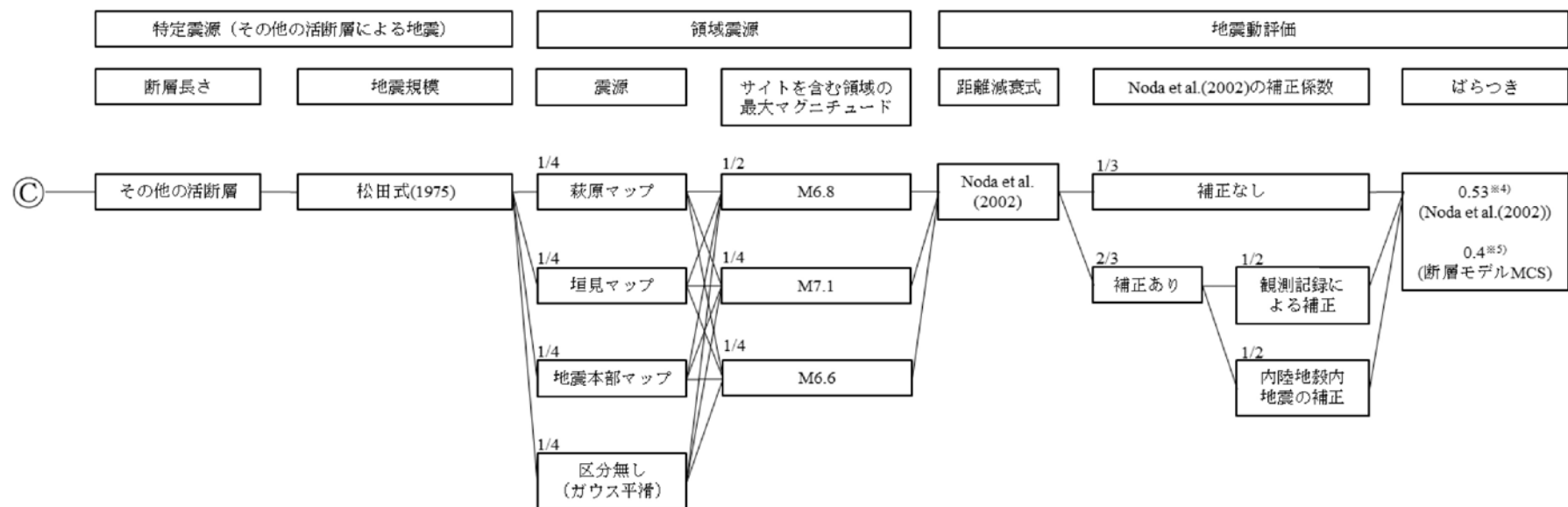
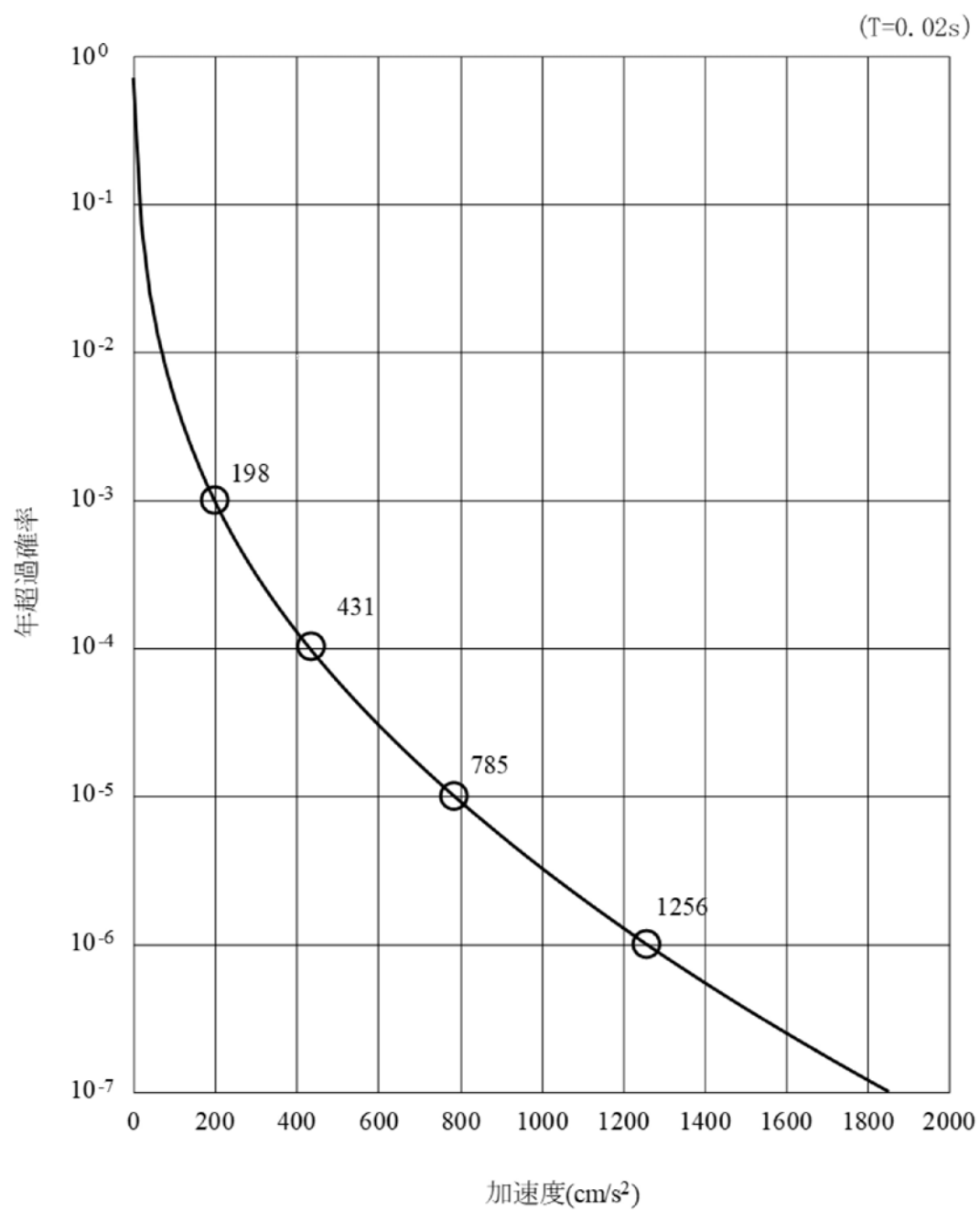




※4) ばらつきの設定値は、Noda et al(2002)の評価式とそのデータベースとした地震観測記録とのばらつき幅(全周期帯で平均した自然対数標準偏差)。
ばらつきの打ち切りは行わない。

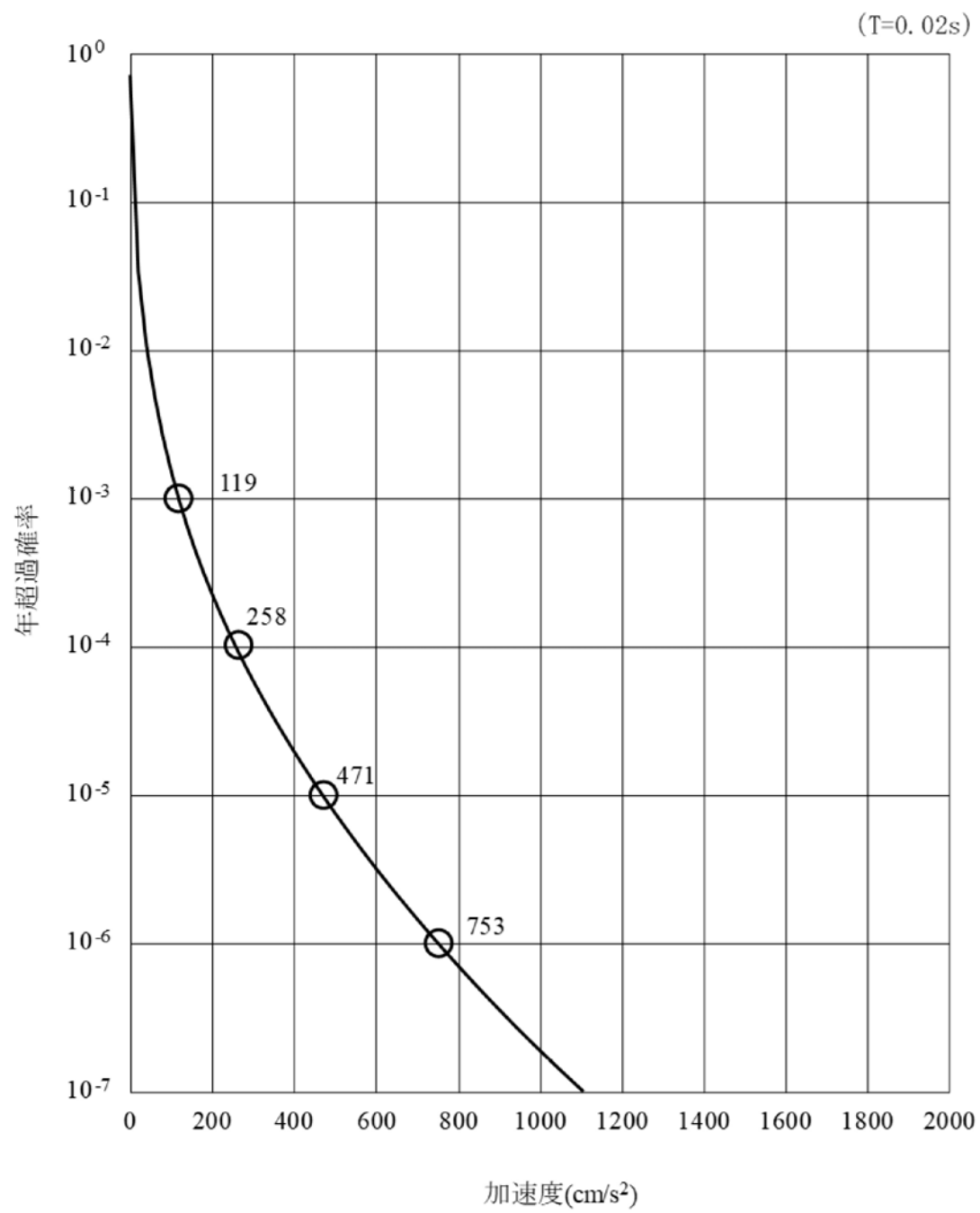
※5) 断層パラメータの不確実さに伴う地震動評価結果のばらつき。ばらつきの打ち切りは行わない。

第3.1.3.3-15図 設定したロジックツリー (4/4)

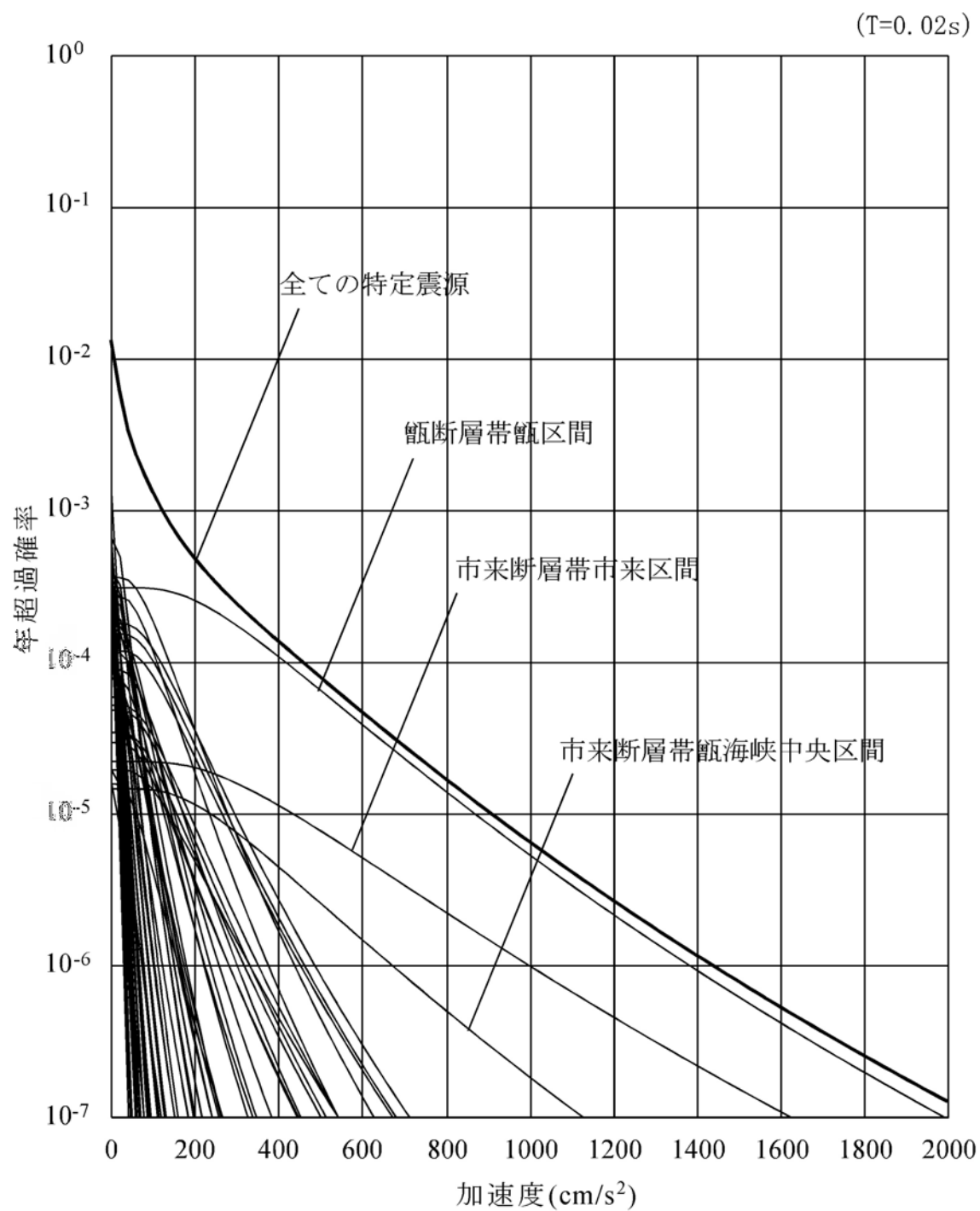


(水平方向)

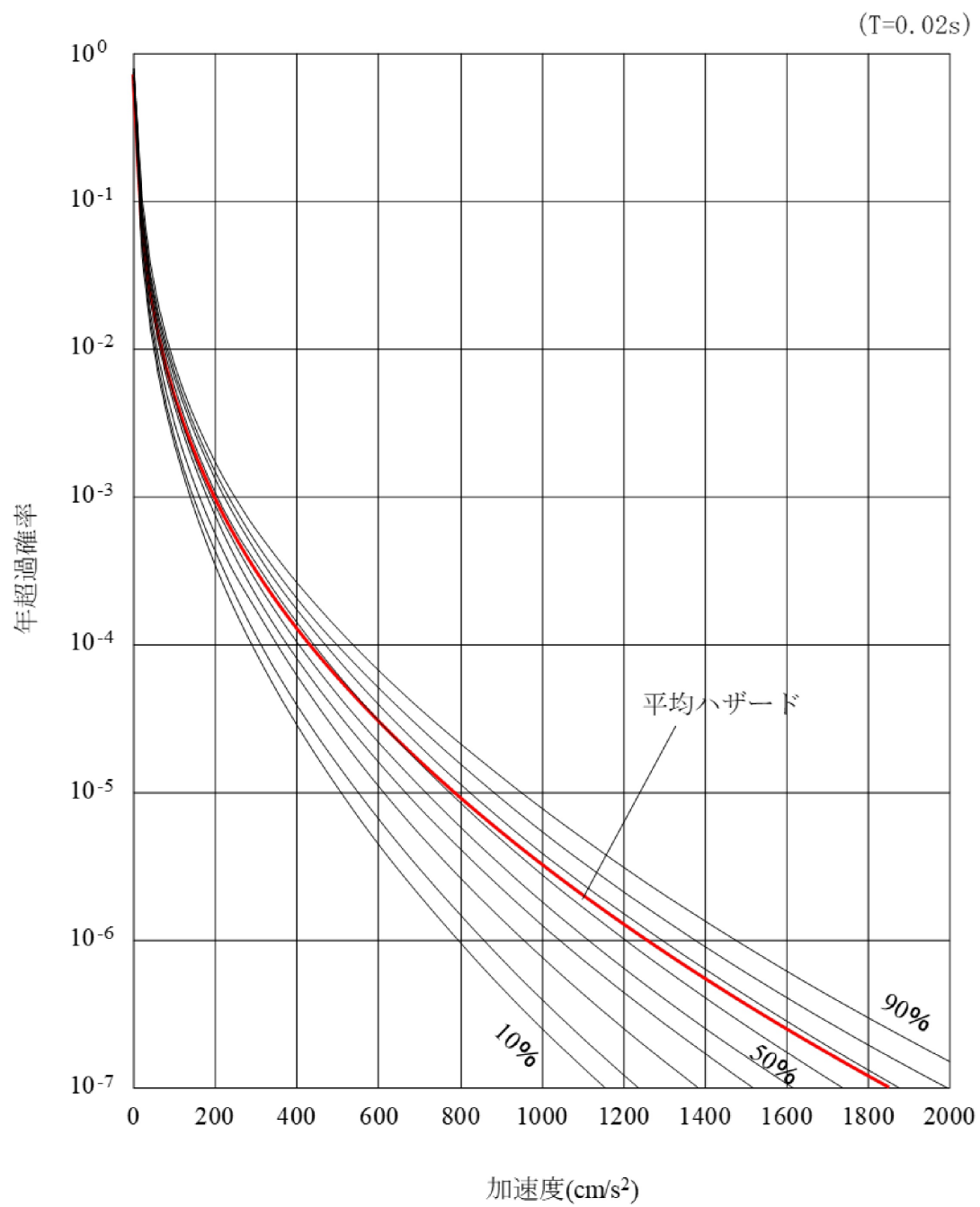
第3.1.3.3-16図 平均地震ハザード曲線(1/2)



第3.1.3.3-16図 平均地震ハザード曲線 (2/2)

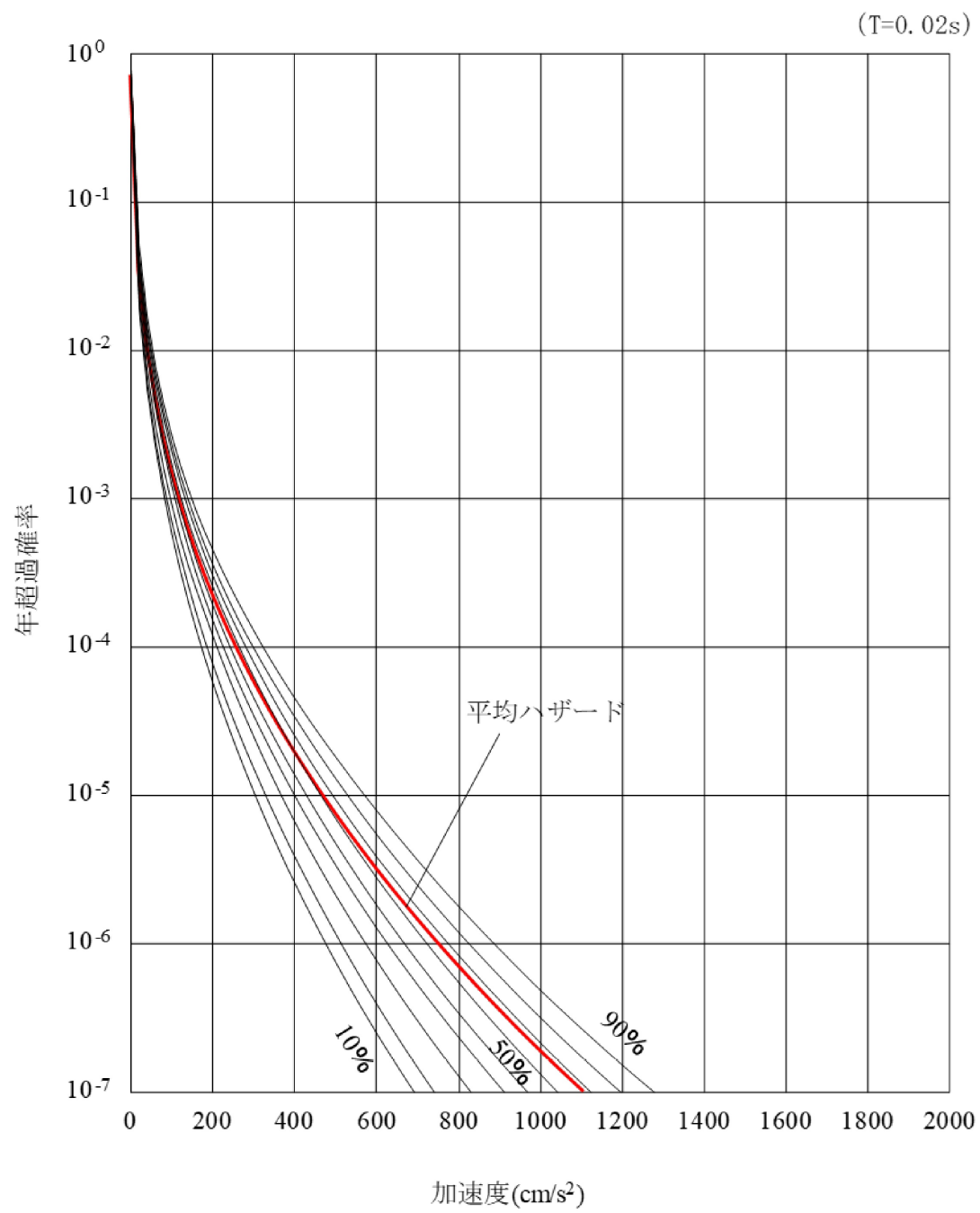


第3.1.3.3-17図 特定震源モデルによる地震ハザード曲線の内訳



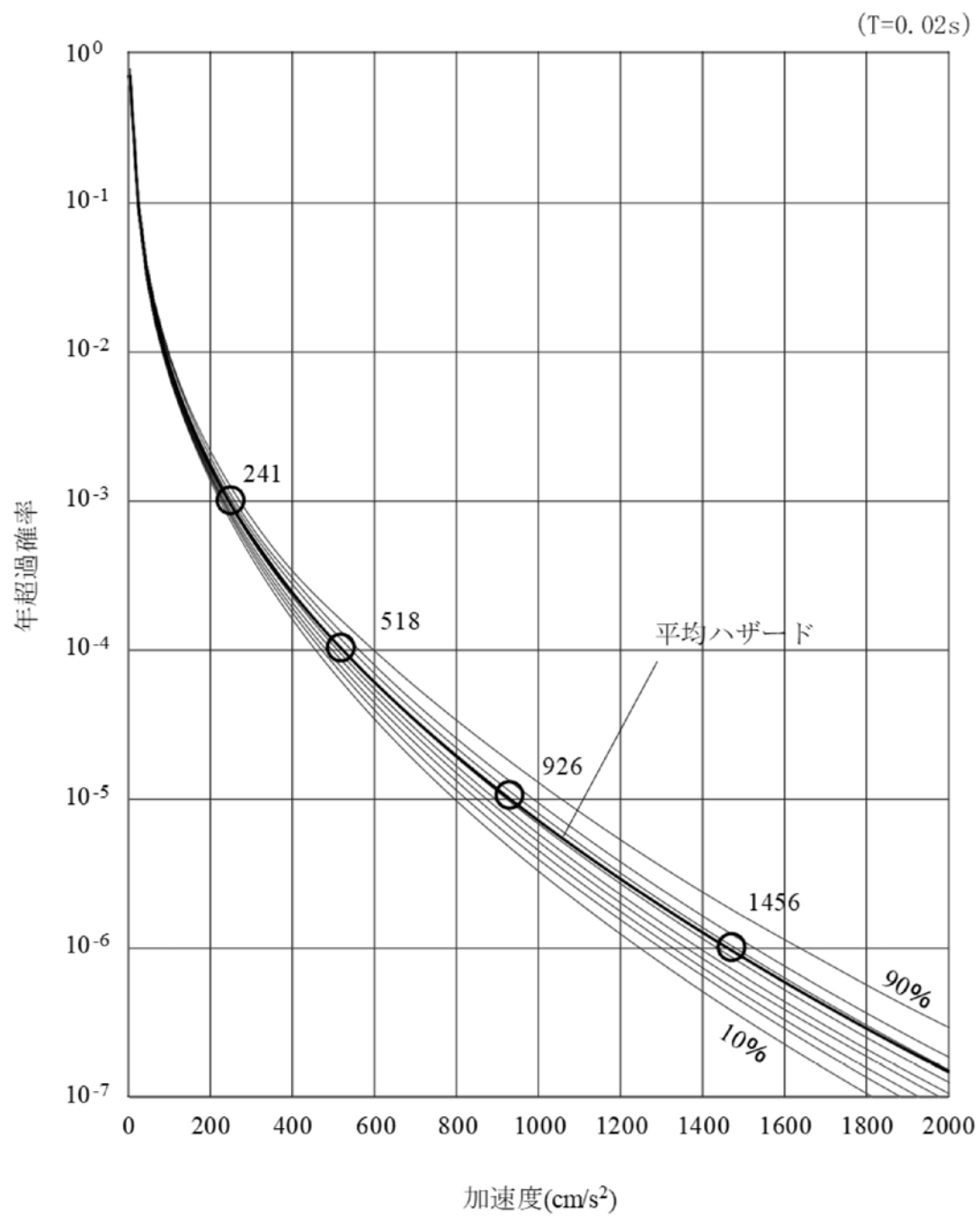
(水平方向)

第3.1.3.3-18図 フラクタイル地震ハザード曲線(1/2)



(鉛直方向)

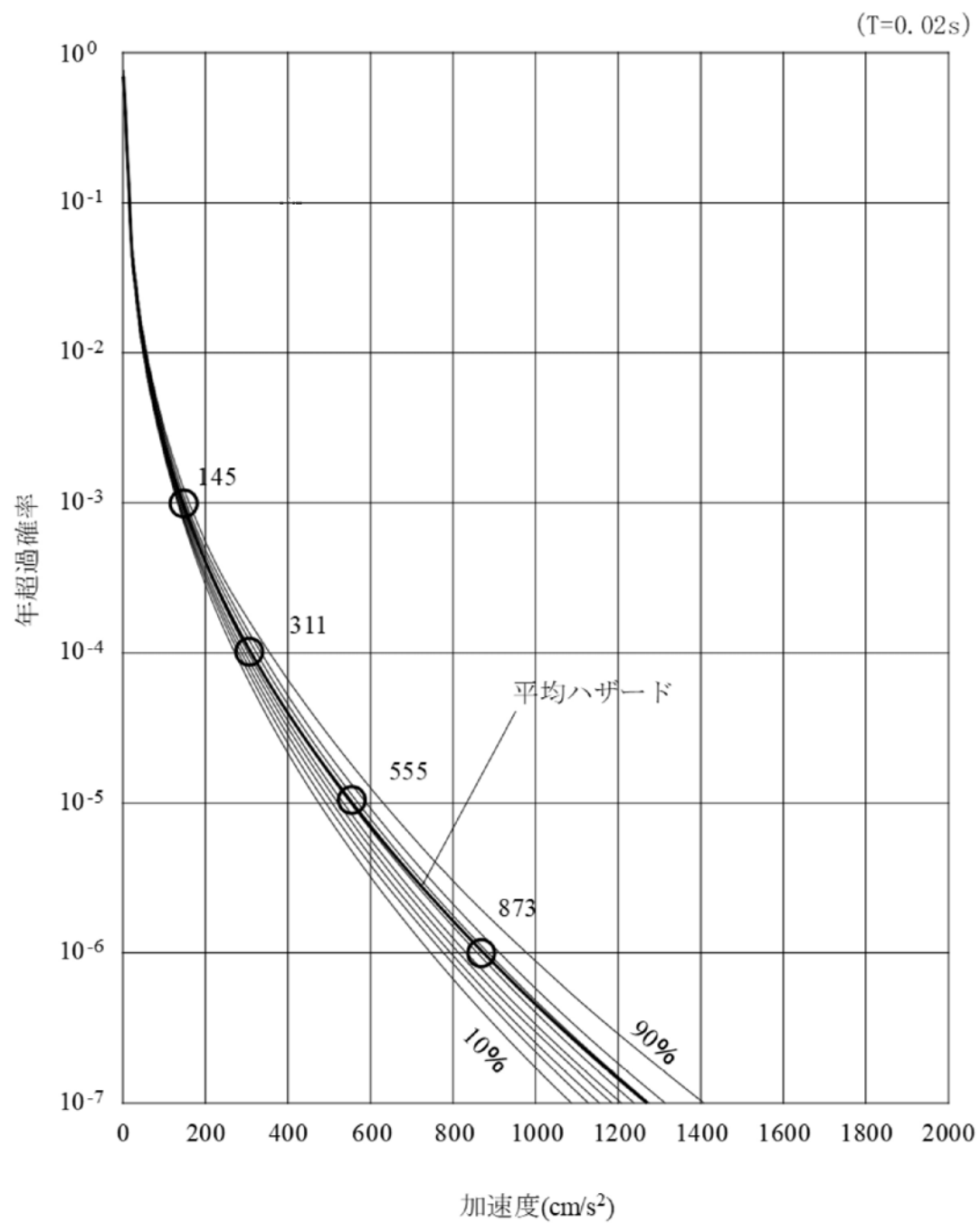
第3.1.3.3-18図 フラクタイル地震ハザード曲線 (2/2)



(水平方向)

第3.1.3.3-19図 フラクタイル地震ハザード曲線(距離減衰式の補正なし)

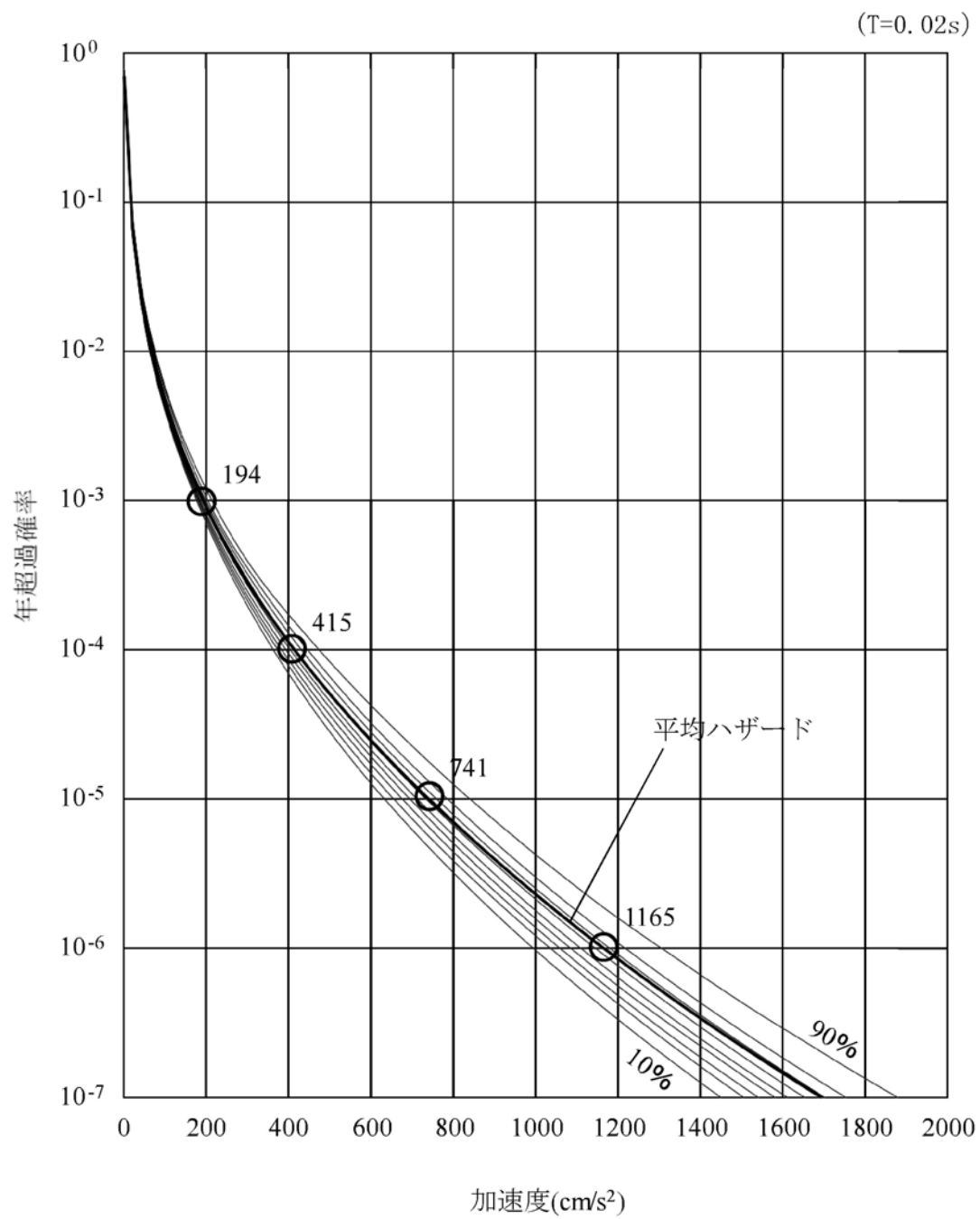
(1/2)



(鉛直方向)

第3.1.3.3-19図 フラクタイル地震ハザード曲線(距離減衰式の補正なし)

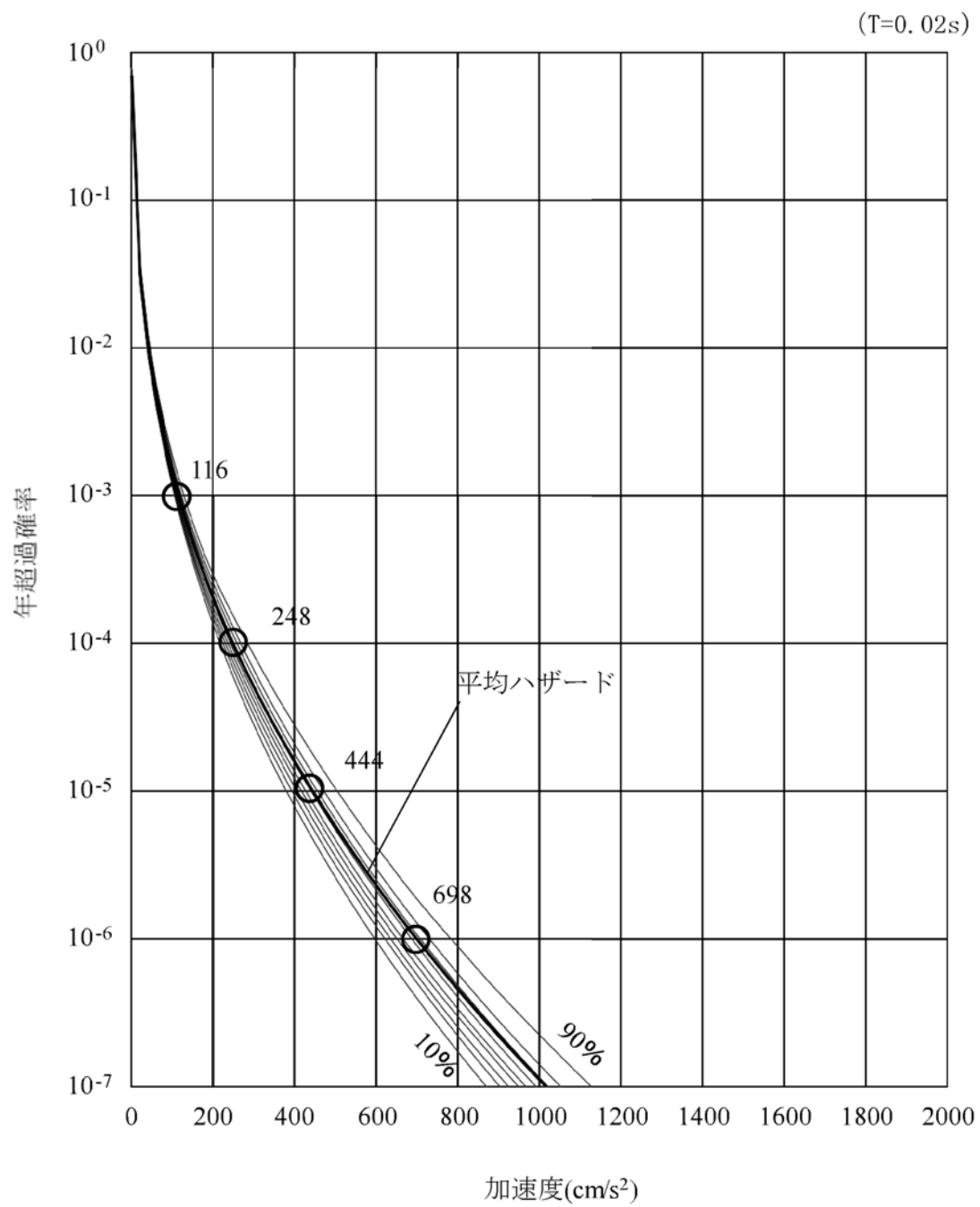
(2/2)



(水平方向・観測記録補正)

第3.1.3.3-20図 フラクタイル地震ハザード曲線(距離減衰式の補正あり)

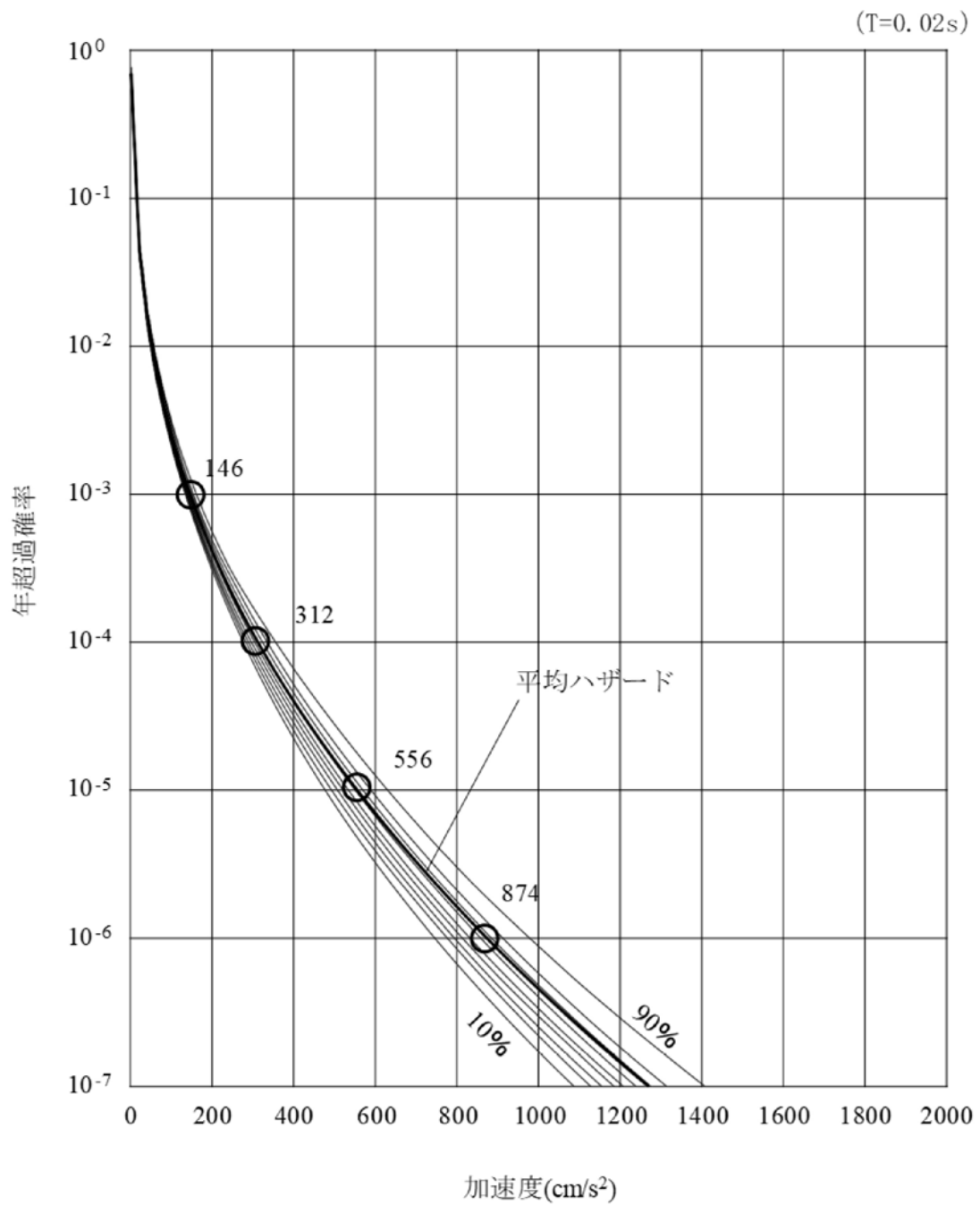
(1/4)



(鉛直方向・観測記録補正)

第3.1.3.3-20図 フラクタイル地震ハザード曲線(距離減衰式の補正あり)

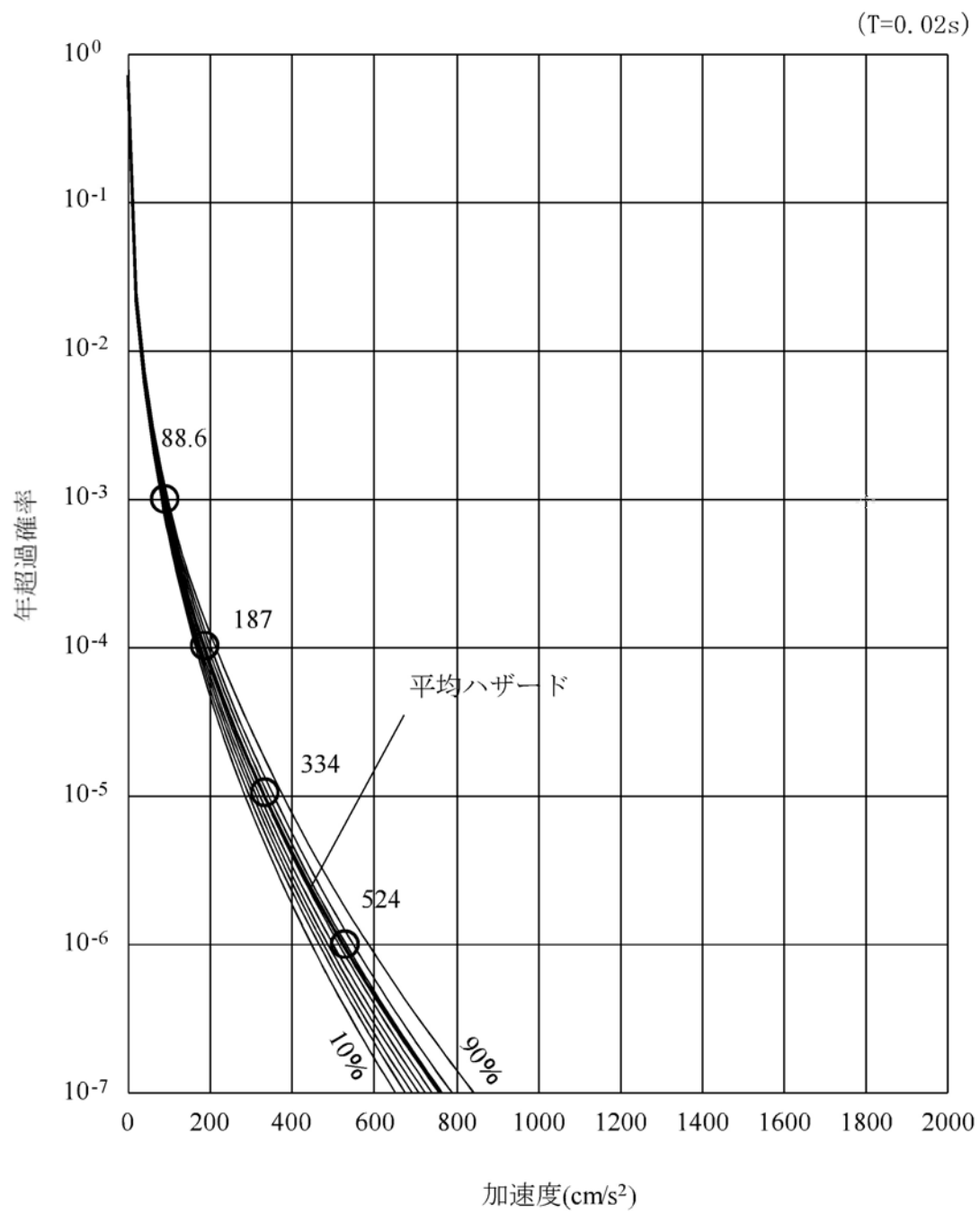
(2/4)



