

# 川内原子力発電所2号炉の 高経年化技術評価

〔コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下  
(含む鉄骨構造の強度低下)〕

平成 27 年 10 月 5 日

九州電力株式会社

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 1. コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下<br>（含む鉄骨構造の強度低下）について . . . . .  | 2  |
| 2. 評価対象構造物 . . . . .                                   | 6  |
| 3. 川内 1 号炉との相違点 . . . . .                              | 10 |
| 4. 技術評価 . . . . .                                      | 11 |
| 4-1. コンクリートの強度低下 . . . . .                             | 11 |
| 4-2. 鉄骨構造の強度低下 . . . . .                               | 18 |
| 5. コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下<br>（含む鉄骨構造の強度低下）の評価結果 . . . . . | 20 |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 1. コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）について

### a. 経年劣化事象と劣化要因の概要

コンクリート及び鉄骨構造に関する経年劣化事象は、急速に進展するものではないが、以下の劣化要因により、強度、遮蔽能力及び耐火能力が低下する可能性がある

構造物ごとの経年劣化事象と劣化要因（1/3）

| 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を伴う乾燥に起因する微細なひび割れが生じ、あるいは水分の移動に起因する空隙の拡大等によりコンクリートの強度が低下する可能性がある。   |
|        |        | 放射線照射 | コンクリートへの中性子照射やガンマ線照射によるコンクリート強度低下のメカニズムについては必ずしも明確になっていない。ただし、中性子照射やガンマ線照射を受けた物質は内部発熱することが知られており、照射量によっては、コンクリート中の水分が逸散し、乾燥に伴うひび割れ等によりコンクリートの強度が低下する可能性がある。   |
|        |        | 中性化   | コンクリートは、通常強アルカリ性であり、この状態下で鉄筋は、腐食から保護されている。しかし、大気中の二酸化炭素がコンクリート中に侵入すると、コンクリート中の水酸化カルシウムと反応し、コンクリート表面からアルカリ性が徐々に低下する。この現象が中性化であり、中性化が鉄筋位置付近まで進展すると、鉄筋を保護する能力が失われ、水や酸素の浸透により鉄筋が腐食し始める。鉄筋の腐食が進むと、腐食生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れやはく離、鉄筋の断面減少を生じ、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る。 |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

構造物ごとの経年劣化事象と劣化要因（2/3）

| 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     | <p>コンクリート中に海塩粒子等を原因とした塩化物イオンが浸透し鉄筋位置まで到達すると、鉄筋の腐食が徐々に進展し、腐食生成物による体積膨張からコンクリートにひび割れやはく離、鉄筋の断面減少を生じ、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る。</p>                  |
|        |        | 機械振動     | <p>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り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る。</p>   |
|        |        | アルカリ骨材反応 | <p>コンクリートを構成する骨材中の反応性シリカ鉱物とコンクリート中のアルカリ（ナトリウムイオンやカリウムイオン）が、水の存在下で反応してアルカリシリカゲル（アルカリ珪酸塩）を生成し、コンクリートの膨張作用によりひび割れが発生し、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。</p> |
|        |        | 凍結融解     | <p>コンクリート中の水分が0℃以下になると凍結し、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。長年にわたって凍結と融解を繰り返すことでコンクリートにひび割れが発生し、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。</p>                            |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

構造物ごとの経年劣化事象と劣化要因（3/3）

| 構造物    | 経年劣化事象  | 劣化要因  |   |
|--------|---------|---|---|
| コンクリート | 耐火能力低下※ | コンクリート構造物は、断面厚により耐火能力を確保する設計であるが、火災時の熱により剥落が生じ、部分的な断面厚の減少に伴い、耐火能力が低下する可能性がある。 |   |
|        | 遮蔽能力低下  | 熱   | コンクリートが周辺環境からの伝達熱や放射線照射による内部発熱を受けると、コンクリート中の水分が逸散し、放射線に対する遮蔽能力が低下する可能性がある。                |
| 鉄骨構造   | 強度低下    | 腐食  | 鉄骨は、一般に大気中の酸素や水分と化学反応を起こし腐食する。また、腐食は海塩粒子等により促進され、腐食が進展すると鉄骨の断面欠損に至り、鉄骨構造の強度低下に結びつく可能性がある。 |
|        |         | 風等による疲労   | 風等の繰り返し荷重が継続的に鉄骨構造物に作用することにより、疲労による損傷が蓄積され、鉄骨部材あるいは接合部の健全性が損なわれる可能性がある。                   |

※認可された川内2号工事計画（H27.5.22認可）を踏まえ、新たな評価概念を追加

## コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

### b. 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する理由について

アルカリ骨材反応、凍結融解等は、以下に示す理由から、今後も経年劣化の進展が考えられない、又は進展傾向が極めて小さいと考えられるため、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

