

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-015 改 09
提出年月日	2023年1月18日

工事計画に係る補足説明資料

(発電用原子炉施設の溢水防護に関する説明書)

2023年1月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 補足説明資料目次

今回提出範囲：

1. 防護すべき設備
  - 1.1 機能喪失高さ
  - 1.2 防護すべき設備のうち溢水評価対象外とする設備
2. 想定破損による溢水評価
  - 2.1 想定破損による溢水評価における溢水源
  - 2.2 高エネルギー及び低エネルギー配管の分類
  - 2.3 高エネルギー配管及び低エネルギー配管の応力評価
  - 2.4 想定破損における減肉の考慮
3. 消火水の放水による溢水評価
  - 3.1 消火水の放水による溢水評価の概要
4. 地震起因による溢水評価
  - 4.1 地震起因による溢水評価における溢水源
  - 4.2 溢水防護に関する施設等の耐震評価対象設備・部位の代表性及び網羅性
  - 4.3 燃料プール等のスロッシングによる溢水量の算出
5. 溢水評価（没水、被水及び蒸気影響評価）
  - 5.1 溢水伝播経路概念図
  - 5.2 溢水伝播経路モデル図
  - 5.3 想定破損による溢水に対する没水影響評価
  - 5.4 想定破損による溢水に対する被水影響評価
  - 5.5 想定破損による溢水に対する溢水評価結果（溢水防護対象設備）
  - 5.6 想定破損による溢水に対する溢水評価結果（重大事故等対処設備）
  - 5.7 消火水の放水による溢水に対する溢水評価結果（溢水防護対象設備）
  - 5.8 消火水の放水による溢水に対する溢水評価結果（重大事故等対処設備）
  - 5.9 地震起因による溢水に対する溢水評価結果（溢水防護対象設備）
  - 5.10 地震起因による溢水に対する溢水評価結果（重大事故等対処設備）
6. その他の溢水評価
  - 6.1 タービン建物からの溢水に対する評価
  - 6.2 屋外タンク等からの溢水評価
  - 6.3 地下水による溢水影響
  - 6.4 放射性物質を含む液体の管理区域外漏えい防止評価
7. 全般
  - 7.1 溢水防護区画毎における機能喪失高さ
  - 7.2 ケーブルの被水影響評価
  - 7.3 没水影響評価における水上高さ及び滞留面積
  - 7.4 貫通部止水処置に関する健全性

- 7.5 地下水位低下設備
- 7.6 その他漏えい事象に対する確認
- 7.7 排水を期待する流下開口
- 7.8 鉄筋コンクリート壁の水密性
- 7.9 経年劣化事象と保全内容
- 7.10 エキспанションジョイント止水板の性能
- 7.11 水密扉の開閉運用
- 7.12 循環水系隔離システムの内、復水器水室出入口弁への地震時復水器の影響

別紙（1）工認添付資料と設置許可まとめ資料との関係

別紙（2）添付VI-1-1-9 の各資料と工認補足説明資料との関係

## 添付VI-1-1-9の各資料と工認補足説明資料との関係

工認添付資料		工認補足説明資料
VI-1-1-9-1	溢水等による損傷防止の基本方針	—
VI-1-1-9-2	防護すべき設備の設定	1.1 機能喪失高さ
		1.2 防護すべき設備のうち溢水評価対象外とする設備
		7.1 溢水防護区画毎における機能喪失高さ
VI-1-1-9-3	溢水評価条件の設定	2.1 想定破損による溢水評価における溢水源
		2.2 高エネルギー及び低エネルギー配管の分類
		2.3 高エネルギー配管及び低エネルギー配管の応力評価
		2.4 想定破損における減肉の考慮
		3.1 消火水の放水による溢水評価の概要
		4.1 地震起因による溢水評価における溢水源
		4.2 溢水防護に関する施設等の耐震評価対象設備・部位の代表性及び網羅性
		4.3 燃料プール等のスロッシングによる溢水量の算出
		5.1 溢水伝播経路概念図
		5.2 溢水伝播経路モデル図
		7.6 その他漏えい事象に対する確認
7.7 排水を期待する流下開口		



## 添付VI-1-1-9 の各資料と工認補足説明資料との関係

工認添付資料		工認補足説明資料
VI-1-1-9-4	溢水影響に関する評価	5.3 想定破損による溢水に対する没水影響評価
		5.4 想定破損による溢水に対する被水影響評価
		5.5 想定破損による溢水に対する溢水評価結果（溢水防護対象設備）
		5.6 想定破損による溢水に対する溢水評価結果（重大事故等対処設備）
		5.7 消火水の放水による溢水に対する溢水評価結果（溢水防護対象設備）
		5.8 消火水の放水による溢水に対する溢水評価結果（重大事故等対処設備）
		5.9 地震起因による溢水に対する溢水評価結果（溢水防護対象設備）
		5.10 地震起因による溢水に対する溢水評価結果（重大事故等対処設備）
		6.1 タービン建物からの溢水に対する評価
		6.2 屋外タンク等からの溢水評価
		6.3 地下水による溢水影響
		6.4 放射性物質を含む液体の管理区域外漏えい防止評価
		7.2 ケーブルの被水影響評価
		7.3 没水影響評価における水上高さ及び滞留面積
		7.8 鉄筋コンクリート壁の水密性
7.10 エキスパンションジョイント止水板の性能		
VI-1-1-9-5	溢水防護に関する施設の詳細設計	7.4 貫通部止水処置に関する健全性
		7.5 地下水位低下設備
		7.9 経年劣化事象と保全内容
		7.11 水密扉の開閉運用
		7.12 循環水系隔離システムの内、復水器水室出入口弁への地震時復水器の影響

## 2.4 想定破損における減肉の考慮

### 2.4.1 概要

配管破損の想定にあたっては、評価ガイドの附属書A「流体を内包する配管の破損による溢水詳細評価手法について」を参照して破損形状を特定している。

評価ガイドでは、「2.2 減肉等による破損」の想定にあたっては、「注2) 設計や管理と破損の想定について」のただし書きとして、「減肉対策として当該部分の肉厚の測定を非破壊検査によって定期的実施している等、当該部位の材料のき裂状況や減肉状況を定期的に直接把握している場合は、破損による漏えいを確実に防止できることから、破損を想定しなくてもよい。」とある。

島根原子力発電所第2号機においては、上記の規定に基づき、溢水評価上破損想定不要とする高エネルギー配管及び低エネルギー配管に対して減肉状況を定期的に確認し、減肉による破損がないよう管理する。以下に、減肉状況の確認方法と代表として選定した配管の肉厚測定結果を示す。

### 2.4.2 確認方法

破損想定不要とする高エネルギー配管及び低エネルギー配管について、肉厚測定等を実施することにより、減肉状況を確認する。

#### (1) 高エネルギー配管

破損想定不要とする高エネルギー配管を表2.4-1に示す。

表2.4-1 破損想定不要とする高エネルギー配管

系統名称	配管材料	水源
中央制御室空調換気系	ステンレス鋼	2号機中央制御室加湿器

#### (2) 低エネルギー配管

破損想定不要とする低エネルギー配管を表2.4-2に示す。肉厚測定を実施する代表配管を以下の手順で選定する。

表2.4-2 破損想定不要とする低エネルギー配管

系統名称	配管材料	水源
原子炉補機冷却系	炭素鋼	純水タンク
燃料プール冷却系	ステンレス鋼	サブプレッションチェンバ
残留熱除去系	炭素鋼	サブプレッションチェンバ
タービン補機冷却系	炭素鋼	純水タンク
中央制御室空調換気系	炭素鋼	純水タンク
消火系	炭素鋼	ろ過水タンク

a. 減肉事象

配管の強度に影響を及ぼす減肉事象として、流れ加速型腐食(FAC)及び全面腐食が考えられるが、低温配管については、FACの感受性は低いことから、主に全面腐食を対象とする。

b. 材料

破損想定不要とする低エネルギー配管は、炭素鋼配管またはステンレス鋼配管である。ステンレス鋼はCr含有量が多く、表面に形成される不働態化被膜により炭素鋼に比べて耐食性が優れていることから、ステンレス鋼配管である燃料プール冷却系配管は対象外とする。また、内面ライニング配管である消火系配管も対象外とする。

c. 水質

炭素鋼の全面腐食の加速因子として支配的なものは、溶存酸素濃度、pH、塩分濃度等の水質条件である。破損想定不要とする低エネルギー配管の水源は、純水タンクまたはサプレッションチェンバである。

以上の検討より選定した代表配管は、以下のとおりである。

- ・中央制御室換気系

純水タンクを水源としており、防錆剤を含む定常的な流れのある系統として選定。

- ・残留熱除去系

サプレッションチェンバを水源としており、防錆剤を含まない定常的な流れのない系統として選定。

### 2.4.3 代表配管の肉厚測定結果

低エネルギー配管の代表配管の肉厚測定結果を表 2.4-3 に示す。測定結果は、マイナス公差内であることから明らかな減肉は確認されず配管強度への影響はない。高エネルギー配管である中央制御室空調換気系は、新設する配管であり、今後肉厚測定等を実施し、有意な減肉がないことを確認する。

表 2.4-3 低エネルギー配管肉厚測定結果

計測系統		配管 呼び径 (A)	板厚 (公称肉厚) (mm)	測定値 (最小値) (mm)	公差
中央制御室換気系	中央制御室空気調和 装置冷却水ライン				
残留熱除去系	可燃性ガス濃度制御スプレ イ冷却器冷却水ライン				

#### 2.4.4 今後の管理

低エネルギー配管の肉厚測定は、その実績、減肉率等の知見が少ないため、今回測定した部位については、継続的な肉厚測定により減肉の進展を確認する。今後新設する高エネルギー配管は、設置後に肉厚測定等を実施し、減肉の進展を確認する。

以上より、破損想定不要とする低エネルギー配管に有意な減肉が生じていないことが確認できること、また、新設する高エネルギー配管は有意な減肉が生じないよう減肉の進展を確認することから、配管強度への影響はなく、破損による漏えいを確実に防止できると判断する。

#### 4.3 燃料プール等のスロッシングによる溢水量の算出

##### 4.3.1 燃料プール，原子炉ウェル及びDSPのスロッシングによる溢水量の算出

燃料プールの機能維持に対する評価及び防護すべき設備の機能維持に対する評価を実施することを目的に，運転中に基準地震動  $S_s$  による地震力によって生じる燃料プールのスロッシング現象及び定期事業者検査期間中に基準地震動  $S_s$  による地震力によって生じる燃料プール，原子炉ウェル及びDSPのスロッシング現象について，3次元流動解析により評価し，溢水量を算出する。

燃料プール，原子炉ウェル及びDSPが設置される原子炉建物4階の平面図を図4.3-1，燃料プールの概要を図4.3-2に示す。

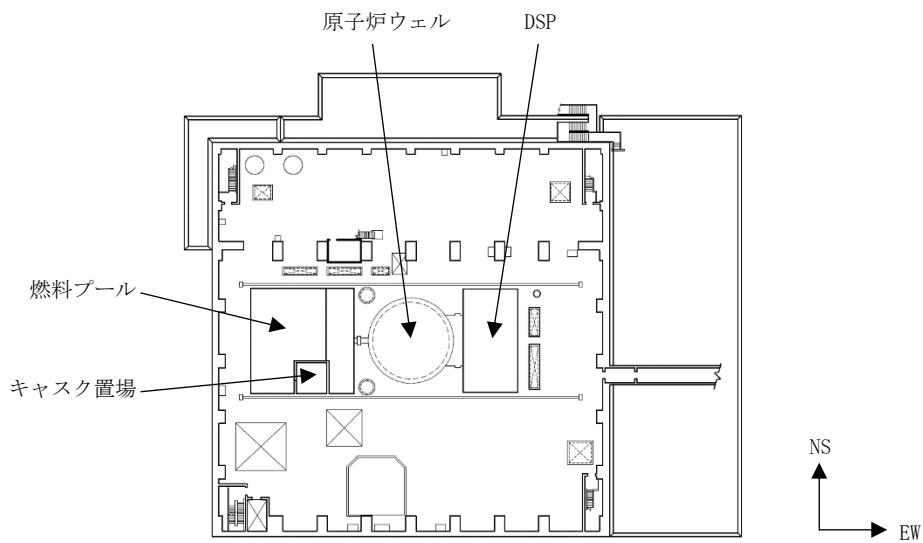


図 4.3-1 原子炉建物4階の平面図

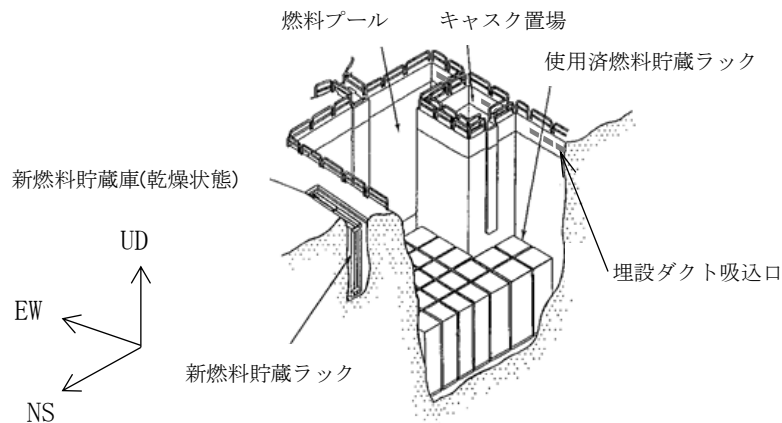


図 4.3-2 燃料プールの概要

(1) 解析評価

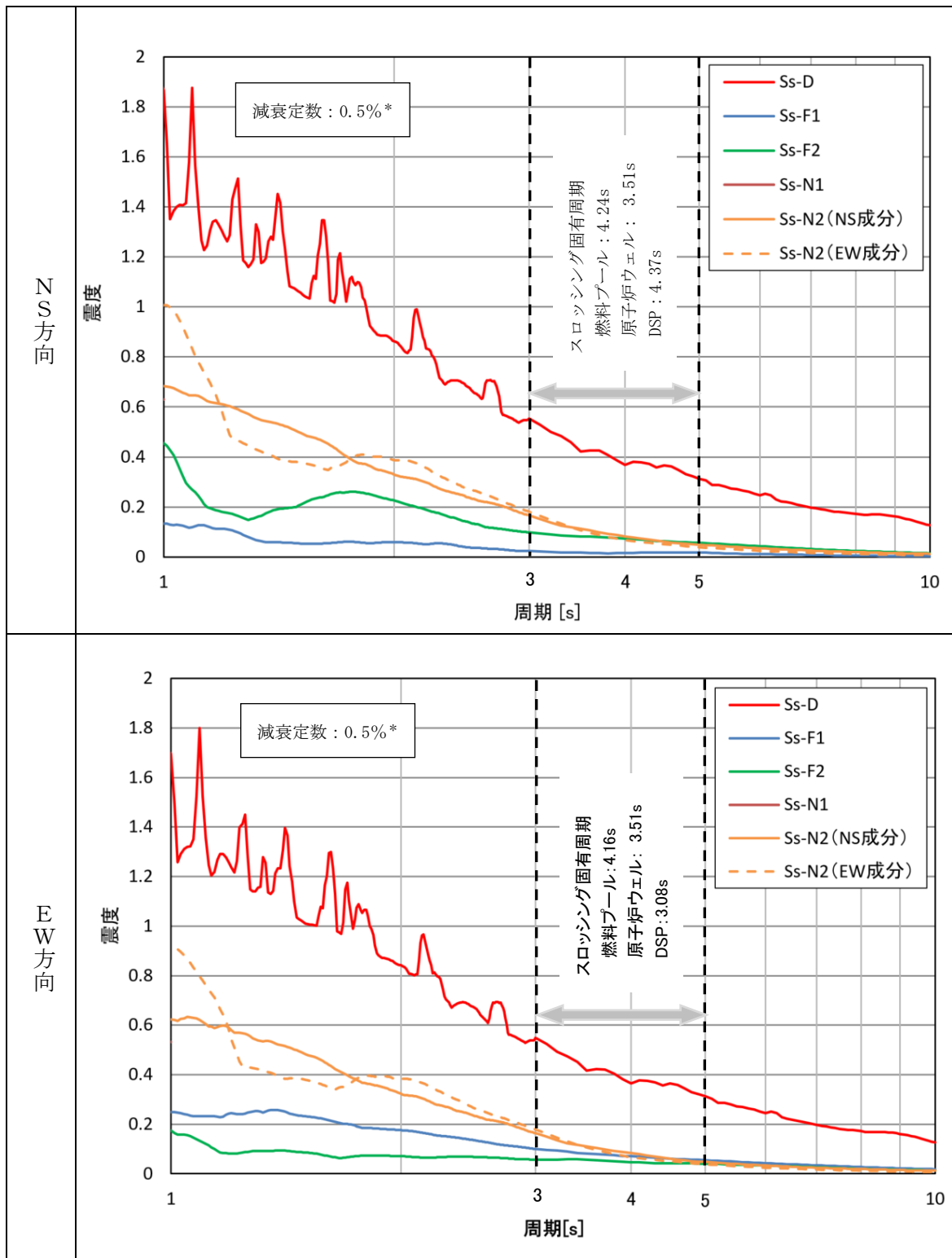
a. 評価に用いる地震動

3次元流動解析に用いる地震動は、スロッシング固有周期で応答スペクトルが最大となる地震動を選定する。スロッシング固有周期はハウスナー理論により算定し、スロッシング固有周期算定諸元及び固有周期を表4.3-1に示す。

燃料プール、原子炉ウエル及びDSPのスロッシング解析に用いる地震動は、原子炉建物の燃料プール位置(EL42.8m)における床応答とし、図4.3-3から、スロッシング固有周期領域(3秒~5秒)において、応答加速度が最大となる基準地震動S<sub>s-D</sub>による応答波とする。なお、基準地震動S<sub>s-D</sub>は、応答スペクトル手法に基づき策定された地震動であり、3次元流動解析ではNS方向とEW方向でほぼ同位相の入力となるため、NS方向+鉛直方向入力の解析とEW方向+鉛直方向入力の解析をそれぞれ実施する。スロッシング解析に用いた入力地震動の加速度時刻歴波形を図4.3-4に示す。

表 4.3-1 燃料プールのスロッシング固有周期

	燃料プール		原子炉ウエル	DSP	
	NS	EW		NS	EW
振動方向長さ(m)	14.000	13.500	11.220	14.004	7.404
振動方向長さの1/2(m) : L, R	7.000	6.750	5.610	7.002	3.702
底面 EL(m)	30.830	30.830	33.670	35.100	35.100
水位(HWL: High Water Level)EL(m)	42.560	42.560	42.560	42.560	42.560
底面から液面までの高さ(m) : h	11.730	11.730	8.890	7.460	7.460
スロッシング固有周期(s)* : T	4.26	4.18	3.52	4.37	3.10
注記* : 以下のハウスナー理論の式により算定 (g : 重力加速度(m/s <sup>2</sup> ))					
矩形 (燃料プール, DSP) $T = 2\pi / \sqrt{\frac{1.58g}{L} \tanh\left(1.58 \frac{H}{L}\right)}$			円筒 (原子炉ウエル) $T = 2\pi / \sqrt{\frac{1.84g}{R} \tanh\left(1.84 \frac{H}{R}\right)}$		
$H : H = h \ (h \leq 1.5L), H = 1.5L \ (h > 1.5L)$			$H : H = h \ (h \leq 1.5R), H = 1.5R \ (h > 1.5R)$		



注記\* : 「原子力発電所耐震設計技術指針 J E A G 4 6 0 1 -1987」に基づき、液体の揺動に対する設計用減衰定数である 0.5%を用いた。

図 4.3-3 水平方向床応答スペクトルと燃料プール等の固有周期との関係  
(原子炉建物 EL42.800m)

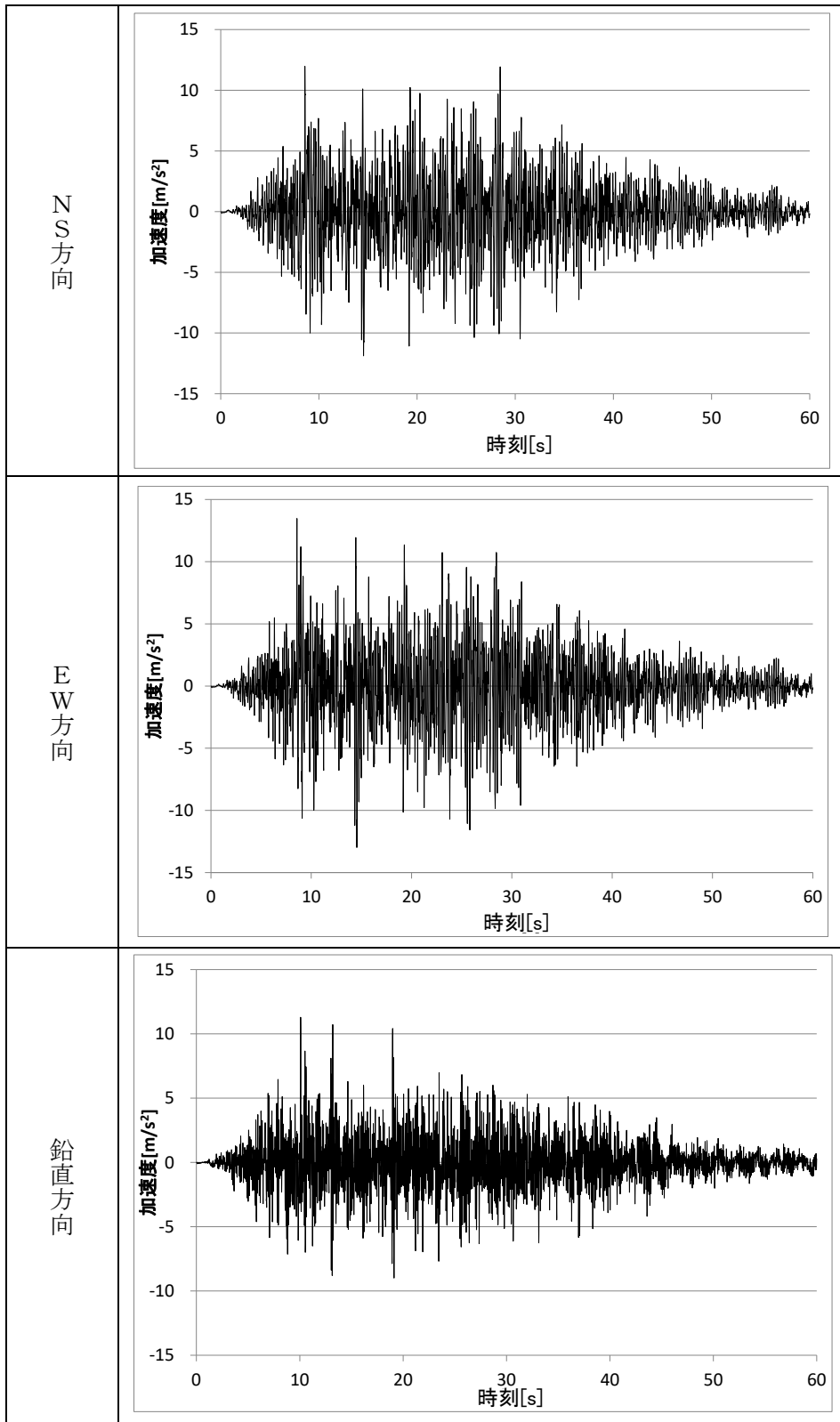


图 4.3-4 入力地震動(S<sub>s</sub>-D) 加速度時刻歴波形



b. 解析条件

溢水評価の目的に応じた解析ケースを表 4.3-2 に示す。

なお、燃料プール、原子炉ウェル及び DSP 廻りに設置される埋設ダクトへの溢水の流入の考慮有無により、溢水量が変化する。埋設ダクトへの溢水の流入を模擬した方が、燃料プール等からの溢水の総量が大きくなるため、燃料プールの水位低下量が大きくなる。一方で、溢水の流入を模擬しない方が、埋設ダクトへの流入が生じないため、原子炉建物 4 階床面への溢水量が大きくなる。

燃料プール、原子炉ウェル及び DSP 廻りの埋設ダクト敷設状況を図 4.3-5 に示す。

解析条件を表 4.3-3 及び表 4.3-4 に、解析モデル図を図 4.3-6、図 4.3-7 及び図 4.3-8 に、解析メッシュ図を図 4.3-9、図 4.3-10 に示す。

表 4.3-2 解析ケース

評価対象	モデル化範囲	溢水評価の目的	埋設ダクトの扱い	解析ケース
通常時	燃料プール	燃料プールの機能維持に対する評価	流入模擬する*1	1
		防護すべき設備の機能維持に対する評価	流入模擬しない*2	—*3
定期事業者 検査時	燃料プール 原子炉ウェル DSP	燃料プールの機能維持に対する評価	流入模擬する*1	2
		防護すべき設備の機能維持に対する評価	流入模擬しない*2	3

注記\*1：流入を模擬した方が燃料プールの水位低下量が大きくなる。

\*2：流入を模擬しない方が原子炉建物 4 階への溢水量が大きくなる。

\*3：燃料プール、原子炉ウェル及び DSP をモデル化した方が、溢水量が大きくなるため、保守的にケース 3 の溢水量を適用する。

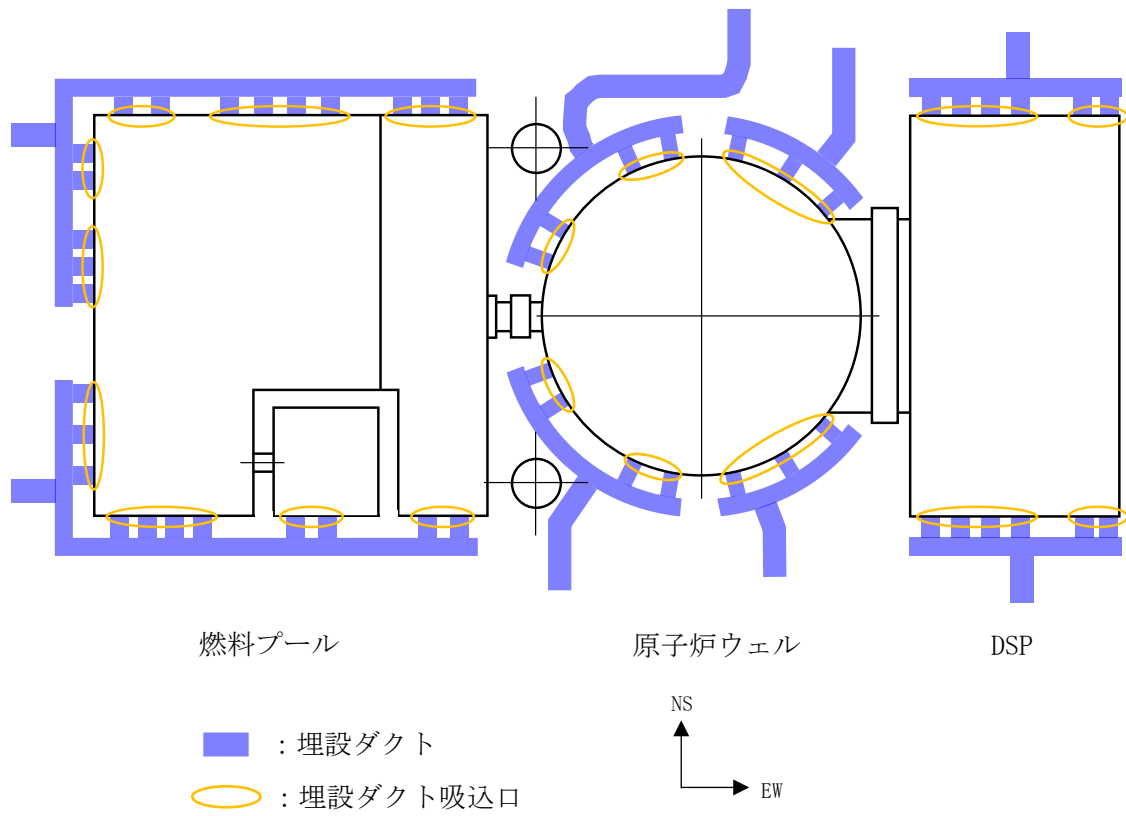


図 4.3-5 燃料プール，原子炉ウェル及びDSP 廻りの埋設ダクト敷設状況

表 4.3-3 燃料プールの解析条件（解析ケース 1）

項目	内容
モデル化範囲	燃料プール, キャスク置場, 上部空間
境界条件	プール上部は開放とし, 他は壁による境界を設定する。解析範囲外に流出した水及び埋設ダクトへ流入した水は戻らないものとする。壁面での水の流速は 0 となるように設定する。
初期水位	EL42.560m (HWL: High Water Level) (底面より 11.73m, プール壁上端より -0.34m)
評価用地震動	基準地震動 S s - D による燃料プール位置 (EL42.800m) の床応答波
解析コード	汎用熱流体解析コード F l u e n t Ver. 18.1.0
解析時間	100 秒* <sup>1</sup>
物性値	密度 (kg/m <sup>3</sup> ) : 1.190 (空気), 998.2 (水) 粘性係数 (Pa·s) : 1.827×10 <sup>-5</sup> (空気), 1.094×10 <sup>-3</sup> (水)
プール寸法	14000 mm (NS) × 13500 mm (EW) × 12070 mm (UD) (プール壁上端 EL42.900m)
プール内部構造物	内部構造物が流体の運動を阻害しないように, 保守的な条件として燃料ラック等のプール内構造物はモデル化しない。
埋設ダクト	埋設ダクトへの流入を模擬する。(埋設ダクト容量 27m <sup>3</sup> * <sup>2</sup> )
その他	プール周りに設置されているフェンス等による流出に対する抵抗は考慮しない。

注記\*<sup>1</sup>: 溢水量に有意な増加が確認できなくなった時間

\*<sup>2</sup>: 埋設ダクト流入量は埋設ダクト容量に関係なく算出する。

表 4.3-4 燃料プール, 原子炉ウェル及び DSP の解析条件（解析ケース 2, 3）

項目	内容
モデル化範囲	燃料プール, キャスク置場, 原子炉ウェル, DSP, 上部空間
境界条件	プール上部は開放とし, 他は壁による境界を設定する。解析範囲外に流出した水及び埋設ダクトへ流入した水は戻らないものとする。壁面での水の流速は 0 となるように設定する。
初期水位	EL42.560m (HWL: High Water Level)
評価用地震動	基準地震動 S s - D による燃料プール位置 (EL42.800m) の床応答波
解析コード	汎用熱流体解析コード F l u e n t Ver. 18.1.0
解析時間	100 秒* <sup>1</sup>
物性値	密度 (kg/m <sup>3</sup> ) : 1.190 (空気), 998.2 (水) 粘性係数 (Pa·s) : 1.827×10 <sup>-5</sup> (空気), 1.094×10 <sup>-3</sup> (水)
プール寸法	燃料プール: 14000 mm (NS) × 13500 mm (EW) × 12070 mm (UD) 原子炉ウェル: φ11220×9230 mm (UD) DSP: 14004 mm (NS) × 7400 mm (EW) × 7800 mm (UD) (プール壁上端 EL42.900m)
プール内部構造物	内部構造物が流体の運動を阻害しないように, 保守的な条件として燃料ラック等のプール内構造物はモデル化しない。
埋設ダクト	・解析ケース 2 埋設ダクトへの流入を模擬する。(埋設ダクト容量 37m <sup>3</sup> * <sup>2</sup> ) ・解析ケース 3 埋設ダクトへの流入を模擬しない。
その他	プール周りに設置されているフェンス等による流出に対する抵抗は考慮しない。

注記\*<sup>1</sup>: 溢水量に有意な増加が確認できなくなった時間

\*<sup>2</sup>: 埋設ダクト流入量は埋設ダクト容量に関係なく算出する。

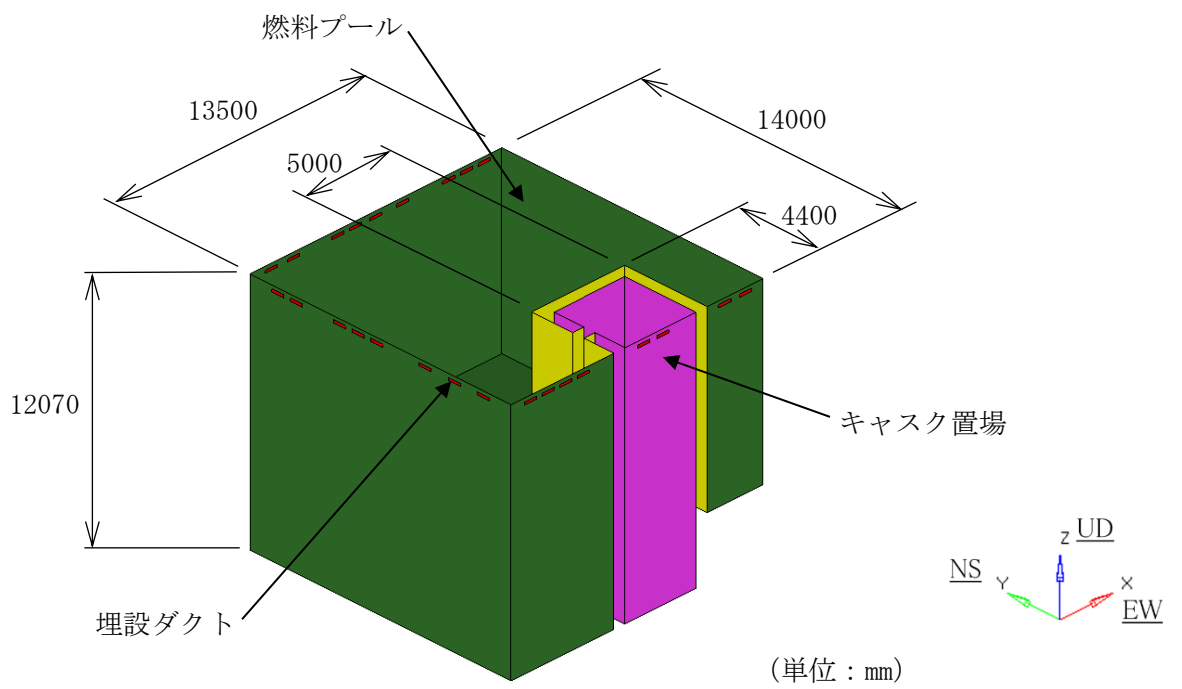


図 4.3-6 燃料プールの解析モデル図 (解析ケース 1)

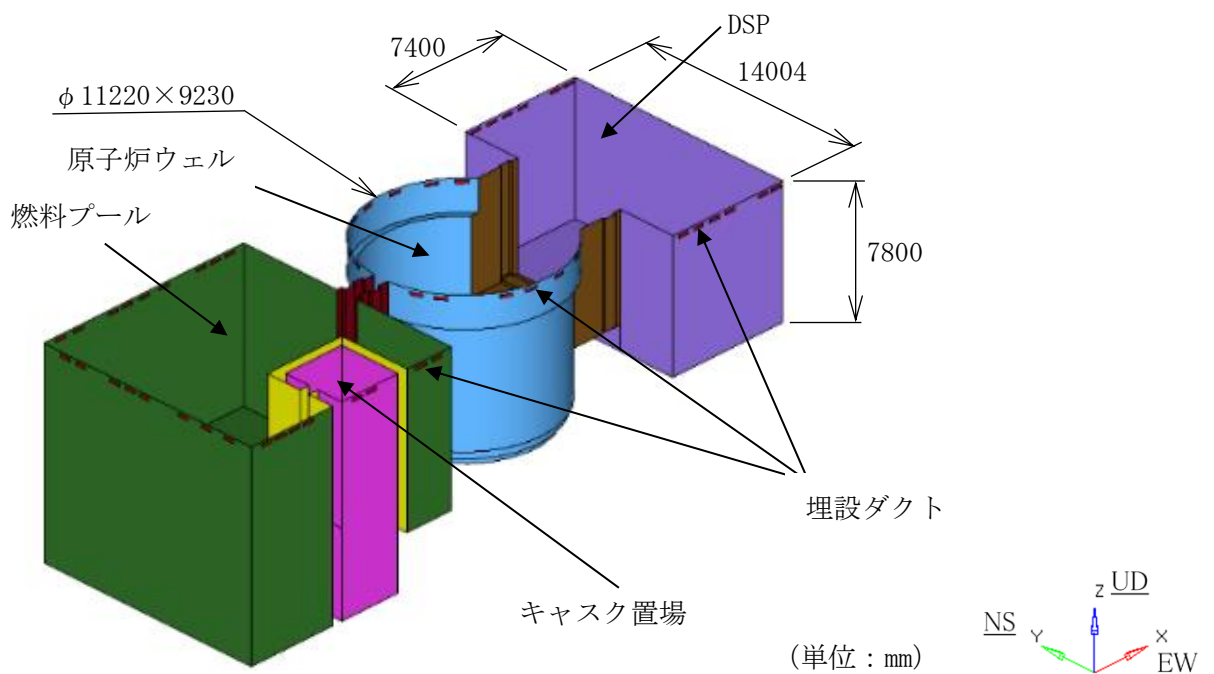


図 4.3-7 燃料プール，原子炉ウェル及び DSP の解析モデル図 (解析ケース 2)

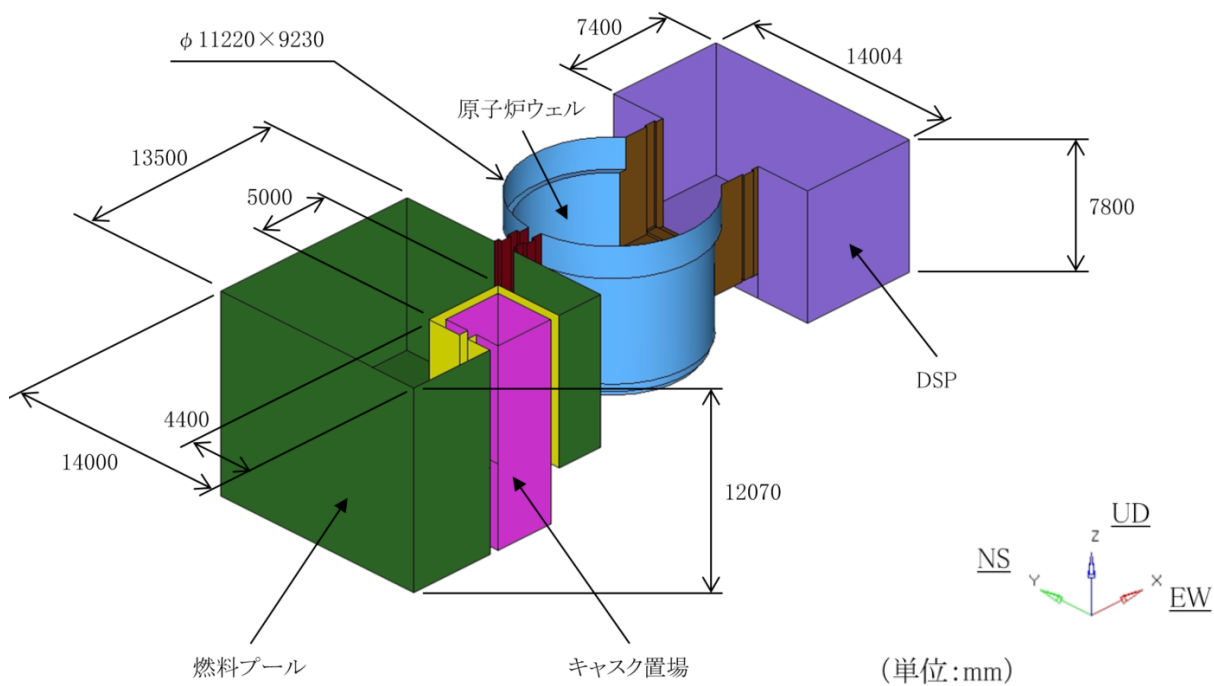


図 4.3-8 燃料プール, 原子炉ウェル及び DSP の解析モデル図 (解析ケース 3)

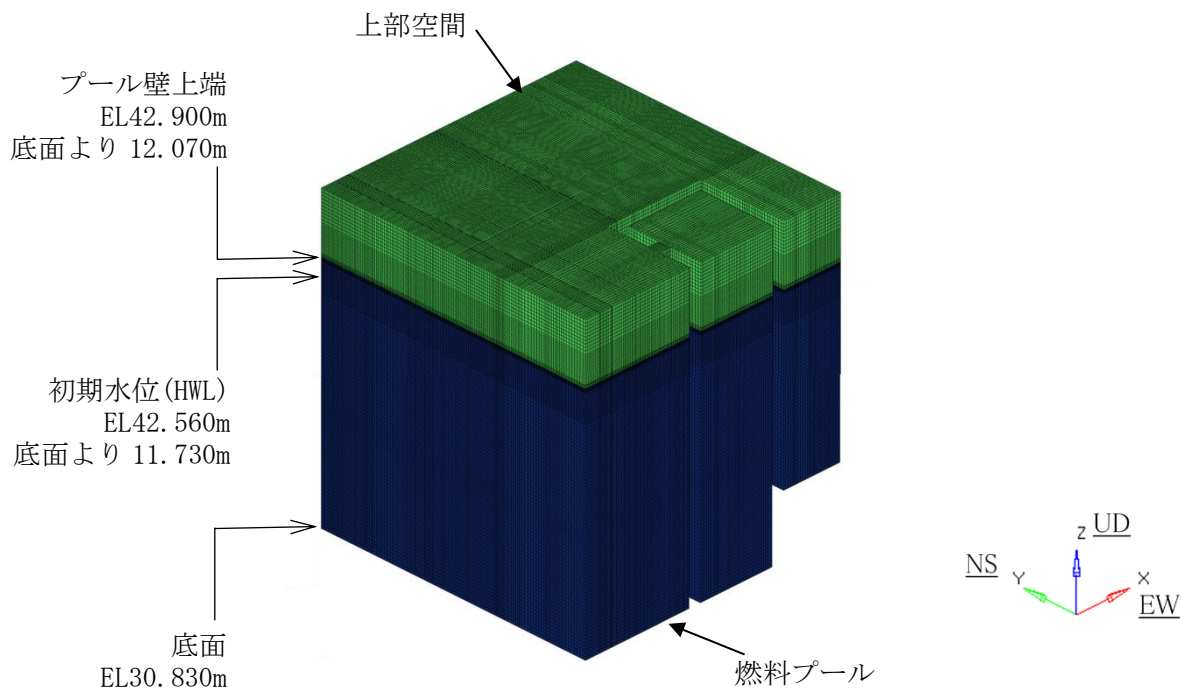


図 4.3-9 燃料プールの解析メッシュ図 (解析ケース 1)

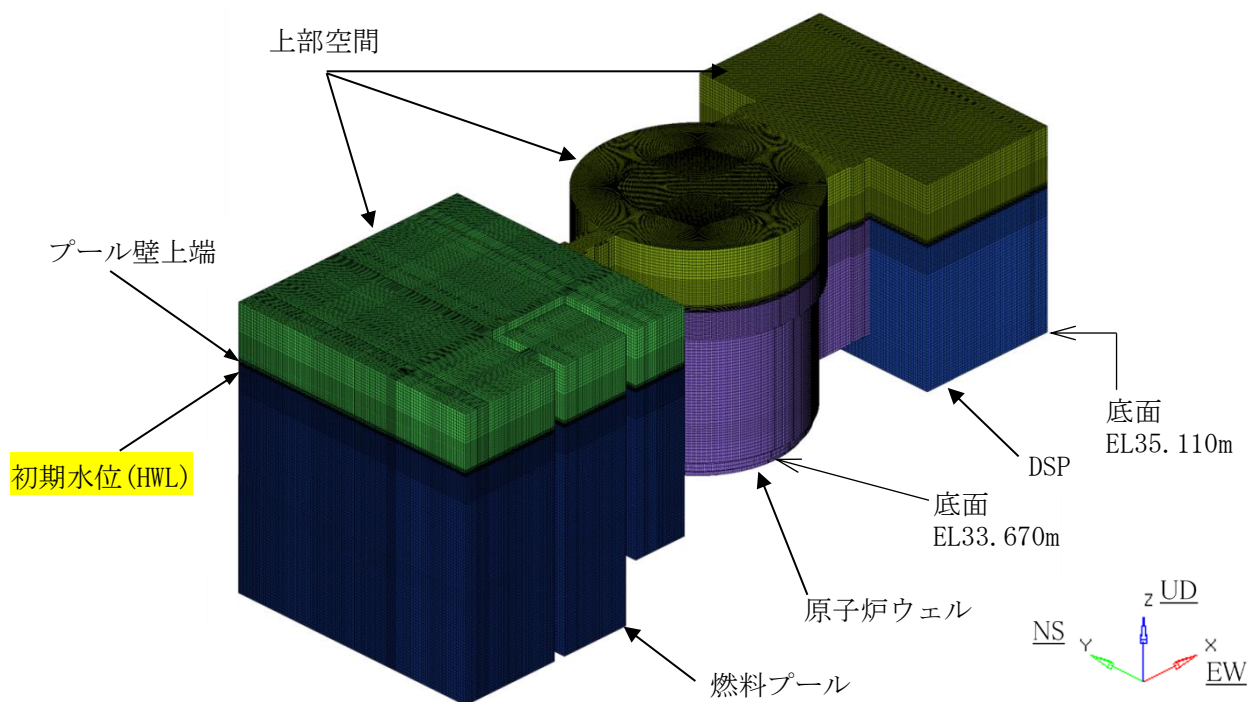


図 4.3-10 燃料プール，原子炉ウェル及び DSP の解析メッシュ図  
(解析ケース 2，解析ケース 3)

c. スロッシング評価における地震力の組合せ

水平 2 方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合の溢水量は，簡便な取り扱ひとして，NS 方向＋鉛直方向，EW 方向＋鉛直方向の溢水量を足し合わせ，溢水量が大きくなるよう保守的に設定する。

(2) 溢水量評価結果

基準地震動  $S_s$  による解析により算定したスロッシングによる溢水量を表 4.3-5、表 4.3-6 及び表 4.3-7 に、溢水量の時間変化を図 4.3-11、図 4.3-12 及び図 4.3-13 に、最大波高発生時間近傍における液面状態を図 4.3-14、図 4.3-15 及び図 4.3-16 に示す。

なお、保守的に燃料プール周りに設置されているフェンス等による流出に対する抵抗は考慮せず、また、一度燃料プール等の外へ溢水した水が再度プール内に戻ることも考慮しない。

表 4.3-5 燃料プールのスロッシングによる溢水量\* (解析ケース 1)

No.	解析ケース (入力条件)	床面への溢水量(m <sup>3</sup> )	埋設ダクト流入量(m <sup>3</sup> )	合計(m <sup>3</sup> )
①	NS 方向 : $S_s - D$ 鉛直方向 : $S_s - D$	55	20	75
②	EW 方向 : $S_s - D$ 鉛直方向 : $S_s - D$	56	21	76

注記\* : 表の値は、解析結果に対して小数点以下を切り上げた値を示す。

表 4.3-6 燃料プール、原子炉ウェル及び DSP のスロッシングによる溢水量\* (解析ケース 2)

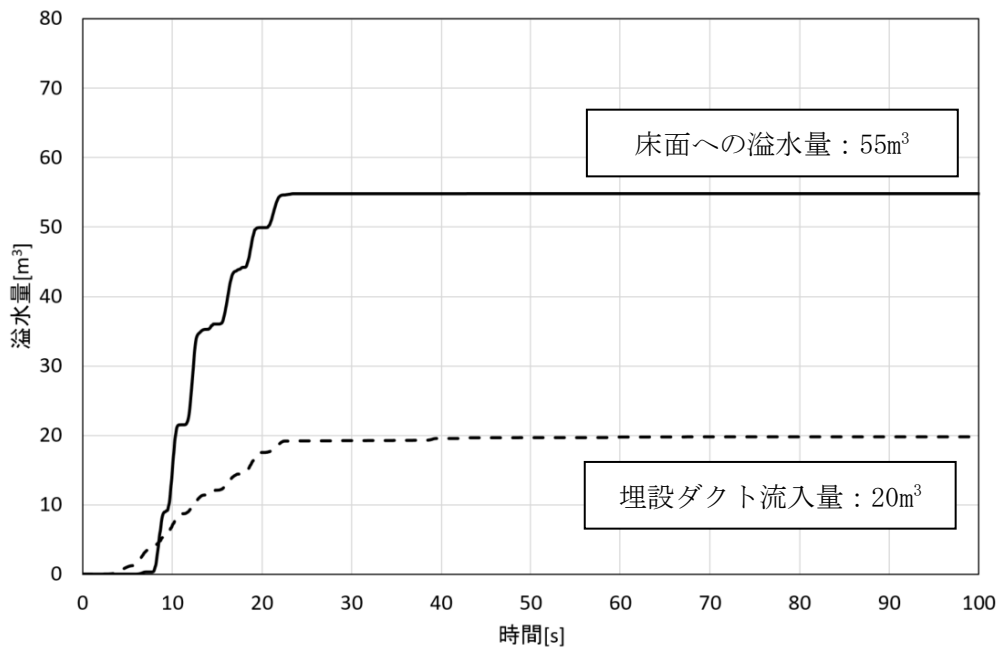
No.	解析ケース (入力条件)	床面への溢水量(m <sup>3</sup> )	埋設ダクト流入量(m <sup>3</sup> )	合計(m <sup>3</sup> )
①	NS 方向 : $S_s - D$ 鉛直方向 : $S_s - D$	135	71	205
②	EW 方向 : $S_s - D$ 鉛直方向 : $S_s - D$	91	56	146

注記\* : 表の値は、解析結果に対して小数点以下を切り上げた値を示す。

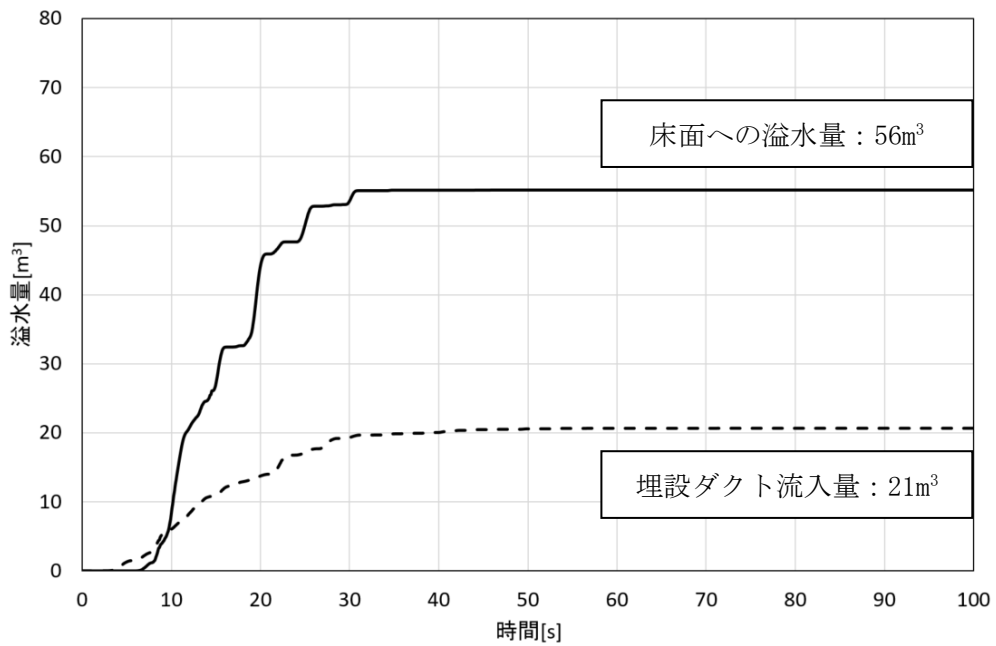
表 4.3-7 燃料プール、原子炉ウェル及び DSP のスロッシングによる溢水量\* (解析ケース 3)

No.	解析ケース (入力条件)	床面への溢水量(m <sup>3</sup> )	埋設ダクト流入量(m <sup>3</sup> )	合計(m <sup>3</sup> )
①	NS 方向 : $S_s - D$ 鉛直方向 : $S_s - D$	151	—	151
②	EW 方向 : $S_s - D$ 鉛直方向 : $S_s - D$	107	—	107

注記\* : 表の値は、解析結果に対して小数点以下を切り上げた値を示す。



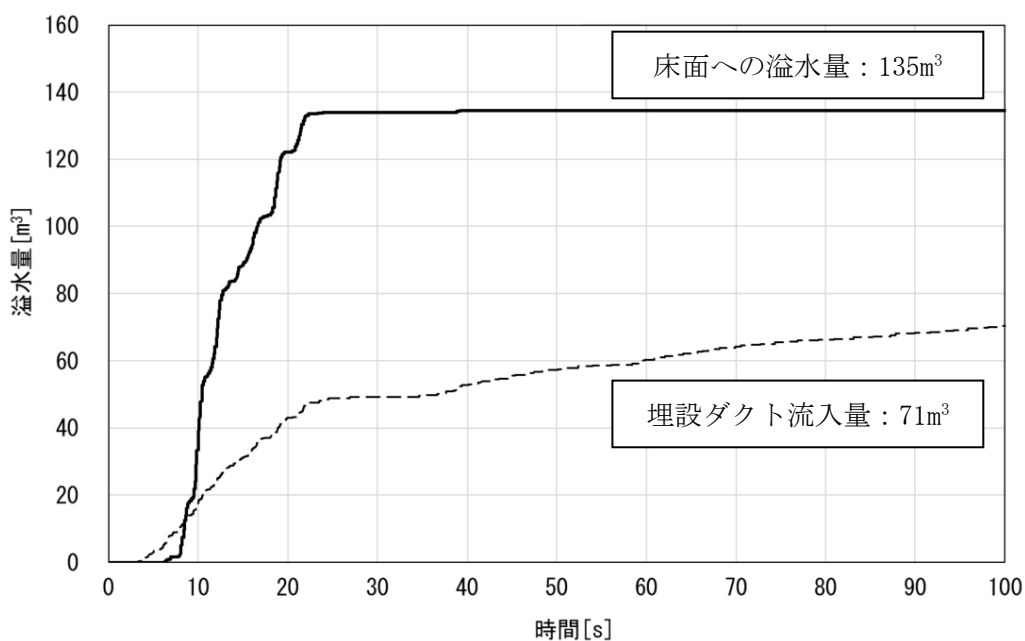
(1) 解析ケース 1-① (NS 方向+鉛直方向)



