

## 関西電力株式会社大飯発電所 4号炉の高経年化技術評価等に係る 原子炉施設保安規定変更認可

令和 4 年 8 月 2 4 日  
原 子 力 規 制 庁

### 1. 趣旨

本議題は、標記の原子炉施設保安規定変更認可の決定について付議するものである。

### 2. 経緯

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 3 2 年法律第 1 6 6 号。以下「原子炉等規制法」という。）において、運転開始後 3 0 年を経過する实用発電用原子炉について、原子炉設置者に対し、1 0 年ごとに機器・構造物の劣化評価及び長期施設管理方針の策定（以下「高経年化技術評価等」という。）を義務付け、長期施設管理方針を保安規定に記載することとしている。

関西電力株式会社（以下「関西電力」という。）大飯発電所 4 号炉については、令和 5 年 2 月 2 日に運転を開始した日以後 3 0 年を経過することから、令和 3 年 1 2 月 3 日に、関西電力から原子炉等規制法第 4 3 条の 3 の 2 4 第 1 項の規定に基づき、4 号炉の高経年化技術評価等に関する大飯発電所原子炉施設保安規定変更認可申請書が提出され、令和 4 年 7 月 2 5 日に同補正が提出された。

原子力規制庁は、大飯発電所 4 号炉の高経年化技術評価等に係る本申請に対し、原子力発電所の高経年化技術評価等に係る審査会合、関西電力へのヒアリング及び現地確認により審査を実施した。今般、審査結果を取りまとめたことから、当該審査の結果を踏まえた保安規定の変更の認可について、原子力規制委員会に決定いただきたい。

### 3. 原子力規制庁による審査

#### （1）審査内容

原子力規制庁は、本申請に対し、原子炉等規制法第 4 3 条の 3 の 2 4 第 2 項\*において、各号に定める要件のいずれにも該当しないか、以下のとおり審査を行った。（詳細は別紙 1 参照）

- ① 原子炉等規制法第 4 3 条の 3 の 2 4 第 2 項第 1 号要件（許可を受けたところによるものでないこと）に該当しないことについては、以下のとおり確認した。

- ・保安規定に定める 4 号炉の原子炉施設の高経年化技術評価等について、発電用原子炉の設置又は変更の許可を受けた発電用原子炉施設の安全設計に関する説明書の運転保守の内容と整合していることを確認した。

\*原子炉等規制法 第四十三条の三の二十四（略）

2 原子力規制委員会は、保安規定が次の各号のいずれかに該当すると認めるときは、前項の認可をしてはならない。

- 一 第四十三条の三の五第一項若しくは第四十三条の三の八第一項の許可を受けたところ又は同条第三項若しくは第四項前段の規定により届け出たところによるものでないこと。
- 二 核燃料物質若しくは核燃料物質によって汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上十分でないものであること。

- ② 原子炉等規制法第43条の3の24第2項第2号要件（災害の防止上十分でないものであること）に該当しないことについては、「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」（原管P発第1306198号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定））等に沿って、以下のとおり確認した。
- ・ 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、高経年化技術評価の実施に係る組織体制の構築、実施計画及び実施手順の策定、工程管理、要員の力量管理、評価記録の管理等が行われていることを確認した。
  - ・ 実施計画及び実施手順は、運転を断続的に行うことを前提とした評価及び冷温停止状態が維持されることを前提とした評価を行う手順とし、また、これまでの国内外の運転経験や最新知見の反映が行われていることを確認した。
  - ・ 評価対象機器・構造物を全て抽出していること、それら機器等に想定される劣化事象を抽出し、発生又は進展評価を実施していることを確認した。
  - ・ 運転を断続的に行う状態において進展すると考えられる経年劣化事象として抽出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（以下「IASCC」という。）、2相ステンレス鋼の熱時効、電気・計装品の絶縁低下、コンクリート構造物の強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造物の強度低下）並びにその他の経年劣化事象（プレストレストコンクリート製原子炉格納容器のテンダンの緊張力低下、電気ペネトレーションの気密性低下）について、現状保全を踏まえた技術評価が行われ、現状保全を継続することにより健全性を維持することは可能としていること、また、必要に応じ、現状保全に追加すべき保全策を抽出していることを確認した。
  - ・ 特定重大事故等対処施設（以下「特重施設」という。）に属する機器・構造物についても、特重施設以外の機器・構造物と同様に高経年化技術評価を行い、現状保全を継続することにより健全性を維持することが可能であるとしていることを確認した。
  - ・ 耐震安全性に関し、容器、配管、炉内構造物等について、耐震安全上着目すべき経年劣化事象（疲労割れ、中性子照射脆化、IASCC、2相ステンレス鋼の熱時効、応力腐食割れ、摩耗、腐食等）を考慮した上で応力評価等を実施し、発生応力等が許容限界を下回っていることを確認した。
  - ・ 耐津波安全性評価として、耐津波安全上着目すべき経年劣化事象を考慮した上で、構造強度及び止水性の観点から、津波による影響が有意である機器・構造物を抽出した結果、評価対象機器は抽出されなかったことを確認した。
  - ・ 大飯発電所原子炉施設保安規定に定める長期施設管理方針は、高経年化技術評価の結果において、施設管理に関する方針を定めるとした項目が抽出されていることを確認した。（参考1参照）

(2) 審査結果

原子力規制庁は、審査の結果、本申請が原子炉等規制法第43条の3の24第2項各号に定める要件のいずれにも該当しないことを確認した。(詳細は別紙1参照)

4. 保安規定変更認可処分

原子力規制庁の審査結果を踏まえ、本申請について、原子炉等規制法第43条の3の24第2項各号のいずれにも該当しないと認められることから、同法第43条の3の24第1項の規定に基づき、別紙2のとおり認可することを決定いただきたい。

[附属資料一覧]

参考1 大飯発電所4号炉 長期施設管理方針

別紙1 関西電力株式会社大飯発電所原子炉施設保安規定の変更に関する審査結果

別紙2 大飯発電所原子炉施設保安規定の変更の認可について(案)

## 大飯発電所 4 号炉 長期施設管理方針

(始期：2023年2月2日、適用期間：10年間)

No.	施設管理の項目	実施時期 <sup>※1</sup>
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策定する。	中長期
2	原子炉容器等 <sup>※2</sup> 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らないことを確認する。	中長期
3	ステンレス鋼配管溶接部の施工条件に起因する内面からの粒界割れについて、2020年8月に確認された「大飯発電所3号炉加圧器スプレイ配管溶接部における有意な指示」を踏まえて実施する知見拡充結果に基づき、第20保全サイクルまで継続して実施する類似性の高い箇所に対する検査の結果も踏まえて、第21保全サイクル以降の検査対象及び頻度を検討し、供用期間中検査計画に反映を行う。	中長期

