

川内原子力発電所 1, 2号炉 特別点検 (コンクリート構造物)

2023年1月11日
九州電力株式会社

目次

| | | |
|-----|---------|----|
| 1. | 要求事項 | 2 |
| 2. | 点検方法 | 4 |
| 2-1 | 点検の概要 | |
| 2-2 | 点検項目の詳細 | |
| 2-3 | 点検方法の選定 | |
| 3. | 点検箇所 | 10 |
| 3-1 | 選定プロセス | |
| 3-2 | 選定結果 | |
| 4. | 点検結果 | 20 |
| 5. | まとめ | 26 |

1. 要求事項

1. 要求事項

対象の機器・構造物、対象の部位、着目する劣化事象及び点検方法並びに点検項目として要求されている内容を以下に示す。

(原子力規制委員会「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」(2020.3改正)より引用)

| 対象の機器・構造物 | 対象の部位 | 着目する劣化事象 | 点検方法/点検項目 |
|---|--------|--------------|---|
| 安全機能を有するコンクリート構造物並びに安全機能を有する系統及び機器を支持するコンクリート構造物 | コンクリート | 強度低下及び遮蔽能力低下 | 採取したコアサンプル等による強度、遮蔽能力、中性化、塩分浸透及びアルカリ骨材反応の確認 |
| 常設重大事故等対処設備に属するコンクリート構造物及び常設重大事故等対処設備に属する機器を支持するコンクリート構造物 | | | |

2. 点検方法

2-1 点検の概要

- ・コンクリート構造物は、強度低下及び遮蔽能力低下の観点で、これまでに高経年化技術評価において、様々な劣化要因に対する技術評価を行い、その健全性を確認している。
- ・30年目の高経年化技術評価においては、劣化要因ごとに最も厳しい使用条件等にあるコンクリート構造物を代表構造物として選定し、その中で最も条件が厳しい箇所を評価点として技術評価を行い、健全性を確認した上で、その他のコンクリート構造物にも、使用条件等が代表構造物に内包されていることを踏まえて評価結果を展開している。また、この技術評価においては、評価の入力値となる中性化や塩分浸透、強度を確認するためのコアサンプルによる点検を実施している。
- ・今回の特別点検では、これまで高経年化技術評価においてコアサンプルによる確認がなされていない範囲（遮蔽能力、アルカリ骨材反応）についても、点検を実施している。

2-2 点検項目の詳細

・（運用ガイド※より）

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事ができる。

また、強度・機能に影響を及ぼすこととなる場合は、当該対象の部位に準じた使用材料及び使用環境条件を有する場所から採取したコアサンプルによる確認をもってその確認を代替させることができる。



点検項目に照らして適切な点検方法及び点検箇所（コアサンプル採取箇所）を選定する。

加圧水型軽水炉の点検箇所※

| 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 | 外壁 | ○ | — | ○ | ○ | ○ |
| | 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。） | — | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |

※ 原子力規制委員会「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」（2020.3改正）

2-3 点検方法の選定

2-3-1 点検方法選定の考え方

・以下の考え方に基づき点検項目ごとに点検方法を選定する。

- ①点検項目に適したJIS及び各種学会規格がある。
- ②JIS及び各種学会規格を一部変更する場合、変更箇所の妥当性を適切に評価する。
- ③点検項目に適した規格が存在しない場合、最新の知見を踏まえた最適な方法を検討する。

2-3-2 選定した点検方法

| 点検項目 | 点検方法 | 適用 | 備考 |
|----------|---|----|-----------------------------|
| 強度 | JIS※ ¹ A 1108 : 2018 コンクリートの圧縮強度試験方法 | ① | |
| 遮蔽能力 | JASS 5N※ ² T-601 : 2013 コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法に準じた方法 | ② | 適用範囲を変更（コアサンプルに適用、試験体の大きさ） |
| 中性化深さ | JIS※ ¹ A 1152 : 2018 コンクリートの中性化深さの測定方法 | ① | |
| 塩分浸透 | JIS※ ¹ A 1154 : 2020 硬化コンクリート中に含まれる塩化物イオンの試験方法 | ① | |
| アルカリ骨材反応 | コアサンプルの実体顕微鏡観察 | ③ | 原子力規制庁報告書※ ³ を参照 |

※1 日本産業規格

※2 日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 原子力発電所施設における鉄筋コンクリート工事」

※3 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）

2-3-3 遮蔽能力の点検方法の妥当性

- ・遮蔽能力の点検方法の規格としては、フレッシュコンクリートより採取したテストピースを対象とした試験「JASS 5N T-601 コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法」があるが、既存のコンクリート構造物から採取したコアサンプルに適用可能という記載はない。



- ・米澤ら（2015）、黒岩ら（2021）の研究によると、既存コンクリート構造物から採取するコアサンプルについても「JASS 5N T-601」に基づく試験方法で乾燥単位容積質量の測定が行えると報告されている。



