

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<耐津波安全性評価>

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	2月2日	耐津波安全性評価 劣化状況評価 補足説明資料	11	津波監視カメラの想定する荷重について、結果のみが記載されており、耐震評価時の最大許容荷重と同じ数値を用いている。耐震評価時と耐津波評価時では荷重の内訳が異なると考えられるが問題ないか、内訳と最大許容荷重の関係を追加し、説明すること。	回答資料 川内1, 2号炉-耐津波安全性評価-1のとおり。	2023.5.15	
2	1/2号機	2月2日	耐津波安全性評価 劣化状況評価 補足説明資料	別紙1 添付1	浸水防護施設の概要、津波監視装置が小さくて見えない、拡大図を示すこと。	回答資料 「川内1号炉_補足説明資料(耐津波安全性評価)別紙1 添付2」 「川内2号炉_補足説明資料(耐津波安全性評価)別紙1 添付2」 のとおり。	2023.5.15	

川内1, 2号炉-耐津波安全性評価-1

<p>タイトル</p>	<p>津波監視カメラの想定する荷重について、結果のみが記載されており、耐震評価時の最大許容荷重と同じ数値を用いている。耐震評価時と耐津波評価時では荷重の内訳が異なると考えられるが問題ないか、内訳と最大許容荷重の関係を追加し、説明すること。</p>												
<p>説明</p>	<p>川内2号炉の津波監視カメラの津波時に生じる荷重について以下に示す。</p> <p>1. 基礎ボルトの仕様 荷重の算出に用いたデータを表1に示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 基礎ボルト仕様</p> <table border="1" data-bbox="512 797 1241 996"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>単位</th> <th>仕様</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>基礎ボルトの評価温度</td> <td>℃</td> <td rowspan="4" style="border: 2px solid black;"></td> </tr> <tr> <td>基礎ボルト呼び径</td> <td>—</td> </tr> <tr> <td>基礎ボルト本数</td> <td>本</td> </tr> <tr> <td>減肉量 (直径)</td> <td>mm</td> </tr> </tbody> </table> <p>2. 入力 (荷重) 条件 津波監視カメラは、取水ピットに設置されており、その外側を防護堤により囲まれていることから、直接、遡上波やそれに伴う漂流物による影響を受けることは考えにくい。しかし、津波時の保守的な評価として、入力津波である遡上波による波力及び漂流物の衝突の組合せ等を考慮した評価を実施している。自重及び雪荷重については、鉛直方向成分のみであり、床部 (基礎ボルト部) に生じる曲げモーメント及びせん断力に寄与しないため、本計算において考慮する荷重の組合せは以下の通りとする。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・遡上波による波力</li> <li>・漂流物による衝突荷重</li> <li>・風荷重</li> </ul> <p>(1) 遡上波による波力 ①津波監視カメラ設置用鉄柱に作用する津波荷重 津波監視カメラは取水ピット内に設置されていることから、設計に用いる遡上波の津波高さは、海水ポンプエリアの遡上波による津波高さとする。 津波荷重<math>P_t</math>は、波力として作用するため、津波高さについて文献<sup>(注)</sup>を参考に次式にて波力を三角形分布静水圧荷重に換算する。添付-1に津波荷重の作用イメージを示す。 三角形分布静水圧荷重として算定した津波荷重<math>P_t</math>については、添付-1に示すとおり分布して作用すると考える。</p>	項目	単位	仕様	基礎ボルトの評価温度	℃		基礎ボルト呼び径	—	基礎ボルト本数	本	減肉量 (直径)	mm
項目	単位	仕様											
基礎ボルトの評価温度	℃												
基礎ボルト呼び径	—												
基礎ボルト本数	本												
減肉量 (直径)	mm												



②津波荷重の算出条件及び結果

遡上津波荷重の算出条件を表2に、各区分における算出結果を表3に示す。

表2 遡上津波荷重の算出条件

津波高さ (m)	設置場所 及び 床面高さ (m)	浸水 深さ H (m)	海水の 密度 $\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	水平波圧 指標 a	重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )
					9.80665

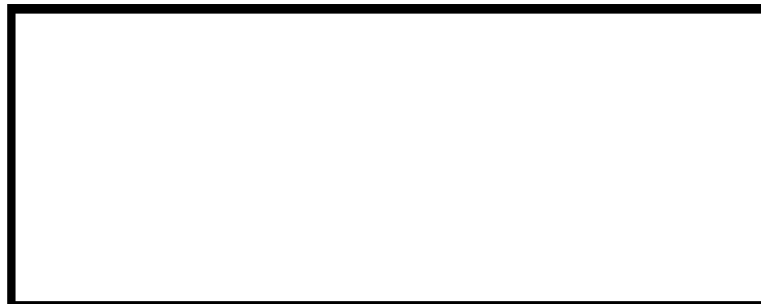
表3 遡上津波荷重による分布荷重の算出結果

部位	高さ		波圧の荷重		せん断力 $Q_i$ (kN)	曲げ モーメント $M_i$ (kN・m)
	区分 境界 $z_i$ (床上) (m)	区分 中央 $z_s$ (床上) (m)	波圧 $q_s$ (kN/m <sup>2</sup> )	面積 $A_p$ (区分) (m <sup>2</sup> )		
柱部	[Blank area for calculation results]					

