

# 新規制基準適合性審査申請

## 重大事故等対処施設

### <(8)重大事故対策>

#### －炉心損傷防止(津波PRA)

(No.69,70,71,72,81関連)

平成30年6月15日

東北電力株式会社

枠囲いの内容は、商業機密または防護上の観点から公開できません。



## 目次

---

1. 確率論的リスク評価(PRA)の概要
2. 津波レベル1PRA
3. 事故シーケンスの選定
4. 防潮堤を越える津波への対策
5. 適合性審査状況
6. 参考資料



# 1. 確率論的リスク評価 (PRA) の概要

---

# 1. 確率論的リスク評価(PRA)の概要

## (1) 新規規制基準適合性審査におけるPRAの位置付け

- 安全対策が有効に機能することを評価(=有効性評価)するために、その前段として、重大事故に至る可能性のある事故シーケンスグループを抽出
- 規則に基づき必ず想定する事故シーケンスグループ以外に、追加すべき新たな事故シーケンスの有無を確認

### 確率論的リスク評価(PRA)<sup>※1</sup>

#### 内部事象

- ・運転時レベル1
- ・運転時レベル1.5
- ・停止時レベル1

#### 外部事象

- ・地震レベル1
- ・津波レベル1

### <適合性審査におけるPRAの扱い>

- PRAの目的が、重大事故対策設備の有効性評価を行う事故シーケンスを選定することであるため、これまで自主的に実施してきたアクシデントマネジメント対策や福島第一事故後の緊急安全対策等を含めていない。また、そのため、重大事故の発生頻度(炉心損傷頻度等)は判断基準とはしていない。
- 安全対策を含めたPRAは、今回の適合性審査の対象外

### 有効性評価

- ・ 選定された事故シーケンスに対し、安全対策が有効に機能し、炉心損傷や格納容器破損等を防止できることを評価  
(設備面、運用面(体制・手順等)の安全対策、操作・作業に必要な時間も考慮)

#### 有効性評価の内容<sup>※2</sup>

- ① 炉心損傷防止対策
- ② 原子炉格納容器破損防止対策
- ③ 使用済燃料プールにおける燃料損傷防止対策
- ④ 運転停止中の原子炉における燃料損傷防止対策

※2 実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈

※1 レベル1 : 炉心損傷のリスク評価(炉心損傷頻度)  
レベル1.5 : 格納容器破損のリスク評価(格納容器破損頻度)

# 1. 確率論的リスク評価(PRA)の概要

## (2) PRAとは(1/2)

確率論的リスク評価(PRA: Probabilistic Risk Assessment)とは、理論的に考え得るすべての事故シナリオを対象とし、異常・故障等の発生頻度、発生した事象の拡大防止または影響緩和する安全機能の喪失確率をもとに、重大事故の発生頻度(炉心損傷頻度等)を定量的に分析・評価するとともに、重大事故発生確率と影響の大きさの積(リスク)を基に総合的な安全性を評価する手法

### ■PRAにおける想定事象

※ **内的事象**：原子力発電所の機器の故障またはヒューマンエラー等の内部の原因によって起こる事象

**外的事象**：原子力発電所の外部で発生する地震、津波等によって起こる事象

自然ハザード：地震※、津波※、火山、森林火災等

人為ハザード：航空機落下、船舶の衝突等

内部ハザード：(建屋内)火災、(建屋内)溢水、重量物落下等

※  評価手法が学会標準等により整備され適用可能な評価

# 1. 確率論的リスク評価(PRA)の概要

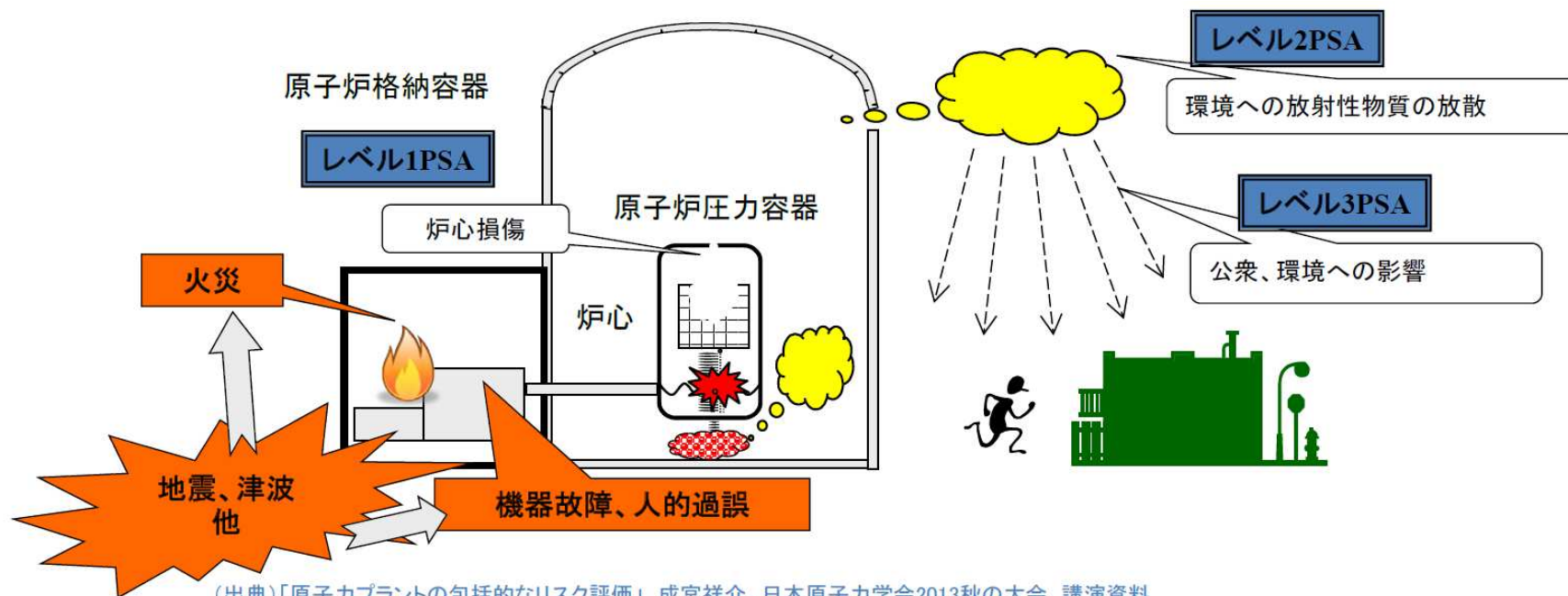
## (2) PRAとは(2/2)

### ■PRAの評価レベルによる分類

- レベル1PRA : 炉心損傷頻度の評価までを行うリスク評価
- レベル2PRA : 環境へ多量の放射性物質を放出する事故シーケンスの発生頻度(格納容器破損頻度)および放出放射性物質の種類・量の評価までを行うリスク評価
- レベル3PRA : レベル2PRAで得られた発生頻度と放出放射性物質の種類・量をもとに、公衆のリスクの評価まで行うリスク評価

### ■新規制基準適合性審査におけるPRAの評価レベル

- 炉心損傷頻度および格納容器破損頻度のリスク評価までを行い、放出放射性物質の種類・量の評価は行っていない(レベル1.5PRA)



(出典)「原子力プラントの包括的なリスク評価」 成宮祥介、日本原子力学会2013秋の大会 講演資料

# 1. 確率論的リスク評価(PRA)の概要

## (3) PRAの手法(1/3)

### ■PRAの手法の概要

- ▶ イベントツリーやフォールトツリーを用いて特定の事象が発生する頻度を評価
  - ・ 外乱を与える事象(起因事象)ごとにイベントツリーを展開し, 起因事象の発生から特定の事象に至るまでのシナリオを評価
  - ・ イベントツリーの分岐確率は, フォールトツリーにより評価

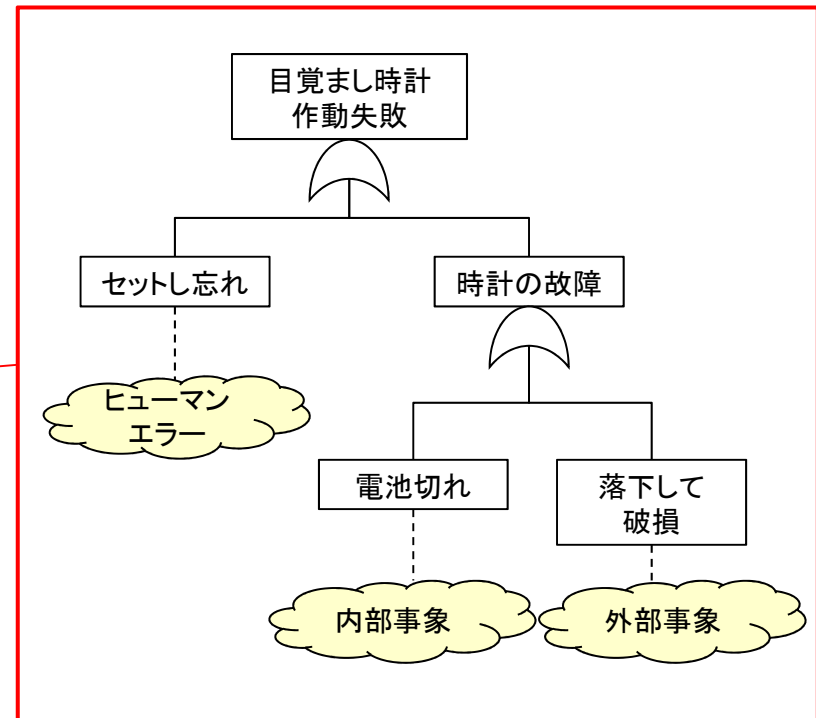
<イベントツリーのイメージ(遅刻するシーケンス)>

起因事象	起床			移動	状態	発生頻度 (/年)
	目覚まし時計	親が起こす	布団から出る	電車		
夜更かし	成功(0.8)	成功(0.9)	成功(0.8)	成功(0.8)	定刻	5.76
			失敗(0.2)	失敗(0.2)	遅刻	1.44
		成功(0.9)	成功(0.8)	遅刻	0.8	
		失敗(0.1)	失敗(0.1)	遅刻	0.72	
	失敗(0.2)	成功(0.5)	成功(0.9)	成功(0.8)	定刻	0.72
			失敗(0.2)	失敗(0.2)	遅刻	0.18
		成功(0.5)	成功(0.9)	遅刻	0.1	
		失敗(0.1)	失敗(0.1)	遅刻	0.1	
失敗(0.2)	失敗(0.5)	成功(0.9)	成功(0.8)	定刻	0.72	
		失敗(0.2)	失敗(0.2)	遅刻	0.18	
失敗(0.2)	失敗(0.5)	成功(0.9)	成功(0.8)	定刻	0.72	
		失敗(0.2)	失敗(0.2)	遅刻	0.18	

分岐確率

( ): 成功/失敗する確率

<フォールトツリーのイメージ(目覚まし時計)>



遅刻する代表的なシーケンスを選定し, 遅刻防止対策(携帯アラーム, 自動車など)の有効性評価を行う

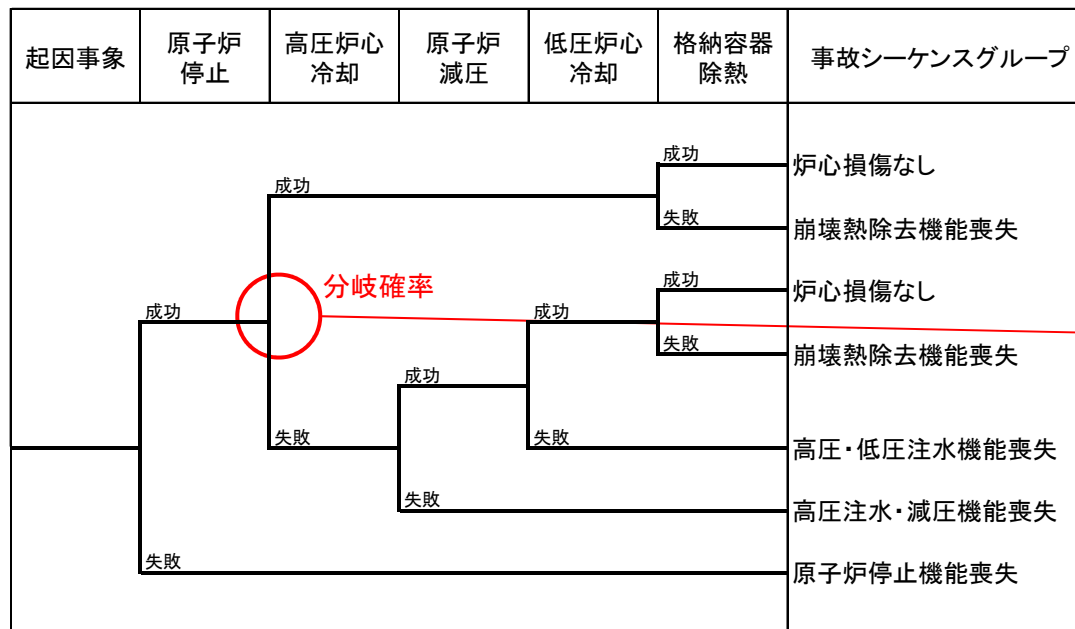
# 1. 確率論的リスク評価(PRA)の概要

## (3) PRAの手法(2/3)

### ■PRAの手法の概要

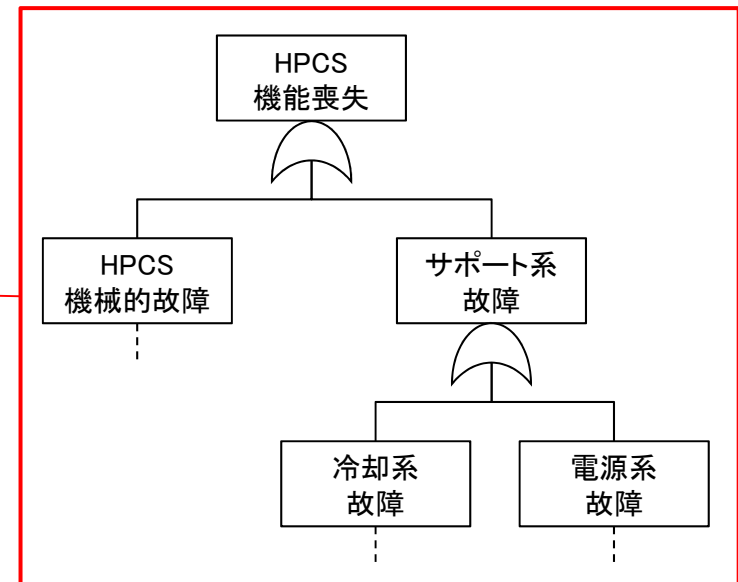
- 原子力学会標準に基づき、イベントツリー(ET)やフォールトツリー(FT)を用いて事故シーケンス(事故の進展の仕方)の発生頻度を定量化し、炉心損傷頻度や格納容器破損頻度を評価
  - ・ プラントに外乱を与える事象(起因事象)ごとにイベントツリーを展開し、事故(起因事象)の発生から炉心損傷等に至るまでのシナリオを評価
  - ・ イベントツリーの分岐確率は、フォールトツリーにより評価
  - ・ フォールトツリーは、プラントの設計情報に基づいて、設備が機能喪失する要素(機器故障, 人的過誤等)を展開し、機器故障率データや人間信頼性解析結果等を用いて定量化
  - ・ 起因事象発生頻度は国内BWR運転実績, 機器故障率は国内の機器故障率を使用

#### <イベントツリーの例>



#### <フォールトツリーの例>

(HPCS: 高圧炉心スプレイ系)



