

No	対象号機	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	1/2号機	2月2日	中性子照射脆化劣化状況評価 補足説明資料	別紙6 6-1	Trpの式について転記ミスがあったが、計算において代入した値も間違った値を入れていないか改めて確認すること。また、他に転記ミス等がないか確認すること。	Trpの計算過程及び算出結果(1号p6-1~3)並びに加熱冷却曲線の適用時間(2号p7-3,4)について、値の修正を行った。また、劣化状況評価書と値の桁数を合わせる等の記載の適正化を行った。 [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化)] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化)]	2023.4.21	2023.5.19
2	1/2号機	5月19日	資料-2-1 中性子照射脆化	23	特別点検のUTの結果から加圧熱衝撃評価に用いた評価手法が妥当であることを、分かりやすく説明できるよう記載を見直すこと。	特別点検のUTの結果から加圧熱衝撃評価に用いた評価手法が妥当であることを分かりやすい説明となるよう記載を見直した。 [スライド p.23] また、回答資料 川内1, 2号炉-中性子照射脆化-2のとおり、当該箇所は劣化状況評価書のうち「劣化状況評価で追加する評価に係る技術評価書」に同様の記載があるため、上記対応を踏まえた修正を実施した。 本内容については、別途評価書の補正時に反映する。 [川内1号炉劣化状況評価書 劣化状況評価で追加する評価に係る技術評価書 p.9] [川内2号炉劣化状況評価書 劣化状況評価で追加する評価に係る技術評価書 p.9]	2023.6.8	2023.6.15
3	1/2号機	5月19日	川内1, 2号炉 原子炉容器の技術評価書	25,33	評価書においてL方向及びT方向についての注記を追記すること。(注記の記載内容についてはコメント反映整理表にて調整)	回答資料 川内1, 2号炉-中性子照射脆化-3のとおり、母材における上部棚吸収エネルギーの予測値については、JEAC4206-2007に基づきT方向の試験片にて評価しているため、T方向の試験片にて評価したことがわかるような注記を記載した。 本内容については、別途評価書の補正時に反映する。 [川内1号炉劣化状況評価書 原子炉容器の技術評価書 p.25] [川内2号炉劣化状況評価書 原子炉容器の技術評価書 p.25] なお、1号炉の原子炉容器の技術評価書 p.33(2号炉p.33)においては、川内1, 2号炉の30年評価時より、参考としてL方向も記載していたため、40年評価においてもそれを踏襲しL方向の値も記載している。	2023.6.8	2023.6.15
4	1/2号機	5月19日	補足説明資料(中性子照射脆化)	11	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。	回答資料 川内1, 2号炉-中性子照射脆化-4, 6のとおり。	2023.6.8	2023.6.15
5	1/2号機	5月19日	補足説明資料(中性子照射脆化)	11	Tr30の計算に使用した温度、吸収エネルギーの値は提出されている報告書の値と一致しているのか確認すること。	Tr30の計算にあたっては、シャルピー衝撃試験の試験温度及びその温度での吸収エネルギーの値を用いて導出する。それらの値については、メーカ報告書の値を用いているため一致している。	2023.6.8	2023.6.15
6	1/2号機	5月19日	補足説明資料(中性子照射脆化)	11	Tr30の値について、小数点以下の処理をどのように行っているのか示すこと。	回答資料 川内1, 2号炉-中性子照射脆化-4, 6のとおり。	2023.6.8	2023.6.15
7	1/2号機	5月19日	資料-2-1 中性子照射脆化	23~ 26	「8. 経年劣化の傾向評価」及び「9. 長期施設管理方針の有効性評価」の内容が劣化状況評価書又は補足説明資料に記載された内容が確認し、記載がなければ、補足説明資料への反映を検討すること。	「8. 経年劣化の傾向評価」及び「9. 長期施設管理方針の有効性評価」の内容が劣化状況評価書のうち「劣化状況評価で追加する評価に係る技術評価書」に記載されているため、補足説明資料への反映は不要とした。	2023.6.8	2023.6.15
8	1/2号機	5月19日	補足説明資料(中性子照射脆化)	13	原子炉容器の厚さについては公開情報と認識しているが、マスキングが必要か確認すること。	川内1/2号炉の固有の原子炉容器の厚さについては、メーカの商業機密情報であるため非公開としている。 なお、メーカのHPに原子炉容器の厚さが記載してあるが、これは代表的な数値を参考として記載しているものである。	2023.6.8	2023.6.15