(2) 漂流物による衝突荷重

①津波監視カメラ設置用鉄柱に作用する衝突荷重

衝突荷重 $P_c$ は次式により算定する。



$P_c$  : 衝突荷重 [kN]

$W_d$  : 衝突荷重算出時に用いる漂流物の重量 [kN]

②衝突荷重の算出条件及び結果

衝突荷重の算出条件を表4に、各区分における算出結果を表5に示す。

表4 衝突荷重の算出条件

漂流物 衝突位置 (m)	漂流物質量 W (t)	衝突速度 V <sub>d</sub> (m/s)	重力加速度 g (m/s <sup>2</sup> )
			9.80665

表5 衝突荷重の算出結果

部位	高さ 区分境界	衝突物 の荷重 P <sub>c</sub> (kN)	応力	
	z <sub>i</sub> (床上) (m)		せん断力 Q <sub>i</sub> (kN)	曲げモーメント M <sub>i</sub> (kN・m)
柱部				

(3) 風荷重

①津波監視カメラ設置用鉄柱に作用する風荷重  
風荷重 $P_k$ は、次式により算定する。



$P_k$  : 風荷重 [kN]  
 $q$  : 速度圧 [N/m<sup>2</sup>]  
 $C_f$  : 風力係数  
 $k_z$  : 風荷重計算時の係数  
 $A_k$  : 受風面積 [m<sup>2</sup>]  
 $E$  : 建設省告示第1454号に定められる数値  
 $V_0$  : 基準風速 [m/s]  
 $E_r$  : 平均風速の高さ方向の分布を表す係数  
 $G_f$  : ガスト影響係数

②風荷重の算出条件及び結果

風荷重の算出条件を表6に、各区分における算出結果を表7に示す。

表6 風荷重の算出条件

基準風速 $V_0$ (m/s)	地面粗度 区分	鉄柱高さ $H_c$ (m)	地表面粗度 区分に応じた 係数 $Z_b$	地表面粗度 区分に応じた 係数 $Z_G$
[Redacted]				

地表面粗度 区分に応じた 係数 $\alpha$	ガスト影響 係数 $G_f$	風力係数 $C_f$	
		鋼管部	鋼管部以外
[Redacted]			

表7 風荷重による分布荷重の算出結果

部位	高さ $z_i$ (m)	鋼管部の風荷重				鋼管部以外の 風荷重				風荷重の 和	応力	
		kz	Cf	$A_k$ ( $m^2$ )	$P_{kf}$ (kN)	kz	Cf	$A_k$ ( $m^2$ )	$P_{kf}$ (kN)	$P_k$ (kN)	せん断力 $Q_i$ (kN)	曲げモー メント $M_i$ (kN·m)
避雷針部	上部											
	継手											
	下部											
継手												
柱部	上部											
	継手											
	下部											
	脚部											

3. 荷重の算出

(1) 津波監視カメラ設置用鉄柱の床部（基礎ボルト）に生じる曲げモーメント及びせん断力

遡上波による波力、漂流物による衝突荷重及び風荷重から床部（基礎ボルト部）に生じる曲げモーメント及びせん断力を表8に示す。

表8 床部（基礎ボルト部）に生じる曲げモーメント及びせん断力

荷重	曲げモーメントM (N・m)	せん断力Q (N)
遡上波による波力		
衝突荷重		
風荷重		
床部（基礎ボルト部） に生じる荷重		

(2) 基礎ボルトに生じる荷重

基礎ボルト1本当たりが生じる引張荷重とせん断荷重は、次式を用いて計算する。表9に基礎ボルトの荷重計算に用いる条件を示す。

(a) 引張荷重

全ボルトの断面係数は、

$$Z = A \cdot n \cdot \frac{D}{4}$$

Z : 全ボルトの断面係数

A : ボルト断面積（直径0.6mmの減肉考慮）

n : ボルト本数

D : ボルトサークルの直径

ボルト1本当たりの引張応力は、床部の曲げモーメントに対し、断面係数より、

$$\sigma_t = \frac{M}{Z}$$

$\sigma_t$  : 引張応力

M : 床部の曲げモーメント

ボルト1本当たりの引張荷重は、

$$\begin{aligned} P_1 &= \sigma_t \cdot A \\ &= \frac{M}{Z} \cdot A \\ &= \frac{M}{n \cdot \frac{D}{4}} \end{aligned}$$



$P_1$  : ボルト 1 本当たりの引張荷重

(b) せん断荷重

全ボルトの断面積は、

$$A_a = A \cdot n$$

$A_a$  : 全ボルトの断面積

ボルト1本当たりのせん断応力は、床部のせん断力に対し、全断面積より、

$$\tau = \frac{Q}{A_a}$$

$\tau$  : せん断応力

$Q$  : 床部のせん断力

ボルト1本当たりのせん断荷重は、

$$Q_1 = \tau \cdot A$$

$$= \frac{Q}{A_a} \cdot A$$

$$= \frac{Q}{n}$$

$Q_1$  : ボルト 1 本当たりのせん断荷重

表 9 基礎ボルトの荷重計算に用いる条件

ボルト本数 n (本)	ボルトサークルの直径 D (mm)