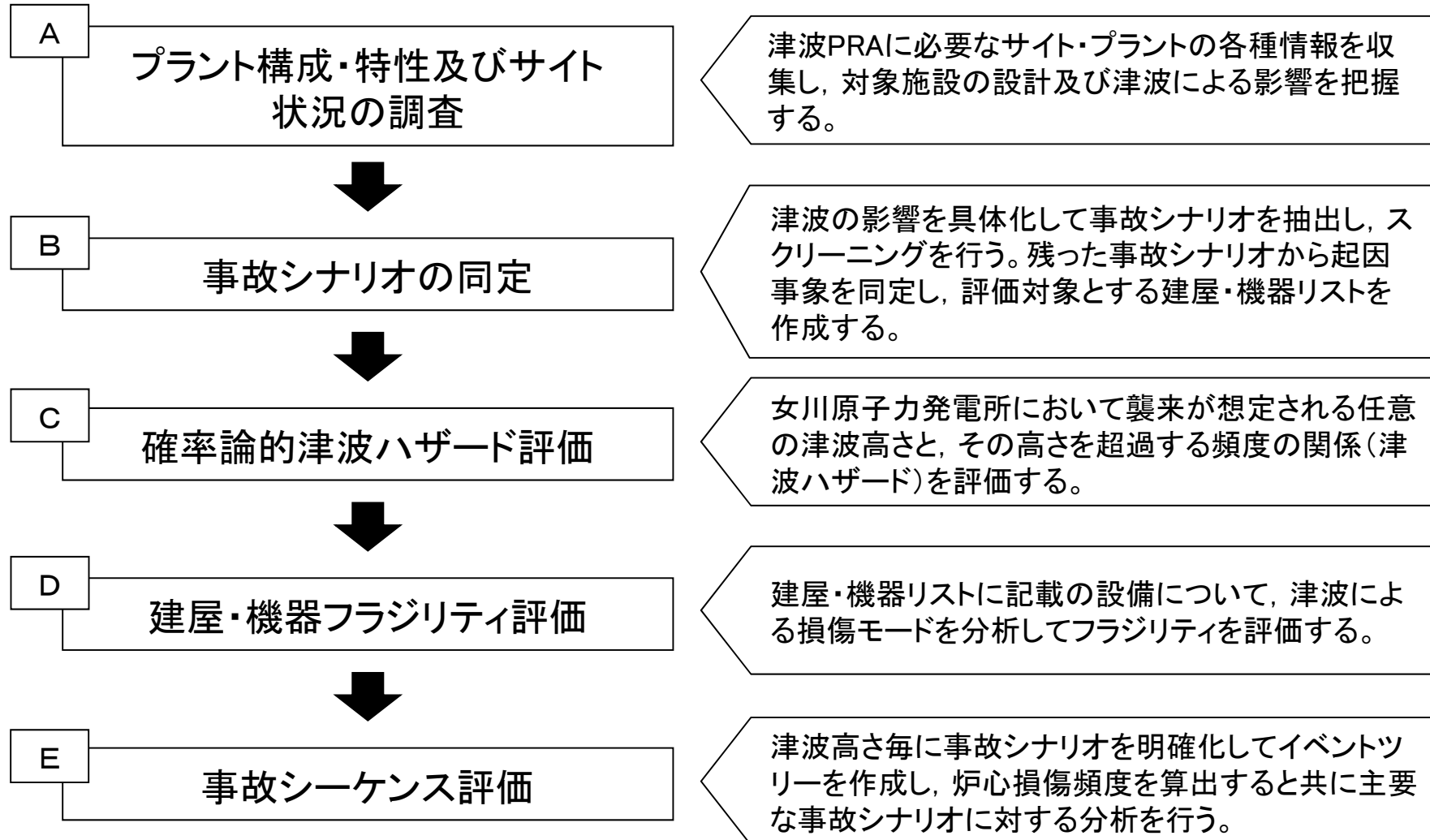


# 1. 確率論的リスク評価 (PRA) の概要

## (3) PRAの手法 (3/3)

### ■ 津波PRAの手法の概要

- 津波PRAは、津波の発生頻度 (下図C「確率論的津波ハザード評価」)、津波による機器の機能喪失の有無の確認 (下図D「建屋・機器フラジリティ評価」)が必要となるが、イベントツリー及びフォールトツリーによる評価は、内部事象PRAと同様





## 2. 津波レベル1PRA

---

## 2. 津波レベル1PRA

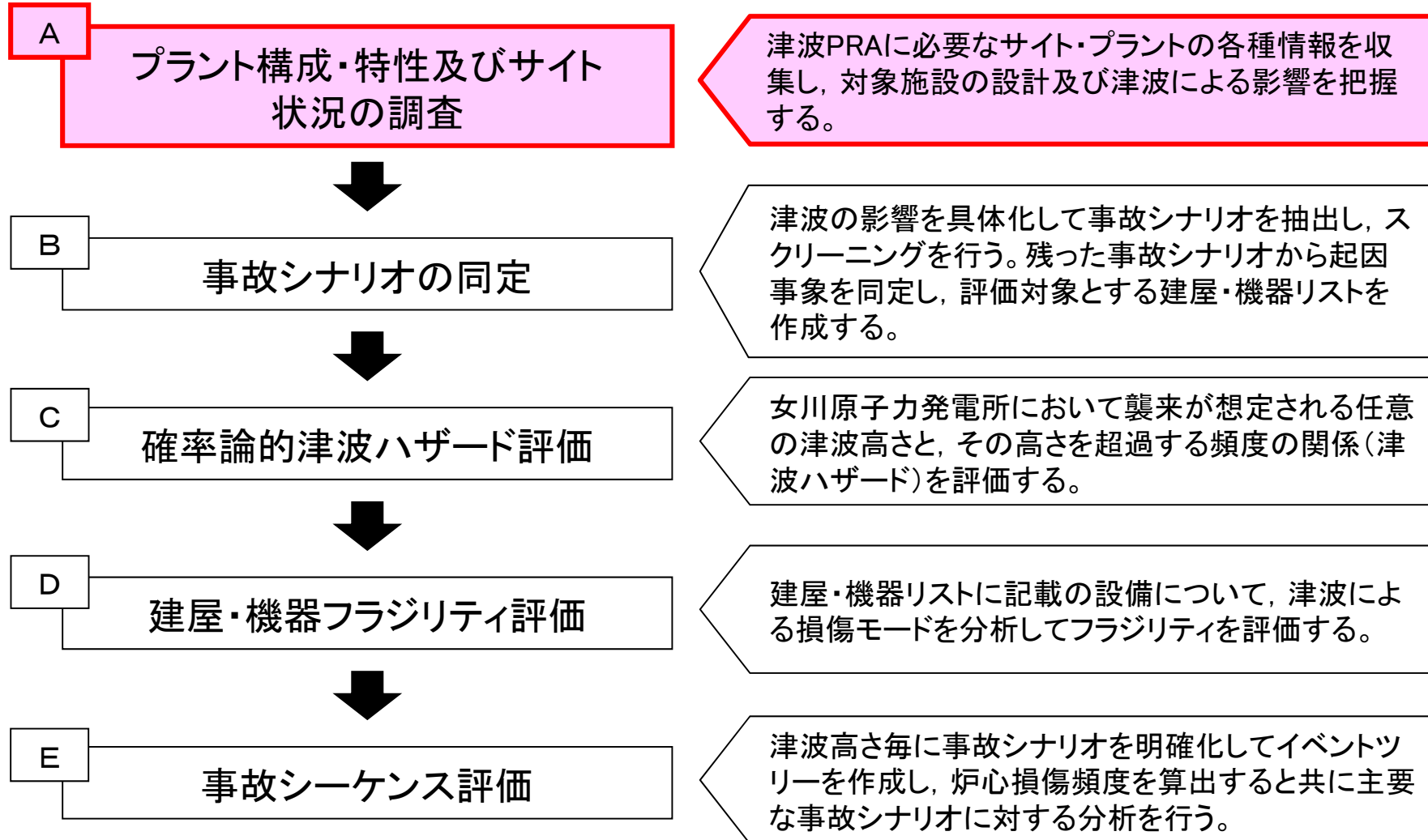
### (1) 新規制基準適合性審査における経緯

- 第529回審査会合（平成29年11月30日）において、更新された確率論的津波ハザード評価を取り込んだ津波レベル1PRAの再評価を実施し、重要事故シーケンスを再検討した結果を説明
- この際、防潮堤を越える津波に対し、全交流動力電源喪失が発生する頻度及び全炉心損傷頻度に対する当該事象の寄与割合が大きいことから、その対応について検討するよう指摘
- 第567回審査会合（平成30年5月8日）において、各種対策実施後の地形データ等の見直しを反映した敷地内氾濫解析の再評価結果並びに津波PRA, シーケンス選定の結果及び敷地内氾濫解析結果に基づき検討した防潮堤を越える津波への対策について説明し、「概ね妥当な検討がなされた」と評価された

## 2. 津波レベル1PRA

### (2) プラント構成・特性及びサイト状況の調査(1/3)

#### 手順の概要



## 2. 津波レベル1PRA

### (2) プラント構成・特性及びサイト状況の調査(2/3)

#### ■ 津波PRAに必要な情報の整理

##### < サイト・プラント関連情報の収集・分析 >

- 津波PRAの実施に際し、以下の情報を収集・整理
  - 設計図書(全体配置図, 機器配置図)から機器の配置情報を整理
  - 津波高さと年超過確率の関係を評価(確率論的津波ハザード評価)
  - 防潮堤を越える津波を想定し、敷地内の浸水影響を評価

##### < プラントウォークダウン(現地確認) >

- 机上検討では確認が難しいプラント情報の取得及び検討したシナリオの妥当性確認をするために、以下の観点でプラントウォークダウン(現地確認)を実施
  - 重要設備が設置される原子炉建屋及び制御建屋に存在する建屋外壁開口部及び建屋間, 地下部(トレンチ取合部)への津波影響の確認
  - 屋外設備の津波による離脱, 移動等に起因して生じる衝突等の間接的被害の可能性の確認
  - 津波の伝播経路及び建屋開口部(貫通部)の確認

#### ■ 津波PRAの評価対象設備

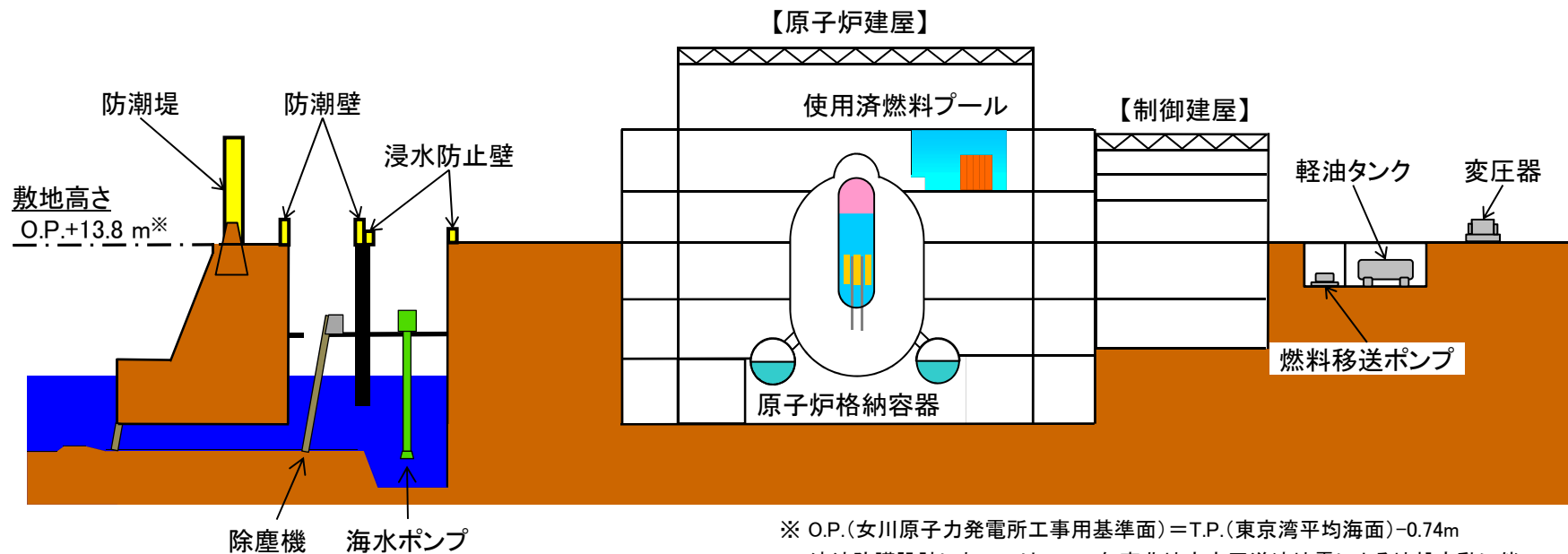
- 新規制基準適合性審査において実施するPRAは、重大事故等対処設備の有効性を確認するための事故シナリオの抽出が目的
- 評価対象とするプラント状態は、設置許可済みの設備の機能のみに期待する仮想的なプラント状態(重大事故等対処設備がない状態)
- また、津波のリスクを把握する観点から、次ページに示す防潮堤, 防潮壁等の止水対策を評価対象とする

## 2. 津波レベル1PRA

### (2) プラント構成・特性及びサイト状況の調査(3/3)

#### ■対象プラントの設備配置の特徴

- 基準津波による遡上波が設計基準対象施設に到達及び流入することを防止するために、防潮堤(O.P.約 29m※)を設置
- 海と接続する取水路等からの敷地への流入を防止するために防潮壁を設置
- 建屋への浸水の可能性がある経路、浸水口(扉、開口部及び貫通孔等)に対して、水密扉の設置、貫通部の止水処理等の浸水対策を実施
- 全交流動力電源喪失の発生を防止するために、補機ポンプエリア周辺に浸水防止壁を設置【40ページ参照】
- 軽油タンク設置エリア(軽油タンク、燃料移送ポンプ)は地下化、水密構造

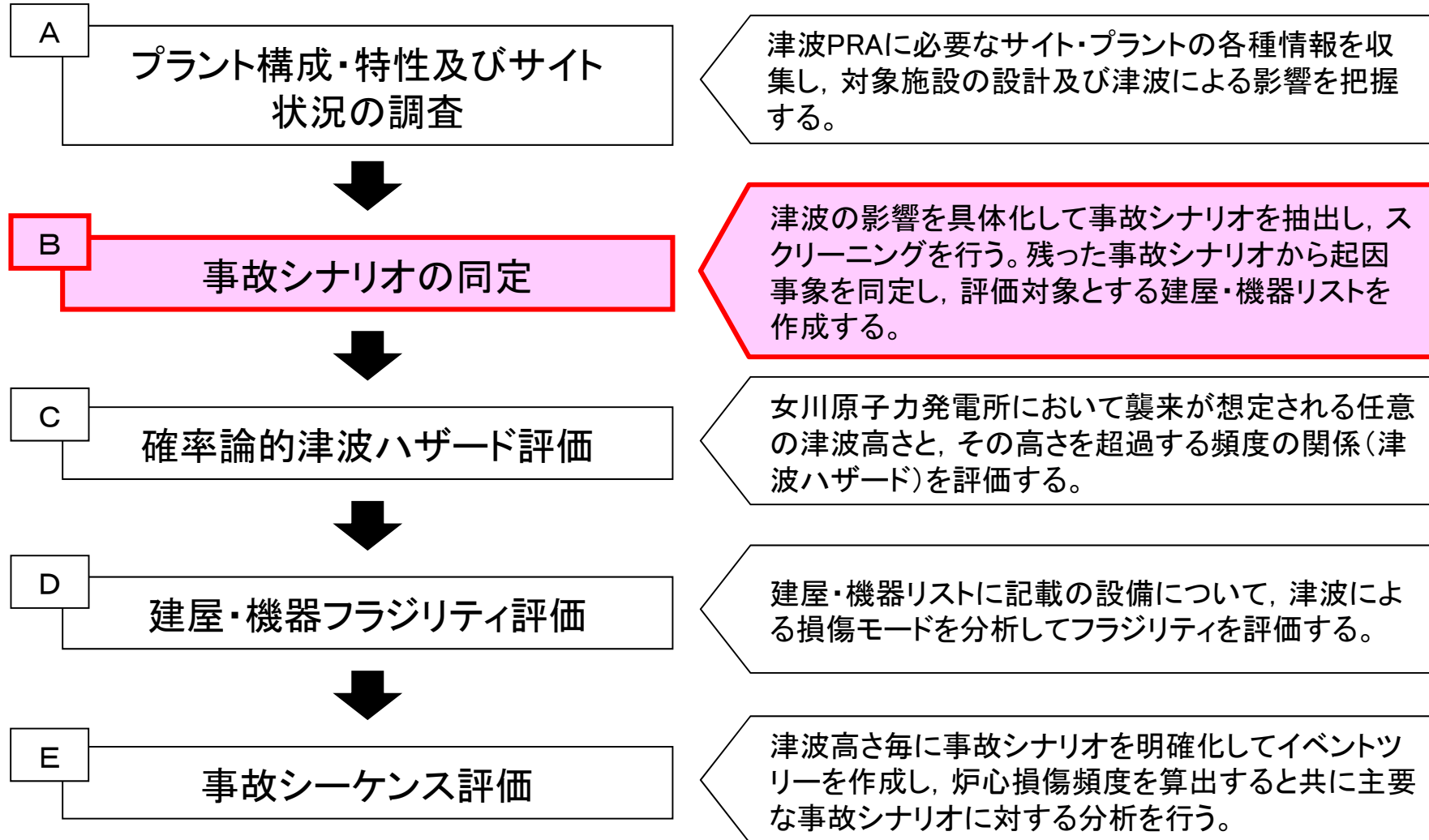


※ O.P.(女川原子力発電所工事事用基準面) = T.P.(東京湾平均海面) - 0.74m

津波防護設計においては、2011年東北地方太平洋沖地震による地殻変動に伴い、一様に約1mの沈降が発生したことを考慮した値を用いる。

## 2. 津波レベル1PRA (3) 事故シナリオの同定(1/5)

### 手順の概要

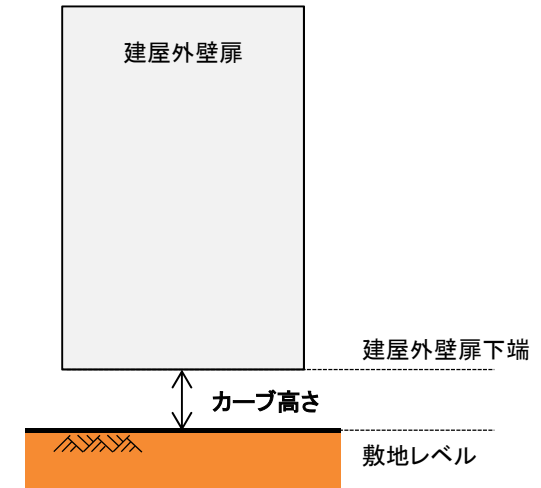


## 2. 津波レベル1PRA

### (3) 事故シナリオの同定(2/5)

#### ■ 評価の前提条件

- 地震によって津波が発生し, 防潮堤, 防潮壁を越える津波が敷地内に浸水することで, プラントに影響を与える
- 地震によって建屋, 系統(システム), 機器の機能喪失につながる損傷はない(地震によるプラントへの直接的影響は無い)
- 建屋外壁扉は人員の避難により誤開放しており, 津波が建屋の敷地レベルから建屋外壁扉の下端レベルの高さ(以下, 「カーブ高さ」という。)を越えて, 建屋内に流入した場合は, 建屋の同一フロア及び下階全体が同時に浸水
- 変圧器等の評価対象機器は, 機器の基礎部を越え浸水することにより, 機能喪失する



