

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	資料3
提出年月日	令和4年12月20日

ともに輝く明日のために。
Light up your future.



泊発電所3号炉

津波レベル1 確率論的リスク評価について

令和4年12月20日
北海道電力株式会社

□ 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

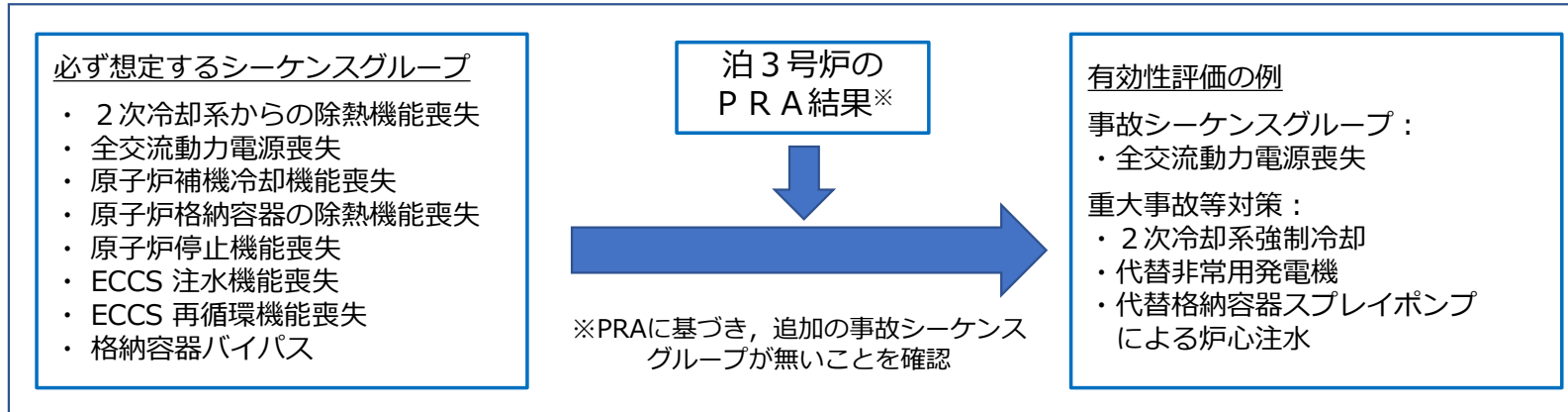
無断複製・転載等禁止

1. はじめに	P. 2
2. 確率論的リスク評価（PRA）と有効性評価の関係	P. 3
3. 津波レベル 1 PRAの手順	P. 4
4. プラント構成・特性及びサイト状況の調査	P. 5
5. 事故シナリオの同定	P. 6
6. 確率論的津波ハザード評価	P. 8
7. 建屋・機器フラジリティ評価	P. 9
8. 事故シーケンス評価	P.10
9. 先行プラント（女川原子力発電所 2 号炉）との主な相違点	P.14
10. まとめ	P.15

1. はじめに

- 泊発電所 3 号炉の津波レベル 1 確率論的リスク評価（津波PRA）については、第55回審査会合（平成25年12月10日）においてご説明している。
- 津波PRAに使用する確率論的津波ハザードについては、基準地震動および基準津波の見直しに伴う再評価を行っており、結果については今後の審査でご説明する。
- 上記を受けて、津波PRAについても最新のハザード及び津波防護対策を反映した再評価を実施する予定。
- 今回、確率論的津波ハザードの確定前ではあるが、事故シーケンス選定への影響有無を把握する観点から、現時点における社内評価用の確率論的津波ハザード（暫定値）を用いた場合の津波PRAの評価方針及び結果の見込みについてご説明する。