※1 実施時期における中長期とは2023年2月2日からの10年間をいう。

※2 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をいう。

番 号  
年 月 日

関西電力株式会社大飯発電所  
原子炉施設保安規定の変更に関する審査結果

令和 4 年 8 月

原子力規制庁

## 目 次

I. 審査結果.....	1
II. 申請の概要.....	1
III. 審査の内容.....	1
III-1. 原子炉等規制法第43条の3の24第2項第1号.....	1
III-2. 原子炉等規制法第43条の3の24第2項第2号.....	2
1. 高経年化技術評価の技術的妥当性.....	2
1.1 高経年化技術評価の実施等.....	2
1.2 低サイクル疲労.....	3
1.3 中性子照射脆化.....	5
1.4 照射誘起型応力腐食割れ.....	8
1.5 2相ステンレス鋼の熱時効.....	9
1.6 電気・計装設備の絶縁低下.....	10
1.7 コンクリートの強度低下、遮蔽能力低下、鉄骨の強度低下.....	12
1.8 上記評価対象事象以外の事象.....	19
1.9 耐震安全性評価.....	20
1.10 耐津波安全性評価.....	24
2. 長期施設管理方針.....	24

## I. 審査結果

原子力規制委員会原子力規制庁（以下「規制庁」という。）は、2021年12月3日付け関原発第481号（2022年7月25日付け関原発第327号をもって一部補正）をもって、関西電力株式会社（以下「申請者」という。）から、「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。以下「原子炉等規制法」という。）第43条の3の24第1項の規定に基づき申請された大飯発電所原子炉施設保安規定（以下「保安規定」という。）変更認可申請が、原子炉等規制法第43条の3の24第2項第1号に規定する発電用原子炉の設置又は変更の許可を受けたところによるものでないことに該当するかどうか、同項第2号に規定する核燃料物質若しくは核燃料物質によつて汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上十分でないものであることに該当するかどうかについて審査した。

審査の結果、本申請は、原子炉等規制法第43条の3の24第2項各号のいずれにも該当しないと認められる。

具体的な審査の内容等については以下のとおり。

## II. 申請の概要

申請者が提出した保安規定変更認可申請によれば、変更の概要は以下のとおりである。

- (1) 4号炉は、2023年2月2日に運転を開始した日以後30年を経過することから、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）第82条及び保安規定第125条の6に基づき、原子炉施設の経年劣化に関する技術的な評価を実施するとともに、その評価結果を踏まえ施設管理の項目を抽出し、4号炉の長期施設管理方針を策定したことから、保安規定第125条の6を変更するとともに、保安規定の添付として4号炉の長期施設管理方針を追加する。

## III. 審査の内容

### III-1. 原子炉等規制法第43条の3の24第2項第1号

規制庁は、本申請について、以下に掲げる事項等を確認したことから、発電用原子炉の設置又は変更の許可を受けたところによるものでないことに該当しないと判断した。

- (1) 保安規定に定める4号炉の原子炉施設の経年劣化に関する技術的な評価及び長期施設管理方針について、発電用原子炉の設置又は変更の許可を受けた発電用原子炉施設の安全設計に関する説明書の運転保守の内容と整合していること

### Ⅲ－２．原子炉等規制法第４３条の３の２４第２項第２号

規制庁は、本申請について、以下に掲げる事項等を確認したことから、原子炉等規制法第４３条の３の２４第２項第２号に定める「核燃料物質若しくは核燃料物質によつて汚染された物又は発電用原子炉による災害の防止上十分でないものであること」に該当しないと判断した。

なお、判断に当たっては、「実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準」（原管P発第1311271号（平成25年11月27日原子力規制委員会決定））を準用し、同基準（以下「審査基準」という。）に基づき、並びに「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」（原管P発第1306198号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定）。以下「実施ガイド」という。）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」（原管P発第1307081号（平成25年7月8日原子力規制庁策定）。以下「審査ガイド」という。）を参照し、本申請に添付された「大飯発電所4号炉高経年化技術評価書」（以下「評価書」という。）の技術的妥当性があるかどうか、及び長期施設管理方針が高経年化技術評価の結果を踏まえて策定されているかどうかを、確認した。

主な内容は以下のとおりである。

#### 1．高経年化技術評価の技術的妥当性

規制庁は、申請者の実施した高経年化技術評価の技術的妥当性を確認するため、本申請の添付資料である評価書に関して、以下のとおり確認を行った。

##### 1.1 高経年化技術評価の実施等

高経年化技術評価の実施等については、実施ガイドの内容を参照して実施されているか、以下の確認を行った。

##### 1.1.1 実施体制及び手順等

実施体制及び手順等については、実施ガイドにおいて「高経年化技術評価の実施体制、実施方法等プロセスを明確にすること」と定めている。

規制庁は、実施体制及び手順等については、以下により申請者が実施ガイドを参照して業務を実施していることを確認した。

- (1) 高経年化技術評価の実施体制及び実施手順については、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、高経年化技術評価の実施に係る組織、評価の方法、工程管理、協力事業者の管理、評価記録の管理、評価に係る教育訓練等の業務プロセスを明確にしていること
- (2) 実施手順の確立及びそれぞれの過程に対応する要領書等として、実施計画及び実施手順を社内文書として定め、それに基づき実施していること



- (3) 実施計画及び実施手順は、運転を断続的に行うことを前提とした評価及び冷温停止状態が維持されることを前提とした評価を行う手順とし、運転経験や最新知見の反映を行っていること
- (4) 運転経験や最新知見については、機器・構造物の運転実績データに加え、国内外の原子力発電プラントにおける事故・トラブルやプラント設計、点検、補修等のプラント運転経験に係る情報、経年劣化に係る安全基盤研究の成果、経年劣化事象やそのメカニズム解明等の学術情報及び関連する規制、規格、基準等の最新情報を反映していること

### 1.1.2 評価対象機器・構造物の抽出

評価対象機器・構造物の抽出については、実施ガイドにおいて「「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）において安全機能を有する構造物、系統及び機器として定義されるクラス1、2及び3の機能を有するもの（実用炉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。以下「実用炉規則」という。）別表第2において規定される浸水防護施設に属する機器及び構造物を含む）並びに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に属する機器及び構造物のすべてとすること」と定められている。

規制庁は、評価対象機器・構造物の抽出については、以下により申請者が実施ガイドを参照して業務を実施していることを確認した。

- (1) 評価対象機器・構造物は、原子力保全総合システム（M35）、重要度分類識別系統図並びに工事の計画（大飯発電所第4号機の変更の工事）の認可（平成29年8月25日付け原規規発第1708255号）並びに設計及び工事の計画（大飯発電所第4号機の変更の工事）の認可（令和3年8月24日付け原規規発第2108244号。以下これらを総称して「工事計画認可」という。）を受けた工事計画の内容等を用いて抽出していること

## 1.2 低サイクル疲労

### 1.2.1 低サイクル疲労の評価

低サイクル疲労については、審査基準において「健全性評価の結果、評価対象部位の疲れ累積係数が1を下回ることを要求事項としている。

規制庁は、低サイクル疲労については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

- (1) 評価対象機器等の抽出

①評価対象機器及び部位は、プラントの起動及び停止時等の過渡時に温度、圧力及び流

量変化の影響を受ける機器の部位を抽出していること

(2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、対象部位に応じて超音波探傷試験、漏えい確認等の点検・検査が実施され、有意な欠陥のないこと等が確認されていること