#### ■ 事故シナリオの分析・選定

- 収集したサイト・プラント情報に基づき, 津波の直接的及び間接的影響を受ける可能性のある設備を具体化し, 当該設備が損傷した場合に想定される事故シナリオを抽出(次ページに具体例を示す)

##### <直接的影響>

- ・ 浸水による設備の没水, 被水
- ・ 津波波力, 流体力, 浮力
- ・ 海底砂移動
- ・ 引き波による水位低下

##### <間接的影響>

- ・ 洗掘
- ・ 漂流物の衝突
- ・ 津波による高ストレス
- ・ 作業環境の悪化



## 2. 津波レベル1PRA

### (3) 事故シナリオの同定(3/5)

#### 津波による事故シナリオの分析(例)

津波PRA学会標準の記載※			影響を受ける可能性のある設備	考えられる事故シナリオ
津波の影響	影響の種類	建屋・構築物、機器・配管系への影響		
直接的	浸水による設備の没水・被水	設備の動的機能喪失 電気設備の発電／送電機能喪失	起動変圧器の没水による機能喪失	起動変圧器の機能喪失により外部電源喪失が発生する。
			海水取水ポンプの没水による機能喪失	海水取水ポンプの機能喪失により、原子炉補機冷却海水系が機能喪失する。
	津波波力・流体力・浮力	建屋・構築物、機器・配管系の構造的損傷	防潮堤の波力による損傷	発電所敷地及び建屋内への浸水が発生し、設備の機能喪失による原子炉への外乱が発生する／発生した外乱に対する緩和設備が機能喪失する可能性がある。
			原子炉建屋(外壁扉)の波力による損傷	設備の機能喪失による原子炉への外乱が発生する／発生した外乱に対する緩和設備が機能喪失する可能性がある。
	海底砂移動	海水取水設備の機能喪失	海底砂移動による海水取水機能障害の発生	原子炉補機冷却海水系の機能喪失、又は、循環水ポンプ等の機能喪失による過渡事象が発生する可能性がある。
引き波による水位低下	海水取水設備の機能喪失	引き波による海水取水機能障害の発生	同上	
間接的	洗掘	建屋・構築物、機器・配管系の構造的損傷	防潮堤の洗掘による損傷	発電所敷地及び建屋内への浸水が発生し、設備の機能喪失による原子炉への外乱が発生する／発生した外乱に対する緩和設備が機能喪失する可能性がある。
			原子炉建屋の洗掘による損傷	設備の機能喪失による過渡事象の発生及び、炉心損傷緩和設備が機能喪失する可能性がある。
	漂流物の衝突	建屋・構築物、機器・配管系の構造的損傷	防潮堤の漂流物衝突による損傷	発電所敷地及び建屋内への浸水が発生し、設備の機能喪失による過渡事象の発生及び、緩和設備が機能喪失する可能性がある。
			原子炉建屋(外壁扉)の漂流物衝突による損傷	設備の機能喪失による原子炉への外乱が発生する／発生した外乱に対する緩和設備が機能喪失する可能性がある。
	津波による高ストレス	運転員／作業員の操作失敗	作業員退避時の原子炉建屋外壁扉閉め忘れ	本評価では、建屋外壁扉の誤開放を考慮しているため、本項目は該当しない。
作業環境の悪化	運転員の回復操作の遅延	—	本評価では、可搬式設備等の事象発生後の作業環境悪化を考慮しなければならない設備には期待していないため、本項目は該当しない。	

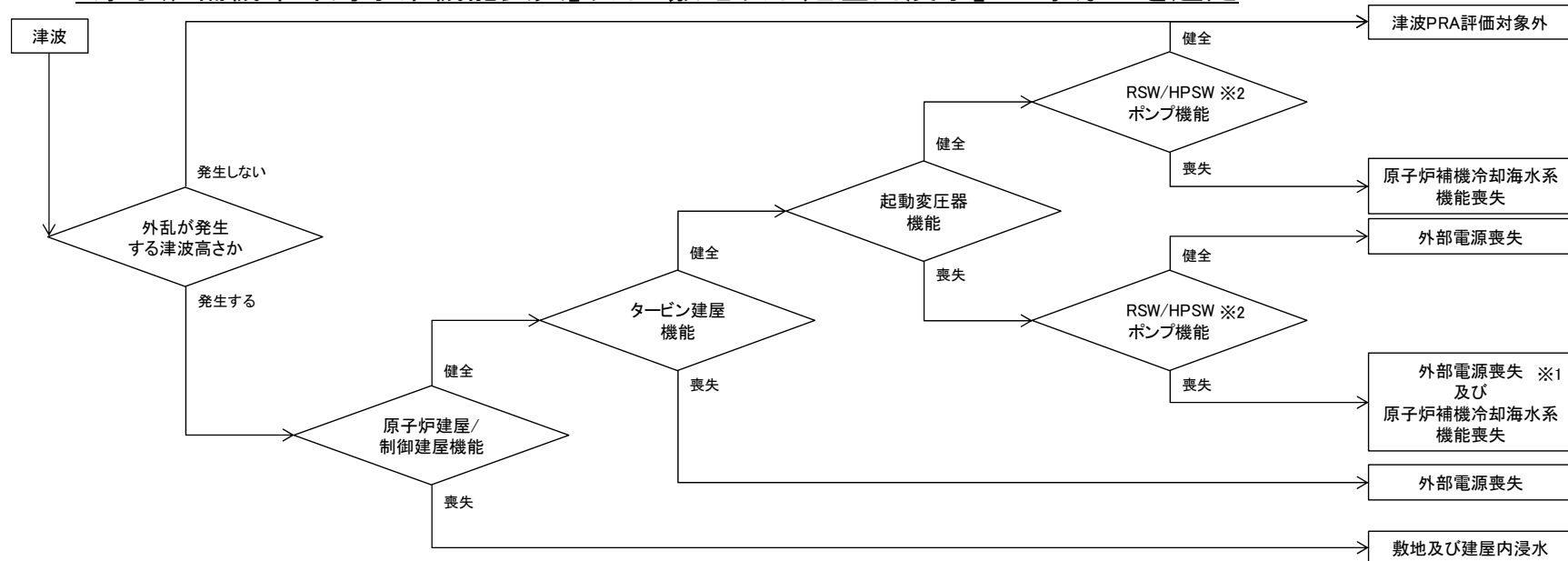
※ 津波PRA学会標準6.1「事故シナリオの広範な分析・選定」より引用

## 2. 津波レベル1PRA

### (3) 事故シナリオの同定(4/5)

#### ■ 起因事象の選定

- 津波により誘発される起因事象を選定するため、以下に示すフローを用いて事故シナリオを分析
- この結果、スクリーニングで除外されずに残った事故シナリオに含まれる起因事象として、「外部電源喪失」、「原子炉補機冷却海水系機能喪失」及び「敷地及び建屋内浸水」の3事象※1を選定



注) 起因事象は、津波の影響範囲により、単独もしくはそれらの組合せで発生する。

選定した起因事象	説明
外部電源喪失	津波の敷地内浸水により起動変圧器等が没水し、外部電源喪失が発生する。敷地内浸水又はタービン建屋内への浸水による他の過渡事象の発生も予想されるが、外部電源喪失は広範囲な緩和系の機能喪失となるため、他の過渡事象を代表する起因事象として選定した。
原子炉補機冷却海水系機能喪失	敷地内に浸水した津波が補機ポンプエリアの浸水防止壁を越えることで、RSW/HPSWポンプが没水して原子炉補機冷却海水系が機能喪失する。
敷地及び建屋内浸水	敷地及び原子炉建屋又は制御建屋内への浸水が発生し、炉心損傷に係る何らかの外乱が発生する。

※1 「外部電源喪失及び原子炉補機冷却海水系機能喪失」は「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却海水系機能喪失」の組合せで発生する事象であることから、「外部電源喪失」及び「原子炉補機冷却海水系機能喪失」を個別に起因事象として選定

※2 RSW：原子炉補機冷却海水系  
HPSW：高圧炉心スプレイ補機冷却海水系

## 2. 津波レベル1PRA

### (3) 事故シナリオの同定(5/5)

#### ■ 建屋・機器リストの作成

- 津波PRAの評価対象設備を明確にするため、①起因事象を引き起こす設備、②津波防護施設／浸水防止設備及び③起因事象を緩和する設備を選定して建屋・機器リストを作成

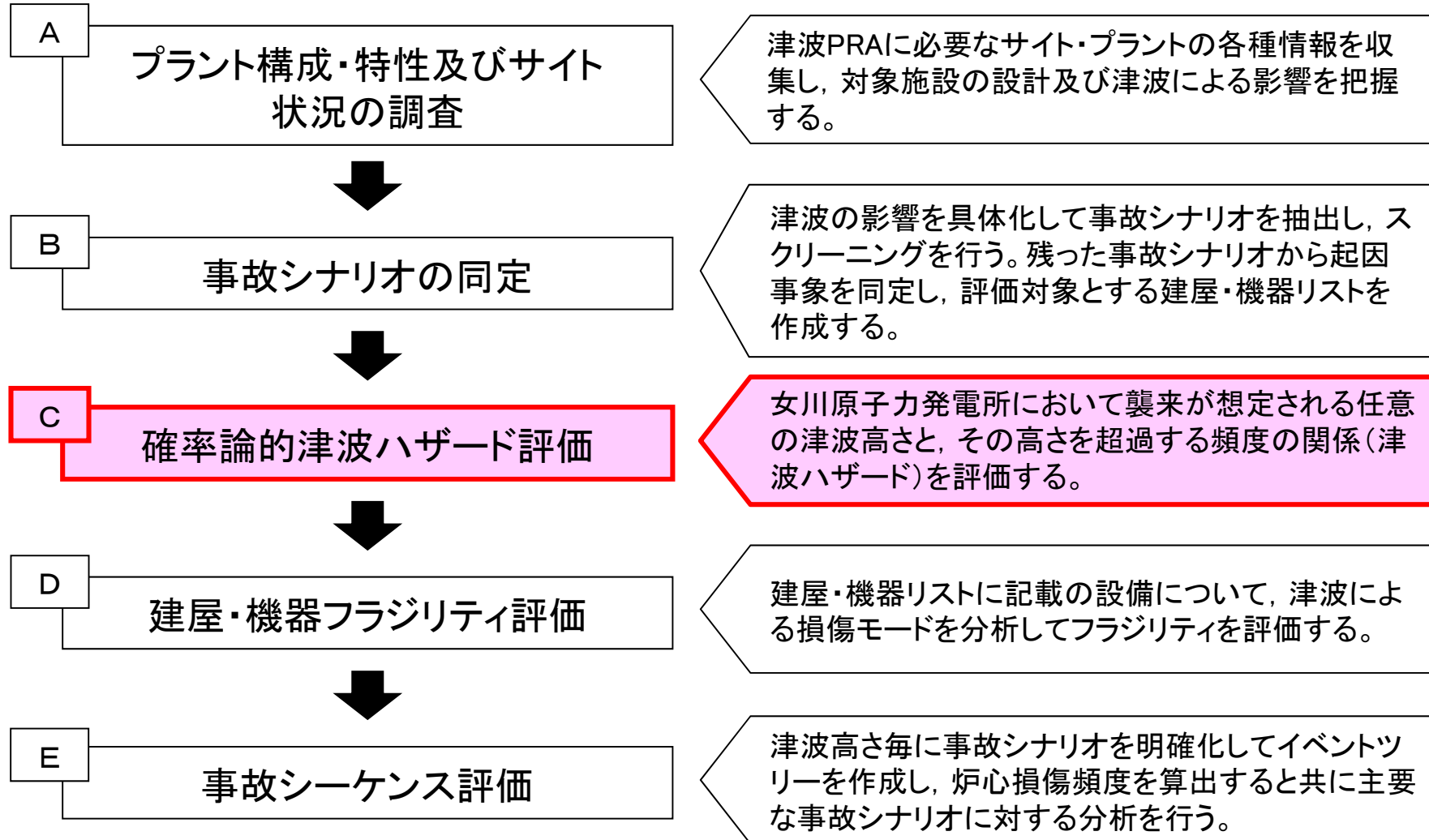
対象設備	No.	設備名称	設置場所	設置フロア高さ[O.P.]	対象設備	No.	設備名称	設置場所	設置フロア高さ[O.P.]
①起因事象を引き起こす設備	1	起動変圧器	屋外	14.0m※	③起因事象を緩和する設備	フロントライン系			
	2	原子炉補機冷却海水ポンプ(RSWポンプ) (補機ポンプエリア内の関連機器を含む)	補機ポンプ エリア	14.4m※		11	スクラム系	原子炉建屋	5.0m
②津波防護施設／浸水防止設備	3	防潮堤	屋外	—		12	高圧炉心スプレイ系(HPCS)	原子炉建屋	-9.1m
	4	防潮壁(スクリーンエリア, 放水立坑エリア)	屋外	—		13	原子炉隔離時冷却系(RCIC)	原子炉建屋	-9.1m
	5	浸水防止壁(補機ポンプエリア)	屋外	—		14	低圧炉心スプレイ系(LPCS)	原子炉建屋	-9.1m
	6	建屋止水対策	屋外	—		15	低圧炉心注水系(LPCI(RHR))	原子炉建屋	-9.1m
	7	原子炉建屋	—	—		サポート系			
	8	原子炉建屋外壁扉	原子炉建屋	—		16	復水貯蔵タンク(CST)	屋外	—
	9	制御建屋	—	—		17	直流電源系統／高圧炉心スプレイ系(HPCS)	制御建屋	7.0m
	10	制御建屋外壁扉	制御建屋	—		18	燃料移送ポンプ(屋外の燃料移送系関連機器を含む)	屋外	16.0m※
				19		非常用交流電源系統／高圧炉心スプレイ系(HPCS)(燃料移送ポンプを除く)	原子炉建屋	14.0m	
				20		原子炉補機冷却海水系(RSW) (RSWポンプを除く)	原子炉建屋	-9.1m	
				21		高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(HPSWポンプ) (補機ポンプエリア内の関連機器を含む)	補機ポンプ エリア	14.4m※	
				22		原子炉補機冷却系(RCW)/高圧炉心スプレイ補機冷却系(HPCW)	原子炉建屋	-9.1m	

