

柏崎刈羽原子力発電所 5 号炉
高経年化技術評価
(共通事項)

補足説明資料

2019 年 6 月 20 日

東京電力ホールディングス株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は、営業秘密
又は防護上の観点から公開できません。

目次

1. はじめに	1
2. 今回実施した高経年化技術評価について	1
2.1 高経年化技術評価の実施体制及び実施手順	2
2.2 高経年化技術評価の前提とする運転状態	9
2.3 評価対象となる機器及び構造物の抽出	9
2.4 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出	10
2.5 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対する健全性評価	11
2.6 耐震安全性評価	12
2.7 高経年化技術評価に係る全体プロセス	13
3. 柏崎刈羽原子力発電所における保全活動	14
別紙1. 日常劣化管理事象について	追而
別紙2. 日常劣化管理事象以外の事象について	追而

1. はじめに

(1) 本資料について

本資料は、柏崎刈羽原子力発電所5号炉（以下、「柏崎刈羽5号炉」という。）の高経年化技術評価書の補足として、共通的な事項である実施体制及び実施手順等について取りまとめたものである。

(2) 保安規定変更認可申請について

柏崎刈羽5号炉は、1990年4月10日に営業運転を開始し、2020年4月に運転開始後30年を経過することから、原子炉等規制法¹第43条の3の22第1項及び実用炉規則²第82条第1項の規定に基づき、原子力規制委員会内規「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」及び「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」（以下、「実施ガイド」という。）に従い、柏崎刈羽5号炉について、安全上重要な機器等の経年劣化に関する技術的な評価（高経年化技術評価）を行い、この評価の結果に基づき、10年間に実施すべき保守管理に関する方針（長期保守管理方針）を策定した。

また、原子炉等規制法第43条の3の24及び実用炉規則第92条の規定に基づき、柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定に長期保守管理方針を反映するため、2019年4月5日に保安規定変更認可申請を行った。

2. 今回実施した高経年化技術評価について

柏崎刈羽原子力発電所についての高経年化技術評価及び長期保守管理方針に関しては、「柏崎刈羽原子力発電所原子炉施設保安規定」（以下、「保安規定」という。）第107条の2において規定しており、これに基づき実施手順及び実施体制を定め、柏崎刈羽5号炉について高経年化技術評価を行い、この評価の結果に基づき、長期保守管理方針を策定した。

¹ 核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律(昭和32年法律第166号)

² 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則(昭和53年通商産業省令第77号)

2.1 高経年化技術評価の実施体制及び実施手順

(1) 実施体制

保安規定に基づく品質保証計画に従い、日本電気協会「原子力発電所における安全のための品質保証規程」(JEAC4111-2009)及び「原子力発電所の保守管理規程」(JEAC4209-2007)に則った高経年化技術評価の実施体制を構築している。

高経年化技術評価の実施体制及び実施手順は、二次文書「高経年化技術評価マニュアル」(NE-55-21) (以下、「PLM マニュアル」という。)により規定しており、PLM マニュアルに従い策定した「柏崎刈羽原子力発電所5号炉高経年化技術評価実施計画」(以下、「実施計画」という。)により実施体制を定めている。

具体的な実施体制は図-1のとおり。それぞれの責任と権限は以下のとおり。

- 本社原子力設備管理部設備技術グループ
高経年化技術評価に係る長期実施計画を策定し、発電所所管グループが実施する高経年化技術評価に資する情報提供、評価・改善措置立案への助言及び発電所所管グループが作成した高経年化技術評価書について、レビューの実施・とりまとめを行う。また、電事連に係る業務、他電力との調整及びその他対外窓口業務を行う。
- 本社原子力設備管理部建築技術グループ
発電所所管グループが実施するコンクリート及び鉄骨構造物に係る高経年化技術評価に資する情報提供、評価・改善措置立案への助言及び発電所所管グループがとりまとめたコンクリート及び鉄骨構造物に係る高経年化技術評価書について、主に技術的な観点からのレビューを行う。
- 本社原子力設備管理部原子力耐震技術センター機器耐震技術グループ
発電所所管グループが実施する耐震安全性評価に係る高経年化技術評価に資する情報提供、評価・改善措置立案への助言及び発電所所管グループがとりまとめた耐震安全性に係る高経年化技術評価書について、主に技術的な観点からのレビューを行う。
- 発電所第一保全部高経年化評価グループ
高経年化技術評価の実実施計画、発電所実施体制及び長期保守管理方針の策定ならびに進捗状況管理及び発電所所管グループが作成する高経年化技術評価書のとりまとめを行う。
- 発電所各所管グループ
第一保全部高経年化評価グループが作成した実施計画に従い、所管する設備または評価項目について、自らまたは必要に応じて本社所管グループと協議・協力のうえ高経年化技術評価を実施し、その結果を高経年化技術評価書にまとめるとともに、長期保守管理方針策定に係る長期保全計画を作成する。
- 発電所安全総括部品質保証グループ
技術評価書の適切性確認等(必要に応じ実施)
- 発電所原子力発電保安運営委員会
高経年化技術評価書の審議、長期保全計画の審議、長期保守管理方針の審議、保守管理の実施方針の妥当性評価結果の審議

