

島根原子力発電所 2号炉

高経年化技術評価

(コンクリートおよび鉄骨構造物)

2023年10月4日

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密
に係る事項のため公開できません。

Energia

1. 概要	2
2. 基本方針	3
3. 評価対象と評価手法	5
4. 代表構造物の技術評価	2 5
5. 代表構造物以外の技術評価	3 6
6. まとめ	3 7

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」第82条第1項の規定に基づき実施した高経年化技術評価のうち、コンクリート構造物の強度低下、遮へい能力低下および鉄骨構造物の強度低下の評価結果を説明するものである。

2. 基本方針

変更あり

3

評価対象構造物において経年劣化事象の発生の可能性について評価し、その発生の可能性が将来にわたって否定できない場合は、その発生または進展に係る健全性評価を行い、「**实用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド**」および「**实用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド**」に定める要求事項に適合することを確認する。

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象を評価するにあたっての要求事項を下表に整理する。

コンクリートおよび鉄骨構造物評価についての要求事項

ガイド	要求事項
实用発電用原子炉施設における高経年化対策審査ガイド	<p>(1) 高経年化技術評価の審査</p> <ul style="list-style-type: none">⑫健全性の評価 実施ガイド3.1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。 <p>(2) 長期施設管理方針の審査</p> <ul style="list-style-type: none">①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期施設管理方針として策定されているかを審査する。

ガイド	要求事項
<p>実用発電用原子炉施設における高経年化対策実施ガイド</p>	<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価プラントの運転を開始した日から60年間</p> <p>3.2 長期施設管理方針の策定及び変更</p> <p>長期施設管理方針の策定及び変更に当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、施設管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期施設管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたもの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期施設管理方針を策定すること。</p>

3. 評価対象と評価手法 (1 / 20)

変更あり

5

○代表構造物, 評価対象部位および評価点の選定基準

手順1 評価対象構造物の抽出とグループ化

「重要度分類審査指針におけるPS-1,2およびMS-1,2に該当する構造物または該当する機器・構造物を支持する構造物」

「高温・高圧の環境下にあるPS-3, MS-3の機器を支持する構造物」

「常設重大事故等対処設備に該当する構造物または該当する機器・構造物を支持する構造物」

「浸水防護施設に属する構造物」

に該当する構造物を抽出し, コンクリート構造物と鉄骨構造物にグループ化



手順2 代表構造物の選定

グループ化した評価対象構造物について, 使用条件等を考慮して代表構造物を選定



手順3 劣化要因毎の評価対象部位等を選定

代表構造物について, 劣化要因毎に使用環境等を考慮して評価対象部位, 評価点を選定

3. 評価対象と評価手法 (2 / 20)

変更あり

6

(1) 代表建造物の選定

① 評価対象建造物の抽出とグループ化

抽出した評価対象建造物をコンクリートおよび鉄骨建造物にグループ化した結果を下表に示す。

評価対象建造物の抽出とグループ化 (1 / 2)

対象建造物	重要度*1	コンクリート建造物	鉄骨建造物
原子炉建物	PS-1, 重*4	○	○ (鉄骨部)
タービン建物	MS-1, 重*4	○	○ (鉄骨部)
廃棄物処理建物	MS-1, 重*4	○	
制御室建物	MS-1, 重*4	○	
排気筒 (制震装置付)	MS-1, 重*4	○	○
サイトバンナ建物	高*2	○	
補助ボイラ室	高*2	○	○
屋外配管ダクト (タービン建物～排気筒)	MS-1, 重*4	○	
取水建造物	MS-1, 重*4	○	
防波壁	設*3	○	
防波壁通路防波扉	設*3		○
1号機取水槽流路縮小工	設*3		○
1号機取水槽北側壁	設*3	○	
水密扉 (取水槽除じん機エリア)	設*3		○
水密扉 (復水器エリア)	設*3		○
防水壁 (取水槽除じん機エリア)	設*3		○
防水壁 (復水器エリア)	設*3		○

*1: 最上位の重要度を示す。

*2: 最高使用温度が95℃を超え、または最高使用圧力が1,900kPaを超える環境下にある原子炉格納容器外の重要度クラス3の機器を支える建造物を示す。

*3: 設計基準対象施設として評価対象とした機器および建造物を示す。

*4: 重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および建造物を示す。

3. 評価対象と評価手法 (3 / 20)

変更あり

7

評価対象構造物の抽出とグループ化 (2 / 2)

対象構造物	重要度*1	コンクリート構造物	鉄骨構造物
屋外排水路逆止弁	設*2		○
漂流防止装置 (係船柱)	設*2		○
漂流防止装置基礎 (荷揚護岸)	設*2	○	
漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭)	設*2		○
屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	重*3	○	
第1バントフィルタ格納槽	重*3	○	
低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 (低圧原子炉代替注水槽含む)	重*3	○	
ガスタービン発電機建物	重*3	○	○ (鉄骨部)
ガスタービン発電機用軽油タンク基礎	重*3	○	
屋外配管ダクト (ガスタービン発電機用 軽油タンク～ガスタービン発電機)	重*3	○	
屋外配管ダクト (B-ディーゼル燃料貯蔵タンク～原 子炉建物)	重*3	○	
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽	重*3	○	
緊急時対策所 (緊急時対策所遮蔽含む)	重*3	○	
緊急時対策所用燃料地下タンク	重*3	○	

*1：最上位の重要度を示す。

*2：設計基準対象施設として評価対象とした機器および構造物を示す。

*3：重要度クラスとは別に常設重大事故等対処設備に属する機器および構造物を示す。

3. 評価対象と評価手法 (4 / 20)

変更あり

②代表構造物の選定結果

グループ化した評価対象構造物について、使用条件等を考慮して代表構造物を選定した。

コンクリート構造物における代表構造物選定結果 (1 / 3)

対象構造物 (コンクリート構造物)	使用条件等							選定	選定理由
	運転開始後 経過年数*3	高温部 の有無	放射線 の有無	振動の 有無	設置環境		供給 塩化物量		
					屋内	屋外			
原子炉建物	29年	○	○	△	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	△	◎	高温部, 放射線の影響
タービン建物	29年	△	△	○	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	△	◎	振動の影響
廃棄物処理建物	29年	△	△	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△		
制御室建物	43年	—	—	—	一部 仕上げ無し	仕上げ有り	△	◎	運転開始後経過年数
排気筒基礎	29年	—	—	—	/	埋設*1	△		
サイト建物	33年	△	△	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△		
補助作業室	31年 20年	△	—	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△		
屋外配管ダクト(タービン建物~排気筒)	29年	—	—	—	/	埋設*1	△		

*1：環境条件の区分として、土中埋設は一般の環境として区分されることから、他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

