

島根原子力発電所 2号炉 確率論的リスク評価（PRA）について 津波レベル 1 PRA

平成31年4月
中国電力株式会社

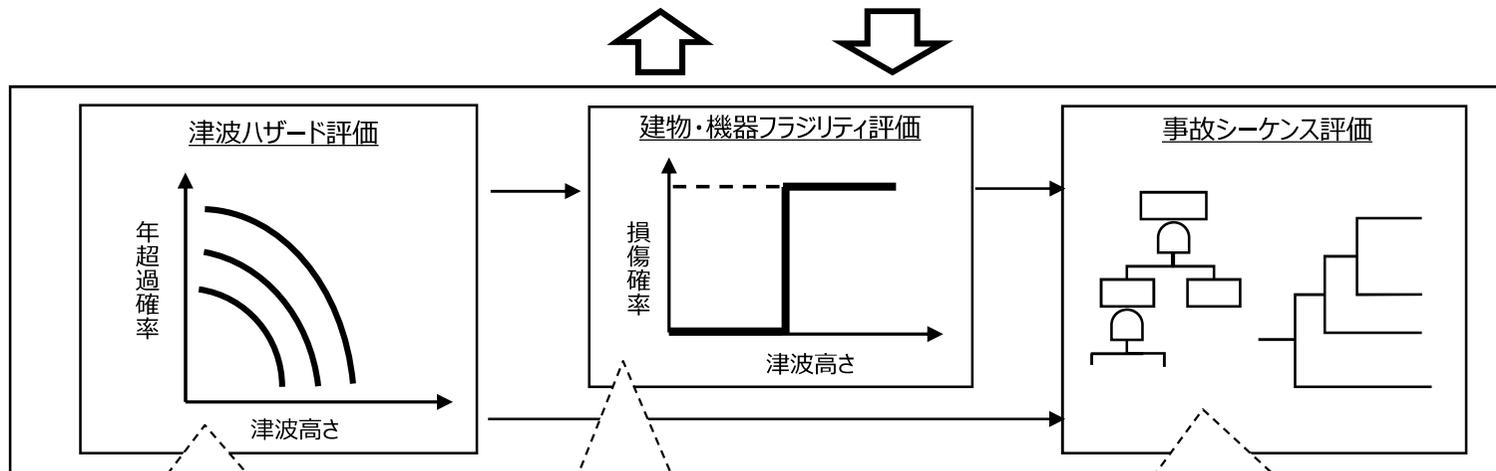
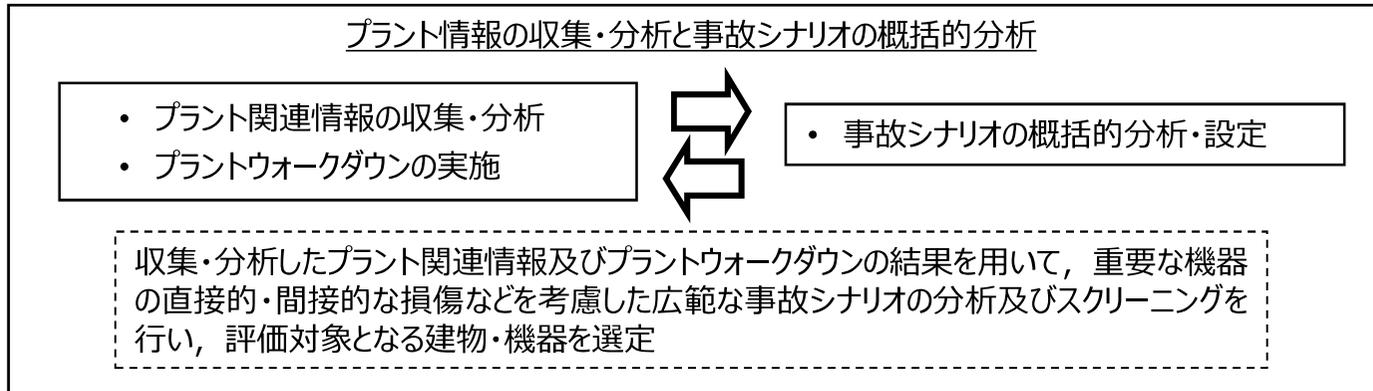
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

島根原子力発電所 2 号炉確率論的リスク評価（P R A）について

- 1. 津波レベル 1 P R AP 2
- 2. 審査会合での指摘事項に対する回答P 2 2

1. 津波レベル1 P R A

1.1 津波レベル1 PRAの評価フロー



敷地周辺における対象波源を特定し、不確かさを考慮して作成したロジックツリーに基づき、津波高さ毎の年超過確率を評価

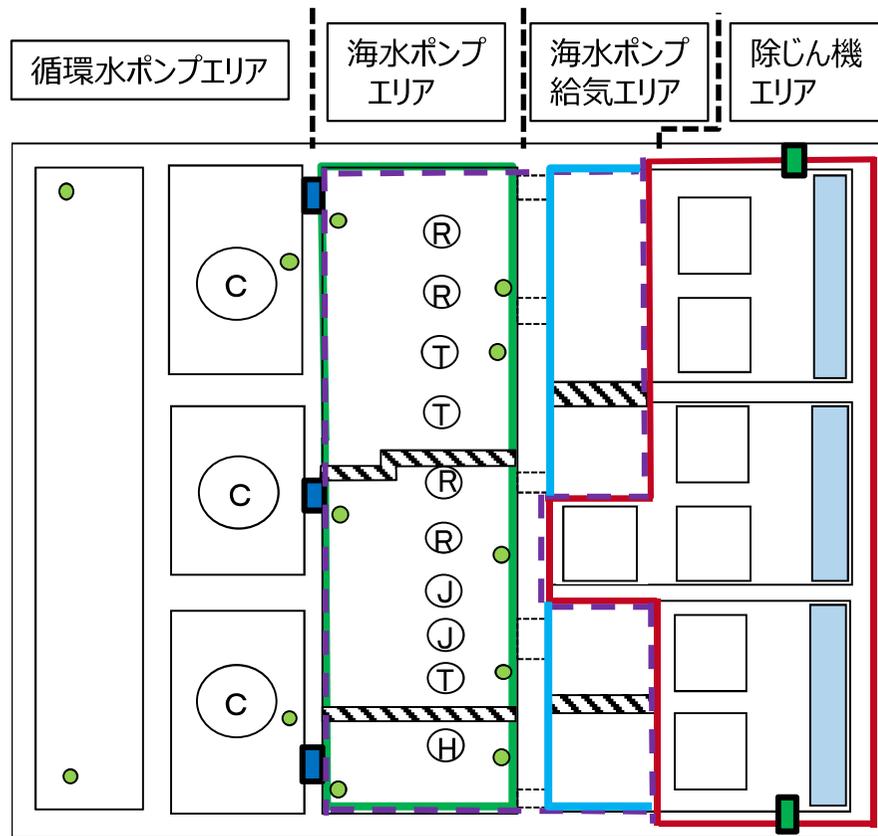
対象となる機器の設置位置の情報等をもとに、任意の機器損傷高さに対する建物・機器の条件付損傷確率を評価

必要な安全機能等の組み合わせをイベントツリーによりモデル化し、津波ハザード及び建物・機器脆弱性評価結果を入力データとして用いた事故シーケンス評価を行うことで、炉心損傷に至る頻度を評価

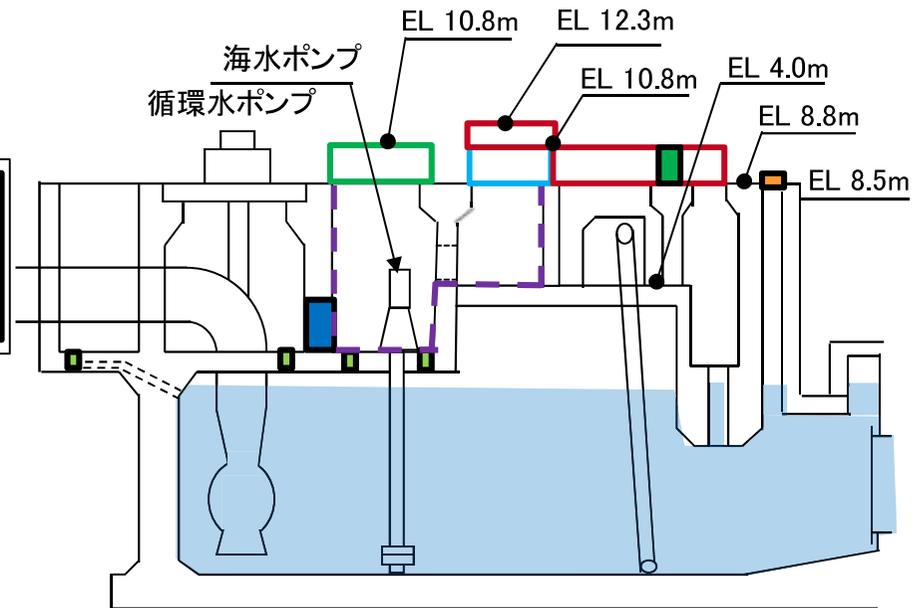
1.2 事故シナリオの概括的分析 (2 / 3)

■ 津波に対する特徴

- 海と接続する取水路等から設計基準対象施設に津波が到達及び流入することを防止するために、防水壁等を設置する。



(平面図)