(水平方向・内陸地殻内地震補正)

第3.1.3.3-20図 フラクタイル地震ハザード曲線(距離減衰式の補正あり)

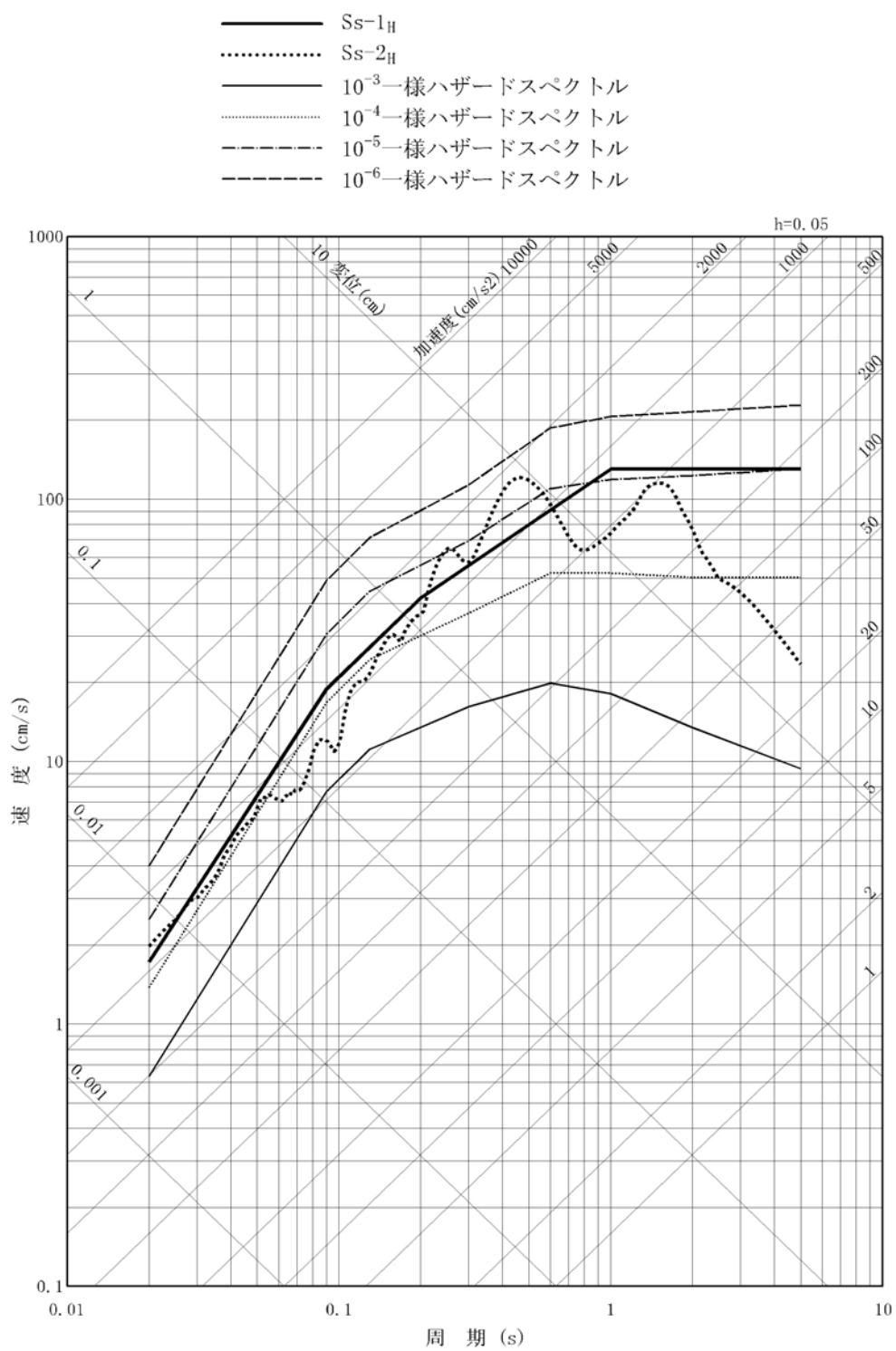
(3/4)



(鉛直方向・内陸地殻内地震補正)

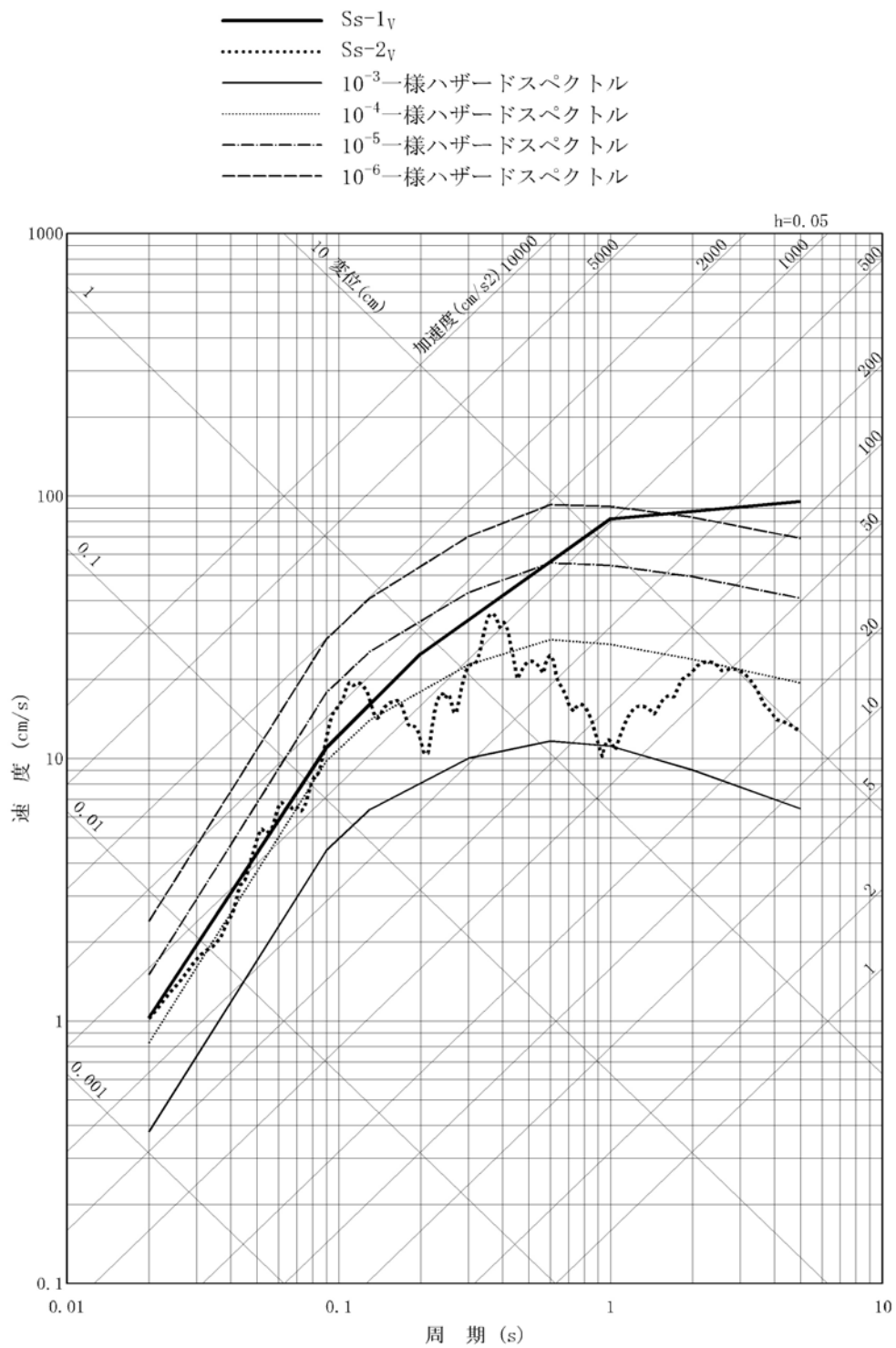
第3.1.3.3-20図 フラクタイル地震ハザード曲線(距離減衰式の補正あり)

(4/4)



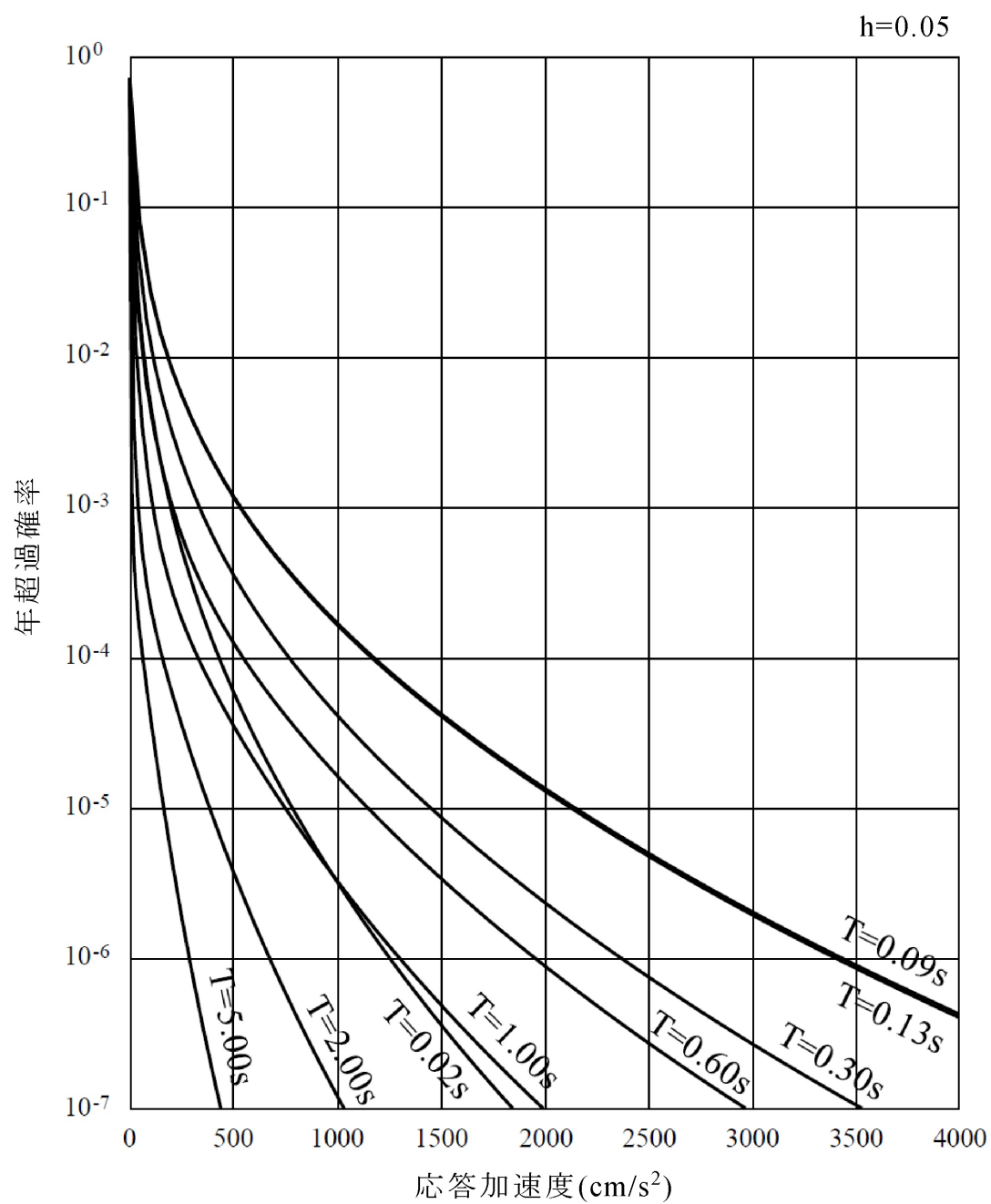
(水平方向)

第3.1.3.3-21図 基準地震動の応答スペクトルと年超過確率ごとの
一様ハザードスペクトルとの比較 (1/2)



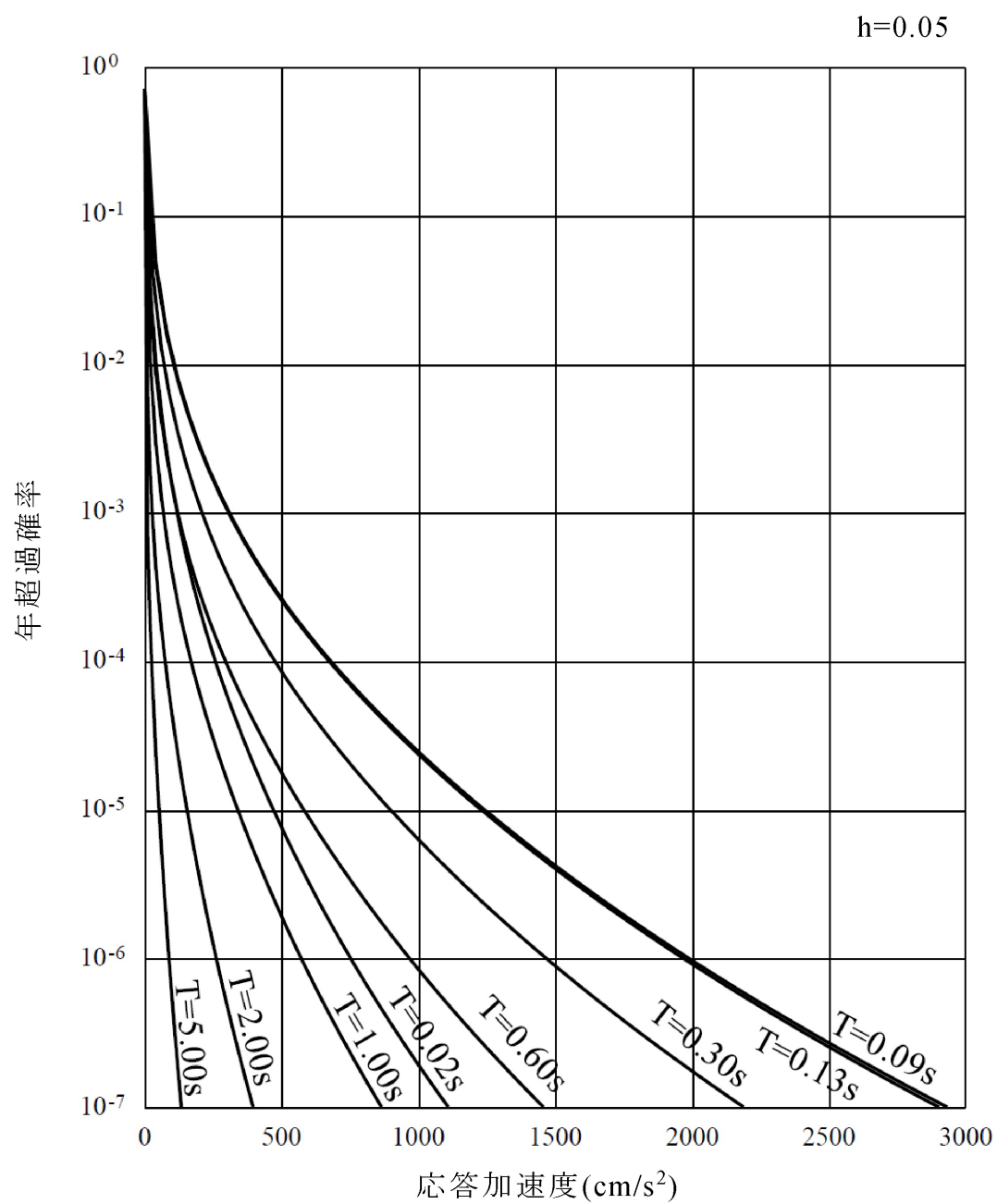
(鉛直方向)

第3.1.3.3-21図 基準地震動の応答スペクトルと年超過確率ごとの
一様ハザードスペクトルとの比較 (2/2)



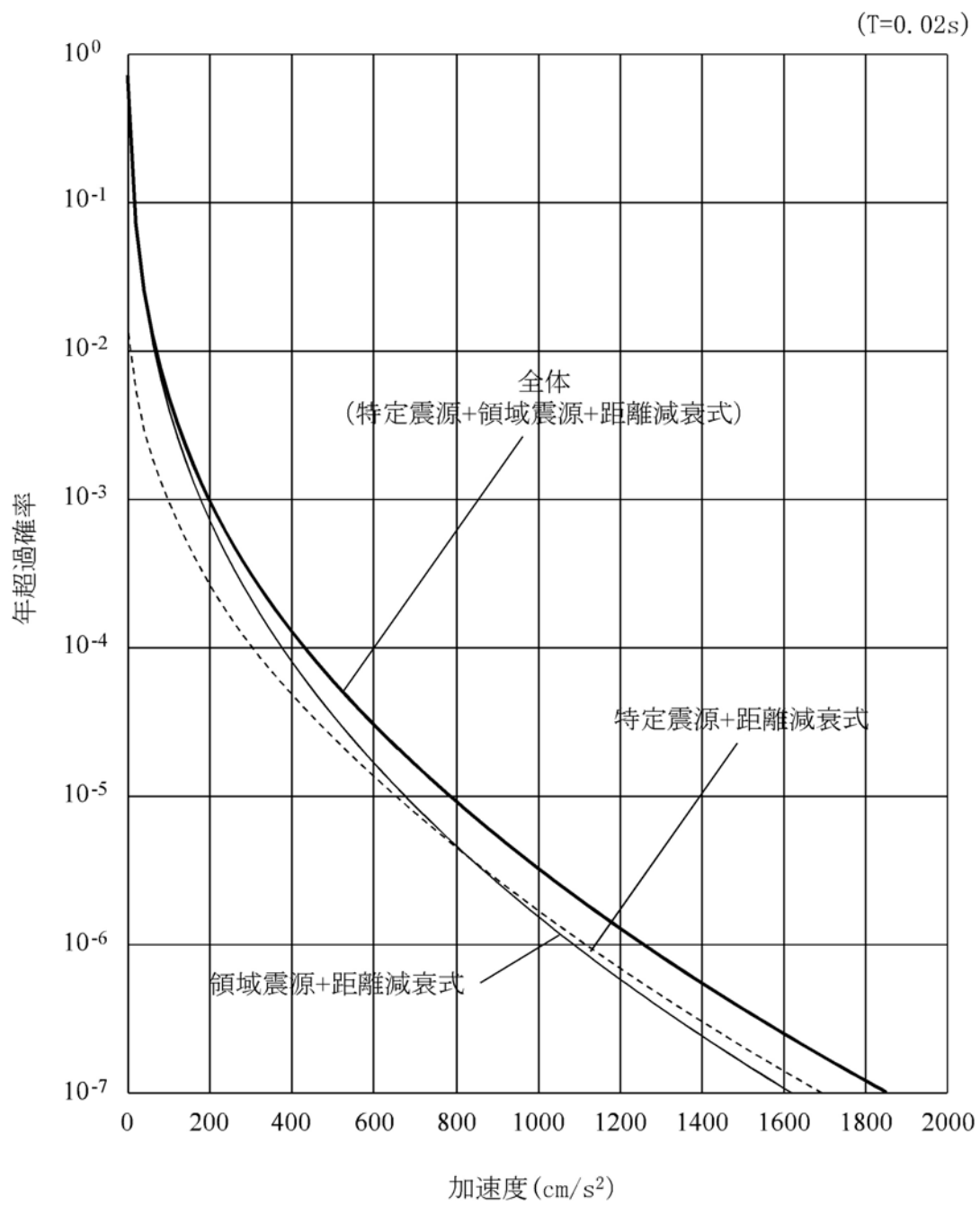
(水平方向)

第3.1.3.3-22図 周期ごとの平均地震ハザード曲線(1/2)



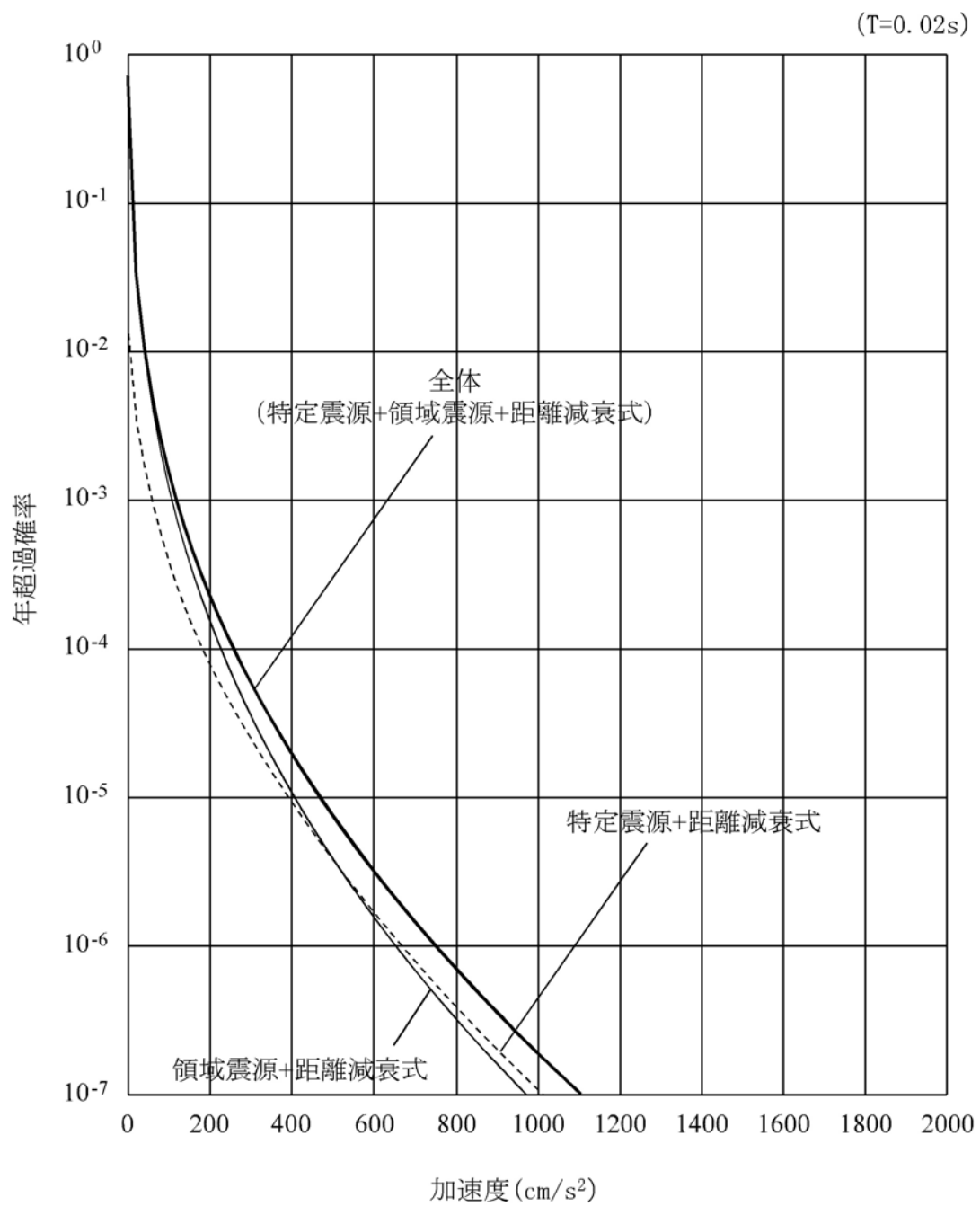
(鉛直方向)

第3.1.3.3-22図 周期ごとの平均地震ハザード曲線(2/2)



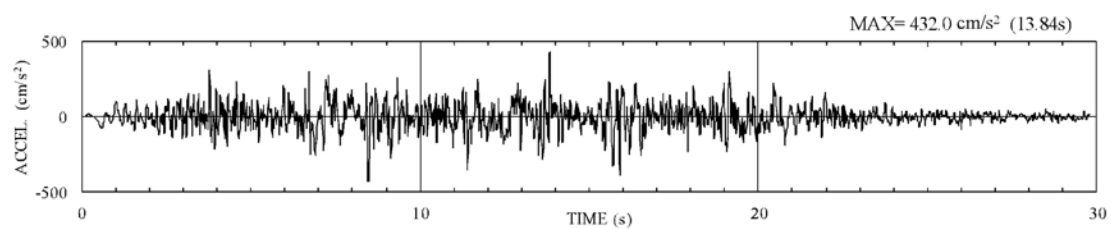
(水平方向)

第3.1.3.3-23図 震源別平均地震ハザード曲線 (1/2)

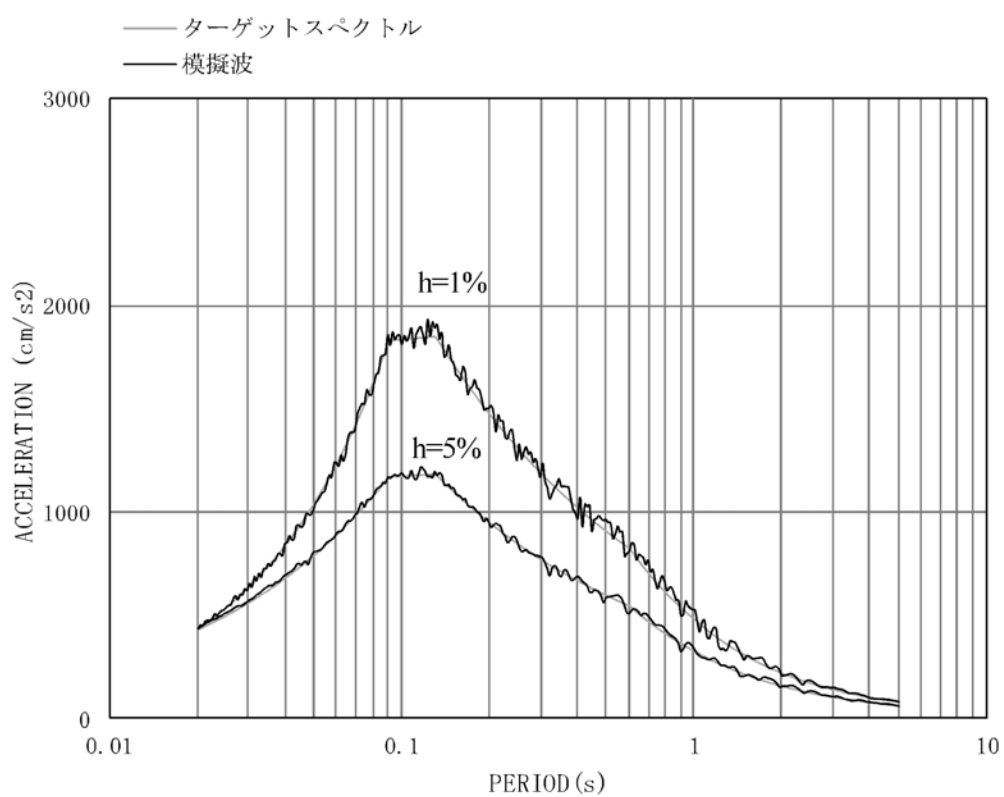


(鉛直方向)

第3.1.3.3-23図 震源別平均地震ハザード曲線 (2/2)

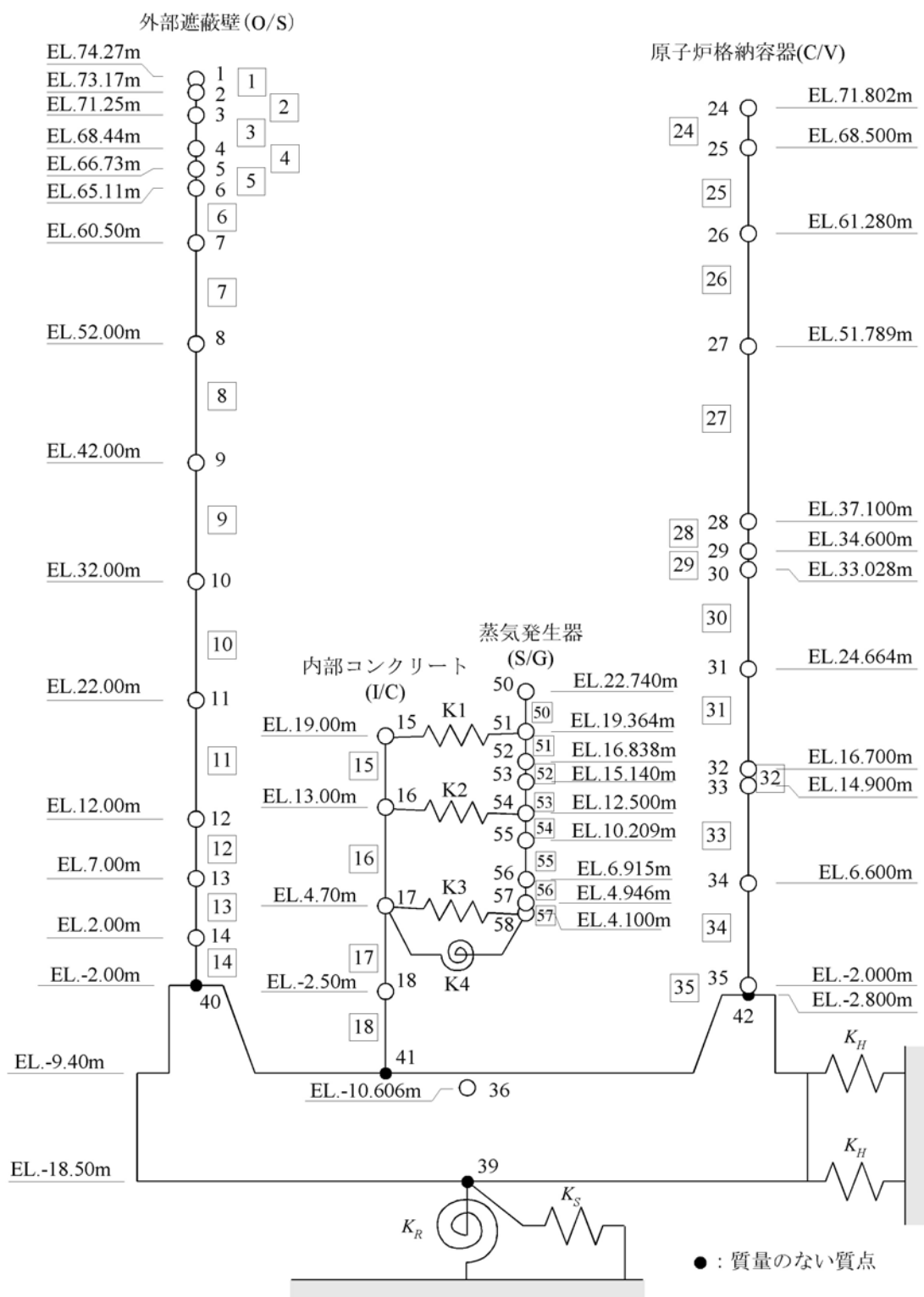


(1) 加速度時刻歴波形

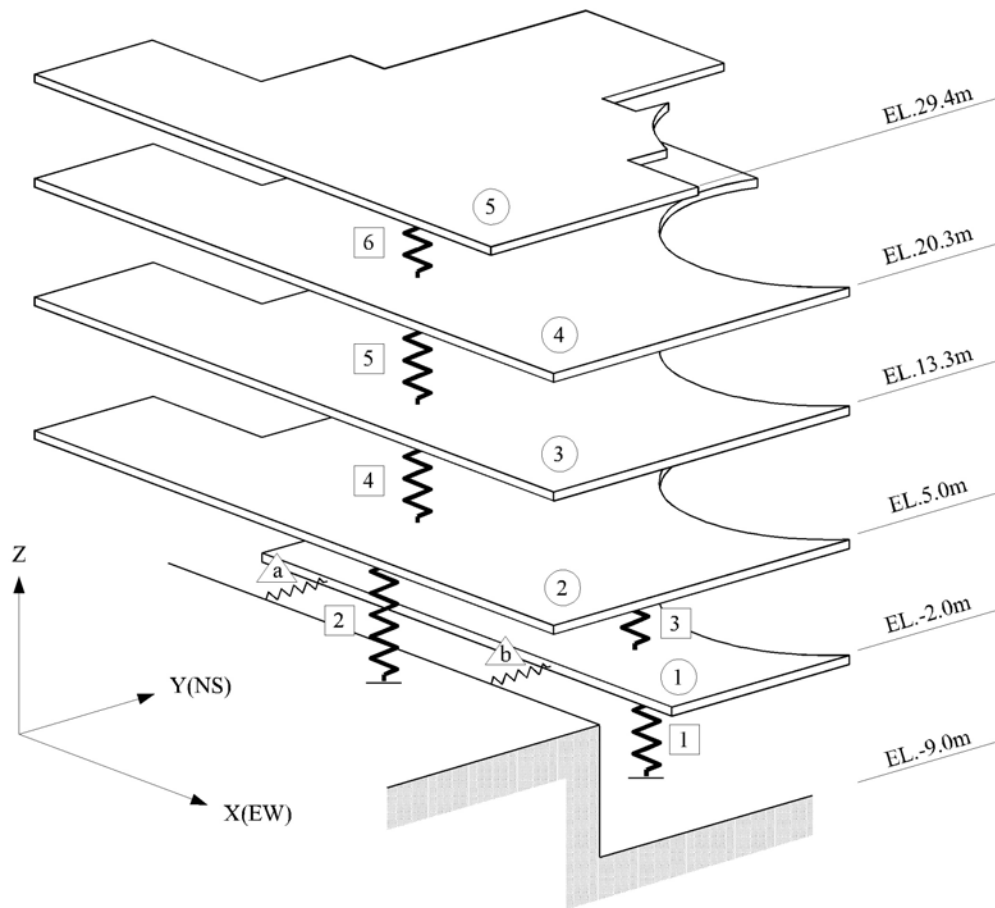


(2) 応答スペクトル

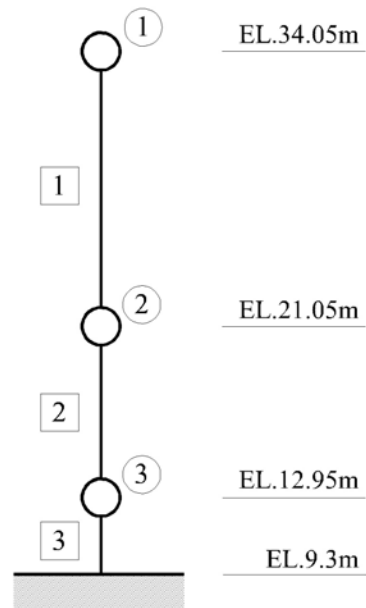
第3.1.3.3-24図 年超過確率 10^{-4} 一様ハザードスペクトル適合模擬波



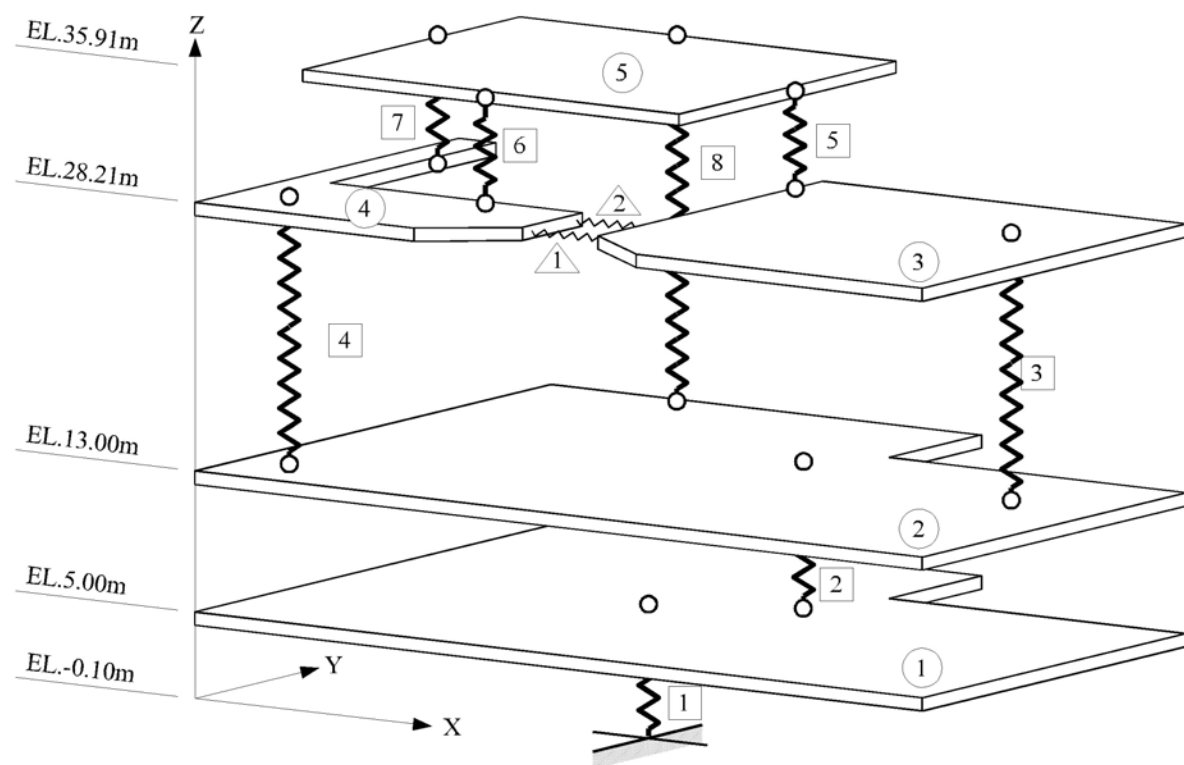
第3.1.3.3-25図 原子炉建屋地震応答解析モデル(水平方向)



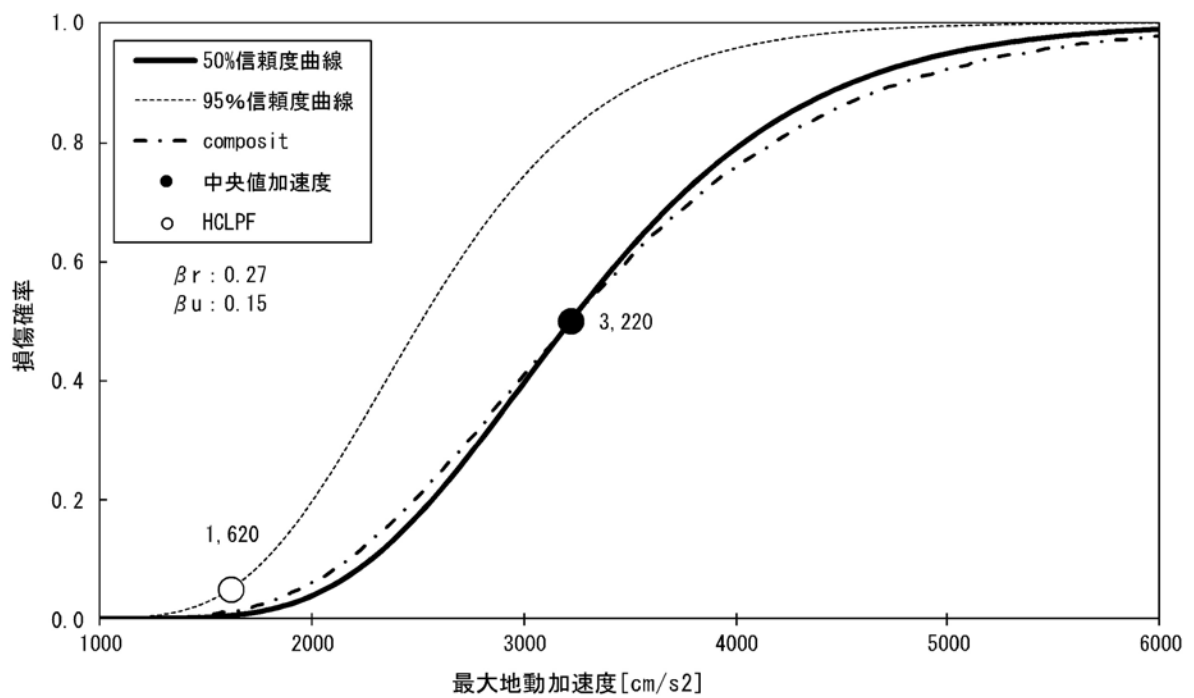
第3.1.3.3-26図 原子炉補助建屋地震応答解析モデル(水平方向)



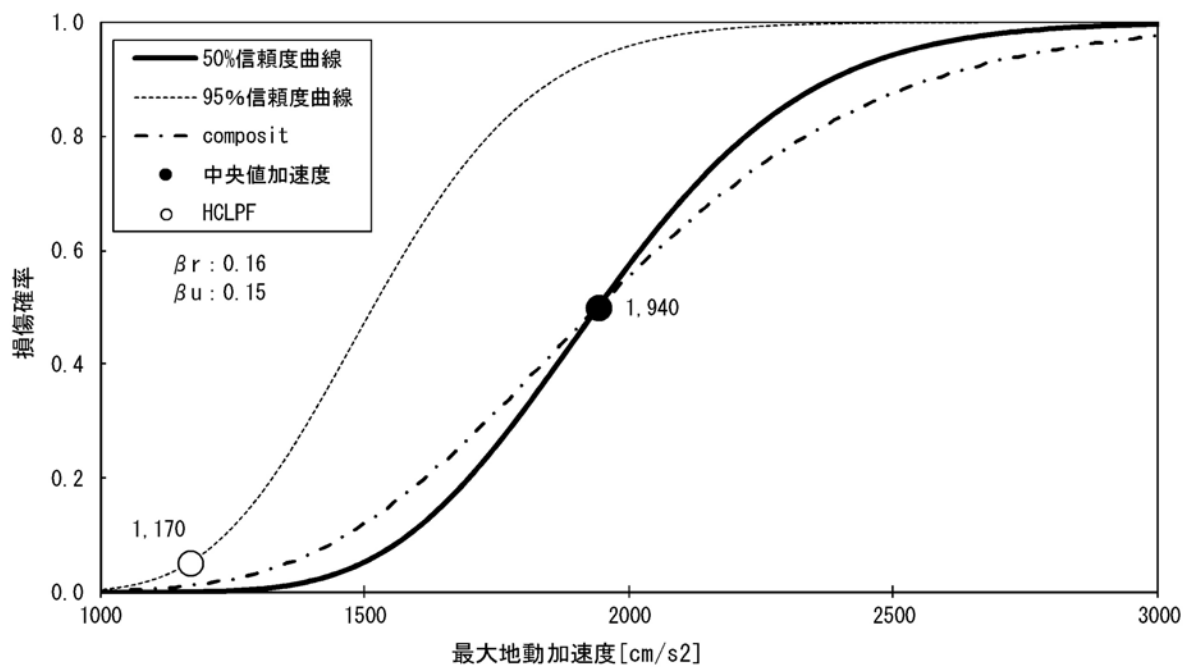
第3.1.3.3-27図 ディーゼル建屋の水平方向解析モデル(水平方向)