※ 機能喪失する高さ

## 2. 津波レベル1PRA

### (4) 確率論的津波ハザード評価(1/3)

#### 手順の概要

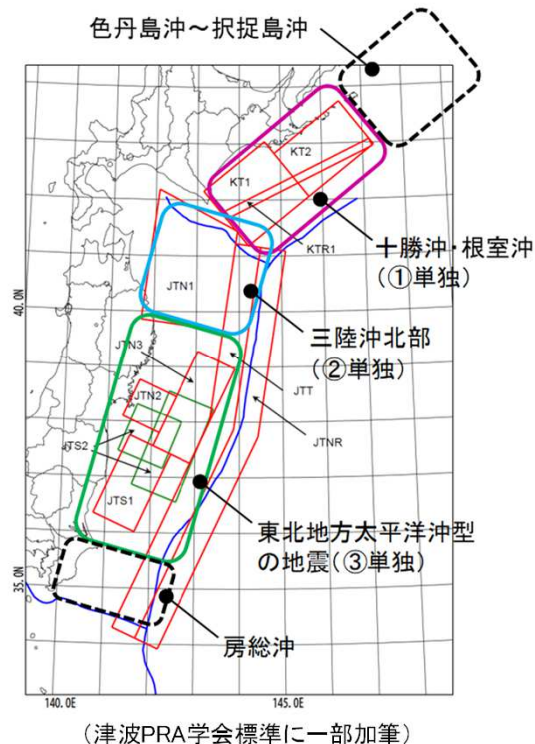


## 2. 津波レベル1PRA

### (4) 確率論的津波ハザード評価(2/3)

#### ■ 確率論的津波ハザードの評価方法

- 「津波PRA学会標準」, 「原子力発電所の津波評価技術」※1, 「確率論的津波ハザード解析の方法」※2及び2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見等を踏まえて, 確率論的津波ハザード解析を実施
- 津波発生領域は, 津波PRA学会標準に示される領域に加え, プレート間地震と津波地震の連動型地震を考慮



□ : 検討対象とした領域  
(概略検討により, ハザード曲線に与える影響の大きい地震を抽出)

コード	名称
JTN2	宮城県沖
JTN3	三陸沖南部海溝寄り
JTN2+JTN3	宮城県沖+三陸沖南部海溝寄り(連動)
JTS1	福島県沖プレート間
JTT	津波地震
JTNR	海洋プレート内の正断層型地震
①単独	十勝沖・根室沖の連動地震
②単独	三陸沖北部の連動地震
③単独	東北地方太平洋沖型の地震
①+②	十勝沖・根室沖から三陸沖北部の連動地震
択捉島沖～房総沖	択捉島沖から房総沖の連動地震

#### 確率論的津波ハザード評価における検討対象領域

※1 公益社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価小委員会「原子力発電所の津波評価技術2016」

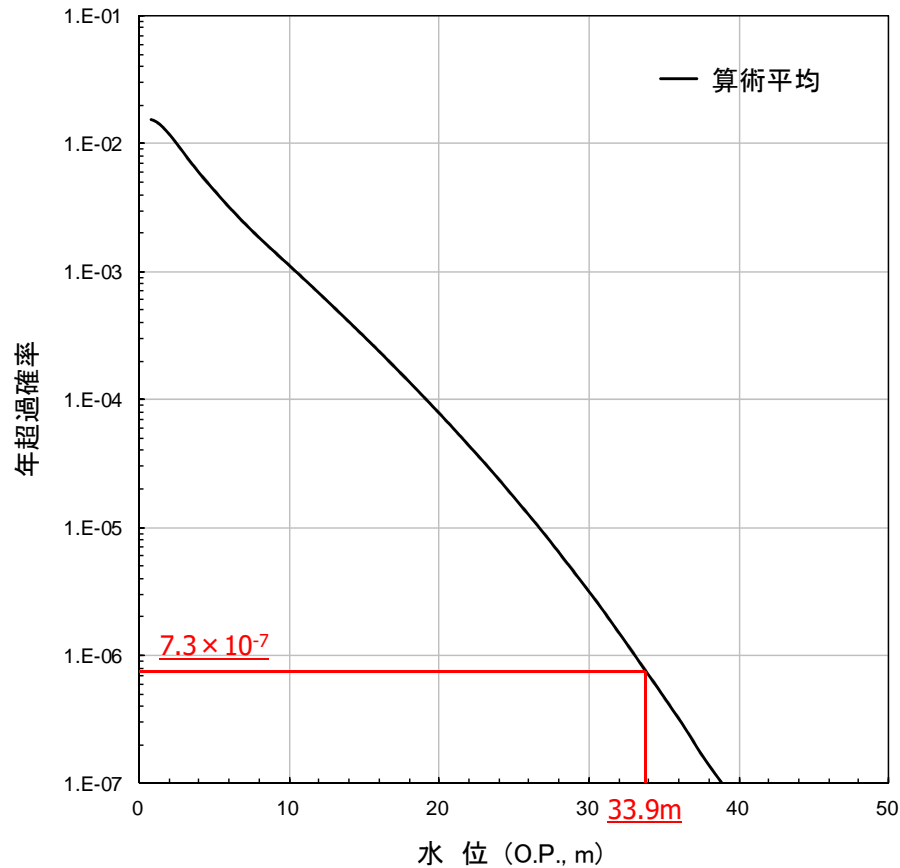
※2 社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会「確率論的津波ハザード解析の方法(2011)」

## 2. 津波レベル1PRA

### (4) 確率論的津波ハザード評価(3/3)

#### ■ 確率論的津波ハザード曲線及び津波高さの設定

- 防潮堤(O.P.29m)を越える津波に対して、全交流動力電源喪失に至らない津波高さとして、「O.P.33.9m津波(年超過確率 $7.3 \times 10^{-7}$ )」を設定【O.P.33.9m津波時の敷地内氾濫解析は33ページ参照】



敷地前面(水位上昇側)の津波ハザード曲線

#### 【補足】

基準津波はO.P.23.1mであるが、防潮堤を越える津波を想定した際に、重大事故に対する緩和設備の機能が維持される津波高さとしてO.P.33.9mを設定

津波分類 <sup>※1</sup>	津波高さ	津波発生頻度 <sup>※2</sup> [／年]
A	O.P.29m～33.9m	$3.8 \times 10^{-6}$
B	O.P.33.9m～	$7.3 \times 10^{-7}$

※1 津波分類の考え方は次ページ以降参照

※2  $1.0 \times 10^{-6}$ ／年 ⇔ 百万年に1回発生する頻度

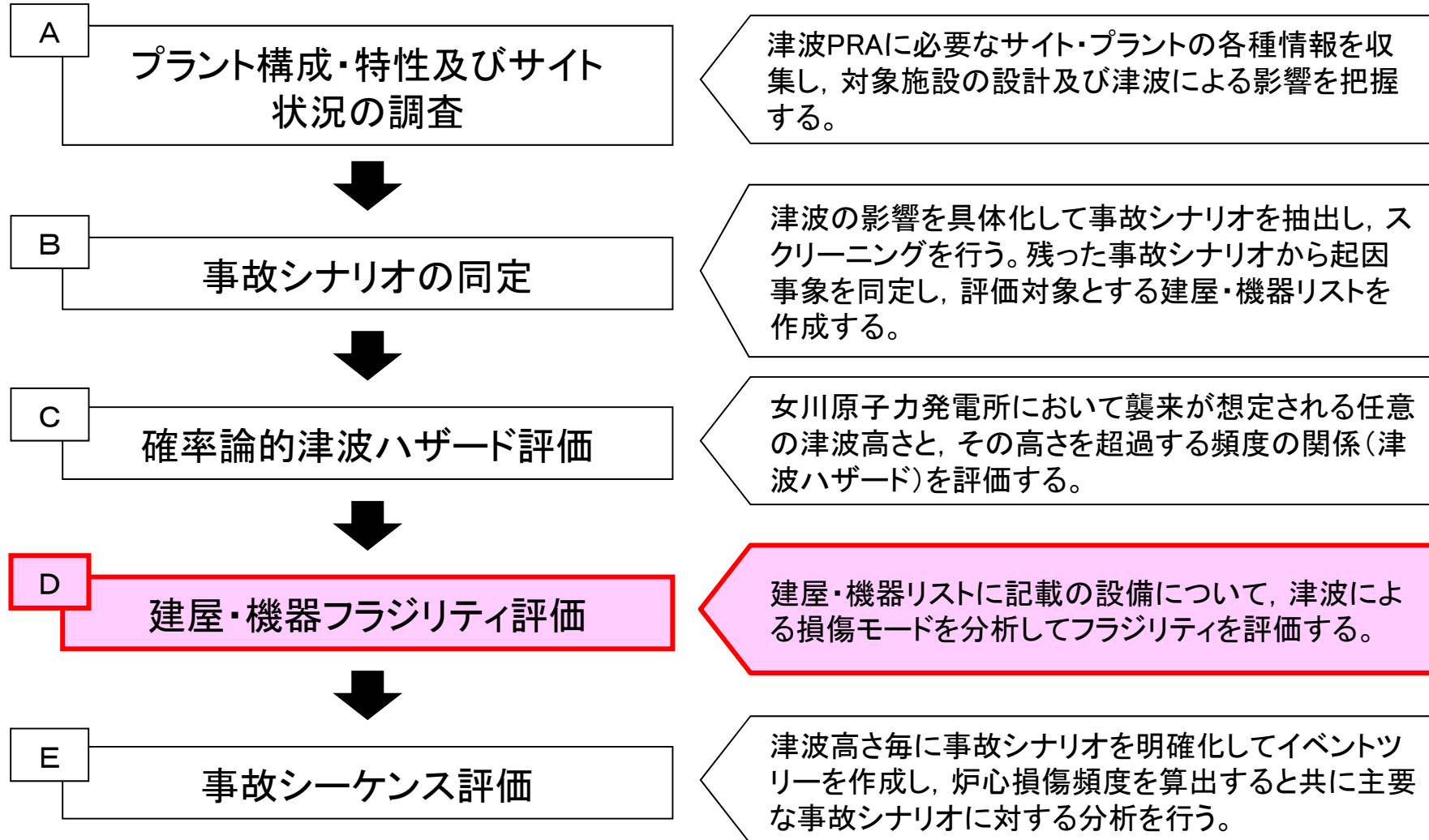
$1.0 \times 10^{-7}$ ／年 ⇔ 1千万年に1回発生する頻度



## 2. 津波レベル1PRA

### (5) 建屋・機器フラジリティ評価(1/7)

#### 手順の概要



## 2. 津波レベル1PRA

### (5) 建屋・機器フラジリティ評価(2/7)

#### ■ 評価対象と損傷モードの決定

- 「事故シナリオの同定」で選定した設備について津波損傷モードを検討し、フラジリティを評価

建屋・機器フラジリティ評価結果(例)

対象設備	設備名称	津波損傷モード	津波フラジリティ
起因事象を引き起こす設備	起動変圧器	没水/被水	津波水位O.P.33.9m以下では、没水しないことを確認しており、津波水位O.P.33.9mを超えた場合、没水により機能喪失すると想定した。
	原子炉補機冷却海水ポンプ(RSWポンプ)	没水/被水	津波水位O.P.33.9m以下では、補機ポンプエリア内へ浸水しないことを確認しており、津波水位O.P.33.9mを超えた場合、補機ポンプエリア内へ浸水し、没水により機能喪失すると想定した。
津波防護施設／浸水防止設備	防潮堤	—	津波水位O.P.33.9m以下では、波力等による機能喪失の可能性は小さいとして無視した。一方、津波水位O.P.33.9mを超えた場合、敷地及び原子炉建屋又は制御建屋内への大量浸水により複数の緩和機能喪失となり炉心損傷に至るため、フラジリティは考慮しない。
	浸水防止壁	—	同上
	原子炉建屋外壁扉	—	同上
起因事象を緩和する設備	原子炉隔離時冷却系(RCIC)	没水/被水	津波水位O.P.33.9mを超えた場合、原子炉建屋又は制御建屋内へ浸水し、没水により機能喪失すると想定した。
	低圧炉心注水系(LPCI)	没水/被水	同上
	復水貯蔵タンク(CST)	—	津波水位O.P.33.9m以下では、波力等による機能喪失の可能性は小さいとして無視した。一方、津波水位O.P.33.9mを超えた場合、敷地及び原子炉建屋又は制御建屋内への大量浸水により複数の緩和機能喪失となり炉心損傷に至るため、フラジリティは考慮しない。
	燃料移送ポンプ	没水/被水	津波水位O.P.33.9m以下では、没水しないことを確認しており、津波水位O.P.33.9mを超えた場合、没水により機能喪失すると想定した。

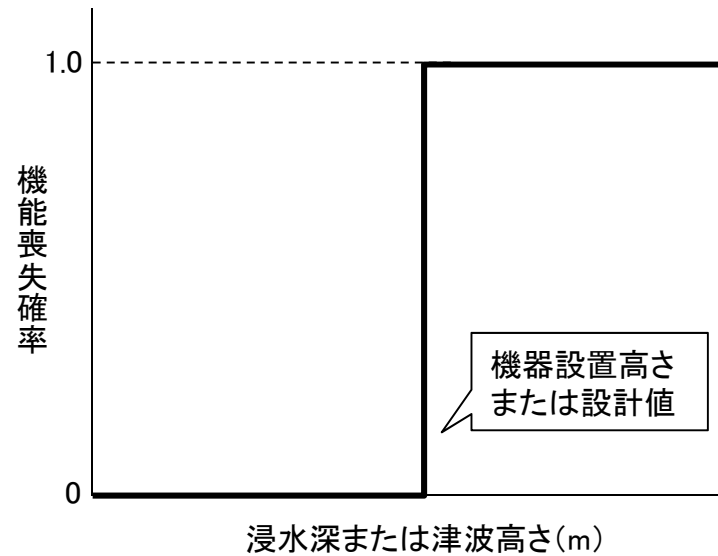


## 2. 津波レベル1PRA

### (5) 建屋・機器フラジリティ評価(3/7)

#### ■ 建屋・機器フラジリティの検討結果

- 没水及び波力に対する機器のフラジリティ曲線は下図に示すステップ状とし、建屋・機器フラジリティは以下の考え方を適用
  - (1) 起動変圧器は浸水深が起動変圧器の基礎高さを越えた場合に機能喪失
  - (2) 原子炉補機冷却海水ポンプ/高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは浸水深が補機ポンプエリアの浸水防止壁の高さを越えた場合に機能喪失
  - (3) 燃料移送ポンプは地下化し、水密構造であるため、浸水深がその止水性能を越える高さの場合に機能喪失
  - (4) 建屋内の起因事象を緩和する設備は、建屋内浸水に伴う没水により機能喪失



機器のフラジリティ曲線

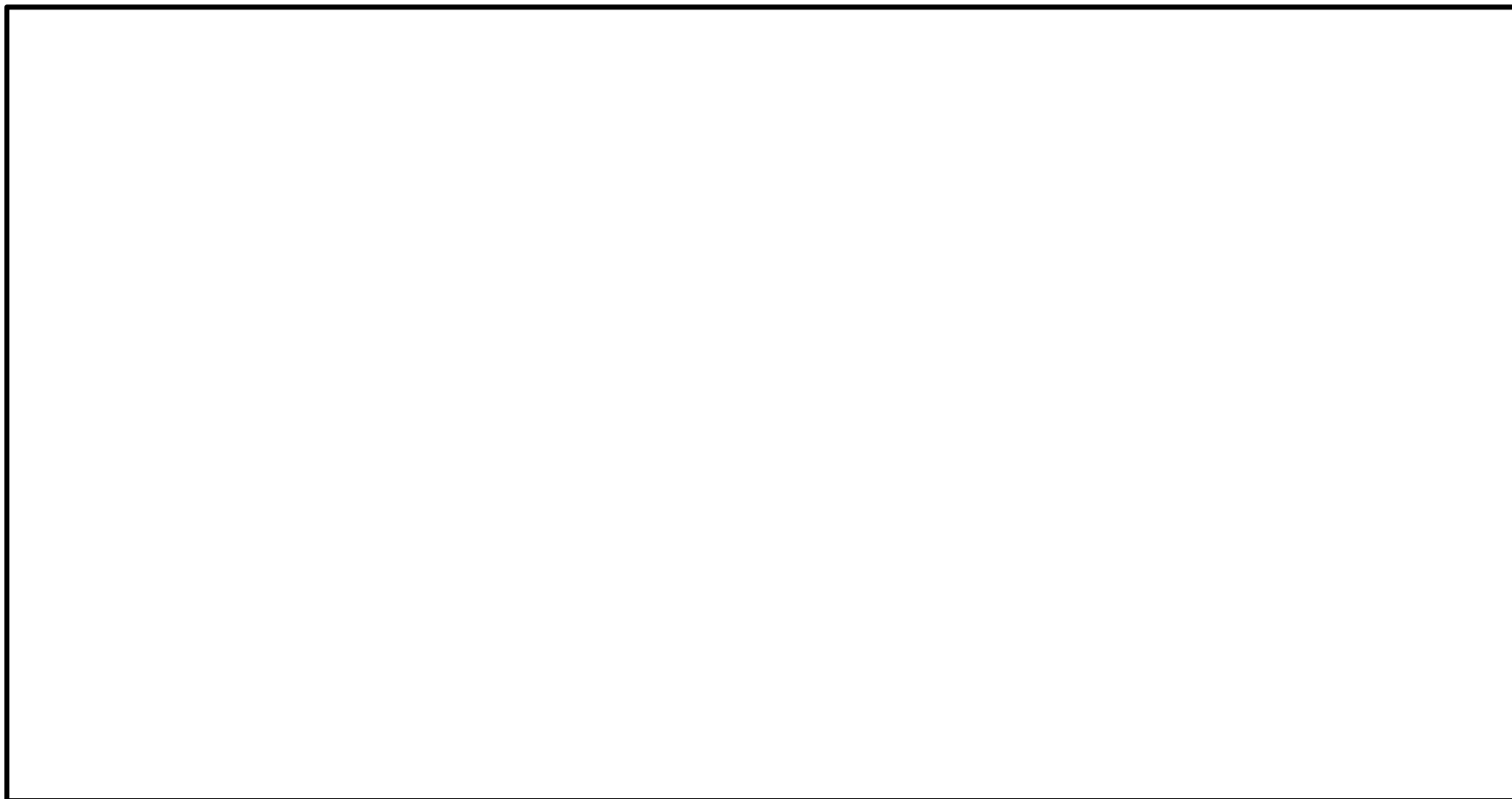
## 2. 津波レベル1PRA

### (5) 建屋・機器フラジリティ評価(4/7)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

#### ■ 起回事象対象設備の設置位置, 設置高さ

- 起回事象対象設備である①原子炉補機冷却海水ポンプ/高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(補機ポンプエリア), ②起動変圧器及び③燃料移送ポンプの設置位置, 設置高さを以下に示す



