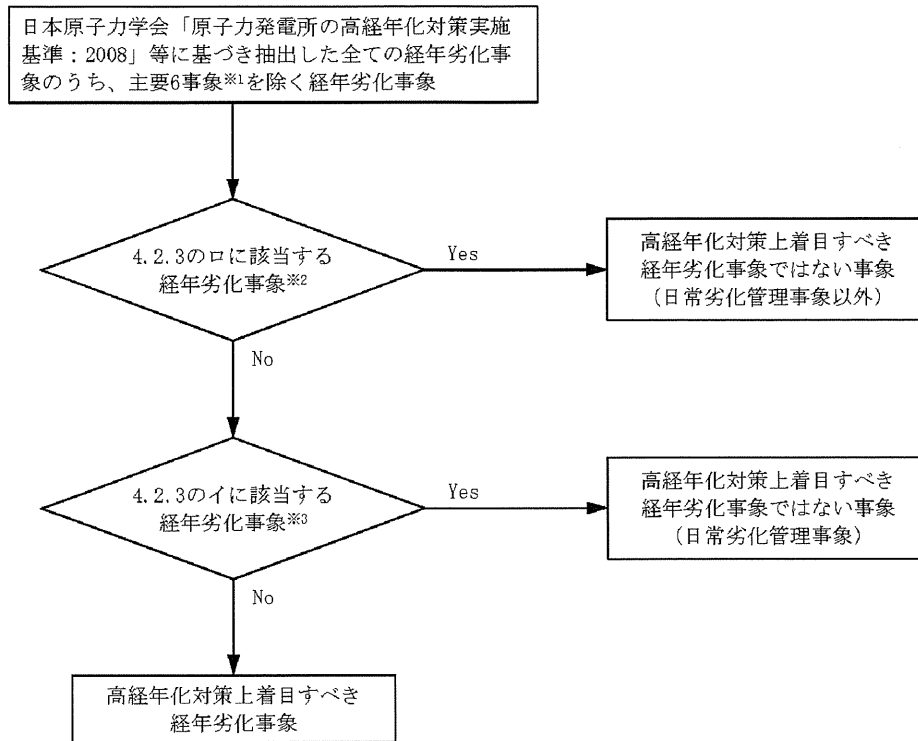
高経年化技術評価を行うにあたっては、選定された評価対象機器の使用条件（構造（型式）、使用環境、材質等）を考慮し、日本原子力学会標準「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」附属書A（規定）等に基づき、「経年劣化メカニズムまとめ表」を参考に、経年劣化事象と部位の組合せを抽出した。

なお、抽出された経年劣化事象と部位の組合せのうち、以下の「イ」又は「ロ」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。経年劣化事象の分類を資料4-1に示す。

このうち、下記分類の「イ」に該当する経年劣化事象は、「主要6事象^注」のいずれにも該当しないものであって、2.4で記載した日常的な施設管理において時間経過に伴う特性変化に対応した劣化管理を的確に行うことによって健全性を担保にしているものである。結果としてこれらが日常劣化管理事象となる。

- 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

注：原子力規制委員会の「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」に示された「低サイクル疲労」、「中性子照射脆化」、「照射誘起型応力腐食割れ」、「2相ステンレス鋼の熱時効」、「電気・計装品の絶縁低下」及び「コンクリートの強度低下及び遮蔽機能低下」



※1：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に限る。
 ※2：保全活動によりその傾向が維持できていることを確認している経年劣化事象は「No」に進む。
 ※3：ロに該当するが保全活動によりその傾向が維持できていることを確認しているものを含む。

資料 4 - 1 経年劣化事象の分類

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 経年劣化事象の抽出」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合せに対する技術評価を以下に示す手順で実施した。

(1) 健全性評価

機器ごとに抽出した部位・経年劣化事象の組合せごとに、評価期間として運転を開始した日から60年間の期間について、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。また、工事計画を踏まえた健全性評価を実施する。

(2) 現状保全

評価対象部位に対して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。

(3) 総合評価

「(1) 健全性評価」、「(2) 現状保全」を合わせて、現状保全の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、発電所における保全活動で実施されているか、当該の経年劣化事象の検知が可能か等を評価する。

