

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<特別点検(コンクリート構造物)>

資料6-1

2023年9月21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	11月24日	ヒアリング資料 特別点検 (コンクリート構造物)	6	「加圧水型軽水炉の点検箇所」の表の「安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物」の該当箇所を追記すること。	3. 点検箇所の3-2選定結果の該当箇所に※書きを追記した。 [スライド17~19]	2022.12.20	2022.12.20
2	1/2号機	11月24日	ヒアリング資料 特別点検 (コンクリート構造物)	15	「①影響要因の把握」と「③点検箇所の選定」に記載している放射線の影響について文章を適正化すること。	①に放射線関連の文献名を追記し、①、③に合わせて②の文章も適正化した。 [スライド15]	2022.12.20	2022.12.20
3	1/2号機	11月24日	ヒアリング資料 特別点検 (コンクリート構造物)	21~24	「4. 点検結果」に判定基準を追記すること。 (塩分浸透はページ巻末に参考として現時点の腐食減量を記載する)	4. 点検結果に判定基準を追加した。 (塩分浸透は巻末に参考として現時点の鉄筋の腐食減量を記載した) [スライド21~23、29]	2022.12.20	2022.12.20
4	1/2号機	11月24日	ヒアリング資料 特別点検 (コンクリート構造物)	12	「建設時のコンクリート単位容積質量の事例」のグラフの縦軸に数値を追記すること。	グラフの縦軸に数値を追記した。 (同様に中性化深さ、アルカリ骨材反応のグラフの縦軸にも数値を追記した) [スライド12、13、15]	2022.12.20	2022.12.20
5	1/2号機	11月24日	ヒアリング資料 特別点検 (コンクリート構造物)	12	「②、③」の記載を判りやすく表現を見直すこと。	②、③の記載を判りやすく表現した。 (同様に中性化深さの③の記載も判りやすく表現した) [スライド12、13]	2022.12.20	2022.12.20
6	1/2号機	11月24日	ヒアリング資料 特別点検 (コンクリート構造物)	13	②(空気環境測定)と下のグラフ(環境条件による影響度)の繋がりを説明すること。	②に「環境条件による影響度の値」を算出する森永式を追記した。 [スライド13]	2022.12.20	2022.12.20
8	1/2号機	11月24日	ヒアリング資料 特別点検 (コンクリート構造物)	14	③点検箇所の”設置環境を踏まえ”の表現について、アクセス性の話なのか、場所による塩分浸透の発生程度の話なのか説明すること。	③点検箇所の”設置環境を踏まえ”の前に「干満帯にある等の」を追記した。 [スライド14]	2022.12.20	2022.12.20
9	1/2号機	12月1日	ヒアリング資料 (審査会合における指摘事項の回答) (指摘事項No. 1)	-	急速膨張性、遅延膨張性の概要が分かる説明資料を1ページと2ページの間に追加すること。	資料P2に「アルカリ骨材反応の潜在膨張性について」として、急速膨張性と遅延膨張性に関する概要を追加した。 [スライド2]	2022.12.20	2022.12.20
10	1/2号機	12月1日	ヒアリング資料 (審査会合における指摘事項の回答) (指摘事項No. 1)	2~11	急速膨張性のことを言っているのか遅延膨張性のことを言っているのか、分かりやすく明確に記載すること。	急速膨張性をA、遅延膨張性をBとして、アルカリ骨材反応の評価を記載している各ページに追記した。 [スライド3、4、9、11、12]	2022.12.20	2022.12.20
11	1/2号機	12月1日	ヒアリング資料 (審査会合における指摘事項の回答) (指摘事項No. 1)	8	促進膨張試験の基準名、実施内容と実施時期を記載すること。	促進膨張試験について記載している各ページに基準名、実施内容と実施時期を追記した。 [スライド9、11]	2022.12.20	2022.12.20
12	1/2号機	12月1日	ヒアリング資料 (審査会合における指摘事項の回答) (指摘事項No. 1)	8	”細骨材に遅延膨張性の反応性鉱物”の後に「(隠微晶質石英、微晶質石英)」を追記すること。	遅延膨張性の反応性鉱物の後に「(隠微晶質石英、微晶質石英)」を追記した。 [スライド9]	2022.12.20	2022.12.20
13	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	供試体の作製について、JIS A 1108(コンクリートの圧縮強度試験方法)で指定しているJIS A 1132(コンクリート強度試験用供試体の作り方)の直径を変更しても良いとする根拠を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-13のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
14	1/2号機	12月1日	特別点検補足説明資料 (コンクリート構造物)	28	強度について、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)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-14のとおり。	2022.12.20	2022.12.20

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<特別点検(コンクリート構造物)>

2023年9月21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
15	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	強度について、コアサンプルの試験に使用した試験機器と校正記録(国家標準までのトレーサビリティ体系図を含む)、並びに試験要領(試験方法、試験条件等)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-15のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
16	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	供試体の作製について、JASS 5N T-601(コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法)で指定している直径を変更しても良いとする根拠(妥当性、検証結果等)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-16のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
17	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-17	乾燥状態とする供試体の質量変化の測定数値を変更しても良いとする根拠を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-17のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
18	1/2号機	12月1日	特別点検補足説明資料 (コンクリート構造物)	29	遮蔽能力について、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)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-18のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
19	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	遮蔽能力について、コアサンプルの試験に使用した試験機器と校正記録(国家標準までのトレーサビリティ体系図を含む)、並びに試験要領(試験方法、試験条件等)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-19のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
20	1/2号機	12月1日	特別点検補足説明資料 (コンクリート構造物)	30	中性化深さについて、各対象部位における測定点3箇所の測定結果(平均値の元となる結果)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-20のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
21	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	中性化深さについて、測定に使用した測定器具と測定要領(測定方法、測定条件等)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-21のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
22	1/2号機	12月1日	特別点検補足説明資料 (コンクリート構造物)	31	塩分浸透深さについて、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)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-22のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
23	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	塩分浸透深さについて、コアサンプルの試験に使用した試験機器と校正記録(国家標準までのトレーサビリティ体系図を含む)、並びに試験要領(試験方法、試験条件等)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-23のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
24	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	アルカリ骨材反応について、コアサンプルの観察に使用した機器と観察要領(観察方法、観察条件等)を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-24のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
25	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	アルカリ骨材反応について、コアサンプルの観察を実施した試験員が必要とする技能を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-25のとおり。	2022.12.20	2022.12.20
26	1/2号機	12月1日	特別点検結果報告書 (コンクリート構造物)	1-13	アルカリ骨材反応について、RREP-2018-1004(安全研究成果報告 運転期間延長認可制度及び高経年化対策制度に係る技術的知見の整備に関する研究)に基づくコアサンプルの促進膨張試験(アルカリ溶液浸漬法等)により、コンクリートが遅延膨張性アルカリ骨材反応に伴い将来膨張する可能性の推定を実施しなくて良いとする根拠を提示すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-26のとおり。	2022.12.20	2022.12.20

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<特別点検(コンクリート構造物)>

2023年9月21日 九州電力様

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
27	1/2号機	12月20日	回答資料 (コンクリート構造物)	No.14, 15, 17~ 24	現地確認で現物での確認を行うため、確認した記録名を追記すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-14,15, 18~24に記録欄を追加し、確認した記録名を追記(記録の一覧は、共通で別紙1「コンクリート構造物健全性調査に係わる記録リスト」を作成)。 回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-17は、既往研究により確認を行っているため、該当する論文名・発行元を追記。	2023.1.11	2023.1.11
28	1/2号機	12月20日	回答資料 (コンクリート構造物)	No.16	掲載した論文の発行元を追記すること。	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-16に論文の発行元を追記。	2023.1.11	2023.1.11
29	1/2号機	12月20日	回答資料 (コンクリート構造物)	No.26	促進膨張試験の実施時期、コアの採取箇所、記録名、判定基準の引用元を追記すること。 (判定基準の引用元はパワーポイント「審査会合における指摘事項の回答」にも反映させること)	回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-26に判定基準の引用元を追記。また添付2として、促進膨張試験の実施時期、コアの採取箇所、記録名を追加。 (判定基準の引用元を資料2「審査会合における指摘事項の回答」P9, 11に反映)	2023.1.11	2023.1.11
30	1/2号機	8月2日	特別点検補足説明資料 (コンクリート構造物)	77	塩分浸透の点検結果の詳細について、塩化物イオン量を追記すること。	特別点検補足説明資料P.78に、塩化物イオン量を追記した。 (2号はP.80に追記)	2023.8.21	2023.8.21
31	1/2号機	9月5日	特別点検補足説明資料 (コンクリート構造物)	-	コアサンプルを採取していない構造物について、建設時に確認した内容を補足説明資料に追記すること。	コアサンプルを採取していない構造物について、建設時に確認した内容を補足説明資料の本文(P11)に追記した。また、建設時に実施した主な試験結果を回答資料 川内1, 2号炉-特別点検(コンクリート)-31に記載した。		

川内原子力発電所 1 号炉 特別点検
(コンクリート構造物)

補足説明資料

2023年 9月21日

九州電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 要求事項	1
3. 点検方法	1
3.1 点検方法の概要	1
3.2 点検方法の選定	4
3.3 試験員の力量	10
4. 点検箇所	11
4.1 点検対象のコンクリート構造物及び部位	11
4.2 点検箇所の選定プロセス	11
4.3 点検箇所の選定結果	27
5. 点検結果	29
6. まとめ	34

別紙 1～7

別紙 1. 特別点検実施箇所	36
別紙 2. 遮蔽能力における非破壊試験実施箇所	48
別紙 3. 空気環境測定箇所	52
別紙 4. 中性化深さにおける非破壊試験実施箇所	61
別紙 5. 塩分量測定箇所	68
別紙 6. 塩分量測定の考え方	73
別紙 7. 強度、遮蔽能力、中性化深さ、塩分浸透の点検結果の詳細（コアサンプル毎の試験結果）	75

4. 点検箇所

4.1 点検対象のコンクリート構造物及び部位

運用ガイドに基づき、点検対象のコンクリート構造物及び部位を表 4.1.1 のとおり選定した。なお、新規制基準以降に設置した常設重大事故等対処設備に属する構造物については、他の構造物に比べて運転開始後の経過年数が短いことから経年劣化は進行していないと判断している。また、建設時に各種試験を実施して設計値を満足していることも確認している。

