

泊発電所 2 号炉

高経年化技術評価書

令和 2 年 3 月

北海道電力株式会社

: 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

目次

1. はじめに	1
2. 泊発電所2号炉の概要	4
2.1 泊発電所2号炉の設備概要	4
2.2 泊発電所2号炉の経緯	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 泊発電所2号炉の保守管理について	10
3. 高経年化技術評価の実施について	18
3.1 評価の実施に係る組織	18
3.2 評価の方法	18
3.3 工程管理	18
3.4 協力事業者の管理	19
3.5 評価記録の管理	20
3.6 評価に係る教育訓練	20
3.7 評価年月日	20
3.8 評価を実施した者の氏名	20
4. 高経年化技術評価方法	23
4.1 高経年化技術評価対象機器	23
4.2 機器・構造物の技術評価	23
4.3 耐震安全性評価	32
5. 高経年化技術評価結果	36
5.1 機器・構造物の技術評価結果	36
5.2 耐震安全性評価結果	36
5.3 評価の結果に基づいた補修等の措置	36
6. 今後の高経年化対策	37
6.1 長期保守管理方針の策定	37
6.2 技術開発課題	37
7. まとめ	38

1. はじめに

泊発電所2号炉においては、令和3年4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、電気事業法に基づく定期検査^{注)}により、技術基準への適合が確認されるとともに、保守管理における構築物、系統及び機器の保全として、点検や予防保全活動等に取り組んでいる。加えて、最新の技術的知見の反映や国内外で経験された事故・故障の再発防止対策等についても、必要に応じ実施している。

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

注：平成25年7月8日以降は、「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。）に基づき、原子力規制委員会が施設定期検査を実施

このような認識のもと、平成8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。更に、平成15年9月及び平成17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、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、その後10年ごとに高経年化技術評価及び長期保全計画を策定することを電気事業者に

求めた。

その後、平成20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づけるとともに、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方針」（以下、「長期保守管理方針」という。）として原子炉施設保安規定（以下、「保安規定」という。）に位置づけ、認可の対象とされた。また、実用炉規則の改正に伴い、原子力安全・保安院は高経年化対策実施ガイドライン等を改訂し、平成20年10月に発出後、平成22年4月及び平成23年5月に改正した。

また、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震とこれにより生じた津波に起因する東京電力福島第一原子力発電所で発生した事故に鑑み、平成24年9月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、平成25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、原子力規制委員会は「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」及び「実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド」（以下、「高経年化対策実施ガイド等」という。）を制定し、適宜改正している。

一方、日本原子力学会は平成19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、平成20年12月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2008」（以下、「学会標準2008版」という。）として改定のうえ、平成21年2月に発行、平成22年4月にエンドースされた。更に、平成22年9月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2010追補1」、平成24年6月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2011追補2」、平成24年12月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2012追補3」、平成28年3月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2015」、平成28年12月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2016追補1」、平成30年11月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2017追補2」及び令和元年7月に「原子力発電所の高経年化対策実施基準：2018追補3」（以下、「学会標準2018（追補3）版」という。）を発行した。

更に、原子力安全基盤機構（現：原子力規制委員会。以下同じ）は上

記高経年化対策実施ガイド等及び学会標準2008版に対応して、「高経年化技術評価審査マニュアル」を作成し、公表している。

本評価書は、運転開始後30年を迎える泊発電所2号炉のプラントを構成する機器・構造物に対し、高経年化対策実施ガイド等、学会標準2008版等に基づき、今後10年間の冷温停止状態を仮定し、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の有無について状況を取りまとめたものである。

なお、評価にあたっては、技術基準に適合しているプラントが高経年化技術評価を行う場合はプラントの運転を開始した日から60年間について健全性評価を行うことを踏まえ、今回の評価においても、60年間の劣化の進展を仮定した評価を行うことで40年間における健全性を評価した。

また、評価の条件は、原子炉の冷温停止状態が維持されることを前提とした評価条件に比べ、原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価条件が同等もしくは保守的な場合にはその評価条件を用いることを基本とし、原子炉の冷温停止状態が維持されることを前提とした評価条件の方が厳しい場合には、その評価条件を用いることとした。

この結果、現状の保全の継続等により、今後、安全に冷温停止状態を維持することが可能であることを確認した。

今後、現状の保全の継続等により、保全活動を実施していくとともに、「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」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については、別冊にまとめている。

2. 泊発電所 2 号炉の概要

2. 1 泊発電所 2 号炉の設備概要

泊発電所 2 号炉は、加圧水型の原子力発電所で燃料には低濃縮ウランを使用し、冷却材には軽水を使用している。

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

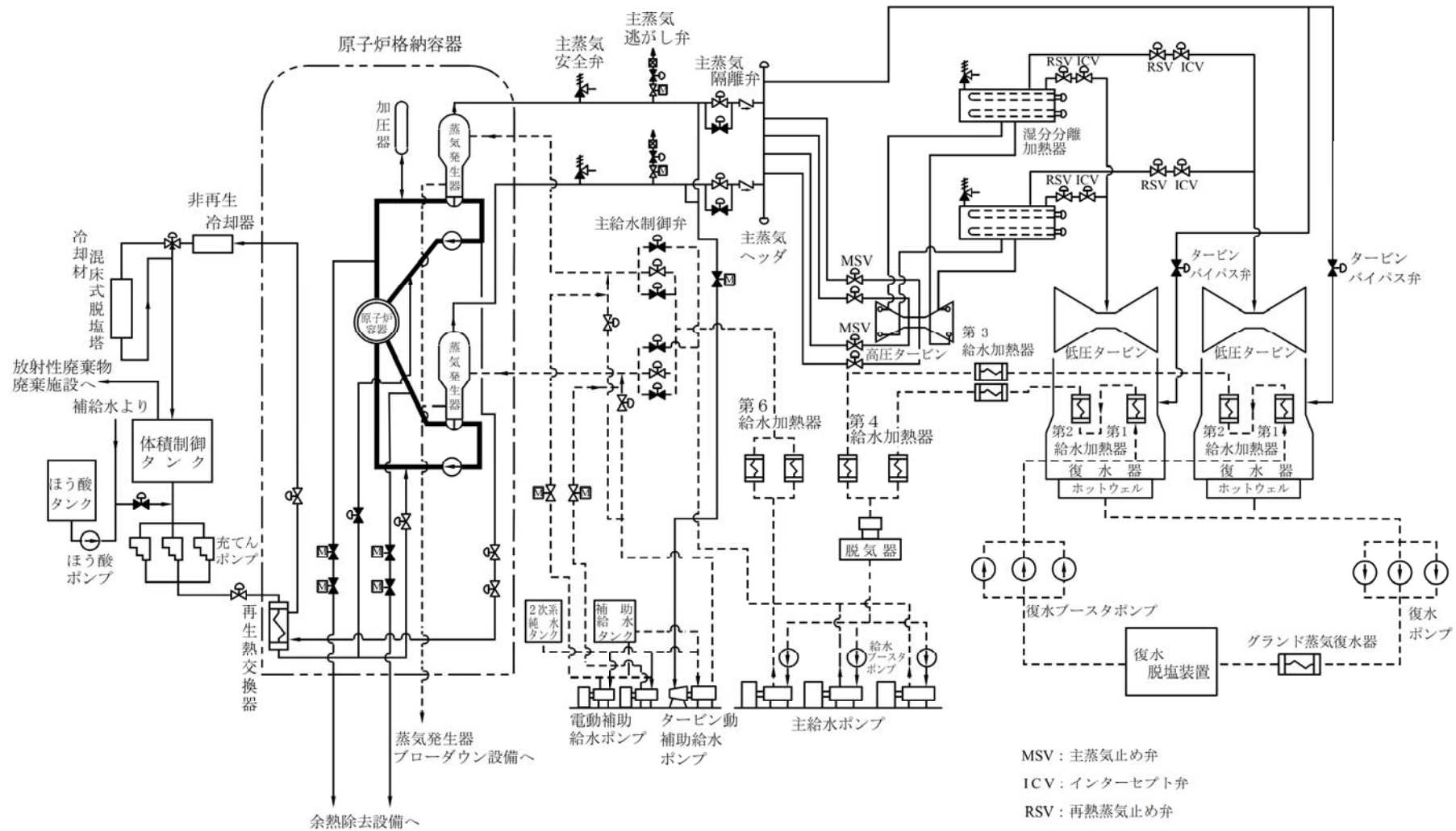
蒸気発生器で発生した蒸気は主蒸気管でタービン建屋に導かれタービンを駆動して発電し、その後復水器に流入して復水となり、復水ポンプ、低圧給水加熱器を通り給水ポンプにより高圧給水加熱器を経て再び蒸気発生器に戻される。