4. 荷重の比較

津波時に生じる荷重と最大許容荷重を比較した結果を表10に示す。  
耐津波評価の際は、  
にて応力比を算出しているため、この短期最大許容荷重と発生荷重とを比較する。引張荷重及びせん断荷重のいずれにおいても、基礎ボルトでの発生荷重が短期最大許容荷重を下回っている。

表 10 基礎ボルト評価結果

評価部位	荷重の種類	発生荷重 (N)	短期最大許容荷重※ (N)
基礎ボルト	引張荷重		
	せん断荷重		

※

以上より、津波監視カメラの基礎ボルトの評価において、最大許容荷重が津波時に発生した場合を仮定することは、保守的な評価となる。

以上

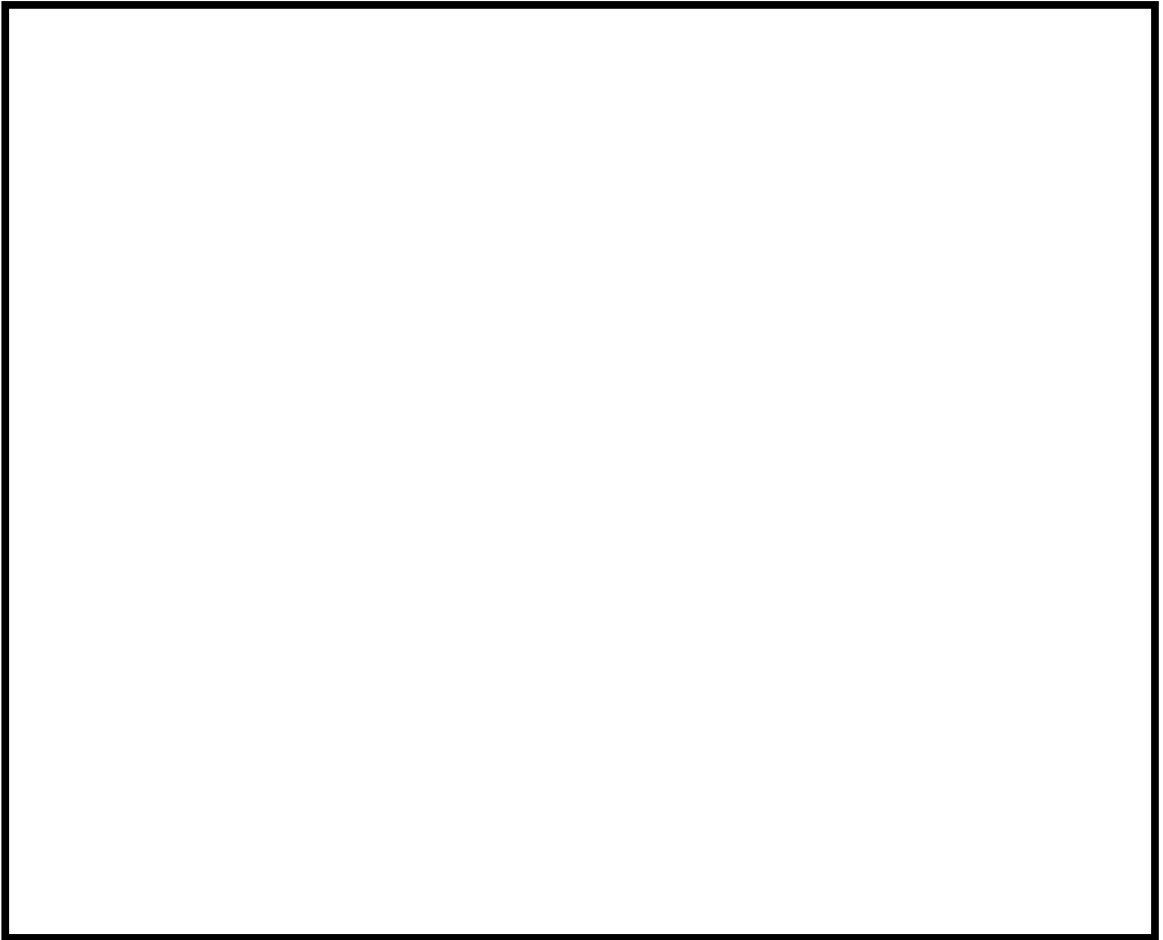


図 津波監視カメラ設置用鉄柱に作用する津波荷重のイメージ

タイトル	耐津波安全性評価の評価対象設備の、具体的な抽出根拠、抽出プロセス及び評価内容について
説明	<p>川内 1 号炉の耐津波安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐津波安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について  耐津波安全性評価対象とした浸水防護施設（津波防護施設、浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。なお、浸水防護施設の概要を添付－1、津波監視設備の配置を添付－2に示す。</p> <p>(1) 津波防護施設：海水ポンプエリア防護壁・・・a  貯留堰・・・b</p> <p>(2) 浸水防止設備：海水ポンプエリア水密扉・・・c  原子炉補助建屋水密扉・・・d  原子炉補機冷却海水系統リフト逆止弁・・・e  2次系ドレン系統リフト逆止弁・・・f</p> <p>(3) 津波監視設備：取水ピット水位・・・g</p> <p>2. 想定される劣化事象<sup>*1</sup></p> <p>(1) コンクリート構造物 (a, b)</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・中性化・・・①</li> <li>・塩分浸透・・・②</li> </ul> <p>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 (△▲事象)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・アルカリ骨材反応・・・③</li> <li>・凍結融解・・・④</li> </ul> <p>(2) 鉄骨構造物 (c, d)</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)</p> <p>該当なし</p> <p>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 (△▲事象)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食・・・⑤</li> <li>・風などによる疲労・・・⑥</li> </ul> <p>(3) 弁 (e, f)</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)</p> <p>該当なし</p> <p>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 (△▲事象)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・応力腐食割れ・・・⑦</li> <li>・摩耗・・・⑧</li> <li>・基礎ボルトの劣化 (ケミカルアンカ)・・・⑨</li> </ul> <p>(4) プロセス計測制御設備 (g)</p> <p>a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)</p> <p>該当なし</p> <p>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 (△▲事象)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・腐食 (筐体、スタンション、ベースプレート、サポート及びチャンネルベース、取付ボルト、保護管等の接液部)・・・⑩</li> <li>・腐食 (基礎ボルト)・・・⑪</li> </ul>

※1：絶縁低下（絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む）、特性変化及び導通不良については、耐津波安全性に影響を及ぼすパラメータの変化とは無関係であるため記載は省略する。

3. 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～⑩について、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを表 1-1 に整理した。

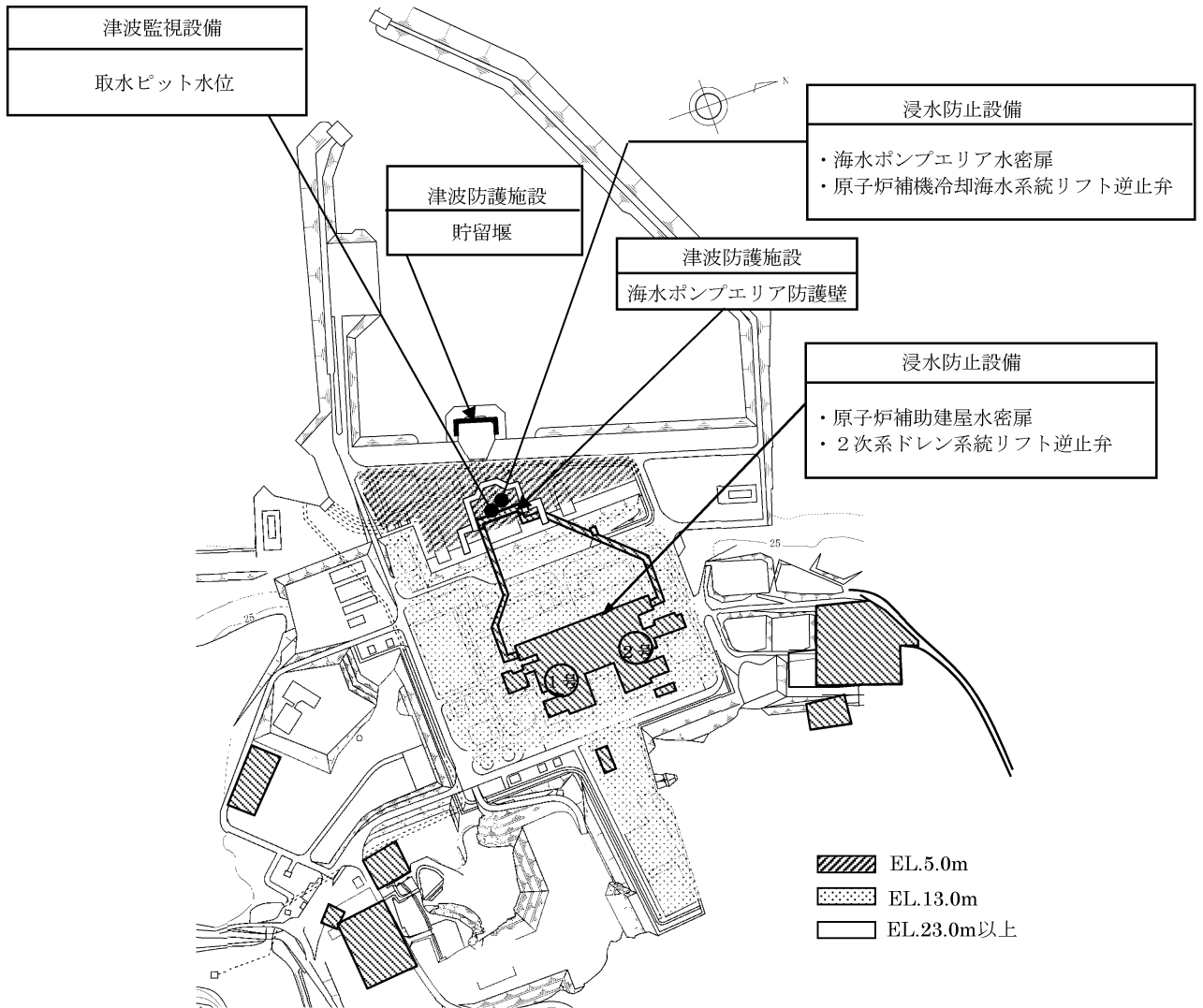
表 1-1 耐津波安全性を考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