*2：他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。

*3：2018年2月10日時点での経過年数を示す。

29年：グループ内代表構造物とする使用条件等

【凡例】
○：影響大
△：影響小
—：影響極小, または無し

3. 評価対象と評価手法 (5 / 20)

変更あり

コンクリート構造物における代表構造物選定結果 (2 / 3)

対象構造物 (コンクリート構造物)	使用条件等						選定	選定理由	
	運転開始後 経過年数*5	高温部 の有無	放射線 の有無	振動の 有無	設置環境				供給 塩化物量
					屋内	屋外			
取水構造物	29年	—	—	—	/	仕上げ無し*3	○ (海水と接触)		
防波壁	0年*4	—	—	—	/	仕上げ無し*3	△		
1号機取水槽北側壁	43年	—	—	—	/	仕上げ無し	○ (海水と接触)	◎ 供給塩化物量の影響 (運転開始後経過年数, Sクラスの支持構造物)	
漂流防止装置基礎 (荷揚護岸)	43年 0年*4	—	—	—	/	仕上げ無し*3	○ (海水と接触)		
屋外配管ダクト (タービン建物～放水槽)	29年	—	—	—	/	埋設*1	△		
第1バントフィルタ格納槽	0年*4	—	—	—	仕上げ無し*2	埋設*1	△		
低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽 (低圧 原子炉代替注水槽含 む)	0年*4	—	—	—	一部 仕上げ無し*2	埋設*1	△		
ガスタービン発電機建物	0年*4	△	—	△	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△		
ガスタービン発電機用軽 油タンク基礎	0年*4	—	—	—	/	仕上げ無し*3	△		

*1：環境条件の区分として、土中埋設は一般の環境として区分されることから、他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

*2：他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。

*3：他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

*4：既に設置されているが、使用前事業者検査の合格をもって使用開始とする。

*5：2018年2月10日時点での経過年数を示す。

：グループ内代表構造物とする使用条件等

【凡例】
○：影響大
△：影響小
—：影響極小、または無し

3. 評価対象と評価手法 (6 / 20)

変更あり

コンクリート構造物における代表構造物選定結果 (3 / 3)

対象構造物 (コンクリート構造物)	使用条件等						選定	選定理由	
	運転開始後 経過年数*4	高温部 の有無	放射線 の有無	振動の 有無	設置環境				供給 塩化物量
					屋内	屋外			
屋外配管ダクト (ガス タービン発電機用軽油タンク ～ガスタービン発電機)	0年*3	—	—	—	/	埋設*1	△		
屋外配管ダクト (B- ディーゼル燃料貯蔵タンク ～原子炉建物)	29年 0年*3	—	—	—	/	埋設*1	△		
B-ディーゼル燃料貯蔵タンク 格納槽	0年*3	—	—	—	仕上げ無し*2	埋設*1	△		
緊急時対策所 (緊急 時対策所遮蔽含む)	0年*3	—	—	—	一部 仕上げ無し*2	仕上げ有り	△		
緊急時対策所用燃料 地下タンク	0年*3	—	—	—	/	埋設*1	△		

*1：環境条件の区分として、土中埋設は一般の環境として区分されることから、他の屋外で仕上げがない構造物で代表させる。

*2：他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。

*3：既に設置されているが、使用前事業者検査の合格をもって使用開始とする。

*4：2018年2月10日時点での経過年数を示す。

：グループ内代表構造物とする使用条件等

【凡例】

- ：影響大
- △：影響小
- ：影響極小、または無し

3. 評価対象と評価手法 (7 / 20)

変更あり

鉄骨構造物における代表構造物選定結果 (1 / 2)

対象構造物 (鉄骨構造物)	使用条件等		選定	選定理由	
	運転開始後 経過年数*4	設置環境			
		屋内			屋外
原子炉建物 (鉄骨部)	29年	仕上げ有り*1			
タービン建物 (鉄骨部)	29年	仕上げ有り*1			
排気筒	29年		◎	屋外環境	
補助作業室	31年	仕上げ有り	◎	屋内環境	
防波壁通路防波扉	0年*2				
1号機取水槽流路縮 小工	0年*2				
水密扉(取水槽除じん機エリア)	0年*2				
水密扉(復水器エリア)	0年*2	仕上げ有り*1			

*1：他の屋内で仕上げがある構造物で代表させる。

*2：既に設置されているが、使用前事業者検査の合格をもって使用開始とする。

*3：他の屋外で仕上げがある構造物で代表させる。

*4：2018年2月10日時点での経過年数を示す。

：グループ内代表構造物とする使用条件等

3. 評価対象と評価手法 (8 / 20)

変更あり

鉄骨構造物における代表構造物選定結果 (2 / 2)

対象構造物 (鉄骨構造物)	使用条件等		選定	選定理由	
	運転開始後 経過年数*4	設置環境			
		屋内			屋外
防水壁 (取水槽除じん機I/A)	0年*2		仕上げ有り*3		
防水壁(復水器I/A)	0年*2	仕上げ有り*1			
屋外排水路逆止弁	0年*2		仕上げ無し*3 (ステンレス鋼)		
漂流防止装置 (係船柱)	0年*2		仕上げ有り*3		
漂流防止装置基礎 (多重鋼管杭)	0年*2		仕上げ有り*3		
ガスタービン発電機建物 (鉄骨部)	0年*2	仕上げ有り*1			

