

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<低サイクル疲労>

資料4

2023年8月23日 九州電力株

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	3月6日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	5.7	5. 代表機器の技術評価に記載されている(2)適用規格・基準については、代表機器のみに適用しているものでないため、4. 2 評価手法の中に記載すること。	5. 代表機器の技術評価に記載されている(2)適用規格・基準については、代表機器のみに適用しているものでないため、4. 2 評価手法へ記載を行った。 [スライド p.5]	2023.4.14	2023.5.16
2	1/2号機	3月6日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	7	JSME S NC1-2012は具体的にどの機器に適用しているのか確認すること。	確認した結果、JSME S NC1-2012を適用した機器はなかったことから当該記載を削除する。 [スライド p.5]	2023.4.14	2023.5.16
3	1/2号機	3月6日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	14	ふた管台についても取替えを実施しているため、*1を追記すること	ふた管台及び空気抜管について*1を追記した。 [スライド p.14]	2023.4.14	2023.5.16
4	1/2号機	3月6日	低サイクル疲労 補足説明資料	7-91	表の数字が不鮮明であるため、鮮明なものに修正すること。	コメント回答資料 川内1, 2号炉-低サイクル疲労-4のとおり。 表の数字が鮮明なものに修正を行った。 [補足説明資料p.7-91~7-93(1号炉のみ)]	2023.4.14	2023.5.16
5	1/2号機	3月6日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	24.25	60年時点の推定過渡回数のうち、過渡項目No.17について、30年目から40年目で2号炉は増え、1号炉は減っている理由を確認すること。(過渡回数の30年目と40年目での丸め方について、考え方を整理し説明すること。)	年平均過渡回数が「30年:0.1回/年」から「40年:0.07回/年」に減少した [*] こと、60年迄の残りの年数が「30年:36.3年」から「40年:24.3回/年」に減少したことから、今後の想定回数が「30年:4回」から「40年:3回」に減ったため、40年の方が過渡回数が少なくなっています。 ※40年では、(増加分に1.5倍の裕度を取るため)過度な保守性を除くよう小数点以下第2位で丸めることに変更した。一方、30年では、他で余裕を取っていないことから小数点以下第1位に切り上げる手法としていた。 ・30年時評価における運転開始後60年時点の推定値の計算過程 3(回)+0.1(回/年)×36.3(年)⇒7回 ・40年時評価における運転開始後60年時点の推定値の計算過程 3(回)+0.07(回/年)×24.3(年)×1.5⇒6回	2023.4.14	2023.5.16
6	1/2号機	3月6日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	4.5	「代表機器」及び「グループ内代表機器」の使い分けを整理し修正すること。	「グループ内代表機器」の記載を削除し、「代表機器」のみの記載に修正した。 [スライド p.4]	2023.4.14	2023.5.16
7	1/2号機	3月6日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	6.14	原子炉容器評価対象部位の図表にトランジションリングを追記すること。	原子炉容器評価対象部位の図表にトランジションリングを追記した。また、補足説明資料の当該箇所についても本内容を反映した。 [スライド p.6,14] [補足説明資料p.6](コメント回答資料 川内1, 2号炉-低サイクル疲労-7のとおり。)	2023.4.14	2023.5.16
8	1/2号機	3月6日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	14	記載の疲労累積係数の値が60年時点での評価結果である旨を明記すること。	60年時点での評価結果である旨を追記した。 [スライド p.14]	2023.4.14	2023.5.16

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<低サイクル疲労>

2023年8月23日 九州電力株

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	5月16日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	7	「60年時点過渡回数」の定義を明確にし、過渡回数の算出方法を修正すること。	「60年時点過渡回数」を「60年時点の推定過渡回数(評価用過渡回数)」に記載を見直し、過渡回数の算出方法について修正を行った。 [スライド p.7]	2023.5.23	2023.6.15
10	1/2号機	5月16日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	23	「運転開始後60年時点の評価用過渡回数の設定にあたり、30年目の評価時には考慮していなかった余裕を40年目の評価においては余裕を考慮したためと推定される。」の記載について、「推定される」ではなく明確な表現に記載を見直すこと。	「運転開始後60年時点の評価用過渡回数の設定にあたり、30年目の評価時には考慮していなかった余裕を40年目の評価においては余裕を考慮したためである。」と明確な表現に記載を修正した。 [スライド p.23]	2023.5.23	2023.6.15
11	1/2号機	5月16日	ヒアリング資料 劣化状況評価 (低サイクル疲労)	24,25	コメントNo.5の回答内容(過渡項目No.17の過渡回数の考え方を補足説明資料に追記すること。	川内1号炉の補足説明資料別紙10として追記を行った。 [補足説明資料 別紙10](コメント回答資料 川内1, 2号炉-低サイクル疲労-11のとおり。)	2023.5.23	2023.6.15
12	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 (低サイクル疲労)	17	原子炉容器内面のクラッドに対して、目視確認の方法について確認すること。	原子炉容器の開放点検(下部炉内構造物を吊り上げた状態)時に水中カメラを使用して確認している。	2023.7.5	2023.7.5
13	1/2号機	6月15日	ヒアリング資料 (低サイクル疲労)	23,26	「運転開始後60年時点の評価用過渡回数の設定にあたり、30年目の評価時には考慮していなかった余裕を40年目の評価においては考慮したためである」の記載について、機器の取替なども影響すると考えられるため記載を見直すこと。 蒸気発生器のように取替などによって疲労累積係数がPLM30に比べて低くなっている機器は、その旨を追記すること。	取替え等により疲労累積係数がPLM30に比べて低くなっている機器・設備について説明を追記した。また、蒸気発生器及び原子炉容器のスタッドボルトについて取替え実施している旨を追記した。 [スライド p.23,26]	2023.7.5	2023.7.5
14	1/2号機	7月18日	資料1-1-1 川内原子力発電所1, 2号炉 劣 化状況評価 (低サイクル疲労)	23	解析条件を見直している機器・設備について補足説明資料に追記すること。 また、「解析条件の見直し」については、解析方法が変更されているのではなく、入力条件を見直している旨を補足説明資料に反映すること。	左記の内容を、川内2号炉の補足説明資料 別紙11に追記した。 [補足説明資料 別紙11](コメント回答資料 川内1, 2号炉-低サイクル疲労-14のとおり。)		
15	1/2号機	8月2日	審査会合コメント回答資料 (低サイクル疲労)	5	目視確認(維持規格に基づかない自主的な確認)を実施している範囲を明確に図示すること。	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.5]	2023.8.17	2023.8.17