川内原子力発電所1, 2号炉 運転期間延長認可申請に係るヒアリング
コメント反映整理表<中性子照射脆化>

2023年9月21日 九州電力㈱

No	対象号機	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
9	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	14, 15	耐圧漏えい試験時の加熱・冷却制限曲線の図中に試験時の最低使用温度を追記すること。 また補足説明資料(別紙7)にも追記すること。	耐圧漏えい試験時の加熱・冷却制限曲線の図中に試験時の最低使用温度を追記した。 [スライド p14,15] [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙7 7-4] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙7 7-4]	2023.7.5	2023.7.5
10	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	14, 15	試験時の加熱・冷却制限曲線の設定時期ついて、説明すること。	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、次サイクルに適用する加熱・冷却制限曲線を検討し、必要に応じて変更を行う。 ①監視試験片の取出し時 →取り出した監視試験片の評価結果を踏まえて、加熱・冷却制限曲線の変更及び時期を検討する。 ②関連基準及び規制要求の変更時 →関連基準及び規制要求が変更となった場合は、その変更内容を踏まえて、加熱・冷却制限曲線の変更及び時期を検討する。 ③EFPY算出時 →一次サイクルの運転計画が決定した時点(燃料取替実施計画(燃料装荷)の決定後)に、運転実績を踏まえたEFPYを算出する。また、次サイクルの期間における予想EFPYを算出する。EFPY算出後、次サイクル中における加熱・冷却制限曲線の適用時期の妥当性を確認及び加熱・冷却制限曲線の変更予定時期を検討する。	2023.7.5	2023.7.5
11	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	16, 24	USEの予測法における中性子照射量の適用範囲及び予測に用いた監視試験結果の回次の関係について記載すること。	USEの予測法における中性子照射量の適用範囲及び予測に用いた監視試験結果の回次の関係について記載した。 [スライド p16]	2023.7.5	2023.7.5
12	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	16, 24	USE実測値とJEAC4206で要求されている68Jとの関係について、説明を追記すること。	USE実測値とJEAC4206で要求されている68Jとの関係について、説明を追記した。 [スライド p24]	2023.7.5	2023.7.5
13	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	22	「7. 高経年化への対応」のうち、計画的な監視試験の実施に関して、JEACの規格番号を正しく記載すること。	「7. 高経年化への対応」のうち、計画的な監視試験の実施に関して、JEACの規格番号を正しく記載した。 [スライド p22]	2023.7.5	2023.7.5
14	1/2号機	6月15日	補足説明資料 中性子照射脆化	別紙6 6-1	破壊靱性試験の実施に係る規格及びCT試験片の種類について、説明すること。 また、当該内容を補足説明資料に追記すること。	【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 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6 6-1] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6 6-1]	2023.7.5	2023.7.5
15	1/2号機	6月15日	補足説明資料 中性子照射脆化	—	過去に行ったシャルピー衝撃試験も含め、実測データのプロットとTr30の関係を示した図を補足説明資料に追加すること。	過去に行ったシャルピー衝撃試験も含め、実測データのプロットとTr30の関係を示した図を補足説明資料に追加した。 [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙2 2-6.2-7] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙2 2-6.2-7]	2023.7.5	2023.7.5
16	1/2号機	6月15日	補足説明資料 中性子照射脆化	別紙6 6-5	シャルピー衝撃試験結果について、延性破壊以外のデータを記載していることがわかるように記載を見直すこと。	シャルピー衝撃試験結果について、延性破壊以外のデータを記載していることがわかるように記載を見直した。 [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6 6-6] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6 6-6]	2023.7.5	2023.7.5