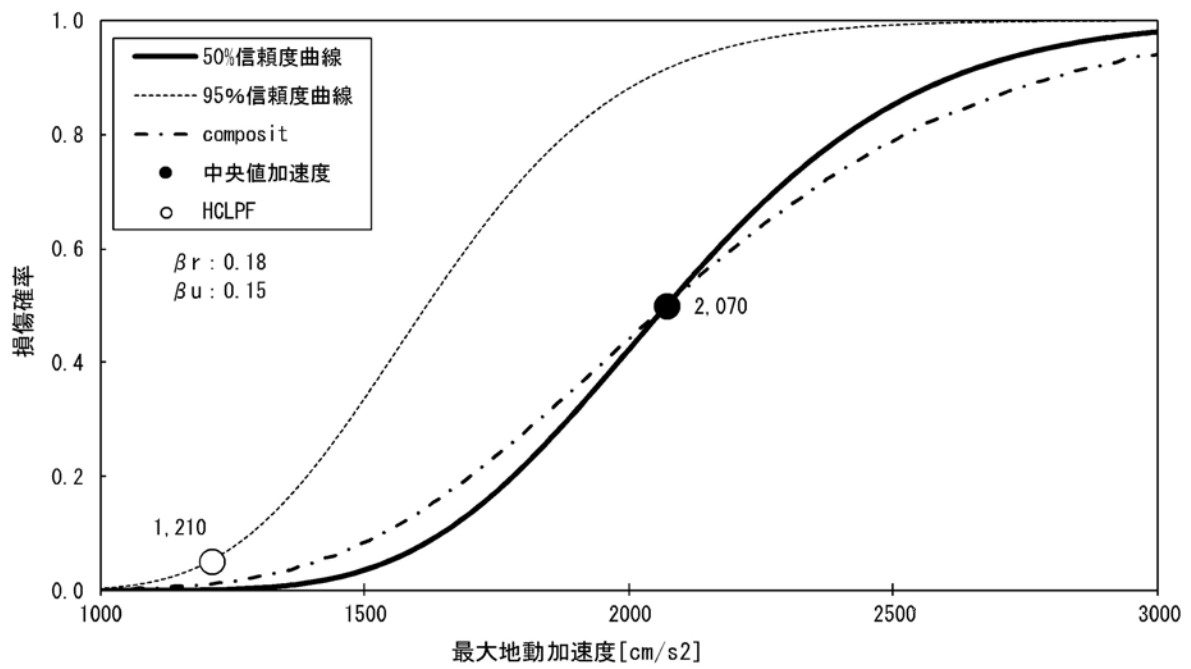
第3.1.3.3-28図 燃料取扱建屋の水平方向解析モデル(水平方向)



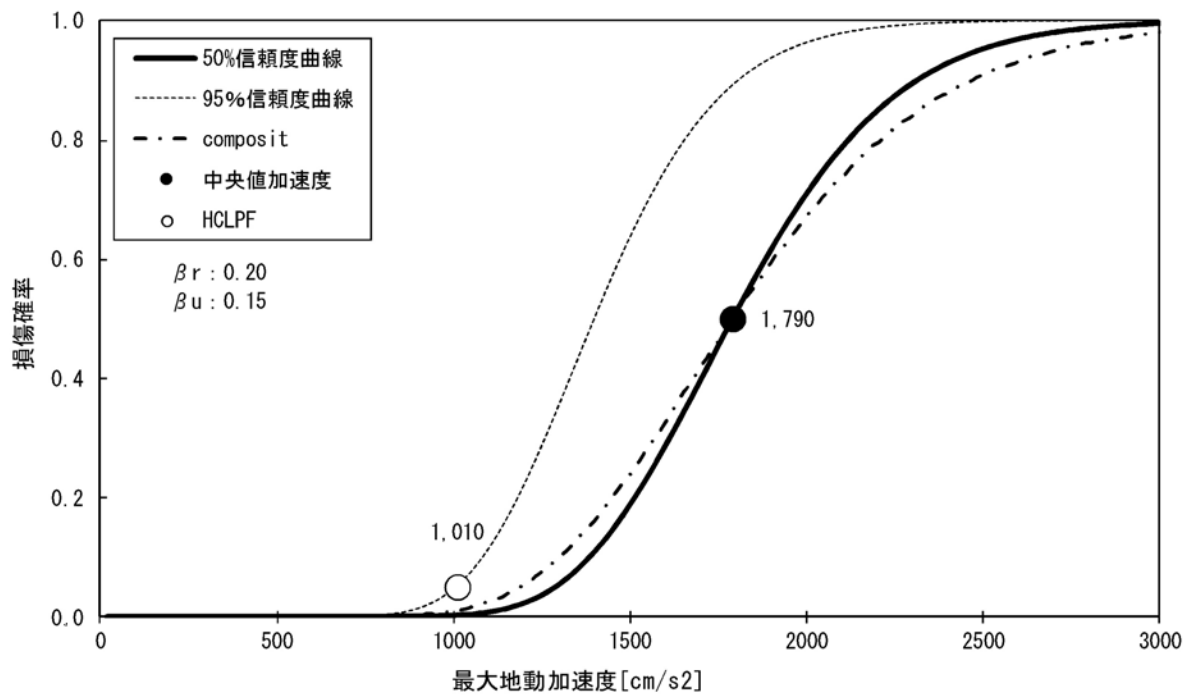
第3.1.3.3-30図 原子炉建屋 (I/C、NS方向) の fragility 曲線及びHCLPF



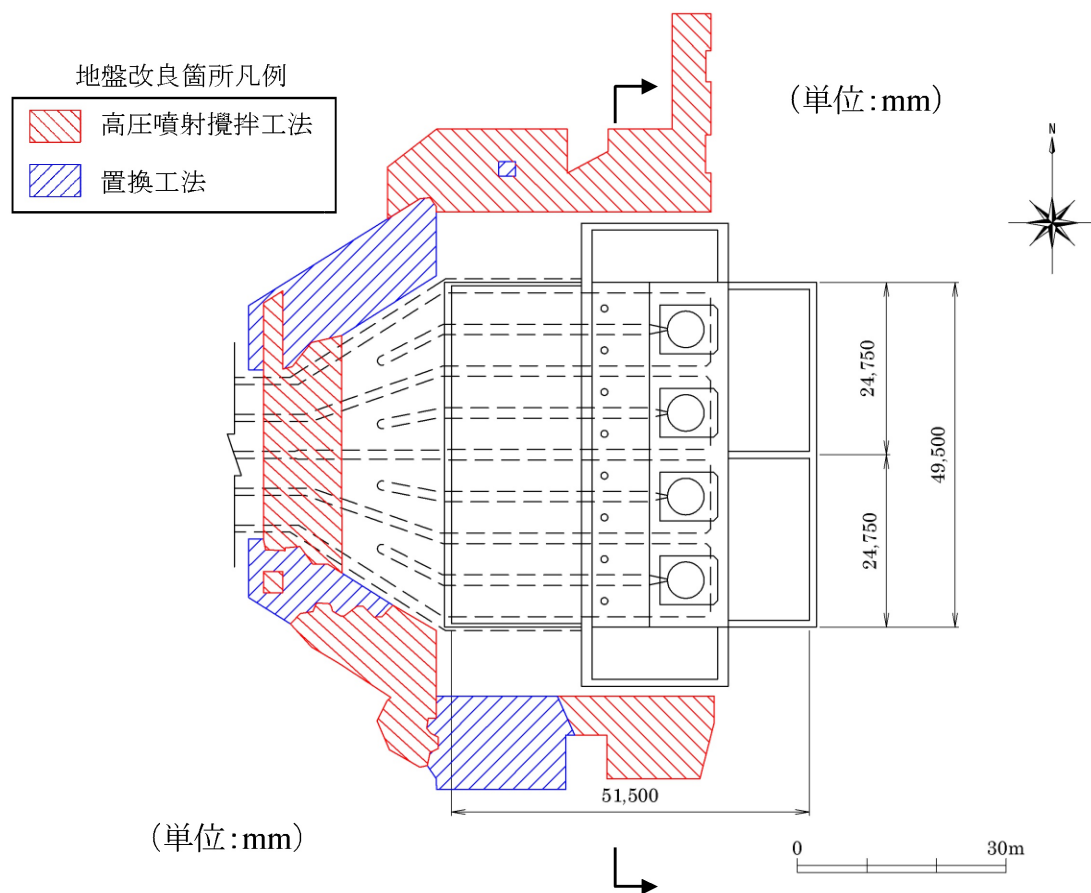
第3.1.3.3-31図 原子炉補助建屋 (EW方向) の fragility 曲線及びHCLPF



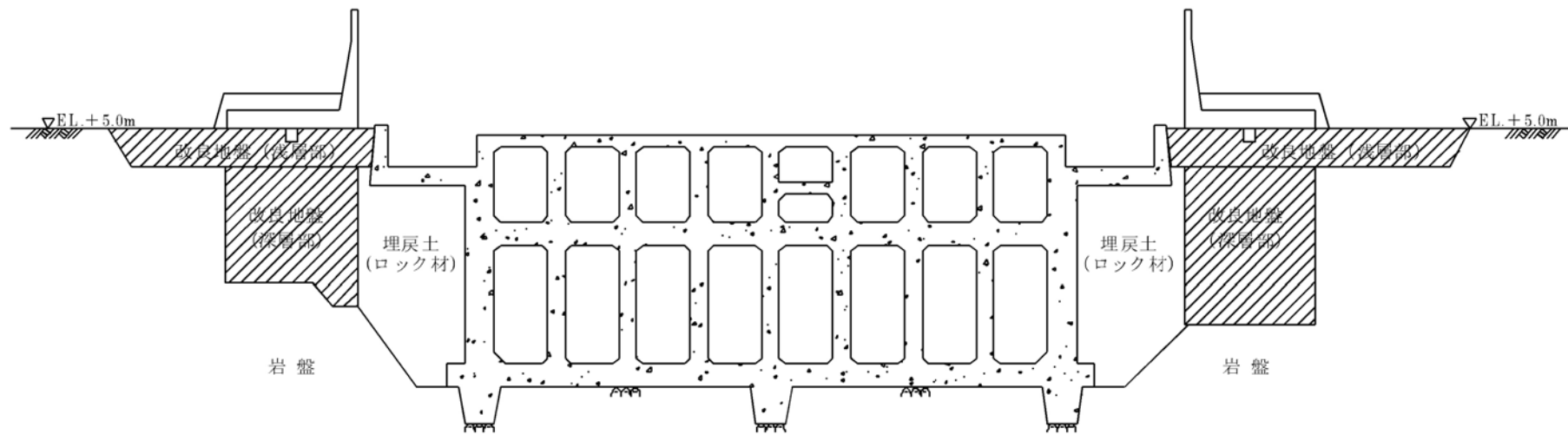
第3.1.3.3-32図 ディーゼル建屋 (EW方向) の fragility 曲線及びHCLPF



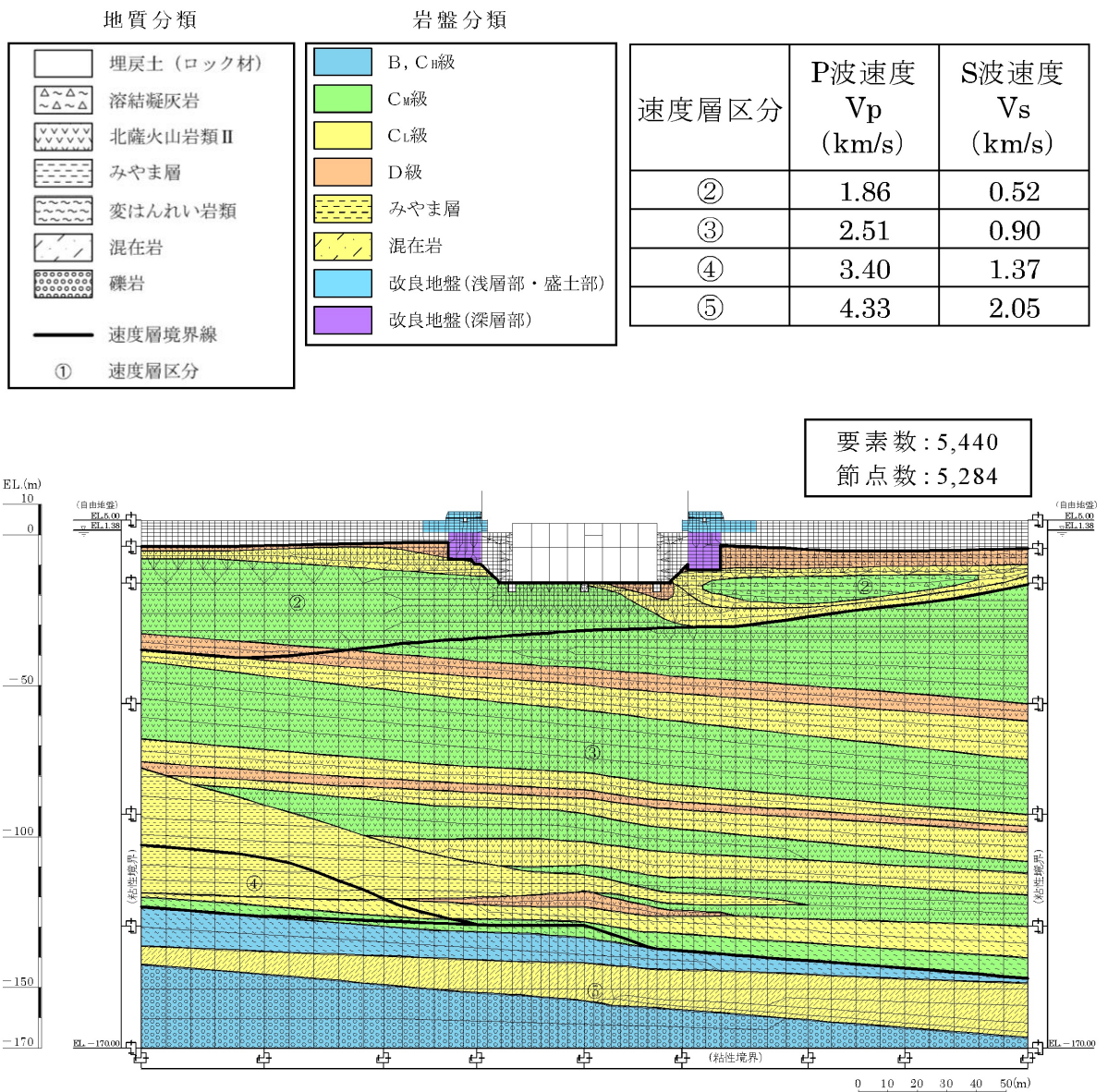
第3.1.3.3-33図 主蒸気管室建屋 (NS方向) の fragility 曲線及びHCLPF



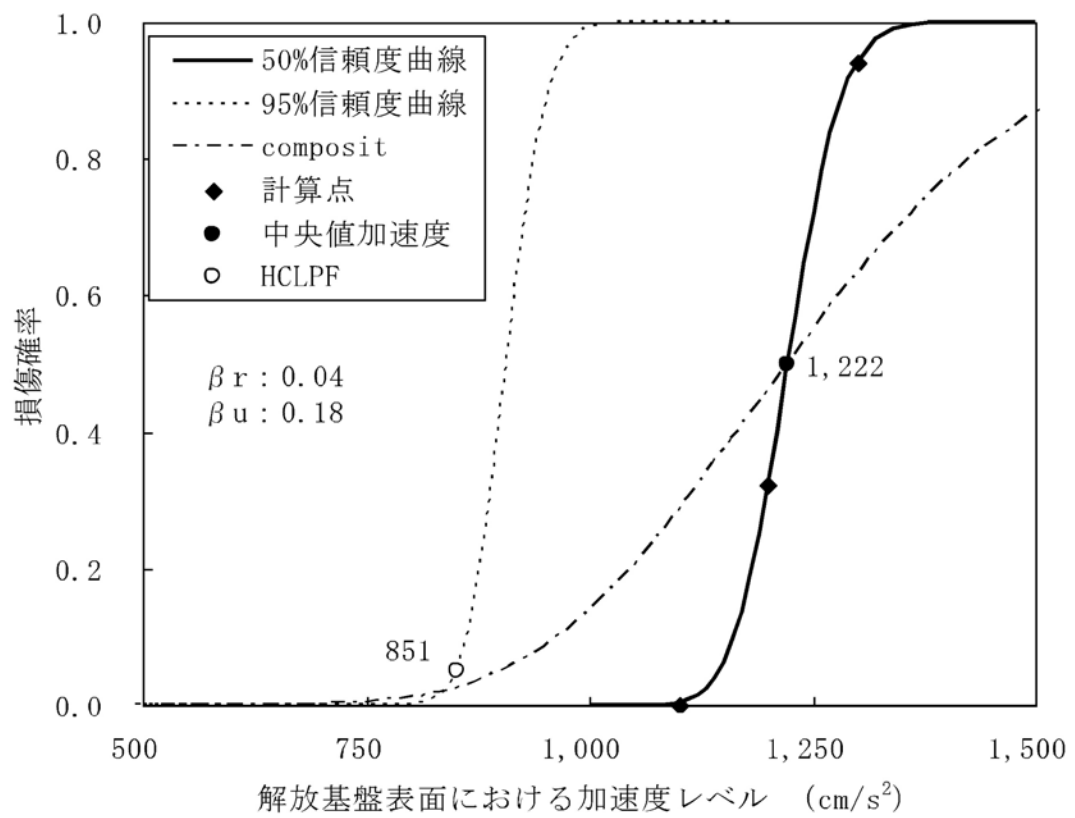
第3.1.3.3-34図 取水ピット平面図



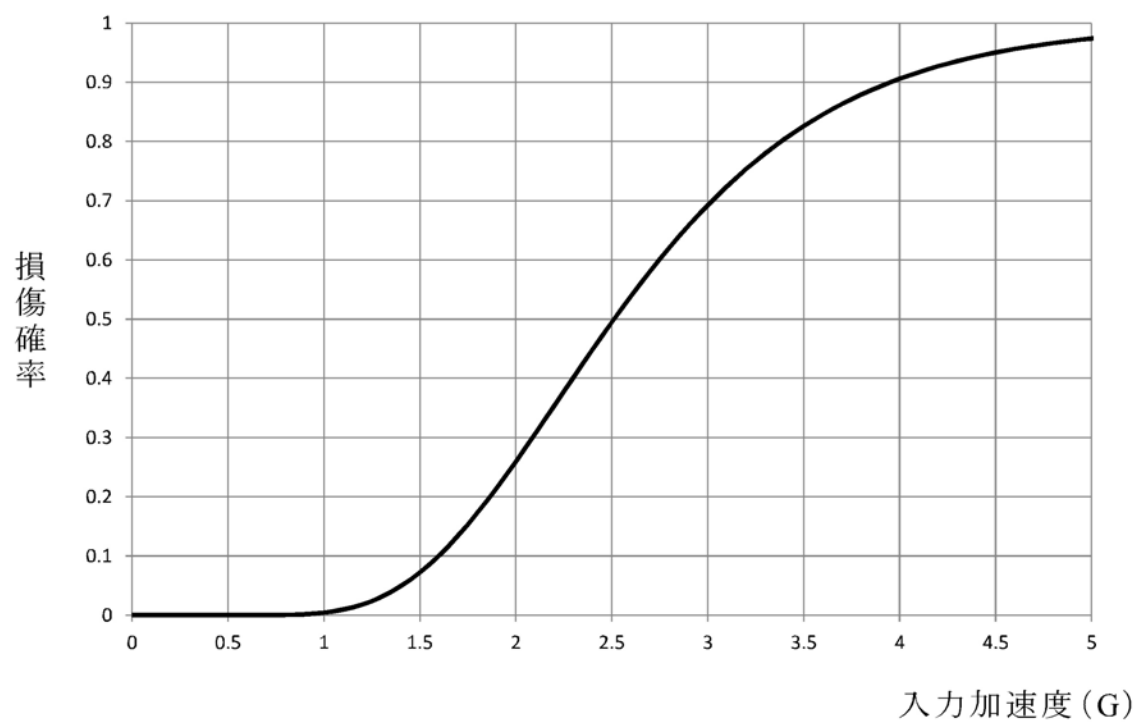
第3.1.3.3-35図 取水ピット断面図



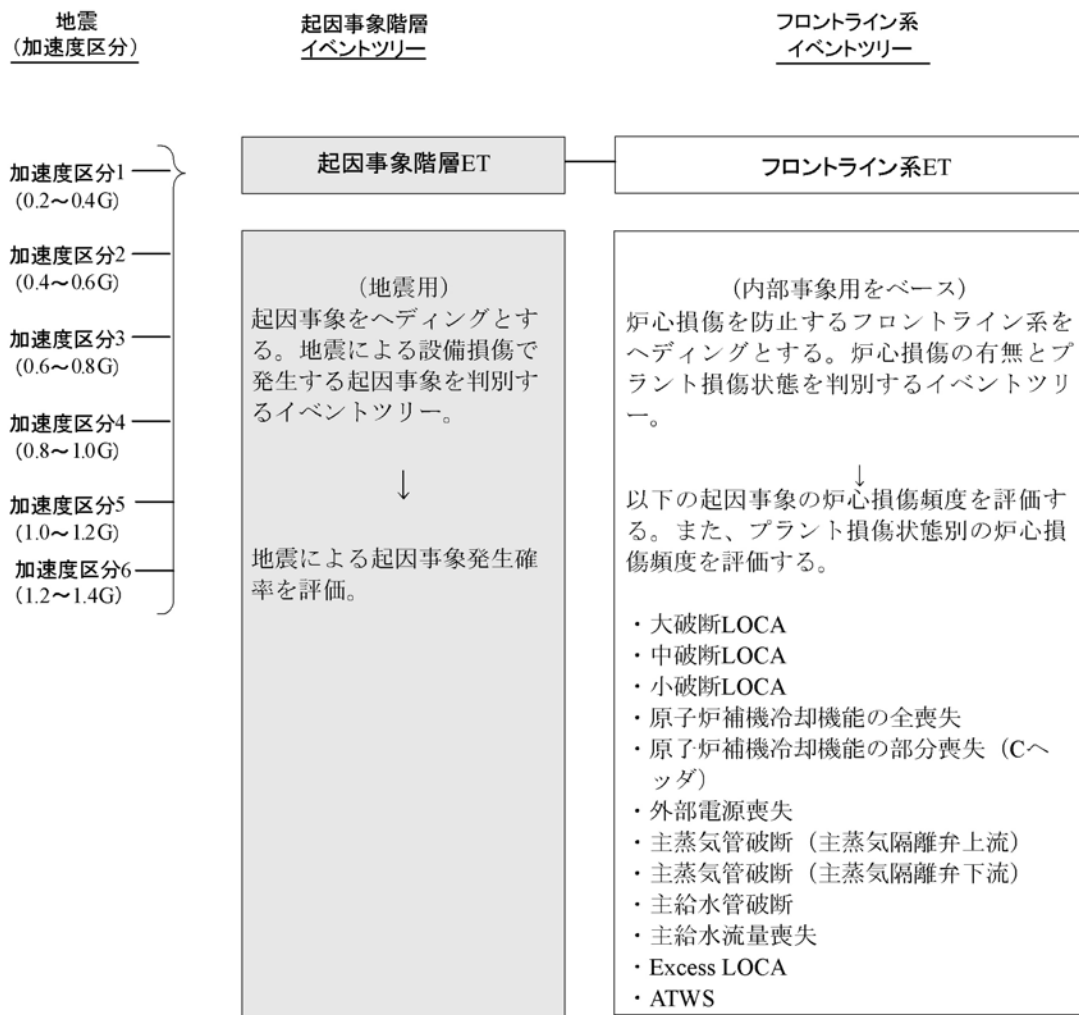
第3.1.3.3-36図 地震応答解析モデル



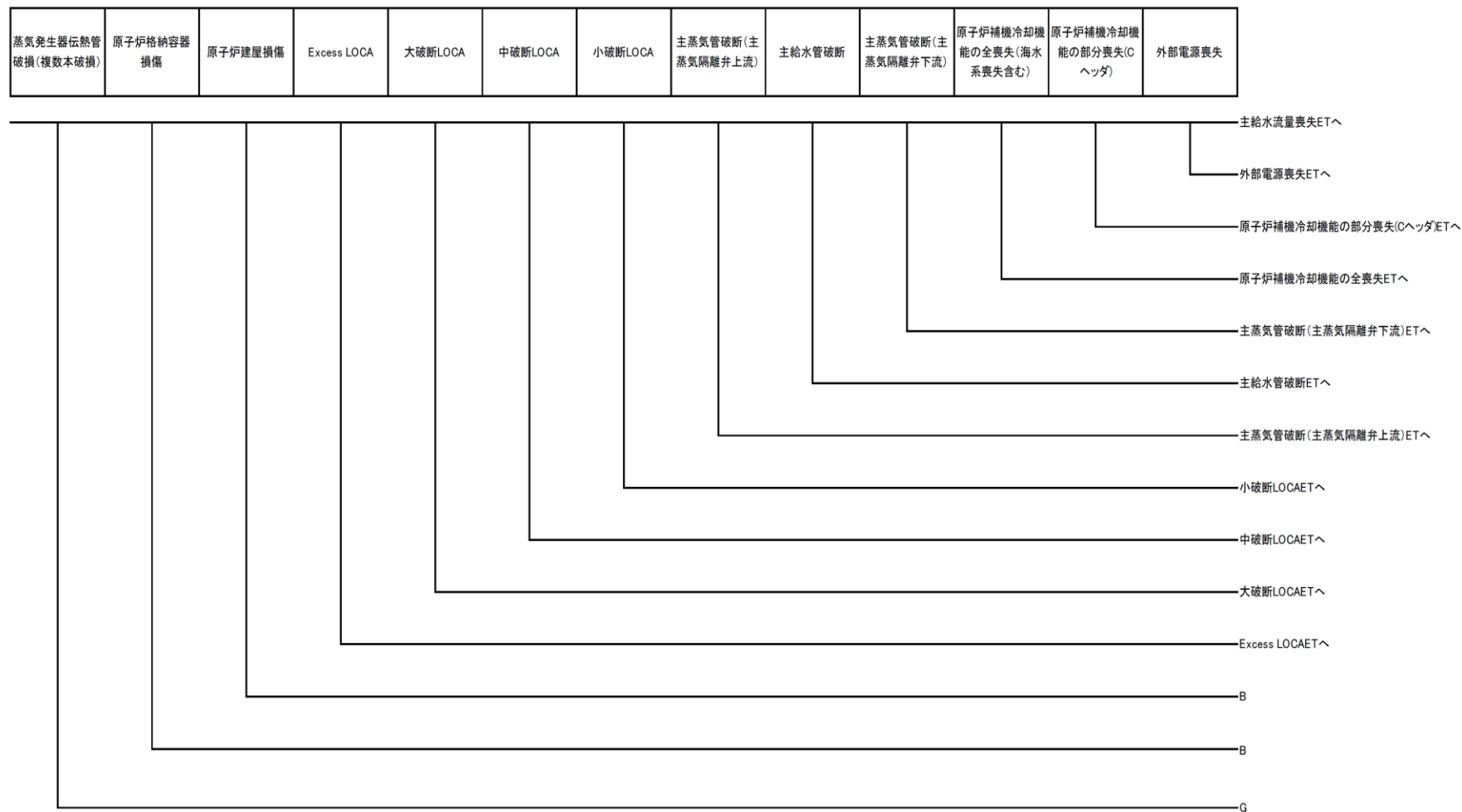
第3.1.3.3-37図 取水ピット fragility 曲線



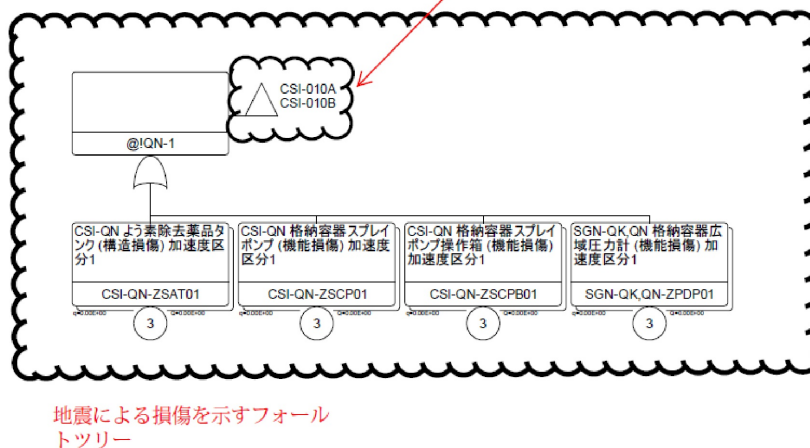
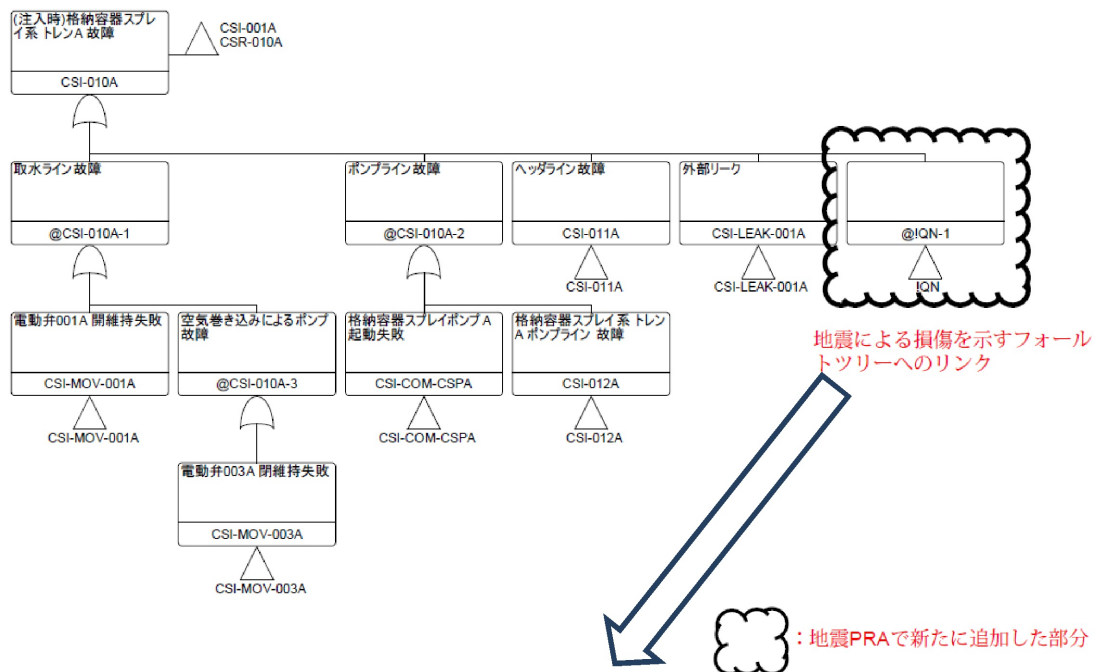
第3.1.3.3-38図 原子炉補機冷却水冷却器のフラジリティ曲線



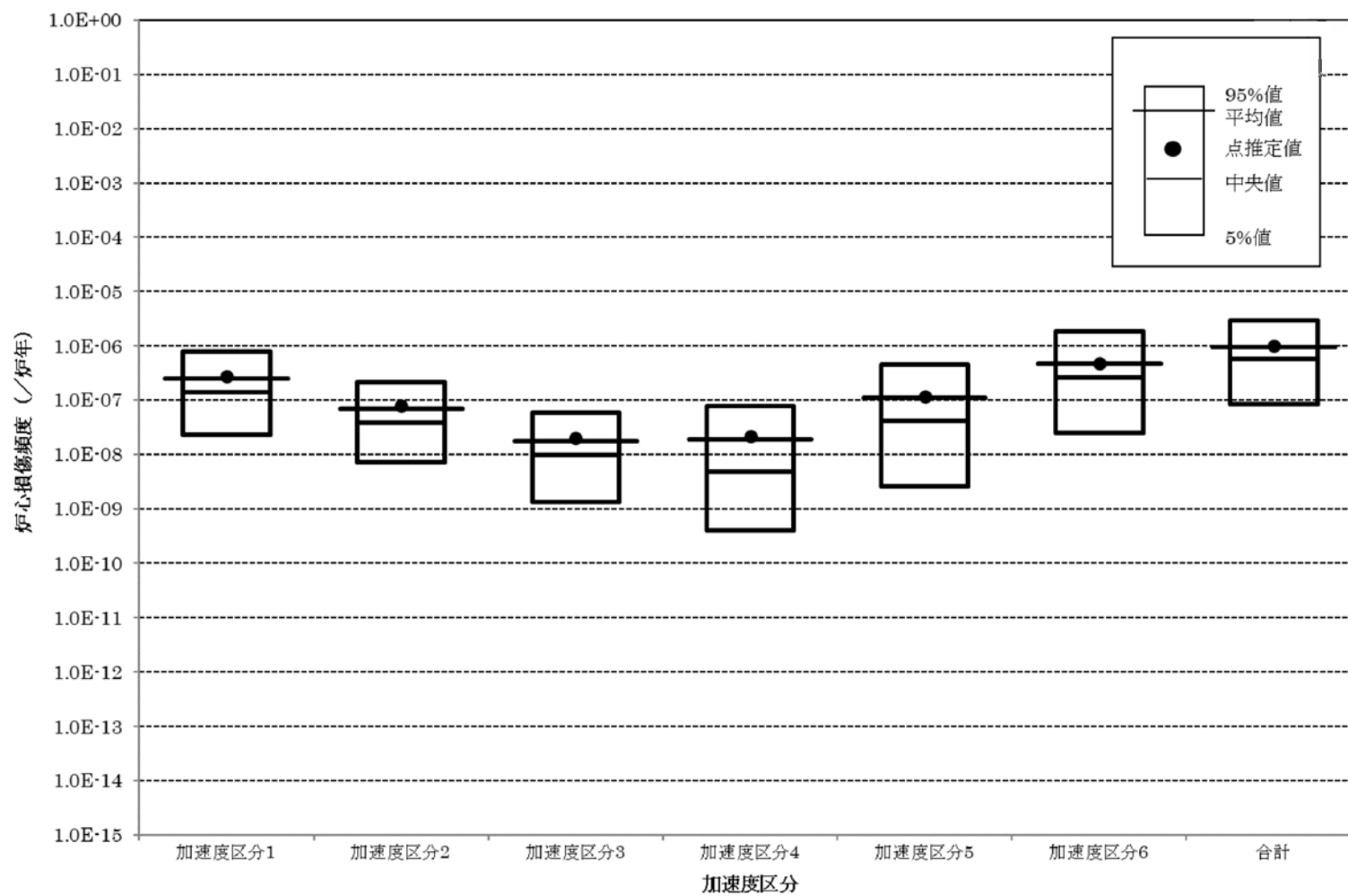
第3.1.3.3-39図 地震システム解析モデル(小イベントツリー)



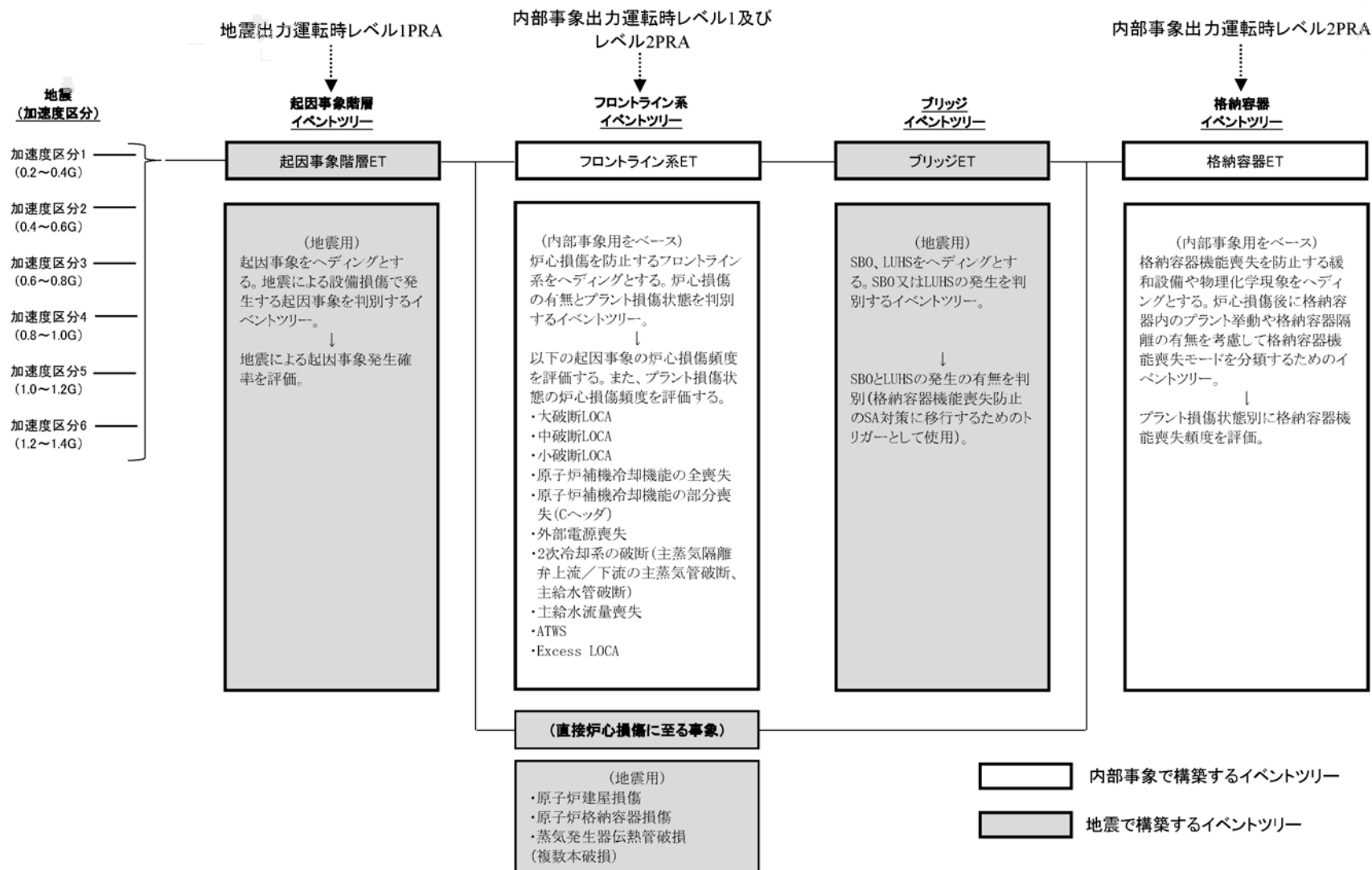
第3.1.3.3-40図 起因事象階層イベントツリー



第3.1.3.3-41図 フォールトツリー構築例



第3.1.3.3-42図 不確実さ解析結果



第3.1.3.3-43図 地震出力運転時PRAにおけるシステム評価の流れ

前図の 継続記号	溶融物 分散放出	キャビティ 内水量	CV内注水 (キャビ ティ水張り)	炉外水蒸 気爆発	CV雰囲気 直接加熱	CV直接 接触	水素燃焼	後図の 継続記号	CV 機能喪失 モード	放出 カテゴリ													
A	RPV	DC	CF	ESX	DCH	MA	HP2																
A	分散放出	多量					無し	B	—	—													
							有り	—	γ'	F3A													
							無し	—	μ	F3A													
							有り	—	σ	F3A													
							無し	—	η	F3A													
							有り	—	η	F3A													
							成功						無し	B	—	—							
													有り	—	γ'	F3A							
													無し	—	μ	F3A							
													有り	—	σ	F3A							
													無し	—	η	F3A							
													有り	—	η	F3A							
		少量						無し	B	—	—												
								有り	—	γ'	F3A												
								無し	—	μ	F3A												
								有り	—	σ	F3A												
								無し	—	η	F3A												
								有り	—	η	F3A												
		重力落下							無し	B	—	—											
									有り	—	γ'	F3A											
									無し	—	η	F3A											
									有り	—	η	F3A											
									成功						無し	B	—	—					
															有り	—	γ'	F3A					
	無し														—	η	F3A						
	有り														—	η	F3A						
	少量																			無し	B	—	—
																				有り	—	γ'	F3A
									無し	—	η	F3A											
									有り	—	η	F3A											
失敗							無し	B	—	—													
							有り	—	γ'	F3A													
	無し						—	η	F3A														
	有り						—	η	F3A														

(注1) 後図の継続記号の—は、その時点での格納容器機能喪失を意味する。

(注2) 格納容器機能喪失モード:

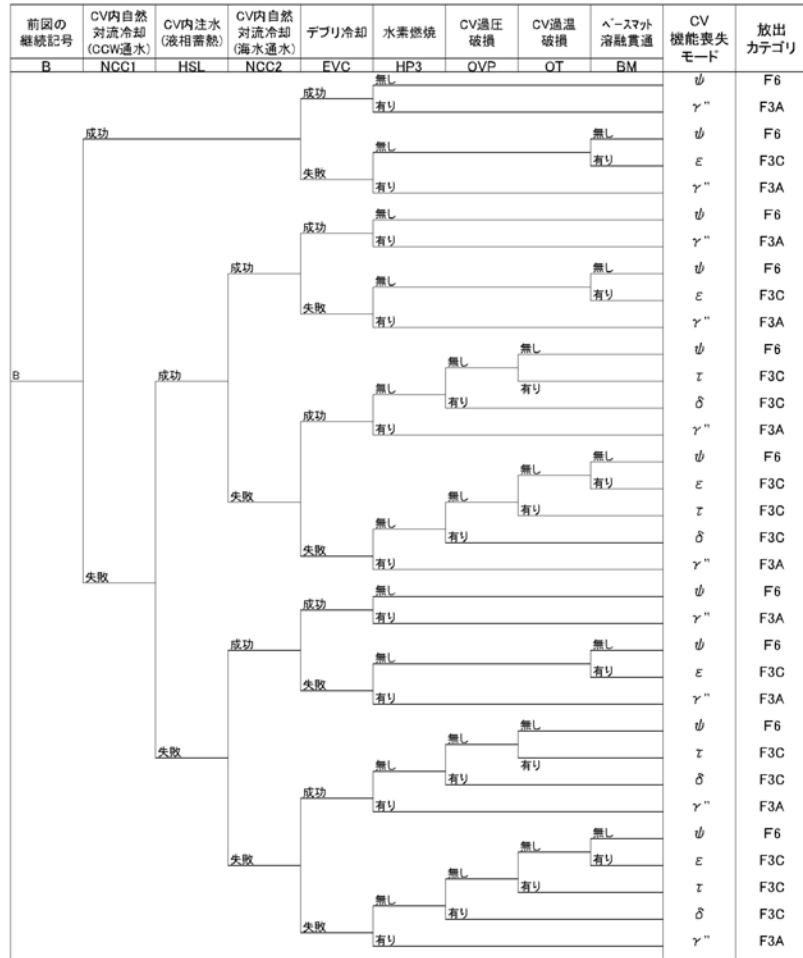
- α = 原子炉容器内水蒸気爆発
- β = 格納容器隔離失敗
- γ = 水素燃焼(原子炉容器破損前)
- γ' = 水素燃焼(原子炉容器破損直後)
- γ'' = 水素燃焼(原子炉容器破損後長期)
- δ = 水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損
- ε = ベースマット溶融貫通
- θ = 水蒸気蓄積による格納容器先行破損
- η = 原子炉容器外水蒸気爆発
- σ = 格納容器雰囲気直接加熱
- g = 蒸気発生器伝熱管破損
- μ = 格納容器直接接触
- τ = 格納容器過温破損
- χ = 炉心損傷に先立つ地震による格納容器先行機能喪失
- ϕ = 格納容器健全
- ϕ = 放射性物質管理放出