表 4.1.1 川内 1 号炉 点検対象のコンクリート構造物及び部位

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検項目				
		強度	遮蔽能力	中性化深さ	塩分浸透	アルカリ骨材反応
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	○	○	○	○	○
	内部コンクリート	○	○	○	—	○
	基礎マット	○	—	○	—	○
原子炉補助建屋	外壁	○	○	○	○	○
	内壁及び床	○	○	○	—	○
	使用済み燃料プール	○	—	○	—	○
	基礎マット	○	—	○	—	○
タービン建屋	内壁及び床	○	—	○	—	○
	基礎マット	○	—	○	—	○
取水槽	海中帯	○	—	○	○	○
	干満帯	○	—	○	○	○
	気中帯	○	—	○	○	○
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設内	/	—	/	—	/
	原子炉補助建屋内	/	—	/	—	/
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	/	—	/	—	/
上記以外の構造物 (安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	○	※	○	○	○
	燃料取替用水タンク基礎	○	※	○	○	○

凡 例

○：特別点検を実施

—：「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」（原管 P 発第 1306197 号 改正令和 2 年 3 月 31 日 原規規発第 20033110 号 原子力規制委員会決定）において対象外

/：上記の対象のコンクリート構造物に含まれる

※：該当する部位がない

4.2 点検箇所を選定プロセス

4.2.1 基本的な考え方

運用ガイドにおいて“この確認においては、この組合せごとに、対象の部位の中で点検項目に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所から採取したコアサンプルによる確認をもって、当該組合せに係る確認を行ったものとすることができる。”と記載されていることを踏まえ、点検項目ごとに、点検項目に対する劣化メカニズムや影響要素等を踏まえ、コアサンプルが採取可能な部位で使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

4.2.2 遮蔽能力の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、遮蔽能力の点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

具体的には、遮蔽能力はコンクリートの単位容積質量に影響を受け、単位容積質量は、使用材料の単位容積質量や、コンクリート中の水分を逸散させるような熱等の使用環境の影響を受ける。今回、より保守的な点検方法としてコンクリートの乾燥単位容積質量を確認する方法を選定したことから、熱等の、コンクリート中の水分を逸散させるような使用環境の影響がほぼなくなる。そこで、建設時にコンクリートの単位容積質量の計測を実施している部位については、その結果が最も小さかった範囲をコアサンプル採取箇所として選定した（表 4.2.2-1、表 4.2.2-2）。ただし、内部コンクリートについては、放射線の影響が他部位と比較して非常に大きい1次遮蔽壁をコアサンプル採取箇所として選定した。

これに加え、より水和が進展している箇所、すなわち強度が増進している箇所は、コンクリート中の自由水がより多く結合水に変化していると想定される。乾燥単位容積質量の試験は、コンクリート中の自由水を強制的に蒸発させる方法であるため、水和が進展している箇所は、乾燥単位容積質量が相対的に大きいことが想定される。そのため、建設時の記録により選定した部位の中でコアサンプル採取可能な箇所が広範囲な場合、具体的な採取箇所を選定するために、リバウンドハンマーによる非破壊試験によりコンクリート強度を推定するための反発度を確認し、最も反発度が低い箇所、すなわち水和が進展しておらず、乾燥単位容積質量が相対的に小さいと想定される箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表 4.2.2-3）。

表 4.2.2-1 建設時のコンクリートの単位容積質量計測結果
(原子炉格納施設等 外部遮蔽壁)

打設日	平均単位容積質量 (g/cm ³)	コアサンプル採取箇所の 選定範囲
1980. 9. 13	2.307	
1980. 10. 11	2.312	
1980. 11. 1	2.314	
1980. 11. 22	2.329	
1980. 12. 26	2.336	
1981. 1. 31	2.329	
1981. 2. 19	2.317	
1981. 3. 20	2.319	
1981. 4. 22	2.323	
1981. 5. 20	2.327	
1981. 6. 17	2.334	
1981. 7. 8	2.326	
1981. 7. 29	2.326	
1981. 8. 21	2.320	
1981. 9. 4	2.329	
1981. 9. 22	2.326	
1981. 10. 7	2.327	
1981. 10. 22	2.324	
1981. 11. 7	2.324	
1981. 11. 25	2.314	
1981. 12. 11	2.326	
1982. 1. 9	2.321	
1982. 1. 29	2.320	
1982. 2. 26	2.318	
1982. 3. 10	2.318	
1982. 3. 24	2.318	
1982. 5. 11	2.314	
1982. 7. 10	2.313	
1982. 7. 31	2.317	
1982. 8. 21	2.318	
1982. 9. 8	2.301	○
1982. 10. 1	2.313	
1982. 10. 13	2.318	
1982. 10. 16	2.314	
1982. 10. 28	2.327	
1982. 11. 6	2.324	
1982. 11. 19	2.320	
1982. 11. 30	2.321	
1982. 12. 2	2.322	
1982. 12. 14	2.320	

凡例 ○ : コアサンプル採取箇所を選定した範囲

表 4.2.2-2 建設時のコンクリートの単位容積質量計測結果 (1/2)

(原子炉補助建屋 外壁、内壁及び床)

打設日	平均単位容積質量 (g/cm ³)	コアサンプル採取箇所の選定範囲		打設日	平均単位容積質量 (g/cm ³)	コアサンプル採取箇所の選定範囲	
		外壁	内壁及び床			外壁	内壁及び床
1980. 3. 26	2. 334		/	1980. 12. 22	2. 316		
1980. 4. 5	2. 354		/	1980. 12. 25	2. 300		/
1980. 4. 15	2. 327		/	1980. 12. 26	2. 303		
1980. 4. 17	2. 331		/	1981. 1. 14	2. 327		/
1980. 4. 26	2. 334		/	1981. 1. 27	2. 316		/
1980. 5. 1	2. 331		/	1981. 1. 28	2. 293	○	/
1980. 5. 2	2. 323		/	1981. 1. 30	2. 314		/
1980. 5. 9	2. 317		/	1981. 2. 2	2. 323		/
1980. 5. 20	2. 335		/	1981. 2. 6	2. 323		/
1980. 5. 27	2. 321		/	1981. 2. 9	2. 310		/
1980. 5. 28	2. 306		/	1981. 2. 10	2. 314		/
1980. 5. 30	2. 331		/	1981. 2. 16	2. 317		/
1980. 6. 4	2. 314		/	1981. 2. 20	2. 322		/
1980. 6. 24	2. 320		/	1981. 2. 24	2. 317		/
1980. 6. 28	2. 337		/	1981. 2. 25	2. 323		/
1980. 7. 3	2. 311		/	1981. 2. 28	2. 315		/
1980. 7. 4	2. 327		/	1981. 3. 7	2. 309		/
1980. 7. 9	2. 305		/	1981. 3. 9	2. 303		/
1980. 7. 12	2. 324		/	1981. 3. 10	2. 314		/
1980. 7. 15	2. 318		/	1981. 3. 12	2. 314		/
1980. 7. 21	2. 301		/	1981. 3. 16	2. 306		/
1980. 8. 6	2. 307		/	1981. 3. 18	2. 323		/
1980. 8. 12	2. 301		/	1981. 4. 1	2. 315		/
1980. 8. 20	2. 314		/	1981. 4. 3	2. 309		/
1980. 8. 23	2. 315		/	1981. 4. 10	2. 314		/
1980. 8. 27	2. 307		/	1981. 4. 15	2. 327		/
1980. 9. 1	2. 314		/	1981. 4. 16	2. 314		/
1980. 9. 5	2. 324		/	1981. 4. 17	2. 320		/
1980. 9. 22	2. 300		/	1981. 4. 20	2. 317		/
1980. 9. 25	2. 309		/	1981. 4. 22	2. 320		/
1980. 9. 29	2. 314		/	1981. 4. 23	2. 314		/
1980. 10. 2	2. 312		/	1981. 4. 26	2. 313		/
1980. 10. 7	2. 334		/	1981. 4. 27	2. 314		/
1980. 10. 9	2. 298		/	1981. 5. 1	2. 314		/
1980. 10. 16	2. 312		/	1981. 5. 9	2. 312		/
1980. 10. 18	2. 323		/	1981. 5. 16	2. 310		/
1980. 10. 21	2. 314		/	1981. 5. 22	2. 314		/
1980. 10. 25	2. 302		/	1981. 5. 23	2. 309		/
1980. 11. 2	2. 309		/	1981. 5. 25	2. 309		/
1980. 11. 6	2. 320		/	1981. 5. 30	2. 314		/
1980. 11. 15	2. 323		/	1981. 6. 2	2. 303		/
1980. 11. 21	2. 307		/	1981. 6. 3	2. 314		/
1980. 11. 29	2. 323		/	1981. 6. 5	2. 306		/
1980. 12. 3	2. 320		/	1981. 6. 10	2. 305		/
1980. 12. 6	2. 314		/	1981. 6. 11	2. 303		/
1980. 12. 11	2. 314		/	1981. 6. 19	2. 300		/
1980. 12. 13	2. 314		/	1981. 6. 24	2. 307		/
1980. 12. 15	2. 314		/	1981. 6. 26	2. 319		/

凡例 ○ : コアサンプル採取箇所を選定した範囲

/ : 範囲外

表 4.2.2-2 建設時のコンクリートの単位容積質量計測結果 (2/2)

(原子炉補助建屋 外壁、内壁及び床)

打設日	平均単位容積質量 (g/cm ³)	コアサンプル採取箇所の選定範囲	
		外壁	内壁及び床
1981. 6. 27	2.309		/
1981. 6. 29	2.323		/
1981. 6. 30	2.317		/
1981. 7. 6	2.314		/
1981. 7. 10	2.316		/
1981. 7. 13	2.306	/	
1981. 7. 16	2.309	/	
1981. 7. 22	2.314	/	
1981. 7. 24	2.307	/	
1981. 7. 27	2.300	/	
1981. 7. 30	2.295		/
1981. 8. 4	2.312		/
1981. 8. 9	2.327	/	
1981. 8. 11	2.302		
1981. 8. 20	2.306		/
1981. 8. 24	2.316		/
1981. 8. 28	2.314		/
1981. 9. 3	2.310		/
1981. 9. 11	2.309	/	
1981. 9. 18	2.302	/	
1981. 9. 21	2.309		
1981. 9. 22	2.309	/	
1981. 9. 23	2.309		
1981. 9. 24	2.312	/	
1981. 9. 26	2.323		
1981.10. 1	2.302		
1981.10. 3	2.314		
1981.10. 6	2.305		
1981.10. 9	2.297		○
1981.10.21	2.310		
1981.11.21	2.312		
1981.12. 2	2.315		
1981.12.15	2.309		
1982. 1.12	2.315		
1982. 2. 5	2.318		
1982. 2.15	2.331		
1982. 2.26	2.321		