(4) 高経年化への対応

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

4. 3 耐震安全性評価

4. 2. 3で抽出した経年劣化事象及びその保全対策を考慮した上で、機器ごとに耐震安全性評価を実施した。

4. 3. 1 耐震安全性評価対象機器

「4. 1 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

(1) 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出

4. 2. 3で抽出した安全上重要な機器等に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象を対象として、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、「有意」なものを耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象とした。

(2) 耐震安全性評価

「(1) 耐震安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出」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。

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

これらの項目のうちd及びfについては経年劣化の影響を考慮して評価を実施した。また、評価に際しては「日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1984)」等に準じて実施した。

(3) 保全対策へ反映すべき項目の抽出

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

4. 4 耐津波安全性評価

4. 2. 3で抽出した経年劣化事象及びその保全対策を考慮した上で、施設ごとに耐津波安全性評価を実施した。

4. 4. 1 耐津波安全性評価対象機器

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

4. 4. 2 耐津波安全性評価手順

(1) 耐津波安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出

耐津波安全性評価対象機器に対して4. 2. 3で抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象について、これらの事象が顕在化した場合、構造・強度上及び止水性上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、「有意」なものを耐津波安全上考慮する必要がある経年劣化事象とした。

(2) 耐津波安全性評価

「(1) 耐津波安全上考慮する必要がある経年劣化事象の抽出」で抽出した経年劣化事象ごとに、耐津波安全性評価を実施した。

(3) 保全対策へ反映すべき項目の抽出

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

4. 1～4. 4までの検討における評価フローを資料4-2、資料4-3に示す。

4. 5 冷温停止状態維持時の技術評価

冷温停止状態維持時の技術評価フローを資料4-4に示す。抽出された冷温停止状態維持評価の対象設備に対して、運転を断続的に行うことを前提とした場合に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対して冷温停止状態が維持されることを前提とした場合における劣化の発生・進展に関する整理を実施し、その結果を基に冷温停止状態が維持されることを前提とした評価（以下、「冷温停止状態維持評価」という。）を以下の手順で実施した。

