

資料①



高浜発電所3,4号炉 運転期間延長認可申請 審査会合における指摘／質問事項の回答

2024年1月31日
関西電力株式会社

審査会合における指摘／質問事項の一覧

No	日時	指摘／質問事項	回答頁
① 特別点検(コンクリート)	2023年 6月1日	遅延膨張性のアルカリ骨材反応の潜在性について説明すること。	2023年9月5日 回答済
② 共通事項	2023年 6月1日	社内規程に基づいてどのような体制で評価プロセスのチェックを行ったか説明すること。	2023年10月10日 回答済
③ 中性子照射脆化	2023年 6月1日	第5回監視試験で得られたデータについて、どのように分析して、特異な脆化が生じていないと考えたか説明すること。	個別事項説明時 別途説明予定
④ 照射誘起型応力腐食割れ	2023年 6月1日	3号炉の第9回定検で実施したバッフルフォーマボルトの超音波探傷検査について、具体的な方法、目的、適用規格等について説明すること。	個別事項説明時 別途説明予定
⑤ 特別点検(原子炉容器)	2023年 9月5日	炉心領域の超音波探傷試験(UT)の規格について、審査会合資料には3号炉はJEAC4207-2008、4号炉は2016との記載があるが、特別点検結果報告書では3・4号炉とも2008または2016となっている。実際に適用した規格を特別点検結果報告書に明記すること。	2023年10月10日 回答済
⑥ 特別点検(原子炉容器)	2023年 9月5日	渦流探傷試験(ECT)の検出性について、一次冷却材ノズルコーナー部(1mm)と炉内計装筒(0.5mm)の違いを整理すること。(BMI確性試験の成績書を提示すること。)	2023年10月10日 回答済
⑦ 特別点検(原子炉容器)	2023年 9月5日	炉心領域の超音波探傷試験(UT)の試験範囲について、自主点検として中性子照射量が $1 \times 10^{17} \text{n/cm}^2$ を超える範囲まで拡大していることが分かる記録を提示すること。	2023年10月10日 回答済

審査会合における指摘／質問事項の一覧

No	日時	指摘／質問事項	回答頁
⑧ 特別点検(原子炉格納容器)	2023年 9月5日	壁面走行ロボットによる遠隔目視において、ロボットの走行による塗膜への影響がないこと、点検範囲を重ねて実施しているといった点検手順や内容が特別点検としての適切性を有していることを説明すること。	2023年10月10日 回答済
⑨ 特別点検(コンクリート)	2023年 9月5日、 10月10日	中性化深さの点検について、削孔時に切断水を使用しているかどうかについて確認し切断水を使用している場合は、点検方法の適切性を説明すること。 中性化深さ測定における切断水について、コンクリート標準示方書では切断水を用いると正確な測定ができないと記載されている。切断水による測定への影響について説明すること。	
⑩ 共通事項	2023年 10月10日	蒸気発生器取替に伴う影響確認実施を長期施設管理方針とするか検討すること	
⑪ 絶縁低下	2023年 10月10日	モジュラー型電気ペネトレーションについて、審査会合資料で代表としている理由(劣化モード観点)、導入の経緯(知見に基づいての観点)を説明すること。	
⑫中性子照射脆化	2023年 12月14日	第5回監視試験で得られた破壊靱性値のデータについて、どのように分析して特異な脆化が生じていないと考えたか説明すること。	
⑬照射誘起型応力腐食割れ	2023年 12月14日	バッフルフォーマボルト材の割れ発生応力線について、説明を補足すること。	
⑭コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下	2023年 12月14日	MOX燃料装荷後以降の中性子束を1.2倍して評価したとしているが、ガンマ線束についても1.2倍とする根拠を説明すること。	

審査会合における指摘／質問事項の一覧

No	日時	指摘／質問事項	回答頁
⑮コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下	2023年 12月14日	取水構造物における鉄筋位置での塩化物イオン量について、1・2号炉が3・4号炉に比べて大きい理由を説明すること。	P.4
⑯コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下	2023年 12月14日	30年目に中性化深さの評価を行っている外部遮蔽壁について、40年目の点検結果等を踏まえた評価結果を示すこと。	P.6

