

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<コンクリート構造物>

資料6-2

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
1	1/2号機	2月2日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料	2	「高経年化対策実施基準(日本原子力学会)」の劣化メカニズムに記載の劣化要因を網羅するよう、記載の充実を図ること。	補足説明資料P2、3に「高経年化対策実施基準(日本原子力学会)」に記載されている劣化要因を追記した。	2月28日	2月28日
2	1/2号機	2月2日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料 (別紙1)	1-4	「ASR」は略語であるため、※書き等で正式名称を記載すること。	補足説明資料P1-4に※書きで正式名称を記載した。	2月28日	2月28日
3	1/2号機	2月2日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料 (別紙5)	5-5	温度の実測箇所についての説明を加えること。	補足説明資料P5-5に温度の実測箇所を追加した。	2月28日	2月28日
4	1/2号機	2月2日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料 (別紙8)	8-14	中性化の平均値の元となる数値を追記すること。	補足説明資料P8-14に中性化の平均値の元となる数値を追記した。	2月28日	2月28日
5	1/2号機	2月2日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料 (別紙12)	12-5 ~13	拡散方程式の回帰分析結果[C_0 (コンクリート表面の塩化物イオン量)、 D (拡散係数)]もあわせて示すこと。	補足説明資料P12-5~13のグラフ内に C_0 (コンクリート表面の塩化物イオン量)、 D (拡散係数)の値を追記した。	2月28日	2月28日
6	1/2号機	2月2日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料 (別紙12)	12-14,16, 18,20	鉄筋の腐食減量について、調査時点、運転開始後60年経過時点、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点のそれぞれ前後5年間の値を数値で提示すること。	補足説明資料P12-16、17、19、20、22、23に調査時点、運転開始後60年経過時点、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点のそれぞれ前後5年間の値を数値で記載した。	2月24日	2月28日
7	1/2号機	2月2日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料 (別紙15)	—	「アルカリ溶液浸漬法」まで含めた潜在膨張性に関する評価について、追記すること。 (まずは「審査会合における指摘事項の回答」としてアルカリ溶液浸漬試験結果を追記した資料にて確認頂き、その結果を踏まえ、補足説明資料に記載する)	「審査会合の指摘事項」P11,12にアルカリ溶液浸漬法の結果を追記した(補足説明資料への反映は、「審査会合における指摘事項の回答」における議論の結果を踏まえ行う)	2023.3.9	3月14日
8	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	37	破壊試験や非破壊試験の実施頻度について、30年目高経年化技術評価以降に実施した旨を追記すること。	「劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)」P38に、破壊試験や非破壊試験の実施頻度について、30年目高経年化技術評価以降に実施の旨を追記した。	2023.3.6	3月14日
9	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	22	中性子照射のエネルギー単位(MeV)について追記すること	「劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)」P22に、中性子照射のエネルギー単位(MeV)について追記した。	2023.3.6	3月14日
10	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	19,20	実測温度の計測について記載すること	「劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)」P21に、実測温度の計測について記載した。	2023.3.6	3月14日