(3) 評価

①前提条件

- a. 運転開始から実績調査実施時点（2014年度末）までの過渡回数は、運転実績に基づいた値を設定していること
- b. 実績調査実施時点から運転開始後60年時点の過渡回数は、申請者が本評価上の断続運転開始日と設定した2017年1月から運転開始後60年時点の期間において、運転開始から長期停止開始（2011年7月）までの過渡回数の発生頻度の1.5倍以上の値を設定していること
- c. 運転開始後60年時点の推定過渡回数は、上記a.とb.の過渡回数の和としていること

②評価手法

- a. 疲れ累積係数の評価は、高経年化技術評価で実績のある社団法人日本機械学会「発電用原子力設備規格設計・建設規格（2005年版、2007年追補版、2012年版）」（JSME S NC1-2005、JSME S NC1-2007、JSME S NC1-2012）による評価手法を用いていること
- b. 環境中疲れ累積係数の評価は、評価対象部位のうち炉水環境にある評価対象部位に対し、高経年化技術評価で実績のある社団法人日本機械学会「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）による評価手法を用いていること
- c. 疲れ累積係数の評価のうち、熱成層の発生が予想される水平配管等の部位の評価で使用する発生応力値は、3次元モデルによる有限要素法により求めていること

③評価結果

- a. 評価の結果、評価対象部位の運転開始後60年時点における疲れ累積係数及び環境中疲れ累積係数が、全ての部位で1を下回ったこと

### 1.2.2 施設管理に関する方針

規制庁は、今後10年間に実施すべき原子炉施設についての施設管理に関する方針（以下「施設管理に関する方針」という。）について、1.2.1に示す評価の結果は要求事項を満足しているが、更なる対応として以下に掲げる事項を抽出していることを確認した。

(1) 中長期<sup>1</sup>の施設管理に関する方針として、「原子炉容器等<sup>2</sup>の疲労割れについては、実績過渡回数<sup>3</sup>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」と設定していること

## 1.3 中性子照射脆化

### 1.3.1 加圧熱衝撃評価

加圧熱衝撃評価については、審査基準において「加圧熱衝撃評価の結果、原子炉压力容器の評価対象部位において静的平面ひずみ破壊靱性値が応力拡大係数を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、加圧熱衝撃評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

#### (1) 評価対象機器等の抽出

①評価対象機器及び部位は、中性子照射量と応力の組合せから靱性が低下する原子炉容器炉心領域部を抽出していること

#### (2) 現状の施設管理

①現状の施設管理として、原子炉容器について超音波探傷試験が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること

#### (3) 評価

##### ①前提条件

- a. 監視試験は、一般社団法人日本電気協会「原子炉構造材の監視試験方法」(JEAC4201-2007[2013年追補版]) (以下「JEAC4201」という。)を用いて、中性子照射量及び遷移温度 (Tr30) が求められていること。また、評価時点の静的平面ひずみ破壊靱性値が求められていること
- b. 原子炉容器の炉心領域内表面及び深さ 10mm における中性子照射量は、監視試験による中性子照射量とこれまでの運転実績から算出していること

##### ②評価手法

- a. 運転開始後 60 年時点での炉心領域内表面及び深さ 10mm における中性子照射量の算出は、実施ガイドに定めたとおり、将来の設備利用率の値を 80%以上かつ将来の運転の計画を踏まえたより大きな値を設定していること
- b. 評価に当たっては、社団法人日本電気協会「原子力発電所用機器に対する破壊靱性の確認試験方法」(JEAC4206-2007) (以下「JEAC4206」という。)の附属書 C「供用状態 C, D における加圧水型原子炉压力容器の炉心領域部に対する非延性破壊防止のため

<sup>1</sup> 中長期とは 2023 年 2 月 2 日からの 10 年間のことをいう。

<sup>2</sup> 原子炉容器等とは、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のことをいう。

の評価方法」を用いて、運転開始後 60 年時点の静的平面ひずみ破壊靱性値の下限包絡曲線及び原子炉容器炉心領域部内表面に深さ 10mm の欠陥を想定した応力拡大係数を示す加圧熱衝撃（以下「PTS」という。）状態遷移曲線を求めていること。PTS 状態遷移曲線は、PTS 事象として、設計基準事故は小破断 LOCA、大破断 LOCA 及び主蒸気管破断事故を、重大事故等は 2 次冷却系からの除熱機能喪失を対象としていること

### ③評価結果

- a. 評価の結果、加圧熱衝撃評価により求めた運転開始後 60 年時点の静的平面ひずみ破壊靱性値の下限包絡曲線は、原子炉容器炉心領域部内表面に深さ 10mm の欠陥を想定した応力拡大係数を示す PTS 状態遷移曲線を上回ったこと

## 1.3.2 上部棚吸収エネルギーの評価

上部棚吸収エネルギーの評価については、審査基準において「原子炉压力容器について供用状態に応じ以下を満たすこと。ただし、上部棚吸収エネルギーの評価の結果、68J 以上である場合は、この限りでない。延性亀裂進展性評価の結果、評価対象部位において亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ること。亀裂不安定性評価の結果、評価対象部位において亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ること。欠陥深さ評価の結果、原子炉压力容器胴部の評価対象部位において母材厚さの 75%を超えないこと。塑性不安定破壊評価の結果、評価対象部位において塑性不安定破壊を生じないこと」を要求事項としている。

規制庁は、上部棚吸収エネルギーの評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

### (1) 評価対象機器等の抽出

- ①評価対象機器及び部位は、中性子照射量と応力の組合せから靱性が低下する原子炉容器炉心領域部を抽出していること

### (2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、原子炉容器について超音波探傷試験が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること

### (3) 評価

#### ①前提条件

- a. 監視試験は、JEAC4201 を用いて、中性子照射量及び上部棚吸収エネルギーが求められていること
- b. 原子炉容器の炉心領域内表面及び深さ 1/4t における中性子照射量は、監視試験による中性子照射量とこれまでの運転実績から算出していること

#### ②評価手法

- a. 運転開始後 60 年時点の上部棚吸収エネルギーの評価は、JEAC4201 の附属書 B「中性子照射による関連温度移行量及び上部棚吸収エネルギー減少率の予測」を用いてい

ること

③評価結果

- a. 評価の結果、運転開始後 60 年時点における上部棚吸収エネルギーの値は 68J 以上であったこと

### 1.3.3 1 次冷却系の加熱・冷却時の 1 次冷却材温度・圧力の制限範囲の設定等

1 次冷却系の加熱・冷却時の 1 次冷却材温度・圧力の制限範囲の設定については、審査基準において「上記評価の結果から、運転上の制限として遵守可能な、通常の 1 次冷却系の加熱・冷却時の 1 次冷却材温度・圧力の制限範囲又は原子炉冷却材圧力バウンダリに対する供用中の漏えい若しくは水圧検査時の原子炉冷却材の最低温度が設定可能と認められること」を要求事項としている。

規制庁は、1 次冷却系の加熱・冷却時の 1 次冷却材温度・圧力の制限範囲の設定については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価

