

東京電力ホールディングス株式会社柏崎刈羽原子力発電所 原子炉施設保安規定の変更に関する審査結果

原規規発第 2312208 号
令和 5 年 12 月 20 日
原子力規制庁

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、令和 5 年 8 月 8 日付け原管発官 R5 第 96 号（令和 5 年 12 月 8 日付け原管発官 R5 第 202 号及び令和 5 年 12 月 15 日付け原管発官 R5 第 213 号をもって一部補正）をもって、東京電力ホールディングス株式会社（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 4 3 条の 3 の 2 4 第 1 項の規定に基づき申請された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。）変更認可申請書（以下「本申請」という。）が、原子炉等規制法第 4 3 条の 3 の 2 4 第 2 項第 1 号に規定する発電用原子炉の設置若しくは変更の許可を受けたところ又は変更を届け出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 4 3 条の 3 の 2 4 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

本申請によれば、変更の概要は以下のとおりである。

4 号炉は、令和 6 年 8 月 11 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。以下「実用炉規則」という。）第 8 2 条及び保安規定第 1 0 7 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し、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 1 0 7 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若しくは変更の許可を受けたところ又は変更を届け出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) 施設管理について、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が、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保守管理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、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、原子炉等規制法第４３条の３の２４第２項第２号に該当するかどうかについては、実用発電用原子炉及びその附属施設における発電用原子炉施設保安規定の審査基準（原規技発第1306198号（平成25年6月19日原子力規制委員会決定。以下「保安規定審査基準」という。))を基に判断した。

また、本申請に添付された「柏崎刈羽原子力発電所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については、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。以下「運転期間延長審査基準」という。))、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。))を参照して確認した。

以下、保安規定審査基準への適合性については1.に、高経年化技術評価の技術的評価に係る確認結果については2.に、高経年化技術評価を踏まえた長期施設管理方針の策定に係る確認結果については3.に記載する。

また、ここで用いる号番号は、特に断りのない限り実用炉規則第92条第1項各号を表している。

1. 保安規定審査基準への適合性

(1) 第18号（発電用原子炉施設の施設管理）

第18号について、保安規定審査基準は、発電用原子炉施設の経年劣化に係る技術的

な評価に関することについては、発電用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ための手順及び体制を定め、当該評価を定期的実施することが定められていること、運転を開始した日以後30年を経過した発電用原子炉については、長期施設管理方針が定められていること、長期施設管理方針及び評価書の内容は、実施ガイドを参考として記載されていること等を要求している。

規制庁は、以下に掲げる事項を確認したことから、第18号に関する審査基準を満足していると判断した。

- ① 発電用原子炉施設の経年劣化に係る技術的な評価を実施するための手順及び体制を定め、当該評価を定期的実施することが定められていること
- ② 高経年化技術評価の結果、現状の施設管理で健全性が確保され、現状の施設管理に追加すべき項目は抽出されなかったとして、4号炉の長期施設管理方針として充実すべき施設管理の項目はないとしていること
- ③ 4号炉の長期施設管理方針及び評価書が、実施ガイドを参考として記載されていること

2. 高経年化技術評価の技術的妥当性

規制庁は、申請者が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。

2.1 高経年化技術評価の実施等

2.1.1 実施体制及び手順等

実施体制及び手順等について、実施ガイドでは「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」、「高経年化技術評価においては、機器・構造物の運転実績データに加えて、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・基準等の最新の情報を適切に反映すること」等を示している。

規制庁は、実施体制及び手順等について、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、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

なお、3号炉の高経年化技術評価において先行号炉である2号炉の設備情報を参照したことによる設備情報の誤りが発生した事象に対しては、体制の強化や委託先に対する管理強化等の是正措置を実施した上で、4号炉の評価書を作成していることを確認した。

2.1.2 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、実施ガイドでは「「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」（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（実用炉規則別表第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」と示している。

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、配管計装線図、設計及び工事の計画の認可申請書、展開接続図等を基に、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の中から、冷温停止状態の維持に必要な機器・構造物を抽出していること

2.2 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出と健全性評価

高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出と健全性評価について、実施ガイドでは「高経年化技術評価の機器・構造物に発生するか又は発生が否定できない経年劣化事象を抽出し、その発生・進展について評価を行い、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象を抽出すること」、「抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について（中略）機器・構造物の健全性評価を行う（こと）」を示している。

規制庁は、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出と健全性評価について、以下のとおり、申請者が実施ガイドを参照して実施していることを確認した。

- (1) 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、冷温停止状態の維持に必要な機器・構造物に対し進展が想定される経年劣化事象として、電気・計装設備の絶縁低下及びコンクリートの強度低下を抽出していること

- (2) 抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象に対し、健全性評価が実施されていること

2.2.1 電気・計装設備の絶縁低下

電気・計装設備の絶縁低下について、運転期間延長審査基準では「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」としている。

規制庁は、以下のとおり、申請者が実施ガイドを参照して評価を実施したこと、その評価は審査ガイドに照らして適当なものであること、評価結果が運転期間延長審査基準を踏まえたものであることを確認した。

(1) 評価対象機器等の抽出

- ① 評価対象機器及び部位として、冷温停止状態の維持に必要な機器として抽出された機器・構造物のうち電気・計装設備の絶縁材料等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、絶縁診断試験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、有意な絶縁低下と判断する値に達する前の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