- ・規格の適用範囲を変更することとし、「JASS 5N T-601 コンクリートの乾燥単位容積質量試験方法」を選定した。

2-3-4 アルカリ骨材反応の点検方法の妥当性

- ・アルカリ骨材反応の状況を確認するために適した J I S 及び学会規格が存在しないことから、最新知見のひとつである原子力規制庁「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) を参照した。

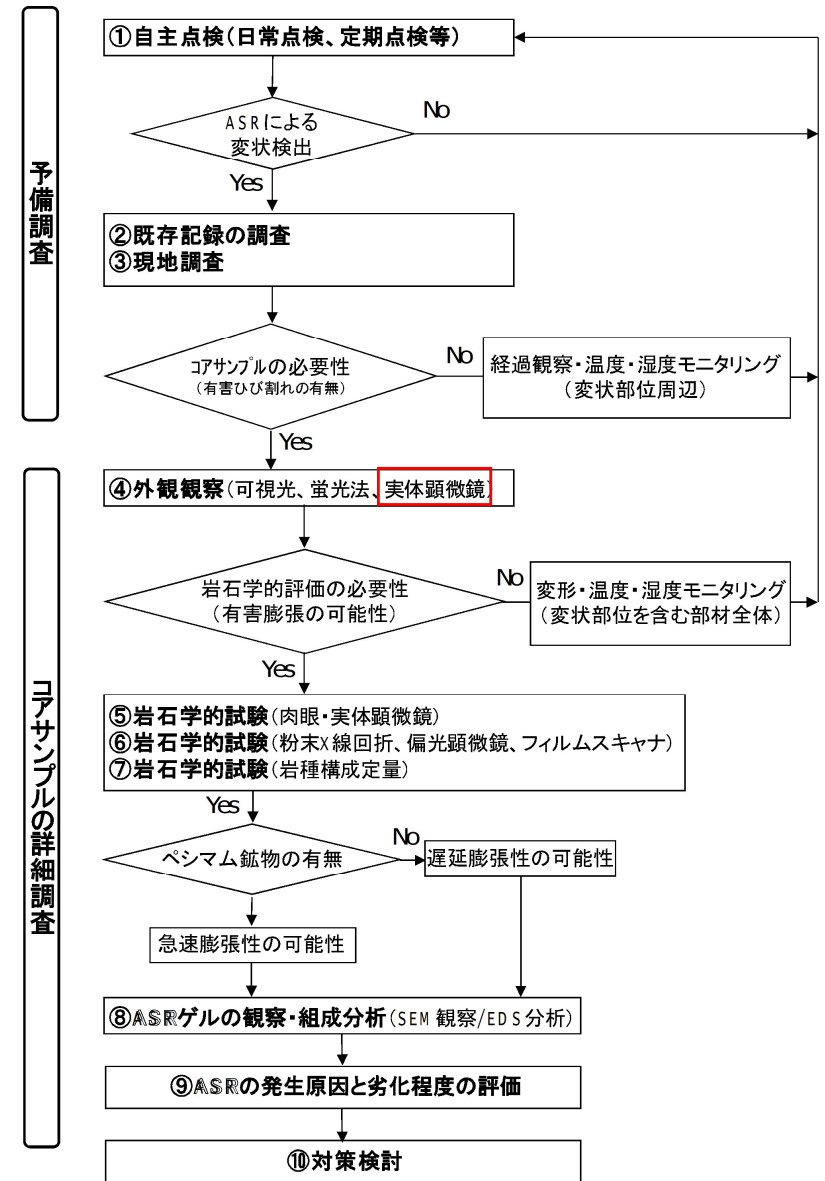


- ・川内原子力発電所 1, 2号炉は、運転開始後約40年間に於いて、アルカリ骨材反応に起因すると判断されるひび割れ等は認められていない。
- ・使用骨材においてモルタルバー法による反応性試験※の結果、有害ではないことを確認している。

※ASTM C227(1981)に基づき1986年、JASS5N T-201(1985)に基づき1987年に実施



- ・コンクリートの健全性に影響を与えるようなアルカリ骨材反応がこれまで発生していないものの、特別点検では広範囲において点検が必要なことを踏まえ、「実体顕微鏡観察」を点検方法として選定した。



コンクリート構造物のASR診断フロー(例)
 (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)より)

3. 点検箇所

3-1 選定プロセス

3-1-1 基本的な考え方

～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。

(原子力規制委員会「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」(2020.3改正) 抜粋)



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する。

3-1-2 遮蔽能力の点検箇所の選定プロセス

①影響要因の把握

- ・ 遮蔽能力はコンクリートの単位容積質量の影響を受ける。
- ・ コンクリートの単位容積質量は、使用材料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。