(1) 主要仕様

電気出力	約 5 7 9 MW
原子炉型式	加圧水型軽水炉
原子炉熱出力	約 1, 6 5 0 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	串型 3 車室 4 分流排気再熱再生式

(2) 主要系統

主要系統を資料 2 - 1 に示す。



資料 2 - 1 泊発電所 2号炉 主要系統図

2. 2 泊発電所2号炉の経緯

昭和29年に我が国が原子力平和利用として原子力発電開発の方針を打ち出して以来、当社は、昭和31年に原子力部門を発足させ、原子力発電への取組みを開始した。

昭和44年に建設予定地を共和・泊地区とし、昭和50年に加圧水型軽水炉（PWR）1基の建設予定としていたが、昭和53年に現在発電所のある位置に2基建設する計画に変更した。その後、環境影響調査、第1次及び第2次公開ヒアリング、原子炉設置許可等を経て昭和59年には泊発電所1・2号炉同時に着工した。

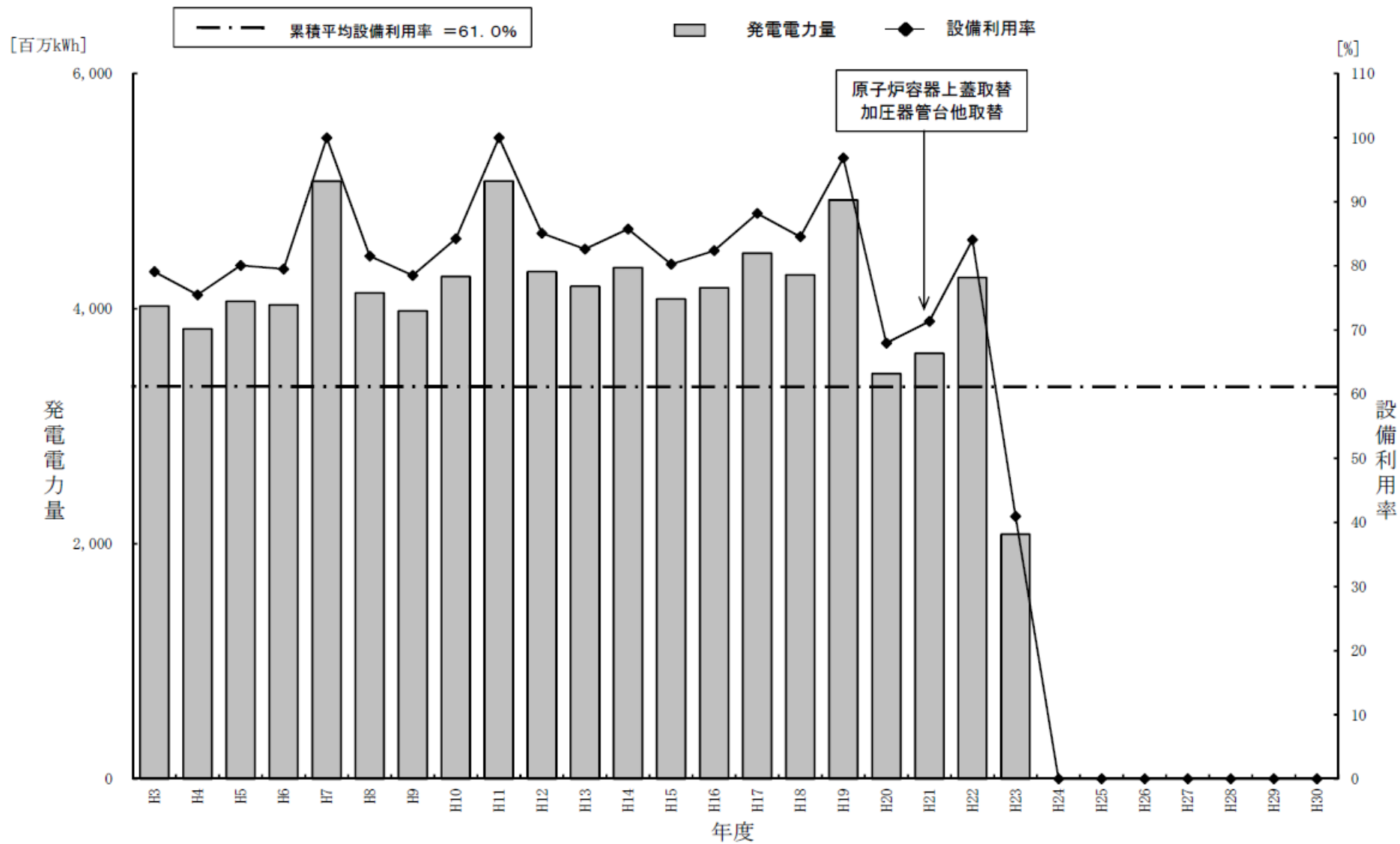
その後、泊発電所2号炉は平成2年7月に初臨界を迎え、平成3年4月に我が国40番目の商業用発電所で加圧水型原子力発電所としては18番目の原子力プラントとして営業運転を開始した。

また、泊発電所2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、平成13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、平成15年2月から定格熱出力一定運転を開始している。