①前提条件

- a. 通常の 1 次冷却系の加熱・冷却時の 1 次冷却材温度・圧力は、4 号炉で通常実施する原子炉の起動・停止操作による温度・圧力曲線としていること
- b. 原子炉冷却材圧力バウンダリに対する供用中の漏えい又は水圧検査時の原子炉冷却材の温度・圧力は、4 号炉で通常実施する原子炉冷却材圧力バウンダリに対する供用中の漏えい若しくは水圧検査時の温度・圧力範囲としていること
- c. 1 次冷却材の温度・圧力の制限範囲は、運転開始後 40 年以降の評価結果から設定していること

②評価手法

- a. 本評価は、通常の 1 次冷却系の加熱・冷却時の 1 次冷却材温度・圧力及び原子炉冷却材圧力バウンダリに対する供用中の漏えい又は水圧検査時の原子炉冷却材の温度・圧力が、設定可能な 1 次冷却材の温度・圧力の制限範囲内にあることを確認していること

③評価結果

- a. 評価の結果、通常の 1 次冷却系の加熱・冷却時の 1 次冷却材温度・圧力及び原子炉冷却材圧力バウンダリに対する供用中の漏えい若しくは水圧検査時の原子炉冷却材の温度・圧力が、設定可能な 1 次冷却材の温度・圧力の制限範囲内にあったこと

### 1.3.4 施設管理に関する方針

規制庁は、施設管理に関する方針について、1.3.1 から 1.3.3 に示す評価の結果は要求事項を満足しているが、更なる対応として以下に掲げる事項を抽出していることを確認した。

(1) 中長期の施設管理に関する方針として、「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回監視試験の実実施計画を策定する」と設定していること

#### 1.4 照射誘起型応力腐食割れ

照射誘起型応力腐食割れについては、審査基準において「健全性評価の結果、評価対象部位において照射誘起型応力腐食割れの発生の可能性が認められる場合は、照射誘起型応力腐食割れの発生及び進展を前提としても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（平成25年原子力規制委員会規則第6号。以下「技術基準規則」という。）に定める基準に適合すること」を要求事項としている。

規制庁は、照射誘起型応力腐食割れについては、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

##### (1) 評価対象機器等の抽出

①評価対象機器は、ステンレス鋼で製作され、照射誘起型応力腐食割れに対する感受性が発生すると考えられる  $1 \times 10^{21}$  n/cm<sup>2</sup> (E>0.1MeV) 以上の中性子照射を受ける炉内構造物を抽出していること

②炉内構造物の評価対象部位は、バッフルフォーマボルト、炉心バッフル、炉心そう等の炉内構造物を構成する部位としていること

##### (2) 現状の施設管理

①現状の施設管理として、構造物の健全性を確認するために、定期的に炉内構造物の目視確認が実施され、異常のないことが確認されていること

##### (3) 評価

本評価は、ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの発生可能性評価（以下「発生可能性評価」という。）及び照射誘起型応力腐食割れの発生可能性のある部位に対する損傷可能性評価（以下「損傷可能性評価」という。）により行っていること

##### ①発生可能性評価手法

a. ステンレス鋼の照射誘起型応力腐食割れの発生可能性評価は、各部位の中性子照射量、応力、温度及び海外の損傷事例により行っていること

b. 中性子照射量に対する照射誘起型応力腐食割れの発生可能性の判断基準は、高経年化技術評価で実績のある財団法人発電設備技術検査協会「平成8年度プラント長寿命化技術開発に関する事業報告書」（平成9年3月）により、中性子照射量  $1 \times 10^{21}$  n/cm<sup>2</sup> (E>0.1MeV) 以上としていること

##### ②発生可能性評価結果

a. 発生可能性評価の結果、照射誘起型応力腐食割れの発生及び進展の可能性が認められる部位として、中性子照射量に対する判断基準を超え、応力が高く、海外における

損傷事例があるバッフルフォーマボルトが抽出されたこと。その他の部位については、中性子照射量、応力、温度の実機条件がバッフルフォーマボルトに比べて相対的に低いレベルであるため、発生の可能性が小さいこと

### ③損傷可能性評価手法

- a. バッフルフォーマボルトの損傷可能性評価に用いる手法は、高経年化技術評価で実績のある独立行政法人原子力安全基盤機構「平成 20 年度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) の添付資料「PWR 型原子力発電所炉内構造物 IASCC 評価ガイド(案)」(平成 21 年 3 月) 及び一般社団法人原子力安全推進協会「PWR 炉内構造物点検評価ガイドライン [バッフルフォーマボルト] (第 3 版)」(平成 12 年 12 月) (以下「点検評価ガイドライン」という。) による手法を用いていること
- b. バッフル構造の機能維持の判断基準は、点検評価ガイドラインで定めているバッフルフォーマボルトの損傷ボルト数が全バッフルフォーマボルト数の 20%以下としていること

### ④損傷可能性評価結果

- a. 損傷可能性評価の結果、運転開始後 60 年時点でのバッフルフォーマボルトの損傷ボルト数は、全バッフルフォーマボルト数の 20%以下であったこと

## 1.5 2 相ステンレス鋼の熱時効

ステンレス鋼鋳鋼の熱時効については、審査基準において「延性亀裂進展性評価の結果、評価対象部位において亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ること」及び「亀裂不安定性評価の結果、評価対象部位において亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ること」を要求事項としている。

規制庁は、ステンレス鋼鋳鋼の熱時効については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

### (1) 評価対象機器等の抽出

- ①評価対象機器及び部位は、ステンレス鋼鋳鋼を使用し、使用温度が 250°C以上となる機器のうち、亀裂の原因となる劣化事象の発生が想定される部位を抽出していること

### (2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、対象部位に応じて超音波探傷試験、漏えい確認等の点検・検査が実施され、有意な欠陥のないこと等が確認されていること

### (3) 評価

#### ①前提条件

- a. 評価代表部位は、発生応力が大きい部位及び材料中のフェライト含有量の大きい部位を抽出していること

- b. 運転開始から実績調査実施時点（2014 年度末）までの過渡回数は、運転実績に基づいた値を設定していること
- c. 実績調査実施時点から運転開始後 60 年時点の過渡回数は、申請者が本評価上の断続運転開始日と設定した 2017 年 1 月から運転開始後 60 年時点の期間において、運転開始から長期停止開始（2011 年 7 月）までの過渡回数の発生頻度の 1.5 倍以上の値を設定していること
- d. フェライト量は、クロム及びニッケルの含有量から、高経年化技術評価で実績のある「Standard Practice for Steel Casting, Austenitic Alloy, Estimating Ferrite Content Thereof」（ASTM A800/A800M-14）の線図により求めていること

## ②評価手法

- a. 延性亀裂進展性評価及び亀裂不安定性評価は、熱時効後の亀裂進展抵抗の算出、評価用想定亀裂の算出、亀裂進展力の算出、亀裂進展抵抗と亀裂進展力の比較による手順により行っていること
- b. 熱時効後の亀裂進展抵抗の算出は、高経年化技術評価で実績のある電力共同研究報告書「1 次冷却材管等の時効劣化に関する研究（STEPⅢ）（その 2）平成 10 年度（最終報告書）」（平成 11 年 3 月）による脆化予測モデルを用い、さらに材料の脆化度合いを運転年数によらず最大まで進行したと仮定していること
- c. 亀裂進展力の算出に当たっては、評価用想定亀裂と供用状態 A、B 並びに重大事故等時の内圧、自重、熱及び地震力を用いていること
- d. 亀裂進展力の評価に使用する評価用想定亀裂の算出は、高経年化技術評価で実績のある社団法人日本電気協会「原子力発電所配管破損防護設計技術指針」（JEAG4613-1998）を用い、初期欠陥を設定し、亀裂進展解析により運転開始後 60 年時点の亀裂長さ及び深さを求めた上で、さらに深さについては貫通亀裂としていること