4. 5. 1 代表機器の選定

冷温停止状態維持評価の対象設備を考慮して、運転を断続的に行うことを前提とした技術評価における代表機器を本検討の代表機器に選定した。

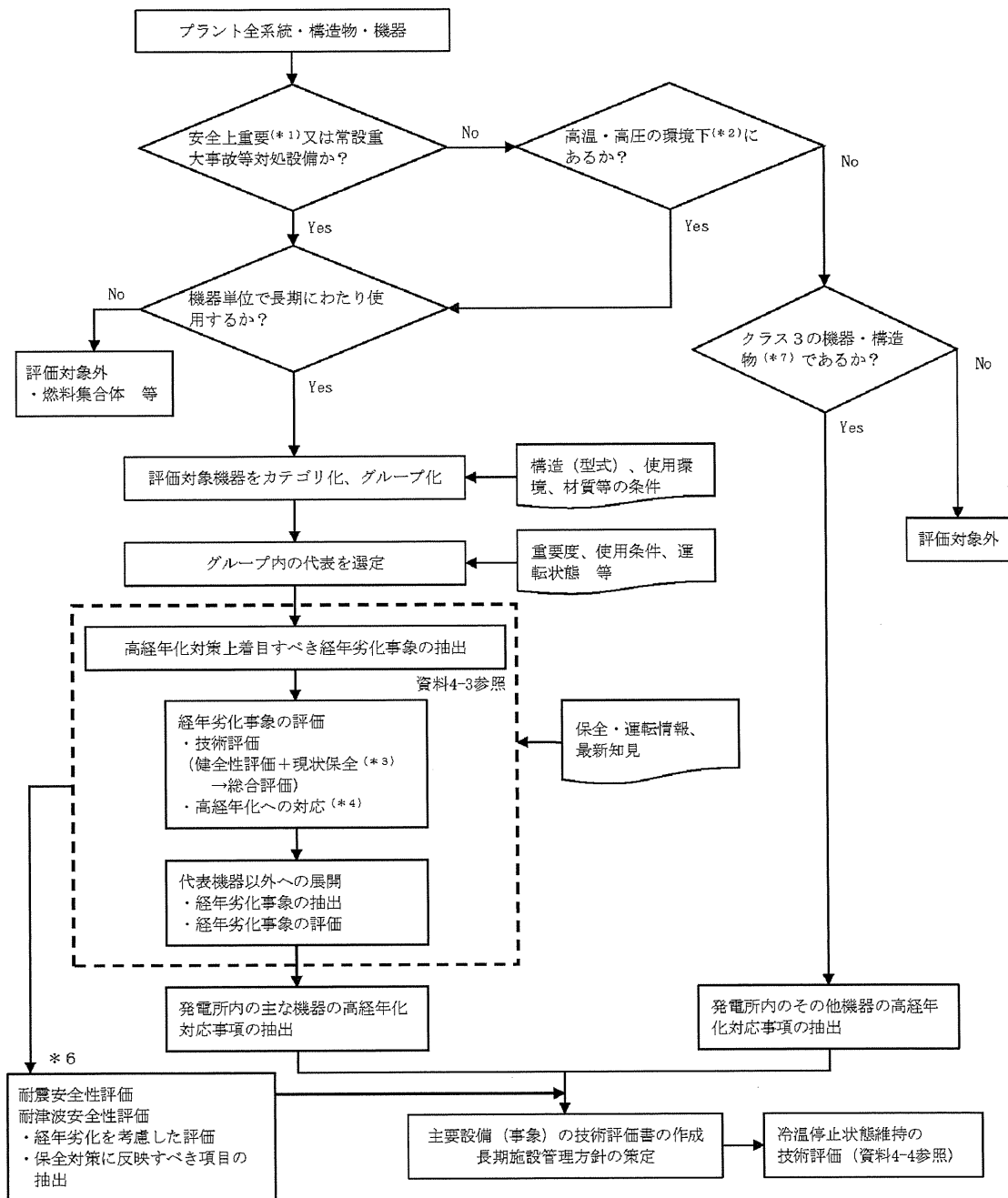
4. 5. 2 冷温停止状態維持評価を行う経年劣化事象の抽出

運転を断続的に行うことを前提とした場合に想定される高経年化対策上着目すべき経年劣化事象^注に対して、冷温停止状態が維持されることを前提とした場合における劣化の発生・進展に関する整理を実施し、冷温停止状態が維持されることを前提とした場合において、発生・進展が、運転を断続的に行うことを前提とした場合より厳しくなることが予想される経年劣化事象を抽出した。その結果、より厳しくなることが予想される経年劣化事象が抽出された場合には、冷温停止状態維持評価を実施した。なお、保全対策に反映すべき項目があるかもあわせて検討した。

注：運転を断続的に行うことを前提とした評価における高経年化対策上着目すべき経年劣化事象以外の事象が、冷温停止状態維持評価において着目すべき経年劣化事象となる場合はそれらもあわせて抽出した。なおプラント通常運転時に要求のある機能に対する経年劣化事象であるが、冷温停止状態維持を前提とした場合に要求がなくなるものは対象外とした。（資料4-5参照）

