

島根原子力発電所 2 号炉 津波による損傷の防止

論点 5「浸水防護重点化範囲の設定」

(コメント回答)

令和 2 年 1 月
中国電力株式会社

審査会合における指摘事項【論点5】

■ 指摘事項（平成31年2月26日 第686回審査会合）

【No.5（論点5）浸水防護重点化範囲の設定】

原子炉補機海水系及び高圧炉心スプレイ補機海水系の配管及び電路などは、取水槽海水ポンプエリアから原子炉建屋への経路としてタービン建屋を通過しているが、浸水の影響を受ける津波防護対象設備ではないため、タービン建屋を浸水防護重点化範囲としていない。これらの配管、電路について、地震・津波時の浸水状況を踏まえ、その構造・仕様が浸水の影響を受けないものであることを説明すること。

1. 「浸水の影響を受ける津波防護対象設備ではない」としている設備及びその止水措置の構造・仕様の網羅的な提示
2. 「浸水の影響を受ける津波防護対象設備ではないため浸水防護重点化範囲としていない」としている建物・構築物の範囲の網羅的な提示
3. この建物・構築物の範囲における地震・津波時の浸水状況を踏まえた系統・設備の機能喪失要因の抽出（例えば下位クラス設備，資機材の漂流，衝突等）
4. 浸水による影響を受けないことの具体的な根拠（機能喪失要因による影響が否定できること）

■ 回答まとめ

- 「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」を踏まえ、タービン建物，取水槽循環水ポンプエリアを含む耐震Sクラスの設備を内包する建物・区画を浸水防護重点化範囲として設定する。（P.2参照）
- 浸水防護重点化範囲への津波の流入を防止するため，海域に接続する低耐震クラス機器である循環水系配管等に対し，津波を流入させないようインターロックによる隔離弁閉止等の津波流入防止対策を実施する。（P.3～6参照）
- 地震により低耐震クラス機器が損傷した場合においても，津波流入防止対策により損傷した機器を介した津波の流入はないことから，タービン建物，取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備への浸水影響については，設置許可基準規則第9条「溢水による損傷の防止等」のうち，地震起因による溢水と同じ評価となる。（P.7～10参照）

浸水防護重点化範囲の設定

- 「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」を踏まえ、耐震 Sクラスの設備を内包する以下の建物・区画を浸水防護重点化範囲として設定する。
- 以上より、タービン建物の一部の区画及び取水槽循環水ポンプエリアを浸水防護重点化範囲として新たに設定した。

【浸水防護重点化範囲】

- ・原子炉建物
- ・タービン建物の一部の区画
- ・廃棄物処理建物の一部の区画
- ・制御室建物の一部の区画
- ・取水槽海水ポンプエリア
- ・取水槽循環水ポンプエリア
- ・非常用ディーゼル燃料設備及び排気筒を敷設する区画
- ・屋外配管ダクト（タービン建物～排気筒）
- ・屋外配管ダクト（タービン建物～放水槽）
- ・屋外配管ダクト（復水貯蔵タンク～原子炉建物）／燃料移送系配管ダクト

