

伊方発電所 3 号機 高経年化技術評価（30 年目）に係る 原子力安全専門部会の審議概要

1 はじめに

四国電力は、伊方発電所 3 号機が令和 6 年 12 月 15 日に運転開始後 30 年となることから、安全上重要な機器等について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、この評価結果に基づき、30 年経過以降の 10 年間に実施すべき施設管理に関する方針（以下「長期施設管理方針」という。）を策定した。当該方針を保安規定に追加するため、令和 5 年 11 月 1 日、原子力規制委員会に対して、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、伊方発電所 3 号機高経年化技術評価に係る保安規定変更認可申請（以下「保安規定変更認可申請」という。）を行った。

また、同日、四国電力から愛媛県及び伊方町並びに八幡浜市、大洲市及び西予市に対して、伊方原子力発電所周辺の安全確保及び環境保全に関する協定書又は伊方原子力発電所周辺の安全確保等に関する覚書に基づき、事前連絡があった。

これまで、愛媛県では、伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会（以下「原子力安全専門部会」という。）において、本件について四国電力から報告を受けた上で、技術的・専門的観点から審議を行ったので、その概要を報告する。

2 審議等の経過

原子力安全専門部会における審議等の経過は以下のとおり。

原子力安全専門部会における審議等の経過

審議等回数	審議等年月日	内 容
第 1 回	令和 6 年 3 月 21 日	・ 高経年化技術評価の概要を聴取
第 2 回	令和 6 年 8 月 28 日	・ 第 1 回の原子力安全専門部会におけるコメントへの回答
第 3 回	令和 6 年 11 月 15 日	・ 国から審査結果を聴取 ・ 第 2 回の原子力安全専門部会における質疑の補足 ・ 部会意見の取りまとめ

3 審議等で確認した事項

(1) 主な質疑＜参考資料 1＞

- 劣化事象の重畳に関する評価
- 各データの統計的なばらつきや不確かさに対する保守性の考え方
- コンクリート構造物の保全状況の現状評価
- 中性子照射量に係る計算結果の妥当性 など

(2) 原子力規制委員会の審査結果＜参考資料 2＞

令和 6 年 11 月 15 日、原子力安全専門部会において、原子力規制庁から保安規定変更認可申請の審査結果の説明を受けた。

保安規定変更認可申請については、原子力規制委員会における審査の結果、「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 日原子力規制委員会決定。）等を参照して高経年化技術評価が行われ、その結果に基づき長期施設管理方針が定められていること等を確認したことから、令和 6 年 10 月 16 日、原子炉等規制法に基づき認可された。

伊方原子力発電所環境安全管理委員会原子力安全専門部会 委員コメント一覧

番号	日付	コメント 委員 (敬称略)	委員コメントまとめ	回 答	
1	R6 3/21	渡邊	高経年化技術評価で安全とされた部材についても、自主的に交換できるものは交換していくべきではないか。	四電	高経年化技術評価は、国や学協会等が定めたガイドラインに沿って実施しており、当面、設備の変更等は不要となっているが、今後新たな知見が得られた場合や運転を継続していく上で必要であると考ええるものについては、交換等を検討する。
2		渡邊	劣化が単独で発生する事象は研究が進んでいるが、重畳した場合は進んでいない。	四電	R6 8/28 原子力安全専門部会 【資料 1】 p. 6～14 にて回答
3		森	劣化事象の重畳について、ある程度納得しやすい考え方を検討すること。		
4		森	コンクリートは場所により強度低下等にはばらつきがあるため、統計的なばらつきを考慮した説明をすること。	四電	R6 8/28 原子力安全専門部会 【資料 1】 p. 17、24 にて回答
5		森	バッフルフォーマボルトの照射誘起型応力腐食割れ（以下「IASCC」という。）発生評価結果について、評価線は何本あるのか。	四電	バッフルフォーマボルトは全部で1080本あるが、対称性を考慮して8分の1領域に含まれる135本を評価線としている。
6		森	バッフルフォーマボルトのIASCCの評価線のうち4本程度がしきい線に非常に近いが、評価のばらつき等を考慮しても安全だという説明をすること。	四電	R6 8/28 原子力安全専門部会 【資料 1】 p. 19 にて回答
7		中村	バッフルフォーマボルトについて、応力の線がかなりしきい線に近づいているが、中性子照射に加えて地震の外力が重畳する場合に、健全性が確保されることを評価上どのように保証しているのか。	四電	バッフルフォーマボルトIASCCのしきい線は、過去の米国でのボルトの損傷事象を十分包絡した安全側のしきい線となっている。また、バッフルフォーマボルトは定期的に水中カメラにより異常がないことを確認しており、こういった現状保全と評価を組み合わせると安全であると評価している。
8		宇根崎	複数の事象が重畳した場合も含め、示された数値が、不確かさや定量的な保守性を考慮の上、評価していることを説明すること。	四電	R6 8/28 原子力安全専門部会 【資料 1】 p. 15～19 にて回答