「経年劣化」で想定される経年劣化事象		リスク評価	リスク評価	リスク評価
高経年劣化 第1着目① ※経年劣化 事象	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	現在発生しているが、今後発生 の可能性がない（又は小さい） もの	①②
			現在発生しているが、今後発生 の可能性が大きい（発生可能性 あり）	構造・強度及び止水材料上「軽微 な」又は無視 できる事象 構造・強度又は止水材料上「軽微 な」又は無視 できる事象
高経年劣化 第1着目① ※経年劣化 事象 ではない事象	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩	現在発生しているが、今後発生 の可能性がない（又は小さい） もの	③④
			現在発生しているが、今後発生 の可能性が大きい（発生可能性 あり）	構造・強度及び止水材料上「軽微 な」又は無視 できる事象 構造・強度及び止水材料上「軽微 な」又は無視 できる事象
			現在発生しているが、今後発生 の可能性が大きい（発生可能性 あり）	⑥⑨

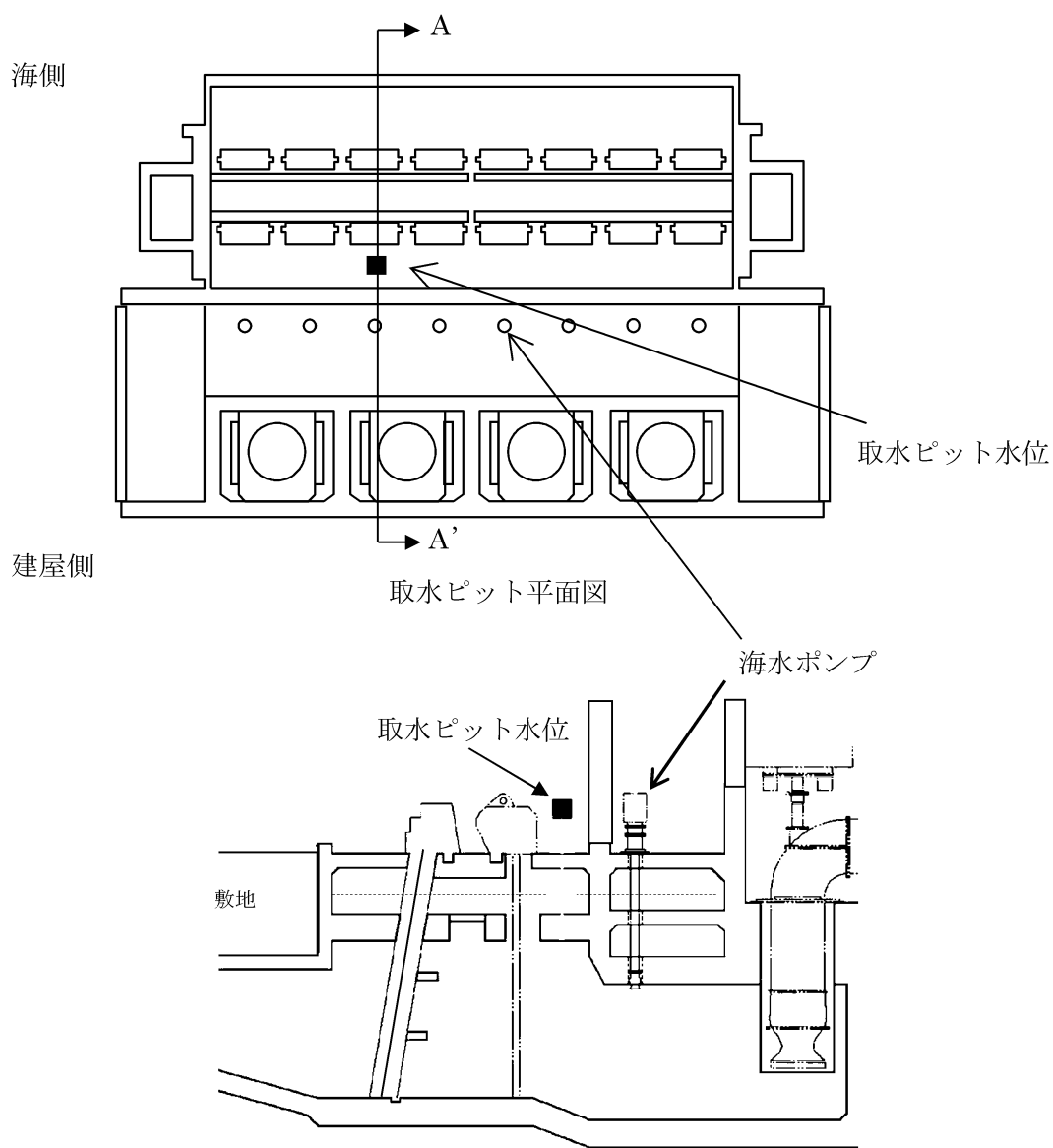
①：高経年劣化第1着目①～⑩の経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象）  
 ▲：高経年劣化第1着目①～⑩の経年劣化事象ではない事象（日常劣化管理事象以外）  
 ◎：詳細を別添として抽出  
 ○：高経年劣化第1着目①～⑩の経年劣化事象ではない事象であり、日常劣化管理事象ではないもの。あるいは日常劣化管理事象であるが、現在発生しているが、今後発生する可能性がない（又は小さい）もの。高経年劣化事象ではない。  
 ●：高経年劣化第1着目①～⑩の経年劣化事象であるが、現在発生しているが、今後発生する可能性が大きい（発生可能性あり）もの。高経年劣化事象ではない。  
 ■：構造・強度上及び止水材料上「軽微な」又は無視 できる事象として評価対象の除外  
 ○：耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象として抽出  
 ※：他に該当するものがないこと、該当するものがないことを確認していることにより記載する。