## ③評価結果

- a. 延性亀裂進展性評価の結果、亀裂進展抵抗が亀裂進展力を上回ったこと
- b. 亀裂不安定性評価の結果、亀裂進展抵抗と亀裂進展力が等しい状態で亀裂進展抵抗の微小変化率が亀裂進展力の微小変化率を上回ったこと

## 1.6 電気・計装設備の絶縁低下

### 1.6.1 点検検査結果による健全性評価

点検検査結果による健全性評価については、審査基準において「点検検査結果による健全性評価の結果、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないこと」を要求事項としている。

規制庁は、点検検査結果による健全性評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。



(1) 評価対象機器等の抽出

①評価対象機器及び部位は、1.1.2で抽出された電気・計装設備を対象としていること

(2) 現状の施設管理

①現状の施設管理として、絶縁診断等の点検検査が実施され、傾向管理を行うことにより有意な絶縁低下と判断する値に達する前に取替え等の管理が実施されていること

(3) 評価

①評価手法

a. 点検検査結果による健全性評価として、評価対象機器ごとに現状の施設管理による絶縁低下傾向の管理ができていないか確認を行っていること

b. 絶縁低下傾向の管理として、点検検査の実施、絶縁低下の状況の傾向把握、有意な絶縁低下と判断する値の設定及び有意な絶縁低下と判断する値に達する前に取替え等の管理を行っていること

②評価結果

a. 評価の結果、評価対象の電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないように絶縁低下傾向の管理を行っていることが確認されたこと

### 1.6.2 環境認定試験による健全性評価

環境認定試験による健全性評価については、審査基準において「環境認定試験による健全性評価の結果、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備に有意な絶縁低下が生じないこと」を要求事項としている。

規制庁は、環境認定試験による健全性評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象機器等の抽出

①評価対象機器及び部位は、設計基準事故環境下で機能が要求される電気・計装設備及び重大事故等環境下で機能が要求される電気・計装設備を抽出していること

(2) 評価

①前提条件

a. 評価代表部位は、電圧区分、形式、設置場所、絶縁材料等によりグループ化した中から使用条件が厳しいものを抽出していること

b. 評価に用いる通常運転時の放射線量及び温度は、布設箇所周囲の実測値を用いていること。また、設計基準事故及び重大事故等における放射線量、温度及び圧力は、工事計画認可記載の値を用いていること

②評価手法

a. 環境認定試験による健全性評価は、高経年化技術評価で実績のある「IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations」

(IEEE Std 323-1974) 等の IEEE 規格、社団法人電気学会「電気学会技術報告 (II 部) 第 139 号原子力発電所用電線・ケーブルの環境試験方法ならびに耐延焼性試験方法に関する推奨案」及び独立行政法人原子力安全基盤機構「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド」(平成 26 年 2 月) を用い、有意な絶縁低下と判断する値となるまでの期間を求めていること

- b. 評価に用いたケーブルの劣化特性は、独立行政法人原子力安全基盤機構「原子力プラントのケーブル経年変化評価技術調査研究に関する最終報告書」(平成 21 年 7 月) にある、温度及び放射線量に応じた劣化進行度合いの実験結果を用いていること

### ③評価結果

- a. 評価の結果、有意な絶縁低下と判断する値となるまでの期間は運転開始後 60 年以上であったこと

## 1.7 コンクリートの強度低下、遮蔽能力低下、鉄骨の強度低下

### 1.7.1 コンクリートの強度低下 (熱)

コンクリートの熱による強度低下については、審査基準において「評価対象部位のコンクリートの温度が制限値 (貫通部は 90℃、その他の部位は 65℃) を超えたことがある場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、コンクリートの熱による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

#### (1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位は、運転時に最も高温状態となる内部コンクリートとして 1 次遮蔽壁を抽出していること。また、評価点は、運転時に最も高温となる炉心領域部及び原子炉容器サポートから伝熱の影響が最も大きい原子炉容器サポート直下部としていること

#### (2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること。また、強度試験が実施され、設計基準強度を上回っていることが確認されていること

#### (3) 評価

##### ①前提条件

- a. 評価で使用する 1 次冷却材温度は、供用状態 A, B における最高温度としていること
- b. 評価で使用するガンマ発熱は、ANISN コードによるガンマ発熱量分布から算出していること

##### ②評価手法

- a. 温度分布解析は、前提条件を基に、有限要素法による定常伝熱解析により解析し、評

価対象部位の温度分布を求めていること

③評価結果

- a. 評価の結果、評価対象部位の最高温度は制限値を超えなかったこと

### 1.7.2 コンクリートの強度低下（放射線照射）

コンクリートの放射線照射による強度低下については、審査基準において「評価対象部位の累積放射線照射量が、コンクリート強度に影響を及ぼす可能性のある値を超えている又は超える可能性が認められる場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、コンクリートの放射線照射による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位は、運転時に放射線照射を受ける内部コンクリートとして 1 次遮蔽壁を抽出していること。また、評価点は、中性子照射量及びガンマ線照射量が最大となる 1 次遮蔽壁炉心側コンクリートとしていること

(2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること。また、強度試験が実施され、設計基準強度を上回っていることが確認されていること

(3) 評価

①前提条件

- a. 評価で使用する放射線照射量は、これまでの運転履歴から求めていること

②評価手法

- a. 本評価は、コンクリート構造物の中性子線による影響及びガンマ線による影響の評価を行い、累積放射線照射量がコンクリート強度に影響を及ぼす可能性があるとは判断した場合には耐力評価を行うとしていること
- b. 累積放射線照射量の評価の手法は、2次元輸送コード DORT を用いて、1次遮蔽壁壁面及び深さ方向の照射量分布を算出していること
- c. コンクリート強度に影響を及ぼす可能性のある累積放射線照射量の判断基準は、小嶋他<sup>3</sup>の文献から、中性子照射量は  $1 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$  程度 ( $E > 0.1 \text{ MeV}$ )、Hilsdorf 他<sup>4</sup>の文献から、ガンマ線照射量は  $2 \times 10^8 \text{ Gy}$  程度としていること
- d. 耐力評価の手法は、コンクリートの壁厚のうち、判断基準を超えた累積放射線照射量を受けたコンクリート壁厚を除いた壁厚で、コンクリートの圧縮耐力及び最大せん

<sup>3</sup> 小嶋他「中性子照射がコンクリートの強度に及ぼす影響」(NTEC-2019-1001)

<sup>4</sup> H. K. Hilsdorf, J. Kropp, and H. J. Koch 「The Effects of Nuclear Radiation on the Mechanical Properties of Concrete」(SP 55-10)