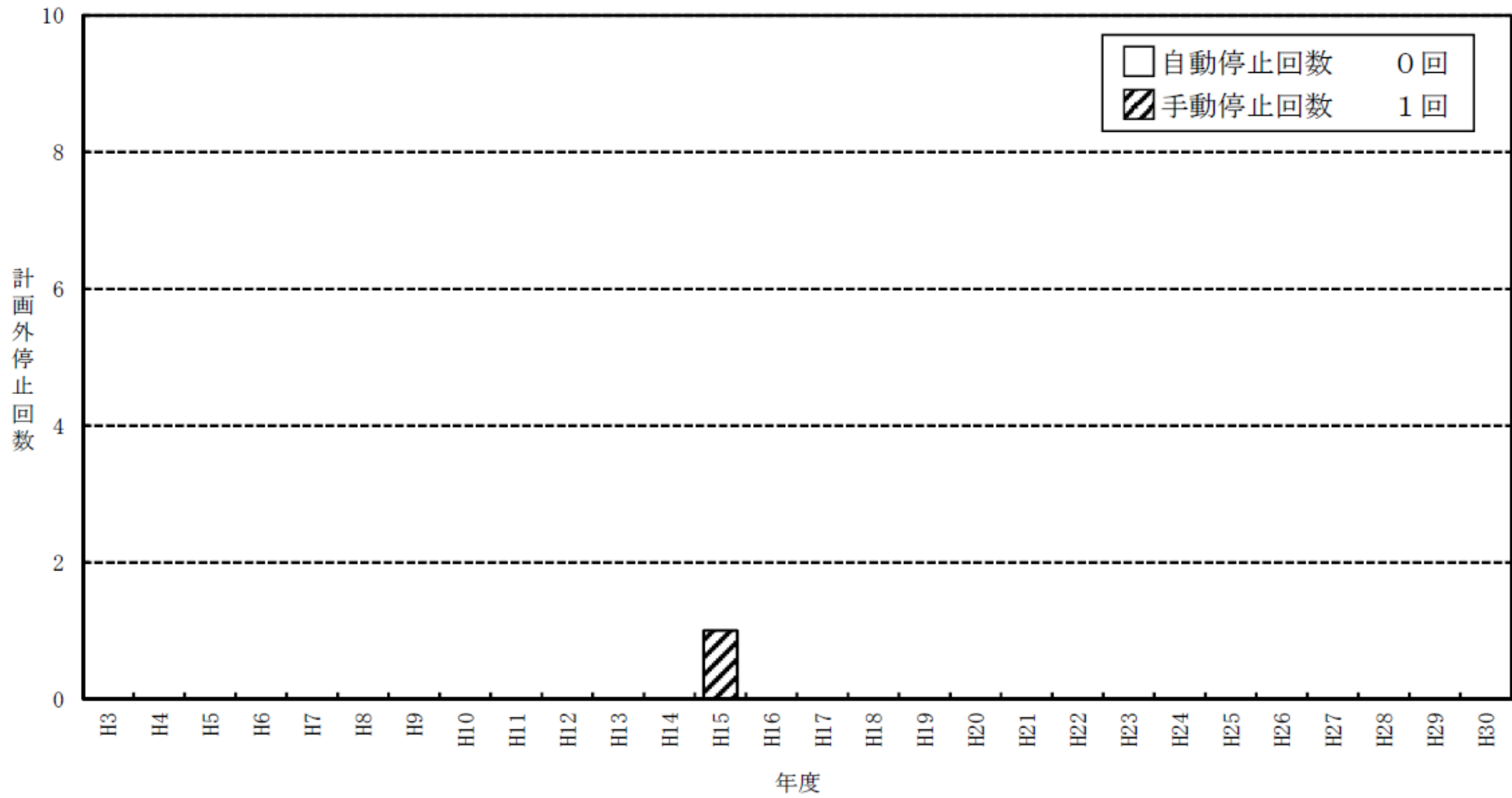
発電電力量・設備利用率の年度推移を資料2-2、計画外停止回数の年度推移を資料2-3、事故・故障等一覧を資料2-4に示す。過去約30年間を遡った時点までの計画外停止（手動停止及び自動停止）件数の推移を見ると、供用期間の長期化に伴い、計画外停止件数が増加する明確な傾向は認められない。

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

泊発電所2号炉については、技術基準規則等への適合性を確認する審査を受けるため、平成25年7月に原子炉設置変更許可、工事計画認可及び保安規定変更認可を申請しており、平成26年3月に原子炉設置変更許可を補正申請している。引き続き可能な限り早期に原子炉設置変更許可及び工事計画の認可を取得できるよう取り組んでいる。



資料 2 - 2 泊発電所 2 号炉 発電電力量・設備利用率の年度推移



資料 2 - 3 泊発電所 2号炉 計画外停止回数の年度推移

資料 2 - 4 泊発電所 2 号炉 事故・故障等一覧

No.	年度	事象
1	H3	低圧タービン静翼部のき裂
2	H15	再生熱交換器胴側出口配管からの漏えい
8	H20	A, B-蒸気発生器 1 次冷却材入口管台溶接部での傷の確認

2. 4 泊発電所 2 号炉の保守管理について

泊発電所 2 号炉では、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。）に対する劣化管理は、保守管理として行われており、その保守管理について以下に記す。

2. 4. 1 保守管理の概要

国が技術的な妥当性を評価し、実用炉規則第 8 1 条第 1 項に掲げる保守管理に係る要求事項を満たすものとなった、「原子力発電所の保守管理規程（JEAC4209-2007）」に基づき、社内規程類を策定して保守管理を実施している。

（1）保守管理の実施方針及び保守管理目標

社長は原子炉施設の安全確保を最優先として、保守管理の継続的な改善を図るため、保守管理の現状を踏まえて保守管理の実施方針を定める。同方針は、保守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保守管理方針を策定又は変更した場合には、長期保守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、泊発電所長は、保守管理の実施方針に基づき、年度ごとに保守管理目標を設定し、保守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。

この保守管理目標を達成するため、泊発電所では、資料 2-5 に示すような考え方に基づき、保全を行っている。

（2）保全の概要

原子力発電所に対する保全では、構築物、系統及び機器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、保安規定に基づき、定期点検工事等にて実施する点検

・補修等の結果の確認・評価を実施している。

更に、原子炉等規制法に基づく原子力規制委員会の施設定期検査^{注)}を受検するとともに、定期事業者検査についても、その実施に係わる組織等の妥当性が定期安全管理審査において審査されている。

注：施設定期検査申請書には保全計画が含まれる。

なお、平成25年7月7日以前は、「電気事業法」に基づく経済産業大臣の定期検査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た。

(3) 保全の計画

泊発電所では、原子炉施設の中から各号炉ごとに保全を行うべき対象範囲として構築物、系統及び機器を選定し、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、「重要度分類指針」という。）の重要度とP S Aから得られるリスク情報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、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。

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・故障事例などの運転経験
- 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

また、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。

「点検方法」については、個別機器の保全内容はそれぞれ

個々に検討しており，具体的には劣化メカニズム整理表^{注)}及びこれまでの保守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，過去の点検実績等を参考にしながら機器に応じて適切に選定している。また，「実施時期」については，点検計画で定める機器の点検方法及び実施頻度に基づき定めている。

補修，取替及び改造を実施する場合は，予めその方法及び実施時期を定めた計画を策定している。具体的には，信頼性向上，経年劣化の観点から長期的に取り組む工事について，実施内容と実施時期を明確にする長期的な工事計画を検討し，それを基に，運転，補修実績並びに工事の重要性・緊急度・経済性を勘案のうえ工事計画を策定している。

（４）保全の実施

予め定められた保全計画に従い，「工事計画」，「設計管理」，「調達管理」，「工事管理」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。

また，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，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）を活用している状況にある。

（５）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、高経年化技術評価や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を実施するとともに、その結果と保守管理目標の達成度から定期的に保守管理の有効性評価を実施し、保守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。

以上のような保全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15監視サイクル）における実績は下記の通りである。

(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「7000 臨界時間あたりの計画外自動停止回数」、
「7000 臨界時間あ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、すべ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。

(b) 系統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、系統レベルの保全活動管理指標として、保全重要度の高い系統^{注1)}のうち、重要度分類指針クラス1、クラス2及びリスク重要度の高い系統機能に対して設定した「予防可能故障 (MPFF^{注2)}) 回数」及び「非待機 (UA) 時間^{注3)}」について、すべ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重要度分類指針の重要度に基づき、PSA（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 Function Failure)。系統若しくは、トレイン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(Unavailability Hours)。当該系統若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。

また、泊発電所2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工事としては、次のものがある。

「応力腐食割れ」

- ・蒸気発生器1次冷却材入口管台セーフエンド取替

蒸気発生器1次冷却材入口管台の600系ニッケル基合金溶接部の応力腐食割れによる損傷事象を踏まえ、予防保全として、第13回定期検査時(平成20年度)に当該セーフエンドを取替えて溶接部を応力腐食割れの感受性が低い690系ニッケル基合金に変更した。