(注3) 放出カテゴリ記号

- F1 = 格納容器バイパス(内的)
- F2 = 格納容器バイパス(外的)
- F3A = 格納容器破損(内的)(エナジェティック)
- F3B = 格納容器破損(内的)(先行破損)
- F3C = 格納容器破損(内的)(その他)
- F4 = 格納容器破損(外的)
- F5 = 隔離失敗(内的及び外的)
- F6 = 健全(設計漏えい)(内的及び外的)
- F7 = 放射性物質管理放出(内的及び外的)

(b) 原子炉容器破損直後

第3.1.3.3-44図 格納容器イベントツリー(2/3)



(注1) 後図の継続記号のーは、その時点での格納容器機能喪失を意味する。

(注2) 格納容器機能喪失モード:

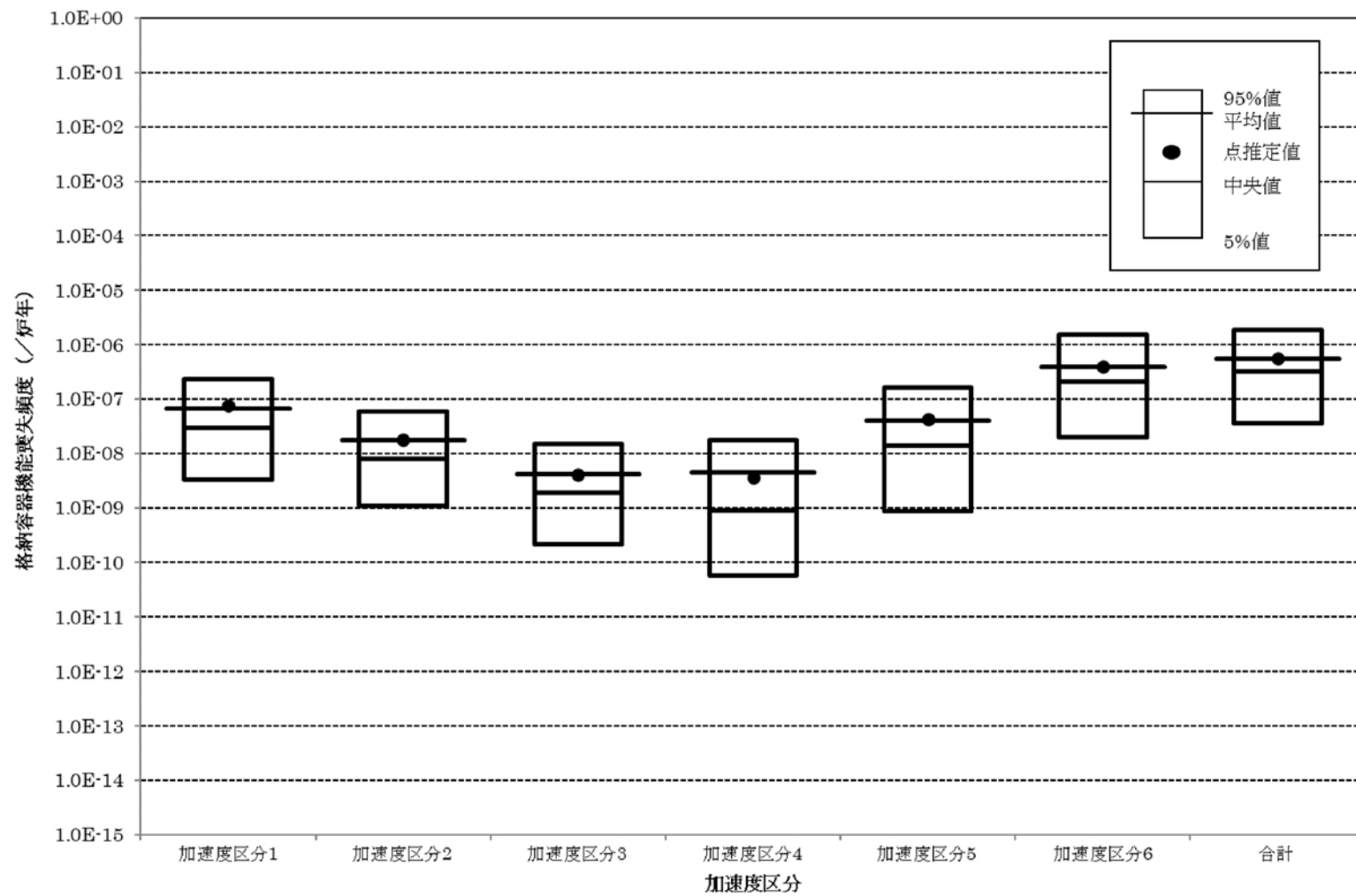
- α = 原子炉容器内水蒸気爆発
- β = 格納容器隔離失敗
- γ = 水素燃焼(原子炉容器破損前)
- γ' = 水素燃焼(原子炉容器破損直後)
- γ'' = 水素燃焼(原子炉容器破損後長期)
- δ = 水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損
- ε = ベースマツ溶融貫通
- θ = 水蒸気蓄積による格納容器先行破損
- η = 原子炉容器外水蒸気爆発
- σ = 格納容器雰囲気直接加熱
- g = 蒸気発生器伝熱管破損
- μ = 格納容器直接接触
- τ = 格納容器過温破損
- χ = 炉心損傷に先立つ地震による格納容器先行機能喪失
- φ = 格納容器健全
- φ = 放射性物質管理放出

(注3) 放出カテゴリ記号

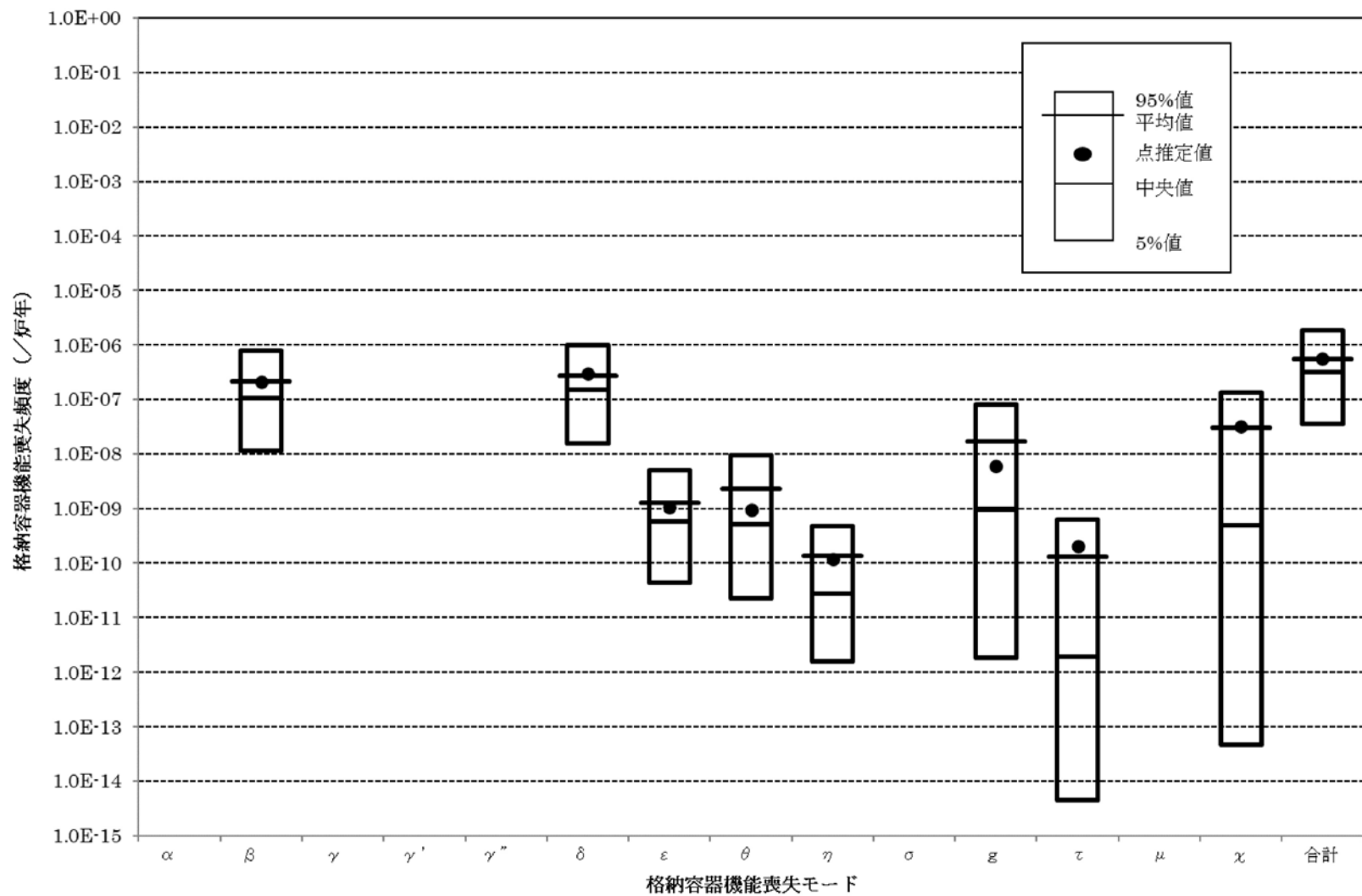
- F1 = 格納容器バイパス(内的)
- F2 = 格納容器バイパス(外的)
- F3A = 格納容器破損(内的)(エナジェティック)
- F3B = 格納容器破損(内的)(先行破損)
- F3C = 格納容器破損(内的)(その他)
- F4 = 格納容器破損(外的)
- F5 = 隔離失敗(内的及び外的)
- F6 = 健全(設計漏えい)(内的及び外的)
- F7 = 放射性物質管理放出(内的及び外的)

(c) 原子炉容器破損後長期

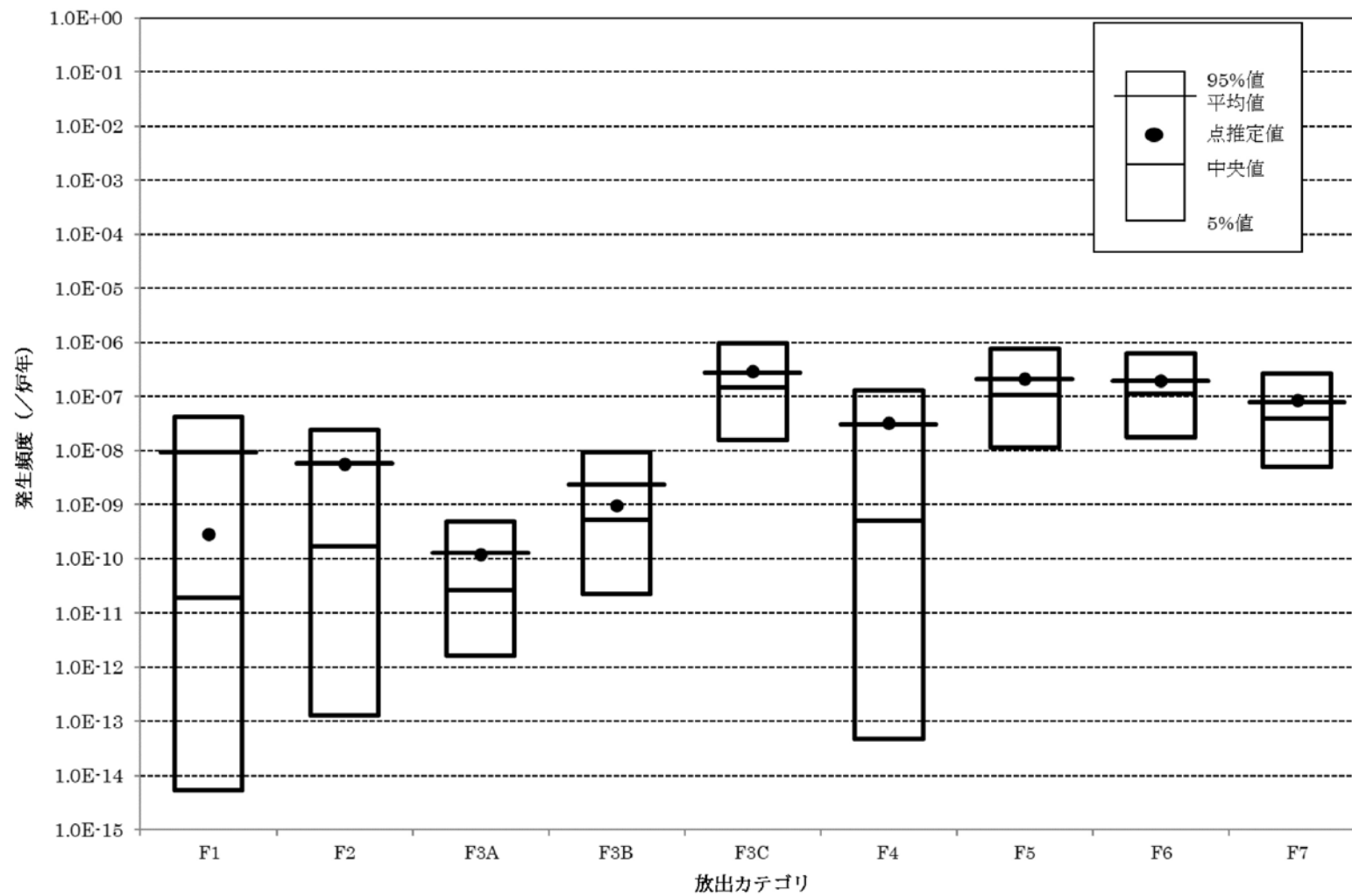
第3.1.3.3-44図 格納容器イベントツリー(3/3)



第3.1.3.3-45図 不確かさ解析結果(加速度区分別)



第3.1.3.3-46図 不確実さ解析結果(格納容器機能喪失モード別)



第3.1.3.3-47図 不確実さ解析結果(放出カテゴリ別)

3.1.3.4 津波出力運転時PRA

津波出力運転時PRAは、一般社団法人 日本原子力学会が発行した「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」（以下「津波PRA学会標準」という。）及びレベル2PRA学会標準を参考に評価を実施した。なお、今回の津波出力運転時PRAでは、津波単独の影響のみを評価しており、地震に伴う津波（重畳事象）等は対象としていない。津波出力運転時レベル1PRAの評価フローを第3.1.3.4-1図に示す。

(1) 評価に必要な情報の収集及び分析

内部事象出力運転時PRAの3.1.3.1(1) a.における情報の収集及び分析に加え、以下を実施した。

a. サイト・プラント情報の収集・分析

(a) 耐津波設計関連情報及び津波被害情報等の収集及び分析

津波出力運転時PRAでは、確率論的津波ハザード評価に必要な波源に関する情報、フラジリティ評価に必要なSSCsの配置及び建屋開口部等の情報を調査・収集した。また、津波出力運転時PRAのシステムモデル上の仮定が妥当であることを確認するため災害情報を収集し活用している。具体例を以下に示す。

- ・東北地方太平洋沖地震等では、広範囲の地域で津波による被災が確認されていることから、津波出力運転時PRAでは災害後の外部支援の困難さを考慮して評価期間を7日間としている。
- ・東北地方太平洋沖地震では、地震発生時のトリップ信号により、サイトに津波が襲来する前の自動停止に成功していることを踏まえ、津波出力運転時PRAにおいても津波襲来前の原子炉停止に期待している。

津波出力運転時PRA実施のために収集した情報及び主な情報源を第3.1.3.4-1表に示す。

(b) プラントウォークダウン

津波PRA学会標準においては、SSCsの設置位置及び建屋開口部シール等の情報を基に津波シナリオを想定しており、図面上の情報から想定したシナリオの妥当性確認や、図面では確認が困難な情報の取得を目的として、プラントウォークダウン(インタビュー含む)を実施することとしている。

今回の評価にあたり、第3.1.3.4-2図のフローに従い調査対象とするSSCs及び建屋開口部シールの選定を実施した。今回の津波出力運転時

PRAでは、第1回及び第4回で実施した津波出力運転時PRAで期待しているSSCs及び建屋開口部シールに対し新たに追加となったものはない。また、机上検討の結果、過去のプラントウォークダウンで収集した情報に加え新たな情報収集が必要となったものもなかったことから、プラントウォークダウンを実施していない。

(c) 津波防護対策の概要

津波出力運転時PRAでは、津波防護対策を考慮した評価を行う。主要な防護対策の概要を以下に示す。

イ 海水ポンプエリア防護壁、海水ポンプエリア水密扉

EL.+5.0mの敷地を超える津波が襲来した場合に、津波が海水ポンプエリアへ到達、流入することを防止し、防護対象設備が機能喪失することのない設計とするため、海水ポンプエリア防護壁及び海水ポンプエリア水密扉を設置し、また、貫通部には止水処置を施している。

ロ 防波堤、防護堤

津波影響軽減施設として、発電所周辺を波源とした津波の波力を軽減する設備として防波堤を設置するとともに、津波や漂流物の衝突に対する安全裕度を向上させるため、防護堤を設置している。

ハ 中間建屋水密扉、制御建屋水密扉

タービン建屋からの津波・溢水の伝ぱを防止し、防護対象設備が機能喪失することのない設計とするため、タービン建屋と各建屋間に水密扉を設置し、また、貫通部については止水処置を施している。

ニ 津波監視カメラ、取水ピット水位計

津波の襲来状況を監視するための津波監視設備として、津波監視カメラ及び取水ピット水位計を設置している。

ホ 貯留堰

津波による取水ピット内水位低下時に、海水ポンプの取水可能な水位を下回ることのない設計とし、海水ポンプの継続運転が可能となるよう、取水口前面に海水を貯水する対策として貯留堰を設置している。

b. 事故シナリオの同定

事故シナリオの同定では、津波が発生した際のサイトへの影響を概括的に分析し、スクリーニングアウトする(フラジリティ評価対象外とする)事故シナリオを抽出するとともに、残った事故シナリオを対象に、津波襲来時に起因事象が誘発される可能性のある設備及びその際に期待する緩和設備を抽出する。また、それらの内容を津波高さ別に整理する。

(a) 本評価における仮定

本評価における事故シナリオの同定は、主に以下の仮定に基づき実施している。

- ・地震(余震含む)がSSCsに及ぼす影響は考慮せず、津波の影響のみを評価する。
- ・津波の繰り返しの襲来による影響は考慮しない。
- ・遡上の効果については、フラジリティ評価において遡上に関する不確実さとして考慮する。
- ・機器の設置高さを、当該機器の機能損傷又は構造損傷が発生するかどうかを判別する評価の起点とする。なお、海水ポンプについては、当該設備が被水・没水によって損傷しうる海水ポンプエリアの防護堤の上端高さを、循環水ポンプについては、当該設備が被水・没水によって損傷しうるポンプモータ下端高さをそれぞれ評価の起点とする。
- ・建屋外部の開口部から津波が流入した場合は、同一建屋の同一階

層以下全体が同時に浸水すると仮定する。

- ・原子炉格納容器は密閉構造であることから、原子炉格納容器内には津波が流入しないと仮定する。
- ・原子力プラントにおける安全設備・機器（PRAで対象とする設備・機器）を有している建物や構築物は、その耐震性等を考慮すると波力により損壊することは考え難いことから、波力による影響はないと仮定する。
- ・津波PRA上期待する特重設備は、内部事象出力運転時PRAと同様とし、津波の特重施設への影響については設計・配置情報等を基に評価上の仮定を置いて評価を実施する。詳細は参考資料Ⅱに示す。

(b) 事故シナリオの概括的な分析・設定

津波出力運転時PRAで評価対象とすべき津波による設備の損傷・機能喪失要因の検討を行い、要因別に想定される事故シナリオを整理する。さらに、津波出力運転時PRAで評価対象となる事故シナリオを整理するに当たり、対象とする起因事象を選定するとともに、SSCsを選定してその配置情報を特定する。その結果を踏まえ、機能喪失する機器をグループ化し、津波高さの範囲を区切って津波シナリオ区分を設定する。津波シナリオ区分の設定には、川内1号機の機器の配置調査結果及びフラジリティ評価結果を活用する。

津波出力運転時PRAで考慮すべき損傷・機能喪失要因の概要及び各要因に対するフラジリティ評価の要否について、以下に検討結果を示す。

イ 被水・没水

津波による被水・没水の影響として、電動機、電動機の回転機及び電気計装等の故障により動的機能が喪失（作動失敗、継続運転失敗）することが考えられる。したがって、フラジリティ評価対象となるSSCsは、動的（電氣的）な部品を含む設備・機器である。

ロ 波力

波力の影響として、設備・機器が津波による波圧を受けることで構造的に損傷することが考えられる。したがって、屋外に設置された大半のSSCsがフラジリティ評価対象となる。但し、被水・没水による機能損傷が先行する場合は除外するなど、個々のSSCsに対してフラジリティ評価の実施要否を検討する。

また、安全設備・機器を有している建物内に設置されているSSCsや、津波対策により波力を直接受けることがないように構築物が設けられた屋外SSCsについては、波力を直接受けることは考え難く、波力の影響はないと考えられるため、フラジリティ評価対象外とする。

ハ 流体力

流体力（摩擦力、抗力）は、SSCsが津波の流れから受ける外力であり、SSCsへの影響は波力と同様に構造的な損壊又は機能喪失となるような損傷である。したがって、フラジリティ評価対象となるのは波力と同様なSSCsとなる。但し、その影響が波力に対して軽微である場合には、波力に含まれるものとして取り扱う。

ニ 浮力

浮力は、流体中に置かれた物体に働く力であり、SSCsが水没することで発生し、SSCsへの影響は波力と同様に構造的な損壊又は機能喪失となるような損傷である。したがって、屋外に設置されているSSCsや建物・構築物が、フラジリティ評価対象となる。また、屋内に設置されているSSCsに対しても、津波により屋内が浸水した場合には、SSCsが水没することで屋外のSSCsと同様の影響があるので、これらについてもフラジリティ評価対象となる。但し、その影響が基礎部の耐力（基礎ボルトの引張強さ等）に対して軽微である場合には、フラジリティ評価対象外とする。

ホ 引き津波による水位低下

引き津波により海水の潮位が低下した場合、海水を水源とするポンプの取水障害が発生して、キャビテーションによりポンプが機能喪失することが考えられる。したがって、海水を取水する海水ポンプ及び循環水ポンプが脆弱性評価対象である。引き津波により、各ポンプの許容最低水位よりも水位が低下した時点でポンプが機能損傷することを想定する。

ヘ 漂流物衝突

漂流物衝突による衝撃力では、津波によって運ばれた物体が衝突することで、対象SSCsが損壊することを考慮する。したがって、屋外に設置された大半のSSCsが脆弱性評価対象となる。但し、被水・没水による機能損傷が先行する場合や、漂流物が到達する可能性の有無等を考慮して、個々のSSCsに対する脆弱性評価対象を検討する。

ト 海底砂移動

海底砂移動では、津波により海底にある砂が巻き上げられ移動することを想定しており、取水口の閉塞、海水取水ポンプ軸受への砂混入による機能損傷、海水系統への砂混入による流路の閉塞が考えられる。したがって、海水を取水する海水ポンプ及び循環水ポンプが脆弱性評価対象となる。

チ 洗掘

洗掘では、構造物基部での水流で地面が掘り返されることにより、構造物が支持を失い倒壊することが想定される。したがって、屋外に設置されている機器・構造物が脆弱性評価対象となり、防護堤等の構造物や取水口では、洗掘によるコンクリート構築物の破壊・転倒により損傷する事故シナリオが考えられる。但し、被水・没水による機能損傷が先行する場合や、基礎の状況による洗掘発生の有無等を考慮して、個々のSSCs

に対するフラジリティ評価対象を検討する。

上記の検討結果を踏まえ、津波出力運転時PRAでフラジリティ評価の検討対象とすべき津波による損傷・機能喪失要因と、対象となるSSCsを整理した結果を第3.1.3.4-2表に示す。

(c) 起因事象の分析

(b)で分析した結果を活用し、津波を起因として炉心損傷に至る可能性のある起因事象を分析する。分析に当たっては、内部事象出力運転時レベル1PRAで起因事象選定の検討対象とした起因事象候補及び津波特有の事故シナリオの特性を考慮し、評価対象となる起因事象を分類・設定する。その際には、以下の3つの観点でスクリーニングを実施する。

①国内のPWRプラント共通の観点

②評価対象プラントにおける設備配置関係やフラジリティ評価結果からの観点

③事象進展の類似性及び包含性等を考慮したグルーピングの観点

起因事象を選定する際は、内部事象出力運転時レベル1PRAにおいて起因事象選定の検討対象とした起因事象候補に加えて、内部事象出力運転時レベル1PRAで除外した起因事象も含め、評価対象とするか検討を行った。

まず、①の観点でスクリーニングを実施した。検討内容及び選定結果を第3.1.3.4-3表に示す。本評価では、①のスクリーニングに続いて、押し津波について②及び③の観点でスクリーニングを実施した。検討内容及び選定結果を第3.1.3.4-4表に示す。本スクリーニングの結果、想定される起因事象として選定したのは以下の事象である。

- ・外部電源喪失
- ・原子炉補機冷却水系の全喪失

- ・原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・複数の信号系損傷

なお、引き津波が発生した場合は、循環水ポンプや海水ポンプの故障により、過渡事象や原子炉補機冷却海水系の全喪失の発生が想定されるが、サイト内のほかの設備・機器が津波により損傷しておらず、引き津波の発生に気づき、ポンプを停止することができれば、水位回復した後に、ポンプを再起動することも可能である。

以上のことを踏まえ、本評価では押し津波を評価対象としてその影響を評価することとする。

なお、引き津波の影響については第1回届出の「3.1.3.2.2.4(7)g.感度解析」及び「3.1.3.2.2.5(7)b.感度解析」にて確認している。

(d) 津波シナリオ区分の設定

津波シナリオを作成するに当たり、津波出力運転時PRA特有の設備、津波により損傷する設備（起因事象を誘発する設備、緩和設備）の配置情報及び後述するフラジリティ評価の結果等を基に津波高さの範囲を整理し、津波シナリオ区分を設定する。

また、津波シナリオ区分の設定に当たり、本評価では主に以下を仮定している。

- ・津波影響軽減施設である防波堤及び防護堤については、その効果に期待しない。
- ・海水ポンプエリアに対する津波防護対策である海水ポンプエリア防護壁、水密扉等については、海水ポンプエリア防護壁で代表し、水密性を確認しているEL.+8.0m未満の津波であれば健全とし、EL.+8.0m以上の津波では損傷するものと仮定する。したがって、EL.+8.0m以上の津波では海水ポンプエリアが浸水し、海水ポンプが被水・没水すること

により必ず機能喪失すると仮定する。

- ・水密化された範囲の建屋（以下「1次系建屋」という。）の貫通部シールの施工高さはEL.+15.0mまでと想定する。したがって、EL.+15.0mを超える津波高さでは1次系建屋が必ず浸水し、当該津波高さまでの設備が水没し、損傷すると仮定する。
- ・貫通部シールの損傷は1次系建屋に津波が到達するEL.+8.0mから考慮し、配置情報等を踏まえ、津波高さに応じて代表とする貫通部シールを選定する。
- ・タービン建屋内の設備については、タービン建屋開口部がシール施工されていないことから、タービン建屋開口部高さ（EL.+12.1m）以上の津波では建屋内が浸水し、当該津波高さまでの設備が水没し、損傷すると仮定する。

特重施設を考慮しない場合の津波シナリオ区分の区分分けの高さの根拠及び津波シナリオ区分を第3.1.3.4-5表及び第3.1.3.4-6表に示す。特重施設を考慮した場合の津波シナリオ区分の設定については参考資料Ⅱに示す。

(2) 確率論的津波ハザード評価

本評価に使用している確率論的津波ハザードは、設置変更許可申請書において、基準津波の超過確率を参照したものである。

a. 評価方針

確率論的津波ハザード評価については、日本原子力学会(2012)及び土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2011)の方法を参考に、以下の流れで検討した。

b. 波源モデルの設定

確率論的津波ハザード評価において検討対象とする津波波源として、決定論評価における取水口位置での最大水位変動量を踏まえ、津波ハザード曲線への寄与度が高いと判断したプレート間地震及び海域活断層による地殻内地震を選定した。なお、海洋プレート内地震は、想定される津波の規模及び敷地とプレート境界との位置関係から、プレート間地震に比べ、影響が小さいと考えられる。

決定論評価における取水口位置での最大水位変動量及び津波ハザード評価における検討対象の津波波源を第 3.1.3.4-7 表に、各波源の位置を第 3.1.3.4-3 図及び第 3.1.3.4-4 図に示す。

なお、決定論評価においては、琉球海溝におけるプレート間地震(Mw9.1)を基準津波としている。基準津波の波源モデルを第 3.1.3.4-5 図に、基準津波の地盤変動量分布を第 3.1.3.4-6 図に、基準津波の策定位置を第 3.1.3.4-7 図に、基準津波の時刻歴波形を第 3.1.3.4-8 図に、サイト周辺における最大水位上昇量分布及び最大水位下降量分布を第 3.1.3.4-9 図に示す。

c. 津波伝ばモデルの設定

弾性体理論に基づき海面変位を算定し、非線形長波理論に基づき平面二次元の差分法を用いて数値シミュレーションを実施した。

プレート間地震の数値シミュレーションの計算条件を第 3.1.3.4-8 表に、計算格子分割を第 3.1.3.4-10 図に、取水口位置での時刻歴波形を第 3.1.3.4-11 図に示す。海域活断層による地殻内地震の数値シミュレーションの計算条件を第 3.1.3.4-9 表に、計算格子分割を第 3.1.3.4-12 図に、取水口位置での時刻歴波形を第 3.1.3.4-13 図～第 3.1.3.4-17 図に示す。

d. ロジックツリーの作成

日本原子力学会(2012)に示される専門家活用水準 1 を採用し、基準津波の策定過程において考慮した津波波源の不確実さを考慮して、以下のとおりロジックツリーを作成した。

なお、プレート間地震については、歴史地震を超える規模の地震想定、すべり分布、破壊様式及び発生頻度を認識論的不確実さとして、津波推定値のばらつきを偶然的不確実さとして考慮した。海域活断層による地殻内地震については、傾斜角、上縁深さ、すべり角及び発生頻度を認識論的不確実さとして、津波推定値のばらつきを偶然的不確実さとして考慮した。

- ・琉球海溝におけるプレート間地震については、地震履歴、テクトニクス等に関する情報に着目した固着域の分析の結果、各領域で想定される地震は、歴史地震規模と考えられるものの、基準津波の策定過程と同様に、歴史地震を超える規模の地震も想定した。
- ・歴史地震を超える規模のプレート間地震の応力降下量については、内閣府(2012)における既往の巨大地震における応力降下量(平均: 1.2MPa、標準偏差を考慮すると 2.2MPa)を基に、1.2MPa、3.0MPa を想

定し、重みを 4:1 に設定した。

- ・さらに、2011 年東北地方太平洋沖地震津波の教訓を踏まえ、領域境界を越える範囲を断層面積とした津波波源を想定し、重みを 9:1 に設定した。
- ・歴史地震を超えない規模のプレート間地震の発生頻度については、G-R 分布に従い、歴史地震を超える規模のプレート間地震の発生頻度については、琉球海溝北部～中部におけるプレートの沈み込み速度（年間 6cm 程度）から、年間歪み量を年間 6cm～年間 2cm の一様分布として設定し、すべり量から算出した。また、海域活断層の発生頻度については、土木学会（2011）等に基づき、平均変位速度を 1m/1000 年～0.1m/1000 年の一様分布として設定し、すべり量から算出した。
- ・津波推定値のばらつきについては、土木学会（2011）等に基づき、すべり量のばらつきを、ロジックツリーとして分岐したモデルについては小さなばらつきを、分岐していないモデルについては大きなばらつきを設定した。
- ・プレート間地震を波源とするロジックツリーを第 3.1.3.4-18 図に、海域活断層による地殻内地震を波源とするロジックツリーを第 3.1.3.4-19 図に示す。

e. ハザード曲線の作成

敷地への遡上及び取水性の観点から、取水口位置を評価地点として選定した。取水口位置における津波ハザード曲線を第 3.1.3.4-20 図に、フラクタルハザード曲線を第 3.1.3.4-21 図に、波源ごとの寄与度を第 3.1.3.4-22 図に示す。津波ハザード曲線において、琉球海溝におけるプレート間地震に伴う津波の寄与度が高い。基準津波による水位の年超過確率は、水位上昇側で 10^{-5} ～ 10^{-6} 程度、水位下降側で 10^{-5} ～ 10^{-6} 程度である。

また、基準津波の策定位置における津波ハザード曲線を第 3.1.3.4-23 図に示す。基準津波による水位の年超過確率は、水位上昇側で $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 程度、水位下降側で $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 程度である。

(3) フラジリティ評価

a. 評価対象及び損傷モードの設定

(a) 評価対象機器の選定

(1) b.の結果を活用し、本評価の対象となる機器リストを作成した。機器リストの例を第3.1.3.4-10表に示す。

(b) 損傷モード及び部位の設定

津波フラジリティ評価では、津波PRA学会標準に基づき、以下の損傷・機能喪失要因について評価を行う。

- ・被水・没水
- ・波力
- ・流体力
- ・浮力
- ・漂流物衝突
- ・海底砂移動
- ・洗掘

各損傷・機能喪失要因について、一般的なフラジリティ評価方針を第3.1.3.4-11表に示す。また、評価対象プラントの状況を考慮して、機器種別ごとのフラジリティ評価方針を整理した結果を第3.1.3.4-12表に示す。

なお、津波の遡上については、工学的判断に基づく方法で敷地内の水位及び遡上による不確実さを考慮している。

上記の検討結果を踏まえると、以下の設備がフラジリティ定量評価の実施対象となる。

- ・屋外設置の動的・電氣的設備及び可搬設備に関する被水・没水
- ・屋内設置の動的・電氣的設備に関する被水・没水

但し、屋内設置設備のうち1次系建屋内の設備については建屋貫通部

のシールの損傷により建屋内に水が流入することで被水・没水すると仮定するため、貫通部シールのフラジリティに依存する。このため、貫通部シールをフラジリティ定量評価の実施対象とする。

また、特重施設のフラジリティ評価においても上記と同様の考え方に基
づき、特重施設の設計・配置情報等を考慮した上で評価を実施する。詳
細は参考資料Ⅱに示す。

b. フラジリティ評価手法

(a) フラジリティ評価用津波の想定

フラジリティ評価では、ある基準となる津波高さを設定し、それがサイト内
に一樣に広がる(基準となる津波高さのEL.まで一樣に水没する)という想
定のもとフラジリティの計算を実施した。

(b) フラジリティ評価手法

フラジリティ評価手法として下記に示す耐力係数及び応答係数による
方法(安全係数法)を使用した。

安全係数法によるフラジリティ評価では、一般に安全係数の概念を用
いて下式の様に算定する。

$$A_m = F \times A_d \quad (\text{式3.1.3.4-1})$$

A_m : フラジリティ波高中央値(= 損傷確率50%に相当する津波高
さ)

F : 安全係数(裕度)

A_d : 基準津波の最大波高

$$F = \frac{\text{現実的な耐力}}{\text{現実的な応答}} = \frac{\text{設計応答値}}{\text{現実的な応答}} \times \frac{\text{現実的な耐力}}{\text{設計応答値}} \quad (\text{式3.1.3.4-2})$$

$$F = F_{ER} \times F_{TR} \times F_{EC} \quad (\text{式3.1.3.4-3})$$

F_{ER} : 機器応答に関する係数

F_{TR} : 遡上応答に関する係数

F_{EC} : 耐力に関する係数

(式3.1.3.4-1)の安全係数(裕度)は、(式3.1.3.4-2)のように基準とする津波による現実的な応答に対する機器の現実的な耐力の割合で定義されるが、評価対象機器の設計応答値に対する現実的な応答の割合(応答に関する安全係数)及び現実的な耐力に対する設計応答値の割合(耐力に関する安全係数)に分離して評価する。

但し、入力 of 津波高さに対する機器の応答には、津波の遡上に関わる水位の応答に加えて機器自身の応答が影響する場合があることから、(式3.1.3.4-3)のように両方の応答に関する係数を考慮する。

なお、本評価においては、津波の遡上に関わる水位の応答の係数を遡上応答係数(F_{TR})、機器自身の応答に関わる応答の係数を機器応答係数(F_{ER})と呼ぶ。

上記により算出された A_m により損傷確率は次式のように表される。

$$F(A) = \Phi \left\{ \frac{\ln \left(\frac{A}{A_m} \right) + \beta_{c_U} \cdot X}{\beta_{c_R}} \right\}$$

ここで、 β_{c_R} は偶然的不確実さ要因の対数標準偏差、 β_{c_U} は認識論的不確実さ要因の対数標準偏差を表し、以下のように示される。

$$\beta_{c_R} = \sqrt{(\beta_{R-s})^2 + (\beta_{R-r})^2}$$

$$\beta_{cU} = \sqrt{(\beta_{U-s})^2 + (\beta_{U-r})^2}$$

β_{R-s} : 現実的耐力の偶然的不確実さ

β_{R-r} : 現実的応答の偶然的不確実さ

β_{U-s} : 現実的耐力の認識論的不確実さ

β_{U-r} : 現実的応答の認識論的不確実さ

また、 X はフラジリティ曲線の信頼度 p に対応する標準正規確率変量($\Phi^{-1}(p)$)を表し、以下の値をとる。

$p = 5\%$ 信頼度の時 $X = -1.65$

$p = 50\%$ 信頼度の時 $X = 0$

$p = 95\%$ 信頼度の時 $X = 1.65$

上記のように、フラジリティ曲線は信頼度に応じた曲線を示すが、平均値曲線としては β_{cR} 及び β_{cU} の二乗和平方根 β_c を用いた以下の式により表される。信頼度に応じたフラジリティ曲線のイメージを第3.1.3.4-24図に示す。

$$F(A) = \Phi \left\{ \frac{\ln \left(\frac{A}{A_m} \right)}{\beta_c} \right\}$$

$$\beta_c = \sqrt{(\beta_{cR})^2 + (\beta_{cU})^2}$$

c. フラジリティ評価結果

(a) 屋外設置設備のフラジリティ評価結果

屋外設置設備の被水・没水に関するフラジリティ評価結果について以下に示す。ここでは、設置高さEL.+13.0mの機器を代表として評価内容を示す。

なお、このフラジリティ評価では、耐力としてのパラメータは設置高さのみであるので、同じEL.に設置されている機器は同じフラジリティを得ることとなる。

イ 機器応答係数 F_{ER}

本損傷・機能喪失要因では、当該機器の設置高さに津波が到達した時点で機能喪失すると想定するため、機器応答に関する保守性及び不確実さ β は考慮しない。したがって、本係数は、以下の値となる。

$$F_{ER} = 1.0$$

$$\beta = 0$$

ロ 遡上応答係数 F_{TR}

評価対象機器の位置に到達する津波波高（水位）については、海岸線における水位がそのまま敷地内へ拡散するものと想定する。すなわち、応答の保守性を考慮しないため遡上応答係数 $F_{TR} = 1.0$ となる。

次に、遡上に関する不確実さを考慮する場合、実際の現象を想定すると津波の遡上高さが海岸線における津波高さの2倍を超えるような高さに到達することは考えにくい。このことから、工学的判断により、遡上高さの99%上限値を海岸線における津波高さの2倍と想定し、不確実さ $\beta = 0.30$ とする。

なお、津波の遡上については、自然現象のランダム性によるばらつき及び解析・計算方法に依存する認識論的ばらつきの両方が影響を及ぼすものと考えられるため、それぞれが同程度の寄与を持っていると考えて不確かさ $\beta = 0.30$ を認識論的不確かさ β_U 及び偶然的不確かさ β_R に等分する。

$$F_{TR} = 1.0$$

$$\beta_U = 0.21$$

$$\beta_R = 0.21$$

$$(\beta = 0.30)$$

ハ 耐力係数 F_{EC}

本係数は、強度に関する係数 F_s として評価する。評価対象機器の設置高さを現実的耐力とし、設計応答値として fragility 評価用に設定する津波高さを用いて評価する。すなわち、以下のように示すことができる。

$$F_s = \frac{\text{現実的な耐力}}{\text{設計応答値}} = \frac{\text{機器設置高さ}}{\text{fragility 評価用津波による水位}} = \frac{13.0}{10.0} = 1.30$$

なお、ここでは fragility 評価用津波による水位として 10m を設定した。

また、機器設置高さは配置設計において厳密に設定されているため、本係数の不確かさは考慮しない。したがって、本係数は、以下の値となる。

$$F_{EC} = F_s = 1.30$$

$$\beta = 0$$

ニ フラジリティ評価結果

イ項～ハ項の各係数をまとめると、被水・没水に関するフラジリティは以下ようになる。また、得られたフラジリティ曲線を第3.1.3.4-25図に示す。

$$\begin{aligned}A_m &= F_{ER} \times F_{TR} \times F_{EC} \times A_d \\&= (1.0 \times 1.0 \times 1.30) \times (10.0) \\&= 13.0 \text{ (m)} \\ \beta_U &= \sqrt{0.0^2 + 0.21^2 + 0.0^2} = 0.21 \\ \beta_R &= \sqrt{0.0^2 + 0.21^2 + 0.0^2} = 0.21 \\ HCLPF &= A_m \times \exp(-1.65 \times (\beta_U + \beta_R)) \\&= 13.0 \times \exp(-1.65 \times (0.21 + 0.21)) \\&= 6.50 \text{ (m)}\end{aligned}$$

この結果は、海岸線における津波高さが6.5mの場合に、設置高さEL.+13.0mの機器が津波の遡上により損傷する確率が95%信頼度で5%であるということを示す。また、海岸線における津波高さが13.0mの場合に、津波の遡上により機器が損傷する確率は50%である。

なお、海水ポンプ及び循環水ポンプについては、設置位置が海岸線の近傍であり、津波遡上による不確実さは津波ハザードのもつ津波高さの不確実さに包絡されるものと考えられる。したがって、海水ポンプ及び循環水ポンプのフラジリティ評価において遡上の不確実さは考慮しない扱いとする。

以上から、代表的な屋外設置機器のフラジリティ評価結果をまとめると第3.1.3.4-10表のようになる。

(b) 屋内設置設備のフラジリティ評価結果

イ タービン建屋内設備

タービン建屋内設備の被水・没水に関するフラジリティは、屋外設置設備と同様に評価するが、遡上に関する不確実さは考慮しない。また、タービン建屋にはEL.+12.1m未満に屋外に通じる貫通部及び開口部がなく、EL.+12.1m未満の津波ではタービン建屋内に流入することはない。一方、EL.+12.1m以上の津波では、タービン建屋内への流入が必ず発生し、内部の機器を損傷させると想定する。

したがって、設置高さEL.+12.1m未満のタービン建屋内機器の被水・没水に関するフラジリティは以下ようになる。

$$0 < x < 12.1 \quad P = 0$$

$$12.1 \leq x \quad P = 1$$

x : 津波高さ(m)

