

高浜発電所1、2号炉 審査会合における指摘事項の回答 (運転期間延長認可申請関係)

平成27年12月9日
関西電力株式会社

高浜発電所1、2号炉 審査会合における指摘事項の回答一覧表

No.	指摘事項	回答
0929-1 特別点検	格納容器サンプスクリーンの事故時機能に係る格納容器塗装の劣化を考慮した影響について整理すること。	平成27年●月●日 P2～P7
0929-2 低サイクル疲労	延長しようとする期間を実績過渡回数に基づく疲労評価としている考え方と評価における余裕について整理すること。	平成27年●月●日 P9～P15
0929-3 IASCC	高経年化対策として今後も継続するとしている目視点検の考え方、炉内構造物取替えの考え方を整理すること。	平成27年●月●日 P17
0929-4 コンクリート強度等	1次遮蔽壁の温度解析における最高温度の保守性について、解析手段の観点から整理すること。	平成27年●月●日 P19～21

1. 格納容器塗装の劣化を考慮した事故時機能影響について (1/6)

高浜1, 2号炉の格納容器鋼板内面に使用している塗装は、国内DBA試験※を実施した結果、試験に合格し、DBA仕様として認められているものである。

塗膜の劣化については従来より定期検査時に目視点検を行うことで確認しており、格納容器再循環サンプスクリーンの事故時機能へ影響を与える可能性のある塗膜の劣化(割れ・欠け・剥がれ・膨れ)があれば目視点検により確認できると考えていることから、米国での規制状況を含めて以下の通り整理した。

※ASTM規格(ASTM D3911)をベースに、国内運用を踏まえて条件を設定した試験。
平成18年8月「格納容器再循環サンプスクリーン閉塞事象に係る対応に関する報告書」関西電力にて報告済

(1) 高浜1, 2号炉の格納容器塗膜に対する点検状況(現状保全)

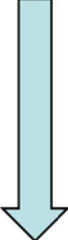
- ・格納容器鋼板の塗膜に対して、保全指針に基づき、定期点検毎に目視点検を実施
- ・判断基準は「機能性能に影響を及ぼす恐れのある塗膜の劣化がないこと」
(上塗りの剥がれ等が確認されれば計画的に塗装修繕を実施)
- ・点検範囲は鋼板全体(通常接近可能な範囲に対して直接目視、接近困難な範囲に対して双眼鏡等を用いた遠隔目視)

参考: 米国における格納容器塗膜に対する点検要求

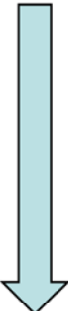
- ・Regulatory Guide 1.54 Rev.2 および GALL報告書(NUREG-1801, Rev.2)において、ASTM規格(ASTM D5163他)に基づく目視点検を妥当なものと位置づけている

(2) 米国における格納容器塗膜点検についての議論

2006年: 米NRCが、事業者(NEI)に対して塗膜点検手法の妥当性について懸念を表明

- 
- ASTM D5163としてCV内塗装の目視検査手法があるが、品質の保証された(qualified)塗装にも劣化が確認されていることから、目視で健全なように見えても品質要件に適合している保証はないのではないか。

2007年: 米EPRIによる塗膜付着性試験レポート発行

- 
- EPRI Report No.1014883 “Plant Support Engineering: Adhesion Testing of Nuclear Coating Service Level I Coatings”
- 米国内の4PWRプラントにおいて、アドヒージョンテスト(付着性試験)を実施
 - 目視により異常の認められない塗膜面においては、200psi以上の付着力を有していることを確認
- 試験内容については次頁参照

2008年: 米NRC、審査ガイダンスにてEPRIレポートを参照し、ASTMに基づく目視試験を塗膜の維持管理に対して有効な手法と位置付け
(その後、2010年に発行されたGALL報告書、Regulatory Guide 1.54 Rev.2においてもASTMに基づく目視試験を有効な手法と位置付け)

(3) EPRIにおける塗膜付着性試験の概要 (EPRI Report No.1014883)

試験対象ユニット=4発電所

- ・San Onofre Nuclear Generating Station Unit3
- ・Waterford Unit3
- ・McGuire Unit1
- ・Oconee Unit2

試験対象箇所

- ・格納容器鋼板面他の塗膜
- ・目視で健全と評価される塗膜及び劣化箇所付近の塗膜

試験方法及び結果

- ・ASTM D4541-02 引張力試験 → 塗装当時の規格 (=200psi, ANSIによる) 以上の付着力を有する
 - ・ASTM D6677-01 Xカット試験 → レーティング10(極端に剥がれにくい)~4(いくらか剥がれにくい)
- これらの結果から、ASTM D5163(目視試験)による管理方法は有効であると結論付けている



Test Area – As Found with Dollies Installed

Test Area – As Found with Dollies Installed

健全な塗膜(左)及び劣化箇所付近の塗膜(右)に対する試験片貼り付けの様子: Waterford Unit3

(4) EPRI試験結果と国内塗膜の比較

EPRIによる塗膜付着性試験

・San Onofre Nuclear Generating Station Unit3

・Waterford Unit3

・McGuire Unit1

・Oconee Unit2

鋼材面塗装に高浜1, 2号炉と同種の塗料であるエポキシ樹脂系塗料^{注1)}を使用

注1) Waterford Unit3 及びOconee Unit2で使用された塗料は美浜1号炉建設当初の塗料と同じ塗料

国内試験での塗膜付着性試験

高浜1, 2号炉のCV内面塗装の選定にあたっては、メーカーにて付着性試験を実施している。

	高浜1号炉用塗装	高浜2号炉用塗装	Waterford Unit3, Oconee Unit2 使用塗装 (美浜1号炉用塗装と同じ)
試験結果	引張強さ ^{注2)} <input type="text"/> (20mm平方の鋼塊を密着させ引張試験)	引張強さ ^{注2)} <input type="text"/> 条件は左記に同じ	引張強さ: <input type="text"/> 条件は左記に同じ