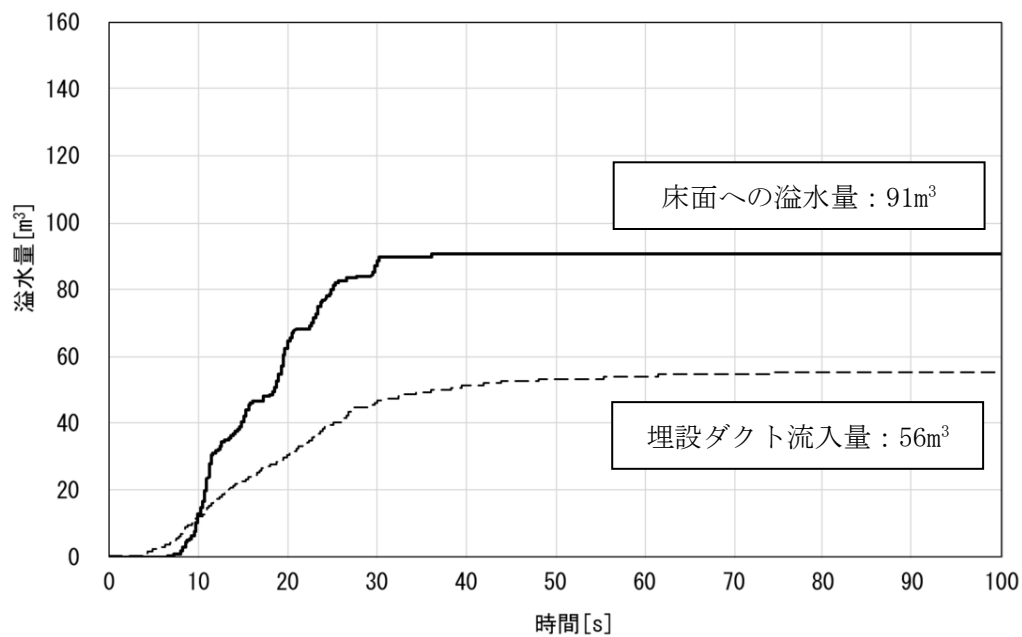
(2) 解析ケース 1-② (EW 方向+鉛直方向)

図 4.3-11 燃料プールの床面への溢水量及び埋設ダクト流入量の時間変化  
(解析ケース 1)



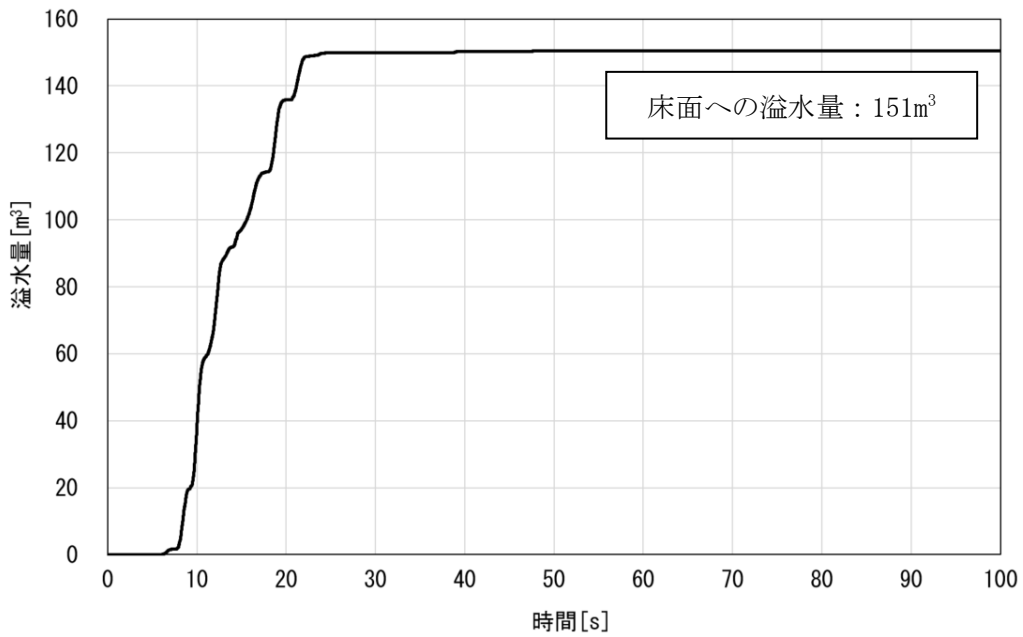


(1)解析ケース 2-① (NS 方向+鉛直方向)

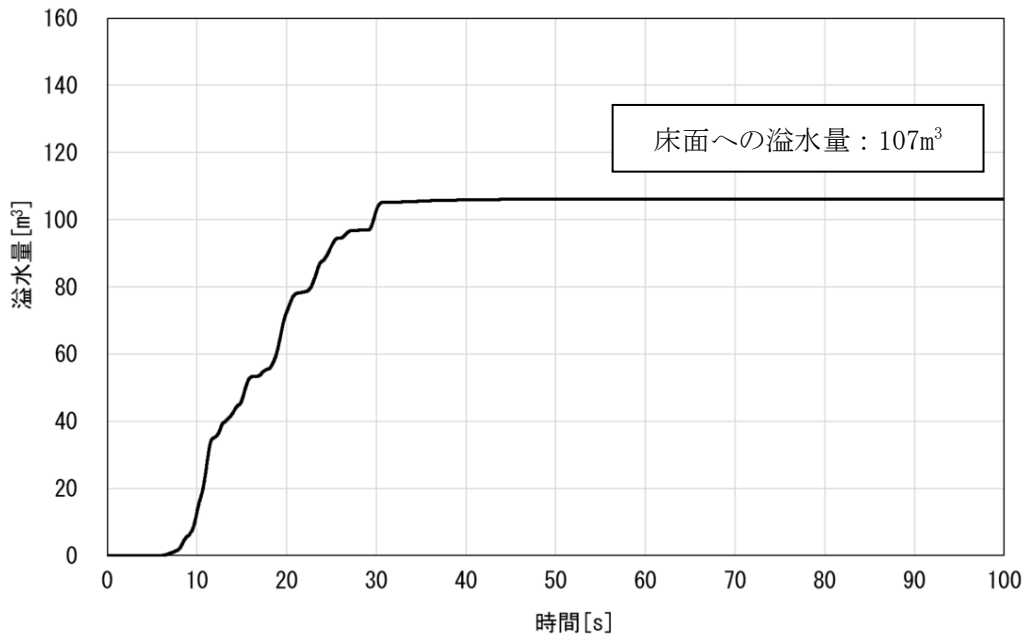


(2)解析ケース 2-② (EW 方向+鉛直方向)

図 4.3-12 燃料プール，原子炉ウェル及び DSP の床面への溢水量及び埋設ダクト流入量の時間変化(解析ケース 2)

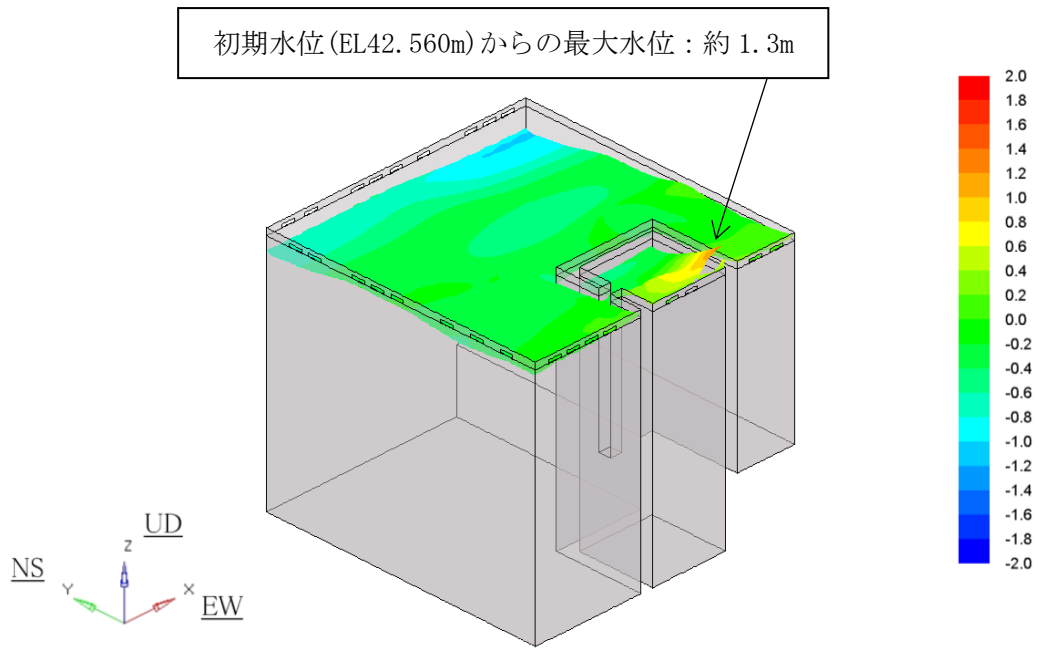


(1) 解析ケース 3-① (NS 方向 + 鉛直方向)

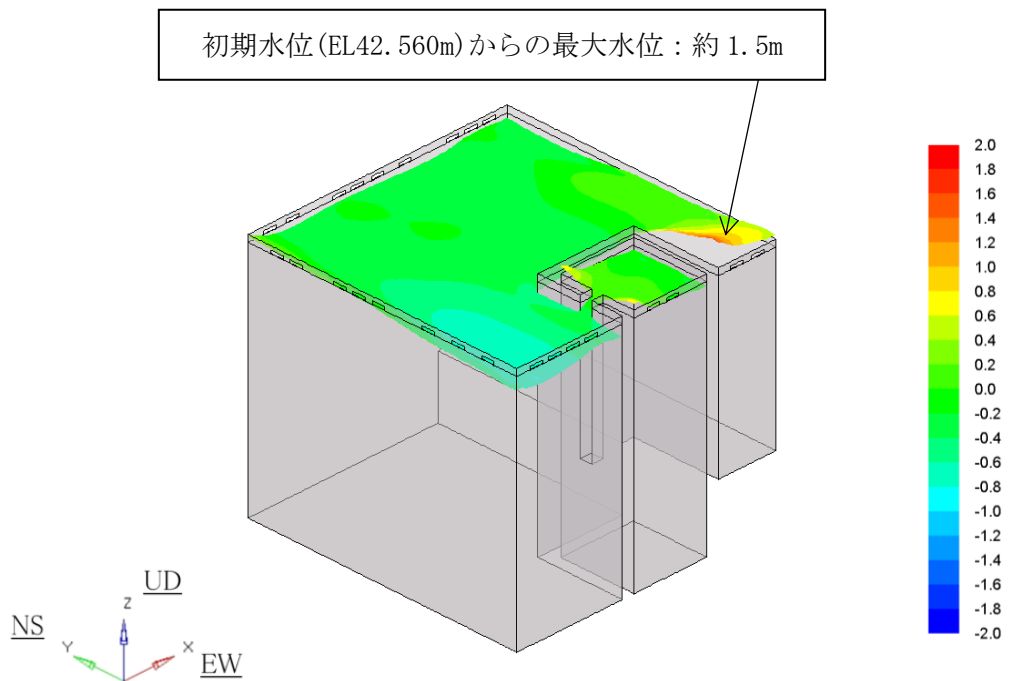


(2) 解析ケース 3-② (EW 方向 + 鉛直方向)

図 4.3-13 燃料プール, 原子炉ウェル及び DSP の床面への溢水量の時間変化 (解析ケース 3)

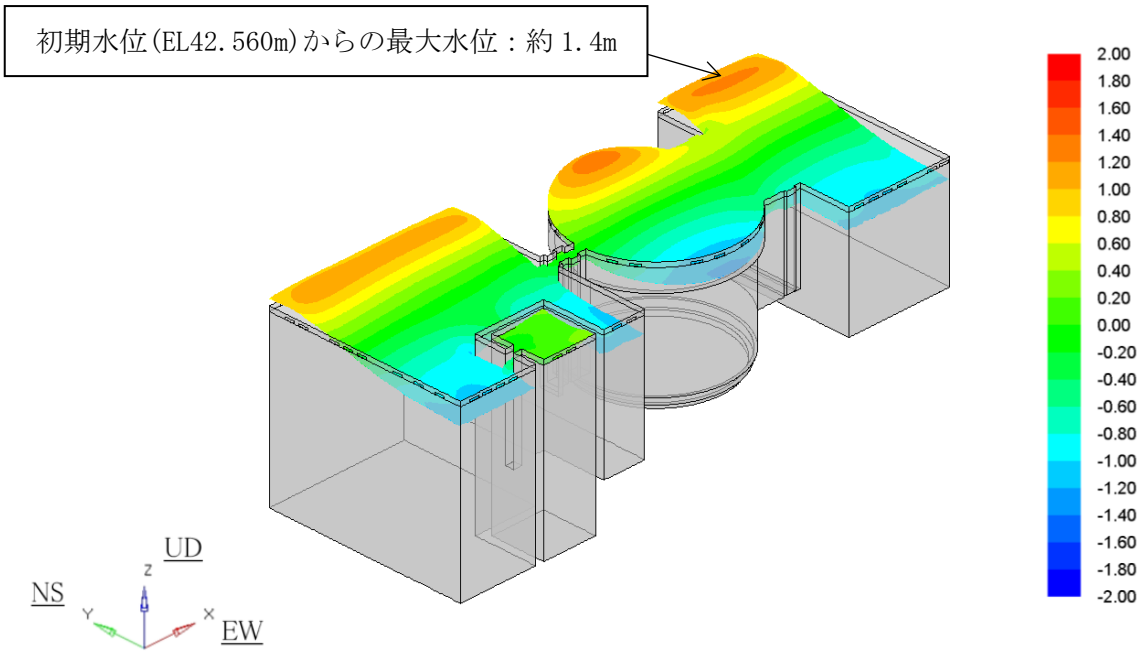


(1) 解析ケース① (NS 方向+鉛直方向)

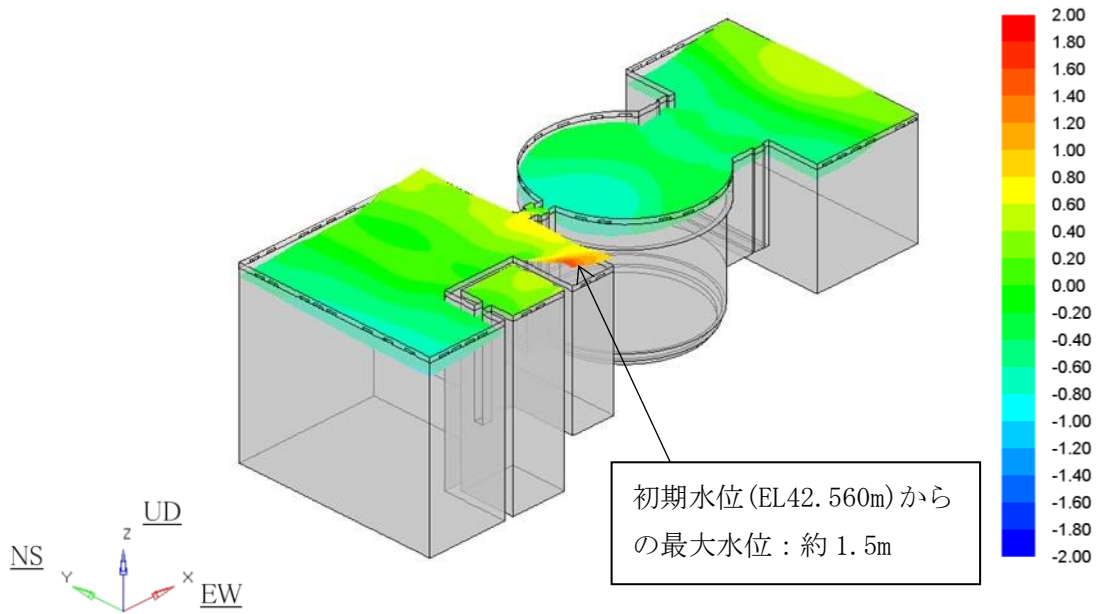


(2) 解析ケース② (EW 方向+鉛直方向)

図 4.3-14 燃料プールの最大波高発生時間近傍における液面状態 (解析ケース 1)

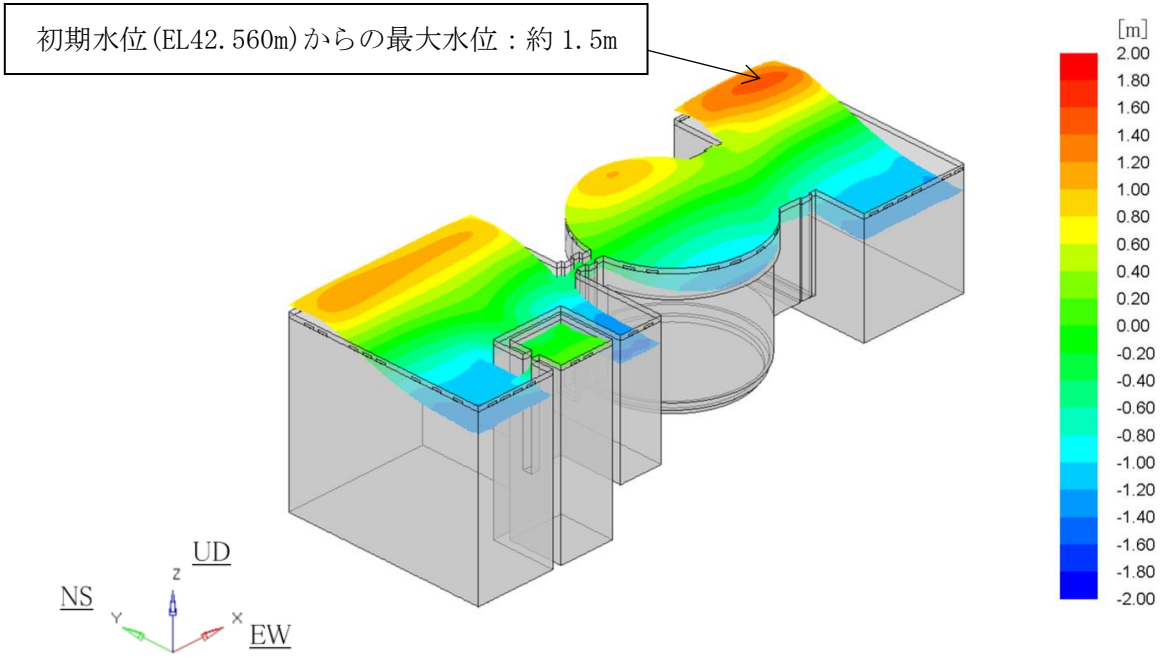


(1) 解析ケース① (NS 方向 + 鉛直方向)

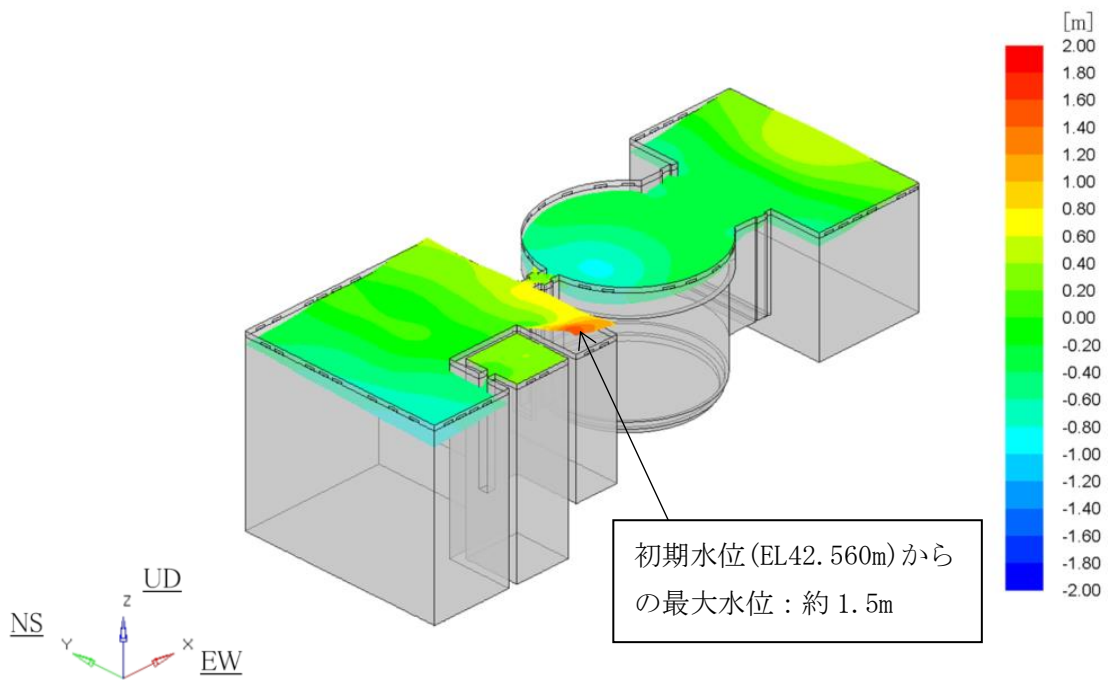


(2) 解析ケース② (EW 方向 + 鉛直方向)

図 4.3-15 燃料プール，原子炉ウェル及び DSP の最大波高発生時間近傍における液面状態 (解析ケース 2)



(1) 解析ケース① (NS 方向 + 鉛直方向)



(2) 解析ケース② (EW 方向 + 鉛直方向)

図 4.3-16 燃料プール, 原子炉ウェル及び DSP の最大波高発生時間近傍における液面状態 (解析ケース 3)

(3) 溢水評価に用いる溢水量

溢水評価では、解析値に保守性を見込んだものをスロッシングによる溢水量として使用する。具体的には、表 4.3-5、表 4.3-6 及び表 4.3-7 の溢水量について、水平 2 方向の組合せに配慮し、NS 方向+鉛直方向、EW 方向+鉛直方向の溢水量を足し合わせて設定する。また、解析コード (F l u e n t) の検証結果 (別紙参照) から、解析値と実験値の差を踏まえて解析値を 1.1 倍し、溢水量が大きくなるよう保守的に設定する。燃料プールの機能維持に対する評価に用いる溢水量を表 4.3-8 及び表 4.3-9 に、防護すべき設備の機能維持に対する評価に用いる溢水量を表 4.3-10 に示す。

表 4.3-8 燃料プールの機能維持に対する評価に用いる溢水量 (解析ケース 1)

溢水量*			設定方法
床面への溢水量(m <sup>3</sup> )	埋設ダクト流入量(m <sup>3</sup> )	合計(m <sup>3</sup> )	
110	41	151	解析結果を足し合わせた値 (表 4.3-5 の①+②)
121	45	166	上記値に解析コードの不確かさを考慮して 1.1 倍した値
130	50	180	上記値に対し保守的に設定 (1 の位を切り上げ) (合計は床面と埋設ダクトの和)

注記\* : 表中の値について、溢水量の足し合わせ及び係数倍は解析結果に基づき実施し、表記上は小数点以下を切り上げた値を示す。

表 4.3-9 燃料プールの機能維持に対する評価に用いる溢水量 (解析ケース 2)

溢水量*			設定方法
床面への溢水量(m <sup>3</sup> )	埋設ダクト流入量(m <sup>3</sup> )	合計(m <sup>3</sup> )	
225	126	351	解析結果を足し合わせた値 (表 4.3-6 の①+②)
248	139	386	上記値に解析コードの不確かさを考慮して 1.1 倍した値
250	140	390	上記値に対し保守的に設定 (1 の位を切り上げ) (合計は床面と埋設ダクトの和)

注記\* : 表中の値について、溢水量の足し合わせ及び係数倍は解析結果に基づき実施し、表記上は小数点以下を切り上げた値を示す。

表 4.3-10 防護すべき設備の機能維持に対する評価に用いる溢水量（解析ケース 3）

溢水量*			設定方法
床面への 溢水量(m <sup>3</sup> )	埋設ダクト 流入量(m <sup>3</sup> )	合計(m <sup>3</sup> )	
257	—	257	解析結果を足し合わせた値 (表 4.3-7 の①+②)
283	—	283	上記値に解析コードの不確かさを考慮し て 1.1 倍した値
290	—	290	上記値に対し保守的に設定 (1 の位を切り上げ)

注記\*：表中の値について，溢水量の足し合わせ及び係数倍は解析結果に基づき実施し，表記上は小数点以下を切り上げた値を示す。

(4) 防護すべき設備の機能維持に対する評価

燃料プール，原子炉ウェル及び DSP が設置される原子炉建物 4 階の溢水評価結果を示す。地震起因の溢水量の算出にあたっては，基準地震動  $S_s$  による地震力に対して破損のおそれがある B 及び C クラス系統及びスロッシングによる溢水を溢水源とする。スロッシングを考慮した溢水量を表 4.3-11 に，溢水水位を表 4.3-12 に，溢水水位算出において考慮した滞留面積範囲を図 4.3-17 に示す。

当該区画から他区画への溢水経路上に，溢水水位以上となる溢水用堰（堰高さ 0.30m 以上）を設置していることから，溢水が他区画へ伝播しないことを確認した。

表 4.3-11 スロッシングを考慮した溢水量 (R-4F-01-1N)

溢水源	B 及び C クラス系統				スロッシング (解析ケース 3)	合計
	RCW (常)	CWT	MUW	FP		
溢水量 (m <sup>3</sup> )	28	1	8	25	290	352

表 4.3-12 スロッシングを考慮した溢水水位 (R-4F-01-1N)

溢水量 (m <sup>3</sup> )	滞留面積 (m <sup>2</sup> )	溢水水位 (m) *
352	1422	0.28

注記\*：建築施工公差 0.025m を考慮した値

溢水水位： $352/1422+0.025=0.28$  (m)



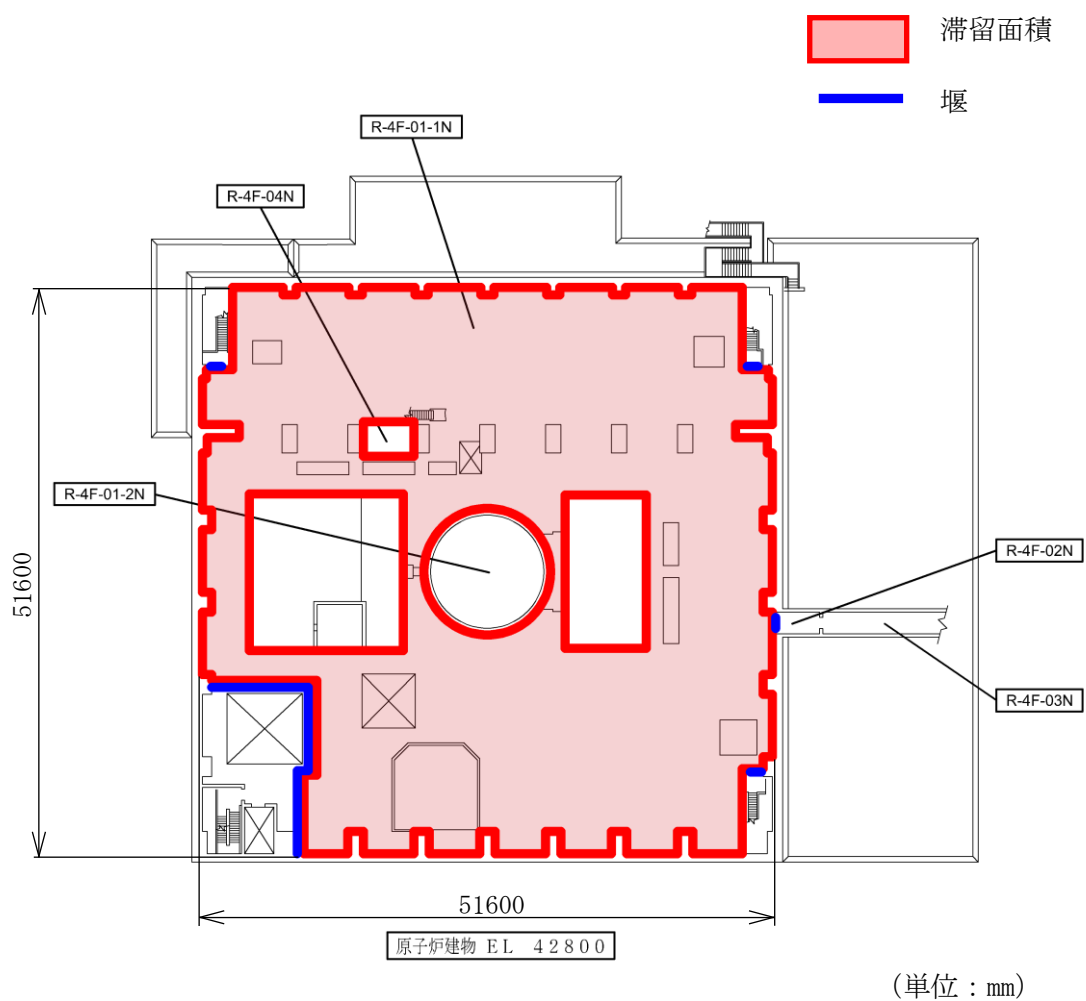


図 4.3-17 溢水水位算出において考慮した滞留面積の範囲

#### 4.3.2 サイトバンカ貯蔵プールのスロッシングによる溢水量の算出

サイトバンカ貯蔵プールに生じるスロッシング現象について、3次元流動解析により評価し、溢水量を算出する。

サイトバンカ貯蔵プールの概要を図4.3-18に示す。

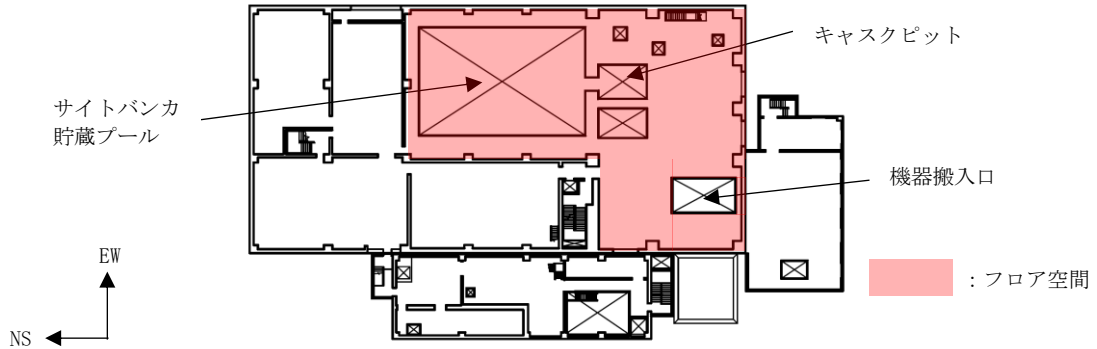


図4.3-18 サイトバンカ貯蔵プールの概要図

#### (1) 解析評価

##### a. 評価に用いる地震動

3次元流動解析に用いる地震動は、スロッシング固有周期で応答スペクトルが最大となる地震動を選定する。スロッシング固有周期は、「4.3.1 燃料プール、原子炉ウエル及びDSPのスロッシングによる溢水量の算出」で示した燃料プールのスロッシング周期の算出方法と同様に、ハウスナー理論により算定する。スロッシング固有周期算定諸元及び固有周期を表4.3-13に示す。

弾性設計用地震動 $S_d$ の応答スペクトル（水平方向）を図4.3-19に示す。図4.3-19から、サイトバンカ貯蔵プールのスロッシング解析に用いる地震動は、スロッシング固有周期領域（4秒～7秒）において、応答加速度が最大となる弾性設計用地震動 $S_d-D$ による応答波とし、Bクラス設備に適用する地震動として、 $S_d$ 地震動の1/2を用いた。なお、弾性設計用地震動 $S_d-D$ は、応答スペクトル手法に基づき策定された地震動であり、3次元流動解析ではNS方向とEW方向でほぼ同位相の入力となるため、NS方向+鉛直方向入力の解析とEW方向+鉛直方向入力の解析をそれぞれ実施する。スロッシング解析に用いた入力地震動の加速度時刻歴波形を図4.3-20に示す。

表 4.3-13 サイトバンカ貯蔵プールのスロッシング固有周期

	NS 方向 (長辺方向)		EW 方向 (短辺方向)	
振動方向のプール幅 (m)	27.450		13.000	
振動方向のプール幅の 1/2 (m) : L	13.725		6.500	
プール (キャスクピット) 底面 EL (m)	6.900		6.900	
水位 (HWL : High Water Level) EL (m)	19.560		19.560	
底面から液面までの高さ (m) : h	12.660	8.600	12.660	8.600
スロッシング固有周期 (s) : T	6.24	6.92	4.11	4.15

平面寸法

断面寸法 (単位: m)

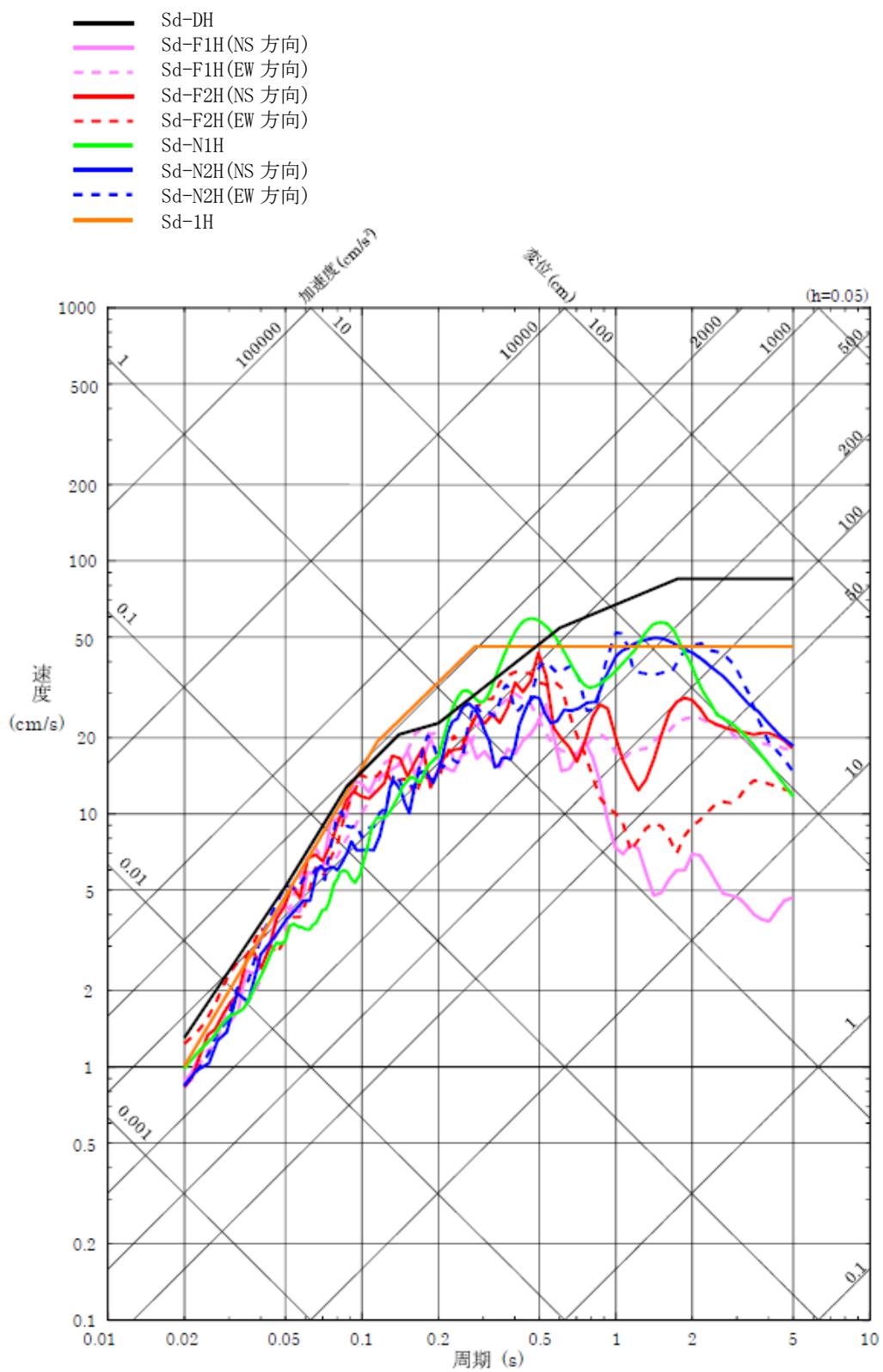


図 4.3-19 弾性設計用地震動 S d の応答スペクトル (水平方向)

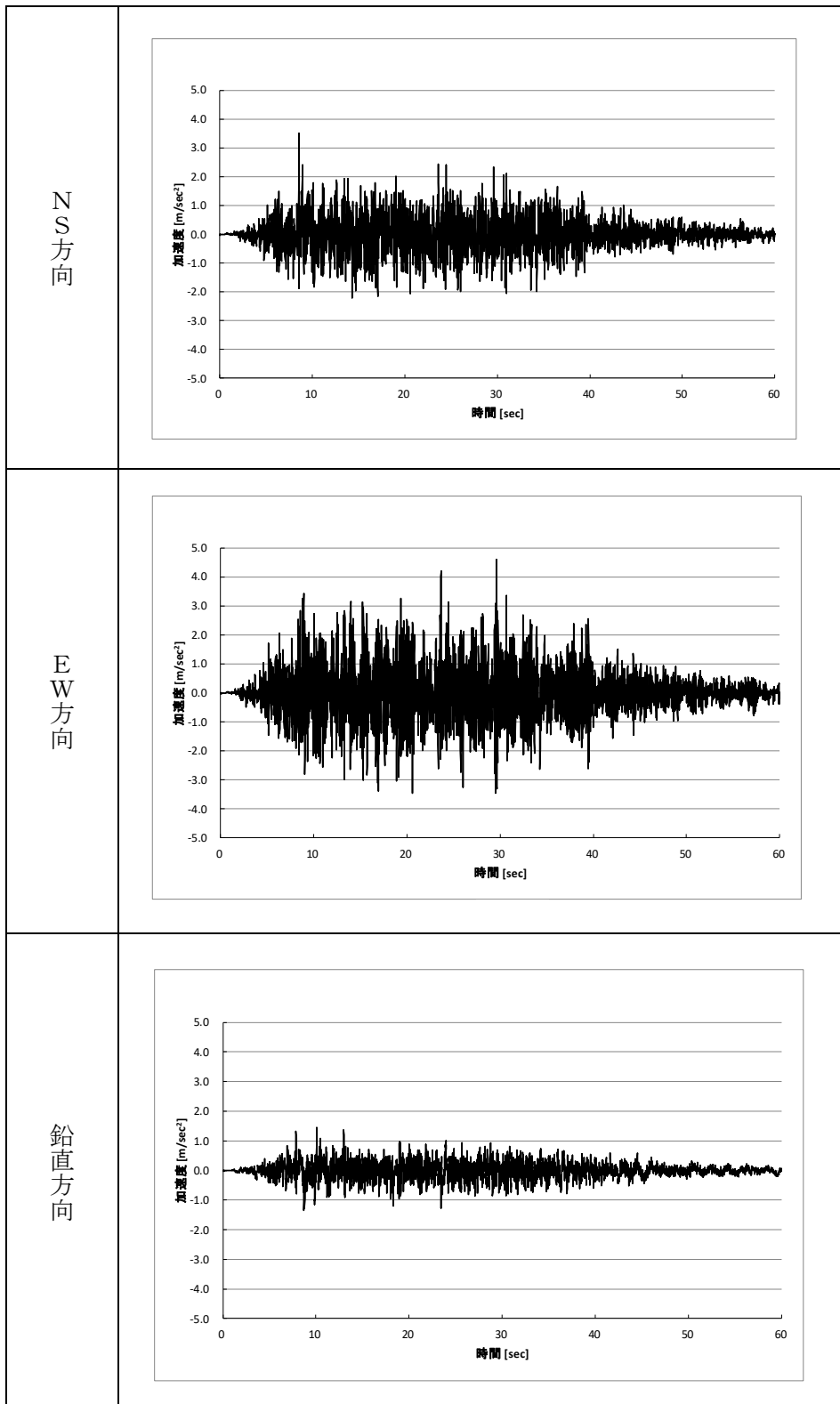


図 4.3-20 入力地震動 (S d - D × 1/2) 加速度時刻歴波形

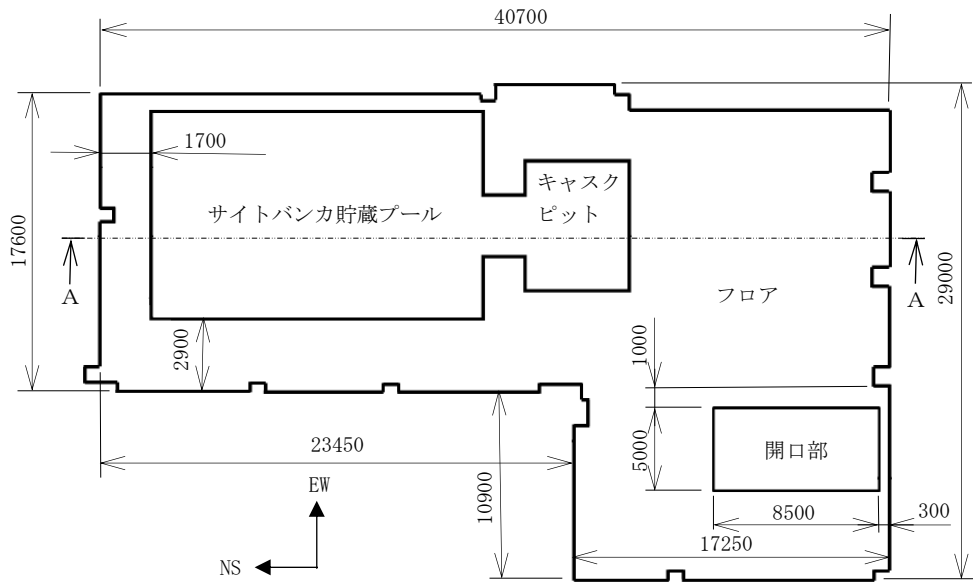
b. 解析条件

サイトバンカ貯蔵プールの解析条件を表 4.3-14 に、寸法図を図 4.3-21 に、解析モデル解析メッシュ図を図 4.3-22 に示す。

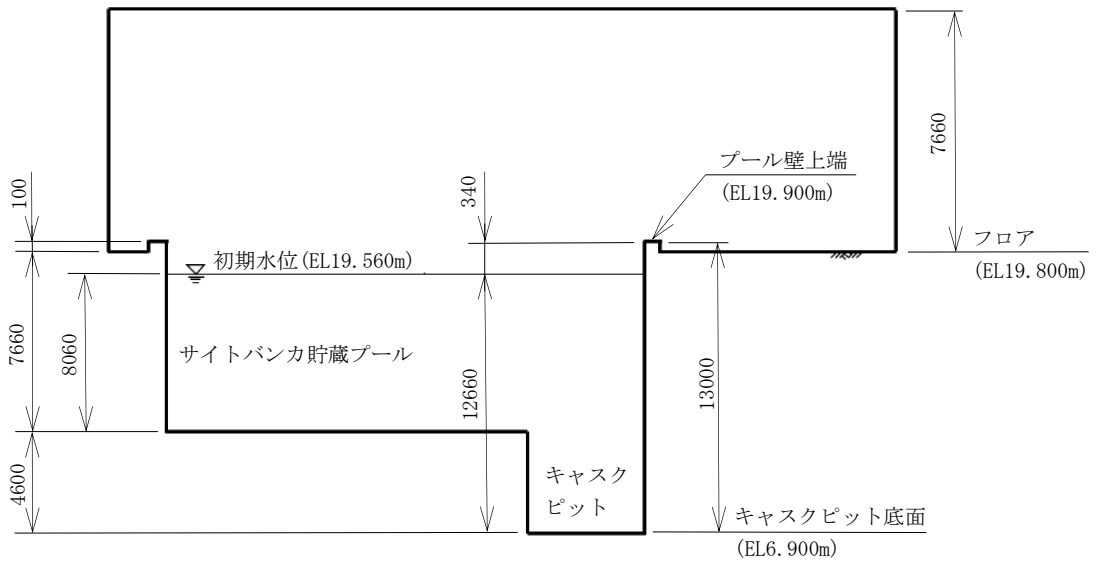
表 4.3-14 サイトバンカ貯蔵プールの解析条件

項目	内容
モデル化範囲	サイトバンカ貯蔵プール、キャスクピット、フロア空間（機器搬入口を除く）
境界条件	プール上部は開放とし、他は壁による境界を設定する。解析範囲外に流出した水は戻らないものとする。壁面での水の流速は 0 となるように設定する。
初期水位	EL19.560m (HWL : High Water Level)
評価用地震動	弾性設計用地震動 $S_d - D \times 1/2$ によるサイトバンカ建物フロア位置 (EL19.800m) の床応答波
解析コード	汎用熱流体解析コード F l u e n t Ver. 2020R1
解析時間	120 秒*
物性値	密度 (kg/m <sup>3</sup> ) : 1.190 (空気), 998.2 (水) 粘性係数 (Pa·s) : $1.827 \times 10^{-5}$ (空気), $1.094 \times 10^{-3}$ (水)
プール寸法	20000 mm (NS) × 13000 mm (EW) × 8400 mm (UD) (プール壁上端 EL19.900m)
プール内部構造物	内部構造物が流体の運動を阻害しないように、保守的な条件としてサイトバンカ貯蔵プールフロア内の設置物はモデル化しない。
その他	プール周りに設置されているフェンス等による流出に対する抵抗は考慮しない。

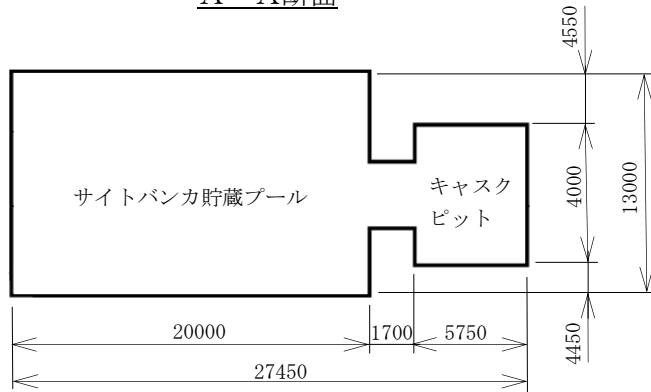
注記\* : 溢水量に有意な増加が確認できなくなった時間



サイトバンカ貯蔵プール平面図



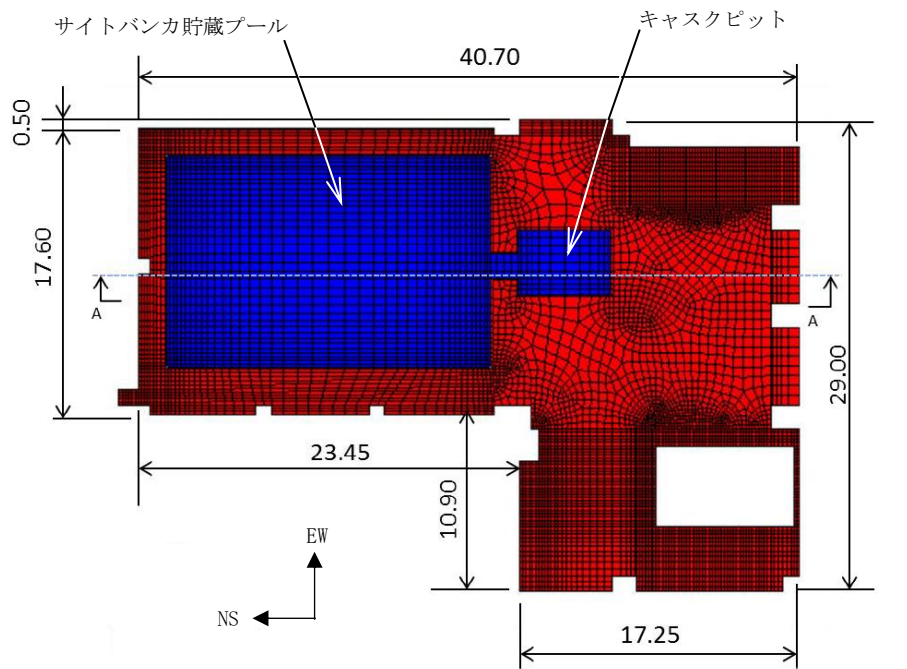
A-A断面



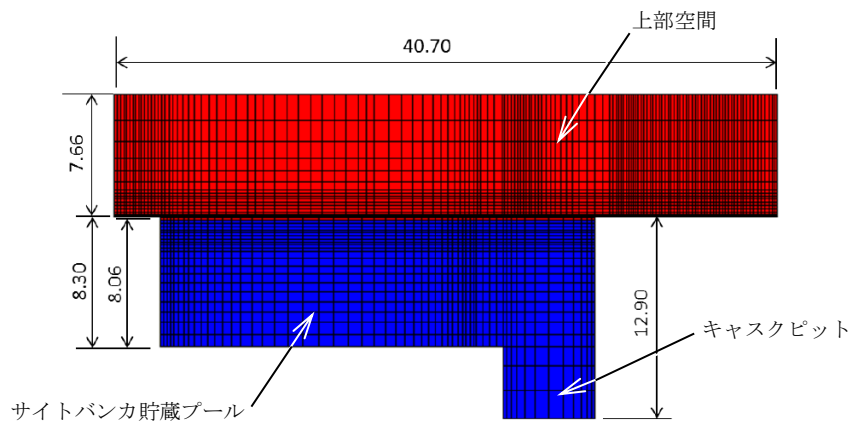
サイトバンカ貯蔵プール詳細

(単位：mm)

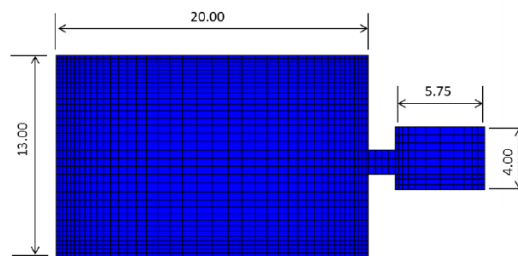
図 4.3-21 サイトバンカ貯蔵プールの寸法図



フロア空間



A-A



サイトバンカ貯蔵プール

(単位：m)

図 4.3-22 サイトバンカ貯蔵プールの解析モデル解析メッシュ図



c. スロッシング評価における地震力の組合せ

水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合の溢水量は、簡便な取り扱いとして、NS方向+鉛直方向、EW方向+鉛直方向の溢水量を足し合わせ、溢水量が大きくなるよう保守的に設定する。

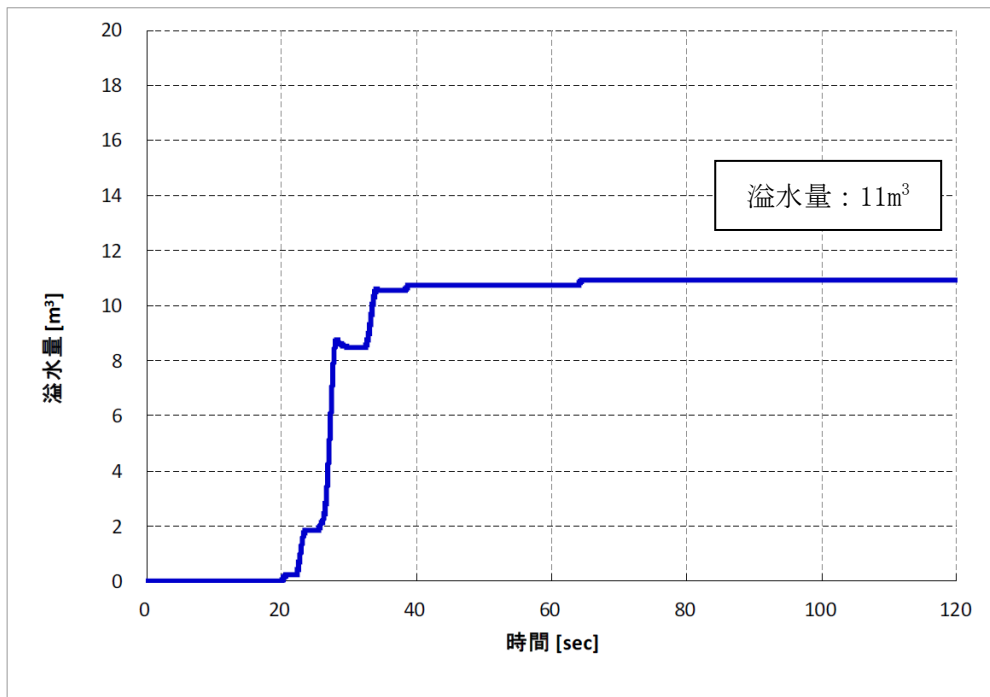
(2) 溢水量評価結果

解析により算定したサイトバンカ貯蔵プールのスロッシングによる溢水量を表4.3-15に、溢水量の時間変化を図4.3-23に、最大波高発生時間近傍における液面状態を図4.3-24に示す。

表 4.3-15 サイトバンカ貯蔵プールのスロッシングによる溢水量

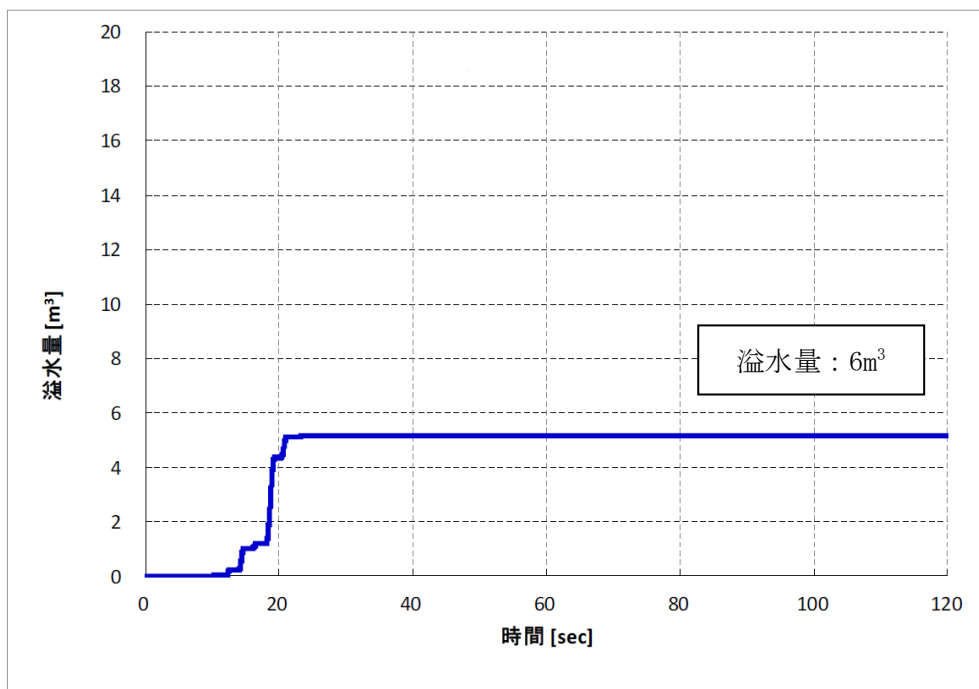
No.	解析ケース (入力条件)	溢水量(m <sup>3</sup> )*
①	NS+UD 方向 : S d - D × 1/2	11
②	ED+UD 方向 : S d - D × 1/2	6

