

本資料のうち、枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7補足-019-2 改8
提出年月日	2020年5月28日

資料2

津波への配慮に関する説明書に係る補足説明資料

2020年5月

東京電力ホールディングス株式会社

補改8-1

補足説明資料目次

I. はじめに

1. 入力津波の評価

今回提出範囲：

- 1.1 潮位観測記録の評価について
- 1.2 遡上・浸水域の評価の考え方について
- 1.3 港湾内の局所的な海面の励起について
- 1.4 管路解析のモデルについて
- 1.5 入力津波の不確かさの考慮について
- 1.6 遡上解析のモデルについて

2. 津波防護対象設備

- 2.1 津波防護対象設備の選定及び配置について
- 2.2 タービン建屋における耐震Sクラス設備の浸水影響について
- 2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について

3. 取水性に関する考慮事項

- 3.1 砂移動による影響確認について
- 3.2 原子炉補機冷却海水ポンプの波力に対する強度評価について
- 3.3 除塵装置の取水性への影響について
- 3.4 常用海水ポンプ停止手順について

4. 漂流物に関する考慮事項

- 4.1 設計に用いる遡上波の流速について
- 4.2 漂流物による影響確認について
- 4.3 燃料等輸送船の係留索の耐力について
- 4.4 燃料等輸送船の喫水と津波高さの関係について
- 4.5 浚渫船の係留可能な限界流速について
- 4.6 漂流物の衝突荷重算定式の適用性について
- 4.7 漂流物衝突を考慮した津波防護施設の設計について

5. 浸水防護施設の設計における補足説明
 - 5.1 耐津波設計における現場確認プロセスについて
 - 5.2 津波監視設備の設備構成及び電源構成について
 - 5.3 スロッシングによる海水貯留堰貯水量に対する影響評価について
 - 5.4 浸水防護施設の漏えい試験について
 - 5.5 津波による溢水に対して浸水対策を実施する範囲の考え方について

6. 工事計画変更認可後の変更手続き
 - 6.1 工事計画変更認可後の変更手続きの要否について

2.2 タービン建屋における耐震Sクラス設備の浸水影響について

2.2 タービン建屋における耐震 S クラス設備の浸水影響について

7号機のタービン建屋内には浸水するエリアに静的な耐震 S クラス設備（配管及び電路）が存在する。そのため、それらの存在するエリアを浸水防護重点化範囲として設定し、以下方針に従い影響評価を行った。

(1) 静的な耐震 S クラス設備（配管及び電路）の浸水防護重点化範囲の設定について

以下「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」にある記載を踏まえ、静的な耐震 S クラスの設備についても浸水防護重点化範囲を設定することとする。

「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド（抜粋）」

4.4 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

4.4.1 浸水防護重点化範囲の設定

【確認内容】

(1) 重要な安全機能を有する設備等（耐震 S クラスの機器・配管系）のうち、基本設計段階において位置が明示されているものについては、それらの設備等を内包する建屋、区画が津波防護重点範囲として設定されていることを確認する。

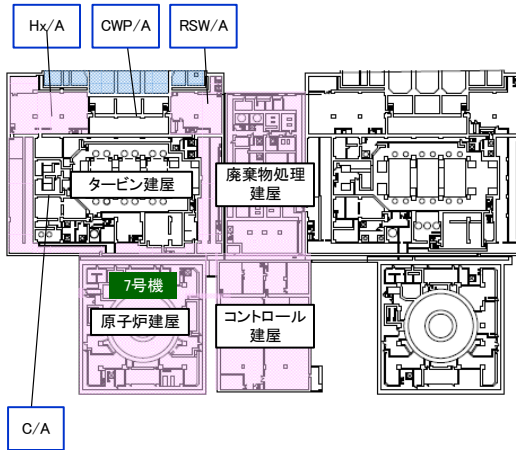
図 2.2-1 に静的な耐震 S クラスの設備の浸水防護重点化範囲を追加した 7号機の浸水防護重点化範囲を示す。

浸水防護重点化範囲

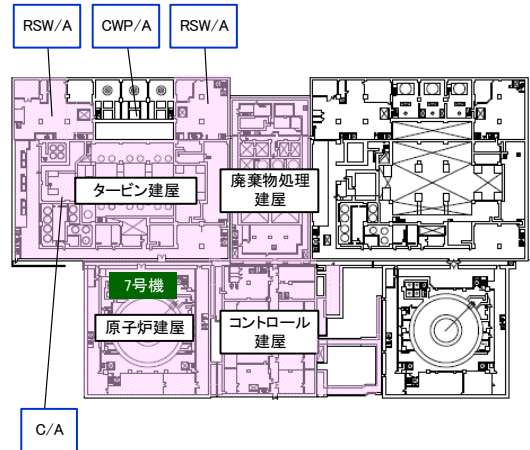
取水槽及び補機取水槽

凡例

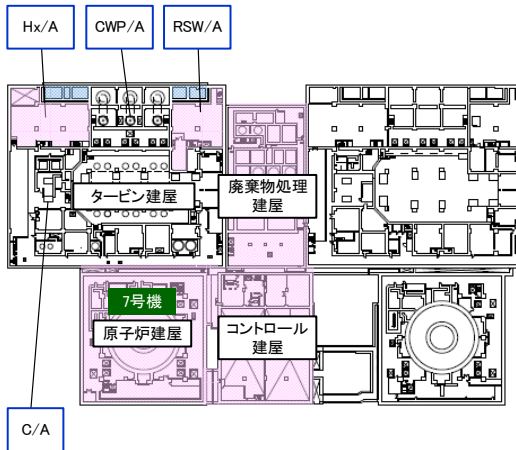
- タービン建屋内の主要なエリア
- ・CWP/A : 循環水ポンプを設置するエリア
- ・RSW/A : 非常用海水冷却系を設置するエリア
- ・C/A : 復水器を設置するエリア
- ・Hx/A : タービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア
- * 津波による浸水が想定されない地上2階以上は記載を省略する



