

### 3. 耐震 B、C クラス機器の耐震評価について

#### 1. はじめに

流体を内包する耐震 B、C クラス機器（配管、容器）が地震時に破損することで溢水源となるが、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性が確保されるものについては漏水が発生しない。

そこで、地震時に溢水源となる耐震 B、C クラス機器について、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を確認する。

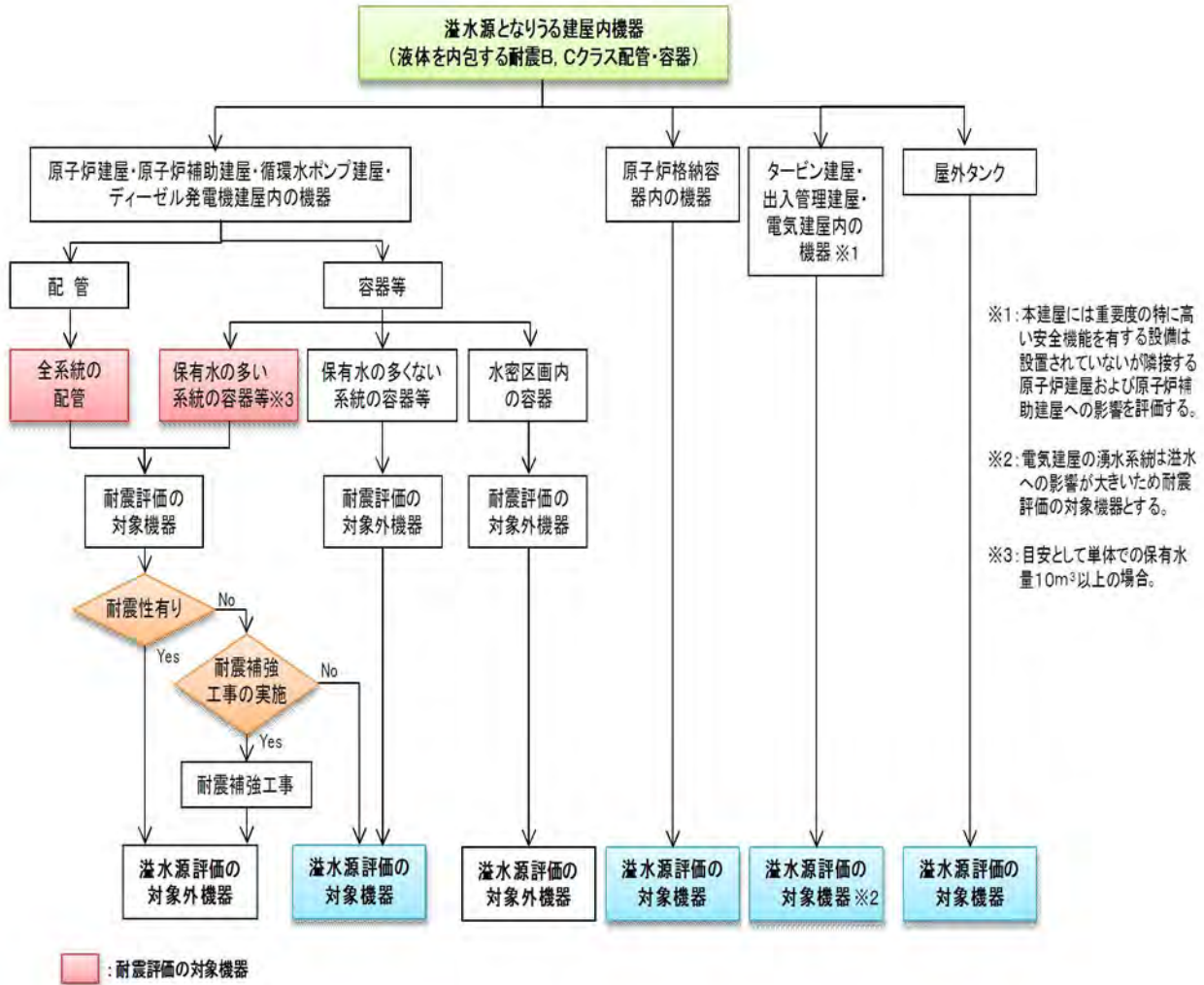
#### 2. 評価方針

溢水源となる耐震 B、C クラス機器のうち、耐震評価の対象となる機器を抽出し、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して耐震性を確認する。

評価に当たっては、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-補 1984、1987、1991 追補版」及び「発電用原子力設備規格 設計・建設規格 JSME S NC1-2005/2007」等（以下「JEAG 等」という。）に基づき実施するが設計震度については、水平方向、鉛直方向共に、基準地震動  $S_s$  による動的地震力を用いて評価を実施する。

#### 3. 対象機器の抽出

溢水源から耐震評価対象となる機器を以下の考え方に基づき抽出する。抽出フローを図-1 に、地震時に溢水源となる可能性のある耐震 B、C クラス機器について表-1 に示す。



図－1 耐震評価対象機器の抽出

表-1 溢水源となる可能性のある耐震 B, C クラス機器

建屋	フロア	設備	カテゴリー	溢水量(m <sup>3</sup> )
原子炉建屋	TP. 43. 6m	空調用冷水膨張タンク	A	—
		配管	A	—
	TP. 33. 1m	使用済燃料ピットスロッシング	B	12. 6
		飲料水タンク	A	—
	TP. 28. 7m	配管	A	—
		格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器	E	—
	TP. 24. 8m	配管	A	—
		燃料取替用水加熱器	A	—
	TP. 17. 8m	ブローダウンサンプル冷却器	E	—
		配管	A	—
		非再生冷却器	A	—
		サンプル冷却器	E	—
	TP. 10. 3m	ブローダウンタンク	A	—
		1次系純水タンク	C	—
		配管	A	—
		ガス圧縮装置	B	0. 2
		廃ガス除湿装置	B	0. 3
		使用済燃料ピット冷却器	A	—
	TP. 2. 3m	使用済燃料ピットポンプ	A	—
		1次系補給水ポンプ	A	—
配管		A	—	
薬液混合タンク		B	0. 1	
原子炉建屋合計 (使用済燃料ピットスロッシングは除く)				0. 6
原子炉補助建屋	TP. 38. 5m	樹脂タンク	B	0. 5
		配管	A	—
	TP. 33. 5m	1次系か性ソーダタンク	C	—
		配管	A	—
	TP. 27. 8m	ほう酸補給タンク	E	—
		配管	A	—
	TP. 24. 8m	廃液貯蔵ピットか性ソーダ計量タンク	B	0. 3
		廃液蒸発装置	B	18 <sup>※1</sup>
		洗浄排水蒸発装置	B	7. 8
		洗浄排水蒸発装置リン酸ソーダ注入装置	B	0. 5
		安全補機開閉器室給気ユニット	A	—
		中央制御室給気ユニット	A	—
		試料採取室給気ユニット	A	—
		出入管理室冷却ユニット	A	—
		中央制御室加湿器	A	—
		計算機室加湿器	A	—
	TP. 17. 8m	配管	A	—
		冷却材混床式脱塩塔	B	44. 5
		冷却材陽イオン脱塩塔	B	
		冷却材脱塩塔入口フィルタ	B	
		冷却材フィルタ	B	
		体積制御タンク	A	—
		ほう酸回収装置混床式脱塩塔	A	—
		ほう酸回収装置陽イオン脱塩塔	A	—
		ほう酸回収装置脱塩塔フィルタ	A	—
		1次系薬品タンク	B	0. 1
		洗浄排水濃縮廃液タンク	A	—
		洗浄排水濃縮廃液ポンプ	A	—
		濃縮廃液タンク	C	—
		濃縮廃液ポンプ	A	—
	廃液フィルタ	A	—	
	TP. 13. 3m	廃液蒸留水脱塩塔	B	18 <sup>※1</sup>
		使用済燃料ピット脱塩塔	A	—
		使用済燃料ピットフィルタ	A	—
		配管	A	—
		配管	A	—
	TP. 10. 3m	封水冷却器	A	—
		ほう酸回収装置	B	16. 1
		亜鉛注入装置	B	0. 2
			配管	A

※1 同一の溢水源を示す

建屋	フロア	設備	カテゴリー	溢水量(m <sup>3</sup> )
原子炉補助建屋	TP. 5.8m	酸液ドレンタンクか性ソーダ計量タンク	B	1.1 <sup>※2</sup>
		配管	A	—
	TP. 4.1m	安全補機室冷却ユニット	A	—
		配管	A	—
	TP. 2.8m	冷却材貯蔵タンク	C	—
		廃液蒸留水タンク	A	—
		廃液蒸留水ポンプ	A	—
		洗浄排水蒸留水タンク	A	—
		洗浄排水蒸留水ポンプ	A	—
		酸液ドレンタンク	B	1.1 <sup>※2</sup>
		酸液ドレンポンプ	A	—
		使用済樹脂貯蔵タンク	C	—
		ほう酸回収装置給水ポンプ	A	—
		廃液給水ポンプ	A	—
	TP. -1.7m	配管	A	—
		洗浄排水タンク	A	—
		洗浄排水ポンプ	A	—
		洗浄排水フィルタ	A	—
		補助蒸気復水モニタ冷却器	A	—
		補助蒸気ドレンタンク	A	—
		補助蒸気ドレンポンプ	A	—
	-	配管	A	—
		乾燥機 (セメント固化装置)	A	—
		乾燥機復水器 (セメント固化装置)	A	—
		抽気タンク (セメント固化装置)	A	—
		濃縮廃液前処理タンクベント冷却器 (セメント固化装置)	A	—
		セメント固化装置 (上記以外の設備)	B	25.2
配管 (セメント固化装置関連)	E	—		
配管	A	—		
原子炉補助建屋合計				114.3
原子炉格納容器	-	原子炉格納容器の機器	D	—
ディーゼル発電機建屋	-	消火配管	A	—
タービン建屋	-	タービン建屋の機器	B	9070
出入管理建屋	-	配管 (消火水系統、純水系統、飲料水系統)	B	720
電気建屋	-	配管 (湧水系統)	A	—
	-	配管 (消火水系統、純水系統、飲料水系統)	B	455
循環水ポンプ建屋	-	循環水管伸縮継手	A	—
	TP. 10.3m	海水電解装置	B	2898
	-	海水淡水化設備	B	
	-	海水ポンプ室外の配管 (軸受冷却水系統、所内用水系統、海水電解装置海水供給・注入系統、飲料水系統、海水淡水化設備配管)	B	
	-	海水ポンプ室内の配管 (所内用水系統、海水電解装置海水供給・注入系統、海水ストレーナ排水系統)	A	—
屋外タンク	-	ろ過水タンク	B	21000
	-	純水タンク	B	

※2 同一の溢水源を示す

- A : 基準地震動 S s による耐震性確認機器
- B : 溢水源機器
- C : 水密区画内設置機器
- D : 原子炉格納容器の機器 (LOCA時の溢水量に包絡される)
- E : 耐震補強工事により基準地震動 S s による耐震性確認機器

#### 4. 機器の耐震評価

##### a. 評価の考え方

対象機器については、通常運転時、運転時の異常な過渡変化時及び事故時に生じるそれぞれの荷重と基準地震動  $S_s$  による地震力を組み合わせた荷重条件に対して、構造強度評価を実施し、評価基準値 ( $IV_A S$ ) を満足することを確認する。

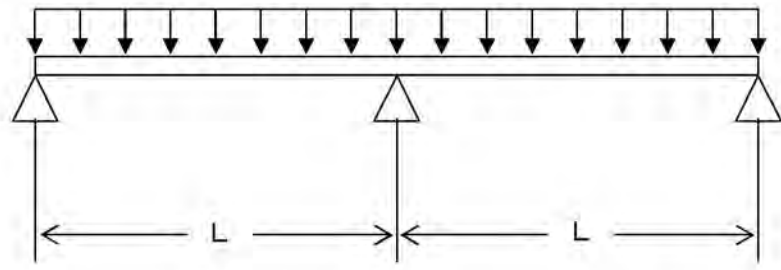
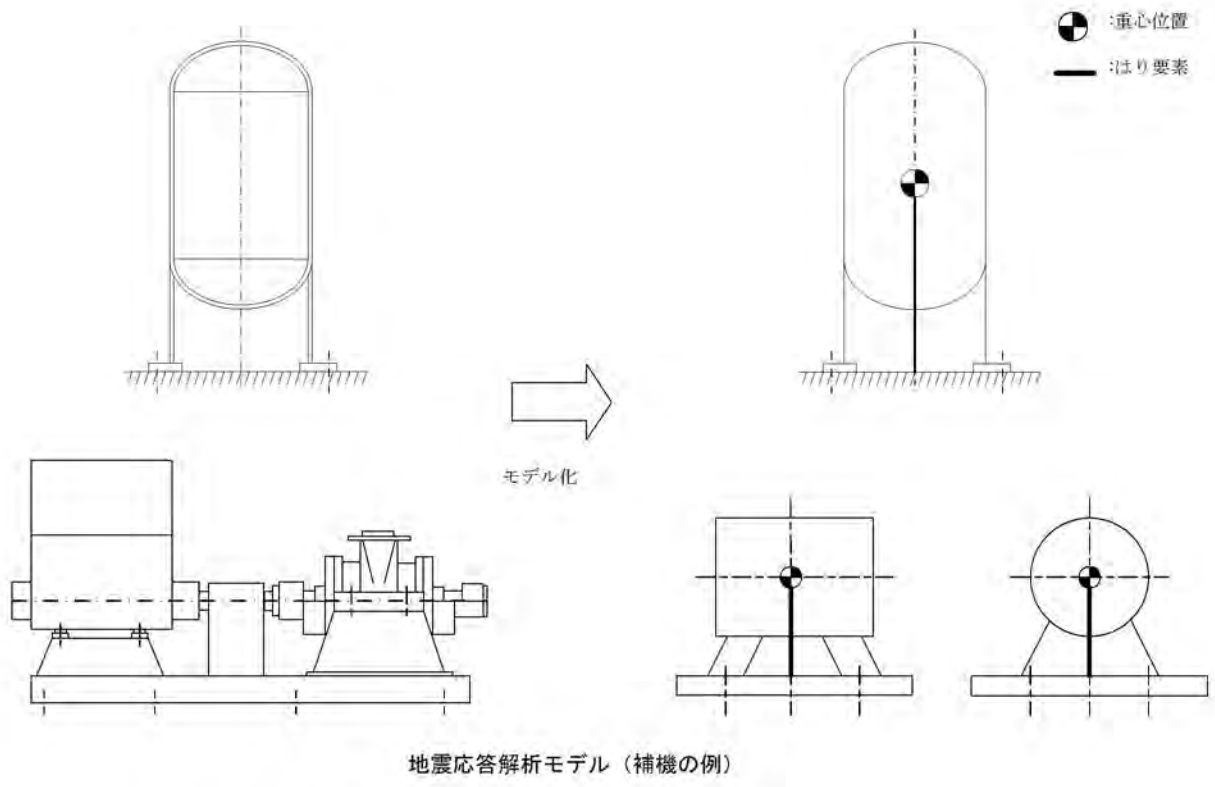
##### b. 評価手法

構造強度評価は基準地震動  $S_s$  を用いた動的解析によることとし、図-2 に示すような各機器の振動特性に応じたモデル化を行い、設計用床応答スペクトル等を用いた地震応答解析（スペクトルモーダル解析法など）を行う。その上で、当該機器の据付床の水平方向および鉛直方向それぞれの床応答を用いて応答解析を行い、それぞれの応答解析結果を適切に組み合わせる。

評価手法は、JEAG 等の規格基準または必要に応じ試験等で妥当性が確認されたものを用いる。

応力評価は、基準地震動  $S_s$  に対する応力発生値と評価基準値を比較することにより行い、評価基準値は JEAG 等の規格基準で規定されている値、または必要に応じ試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

評価結果の記載にあたっては、JEAG 等の評価対象部位を元に構造上適切に選定した評価部位すべての評価結果から、最も厳しい部位の値を記載する。



3点支持等分布質量連続はりモデル（配管の例）

図-2 補機類・配管類の地震応答解析モデル（例）

c. 容器等の耐震評価および結果

イ. 解析条件

評価対象となる耐震 B、C クラスの容器およびポンプ（以下、「容器等」という。）の主な解析条件を以下に示す。

（解析条件）

- ・ 解析手法 : JEAG 等に基づく構造強度評価
- ・ 設計用地震力 : 基準地震動  $S_s$
- ・ 減衰定数 : (水平) 1.0%、(鉛直) 1.0%
- ・ 床応答曲線 (FRS) :  $\pm 10\%$  拡幅
- ・ 応力の組合せ : 絶対値和または二乗和平方根 (SRSS)
- ・ 許容応力状態 :  $IV_A S$
- ・ 評価項目 : JEAG 等に基づく S クラス容器等の評価項目  
(例: 胴板, 支持部, 基礎ボルト)
- ・ 水位条件 : 密閉容器 : 満水状態  
開放容器 : オーバーフロー水位
- ・ 板厚条件 : 公称値

ロ. 評価手法・条件および評価結果

今回適用した評価手法・条件および評価結果について表-2 に示すとともに、規格基準上の評価手法・条件を比較するため、耐震 S クラス容器等の代表的な評価手法・条件も併せて示す。

一部の容器に対しては、溢水防止の観点から別紙-1 に示すとおり耐震性向上工事を実施した。

表-2 容器等の耐震評価手法・条件および結果整理表（構造強度）（1/4）

区分	設備名称	評価部位	応力分類	発生値 MPa	評価基準値 MPa	JEAG等の規格基準の代表的な評価手法・条件との相違						備考	
						解析手法(公式等による評価、 スペクトルモーダル解析他)		解析モデル		減衰定数			その他(評価条件 (温度、圧力等)の変更)
						○:同じ ●:異なる	相違内容	○:同じ ●:異なる	相違内容	○:同じ ●:異なる	相違内容		
容器・タンク・装置	耐震Sクラス 容器	胴板 支持脚 基礎ボルト	—	—	—	—	—	—	—	—	—	代表的な評価手法、条件	
	サンプル冷却器	冷却器 (配管本体)	一次	35	396	○	(応答解析)スペクトルモーダル解析 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)3次元はり-板要素モデル (応答解析)モデルなし	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	耐震補強工事実施。
	格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器	冷却器 (配管本体)	一次	43	396	○	(応答解析)スペクトルモーダル解析 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)3次元はり-板要素モデル (応答解析)モデルなし	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	耐震補強工事実施。
	使用済燃料ピット冷却器	胴板	一次応力	92	334	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	123	202	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	廃ガス除湿装置 (廃ガス冷却器)	冷却コイル	一次応力	47	396	○	(応答解析)スペクトルモーダル解析 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)3次元はりモデル (応答解析)モデルなし	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		冷却コイル	一次+二次	50	290	○	(応答解析)スペクトルモーダル解析 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)3次元はりモデル (応答解析)モデルなし	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	ガス圧縮装置 (封水冷却器)	胴板	一次応力	49	400	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	47	173	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	洗浄排水蒸発装置 (コンデンサ)	基礎ボルト	引張	109	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	103	164	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	洗浄排水蒸発装置 (加熱器)	ラグ	組合せ	147	235	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	57	209	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	廃液蒸発装置 (コンデンサ)	基礎ボルト	引張	109	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	103	155	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	廃液蒸発装置 (加熱器)	ラグ	組合せ	141	235	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	55	209	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	ほう酸回収装置 (蒸発器)	取付ボルト	引張	151	177	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	127	155	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	ブローダウンサンプル冷却器	冷却器 (配管本体)	一次	46	396	○	(応答解析)スペクトルモーダル解析 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)3次元はり-板要素モデル (応答解析)モデルなし	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	耐震補強工事実施。
	非再生冷却器	胴板	一次応力	125	334	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
		胴板	一次+二次	116	202	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	補助蒸気復水モニタ冷却器	冷却器 (配管本体)	一次	121	396	○	(応答解析)スペクトルモーダル解析 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)3次元はり-板要素モデル (応答解析)モデルなし	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
	封水冷却器	基礎ボルト	引張	29	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—
胴板		一次+二次	35	221	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加減速による評価 (応答解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応答解析)1質点モデル	○	(水平)1.0% (鉛直)1.0%	—	—	



表-2 容器等の耐震評価手法・条件および結果整理表（構造強度）（2/4）

区分	設備名称	評価部位	応力分類	発生値 MPa	評価基準値 MPa	JEA等の規格基準の代表的な評価手法・条件との相違				備考			
						解析手法(公式等による評価、 スペクトルモーダル解析他)		解析モデル			減衰定数		その他(評価条件 (温度、圧力等)の変更)
						○:同じ ●:異なる	相違内容	○:同じ ●:異なる	相違内容		○:同じ ●:異なる	相違内容	
使用済燃料ピット貯塔	支持脚	組合せ	組合せ	89	261	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.34 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし
使用済燃料ピットフィルタ	基礎ボルト	引張	引張	26	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.02 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし
体積制御タンク	スカート	組合せ一次	組合せ一次	47	267	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.04 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし
燃料取替用水加熱器	基礎ボルト	引張	引張	91	168	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次	一次+二次	104	209	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
中央制御室加湿器	ケーシング	曲げ	曲げ	27	217	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)25% (鉛直)25%	—	
計算機室加湿器	ケーシング	曲げ	曲げ	36	217	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)25% (鉛直)25%	—	
空調用冷凍機	基礎(取付)ボルト	引張	引張	20	193	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
空調用冷水膨張タンク	基礎ボルト	引張	引張	78	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次	一次+二次	43	222	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
ほう酸回収装置混床式貯塔	支持脚	組合せ	組合せ	152	261	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.59 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし
ほう酸回収装置置脱塩塔フィルタ	スカート	組合せ一次	組合せ一次	13	267	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.02 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし
ほう酸回収装置置隔イオン貯塔	支持脚	組合せ	組合せ	57	261	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.22 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし
廃液蒸留水タンク	スカート	組合せ	組合せ	30	270	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.17 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし
洗浄排水タンク	胴板	一次応力	一次応力	86	403	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次	一次+二次	163 (0.10) <sup>※</sup>	151 (1) <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	( )内は疲労評価における疲労累積係数 ※:単位なし
洗浄排水蒸留水タンク	基礎ボルト	引張	引張	19	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		一次+二次 (座屈)	一次+二次 (座屈)	0.08 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし

表-2 容器等の耐震評価手法・条件および結果整理表（構造強度）（3/4）

区分	設備名称	評価部位	応力分類	発生値 MPa	評価基準値 MPa	JIS等の規格基準の代表的な評価手法・条件との相違				備考			
						解析手法(公式等による評価、 スベートルモーダル解析他)		解析モデル			減衰定数		その他(評価条件 (温度、圧力等)の変更)
						○:同じ ●:異なる	相違内容	○:同じ ●:異なる	相違内容		○:同じ ●:異なる	相違内容	相違内容
洗浄排水濃縮廃液タンク	基礎ボルト	引張	28	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
	スカート	一次+二次 (座屈)	0.09 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし	
廃液フィルタ	胴板	組合せ一次	13	276	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
	スカート	一次+二次 (座屈)	0.02 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし	
洗浄排水フィルタ	基礎ボルト	引張	17	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
	スカート	一次+二次 (座屈)	0.01 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし	
ブローダウンタンク	基礎ボルト	引張	83	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
	スカート	一次+二次 (座屈)	0.08 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし	
中央制御室給気ユニット	基礎(取付)ボルト	引張	98	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
安全補機開閉室給気ユニット	基礎(取付)ボルト	引張	40	204	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
安全補機室冷却ユニット	基礎(取付)ボルト	引張	11	204	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
試料採取室給気ユニット	基礎(取付)ボルト	引張	16	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
出入管理室冷却ユニット	基礎(取付)ボルト	引張	51	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
飲料水タンク	基礎ボルト	引張	46	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
	スカート	一次+二次 (座屈)	0.12 <sup>※</sup>	1 <sup>※</sup>	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	※:単位なし	
ほう酸補給タンク	支持構造物	組合せ	157	261	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	・耐震補強工事実施。	
	胴板	一次+二次	22	173	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
補助蒸気ドレンタンク	胴板	組合せ一次	6	234	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
セメント固化装置 乾燥機	取付ボルト	引張	47	148	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
セメント固化装置 乾燥機復水器	胴板	一次	22	207	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
	胴板	一次+二次	16	174	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
セメント固化装置 拍気タンク	基礎ボルト	引張	30	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		
	スカート	一次+二次 (座屈)	0.05	1	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)算点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—		

表-2 容器等の耐震評価手法・条件および結果整理表（構造強度）（4/4）

区分	設備名称	評価部位	応力分類	発生値 MPa	評価基準値 MPa	JEAQ等の規格基準の代表的な評価手法・条件との相違					備考		
						解析手法(公式等による評価、 スペクトルモーダル解析他)		解析モデル		減衰定数		その他(評価条件 (温度、圧力等)の変更)	
						○:同じ ●:異なる	相違内容	○:同じ ●:異なる	相違内容	○:同じ ●:異なる			相違内容
容器 タンク	セメント固化装置 濃縮廃液前処理タンクベント冷却器	ラグ	組合せ一次	28	175	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
		鋼板	一次+二次	16	174	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
ポンプ	耐震Sクラスポンプ	基礎ボルト 取付ボルト	—	—	—	—	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	—	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	—	(水平)10% (鉛直)10%	—	代表的な評価手法・条件
	酸液ドレンポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	5	198	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	洗浄排水濃縮廃液ポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	11	195	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	濃縮廃液ポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	10	195	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	使用済燃料ピットポンプ	原動機取付ボルト	引張	8	210	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	空調用冷水ポンプ	基礎ボルト	せん断	5	160	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	ほう酸回収装置給水ポンプ	基礎ボルト	せん断	6	160	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	廃液給水ポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	6	153	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	廃液蒸留水ポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	6	153	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	洗浄排水ポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	5	153	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	洗浄排水蒸留水ポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	6	153	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	補助蒸気ドレンポンプ	ポンプ取付ボルト	引張	7	195	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	
	1次系補給水ポンプ	基礎ボルト	せん断	7	160	○	(応答解析)各設備の固有値に基づく 応答加速度による評価 (応力解析)公式等による評価	○	(応答解析)モデルなし (応力解析)質点モデル	○	(水平)10% (鉛直)10%	—	

d. 配管の耐震評価および結果

イ. 解析条件

評価対象となる耐震 B、C クラス配管の耐震評価においては、工事計画認可で実績のある 2 スパン 3 点支持モデル（定ピッチスパン法）を用いており、評価のための主要な解析条件を表-3 に示す。

表-3 配管の解析条件

	B、C クラス低温配管 (溢水波及影響評価)	【参考】 S クラス低温配管 (設計評価)
手法	定ピッチスパン法	定ピッチスパン法 (*1)
地震波	S s $\left( \begin{array}{l} \cdot \text{NS} \cdot \text{EW} \text{ 包絡} \\ \cdot \pm 10\% \text{ 拡幅} \\ \cdot \text{ピーク保持} \end{array} \right)$	S s $\left( \begin{array}{l} \text{同} \quad \text{左} \end{array} \right)$
荷重の組合せ	二乗和平方根 (SRSS)	同 左
減衰定数	0.5、1.5、2.0、3.0% (*2)	同 左
許容応力状態	$IV_A S$	同 左
評価項目 ・応力 ・振動数	○ —	○ ○
地震時の 相対変位の 考慮(*3)	要	要

\*1：150℃を超え、4B以上の高温配管は3次元はりモデル解析

\*2：JEAG4601-1991および試験等で妥当性が確認された値

\*3：熱応力については建設時の条件を確認

ロ. 評価フロー

配管の評価フローについて図-3に示すとともに定ピッチスパン法における標準支持間隔の算出を別紙-2に、また、配管支持構造物の設計の考え方を別紙-3に示す。

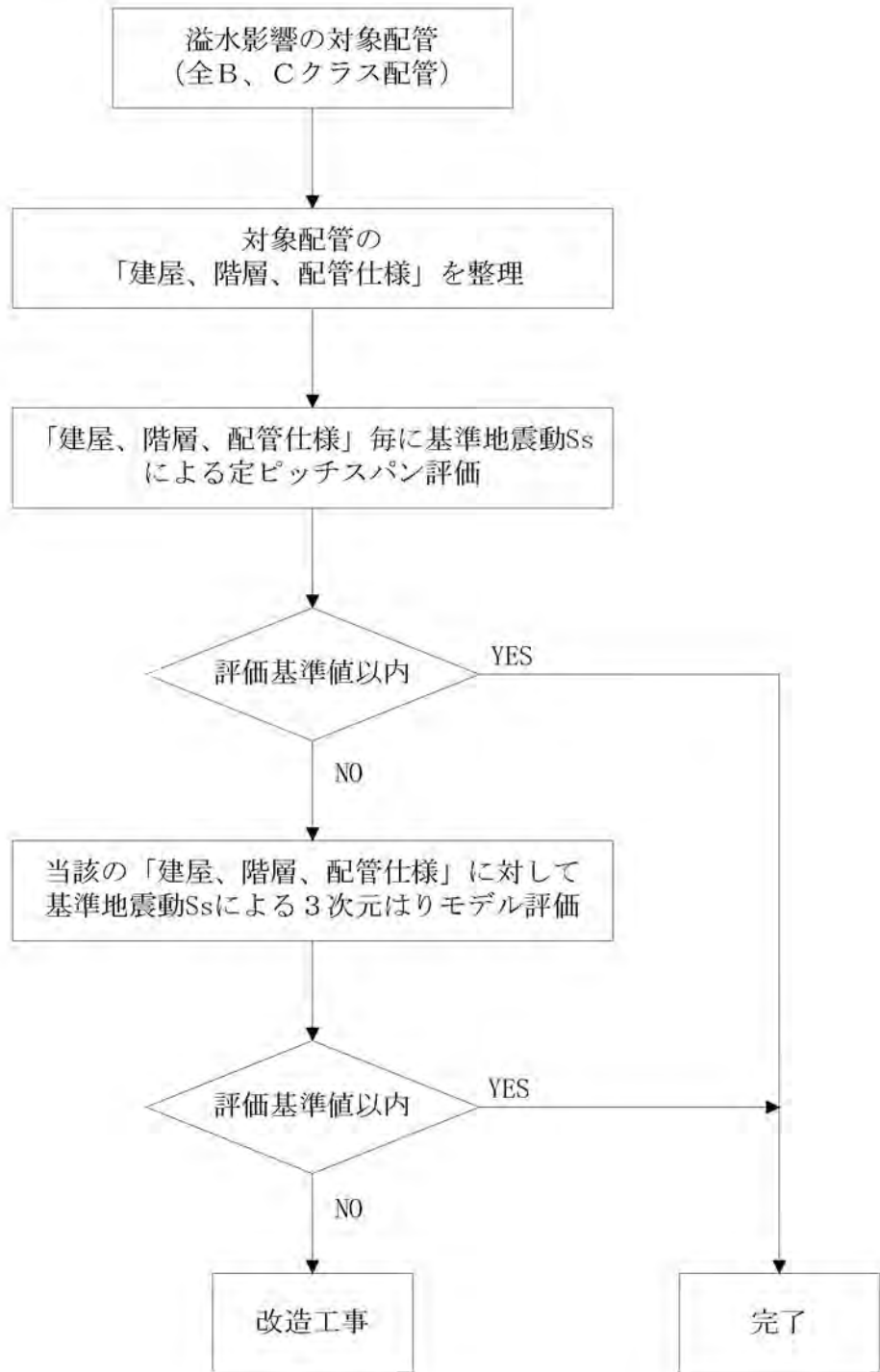


図-3 配管の評価フロー

## ハ. 評価結果

各系統の評価結果を表-4に示す。

表-4に示すとおり、対象配管の実支持スパンが定ピッチスパンによる標準支持間隔を下回っており、最大発生応力がいずれも評価基準値を満足していることを確認した。

なお、B,Cクラス配管のうち、温度150℃超かつ口径4B以上の配管のうち熱の影響が大きい配管は、建設時に定ピッチスパンにて耐震設計を行い、3次元はりモデルにて熱影響評価を実施している。

このため、今回評価対象となる配管についても、実際の施工状況を踏まえ、より精緻に裕度を確認できる3次元はりモデルによる評価を進めている。また、配管支持構造物の耐震健全性についても評価を進めている。

## 二. 建屋間相対変位の影響について

建屋間に跨り敷設される配管については、地震による建屋間相対変位の影響により二次応力が発生するため、一次+二次応力についても評価を行っている。評価フローを図-4に、評価結果を別紙-4に示す。

なお、本評価は、最も大きな建屋間相対変位を各配管に一律に想定した厳しい評価により健全性を確認したものとなっているものの、実際の配管施工状況を踏まえた評価にはなっていない。

このため、評価対象の各配管に対して発生する建屋間相対変位による評価を進めており、1次+2次応力評価が評価基準値を満足しない場合には、3次元はりモデルによる評価を実施することとしている。

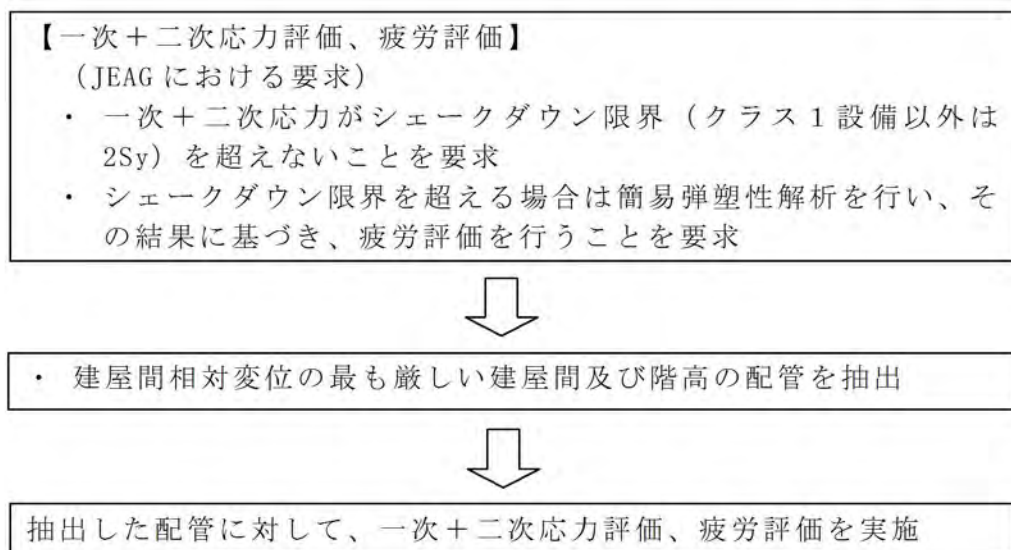


図-4 建屋間相対変位による影響評価の概要

表-4 溢水対象配管の配管条件・評価方法

系統名	材質	配管の条件		評価基準	評価結果	(参考) 最大支持 間隔値(m)*3
		温度 150℃超 口径 4B 以上	建屋間 相対変位			
補助蒸気系統	CS, SUS	○*1	○*2	配管支持間隔 が基準地震動 S <sub>s</sub> により策 定した定ピッ チスパン表に おける最大支 持間隔以下で あること。	○	1.7
原子炉補機冷却水系統	CS, SUS	—	○*2		○	1.6
原子炉格納容器スプレイ系統	SUS	—	—		○	2.3
化学体積制御系統	SUS	—	○*2		○	1.8
空調用冷水系統	CS	—	○*2		○	1.8
飲料水系統	CS, SUS	—	○*2		○	2.5
機器ドレン系統	SUS	—	—		○	3.9
原子炉補給水系統 (脱塩水)	SUS	—	○*2		○	1.8
床ドレン系統	SUS	—	—		○	6.2
1次系建屋 水消火系統	CS	—	○*2		○	2.2
機器ドレン回収系統	SUS	—	—		○	3.6
主蒸気および給水系統	CS, SUS	○*1	○*2		○	2.5
原子炉補給水系統 (1次系純水)	SUS	—	○*2		○	1.8
1次冷却系統	SUS	—	—		○	3.5
燃料取替用水系統	SUS	—	—		○	3.1
使用済燃料ピット水浄化冷却系統	SUS	—	○*2		○	1.8
蒸気発生器ブローダウン系統	CS, SUS	○*1	○*2		○	1.6
安全注入系統	SUS	—	○*2		○	1.7
試料採取系統	SUS	—	○*2		○	1.7
気体廃棄物処理系統	SUS	—	—		○	3.6
液体廃棄物処理系統	CS, SUS	—	○*2	○	1.3	
固体廃棄物処理系統	SUS	—	—	○	3.6	

系統名	材質	配管の条件		評価基準	評価結果	(参考) 最大支持 間隔値(m)*3
		温度 150℃超 口径 4B 以上	建屋間 相対変位			
地下水排水系統	CS	—	○*2		○	2.7
原子炉補機冷却海水系統	CS, SUS	—	—		○	3.5

\*1：建設時、熱の影響が大きい配管は、定ピッチスパンにて耐震設計を行い、3次元はりモデルにて熱影響評価を実施

\*2：建屋相対変位の影響評価を実施する。

\*3：各系統の配管仕様における最大支持間隔のうち最小のもの



- 別紙-1 耐震B, Cクラス機器耐震補強工事について
- 別紙-2 定ピッチスパン法における標準支持間隔の算出について
- 別紙-3 配管支持構造物の設計の考え方について
- 別紙-4 建屋間相対変位による影響評価

耐震B, Cクラス機器耐震補強工事について

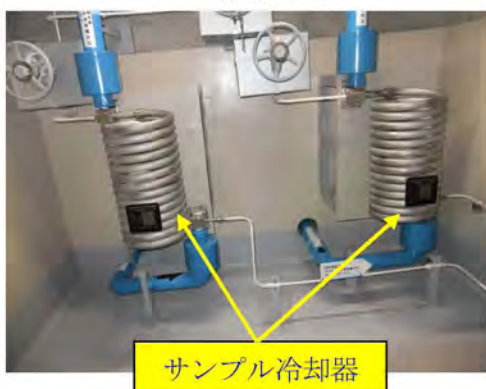
今回の評価対象の耐震B, Cクラス機器のうち, 下記設備について耐震補強工事を実施した。

- ・ サンプル冷却器
- ・ 格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器
- ・ SGブローダウンサンプル冷却器

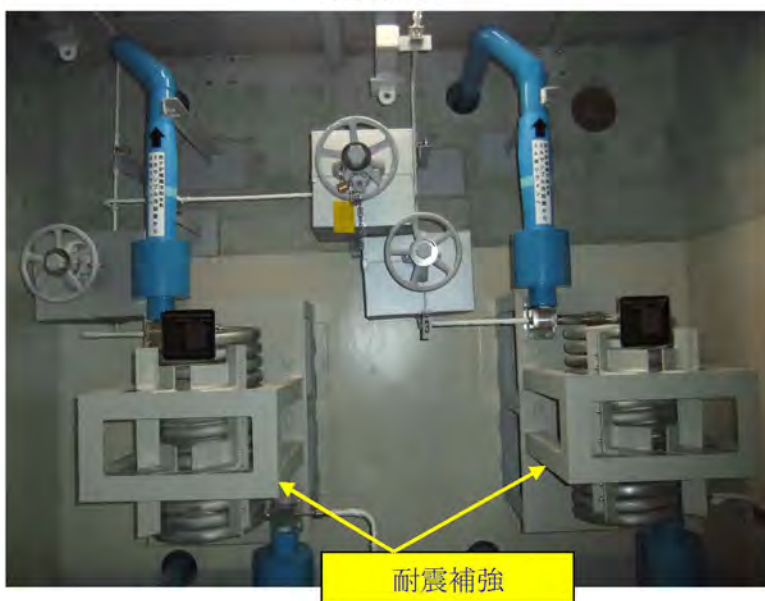
対策前後の状況は以下に示すとおりであり, これら設備は, いずれもコイル状の伝熱管を有する設備であるため, この伝熱管の振動を防止するため, サポートの追設工事を実施した。

【サンプル冷却器】

【補強前】



【補強後】

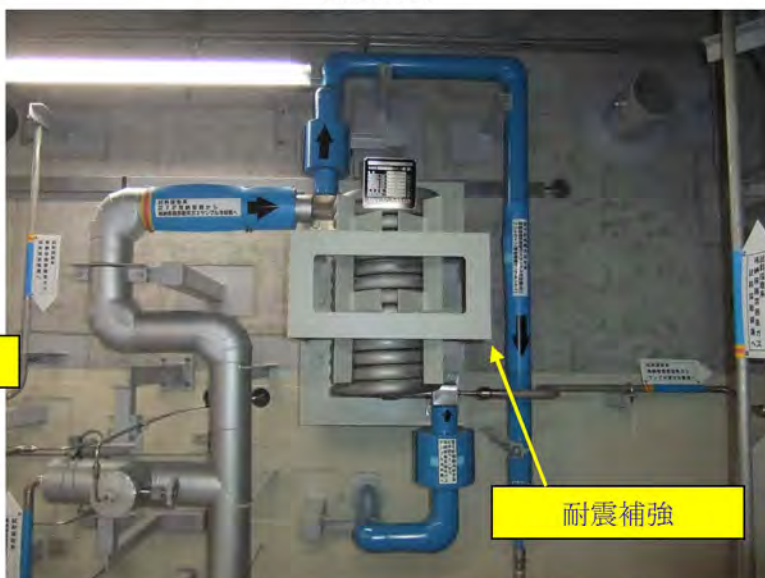


【格納容器雰囲気ガスサンプル冷却器】

【補強前】



【補強後】

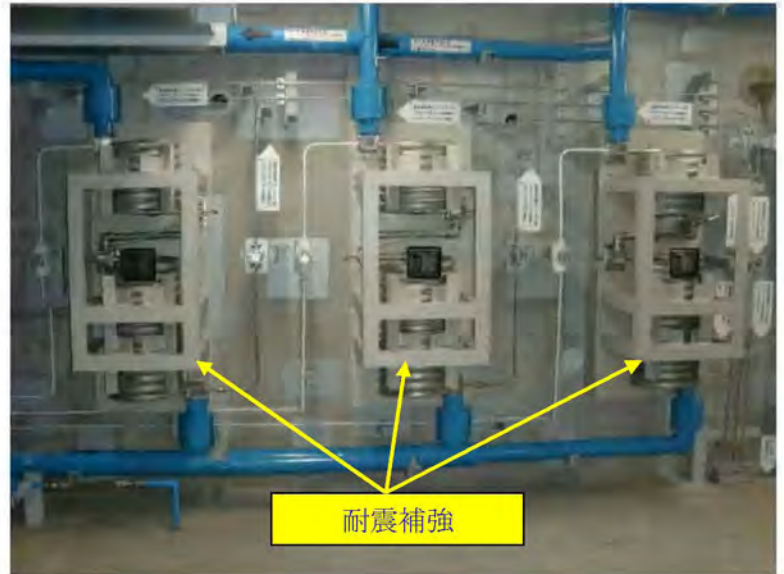


【SGブローダウン冷却器】

【補強前】



【補強後】



## 定ピッチスパン法における標準支持間隔の算出について

## 1. 基本方針

溢水対象配管は耐震 B、C クラスであるが、基準地震動  $S_s$  が作用した場合でも耐震性を有することを確認するために、 $S_s$  地震動に対する定ピッチスパン法による標準支持間隔を算出するものである。なお、標準支持間隔の算出は以下の規準および規格に基づき実施する。

- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1987)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針 重要度分類・許容応力編」(JEAG4601・補-1984)
- ・ 日本電気協会「原子力発電所耐震設計技術指針」(JEAG4601-1991 追補版)
- ・ 日本機械学会「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」(JSME S NC1-2005/2007)

また、標準支持間隔の計算に用いる配管系の設計用減衰定数については、試験等により妥当性が確認されている値\*を使用する。

※電源開発株式会社大間原子力発電所 1 号機の工事計画認可申請に係る意見聴取会(機器・配管系)(第 2 回)意見反映版 資料 4「機器・配管系の設計用減衰定数について(改 2)」

## 2. 支持間隔算出の方法

## 2. 1 概要

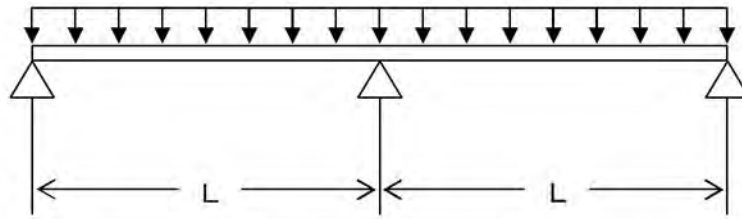
標準支持間隔は、各床区分ごとに配管系の直管部、曲がり部、集中質量部及び分岐部の各要素の地震応力等が許容値内になるように最大の支持間隔を算出する。

## 2. 2 直管部の支持間隔

## 2. 2. 1 解析モデル

各種配管を下図のように支持間隔  $L$  で 3 点支持した等分布質量の連続はりにモデル化する。この場合、支持点の拘束方向は軸直角方向のみとし、軸方向および回転に対し

ては自由とする。



### 2. 2. 2 解析条件及び解析方法

- ① 各種配管について、設計用地震力による応力を算定するとともに、内圧および自重の影響を考慮して最大支持間隔を求める。
- ② 配管の重量は、配管自体の重量と内部流体の重量とを合計した値とする。さらに、保温材のつく配管についてはその重量を考慮する。

### 3. 設計用地震力

解析に使用する設計用地震力は次のとおりである。

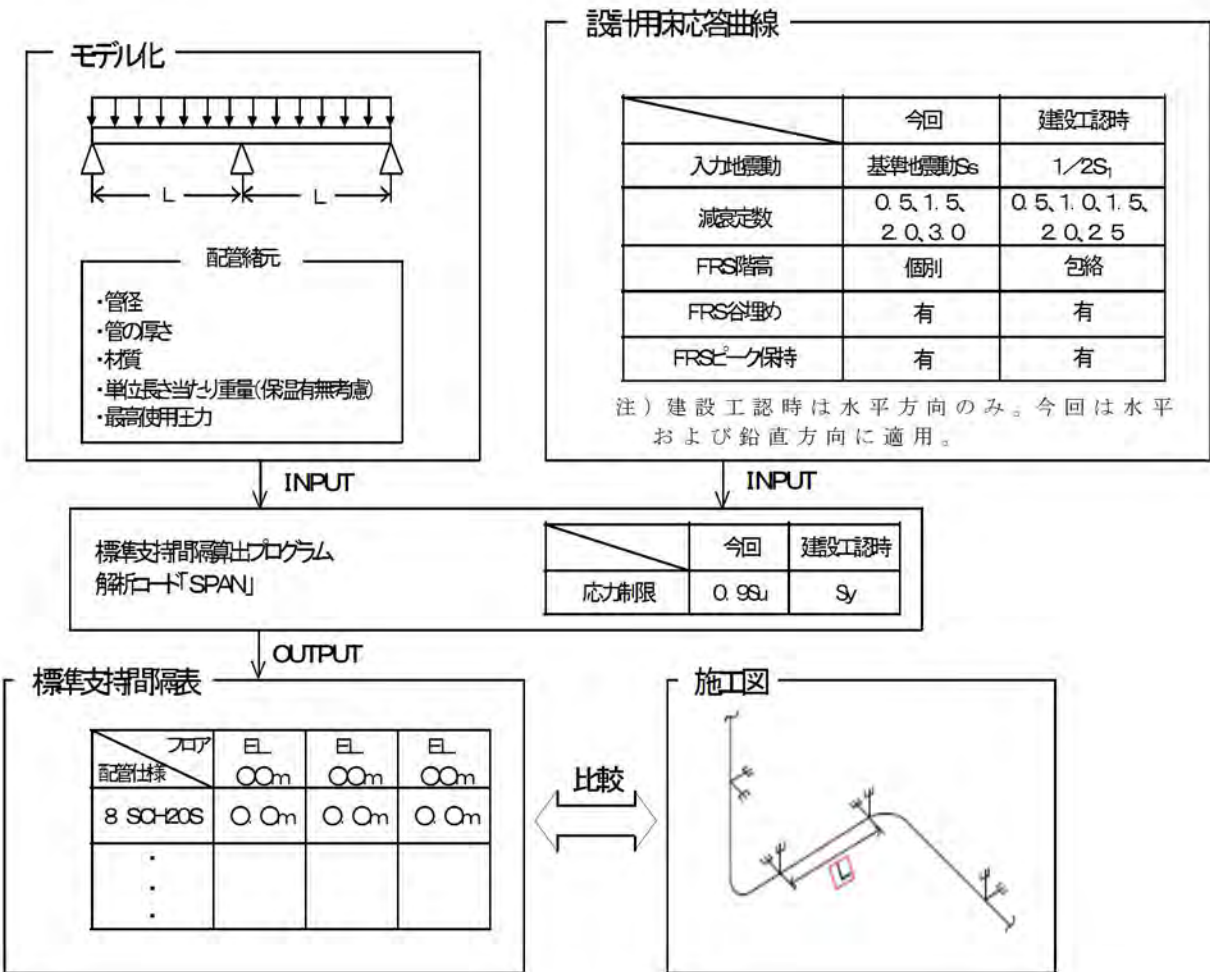
なお、減衰定数の設定において、保温材の効果は考慮している。

表-1 設計用地震力（水平/鉛直方向）の種類

建 屋	床応答曲線高さ T.P.(m)	減衰定数 (%)
周辺補機棟 (RE/B)	17.8、24.8、33.1	0.5、1.5、 2.0、3.0
燃料取扱棟 (FH/B)	41.0、47.6、55.0	0.5、1.5、 2.0、3.0
原子炉補助建屋 (A/B)	10.3、17.8、24.8、 33.1、38.1、40.3、 42.2、43.3、47.6	0.5、1.5、 2.0、3.0
ディーゼル発電 機建屋 (DG/B)	10.3、18.8	0.5、1.5、 2.0、3.0
外部遮へい 建屋 (O/S)	17.0、17.8、24.8、 33.1、41.0、47.6、 51.9、56.2、60.5、 69.15、76.48、81.38、 83.10	0.5、1.5、 2.0、3.0
電気建屋 (EL/B)	10.3、17.8、21.7	0.5、1.5、 2.0、3.0
循環水ポンプ 建屋	10.05	0.5、1.5、 2.0、3.0