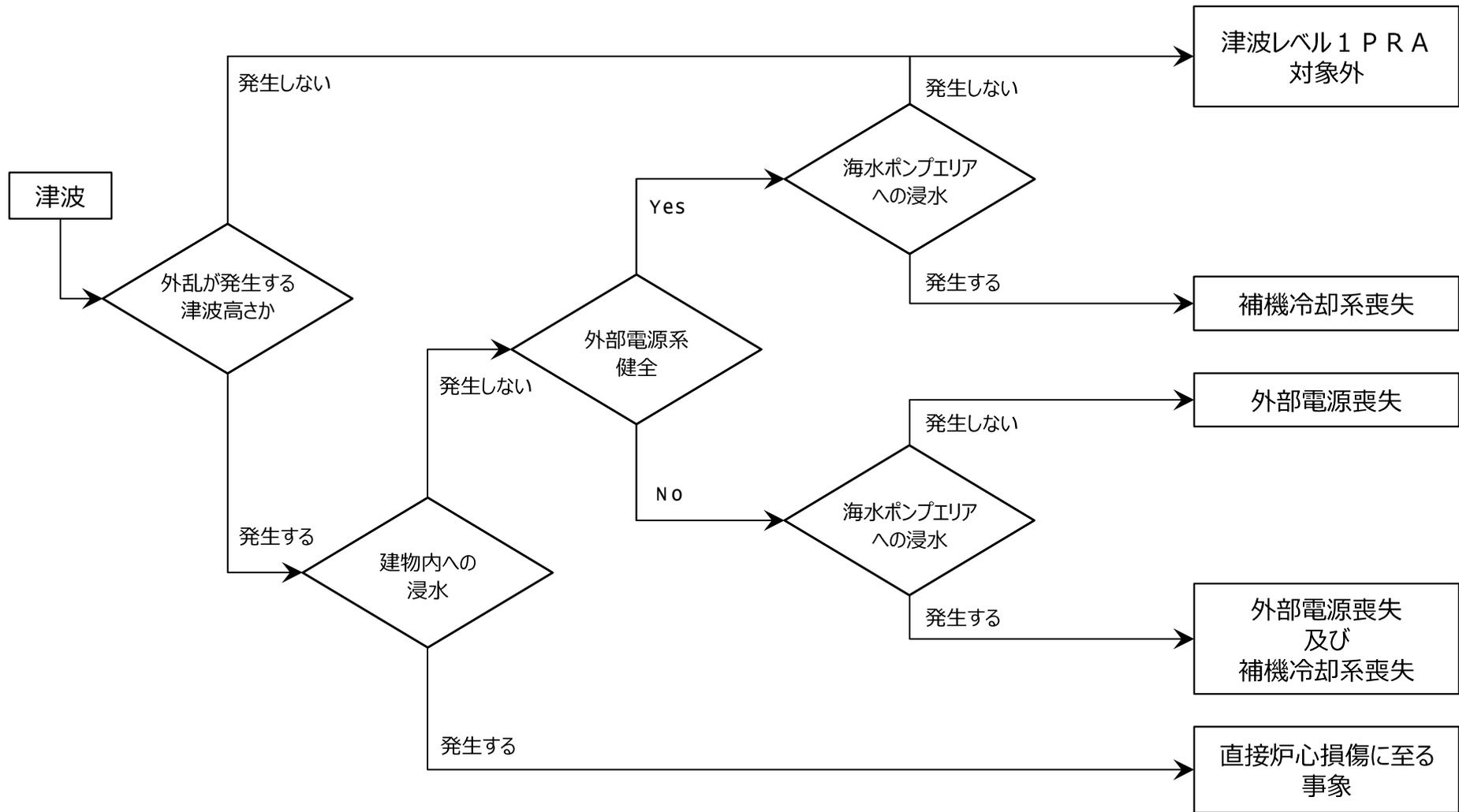


(断面図)

津波防護施設及び浸水防止設備の設置概要 (取水槽エリア)

1.2 事故シナリオの概括的分析 (3 / 3)

■以下の抽出フローを用いて、津波PRAにおける起因事象を抽出した。



起因事象の抽出フロー

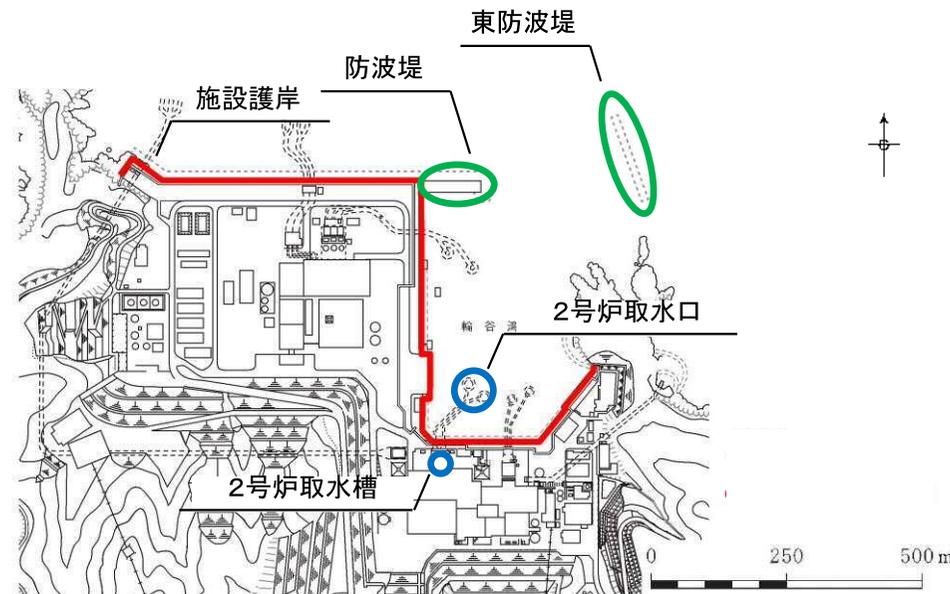
1.3 津波ハザード評価（1 / 2）

■ 評価対象となる津波

- 津波ハザードの評価対象波源※は以下のとおり。
 - ✓ 日本海東縁部に想定される地震による津波
 - ✓ 海域活断層から想定される地震による津波
- ※領域震源（背景的地震）による津波については、津波ハザード評価への寄与度が低いと考えられることから評価対象外とした。

■ 津波高さと年超過確率の関係

- 日本原子力学会（2012）では、津波を起因とした確率論的リスク評価（津波PRA）は地震そのものによる安全機能等への影響の考慮は適用範囲外としていることから、津波ハザード評価においても同様の考え方により、防波堤の地震による損傷は考慮しないこととし、防波堤有りケースを基本とした評価を実施する。
- 上記の評価対象となる津波について検討した結果、施設護岸又は防波壁における水位上昇側並びに取水口及び取水槽における水位下降側の津波高さと年超過確率の関係は、次頁に示すとおり。

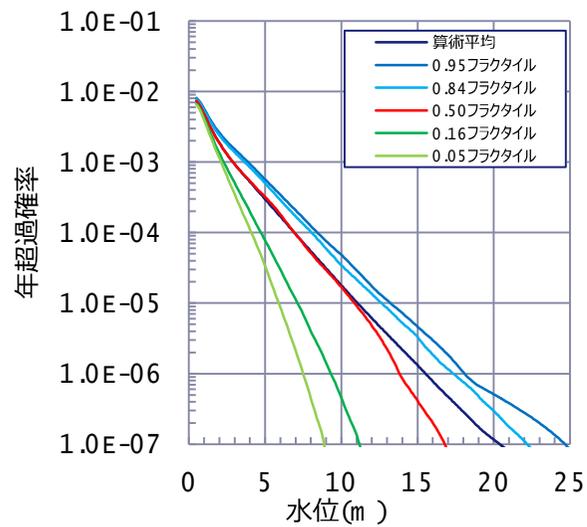


施設護岸，取水口及び取水槽位置図

1.3 津波ハザード評価 (2 / 2)

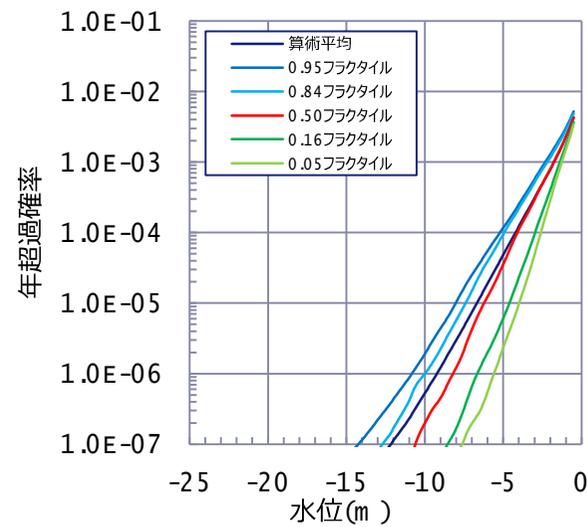
■ 水位上昇側

施設護岸又は防波壁

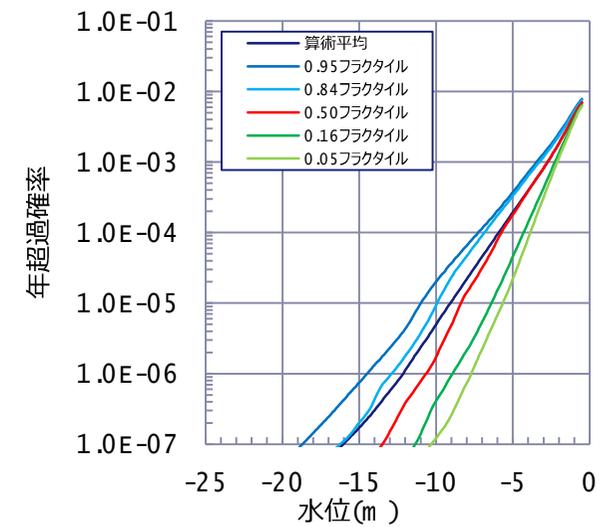


■ 水位下降側

2号炉取水口



2号炉取水槽

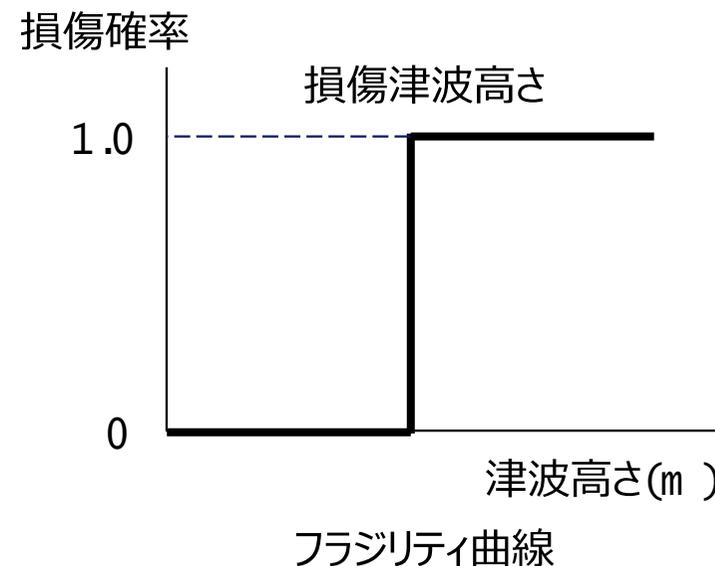


フラクタル曲線及び算術平均曲線

1.4 フラジリティ評価

- 津波 P R A 学会標準では、屋外・屋内それぞれの評価対象物について考慮すべき損傷モードに関して記載されており、損傷モードについて検討した結果、機器に対する「被水・没水」、「流体力」及び「波力」による機能損傷を評価対象とした。
- 機器に対する「被水・没水」、「流体力」及び「波力」の損傷モードに対して、津波が機器の機能喪失津波高さ※に到達した時点で、当該機器が確率1.0で損傷すると仮定した。
- 機器フラジリティ曲線は下図に示すステップ状とした。本評価では、対象の機器の機能喪失高さを「現実的耐力」とし、不確かさは考慮しない。