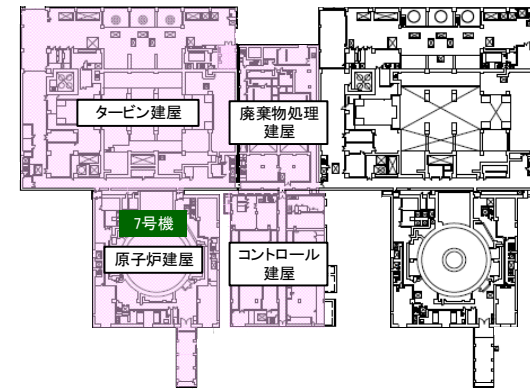
地下3階(タービン建屋地下2階)
* タービン建屋床面高さT.M.S.L.-5.1m



地下1階(タービン建屋地下1階)
* タービン建屋床面高さT.M.S.L.+4.9m



地下2階(タービン建屋地下中間2階)
* タービン建屋床面高さT.M.S.L.-1.1m



地上1階(タービン建屋地上1階)
* タービン建屋床面高さT.M.S.L.+12.3m

図 2.2-1 浸水防護重点化範囲

(2) 浸水防護重点化範囲の評価方針について

静的な耐震Sクラスの設備が設置されている浸水防護重点化範囲の一部については、地震に起因する溢水により浸水する。そのため、「耐津波設計方針に係る工認審査ガイド」に基づき範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。静的な耐震Sクラスの設備が設置され浸水を想定するエリアを図2.2-2及び図2.2-3に示す。

「耐津波設計方針に係る工認審査ガイド（抜粋）」

3.5 重要な安全機能を有する施設の隔離（内郭防護）

3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策

【規制基準における要求事項等】

津波による溢水を考慮した浸水範囲、浸水量を安全側に想定すること。浸水範囲、浸水量の安全側の想定に基づき、浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路、浸水口（扉、開口部、貫通口等）を特定し、それらに対して浸水対策を施すこと。

【確認内容】

（中略）

(4) 浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため、浸水防護重点化範囲への浸水量（漏水量）を確認するとともに、範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。

浸水防護重点化範囲

浸水防護重点化範囲
(浸水を想定するエリア)

取水槽及び補機取水槽

— 配管(Sクラス)
原子炉補機冷却水系
— 電路(Sクラス)
原子炉補機冷却水系

U 上階へ

地下3階(タービン建屋地下2階)
* タービン建屋床面高さT.M.S.L.-5.1m

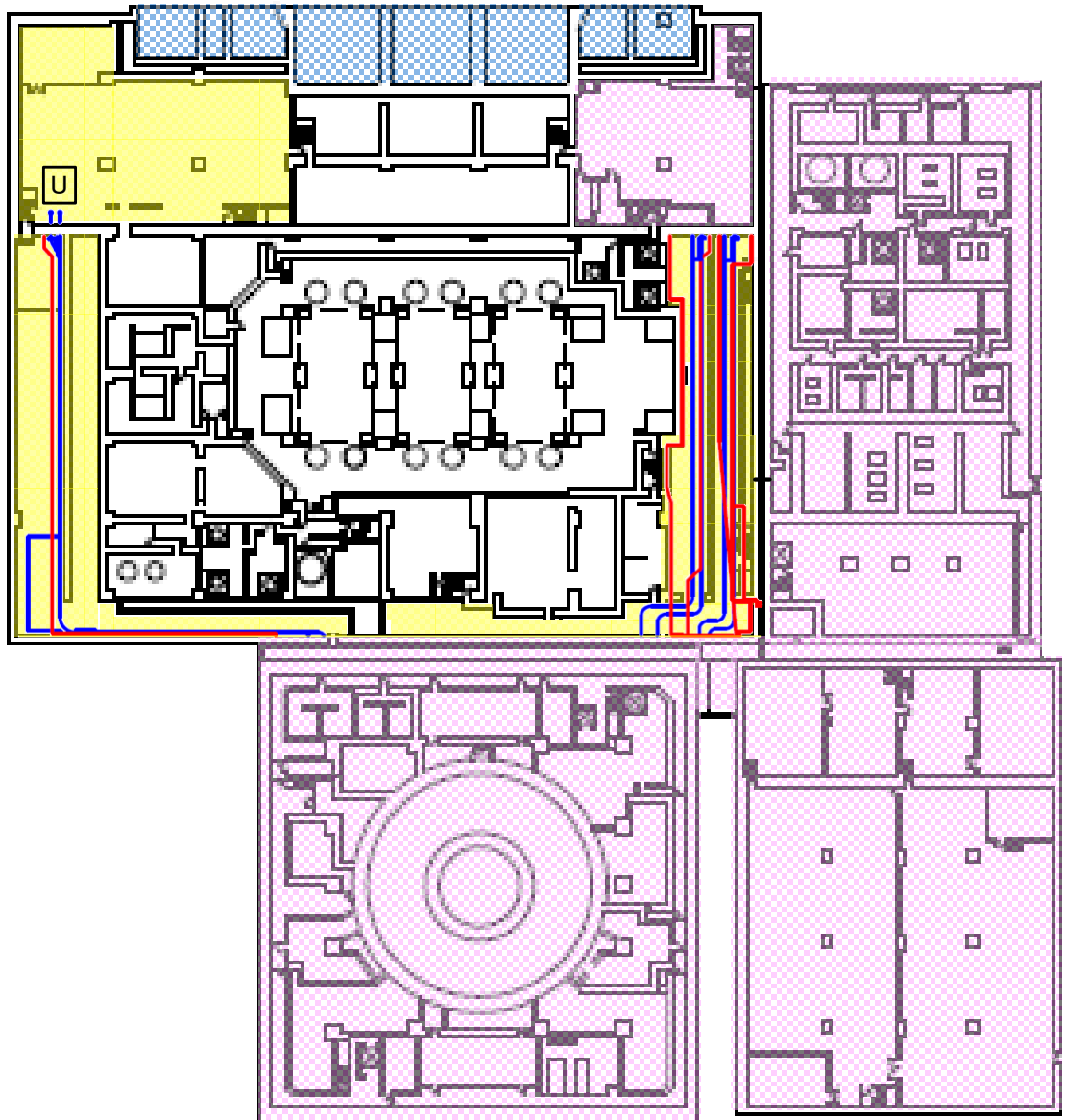


図 2.2-2 浸水防護重点化範囲詳細図 (タービン建屋地下2階)