*1 : 他の屋内で仕上げがある構造物で代表させる。

*2 : 既に設置されているが、使用前事業者検査の合格をもって使用開始とする。

*3 : 他の屋外で仕上げがある構造物で代表させる。

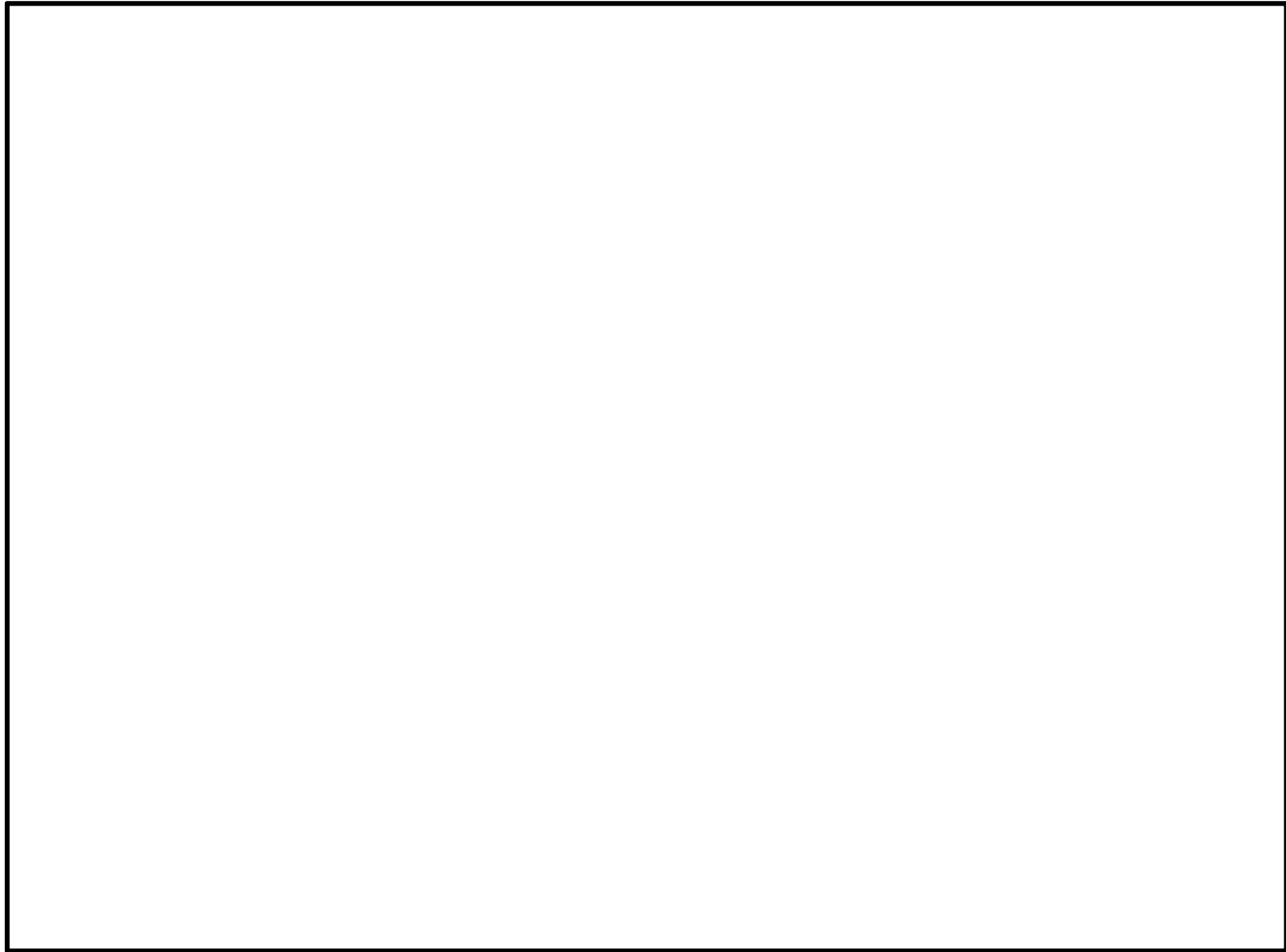
*4 : 2018年2月10日時点での経過年数を示す。

: グループ内代表構造物とする使用条件等

3. 評価対象と評価手法 (9 / 20)

変更あり

13



プラント配置図

3. 評価対象と評価手法 (10 / 20)

変更あり

14

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象，劣化要因の整理結果を下表に示す。

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象および劣化要因の整理結果 (1 / 7)

構造物	経年劣化事象	劣化要因	
コンクリート	強度低下	熱	コンクリートが熱を受けると，温度条件によってはコンクリート中の水分の逸散に伴う乾燥に起因する微細なひび割れ，あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等により，強度が低下する可能性があり， 想定が必要と整理する。
		放射線照射	コンクリートが中性子照射やガンマ線照射を受けると，照射量によっては，強度が低下する可能性があり， 想定が必要と整理する。
		中性化	コンクリートは，空気中の二酸化炭素の作用を受けると，表面から徐々にそのアルカリ性を失い中性化する。中性化がコンクリートの内部に進行し，鉄筋を保護する能力が失われると，鉄筋はコンクリート中の水分，酸素の作用により腐食し始め，腐食に伴う体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ，コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があり， 想定が必要と整理する。

3. 評価対象と評価手法 (11 / 20)

変更あり

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象および劣化要因の整理結果 (2 / 7)

構造物	経年劣化事象	劣化要因	
コンクリート	強度低下	塩分浸透	コンクリート中に塩化物イオンが浸透し、鉄筋位置まで達すると、鉄筋の腐食が徐々に進行し、腐食に伴う体積膨張によりコンクリートにひび割れやはく離が生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があり、想定が必要と整理する。
		アルカリ骨材反応	アルカリ骨材反応は、コンクリート中に存在するアルカリ溶液と、骨材中に含まれる反応性のシリカ鉱物の化学反応である。この反応により生成されたアルカリ・シリカゲルが周囲の水を吸収し膨張すると、コンクリート表面にひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があり、想定が必要と整理する。
		機械振動	コンクリート構造物は、長期間にわたって機械振動による繰返し荷重を受けるとひび割れが発生し、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があり、想定が必要と整理する。

3. 評価対象と評価手法 (12 / 20)

変更あり

16

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象および劣化要因の整理結果 (3 / 7)

構造物	経年劣化事象	劣化要因	
コンクリート	強度低下	凍結融解	コンクリート中の水分が凍結し、それが気温の上昇や日射を受けること等により融解する凍結融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが生じ、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性があり、想定が必要と整理する。
		化学的侵食	地下水等に化学物質が含まれる場合、コンクリートが侵食を受け劣化する可能性がある。ただし、地下水による劣化影響結果より、化学的侵食が発生し、進展する可能性は低いため、想定不要と整理する。
		酸性雨	酸性雨がコンクリート中に浸入するとセメントの主成分が分解され、強度が低下する可能性がある。ただし、対象構造物は基本的に防水層や塗膜等が施され、雨掛かりがないことや、雨水の滞留により雨水が長時間接触することはないため、想定不要と整理する。

3. 評価対象と評価手法 (13 / 20)

変更あり

17

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象および劣化要因の整理結果 (4 / 7)

構造物	経年劣化事象	劣化要因	
コンクリート	強度低下	乾燥収縮	コンクリート中の自由水の逸散に伴う乾燥により収縮が生じ、ひび割れが発生し、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。ただし、乾燥収縮によるひび割れは一般建築物における壁の薄い部材において問題になる要因であることや、その影響が軽微であることから、想定不要と整理する。
		日射	コンクリート表面の温度変動により、膨張および収縮現象が生じることで強度が低下する可能性がある。ただし、日射による温度上昇は特に屋上において顕著であるが、対象構造物の屋上には基本的に防水層とその保護材が施されてコンクリート躯体の温度上昇は抑制され、その影響は軽微であることから、想定不要と整理する。
		風化	コンクリート中のセメント水和物が、周囲の水（軟水）に溶解して組織が疎となることで、強度が低下する可能性がある。ただし、風化は軟水等の成分濃度の低い水が河川のように常に新しく供給されるような環境において進行する現象であり、対象構造物はこのような環境下にないため、想定不要と整理する。