4. 具体的な評価手順

定ピッチスパン法を用いた具体的な評価手順を以下の図に示す。



## 配管支持構造物の設計の考え方について

## 1. 支持構造物の種類と選定方針

地震に起因する溢水源評価の対象となる耐震B，Cクラス配管（低温配管）に設置される支持構造物は、主に支持装置、支持架構から構成されており、以下の原則に従って設計している。

- ①地震荷重、自重による荷重およびそれらの組合せによって支持構造物に生じる応力が許容応力を超えないように設計する。
- ②低温配管の支持構造物は、直管部最大支持間隔における地震時の支持点荷重を用いる。
- ③支持構造物は剛な建屋床、壁等から支持する。
- ④支持構造物は拘束方向の設計荷重に対して十分な強度があり、かつ適切な剛性を有するものを選定する。

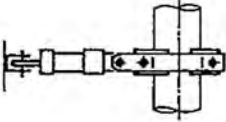
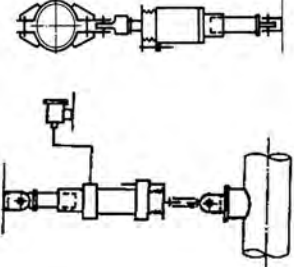
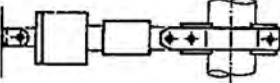
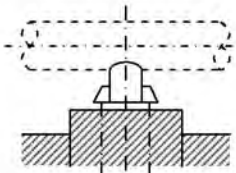
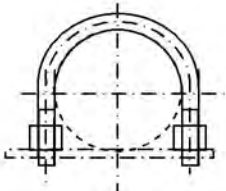
低温配管に設置される支持構造物は標準化が図られており、設計段階において標準化された部材選定表や製品から、個々の条件に適合する支持構造物を選定している。以下に低温配管に用いる支持構造物の種類、およびその選定方針について示す。

## (1) 支持装置の種類と選定方針

支持構造物のうち支持装置は、定ピッチスパン法で算出した最大支持間隔において、地震時に支持装置にかかる荷重に耐えられるものを部材選定表や製品から選定する。支持装置の機能と用途を表-1に、また、選定フローを図-1に示す。



表-1 支持装置の機能と用途

支持装置名称	概念図	機能	用途
ロッド レストレイント (リジットサポート (架構形))		ロッドレストレイントは、取付け方向の配管変位を拘束し、同方向の自重、熱膨張、地震荷重又は機械的荷重を支持する目的で使用される。取付け方向以外は変位可能である。 同一機能であるリジットサポート（架構形）は、形鋼を組み合わせて架構として支持する。	ロッドレストレイントは、支持点から床、壁面等までの距離があり、支持架構が大掛かりとなる場合に使用する。 床、壁面等に接近している場合はリジットサポート（架構形）を使用する。
オイルスナバ		スナバは、熱膨張のような緩慢な動きは拘束せずに、地震力又は機械的荷重の急激な変動荷重が加わった時に配管を拘束する。 スナバにはオイルスナバ及びメカニカルスナバがある。	地震荷重又は機械的荷重による発生応力の低減を目的として使用する。
メカニカルスナバ		アンカサポートは、配管に直接溶接されたラグ又は配管固定用クランプと架構部分から構成され、それを建屋側に剛に取り付けることで配管の軸力及び回転を完全に拘束する。 ガイドサポートは、アンカサポートとほぼ同形状であるが、一定の方向に熱膨張変位を許容し、支持架構部分がベースプレート上を滑る構造である。	地震荷重又は機械的荷重による発生応力の低減を目的として使用する。 保守頻度を低減することができる。
アンカサポート (ガイドサポート)		アンカサポートは、配管に直接溶接されたラグ又は配管固定用クランプと架構部分から構成され、それを建屋側に剛に取り付けることで配管の軸力及び回転を完全に拘束する。 ガイドサポートは、アンカサポートとほぼ同形状であるが、一定の方向に熱膨張変位を許容し、支持架構部分がベースプレート上を滑る構造である。	長い直管部の固定用サポートとして使用される他、配管解析範囲の境界サポートとして使用する。
Uボルト (Uバンド)		Uボルトは、U形状のボルトで配管を固定するもので、配管軸直2方向を拘束するが、配管軸方向の変位及び回転を拘束しない。 Uバンドは、Uボルトとほぼ同形状であるが、鋼板で配管を固定するもので、小口径用で、配管軸直2方向及び軸方向を拘束するが、回転を拘束しない。	Uバンドは、小口径配管に使用する。

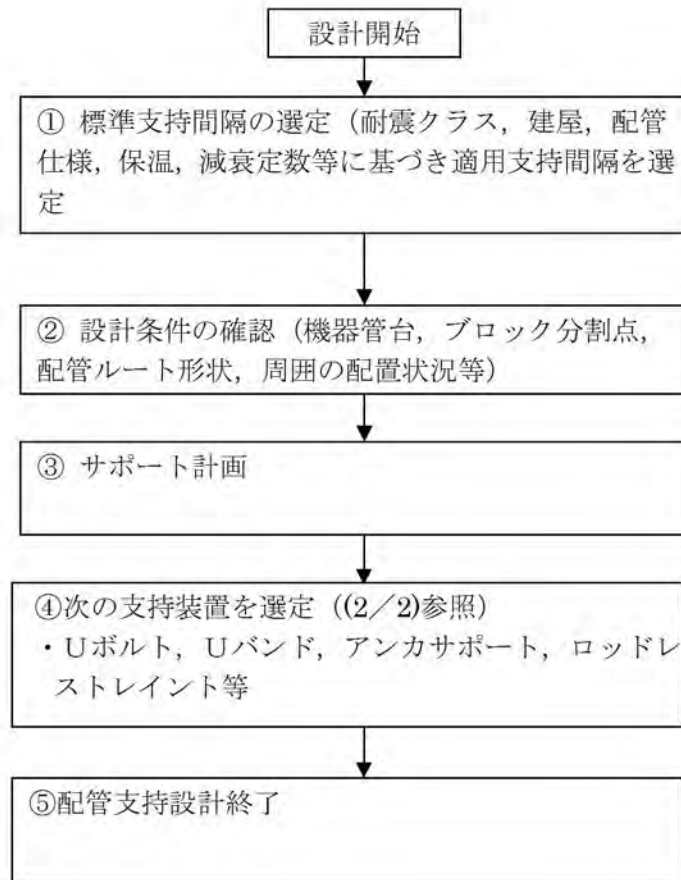


図-1 (1/2) 支持装置の選定フロー

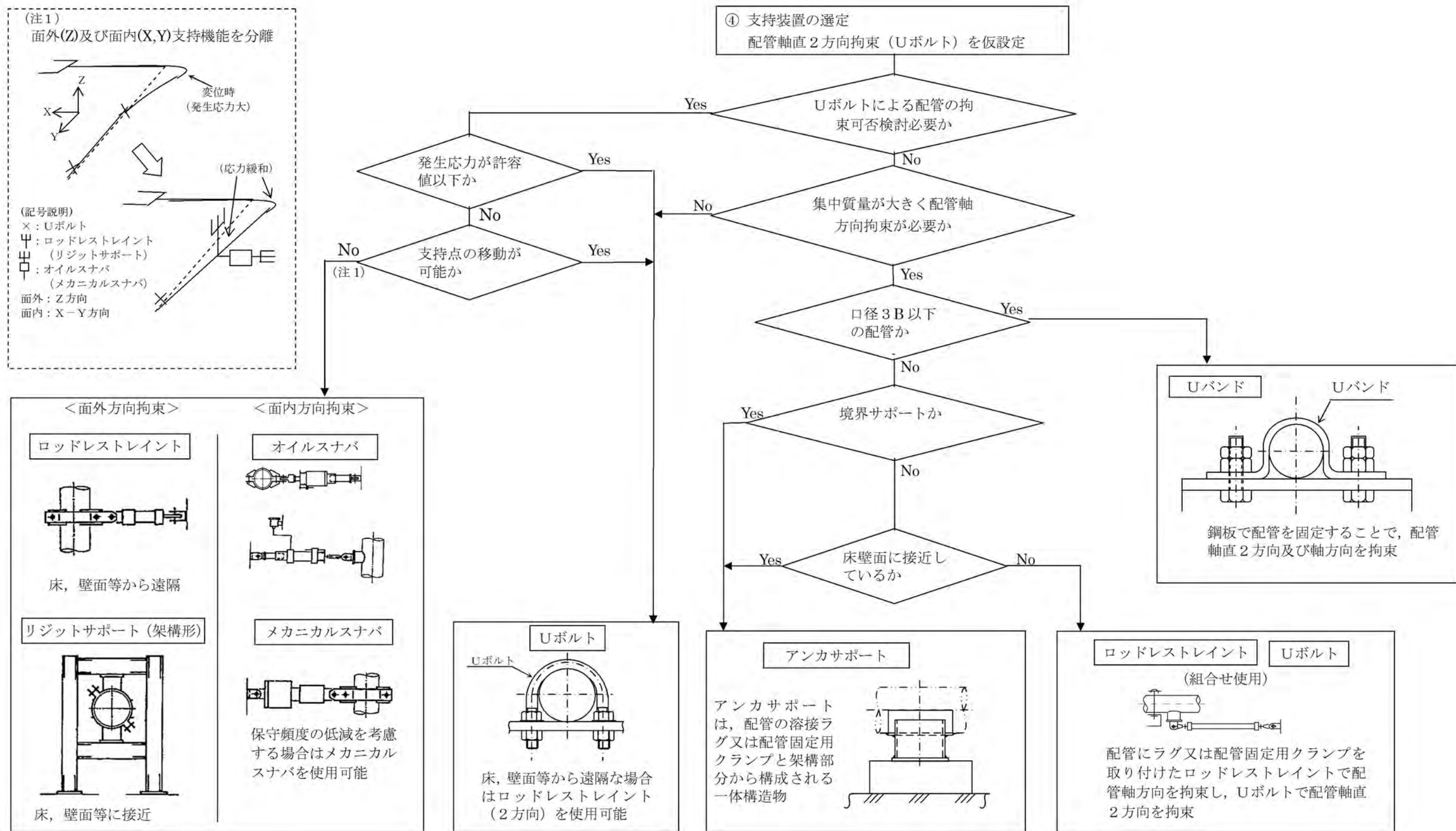


図-1 (2/2) 支持装置の選定フロー

## (2) 支持架構の種類と選定方針

支持装置と同様、定ピッチスパン法で算出した最大支持間隔において、支持架構にかかる荷重に耐えられるものを選定（以下、「応力基準」という。）するとともに、配管系が設置されている建屋との共振を避けることを目的として、支持構造物の剛性にも配慮した選定（以下、「振動数基準」という。）を行う。支持架構には形鋼を用い、配管の支持点と床壁面からの距離および周囲の配置状況といった個々の条件から、適用する形鋼の種類およびサイズを選定する。応力基準により選定したものと、振動数基準により選定したものを比較し、より大きな断面係数および断面二次モーメントを有する支持架構を採用する。支持架構の基本形状例を図-2に、選定フローについて図-3に示す。

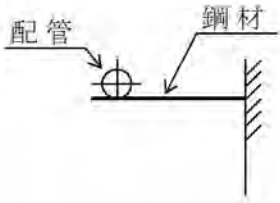
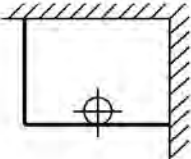
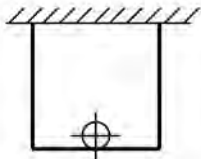
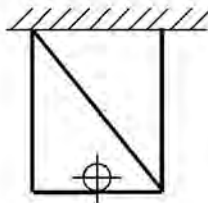
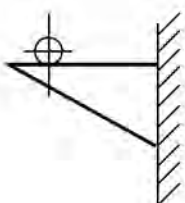

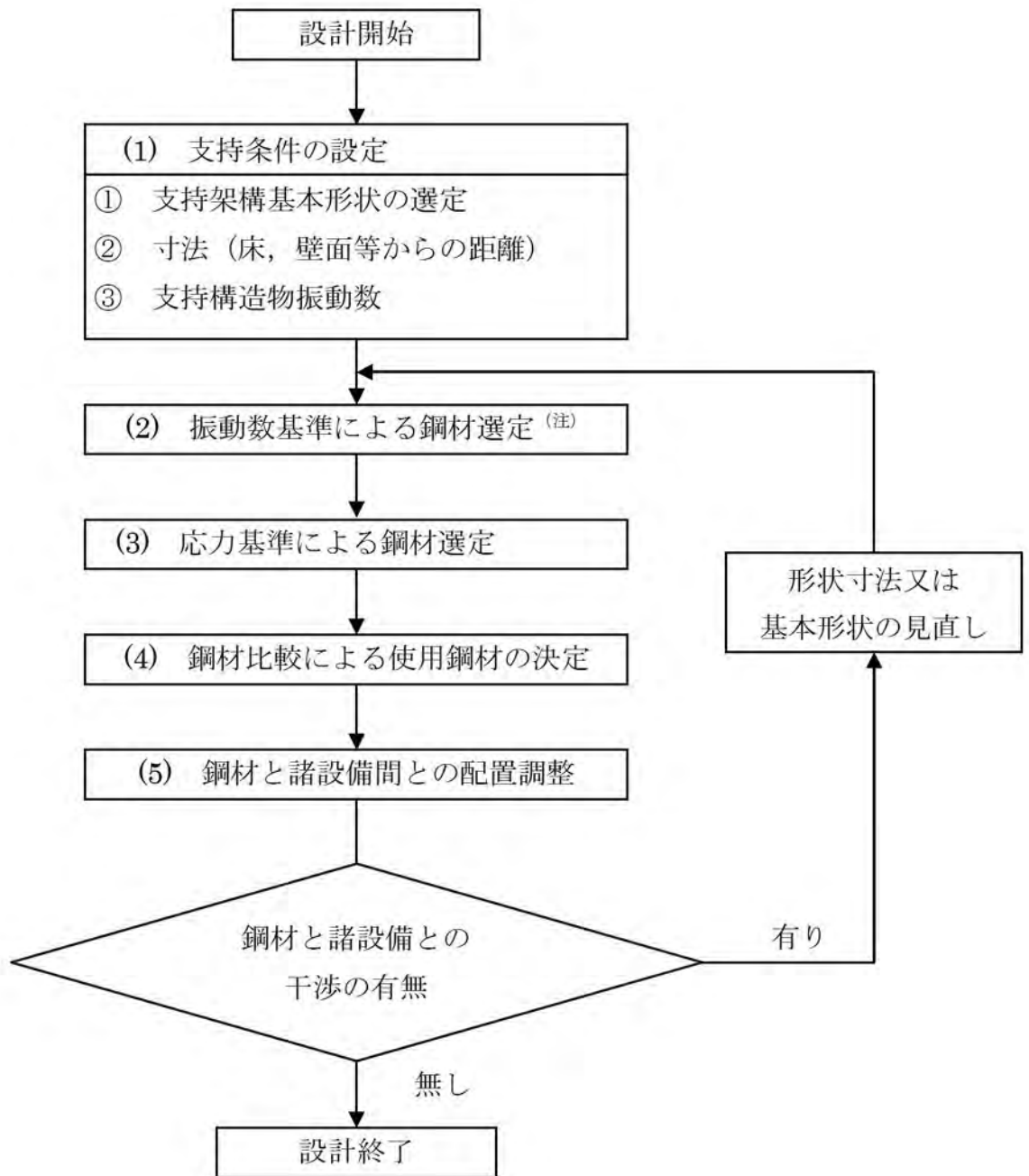
タイプ-1	タイプ-2
	
タイプ-3	タイプ-4
	
タイプ-5	タイプ-6
	

図-2 支持架構の基本形状例



(注) 耐震 B クラス設備は評価不要とする。

図－3 支持架構の設計フロー

### (3) 定着部（埋込金物）の種類と選定方針

埋込金物には、コンクリート打設前に設定してそのまま埋込む直埋形埋込金物とコンクリート打設後コンクリートに穴をあけて打ち込むシンチアンカまたはケミカルアンカがある。直埋形埋込金物は鋼板またはH形鋼にスタッドジベルを溶接したものであり、用途および荷重等により数種類の型式に分類される。シンチアンカおよびケミカルアンカは直埋形埋込金物の設置が困難な場所、あるいはコンクリート打設後に支持構造物の追加取付が必要な場合等に使用する。直埋形埋込金物、シンチアンカ等の金物類は標準化されており、仕様毎に許容荷重が設定されている。埋込金物の例を図－4に示す。

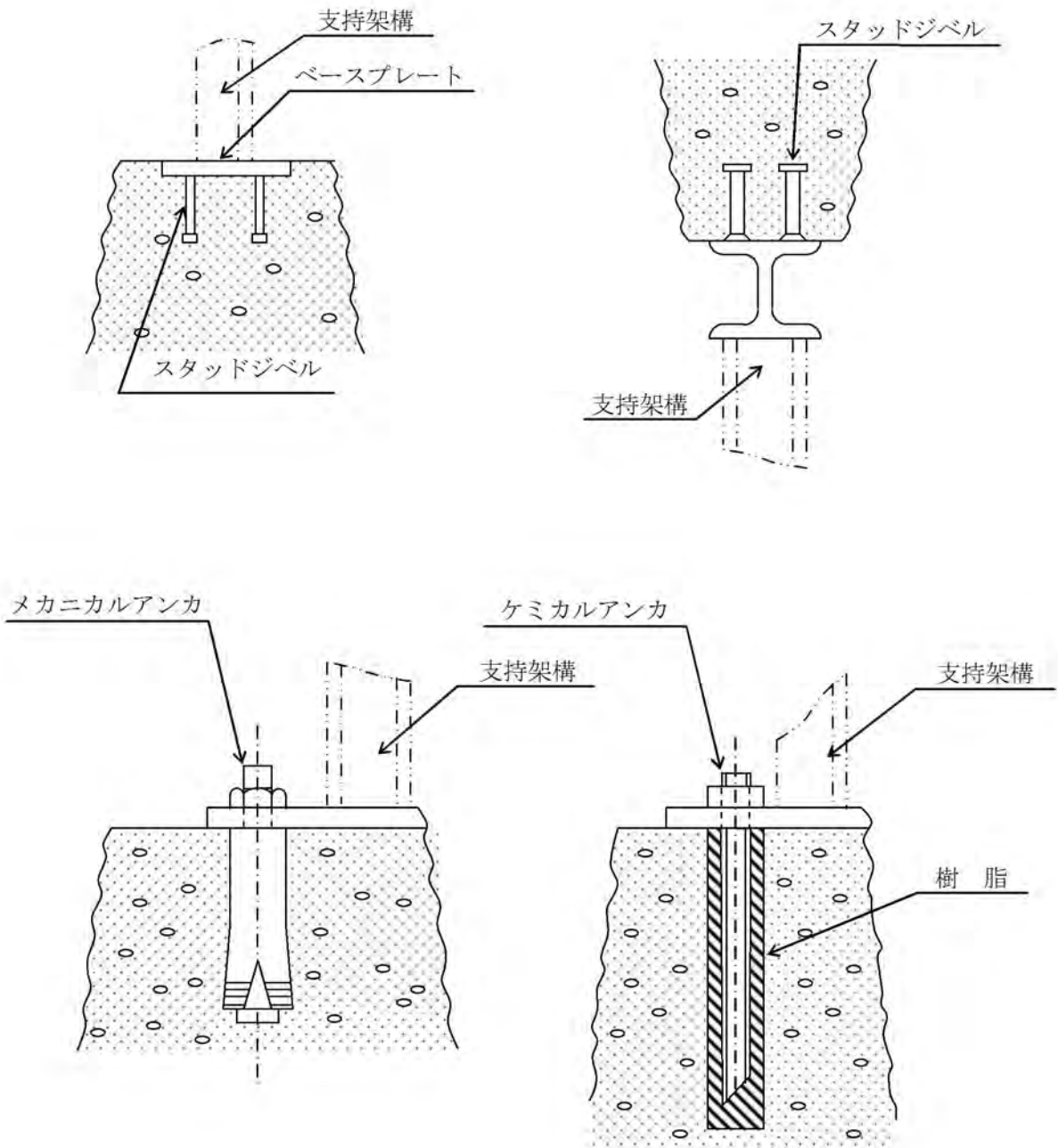


図 - 4 定着部 (埋込金物) の例



## 建屋間相対変位による影響評価

## 1. 概要

配管が異なる建物・構築物間にわたって施工される部分については、建物・構築物間の相対変位を考慮する設計を行っている。

この建屋間相対変位の影響評価は、以下に示す方法にて建屋間相対変位の2次応力を算出し、1次応力（定ピッチスパンによる発生応力）と組み合わせることで、問題ないことを確認する。

## 2. 相対変位の影響評価方法

## (1) 相対変位による発生応力

配管が異なる建屋間にわたって施工される部分については、建物・構築物間の相対変位（ $\delta$ ）による発生応力を算出する。

（図-1）

## (2) 評価基準値との比較

相対変位による発生応力と地震による発生応力を足し合わせたものについて、評価基準値との比較を行う。

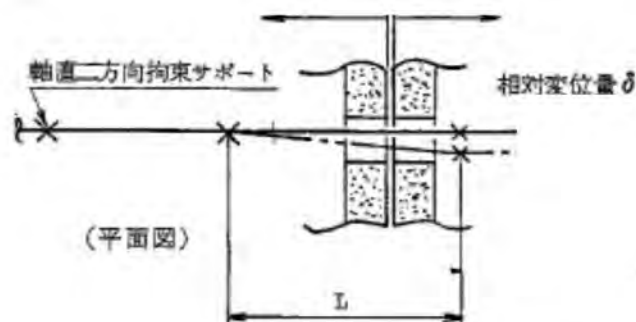


図-1 建屋間の相対変位  $\delta$

## (3) 評価要領について

図-2 に建屋間相対変位の影響評価に関する評価フローを示し、以下に各評価ステップの内容について説明する。

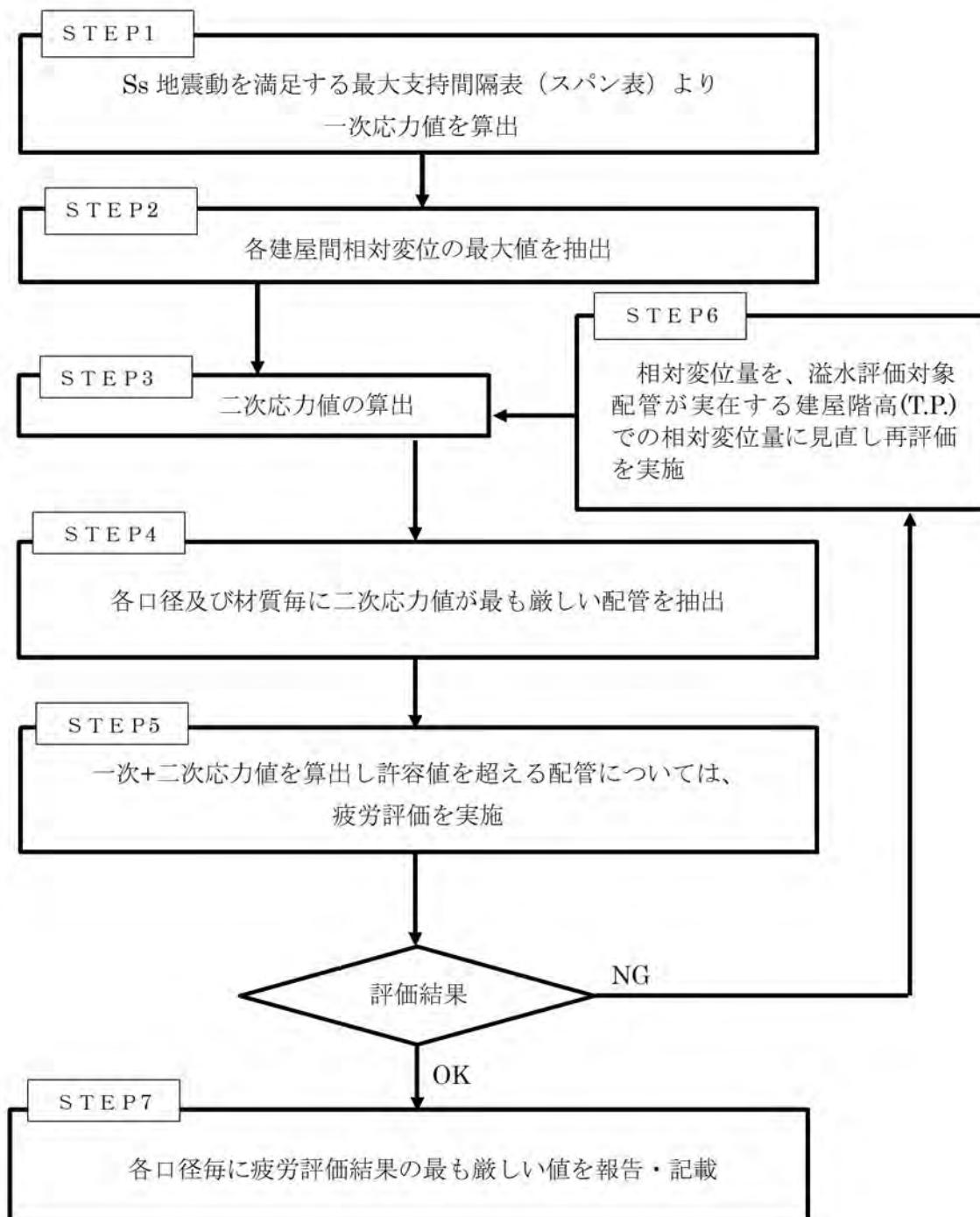


図-2 建屋間相対変位の影響評価フロー

① S T E P 1

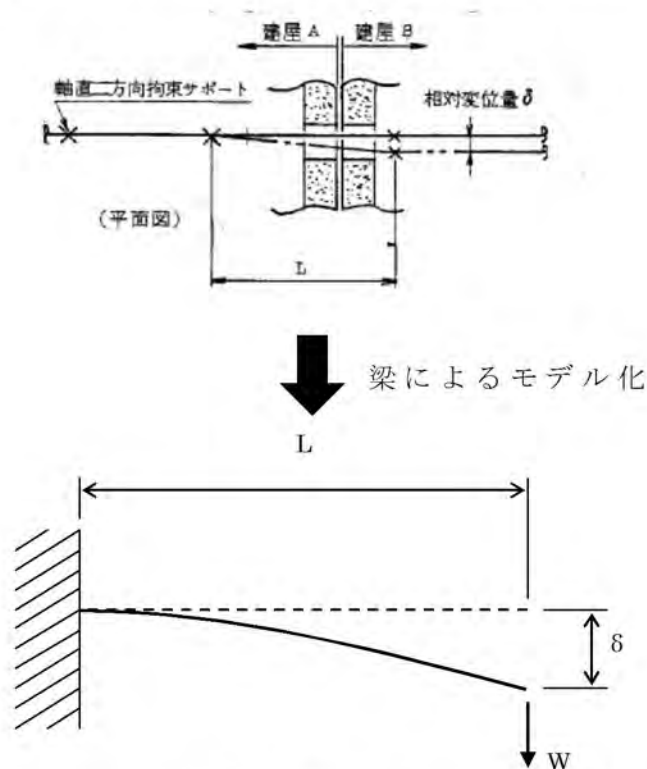
対象となる配管について、建屋間相対変位評価対象建屋に関する最大支持間隔表（S s 地震動にて許容値を満足するスパン表）を整備し、対象配管の一次応力値を算出する。

② S T E P 2

評価対象建屋に関し、建屋間相対変位量の最大値を抽出する。（通常各建屋の最上階が最も相対変位量の大きいフロアとなる。）

③ S T E P 3

二次応力値を以下の梁モデルにて算出する。



$L$  : 建屋間を渡る配管の支持間隔

$\delta$  : 建屋間相対変位

$W = \frac{3EI\delta}{L^3}$  : 建屋間相対変位  $\delta$  により生じる荷重

$M = WL$  : 建屋間相対変位  $\delta$  により生じるモーメント

$\sigma = \frac{M}{Z}$  : 2次応力

#### ④ S T E P 4

各口径及び材質毎に二次応力値が最も厳しい配管を抽出する。

#### ⑤ S T E P 5

一次＋二次応力値を算出し、許容応力値を超える配管については、疲労評価を行う。

#### ⑥ S T E P 6

評価する建屋間相対変位量を、各建屋間の最大の相対変位量ではなく、溢水評価対象配管が建屋間を渡る建屋階高(T.P.)での相対変位量に見直し2次応力を算出する。

#### ⑦ S T E P 7

口径毎に評価結果の最も厳しい配管について報告を行う。

### 3. 対象配管の抽出

原子炉格納容器と外部遮へい建屋間、外部遮へい建屋と原子炉周辺建屋（周辺補機棟・燃料取扱棟）間、原子炉周辺建屋（周辺補機棟・燃料取扱棟）と補助建屋間、原子炉周辺建屋（周辺補機棟・燃料取扱棟）とディーゼル発電機建屋間、原子炉周辺建屋（周辺補機棟・燃料取扱棟）と電気建屋間、原子炉補助建屋と電気建屋間のうち建屋相対変位が最も大きい原子炉周辺補機棟と原子炉補助建屋間で、貫通配管のある最上階の T.P. 33.1m にある配管の建屋間相対変位（19.11mm）にて評価する。

### 4. 評価結果

JEAG に基づき、基準地震動  $S_s$  に対する一次応力評価および一次＋二次応力評価を実施し、評価基準値（許容応力）を超える場合には疲労評価を実施した。評価結果を表－1 に示す。

すべての配管に発生する一次応力は許容応力値以下であるが、一次＋二次応力については許容応力値を超えているため、疲労評価を実施した結果、疲れ累積係数が 1.0 以下であることを確認した。

地震慣性力の支持間隔は安全側に最大支持間隔（設計スパン）を、地震相対変位の支持間隔は実支持スパンを用いており保守性を持たせた評価を実施している。

なお、溢水評価範囲における建屋間相対変位の影響を受ける実在配管の内、疲労評価結果が最も厳しい配管は、原子炉補助建屋と周辺補機棟の階高 T.P. 33.1m を渡る口径 4B (UF=0.15) 飲料水系統配管であった。

## 5. まとめ

溢水対象配管に関する建屋間相対変位については耐震性を有していることを確認した。

表-1 建屋間の評価結果

No.	口径	T. P.	一次応力 (注1)					一次+二次応力 (注2)		簡易弾塑性 (注3)	
			自重 (MPa)	内圧 (MPa)	地震 (MPa)	一次合計 (MPa)	許容応力 (MPa)	一次+二次 (MPa)	許容応力 (MPa)	累積係数	許容値
1	3/80D	33.1m	22.62	24.77	234.61	282	305	525	208	0.08	
2	3/4B	33.1m	23.40	0.58	278.19	303	305	596	208	0.15	
3	1B	33.1m	23.27	0.55	276.58	301	305	593	208	0.14	
4	1 1/4B (注4)	33.1m	18.23	35.95	199.89	255	263	442	256	0.11	
5	1 1/2B	33.1m	23.29	0.78	276.90	301	305	595	208	0.14	
6	2B	33.1m	23.05	0.97	270.82	295	305	586	208	0.14	
7	2 1/2B	33.1m	22.79	5.14	270.90	299	305	583	208	0.13	
8	3B	33.1m	22.96	5.67	272.94	302	305	587	208	0.14	
9	4B	33.1m	24.78	1.71	271.81	299	305	596	208	0.15	
10	6B	33.1m	24.70	2.19	259.33	287	305	579	208	0.13	
11	8B	33.1m	23.50	22.46	257.65	304	305	567	208	0.12	
12	10B	33.1m	23.94	14.40	262.53	301	305	582	208	0.13	
13	12B	33.1m	22.32	17.15	265.41	305	305	558	208	0.11	
14	16B	33.1m	20.79	34.29	247.19	303	305	524	208	0.08	
15	18B	33.1m	22.80	40.50	240.68	304	305	537	208	0.09	
16	22B	33.1m	26.67	24.45	242.53	294	305	555	208	0.11	

1.00

注1：内圧、自重および地震による一次応力（曲げ応力含む）原子炉補助建屋の標準支持間隔を適用

注2：地震のみによる一次+二次応力の変動値

注3：一次+二次応力において許容応力を超えたものは、疲労評価を行う。

注4：炭素鋼（それ以外の口径は全てステンレス鋼）

#### 4. 使用済燃料ピットのスロッシングによる溢水量評価

##### 1. はじめに

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」に下記の項目がある。

- (1) 使用済燃料貯蔵プール水が基準地震動による地震力によって生じるスロッシングによってプール外へ漏水する可能性がある場合は、溢水源として想定する。
- (2) 溢水の影響評価にあたっては、発電所内で発生した溢水に対して、使用済燃料プール（使用済燃料ピット）設備が、「プール冷却」及び「プールへの給水」ができることを確認する。

上記項目を評価するため、基準地震動  $S_s$  による使用済燃料ピットスロッシングの溢水量を算定して溢水源として想定し、スロッシング後の使用済燃料ピット水位が「プール冷却」「プールへの給水」に支障がないことを確認する。

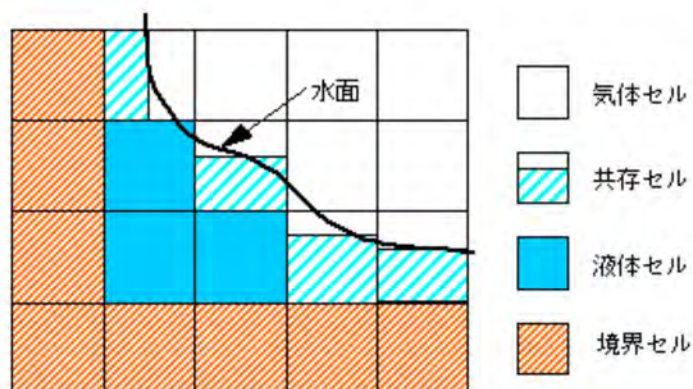
3次元流動解析により溢水量を解析するモデル化の範囲は、使用済燃料ピットのある燃料取扱棟とし、使用済燃料ピット、燃料取替キャナル、キャスクピット、燃料検査ピットの全てが水張りされた状態とする。



モデル化範囲	使用済燃料ピットのあるフロアレベル全体（上図参照）
境界条件	シャッター位置の出入口からは水が流出するものとする。 また、建屋上部は開放とし、他は壁からの跳ね返りを考慮する。
水位	T. P. 32.73m (溢水を多めに算出するため高水位警報レベルを初期条件とする。)
評価用地震波	燃料取扱棟 T. P. 33.1mにおける地震波を使用
解析コード	FLOW-3D（流体解析ソフトウェア）：3次元流動現象を精度良く計算することを特徴としている。一般産業施設の主要な解析実績としては、液体燃料やLNGタンクのスロッシング解析、インクジェット解析、鑄造湯流れ凝固解析などが挙げられる。検証結果を別紙1に示す。
その他	使用済燃料ラックは考慮せず、ピット内の水が全て揺動するとした。また、ピット周りに設置されているフェンスは考慮しない。

FLOW-3Dで採用しているVOF法は、以下のような手順で液面の移動を解析する。

- ①各計算格子を液体充填率F（0から1の間の値をとる）及び周囲のセルの状況により、下図に示すように、気体、共存、液体、境界セルに分類する。
- ②共存セル内の液体位置を（液体と気体の境界面がいずれかの座標軸に垂直になるように）決定する。
- ③各計算セルのF値を運動方程式等で計算された流速場に従って移流させる。
- ④時間を進めて計算を繰り返す。



## 2. モデル図

作成したモデルの諸元を表1に示す。また、モデル図を図1～5に示す。

解析領域	
X方向	-0.5 ~ 58.9 [m]
Y方向	-20.5 ~ 2.8 [m]
Z方向	19.9 ~ 36.1 [m]

表1 モデル諸元





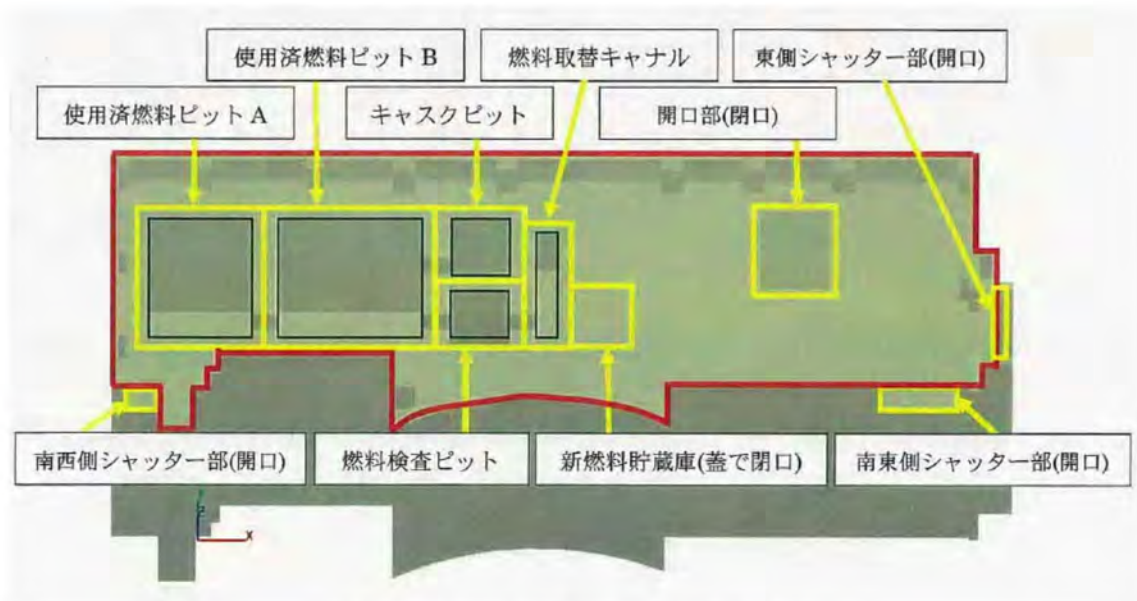


図1 解析領域（赤線）と名称

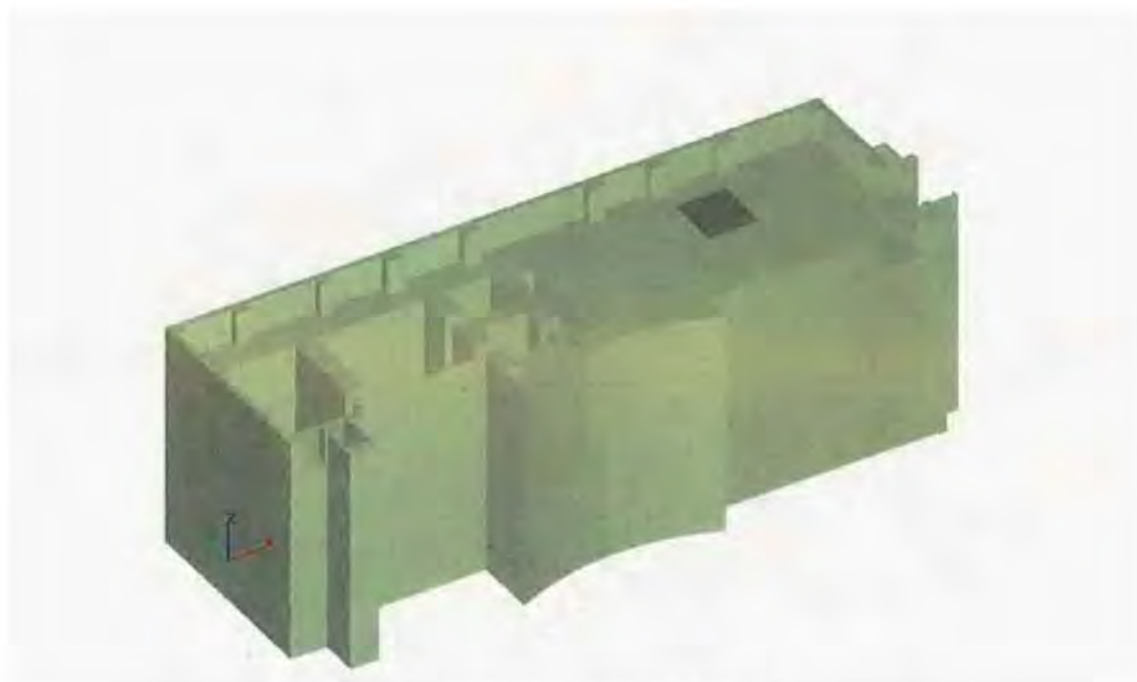


図2 解析モデルの概要図

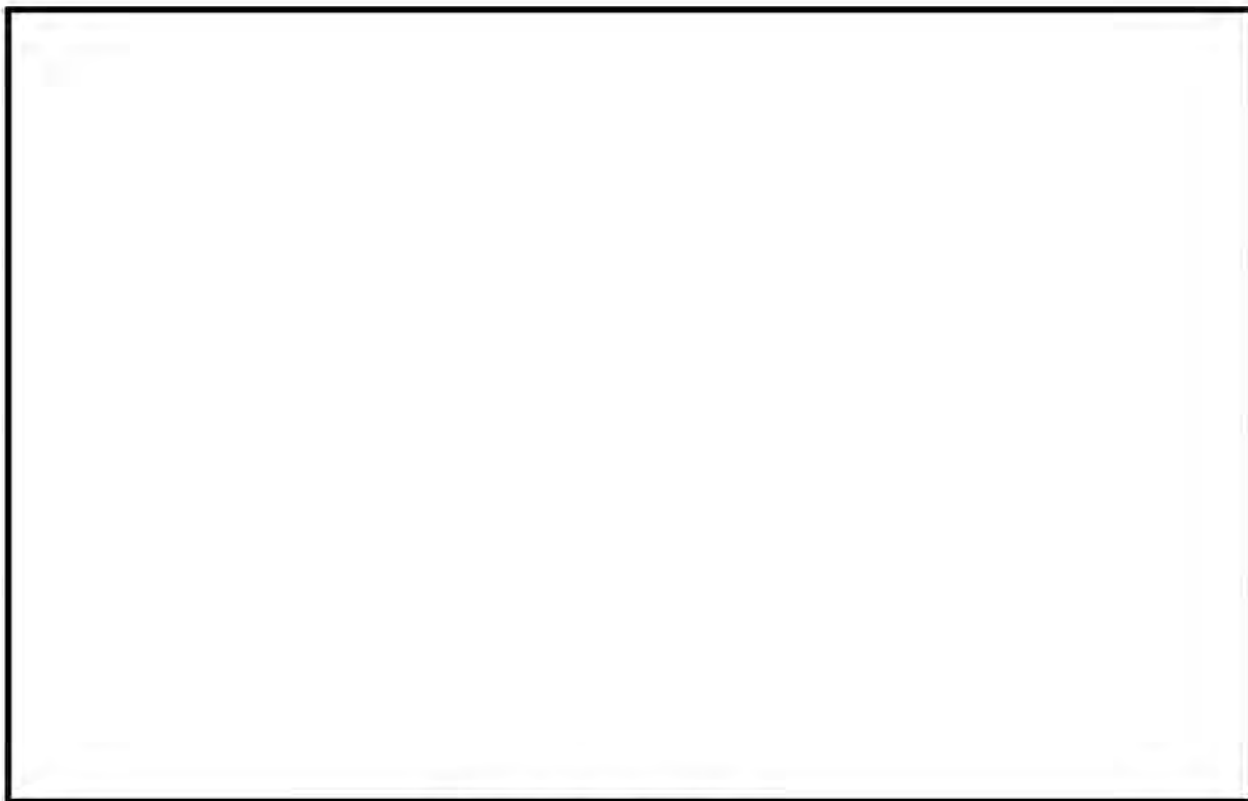


図3 3次元メッシュ図

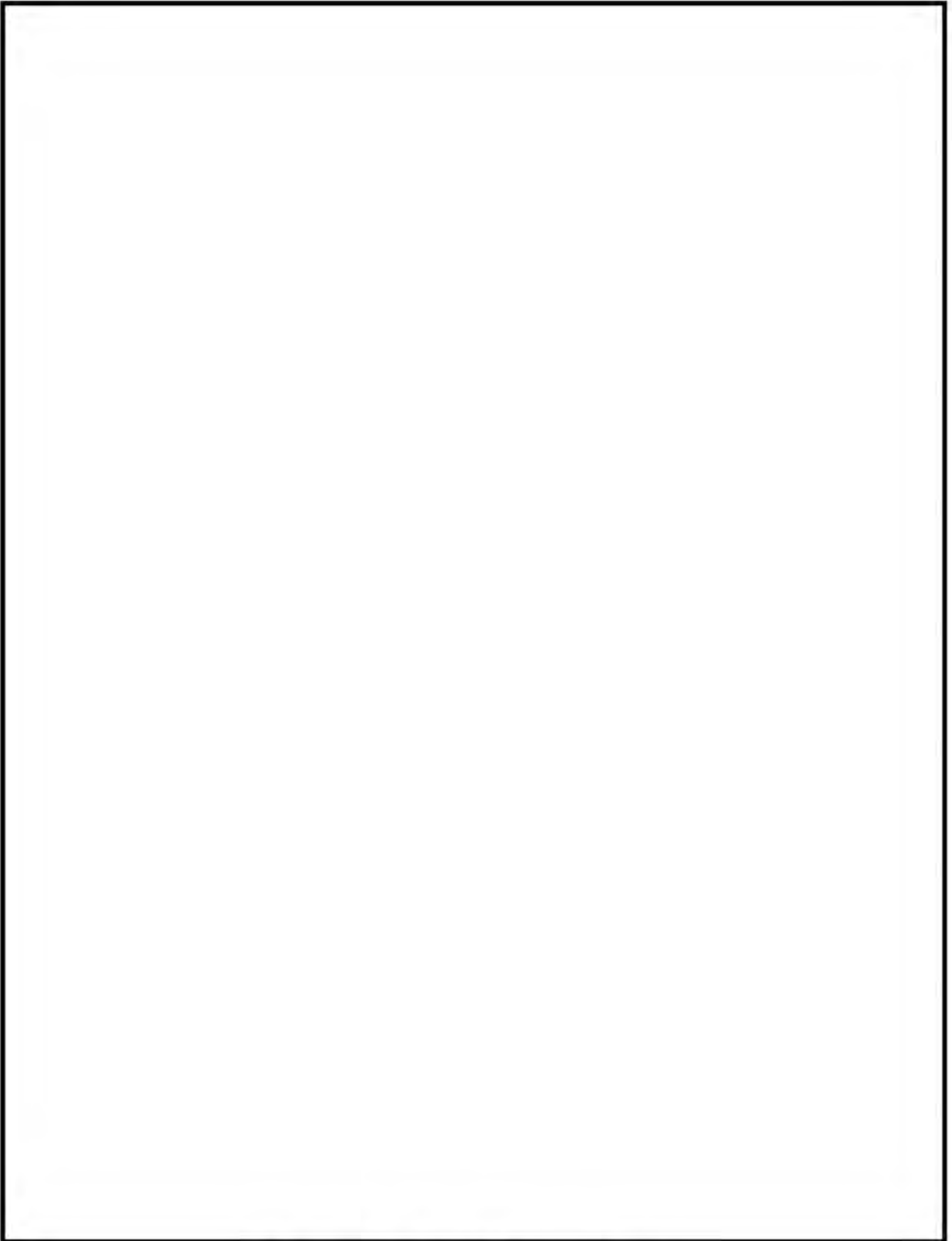


図4 2次元断面と設定されたメッシュ  
(青：流体、灰色：構造物)

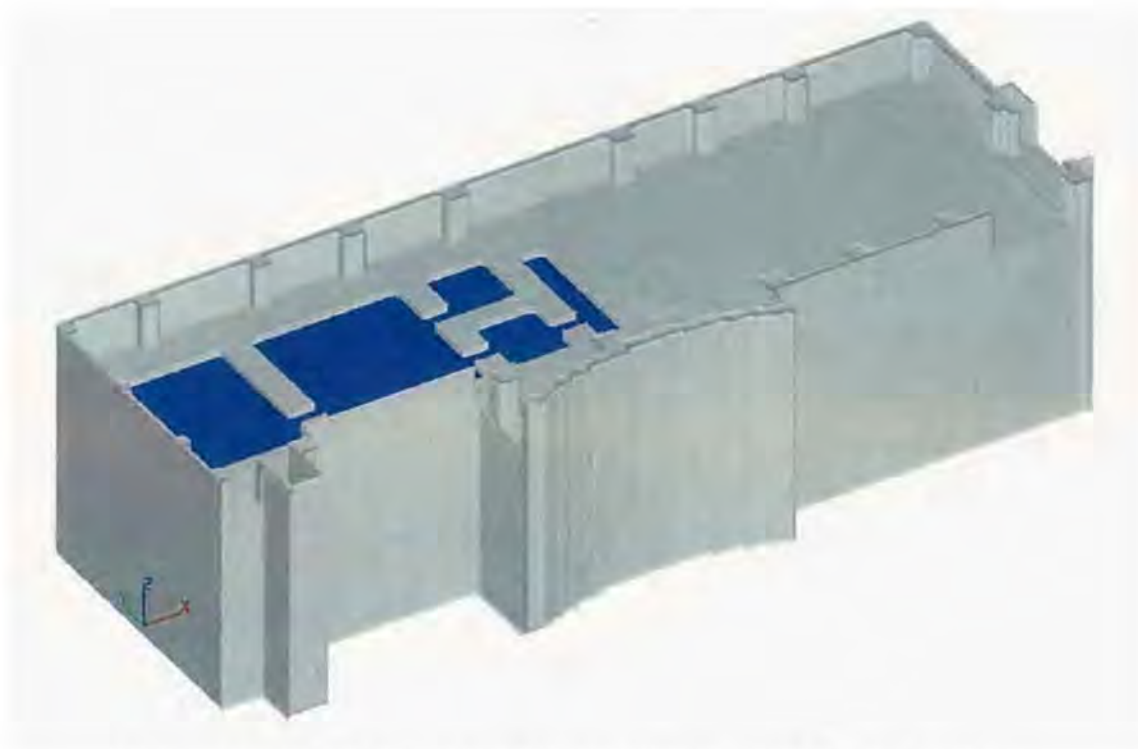


図5 使用済燃料ピットの透視図（青：流体、灰色：構造物）

### 3. 解析結果

評価用地震波は、加振する方向成分で「X方向（EW）、Z方向」をCase 1、「Y方向（NS）、Z方向」をCase 2とし、各Caseにおける使用済燃料ピット内の流体の様子を図6・7に示す。また、流体の最高到達高さを図8に示す。