②使用材料と使用環境条件の影響確認と影響が最も大きい範囲の選定

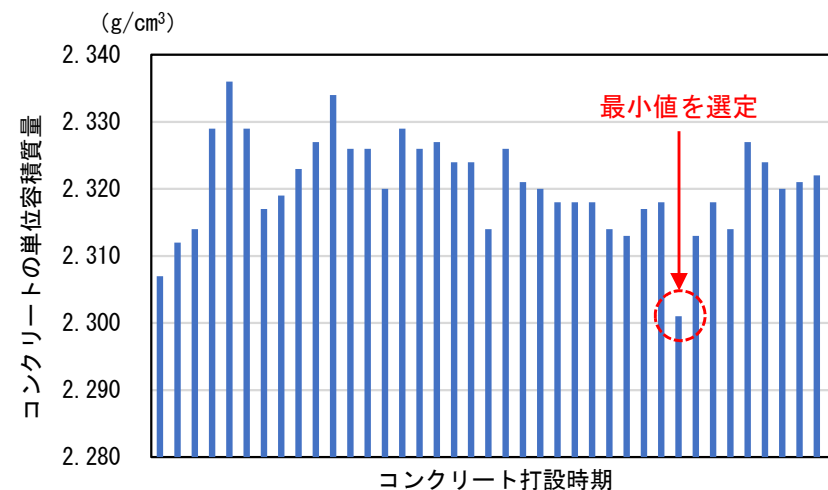
- ・ 使用材料：使用材料に大きな違いはないが、建設時のコンクリートの単位容積質量のわずかな違いに着目する。
- ・ 使用環境：点検方法としてコンクリートの乾燥単位容積質量を確認する方法を選定したことから、熱等のコンクリート中の水分を逸散させるような使用環境の影響がなくなる。

⇒ 建設時のコンクリートの単位容積質量の測定結果が最も小さい範囲を選定する。

③点検箇所の選定

- ・ ②で選定した範囲について、リバウンドハンマーによる非破壊試験を数箇所行い、反発度が最も小さい箇所（＝コンクリート強度が小さいと想定される箇所※）を点検箇所を選定する。

※コンクリートの強度が小さい箇所は、相対的に単位容積質量が小さいと想定される



建設時のコンクリートの単位容積質量の事例
(川内1号炉 原子炉格納施設等 外部遮蔽壁)

3-1-3 中性化深さの点検箇所の選定プロセス

①影響要因の把握

- ・ 中性化は空気環境（二酸化炭素、温度及び湿度）、使用材料及びコンクリート強度の影響を受ける。



温湿度計

②使用材料と使用環境条件の影響確認と影響が最も大きい範囲の選定

- ・ 使用材料：使用材料に大きな違いはない。
- ・ 使用環境：空気環境（二酸化炭素、温度及び湿度）は対象の部位の範囲で大きく異なる。

⇒ 約400箇所について空気環境を実測し、環境条件による影響度※1の値を算出し、この値が最も大きい範囲を選定する。

※1 森永式における環境条件による係数（下記赤線部）

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

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)

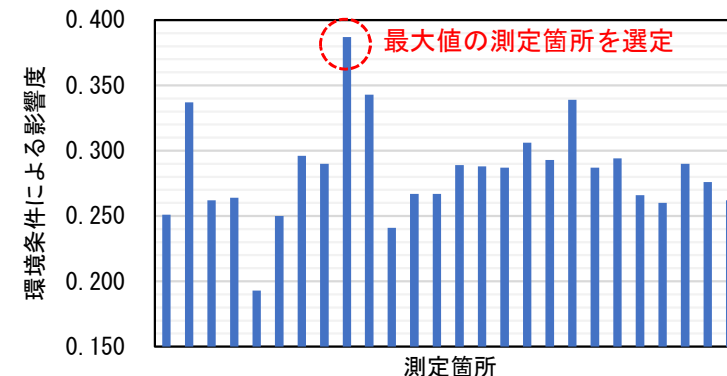


二酸化炭素計測器

③点検箇所の選定

- ・ ②で選定した範囲について、リバウンドハンマーによる非破壊試験を数箇所行い、反発度が最も小さい箇所（＝コンクリート強度が小さいと想定される箇所※2）を点検箇所に選定する。

※2 コンクリートの強度が小さい箇所は、相対的に単位容積質量が小さく中性化が進行しやすいと想定される



環境条件による影響度の確認結果の事例
(川内1号炉 原子炉補助建屋 内壁及び床)

3-1-4 塩分浸透の点検箇所の選定プロセス

①影響要因の把握

- ・ 塩分浸透は構造物へ飛来してくる海からの塩分の量や、使用材料の影響を受ける。

②使用材料と使用環境条件の影響確認

- ・ 使用材料：使用材料に大きな違いはない。
- ・ 使用環境：構造物へ飛来、付着する塩分の量は構造物が置かれた環境条件に大きく影響を受ける。

③点検箇所の選定

- ・ 大型構造物である原子炉格納施設等の外部遮蔽壁は、飛来塩分を捕集する器具を高さ方向に数箇所設置し、捕集した塩分量が最も多い箇所を点検箇所を選定する。
- ・ 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、表面塩分量測定器を用いて、X線により構造物のコンクリート表面の塩分量を数箇所測定し、測定した塩分量が最も多い箇所を点検箇所を選定する。