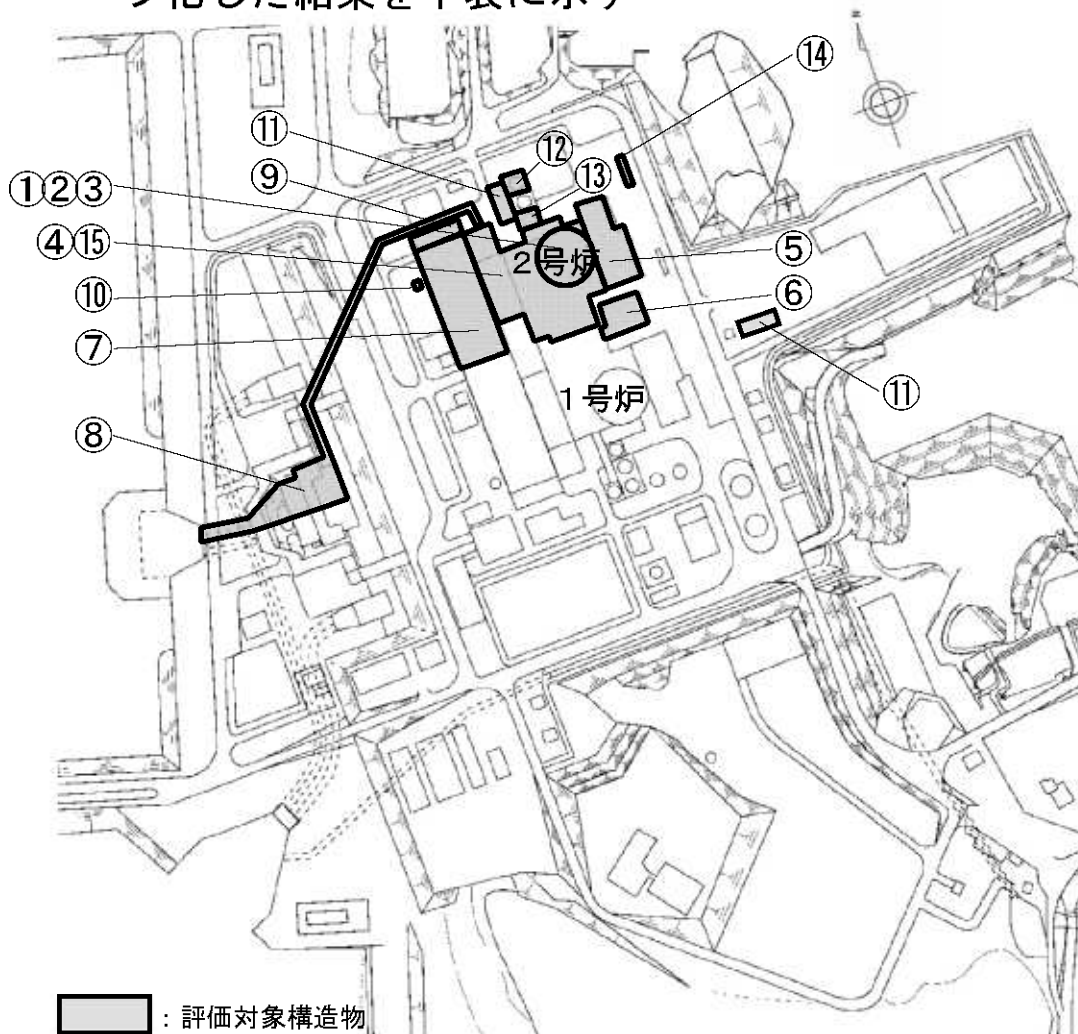
| 構造物    | 経年劣化事象 | 劣化要因と理由  |   |
|--------|--------|--|---|
| コンクリート | 強度低下   | アルカリ骨材反応   | 使用している骨材（粗、細骨材）は、反応性試験（モルタルバー法）により、反応性骨材ではないことを確認。<br>なお、定期的な目視点検の結果、アルカリ骨材反応に起因するひび割れ等がない。   |
|        |        | 凍結融解   | （社）日本建築学会「建築工事標準仕様書・同解説 JASS 5 鉄筋コンクリート工事」（2009）に示される凍害危険度の分布図によると川内2号炉の周辺地域は「ごく軽微」よりも危険度が低い。 |
|        | 耐火能力低下 | コンクリート構造物は通常の使用環境において、経年によりコンクリート構造物の断面厚が減少することはなく、耐火能力は維持されると考える。 |   |
| 鉄骨構造   | 強度低下   | 風等による疲労  | 評価対象とする鉄骨構造物は、屋内等、風による共振現象に起因する繰返し荷重を受けない環境に設置されている。  |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 2. 評価対象構造物

### a. 評価対象構造物のグループ化

評価対象構造物の配置を下図に、評価対象構造物をコンクリート構造物及び鉄骨構造物にグループ化した結果を下表に示す



評価対象構造物配置図

評価対象構造物のグループ化

| 評価対象構造物                             | 重要度分類等          | コンクリート構造物     | 鉄骨構造物      |
|-------------------------------------|-----------------|---------------|------------|
| ① 外部遮蔽壁                             | クラス1設備支持        | ○             | —          |
| ② 内部コンクリート                          | クラス1設備支持        | ○             | ○<br>(鉄骨部) |
| ③ 原子炉格納施設基礎                         | クラス1設備支持        | ○             | —          |
| ④ 原子炉補助建屋                           | クラス1設備支持        | ○             | —          |
| ⑤ 燃料取扱建屋                            | クラス2設備支持        | ○             | ○<br>(鉄骨部) |
| ⑥ 廃棄物処理建屋                           | クラス3（高温、高圧）設備支持 | ○             | —          |
| ⑦ タービン建屋                            | クラス3（高温、高圧）設備支持 | ○<br>(タービン架台) | ○<br>(鉄骨部) |
| ⑧ 取水構造物（海水管ダクト含む）                   | クラス1設備支持        | ○             | —          |
| ⑨ 脱気器基礎                             | クラス3（高温、高圧）設備支持 | ○             | —          |
| ⑩ スチームコンバータ装置基礎                     | クラス3（高温、高圧）設備支持 | ○             | —          |
| ⑪ 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎（燃料油貯蔵タンク基礎含む） | クラス1設備支持        | ○             | —          |
| ⑫ 復水タンク基礎（配管ダクト含む）                  | クラス1設備支持        | ○             | —          |
| ⑬ 燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む）              | クラス1設備支持        | ○             | —          |
| ⑭ 大容量空冷式発電機基礎（燃料タンク基礎含む）            | 常設重大事故等対処設備     | ○             | —          |
| ⑮ 原子炉補助建屋水密扉                        | 浸水防護施設          | —             | ○          |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## b. 代表構造物の選定結果