以上より、川内1号炉の「浸水防護施設」については、◎となる対象は取水ピット水位の基礎ボルトの腐食であることから、経年劣化を考慮した耐津波安全性評価を実施する。

以上



浸水防護施設の概要



取水ピット断面図 (A-A' 断面)

津波監視設備の配置

タイトル	耐津波安全性評価の評価対象設備の、具体的な抽出根拠、抽出プロセス及び評価内容について
説明	<p>川内 2 号炉の耐津波安全性評価対象とした設備について、経年劣化事象の抽出や耐津波安全性評価の要否判断などのプロセスを示す。</p> <p>1. 浸水防護施設について  耐津波安全性評価対象とした浸水防護施設（浸水防止設備、津波監視設備）については以下のとおり。なお、浸水防護施設の概要を添付－1、津波監視設備の配置を添付－2 に示す。</p> <p style="margin-left: 20px;">(1) 浸水防止設備：原子炉補助建屋水密扉・・・a  原子炉補機冷却海水系統リフト逆止弁・・・b  2 次系ドレン系統リフト逆止弁・・・c</p> <p style="margin-left: 20px;">(2) 津波監視設備：取水ピット水位・・・d  津波監視カメラ・・・e</p> <p>2. 想定される劣化事象<sup>※1</sup></p> <p style="margin-left: 20px;">(1) 鉄骨構造物 (a)</p> <p style="margin-left: 40px;">a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)  該当なし</p> <p style="margin-left: 40px;">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 (△▲事象)  ・腐食・・・①  ・風などによる疲労・・・②</p> <p style="margin-left: 20px;">(2) リフト逆止弁 (b, c)</p> <p style="margin-left: 40px;">a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)  該当なし</p> <p style="margin-left: 40px;">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 (△▲事象)  ・応力腐食割れ・・・③  ・摩耗・・・④  ・基礎ボルトの劣化 (ケミカルアンカ)・・・⑤</p> <p style="margin-left: 20px;">(3) プロセス計測制御設備 (d)</p> <p style="margin-left: 40px;">a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)  該当なし</p> <p style="margin-left: 40px;">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 (△▲事象)  ・腐食 (筐体、スタンション、ベースプレート、サポート、チャンネルベース、取付ボルト及び架台保護管等の接液部)・・・⑥  ・腐食 (基礎ボルト)・・・⑦</p> <p style="margin-left: 20px;">(4) 制御設備 (e)</p> <p style="margin-left: 40px;">a. 高経年化対策上着目すべき経年劣化事象 (○事象)  該当なし</p> <p style="margin-left: 40px;">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 (△▲事象)  ・腐食 (筐体、チャンネルベース、取付ボルト及び架台)・・・⑧  ・腐食 (基礎ボルト)・・・⑨</p> <p>※1：絶縁低下 (絶縁体の水トリー劣化による絶縁低下を含む)、特性変化及び導通不良については、耐津波安全性に影響を及ぼすパラメータの</p>



変化とは無関係であるため記載は省略する。

### 3. 耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の抽出

「2. 想定される劣化事象」で整理した経年劣化事象①～⑨について、耐津波安全上考慮する必要のある経年劣化事象の有無について検討したプロセスを表 1-1 に整理した。