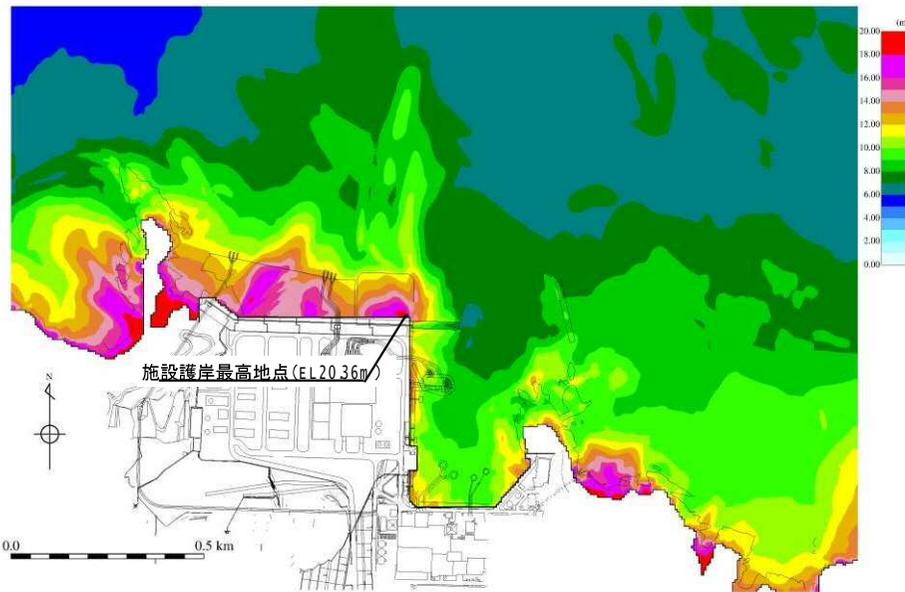
※機能喪失津波高さ：津波による敷地内浸水範囲及び浸水高を評価した浸水解析結果を踏まえ、構築物・機器が機能喪失に至る機能喪失浸水高の浸水が生じる津波高さを表す。



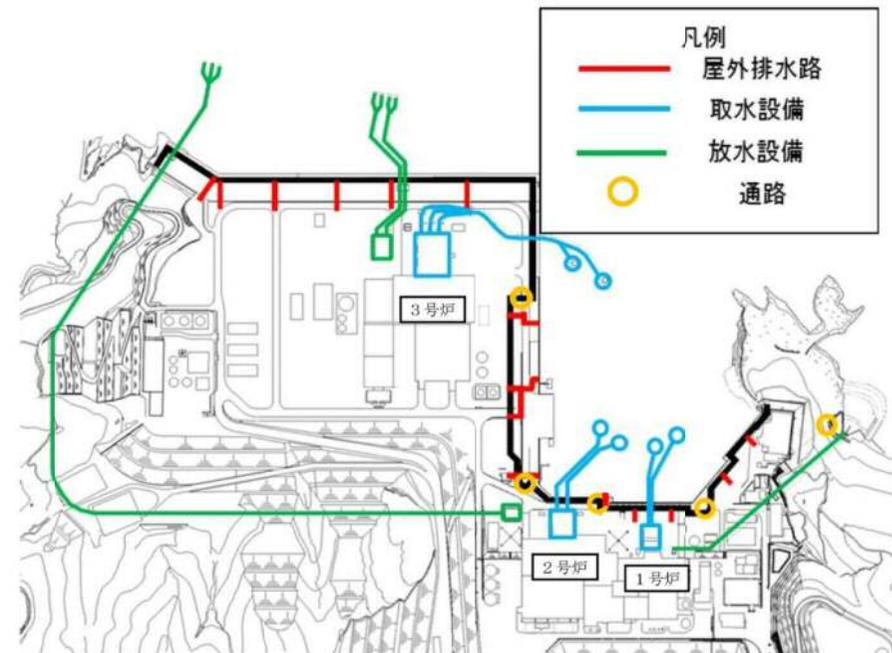
1.5 事故シーケンス評価（1 / 5）

■敷地内浸水解析

- 以下の浸水経路を考慮して、EL20m の津波襲来時の敷地内浸水範囲及び浸水高を評価する。
 - 1～3号炉の取水槽，放水槽及び放水接合槽は，EL8.5m 盤に開口部を有しており，浸水経路として考慮。
 - 1号炉放水連絡通路は，防波扉が設置されており通常時閉運用であること及び耐力評価の結果から，浸水経路から除外。
 - 敷地内浸水量を多く見積もるため，通常時閉運用であるが防波壁通路防波扉を開として防波壁通路を浸水経路として考慮し，屋外排水路からの排水は考慮しない。



施設護岸最高水位地点



開口部位置図

1.5 事故シーケンス評価（2 / 5）

敷地内浸水解析結果

- 1, 2号炉周辺の浸水深は、大半が0.1m ~ 0.5m 未満の浸水であるが、建物付近や取・放水経路から流入する付近では、0.5m ~ 1.0m 未満の浸水である。
- 海水ポンプエリア付近（図の黄色枠付近）及び2号炉タービン建物付近の浸水深は高くても0.5m ~ 1.0m 未満であるため、海水ポンプエリア防水壁及び2号炉タービン建物水密扉等の評価に用いる浸水深は1.0m とする。



敷地内浸水深分布

1.5 事故シーケンス評価（3 / 5）

- EL20m の津波襲来時の浸水解析結果は以下のとおりであり、EL20m 以下の津波では、津波を起因として炉心損傷に至る事故シーケンスは抽出されなかった。
 - 屋外構築物まわりの浸水高は最大でEL9.5m であり、防波壁を越波する津波の波力を考慮した静水圧でもEL10.5m となるため、防水壁は損傷しない。
 - 管路計算の結果から、除じん機エリアの津波高さはEL12.1m であり、除じん機エリア防水壁を越波し海水ポンプエリアに浸水することはない。
 - 引き波による海水ポンプへの影響については、取水槽が貯留構造であることから、機能喪失することはない。
- EL20m 超過の津波では、波力を伴う津波の遡上が大規模になり、建物外壁水密扉等の津波防護施設及び浸水防止設備が機能喪失すると考えられる。このため、建物等への浸水により計装・制御系、E C C S 等の緩和機能の喪失が発生し、直接炉心損傷に至ると想定した。

屋外構築物まわりの最大浸水高と機能喪失浸水高の比較

津波高さ	屋外構築物	敷地高	浸水深	最大浸水高	機能喪失浸水高※1	健全性
EL20m	除じん機エリア防水壁	—	—	EL12.1m ※2	EL12.3m	○
	海水ポンプエリア防水壁	EL8.5m	1.0m ※3	EL10.5m ※4 (EL9.5m)	EL10.8m	○
	海水ポンプ給気エリア防水壁				EL10.8m	○
	海水ポンプエリア水密扉				EL10.8m	○
	タービン建物外壁				EL15.0m	○
	タービン建物水密扉				EL15.0m	○
	起動変圧器前防水壁				EL15.0m	○

※1：設計時に考慮した静水圧に対する許容浸水高
 ※2：管路計算による取水槽内の最大津波高さ
 ※3：EL20m 津波による浸水解析結果を基に設定した値
 ※4：防波壁を越波する津波の波力を考慮した静水圧（波力として浸水深の2倍を考慮）

1.5 事故シーケンス評価（4 / 5）

■階層イベントツリー

- 浸水解析の結果を踏まえ、選定した起因事象を基に、津波により発生する起因事象の影響を考慮して階層イベントツリーを作成した。
- 「補機冷却系喪失」及び「外部電源喪失」については、発生する津波高さが同じとなる「直接炉心損傷に至る事象」で代表した。

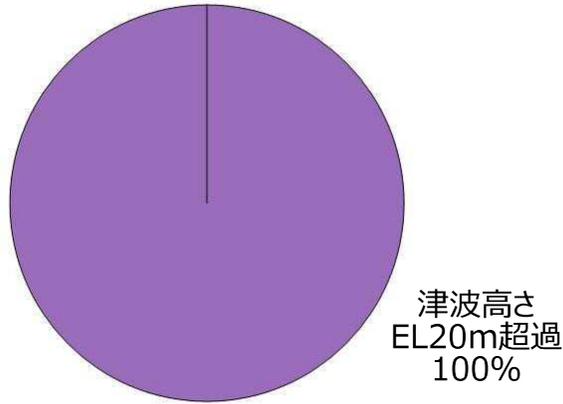
津波	直接炉心損傷に至る事象	事故シーケンス	最終状態
	津波高さ EL20m 以下	炉心損傷なし	炉心損傷なし
	津波高さ EL20m 超過	直接炉心損傷に至る事象	※