3. 評価対象と評価手法 (14 / 20)

変更あり

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象および劣化要因の整理結果 (5 / 7)

構造物	経年劣化事象	劣化要因	
コンクリート	強度低下	たわみ	過荷重等により部材に変形やひび割れが発生し、コンクリート構造物としての健全性が損なわれる可能性がある。ただし、設計時に想定した荷重を上回る重量機器等を設置する場合には都度、構造体や部材の健全性を確認するため、想定不要と整理する。
	遮へい能力低下	熱	コンクリートは、周辺環境からの伝達熱および放射線照射に起因するコンクリート内部の温度上昇により、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮へい能力が低下する可能性があり、想定が必要と整理する。

3. 評価対象と評価手法 (15 / 20)

変更あり

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象および劣化要因の整理結果 (6 / 7)

構造物	経年劣化事象	劣化要因	
鉄骨	強度低下	腐食	一般的に、鋼材は大気中の酸素および水分と化学反応を起こして腐食する。腐食は、海塩粒子等により促進され、進行すると鋼材の断面欠損に至り、鉄骨の強度低下につながる可能性があり、想定が必要と整理する。
		金属疲労	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り、想定が必要と整理する。
		化学的腐食	薬品等の浸入により鉄部が発錆することで強度低下につながる可能性がある。ただし、対象構造物には塗装が施されており薬品等が浸入する可能性が低いことから、想定不要と整理する。
		酸性雨	酸性雨が直接鉄部に掛かると発錆が促進され、強度低下につながる可能性がある。ただし、対象構造物には塗装が施されており、雨掛かりがないことから、想定不要と整理する。

3. 評価対象と評価手法（16 / 20）

変更あり

20

コンクリートおよび鉄骨構造物の経年劣化事象および劣化要因の整理結果（7 / 7）

構造物	経年劣化事象	劣化要因	
鉄骨	制震装置 強度低下	腐食	一般的に、鋼材は大気中の酸素および水分と化学反応を起こして腐食する。腐食は、海塩粒子等により促進され、進行すると制震装置（粘性ダンパ）の断面欠損に至り、制震装置（粘性ダンパ）の強度低下につながる可能性があり、 想定が必要と整理する。
		摩耗	制震装置（粘性ダンパ）の摺動部に長期間の使用により摩耗が発生すると、動作不良に至り、制震装置（粘性ダンパ）の強度低下につながる可能性があり、 想定が必要と整理する。
		化学的腐食	薬品等の浸入により鉄部が発錆することで強度低下につながる可能性がある。ただし、制震装置（粘性ダンパ）には塗装が施されており薬品等が浸入する可能性が低いことから、 想定不要と整理する。
		酸性雨	酸性雨が直接鉄部に掛かると発錆が促進され、強度が低下する可能性がある。ただし、制震装置（粘性ダンパ）には塗装が施されており、雨掛かりがないことから、 想定不要と整理する。

3. 評価対象と評価手法（17 / 20）

変更あり

21

（2）高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の抽出

「1.概要」で示した経年劣化事象のうち、熱、放射線照射、中性化、塩分浸透、機械振動による強度低下および熱による遮へい能力低下を高経年化対策上着目すべき経年劣化事象とし、以下は高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断した。

①アルカリ骨材反応、腐食、金属疲労、摩耗による強度低下

想定した劣化傾向等に基づき適切な保全活動を行っていることから、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判断した。

②凍結融解による強度低下

今後も経年劣化事象の進展が考えられない、または進展傾向が極めて小さいと考えられることから、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判断した。

3. 評価対象と評価手法 (18 / 20)

変更あり

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理由 (1 / 2)

構造物	経年劣化事象	劣化要因	理由
コンクリート	強度低下	アルカリ骨材反応	<p>定期的 (1回/年) に「QMS7-06-N16 島根原子力発電所土木建築関係設備点検手順書」(以下、「点検手順書」という) に基づく目視点検を行っているが、アルカリ骨材反応に起因すると判断されるひび割れは確認されておらず、試験によりコンクリート構造物の健全性に影響を与えるような反応性がないことを確認している。</p> <p>今後も使用環境が急激に変化することはないことから、アルカリ骨材反応の進展傾向は極めて小さいと考えられる。</p>
		凍結融解	<p>日本建築学会「高耐久性鉄筋コンクリート造設計施工指針 (案)・同解説 (1991)」によると、凍害危険度が2以上の地域は、凍結融解を含む凍害を考慮する必要がある地域とある。</p> <p>日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS5 鉄筋コンクリート工事 (2015)」に示されている解説図26.1 (凍害危険度の分布図) によると、島根2号炉の周辺地域は凍結融解の危険性がない地域に該当している。</p> <p>あらためて、気象条件から島根2号炉の周辺地域の凍害危険度を確認すると、凍結融解の危険性がない地域に該当していた。</p> <p>以上から、コンクリートの凍結融解については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。</p>

3. 評価対象と評価手法（19 / 20）

変更あり

23

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理由（2 / 2）

構造物	経年劣化事象	劣化要因	理由
鉄骨	強度低下	腐食	定期的（1回／年）に点検手順書に基づく目視点検を行い、鋼材の腐食に影響する塗膜の劣化等が認められた場合には、補修塗装を施すことによって健全性を確保している。
		金属疲労	<p>鉄骨構造物のうち、風による繰返し荷重を受ける排気筒が対象構造物と考えられる。島根2号炉の排気筒は、その耐震裕度を向上させるために鉄塔支持型（制震装置付）に変更し、2015年4月に完了している。</p> <p>鉄骨構造物の風等による繰返し荷重に対する評価は、（社）日本建築学会「鋼構造設計規準（2005）」に示されている評価式を用いて、発電所近傍で計測された風に基づき算定した応力範囲が、運転開始後60年時点においても、許容疲労強さよりも小さいことを確認し、疲労を考慮する必要はないと評価した。</p> <p>島根2号炉の排気筒は鉄塔支持型であり、自立型よりも共振現象が起きにくいとされている。また排気筒の主要構造部材は、これまでの目視点検でも共振による疲労割れは確認されておらず、今後もこれらの共振現象による疲労が大きく変化する要因があるとは言い難い。</p> <p>以上から、鉄骨の金属疲労については、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではないと判断する。</p>
	制震装置 強度低下	腐食	定期的（1回／年）に点検手順書に基づく目視点検を行い、有意な塗膜の劣化等が認められた場合には、補修塗装を施すことによって健全性を確保している。
		摩耗	定期的（1回／年）に点検手順書に基づく目視点検を行い、有意な摩耗が認められた場合には、新品への取替え等を行うことにより、健全性を確保している。