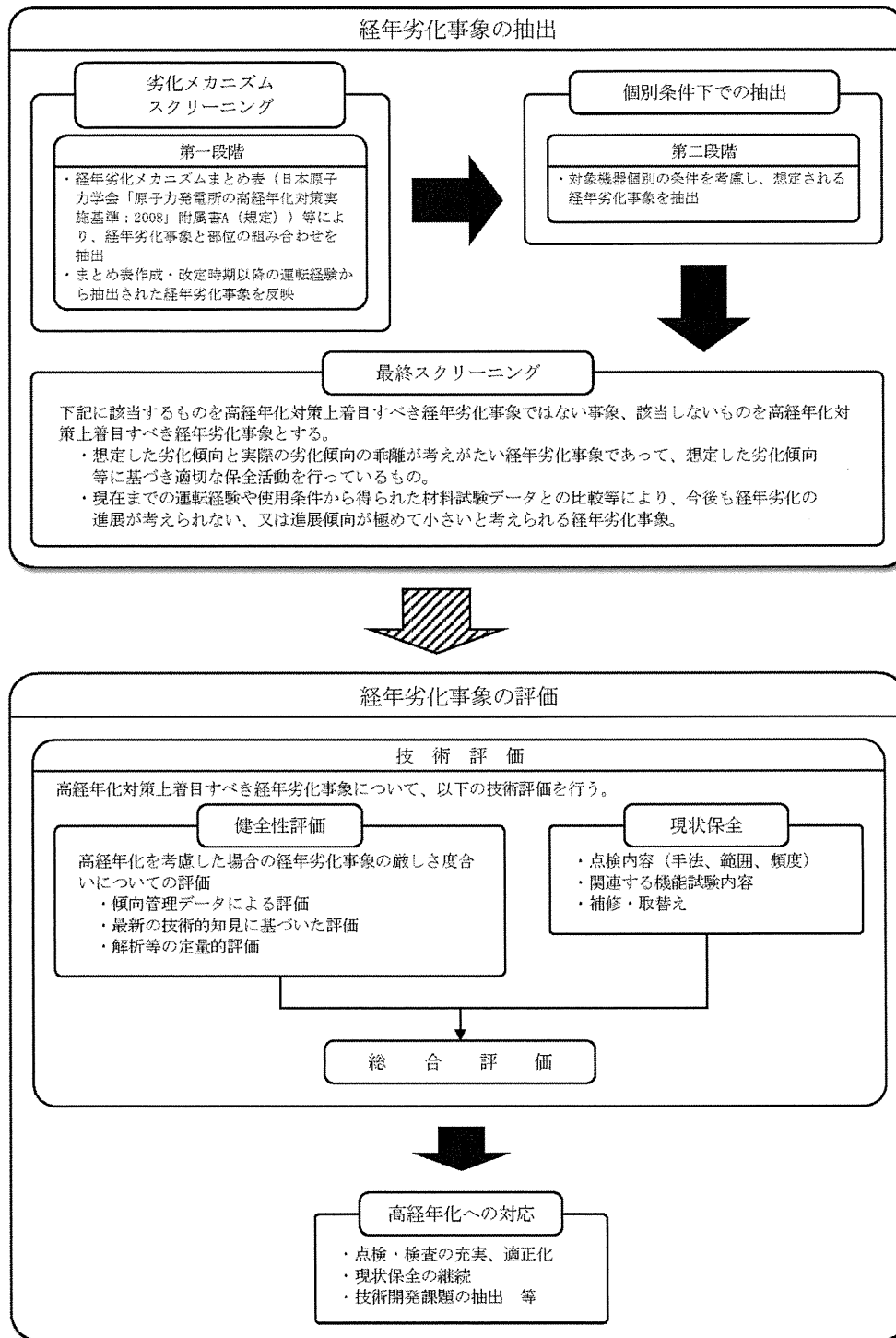
4. 5. 3 代表機器以外への展開

代表機器と同様に代表機器以外の機器に対し、冷温停止状態が維持されることを前提とした場合において、発生・進展が運転を断続的に行うことを前提とした場合より厳しくなることが想定される経年劣化事象を抽出した。その結果、より厳しくなることが想定される経年劣化事象が抽出された場合には、冷温停止状態維持評価を実施した。なお、保全対策に反映すべき項目があるかもあわせて検討した。