※ 緩和設備の広範な喪失につながる可能性があるため、炉心損傷直結事象として整理する

津波レベル 1 P R A 階層イベントツリー

1.5 事故シーケンス評価 (5 / 5)

■ 津波高さ別の炉心損傷頻度

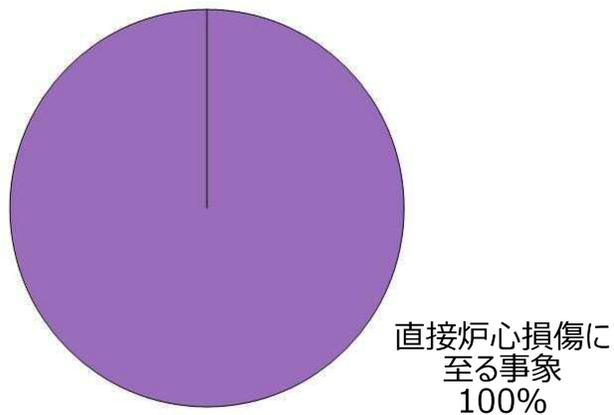


津波レベル1 P R A
津波高さ別炉心損傷頻度

津波高さ別の炉心損傷頻度

津波高さ	炉心損傷頻度 (/炉年)	寄与割合 (%)
EL20m超過	1.2E-07	100
合 計	1.2E-07	100

■ 事故シーケンスグループ別の炉心損傷頻度



津波レベル1 P R A
事故シーケンスグループ別炉心損傷頻度

事故シーケンスグループ別の炉心損傷頻度

事故シーケンスグループ	炉心損傷頻度 (/炉年)	寄与割合 (%)
直接炉心損傷に至る事象	1.2E-07	100
合 計	1.2E-07	100

1.6 津波PRAの見直し内容（1/7）

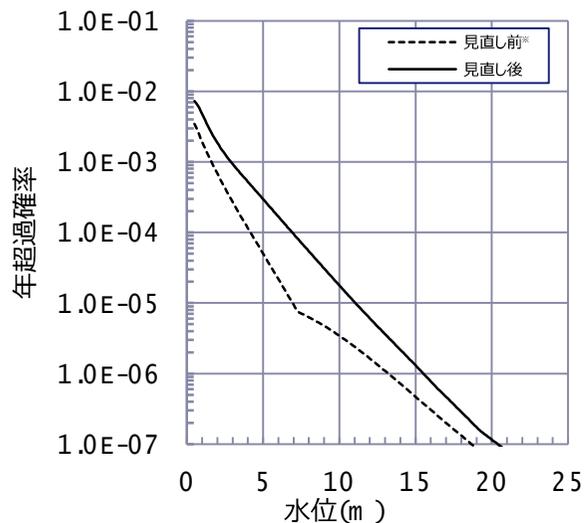
津波ハザード評価の見直し

■算術平均曲線の見直し

- 算術平均曲線については、第142回審査会合時（平成26年9月30日）から見直しを行っており、そのハザード評価の比較を以下に示す。見直されたハザード評価については、第671回審査会合（平成31年1月18日）において、「概ね妥当な検討がなされた」と評価されたものである。

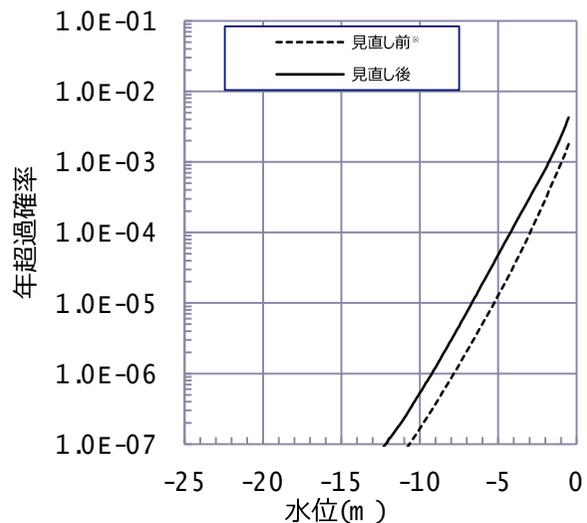
■水位上昇側

施設護岸又は防波壁

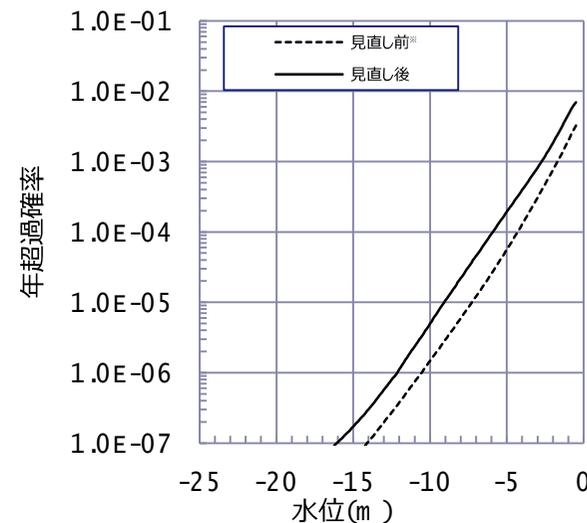


■水位下降側

2号炉取水口



2号炉取水槽



算術平均曲線

※第142回審査会合（平成26年9月30日）資料3-2にて説明

1.6 津波PRAの見直し内容（2/7）

津波ハザード評価の見直し

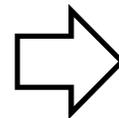
■ 津波ハザード評価の見直しにおける主な変更項目（1/3）

● 評価対象波源の変更

- 日本海東縁部の波源については，土木学会（2011）の活動域区分（E0～E3領域）に加え，基準津波策定の際の議論を踏まえ，全体ハザードへの寄与が高いと考えられる波源モデル（地震発生領域の連動を考慮した波源モデル（350kmモデル）及び地方自治体独自の波源モデル）を追加。
- 海域活断層の波源については，土木学会（2011）に示されるスクリーニングを実施し，全体ハザードへの寄与度の高いと考えられるF-Ⅲ～F-V断層を選定。

見直し前※

波源	
日本海東縁部	E0領域
	E1領域
	E2領域
	E3領域
海域活断層	F-Ⅲ～F _K -2断層
	K-4～K-7撓曲
	太田沖断層
	鳥取沖西部断層
	鳥取沖東部断層
	F _K -1断層



見直し後

波源	
日本海東縁部	E0領域
	E1領域
	E2領域
	E3領域
	地震発生領域の連動を考慮した波源
	鳥取県（2012）
	秋田県（2013）
	石川県（2012）・福井県（2012）
	島根県（2012）
	山口県（2012）
海域活断層	F-Ⅲ～F-V断層

※第142回審査会合（平成26年9月30日）資料3-2にて説明

1.6 津波PRAの見直し内容（3/7）

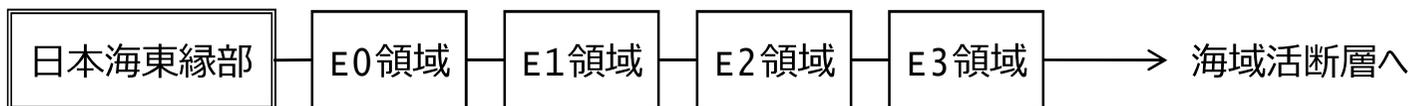
津波ハザード評価の見直し

■ 津波ハザード評価の見直しにおける主な変更項目（2/3）

● ロジックツリーの変更

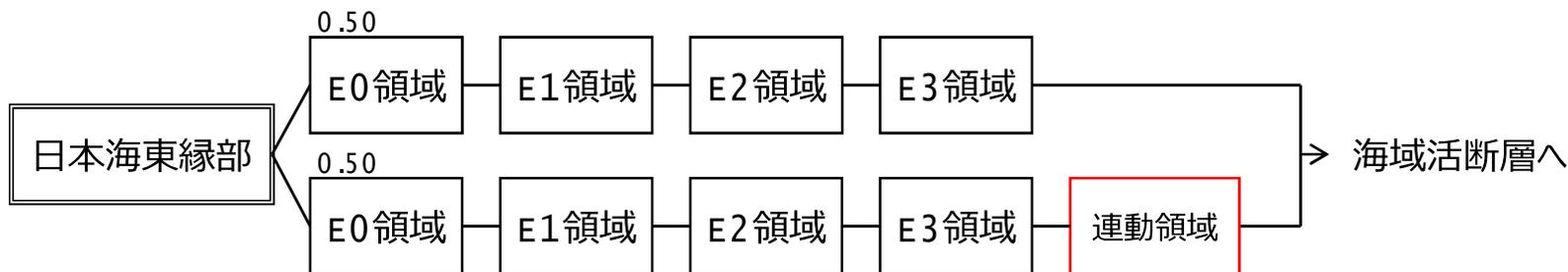
- 日本海東縁部については、土木学会（2011）の活動域区分（E0～E3領域）に加え、基準津波策定の際に考慮した波源モデル（地震発生領域の連動を考慮した波源モデル（350kmモデル）及び地方自治体独自の波源モデル）を連動領域としてロジックツリーに追加。

〈見直し前※〉



※第142回審査会合（平成26年9月30日）資料3-2にて説明

〈見直し後〉



連動領域 : 第142回審査会合時（平成26年9月30日）からの変更箇所

1.6 津波PRAの見直し内容（4/7）

津波ハザード評価の見直し

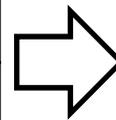
■ 津波ハザード評価の見直しにおける主な変更項目（3/3）

● ロジックツリーの変更

➤ 海域活断層については、基準津波策定の際に考慮したパラメータを反映し、ロジックツリーを設定。

見直し前※

パラメータ	設定内容
断層長さ・傾斜方向	F-Ⅲ～F _K -2断層の長さを51.5kmと設定し、断層の傾斜方向は北傾斜と南傾斜に設定
傾斜角	土木学会（2011）に示される45°～90°に基づき、上限値、下限値及び中央値の45°、67.5°、90°に設定
断層上縁深さ	土木学会（2011）に示される0～5kmに基づき、0kmに設定