- ・原子炉容器上部ふた取替

国内外における600系ニッケル基合金製原子炉容器上部ふた管台部の応力腐食割れによる損傷事象を踏まえ、予防保全として、第14回定期検査時(平成21年度)にふた管台及び溶接部の材料を応力腐食割れの感受性が低い690系ニッケル基合金へ変更した原子炉容器上部ふたに取り替えた。

- ・原子炉容器出入口管台溶接部等のウォータージェットピーニング

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全として、第16回定期検査時(平成23年度～)に溶接部表面の残留応力を低減させるため、600系ニッケル基合金が使用されている、原子炉容器出入口管台溶接部等についてウォータージェットピーニング(応力緩和)を実施した。

- ・加圧器サージ管台セーフエンド取替

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事象を踏まえ、予防保全として、第14回定期検査時(平成21年度)に当該セーフエンドを取替えて溶接部を応力腐食割れの感受性が低い690系ニッケル基合金に変更した。

(6) 保全に係る活動

保全に係る活動の詳細は以下のとおり実施している。

(a) 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。

(b) 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。

(c) 点検

原子炉等規制法に基づき原子力規制委員会が行う施設定期検査に合わせ，定期的にプラントを停止し点検計画に基づき点検を実施し，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，以後の点検計画に反映している。

(d) 保守体制及び業務

検査及び点検については，基本的に当社が計画，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，当社の調達管理により協力会社の行う作業及び品質の管理を行っている。

(e) 予防保全

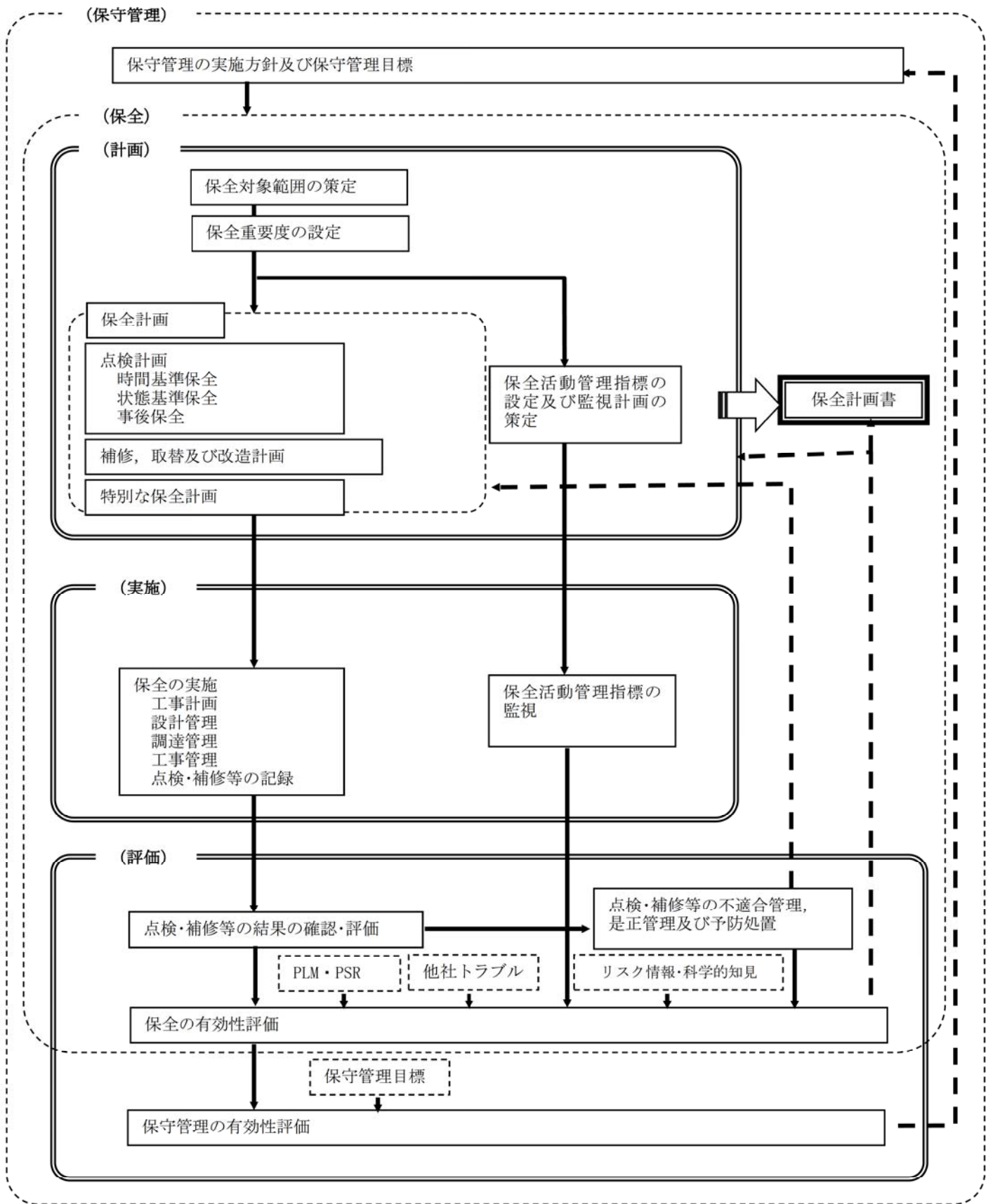
プラントの運転監視，巡視点検，定期的な検査及び点検により，設備に機能低下や経年劣化等の兆候が認められた場合には，予防保全の考え方にに基づき，故障に至る前に補修，取替を行い，事故・故障の未然防止を図っている。

(f) 不適合の処理及び再発防止

発生した不適合については、不適合管理として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るとともに再発防止対策を実施している。また、国内外他社の同種設備で発生したトラブルについても予防処置を実施し、事故・故障の未然防止を図っている。

2. 4. 2 保守管理の状況

保守管理については、前項の(1)～(5)に示したように、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P D C Aを廻して改善が図られ、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、今後も保守管理を継続することで構築物、系統及び機器の健全性を維持することが可能であると考える。



(注) 「----->」は、評価結果の反映を示す

資料 2-5 原子力発電所の保守管理の概要

3. 高経年化技術評価の実施について

高経年化技術評価の実施は「泊発電所原子炉施設保安規定」（以下、保安規定という。）第118条の2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保証計画に従い、実施体制を構築し、実施手順を確立し実施した。

3. 1 評価の実施に係る組織

保安規定に基づく品質保証計画に従い、社内規程「泊発電所原子炉施設の高経年化対策検討マニュアル」を定め、これに従い策定した「高経年化対策検討実施計画書」により評価の実施体制を構築している。

高経年化技術評価等にあたる体制を資料3-1に示す。原子力設備グループは、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・分析等を行うとともに、評価のとりまとめ等の全体調整を行った。また、高経年化技術評価（コンクリート構造物及び鉄骨構造物を除く）を行い、評価書を作成した。

原子力土木第1グループ、原子力土木第2グループ及び原子力建築グループは、コンクリート構造物及び鉄骨構造物の高経年化技術評価を行い、評価書を作成した。

また、各グループは、高経年化技術評価に基づき長期保守管理方針の策定を実施した。

なお、高経年化技術評価については、泊発電所の関係箇所からの協力を得ながら行った。

3. 2 評価の方法

「泊発電所原子炉施設の高経年化対策検討マニュアル」に従い、高経年化対策実施ガイド等及び学会標準2008版等に準拠して策定した「高経年化対策検討実施手順書」により実施手順を確立し、これに基づき高経年化技術評価を実施した。

評価方法の詳細については、4. 高経年化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ヶ月を経過する日から3ヶ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、平成27年4月24日に高経年化対策検討実施計画書及び実施手順書を策定し、高経年化技術評価を開始した。その後、高経年化技術評価の結果に対する評価者以外による技術的な妥当性確認を令和2年2月18日に完了した。