P : 損傷確率

なお、設置高さがEL.+12.1mよりも高い機器については、その設置高さ以上の津波高さで損傷確率は1となる。

ロ 1次系建屋内設備

1次系建屋内設備の被水・没水に関するフラジリティは、建屋貫通部シールのフラジリティにより評価する。1次系建屋内設備に関するフラジリティ評価の概念を、第3.1.3.4-26図に示す。

評価においては、建屋下層にある貫通部シールを代表として評価した。ここでは、タービン建屋と原子炉周辺建屋間の貫通部(設置高さ:EL.-2.0m)を代表として評価内容を示す。

(イ) 機器応答係数 F_{ER}

本係数は波力荷重の計算において考慮する水位上昇に関する係数 F_{FL} として評価する。本評価の場合は、地下に設置されているシールが対象であり、津波水位による静水圧に着目した評価を行う。このため、津波波力による発生応力評価で用いる評価対象物に津波が衝突した際の水位上昇の想定が持つ保守性及び不確実さは考慮しない。したがって、本係数は、以下の値となる。

$$F_{ER} = F_{FL} = 1.0$$

$$\beta = 0$$

(ロ) 遡上応答係数 F_{TR}

評価対象機器の位置に到達する津波波高(水位)については、海岸線における水位がそのまま敷地内へ拡散するものと想定する。すなわち、応答の保守性を考慮しないため遡上応答係数 $F_{TR} = 1.0$ となる。

次に、遡上に関する不確実さを考慮する場合、実際の現象を想定すると津波の遡上高さが海岸線における津波高さの2倍を超えるような高さに到達することは考えにくい。このことから、工学的判断により、遡上高さの99%上限値を海岸線における津波高さの2倍と想定し、不確実さを $\beta = 0.30$ とする。

なお、津波の遡上については、自然現象のランダム性によるばらつき及び解析・計算方法に依存する認識論的ばらつきの両方が影響を及ぼすものと考えられるため、それぞれが同程度の寄与を持っていると考えて全不確実さ $\beta = 0.30$ を β_U 及び β_R に等分する。

$$F_{TR} = 1.0$$

$$\beta_U = 0.21$$

$$\beta_R = 0.21$$

$$(\beta = 0.30)$$

(ハ) 耐力係数 F_{EC}

本係数は強度に関する係数 F_s と塑性エネルギー吸収効果に関する係数 F_μ として評価する。

I 強度に関する係数 F_s

現実的耐力として、評価対象部位の止水性能(何メートルの静水圧に耐えるか)を用い、設計応答値として fragility 評価用津波水位(に相当する静水圧)を用いる。設計において、貫通部シールは水深20mに相当する静水圧(0.2MPa)に耐えることを確認している。このため、現実的には下限値に相当する値であると考えられるが、本評価では中央値として扱い、不確実さを考慮しないものとする。したがって、EL.-2.0mのシールの場合の耐力中央値は、水深20mに相当する18.0mとなる。以上から、強度に関する係数は以下のように示すことができる。なお、ここでは fragility 評価用津波による水位として15mを設定した。

$$F_s = \frac{\text{現実的な耐力}}{\text{設計応答値}} = \frac{18.0}{15} = 1.20$$

$$\beta = 0$$

II 塑性エネルギー吸収効果に関する係数 F_{μ}

貫通部シールについては塑性変形によるエネルギー吸収効果は期待しないため、以下の値を用いる。

$$F_{\mu} = 1.0$$

$$\beta = 0$$

以上から、耐力係数 F_{EC} は以下となる。

$$F_{EC} = F_S \times F_{\mu} = 1.20$$

$$\beta = 0$$

(二) 貫通部シールのフラジリティ評価結果

イ項～ハ項の各係数をまとめると、フラジリティは以下のようになる。

$$Am = F_{ER} \times F_{TR} \times F_{EC} \times Ad$$

$$= (1.0 \times 1.0 \times 1.20) \times (15)$$

$$= 18.0 \text{ (m)}$$

$$\beta_U = \sqrt{0.0^2 + 0.0^2 + 0.21^2 + 0.0^2} = 0.21$$

$$\beta_R = \sqrt{0.0^2 + 0.0^2 + 0.21^2 + 0.0^2} = 0.21$$

$$HCLPF = Am \times \exp(-1.65 \times (\beta_U + \beta_R))$$

$$= 18.0 \times \exp(-1.65 \times (0.21 + 0.21))$$

$$= 9.0 \text{ (m)}$$

このシールはタービン建屋から制御建屋への貫通部であるので、

流入経路としては一旦タービン建屋内に津波が入ったのち、貫通部を経由して制御建屋へ至ることとなる。すなわち、タービン建屋内に津波が流入しない限り、この貫通部は損傷しないといえる。また、タービン建屋にはEL.+12.1m以下に屋外に通じる貫通部及び開口部がなく、これ以下の津波ではタービン建屋内に流入することがない。

以上をまとめると、タービン建屋と制御建屋間の貫通部(EL.-2.0m)の貫通部シールの fragility は以下のように表現することができる。

- ・タービン建屋と制御建屋間の貫通部(EL. -2.0m)の fragility

$$0 < x < 12.1 \quad P = 0$$

$$12.1 \leq x < 15.0 \quad A_m = 18.0, \beta_R = \beta_U = 0.21, HCLPF = 9.0$$

$$15.0 \leq x \quad P = 1$$

x : 津波高さ(m)

P : 損傷確率

EL.+15.0m以上の津波の場合、貫通部シールの損傷有無に係わらず、1次系建屋の開口部から津波が流入すると想定しているため、評価対象となる建屋内設置設備の損傷確率は1とする。

上記と同様に、海水管ダクトと中間建屋間の貫通部(EL.+1.8m)について検討すると、fragility は以下のような結果となる。

$$A_m = 21.8 \text{ (m)}$$

$$\beta_U = 0.21$$

$$\beta_R = 0.21$$

$$HCLPF = 10.9 \text{ (m)}$$

このシールは海水管ダクトから中間建屋への貫通部であるので、

流入経路としては、海水ポンプエリア経由でダクト内に津波が入ったのち、貫通部を経由して中間建屋へ至ることとなる。すなわち、海水ポンプエリア内に津波が流入しない限り、この貫通部は損傷しないといえる。また、前述のとおり、海水ポンプエリア防護壁により、EL.+8.0mより低い津波では、海水ポンプエリアには津波が流入することはないと想定している。

以上をまとめると、本貫通部のフラジリティは以下のように表現することができる。

- ・ 海水管ダクトと中間建屋間の貫通部 (EL.+1.8m) のフラジリティ

$$0 < x < 8.0 \quad P = 0$$

$$8.0 \leq x < 15.0 \quad A_m = 21.8, \beta_R = \beta_U = 0.21, HCLPF = 10.9$$

$$15.0 \leq x \quad P = 1$$

以上のフラジリティを比較すると、フラジリティ曲線自体はタービン建屋と中間建屋間の貫通部 (EL.-2.0m) が評価上より厳しい結果を与えることから、当該貫通部を代表とすることが考えられる。しかしながら、当該貫通部を代表した場合、 $0 < x < 12.1$ の損傷確率を0として扱うことから、海水管ダクトと中間建屋間の貫通部 (EL.+1.8m) のフラジリティのうち $8.0 \leq x < 12.1$ の間の損傷確率を無視することとなり、非保守的な評価となる可能性がある。そこで、津波高さに応じて、以下のようなフラジリティを設定する。

$$0 < x < 8.0 \quad P = 0$$

$$8.0 \leq x < 12.1 \quad A_m = 21.8, \beta_R = \beta_U = 0.21, HCLPF = 10.9$$

$$12.1 \leq x < 15.0 \quad A_m = 18.0, \beta_R = \beta_U = 0.21, HCLPF = 9.0$$

$$15.0 \leq x \quad P = 1$$

1次系建屋内の機器について得られるフラジリティ曲線の例を第3.1.3.4-27図に示す。フラジリティ曲線は、当該機器の設置EL.と上記の貫通部フラジリティによるEL.+8.0mの高い方(X点)から立ち上がり、EL.+12.1m(Y点)を境界としてフラジリティ曲線が切り替わることとなる。また、シールのないEL.+15.0m(Z点)以上では損傷確率は1となる。

以上から、特重施設を考慮しない場合における代表的な屋内設置機器のフラジリティ評価結果をまとめると第3.1.3.4-10表のようになる。

(c) 特定重大事故等対処施設内の設備

特重施設内の機器のフラジリティについては、特重施設の設計・配置情報等を基に仮定を置いて評価を実施する。また、タービン建屋と一次系建屋内の機器についても(b)で設定したフラジリティに対して、特重施設の設置による影響を考慮する。詳細は参考資料Ⅱに示す。

d. 損傷の相関の取り扱い

屋外設置設備で設置場所が離れているものについては、完全独立を想定している。また、屋内設置設備については、設置高さごとにグループ化しており、グループが同じ設備は被水・没水により同時に損傷するとして完全相関を想定している。

(4) 炉心損傷頻度評価

a. 起因事象の発生頻度の評価

(1) b.(c)の結果から、本評価で選定した起因事象は以下のとおりである。

- ・外部電源喪失
- ・原子炉補機冷却水系の全喪失
- ・原子炉補機冷却海水系の全喪失
- ・複数の信号系損傷

津波出力運転時レベル1PRAにおいては、1次系建屋内への浸水有無によってシナリオが異なる。

なお、津波出力運転時レベル1PRAにおいては、津波シナリオ区分別の津波発生頻度に各シナリオ区分の起因事象の発生要因となる機器の損傷確率を掛け合わせたものが各起因事象の発生頻度となる。津波シナリオ区分別の津波発生頻度については、g.(a)に示す。

b. 成功基準の設定

炉心損傷を防止するための緩和系の成功基準は、内部事象出力運転時レベル1PRAと津波出力運転時レベル1PRAでは相違がないため、内部事象出力運転時レベル1PRAで設定した成功基準を用いる。また、使命時間についても内部事象出力運転時レベル1PRAと同様の設定とする。ただし換気空調系を除くサポート系の使命時間については、1次系建屋内の浸水の有無や冗長設備の有無等を考慮し設定する。

なお、津波特有の事象である「複数の信号系損傷」については、緩和手段がないため成功基準を設定していない。

c. 事故シーケンスの分析

(a) イベントツリーの作成

本評価では、内部事象出力運転時レベル1PRAモデルと同様に小イベントツリー／大フォールトツリー法を採用し、津波浸水イベントツリー、起回事象イベントツリー及び事象進展イベントツリーを作成し、これらを統合して評価する。津波評価用のイベントツリーの展開構成を概念的に第3.1.3.4-28図に示す。各イベントツリーの概要は以下のとおり。

イ 津波浸水イベントツリー

津波浸水イベントツリーは、1次系建屋内への浸水有無を分類するイベントツリーである。1次系建屋の水密化された範囲が浸水すると、1次系建屋内の下階に設置されている補助給水系等が損傷して緩和手段がなくなり、事象進展が大きく異なることからこれらを分類する。

本評価における津波浸水イベントツリーを第3.1.3.4-29図に示す。

ロ 起回事象イベントツリー

起回事象イベントツリーは、津波浸水イベントツリーの次にリンキングさせ、津波による設備への影響により誘発される起回事象の分類を行うイベントツリーである。

起回事象イベントツリーにおけるヘディング設定の順番の考え方を以下に示す。

- ・基本的に事象進展の厳しい事象（津波シナリオ）から順に設定する。
- ・1次系建屋内が浸水する場合の方が、浸水しない場合より厳しいシナリオであるので、最初に1次系建屋内が浸水する場合に発生しうる起回事象を、事象進展の厳しい順に設定する。
- ・屋外と1次系建屋以外の建屋（タービン建屋等）に津波の影響がある場合について、発生しうる起回事象を、事象進展の厳しい順に設定

する。

起因事象イベントツリー(1次系建屋内浸水あり)の分岐の考え方を以下に示す。

2つ以上の起因事象の組合せを考慮しても、その後の事象進展イベントツリーで記載する起因事象発生後に期待する緩和系の類似性等から、事象進展の厳しい事象に包含可能(当該事象の事象進展イベントツリーで評価可能)である場合は、代表する事象進展イベントツリーへの分岐のみ実線とし、その他は点線で表記する。但し、以下の2つの事象についてはこの限りではない。

複数の信号系損傷が発生する高さ(EL.+13.8m)以上の津波の襲来時は、1次系建屋内が浸水して、重要な設備・機器が複数損傷し、直接炉心損傷となるため、ほかの起因事象との組合せの分岐を設定しない。

屋外で発生する原子炉補機冷却海水系の全喪失と外部電源喪失の同時発生については、外部電源喪失(非常用所内電源のヘディングは必ず失敗)として評価することとし、分岐を設ける。

なお、起因事象イベントツリー(1次系建屋内浸水なし)については、上記に加え、1次系建屋内のみで発生する起因事象の分岐を除外した形とする。

本評価における起因事象イベントツリーを第3.1.3.4-30図及び第3.1.3.4-31図に示す。

ハ 事象進展イベントツリー

事象進展イベントツリーは、起因事象発生後の緩和系の喪失確率及びCDFの評価を行うイベントツリーである。津波出力運転時レベル1PRAでは、起因事象の発生要因が内部事象出力運転時レベル1PRAと異なるが、起因事象発生後の事象進展は内部事象出力運転時レベル1PRA

と同じであり、津波による機器の損傷はフォールトツリーでモデル化するため、内部事象出力運転時レベル1PRAでも考慮している起因事象については同じ事象進展イベントツリーを活用することができる。また、事象進展イベントツリーのイベントヘディングの定義及び成功基準についても内部事象出力運転時レベル1PRAと同様である。

但し、津波出力運転時レベル1PRAで独自に考慮する起因事象（複数の信号系損傷）については、本事象が発生すると緩和系の成否に関わらず直接炉心損傷に至るので、炉心損傷の観点では分岐は不要であるが、PDS分類の観点では分岐が必要なため、事象進展イベントツリーを作成する。

本評価における事象進展イベントツリーを参考資料 I に示す。

(b) 事故シーケンスの最終状態の分類

炉心損傷に至る事故シーケンスを機能喪失となる要因の観点から事故シーケンスグループとして整理した。津波出力運転時レベル1PRAでは、内部事象出力運転時レベル1PRAにて定義した事故シーケンスグループに、津波特有の事故シーケンスグループとして複数の信号系損傷を追加する。

イ プラント損傷状態の分類

PDSの分類では、炉心損傷以降の事故シナリオの分析を合理的に行えるよう、内部事象出力運転時レベル1PRAの考え方にに基づき、津波時に特有な影響も考慮して、事故シーケンスの特徴を表す要素を摘出して定義する。

内部事象出力運転時レベル1PRAの評価対象に含まれていない津波発生時固有の起因事象として、複数の信号系損傷が挙げられる。複数の信号系損傷の事象進展イベントツリーは、内部事象出力運転時レベル1PRAの外部電源喪失のイベントツリーにおいて緩和設備が失敗した場合

と同様の事故シーケンスとなっており、加圧器逃がし弁／安全弁LOCA又はRCPシールLOCAの発生の有無に応じて、SED又はTEDに分類する。

一方、内部事象出力運転時レベル1PRAの評価対象であっても、津波出力運転時レベル1PRAでは評価対象に含まれていない起回事象もあるため、このような起回事象に係るPDSは津波時には考慮しない。

上記検討を踏まえて、熱水力挙動の類似性及び緩和操作の類似性として、事故のタイプと1次系圧力、炉心損傷時期及び格納容器内事故進展に基づくPDSの分類を整理した結果を第3.1.3.4-13表に示す。

d. システム信頼性の評価

(a) フォールトツリーの作成

システム信頼性評価として、システムが機能喪失に至る要因の組合せを網羅的に展開し、システムのアンアベイラビリティの定量化を実施するために、フォールトツリーを作成した。

本評価では、第3.1.3.4-32図に示すように、イベントツリーヘディングにフォールトツリーを設定し、CDFを算出する。以下に各イベントツリーに設定するフォールトツリーの内容を示す。

イ 津波浸水イベントツリーへ設定するフォールトツリー

津波浸水イベントツリーヘディングに設定するフォールトツリーには、1次系建屋内への津波浸水条件をモデル化して作成する。

ロ 起回事象イベントツリーヘディングに設定するフォールトツリー

起回事象イベントツリーヘディングに設定するフォールトツリーには、津波による起回事象誘発要因となる機器の損傷をモデル化して作成する。

津波出力運転時レベル1PRAで考慮する起回事象は、津波ハザードにより発生することを想定するため、起回事象のフォールトツリーでは、

SSCsの津波による損傷のみを考慮し、内部事象による機能喪失は考慮しない。

ハ 事象進展イベントツリーヘディングに設定するフォールトツリー

事象進展イベントツリーヘディングに設定するフォールトツリーは、内部事象出力運転時レベル1PRAフォールトツリーをベースとして、津波による系統機能喪失となる機器の損傷をモデル化して作成する。

ニ 長期冷却に必要な換気空調設備

換気空調系が損傷した場合でも、使命時間の間、室内に設置されたSSCsの許容温度以下の室温が維持されれば、SSCsへの影響はない。内部事象出力運転時レベル1PRAでは使命時間24時間で評価しているため、津波出力運転時レベル1PRAの使命時間7日間を考慮し、損傷により7日以内に室温がSSCsの許容温度を超える換気空調系については、津波出力運転時レベル1PRAでモデル化する。

(b) フロントライン系とサポート系の従属性

フロントライン系とサポート系の従属性については、内部事象出力運転時レベル1PRAと同様の従属性を考慮する。

e. 信頼性パラメータの設定

信頼性パラメータについては、内部事象出力運転時レベル1PRAと同様のパラメータを設定する。システム信頼性解析や事故シーケンスの定量化のために必要となる機器故障率、共通原因故障パラメータ、試験又は保守作業による待機除外確率等を評価するために必要となるパラメータを整備した。なお、評価対象設備の使用想定等を踏まえ、必要に応じ評価上の仮定を設定することで評価を実施した。

f. 人的過誤の評価

内部事象出力運転時レベル1PRAでは、事故前と事故後の人的過誤について、HRA Calculatorを用いて評価している。これを基に津波出力運転時PRAでは人的過誤の扱いを以下のとおりとしている。

(a) 起因事象発生前人的過誤

内的事象PRAで設定した事象発生前人的過誤は、津波発生前の人的過誤のため津波の影響はなく津波PRAにおいても同様である。津波PRAにおいて個別で追加する事象発生前人的過誤については、発電所に津波が到達する前に実施する操作のため内的事象PRAと同じ考え方で人的過誤確率を算出する。

(b) 起因事象発生後人的過誤

内部事象出力運転時PRAの人的過誤確率をベースに、津波発生時の環境状態やSSCsの損傷状態の変化がもたらす運転員の認知・診断／操作失敗への影響を反映した評価を行う。津波発生により影響を受ける運転員の心理的ストレスに伴う運転員判断及び操作への阻害の影響を踏まえて、プラントの損傷規模に基づき定義された津波規模のグループ（以下「損傷状態bin」という。）ごとに人的過誤確率を算出する。各損傷状態binは、津波シナリオ区分に対応して設定した。津波出力運転時PRAにおける損傷状態binの定義を第3.1.3.4-14表に示す。

g. 事故シーケンスの定量化

(a) 津波シナリオ区分別の津波発生頻度

津波シナリオ区分 i の津波発生頻度 f_i は、津波高さ h_i と h_{i-1} の津波ハザード曲線の超過発生頻度 $F(h_i)$ と $F(h_{i-1})$ から求められる。

$$f_i = -(F(h_i) - F(h_{i-1}))$$

上記の手法で、津波ハザードを入力データとして、計算プログラム RiskSpectrum® HazardLiteを用いて津波シナリオ区分別の津波発生頻度を算出する。津波シナリオ区分別の津波平均発生頻度を第3.1.3.4-15表に示す。

(b) 津波シナリオ区分別の機器損傷確率

事故シーケンス評価に当たっては、フラジリティ評価結果を基に、津波シナリオ区分別の損傷確率を算出して使用する。

イ 損傷確率を曲線状のフラジリティで与える機器

損傷確率を曲線状のフラジリティで与える機器については、機器のフラジリティ評価結果 (A_m 、 β_R 、 β_U) を入力データとして、計算プログラム RiskSpectrum® HazardLiteを用いて津波シナリオ区分別の機器損傷確率を算出する。例として、外部電源関連設備である主変圧器及び所内変圧器の被水・没水の津波シナリオ区分別の損傷確率を第3.1.3.4-16表に示す。

ロ 損傷確率をステップ状のフラジリティで与える機器

損傷確率をステップ状のフラジリティで与える機器については、設置高さ以上の津波高さでの津波シナリオ区分で損傷確率を1.0とする。例として、海水ポンプの被水・没水の津波シナリオ区分別の損傷確率を第3.1.3.4-17表に示す。

(c) 炉心損傷頻度の算出方法

津波シナリオ区分を m 区分に分けた場合、津波シナリオ区分 i で発生する n_i 種類の事故シーケンス j_i の発生頻度 CDF_{ij} は、津波シナリオ区分 i の津波発生頻度 f_i 及び事故シーケンス j_i の条件付き炉心損傷確率 $CCDP_{ij}$ を用いて、次式によって求める。

$$CDF_{ij} = f_i \times CCDP_{ij}$$

全炉心損傷頻度 CDF_t は、各津波シナリオ区分 i で発生する事故シーケンス j_i の発生頻度 CDF_{ij} の、全津波シナリオ区分で発生する全事故シーケンスの総和である。すなわち、次式で求められる。

$$CDF_t = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^{n_i} f_i \times CCDF_{ij} \right)$$

上記の手法で、計算プログラムRiskSpectrum® PSAを用いて全CDFを算出する。なお、本評価においては、稼働率を考慮した起因事象発生頻度を基に算出したCDFをCDF(／炉年)とする。

(d) 定量化結果

事故シーケンスの定量化を行った結果、全CDFは 7.5×10^{-9} (／炉年)となった。

イ 津波シナリオ区分別及び1次系建屋内浸水有無別の炉心損傷頻度評価結果

津波シナリオ区分別のCDFでは、シナリオ区分2におけるCDFの割合が最も高い。次いで、シナリオ区分3が占める割合が高くなった。一方、海水ポンプエリアの防護壁の効果により、シナリオ区分1についてはCDFが極めて低い結果となった。

次に、1次系建屋内への浸水有無別のCDFについては、1次系建屋内浸水なしのCDFが全CDFの約96.6%を占め、浸水した場合には、緩和設備は全て機能喪失し、必ず炉心損傷すると想定しているため、1次系建屋の浸水対策が有効であることが分かる。

上記を踏まえ、各津波シナリオ区分の主要なシーケンスについて以下に示す。津波シナリオ区分別のCDFを第3.1.3.4-18表に示す。

(イ) 津波シナリオ区分1 (6.65m以上～8.0m未満)

本シナリオ区分のCDFは 8.8×10^{-11} (／炉年)であり、全CDFに占める割合は1.2%である。本シナリオ区分では、海水ポンプエリア防護壁により海水ポンプエリアへの浸水はないが、津波の遡上により屋外に設置された外部電源設備が機能喪失した場合は外部電源喪失が発生する。その後、大津波警報解除後の換気空調系排気ダクト開口部蓋の開放操作失敗による2次系除熱機能の喪失とともに制御用空気系の機能喪失によりフィードアンドブリードに失敗し炉心損傷に至る。

なお、本シナリオ区分の津波高さでは海水ポンプエリア防護壁が健全であり、1次系建屋の開口部高さまで津波が到達しないため、1次系建屋が浸水するシナリオは発生しない。

(ロ) 津波シナリオ区分2 (8.0m以上～10.0m未満)

本シナリオ区分のCDFは 6.0×10^{-9} (／炉年)であり、全CDFに占める割合は約80.5%である。本シナリオ区分以上では、海水ポンプエリア防護壁の水密性が保たれず海水ポンプエリアが浸水し、海水ポンプが被水・没水して機能喪失することで、原子炉補機冷却海水系の全喪失が発生すると想定している。

原子炉補機冷却海水系の全喪失後の主要シーケンスとしては、RCPシールLOCAが発生し、充てん／高圧注入ポンプ及び余熱除去ポンプの切引操作や移動式大容量ポンプ車の確立の失敗によりLOCA時に必要な緩和機能が喪失して炉心損傷に至るシーケンス、及び津波襲来前に実施した換気空調系排気ダクト開口部蓋閉止とタービン動補助給水ポンプのランダム故障の重畳により2次系除熱機能が喪失して炉心損傷に至るシーケンス等がある。

また、屋外に設置されている2次系純水タンクへの切替操作の関連

設備が津波溯上にともなう被水・没水の影響で機能喪失し復水タンクへの補給設備のランダム故障が重畳することで2次系除熱機能が喪失して炉心損傷に至るシーケンス等がある。

なお、本シナリオ区分では、海水ポンプエリアから海水管トレンチを経由して1次系建屋の開口部シールまで到達するため、1次系建屋に浸水する場合がある。しかし、本シナリオ区分の津波高さに対する建屋開口部シールの損傷確率は小さいことから、津波が1次系建屋内に浸水するシナリオは主要なシーケンスとはならない。

(ハ) 津波シナリオ区分3（10.0m以上～12.1m未満）

本シナリオ区分のCDFは 9.8×10^{-10} （／炉年）であり、全CDFに占める割合は約13.2%である。本シナリオ区分では、津波シナリオ区分2と同様のシーケンスが主要なシーケンスとなる。また、津波が1次系建屋内に浸水するシナリオについては主要なシーケンスとはならない。

(ニ) 津波シナリオ区分4（12.1m以上～13.3m未満）

本シナリオ区分のCDFは 1.9×10^{-10} （／炉年）であり、全CDFに占める割合は約2.5%である。本シナリオ区分で1次系建屋が浸水しない場合には、主要なシーケンスとして津波シナリオ区分2、区分3と同様のシーケンスが発生するが、本津波シナリオ区分の終端高さが外部電源関連設備の設置高さであることから分かるように、外部電源関連設備が津波による被水・没水によって影響を受ける可能性（津波による損傷確率）が高く、全交流電源喪失となるシナリオがその大半を占める。

また、本シナリオ区分では1次系建屋の浸水経路として、海水ポンプエリアから海水管トレンチを経由する経路に加え、屋外からタービン建屋を経由する経路に切り替わる。フラジリティ評価結果を踏まえると、

前者の経路に比べて後者の経路からの浸水による建屋開口部シールの損傷確率が高くなる。1次系建屋が浸水した場合には、原子炉補機冷却水ポンプや電動及びタービン動補助給水ポンプが被水・没水することにより機能喪失し、炉心損傷に至ると想定しており、本シナリオも主要なシーケンスとなる。

(ホ) 津波シナリオ区分5 (13.3m以上～13.8m未満)

本シナリオ区分のCDFは 4.2×10^{-11} (／炉年) であり、全CDFに占める割合は約0.6%である。本シナリオ区分で1次系建屋が浸水しない場合には、海水ポンプエリアの浸水による原子炉補機冷却海水系の全喪失の発生に加え、タービン建屋の浸水によるメタルクラッド開閉装置(常用系)の機能喪失に伴い外部電源喪失も発生するため、必ず全交流動力電源喪失が発生すると想定している。全交流動力電源喪失発生後は、津波シナリオ区分2、3、4と同様の主要なシーケンスが発生する。また、本シナリオ区分で1次系建屋が浸水する場合には津波シナリオ区分4と同様のシーケンスが主要なシーケンスとなる。

(ヘ) 津波シナリオ区分6 (13.8m以上～15.0m未満)

本シナリオ区分のCDFは 6.9×10^{-11} (／炉年) であり、全CDFに占める割合は約0.9%である。本シナリオの詳細については特重施設に関する情報を含むため、参考資料Ⅱに示す。

(ト) 津波シナリオ区分7 (15.0m以上～)

本シナリオ区分のCDFは 8.1×10^{-11} (／炉年) であり、全CDFに占める割合は約1.1%である。本シナリオ区分では津波高さが15.0mの1次系建屋の開口部シール高さを上回るため、必ず1次系建屋内が浸水すると想定しており、津波シナリオ区分6と同様のシーケンスが主要なシーケンスとなる。

ロ 起因事象別の炉心損傷頻度

起因事象別のCDFを第3.1.3.4-19表に示す。全CDFに占める割合は、原子炉補機冷却海水系の全喪失が約62.0%、外部電源喪失が約34.6%であり、この2つの起因事象のみで全CDFの大半を占めている。これは屋外に設置されている海水ポンプ及び外部電源関連設備が被水・没水して機能喪失するシナリオが主であるためである。

ハ 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別のCDFを第3.1.3.4-20表に示す。全CDFに占める割合は、原子炉補機冷却機能喪失の事故シーケンスグループが約64.0%、全交流動力電源喪失の事故シーケンスグループが約33.4%、複数の信号系損傷の事故シーケンスグループのCDFが約1.4%である。

原子炉補機冷却機能喪失の事故シーケンスグループ及び全交流動力電源喪失の事故シーケンスグループで全CDFの大半を占めており、これは起因事象別のCDF同様に屋外に設置されている海水ポンプ及び外部電源関連設備が被水・没水して機能喪失するシナリオが主であるためである。

ニ プラント損傷状態別の炉心損傷頻度

PDS別のCDFを第3.1.3.4-21表に示す。原子炉補機冷却海水系機能の全喪失又は全交流動力電源喪失が発生後、RCPシールLOCA又は加圧器逃がし弁／安全弁LOCAが発生しない事故シーケンスや、複数の信号系損傷の発生後、加圧器逃がし弁／安全弁LOCAが発生しない事故シーケンスが分類されるTEDが約63.6%を占めた。次いでRCPシールLOCA又は加圧器逃がし弁／安全弁LOCAが発生した上で移動式大容量ポンプ車の確立や高圧再循環（海水）に失敗する事故シーケンスが分類されるSLWが約29.4%、RCPシールLOCA又は加圧器逃がし弁／安

全弁LOCAが発生した上で常設電動注入ポンプ等に失敗する事故シーケンスが分類されるSEDが約5.9%を占める結果となった。

(e) 重要度解析

津波出力運転時レベル1PRAで評価したSSCsが、炉心損傷に与える影響を把握するために重要度評価として、Fussell-Vesely (FV) 重要度を評価した(重要度は津波出力運転時レベル1PRAで評価対象とした津波高さの範囲での全CDFに対して算出)。FV重要度の定義については、3.1.3.1(2) g. (c) に示す。

FV重要度評価結果を参考資料 I に示す。

(f) 不確実さ解析

CDFの定量化を踏まえ、津波ハザード、津波フラジリティ、ランダム故障及び人的過誤の不確かさに対し、モンテカルロ法を用いてCDFの平均値及び不確実さ幅(エラーファクタ)を評価した。エラーファクタの定義については、3.1.3.1(2) g. (d) に示す。

津波シナリオ区分別CDFの不確実さ解析結果を第3.1.3.4-22表及び第3.1.3.4-33図に示す。

全CDFのエラーファクタは 5.2×10^5 となり、内部事象出力運転時レベル1PRAに比べると非常に不確実さが大きい結果となった。その主な要因としては、津波ハザードデータの不確実さが非常に大きいことが挙げられる。しかし、平均値が点推定値に近いことから、全CDFの不確実さは、そのエラーファクタは大きいものの、点推定解析の値自体は妥当であると考えられる。

(g) 感度解析

評価結果に有意な影響を与えられと考えられるモデル、データに関する不確実さ要因又は解析上の仮定、条件、機器故障、人的過誤等の因子を

選定して、結果への潜在的な影響を把握するため、感度解析を実施する。

本評価では、人的過誤に係る感度解析を実施した。

- ・ 人的過誤に係る感度解析

イ 人的過誤に係る感度解析

(イ) 感度解析条件

同一シーケンスの人的過誤事象間の従属性レベルをすべて完全独立とし、従属性レベルの感度を確認する。従属性レベルに対する感度解析を行うことにより、従属性レベルが有する不確実さ及び従属性に伴う人的過誤の感度を確認する(感度解析ケース1)。

また、HRA Calculatorの人的過誤確率の設定を平均値から下限値に変更し、人的過誤確率の振れ幅を確認することにより、人的過誤確率の感度を確認する(感度解析ケース2)。

(ロ) 感度解析結果

感度解析結果を第3.1.3.4-23表に示す。

I 感度解析ケース1

全CDFは 7.4×10^{-9} (/炉年)となり、ベースケース 7.5×10^{-9} (/炉年)から約0.99倍となった。ベースケースにおいても緩和操作の人的過誤事象間従属性を含むシナリオが上位に表れていないため、本感度解析ケースの全炉心損傷頻度はベースケースの全炉心損傷頻度とほぼ変わらない結果となった。

津波シナリオ区分1～6で1次系建屋に浸水しない場合においては、ベースケースにおいて人的過誤の従属性を含むシナリオが上位に表れていないため、全ての人的過誤確率の従属性を完全独立とした場合においてもベースケースからの有意なリスク低減効果は表れなかった。

津波シナリオ区分2～6で1次系建屋に浸水する場合及び津波シナ

リオ区分7においては必ず1次系建屋に浸水し補助給水ポンプ等の緩和設備が機能喪失し炉心損傷に至るため、全ての人的過誤確率の従属性を完全独立にした場合のリスク低減効果はない。

II 感度解析ケース2

全CDFは 5.0×10^{-9} （／炉年）となり、ベースケース 7.5×10^{-9} （／炉年）から約0.67倍となった。ベースケースにおいて海水ポンプの津波損傷により原子炉補機冷却海水系の全喪失発生後の緩和操作に失敗し炉心損傷に至るシナリオに対してリスク低減が見込めることから、本感度解析ケースの全炉心損傷頻度はベースケースの全炉心損傷頻度よりも低減する結果となった。

津波シナリオ区分1～6で1次系建屋に浸水しない場合においては、津波シナリオ区分が大きくなるほど外部電源喪失と原子炉補機冷却海水系の全喪失の発生が重畳することで全交流動力電源喪失が発生し、その後ランダム故障又は津波損傷により空冷式非常用発電装置及び特重設備（発電機）が機能喪失し炉心損傷に至るシナリオの寄与割合が大きくなり、上記シナリオは人的過誤を含まないため津波シナリオ区分が大きくなるほど人的過誤確率を下限值にした場合のリスク低減効果が小さくなる。

津波シナリオ区分2～6で1次系建屋に浸水する場合及び津波シナリオ区分7においては1次系建屋に浸水し補助給水ポンプ等の緩和設備が機能喪失し炉心損傷に至るため、全ての人的過誤確率に対して下限值を適用した場合のリスク低減効果はない。

(5) 格納容器機能喪失頻度評価

a. プラント損傷状態の分類及び発生頻度の定量化

津波出力運転時レベル1PRAで得られた炉心損傷に至る全ての事故シーケンスについて、事故の進展及び緩和操作の類似性からPDSを定義し、PDSの分類及び発生頻度を評価する。

(a) プラント損傷状態の分類

(4) c. (b) イに示す。

(b) プラント損傷状態別の発生頻度

(4) g. (d) ニに示す。

b. 格納容器機能喪失モードの設定

津波に起因して格納容器機能喪失に至る各PDSの事故シーケンスに対して、原子炉格納容器の機能喪失形態を分類するため、格納容器機能喪失モードを設定する。格納容器機能喪失モードの設定に当たり、以下の検討を実施した。

(a) 格納容器機能喪失モードの選定

津波時に特有な事象は、津波出力運転時PRAの以下の評価上の仮定（津波出力運転時PRA評価では津波が引いた状態の評価とする、津波による原子炉格納容器自体の損傷は考慮しない、原子炉格納容器内には津波が流入しないものとする）より、津波によるSSCsへの影響はあるものの、炉心損傷以降の事故進展は内部事象出力運転時レベル2PRAと相違はない。

原子炉格納容器外部での津波によるSSCsの損傷が原子炉格納容器内事象に与える影響は、フロントライン系であれば非常用炉心冷却機能、格納容器スプレイ機能等の喪失、サポート系であれば電源機能、原子炉補

機冷却海水系の全喪失等に包含される。これらの機能喪失は内部事象出力運転時レベル2PRAにおいても考慮されており、それらの機能喪失あるいはその組合せが事故進展に与える影響についても内部事象出力運転時レベル2PRAで考慮されている。

したがって、内部事象出力運転時レベル2PRAで考慮される格納容器機能喪失モードに加えて考慮すべき津波に特有な格納容器機能喪失モードはなく、津波出力運転時レベル2PRAの格納容器機能喪失モードは、基本的に内部事象出力運転時レベル2PRAと同じである。

但し、PDSについて、(4) c. (b) イにおいて、津波出力運転時レベル1PRAの事故シーケンスを検討した結果、G(蒸気発生器伝熱管破損)及びV(インターフェイスシステムLOCA)は、津波出力運転時レベル1PRAで対象外としている。

このため、内部事象出力運転時PRAの格納容器機能喪失モードにおいて、津波事象において対象外としたPDSにのみ係る格納容器機能喪失モードである蒸気発生器伝熱管破損後の炉心損傷に伴う格納容器バイパス(gの一部)及びインターフェイスシステムLOCA後の炉心損傷に伴う格納容器バイパス(v)については分類不要となる。

以上を踏まえて設定した津波出力運転時レベル2PRAの格納容器機能喪失モードの設定結果を第3.1.3.4-24表に示す。

(b) 格納容器機能喪失時期

格納容器機能喪失モードの機能喪失時期は、内部事象出力運転時レベル2PRAと同様である。格納容器機能喪失モードの機能喪失時期を整理した結果を第3.1.3.4-24表に示す。

(c) 機能喪失場所及び機能喪失規模

炉心損傷以降の事故進展は内部事象出力運転時レベル2PRAと相違

はないため、物理化学現象に伴う格納容器機能喪失モードは、内部事象出力運転時レベル2PRAと同様である。

c. 事故シーケンスの分析

内部事象出力運転時レベル2PRAの検討に加えて津波による影響を考慮し、PDSごとに、緩和設備の動作状態及びSA時の物理化学現象の発生状態を分析して、これらの組合せから事故進展を樹形図で分類する格納容器イベントツリーを構築する。

(a) 事故シーケンスの特徴分析

イ シビアアクシデント時の物理化学現象の分析

炉心損傷から格納容器機能喪失に至るまでの事故進展の途上で発生する重要な物理化学現象に対し、各PDSを対応させて、その発生条件及び発生後の事故進展に対する影響を分析した結果を第3.1.3.4-25表に示す。

ロ 事故の緩和手段の分析

事故の緩和手段を分析し、それらの緩和手段の目的、運転手順書に基づく運転操作タイミング及び熱水力・放射能雰囲気条件の下での運転操作可能性を検討する。

津波時の影響を考慮して、内部事象出力運転時レベル2PRAで期待する緩和手段の津波出力運転時レベル2PRAでの扱いについて検討した結果を第3.1.3.4-26表に示す。特重施設を含む検討結果については参考資料Ⅱに示す。検討の結果、事故シーケンスの特徴分析に関して津波出力運転時レベル2PRAで期待する緩和手段は内部事象出力運転時レベル2PRAと同じである。

なお、津波時に考慮する津波高さや1次系建屋の浸水の有無によって、

緩和設備の損傷等が一義的に決まり、考慮する条件によっては期待できない緩和手段があるが、本項目では期待する緩和手段全てを記載している。

(b) 格納容器イベントツリーの構築

CFFを定量化するために、(4)項におけるイベントツリーに加えて、「格納容器イベントツリー」をリンクする手法を用いる。津波の評価におけるイベントツリーのリンクのイメージ図を含む津波出力運転時レベル2PRAにおけるシステム評価の流れを第3.1.3.4-34図に示す。

格納容器イベントツリーは、炉心損傷後において格納容器機能喪失を防止するための緩和系の喪失確率及びCFFの評価を行うイベントツリーである。(5)c.(a)により、SA時の主要な物理化学現象、事故進展中に実施される事故の緩和手段と実施タイミングを整理し、これらの物理化学現象と事故の緩和手段を考慮して格納容器イベントツリーを構築した。津波出力運転時レベル2PRAでの評価対象SSCsへの津波の影響(津波によるSSCs損傷)はフォールトツリーでモデル化する。構築した格納容器イベントツリーを第3.1.3.4-35図に示す。特重施設を考慮した格納容器イベントツリーは参考資料Ⅱに示す。

(c) 従属性のモデル化

イ 炉心損傷防止のための設備の利用

内部事象出力運転時レベル2PRAと同様に、炉心損傷防止のための設備の復旧については原則として考慮しない。また、第3.1.3.4-26表に示すとおり、津波時には、内部事象で考慮していた外部電源の復旧についても考慮しない。

ロ シビアアクシデント事象及び事象の緩和手段の従属性

3.1.3.1(3)c.(c)ロに示すとおり内部事象出力運転時PRAにおける従

属性と同様である。

d. 事故進展解析の実施

プラントの熱水力挙動及び炉心損傷、原子炉容器破損等の事象の発生時期、SA時の物理化学現象による格納容器負荷を解析するとともに、格納容器イベントツリーのヘディングの分岐確率の設定に必要なデータを求めることを目的として、各PDSを代表する事故進展解析を実施する。

(a) 解析対象事故シーケンスの選定

PDSごとに、そのPDSを代表する事故シーケンスを事故進展解析の対象として選定する。

事故シーケンスの選定の考え方は、内部事象出力運転時レベル2PRAと同様である。内部事象出力運転時レベル2PRAで選定した代表事故シーケンスの津波時での妥当性を確認するため、津波時の各PDSのCDFの上位カットセットを確認した結果を参考資料 I に示す。

その結果、内部事象出力運転時レベル2PRAにおいて各PDSに対して選定した代表事故シーケンスは、津波出力運転時レベル2PRAの観点からも妥当であることを確認できたため、内部事象出力運転時レベル2PRAにおいて実施した事故進展解析の結果を津波出力運転時レベル2PRAにおいても参照する。

e. 格納容器機能喪失頻度の定量化

PDSごとに、PDSの発生頻度及び格納容器イベントツリーの各ヘディングの分岐確率から、CFFを算出する。なお、本評価においては、稼働率を考慮した起因事象発生頻度を基に算出したCFFをCFF(／炉年)とする。

(a) 格納容器イベントツリーのヘディングの分岐確率の設定

PDSごとに、格納容器イベントツリーのヘディングの分岐確率を設定するが、その設定方法については内部事象出力運転時レベル2PRAと同様である。津波の影響については津波出力運転時レベル1PRAと同様の設定の考え方である。但し、津波出力運転時レベル1PRAにおいて除外した起因事象に係るPDS又は津波時にはCDFが極めて小さいPDSである、「A*」、「G」、「V」、「SEW」、「SEI」及び「SLI」については設定不要である。

また、津波フラジリティ、ランダム故障、人的過誤及び物理化学現象に関する分岐確率の不確かさを考慮し、当該分岐の確率分布を設定する。確率分布の設定の考え方は、津波フラジリティについては津波出力運転時レベル1PRAと同様である。その他、人的過誤に係る分布について津波の影響を考慮している以外は内部事象出力運転時レベル2PRAと同様の設定の考え方である。

(b) 格納容器機能喪失頻度の算出方法

津波シナリオ区分をm区分に分けた場合、津波シナリオ区分iで発生する n_i 種類の事故シーケンス j_i の格納容器機能喪失頻度 CFF_{ij} は、津波シナリオ区分iの津波発生頻度 f_i 、事故シーケンス j_i の条件付き炉心損傷確率 $CCDP_{ij}$ 及び条件付き格納容器機能喪失確率 $CCFP_{ij}$ を用いて、次式によって求める。

$$CFF_{ij}=f_i \times CCDP_{ij} \times CCF_{ij}$$

全格納容器機能喪失頻度 CFF_t は、各津波シナリオ区分iで発生する事故シーケンス j_i の格納容器機能喪失頻度 CFF_{ij} を全ての津波シナリオ区分($i=1 \sim m$)で合計した結果である。すなわち、次式で求められる。

$$CFF_t = \sum_{i=1}^m \left(\sum_{j=1}^{n_i} f_i \times CCDP_{ij} \times CCFP_{ij} \right)$$