凡例 ○ : コアサンプル採取箇所を選定した範囲

/ : 範囲外

表 4.2.2-3 川内 1 号炉 非破壊試験による選定結果（遮蔽能力）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定 No	平均反発度	コアサンプル採取選定箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	1	52	
		2	51	
		3	46	○
		4	50	
		5	47	
		6	51	
		7	50	
		8	53	
	内部コンクリート	1	43	○
		2	46	
		3	46	
		4	49	
		5	47	
		6	47	
		7	50	
		8	48	
		9	48	
		10	49	
		11	50	
		12	48	
原子炉補助建屋	外壁	1	54	
		2	45	○
		3	58	
	内壁及び床	1	49	
		2	49	
		3	47	○

凡例 ○：コアサンプル採取を選定した箇所

4.2.3 中性化深さの点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、中性化深さの点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

中性化は二酸化炭素、温度及び湿度の影響を受ける。コンクリート強度は主に使用材料の影響を受けるが、対象の部位の範囲においては使用材料に大きな違いがない。一方で、二酸化炭素濃度や温湿度の使用環境については、対象の部位の範囲において大きく異なることから、使用環境条件が最も厳しくなる箇所を選定することとした。

建屋内（建屋の屋外箇所を含む）においては、まず二酸化炭素濃度、温度及び湿度を測定し、測定した値等が入力値となる森永式⁹⁾を引用して、環境条件による係数を算出した。その算出結果から、各環境条件の総合的な影響度が大きい箇所を、対象の部位ごとに選定した（表 4.2.3-1）。選定に際しては、仕上げがない箇所（対象範囲すべてに仕上げがある場合は除く）を選定することとし、これに加え、コンクリートの強度が低い箇所は、相対的に単位容積質量が小さく中性化が進行しやすいことから、リバウンドハンマーによる非破壊試験によりコンクリート強度を推定するための反発度を確認し、最も反発度が低い箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表 4.2.3-2）。

表 4.2.3-1 川内1号炉 対象の部位ごとの環境条件による係数の算出結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検実施箇所	測定結果に基づく環境条件 (平均値) の入力値			環境条件による 影響度 ^{※1}	備考
			温度 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素濃度 (ppm)		
原子力格納施設等	外部遮蔽壁	屋内部 (アニュラス)	30.1	52.5	313	0.205	
	内部コンクリート	Aループ室外部壁	30.6	47.8	427	0.259	塗装あり
	基礎マット	地下4階弁保護箱室	23.1	55.6	466	0.206	
原子力補助建屋	外壁	燃料取扱建屋地下1階屋内部	31.5	33.8	499	0.337	
	内壁及び床	地下1階 ホウ酸タンクポンプ室	32.8	29.7	579	0.387	
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階 使用済み燃料ピット	31.5	33.8	499	0.337	
	基礎マット	地下3階通路上部	29.6	35.6	463	0.309	
タービン建屋	内壁及び床	地上1階タービン架台	27.6	49.2	489	0.257	
	基礎マット	地下2階タービン架台	21.1	74.0	490	0.132	
上記以外の構造物 (安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	燃料取替用水 タンク基礎	配管トレンチ内	29.7	48.9	525	0.278	

測定期間：2019年11月1日～2020年11月8日

※1 露末式における環境条件による係数 (下記赤部) から算出

$$x = \sqrt{C} \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022 \cdot T) \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (4.6 \cdot w/c / 100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

x : 中性化深さ (mm) RH : 湿度 (%)

T : 温度 (°C)

w/c : 水セメント比 (%)

t : 材齢 (日)

R : 中性化比率

C : 炭酸ガス濃度 (%)

(1% = 10,000ppm)

表 4.2.3-2 川内 1 号炉 非破壊試験による選定結果（中性化深さ）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定 No	平均反発度	コアサンプル採取選定箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	1	54	
		2	52	○
		3	55	
	内部コンクリート	1	48	
		2	43	○
		3	53	
	基礎マット	1	55	
		2	47	○
		3	53	
原子炉補助建屋	外壁	1	52	○
		2	57	
		3	55	
	内壁及び床	1	53	
		2	50	
		3	53	
		4	48	○
	使用済み燃料プール	1	51	
		2	49	○
		3	55	
	基礎マット	1	51	
		2	52	
3		48	○	
タービン建屋	内壁及び床	1	50	
		2	55	
		3	47	○
	基礎マット	1	41	○
		2	50	
		3	51	
取水槽	干満帯	1	48	
		2	58	
		3	44	○
	気中帯	1	55	
		2	50	○
		3	53	
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	1	40	○
		2	40	○
		3	40	○
	燃料取替用水タンク基礎	1	57	
		2	55	○
		3	55	○

凡例 ○：コアサンプル採取を選定した箇所

4.2.4 塩分浸透の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、塩分浸透の点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

塩分浸透は、構造物へ飛来してくる海からの塩分の量や、使用材料及びコンクリート調合の影響を受けるが、対象の部位の範囲においては、使用材料や調合に大きな違いがない。一方、構造物へ飛来、付着する塩分の量は、対象の部位において、設置される環境条件において大きく影響を受けることから、使用環境条件が最も厳しくなる箇所を選定することとした。

大型構造物である外部遮蔽壁については、飛来塩分を捕集する器具（ドライガーゼ法、図4.2.4-1）を高さ方向に分散して設置し、捕集した塩分量が最も多い箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表4.2.4-1）。

その他の部位については、干満帯にある等の設置環境を踏まえ、X線によりコンクリート表面の塩分量を測定する器具（ポータブル型蛍光X線分析計、図4.2.4-2）を用いて構造物のコンクリート表面の塩分量を測定し、測定した塩分量が最も多い箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表4.2.4-2）。



図 4. 2. 4-1 飛来塩分捕集器
(ドライガーゼ法)



図 4. 2. 4-2 表面塩分量測定器
(ポータブル型蛍光X線分析計)

表 4.2.4-1 川内1号炉 塩分量測定による選定結果（飛来塩分捕集器）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定 No	測定値 飛来塩分量 (mg/m ²)	コアサンプル 採取選定箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	1	21,530	
		2	24,108	
		3	27,010	○

凡例 ○：コアサンプル採取を選定した箇所

測定期間：2019年11月5日～2020年11月4日

表 4.2.4-2 川内1号炉 塩分量測定による選定結果（ポータブル型蛍光X線分析計）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定 No	測定値 表面塩分量 (ppm)	コアサンプル 採取選定箇所
原子炉補助建屋	外壁	1	28,670	○
		2	5,840	
		3	24,580	
		4	1,160	
		5	7,490	
		6	2,800	
取水槽	干満帯	1	31,490	
		2	13,850	
		3	31,570	○
	気中帯	1	1,410	
		2	1,980	○
		3	1,260	
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	1	136	
		2	680	○
		3	210	
	燃料取替用水タンク基礎	1	540	
		2	420	
		3	580	○

凡例 ○：コアサンプル採取を選定した箇所

4.2.5 アルカリ骨材反応の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、アルカリ骨材反応の点検という観点から使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

アルカリ骨材反応は、反応性骨材、水及びアルカリ分により反応が生じる事象であり、これに加えて、放射線照射により骨材中に含まれる鉱物の反応性が高まることが指摘されている⁹⁾。

使用骨材（粗骨材、細骨材）については、表 4.2.5-1 に示すとおり、1986年及び1987年に実施したモルタルバー法により有害でないことを確認している。また、アルカリ分の主な供給元であるセメントについて、対象の部位の範囲においては使用材料に大きな違いがない。一方で、水分や、塩分等の外部から供給されるアルカリ分については、その使用環境によって異なってくることから、使用環境条件が最も厳しくなる箇所を選定することとした。

まず、放射線の観点で、放射線照射量が最も多い内部コンクリート（1次遮蔽壁）をコアサンプル採取箇所に選定した。次に、外部遮蔽壁、原子炉補助建屋（外壁）、取水槽、非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎及び燃料取替用水タンク基礎については、外部からのアルカリ供給源として塩分が考えられるため、特別点検における塩分浸透と同一箇所を、コアサンプル採取箇所に選定した。それ以外の部位について、発電所内各所の空気環境測定を実施した結果に基づき、水分の供給の観点で、対象の部位の範囲において湿度が最も大きな箇所をコアサンプル採取箇所に選定した（表 4.2.5-2）。

表 4.2.5-1 川内1号炉 モルタルバー法の試験結果

区分	骨材産地	試験方法	実施年	試験結果	判定基準	判定
				材令6ヶ月の膨張率(%)	有害な反応を起こす可能性のある材令6ヶ月の膨張率(%)	
粗骨材	砕石 (鹿児島県川内市*1川永野産)	JASS5N T-201*3	1987年	0.008	0.10以上	無害
細骨材	砕砂 (鹿児島県川内市*1川永野産)			0.004		
	海砂 (佐賀県東松浦郡*2呼子町小川島産)	ASTM-C227*4	1986年	-0.031*5		

*1：現 薩摩川内市

*2：現 唐津市

*3：日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」（1985）の「T-201 骨材の反応性試験方法（案）」

*4：「Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)」（1981）

*5：「-」記号は収縮側にあることを示す

表 4.2.5-2 川内1号炉 対象部位ごとの湿度測定の結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	コアサンプル採取 選定箇所	選定理由	測定期間の 平均湿度※1 (%)
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	屋外部	外部からのアルカリ 供給（塩分）	—
	内部コンクリート	1次遮蔽壁	放射線照射	—
	基礎マット	地下4階弁保護箱室	外部からの水分供給 （湿度）	60.2
原子炉補助建屋	外壁	屋外部	外部からのアルカリ 供給（塩分）	—
	内壁及び床	地上1階通路部	外部からの水分供給 （湿度）	61.3
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階 使用済み燃料ピット	外部からの水分供給 （湿度）	47.9
	基礎マット	地下3階通路上部	外部からの水分供給 （湿度）	59.7
タービン建屋	内壁及び床	地上1階タービン架台	外部からの水分供給 （湿度）	67.2
	基礎マット	地下2階タービン架台	外部からの水分供給 （湿度）	74.0
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁	外部からのアルカリ 供給（塩分）	—
	干満帯	海水ポンプ室床	外部からのアルカリ 供給（塩分）	—
	気中帯	海水ポンプ室壁	外部からのアルカリ 供給（塩分）	—
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	埋設部基礎天端	外部からのアルカリ 供給（塩分）	—
	燃料取替用水タンク基礎	屋外部基礎天端	外部からのアルカリ 供給（塩分）	—

※1 測定期間：2019年11月1日～2020年11月8日

4.2.6 強度の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、強度の点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。強度低下につながる劣化要因は、熱、放射線照射、中性化、塩分浸透等多岐に渡り、合わせて、それぞれの劣化要因に影響を与える使用材料や使用環境条件が複雑に関係する。よって、強度のコアサンプル採取箇所は、対象構造物の範囲において表 4.2.6-1 に示すように、複数ある劣化要因をなるべく網羅できるよう、対象の部位ごとに異なる劣化要因の点検箇所を選定した。