注2) 試験結果は2回の平均値

高浜1, 2号炉用塗装の試験結果についてはともにWaterford Unit3, Oconee Unit2で使用された塗装(美浜1号炉用塗装と同じ)の付着性能を上回っていることから、高浜1, 2号炉用の塗装はEPRIにより付着性試験が実施された塗膜と同等以上の付着性能を有するものと考えられる。

(5) 高浜1, 2号炉と米国の格納容器塗膜に対する点検状況の比較

		高浜1, 2号炉		米国 (ASTM D5163-08)
		現状保全	特別点検	
点検頻度		定検毎	—	事業者が決定 (定検毎の点検を推奨)
記録		点検結果を記録	同左	同左
点検方法	範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・接近できる点検可能範囲を目視点検 ・寄り付き困難な場所は双眼鏡を用いた点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・接近できる点検可能範囲の<u>全て</u>を目視点検 ・寄り付き困難な場所は高倍率のカメラ等を用いて点検 	<ul style="list-style-type: none"> ・接近可能な塗膜表面を巡回し目視検査 ・必要に応じ照明、双眼鏡等の機材を用いる
	精度	<ul style="list-style-type: none"> ・点検時の照度、グレーカードの確認等の要求なし 	<ul style="list-style-type: none"> ・点検時の照度、グレーカードの確認・検証あり 	<ul style="list-style-type: none"> ・点検時の照度、グレーカードの確認等の要求なし
	力量	<ul style="list-style-type: none"> ・試験実施者との作業計画書の読み合わせを実施し点検範囲や方法の周知 ・作業責任者には同種工事の実務経験を有した者の中から選定 	<ul style="list-style-type: none"> ・事業者が、試験実施者との作業計画書(特別点検の要領書含む)の読み合わせを実施し点検範囲や方法の周知 ・試験実施者は教育を受講し、適切な力量を有する者 	<ul style="list-style-type: none"> ・試験実施者は原子力の塗膜の専門家もしくは専門家により検査能力が認められた者とする。
	異常発見時	<ul style="list-style-type: none"> ・試験実施者から事業者に連絡するよう要領書にて要求 ・補修計画等の対処方法について事業者にて検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・試験実施者から事象者に連絡するよう要領書にて要求 ・補修計画等の対処方法について事象者にて検討 	<ul style="list-style-type: none"> ・劣化が疑われる塗膜表面は塗膜厚測定、アドヒージョンテスト(付着性試験)等を実施 ・劣化した塗膜の場所及び今定検での修繕が必須であるかを記録

高浜1, 2号炉の「現状保全」とASTM D5163-08に基づく点検手法に大きな差はない

(6) 結論

- EPRI及びメーカーにおける塗膜付着性試験結果、また、米国における塗膜点検手法の議論経緯も踏まえると、高浜1, 2号炉で用いている格納容器鋼板の塗膜に対しては定期検査時の目視点検が有効な管理手法であると考えられる。
- 劣化が確認された塗膜については適宜補修塗装を実施しており、EPRIにおける塗膜付着性試験結果を踏まえると、目視により異常の認められない塗膜面については一定の付着力を有しているものと考えられる。
- 高浜1, 2号炉の現状保全として実施している目視点検手法と、米国の規制要求に合致するASTM D5163に大きな差はなく、高浜1, 2号炉においても現状保全(目視点検)を継続することで格納容器再循環サンプスクリーンの事故時機能へ影響を与える劣化が管理できるものとする。

高浜発電所1、2号炉 審査会合における指摘事項の回答一覧表

No.	指摘事項	回答
0929-1 特別点検	格納容器サンプスクリーンの事故時機能に係る格納容器塗装の劣化を考慮した影響について整理すること。	平成27年●月●日 P2~P7
0929-2 低サイクル疲労	延長しようとする期間を実績過渡回数に基づく疲労評価としている考え方と評価における余裕について整理すること。	平成27年●月●日 P9~P15
0929-3 IASCC	高経年化対策として今後も継続するとしている目視点検の考え方、炉内構造物取替えの考え方を整理すること。	平成27年●月●日 P17
0929-4 コンクリート強度等	1次遮蔽壁の温度解析における最高温度の保守性について、解析手段の観点から整理すること。	平成27年●月●日 P19~21

2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について (1/7)

(1) 劣化状況評価における低サイクル疲労評価に用いる過渡回数に対する基本的な考え方

劣化状況評価の低サイクル疲労評価に用いる過渡回数は、これまでの運転実績回数に加え、今後の延長しようとする期間に対して各過渡の発生想定に余裕を考慮した回数となるよう設定している。