2. 確率論的リスク評価（PRA）と有効性評価の関係



事故シーケンスグループ及び重要事故シーケンス選定の全体プロセス

■ PRAの実施目的

重大事故等対処設備の有効性評価を行う事故シーケンスグループ等の選定に活用する。

■ PRAの実施範囲

これまで整備してきたアクシデントマネジメント策や緊急安全対策等を考慮しない仮想的なプラント状態を想定し、以下の評価を実施した。

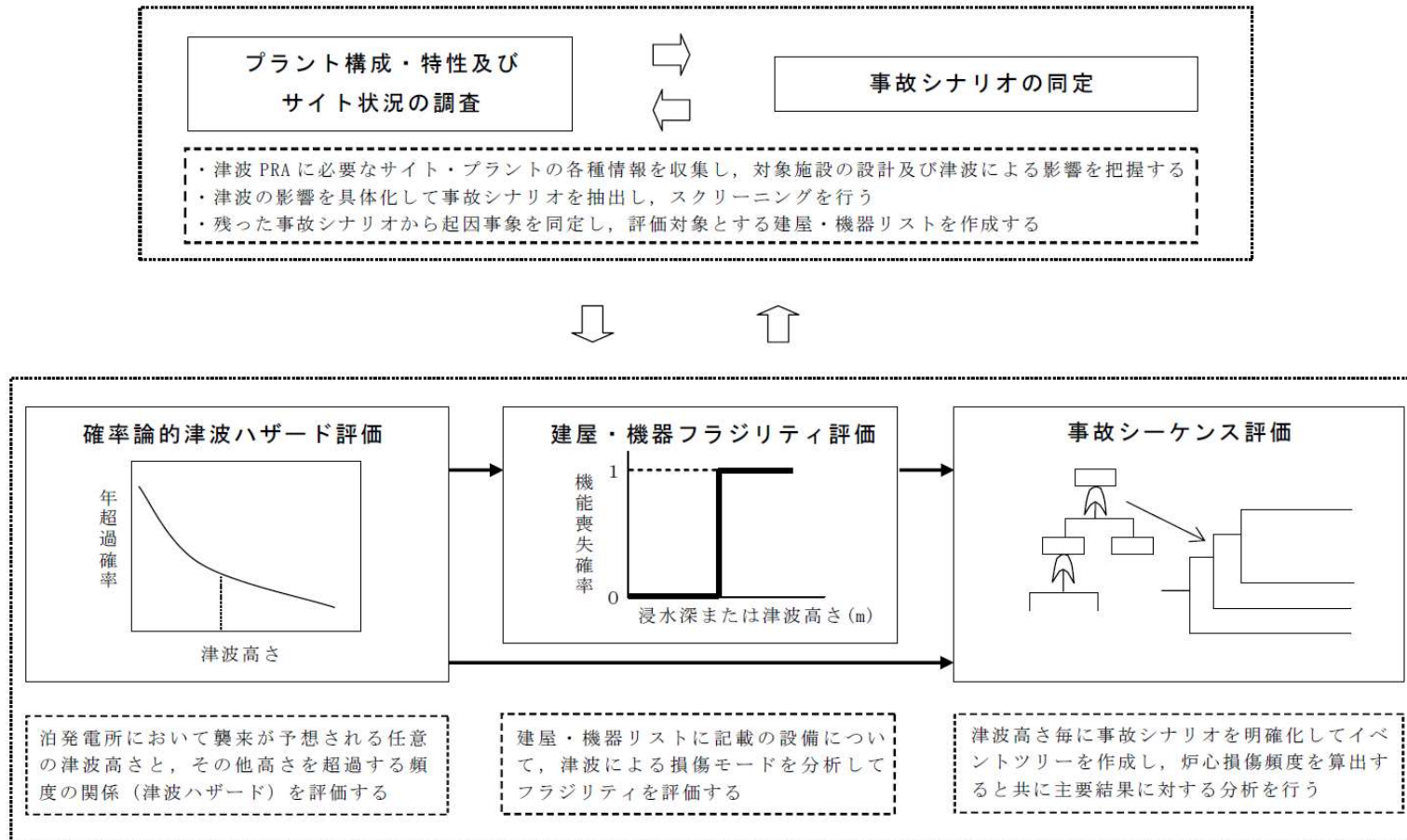
- ・ 内部事象運転時レベル1 / 1.5
- ・ 内部事象停止時レベル1

- ・ 地震レベル1
- ・ 津波レベル1

今回のご説明範囲

3. 津波レベル1 PRAの手順

