

志賀原子力発電所1号炉

高経年化技術評価書

(本冊)

[冷温停止状態が維持されることを前提とした評価]

2022年 7月

(2023年6月一部変更)

北陸電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 発電所の概要	2
2.1 プラントの概要	2
2.2 発電所の保全概要	3
2.3 プラントの運転実績	7
2.4 技術基準規則への適合に向けた取組み及びそのスケジュール	7
2.5 これまでに発生した主な経年劣化事象及びこれまでに実施した主な補修・取替実績	7
3. 高経年化技術評価の実施体制	14
3.1 評価の実施に係る組織及び評価の方法	14
3.2 評価の実施に係る工程管理	15
3.3 評価において協力した事業者の管理に関する事項	15
3.4 評価記録の管理に関する事項	15
3.5 評価に係る教育訓練に関する事項	15
4. 高経年化技術評価の実施年月日及び高経年化技術評価を実施した者の氏名	18
4.1 高経年化技術評価の実施年月日	18
4.2 高経年化技術評価を実施した者の氏名	18
5. 高経年化技術評価の実施手順	19
5.1 高経年化技術評価の対象とした機器・構造物	19
5.2 高経年化技術評価の個別実施手順	20
5.3 耐震安全性評価	26
5.4 高経年化対応項目の抽出	26
6. 健全性評価結果	30
6.1 技術評価結果	30
6.2 耐震安全性評価結果	45
6.3 評価の結果に基づいた補修等の措置	46
7. 今後の高経年化対策	47
7.1 長期施設管理方針の策定	47
7.2 技術開発課題	47
8. まとめ	48
8.1 総合評価	48
8.2 今後の取組み	48

1. はじめに

志賀原子力発電所1号炉（以下、「志賀1号炉」という。）は、1993年7月30日に営業運転を開始し、2023年7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^{※1}、施設管理における機器・構造物の保全活動として、点検や補修等の予防保全活動に取り組んでいる。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、必要に応じて保全等に反映しており、これらを通じて良好な安全・安定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、劣化することが知られているが、これまでのところ、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、現時点で機器・材料の劣化により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、経年に伴い劣化が進展する事象は、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うえで重要である。

※1：2020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していた。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している。

本評価書は、運転開始後30年を迎える志賀1号炉の機器・構造物に対し、「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」（原子力規制委員会）（以下、「高経年化対策実施ガイド」という。）、「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」（日本原子力学会）等に基づき、想定される経年劣化事象に関する技術評価を実施するとともに、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取りまとめたものである。

なお、志賀1号炉については、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（原子力規制委員会）に定める基準に適合しない項目があることから、高経年化対策実施ガイドに基づき、冷温停止状態が維持されることを前提とした技術評価としている。

この結果、現状保全の継続及び点検・検査の充実等により、今後のプラントの冷温停止状態を維持することに関して、技術的な問題がないことを確認した。

今後も、現状保全に基づき、保全活動を実施していくとともに、高経年化対策実施ガイドに従い、適切な時期に高経年化技術評価の再評価を実施していく。

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 プラントの概要

志賀1号炉は、沸騰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、原子炉冷却材再循環システムにより炉心内へ送られる冷却材を蒸気にする。この蒸気は原子炉圧力容器内に設けられている蒸気乾燥器、気水分離器によって水分が取り除かれ飽和蒸気になってタービンに送られタービン発電機を駆動する。タービンを通った蒸気は復水器に入り、ここで冷却されて水となり、復水ポンプ、給水加熱器、給水ポンプを通して原子炉圧力容器に戻りジェットポンプにより駆動されて再び炉心に送られる。

志賀1号炉の主要な仕様、システム概要を以下に示す。

(1) 主要仕様

電気出力	約 540 MW
原子炉型式	沸騰水型軽水炉
原子炉熱出力	1,593 MW
燃料	濃縮ウラン（燃料集合体 368 体）
減速材	軽水
タービン	くし形4流排気復水式

(2) 全体のシステム概念

プラント全体のシステム概念を資料 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、構造物、系統及び機器の経年劣化が徐々に進行して最終的に事故・故障に至ることのないよう、定期的な試験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。

志賀1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示す。

志賀原子力発電所に対する保全では、構造物、系統及び機器の経年劣化が徐々に進行して最終的に事故・故障に至ることのないよう、定期的な試験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・故障を未然に防止している。

当社は、運転監視、巡視点検、定期的な試験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、技術基準に適合していることを確認している。^{※2}

※2：2020年3月31日以前は原子炉等規制法に基づく施設定期検査を受検するとともに、原子炉等規制法に基づき定期事業者検査を実施し、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た。

具体的には、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」（原子力規制委員会）第81条第1項に掲げる施設管理に係る要求事項を満たすよう、「原子力発電所の保守管理規程（JEAC4209-2007）」に基づき、社内規定を策定して施設管理を実施している。

はじめに、社長は原子炉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、施設管理の現状等を踏まえ、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すとともに、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する。

また、志賀原子力発電所長は、施設管理の実施方針に基づき、年度毎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、志賀原子力発電所では、資料2-2に示すような考え方に基づき、保全活動を行っている。

志賀原子力発電所では、原子炉施設の中から、号炉毎に保全を行うべき対象範囲として設備を選定し、この保全対象範囲について系統毎の範囲と機能を明確にしたうえで、「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、「重要度分類指針」という。）の重要度分類と確率論的リスク評価（以下、「PRA」という。）から得られるリスク情報等を考慮して保全重要度を設定している。

また、保全の有効性を監視し、合理的、客観性をもって評価するために、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、関係法令、関係規格及び基準を遵守するとともに、保全重要度を勘案し、必要に応じて次の事項を考慮して保全計画を策定している。

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

保全計画の策定については、あらかじめ保全方式（時間基準保全、状態基準保全及び事後保全）を選定し、点検の方法並びに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、この保全方式の選定にあたっては、劣化事象又は偶発事象を勘案して策定するが、保全重要度を踏まえたうえで保全実績、劣化、故障モード等を考慮して、効果的かつ効率的な保全方式を選定している。

前述のうち「点検の方法」について、個別機器の保全内容をそれぞれ個別に検討しているが、具体的には劣化メカニズム整理表^{※3}及びこれまでの施設管理の結果から得られた機器・構造物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、検討結果に基づいて、施設管理をするために必要な点検及び検査項目等を選定している。

※3：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基に、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〔検知方法〕等）を一覧表にまとめたもの。

同様に「実施頻度」についても、運転・保守経験等を参考にしながら機器・構造物に応じて適切に選定し、その決定根拠を整理している。また、「実施時期」については、点検計画で定める機器・構造物の点検の方法及び実施頻度に基づき、点検の実施時期を定めている。

補修、取替及び改造を実施する場合は、あらかじめその方法及び実施時期を定めた工事の計画を策定している。

以上のとおり、あらかじめ定められた保全計画に従い、「作業計画」、「設計管理」、「製品・役務の調達管理」及び「作業管理」の各プロセスにより点検・補修等の保全を実施し、記録している。

志賀原子力発電所では、運転監視、巡視点検、定期的な試験及び点検により、機器・構造物の健全性を確認し、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。

そのために、現場の保全活動により得られるデータとして、点検手入れ前状態データ、状態監視データ、運転データ等を活用している状況にある。

一方、志賀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、多種多様な設備について運転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) 定期的な試験

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試験を行い、機器・構造物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。

また、定期的な試験のうち、工学的安全施設等の安全上重要な設備の定期的な試験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く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、以後の保全計画に反映している。

なお、志賀1号炉は、プラントの停止期間が1年以上となることから、設備の運転状況等を考慮し、機能の維持を図るために必要な保全や長期保管対策に関する特別な保全計画を定めている。

(4) 保守体制及び業務

原則として当社の保守部門が点検計画を策定し、分解点検等の実作業を協力会社が行っている。

作業にあたっては、当社の主管箇所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，定期的な試験及び点検により，設備の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，取替を行う等，事故・故障の未然防止を図っている。

(6) 不適合の処理及び再発防止

発生した不適合については，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回復を図っている。

また，国内外プラントの同種設備で発生した不適合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定期安全レビュー結果，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（資料 2-3）を実施している。また，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。

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繋がるとともに，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，今後も現状保全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。

2.3 プラントの運転実績

志賀1号炉は、1986年12月の第105回電源開発調整審議会において、電源開発基本計画に組み入れられることが決定し、1988年8月に内閣総理大臣より原子炉設置許可を取得した。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1989年11月の原子炉格納容器組立開始によって本格化し、原子炉圧力容器据付、タービン据付、各種試験を経て燃料装荷を行い、1992年11月20日に臨界に達した。その後、1993年1月12日の初並列を経て、1993年7月30日に営業運転を開始した。

発電電力量・設備利用率の年度推移を資料2-4、計画外停止の年度推移を資料2-5、計画外停止の事象を資料2-6に示す。

2.4 技術基準規則への適合に向けた取組み及びそのスケジュール

「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（原子力規制委員会）に適合していない項目の計画については未定である。

2.5 これまでに発生した主な経年劣化事象及びこれまでに実施した主な補修・取替実績

(1) 応力腐食割れ (SCC)

- a. 原子炉冷却材再循環系配管については、第8回定期検査時（2003年度）においてひび割れが確認されたため、第8回定期検査中に新規配管に取替を実施し、応力腐食割れ対策（水冷溶接工法）を実施した。また、第13回定期検査時（2011年度～）の応力腐食割れ対策（高周波誘導加熱応力改善工法〔IHSI〕）による予防保全に合わせて実施した超音波探傷試験において、新たにひび割れが確認されたため、新規配管への取替及び応力腐食割れ対策（狭開先及び水冷溶接工法）の実施を予定している。
- b. 他プラントにおいて、炉心シュラウド溶接部に応力腐食割れが確認されたため、応力腐食割れ発生要素の一つである残留応力を改善する目的で、炉心シュラウドの溶接部の一部について、第8回定期検査時（2003年度）にウォータージェットピーニングを実施した。

