

平成 30 年 4 月 25 日

中国電力株式会社

島根原子力発電所高経年化技術評価 補足説明資料の位置付けと質問事項について

平成 30 年 3 月 19 日のヒアリング時に受領した質問事項を受けて、補足説明資料の作成を進めているが、改めて以下について確認したい。

1. 補足説明資料の位置付け

- ・質問事項（運転延長審査基準、審査ガイド等の観点）に対する回答資料
- ・高経年化技術評価書の内容を補足説明するための資料
- ・ヒアリング・審査会合で使用する公開資料

2. 「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」等の 30 年目高経年化技術評価の審査項目として明確な要求がない質問事項

3. 中性子照射脆化	1) 加圧熱衝撃評価 ・加圧熱衝撃評価を行わないとする理由の説明（評価書中「事故時に非常用炉心冷却系が作動しても冷却水の注入に伴って圧力が低下するため、高圧のまま低温になることはない」との記述に対して、想定している事故時の温度、圧力からの冷却に伴う圧力変化の具体的な説明） 2) 上部棚吸収エネルギー評価 ・監視試験片の中性子照射量に相当する運転経過年数を算出すること。算出に当たっては当該年数が過大なものとならないよう、将来の設備利用率の値を 80 パーセント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すること。
5. 2 相ステンレス鋼の熱時効	(評価内容) ・評価対象部位の選定の考え方、フェライト量、発生応力の算出根拠 ・亀裂進展力の算出式及び算出根拠、荷重条件の設定根拠、数値解析を行っている場合は計算過程とコードの妥当性確認結果等 ・亀裂進展抵抗の算出式及び算出根拠、材料の脆化度合い、フェライト量の算出過程、重大事故の考慮等 ・亀裂安定性評価の算出過程及び結果の詳細
9. 耐震安全性評価	4) 制御棒挿入性評価 ・制御棒挿入性に対する健全性評価の考え方とその根拠

3. 先行 BWR の運転期間延長認可申請審査の質問事項から構成変更された質問事項

6. 電気・計装品の絶縁低下	(評価内容) ※事故時機能要求のある機器共通。代表機器以外についても同様。 <ul style="list-style-type: none">・長期健全性試験の準拠規格（規格と手順、試験項目等が異なる場合は、その妥当性の説明）・評価対象機器の使用条件の根拠の説明（通常運転時及び事故時）・試験条件の妥当性の説明（劣化処理及び事故模擬条件の妥当性に係る説明においてアレニウス則を用いている場合、活性化エネルギー及びその根拠を含む）・長期健全性試験の供試体と評価対象機器の同等性の説明（製造メーカー、仕様、構造等の説明。特に、実機同等品で試験していない場合は詳細を説明）・評価結果を踏まえた、60 年間の健全性を維持するための保全策等
----------------	--

4. 添付資料

- (1) 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 28 年 11 月 2 日改正（抜粋）
- (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 29 年 9 月 20 日改正（抜粋）
- (3) 実用発電用原子炉の運転の期間の延長の審査基準 平成 28 年 4 月改正（抜粋）

以 上

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
(抜粋)

平成25年7月8日
平成25年12月18日改正
平成28年11月2日改正
原子力規制庁

○視点・着眼点

耐震安全性を確保するために、現状保全に追加すべき追加保全策を策定していること。

- i 追加保全策の詳細(実施内容、開始時期、頻度等)を明らかにし、保守管理に係る要領・手順等に適切に反映することとなっているか。
- ii 実施ガイド3. 1⑤に規定する期間の満了日までの期間の機器・構造物の耐震安全性確保のため、当該プラントのみならず、国内外の運転経験や最新の知見を基に追加保全策を策定しているか。

②-2 耐津波安全上の追加保全策の策定

想定した経年劣化事象に対し、耐津波安全性が確保されない場合に、現状保全に追加する必要がある新たな保全策を適切に策定しているかを審査する。

○視点・着眼点

耐津波安全性を確保するために、現状保全に追加すべき追加保全策を策定していること。

- i 追加保全策の詳細(実施内容、開始時期、頻度等)を明らかにし、保守管理に係る要領・手順等に適切に反映することとなっているか。
- ii 実施ガイド3. 1⑤に規定する期間の満了日までの期間の浸水防護施設に属する機器等の耐津波安全性確保のため、当該プラントのみならず、国内外の運転経験や最新の知見を基に追加保全策を策定しているか。

3. 中性子照射脆化

③中性子照射脆化に係る健全性評価及び追加保全策の抽出 【解説⑧】

原子炉等規制法第43条の3の32の規定による運転することができる期間の延長を行う発電用原子炉について、実施ガイド3. 1⑤に規定する監視試験の実施及びその結果に基づく健全性評価等が行われているかを審査する。

○視点・着眼点

加圧水型軽水炉について、上記の監視試験結果に基づく健全性評価を行うに当たっては、以下の事項を反映していること。

- i 監視試験片の中性子照射量に相当する運転経過年数の算出に当たっては当該年数が過大なものとならないよう、将来の設備利用率の値を80パーセント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か。
- ii 照射脆化の将来予測を伴わない実測データに基づく評価及び照射脆化の将来予測を保守的に行うことができる方法による評価を行っているか。
- iii 原子炉容器炉心領域内表面(クラッドを除く。)から深さ10ミリメートルの部位における破壊靱性値を用いた加圧熱衝撃評価を行っているか。