注記\* : 表の値は、解析結果に対して小数点以下を切り上げた値を示す。



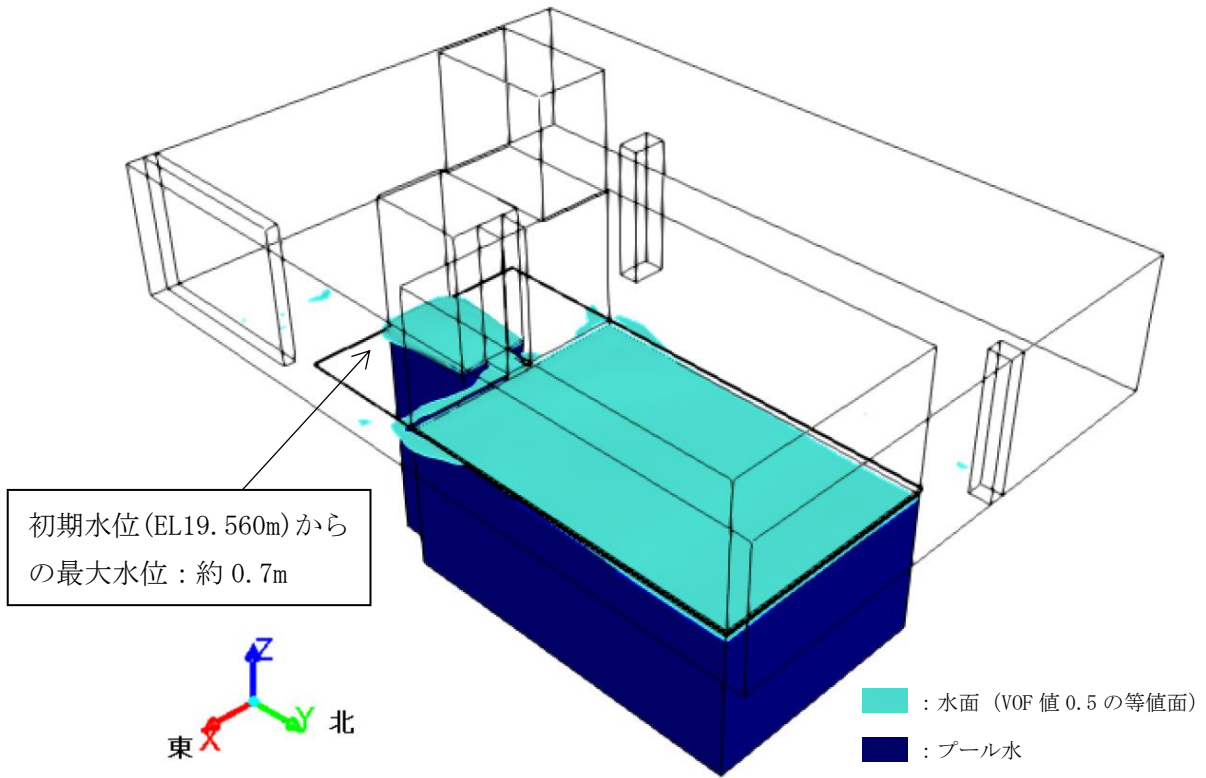
(1) 解析ケース① (NS+UD 方向) \*

注記\* : 30 秒付近などで溢水量が減少しているが、減少箇所については、サイトバンカ貯蔵プールからフロアに溢水した水が、プール内に戻ったことを示している。

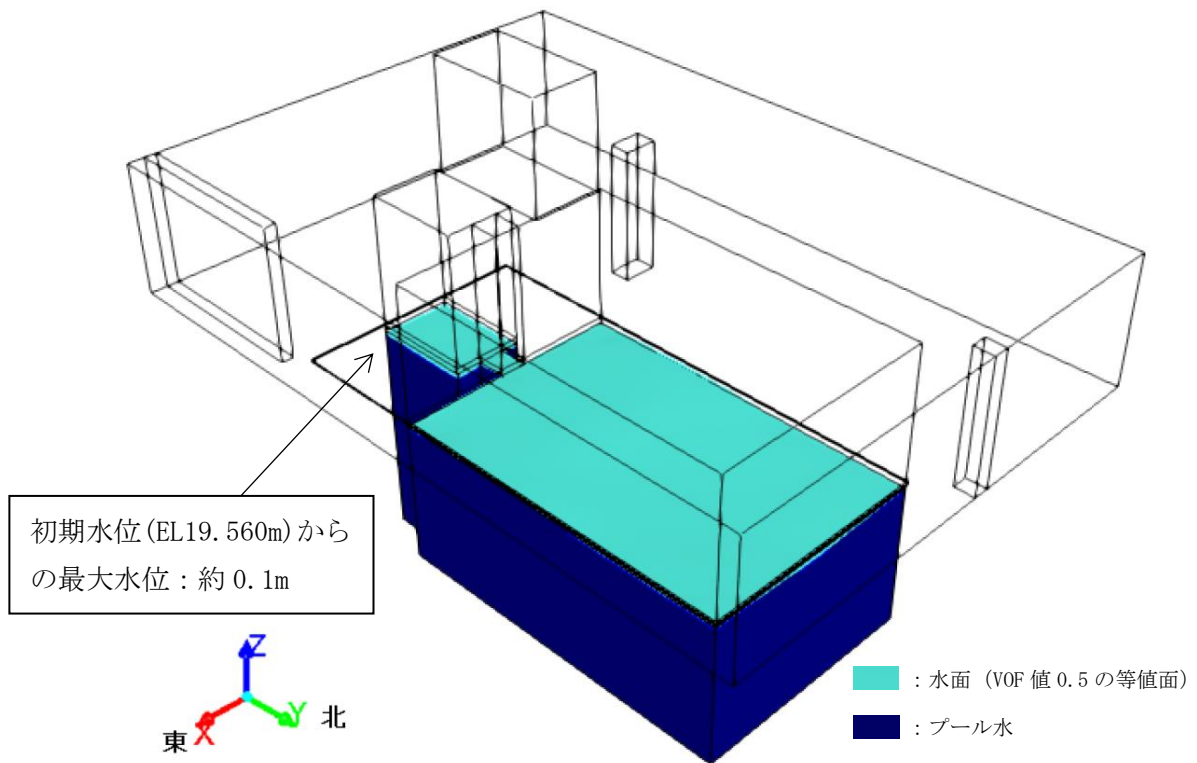


(2) 解析ケース② (EW+UD 方向)

図 4.3-23 サイトバンカ貯蔵プールからの溢水量の時間変化



(1) 解析ケース① (NS+UD 方向)



(2) 解析ケース② (EW+UD 方向)

初期水位からプール壁上端までは、0.34m (図 4.3-21 を参照)

図 4.3-24 最大波高発生時間近傍における液面状態

(3) 溢水評価に用いる溢水量

溢水評価では、解析値に保守性を見込んだものをスロッシングによる溢水量として使用する。具体的には、水平2方向の組合せに配慮し、NS方向+鉛直方向、EW方向+鉛直方向の溢水量を足し合わせて設定する。また、解析コード（F l u e n t）の検証結果（別紙参照）から、解析値と実験値の差を踏まえて解析値を1.1倍し、溢水量が大きくなるよう保守的に設定する。溢水評価に用いる溢水量を表4.3-16に示す。

表 4.3-16 溢水評価に用いる溢水量

溢水量(m <sup>3</sup> )*	設定方法
17	解析結果を足し合わせた値 (表4.3-15の①+②)
19	上記値に解析コードの不確かさを 考慮して1.1倍した値
20	上記値に対して保守性を考慮して設定 (1の位を切り上げ)

注記\*：表中の値について、溢水量の足し合わせ及び係数倍は解析結果に基づき実施し、表記上は小数点以下を切り上げた値を示す。

### 4.3.3 輪谷貯水槽（東側）のスロッシングによる溢水量の算出

基準地震動 $S_s$ による地震力によって生じるスロッシング現象を3次元流動解析により評価し、溢水量を算出する。輪谷貯水槽（東側）周辺の概要を図4.3-25に示す。

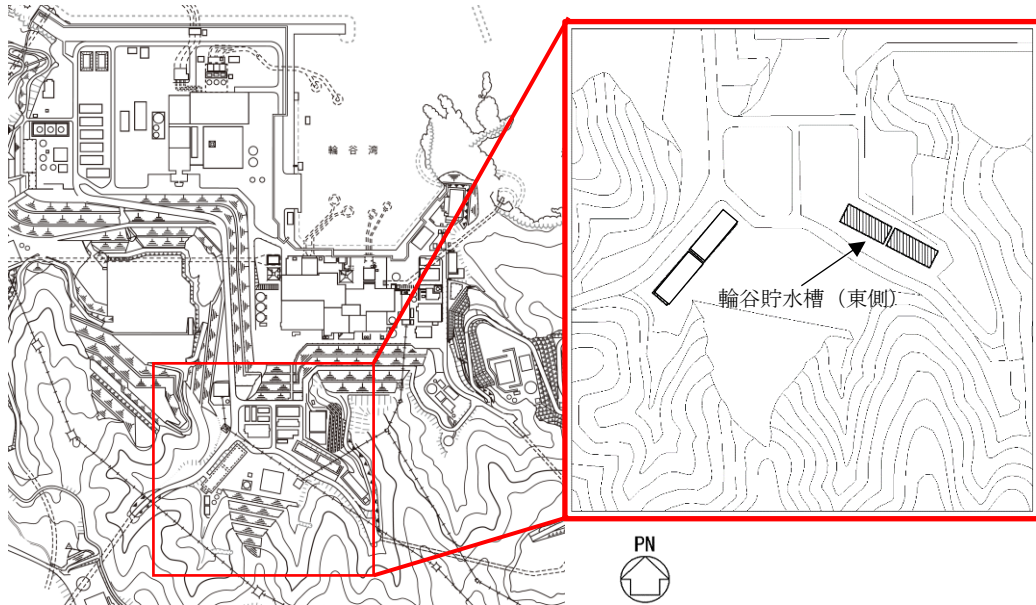


図 4.3-25 輪谷貯水槽（東側）周辺の概要図

#### (1) 解析評価

##### a. 評価に用いる地震動

3次元流動解析に用いる地震動は、スロッシング固有周期で応答スペクトルが最大となる地震動を選定する。スロッシング固有周期は、「4.3.1 燃料プール、原子炉ウエル及びDSPのスロッシングによる溢水量の算出」で示した燃料プールのスロッシング周期の算出方法と同様に、ハウスナー理論により算出することとし、スロッシング固有周期算定諸元及び固有周期を表4.3-17に示す。

基準地震動 $S_s$ の応答スペクトル（水平方向）を図4.3-26に示す。図4.3-26から、輪谷貯水槽（東側）のスロッシング解析に用いる地震動は、スロッシング固有周期領域（6秒～15秒）において、応答加速度が最大となる基準地震動 $S_s-D$ による応答波とする。なお、基準地震動 $S_s-D$ は、応答スペクトル手法に基づき策定された地震動であり、3次元流動解析ではNS方向とEW方向でほぼ同位相の入力となるため、NS方向+鉛直方向入力の解析とEW方向+鉛直方向入力の解析をそれぞれ実施する。スロッシング解析に用いた入力地震動の加速度時刻歴波形を図4.3-27に示す。

表 4.3-17 輪谷貯水槽（東側）のスロッシング固有周期

	NS 方向 (短辺方向)	EW 方向 (長辺方向)
振動方向の貯水槽長さ(m)	20.000	51.000
振動方向の貯水槽長さの 1/2(m) : $L$	10.000	25.500
貯水槽底面 EL(m)	44.200	44.200
水位(HWL : High Water Level) EL(m)	49.500	49.500
底面から液面までの高さ(m) : $h$	5.300	5.300
スロッシング固有周期(s) : $T$	6.10	14.31

(単位 : m)

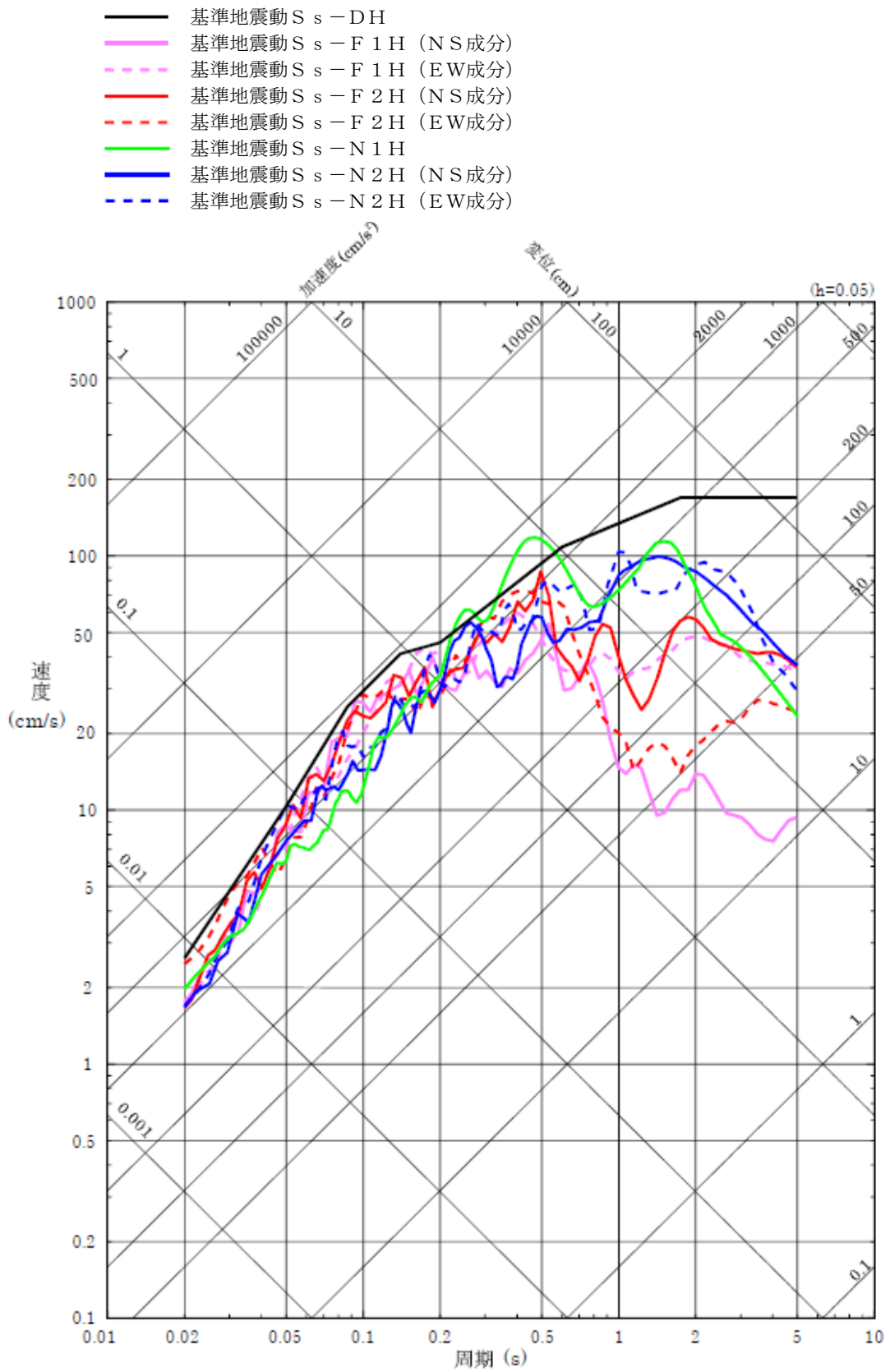


図 4.3-26 基準地震動  $S_s$  の応答スペクトル (水平方向)

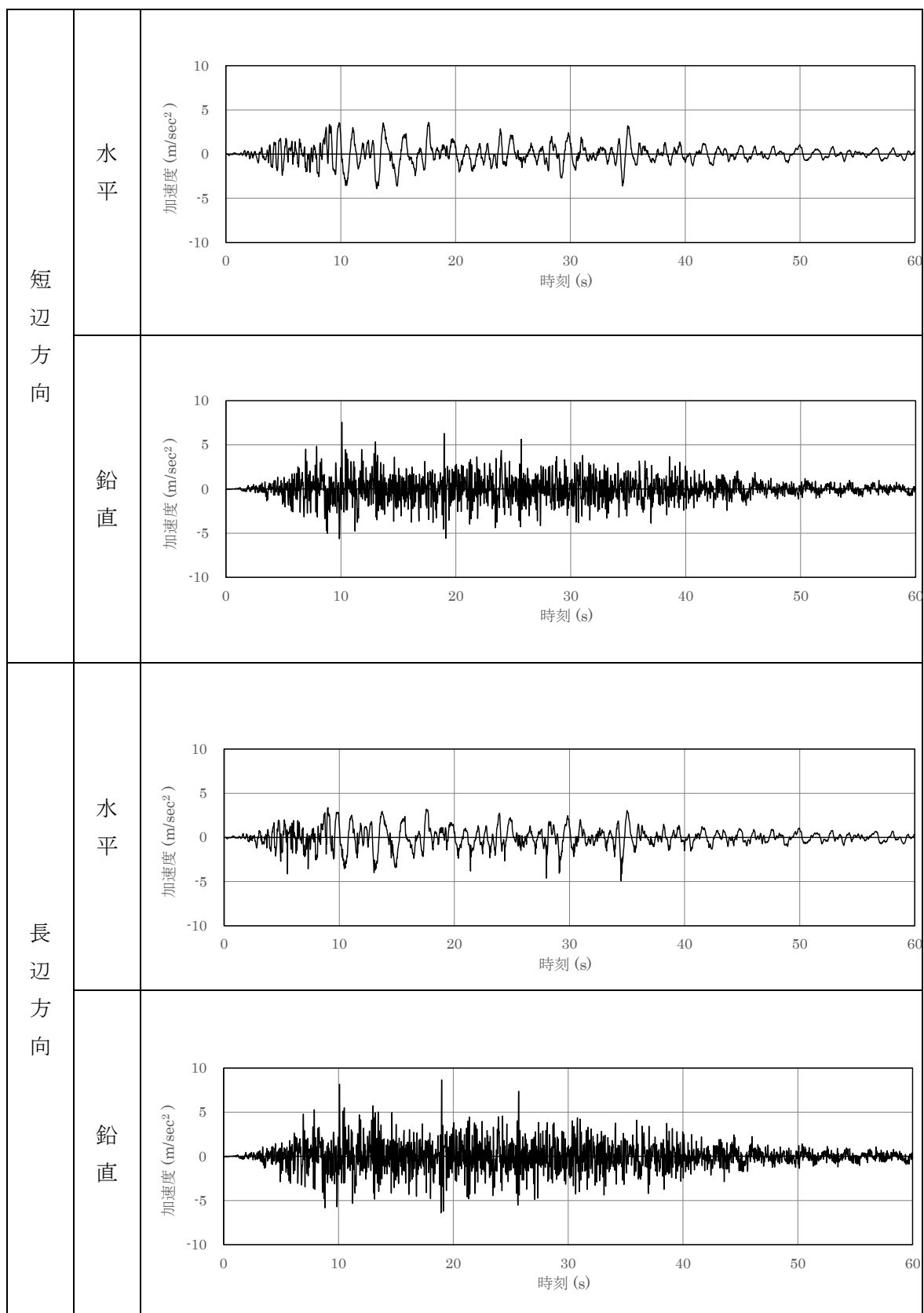


图 4.3-27 入力地震動 (S s - D) 加速度時刻歴波形



b. 解析条件

輪谷貯水槽（東側）の解析条件を表 4.3-18 に、寸法図を図 4.3-28 に、解析モデル解析メッシュ図を図 4.3-29 に示す。

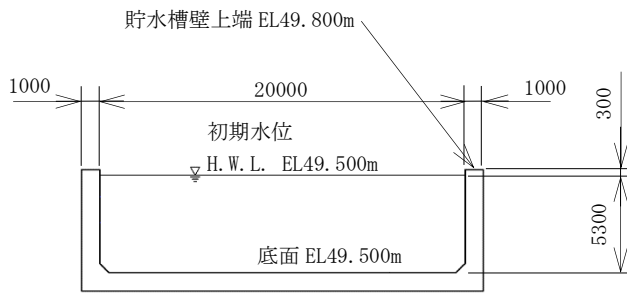
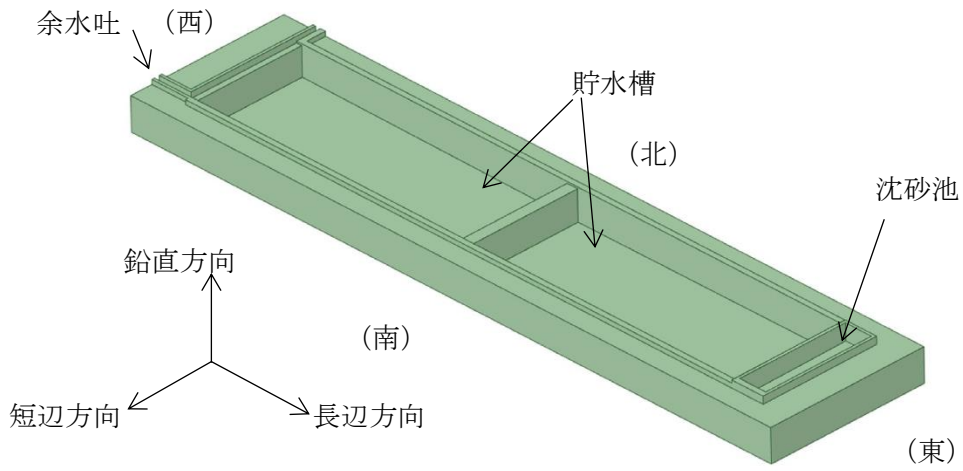
表 4.3-18 解析条件

項目	内容
モデル化範囲	輪谷貯水槽（東側，2 槽連結），上部空間
境界条件	貯水槽上部は開放とし，他は壁による境界を設定する。解析範囲外に流出した水は戻らないものとする。壁面での水の流速は 0 となるように設定する。
初期水位	EL49.500m (HWL:High Water Level)
評価用地震動	基準地震動 $S_s - D$ による輪谷貯水槽の応答波* <sup>1</sup>
解析コード	汎用熱流体解析コード F l u e n t Ver. 18.2.0
解析時間	500 秒* <sup>2</sup>
物性値	密度(kg/m <sup>3</sup> ): 1.21 (空気), 999 (水) 粘性係数(Pa·s): 1.799×10 <sup>-5</sup> (空気), 1.154×10 <sup>-3</sup> (水)
貯水槽寸法	20m (短辺) × 51m (長辺) × 5.3m (水位高さ) * <sup>3</sup> × 2 水槽 (貯水槽壁上端 EL49.800m)

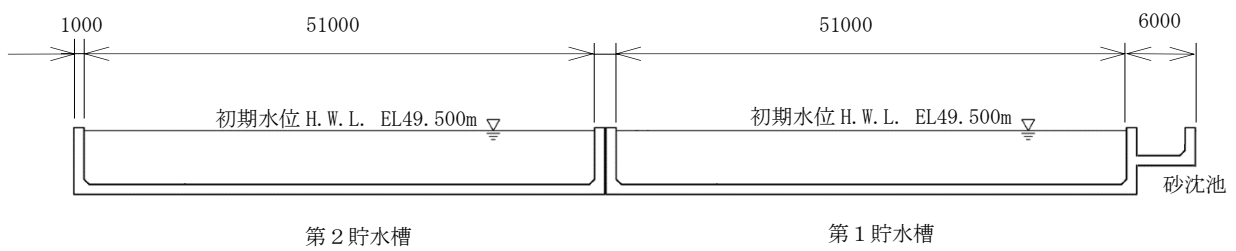
注記\*1: 短辺，長辺方向に沿った地震応答を算出し，スロッシング解析に適用している。

\*2: 溢水量に有意な増加が確認できなくなった時間

\*3: 最深部での水位高さを示す。



短辺方向断面



長辺方向断面

(単位：mm)

図 4.3-28 輪谷貯水槽 (東側) の寸法図

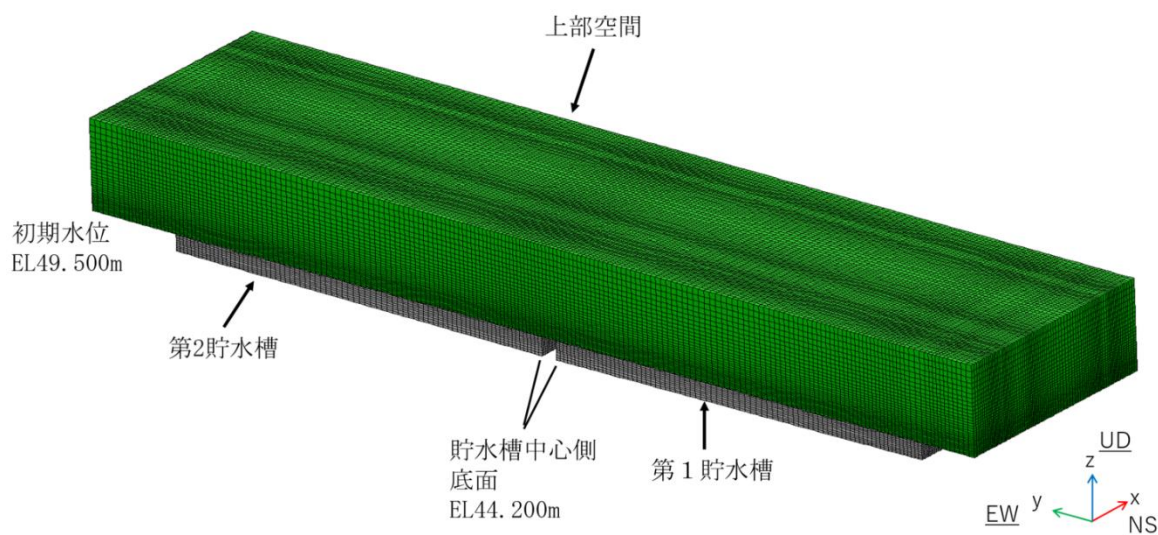
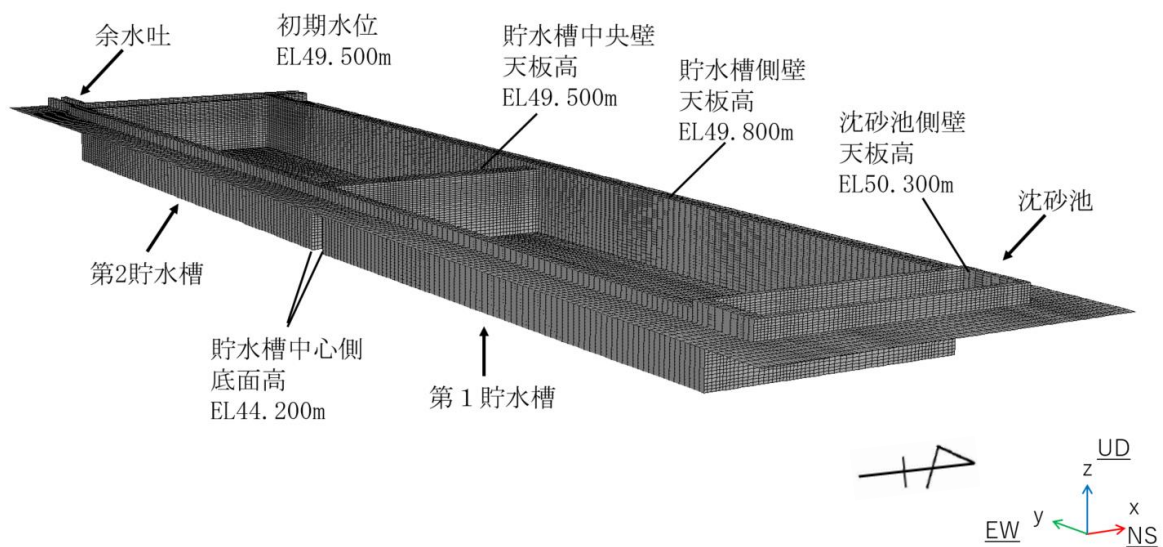


図 4.3-29 輪谷貯水槽（東側）の解析モデル解析メッシュ図

c. スロッシング評価における地震力の組合せ

水平2方向及び鉛直方向の地震力を組み合わせた場合の溢水量は、簡便な取り扱いとして、短辺方向+鉛直方向、長辺方向+鉛直方向の溢水量を足し合わせ、溢水量が大きくなるよう保守的に設定する。

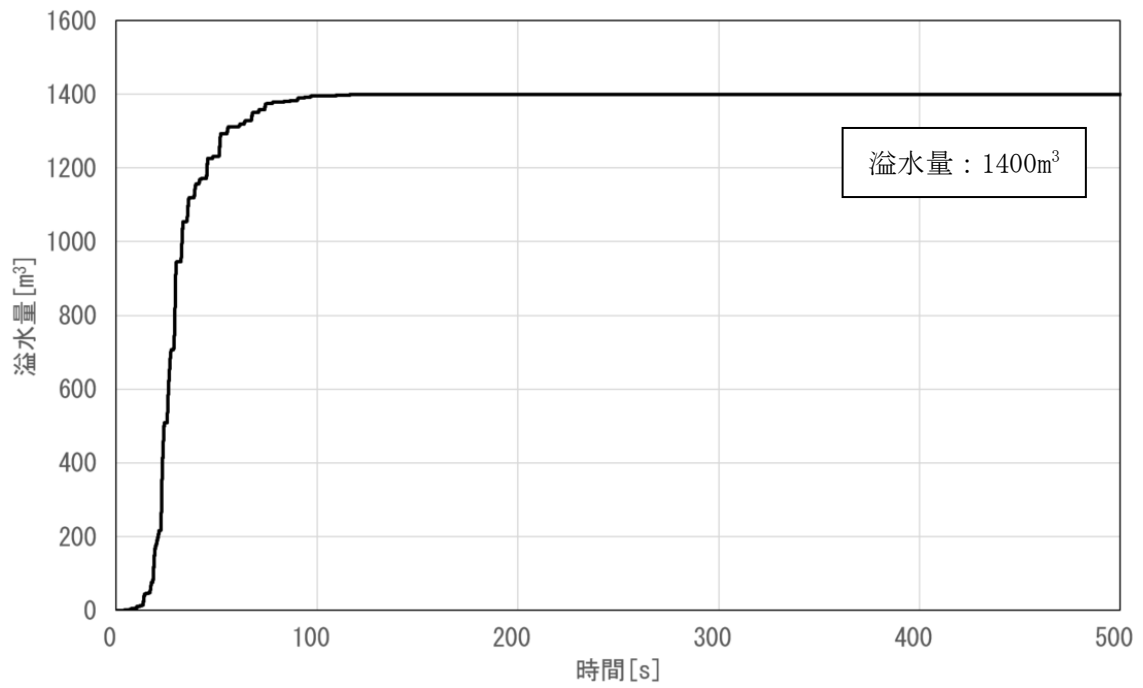
(2) 溢水量評価結果

解析により算定した輪谷貯水槽（東側）のスロッシングによる溢水量を表 4.3-19 に、溢水量の時間変化を図 4.3-30 に、最大波高発生時間近傍における液面状態を図 4.3-31 に示す。

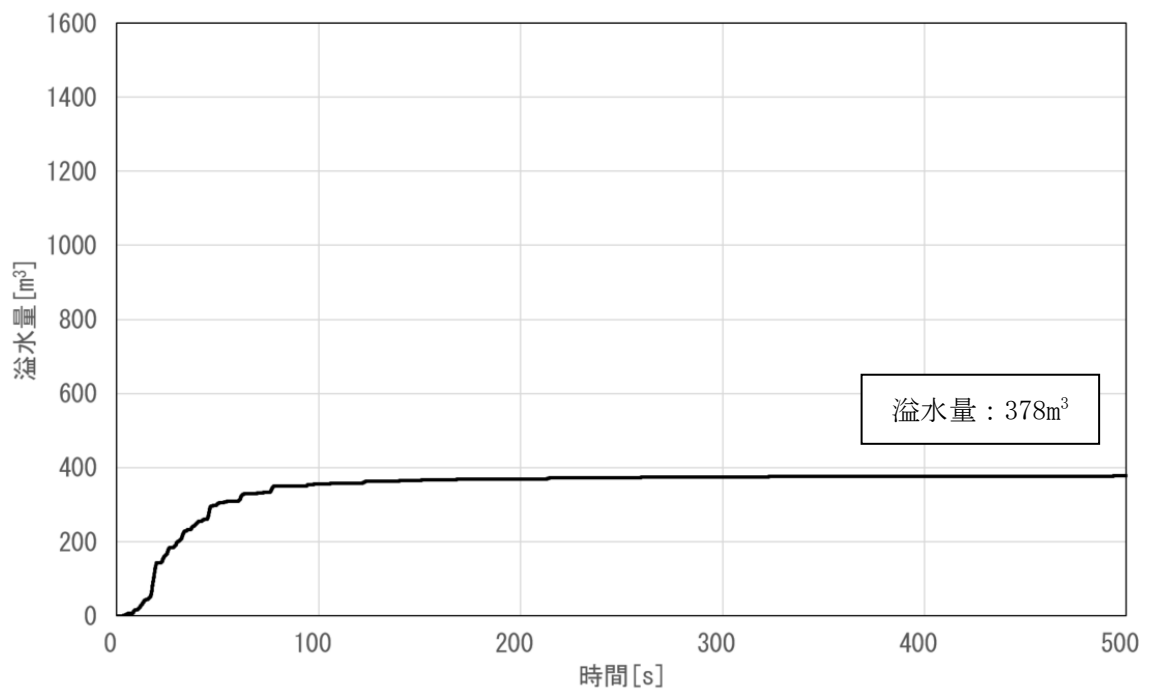
表 4.3-19 輪谷貯水槽（東側）のスロッシングによる溢水量

No.	解析ケース（入力条件）	溢水量(m <sup>3</sup> )*
①	短辺方向：S s - D 鉛直方向：S s - D	1400
②	長辺方向：S s - D 鉛直方向：S s - D	378

注記\*：表の値は、解析結果に対して小数点以下を切り上げた値を示す。

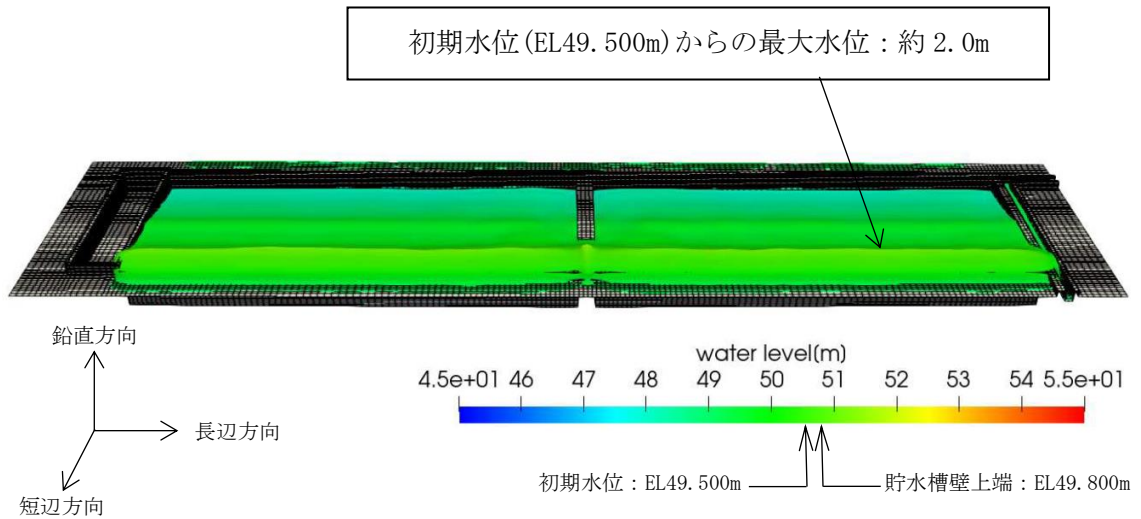


(1)解析ケース① (短辺方向+鉛直方向)

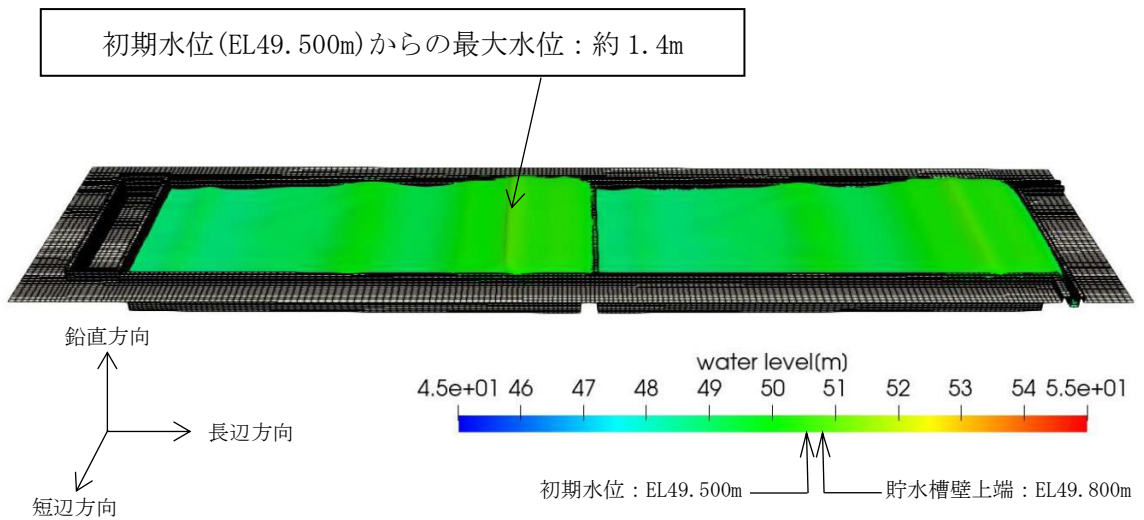


(2)解析ケース② (長辺方向+鉛直方向)

図 4.3-30 輪谷貯水槽 (東側) からの溢水量の時間変化



(1) 解析ケース① (短辺方向+鉛直方向)



(2) 解析ケース② (長辺方向+鉛直方向)

(初期水位と貯水槽壁上端の標高は、図 4.3-28 を参照)

図 4.3-31 最大波高発生時間近傍における液面状態

(3) 溢水評価に用いる溢水量

溢水評価では、解析値に保守性を見込んだものをスロッシングによる溢水量として使用する。具体的には、水平2方向の組合せに配慮し、短辺方向+鉛直方向、長辺方向+鉛直方向の溢水量を足し合わせて設定する。また、解析コード（F l u e n t）の検証結果（別紙参照）から、解析値と実験値の差を踏まえて解析値を1.1倍し、溢水量が大きくなるよう保守的に設定する。溢水評価に用いる溢水量を表4.3-20に示す。

表 4.3-20 溢水評価に用いる溢水量

溢水量(m <sup>3</sup> )*	設定方法
1778	解析結果を足し合わせた値 (表 4.3-19 の①+②)
1956	上記値に解析コードの不確かさを 考慮して1.1倍した値
2200	上記値に対して保守性を考慮して設定

注記\*：表中の値について、溢水量の足し合わせ及び係数倍は解析結果に基づき実施し、表記上は小数点以下を切り上げた値を示す。

1. 概要

F l u e n t は汎用熱流体解析コードで、VOF (Volume of Fluid) 法を用いて溢水を伴う大波高現象の解析を実施することが可能である。

VOF 法はスロッシング解析における精度の高い手法であり、複雑な容器形状や流体の非線形現象を考慮する場合に有効である。

2. 数値解析

(1) VOF (Volume of Fluid) 法について

VOFは下式に示すように計算格子 (セル) における流体の割合を示すスカラー量である。スロッシング解析では水を100%含む計算セルをVOF=1.0, 水が存在せず100%空気の計算セルをVOF=0.0としている。図1にVOFの計算セル例を示す。

$$\alpha_1 = \frac{V_1}{V}$$

... ①

$\alpha_1$	: VOF 値
$V_1$	: 流体 (水) 体積
$V$	: 計算セル体積

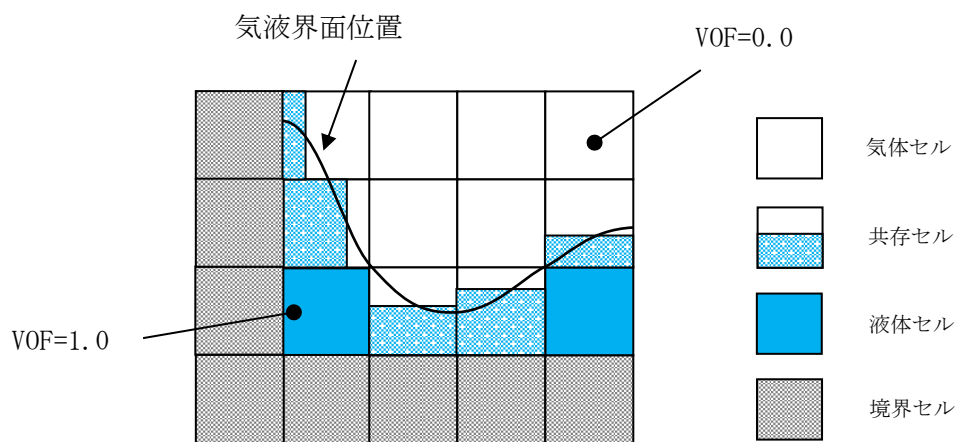


図1 計算セルの例



## (2) 基礎方程式

VOFに対して下記の輸送方程式を解く。

$$\frac{\partial \alpha_1}{\partial t} + \frac{\partial \alpha_1 u_i}{\partial x_i} = 0 \quad \dots \textcircled{2}$$

$u_i$  :  $i$  方向の流速  
 $i = 1, 2, 3$

②式の流速 $u_i$  は、③質量保存式、④運動量保存式より計算する。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i}{\partial x_i} = 0 \quad \dots \textcircled{3}$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho u_i u_j}{\partial x_j} = - \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_i} \tau_{ij} + \rho K_i \quad \dots \textcircled{4}$$

$\rho$  : 密度  
 $P$  : 圧力  
 $\tau_{ij}$  : 粘性応力テンソル  
 $K_i$  : 外力

質量保存式、運動量保存式で用いる密度 $\rho$ は⑤式により計算する。

$$\rho = \alpha_1 \rho_1 + (1 - \alpha_1) \rho_g \quad \dots \textcircled{5}$$

$\rho_1$  : 水密度  
 $\rho_g$  : 空気密度

## 3. 汎用熱流体解析コードFluentの検証

### 3.1 概要

Fluentを用いたスロッシング解析の妥当性検証を目的とし、水槽によるスロッシング検証試験で得られた液面変動及び溢水量と、解析によって得られた液面変動及び溢水量の比較を実施する。

### 3.2 試験概要

#### 3.2.1 試験装置

矩形の水槽を用いて、正弦波加振によるスロッシング試験を実施した。試験装置の概要を図2に示す。

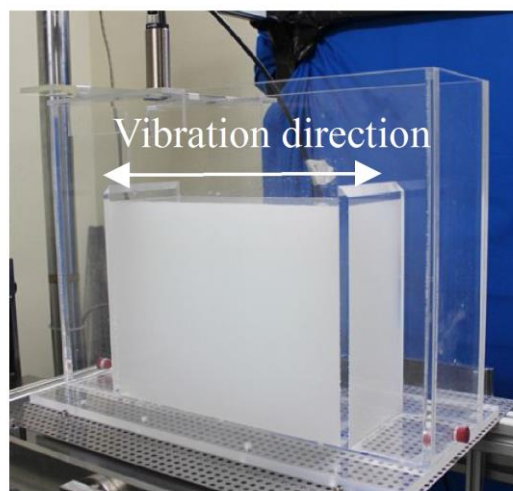
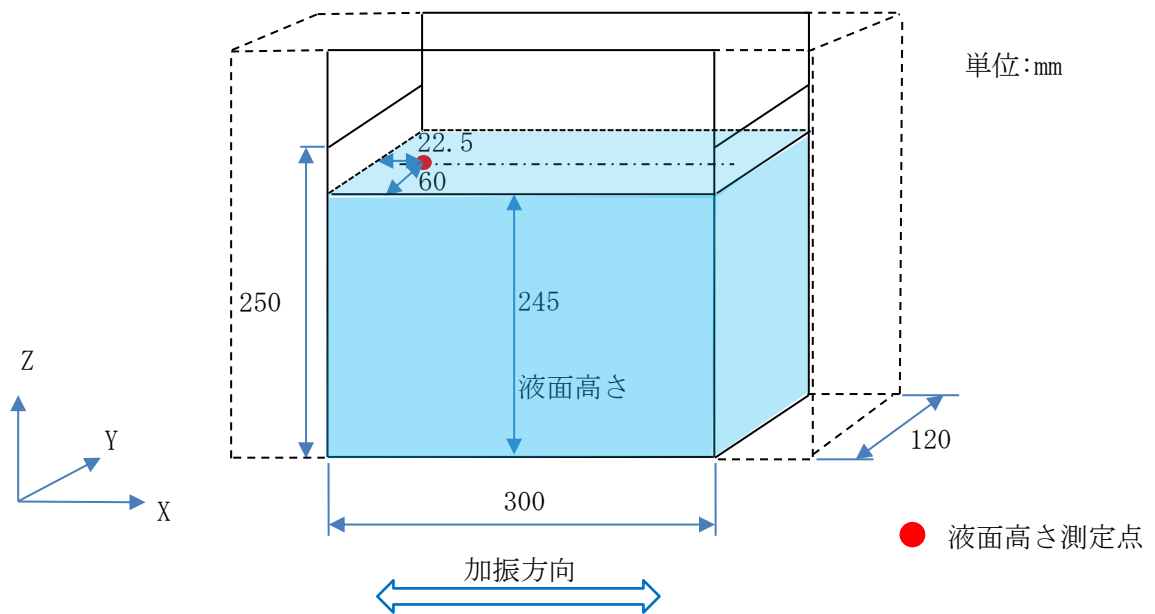


図2 試験装置概要

### 3.2.2 加振条件

試験体の一次スロッシング固有振動数は1.6Hz（固有周期0.625秒）である。この振動数で、最大加速度 $70\text{mm/s}^2$ の正弦波を10秒間、水槽のX方向に入力し、加振試験を実施した。

### 3.2.3 計測項目

液面変動及び加振後の溢水量を計測した。

### 3.3 検証解析

#### 3.3.1 解析モデル

試験体の寸法や形状を模擬した解析モデルの概要を図3に示す。

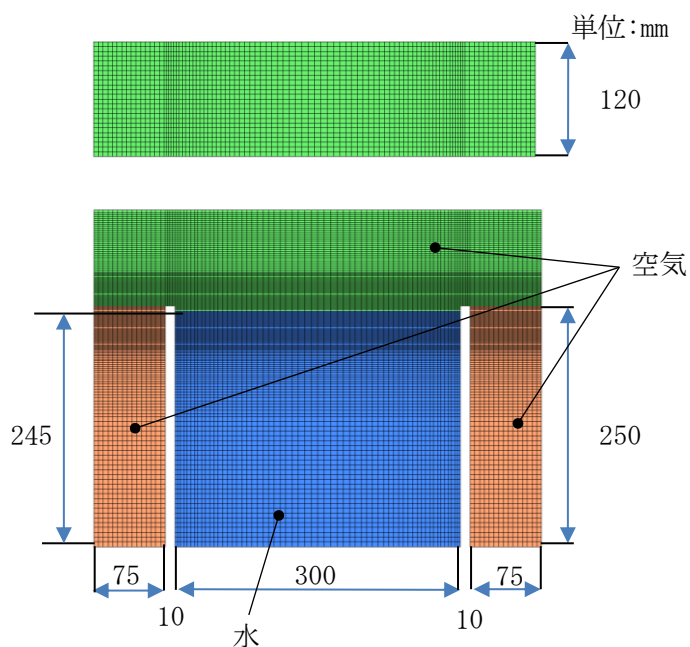


図3 解析モデル概要図

#### 3.3.2 入力加振波

スロッシング試験に用いた入力波（正弦波）を解析の入力加振波に用いる。入力加振波を図4に示す。

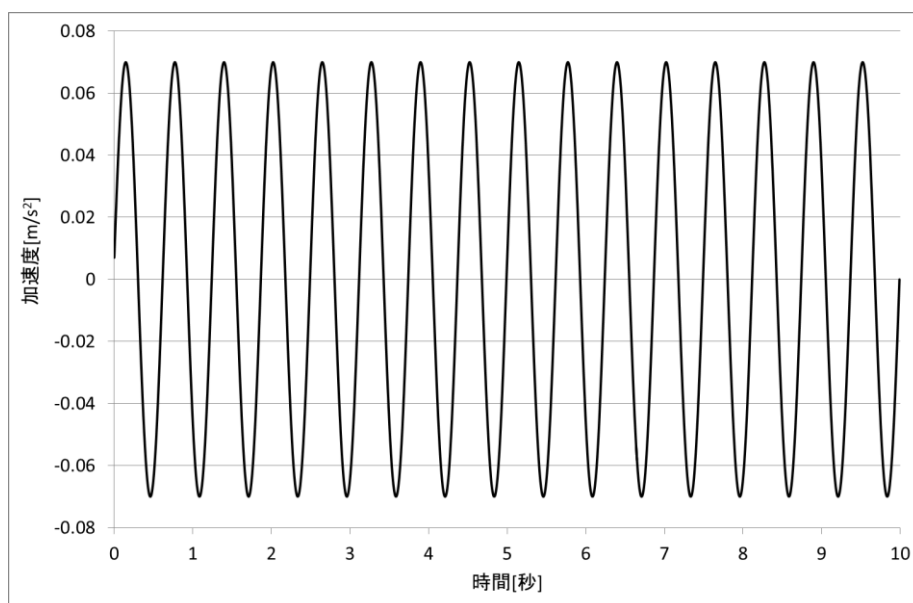


図4 入力加振波

### 3.3.3 解析結果

#### (1) 液面変動の比較

水槽の液面変動について、試験値とFluentによる解析値との比較を図5に示す。解析値は、試験値とほぼ同等の液面変動を示している。

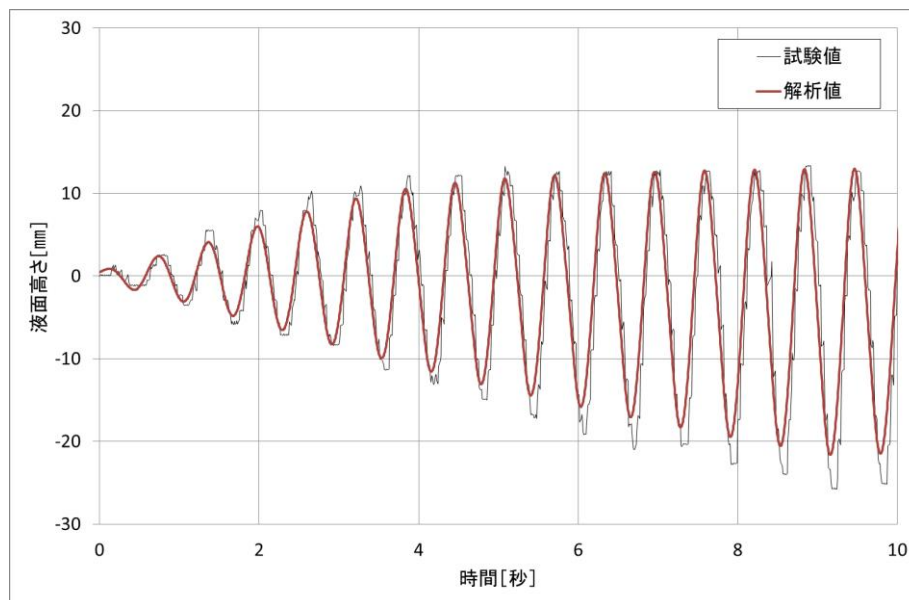


図5 液面変動の比較

#### (2) 溢水量比較

加振後の溢水量について、試験値とFluentによる解析値の比較を表1に、溢水量の解析結果を図6に示す。

表1 溢水量の比較

試験値	解析値	備考
213 cm <sup>3</sup>	231 cm <sup>3</sup>	解析は試験の108.5%*

注記\*：溢水評価では、解析によって得られた溢水量を、解析コードの不確かさを考慮して1.1倍した値を用いている。

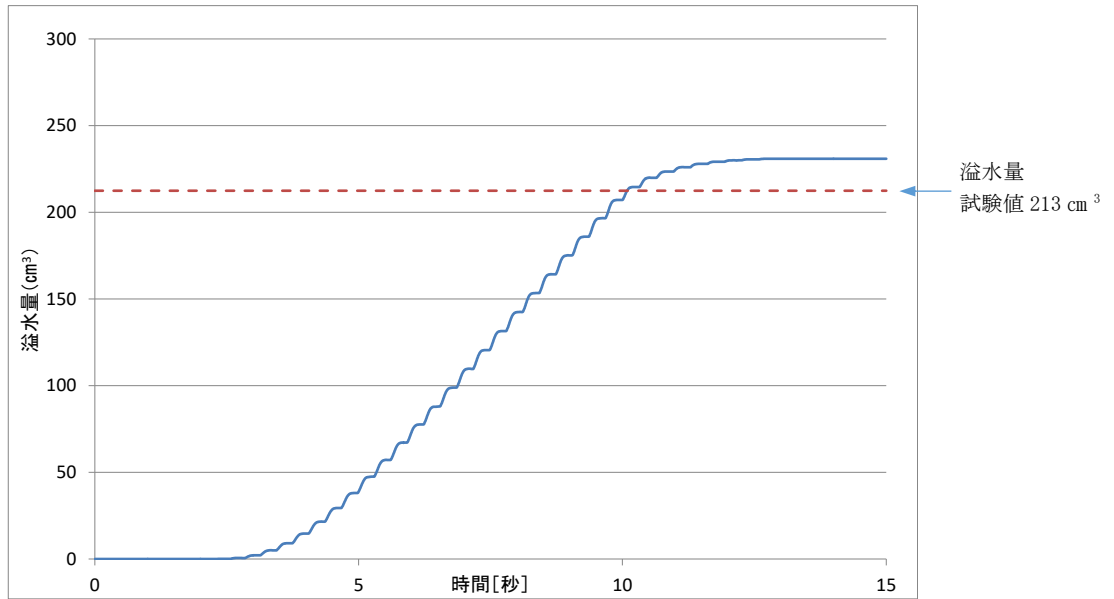


図 6 溢水量の解析結果

#### 4. 結論

スロッシング試験値と解析値を比較したところ、ほぼ同等の結果が得られており、Fluentによる溢水量評価の妥当性が確認できた。

なお、溢水評価では、スロッシング解析によって得られた溢水量を1.1倍した値を用いているが、検証で得られた試験値と解析値の溢水量の差異を考慮すると、妥当であると判断する。

#### ・参考文献

1. 藤田，牛尾，鬼塚ら(2017)，「使用済燃料プールの地震時溢水量評価に用いる解析コードの検証」，日本原子力学会 2017年 秋の大会 -3B11-

## 6.2 屋外タンク等からの溢水評価

### 6.2.1 はじめに

屋外タンク等の破損により生じる溢水が溢水防護区画へ伝播することがなく、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないことを確認する。

### 6.2.2 屋外タンク等からの地震起因による溢水評価

屋外タンク等からの溢水として、地震による損傷が否定できない屋外タンク等の破損を考慮する。

#### (1) 屋外タンク等の抽出

島根原子力発電所の敷地内に設置している屋外タンク等のうち溢水源とする屋外タンク等を、溢水源とする屋外タンク等の選定フロー（図 6.2-1）により抽出した。詳細を別紙 1 に示す。抽出した溢水源とする屋外タンク等を表 6.2-1 に、配置を図 6.2-2 に示す。