上記の手法で、国内外で使用実績のある計算コードである RiskSpectrum® PSAを使用して全CFFを算出する。

(c) 格納容器機能喪失頻度の解析

PDSごとに格納容器イベントツリーの定量化を行い、CFFを算出した。津波シナリオ区分別、1次系建屋への浸水有無別及び格納容器機能喪失モード別の評価結果を以下に整理する。

イ 津波シナリオ区分別及び1次系建屋の浸水有無別の格納容器機能喪失頻度

第3.1.3.4-27表に示すとおり、全CFFは 2.5×10^{-9} (／炉年)となった。また、津波シナリオ区分別ではシナリオ区分2及び3の寄与割合が大きく、CFFはそれぞれ 1.8×10^{-9} (／炉年)、 3.7×10^{-10} (／炉年)となり、合計で約90%の寄与割合を占めている。

ロ プラント損傷状態別の格納容器機能喪失頻度

PDS別のCFFを第3.1.3.4-28表に示す。津波出力時レベル1PRAで支配的なPDSであったTEDが、津波出力時レベル2PRAでも支配的となり、全CFFのほとんどを占める。

ハ 格納容器機能喪失モード別の格納容器機能喪失頻度

第3.1.3.4-29表より、格納容器機能喪失モード別では水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損(δモード)のCFFが 2.1×10^{-9} (／炉年)と支配的であり、80%以上の寄与割合を占めており、次いで、格納容器隔離失敗(βモード)が 3.3×10^{-10} (／炉年)で寄与割合は約13.3%であった。水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損(δモード)に対する主要シーケンスとしては、津波シナリオ区分2において、1次系建屋の浸水がない状態

で、津波により屋外の設備である海水ポンプが機能喪失して原子炉補機冷却海水系の全喪失が発生する場合、もしくは更に外部電源設備も津波により機能喪失することにより全交流動力電源喪失が発生する場合のいずれかにおいて、格納容器内への注水及び除熱に失敗し、格納容器圧力の上昇を防止することができず、格納容器過圧破損に至るシーケンスである。主要シーケンスとしては津波シナリオ区分2～7において、1次系建屋へ浸水し、格納容器隔離弁が水没し、格納容器機能喪失する場合であり、特に津波シナリオ区分7については必ず浸水するため、最も支配的となっている。また、1次系建屋へ浸水しない場合は、津波シナリオ区分2等において、屋外で原子炉補機冷却海水系の全喪失、又は全交流動力電源喪失が発生後に、格納容器隔離弁の閉止操作に失敗するシーケンスである。

ニ 放射性物質管理放出頻度及び格納容器健全性が維持される頻度

第3.1.3.4-29表より、放射性物質の管理放出が行われる格納容器ベント（ ϕ モード）の発生頻度は、 1.3×10^{-9} （／炉年）である。また、格納容器健全（ ϕ モード）の発生頻度は炉心損傷事故時において、格納容器健全性が維持される事故シーケンスの頻度を積算することによって算出し、その頻度は 2.9×10^{-9} （／炉年）である。

（d）重要度解析

津波出力運転時レベル2PRAで評価したSSCsが、炉心損傷に与える影響を把握するために重要度評価として、Fussell-Vesely (FV) 重要度を評価した（重要度は津波出力運転時レベル2PRAで評価対象とした津波高さの範囲での全CFFに対して算出）。FV重要度の定義については、3.1.3.1 (3) f. (a) に示す。

FV重要度評価結果を参考資料 I に示す。

f. 放出カテゴリの分類及び発生頻度の定量化

格納容器イベントツリーによって同定された全ての事故シーケンスを、PDS、格納容器機能喪失モード及び放出経路の組合せから、環境へ放出される放射性物質の放出挙動が類似した放出カテゴリに分類し、放出カテゴリごとの発生頻度を求める。なお、本評価においては、稼働率を考慮した起因事象発生頻度を基に算出した発生頻度を発生頻度（／炉年）とする。

(a) 放出カテゴリの分類

格納容器イベントツリーで同定された全ての事故シーケンスを、環境へ放出される放射性物質の放出挙動が類似した放出カテゴリに分類する。分類の考え方は、基本的には内部事象出力運転時レベル2PRAと同様であるが、津波時に特有な事象も考慮する。

津波時に特有な事象も考慮して選定した放出カテゴリを第3.1.3.1-57表に示す。外部事象に係る放出カテゴリである格納容器バイパス(外的)(F2)については、津波による蒸気発生器伝熱管破損はないと仮定しているため、分類された事故シーケンスはない。また、格納容器破損(外的)(F4)について、津波による原子炉建屋及び格納容器の損傷はないと仮定しているため、分類された事故シーケンスはない。

したがって、津波出力運転時レベル2PRAの放出カテゴリの分類では、内部事象出力運転時レベル2PRAで分類された放出カテゴリに対して、津波に特有な放出カテゴリの分類による変更はない。

(b) 放出カテゴリ別の発生頻度

放出カテゴリ別の発生頻度を、第3.1.3.4-30表に示す。格納容器健全(設計漏えい)(F6)の発生頻度が最も大きく、 2.9×10^{-9} (／炉年)となった。これは、格納容器機能喪失モード別の発生頻度が高い格納容器健全(ϕ モード)がこの放出カテゴリに含まれるためである。次に格納容器破損(そ

の他) (F3C) の発生頻度が高く、 2.1×10^{-9} (／炉年) となった。これは、格納容器機能喪失モード別の発生頻度が高い水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による加圧破損 (δ モード) がこの放出カテゴリに含まれるためである。

g. 不確実さ解析及び感度解析

(a) 不確実さ解析

CFF 及び放出カテゴリの発生頻度の定量化を踏まえ、津波ハザード、津波フラジリティ、ランダム故障、人的過誤及び物理化学現象に関する分岐確率の不確かさに対し、モンテカルロ法を用いて CFF の平均値及び不確実さ幅 (エラーファクタ) を評価した。エラーファクタの定義については、3.1.3.1 (2) g. (d) に示す。

全 CFF 及び格納容器機能喪失モード別の不確実さ解析結果を第 3.1.3.4-31 表及び第 3.1.3.4-36 図に示す。また、放出カテゴリ別の不確実さ解析結果を第 3.1.3.4-32 表及び第 3.1.3.4-37 図に示す。

全 CFF のエラーファクタは 8.6×10^5 となり、内部事象出力運転時レベル 2PRA に比べると非常に不確実さが大きくなる。その主な要因としては津波ハザードデータの不確実さ幅が非常に大きいことである。

(b) 感度解析

津波出力運転時レベル 1PRA と同様に、人的過誤に係る感度解析を実施した。

イ 人的過誤に係る感度解析

(イ) 感度解析条件

同一シーケンスの人的過誤事象間の従属性レベルをすべて完全独立とし、従属性レベルの感度を確認する。従属性レベルに対する感度解析を行うことにより、従属性レベルが有する不確実さ及び従属性に

伴う人的過誤の感度を確認する(感度解析ケース1)。

また、HRA Calculatorの人的過誤確率の設定を平均値から下限値に変更し、人的過誤確率の振れ幅を確認することにより、人的過誤確率の感度を確認する(感度解析ケース2)。

(ロ) 感度解析結果

感度解析結果を第3.1.3.4-33表に示す。

I 感度解析ケース1

全CFFは 2.2×10^{-9} (／炉年)となり、ベースケース 2.5×10^{-9} (／炉年)から約0.91倍となった。ベースケースでは、海水ポンプの津波損傷により原子炉補機冷却海水系の全喪失が発生した後、加圧器逃がし弁による一次系強制減圧操作に失敗すると、その後の緩和操作の人的従属性を含むシナリオが表れている。同一シーケンスの人的過誤事象間の従属性をすべて完全独立として扱った場合、これらのシナリオが表れないため、全格納容器機能喪失頻度が減少する結果となった。

津波シナリオ区分別では、津波シナリオ区分2で上記のシナリオの寄与があり、従属性を完全独立とした低減効果が表れた。津波シナリオ区分1では海水ポンプが津波損傷しないため上記のシナリオは表れず、津波シナリオ区分3以上では全交流動力電源喪失の発生後、機器の津波損傷又はランダム損傷で格納容器機能喪失に至るシナリオの寄与が大きいため、従属性を完全独立とした影響は小さい結果となった。

II 感度解析ケース2

全CFFは 1.6×10^{-9} (／炉年)となり、ベースケース 2.5×10^{-9} (／炉年)から約0.65倍となった。人的過誤確率を下限値とすると、人的過誤事象を含むすべてのカットセットの頻度が低減するため、全格納容器機

能喪失頻度が減少する結果となった。

津波シナリオ区分別では、津波シナリオ区分が大きいほど人的過誤確率を下限值とした場合の低減効果が小さくなった。その理由は津波出力時レベル1PRAと同様であり、津波シナリオ区分が大きくなるほど全交流動力電源喪失の発生頻度が大きくなり、その後ランダム故障又は津波起因により空冷式非常用発電装置及び特重設備（発電機）が機能喪失し炉心損傷及び格納容器機能喪失に至るシナリオの寄与割合が高くなるためである。

(6) ソースターム評価

a. 放出カテゴリのソースターム評価

放出カテゴリごとに評価の対象とする代表的な事故シーケンスを選定し、格納容器健全及び放射性物質管理放出の放出カテゴリについてはソースターム解析を実施し、格納容器機能喪失の放出カテゴリについては定性的な評価を実施した。なお、本評価においては、安全性向上評価のリスク指標である「事故時のCs-137の放出量が100TBqを超えるような事故の発生頻度」に着目した評価を実施した。

(a) 評価対象事故シーケンスの選定

津波出力運転時 PRA では、建屋又は原子炉格納容器の津波による直接損傷は考慮しておらず、事故進展は内部事象出力運転時レベル 2PRA で考慮している範囲に収まると考えられることから、放出カテゴリに対する代表的な事故シーケンスの選定に当たっても津波特有の要素の考慮は不要である。したがって、各放出カテゴリの評価対象事故シーケンスは 3.1.3.1(4) a. (a) に示したものと同一である。

(b) ソースタームの評価

3.1.3.1(4) a. (b) に示す。

(c) 放出カテゴリごとのソースタームと発生頻度

全ての放出カテゴリに対して、ソースタームと発生頻度を評価する。また、Cs-137 放出量が 100TBq を超える事故シーケンスの合計発生頻度を求める。

放出カテゴリの発生頻度とソースタームとを対応させて結果をまとめたものを第 3.1.3.4-34 表に示す。事故時の Cs-137 の放出量が 100TBq を超えるような事故の発生頻度は、 2.5×10^{-9} (／炉年) となった。

格納容器健全の放出量評価結果について、事故発生後約 19 分の炉

心溶融に伴い放射性物質の放出が開始されるが、事故発生後 78 分のアニュラス負圧達成により放出率は大きく低下しており、格納容器健全の維持とあいまって放射性物質の大規模放出には至らないことから、当該放出カテゴリの解析結果として整合していることを確認した。また、放射性物質管理放出時の放出量評価結果について、事故発生後約 19 分の炉心溶融に伴い放射性物質の放出が開始されるが、特重設備（ポンプ）によるスプレイによって放出率は大きく低下しており、フィルタベントによる FP の除去とあいまって放射性物質の大規模放出には至らないことから、当該放出カテゴリの解析結果として整合していることを確認した。

b. 感度解析

3.1.3.1(4)b.に示す。

第3.1.3.4-1表 津波出力運転時PRA実施のために収集した情報及び主な情報源

	PRAの実施項目		収集すべき情報	主な情報源
1	プラントの設計・運転の把握		PRA実施に必要な設計、運転管理に関する情報	・内部事象出力運転時PRAで使用した設計図書(原子炉設置許可申請書、工事計画認可申請書、配管計装線図、電気系統図、プラント機器配置図、保安規定、運転基準) ・全体機器配置図、海水ポンプウエル全体図、建具配置図、換気空調設備図、構内配置図、海水ポンプ室竣工図、プラントウォークダウン ・特定重大事故等対処施設の配置設計情報 ・津波被害事例(東北地方太平洋沖地震の情報等)
2	確率論的津波ハザード評価		対象サイトに影響を与え得る津波を発生させる地震発生様式に関する情報	・文献調査結果 ・地質調査結果
3	建屋・機器フラジリティ評価		プラント固有の建屋・機器の耐力評価並びに応答評価に関する情報	・上記1の情報源 ・過去の津波遡上に関する文献
4	事故シーケンス評価	a)事故シナリオの分析と起因事象の分類	津波時に想定されるプラント状態	・上記1の情報源
		b)事故シーケンスの分析 ・成功基準の設定 ・イベントツリーの作成	・安全系等のシステム使用条件 ・システムの現実的な性能 ・運転員による緩和操作	・上記1の情報源
		c)システムのモデル化	対象プラントに即した機器故障モード、運転形態	
		d)事故シーケンスの定量化	評価結果の妥当性を確認できる情報	

第3.1.3.4-2表 津波による損傷・機能喪失要因、対象SSCsの種類及びフラジリティ評価対象の要否 (1/4)

津波による損傷・機能喪失要因	左記要因の検討対象となるSSCsの種類 (主要なSSCs)	検討内容	結果*
被水・没水	動的・電氣的設備(電動ポンプ、タービン動ポンプ、電動弁、空気作動弁、電動ダンパ、空気作動ダンパ、計器、発電機、電気盤、変圧器等)	フラジリティ評価対象。	○
波力	動的・電氣的設備(電動ポンプ、タービン動ポンプ、電動弁、空気作動弁、電動ダンパ、空気作動ダンパ、計器、発電機、電気盤、変圧器等)	屋外設置の設備:フラジリティ評価対象。(但し、「被水・没水」のフラジリティ評価結果で代表可能な場合は、当該要因に対するフラジリティ評価は実施しない。)	△
		屋内設置の設備:当該損傷要因の影響はないと考えられるため、フラジリティ評価対象外となる。	×
	静的設備(タンク、手動弁、逆止弁、配管、手動ダンパ、逆止ダンパ、ダクト、ストレーナ等)	屋外設置の設備:フラジリティ評価対象。(但し、「波力」を直接受けることがないように構築物を設けた設備は対象外とする。)	△
		屋内設置の設備:当該損傷要因の影響はないと考えられるため、フラジリティ評価対象外となる。	×
	建屋開口部建具(扉、シール等の浸水対策を実施した建具等)	開口部の浸水対策(貫通部シール)がフラジリティ評価対象となる。	○
	建物・構築物(取水口を含む)	原子力発電所の建屋・構築物は地震等を考慮し基本的に強固な構造であるので、津波波力により損傷することは考えにくい。損傷を考慮したとしても、建屋全体が崩壊することはなく、損傷箇所からの流入による被水・没水の影響に包含される。したがって、建屋構築物については、フラジリティ評価対象外とする。	×
	防波堤、防護堤	津波影響軽減設備である防波堤、防護堤については、フラジリティ評価対象外とする。	×

*: ○(フラジリティ評価対象)、△(SSCs毎にフラジリティ評価対象／対象外を判断)、×(フラジリティ評価対象外)

第3.1.3.4-2表 津波による損傷・機能喪失要因、対象SSCsの種類及び fragility 評価対象の要否 (2/4)

津波による損傷・機能喪失要因	左記要因の検討対象となるSSCsの種類 (主要なSSCs)	検討内容	結果*
流体力	「波力」と同じ。	「波力」と同じ。(但し、影響が「波力」に対して軽微であると考えられる場合には、「波力」に包含されるものとして取り扱う。)	△
浮力	動的・電氣的設備(電動ポンプ、タービン動ポンプ、電動弁、空気作動弁、電動ダンパ、空気作動ダンパ、計器、発電機、電気盤、変圧器等)	屋外設置の設備: fragility 評価対象。(但し、「被水・没水」の fragility 評価結果で代表可能な場合は、当該要因に対する fragility 評価は実施しない。)	△
		屋内設置の設備: 屋外設備と同じ。(但し、建屋浸水時のみ。)	△
	静的設備(タンク、手動弁、逆止弁、配管、手動ダンパ、逆止ダンパ、ダクト、ストレーナ等)	屋外設置の設備: fragility 評価対象。	○
		屋内設置の設備: 屋外設備と同じ。(但し、建屋浸水時のみ。)	△

*: ○(fragility 評価対象)、△(SSCs毎に fragility 評価対象／対象外を判断)、×(fragility 評価対象外)

第3.1.3.4-2表 津波による損傷・機能喪失要因、対象SSCsの種類及び脆弱性評価対象の要否 (3/4)

津波による損傷・機能喪失要因	左記要因の検討対象となるSSCsの種類 (主要なSSCs)	検討内容	結果*
漂流物衝突	動的・電氣的設備(電動ポンプ、タービン動ポンプ、電動弁、空気作動弁、電動ダンパ、空気作動ダンパ、計器、発電機、電気盤、変圧器等)	屋外設置の設備:脆弱性評価対象。(但し、「被水・没水」の脆弱性評価結果で代表可能な場合は、当該要因に対する脆弱性評価は実施しない。)	△
		屋内設置の設備:直接的に建屋内の設備に衝突することはないため、脆弱性評価対象外となる。	×
	静的設備(タンク、手動弁、逆止弁、配管、手動ダンパ、逆止ダンパ、ダクト、ストレーナ等)	屋外設置の設備:脆弱性評価対象。(但し、衝突可能性等を考慮し、脆弱性評価の実施要否を検討する。)	△
		屋内設置の設備:直接的に建屋内の設備に衝突することはないため、脆弱性評価対象外となる。	×
	建屋開口部建具(扉、シール等の浸水対策を実施した建具等)	建屋開口部建具の面積は想定される漂流物に対して小さいため、津波発生確率・漂流物の発生確率・到達確率に衝突時の損傷確率を考慮すると、漂流物衝突により影響を受ける確率は極めて小さいものと考えられる。したがって、建屋開口部建具は脆弱性評価対象外とする。	×
	建物・構築物(取水口を含む)	原子力発電所の建屋・構築物は地震等を考慮し基本的に強固な構造であるので、漂流物衝突により損傷することは考えにくい。損傷を考慮したとしても、建屋全体が崩壊することではなく、損傷箇所からの流入による被水・没水の影響で包含される。したがって、建屋構築物については、脆弱性評価対象外とする。	×
	防波堤、防護堤	津波影響軽減設備である防波堤、防護堤については、脆弱性評価対象外とする。	×

*: ○(脆弱性評価対象)、△(SSCs毎に脆弱性評価対象／対象外を判断)、×(脆弱性評価対象外)

第3.1.3.4-2表 津波による損傷・機能喪失要因、対象SSCsの種類及びフラジリティ評価対象の要否 (4/4)

津波による損傷・機能喪失要因	左記要因の検討対象となるSSCsの種類 (主要なSSCs)	検討内容	結果*
引き津波による水位低下	海水を取水するポンプ	フラジリティ評価対象。(ほかの要因と異なり、ある特定のマイナス水位(許容最低水位)に対する評価となる。)	○
海底砂移動	海水を取水するポンプ	フラジリティ評価対象。	○
洗掘	動的・電氣的設備(電動ポンプ、タービン動ポンプ、電動弁、空気作動弁、電動ダンパ、空気作動ダンパ、計器、発電機、電気盤、変圧器等)	屋外設置の設備:フラジリティ評価対象。(但し、「被水・没水」のフラジリティ評価結果で代表可能な場合は、当該要因に対するフラジリティ評価は実施しない。)	△
		屋内設置の設備:当該損傷要因の影響はないと考えられるため、フラジリティ評価対象外となる。	×
	静的設備(タンク、手動弁、逆止弁、配管、手動ダンパ、逆止ダンパ、ダクト、ストレーナ等)	屋外設置の設備:静的設備のうち、タンクのみがフラジリティ評価対象となる。(但し、基礎の状況等も考慮し、フラジリティ評価の実施要否を検討する。)	△
		屋内設置の設備:当該損傷要因の影響はないと考えられるため、フラジリティ評価対象外となる。	×
	建物・構築物(取水口を含む)	安全上重要な建屋・構築物は一般建築物に比べて基礎面積が大きいこと、地表面から基礎底面までの深さが大きいことを考えると、洗掘により建屋・構築物が傾斜や倒壊に至ることが考えられない。したがって、建屋・構築物はフラジリティ評価対象外とする。	×
	防波堤、防護堤	津波影響軽減設備である防波堤、防護堤については、フラジリティ評価対象外とする。	×

*: ○(フラジリティ評価対象)、△(SSCs毎にフラジリティ評価対象/対象外を判断)、×(フラジリティ評価対象外)

第3.1.3.4-3表 起回事象のスクリーニング結果 (1/10)

起回事象	① 国内の PWR プラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
原子炉容器破損	原子炉容器は格納容器内にあり、海水の流入がないため、波力の影響はないと考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×
大破断LOCA	当該事象の発生要因となる配管は格納容器内にあり、海水の流入がないため、波力を直接受けることは考え難く、影響は受けないと考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×
中破断LOCA	大破断LOCAと同様であり、当該事象は対象外とする。	×
小破断LOCA	大破断LOCAと同様であり、当該事象は対象外とする。	×
極小LOCA	大破断LOCAと同様であり、当該事象は対象外とする。	×
加圧器逃がし弁／安全弁LOCA	津波が原因で制御回路が誤動作し、加圧器逃がし弁が誤開して再閉止できない場合には小破断LOCA相当の事象が考えられる。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
インターフェイスシステムLOCA(余熱除去系)	津波が原因で制御回路が誤動作し、余熱除去ポンプ吸込側ラインの電動弁が誤開した場合には、当該事象が発生する可能性がある。しかし、国内PWRプラントでは、余熱除去ポンプ入口隔離弁は出力運転時にはNo Fuse Breaker(NFB)を切り引き運用としているため、津波が原因で制御回路が誤動作する可能性はなく、当該弁は誤開することはない。また、当該事象の発生要因となる配管・弁は建屋内部にあるため、波力を直接受けることは考え難く、余熱除去ポンプの低温側注入ライン及び高温側注入ラインの逆止弁が津波によって損傷、及び誤動作も発生しないと考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×

第3.1.3.4-3表 起因事象のスクリーニング結果 (2/10)

起因事象	① 国内の PWR プラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
インターフェイスシステムLOCA(充てん／抽出のアンバランス)	津波が原因で充てん/高圧注入ポンプの故障に加えて、抽出オリフィス隔離及び格納容器隔離が実施できなかった場合は当該事象が発生する可能性がある。しかし、津波がプラントに影響を与える可能性がある場合には、原子炉は自動トリップする、又は津波到達までに原子炉を手動停止している可能性が高く、トリップ成功している場合は、1次系の圧力が低下しており、流出量が低下する。そのため、十分な時間余裕があり、津波発生時に充てん系が故障し、さらに抽出オリフィス隔離弁や格納容器隔離弁による隔離にも失敗する可能性は小さい(稀有)と考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×
インターフェイスシステムLOCA(余熱除去系と充てん／抽出のアンバランス以外)	電動弁や逆止弁などの複数の機器の誤開や内部リークの組み合わせで、低圧設計部に冷却材が流出した場合は当該事象が発生する可能性がある。しかし、津波時に弁の誤開や内部リークが同時に発生する可能性は小さい(稀有)と考えられる。冷却器の伝熱管損傷に伴うISLOCAについては、冷却器は建屋内にあり、波力を直接受けることは考え難く、津波による損傷は発生しないと考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×
1次冷却材ポンプ封水リーク	津波により充てん/高圧注入ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
主給水流量の全喪失	津波により主給水ポンプ、復水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
主給水流量の部分喪失	津波により主給水ポンプ、復水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○

第3.1.3.4-3表 起 因 事 象 の ス ク リ ー ニ ン グ 結 果 （ 3 / 1 0 ）

起 因 事 象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検 討 内 容	結 果 ○:対象 ×:対象外
負荷の喪失(タービントリップ信号有)	大津波警報等により運転員が手動停止することも考えられるが、津波によるプラントへの影響がない場合は内的事象出力時PRAの範疇となる。一方、津波がプラントに影響を与える可能性がある場合には、原子炉は自動トリップする、又は津波到達までに原子炉を手動停止している可能性が高く、手動停止後に津波によるプラントへの影響があった場合には、その影響別に起 因 事 象 を 分 類 可 能 で あ る 。 したがって当該事象は対象外とする。	×
負荷の喪失(タービントリップ信号無)	大津波警報等により運転員が手動停止することも考えられるが、津波によるプラントへの影響がない場合は内的事象出力時PRAの範疇となる。一方、津波がプラントに影響を与える可能性がある場合には、原子炉は自動トリップする、又は津波到達までに原子炉を手動停止している可能性が高く、手動停止後に津波によるプラントへの影響があった場合には、その影響別に起 因 事 象 を 分 類 可 能 で あ る 。 したがって当該事象は対象外とする。	×
主蒸気隔離弁の誤閉止(1or2弁)	津波により主蒸気隔離弁、又は関連する電源設備等が損傷し、主蒸気隔離弁の1弁、又は2弁が誤閉止した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
主蒸気隔離弁の誤閉止(全弁)	津波により主蒸気隔離弁、又は関連する電源設備等が損傷し、主蒸気隔離弁全弁が誤閉止した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
過渡事象(タービントリップ有)(加圧器逃がし弁の作動無)	津波により循環水ポンプ、復水器真空ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。ただし、過渡事象の発生要因はタービントリップ及び加圧器逃がし弁の作動有無により細分化していないため、本スクリーニング以降は過渡事象として取り扱う。	○
過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動有)	津波により循環水ポンプ、復水器真空ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。ただし、過渡事象の発生要因はタービントリップ及び加圧器逃がし弁の作動有無により細分化していないため、本スクリーニング以降は過渡事象として取り扱う。	○

第3.1.3.4-3表 起因事象のスクリーニング結果 (4/10)

起因事象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動無)	津波により循環水ポンプ、復水器真空ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。ただし、過渡事象の発生要因はタービントリップ及び加圧器逃がし弁の作動有無により細分化していないため、本スクリーニング以降は過渡事象として扱う。	○
主給水管破断	主給水管は格納容器内、又は建屋内部にあるため、波力を直接受けることは考え難く、影響はないと考えられる。また、津波が原因で制御回路が誤動作し、主給水管破断相当の事象が発生するような弁は無い。したがって、当該事象は対象外とする。	×
主蒸気管破断(主蒸気隔離弁上流)	主蒸気管は格納容器内、又は建屋内部にあるため、波力を直接受けることは考え難く、影響はないと考えられる。しかしながら、津波が原因で制御回路が誤動作し、主蒸気逃がし弁が誤開して再閉止できない場合には主蒸気管破断(主蒸気隔離弁上流)相当の事象が考えられる。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
主蒸気管破断(主蒸気隔離弁下流)	主蒸気管は格納容器内、又は建屋内部にあるため、波力を直接受けることは考え難く、影響はないと考えられる。しかしながら、津波が原因で制御回路が誤動作し、タービンバイパス弁が誤開して再閉止できない場合には主蒸気管破断(主蒸気隔離弁下流)相当の事象が考えられる。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
蒸気発生器伝熱管破損	当該事象の発生要因となる伝熱管は格納容器内にあり、海水の流入がないため、波力の影響はないと考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×
主蒸気安全弁の誤開(1弁)	主蒸気安全弁は建屋内部にあるため、波力を直接受けることは考え難く、津波による損傷は発生しないと考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×
主蒸気安全弁の誤開(2弁以上)	主蒸気安全弁は建屋内部にあるため、波力を直接受けることは考え難く、津波による損傷は発生しないと考えられる。したがって、当該事象は対象外とする。	×

第3.1.3.4-3表 起因事象のスクリーニング結果 (5/10)

起因事象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
主蒸気逃がし弁の誤開(1弁)	津波により主蒸気逃がし弁、又は関連する電源設備等が損傷し、主蒸気逃がし弁が誤開して再閉止できなかった場合には、当該事象が発生する可能性がある。しかし、この影響は主蒸気管破断(主蒸気隔離弁上流)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
主蒸気逃がし弁の誤開(2弁以上)	津波により主蒸気逃がし弁、又は関連する電源設備等が損傷し、主蒸気逃がし弁が誤開して再閉止できなかった場合には、当該事象が発生する可能性がある。しかし、この影響は主蒸気管破断(主蒸気隔離弁上流)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
タービンバイパス弁の誤開(2弁以上)	津波によりタービンバイパス弁、又は関連する電源設備等が損傷し、タービンバイパス弁が誤開して再閉止できなかった場合には、当該事象が発生する可能性がある。しかし、この影響は主蒸気管破断(主蒸気隔離弁下流)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
外部電源喪失	津波により変圧器等の外部電源設備が損傷した場合には外部電源喪失となる。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
常用系高圧交流母線の喪失	津波により常用系高圧交流母線に関連する電気盤等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
常用系低圧交流母線の喪失	津波により常用系低圧交流母線に関連する電気盤等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
常用系直流母線の喪失	津波により常用系直流母線に関連する電気盤等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
常用系計装用母線の喪失	津波により常用系計装用母線に関連する電気盤等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○

第3.1.3.4-3表 起回事象のスクリーニング結果 (6/10)

起回事象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
計装制御設備故障による加圧器逃がし弁／安全弁LOCA	津波が原因で計装制御設備が誤動作し、加圧器逃がし弁が誤開して再閉止できない場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障は加圧器逃がし弁／安全弁LOCAを引き起こす1つの要因であり、その影響は加圧器逃がし弁／安全弁LOCAで考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
計装制御設備故障による負荷の喪失(タービントリップ有)	大津波警報等により運転員が手動停止することも考えられるが、津波によるプラントへの影響がない場合は内的事象出力時PRAの範疇となる。一方、津波がプラントに影響を与える可能性がある場合には、原子炉は自動トリップする、又は津波到達までに原子炉を手動停止している可能性が高く、手動停止後に津波によるプラントへの影響があった場合には、その影響別に起回事象を分類可能である。計装制御設備故障は負荷の喪失(タービントリップ有)を引き起こす1つの要因であり、その影響は負荷の喪失(タービントリップ有)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
計装制御設備故障による過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動有)	津波により循環水ポンプ、復水器真空ポンプ等の計測制御設備が誤動作した場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障は過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動有)を引き起こす1つの要因であり、その影響は過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動有)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
計装制御設備故障による過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動無)	津波により循環水ポンプ、復水器真空ポンプ等の計測制御設備が誤動作した場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障は過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動無)を引き起こす1つの要因であり、その影響は過渡事象(タービントリップ無)(加圧器逃がし弁の作動無)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
計装制御設備故障によるECCS誤起動	津波により充てん／高圧注入ポンプ等の計測制御設備が誤動作した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
計装制御設備故障による主給水流量の全喪失	津波により主給水ポンプ、復水ポンプの計測制御設備が誤動作した場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障は主給水流量の全喪失を引き起こす1つの要因であり、その影響は主給水流量の全喪失で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×

第3.1.3.4-3表 起因事象のスクリーニング結果 (7/10)

起因事象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
計装制御設備故障による主給水流量の部分喪失	津波により主給水ポンプ、復水ポンプの計測制御設備が誤動作した場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障は主給水流量の部分喪失を引き起こす1つの要因であり、その影響は主給水流量の部分喪失で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
計装制御設備故障による主蒸気隔離弁の誤閉止(1or2弁)	津波により主蒸気隔離弁の計測制御設備が誤動作し、主蒸気隔離弁の1弁、又は2弁が誤閉止した場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障は主蒸気隔離弁の誤閉止(1or2弁)を引き起こす1つの要因であり、その影響は主蒸気隔離弁の誤閉止(1or2弁)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
計装制御設備故障による主蒸気隔離弁の誤閉止(全弁)	津波により主蒸気隔離弁の計測制御設備が誤動作し、主蒸気隔離弁全弁が誤閉止した場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障は主蒸気隔離弁の誤閉止(全弁)を引き起こす1つの要因であり、その影響は主蒸気隔離弁の誤閉止(全弁)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
計装制御設備故障によるタービンバイパス弁の誤開(2弁以上)	津波によりタービンバイパス弁の計測制御設備が誤動作し、タービンバイパス弁が誤開して再閉止できなかった場合には、当該事象が発生する可能性がある。計装制御設備故障はタービンバイパス弁の誤開(2弁以上)を引き起こす1つの要因であり、その影響はタービンバイパス弁の誤開(2弁以上)で考慮しているため、当該事象は対象外とする。	×
制御用空気系の部分喪失	津波により制御用空気圧縮機等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
制御用空気系の全喪失	津波により制御用空気圧縮機等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
原子炉補機冷却水系の部分喪失(AorBヘッダ喪失)	津波により原子炉補機冷却水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷し、1次系補機冷却水系のA又はBヘッダへの給水機能が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○

第3.1.3.4-3表 起因事象のスクリーニング結果（8/10）

起因事象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
原子炉補機冷却水系の部分喪失(Cヘッド喪失)	津波により原子炉補機冷却水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷し、1次系補機冷却水系のCヘッドへの給水機能が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
原子炉補機冷却水系の全喪失	津波により原子炉補機冷却水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
原子炉補機冷却海水系の部分喪失	津波により海水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷し、1ヘッドへの給水機能が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
原子炉補機冷却海水系の全喪失	津波により海水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全系高圧交流母線の部分喪失	津波により安全系高圧交流母線に関連する電気盤等の1系列が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全系高圧交流母線の全喪失	津波により安全系高圧交流母線に関連する電気盤等が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全系低圧交流母線の部分喪失	津波により安全系低圧交流母線に関連する電気盤等の1系列が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全系低圧交流母線の全喪失	津波により安全系低圧交流母線に関連する電気盤等が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全系直流母線の部分喪失	津波により安全系直流母線に関連する電気盤等の1系列が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全系直流母線の全喪失	津波により安全系直流母線に関連する電気盤等が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○

第3.1.3.4-3表 起因事象のスクリーニング結果 (9/10)

起因事象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
安全系計装用母線の部分喪失	津波により計装用母線に関連する電気盤等の1系列が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全系計装用母線の全喪失	津波により計装用母線に関連する電気盤等が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
中央制御室空調系の喪失	津波により中央制御室空調系の機器、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全補機開閉器室空調系の部分喪失	津波により安全補機開閉器室空調系の機器、又は関連する電源設備等の1系列が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
安全補機開閉器室空調系の全喪失	津波により安全補機開閉器室空調系の機器、又は関連する電源設備等が損傷した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
空調用冷水系の部分喪失	津波により空調用冷水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷し、1ヘッダへの給水機能が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
空調用冷水系の全喪失	津波により空調用冷水ポンプ、又は関連する電源設備等が損傷し、給水機能が喪失した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○
手動停止	大津波警報等により運転員が手動停止することも考えられるが、津波によるプラントへの影響がない場合には内的事象出力時PRAの範疇となる。一方、津波によりプラントに影響を与える可能性がある場合には、原子炉は自動トリップする、又は、津波到達までに原子炉を手動停止できる可能性も高く、手動停止後に津波によるプラントへの影響があった場合でも、その影響別に起因事象に分類可能である。したがって、当該事象は対象外とする。	×

第3.1.3.4-3表 起因事象のスクリーニング結果（10/10）

起因事象	① 国内のPWRプラント共通の観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
多様化自動作動設備 1(タービントリップが 必要な事象)	原子炉の停止機能は要求される使命時間が短いので、実際の津波を想定した場合には、「要因となった地震」、又は「津波警報を受けての手動停止」として達成される機能と考えられる。しかしながら、トリップの有無に関わらず、これらの機能喪失シーケンスは内部事象、地震のイベントツリーで代表されることから、津波においては対象外とする。	×
多様化自動作動設備 2(タービントリップが 不要な事象)	原子炉の停止機能は要求される使命時間が短いので、実際の津波を想定した場合には、「要因となった地震」、又は「津波警報を受けての手動停止」として達成される機能と考えられる。しかしながら、トリップの有無に関わらず、これらの機能喪失シーケンスは内部事象、地震のイベントツリーで代表されることから、津波においては対象外とする。	×
津波特有の事象	上述の他の起因事象以外に、津波により直接的に炉心損傷に至る事象等を津波特有の事故シナリオとして対象となる可能性がある。	○

第3.1.3.4-4表 起因事象の検討内容及び選定結果 (1/10)

起因事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
加圧器逃がし弁／安全弁LOCA	1次系建屋内へ浸水した場合、加圧器逃し弁に関連する電気盤が被水・没水により誤動作し、当該弁が誤開に至って当該事象が発生する可能性がある。しかし、同じ1次系建屋内の高さ-2.0mにある制御用空気圧縮機も損傷する。この時、空気だめにより一時的には誤動作が発生する可能性があるが、加圧器逃がし弁は閉止（フェールクローズ）されるため、当該事象が発生し続けることは稀有である。したがって当該事象は対象外とする。	×	—	—
1次冷却材ポンプ封水リーク	1次系建屋へ浸水した場合、充てん／高圧注入ポンプに関連する圧力計（設置高さ:-21.0m）が喪失し、当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	充てん／高圧注入ポンプの故障等でRCP封水注入機能が喪失し、RCPシーลリークが発生する事象であるが、津波では事象開始直後の原子炉トリップに期待できるため1次系からのリーク量は多くなく、原子炉補機冷却海水系の全喪失と同じ緩和シナリオで事象緩和が可能であるとする。当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却海水系の全喪失が必ず発生しているため、当該事象は対象外とする。	×

第3.1.3.4-4表 起因事象の検討内容及び選定結果 (2/10)

起因事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
主給水流量 の全喪失	タービン建屋に設置されている復水ポンプが損傷(損傷高さ;12.1m)した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却海水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却海水系の全喪失に包絡されるため、評価対象外とする。	×
主給水流量 の部分喪失	主給水流量の全喪失の代表である復水ポンプは全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生する可能性はない。したがって、当該事象は対象外とする。	×	—	—
主蒸気隔離 弁の誤閉止 (1or2弁)	主蒸気隔離弁の誤閉止の代表である主蒸気隔離弁は設置高さが異なる(9.2m, 13.85m, 14.55m)ため、1または2弁が被水・没水により誤動作し、当該弁が誤閉止に至って当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却水系の全喪失に包絡されるため、評価対象外とする。	×
主蒸気隔離 弁の誤閉止 (全弁)	1次系建屋内へ浸水した場合、主蒸気隔離弁(設置高さ: 9.2m, 13.85m, 14.55m)の全弁が被水・没水により誤動作し、当該弁が誤閉止に至って当該事象が発生する可能性がある。したがって、当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却水系の全喪失に包絡されるため、評価対象外とする。	×

第3.1.3.4-4表 起回事象の検討内容及び選定結果 (3/10)

起回事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
過渡事象	屋外に設置されている循環水ポンプ(損傷高さ:9.4m)が損傷した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却海水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却海水系の全喪失に包絡されるため、評価対象外とする。	×
主蒸気管破断(主蒸気隔離弁上流)	1次系建屋内へ浸水した場合、主蒸気逃し弁に関連する電気盤等が被水・没水により誤動作し、当該弁が誤開に至って当該事象が発生する可能性がある。しかし、同じ1次系建屋内の高さ-2.0mにある制御用空気圧縮機も損傷する。この時、空気だめにより一時的には誤動作が発生する可能性があるが、主蒸気逃し弁は閉止(フェールクローズ)されるため、当該事象が発生し続けることは稀有である。したがって当該事象は対象外とする。	×	—	—

第3.1.3.4-4表 起因事象の検討内容及び選定結果 (4/10)

起因事象	② 本プラントにおける設備配置関係や 脆弱性評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
主蒸気管破断（主蒸気隔離弁下流）	タービン建屋内の電気盤の被水・没水に伴う誤信号によってタービンバイパス弁が誤開し、当該事象が発生する可能性がある。しかし、津波が1次系建屋内に浸水した場合には、1次系建屋内の高さ-2.0mにある制御用空気圧縮機も損傷する。この時、空気だめにより一時的には誤動作が発生する可能性があるが、当該弁は閉止（フェールクローズ）されるため、当該事象が発生し続けることは稀有である。また、津波が1次系建屋内に浸水しない場合には、タービン建屋内の電気盤より信号が優先される1次系建屋内の電気盤が設置高さに関係なく健全であることから、1次系冷却材温度異常低による開阻止機能に期待できる。したがって当該事象は対象外とする。	×	—	—
外部電源喪失	屋外に設置されている変圧器等の外部電源設備が損傷すると当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象は屋外及びタービン建屋設置機器の損傷で発生する可能性があるため、評価対象事象とする。	○
常用系高圧交流母線の喪失	タービン建屋内に設置されているメタルクラッド・スイッチギア（常用系）（設置高さ：13.3m）が被水・没水した場合には、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却海水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却海水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×

第3.1.3.4-4表 起因事象の検討内容及び選定結果 (5/10)

起因事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
常用系低圧 交流母線の 喪失	タービン建屋内に設置されているタービンコントロールセンタ(設置高さ:13.3m)が被水・没水した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却海水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却海水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×
常用系直流 母線の喪失	屋外に設置されているDC125V特高開閉所(共通)直流分電盤(設置高さ:13.3m)やタービン建屋に設置されているPT盤(設置高さ:13.3m)が被水・没水した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、外部電源喪失又は原子炉補機冷却海水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は外部電源喪失又は原子炉補機冷却海水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×
常用系計装 用母線の喪 失	1次系建屋内へ浸水し、計装用交流分電盤(設置高さ:5.0m)が被水・没水した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×
計装制御設 備故障によ るECCS誤起 動	1次系建屋内へ浸水し、充てん／高圧注入ポンプの誤起動に関連する電気盤(設置高さ:-2.0m)が被水・没水した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×

第3.1.3.4-4表 起因事象の検討内容及び選定結果 (6/10)

起因事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
制御用空気系の部分喪失	制御用空気系の全喪失の代表機器である制御用空気圧縮機は全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—
制御用空気系の全喪失	1次系建屋内へ浸水し、制御用空気圧縮機(設置高さ:-2.0m)が被水・没水した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象は1次系建屋への浸水で発生する可能性がある。しかし、制御用空気系が喪失し、制御用空気を必要とする主給水流量調整弁が閉止(フェイルクローズ)されることで、従属的に主給水流量喪失が発生するため、起因事象としては主給水流量喪失に包絡される。ただし、制御用空気喪失に伴う主給水流量喪失が発生した時には、原子炉補機冷却海水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却海水系の全喪失に包絡できるため、評価対象外とする。	×
原子炉補機冷却水系の部分喪失 (AorBヘッダ喪失)	原子炉補機冷却水系の部分喪失の代表機器である原子炉補機冷却水ポンプは全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—

第3.1.3.4-4表 起回事象の検討内容及び選定結果 (7/10)

起回事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
原子炉補機冷却水系の 部分喪失(C ヘッダ喪失)	1次系建屋内へ浸水し、1号補機冷却水供給Cヘッダ止弁(設置高さ:5.0m)が被水・没水した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×
原子炉補機冷却水系の 全喪失	1次系建屋内へ浸水し、原子炉補機冷却水ポンプ(設置高さ:5.0m)が被水・没水した場合に、当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象は1次系建屋設置機器の損傷で発生する可能性があるため、評価対象事象とする。	○
原子炉補機冷却海水系の 部分喪失	原子炉補機冷却海水系の部分喪失の代表機器である海水ポンプは全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—
原子炉補機冷却海水系の 全喪失	屋外の高さ8.0m(海水ポンプエリア防護壁の水密性が担保される高さ)では、海水ポンプが被水・没水し当該事象が発生する。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象は屋外設置機器の損傷で発生する可能性があるため、評価対象事象とする。	○
安全系高圧交流母線の 部分喪失	安全系高圧交流母線の部分喪失の代表機器であるメタルクラッド・スイッチギアは全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—