(2) 腐食・減肉

- a. 配管減肉については、「志賀原子力発電所 配管肉厚管理要領（内面腐食編）」に基づき、「配管肉厚管理計画書」を定め、計画的に配管減肉管理を実施している。

(3) 疲労割れ

- a. 原子炉冷却材再循環ポンプのメカニカルシール冷却水と高温炉水との流体混合により生じる熱疲労対策として、電力共同研究により開発が行われた改良型ケーシングカバー（ヒータ付きサーマルバリア方式）へ第4回定期検査時（1997年度）にポンプ（A）、第5回定期検査時（1999年度）にポンプ（B）の取替を実施した。

(4) 絶縁特性低下

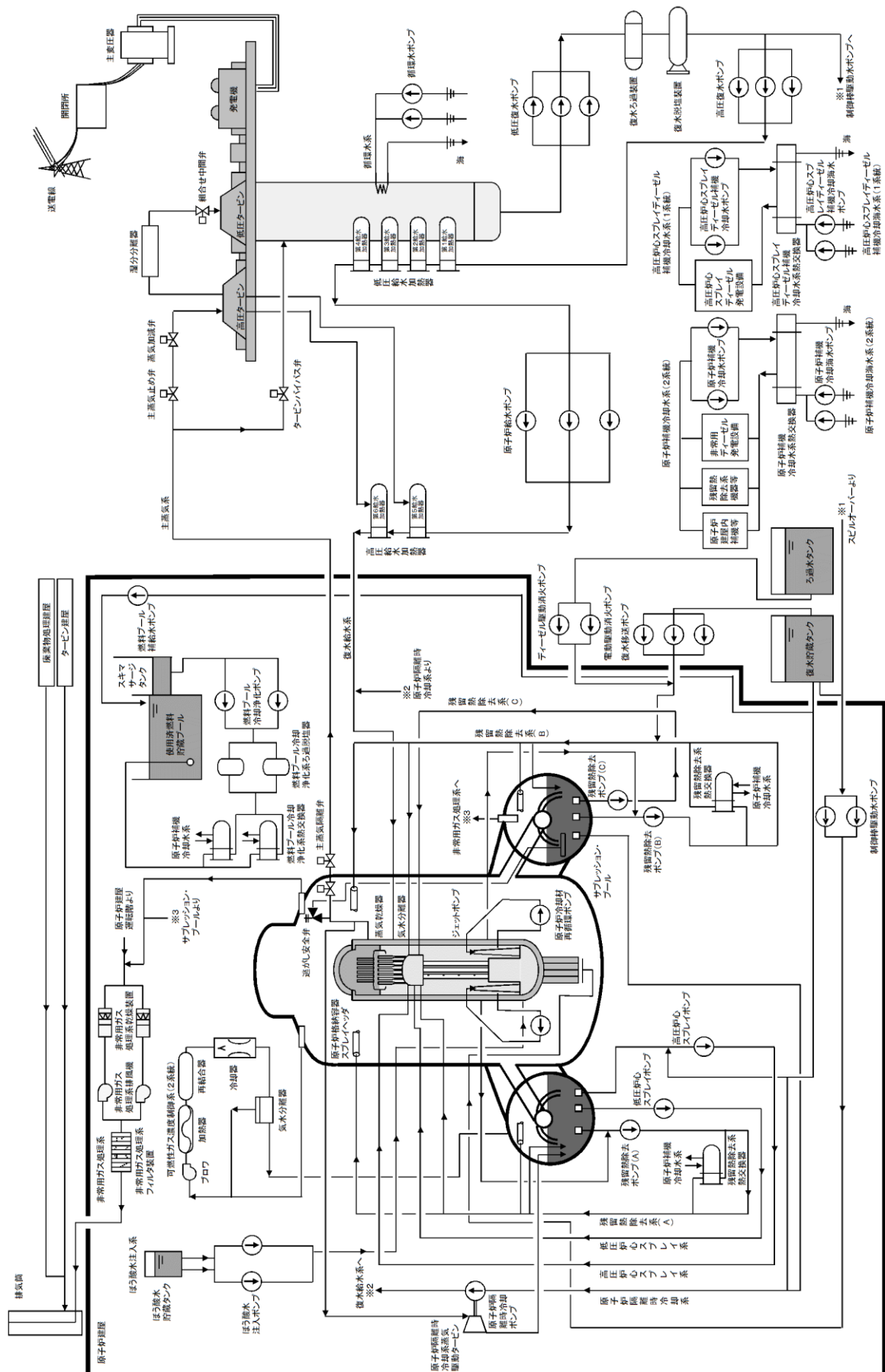
- a. 計画的に絶縁抵抗測定等を実施し、健全性を確認している。

(5) 中性子照射脆化

- a. 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、計画的に監視試験を実施し、破壊靱性の将来の変化を予測している。原子炉压力容器に対しては、供用期間中検査で超音波探傷試験等を実施し、有意な欠陥のないことを確認している。

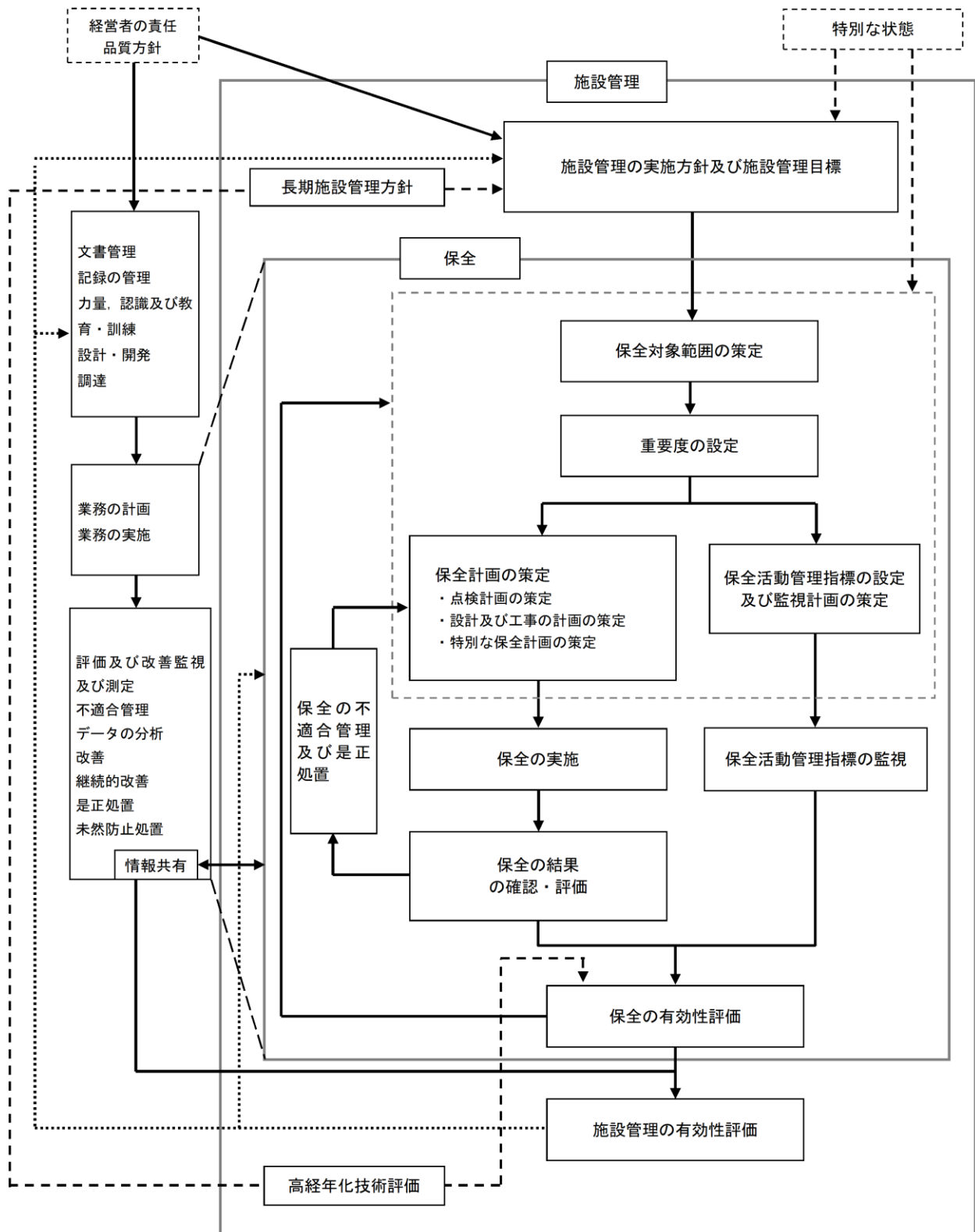
(6) コンクリート構造物の熱、放射線照射、中性化、塩分浸透及び機械振動による強度低下

- a. コンクリート構造物の長期的な健全性を確認するため、2021年1月から11月にかけて、志賀原子力発電所の建物・構築物からコアサンプルを採取し、中性化深さ及び塩化物イオン量の測定等を実施して健全性を確認した。