解析終了時点での使用済燃料ピットからの溢水量は以下のとおりである。

解析ケース	溢水量
Case1	7.25[m <sup>3</sup> ]
Case2	11.1[m <sup>3</sup> ]

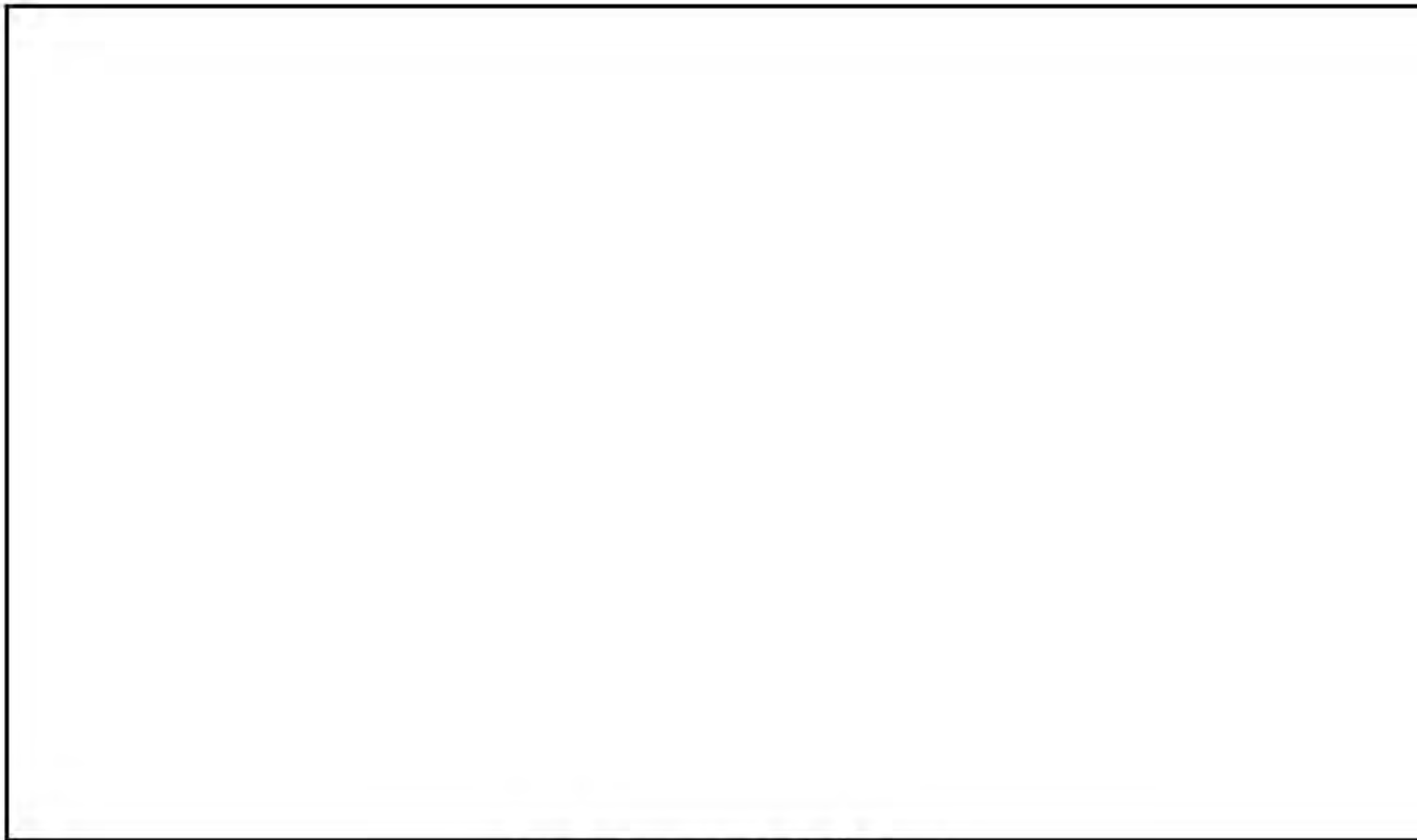


図6 燃料ピットの溢水量[m<sup>3</sup>] : Case1

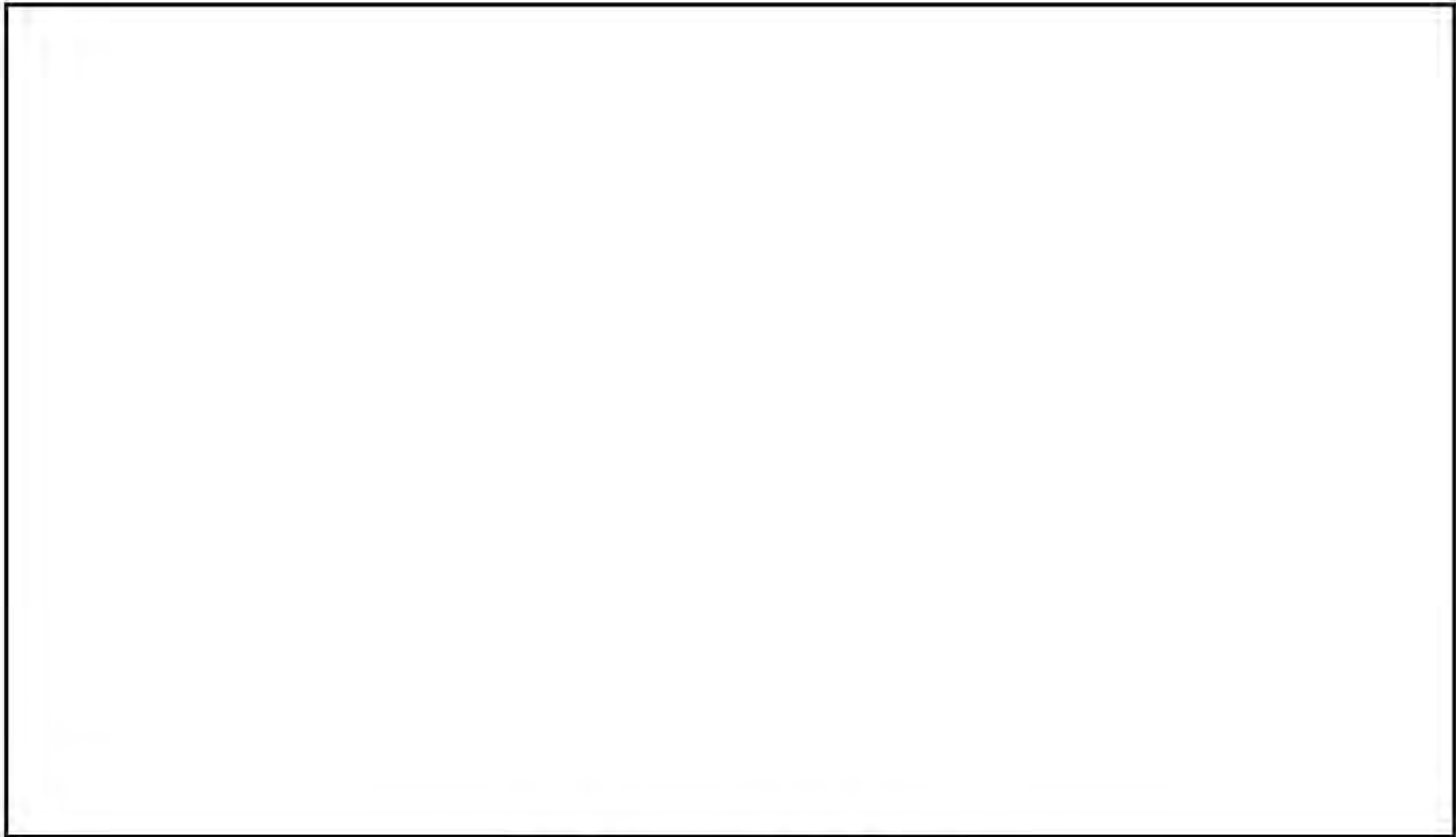


図7 燃料ピットの溢水量[m<sup>3</sup>] : Case2

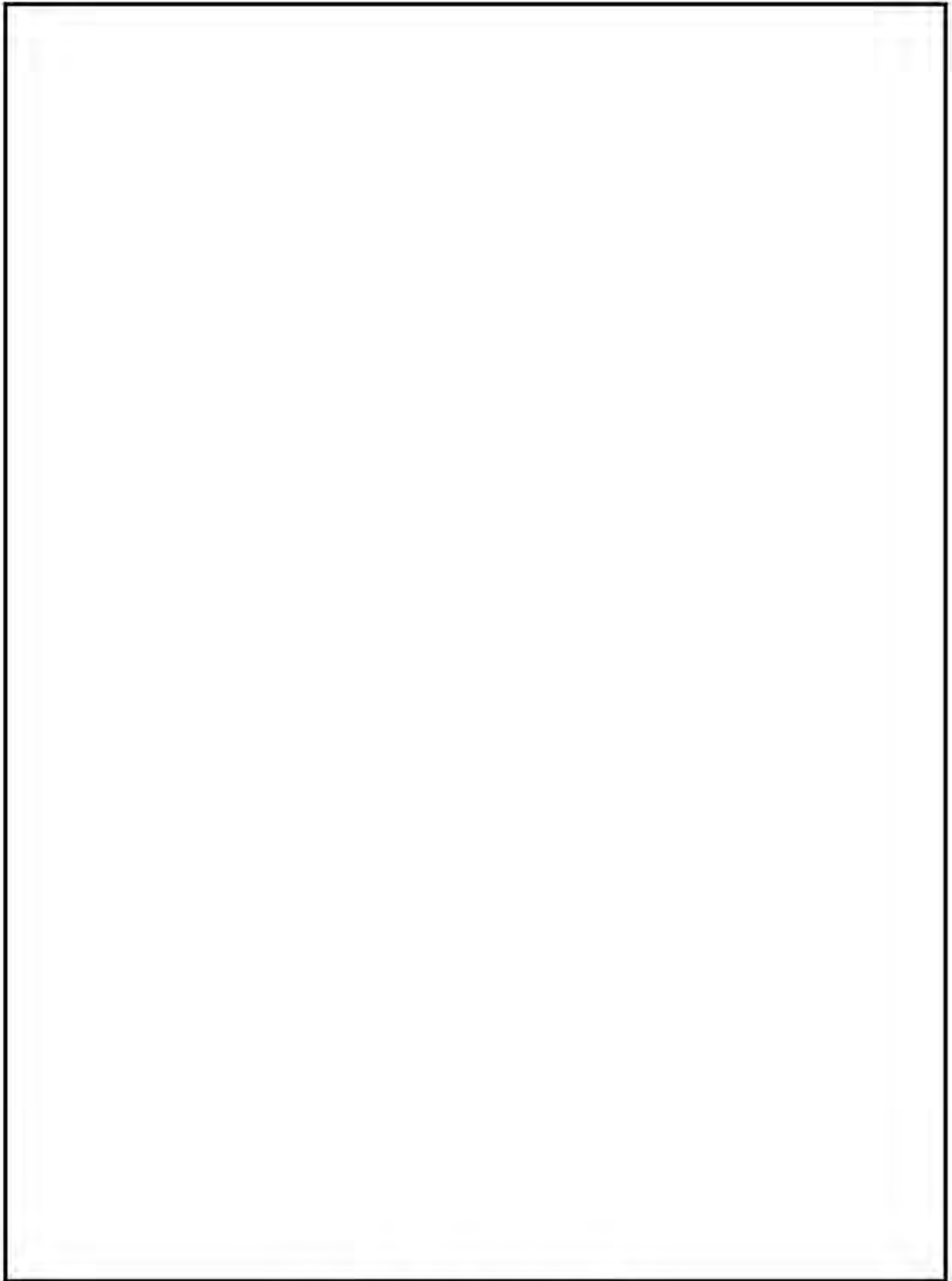


図8 流体の最高到達高さ [m]

#### 4. 評価結果

##### (1) 溢水源の想定

3. の解析の結果から、最大溢水量であるCase 2の $12.6 \text{ m}^3$ を溢水源として想定する。

泊発電所3号機の基準地震動 $S_s$ の時刻暦波は120秒で設定されているのに対し、解析は60秒で打ち切っている。解析に際しては、溢水を多めに算出するために下記の考慮を行っていることから、最大溢水量として60秒時点の解析値の $11.1 \text{ m}^3$ を大きく超えるものではないと考えられるが、余裕を見てピーク溢水量を溢水源として想定することとした。

- ・高水位警報レベルを初期条件としていること。
- ・溢水量を解析するモデル化の範囲として、使用済燃料ピット、燃料取替キャナル、キャスクピット、燃料検査ピットの全てが水張りされた状態としていること。
- ・使用済燃料ピット周りに設置されているフェンスを考慮していないこと。
- ・使用済燃料ピット内に設置されている使用済燃料ラックを考慮せず、ピット内の全ての水が揺動する条件としていること。

現在、基準地震動 $S_s$ の時刻暦波の時間に余裕を見た長さでの評価を実施し、溢水量の確認を行っており、必要に応じて見直すこととしている。

##### (2) 使用済燃料ピットの冷却機能及び給水機能の確認

3. の解析の結果から、流体の最高到達高さは、Case 2の $1.37 \text{ m}$ を想定する。

使用済燃料ピットの堰位置はT. P.  $33.15 \text{ m}$ であることから、この位置から流体の最高到達高さを減じた位置より使用済燃料ピット水位が低ければ、使用済燃料ピット外に水は流出しない。

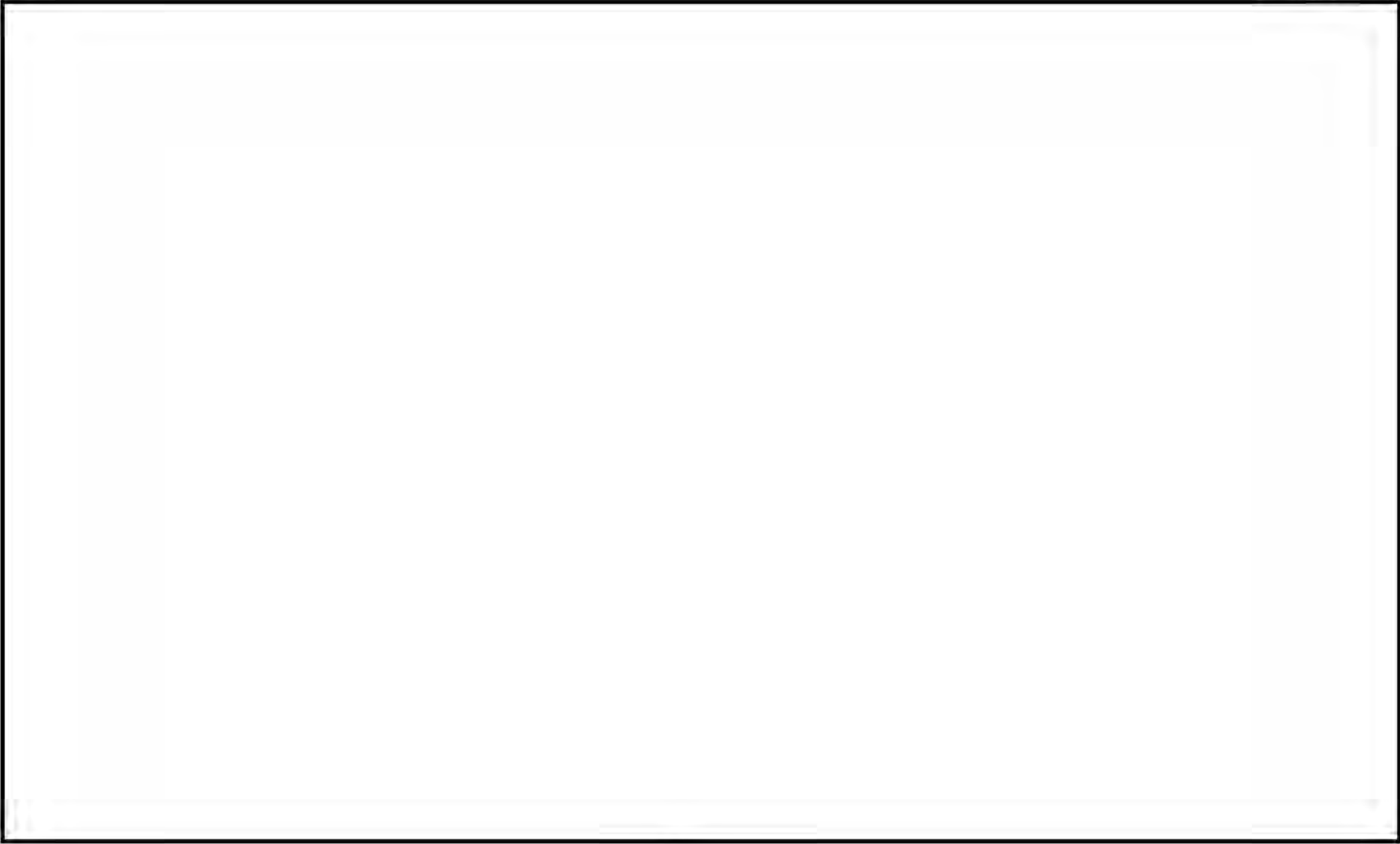
従って、この水位が、冷却系の運転可能水位および遮へいに必要な水位より高ければ、スロッシングによるピットからの溢水により、ピットの冷却機能及び給水機能が損なわれることはない。

評価の結果は下表のとおりであり、制限値（下限水位）を満足していることから、ピットの冷却機能及び給水機能は確保される。

	スロッシングによる溢水が生じない上限水位 (T. P.)	制限値 (T. P.)
冷却系の運転可能水位	$31.78 \text{ m}$	$31.46 \text{ m}$
遮へいに必要な水位	$(= 33.15 \text{ m} - 1.37 \text{ m})$	$29.74 \text{ m}$

以上





## 5. 地震時における原子炉建屋と原子炉補助建屋の没水影響評価について

### 1. はじめに

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」では発電所内で発生した溢水に対して、重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を失わないことを確認することとしており、溢水評価の項目として没水評価をすることとしている。

原子炉建屋および原子炉補助建屋には重要度の特に高い安全機能を有する系統が設置されているため、本資料ではこれらの系統の設備が地震時における溢水による没水で機能に影響を受けないことについて評価ガイドに従い評価した。

### 2. 評価の考え方

評価は以下の考え方に基づいて実施した。

#### (1) 評価対象となる溢水源の抽出

耐震 B,C クラス機器のうち地震時に溢水源となり得る機器を抽出し、これら機器からの溢水量と使用済燃料ピットのスロッシングにより生じる溢水量を求めた。

#### (2) 溢水防護区画の設定

重要度の特に高い安全機能を有する系統がその安全機能を適切に維持するために必要な設備を防護対象設備として選定したうえで、同設備が設置されているフロアにおいて、平坦な床面は同一区画として考え、境界は壁や扉の敷居部、堰等流入の障壁となる段差がある箇所にて区画境界としている。

但し、溢水水位を最も高く評価することを考慮し、敷居のない扉部等の平坦部であっても区画境界として設定している箇所もある。

#### (3) 溢水経路の設定

原則として、溢水水位が高くなるよう以下の考えで経路を設定した。想定した溢水伝播経路と異なるエリアへ溢水伝播することがないように、床および壁の貫通部のうち、必要な箇所にシール施工している。(5-別紙1)

- ① 下層階への溢水の落水先を特定したうえで、下層階への落水箇所が複数ある場合で別の溢水防護区画に落水する場合は、それぞれの区画で上層階からの溢水全量を落水させることとした。
- ② 溢水防護区画内での漏えい（溢水源が評価区画内にある場合）では、溢水が区画外に流出しないものとして評価を行うこととした。  
なお、上層階からの落水がある場合は、伝播経路として考慮すべき滞留エリアがないため、これを溢水防護区画内での漏えいに見なして上記と同様に取り扱った。
- ③ 溢水防護区画外で生じる溢水は、堰や扉の敷居高さを考慮せず、溢水の滞留面積が最小となるように伝播経路を設定し評価を行うこととした。

標準評価においては、評価の容易性のため以下の条件にて評価し、防護対象設備の機能喪失高さに対して溢水水位が高くなる場合においては、評価上の余裕を確保しつつ、より実態に即した詳細な評価条件で伝播する溢水量を再設定し、再評価を行うこととした。(以下、「詳細評価」という)

<標準評価で用いる評価条件>

- 全ての溢水が下層階に伝播することを想定(上層階での堰などによる貯水を見込まない)
- 床勾配の水上高さ(最高位置)を評価区画全体の溢水水位に付加
- 溢水伝播経路上に分岐区画がある場合でも、そこへの伝播は考慮せずに溢水水位を算出
- 床ドレン配管による溢水の排出には期待せずに溢水水位を算出

(4) 没水評価に用いる水位の算出

影響評価に用いる水位の算出は、漏えい発生階とその経路上の溢水防護区画の全てに対して行う。水位：Hは下式に基づいて算出する。

$$H=Q/A$$

Q：流入量 (m<sup>3</sup>)

(1) で想定した溢水量を用いて、(3) の溢水経路の設定に基づき防護対象区画への流入量を算出する。

A：滞留面積 (m<sup>2</sup>)

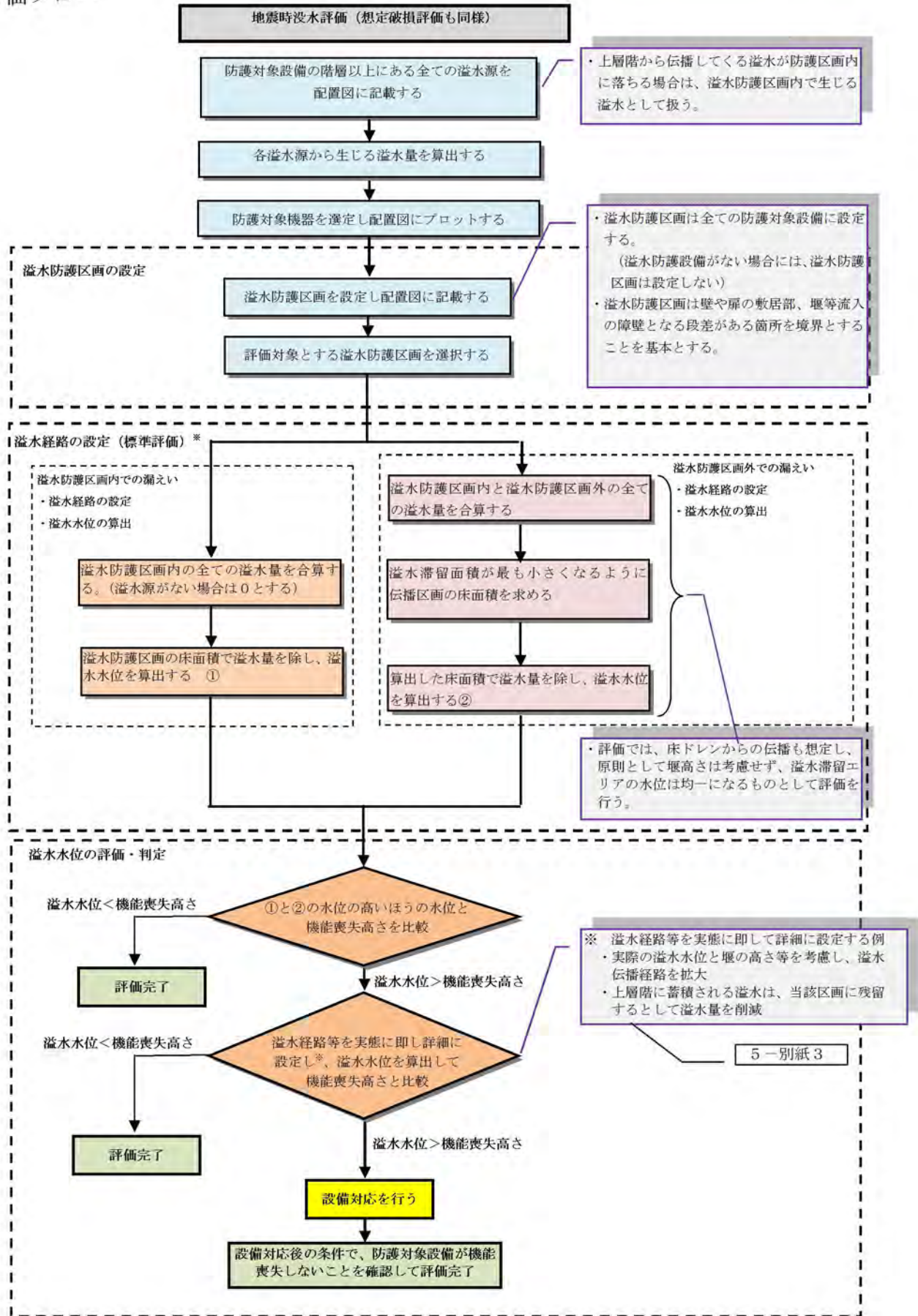
溢水防護区画内と溢水経路に存在する区画(伝播区画)の総面積を滞留面積として評価する。

なお、滞留面積は、壁および床の盛り上がり(コンクリート基礎等)範囲を除く有効面積を滞留面積とする。

(5) 地震に起因する溢水影響評価

溢水水位が防護対象設備の機能喪失高さに至らないことを確認することで、地震起因の溢水の評価を実施した。

### 3. 評価フロー



#### 4. 溢水源と溢水量の評価

##### (1) 評価対象となる溢水源について

没水評価の対象とする溢水源は、耐震B、Cクラス機器のうち地震時に溢水源となる可能性のある機器を抽出している。(補足説明資料3「耐震B、Cクラス機器の耐震評価について」参照)

- ① 流体を内包する耐震B、Cクラス機器(配管、容器)のうち、基準地震動 $S_s$ による地震力に対して耐震性が確保されていない機器から生じる溢水。但し、水密区画内に設置されている容器は溢水源として考慮しない。(5-別紙2)
- ② 使用済燃料ピットのスロッシングにより生じる溢水。

##### (2) 溢水量

建屋	①耐震B、Cクラス機器からの溢水量	②使用済燃料ピットスロッシングによる溢水量
原子炉建屋	0.6 m <sup>3</sup>	12.6 m <sup>3</sup>
原子炉補助建屋	114.3 m <sup>3</sup>	—
合計	127.5 m <sup>3</sup>	

#### 5. 地震に起因する溢水影響評価結果

地震に起因する溢水に対する各防護対象区画への評価を実施した結果、原子炉建屋と原子炉補助建屋の防護対象設備が溢水によって機能喪失に至らないことを確認した。なお、4箇所の溢水防護区画に対して「詳細評価」を行っており、溢水水位が機能喪失高さに至ることがなく、適切な保守性を持っていることを確認した。(5-別紙3参照)

地震に起因する溢水に対する区画ごとの評価結果を5-別紙4に、溢水経路図を5-別紙5に示す。

壁・床貫通部及び電線管へのシール対策

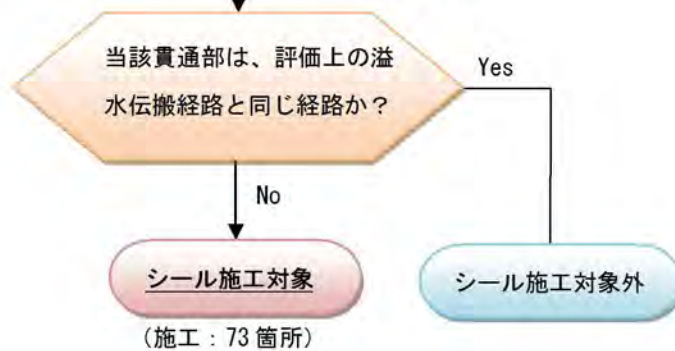
溢水伝播経路にある壁・床の貫通部および電線管のうち、溢水評価上の水位以下となる箇所について、以下の考え方にに基づきシール対策を実施している。

<①壁・床の貫通部>

<シール施工の考え方>

- 溢水が滞留するエリアの全ての壁・床貫通部の現場確認を行い、溢水高さ以下となる貫通部を抽出する。
- 続いて、以下のフローに基づきシール施工の要否を判断する。

(388箇所)



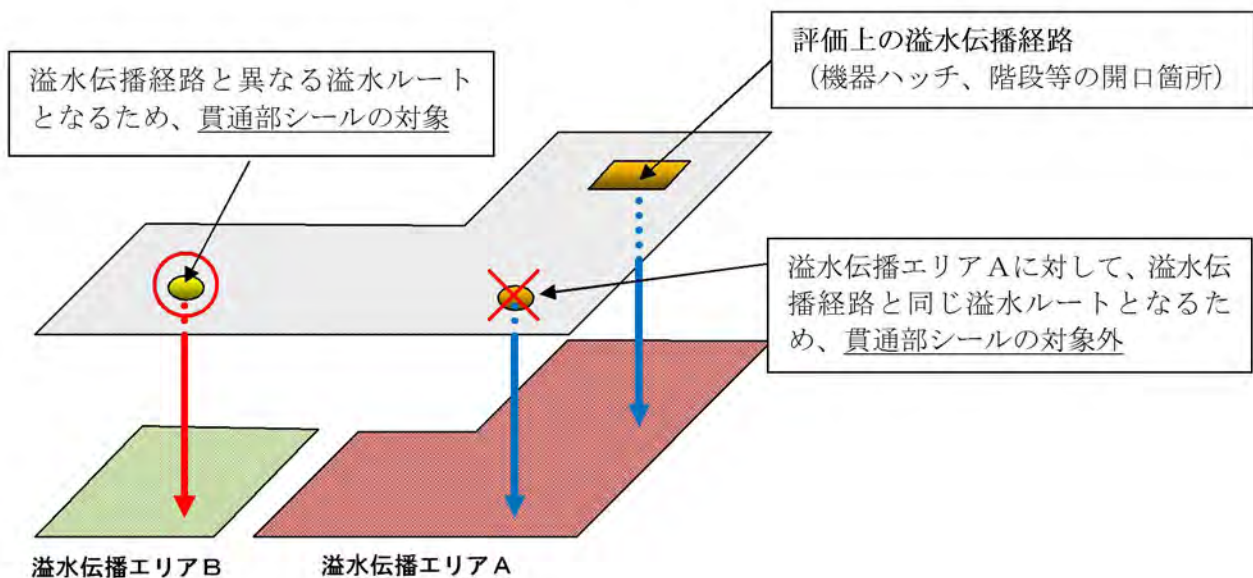
<②電線管>

<シール施工の考え方>

- 溢水が滞留するエリアの全ての電線管の現場確認を行い、溢水高さ以下となる電線管を対象にシール施工する。

(施工：1304箇所)

<床貫通部シール施工箇所選定イメージ>

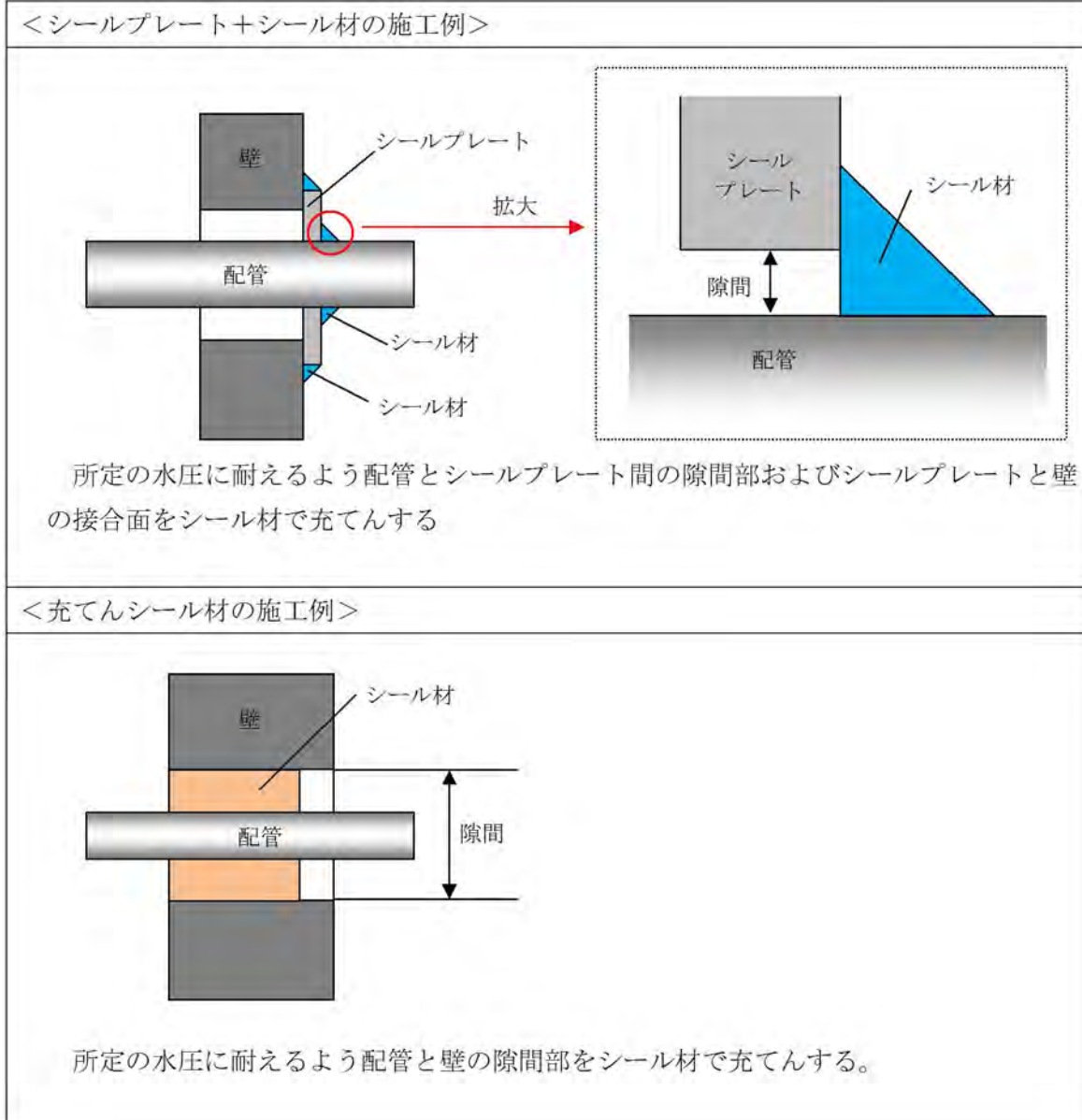


壁・床貫通部及び電線管シール施工の実例

施工前写真	施工後写真	備考
		配管床貫通部
		配管壁貫通部
		配管床貫通部
		電線管接続部

## 貫通部シール施工要領

貫通部については、シール施工要領に基づき適切に施工管理を行うことにより貫通部のシール機能を確保している。なお、シール施工に際しては、対象となる貫通部に想定される溢水高さで生じる水圧に十分耐えるよう施工している。





## 水密コンパートメントの漏えい拡大防止機能について

濃縮廃液タンク、冷却材貯蔵タンク、使用済樹脂貯蔵タンクおよび一次系純水タンクは、水密コンパートメント内に設置されている。ここでは、水密コンパートメントの漏えい拡大防止機能について説明する。

## 1. 堰高さ

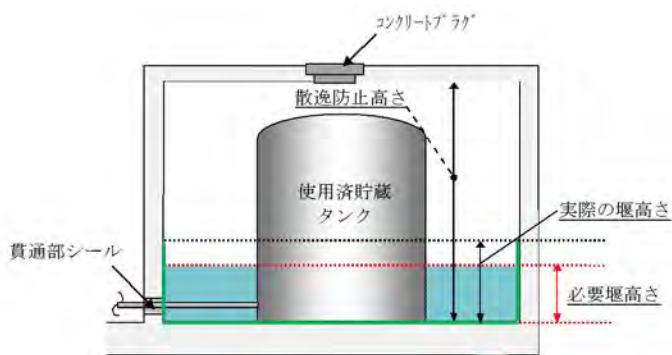
放射性物質濃度が  $37 \text{ kBq/cm}^3$  以上の流体状放射性廃棄物を内包する容器である、濃縮廃液タンク、冷却材貯蔵タンクおよび使用済樹脂貯蔵タンクは、放射性物質の漏えい拡大防止のために堰が設けられている。また、一次系純水タンクは、防護対象設備の浸水防止のために堰が設けられている。

これらの堰高さは、容器が設置される区画内に容器内の全保有水量を保持するために必要な堰高さ以上であり、漏えいの拡大を防止できる。

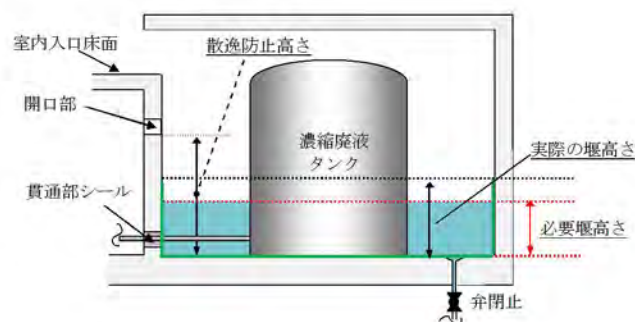
容器名称	必要堰高さ (cm)	実際の堰高さ <sup>※1</sup> (cm)	(参考) 散逸防止高さ <sup>※2</sup> (cm)
濃縮廃液タンク	134.8	約 160	約 280
冷却材貯蔵タンク	558.5	約 561	約 740
使用済樹脂貯蔵タンク	291.0	約 295	約 810
一次系純水タンク	394.7	約 395	約 690

※1 防水塗装範囲

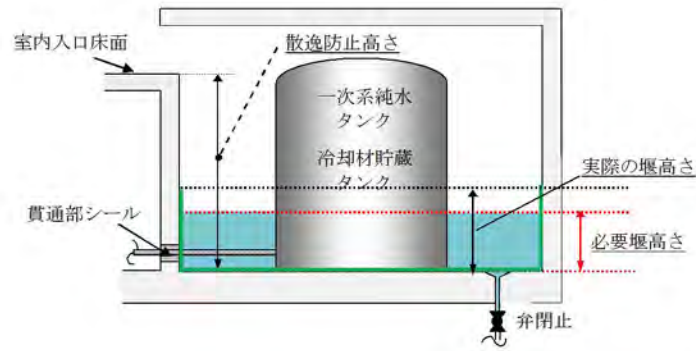
※2 堰高さ以上の範囲は防水塗装されていないが、水密コンパートメント内の水の散逸を防止することができる高さ



堰高さのイメージ図（使用済樹脂貯蔵タンク）



堰高さのイメージ図（濃縮廃液タンク）

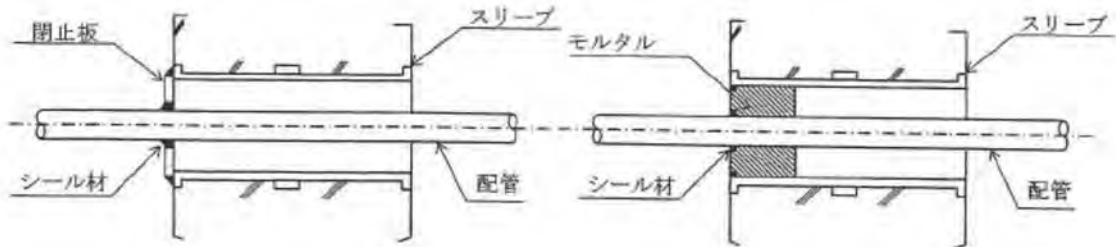


堰高さのイメージ図（一次系純水タンク、冷却材貯蔵タンク）

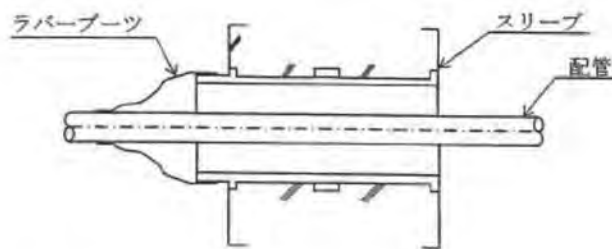
## 2. 堰および堰で囲まれた床面部の漏えい拡大防止

漏えいが拡大しないよう以下の設計としている。

- (1) 床ドレン配管に止め弁を設け常時閉運用としている。
- (2) 床面および壁面には耐水性を有する塗料を塗布する。
- (3) 床の貫通部は、貫通スリーブ部に防水シールを施工する。（次図参照）
- (4) 壁の貫通部は、ラバーブーツ又はモルタル等のシール対策を施す。（次図参照）



(a) 閉止板等による漏えい防止図

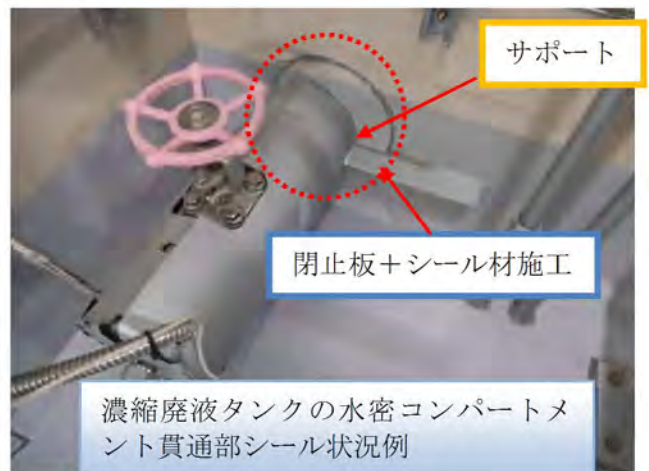
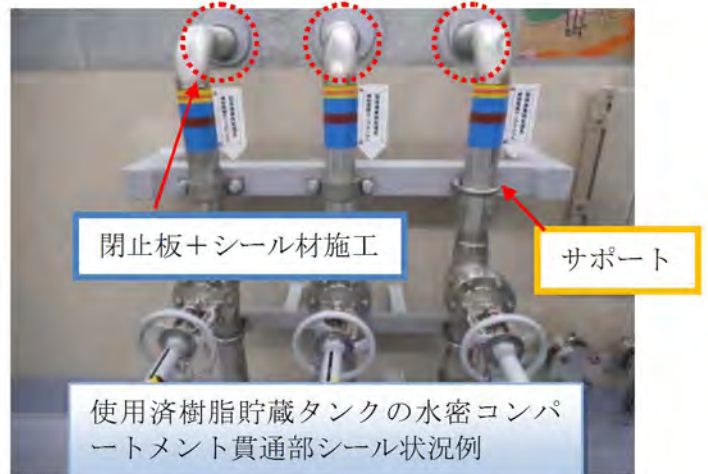
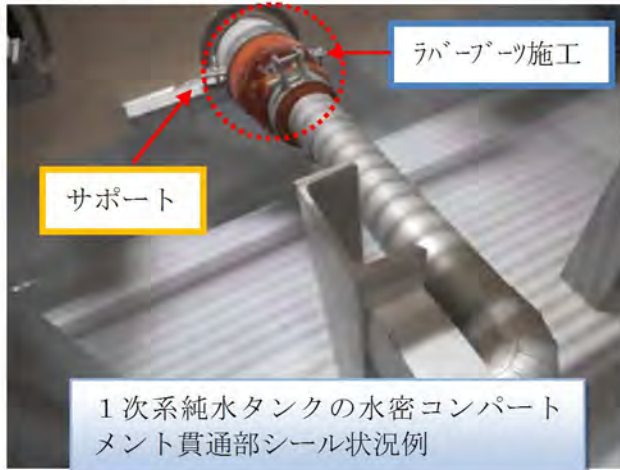


(b) ラバーブーツによる漏えい防止図

### 3. 耐震性

水密コンパートメントは基準地震動  $S_s$  に対する耐震性を有する建屋に設置されている。また、貫通部については、下記の現地施工状況例に示すとおり、漏えい防止用シールを施工するとともに、地震による貫通部シール機能への影響を防止するため、貫通部近傍の壁にサポートを設置していることから、地震時においても水密コンパートメントからの漏えい拡大防止機能は維持される。

#### <現地施工状況例>



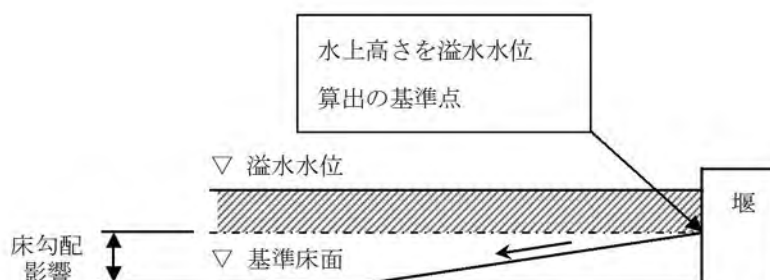
## 没水評価における詳細評価について

### 1. はじめに

- 泊3号機の地震時における原子炉建屋と原子炉補助建屋の没水評価では、5-3 ページの評価フローのとおり、標準評価においては、評価の容易性のため以下の条件にて評価し、防護対象設備の機能喪失高さに対して溢水水位が高くなる場合は、評価上の余裕を確保しつつ、より実際に即した詳細な評価条件で伝播する溢水量を再設定し、再評価を行うこととしている。

#### <標準評価で用いる評価条件>

- 全ての溢水が下層階に伝播することを想定（上層階での堰などによる貯水を見込まない）
- 床勾配の水上高さ（最高位置）を評価区画全体の溢水水位に付加
- 溢水伝播経路上に分岐区画がある場合でも、そこへの伝播は考慮せずに溢水水位を算出
- 床ドレン配管による溢水の排出には期待せずに溢水水位を算出



- 本資料では標準評価で機能喪失高さに対して溢水水位が高くなった4箇所について、初回の評価条件から実態に即した詳細な評価条件への変更内容および評価結果についてまとめた。

### 2. 詳細評価

#### (1) 原子炉補助建屋 T. P. 2. 8 mのAB-F③、AB-F④の詳細評価

AB-F③、AB-F④の標準評価では、溢水水位（T.P. 3.568m）が電動弁の機能喪失水位（T.P. 3.5m）に至るため、詳細評価を行った。

#### 詳細評価：床勾配のない通路エリアでの溢水貯水量を見込んだ評価

本評価では、上層階における床勾配の影響に関する評価条件を見直して評価を行った。原子炉補助建屋 T. P. 10. 3 mの通路エリア（AB-D②）には床勾配が設けられていないため、「確実に溢水防護区画に流入しない量」として、床勾配がないことを考慮した溢水貯水量を計算し、同貯水量を差引いた後の全溢水量が一つの溢水防護区

画（AB-F④）に流入する条件で評価を実施した。AB-F④は、上層階からの溢水量がAB-F③に比べて大きく、床面積が等しいため、AB-F④の評価で代表する。

溢水防護区画	溢水量 (m <sup>3</sup> ) (A)	滞留面積 (m <sup>2</sup> ) (B)	暫定水位 (m) (C=A/B)	床勾配影響 (m) (D)	溢水水位 (m) (E=C+D)
AB-F④	23.9 <sup>*1</sup>	92.8 <sup>*2</sup>	0.258	0.05	0.308

※1 上層階の溢水量-堰による貯水量=113.2-89.3=23.9m<sup>3</sup>

$$\begin{aligned} \text{貯水量} &= \{(AB-D②\text{滞留面積}) \times (\text{堰高さ})\} + \{(AB-D①⑦\text{滞留面積}) \times (\text{堰高さ} - \text{水上高さ})\} \\ &= (855.2 \times 0.1) + \{75.6 \times (0.1 - 0.05)\} \\ &= 89.3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

※2 滞留範囲は5-13 ページ参照

防護対象設備	溢水水位 (m)	機能喪失高さ (m)	評価結果
3V-RH-051B (余熱除去ポンプ燃料取替用水タンク側入口弁)	0.308	0.700	○
3V-RH-055B (余熱除去ポンプ再循環サンプ燃料取替用水ビット側入口弁)			

詳細評価を実施した結果、上表のとおり防護対象設備は溢水による機能喪失に至らない。

## (2) 原子炉補助建屋 T.P.-1.7mのAB-G②、AB-G⑦の詳細評価

原子炉補助建屋 T.P.-1.7mの溢水防護区画（安全系補機室）の入口扉は気密仕様であるため、溢水防護区画内への溢水伝播は極少量であると考えられるが、溢水防護区画には強制的な溢水流入を仮定して評価している。標準評価では溢水水位（T.P.-1.362m）がA（B）高圧注入ポンプの機能喪失水位（T.P.-1.4m）に至る結果となったため、高圧注入システムの両トレンが同時に機能喪失しないことを確認するためにA・B高圧注入ポンプ室の2区画のみに溢水が流入するケースと、確認のため実際の溢水伝播状況に近いと考えられるT.P.-1.7mの全ての溢水防護区画の水位が均一になるケースの、2ケースの詳細評価を行った。

### 詳細評価①：2箇所（AB-G②⑦）の溢水防護区画にのみ溢水が流入するとして評価

本評価は、全溢水量が一つの溢水防護区画に流入するという評価条件と、標準評価での床勾配の影響に関する評価条件を見直して詳細評価を行った。

原子炉補助建屋 T.P.-1.7mの通路エリア（AB-G①）の一部には床勾配が設けられていないため、「確実に溢水防護区画に流入しない量」として床勾配がないエリアを考慮し、高圧注入ポンプ両トレンが同時に機能喪失しないことを確認するため、両高圧注入ポンプ室のみを溢水伝播経路とすることとし再評価した。

溢水防護区画	溢水量 (m <sup>3</sup> ) (A)	滞留面積 (m <sup>2</sup> ) (B)	暫定水位 (m) (C=A/B)	床勾配影響 (m) (D)	溢水水位 (m) (E=C+D)
AB-G②⑦	127.5	495.4 <sup>*1</sup>	0.258	0.03 <sup>*2</sup>	0.288