以下の基本的考え方で設定

○高経年化技術評価で行う各過渡の実績頻度ベースの推定頻度*1,*2 を基にして、

今回評価が運転期間延長申請であることに鑑み、一定の余裕を考慮したものとする。

*1高経年化技術評価審査マニュアル 2.1.3(1)①過渡の実績頻度に基づき、評価対象期間の応力サイクルが定められていること。

*2日本原子力学会標準 原子力発電所の高経年化対策実施基準2008

○**延長しようとする期間の想定過渡回数が、今後の運転想定を考慮して、十分超えないと考える余裕をもった回数となるようにする。**

(参考)H27/9/29審査会合でのご説明

○過渡回数策定方針

延長しようとする期間を踏まえて、60年供用時の評価を実施する。各過渡条件の繰り返し回数は、基本的に運転実績に基づく過渡回数(2010.3.31まで)を用いて以降も同様な運転を続けたと仮定して推定する。

60年時点過渡回数 = 実績過渡回数 + 推定過渡回数

= 実績過渡回数 + (運開後実績過渡回数 / 運開後実績過渡回数調査時点までの年数) × 残年数

* 余裕を考慮した過渡回数を設定している考え方の説明記載がなかった。

⇒以降のページで考慮した余裕について具体的に説明する

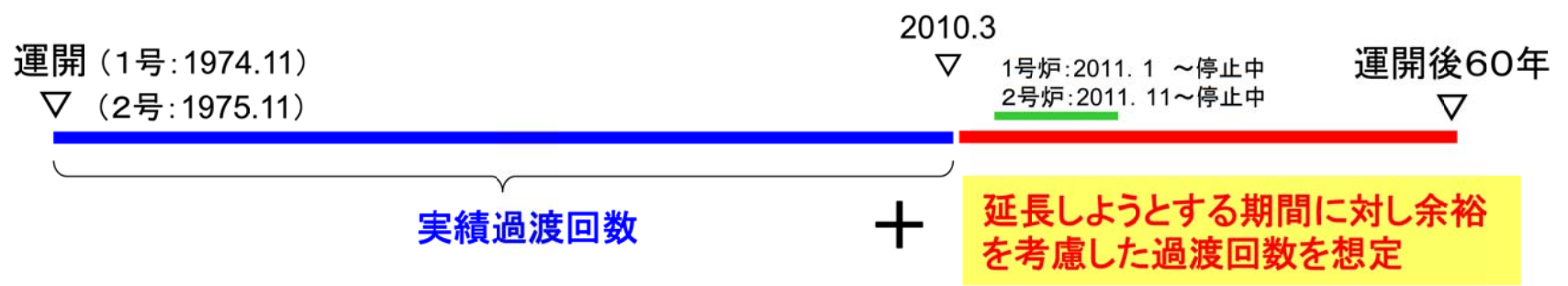
2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について (2/7)

【高浜1, 2号炉に対する過渡回数設定の考え方】

運転実績過渡は2009年度末までの実経験回数をを用い、それ以降は、実績と今後60年までの運転想定を以下のように考慮して、これを超えないと想定する余裕をもった回数を設定

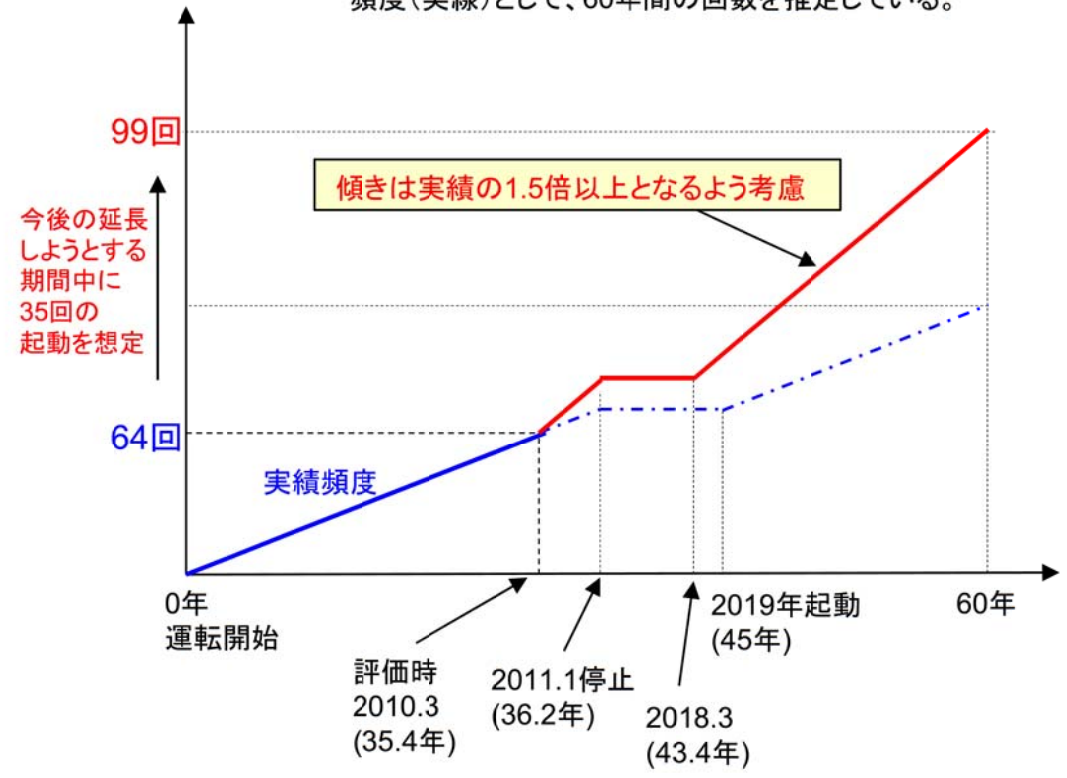
- ①各過渡の実績発生頻度に対して、将来の発生頻度を一定倍(1.5倍以上)した保守的な頻度で60年を推定
- ②高浜1, 2号炉の場合は、新規制基準への適合対応のため長期停止中(2011~2019予定)となっているが、保守的に停止は2017年度末までと想定