飛来塩分捕集器（ドライガーゼ法）



表面塩分量測定器（蛍光X線分析計）

3-1-5 アルカリ骨材反応の点検箇所の選定プロセス

①影響要因の把握

- ・アルカリ骨材反応は、反応性骨材、水分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指摘されている※。

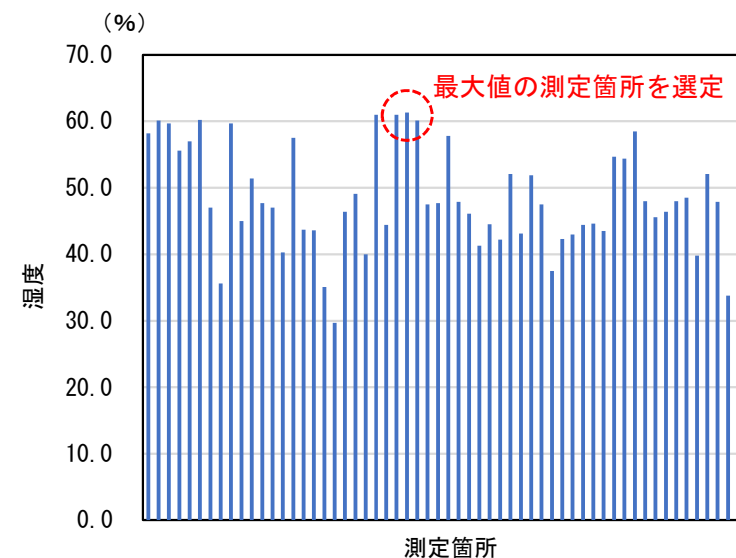
※ Tsuneki ICHIKAWA and Hitoshi KOIZUMI 「Possibility of Radiation-Induced Degradation of Concrete by Alkali-Silica Reaction of Aggregates」
Journal of NUCLEAR SCIENCE and TECHNOLOGY, Vol. 39, No. 8, pp880-884 (2002. 8)

②使用材料と使用環境条件の影響確認

- ・使用材料：使用する骨材は過去に実施した反応性試験により有害ではないことを確認済み。
アルカリ分の主な供給元であるセメントに大きな違いはない。
- ・使用環境：外部から供給されるアルカリ分、水分、放射線照射量による環境は大きく異なる。

③点検箇所の選定

- ・外部からのアルカリ供給元として塩分が考えられるため、塩分浸透の点検箇所と同じ位置を点検箇所を選定する。
- ・その他の部位については、実測した空気環境の結果に基づき、水分の供給の観点で、湿度が最も高い位置を点検箇所を選定する。
- ・放射線の観点で、1次遮蔽壁（炉心領域部）を点検箇所を選定する。



湿度の確認結果の事例
(川内1号炉 原子炉補助建屋 内壁及び床)

3-1-6 強度の点検箇所の選定プロセス

・使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所を検討

⇒ 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ため、強度における点検箇所選定を以下のとおり実施する。

- ①：劣化状況評価における強度に対する劣化要因の影響の有無を対象の部位ごとに検討する。
（例：原子炉格納施設等の内部コンクリート（1次遮蔽壁）は熱の影響を受ける）
- ②：対象のコンクリート建造物の範囲において、強度低下の劣化要因の影響を受け、代表箇所となる可能性がある箇所（劣化状況評価における評価点やその他の特別点検箇所）は、その劣化要因に対する使用材料及び使用環境条件が最も厳しくなる場所であることから、強度の点検箇所に選定する。

対象の部位ごとの主要な劣化要因による強度の点検箇所選定結果の例（原子炉格納施設等、原子炉補助建屋）

| 対象の コンクリート建造物 | 対象の部位 | 劣化要因 | | | | | | | 選定した点検箇所 |
|------------------|-----------|------|-------|-----|------|----------|------|------|---|
| | | 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 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | △ | 塩分浸透の点検箇所 （塩分浸透とアルカリ骨材反応の点検箇所は同じ） |
| | 内部コンクリート | ○ | ○ | ○ | — | ○ | — | △ | 熱及び放射線照射の評価箇所（1次遮蔽壁炉心領域部） |
| | 基礎マット | — | — | ○ | — | ○ | — | △ | アルカリ骨材反応の点検箇所 |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | — | △ | 塩分浸透の点検箇所 （塩分浸透とアルカリ骨材反応の点検箇所は同じ） |
| | 内壁及び床 | ○ | ○ | ○ | — | ○ | ○ | △ | 機械振動の評価箇所（強度・機能に影響を及ぼさない一般部で代替（同一材料、基礎ボルト周辺に準じた環境）） |
| | 使用済み燃料プール | — | — | ○ | — | ○ | — | △ | 中性化深さの点検箇所 |
| | 基礎マット | — | — | ○ | — | ○ | — | △ | アルカリ骨材反応の点検箇所 |