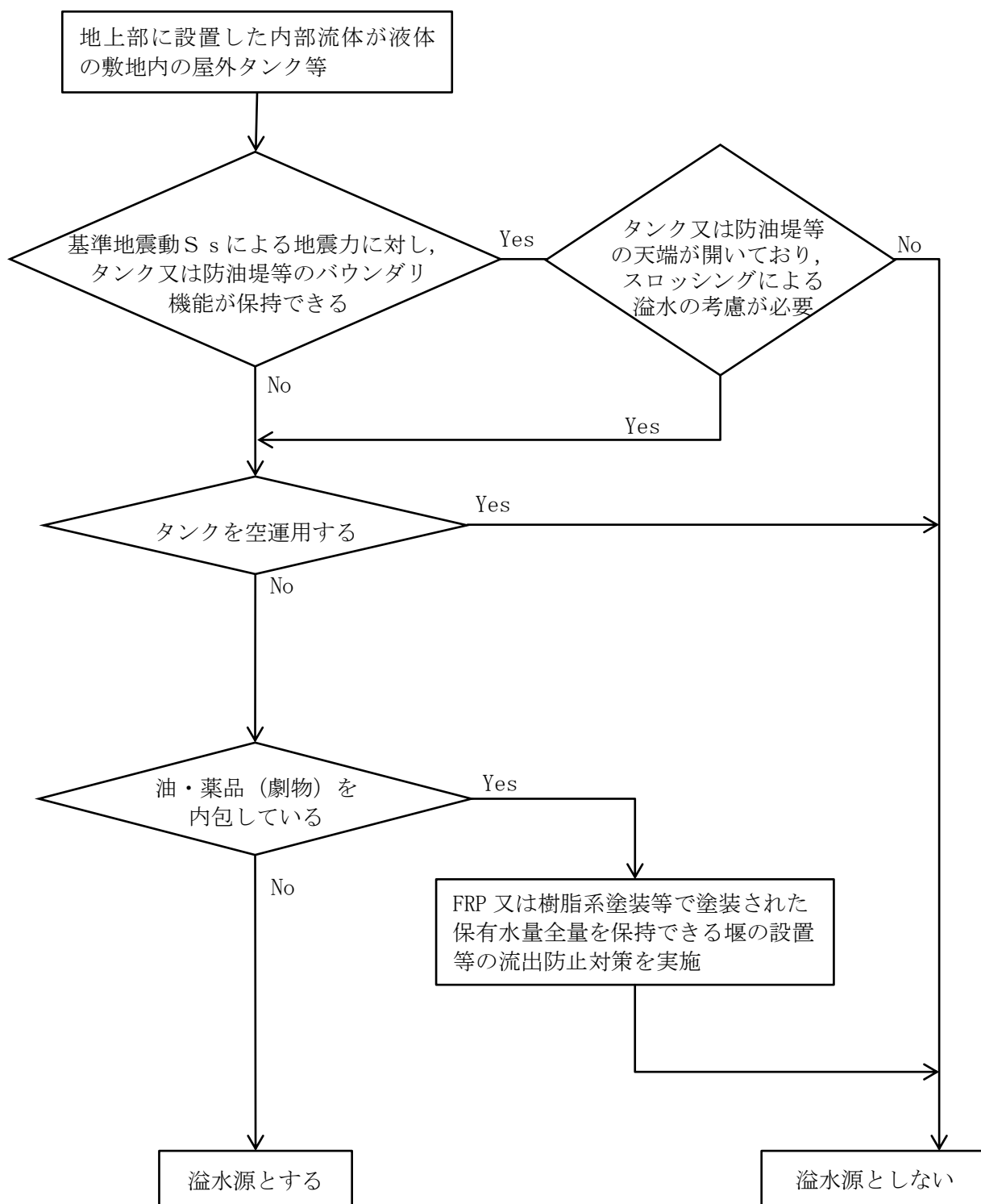


図 6.2-1 溢水源とする屋外タンク等の選定フロー

表 6.2-1 溢水源とする屋外タンク等 (1/2)

No	名称	保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m <sup>3</sup> )*1	配置 No	保有水量 20m <sup>3</sup> 以上 (山間部除く) の屋外タンク等	エリア No	合計 保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 合計溢水量 (m <sup>3</sup> )*2
1	雑用水タンク	33	49	25	○	エリア ①	2,924	3,366 (3,086)
2	宇中系統中継水槽 (西山水槽)	30	45	26	○			
3	碍子水洗タンク	146	161	22	○			
4	ガスタービン発電機用軽油タンク 用消火タンク	49	73	23	○			
5	A-44m 盤消火タンク	155	171	30	○			
6	B-44m 盤消火タンク	155	171	30	○			
7	輪谷貯水槽 (東側) 沈砂池	260	286	20	○			
8	原水 80t 水槽	80	120	24	○			
9	仮設水槽-1 (2号西側法面付近)	20	30	39	○			
10	仮設水槽-2 (2号西側法面付近)	20	30	40	○			
11	仮設水槽-3 (2号西側法面付近)	20	30	45	○			
12	輪谷貯水槽 (東側)	1,956*3	2,200	19	○			
13	泡消火薬剤貯蔵槽 (ガスタービン 発電機用軽油タンク)	1	—	n-43	—	162		
14	山林用防火水槽 (スカイライン)	50	—	n-52	—			
15	山林用防火水槽 (スカイライン)	50	—	n-52	—			
16	仮設水槽 (2号西側法面付近)	2	—	n-59	—			
17	防火水槽	20	—	n-74	—			
18	防火水槽	20	—	n-73	—			
19	鉄イオン溶解タンク (2号)	19	—	n-9	—			
20	純水タンク (A)	600	660	10	○	エリア ②	7,681	8,602 (7,712)
21	純水タンク (B)	600	660	10	○			
22	2号ろ過水タンク	3,000	3,300	11	○			
23	1号除だく槽	87	131	12	○			
24	1号ろ過器	62	93	13	○			
25	2号除だく槽	102	113	14	○			
26	2号ろ過器	36	54	15	○			
27	2号濃縮槽	30	45	16	○			
28	1号ろ過水タンク	3,000	3,300	17	○			
29	74m盤受水槽 (2槽)	60	90	27	○			
30	純水装置廃液処理設備	42	63	31	○			
31	22m盤受水槽	30	45	37	○			
32	59m盤トイレ用水貯槽	32	48	44	○	31		
33	補助ボイラープロータンク	1	—	n-24	—			
34	補助ボイラー冷却水冷却塔	1	—	n-24	—			
35	C-真空脱気塔	3	—	n-28	—			
36	D-真空脱気塔	3	—	n-28	—			
37	C/D 用冷却水回収槽	2	—	n-28	—			
38	A-真空脱気塔	2	—	n-38	—			
39	B-真空脱気塔	2	—	n-38	—			
40	冷却水回収槽	2	—	n-38	—			
41	1号除だく槽排水槽	7	—	n-41	—			
42	トイレ用ろ過水貯槽	8	—	n-41	—			



表 6.2-1 溢水源とする屋外タンク等 (2/2)

No	名称	保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m <sup>3</sup> )*1	配置 No	保有水量 20m <sup>3</sup> 以上 (山間部除く) の屋外タンク等	エリア No	合計 保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 合計溢水量 (m <sup>3</sup> )*2		
43	変圧器消火水槽	306	336	4	○	エリア ③	441	539 (455)		
44	電解液受槽 (1号)	22	33	5	○					
45	A-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○					
46	B-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○					
47	管理事務所 4号館用消火タンク	21	32	36	○					
48	電解液受槽 (2号)	10	—	n-8	—		14			
49	1号海水電解装置電解槽 (循環ライン 8槽)	2	—	n-8	—					
50	2号海水電解装置電解槽 (非循環ライン 12槽)	2	—	n-8	—					
51	3号ろ過水タンク (A)	1,000	1,100	1	○				エリア ④	6,979
52	3号純水タンク (A)	1,000	1,100	2	○					
53	消火用水タンク (A)	1,200	1,320	3	○					
54	消火用水タンク (B)	1,200	1,320	3	○					
55	3号仮設海水淡水化装置 (海水受水槽)	25	38	29	○					
56	仮設合併処理槽	31	46	34	○					
57	3号純水タンク (B)	1,000	1,100	32	○					
58	3号ろ過水タンク (B)	1,000	1,100	33	○					
59	A-45m 盤消火タンク	155	171	38	○					
60	B-45m 盤消火タンク	155	171	38	○					
61	宇中受水槽	24	36	46	○					
62	宇中合併浄化槽 (1)	63	94	42	○					
63	宇中合併浄化槽 (2)	126	139	43	○					
64	海水電解装置脱気槽	12	—	n-13	—	44				
65	補助ボイラー排水処理装置 排水pH中和槽	3	—	n-14	—					
66	重油タンク用泡原液差圧調合槽	2	—	n-15	—					
67	補助ボイラー補機冷却水薬液注入貯槽	1	—	n-14	—					
68	ブロータンク	1	—	n-14	—					
69	排水放流槽	1	—	n-14	—					
70	訓練用模擬水槽	4	—	n-58	—					
71	3号仮設海水淡水化装置 (RO 処理水槽)	15	—	n-76	—					
72	3号仮設海水淡水化装置 (仮設純水槽)	5	—	n-77	—					
73	管理事務所 1号館東側調整池	1,520	1,672	9	○	エリア ⑤	1,830	2,014 (1,840)		
74	A-50m 盤消火タンク	155	171	28	○					
75	B-50m 盤消火タンク	155	171	28	○					
76	濁水処理装置	10	—	n-71	—		10			
合 計							20,116	22,256		

注記\*1: 評価に用いる溢水量は保有水量を以下のとおり割り増した。

20m<sup>3</sup>以上 100m<sup>3</sup>以下の屋外タンク等: 1.5倍

100m<sup>3</sup>を超える屋外タンク等: 1.1倍

輪谷貯水槽 (東側): 1,956m<sup>3</sup>を上回る 2,200m<sup>3</sup>とした。

\*2: () 内はエリア内の溢水源とする屋外タンク等の合計保有水量を示す。

\*3: 輪谷貯水槽のスロッシング解析値(1,778m<sup>3</sup>)を 1.1倍し、切り上げた値

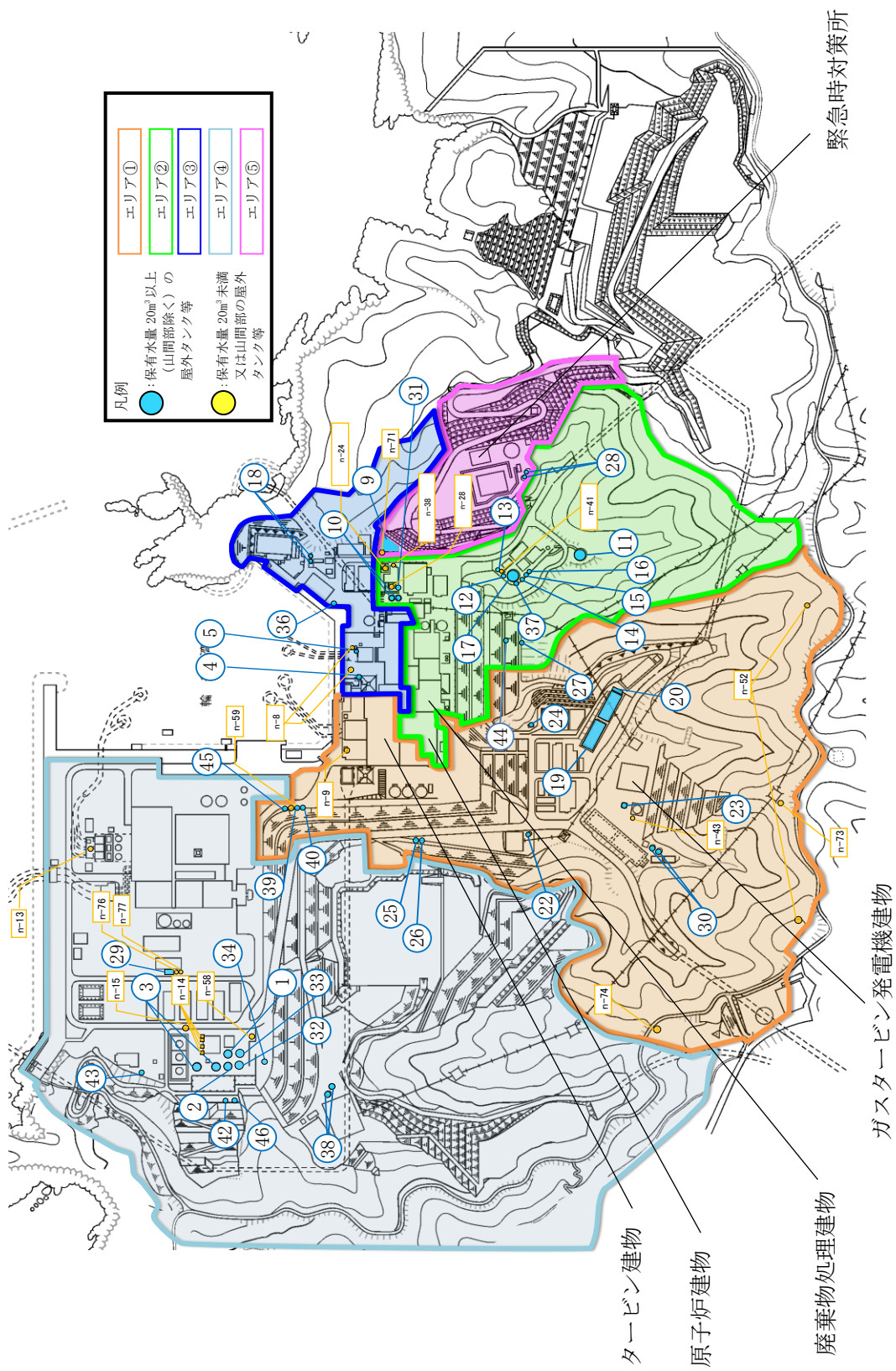


図 6.2-2 溢水源とする屋外タンク等の配置図

## (2) 屋外タンク等の溢水伝播挙動評価

屋外タンク等の地震による損傷形態としてはタンクの側板基礎部や側板上部の座屈、また接続配管の破断等が考えられる。このため、地震によりタンクに大開口が生じ短時間で大量の水が流出するようなことはないと考えられるが、屋外タンク等の損傷形態及び溢水の伝播について、以下に示す保守的な設定を行ったうえで、溢水伝播挙動評価を行う。

### a. 溢水事象の設定

#### (a) 損傷形態及び溢水の伝播についての設定

輪谷貯水槽（東側）は基準地震動  $S_s$  によって生じるスロッシングをスロッシング解析の溢水量（時刻歴）で模擬し、その他溢水源は地震による損傷をタンク側板全周が瞬時に消失するとして模擬する。損傷形態の概要図を図 6.2-3 に示す。また、構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。なお、スロッシング解析の時刻歴結果は「4.3 燃料プール等のスロッシングによる溢水量の算出」の図 4.3-30 に示す。

#### (b) 溢水源の設定

島根原子力発電所の敷地形状を 3 次元モデルで模擬する。評価モデルを図 6.2-4 に示す。

溢水源とする屋外タンク等のモデル化にあたっては、敷地形状（尾根、谷、敷地高さ）を踏まえた発電所構内に流入する降水の集水範囲から、屋外タンク等の設置エリアを 5 箇所エリアに区分する。エリアを区分するうえで考慮した敷地形状を表 6.2-2 に示す。

表 6.2-1 に示す保有水量  $20\text{m}^3$  以上（山間部除く）の屋外タンク等は、その設置位置でモデル化する。また、分散している溢水源を集中させることで水位が高くなることから、保有水量  $20\text{m}^3$  未満又は山間部の屋外タンク等は、その設置位置でモデル化せず、各エリアでモデル化する屋外タンク等の保有水量を割り増すことで考慮する。

区分した各エリアと溢水源とする屋外タンク等の配置を図 6.2-2 に、各エリア内の屋外タンク等の合計保有水量と溢水伝播挙動評価に用いる溢水量を表 6.2-1 に示す。

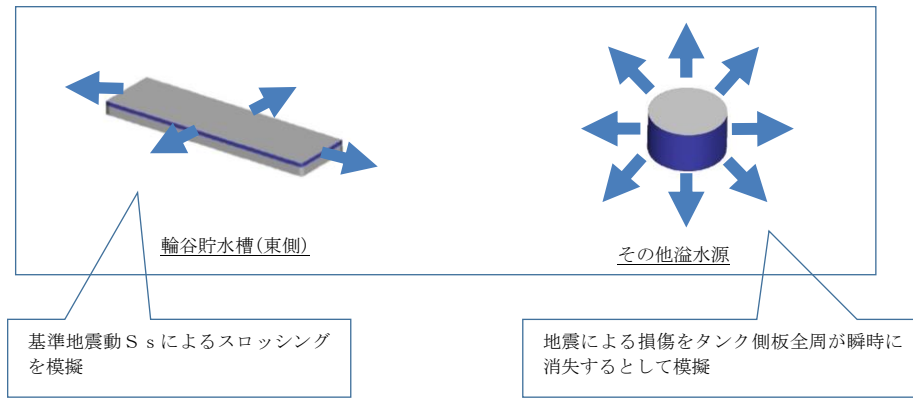


図 6.2-3 損傷形態の概要図

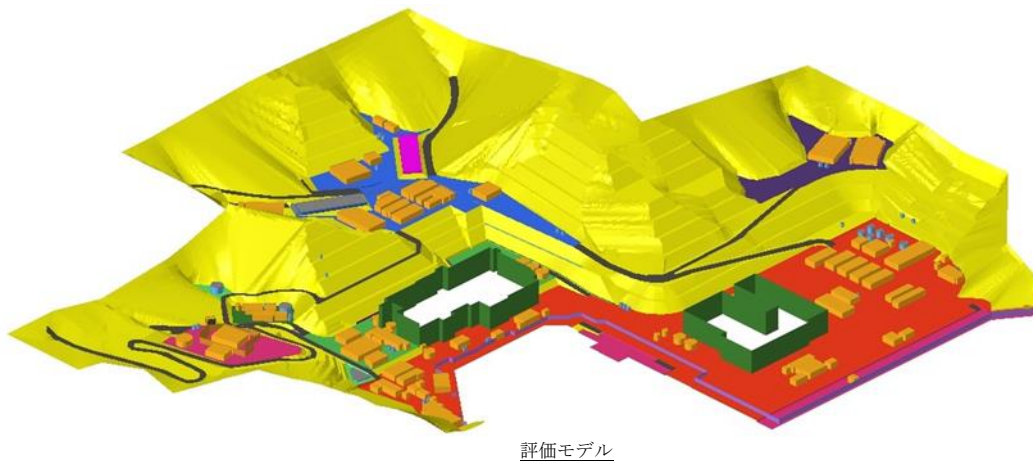


図 6.2-4 溢水伝播挙動の評価モデル

表 6.2-2 エリア区分で考慮した敷地形状

設置エリア	考慮した主な敷地形状
エリア①/②	尾根
エリア①/③	敷地高さ
エリア①/④	尾根
エリア②/③	敷地高さ
エリア②/⑤	敷地高さ
エリア③/⑤	谷

b. 溢水伝播挙動評価条件

溢水伝播挙動評価は、汎用熱流体解析コード Fluent を用いて VOF 法による 3 次元流体解析を実施し、3 次元モデル上に多数設定された計算格子（セル）の中で、水で満たされているセル、空気で満たされているセル、水と空気の境界が存在しているセルから、水と空気の境界の高さや水の流れる向きを時間ごとに解析することで各時刻、各地点における浸水深を算出する。溢水伝播挙動評価条件を表 6.2-3 に示す。

表 6.2-3 溢水伝播挙動評価条件

項目	内容
モデル化範囲	島根原子力発電所敷地内
境界条件	モデル化範囲全周を壁面境界とし、溢水が敷地外へ排出しない設定とする。地形、構造物、モデル側面は壁面境界とし、モデル上面は圧力境界とする。溢水源は溢水時には流入境界とし、その他の時間は壁面境界とする。
解析コード	汎用熱流体解析コード Fluent Ver. 18.2.0
解析手法	3次元モデルを使用した VOF (Volume of Fluid) 法
解析種類	非定常解析
解析時間	解析時間間隔は 0.1 秒、解析終了時間は 1 時間とする。
物性値	密度 (kg/m <sup>3</sup> ) : 1.21 (空気), 999 (水) 粘性係数 (Pa・s) : 1.799×10 <sup>-5</sup> (空気), 1.154×10 <sup>-3</sup> (水)
重力加速度	9.80665m/s <sup>2</sup>

c. 溢水伝播挙動評価結果

溢水伝播挙動評価の結果として得られた溢水伝播挙動を図 6.2-5 に示す。

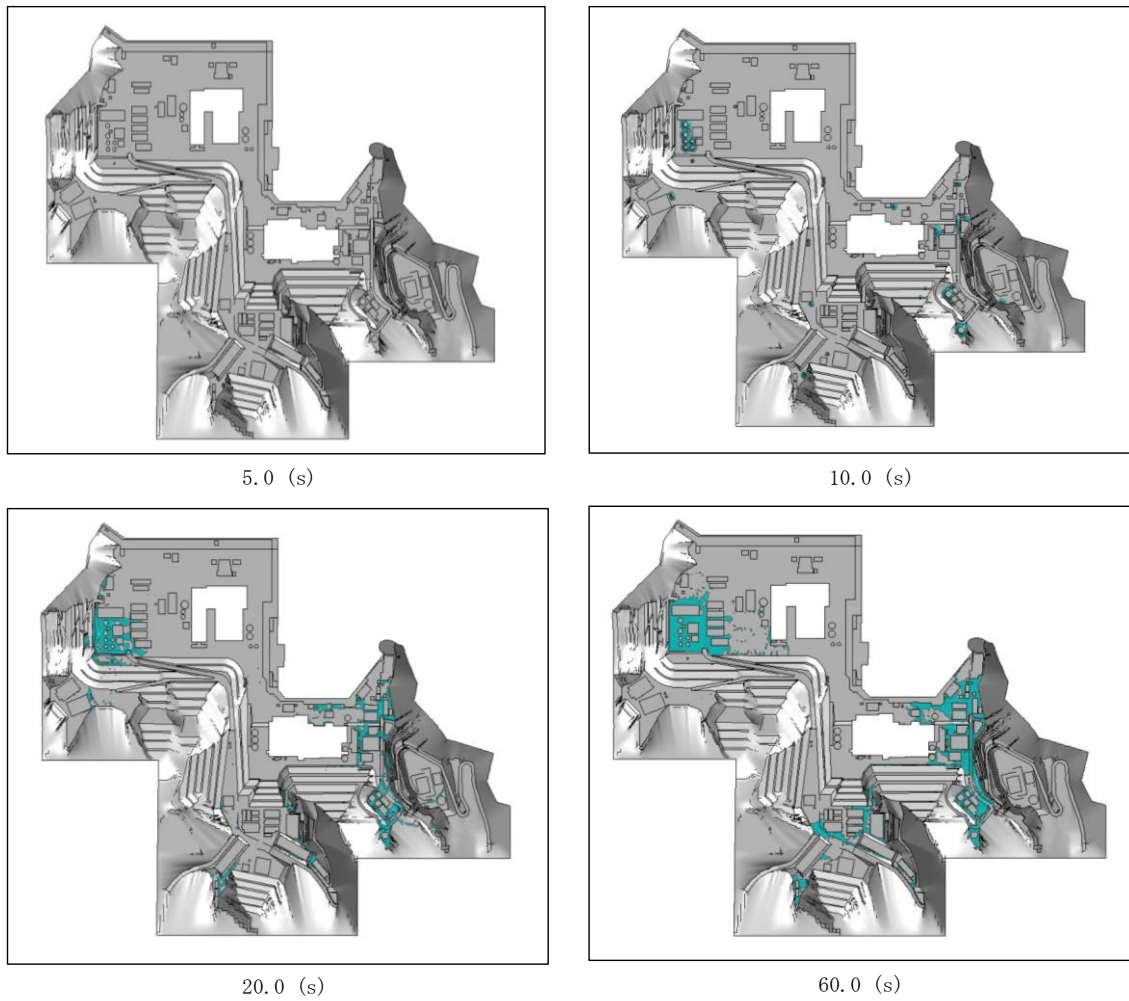


図 6.2-5 屋外タンク等の溢水伝播挙動 (1/2)



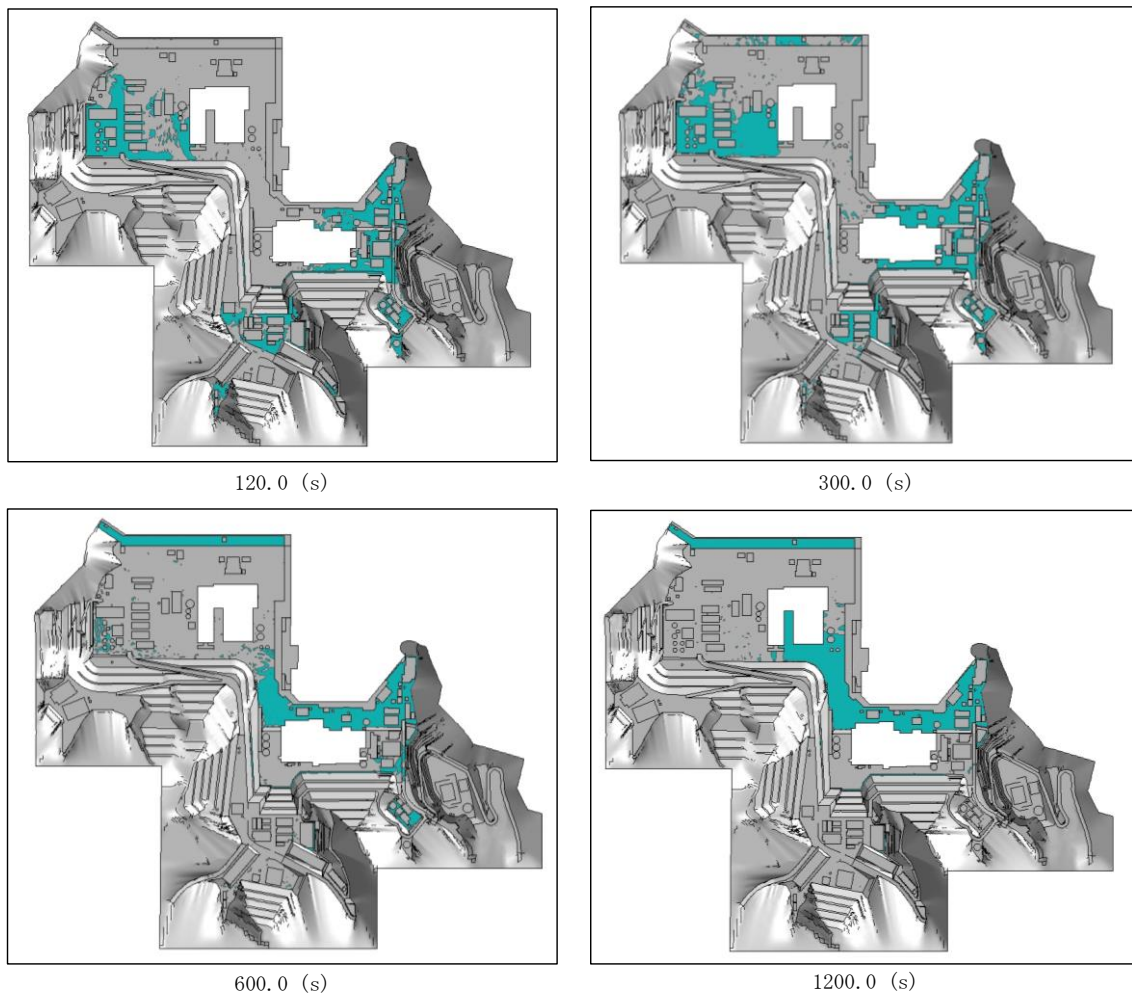


図 6.2-5 屋外タンク等の溢水伝播挙動 (2/2)

(3) 溢水伝播挙動評価を踏まえた溢水評価

溢水伝播挙動評価の結果として得られた浸水深時刻歴及び最大浸水深から溢水が溢水防護区画へ伝播することなく、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないことを確認する。

a. 原子炉建物等及び建物外の溢水評価結果

溢水伝播挙動評価の結果として得られた原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴を図 6.2-6 に、最大浸水深を表 6.2-5 に示す。

(a) 原子炉建物等の溢水評価結果

原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物への屋外タンク等からの溢水に対する溢水経路としては、表 6.2-4 に示す経路が挙げられる。なお、制御室建物については直接地表面と接する外壁はなく、屋外タンク等からの溢水が直接伝播する経路はない。

各溢水経路のうち、溢水防護区画への溢水経路①～⑤に対する溢水評価の結果は次のとおりであり、いずれの経路からも溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路①

防護すべき設備を設置する原子炉建物及び廃棄物処理建物については、各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置（敷地高さ(EL15.0m)から0.3m以上）が高いことから溢水防護区画への伝播はない。また、タービン建物については、外壁にある扉付近の水位が最大で0.72mであり、扉の設置位置（タービン建物東側開口部下端高さ0.4m）を超えるが、開口部下端高さを超える水位の継続時間が短く、流入する溢水は約 $5\text{m}^3$ と少量である。詳細を別紙2に示す。タービン建物のうち耐震Sクラスエリア（東）内に流入した場合、耐震Sクラスエリア（東）における地震起因による溢水量（約 $2,818\text{m}^3$ ）に含めても、耐震Sクラスエリア（東）の溢水を滞留できる滞留容積（約 $6,560\text{m}^3$ ）より小さく貯留可能であることから溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路②

溢水伝播挙動評価による建物周りの水位は最大でも0.8m程度である。これに対して、地上1m以下の貫通部に対してシリコン等の止水措置を実施するため、本経路から溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路③

2号機建物に隣接する1号機原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物については、敷地高さ(EL8.5m及びEL15.0m)から0.3mの高さまで建物扉や貫通部がないことを確認している。屋外タンク等からの溢水が1号機タービン建物等に流入した場合でも、その溢水量は僅かと考えられるが、保守的な想定として1号機タービン建物近傍に設置する溢水源とするタンク（純水タンク(A)(B)）（約 $1,200\text{m}^3$ ）が流入したとしても1号機タービン建物の滞留容積は $11,170\text{m}^3$ であるため、溢水は当該建物内に收容されることから、本経路から溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路④

地下ダクト接続箇所はEL8.5mの地下部に7箇所、EL15.0mの地下部に2箇所あり、屋外とダクト又はダクトと建物境界部に止水処置を実施するため、本経路から溢水防護区画への伝播はない。



### 溢水経路⑤

建物間接合部にはエキスパンションジョイント止水板等を設置するため、本経路から溢水防護区画への伝播はない。

表 6.2-4 溢水防護区画への溢水経路

No.	溢水経路
①	建物外壁にある扉
②	建物外壁にある貫通部
③	2号機建物に隣接する1号機建物の境界における開口部
④	地下ダクト接続箇所
⑤	建物間の接合部

### (b) 建物外の溢水評価結果

建物外に設置している防護すべき設備としては以下があるが、これらを設置している溢水防護区画への溢水経路は地表部からの直接伝播となる。

- ・ A-燃料移送ポンプ
- ・ B-燃料移送ポンプ
- ・ 高圧炉心スプレイ系燃料移送ポンプ
- ・ 原子炉補機海水ポンプ
- ・ 高圧炉心スプレイ補機海水ポンプ

建物外に設置している排気筒エリアの A-燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレイ系燃料移送ポンプについては、当該設備を設置する区画に近傍の浸水深（表 6.2-5 地点 12 最大浸水深：0.23m，地点 13 最大浸水深：0.25m）よりも高い、高さ 2m のディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備北側防水壁及び南側防水壁並びにディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備北側水密扉及び南側水密扉を設置するため、溢水防護区画への伝播はない。

B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の B-燃料移送ポンプについては、当該設備近傍の浸水深は低く（表 6.2-5 地点 11 最大浸水深：0.02m）、扉の設置位置（敷地高さ（EL15.0m）から 0.35m）の方が高いことから、溢水防護区画への伝播はない。

原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプについては、当該設備を設置する取水槽海水ポンプエリアの天端開口部に当該設備近傍の浸水深（表 6.2-5 地点 8 最大浸水深：0.21m，地点 9 最大浸水深：0.36m）よりも高い、高さ 2m の取水槽海水ポンプエリア防護対策設備防水壁を設置するため、溢水防護区画への伝播はない。

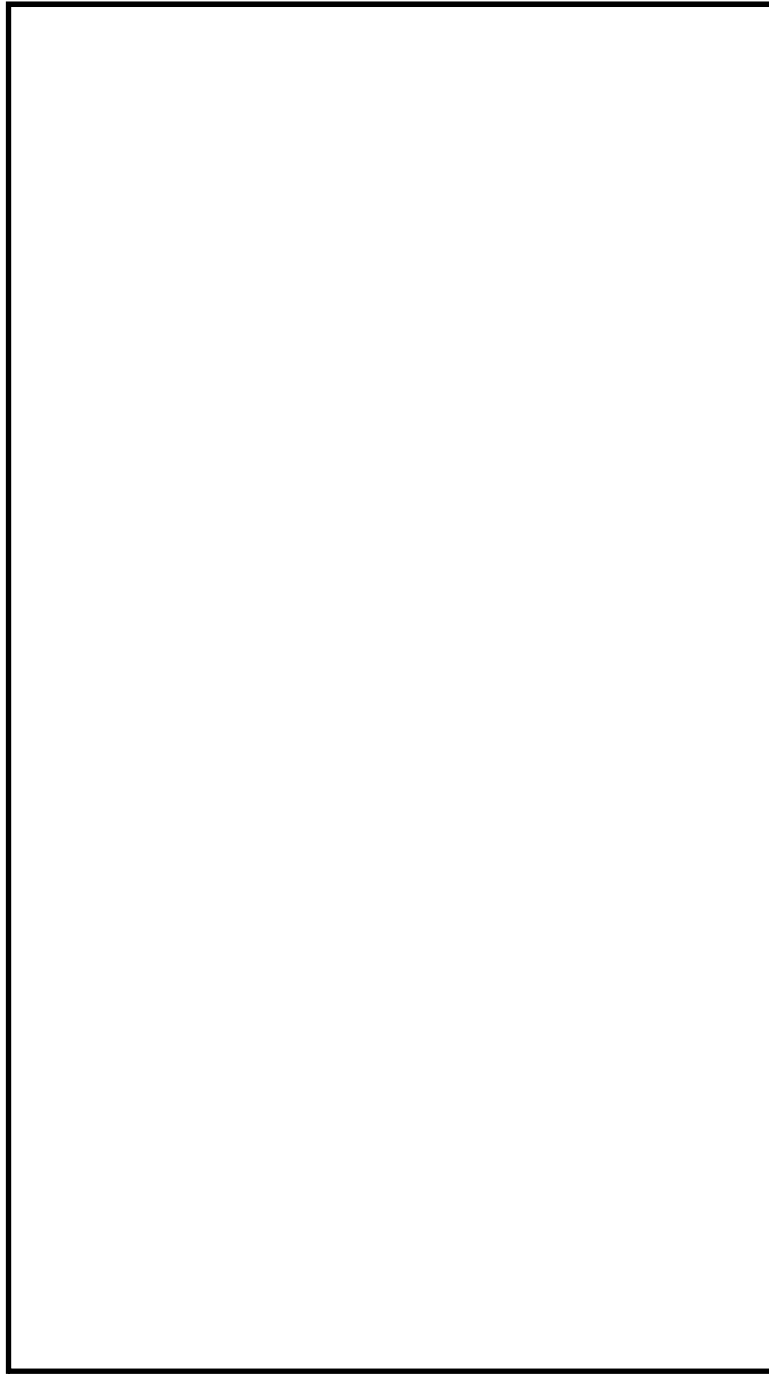


図 6.2-6 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴(1/6)

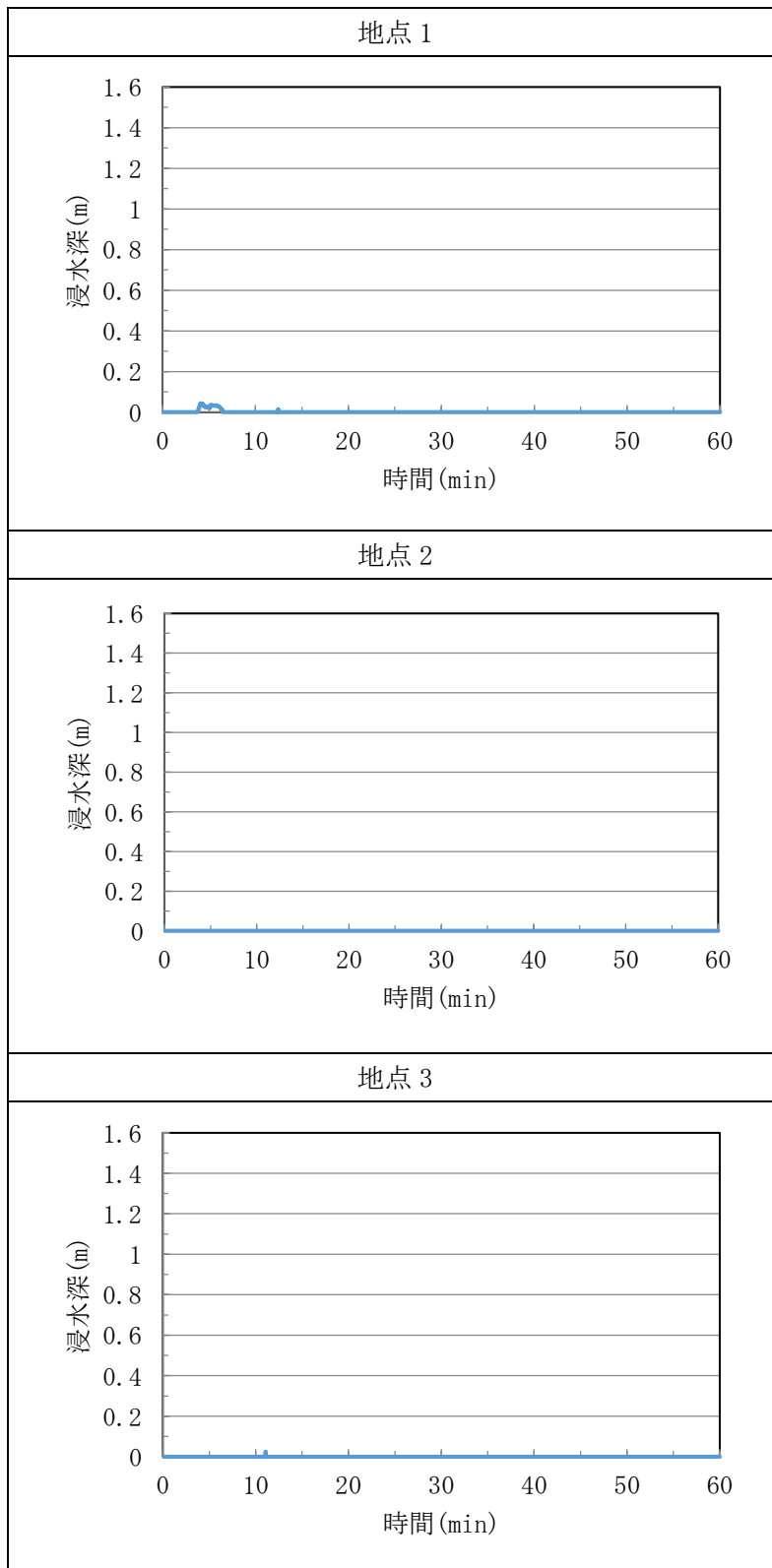


図 6.2-6 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴(2/6)

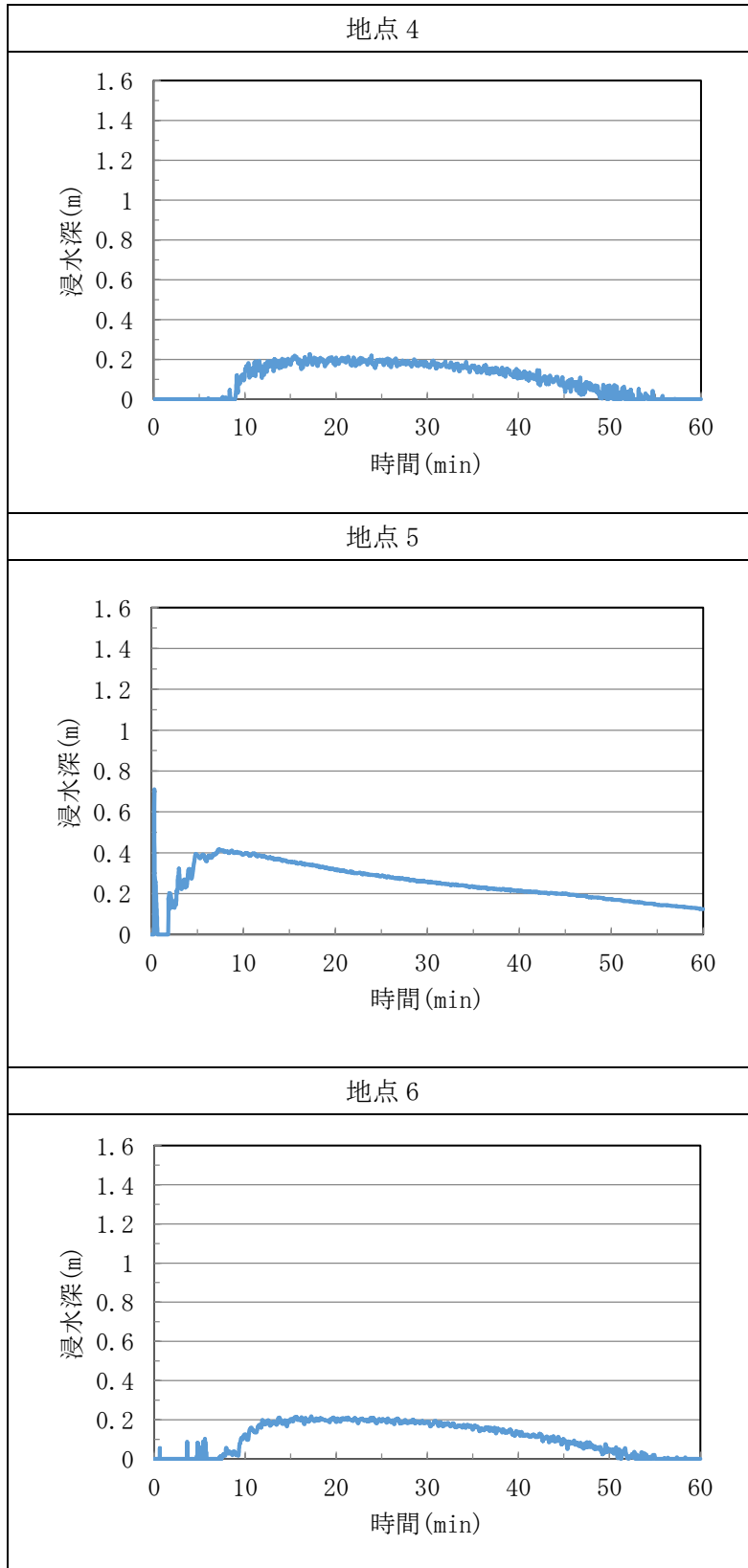


図 6.2-6 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴(3/6)

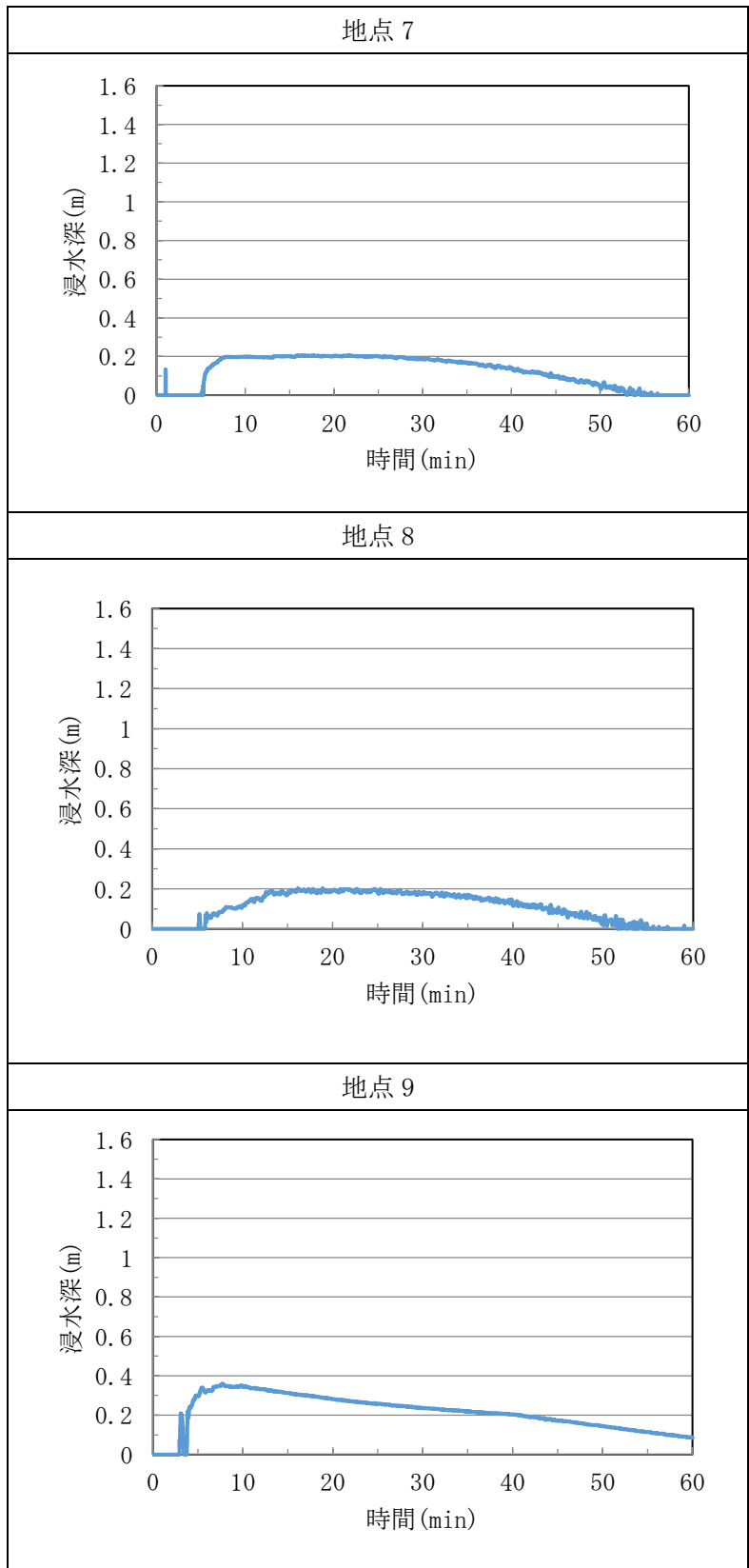


図 6.2-6 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴(4/6)

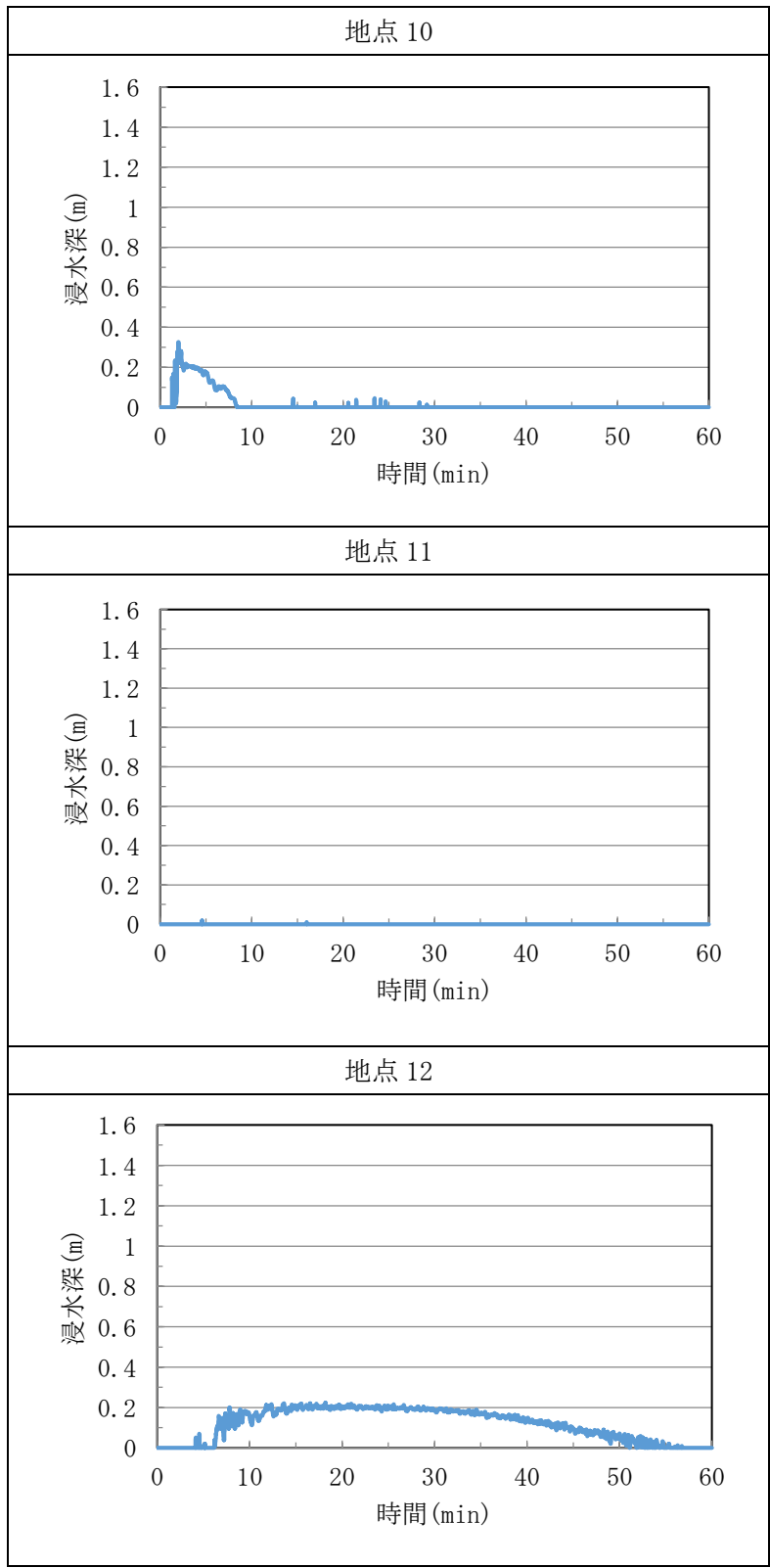


図 6.2-6 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴(5/6)

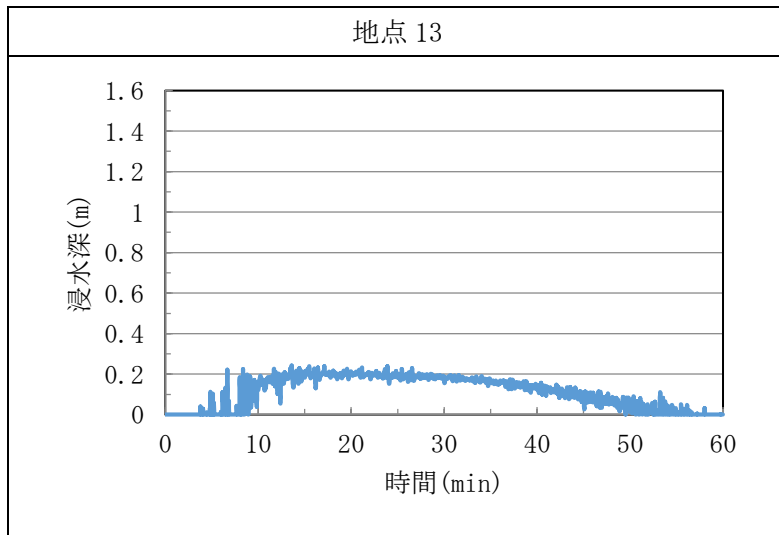


図 6.2-6 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴(6/6)

表 6.2-5 原子炉建物等及び建物外における最大浸水深

代表箇所		基準高さ EL (m) ①	最大 浸水深 (m) ②	建物外周扉 等の設置位 置 EL (m) ③	建物外周扉 等の設置位 置を超える もの ③-①<②
地点 1	原子炉建物南面	15.0	0.05	15.3	—
地点 2	原子炉建物西面 1	15.0	0.01	15.3	—
地点 3	原子炉建物西面 2	15.0	0.03	15.3	—
地点 4	タービン建物北面 1	8.5	0.23	8.8	—
地点 5	タービン建物北面 2	8.5	0.72	8.9	○
地点 6	タービン建物北面 3	8.5	0.22	9.1	—
地点 7	タービン建物北面 4	8.5	0.21	9.26	—
地点 8	取水槽海水ポンプ エリア西面	8.5	0.21	8.8	—
地点 9	取水槽海水ポンプ エリア東面	8.5	0.36	8.8	○
地点 10	廃棄物処理建物 南面	15.0	0.33	15.35	—
地点 11	B-ディーゼル燃料貯蔵 タンク格納槽北面	15.0	0.02	15.35	—
地点 12	A-ディーゼル燃料移送 ポンプピット西面	8.5	0.23	8.7	○
地点 13	HPCS-ディーゼル燃料 移送ポンプピット西面	8.5	0.25	8.7	○



b. 緊急時対策所等の溢水評価結果

溢水伝播挙動評価の結果として得られた緊急時対策所等における浸水深時刻歴を図 6.2-7～図 6.2-10 に、最大浸水深を表 6.2-7 に示す。

(a) 緊急時対策所等の溢水評価結果

緊急時対策所，ガスタービン発電機建物，第 1 ベントフィルタ格納槽及び低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽への屋外タンク等からの溢水に対する溢水経路としては，表 6.2-6 に示す経路が挙げられる。

各溢水経路のうち，溢水防護区画への溢水経路①～②に対する溢水評価の結果は次のとおりであり，いずれの経路からも溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路①

防護すべき設備を設置する緊急時対策所，ガスタービン発電機建物，第 1 ベントフィルタ格納槽及び低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽については，各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置が高いことから溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路②

溢水伝播挙動評価による建物等の周りの水位は最大でも 0.4m 程度である。これに対して，地上 1m 以下の貫通部に対してシリコン等の止水措置を実施するため，本経路から溢水防護区画への伝播はない。

表 6.2-6 溢水防護区画への溢水経路

No.	溢水経路
①	建物等の外壁にある扉
②	建物等の外壁にある貫通部

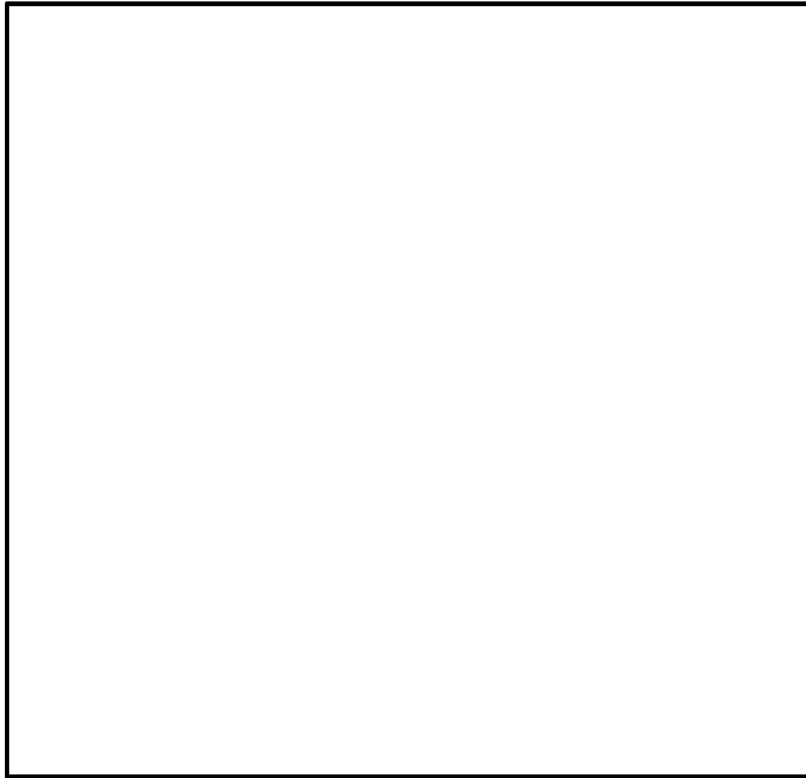


図 6.2-7 緊急時対策所における浸水深時刻歴(1/2)