(次頁以降で詳細を説明)



過渡回数設定のイメージ(1号起動の例)

従来の運転実績の頻度(一点鎖線)より、余裕を考慮した頻度(実線)として、60年間の回数を推定している。



2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について (3/7)

(2) 延長しようとする期間に想定する過渡回数における余裕の考慮について

① 各過渡の発生頻度の余裕の考慮

高浜1, 2号炉の評価に用いている個別の過渡は、2009年度末以降、60年までに発生する回数(推定過渡回数)について、実績過渡回数を基に保守的に回数を設定している。考え方の例を以下に示す。

(1) 起動/停止など発生実績があり、実績ベースで想定する過渡

他プラントも含めて発生実績のある過渡は、**将来の発生頻度を実績発生頻度の1.5倍以上**と保守的に想定する。

(2) 1次冷却系の異常な減圧など、全プラント未経験の過渡

全プラント未経験の過渡は、確率的に決定した発生頻度に基づいて**将来の発生回数を保守的に1回**想定する。

過渡事象	疲労評価に用いる過渡回数の設定と考慮している余裕について
・起動/停止	<p>・今後の頻度想定は、実績頻度の1.5倍以上とし将来の発生回数を保守的に想定</p> <p>1号炉の起動の例】 実績頻度:約1.2回/年に対し、将来の想定頻度を約1.8回/年以上とする。</p> <p>劣化評価における今後の想定回数:35回 ⇒ 想定頻度:約2.0回/年</p>
・1次冷却系の異常な減圧	<p>・実績回数が0回の未経験過渡のため、今後の発生頻度(回数)を保守的に想定</p> <p>具体的には、国内PWR炉の運転実績年数と0回の発生確率を <input type="text"/> 信頼区間で決定して発生頻度を決定する。</p> <p>その保守的な発生頻度をもとに、今後の発生回数を1回と想定する。</p>

② 今後の運転期間における考慮

高浜1, 2号炉は、長期停止中(1号炉は2011.1~、2号炉は2011.11~)であり、新規規制基準適合への対応工事が完了し運転できる(工事計画認可申請書では1号炉、2号炉ともに2019.9を想定)まで停止継続するが、今回劣化状況評価では、停止期間を2018.3 までとして検討している。

2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について (4/7)

個別の過渡において、推定過渡回数の考え方、数値、保守性について以下に示す。
いずれの過渡においても推定過渡回数として十分な保守性を考慮している。

運転状態 I

過渡回数	2009年度末実績回数		＜参考＞実績外挿(60年※1)		60年※2までの評価回数		推定過渡回数設定の考え方(保守性の考慮)
	1号	2号	1号	2号	1号	2号	
起動	64	47	84	66	99	79	実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(1号炉:96回、2号炉:78回)を包含する数字として設定
停止	64	46	84	66	99	79	
負荷上昇	387	356	519	530	710	692	実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(1号炉:上昇621回、減少623回 2号炉:上昇637回、減少618回)を包含する数字として設定
負荷減少	364	342	523	513	687	678	
90%から100%へのステップ状負荷上昇	4	2	5	3	5	3	高浜1, 2号炉の実績回数は試運転期間中の経験回数であり、運転期間中の発生は0回である。 実績回数+国内他プラントを含めた実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字として設定
100%から90%へのステップ状負荷減少	5	2	6	3	6	3	
100%からの大きいステップ状負荷減少	3	2	4	3	4	4	
燃料交換	27	27	40	42	55	56	実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(1号炉:48回、2号炉:51回)を包含する数字として設定
0%から15%への負荷上昇	72	64	96	88	112	103	実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(1号炉:上昇112回、減少85回 2号炉:上昇103回、減少85回)を包含する数字として設定
15%から0%への負荷減少	51	51	72	72	86	85	
1ループ停止/起動 I)停止	0	0	1	1	1	1	国内全プラント未経験過渡である。確率的に決定した保守的な発生頻度をもとに、将来の発生回数を1回と設定
II)起動	0	0	1	1	1	1	

※1 1号炉は2011.1～2019.9 2号炉は2011.11～2019.9 の長期停止を考慮

※2 1号炉は2011.1～2018.3 2号炉は2011.11～2018.3 の長期停止を考慮

2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について (5/7)

運転状態 II

過渡回数	2009年度末実績回数		<参考>実績外挿(60年※1)		60年※2までの評価回数		推定過渡回数設定の考え方(保守性の考慮)
	1号	2号	1号	2号	1号	2号	
負荷の喪失	3	4	4	5	4	7	1号:実績回数は試運転期間中の経験回数であり、運転期間中の発生は0回である。実績回数+国内他プラントを含めた実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字として設定 2号:実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(5回)を包含する数字として設定
外部電源喪失	2	2	3	3	5	5	実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(1号炉:3回、2号炉:3回)を包含する数字として設定
1次冷却材流量の部分喪失	1	0	2	1	4	1	1号:実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(2回)を包含する数字として設定 2号炉は国内全プラント未経験過渡である。確率的に決定した保守的な発生頻度をもとに、将来の発生回数を1回と設定
100%からの原子炉トリップ							
I)不注意な冷却を伴わないトリップ	9	4	11	6	12	7	I):実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(2回)を包含する数字として設定 II, III):国内全プラント未経験過渡である。確率的に決定した保守的な発生頻度をもとに、将来の発生回数を1回と設定
II)不注意な冷却を伴うトリップ	0	0	1	1	1	1	
III)不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	0	0	1	1	1	1	
1次冷却系の異常な減圧	0	0	1	1	1	1	国内全プラント未経験過渡である。確率的に決定した保守的な発生頻度をもとに、将来の発生回数を1回と設定