また、原子力安全・品質保証グループによる高経年化技術評価のプロセス確認のための内部監査を令和2年2月26日に完了した。

なお、令和2年3月2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、令和2年3月4日に総括責任者（原子力部長）が承認した。

3.4 協力事業者の管理

社内規程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、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及び三菱電機株式会社には、高経年化技術評価対象機器について長期健全性評価等の業務委託を実施した。

3. 5 評価記録の管理

管理すべき文書・記録の名称，承認者，保管担当箇所及び保存期間は，社内規程で定めている。高経年化対策技術評価に係る文書・記録の主なものは以下の通りである。

名称	区別		承認者	保管担当箇所	保存期間
	文書	記録			
高経年化対策検討実施計画書	○	○	総括責任者 (原子力部長)	原子力設備グループ	次の評価までの期間
高経年化技術評価書	—	○	総括責任者 (原子力部長)	原子力設備グループ	廃止措置が終了し，その結果が原子力規制委員会規則で定める基準に適合していることについて，原子力規制委員会の確認を受けるまでの期間

3. 6 評価に係る教育訓練

社内規程に基づき，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，教育計画を定めて高経年化技術評価書作成時のOJT等により資質向上を図っている。

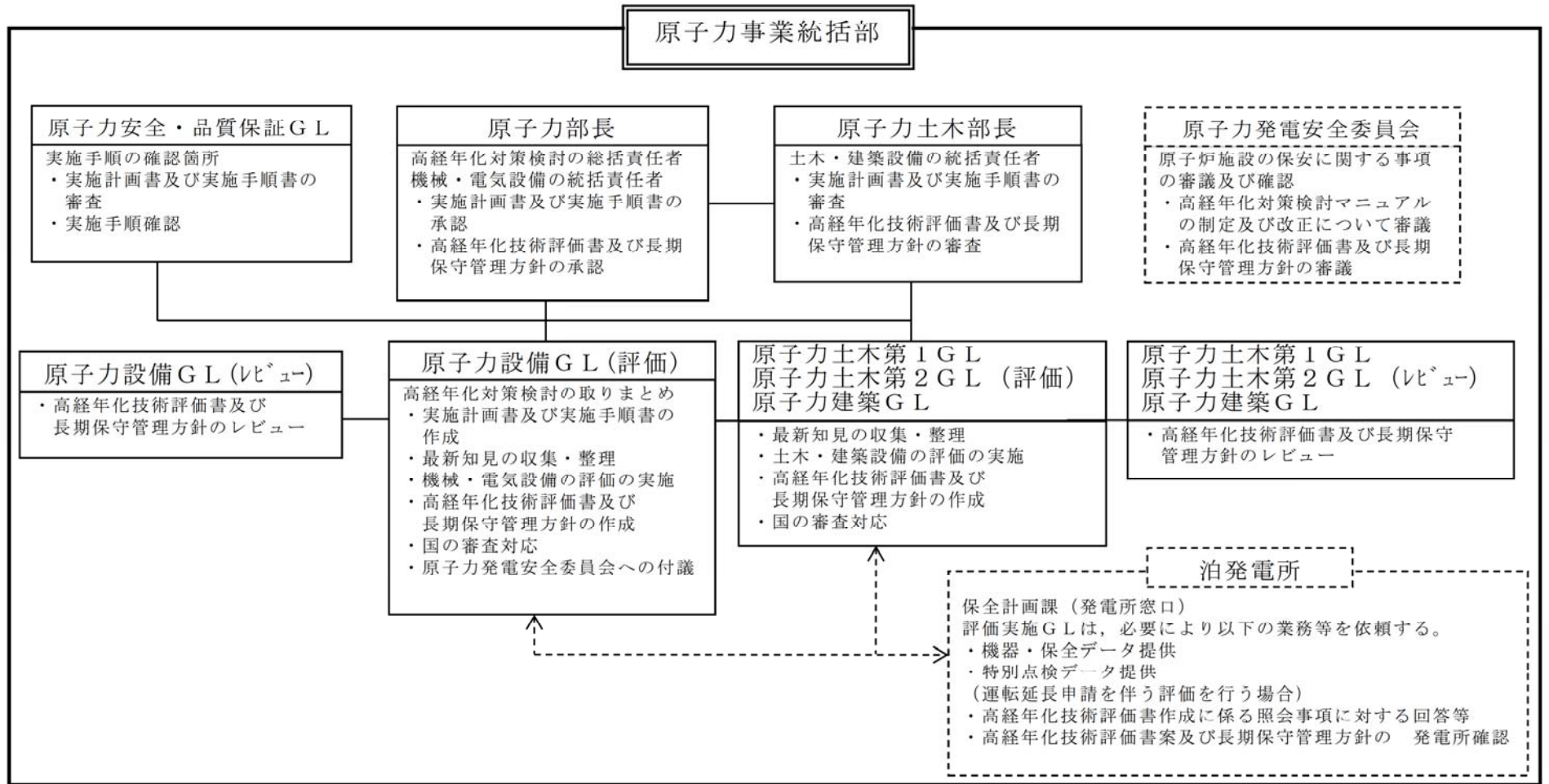
3. 7 評価年月日

令和2年3月4日

3. 8 評価を実施した者の氏名

原子力事業統括部 原子力設備グループリーダー 伊藤 康隆
原子力事業統括部 原子力土木第1グループリーダー 泉 信人
原子力事業統括部 原子力土木第2グループリーダー 奥寺 健彦
原子力事業統括部 原子力建築グループリーダー 野尻 揮一郎

泊発電所 2 号炉 高経年化対策検討実施体制表



- (注) ・実線の範囲は、泊発電所高経年化対策検討の実施体制範囲である。
 ・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」及び「長期保守管理方針の維持」の管理は発電所で実施する。
 ・原子力発電安全委員会は保安規定第 6 条に基づき設置するものであり、原子力部長を委員長とし、泊発電所長、発電用原子炉主任技術者他で構成する。

資料 3 - 1 評価の実施に係る組織

項目	年度											
	平成 2 7		平成 2 8		平成 2 9		平成 3 0		平成 3 1 令和元		令和 2	
高経年化対策検討実施計画書, 実施手順書の策定及び改正	▼ 策定				▼ 改正		▼ 改正	▼ 改正		▼ 改正		
高経年化技術評価書作成	[Redacted]											
高経年化技術評価書等レビュー										■		
実施手順の確認										▼▼		
原子力発電安全委員会（審議）										▼		
保安規定変更認可申請										▼		

4. 高経年化技術評価方法

4. 1 高経年化技術評価対象機器

本検討では、高経年化対策実施ガイド等に従い、泊発電所2号炉の安全上重要な機器等（実用炉規則 第82条第1項で定める機器・構造物）のうち、冷温停止状態が維持されることを前提とした設備を高経年化技術評価対象機器とした。

具体的には、重要度分類指針におけるクラス1、2及び3に分類される構造物、系統又は機器に属する機器・構造物のうち、冷温停止状態の維持に必要な設備とし、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、取替基準が社内規程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対象から除外する。

4. 2 機器・構造物の技術評価

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（カテゴリ化）し機種ごとに評価した。

選定された評価対象機器について合理的に評価するため、構造（型式等）、使用環境（内部流体等）、材料等により、学会標準2008版附属書A（規定）及び学会標準2018（追補3）版附属書A（規定）に基づき、「経年劣化メカニズムまとめ表^{注1)}」を参考に、対象機器を分類しグループ化を行った。