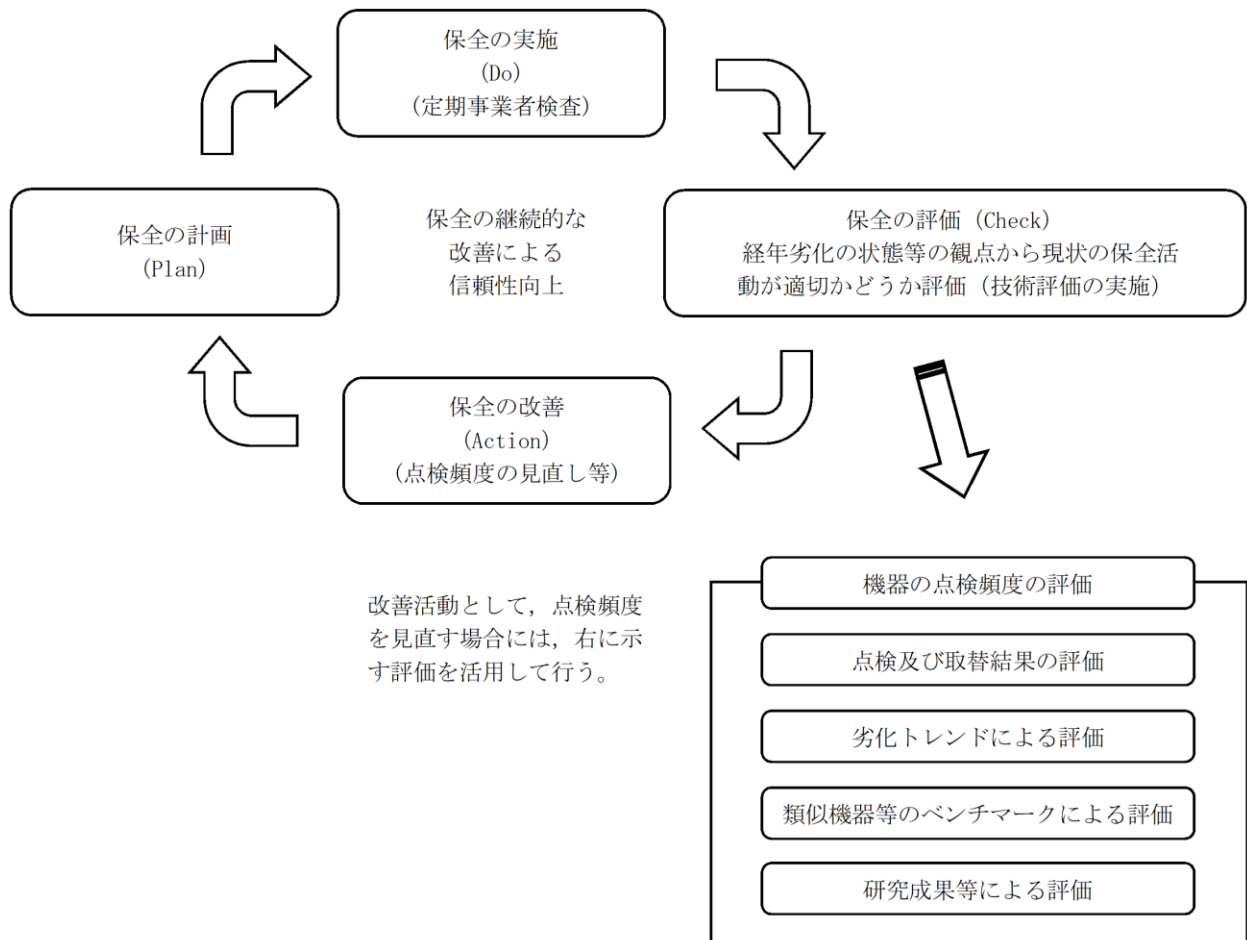


(注) 同一系統機器が複数ある場合、そのうちの1系統のみを示すものがある

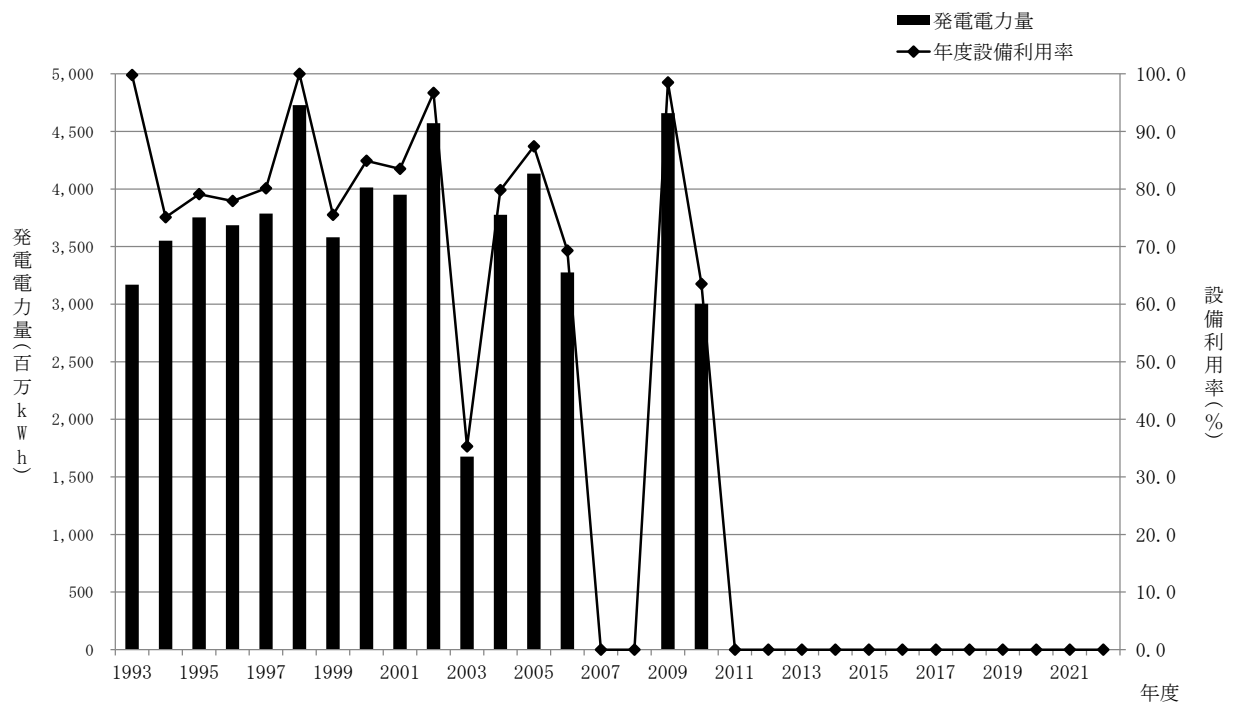
資料 2-1 全体系統概念図



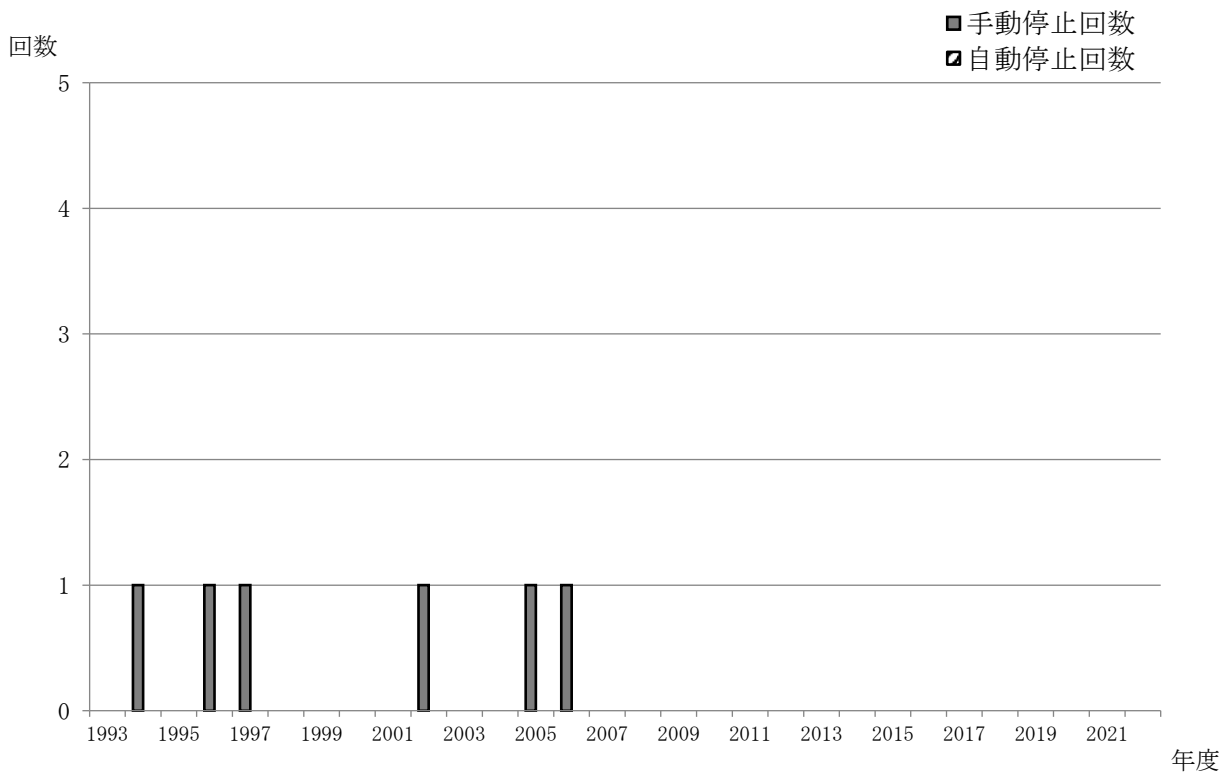
資料 2-2 施設管理の実施フロー



資料 2-3 保全の有効性評価



資料 2-4 発電電力量・設備利用率の年度推移



資料 2-5 計画外停止の年度推移

No.	年 度	事 象
1	1994	原子炉冷却材再循環ポンプ（B）トリップに伴う原子炉手動停止
2	1996	原子炉冷却材再循環ポンプ（B）メカニカルシール点検に伴う原子炉手動停止
3	1997	復水器細管漏えいに伴う原子炉手動停止
4	2002	原子炉冷却材再循環ポンプ（A）点検・調整に伴う原子炉手動停止
5	2005	送電系統の停電に伴う原子炉手動停止
6	2006	発電機コレクタリング冷却ファン点検に伴う原子炉手動停止