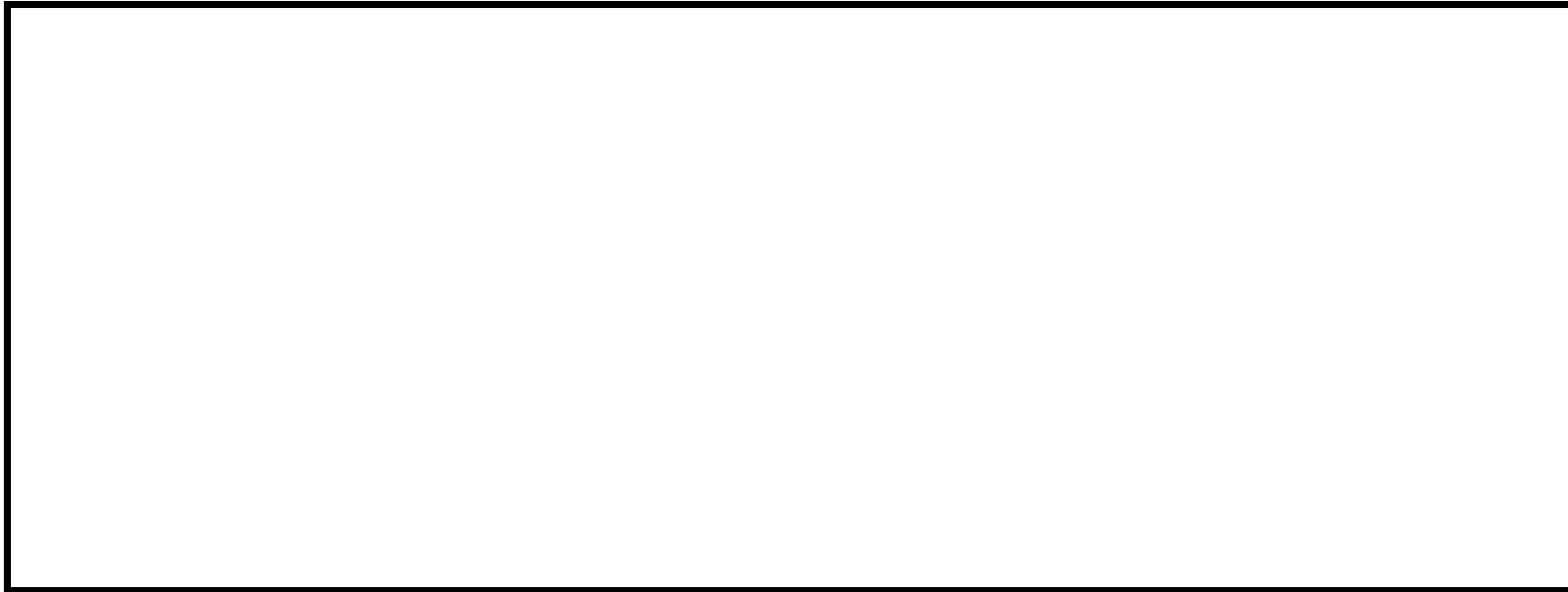
■ 津波PRAの評価フロー



4. プラント構成・特性及びサイト状況の調査

■ 泊3号炉の設備配置の特徴

- ・ 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（T.P. + 16.5m）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水壁を設置
- ・ 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，貫通部の止水処置等の浸水対策を実施
- ・ 引き波対策として貯留堰を設置し，原子炉補機冷却海水ポンプの取水に必要な海水を確保可能な構造