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

注：「経年劣化メカニズムまとめ表」はこれまでの高経年化技術評価の知見を包括的にまとめ、高経年化技術評価対象機器個別の条件（型式、使用環境、材料等）を考慮し、安全機能達成のために要求される機能の維持に必要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み合わせを整理した表であることから、「経年劣化メカニズムまとめ表」を活用することで、これまでに確認されている使用材料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保守管理に活用する情報を集約してまとめたものであり、保守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」に反映される保守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

泊発電所2号炉の高経年化技術評価を検討するにあたり、これまで実施した先行評価プラントの高経年化技術評価報告書を参考にするとともに、現在までの国内外の運転経験について事象・原因を調査し、影響を判断して反映を実施する。

国内の運転経験としては、法律対象のトラブルに加え、法令の定めでは国への報告は必要ないが、電力自主で公開している軽微な情報も含んでいる。具体的には、原子力安全推進協会が運営している原子力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（通達）、Generic Letter及びInformation Noticeを対象とした。

最新知見として高経年化技術評価において考慮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。

- ① 「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」の制定について（平成25年6月19日 原規技発第1306194号）
- ② 実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド（平成25年6月19日 原管P発第1306198号，平成25年12月6日 原管P発第1312062，平成27年10月7日 原規規発第1510071，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）
- ③ 実用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド（平成25年7月8日 原管P発第1307081号，平成25年12月18日 原管P発第1312181，平成28年11月2日 原規規発第16110217号）
- ④ 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の一部改正について（平成26年7月9日 原規技発第1407092号，平成26年8月6日 原規技発第1408062号，平成26年11月12日 原規技発第1411122号，平成27年2月4日 原規技発第1502041号）
- ⑤ 原子力安全基盤機構 高経年化技術評価審査マニュアル（JNES-RE-2013-9012）平成25年9月発行）
- ⑥ 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について（平成26年8月6日 原規技発第1408063号）

その他，泊発電所2号炉の高経年化技術評価において，検討対象とした国の定める技術基準，日本機械学会，日本電気協会及び日本原子力学会等の規格・基準類並びに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うち，考慮した主な最新知見について以下に示す。

- ① 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 平成21年2月発行）
- ② 日本機械学会 発電用原子力設備規格 環境疲労評価手法（2009年版）（JSME S NF1-2009 平成22年2月発行）
- ③ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準：2010 追補1（AESJ-SC-P005:2010 平成22年9月発行）
- ④ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準：2011 追補2（AESJ-SC-P005:2011 平成24年6月発行）
- ⑤ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準：2012

- 追補3 (AESJ-SC-P005:2012 平成24年12月発行)
- ⑥ 日本電気協会 電気技術規程 原子炉構造材の監視試験方法 [2013年追補版] (JEAC 4201-2007[2013年追補版], 平成26年5月発行)
 - ⑦ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準: 2015 (AESJ-SC-P005:2015 平成28年3月発行)
 - ⑧ 原子力安全基盤機構 照射誘起応力腐食割れ (IASCC) 評価技術に関する報告書 (平成21年9月発行)
 - ⑨ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準: 2016 (追補1) (AESJ-SC-P005:2016 (Amd.1) 平成28年12月発行)
 - ⑩ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準: 2017 (追補2) (AESJ-SC-P005:2017 (Amd.2) 平成30年11月発行)
 - ⑪ 日本原子力学会 原子力発電所の高経年化対策実施基準: 2018 (追補3) (AESJ-SC-P005:2018 (Amd.3) 令和元年7月発行)
 - ⑫ 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 令和元年8月発行)

4. 2. 3 経年劣化事象の抽出

(1) 経年劣化事象の抽出

高経年化技術評価を行うにあたっては、選定された評価対象機器の使用条件（型式，材料，環境条件等）を考慮し，学会標準2008版附属書A（規定）及び学会標準2018（追補3）版附属書A（規定）に基づき，「経年劣化メカニズムまとめ表」を参考に，経年劣化事象と部位の組み合わせを抽出した。

(2) 事象の発生・進展の評価における原子炉の運転状態の考慮

抽出した経年劣化事象のうち，原子炉の運転状態によって使用条件が異なる機器に想定されるものについては，原子炉の運転を断続的に行う場合に比べ，冷温停止状態を維持する場合の方が使用条件が厳しくなる場合がある。このような経年劣化事象の発生・進展の評価においては，その使用条件を考慮する必要があることから，これを特定した。

原子炉の冷温停止状態を維持する場合の方が使用条件が厳しい事象として，以下の2つの事象が特定された。

- a. 余熱除去ポンプ用電動機 固定子コイルの絶縁低下
- b. 余熱除去系統等の中間開度で使用している玉形弁及びバタフライ弁 弁体及び弁座の腐食（エロージョン）

(3) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

a. 「主要6事象^{注)}」の分類

(1) で抽出された経年劣化事象と部位の組み合わせのうち，主要6事象に該当するものについて，原子炉の冷温停止状態が維持される場合には進展が想定されないものを除外し，高経年化対策上着目すべき事象を抽出した。

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能力低下」

その結果、「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」に該当するものが抽出された。

なお、(2)で原子炉の冷温停止状態を維持する場合の方が使用条件や環境が厳しくなる事象として特定した余熱除去ポンプ用電動機に想定される固定子コイルの絶縁低下については、主要6事象に該当することから、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に分類した。

また、主要6事象に該当するが、原子炉の冷温停止状態が維持される場合には進展が想定されない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ものの、耐震安全性評価を実施するために運転開始後30年時点までの劣化を考慮した技術評価の結果が必要であることから、技術評価を行うこととし、対象分類については別途検討を行なった。

b. 主要6事象以外の分類

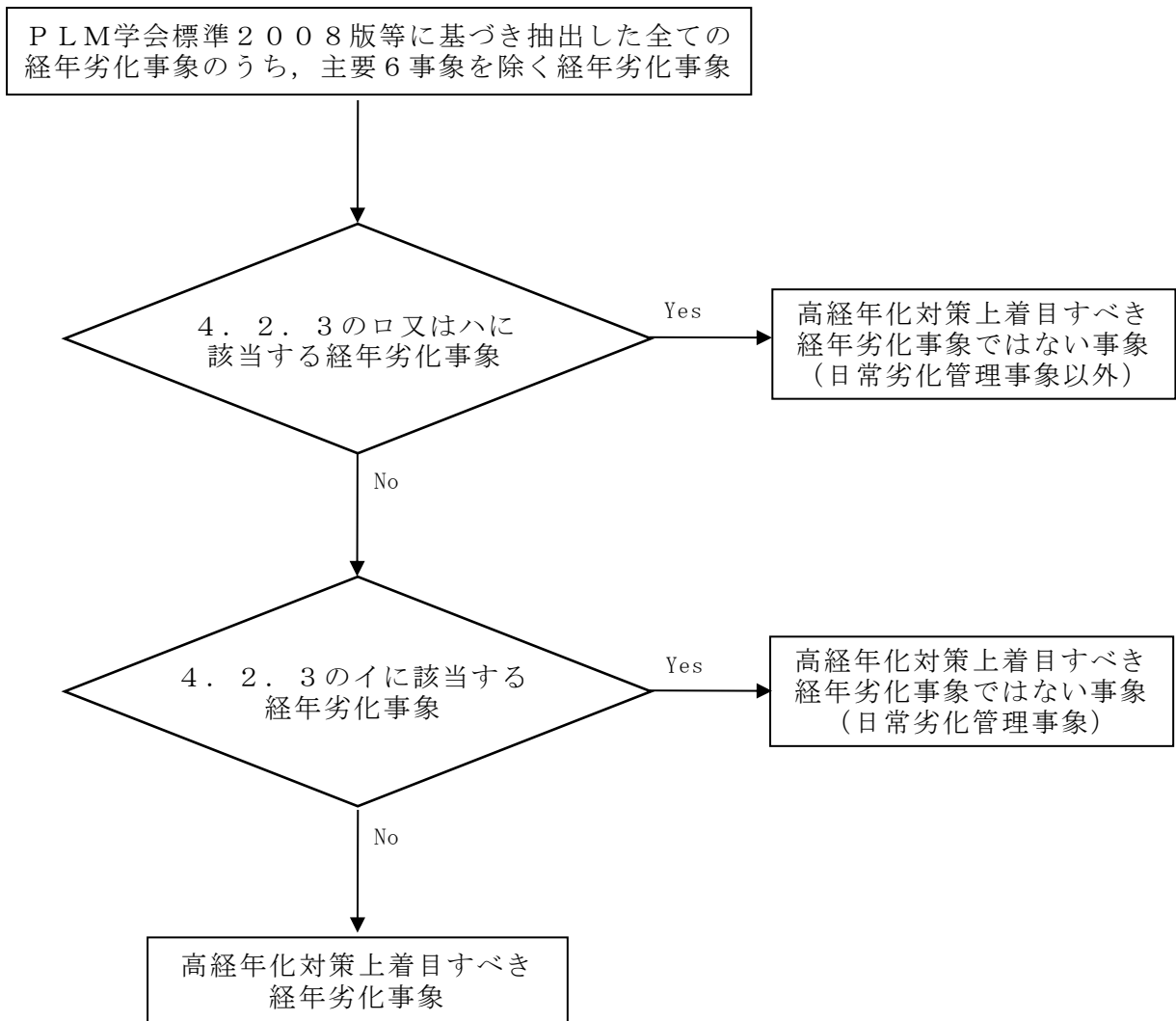
(1)で抽出された経年劣化事象と部位の組み合わせのうち、主要6事象のいずれにも該当しないものであって、下記に該当する場合は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象として除外した(資料4-1)。