※1 滞留範囲は5-14 ページ参照

※2 床勾配影響=床勾配のあるエリアの床面積×水上高さ/溢水伝播区画の床面積

$$\begin{aligned} &= (AB-G②⑦\text{の床面積} + AB-G①\text{内の洗浄排水タンク室と補助建屋サンプタンク室の床面積}) \times \text{水上高さ} / \text{溢水伝播区画の床面積} \\ &= (120.2 + 90.8) \times 0.05 / 495.4 = 0.03 \text{ m} \end{aligned}$$

防護対象設備	溢水水位 (m)	機能喪失高さ (m)	評価結果
3 A 高圧注入ポンプ 3 B 高圧注入ポンプ	0. 2 8 8	0. 3 0 0	○

詳細評価②：全ての溢水防護区画に同様に流入する評価

本評価は、全溢水量が一つの溢水防護区画に流入するという評価条件を見直し、原子炉補助建屋 T. P. - 1. 7 m の溢水防護区画 (A B - G ②③④⑤⑥⑦) への溢水流入経路となる入口扉は同仕様であるため、6 つの溢水防護区画に同様に流入すると想定して詳細評価を行った。

溢水防護区画	溢水量 (m <sup>3</sup> ) (A)	滞留面積 (m <sup>2</sup> ) (B)	暫定水位 (m) (C = A / B)	床勾配影響 (m) (D)	溢水水位 (m) (E = C + D)
A B - G ②⑦	1 2 7. 5	7 5 2. 5 <sup>*1</sup>	0. 1 7 0	0. 0 5	0. 2 2 0

※1 滞留範囲は 5-14 ページ参照

防護対象設備	溢水水位 (m)	機能喪失高さ (m)	評価結果
3 A 高圧注入ポンプ 3 B 高圧注入ポンプ	0. 2 2 0	0. 3 0 0	○

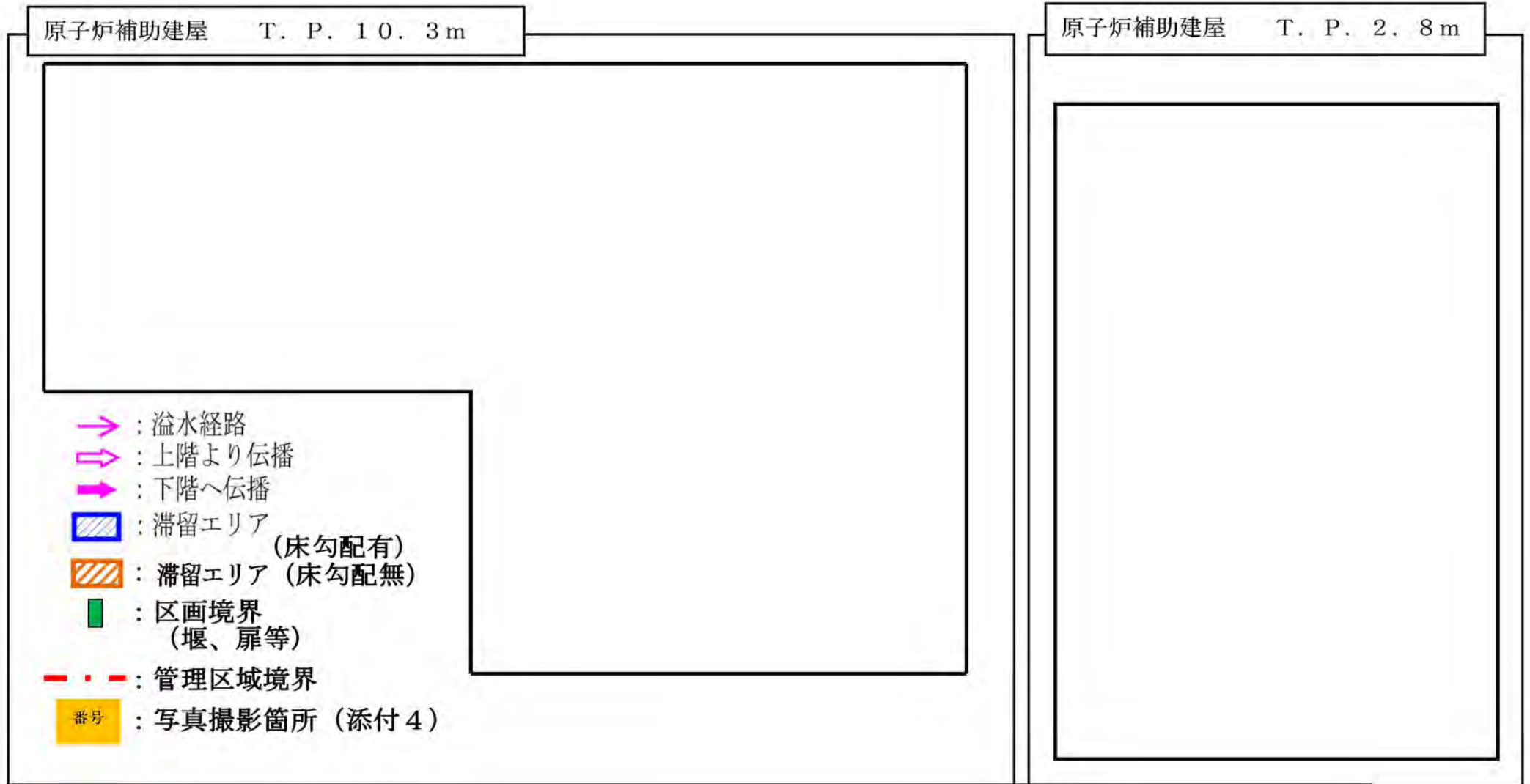
2 ケースの詳細評価は、何れも溢水水位が機能喪失高さに至ることがない結果となっており、詳細評価②が実際の溢水伝播状況に近いと考えられるものの、保守性の説明性の観点から溢水経路を限定する評価条件を適用するのがより適切であると判断し、詳細評価①を当該区画の詳細評価結果とする。

《添付資料》

- 添付-1 詳細評価① 伝播図
- 添付-2 詳細評価② 伝播図
- 添付-3 詳細評価③ 伝播図
- 添付-4 詳細評価関連箇所 現場写真

以 上

詳細評価① 伝播図



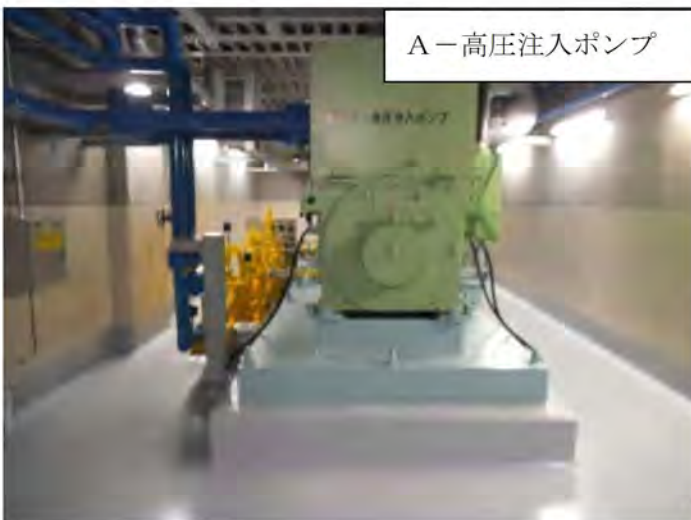
原子炉補助建屋 T. P. 10. 3 mの通路エリア (A B-D②) には床勾配が設けられていないため、「確実に溢水防護区画に流入しない量」として、床勾配がないことを考慮した溢水貯水量を計算し、貯水量を差引いた後の全溢水量が一つの溢水防護区画 (A B-F④) に流入する条件で評価を実施している。

詳細評価② 伝播図

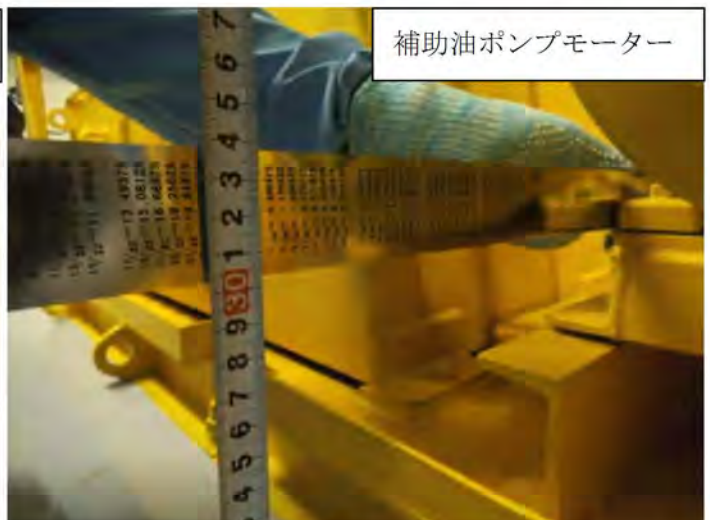
原子炉補助建屋 T. P. - 1. 7 m

- ▶ : 溢水経路
- ▶ : 上階より伝播
- ▶ : 下階へ伝播
- ◻ : 滞留エリア
- : 区画境界  
(堰、扉等)
- : 管理区域境界
- : 写真撮影箇所 (添付 4)

原子炉補助建屋 T. P. - 1. 7 mの溢水防護区画 (A B - G ②③④⑤⑥⑦) への溢水流入経路となる入口扉は同仕様であるため、6つの溢水防護区画の水位が均一になると想定して評価を実施している。



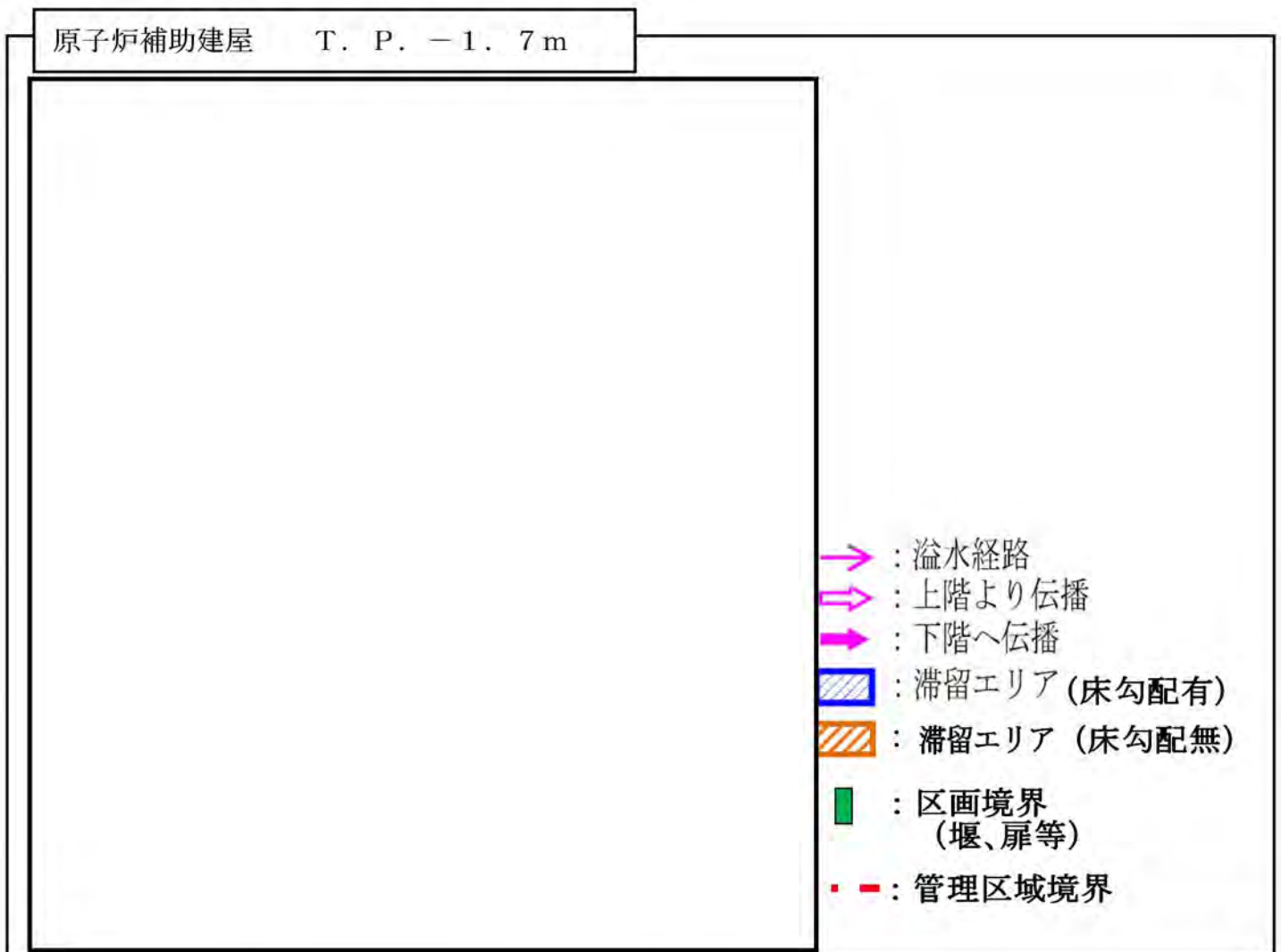
A - 高圧注入ポンプ



補助油ポンプモーター



## 詳細評価③ 伝播図



原子炉補助建屋 T. P. -1.7mの通路エリア (A B-G①)の一部には床勾配が設けられていないため、「確実に溢水防護区画に流入しない量」として床勾配がないエリアを考慮し、また、両トレンが同時に機能喪失しないことを確認するため、防護対象設備 (高圧注入ポンプ) のもう片方のトレンのみを溢水伝播経路として再評価している。



(1) B-安全補機配管室扉



(2) B-安全補機配管室内



(3) B-安全補機配管室内の堰



(4) A-高圧注入ポンプ室扉



(5) B-高圧注入ポンプ室扉



(6) A-格納容器スプレィポンプ室扉



(7) B-格納容器スプレィポンプ室扉



(8) A-余熱除去ポンプ室扉



(9) B-余熱除去ポンプ室扉

地震時の没水評価結果 (1/2)

建屋	区域区分	T.P. [m]	滞留エリア 番号	①溢水量 [m <sup>3</sup> ]	②滞留面積 [m <sup>2</sup> ]	暫定水位 [m]	床勾配影響 [m]	③溢水水位 [m]	防護対象設備	機能喪失高さ (EL. [m])	④機能喪失高さ (床上[m])	⑤影響評価	⑥判定	裕度 [m]	備考	
原子炉建屋	管理区域	33.1	RB-A①	12.60 ※1	688.0	0.019	0.00	0.019	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	-	
		24.8	RB-B①+AB-B①②③	52.30 ※7	1326.7	0.040	0.05	0.090	燃料取扱用海水ポンプ (3RFP1A, B)	25.330	0.530	③<④	○	0.440	・A/B側から伝播する注水量を加算。	
		17.8	RB-C①	12.60 ※1	1086.3	0.012	0.00	0.012	制御用空気ヘッダ圧力計 (3PT-1800, 1810)	18.800	1.000	③<④	○	0.988		
			RB-C①+AB-C①②③	109.50 ※12	1685.9	0.065	0.00	0.065	制御用空気ヘッダ圧力計 (3PT-1800, 1810)	18.800	1.000	③<④	○	0.935	・A/B側から伝播する注水量を加算。	
		10.3	RB-D①	13.10 ※2	742.6	0.018	0.00	0.018	使用済燃料ピットクーラ冷却水入口弁 (電動弁3V-CC-151A, B) 使用済燃料ピットクーラ冷却水出口弁 (電動弁3V-CC-159A, B)	10.800	0.500	③<④	○	0.482		
			RB-D①②	13.10 ※2	838.8	0.016	0.05	0.066	使用済燃料ピットポンプ (3SFP1A, B)	11.060	0.760	③<④	○	0.694		
			RB-D①③	13.10 ※2	782.0	0.017	0.00	0.017	-	-	-	-	-	-	・下階 (TP7, 2M)へ流れ込むためRB-E①にて評価を実施する。	
			RB-D①+AB-D①②	126.30 ※18	1657.2	0.077	0.00	0.077	使用済燃料ピットクーラ冷却水入口弁 (電動弁3V-CC-151A, B) 使用済燃料ピットクーラ冷却水出口弁 (電動弁3V-CC-159A, B)	10.800	0.500	③<④	○	0.423	・A/B側から伝播する注水量を加算。	
			RB-D①②+AB-D①②	126.30 ※18	1753.4	0.073	0.05	0.123	使用済燃料ピットポンプ (3SFP1A, B)	11.060	0.760	③<④	○	0.637	・A/B側から伝播する注水量を加算。	
			RB-D①③+AB-D①②	126.30 ※18	1696.6	0.075	0.00	0.075	-	-	-	-	-	-	・下階 (TP7, 2M)へ流れ込むためRB-E①にて評価を実施する。	
7.2	RB-E①	126.30 ※18	87.1	1.451	0.05	1.501	格納容器再循環サンプリング隔離弁 (電動弁3V-RH-058A) 格納容器再循環サンプリング隔離弁 (電動弁3V-SI-084A)	10.100	2.900	③<④	○	1.399	・TP7, 2Mに滞留するため、格納容器再循環サンプリング隔離弁 (電動弁3V-RH-058A, B/3V-SI-084A)は機能喪失することはない。			
非管理区域	2.3	RB-f①	0.10 ※19	381.0	0.001	0.05	0.051	原子炉補機冷却水冷却器排水出口弁 (電動弁3V-SV-571A, B)	3.000	0.700	③<④	○	0.649			

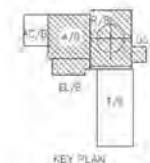
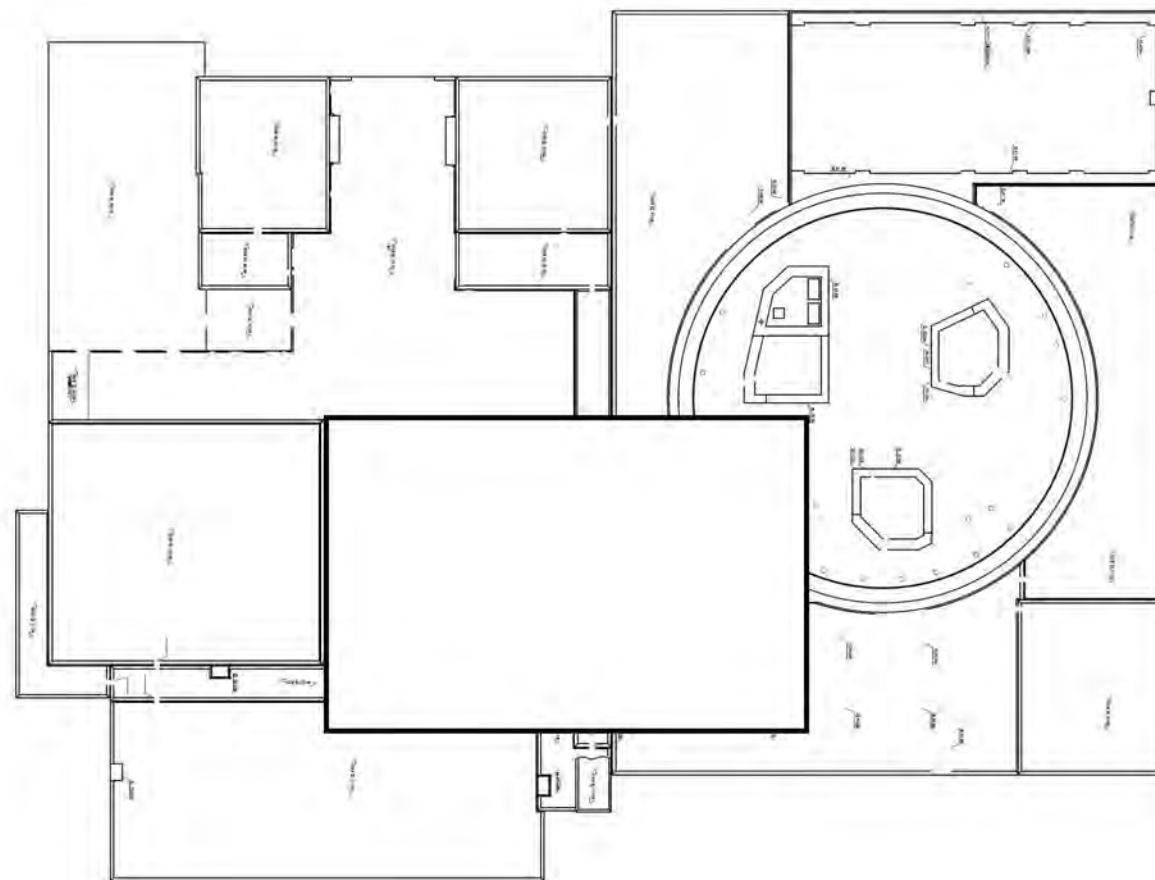
建屋	区域区分	T.P. [m]	滞留エリア 番号	①溢水量 [m <sup>3</sup> ]	②滞留面積 [m <sup>2</sup> ]	暫定水位 [m]	床勾配影響 [m]	③溢水水位 [m]	防護対象設備	機能喪失高さ (EL. [m])	④機能喪失高さ (床上[m])	⑤影響評価	⑥判定	裕度 [m]	備考	
原子炉補助建屋	管理区域	33.5	AB-A①	0.50 ※3	120.0	0.005	0.00	0.005	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-		
		24.8	AB-B①	26.50 ※4	741.0	0.036	0.00	0.036	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	
			AB-B②	7.80 ※5	65.5	0.120	0.05	0.170	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	
			AB-B③	18.00 ※6	73.5	0.245	0.05	0.295	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	
			AB-B①②③	52.30 ※7	880.0	0.090	0.05	0.110	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	
		17.8	AB-C①	62.50 ※8	46.2	1.353	0.05	1.403	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	
			AB-C②	44.50 ※9	23.6	1.886	0.05	1.936	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	
			AB-C③	52.40 ※10	529.8	0.099	0.00	0.099	ほう酸回収装置、蒸気発生装置冷却水戻り制止弁 (電動弁3V-CC-351, 352)	18.400	0.600	③<④	○	0.501		
			AB-C①②③	96.90 ※11	599.6	0.162	0.05	0.212	ほう酸回収装置、蒸気発生装置冷却水戻り制止弁 (電動弁3V-CC-351, 352)	18.400	0.600	③<④	○	0.388	・A/B側への伝播はない。	
			AB-C①②③④	96.90 ※11	623.4	0.156	0.05	0.206	ほう酸ポンプ (3CSP2A, B)	18.390	0.590	③<④	○	0.384		
AB-C①②③⑤	96.90 ※11	620.1	0.157	0.05	0.207	ほう酸注入タンク入口弁 (電動弁3V-SI-032A, B)	18.200	0.400	③<④	○	0.193					

## 地震時の没水評価結果 (2 / 2)

建屋	区域区分	T.P.[m]	滞留エリア 番号	①溢水量 [m <sup>3</sup> ]	②滞留面積 [m <sup>2</sup> ]	暫定水位 [m]	床勾配影響 [m]	③溢水水位 [m]	防護対象設備	機能喪失高さ (EL.[m])	④機能喪失高さ (床L[m])	⑤影響評価	⑥判定	裕度 [m]	備考			
原子炉補助建屋	管理区域	10.3	AB-D①	16.10 ※15	59.4	0.272	0.05	0.322	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	-			
			AB-D②	97.10 ※14	855.2	0.114	0.00	0.114	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	-		
			AB-D①②	113.20 ※15	914.6	0.124	0.05	0.174	-	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	-	・A/B側への伝播はない。
			AB-D①②③	113.20 ※15	957.3	0.119	0.05	0.169	充てんポンプ (3CSPA)	10.980	0.680	③<④	○	0.511				
			AB-D①②④	113.20 ※15	954.9	0.119	0.05	0.169	充てんポンプ (3CSPAD)	10.980	0.680	③<④	○	0.511				
			AB-D①②⑤	113.20 ※15	956.1	0.119	0.05	0.169	充てんポンプ (3CSPAC)	10.980	0.680	③<④	○	0.511				
			AB-D①②⑥	113.20 ※15	944.9	0.120	0.05	0.170	高圧注入ポンプ入口弁 (電動弁3V-SI-002A)	11.100	0.800	③<④	○	0.630				
		AB-D①②⑦	113.20 ※15	930.8	0.122	0.05	0.172	高圧注入ポンプ入口弁 (電動弁3V-SI-002B)	11.100	0.800	③<④	○	0.628					
		AB-F①	1.10 ※17	26.0	0.043	0.05	0.093	-	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	-		
		AB-F①②	127.50 ※15	990.6	0.129	0.05	0.179	余熱除去冷却器冷却水出口弁 (電動弁3V-CC-117A,B) 格納容器スプレィ冷却器冷却水出口弁 (電動弁3V-CC-117A,B)	3.400	0.600	③<④	○	0.421					
		AB-F①②③	127.50 ※15	1083.5	0.118	0.05	0.168	高圧注入ポンプ出口連絡弁 (電動弁3V-SI-020A)	3.300	0.500	③<④	○	0.332					
		AB-F①②④	127.50 ※15	1083.5	0.118	0.05	0.168	高圧注入ポンプ出口連絡弁 (電動弁3V-SI-020B)	3.300	0.500	③<④	○	0.332					
		AB-F③ (AB-F⑤)	66.70	92.9	0.718	0.05	0.768	余熱除去ポンプ燃料取替用水タンク側入口弁 (電動弁3V-RH-051B) 余熱除去ポンプ再循環サンプル燃料取替用水ピット 側入口弁 (電動弁3V-RH-055B)	3.500	0.700	③>④	×	-0.068	・AB-F③とAB-F⑤で滞留面積、機能喪失高さは同じであるため、注水量が多いAB-F③にて評価する。 ・上層階T.P.10.3Mの溢水が伝播した際の評価。 ・滞留量=(AB-D①②⑦滞留面積)×(堰高さ-水上高さ)=930.8×(0.1-0.05)=46.5m <sup>3</sup> ・注水量=※15-滞留量=113.2-46.5=66.7m <sup>3</sup> ・T.P.10.3Mの通路部(AB-D②)に床勾配がないことを考慮した詳細評価へ移行(1行下のAB-F③④の評価)				
		AB-F④ (AB-F⑥)	23.90	92.9	0.258	0.05	0.308	余熱除去ポンプ燃料取替用水タンク側入口弁 (電動弁3V-RH-051B) 余熱除去ポンプ再循環サンプル燃料取替用水ピット 側入口弁 (電動弁3V-RH-055B)	3.500	0.700	③<④	○	0.392	・AB-F③とAB-F④で滞留面積、機能喪失高さは同じであるため、注水量が多いAB-F④にて評価する。 ・上層階T.P.10.3Mの溢水が伝播した際の評価。 ・T.P.10.3Mの通路部(AB-D②)に床勾配がないことを考慮。 ・滞留量=(AB-D②滞留面積)×(堰高さ)+[(AB-D①⑦滞留面積)×(堰高さ-水上高さ)] =855.2×0.1+75.6×(0.1-0.05)=89.3m <sup>3</sup> ・注水量=※15-滞留量=113.2-89.3=23.9m <sup>3</sup>				
		AB-G①	127.50 ※16	375.2	0.340	0.05	0.390	-	-	-	-	-	防護対象設備 無し	-	-	-		
		AB-G①②	127.50 ※16	432.1	0.296	0.05	0.346	高圧注入ポンプ (3SIPIA)	-1.400	0.300	③>④	×	-0.046	滞留エリアの一部に床勾配がないことを考慮し、高圧注入ポンプ室のみへの溢水伝播を想定した詳細評価へ移行(最下行のAB-G①②⑦の評価)				
		AB-G①④	127.50 ※16	439.5	0.291	0.05	0.341	余熱除去ポンプ (3RHPIA)	-0.900	0.800	③<④	○	0.459					
		AB-G①⑤	127.50 ※16	439.5	0.291	0.05	0.341	余熱除去ポンプ (3RHPIB)	-0.900	0.800	③<④	○	0.459					
		AB-G①⑦	127.50 ※15	438.5	0.291	0.05	0.341	高圧注入ポンプ (3SIPIB)	-1.400	0.300	③>④	×	-0.041	滞留エリアの一部に床勾配がないことを考慮し、高圧注入ポンプ室のみへの溢水伝播を想定した詳細評価へ移行(最下行のAB-G①②⑦の評価)				
		AB-G①②⑦	127.50 ※15	495.4	0.238	0.05	0.288	高圧注入ポンプ (3SIPIA,B)	-1.400	0.300	③<④	○	0.012	・AB-G①の一部には床勾配がないことを考慮 ※床勾配影響=床勾配のあるエリアの床面積×水上高さ/溢水伝播区画の床面積 =(AB-G②⑦床面積+AB-G①内の洗浄排水タンク室と補助建屋サンプルタンク室の床面積)×水上高さ/溢水伝播区画の床面積 =(120.2+90.8)×0.05/495.4=0.03m				

[注水量内訳 (番号は溢水リストに対応) ]

※1 : (1)	12.6
※2 : (1)+(3)+(4)	13.1
※3 : (5)	0.5
※4 : (5)+(6)+(7)+(10)	26.5
※5 : (9)	7.8
※6 : (8)	18.0
※7 : (5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)	52.3
※8 : (8)+(11)	62.5
※9 : (11)	44.5
※10 : (5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(12)	52.4
※11 : (5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)	96.9
※12 : (1)+(5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)	109.5
※13 : (14)	16.1
※14 : (5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)+(15)	97.1
※15 : (5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)+(14)+(15)	113.2
※16 : (1)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)+(14)+(15)	126.3
※17 : (16)	1.1
※18 : (1)+(3)+(4)+(5)+(6)+(7)+(8)+(9)+(10)+(11)+(12)+(14)+(15)+(16)	127.5
※19 : (19)	0.1



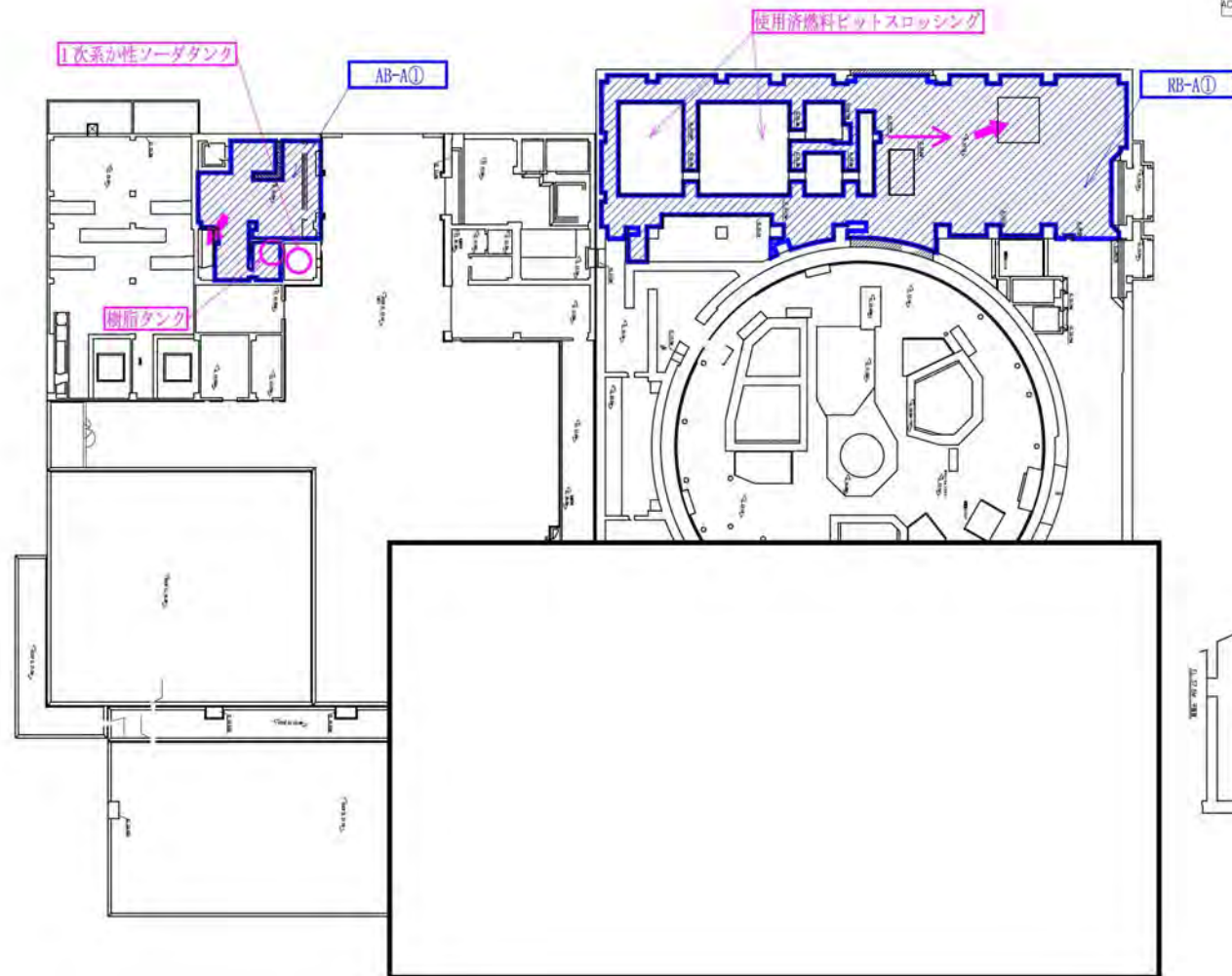
対象設備の凡例

三波管	■
貯水	●
電気室	□
計器	▲
ダクト	▲

- : 溢水経路
- ⇨ : 上階より伝播
- ⇩ : 下階へ伝播
- : 滞留エリア
- : 溢水防護区画



泊3号機 T.P.43.6M  
地震に起因する溢水影響評価



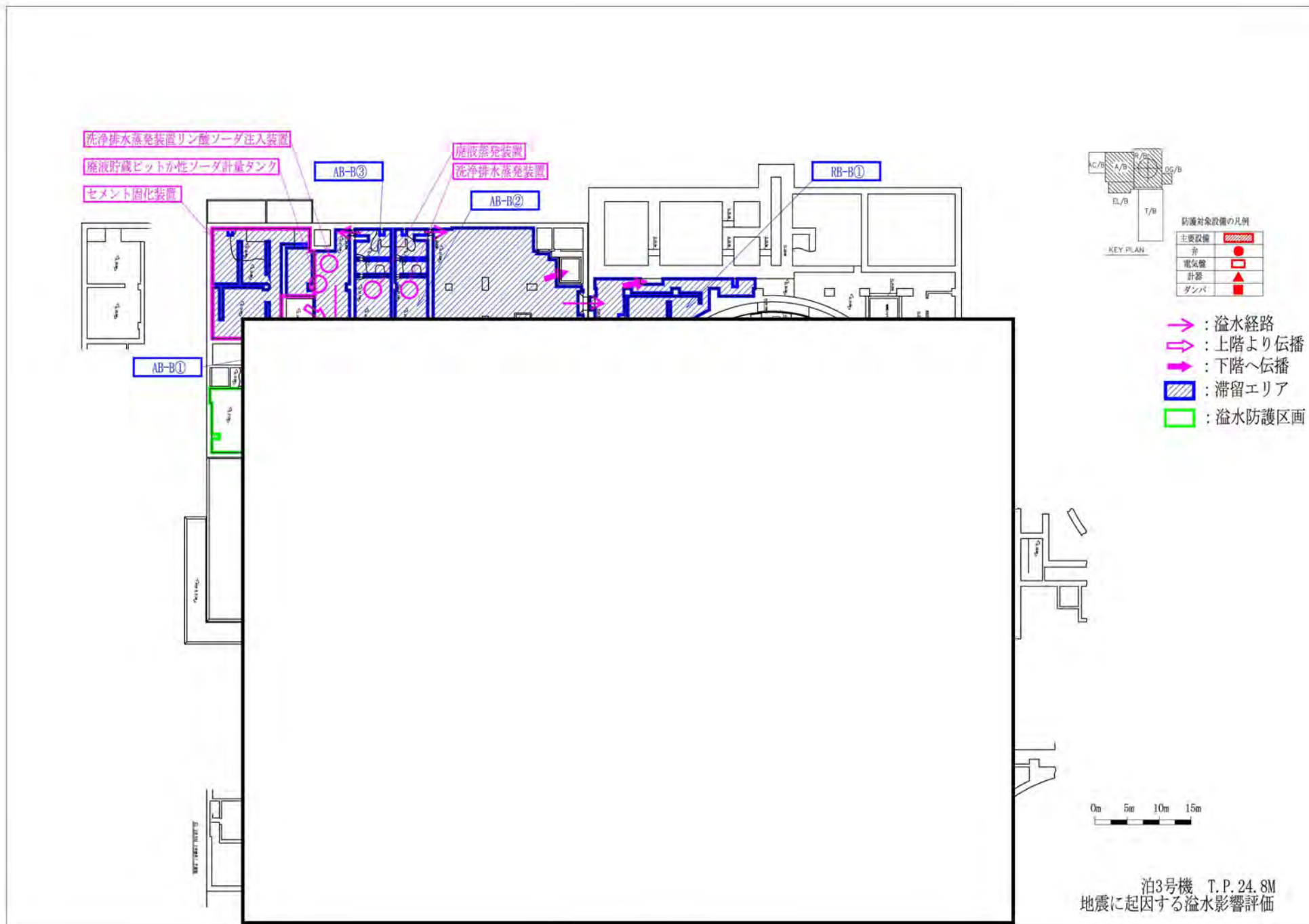
防護対象設備の凡例

主要設備	凡例
弁	●
電気盤	□
計器	▲
ダンパ	■

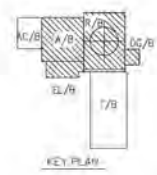
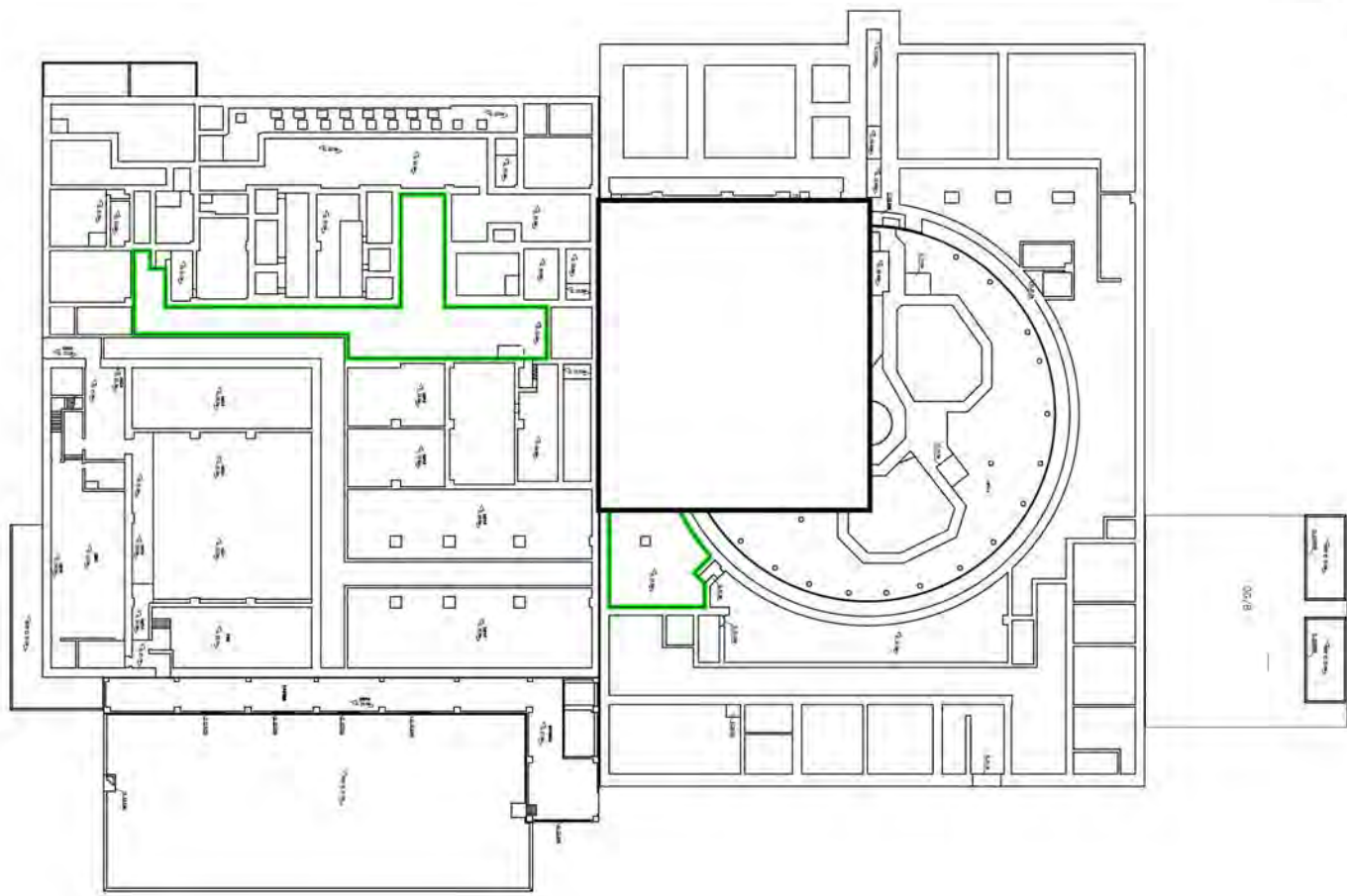
- : 溢水経路
- ⇨ : 上階より伝播
- ⇩ : 下階へ伝播
- ▨ : 滞留エリア
- : 溢水防護区画