浸水防護重点化範囲

浸水防護重点化範囲
(浸水を想定するエリア)

取水槽及び補機取水槽

— 配管(スラス)
原子炉補機冷却水系
— 電路(スラス)
原子炉補機冷却水系

U 上階へ

地下2階(タービン建屋地下中間2階)
* タービン建屋床面高さT.M.S.L.-1.1m

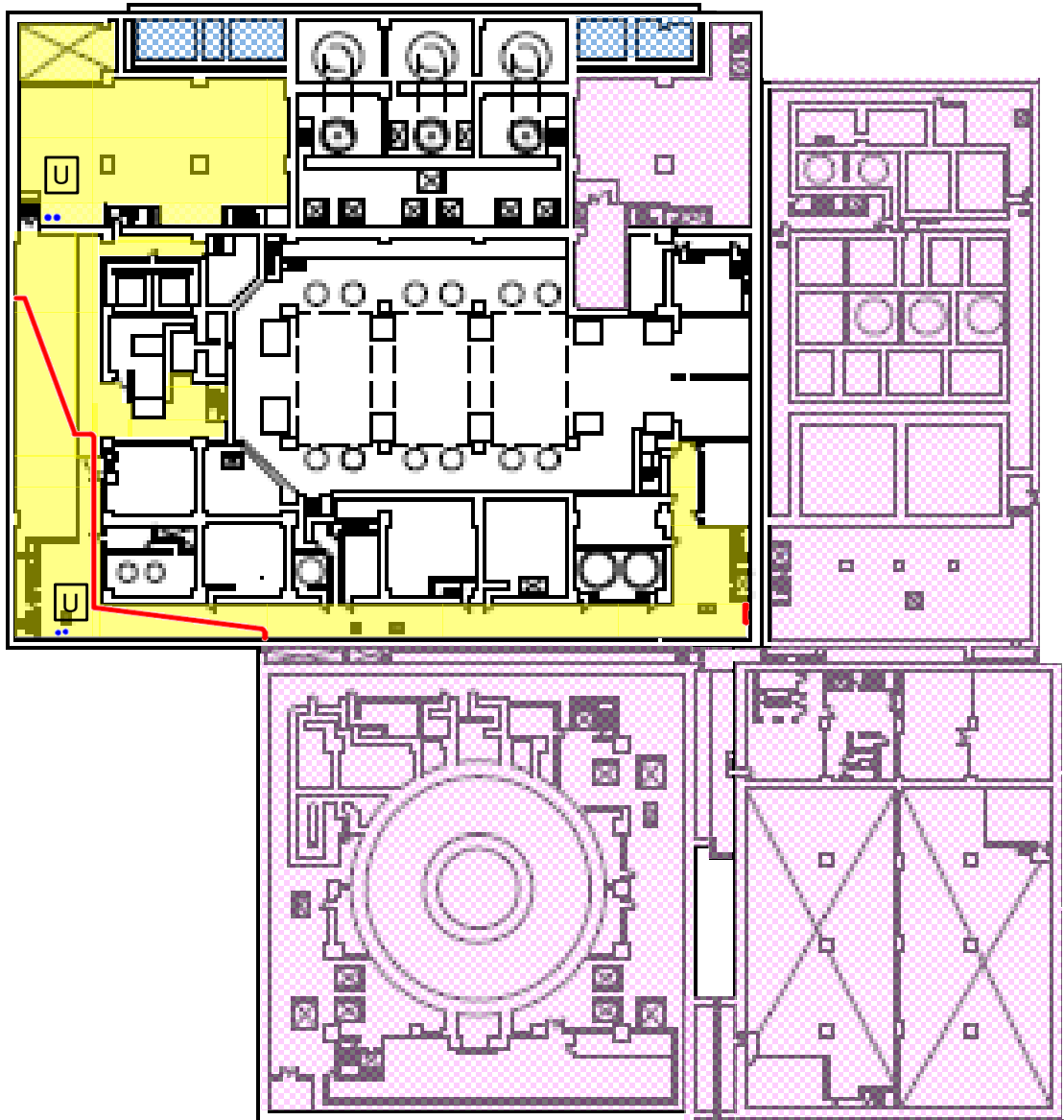


図 2.2-2 浸水防護重点化範囲詳細図 (タービン建屋地下中 2 階)