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<コンクリート構造物>

2023年9月21日 九州電力㈱

11	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	35	乾燥単位容積質量の数値を記載すること	「劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)」P36に、乾燥単位容積質量の数値を記載した。	2023.3.6	3月14日
12	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	14	内部コンクリートの鉄骨構造物の記載を分かりやすくすること	「劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)」P14に、内部コンクリートの鉄骨構造物について補足した。	2023.3.6	3月14日
13	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	39	「グループ内全構造物」の記載を判りやすく記載すること	「劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)」P40における「グループ内全構造物」の記載を見直した。	2023.3.6	3月14日
14	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	15	「着目すべき経年劣化事象」の記載について表現を工夫すること	「劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)」P15における「着目すべき経年劣化事象」の記載について表現を見直した。	2023.3.6	3月14日
15	1/2号機	2月28日	劣化状況評価 コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下(含む鉄骨の強度低下)	15	凍結融解の「凍害危険度の分布図」を再確認すること	引用しているJASS5(2018)のP645には、凍害危険度に「1(ごく軽微)」の下のカテゴリの記載はない。一方、JASS5(2018)で引用されている長谷川(1975)においては「1(ごく軽微)」の下に「0(凍害はない)」のカテゴリがあるものの、川内が「0」に該当する明確な記載はされていない。以上のことから保守的に、凍害危険度は「1(ごく軽微)」と記載している。	2023.3.9	3月14日
16	1/2号機	2月28日	コンクリート構造物及び鉄骨構造物 劣化状況評価 補足説明資料	No.1	表1のうちスクリーニングによる想定不要とした劣化要因について、その理由を記載すること	補足説明資料P3.4の表1のうちスクリーニングによる想定不要とした劣化要因について、その理由を記載した。	2023.3.9	3月14日
17	1/2号機	2月28日	審査会合における指摘事項の回答	No.7	「審査会合における指摘事項の回答」P.10の細骨材についても、P.6の粗骨材と同様に進行段階を記載すること	「審査会合における指摘事項の回答」のアルカリ骨材反応に対する潜在性について(9/11)に、細骨材の進行段階を記載した。	2023.3.9	3月14日
18	1/2号機	3月14日	資料1-3-1	46.47	30年目及び40年目高経年化技術評価結果の比較について、主な変更点を詳細に記載して、補足説明資料に追加すること。	補足説明資料に別紙18を追加し、主な変更点の詳細を記載した。 [補足説明資料 別紙18(1,2号炉とも)]	2023.4.28	2023.5.16
19	1/2号機	5月16日	審査会合における指摘事項の回答	5	「相対的な強度差が確認された部位における強度比は平均で1.3程度」に関する説明をグラフに追記すること。	P5のグラフに「相対的な強度差が確認された部位における強度比」に関する説明を追記した。	2023.5.23	2023.6.1
20	1/2号機	5月16日	審査会合における指摘事項の回答	6	非破壊試験結果に対する考察を追記すること。	P6.7の本文中に非破壊試験結果に対する考察を追記した。	2023.5.23	2023.6.1
21	1/2号機	5月16日	審査会合における指摘事項の回答	7	干満帯の「同一区画の床による比較」について、どのようなデータを使用したのか分かりやすく記載すること。	P7の干満帯の「同一区画の床による比較」について、使用したデータ(PLM30)に関する説明を追記した。	2023.5.23	2023.6.1