評価対象構造物ごとの使用条件等によりグループ内の代表構造物を選定

### (1) コンクリート構造物における選定結果

: グループ内代表構造物とする使用条件等

| 評価対象構造物                               | 使用条件等        |              |                       |           |         |              |                    |         | 選定 | 選定理由               |
|---------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------|-----------|---------|--------------|--------------------|---------|----|--------------------|
|                                       | 高温部の有無       | 放射線の有無       | 振動の有無                 | 設置環境      |         | 塩分浸透の有無      | 代表構造物を支持           | 耐火要求の有無 |    |                    |
|                                       |              |              |                       | 屋内        | 屋外      |              |                    |         |    |                    |
| 外部遮蔽壁                                 | △            | △            | —                     | 仕上げ無し     | 仕上げ有り   | △            | —                  | —       | ◎  | 屋内で仕上げ無し           |
| 内部コンクリート                              | ○<br>(1次遮蔽壁) | ○<br>(1次遮蔽壁) | —                     | 仕上げ有り     | /       | —            | —                  | /       | ◎  | 高温部、放射線の影響         |
| 原子炉格納施設基礎                             | —            | △            | —                     | 仕上げ有り     | 埋設*2    | △            | 外部遮蔽壁及び内部コンクリートを支持 | /       | ◎  | 代表構造物を支持する構造物      |
| 原子炉補助建屋                               | —            | △            | ○<br>(非常用ディーゼル発電設備基礎) | 一部仕上げ無し   | 仕上げ有り   | △            | —                  | —       | ◎  | 振動の影響、屋内で仕上げ無し     |
| 燃料取扱建屋                                | —            | △            | —                     | 一部仕上げ無し*1 | 埋設*2    | △            | —                  | —       |    |                    |
| 廃棄物処理建屋                               | —            | △            | —                     | 一部仕上げ無し*1 | 仕上げ有り   | △            | —                  | —       |    |                    |
| タービン建屋<br>(タービン架台)                    | —            | —            | ○<br>(タービン架台)         | 一部仕上げ無し   | /       | —            | —                  | /       | ◎  | 振動の影響、屋内で仕上げ無し     |
| 取水構造物<br>(海水管ダクト含む)                   | —            | —            | —                     | 一部仕上げ無し*1 | 一部仕上げ無し | ○<br>(海水と接触) | —                  | —       | ◎  | 屋外で仕上げ無し、供給塩化物量の影響 |
| 脱気器基礎                                 | —            | —            | —                     | 仕上げ無し*1   | 仕上げ有り   | △            | —                  | /       |    |                    |
| スチームコンバータ装置基礎                         | —            | —            | —                     | /         | 一部仕上げ無し | △            | —                  | /       |    |                    |
| 非常用ディーゼル発電用燃料油貯油槽基礎<br>(燃料油貯蔵タンク基礎含む) | —            | —            | —                     | /         | 埋設*2    | △            | —                  | /       |    |                    |
| 復水タンク基礎<br>(配管ダクト含む)                  | —            | —            | —                     | 一部仕上げ無し*3 | 埋設*2    | △            | —                  | /       |    |                    |
| 燃料取替用水タンク基礎<br>(配管ダクト含む)              | —            | —            | —                     | 一部仕上げ無し   | 埋設*2    | △            | —                  | /       | ◎  | 屋内で仕上げ無し           |
| 大容量空冷式発電機基礎<br>(燃料タンク基礎含む)            | —            | —            | —                     | /         | 埋設*2    | △            | —                  | /       |    |                    |

\*1：他の屋内で仕上げがない構造物で代表させる。

\*2：環境条件の区分として、土中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。

\*3：屋内環境である配管ダクトは、燃料取替用水タンク基礎の配管ダクトと共用していることから、燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む）で代表させる。