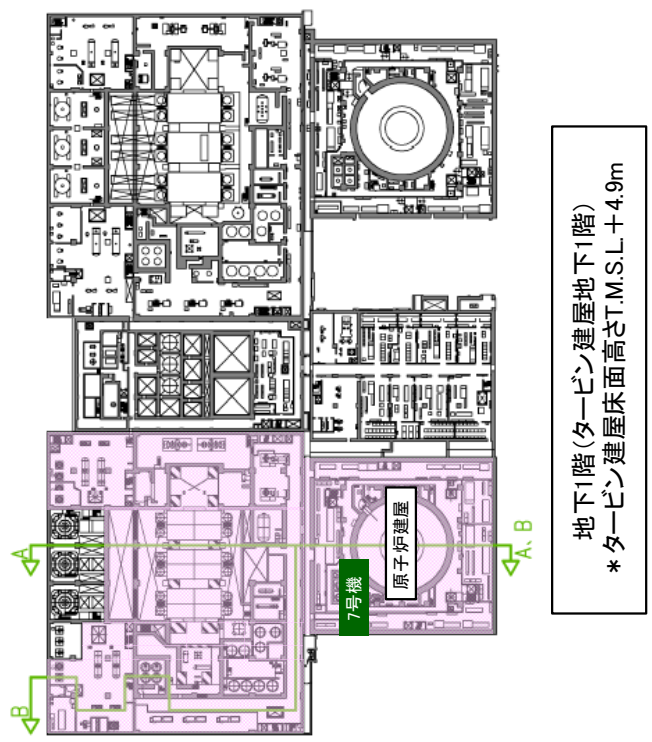


図2.2-3 浸水防護重点化範囲断面図

(3) 評価方法

タービン建屋内の復水器を設置するエリア（以下「復水器エリア」という。）及びタービン補機冷却水系熱交換器を設置するエリア（以下「タービン補機熱交換器エリア」という。）では、地震に起因する溢水（津波来襲前の隔離システムでの弁閉止までの伸縮継手部の破損箇所からの海水溢水及び低耐震クラス機器の破損による溢水）が発生するため、(2)で示した方針に基づき、Sクラス配管、電路（ケーブル）等への影響の有無を確認する。

影響評価は、下記表 2.2-1 に示すように、「① 水圧による損傷」及び「② 電気接続部の没水」の観点について配管及び電路（ケーブル）等に対して行う。

水圧の評価で使う溢水水位については、復水器エリアの溢水水位 T.M.S.L. 約+2.40m 及びタービン補機熱交換器エリアの溢水水位 T.M.S.L. 約-0.80m のうち保守的な評価となる復水器エリアの溢水水位 T.M.S.L. 約+2.40m を用いて評価を行う。

表 2.2-1 配管及び電路（ケーブル）等の影響評価方法

設備	系統	影響評価内容	
		① 水圧による損傷	② 電気接続部の没水
配管	原子炉補機冷却水系	・浸水による水頭圧（外圧）による配管の構造的損傷の可能性	—
電路（ケーブル）等	原子炉補機冷却水系	・浸水による水頭圧（外圧）による電路（ケーブル）の構造的損傷の可能性	・浸水する電路（ケーブル）の電気接続部の有無確認 ・電気接続部があれば、その没水による影響評価

(4) 評価結果

a. 配管

① 水圧による損傷評価（配管）

配管の外圧による許容圧力は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格（2005 年版（2007 年追補含む）） J S M E S N C 1 - 2005 / 2007（（社）日本機械学会）」に基づき、下記式を用いて算出を行った。表 2.2-2 に示す結果より、配管の許容圧力が復水器エリアにおける溢水水位 T.M.S.L. 約+2.40m を上回ることを確認した。

配管については、保守的に外形(D₀)／板厚(t)が最大となる配管を代表として選定した。なお、評価では内圧は大気圧とした。

$$t_s = \frac{3P_e D_0}{4B}$$

$$P_e = \frac{4Bt_s}{3D_0} \quad \text{(上記式を変形)}$$

表 2.2-2 ① 水圧による損傷評価（配管）

	原子炉補機冷却水系配管
外径 Do [mm]	609.6
板厚 t [mm]	9.5
製造上最小厚さ ts [mm]	
付録材料図 表 Part7 に より定まる値 B	21.9
材質	SM400C
許容圧力 Pe [MPa]	0.40
水頭圧 [MPa]	0.08 *1
許容圧力 > 水頭圧 判定	○

注記*1：タービン建屋最地下階床面（T.M.S.L. -5.1m）からタービン建屋溢水水位（T.M.S.L. 約+2.40m）までの水位の高さ（7.5m）の水頭圧を切り上げた値

b. 電路（ケーブル）等

① 水圧による損傷評価（電路（ケーブル））

電路（ケーブル）はシース（材料：難燃性特殊耐熱ビニル）で覆った構造であり，浸水時の水圧条件（静水圧換算：7.5m 以上）を考慮した設計であるため，没水時の外圧により機能喪失しない。また，海水に対する影響については，海水による浸水試験（試験時間：200 時間）を実施し，外観及び絶縁抵抗に影響がないことを確認している。

② 電気接続部の没水（電路（ケーブル）等）

没水する電路（ケーブル）等については溢水により機能を喪失する接続部（端子部）がないことを設備図書を用いて机上調査にて確認した。

タービン建屋内のケーブルの海水による浸水影響について

(1) ケーブルの浸水影響評価

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルは、原子炉建屋（格納容器外）に使用するケーブルを使用している。ケーブル仕様を表 2.3-参 1-1 に示す。これらのケーブルは、溢水により海水に没水する可能性があることからその健全性を確認する。

表 2.3-参 1-1 タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブル

名称	シース	絶縁体	系統
6600V 架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	難燃性 特殊 耐熱 ビニル	架橋 ポリエチレン	原子炉補機冷却水系 原子炉補機冷却海水系
600V 難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル		難燃性架橋 ポリエチレン	
難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル			
静電遮へい付難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル			

(2) ケーブルの耐環境試験

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルに対し、設置区画の環境条件における 40 年間の運転期間を包絡する環境、さらに原子炉建屋（格納容器外）の事故時環境を模擬した劣化条件による耐環境試験を実施し、劣化による影響を確認する。

a. 試験条件

表 2.3-参 1-2 に示す劣化条件により、劣化を模擬したケーブルに対して、以下の試験条件でマンドレル耐電圧試験を行う。

試験条件：ケーブル外径の約 40 倍の直径を持つ金属円筒の周囲にケーブルを巻き付け、真水中に浸漬させた状態で絶縁体厚さに対し、50 (Hz) または 60 (Hz) の交流電圧を印加。