川内原子力発電所1, 2号炉 運転期間延長認可申請に係るヒアリング
コメント反映整理表<中性子照射脆化>

2023年9月21日 九州電力㈱

No	対象号機	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
17	1/2号機	6月15日	補足説明資料 中性子照射脆化	全般	PTSの条件やNo.8の原子炉容器の厚さについて、他電力では公開情報である。再度マスキング要否について検討すること。	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 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙5 5-1】 【補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙5 5-1】	2023.7.5	2023.7.5
18	1/2号機	6月15日	補足説明資料 中性子照射脆化	5-2	PTS評価の応力解析において適用する熱伝達率及びその条件・導出式について、補足説明資料に追記すること。	PTS評価の応力解析において適用する熱伝達率及びその条件・導出式について、補足説明資料に追記した。 【補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙5 5-2】 【補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙5 5-2】	2023.7.5	2023.7.5
19	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	6	原子炉容器内面で $1 \times 10^{17}n/cm^2$ を超える範囲の上部胴、出入口管台について、保全内容を記載すること。	原子炉容器内面で $1 \times 10^{17}n/cm^2$ を超える範囲の上部胴、出入口管台について、保全内容を記載した。 [スライド p21]	2023.7.5	2023.7.5
20	1/2号機	6月15日	川内1, 2号炉—中性子照射脆化—4, 6	—	シャルピーカーブの近似曲線を求める際の、回帰係数の導出過程について説明すること。	シャルピー衝撃試験により得られたデータのプロットと、 $R = A + B \cdot \tan h((T - T_0) / C)$ (JEAC4201-2007(解説-SA-3120-2)適用式)との残差平方和が最小となるように回帰係数を算出している。	2023.7.5	2023.7.5
21	1/2号機	6月27日	劣化状況評価 補足説明資料 (中性子照射脆化)	別紙6	添付1のTp算出結果の表の「 K_{IC} 」について、監視試験報告書のそれぞれのK値(K_J 、 $K_{IC(U)}$ 、 K_{IC} 、 $K_{IC(d)}$)のうちどのK値を用いたか補足説明資料に記載すること。	添付1のTp算出結果の表の「 K_{IC} 」について、監視試験報告書のそれぞれのK値(K_J 、 $K_{IC(U)}$ 、 K_{IC} 、 $K_{IC(d)}$)のうちどのK値を用いたか補足説明資料に記載した。 【補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6】 【補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6】	2023.8.17	2023.8.17
22	1/2号機	7月5日	補足説明資料 中性子照射脆化	別紙7	試験時の加熱制限曲線は計測誤差を見込んだグラフであるのならば、記載の適正化を行うこと。	試験時の加熱制限曲線は計測誤差を見込んだグラフであるため、記載の適正化を行った。 【補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙7 7-4】 【補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙7 7-4】	2023.8.17	2023.8.17
23	1/2号機	7月5日	補足説明資料 中性子照射脆化	別紙2	シャルピー衝撃試験結果のグラフは、プロットのばらつきについて言及しているものではないため、表題の記載を見直すこと。	シャルピー衝撃試験結果のグラフは、プロットのばらつきについて言及しているものではないため、表題の記載を見直した。 【補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙2 2-6】 【補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙2 2-6】	2023.8.17	2023.8.17
24	1/2号機	7月5日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	21	原子炉容器内面で $1 \times 10^{17}n/cm^2$ を超える範囲の上部胴、出入口管台の現状保全内容を補足説明資料「4.6現状保全」に追記すること。	原子炉容器内面で $1 \times 10^{17}n/cm^2$ を超える範囲の上部胴、出入口管台の現状保全内容を補足説明資料「4.6現状保全」に追記した。 【補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) P.20】 【補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) P.20】	2023.8.17	2023.8.17
25	1/2号機	7月5日	ヒアリング資料 中性子照射脆化	23	川内においては、JEAC4206-2007附属書Cに基づき、PTS評価における想定欠陥を10mmとしているため、記載の見直し内容が妥当か再度確認すること。	川内においては、30年目及び40年目の評価ではJEAC4206-2007附属書Cに基づき深さ10mmの想定欠陥を用いた加圧熱衝撃評価を実施し、原子炉容器の60年時点の健全性を確認している。 また、運転期間延長認可申請に際して実施した特別点検において、表面近傍の深さ5mm程度の欠陥が検出可能なUTにより原子炉容器胴部炉心領域の母材部・溶接部全面の探傷を実施した結果、脆性破壊の起点となるような有意な欠陥がないことを確認している。 以上のとおり、JEAC4206-2007附属書Cに基づき実施した加圧熱衝撃評価の想定欠陥に対し、十分な検出性を持った方法にて特別点検を実施し、問題ないことを確認していることを記載しているため、記載内容の見直しは不要と考える。	2023.8.17	2023.8.17