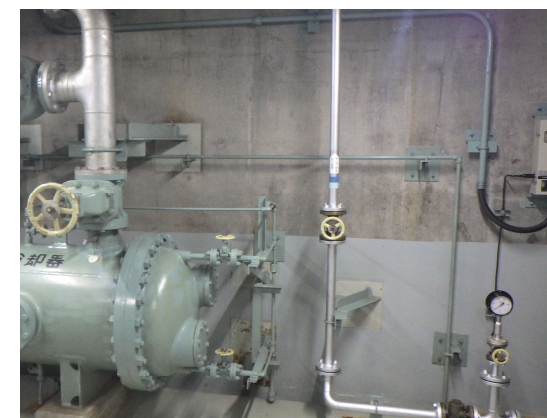
凡例 ○：影響あり、△：高経年化対策上着目すべき経年劣化事象でない事象、—：影響なし ■：考慮した劣化要因

3-2 選定結果

(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 | 1号炉 | 2号炉 |
|-----------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 原子炉格納施設等 [※] | 外部遮蔽壁 | 屋外部 | 屋外部 |
| | 内部コンクリート | 1次遮蔽壁 | 1次遮蔽壁 |
| | 基礎マット | 地下4階弁保護箱室 | 地下4階弁保護箱室 |
| 原子炉補助建屋 [※] | 外壁 | 屋外部 | 屋外部 |
| | 内壁及び床 | A非常用ディーゼル発電設備基礎 | 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 | 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 | 地下3階通路上部 |
| タービン建屋 [※] | 内壁及び床 | 地上1階タービン架台 | 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 | 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 | 海水ポンプ室壁、取水ピット床 |
| | 干満帯 | 海水ポンプ室床 | 海水ポンプ室床 |
| | 気中帯 | 海水ポンプ室壁 | 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 | 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 | 配管トレンチ内 |

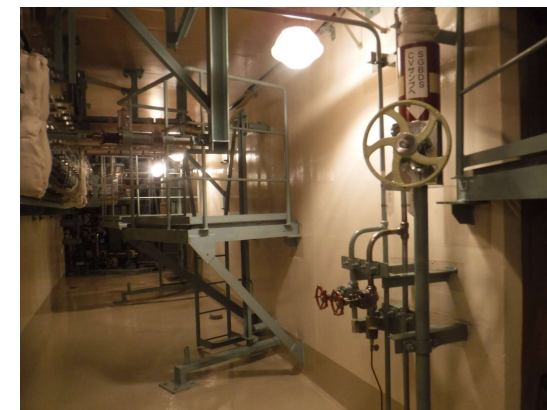
※安全機能を有する系統及び機器又は常設重大事故等対処設備に属する機器を支持する構造物を含む



原子炉補助建屋 内壁及び床 (2号炉)

(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 | 1号炉 | 2号炉 |
|--------------|----------|---------------|---------|
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 屋上部 | 屋上部 |
| | 内部コンクリート | 1次遮蔽壁 | 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 | 地下2階通路部 |
| | 内壁及び床 | 地上1階中間階 | 地下2階通路部 |



原子炉格納施設等 内部コンクリート (1号炉)

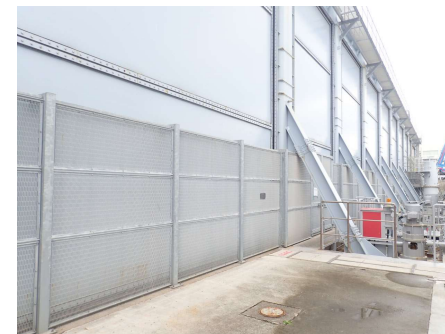
(3) 中性化深さの点検箇所

| 対象のコンクリート構造物 | 対象の部位 | 1号炉 | 2号炉 |
|---------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 原子炉格納施設等※ | 外部遮蔽壁 | 屋内部（アニュラス） | 屋内部（アニュラス） |
| | 内部コンクリート | Aループ室外部壁 | Aループ室外部壁 |
| | 基礎マット | 地下4階弁保護箱室 | 地下3階通路部 |
| 原子炉補助建屋※ | 外壁 | 燃料取扱建屋地下1階屋内部 | 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 | 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 | 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 | 地下3階通路上部 |
| タービン建屋※ | 内壁及び床 | 地上1階タービン架台 | 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 | 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 | 海水ポンプ室壁、取水ピット床 |
| | 干満帯 | 海水ポンプ室床 | 海水ポンプ室床 |
| | 気中帯 | 海水ポンプ室壁 | 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 | 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 | 配管トレンチ内 |