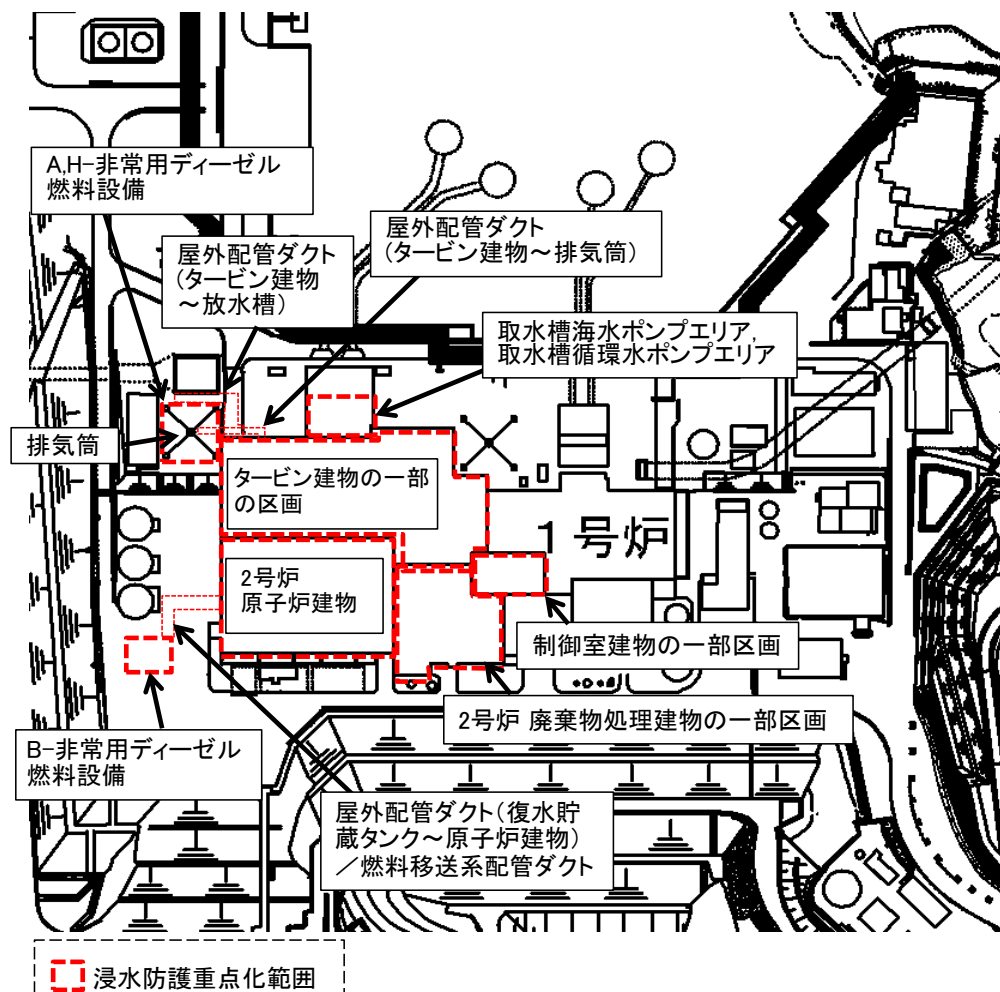


図 浸水防護重点化範囲概略図

海域に接続する低耐震クラス機器の経路

- 浸水防護重点化範囲への影響評価にあたっては、「地震による溢水の影響」（地震による低耐震クラス機器の損傷による保有水の溢水及び損傷箇所を介した津波の流入）を考慮する。
- 地震による低耐震クラス機器の損傷後に津波が襲来する場合に、損傷箇所を介した津波の流入が想定される海域に接続する低耐震クラス機器の経路を以下に示す。