資料 2-6 計画外停止事象一覧

3. 高経年化技術評価の実施体制

高経年化技術評価の実施は、保安規定「第106条の6」に規定している。実施にあたっては、保安規定に基づく品質マネジメントシステム計画に従い、実施体制を構築し、実施手順を確立して実施した。

3.1 評価の実施に係る組織及び評価の方法

保安規定に基づく品質マネジメントシステム計画に従い、社内規定「志賀原子力発電所 高経年化技術評価実施指針」（以下、「実施指針」という。）を定め、これに従い策定した「志賀原子力発電所1号機 高経年化技術評価 実施計画書（冷温停止状態が維持されることを前提とした評価）」（以下、「実施計画書」という。）により評価の実施体制を構築している。

高経年化技術評価及び長期施設管理方針策定に係る実施体制を資料3-1に示す。

発電所においては、実施計画書に基づき、評価実施取りまとめ者及び評価実施担当者が作成した本評価書及び長期施設管理方針について、評価実施責任者が審査した後、総括責任者は技術協力責任者に技術的な妥当性確認（以下、「技術レビュー」という。）の依頼を行った。

本店の技術協力担当者（原子力部門）は、技術レビューの体制及び手順を作成し、技術協力責任者の承認を受けて、技術協力担当者（原子力部門及び土木建築部門）が技術レビューを行った。技術レビュー結果は技術協力責任者から総括責任者に通知した。

評価の実施にあたっては、高経年化技術評価等を確実かつ効率的に行うため、工程管理や情報共有を目的とした「高経年化技術評価実施連絡会」（以下、「実施連絡会」という。）を設置し、その活動において、技術協力担当者（原子力部門及び土木建築部門）及び技術協力助勢者は、原子力発電所の経年劣化に関する最新知見・運転経験に関する情報を発電所へ提供した。

高経年化技術評価等の品質保証の観点から、品質保証責任者が制定した「志賀原子力発電所1号機 高経年化技術評価におけるプロセスレビュー実施要領書」に従い、プロセスが適切に履行されているかの妥当性確認（以下、「プロセスレビュー」という。）を実施した。その結果、「志賀原子力発電所1号機 高経年化技術評価におけるプロセスレビュー実施成績書」により、プロセスが適切に履行されていることを確認した。

本評価書及び長期施設管理方針について、2022年7月4日に原子力発電保安運営委員会において審議を実施し、2022年7月5日に総括責任者が承認した。

また、本評価書の一部補正に伴い、本評価書及び長期施設管理方針について、2023年6月13日に原子力発電保安運営委員会において審議を実施し、2023年6月13日に総括責任者が承認した。

3.2 評価の実施に係る工程管理

高経年化対策実施ガイド等に基づき運転開始後 29 年を経過する日までに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、実施計画書を制定し、実施連絡会の活動において評価の実施に係る進捗確認等を行った。

実施工程を資料 3-2 に示す。

3.3 評価において協力した事業者の管理に関する事項

志賀 1 号炉の高経年化技術評価において、対象機器の定量評価業務をプラントメーカーである日立 GE ニュークリア・エナジー株式会社へ委託を行った。

また、プラントメーカー以外として、コンクリート構造物及び鉄骨構造物に係る定量評価業務等を鹿島建設株式会社等へ委託を行った。

委託に関する手続き及び管理については、「調達管理要則」等に基づき行っている。

当社は、委託先から提出された報告書等の成果物の内容について確認している。

3.4 評価記録の管理に関する事項

管理すべき文書・記録については、社内規定類に文書・記録の内容、保存期間、所管箇所等を定めている。

なお、主なものは以下のとおりである。

文書・記録の内容	文書・記録の分類	記録の保存期間	所管箇所
実施計画書	文書	廃止措置が終了後、原子力規制委員会の確認を受けるまで	評価実施取りまとめ者 (保修計画課)
高経年化技術評価書	文書		

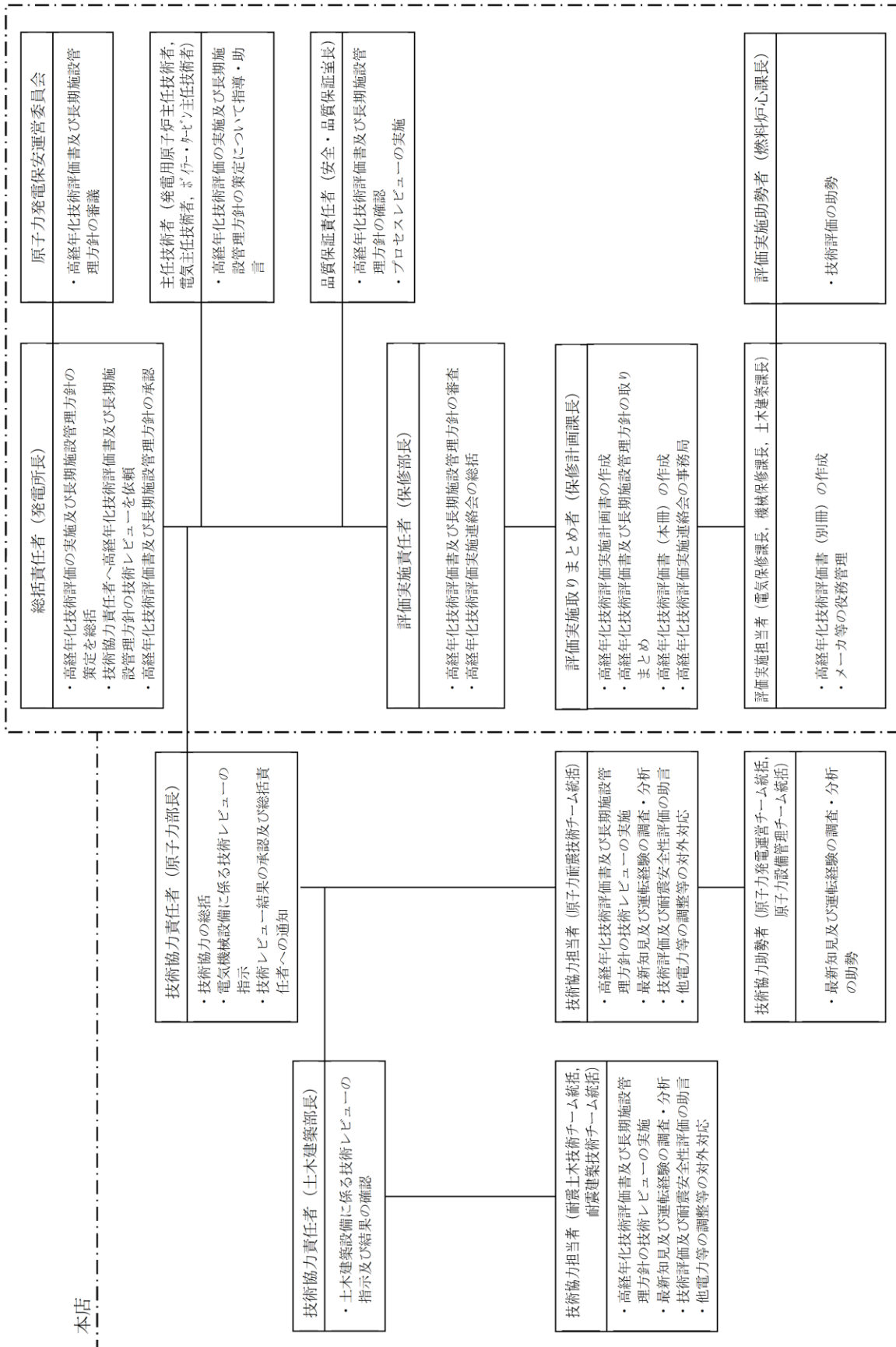
3.5 評価に係る教育訓練に関する事項

高経年化技術評価等を実施する力量については、実施計画書でその要求する力量を定め、保守業務経験等を勘案し、業務に精通している者から評価等を実施する者を選任している。

具体的な評価担当者の力量については、「志賀原子力発電所 教育・訓練管理要領」で定める保修計画員又は中級保修員以上の力量認定を受けた者の中から、高経年化技術評価のもつ意味と重要性について認識させるための教育を受講した者としている。

なお、教育・訓練については、「志賀原子力発電所 教育・訓練管理要領」に基づき実施している。

志賀原子力発電所



資料 3-1 高経年化技術評価及び長期施設管理方針策定に係る実施体制

年 月 項 目	2020				2021				2022								2023							
	7	8	...	12	1	2	...	12	1	2	3	4	5	6	7	...	12	1	...	5	6	7	8	
実施計画書の策定	策定 ▼																							
保安規定変更認可申請時期																						(運転開始後30年) ▼		
高経年化技術評価の実施及び評価書の作成・承認	■												■											
長期施設管理方針の策定									■												■			
高経年化技術評価書及び長期施設管理方針の技術レビュー									■												■			
原子力発電保安運営委員会への付議																								
															審議 ▼							審議 ▼		

■：作成等の実施時期を示す。

資料 3-2 実施工程

4. 高経年化技術評価の実施年月日及び高経年化技術評価を実施した者の氏名

4.1 高経年化技術評価の実施年月日

2023年6月13日

4.2 高経年化技術評価を実施した者の氏名

北陸電力株式会社

志賀原子力発電所長

放生 潤

5. 高経年化技術評価の実施手順

高経年化技術評価では、高経年化対策実施ガイド及び「原子力発電所の高経年化対策実施基準:2008」等に準拠した社内規定に基づき、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、追加すべき保全策を取りまとめ、長期施設管理方針を策定した。

