

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	監視試験片カプセルの「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、その後は炉心領域の試験片(母材)が多く装着されている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、母材のみの本数に修正した。 【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5-1】	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と同じか)。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。		
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

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10月16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
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。	<p>関連温度予測値については、JEAC4201-2007[2013年追補版] 附属書B-2100.5に記載の引用文献(1)による方法を用いて計算している。</p> <p>原子炉容器板厚1/4t位置の中性子照射量 <math>9 \times 10^{19}</math> (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。</p> <p>(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</p>		
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。		

玄海3号炉—中性子照射脆化—5—1

タイトル	<p>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 と同じか)。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。</p>						
説明	<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り、その場合、中性子照射量については UO<sub>2</sub> 燃料の平衡炉心と比べ 1.19 倍(約 1.2 倍)となる。</p> <p>上記の考え方は、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)と同様であり、導出過程は以下のとおり。</p> <p>UO<sub>2</sub> 平衡炉心(48GWd/t 平衡炉心)及び MOX 平衡炉心について、40EFPY 時点での RV1/4 厚さにおける高速中性子照射量を表 1 に示す。表 1 より、UO<sub>2</sub> 炉心と比較して、MOX 炉心における RV 中性子照射量は 1.19 倍(約 1.2 倍)となる。</p> <p>表 1 UO<sub>2</sub> 平衡炉心及び MOX 平衡炉心における RV 中性子照射量の比較</p> <table border="1" data-bbox="308 1088 1329 1227"> <thead> <tr> <th>UO<sub>2</sub> 平衡炉心における 中性子照射量 [n/cm<sup>2</sup>]</th> <th>MOX 平衡炉心における 中性子照射量 [n/cm<sup>2</sup>]</th> <th>中性子照射量の比 (MOX 炉心/UO<sub>2</sub> 炉心)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1.97E+19</td> <td>2.35E+19</td> <td>1.19</td> </tr> </tbody> </table> <p><math>2.35E+19 / 1.97E+19 = 1.19 \approx 1.2</math> 倍</p>	UO <sub>2</sub> 平衡炉心における 中性子照射量 [n/cm <sup>2</sup> ]	MOX 平衡炉心における 中性子照射量 [n/cm <sup>2</sup> ]	中性子照射量の比 (MOX 炉心/UO <sub>2</sub> 炉心)	1.97E+19	2.35E+19	1.19
UO <sub>2</sub> 平衡炉心における 中性子照射量 [n/cm <sup>2</sup> ]	MOX 平衡炉心における 中性子照射量 [n/cm <sup>2</sup> ]	中性子照射量の比 (MOX 炉心/UO <sub>2</sub> 炉心)					
1.97E+19	2.35E+19	1.19					