川内原子力発電所1, 2号炉 運転期間延長認可申請に係るヒアリング
コメント反映整理表<中性子照射脆化>

2023年9月21日 九州電力㈱

No	対象号機	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
26	1/2号機	8月2日	審査会合コメント回答資料 (中性子照射脆化)	8	1号炉と同様に、2号炉のPTS評価についても、PLM30とPLM40の評価結果の比較を示すこと。また、PTS評価結果のグラフに、比較結果の概要を追記すること。	左記内容について、審査会合コメント回答資料に反映した。 [審査会合コメント回答資料 p.7,11~13]	2023.8.17	2023.8.17
27	1/2号機	8月2日	審査会合コメント回答資料 (中性子照射脆化)	6~9	PLM30とPLM40の比較については、より定量的に示し(PTS評価に用いる定数Tpの違いなど)、補足説明資料及び審査会合コメント回答資料に反映すること。	左記内容について、補足説明資料及び審査会合コメント回答資料に反映した。 [審査会合コメント回答資料 p.6~13] [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙9] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙9]	2023.8.17	2023.8.17
28	1/2号機	8月17日	審査会合コメント回答資料 (中性子照射脆化)	9	3段落目のお書きにて、適用した規格により下限となる監視試験片が変わることが記載されているが、本記載は評価手法の影響に関するものではなく、規格の影響に関するものであるため、記載箇所を見直すこと。同様の内容を補足説明資料に記載しているのであれば併せて見直すこと。	左記内容について、補足説明資料及び審査会合コメント回答資料に反映した。 [審査会合コメント回答資料 p.8] [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙9] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙9]	2023.8.23	2023.8.23
29	1/2号機	8月17日	審査会合コメント回答資料 (中性子照射脆化)	14	規格の変遷に伴い国内脆化予測法が改善された内容も踏まえて、関連温度予測値の比較内容を記載すること。同様の内容を補足説明資料に記載しているのであれば併せて見直すこと。	左記内容について、補足説明資料及び審査会合コメント回答資料に反映した。 [審査会合コメント回答資料 p.14] [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙9] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙9]	2023.8.23	2023.8.23
30	1/2号機	9月5日	審査会合コメント回答資料 (中性子照射脆化)	8	PLM30及びPLM40の評価に用いたTpについて、各種条件(適用規格及び下限となる監視試験片回次等)を踏まえ、計算過程を補足説明資料に追記すること。	PLM30及びPLM40の評価に用いたTpについて、各種条件(適用規格及び下限となる監視試験片回次等)を踏まえ、計算過程を補足説明資料に追記した。 [補足説明資料 1号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6] [補足説明資料 2号炉 劣化状況評価(中性子照射脆化) 別紙6]		

川内1, 2号炉－中性子照射脆化－30

川内原子力発電所1号炉
劣化状況評価
(中性子照射脆化)

補足説明資料

2023年9月21日
九州電力株式会社

<PTS 評価における T_p の計算過程>1. PLM40 の PTS 評価における T_p の計算過程

深さ 10mm 位置の破壊靱性値の評価を行う上で用いた T_p の値、 T_p の設定に用いた全ての監視試験データ（破壊靱性）、2020 年 3 月末時点および運転開始後 60 年時点の温度移行量とその計算過程について示す。

監視試験データは JEAC4206-2007 附属書 C-3200 に従い、 T_p を設定している。破壊靱性試験の実施については、脆性破壊が生じる温度では ASTM E399 に準じて実施しており、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、等価エネルギー法又は ASTM E1820 に準じて実施している。CT 試験片については、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。脆化予測には、JEAC4201-2007[2013 年追補版]の附属書 B に規定されている国内脆化予測法および技術基準規則解釈別記-1 を適用している。

川内 1 号炉の T_p の評価に用いた詳細データを添付 1 に示す。

(1) 2020 年 3 月末時点における T_p の計算過程 (PLM40 評価書記載値)

2020 年 3 月末時点において下限包絡線で厳しくなる第 5 回監視試験での母材の試験結果（試験温度 50°C において $K_{Ic} = 92.0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ ）に対する T_p を算出した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned} \Delta T_{K_{Ic}} &= \Delta RT_{NDT}(\text{評価時期}) - \Delta RT_{NDT}(\text{監視試験時点}) + \sigma_{\Delta} \\ &= 48.3 - 95.9 + 18 = -29.6^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T(\text{シフト後温度}) &= T(\text{試験温度}) + \Delta T_{K_{Ic}} \\ &= 50 + (-29.6) = 20.4^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_p &= T(\text{シフト後温度}) - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{K_{Ic}-20.16}{129.9}\right) \\ &= 20.4 - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{92.0-20.16}{129.9}\right) \doteq 58^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

(2) 運転開始後 60 年時点における T_p の計算過程 (PLM40 評価書記載値)