表 2.3-参 1-2 建屋内環境条件及び試験時の劣化条件

対象ケーブル設置区画 環境条件		試験時の劣化条件		
周囲温度 (°C)	放射線量 (Gy / 40 年)	加速熱劣化	放射線照射線量 (Gy)	事故時雰囲気曝露
40	7.0×10^4	121°C* 168 時間*	5.0×10^5	最高 171°C 最高約 0.43MPa 約 25 時間

注記*：アレニウスの法則による 40°C，40 年を包絡する値

b. 試験結果

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルに対し，設置区画の環境条件における 40 年間の運転期間を包絡する環境，さらに原子炉建屋（格納容器外）の事故時環境を模擬した劣化条件による耐環境試験を実施し，機械的・電氣的な健全性を確認した。

(3) ケーブルの浸水課電試験

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルは，海水等による浸水課電試験を実施し，海水の浸水による影響を確認する。

a. 試験条件

浸水課電試験に用いた水溶液を以下に，課電試験条件を表 2.3-参 1-3 に示す。

試験水溶液：標準海水，硫酸水溶液 (3wt%)，カセイソーダ水溶液 (3wt%)，
水酸化カルシウム水溶液 (0.5wt%)

表 2.3-参 1-3 浸水課電試験条件

名称	電圧 (V)	時間* ³ (h)	水溶液温度* ⁴ (°C)
6600V架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	4000* ¹	200	90
600V難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	480* ²	200	90
難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル	480* ²	200	90
静電遮へい付難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル	480* ²	200	90

注記*1：大地間電圧に余裕を考慮した値

*2：パワーセンタ及びモータコントロールセンタ電圧と同電圧値

*3：7日間（168時間）に余裕を考慮した値

*4：ケーブル絶縁体の連続許容温度

b. 試験結果

浸水課電試験の結果は表 2.3-参 1-4 のとおりであり、海水等の浸水による影響は十分小さいことを確認した。

表 2.3-参 1-4 浸水課電試験結果

名称	絶縁抵抗 (MΩ-km)				
	判定基準*	結果			
		標準毎水	硫酸水溶液 (3wt%)	カセイソーダ水溶液 (3wt%)	水酸化カルシウム水溶液 (0.5wt%)
6600V架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル	100 ≧	15000	12000	7000	12000
600V難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシース電力ケーブル		1300	1100	1400	1300
難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル		2000	1300	1600	1800
静電遮へい付難燃性架橋ポリエチレン絶縁 難燃性特殊耐熱ビニルシースケーブル		10000	5000	10000	10000

注記*：高圧電動機絶縁抵抗判定基準 5MΩ（回転電気機械一般（JEC-2100-2008）に基づき計算）を上回る値，低圧電路絶縁性能判定基準 0.4MΩ（電気設備に関する技術基準を定める省令（電気設備の技術基準の解釈））を上回る値

(4) まとめ

タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルに対し、設置区画の環境条件における40年間の運転時間を包絡する環境、さらに原子炉建屋（格納容器外）の事故時環境を模擬した劣化条件による耐環境試験を実施し、健全性を確認した。また、海水等による浸水課電試験を実施し、海水等の浸水による影響が十分小さいことを確認した。

耐環境試験におけるマンドレル耐電圧試験は、海水中ではなく真水中で行われているが、いずれも導電性を有する水中であり、浸水課電試験の絶縁抵抗測定結果に、水溶液による有意な違いがないことから、試験する水溶液によるマンドレル耐電圧試験結果への影響は十分小さい。

したがって、タービン建屋内に設置している原子炉補機冷却水系等のケーブルは海水に没水しても健全性は維持される。

2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について

2.3 耐津波設計における浸水防護重点化範囲との境界について

(1) 復水器出入口弁等の目的について

津波が発生した場合、海から取水路・放水路を介して、タービン建屋に設置している循環水配管・タービン補機冷却海水配管・原子炉補機冷却海水配管に海水が流入する。地震の従属事象として津波が発生する場合、地震により低耐震クラスの循環水配管・タービン補機冷却海水配管が破損し、そこからの海水の流入が想定される。

柏崎7号機においては、地震後に発生する溢水を検知し、「復水器出入口弁」及び「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁」を自動閉止するインターロックを設置し、地震後の津波によるタービン建屋内に発生する溢水量を低減するとともに、津波波力の影響を軽減することとしている。よって、「復水器出入口弁」及び「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁」は、耐津波設計において溢水量の低減及び津波波力の影響軽減を目的とした弁であり、津波による影響が発生することを防止する「浸水防止設備」には該当しないと整理している。図 2.3-1 に各弁の設置概要図を示す。