プラント設備配置の概略図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

5. 事故シナリオの同定（1 / 2）

■ 事故シナリオの概括的な分析・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

<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

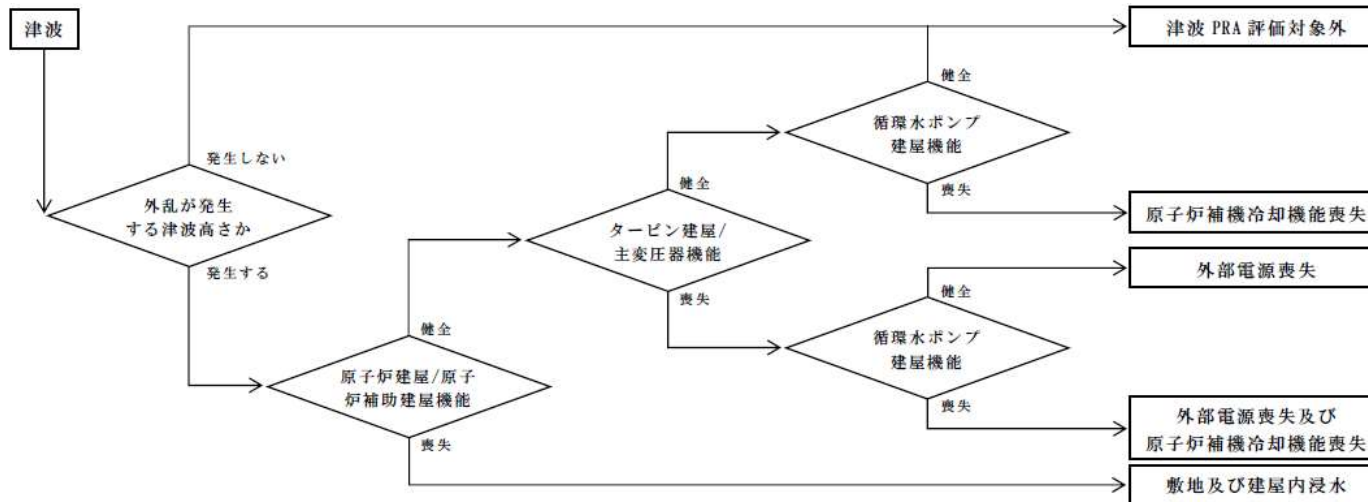
津波による事故シナリオの分析（例）

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	主変圧器の没水による機能喪失	主変圧器の機能喪失により外部電源喪失が発生する
			屋内設備の没水による機能喪失	建屋内への浸水に伴い，屋内設備が没水で機能喪失する可能性がある。
	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。
			防水壁の波力による損傷	同上
			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。
		原子炉補助建屋（外壁扉）の波力による	同上	

5. 事故シナリオの同定 (2 / 2)

■ 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



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主変圧器等が没水し、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、外部電源喪失は他の過渡事象と比較すると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。
原子炉補機冷却機能喪失	敷地内に浸水した津波が循環水ポンプ建屋外壁開口部から流入することで、原子炉補機冷却海水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原子炉補助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。

6. 確率論的津波ハザード評価

■ 確率論的津波ハザード評価

- ・ 一般社団法人日本原子力学会「原子力発電所に対する津波を起因とした確率論的リスク評価に関する実施基準：2016」
- ・ 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」
- ・ 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）」
- ・ 2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見等

以上の知見等を踏まえて、確率論的津波ハザード解析を実施

- 確率論的津波ハザード評価については、基準地震動および基準津波の見直しを踏まえた評価結果を今後の審査（基準津波の年超過確率の参照）でご説明する予定。
- 今回の評価では、確率論的津波ハザードの暫定値として以下の値を用いた。
 - ・ 防潮堤前面における津波水位T.P.+16.5mの年超過確率： 2.9×10^{-7}
- 確率論的津波ハザードが確定後、津波PRA評価結果および事故シーケンス選定への影響について改めてご説明する。

7. 建屋・機器フラジリティ評価

■ 建屋・機器フラジリティの検討結果

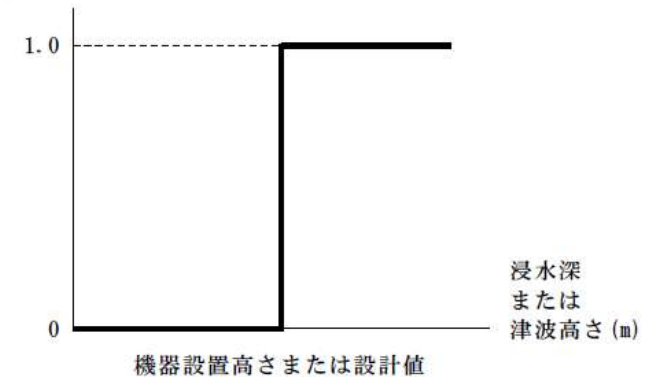
- ・「事故シナリオの同定」で選定した設備について津波損傷モードを検討し、フラジリティを評価
- ・没水及び波力に対する機器のフラジリティ曲線は図に示すステップ状として評価

フラジリティ評価結果 (例)