見直し後

パラメータ	設定内容
断層長さ・傾斜方向	設置変更許可申請以降に実施した海上音波探査による結果（F-Ⅲ～F _K -2断層の名称をF-Ⅲ～F-V断層に変更）より、断層長さは48.0km、断層の傾斜方向は南傾斜に設定
傾斜角	基準津波策定の際に検討を実施した45°、60°、75°、90°に設定
断層上縁深さ	基準津波策定の際に検討を実施した0、2、5kmに設定

※第142回審査会合（平成26年9月30日）資料3-2にて説明

1.6 津波PRAの見直し内容（5/7） 評価結果の前後比較

■炉心損傷頻度評価結果（事故シーケンスグループ別）

- 見直し前の評価では、EL15m～20mの津波襲来時に「高圧・低圧注水機能喪失」及び「崩壊熱除去機能喪失」が発生すると扱っていた。しかし、これは、次頁以降に示すとおり、EL20m津波襲来時の浸水解析で保守的な扱いをしたことにより、海水ポンプエリアへの浸水に伴う補機冷却系喪失が発生し、炉心損傷に至るとしたためであり、見直し前、見直し後ともに、実態的にはEL20m津波では炉心損傷に至らないという結果に変わりはない。
- EL20m超過津波襲来時は「直接炉心損傷に至る事象」とし、その炉心損傷頻度は、津波ハザード見直しに伴い、見直し前の $5.7E-08$ /炉年から、見直し後は $1.2E-07$ /炉年に増加した。

見直し前^{※1}の津波PRA階層イベントツリー

津波	直接炉心損傷に至る事象	補機冷却系喪失	事故シーケンス	最終状態
	津波高さ EL20m未満	津波高さ EL15m未満	炉心損傷なし	炉心損傷なし
		津波高さ EL15m以上	補機冷却系喪失	補機冷却系喪失へ
	津波高さ EL20m以上		直接炉心損傷に至る事象	※2

見直し後の津波PRA階層イベントツリー

津波	直接炉心損傷に至る事象	事故シーケンス	最終状態
	津波高さ EL20m以下	炉心損傷なし	炉心損傷なし
		直接炉心損傷に至る事象	※2
	津波高さ EL20m超過		

事故シーケンスグループ別の炉心損傷頻度の見直し前後比較

事故シーケンスグループ	見直し前 ^{※1}	見直し後
	炉心損傷頻度（/炉年）	炉心損傷頻度（/炉年）
高圧・低圧注水機能喪失	$3.5E-09$	—
崩壊熱除去機能喪失	$4.1E-07$	—
直接炉心損傷に至る事象	$5.7E-08$	$1.2E-07$
合計	$4.7E-07$	$1.2E-07$

※1 第250回審査会合（平成27年7月16日）資料3-4-2にて説明 ※2 緩和設備の広範な喪失につながる可能性があるため、炉心損傷直結事象として整理する

1.6 津波PRAの見直し内容（6 / 7） （参考）見直し前の浸水解析結果

■見直し前の浸水解析結果（1 / 2）

- 見直し前の評価では，EL20m 津波襲来時の海水ポンプエリア近傍の浸水深は0.5～1.0m 未満であり，防水壁により海水ポンプエリアへ浸水することはないが，以下に示す保守的な扱いにより海水ポンプエリアへ浸水するとしていた。
 - 見直し前の保守的な扱い
EL20m 津波の浸水解析（次頁参照）より，流れに正対するタービン建物外壁で発生した敷地内最大浸水深（約2.1m）が敷地内全域に発生するという評価により，海水ポンプエリアが浸水し炉心損傷に至るものと扱っていた。（今回はこれを見直し，各々の屋外構築物まわりの浸水深により個別に評価）

見直し前のEL20m 津波時の屋外構築物まわりの最大浸水深と機能喪失浸水深の比較※1

屋外構築物	敷地高	浸水深	最大浸水深	機能喪失浸水深※2	健全性
海水ポンプエリア防水壁	EL8.5m	1.0m	EL10.5m ※4 (EL9.5m)	EL10.8m	※5
タービン建物外壁		約2.1m ※3	EL12.7m ※4 (EL10.6m)	EL15.0m	○
タービン建物水密扉				EL15.0m	○

※1：第250回審査会合（平成27年7月16日）資料3-4-1にて説明した内容を一部修正

※2：設計時に考慮した静水圧に対する許容浸水深

※3：敷地内最大浸水深

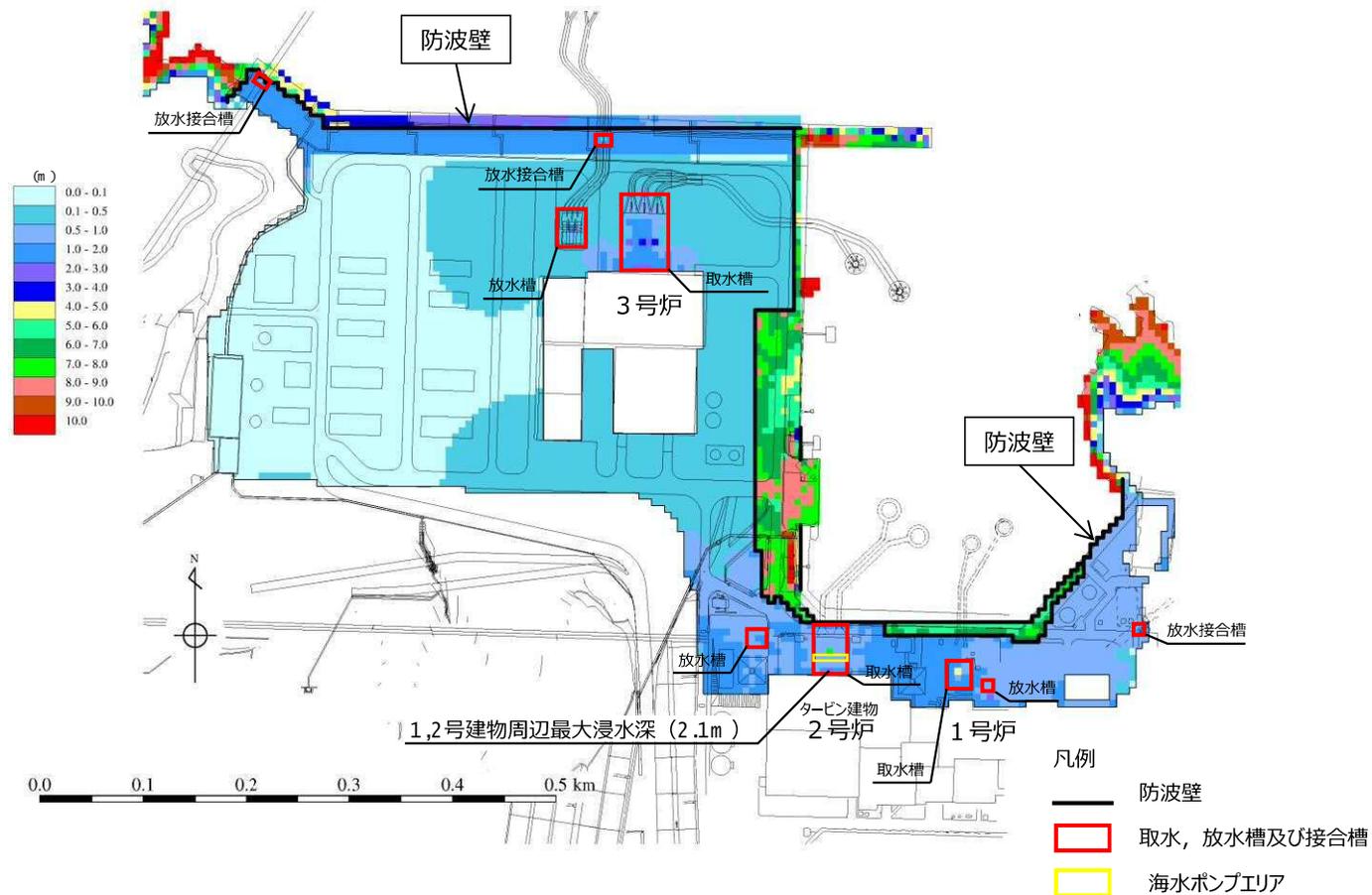
※4：防波壁を越波する津波の波力を考慮した静水圧（波力として浸水深の2倍を考慮）

※5：第250回審査会合（平成27年7月16日）資料3-4-1では，敷地内最大浸水深（約2.1m）により海水ポンプエリア防水壁の健全性を確認した結果，防波壁を越波する津波の波力を考慮した最大浸水深（EL12.7m）が機能喪失浸水深（EL10.8m）を超えたため，防水壁が機能喪失するものと扱っていた。

1.6 津波PRAの見直し内容（7/7） （参考）見直し前の浸水解析結果

■見直し前の浸水解析結果（2/2）

- 敷地内最大浸水深は2.1m だが、海水ポンプエリア近傍（図の黄色枠付近）の浸水深は0.5～1.0m 未満である。



2. 審査会合での指摘事項に対する回答（1 / 12）

- 指摘事項（第142回審査会合（平成26年9月30日））
漂流物の影響について詳細に説明すること。

- 回答

- 漂流物の影響については、炉心損傷頻度の評価に有意な影響を与えるものではないと判断した。
- 漂流物の影響について、区分毎（発電所構内（海域・陸域）、発電所構外（海域・陸域））の評価結果を以下に示す。

- 発電所構内（海域）

発電所構内（海域）における漂流物になり得る物としては、発電所に来航する船舶が挙げられるが、図1に示すとおり、地震発生後、数分で到達する海域活断層に想定される地震による津波は、年超過確率 $1.0E-07$ /炉年においても施設護岸における水位はEL5m未満であり、EL8.5mの敷地への浸水はないため、仮に燃料等輸送船が漂流物となった場合においても、炉心損傷に有意な影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