第3.1.3.4-4表 起回事象の検討内容及び選定結果 (8/10)

起回事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
安全系 高圧 交流母線の 全喪失	1次系建屋内へ浸水し、メタルクラッド・スイッチギア(設置高さ:13.8m)が被水・没水した場合に当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生する場合、同時に複数の信号損傷が発生しており、当該事象は複数の信号系損傷で包絡されるため対象外とする。	×
安全系 低圧 交流母線の 部分喪失	安全系低圧交流母線の部分喪失の代表機器であるパワーセンタは全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—
安全系 低圧 交流母線の 全喪失	1次系建屋内へ浸水し、パワーセンタ(設置高さ:13.8m)が被水・没水した場合に当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生する場合、同時に複数の信号損傷が発生しており、当該事象は複数の信号系損傷で包絡されるため対象外とする。	×
安全系 直流 母線の部分 喪失	安全系直流母線の部分喪失の代表機器である充電器盤は全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—
安全系 直流 母線の全喪 失	1次系建屋内へ浸水し、充電器盤(設置高さ:10m)が被水・没水した場合に当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却水系の全喪失のサポートライン系の機能喪失として評価できるため対象外とする。	×

第3.1.3.4-4表 起回事象の検討内容及び選定結果 (9/10)

起回事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
安全系計装用母線の部分喪失	安全系計装用母線の部分喪失の代表機器である計装用電源装置は全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—
安全系計装用母線の全喪失	1次系建屋内へ浸水し、計装用電源装置(設置高さ:10m)が被水・没水した場合に当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生した時には、原子炉補機冷却水系の全喪失が必ず発生しており、当該事象は原子炉補機冷却水系の全喪失のサポートライン系の機能喪失として評価できるため対象外とする。	×
中央制御室空調系の喪失	1次系建屋内へ浸水し、ディーゼル発電機CT収納盤(設置高さ:9.3m)が被水・没水した場合に当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生したときには、空調用冷水系の全喪失が発生しており、当該事象は空調用冷水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×
安全補機開閉器室空調系の部分喪失	安全補機開閉器室空調系の部分喪失の代表機器であるディーゼル発電機CT収納盤は全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—
安全補機開閉器室空調系の全喪失	1次系建屋内へ浸水し、ディーゼル発電機CT収納盤(設置高さ:9.3m)が被水・没水した場合に当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生したときには、空調用冷水系の全喪失が発生しており、当該事象は空調用冷水系の全喪失で包絡されるため対象外とする。	×

第3.1.3.4-4表 起回事象の検討内容及び選定結果 (10/10)

起回事象	② 本プラントにおける設備配置関係や フラジリティ評価結果からの観点		③ 事象進展の類似性や包含性等を考慮した グルーピングの観点	
	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外	検討内容	結果 ○:対象 ×:対象外
空調用冷水系の部分喪失	空調用冷水系の全喪失の代表機器である空調用冷水ポンプは全て同一の高さに設置されているため、当該事象が発生することはない。したがって当該事象は本スクリーニングで除外する。	×	—	—
空調用冷水系の全喪失	1次系建屋内へ浸水し、空調用冷水ポンプ(設置高さ:-2.0m)が被水・没水した場合に当該事象が発生する可能性がある。したがって当該事象は本スクリーニングでは除外しない。	○	当該事象が発生後、ただちに室温が上昇し、各部屋の機器に影響を与えるわけではないため、原子炉補機冷却水系の全喪失のサポート系として扱い当該事象は対象外とする。	×
津波特有の事象	津波により直接的に炉心損傷に至る事象として、1次系建屋内の高さ13.8mでは、安全補機開閉器室が水没し、メタルクラッド・スイッチギア、パワーセンタ等の電気盤が損傷するため、当該事象が発生する可能性がある。	○	当該事象は13.8m以上の津波が1次系建屋に浸水した場合に発生する可能性があるため、本スクリーニングでは除外しない。なお、当該事象は複数の信号系損傷として扱う。	○

第3.1.3.4-5表 津波シナリオ区分の区分分け高さの根拠

区分分け高さ	区分分け高さの根拠
6.65m	当該高さは、外部電源関連設備（設置高さ:EL.+13.3m）のHCLPF高さであり、起因事象を誘発する機器のうち最もHCLPFが小さいことから評価開始高さとする。外部電源関連設備の被水・没水時には「外部電源喪失」が発生する。
8.0m	当該高さは、海水ポンプエリア防護壁の水密性を確認している高さであり、当該高さ以上の津波で海水ポンプエリア防護壁の機能喪失によりエリア内が浸水し、海水ポンプの被水・没水により「原子炉補機冷却海水系の全喪失」が発生すると想定している高さである。 また、当該高さの津波襲来時は海水ポンプエリア、地下の海水管ダクト経由で1次系建屋への開口部（EL.+1.8m）まで浸水する。当該開口部のシールが損傷し、1次系建屋内が浸水する場合には、原子炉補機冷却水ポンプ（設置高さ:EL.+5.0m）が機能喪失することで「原子炉補機冷却水系の全喪失」が発生するとともに、1次系建屋内の貫通部高さ未満の格納容器隔離弁が被水・没水し、格納容器隔離にも失敗する。
10.0m	当該高さは、1次系建屋内へ浸水する場合に、ドロップ盤等の直流電源関連の電気盤損傷に伴い加圧器逃がし弁の開に失敗し「加圧器逃がし弁による1次系強制減圧の失敗」を想定している高さである。
12.1m	当該高さは、タービン建屋開口部からタービン建屋内が浸水すると想定している高さである。 また、1次系建屋内の浸水有無を評価する上で代表とする開口部シールが、地下の海水管ダクトと中間建屋間の開口部シールから、タービン建屋と制御建屋間の開口部シールとなる高さである。
13.3m	当該高さは、タービン建屋に設置されているメタルクラッド開閉装置（常用系）が被水・没水し、「外部電源喪失」が発生すると想定している高さである。当該高さの津波襲来時には海水ポンプが機能喪失しているため、当該高さで「全交流動力電源喪失」が発生することを想定している。
13.8m	当該高さは、1次系建屋内が浸水した場合にメタルクラッド開閉装置等が機能喪失し、「複数の信号系損傷」が発生すると想定している高さである。
15.0m	当該高さは、1次系建屋の開口部にシールが施工されている高さの上限値であり、当該高さ以上では津波襲来時に1次系建屋が浸水して「複数の信号系損傷」が発生することを想定している。

第3.1.3.4-6表 津波シナリオ区分 (1/3)

津波シナリオ区分		当該津波シナリオ区分で 評価対象とする起因事象	当該津波シナリオ区分において 損傷する可能性のある主要な機器		左記機器の 設置高さ(m)
1	6.65m以上～8.0m未満	外部電源喪失	屋外	AFWP復水タンク元弁	11.0
				大容量空冷式発電機(本体及び関連設備) 2次系純水タンク水位計 タンクローリ	13.0
				所内変圧器 主変圧器 特高開閉所内機器	13.3
				補給水処理装置制御盤	13.4
				第1緊急用保管エリア内に配置の可搬設備	23.0
				第6緊急用保管エリア内に配置の可搬設備	25.0
				第2緊急用保管エリア内に配置の可搬設備	28.0
				事故継続分離盤 直流分電盤	28.6
				第4緊急用保管エリア内に配置の可搬設備	33.0
			タービン建屋内	タービン建屋の開口部に到達しない	
			1次系建屋内	1次系建屋の貫通部に到達しない	

第3.1.3.4-6表 津波シナリオ区分 (2/3)

津波シナリオ区分		当該津波シナリオ区分で 評価対象とする起因事象	当該津波シナリオ区分において 損傷する可能性のある主要な機器		左記機器の 設置高さ(m)
2	8.0m以上～10.0m未満	・原子炉補機冷却水系の全喪失 ・原子炉補機冷却海水系の全喪失 ・外部電源喪失	屋外	海水ポンプ	6.13
				循環水ポンプ	9.4
			タービン建屋内	タービン建屋の開口部に到達しない	
			1次系建屋内	格納容器スプレイポンプ 余熱除去ポンプ	-21.0
				代替再循環隔離弁 スプレイ冷却器冷却水第2出口弁 RHRクーラ出口流量調節弁 ほか	-9.0
				タービン動補助給水ポンプ 空調用冷凍機 充てん／高圧注入ポンプ 制御用空気圧縮機 ほか	-2.0
				高圧安全注入流量計	-1.9
				スプレイクーラ出口弁(外隔離弁) RHRクーラ出口連絡弁 ほか	1.4
				原子炉補機冷却水ポンプ 補助給水流量計 常設電動注入ポンプ 蒸気ライン圧力計 ほか	5.0
				主蒸気隔離バイパス弁 補助給水隔離弁(外隔離弁) 主蒸気逃がし弁 ほか	9.2
				燃料油移送ポンプ ディーゼル発電機 CT収納盤	9.3
				主給水クリーンアップ元弁 補助給水隔離弁(外隔離弁)	9.5
				T/D AFWP蒸気元弁	9.8

第3.1.3.4-6表 津波シナリオ区分 (3/3)

津波シナリオ区分		当該津波シナリオ区分で 評価対象とする起因事象	当該津波シナリオ区分において 損傷する可能性のある主要な機器		左記機器の 設置高さ(m)
3	10.0m以上～12.1m未満	・原子炉補機冷却水系の全喪失 ・原子炉補機冷却海水系の全喪失 ・外部電源喪失	屋外	津波シナリオ区分1及び区分2に含まれる機器と同様	
			タービン建屋内	タービン建屋の開口部に到達しない	
			1次系建屋内	蓄電池 充電器盤 計装用電源装置 原子炉トリップしゃ断器盤 ほか	10.0
4	12.1m以上～13.3m未満	・原子炉補機冷却水系の全喪失 ・原子炉補機冷却海水系の全喪失 ・外部電源喪失	屋外	津波シナリオ区分1及び区分2に含まれる機器と同様	
			タービン建屋内	復水ポンプ	0.6
				復水器真空ポンプ	6.8
5	13.3m以上～13.8m未満	・原子炉補機冷却水系の全喪失 ・外部電源喪失	1次系建屋内	津波シナリオ区分1～区分3に含まれる機器と同様	
			屋外	津波シナリオ区分1及び区分2に含まれる機器と同様	
			タービン建屋内	メタルクラッド開閉装置(常用系)	13.3
6	13.8m以上～15.0m未満	・複数の信号系損傷 ・外部電源喪失	1次系建屋内	代替電源接続盤(A/B) ディーゼル発電機 ディーゼル発電機制御盤 アニュラス空気浄化ファン ほか	13.3
			屋外	津波シナリオ区分1及び区分2に含まれる機器と同様	
			タービン建屋内	津波シナリオ区分1～区分5に含まれる機器と同様	
7	15.0m以上	・複数の信号系損傷	1次系建屋内	メタルクラッド開閉装置	13.8
			屋外	津波シナリオ区分1及び区分2に含まれる機器と同様	
			タービン建屋内	津波シナリオ区分1～区分5に含まれる機器と同様	
7	15.0m以上	・複数の信号系損傷	1次系建屋内	津波シナリオ区分1～区分6に含まれる機器と同様	
			屋外	津波シナリオ区分1及び区分2に含まれる機器と同様	
			タービン建屋内	津波シナリオ区分1～区分5に含まれる機器と同様	

第 3.1.3.4-7 表 決定論評価における取水口位置での最大水位変動量及び津波ハザード評価における検討対象の津波波源

津波波源			決定論評価における 取水口位置での最大水位変動量 (m) (各ケースでの最大値)		津波ハザード 評価における 検討対象	備 考
			上昇側	下降側		
プレート間地震	南海トラフ		+1.04	－1.16		寄与度は低いと判断
	琉球海溝	北部～中部	+3.52	－3.80	○	
		南部	+0.47	－0.67		寄与度は低いと判断
海域活断層による 地殻内地震	市来断層帯市来区間		+0.82	－1.02		寄与度は低いと判断
	甕断層帯甕区間		+1.81	－1.39	○	
	市来断層帯甕海峡中央区間		+1.45	－1.46	○	
	甕島北方断層		+1.77	－1.73	○	
	甕島西方断層		+1.78	－1.71	○	
	長崎海脚断層		+2.24	－2.21	○	
海底地すべり			+0.34	－0.36		寄与度は低いと判断
津波発生要因の組み合わせ (地震+海底地すべりに伴う津波)			+0.08～ －0.12 (+地震に伴う津波)	+0.07～ －0.13 (+地震に伴う津波)		津波発生要因の組み合わせを考慮しても、地震に伴う津波による水位への影響は小さく、ハザード評価はほとんど変わらない。

注) 海底地すべりとして、上甕島の西側大陸斜面における海底地すべりを選定

第 3.1.3.4-8 表 数値シミュレーションの主な計算条件 (プレート間地震)

項目	計算条件
計算時間間隔	0.1 秒
計算領域	南日本海域 (南北約 2000km、東西約 2300km)
格子分割サイズ	沖合の最大 1600m から 800、400、200、100、50、25、12.5、6.25m と 1/2 ずつ徐々に細かい格子サイズを設定
基礎方程式	慣性項、海底摩擦項を含む非線形長波方程式
沖側境界条件	吸収境界条件
陸側境界条件	・50m 格子以下の領域及び防波堤は、陸上遡上条件を考慮 ・貯留堰、カーテンウォールは考慮せずにモデル化 ・その他の領域は、陸上に向かう津波に対して完全反射条件 ・静水面より下降する津波に対しては、移動境界条件を用いて海底露出を考慮
海面変位	・地震断層モデルを用いて地盤の鉛直変位量を設定 ・水平変位による鉛直への寄与分を考慮
潮位条件	T.P. ±0.00m
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 $n=0.025 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ (小谷ほか(1998))
水平渦動粘性係数	$0.0 \text{ m}^2/\text{s}$
計算時間	地盤変動開始から 6 時間まで

基礎方程式: 非線形長波 (浅水理論) の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - K_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - K_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

ここに、 t : 時間、 x 、 y : 平面座標、

η : 静水面から鉛直上方にとった水位変動量、

M : x 方向の線流量、 N : y 方向の線流量、 h : 静水深、

D : 全水深 ($D=h+\eta$)、 g : 重力加速度、

K_h : 水平渦動粘性係数、 n : マニングの粗度係数

第 3.1.3.4-9 表 数値シミュレーションの主な計算条件
(海域活断層による地殻内地震)

項目	計算条件
計算時間間隔	0.1秒
計算領域	南九州周辺海域(南北約 520km、東西約 470km)
格子分割サイズ	沖合の最大 800m から 400、200、100、50、25、12.5、6.25m と 1/2 ずつ徐々に細かい格子サイズを設定
基礎方程式	慣性項、海底摩擦項を含む非線形長波方程式
沖側境界条件	自由透過条件
陸側境界条件	・50m 格子以下の領域及び防波堤は、陸上遡上条件を考慮 ・貯留堰、カーテンウォールは考慮せずにモデル化 ・その他の領域は、陸上に向かう津波に対して完全反射条件 ・静水面より下降する津波に対しては、移動境界条件を用いて海底露出を考慮
海面変位	地震断層モデルを用いて地盤の鉛直変動量が瞬時に生じるように設定
潮位条件	T.P.±0.00m
海底摩擦係数	マンニングの粗度係数 $n=0.025 \text{ m}^{-1/3} \cdot \text{s}$ (小谷ほか(1998))
水平渦動粘性係数	$0.0 \text{ m}^2/\text{s}$
計算時間	地盤変動開始から 4 時間まで

基礎方程式: 非線形長波(浅水理論)の連続式及び運動方程式

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} - K_h \left(\frac{\partial^2 M}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 M}{\partial y^2} \right) + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} - K_h \left(\frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 N}{\partial y^2} \right) + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

ここに、 t : 時間、 x 、 y : 平面座標、

η : 静水面から鉛直上方にとった水位変動量、

M : x 方向の線流量、 N : y 方向の線流量、 h : 静水深、

D : 全水深 ($D=h+\eta$)、 g : 重力加速度、

K_h : 水平渦動粘性係数、 n : マニングの粗度係数

第3.1.3.4-10表 機器リストとフラジリティデータの例

機器(屋外・タービン建屋)	Am (m)	β_R	β_U	HCLPF (m)
大容量空冷式発電機	13.0	0.21	0.21	6.50
外部電源関連設備(主変圧器、所内変圧器)	13.3	0.21	0.21	6.65
海水ポンプ	8.00	0	0	8.00
循環水ポンプ	9.40	0	0	9.40

機器(1次系建屋)	X	Y	Z	Am (m)		β _R		β _U		HCLPF (m)	
				X-Y	Y-Z	X-Y	Y-Z	X-Y	Y-Z	X-Y	Y-Z
貫通部シール1 (EL.+1.8m)* ¹				21.8	—	0.21	—	0.21	—	10.9	—
貫通部シール2 (EL.-2.0m)* ²				—	18.0	—	0.21	—	0.21	—	9.00
原子炉補機冷却水ポンプ ^o	8.00	12.1	15.0	21.8	18.0	0.21	0.21	0.21	0.21	10.9	9.00
非常用ディーゼル発電機	—	13.3	15.0	—	18.0	—	0.21	—	0.21	—	9.00
メタルクラッド開閉装置	—	13.8	15.0	—	18.0	—	0.21	—	0.21	—	9.00

*1 :海水管ダクトと中間建屋間の貫通部シール

*2 :タービン建屋と制御建屋間の貫通部シール

Am :フラジリティ波高中央値

 β_R :偶然的不確実さ β_U :認識論的不確実さ

HCLPF:95%信頼度における5%損傷確率に相当する津波高さ

第3.1.3.4-11表 各損傷・機能喪失要因に対する一般的なフラジリティ評価方針（1/3）

損傷・機能喪失要因	設置場所	対象機器	フラジリティ評価方針
被水・没水	屋外	動的・電氣的設備	・対象機器が水に触れた時点で機能損傷すると想定し、対象機器の設置EL.を現実的耐力として設定する。なお、設置EL.の値は配置設計において厳密に設定されているため不確実さは考慮しない。
	屋内	動的・電氣的設備	・機器の設置EL.に水位が達した時点で、対象機器が水に触れて機能損傷すると想定する。 ・建屋外郭部（貫通部）シールがない場合及びシールが損傷した場合には、建屋内に水が無制限に流入し、津波高さまで建屋内の水位が上昇すると想定する。したがって、貫通部シールの波力に対するフラジリティを評価する。但し、複数のシールが損傷することによる影響の組合せは考慮せず、1カ所のシールが損傷すれば、津波高さまで建屋内の水位が上昇すると仮定する。
波力	屋外	動的・電氣的設備 静的設備	・動的・電氣的設備については、被水・没水による機能損傷が先行する（設置位置に水が到達した時点で機能損傷する）ため評価不要とする。 ・機器設置位置による波力の影響（津波が運動エネルギーをもって衝突するか）により評価要否を検討する。すなわち、壁や建屋に囲まれている等、津波が運動エネルギーをもって衝突しないことが配置情報等から判断できる機器はフラジリティ評価対象外とする。 ・応答値（発生応力）の不確実さについては、津波PRA学会標準評価事例集の記載を参照する。
	屋内（建屋外郭部含む）	貫通部シール	・評価方法は基本的に屋外設備と同様であるが、シールが耐えうる静水頭（水压）に着目した評価とする。 ・建屋内設置機器は建屋外郭により波力の影響を受けないため、評価不要。

第3.1.3.4-11表 各損傷・機能喪失要因に対する一般的なフラジリティ評価方針 (2/3)

損傷・機能喪失要因	設置場所	対象機器	フラジリティ評価方針
流体力	屋外	動的・電氣的設備 静的機器	・動的・電氣的設備については、被水・没水による機能損傷が先行する(設置位置に水が到達した時点で機能損傷する)ため評価不要とする。 ・流体力による荷重は波力に比べて非常に軽微であるので、波力の影響に包含されると考えフラジリティ評価対象外とする。
	屋内	貫通部シール	・評価方法は基本的に屋外設備と同様であるが、シールが耐えうる静水頭(水压)に着目した評価とする。 ・建屋内設置機器は建屋外郭により波力の影響を受けないため、評価不要とする。
浮力	屋外	動的・電氣的設備 静的機器	・動的・電氣的設備については、被水・没水による機能損傷が先行する(設置位置に水が到達した時点で機能損傷する)ため評価不要とする。 ・浮力によるタンク基礎ボルトの引張応力を評価する。 ・耐力については、地震と同様に限界耐力(物性値の中央値)を考慮する。
	屋内	動的・電氣的設備 静的設備	・動的・電氣的設備については、被水・没水による機能損傷が先行する(設置位置に水が到達した時点で機能損傷する)ため評価不要とする。 ・静的機器については、その自重と基礎ボルトの耐力(引張強さ)に比べて、浮力による荷重(水没を考慮すると津波波高に依存しない)が軽微であるのでフラジリティ評価対象外とする。

第3.1.3.4-11表 各損傷・機能喪失要因に対する一般的なフラジリティ評価方針 (3/3)

損傷・機能喪失要因	設置場所	対象機器	フラジリティ評価方針
漂流物衝突	屋外	動的・電氣的設備 静的設備	・動的・電氣的機器については、被水・没水による機能損傷が先行する(設置位置に水が到達した時点で機能損傷する)ためフラジリティ評価対象外とする。 ・漂流物衝突時の発生応力の評価及びその不確実さについては、津波PRA学会標準評価事例集の記載を参照する。
	屋内	なし	・建屋外郭により建屋内機器は影響を受けないため、フラジリティ評価対象外とする。
海底砂移動	屋外	海水を取水するポンプ	・海水ポンプ・循環水ポンプについて砂の影響を評価する。
	屋内	なし	・建屋外郭により建屋内機器は影響を受けないため、フラジリティ評価対象外とする。
洗掘	屋外	動的・電氣的設備 静的設備(タンク)	・動的・電氣的機器については、被水・没水による機能損傷が先行する(設置位置に水が到達した時点で機能損傷する)ため評価不要とする。 ・基礎が舗装されているなどの理由により洗掘の影響が軽微なものの場合にはフラジリティ評価対象外とする。
	屋内	なし	・建屋外郭により建屋内機器は影響を受けないため、フラジリティ評価対象外とする。

第3.1.3.4-12表 機器種別ごとのフラジリティ評価方針 (1/2)

機器種類	フラジリティ評価方針	評価内容
屋内機器全般 (屋内全機器共通)	津波による水が建屋開口部から流入してくる形で浸水する(津波が衝突する形にならない)ため、波力・流体力・洗掘の影響は考慮する必要がない。また、建屋外壁により防護されるため、漂流物衝突の影響は考慮する必要がない。	—
静的機器(動的機器の構造損傷含む)	機器に作用する浮力よりも自重・基礎定着部引張強さの方が強いため、浮力による損傷は考慮不要とする。 ⇒バウンダリの喪失に至りうるフラジリティ評価対象の損傷モードが存在しない	フラジリティ評価対象外
動的機器	被水・没水による損傷を評価する。 ⇒建屋貫通部シールのフラジリティに依存する。 ⇒最弱部シール(一般的に最もEL.の低い場所)のシールが損傷した時点で、全シールが同時に損傷するものと仮定する。すなわち、津波高さのEL.まで同時に水没するものと想定する。	被水・没水を評価
屋外機器全般 (屋外全機器共通)	機器設置位置の状況(津波に対する防護となりうる建屋・構造物等が周辺にあるか)を考慮して評価する損傷モードを設定する。	—
海水ポンプ	本プラントの海水ポンプエリアには防護堤・防護壁が設置されているため、これらを考慮したフラジリティを検討する必要がある。海水ポンプは津波到達時点で損傷すると想定しているため、そのフラジリティは防護堤・防護壁のフラジリティに依存する。 ・防護堤の扱い 防護堤の効果には期待しない。 ・海水ポンプエリア防護壁(水密扉等を含む) 波力荷重に対して健全性を確認している津波高さが8.0mであるので、波高8.0m以下の津波では防護壁は損傷しないものとし、波高8.0mを上回る津波に対しては損傷するものとして扱う。 ・海底砂移動 設計基準津波による砂の堆積量は非常に少ない(最大で10cm程度)。また、取水ピット底面からポンプ吸込口まで10m程度あるため、砂の吸込みにより損傷に至ることは考えられない。	被水・没水を評価

第3.1.3.4-12表 機器種別ごとのフラジリティ評価方針 (2/2)

機器種類	フラジリティ評価方針	評価内容
海水ストレーナ	ピット内に設定されているので、波力は作用しない(津波がエネルギーを持って衝突することはない)。	フラジリティ評価対象外
タンク類	評価対象タンク周辺に防護壁が設置されているため、これらの影響を検討する必要がある。 <タンク類に付属する計器類の機能損傷> ・壁は水密構造ではないので、壁内にある計器類に対する被水・没水については壁の効果は考慮しない。 <タンク類の構造損傷> ・設置位置が海岸線から見て建屋の陰になる位置であるので、建屋が防護壁となり波力が作用しないといえる。	フラジリティ評価対象外
燃料油貯油槽	地下設置のタンクであり、津波の影響を受けない。	フラジリティ評価対象外
可搬設備	動的・電氣的設備、静的設備に関わらず、設置位置に津波が到達した時点で、津波で流出又は作業員の接近困難等の理由により使用不能になるものと想定する。	被水・没水进行评估
配管類	屋外配管はダクト内若しくは海岸線から見て建屋の陰になる位置にあるため、波力が作用することがない。	フラジリティ評価対象外
ケーブルトレイ	ケーブル接続先の機器(電気盤・ポンプ等)については被水・没水による損傷が先行するため、ケーブルトレイの評価は不要。	フラジリティ評価対象外
上記以外の動的・電氣的設備	設置位置に津波が到達した時点で、被水・水没による機能損傷が先行すると想定するため、構造損傷は評価不要。	被水・没水进行评估

第3.1.3.4-13表 プラント損傷状態の定義

No.	PDS	事故のタイプ	RCS 圧力	炉心損傷 時期	原子炉格納容器内事象進展		
					RWST水の 原子炉格納 容器への移送	原子炉 格納容器の 破損時期	原子炉 格納容器内 熱除去手段
1	SED	小破断LOCA	中圧	早期	×	炉心損傷後	×
2	SEW	小破断LOCA	中圧	早期	○	炉心損傷後	×
3	SEI	小破断LOCA	中圧	早期	○	炉心損傷後	○
4	SLW	小破断LOCA	中圧	長期	○	炉心損傷後	×
5	SLI	小破断LOCA	中圧	長期	○	炉心損傷後	○
6	SLC	小破断LOCA	中圧	長期	○	炉心損傷前	×
7	TED	Transient	高圧	早期	×	炉心損傷後	×
8	TEW	Transient	高圧	早期	○	炉心損傷後	×
9	TEI	Transient	高圧	早期	○	炉心損傷後	○

第3.1.3.4-14表 損傷状態binの定義(1/3)

損傷状態 bin	対応する津波 シナリオ区分	プラント状態の想定	本評価における設定		入力条件への影響 ×:著しい悪化 △:悪化 □:限定的な悪化 ー:考慮不要	
bin1	該当なし	プラントの安全系SSC又は運転に必要な非安全系SSCへの損傷はない。居住棟や事務棟などの非安全系かつ耐震性のないSSCへの限定的な被害が見られる。	津波高さ／SSC損傷	・全機器のHCLPF高さ以下の津波であるため、津波による機器損傷はしないものとする。このため、津波PRAでは評価対象外の区分である。	ー	
			アクセス性	・影響なし	ー	
			ストレスレベル	・影響なし	ー	
			人的リソース	・影響なし	ー	
bin2	区分1(1次系建屋浸水なし)	プラントの安全系SSC、又は運転に必要であり、丈夫かつ工業用の非安全系SSCへの損傷はない。プラント運転にとって重要でない非安全系のSSC、及び特高開閉所への被害が見られる(＝外部電源喪失は起きている)。吊り下げ式天井のパネルが落下している。	津波高さ／SSC損傷	・屋外に設置のSSC(特高開閉所等)が津波により損傷し、外部電源喪失等の起因事象が発生する。1次系建屋への浸水は無いものとする。	ー	
			アクセス性	・津波により屋外設置のSSCの損傷が一部発生するが、現場へのアクセス性の悪化程度は軽微とする。また1次系建屋内への浸水は無いため、屋内のアクセスルートへの影響は無い。	1次系建屋外	□
					1次系建屋内	ー
			ストレスレベル	・事故時手順書と外的事象時の手順書を並行して確認している。	×	
			人的リソース	・パトロール*に要員が割かれ、SA対策に必要な最低限の人数しか確保されない。ただし、時間経過(パトロール完了)後は人員の状況は回復している。	□	

*: 津波発生後のプラント設備の健全性を確認するためのパトロール

第3.1.3.4-14表 損傷状態binの定義(2/3)

損傷状態 bin	対応する津波シナリオ区分	プラント状態の想定	本評価における設定			入力条件への影響 ×:著しい悪化 △:悪化 □:限定的な悪化 －:考慮不要	
bin3	区分2(1次系建屋浸水なし) 区分3(1次系建屋浸水なし) 区分4(1次系建屋浸水なし) 区分5(1次系建屋浸水なし) 区分6(1次系建屋浸水なし)	広範囲の非安全系のSSCと、一部の安全系SSCへの損傷が見られる。多数の振動トリップとリセットが必要な警報が発信している。	津波高さ／SSC損傷	・タービン建屋への浸水や海水ポンプエリアの浸水が必ず発生し、外部電源喪失や原子炉補器冷却海水系の全喪失等の起因事象が発生する。1次系建屋への浸水は無いものとする。	－		
			アクセス性	・津波により屋外のアクセス性は悪化し、アクセセルルート復旧のための工具の使用や迂回が必要になる。1次系建屋内への浸水はないため、当該建屋内のアクセセルルートへの影響は無い	1次系建屋外	△	
					1次系建屋内	－	
			ストレスレベル	・事故時手順書と外的事象時の手順書を並行して確認している。	×		
			人的リソース	・パトロール*に要員が割かれ、SA対策に必要な最低限の人数しか確保されない。ただし、パトロールに要する時間は津波の影響を受けるものの、時間経過(パトロール完了)後は人員の状況は回復している。	△		

*: 津波発生後のプラント設備の健全性を確認するためのパトロール

第3.1.3.4-14表 損傷状態binの定義(3/3)

損傷状態 bin	対応する津波シナリオ区分	プラント状態の想定	本評価における設定			入力条件への影響		
						×:著しい悪化 △:悪化 □:限定的な悪化 ー:考慮不要		
bin4	区分2(1次系建屋浸水あり)	安全系と非安全系のSSCへ甚大な被害がもたらされている。特に、この損傷状態binはクリフエッジ効果の影響を受けやすい外的事象において、考慮が必要である。	津波高さ／SSC損傷	・1次系建屋の開口部シールが損傷し、1次系建屋内へ津波が流入し、建屋内の複数のSSC機器が損傷している。	×			
	アクセス性		・1次系建屋内の安全系設備にも甚大な被害がもたらされており、操作場所に依らずアクセスルート環境は著しく悪化していることから現場へのアクセスは不可能となる。	1次系建屋外	×			
				1次系建屋内	×			
	区分3(1次系建屋浸水あり)			ストレスレベル	・1次系建屋内へ津波が流入しているため、運転員のストレスレベルは著しく悪化している。	×		
	区分4(1次系建屋浸水あり)			人的リソース	・津波により多数のSSCへ影響が出ており、パトロール*に要員が割かれ、SA対策に必要な最低限の人数しか確保されない。時間経過(パトロール完了)後においても人員の状況は改善されない。	×		
	区分5(1次系建屋浸水あり)							
	区分6(1次系建屋浸水あり)							
	区分7(1次系建屋浸水あり)							

*: 津波発生後のプラント設備の健全性を確認するためのパトロール

第3.1.3.4-15表 津波シナリオ区分別の津波平均発生頻度

津波シナリオ区分		津波平均発生頻度 (／年)
1	6.65m～8.0m	2.5E-07
2	8.0m～10.0m	4.3E-08
3	10.0m～12.1m	4.2E-09
4	12.1m～13.3m	5.0E-10
5	13.3m～13.8m	1.0E-10
6	13.8m～15.0m	1.3E-10
7	15.0m～	9.6E-11

第3.1.3.4-16表 外部電源関連設備（主変圧器、所内変圧器）の
津波シナリオ区分別損傷確率

津波シナリオ区分		損傷確率
1	6.65m～8.0m	1.9E-02
2	8.0m～10.0m	7.5E-02
3	10.0m～12.1m	2.4E-01
4	12.1m～13.3m	4.3E-01
5	13.3m～13.8m	5.2E-01
6	13.8m～15.0m	6.0E-01
7	15.0m～	7.3E-01

第3.1.3.4-17表 海水ポンプの津波シナリオ区分別損傷確率

津波シナリオ区分		損傷確率
1	6.65m～8.0m	0.0E+00
2	8.0m～10.0m	1.0E+00
3	10.0m～12.1m	1.0E+00
4	12.1m～13.3m	1.0E+00
5	13.3m～13.8m	1.0E+00
6	13.8m～15.0m	1.0E+00
7	15.0m～	1.0E+00

第3.1.3.4-18表 津波シナリオ区分別及び1次系建屋浸水有無別の炉心損傷頻度

津波シナリオ区分		津波発生 頻度 (／年)	CDF (／炉年)			寄与割合 (%)
			1次系建屋 浸水あり	1次系建屋 浸水なし	津波シナリオ 区分別	
1	6.65m～8.0m	2.5E-07	00E+00	8.8E-11	8.8E-11	1.2
2	8.0m～10.0m	4.3E-08	3.9E-11	6.0E-09	6.0E-09	80.5
3	10.0m～12.1m	4.2E-09	3.3E-11	9.5E-10	9.8E-10	13.2
4	12.1m～13.3m	5.0E-10	5.7E-11	1.3E-10	1.9E-10	2.5
5	13.3m～13.8m	1.0E-10	1.6E-11	2.6E-11	4.2E-11	0.6
6	13.8m～15.0m	1.3E-10	2.6E-11	4.4E-11	6.9E-11	0.9
7	15.0m～	9.6E-11	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	1.1
合計			2.5E-10	7.2E-09	7.5E-09	100.0
寄与割合 (%)			3.4	96.6	100.0	

第3.1.3.4-19表 起因事象別の炉心損傷頻度

起因事象	CDF (／炉年)	寄与割合 (%)
外部電源喪失	2.6E-09	34.6
原子炉補機冷却水系の全喪失	1.4E-10	1.9
原子炉補機冷却海水系の全喪失	4.6E-09	62.0
複数の信号系損傷	1.1E-10	1.4
合計	7.5E-09	100.0

第3.1.3.4-20表 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	CDF (／炉年)	寄与割合 (%)
2次冷却系からの除熱機能喪失	8.7E-11	1.2
全交流動力電源喪失	2.5E-09	33.4
原子炉補機冷却機能喪失	4.8E-09	64.0
原子炉格納容器の除熱機能喪失	ε	<0.1
ECCS注水機能喪失	ε	<0.1
ECCS再循環機能喪失	ε	<0.1
複数の信号系損傷	1.1E-10	1.4
合計	7.5E-09	100.0

ε:1.0E-13(／炉年)未満

第3.1.3.4-21表 プラント損傷状態別の炉心損傷頻度

プラント損傷状態	CDF (／炉年)	寄与割合 (%)
SED	4.4E-10	5.9
SEW	ε	<0.1
SEI	ε	<0.1
SLW	2.2E-09	29.4
SLI	ε	<0.1
SLC	4.3E-13	<0.1
TED	4.8E-09	63.6
TEW	7.2E-13	<0.1
TEI	8.5E-11	1.1
合計	7.5E-09	100.0

ε:1.0E-13(／炉年)未満

第3.1.3.4-22表 不確実さ解析結果

津波シナリオ区分		CDF (／炉年)					エラー ファクタ
		5%下限値	中央値	平均値	95%上限値	点推定値	
1	6.65m～8.0m	2.1E-19	1.7E-13	9.6E-11	2.3E-10	8.8E-11	3.3E+04
2	8.0m～10.0m	5.0E-27	2.1E-11	4.8E-09	4.3E-08	6.0E-09	2.9E+09
3	10.0m～12.1m	1.0E-26	9.8E-13	6.7E-10	6.0E-09	9.8E-10	7.7E+08
4	12.1m～13.3m	7.2E-27	5.6E-14	1.2E-10	1.1E-09	1.9E-10	4.0E+08
5	13.3m～13.8m	2.6E-27	6.1E-15	2.6E-11	2.4E-10	4.2E-11	3.0E+08
6	13.8m～15.0m	8.1E-27	5.2E-15	4.2E-11	4.2E-10	6.9E-11	2.3E+08
7	15.0m～	8.5E-27	1.3E-15	4.6E-11	4.7E-10	8.1E-11	2.4E+08
合計		1.9E-19	2.3E-11	5.8E-09	5.3E-08	7.5E-09	5.2E+05

第 3.1.3.4-23 表 人的過誤に係る感度解析結果 (1/2)

津波シナリオ区分		津波発生 頻度 (／年)	ベースケース CDF(／炉年)、割合				人的過誤完全独立ケース CDF(／炉年)、割合				CDF の比
			1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		
1	(6.65m 以上～ 8.0m 未満)	2.5E-07	0.0E+00	8.8E-11	8.8E-11	1.2%	0.0E+00	8.8E-11	8.8E-11	1.2%	1.00
2	(8.0m 以上～ 10.0m 未満)	4.3E-08	3.9E-11	6.0E-09	6.0E-09	80.5%	3.9E-11	5.9E-09	6.0E-09	80.6%	0.99
3	(10.0m 以上～ 12.1m 未満)	4.2E-09	3.3E-11	9.5E-10	9.8E-10	13.2%	3.3E-11	9.4E-10	9.7E-10	13.1%	0.99
4	(12.1m 以上～ 13.3m 未満)	5.0E-10	5.7E-11	1.3E-10	1.9E-10	2.5%	5.7E-11	1.3E-10	1.9E-10	2.6%	0.99
5	(13.3m 以上～ 13.8m 未満)	1.0E-10	1.6E-11	2.6E-11	4.2E-11	0.6%	1.6E-11	2.6E-11	4.2E-11	0.6%	0.99
6	(13.8m 以上～ 15.0m 未満)	1.3E-10	2.6E-11	4.4E-11	6.9E-11	0.9%	2.6E-11	4.3E-11	6.9E-11	0.9%	1.00
7	(15.0m 以上)	9.6E-11	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	1.1%	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	1.1%	1.00
合計、割合			2.5E-10	7.2E-09	7.5E-09	100.0%	2.5E-10	7.1E-09	7.4E-09	100.0%	0.99
			3.4%	96.6%			3.4%	96.6%			

第 3.1.3.4-23 表 人的過誤に係る感度解析結果 (2/2)

津波シナリオ区分		津波発生 頻度 (／年)	ベースケース CDF(／炉年)、割合				下限値の人的過誤確率を用いるケース CDF(／炉年)、割合				CDF の比
			1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		
1	(6.65m 以上～ 8.0m 未満)	2.5E-07	0.0E+00	8.8E-11	8.8E-11	1.2%	0.0E+00	1.5E-11	1.5E-11	0.3%	0.17
2	(8.0m 以上～ 10.0m 未満)	4.3E-08	3.9E-11	6.0E-09	6.0E-09	80.5%	3.9E-11	3.8E-09	3.9E-09	77.9%	0.64
3	(10.0m 以上～ 12.1m 未満)	4.2E-09	3.3E-11	9.5E-10	9.8E-10	13.2%	3.3E-11	7.2E-10	7.5E-10	15.1%	0.76
4	(12.1m 以上～ 13.3m 未満)	5.0E-10	5.7E-11	1.3E-10	1.9E-10	2.5%	5.0E-11	1.1E-10	1.6E-10	3.2%	0.83
5	(13.3m 以上～ 13.8m 未満)	1.0E-10	1.6E-11	2.6E-11	4.2E-11	0.6%	1.4E-11	2.1E-11	3.5E-11	0.7%	0.84
6	(13.8m 以上～ 15.0m 未満)	1.3E-10	2.6E-11	4.4E-11	6.9E-11	0.9%	2.4E-11	3.8E-11	6.2E-11	1.3%	0.90
7	(15.0m 以上)	9.6E-11	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	1.1%	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	1.6%	1.00
合計、割合			2.5E-10	7.2E-09	7.5E-09	100.0%	2.4E-10	4.7E-09	5.0E-09	100.0%	0.67
			3.4%	96.6%			4.8%	95.2%			

第 3.1.3.4-24 表 格納容器機能喪失モードの設定結果

項目	放出	原子炉格納容器 の状態	格納容器機能喪失モード	記号	概要
格納容器 機能喪失 モード分類	漏えい	格納容器健全	格納容器健全	ϕ	原子炉格納容器が健全に維持されて 事故が収束
	ベント	格納容器ベント	格納容器ベント	ϕ	フィルタベントの実施
	早期 放出	格納容器 バイパス	TI-SGTR	g	炉心損傷後の蒸気発生器伝熱管クリ ープ破損による格納容器バイパス
		格納容器 隔離失敗	格納容器隔離失敗	β	事故後に原子炉格納容器の隔離に失 敗
		格納 容器 破損	原子炉容器内水蒸気爆発	α	原子炉容器内の水蒸気爆発によって 原子炉格納容器が破損
			水素燃焼 (原子炉容器破損前)	γ	水素燃焼又は水素爆轟(原子炉容器 破損前)によって原子炉格納容器が 破損
			水素燃焼 (原子炉容器破損直後)	γ'	水素燃焼又は水素爆轟(原子炉容器 破損直後)によって原子炉格納容器 が破損
			原子炉容器外水蒸気爆発	η	原子炉容器外での水蒸気爆発又は 水蒸気スパイクによって原子炉格納容 器が破損
			格納容器雰囲気直接加熱	σ	格納容器雰囲気直接加熱によって原 子炉格納容器が破損
			格納容器直接接触	μ	原子炉格納容器の構造物へ熔融炉 心が直接接触して原子炉格納容器が 破損
			水素燃焼 (原子炉容器破損後長期)	γ''	水素燃焼又は水素爆轟(原子炉容器 破損後後期)によって原子炉格納容 器が破損
	後期 放出	後期 格納 容器 破損	ベースマツト熔融貫通	ε	熔融炉心・コンクリート相互作用でベ ースマツトが熔融貫通
			格納容器過温破損	τ	原子炉格納容器の貫通部が過温で破 損
			水蒸気・非凝縮性ガス蓄積 による過圧破損	δ	水蒸気・非凝縮性ガス蓄積によって準 静的加圧で原子炉格納容器が破損
			水蒸気蓄積による 格納容器先行破損	θ	水蒸気蓄積によって準静的加圧で原 子炉格納容器が炉心損傷前に破損