表 4.2.6-1 対象構造物、対象の部位、劣化要因の影響有無、点検箇所選定

対象のコンクリート構造物	対象の部位	劣化要因							備 考
		熱	放射線照射	中性化	塩分浸透	アルカリ骨材反応	機械振動	凍結融解	
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	○	○	○	○	○	-	△	
	内部コンクリート	○	○	○	-	○	-	△	
	基礎マット	-	-	○	-	○	-	△	
原子炉補助建屋	外壁	○	○	○	○	○	-	△	
	内壁及び床	○	○	○	-	○	○	△	
	使用済み燃料プール	-	-	○	-	○	-	△	
	基礎マット	-	-	○	-	○	-	△	
タービン建屋	内壁及び床	-	-	○	-	○	○	△	タービン梁台にて実施
	基礎マット	-	-	○	-	○	-	△	
取水槽	海中帯	-	-	○	○	○	-	△	
	干満帯	-	-	○	○	○	-	△	
	気中帯	-	-	○	○	○	-	△	
非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽基礎	-	-	○	○	○	-	△		
燃料取替用水タンク基礎	-	-	○	○	○	-	△		

凡例 ○：影響あり △：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象 -：影響なし ■：コア採取箇所として考慮した劣化要因

なお、強度・機能に影響を及ぼすこととなると判断し、原子炉補助建屋（内壁及び床）については、以下の理由により代替部位で強度を確認している。

①原子炉補助建屋（内壁及び床）

当該部位においては、非常用ディーゼル発電設備基礎の機械振動の影響を踏まえて対象の部位として選定している。劣化状況評価においては、非常用ディーゼル発電設備基礎ボルト周辺部が評価点となるが、基礎ボルト周辺部はボルト等が干渉するため、強度・機能に影響を及ぼすこととなり、コアサンプルが採取できない。そのため、コアサンプルが採取可能な非常用ディーゼル発電設備基礎の一般部で代替した。一般部は、基礎ボルト周辺部と同じ使用材料で、基礎ボルト周辺部に準じた使用環境条件（機械振動）の箇所であることから、代替させることができると判断した。

4.3 点検箇所の選定結果

以下に、点検項目ごとに選定した点検箇所を示す（表 4.3-1～5）。

表 4.3-1 強度の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等 ^{※1}	外部遮蔽壁	屋外部
	内部コンクリート	1次遮蔽壁
	基礎マット	地下4階弁保護箱室
原子炉補助建屋 ^{※1}	外壁	屋外部
	内壁及び床	A非常用ディーゼル発電設備基礎
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階使用済み燃料ピット
	基礎マット	地下3階通路上部
タービン建屋 ^{※1}	内壁及び床	地上1階タービン架台
	基礎マット	地下2階タービン架台
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁、取水ピット床
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		配管トレンチ内

※1：安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を含む

表 4.3-2 遮蔽能力の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	屋上部
	内部コンクリート	1次遮蔽壁
原子炉補助建屋	外壁	地下1階洗浄排水蒸発装置室
	内壁及び床	地上1階中間階

表 4.3-3 中性化深さの点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等 ^{※1}	外部遮蔽壁	屋内部（アニュラス）
	内部コンクリート	Aループ室外部壁
	基礎マット	地下4階弁保護箱室
原子炉補助建屋 ^{※1}	外壁	燃料取扱建屋地下1階屋内部
	内壁及び床	地下1階ホウ酸タンクポンプ室
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階使用済み燃料ピット
	基礎マット	地下3階通路上部
タービン建屋 ^{※1}	内壁及び床	地上1階タービン架台
	基礎マット	地下2階タービン架台
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁、取水ピット床
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		配管トレンチ内

※1：安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を含む

表 4.3-4 塩分浸透の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	屋外部
原子炉補助建屋	外壁	屋外部
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁、取水ピット床
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		屋外部基礎天端

表 4.3-5 アルカリ骨材反応の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等 ^{※1}	外部遮蔽壁	屋外部
	内部コンクリート	1次遮蔽壁
	基礎マット	地下4階弁保護箱室
原子炉補助建屋 ^{※1}	外壁	屋外部
	内壁及び床	地上1階通路部
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階使用済み燃料ピット
	基礎マット	地下3階通路上部
タービン建屋 ^{※1}	内壁及び床	地上1階タービン架台
	基礎マット	地下2階タービン架台
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		屋外部基礎天端

※1：安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を含む

5. 点検結果

点検結果を表 5-1～5 に示す。

表 5-1 川内 1 号炉 強度の点検結果

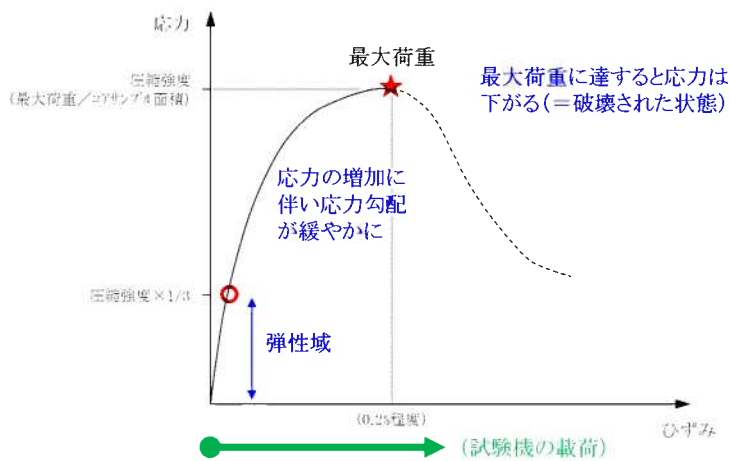
対象のコンクリート構造物		対象の部位	点検結果 ^{※1}	
			平均圧縮強度 ^{※2} (N/mm ²)	データ採取 年月日
原子炉格納施設等		外部遮蔽壁	44.7	2020年10月19日
		内部コンクリート	43.0	2021年12月27日
		基礎マット	36.3	2021年12月21日
原子炉補助建屋		外壁	50.4	2020年11月13日
		内壁及び床	43.4	2020年11月 9日
		使用済み燃料プール	34.0	2021年12月16日
		基礎マット	51.0	2021年 2月25日
タービン建屋		内壁及び床	39.7	2020年11月30日
		基礎マット	44.7	2020年12月 7日
取水槽		海中帯	38.5	2020年11月13日
		干満帯	29.9	2020年10月 9日
		気中帯	45.4	2020年10月 9日
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設内	上記「原子炉格納施設等」を含む		
	原子炉補助建屋内	上記「原子炉補助建屋」を含む		
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	上記「タービン建屋」を含む		
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）		非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	43.5	2020年10月29日
		燃料取替用水タンク基礎	44.0	2020年10月19日

※1 特別点検年月日：2021年10月21日～2022年9月20日

※2 コアサンプル3本の平均値

(参考)

コンクリート構造物の特別点検における『強度』については、コンクリートの圧縮時の応力-ひずみ関係図に基づき、試験機が最大荷重を示す時の応力 (=圧縮強度) を点検結果としている。



コンクリートの圧縮時の応力-ひずみ関係図

表 5-2 川内 1 号炉 遮蔽能力の点検結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検結果 ^{※1}			
		平均単位容積質量 ^{※2} (g/cm ³)	データ採取年月日	平均乾燥単位容積質量 ^{※2} (g/cm ³)	データ採取年月日
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	2.303	2021年12月 1日	2.210	2022年 2月 5日
	内部コンクリート	2.363	2021年12月 1日	2.261	2022年 2月13日
原子炉補助建屋	外壁	2.353	2021年12月 1日	2.262	2022年 2月13日
	内壁及びひ床	2.313	2021年12月 1日	2.213	2022年 2月13日

※1 特別点検年月日：2022年4月14日～2022年9月20日

※2 コアサンプル 3 本の平均値

表 5-3 川内 1 号炉 中性化深さの点検結果

対象のコンクリート構造物		対象の部位	点検結果 ^{※1}	
			平均中性化深さ ^{※2} (mm)	データ採取 年月日
原子炉格納施設等		外部遮蔽壁	8.8	2020年11月10日
		内部コンクリート	1.7	2020年11月10日
		基礎マット	26.0	2020年11月10日
原子炉補助建屋		外壁	42.2	2021年12月10日
		内壁及び床	31.9	2020年11月11日
		使用済み燃料プール	36.5	2021年12月10日
		基礎マット	36.5	2020年11月19日
タービン建屋		内壁及び床	27.5	2020年12月 1日
		基礎マット	10.5	2021年12月24日
取水槽		海中帯	2.7	2020年11月10日
		干満帯	2.0	2020年10月23日
		気中帯	11.5	2020年10月23日
安全機能を有する 系統及び機器又は 常設重大事故等対 処設備に属する機 器を支持する構造 物	原子炉格納施設内	上記「原子炉格納施設等」 に含む		
	原子炉補助建屋内	上記「原子炉補助建屋」に 含む		
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	上記「タービン建屋」に含 む		
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物 又は常設重大事故等対処設備に属する構造 物・安全機能を有する系統及び機器又は常設 重大事故等対処設備に属する機器を支持する 構造物に限る。）		非常用ディーゼル発電用 燃料油貯油槽基礎	1.9	2020年10月29日
		燃料取替用水タンク基礎	28.7	2020年10月24日

※1 特別点検年月日：2021年10月21日～2022年9月20日

※2 コアサンプル3本の平均値

表 5-4 川内 1 号炉 塩分浸透の点検結果

対象のコンクリート 構造物	対象の部位 表面からの 深さ (mm)	点検結果※1						データ採取 年月日
		平均塩化物イオン濃度 (%) ※2						
		0～20	20～40	40～60	60～80	80～100	100～120	
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.01	2020年11月17日
原子炉補助建屋	外壁	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2020年11月26日
取水槽	海中帯	0.32	0.28	0.22	0.16	0.12	0.11	2020年11月11日
	干満帯	0.57	0.43	0.30	0.25	0.20	0.14	2020年10月9日
	気中帯	0.07	0.08	0.06	0.05	0.05	0.05	2020年10月19日
上記以外の構造物(安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2020年12月9日
	燃料取替用水タンク基礎	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2020年10月28日