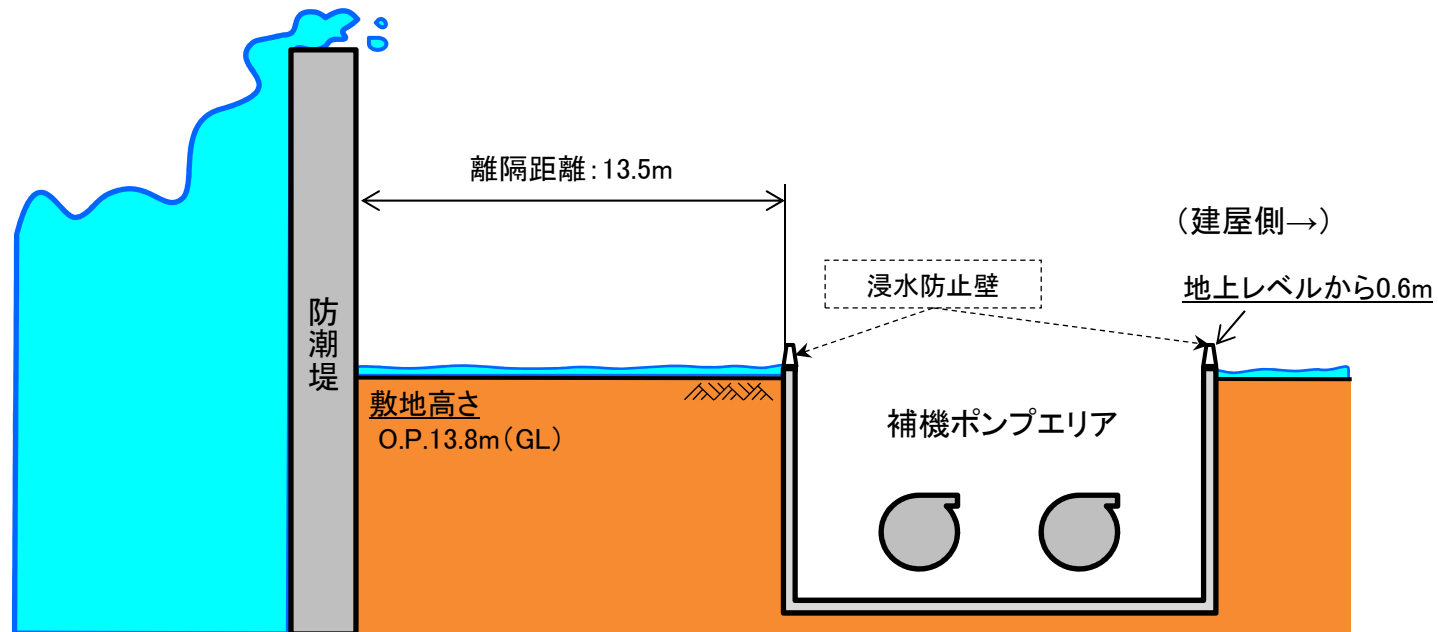
起回事象対象設備の設置位置

## 2. 津波レベル1PRA

### (5) 建屋・機器フラジリティ評価(5/7)

#### ① 原子炉補機冷却海水ポンプ/高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ

- 原子炉補機冷却海水ポンプ/高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは敷地内浸水深が補機ポンプエリアの浸水防止壁の高さ(敷地レベルから0.6m)を越えた場合に機能喪失し、全交流動力電源喪失が発生する
- なお、補機ポンプエリアは防潮堤から離隔距離があり、ピット構造のため、原子炉補機冷却海水ポンプ/高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプに対して、防潮堤を越える津波による被水影響はない



2号補機ポンプエリアの断面図

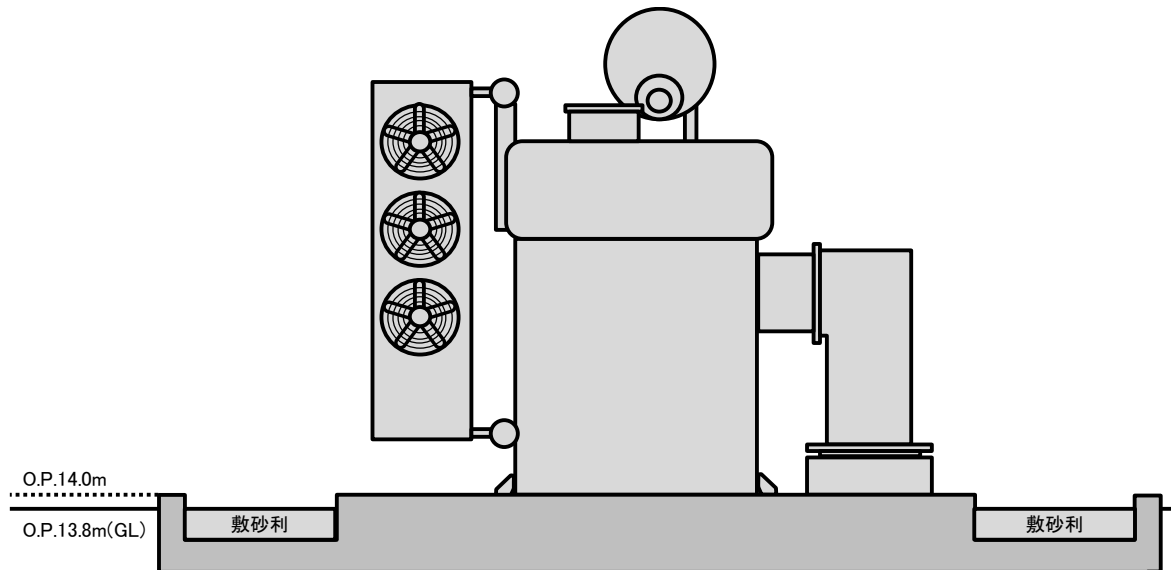
## 2. 津波レベル1PRA

### (5) 建屋・機器フラジリティ評価(6/7)

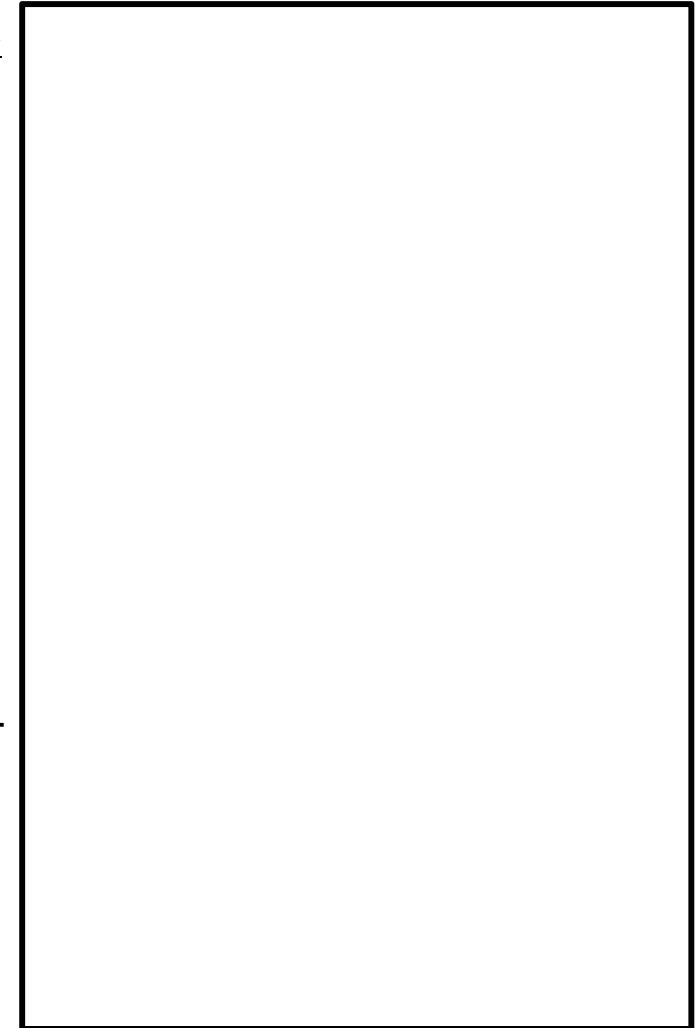
枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

#### ② 起動変圧器

- 起動変圧器は敷地内浸水深が起動変圧器の基礎高さ(敷地レベルから0.2m)を越えた場合に機能喪失し、外部電源喪失が発生する



2号炉起動変圧器断面図



起動変圧器の設置状況

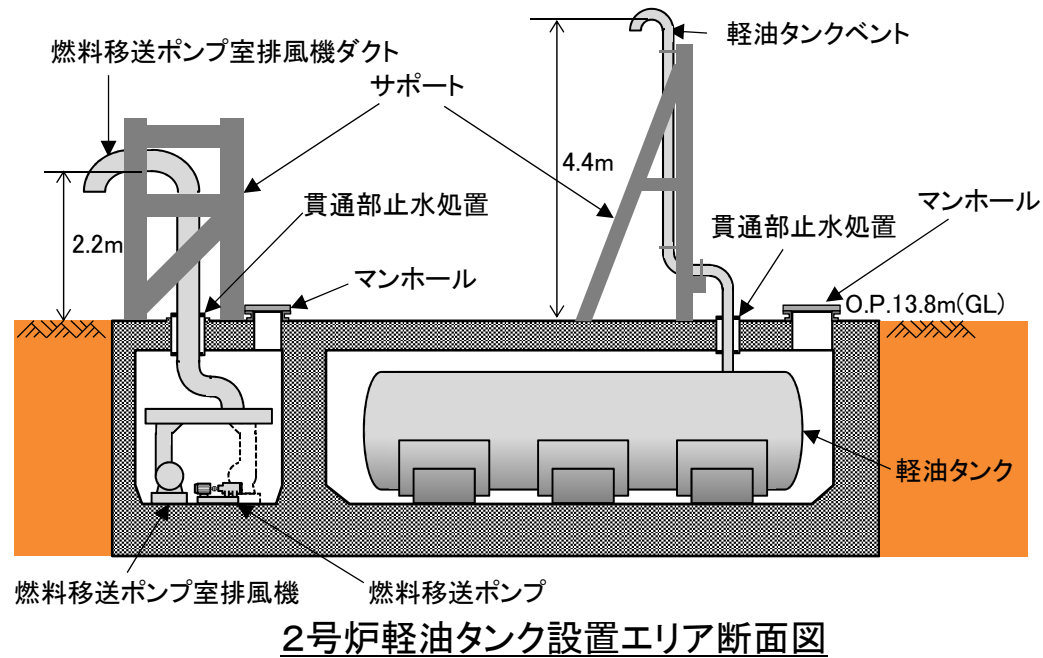
## 2. 津波レベル1PRA

### (5) 建屋・機器フラジリティ評価(7/7)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

#### ③ 軽油タンク設置エリア

- 軽油タンク設置エリアは地下化し、水密構造であるため、敷地内浸水深がその止水性能を越える高さ(敷地レベルから2.2m)の場合に機能喪失し、全交流動力電源喪失が発生する

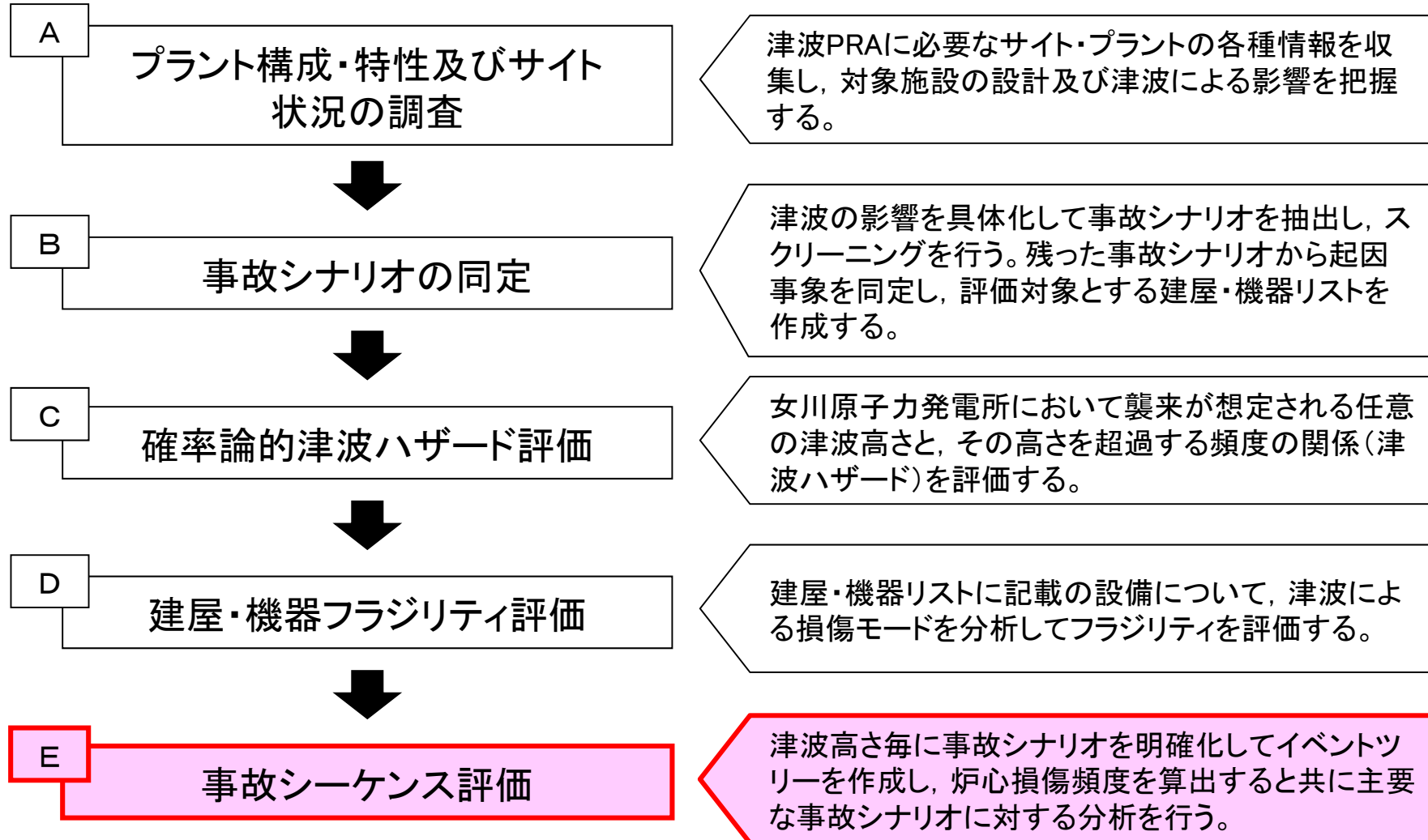


軽油タンク設置エリアの状況

## 2. 津波レベル1PRA

### (6) 事故シーケンス評価(1/5)

#### 手順の概要



## 2. 津波レベル1PRA

### (6) 事故シーケンス評価(2/5)

#### ■ 津波分類の考え方

➤ 事故シーケンス評価を実施するにあたり、津波分類を以下のとおり設定

津波分類	津波高さ [m]	発生頻度※ <sup>1</sup> (平均値) [1/年]	全炉心損傷頻度への寄与割合	イメージ図	津波分類の考え方
—	~29	$(4.5 \times 10^{-6})$ ※29m津波の年超過確率	—		<p>■ 女川2号建屋周辺への浸水なし</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>津波によるプラント影響発生せず</li> <li>内部事象と同等</li> </ul> <p>【O.P.29m津波時の敷地内氾濫解析は32ページ参照】</p>
A	29~33.9	$3.8 \times 10^{-6}$	—※ <sup>2</sup>		<p>■ 女川2号タービン建屋への浸水</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源喪失</li> <li>原子炉建屋及び制御建屋内への浸水が発生しないため緩和設備は健全</li> </ul> <p>【O.P.33.9m津波時の敷地内氾濫解析は33ページ参照】</p>
B	33.9~	$7.3 \times 10^{-7}$	0.98%		<p>■ 女川2号原子炉建屋又は制御建屋への浸水</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>敷地及び原子炉建屋又は制御建屋内への浸水により複数の緩和機能喪失(炉心損傷直結事象)</li> </ul>