3. 評価対象と評価手法 (20 / 20)

変更あり

(3) 劣化要因毎の評価対象部位の選定結果

経年劣化事象に対する劣化要因毎の評価対象部位について、選定した結果を下表に示す。

(4) 評価手法

学会基準等による既往の健全性評価または国内外の研究成果による健全性評価とした。

経年劣化事象に対する要因毎の評価対象部位

構造種別		コンクリート構造物							鉄骨構造物				備考	
		強度低下							遮へい能力低下	強度低下		制震装置強度低下		
要因		熱	放射線	中性化	塩分浸透	アルカリ骨材反応	機械振動	凍結融解		熱	腐食	金属疲労		腐食
代表構造物	原子炉建物	○*1	○*1	○*2	○	△	○	▲	○*5					*1:一次遮へい壁 *2:内壁 *3:壁面 *4:タービン発電機架台 *5:ガンマ線遮へい壁
	タービン建物	○	○	○*2	○	△	○*4	▲	○					
	制御室建物			○*2	○	△		▲						
	排気筒									△	△	△	△	
	補助作業室									△				
	1号機取水槽北側壁			○*3	○*3	△		▲						

○ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象

* : 評価対象部位

△ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象)

▲ : 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象ではない事象 (日常劣化管理事象以外)

4. 代表構造物の技術評価－熱による強度低下

コンクリート構造物の強度低下および遮へい能力低下をもたらす可能性がある要因毎に，健全性評価を実施した。

(1) コンクリートの強度低下

①熱による強度低下

a. 評価対象部位

原子炉圧力容器近傍に位置する一次遮へい壁

b. 評価点

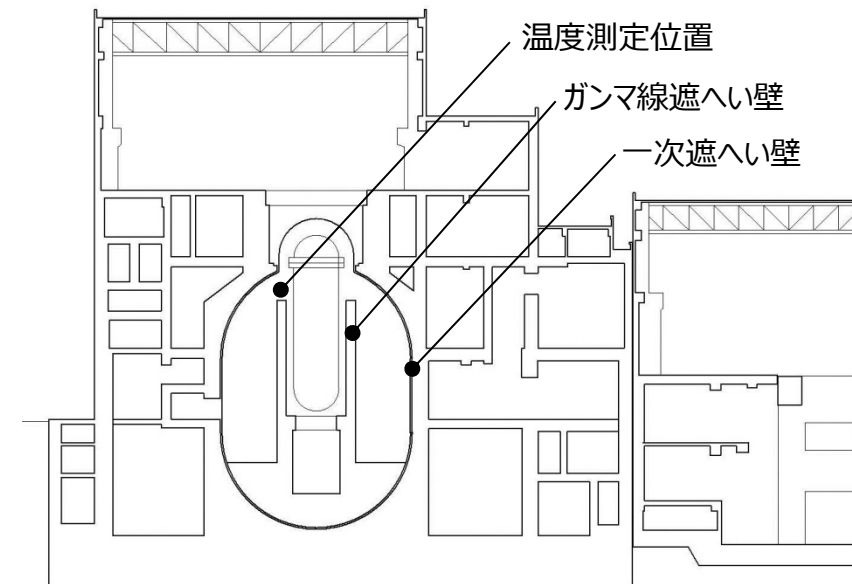
一次遮へい壁内側

c. 評価手順

評価温度は，一次遮へい壁に対して温度条件の厳しくなる原子炉格納容器内の雰囲気温度とし，最高温度を確認（測定位置は，原子炉圧力容器に近く，温度の高くなるガンマ線遮へい壁近傍）

d. 健全性評価結果

評価温度はコンクリートの温度制限値以下であり，健全性評価上問題とならない。



原子炉格納容器内における雰囲気温度と制限値の比較

雰囲気温度（最高温度）	制限値*（℃）
62	65

*：日本建築学会「原子炉建屋構造設計指針・同解説（1988）」

4. 代表構造物の技術評価－放射線照射による強度低下（1 / 2）

26

②放射線照射による強度低下

a. 評価対象部位

一次遮へい壁

b. 評価点

一次遮へい壁内側

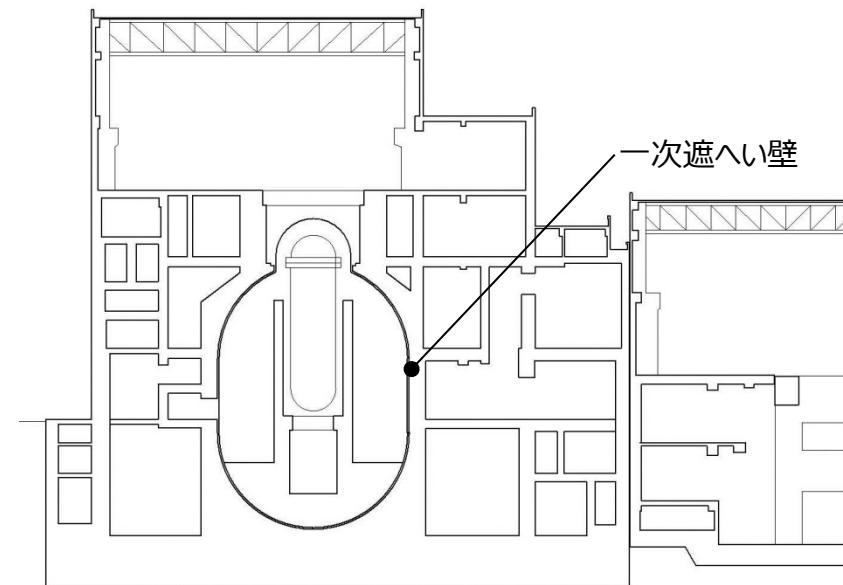
c. 評価手順

1) 放射線量率の算定

一次遮へい壁における中性子束およびガンマ線束を2次元輸送計算コードDORTにより算出

2) 放射線照射量の算出

上記中性子束およびガンマ線束に運転時間に乗じ、中性子照射量およびガンマ線照射量を算出



d. 健全性評価結果

変更あり

1) 中性子照射量

運転開始後60年時点で予想される中性子照射量 ($E > 0.1\text{MeV}$) は、放射線照射量解析の結果、評価点において $1.32 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2$ であり、コンクリート強度に影響を及ぼす可能性のある放射線照射量ではなく、健全性評価上問題とならない。

2) ガンマ線照射量

運転開始後60年時点で予想されるガンマ線照射量は、放射線照射量解析の結果、評価点において $2.81 \times 10^6 \text{ rad}$ であり、コンクリート強度に影響を及ぼす可能性のある放射線照射量ではなく、健全性評価上問題とならない。