※1 特別点検年月日：2021年10月21日～2022年9月20日

※2 コアサンプル3本の平均値

表 5-5 川内 1 号炉 アルカリ骨材反応の点検結果

対象のコンクリート構造物		対象の部位	点検結果 ^{※1}	
			実体顕微鏡観察結果	データ採取年月日
原子炉格納施設等		外部遮蔽壁	反応性なし	2020年12月17日
		内部コンクリート	反応性なし	2021年12月22日
		基礎マット	反応性なし	2022年 2月 2日
原子炉補助建屋		外壁	反応性なし	2020年12月17日
		内壁及び床	反応性なし	2022年 2月 2日
		使用済み燃料プール	反応性なし	2022年 2月 2日
		基礎マット	反応性なし	2020年12月17日
タービン建屋		内壁及び床	反応性なし	2020年12月17日
		基礎マット	反応性なし	2020年12月17日
取水槽		海中帯	反応性なし	2020年10月23日
		干満帯	反応性なし	2020年10月23日
		気中帯	反応性なし	2020年10月23日
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設内	上記「原子炉格納施設等」を含む		
	原子炉補助建屋内	上記「原子炉補助建屋」を含む		
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	上記「タービン建屋」を含む		
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）		非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	反応性なし	2020年10月23日
		燃料取替用水タンク基礎	反応性なし	2020年10月23日

※1 特別点検年月日：2021年10月21日～2022年9月20日

6. まとめ

コンクリート構造物の特別点検においては、これまでの高経年化技術評価では確認していなかった範囲を含め、使用材料及び使用環境条件が最も厳しい箇所から採取したコアサンプルにより、強度、遮蔽能力、中性化深さ、塩分浸透及びアルカリ骨材反応の5つの点検項目について点検を実施した。

この点検により、実施時点（運転開始より約40年経過時点）において、コンクリートの健全性に影響を与える劣化は認められなかった。また、得られた結果を用いて、20年間の運転期間延長を踏まえた劣化状況評価を行っている。

点検箇所選定のために実施した環境測定や非破壊試験により、様々なデータを得ることができた。これらのデータを、今後の保全活動に有効に活用していきたい。

また点検結果は、これまで実施してきた高経年化技術評価による点検結果に対して、大きな違いはみられなかった。

【参考文献】

- 1) 実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド（原管P発第1306197号 改正令和2年3月31日 原規規発第20033110号 原子力規制委員会決定）
- 2) 米澤敏男ほか、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）「既存構造物における遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法の検討（その4 コア供試体による乾燥単位容積質量試験方法の検討）」（2015年9月）
- 3) 黒岩秀介ほか、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）「コア供試体による乾燥単位容積質量試験方法の検討」（2021年9月）
- 4) 原子力規制庁「安全研究成果報告 運転期間延長認可制度及び高経年化対策制度に係る技術的知見の整備に関する研究」（RREP-2018-1004）
- 5) Katayama et al. 「Alkali-aggregate reaction under the influence of deicing salts in the Hokuriku district, Japan」（2004）
Katayama et al. 「Late-Expansive ASR due to Imported Sand and Local Aggregates in Okinawa Island, Southwestern Japan」（2008）
- 6) 株式会社太平洋コンサルタント HP
(<https://www.taiheiyo-c.co.jp/cement/asr/>)
- 7) ASRに関する対策検討委員会「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）」（平成20年3月）
- 8) 森永繁「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート構造物の寿命予測に関する研究（東京大学学位論文）」（1986）
- 9) Tsuneki ICHIKAWA and Hitoshi KOIZUMI 「Possibility of Radiation-Induced Degradation of Concrete by Alkali-Silica Reaction of Aggregates」
Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 39, No. 8, pp880-884（2002. 8）

川内原子力発電所 2号炉 特別点検
(コンクリート構造物)

補足説明資料

2023年 9月21日

九州電力株式会社

目 次

1. はじめに	1
2. 要求事項	1
3. 点検方法	1
3.1 点検方法の概要	1
3.2 点検方法の選定	4
3.3 試験員の力量	10
4. 点検箇所	11
4.1 点検対象のコンクリート構造物及び部位	11
4.2 点検箇所の選定プロセス	11
4.3 点検箇所の選定結果	27
5. 点検結果	29
6. まとめ	34

別紙 1～7

別紙 1. 特別点検実施箇所	36
別紙 2. 遮蔽能力における非破壊試験実施箇所	48
別紙 3. 空気環境測定箇所	52
別紙 4. 中性化深さにおける非破壊試験実施箇所	61
別紙 5. 塩分量測定箇所	68
別紙 6. 塩分量測定の考え方	73
別紙 7. 強度、遮蔽能力、中性化深さ、塩分浸透の点検結果の詳細（コアサンプル毎の試験結果）	75

4. 点検箇所

4.1 点検対象のコンクリート構造物及び部位

運用ガイドに基づき、点検対象のコンクリート構造物及び部位を表 4.1.1 のとおり選定した。なお、新規制基準以降に設置した常設重大事故等対処設備に属する構造物については、他の構造物に比べて運転開始後の経過年数が短いことから経年劣化は進行していないと判断している。また、建設時に各種試験を実施して設計値を満足していることも確認している。

表 4.1.1 川内 2 号炉 点検対象のコンクリート構造物及び部位

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検項目				
		強度	遮蔽能力	中性化深さ	塩分浸透	アルカリ骨材反応
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	○	○	○	○	○
	内部コンクリート	○	○	○	—	○
	基礎マット	○	—	○	—	○
原子炉補助建屋	外壁	○	○	○	○	○
	内壁及び床	○	○	○	—	○
	使用済み燃料プール	○	—	○	—	○
	基礎マット	○	—	○	—	○
タービン建屋	内壁及び床	○	—	○	—	○
	基礎マット	○	—	○	—	○
取水槽	海中帯	○	—	○	○	○
	干満帯	○	—	○	○	○
	気中帯	○	—	○	○	○
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設内	／	—	／	—	／
	原子炉補助建屋内	／	—	／	—	／
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	／	—	／	—	／
上記以外の構造物 (安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	○	※	○	○	○
	燃料取替用水タンク基礎	○	※	○	○	○

凡 例

○：特別点検を実施

—：「実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド」（原管P発第 1306197 号 改正 令和 2 年 3 月 31 日 原規規発第 20033110 号 原子力規制委員会決定）において対象外

／：上記の対象のコンクリート構造物に含まれる

※：該当する部位がない

4.2 点検箇所を選定プロセス

4.2.1 基本的な考え方

運用ガイドにおいて“この確認においては、この組合せごとに、対象の部位の中で点検項目に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所から採取したコアサンプルによる確認をもって、当該組合せに係る確認を行ったものとすることができる。”と記載されていることを踏まえ、点検項目ごとに、点検項目に対する劣化メカニズムや影響要素等を踏まえ、コアサンプルが採取可能な部位で使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

4.2.2 遮蔽能力の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、遮蔽能力の点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

具体的には、遮蔽能力はコンクリートの単位容積質量に影響を受け、単位容積質量は、使用材料の単位容積質量や、コンクリート中の水分を逸散させるような熱等の使用環境の影響を受ける。今回、より保守的な点検方法としてコンクリートの乾燥単位容積質量を確認する方法を選定したことから、熱等の、コンクリート中の水分を逸散させるような使用環境の影響がほぼなくなる。そこで、建設時にコンクリートの単位容積質量の計測を実施している部位については、その結果が最も小さかった範囲をコアサンプル採取箇所として選定した（表 4.2.2-1、表 4.2.2-2）。ただし、内部コンクリートについては、放射線の影響が他部位と比較して非常に大きい1次遮蔽壁をコアサンプル採取箇所として選定した。

これに加え、より水和が進展している箇所、すなわち強度が増進している箇所は、コンクリート中の自由水がより多く結合水に変化していると想定される。乾燥単位容積質量の試験は、コンクリート中の自由水を強制的に蒸発させる方法であるため、水和が進展している箇所は、乾燥単位容積質量が相対的に大きいことが想定される。そのため、建設時の記録により選定した部位の中でコアサンプル採取可能な箇所が広範囲な場合、具体的な採取箇所を選定するために、リバウンドハンマーによる非破壊試験によりコンクリート強度を推定するための反発度を確認し、最も反発度が低い箇所、すなわち水和が進展しておらず、乾燥単位容積質量が相対的に小さいと想定される箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表 4.2.2-3）。

表 4.2.2-1 建設時のコンクリートの単位容積質量計測結果
(原子炉格納施設等 外部遮蔽壁)

打設日	平均単位容積質量 (g/cm ³)	コアサンプル採取箇所の 選定範囲
1982. 7. 12	2.318	
1982. 8. 11	2.314	
1982. 9. 9	2.313	
1982.10. 6	2.313	
1982.11. 6	2.313	
1982.11.27	2.314	
1982.12.26	2.317	
1983. 1.26	2.313	
1983. 3. 1	2.315	
1983. 4. 1	2.318	
1983. 4.25	2.315	
1983. 5.20	2.313	
1983. 6.10	2.312	
1983. 6.24	2.308	
1983. 7. 9	2.317	
1983. 7.23	2.312	
1983. 8. 6	2.315	
1983. 8.24	2.315	
1983. 9. 7	2.307	○
1983. 9.22	2.310	
1983.10. 6	2.317	
1983.10.20	2.315	
1983.11.18	2.314	
1983.12. 3	2.315	
1983.12.17	2.313	
1984. 1. 7	2.313	
1984. 2.10	2.318	
1984. 4. 6	2.313	
1984. 4.28	2.311	
1984. 5.19	2.314	
1984. 6. 2	2.315	
1984. 6.16	2.318	
1984. 6.18	2.307	○
1984. 6.21	2.317	
1984. 6.28	2.318	
1984. 7.10	2.320	
1984. 7.25	2.322	

凡例 ○ : コアサンプル採取箇所を選定した範囲

表 4.2.2-2 建設時のコンクリートの単位容積質量計測結果 (1/2)

(原子炉補助建屋 外壁、内壁及び床)