運転開始後 60 年時点において下限包絡線で厳しくなる第 3 回監視試験での溶接金属の試験結果（試験温度 -30°C において $K_{Ic} = 55.5 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$ ）に対する T_p を算出した結果を以下に示す。

$$\Delta T_{K_{Ic}} = 61.6 - 42.4 + 18 = 37.2^{\circ}\text{C}$$

$$T(\text{シフト後温度}) = (-30) + 37.2 = 7.2^{\circ}\text{C}$$

$$T_p = 7.2 - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{55.5-20.16}{129.9}\right) \doteq 89^{\circ}\text{C}$$

2. PLM30 の PTS 評価における T_p の計算過程

深さ 10mm 位置の破壊靱性値の評価を行う上で用いた運転開始後 60 年時点の T_p の値の計算過程について示す。

監視試験データは JEAC4206-2007 附属書 C-3200 に従い、 T_p を設定している。破壊靱性試験の実施については、脆性破壊が生じる温度では ASTM E399 に準じて実施しており、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、等価エネルギー法又は ASTM E1820 に準じて実施している。CT 試験片については、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。脆化予測には、JEAC4201-2007 [2010 年追補版] の附属書 B に規定されている国内脆化予測法を適用している。

(1) 運転開始後 60 年時点における T_p の計算過程 (PLM30 評価書記載値)

運転開始後 60 年時点において下限包絡線で厳しくなる第 4 回監視試験での溶接金属の試験結果 (試験温度 21°C において $K_{Ic} = 99 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$) に対する T_p を算出した結果を以下に示す。なお、本計算結果は、別紙 9 の 9-2 ページに示す「① PLM30 時点の評価」に該当するものである。

$$\Delta TK_{Ic} = 63 - 59.8 + 10 = 13.2^\circ\text{C}$$

$$T (\text{シフト後温度}) = 21 + 13.2 = 34.2^\circ\text{C}$$

$$T_p = 34.2 - \frac{1}{0.0161} \ln \left(\frac{99 - 20.16}{129.9} \right) \doteq 66^\circ\text{C}$$

【記号の説明】

- T_p : 当該プラントにおけるプラント評価時期の破壊靱性遷移曲線を設定する際に定まるプラント個別の定数 (°C)
 ΔTK_{Ic} : 破壊靱性 (K_{Ic}) の温度移行量 (°C)
 ΔRT_{NDT} : 関連温度移行量の計算値 (°C)
 σ_Δ : 標準偏差 (°C) (JEAC4201-2007/2013 追補版の M_R と読み替える)
 T : 破壊靱性試験片の試験温度 (°C)

PLM30 (JEAC4201-2007 [2010 年追補版]) では第 4 回監視試験片データ、PLM40 (JEAC4201-2007 [2013 年追補版]) では第 3 回監視試験片データを選定しているが、これは、JEAC4201-2007 [2010 年追補版] では、破壊靱性遷移曲線の設定において第 3 回監視試験片の $\Delta T_{K_{Ic}}$ 移行後の温度が 0°C 未満となり評価対象外となったが、JEAC4201-2007 [2013 年追補版] では、脆化予測法の改善により第 3 回監視試験片が評価対象となったためである。

川内原子力発電所 2 号炉
劣化状況評価
(中性子照射脆化)

補足説明資料

2023年9月21日
九州電力株式会社

<PTS 評価における T_p の計算過程>1. PLM40 の PTS 評価における T_p の計算過程

深さ 10mm 位置の破壊靱性値の評価を行う上で用いた T_p の値、 T_p の設定に用いた全ての監視試験データ（破壊靱性）、2020 年 3 月末時点及び運転開始後 60 年時点の温度移行量とその計算過程について示す。

監視試験データは JEAC4206-2007 附属書 C-3200 に従い、 T_p を設定している。破壊靱性試験の実施については、脆性破壊が生じる温度では ASTM E399 に準じて実施しており、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 試験片については、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。脆化予測には、JEAC4201-2007 [2013 年追補版] の附属書 B に規定されている国内脆化予測法及び技術基準規則解釈別記-1 を適用している。

川内 2 号炉の T_p の評価に用いた詳細データを添付 1 に示す。

(1) 2020 年 3 月末時点における T_p の計算過程 (PLM40 評価書記載値)