※1 着目する津波範囲の年超過確率の差分(例えば、津波分類A(O.P.29m~33.9m)の発生頻度はO.P.29m年超過確率( $4.5 \times 10^{-6}$ ) - O.P.33.9m年超過確率( $7.3 \times 10^{-7}$ ) =  $3.8 \times 10^{-6}$ (1/年)となる)

※2 外部電源喪失が発生するが緩和設備は全て健全であるため、地震による外部電源喪失と緩和設備のランダム故障の組合せによる炉心損傷シーケンスと同等であることから、地震PRAに包含される

## 2. 津波レベル1PRA

### (6) 事故シーケンス評価(3/5)

#### ■ 津波高さ毎のシナリオ分類

- 津波高さO.P.33.9m以下の津波では緩和設備は健全
- 津波高さO.P.33.9mを超える津波では、敷地及び原子炉建屋又は制御建屋内への浸水により複数の緩和機能が喪失
- 津波高さO.P.33.9mを超える津波において、「複数の緩和機能喪失」が発生し、炉心損傷直結事象となる
- 上記に基づき、津波高さに応じたプラントへの影響を識別するため、津波高さを以下の2つに分類
  - ・ 津波分類A(O.P.29m～O.P.33.9m)：敷地内浸水に伴い外部電源喪失は発生するが、緩和設備は健全
  - ・ 津波分類B(O.P.33.9m～)：敷地及び原子炉建屋又は制御建屋内浸水が発生し、複数の緩和機能喪失に至る

津波高さ毎のシナリオ分類

津波分類	津波高さ	津波により損傷する主な機器	起回事象
A	O.P.29m～O.P.33.9m	・ タービン建屋内機器	・ 外部電源喪失
B	O.P.33.9m～	・ 敷地及び原子炉建屋又は制御建屋内浸水により、複数の緩和機能喪失	



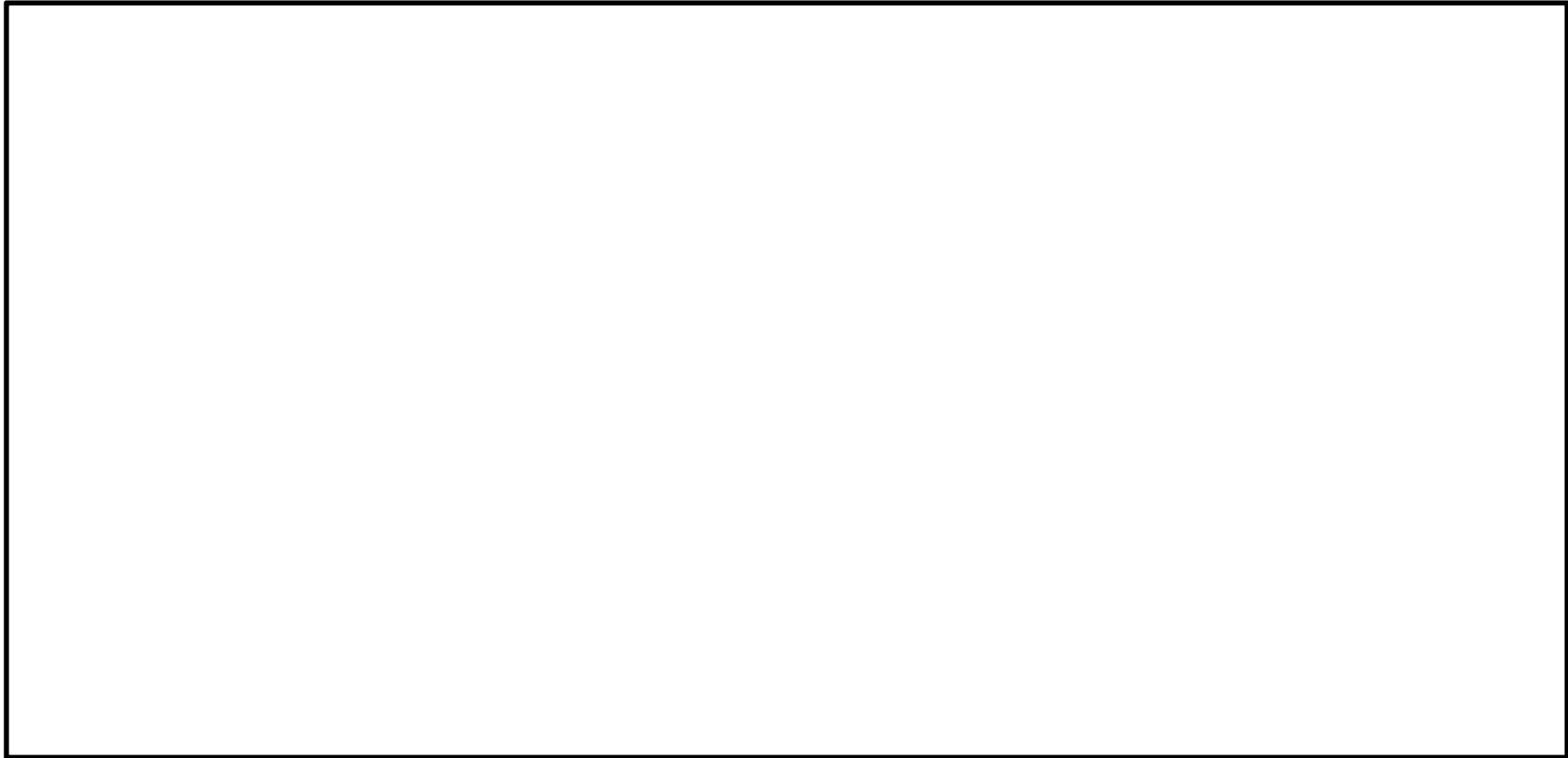
## 2. 津波レベル1PRA

### (6) 事故シーケンス評価(4/5)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

#### ■ O.P.29m津波時の敷地内氾濫解析の結果

- 津波高さO.P.29m時の敷地内氾濫解析を実施
- 敷地内氾濫解析の結果、原子炉建屋、制御建屋周辺での浸水はないため、プラントへの影響は発生しない



O.P.29m津波時の敷地内最大浸水深分布

## 2. 津波レベル1PRA

### (6) 事故シーケンス評価(5/5)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

#### ■ O.P.33.9m津波時の敷地内氾濫解析の結果

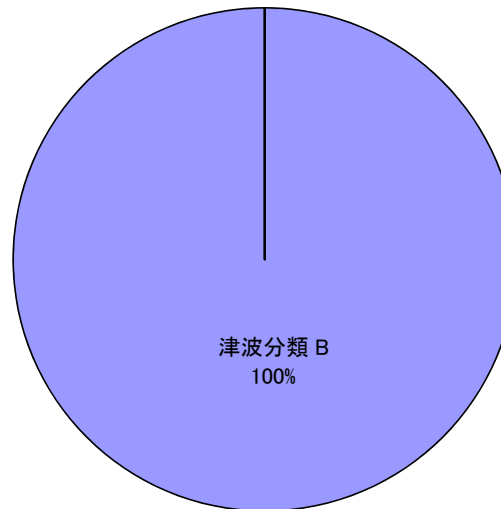
- 防潮堤付近では最大1m程度の浸水があるが、原子炉建屋、制御建屋周辺では0.1m～0.2m程度の浸水であり、建屋のカーブ高さ0.33m以下
- 外部電源を受電するための起動変圧器及び非常用ディーゼル発電機に係る燃料移送ポンプ(軽油タンク設置エリア)は津波による影響を受けないことを確認
- 補機ポンプエリアは浸水防止壁を設置することで浸水を防止し、その周辺では0.34m程度の浸水

## 2. 津波レベル1PRA

### (7) 評価結果(1/2)

#### ■ 炉心損傷頻度評価結果(津波分類別)

- 全炉心損傷頻度:  $7.3 \times 10^{-7}$  [／炉年]
- 津波分類Aは外部電源喪失が発生するが緩和設備は全て健全であるため、地震による外部電源喪失と緩和設備のランダム故障の組合せによる炉心損傷シーケンスと同等であることから、地震PRAに包含される(津波PRAの評価対象外)
- 津波分類Bは緩和設備に期待できないため、必ず炉心損傷に至ることから、発生頻度がそのまま炉心損傷頻度になる



津波分類別炉心損傷頻度

津波分類	津波高さ	津波発生頻度 [／年]	炉心損傷頻度 [／炉年]	寄与割合 [%]
A	O.P.29m～O.P.33.9m	$3.8 \times 10^{-6}$	—※	—
B	O.P.33.9m～	$7.3 \times 10^{-7}$	$7.3 \times 10^{-7}$	100
全炉心損傷頻度			$7.3 \times 10^{-7}$	100

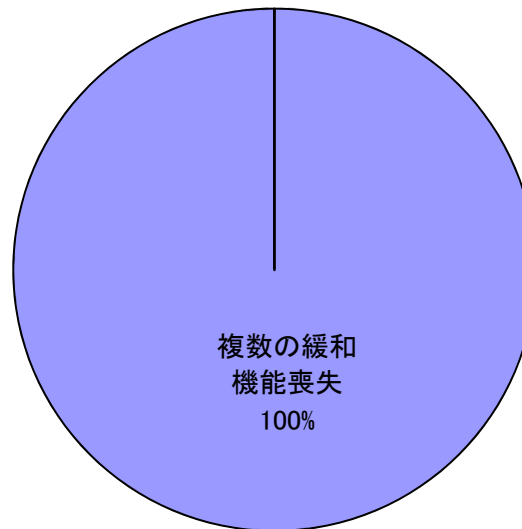
※ 外部電源喪失が発生するが緩和設備は全て健全であるため、地震による外部電源喪失と緩和設備のランダム故障の組合せによる炉心損傷シーケンスと同等であることから、地震PRAに包含される

## 2. 津波レベル1PRA

### (7) 評価結果(2/2)

#### ■ 炉心損傷頻度評価結果(事故シーケンスグループ別)

- 全炉心損傷頻度:  $7.3 \times 10^{-7}$  [/炉年]
- 複数の緩和機能喪失が全炉心損傷頻度の100%を占める結果となったが、これは、津波分類Aは地震PRAに包絡されるため津波PRAの評価対象外であること及び津波分類Bでは建屋内への浸水により複数の緩和機能喪失(炉心損傷直結)となるためである



事故シーケンスグループ別炉心損傷頻度

津波分類	シーケンスグループ	炉心損傷頻度 [/炉年]	寄与割合 [%]
B	複数の緩和機能喪失	$7.3 \times 10^{-7}$	100
全炉心損傷頻度		$7.3 \times 10^{-7}$	100



### 3. 事故シーケンスの選定

---

### 3. 事故シーケンスの選定

#### (1) 津波PRAに基づく事故シーケンスの選定結果

##### ■ 事故シーケンス選定結果

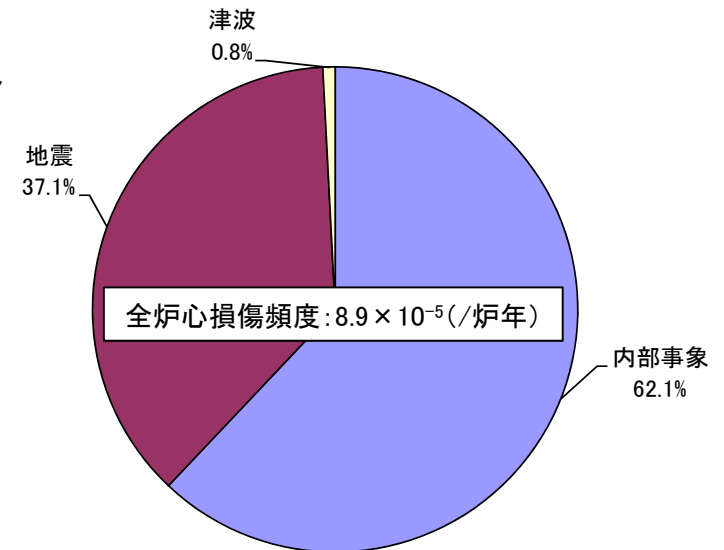
###### ○ 津波高さO.P.29m～O.P.33.9m(津波分類A)

- O.P.33.9m以下の津波について、内部事象と同様の炉心損傷防止対策が有効であるため、「津波を起因とした事故シーケンス」と「内部事象を起因としたシーケンス」を同等と評価し、新たな事故シーケンスグループとして追加する必要はないと判断

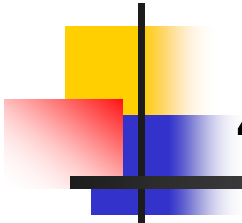
###### ○ 津波高さO.P.33.9m～(津波分類B)

- 頻度の観点からは、O.P.33.9mを超える津波は、炉心損傷直結事象と(炉心損傷頻度 $7.3 \times 10^{-7}$ /炉年)して整理したが、全炉心損傷頻度(内部事象、地震及び津波の炉心損傷頻度の合計 $8.9 \times 10^{-5}$ /炉年)に占める割合は1%未満と小さい
- 影響度の観点からは、①抽出される事故シーケンスは内部事象PRAで抽出される事故シーケンスグループと同等であること、②敷地及び建屋内に大量浸水することで、最終ヒートシンクが喪失するとともに、屋内外の施設が広範囲にわたり機能喪失することが考えられ、津波の影響を特定することが困難
- 以上のことから、新たな事故シーケンスグループとして追加する必要はないと判断

- なお、O.P.33.9m～38.6mの津波で抽出されるシーケンスは長期TB及びTBUであり、建屋内への浸水防止等により、建屋内の緩和設備への浸水影響を防ぎ、炉心損傷を回避できる
- O.P.38.6mを超える津波では、防潮堤の脆弱性の観点から、防潮堤機能喪失と判断しており、その頻度は $1.1 \times 10^{-7}$ であり、大規模損壊発生時の対策も含め、影響の緩和を図る



事象(内部事象/地震/津波)別炉心損傷頻度  
(第583回審査会合(平成30年6月7日)時点)



## 4. 防潮堤を越える津波への対策

---

## 4. 防潮堤を越える津波への対策(1/6)

- 全交流動力電源喪失が発生する津波の年超過確率は $10^{-6}$ オーダーであり、全炉心損傷頻度に対する寄与割合は5.6%と高い状況にあったことから、当該事象の発生頻度を $10^{-7}$ オーダーに低減させることを指向
- 年超過確率が $10^{-7}$ オーダーに相当する津波高さ(O.P.33.9m)の敷地内氾濫解析を実施
  - 敷地内に津波影響が及んだ直後は、可搬型重大事故等対処設備を用いた対応の実行性に不確かさが大きい
  - 敷地内への浸水が発生し、防潮堤に隣接する可搬型重大事故等対処設備の第3及び第5保管エリアの使用が困難
- 年超過確率 $10^{-7}$ オーダーに相当する津波に対して全交流動力電源喪失の発生を防止することを目的とした海水ポンプ設置エリアへの浸水防止壁の設置、常設ポンプの設置及び津波の影響を受ける保管エリアの移転を行うこととした
  - ① 津波の影響を受ける海水ポンプ設置エリア周辺への浸水防止壁の設置【40ページ参照】
  - ② 津波の影響を受けない建屋内への常設ポンプ設置【41,42ページ参照】
  - ③ 津波の影響を受ける保管エリアの移転・廃止【43,44ページ参照】