※1 1号炉は2011.1~2019.9 2号炉は2011.11~2019.9 の長期停止を考慮

※2 1号炉は2011.1~2018.3 2号炉は2011.11~2018.3 の長期停止を考慮

2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について (6/7)

運転状態 II (続き)

過渡回数	2009年度末実績回数		<参考>実績外挿(60年※1)		60年※2までの評価回数		推定過渡回数設定の考え方(保守性の考慮)
	1号	2号	1号	2号	1号	2号	
制御棒クラスタの落下	3	2	4	4	6	5	実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(1号炉:5回、2号炉:4回)を包含する数字として設定
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	0	0	1	1	1	1	国内全プラント未経験過渡である。確率的に決定した保守的な発生頻度をもとに、将来の発生回数を1回と設定
1次冷却系停止ループの誤起動	0	0	1	1	1	1	
タービン回転試験	10	8	10	8	10	8	建設時の機能試験の際に発生した過渡であり、今後は発生しない
1次系漏えい試験	65	43	89	64	105	77	実績回数+実績過渡頻度の1.5倍×2010年度以降の稼働年数で求めた数字(1号炉:103回、2号炉:77回)を包含する数字として設定

※1 1号炉は2011.1～2019.9 2号炉は2011.11～2019.9 の長期停止を考慮
 ※2 1号炉は2011.1～2018.3 2号炉は2011.11～2018.3 の長期停止を考慮

2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について（7/7）

(3) 疲労評価における過渡回数に対する保全対応

劣化状況評価の低サイクル疲労評価では、以上説明したようにプラントの実際の運転実績からの過渡回数に加え、延長しようとする期間に対して運転実績を考慮し、かつ余裕を考慮した回数を想定して評価を行うようにしている。

60年までの運転期間を想定した劣化評価をするために十分に保守的な回数を設定していると考えており、さらに10年毎の再評価を手順で規定しているものの、実績過渡頻度のフォローや疲労評価の見直しは今後も継続的に実施していくことは重要であると考える。

このことから、運転期間延長に際して、今後のフォローの確実な実施管理を図るために以下の内容を保守管理に関する方針に追加し、保安規定で定めることとする。

<保守管理方針>

実績過渡回数の調査を継続的に実施し、劣化状況評価で想定した60年までの評価回数を上回らないことを確認していくとともに、想定した傾向を超える実績が確認された場合は速やかに再評価、結果に応じて設備の保全を実施し、設備の健全性を維持する。

2. 低サイクル疲労評価における過渡回数について（参考）

個別の過渡事象ごとに、設計過渡回数と劣化評価に用いた60年までの評価回数を以下に比較する。

設計過渡回数は、設計確認用に建設時(改造時)の想定で設定したものであり、運転実績を踏まえて60年を想定した場合の評価回数とは傾向や状況が異なっており、劣化状況評価では実績を踏まえた保守的な回数を設定して評価を行った。

運転状態 I

過渡回数	設計過渡回数	60年※までの評価回数	
		1号	2号
起動	120	99	79
停止	120	99	79
負荷上昇	13200	710	692
負荷減少	13200	687	678
90%から100%へのステップ状負荷上昇	2000	5	3
100%から90%へのステップ状負荷減少	2000	6	3
100%からの大きいステップ状負荷減少	200	4	4
燃料交換	80	55	56
0%から15%への負荷上昇	1400	112	103
15%から0%への負荷減少	1400	86	85
1ループ停止/起動	I)停止	1	1
	II)起動	1	1

運転状態 II

過渡回数	設計過渡回数	60年※までの評価回数		
		1号	2号	
負荷の喪失	80	4	7	
外部電源喪失	40	5	5	
1次冷却材流量の部分喪失	80	4	1	
100%からの原子炉トリップ	I)不注意な冷却を伴わないトリップ	230	12	7
	II)不注意な冷却を伴うトリップ	160	1	1
	III)不注意な冷却と安全注入を伴うトリップ	10	1	1
1次冷却系の異常な減圧	20	1	1	
制御棒クラスタの落下	80	6	5	
出力運転中の非常用炉心冷却系の誤起動	40	1	1	
1次冷却系停止ループの誤起動	10	1	1	
タービン回転試験	10	10	8	
1次系漏えい試験	50	105	77	

※ 1号炉は2011.1~2018.3 2号炉は2011.11~2018.3 の長期停止を考慮

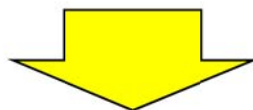
高浜発電所1、2号炉 審査会合における指摘事項の回答一覧表

No.	指摘事項	回答
0929-1 特別点検	格納容器サンプスクリーンの事故時機能に係る格納容器塗装の劣化を考慮した影響について整理すること。	平成27年●月●日 P2～P7
0929-2 低サイクル疲労	延長しようとする期間を実績過渡回数に基づく疲労評価としている考え方と評価における余裕について整理すること。	平成27年●月●日 P9～P15
0929-3 IASCC	高経年化対策として今後も継続するとしている目視点検の考え方、炉内構造物取替えの考え方を整理すること。	平成27年●月●日 P17
0929-4 コンクリート強度等	1次遮蔽壁の温度解析における最高温度の保守性について、解析手段の観点から整理すること。	平成27年●月●日 P19～21