	No.	設備名称	津波損傷モード				津波フラジリティ
			没水/被水	波力	洗掘	漂流物	
起回事象を引き起こす設備	1	主変圧器	○	*1	*1	*1	津波水位 T.P. +16.5m 以下では、没水しないことを確認しており、津波水位 T.P. +16.5m を超えた場合、没水により機能喪失すると想定した。
	2	原子炉補機冷却海水ポンプ	○	-	-	-	津波水位 T.P. +16.5m を超えた場合、循環水ポンプ建屋内へ浸水し、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	3	防潮堤 (T.P. +16.5m)	-	*2	*2	*2	津波水位 T.P. +16.5m 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 T.P. +16.5m を超えた場合、敷地及び原子炉建屋又は原子炉補助建屋内への大量浸水により複数の安全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。
	4	防水壁 (取水ピットスクリーン室)	-	*2	*2	*2	同上
	5	建屋止水対策	-	*2	*2	*2	同上

- ・「○」：当該損傷モードが設備の機能喪失要因となることを想定した。
- ・「-」：当該損傷モードにより設備は機能喪失しない。
- ・「*1」：当該損傷モードが設備の機能喪失要因となる可能性はあるが、この影響は没水/被水による機能喪失に包絡されるとした。
- ・「*2」：当該損傷モードが設備の機能喪失要因となる可能性はあるが、この機能喪失の可能性は小さいとし、この影響は考えないこととした。

機能喪失確率



機器のフラジリティ曲線

8. 事故シーケンス評価（1 / 4）

■ 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

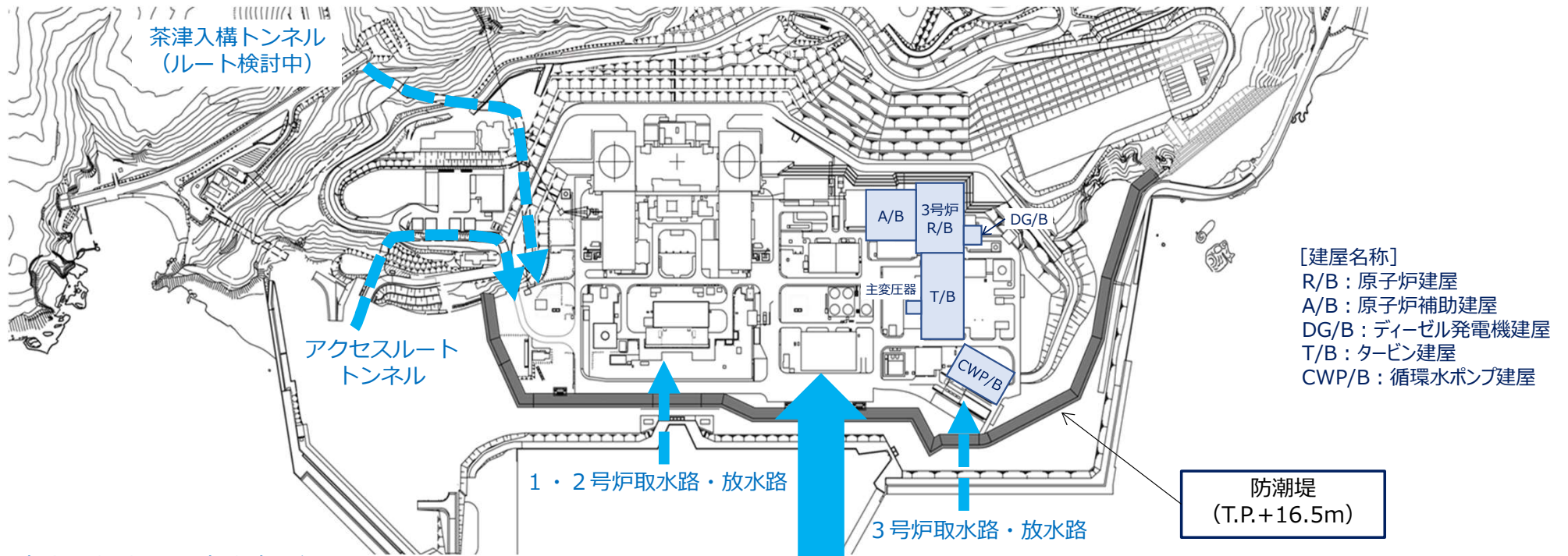
津波分類	津波高さ [m]	発生頻度 [／年]	全炉心損傷頻度への寄与割合※	イメージ図	津波分類の考え方
—	～16.5	—	—		<p>■ 泊3号炉建屋周辺への浸水なし</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 津波によるプラント影響発生せず ・ 内部事象PRAと同様 <p>⇒ 津波ハザード確定後に敷地内浸水解析を実施し，T.P.+16.5m津波発生時に泊3号炉建屋周辺への浸水がないことを確認する方針 敷地内浸水解析で想定する津波流入経路は次ページ参照</p>
A	16.5～	2.9×10^{-7}	0.13%		<p>■ 泊3号炉原子炉建屋又は原子炉補助建屋への浸水</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 津波特有の起因事象「敷地及び建屋内浸水」が発生 ・ 原子炉建屋又は原子炉補助建屋内への浸水によって複数の緩和設備が機能喪失して炉心損傷に至る ・ 「原子炉補機冷却機能喪失」及び「外部電源喪失」についても発生する津波高さが同じとなるが，必ず炉心損傷に至る「敷地及び建屋内浸水」で代表した