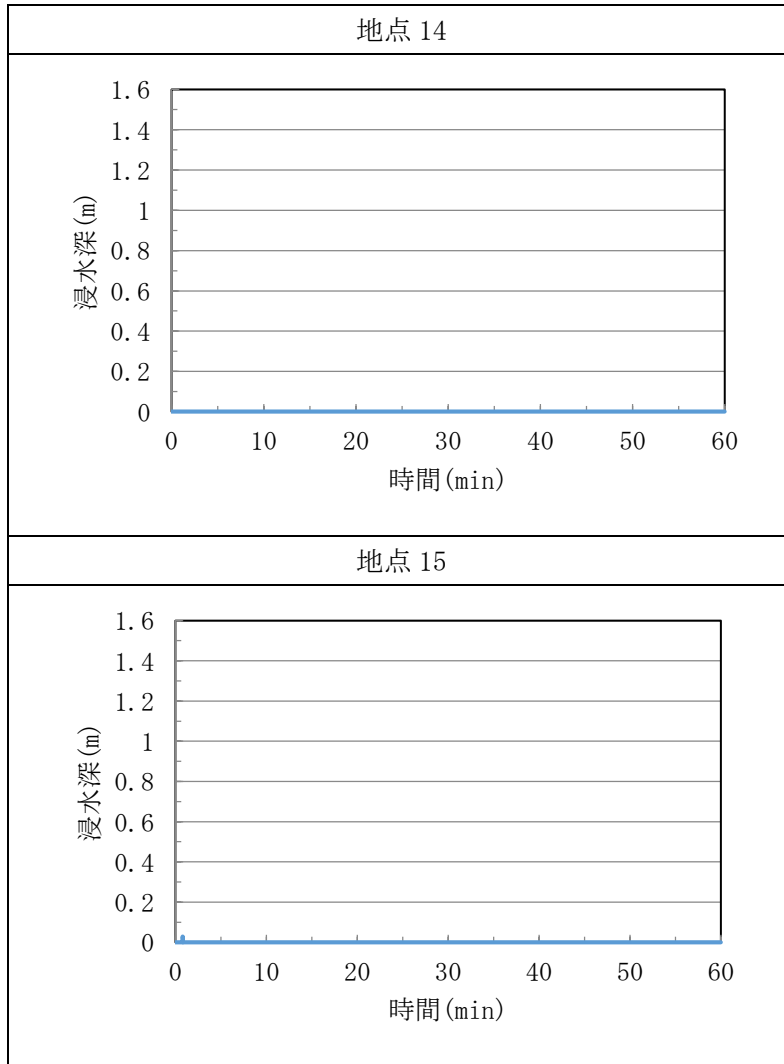


図 6.2-7 緊急時対策所における浸水深時刻歴 (2/2)

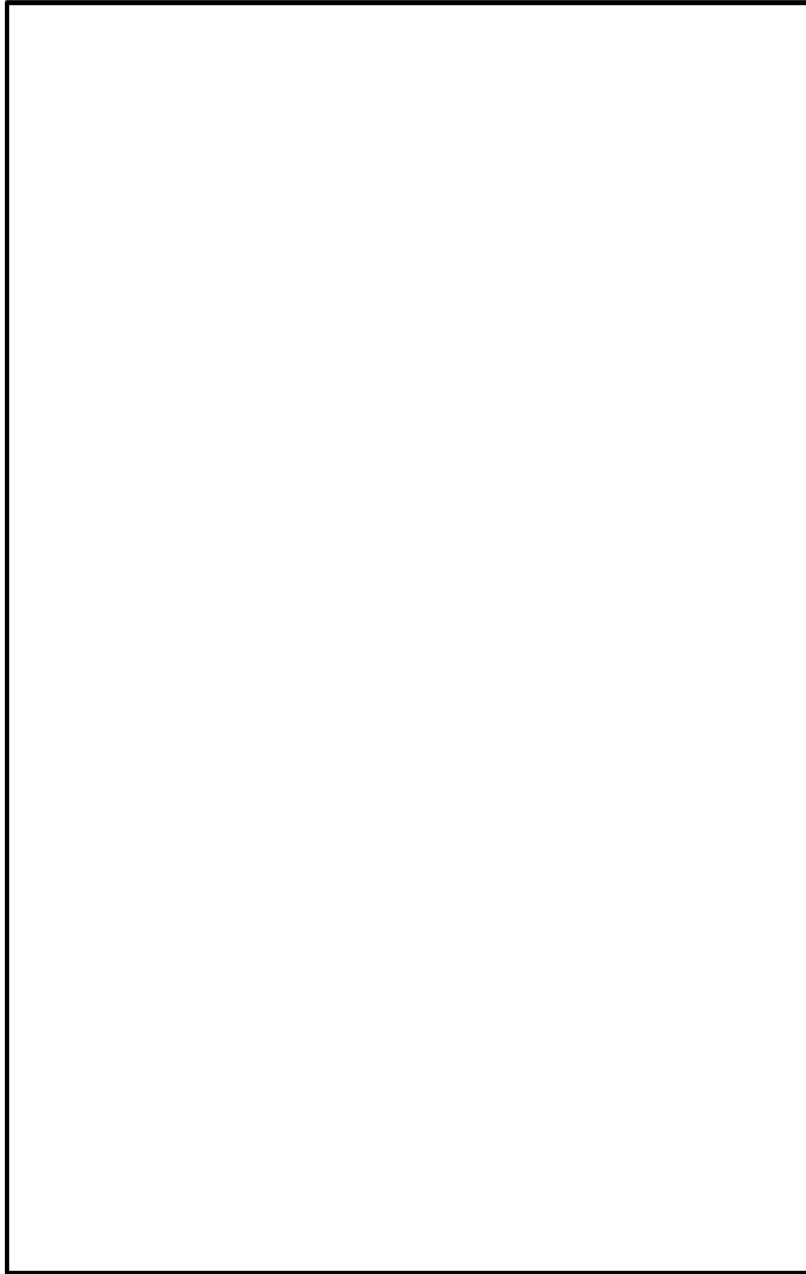


図 6.2-8 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴(1/4)

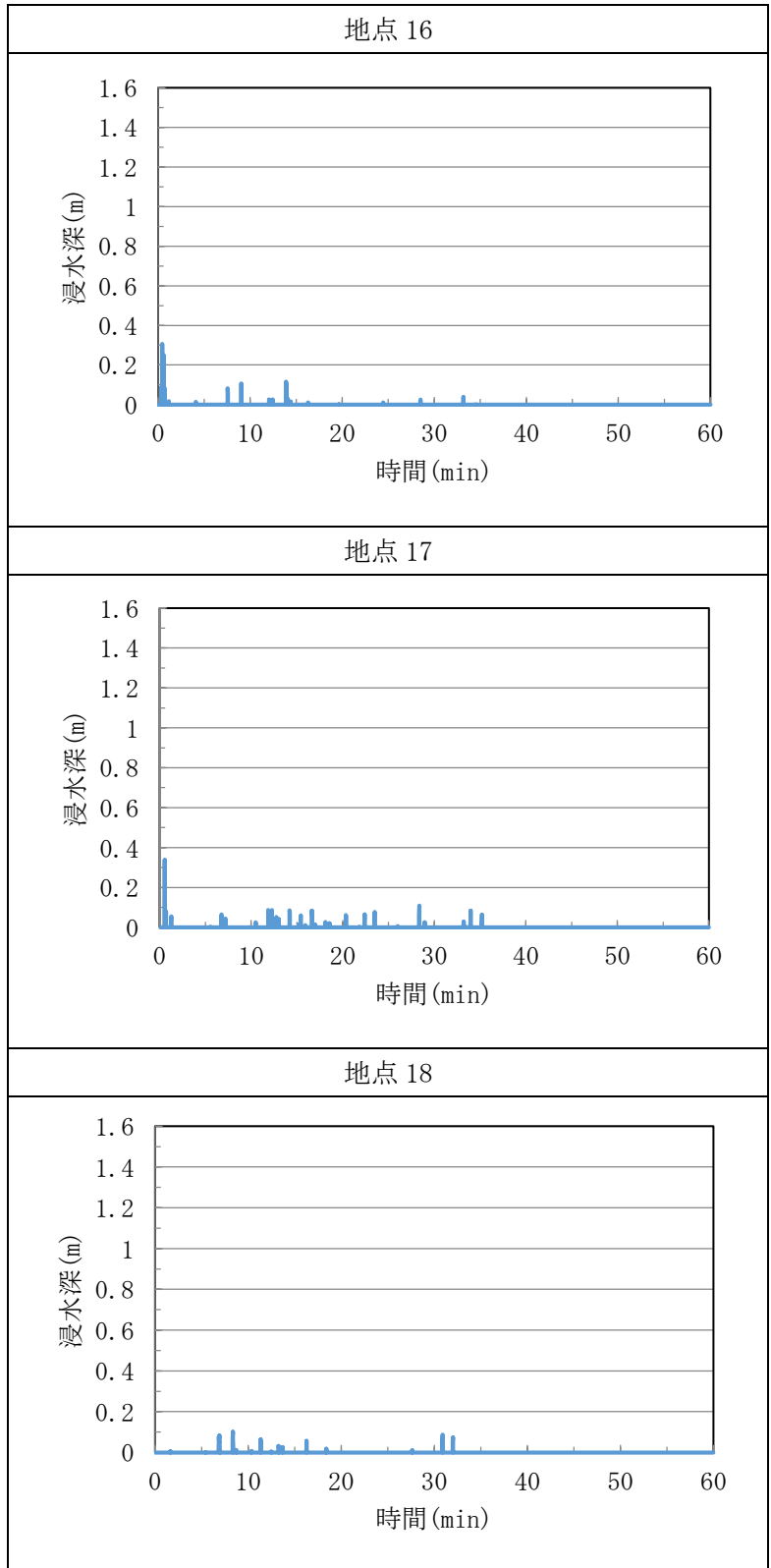


図 6.2-8 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴(2/4)

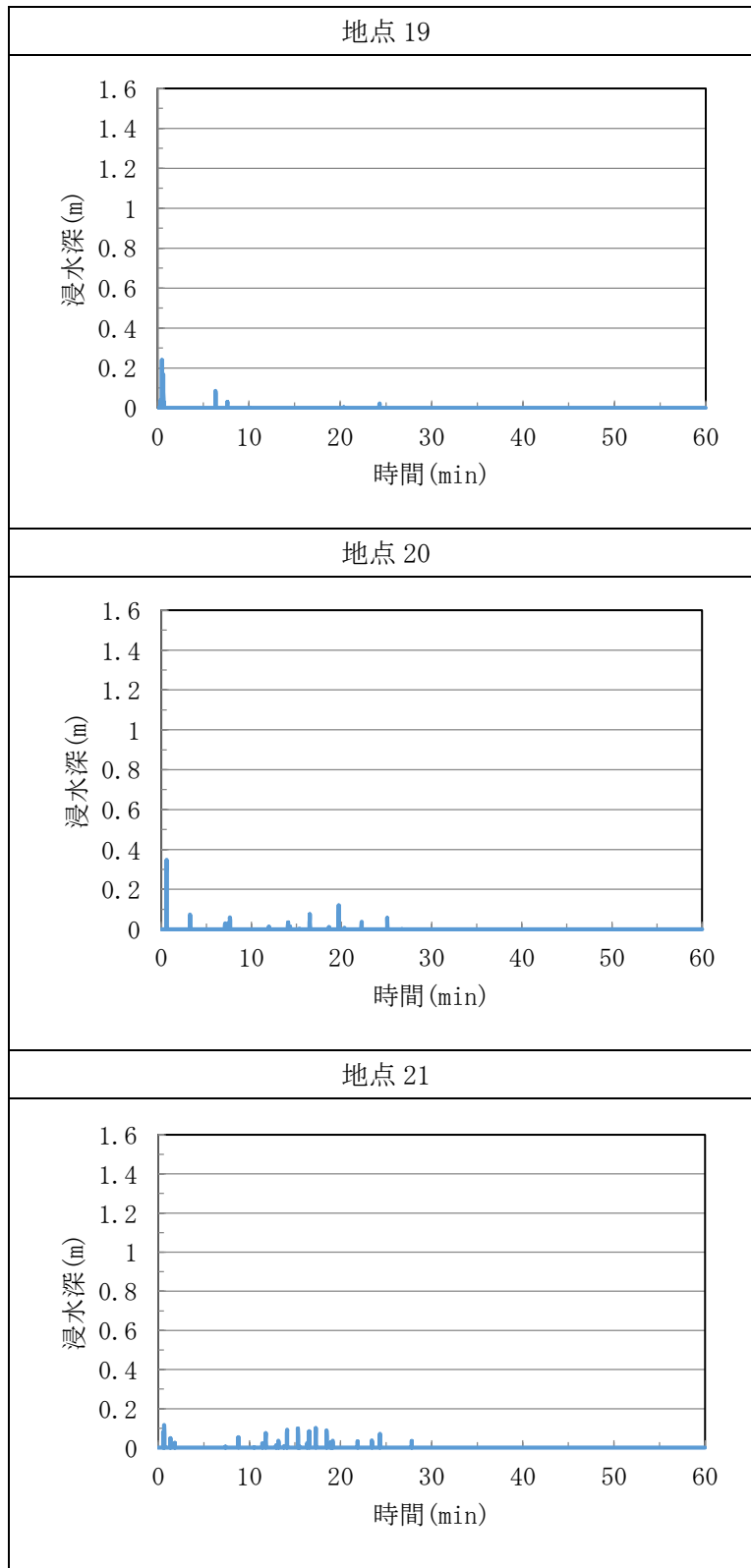


図 6.2-8 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴(3/4)

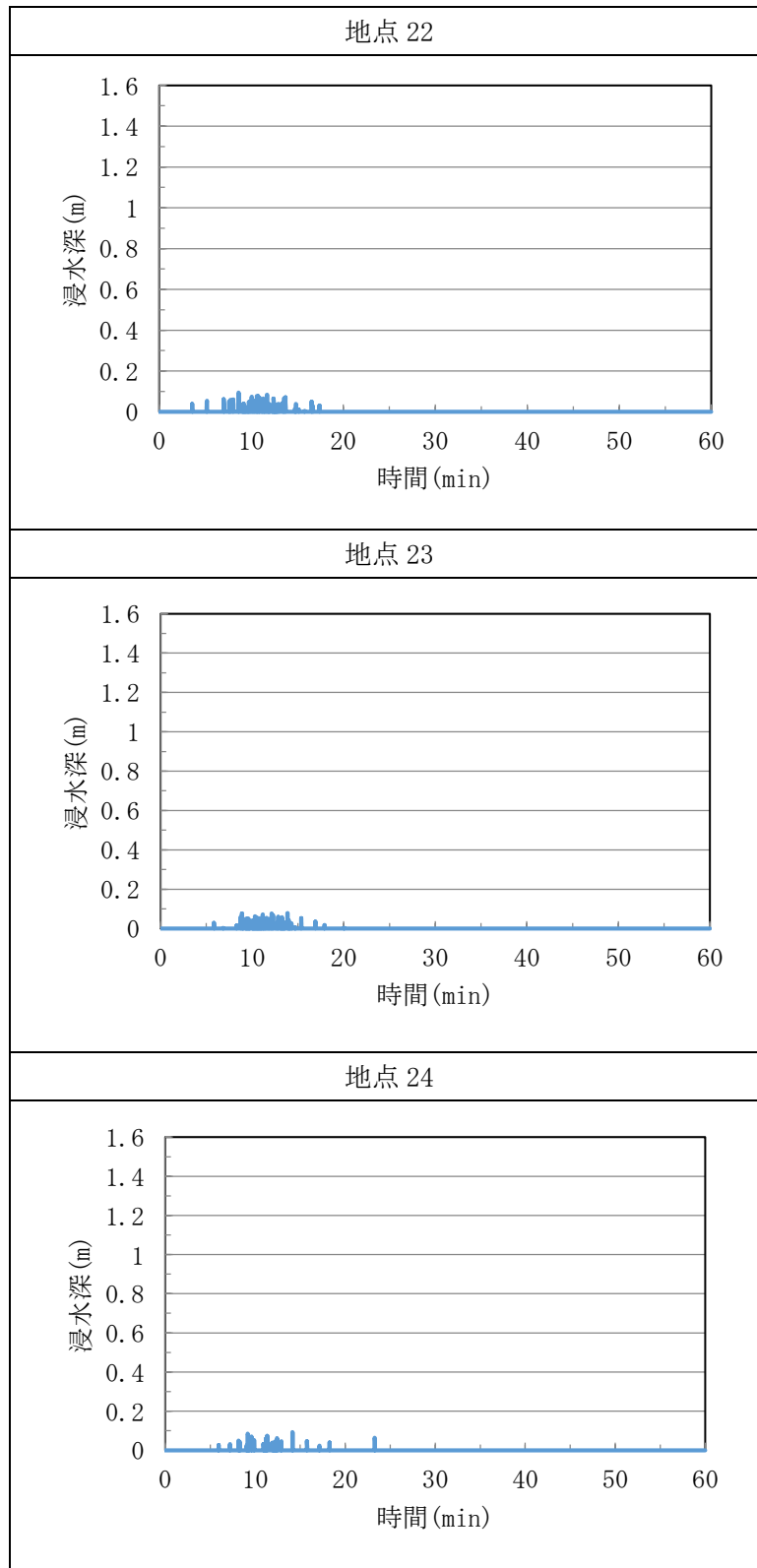


図 6.2-8 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴(4/4)

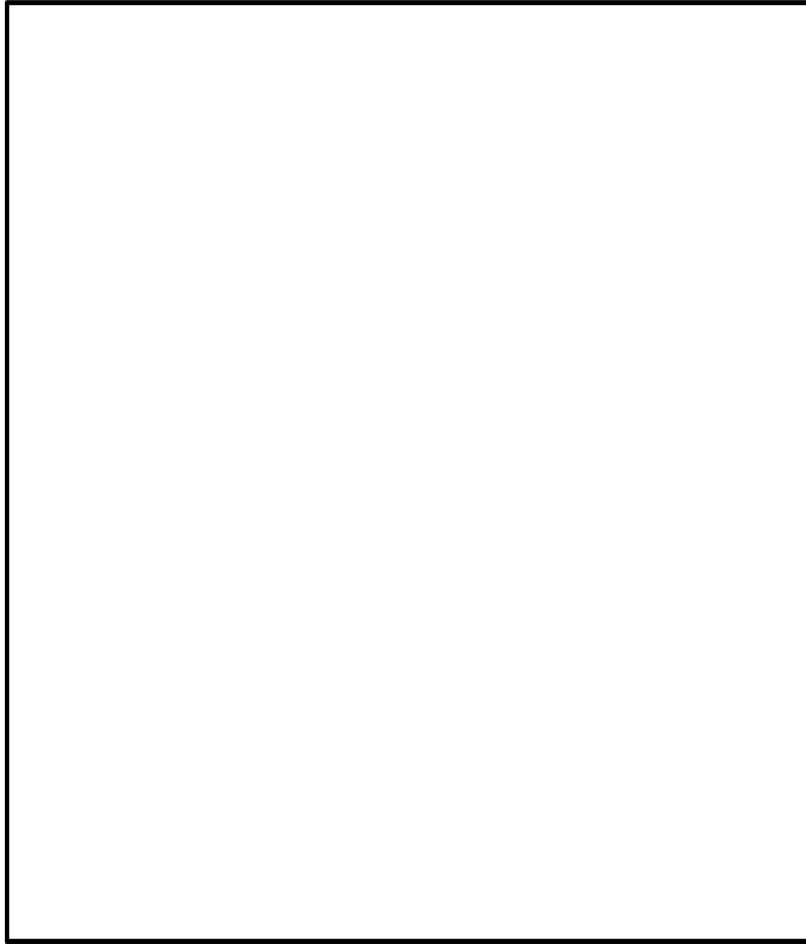


図 6.2-9 第1 ベントフィルタ格納槽における浸水深時刻歴(1/2)



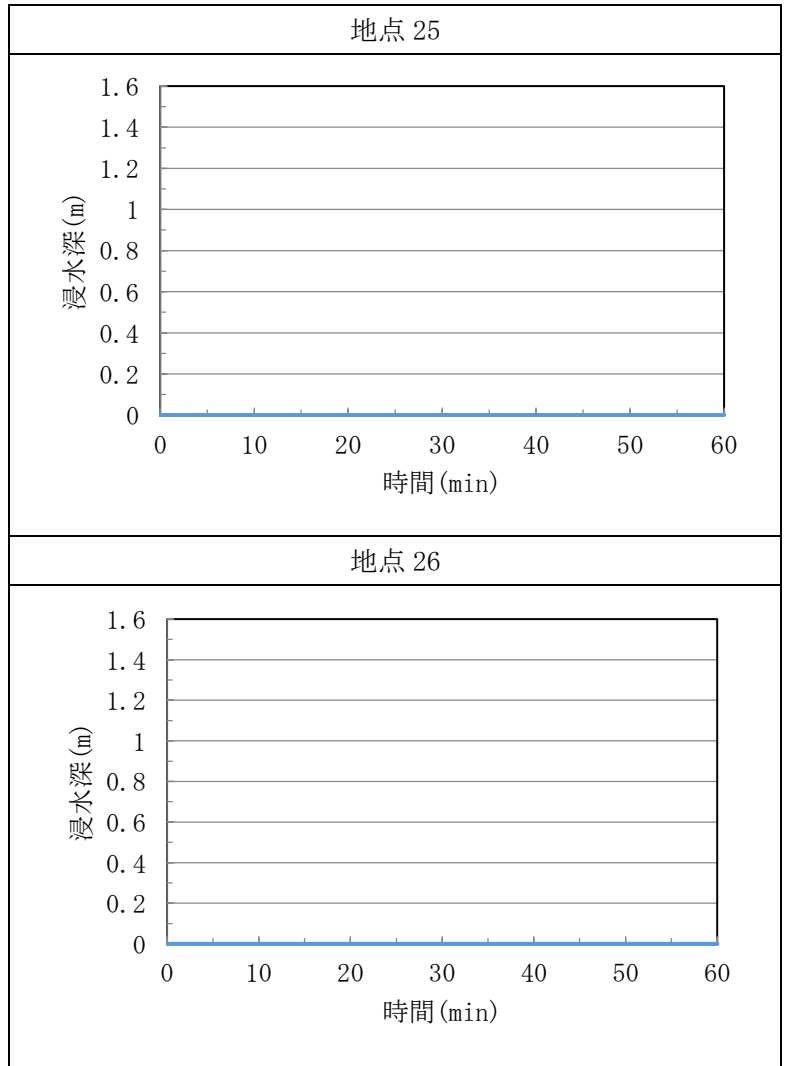


図 6.2-9 第1ベントフィルタ格納槽における浸水深時刻歴(2/2)

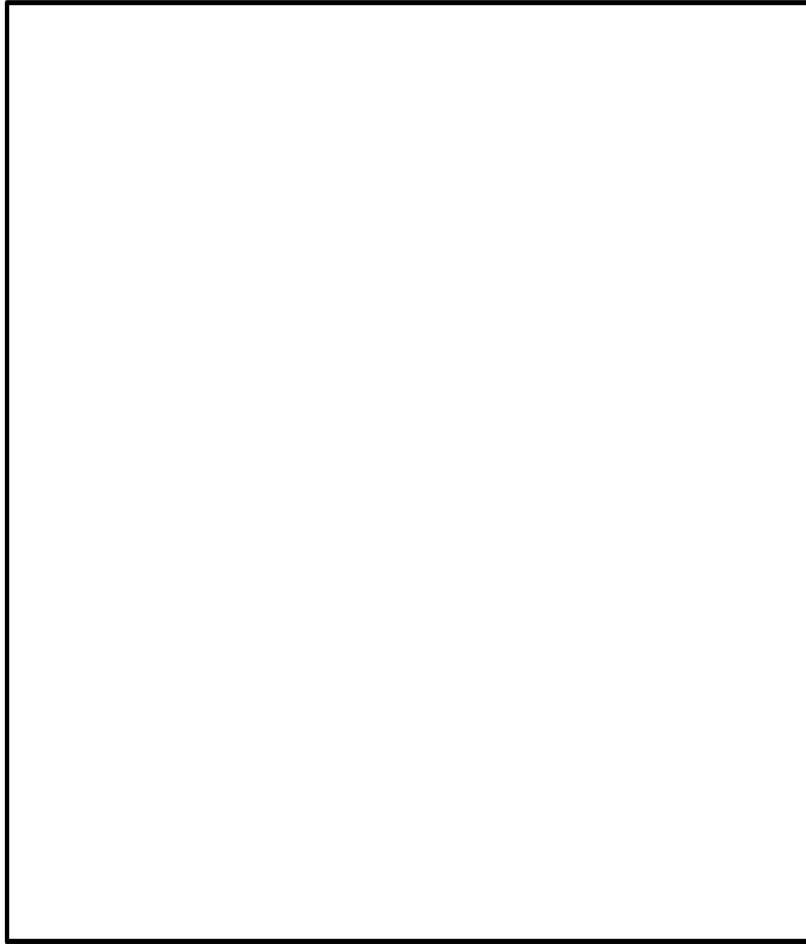


図 6.2-10 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽における浸水深時刻歴(1/2)

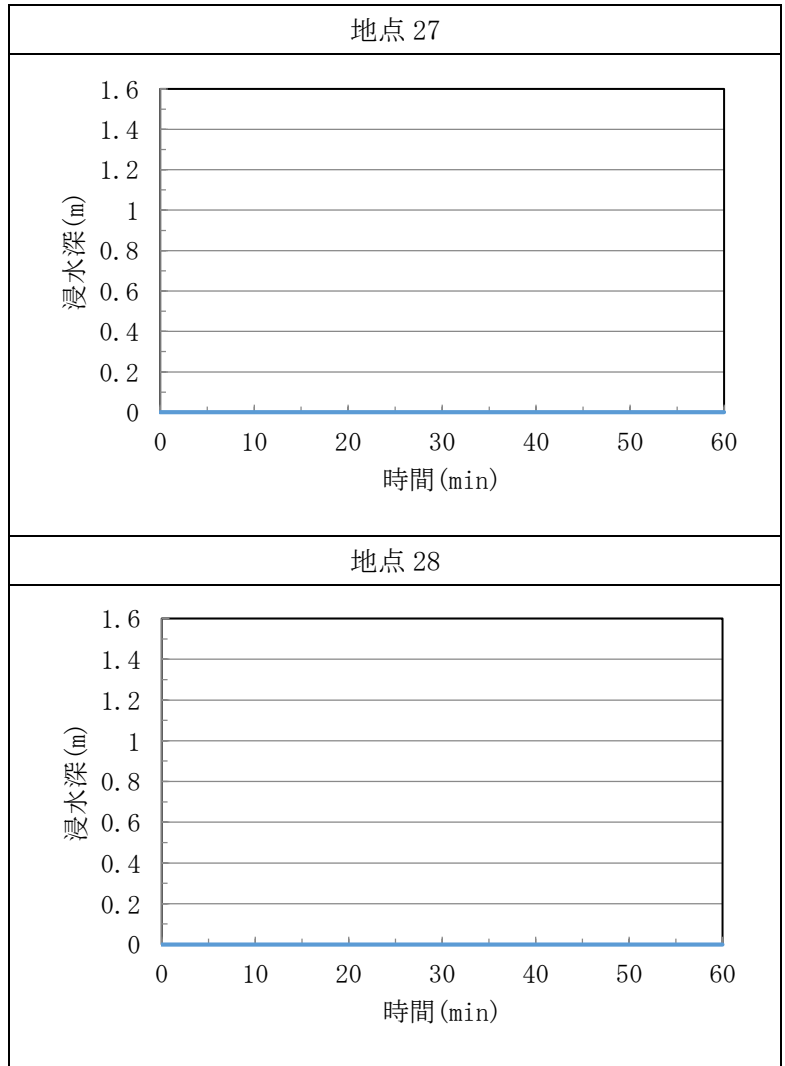


図 6.2-10 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽における浸水深時刻歴(2/2)

表 6.2-7 緊急時対策所等における最大浸水深

代表箇所		基準高さ EL (m) ①	最大 浸水深 (m) ②	建物外周扉 等の設置位 置 EL (m) ③	建物外周扉 等の設置位 置を超える もの ③-①<②
地点 14	緊急時対策所北面	50.0	0.00	50.4	—
地点 15	緊急時対策所東面	50.0	0.03	50.3	—
地点 16	ガスタービン発電機 建物北面 1	47.25	0.31	47.75	—
地点 17	ガスタービン発電機 建物北面 2	47.25	0.34	47.75	—
地点 18	ガスタービン発電機 建物北面 3	47.25	0.11	47.75	—
地点 19	ガスタービン発電機 建物北面 4	47.25	0.24	47.75	—
地点 20	ガスタービン発電機 建物北面 5	47.25	0.35	47.75	—
地点 21	ガスタービン発電機 建物北面 6	47.25	0.12	47.75	—
地点 22	ガスタービン発電機 建物南面 1	47.25	0.10	47.55	—
地点 23	ガスタービン発電機 建物南面 2	47.25	0.08	47.55	—
地点 24	ガスタービン発電機 建物南面 3	47.25	0.10	47.55	—
地点 25	第 1 ベントフィルタ 格納槽西面 1	15.0	0.00	15.3	—
地点 26	第 1 ベントフィルタ 格納槽西面 2	15.0	0.00	15.2	—
地点 27	低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽西面 1	15.0	0.00	15.2	—
地点 28	低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽西面 2	15.0	0.00	15.2	—

### 6.2.3 屋外タンク等からの土石流による溢水評価

屋外タンク等からの溢水として、土石流による損傷が否定できない屋外タンク等の破損を考慮する。

#### (1) 屋外タンク等の抽出

島根原子力発電所の敷地内に設置している屋外タンク等のうち土石流危険区域内に設置される屋外タンク等を溢水源として抽出した。抽出した溢水源とする屋外タンク等を表 6.2-8 に、配置を図 6.2-11 に示す。また、輪谷貯水槽（東側）は天端が開口しており、土石流が貯水槽に流入するため溢水源とするが、輪谷貯水槽（西側）は天端が開口しておらず、かつ土石流に対してバウンダリ機能が保持できることを確認するため溢水源としない。詳細を別紙 4 に示す。

表 6.2-8 溢水源とする屋外タンク等

No	名称	保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 溢水量 (m <sup>3</sup> )*1	配置 No	保有水量 20m <sup>3</sup> 以上（山間部除く） の屋外タンク等	エリア No	合計 保有水量 (m <sup>3</sup> )	溢水伝播挙動 評価に用いる 合計溢水量 (m <sup>3</sup> )*2	
1	A-44m 盤消火タンク	155	171	30	○	エリア ①	10,570	11,628 (10,585)	
2	B-44m 盤消火タンク	155	171	30	○				
3	輪谷貯水槽（東側）沈砂池	260	286	20	○				
4	輪谷貯水槽（東側）	10,000	11,000	19	○				
5	25MVA 緊急用変圧器	15	—	n-60	—				15
6	2号ろ過水タンク	3,000	3,300	11	○	エリア ②	6,347	7,081 (6,362)	
7	1号除だく槽	87	131	12	○				
8	1号ろ過器	62	93	13	○				
9	2号除だく槽	102	113	14	○				
10	2号ろ過器	36	54	15	○				
11	2号濃縮槽	30	45	16	○				
12	1号ろ過水タンク	3,000	3,300	17	○				
13	22m盤受水槽	30	45	37	○				
14	1号除だく槽排水槽	7	—	n-41	—				15
15	トイレ用ろ過水貯槽	8	—	n-41	—				
16	A-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○	エリア ③	113	170 (113)	
17	B-サイトバンカ建物消火タンク	46	69	18	○				
18	管理事務所 4号館用消火タンク	21	32	36	○				
合計							17,060	18,879	

注記\*1：評価に用いる溢水量は保有水量を以下のとおり割り増した。  
20m<sup>3</sup>以上 100m<sup>3</sup>以下の屋外タンク等：1.5倍  
100m<sup>3</sup>を超える屋外タンク等：1.1倍

\*2：( ) 内はエリア内の溢水源とする屋外タンク等の合計保有水量を示す。

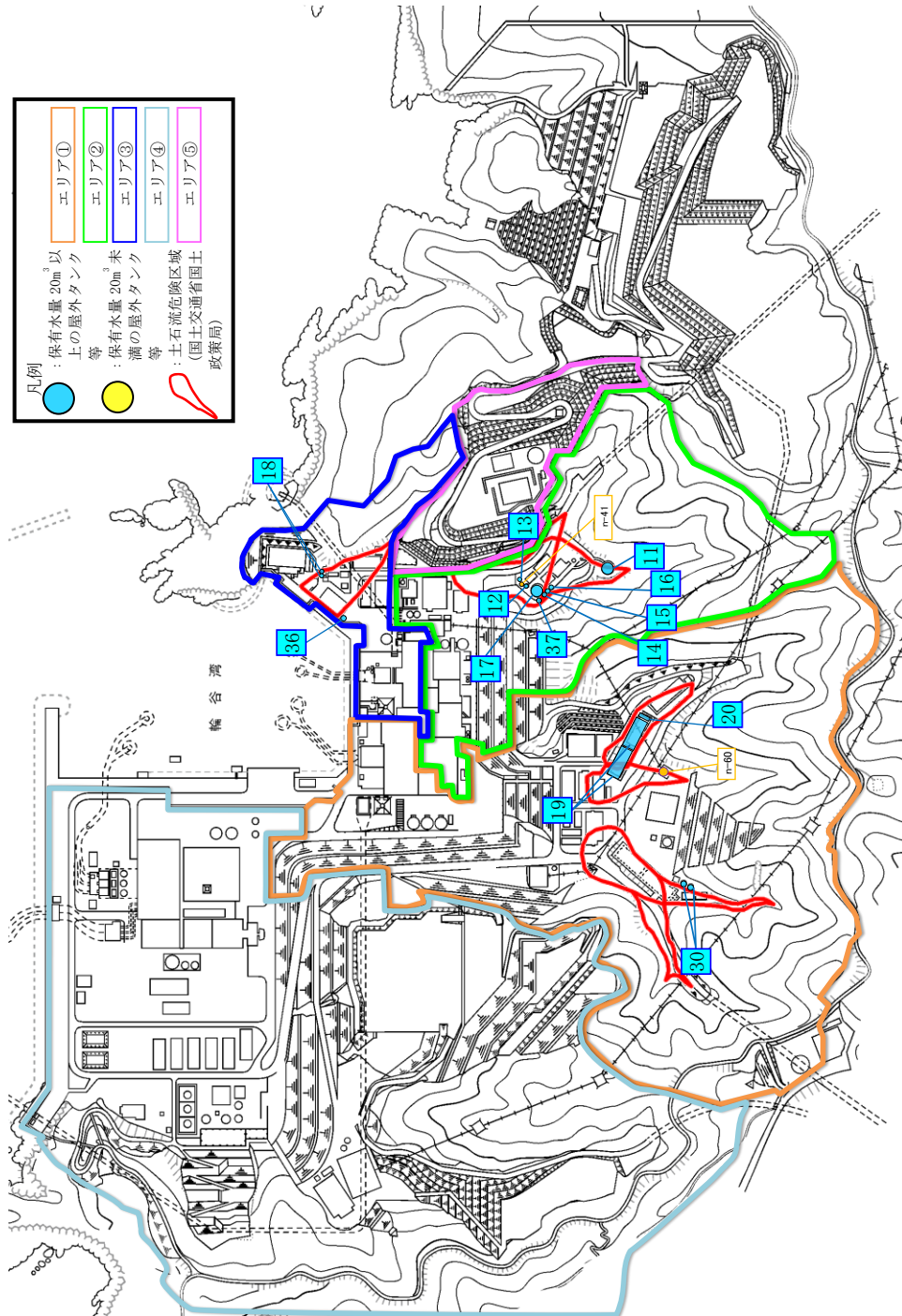


図 6.2-11 溢水源とする屋外タンク等の配置図

## (2) 屋外タンク等の溢水伝播挙動評価

屋外タンク等の土石流による損傷形態及び溢水の伝播について、以下に示す保守的な設定を行ったうえで、溢水伝播挙動評価を行う。

### a. 溢水事象の設定

#### (a) 損傷形態及び溢水の伝播についての設定

輪谷貯水槽（東側）は貯水槽の側壁全周、その他溢水源はタンクの側板全周が瞬時に消失するとして土石流による損傷を模擬する。損傷形態の概要図を図 6.2-12 に示す。また、構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。

#### (b) 溢水源の設定

島根原子力発電所の敷地形状を 3 次元モデルで模擬する。評価モデルを図 6.2-13 に示す。

溢水源とする屋外タンク等のモデル化にあたっては、敷地形状（尾根、谷、敷地高さ）を踏まえた発電所構内に流入する降水の集水範囲から、屋外タンク等の設置エリアを 5 箇所エリアに区分する。エリアを区分するうえで考慮した敷地形状を表 6.2-2 に示す。

表 6.2-8 に示す保有水量 20m<sup>3</sup> 以上の屋外タンク等は、その設置位置でモデル化する。また、分散している溢水源を集中させることで水位が高くなることから、保有水量 20m<sup>3</sup> 未満の屋外タンク等は、その設置位置でモデル化せず、各エリアでモデル化する屋外タンク等の保有水量を割り増すことで考慮する。

区分した各エリアと溢水源とする屋外タンク等の配置を図 6.2-11 に、各エリア内の屋外タンク等の合計保有水量と溢水伝播挙動評価に用いる溢水量を表 6.2-8 に示す。

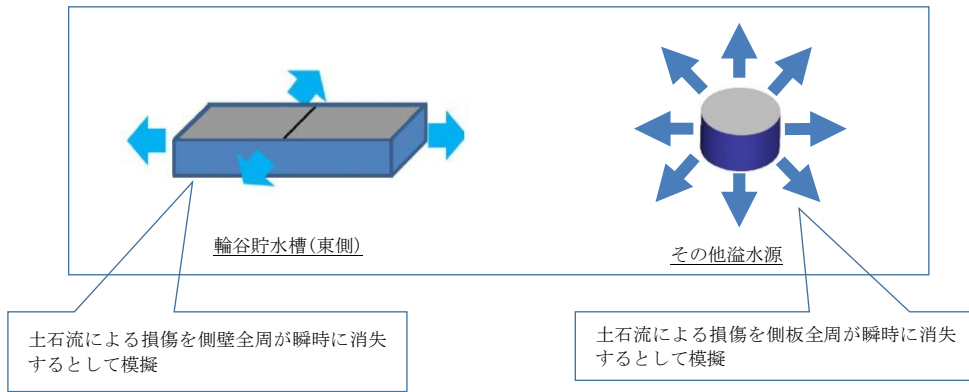


図 6.2-12 損傷形態の概要図

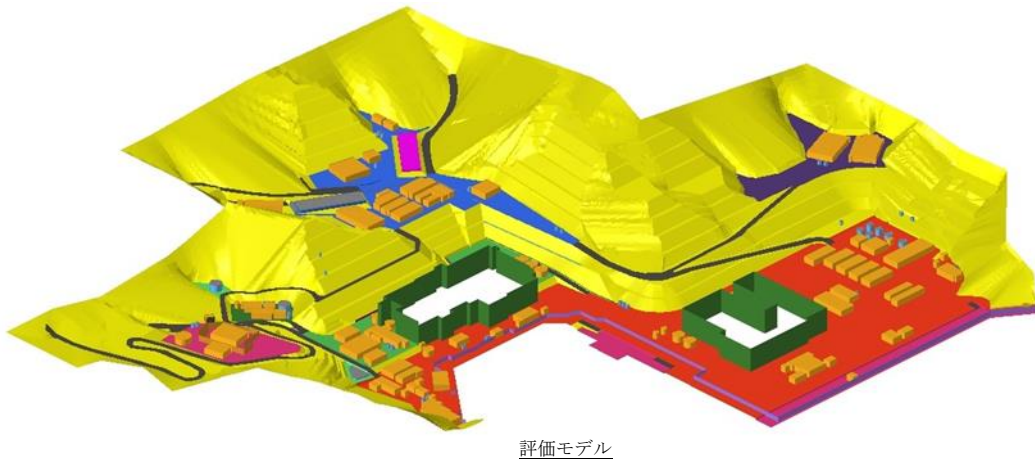


図 6.2-13 溢水伝播挙動の評価モデル



b. 溢水伝播挙動評価条件

溢水伝播挙動評価は、汎用熱流体解析コード Fluent を用いて VOF 法による 3 次元流体解析を実施し、3 次元モデル上に多数設定された計算格子（セル）の中で、水で満たされているセル、空気で満たされているセル、水と空気の境界が存在しているセルから、水と空気の境界の高さや水の流れる向きを時間ごとに解析することで各時刻、各地点における浸水深を算出する。溢水伝播挙動評価条件を表 6.2-9 に示す。

表 6.2-9 溢水伝播挙動評価条件

項目	内容
モデル化範囲	島根原子力発電所敷地内
境界条件	モデル化範囲全周を壁面境界とし、溢水が敷地外へ排出しない設定とする。 地形、構造物、モデル側面は壁面境界とし、モデル上面は圧力境界とする。 溢水源は溢水時には流入境界とし、その他の時間は壁面境界とする。
解析コード	汎用熱流体解析コード Fluent Ver. 18.2.0
解析手法	3次元モデルを使用した VOF (Volume of Fluid) 法
解析種類	非定常解析
解析時間	解析時間間隔は 0.1 秒、解析終了時間は 1 時間とする。
物性値	密度 (kg/m <sup>3</sup> ) : 1.21 (空気), 999 (水) 粘性係数 (Pa·s) : 1.799×10 <sup>-5</sup> (空気), 1.154×10 <sup>-3</sup> (水)
重力加速度	9.80665m/s <sup>2</sup>

c. 溢水伝播挙動評価結果

溢水伝播挙動評価の結果として得られた溢水伝播挙動を図 6.2-14 に示す。

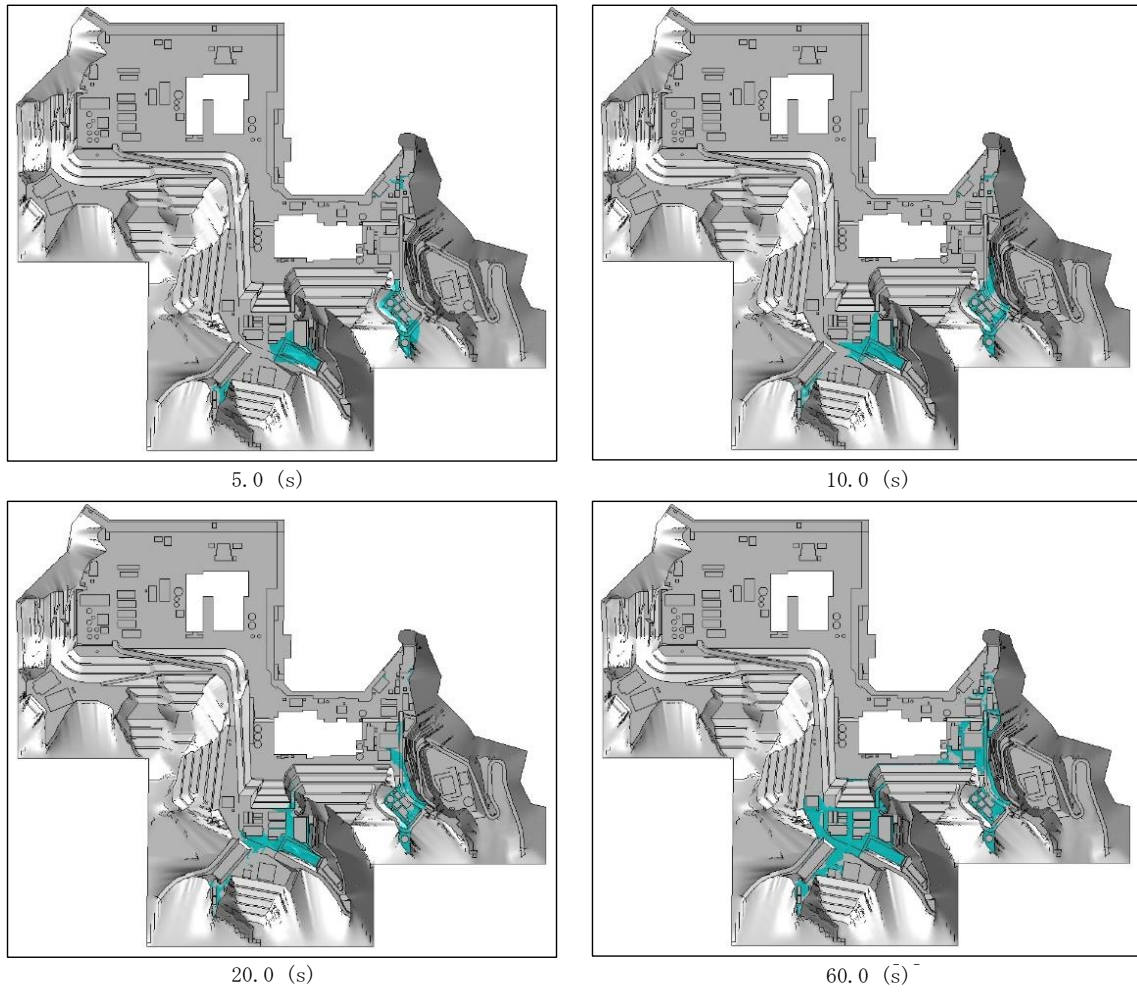


図 6.2-14 屋外タンク等の溢水伝播挙動 (1/2)

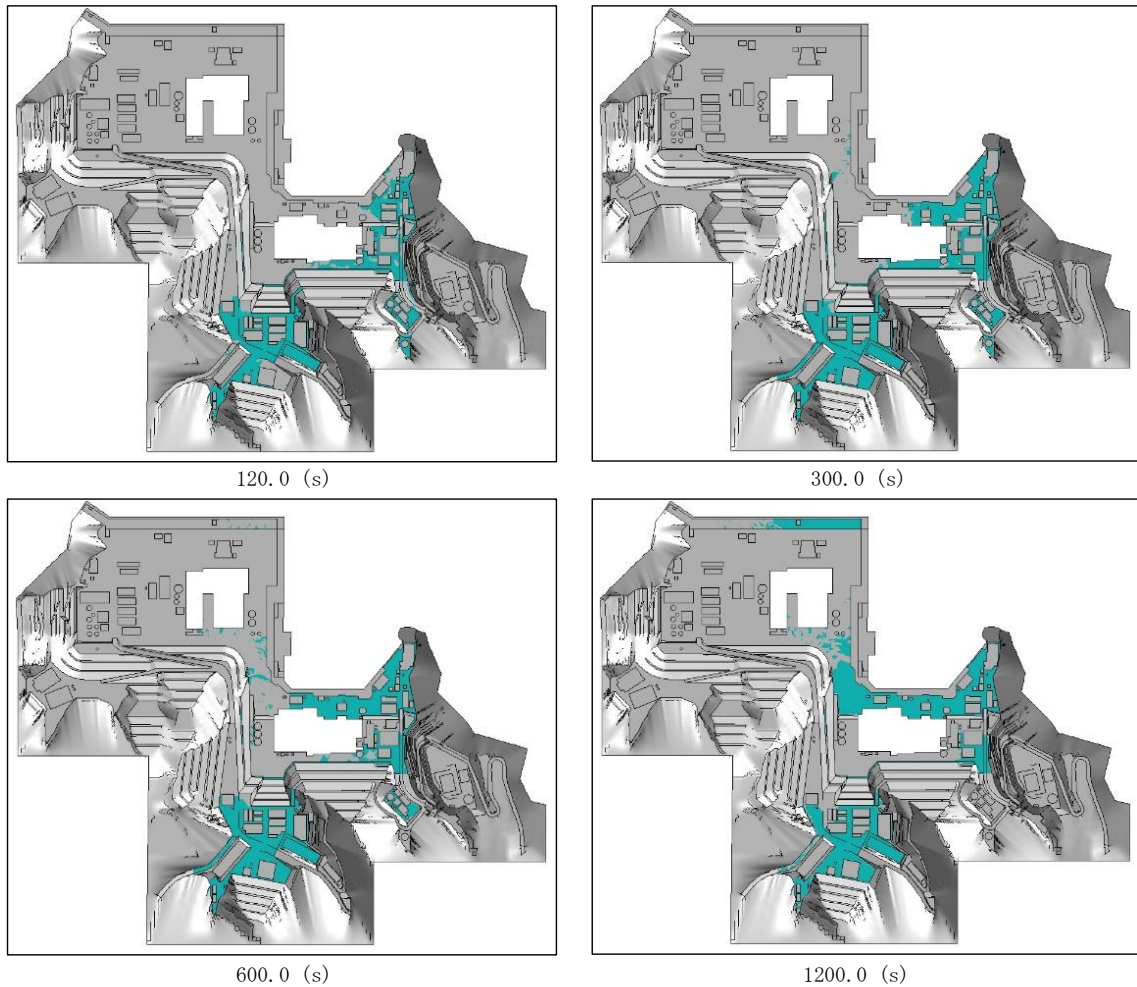


図 6.2-14 屋外タンク等の溢水伝播挙動 (2/2)

(3) 溢水伝播挙動評価を踏まえた溢水評価

溢水伝播挙動評価の結果として得られた浸水深時刻歴及び最大浸水深から溢水が溢水防護区画へ伝播することなく、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないことを確認する。

a. 原子炉建物等及び建物外の溢水評価結果

溢水伝播挙動評価の結果として得られた原子炉建物等及び建物外における浸水深の時刻歴を図 6.2-15 に、最大浸水深を表 6.2-10 に示す。

(a) 原子炉建物等の溢水評価結果

原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物への屋外タンク等からの溢水に対する溢水経路としては、表 6.2-4 に示す経路が挙げられる。なお、制御室建物については直接地表面と接する外壁はなく、屋外タンク等の溢水が直接伝播する経路はない。

各溢水経路のうち、溢水防護区画への溢水経路①～⑤に対する溢水評価の結果は次のとおりであり、いずれの経路からも溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路①

防護すべき設備を設置する原子炉建物及び廃棄物処理建物については、各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置（敷地高さ(EL15.0m)から 0.3m 以上）が高いことから溢水防護区画への浸水はない。また、タービン建物についても、各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置（敷地高さ(EL8.5m)から 0.3m 以上）が高いことから溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路②

溢水伝播挙動評価による建物周りの水位は最大でも 0.4m 程度である。これに対して、地上 1m 以下の貫通部に対してシリコン等の止水措置を実施するため、本経路から溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路③

2号機建物に隣接する1号機原子炉建物、タービン建物及び廃棄物処理建物については、敷地高さ(EL8.5m及びEL15.0m)から0.3mの高さまで建物扉や貫通部がないことを確認している。屋外タンク等からの溢水が1号機タービン建物等に流入した場合でも、その溢水量は僅かと考えられるが、保守的な想定として、土石流危険区域内ではないが1号機タービン建物近傍に設置するタンク（純水タンク(A)(B)）(約1,200m<sup>3</sup>)が流入したとしても1号機タービン建物の滞留容積は11,170m<sup>3</sup>であるため、溢水は当該建物内に収容されることから、本経路から溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路④

地下ダクト接続箇所はEL8.5mの地下部に7箇所、EL15.0mの地下部に2箇所あり、屋外とダクト又はダクトと建物境界部に止水処置を実施するため、本経路から溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路⑤

建物間接合部にはエキスパンションジョイント止水板等を設置するため、本経路から溢水防護区画への伝播はない。

(b) 建物外の溢水評価結果

建物外に設置している防護すべき設備としては以下があるが、これらを設置している溢水防護区画への溢水経路は地表部からの直接伝播となる。

- ・ A-燃料移送ポンプ
- ・ B-燃料移送ポンプ
- ・ 高圧炉心スプレー系燃料移送ポンプ
- ・ 原子炉補機海水ポンプ
- ・ 高圧炉心スプレー補機海水ポンプ

建物外に設置している排気筒エリアの A-燃料移送ポンプ及び高圧炉心スプレー系燃料移送ポンプについては、当該設備を設置する区画に近傍の浸水深（表 6.2-10 地点 12 最大浸水深：0.23m，地点 13 最大浸水深：0.24m）よりも高い、高さ 2m のディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備北側防水壁及び南側防水壁並びにディーゼル燃料移送ポンプエリア防護対策設備北側水密扉及び南側水密扉を設置するため、溢水防護区画への伝播はない。

B-ディーゼル燃料貯蔵タンク格納槽の B-燃料移送ポンプについては、当該設備近傍の浸水深は低く（表 6.2-10 地点 11 最大浸水深：0.08m），扉の設置位置（敷地高さ（EL15.0m）から 0.35m）の方が高いことから、溢水防護区画への伝播はない。

原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレー補機海水ポンプについては、当該設備を設置する取水槽海水ポンプエリアの天端開口部に当該設備近傍の浸水深（表 6.2-10 地点 8 最大浸水深：0.20m，地点 9 最大浸水深：0.29m）よりも高い、高さ 2m の取水槽海水ポンプエリア防護対策設備防水壁を設置するため、溢水防護区画への伝播はない。