打設日	平均単位容積質量 (g/cm ³)	コアサンプル採取箇所の選定範囲	
		外壁	内壁及び床
1982. 1. 14	2. 321		
1982. 2. 6	2. 326		
1982. 2. 19	2. 319		
1982. 3. 2	2. 311		
1982. 3. 3	2. 315		
1982. 3. 10	2. 318		
1982. 3. 12	2. 314		
1982. 3. 13	2. 314		
1982. 4. 1	2. 326		
1982. 4. 2	2. 326		
1982. 4. 17	2. 321		
1982. 4. 30	2. 318		
1982. 5. 1	2. 322		
1982. 5. 8	2. 315		
1982. 5. 10	2. 318		
1982. 5. 15	2. 318		
1982. 6. 4	2. 314		
1982. 6. 15	2. 314		
1982. 6. 17	2. 324		
1982. 6. 19	2. 318		
1982. 6. 30	2. 314		
1982. 7. 3	2. 318		
1982. 7. 10	2. 310		
1982. 7. 15	2. 310		
1982. 7. 24	2. 310		
1982. 7. 29	2. 318		
1982. 8. 7	2. 308		
1982. 8. 9	2. 308		
1982. 8. 10	2. 315		
1982. 8. 12	2. 315		
1982. 8. 24	2. 314		
1982. 8. 28	2. 310		
1982. 9. 16	2. 310		
1982. 9. 20	2. 305		
1982. 9. 27	2. 300		
1982.10. 1	2. 310		
1982.10.13	2. 301		
1982.10.14	2. 310		
1982.10.15	2. 305		
1982.10.21	2. 301		
1982.10.29	2. 298		
1982.11. 4	2. 304		
1982.11. 9	2. 315		
1982.11.11	2. 297	○	○
1982.11.12	2. 307		
1982.11.27	2. 303		
1982.12. 4	2. 305		
1982.12.21	2. 310		
1982.12.24	2. 321		
1982.12.25	2. 301		
1983. 1. 15	2. 307		
1983. 1. 24	2. 314		
1983. 1. 27	2. 308		
1983. 2. 5	2. 313		
1983. 2. 11	2. 314		
1983. 2. 16	2. 314		
1983. 2. 17	2. 314		
1983. 2. 18	2. 315		
1983. 3. 1	2. 318		
1983. 3. 9	2. 317		
1983. 3. 10	2. 315		
1983. 3. 16	2. 314		
1983. 3. 17	2. 313		
1983. 3. 19	2. 311		
1983. 3. 21	2. 313		
1983. 3. 29	2. 311		
1983. 3. 31	2. 312		
1983. 4. 1	2. 312		
1983. 4. 2	2. 318		
1983. 4. 11	2. 313		
1983. 4. 16	2. 306		
1983. 5. 7	2. 306		
1983. 5. 10	2. 312		
1983. 5. 26	2. 309		
1983. 5. 27	2. 309		
1983. 6. 3	2. 306		
1983. 6. 6	2. 313		
1983. 6. 14	2. 308		
1983. 6. 23	2. 311		
1983. 6. 25	2. 305		
1983. 6. 30	2. 302		
1983. 7. 2	2. 306		
1983. 7. 6	2. 310		
1983. 7. 13	2. 303		
1983. 7. 16	2. 303		
1983. 7. 21	2. 307		
1983. 8. 1	2. 313		
1983. 8. 4	2. 316		
1983. 8. 5	2. 316		
1983. 8. 23	2. 322		
1983. 8. 27	2. 316		
1983. 8. 29	2. 321		
1983. 9. 1	2. 319		
1983. 9. 2	2. 313		
1983. 9. 8	2. 316		
1983. 9. 12	2. 305		

凡例 ○ : コアサンプル採取箇所を選定した範囲

／ : 範囲外

表 4.2.2-2 建設時のコンクリートの単位容積質量計測結果 (2/2)

(原子炉補助建屋 外壁、内壁及び床)

打設日	平均単位容積質量 (g/cm ³)	コアサンプル採取箇所 の選定範囲	
		外壁	内壁及び床
1983. 9. 20	2.314		
1983. 9. 29	2.320		
1983.10.15	2.322		

凡例 ○ : コアサンプル採取箇所を選定した範囲

／ : 範囲外

表 4.2.2-3 川内 2 号炉 非破壊試験による選定結果 (遮蔽能力)

対象のコンクリート構造物	対象の部位		測定 No	平均反発度	コアサンプル採取選定箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	1983. 9. 7 打設	1	47	
			2	49	
			3	48	
			4	48	
			5	52	
			6	46	
			7	49	
			8	51	
		1984. 6. 18 打設	9	44	
			10	45	
			11	44	
			12	43	○
			13	45	
			14	44	
			15	47	
			16	46	
	内部コンクリート		1	49	
			2	50	
			3	48	
			4	47	
			5	45	
			6	52	
			7	44	
			8	44	
		9	50		
		10	45		
		11	44		
		12	43	○	
原子炉補助建屋	外壁	1	46		
		2	45		
		3	42	○	
	内壁及び床	1	54		
		2	53		
		3	49	○	

凡例 ○ : コアサンプル採取を選定した箇所

4.2.3 中性化深さの点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、中性化深さの点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

中性化は二酸化炭素、温度及び湿度の影響を受ける。コンクリート強度は主に使用材料の影響を受けるが、対象の部位の範囲においては使用材料に大きな違いがない。一方で、二酸化炭素濃度や温湿度の使用環境については、対象の部位の範囲において大きく異なることから、使用環境条件が最も厳しくなる箇所を選定することとした。

建屋内（建屋の屋外箇所を含む）においては、まず二酸化炭素濃度、温度及び湿度を測定し、測定した値等が入力値となる森永式⁹⁾を引用して、環境条件による係数を算出した。その算出結果から、各環境条件の総合的な影響度が大きい箇所を、対象の部位ごとに選定した（表 4.2.3-1）。選定に際しては、仕上げがない箇所（対象範囲すべてに仕上げがある場合は除く）を選定することとし、これに加え、コンクリートの強度が低い箇所は、相対的に単位容積質量が小さく中性化が進行しやすいことから、リバウンドハンマーによる非破壊試験によりコンクリート強度を推定するための反発度を確認し、最も反発度が低い箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表 4.1.3-2）。

表 4.2.3-1 川内2号炉 対象の部位ごとの環境条件による係数の算出結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検実施箇所	測定結果に基づく環境条件 (平均値) の入力値			環境条件による 影響度 ^{※1}	備考
			温度 (°C)	湿度 (%)	二酸化炭素濃度 (ppm)		
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	屋内部 (アニュラス)	28.5	57.9	357	0.195	
	内部コンクリート	Aループ室外部壁	29.5	47.5	490	0.273	塗装あり
	基礎マット	地下3階通路部	28.4	38.6	465	0.293	
原子炉補助建屋	外壁	中間建屋地下2階通路部	31.4	35.5	487	0.326	
	内壁及び床	地下1階 ホウ酸タンクポンプ室	35.1	34.8	648	0.443	
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階 使用済み燃料ピット	28.5	39.3	515	0.306	
	基礎マット	地下3階通路上部	25.3	46.9	462	0.247	
タービン建屋	内壁及び床	地上1階タービン架台	27.5	48.4	524	0.269	
	基礎マット	地下2階タービン架台	22.4	64.9	527	0.179	
上記以外の構造物 (安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	燃料取替用水 タンク基礎	配管トレンチ内	31.1	41.4	595	0.335	

測定期間：2019年11月1日～2020年11月8日

※1 森永式における環境条件による係数 (下記赤部) から算出

$$x = \sqrt{C} \cdot (1.391 - 0.017 \cdot RH + 0.022 \cdot T) \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot 2.44 \cdot R \cdot (4.6 \cdot w/c / 100 - 1.76) \cdot \sqrt{t}$$

x：中性化深さ (mm) RH：湿度 (%)

T：温度 (°C)

w/c：水セメント比 (%)

t：材齢 (日)

R：中性化比率

C：炭酸ガス濃度 (%)

(1%=10,000ppm)

表 4.2.3-2 川内2号炉 非破壊試験による選定結果（中性化深さ）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定 No	平均反発度	コアサンプル 採取選定箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	1	54	
		2	45	○
		3	51	
	内部コンクリート	1	43	
		2	46	
		3	42	○
	基礎マット	1	52	
		2	49	○
		3	52	
原子炉補助建屋	外壁	1	54	
		2	53	○
		3	55	
	内壁及び床	1	46	○
		2	48	
		3	47	
		4	47	
	使用済み燃料プール	1	57	
		2	56	
		3	55	○
	基礎マット	1	50	
		2	53	
3		49	○	
タービン建屋	内壁及び床	1	51	
		2	50	
		3	47	○
	基礎マット	1	54	
		2	56	
		3	53	○
取水槽	干満帯	1	50	
		2	58	
		3	48	○
	気中帯	1	50	○
		2	54	
		3	50	○
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	1	37	○
		2	46	
		3	43	
	燃料取替用水タンク基礎	1	41	○
		2	47	
		3	46	

凡例 ○：コアサンプル採取を選定した箇所

4.2.4 塩分浸透の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、塩分浸透の点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

塩分浸透は、構造物へ飛来してくる海からの塩分量や、使用材料及びコンクリート調合の影響を受けるが、対象の部位の範囲においては、使用材料や調合に大きな違いがない。一方、構造物へ飛来、付着する塩分量は、対象の部位において、設置される環境条件において大きく影響を受けることから、使用環境条件が最も厳しくなる箇所を選定することとした。

大型構造物である外部遮蔽壁については、飛来塩分を捕集する器具（ドライガーゼ法、図 4.2.4-1）を高さ方向に分散して設置し、捕集した塩分量が最も多い箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表 4.2.4-1）。

その他の部位については、干満帯にある等の設置環境を踏まえ、X線によりコンクリート表面の塩分量を測定する器具（ポータブル型蛍光X線分析計、図 4.1.4-2）を用いて構造物のコンクリート表面の塩分量を測定し、測定した塩分量が最も多い箇所をコアサンプル採取箇所を選定した（表 4.2.4-2）。



図 4. 2. 4-1 飛来塩分捕集器
(ドライガーゼ法)



図 4. 2. 4-2 表面塩分量測定器
(ポータブル型蛍光X線分析計)

表 4.2.4-1 川内2号炉 塩分量測定による選定結果（飛来塩分捕集器）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定 No	測定値 飛来塩分量 (mg/m ²)	コアサンプル 採取選定箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	1	33,403	○
		2	30,646	
		3	20,378	

凡例 ○：コアサンプル採取を選定した箇所

測定期間：2019年11月5日～2020年11月4日

表 4.2.4-2 川内2号炉 塩分量測定による選定結果（ポータブル型蛍光X線分析計）

対象のコンクリート構造物	対象の部位	測定 No	測定値 表面塩分量 (ppm)	コアサンプル 採取選定箇所
原子炉補助建屋	外壁	1	2,000	
		2	3,360	
		3	2,100	
		4	3,420	
		5	5,210	○
		6	3,940	
取水槽	干満帯	1	31,440	○
		2	22,790	
		3	28,360	
	気中帯	1	1,790	
		2	17,450	○
		3	2,200	
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	1	504	○
		2	120	
		3	420	
	燃料取替用水タンク基礎	1	1,150	
		2	2,220	○
		3	2,030	

凡例 ○：コアサンプル採取を選定した箇所

4.2.5 アルカリ骨材反応の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、アルカリ骨材反応の点検という観点から使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。

アルカリ骨材反応は、反応性骨材、水及びアルカリ分により反応が生じる事象であり、これに加えて、放射線照射により骨材中に含まれる鉱物の反応性が高まることが指摘されている⁹⁾。

使用骨材（粗骨材、細骨材）については、表 4.1.5-1 に示すとおり、1986年及び1987年に実施したモルタルバー法により有害でないことを確認している。また、アルカリ分の主な供給元であるセメントについて、対象の部位の範囲においては使用材料に大きな違いがない。一方で、水分や、塩分等の外部から供給されるアルカリ分については、その使用環境によって異なってくることから、使用環境条件が最も厳しくなる箇所を選定することとした。