具体的な高経年化技術評価方法については、「技術評価」及びその結果を踏まえて実施する「耐震安全性評価」に区分して以下に示す。

なお、高経年化技術評価フローを資料 5-1 に示す。

5.1 高経年化技術評価の対象とした機器・構造物

高経年化技術評価では、重要度分類指針において定義されるクラス 1, 2 及び 3 の安全機能を有する機器・構造物のうち、冷温停止の維持に必要な設備を評価対象機器とした。

評価対象機器は、社内規定、配管計装線図 (P&ID)、工事計画認可申請書、展開接続図 (ECWD) 等を基に抽出後、冷温停止の維持に必要な設備を選定した。

なお、供用に伴う消耗があらかじめ想定される部品であって、設計時に取替を前提とするもの、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評価対象から除外した。また、設計時に耐用期間 (時間) 内に計画的に取替ることを前提とする機器であり、交換基準が社内規定等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評価対象から除外した。

5.2 高経年化技術評価の個別実施手順

5.2.1 機器・構造物のグループ化及び代表機器の選定

評価にあたっては、選定された機器・構造物をポンプ、熱交換器、ポンプモータ、容器、配管、弁、炉内構造物、ケーブル、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、電源設備の13機種に分類し、機種毎に以下の手順により評価した。

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

5.2.2 経年劣化事象の抽出

評価にあたっては、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の中から、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出する必要があるが、過去に高経年化技術評価を実施したプラントの実績をまとめた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：2021」等の「経年劣化メカニズムまとめ表」を基にして、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出した。

(1) 国内外の原子力プラントの運転経験の反映及び最新の技術的知見の反映

経年劣化事象の抽出にあたっては、現在までの国内外の運転経験や研究、原子力規制委員会指示文書等によって新たに得られた知見を調査・分析するとともに、先行評価プラントの高経年化技術評価書を参考にして実施した。

運転経験の反映は、2023年1月末までの国内外の運転経験を分析し、経年劣化事象抽出、健全性評価等に反映した。

国内のトラブル情報としては、原子力安全推進協会が運営す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事例のうち、法律、通達対象及び保全品質情報を含んでいる。

海外のトラブル情報は、Bulletin（通達）等のNRC（米国原子力規制委員会；Nuclear Regulatory Commission）情報とBWR海外情報検討会における重要情報及び重要情報以外を含んでいる。

なお、経年劣化事象の選定・抽出において、「経年劣化メカニズムまとめ表」に加え新たに考慮した運転経験はない。

また、志賀1号炉の技術評価において検討対象とした主な原子力安全・保安院及び原子力規制委員会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実施ガイドの制定、一部改正について」（制定：平成25年6月19日 原管P発第1306198号、一部改正：平成25年12月6日 原管P発第1312062号、平成27年10月7日 原規規発第1510071号、平成28年11月2日 原規規発第16110218号、平成29年9月20日 原規規発第1709202号）

- b. 「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制定,一部改正について」
(制定:平成25年7月8日 原管P発第1307081号,一部改正:平成25年12月18日
原管P発第1312181号,平成28年11月2日 原規規発第16110217号)
- c. 「実用発電用原子炉及びその附属施設における破壊を引き起こす亀裂その他の欠陥の
解釈の制定,一部改正について」(制定:平成26年8月6日 原規技発第1408063号,
一部改正:令和元年6月5日 原規技発第1906051号,令和3年7月21日 原規技発第
2107219号)
- d. 「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術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1月15日 原規技発第2001159号)
- e. 「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、志賀1号炉の技術評価において考慮した最新知見等について以下に示す。

- f. 国の定める技術基準並びに日本機械学会,日本電気協会及び日本原子力学会等の規格・
基準類
- g. 原子力規制委員会により公開されている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
- h. 「原子力発電所の高経年化対策実施基準:2021」(日本原子力学会標準)

(2) 機器・構造物毎に発生が否定できない経年劣化事象の抽出

経年劣化事象の抽出は以下の二段階で実施した。

- a. 第一段階
 - ・ 「経年劣化メカニズムまとめ表」により,原子力発電プラントに想定される経年劣
化事象を抽出した。
 - ・ 「経年劣化メカニズムまとめ表」作成・改訂時期以降の運転経験や,機器の構造の
違いから「経年劣化メカニズムまとめ表」に記載された経年劣化事象以外に抽出さ
れた経年劣化事象を反映した。
- b. 第二段階
 - ・ 機器個別の条件を踏まえ,部位毎に想定される経年劣化事象を抽出した。

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

前項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の中から、以下の条件に該当する経年劣化事象について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、これらに該当しない事象を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として抽出した。

このうち下記分類の a. に該当する経年劣化事象は、「主要 6 事象^{※4}」のいずれにも該当しないものであって、平成 21 年 1 月から施行されたプラント毎の特性に応じた個別の検査の充実を含む新しい検査制度の実績を踏まえ、2.2 項で記載した日常的な施設管理において時間経過に伴う劣化に対応した管理を的確に行うことによって健全性を担保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。

※4：原子力規制委員会の高経年化対策実施ガイドに「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能力低下」と示されている。

- a. 想定した劣化傾向と実際の劣化傾向の乖離が考え難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
- b. 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もの

(4) 冷温停止維持状態における経年劣化事象

プラント通常運転時の起動・停止に伴う熱・圧力過渡、放射線等により劣化の発生・進展が想定される経年劣化事象については、冷温停止維持状態ではこれらの要因がなく劣化の発生・進展が想定されないため、評価時点（2021 年 7 月 30 日）までの評価を実施した。具体的な経年劣化事象は表 1 のとおり。

表1 冷温停止維持状態において発生・進展が想定されない経年劣化事象

経年劣化事象	冷温停止維持状態で想定不要の理由
低サイクル疲労	プラントの起動・停止等の有意な熱・圧力過渡がないため
粒界型応力腐食割れ	高温状態とならないため
中性子照射脆化	有意な中性子照射がないため
中性子照射による靱性低下	有意な中性子照射がないため
照射誘起型応力腐食割れ	有意な中性子照射がないため
2相ステンレス鋼の熱時効	高温状態とならないため
コンクリートの強度低下（熱）	高温状態とならないため
コンクリートの強度低下（放射線照射）	有意な中性子やガンマ線の照射がないため
コンクリートの強度低下（機械振動 ^{※5} ）	主タービン・発電機が停止しているため
コンクリートの遮へい能力低下（熱）	高温状態とならず、また、有意な中性子やガンマ線の照射がないため

※5：冷温停止時に起動する機器の振動は除く

5.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対する技術評価

5.2.1 項で選定された代表機器について、下記の手順で技術評価を実施した。

(1) 健全性評価

代表機器の主要部位と高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の組合せ毎に、評価時点（2021年7月30日）から運転開始後40年時点まで冷温停止維持状態であると仮定した。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を用いて健全性を評価した。したがって、全ての経年劣化事象に対し運転開始後40年時点の評価を実施するものの、冷温停止期間中に発生・進展が想定されない経年劣化事象については、評価時点（2021年7月30日）以降の劣化は発生・進展しないものとした。

なお、健全性評価に用いる主な経年劣化事象の想定期間の考え方及び具体的な経年劣化事象とその想定期間は以下のとおり。

a. 腐食

評価期間は運転開始後40年時点であり、劣化の想定期間も同様とした。

b. 低サイクル疲労

評価期間は運転開始後40年時点であるが、評価時点（2021年7月30日）から運転開始後40年時点まで冷温停止維持状態であると仮定することから、評価時点以降に有意な熱・圧力過渡は発生しないと想定し、劣化の想定期間は評価時点までとした。

c. 2相ステンレス鋼の熱時効

評価期間は運転開始後40年時点であるが、評価時点（2021年7月30日）から運転開始後40年時点まで冷温停止維持状態であると仮定することから、評価時点以降に高温状態とならないと想定し、劣化の想定期間は評価時点までとした。

d. 中性子照射脆化

評価期間は運転開始後40年時点であるが、評価時点（2021年7月30日）から運転開始後40年時点まで冷温停止維持状態であると仮定することから、評価時点以降に中性子照射されないと想定し、劣化の想定期間は評価時点までとした。

e. 照射誘起型応力腐食割れ

評価期間は運転開始後40年時点であるが、評価時点（2021年7月30日）から運転開始後40年時点まで冷温停止維持状態であると仮定することから、評価時点以降に中性子照射されないと想定し、劣化の想定期間は評価時点までとした。

表2 冷温停止維持状態での劣化の想定期間

劣化事象	評価対象	評価期間及び劣化の想定期間		評価時点	運転開始後
				2021.7.30	40年時点
				▼	▼
腐食	熱交換器等	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Progress bar from 2021.7.30 to 2033.7.30]	
		劣化の想定期間	運転開始後 40年時点まで	[Shaded bar from 2021.7.30 to 2033.7.30]	
低サイクル疲労	ポンプ, 容器, 配管, 弁, 炉内 構造物	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Progress bar from 2021.7.30 to 2033.7.30]	
		劣化の想定期間	評価時点まで	[Shaded bar from 2021.7.30 to 2021.7.30]	
2相ステンレス鋼の熱時効	ポンプ, 弁	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Progress bar from 2021.7.30 to 2033.7.30]	
		劣化の想定期間	評価時点まで	[Shaded bar from 2021.7.30 to 2021.7.30]	
中性子照射脆化	容器	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Progress bar from 2021.7.30 to 2033.7.30]	
		劣化の想定期間	評価時点まで	[Shaded bar from 2021.7.30 to 2021.7.30]	
照射誘起型応力腐食割れ	炉内構造物, 機械設備	評価期間	運転開始後 40年時点まで	[Progress bar from 2021.7.30 to 2033.7.30]	
		劣化の想定期間	評価時点まで	[Shaded bar from 2021.7.30 to 2021.7.30]	