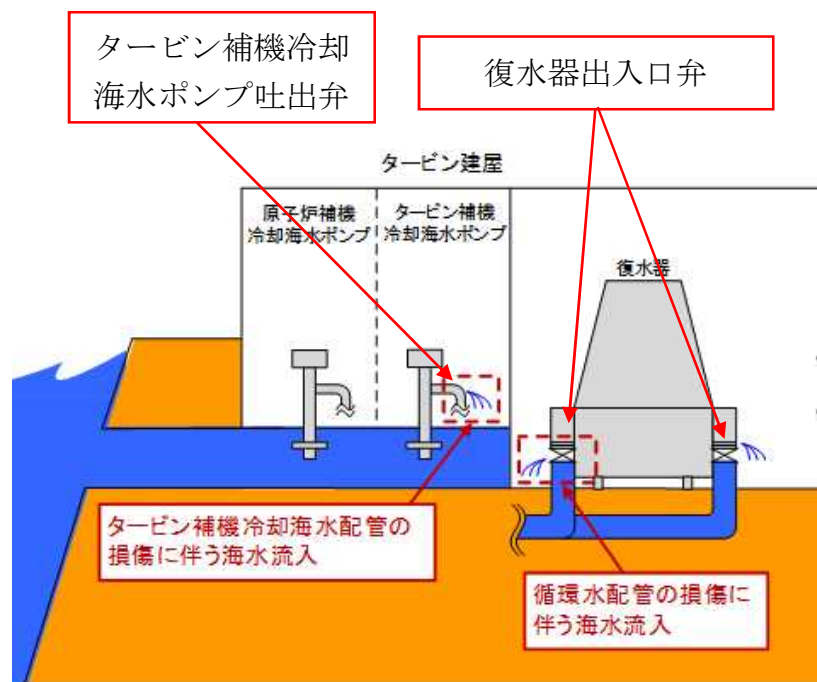


図 2.3-1 「復水器出入口弁」及び「タービン補機冷却海水ポンプ吐出弁」設置概要図

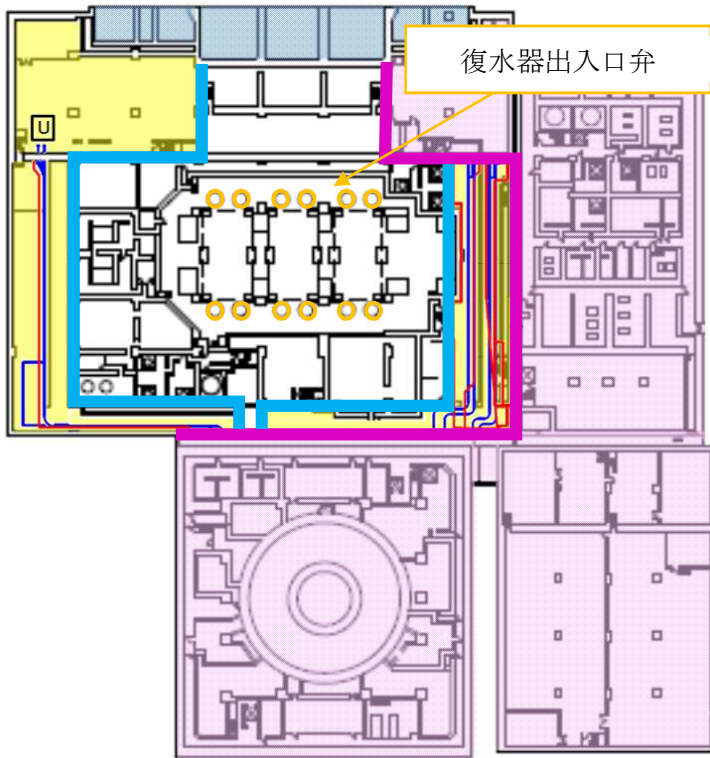
(2) 浸水防護重点化範囲の境界について

防護対象となる重要な安全機能を有する設備等を区画単位にグルーピングした上で、当該単位を浸水防護重点化範囲として設定する。

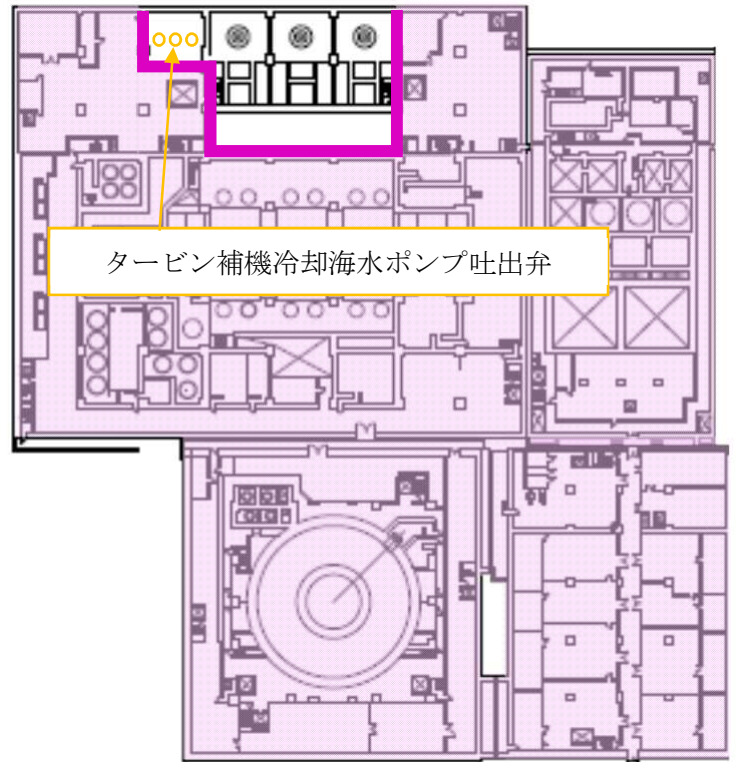
浸水を想定する浸水防護重点化範囲以外の浸水防護重点化範囲へ浸水をさせないため、境界に水密扉、床ドレンライン浸水防止治具、貫通部止水処置を設置し、「耐津波設計に係る工認審査ガイド」上の浸水防止設備として整理し、耐震・強度評価を実施する。

