

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ANNEXIに定められる、幅厚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御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御曲線を追記した。 【算出根拠について】 JEA4305に基づく破壊力学評価にて求めた加熱(冷却)制御曲線に対して、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)制御曲線は、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)制御曲線に対し、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号増建炉において、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つを装着している。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、その後は炉心積換の試験片(母材)が多く実行されているB型カプセルを取り出すことを想定している。(JEA4201-2007によると、炉心積換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、母材のみ本数に修正した。 【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JEA4201-2007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燃料を装着したことを考慮して、中性子量を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層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、炉内積換物の中性子照射量についてはUO2燃料の平面炉心と比べ約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.8】	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(UASOC-3と同じ)。また、その場合の中性子照射量が1.19倍になることの算出過程を示すこと。	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、両がMOX工認と同様の考え方が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量が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。		
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: 9×10^{18})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、JEA4201-2007(2013年追補版)附属書B-2100 5に記載の引用文(1)による方法を用いて計算している。 原子炉容器板厚1.4t(位置)の中性子照射量 9×10^{18} (n/cm ²)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。 【菅根田他「原子炉圧力容器壁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G12007、(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】		

玄海3号炉—中性子照射脆化—5—2

<p>タイトル</p>	<p>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。</p>						
<p>説明</p>	<p>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1に示すとおり、UO₂ 平衡炉心の中性子束に比べ 1.19 倍（約 1.2 倍）となる。</p> <p>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、UO₂ 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。</p> <p style="text-align: center;">表1 UO₂ 平衡炉心及び MOX 平衡炉心における RV 中性子束の比</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th style="text-align: center;">UO₂ 平衡炉心における 中性子束[n/cm²/s]</th> <th style="text-align: center;">MOX 平衡炉心における 中性子束[n/cm²/s]</th> <th style="text-align: center;">中性子束の比 (MOX 炉心 / UO₂ 炉心)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">1.56 × 10¹⁰</td> <td style="text-align: center;">1.86 × 10¹⁰</td> <td style="text-align: center;">(1.86 × 10¹⁰) / (1.56 × 10¹⁰) ≒ 1.19</td> </tr> </tbody> </table> <p>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束の 1.2 倍の考慮に加え、装荷パターンの多様性 *を考慮し、「UO₂ 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、「UO₂ 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。</p> <p>※ 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</p> <p style="text-align: center;"> 内は商業機密に属しますので公開できません。</p>	UO ₂ 平衡炉心における 中性子束[n/cm ² /s]	MOX 平衡炉心における 中性子束[n/cm ² /s]	中性子束の比 (MOX 炉心 / UO ₂ 炉心)	1.56 × 10 ¹⁰	1.86 × 10 ¹⁰	(1.86 × 10 ¹⁰) / (1.56 × 10 ¹⁰) ≒ 1.19
UO ₂ 平衡炉心における 中性子束[n/cm ² /s]	MOX 平衡炉心における 中性子束[n/cm ² /s]	中性子束の比 (MOX 炉心 / UO ₂ 炉心)					
1.56 × 10 ¹⁰	1.86 × 10 ¹⁰	(1.86 × 10 ¹⁰) / (1.56 × 10 ¹⁰) ≒ 1.19					