④大規模地震等による機器・構造物への直接の影響の考慮

現に発生した大規模地震等について、これによる機器・構造物への影響を踏まえた高経年化技術評価を行っているかを審査する。

○視点・着眼点

格納容器外の高エネルギー系統^{1), 3)}

PWR	BWR
主蒸気ライン系統	主蒸気ライン系統
主給水ライン系統	主給水ライン系統
補助給水系統	高圧炉水スプレー系統
体積制御系統	プロセスサンプリング系統
復水系統	復水系統
プロセスサンプリング系統	炉心浄化系統 ²⁾
蒸気発生器ブローダウンライン系統	ホウ酸水注水ライン系統

注 1) NUREG-0800 3.6.1 TABLE 3.6.1-2 より引用

注 2) 運転中施錠管理して作業員が入室できない場合を除く。

注 3) 公称1インチ以下の管を除く。

なお、これらの機器は、発電用原子炉設置者が行う「作業員等に火傷等を引き起こす可能性のある高温・高圧の環境下にある機器」に係る高経年化技術評価の妥当性の審査を行うために十分な範囲であると考えられる。

【解説6】 消耗品・定期取替品について

消耗品とは供用に伴う消耗があらかじめ想定され設計時に取替を前提とするものをいう。また、定期取替品とは、設計時に耐用期間内(想定される経年劣化事象の発生・進展により、性能が技術基準上の要求性能を下回らない期間内)に計画的に取替えることを前提とするものをいう。

例えば、制御棒のように、取替えの最長期間があらかじめ設定されているものであっても、当該期間内に、想定される経年劣化事象(「摩耗」、「照射誘起割れ」等)の発生・進展による劣化傾向監視を行い、この結果に基づき適切な時期に取替えや配置変更(シャプリング)を行う管理が行われる場合は、定期取替品に当てはまらないものといえる。

なお、10年を超えた長期にわたり使用する「消耗品・定期取替品」については、その劣化進展に係る実績が十分でないことに鑑み、高経年化技術評価の対象とすることが望ましい。

【解説7】 部位への展開について

これまでの高経年化技術評価において、機器・構造物の安全機能維持の観点を考慮し、機能ごとに関連する部位に展開した上で評価した例があり、一つの参考となるが、今後の高経年化技術評価の実績を踏まえ、実効的な展開方法が検討されるべきである。

3. 中性子照射脆化

【解説8】 中性子照射脆化に係る健全性評価について

「原子炉構造材の監視試験方法」(JEAC4201-2007)の関連温度移行量の予測式については、平成21年に九州電力(株)玄海原子力発電所1号機で取り出された監視試験片による試験の結果から、高い積算照射量領域の予測精度が十分高いとは言えない可能性があることが明らかとなった(原子炉圧力容器の中性子照射脆化について(平成24年8月原子力安全・保安院)参照。)

このため、原子炉等規制法第43条の3の32の規定による運転することができる期間の延

3. 中性子照射脆化

長認可申請を行う発電用原子炉については、実施ガイド3. 1③に規定する運転期間延長認可申請に至るまでの間の運転に伴い生じた原子炉その他の設備の劣化の状況の把握のための点検(特別点検)として原子炉容器の炉心領域の母材及び溶接部に対する超音波探傷試験による欠陥の有無の確認、並びに実施ガイド3. 1⑤に規定する中性子照射脆化に係る健全性評価及び追加保全策の抽出に係る対応を求めている。

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
(抜粋)

平成25年6月19日

平成25年12月6日改正

平成27年10月7日改正

平成28年11月2日改正

平成29年9月20日改正

原子力規制委員会

映を用いることができる。

5.2相ステンレス鋼の熱時効

- ④ 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。

ただし、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のうち、以下に示す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。)については、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を要しない。この場合、当該日常劣化管理事象の劣化傾向監視等劣化管理の考え方、方法、計画及び実績を⑩の高経年化技術評価書において明確にすること。

- 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
- コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下

④を行うに当たっては、PLM基準 2008 版の6. 3. 2 評価対象事象及び6. 3. 3. 1 部位・経年劣化事象の抽出を用いることができる。

- ⑤ 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、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・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(以下「追加保全策」という。)を抽出すること。

イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価 プラントの運転を開始した日から60年間(ただし、⑧ただし書の規定に該当する場合にはプラントの運転を開始した日から40年間とする。)

ロ 実用炉規則第82条第2項又は第3項の規定に基づく高経年化技術評価 プラントの運転を開始した日から40年間に同条第2項又は第3項に規定する延長する期間を加えた期間

中性子照射脆化に係る健全性評価及び追加保全策の抽出に当たっては以下のとおりとすること。

実用発電用原子炉の運転の
期間の延長の審査基準
(抜粋)

平成25年11月
平成28年4月改正
原子力規制委員会

評価対象事象又は評価事項	要求事項
低サイクル疲労	○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。
<p>中性子照射脆化</p> <p>3. 中性子照射脆化</p>	<p>○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。</p> <p>○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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>○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压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。</p>
照射誘起型応力腐食割れ	○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技術基準規則に定める基準に適合すること。
<p>2相ステンレス鋼の熱時効</p> <p>5. 2相ステンレス鋼の熱時効</p>	<p>○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。</p> <p>○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。</p>

			設計荷重を上回ること。
	コンクリートの遮蔽能力低下	熱	○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。
	鉄骨の強度低下	腐食	○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。
		風などによる疲労	○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。
	上記評価対象事象以外の事象		○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。
	耐震安全性評価		<p>○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。</p> <p>○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。</p> <p>○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。</p> <p>○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。</p>
	耐津波安全性評価		○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。