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<コンクリート構造物>

2023年9月21日 九州電力㈱

22	1/2号機	5月16日	審査会合における指摘事項の回答	14	中性化及び塩分浸透のグラフの縦軸、横軸の説明を分かりやすく記載すること。	P14の本文中及びグラフの縦軸、横軸に説明を追記した。	2023.5.23	2023.6.1
23	1/2号機	6月26日	劣化状況評価 補足説明資料 (コンクリート構造物及び鉄骨構造物)	別紙 14	新規制基準以降に設置されたコンクリート構造物のアルカリ骨材反応に関する試験結果を、劣化状況評価の補足説明資料別紙14に追加すること。	補足説明資料の別紙14に新規制基準以降に設置した対象構造物に使用した骨材に対する反応性試験結果を追記した。 [補足説明資料 別紙14(1, 2号炉とも)]	2023.8.2	2023.8.2
24	1/2号機	6月26日	特別点検 補足説明資料 (コンクリート構造物)又は劣化状況評価 補足説明資料 (コンクリート構造物及び鉄骨構造物)	—	強度ほかについて、各対象部位におけるコアサンプル3本の試験結果(平均値の元となる結果)を、特別点検又は劣化状況評価の補足説明資料に追加すること。	特別点検の補足説明資料に別紙7を追加し、強度ほかの点検結果の詳細(コアサンプル毎の試験結果)として記載した。 [特別点検 補足説明資料 別紙7(1, 2号炉とも)]	2023.8.2	2023.8.2
25	1/2号機	8月2日	劣化状況評価 補足説明資料 (コンクリート構造物及び鉄骨構造物)	—	試験規格等は引用した出典元を再確認して、記載のないものは追記すること。 (例)P.16-1促進膨張試験(2)アルカリ溶液浸漬法	試験規格等の引用元を再確認し、P.16-1促進膨張試験(2)アルカリ溶液浸漬法についての出典を追記した。その他、P.15-3「実態顕微鏡観察と偏光顕微鏡観察の特徴」については説明に用いた参考文献を追記し、P.15-5,15-8表中の「アルカリ骨材反応の進行状況」については特別点検補足説明資料に記載していた参考文献を追記した。	2023.8.21	2023.8.21
26	1/2号機	8月2日	劣化状況評価 補足説明資料 (コンクリート構造物及び鉄骨構造物)	9.16	表4と表10の評価対象構造物(燃料取扱建屋等)における耐火能力低下の記載内容について整理すること。	P.16の表10は、コンクリート構造物又は鉄骨構造物の代表構造物を選定し、それらに対して想定される経年劣化事象と評価対象とする構造物を整理した表であるが、空白部に代表構造物として対象とならない箇所があるため、この部分については「*2」「*3」を追記し対象箇所を明確化した。 燃料取扱建屋は鉄骨構造物の代表構造物であるため、コンクリート構造物の劣化要因については耐火能力も含めて「*3」を記載した。 なお、P.9の表4については、燃料取扱建屋はコンクリート構造物の代表構造物ではないが、耐火要求があることから「—」を記載している。	2023.8.21	2023.8.21
27	1/2号機	8月22日	評価書(コンクリート構造物 及び鉄骨構造物)	—	鉄骨構造物の風等による疲労を高経年化上着目すべき経年劣化事象ではない事象とした理由について、記載を充実させること。 また、遮蔽能力低下や熱による強度低下の評価において、温度分布解析に用いた解析コードの名称を記載すること。	コメント回答資料 川内1, 2号炉-コンクリート構造物-27のとおり。		

タイトル	鉄骨構造物の風等による疲労を高経年化上対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象とした理由について、記載を充実させること。また、遮蔽能力低下や熱による強度低下の評価において、温度分布解析に用いた解析コードの名称を記載すること。
説明	<p>(1号炉)</p> <p>鉄骨構造物の風等による疲労を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象とした理由について、以下の通り補足説明資料に記載している内容を追記した。(下線部：反映箇所)</p> <p>2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象</p> <p>(3) 鉄骨の強度低下</p> <p>b. 風等による疲労に起因する強度低下</p> <p>繰返し荷重が継続的に鉄骨構造物にかかることにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。</p> <p><u>煙突などの形状の構造物は、比較的アスペクト比(高さの幅に対する比)が大きく、風の直交方向に振動が発生する恐れがある(日本建築学会「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」(2015))。日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」(2015)において、アスペクト比が4以上の構造物は風による振動の検討が必要とされているが、鉄骨構造物にアスペクト比4以上の構造物はない。</u></p> <p>以上から、風等による疲労に起因する強度低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。</p> <p>遮蔽能力低下や熱による強度低下の評価において、温度分布解析に用いた解析コードの名称について、以下の通り補足説明資料に記載している内容を追記した。(下線部：反映箇所)</p> <p>2.3 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象の技術評価</p> <p>2.3.1 コンクリートの強度低下</p> <p>(1) 健全性評価</p> <p>a. 熱による強度低下</p> <p>② 技術評価</p> <p>原子炉容器サポート直下部のコンクリートについては、伝達熱による強度低下を防止する対策として高温となる原子炉容器サポートを内部から空冷できるフィン構造としており、温度分布解析の結果、コンクリートの最高温度は約55℃である。<u>なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。</u></p>