また、日本海東縁部に想定される地震による津波は、地震発生後、発電所到達まで約110分程度の時間を要するため、燃料等輸送船は十分に退避可能であり、漂流物となる可能性は十分に小さい。図2に津波の到達と緊急退避に要する時間との関係を示す。

2. 審査会合での指摘事項に対する回答 (2 / 12)

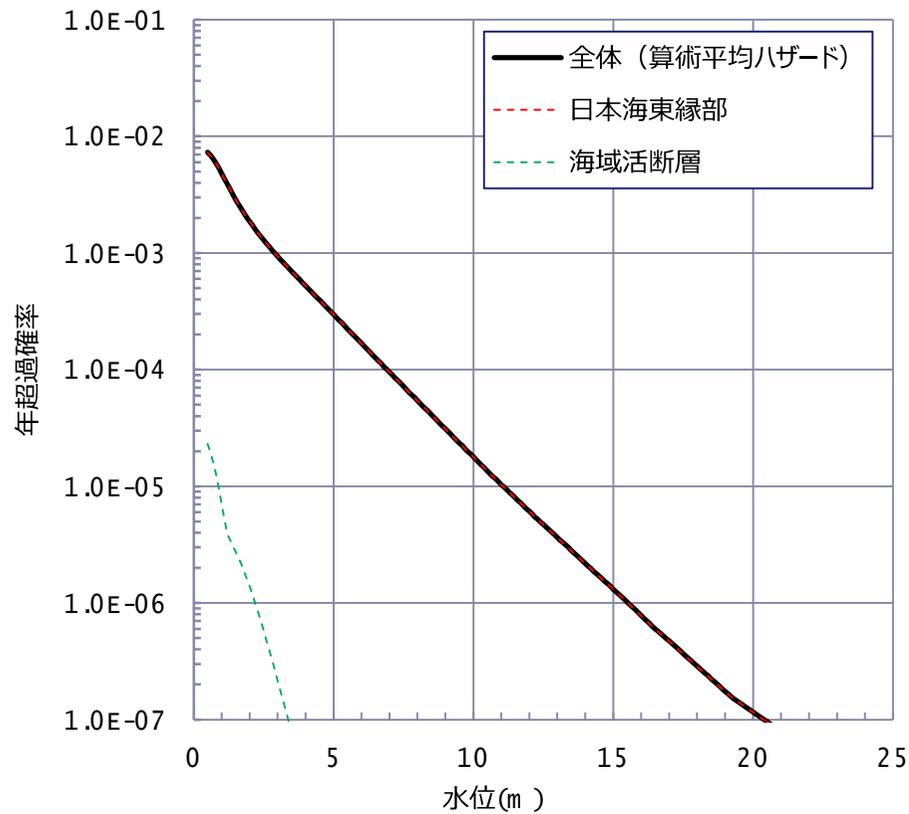


図1 施設護岸における津波水位に対する年超過確率

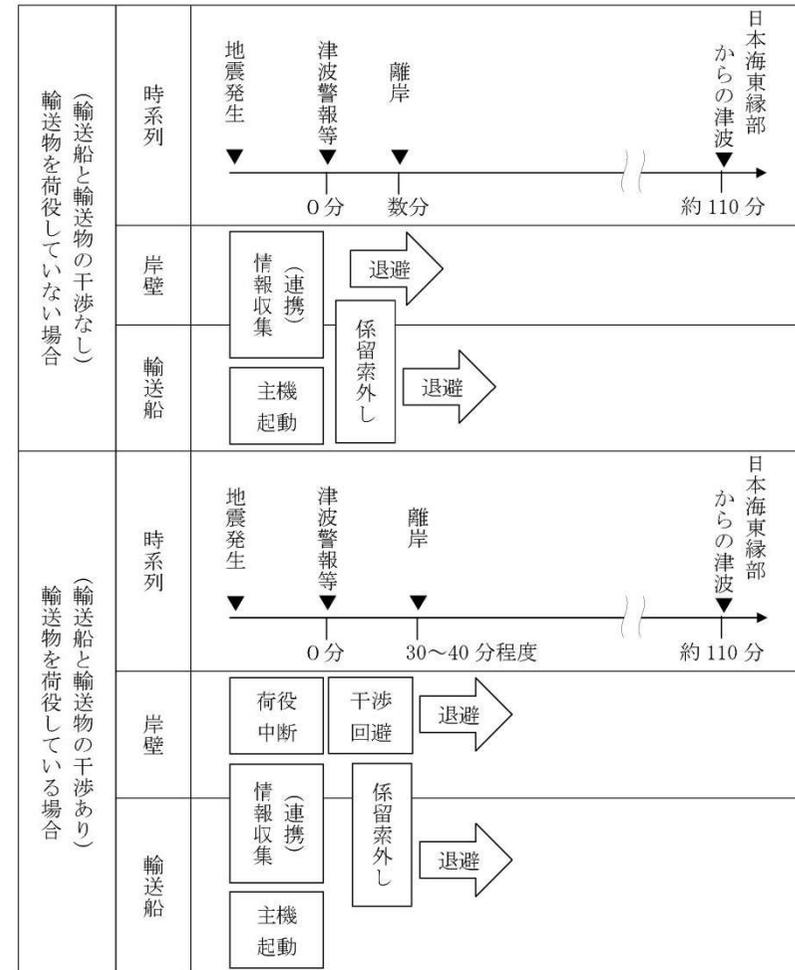


図2 津波の到達と緊急退避に要する時間との関係

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（3 / 12）

● 発電所構内（陸域）

プラントウォークダウンにより発電所構内で漂流物となる可能性のある主要な設備が抽出されたが、表 1 に示すとおり、防波壁の健全性に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

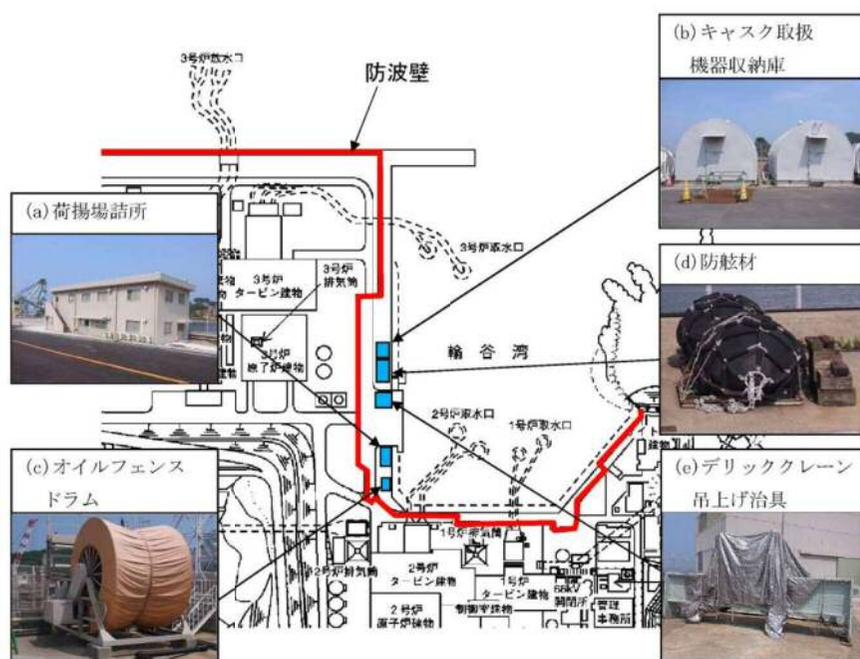


図3 防波壁の外側にある敷地内構築物及び設置物

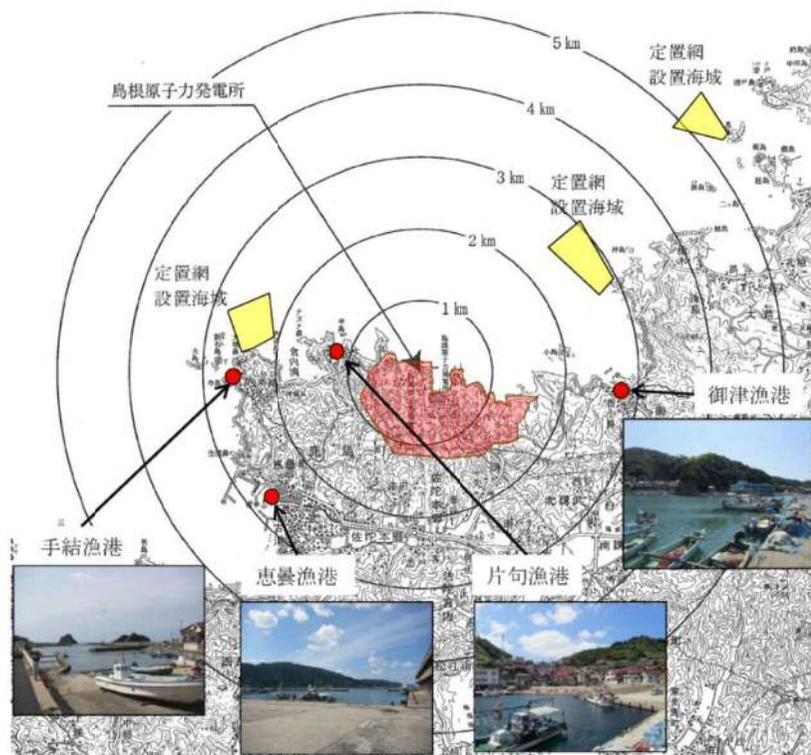
表 1 敷地内構築物及び設置物の評価結果

	設備 (設置高さ)	概略寸法及び 概算重量	評価結果
(a)	荷揚場詰所 (EL 6.0m)	(縦) 8.6m× (横) 18.1m× (高さ) 6.5m	詰所は鉄骨造であり、詰所内の事務機器等が防波壁に衝突した場合でも防波壁の健全性に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
(b)	キャスク取扱 機器収納庫 (EL 6.0m)	(縦) 7.8m× (横) 4.6m× (高さ) 4.5m (重量) カバー部 : 4.3t 定盤部 : 7.9t	定盤部は重量物でありコンクリート基礎部にアンカーボルトで固定されているため、漂流物となる可能性は十分に小さい。カバー部は漂流物となる可能性があるが、防波壁の健全性に影響を及ぼす可能性は小さい。
(c)	オイルフェンス ドラム (EL 6.0m)	(縦) 5.2m× (横) 3.0m× (高さ) 3.9m (重量) 本体 : 2.6t オイルフェンス : 0.8t	コンクリート基礎部にアンカーボルトで固定された構造物で、鋼製の本体とオイルフェンスからなる。重量物であり津波で押し流された場合でも、防波壁のある EL8.5m 盤に乗り上げて防波壁の健全性に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
(d)	防舷材 (EL 6.0m)	(縦) 2.5m× (横) 1.3m× (高さ) 1.3m (重量) 0.6t	船舶等の接舷時の衝撃を和らげるための緩衝材であり、津波時には浮き上がる可能性があるが、用途から考えて防波壁に衝突しても防波壁の健全性に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。
(e)	デリッククレーン 吊上げ治具 (EL 6.0m)	(縦) 5.7m× (横) 0.7m× (高さ) 1.9m (重量) 8t	鋼製構造物の重量物であり津波で押し流された場合でも、防波壁のある EL8.5m 盤に乗り上げて防波壁の健全性に影響を及ぼす可能性は十分に小さい。