番号	日付	コメント 委員 (敬称略)	委員コメントまとめ	回 答	
9	R6 3/21	宇根崎	長期施設管理計画については、従来の長期施設管理方針からサプライチェーン等の管理などを追加するだけに留まらず、今後も新知見を踏まえ、自主的な判断や努力によって刷新し、安全性を継続的に向上して欲しい。	四電	現在は、長期施設管理方針を伊方3号機の保安規定に反映するというプロセスを進行しているところ。その後、新しい制度に基づく長期施設管理計画を申請し、国の認可を得る必要があるが、これは国の制度に基づく評価であることから、それを越えた自主的安全性の向上に関する施策については、これに縛られることなく、自主的に当社の活動の中で進めていきたい。
10		森	国に提出した評価書には、評価数や統計量、統計的有意性、ばらつき不確かさなどをどのように考慮して評価しているのか等の情報は含まれていないのか。	四電	例えば熱時効の評価に用いている脆化の予測モデルを作成する際、ばらつきを考慮してモデル化しており、具体的には下限値に対して -2σ (σ :標準偏差) を考慮している。このように、国の審査においては、ばらつきについても必要に応じて説明している。
11		岸田	コンクリートの中性化深さは、最大の深さと鉄筋の距離が重要であるため、最大値なのか平均値なのかを記載してほしい。 また、コンクリートの中性化に伴い、地震が起こった際に期待した耐震性能が発揮できるのかどうかを評価すべきではないか。	四電	R6 8/28 原子力安全専門部会 【資料1】 p. 20～24 にて回答
12		村松	重要な検査へのリソースの投入や被ばく線量の低減などのメリットもあることから、劣化対策等に安全性向上評価や確率論的リスク評価等のより高度な方法を活用し、総合的な安全性の向上に努めてほしい。	—	—
13		中村	着目すべき劣化事象について、学会が定めた標準等に基づく主要6事象に対して、2事象を加えて評価しているが、考慮すべき劣化事象はこれで全てであるとの理解でよいか。	四電	着目すべき劣化事象の抽出にあたっては、原子力規制委員会が定めた「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、まず主要6事象を抽出した。また、伊方3号機の運転状態、保全状態、設計等を踏まえ、同ガイドに定めるプロセスに沿って2事象を追加して抽出しており、これで全てである。

番号	日付	コメント 委員 (敬称略)	委員コメントまとめ	回 答	
14	R6 3/21	中村	最近フランスで低温側配管に接続する配管の中で、低サイクル疲労による割れの兆候が生じるといったことがあったが、低サイクル疲労の中には書かれていない。本件はどのように取り扱われているのか。	四電	フランスの配管の件は熱成層という問題であり、流体の温度変化により繰返し応力がかかるものであるが、高経年化ではなくトラブル対応として対処している。フランスと同じ配管ではないが、伊方発電所においても配管取換などにより対応しているものがある。
15		高橋	建設当初の想定を超えて使用している部材について、今回の高経年化技術評価において、必要な評価は全てできているのか。	四電	高経年化技術評価だけで安全が担保できるわけではなく、検査により劣化の進展や傷の有無等を確認している。また、安全を確保するために、必要に応じて部材の交換を行っていく。
16		渡邊	高経年化技術評価は、それぞれの部材で起きる事象を全部抽出して漏れがないように評価しているが、事象ごとに議論すると漏れが生じるため、本来の部材ごとの評価を説明すること。	四電	R6 8/28 原子力安全専門部会 【資料1】 p. 4～5 にて回答
17		森	実際の高経年化技術評価の概要を示した上で、具体例がいくつかあると、高経年化技術評価の内容を推論できるが、今回の説明資料にはそれがないため、専門的な議論に耐えられない。	県	今回の説明資料は、分かりやすさと部会で専門的な議論が可能かという観点で、県と四国電力で十分打ち合わせを行い作成したが、意見を踏まえ、今後の部会の進め方を検討したい。 (R6 8/28 にコメント回答を実施)
18		森	コンクリートのひび割れに関する情報など、メンテナンス、現状評価に関する情報がないため、根拠となるデータを示すこと。	四電	R6 8/28 原子力安全専門部会 【資料1】 p. 25～27 にて回答
19		中村	加圧熱衝撃に対する健全性確認結果の図面について、シャルピー試験等のデータも書き足した方が分かりやすい。高経年化技術評価書には記載されているのか。	四電	高経年化技術評価書には個々の事象を記載しているが、今回の説明資料は、分かりやすさを少し優先し、個別の線ではなく包絡線を記載している。