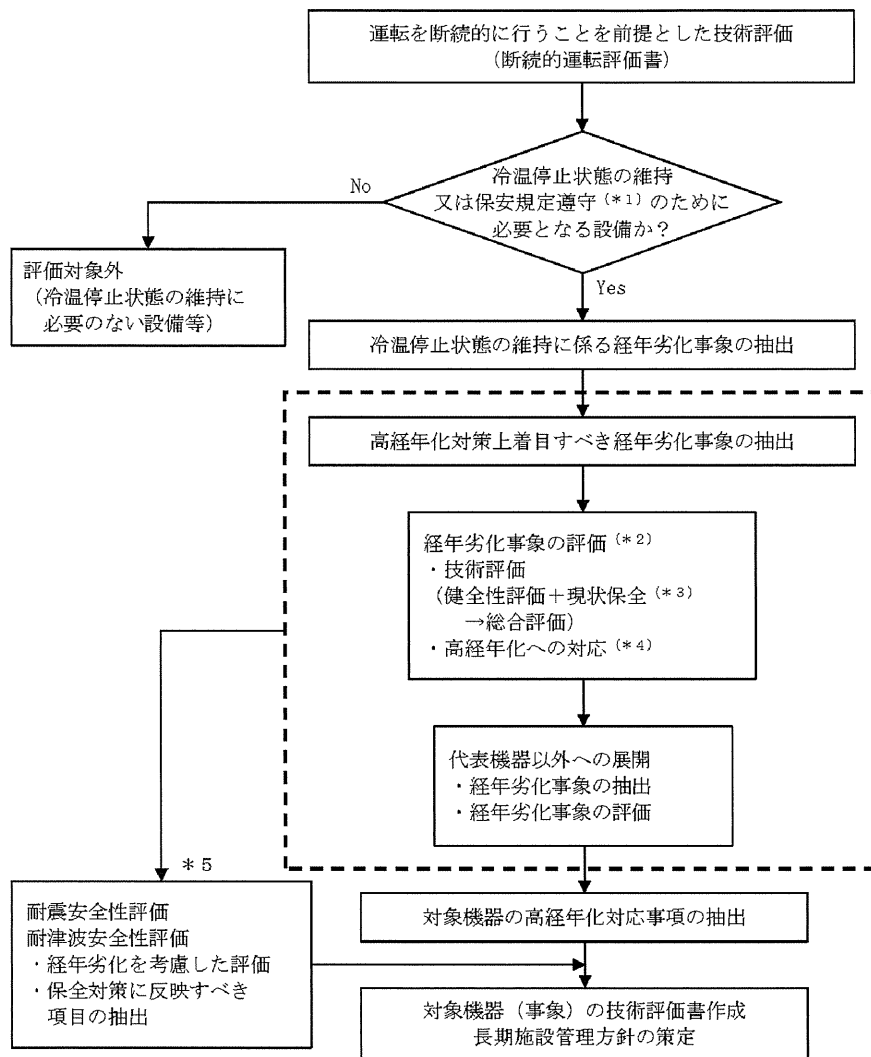


- * 1 : 重要度クラス1, 2 (*5) (耐津波安全性評価が必要な浸水防護施設に属する機器及び構造物を含む。)
- * 2 : 重要度クラス3 (*5)のうち、最高使用温度が95℃を超え、又は最高使用圧力が1,900kPaを超える環境(原子炉格納容器外にあるものに限る)
- * 3 : 系統レベルの機能確認を含む。
- * 4 : 高経年化対応としての保全のあり方を論じ、高経年化に関係のない一般的な保全は切り離す。
- * 5 : 「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針(1990年8月30日原子力安全委員会決定)」の重要度分類
- * 6 : 経年劣化の発生・進展が否定できず、耐震安全性・耐津波安全性に影響を及ぼす可能性のある経年劣化事象
- * 7 : 浸水防護施設に属する機器及び構造物を含む。

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



- * 1 : 保安規定で定義されている原子炉の運転モード5、モード6、照射済燃料の移動に対して要求される設備及び運転モードに関係なく要求される機能を対象とする。
- * 2 : 断続的運転評価の代表機器として評価されている機器に関しては、冷温停止状態維持に必要な機器として抽出されていなくても、代表機器として評価を記載することとする。
- * 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 : 経年劣化の発生・進展が否定できず、耐震安全性・耐津波安全性に影響を及ぼす可能性のある経年劣化事象。