※泊3号炉の全炉心損傷頻度（暫定値）： 2.3×10^{-4} （／炉年）として算出

8. 事故シーケンス評価（2 / 4）

■ 津波による敷地内浸水解析

防潮堤前面でT.P.+16.5mとなる津波による敷地内浸水解析を実施する（津波ハザード確定後に結果をご説明）



青字：想定する津波流入経路

防潮堤前面からの越流（経路として想定するがT.P.+16.5m以下の津波は越流しない）

➤ T.P.+16.5m津波発生時に泊3号炉建屋周辺への浸水がないことを敷地内浸水解析で確認する方針

8. 事故シーケンス評価（3 / 4）

■ イベントツリー

- ・ 原子炉建屋及び原子炉補助建屋への浸水状態を考慮してイベントツリーを作成
- ・ T.P.+16.5m以下では起因事象を引き起こす設備，津波防護施設／浸水防止設備及び起因事象を緩和する設備に影響なし
- ・ 原子炉建屋又は原子炉補助建屋内への浸水が発生した場合は複数の安全機能が喪失し，炉心損傷に至ると想定

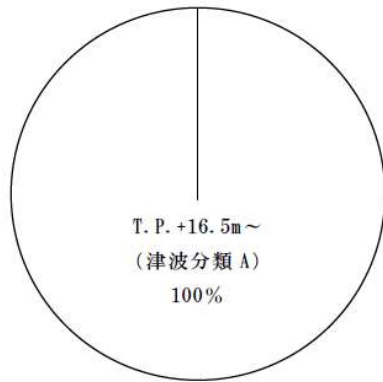
津波	原子炉建屋又は 原子炉補助建屋への浸水 (T.P. +16.5m～)	発生する起因事象	事故シーケンス グループ
	なし	—	内部事象 PRAの範疇
	あり	敷地及び建屋内浸水	—

津波PRAイベントツリー

8. 事故シーケンス評価 (4 / 4)

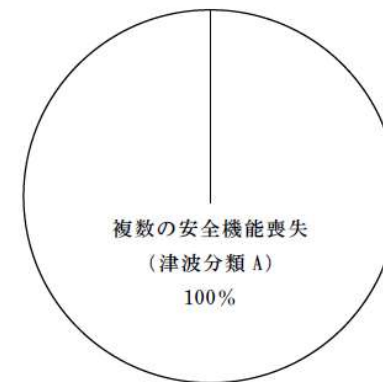
■ 炉心損傷頻度評価結果

- ・ 全炉心損傷頻度： 2.9×10^{-7} [／炉年]
- ・ 津波分類A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
- ・ 津波特有の事故シーケンスとして考慮した「複数の安全機能喪失」が全炉心損傷頻度の100%を占める結果となった



津波高さ毎の炉心損傷頻度

津波分類	津波高さ	津波発生頻度 (／炉年)	炉心損傷頻度 (／炉年)	寄与割合
A	T.P.+16.5m~	2.9×10^{-7}	2.9×10^{-7}	100%
全炉心損傷頻度			2.9×10^{-7}	100%