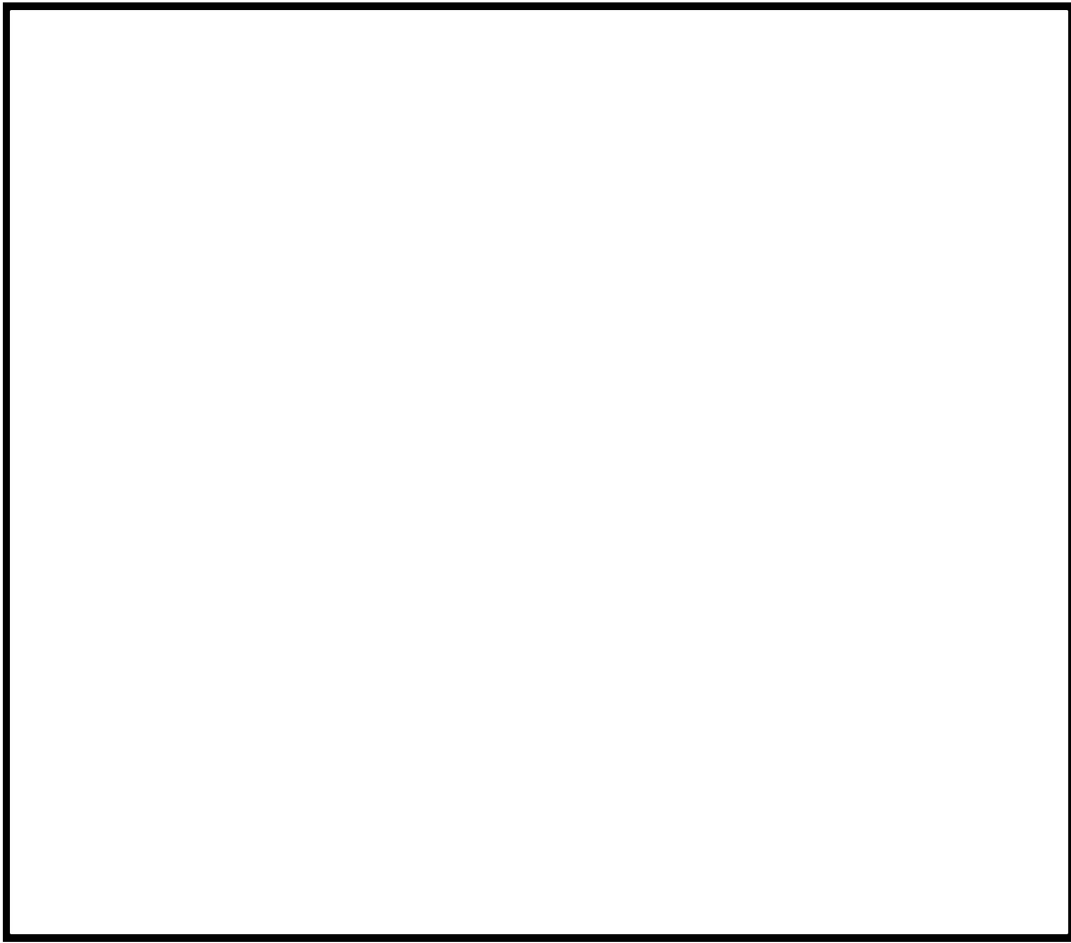


図1 MOX 新燃料の配置パターン

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－ 8

<p>タイトル</p>	<p>Tr30 の値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のか確認すること。 また、近似を行う際のパラメータの条件についても確認すること。</p>
<p>説明</p>	<p>Tr30 の値を求める際の近似曲線は、JEAC4201 に記載の式 <math>R = A + B \cdot \tanh\{(T - T_0) / C\}</math> を用いている。 玄海 3 号炉においては、照射前試験片の評価から当該式を使用している。</p> <p>【適用式 (JEAC4201-2007 (解説-SA-3120-2))】</p> $R = A + B \cdot \tanh\{(T - T_0) / C\}$ <p>【パラメータの説明】</p> <p>R : 吸収エネルギー (J)</p> <p>T : 試験温度 (°C)</p> <p>A, B, T<sub>0</sub>, C : 回帰係数 (*)</p> <p>* : 非線形最小二乗法の繰り返し計算により求められる。</p> <div data-bbox="571 1070 1129 1451" style="text-align: center;"> </div> <p>双曲線関数の模式図 (解説図-SA-3120-1)</p>

玄海3号炉第3回監視試験の母材C方向について、JEAC4201-2007（解説-SA-3120-2）に記載の式を用いたシャルピー衝撃試験の平均の遷移曲線の設定を以下に例示する。

【平均の遷移曲線の計算例】

- ・上部棚吸収エネルギー（シャルピー衝撃試験における延性破面率が100%となる同一試験温度での試験温度の吸収エネルギーの平均値（添付参照））

$$A + B = 264.66 \text{ (J)}$$

- ・国内PWRプラントの過去の中性子照射前時点のシャルピー衝撃試験データ（母材、溶接金属、熱影響部）において、延性破面率が0%となった試験片の吸収エネルギーの最小値（固定値）

$$A - B = 4.9 \text{ (J)}$$

- ・  $A + B = 264.66 \text{ (J)}$  と  $A - B = 4.9 \text{ (J)}$  の連立方程式の解

$$A = 134.78$$

$$B = 129.88$$

- ・ 非線形最小二乗法の繰り返し計算にて算出

$$C = 27.92$$

$$T_0 = -4.96$$

【Tr30の計算例】

$R = A + B \cdot \tanh\{(T - T_0) / C\}$  に各パラメータの値を代入する。

Tr30は吸収エネルギーが41(J)の値である。

$$41 = 134.78 + 129.88 \cdot \tanh\{(Tr30 - (-4.96)) / 27.92\}$$

$$Tr30 = -30.42 \dots$$

小数点以下を四捨五入し、 $Tr30 = -30^\circ\text{C}$

以上

添 付

A + B : 上部柵吸収エネルギー ( J ) の求め方

玄海3号炉 第3回監視試験 母材のシャルピー衝撃試験結果

試験温度 (℃)	吸収エネルギー ( J )	延性破面率 (%)
100	281	100
	272	100
	247	100
60	265	100
	263	100
	260	100
22	256	100
	215	80
	203	80
-10	166	55
	130	47
	63	21
-30	70	23
	15	11
	13	5
-60	10	0
	9	0
	4	0

延性破面率が 100%となる同一試験温度での吸収エネルギーの平均値

$$A + B = (281 + 272 + 247 + 265 + 263 + 260) / 6$$

$$= 264.666 \dots \approx 264.66 \text{ ( J )}$$