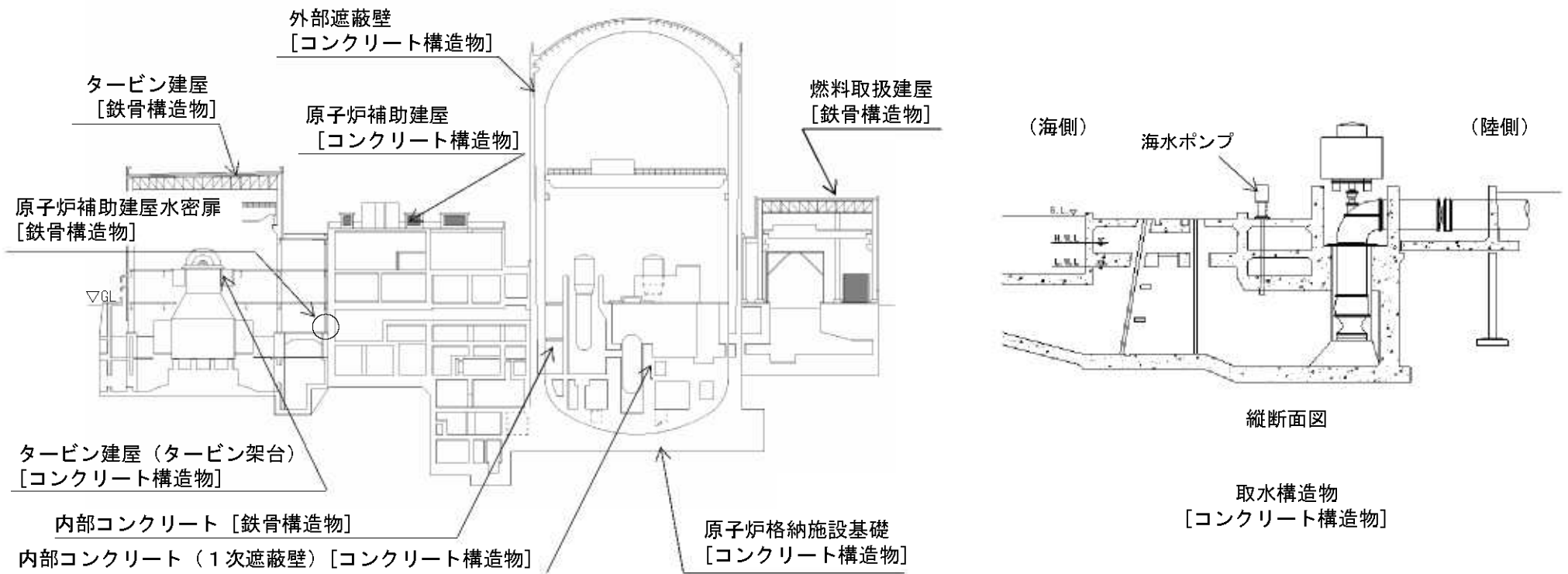
【凡例】○：影響大、△：影響小、—：影響極小、又は無し



# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## (2) 鉄骨構造物における選定結果

| 評価対象構造物       | 使用条件等 |    | 選定 | 選定理由    |
|---------------|-------|----|----|---------|
|               | 設置環境  |    |    |         |
|               | 屋内    | 屋外 |    |         |
| 内部コンクリート（鉄骨部） | 仕上げ有り |    | ◎  | 使用環境は同等 |
| 燃料取扱建屋（鉄骨部）   | 仕上げ有り |    | ◎  |         |
| タービン建屋（鉄骨部）   | 仕上げ有り |    | ◎  |         |
| 原子炉補助建屋水密扉    | 仕上げ有り |    | ◎  |         |



代表構造物の例

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## c. 劣化要因ごと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ごとの評価対象部位について、選定した結果を下表に示す

経年劣化事象に対する劣化要因ごとの評価対象部位

| 構造種別       |                      | コンクリート構造物   |             |           |      |                      |          |        | 鉄骨構造物  |             |           |         |
|------------|----------------------|-------------|-------------|-----------|------|----------------------|----------|--------|--------|-------------|-----------|---------|
| 経年劣化事象     |                      | 強度低下        |             |           |      |                      |          | 耐火能力低下 | 遮蔽能力低下 |             | 強度低下      |         |
| 劣化要因       |                      | 熱           | 放射線照射       | 中性化       | 塩分浸透 | 機械振動                 | アルカリ骨材反応 |        | 凍結融解   | 熱           | 腐食        | 風等による疲労 |
| 代表構造物      | 外部遮蔽壁                |             |             |           |      |                      | △        | △      | △      |             |           |         |
|            | 内部コンクリート             | 1次遮蔽壁*<br>○ | 1次遮蔽壁*<br>○ |           |      |                      | △        | △      |        | 1次遮蔽壁*<br>○ | 鉄骨部*<br>○ | △       |
|            | 原子炉格納施設基礎            |             |             |           |      |                      | △        | △      |        |             |           |         |
|            | 原子炉補助建屋              |             |             | 屋内面*<br>○ |      | 非常用ディーゼル発電設備基礎*<br>○ | △        | △      | △      |             |           |         |
|            | 燃料取扱建屋               |             |             |           |      |                      | △        | △      | △      |             | 鉄骨部*<br>○ | △       |
|            | タービン建屋               |             |             |           |      | タービン架台*<br>○         | △        | △      |        |             | 鉄骨部*<br>○ | △       |
|            | 取水構造物                |             |             | ○         | ○    |                      | △        | △      | △      |             |           |         |
|            | 燃料取替用水タンク基礎(配管ダクト含む) |             |             | ○         |      |                      | △        | △      |        |             |           |         |
| 原子炉補助建屋水密扉 |                      |             |             |           |      |                      |          |        |        | ○           | △         |         |

凡例 ○：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

## コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

### 3. 川内1号炉との相違点

川内1号炉と川内2号炉の主な相違点を以下に示す

| 項目                | 1号炉  | 2号炉   | 差異理由                       |
|-------------------|--|---|----------------------------|
| 評価対象構造物<br>(共用設備) | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉補助建屋のうち制御建屋</li> <li>原子炉補助建屋水密扉のうち制御建屋水密扉</li> <li>取水構造物のうち取水口</li> <li>海水ポンプエリア防護壁</li> <li>海水ポンプエリア水密扉</li> <li>代替緊急時対策所</li> <li>貯留堰</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>廃棄物処理建屋</li> </ul>   | 共用設備の相違                    |
| 中性化に対する評価対象構造物    | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉補助建屋</li> <li>取水構造物</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉補助建屋</li> <li>取水構造物</li> <li>燃料取替用水タンク基礎<br/>(配管ダクト含む)</li> </ul> | 環境条件の相違<br>(詳細は、p. 12にて説明) |

