

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
1	2023年6月19日	補足説明資料 中性子照射脆化	6-1	「深さ10mm位置の破壊靱性値の評価を行う上で用いたTpの値、Tpの設定に用いた全ての監視試験データ(破壊靱性)」とあるが、破壊靱性試験は何の規格に基づいて実施したのか追記すること。	【破壊靱性試験の実施に係る規格】 脆性破壊が生じる温度では ASTM E399に準じて実施している。脆性破壊が生じるがASTM E399の有効条件を満たさない場合又は脆性破壊が生じない場合には ASTM E1820 に準じて実施している。  【CT試験片の種類について】 ASTM E399のANNEXに定められる、板厚Bが0.5インチのCT試験片を用いている。  当該内容を補足説明資料に追記した。 【補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6】	7月25日	7月25日
2	2023年6月19日	補足説明資料 中性子照射脆化	7-1	最低使用温度を明記し、算出根拠を示すこと。また、最低使用温度の設定はいつ行われているのか示すこと。	【最低使用温度の明記について】 補足説明資料のうち、耐圧・漏えい試験時における加熱制限曲線に最低使用温度を追記した。 ※これに関連して、共通事項のコメントNo.4「川内1号、2号の審査資料等の内容の変更については玄海3号の申請書類、補足説明資料にも適切に反映すること。」の対応として、最低使用温度を明記した耐圧・漏えい試験時における冷却制限曲線を追加した。 【補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙7】  【算出根拠について】 JEAC4206に基づく破壊力学評価にて求めた加熱(冷却)制限曲線に対して、試験時における最高圧力と最低圧力をプロットし、最低使用温度を算出している。  【最低使用温度の設定時期について】 試験時における加熱(冷却)制限曲線は、①監視試験片の取出し時、②関連基準及び規制要求の変更時、③EFPY算出時等に、必要に応じて見直しを行う。 以上の時期に設定した加熱(冷却)制限曲線に対し、各運転サイクル毎の試験時に最高使用圧力と最低使用圧力をプロットし、最低使用温度を設定している。	8月15日	8月15日
3	2023年6月19日	補足説明資料 中性子照射脆化	7	監視試験カプセルの「A型」と「B型」の差異や、今後の取り出しの考え方(交互に取り出す等)を説明すること。	玄海3号機建設時において、溶接金属及び熱影響部の試験片が含まれるA型カプセル2つと、含まれていないB型カプセル4つを装荷している。初回取出し時のみ、参考の位置付けとなる溶接金属を含んだA型カプセルを取出しており、その後は炉心領域の試験片(母材)が多く装荷されているB型カプセルを取り出すことを想定している。(JEAC4201-2007によると、炉心領域のみが監視試験の対象である。)残り1つのA型カプセルは予備である。 なお、補足説明資料の「4.2 監視試験結果」の試験片数(1カプセルあたり)の各試験片本数については、母材だけでなく溶接部および比較標準材も含めた本数を記載していたため、母材の本数に修正した。 【補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) P7】  監視試験片の取出しについて、玄海3号炉のJEAC4201-2007に基づく標準監視試験計画は3回であり、これまで3回の取出しを実施し、取出しの要求回数は完了した。今後の取出しについては、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。	8月15日	8月15日
4	2023年6月19日	補足説明資料 中性子照射脆化	8	マスキングの要否について確認すること(少なくとも補足説明資料P8の表2の原子炉容器の母材の厚さはメーカーのHPで確認できる。)	マスキング要否について検討した結果、一部のマスキング箇所を公開とした。 【補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙5-5-1】	7月25日	7月25日
5	2023年6月19日	補足説明資料 中性子照射脆化	9	中性子照射量の算出において、MOX燃料を装荷したことを考慮して、中性子束を1.2倍していることについて、「1.2」を設定した根拠を説明し、補足説明資料に追記すること。	MOX燃料を導入した場合において、中性子照射量に最も影響が出るのは新燃料が炉心の最外周かつ原子炉容器に最も近い位置に配置されていると仮定した場合であり、その場合、炉内構造物の中性子照射量についてはUO2燃料の平衡炉心と比べ約1.19倍となることから、安全側に1.2倍と設定している。  当該内容を補足説明資料に追記した。 【補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 本文p.9】	7月25日	7月25日
5-1	2023年9月25日	補足説明資料 中性子照射脆化	9	MOX燃料を導入した場合に最も影響の出る燃料配置を図示すること(IASCC-3と同じ)。また、その場合の中性子照射量が1.19倍になることの導出過程を示すこと。	玄海3号炉—中性子照射脆化—5—1のとおり。	10月16日	10月16日
5-2	2023年10月16日	コメント回答資料 中性子照射脆化 No.5-1	-	UO2炉心及びMOX炉心の中性子照射量の比較に関する記載「上記の考え方は～同様であり」について、何がMOX工認と同様の考え方なのか分かるように記載すること。 また、MOX炉心はUO2炉心と比較して中性子束が1.2倍になることを示すこと。	玄海3号炉—中性子照射脆化—5—2のとおり。	10月23日	10月23日