※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

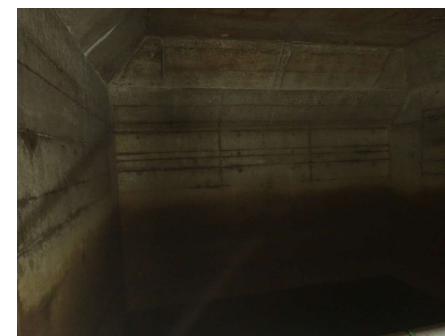


原子炉補助建屋 外壁（2号炉）



(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 | 1号炉 | 2号炉 |
|---------------------|-------|----------------|----------------|
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 屋外部 | 屋外部 |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 屋外部 | 屋外部 |
| 取水槽 | 海中帯 | 海水ポンプ室壁、取水ピット床 | 海水ポンプ室壁、取水ピット床 |
| | 干満帯 | 海水ポンプ室床 | 海水ポンプ室床 |
| | 気中帯 | 海水ポンプ室壁 | 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 | 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 | 屋外部基礎天端 |



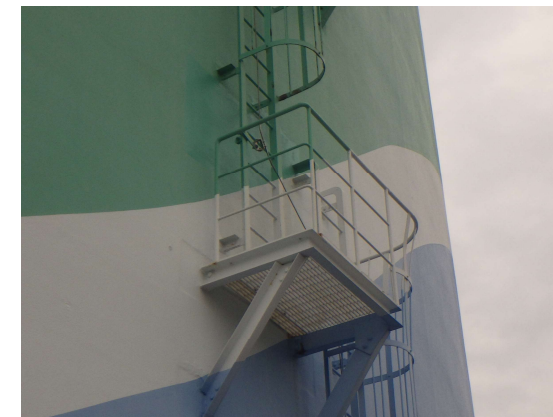
取水槽

上：取水槽（1，2号炉）
下：海水ポンプ室 干満帯（2号炉）

(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 | 1号炉 | 2号炉 |
|-----------------------|-----------|---------------------|---------------------|
| 原子炉格納施設等 [※] | 外部遮蔽壁 | 屋外部 | 屋外部 |
| | 内部コンクリート | 1次遮蔽壁 | 1次遮蔽壁 |
| | 基礎マット | 地下4階弁保護箱室 | 地下4階弁保護箱室 |
| 原子炉補助建屋 [※] | 外壁 | 屋外部 | 屋外部 |
| | 内壁及び床 | 地上1階通路部 | 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1階使用済み燃料ピット | 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 | 地下3階通路上部 |
| タービン建屋 [※] | 内壁及び床 | 地上1階タービン架台 | 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 | 地下2階タービン架台 |
| 取水槽 | 海中帯 | 海水ポンプ室壁 | 海水ポンプ室壁 |
| | 干満帯 | 海水ポンプ室床 | 海水ポンプ室床 |
| | 気中帯 | 海水ポンプ室壁 | 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 | 埋設部基礎天端 | 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 | 屋外部基礎天端 | 屋外部基礎天端 |

※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



原子炉格納施設等 外部遮蔽壁（1号炉）

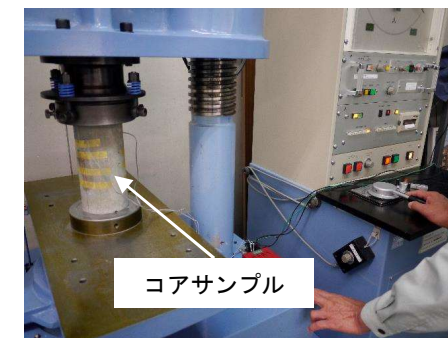
4. 点検結果

4-1 強度の点検結果

点検年月日 1号炉：2021. 10. 21～2022. 9. 20
 (コアサンプル採取及び試験実施期間 2020. 9. 4～2022. 2. 13)
 2号炉：2022. 2. 21～2022. 9. 20
 (コアサンプル採取及び試験実施期間 2020. 11. 28～2022. 7. 14)

| 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号炉 | 2号炉 | |
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 44.7 | 47.0 | 22.1 |
| | 内部コンクリート | 43.0 | 46.8 | 22.1 |
| | 基礎マット | 36.3 | 51.0 | 22.1 |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 50.4 | 49.3 | 22.1 |
| | 内壁及び床 | 43.4 | 29.9 | 22.1 |
| | 使用済み燃料プール | 34.0 | 43.0 | 22.1 |
| | 基礎マット | 51.0 | 40.8 | 22.1 |
| タービン建屋 | 内壁及び床 | 39.7 | 36.7 | 22.1 |
| | 基礎マット | 44.7 | 43.0 | 17.7 |
| 取水槽 | 海中帯 | 38.5 | 38.7 | 23.5 |
| | 干満帯 | 29.9 | 32.0 | 23.5 |
| | 気中帯 | 45.4 | 43.7 | 23.5 |
| 上記以外の構造物 | 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎 | 43.5 | 41.8 | 22.1 |
| | 燃料取替用水タンク基礎 | 44.0 | 31.0 | 22.1 |