事故シーケンスグループ毎の炉心損傷頻度

起回事象	事故シーケンス	事故シーケンス別 炉心損傷頻度 (／炉年)	起回事象別 炉心損傷頻度 (／炉年)	寄与割合
敷地内及び 建屋内浸水	複数の安全機能喪失	2.9×10^{-7}	2.9×10^{-7}	100%
全炉心損傷頻度		2.9×10^{-7}	2.9×10^{-7}	100%

9. 先行プラント（女川原子力発電所2号炉）との比較

項目	泊発電所3号炉	女川原子力発電所2号炉	比較結果
津波PRAの評価対象設備	<ul style="list-style-type: none"> 内部事象PRAの対象設備 防潮堤（T.P.+16.5m） 防水壁等の止水対策 建屋外壁扉は誤開放を想定 	<ul style="list-style-type: none"> 内部事象PRAの対象設備 防潮堤（O.P.+29m） 防潮壁等の止水対策 建屋外壁扉は誤開放を想定 	<ul style="list-style-type: none"> 新設防潮堤等の設計基準対象施設には期待するが、緊急安全対策や重大事故等対処設備は考慮しない（女川と同様）
起因事象の選定	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源喪失 原子炉補機冷却機能喪失 敷地及び建屋内浸水（直接炉心損傷に至る事象） 	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源喪失 原子炉補機冷却海水系機能喪失 敷地及び建屋内浸水（直接炉心損傷に至る事象） 	（女川と同様）
原子炉補機冷却海水ポンプ（SWP）のフラジリティ評価	<ul style="list-style-type: none"> 循環水ポンプ建屋内浸水に伴う没水により機能喪失 ⇒ T.P.+16.5m津波で機能喪失	<ul style="list-style-type: none"> 敷地内浸水深が補機ポンプエリアの浸水防止壁高さを越えた場合に機能喪失 ⇒ O.P.+33.9m津波で機能喪失	<ul style="list-style-type: none"> 女川はSWPエリアに浸水防止壁を設置しているが、泊はSWPを循環水ポンプ建屋内に設置しており、女川と同様の浸水防止壁は設置していない。
津波高さ分類 （津波発生頻度（/炉年））	A：T.P.+16.5m～（ 2.9×10^{-7} ） <ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋又は原子炉補助建屋内浸水による炉心損傷 	A：O.P.+29m～33.9m（ 3.8×10^{-6} ） <ul style="list-style-type: none"> タービン建屋内浸水による外部電源喪失 B：O.P.+33.9m～（ 7.3×10^{-7} ） <ul style="list-style-type: none"> 原子炉建屋又は制御建屋内浸水による炉心損傷 	<ul style="list-style-type: none"> 泊は防潮堤を越える津波の発生頻度が極めて低く、防潮堤を越える津波に対し津波高さ分類の詳細化は実施しない（なお、泊の津波分類Aはプラント影響の観点で女川の津波分類Bと同様）
炉心損傷頻度（/炉年）	2.9×10^{-7} （暫定値）	7.3×10^{-7}	<ul style="list-style-type: none"> 全炉心損傷頻度の1%未満かつ10^{-7}オーダー（女川と同様）

10. まとめ

- 今回、ご説明した津波PRAの想定シナリオに基づく評価の結果、社内評価用の確率論的津波ハザード（暫定値）を用いた場合の炉心損傷頻度は 2.9×10^{-7} （/炉年）となった。
- この結果は、泊3号炉の全炉心損傷頻度※に占める割合は1%未満と小さく、先行BWRの審査実績を踏まえても十分に低い頻度（ 10^{-7} オーダー）となっている。
- 以上のことから、現時点においては、津波による新たな事故シーケンスグループを追加する必要はなく、有効性評価を行う事故シーケンスグループ等の選定結果に影響は無いものと考えている。
- 津波PRA評価及び今後のご説明にあたっては、T.P.+16.5m津波による敷地内浸水解析を実施し、3号炉建屋周辺への浸水がないことを確認することが前提となる。
- 確率論的津波ハザードが確定後、津波PRA評価条件への影響について、ご説明させていただく。

※内部事象PRA、地震PRA及び津波PRAの炉心損傷頻度（暫定値）の合計： 2.3×10^{-4} （/炉年）