2.2.2 コンクリートの強度低下

2.2.2.1 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、運転期間延長審査基準では「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」としている。

規制庁は、以下のとおり、申請者が実施ガイドを参照して評価を実施したこと、その評価は審査ガイドに照らして適当なものであること、評価結果が運転期間延長審査基準を踏まえたものであることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

①評価対象部位を、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

(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の定期的な目視点検が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること。また、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

(3) 評価

①前提条件

a. 中性化深さの推定に用いる温度、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 40 年時点の中性化深さの推定は、森永式¹、岸谷式²及び実測値に基づく \sqrt{t} 式³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 7 月）による手法を用い、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 40 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

2.2.2.2 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、運転期間延長審査基準では「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」としている。

規制庁は、以下のとおり、申請者が実施ガイドを参照して評価を実施したこと、その評価は審査ガイドに照らして適当なものであること、評価結果が運転期間延長審査基準を踏まえたものであることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

①評価対象部位として、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

¹ 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）

² 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 7 月）

³ 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]」（令和 5 年 3 月）

環境下にある部位である取水構造物内壁（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の定期的な目視点検が実施され、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 40 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⁴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鉄筋腐食減量は、森永の鉄筋腐食量に関する研究論文⁴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 40 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

2.2.2.3 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、運転期間延長審査基準では「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」としている。

規制庁は、以下のとおり、申請者が実施ガイドを参照して評価を実施したこと、その評価は審査ガイドに照らして適当なものであること、評価結果が運転期間延長審査基準を踏まえたものであることを確認した。

(1) 評価対象部位等の抽出

- ①評価対象部位として、プラント停止中に機械振動を受ける構造物のうち、最も大きな振動を受ける非常用ディーゼル発電設備基礎コンクリート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の定期的な目視点検が実施され、有意な欠陥のないことが確認されていること

⁴ 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）

(3) 評価

①評価手法

- a. 現状の施設管理による目視点検の結果から、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

2.3 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。

2.3.1 応力等評価

応力及び疲れ累積係数の評価について、運転期間延長審査基準では「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」としている。

規制庁は、以下のとおり、申請者が実施ガイドを参照して評価を実施したこと、その評価は審査ガイドに照らして適当なものであること、評価結果が運転期間延長審査基準を踏まえたものであることを確認した。

(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として、2.2.1及び2.2.2の劣化事象も踏まえ、以下に掲げるものを抽出していること

- a. 運転を継続的に行うことを前提とした場合には経年劣化の進展が考えられるが、冷温停止状態が維持されることを前提とした場合には経年劣化の進展が考えられない劣化事象のうち、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地震による影響が有意である事象
- b. 進展傾向が極めて小さいとした劣化事象及び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地震による影響が有意である事象

②評価対象機器・構造物として、耐震安全上考慮する必要のある経年劣化事象の影響を受ける機器・構造物であって、かつ応力評価及び疲れ累積係数の評価が必要な評価対象部位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、「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）に従い、機器の耐震クラスに応じて定める地震力としていること
- b. 評価対象部位の劣化の想定では、運転開始後40年時点での推定劣化量を使用していること

②評価手法

- a. 疲れ累積係数の評価では、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

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

2.3.2 想定亀裂（欠陥）に対する破壊力学評価

応力拡大係数の評価について、運転期間延長審査基準では「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、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」としている。

規制庁は、以下のとおり、申請者が実施ガイドを参照して評価を実施したこと、その評価は審査ガイドに照らして適当なものであること、評価結果が運転期間延長審査基準を踏まえたものであることを確認した。

（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がある経年劣化事象の抽出として、2.2.1及び2.2.2の劣化事象も踏まえ、以下に掲げるものを抽出していること

- a. 運転を断続的に行うことを前提とした場合には経年劣化の進展が考えられるが、冷温停止状態が維持されることを前提とした場合には経年劣化の進展が考えられない劣化事象のうち、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地震による影響が有意である事象
- b. 進展傾向が極めて小さいとした劣化事象及び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地震による影響が有意である事象

②評価対象機器・構造物として、耐震安全上考慮する必要がある劣化事象の影響を受ける機器・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が必要な評価対象部位を抽出していること

（2）評価

①前提条件

- a. 本評価として、評価対象機器・構造物に想定される劣化事象に応じた線形破壊力学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、「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）に従い、機器の耐震クラスに応じて定める地震力としていること
- c. 評価対象部位の劣化の想定では、中性子照射脆化等の靱性低下を伴う劣化事象について、運転開始後40年時点での推定劣化量としていること。また、想定欠陥としては、劣化事象に応じて、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)を参照し、初期欠陥を設定していること

②評価手法

- a. 線形破壊力学評価では、中性子照射脆化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

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

3. 長期施設管理方針

申請者は、高経年化技術評価において、冷温停止状態が維持されることを前提としたそれぞれの経年劣化を評価した結果、現状の施設管理で健全性が確保され、現状の施設管理に追加すべき項目は抽出されなかったとし、4号炉の長期施設管理方針として「高経年化対策の観点から充実すべき施設管理の項目はなし」と変更後の保安規定に定めるとしている。

規制庁は、4号炉の長期施設管理方針の項目に追加する施設管理の項目はないとしていることについて、高経年化技術評価を踏まえたものであることを確認した。