断ひずみを算出していること

- e. コンクリートの圧縮耐力の基準値は設計荷重としていること。また、最大せん断ひずみは高経年化技術評価で実績のある社団法人日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987) (以下「JEAG4601」という。)の基準値を用いていること

### ③評価結果

- a. 累積放射線照射量評価の結果、1次遮蔽壁炉心側コンクリートの一部において中性子照射量が判断基準を超えたこと。そのため、耐力評価を行ったこと
- b. 耐力評価の結果、コンクリートの圧縮耐力は設計荷重を上回ったこと。また、最大せん断ひずみは基準値を下回ったこと

## 1.7.3 コンクリートの強度低下（中性化）

コンクリートの中性化による強度低下については、審査基準において「評価対象部位の中性化深さが、鉄筋が腐食し始める深さまで進行しているか又は進行する可能性が認められる場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、コンクリートの中性化による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

### (1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位は、環境の違いとして温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度の測定結果に応じて抽出していること。また、評価点は、塗装の無い箇所を抽出していること

### (2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること
- ②中性化深さ試験が実施され、中性化の状況が把握されていること。また、強度試験が実施され、設計基準強度を上回っていることが確認されていること

### (3) 評価

#### ①前提条件

- a. 温度、相対湿度及び二酸化炭素濃度は、実測値を用いていること

#### ②評価手法

- a. 運転開始後60年時点の中性化深さの推定は、森永式<sup>5</sup>及び実測値に基づく $\sqrt{t}$ 式<sup>6</sup>を用い、その最大値を抽出していること
- b. 鉄筋が腐食し始める深さの基準値は、高経年化技術評価で実績のある一般社団法人日本建築学会「鉄筋コンクリート造建築物の耐久設計施工指針・同解説」(平成28年

<sup>5</sup> 学位論文「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究」(森永繁、昭和61年11月)

<sup>6</sup> 公益社団法人土木学会「コンクリート標準示方書[維持管理編]」(平成30年10月)

7月)に基づき、屋外は鉄筋のかぶり厚さ、屋内は鉄筋のかぶり厚さに2cmを加えた値としていること

### ③評価結果

- a. 評価の結果、調査時点及び運転開始後60年時点における中性化深さは鉄筋が腐食し始める深さ以下であったこと

## 1.7.4 コンクリートの強度低下（塩分浸透）

コンクリートの塩分浸透による強度低下については、審査基準において「評価対象部位に塩分浸透による鉄筋腐食により有意なひび割れが発生しているか又は発生する可能性が認められる場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、コンクリートの塩分浸透による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

### (1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位は、飛来塩分、海水及びその飛沫の影響により厳しい塩分浸透環境下にある部位として海水ポンプ室（気中帯、干満帯、海中帯）を抽出していること

### (2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること。また、塩化物イオン濃度測定が実施され、塩分浸透の状況が把握されていること

### (3) 評価

#### ①前提条件

- a. 塩化物イオン濃度は、実測値を用いていること

#### ②評価手法

- a. 運転開始後60年時点の鉄筋位置での塩化物イオン濃度の推定は、拡散方程式により算出していること。鉄筋腐食減量は森永式を用いて塩化物イオン濃度から算出していること
- b. かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量は、森永の鉄筋腐食量に関する研究論文<sup>5</sup>により算出した値を用いていること

#### ③評価結果

- a. 評価の結果、調査時点及び運転開始後60年時点における鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する鉄筋腐食減量を下回ったこと

## 1.7.5 コンクリートの強度低下（アルカリ骨材反応）

コンクリートのアルカリ骨材反応による強度低下については、審査基準において「評価対象部位にアルカリ骨材反応による有意なひび割れが発生している場合は、耐力評価を行

い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ること」を要求事項としている。

規制庁は、コンクリートのアルカリ骨材反応による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

①評価対象部位は、全てのコンクリート構造物を対象としていること

(2) 現状の施設管理

①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること

(3) 評価

①評価手法

- a. 現状の施設管理による目視確認の結果から、アルカリ骨材反応によるひび割れがないことを確認していること
- b. モルタルバー法<sup>7</sup>による反応性試験の結果から、使用骨材が無害であることを確認していること

②評価結果

- a. 評価の結果、目視確認でアルカリ骨材反応によるひび割れはなかったこと
- b. モルタルバー法による反応性試験で、使用骨材が無害であったこと

### 1.7.6 コンクリートの強度低下（機械振動）

コンクリートの機械振動による強度低下については、審査基準において「評価対象機器のコンクリート基礎への定着部周辺コンクリート表面に機械振動による有意なひび割れが発生している場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ること」を要求事項としている。

規制庁は、コンクリートの機械振動による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

①評価対象部位は、主要な機器の原動機出力を振動影響の大きさと比較し、大きな振動を受けるタービン建屋のタービン架台を抽出していること。また、評価点は基礎ボルト周辺コンクリートとしていること

(2) 現状の施設管理

①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること

(3) 評価

<sup>7</sup> JIS A 5308, レディーミクストコンクリート(2013)

①評価手法

- a. 現状の施設管理による目視確認の結果から、機械振動によるひび割れがないことを確認していること

②評価結果

- a. 評価の結果、機械振動による有意なひび割れは確認されなかったこと

### 1.7.7 コンクリートの強度低下（凍結融解）

コンクリートの凍結融解による強度低下については、審査基準において「評価対象部位に凍結融解による有意なひび割れが発生している場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、コンクリートの凍結融解による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位は、全てのコンクリート構造物を対象としていること

(2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること

(3) 評価

①評価手法

- a. 現状の施設管理による目視確認の結果から、凍結融解によるひび割れがないことを確認していること
- b. 凍結融解が発生する可能性の有無は、社団法人日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事」（平成30年7月）による凍害危険度の分布により、大飯発電所の立地地域の凍害危険度を確認していること
- c. 凍結融解の発生の可能性の判断基準は、凍害危険度2以上としていること

②評価結果

- a. 評価の結果、凍結融解による有意なひび割れが確認されなかったこと。また、大飯発電所の立地地域は凍害危険度が0の区域であり、発生の可能性が認められなかったこと

### 1.7.8 コンクリートの遮蔽能力低下（熱）

コンクリートの熱による遮蔽能力低下については、審査基準において「中性子遮蔽のコンクリートの温度が88℃又はガンマ線遮蔽のコンクリートの温度が177℃を超えたことがある場合は、評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の遮蔽能力が原子炉設置（変更）許可における遮蔽能力を下回らないこと」を要求事項としている。

規制庁は、コンクリートの熱による遮蔽能力低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位は、運転時に最も高温状態となる内部コンクリートとして 1 次遮蔽壁を抽出していること。また、評価点は、運転時に最も高温となる炉心領域部及び原子炉容器サポートから伝熱の影響が最も大きい原子炉容器サポート直下部としていること

(2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、コンクリート構造物は定期的な目視確認が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること

(3) 評価

①前提条件

- a. 評価で使用する 1 次冷却材温度は、供用状態 A, B における最高温度としていること
- b. 評価で使用するガンマ発熱は、ANISN コードによるガンマ発熱量分布から算出していること