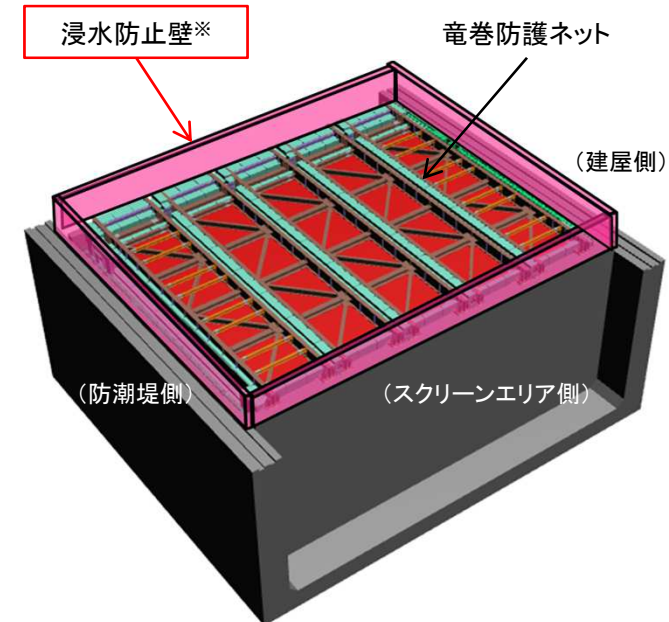
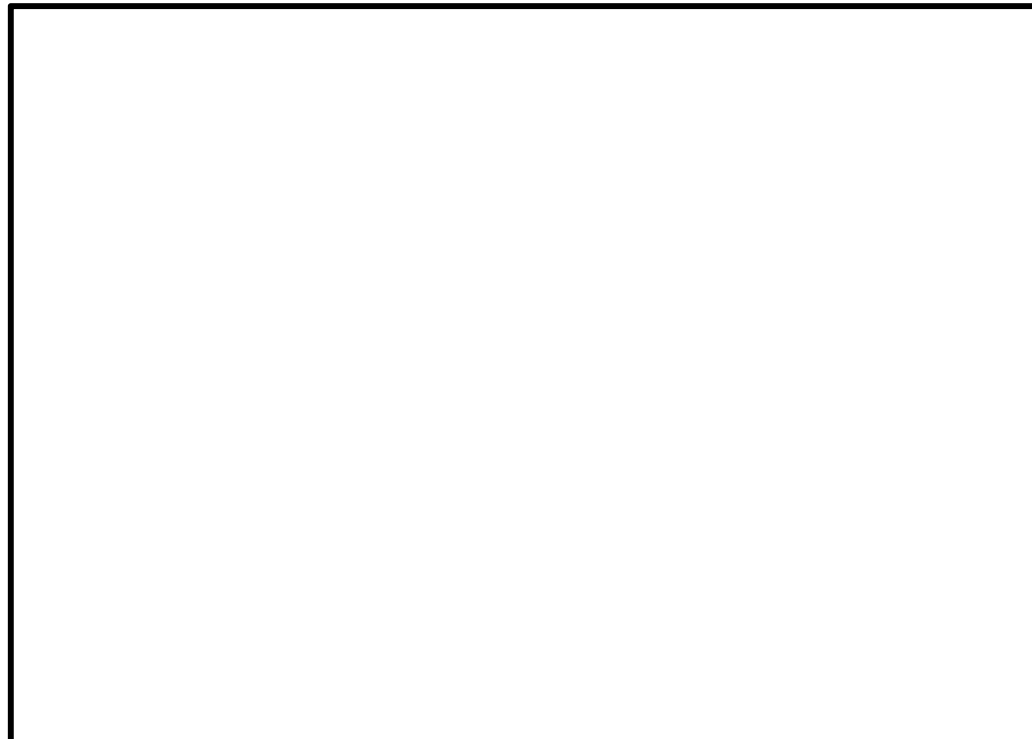


## 4. 防潮堤を越える津波への対策(2/6)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

### ① 補機ポンプエリア周辺への浸水防止壁の設置

- 全交流動力電源喪失の発生を防止するため、補機ポンプエリア周辺に浸水防止壁を設置する



※ 浸水防止壁は補機ポンプエリア周辺の堰等の嵩上げにより、竜巻防護ネットに干渉しない構造を検討中

補機ポンプエリア周辺への浸水防止壁設置イメージ図

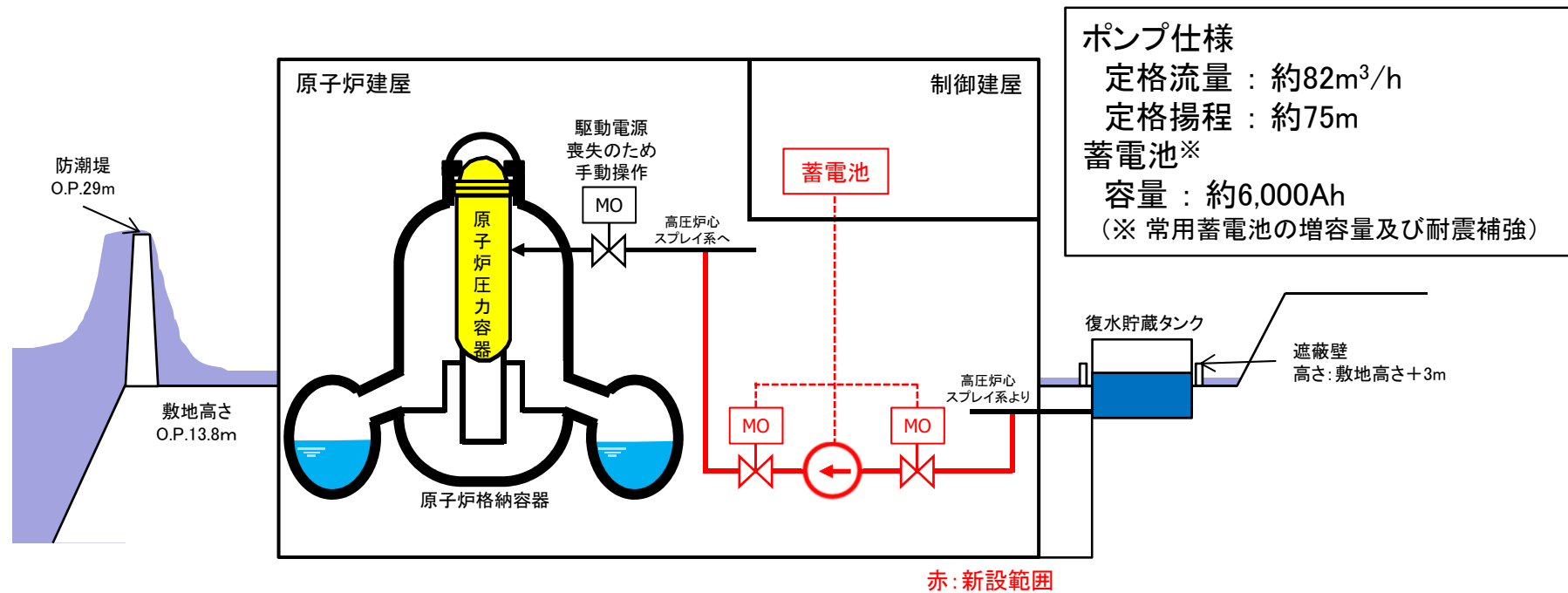
### <浸水防止壁の設計方針>

- 浸水防止壁は補機ポンプエリアの耐震性を確保した上で可能な限り高くし、耐震Sクラス、O.P.33.9m津波時の波圧への耐性を有する設計(設計基準対象施設)とする方針
- O.P.33.9m津波時の最大浸水深0.34mに対して0.6m(補機ポンプエリア基礎0.2m+浸水防止壁0.4m)の高さとする【O.P.33.9m津波時の敷地内氾濫解析は33ページ参照】

## 4. 防潮堤を越える津波への対策(3/6)

### ② 津波の影響を受けない建屋内への常設ポンプ設置(1/2)

- 敷地内に津波の影響が及んだ直後は可搬型設備の対応の実行性に不確かさが大きいため、TBPシーケンスのように事象進展(注水機能の喪失)が早い事象に対応するため、可搬型の緊急送水ポンプに代えて、新たに常設ポンプを設置
- 交流電源以外の様々な駆動方式を検討(ディーゼル駆動, エアモータ駆動, 蓄圧駆動, 直流電源駆動)
- 配置成立性, 設備構成の観点で比較を行い, 直流電源駆動を採用 (詳細は次ページ参照)
  - ・ 短時間で注水開始するため, 常設設備による構成が可能であること
  - ・ 津波の影響を受けない建屋内に設置可能であること
  - ・ サポート系をできるだけ要さない, 相対的に信頼性の高い構成であること



系統構成概要(直流駆動低圧注水系)

## 4. 防潮堤を越える津波への対策(4/6)

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

### ② 津波の影響を受けない建屋内への常設ポンプ設置(2/2)

- 津波の影響を受けない建屋内への配置成立性があり, サポート系が少なく相対的に信頼性の高い, 直流電源駆動を採用

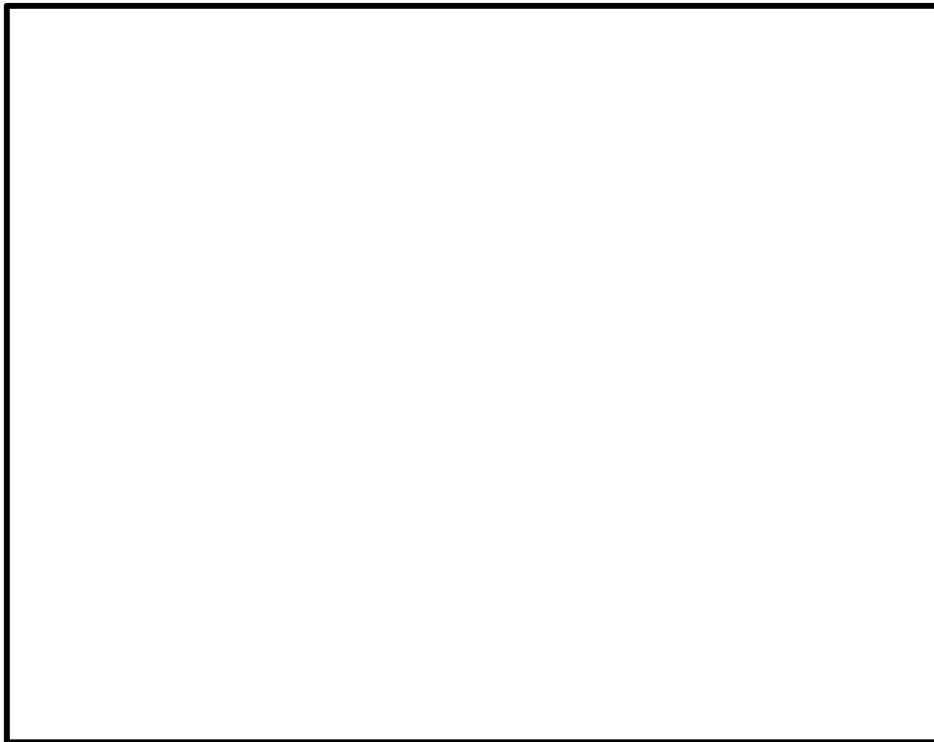
	ディーゼル駆動	エアモータ駆動	蓄圧駆動	直流電源駆動
設備概要	ディーゼルエンジン駆動のポンプにより注水	エアモータ駆動のポンプにより注水 コンプレッサーより圧縮空気をエアモータに供給	圧縮空気を蓄圧したアキュムレータにより注水	蓄電池を電源とする, 直流電源駆動ポンプにより注水
津波の影響を受けない建屋内への設置				○ <ul style="list-style-type: none"> <li>既設建屋内配置可能 (設備のリプレイス, 空きスペースの活用)</li> </ul>
サポート系				○ <ul style="list-style-type: none"> <li>電源供給系</li> </ul>

## 4. 防潮堤を越える津波への対策(5/6)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

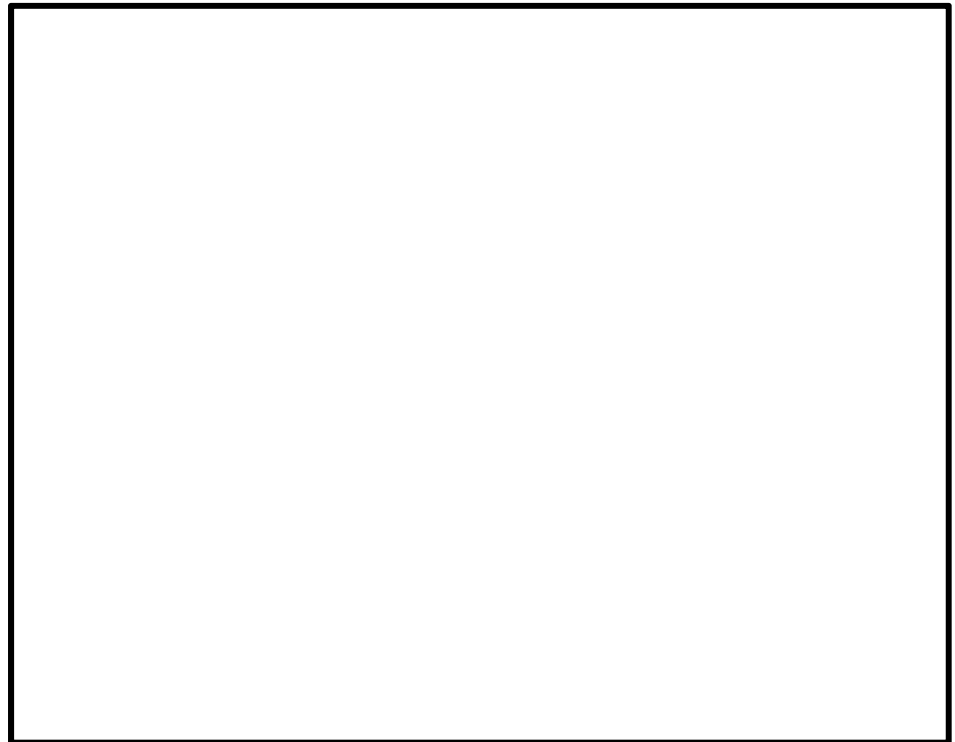
### ③ 津波の影響を受ける保管エリアの移転・廃止(1/2)

- a. 第3保管エリア(O.P.18.5m)は防潮堤に隣接しており, 防潮堤を越える津波により, 保管エリアに配置している可搬型重大事故等対処設備が使用不可となることが考えられるため, 第3保管エリアを防潮堤を越える津波の影響を受けない高台(O.P.61m)へ移転
- b. 可搬型の緊急送水ポンプを常設ポンプに置き換え, 第5, 第6保管エリア(O.P.13.8m)は廃止
- c. 第4保管エリアは, 敷地計画を見直すことで耐震性を有するエリアに移転



保管エリア位置図

(第529回審査会合(平成29年11月30日)時点)



保管エリア位置図

(第545回審査会合(平成30年2月8日)時点)

## 4. 防潮堤を越える津波への対策(6/6)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

### ③ 津波の影響を受ける保管エリアの移転・廃止(2/2)

- d. 第545回審査会合(平成30年2月8日)時点の保管場所について、第3保管エリアをO.P.13.8mの位置に変更することで、可搬型重大事故等対処設備の分散化を強化した。また、外部事象やO.P.33.9mの防潮堤を越える津波に対しても機能維持の観点で配慮した配置としている

#### 《第3保管エリア設定の観点》

- 設計基準事故対処設備及び常設重大事故等対処設備を設置する2号炉原子炉建屋から100m以上の離隔を確保し、外部事象によって同時に機能喪失に至らないこと
- 第1, 2保管エリアに対し、十分な離隔距離を確保し、外部事象によって同時に機能喪失に至らないこと
- 岩盤が浅く耐震性が高いこと
- 周辺斜面, 周辺構造物の損壊等, 地震により影響を与えないこと
- O.P.33.9mの津波によって可搬型設備が機能喪失に至らないこと

保管エリア位置図



## 5. 適合性審査状況

---

## 5. 適合性審査状況

### (1) 審査会合での指摘事項に対する回答

- 第567回審査会合(平成30年5月8日)において、過去の審査会合における指摘事項に対して回答を実施

#### 審査会合での主な指摘事項

No	分類	項目	審査会合日	回答
1	指摘事項	津波高さO.P.30.3m以上の寄与が大きいため、浸水により可搬型設備が使用できず、交流動力電源が24時間使用できない場合について、対策の考え方を整理すること。	H29.11.30	年超過確率 $10^{-7}$ オーダーの津波(O.P.33.9m)に対して全交流動力電源喪失の発生を防止するため、補機ポンプエリアに0.6m(補機ポンプエリア基礎高さ0.2m+浸水防止壁0.4m)の高さとなる様に浸水防止壁を設置する。【40ページ参照】
2	指摘事項	常設ポンプの駆動源として直流電源を選定した理由を説明すること。	H30.2.8	配置成立性、サポート系の必要数を考慮し、直流電源駆動を採用した。【41,42ページ参照】
3	指摘事項	変更後の保管エリアが1ヶ所に集中しているのではないかと。設計上の想定を超える外部事象に対する保管エリアの設定の考え方を整理して、説明すること。	H30.2.8	第545回審査会合(平成30年2月8日)時点の保管場所に加え、新たにO.P.13.8mの箇所保管場所を設定し、可搬型設備の分散配置を強化する。【43,44ページ参照】