まず、放射線の観点で、放射線照射量が最も多い内部コンクリート（1次遮蔽壁）をコアサンプル採取箇所に選定した。次に、外部遮蔽壁、原子炉補助建屋（外壁）、取水槽、非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎及び燃料取替用水タンク基礎については、外部からのアルカリ供給源として塩分が考えられるため、特別点検における塩分浸透と同一箇所を、コアサンプル採取箇所に選定した。それ以外の部位について、発電所内各所の空気環境測定を実施した結果に基づき、水分の供給の観点で、対象の部位の範囲において湿度が最も大きな箇所をコアサンプル採取箇所に選定した（表 4.2.5-2）。

表 4.2.5-1 川内2号炉 モルタルバー法の試験結果

区分	骨材産地	試験方法	実施年	試験結果	判定基準	判定
				材令6ヶ月の膨張率(%)	有害な反応を起こす可能性のある材令6ヶ月の膨張率(%)	
粗骨材	砕石 (鹿児島県川内市*1川永野産)	JASS5N T-201*3	1987年	0.008	0.10以上	無害
細骨材	砕砂 (鹿児島県川内市*1川永野産)			0.004		
	海砂 (佐賀県東松浦郡*2呼子町小川島産)	ASTM-C227*4	1986年	-0.031*5		

*1：現 薩摩川内市

*2：現 唐津市

*3：日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5N 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」（1985）の「T-201 骨材の反応性試験方法（案）」

*4：「Standard Test Method for Potential Alkali Reactivity of Cement-Aggregate Combinations (Mortar-Bar Method)」（1981）

*5：「-」記号は収縮側にあることを示す

表 4.2.5-2 川内2号炉 対象部位ごとの湿度測定の結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	コアサンプル採取 選定箇所	選定理由	測定期間の 平均湿度 ^{※1} (%)
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	屋外部	外部からのアルカリ 供給 (塩分)	—
	内部コンクリート	1次遮蔽壁	放射線照射	—
	基礎マット	地下4階弁保護箱室	外部からの水分供給 (湿度)	56.2
原子炉補助建屋	外壁	屋外部	外部からのアルカリ 供給 (塩分)	—
	内壁及び床	中間建屋地下3階 海水供給管エリア	外部からの水分供給 (湿度)	58.4
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下2階 使用済み燃料ピット	外部からの水分供給 (湿度)	51.4
	基礎マット	地下3階通路上部	外部からの水分供給 (湿度)	55.1
タービン建屋	内壁及び床	地下1階タービン架台	外部からの水分供給 (湿度)	65.7
	基礎マット	地下2階タービン架台	外部からの水分供給 (湿度)	70.3
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁	外部からのアルカリ 供給 (塩分)	—
	干満帯	海水ポンプ室床	外部からのアルカリ 供給 (塩分)	—
	気中帯	海水ポンプ室壁	外部からのアルカリ 供給 (塩分)	—
上記以外の構造物 (安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	埋設部基礎天端	外部からのアルカリ 供給 (塩分)	—
	燃料取替用水タンク基礎	屋外部基礎天端	外部からのアルカリ 供給 (塩分)	—

※1 測定期間：2019年11月1日～2020年11月8日

4.2.6 強度の点検箇所選定プロセス

運用ガイドに基づき、対象の部位の中で、強度の点検に照らして使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を選定した。強度低下につながる劣化要因は、熱、放射線照射、中性化、塩分浸透等多岐に渡り、合わせて、それぞれの劣化要因に影響を与える使用材料や使用環境条件が複雑に関係する。よって、強度のコアサンプル採取箇所は、対象構造物の範囲において表 4.2.6-1 に示すように、複数ある劣化要因をなるべく網羅できるよう、対象の部位ごとに異なる劣化要因の点検箇所を選定した。

表 4.2.6-1 対象構造物、対象の部位、劣化要因の影響有無、点検箇所選定

対象のコンクリート構造物	対象の部位	劣化要因							備 考
		総	放射線照射	中性化	塩分浸透	アルカリ骨材反応	機械振動	凍結融解	
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	○	○	○	◎	○	-	△	
	内部コンクリート	◎	◎	○	-	○	-	△	
	基礎マット	-	-	○	-	◎	-	△	
原子炉補助建屋	外壁	○	○	○	◎	○	-	△	
	内壁及び床	○	○	○	-	○	◎	△	
	使用済み燃料プール	-	-	◎	-	○	-	△	
	基礎マット	-	-	○	-	◎	-	△	
タービン建屋	内壁及び床	-	-	◎	-	○	◎	△	タービン梁台にて実施
	基礎マット	-	-	○	-	◎	-	△	
取水槽	河中帯	-	-	○	◎	◎	-	△	
	干満帯	-	-	○	◎	◎	-	△	
	気中帯	-	-	◎	○	○	-	△	
非常用ディーゼル発電機燃料油貯油槽基礎	-	-	○	○	◎	-	△		
燃料取替用水タンク基礎	-	-	◎	○	○	-	△		

凡例：◎：影響あり △：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象 ○：影響なし ■：コア採取箇所として考慮した劣化要因

なお、強度・機能に影響を及ぼすこととなると判断し、原子炉補助建屋（内壁及び床）については、以下の理由により代替部位で強度を確認している。

①原子炉補助建屋（内壁及び床）

当該部位においては、非常用ディーゼル発電設備基礎の機械振動の影響を踏まえて対象の部位として選定している。劣化状況評価においては、非常用ディーゼル発電設備基礎ボルト周辺部が評価点となるが、基礎ボルト周辺部はボルト等が干渉するため、強度・機能に影響を及ぼすこととなり、コアサンプルが採取できない。そのため、コアサンプルが採取可能な非常用ディーゼル発電設備基礎の一般部で代替した。一般部は、基礎ボルト周辺部と同じ使用材料で、基礎ボルト周辺部に準じた使用環境条件（機械振動）の箇所であることから、代替させることができると判断した。

4.3 点検箇所の選定結果

以下に、点検項目ごとに選定した点検箇所を示す（表 4.3-1～5）。

表 4.3-1 強度の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等 ^{※1}	外部遮蔽壁	屋外部
	内部コンクリート	1次遮蔽壁
	基礎マット	地下4階弁保護箱室
原子炉補助建屋 ^{※1}	外壁	屋外部
	内壁及び床	B非常用ディーゼル発電設備基礎
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階使用済み燃料ピット
	基礎マット	地下3階通路上部
タービン建屋 ^{※1}	内壁及び床	地上1階タービン架台
	基礎マット	地下2階タービン架台
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁、取水ピット床
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		配管トレンチ内

※1：安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を含む

表 4.3-2 遮蔽能力の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	屋上部
	内部コンクリート	1次遮蔽壁
原子炉補助建屋	外壁	地下2階通路部
	内壁及び床	地下2階通路部

表 4.3-3 中性化深さの点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等 ^{※1}	外部遮蔽壁	屋内部（アニュラス）
	内部コンクリート	Aループ室外部壁
	基礎マット	地下3階通路部
原子炉補助建屋 ^{※1}	外壁	中間建屋地下2階通路部
	内壁及び床	地下1階ホウ酸タンクポンプ室
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下1階使用済み燃料ピット
	基礎マット	地下3階通路上部
タービン建屋 ^{※1}	内壁及び床	地上1階タービン架台
	基礎マット	地下2階タービン架台
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁、取水ピット床
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		配管トレンチ内

※1：安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を含む

表 4.3-4 塩分浸透の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	屋外部
原子炉補助建屋	外壁	屋外部
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁、取水ピット床
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		屋外部基礎天端

表 4.3-5 アルカリ骨材反応の点検箇所

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検箇所
原子炉格納施設等 ^{※1}	外部遮蔽壁	屋外部
	内部コンクリート	1次遮蔽壁
	基礎マット	地下4階弁保護箱室
原子炉補助建屋 ^{※1}	外壁	屋外部
	内壁及び床	中間建屋地下3階海水供給管エリア
	使用済み燃料プール	燃料取扱建屋地下2階使用済み燃料ピット
	基礎マット	地下3階通路上部
タービン建屋 ^{※1}	内壁及び床	地下1階タービン架台
	基礎マット	地下2階タービン架台
取水槽	海中帯	海水ポンプ室壁
	干満帯	海水ポンプ室床
	気中帯	海水ポンプ室壁
非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎		埋設部基礎天端
燃料取替用水タンク基礎		屋外部基礎天端

※1：安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を含む

5. 点検結果

点検結果を表 5-1～5 に示す。

表 5-1 川内 2 号炉 強度の点検結果

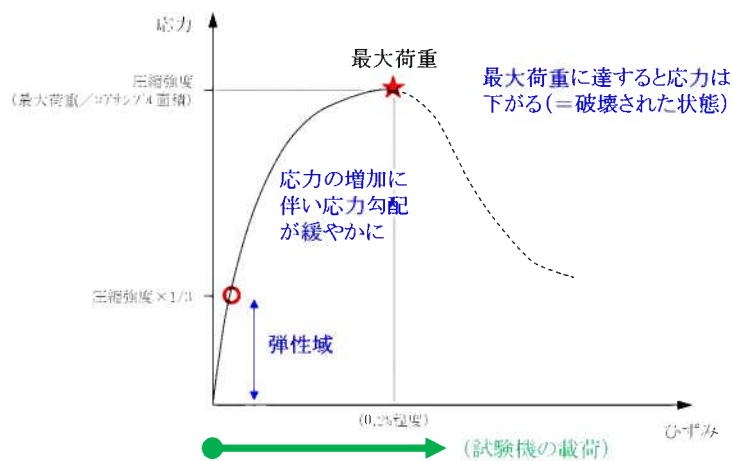
対象のコンクリート構造物		対象の部位	点検結果 ^{※1}	
			平均圧縮強度 ^{※2} (N/mm ²)	データ採取 年月日
原子炉格納施設等		外部遮蔽壁	47.0	2022年 6月22日
		内部コンクリート	46.8	2021年 3月17日
		基礎マット	51.0	2022年 6月16日
原子炉補助建屋		外壁	49.3	2022年 6月22日
		内壁及び床	29.9	2022年 6月30日
		使用済み燃料プール	43.0	2022年 5月27日
		基礎マット	40.8	2022年 6月22日
タービン建屋		内壁及び床	36.7	2022年 6月 9日
		基礎マット	43.0	2022年 7月 5日
取水槽		海中帯	38.7	2022年 5月26日
		干満帯	32.0	2022年 5月29日
		気中帯	43.7	2022年 5月29日
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設内	上記「原子炉格納施設等」を含む		
	原子炉補助建屋内	上記「原子炉補助建屋」を含む		
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	上記「タービン建屋」を含む		
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）		非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	41.8	2022年 5月 2日
		燃料取替用水タンク基礎	31.0	2022年 5月 8日