- 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
- ハ 冷温停止状態が維持されることを前提とした評価において、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、高経年化技術評価時点以降において経年劣化の進展が考えられない経年劣化事象

この結果、主要 6 事象に該当するもの以外で高経年化対策上着目すべき経年劣化事象として抽出されたものはなかった。

このうち、上記分類の「イ」に該当する経年劣化事象は、主要 6 事象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ごと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、2.4 で記載した日常的な保守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な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。

なお、(2) で原子炉の冷温停止状態を維持する場合の方が使用条件が厳しくなる事象として特定した余熱除去系統等の中間開度で使用している玉形弁、バタフライ弁に想定される弁体及び弁座の腐食（エロージョン）については、原子炉の冷温停止状態を維持する場合に想定される使用条件を考慮しても、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り、想定した劣化傾向等に基づき、分解点検時に目視で状態を確認する等、適切な保全活動により機器の健全性を維持しており、上記分類の「イ」に該当することから日常劣化管理事象に分類した。



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 (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順で実施した。

a. 健全性評価

機器ごとに抽出した部位と経年劣化事象の組み合わせごとに30年以降10年間の冷温停止状態を仮定して、傾向管理データによる評価及び解析等の定量評価、過去の保全実績、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。

評価にあたっては、60年間の劣化の進展を仮定した評価を行うことで40年間における健全性を評価した。

また、評価の条件は、原子炉の冷温停止状態が維持されることを前提とした評価条件に比べ、原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価条件が同等もしくは保守的な場合にはその評価条件を用いることを基本とし、原子炉の冷温停止状態が維持されることを前提とした評価条件の方が厳しい場合には、その評価条件を用いることとした。

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、点検・補修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 をあ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々を評価する。

d. 高経年化への対応

冷温停止状態の維持を考慮した場合、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する。また，国内外の新たな運転経験及び最新知見の反映については4. 2. 2項に示したとおりである。

4. 3. 1 耐震安全性評価対象機器

機器・構造物の技術評価対象機器と同じとした。

4. 3. 2 耐震安全性評価手順

a. 耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

4. 2. 3(3)で抽出した安全機能を有する機器・構造物に想定される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。

また，原子炉の冷温停止状態が維持される場合には進展が想定されない経年劣化事象についても，これらの事象が顕在化した場合，機器の振動応答特性又は，構造・強度上，影響が「有意」なものは，耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象とした。

なお，耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象で，原子炉の冷温停止状態を維持する場合の方が使用条件が厳しくなる経年劣化事象はなかった。

b. 耐震安全性評価

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

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

これらの項目のうち、③については60年間の劣化の進展を仮定した評価を行うことで40年間における耐震安全性を評価した。

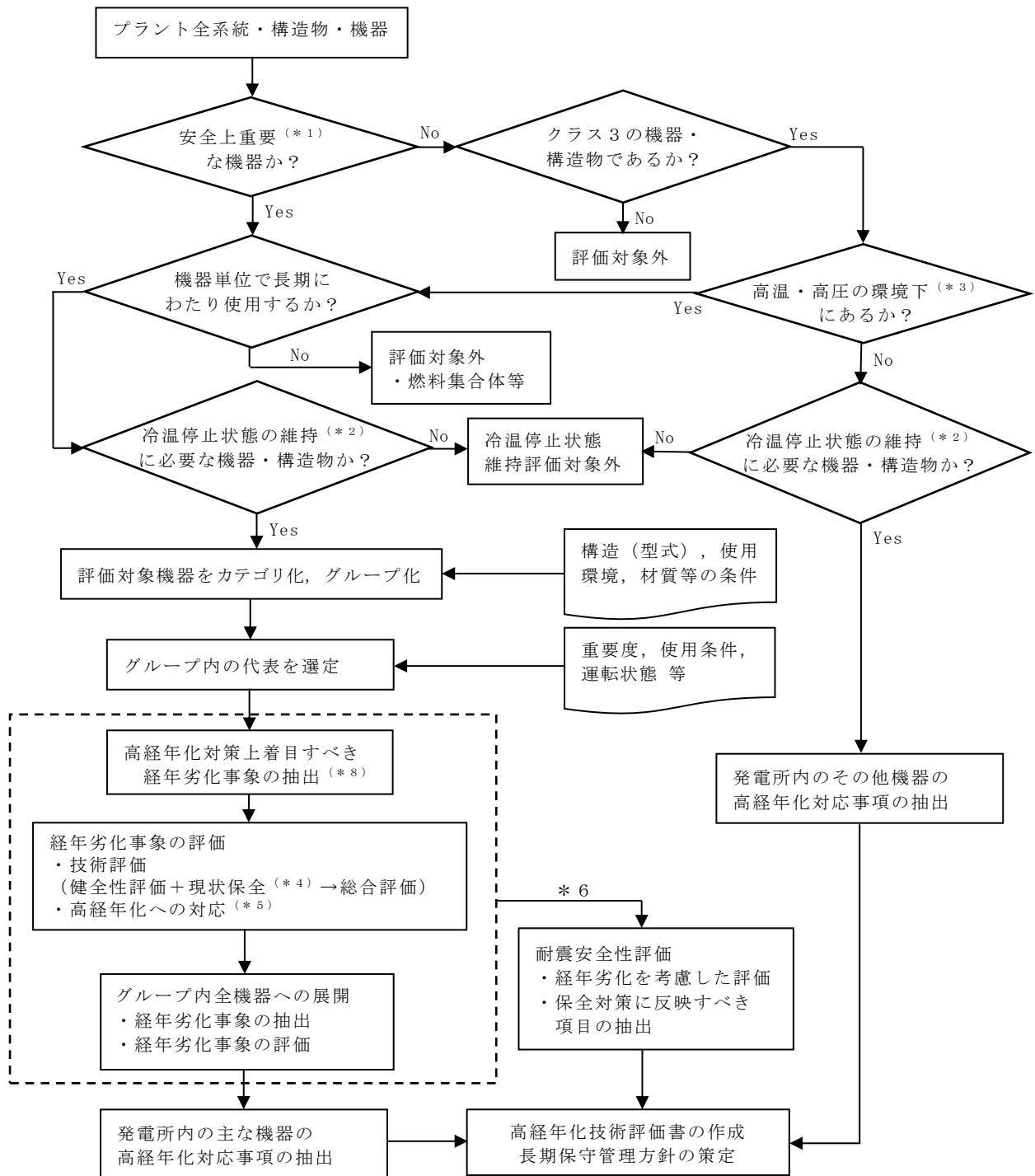
また、④及び⑥については経年劣化の影響を考慮して評価を実施した。また、評価に際しては、「日本電気協会 原子力発電所耐震設計技術指針（JEAG4601-1987）」等に準じて実施した。