本社

原子力設備管理部
設備技術グループ

- 長期実施計画*の策定
- 高経年化技術評価に資する情報提供、評価・改善措置立案への助言
- 高経年化技術評価書のレビューの実施
- 本社とりまとめ
- 電事連に係る業務
- 他電力との調整
- その他対外窓口業務

原子力設備管理部
建築技術グループ

- コングリート及び鉄骨構造物に係る高経年化技術評価に資する情報提供、評価・改善措置立案への助言
- コングリート及び鉄骨構造物に係る高経年化技術評価書の技術的な観点からのレビューの実施

原子力設備管理部
原子力耐震技術センター
機器耐震技術グループ

- 耐震安全性評価に係る高経年化技術評価に資する情報提供、評価・改善措置立案への助言
- 耐震安全性評価に係る高経年化技術評価の技術的な観点からのレビューの実施

*：原子力発電所プラントの計画

情報交換、業務依頼等

発電所

原子力発電保安運営委員会

- 高経年化技術評価書の審議
- 長期保全計画の審議
- 長期保守管理方針の審議
- 保守管理の実施方針の妥当性評価結果の審議

第一保全部
高経年化評価グループ

- 実施計画及び実施体制の策定
- 全体進捗状況管理
- 高経年化技術評価実施連絡会事務局
- 高経年化技術評価書のうち本冊の作成
- 高経年化技術評価書のうち別冊（炉内構造物他）の作成及び長期保全計画の作成
- 高経年化技術評価書及び長期保全計画のとりまとめ
- 長期保守管理方針の策定
- 高経年化技術評価書の作成・確認要領書の作成
- 高経年化技術評価書の内容確認及び作成進捗状況管理
- 運転経験の収集及び評価・分析
- 高経年化技術評価作業WG事務局

第二運転管理部
燃料グループ

第一保全部
土木グループ
建築グループ
第二保全部
原子炉グループ
タービングループ
電気機器グループ
計測制御グループ
環境施設グループ

- 高経年化技術評価書のうち別冊（各所管する設備）の作成及び長期保全計画の作成

安全総括部
品質保証グループ

- 高経年化技術評価書の適切性確認要領書の作成
- 高経年化技術評価書の適切性確認の実施

図一 1 高経年化技術評価及び長期保守管理方針策定に係る組織

(2) 実施手順

高経年化技術評価の実施手順は、実施計画により確立している。

高経年化技術評価の流れを図-2に示す。具体的な実施手順は2.2~2.6に示す。また、評価書等のレビュー、実施手順の確認及び評価書等の承認プロセスについて2.7に示す。