照射誘起型応力腐食割れ(IASCC)に対する健全性評価結果

IASCCに対し最も厳しい条件となる炉内構造物バッフルフォーマボルトに対して劣化評価を実施した結果、運転開始後60年時点においても炉心の健全性に影響を及ぼすような損傷が発生する可能性は小さいことを確認した。(平成27年9月29日審査会合資料参照)

高経年化への対応として



○目視確認の実施(目的)

IASCC発生の可能性が考えられるバッフルフォーマボルトの損傷を、直接確認することはできないが、炉内構造物の機能に影響のあるような大きな構造変形やボルトの脱落等の異常を確認できると考えられ、定期的な点検を継続実施していく。

○しかしながら、目視確認ではバッフルフォーマボルト首下部の損傷確認が困難なため、維持規格および炉内構造物点検評価ガイドラインの規定に基づき超音波探傷検査の実施を検討していくこととする。

⇒【劣化状況評価書を補正し、高経年化への対応へ追記】

○炉内構造物取替の実施(目的)

一方、最新設計の炉内構造物への一式取替を、海外の損傷発生事例にも鑑み、さらなる予防保全の推進、信頼性の向上を図る観点から計画している。

これは、60年の運転を想定した場合には、今後、維持規格等に基づいて、バッフルフォーマボルトに対する超音波探傷試験の実施や、損傷時の補修への対応について検討していかなければならないが、これらも総合的に勘案して、さらには、バッフルフォーマボルト以外の部位の劣化(通常保全管理を行なっている制御棒クラスタ案内管案内板の摩耗等)への対策として、劣化への改善対策がなされている最新の炉内構造物への一式取替が有効と考えているものである。

高浜発電所1、2号炉 審査会合における指摘事項の回答一覧表

No.	指摘事項	回答
0929-1 特別点検	格納容器サンプスクリーンの事故時機能に係る格納容器塗装の劣化を考慮した影響について整理すること。	平成27年●月●日 P2～P7
0929-2 低サイクル疲労	延長しようとする期間を実績過渡回数に基づく疲労評価としている考え方と評価における余裕について整理すること。	平成27年●月●日 P9～P15
0929-3 IASCC	高経年化対策として今後も継続するとしている目視点検の考え方、炉内構造物取替えの考え方を整理すること。	平成27年●月●日 P17
0929-4 コンクリート強度等	1次遮蔽壁の温度解析における最高温度の保守性について、解析手段の観点から整理すること。	平成27年●月●日 P19～21

4. 1次遮蔽壁の温度解析における最高温度の保守性について(1/3)

1次遮蔽壁における熱による強度低下の評価について、温度解析で求めた最高温度は制限値に対して余裕が小さい結果となっているが、下記を考慮すると、保守性を踏まえた適切な解析手段によって得られた値であり、実機の1次遮蔽壁の温度に対して裕度を有していると判断している。

1次遮蔽壁における解析による最高温度と制限値の比較(1号炉)

最高温度(°C)	制限値※(°C)	判定
約64	65	OK

※日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説」(1988)