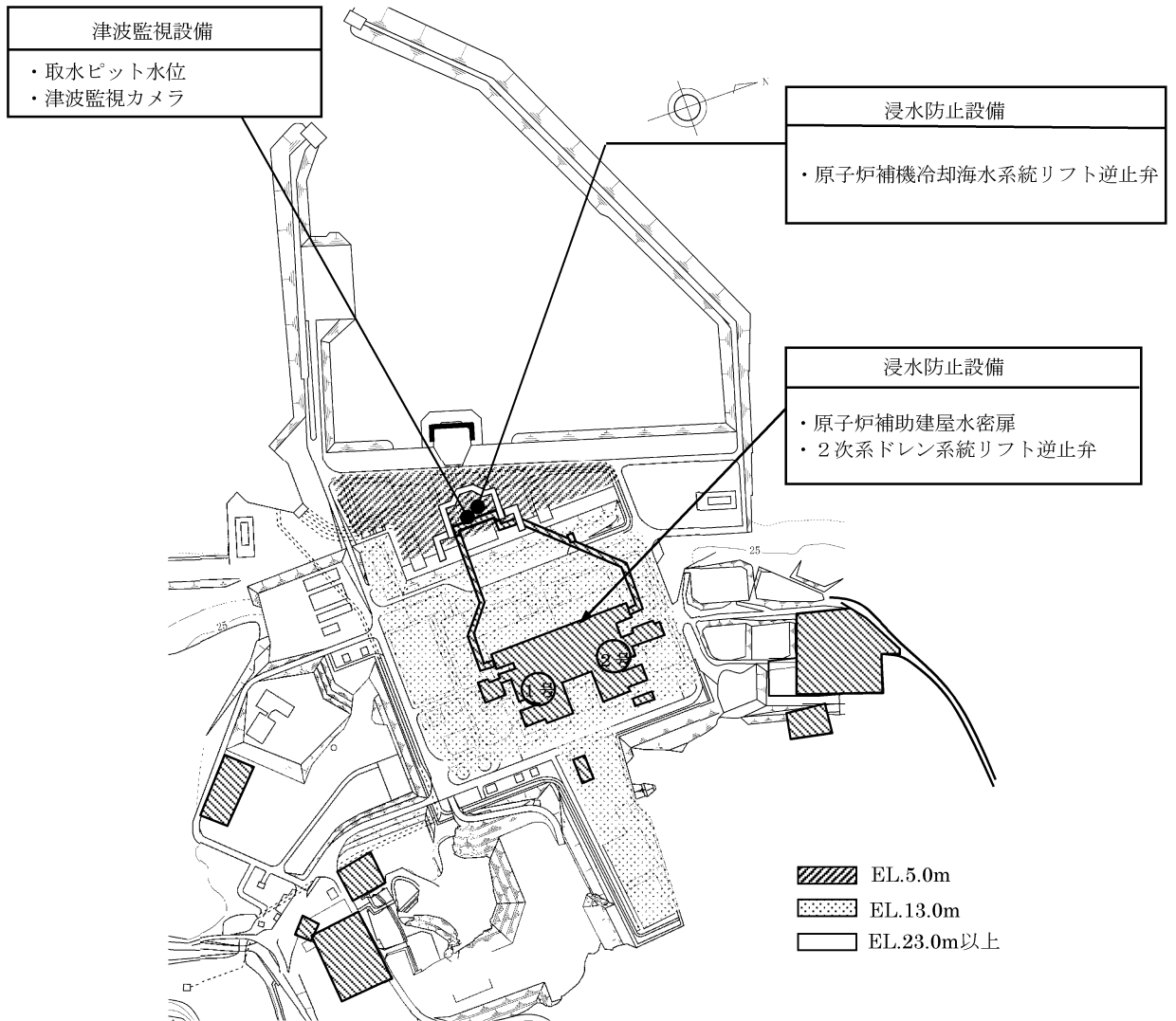
表 1-1 耐津波安全性を考慮する必要のある経年劣化事象の有無検討プロセス

技術審査で想定される経年劣化事象		ステップ1	ステップ2	ステップ3
高経年劣化 第1着目 及び経年劣 化事象	「①」①～⑨を除く経年劣化事象	○	現在発生し、現時点で今後、発生 の可能性がないもの、又は発生し ない。	
		△	現在発生していないが、又は将来に おいては想定される可能性がある ものの、	構造・強度に及ぶ上水位上・軽微 もしくは無視し得る劣化事象 構造・強度に及ぶ上水位上・軽微 もしくは無視し得る劣化事象
高経年劣化 第1着目以 下の経年劣 化事象に 関する事象	①*	○	現在発生し、現時点で今後、発生 の可能性がないもの、又は発生し ない。	
		△	現在発生していないが、又は将来に おいては想定される可能性がある ものの、	構造・強度に及ぶ上水位上・軽微 もしくは無視し得る劣化事象 構造・強度に及ぶ上水位上・軽微 もしくは無視し得る劣化事象
	▲	現時点での運転経歴や使用条件の取得 が資料に反映が乏しく、運転履歴が乏 しく、今後の経年劣化の進展が予測でき ない、又は進展傾向が不明であること から想定される経年劣化事象	②⑤	⑦⑨ ①③④⑤⑧