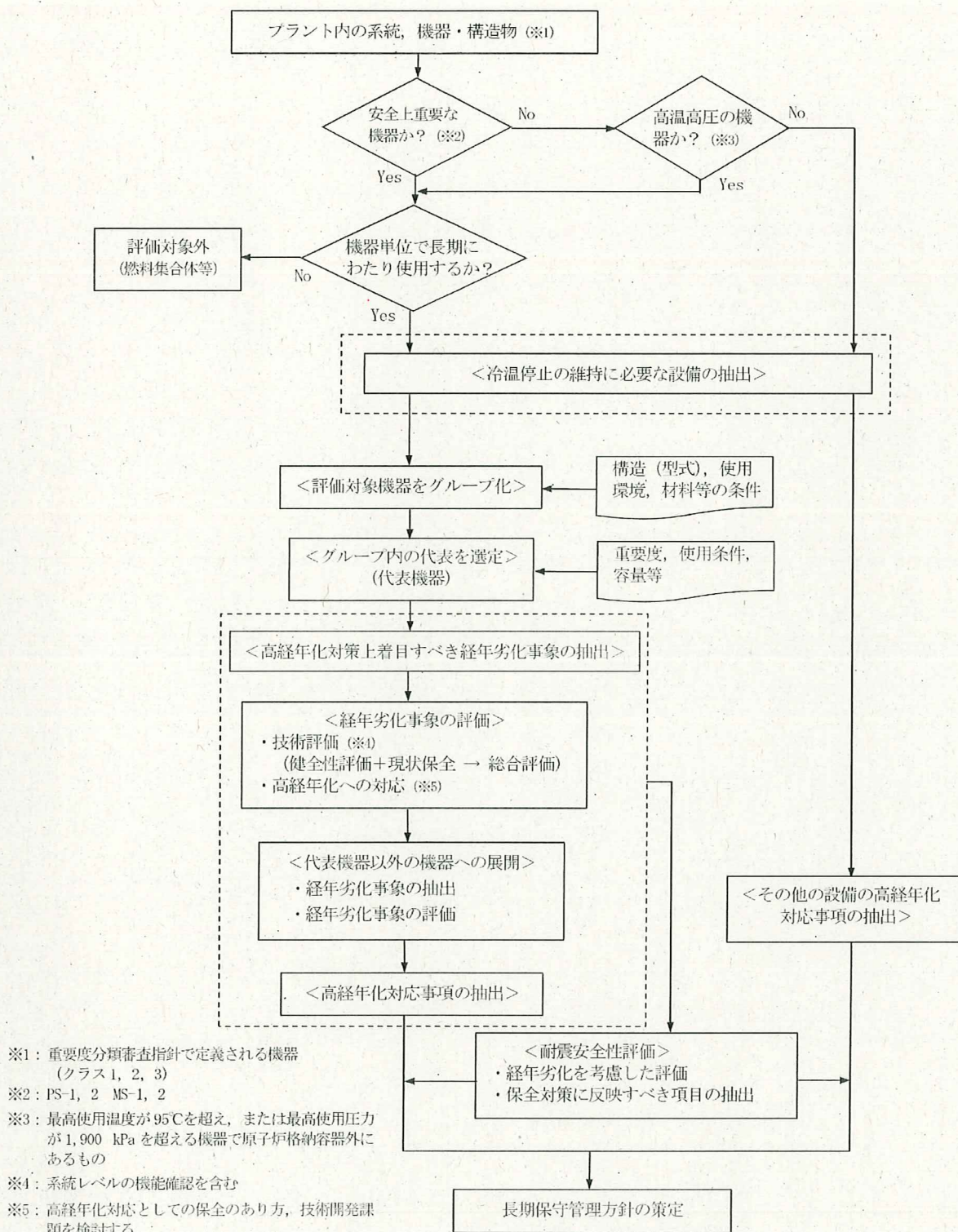


図-2 高経年化技術評価の流れ

(3) 高経年化技術評価に係る品質マネジメントシステムの文書体系

高経年化技術評価に係る品質マネジメントシステム(QMS)の文書体系を図-3に示す。

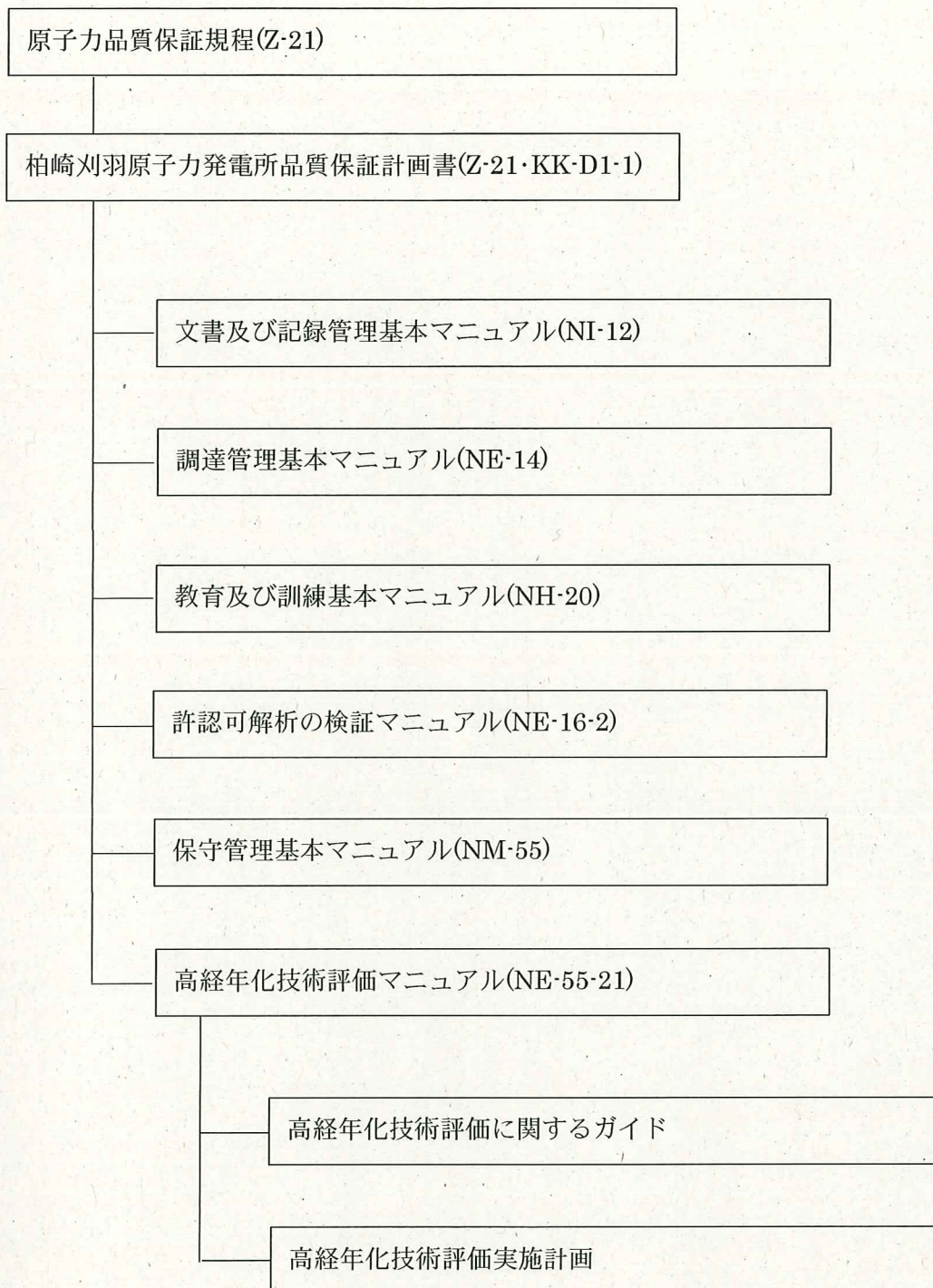


図-3 高経年化技術評価に係る品質マネジメントシステム文書体系

(4) QMS 文書の規定範囲

各文書の規定範囲は以下のとおり。

●一次文書

○原子力品質保証規程 (Z-21)

原子力発電所の安全確保のための活動を体系的に実施するため、日本電気協会「原子力発電所における安全のための品質保証規程」(JEAC4111-2009)に従って、品質マネジメントシステムを構築し定めるもの。

○柏崎刈羽原子力発電所品質保証計画書 (Z-21・KK-D1-1)

柏崎刈羽原子力発電所が、原子力品質保証規程 (Z-21) 及び ISO9001:2008 にて確立した原子力安全を達成・維持・向上させるための安全文化を醸成するための活動を行う仕組みを含めた保安活動に係る品質マネジメントシステムを実施し、評価確認し、継続的に改善することを目的として定めるもの。

●二次文書 (マニュアル)

○文書及び記録管理基本マニュアル (NI-12)