(2) 現状保全

評価対象部位に実施している現状保全（点検内容，関連する機能試験内容，補修・取替等）について整理した。

(3) 総合評価

上記(1)，(2)の内容を踏まえ，現状保全の妥当性等について総合的に評価した。

5.3 耐震安全性評価

5.3.1 耐震安全性評価対象機器

技術評価代表機器と同じとした。

5.3.2 耐震安全性評価手順

(1) 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

5.2.2項(2)で抽出した安全機能を有する機器・構造物に想定される全ての経年劣化事象について、これらの経年劣化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「軽微若しくは無視」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。

(2) 耐震安全性評価

前項で抽出された耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象毎に、以下の手順に従って耐震安全性評価を実施した。

詳細な耐震安全性評価の手順については、別冊「耐震安全性評価書」に記載している。

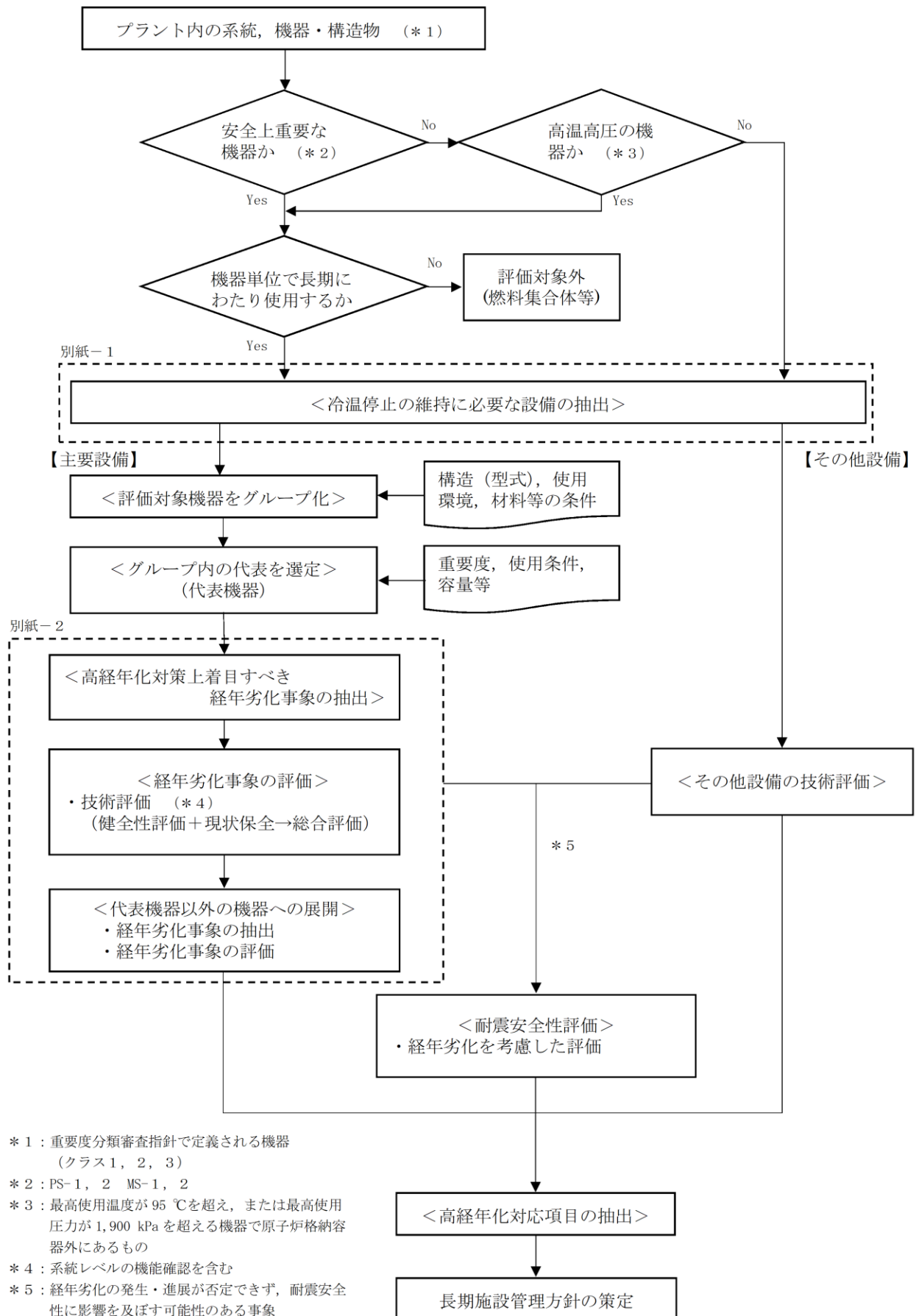
- a. 設備の耐震重要度分類
- b. 設備に作用する地震力の算定
- c. 想定される経年劣化事象のモデル化
- d. 振動特性解析（地震応答解析）
- e. 地震荷重と内圧等他の荷重との組合せ
- f. 許容限界との比較

なお、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」（平成18年9月19日 原子力安全委員会決定）に基づき策定した地震動による評価を実施した。

5.4 高経年化対応項目の抽出

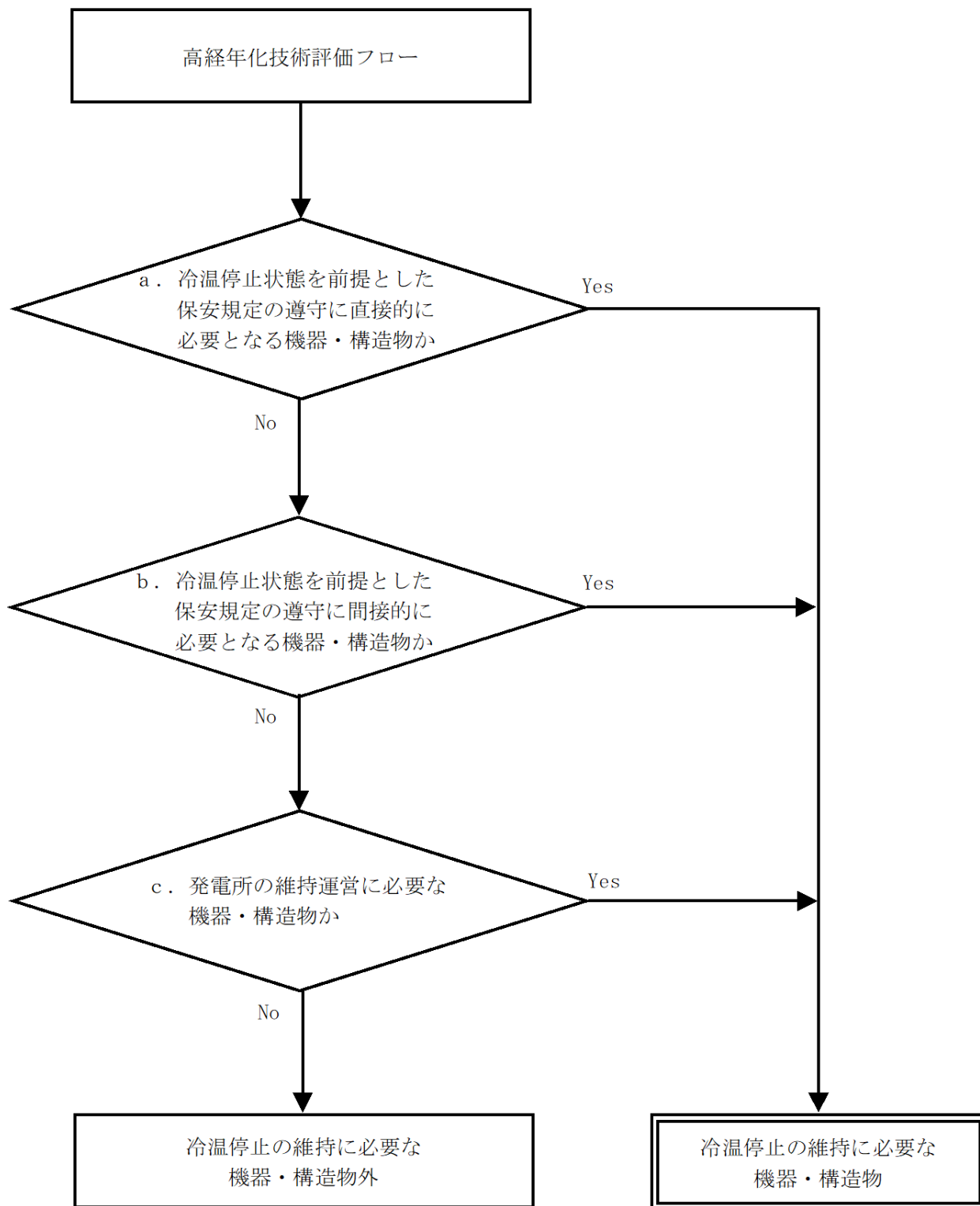
技術評価結果を踏まえ、高経年化対策の観点から点検・補修等を充実すべき項目、現状保全を継続すべき項目、充実すべき技術開発課題の有無を検討した。