資料 4 - 4 冷温停止状態維持時の技術評価フロー

資料 4 - 5 冷温停止状態維持に必要とならない機能の例

機種	機能	想定不要の理由
炉内構造物	制御棒クラス タ案内構造信 頼性の維持	制御棒クラスタは燃料集合体内に挿入された 状態で冷温停止状態維持されているため。
	中性子遮蔽構 造信頼性の維 持	冷温停止状態では燃料からの中性子照射はな いため
1 次冷却材 ポンプ	ポンプの容量 ー揚程確保	冷温停止状態ではバウンダリの維持機能のみ が要求されるため。
	作動信頼性の 維持	
加圧器ヒー タ	昇温・昇圧制 御	冷温停止状態の維持において、加圧器ヒータ による昇温・昇圧が必要ないため。
制御棒駆動 装置	制御棒作動信 頼性の維持	制御棒クラスタは燃料集合体内に挿入された 状態で冷温停止状態維持されており、バウン ダリの維持機能のみが要求されるため。

第5章 技術評価結果

本章では、安全重要度分類審査指針におけるクラス1、2の機能を有する機器・構造物及びクラス3の機能を有する高温・高圧環境下にある機器（原子炉格納容器外に限る）並びに常設重大事故等対処設備に属する機器・構造物に係る技術評価結果及び耐震・耐津波安全性評価結果の概要を記載している。

各機器・構造物の詳細な高経年化技術評価及び耐震・耐津波安全性評価結果については、「断続的運転評価」、「冷温停止状態維持評価」を各々別冊にまとめている。

5.1 運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の技術評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした機器・構造物の詳細な技術評価については、別冊にまとめているが、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、長期間の運転及び冷温停止を仮定しても、プラントを健全に維持することは可能との評価結果が得られた。

なお、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として抽出された評価結果の概要について以下に示す。

5.1.1 容器*

原子炉容器冷却材出入口管台等の疲労割れについては、疲労評価の結果、疲労累積係数は許容値に対して余裕のある結果が得られた。高経年化技術評価に合わせて、実績過渡回数に基づく評価を実施することとしているが、疲労割れ評価結果は実績過渡回数に依存するため、継続的に実績過渡回数を把握する必要があることから、疲労割れ評価における実績過渡回数の確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回らないことを確認する。

*：疲労累積係数による低サイクル疲労の評価を実施した全ての機器

5. 1. 2 容器

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、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。また、原子炉容器に対しては定期的に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。また、監視試験片による試験で将来の破壊靱性の変化の傾向を把握している。

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、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、「日本電気協会 原子炉構造材の監視試験方法」（以下、「JEAC4201」という。）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、「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」（以下、「JEAC4206」という。）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得る温度・圧力の範囲（加熱冷却制限曲線）及び耐圧漏えい試験温度を設けて運用していく。さらに、今後の原子炉の運転サイクル・照射量を勘案して第4回監視試験を検討する。

5. 2 運転を断続的に行うことを前提とした耐震安全性評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした耐震安全性評価にあたっては、5.1における技術評価結果を取り入れ、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象を対象として耐震安全性を評価した。

対象とした経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、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ごとに、耐震安全性に関する詳細評価を実施した。

なお、耐震安全性評価結果から、現状の保全策に追加すべき項目として抽出された評価結果の概要について以下に示す。

5. 2. 1 配管

配管の腐食（流れ加速型腐食）については、保全活動の範囲内で発生する減肉量を仮定し、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。

なお、肉厚計測による実測データに基づき耐震安全性評価を実施した炭素鋼配管*については、今後の実測データを反映した耐震安全性評価を実施し、設備対策を行った場合は、その内容も反映した耐震安全性評価を実施する。

*：対象は、主蒸気系統配管、第4抽気系統配管、第5抽気系統配管、補助蒸気系統配管、2次系ドレン系統配管

5. 3 運転を断続的に行うことを前提とした耐津波安全性評価結果

運転を断続的に行うことを前提とした耐津波安全性評価にあたっては、5.1における技術評価結果を取り入れ、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象及び日常劣化管理事象を対象として耐津波安全性を評価した。

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

その結果、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5. 4 冷温停止状態が維持されることを前提とした機器・構造物の技術評価結果

冷温停止状態が維持されることを前提とした機器・構造物の技術評価結果についてまとめた。

冷温停止状態が維持されることを前提とした場合に、運転を断続的に行うことを前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなる恐れがある機器と経年劣化事象の組み合わせを抽出し、経年劣化事象ごとにまとめたものを以下に示す。