なお、1)、2)におけるコンクリート強度に影響を及ぼす可能性のある中性子照射量およびガンマ線照射量は小嶋他の試験結果を踏まえた最新知見やHilsdorf他の文献等により、それぞれ中性子照射量が $1 \times 10^{19} \text{ n/cm}^2$ 、ガンマ線照射量が $2 \times 10^{10} \text{ rad}$ とした。

4. 代表構造物の技術評価－中性化による強度低下（1 / 2）

28

変更あり

③中性化による強度低下

a. 評価対象部位

屋内：原子炉建物，タービン建物および制御室建物の内壁

屋外：1号機取水槽北側壁

b. 評価点

空気環境の違いが中性化の進展に影響を与えることを踏まえ評価点を選定

屋内：屋内の各評価対象構造物で鉄筋腐食開始年数が最小となった，原子炉建物3階非常用ガス処理装置室，タービン建物3階タービン室，制御室建物1階1D非常用電気室，1C非常用電気室の内壁

屋外：海水によりコンクリート表面が湿潤とならず，空気環境の影響を受ける1号機取水槽北側壁の壁面（気中帯）

c. 評価手順

1) 中性化深さの推定

中性化深さの推定式（岸谷式，森永式および中性化深さの実測値に基づく \sqrt{t} 式）により，運転開始後60年経過時点の中性化深さを算出

2) 最大中性化深さ推定値の抽出

中性化深さの推定式により得られる中性化深さのうち，最大値となる中性化深さを抽出

3) 鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さの算出

鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さとして，屋内はかぶり厚さに2cmを加えた値，屋外はかぶり厚さの値をそれぞれ算出

4) 運転開始後60年経過時点の中性化深さの評価

2) が3) よりも小さいことを確認

4. 代表構造物の技術評価 – 中性化による強度低下 (2 / 2)

29

変更あり

d. 健全性評価結果

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点の中性化深さを十分に下回っており、健全性評価上問題とならない。

運転開始後60年後時点と鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さの比較

(単位 : cm)

評価点		調査時点の中性化深さ		運転開始60年時点の 中性化深さ*1	鉄筋が腐食し始める 時点の中性化深さ*2
		調査時期 (経過年数)	実測値 (最大値)		
屋内	原子炉建物 3階内壁	2016年 (27年)	0.65 (2.2)	3.57 (岸谷式)	7.0
	タービン建物 3階内壁	2016年 (27年)	0.36 (1.2)	3.57 (岸谷式)	6.0
	制御室建物 1階内壁	2013年 (39年)	0.00 (0.1)	5.24 (岸谷式)	7.0
屋外	1号機取水 槽北側壁 気中帯	2011年 (37年)	3.05 (4.5)	6.41 (√t式)	6.6

*1 : 岸谷式, 森永式および中性化深さの実測値に基づく√ t 式による評価結果のうち最大値を記載

*2 : かぶり厚さから評価した値

また、定期的な目視点検を実施しているが、中性化による鉄筋腐食に起因する有害なひび割れ等は確認されていない。

4. 代表構造物の技術評価－塩分浸透による強度低下 (1 / 2) 30

変更あり

④塩分浸透による強度低下

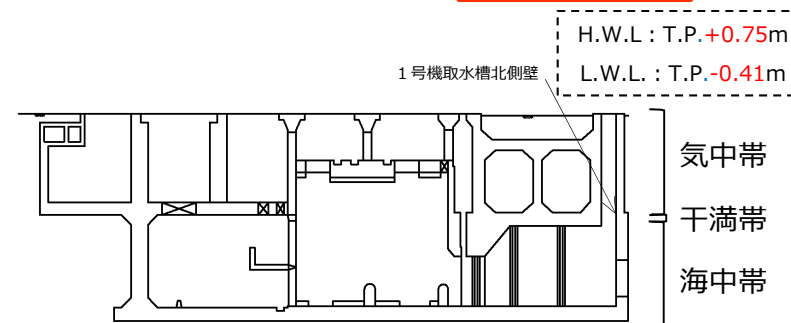
a. 評価対象部位

1号機取水槽北側壁

b. 評価点

環境条件が異なる気中帯，干満帯および海中帯を
選定

気中帯，干満帯，海中帯についてはH.W.LおよびL.W.Lを考慮



1号機取水槽の概要

c. 評価手順

1) 運転開始後60年時点における鉄筋の腐食減量の算出

拡散方程式：塩化物イオン濃度の測定結果をもとに，運転開始経過年毎のコンクリート表面からの塩化物イオンの浸透を予測し，鉄筋位置における塩化物イオン量を算出

森永式：鉄筋位置における塩化物イオン量を用いて，運用開始経過年数毎の鉄筋の腐食減量を算出

2) かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点における鉄筋の腐食減量の算出

森永式：鉄筋径およびかぶり厚さを用いて，かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点における鉄筋の腐食減量を算出

3) 運転開始後60年時点における鉄筋の腐食減量の評価

1) が 2) よりも小さいことを確認

4. 代表構造物の技術評価－塩分浸透による強度低下 (2 / 2) 31

変更あり

d. 健全性評価結果

運転開始後60年経過時点における鉄筋の腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋の腐食減量を十分に下回っており、健全性評価上問題とならない。

運転開始後60年経過時点とかぶりコンクリートにひび割れが発生する時点の鉄筋の腐食減量の比較

評価点		調査時期 (経過年数)	鉄筋位置での 塩化物イオン濃度 (%)	鉄筋の腐食減量 ($\times 10^{-4}$ g/cm ²)		
				調査時点	運転開始後60 年時点	かぶりコンクリートに ひび割れが発生する時点
1号機取水槽 北側壁	気中帯	2011年 (37年)	0.18 (3.79) *	9.9	31.6	69.2
	干満帯	2011年 (37年)	0.016 (0.35) *	0.0	7.1	69.2
	海中帯	2011年 (37年)	0.057 (1.28) *	0.5	3.3	69.2

* : () 内は塩化物イオン量 (kg/m³)

また、定期的な目視点検を実施しているが、塩分浸透による鉄筋腐食に起因する有害なひび割れ等は確認されていない。

4. 代表構造物の技術評価－機械振動による強度低下

⑤機械振動による強度低下

a. 評価対象部位

タービン発電機架台

b. 評価点

機械振動荷重を直接受ける機器支持部付近（基礎ボルト周辺のコンクリート）

c. 健全性評価結果

- 1) タービン発電機について異常振動の有無を日常的なパトロールで確認
- 2) タービン発電機架台については定期的（1回／年）に点検手順書に基づき目視点検を実施
- 3) 日常的なパトロールやタービン監視計器により軸振動の測定値を中央制御室において連続監視しており，異常の兆候は検知可能