＜経年劣化傾向の評価＞

低サイクル疲労の評価について、30年目の評価と40年目の評価について、疲労累積係数の比較を実施した。疲労評価に用いた過渡回数の比較を表1に、主要な低サイクルによる疲労累積係数の予測評価の比較を表2に示す。

主な相違としては、30年目の評価後の供用実績を反映した過渡回数の変更に伴う相違が挙げられる。

原子炉容器等の60年時点での疲労累積係数において、30年目の評価よりも40年目の評価の方が大きくなっている機器・設備があるが、これは運転開始後60年時点の評価用過渡回数の設定にあたり、30年目の評価時には考慮していなかった余裕を40年目の評価においては考慮したためである。

また、蒸気発生器や原子炉容器のスタッドボルトのように機器・設備の取替えに伴い実績過渡回数が減少したことや解析条件の見直し（川内2号炉の蒸気発生器取替えに伴い、解析の入力条件である外荷重の見直しであり、解析方法の見直しではない。）を実施している。以上から、60年時点の疲労累積係数において、40年目の評価の方が小さくなっている機器もある。

なお、全ての機器の低サイクル疲労の評価では、30年目の評価後の供用実績を反映した過渡回数に変更した。

評価結果はいずれも許容値1を下回ること及び定期的に超音波探傷試験等を実施し、異常のないことを確認できていることから、低サイクル疲労に対する30年目の評価及びそれ以降の保全は有効であったと評価できる。

さらに、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比較的疲労累積係数が高い原子炉容器出入口管台のノズルコーナ部に対して渦流探傷試験を実施し、疲労割れなどの有意な欠陥は認められなかったことから30年目及び40年目の疲労評価結果の妥当性が確認できたと考える。

表1 川内2号炉 疲労評価に用いた過渡回数の比較

No.	過 渡 項 目	運転開始後60年時点の推定値	
		30年目 の評価	40年目 の評価
1	起動(温度上昇率 55.6℃/h)	71	69
2	停止(温度下降率 55.6℃/h)	71	69
3	負荷上昇(負荷上昇率 5%/min)	736	824
4	負荷減少(負荷減少率 5%/min)	727	815
5	90%から100%へのステップ状負荷上昇	2	3
6	100%から90%へのステップ状負荷減少	3	4
7	100%からの大きいステップ状負荷減少	3	3
8	定常負荷運転時の変動	-	-
9	燃料交換	59	63
10	0%から15%への負荷上昇	66	67
11	15%から0%への負荷減少	59	60
12	1ループ停止/1ループ起動: 停止	1	2
13	1ループ停止/1ループ起動: 起動	1	2
14	負荷の喪失	6	6
15	外部電源喪失	4	4
16	1次冷却材流量の部分喪失	1	2
17	100%からの原子炉トリップ: 不注意な冷却を伴わないトリップ	6	7
18	100%からの原子炉トリップ: 不注意な冷却を伴うトリップ	1	2
19	100%からの原子炉トリップ: 不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	1	2
20	1次冷却系の異常な減圧	1	2
21	制御棒クラスタの落下	2	2
22	出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	1	2
23	1次冷却系停止ループの誤起動	1	2
24	タービン回転試験	2	2
25	1次系漏えい試験	62	64

表2 川内2号炉 主要な低サイクル疲労による疲労累積係数の予測評価の比較

機器・設備	部 位	60年時点の予測値 (()内は環境疲労を考慮した値)	
		30年目 の評価	40年目 の評価
余熱除去ポンプ	ケーシング	0.092 (0.419)	0.092 (0.419)
1次冷却材ポンプ	ケーシング脚部	0.082 (0.479)	0.080 (0.470)
蒸気発生器 [※]	管板廻り	0.132 (0.143)	0.093 (0.112)
原子炉容器	スタッドボルト [※]	0.221 (非接液部)	0.220 (非接液部)
1次冷却材管	加圧器サージ管台	0.027 (0.145)	0.031 (0.164)
	蓄圧タンク注入管台	0.004 (0.016)	0.008 (0.030)
玉形弁	加圧器水位制御弁	0.017 (0.221)	0.029 (0.396)
スイング逆止弁	蓄圧タンク出口 第2逆止弁	0.051 (0.512)	0.099 (0.916)
炉内構造物	上部炉心支持板	0.003 (0.015)	0.003 (0.020)
	下部炉心板	0.003 (0.024)	0.003 (0.026)

※ 蒸気発生器及び原子炉容器のスタッドボルトについては取替えを実施している。