0m 5m 10m 15m

泊3号機 T.P. 33.1M  
地震に起因する溢水影響評価



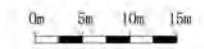




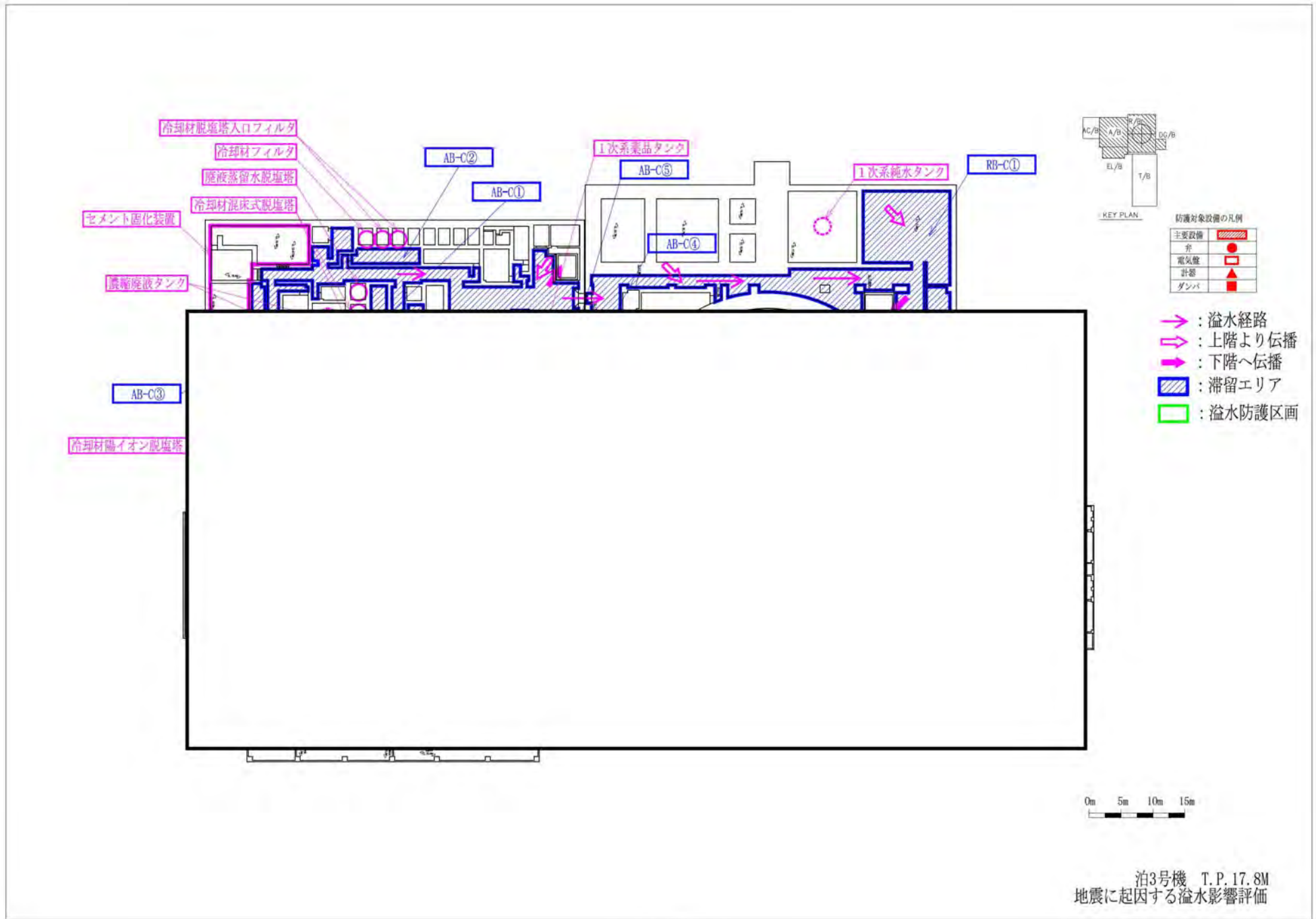
避難対象設備の凡例

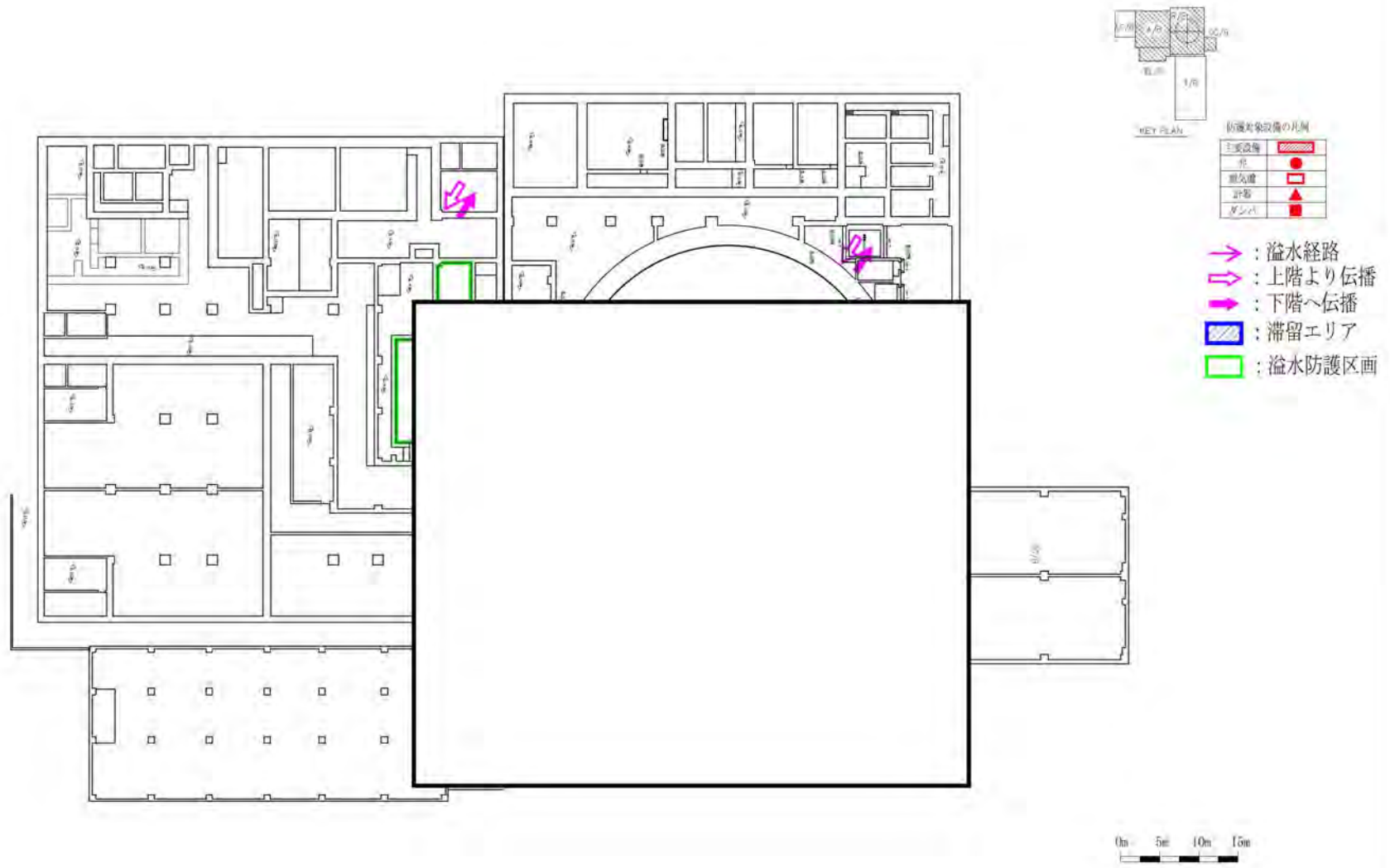
主要設備	
缶	
電気盤	
計器	
ダンプ	

- : 溢水経路
- : 上階より伝播
- : 下階へ伝播
- : 滞留エリア
- : 溢水防護区画



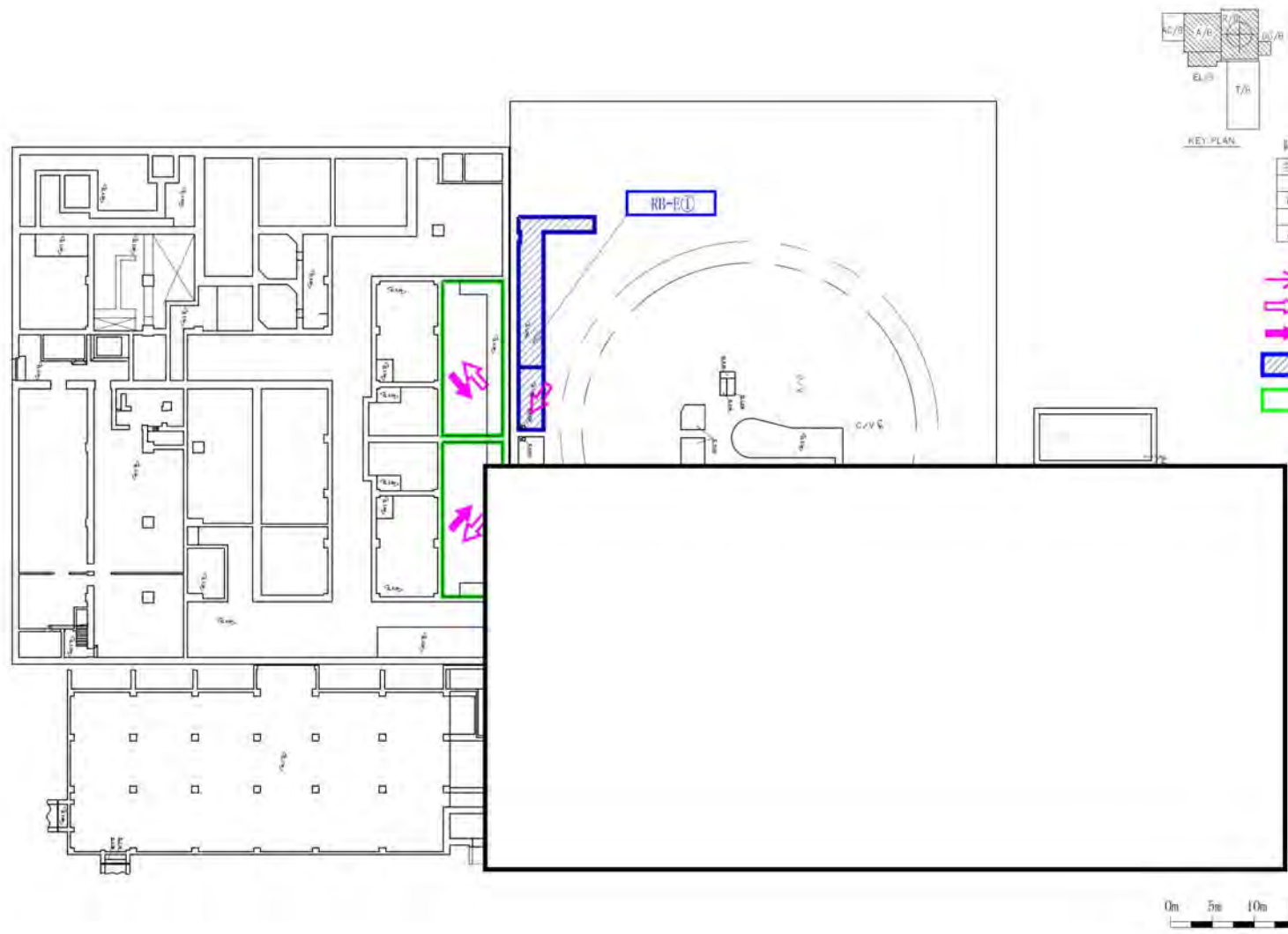
泊3号機 T.P.17.8M (中間床)  
地震に起因する溢水影響評価



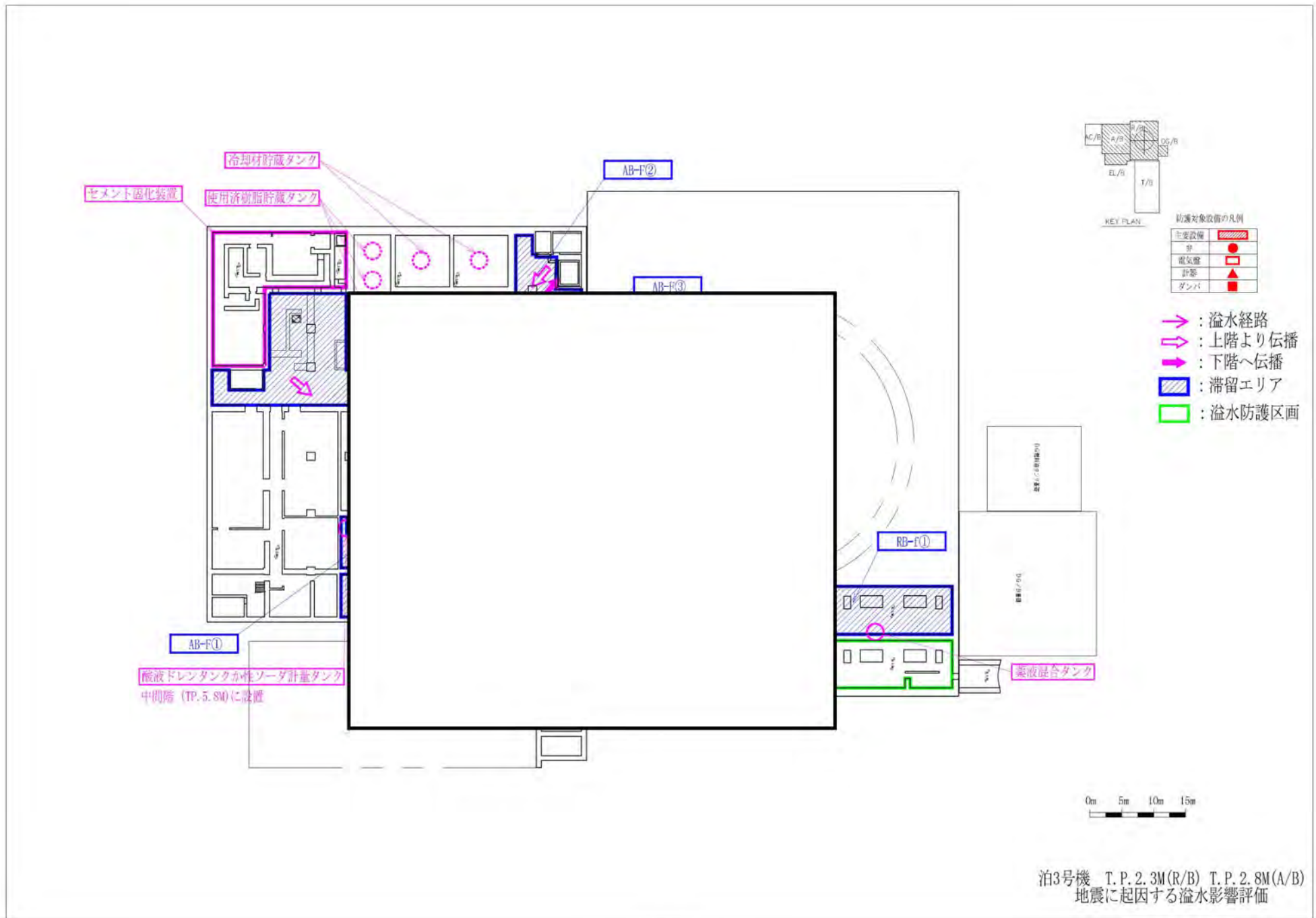


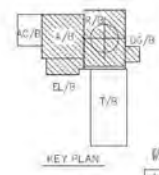
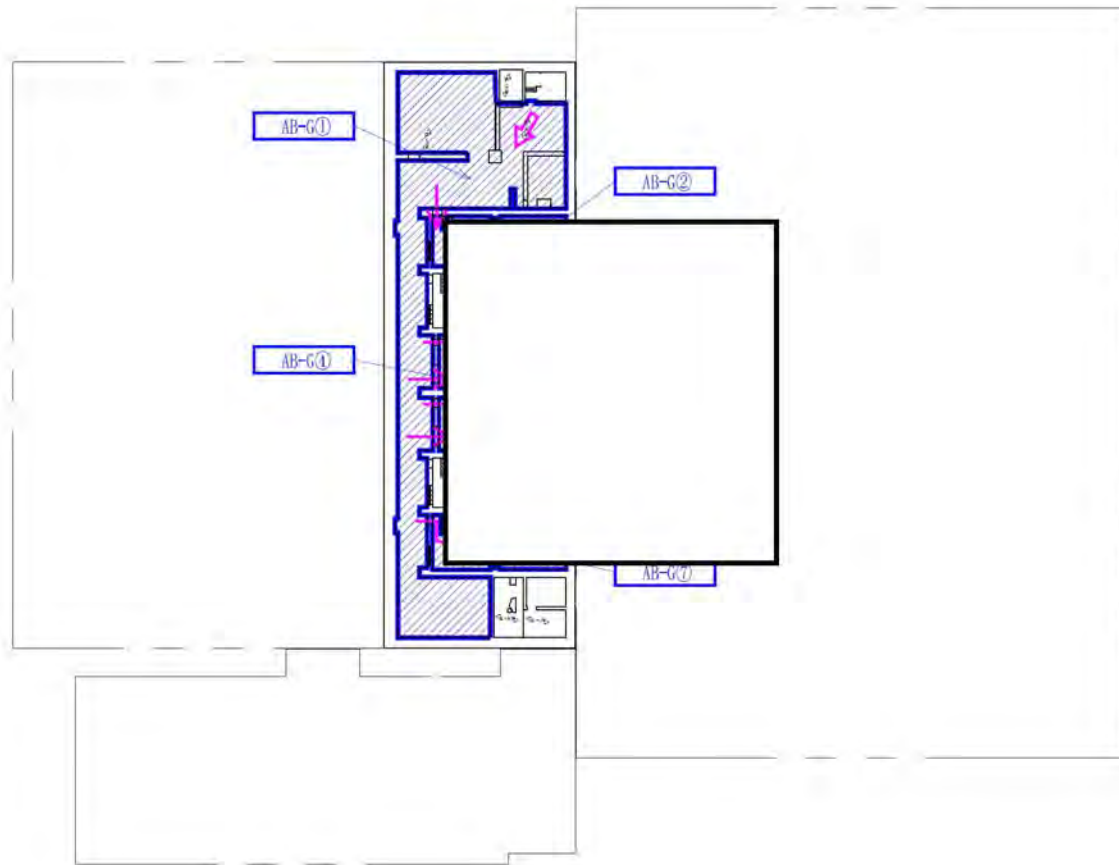
泊3号機 T.P.10.3M (中間床)  
地震に起因する溢水影響評価





泊3号機 T.P.2.3M (中間床)  
地震に起因する溢水影響評価

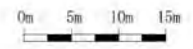




防護対象設備の凡例

主要設備	
弁	
配気盤	
計器	
ダンパ	

- : 溢水経路
- : 上階より伝播
- : 下階へ伝播
- : 滞留エリア
- : 溢水防護区画



泊3号機 T.P. -1.7M  
地震に起因する溢水影響評価

## 6. 屋外タンクからの溢水影響について

### 1. はじめに

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」では、考慮する溢水源として「屋外タンク」が挙げられている。泊3号では、防護対象設備が設置されている建屋の設置高さに8基の屋外タンクが設置されている。(タンク諸元を表1に示す。)

屋外タンクの配置状況、防護対象設備が設置されている建屋（原子炉補助建屋、原子炉建屋、ディーゼル発電機室建屋、循環水ポンプ建屋）およびこれらに隣接している建屋（出入管理建屋、電気建屋、タービン建屋）との位置関係等は図1、2のとおりである。なお、赤線部分は各建屋のシャッター等の溢水浸入個所を示す。

本資料は、これらのタンクによる溢水影響について評価したものである。

表1 屋外タンク諸元

タンク名称	基数	内径 (mm)	高さ (mm)
1、2号機 純水タンク	2	12,590	14,800
3号機 純水タンク	2	12,590	14,800
1、2号機 ろ過水タンク	2	15,500	19,625
3号機 ろ過水タンク	2	15,500	19,625

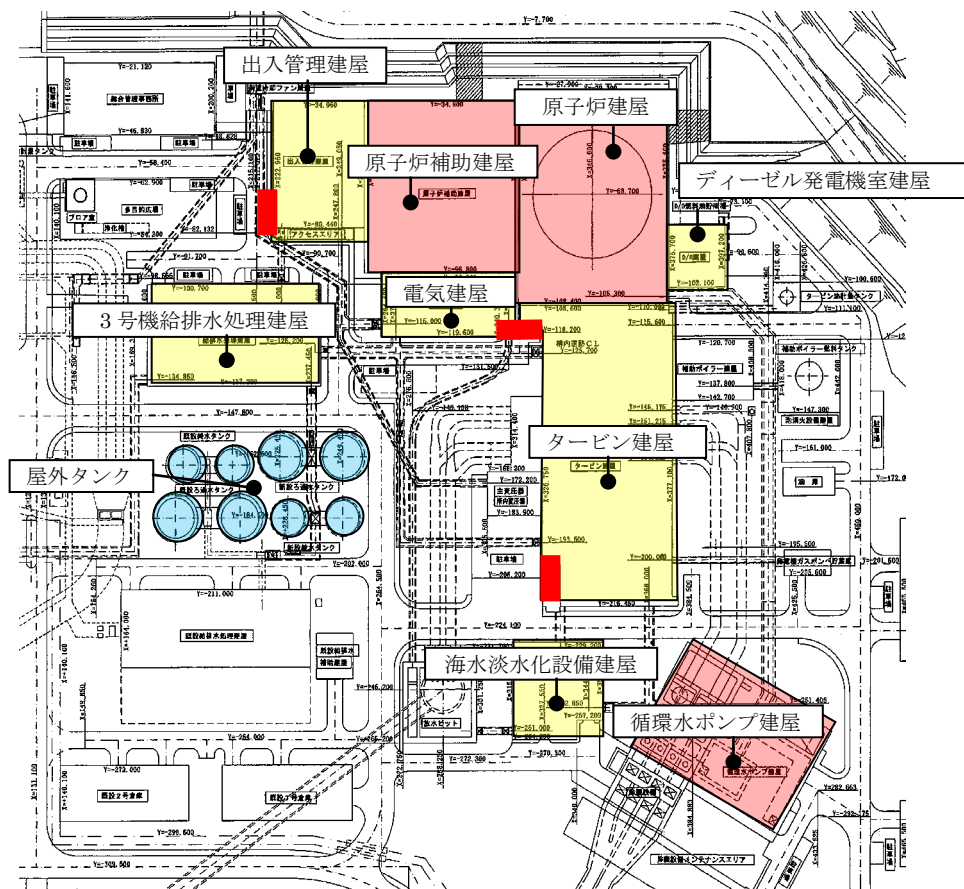


図1 全体配置図



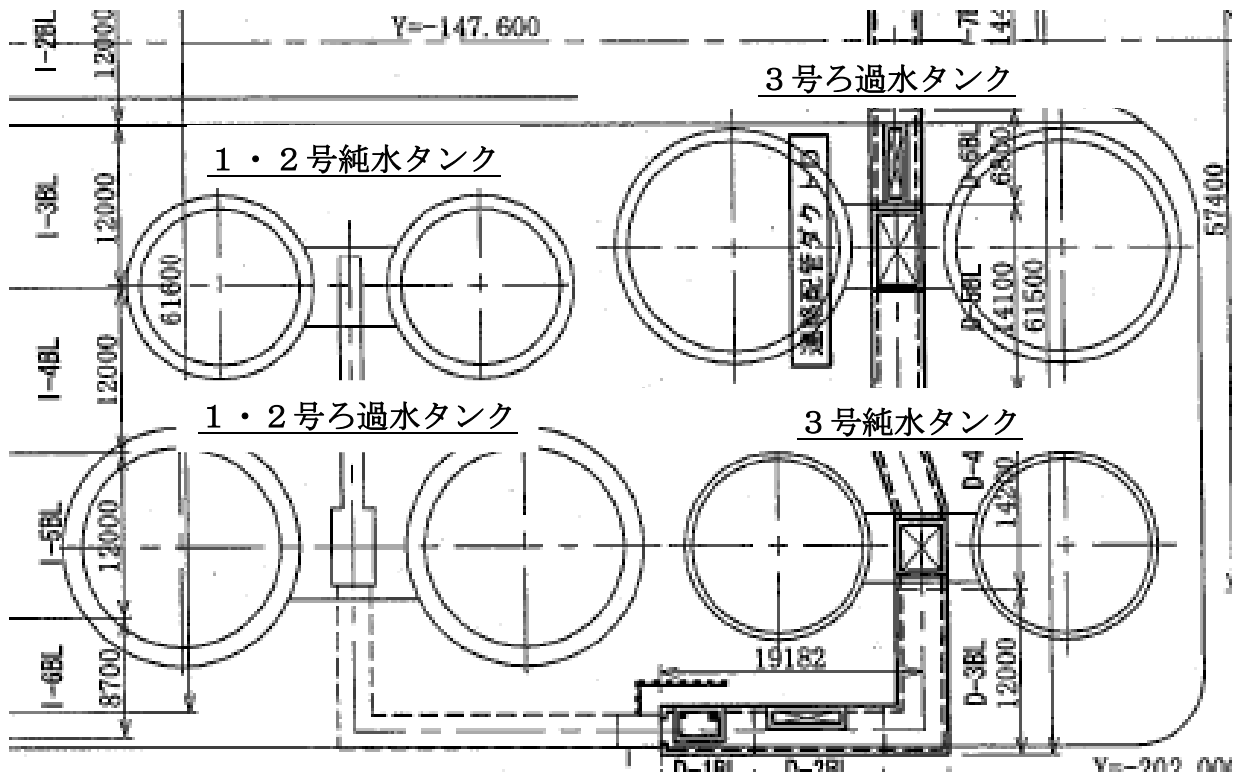


図2 屋外タンク配置図

## 2. 評価の考え方

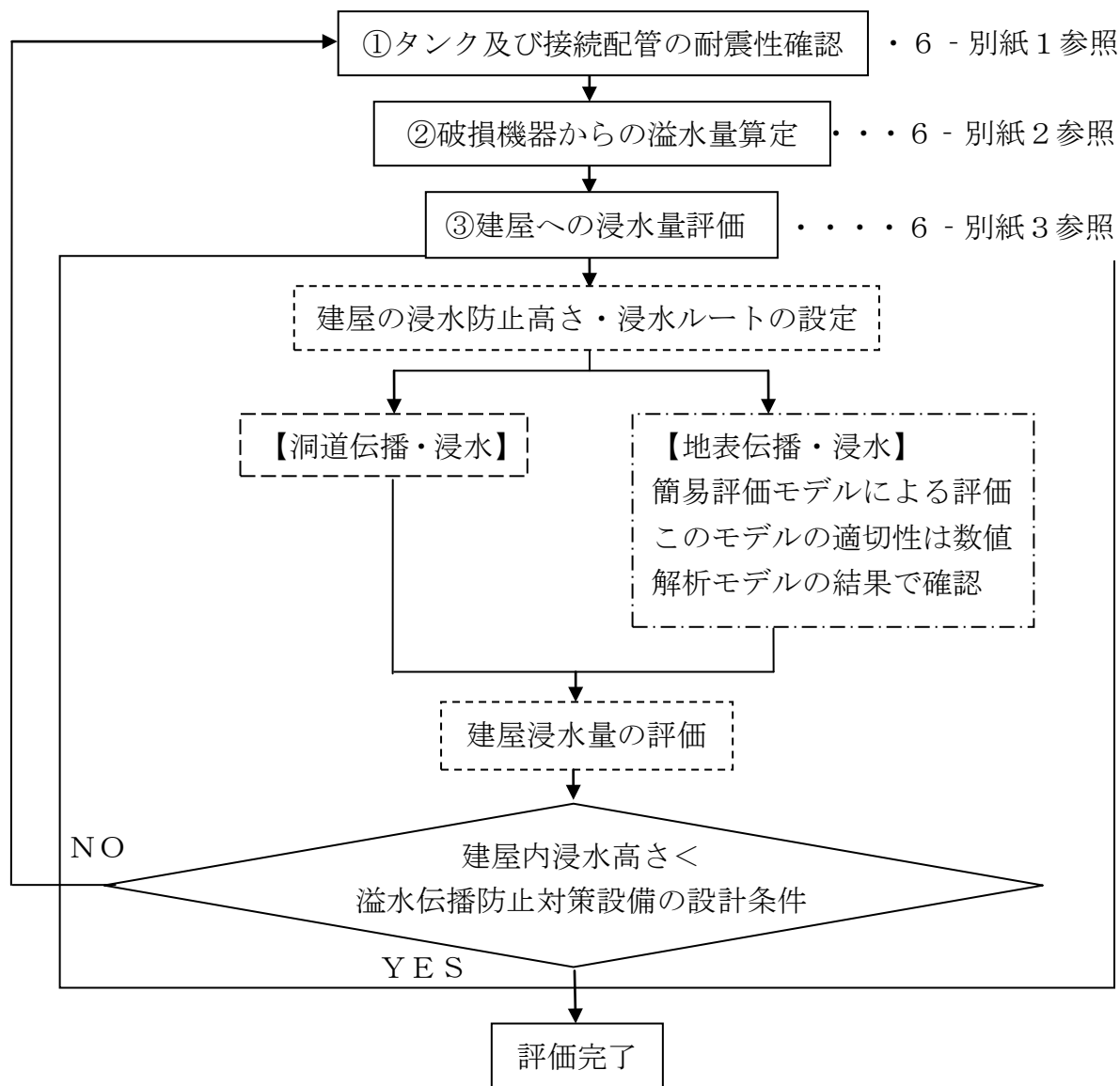
評価は以下に示す考え方に基づいて実施した。

- ①屋外タンク8基及び屋外タンクに接続する配管（それぞれ耐震Cクラス）について基準地震動 $S_s$ により健全性を確認する。なお、低エネルギー配管である接続配管について想定破損除外のための応力評価は実施せず、貫通クラックを想定する。
- ②①の健全性確認を踏まえて、破損すると評価された場合は、保守的に全数が破損するものとし、かつ、破損個所を想定する。
- ③破損個所からの漏えい水が建屋に浸水する可能性を評価するため、簡易評価モデルによる伝播・浸水評価の方法により建屋浸水量を算出して、溢水伝播防止対策設備の設計条件を満足していることを確認する。この方法の適切性を確認することを目的に、地表面における伝播浸水を、数値解析モデルを用いて評価する。

以上の評価の考え方を基に、それぞれの評価結果を整理して示す。

### 3. 評価フローについて

以下のフローに従い、評価を行う。(結果は別紙参照)



### 4. まとめ

- ① 8基の屋外タンクは、基準地震動  $S_s$  で健全性は確保されるが、屋外タンクの接続配管は、代表配管の耐震性評価結果から地震時に全て破損すると想定した。また、本配管は想定破損で1箇所の破損を想定した。
- ② 破損した配管からの漏れい水の伝播経路は、洞道伝播によるタービン建屋への浸水と地表伝播によるタービン建屋以外への浸水の評価した。伝播・浸水モデル（簡易評価モデル）により建屋への浸水有無を評価し、浸水する建屋について、この影響を評価した結果、浸水高さが溢水伝播防止対策設備（水密扉等）の設計条件未満であることを確認した。なお、簡易評価モデルの適切性については、数値解析モデルで評価している。

以上

## 「タンク及び接続配管の耐震性確認」について

## 1. 屋外タンクの耐震性評価について

## (1) 評価方針等

「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-補1984、1987、1991 追補版」(以下、「JEAG 4601」と言う。)に従い、基準地震動  $S_s$  における屋外タンクの耐震性評価を実施した。評価対象タンクの諸条件を以下に示す。

	板厚 (mm)	水位 (mm) (注)	総重量 (kN)
1・2号機純水タンク	10	10, 510 (76%)	13, 537
3号機純水タンク	9	10, 503 (76%)	13, 725
1・2号機ろ過水タンク	12	14, 483 (80%)	27, 969
3号機ろ過水タンク	14	14, 483 (80%)	28, 095

(注) 括弧内の%は最高水位に対する割合。

## (主な解析条件)

- ・減衰定数 : (水平) 1.0%、(鉛直) 1.0%
- ・床応答曲線 :  $\pm 10\%$  拡幅
- ・応力の組合せ : 二乗和平方根 (SRSS)
- ・許容応力状態 :  $IV_A S$
- ・評価項目 : JEAG に基づく S クラス容器の評価項目 (胴板)
- ・板厚条件 : 公称値 (1mm 腐れ代考慮)

## (2) 評価結果

結果は次表の通りであり、全ての屋外タンクが地震時に健全であることを確認した。

表 1 1、2号機純水タンク

	評価項目	評価値	許容値
強度評価	一次一般膜応力	131 MPa	240 MPa
	一次応力 (膜+曲げ)	131 MPa	360 MPa
	一次+二次応力の変動値	169 MPa	490 MPa
座屈評価	曲げ圧縮と軸圧縮による座屈	0.56	1.0

表2 3号機純水タンク

評価項目		評価値	許容値
強度評価	一次一般膜応力	1 4 8 MP a	2 4 0 MP a
	一次応力 (膜+曲げ)	1 4 8 MP a	3 6 0 MP a
	一次+二次応力の変動値	1 9 5 MP a	4 9 0 MP a
座屈評価	曲げ圧縮と軸圧縮による座屈	0. 7 9	1. 0

表3 1、2号機ろ過水タンク

評価項目		評価値	許容値
強度評価	一次一般膜応力	1 9 0 MP a	2 4 0 MP a
	一次応力 (膜+曲げ)	1 9 0 MP a	3 6 0 MP a
	一次+二次応力の変動値	2 5 7 MP a	4 9 0 MP a
座屈評価	曲げ圧縮と軸圧縮による座屈	0. 9 7	1. 0

表4 3号機ろ過水タンク

評価項目		評価値	許容値
強度評価	一次一般膜応力	1 6 1 MP a	2 4 0 MP a
	一次応力 (膜+曲げ)	1 6 1 MP a	3 6 0 MP a
	一次+二次応力の変動値	2 1 4 MP a	4 9 0 MP a
座屈評価	曲げ圧縮と軸圧縮による座屈	0. 6 7	1. 0

### (3) タンク水位管理について

タンク水位を管理することにより、タンクの健全性を維持することになるため、この水位を保安規定により管理することとする。なお、具体的な水位管理値については、強度評価等の許容値を満足する範囲でプラント運営上支障の無い管理値を今後、設定することとし、別途報告することとする。

## 2. 接続配管の耐震性評価について

### (1) 接続配管のタンク周辺状況 (地上)

図1の様に、タンクには多数の配管が接続されており、向かい合ったAタンクとBタンクの連絡配管にもなっている。

1,2号機純水タンク接続配管(Aタンク側)



3号機純水タンク接続配管(Aタンク側)



1,2号機ろ過水タンク接続配管(Aタンク側)



3号機ろ過水タンク接続配管(Aタンク側)

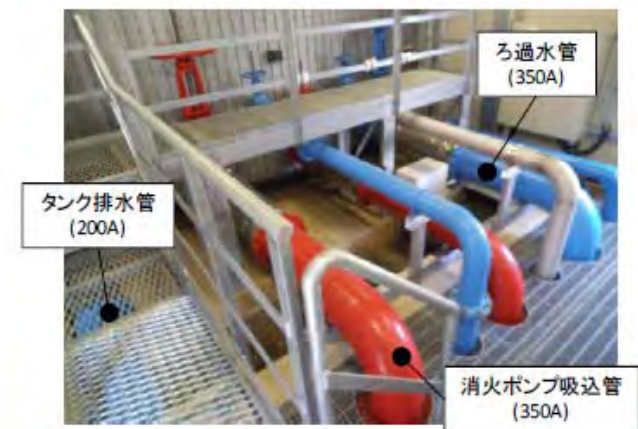


図1 接続配管の状況 (タンク周辺)

## (2) 配管の洞道内状況

タンクからの配管は、図2のとおり、洞道（ピンク色の個所）内を経由して各建屋に接続している。また、図3、4のとおり、洞道の地上開口部（点検口）は扉で閉止されており、タービン建屋との接続箇所も扉で閉止されている。

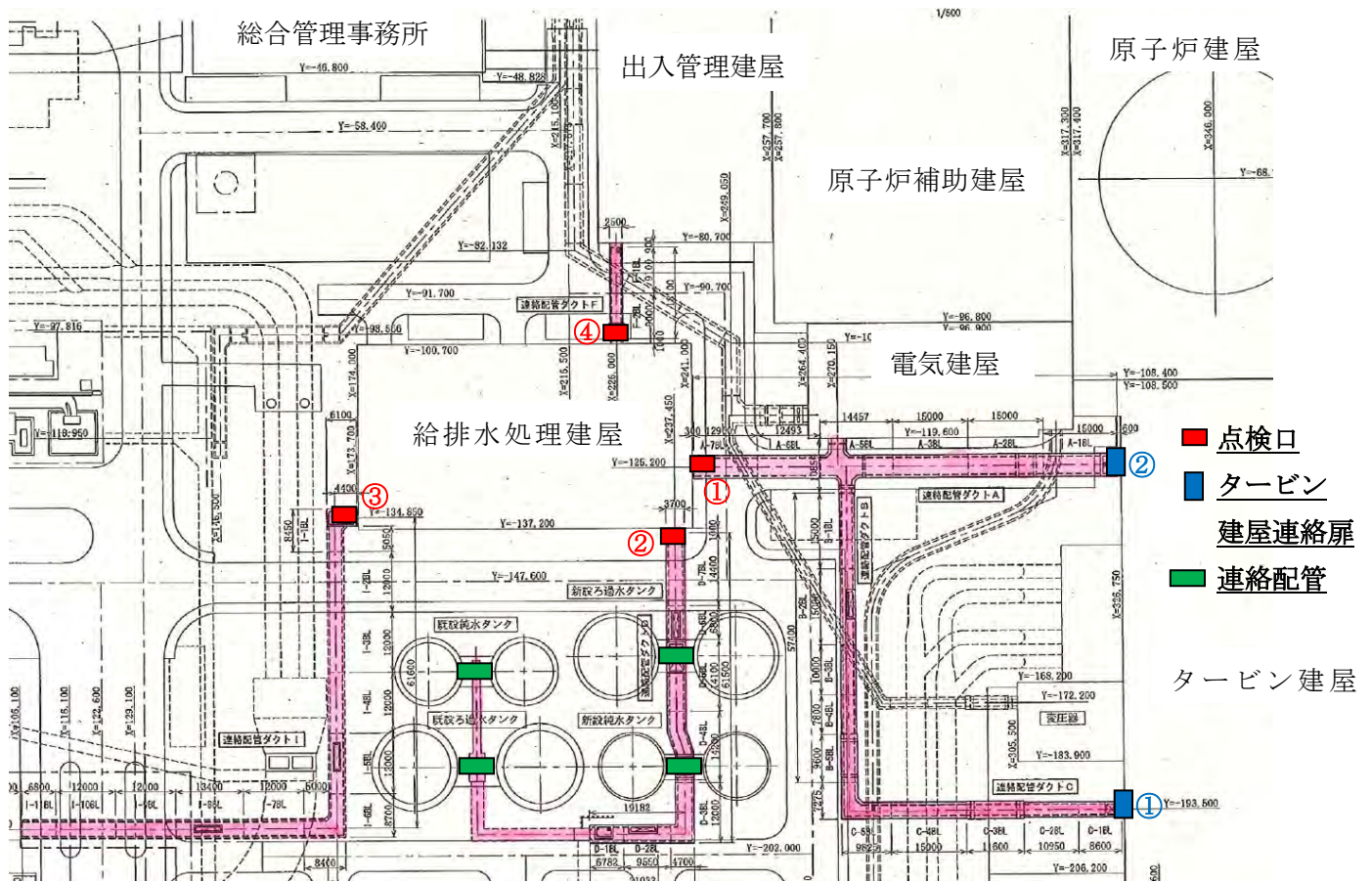


図2 洞道配置状況



図3 点検口①

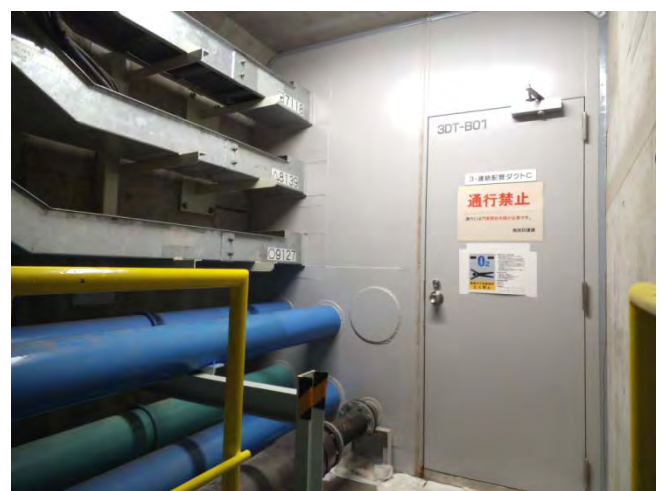


図4 タービン建屋連絡扉①

(3) 評価対象配管および評価結果について

評価対象配管は、発生応力が最も大きくなると予測される配管を選定することとする。

タンク周辺の接続配管は、地震時のタンク滑りによる強制変位の影響を強く受ける。滑り量が多いタンクは泊3号機ろ過水タンクであり、このタンクの接続配管のうち変位吸収能力(\*)が小さい「ろ過水管」と「タンク排水管・オーバーフロー管」が最も発生応力が大きくなると考えられる。

(\*) 変位吸収能力は、「高圧ガス設備等耐震設計指針」に規定されており、地震方向に直交する平面に対する配管スパンの投影長さに降伏歪と配管外径の比を掛けた値に比例する量である。この値は発生応力に反比例するため、この値により発生応力の程度を予測することが出来る。

以上から、基準地震動S<sub>s</sub>時のタンク滑動量を、これらの配管への強制変位として入力し、配管の耐震性について確認した。(図5、6参照) 評価結果を表5に示す。

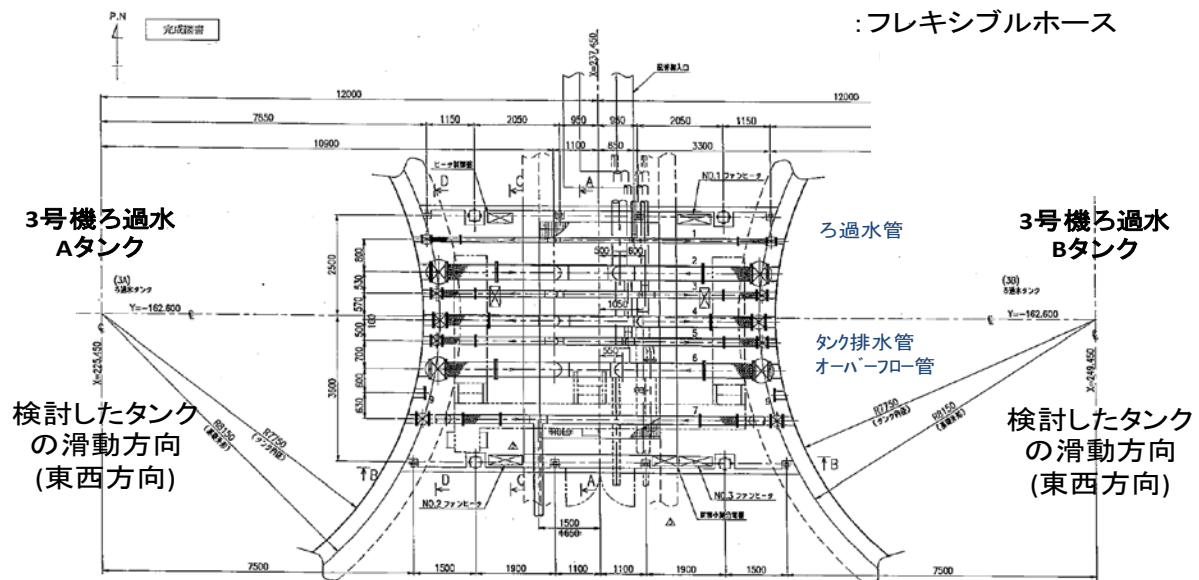
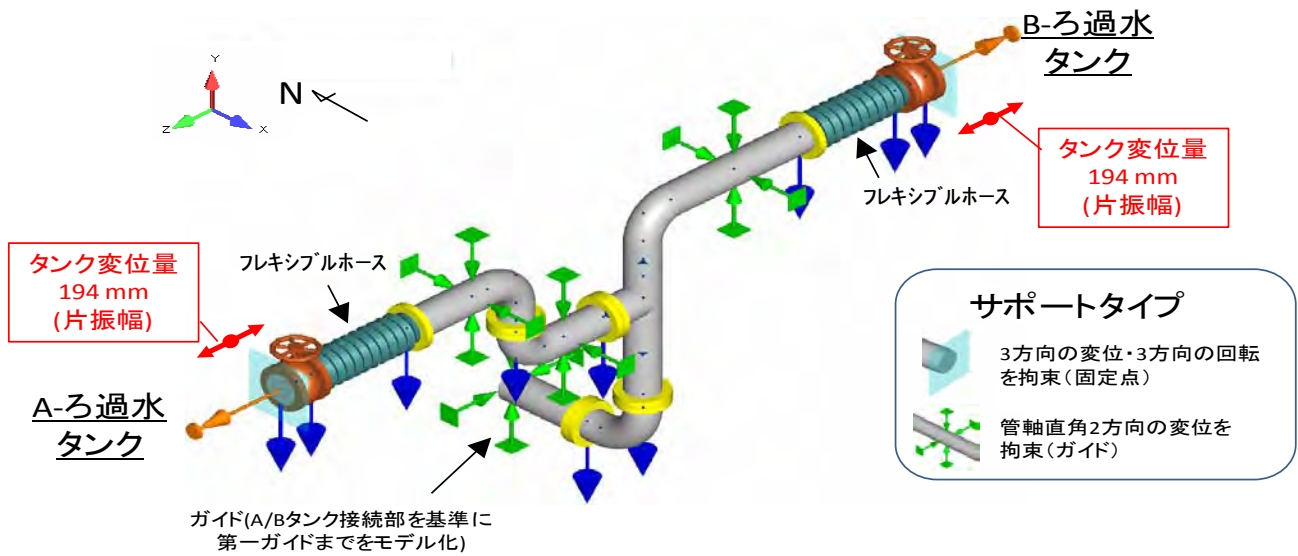
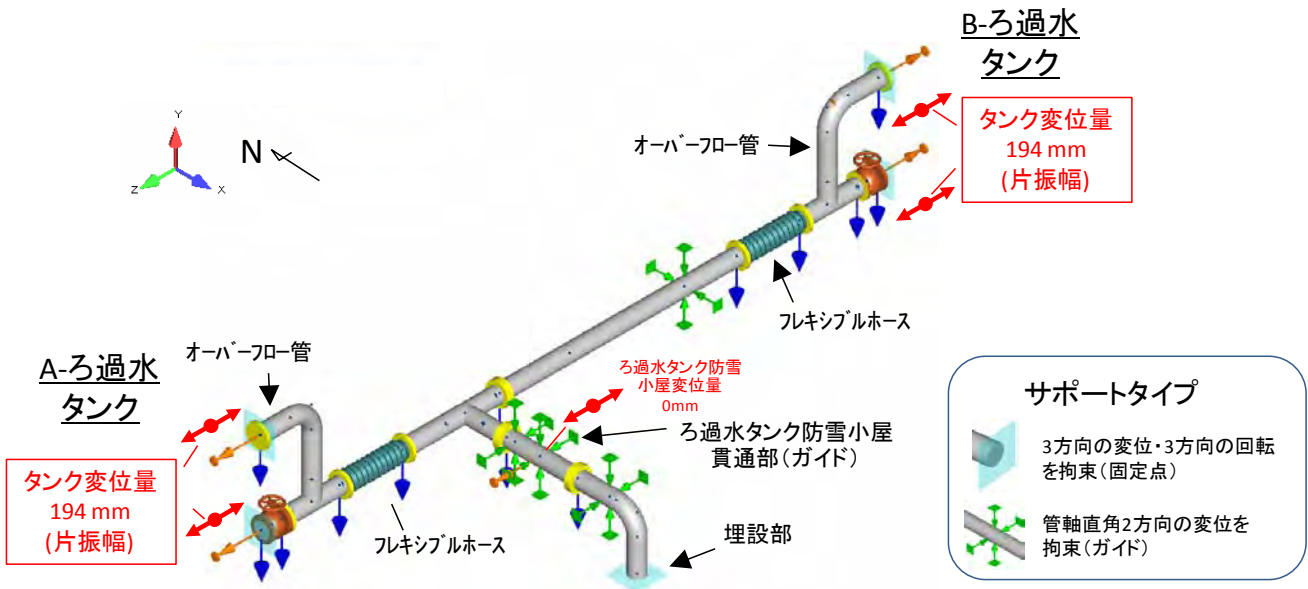


図5 接続配管の評価に採用したタンクの滑動方向、フレキシブルホース設置状況



(a) ろ過水管 (350A)



(b) タンク排水管 (200A) / オーバーフロー管 (200A)

図6 3号機ろ過水タンク接続配管 解析モデル

表5 タンク接続配管の耐震性評価結果 (一次+二次応力)

	算定応力 (MP a)	許容応力 (MP a)	算定応力 / 許容応力
ろ過水管	9 2 4 . 1	4 3 0 . 0	2 . 1 5
タンク排水管/オーバーフロー管	9 4 1 . 2	2 9 4 . 0	3 . 2 0

以上



## 「破損機器からの溢水量算定」について

### 1. 破損を想定する機器について

地震時に屋外タンクの健全性は確保されるため地震時の破損を想定しないが、配管は代表配管の健全性が確保されないことから保守的に全ての配管が地震時に破損すると想定する。

(別紙1参照) また、配管の想定破損については、応力評価を実施していないことから、1箇所の貫通クラックを想定する。

### 2. 想定する溢水量について

地震時は、タンク8基の全容量21,000m<sup>3</sup>(オーバーフローレベルでの容量)が破損配管から放出されると想定する。

想定破損時は、タンクの接続配管の貫通クラック1箇所からの漏えい量として、最大容量であるろ過水タンク2基分の容量6,900m<sup>3</sup>(オーバーフローレベルでの容量)を想定する。

### 3. 伝播経路について

配管からの漏えい箇所は、タンク周辺(地上)および洞道内が想定され、この漏えい水の各建屋への伝播経路は、地表伝播および洞道伝播となる。

#### ①タービン建屋(洞道伝播)

評価上最も厳しい条件として、破損配管からの全放出量が洞道伝播によりタービン建屋連絡扉を経由してタービン建屋に全量浸水すると想定する。

#### ②タービン建屋以外の建屋(地表伝播)

タービン建屋以外の建屋は、洞道に連絡扉がないため、洞道伝播による建屋浸水は発生しない。タンク周辺の連絡配管で漏水が発生した場合には、グレーチングから洞道に落下し洞道内伝播する水と地表に放出され地表伝播する水に分けられる。(図1参照) また、洞道内で漏水が発生した場合には、洞道内の地下に蓄えられる水とグレーチング又は点検口から地表に漏れ出て地表伝播していく水に分けられる。

連絡配管及びグレーチングは防雪小屋内にあり、この小屋(薄肉鉄板造り)は点検口(コンクリート造り)に比べると耐震性が劣るため、グレーチングから漏れ出た水の方が、地震で崩壊した防雪小屋から流れ出て地表を伝播しやすいと考えられる。(図2参照) 更に、グレーチング部の面積は点検口より大きいため、この点からもグレーチングからの地表伝播が優勢と考えられる。

ここで、出入管理建屋等に近い点検口(①④)からの溢水伝播の影響を保守的に評価するため、全溢水量の半分が点検口から地表伝播するケースを想定する。もう一つのケースとして、全溢水量が連絡配管から地表伝播(グレーチングへの落下を無視)する場合も想定する。

以上を整理したものを、表1に示す。

表1 評価ケース一覧

No	内容	地震時溢水量	想定破損時溢水量
1	タービン建屋（洞道伝播）	21,000 m <sup>3</sup>	6,900 m <sup>3</sup>
2	タービン建屋以外 （連絡配管からの地表伝播）	21,000 m <sup>3</sup>	6,900 m <sup>3</sup>
3	タービ建屋以外 （連絡配管と点検口からの地表伝播）	各々から 10,500 m <sup>3</sup>	各々から 3,450 m <sup>3</sup>

3号機ろ過水タンク接続配管(Aタンク側)

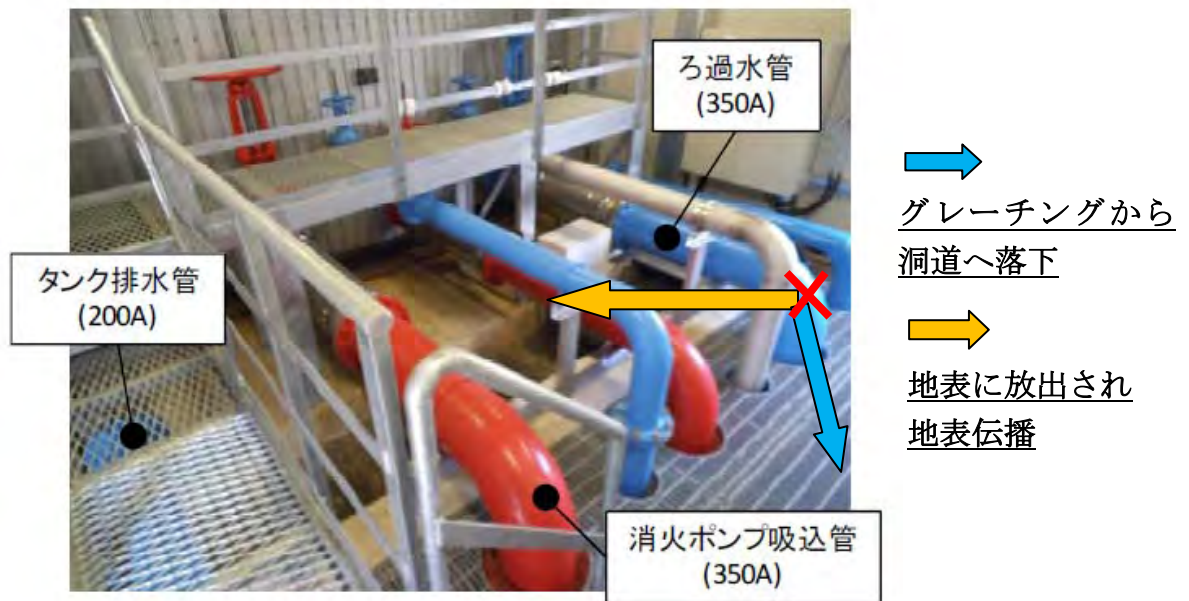


図1 連絡配管（防雪小屋内）から漏えい水の状況



## 「建屋への浸水量評価」について

## 1. 各建屋の浸水防止高さおよび浸水ルートについて

表1に浸水防止高さおよび浸水ルートを示す。溢水伝播評価から算出される水位と浸水防止高さを比較することで建屋への浸水有無を確認し、浸水する場合には、浸水ルートからの浸水量を算出する。

表1 建屋の浸水防止高さ

建屋名称	浸水防止高さ (m)	浸水ルート
出入管理建屋	0.3	入口玄関
電気建屋	0.3	シャッター
タービン建屋	0.3	シャッター (水位が2 mを超えると腰壁を超えて換気口から浸水)
原子炉補助建屋	4.7	貫通部等
原子炉建屋	4.7	貫通部等
ディーゼル発電機室建屋	4.7	貫通部等
循環水ポンプ建屋	2.5	貫通部等

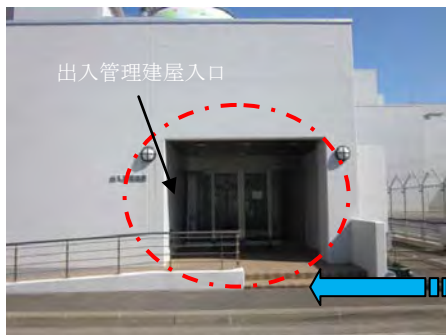
(注) 浸水防止高さはT. P. 10.3 mからの高さ

屋外タンクと各建屋の位置関係等を次頁に示す。

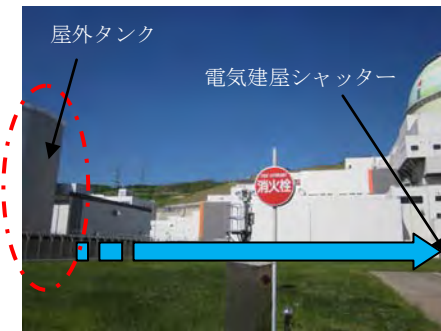
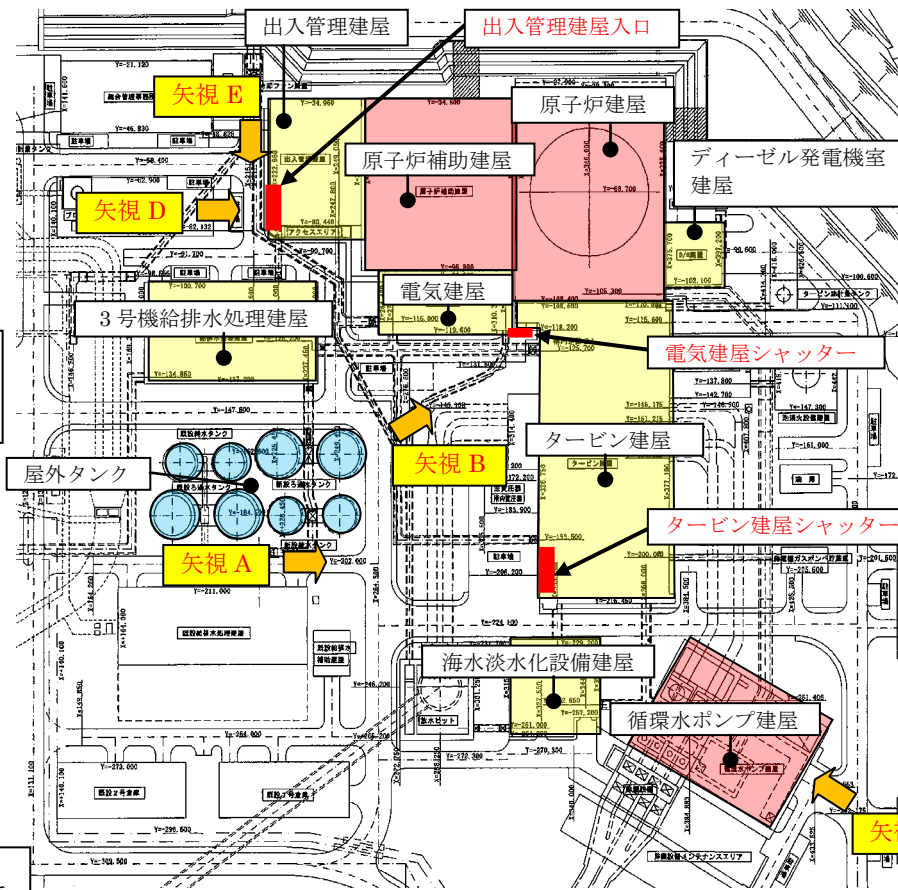
## 屋外タンクと各建屋の位置関係