原子力品質保証規程 (Z-21) で定める品質マネジメントシステムに必要な文書及び記録の作成、審査、承認、発行、配付等の取扱いを的確に実施するための要求事項を具体的に定めるもの。

○調達管理基本マニュアル (NE-14)

当社原子力部門における物品、工事、及び役務等の調達に関する遵守事項を定めるもの。

○教育及び訓練基本マニュアル (NH-20)

原子力安全の達成に影響がある業務に従事する要員に必要な力量を明確にし、要員が力量を有することを確実にするとともに、原子力安全の達成・維持・向上のために要員の力量を向上させることを目的に定めるもの。

○許認可解析の検証マニュアル (NE-16-2)

許認可解析における過誤の発生防止を目的として、許認可解析に係る検証方法を定めるもの。

○保守管理基本マニュアル (NM-55)

原子炉施設の安全機能及び供給信頼性を確保するために、保守管理に関する基本的な業務要領を定めるもの。

○高経年化技術評価マニュアル (NE-55-21)

安全機能を有する機器・構造物に発生しているか、又は発生する可能性のある全ての経年劣化事象の中から、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出し、これに対する機器・構造物の健全性について評価を行うとともに、現状の保守管理が有効かどうかを確認し、必要に応じ、保全プログラムに反映すること、更に技術開発課題を抽出して検討を行うことを目的に定めるもの。