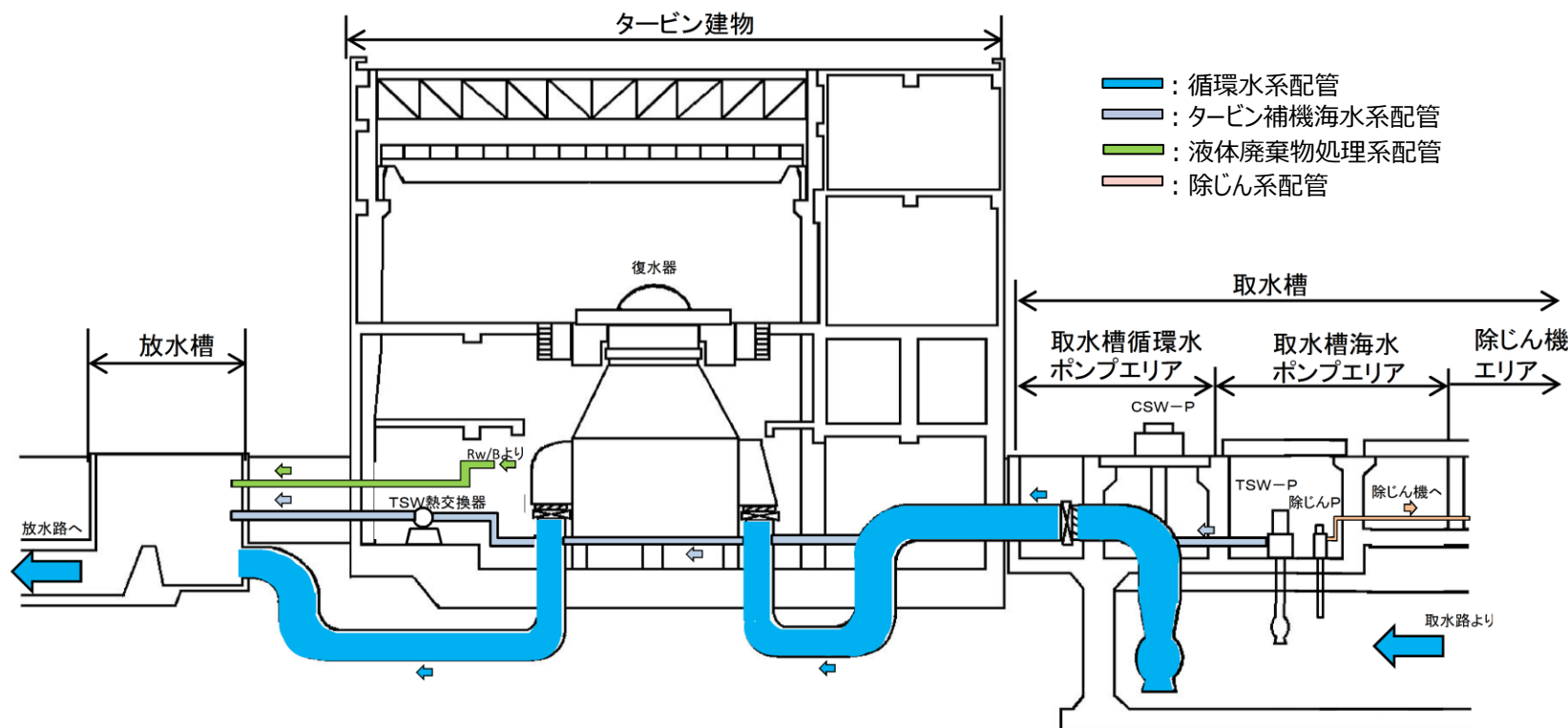


図 海域に接続する低耐震クラス機器の経路

津波の流入防止対策の概要

➤ 海域に接続する低耐震クラス機器の損傷箇所を介した津波の流入を防止するため、以下のとおり対策を実施する。

【循環水系，タービン補機海水系の対策】

- 循環水系は，地震大信号と漏えい検知器動作のAND条件でインターロックが作動し，ポンプ出口弁及び復水器出入口弁が閉止することにより津波の流入を防止する。
- タービン補機海水系は，循環水系と同条件のインターロックによりポンプ出口弁を閉止するとともに，出口側配管の逆止弁により津波の流入を防止する（津波襲来に係る時系列についてはP.5参照）。