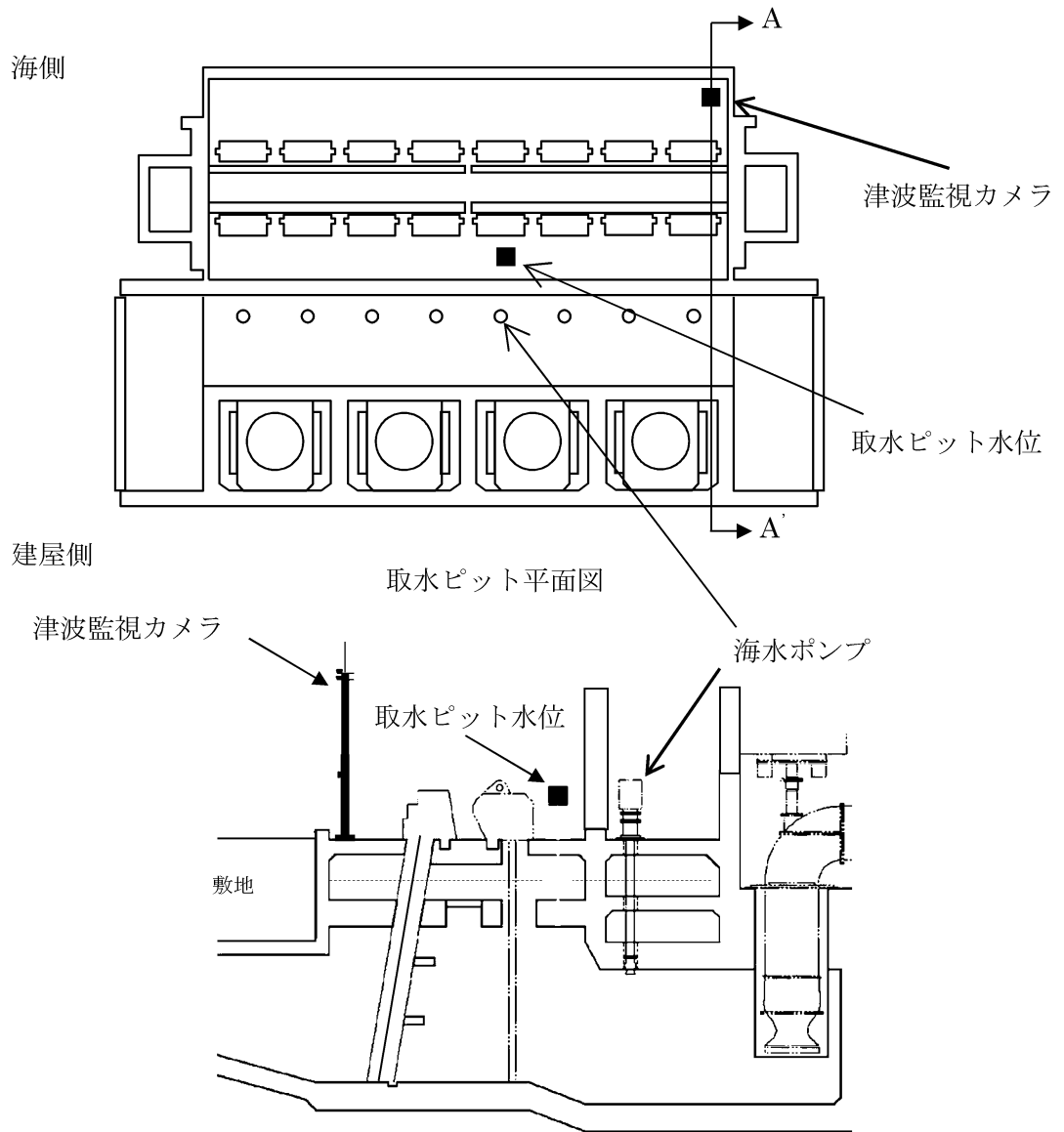
○：高経年劣化対策：着目：①～⑨経年劣化事象に該当しない事象（日常劣化管理事象）  
 ▲：高経年劣化対策：着目：①～⑨経年劣化事象に該当しない事象（日常劣化管理事象以外）  
 △：耐性劣化：二種目  
 ○：高経年劣化対策：着目：①～⑨経年劣化事象に該当しない事象（①～⑨）  
 △：高経年劣化対策：着目：①～⑨経年劣化事象に該当するもの、又は、日常劣化管理事象であるが、現在発生していない、今  
 後発生する可能性がないもの、又は発生しないものとして評価対象から除外  
 ○：高経年劣化対策：着目：①～⑨経年劣化事象に該当する、現在発生していない、今後発生する可能性がないもの、又は発生しないものとして評価対象から除外  
 △：構造・強度に及ぶ上水位上・軽微もしくは無視し得る劣化事象（評価対象から除外）  
 ■：構造・強度に及ぶ上水位上・軽微もしくは無視し得る劣化事象（評価対象から除外）  
 \*：①は経年劣化と関係なく、既に活動により劣化傾向が顕著な状態であることを確認しているため、①は①に含める

以上より、川内2号炉の「浸水防護施設」については、◎となる対象は取水ピット水位、及び津波監視カメラの基礎ボルトの腐食であることから、経年劣化を考慮した耐津波安全性評価を実施する。

以上



浸水防護施設の概要



津波監視設備の配置