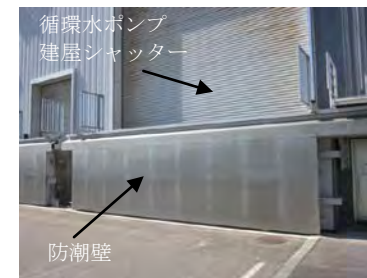
**【矢視 E】**  
 出入管理建屋入口と屋外タンクの位置関係  
 ・この位置から屋外タンクは視認できない。



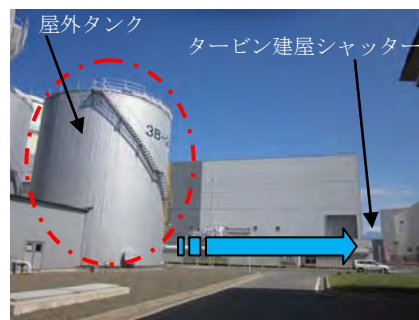
**【矢視 D】**  
 出入管理建屋入口と屋外タンクの位置関係  
 ・障害物（3号機給排水処理建屋）  
 ・離隔距離小さい  
 ・建屋入口は屋外タンクからの溢水伝播方向に直交している。



**【矢視 B】**  
 電気建屋シャッターと屋外タンクの位置関係  
 ・障害物無し  
 ・離隔距離小さい。



**【矢視 C】**  
 循環水ポンプ建屋と屋外タンクの位置関係  
 ・障害物（海水淡水化設備建屋、タービン建屋）  
 ・循環水ポンプ建屋は、搬入シャッターを含めて津波対応として腰壁まで水密化している。



**【矢視 A】**  
 タービン建屋と屋外タンクの位置関係  
 ・障害物なし  
 ・離隔距離少ない。

## 2. タービン建屋（洞道伝播）の影響評価

洞道伝播によりタービン連絡扉経由で、地震時は21,000 m<sup>3</sup>、想定破損時は6,900 m<sup>3</sup>がタービン建屋に流入するとした場合の影響評価結果は表2のとおりであり、隣接する原子炉建屋の浸水防止高さ位置T. P. 15.0 mまで水位は上昇しないため、原子炉建屋への浸水は生じない。

なお、下表の「機器からの溢水」には3号屋外タンク容量9,000 m<sup>3</sup>が既に含まれているため、地震は残りの12,000 m<sup>3</sup>を加算しており、想定破損は今回の溢水量が9,000 m<sup>3</sup>に包絡されているため、新たに溢水量を加算していない。

表2 タービン建屋溢水影響評価結果

	タービン建屋 内循環水管継 手からの溢水 (m <sup>3</sup> )	機器からの 溢水(m <sup>3</sup> )	タンクから の溢水(m <sup>3</sup> )	合計溢水 (m <sup>3</sup> )	< T. P. 10.3m 以下 の空間容積(m <sup>3</sup> )
地震	6,100	11,970	12,000	30,070	
想定破損	280		0	12,250	61,500

(注) 想定破損による溢水は、伸縮継手と各配管の溢水の最大値となるが、本評価では合計溢水で評価した。

## 3. タービン建屋以外の建屋（連絡配管からの地表伝播）の影響評価

### (1) 伝播・浸水評価の方法について

以下のとおり、簡易評価モデルによる伝播・浸水評価方法を検討した。

連絡配管からの溢水の地表伝播は、基本的には屋外タンク位置から同心円状に伝播すると考えられるが、敷地内は平坦であるものの構造物等の影響により指向性を持つ可能性がある。

この影響を保守的に考慮するため、伝播は180°の指向性を持つとして、建屋の浸水量を算出して、これから建屋内水位を算出した。具体的な評価手順（図1参照）は、下記のとおりである。

- ①タンク8基の中心位置と建屋浸水ルートとの距離（または最短距離）を算出し、これを半径とする半円（伝播角度180°に対応）を滞留面積とする。
- ②配管からの漏えい量を滞留面積で割って水位を算出して、建屋の浸水防止高さと比較し、建屋浸水有無を確認する。
- ③浸水有りの場合、半円の弧長さと建屋浸水ルート幅（横幅）の比に漏えい量を乗じた値を、建屋浸水量とする。
- ④建屋浸水量から建屋内水位を算出し、建屋の溢水伝播防止対策設備の設計条件を超えないことを確認する。

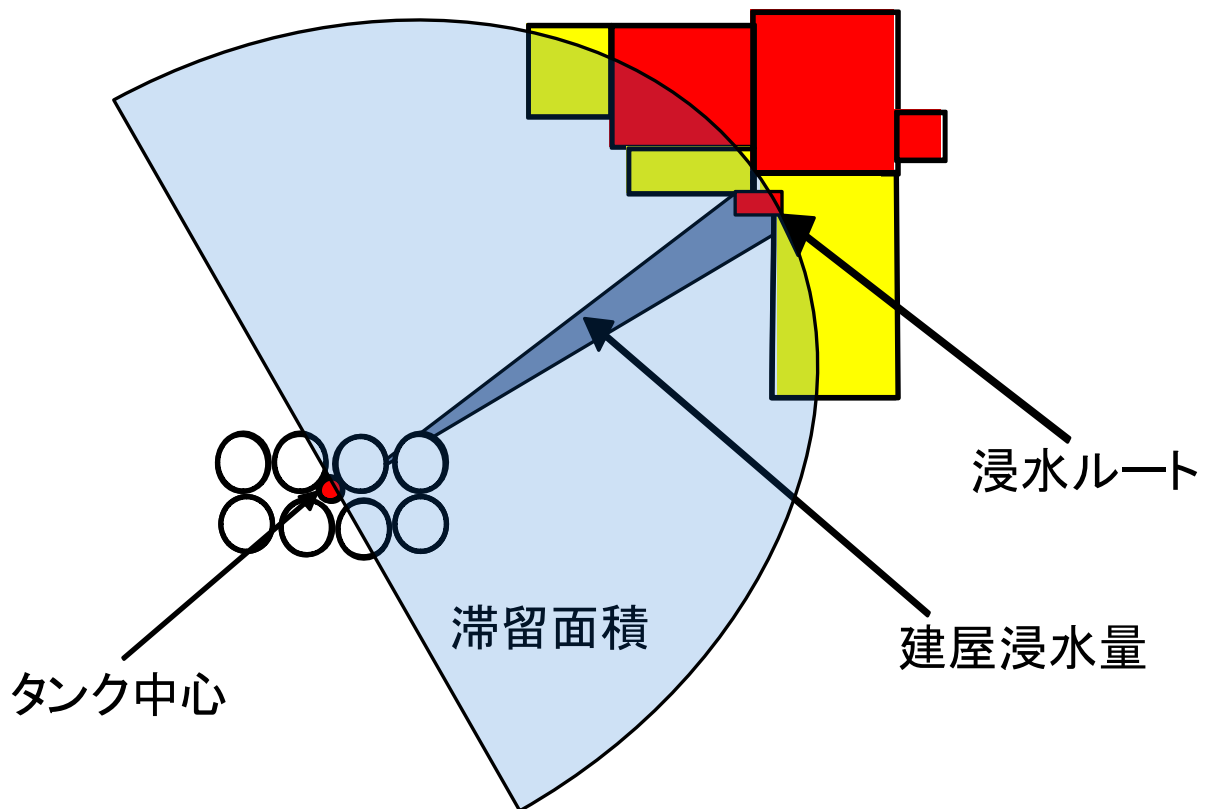


図1 算出手順概念図

(2) 建屋浸水量の算出結果について

(1) で設定した算出手順 (簡易モデル) による、各建屋の浸水有無および建屋浸水量の算出結果は、次表のとおりである。

この算出結果の適切性を確認するために、3次元流動解析コード「Fluent Ver. 14」以下、「Fluent」と言う。)を用いた数値計算を実施している。この計算では、敷地内の側溝等による排水は考慮せず、道路や芝生等を含む地面は全て滑らかな条件として設定することで保守性を担保させることとした。計算の結果、各建屋への浸水は発生しなかった。(添付1、2参照)

地震時の Fluent の計算が最大水位約0.3mで建屋浸水無しの結果に対して、簡易モデルは保守的な評価結果になっている。

表2 地震波損

建屋名称	距離 (m)	水位 (m)	浸水防止高さ (m)	浸水有無	円弧 (m)	扉幅 (m)	浸水量 (m <sup>3</sup> )
出入管理建屋	90	1.75	0.3	有	282	3.0	224
電気建屋	110	1.11	0.3	有	345	4.5	274
原子炉補助建屋	90	1.75	4.7	無	—	—	—
原子炉建屋	110	1.11	4.7	無	—	—	—
ディーゼル発電機室建屋	110	1.11	4.7	無	—	—	—
循環水ポンプ建屋	170	0.47	2.5	無	—	—	—

表3 想定破損

建屋名称	距離 (m)	水位 (m)	浸水防止 高さ (m)	浸水 有無
出入管理建屋	90	0.29	0.3	無
電気建屋	110	0.18	0.3	無
原子炉補助建屋	90	0.29	4.7	無
原子炉建屋	110	0.18	4.7	無
ディーゼル発電機室建屋	110	0.18	4.7	無
循環水ポンプ建屋	170	0.08	2.5	無

## (3) 建屋浸水量と溢水伝播防止対策設備の設計条件の比較について

低耐震建屋である出入管理建屋及び電気建屋への屋外タンクからの浸水量は、本浸水量と低耐震建屋内の破損配管からの溢水量により発生する建屋内水位が、防護対象設備設置建屋への溢水伝播を防止する設備（溢水伝播防止対策設備）の設計条件であるT. P. 1.5m以下となるように制限する必要がある。この制限値は下表のとおりであり、(2)の算出値はこの制限値未満であり問題ない。

表4 建屋浸水量の制限値と算出値

	地震破損 (m <sup>3</sup> )		想定破損 (m <sup>3</sup> )	
	制限値	算出値	制限値	評価値
出入管理建屋	850	224	500	0
電気建屋	2,250	274	2,250	0

## 4. タービン建屋以外の建屋（点検口および連絡配管からの地表伝播）の影響評価

## (1) 水位または建屋浸水量への影響

全溢水量の半分が点検口から地表伝播する場合、連絡管からの地表伝播に比較して各建屋までの距離が短くなっており、さらに給排水処理建屋がこの方向への溢水伝播を阻害していることから、この給排水処理建屋の影響を簡易評価モデルに取り入れる必要がある。

図2から、連絡配管からの地表伝播で給排水処理建屋による伝播阻害が生じている状況では、滞留面積の合計は、ほぼ半円となっている。そして、この滞留面積が半円という状況を、簡易評価モデルでは取り入れており、この保守性はFluentの計算結果との比較で確認されている。

図3から、点検口からの地表伝播での給排水処理建屋による影響を考えると滞留面積の合計はほぼ1/4円となっている。つまり、簡易評価モデルの半円の半分になっている。







- ・連絡配管のみの伝播の場合  $W = Q \times d / (\pi R)$
- ・両方からの伝播で連絡配管からの伝播  $w_1 = 0.5 Q \times d / (\pi R)$
- ・両方からの伝播で点検口からの伝播  $w_2 = 0.5 Q \times d / (0.5 \pi r)$   
 $(w_1 + w_2) / W = 0.5 + (R / r)$

各建屋の倍率を評価すると表5となる。なお、全溢水量の連絡配管からの伝播の時に、建屋浸水のない原子炉補助建屋と原子炉建屋は水位に対する倍率、建屋浸水のある出入管理建屋と電気建屋は建屋浸水量に対する倍率を算出している。

表5 点検口・連絡配管からの地表伝播の場合の倍率

	距離比 (R/r)	倍率式	倍率
原子炉補助建屋	3.0	$0.5 + (R/r)^2$ (浸水無し)	9.5
原子炉建屋	1.6		3.1
出入管理建屋	4.3	$0.5 + (R/r)$ (浸水有り)	4.8
電気建屋	1.6		2.1

## (2) 影響評価結果

(1) で求めた倍率を用いて、水位または建屋浸水量を求める。この際、基準となる連絡配管からの地表伝播での水位等は、Fluent で算出した水位（最大水位0.3m）をベースとする。つまり、水位は0.3mとし、建屋浸水量は簡易評価モデルの値に（Fluent の水位0.3m／簡易評価モデルの水位）を乗じることとする。

評価結果を表6に示すが、原子炉補助建屋と原子炉建屋は浸水しない結果であり、出入管理建屋と電気建屋は浸水量が制限値未満である。

表6 点検口・連絡配管からの地表伝播の評価結果

	水位または浸水量	倍率	評価値	許容値
原子炉補助建屋	0.3m	9.5	2.85m	4.7m
原子炉建屋	0.3m	3.1	0.93m	4.7m
出入管理建屋	$224 \text{ m}^3 \times (0.3 \text{ m} / 1.75 \text{ m})$	4.8	$186 \text{ m}^3$	$850 \text{ m}^3$
電気建屋	$274 \text{ m}^3 \times (0.3 \text{ m} / 1.11 \text{ m})$	2.1	$156 \text{ m}^3$	$2250 \text{ m}^3$

以上

## 溢水伝播解析結果の妥当性について

タンクから漏洩した水が地表面を伝播する現象において支配的な要因は、①主に重力と慣性力が支配する気液界面の変形・挙動と、②液と地表面との摩擦力の2項目である。

液の重力と慣性力が液を伝播させる推進力となり、摩擦力が推進力を散逸させる力であり、推進力と散逸力のバランスで液がどの程度の距離までどのような速度で伝播するかが決まる。すなわち、この二項目を正しく解析できること、あるいは妥当な解析結果を示すことが確認できれば、水の伝播解析結果の妥当性が証明できると考える。

## ① 気液界面の変形・挙動に関する解析結果の妥当性

①の気液界面の変形・挙動に対する解析手法 (VOF) の妥当性、精度については、「ダムブレイク」の実験結果と計算結果の比較により、本検討で使用した汎用熱流体解析ソフト Fluent の VOF が界面挙動の予測に十分な精度を持つことが確認できている。(別添 1 参照)

## ② 液と地表面との摩擦力に関する解析結果の妥当性

本検討のような地表面を水が伝播する解析において、流れる液と地表面との摩擦力に影響する解析パラメータは、乱流モデルの選定とメッシュサイズである。

## 1) 乱流モデルの選定

VOF の計算においても、乱流モデルの選定により液と壁との摩擦力が変化する。本検討では、検討対象と同様の平面上を水が伝播する検証計算を実施し、「層流モデル」と他のいくつかの乱流モデルの比較を行った。その結果、「層流モデル」を用いたときに、乱流モデルを用いた計算より2倍近く遠方まで水が到達する結果となった。以上の検証を踏まえ、漏洩した水が現実より遠くまで到達するような計算とするため、本検討では乱流モデルとして、「層流モデル」を使用した。

## 2) メッシュサイズの選定

メッシュサイズにより水の伝播状況の解析結果が変化する可能性があるため、検討対象と同様の平面上を水が伝播する計算体系を用い、ASME V&V20 の手法によりメッシュサイズが計算結果に及ぼす影響を評価した。その結果、本検討で用いたメッシュサイズによる解の不確かさ (誤差) は 2.3% と評価された。

以上より、水が地表面を伝播する現象における支配的な要因である、①気液界面の変形・挙動と、②液と地表面との摩擦力、の二項目に対し、十分な予測精度を持つこと、あるいは精度検証が困難なものに対しては、より安全側のモデル設定であることが確認された。これらのことから溢水伝播解析結果は工学的に十分妥当な解であると考えられる。

以上

## 計算機プログラム検証計算 VOF モデルによるダム破壊解析 (Fluent Ver. 14)

### 1. はじめに

CFD (Computational Fluid Dynamics) 計算プログラム Fluent Ver. 14 の VOF モデル (Volume of Fraction Model) の解析精度を検証するために、2 次元ダム破壊実験を対象に検証計算を行い、底面における破壊水柱の先端到達位置の時間変化を実験値と比較した。

### 2. 検証計算

#### 2.1 計算対象

図 1 に示す高さ  $2L$ 、幅  $L$  の水が堰きとめられた  $2.2L \times 4L$  の 2 次元ダムを対象に計算を実施し、ダム破壊後のダム底部における水の先端位置の時間変化について Martin and Moyce<sup>(1)</sup>の実験結果と比較した。

(1) J. C. Martin and W. J. Moyce, Philos. Trans. Roy. Soc. London Ser. A 244, 1952, pp. 312.

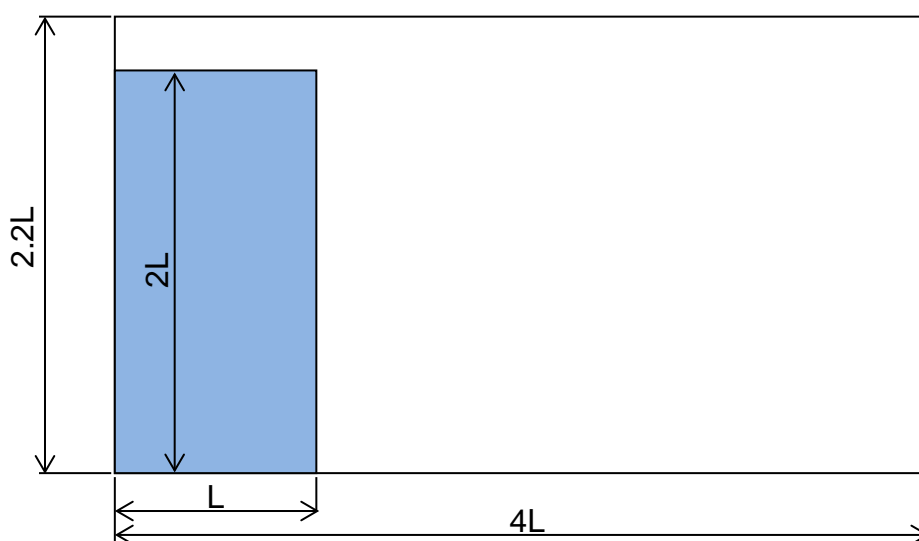


図 1 検証計算対象

#### 2.2 計算方法

検証計算は以下手法を用いて行った。

- (1) 水と空気の二相として、二相間の界面は一流体近似の VOF (Volume Of Fraction) 手法を用いて追跡する。
- (2) 乱流モデルを用いない。
- (3) 空気の圧縮性を考慮し、理想気体とする。

### 2.3 計算モデル形状とメッシュ分割

計算モデル形状は図1と同じであり、図中のLを1[m]とした。座標系として、水平右方向を+X方向とし、垂直上方向を+Y方向とした。図2に示すように、直交格子を用いてメッシュ分割を行った。X方向に等間隔に40メッシュを分割した。ダム底面における水先端位置をよくとらえるために、ダム底面の隣接するY方向の最小メッシュサイズは0.025とし、Y方向に非等間隔で22メッシュを分割した。

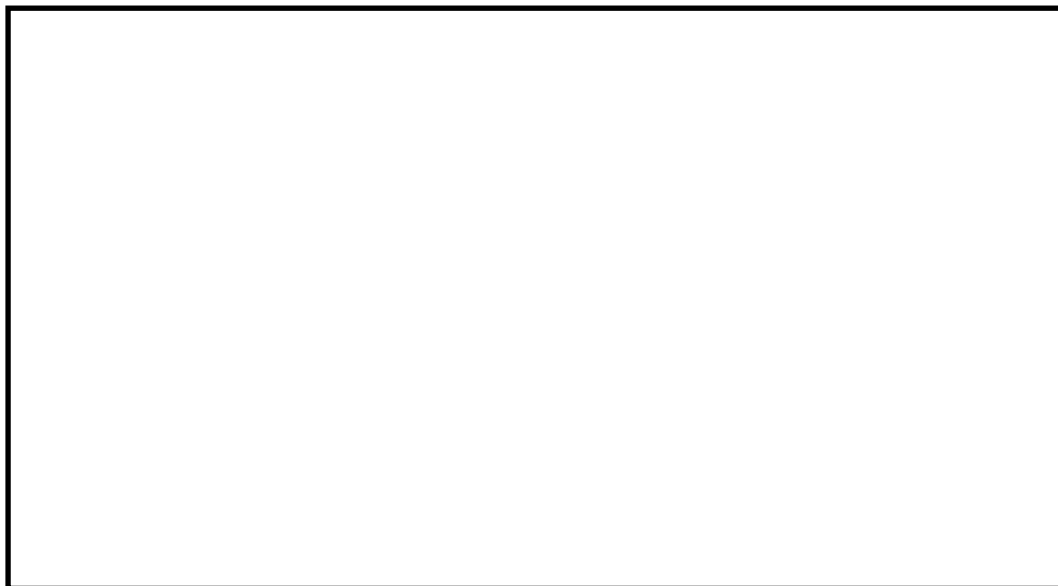


図2 メッシュ分割

### 2.4 計算条件

#### 物性値

計算で使われた物性値は表1に示す。

表1. 物性値

相	密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	粘性 [Pa s]	表面張力 [N/m]
空気	理想気体 @1atm&300K	1.7894e-5	0.072
水	995.65	0.000828	

#### 境界条件

図1に示す各境界について、表2に境界条件を与えた。

表2. 境界条件

境界	タイプ	値
上面	壁面	滑り
他の面	壁面	滑りなし

## 初期条件

図 1 に示すよう水の位置を初期条件とする。また、その際計算領域中の圧力を均一（0 [PaG]）に設定し、流速がゼロとした。

## 2.5 計算結果

### 水の体積率の時系列画像

図 3 に水の体積率の時系列変化を示す。時間の進行に伴い、水柱が破壊し、ダム底に沿って流れ出す様子が見られる。

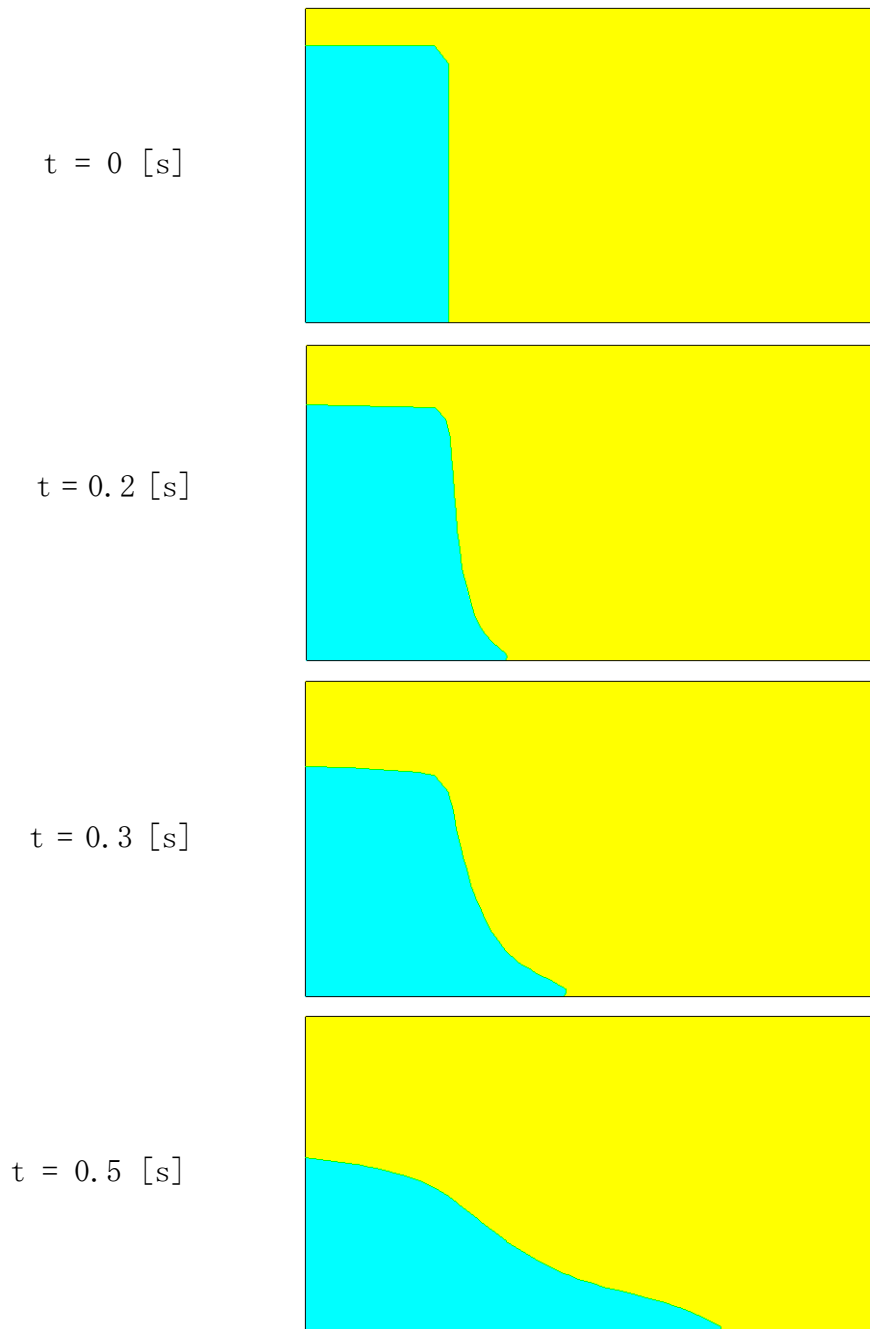


図 3 水先端位置の時間変化

### 実験との比較

図4に時間毎に水の先端到達位置の計算結果と Martin and Moyce の実験結果との比較を示す。図より、計算結果は実験結果とよく一致していることが確認出来る。

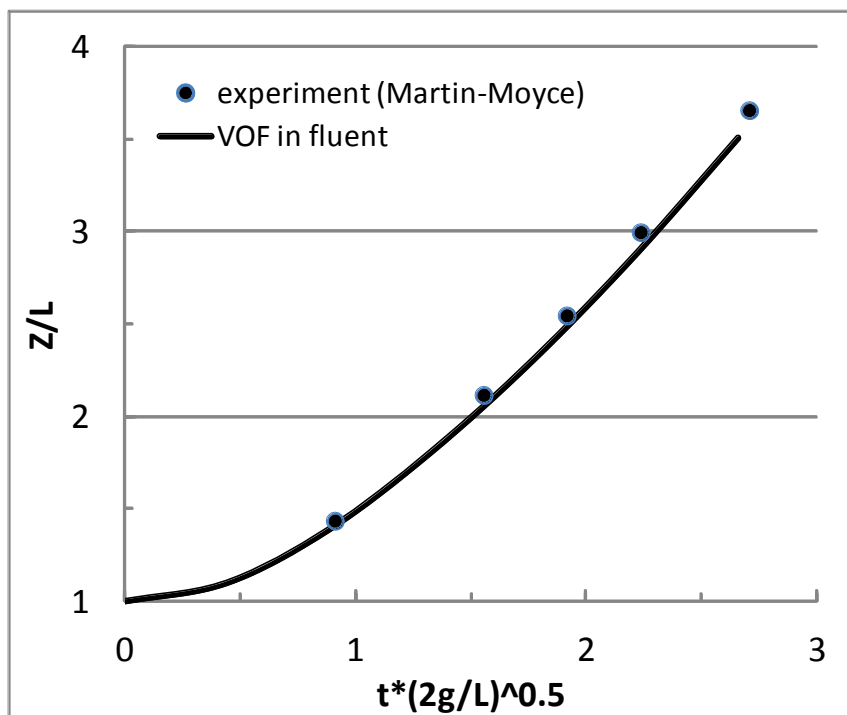


図4 水先端位置比較

### 3. 計算結果

実験結果との比較より、Fluent Ver. 14 の VOF モデルではダム破壊のような大きな相界面が存在する流れを精度よく計算できることがわかった。

以上



# 泊発電所 屋外タンク漏えい水の 伝播時刻歴解析結果について

# 1. 解析モデル

## 1.1 解析モデル範囲

- ・重要建屋を含む、約400m x 200m 範囲をモデリング

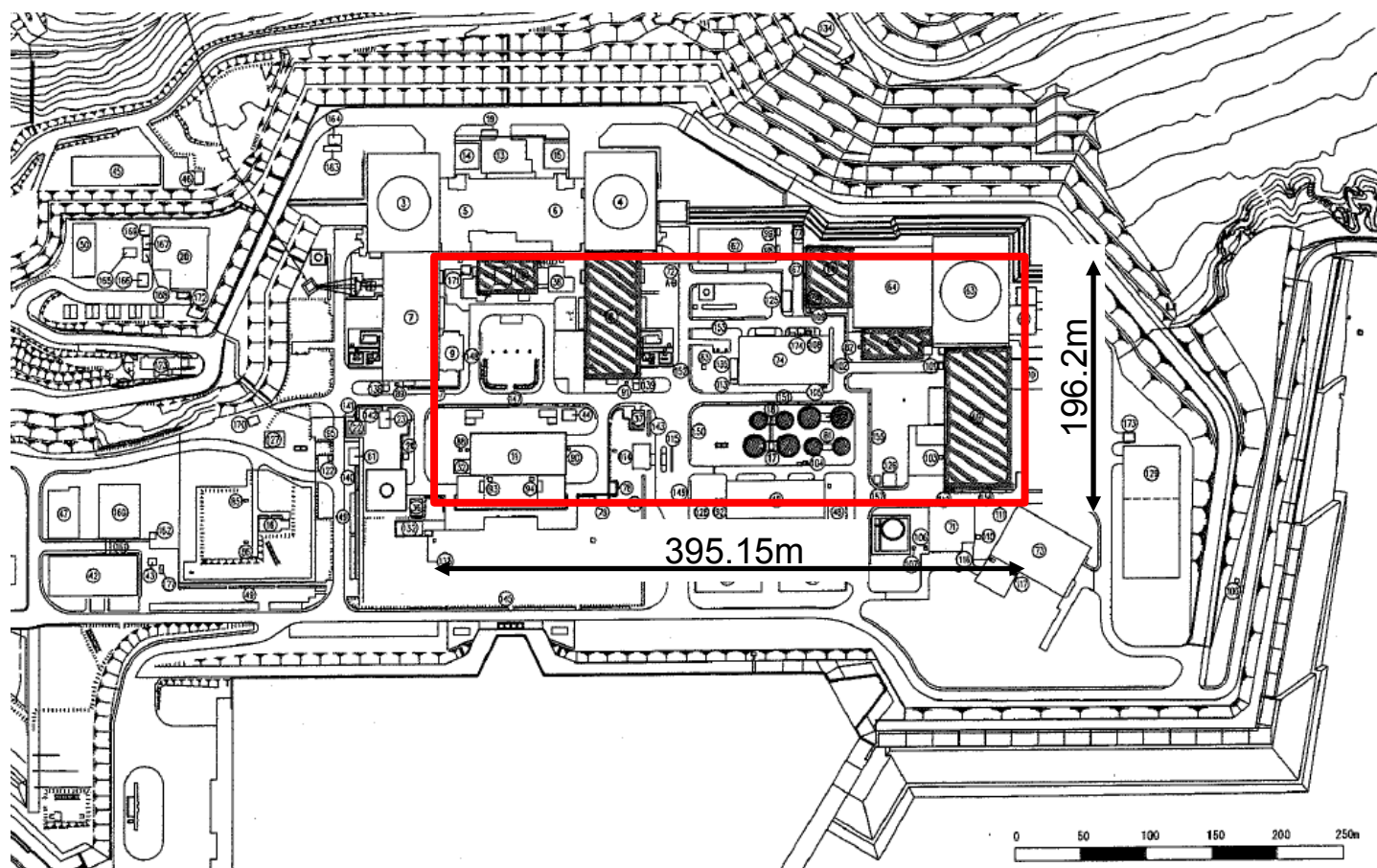


図1.1 解析モデル範囲

## 1.2 解析モデル概要図

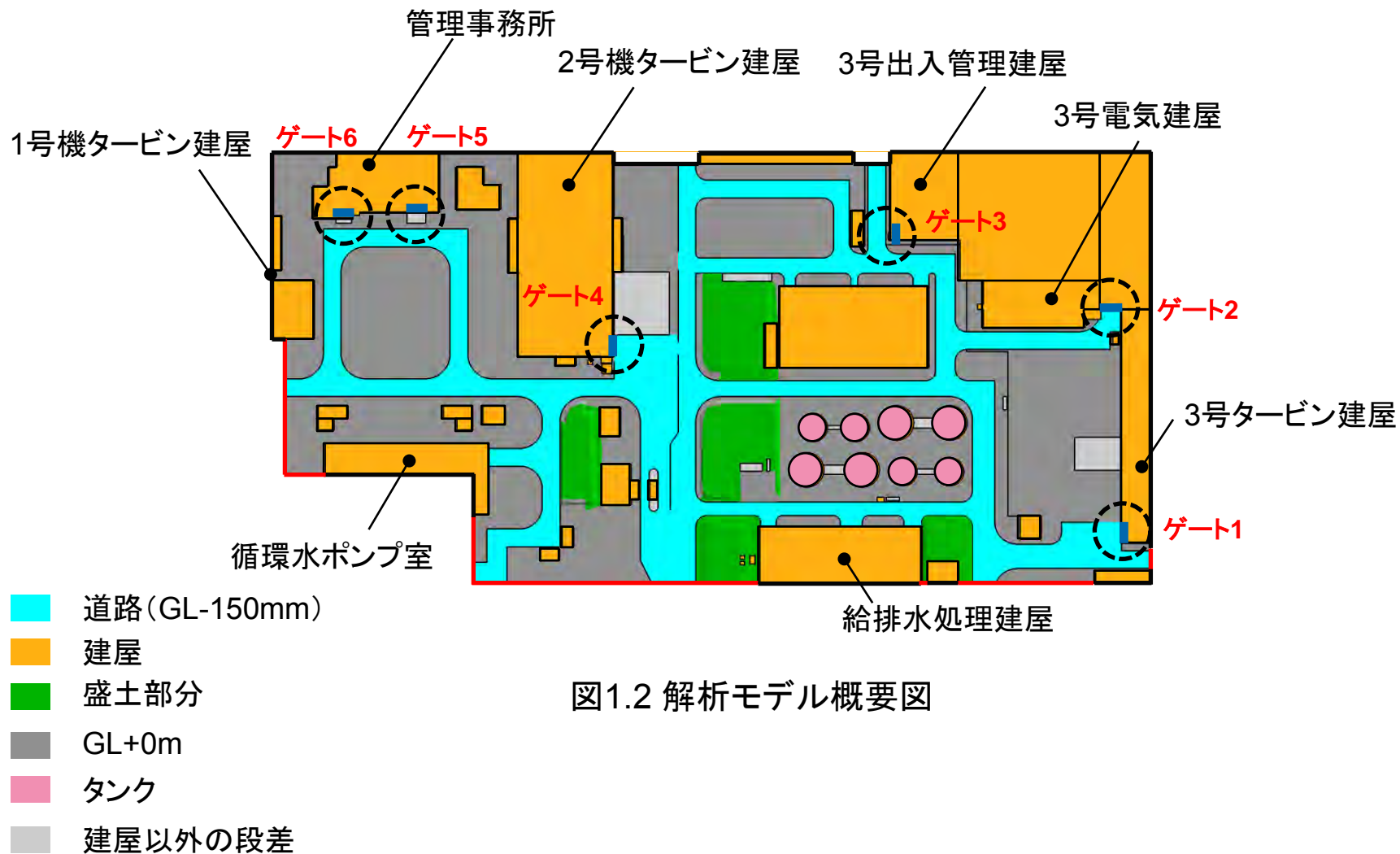


図1.2 解析モデル概要図

### 1.3 モデルへ反映/省略した部分

- ・現地調査により、漏洩水の伝播に大きな影響があると考えられる部分をモデリング
- ・側溝や集水ますによる排水は考慮せず。
- ・道路や芝生等を含む地面は全て滑らかな条件とした。

表1. モデルへ反映/省略した部分

	反映させた部分	備考		省略した部分	備考
1	タンク8基		1	防雪建屋(タンク間)	地震により倒壊する可能性が高いため。
2	建屋(1m以上)		2	道路の勾配	長手、短手の両方向
3	道路	勾配付けずフラットで作成	3	縁石の切欠き部分	コーナー部等
4	縁石	一律15cmで作成	4	屋根付き通路上屋	地震により倒壊する可能性高いため。
5	盛土部分	現場計測値を使用	5	地面粗さ(盛土部分を含む)	
6	重要扉	6箇所	6	側溝	
7	重要扉前の勾配やステップ	図面または現地調査結果と使用	7	重要扉以外の開口部	シャッターなど、閉じている状態を想定
8	フェンス基礎	現場計測値を使用。 ※厚みは考慮せず。			
9	構造物(高さ15cm以上)				

## 1.4 解析モデル1 (境界条件)

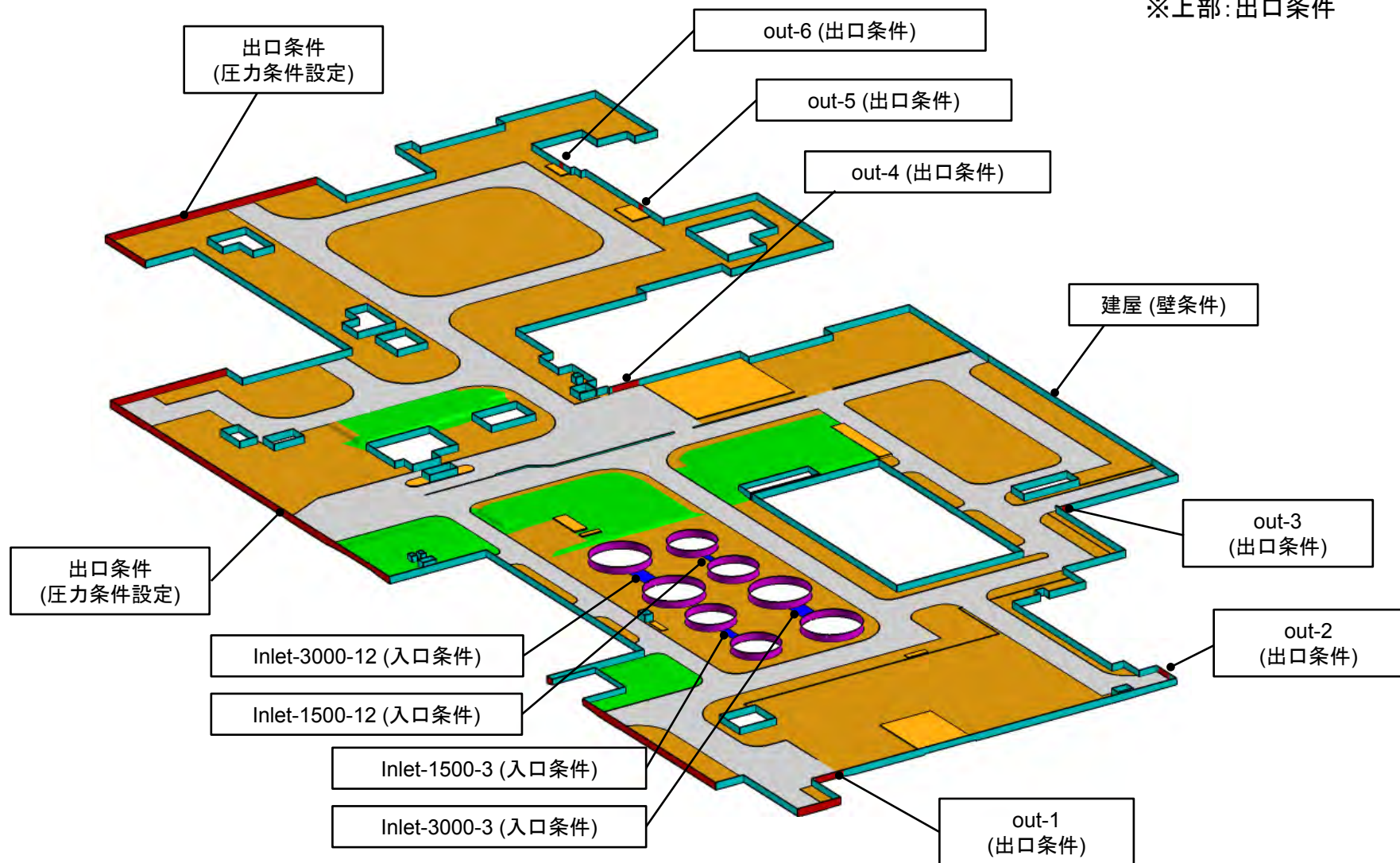


図1.4 解析モデル(境界条件)

## 1.5 解析モデル2(高さ表記)

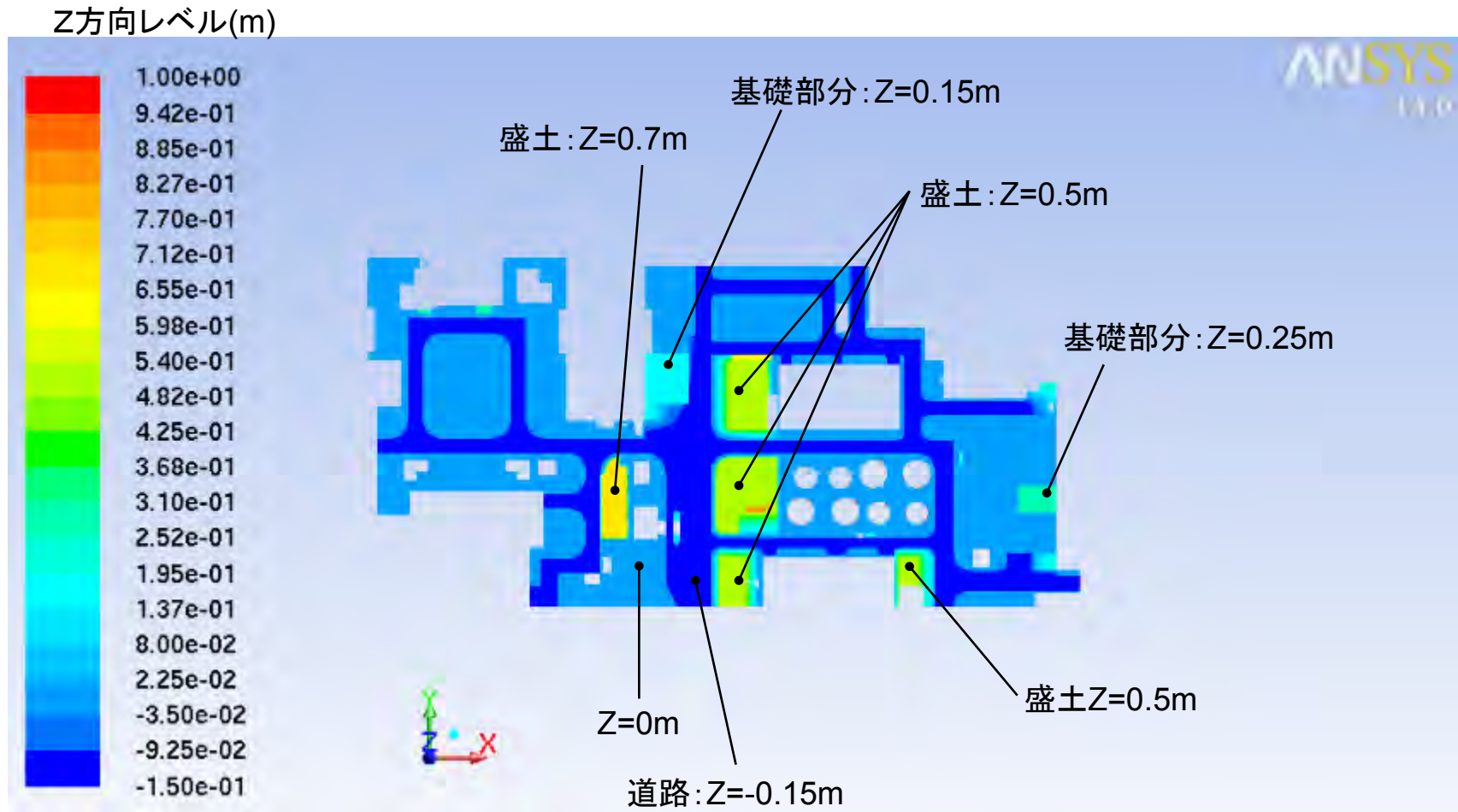


図1.5 解析モデル(高さ表記)

## 2. 入力条件

### 2.1 漏洩量の算出

- ・ 8基タンクの接続配管が全て破損した場合の単位時間当たりの漏洩量を計算
- ・ 全てのタンクが満液時から漏洩すると想定(最も厳しい条件)
- ・ 漏洩量は接続配管位置(各接続配管の最下段の配管高さ)における流速と、破損する接続配管の断面積をかけて漏洩量を算出

■ 流速算出式:  $V(\text{m/s}) = \sqrt{2gh}$        $h=za-zb$

ここで、 $V(\text{m/s})$ : 出口流速、 $g(\text{m/s}^2)$ : 重力加速度、 $za(\text{m})$ : 各時刻での液面高さ、 $zb(\text{m})$ : 最下段配管高さ

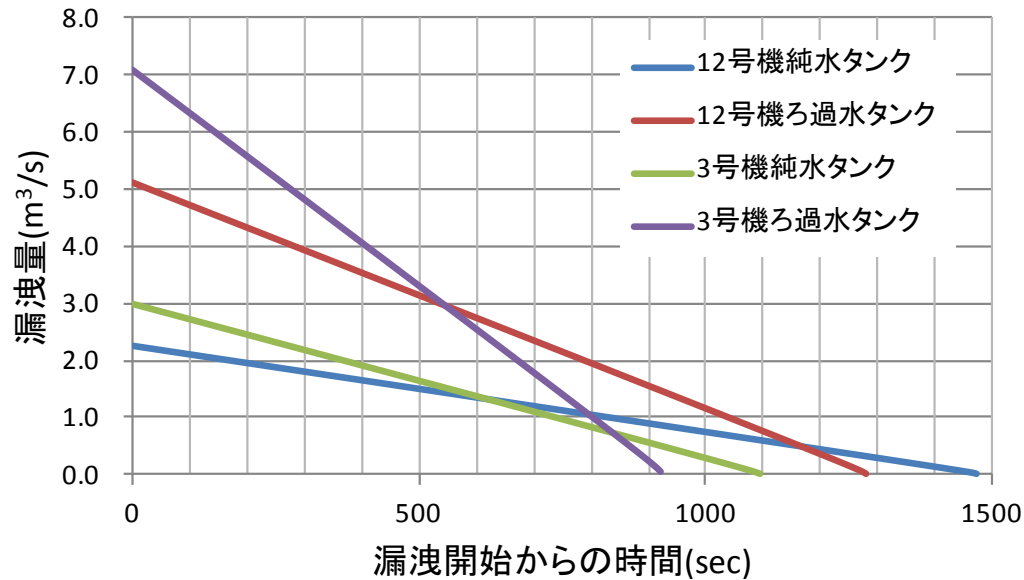
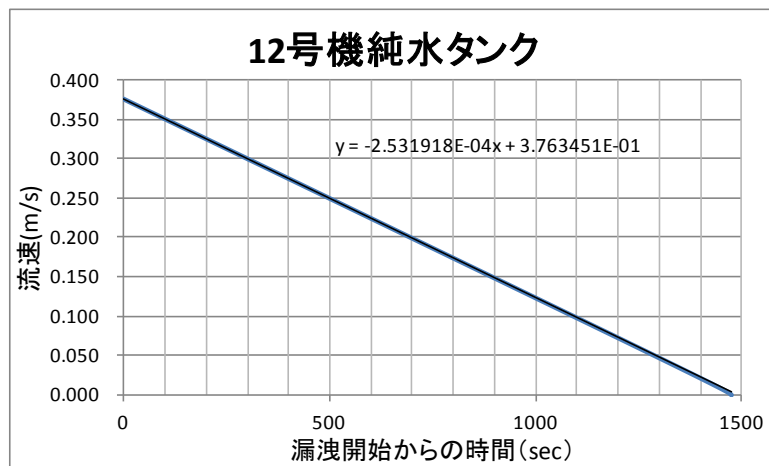
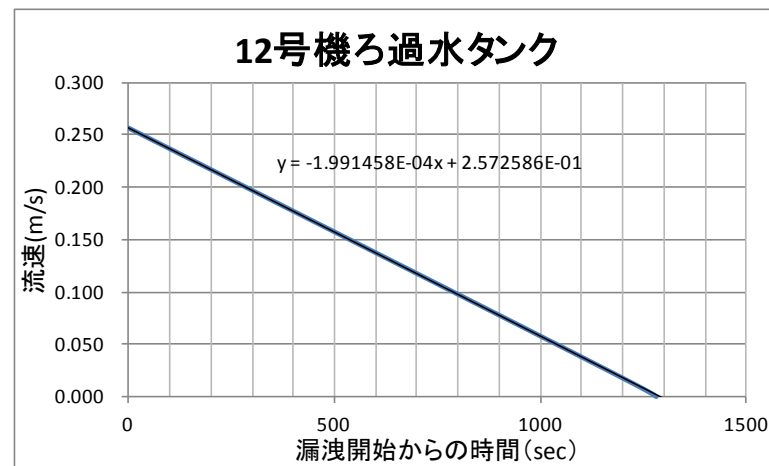