⑮1・2号炉と3・4号炉の塩化物イオン量の違いについて

調査時点の塩化物イオン量 及び 3・4号炉運転開始後60年経過時点の鉄筋腐食減量が大きい1・2号炉の気中帯について、鉄筋位置での塩化物イオン量が、3・4号炉に比べて大きくなった要因について考察を行う。

■塩分浸透のコア採取箇所の使用環境条件について

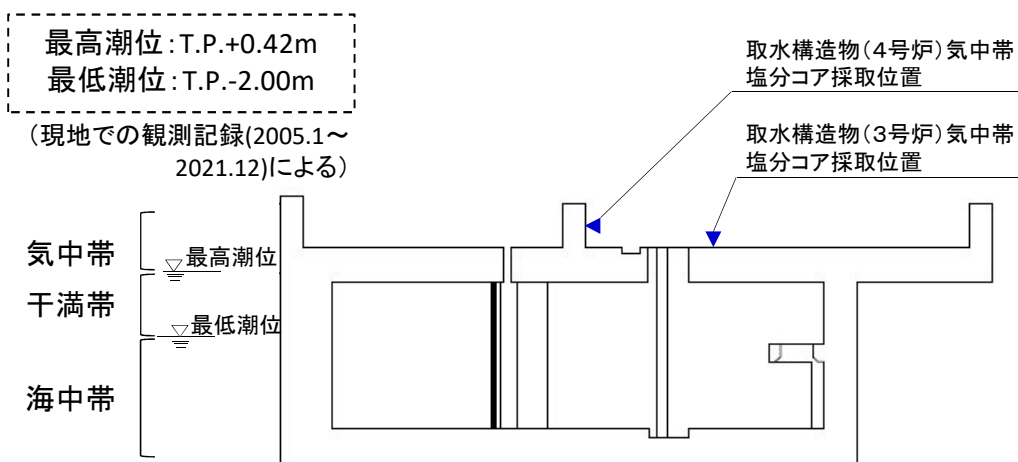
取水構造物(気中帯)における塩分浸透のコア採取は以下の通り。

3・4号炉・・・水路の外でコア採取

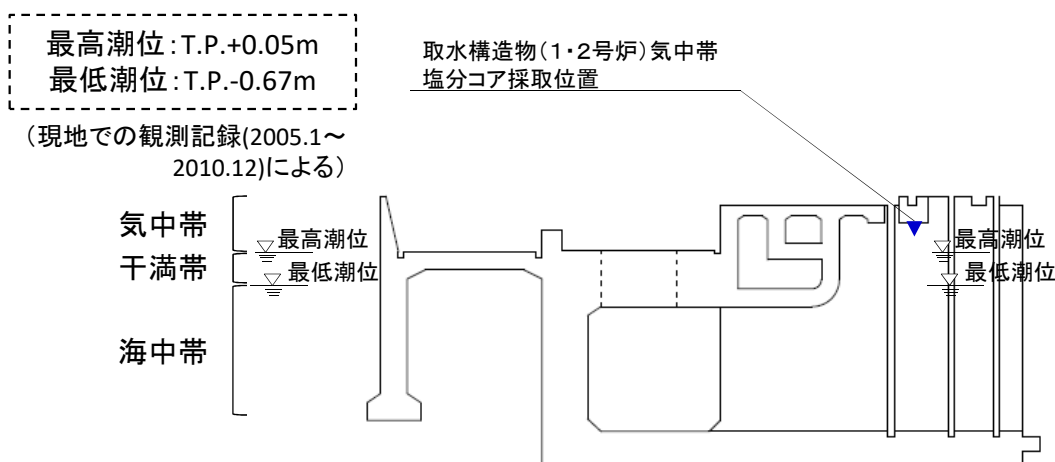
1・2号炉・・・水路の中でコア採取

水路の中では、水路の外と比較して、海水の影響を受けやすいと考えられることから、使用環境条件として、1・2号炉は3・4号炉と比較して、塩分の影響を受けやすいと推定される。