①解析コードについて

- ・汎用有限要素法構造解析コードとして産業界で幅広い利用実績のあるANSYSを使用している

②解析モデル、入力条件について

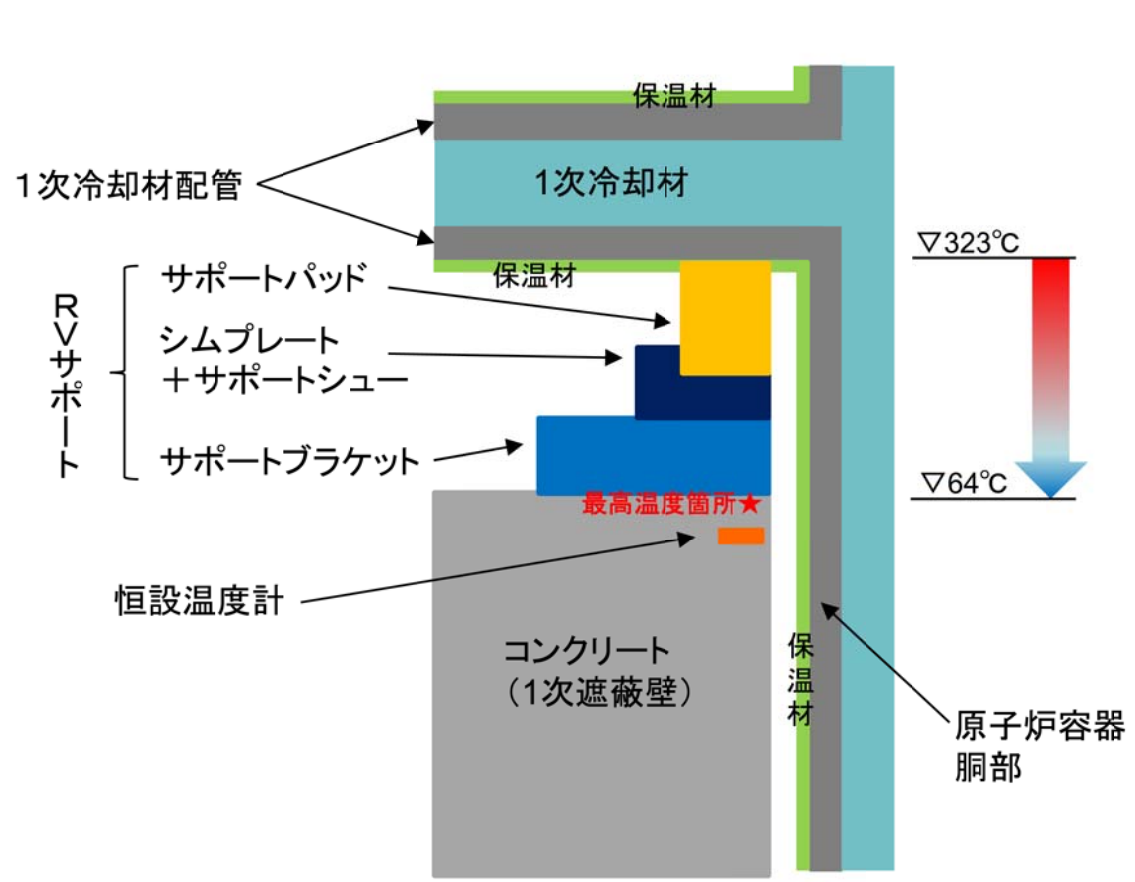
- 解析においては、解析モデルおよび入力パラメータを適切かつ保守的に設定している
- ・【解析モデル】1次遮蔽壁は原子炉容器側の面および1次冷却材配管側の面以外は熱が逃げない断熱モデルとしている
- ・【入力条件】各部位の熱伝導率は、文献、使用材料等に基づき適切に設定している
- ・【入力条件】サポートパッドの配管接触部の温度は、1次冷却材温度と等しい値としている
- ・【入力条件】冷却空気温度は、実機の測定温度の方が低いことを確認している
- ・【入力条件】RVサポート、コンクリート(1次遮蔽壁)の寸法等について、許容差(施工誤差、摩耗等)を考慮しても、最大で0.5°C程度の温度上昇であることを確認している

③解析結果と実測値の比較について

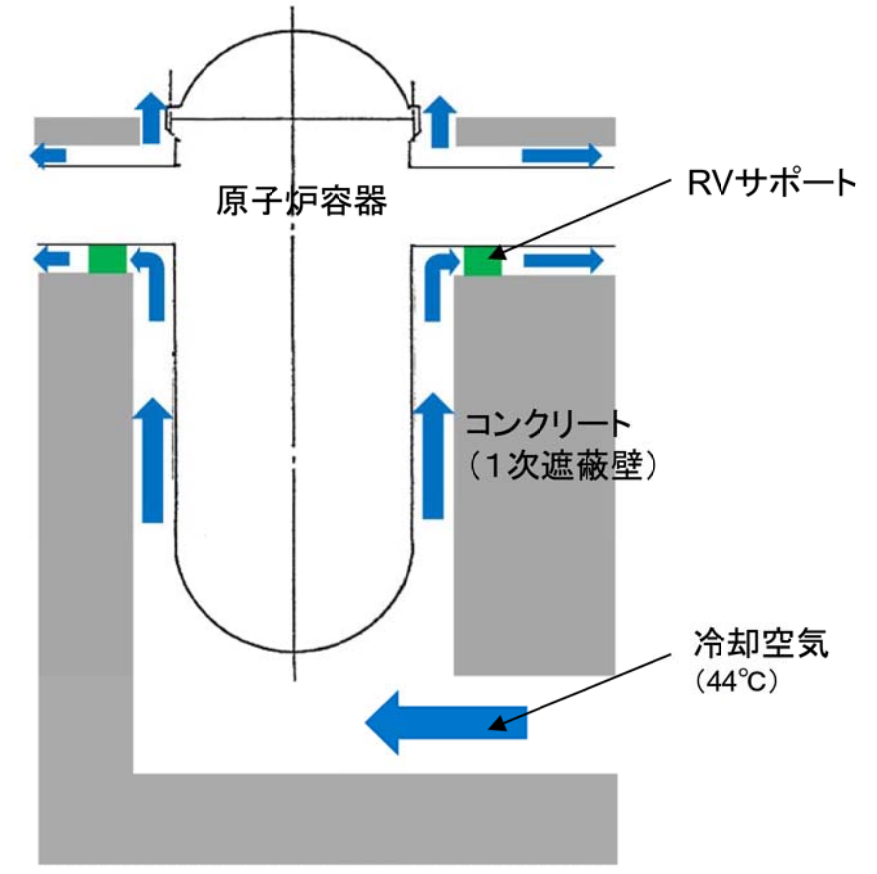
- ・コンクリート内部における評価点近傍の実測温度が、解析結果より低いことを確認している

4. 1次遮蔽壁の温度解析における最高温度の保守性について(2/3)