図2.1 タンク漏洩量(1基当たり)の時刻歴

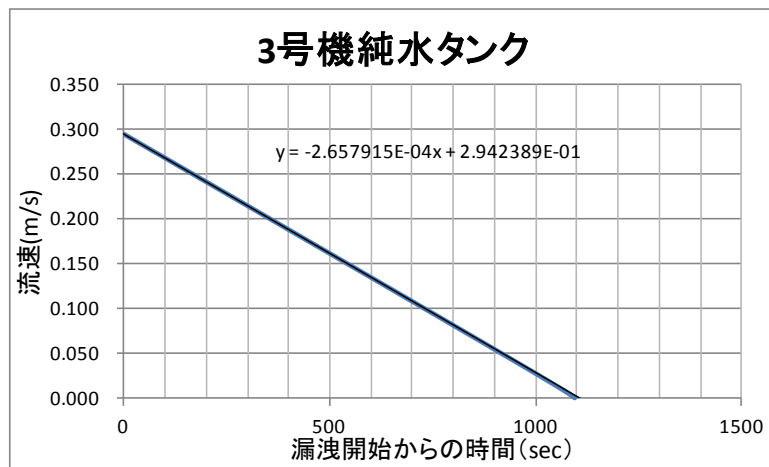
- ・タンク間から湧き出る流速(入力条件値)を図2に示す。  
 ※図中の式は計算結果の近似式を示している。



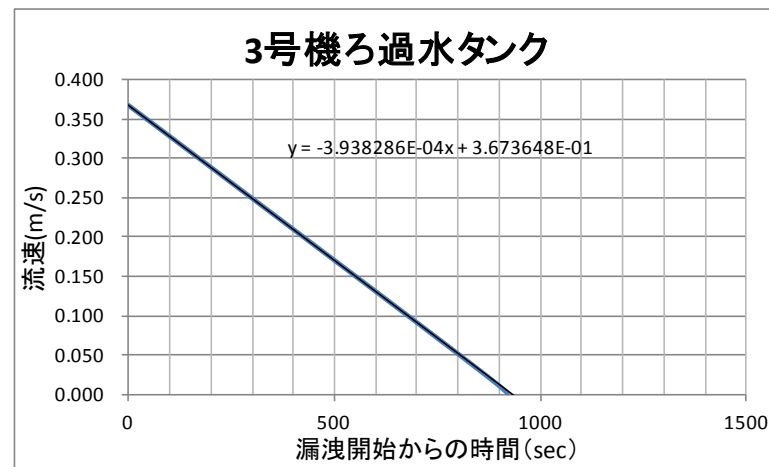
**Inlet-1500-12**



**Inlet-3000-12**



**Inlet-1500-3**

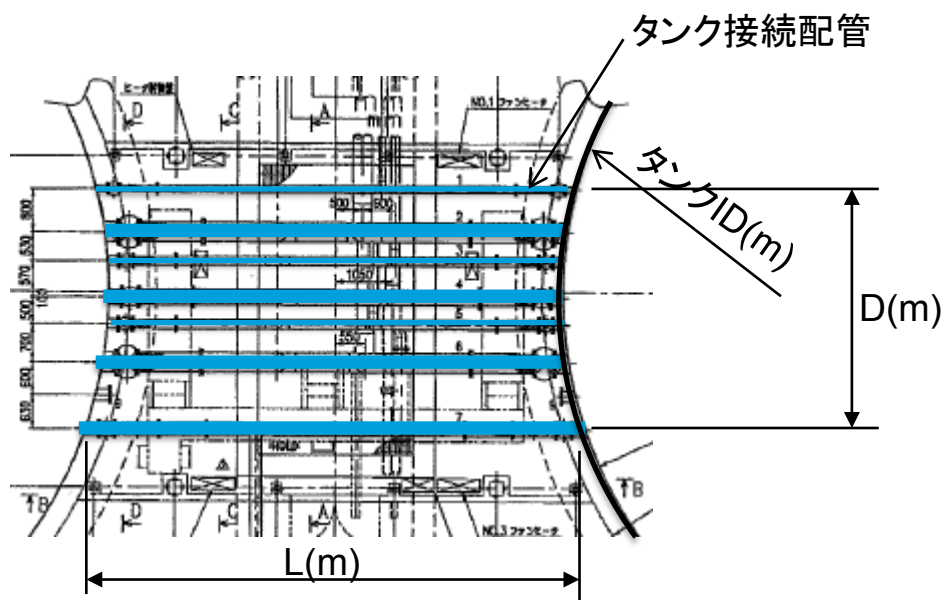


**Inlet-3000-3**

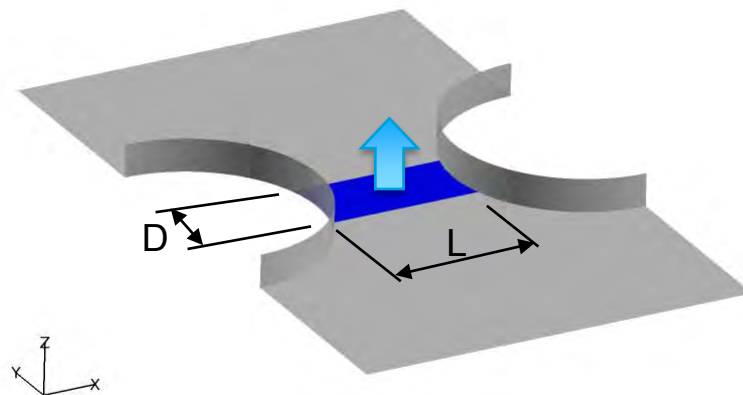
図2.2 各部位の入力条件値



## 2.2 入力境界位置について

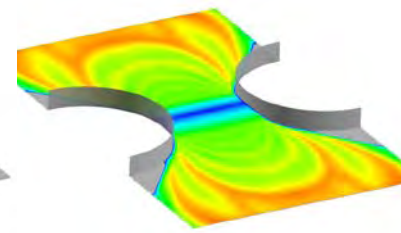
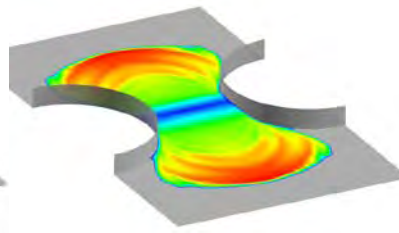
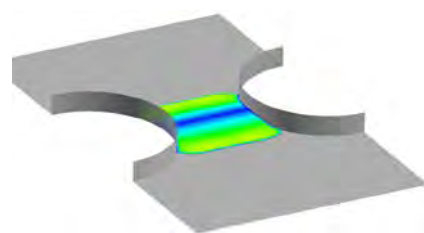


両タンクからの漏洩流量を  
下図青部分から上向きに与える。

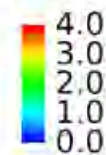


解析モデル設定

(例)3号機ろ過水タンク(3000m<sup>3</sup>)



velocity[m/s]



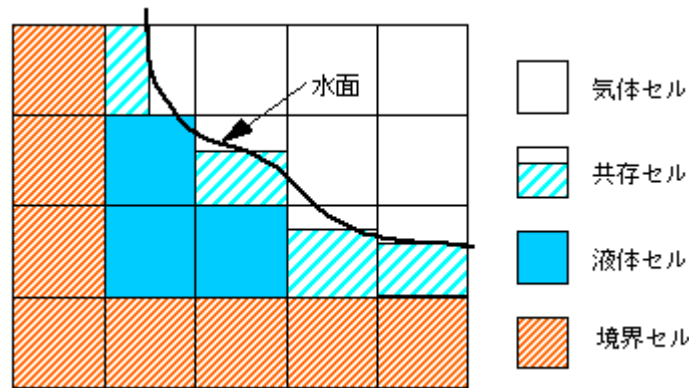
イメージ図

### 3. 解析手法/条件の概要

- ・使用ソフト:Fluent Ver.14
- ・解析手法:VOF法(Volume of Fluid)
- ・解析条件:3次元非定常解析
- ・メッシュタイプ/数:直方体、9,388,468メッシュ
- ・時間刻み $\Delta t$ : 0.02(sec)

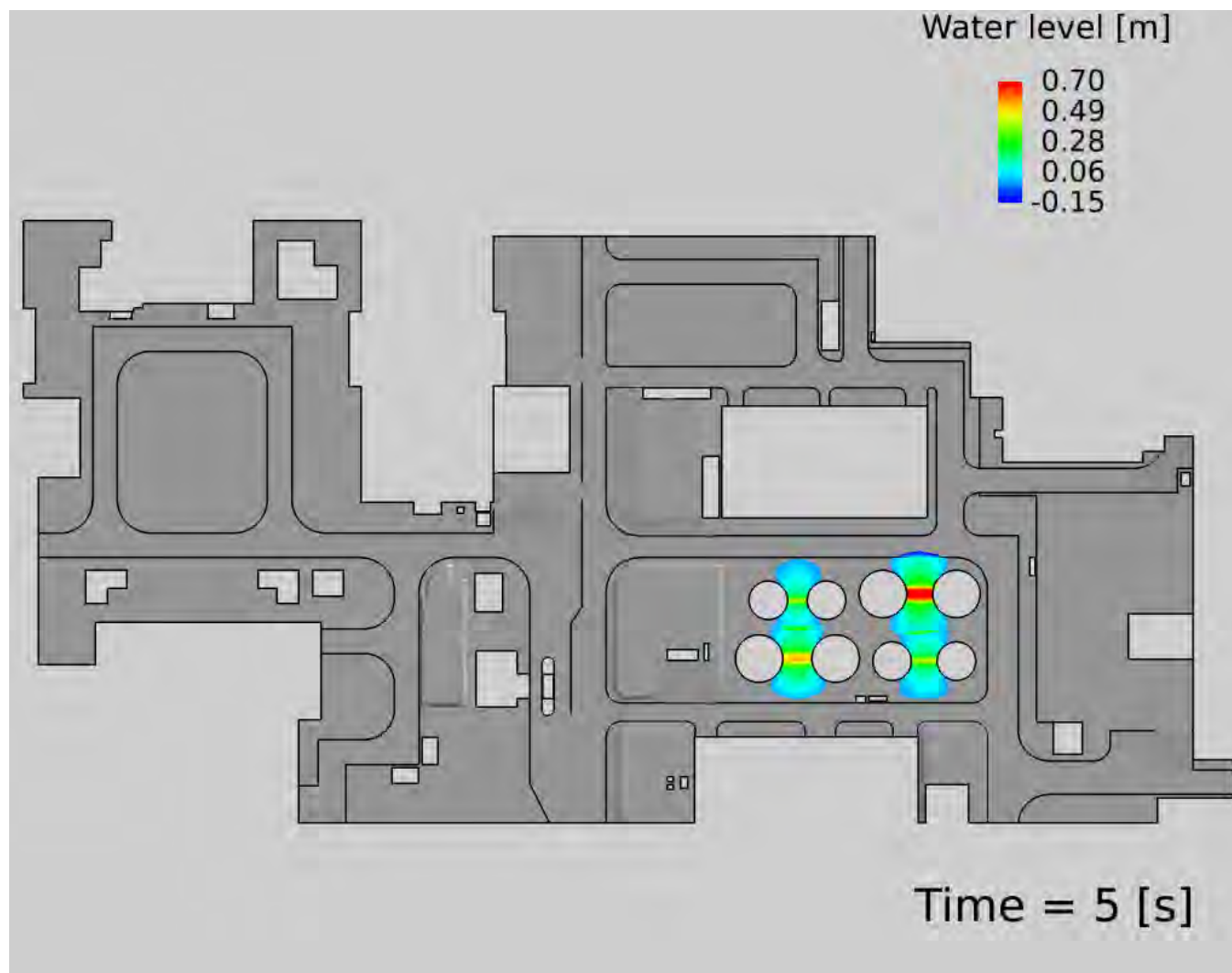
VOF法は、以下のような手順で液面の移動を解析する。

- ①各計算格子を液体充填率F(0から1の間の値をとる)及び周囲のセルの状況により、下図に示すように、気体、共存、液体、境界セルに分類する。
- ②共存セル内の液体位置を(液体と気体の境界面がいずれかの座標軸に垂直になるように)決定する。
- ③各計算セルのF値を運動方程式等で計算された流速場に従って移流させる。
- ④時間を進めて計算を繰り返す。



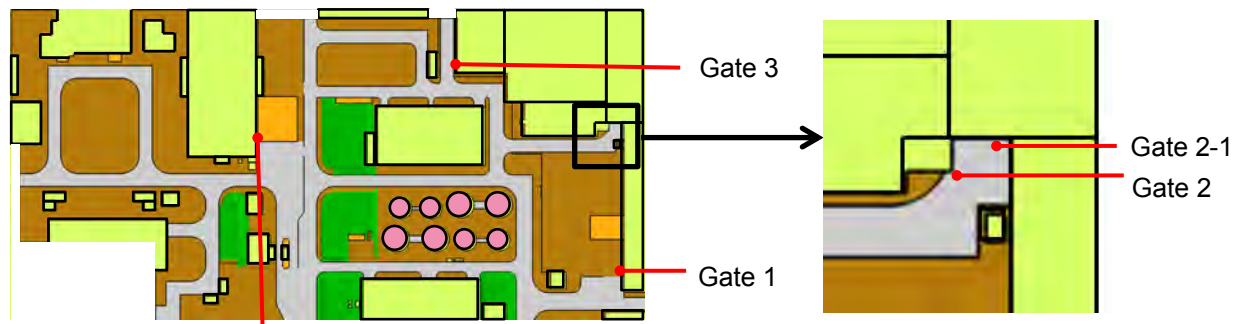
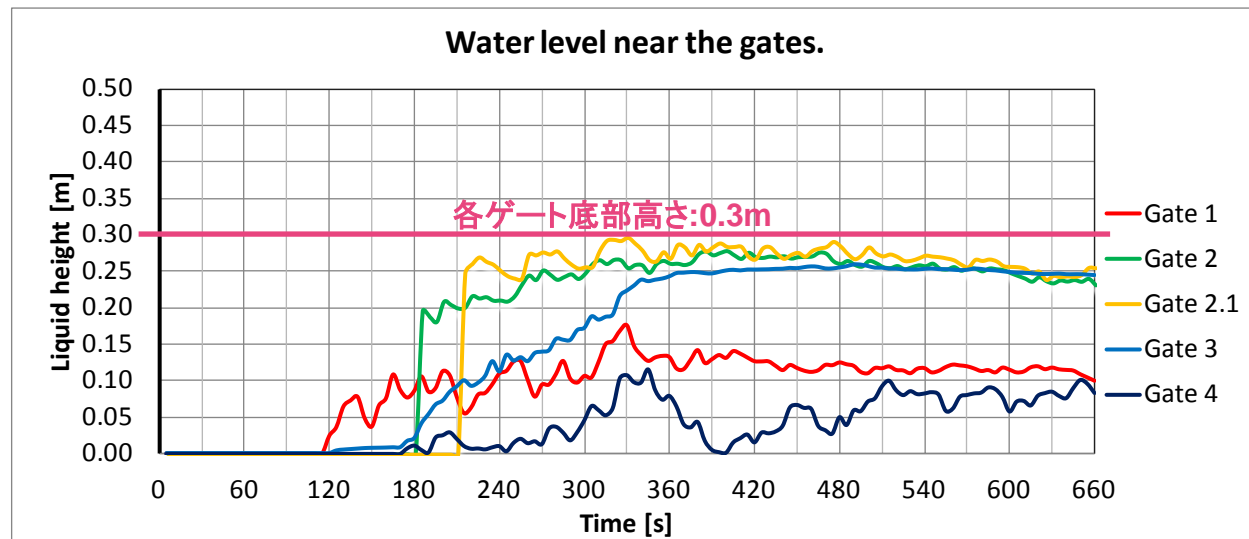
## 4. 解析結果

### 4.1 漏洩水時刻歷狀況



## 4.2 モニタリングポイントでの液面高さ

- ・各ゲート近傍にモニタリングポイントを設定し、液面高さの変化状況を確認した。
- ・660秒まで計算を実施し、**漏洩水は流入しない結果**となった。
- ・流入の懸念されるGate2,3では、480秒あたりから水位が低下し始めている。今後の漏洩量も減っていくため、これ以上の水位上昇は無いと考えられ、各重要建屋扉への流入は無いと判断する。

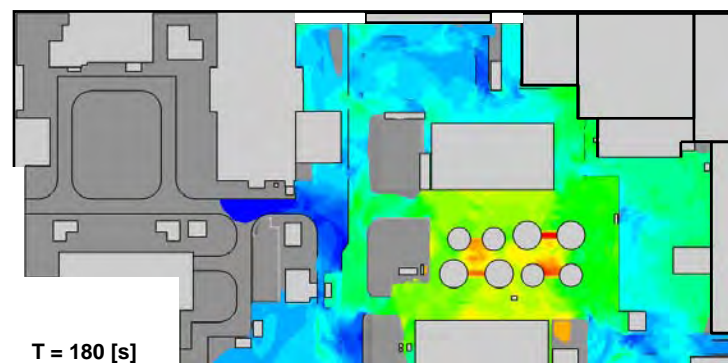
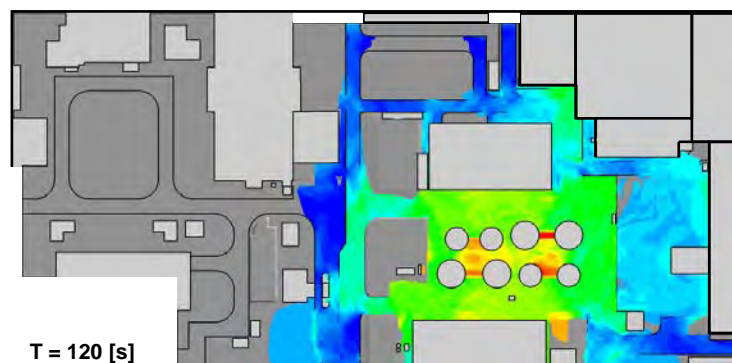
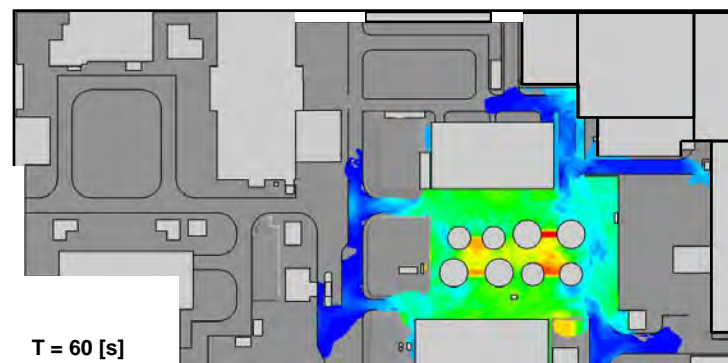
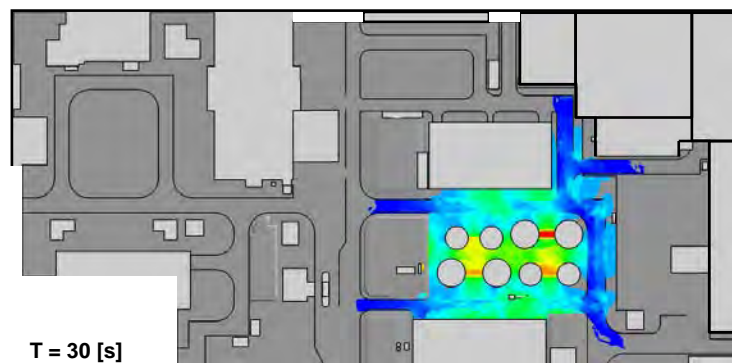
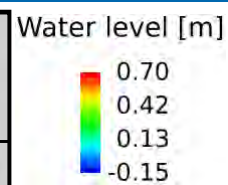
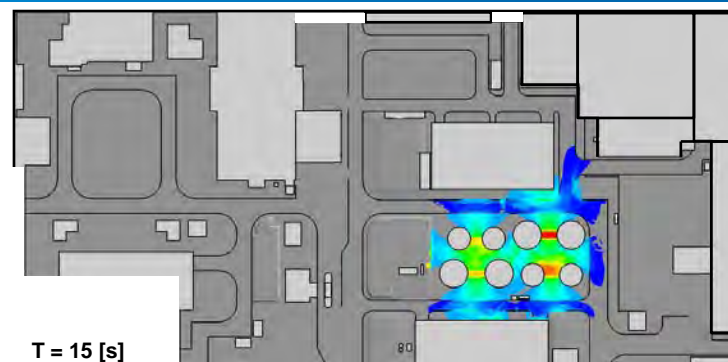


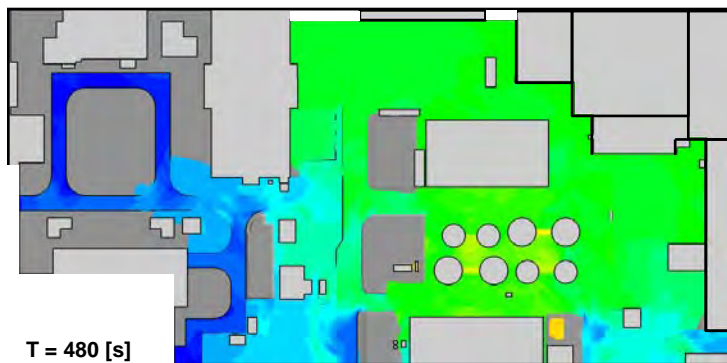
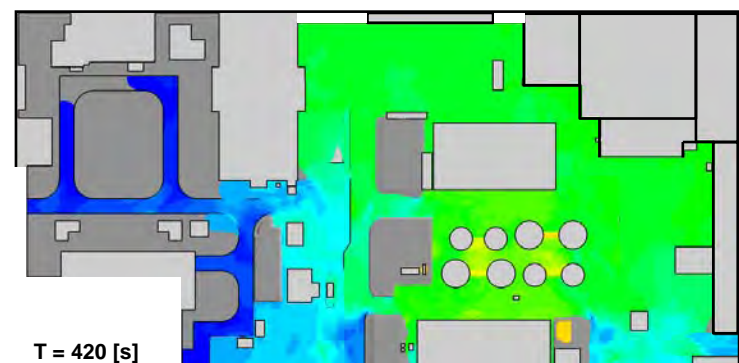
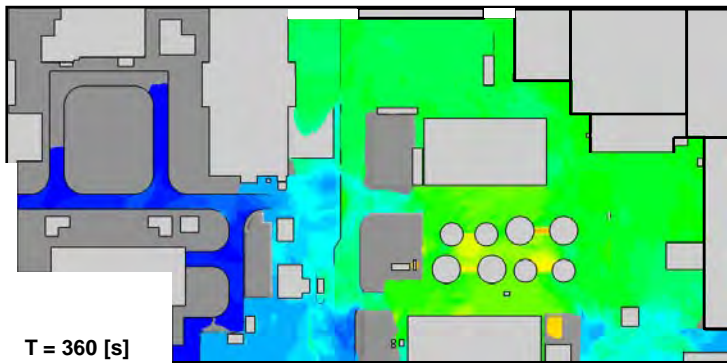
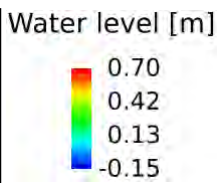
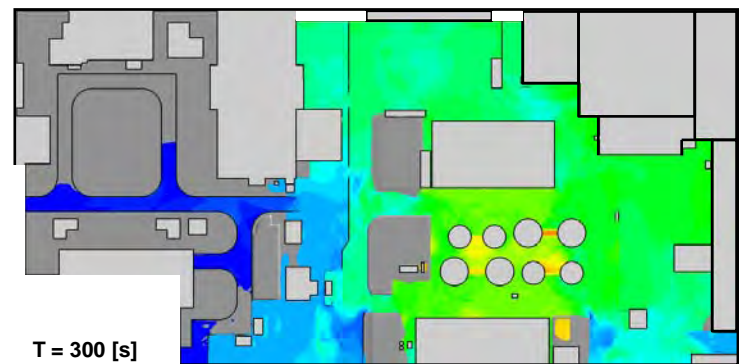
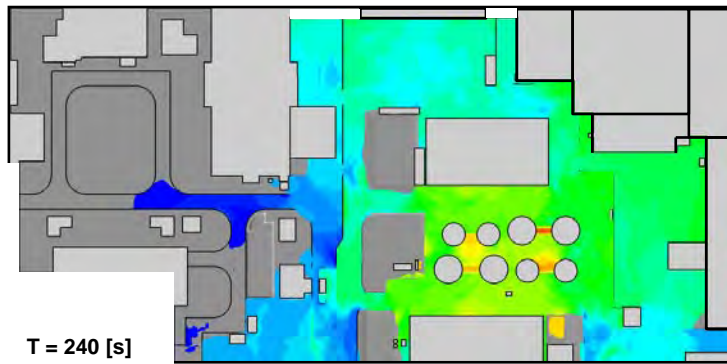
Gate 4

モニタリングポイント

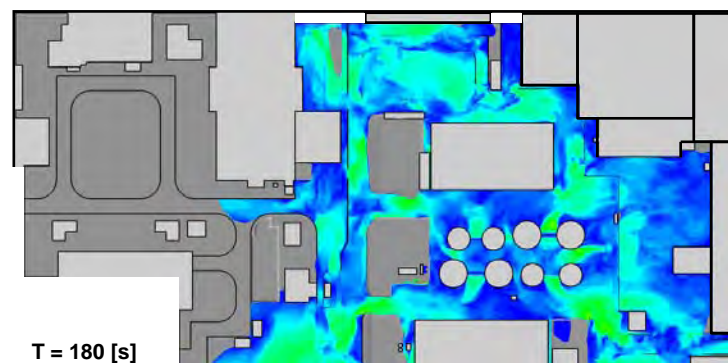
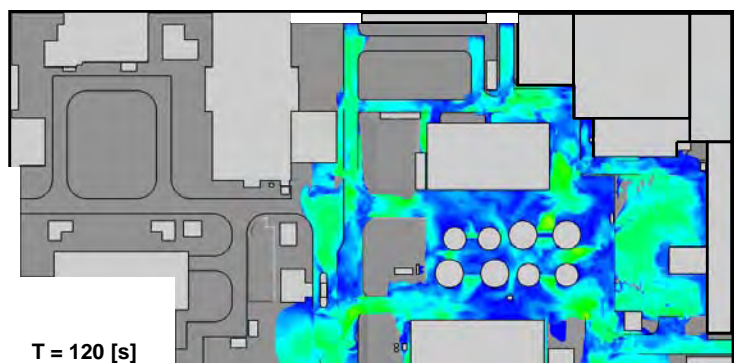
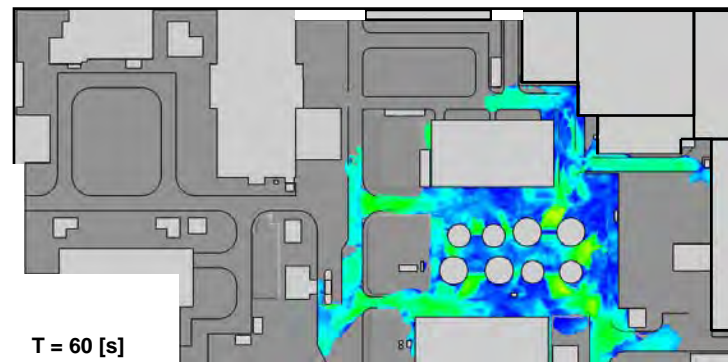
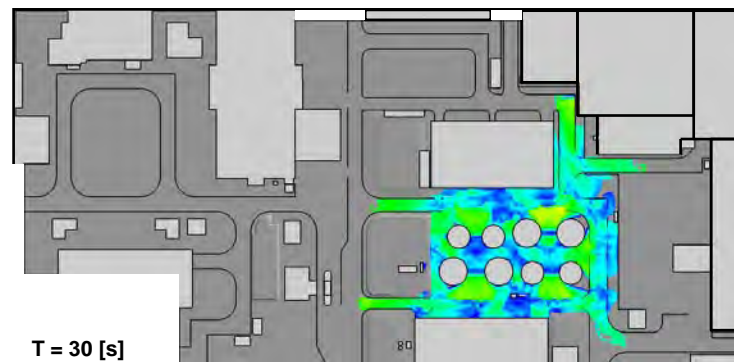
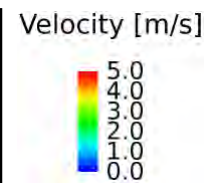
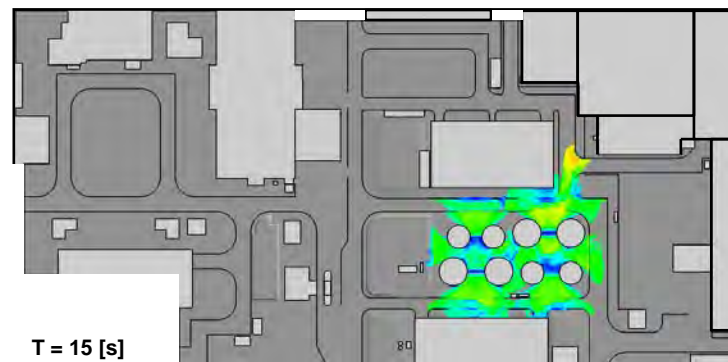
6-32

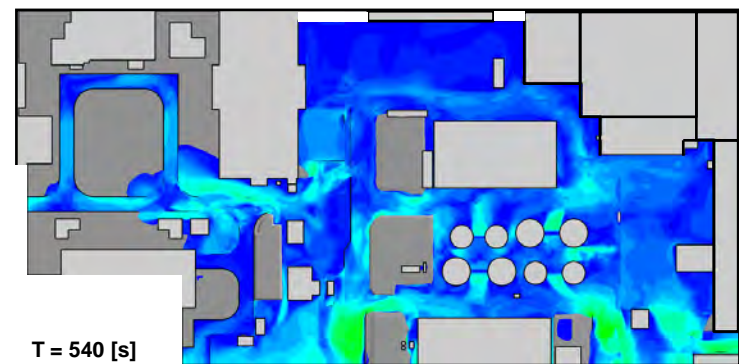
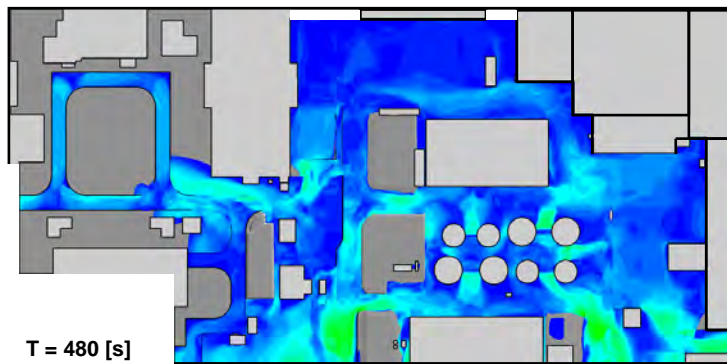
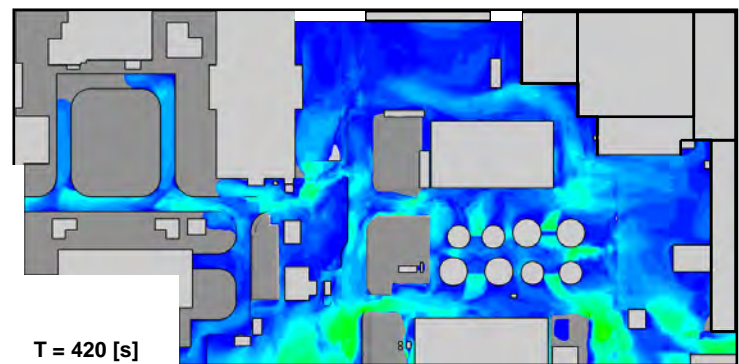
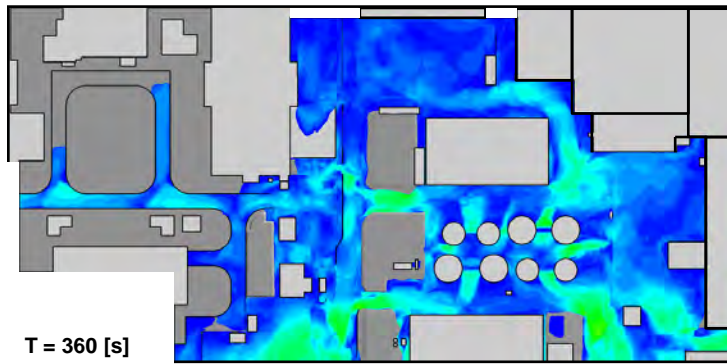
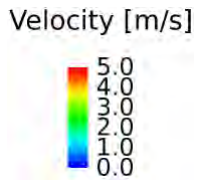
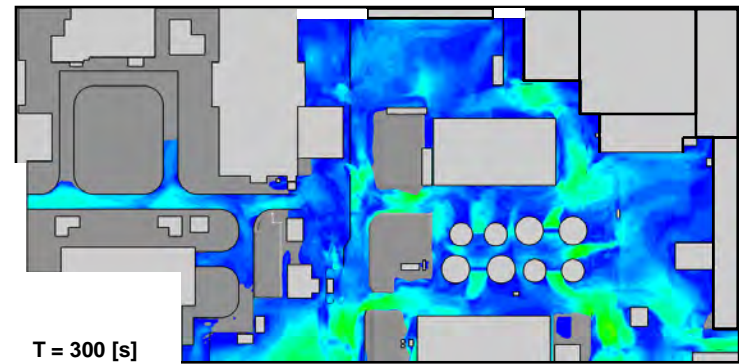
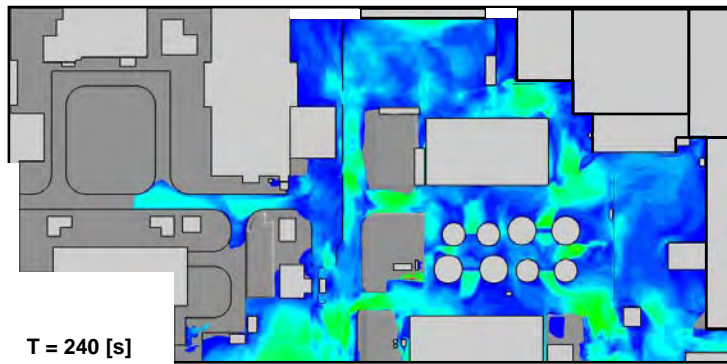
### 4.3 液面高さ分布図





## 4.4 流速分布图





END



## 7. 低耐震建屋からの溢水影響について

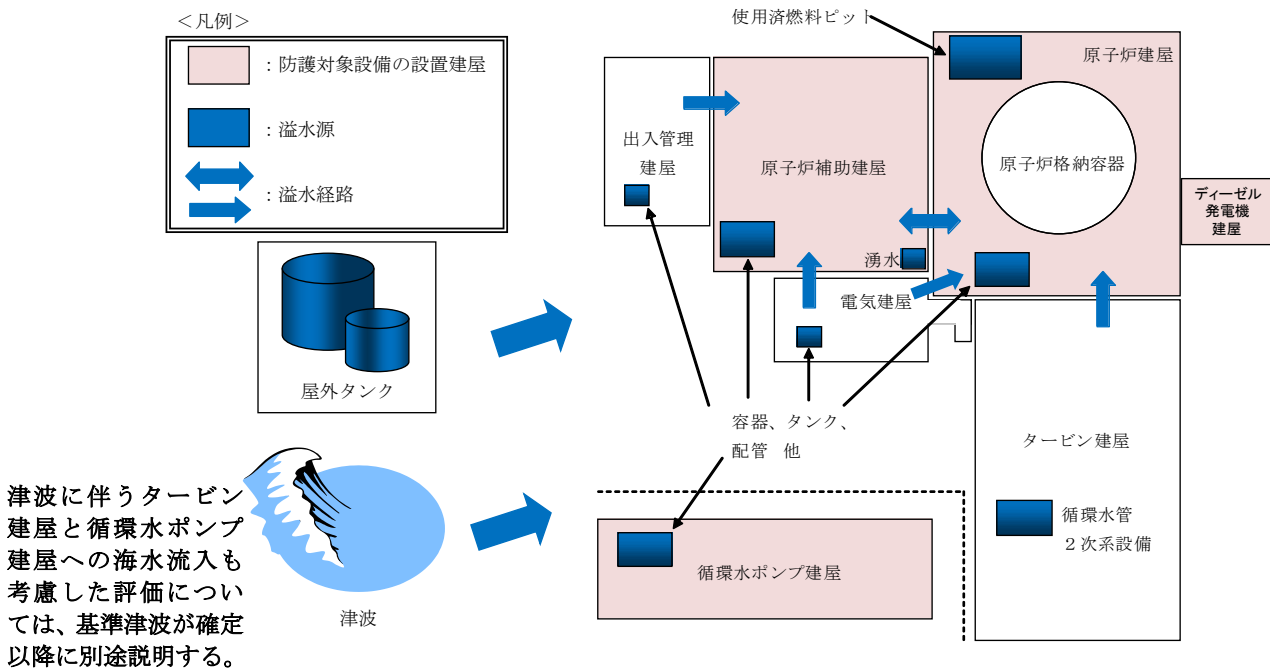
### 1. はじめに

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」では、地震に起因する機器の破損等による溢水の影響として、耐震設計上の重要度分類 B, C クラスに分類される機器からの溢水により、防護対象設備が機能喪失しないよう求めている。

低耐震建屋である、出入管理建屋、電気建屋およびタービン建屋に設置している耐震 C クラス配管が地震時に破損または想定破損して漏えいが発生した場合、この漏えい水が防護対象設備を設置している原子炉補助建屋および原子炉建屋に伝播する可能性がある。

本資料では、これら低耐震建屋に設置された機器からの溢水による原子炉補助建屋および原子炉建屋に設置された防護対象設備に影響を与えるか否かについての溢水影響評価について説明する。

図1 建屋全体配置図



### 2. 評価の考え方

評価は、まず、既の実施されている溢水伝播防止対策について確認したうえで、各々の低耐震建屋に対して、以下に示す考え方にに基づき実施した。

#### ① 溢水源の抽出

地震に対する溢水評価では、各建屋の耐震性の無い機器について基準地震動  $S_s$  での破損を想定した。想定破損に対する溢水評価では、放出量が最も大きい配管 1 箇所の破損を想定した。

#### ② 浸水高さの評価

①で想定した放出量のうち最も大きいものでの浸水高さを評価した。なお、着目しているフロアの浸水高さが高くなるよう保守的な評価を行った。

#### ③ タービン建屋の評価

タービン建屋については循環水管の伸縮継手からの漏えいを仮定し、循環水ポンプ停止

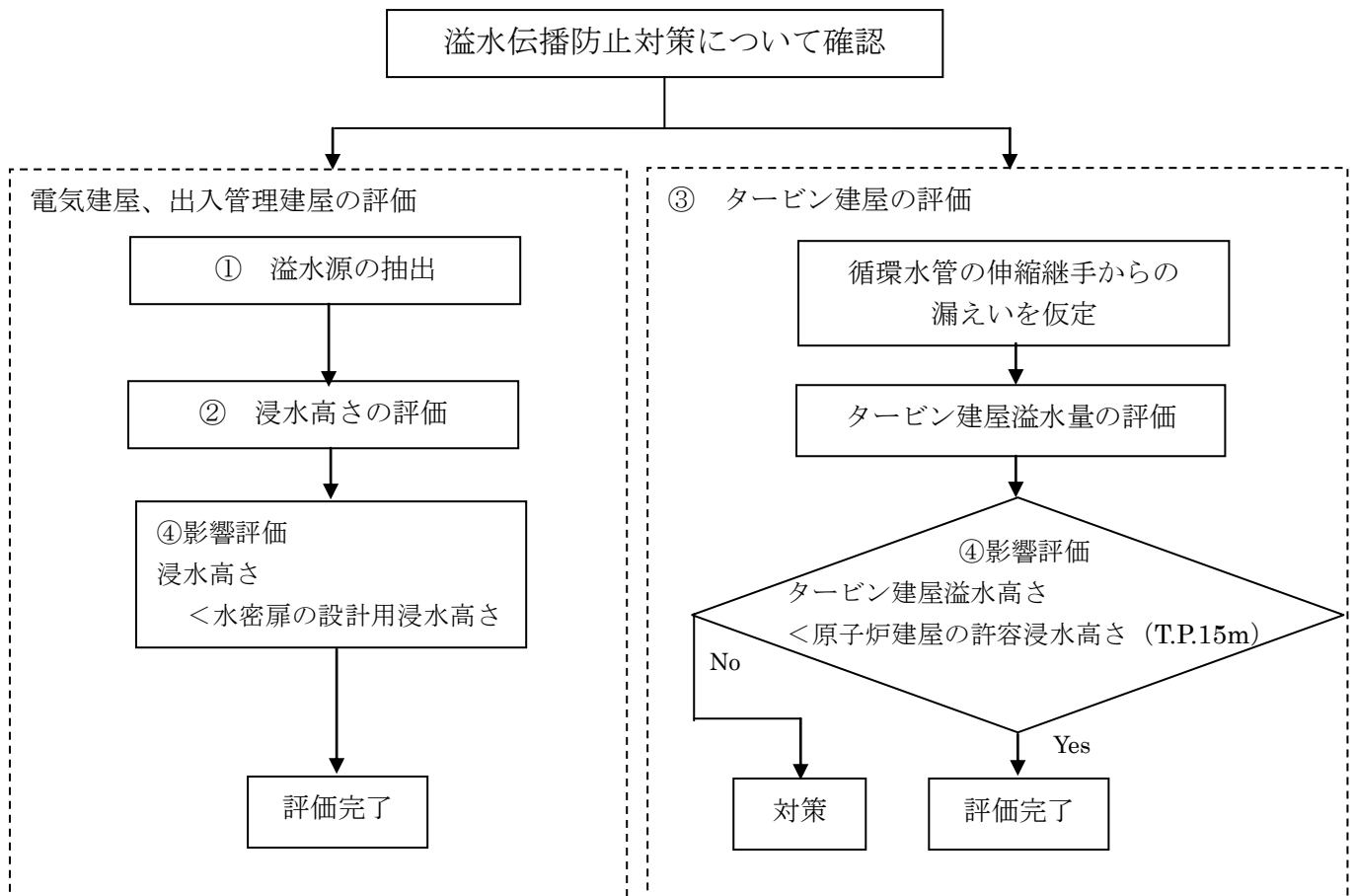
までの時間を考慮し評価した。

④ 影響評価

以上の評価により、各低耐震建屋から原子炉補助建屋および原子炉建屋へ溢水が到達するか否かを評価した。

3. 評価フローについて

以下のフローに従い、評価を行う。(結果は別紙参照)



4. 電気建屋および出入管理建屋の溢水伝播防止対策について

表1および図2、3のとおり、溢水伝播防止対策を実施している。(7-別紙1参照)  
これらの対策を前提に溢水影響評価を実施している。

表1 溢水伝播防止対策表

設置建屋	溢水伝播防止対策	目的
原子炉補助建屋	消火水系統隔離弁	低耐震建屋での溢水量を制限
	飲料水系統隔離弁	
	2次系純水系統隔離弁	
原子炉補助建屋、原子炉建屋	水密扉	低耐震建屋での溢水が耐震建屋に伝播することを防止
電気建屋、出入管理建屋	漏水センサー	電気建屋内の敷設配管等の想定破損による漏えいは定期的なパトロールにより検知するが、これの補助的な検知機能として漏水センサーを電気建屋等に設置

図2 溢水伝播防止対策図(電気建屋)

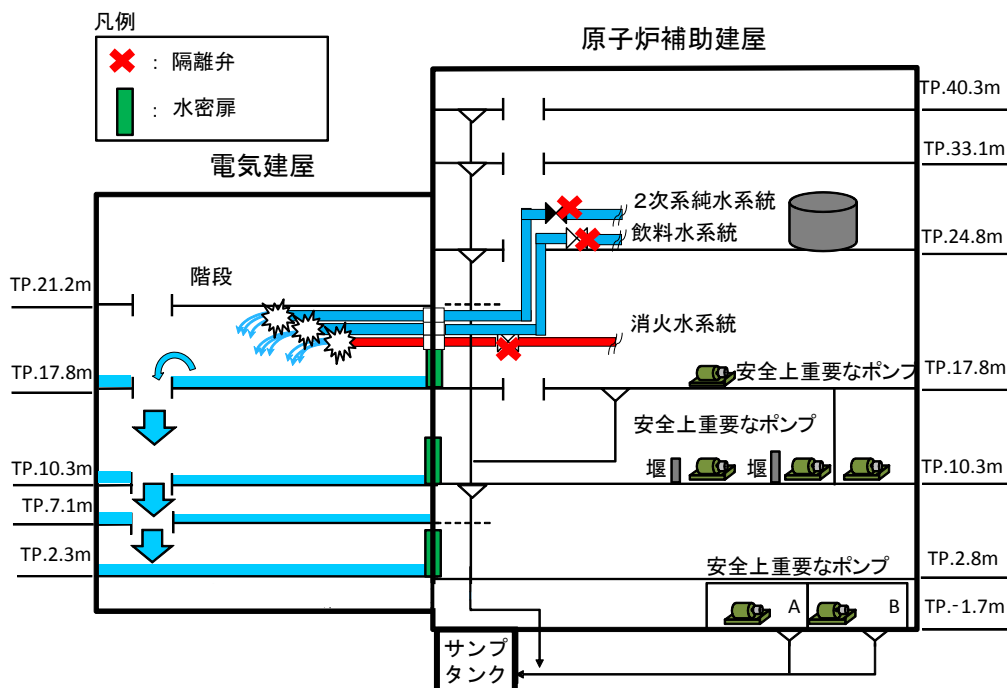
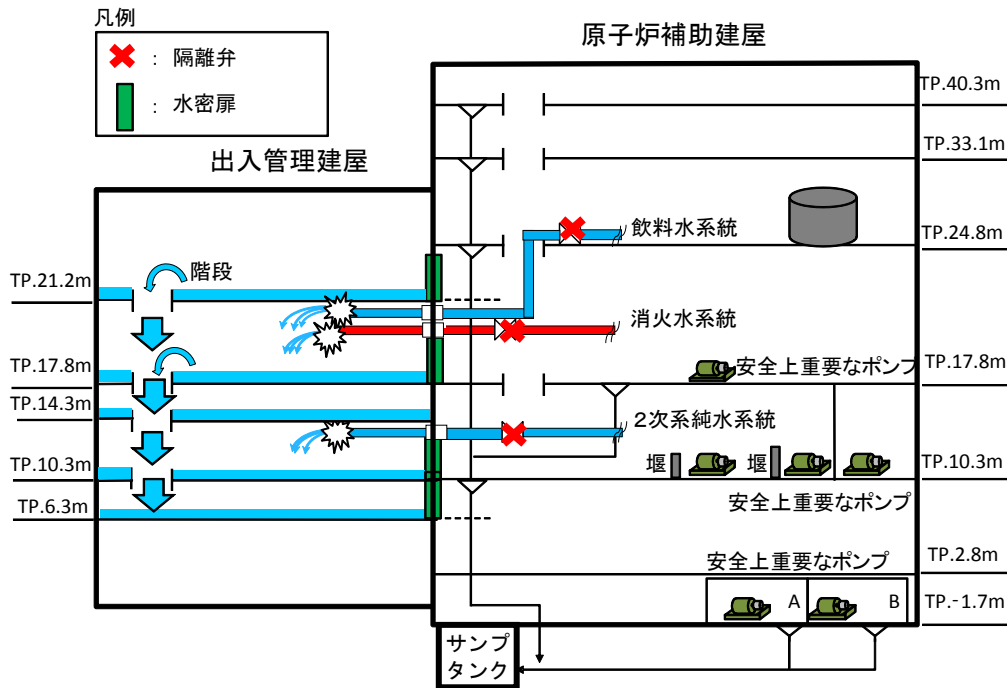


図3 溢水伝播防止対策図（出入管理建屋）



5. 電気建屋の溢水源について

電気建屋の溢水源となりうる耐震Cクラス配管は基準地震動 $S_s$ での破損を想定する。ただし基準地震動 $S_s$ での健全性および想定破損（貫通クラック）の発生がないことの確認を実施している湧水配管（耐震Cクラス）は除く。

想定破損については、放出量が最も大きい消火水系統配管1箇所の破損（低エネルギー配管のため $1/4 D_t$ クラック）を想定する。

破損する各系統配管からの放出量は表2、3のとおりである。

表2 電気建屋の溢水源からの放出量（地震）

	配管貯蔵量の放出	ポンプによる溢水量 (1時間で隔離 <sup>(注1)</sup> )	放出量合計
消火水系統	2.5 m <sup>3</sup>	390 m <sup>3</sup>	415 m <sup>3</sup>
2次系純水系統	5 m <sup>3</sup>	— (注2)	5 m <sup>3</sup>
飲料水系統	1.7 m <sup>3</sup>	1.8 m <sup>3</sup>	3.5 m <sup>3</sup>
			455 m <sup>3</sup>

(注1) 地震検知後、運転員が隔離弁により系統隔離する。1時間で隔離が可能であることは補足説明資料16. 参照

(注2) 系統の隔離弁は常時閉のため、ポンプによる継続注入はない。

表3 電気建屋の溢水源からの放出量（想定破損）

	配管貯蔵量の放出	ポンプによる溢水量 (24時間で隔離 <sup>(注1)</sup> )	放出量合計
消火水系統	25 m <sup>3</sup>	720 m <sup>3</sup>	745 m <sup>3</sup>

(注1) パトロールによる漏えい検知後、系統隔離する。なお、更なる早期検知のために、電気建屋に漏水センサーを設置する。

#### 6. 電気建屋の浸水高さについて

電気建屋の各フロアの浸水高さは、水密扉の設計条件となるため、最も大きい想定破損時の放出量で浸水高さを評価している。

なお、実際には、各フロアで配管が破損して漏水が生じ、下階への伝播が生じるが、評価上は、着目しているフロアの浸水高さが高くなるよう算出するため、着目しているフロアの配管のみが破損して当該系統の配管などに内包される水（合計 745m<sup>3</sup>）が放出され、下階へ伝播せず、当該フロアに放出されるとする。