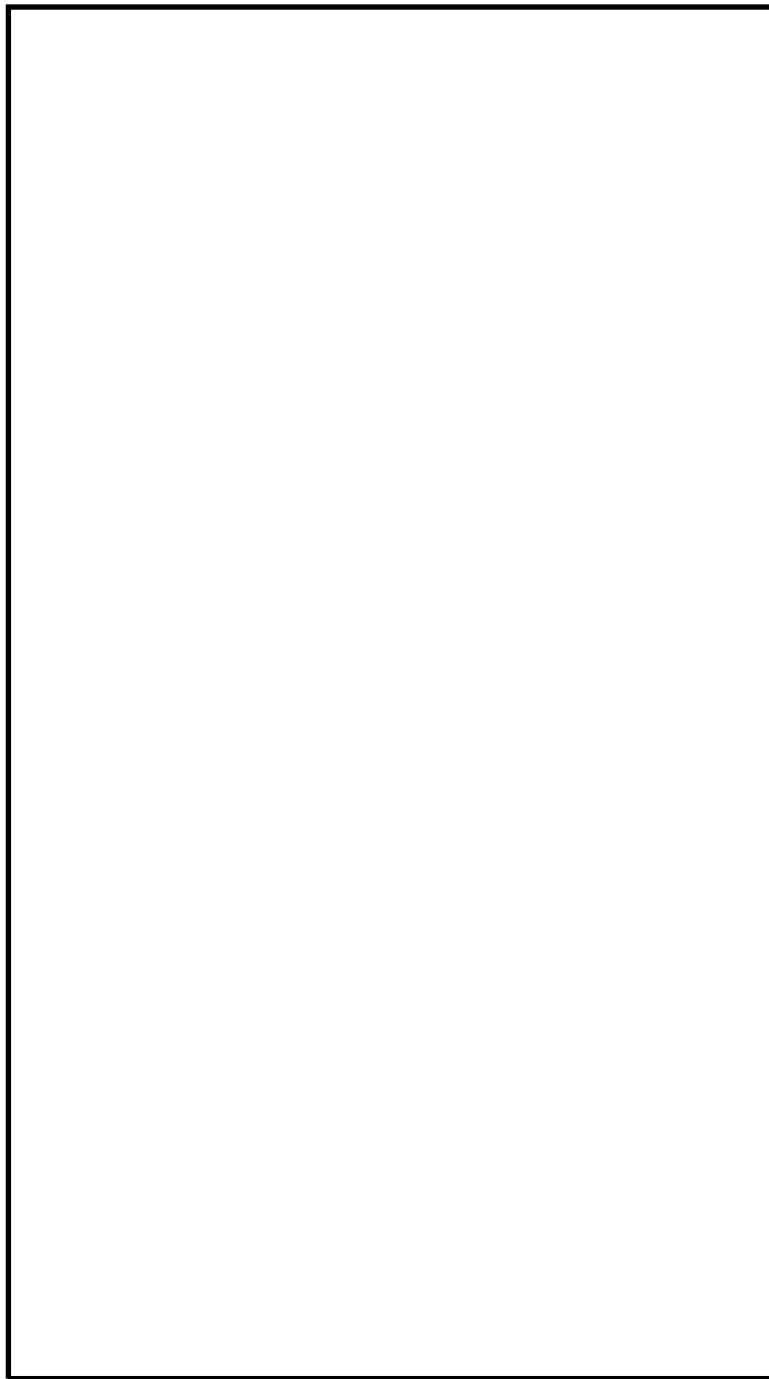


図 6.2-15 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴 (1/6)

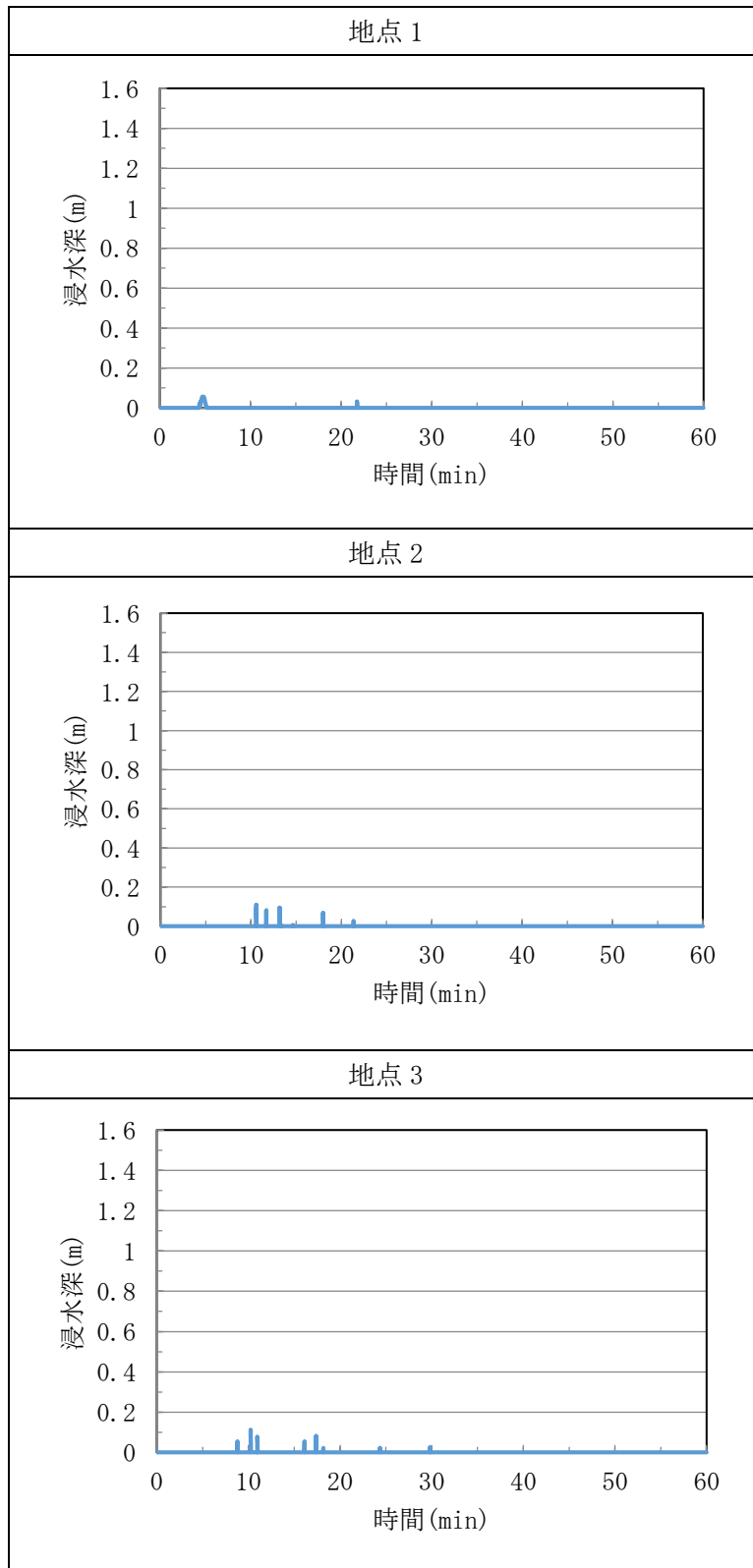


図 6.2-15 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴 (2/6)

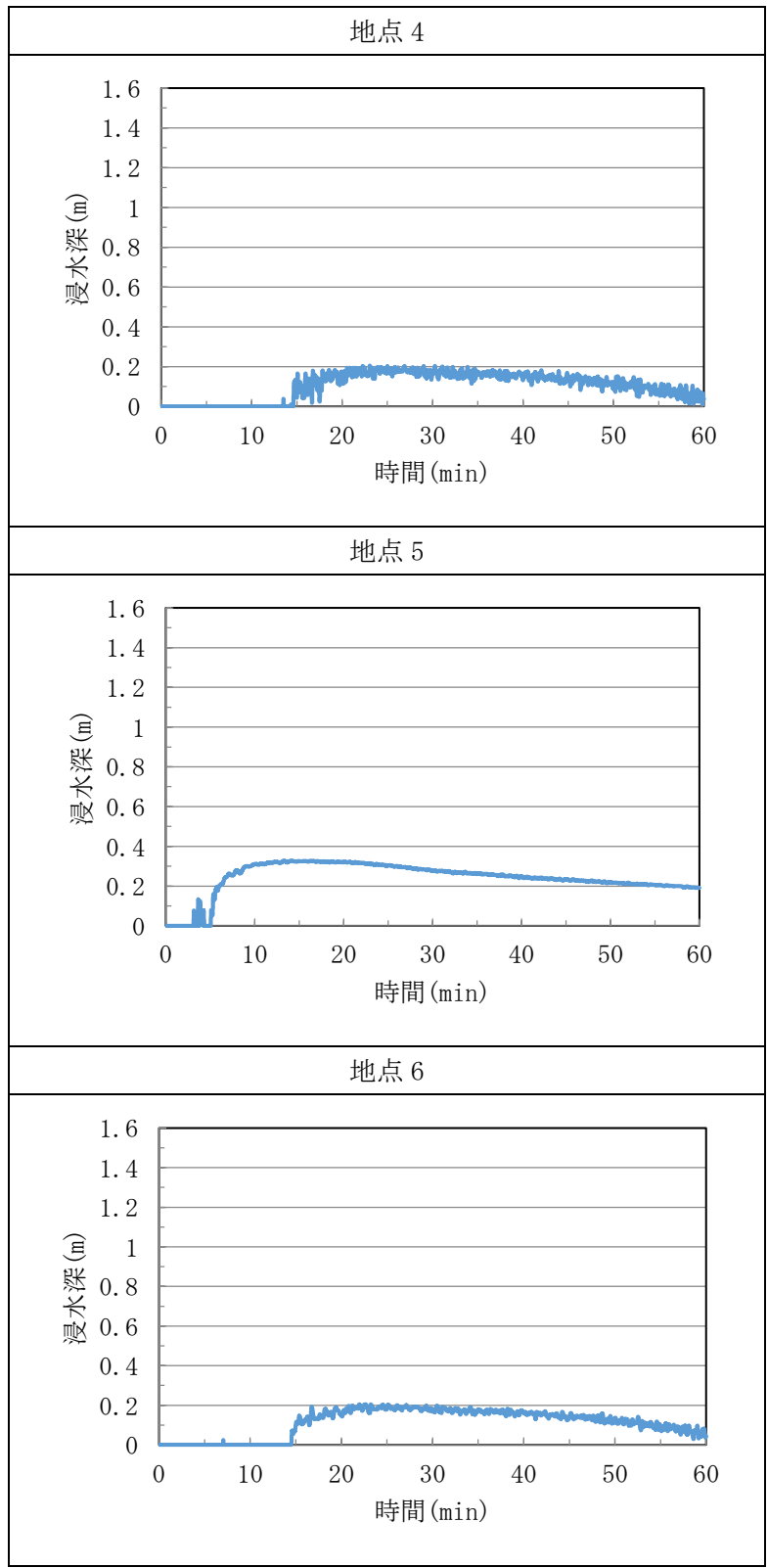


図 6.2-15 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴 (3/6)



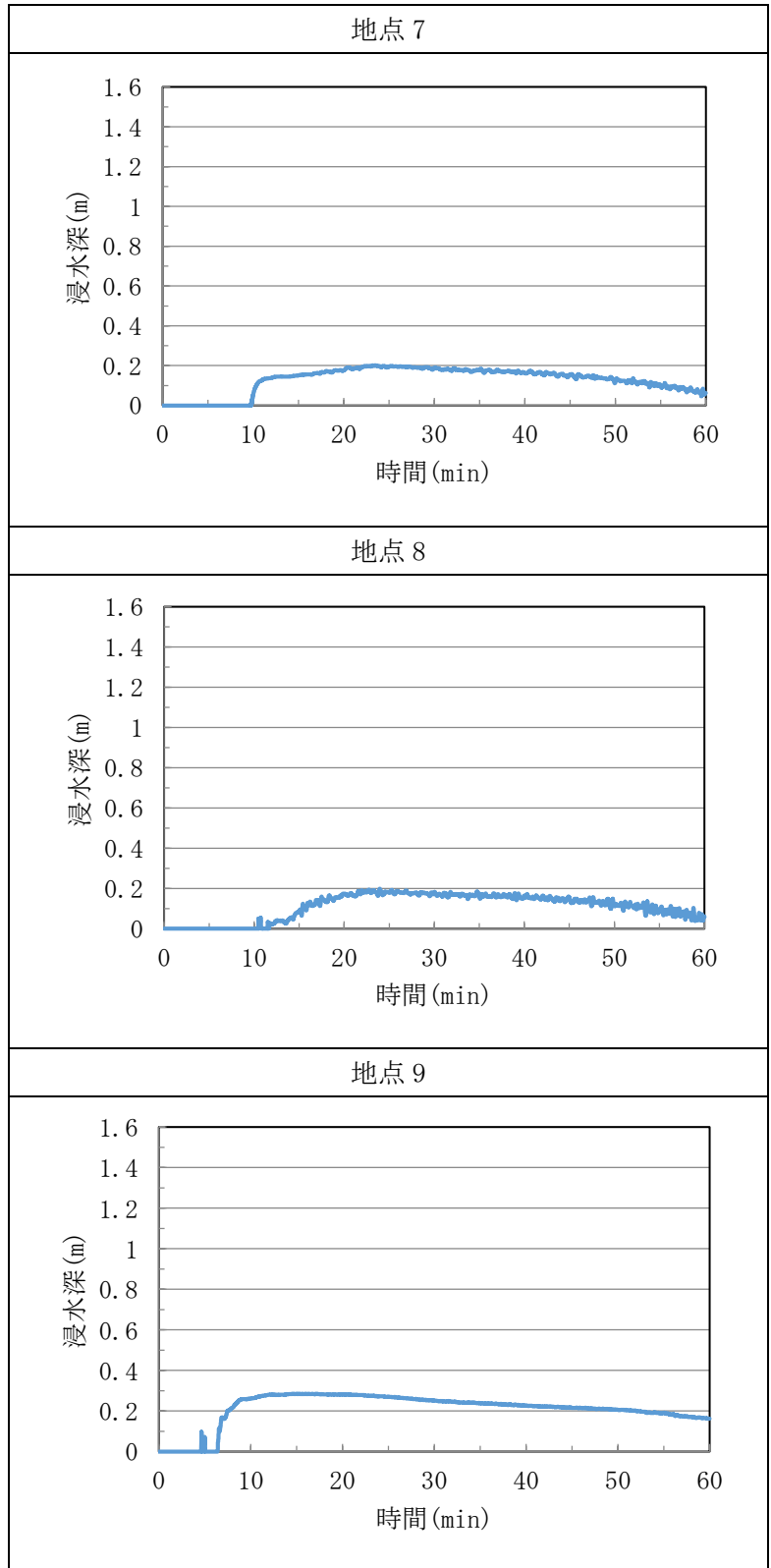


図 6.2-15 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴 (4/6)

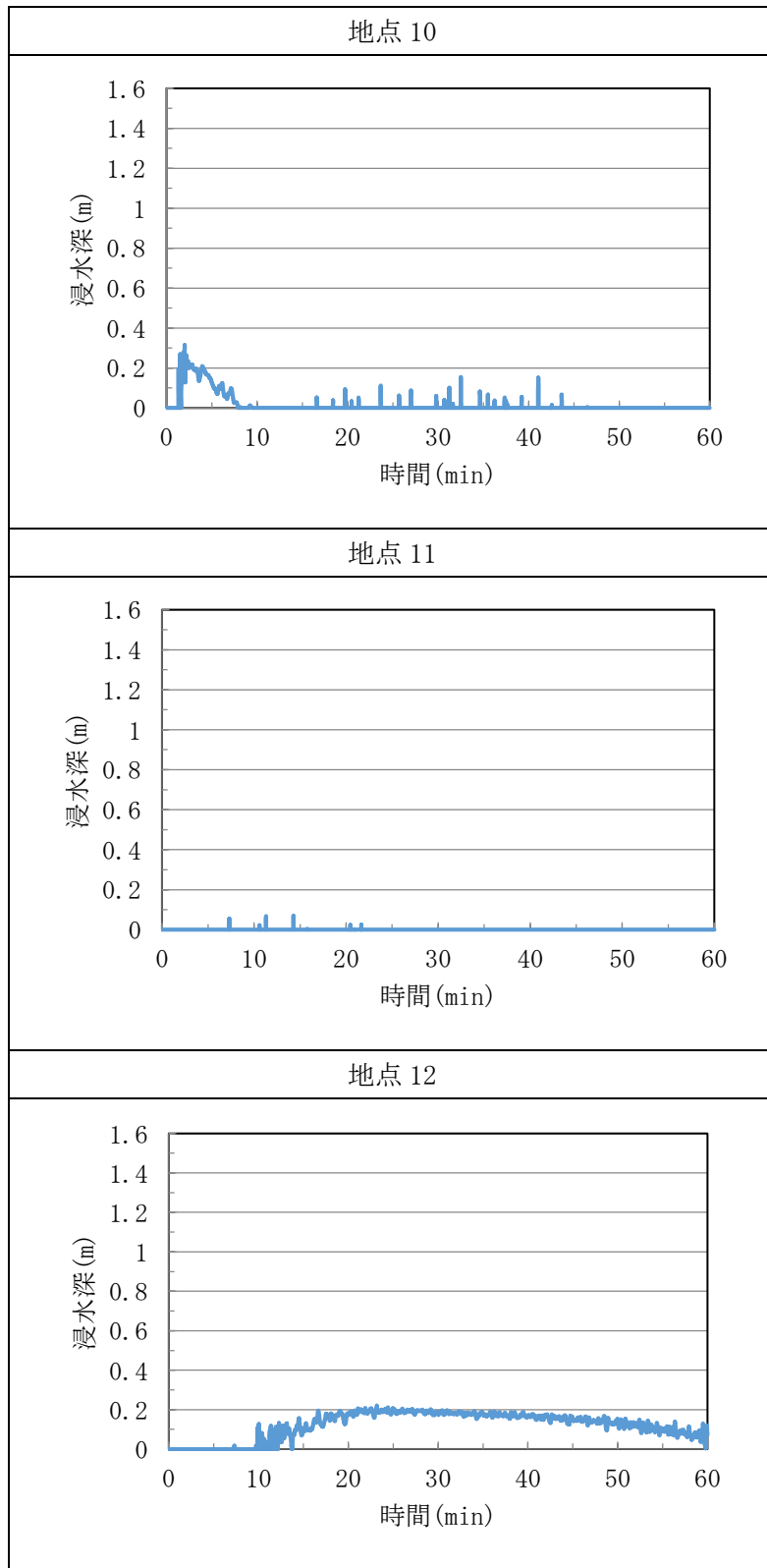


図 6.2-15 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴 (5/6)

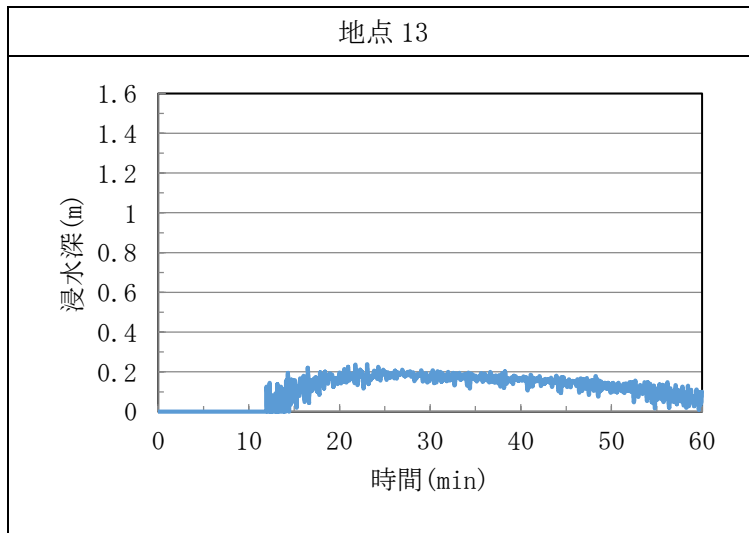


図 6.2-15 原子炉建物等及び建物外における浸水深時刻歴 (6/6)

表 6.2-10 原子炉建物等及び建物外における最大浸水深

代表箇所		基準高さ EL (m) ①	最大 浸水深 (m) ②	建物外周扉 等の設置位 置 EL (m) ③	建物外周扉 等の設置位 置を超える もの ③-①<②
地点 1	原子炉建物南面	15.0	0.06	15.3	—
地点 2	原子炉建物西面 1	15.0	0.11	15.3	—
地点 3	原子炉建物西面 2	15.0	0.12	15.3	—
地点 4	タービン建物北面 1	8.5	0.21	8.8	—
地点 5	タービン建物北面 2	8.5	0.33	8.9	—
地点 6	タービン建物北面 3	8.5	0.21	9.1	—
地点 7	タービン建物北面 4	8.5	0.21	9.26	—
地点 8	取水槽海水ポンプ エリア西面	8.5	0.20	8.8	—
地点 9	取水槽海水ポンプ エリア東面	8.5	0.29	8.8	—
地点 10	廃棄物処理建物 南面	15.0	0.32	15.35	—
地点 11	B-ディーゼル燃料貯蔵 タンク格納槽北面	15.0	0.08	15.35	—
地点 12	A-ディーゼル燃料移送 ポンプピット西面	8.5	0.23	8.7	○
地点 13	HPCS-ディーゼル燃料 移送ポンプピット西面	8.5	0.24	8.7	○

b. 緊急時対策所等の溢水評価結果

溢水伝播挙動評価の結果として得られた緊急時対策所等における浸水深の時刻歴を図 6.2-16～図 6.2-19 に、最大浸水深を表 6.2-11 に示す。

(a) 緊急時対策所等の溢水評価結果

緊急時対策所，ガスタービン発電機建物，第 1 ベントフィルタ格納槽及び低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽への屋外タンク等からの溢水に対する溢水経路としては，表 6.2-6 に示す経路が挙げられる。

各溢水経路のうち，溢水防護区画への溢水経路①～②に対する溢水評価の結果は次のとおりであり，いずれの経路からも溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路①

防護すべき設備を設置する緊急時対策所，ガスタービン発電機建物，第 1 ベントフィルタ格納槽及び低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽については，各扉付近の溢水水位より外壁に設置された扉の設置位置が高いことから溢水防護区画への伝播はない。

溢水経路②

溢水伝播挙動評価による建物等の周りの水位は最大でも 0.3m 程度である。これに対して，地上 1m 以下の貫通部に対してシリコン等の止水措置を実施するため，本経路から溢水防護区画への伝播はない。

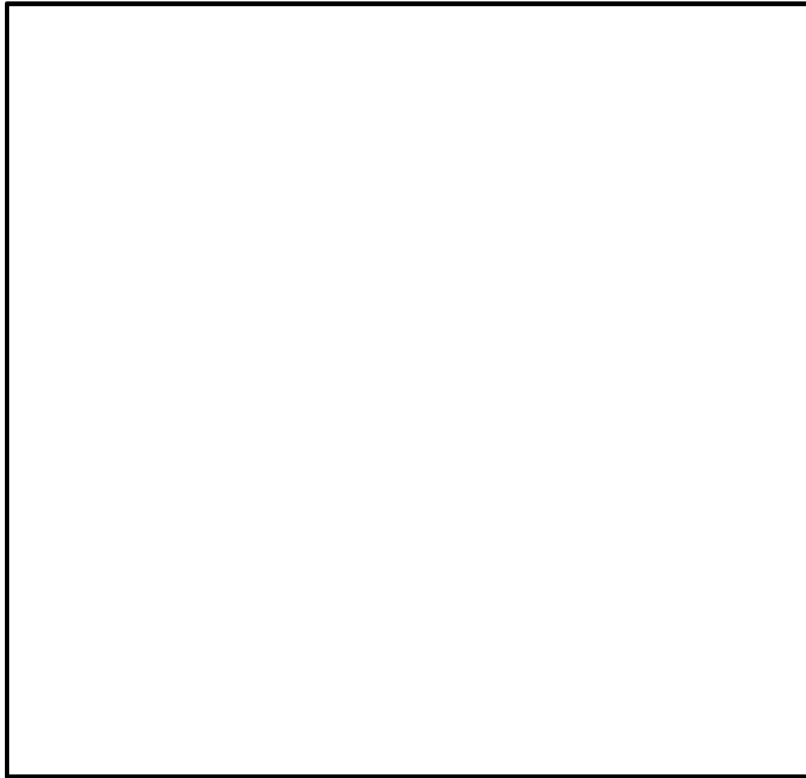


図 6.2-16 緊急時対策所における浸水深時刻歴(1/2)

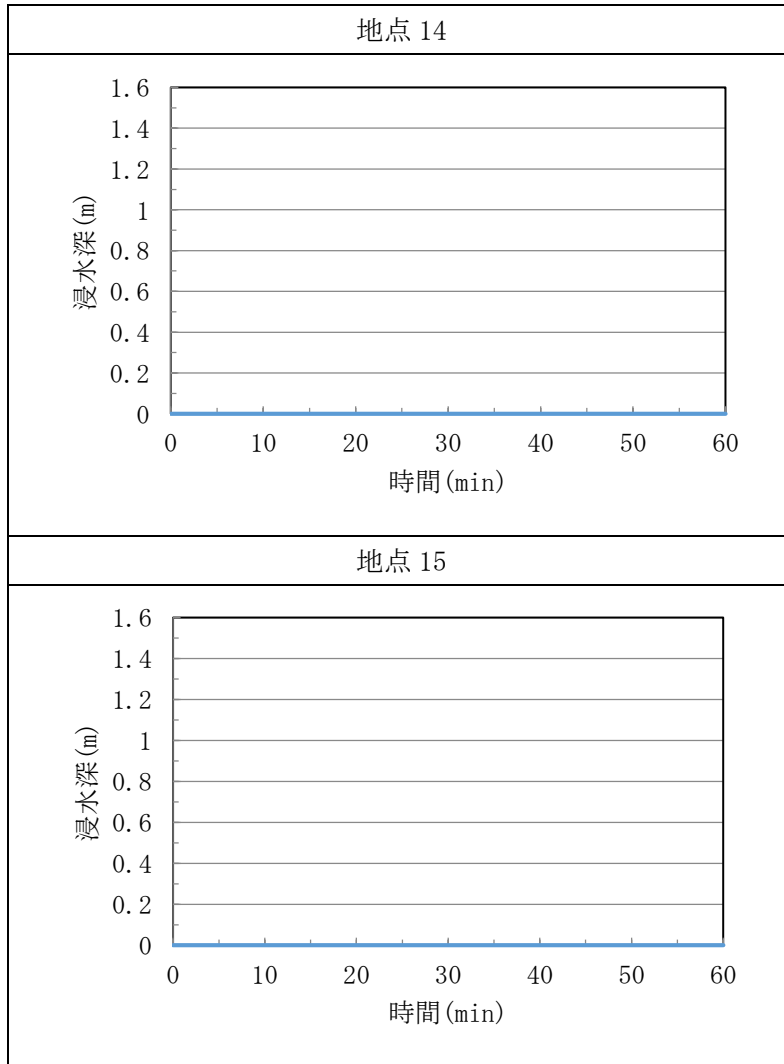


図 6.2-16 緊急時対策所における浸水深時刻歴(2/2)

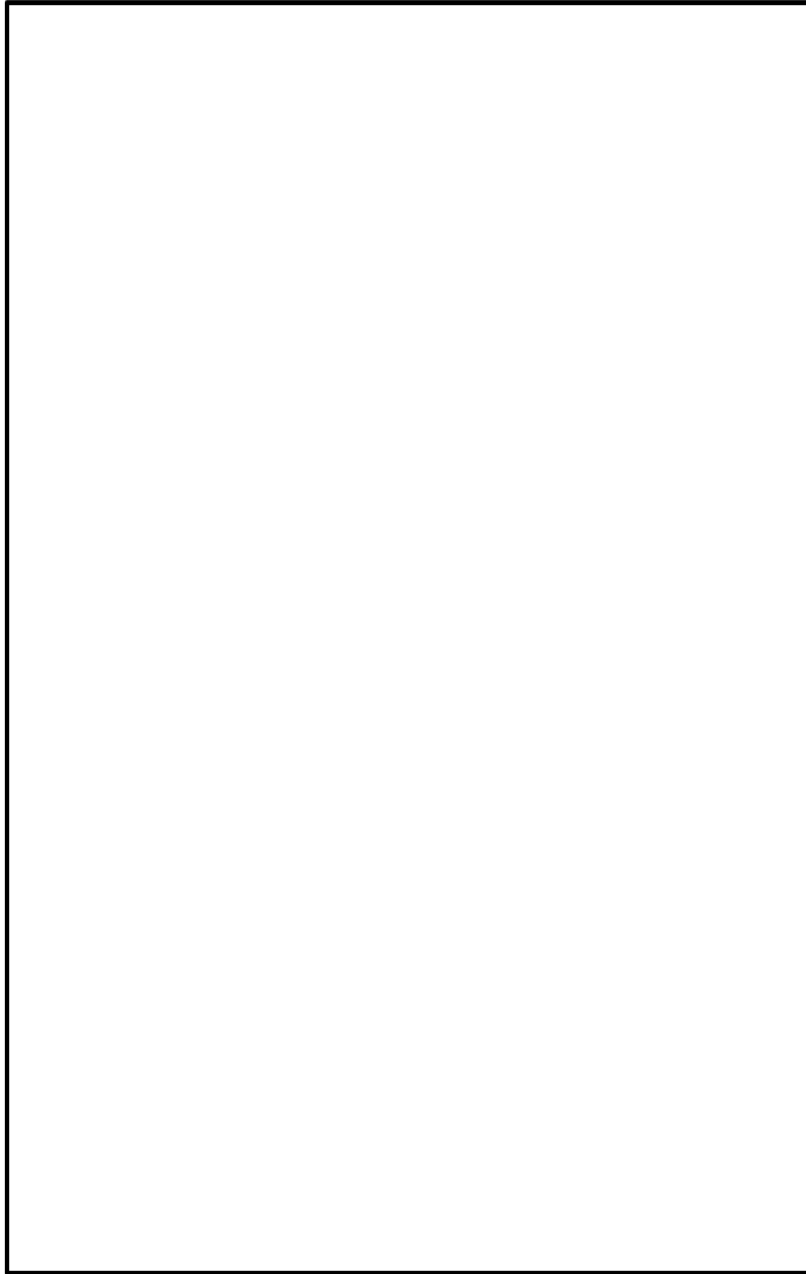


図 6.2-17 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴 (1/4)



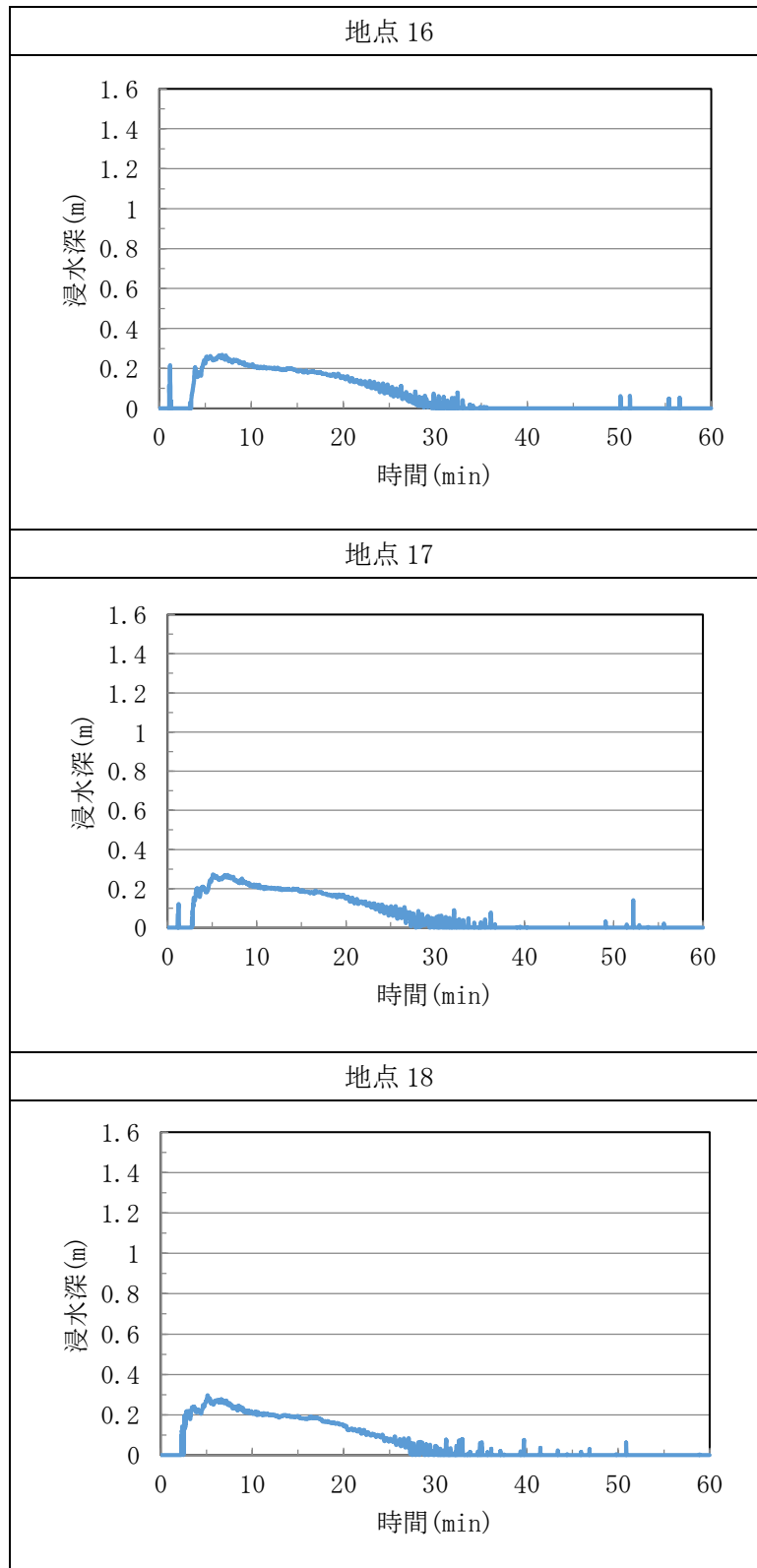


図 6.2-17 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴 (2/4)

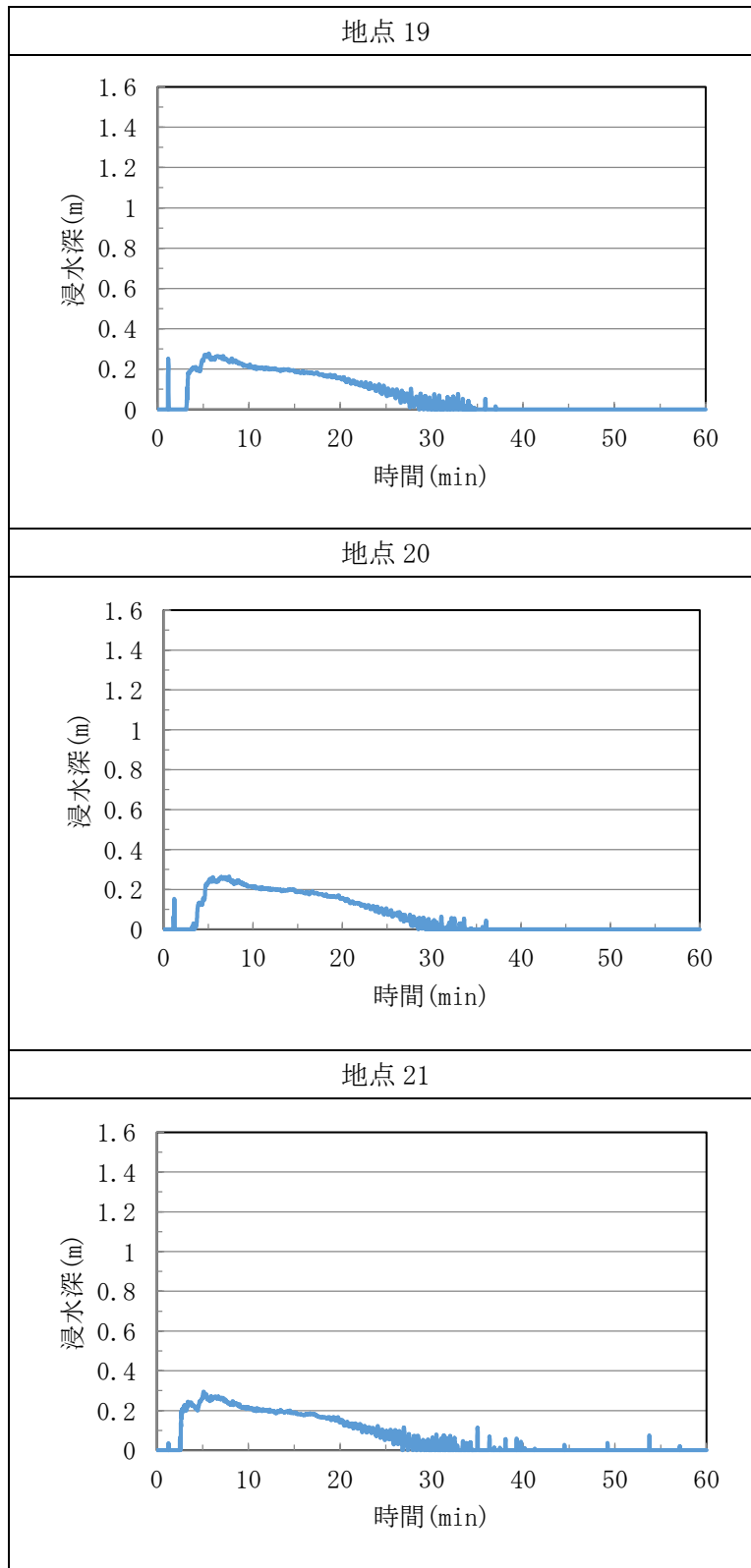


図 6.2-17 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴 (3/4)

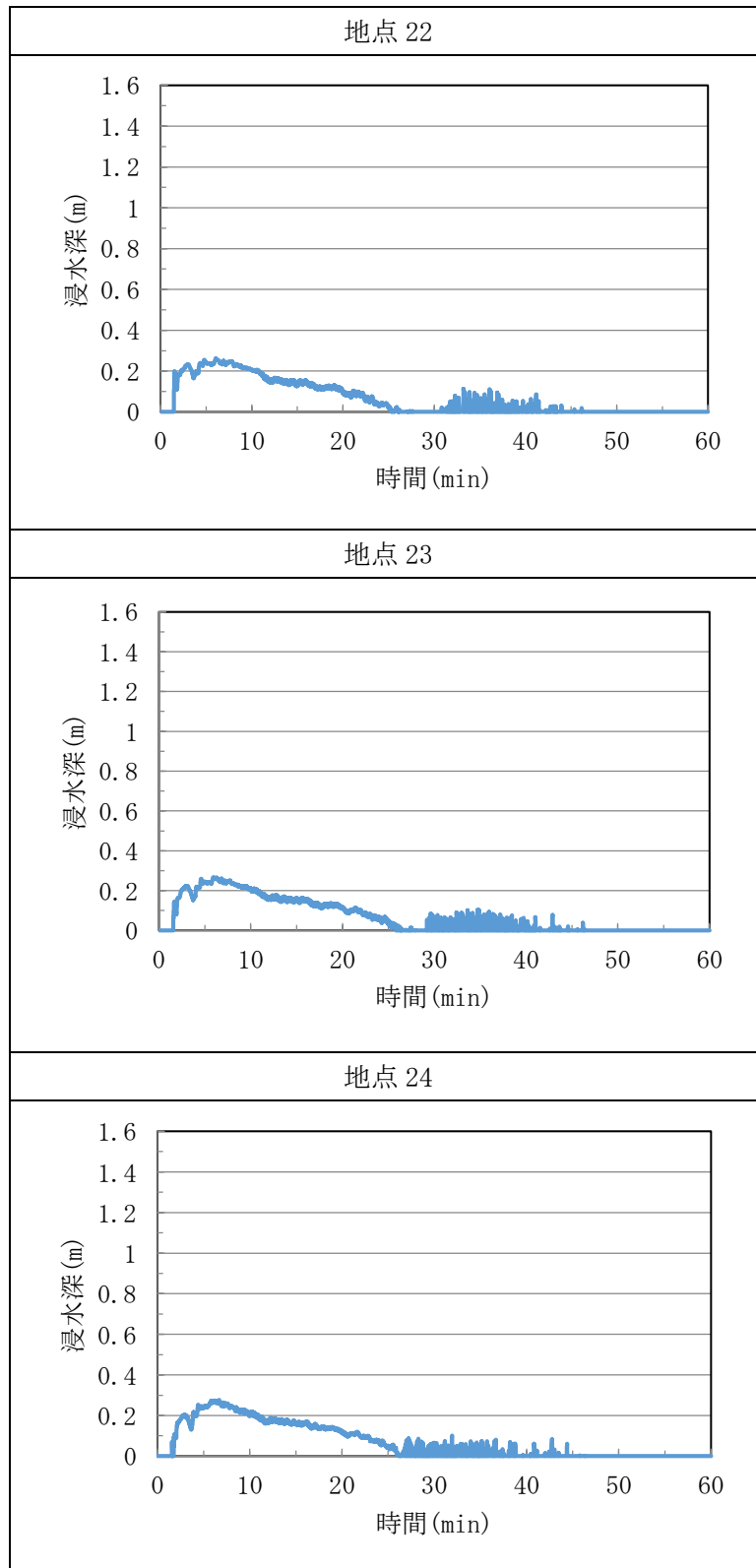


図 6.2-17 ガスタービン発電機建物における浸水深時刻歴 (4/4)

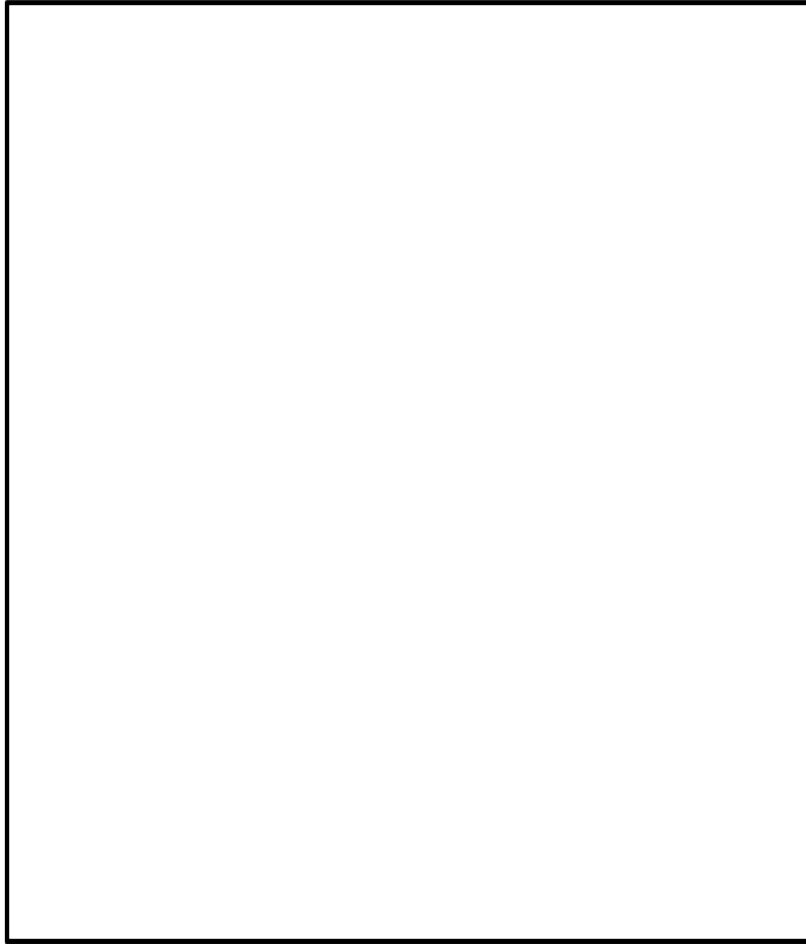


図 6.2-18 第1 ベントフィルタ格納槽における浸水深時刻歴(1/2)

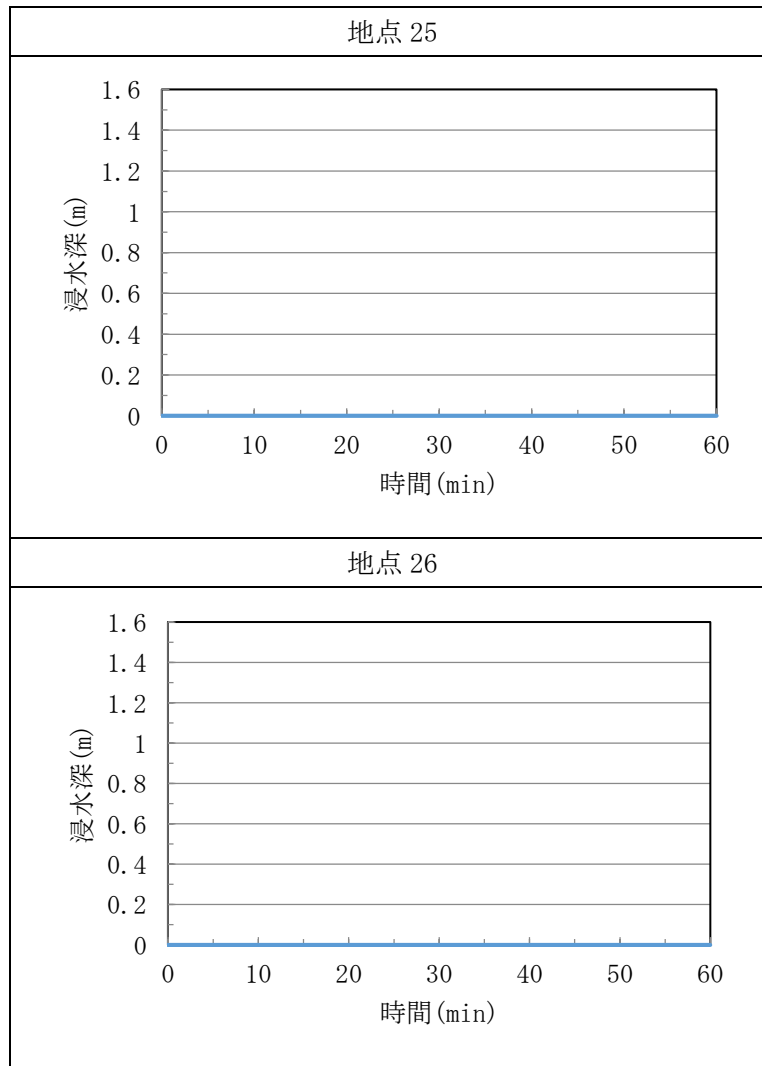


図 6.2-18 第 1 ベントフィルタ格納槽における浸水深時刻歴 (2/2)

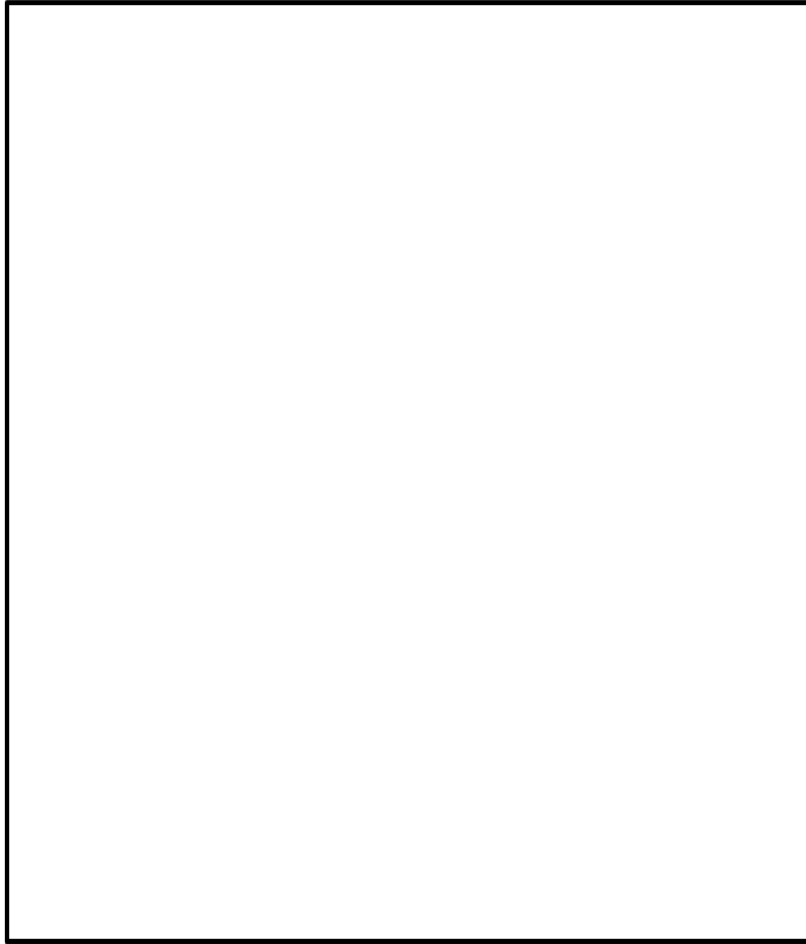


図 6.2-19 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽における浸水深時刻歴(1/2)

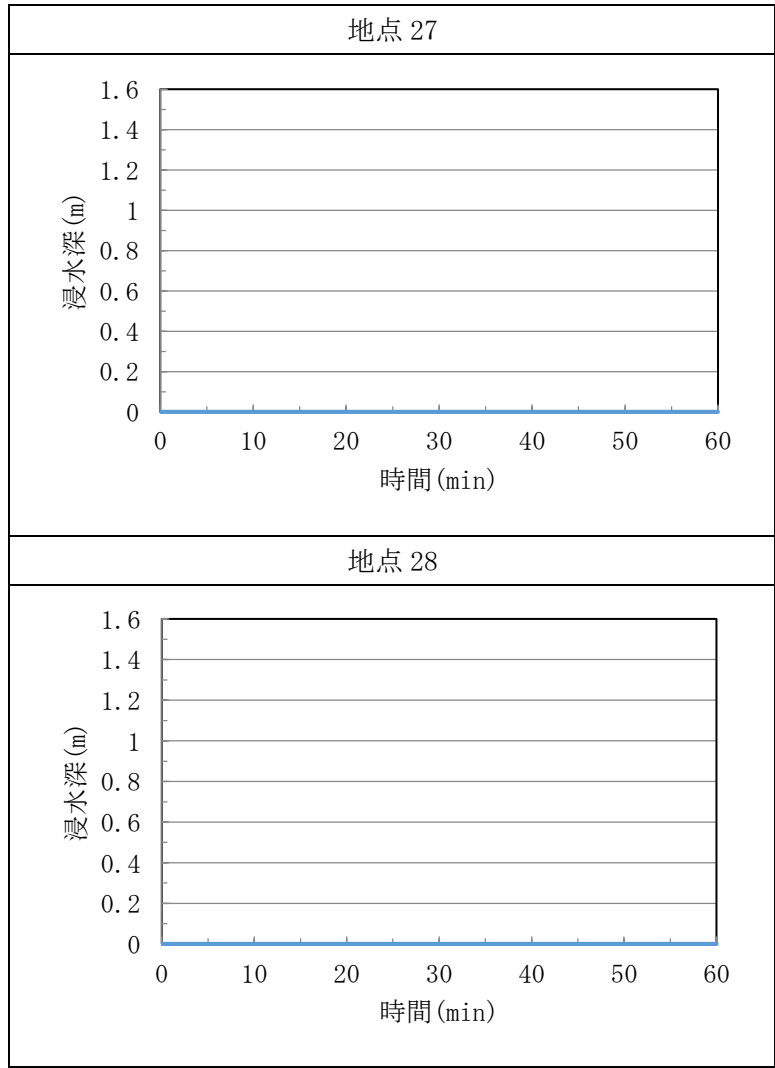


図 6.2-19 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽における浸水深時刻歴(2/2)

表 6.2-11 緊急時対策所等における最大浸水深

代表箇所	基準高さ EL (m) ①	最大 浸水深 (m) ②	建物外周扉 等の設置位 置 EL (m) ③	建物外周扉 等の設置位 置を超える もの ③-①<②	
地点 14	緊急時対策所北面	50.0	0.00	50.4	—
地点 15	緊急時対策所東面	50.0	0.00	50.3	—
地点 16	ガスタービン発電機 建物北面 1	47.25	0.27	47.75	—
地点 17	ガスタービン発電機 建物北面 2	47.25	0.28	47.75	—
地点 18	ガスタービン発電機 建物北面 3	47.25	0.30	47.75	—
地点 19	ガスタービン発電機 建物北面 4	47.25	0.28	47.75	—
地点 20	ガスタービン発電機 建物北面 5	47.25	0.27	47.75	—
地点 21	ガスタービン発電機 建物北面 6	47.25	0.30	47.75	—
地点 22	ガスタービン発電機 建物南面 1	47.25	0.27	47.55	—
地点 23	ガスタービン発電機 建物南面 2	47.25	0.27	47.55	—
地点 24	ガスタービン発電機 建物南面 3	47.25	0.28	47.55	—
地点 25	第 1 ベントフィルタ 格納槽西面 1	15.0	0.00	15.3	—
地点 26	第 1 ベントフィルタ 格納槽西面 2	15.0	0.00	15.2	—
地点 27	低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽西面 1	15.0	0.00	15.2	—
地点 28	低圧原子炉代替注水 ポンプ格納槽西面 2	15.0	0.00	15.2	—



#### 6.2.4 掘削箇所への溢水の流入を考慮した溢水評価

島根2号機構内で実施している第3系統直流電源設備設置工事等の安全対策工事に伴う掘削箇所への屋外タンク等の破損によって生じる溢水の流入を考慮する。なお、6.2.2及び6.2.3の溢水伝播挙動評価は地表面からの浸水深を確認しており、浸水深は掘削箇所に溢水が流入することによって低くなるため、地表面より上における溢水評価に関して、掘削箇所を考慮した溢水評価は溢水伝播挙動評価に包含される。

##### (1) 想定する事象

屋外タンク等の破損によって生じる溢水が掘削箇所に流入し、掘削箇所の地表面(EL8.5mまたはEL15.0m)まで溢水が滞留すると想定する。掘削は工事エリア内で実施するため、保守的に工事エリア全域の掘削を想定して、溢水が滞留する範囲は工事エリア全域とする。工事エリア(掘削箇所含む)の概要図を図6.2-20に、工事エリア①～③の想定溢水水位を表6.2-12に示す。

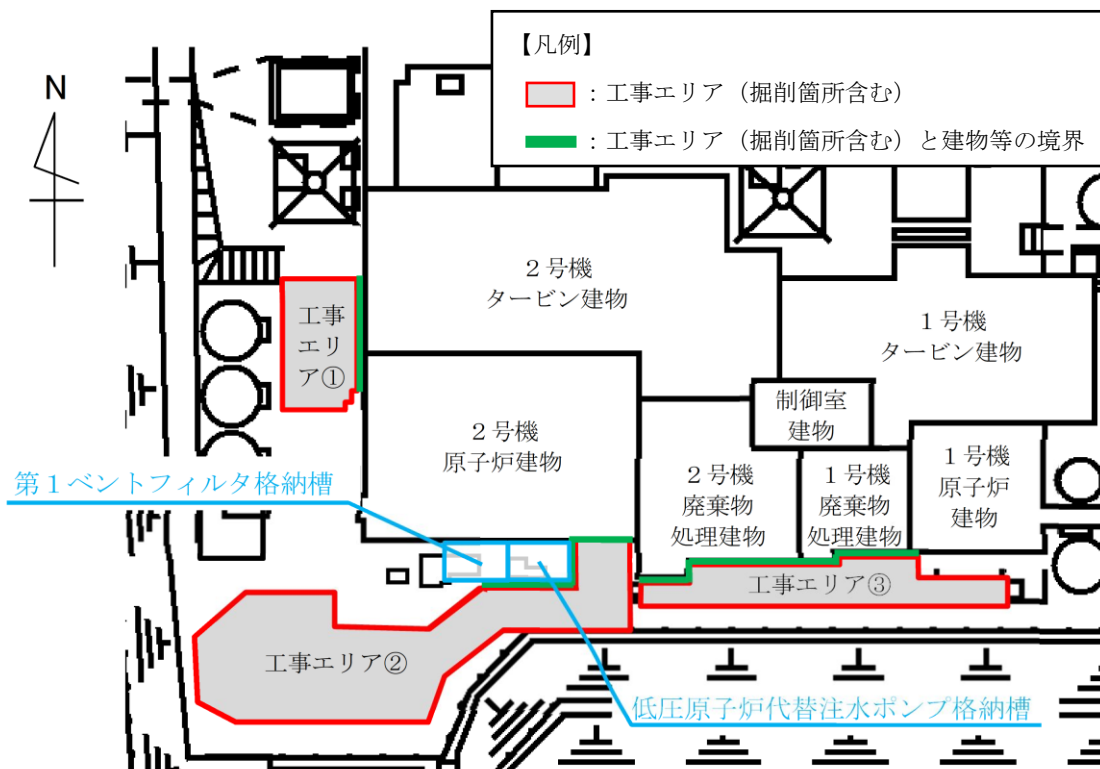


図 6.2-20 工事エリア (掘削箇所含む) 概要図

表 6.2-12 工事エリア①～③の想定浸水深

地点	工事エリア①	工事エリア②	工事エリア③
想定浸水深 (地表面)	EL8.5m	EL15.0m	EL15.0m

## (2) 溢水評価結果

掘削箇所に流入した溢水に対する建物等への溢水経路としては、掘削箇所と建物等の境界にある貫通部が挙げられる。

屋外タンク等の破損によって生じる溢水が掘削箇所に流入し、掘削箇所の地表面（EL8.5m または EL15.0m）まで溢水の滞留を想定することから、掘削箇所と 2 号機建物等の境界にある貫通部に対してシリコン等の止水処置を実施する設計とすることから、溢水防護区画への伝播はない。また、掘削箇所と 1 号機建物の境界については溢水が 1 号機建物に伝播しても、1 号機廃棄物処理建物と防護すべき設備を設置する制御室建物及び 2 号機廃棄物処理建物の境界に EL15.3m まで溢水伝播を防止する設備を設置することから、溢水防護区画への伝播はない。