番号	日付	コメント 委員 (敬称略)	委員コメントまとめ	回 答	
20	R6 8/28	森	一般的な金属材料については、疲労強度と引張強さに正の相関があるとのことだが、中性子照射を受けた金属材料にも当てはまるのか。世界の原発でもこの試験結果はないのか。	四電	中性子照射により引張強さは強くなる。また、中性子照射により材料内で原子の集合体ができることなどにより、疲労亀裂が発生する滑りが発生しづらくなり、疲労破壊しにくくなることから、基本的には中性子照射脆化によって引張強さが強くなると疲労強度も強くなるという相関は変わらないと考えている。 世界的にも、中性子照射を受けた金属材料における疲労強度と引張強さの試験結果は確認できておらず、一般的な金属材料の試験結果を示している。
21		渡邊	中性子照射脆化の評価では、転位ループ（原子配列間に入り込んだ原子の集合体によって、原子配列が円板状に乱れている部分）はないと考えているのか。	四電	転位ループは必ず存在すると考えているが、既に国内脆化予測式において、転位ループの中性子照射脆化への寄与も考慮されている。その内容を反映して、加圧熱衝撃評価や原子炉容器の健全性評価を行っている。
22		渡邊	中性子照射量は解析コードを用いて評価しているが、原子炉容器外の評価がどれだけ正確か確認しているのか。	四電	信頼性の高いコードを使用しているため問題ないと考えている。 R6 11/15 原子力安全専門部会 【資料1-2】にて回答を補足
23		中村	一方の図は中性子照射によって引張強さが強くなり、もう一方の図では中性子照射によって割れやすくなるとの説明だが、この2つの関係を説明すること。	四電	中性子照射脆化とは、中性子照射を受けると、強度は増すが脆くなっていく現象である。一方は中性子照射量と強度の関係を示した図で、他方は中性子照射量と脆さの関係を示した図である。
24		森	評価を行うにあたって、国内の基準だけでなく国外の基準も参照することはできないのか。	四電	国内の基準については、アメリカやヨーロッパの基準を導入して策定されている。
25		北田	他の原子力発電所が国の審査で行った説明に倣ったという説明だったとの印象であるが、今後は、証拠資料を示して論理的に説明してほしい。	—	—
26	R6 11/15	森	コンクリートの強度低下について、コアサンプルの結果から、コンクリート構造物の健全性に影響を与えないアルカリ骨材はあったのか。	原子力規制庁	今回の焼却炉建屋のコンクリートについては、アルカリ骨材反応評価に関する調査の結果、反応性はなかったという結果を確認した。

番号	日付	コメント 委員 (敬称略)	委員コメントまとめ	回 答	
27	R6 11/15	村松	現行制度の高経年化技術評価と、今後審査が進められる新制度の長期施設管理計画について、制度の違いは何か。	原子力規制庁	劣化評価の方法及びその結果については、現行制度の高経年化技術評価を踏襲する形になる。大きな違いとしては、現行制度では、高経年化技術評価が保安規定変更認可申請の添付書類でしかなかったが、新制度では劣化評価の方法及びその結果自体が審査の対象であるため、評価手法等が新しくなった場合に変更申請が必要となる。
28		渡邊	MOX 燃料導入により中性子照射量が増加すると記載されているが、厳密には中性子束の増加ではないか。	原子力規制庁	ミクロの視点では、中性子束が増加していることになるが、評価においては、最終的に原子炉容器が照射を受ける中性子量を確認する必要があるため、中性子照射量と記載している。
29		渡邊	高経年化技術評価は主要 6 事象に焦点があたって議論されており、各事象が重畳した場合の議論が進んでいないと思うがどうか。	原子力規制庁	主要 6 事象以外に想定される事象がないか抽出するプロセスがある。また、電気ケーブルの評価の際に熱と放射線の影響を条件に加えるなど、重畳が想定される事象については、評価において想定が行われている。さらに、各事象の評価は保守性を有しているため、そこで重畳をカバーできると考えている。
30		中村	コンクリート強度を低下させる事象は複数あるが、評価対象サンプルの代表性が十分であることの確認はどのように行っているのか。	原子力規制庁	各事象で一番リスクのある場所はどこかを確認するプロセスがあり、代表サンプルを抽出している。温度や二酸化炭素濃度等の環境条件等を確認することにより、代表サンプルの適切性を確認している。
31		渡邊	原子炉容器外の実測として 2 ループの伊方 2 号機の例を示されており、伊方 3 号機と中性子束が異なるが、伊方 3 号機と同様の 3 ループの例はないのか。	四電	資料で示している論文は 4 ループの敦賀 2 号機のものであるが、3 ループの例は確認できていない。
32		森	伊方 3 号機の監視試験の結果などは、別途発表いただく、信頼感が高まると思う。	—	—
33		北田	伊方 3 号機の原子炉容器内の中性子照射量の実測値や伊方 2 号機の原子炉容器外の中性子束のエネルギーほどの範囲で積分された量なのか。	四電	伊方 3 号機の中性子照射量は、1 MeV 以上の中性子の総数を照射期間内を通じて積分したものである。伊方 2 号機の中性子束は、単位時間当たりの 0.1 MeV 以上の中性子数で整理したものである。