上記表より、評価対象部位について相違がある燃料取替用水タンク基礎（配管ダクト含む）コンクリートの中性化による強度低下の評価結果について説明する

さらに、原子炉容器からの放射線環境が最も厳しい内部コンクリートの放射線照射による強度低下、津波の影響を受ける浸水防護施設として耐津波安全性評価を実施する原子炉補助建屋水密扉（鉄骨構造物）の評価結果について説明する

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 4. 技術評価

### 4-1. コンクリートの強度低下

#### 4-1-1. コンクリートの破壊試験結果

コンクリート構造物から採取した試料の破壊試験※1の結果、全ての代表構造物において、平均圧縮強度が設計基準強度を上回っていることを確認

※1 試験実施時期（運転開始後経過年数）：2011年（26年）、2013年（28年）

なお、JIS A 1107：2002「コンクリートからのコアの採取方法及び圧縮強度試験方法」に基づき実施

コンクリートの破壊試験結果

| 代表構造物                    | 設計基準強度<br>(N/mm <sup>2</sup> ) | コア採取本数<br>(本) | 平均圧縮強度 (N/mm <sup>2</sup> ) |
|--------------------------|--------------------------------|---------------|-----------------------------|
| 外部遮蔽壁                    | 22.1                           | 3             | 46.6                        |
| 内部コンクリート                 |                                | 6             | 49.7                        |
| 原子炉格納施設基礎                |                                | 3             | 35.6                        |
| 原子炉補助建屋                  |                                | 15            | 46.1                        |
| タービン建屋<br>(タービン架台)       |                                | 6             | 37.5                        |
|                          | 17.7                           | 3             | 42.8                        |
| 取水構造物                    | 23.5                           | 9             | 37.7                        |
| 燃料取替用水タンク基礎<br>(配管ダクト含む) | 22.1                           | 6             | 41.5                        |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 4-1-2. 中性化による強度低下

### a. 評価対象部位

燃料取替用水タンク基礎配管ダクト内

### b. 評価点及び選定理由

#### (1) 評価点

- ・屋内：燃料取替用水タンク基礎配管ダクト内

#### (2) 選定理由

- ・屋内：仕上げが無く、中性化速度係数※が最も大きい燃料取替用水タンク基礎配管ダクト内のうち、使用環境等を考慮して選定

※中性化推定式（森永式）における使用環境等を考慮した中性化の速度係数

### c. 評価手順

#### (1) 中性化深さの推定

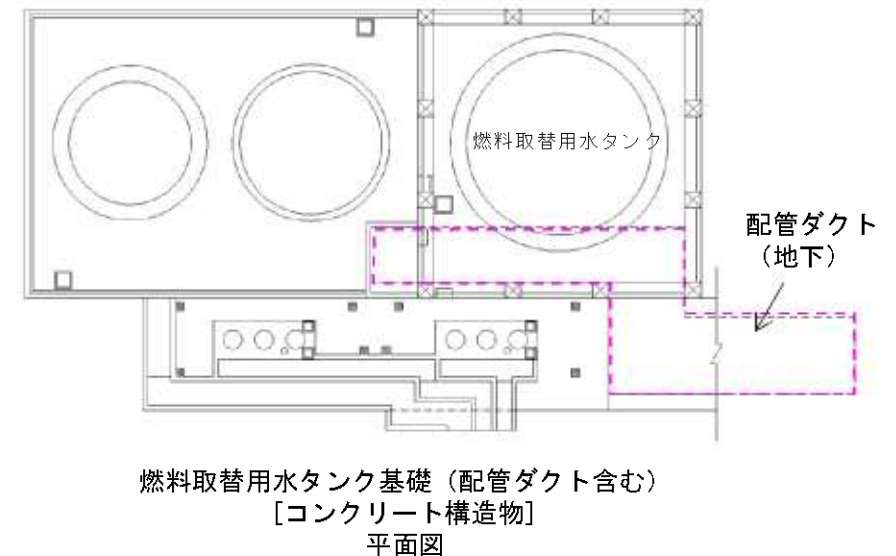
- ・中性化推定式（岸谷式、森永式、 $\sqrt{t}$ 式）により、運転開始60年時点の中性化深さを算出

#### (2) 最大中性化深さ推定値の抽出

- ・上記3式のうち最大値となる中性化深さを抽出

#### (3) 運転開始後60年経過時点の中性化深さの評価

- ・推定された最大の中性化深さと鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さを比較



## コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

### 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の推定値が、鉄筋が腐食し始める時点の中性化深さに達していないことから、中性化による強度低下はない

中性化深さ推定値と鉄筋が腐食し始めるときの中性化深さの比較

|                              | 中性化深さ (cm)             |                              |                 | 判定 |
|------------------------------|------------------------|------------------------------|-----------------|----|
|                              | 測定値<br>(調査時点の運転開始後経過年) | 推定値<br>運転開始後60年経過時点<br>(推定式) | 鉄筋が腐食し<br>始める時点 |    |
| 燃料取替用水<br>タンク基礎<br>(配管ダクト含む) | 0.6<br>(28年)           | 6.9<br>(岸谷式)                 | 9.0             | OK |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 4-1-3. 放射線照射による強度低下