評価の条件は、原子炉の冷温停止状態が維持されることを前提とした評価条件に比べ、原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価条件が同等もしくは保守的な場合にはその評価条件を用いることを基本とし、原子炉の冷温停止状態が維持されることを前提とした評価条件の方が厳しい場合には、その評価条件を用いることとした。

c. 保全対策へ反映すべき項目の抽出

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

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



* 1 : 重要度クラス 1, 2 (* 7)

* 2 : 保安規定で定義されている原子炉の運転モード 5, 6 で要求される設備及び運転モードに関係なく要求される設備を対象とする。

* 3 : 重要度クラス 3 の内, 最高使用温度が 95℃ を超え, 又は最高使用圧力が 1900kPa を超える環境 (原子炉格納容器外にあるものに限る)

* 4 : 系統レベルの機能確認を含む。

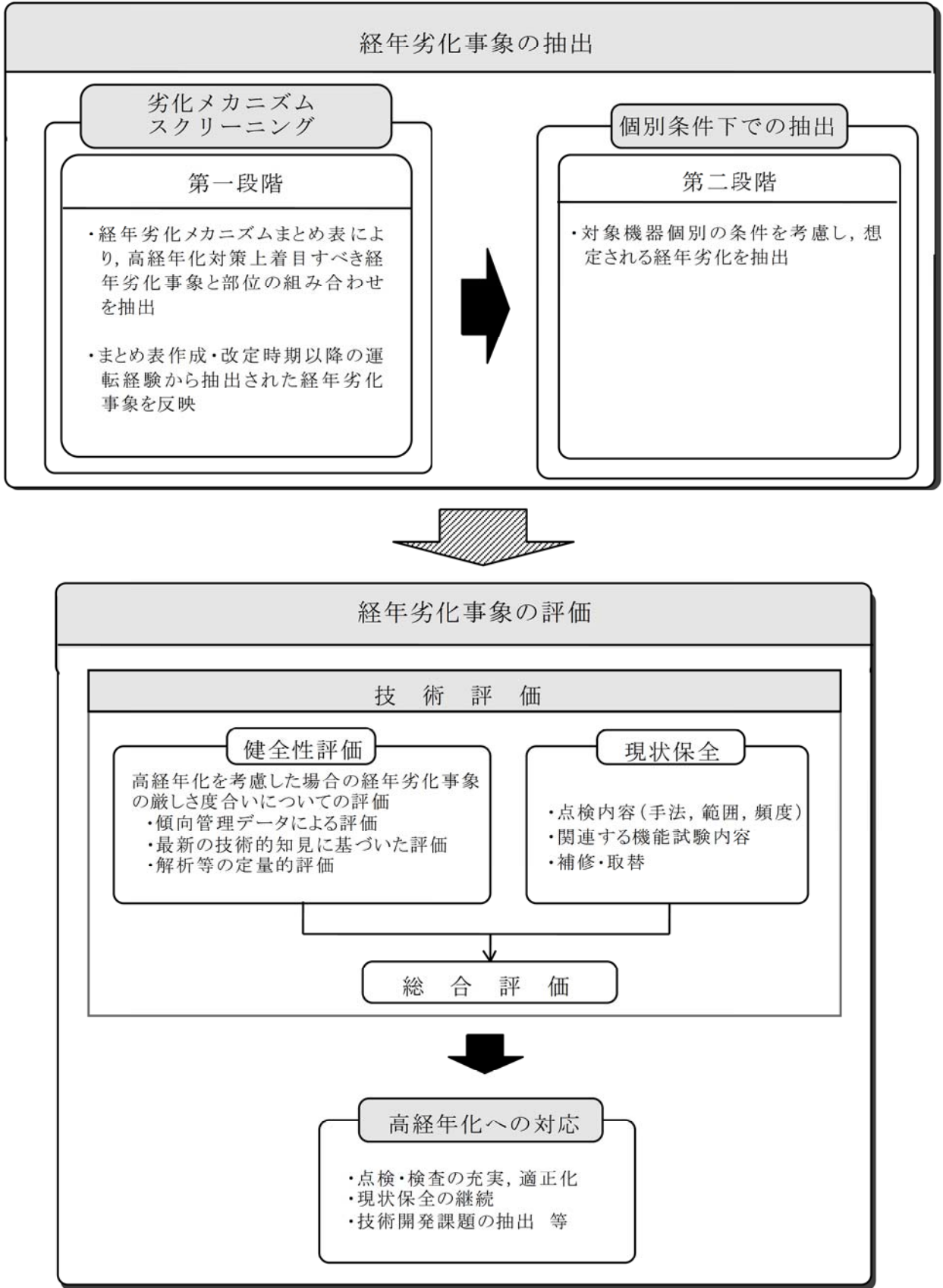
* 5 : 高経年化対応としての保全のあり方を論じ, 高経年化に関係のない一般的な保全は切り離す。

* 6 : 経年劣化の発生・進展が否定できず, 耐震安全性に影響を及ぼす可能性のある事象

* 7 : 「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

* 8 : 原子炉の運転状態によって使用条件が異なる場合は, より保守的な条件を考慮する。

資料 4 - 2 技術評価フロー



資料 4 - 3 経年劣化事象の抽出及び技術評価フロー

5. 高経年化技術評価結果

本章では、資料4-2で抽出した機器・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、冷温停止状態において、経年劣化の発生・進展が考えられない経年劣化事象は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないが、運転開始後30年時点までの経年劣化を考慮した耐震安全性評価を実施するため、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象と同様に評価した。

また、各機器・構造物の詳細な評価結果については、それぞれ別冊にまとめている。

5. 1 機器・構造物の技術評価結果

冷温停止状態維持を前提とした機器・構造物については、冷温停止状態において現状の保全を継続していくことにより、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、技術評価結果から、現状の保全策に追加すべき項目は抽出されなかった。

5. 2 耐震安全性評価結果

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「軽微若しくは無視」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結果、現状の保全策に追加すべき項目や評価結果は抽出されなかった。

5. 3 評価の結果に基づいた補修等の措置

本高経年化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

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

6. 1 長期保守管理方針の策定

高経年化技術評価の結果から、現状の保全策に追加すべき項目は抽出されなかった。冷温停止状態において現状の保全を継続することで、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。

6. 2 技術開発課題

高経年化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、点検や検査技術の高度化、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、電力共同研究や高経年化技術評価高度化事業の成果等を活用し、必要なものは保全計画に反映する。

7. まとめ

(1) 総合評価

泊発電所2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、冷温停止状態が維持されることを前提とした機器・構造物については、現状の保全を継続していくことにより、安全に冷温停止状態を維持することは可能であるとの見通しを得た。

(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。

- ・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