浸水を想定する浸水防護重点化範囲においては、当該エリアに設置している機器の安全性評価を実施する。

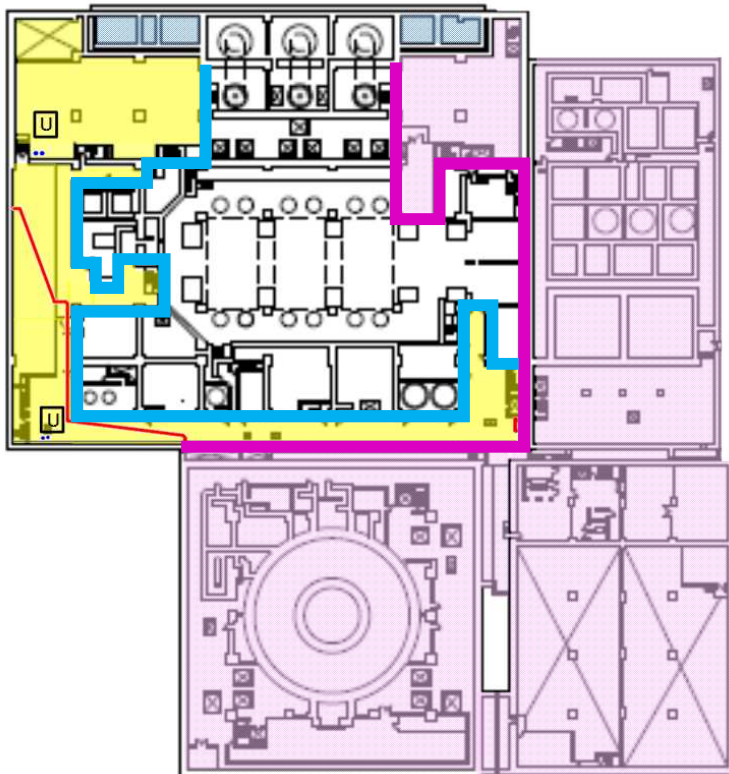
図 2.3-2 に「タービン建屋の浸水防護重点化範囲境界の整理」、図 2.3-3 に「内郭防護の浸水対策を実施する範囲の境界の整理」、及び表 2.3-1 に「ガイドの要求事項と各境界の対応状況」を示す。



(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



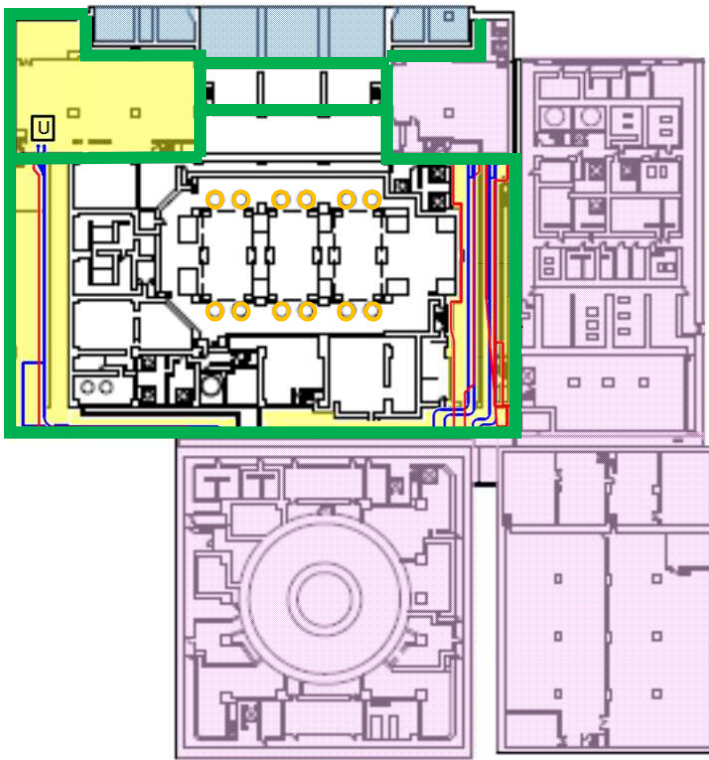
(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)



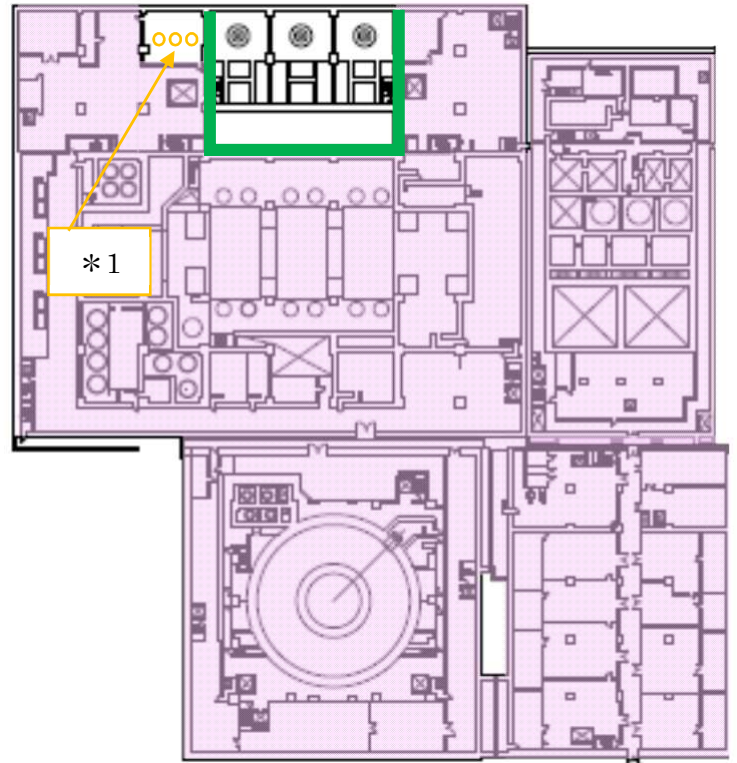
(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)

- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲との境界②
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア) との境界①
- : 静的な耐震Sクラス電路
- : 静的な耐震Sクラス配管
- U : 上階へ