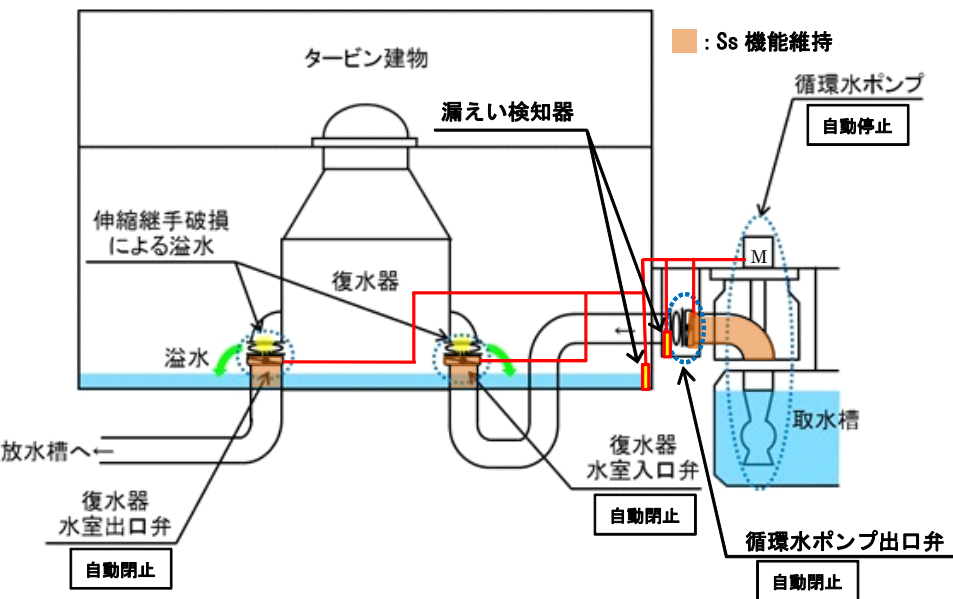


図 循環水ポンプ停止及び循環水系弁閉止インターロック設置概要図

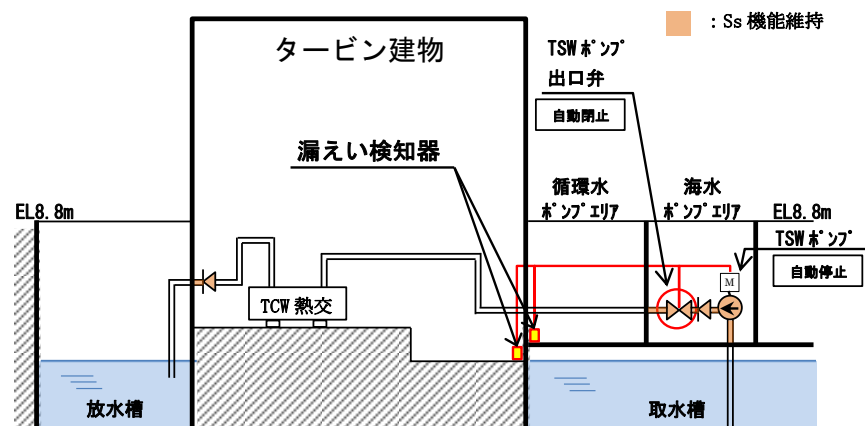


図 タービン補機海水系概要図

【液体廃棄物処理系，除じん系の対策】

- 液体廃棄物処理系については，出口側配管の逆止弁により津波の流入を防止する。
- 除じん系は，基準地震動Ssによる地震力に対してバウンダリ機能を維持する設計とし，津波の流入を防止する。

津波襲来に係る時系列

➤ 海域活断層に想定される地震による津波及び日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列

- 循環水系及びタービン補機海水系に設置したインターロックにより津波襲来前に弁の閉止が可能。

時系列	▼地震(海域活断層) ▼溢水発生 ▼海域活断層に想定される地震による津波襲来
循環水系	インターロックによるポンプ停止及び弁閉止
タービン補機海水系	インターロックによるポンプ停止及び弁閉止

図 海域活断層に想定される地震による津波襲来に係る時系列

時系列	▼地震(敷地近傍) ▼溢水発生 ▼地震後点検 ▼日本海東縁部に想定される地震による津波襲来
循環水系	インターロックによるポンプ停止及び弁閉止
タービン補機海水系	インターロックによるポンプ停止及び弁閉止

図 日本海東縁部に想定される地震による津波襲来に係る時系列

津波の流入防止対策まとめ

➤ 海域に接続する低耐震クラス機器に対して、以下のとおり津波流入防止対策を実施することにより、損傷箇所を介した津波の流入はない。

表 浸水の可能性のある経路に対する津波流入防止対策

系統	津波流入防止対策	
	取水側	放水側
循環水系	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロックによるポンプ出口弁閉止 ・ポンプ出口弁までの範囲を基準地震動Ssによる地震力に対してバウンダリ機能を維持 	<ul style="list-style-type: none"> ・インターロックによる復水器出口弁閉止 ・復水器出口弁までの範囲を基準地震動Ssによる地震力に対してバウンダリ機能を維持
タービン補機海水系		<ul style="list-style-type: none"> ・逆止弁設置 ・逆止弁までの範囲を基準地震動Ssによる地震力に対してバウンダリ機能を維持
液体廃棄物処理系 (ランドリードレン)	対象なし	
除じん系	<ul style="list-style-type: none"> ・基準地震動Ssによる地震力に対してバウンダリ機能を維持 	対象なし

タービン建物等に設置する耐震Sクラスの設備への浸水影響

タービン建物等に設置する耐震Sクラスの設備

- 津波流入防止対策により津波は流入しないことから、タービン建物、取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備への浸水影響については、設置許可基準規則第9条「溢水による損傷の防止等」のうち、地震起因による溢水と同じ評価となる。
- タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備は以下の通り。

表 タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備

設置区画	設備	
タービン建物	原子炉補機海水系	配管・手動弁
		ケーブル
	高圧炉心スプレイ補機海水系	配管・手動弁
		ケーブル
	非常用ディーゼル発電機系	配管・手動弁
高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系	配管・手動弁	
	ケーブル	
非常用ガス処理系	配管・手動弁	
取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系	配管・手動弁 (ストレーナ含む)
		ケーブル
	高圧炉心スプレイ補機海水系	配管・手動弁 (ストレーナ含む)
		ケーブル