## 6. 參考資料

---



## 6. 参考資料

### (1) PRAにおける事故シーケンスグループの表記方法

- イベントツリーにより得られた事故進展の結果を、事象緩和機能の喪失状況やプラントの状態等に与える影響によって事故シーケンスグループに分類し、識別記号を用いて表現する

#### 識別記号の一例

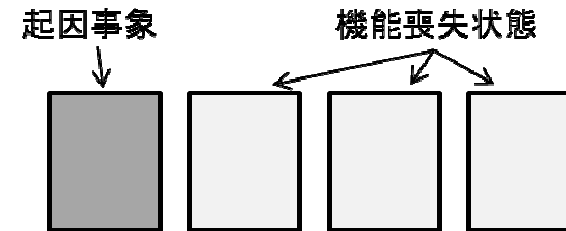
記号	起回事象
A*1	原子炉冷却材喪失(LOCA)
T	過渡事象

+

記号	機能喪失状態
B	全交流動力電源喪失
C	原子炉未臨界確保失敗
D	直流電源喪失
E	炉心への注水失敗(=UVを省略)
P	逃がし安全弁閉固着
Q	給水喪失
U	高圧炉心注水系による炉心注水失敗
V	低圧炉心注水系による炉心注水失敗
W	崩壊熱除去機能喪失
X	原子炉減圧失敗

\*1 LOCAサイズによってS1又はS2と記載する場合がある

#### 事故シーケンスグループの表記方法

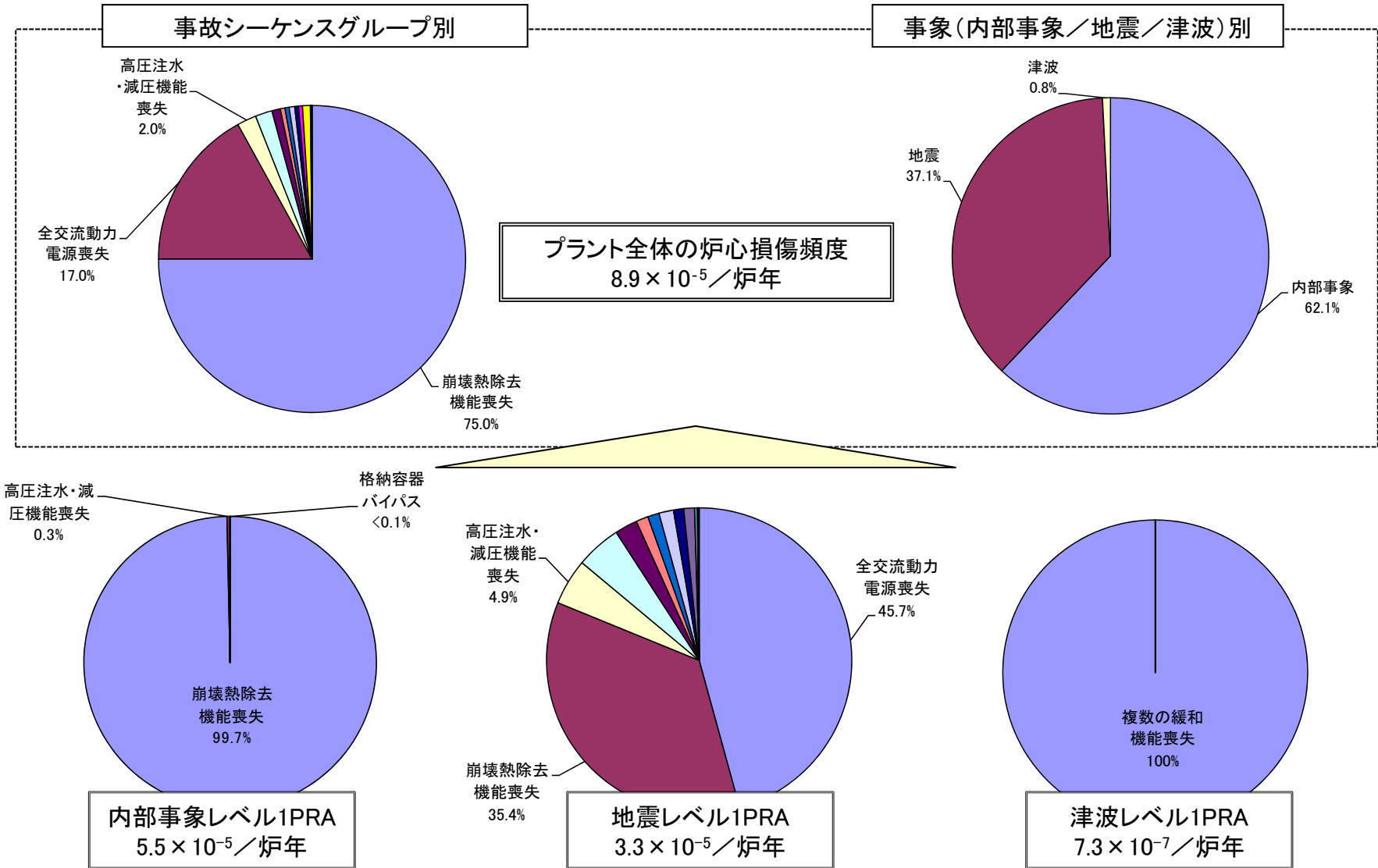


事故シーケンスグループ	内容
TQUV	高圧・低圧注水機能喪失
TQUX	高圧注水・減圧機能喪失
TB	全交流動力電源喪失
TBU	全交流動力電源喪失+高圧注水機能喪失
TBD	全交流動力電源喪失+直流電源喪失
TBP	全交流動力電源喪失+逃がし安全弁閉固着
TW	崩壊熱除去機能喪失
TC	原子炉停止機能喪失
AE	LOCA時注水機能喪失
ISLOCA*2	インターフェイスシステムLOCA

\*2 識別記号表記とは異なる記載方法

# 6. 参考資料

## (2) 地震レベル1PRAの再評価結果の反映(1/3)



## 6. 参考資料

### (2) 地震レベル1PRAの再評価結果の反映(2/3)

#### ■レベル1, レベル1.5, 停止時PRAの評価結果と主な重大事故等対策

PRA	評価結果	主な重大事故等対策
レベル1PRA	<p>&lt;出力運転時&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全炉心損傷頻度: <math>5.5 \times 10^{-5}</math> / 炉年</li> <li>「崩壊熱除去機能喪失」の事故シーケンスグループの寄与割合が支配的(約99.7%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉補機代替冷却系による除熱</li> <li>原子炉格納容器代替スプレイ系による冷却</li> <li>原子炉格納容器フィルタベント系による除熱</li> </ul>
	<p>&lt;地震&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全炉心損傷頻度: <math>3.3 \times 10^{-5}</math> / 炉年</li> <li>「全交流動力電源喪失」及び「崩壊熱除去機能喪失」の事故シーケンスグループが支配的(全交流動力電源喪失: 約45.7%, 崩壊熱除去機能喪失: 約35.4%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>高圧代替注水系による注水</li> <li>低圧代替注水系(常設)による注水</li> <li>常設代替交流電源設備による給電</li> <li>原子炉格納容器フィルタベント系による除熱</li> </ul>
	<p>&lt;津波&gt;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>全炉心損傷頻度: <math>7.3 \times 10^{-7}</math> / 炉年</li> <li>「複数の緩和機能喪失」の事故シーケンスグループが支配的(100%)</li> </ul>	(建屋内への浸水防止等)※
停止時 レベル1PRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>全炉心損傷頻度: <math>9.8 \times 10^{-7}</math> / 炉年</li> <li>「崩壊熱除去機能喪失」の事故シーケンスグループの寄与割合が支配的(約94.8%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>待機中RHR(LPCIモード)による注水</li> </ul>
出力運転時 レベル1.5PRA	<ul style="list-style-type: none"> <li>格納容器破損頻度: <math>5.5 \times 10^{-5}</math> / 炉年</li> <li>格納容器先行破損の格納容器破損モードである「過圧破損(崩壊熱除去失敗)」の寄与割合が支配的(約100%)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉格納容器下部注水系(常設)による水張り</li> <li>原子炉格納容器代替スプレイ冷却系による冷却</li> <li>原子炉格納容器フィルタベント系による除熱</li> </ul>

※ O.P.33.9mを超える津波の影響を詳細化すれば、O.P.33.9m~38.6mの津波で抽出されるシーケンスは長期TB及びTBUであり、建屋内への浸水防止等により、建屋内の緩和設備への浸水影響を防ぐことができ、炉心損傷を回避できる。O.P.38.6mを超える津波では、発生する事象の程度に応じて使用可能な設備を用いて炉心損傷防止対策、格納容器破損防止対策を活用し、必要に応じて大規模損壊対策による影響緩和を図る。

## 6. 参考資料

### (2) 地震レベル1PRAの再評価結果の反映(3/3)

#### ■ PRA結果に基づく新たな事故シーケンスグループの検討結果

- PRAで抽出された事故シーケンスが解釈に基づき必ず想定する事故シーケンスグループに該当することを確認
- 有意な頻度又は影響をもたらす事故シーケンスグループが新たに抽出されないことを確認

事故シーケンス	シーケンス No.	事故シーケンス別の炉心損傷頻度(/炉年)				全炉心損傷頻度に対する割合	炉心損傷に至る主要因	グループ別炉心損傷頻度(/炉年)	全炉心損傷頻度に対する割合	解釈1-1(a)の事故シーケンスグループ	規則解釈	
		内部事象	地震	津波	合計							
1	過渡事象+高圧注水失敗+低圧ECCS失敗	(1)	1.5E-11	-	-	3.7E-08	<0.1%	原子炉注水に失敗	3.7E-08	<0.1%	高圧・低圧注水機能喪失	1-2(a)
過渡事象+SRV再閉失敗+高圧注水失敗+低圧ECCS失敗	(2)	5.4E-12	3.7E-08	-	3.7E-08	<0.1%						
手動停止+高圧注水失敗+低圧ECCS失敗	(12)	4.6E-13	-	-	4.6E-13	<0.1%						
手動停止+SRV再閉失敗+高圧注水失敗+低圧ECCS失敗	(13)	2.1E-13	-	-	2.1E-13	<0.1%						
サポート系喪失+高圧注水失敗+低圧ECCS失敗	(14)	7.7E-12	-	-	7.7E-12	<0.1%						
サポート系喪失+SRV再閉失敗+高圧注水失敗+低圧ECCS失敗	(15)	3.1E-13	-	-	3.1E-13	<0.1%						
2	過渡事象+高圧注水失敗+手動減圧失敗	(3)	1.8E-07	1.6E-06	-	1.8E-06	2.0%	原子炉減圧に失敗	1.8E-06	2.0%	高圧注水・減圧機能喪失	1-2(a)
手動停止+高圧注水失敗+手動減圧失敗	(16)	8.5E-09	-	-	8.5E-09	<0.1%						
サポート系喪失+高圧注水失敗+手動減圧失敗	(17)	1.7E-09	-	-	1.7E-09	<0.1%						
3	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+HPCS失敗	(7)	6.1E-11	1.4E-05	-	1.4E-05	15.1%	サポート機能(電源機能)の喪失	1.5E-05	17.0%	全交流動力電源喪失	1-2(a)
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+SRV再閉失敗+HPCS失敗	(8)	9.3E-13	4.4E-08	-	4.4E-08	<0.1%						
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+高圧注水失敗	(9)	1.3E-12	4.2E-07	-	4.2E-07	0.5%						
全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+直流電源喪失+HPCS失敗	(10)	4.5E-12	1.2E-06	-	1.2E-06	1.3%						
4	過渡事象+除熱失敗	(4)	5.1E-05	-	-	6.3E-05	70.0%	格納容器からの除熱に失敗	6.7E-05	75.0%	崩壊熱除去機能喪失	1-2(b)
過渡事象+SRV再閉失敗+除熱失敗	(5)	1.4E-07	1.2E-05	-	6.3E-05	70.0%						
手動停止+除熱失敗	(18)	2.7E-06	-	-	2.7E-06	3.0%						
手動停止+SRV再閉失敗+除熱失敗	(19)	7.2E-09	-	-	7.2E-09	<0.1%						
サポート系喪失+除熱失敗	(20)	1.7E-06	-	-	1.7E-06	1.9%						
サポート系喪失+SRV再閉失敗+除熱失敗	(21)	4.3E-09	-	-	4.3E-09	<0.1%						
中小破断LOCA+除熱失敗	(22)	8.6E-08	-	-	8.6E-08	<0.1%						
5	大破断LOCA+除熱失敗	(23)	3.4E-09	-	-	3.4E-09	<0.1%	反応度抑制に失敗	1.6E-06	1.8%	原子炉停止機能喪失	1-2(b)
過渡事象+原子炉停止失敗	(6)	3.9E-09	7.8E-07	-	7.9E-07	0.9%						
中小破断LOCA+原子炉停止失敗	(24)	8.3E-12	-	-	8.3E-12	<0.1%						
大破断LOCA+原子炉停止失敗	(25)	3.3E-13	-	-	3.3E-13	<0.1%						
6	全交流動力電源喪失(外部電源喪失+DG失敗)+HPCS失敗+原子炉停止失敗 <sup>※1</sup>	(11)	-	8.1E-07	-	8.1E-07	0.9%	原子炉冷却材の喪失	8.0E-07	0.9%	LOCA時注水機能喪失	1-2(a)
中小破断LOCA+高圧注水失敗+低圧ECCS失敗	(26)	4.3E-13	-	-	4.3E-13	<0.1%						
中小破断LOCA+高圧注水失敗+原子炉自動減圧失敗	(27)	2.9E-12	-	-	2.9E-12	<0.1%						
大破断LOCA+HPCS失敗+低圧ECCS失敗	(28)	4.2E-14	-	-	4.2E-14	<0.1%						
7	E-LOCA <sup>※2</sup>	(34)	-	8.0E-07	-	8.0E-07	0.9%	格納容器貫通配管からの漏洩	2.4E-09	<0.1%	格納容器バイパス(ISLOCA)	1-2(b)
7	インターフェイスシステムLOCA(ISLOCA)	(29)	2.4E-09	-	-	2.4E-09	<0.1%					
8	原子炉建屋損傷 <sup>※2</sup>	(30)	-	2.5E-08	-	2.5E-08	<0.1%	外部事象による大規模な損傷	7.3E-07	0.8%	該当なし	
制御建屋損傷 <sup>※2</sup>	(31)	-	3.8E-07	-	3.8E-07	0.4%						
格納容器損傷 <sup>※2</sup>	(32)	-	5.1E-07	-	5.1E-07	0.6%						
圧力容器損傷 <sup>※2</sup>	(33)	-	4.0E-07	-	4.0E-07	0.4%						
計測・制御系喪失 <sup>※2</sup>	(35)	-	3.6E-07	-	3.6E-07	0.4%						
制御建屋空調系喪失 <sup>※2</sup>	(36)	-	4.3E-07	-	4.3E-07	0.5%						
格納容器バイパス <sup>※2</sup>	(37)	-	9.8E-08	-	9.8E-08	0.1%						
複数の緩和機能喪失 <sup>※2</sup>	(38)	-	-	7.3E-07	7.3E-07	0.8%						
合計			5.5E-05	3.3E-05	7.3E-07	8.9E-05	-	-	-	-	-	-

ハッチング: 地震、津波特有の事象で、解釈に基づき想定する事故シーケンスグループと直接的に対応しないもの

※1: 地震発生と同時に最大の加速度を受けるものとして評価している地震レベル1PRAの設定上抽出されたものであるが、地震時の挙動を現実的に想定すると、基準地震動よりも十分小さな加速度でスクラム信号「地震加速度大」が発信され、炉内構造物が損傷する加速度に至る前に制御棒の挿入が完了すると考えられることから、現実的には発生し難いと考え、炉心損傷防止対策の有効性を確認する対象に該当しないと判断したシーケンス

※2: 解釈1-1(a)の必ず想定する事故シーケンスグループに該当しないが、安全機能喪失時の対策の有効性を評価するためのシナリオとしては適当でないと判断し、新たに追加するシーケンスとはしないこととしたシーケンス