玄海原子力発電所3号炉 高経年化技術評価に係るヒアリング  
コメント反映整理表<中性子照射脆化>

2023年12月15日 九州電力㈱

No	日付	資料名	該当ページ	コメント内容	コメント対応	回答日	完了日
6	2023年6月19日	高経年化技術評価書別冊 原子炉容器	23	「2020年4月以降の設備利用率100%で運転すると仮定」した理由を説明すること。	中性子照射量が最も保守的な値となるよう、2020年4月以降の設備利用率を100%で運転すると仮定した。	7月25日	7月25日
7	2023年9月25日	補足説明資料 中性子照射脆化	12	図4について、途中(中性子照射量・ $9 \times 10^{19}$ のあたり)で線が途切れている理由を説明すること。	関連温度予測値については、JEAC4201-2007[2013年追補版] 附属書B-2100⑤に記載の引用文献(1)による方法を用いて計算している。 原子炉容器板厚1/4位置の中性子照射量 $9 \times 10^{19}$ (n/cm <sup>2</sup> )におけるEFPYは約160EFPYであり、想定する評価期間を大きく上回っているため、この時点までの関連温度を算出し示している。  (1)曾根田他、「原子炉圧力容器鋼の照射脆化予測法の改良 -高照射監視試験データの予測の改善-」、電力中央研究所報告Q12007、(一財)電力中央研究所、平成25年3月	10月16日	10月16日
8	2023年9月25日	補足説明資料 中性子照射脆化	2-1	Tr30を求める際の近似曲線について、どのような近似式をいつから用いているか説明すること。また、近似を行う際のパラメータの条件について確認すること。	玄海3号炉-中性子照射脆化-8のとおり。	10月16日	10月16日
9	2023年10月16日	補足説明資料 中性子照射脆化	7	補足説明資料について会合資料と同様に、監視試験片の取り出しを行った各回次に、EFPYを併記すること。	会合資料と同様に、補足説明資料に以下の対応を実施した。 ・監視試験片の取り出しを行った各回次にEFPYを併記 ・Tr30に関する説明を追記 ・監視試験の初期値のデータを追記  [補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) p7]	10月23日	10月23日
10	2023年11月2日 (審査会合)	補足説明資料 中性子照射脆化	-	評価対象部位における中性子照射量の算出過程に関する説明を補足説明資料に追加すること。	評価対象部位における中性子照射量の算出過程に関する説明を補足説明資料に追加した。 [補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) p9]	12月6日	12月6日
11	2023年12月6日	補足説明資料 中性子照射脆化	-	MOX燃料を装荷した場合の中性子束の算出過程を補足に追記するとともに増加要因を考察すること。	MOX燃料を装荷した場合の中性子束の算出過程及び増加要因を補足説明資料に追記した。 [補足説明資料 3号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙8]		