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（4 / 12）

● 発電所構外（海域・陸域）

基準津波による流向・流速より、漂流物調査範囲は2km、漂流物到達範囲は1kmとしている。この評価は基準津波の1波による移動量（約450m）に対して2倍以上の余裕を考慮して設定したものであり、津波PRAで想定するEL20m津波に対しても適用できるものと考えている。表1に示す漂流物調査結果のとおり、発電所周辺の施設・設備が発電所へ漂流物として到達する可能性は十分小さい。



発電所構外図

表1 漂流物調査結果

施設・設備	調査結果
船舶 (漁船等)	発電所から1km 以遠にある片句漁港には12t未満の漁船が40隻程度あるが、発電所から1km 離れており、また、発電所沖合を航行中の船舶が津波によって漂流する可能性は十分に小さく、発電所への漂流物とはならない。
建物・構築物等	発電所から1km 以遠にある片句漁港周辺に家屋、車両等があるが、発電所から1km 離れており、発電所へ漂流物として到達する可能性は十分小さい。
定置網	発電所2km の海域には定置網の設置海域はない。

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（5 / 12）

■ 指摘事項（第142回審査会合（平成26年9月30日））

漏水による敷地内浸水時の水密扉の浸水防止機能への期待の有無と、期待する場合は水密扉の誤開放の可能性について、P R Aでどのように考慮しているか説明すること。

■ 回答

➤ 津波時に浸水経路となる可能性のある水密扉としてタービン建物水密扉及び海水ポンプエリア水密扉を抽出している。これらは通常時閉運用としており、また以下により「扉設置場所での“開”状態の認知性向上」及び「中央制御室での開閉状態の監視」を実施している。

- ・ 警報ブザーを扉設置場所に設置する。
- ・ 中央制御室に警報ブザーを設置する。

➤ 上記の運用に加え、以下の検討により、これらの水密扉は誤開放の可能性が十分小さいと考え、EL20m 以下の津波に対しては水密扉の浸水防止機能に期待している。

- タービン建物水密扉：EL20m の津波襲来時に浸水経路となり得るタービン建物水密扉のうち、を除く水密扉はまた、については、EL20m 津波時の浸水高EL9.5m に対して扉下端高さはEL12.5m であるため、津波高さEL20m 以下の津波襲来時には浸水経路にならない。
- 海水ポンプエリア水密扉：津波ハザードの寄与が大きいのは日本海東縁部からの津波であり、日本海東縁部からの津波の場合、地震発生後、津波の発電所到達までに約110分程度の時間を要する。このため、巡視点検時等での短時間の扉開放時に津波が発生したとしても、確実に水密扉を閉止できると考えられる。さらに、異区分の海水ポンプエリアは分離されているため、仮に当該区分の海水ポンプが機能喪失した場合でも、健全側の海水ポンプの区分の緩和系により事象を収束することができる。

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（6 / 12）

- 指摘事項（第142回審査会合（平成26年9月30日））
津波が防潮壁を越える可能性を踏まえて、防護壁の設計の妥当性について説明すること。

- 回答

- 防波壁を越える津波としてEL20m 津波を設定し、EL20m 津波による敷地内最大浸水高に対して原子炉補機海水ポンプ等が機能喪失に至らない設計及び建物内に津波が浸水しない設計としている。EL20m 津波時の最大浸水高さと機能喪失浸水高の比較を表1に示す。

表1 屋外構築物まわりの最大浸水高と機能喪失浸水高の比較

津波高さ	屋外構築物	敷地高	浸水深	最大浸水高	機能喪失浸水高※1	健全性
EL20m	除じん機エリア防水壁	—	—	EL12.1m ※2	EL12.3m	○
	海水ポンプエリア防水壁	EL8.5m	1.0m ※3	EL10.5m ※4 (EL9.5m)	EL10.8m	○
	海水ポンプ給気エリア防水壁				EL10.8m	○
	海水ポンプエリア水密扉				EL10.8m	○
	タービン建物外壁				EL15.0m	○
	タービン建物水密扉				EL15.0m	○
	起動変圧器前防水壁				EL15.0m	○

※1：設計時に考慮した静水圧に対する許容浸水高

※2：管路計算による取水槽内の最大津波高さ

※3：EL20m 津波による浸水解析結果を基に設定した値

※4：防波壁を越波する津波の波力を考慮した静水圧（波力として浸水深の2倍を考慮）

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（7 / 12）

■ 指摘事項（第142回審査会合（平成26年9月30日））

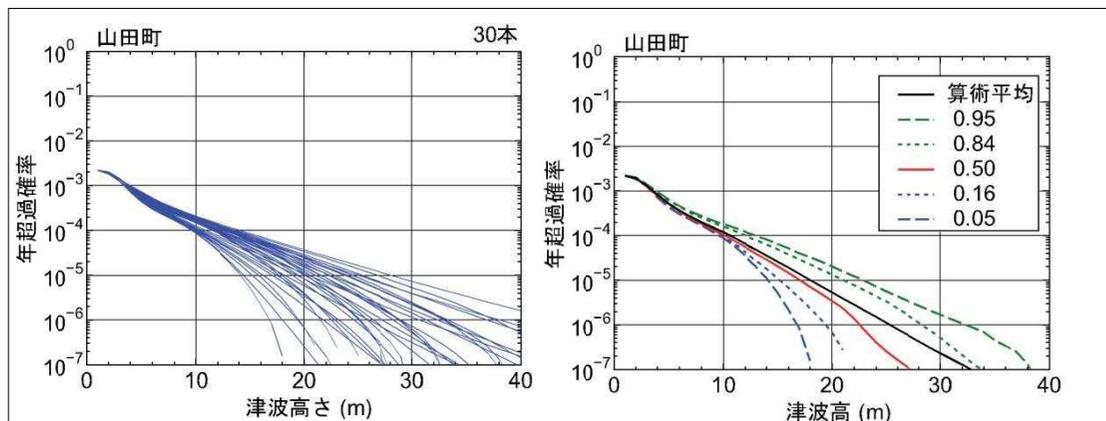
津波ハザード曲線の平均曲線が、80～90%フラクタイル曲線に偏っている理由を説明すること。

■ 回答

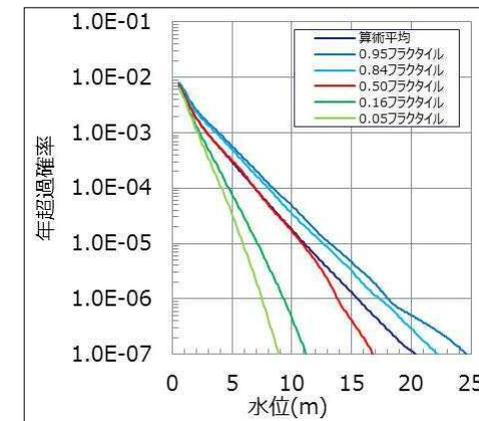
- フラクタイル曲線は、各地点において、ある津波高さに達する頻度がどの程度あるか（年超過確率）であり、これを超えないとみなす専門家のコンセンサスがどの程度の割合で得られるかをパラメータとして整理したものである（例えば、5割の人がこれより小さいと認めるような年超過確率を示した曲線を50%フラクタイルという）。

（例）50%フラクタイル曲線の作成について

- ①多数のハザード曲線に対し、水位 h_i について、確率が小さい曲線から順次パスの重みを足した時の和が0.5の時、年超過確率 $P(h_i)0.5$ が求まる。
 - ②水位 h_i を順次とり、プロットすることにより50%フラクタイル曲線ができる。
- 平均曲線（算術平均曲線）は、任意の水位における確率を足し合わせ、平均化した曲線であり、確率の高いハザード曲線に引きずられる特性を持っている。
 - 以上より、水位が大きくなり信頼度別フラクタイル曲線の差が大きくなると平均曲線は信頼度の高い曲線に偏りやすいため、島根原子力発電所における年超過確率の平均曲線（算術平均曲線）は信頼度の高い曲線に偏っている。



ハザード曲線、フラクタイル曲線と算術平均曲線（土木学会（2016）より引用）



島根原子力発電所におけるフラクタイル曲線と算術平均曲線

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（8 / 12）

■ 指摘事項（第142回審査会合（平成26年9月30日））

津波の発生源に関して、海底地滑りとの重畳について説明すること。

■ 回答

- 確率論的津波ハザード評価は、日本原子力学会（2012）、土木学会（2011）及び土木学会（2016）を踏まえて実施する。
- 本評価では、断層運動が直接の原因で生じる津波を対象とし、海底地すべり等による津波については、発生頻度等を設定することが難しいため、評価に含めていない。
- なお、海底地すべりに起因する津波の施設護岸における上昇側の評価水位はEL+ 4.1m であり、敷地高さであるEL+ 8.5m に比べて小さい。