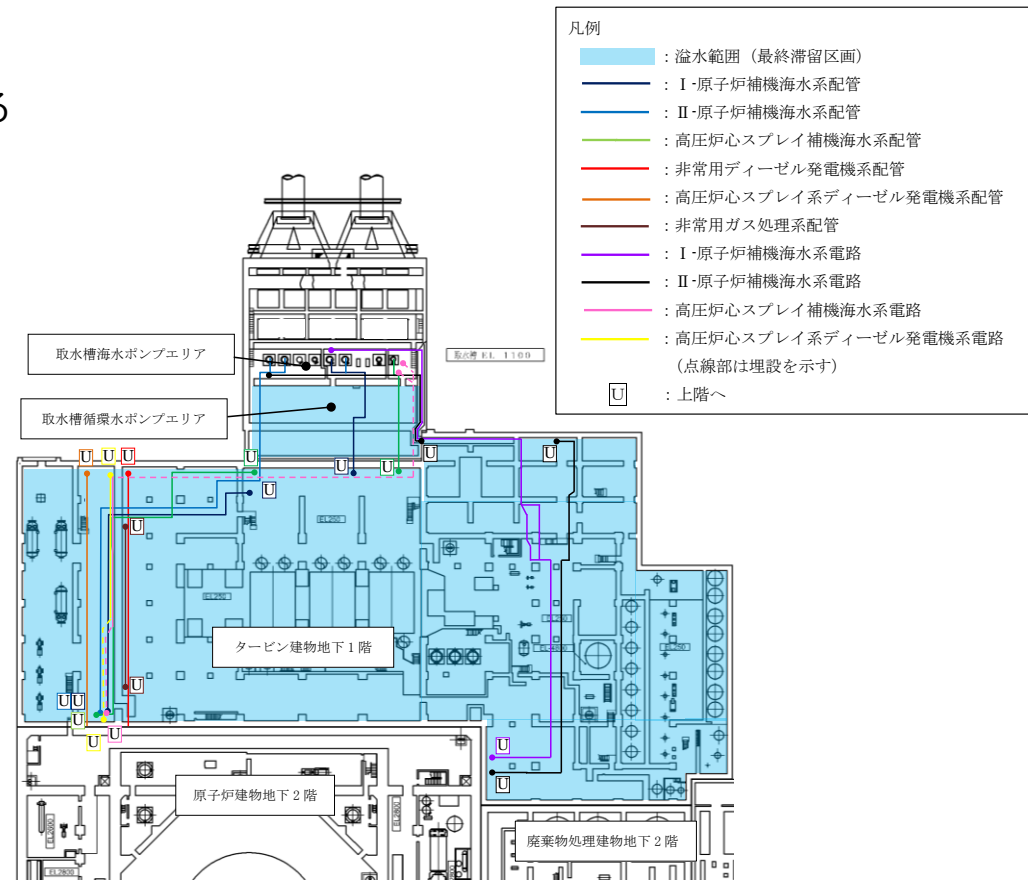


図 タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備の配置

浸水による機能喪失要因と地震・津波時の浸水による影響検討結果

- タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアに設置する耐震Sクラスの設備の浸水による機能喪失要因と各機能喪失要因に対する地震・津波時の浸水による影響検討結果を下表に示す。
 - 機能喪失要因「(1)水圧による損傷」, 「(2)電気接続部の没水」については, 第9条(溢水による損傷の防止等)において, 地震・津波時の浸水により機能喪失しないことを確認した(P.9,10参照)。
 - 津波流入により生じる漂流物については, 津波流入防止対策(P.4~6参照)を実施することから, タービン建物及び取水槽循環水ポンプエリアともに津波の流入はなく漂流物は生じない。