玄海3号炉—中性子照射脆化— 1 1

玄海原子力発電所3号炉  
高経年化技術評価  
(中性子照射脆化)

補足説明資料

2023年12月15日  
九州電力株式会社

# 目次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
3. 評価対象と評価手法	4
3.1 評価対象	4
3.2 評価手法	4
4. 代表機器の技術評価	5
4.1 評価点の抽出	5
4.2 監視試験結果	7
4.3 関連温度評価	11
4.4 上部柵吸収エネルギー (USE) 評価	13
4.5 加圧熱衝撃評価	14
4.6 現状保全	15
4.7 総合評価	17
4.8 高経年化への対応	17
5. まとめ	18
5.1 審査ガイド等に対する確認結果	18
5.2 長期施設管理に関する方針として策定する事項	19

## 別紙

別紙 1. 監視試験結果の中性子照射量の算出根拠	1-1
別紙 2. 関連温度の計算過程	2-1
別紙 3. 中性子照射量が $1.0 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$ を超える範囲の関連温度	3-1
別紙 3-1. 溶接部の関連温度	3-3
別紙 4. 上部柵吸収エネルギーの計算過程	4-1
別紙 5. PTS 事象の選定理由	5-1
別紙 6. PTS 評価における $T_p$ の計算過程	6-1
別紙 7. 加熱・冷却制限曲線及び耐圧漏えい試験温度	7-1
別紙 8. MOX 燃料による影響について	8-1

＜MOX 燃料による影響について＞

MOX 燃料を導入した場合において、原子炉容器の中性子照射量に最も影響が出るのは新燃料が炉心の最外周かつ原子炉容器に最も近い位置（図 8-1 の a の位置）に配置されていると仮定した場合である。その配置を考慮した MOX 平衡炉心の RV1/4 厚さにおける中性子束を解析コード DORT により算出すると、表 8-1 に示すとおり、UO<sub>2</sub> 平衡炉心の中性子束に比べ 1.19 倍（約 1.2 倍）となる。MOX 燃料を装荷した場合における中性子束の増加要因としては、Pu-239 が U-235 に比べて、1 核分裂あたりの中性子発生数が多いことや、核分裂時に発生する中性子束のエネルギー分布が高エネルギー側にシフトする（核分裂スペクトルが硬くなる）ことなどが挙げられる。

中性子照射量は中性子束に照射時間を乗じたものであるため、中性子照射脆化に係る技術評価においては、MOX 燃料装荷以降の中性子照射量について、UO<sub>2</sub> 平衡炉心における中性子照射量に 1.2 倍を考慮した評価を実施している。

表 8-1 UO<sub>2</sub> 平衡炉心及び MOX 平衡炉心における RV 中性子束の比

UO <sub>2</sub> 平衡炉心における 中性子束[n/cm <sup>2</sup> /s]	MOX 平衡炉心における 中性子束[n/cm <sup>2</sup> /s]	中性子束の比 (MOX 炉心 / UO <sub>2</sub> 炉心)
$1.56 \times 10^{10}$	$1.86 \times 10^{10}$	$(1.86 \times 10^{10}) / (1.56 \times 10^{10})$ ≒ 1.19

なお、平成 21 年 7 月 15 日付け平成 21・04・21 原 第 6 号にて認可された工事計画（MOX 燃料導入に係る工事計画）においては、上記で算出した中性子照射量の 1.2 倍の考慮に加え、装荷パターンの多様性  \* を考慮し、「UO<sub>2</sub> 炉心による約 10EFPY の運転後に、MOX 炉心による約 30EFPY の運転を仮定した場合の中性子照射量」が、「UO<sub>2</sub> 炉心で 40EFPY 運転した場合の中性子照射量」に比べ増加の程度が約 6%であることを示しており、原子炉容器の脆性破壊が問題となるものではないことを説明している。