以上から，健全性評価上問題とならない。

4. 代表構造物の技術評価－熱による遮へい能力低下（1 / 2）33

（2）コンクリートの遮へい能力低下

①熱による強度低下

a. 評価対象部位

ガンマ線遮へい壁

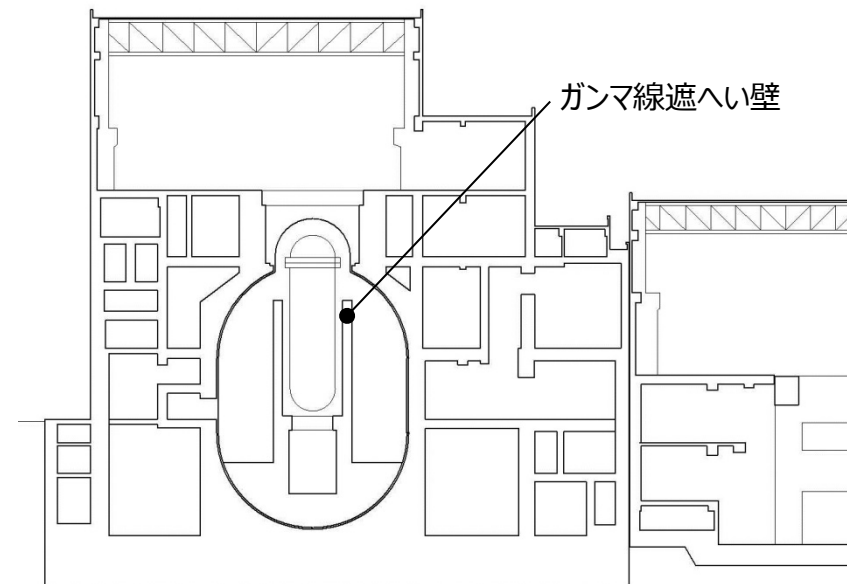
b. 評価点

ガンマ線遮へい壁の炉心領域部

c. 評価内容

遮へいコンクリート中のガンマ線による発熱を考慮して温度分布解析を実施※

※工事計画認可申請書添付書類「生体しゃへい装置の放射線のしゃへい及び熱除去についての計算書」



4. 代表構造物の技術評価－熱による遮へい能力低下（2 / 2）34

d. 健全性評価結果

コンクリートの最高温度は78℃であり、コンクリート温度制限値以下であることから、遮へい能力への影響はないと考えられ、健全性評価上問題とならない。

ガンマ線遮へい壁における最高温度と制限値の比較

コンクリート最高温度（℃）	制限値*（℃）
78	中性子遮へい：88
	ガンマ線遮へい：177

*:「コンクリート遮へい体設計基準」(R.G. Jaeger et al.「Engineering Compendium on Radiation Shielding (ECRS) VOL.2」)

4. 代表構造物の技術評価－現状保全，総合評価，高経年化への対応

経年劣化事象	現状保全	総合評価	高経年化への対応
<p>コンクリートの強度低下</p>	<p>定期的（1回／年）に点検手順書に基づくコンクリート表面の目視点検を実施している。目視点検の結果，ひび割れ等の補修が必要となる損傷が確認された場合，即時補修が必要な場合を除き，その経過を継続的に監視しつつ，点検実施後数年以内を目途に補修を計画，実施している。</p>	<p>○健全性評価結果から判断して，今後，強度低下が急激に発生する可能性は小さい。 ○定期的（1回／年）な点検手順書に基づく目視点検により補修対象となったひび割れ等の補修を計画，実施しており，現状の保全方法は，コンクリート構造物の健全性を維持する上で適切である。</p>	<p>高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。</p>
<p>コンクリートの遮へい能力低下</p>	<p>ガンマ線遮へいコンクリートについては，鉄板で覆われているため，目視点検等は実施できないが，放射線量を日常的に監視している。また，ガンマ線遮へいコンクリートに近く，他の部位より熱の影響を受けていると思われる一次遮へい壁において構造物の健全性維持の観点から定期的（1回／年）に点検手順書に基づくコンクリート表面の目視点検を実施している。</p>	<p>○健全性評価結果から判断して，現状において問題はなく，今後，遮へい能力低下が急激に発生する可能性は小さい。 ○仮に熱によるコンクリート構造物の遮へい能力低下が生じた場合，放射線量が上昇するものと考えられるが，放射線量は日常的に監視しており，異常の兆候は検知可能である。</p>	<p>高経年化対策の観点から現状の保全内容に対して追加すべき項目はなく，今後も現状保全を継続していく。</p>

5. 代表構造物以外の技術評価

コンクリートおよび鉄骨構造物の技術評価については、代表構造物について各経年劣化事象に影響を及ぼす要因毎に使用条件を考慮して実施しており、グループ内構造物の使用条件は代表構造物に包含されているため、技術評価結果も代表構造物に包含された結果となる。

(1) 審査ガイドおよび実施ガイドへの適合性 (1 / 2)

「2. 基本方針」で示した要求事項について技術評価を行った結果、すべての要求を満足しており、審査ガイドおよび実施ガイドに適合していることを確認した。コンクリートおよび鉄骨構造物についての要求事項との対比を下表に示す。

コンクリートおよび鉄骨構造物についての要求事項との対比

審査ガイドに規定される要求事項	技術評価結果
(1) 高経年化技術評価の審査 ⑫健全性の評価 実施ガイド3.1⑤に規定する期間の満了日までの期間について、高経年化対策上着目すべき経年劣化事象の発生又は進展に係る健全性を評価していることを審査する。	25～34頁に示すとおり、代表構造物について運転開始後60年時点を想定した健全性評価を実施した。
⑬現状保全の評価 健全性評価結果から現状の保全策の妥当性が評価されていることを審査する。	35頁に示すとおり、健全性評価結果から、現状の保全策が妥当であることを確認した。
⑭追加保全策の抽出 現状保全の評価結果から、現状保全に追加する必要がある新たな保全策が抽出されていることを審査する。	35頁に示すとおり、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべき新たな保全策はなかった。
(2) 長期施設管理方針の審査 ①長期施設管理方針の策定 すべての追加保全策について長期施設管理方針として策定されているかを審査する。	35頁に示すとおり、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはなく、施設管理に関する方針として策定する事項はなかった。

(1) 審査ガイドおよび実施ガイドへの適合性 (2 / 2)