②評価手法

- a. 温度分布解析手法は、前提条件を基に、有限要素法による定常伝熱解析により解析し、評価対象部位の温度分布を求めていること

③評価結果

- a. 評価の結果、評価点の最高温度は中性子遮蔽のコンクリート温度の基準値 (88°C)、ガンマ線遮蔽のコンクリート温度の基準値 (177°C) を下回ったこと

### 1.7.9 鉄骨の強度低下（腐食）

鉄骨の腐食による強度低下については、審査基準において「評価対象部位に腐食による断面欠損が生じている場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、鉄骨の腐食による強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位は、全ての鉄骨構造物を対象としていること

(2) 現状の施設管理

- ①現状の施設管理として、鉄骨構造物は定期的な目視確認が実施され、強度に影響をきたす可能性のある腐食のないことが確認されていること。また、鉄骨の腐食に影響するような塗膜の劣化等が認められた場合には、塗膜の補修が実施されていること

(3) 評価

①評価手法

- a. 現状の施設管理による目視確認の結果から、断面欠損が生じるような鉄骨の腐食がな



いことを確認していること

②評価結果

a. 評価の結果、評価対象部位に断面欠損が生じるような腐食はなかったこと

### 1.7.10 鉄骨の強度低下（風などによる疲労）

風などによる疲労に係る鉄骨の強度低下については、審査基準において「評価対象部位に風などの繰り返し荷重による疲労破壊が発生している又は発生する可能性が認められる場合は、耐力評価を行い、その結果、当該部位を構成する部材又は構造体の耐力が設計荷重を上回ることを要求事項としている。

規制庁は、風などによる疲労に係る鉄骨の強度低下については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

①評価対象部位は、疲労破壊が生じるような風などによる繰り返し荷重を継続的に受ける構造物として、産業界で実績のある一般社団法人日本建築学会「建築物荷重指針・同解説(2015)」に基づき、構造物のアスペクト比が4以上の構造物を抽出していること

②抽出の結果、アスペクト比が4以上の構造物は抽出されなかったこと

### 1.8 上記評価対象事象以外の事象

1.2から1.7の劣化事象以外の事象については、審査基準において「劣化傾向監視等劣化管理がなされていない事象について、当該事象が発生又は進展している若しくはその可能性が認められる場合は、その発生及び進展を前提とした健全性評価を行い、その結果、技術基準規則に定める基準に適合すること」を要求事項としている。

規制庁は、1.2から1.7の劣化事象以外の事象については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象機器等の抽出

①1.2から1.7の劣化事象以外の事象のうち、劣化傾向監視等の劣化管理がなされていない事象で、当該事象が発生又は進展している若しくはその可能性が認められる事象として、プレストレストコンクリート製原子炉格納容器のテンドンの緊張力の低下及び電気ペネトレーションの気密性の低下を抽出していること

(2) 評価（プレストレストコンクリート製原子炉格納容器のテンドンの緊張力低下）

①前提条件

a. 評価に用いるテンドンの緊張力は、実測値を用いていること。また、テンドンの緊張力の判断基準は、工事計画認可資料に基づき設定されたテンドン定着部の緊張力の設計要求値を用いていること

## ②評価手法

- a. 現状の施設管理によるテンドンの緊張力検査及びテンドン定着部の目視確認の結果から、テンドンの緊張力に支障をきたすような急激な経年劣化がないことを確認していること
- b. 調査時点におけるテンドンの緊張力検査結果をもとに、プレストレス損失を考慮した運転開始後 60 年時点におけるテンドンの緊張力を評価すること

## ③評価結果

- a. テンドンの緊張力に支障をきたすような急激な経年劣化が確認されなかったこと
- b. 調査時点及び運転開始後 60 年時点におけるテンドンの緊張力は設計要求値を上回っていること

## (3) 評価（電気ペネトレーションの気密性の低下）

### ①前提条件

- a. 評価に用いる通常運転時の放射線量及び温度は、設置箇所周囲の実測値等を用いていること。また、設計基準事故及び重大事故等における放射線量、温度及び圧力は、工事計画認可記載の値を用いていること

### ②評価手法

- a. 環境認定試験による健全性評価は、高経年化技術評価で実績のある「IEEE Standard for Electric Penetration Assemblies in Containment Structures for Nuclear Power Generating Stations」(IEEE Std. 317-2013)を用い、有意な気密性の低下と判断する値となるまでの期間を求めていること

### ③評価結果

- a. 評価の結果、有意な気密性の低下と判断する値となるまでの期間は、運転開始後 60 年以上であったこと

## 1.9 耐震安全性評価

規制庁は、耐震安全性評価について、同評価の評価手法ごとに以下のとおり確認を行った。

### 1.9.1 応力等評価

応力及び疲れ累積係数の評価については、審査基準において「経年劣化事象を考慮した機器・構造物について地震時に発生する応力及び疲れ累積係数を評価した結果、耐震設計上の許容限界を下回ること」を要求事項としている。

規制庁は、応力及び疲れ累積係数の評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

#### (1) 評価対象事象、機器・構造物の抽出

- ①耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出は、1.2 から 1.8 の劣化事象に加え、劣化傾向監視等の劣化管理がなされている劣化事象のうち、これらの劣化事象が顕

在化した場合に、振動応答特性上又は構造強度上から地震による影響が有意である事象を抽出していること

- ②評価対象機器・構造物の抽出は、耐震安全上考慮する必要のある劣化事象に該当する機器・構造物であって、かつ応力評価及び疲れ累積評価に影響を与える機器・構造物を抽出していること

## (2) 評価

### ①前提条件

- a. 評価において使用する地震力は、工事計画認可で使用している地震力としていること
- b. 評価対象部位の劣化の想定は、運転開始後 60 年時点での推定劣化量又は取替基準値を使用していること

### ②評価手法

- a. 評価は、JEAG4601 等の規格に基づき、水平 2 方向及び鉛直方向地震力の組合せの評価手法を使用するなど、工事計画認可で使用している手法に従い実施していること
- b. 疲れ累積係数評価は、1.2 で求めた通常運転時の疲れ累積係数に、地震時の疲れ累積係数を加えて求めていること
- c. 評価で使用する流れ加速型腐食の減肉条件は、保守的な解析条件として、減肉形状を周軸方向一様減肉としていること
- d. 流れ加速型腐食による応力評価は、取替基準値による応力評価を行っていること

### ③評価結果

- a. 応力評価の結果、発生応力が許容応力を下回ったこと
- b. 疲れ累積係数評価の結果、疲れ累積係数が 1 を下回ったこと

## 1.9.2 想定亀裂（欠陥）に対する破壊力学評価

亀裂進展力及び応力拡大係数等の評価については、審査基準において「経年劣化事象を考慮した機器・構造物について地震時に発生する応力、亀裂進展力及び応力拡大係数を評価した結果、想定亀裂（欠陥）に対する破壊力学評価上の許容限界を下回ること」を要求事項としている。

規制庁は、亀裂進展力及び応力拡大係数等の評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

### (1) 評価対象事象、機器・構造物の抽出

- ①耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出は、1.2 から 1.8 の劣化事象に加え、劣化傾向監視等の劣化管理がなされている劣化事象のうち、これらの劣化事象が顕在化した場合に、振動応答特性上又は構造強度上から地震による影響が有意である事象を抽出していること
- ②評価対象機器・構造物の抽出は、耐震安全上考慮する必要のある劣化事象に該当する機