## 溢水源とする屋外タンク等の選定について

## 1. はじめに

屋外タンク等からの地震起因による溢水評価において、溢水源とする屋外タンク等の選定方法を示す。

## 2. 屋外タンク等の抽出

島根原子力発電所敷地内において、地上部に設置しており、内部流体が液体である屋外タンク、貯水槽、沈砂池及び調整池等を抽出した。

## 3. 溢水源とする屋外タンク等の選定

抽出した屋外タンク等を、溢水源とする屋外タンク等の選定フローに基づき溢水源とする屋外タンク等又は溢水源としない屋外タンク等に選定する。溢水源とする屋外タンク等の選定フローを図 1 に、選定結果を表 1 に、配置図を図 2 に示す。

宇中貯水槽、中和沈殿槽、輪谷貯水槽（西側）沈砂池及び輪谷 200t 貯水槽は敷地を掘り込んだ構造となっており、水面が敷地高さより低いため、溢水源とする屋外タンク等の対象から除外した。また、敷地形状から建物側へ流れないことを確認している屋外タンク等は対象から除外した。

なお、輪谷貯水槽（西側）は基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、バウンダリ機能が保持できる貯水槽を設置するため、スロッシングを含め溢水は生じない。

## 4. 溢水源としない屋外タンク等の対策

溢水源としない屋外タンク等の対策内容を以下に示す。

## (1) 区分 A

基準地震動  $S_s$  による地震力に対し、タンク又は防油堤等のバウンダリ機能を保持させる。地震による損傷形態を踏まえた屋外タンク等からの溢水評価への影響を別紙 3 に示す。

## (2) 区分 B

タンクを空運用とすることとし、保安規定に定めて管理する。

## (3) 区分 C

FRP 又は樹脂系塗装等で塗装された保有水量全量を保持できる堰の設置等の流出防止対策を実施する。

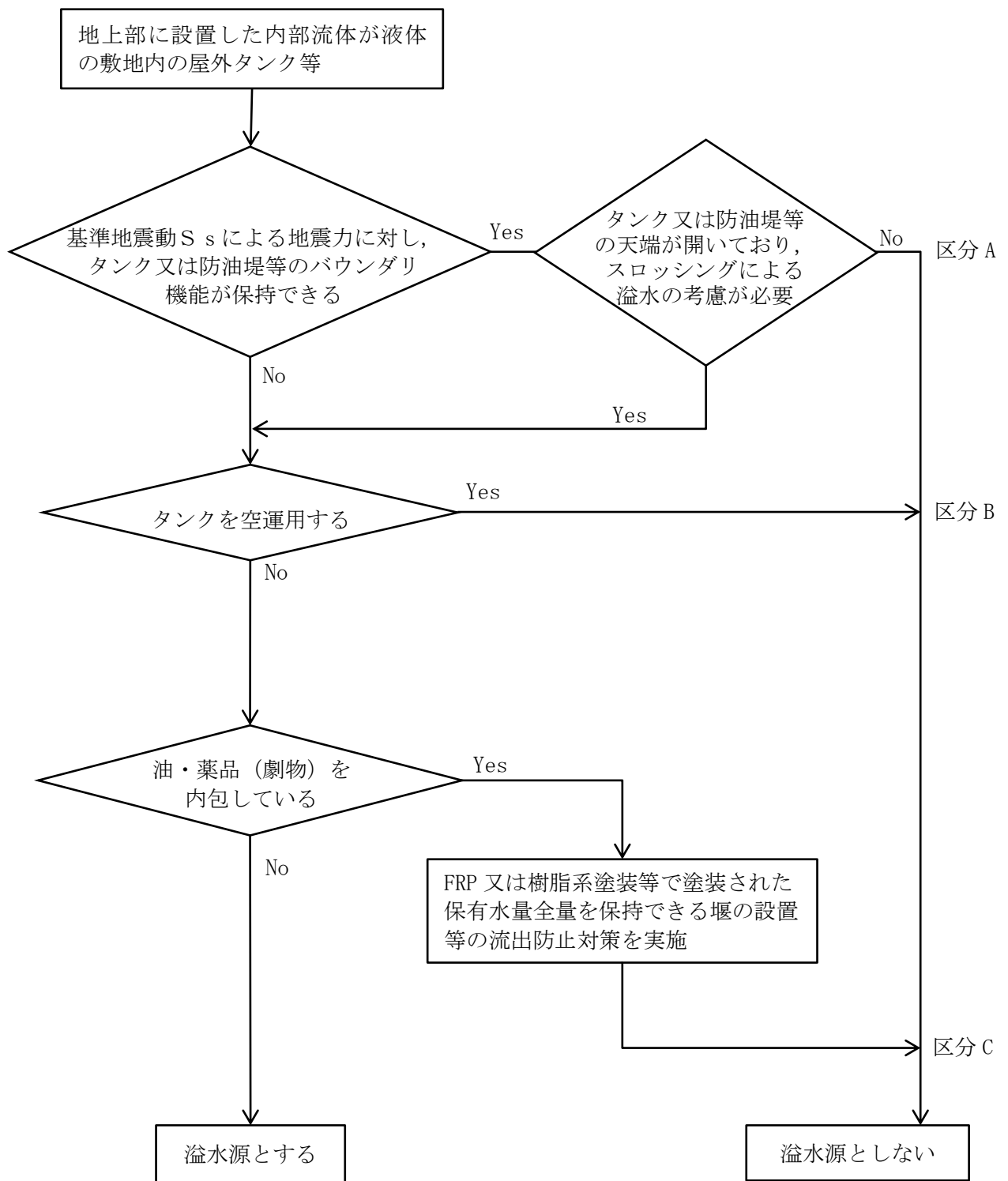


図1 溢水源とする屋外タンク等の選定フロー

表1 溢水源とする屋外タンク等の選定結果 (1/2)

No.	名称	内容物	保有水量 (m <sup>3</sup> )	選定結果*1	配置図 No.	区分*3
1	タービン油計量タンク	油	47	×	n-3	C
2	No.3 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
3	No.2 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
4	No.1 重油タンク	油	900	×	n-4	A-1
5	地上式淡水タンク (A)	水	560	×	n-7	B
6	地上式淡水タンク (B)	水	560	×	n-7	B
7	電解液受槽 (1号)	薬品 (非劇物)	22	○	5	-
8	電解液受槽 (2号)	薬品 (非劇物)	10	○	n-8	-
9	鉄イオン溶解タンク (2号)	薬品 (非劇物)	19	○	n-9	-
10	硫酸貯蔵タンク	薬品 (劇物)	6	×	n-10-1	C
11	苛性ソーダ貯蔵タンク	薬品 (劇物)	30	×	n-10-1	B
12	1号機主変圧器	油	0	×	n-11	B
13	1号機所内変圧器	油	0	×	n-11	B
14	2号機主変圧器	油	77	×	n-12	C
15	2号機所内変圧器 (A)	油	10	×	n-12	C
16	2号機所内変圧器 (B)	油	10	×	n-12	C
17	2号機起動変圧器	油	24	×	n-12	C
18	海水電解装置脱気槽	薬品 (非劇物)	12	○	n-13	-
19	補助ボイラー排水処理装置 pH調整用 酸貯槽	薬品 (劇物)	1	×	n-14-1	C
20	補助ボイラー排水処理装置 pH調整用 アルカリ貯槽	薬品 (劇物)	1	×	n-14-1	C
21	補助ボイラー排水処理装置 排水pH中和槽	水	3	○	n-14	-
22	補助ボイラー補機冷却水薬液注入貯槽	薬品 (非劇物)	1	○	n-14	-
23	重油タンク用泡原液差圧調合槽	薬品 (非劇物)	2	○	n-15	-
24	3号機主変圧器	油	141	×	n-16	C
25	3号機所内変圧器	油	21	×	n-16	C
26	3号機補助変圧器	油	37	×	n-16	C
27	空気分離器	油	2	×	n-17	C
28	500kVケーブル給油装置	油	1	×	n-16	C
29	補助ボイラーサービスタンク	油	2	×	n-14-1	C
30	1号処理水受入タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-3	B
31	3号復水貯蔵タンク	水	1,600	×	n-74	A-2
32	3号補助復水貯蔵タンク	水	1,600	×	n-74	A-2
33	代替注水槽	水	2,500	×	n-20	B
34	3号補助消火水槽 (A)	水	200	×	n-75	B
35	3号補助消火水槽 (B)	水	200	×	n-75	B
36	3号ろ過水タンク (A)	水	1,000	○	1	-
37	3号純水タンク (A)	水	1,000	○	2	-
38	消火用水タンク (A)	水	1,200	○	3	-
39	消火用水タンク (B)	水	1,200	○	3	-
40	宇中受水槽	水	24	○	46	-
41	変圧器消火水槽	水	306	○	4	-
42	管理事務所1号館東側調整池	水	1520	○	9	-
43	3号補助ボイラーサービスタンク	油	2	×	n-24-2	C
44	4号補助ボイラーサービスタンク	油	2	×	n-24-3	C
45	苛性ソーダ貯蔵タンク	薬品 (劇物)	26	×	n-27	C
46	排水中和用塩酸タンク	薬品 (劇物)	1	×	n-27	C
47	排水中和用苛性ソーダタンク	薬品 (劇物)	1	×	n-27	C
48	塩酸貯槽	薬品 (劇物)	3	×	n-28-3	C
49	予備変圧器	油	10	×	n-31	C
50	1号機起動変圧器	油	48	×	n-32	C
51	硫酸貯蔵タンク	薬品 (劇物)	10	×	n-27	C
52	1号機復水貯蔵タンク	水 (放射性)	500	×	n-33	A-2
53	1号補助サージタンク	水 (放射性)	500	×	n-34	B
54	純水タンク (A)	水	600	○	10	-
55	純水タンク (B)	水	600	○	10	-
56	2号復水貯蔵タンク	水 (放射性)	2,000	×	n-35	A-2
57	2号補助復水貯蔵タンク	水 (放射性)	1,800	×	n-36	A-2
58	2号トラス水受入タンク	水 (放射性)	1,800	×	n-37	A-2
59	A-真空脱気塔	水	2	○	n-38	-
60	B-真空脱気塔	水	2	○	n-38-1	-
61	冷却水回収槽	水	2	○	n-38-2	-
62	C-真空脱気塔	水	3	○	n-28	-
63	D-真空脱気塔	水	3	○	n-28-1	-

表1 溢水源とする屋外タンク等の選定結果 (2/2)

No.	名称	内容物	保有水量 (m <sup>3</sup> )	選定結果*1	配置図 No.	区分*3
64	C/D用冷却水回収槽	水	2	○	n-28-2	-
65	2号ろ過水タンク	水	3,000	○	11	-
66	1号除だく槽	水	87	○	12	-
67	1号ろ過器	水	62	○	13	-
68	2号除だく槽	水	102	○	14	-
69	2号ろ過器	水	36	○	15	-
70	2号濃縮槽	水	30	○	16	-
71	1号除だく槽排水槽	水	7	○	n-41	-
72	22m盤受水槽	水	30	○	37	-
73	1号ろ過水タンク	水	3,000	○	17	-
74	ガスタービン発電機用軽油タンク	油	560	×	n-43-1	A-1
75	泡消火薬剤貯槽 (ガスタービン発電機用軽油タンク)	薬品 (非劇物)	1	○	n-43	-
76	0Fケーブルタンク	水	3	×	n-47	C
77	輪谷貯水槽 (東側)	水	1,956*2	○	19	-
78	輪谷貯水槽 (西側)	水	10,000	×	n-55	A-2
79	輪谷貯水槽 (東側) 沈砂池	水	260	○	20	-
80	碓子水洗タンク	水	146	○	22	-
81	原水80t水槽	水	80	○	24	-
82	雑用水タンク	水	33	○	26	-
83	宇中系統中継水槽 (西山水槽)	水	30	○	25	-
84	59m盤トイレ用水貯槽	水	32	○	44	-
85	500kVケーブル給油装置	油	1	×	n-48	C
86	非常用ろ過水タンク	水	2,500	×	n-49	A-2
87	74m盤受水槽 (2槽)	水	60	○	27	-
88	山林用防火水槽 (スカイライン)	水	50	○	n-52	-
89	山林用防火水槽 (スカイライン)	水	50	○	n-52	-
90	A-サイトバンカ建物消火タンク	水	46	○	18	-
91	B-サイトバンカ建物消火タンク	水	46	○	18	-
92	A-50m盤消火タンク	水	155	○	28	-
93	B-50m盤消火タンク	水	155	○	28	-
94	3号仮設海水淡水化装置 (海水受水槽)	水	25	○	29	-
95	3号仮設海水淡水化装置 (R0処理水槽)	水	15	○	n-76	-
96	3号仮設海水淡水化装置 (仮設純水槽)	水	5	○	n-77	-
97	ガスタービン発電機用軽油タンク用消火タンク	水	49	○	23	-
98	仮設合併処理槽	水	31	○	34	-
99	管理事務所4号館用消火タンク	水	21	○	36	-
100	仮設水槽-1 (2号西側法面付近)	水	20	○	39	-
101	仮設水槽-2 (2号西側法面付近)	水	20	○	40	-
102	仮設水槽-3 (2号西側法面付近)	水	20	○	45	-
103	純水装置廃液処理設備	水	42	○	31	-
104	3号純水タンク (B)	水	1,000	○	32	-
105	3号ろ過水タンク (B)	水	1,000	○	33	-
106	A-44m盤消火タンク	水	155	○	30	-
107	B-44m盤消火タンク	水	155	○	30	-
108	A-45m盤消火タンク	水	155	○	38	-
109	B-45m盤消火タンク	水	155	○	38	-
110	宇中合併浄化槽 (1)	水	63	○	42	-
111	宇中合併浄化槽 (2)	水	126	○	43	-
112	ブロータンク	水	1	○	n-14	-
113	排水放流槽	水	1	○	n-14	-
114	訓練用模擬水槽	水	4	○	n-58	-
115	1号海水電解装置電解槽 (循環ライン 8槽)	薬品 (非劇物)	2	○	n-8	-
116	2号海水電解装置電解槽 (非循環ライン 12槽)	薬品 (非劇物)	2	○	n-8	-
117	仮設水槽 (2号西側法面付近)	水	2	○	n-59	-
118	25MVA緊急用変圧器	油	15	×	n-60	A-1
119	補助ボイラーブロータンク	水	1	○	n-24	-
120	補助ボイラー冷却水冷却塔	水	1	○	n-24-1	-
121	濁水処理装置	水	10	○	n-71	-
122	防火水槽	水	20	○	n-74	-
123	防火水槽	水	20	○	n-73	-
124	トイレ用ろ過水貯槽	水	8	○	n-41	-

注記\*1: 溢水源とする屋外タンク等を「○」、溢水源としない屋外タンク等を「×」とする。  
 \*2: 基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対し耐震性を有しているため、スロッシング量を保有水量とした。  
 保有水量は、スロッシング解析値 (1,778m<sup>3</sup>) と実験値の差を踏まえ1.1倍し、切り上げた値  
 \*3: A : 基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対し、タンク又は防油堤等のバウンダリ機能が保持できる。  
 A-1: SA 対応において基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対し、耐震性を確保するもの。  
 A-2: 溢水評価において基準地震動S<sub>s</sub>による地震力に対し、耐震性を確保するもの。  
 B : タンクを空運用する。  
 C : FRP 又は樹脂系塗装等で塗装された保有水量全量を保持できる堰を設置し、配管破断等により堰外への流出防止対策を実施する。

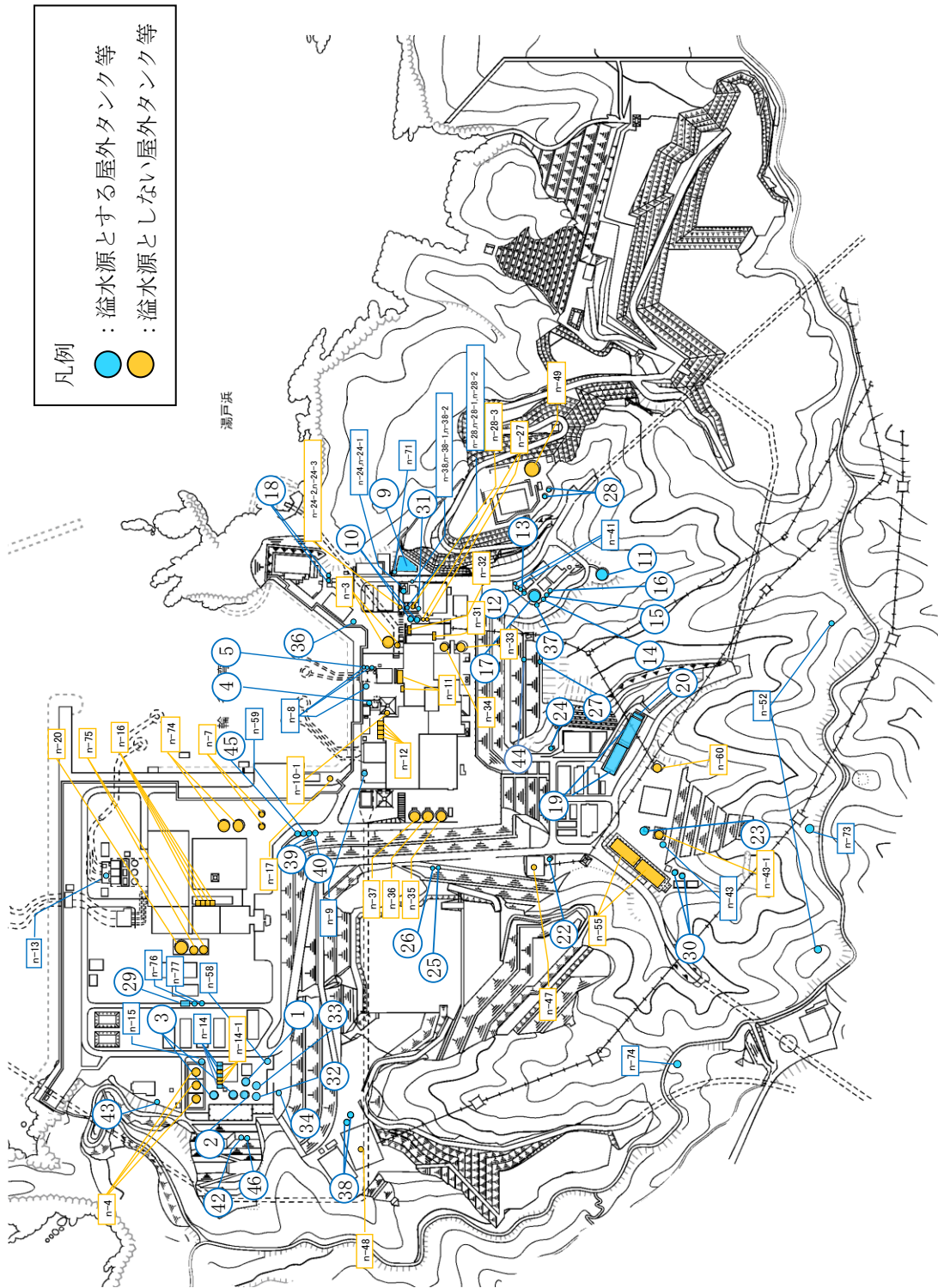


図2 発電所敷地内に地上設置している屋外タンク等の配置図

## タービン建物への溢水量の算出について

屋外タンク等の破損により生じるタービン建物への溢水量は、以下の式\*を用いて算出する。溢水水位が開口部下端高さを複数回超える場合は、各溢水量を合計した値を溢水量とする。

注記\*：水理公式集（公益社団法人 土木学会）のうち長方形堰の越流量の算出方法を使用

溢水量=Q×t 【Q：越流流量(m<sup>3</sup>/s)， t：継続時間(s)】

Q=C $Bh^{3/2}$  【C：流量係数（越流水深と開口部形状によって定まる値）， B：開口部の幅(m)，  
h：越流水深（浸水深と開口部下端高さの差）(m)】

C=1.642(h/L)<sup>0.022</sup>：(0<h/L≤0.1) 【L：開口部の濡れ縁長さ(m)】

C=1.552+0.083(h/L)：(0.1<h/L≤0.4)

C=1.444+0.352(h/L)：(0.4<h/L≤(1.5~1.9))

表 6.2-5 よりタービン建物（地点 4～地点 7）において溢水が発生するのは地点 5（タービン建物北面 2）のみである。地点 5 の浸水深時刻歴を図 1 に示す。

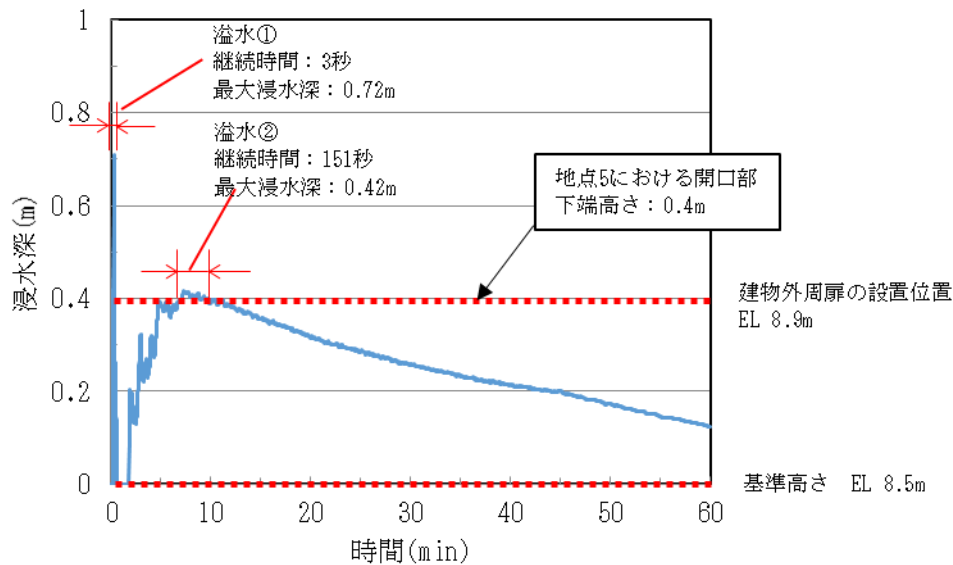


図 1 浸水深時刻歴（地点 5）



図1より開口部下端高さを超える溢水は2回発生し、最大浸水深はそれぞれ0.72m、0.42mである。浸水深は時間とともに変化するが、溢水の継続時間の間は最大浸水深の溢水が発生するものとして安全側に溢水量の算出を行う。結果を表1に示す。

表1 溢水量 (地点5)

			溢水①	溢水②
T	継続時間	s	3	151
C	流量係数	-	1.82	1.55
B	開口部の幅	m	2	2
L	開口部の濡れ縁長さ	m	0.3	0.3
H	越流水深	m	0.32	0.02
Q	越流流量	m <sup>3</sup> /s	0.66	0.01
-	溢水量	m <sup>3</sup>	1.98	1.51
合計			3.49m <sup>3</sup>	

表1よりタービン建物へ流入する溢水量は3.49m<sup>3</sup>であるが、安全側に切り上げて約5m<sup>3</sup>とする。

## 地震による損傷形態を踏まえた屋外タンク等からの溢水評価への影響

## 1. はじめに

屋外タンク等からの地震起因による溢水評価では、地震によるタンクの損傷等を想定したうえで敷地内の溢水伝播挙動評価を行い、屋外タンク等の破損により生じる溢水が溢水防護区画へ伝播することがなく、防護すべき設備が要求される機能を損なうおそれがないことを確認する。ここでは、基準地震動  $S_s$  に対してバウンダリ機能が保持できることを前提とした屋外タンク等について、地震による損傷形態を踏まえ、溢水評価への影響の有無を確認する。

## 2. 確認対象の屋外タンク等と溢水評価への影響

屋外タンク等からの溢水評価のうち、基準地震動  $S_s$  に対してバウンダリ機能が保持できることを前提とした屋外タンク等を確認対象とする。これらの屋外タンク等に対して、地震による損傷形態を踏まえ、以下の項目について溢水評価への影響を確認した結果を表 1 に示す。

## (1) 屋外タンク等又は防油堤等の構造健全性

屋外タンク等又は防油堤等にバウンダリ機能を期待するものについては、以下の計算書等において、基準地震動  $S_s$  に対する構造健全性を確認することから、溢水評価への影響はない。

- ・ VI-2-10-1-2-3-4 「ガスタービン発電機用軽油タンクの耐震性についての計算書」
- ・ VI-2-別添 2-2 「溢水源としない B, C クラス施設の耐震計算書」
- ・ NS2 補足-020-2 「可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートに係る補足説明資料」

## (2) 内包水のスロッシング現象による天板の損傷による影響

内包水のスロッシング現象により天板が損傷した場合に、敷地へ内包水が流出する事象を想定する。内包水のスロッシング現象については、以下の図書において天板が損傷しないことを確認することから、溢水評価への影響はない。

- ・ NS2-補-027-10-17 「容器のスロッシングによる影響評価について」

## (3) 防油堤等の中で損傷する屋外タンク等の影響

バウンダリ機能を期待する防油堤等の中で地震によりタンクが損傷した場合、敷地へ内包水が流出する事象を想定する。防油堤等の中で損傷するタンクの溢水については、防油堤等の天端高さが想定する溢水水位に対して十分に余裕があることから、溢水評価への影響はない。

表1 地震による損傷形態を踏まえた屋外タンク等からの溢水評価への影響

確認対象の屋外タンク等	保有水量 (m <sup>3</sup> )	地震による損傷形態		溢水評価への影響	区分*
		バウンダリ機能に期待する部位 (本文2. (1))	左記以外の溢水につながる損傷形態 (本文2. (2)又は(3))		
No.3 重油タンク	900			耐震性を有する防油堤により滞留可能であり、全量溢水した場合でも、溢水水位 (EL10.12m) は防油堤天端高さ (EL11.0m) に対して約0.8mの余裕があること及びタンクと防油堤までの距離は7m以上あることから、敷地への流出の可能性は小さい。なお、タンクに接続されている配管の破断を想定すると、基準地震動Ssによる地震が収束する60秒後の時点での溢水水位は0.52m (EL9.02m) となるが、防油堤高さ2.5mの約1/5であり、防油堤天端高さに対して十分に余裕があることからスロッシングの影響による敷地への流出の可能性は小さい。	A-1
No.2 重油タンク	900				
No.1 重油タンク	900	防油堤	タンクの損傷		
3号復水貯蔵タンク	1,600	タンク	スロッシングによる	タンクが耐震性を有することを確認するとともに、スロッシングにより天板が損傷しないことを評価する。	A-2
3号補助復水貯蔵タンク	1,600	タンク	天板の損傷		
1号復水貯蔵タンク	500	タンク	タンクの損傷		
2号復水貯蔵タンク	2,000			耐震性を有する遮蔽壁内に全量溢水した場合でも溢水水位 (EL23.15m) は遮蔽壁天端 (EL27.3m) に対し、約4.1mの余裕があるため、敷地への流出の可能性は小さい。なお、タンクに接続されている配管の破断を想定すると、基準地震動Ssによる地震が収束する60秒後の時点で約319m <sup>3</sup> の溢水が想定されるが、遮蔽壁内の溢水は地下に埋設されている屋外配管ダクト(滞留容積386m <sup>3</sup> )へ流入することから、地震が発生している間に遮蔽壁まで溢水が到達することはないため、スロッシングの影響による敷地への流出の可能性は小さい。屋外配管ダクトの概要図を図1に示す。	A-2
2号補助復水貯蔵タンク	1,800	遮蔽壁	タンクの損傷		
2号トーラス水受入タンク	1,800				
ガスタービン発電機用軽油タンク	560	タンク	スロッシングによる天板の損傷	タンクが耐震性を有することを確認するとともに、スロッシングにより天板が損傷しないことを評価する。	A-1
輪谷貯水槽 (西側)	10,000	貯水槽	スロッシングによる天板の損傷	貯水槽が耐震性を有することを確認するとともに、スロッシングにより天板が損傷しないことを評価する。	A-2
非常用ろ過水タンク	2,500	タンク	スロッシングによる天板の損傷	タンクが耐震性を有することを確認するとともに、スロッシングにより天板が損傷しないことを評価する。	A-2
25MVA 緊急用変圧器	15	変圧器	—	変圧器が耐震性を有することを確認する。	A-1

注記\*: A : 基準地震動Ssによる地震力に対し、タンク又は防油堤等のバウンダリ機能が保持できる。

A-1 : SA 対応において基準地震動Ssによる地震力に対し、耐震性を確保するもの。

A-2 : 溢水評価において基準地震動Ssによる地震力に対し、耐震性を確保するもの。

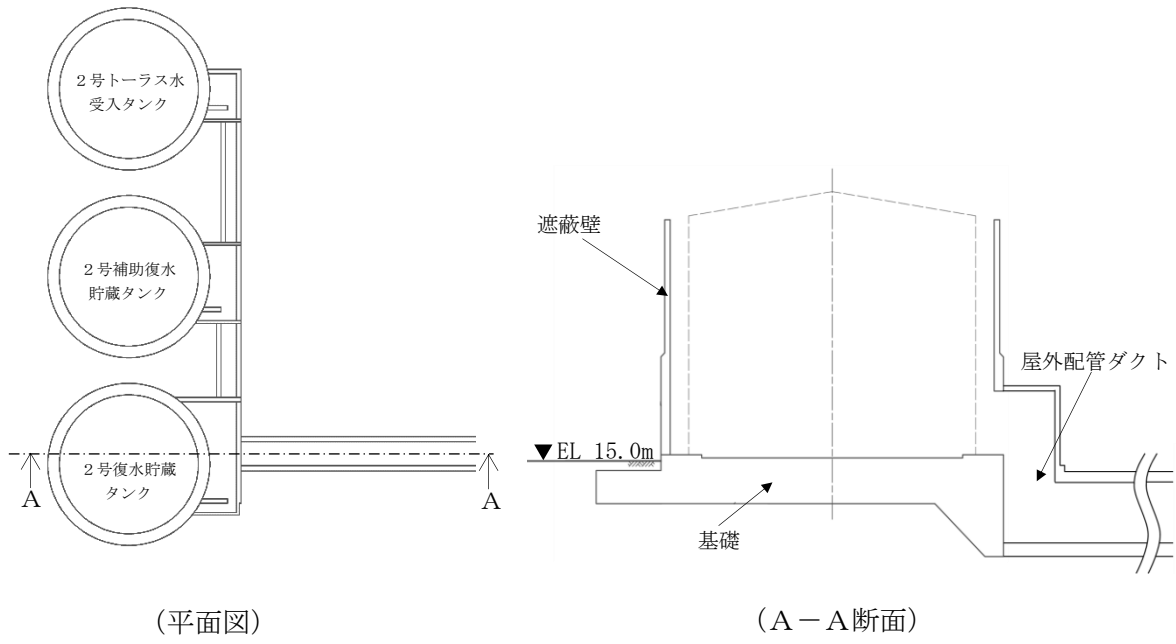


図1 屋外配管ダクトの概要図

## 土石流による溢水評価における輪谷貯水槽の溢水源としての考え方

## 1. はじめに

土石流による溢水評価において輪谷貯水槽（東側）及び輪谷貯水槽（西側）の溢水源としての考え方を示す。

## 2. 輪谷貯水槽（東側）の溢水源としての考え方

輪谷貯水槽（東側）は天端が開口している構造であるため、土石流が貯水槽に流入することによる溢水が発生する。輪谷貯水槽（東側）の構造を図1～図3に示す。

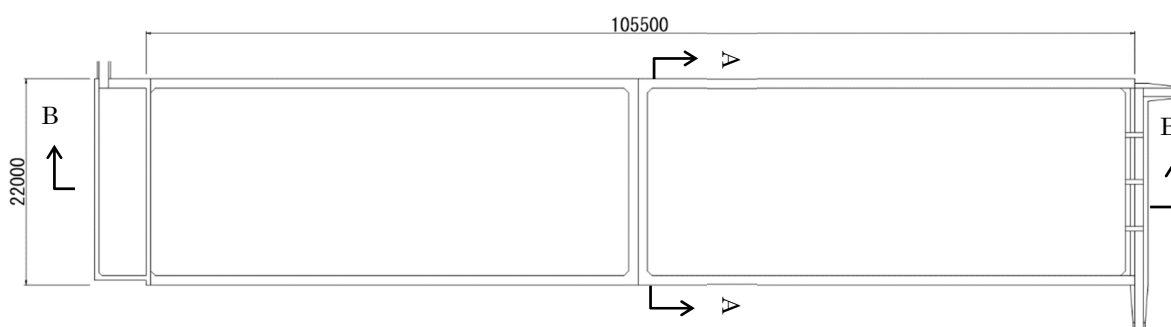


図1 輪谷貯水槽（東側） 平面図

(単位:mm)

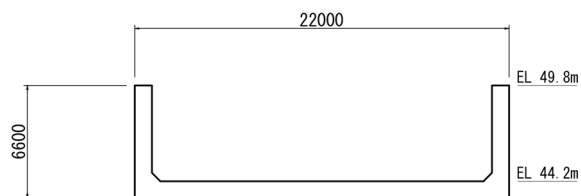


図2 輪谷貯水槽（東側） 断面図（A-A断面）

(単位:mm)

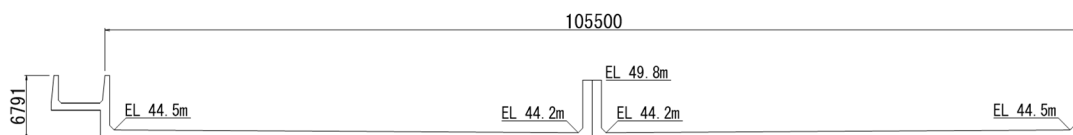


図3 輪谷貯水槽（東側） 断面図（B-B断面）

(単位:mm)

3. 輪谷貯水槽（西側）の溢水源としての考え方

輪谷貯水槽（西側）は天端が開口していない構造であるため、土石流が貯水槽に流入することによる溢水は発生しない。輪谷貯水槽（西側）の構造を図4～図6に示す。

また、輪谷貯水槽（西側）は貯水槽上部が地上に露出しているため、土石流が貯水槽に衝突する可能性があることから、土石流の衝突荷重による影響評価を行う。

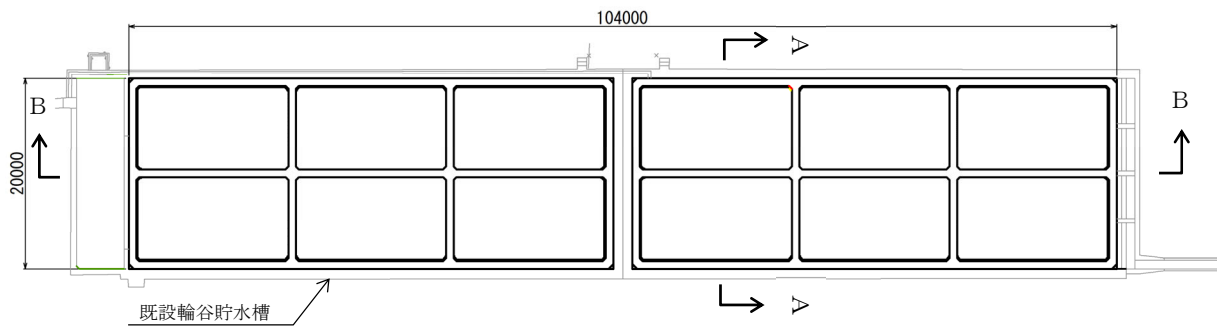


図4 輪谷貯水槽（西側） 平面図

(単位:mm)

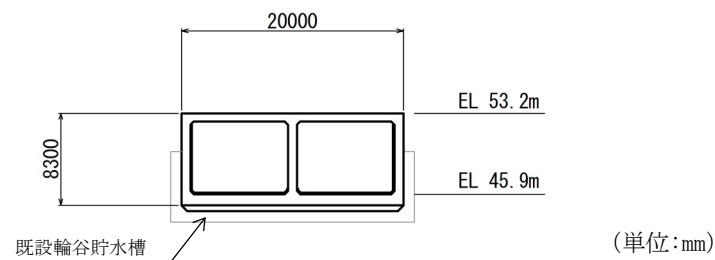


図5 輪谷貯水槽（西側） 断面図（A-A断面）

(単位:mm)

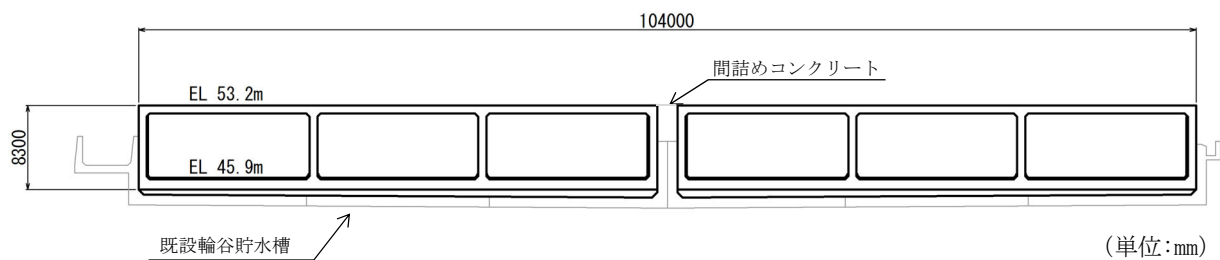


図6 輪谷貯水槽（西側） 断面図（B-B断面）

(単位:mm)

### 3.1 土石流の衝突による影響評価

#### 3.1.1 評価概要

土石流の衝突による輪谷貯水槽（西側）の構造部材の健全性評価を実施する。構造部材の健全性評価にあたっては、曲げ・軸力系及びせん断に対して発生ひずみ及び発生応力が許容限界を下回ることを確認する。

#### 3.1.2 基本方針

##### 3.1.2.1 位置

輪谷貯水槽（西側）の位置及び島根原子力発電所における土石流危険区域を図7に示す。輪谷貯水槽（西側）は土石流危険区域①及び②内に位置している。

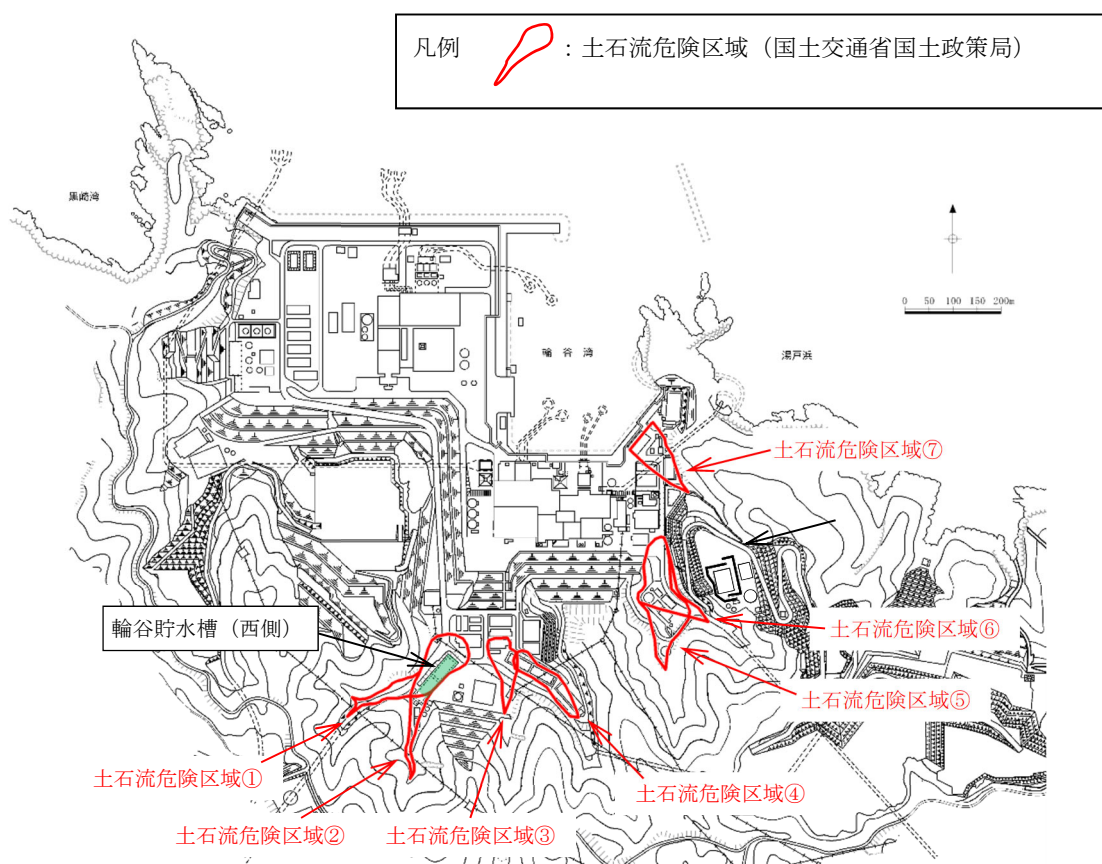
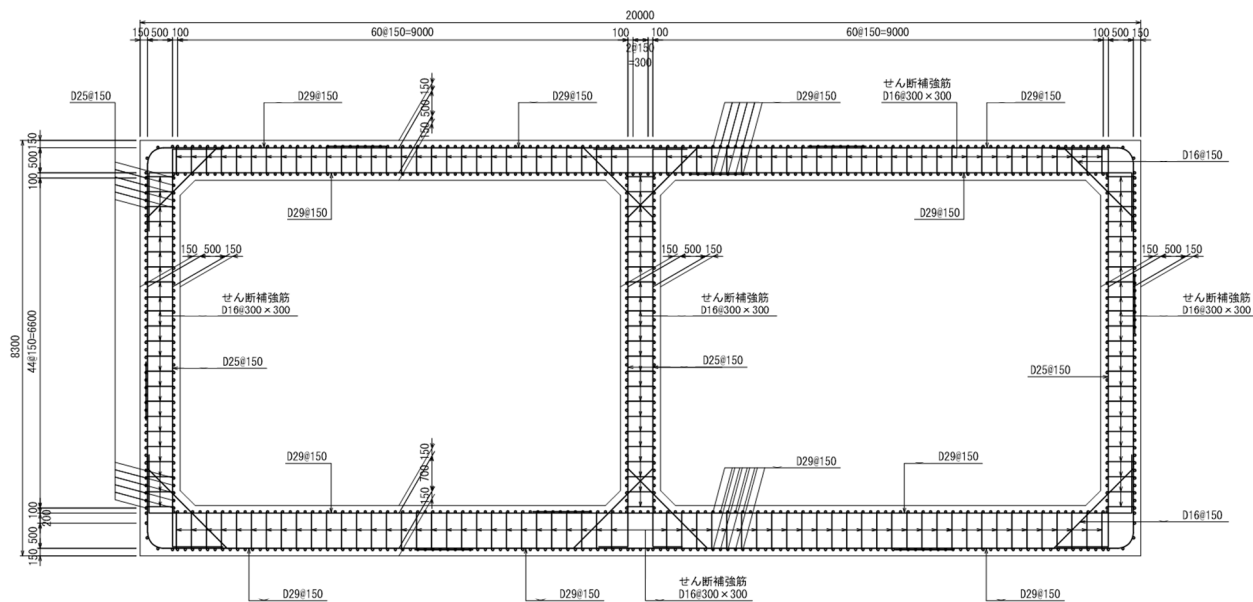


図7 輪谷貯水槽（西側）と土石流危険区域の位置関係

### 3.1.2.2 構造概要

輪谷貯水槽（西側）の構造は「3. 輪谷貯水槽（西側）の溢水源としての考え方」に示すとおりである。図8に輪谷貯水槽（西側）概略配筋図を示す。

輪谷貯水槽（西側）は、既設輪谷貯水槽内に新設された鉄筋コンクリート造の箱型構造物である。



(単位:mm)

図8 輪谷貯水槽（西側） 概略配筋図



### 3.1.2.3 評価方針

輪谷貯水槽（西側）は土石流危険区域①及び②内に位置していることから、土石流の堆積及び衝突を考慮した構造物の健全性評価を実施し、土石流が堆積及び衝突した際にも溢水源にならないことを確認する。

### 3.1.2.4 適用規格・基準等

適用する規格・基準等を以下に示す。

- ・道路橋示方書・同解説（I 共通編・IV 下部構造編）（日本道路協会，平成 14 年 3 月）
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年制定）
- ・コンクリート標準示方書〔設計編〕（土木学会，2007 年制定）
- ・砂防計画策定指針（土石流・流木対策編）解説（国土交通省国土技術政策総合研究所，2016 年 4 月）
- ・土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究（国土交通省国土技術総合政策研究所，2003 年 2 月）

### 3.1.3 影響評価

#### 3.1.3.1 解析方法

土石流衝突時に発生する応力は、「3.1.3.3(1) 荷重及び荷重の組合せ」に基づく荷重を作用させて2次元静的FEM解析により算定する。なお、土石流の堆積荷重及び土石流衝突荷重については、「3.1.3.3 土石流による荷重」により算定した荷重を作用させる。

2次元静的FEM解析に用いる解析コードは「TDAPⅢ」を使用する。なお、解析コードの検証及び妥当性確認等の概要については、VI-5「計算機プログラム(解析コード)の概要」に示す。

### 3.1.3.2 評価対象断面の選定

評価対象断面の方向は、VI-2-別添 2-2「溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書」記載のとおり、妻壁同士の離隔が大きく、土石流衝突評価上見込むことが出来ないことから、弱軸方向となる短辺方向を選定する。短辺方向の評価対象断面は図 9 に示す水槽の中心を通る A-A 断面とする。A-A 断面の構造を図 10 に示す。

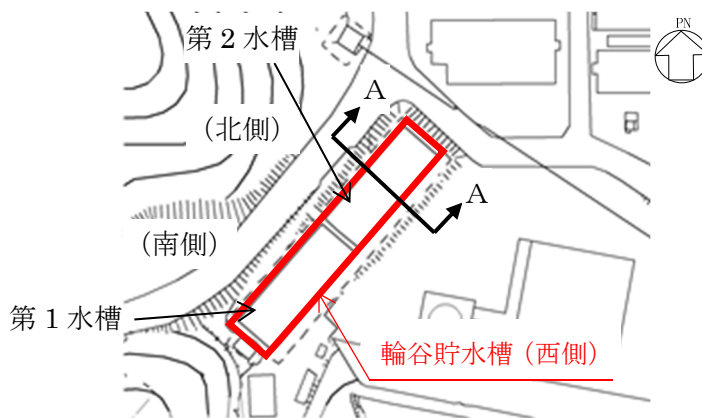


図 9 輪谷貯水槽（西側） 評価対象断面位置図

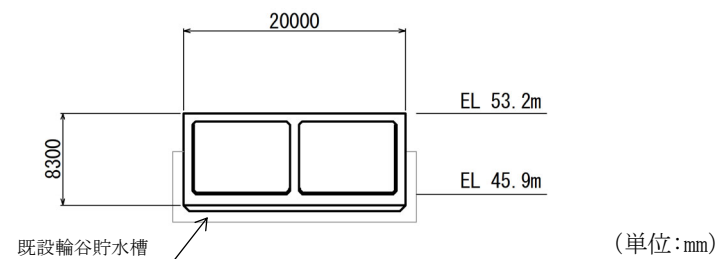


図 10 輪谷貯水槽（西側） 断面図（A-A 断面）

### 3.1.3.3 土石流による荷重

土石流による荷重については「土石流堆積荷重」及び「土石流衝突荷重」をそれぞれ分布荷重として考慮する。土石流による荷重設定の考え方については以下のとおりとする。

- ・ 図 11 に示すとおり、輪谷貯水槽（西側）付近には溪流①-A～溪流①-D 及び溪流②の計 5 つの溪流が位置しており、保守的に全ての溪流から土石流が発生した場合を想定する。
  - ・ 5 つの溪流からの土石流が同時に輪谷貯水槽（西側）に衝突する確率は極めて低いと考えられることから、図 11 に示すとおり、土石流衝突荷重が最大となると考えられる溪流①-A による土石流衝突荷重を選定し、溪流①-B～溪流①-D 及び溪流②からの土石流が発生し、輪谷貯水槽（西側）周辺に土石流が堆積した後に、溪流①-A から土石流が発生して衝突する事象を想定する。
- 以上のことから、溪流①-B～溪流①-D 及び溪流②の「土石流堆積荷重」及び溪流①-A の「土石流衝突荷重」の重畳を考慮して評価を行う。

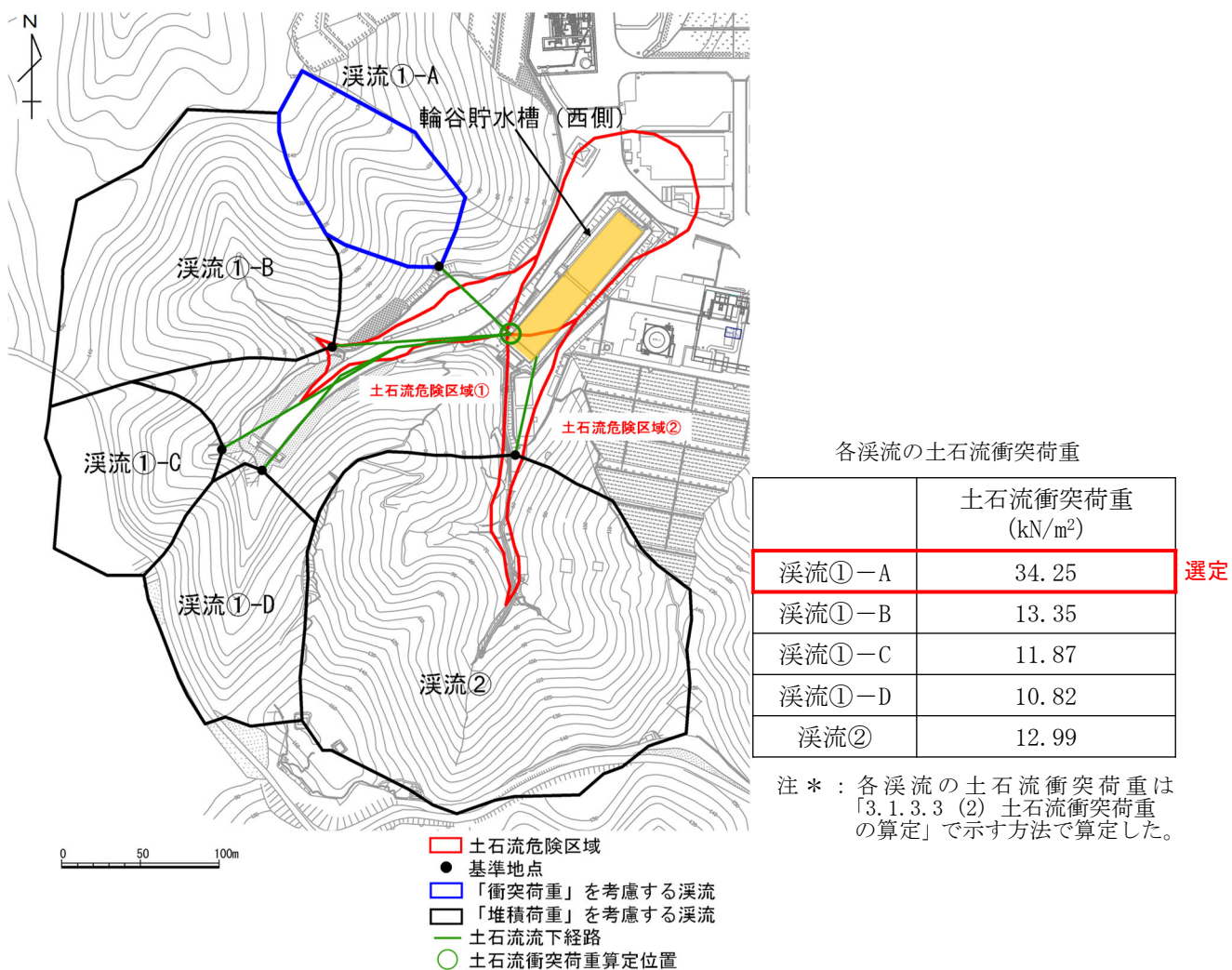


図 11 土石流による衝突荷重及び堆積荷重を考慮する溪流

(1) 荷重及び荷重の組合せ

輪谷貯水槽（西側）の土石流の衝突による影響評価において考慮する荷重は、通常運転時の荷重（永久荷重）を抽出し、それぞれを組み合わせ設定する。なお、土石流衝突荷重及び土石流堆積荷重以外の永久荷重については、VI-2-別添 2-2「溢水源としないB、Cクラス機器の耐震性についての計算書」記載の輪谷貯水槽（西側）と同様とする。土石流衝突荷重及び土石流堆積荷重については、「3.1.3.3 土石流による荷重」に示すとおりとする。

荷重の組合せを表1に、荷重の作用概念図を図12に示す。

表1 荷重の組合せ

種別	荷重		算定方法の概要
永久荷重 (常時荷重)	固定荷重	躯体重量	○ 設計図書に基づいて、設定する。
		機器・配管荷重	— 機器・配管等は設置しない。
	積載荷重	土石流堆積荷重	○ 地表面及び構造物側方に考慮する。
		静止土圧	○ 常時応力解析により設定する。
		外水圧	— 地下水位が底版底面より低い位置にあるため考慮しない。
		内水圧	○ 輪谷貯水槽（西側）水槽内の容液による静水として考慮する。
		積雪荷重	○ 地表面及び構造物天端に考慮する。
		風荷重	— 風荷重を受ける部材の受圧面積が小さいため考慮しない。
		土被り荷重	— 土被りの影響を受けないため考慮しない。
永久上載荷重	○ 構造物天端に置かれる可搬型設備等を考慮する。		
偶発荷重	土石流衝突荷重	○ 構造物側方に衝突する土石流の荷重を考慮する。	