### a. 評価対象部位

内部コンクリート（1次遮蔽壁）

### b. 評価点及び選定理由

(1) 評価点：炉心領域部

(2) 選定理由：中性子、ガンマ線照射量の影響が最も大きい部位

### c. 評価手順

(1) 放射線量率の算出

- ・ 1次遮蔽壁における中性子束及びガンマ線量率を2次元輸送計算コードDORTにより算出

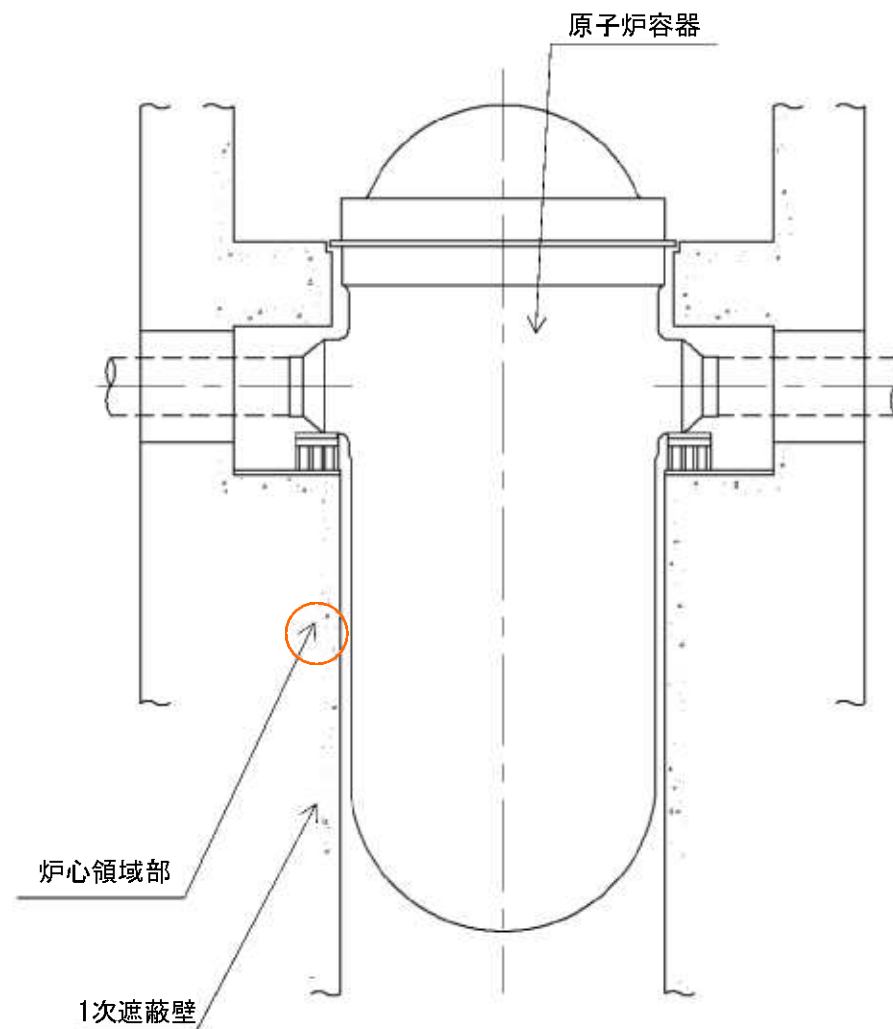
(2) 放射線照射量の算出

- ・ 上記線量率に運転時間※を掛けて中性子照射量及びガンマ線照射量を算出

※運転時間の算出において用いた稼働率

- ・ 第20サイクル終了時点まで（～2011.9.1）：実績（参考：2013年度までの稼働率：平均76.5%）

- ・ 第20サイクル終了以降（2011.9.2～）：100%（想定）



内部コンクリート（1次遮蔽壁）の概要

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## d. 健全性評価結果

### (1) 中性子照射量

- ・ 運転開始後60年経過時点における中性子照射量は、Hilsdorf他の文献に記載の目安値以下であり、中性子照射による強度低下はない

1次遮蔽壁における中性子照射量の解析値と目安値の比較

|                                | 運転開始後60年経過時点           | Hilsdorf他の文献※の<br>目安値 | 判定 |
|--------------------------------|------------------------|-----------------------|----|
| 中性子照射量<br>(n/cm <sup>2</sup> ) | 約 $4.6 \times 10^{19}$ | $1 \times 10^{20}$    | OK |

### (2) ガンマ線照射量

- ・ 運転開始後60年経過時点におけるガンマ線照射量は、Hilsdorf他の文献の目安値を超える部分あり
- ・ Hilsdorf他の文献の目安値を超える範囲は、深さ方向に最大でも6cm程度であり、1次遮蔽壁の厚さ（最小壁厚279cm）に比べて小さいことから、構造強度上問題とならない

1次遮蔽壁におけるガンマ線照射量の解析値と目安値の比較

|                  | 運転開始後60年経過時点           | Hilsdorf他の文献※の<br>目安値 | Hilsdorf他の<br>目安値を超える範囲 |
|------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------|
| ガンマ線照射量<br>(rad) | 約 $2.3 \times 10^{10}$ | $2.0 \times 10^{10}$  | 最大6cm程度                 |





# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 4-1-4. コンクリート強度低下に対する現状保全、総合評価及び高経年化への対応