器・構造物であって、かつ想定亀裂（欠陥）に対する破壊力学評価に影響を与える機器・構造物を抽出していること

## （２）評価

### ①前提条件

- a. 本評価は、評価対象機器・構造物に想定される劣化事象に応じて、線形破壊力学評価、弾塑性破壊力学評価又は極限荷重評価を実施していること
- b. 評価において使用する地震力は、工事計画認可で使用している地震力としていること
- c. 評価対象部位の劣化の想定は、中性子照射脆化や熱時効等の靱性低下を伴う劣化事象について、運転開始後 60 年時点での推定劣化量を超える値として、運転年数によらず最大の推定劣化量を用いるなどの保守的な劣化量としていること。また、想定欠陥は、劣化事象に応じて、JEAC4206 等の規格又は文献を用いて初期欠陥から 60 年間の進展を予測し、設定していること

### ②評価手法

- a. 線形破壊力学評価は、劣化事象の評価で用いた手法を準用し、地震力を含む応力拡大係数を算出していること
- b. 弾塑性破壊力学評価は、劣化事象の評価で用いた手法を準用し、地震時応力及び地震力を含む亀裂進展力を算出していること
- c. 極限荷重評価は、劣化事象の評価で用いた手法を準用し、地震時応力を算出していること

### ③評価結果

- a. 線形破壊力学評価の結果、応力拡大係数が破壊靱性値を下回ったこと
- b. 弾塑性破壊力学評価の結果、亀裂進展力が亀裂進展抵抗を下回ったこと。地震時応力が安定限界応力を下回ったこと
- c. 極限荷重評価の結果、地震時応力が安定限界応力を下回ったこと

## 1.9.3 動的機能維持評価

動的機能維持評価については、審査基準において「経年劣化事象を考慮した、地震時に動的機能が要求される機器・構造物の地震時の応答加速度を評価した結果、機能確認済加速度以下であること」を要求事項としている。

規制庁は、動的機能維持評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

### （１）評価対象事象、機器・構造物の抽出

- ①耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出は、1.2 から 1.8 の劣化事象に加え、劣化傾向監視等の劣化管理がなされている劣化事象のうち、これらの劣化事象が顕在化した場合に、振動応答特性上又は構造強度上から地震による影響が有意である事

象を抽出していること

- ②評価対象機器・構造物の抽出は、耐震安全上考慮する必要のある劣化事象に該当する機器・構造物であって、かつ動的機能維持評価に影響を与える機器・構造物を抽出していること。また、抽出に当たっては、動的機能維持が求められる機器・構造物とその周辺の機器・構造物等の経年劣化が動的機能維持が求められる機器・構造物に与える影響を考慮していること

## (2) 評価

### ①前提条件

- a. 機器・構造物の対象部位の劣化の想定は、運転開始後 60 年時点での推定劣化量又は取替基準値を使用していること

### ②評価手法

- a. 応答加速度の算出方法は工事計画認可と同じ手法により、地震時の応答加速度を算出していること
- b. 判定に用いる機能確認済加速度は、工事計画認可時に確認した機能確認済加速度を使用していること

### ③評価結果

- a. 評価の結果、地震時の応答加速度が機能確認済加速度以下であったこと

## 1.9.4 制御棒挿入性評価

制御棒挿入性の評価については、審査基準において「経年劣化事象を考慮した、地震時の燃料集合体の変位を評価した結果、機能確認済相対変位以下であるか又は、同様に制御棒挿入時間を評価した結果、安全評価上の規定時間以下であること」を要求事項としている。

規制庁は、制御棒挿入性の評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

### (1) 評価対象事象、機器・構造物の抽出

- ①耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出は、1.2 から 1.8 の劣化事象に加え、劣化傾向監視等の劣化管理がなされている劣化事象のうち、これらの劣化事象が顕在化した場合に、振動応答特性上又は構造強度上から地震による影響が有意である事象を抽出していること
- ②評価対象機器・構造物の抽出は、耐震安全上考慮する必要のある劣化事象に該当する機器・構造物であって、かつ制御棒挿入性評価に影響を与える機器・構造物を抽出していること

### (2) 評価

#### ①前提条件

- a. 制御棒クラスタ案内管の摩耗の劣化の想定は、制御棒クラスタ案内管が機能維持で

きる最大摩耗量としていること

②評価手法

- a. 制御棒挿入性の評価手法は、劣化事象として摩耗を考慮し、工事計画認可と同じ手法を用いて制御棒挿入時間を算出していること
- b. 制御棒挿入時間の判断基準は、工事計画認可を受けた制御棒駆動装置の規定挿入時間を使用していること

③評価結果

- a. 評価の結果、算出した制御棒挿入時間は規定挿入時間以下であったこと

## 1.10 耐津波安全性評価

耐津波安全性評価については、審査基準において「経年劣化事象を考慮した機器・構造物について、津波時に発生する応力等を評価した結果、許容限界を下回ることを要求事項としている。

規制庁は、耐津波安全性評価については、審査ガイドを参照し、以下により要求事項を満足していることを確認した。

(1) 評価対象機器等の抽出

- ①耐津波評価対象設備は、全て3・4号炉共用設備であり、その評価は3号炉高年化技術評価によることとし、3号炉の評価書では、津波時に発生する応力等に影響を与える経年劣化事象及び機器・構造物の抽出は、工事計画認可に基づく浸水防護施設のうち、1.2から1.8の劣化事象に加え、劣化傾向監視等の劣化管理がなされている劣化事象であり、これらの劣化事象が顕在化した場合に、構造強度上及び止水性上、津波による影響が有意である機器・構造物を抽出していること
- ②抽出の結果、評価対象機器・構造物は抽出されなかったこと

## 2. 長期施設管理方針

規制庁は、本申請の別添「大飯発電所原子炉施設保安規定変更前後比較表」の変更後の4号炉長期施設管理方針について、高経年化技術評価結果において中長期の施設管理に関する方針を定めるとした以下の項目が抽出されていることを確認できたことから、長期施設管理方針が、評価結果を踏まえて作成されたものであると認める。

- (1) 原子炉容器等の疲労割れについては、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。
- (2) 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策定する。

- (3) ステンレス鋼配管溶接部の施工条件に起因する内面からの粒界割れについて、2020年8月に確認された「大飯発電所3号炉加圧器スプレイ配管溶接部における有意な指示」を踏まえて実施する知見拡充結果に基づき、第20保全サイクルまで継続して実施する類似性の高い箇所に対する検査の結果も踏まえて、第21保全サイクル以降の検査対象及び頻度を検討し、供用期間中検査計画に反映を行う。

(案)

番 号  
年 月 日

関西電力株式会社  
執行役社長 名 宛て

原子力規制委員会

大飯発電所原子炉施設保安規定の変更の認可について

2021年12月3日付け関原発第481号（2022年7月25日付け関原発第327号をもって一部補正）をもって申請のありました上記の件については、核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律（昭和32年法律第166号）第43条の3の24第1項の規定に基づき、認可します。