1. 評価方針

4

- ・確率論的津波ハザード評価（以降、津波ハザード評価という）は、日本原子力学会（2012）⁽¹⁾、土木学会（2011）⁽²⁾及び土木学会（2016）⁽³⁾を踏まえて実施する。
- ・本評価では、断層運動が直接の原因で生じる津波を対象とし、海底地すべり等による津波については、発生頻度等を設定することが難しいため、評価に含めていない。
- ・なお、日本原子力学会（2012）では、津波を起因とした確率論的リスク評価（津波PRA）は地震そのものによる安全機能等への影響の考慮は適用範囲外としていることから、津波ハザード評価においても同様の考え方により、防波堤有りケースを基本とした評価を実施する。

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（9 / 12）

■ 指摘事項（第142回審査会合（平成26年9月30日））

津波に伴う砂の堆積が海水の取水性へ与える影響について、定量的に説明すること。

■ 回答

- 島根原子力発電所前面海域には砂の分布はほとんどない（P.31参照）。
- 基準津波 1 による取水口位置における最大堆積厚さは、高橋ほか（1999）の浮遊砂上限濃度 1%の0.02m であり、海底面から取水口呑口下端までの高さ（5.50m）に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認した（P.32参照）。
- 基準津波 1 による取水槽における最大堆積厚さは、0.02m となり、取水槽底面から補機海水ポンプ下端までの高さ（0.50m）に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認した（P.33参照）。
- 更に、大津波来襲により取水槽水位がEL - 3m 以下となった場合には循環水ポンプを停止することとしており、この場合の取水槽における砂の堆積厚さは何れのケースでも0.00m である（P.33参照）。

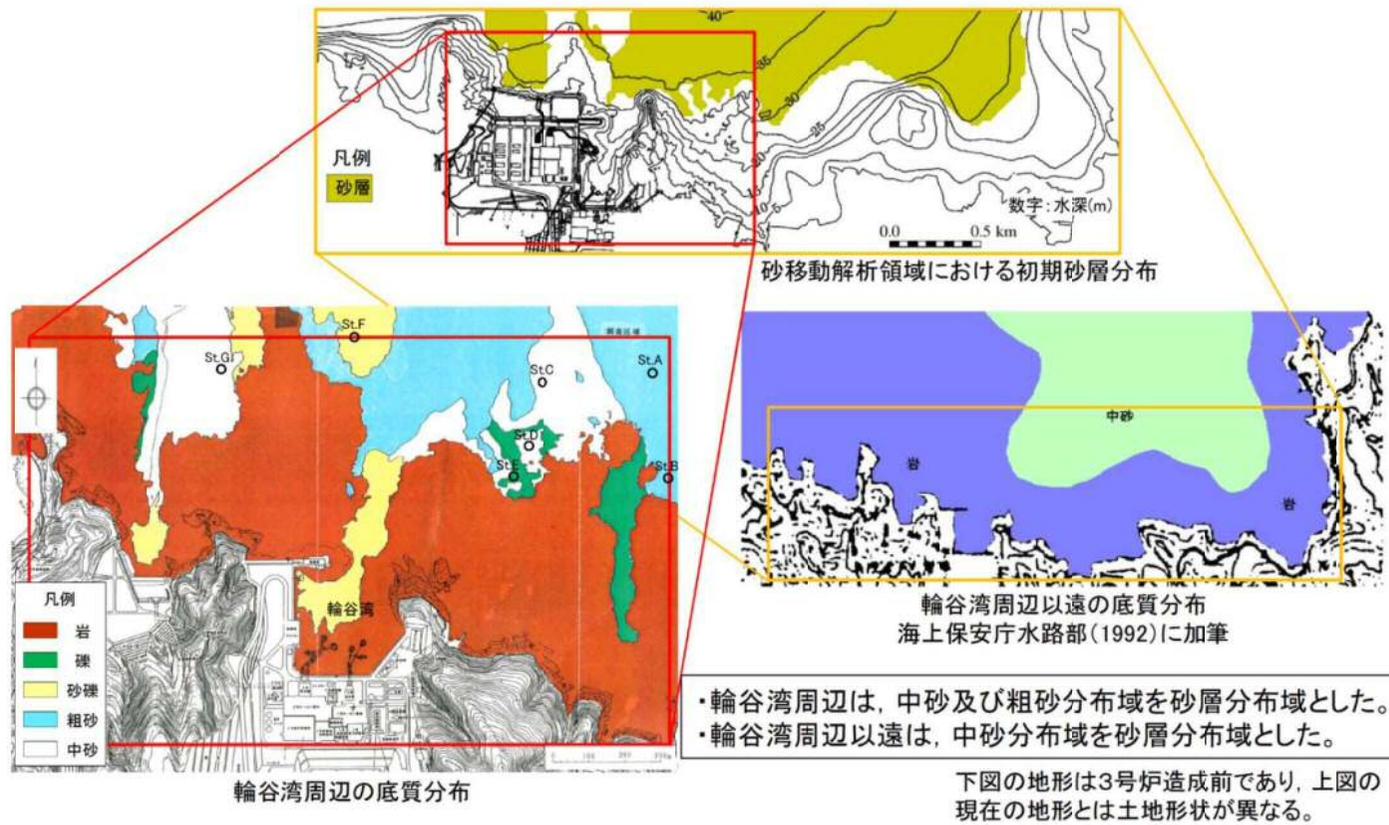
2. 審査会合での指摘事項に対する回答 (10 / 12)

2. 砂移動評価(取水口周辺)

2.2 計算条件(初期砂層分布)

6

・砂移動解析領域における初期砂層分布は、輪谷湾周辺は当社による底質調査結果、輪谷湾周辺以遠は海上保安庁水路部(1992)^(B)による底質調査結果を参照し設定した。



2. 審査会合での指摘事項に対する回答（11 / 12）

2. 砂移動評価(取水口周辺)

2.3 評価結果 まとめ

8

・基準津波を評価対象として、砂移動の数値シミュレーションを実施した結果のうち、取水口位置における最大堆積厚さを下表に示す。

基準津波	波源	防波堤の有無	砂移動モデル	浮遊砂上限濃度	取水口堆積層厚さ(m) ^{※1}		評価結果図	
					2号炉取水口(東)	2号炉取水口(西)	堆積浸食分布図等	時刻歴波形
基準津波1	地方自治体独自の波源モデルに基づく検討(鳥取県(2012))	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P9	P25
				5%	0.00	0.00	P9	P26
			高橋ほか(1999)	1%	0.02[0.020]	0.02[0.011]	P10	P27
		無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P11	P28
				5%	0.00	0.00	P11	P29
			高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P12	P30
基準津波2	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P13	P31
				5%	0.00	0.00	P13	P32
基準津波3	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	有	高橋ほか(1999)	1%	0.01	0.00	P14	P33
				藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P15
基準津波4	土木学会に基づく検討(F-Ⅲ～F-V断層)	有	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P15	P35
				5%	0.00	0.00	P15	P36
基準津波5	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	有	高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P16	P37
				5%	0.00	0.00	P17	P38
基準津波6	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P17	P39
				5%	0.00	0.00	P17	P40
基準津波7	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P18	P41
				5%	0.00	0.00	P19	P42
基準津波8	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P19	P43
				5%	0.00	0.00	P21	P44
基準津波9	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P21	P45
				5%	0.00	0.00	P22	P46
基準津波10	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00	P22	P47
				5%	0.00	0.00	P23	P48
基準津波11	地震発生領域の連動を考慮した検討(断層長さ350km)	無	高橋ほか(1999)	1%	0.00	0.00	P23	P49
				5%	0.00	0.00	P24	P50

※1 計算結果は小数第3位で切り上げて示す。

・取水口位置における最大堆積厚さは、基準津波1での高橋ほか(1999)の浮遊砂上限濃度1%の2号炉取水口(東)において0.02mであり、海底面から取水口呑口下端までの高さ(5.50m)^{※2}に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認した。

※2 海底面:T.P.-18.00m, 取水口呑口下端:T.P.-12.50m (P2参照)

2. 審査会合での指摘事項に対する回答（12 / 12）

3. 砂移動評価(取水槽)

3.3 評価結果 まとめ

・基準津波を評価対象として、高橋ほか(1999)の手法に基づき数値シミュレーションを実施し、取水槽における砂の堆積厚さを算定した。

波源	上昇側・下降側	防波堤の有無	ポンプ 運転状況	砂移動モデル	浮遊砂 上限濃度	取水槽における 砂の堆積厚さ(m) ^{※1}	評価結果図
							時刻歴波形
基準津波1	上昇側	有	運転	高橋ほか (1999)	1%	0.02[0.0161]	P53
			停止			0.00	P53
		無	運転			0.01	P54
			停止			0.00	P54
	下降側	有	運転			0.02[0.0162]	P55
			停止			0.00	P55
		無	運転			0.01	P56
			停止			0.00	P56
基準津波2	上昇側	有	運転	0.01	P57		
			停止	0.00	P57		
基準津波3	下降側	有	運転	0.01	P58		
			停止	0.00	P58		
基準津波4	下降側	有	運転	0.00	P59		
			停止	0.00	P59		
		無	運転	0.00	P60		
			停止	0.00	P60		
基準津波5	上昇側	無	運転	0.00	P61		
			停止	0.00	P61		
基準津波6	下降側	無	運転	0.00	P62		
			停止	0.00	P62		

※1 計算結果は小数第3位で切り上げて示す。

・取水槽における最大堆積厚さは、基準津波1(水位下降側)で0.02mとなり、取水槽底面から補機海水ポンプ下端までの高さ(0.50m)
※2に対して十分に小さく、取水への影響はないことを確認した。

※2 取水槽底面高さ:T.P.-9.80m, 補機海水ポンプ下端:T.P.-9.30m(P2参照)

第662回審査会合(平成30年12月14日)資料2-1にて説明

循環水ポンプ運転時の取水量: 59m³/s, 停止時の取水量: 2.3m³/s