※取水構造物(3・4号炉)については、
構造形式や最高潮位・最低潮位の関係から、水路の中に気中帯が存在しない。



取水構造物(3・4号炉) 断面図



取水構造物(1・2号炉) 断面図

⑮健全性評価結果・まとめ

■健全性評価結果—塩分浸透による強度低下

取水構造物(気中帯)における塩化物イオン量について、1・2号炉が3・4号炉に比べて大きくなったが、運転開始後60年経過時点における鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を下回っていることを確認している。

	調査時期 (3・4号炉運転開始後経過年数)	鉄筋位置での 塩化物イオン 濃度及び量 上段(%) 下段(kg/m ³)	鉄筋の腐食減量 (×10 ⁻⁴ g/cm ²)			判定
			調査時点	3・4号炉運転開始 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	
取水構造物(3号炉) (気中帯)	37年	0.02 (0.47)	3.2	6.0	90.1	OK
取水構造物(4号炉) (気中帯)	36年	0.01 (0.19)	3.0	5.1	90.1	OK
取水構造物(1・2号炉) (気中帯)	29・30年* ¹	0.21 (5.11)	10.7	26.6* ²	90.1	OK

* 1: 3号炉運転開始後経過年数は30年、4号炉運転開始後経過年数は29年、2号炉運転開始後の経過年数は39年。

* 2: 2号炉運転開始後の経過年数は70年。

■まとめ

- 取水構造物(気中帯)において、1・2号炉は3・4号炉と比較して、使用環境条件において、塩分の影響を受けやすいことから、塩化物イオン量について、1・2号炉が3・4号炉に比べて大きくなったと推定される。
- 塩化物イオン量について、1・2号炉が3・4号炉に比べて大きくなったが、3・4号炉の運転開始後60年経過時点における鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋腐食減量を下回っており、塩分浸透による強度低下については、長期健全性評価上問題とならない。

40年目の点検結果等を踏まえた外部遮蔽壁の中性化深さの評価を示す。

a. 評価部位、評価点

評価部位(評価点)	
3号炉	4号炉
外部遮蔽壁(屋内面)	外部遮蔽壁(屋内面)

b. 評価手順

以下の手順にて評価を実施した。

(1) 中性化深さの推定

- ・中性化速度式により、運転開始後60年時点の中性化深さを算出(森永式※1、vt式※2)

※1 森永繁「鉄筋の腐食速度に音づいた鉄筋コンクリート建築物の寿命予測に関する研究—東京大学学位論文(1986)」

※2 土木学会「コンクリート標準示方書 維持管理編(2018)」

(2) 最大中性化深さ推定値の抽出

- ・上記2式のうち最大値となる中性化深さを抽出

(3) 運転開始後60年時点の中性化深さの評価

- ・推定された最大の中性化深さと鉄筋が腐食し始める時の中性化深さを比較

c. 健全性評価結果

外部遮蔽壁の運転開始後60年経過時点における中性化深さの評価結果を下表に示す。

40年目の点検結果等を踏まえた場合においても、外部遮蔽壁の運転開始後60年経過時点における中性化深さは、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さに達していないことを確認した。

以上から、外部遮蔽壁の中性化による強度低下については、長期健全性評価上問題とならない。

運転開始後60年時点と鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さの比較

		中性化深さ(cm)			鉄筋が腐食し始める時の中性化深さ(cm)	判定	
		測定値 (調査時点の 運転開始後 経過年数)	推定値				
			調査時点 (中性化速度式)	運転開始後 60年経過時点 (中性化速度式)			
3号炉	外部遮蔽壁(屋内部)	0.2 (37年)	2.2 (森永式)	2.7* ¹ (森永式)	9.7* ²	OK	
4号炉	外部遮蔽壁(屋内部)	0.2 (36年)	2.2 (森永式)	2.8* ¹ (森永式)	9.7* ²	OK	
【参考】 30年目 の評価	3号炉	外部遮蔽壁(屋内部)	0.2 (27年)	1.6 (森永式)	2.4* ¹ (森永式)	9.7* ²	OK
	4号炉	外部遮蔽壁(屋内部)	0.1 (26年)	1.6 (森永式)	2.4* ¹ (森永式)	9.7* ²	OK

* 1: 森永式および実測値に基づくvt式による評価結果のうち最大値を記載

* 2: 当該箇所のかぶり厚さに2cmを加えた値