また、耐震安全性評価の結果を基に、耐震安全性の観点から現状保全に反映すべき項目の有無を検討した。

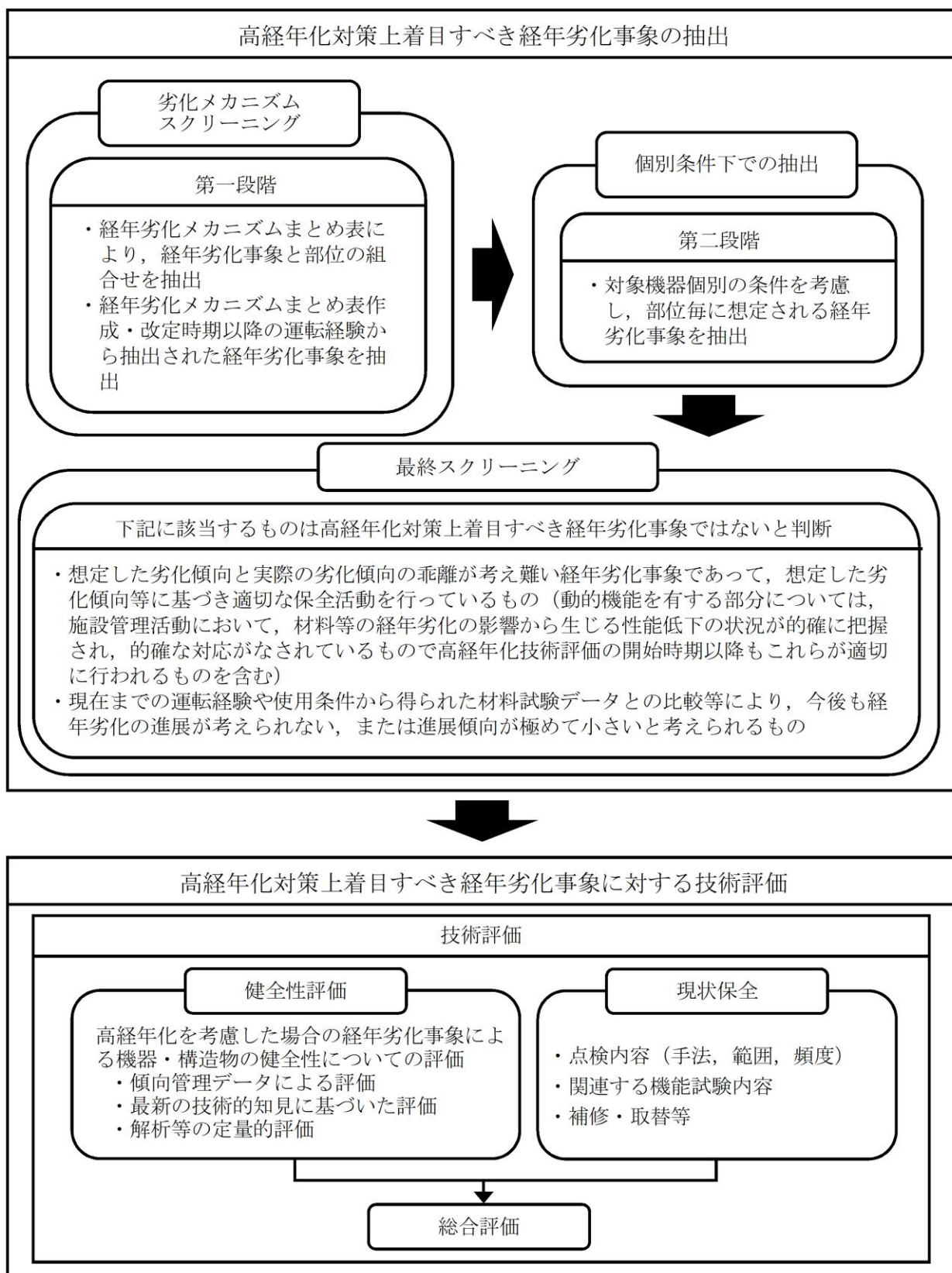


資料 5-1 高経年化技術評価フロー

冷温停止の維持に必要な設備の抽出フロー



経年劣化事象の抽出及び評価手順



6. 健全性評価結果

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・構造物のうち、原則として冷温停止の維持に必要な設備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。

6.1 技術評価結果

本章においては、各機器の技術評価結果を以下の各項にまとめている。

- 6.1.1 ポンプ
- 6.1.2 熱交換器
- 6.1.3 ポンプモータ
- 6.1.4 容器
- 6.1.5 配管
- 6.1.6 弁
- 6.1.7 炉内構造物
- 6.1.8 ケーブル
- 6.1.9 コンクリート構造物及び鉄骨構造物
- 6.1.10 計測制御設備
- 6.1.11 空調設備
- 6.1.12 機械設備
- 6.1.13 電源設備

6.1.1 ポンプ

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

- (1) 疲労割れ
 - ・ ケーシングの疲労割れ
- (2) 熱時効
 - ・ ケーシングの熱時効

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 疲労割れ]

- ・ 原子炉冷却材再循環ポンプのケーシングは、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、疲労割れが想定されるが、環境を考慮した疲労評価を実施した結果、運転開始後 40 年時点の疲れ累積係数は許容値以下であることから、疲労割れが発生する可能性は小さい。また、有意な欠陥のないことを定期的な目視点検等で確認していることから、今後も現状保全を継続していく。

[(2) 熱時効]

- ・ 原子炉冷却材再循環ポンプのケーシングの材料はステンレス鋳鋼であり、高温環境下の機器であるため熱時効により破壊靱性の低下が想定されるが、分解点検時の目視点検により有意な欠陥がないことを確認しており、熱時効が問題となる可能性は小さい。また、当面の冷温停止維持状態においては、有意な熱過渡はなく、疲労割れが発生する可能性はないことから、今後も現状保全を継続していく。

6.1.2 熱交換器

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象は抽出されなかった。

6.1.3 ポンプモータ

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

(1) 絶縁特性低下

- ・ 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 絶縁特性低下]

- ・ 残留熱除去系の高圧ポンプモータ等は、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物が有機物であるため、熱的及び電氣的要因等により絶縁特性低下が想定されるが、点検時に実施する絶縁抵抗測定等により絶縁機能の健全性を確認している。また、絶縁特性低下は絶縁抵抗測定等により把握可能であるため、今後も現状保全を継続していく。

6.1.4 容器

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

- (1) 中性子照射脆化
 - ・ 原子炉圧力容器胴の中性子照射脆化
- (2) 疲労割れ
 - ・ 原子炉圧力容器ノズル等の疲労割れ
 - ・ 原子炉格納容器ベント管ベローズの疲労割れ
 - ・ 原子炉格納容器配管貫通部ベローズの疲労割れ
- (3) 絶縁特性低下
 - ・ 電気ペネトレーションシール材等の絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

〔(1) 中性子照射脆化〕

- ・ 原子炉圧力容器胴（炉心領域部）は、中性子照射脆化が想定されるが、運転開始後40年時点の累積中性子照射量を考慮した最低使用温度及び上部棚吸収エネルギーの評価結果より、炉心領域部材の照射脆化が問題にならないことを確認した。原子炉圧力容器胴（炉心領域部）の中性子照射脆化は監視試験及び中性子照射脆化予測式により把握可能であり、有意な欠陥のないことを超音波探傷試験等で確認していることから、今後も現状保全を継続していく。また、最新の脆化予測式による評価を実施していく。

〔(2) 疲労割れ〕

- ・ 原子炉圧力容器ノズル等は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、疲労割れが想定されるが、環境を考慮した疲労評価を実施した結果、運転開始後40年時点の疲れ累積係数は許容値以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さい。また、有意な欠陥のないことを超音波探傷試験等で確認していることから、今後も現状保全を継続していく。
- ・ 原子炉格納容器ベント管ベローズは、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、疲労割れが想定されるが、運転開始後40年時点の疲れ累積係数は許容値以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さい。また、有意な欠陥のないことを原子炉格納容器漏えい率検査で確認していることから、今後も現状保全を継続していく。
- ・ 原子炉格納容器配管貫通部ベローズは、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、疲労割れが想定されるが、運転開始後40年時点の疲れ累積係数は許容値以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さい。また、有意な欠陥のないことを原子炉格納容器漏えい率検査で確認していることから、今後も現状保全を継続していく。

[(3) 絶縁特性低下]

- 中性子束計装用ペネトレーション等は，シール材等が有機物であるため，熱的及び放射線照射要因等により絶縁特性低下が想定されるが，接続機器の点検時に実施する絶縁抵抗測定等により絶縁機能の健全性を確認している。また，絶縁特性低下は絶縁抵抗測定等により把握可能であるため，今後も現状保全を継続していく。

6.1.5 配管

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

(1) 疲労割れ

- ・ 配管の疲労割れ

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 疲労割れ]

- ・ 原子炉冷却材再循環系配管等は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、疲労割れが想定されるが、環境を考慮した疲労評価を実施した結果、運転開始後 40 年時点の疲れ累積係数は許容値以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さい。また、有意な欠陥のないことを超音波探傷試験等で確認していることから、今後も現状保全を継続していく。

6.1.6 弁

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

- (1) 疲労割れ
 - ・ 弁箱の疲労割れ
- (2) 熱時効
 - ・ 弁箱，弁ふた及び弁体の熱時効
- (3) 絶縁特性低下
 - ・ 固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキ電磁コイルの絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 疲労割れ]

- ・ RHR 炉水入口内側隔離弁等の弁箱は，プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため，疲労割れが想定されるが，環境を考慮した疲労評価を実施した結果（主蒸気隔離弁を除く），運転開始後 40 年時点の疲れ累積係数は許容値以下であり，疲労割れが発生する可能性は小さい。また，有意な欠陥のないことを定期的な目視点検で確認していることから，今後も現状保全を継続していく。

[(2) 熱時効]

- ・ PLR ポンプ出口弁等の弁箱，弁ふた及び弁体の材料はステンレス鋳鋼であり，高温環境下の機器であるため熱時効により破壊靱性の低下が想定されるが，分解点検時の目視点検により有意な欠陥がないことを確認しており，熱時効が問題となる可能性は小さい。また，当面の冷温停止維持状態においては，有意な熱過渡はなく，疲労割れが発生する可能性はないことから，今後も現状保全を継続していく。