※1 特別点検年月日：2022年2月21日～2022年9月20日

※2 コアサンプル3本の平均値

(参考)

コンクリート構造物の特別点検における『強度』については、コンクリートの圧縮時の応力-ひずみ関係図に基づき、試験機が最大荷重を示す時の応力 (=圧縮強度) を点検結果としている。



コンクリートの圧縮時の応力-ひずみ関係図

表 5-2 川内 2 号炉 遮蔽能力の点検結果

対象のコンクリート構造物	対象の部位	点検結果 ^{※1}			
		平均単位容積質量 ^{※2} (g/cm ³)	データ採取 年月日	平均乾燥単位容積質量 ^{※2} (g/cm ³)	データ採取 年月日
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	2.321	2022年 4月18日	2.223	2022年 7月 1日
	内部コンクリート	2.358	2020年12月18日	2.238	2021年 4月16日
原子炉補助建屋	外壁	2.313	2022年 4月18日	2.207	2022年 7月 9日
	内壁及び床	2.340	2022年 4月18日	2.233	2022年 7月 1日

※1 特別点検年月日：2022年2月21日～2022年9月20日

※2 コアサンプル 3 本の平均値

表 5-3 川内 2 号炉 中性化深さの点検結果

対象のコンクリート構造物		対象の部位	点検結果 ^{※1}	
			平均中性化深さ ^{※2} (mm)	データ採取 年月日
原子炉格納施設等		外部遮蔽壁	19.2	2022年 4月25日
		内部コンクリート	1.3	2022年 6月15日
		基礎マット	33.4	2022年 6月15日
原子炉補助建屋		外壁	43.3	2022年 6月24日
		内壁及び床	5.3	2022年 5月10日
		使用済み燃料プール	14.8	2022年 5月26日
		基礎マット	30.6	2022年 6月24日
タービン建屋		内壁及び床	20.4	2022年 6月 8日
		基礎マット	4.0	2022年 6月24日
取水槽		海中帯	0.5	2022年 4月30日
		干満帯	0.0	2022年 4月30日
		気中帯	11.8	2022年 4月30日
安全機能を有する 系統及び機器又は 常設重大事故等対 処設備に属する機 器を支持する構 造物	原子炉格納施設内	上記「原子炉格納施設等」 に含む		
	原子炉補助建屋内	上記「原子炉補助建屋」に 含む		
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	上記「タービン建屋」に含 む		
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物 又は常設重大事故等対処設備に属する構 造物・安全機能を有する系統及び機器 又は常設重大事故等対処設備に属する 機器を支持する構造物に限る。）		非常用ディーゼル発電用 燃料油貯油槽基礎	4.0	2022年 4月30日
		燃料取替用水タンク基礎	3.4	2022年 4月30日

※1 特別点検年月日：2022年8月16日～2022年9月20日

※2 コアサンプル3本の平均値

表 5-4 川内 2 号炉 塩分浸透の点検結果

対象のコンクリート 構造物	対象の部位 表面からの 深さ (mm)	点検結果※1						データ採取 年月日
		平均塩化物イオン濃度 (%) ※2						
		0～20	20～40	40～60	60～80	80～100	100～120	
原子炉格納施設等	外部遮蔽壁	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	0.01	2022年 4月28日
原子炉補助建屋	外壁	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2022年 5月11日
取水槽	海中帯	0.35	0.31	0.19	0.13	0.09	0.08	2022年 5月19日
	干満帯	0.43	0.31	0.25	0.19	0.14	0.09	2022年 6月 9日
	気中帯	0.08	0.09	0.07	0.06	0.06	0.06	2022年 6月14日
上記以外の構造物(安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。)	非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2022年 7月14日
	燃料取替用水タンク基礎	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	2022年 6月27日

※1 特別点検年月日：2022年8月16日～2022年9月20日

※2 コアサンプル3本の平均値

表 5-5 川内 2 号炉 アルカリ骨材反応の点検結果

対象のコンクリート構造物		対象の部位	点検結果 ^{※1}	
			実体顕微鏡観察結果	データ採取年月日
原子炉格納施設等		外部遮蔽壁	反応性なし	2021年 2月25日
		内部コンクリート	反応性なし	2021年 4月 8日
		基礎マット	反応性なし	2022年 5月12日
原子炉補助建屋		外壁	反応性なし	2021年 2月25日
		内壁及び床	反応性なし	2022年 5月12日
		使用済み燃料プール	反応性なし	2022年 5月12日
		基礎マット	反応性なし	2021年 2月25日
タービン建屋		内壁及び床	反応性なし	2021年 2月25日
		基礎マット	反応性なし	2021年 2月25日
取水槽		海中帯	反応性なし	2021年 2月24日
		干満帯	反応性なし	2021年 2月24日
		気中帯	反応性なし	2021年 2月24日
安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物	原子炉格納施設内	上記「原子炉格納施設等」を含む		
	原子炉補助建屋内	上記「原子炉補助建屋」を含む		
	タービン建屋内 (タービン架台を含む。)	上記「タービン建屋」を含む		
上記以外の構造物（安全機能を有する構造物又は常設重大事故等対処設備に属する構造物・安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物に限る。）		非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎	反応性なし	2021年 2月24日
		燃料取替用水タンク基礎	反応性なし	2021年 2月24日

※1 特別点検年月日：2022年2月21日～2022年9月20日

6. まとめ

コンクリート構造物の特別点検においては、これまでの高経年化技術評価では確認していなかった範囲を含め、使用材料及び使用環境条件が最も厳しい箇所から採取したコアサンプルにより、強度、遮蔽能力、中性化深さ、塩分浸透及びアルカリ骨材反応の5つの点検項目について点検を実施した。

この点検により、実施時点（運転開始より約40年経過時点）において、コンクリートの健全性に影響を与える劣化は認められなかった。また、得られた結果を用いて、20年間の運転期間延長を踏まえた劣化状況評価を行っている。

点検箇所選定のために実施した環境測定や非破壊試験により、様々なデータを得ることができた。これらのデータを、今後の保全活動に有効に活用していきたい。

また点検結果は、これまで実施してきた高経年化技術評価による点検結果に対して、大きな違いはみられなかった。

【参考文献】

- 1) 実用発電用原子炉の運転期間延長認可申請に係る運用ガイド（原管P発第1306197号 改正令和2年3月31日 原規規発第20033110号 原子力規制委員会決定）
- 2) 米澤敏男ほか、日本建築学会大会学術講演梗概集（関東）「既存構造物における遮蔽コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法の検討（その4 コア供試体による乾燥単位容積質量試験方法の検討）」（2015年9月）
- 3) 黒岩秀介ほか、日本建築学会大会学術講演梗概集（東海）「コア供試体による乾燥単位容積質量試験方法の検討」（2021年9月）
- 4) 原子力規制庁「安全研究成果報告 運転期間延長認可制度及び高経年化対策制度に係る技術的知見の整備に関する研究」（RREP-2018-1004）
- 5) Katayama et al. 「Alkali-aggregate reaction under the influence of deicing salts in the Hokuriku district, Japan」（2004）
Katayama et al. 「Late-Expansive ASR due to Imported Sand and Local Aggregates in Okinawa Island, Southwestern Japan」（2008）
- 6) 株式会社太平洋コンサルタント HP
(<https://www.taiheiyo-c.co.jp/cement/asr/>)
- 7) ASRに関する対策検討委員会「アルカリ骨材反応による劣化を受けた道路橋の橋脚・橋台躯体に関する補修・補強ガイドライン（案）」（平成20年3月）
- 8) 森永繁「鉄筋の腐食速度に基づいた鉄筋コンクリート構造物の寿命予測に関する研究（東京大学学位論文）」（1986）
- 9) Tsuneki ICHIKAWA and Hitoshi KOIZUMI 「Possibility of Radiation-Induced Degradation of Concrete by Alkali-Silica Reaction of Aggregates」
Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 39, No. 8, pp880-884（2002. 8）

タイトル	新規制基準以降に設置した構造物の建設時に実施した主な試験結果																											
説明	<p>運転期間延長認可申請に係る運用ガイドに記載の点検箇所を示されている「上記以外の構造物」のうち、新規制基準以降に設置した常設重大事故等対処設備に属する構造物についての主な試験結果（供試体3本の平均値）を以下に示す。</p> <p>1. 圧縮強度試験結果</p> <table border="1" data-bbox="411 757 1332 1294"> <thead> <tr> <th>対象のコンクリート構造物</th> <th>対象の部位</th> <th>平均圧縮強度 (N/mm²)</th> <th>備考^{*1}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">緊急時対策所</td> <td>外壁</td> <td>45.0</td> <td rowspan="2">36.0</td> </tr> <tr> <td>内壁及び床</td> <td>47.7</td> </tr> <tr> <td>1号大容量空冷式発電機基礎</td> <td></td> <td>42.0</td> <td rowspan="2">24.0</td> </tr> <tr> <td>2号大容量空冷式発電機基礎</td> <td></td> <td>42.0</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1 設計基準強度(N/mm²)</p> <p>2. 乾燥単位容積質量試験結果</p> <table border="1" data-bbox="411 1451 1332 1776"> <thead> <tr> <th>対象のコンクリート構造物</th> <th>対象の部位</th> <th>平均乾燥単位容積質量(g/cm³)</th> <th>備考^{*2}</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">緊急時対策所</td> <td>外壁</td> <td>2.365</td> <td rowspan="2">2.150</td> </tr> <tr> <td>内壁及び床</td> <td>2.318</td> </tr> </tbody> </table> <p>※2 設計値(g/cm³)</p>	対象のコンクリート構造物	対象の部位	平均圧縮強度 (N/mm ²)	備考 ^{*1}	緊急時対策所	外壁	45.0	36.0	内壁及び床	47.7	1号大容量空冷式発電機基礎		42.0	24.0	2号大容量空冷式発電機基礎		42.0	対象のコンクリート構造物	対象の部位	平均乾燥単位容積質量(g/cm ³)	備考 ^{*2}	緊急時対策所	外壁	2.365	2.150	内壁及び床	2.318
対象のコンクリート構造物	対象の部位	平均圧縮強度 (N/mm ²)	備考 ^{*1}																									
緊急時対策所	外壁	45.0	36.0																									
	内壁及び床	47.7																										
1号大容量空冷式発電機基礎		42.0	24.0																									
2号大容量空冷式発電機基礎		42.0																										
対象のコンクリート構造物	対象の部位	平均乾燥単位容積質量(g/cm ³)	備考 ^{*2}																									
緊急時対策所	外壁	2.365	2.150																									
	内壁及び床	2.318																										