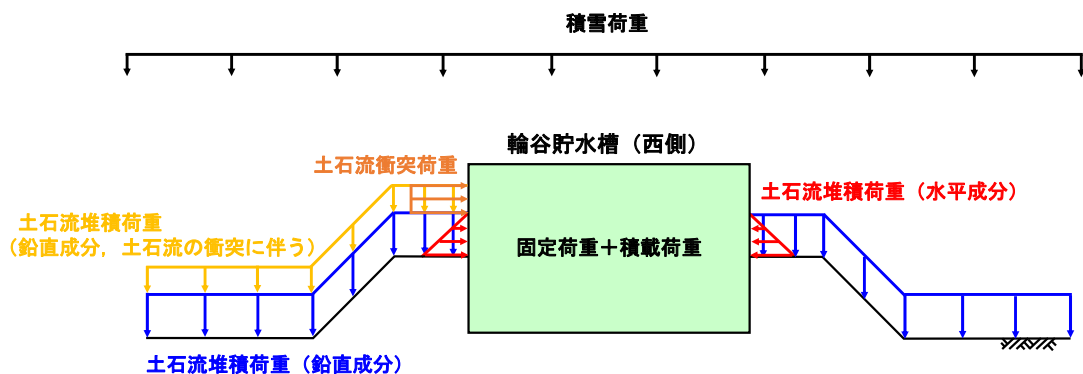


図12 輪谷貯水槽（西側）の荷重作用概念図

(2) 土石流衝突荷重の算定

土石流による土砂の衝突荷重は、「土砂災害警戒区域等における土砂災害防止対策の推進に関する法律施行令第2条第2号の規定に基づき国土交通大臣が定める方法等を定める告示（国土交通省告示第332号）」に基づいて算出する。

土石流による土砂の衝突荷重は以下の式により算出する。

$$F_d = \rho_d U^2 \quad (1)$$

$F_d$ : 土石流による土砂の衝突荷重 (kN/m <sup>2</sup> )	
$\rho_d$ : 土石流の密度 (t/m <sup>3</sup> )	式(2) 参照
$U$ : 土石流の流速 (m/s)	式(3) 参照

$$\rho_d = \rho \tan \phi / (\tan \phi - \tan \theta) \quad (2)$$

$\rho_d$ : 土石流の密度 (t/m <sup>3</sup> )	
$\rho$ : 土石流に含まれる流水の密度 (t/m <sup>3</sup> )	表2 参照
$\phi$ : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 (°)	表2 参照
$\theta$ : 土石流が流下する土地の勾配 (°)	表2 参照

$$U = (h^{2/3} \cdot (\sin \theta)^{1/2}) / n \quad (3)$$

$U$ : 土石流の流速 (m/s)	
$\theta$ : 土石流が流下する土地の勾配 (°)	表2 参照
$n$ : 粗度係数 (s · m <sup>-1/3</sup> )	表2 参照
$h$ : 土石流の高さ (m)	式(4) 参照

$$h = \left\{ \frac{0.01 \cdot n \cdot C_* \cdot V \cdot (\sigma - \rho) \cdot (\tan \phi - \tan \theta)}{\rho \cdot B \cdot (\sin \theta)^{1/2} \cdot \tan \theta} \right\}^{3/5} \quad (4)$$

$h$ : 土石流の高さ (m)	
$n$ : 粗度係数 (s · m <sup>-1/3</sup> )	表2 参照
$C_*$ : 堆積土砂等の容積濃度	表2 参照
$V$ : 土石流により流下する土石等の量 (m <sup>3</sup> )	式(5) 参照
$\sigma$ : 土石流に含まれる礫の密度 (t/m <sup>3</sup> )	表2 参照
$\rho$ : 土石流に含まれる流水の密度 (t/m <sup>3</sup> )	表2 参照
$\phi$ : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 (°)	表2 参照
$\theta$ : 土石流が流下する土地の勾配 (°)	表2 参照
$B$ : 土石流が流下する幅 (m)	式(7) 参照

土石流により流下する土石等の量 $V$ は「土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究（2003年2月，国土交通省国土技術政策総合研究所）」に基づいた以下の式により，土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点を流下する土砂量を算出する。

$$V = \frac{C_d (C_* - C_{d0})}{C_{d0} (C_* - C_d)} V_0 \quad (5)$$

- |   |          |
|---|----------|
| $V$ : 土石流により流下する土石等の量 (m <sup>3</sup> )     |          |
| $C_*$ : 堆積土石等の容積濃度                          | 表 2 参照   |
| $C_d$ : $F_d$ 算定地点における土石流の流動中の土砂濃度          | 式 (6) 参照 |
| $C_{d0}$ : 基準地点における土石流の流動中の土砂濃度             | 式 (6) 参照 |
| $V_0$ : 基準地点における流下する土石等の量 (m <sup>3</sup> ) | 表 2 参照   |

土石流危険区域の基準地点及び土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点を図 13 に示す。

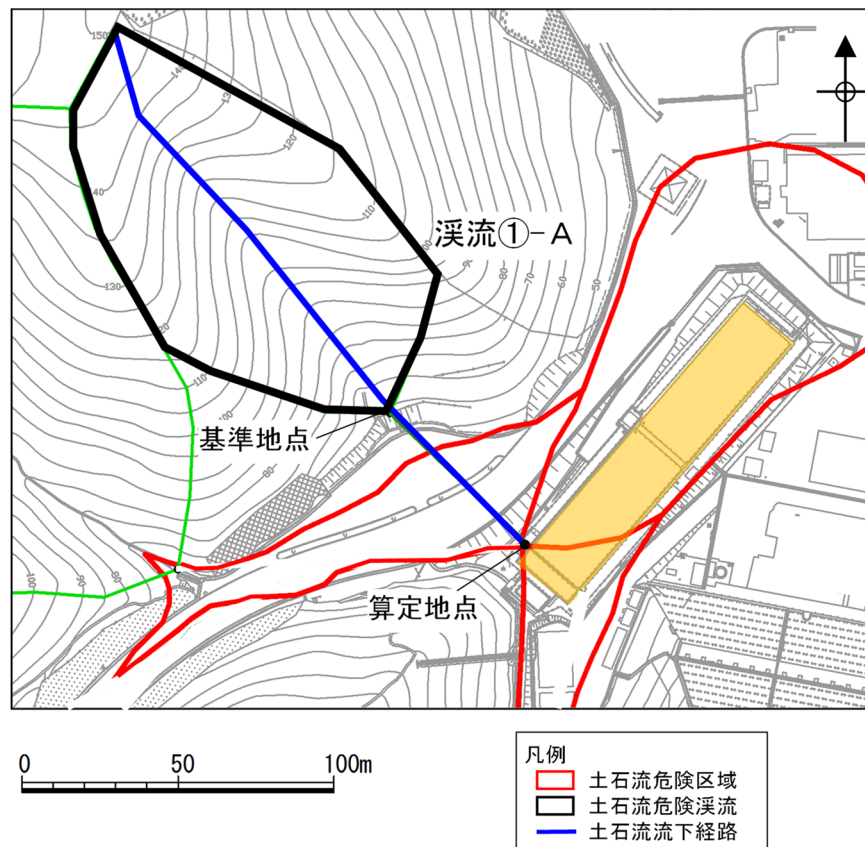


図 13 土石流危険①-A の基準地点及び土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点

また、土石流の流動中の土砂濃度  $C_d$ 、 $C_{d0}$  は「砂防計画策定指針（土石流・流木対策編）解説（2016年4月、国土交通省国土技術政策総合研究所）」（以下：砂防指針）に基づいた以下の式で算出する。

$$C_d = \frac{\rho \cdot \tan \theta}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta)}, \quad C_{d0} = \frac{\rho \cdot \tan \theta_0}{(\sigma - \rho)(\tan \phi - \tan \theta_0)} \quad (6)$$

[	$C_d$ : $F_d$ 算定地点における土石流の流動中の土砂濃度	
	$C_{d0}$ : 基準地点における土石流の流動中の土砂濃度	
	$\sigma$ : 土石流に含まれる礫の密度 ( $t/m^3$ )	表 2 参照
	$\rho$ : 土石流に含まれる流水の密度 ( $t/m^3$ )	表 2 参照
	$\phi$ : 土石流に含まれる土石等の内部摩擦角 ( $^\circ$ )	表 2 参照
	$\theta$ : $F_d$ 算定地点の上流 200m区間の平均勾配 ( $^\circ$ )	表 2 参照
[	$\theta_0$ : 基準地点の上流 200m区間の平均勾配 ( $^\circ$ )	表 2 参照

土石流が流下する幅  $B$  は、「土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究（2003年2月、国土交通省国土技術政策総合研究所）」において、災害事例のデータより導出された、以下の関係式（レジーム型の式）を用いて算出する。

$$B = 4 \sqrt{Q_{sp}} \quad (7)$$

[	$B$ : 土石流が流下する幅 (m)	
	$Q_{sp}$ : 土石流のピーク流量 ( $m^3/s$ )	式 (8) 参照

土石流のピーク流量  $Q_{sp}$  は「土石流による家屋被災範囲の設定方法に関する研究（2003年2月、国土交通省国土技術総合政策研究所）」に基づいた以下の式で算出する。

$$Q_{sp} = \frac{0.01}{C_d} \cdot C_* \cdot V \quad (8)$$

[	$Q_{sp}$ : 土石流のピーク流量 ( $m^3/s$ )	
	$C_d$ : $F_d$ 算定地点における土石流の流動中の土砂濃度	式 (6) 参照
	$C_*$ : 堆積土砂等の容積濃度	表 2 参照
	$V$ : 土石流により流下する土石等の量 ( $m^3$ )	式 (5) 参照



a. 土石流衝突荷重及び土石流堆積荷重の算定に用いる土質定数等と設定方法

土石流衝突荷重 $F_d$ の算定に用いる土質定数等と設定方法を表 2 に示す。これらの土質定数の島根サイトにおける適用性については、NS-2-補-018-01「発電用原子炉施設に対する自然現象等による損傷の防止に関する説明書に係る補足説明資料」に記載のとおりである。

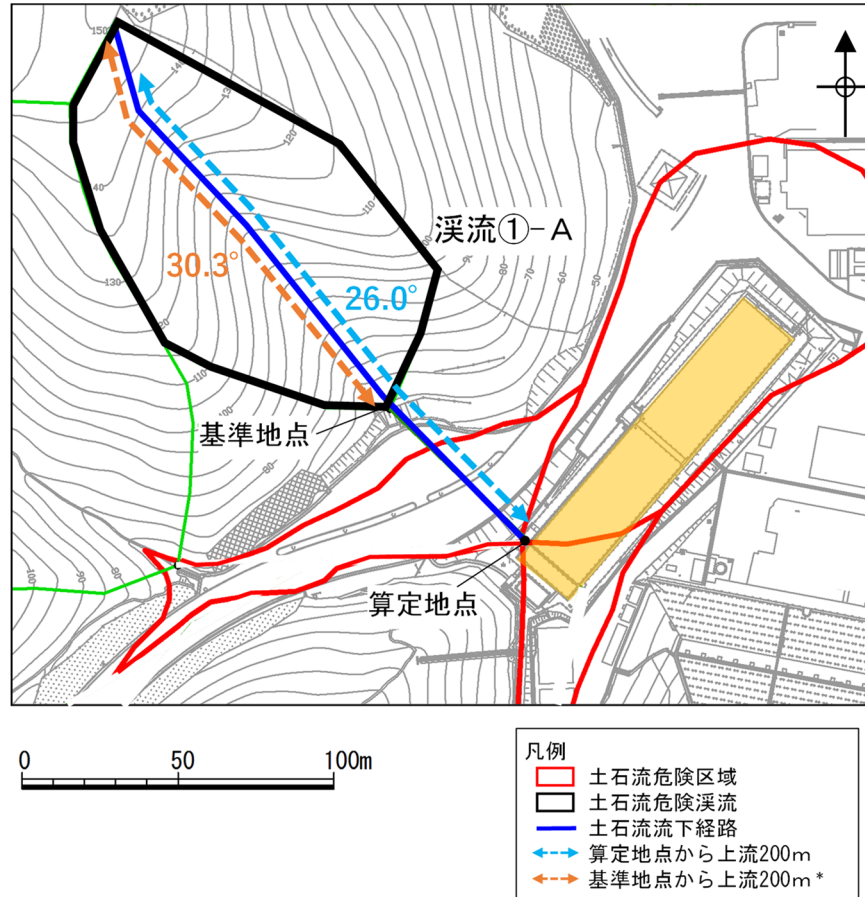
表 2 土石流衝突荷重 $F_d$ の算定に用いる土質定数等と設定方法

土質定数等	記号	単位	数値	設定方法
粗度係数	n	$s \cdot m^{-1/3}$	0.1	砂防指針の一般値を設定
堆積土砂等の容積濃度	$C_*$	—	0.6	砂防指針の一般値を設定
基準地点を流下する土石等の量	$V_0$	$m^3$	2720	自社調査及び島根県調査結果に基づき設定
土石流に含まれる礫の密度	$\sigma$	$t/m^3$	2.6	砂防指針の一般値を設定
土石流に含まれる流水の密度	$\rho$	$t/m^3$	1.2	砂防指針の一般値を設定
土石流に含まれる土石等の内部摩擦角	$\phi$	°	35	砂防指針の一般値を設定
土石流衝突荷重 $F_d$ 算定地点から上流 200m 区間の平均勾配 (土石流が流下する土地の勾配)	$\theta$	°	26.0	地形図から算定
基準地点から上流 200m 区間の平均勾配	$\theta_0$	°	30.3	地形図から算定

(a) 土石流が流下する土地の勾配  $\theta$ ,  $\theta_0$ .

土石流が流下する土地の勾配  $\theta$ ,  $\theta_0$  について, 土石流衝突荷重  $F_d$  算定地点から上流 200m の平均勾配と, 土石流危険渓流の基準地点から上流 200m の平均勾配をそれぞれ地形図より算定する。

土石流が流下する土地の勾配設定経路を図 14 に示す。



注記\* : 渓流①-A の基準地点から上流側の土石流流下経路は 200m 以下であるため, 基準地点から流下経路の最上流地点までの平均勾配を算定した。

図 14 土石流が流下する土地の勾配設定経路

なお、本評価では、式（４）により算定したhの値を「土砂の衝突高さ」と評価する。

また、土石流危険溪流の基準点より上流に存在する転石の分布状況及び粒径を把握する調査を実施し、確認された転石については粒径0.5m未満となるよう小割を行う。小割した転石が、土石流発生時に土砂に取り込まれて流下するものと考えられるため、転石を含む土石流が衝突対象物まで到達することを考慮し、土砂の衝突高さhは0.5m以上となるよう設定する。

$$\text{土砂の衝突高さ } h = \begin{cases} 0.5\text{m} & (\text{土砂の衝突高さの計算値} < 0.5\text{m}) \\ \text{計算値} & (\text{土砂の衝突高さの計算値} \geq 0.5\text{m}) \end{cases}$$

上記の方法により算定した土砂の衝突高さの計算値、土砂の衝突高さの設定値及び土砂の衝突荷重を表3に示す。

表3 土砂の衝突高さの計算値, 土砂の衝突高さの設定値及び土砂の衝突荷重

対象構造物	土砂の衝突高さ計算値 (m)	土砂の衝突高さ設定値 (m)	土砂の衝突荷重 $F_d$ (kN/m <sup>2</sup> )
輪谷貯水槽（西側）	0.39	0.50	34.25

(3) 土石流堆積荷重の算定

土石流堆積荷重の算定にあたっては、土石流危険渓流に堆積するすべての計画流出土砂量が流れ出て土石流危険区域に堆積する高さを土砂の堆積高さとして、土石流堆積荷重を算定する。

輪谷貯水槽（西側）付近については、土石流危険区域が重なる範囲であるため、2つの土石流危険渓流からの土砂の重畳を考慮し、土砂の堆積高さを合計して算出する。土砂の堆積高さの算定方法を以下に示す。土砂の堆積高さの算定結果を表4に示す。

$$\text{土石流堆積高さ (m)} = \text{計画流出土砂量 (m}^3\text{)} \div \text{土石流危険区域の面積 (m}^2\text{)}$$

表4 各土石流危険渓流からの土石流堆積高さ

土石流危険渓流	計画流出土砂量 (m <sup>3</sup> )	土石流 危険区域面積 (m <sup>2</sup> )	土石流堆積高さ (m)	土石流危険区域 が重なる範囲の 土砂の堆積高さ H (m)
渓流①-B	3240	11663	0.28	1.09
渓流①-C	1630	11663	0.14	
渓流①-D	1410	11663	0.13	
渓流②	6000	11188	0.54	

a. 堆積した土石流による荷重

溪流①-B～溪流①-D 及び溪流②からの土石流が堆積した際に構造物の外壁に作用する荷重の算定式を以下に示す。土石流の堆積荷重の算定結果を表 5 に示す。

$$P_{Ed1} = \gamma_s \times H \quad (9)$$

$$\left[ \begin{array}{l} P_{Ed1} : \text{堆積した土石流による荷重(鉛直成分)} \text{ (kN/m}^3\text{)} \\ \gamma_s : \text{堆積土砂の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} \quad \text{式 (10) 参照} \\ H : \text{土砂の堆積高さ (m)} \quad \text{表 5 参照} \end{array} \right.$$

$$\gamma_s = C_* \times \sigma \times g \quad (10)$$

$$\left[ \begin{array}{l} \gamma_s : \text{堆積した土石流の単位体積重量 (kN/m}^3\text{)} \\ C_* : \text{溪床堆積土砂の容積密度} \quad \text{表 3 参照} \\ \sigma : \text{礫の密度 (t/m}^3\text{)} \quad \text{表 3 参照} \\ g : \text{重量加速度 (9.8m/s}^2\text{)} \end{array} \right.$$

$$P_{Ed2} = K_0 \times P_{Ed1}$$

$$\left[ \begin{array}{l} P_{Ed2} : \text{堆積した土石流による荷重(水平成分)} \text{ (kN/m}^3\text{)} \\ K_0 : \text{静止土圧係数 (0.5)} \\ P_{Ed1} : \text{堆積した土石流による荷重(鉛直成分)} \text{ (kN/m}^3\text{)} \end{array} \right.$$

表 5 土砂の堆積高さの及び土石流の堆積荷重

対象構造物	土砂の堆積高さ H (m)	堆積した土石流による 荷重 (鉛直成分) P <sub>Ed1</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	堆積した土石流による 荷重 (水平成分) P <sub>Ed2</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
輪谷貯水槽 (西側)	1.09	16.67	8.34*

注記\* : 8.34kN/m<sup>2</sup> は, 図 12 に示す三角形分布の下端 (地表面位置) の値。

b. 衝突する土石流に伴う荷重

溪流①-Aからの土石流が衝突した際に、構造物の外壁に作用する荷重の算定及び算定結果を以下に示す。ここで、土圧算定に用いる土石流の密度及び土石流衝突高さhについては、土石流衝突荷重算定時に得られる値を使用する。衝突する土石流に伴う荷重の算定結果を表6に示す。

$$P_{Ed3} = \rho_d \times h \times g$$

[

P<sub>Ed3</sub> : 衝突する土石流に伴う荷重

ρ<sub>d</sub> : 土石流の密度 (t/m<sup>3</sup>)

h : 土砂の衝突高さ (m)

g : 重力加速度 (m/s<sup>2</sup>)

式(2) 参照  
式(4) 参照

表6 土砂の衝突高さ及び衝突する土石流に伴う荷重

対象構造物	土砂の衝突高さ h (m)	衝突する土石流 に伴う荷重 P <sub>Ed3</sub> (kN/m <sup>2</sup> )
輪谷貯水槽 (西側)	0.50	9.61

### 3.1.3.4 解析モデル及び諸元

#### (1) 解析モデル

解析モデルを図 15 に示す。解析モデルの設定方法・設定根拠、使用材料の物性値、地盤の物性値等はVI-2-別添 2-2「溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書」記載の輪谷貯水槽（西側）と同様とする。

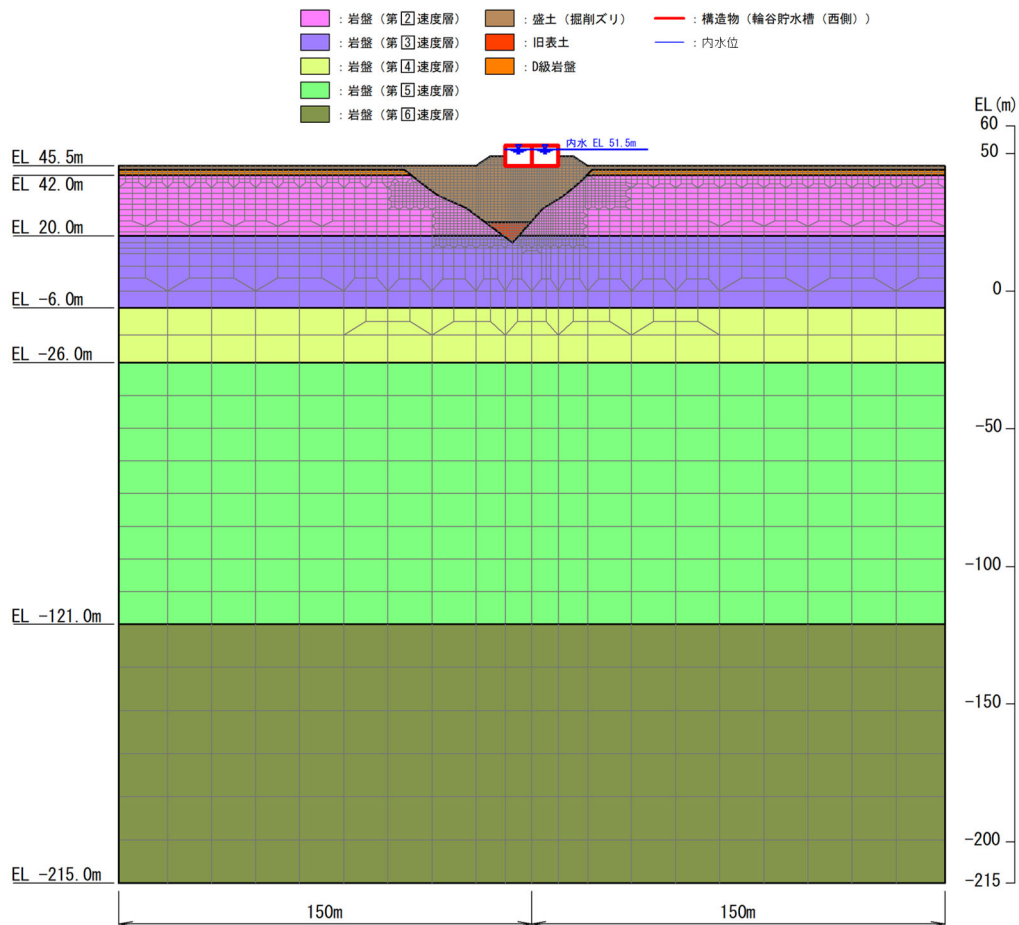


図 15 輪谷貯水槽（西側） 解析モデル図

(2) 境界条件

境界条件は底面固定とし，側方は土石流堆積荷重による地盤の鉛直方向の変形を拘束しないよう鉛直ローラーとする。境界条件の概念図を図 16 に示す。

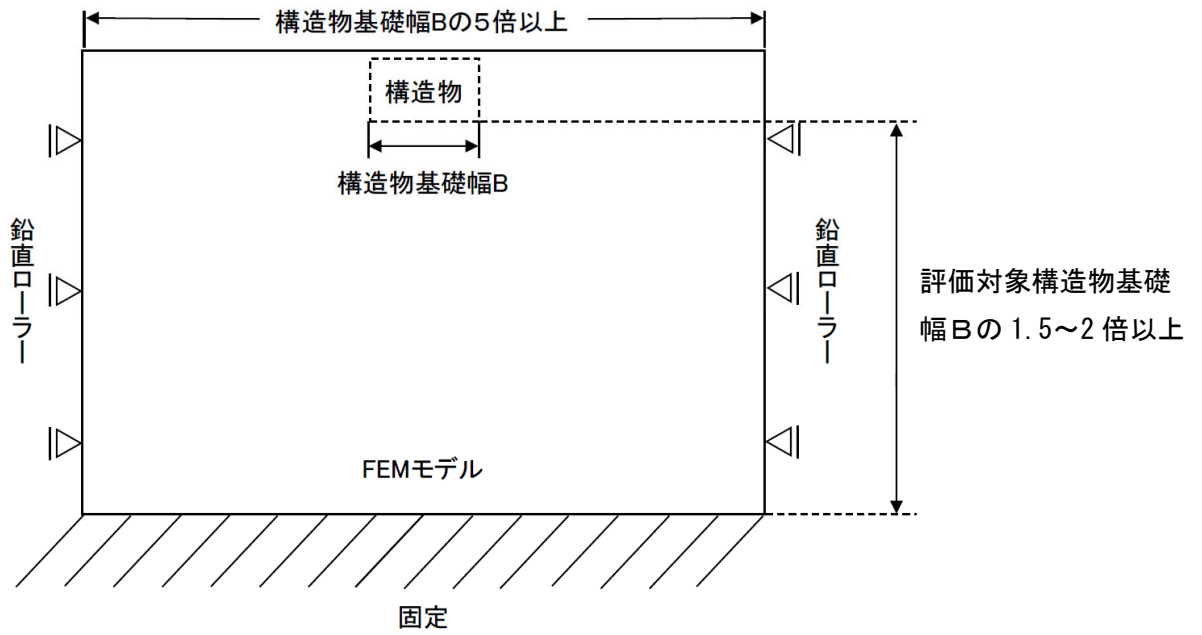


図 16 境界条件の概念図



### 3.1.3.5 評価対象部位

構造部材の健全性評価に係る評価対象部位は、VI-2-別添 2-2「溢水源としない B, C クラス機器の耐震性についての計算書」記載の輪谷貯水槽（西側）と同様に頂版、側壁、隔壁及び底版とする。評価対象部位を図 17 に示す。

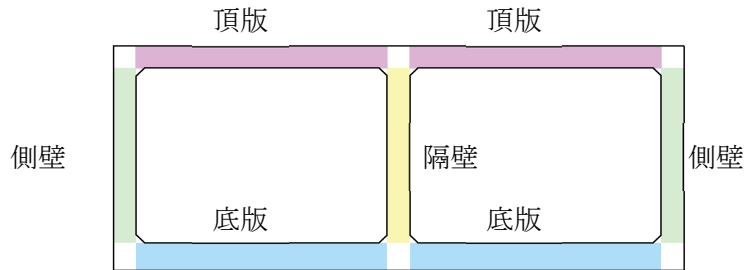


図 17 評価対象部位

### 3.1.3.6 許容限界

輪谷貯水槽（西側）の土石流の衝突による影響評価は、VI-2-別添 2-2「溢水源としないB, Cクラス機器の耐震性についての計算書」に記載の輪谷貯水槽（西側）の耐震安全性評価と同様に、以下のとおり設定する。

#### (1) 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界は限界状態設計法により、表7のとおりに設定した。

表7 曲げ・軸力系の破壊に対する許容限界

許容限界	
限界ひずみ	圧縮縁コンクリートひずみ 1.0% (10000 $\mu$ ) *

注記\* :  $\gamma_i \frac{\varepsilon_d}{\varepsilon_R} < 1.0$

ここで、 $\gamma_i$  : 構造物係数 ( $\gamma_i = 1.0$ )

$\varepsilon_R$  : 限界ひずみ (圧縮縁コンクリートひずみ 10000 $\mu$ )

$\varepsilon_d$  : 照査用ひずみ ( $\varepsilon_d = \gamma_a \cdot \varepsilon$ )

$\gamma_a$  : 構造物解析係数 ( $\gamma_a = 1.2$ )

$\varepsilon$  : 圧縮縁の発生ひずみ

(2) せん断破壊に対する許容限界

棒部材式で求まるせん断耐力とする。棒部材式を以下に示す。

棒部材式

$$V_{y d} = V_{c d} + V_{s d}$$

ここで、 $V_{y d}$  : せん断耐力

$V_{c d}$  : コンクリートが分担するせん断耐力

$V_{s d}$  : せん断補強鉄筋が分担するせん断耐力

$$V_{c d} = \beta_d \cdot \beta_p \cdot \beta_n \cdot \beta_a \cdot f_{v c d} \cdot b_w \cdot d / \gamma_{b c}$$

$$f_{v c d} = 0.20^3 \sqrt{f'_{c d}} \quad \text{ただし, } f_{v c d} > 0.72 (\text{N/mm}^2) \quad \text{となる場合は}$$

$$f_{v c d} = 0.72 (\text{N/mm}^2)$$

$$\beta_d = \sqrt[4]{1/d} \quad (d [\text{m}]) \quad \text{ただし, } \beta_d > 1.5 \quad \text{となる場合は } \beta_d = 1.5$$

$$\beta_p = \sqrt[3]{100 p_v} \quad \text{ただし, } \beta_p > 1.5 \quad \text{となる場合は } \beta_p = 1.5$$

$$\beta_n = 1 + M_o / M_d \quad (N_d \geq 0) \quad \text{ただし, } \beta_n > 2.0 \quad \text{となる場合は } \beta_n = 2.0$$

$$= 1 + 2M_o / M_d \quad (N_d < 0) \quad \text{ただし, } \beta_n < 0 \quad \text{となる場合は } \beta_n = 0$$

$$\beta_a = 0.75 + \frac{1.4}{a/d} \quad \text{ただし, } \beta_a < 1.0 \quad \text{となる場合は } \beta_a = 1.0$$

ここで、 $f'_{c d}$  : コンクリート圧縮強度の設計用値(N/mm<sup>2</sup>)で設計基準強度  $f'_{c k}$  を材料係数  $\gamma_{m c}$  除したもの

$$p_v : \text{引張鉄筋比} \quad p_v = A_s / (b_w \cdot d)$$

$A_s$  : 引張側鋼材の断面積

$b_w$  : 部材の有効幅

$d$  : 部材の有効高さ

$N'_d$  : 設計軸圧縮力

$M_d$  : 設計曲げモーメント

$M_o$  :  $M_d$  に対する引張縁において、軸力方向によって発生する  
応力を打ち消すのに必要なモーメント (デコンプレッションモーメント)  $M_o = N'_d \cdot D / 6$

$D$  : 断面高さ

$a / d$  : せん断スパン比

$\gamma_{bc}$  : 部材係数

$\gamma_{mc}$  : 材料係数

$$V_{sd} = \left\{ A_w f_{wyd} (\sin \alpha + \cos \alpha) / s \right\} z / \gamma_{bs}$$

ここで、 $A_w$  : 区間  $s$  におけるせん断補強鉄筋の総断面積

$f_{wyd}$  : せん断補強鉄筋の降伏強度を  $\gamma_{ms}$  で除したもので、 $400\text{N/mm}^2$   
以下とする。ただし、コンクリート圧縮強度の特性値  $f'_{ck}$  が  
 $60\text{N/mm}^2$  以上のときは  $800\text{N/mm}^2$  以下とする。

$\alpha$  : せん断補強鉄筋と部材軸のなす角度

$s$  : せん断補強鉄筋の配置間隔

$z$  : 圧縮応力の合力の作用位置から引張鋼材図心までの距離で  
 $d/1.15$  とする。

$\gamma_{bs}$  : 部材係数

$\gamma_{ms}$  : 材料係数

### 3.1.4 評価結果

輪谷貯水槽（西側）の曲げ・軸力系及びせん断破壊に対する照査値を表 9 及び表 10 に示す。曲げ軸力系の破壊に対する照査において、最大となる圧縮ひずみ発生位置を図 18 に示し、せん断破壊に対する断面力図を図 19 に示す。

この結果から土石流が衝突した際の発生応力が許容限界以下であることを確認した。

表 9 曲げ・軸力系の破壊に対する最大照査値

	照査用ひずみ* $\varepsilon_d$ (-)	限界ひずみ $\varepsilon_a$ (-)	照査値 $\varepsilon_d / \varepsilon_a$
土石流衝突時	170 $\mu$	10000 $\mu$	0.017

注記\*：照査用ひずみ  $\varepsilon_d$  = 発生ひずみ  $\varepsilon$  × 構造解析係数  $\gamma_a$  (=1.2)

表 10 せん断破壊に対する最大照査値

	せん断力* $V_d$ (kN)	せん断耐力 $V_a$ (kN)	照査値 $V_d / V_a$
土石流衝突時	120	791	0.151

注記\*：照査用せん断力  $V_d$  = 発生せん断力  $V$  × 構造解析係数  $\gamma_a$  (=1.05)

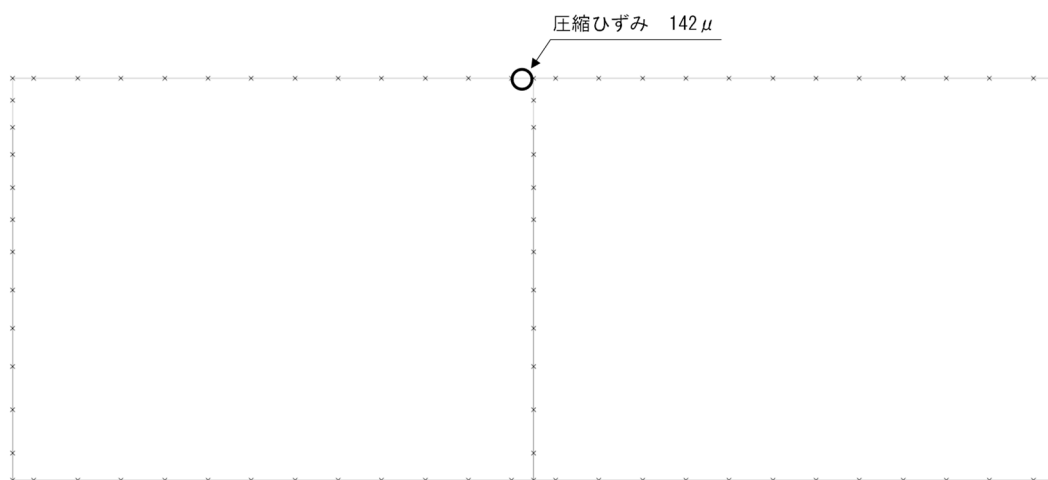
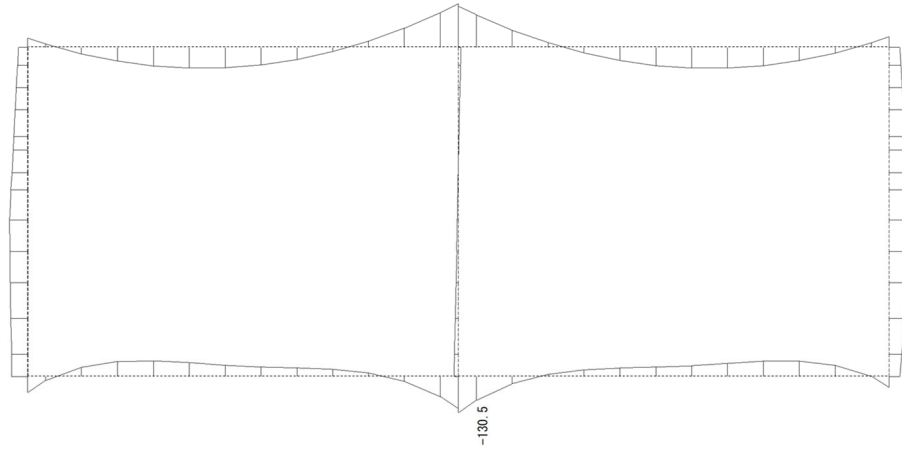
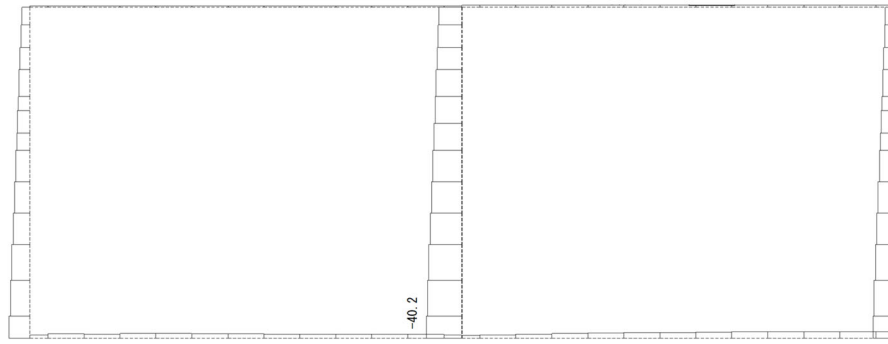


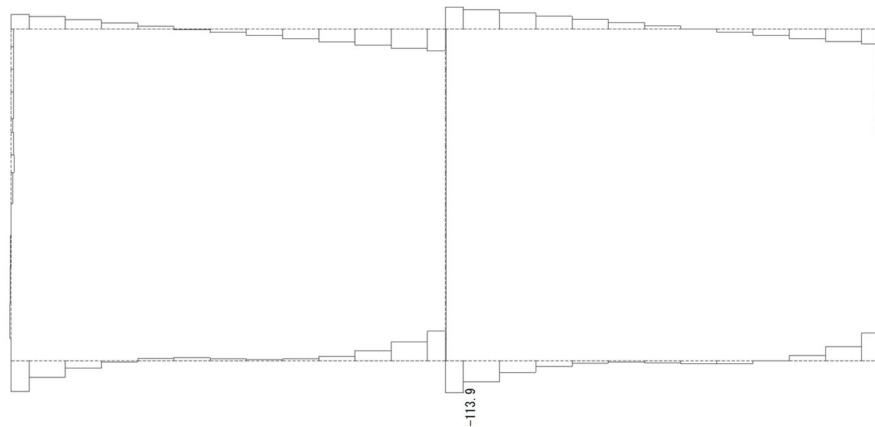
図 18 最大圧縮ひずみ発生位置



(曲げモーメント (kN・m))



(軸力 (kN))



(せん断力 (kN))

図 19 輪谷貯水槽 (西側) のせん断破壊に対する照査断面力

#### 4. まとめ

以上を踏まえ、輪谷貯水槽（東側）は土石流が貯水槽に流入する構造であるため溢水源とする。また、輪谷貯水槽（西側）は土石流が貯水槽に流入しない構造であり、かつ土石流の衝突荷重に対してバウンダリ機能が保持できるため溢水源としない。

## 7.8 鉄筋コンクリート壁の水密性

溢水防護区画を内包する建物等のうち原子炉建物，排気筒エリア（ディーゼル燃料移送ポンプエリア），取水槽（海水ポンプエリア），低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽及び第1ベントフィルタ格納槽について，その外壁に基準地震動  $S_s$  によるひび割れが生じた場合の漏水の影響について確認する。

なお，基準地震動  $S_s$  によりコンクリートに発生する可能性のあるひび割れのうち，曲げひび割れについては水平方向に発生するため地震後の残留ひび割れは自重により閉じる\*ことから，せん断ひび割れを対象とする。

注記\*：「耐震安全解析コード改良試験 原子炉建屋の弾塑性試験 試験結果の評価に関する報告書（平成6年3月 財団法人 原子力発電技術機構）」

本検討においては，地下水位低下設備に期待せずに，安全側に考慮した最大地下水位である EL 8.5m を評価水位とする。ただし，安全対策工事に伴う掘削箇所は，屋外タンク等からの溢水等により掘削箇所に水が溜まることが考えられるため，安全側に考慮して，掘削開口高さ（地表面の高さ EL 15.0m 又は EL 8.5m）を評価水位とする。



### 7.8.1 各鉄筋コンクリート壁のせん断ひび割れの可能性

#### (1) 評価方法

原子炉建物及びディーゼル燃料移送ポンプエリアについては、地震応答解析における耐震壁の最大応答せん断ひずみが、コンクリートにひび割れが発生するせん断ひずみの目安値  $0.00025^{*1}$  ( $0.25 \times 10^{-3}$ ) を超える場合はせん断ひび割れが発生する可能性について確認し、超えない場合は水密性に影響のあるせん断ひび割れは生じないと判断する。

海水ポンプエリア、低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽及び第1ベントフィルタ格納槽については、地下水と接する側壁のせん断変形 ( $\tau - \gamma$  関係) が、第1折点<sup>\*2</sup> を超える場合はせん断ひび割れが発生する可能性について確認し、超えない場合は水密性に影響のあるせん断ひび割れは生じないと判断する。

注記\*1：日本建築学会 1999年 鉄筋コンクリート構造計算規準・同解説 - 許容応力度設計法 -

\*2：J E A G 4 6 0 1 -1987 に規定されているスケルトンカーブの第一折点 ( $\gamma 1$ )

#### (2) 評価結果

原子炉建物及びディーゼル燃料移送ポンプエリアについては、地震応答解析結果より、最大応答せん断ひずみは表 7.8-1 及び表 7.8-2 に示すとおり、コンクリートにひび割れが発生するせん断ひずみの目安値  $0.25 \times 10^{-3}$  を超えていることから、残留ひび割れを考慮した評価を実施する。

海水ポンプエリアについては、3次元構造解析結果より、せん断変形 ( $\tau - \gamma$  関係) は表 7.8-3 に示すとおり、第1折点を超えていることから、残留ひび割れを考慮した評価を実施する。低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽及び第1ベントフィルタ格納槽については、地震応答解析結果より、せん断変形 ( $\tau - \gamma$  関係) は表 7.8-4 及び表 7.8-5 に示すとおり、第1折点を超えないことから水密性に影響のあるせん断ひび割れは生じない。

以上のことから、原子炉建物、ディーゼル燃料移送ポンプエリア及び海水ポンプエリアを、残留ひび割れを考慮した評価の対象とする。

表 7.8-1 原子炉建物 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震応答解析結果

評価部位		最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	
階	EL (m)	NS	EW
B1F	8.8 ~ 15.3	0.430	0.324
B2F	1.3 ~ 8.8	0.524	0.303

表 7.8-2 ディーゼル燃料移送ポンプエリア 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震応答解析結果

評価部位		最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	
階	EL (m)	NS	EW
—	3.5 ~ 8.6	0.776	0.798

表 7.8-3 海水ポンプエリア 基準地震動 S<sub>s</sub> による 3次元構造解析結果

評価部位	最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	
	発生面内せん断ひずみ	第1折点
側壁	0.239	0.146

表 7.8-4 低圧原子炉代替注水ポンプ格納槽 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震応答解析結果

評価部位	最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	
	発生面内せん断ひずみ	第1折点
側壁	0.107	0.147

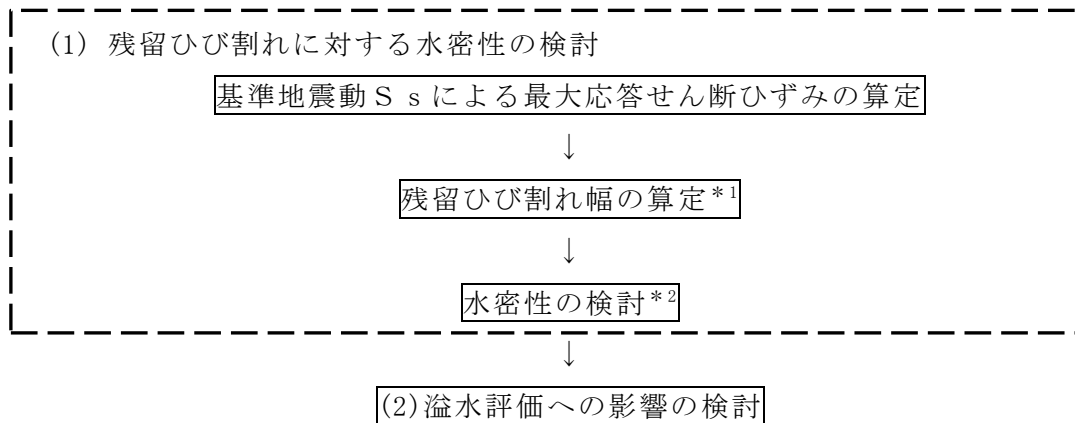
表 7.8-5 第1ベントフィルタ格納槽 基準地震動 S<sub>s</sub> による地震応答解析結果

評価部位	最大応答せん断ひずみ (×10 <sup>-3</sup> )	
	発生面内せん断ひずみ	第1折点
側壁	0.084	0.147

### 7.8.3 評価対象の水密性の考慮について

評価対象である原子炉建物，ディーゼル燃料移送ポンプエリア及び海水ポンプエリアの地下部の鉄筋コンクリート壁について，基準地震動 $S_s$ における最大応答せん断ひずみに基づき残留ひび割れ幅を算定し，水密性（ひび割れからの漏えい）の観点からの評価基準値を超えないことを確認する。

検討フローを図 7.8-1 に示す。



注記\*1：鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひびわれ性状に関する検討（昭和 63 年コンクリート工学年次論文報告集）

\*2：日本建築学会 2015 年 原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説

図 7.8-1 検討フロー

#### (1) 残留ひび割れに対する水密性の検討

（財）原子力工学試験センターでの原子炉建物の耐震壁に関する試験結果をとりまとめた「鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひびわれ性状に関する検討（昭和 63 年コンクリート工学年次論文報告集）」における残留ひび割れの検討に基づき，基準地震動 $S_s$ における最大応答せん断ひずみから，試験結果のばらつきを踏まえた残留ひび割れ幅を検討する。この検討結果が，「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説（日本建築学会）」における水密性の観点から補修の検討が必要となるひび割れ幅の評価基準値（0.2 mm）を超えないことを確認する。なお，残留ひび割れが最も大きい値となった原子炉建物地下 2 階の外壁を代表として評価する。

#### (2) 溢水評価への影響の検討

残留ひび割れに対する水密性の検討を踏まえ，溢水評価への影響について確認する。

7.8.4 残留ひび割れに対する水密性の検討結果

(1) 基準地震動  $S_s$  による最大応答せん断ひずみの算出

残留ひび割れが最も大きい値となった原子炉建物地下2階の外壁の最大応答せん断ひずみは  $0.303 \times 10^{-3}$  である。

(2) 残留ひび割れ幅の算定

地震応答解析によるせん断ひずみより「鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひびわれ性状に関する検討（昭和63年コンクリート工学年次論文報告集）」に基づき、残留ひび割れ幅を算定し比較する。

a. 残留ひび割れ幅の算定

(a) 残留ひび割れ幅の総計

図7.8-2より、最大せん断ひずみ（X）に対応する（Y）の値をグラフから読み取る。

$$Y = 25 \sim 250 (\times 10^{-6})$$

ここで、Y：残留ひび割れ幅の総計

X：せん断ひずみ ( $0.303 \times 10^{-3}$ )

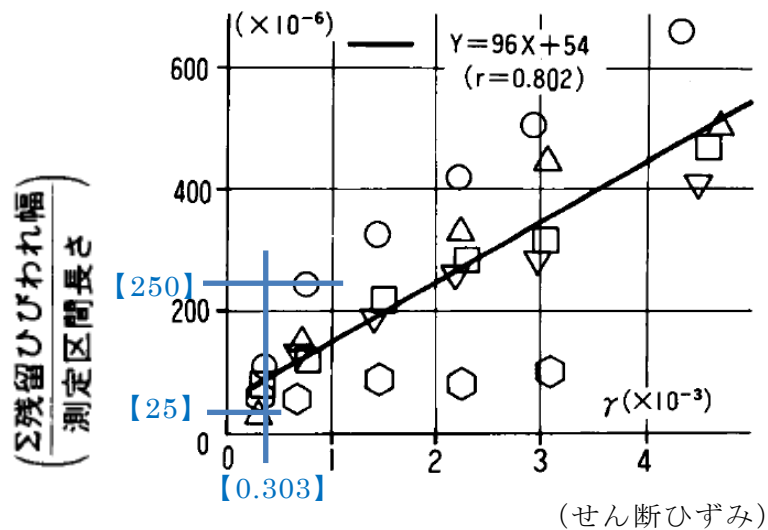


図 7.8-2 残留ひび割れ幅の総計／測定区間長さ

(b) 平均ひび割れ間隔の算定

図 7.8-3 より，最大せん断ひずみに対応する (C) の値をグラフから読み取る。

$$A = B \times C = 200 \times 6.8 \sim 3.5 = 1360 \sim 700 \text{ (mm)}$$

ここで，A：平均ひび割れ間隔 (mm)

B：溢水区画の最大鉄筋間隔 (mm)

C：平均ひび割れ間隔／鉄筋間隔 (6.8～3.5)

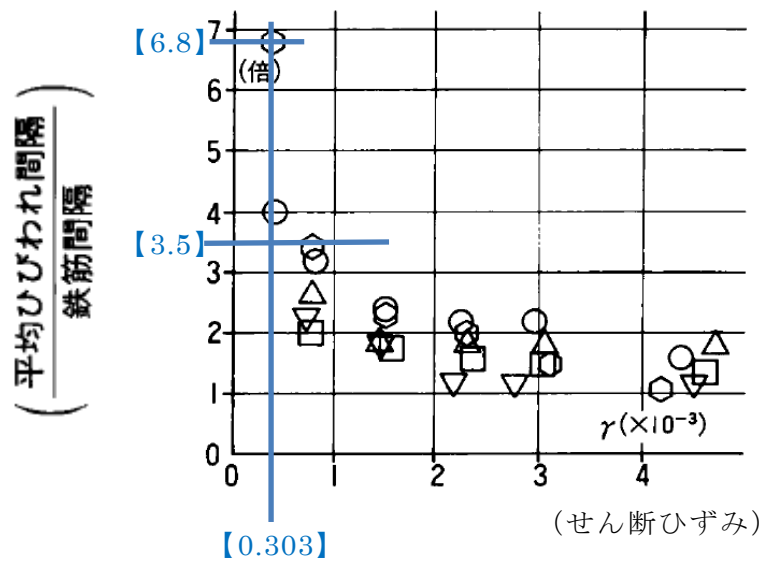


図 7.8-3 平均ひび割れ間隔／鉄筋間隔

(c) 残留ひび割れ幅の算定

(a)及び(b)の結果から，ひび割れ 1 本当たりの残留ひび割れ幅を下式で算定する。

$$\begin{aligned} & \text{ひび割れ 1 本当たりの残留ひび割れ幅} \\ &= \text{残留ひび割れ幅の総計} / \text{ひび割れ本数} \\ &= \text{残留ひび割れ幅の総計} / (\text{測定区間長さ} / \text{平均ひび割れ間隔}) \\ &= Y \times A \\ &= 25 \sim 250 (\times 10^{-6}) \times 1360 \sim 700 \text{ (mm)} \\ &= 0.034 \sim 0.175 \text{ (mm)} \Rightarrow 0.04 \sim 0.18 \text{ (mm)} \end{aligned}$$

(3) 水密性の検討及び溢水評価への影響の検討

算定した残留ひび割れ幅は、「原子力施設における建築物の維持管理指針・同解説（日本建築学会）」に示される、コンクリート構造物の水密性に影響を与える評価基準である「0.2 mm」未満のため、ひび割れから漏水は発生しない。従って溢水評価への影響はない。

#### 7.8.5 耐震壁等のひび割れからの漏水による溢水影響

算定した残留ひび割れ幅は、評価基準「0.2 mm」未満であり、外壁からの漏水は発生しないと考えられるが、万が一、漏水が発生したと仮定した場合の溢水影響について検討する。

##### (1) 漏水量の評価方法

地下外壁からの漏水量は「コンクリートのひび割れ調査、補修・補強指針-2013-付：ひび割れの調査と補修・補強事例(社団法人日本コンクリート工学協会)」における漏水量の算定式に基づき、応答せん断ひずみ、作用圧力(水圧)、壁厚、ひび割れ長さ等から算出する。また、溢水を想定するエリアの滞留面積を考慮した場合の水位上昇量を求める。

(漏水量評価式)

$$Q = C_w \cdot L \cdot w^3 \cdot \Delta P / (12 \nu \cdot t)$$

ここに、

Q : 漏水量 (mm<sup>3</sup>/s)

C<sub>w</sub> : 低減係数

L : ひび割れ長さ (mm)

w : ひび割れ幅 (mm)

ν : 水の粘性係数 [20℃での値 1.002×10<sup>-9</sup>Ns/mm<sup>2</sup>とする]

ΔP : 作用圧力 (N/mm<sup>2</sup>)

t : 部材の厚さ (ひび割れ深さ) (mm)

(算定条件)

C<sub>w</sub> : 壁厚さ 1 m の実験結果「沈埋トンネル側壁のひび割れからの漏水と自癒効果の確認実験」：コンクリート工学年次論文報告集 Vol.17 No.1 1995 に基づく値 0.01 を採用

L : ひび割れ長さは、地震時のせん断ひび割れを対象としていることから、各階の階高とスパン長さに応じて外壁面に対角上にひび割れが入ると想定し算出

w : 対象壁に生じると推定される残留ひび割れ幅の値

ΔP : 作用圧力は、最大地下水位 (EL 8.5m) 又は安全対策工事に伴う掘削箇所の滞留水の水位 (EL 15.0m 又は EL 8.5m) から該当階の床レベルまでの水の比重を 1.0 とした静水頭圧の値

(床面水位上昇量)

床面水位上昇量＝漏水量/滞留面積

(2) 漏水量の評価結果

漏水量については、地震応答解析によるせん断ひずみより「鉄筋コンクリート造耐震壁のせん断ひびわれ性状に関する検討（昭和 63 年コンクリート工学年次論文報告集）」に基づき算出した「7.8.4 検討結果」の評価結果から、各建物等の各階層の残留ひび割れ幅を求め、作用圧力(水圧)、壁厚、ひび割れ長さを考慮し算定する。各建物等における漏水量を表 7.8-6 に示す。

選定箇所は、各建物等の各階層において壁厚が薄く、スパンが長い箇所とする。

表 7.8-6 から、外壁 1 スパンの 1 時間当たりの漏水量の最大値は、原子炉建物地下 2 階の 11.6L/h である。また、外壁に面する区画の滞留面積を考慮した床面水位の上昇量は、0.1mm/h 以下であり、柄杓や拭き取り等による回収が十分可能なため、溢水影響はないと考えられる。また、ひび割れ幅が 0.2mm 未満であれば、自癒効果\*により漏水量は時間の経過に伴って減少することから、さらに漏水影響は軽減される。

注記\*：水中の懸濁物質による目詰まりや、ひび割れ内部のコンクリートの水和反応による固形物質の析出等により時間の経過に伴って減少すること



表 7.8-6 算定箇所のある諸元及び漏水量一覧

選定箇所	壁厚 (mm)	スパン 長さ (mm)	せん断 ひずみ ( $\times 10^{-3}$ )	最大 鉄筋間隔 (mm)	ひび 割れ幅 (mm)	ひび割れ 長さ (mm)	作用圧力 (N/mm <sup>2</sup> )	漏水量 (L/h)	滞留面積 (m <sup>2</sup> )	上昇量 (mm/h)
原子炉建物地下2階	1500	11400	0.303	200	0.18	25800	0.13	11.6	224	0.06
原子炉建物地下1階	1500	11400	0.324	200	0.18	24000	0.1	5.5	122	0.05
ディーゼル燃料移送ポ ンプエリア	300	5900	0.776	200	0.10	12100	0.02	0.93	10	0.10
海水ポンプエリア	1000	11500	0.239	125	0.05	27700	0.08	2.1	54	0.04