実施ガイドに規定される要求事項	技術評価結果
<p>3.1 高経年化技術評価の実施及び見直し</p> <p>⑤抽出された高経年化対策上着目すべき経年劣化事象について、以下に規定する期間の満了日までの期間について機器・構造物の健全性評価を行うとともに、必要に応じ現状の施設管理に追加すべき保全策（以下「追加保全策」という。）を抽出すること。</p> <p>イ 実用炉規則第82条第1項の規定に基づく高経年化技術評価プラントの運転を開始した日から60年間</p>	<p>35頁に示すとおり、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加する新たな保全策はなかった。</p>
<p>3.2 長期施設管理方針の策定及び変更</p> <p>長期施設管理方針の策定及び変更に当たっては、以下の要求事項を満たすこと。</p> <p>①高経年化技術評価の結果抽出された全ての追加保全策（発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提として抽出されたもの及び冷温停止状態が維持されることを前提として抽出されたものの全て。）について、発電用原子炉ごとに、施設管理の項目及び当該項目ごとの実施時期を規定した長期施設管理方針を策定すること。</p> <p>なお、高経年化技術評価の結果抽出された追加保全策について、発電用原子炉の運転を断続的に行うことを前提とした評価から抽出されたものと冷温停止状態が維持されることを前提とした評価から抽出されたものとの間で、その対象の経年劣化事象及び機器・構造物の部位が重複するものについては、双方の追加保全策を踏まえた保守的な長期施設管理方針を策定すること。</p>	<p>35頁に示すとおり、現状保全項目に、高経年化対策の観点から追加すべきものはなく、施設管理に関する方針として策定する事項はなかった。</p>

(2) 施設管理に関する方針として策定する事項

今後も現状の保全方法により健全性を確認していくものとし、現状保全項目に高経年化対策の観点から追加すべきものはなく、施設管理に関する方針として策定する事項はない。

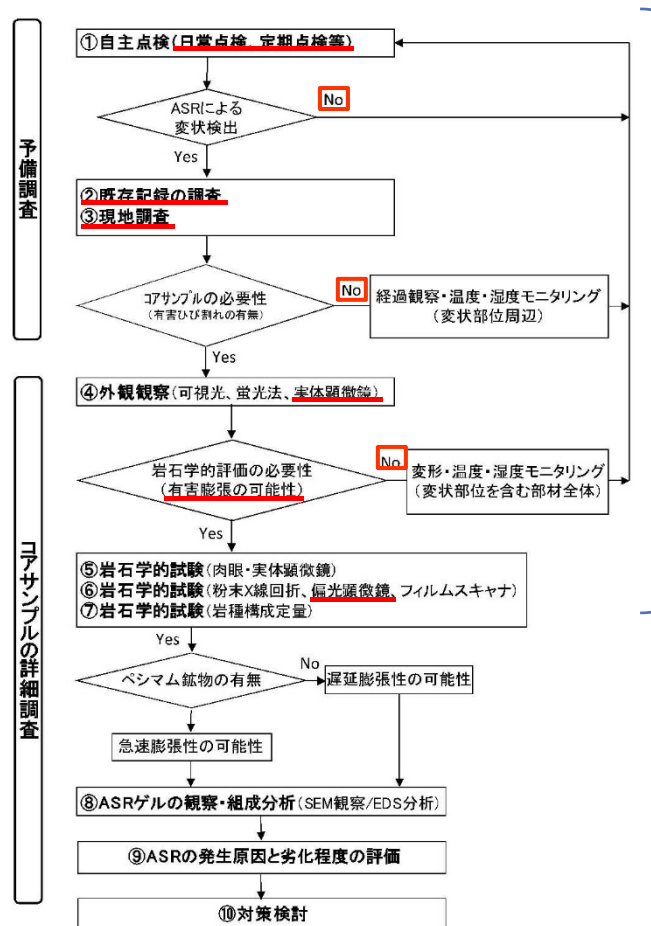
(補足) 使用開始から40年以上が経過した建物・構築物のアルカリ骨材反応の潜在性について

○使用開始から40年以上が経過した建物・構築物のアルカリ骨材反応の潜在性について

(1) アルカリ骨材反応 (以下、「ASR」という。) の評価方針

変更あり

- 使用開始から40年が経過した制御室建物, 1号機取水槽北側壁および漂流防止装置基礎 (荷揚護岸) に対し, 以下のコンクリート構造物のASR診断フローに基づき, ASRの評価を実施した。



劣化進行段階の評価方針

予備調査

- 定期的な目視点検 (左記①③) においてASRに起因するひび割れ等は認められていない
- 1984年にモルタルバー法 (左記②) により使用骨材は有害でないことを確認

↓

実体顕微鏡による観察 (左記④)

実構造物にASRの変状は検出されていないが, 運転に伴い生じたASR劣化状況を詳細に確認するため, コアサンプルの実体顕微鏡観察を実施

(評価内容)

- 進行の有無・程度の特定
- ⇒健全性に影響を与えるような反応性がないことを確認

↓

(参考) **偏光顕微鏡による観察 (左記⑥)**

評価方法の選定プロセスと評価結果の妥当性を確認するため, 念のため偏光顕微鏡観察による鉱物・岩種の同定や進行段階の確認を実施

(評価内容)

- 進行の有無・程度の詳細を確認
- ⇒反応性鉱物の存在を確認したが, 健全性に影響を与えるような反応性がないことを確認

↓

潜在膨張性の確認

促進膨張試験

- 偏光顕微鏡観察を実施した箇所において, アルカリ溶液浸漬法を実施
- ⇒判定基準値以下であり, 遅延膨張の可能性が低いことを確認。

○評価結果

変更あり

- 劣化進行段階の評価としては、実体顕微鏡観察の結果、対象構造物のコンクリートの健全性に影響を与えるような反応性はないと判断した。また、念のため実施した偏光顕微鏡観察の結果からも同様の結果が得られ、実体顕微鏡観察の選定プロセスおよび試験結果の妥当性を確認することができた。
- 潜在膨張性の確認としては、偏光顕微鏡観察により、粗骨材から遅延膨張性の反応性鉱物が確認されたが、促進膨張試験の結果より、将来の潜在膨張（急速性および遅延性）の可能性は低いと判断した。

試験方法		評価結果
実体顕微鏡観察	ASR反応性	1号機取水槽北側壁（干満帯）のみ、粗骨材（安山岩と流紋岩）の一部粒子に、淡い反応リムの形成、あるいはわずかなASRゲルの滲出が認められたが、進行段階が軽微であり、ASRの反応性はないと判断した。
偏光顕微鏡観察	ASR反応性	実体顕微鏡観察と同様の結果が得られた。
	ASR反応性 鉱物	ほぼ全ての構造物・対象部位の粗骨材（安山岩および流紋岩）において、遅延膨張性のASR反応性鉱物（微晶質石英、微晶質～隠微晶質石英）が認められたが、急速膨張性のASR反応性鉱物は認められなかった。
促進膨張試験 (アルカリ溶液浸漬法)	潜在膨張性	判定基準（21日で膨張率が0.1%未満）に対し、28日浸漬させても最大で0.042%と判定基準以下であり、将来の潜在膨張（急速性および遅延性）の可能性は低いと判断した。