[(3) 絶縁特性低下]

- ・ RHR 炉水入口内側隔離弁駆動部等は，固定子コイル，口出線・接続部品及び電磁ブレーキ電磁コイルの絶縁物が有機物であるため，熱的及び機械的要因等により絶縁特性低下が想定されるが，点検時に実施する絶縁抵抗測定等により絶縁機能の健全性を確認している。また，絶縁特性低下は絶縁抵抗測定等により把握可能であるため，今後も現状保全を継続していく。

6.1.7 炉内構造物

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

- (1) 疲労割れ
 - ・ 炉心シュラウド、シュラウドサポートの疲労割れ
- (2) 応力腐食割れ
 - ・ 炉心シュラウド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の評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 疲労割れ]

- ・ 炉心シュラウド等は、プラントの起動・停止時等に熱過渡を受けるため、疲労割れが想定されるが、環境を考慮した疲労評価を実施した結果、運転開始後 40 年時点の疲れ累積係数は許容値以下であり、疲労割れが発生する可能性は小さい。また、有意な欠陥のないことを定期的な目視点検で確認していることから、今後も現状保全を継続していく。

[(2) 応力腐食割れ]

- ・ 炉心シュラウド等は材料がステンレス鋼であり、中性子照射環境下にあるため、照射誘起型応力腐食割れが想定されるが、中性子のしきい照射量を超えない。また、しきい照射量を超える上部格子板のグリッドプレートには溶接部がなく引張応力成分は低いことから、照射誘起型応力腐食割れ発生の可能性はない。また、発電用原子力設備規格維持規格（日本機械学会）等に基づく計画的な目視点検により、有意な欠陥がないことを確認している。当面の冷温停止維持状態においては、中性子照射を受けることはなく、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないことから、今後も現状保全を継続していく。

6.1.8 ケーブル

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

(1) 絶縁特性低下

- ・ 絶縁体の絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 絶縁特性低下]

- ・ 高圧ケーブルは、絶縁体が有機物であるため、熱的及び電氣的要因等により絶縁特性低下が想定されるが、点検時に実施する絶縁診断試験等により絶縁機能の健全性を確認している。また、絶縁特性低下は絶縁診断試験等により把握可能であるため、今後も現状保全を継続していく。
- ・ 低圧ケーブル等は、絶縁体が有機物であるため、熱的及び放射線的要因等により絶縁特性低下が想定されるが、点検時に実施する絶縁抵抗測定等により絶縁機能の健全性を確認している。また、絶縁特性低下は絶縁抵抗測定等により把握可能であるため、今後も現状保全を継続していく。

6.1.9 コンクリート構造物及び鉄骨構造物

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

- (1) コンクリートの強度低下
 - ・ 中性化，熱等による強度低下
- (2) コンクリートの遮へい能力低下
 - ・ 熱による遮へい能力の低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) コンクリートの強度低下]

- ・ コンクリート構造物は，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が想定されるが，文献データ，実機コンクリートの強度測定結果等から強度低下が急激に進行する可能性は小さい。また，定期的に目視点検を実施し，必要に応じて補修を実施しており，今後も現状保全を継続していく。

[(2) コンクリートの遮へい能力の低下]

- ・ コンクリート構造物は，周辺環境からの伝達熱及び放射線照射に起因する内部発熱でコンクリート中の水分が逸散することにより，放射線に対する遮へい能力の低下が想定されるが，運転時に照射量が最も大きく高温となる原子炉遮へい壁の最高温度は，コンクリートの温度制限値を下回っていることから，遮へい能力が低下する可能性は小さい。また，放射線量は日常的に監視していることから異常の兆候は検知可能であり，今後も現状保全を継続していく。

6.1.10 計測制御設備

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

(1) 絶縁特性低下

- ・ 温度検出器の絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 絶縁特性低下]

- ・ 温度検出器は、封止材の劣化により絶縁素材に水分が浸入し絶縁特性低下が想定されるが、点検時に実施する特性試験により絶縁機能の健全性を確認している。また、絶縁特性低下は特性試験により把握可能であるため、今後も現状保全を継続していく。

6.1.11 空調設備

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

(1) 絶縁特性低下

- ・ 固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 絶縁特性低下]

- ・ MCR 送風機のファンモータ等は、固定子コイル及び口出線・接続部品の絶縁物が有機物であるため、熱的及び機械的要因等により絶縁特性低下が想定されるが、点検時に実施する絶縁抵抗測定等により絶縁機能の健全性を確認している。また、絶縁特性低下は絶縁抵抗測定等により把握可能であるため、今後も現状保全を継続していく。

6.1.12 機械設備

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

- (1) 応力腐食割れ
 - ・ 制御材被覆管等の照射誘起型応力腐食割れ
- (2) 絶縁特性低下
 - ・ 電磁コイル等の絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

〔(1) 応力腐食割れ〕

- ・ 制御棒の制御材被覆管等は材料がステンレス鋼であり、中性子照射環境下にあるため、照射誘起型応力腐食割れが想定されるが、熱中性子の累積照射量により定めた運用基準に基づき取替を実施するとともに、定期検査毎に原子炉停止余裕検査及び制御棒駆動機構の機能検査により制御能力及び動作に問題のないことを確認している。また、取出制御棒に対しては、目視点検により異常のないことを確認している。当面の冷温停止維持状態においては、中性子照射を受けることはなく、照射誘起型応力腐食割れが発生する可能性はないことから、今後も現状保全を継続していく。

〔(2) 絶縁特性低下〕

- ・ 原子炉建屋クレーンのブレーキ電磁コイル等は、絶縁物が有機物であるため、熱的及び機械的要因等により絶縁特性低下が想定されるが、点検時に実施する絶縁抵抗測定等により絶縁機能の健全性を確認している。また、絶縁特性低下は絶縁抵抗測定等により把握可能であるため、今後も現状保全を継続していく。

6.1.13 電源設備

各部位に対する高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を以下に示す。

(1) 絶縁特性低下

- ・ 回転子コイル等の絶縁特性低下

これらの経年劣化事象についての評価結果及び高経年化への対応（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）の概要を以下に示す。

[(1) 絶縁特性低下]

- ・ 非常用ディーゼル発電設備の回転子コイル等は、絶縁物が有機物であるため、熱的及び電氣的要因等により絶縁特性低下が想定されるが、点検時に実施する絶縁抵抗測定等により絶縁機能の健全性を確認している。また、絶縁特性低下は絶縁抵抗測定等により把握可能であるため、今後も現状保全を継続していく。

6.2 耐震安全性評価結果

5.3.2 項に示す評価方法に従って抽出され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、各機器に共通するものは経年劣化事象毎に整理した。

(1) 腐食（熱交換器の伝熱管の流れ加速型腐食〔FAC〕）

- ・熱交換器の伝熱管の腐食（流れ加速型腐食〔FAC〕）は、対象機器に保守的に40年分の腐食量を想定し評価を実施した。評価の結果、発生応力は許容応力を下回り、耐震安全性に問題のないことを確認した。

(2) 腐食（熱交換器の胴の腐食〔全面腐食〕）

- ・熱交換器の胴の腐食（全面腐食）は、対象機器に保守的に40年分の腐食量を想定し評価を実施した。評価の結果、発生応力は許容応力を下回り、耐震安全性に問題のないことを確認した。

(3) 腐食（基礎ボルトの腐食〔全面腐食〕）

- ・基礎ボルトの腐食（全面腐食）は、対象機器に保守的に40年分の腐食量を想定し評価を実施した。評価の結果、発生応力は許容応力を下回り、耐震安全性に問題のないことを確認した。

(4) 中性子照射脆化

- ・原子炉圧力容器胴（炉心領域）に周方向、軸方向の両方の欠陥及び運転開始後40年時点の中性子照射脆化を想定し、地震を考慮しても、運転条件の制限に対して十分な安全性が確保されていることを確認した。

(5) 低サイクル疲労

- ・低サイクル疲労は、対象機器におけるこれまでの過渡回数より想定した運転開始後40年時点の疲れ累積係数と地震時の疲れ累積係数の合計値が許容値を下回ることを確認した。

(6) 中性子照射による靱性低下

- ・中性子照射量の大きい上部格子板に対し、運転開始後40年時点の中性子照射による靱性低下及び亀裂を想定し、地震を考慮しても、不安定破壊は生じないことを確認した。

6.3 評価の結果に基づいた補修等の措置

本技術評価結果を提出する以前に健全性評価に基づき実施した補修等はない。

7. 今後の高経年化対策

高経年化技術評価結果より、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。

7.1 長期施設管理方針の策定

(1) 現状の施設管理の評価結果

冷温停止の維持に必要な設備については、今後も現状保全を継続して実施することで健全性が確保されることを確認した。

(2) 現状の施設管理に追加すべき項目

高経年化技術評価の結果、今後、高経年化対策として充実すべき課題等は抽出されなかった。

7.2 技術開発課題

高経年化技術評価は、現在までの知見と実績を基に評価を実施したものであるが、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、必要なものは現状保全に反映する。

8. まとめ

8.1 総合評価

志賀1号炉のプラントを構成する機器・構造物について、高経年化技術評価を実施した結果、冷温停止状態の維持に必要な機器・構造物については、現状保全を継続していくことにより、冷温停止状態の維持における機器・構造物の健全性が確保される見通しを得た。

8.2 今後の取組み

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

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

当社は、高経年化に関するこれらの活動を通じて、今後とも志賀原子力発電所の安全・安定運転に努めるとともに、安全性・信頼性のより一層の向上に取り組んでいく所存である。

以 上