b. 放射線照射による強度低下

② 技術評価

運転開始後60年時点で予想されるガンマ線照射量は、1次遮蔽壁炉心側コンクリートにおいて最大値約 $1.6 \times 10^8 \text{ Gy}$ (約 $1.6 \times 10^{10} \text{ rad}$)であり、 $2 \times 10^8 \text{ Gy}$ ($2 \times 10^{10} \text{ rad}$)を下回っていることから、強度への影響は無いものと考えられる。なお、中性子照射量およびガンマ線照射量は、2次元輸送計算コードDORTにより算出した中性子束およびガンマ線量率に運転時間を掛けて算出している。

2.3.2 コンクリートの遮蔽能力の低下

(1) 健全性評価

② 技術評価

a. 熱による遮蔽能力低下

断続的運転を前提とした場合における内部コンクリートの最高温度は、温度分布解析の結果、炉心領域部で約 56°C と制限値より低い値であり、水分の逸散はほとんどないと考えられることから、遮蔽能力への影響はないと考えられる。なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。

(2号炉)

鉄骨構造物の風等による疲労を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象とした理由について、以下の通り補足説明資料に記載している内容を追記した。(下線部：反映箇所)

2.2.3 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象

(3) 鉄骨の強度低下

b. 風等による疲労に起因する強度低下

繰返し荷重が継続的に鉄骨構造物にかかることにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨の強度低下につながる可能性がある。

煙突などの形状の構造物は、比較的アスペクト比(高さの幅に対する比)が大きく、風の直交方向に振動が発生する恐れがある(日本建築学会「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説」(2015))。日本建築学会「建築物荷重指針・同解説」(2015)において、アスペクト比が4以上の構造物は風による振動の検討が必要とされているが、鉄骨構造物にアスペクト比4以上の構造物はない。

以上から、風等による疲労に起因する強度低下は、高経年化対策上着目すべき劣化事象ではないと判断した。

遮蔽能力低下や熱による強度低下の評価において、温度分布解析に用いた解析コードの名称について、以下の通り補足説明資料に記載している内容を追記した。(下線部：反映箇所)

2.3 高経年化対策上着目すべき構造物・経年劣化事象の技術評価

2.3.1 コンクリートの強度低下

(1) 健全性評価

a. 熱による強度低下

② 技術評価

原子炉容器サポート直下部のコンクリートについては、伝達熱による強度低下を防止する対策として高温となる原子炉容器サポートを内部から空冷できるフィン構造としており、温度分布解析の結果、コンクリートの最高温度は約54℃である。なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。

b. 放射線照射による強度低下

② 技術評価

運転開始後60年時点で予想されるガンマ線照射量は、1次遮蔽壁炉心側コンクリートにおいて最大値約 $1.6 \times 10^8 \text{Gy}$ (約 $1.6 \times 10^{10} \text{rad}$) であり、 $2 \times 10^8 \text{Gy}$ ($2 \times 10^{10} \text{rad}$) を下回っていることから、強度への影響は無いものと考えられる。なお、中性子照射量およびガンマ線照射量は、2次元輸送計算コードDORTにより算出した中性子束およびガンマ線量率に運転時間を掛けて算出している。

2.3.2 コンクリートの遮蔽能力の低下

(1) 健全性評価

a. 熱による遮蔽能力低下

② 技術評価

断続的運転を前提とした場合における内部コンクリートの最高温度は、温度分布解析の結果、炉心領域部で約55℃と制限値より低い値であり、水分の逸散はほとんどないと考えられることから、遮蔽能力への影響はないと考えられる。なお、炉心領域部の温度分布は、2次元輸送計算コードDORTを用いてガンマ発熱量分布を算出した後、熱伝導方程式を解いて求めている。また、原子炉容器サポート直下部の温度分布は、ANSYSを用いた3次元有限要素法による熱流動解析により求めている。