番号	日付	コメント 委員 (敬称略)	委員コメントまとめ	回 答	
34	R6 11/15	中村	高経年化技術評価に使用している一般汎用解析コードとは、MCNPコードであるか。	四電	MCNP コードではなく、2次元の輸送計算コードであるDORTコードを使用している。他電力も含めて、高経年化技術評価ではこのコードが使用されており、実績のあるコードである。
35		中村	敦賀2号機の原子炉容器外の中性子照射量の実測値は、時期から考えると運転開始前のもではないのか。	四電	初臨界から100%出力運転終了までの試運転全期間にわたって照射した実測値と解析コードの比較を行ったものである。
36		中村	敦賀2号機の試験で使用している解析コードは、出力変動時の中性子束の変化も全て解析できるような性能のコードなのか。	四電	評価期間中のあらゆる運転状態の中性子束を評価し、積分して解析を行ったものと思われる。

原子力規制委員会の審査結果について

原子力規制委員会は、以下の審査結果を踏まえ、令和6年10月16日、保安規定変更認可申請を認可した。

(1) 審査内容

原子力規制庁は、保安規定変更認可申請による変更後の保安規定が原子炉等規制法第43条の3の24第2項各号のいずれにも該当しないか、以下のとおり審査を行った。

① 第1号（許可を受けたところによるものではないこと）

- ・保安規定に定める伊方3号機の高経年化技術評価等が、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に記載された保守管理の内容と整合していることを確認した。

② 第2号（災害の防止上十分でないものであること）

- ・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。
- ・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が行われ、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、それらの機器等に想定される劣化事象を抽出し、発生又は進展の評価を実施していることを確認した。
- ・主要6事象（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・計装設備の絶縁低下、コンクリート構造物の強度低下）等の劣化事象について、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、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。
- ・耐震安全性評価として、それぞれ着目すべき経年劣化事象を考慮した上で応力評価等を実施し、発生応力等が許容値等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。
- ・高経年化技術評価の結果において施設管理方針を定めるとした項目が、長期施設管理方針として適切に定められていることを確認した。

(2) 審査結果

原子力規制庁は、審査の結果、保安規定変更認可申請による変更後の保安規定は、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ことを確認した。

高経年化技術評価の確認結果(概要)

⑦耐震・耐津波安全性評価
耐震設計において、必要な構造・強度に影響する劣化事象を考慮した評価
津波を受ける浸水防護施設の経年劣化事象を考慮した評価

【伊方3確認結果】
⇒流れ加速型腐食等を考慮しても耐震上の許容値を満足した。耐津波安全性評価の結果、評価対象機器・構造物は抽出されなかった

⑤電気・計装設備の絶縁低下
電気・計装設備に使用されている絶縁物が環境要因等で劣化し、電気抵抗が低下する事象

【伊方3確認結果】
⇒有意な絶縁低下と判断する値となるまでの期間が運転開始後60年以上であったこと

③照射誘起型応力腐食割れ
中性子の照射により、応力腐食割れが発生する事象

【伊方3確認結果】
⇒バツフルフォーマボルトの破損予測本数は0本であり、管理損傷ポルト本数(216本)以下であった

⑥コンクリート構造物の強度低下
コンクリートの強度が、熱、放射線照射等により低下する事象。また、放射線の遮へい能力が熱により低下する事象

【伊方3確認結果】
⇒評価の結果、中性化深さは、鉄筋が腐食し始める深さにならなかった。コンクリート構造物の強度は設計強度を下回らなかった

④2相ステンレス鋼の熱時効
ステンレス鋼が高温での長期使用に伴い、韌性の低下を起こす事象

【伊方3確認結果】
⇒亀裂進展評価の結果、亀裂は貫通まで至らない。不安定破壊評価の結果、欠陥が拡大することはない

①低サイクル疲労
温度・圧力の変化によって、大きな繰返し応力がかかる部位に割れが発生する事象

【伊方3確認結果】
⇒評価対象部位のすべてにおいて疲れ累積係数が1を下回った

②原子炉容器の中性子照射脆化
長期間にわたり原子炉容器に中性子が照射されることにより、その韌性が徐々に低下(脆化)する事象

【伊方3確認結果】
⇒加圧熱衝撃評価の結果、原子炉容器の破損のおそれがない(破壊靱性値が応力拡大係数を上回る)。上部棚吸収エネルギーは判断基準(68J)以上であった