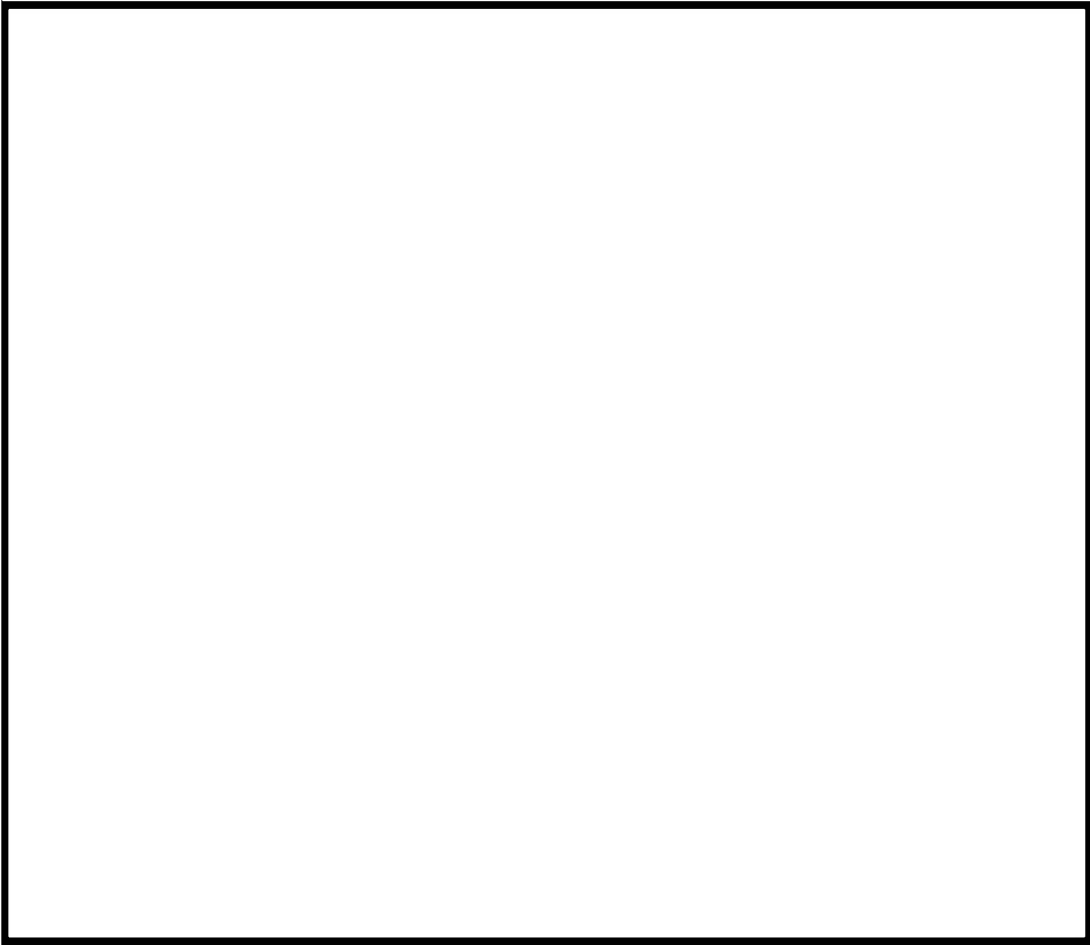


図1 MOX 新燃料の配置パターン

以 上

内は商業機密に属しますので公開できません。

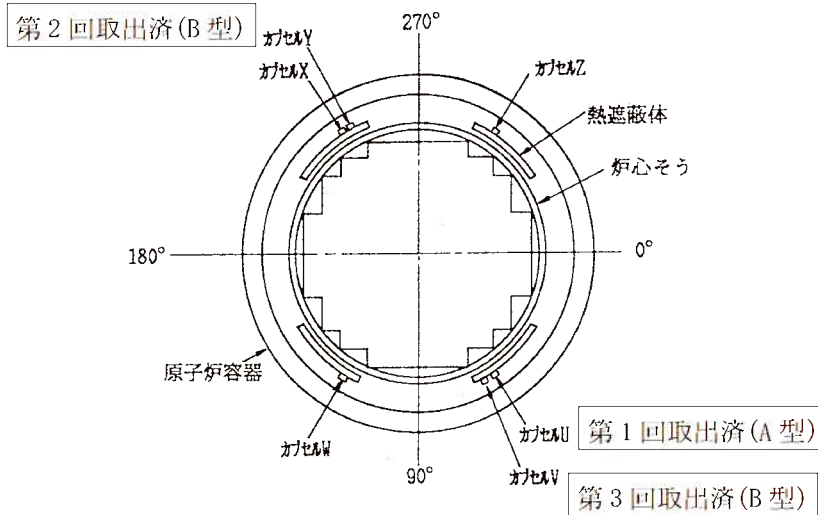
玄海 3 号炉—中性子照射脆化— 9

4.2 監視試験結果

a. 監視試験カプセルの配置

監視試験片の配置、試験片数、各試験片の化学成分、各カプセルの取出し時期及び監視試験結果を以下に示す。また、監視試験結果における中性子照射量の算出根拠を別紙 1 に示す。

監視試験片の全カプセル数：6 体（3 体を取出自済）
カプセルの配置：



試験片数（1カプセルあたり）

	種類	カプセル	引張試験片	シャルピー試験片	CT 試験片
母材	A 型	U, X	6 体	33 体	8 体
	B 型	V, W, Y, Z	9 体	33 体	32 体

監視試験片の化学成分（重量%）

区分	Cu	Ni	Mn	Mo	Si	P	S
母材	0.018	0.74	1.41	0.48	0.23	<0.005	<0.005

監視試験結果

監視試験回次	取出時期	T_{r30} ^{※1} [°C]	上部柵吸収エネルギー [J]	中性子照射量 [$\times 10^{19}n/cm^2$, $E>1MeV$]	中性子束 [$\times 10^{10}n/cm^2/s$, $E>1MeV$]	RV 内表面に対するリードファクタ	照射温度 [°C]
初期値	—	-61	283	0	—	—	—
第 1 回	1996 年 4 月	-55	273	0.786 [約 16EFPY] ^{※2}	11.8	4.01	289
第 2 回	2004 年 4 月	-49	263	2.71 [約 49EFPY] ^{※2}	9.6	3.79	
第 3 回	2019 年 5 月	-30	265	4.76 [約 85EFPY] ^{※2,3}	9.5	3.77	

※1 シャルピー衝撃試験における吸収エネルギーが 41J となる温度。関連温度は T_{r30} の移行量と関連温度初期値から算出する。

【関連温度初期値】玄海 3 号炉 母材：-30°C

※2 内表面から板厚 t の $1/4t$ 深さ位置での EFPY。EFPY とは、定格負荷相当年数であり、定格出力で連続運転したと仮定して計算した年数を示す。

※3 第 3 回監視試験実施時の定格負荷相当年数は約 16EFPY。