・1次冷却材配管からの伝熱と冷却の概要



1次冷却材配管からコンクリートへの伝熱の概要図



空気による冷却の概要図

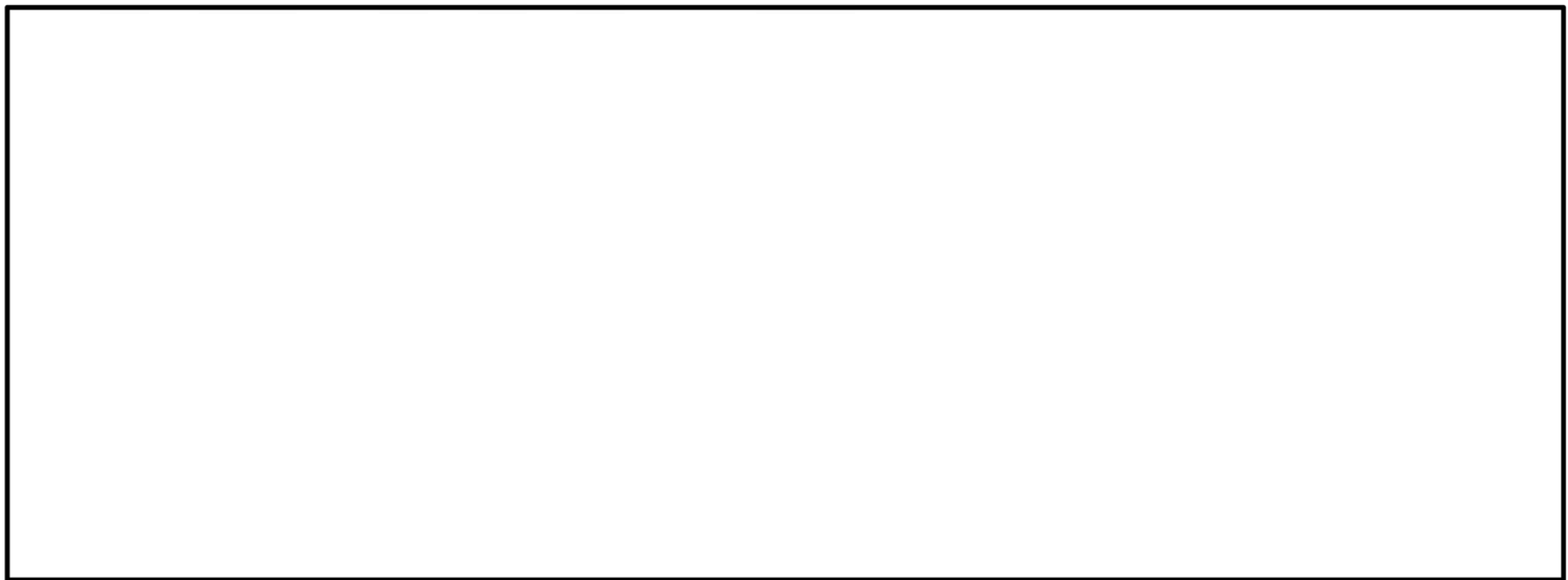
・恒設温度計設置箇所での解析値と実測値の比較

項目	解析値(°C)	実測値(°C)	備考
恒設温度計設置箇所の温度	<input type="text"/>	約55°C	実測値の計測期間はH22.7~H22.9

内は商業機密に属しますので公開できません

4. 1次遮蔽壁の温度解析における最高温度の保守性について(3/3)

・RVサポート～1次遮蔽壁の各部位における熱伝導率と温度の推移



部位	使用材料	熱伝導率(W/(m・K))※1	備考
サポートパッド	低合金鋼	43.0 (300K)、41.7(500K)、34.8(800K)	熱伝導率は左記の値を定義し、その間の温度では解析コード内で線形補完した値を設定している
サポートシュー+シムプレート	低合金鋼	43.0 (300K)、41.7(500K)、34.8(800K)	
サポートブラケット	炭素鋼	51.6 (300K)、47.8(500K)、38.2(800K)	
コンクリート	普通コンクリート	1.5(293K)、1.1(600K)	

※1: 出典 伝熱工学資料 改訂第4版 日本機械学会編

高浜発電所1, 2号炉 運転期間延長認可申請(補正)の状況

工事計画認可申請に合わせた、運転期間延長申請を実施しており、今後も歩調を合わせて補正を実施していく。

	H27年						H28年			
	4月	...	7月	...	11月	12月	1月	2月	3月	4月
工事計画			▼		▼			▽		
運転延長	▼		▼		▼			▽		

1. 新規制基準適合への対応に係る反映

(1) 重大事故等時の条件等による追加評価

- 常設重大事故等対処設備として格納容器雰囲気ガスサンプリング冷却器等を追加
- 原子炉容器の中性子照射脆化に対する評価のうち、加圧熱衝撃評価のK₁ 過渡に 2次冷却系除熱機能喪失を追加し、不安定破壊しないことを確認
- ケーブル・電気ペネトレーション等の事故時雰囲気環境で機能要求のある電気計装品に対し、長期健全性試験条件等から重大事故等時環境条件でも絶縁性能が確保されることを確認

(2) S_s基準地震動(S_s-1～S_s-7)による耐震安全性評価の補正

摩耗等を考慮した制御棒挿入性や蒸気発生器、海水ポンプ(基礎ボルト)等の耐震評価の補正

2. 最新知見の反映

ケーブルの健全性評価において、ACAガイド*(JNES 平成26年2月発行)を適用した評価を追加
難燃PHケーブルの健全性評価結果から、今後の取替等の対策を保守管理方針に新たに追加

* : 原子力安全基盤機構「原子力発電所のケーブル経年劣化評価ガイド JNES-RE-2013-2049」

○次回(2月)補正で、最終残っている耐震安全性評価(約10設備:補機、配管)を補正予定