※ 燃料装荷パターンの多様性の詳細については、照射誘起型応力腐食割れの補足説明資料 別紙 5 参照

内は商業機密に属しますので公開できません。

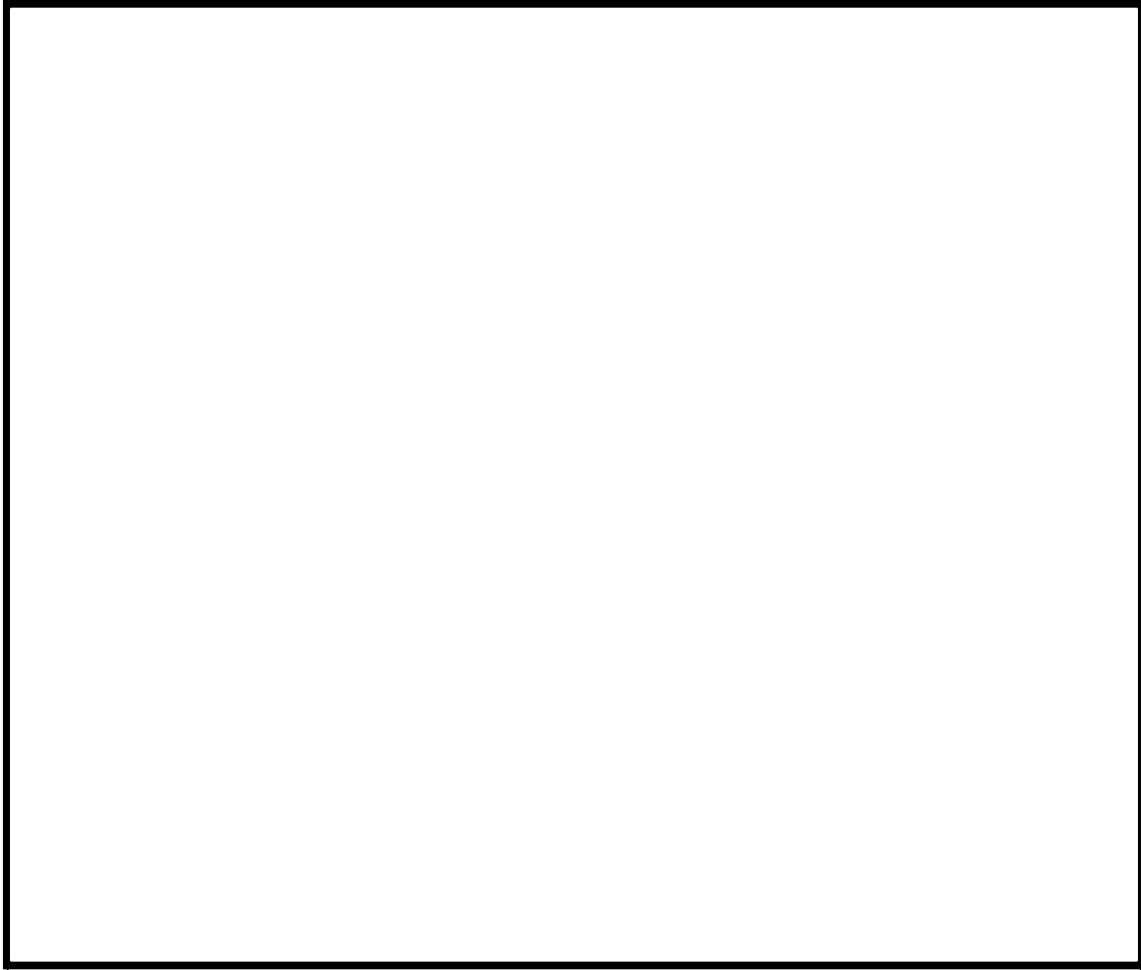



図 8-1 MOX 新燃料の配置パターン

 内は商業機密に属しますので公開できません。