2020 年 3 月末時点及び運転開始後 60 年時点において下限包絡線で厳しくなる第 3 回監視試験での溶接金属の試験結果（試験温度 50°C において $K_{IC}=100.0\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ）に対する T_p を算出した結果を以下に示す。

$$\begin{aligned}\Delta TK_{IC} &= \Delta RT_{NDT}(\text{評価時期}) - \Delta RT_{NDT}(\text{監視試験時点}) + \sigma_{\Delta} \\ &= 32.9 - 65.3 + 18 = -14.4^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T(\text{シフト後温度}) &= T(\text{試験温度}) + \Delta TK_{IC} \\ &= 50 + (-14.4) = 35.6^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}T_p &= T(\text{シフト後温度}) - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{K_{IC}-20.16}{129.9}\right) \\ &= 35.6 - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{100.0-20.16}{129.9}\right) \doteq 66^{\circ}\text{C}\end{aligned}$$

(2) 運転開始後 60 年時点における T_p の計算過程 (PLM40 評価書記載値)

運転開始後 60 年時点において下限包絡線で厳しくなる第 3 回監視試験での溶接金属の試験結果（試験温度 50°C において $K_{IC}=100.0\text{MPa}\sqrt{\text{m}}$ ）に対する T_p を算出した結果を以下に示す。

$$\Delta TK_{IC} = 61.3 - 65.3 + 18 = 14.0^{\circ}\text{C}$$

$$T(\text{シフト後温度}) = 50 + 14.0 = 64.0^{\circ}\text{C}$$

$$T_p = 64.0 - \frac{1}{0.0161} \ln\left(\frac{100.0-20.16}{129.9}\right) \doteq 95^{\circ}\text{C}$$

2. PLM30 の PTS 評価における T_p の計算過程

深さ 10mm 位置の破壊靱性値の評価を行う上で用いた運転開始後 60 年時点の T_p の値の計算過程について示す。

監視試験データは JEAC4206-2007 附属書 C-3200 に従い、 T_p を設定している。破壊靱性試験の実施については、脆性破壊が生じる温度では ASTM E399 に準じて実施しており、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、等価エネルギー法又は ASTM E1820 に準じて実施している。CT 試験片については、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。脆化予測には、JEAC4201-2007[2013 年追補版]の附属書 B に規定されている国内脆化予測法および技術基準規則解釈別記-1 を適用している。

(1) 運転開始後 60 年時点における T_p の計算過程 (PLM30 評価書記載値)

運転開始後 60 年時点において下限包絡線で厳しくなる第 3 回監視試験での溶接金属の試験結果 (試験温度 50°C において $K_{Ic} = 100.0 \text{ MPa}\sqrt{\text{m}}$) に対する T_p を算出した結果を以下に示す。なお、本計算結果は、別紙 9 の 9-2 ページに示す「① PLM30 時点の評価」に該当するものである。

$$\Delta TK_{Ic} = 67.5 - 65.3 + 18 = 20.2^\circ\text{C}$$

$$T (\text{シフト後温度}) = 50 + 20.2 = 70.2^\circ\text{C}$$

$$T_p = 70.2 - \frac{1}{0.0161} \ln \left(\frac{100 - 20.16}{129.9} \right) \doteq 101^\circ\text{C}$$

【記号の説明】

T_p : 当該プラントにおけるプラント評価時期の破壊靱性遷移曲線を設定する際に定まるプラント個別の定数 (°C)

ΔTK_{Ic} : 破壊靱性 (K_{Ic}) の温度移行量 (°C)

ΔRT_{DPT} : 関連温度移行量の計算値 (°C)

σ_{Δ} : 標準偏差 (°C) (JEAC4201-2007/2013 追補版の M_R と読み替える)

T : 破壊靱性試験片の試験温度 (°C)

PLM30 と PLM40 の脆化予測については、いずれも JEAC4201-2007[2013 年追補版] を適用しており、運転開始後 60 年時点において下限包絡線で厳しくなる監視試験片は同一である。しかし、PLM40 に比べ PLM30 の方が運転開始後 60 年時点における中性子照射量予測値が高いため、 T_p 値に 6°C の差が現れている。

表 3-4 運転開始後 60 年時点における各部材の板厚 t の $1/4t$ の深さ位置での関連温度

部材	チャージ No.	関連温度(°C)*	関連温度が最大となる部材
下部胴	81D180-1-1		
	81D200-1-1		
	81D556-1-1		○
上部胴	90405		
トランジション リング	90408		
入口管台	60048		
	60048		
	80261		
出口管台	80261		
	80261		
	80261		

* : JEAC4201-2007 [2013 年追補版] に基づき、 M_R は 22°C としている。

は商業機密に属しますので公開できません。