表4 電気建屋の浸水高さ

フロア位置 (T. P.)	浸水高さ (=放出量/フロア面積)
2. 3 m	7. 2 m (=745/103.5)
7. 1 m	0. 8 m (=745/947.6)
10. 3 m	0. 8 m (=745/900.0)
17. 8 m	0. 8 m (=745/977.8)

#### 7. 出入管理建屋の溢水源について

出入管理建屋の溢水源となりうる耐震Cクラス配管は、基準地震動S<sub>s</sub>での破損を想定する。想定破損については、放出量が最も大きい消火水系統配管1箇所の破損（低エネルギー配管のため1/4D<sub>t</sub>クラック）を想定する。

破損する各系統配管からの放出量は表5、6のとおりである。

表5 出入管理建屋の溢水源からの放出量（地震）

	配管貯蔵量の放出	ポンプによる溢水量 (1時間で隔離 <sup>(注1)</sup> )	放出量合計
消火水系統	25 m <sup>3</sup>	390 m <sup>3</sup>	415 m <sup>3</sup>
純水系統	5 m <sup>3</sup>	265 m <sup>3</sup>	270 m <sup>3</sup>
飲料水系統	17 m <sup>3</sup>	18 m <sup>3</sup>	35 m <sup>3</sup>
			720 m <sup>3</sup>

(注1) 地震検知後、運転員が隔離弁により系統隔離する。1時間で隔離が可能であることは補足説明資料16. 参照

表6 出入管理建屋の溢水源からの放出量（想定破損）

	配管貯蔵量の放出	ポンプによる継続注入量 (24時間で隔離 <sup>(注1)</sup> )	放出量合計
消火水系統	25 m <sup>3</sup>	720 m <sup>3</sup>	745 m <sup>3</sup>

(注1) パトロールによる漏えい検知後、系統隔離する。なお、更なる早期検知のために、出入管理建屋に漏水センサーを設置する。

8. 出入管理建屋の浸水高さについて

出入管理建屋の各フロアの浸水高さは、水密扉の設計条件となるため、最も大きい想定破損時の放出量で浸水高さを評価している。評価方法は、電気建屋と同じである。ただし、純水系統はT. P. 14. 3m以上に存在しないことは考慮する。

表7 出入管理建屋の浸水高さ

フロア位置 (T. P.)	浸水高さ (=放出量/フロア面積)
6. 3 m	2. 2 m (=745/345.1)
10. 3 m	1. 0 m (=745/761.6)
14. 3 m	2. 5 m (=745/295.8)
17. 8 m	4. 1 m <sup>(*)</sup> (=745/183.6)
21. 2 m	13. 0 m <sup>(*)</sup> (=745/57.3)

(\*) 天井高さ以上のため、本フロアは天井高さ(17.8mは2.5m、21.2mは2.7m)で設定する。

9. タービン建屋溢水評価に使用する循環水管継手漏えい流量の算出について  
地震時の伸縮継手(リング状破損)2箇所からの流量Qは、下式で算出している。

$$Q = A \times C \sqrt{(2 \times g \times H)} \times 3600 \times 2 = \text{約} 72, 200 \text{ m}^3/\text{h}$$

Q : 流量 (m<sup>3</sup>/h)

A : 断面積 (= (π × D × w) m<sup>2</sup>)

D : 内径 (= 2, 700 mm)

w : 継手幅 (= 70 mm)

C : 損失係数 (= 0. 82)

H : 水頭 (= 21. 6 m)、次図参照

また、想定破損時の伸縮継手(1/4Dtクラック)1箇所からの流量Qは、下式で算出している。

$$Q = A \times C \sqrt{(2 \times g \times H)} \times 3600 \times 2 = \text{約} 830 \text{ m}^3/\text{h}$$

Q : 流量 (m<sup>3</sup>/h)

A : 断面積 (= (1/4 × D × t) m<sup>2</sup>)

D : 内径 (= 2, 700 mm)

t : 板厚 (= 20 mm)

C : 損失係数 (= 0. 82)

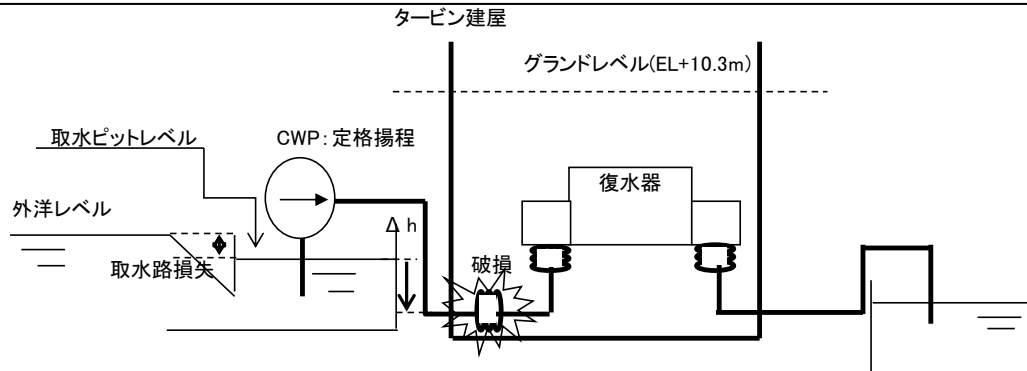
H : 水頭 (= 21. 6 m)、次図参照

### H：水頭の考え方

Hは下式で算出している。

$H = \text{循環水ポンプ定格揚程} - \Delta h$ （破損伸縮継手設置レベル－取水ピットレベル）

- ・ 循環水ポンプ定格揚程：15.6m
- ・ 破損伸縮継手設置レベル：復水器入口弁前伸縮継手と想定（EL－6.45m）
- 取水ピットレベルは（外洋レベル－取水路損失）により算出
- ・ 外洋水位：EL+1.0m（設置許可申請書記載値）
- ・ 取水路損失：1.45m



### 10. タービン建屋の空間容積の算出方法について

空間容積は、T. P. 10. 3 m以下のタービン建屋体積から、欠損部体積を差し引いた値であり、欠損部体積を算出した主な設備は以下のとおりである。

- 建屋構造物：柱基礎、壁、復水器基礎、タービン架台脚部、循環水管基礎等  
 設備：復水器、ポンプ、タンク、盤等  
 配管：循環水管、復水管、海水管等

### 11. 循環水ポンプ停止操作に要する時間等について

タービン建屋の循環水ポンプ伸縮継手からの溢水量は、7. で計算した漏えい流量に下表の循環水ポンプ停止時間を乗じて求める。

この溢水量にタービン建屋内の破損機器からの溢水を合算した合計溢水とT. P. 10. 3 m以下の空間容積を比較し、溢水水位がT. P. 10. 3 m（隣接建屋である原子炉建屋の許容浸水高さはT. P. 15 m）に達しないことを確認した。（表8参照）

#### 地震

①循環水ポンプ自動トリップ <sup>(注)</sup>	5分
合計（停止時間）	5分
伸縮継手からの溢水量	約6,100 m <sup>3</sup>

(注)「地震加速度大」信号による自動トリップ

#### 想定破損

①タービン建屋各ピットの警報による異常の把握	10分
②循環水ポンプ停止操作	10分
合計（停止時間）	20分
伸縮継手からの溢水量	約280 m <sup>3</sup>

表8 タービン建屋溢水影響評価結果

	継手からの溢水 (m <sup>3</sup> )	機器からの溢水 (m <sup>3</sup> )	合計溢水 (m <sup>3</sup> )	T. P. 10. 3m以下の 空間容積(m <sup>3</sup> )
地震	6, 100	11, 970	18, 070	61, 500
想定破損	280		12, 250	

(注) 想定破損による溢水は、伸縮継手と各配管の溢水の最大値となるが、本評価では合計溢水で評価した。

## 12. 溢水評価

以上の評価から、以下の通り低耐震建屋での溢水が原子炉補助建屋および原子炉建屋の防護対象設備に影響を与えないことを確認した。

### (1) 電気建屋

今回評価した浸水高さから水密扉の設計※をしており、隣接する原子炉補助建屋の防護対象設備に影響を与えることは無い。

### (2) 出入管理建屋

電気建屋と同様に今回評価した浸水高さから水密扉の設計※をしており、隣接する原子炉補助建屋の防護対象設備に影響を与えることは無い。

### (3) タービン建屋

タービン建屋での溢水合計は地震 (18, 070m<sup>3</sup>)、想定破損 (12, 250m<sup>3</sup>) とも、T. P. 10. 3m以下の空間容積 (61, 500m<sup>3</sup>) よりも小さく、隣接する原子炉建屋の許容浸水高さ T. P. 15mまで到達しないため、タービン建屋での溢水が原子炉建屋の防護対象設備に影響を与えることは無い。

※ T. P. 10. 3m以下の水密扉については設計水頭圧高さを T. P. 15mとしており、T. P. 17. 8m, T. P. 21. 2mについては以下の通り

建屋	設置フロア	設計水頭圧高さ	浸水高さ
出入管理建屋	T. P. 17. 8m	フロア+5. 2m	2. 5m (4. 1m)
	T. P. 21. 2m	フロア+2. 7m	2. 7m (13. 0m)
電気建屋	T. P. 17. 8m	フロア+0. 8m	0. 8m

( ) 内の数値は評価上の浸水高さであるが、当該フロアでは天井高さ以上となるため、天井高さを浸水高さとした。

以上



## 溢水伝播防止対策の基本仕様等について

### 1. 隔離弁

各隔離弁（手動弁）の仕様等は、下表のとおりである。

隔離弁名称	構造	耐震性	止水機能
消火水系統隔離弁	ゲート弁	基準地震	無漏えい
飲料水系統隔離弁	ダイヤフラム弁	動Ssに	
純水系統隔離弁		耐えうる	

### 2. 水密扉

#### (1) 構造・配置

水密扉は、鋼製の板材及びそれを支持する主桁等で構成される水密性を有した扉である。水密扉の概略図及び写真を図1及び図2に示す。また、配置図を添付1に示す。



図1 水密扉概略図（上：平面図、下：断面図）

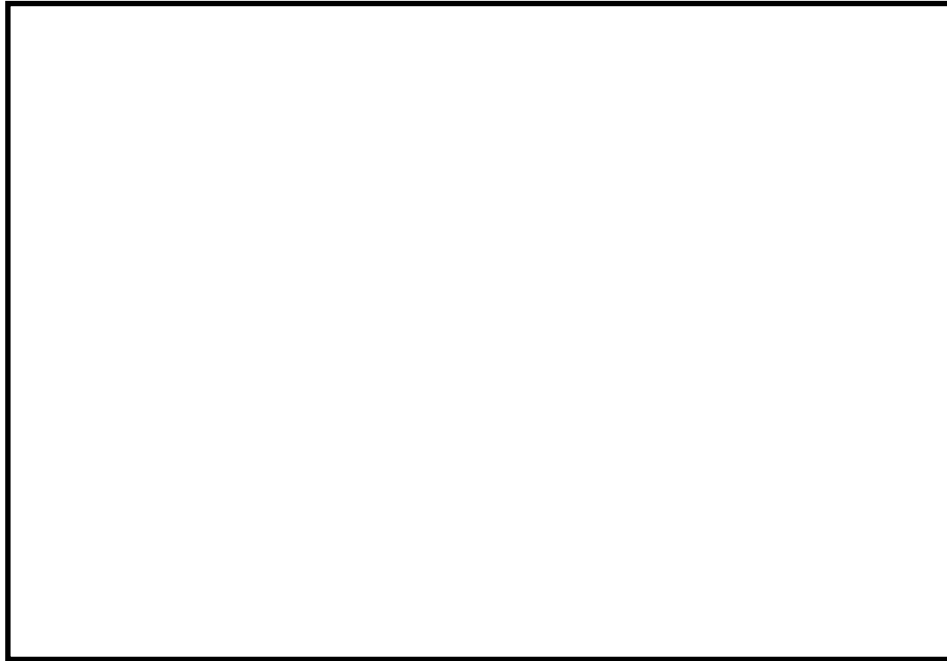


図2 水密扉写真（左：閉鎖時、右：開時）

(2) 強度・耐震性

内部溢水により発生する浸水に対して、十分な強度を有する設計としている。また、設置される建物・構築物の基準地震動  $S_s$  による地震応答解析から得られる当該設置位置の変形量に対して、浸水防止機能が保持できる設計としている。（添付2参照）

(3) 止水性

水密扉の止水機能は、低耐震建屋の溢水水位が24日間程度下がらない場合を想定しても、水密扉からの漏えいによって、溢水防護区画内の水位が防護対象設備の機能喪失高さに至らないことを確認している。

※ T.P. 10.3m 以下の水密扉については設計水頭圧高さを T.P. 15m としており、T.P. 17.8m, T.P. 21.2m については以下の通り

建屋	設置フロア	設計水頭圧高さ	浸水高さ
出入管理建屋	T.P. 17.8m	フロア+5.2m	2.5m (4.1m)
	T.P. 21.2m	フロア+2.7m	2.7m (13.0m)
電気建屋	T.P. 17.8m	フロア+0.8m	0.8m

( ) 内の数値は評価上の浸水高さであるが、当該フロアでは天井高さ以上となるため、天井高さを浸水高さとした。

3. 漏水センサー

- (1) 漏水センサーの電源は電池であり、リチウム電池の場合は約4年、アルカリ電池の場合は約2年の継続使用が可能。
- (2) 漏えい検知信号発信時以外に、漏水センサーから接続状態を確認する信号が定期的に発信される「定期送信機能」があり、定期送信において受信機側が信号を受信できない場合は、警報が発信する仕組み。
- (3) 電池の残量が低下すると、漏えい検知信号送信時や定期送信時に「電池切れ信号」も受信機側に送信される。また、漏水センサー本体でも、表示灯が5秒間隔で点滅する。



漏水センサー送信機



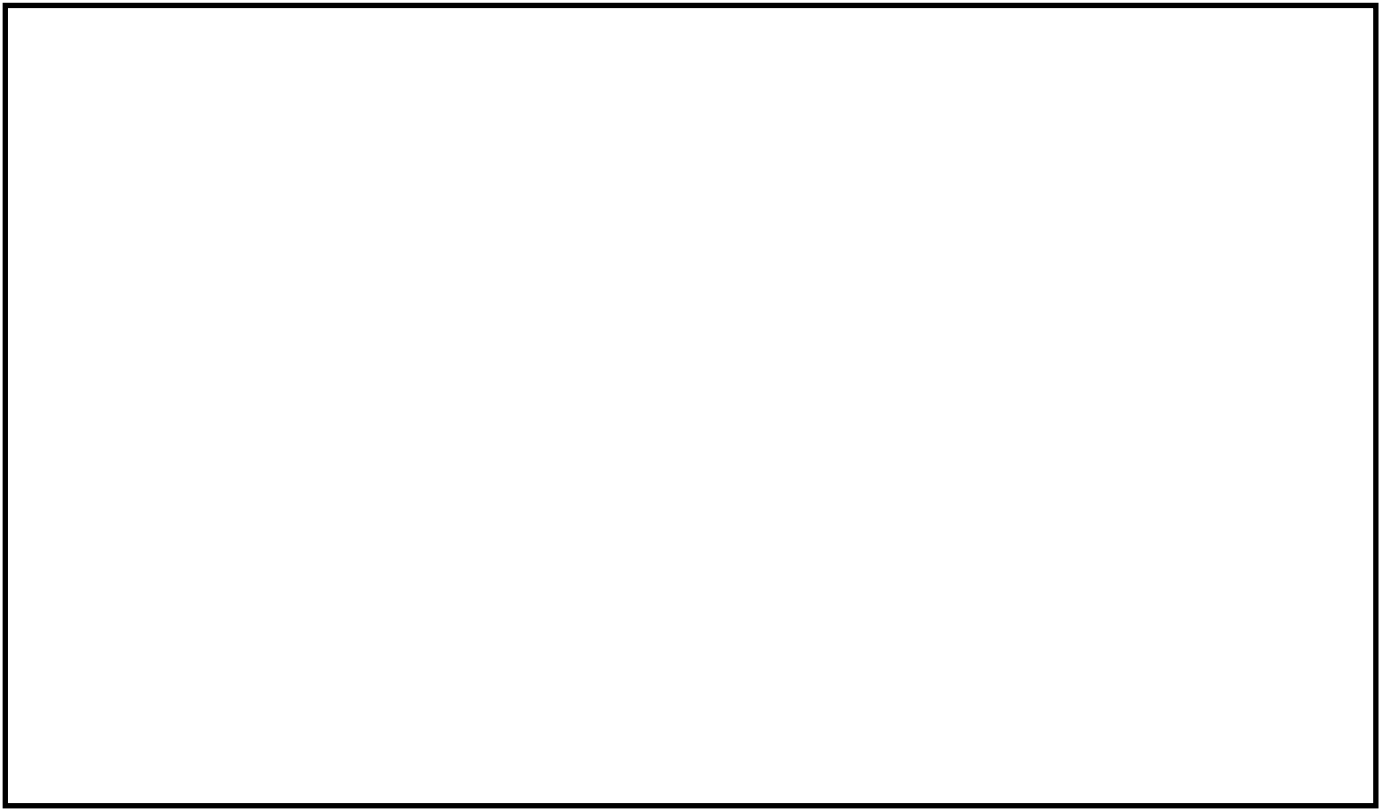
(表)

(裏)

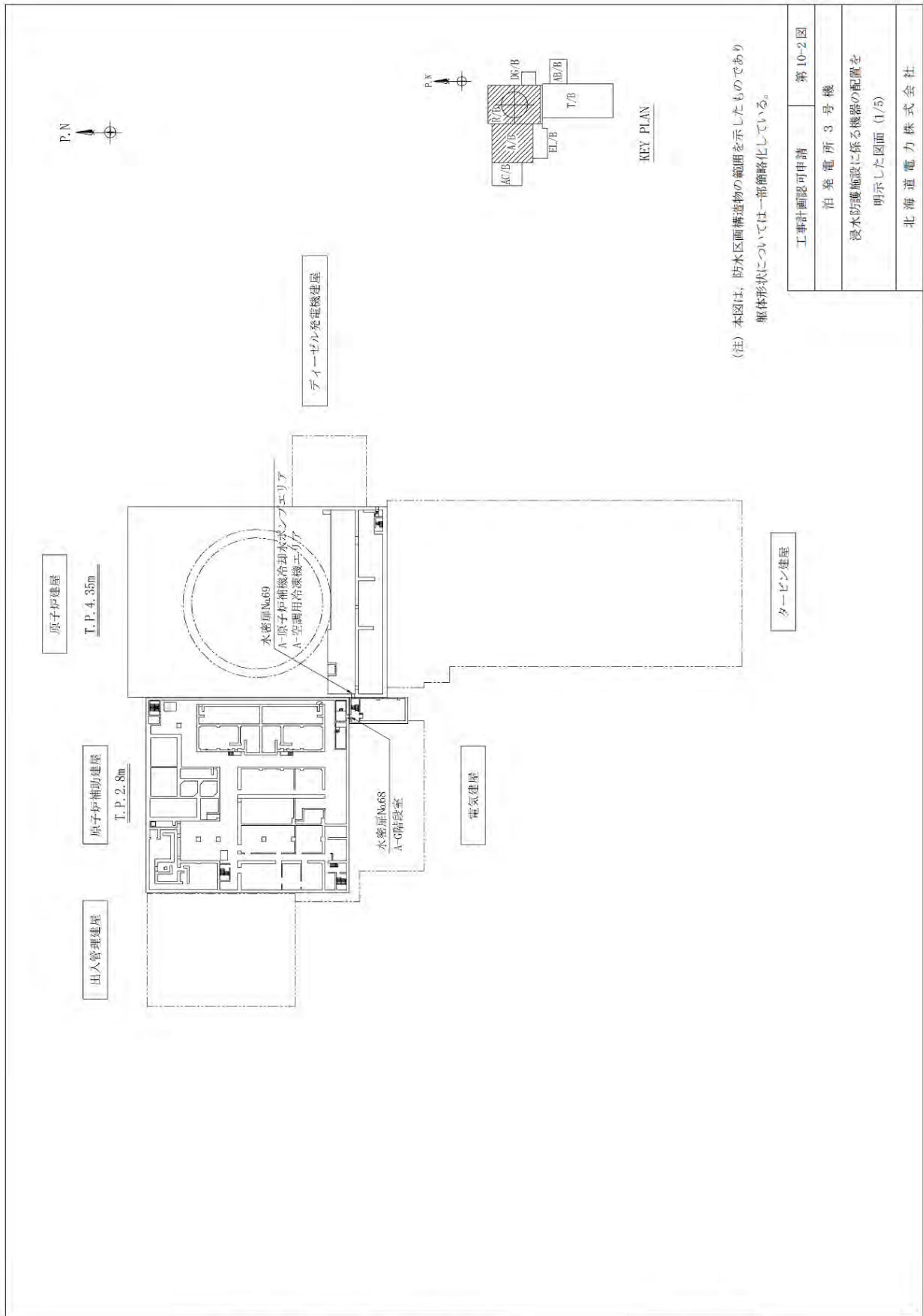
中継器

警報音付き受信ユニット





以上

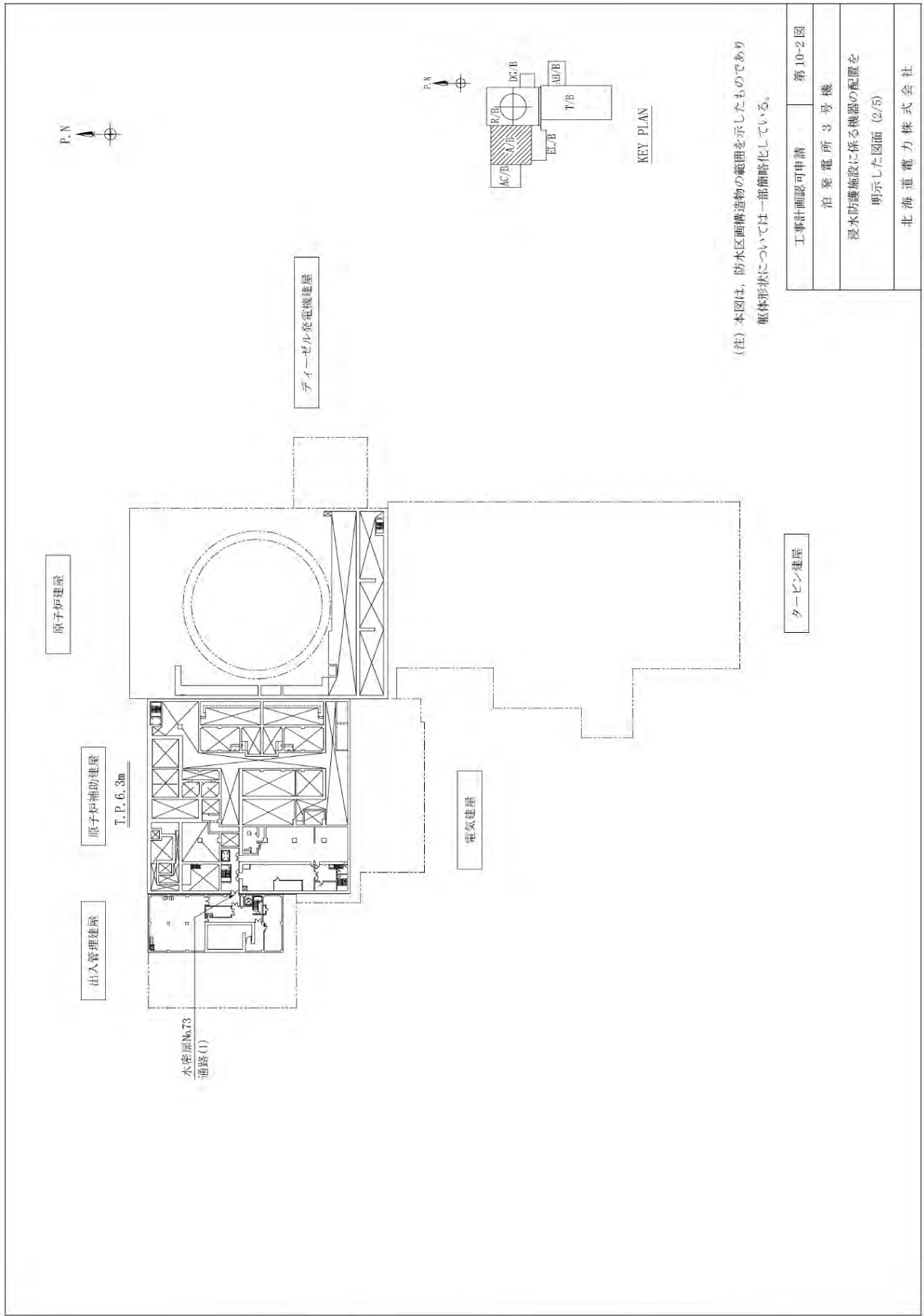


工事計画認可申請	第10-2図
泊発電所3号機	
浸水防護施設に係る機器の配置を 明示した図面 (1/5)	
北海道電力株式会社	

Rev. (0)

第10-2図

HTN-3 変更工認



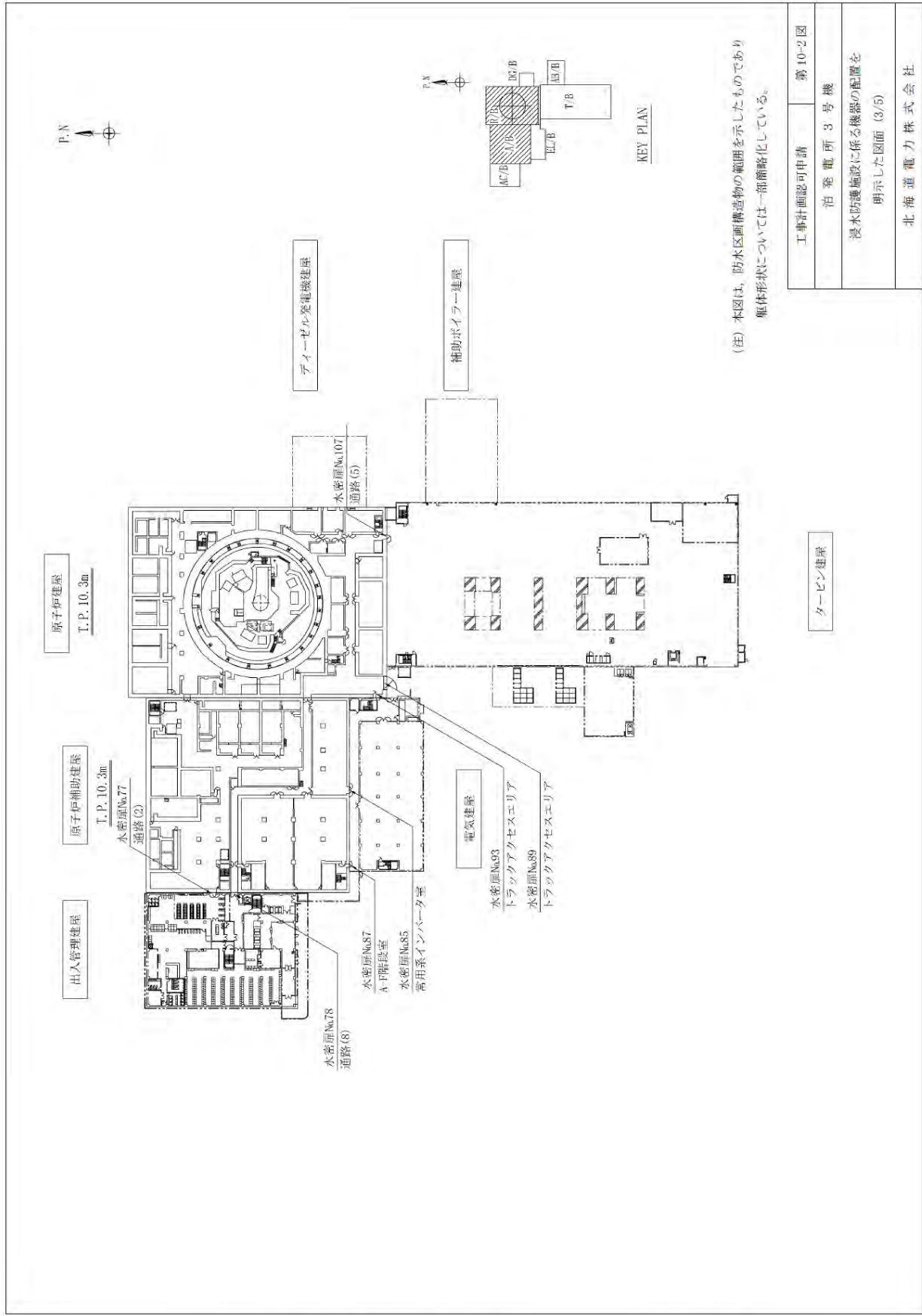
工事計画認可申請	第10-2図
注 発電所3号機	
浸水防護施設に係る機器の配置を 明示した図面 (2/5)	
北海道電力株式会社	

(注) 本図は、防水区画構造物の範囲を示したものであり、  
躯体形状については一部簡略化している。

Rev. (0)

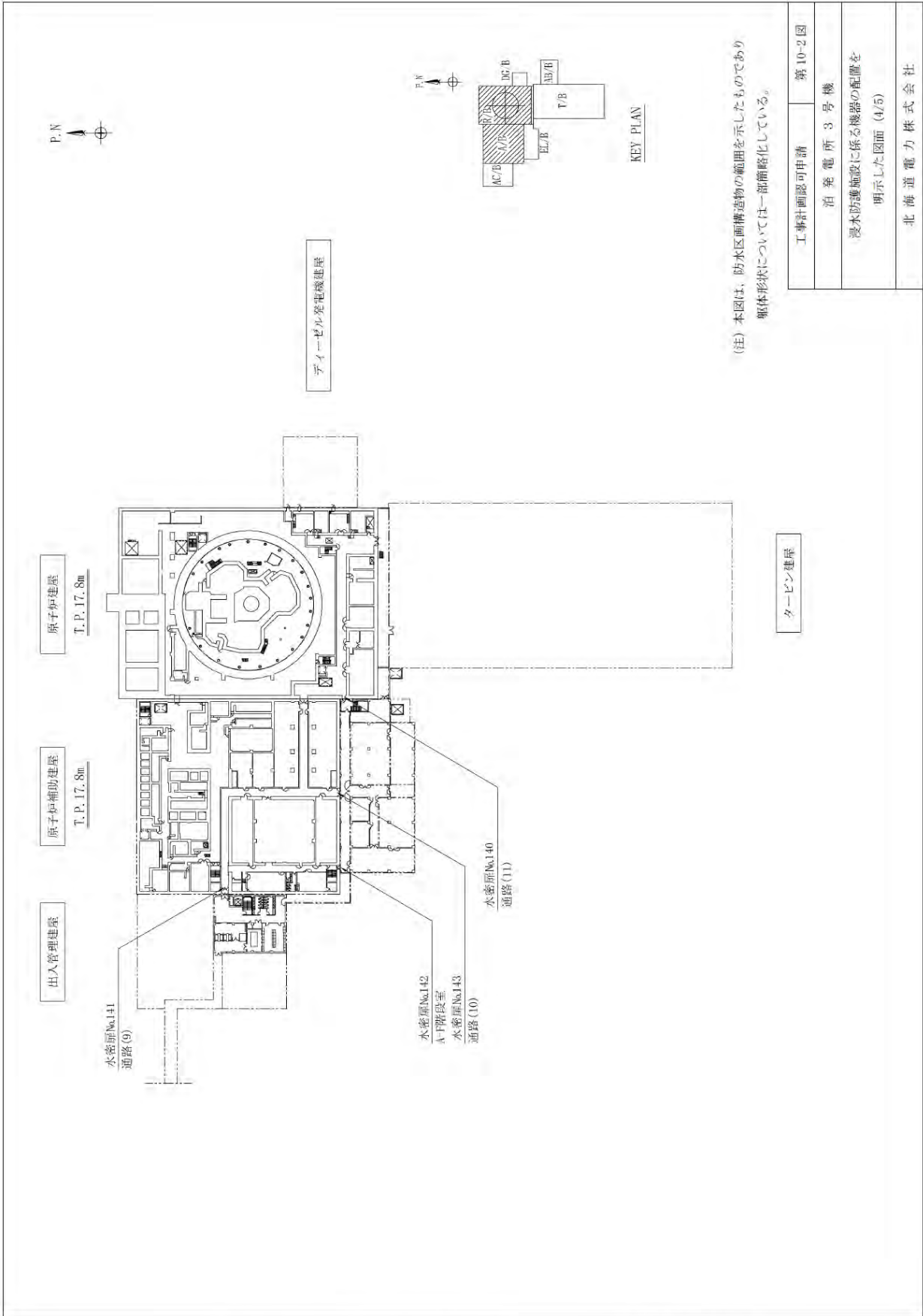
第10-2図

HTN-3変更工事



(注) 本図は、防水区画構造物の範囲を示したものであり  
 躯体形状については一部簡略化している。

工事計画認可申請	第10-2図
泊 発 電 所 3 号 機	
浸水防護施設に係る機器の配置を 明示した図面 (3/5)	
北 海 道 電 力 株 式 会 社	



(注) 本図は、防水区画構造物の範囲を示したものであり、  
 躯体形状については一部簡略化している。

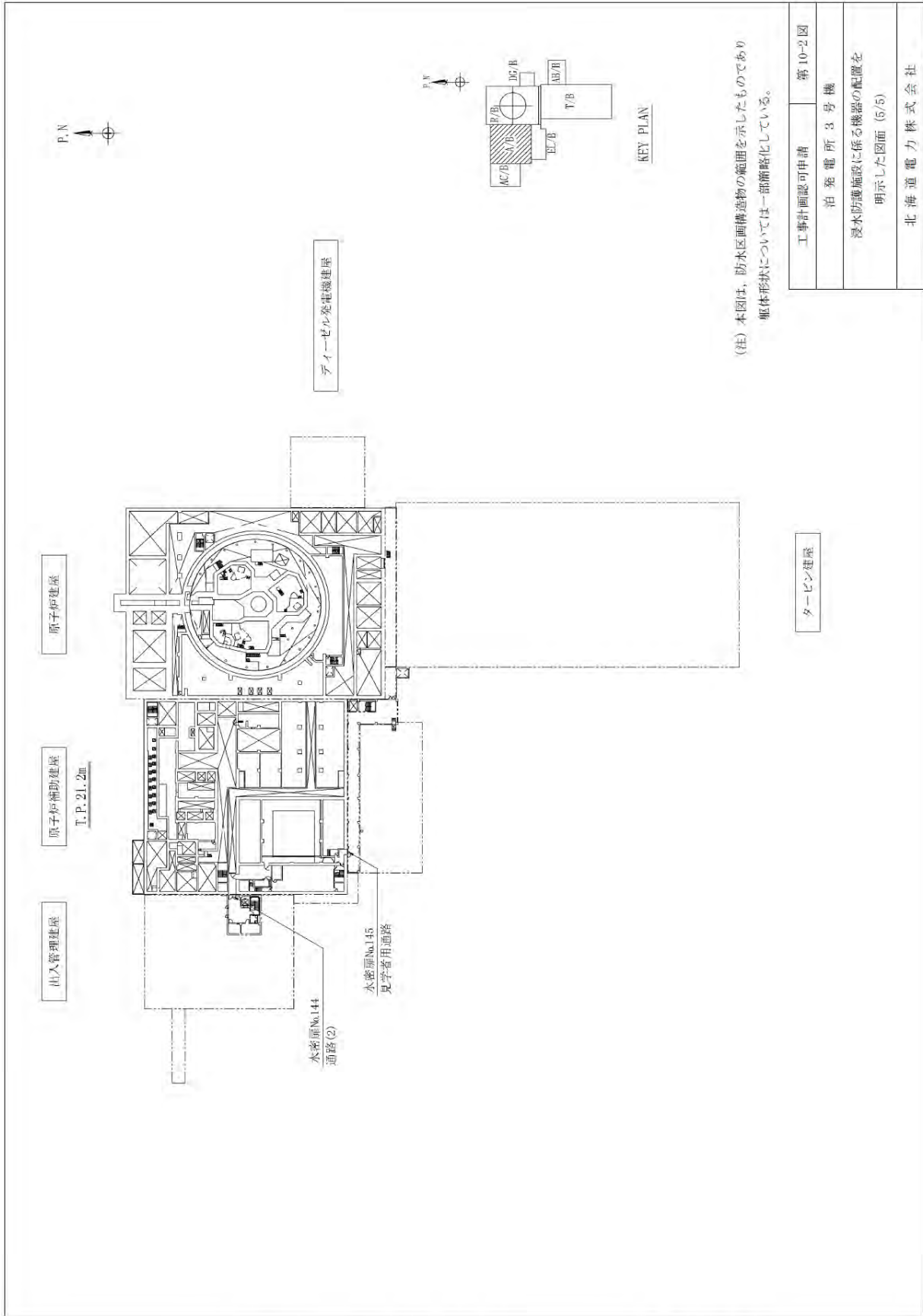
工事計画認可申請	第10-2図
泊発電所3号機	
浸水防護施設に係る機器の配置を 明示した図面(4/5)	
北海道電力株式会社	

Rev. (0)

第10-2図

HTN-3変更工事





工事計画認可申請	第 10-2 図
泊 発 電 所 3 号 機	
浸水防護施設に係る機器の配置を 明示した図面 (5/5)	
北 海 道 電 力 株 式 会 社	

Rev. (0)

第 10-2 図

HTN-3 変更工図

## 水密扉の設計方針について

溢水伝播防止対策のうち水密扉の設計方針について以下に示す。(平成25年7月泊発電所工事計画認可申請書より)

## 1. 水密扉の設計方針

## 1.1 水密扉の構成部材

水密扉は、板材及びそれを支持する主桁等で構成される水密性を有した扉である。

## 1.2 設計概要

水密扉の強度設計は、水密扉を構成する主要な構造部材である主桁及び板材に対して実施する。

浸水による水圧荷重は、想定浸水高さに対して三角形分布の静水圧荷重を仮定する。水圧荷重の概念図を図1に示す。

主桁については、部材の最大曲げ応力度が「建築基準法」及び「建築基準法施行令」に定められた許容曲げ応力度以下となるとともに、最大たわみが「水門鉄管技術基準 水門扉編一付解説一」(2007年水門鉄管協会)に定められた許容たわみ以下となるように設計を行う。

板材については、部材の最大曲げ応力度が「建築基準法」及び「建築基準法施行令」に定められた許容曲げ応力度以下となるように設計を行う。

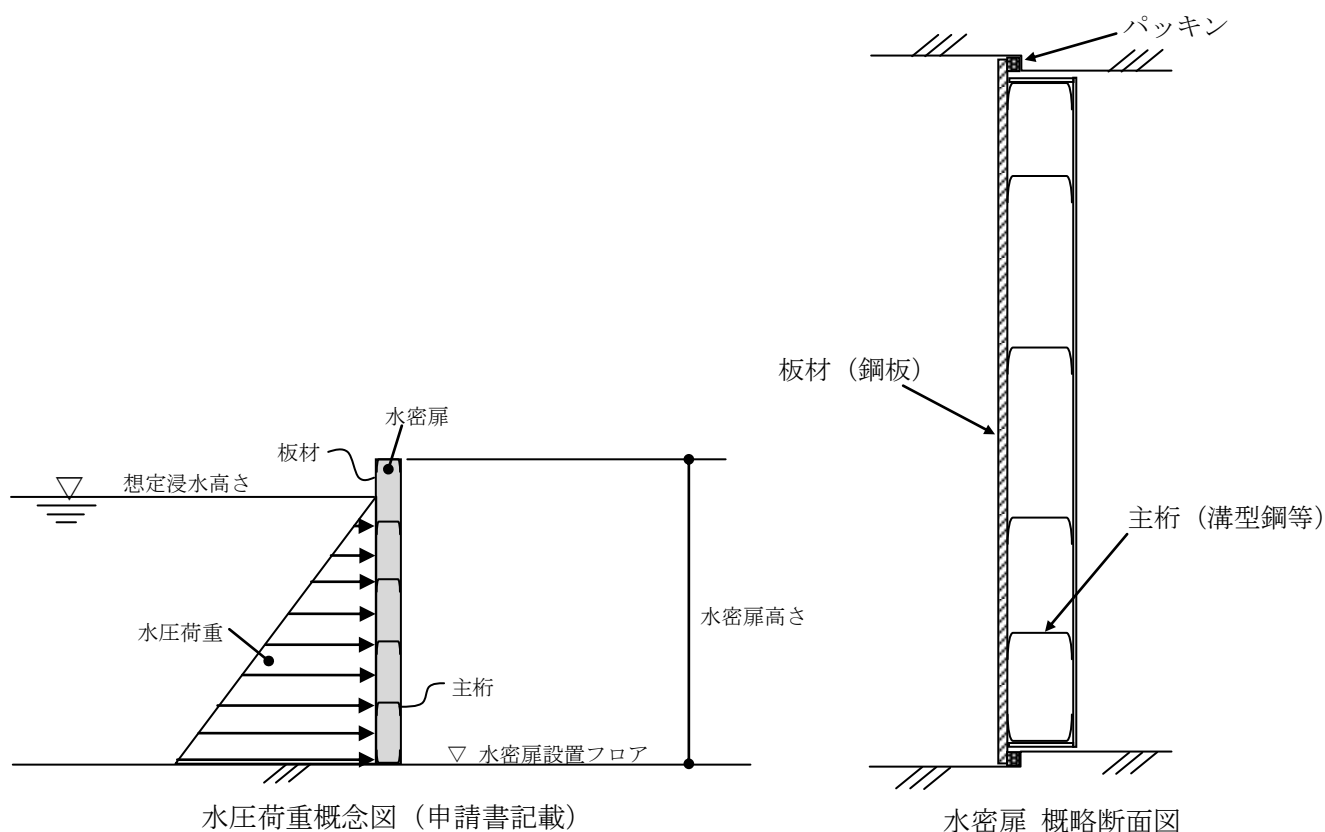


図1 水圧荷重の概念と水密扉断面図

### 1.3 許容値

許容曲げ応力度及び許容たわみを表 1 に示す。

表 1 許容値

	許容値	備 考
許容曲げ応力度	235N/mm <sup>2</sup>	SS400 t40以下
許容たわみ	1/800	

## 2. 水密扉の部材設計について

### 2.1 算定概要

#### (1) 主桁

主桁 1 本あたりに作用する荷重に対する最大曲げ応力度及び最大たわみを次式により求める。

最大曲げ応力度

$$\sigma = M/Z$$

$$M = \omega l^2/8$$

ここに、 $\sigma$  : 最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

M : 最大曲げモーメント (N・mm)

Z : 断面係数 (mm<sup>3</sup>)

$\omega$  : 等分布荷重 (N/mm)

l : 支点間距離 (mm)

最大たわみ

$$\delta = 5\omega l^4/384EI$$

ここに、 $\delta$  : 最大たわみ (mm)

$\omega$  : 等分布荷重 (N/mm)

l : 支点間距離 (mm)

E : ヤング係数 (N/mm<sup>2</sup>)

I : 断面二次モーメント (mm<sup>4</sup>)

#### (2) 板材

板材に作用する荷重に対する最大曲げ応力度は「水門鉄管技術基準 水門扉編一付解説一」(2007年水門鉄管協会)に基づき、次式により求める。

最大曲げ応力度

$$\sigma = 1/100 \times k \times a^2 \times P/t^2$$

ここに、 $\sigma$  : 最大曲げ応力度 (N/mm<sup>2</sup>)

k : 辺長比 (b/a) による係数

a : 区画の短辺 (mm)

b : 区画の長辺 (mm)

P : 水圧 (N/mm<sup>2</sup>)

t : 板厚 (mm)

## 2.2 算定結果

算定結果の1例として、図2に示す原子炉建屋に設置する水密扉 No. 107 (T.P. 10.3m) の想定浸水高さ (T.P. 15.0m) に対する算定結果を表2に示す。

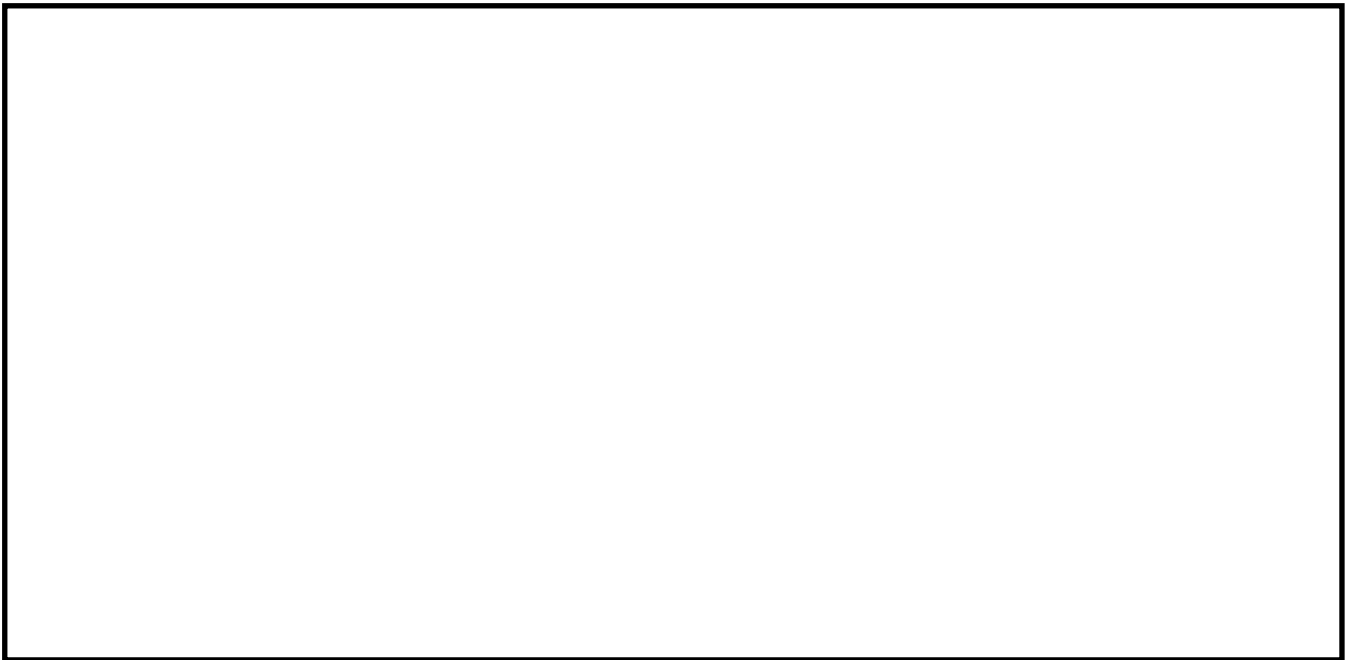


図2 水密扉 No.107 の構造図

表2 算定結果

部材	鋼材の形状・寸法	最大曲げ応力度 (N/mm <sup>2</sup> )		最大たわみ	
		発生値	許容値	発生値	許容値
主桁	[-200×90×8×13.5	6.2	235	1/33138	1/800
板材	厚さ16mm	0.2	235	—	—

## 3. 水密扉の耐震性について

水密扉は、設置される建物・構築物の基準地震動  $S_s$  による地震応答解析から得られる当該設置位置の変形量に対して、浸水防止機能が保持できる設計とする。

## 8. 津波による溢水影響について

### 1. はじめに

「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド」では、溢水源及び溢水量の想定のうち地震に起因する溢水量の想定において、基準津波によって取水路、排水路等の経路から安全機能を有する設備周辺への浸水が生じる場合には、その浸水量を加味することが求められている。

本資料では、「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」の要求事項を踏まえた上で、津波による溢水影響の評価方針について説明する。

### 2. 津波による溢水が想定されるエリア

#### (1) 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイドの要求事項

「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」では、津波による敷地への浸水防止及び漏水による重要な安全機能への影響防止として以下の要求がある。

##### (a) 遡上波の地上部からの到達、流入の防止

- ・重要な安全機能を有する設備等を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備等は、基準津波による遡上波が到達しない十分高い場所に設置すること。
- ・基準津波による遡上波が到達する高さにある場合には、防潮堤等の津波防護施設、浸水防止設備を設置すること。

##### (b) 取水路、放水路等の経路からの津波の流入防止

- ・取水路、放水路等の経路から、津波が流入する可能性について検討した上で、流入の可能性のある経路（扉、開口部、貫通部等）を特定すること。
- ・特定した経路に対して浸水対策を施すことにより津波の流入を防止すること。

##### (c) 漏水による重要な安全機能への影響防止

- ・取水・放水設備の構造上の特徴等を考慮して、取水・放水施設や地下部等における漏水の可能性を検討すること。
- ・浸水想定範囲の周辺に重要な安全機能を有する設備等がある場合は、防水区画化すること。
- ・必要に応じて防水区画内への浸水量評価を実施し、安全機能への影響がないことを確認すること。

(2) 「基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド」に基づく溢水想定

現状の基準津波においては、重要な安全機能を有する設備が設置された敷地高さに津波が遡上しないこと、また、取水路、放水路等から津波が直接敷地に流入しないことを確認しているが、本項目については、基準津波が確定した時点であらためて評価を行った上で適切に対処し、これらのルートから津波が敷地に流入しないことを確認する。

漏水による重要な安全機能への影響防止については、現状の基準津波において、循環水ポンプ建屋の地下部において漏水が想定されるため、浸水範囲における浸水量評価が必要である。ただし、浸水量の評価に際しては、基準津波が確定している必要があることから、本項目については、基準津波が確定した時点であらためて評価を行う。

また、ガイドでは、地震による循環水管の損傷による建屋内への津波の流入を想定する必要があることから、地震時にはタービン建屋内の循環水管の伸縮継手の損傷部位から津波の流入を想定する。

3. 津波による溢水影響の評価方針（まとめ）

循環水ポンプ建屋とタービン建屋については、地震時に津波の流入が想定されるため、これらの建屋の溢水評価に際しては、地震による機器等の破損による溢水に加えて、津波の流入も考慮した上で溢水影響の評価を行う。

なお、津波の流入も考慮した溢水影響の評価については、今後、基準津波が確定した以降に別途説明する。

以上