### a. 現状保全

#### ○目視点検

- ・頻 度：1回／1年程度
- ・点検内容：強度に支障をきたす可能性のある有意な欠陥（ひび割れ、塗装の劣化等）がないことを確認  
なお、予防保全のため必要に応じて塗装の塗替え等を行うこととしている

#### ○破壊試験<sup>※1</sup>や非破壊試験<sup>※2</sup>による点検

- ・頻 度：破壊試験：1回／10年、非破壊試験：1回／3保全サイクル
- ・点検内容：強度に急激な経年劣化が生じていないことを確認

※1：コンクリート圧縮試験、中性化深さ試験

※2：リバウンドハンマーによるコンクリート構造物の経年的な劣化傾向の把握

### b. 総合評価

#### ○健全性評価

- ・中 性 化：現時点の知見において、強度低下の可能性はない
- ・放射線照射：今後、強度低下の可能性は否定できないが、ガンマ線照射量が目安値を超える範囲（最大6cm程度）は、1次遮蔽壁の厚さ（最小壁厚279cm）に比べて小さいことから、構造強度上問題とはならない

○破壊試験の結果、現状において、コンクリート強度は設計基準強度を上回っており、強度低下が急激に発生する可能性は極めて小さい

○現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能

### c. 高経年化への対応

#### ○現状保全の継続実施

#### ○高経年化対策の観点から追加すべき項目なし

なお、冷温停止状態の評価については、断続運転時の使用環境よりも緩やかまたは同等であることから、断続運転を前提とした評価に包含される

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 4-2. 鉄骨構造の強度低下

### 4-2-1. 腐食による強度低下

#### a. 評価対象部位

- ・原子炉補助建屋水密扉

#### b. 評価点及び選定理由

(1) 評価点：水密扉の構造部材

(2) 選定理由：部材断面寸法及び使用環境等を考慮して選定

#### c. 評価手順

- ・鋼材及び塗膜の耐用年数を推定式※1により算出

※1 (社)日本建築学会「建築物の耐久計画に関する考え方」(1988)

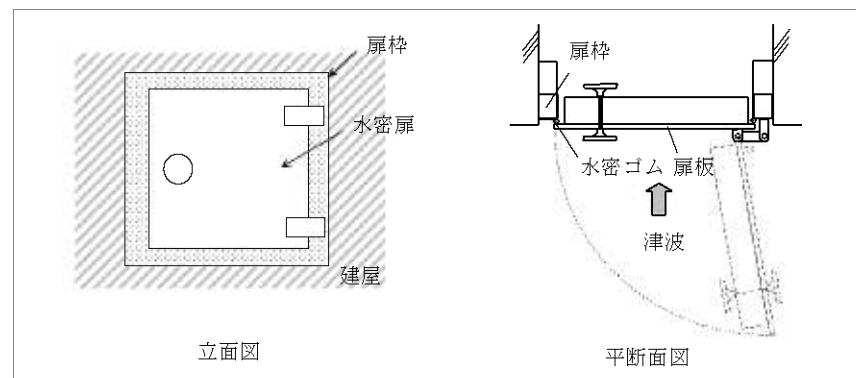
#### d. 健全性評価結果

鉄骨構造物の推定耐用年数算出結果

|            | 塗膜の耐用年数[年] | 鋼材の耐用年数[年] | 推定耐用年数[年]※2 |
|------------|------------|------------|-------------|
| 原子炉補助建屋水密扉 | 6          | 23         | 29          |

※2 構造部材の推定耐用年数のうち最小耐用年数を記載

- ・仮に、塗膜に劣化等が生じた場合においても、腐食が急激に発生、進展する可能性は小さいと考えられるが、60年間の供用を仮定すると、鉄骨構造物の腐食による強度低下の可能性は否定できない
- ・現状保全において定期的な目視点検を実施しており、強度に支障をきたす可能性がある腐食がないことを確認し、予防保全のための塗装の塗替え等を行うこととしている
- ・現状、強度低下につながるような鋼材の腐食は認められていない
- ・今後も現状保全を継続することで、構造物の健全性の維持が可能



# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 4-2-2. 鉄骨の強度低下に対する現状保全、総合評価及び高経年化への対応

### a. 現状保全

#### ○目視点検

- ・頻 度：1回／半年程度
- ・点検内容：強度に支障をきたす可能性のある鋼材の腐食がないことを確認  
なお、予防保全のため鋼材の腐食につながる塗膜の劣化等に対して塗替え等を行うこととしている

※水密扉の水密ゴムは、定期取替品であり、高経年化技術評価対象外

### b. 総合評価

#### ○健全性評価

- ・鋼材の腐食が進展する可能性は否定できないが、仮に局部的に腐食が発生した場合は、塗装の塗替え等を実施する現状保全は適切
- ・現状、強度低下につながるような鋼材の腐食は認められていない