- (1) 余熱除去ポンプ用電動機固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁低下
- (2) 充てんポンプ、余熱除去ポンプ主軸のフレット疲労割れ
- (3) 余熱除去冷却器伝熱管の摩耗及び高サイクル疲労割れ
- (4) 中間開度で使用する制御弁の弁体、弁座等の腐食（エロージョン）

これらの経年劣化事象について評価した結果、現状保全に新たに加えるべき項目はなかった。

5. 5 冷温停止状態が維持されることを前提とした耐震安全性評価結果

冷温停止状態が維持されることを前提とした耐震安全性評価にあたっては、5. 2における耐震安全性評価結果及び5. 4における技術評価結果を取り入れることとし、耐震安全性を評価した。

具体的には、5. 4で抽出した運転を断続的に行うことを前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなる恐れがある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ごとに、耐震安全性に関する詳細評価を実施した。

その結果、5. 2における耐震安全性評価結果に加え、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象は抽出されなかった。

5. 6 冷温停止状態が維持されることを前提とした耐津波安全性評価結果

冷温停止状態が維持されることを前提とした耐津波安全性評価にあたっては、5. 3における耐津波安全性評価結果及び5. 4における技術評価結果を取り入れることとし、耐津波安全性を評価した。

具体的には、5. 4で抽出した運転を断続的に行うことを前提とした場合と比べ運転条件や環境が厳しくなる恐れがある経年劣化事象について、これらの事象が顕在化した場合、構造・強度上及び止水性上、影響が「有意」であるか「軽微もしくは無視」できるかを検討し、耐津波安全上考慮する必要が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ごとに、耐津波安全性に関する詳細評価を実施した。

その結果、5. 3における耐津波安全性評価結果に加え、耐津波安全上考慮する必要がある経年劣化事象は抽出されなかった。

5. 7 評価の結果に基づいた補修等の措置

本評価書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。

第6章 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すべき課題等を抽出した。

6. 1 長期施設管理方針の策定

(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年の運転及び冷温停止を仮定しても現状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とりまとめ、策定した。

なお、疲労評価における運転開始後60年時点の推定過渡回数の確認については機器によらないため、まとめて長期施設管理方針とした。

高経年化技術評価に基づく長期施設管理方針を資料6-1に示す。

6. 2 長期施設管理方針の実施

現状の保全策に追加すべき項目で抽出された長期施設管理方針については、今後、玄海3号炉の具体的な保全計画に反映し、運転開始後30年を迎える2024年3月18日を始期として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。

長期施設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、実施時期を以下のとおり2つに大別した。

a. 短期（2024年3月18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年以内に実施計画のあるもの（取替等）等

b. 中長期（2024年3月18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年ごと）に評価条件の妥当性の確認が必要であるもの等

策定した長期施設管理方針については、具体的な保全計画に反映され、長期施設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、保全の有効性評価を通じてさらなる保全計画の改善に活用していくことになる。

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、並びにさらなる知見の蓄積に努める観点から、今後さらに技術開発課題に取り組んでいく必要がある。現時点では緊急性を有する課題はないが、今後も、電力研究や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。

なお、2014年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」において示された方針を具体化するために必要な措置のあり方が、総合資源エネルギー調査会原子力小委員会において検討され、原子力小委員会から要請を受けた自主的安全性向上・技術・人材ワーキンググループは2015年6月に、軽水炉の安全技術・人材の維持発展に重きを置き、国、事業者、メーカー、研究機関、学会等関係者間の役割が明確化された軽水炉安全技術・人材に関するロードマップを策定した。同ロードマップでは、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、これらの技術開発課題への取組みを実施していく。

資料 6-1-1 玄海 3 号炉 高経年化技術評価に基づく長期施設管理方針 (1/2)