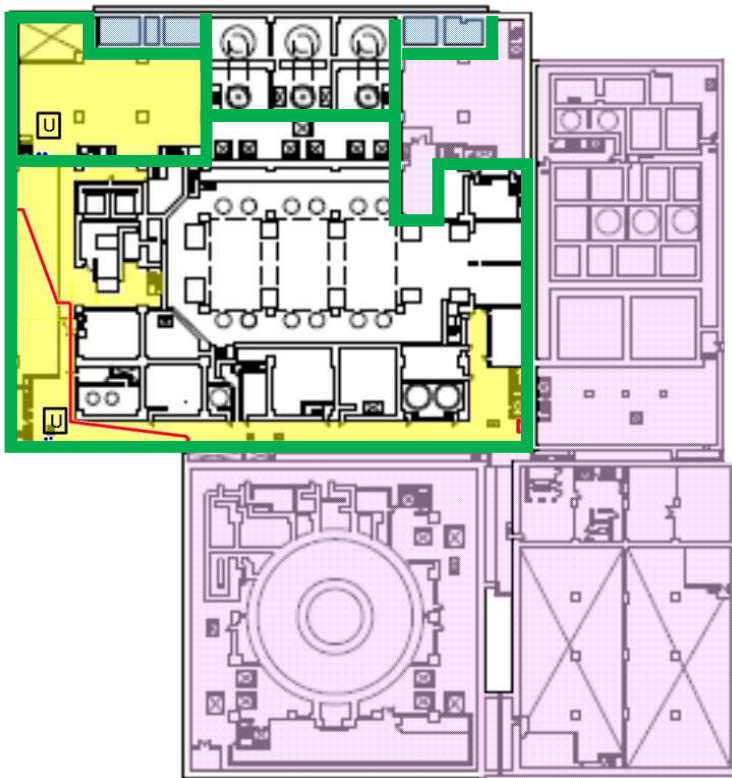
図 2.3-2 タービン建屋の浸水防護重点化範囲境界の整理
資料 2-2.3-3



(1) タービン建屋地下2階 (T.M.S.L. -5.1m)



(3) タービン建屋地下1階 (T.M.S.L. 4.9m)





(2) タービン建屋地下中2階 (T.M.S.L. -1.1m)

- : 浸水防護重点化範囲
- : 浸水防護重点化範囲 (浸水を想定するエリア)
- : 耐津波設計において内郭防護の浸水対策を実施する範囲
- : 静的な耐震Sクラス電路
- : 静的な耐震Sクラス配管

注記*1: 溢水の発生防止のためタービン補機冷却海水系を耐震強化実施し、溢水が発生しないエリア

図 2.3-3 内郭防護の浸水対策を実施する範囲の境界の整理

表 2.3-1 ガイドの要求事項と各境界の対応状況

ガイドに記載されている「規制基準における要求事項等」, 「確認内容」		浸水防護重点化範囲（浸水を想定するエリア）との境界 境界① 	浸水防護重点化範囲との境界 境界② 
3.5.2 浸水防護重点化範囲の境界における浸水対策	津波による溢水を考慮した浸水範囲, 浸水量を安全側に想定すること。	復水器出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁が閉止するまでにポンプが起動し続け配管破損箇所からの溢水が流入すると想定	同左
	浸水範囲, 浸水量の安全側の想定に基づき, 浸水防護重点化範囲への浸水の可能性のある経路, 浸水口（扉, 開口部, 貫通口等）を特定し, それらに対して浸水対策を施すこと。	境界の壁には貫通口等があるため浸水を想定するが, 浸水量の低減及び津波波力の影響軽減のために復水器出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁を自動閉止するインターロックを設置	境界の壁・床の貫通口等に浸水対策を実施
	【確認内容】(3) 浸水防護重点化範囲の境界において特定した経路, 浸水口における浸水防止設備の位置・仕様・強度を確認する。（中略） 確認の詳細を「5. 浸水防止設備に関する事項」に示す。	— （浸水防止設備ではないが, 地震後の浸水量を低減させるため, 復水器出入口弁及びタービン補機冷却海水ポンプ吐出弁の Ss 機能維持を確認）	浸水対策として設置した水密扉・床ドレンライン浸水防止治具・貫通部止水処置・取水槽閉止板を浸水防止設備として位置づけ耐震・強度計算を実施
	【確認内容】(4) 浸水範囲への浸水が安全機能への影響がないことを確認するため, 浸水防護重点化範囲への浸水量（漏水量）を確認するとともに, 範囲内への浸水が重要な安全機能を有する設備等の機能に影響を及ぼさないことを確認する。浸水量評価及び安全評価の確認の詳細を「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」に示す。	復水器エリアは T.M.S.L. 約 +2.4m まで浸水すると想定。 重要な安全機能を有する設備等として静的機器（耐震 S クラス配管・電路）がある。 「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」(*) に沿った評価を実施	—

「7. 浸水量評価に基づく安全性評価」(*)：の関連箇所

【耐津波設計に係る工認審査ガイド（抜粋）】

7.7 安全性評価

(1) 対象設備に作用する浸水に対して，設備の設計上，適切と認められる規格及び基準等に基づき，機能の保持を基本に許容限界を設定していることを確認する。浸水に対する適当な規格及び基準等が無い場合，耐震設計等に係る規格及び基準等を準用していることを確認する。

(2) 許容限界は，各設備の損傷モードを踏まえ設定されていることを確認する。

(中略)

② 静的設備（機器）

・配管，弁，熱交換器，タンク等

a) 浸水に伴い静的設備に作用する荷重（静水頭圧，波圧，衝撃力，浮力等）に対して，防護対象設備が降伏し塑性変形するような場合でも，設備の耐圧，耐漏洩機能が保持されるように許容限界が設定されていること。

b) 静的設備に作用する荷重は(7.2)の浸水量評価値に対して余裕を考慮した値を用いて算出していること。また，静水頭圧（浸水深）算出に用いる防護対象設備の設置区画の床面積は，内包する設備等の占有面積を安全側に考慮した値となっていること。