表 浸水による機能喪失要因と地震・津波時の浸水による影響検討結果

設備	設置区画	系統	機能喪失要因と浸水による影響検討結果	
			(1)水圧による損傷	(2)電気接続部の没水
配管・手動弁 (ストレーナ含む)	タービン建物	原子炉補機海水系	【機能喪失要因】 地震・津波時の浸水による水頭圧(外圧)により, 配管の構造的損傷の可能性がある。	-
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
		非常用ディーゼル発電機系		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機系		
		非常用ガス処理系		
	取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系	【影響検討結果】 地震・津波時の浸水による水頭圧(外圧)に対し, 機能喪失しないことを確認。(P.9,10参照)	
ケーブル	タービン建物	原子炉補機海水系	【機能喪失要因】 地震・津波時の浸水による水頭圧(外圧)により, ケーブルの構造的損傷の可能性がある。	【機能喪失要因】 地震・津波時の浸水が電気接続部に接することで, 機能喪失する可能性がある。
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
		高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機		
	取水槽循環水ポンプエリア	原子炉補機海水系	【影響検討結果】 地震・津波時の浸水による水頭圧(外圧)に対し, 機能喪失しないことを確認。(P.9,10参照)	【影響検討結果】 没水するケーブルについて, 接続部(端子部)がないことを確認。(P.9,10参照)
		高圧炉心スプレイ補機海水系		
		高圧炉心スプレイ補機海水系		

タービン建物における配管，ケーブルに対する地震・津波時の浸水による影響検討結果

第789回審査会合資料 資料1-3「島根原子力発電所2号炉 溢水による損傷の防止等」(9.1.4 タービン建物に設置されている防護対象設備について) より引用

- 配管は「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007) に基づき，機器の外圧に対する許容圧力が没水時（タービン建物最大溢水水位EL4.9m）の外圧に対して上回ることを確認。
- ケーブルはシースで覆った構造であり，非常時の環境条件（静水压換算：18m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。なお，没水するケーブルについては溢水により機能を喪失する接続部（端子部）がないことを確認。

表 タービン建物に設置される配管の外圧に対する許容圧力

系統	原子炉補機 海水系配管	高圧炉心スプレイ補 機海水系配管	非常用ディーゼル 燃料移送系配管	高圧炉心スプレイ系ディー ゼル発電機系配管	非常用ガス 処理系配管
外径 Do[mm]	711.2	267.4	60.5	60.5	406.4
板厚 t[mm]	9.5	9.3	5.5	5.5	9.5
製造上の最小厚さ ts[mm]	8.5	8.13	4.81	4.81	8.31
材質	SM41C	STPT42	STPT42	STPT42	STPT42
水頭圧[MPa]	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
許容圧力[MPa] ※	0.15	2.22	11.6	11.6	0.92
許容圧力 > 水頭圧判定	○	○	○	○	○

※ 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) PPC-3411 直管 (2) 外圧を受ける直管」を準用した以下の式を用い，製造上 最小厚さから許容圧力を算定した値

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

P_e : 許容圧力 [MPa]
 t_s : 製造上の最小厚さ [mm]
 D_0 : 管の外径 [mm]
 B : 付録材料図 表 Part7 により定まる値

(注) タービン建物最大溢水水位EL4.9mは，地震時の溢水水位を上回る想定破損時の水位。

➤ 取水槽における配管に対する地震・津波時の浸水による影響検討結果

第789回審査会合資料 資料1-3「島根原子力発電所 2号炉 溢水による損傷の防止等」(添付資料 1 機能喪失判定の考え方と選定された溢水防護対象設備について) より引用

- 配管及び弁の没水時の外圧に対する健全性評価を実施し、「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007」に基づき算出した機器の外圧に対する許容圧力が溢水水位による外圧を上回るため、健全性が維持されることを確認した。なお、弁は配管に比べ肉厚であるため、配管の評価に包含される。

表 配管の没水時の外圧による影響評価結果 (代表例)

建物	原子炉建物	廃棄物処理建物	取水槽
代表配管※1	700A-RSW-7A	200A-RCW-61A	700A-RSW-2A
外径Do[mm]	711.2	216.3	711.2
板厚t[mm]	9.5	8.2	9.5
製造上最小厚さts[mm]	8.5	7.17	8.5
付録材料図 表 Part7により定まる値 B	15.9	89.5	16.6
材質	SM41C	STPT42	SM41C
許容圧力[MPa]※2	0.15	3.95	0.15
水頭圧[MPa]	0.08	0.07	0.10
許容圧力 > 水頭圧判定	○	○	○

※1 評価を実施するにあたり、各建物の対象配管のうち、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。

※2 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) PPC-3411 直管 (2) 外圧を受ける直管」を準用した以下の式を用い、製造上最小厚さから許容圧力を算定した値

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

P_e : 許容圧力 [MPa]
 t_s : 製造上の最小厚さ [mm]
 D_0 : 管の外径 [mm]
 B : 付録材料図 表 Part7 により定まる値