※設計基準強度 (N/mm²)



強度の点検状況

4-2 遮蔽能力の点検結果

(1号炉)

| 対象のコンクリート 構造物 | 対象の部位 | 平均単位容積質量 (g/cm ³) | 平均乾燥単位容積質量 (g/cm ³) | 備考※ |
|------------------|----------|----------------------------------|------------------------------------|-------|
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 2.303 | 2.210 | 2.200 |
| | 内部コンクリート | 2.363 | 2.261 | |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 2.353 | 2.262 | |
| | 内壁及び床 | 2.313 | 2.213 | |

※設計値 (g/cm³)遮蔽能力の点検状況
(コアサンプルの乾燥状況)

(2号炉)

| 対象のコンクリート 構造物 | 対象の部位 | 平均単位容積質量 (g/cm ³) | 平均乾燥単位容積質量 (g/cm ³) | 備考※ |
|------------------|----------|----------------------------------|------------------------------------|-------|
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 2.321 | 2.223 | 2.180 |
| | 内部コンクリート | 2.358 | 2.238 | |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 2.313 | 2.207 | |
| | 内壁及び床 | 2.340 | 2.233 | |

※設計値 (g/cm³)遮蔽能力の点検状況
(乾燥単位容積質量の測定状況)

4-3 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 | 平均中性化深さ (mm) | | 備考※ |
|--------------|---------------------|--------------|------|-----|
| | | 1号炉 | 2号炉 | |
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 8.8 | 19.2 | 60 |
| | 内部コンクリート | 1.7 | 1.3 | 60 |
| | 基礎マット | 26.0 | 33.4 | 100 |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 42.2 | 43.3 | 70 |
| | 内壁及び床 | 31.9 | 5.3 | 70 |
| | 使用済み燃料プール | 36.5 | 14.8 | 70 |
| | 基礎マット | 36.5 | 30.6 | 70 |
| タービン建屋 | 内壁及び床 | 27.5 | 20.4 | 95 |
| | 基礎マット | 10.5 | 4.0 | 80 |
| 取水槽 | 海中帯 | 2.7 | 0.5 | 85 |
| | 干満帯 | 2.0 | 0.0 | 87 |
| | 気中帯 | 11.5 | 11.8 | 90 |
| 上記以外の構造物 | 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎 | 1.9 | 4.0 | 70 |
| | 燃料取替用水タンク基礎 | 28.7 | 3.4 | 70 |

※当該箇所のかぶり厚さ (mm)



中性化深さの点検状況

4-4 塩分浸透の点検結果

(1号炉)

| 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) | 平均塩化物イオン濃度 (%) | | | | | |
|------------------|-------------------------|----------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| | | 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 |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 取水槽 | 海中帯 | 0.32 | 0.28 | 0.22 | 0.16 | 0.12 | 0.11 |
| | 干満帯 | 0.57 | 0.43 | 0.30 | 0.25 | 0.20 | 0.14 |
| | 気中帯 | 0.07 | 0.08 | 0.06 | 0.05 | 0.05 | 0.05 |
| 上記以外の構造物 | 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 |
| | 燃料取替用水タンク基礎 | 0.02 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |

(2号炉)

| 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) | 平均塩化物イオン濃度 (%) | | | | | |
|------------------|-------------------------|----------------|-------|-------|-------|--------|---------|
| | | 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 |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 0.03 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| 取水槽 | 海中帯 | 0.35 | 0.31 | 0.19 | 0.13 | 0.09 | 0.08 |
| | 干満帯 | 0.43 | 0.31 | 0.25 | 0.19 | 0.14 | 0.09 |
| | 気中帯 | 0.08 | 0.09 | 0.07 | 0.06 | 0.06 | 0.06 |
| 上記以外の構造物 | 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 |
| | 燃料取替用水タンク基礎 | 0.04 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |



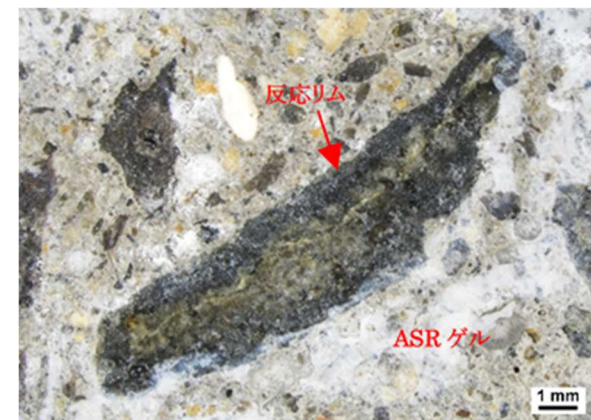
塩分浸透の点検状況
(塩化物イオン量の抽出状況)