○現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能

### c. 高経年化への対応

○現状保全の継続実施

○高経年化対策の観点から追加すべき項目なし

なお、冷温停止状態の評価については、断続運転時の使用環境と同等であることから、断続運転を前提とした評価に包含される

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

## 5. コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）の評価結果

コンクリート及び鉄骨に対して健全性評価を実施し、現状保全を継続していくことでその健全性を維持できることを確認した

全評価対象構造物の評価結果を下表に示す

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）の評価結果（1/3）

| 経年劣化事象      | 劣化要因  | 代表構造物     | 評価対象部位 | 健全性評価   | 現状保全  | 総合評価  | 高経年化への対応  |
|-------------|-------|-----------|--------|---|---|---|---|
|             |       |           |        |   |   |   |   |
| コンクリートの強度低下 | 熱     | ・内部コンクリート | ・1次遮蔽壁 | コンクリート内の最高温度は、定められている温度制限値以下である   | <ul style="list-style-type: none"> <li>定期的な目視点検を実施し、有意な欠陥がないことを確認</li> <li>予防保全のために必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施</li> <li>定期的に破壊試験や非破壊試験を実施し、急激な強度低下がないことを確認</li> </ul>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>現時点の知見において、強度低下の可能性はない</li> <li>現状、コンクリート強度は、設計基準強度を上回っている</li> <li>現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>現状保全の継続実施</li> <li>高経年化対策の観点から追加すべき項目なし</li> </ul> |
|             | 放射線照射 | ・内部コンクリート | ・1次遮蔽壁 | <p>運転開始後60年時点で想定される中性子照射量は、最も厳しい部位において、強度低下が生じないと判断される値よりも小さい</p> <p>運転開始後60年時点で想定されるガンマ線照射量は、最も厳しい部位において、Hilsdorf他の文献の目安値を超える範囲は、1次遮蔽壁厚に比べて小さい</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>今後、強度低下の可能性は否定できないが、ガンマ線照射量が目安値を超える範囲は、1次遮蔽壁の厚さに比べて小さい</li> <li>現状、コンクリート強度は、設計基準強度を上回っている</li> <li>現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能</li> </ul> |   |   |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）の評価結果（2/3）

| 経年劣化事象 | 劣化要因        | 代表構造物   | 評価対象部位  | 健全性評価   | 現状保全   | 総合評価  | 高経年化への対応   |
|--------|-------------|---|---|---|--|---|--|
|        | コンクリートの強度低下 | 中性化   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料取替用水タンク基礎(配管ダクト含む)</li> <li>・原子炉補助建屋</li> <li>・取水構造物(海水管ダクト含む)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料取替用水タンク基礎配管ダクト内</li> <li>・原子炉補助建屋(屋内)</li> <li>・取水構造物(気中帯)</li> </ul> | <p>運転開始後60年時点で想定される中性化深さは、鉄筋が腐食し始める時の中性化深さと比較して十分小さい</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・定期的に目視点検を実施し、有意な欠陥がないことを確認</li> <li>・予防保全のため必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施</li> <li>・定期的に破壊試験や非破壊試験を実施し、急激な強度低下がないことを確認</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・現時点の知見において、強度低下の可能性はない</li> <li>・現状、コンクリート強度は、設計基準強度を上回っている</li> </ul> |
| 塩分浸透   |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・取水構造物(海水管ダクト含む)</li> </ul>          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・気中帯</li> <li>・干満帯</li> <li>・海中帯</li> </ul>                                  | <p>運転開始後60年時点で想定される鉄筋腐食減量は、かぶりコンクリートにひび割れが生じるとされる鉄筋腐食減量と比較して十分小さい</p>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>・現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能</li> </ul>   |   |  |
| 機械振動   |             | <ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン建屋</li> <li>・原子炉補助建屋</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・タービン建屋(タービン架台)</li> <li>・非常用発電設備基礎</li> </ul>                               | <p>60年間の供用を仮定すると機械振動による強度低下の可能性は否定できない</p>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・今後、強度低下の可能性は否定できないが、定期的な目視点検により有意なひび割れ等がないことを確認する現状保全は適切</li> <li>・現状、コンクリート強度は、設計基準強度を上回っている</li> <li>・現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能</li> </ul> |   |  |

# コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）

コンクリートの強度低下及び遮蔽能力低下（含む鉄骨構造の強度低下）の評価結果（3/3）

| 経年劣化事象        | 劣化要因 | 代表構造物  | 評価対象部位  | 健全性評価                             | 現状保全   | 総合評価  | 高経年化への対応                            |
|---------------|------|--|---|-----------------------------------|--|---|-------------------------------------|
|               |      |  |   |                                   |  |   |                                     |
| コンクリートの遮蔽能力低下 | 熱    | ・内部コンクリート                                      | ・1次遮蔽壁  | コンクリート内の最高温度は、定められている温度制限値以下である   | ・定期的を目視点検を実施し、有意な欠陥がないことを確認                                | ・現時点の知見において、遮蔽能力低下の可能性はない<br>・現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能   |                                     |
| 鉄骨構造の強度低下     | 腐食   | ・内部コンクリート<br>・燃料取扱建屋<br>・タービン建屋<br>・原子炉補助建屋水密扉 | ・内部コンクリート（鉄骨部）<br>・燃料取扱建屋（鉄骨部）<br>・タービン建屋（鉄骨部）<br>・原子炉補助建屋水密扉 | 60年間の供用を仮定すると腐食による強度低下の可能性は否定できない | ・定期的を目視点検を実施し、有意な腐食がないことを確認<br>・予防保全のため必要に応じて塗装の塗替え等の補修を実施 | ・鋼材の腐食が進展する可能性は否定できないが、仮に局部的に腐食が発生した場合は、塗装の塗替え等を実施する現状保全は適切<br>・現状、強度低下につながるような鋼材の腐食は認められていない<br>・現状保全を継続することで、60年間の健全性の維持が可能 | ・現状保全の継続実施<br>・高経年化対策の観点から追加すべき項目なし |

なお、冷温停止状態の評価については、断続運転時の使用環境よりも緩やかまたは同等であることから、断続運転を前提とした評価に包含される