●三次文書（ガイド）

○高経年化技術評価に関するガイド

高経年化技術評価マニュアル (NE-55-21) を補足し、高経年化技術評価の具体的実施手順等を示したものの。

●三次文書（二次文書に基づき作成した文書）

○高経年化技術評価実施計画

柏崎刈羽原子力発電所における高経年化技術評価及び長期保守管理方針の策定に際して、高経年化技術評価マニュアル (NE-55-21) に基づき、具体的に評価対象プラント、評価対象期間、実施体制、スケジュール等を定めるもの。

(5) 高経年化技術評価の実施に係る協力事業者の管理

高経年化技術評価に係る業務を委託した協力事業者（東電設計株式会社）について、調達管理基本マニュアル (NE-14) に基づく以下の管理を行っている。

a. 調達要求事項の明確化

当社の要求事項は、調達仕様書により明確にしている。

b. 調達対象物の検証

調達対象物が、規定した調達要求事項を満たしていることを確実にするため必要な検査又はその他の活動を定め、検証を行っている。

c. 調達先の評価

調達要求事項に適合する調達対象物を供給できるかどうかの能力について評価している。

d. 品質保証体制等の確認

品質保証計画書により、品質保証体制に問題の無いことを確認している。

(6) 高経年化技術評価の実施に関与する者の力量評価

高経年化技術評価の実施に関与する者に必要な力量は、高経年化技術評価実施計画において、教育及び訓練基本マニュアル (NH-20) に基づき管理されている各業務の力量区分 2 (力量レベル 3) 以上にすると定めている。

なお、評価の助勢業務については力量区分 1 (力量レベル 2) 以下の者であっても可能としている。

(7) 最新知見及び運転経験の反映

原子力発電所の経年劣化に関する最新知見及び国内外の運転経験について調査・分析し、反映要否を検討し、反映要と判断したものについて、高経年化技術評価に反映している。

a. 調査範囲

(a) 最新の経年劣化事象に関する知見

原子力発電所に関する国及び学協会で制定された規格・基準類ならびに原子力規制委員会がホームページ上で公開しているデータベースにおける試験研究の情報。

(b) 原子力発電所の運転経験

・国内トラブル情報

(一般社団法人) 原子力安全推進協会が運営す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事例のうち、法令・通達事象及び保全品質情報。

・海外トラブル情報

米国の原子力規制委員会から発行されている情報

(Bulletin, Generic Letter, Information Notice)

b. 調査対象期間

高経年化技術評価を開始する前年度末である 2018 年 3 月末までとした。高経年化技術評価を開始した以降においても、最新知見及び運転経験について適宜情報を入手した。

c. 反映内容

経年劣化事象の抽出にあたっては、これまで実施した福島第一原子力発電所 1～6 号炉、福島第二原子力発電所 1～4 号炉及び柏崎刈羽原子力発電所 1 号炉を含む先行評価プラントの技術評価書を参考にするとともに、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反映した。

運転経験の反映は、福島第二原子力発電所 4 号炉へ反映した運転経験に加え、それ以降 (2016 年 7 月末～2018 年 11 月末) 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。

なお、経年劣化事象の選定・抽出において、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」の「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。

2.2 高経年化技術評価の前提とする運転状態

柏崎刈羽原子力発電所5号炉は、実施ガイド3.1⑧の規定口に該当するため、高経年化技術評価は、発電用原子炉の冷温停止状態（燃料が炉心に装荷された状態を含む。以下同じ。）が維持されることを前提としたものとした。

2.3 評価対象となる機器及び構造物の抽出

高経年化技術評価の対象は、「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）」において定義されるクラス1,2及び3に該当する機器及び構造物のうち、発電用原子炉の冷温停止状態の維持に必要な機器及び構造物の全てとした。ただし、機器単位で長期にわたり使用せず、定期的に取り替えるもの（燃料集合体等）は除外した。

(1) 評価対象となる機器及び構造物全てを抽出する手順

「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）」及びこれを踏まえ具体的な分類を示した日本電気協会「安全機能を有する電気・機械装置の重要度分類指針」（JEAG4612-2010）に基づき識別した配管計装線図等を基に抽出した。

(2) 高温・高圧の環境下にある機器を抽出する手順

クラス3に該当する機器及び構造物のうち、原子炉格納容器外にある機器については、高温・高圧の環境下（最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900kPaを超える環境）にある機器を配管計装線図等で確認し、明確にした。