4-5 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 | 実体顕微鏡観察結果 | |
|--------------|---------------------|-----------|-------|
| | | 1号炉 | 2号炉 |
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 反応性なし | 反応性なし |
| | 内部コンクリート | 反応性なし | 反応性なし |
| | 基礎マット | 反応性なし | 反応性なし |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 反応性なし | 反応性なし |
| | 内壁及び床 | 反応性なし | 反応性なし |
| | 使用済み燃料プール | 反応性なし | 反応性なし |
| | 基礎マット | 反応性なし | 反応性なし |
| タービン建屋 | 内壁及び床 | 反応性なし | 反応性なし |
| | 基礎マット | 反応性なし | 反応性なし |
| 取水槽 | 海中帯 | 反応性なし | 反応性なし |
| | 干満帯 | 反応性なし | 反応性なし |
| | 気中帯 | 反応性なし | 反応性なし |
| 上記以外の構造物 | 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎 | 反応性なし | 反応性なし |
| | 燃料取替用水タンク基礎 | 反応性なし | 反応性なし |



アルカリ骨材反応の点検状況
(実体顕微鏡観察の状況)



実体顕微鏡観察による観察写真の例
(川内1号炉 原子炉格納施設等 外部遮蔽壁)

5. 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、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。
- 特別点検の実施において得られた様々なデータについては、今後の保全活動に有効に活用していきたい。
- 今回の特別点検結果をもとに、30年目高経年化技術評価以降の新知見も反映して、40年目高経年化技術評価を実施し、運転期間延長認可申請における劣化状況評価として結果を取りまとめている。

参 考

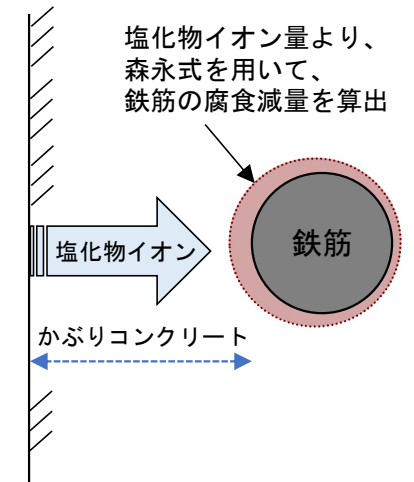
塩分浸透の点検結果

全ての対象部位において、現時点の鉄筋の腐食減量が許容値を下回っていることを確認した。

(評価の手順※1)

- ① 塩化物イオン濃度をコンクリートの単位容積質量当たりの塩化物イオン量に換算
- ② 鉄筋位置の塩化物イオン量を基に、鉄筋の腐食減量を算出
- ③ 腐食減量が「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（許容値）」未満であることを確認

※1 森永繁「鉄筋の腐食速度に基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) 」



塩分浸透の評価イメージ

塩化物イオン量

| 対象の コンクリート構造物 | 対象の部位 | 運転開始後 36年時点 | 運転開始後 37年時点 | 備考 |
|------------------|-------------------------|--|--|----|
| | | 1号炉 平均塩化物イオン量 (kg/m ³) | 2号炉 平均塩化物イオン量 (kg/m ³) | |
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 0.1 | 0.2 | |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 0.1 | 0.1 | |
| 取水槽※2 | 海中帯 | 2.6 | 2.0 | |
| | 干満帯 | 4.3 | 3.0 | |
| | 気中帯 | 1.1 | 1.3 | |
| 上記以外の構造物 | 非常用ディーゼル発電用 燃料油貯油槽基礎 | 0.2 | 0.1 | |
| | 燃料取替用水タンク基礎 | 0.1 | 0.1 | |

鉄筋の腐食減量

| 対象の コンクリート構造物 | 対象の部位 | 運転開始後 36年時点 | 運転開始後 37年時点 | 備考※2 |
|------------------|-------------------------|---|---|------|
| | | 1号炉 平均鉄筋腐食減量 ($\times 10^{-4}$ g/cm ²) | 2号炉 平均鉄筋腐食減量 ($\times 10^{-4}$ g/cm ²) | |
| 原子炉格納施設等 | 外部遮蔽壁 | 8.2 | 8.4 | 70.1 |
| 原子炉補助建屋 | 外壁 | 6.6 | 6.8 | 78.1 |
| 取水槽※2 | 海中帯 | 0.9 | 0.7 | 86.4 |
| | 干満帯 | 7.7 | 7.0 | 88.1 |
| | 気中帯 | 2.6 | 2.9 | 84.5 |
| 上記以外の構造物 | 非常用ディーゼル発電用 燃料油貯油槽基礎 | 7.3 | 7.5 | 78.1 |
| | 燃料取替用水タンク基礎 | 7.3 | 7.5 | 78.1 |

※2 許容値 ($\times 10^{-4}$ g/cm²)