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	(長期施設管理方針)		実施時期
						No.	施設管理の項目	
容器	原子炉容器	胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化	監視試験結果(関連温度実測値)は、JEAC4201の国内脆化予測による予測の範囲内であった。関連温度の上昇については、JEAC4206に定められた加圧熱衝撃(PTS)評価手法に基づき評価した結果、初期き裂を想定しても、運転開始後60年時点において、脆性破壊を示すK _{IC} 曲線(材料自身の持つねばり強さ)を示すK _{IC} 曲線は、負荷状態を応力拡大係数K _I (脆性破壊を起すこととする値)で示すP T S状態遷移曲線を上回っていることから、脆性破壊は起こらないと評価される。また、上部棚吸収エネルギーの低下については、予測式(国内USE予測式)を用いて評価した結果、運転開始後60年時点において、JEAC4206の要求を満足しており、十分な上部棚吸収エネルギーがある。	原子炉容器に対しては、定期的に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。胴部(炉心領域部)材料の中性子照射による機械的性質の変化については、JEAC4201に基づいて、計画的に監視試験傾向を把握している。	胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化が機器の健全性に与える影響は、ただし、胴部(炉心領域部)の中性子照射脆化に対しては、今後も計画的に監視試験を実施して健全性評価の妥当性を確認する必要がある。胴部(炉心領域部)材料の機械的性質の予測は監視試験により把握可能であり、また超音波探傷検査により確認していることから、保全内容として適切である。	1	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、今後の原子炉の運転サイクル・照射量を勘案して第4回監視試験の実施計画を検討する。	中長期
容器等*	原子炉容器等*	疲労割れ	運転実績に基づき推定した運転開始後60年時点における推定過渡回数を用いて疲労累積係数による評価を実施した結果、許容値に対し余裕のある結果が得られている。	高経年化技術評価に合わせ、実績過渡回数に基づく評価を実施することとしている。	疲労割れ評価結果は実績過渡回数に依存するため、継続的に実績過渡回数を把握する必要はある。	2	原子炉容器等の疲労割れについては、実績過渡回数を確認を継続的に実施し、運転開始後60年時点の推定過渡回数を上回るらないことを確認する。	中長期

※：疲労累積係数による低サイクル疲労の評価を実施した全ての機器

短期：2024年3月18日からの5年間、中長期：2024年3月18日からの10年間

資料 6-1 玄海 3 号炉 高経年化技術評価に基づく長期施設管理方針 (2/2)

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	(長期施設管理方針)		実施時期
						No.	施設管理の項目	
耐震安全性	主蒸気系統第4系配管、抽気系統第5系配管、補助蒸気系統第2次ドレン配管	母管（流れ腐食）加速型腐食	流れ加速型腐食により減肉が発生する可能性がある。減肉は個々の肉厚計測結果により予測可能である。	超音波厚さ計による肉厚計測を計画的に実施し、配管減肉を管理している。	腐食（流れ加速型腐食）による減肉は、超音波厚さ計による配管減肉の管理を実施していき、健全性を維持できる。	3	肉厚計測による実測データに基づき耐震安全性評価*1の鋼配管（流れ加速型腐食）については、今後の実測データを反映した耐震安全性評価を実施する。なお、設備対策を行った場合は、その内容も反映した耐震安全性評価を実施する。 *1：主蒸気系統配管、第4系抽気系統配管、第5系補助蒸気系統配管、第2次ドレン系統配管	中長期

短期：2024年3月18日からの5年間、中長期：2024年3月18日からの10年間

第7章 まとめ

(1) 総合評価

運転開始以来、30年を経過する玄海3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、長期間の運転及び冷温停止を仮定してもプラントを健全に維持することは可能であるとの見通しを得た。

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施設管理方針としてとりまとめ、必要に応じ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、安全に運転を継続することは可能との見通しを得た。

(2) 今後の取組み

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

- a. 材料劣化に係る安全基盤研究の成果
- b. 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
- c. 関係法令の制定及び改廃
- d. 原子力規制委員会からの指示
- e. 材料劣化に係る規格・基準類の制定及び改廃
- f. 発電用原子炉の運転期間の変更
- g. 発電用原子炉の定格熱出力の変更
- h. 発電用原子炉の設備利用率（実績）から算出した原子炉容器の中性子照射量
- i. 点検・補修・取替えの実績

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

以上