(3) 抽出した機器及び構造物の分類

抽出した機器及び構造物のうち、クラス1及び2に該当する機器及び構造物並びにクラス3に該当する機器及び構造物のうち高温・高圧の環境下にある機器について、13種類の機種（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）別に区分した。

(4) 対象機器及び構造物全てを評価する手法

対象機器及び構造物全てについて合理的に評価するため、(3)で区分した機種内でさらに分類し、グループ化を行い、グループの代表機器または構造物について評価し、その評価結果をグループ内の全ての機器または構造物に水平展開するという手法をとった。ただし、代表機器または構造物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した。

2.4 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

評価対象機器において想定される全ての経年劣化事象と部位の組合せの抽出にあたっては、評価対象機器がおかれている使用条件（型式、材料、環境条件等）を考慮し、（一般社団法人）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」を参考に実施した。

なお、安全機能を有する機器・構築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。

- ① 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（日常劣化管理事象）
- ② 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、または進展傾向が極めて小さいと考えられる経年劣化事象（日常劣化管理事象以外の事象）

このうち上記分類の①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、日常的な保守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経年劣化事象であり、これらが日常劣化管理事象となる。

*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」

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たものを、別紙1（日常劣化管理事象）及び別紙2（日常劣化管理事象以外の事象）に示す。

2.5 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対する健全性評価

2.4で抽出した高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、プラントの運転を開始した日から40年間について機器または構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の保守管理に追加すべき保全策を抽出した。

(1) 健全性の評価

代表機器の主要部位・経年劣化事象の組合せ毎に、プラントの運転を開始した日から40年間について、機器の健全性を解析等の定量評価、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。

(2) 現状保全の整理

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）を整理した。

(3) 総合評価

上記(1)と(2)をあわせて現状保全の妥当性を総合的に評価した。具体的には、健全性評価結果と整合のとれた点検等が、現状の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した。

(4) 高経年化への対応

高経年化対策の観点から充実すべき点検・検査項目、技術開発課題等を抽出した。

2.6 耐震安全性評価

安全機能を有する機器・構築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。

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。

- ① 設備の耐震重要度分類
- ② 設備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

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）」に基づき策定した基準地震動による評価を実施した。

以上の検討結果を基に、耐震安全性の観点から保全対策に反映すべき項目があるかを検討した。

2.7 高経年化技術評価に係る全体プロセス

(1) 高経年化技術評価実施計画の策定

PLM マニュアルに従い、高経年化技術評価実施計画を策定し、2016年11月29日に発電所長が承認した。

(2) 評価の実施及び評価書等の作成

高経年化技術評価実施計画に基づき、高経年化技術評価を実施し、評価書等を作成した。

(3) 評価書等の内容のレビュー

PLM マニュアルに従い、本社各所管グループが評価書等のレビューを実施した。

(4) 高経年化技術評価書等の確認と適切性確認

保安規定変更認可申請に先立ち、作成した高経年化技術評価書及び長期保守管理方針の記載内容等の確認と適切性の確認を実施。

品質保証グループは、高経年化技術評価書等の作成及び確認の基本的要求事項を明確にするために、品質保証基本方針を作成・承認。

高経年化評価グループは、高経年化技術評価書等の作成及び確認に際して「高経年化技術評価書等の作成・確認要領書」を作成・承認。

品質保証グループは、高経年化技術評価書等の適切性確認要領書を作成・承認。

発電所所管グループは、高経年化評価グループが承認した要領書に従い、高経年化技術評価書等の記載内容等の確認を実施。

品質保証グループは、適切性確認要領書に従い、高経年化技術評価書等の適切性の確認を実施。

(5) 評価書等の承認プロセス

PLM マニュアルに従い、(1)～(4)を経て作成された評価書等について、発電所原子力発電保安運営委員会による審査を経て、2019年3月25日に発電所長が承認した。

3. 柏崎刈羽原子力発電所における保全活動

原子力発電所の保全において最も重要な点は、系統・構造物・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。原子力発電所に対する保全では、系統・機器・構造物の経年劣化が徐々に進行して最終的に事故・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、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」（2013年7月7日以前は「電気事業法」）に基づく施設定期検査*1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。

* 1：施設定期検査申請書には保全計画が含まれる。

なお、2013年7月7日以前は、「電気事業法」に基づく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。

具体的には、国が技術的な妥当性を評価し、実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則 第81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、社内マニュアルを策定して保守管理を実施している。