第 3.1.3.4-25 表 シビアアクシデント時の物理化学現象の整理

物理化学現象	発生条件	発生後の事故進展
炉心損傷	—	格納容器機能喪失の可能性
格納容器先行破損	・プラント損傷状態で定義される格納容器先行破損	θ モードによる格納容器機能喪失
配管クリープ破損	・1次系高压 (高温側配管、サージライン破損)	1次系減圧
TI-SGTR	・1次系高压 (温度誘因蒸気発生器伝熱管破損)	g モードによる格納容器機能喪失
原子炉容器内水蒸気爆発	・熔融炉心が原子炉容器下部ヘッドへ落下 ・1次系低压	α モードによる格納容器機能喪失の可能性
水素燃焼	・水素濃度4vol%上方、6vol%側方、8vol%下方伝ば ・水蒸気濃度55vol%以下	γ 、 γ' 、 γ'' モードによる格納容器機能喪失の可能性
原子炉容器破損	・炉心熔融進展が炉心への注水により停止しない	熔融炉心の原子炉容器外への放出
熔融物分散放出	・原子炉容器破損時に1次系高压	熔融炉心の原子炉下部キャビティ外への放出
原子炉下部キャビティ内水量	・燃料取替用水が原子炉格納容器内に持ち込まれるプラント損傷状態	熔融炉心と原子炉下部キャビティ水の接触
原子炉容器外水蒸気爆発	・原子炉容器破損時に熔融炉心が重力落下 ・熔融炉心落下質量大	η モードによる格納容器機能喪失の可能性
格納容器雰囲気直接加熱	・熔融物分散放出あり	σ モードによる格納容器機能喪失の可能性
格納容器直接接触	・熔融物分散放出あり	μ モードによる格納容器機能喪失の可能性
熔融炉心冷却	・原子炉容器破損 ・原子炉下部キャビティ内に熔融炉心落下	熔融炉心・コンクリート相互作用の継続
格納容器過温破損	・原子炉容器破損 ・原子炉格納容器内への注水なし	τ モードによる格納容器機能喪失
格納容器過圧破損	・崩壊熱による水蒸気生成 ・非凝縮性ガス生成	δ 、 θ モードによる格納容器機能喪失
ベースマツト熔融貫通	・原子炉容器破損 ・原子炉下部キャビティ内の熔融炉心冷却に失敗	ε モードによる格納容器機能喪失

第 3.1.3.4-26 表 津波出力運転時レベル 2PRA でモデル化するシビアアクシデント対策 (1/2)

主要な緩和手段	関連設備	主要な目的	運転操作タイミング	熱水力・放射能雰囲気条件下での運転操作可能性	津波出力運転時レベル2PRAでのモデル化
格納容器隔離	格納容器隔離弁	放射性物質放出防止	- 各種信号による自動作動 - 炉心損傷検知前に実施	可能	○
作業環境維持	アニュラス空気浄化系	放射性物質放出緩和	- 各種信号による自動起動 - 所内電源及び外部電源喪失判断後実施	可能	○
	中央制御室非常用循環系(外気との隔離に係るバウンダリのみ)		—	—(運転操作なし)	○
1次系強制減圧	加圧器逃がし弁(制御用空気系使用)	- 蒸気発生器伝熱管の健全性維持 - 溶融炉心の分散放出防止	炉心損傷検知後実施	可能	○
	加圧器逃がし弁(窒素ポンベ(加圧器逃がし弁用)使用)				○
炉心への注水	ECCS	- 未臨界の維持 - 炉心損傷の進展防止と緩和 - 原子炉容器破損の防止及び遅延	ECCS作動信号(S信号)による自動起動	可能	○

第 3.1.3.4-26 表 津波出力運転時レベル 2PRA でモデル化するシビアアクシデント対策 (2/2)

主要な緩和手段	関連設備	主要な目的	運転操作タイミング	熱水力・放射能雰囲気条件下での運転操作可能性	津波出力運転時レベル2PRAでのモデル化
格納容器内注水(原子炉下部キャビティ水張り)	格納容器スプレイポンプ(中央制御室における手動起動)	・溶融炉心冷却 ・原子炉格納容器圧力上昇抑制 ・放射性物質放出緩和	炉心損傷検知後実施	可能	○
	常設電動注入ポンプ(水源補給前)				○
格納容器内自然対流冷却(原子炉補機冷却水通水)	格納容器再循環ユニット(原子炉補機冷却水通水)	格納容器破損防止	最高使用圧力到達後実施	操作現場が高線量下で操作不可の場合がある。	○
格納容器内注水(格納容器内液相部への蓄熱)	常設電動注入ポンプ(水源補給後)	原子炉格納容器圧力上昇抑制	燃料取替用水枯渇後実施	操作現場が高線量下で操作不可の場合がある。	○
格納容器内自然対流冷却(海水通水)	格納容器再循環ユニット(海水通水)	格納容器破損防止	事故後24時間後実施	操作現場が高線量下で操作不可の場合がある。	○
水素濃度制御	電気式水素燃焼装置	水素濃度低減(短期)	炉心損傷検知前に実施	可能	○
	静的触媒式水素再結合装置	水素濃度低減(長期)	— (受動的安全設備)	—(運転操作なし)	○
電源の確保	外部電源の回復	交流電源の復旧	所内電源及び外部電源喪失判断後実施	操作現場が高線量下で操作不可の場合がある。	×
	大容量空冷式発電機			可能	○

第 3.1.3.4-27 表 津波シナリオ区分別及び 1 次系建屋浸水有無別
格納容器機能喪失頻度

津波シナリオ区分		津波発生 頻度 (/年)	CFF (／炉年)			寄与割合 (%)
			1次系建屋 浸水あり	1次系建屋 浸水なし	津波シナリオ 区分別	
1	6.65m～ 8.0m	2.5E-07	0.0E+00	1.5E-11	1.5E-11	0.6
2	8.00m～10.0m	4.3E-08	3.9E-11	1.8E-09	1.8E-09	73.6
3	10.0m～12.1m	4.2E-09	3.3E-11	3.4E-10	3.7E-10	15.1
4	12.1m～13.3m	5.0E-10	5.7E-11	4.9E-11	1.1E-10	4.3
5	13.3m～13.8m	1.0E-10	1.6E-11	1.0E-11	2.6E-11	1.1
6	13.8m～15.0m	1.3E-10	2.6E-11	2.3E-11	4.9E-11	2.0
7	15.0m～	9.6E-11	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	3.3
合計			2.5E-10	2.2E-09	2.5E-09	100.0
寄与割合 (%)			10.2	89.8	100.0	

第 3.1.3.4-28 表 プラント損傷状態別の格納容器機能喪失頻度

PDS	CDF (／炉年)	寄与割合 (%)	CCFP	CFF (／炉年)	寄与割合 (%)
SED	4.4E-10	5.9	2.9E-01	1.3E-10	5.1
SEW	ε	<0.1	—	ε	<0.1
SEI	ε	<0.1	—	ε	<0.1
SLW	2.2E-09	29.4	1.3E-01	2.8E-10	11.3
SLI	ε	<0.1	—	ε	<0.1
SLC	4.3E-13	<0.1	1.0E+00	4.3E-13	<0.1
TED	4.8E-09	63.6	4.3E-01	2.0E-09	83.0
TEW	7.2E-13	<0.1	—	ε	<0.1
TEI	8.5E-11	1.1	1.8E-01	1.5E-11	0.6
合計	7.5E-09	100.0	3.3E-01	2.5E-09	100.0

ε: カットオフ値(1.0E-13(／炉年))未満

第 3.1.3.4-29 表 格納容器機能喪失モード別の格納容器機能喪失頻度評価結果

格納容器 機能喪失モード	発生頻度 (／炉年)	寄与割合* (%)
α (原子炉容器内水蒸気爆発)	ε	< 0.1
β (格納容器隔離失敗)	3.3E-10	13.3
γ (水素燃焼(原子炉容器破損前))	ε	< 0.1
γ' (水素燃焼(原子炉容器破損直後))	ε	< 0.1
γ'' (水素燃焼(原子炉容器破損後長期))	ε	< 0.1
δ (水蒸気・非凝縮性ガス蓄積による過圧破損)	2.1E-09	86.3
ε (ベースマツト溶融貫通)	5.8E-12	0.2
θ (水蒸気蓄積による格納容器先行破損)	4.3E-13	< 0.1
η (原子炉容器外水蒸気爆発)	2.7E-12	0.1
σ (格納容器雰囲気直接加熱)	ε	< 0.1
g (蒸気発生器伝熱管破損)	ε	< 0.1
τ (格納容器過温破損)	ε	< 0.1
μ (格納容器直接接触)	ε	< 0.1
全CFF	2.5E-09	100.0
ϕ (格納容器ベント)	1.3E-09	—
ϕ (格納容器健全)	2.9E-09	—

ε : カットオフ値(1.0E-13(／炉年))未満

*: 全 CFF に対する寄与割合

第 3.1.3.4-30 表 放出カテゴリ別発生頻度評価結果

原子炉格納容器の状 態	分類	放出カテゴリ 記号	発生頻度 (／炉年)	寄与割合 (%)
格納容器バイパス	—	F1	ε	<0.1
格納容器破損	エナジェティック	F3A	2.7E-12	<0.1
	先行破損	F3B	4.3E-13	<0.1
	その他	F3C	2.1E-09	32.4
隔離失敗	—	F5	3.3E-10	5.0
健全(設計漏えい)	—	F6	2.9E-09	43.4
放射性物質管理放出	—	F7	1.3E-09	19.1

ε : カットオフ値 (1.0E-13 (／炉年)) 未満

第3.1.3.4-31表 不確かさ解析結果(格納容器機能喪失モード別)

格納容器 機能喪失 モード	CFF (／炉年)					エラー ファクター
	5%値	中央値	平均値	95%値	点推定値	
α	—	—	—	—	ε	—
β	8.0E-22	2.7E-13	2.3E-10	1.6E-09	3.3E-10	1.4 E+06
γ	—	—	—	—	ε	—
γ'	—	—	—	—	ε	—
γ''	—	—	—	—	ε	—
δ	1.1E-20	3.4E-12	1.1E-09	8.4E-09	2.1E-09	8.8E+05
ε	2.6E-30	1.1E-14	4.2E-12	2.3E-11	5.8E-12	3.0E+09
θ	9.1E-32	2.6E-16	4.0E-13	8.9E-13	4.3E-13	3.1E+09
η	1.3E-30	5.5E-15	2.5E-12	1.2E-11	2.7E-12	3.1E+09
σ	—	—	—	—	ε	—
g	—	—	—	—	ε	—
τ	—	—	—	—	ε	—
μ	—	—	—	—	ε	—
全CFF	1.4E-20	4.0E-12	1.4E-09	1.1E-08	2.5E-09	8.6E+05

ε : カットオフ値(1.0E-13(／炉年))未満

第3.1.3.4-32表 不確かさ解析結果(放出カテゴリ別)

原子炉格納容器の状態	分類	放出カテゴリー記号	発生頻度(／炉年)					エラーファクタ
			5%下限値	中央値	平均値	95%上限値	点推定値	
格納容器バイパス	—	F1	—	—	—	—	ε	—
格納容器破損	エナジェティック	F3A	1.3E-30	5.7E-15	2.5E-12	1.2E-11	2.7E-12	3.0E+09
	先行破損	F3B	9.1E-32	2.6E-16	4.0E-13	8.9E-13	4.3E-13	3.1E+09
	その他	F3C	1.1E-20	3.6E-12	1.1E-09	8.2E-09	2.1E-09	8.8E+05
隔離失敗	—	F5	8.0E-22	2.7E-13	2.3E-10	1.6E-09	3.3E-10	1.4E+06
健全(設計漏えい)	—	F6	8.4E-22	1.0E-11	2.6E-09	2.2E-08	2.9E-09	5.2E+06
放射性物質管理放出	—	F7	9.8E-20	4.0E-12	1.1E-09	7.4E-09	1.3E-09	2.8E+05

ε : カットオフ値(1.0E-13(／炉年))未満

第 3.1.3.4-33 表 人的過誤に係る感度解析結果(1/2)

津波シナリオ区分		津波発生 頻度 (／年)	ベースケース CFF(／炉年)、割合				人的過誤完全独立ケース CFF(／炉年)、割合				CFF の比
			1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		
1	(6.65m 以上～ 8.0m 未満)	2.5E-07	0.0E+00	1.5E-11	1.5E-11	0.6%	0.0E+00	1.5E-11	1.5E-11	0.7%	1.00
2	(8.0m 以上～ 10.0m 未満)	4.3E-08	3.9E-11	1.8E-09	1.8E-09	73.6%	3.9E-11	1.6E-09	1.6E-09	71.2%	0.88
3	(10.0m 以上～ 12.1m 未満)	4.2E-09	3.3E-11	3.4E-10	3.7E-10	15.1%	3.3E-11	3.3E-10	3.7E-10	16.4%	0.99
4	(12.1m 以上～ 13.3m 未満)	5.0E-10	5.7E-11	4.9E-11	1.1E-10	4.3%	5.7E-11	5.1E-11	1.1E-10	4.8%	1.00
5	(13.3m 以上～ 13.8m 未満)	1.0E-10	1.6E-11	1.0E-11	2.6E-11	1.1%	1.6E-11	1.1E-11	2.6E-11	1.2%	1.00
6	(13.8m 以上～ 15.0m 未満)	1.3E-10	2.6E-11	2.3E-11	4.9E-11	2.0%	2.6E-11	2.4E-11	5.0E-11	2.2%	1.00
7	(15.0m 以上)	9.6E-11	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	3.3%	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	3.6%	1.00
合計			2.5E-10	2.2E-09	2.5E-09	100.0%	2.5E-10	2.0E-09	2.2E-09	100.0%	0.91
			10.2%	89.8%			11.2%	88.8%			

第 3.1.3.4-33 表 人的過誤に係る感度解析結果(2/2)

津波シナリオ区分		津波発生 頻度 (／年)	ベースケース CFF(／炉年)、割合				人的過誤下限値ケース CFF(／炉年)、割合				CFF の比
			1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		1 次系建屋 浸水有り	1 次系建屋 浸水無し	津波シナリオ区分別		
1	(6.65m 以上～ 8.0m 未満)	2.5E-07	0.0E+00	1.5E-11	1.5E-11	0.6%	0.0E+00	1.3E-12	1.3E-12	<0.1%	0.09
2	(8.0m 以上～ 10.0m 未満)	4.3E-08	3.9E-11	1.8E-09	1.8E-09	73.6%	3.9E-11	1.0E-09	1.1E-09	67.6%	0.59
3	(10.0m 以上～ 12.1m 未満)	4.2E-09	3.3E-11	3.4E-10	3.7E-10	15.1%	3.3E-11	2.4E-10	2.8E-10	17.4%	0.74
4	(12.1m 以上～ 13.3m 未満)	5.0E-10	5.7E-11	4.9E-11	1.1E-10	4.3%	5.0E-11	3.8E-11	8.8E-11	5.5%	0.82
5	(13.3m 以上～ 13.8m 未満)	1.0E-10	1.6E-11	1.0E-11	2.6E-11	1.1%	1.4E-11	7.8E-12	2.2E-11	1.4%	0.86
6	(13.8m 以上～ 15.0m 未満)	1.3E-10	2.6E-11	2.3E-11	4.9E-11	2.0%	2.4E-11	2.1E-11	4.6E-11	2.9%	0.94
7	(15.0m 以上)	9.6E-11	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	3.3%	8.1E-11	0.0E+00	8.1E-11	5.1%	1.00
合計			2.5E-10	2.2E-09	2.5E-09	100.0%	2.4E-10	1.3E-09	1.6E-09	100.0%	0.65
			10.2%	89.8%			15.2%	84.8%			

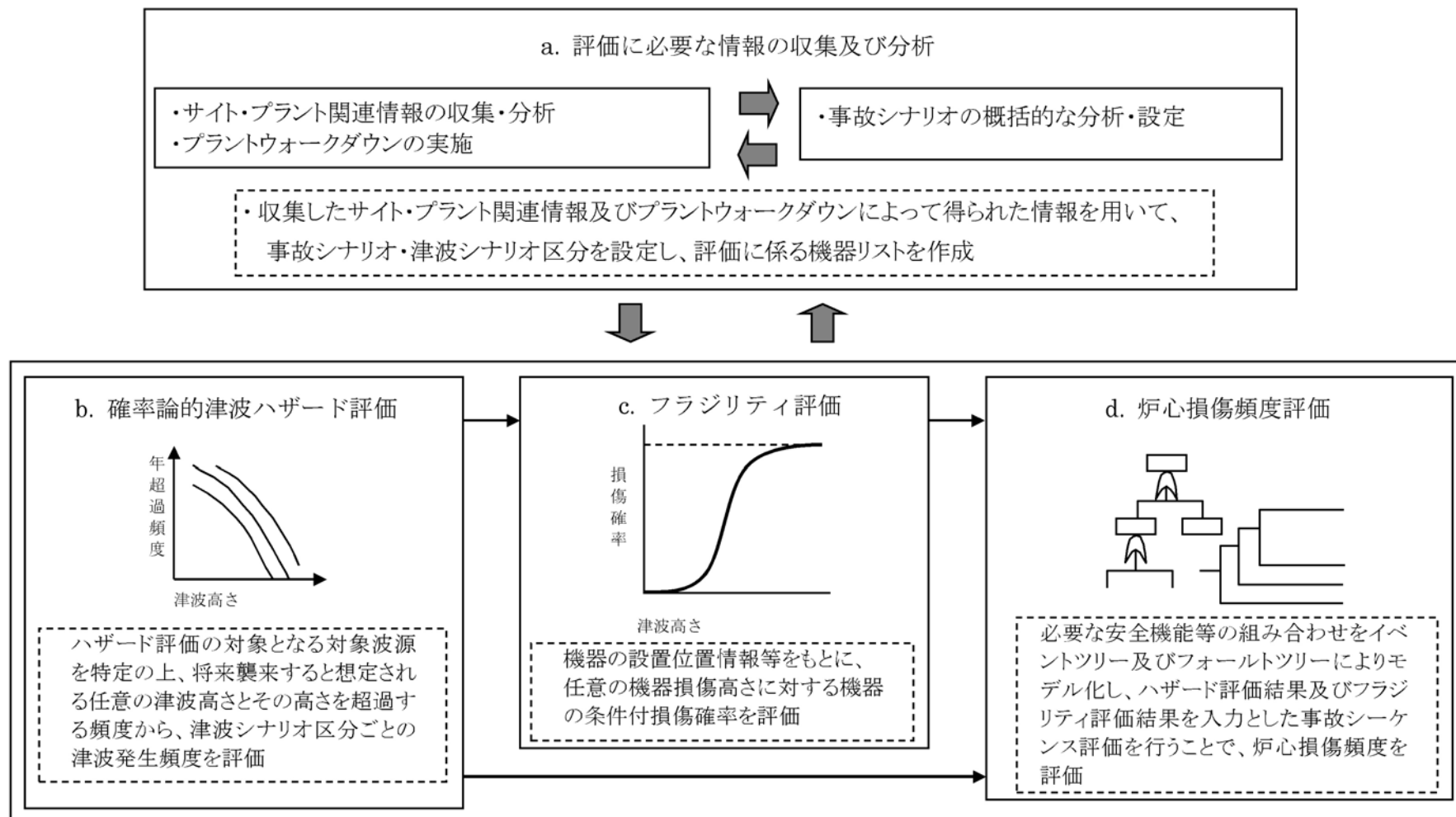
第 3.1.3.4-34 表 放出カテゴリごとの Cs-137 放出量の評価結果

原子炉格納容器 の状態	分類	放出 カテゴリ 記号	発生頻度 (／炉年)		ソースターム解析結果 (Cs-137放出量の定量的結 果又は定性的結果) (TBq)
格納容器バイパス	－	F1	ε	2.5E-09	>100
格納容器破損	エナジェ ティック	F3A	2.7E-12		>100
	先行 破損	F3B	4.3E-13		>100
	その他	F3C	2.1E-09		>100
隔離失敗	－	F5	3.3E-10		>100
健全(設計漏えい)	－	F6	2.9E-09		3.2 ^(注1)
放射性物質管理放出	－	F7	1.3E-09		0.79 ^(注1、2)

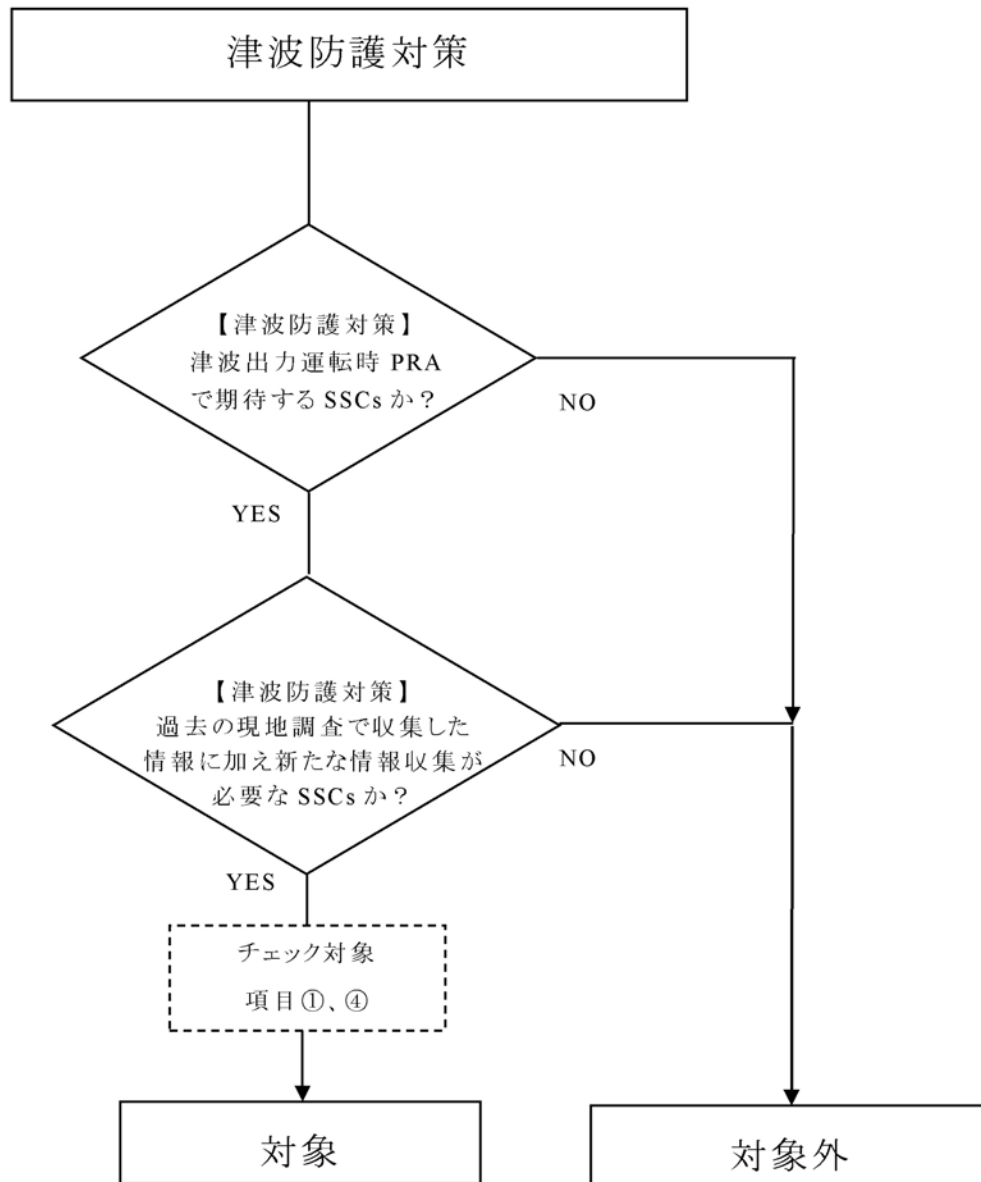
ε: カットオフ値 (1.0E-13 (／炉年)) 未満

(注1) 有効数字2桁に切り上げ。

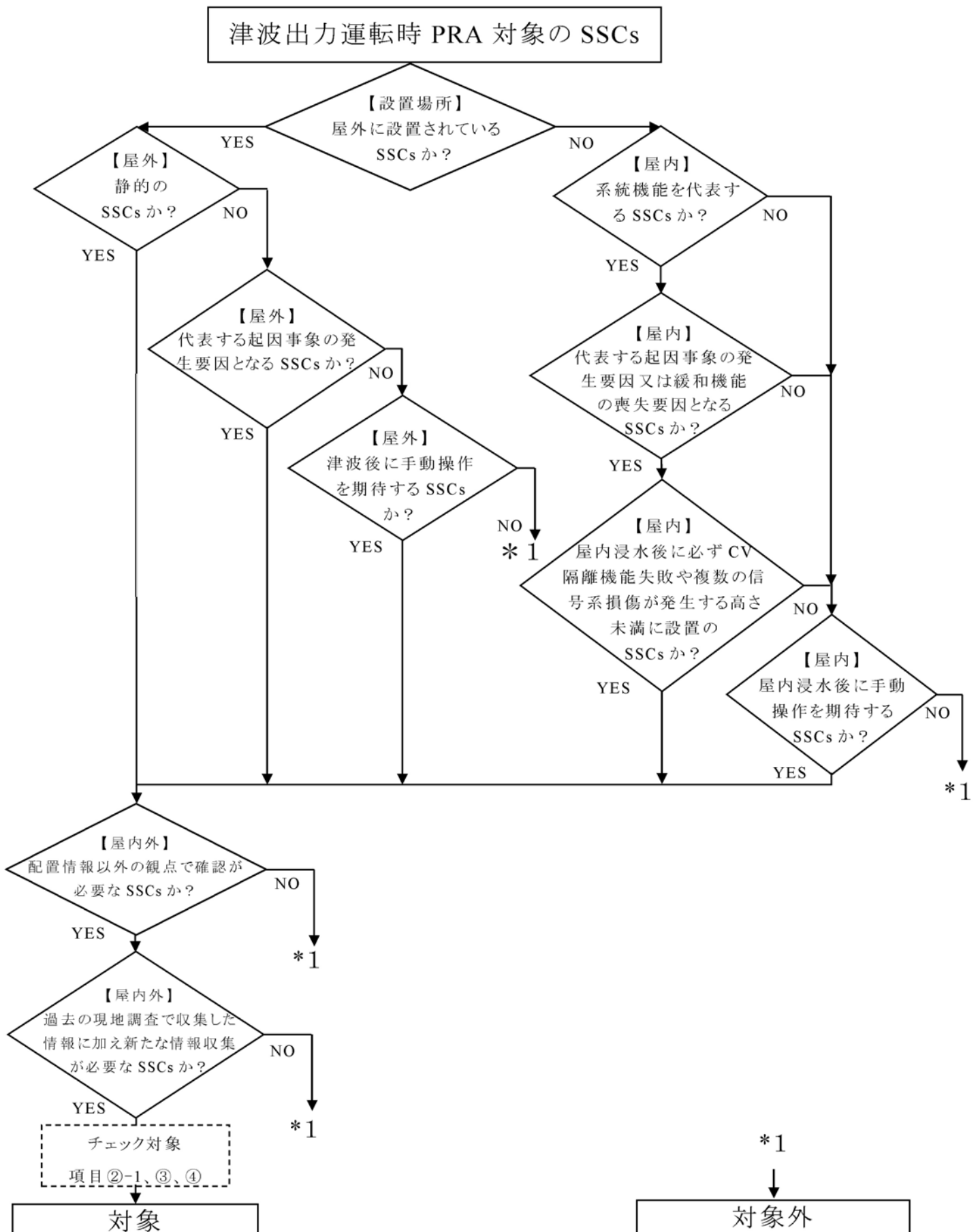
(注2) 設計漏えい: 0.78TBq、フィルタベント: 0.0069TBq (四捨五入値)



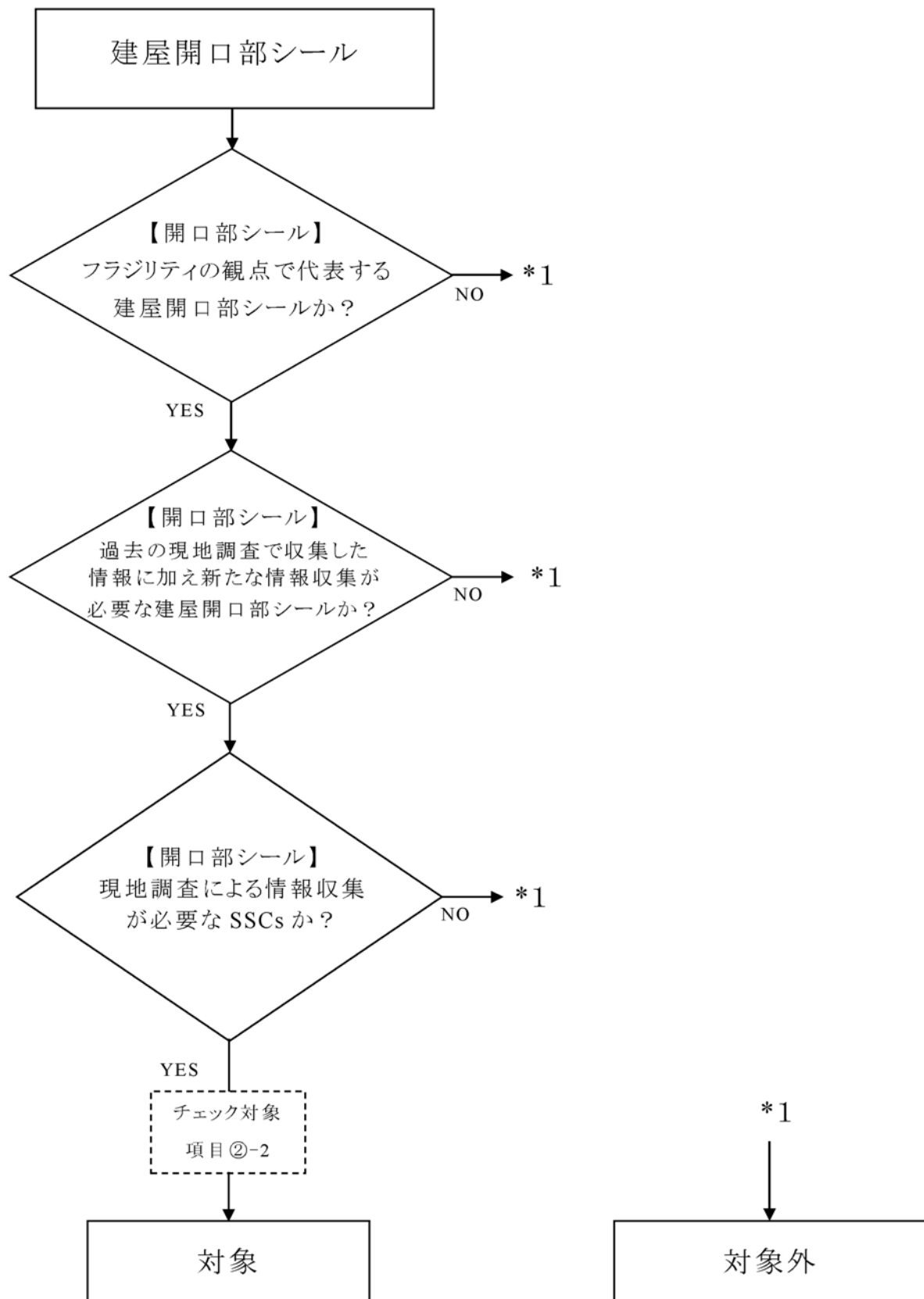
第3.1.3.4-1図 津波出力運転時レベル1PRAの評価フロー



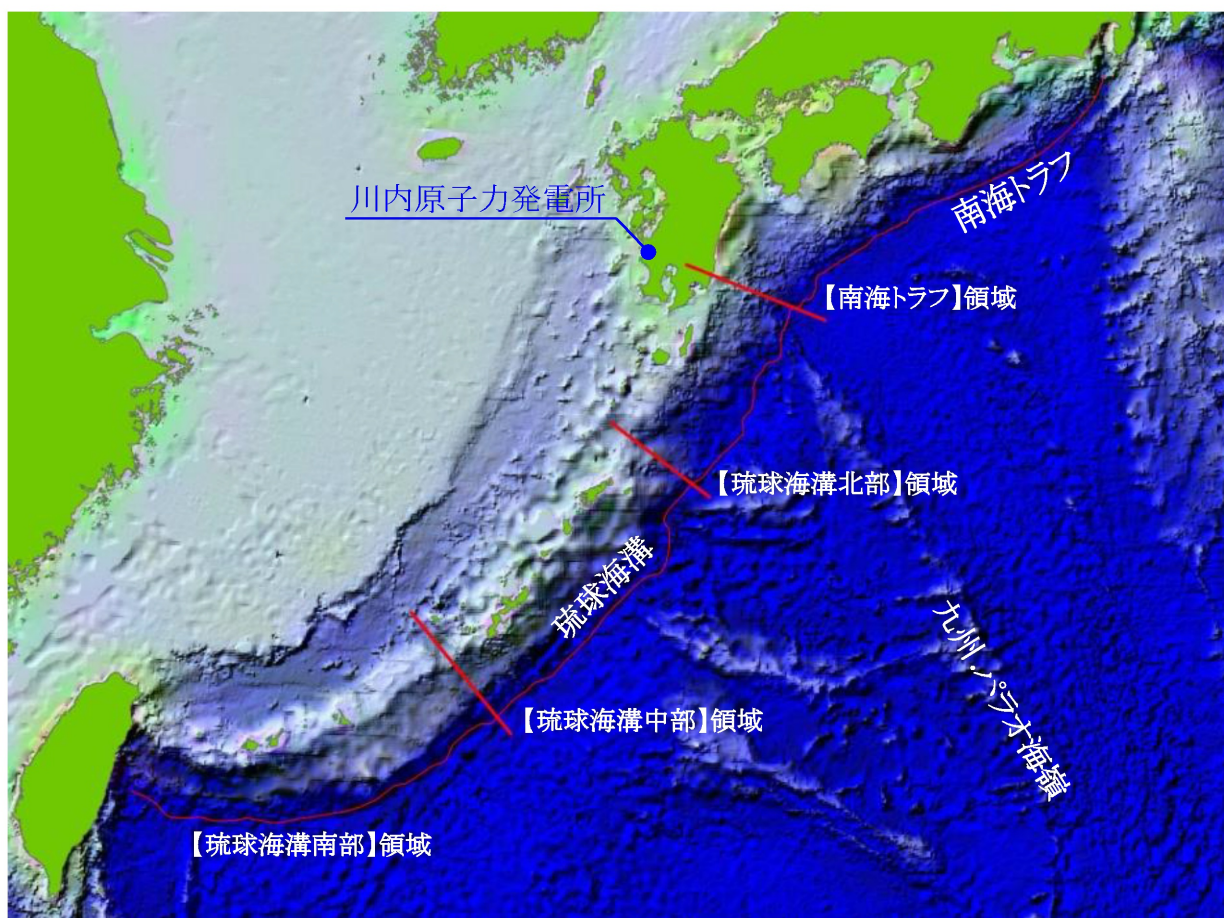
第 3.1.3.4-2 図 プラントウォークダウン調査対象 SSCs の選定フロー (1/3)



第 3.1.3.4-2 図 プラントウォークダウン調査対象 SSCs の選定フロー (2/3)



第 3.1.3.4-2 図 プラントウォークダウン調査対象 SSCs の選定フロー (3/3)

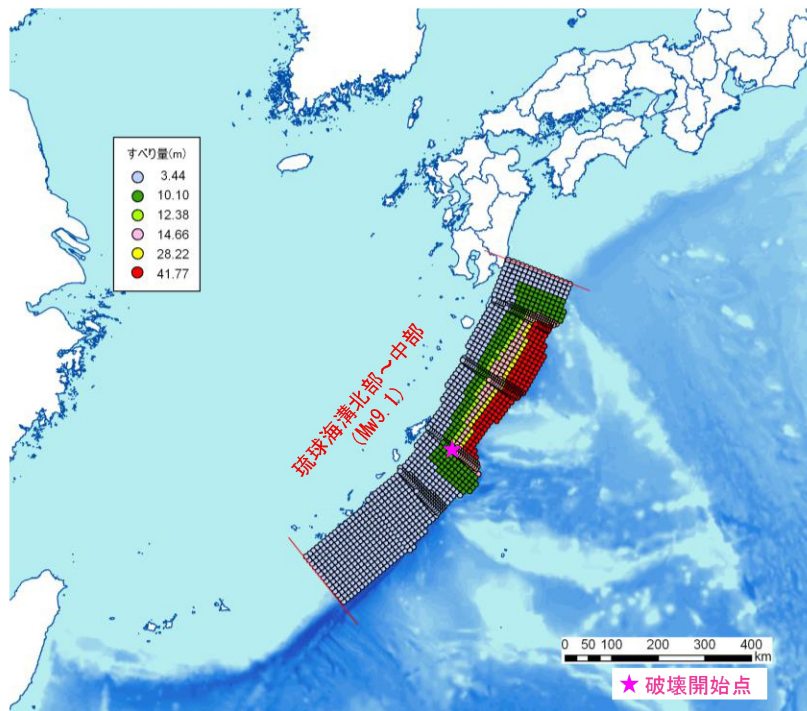


©ESRI, NOAA NGDC

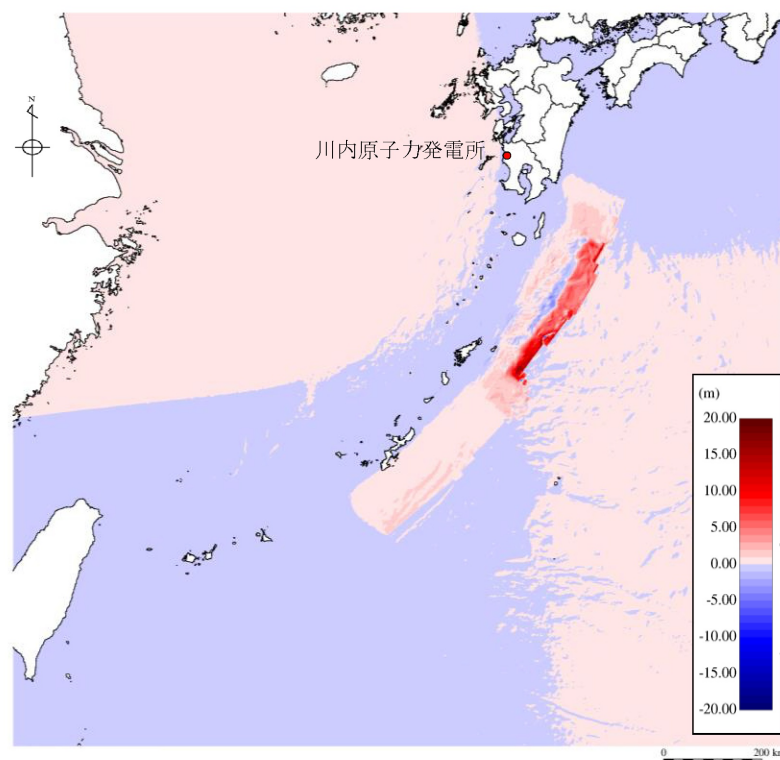
第 3.1.3.4-3 図 各波源の位置(プレート間地震)



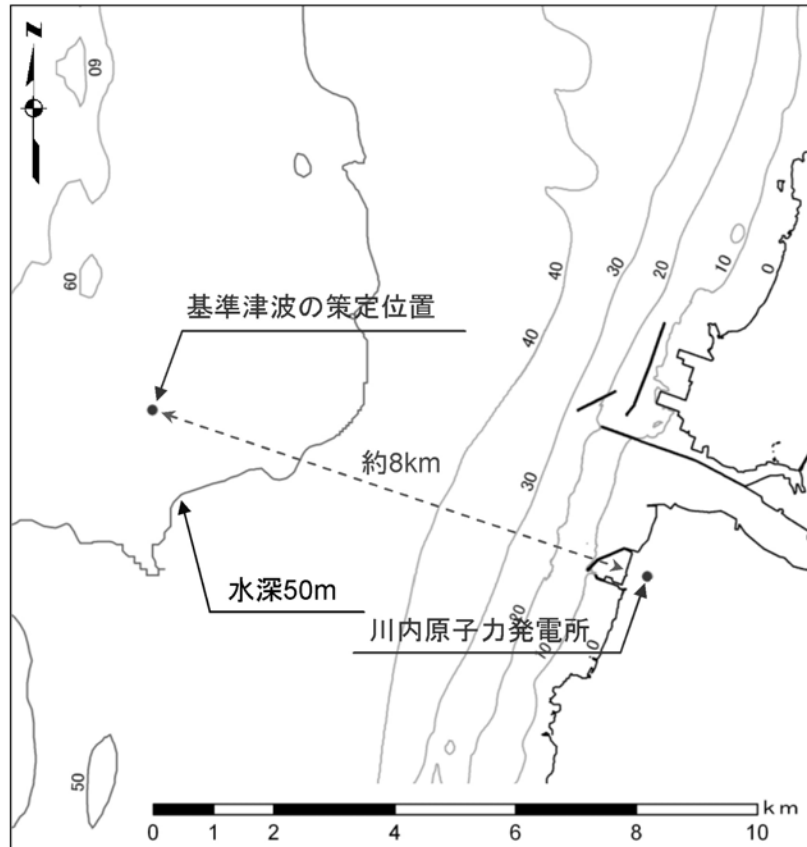
第 3.1.3.4-4 図 各波源の位置 (海域活断層による地殻内地震)



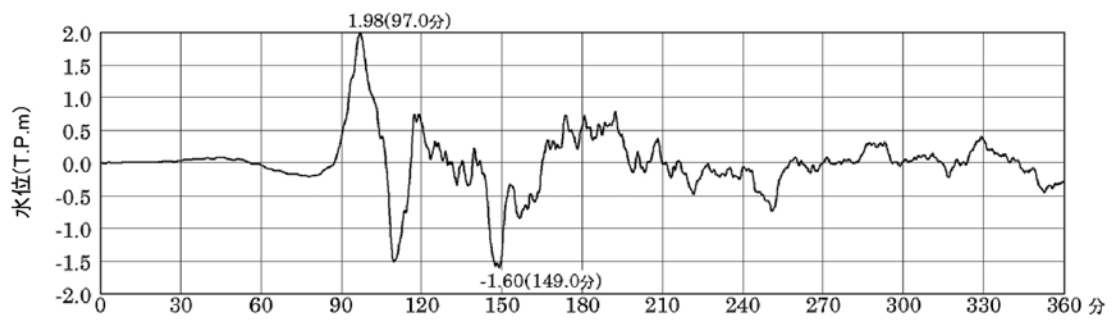
第 3.1.3.4-5 図 基準津波の波源モデル



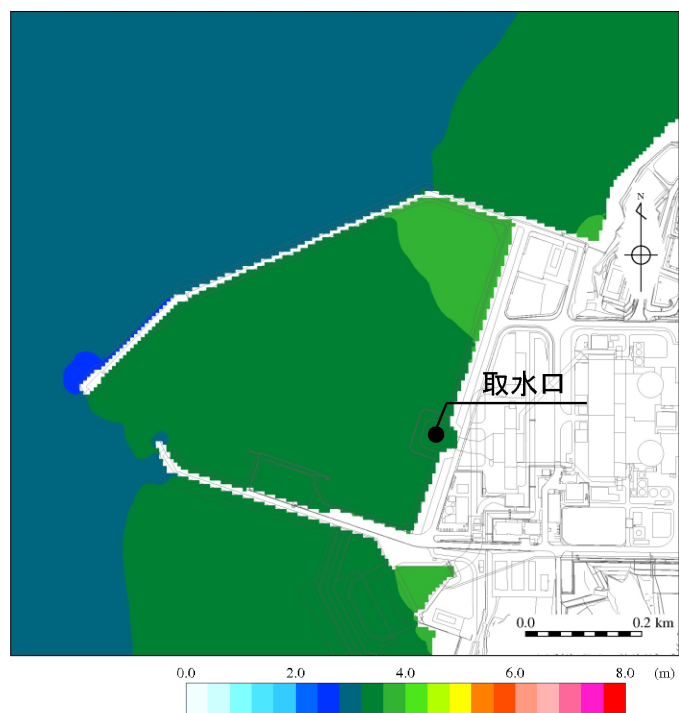
第 3.1.3.4-6 図 基準津波の地盤変動量分布



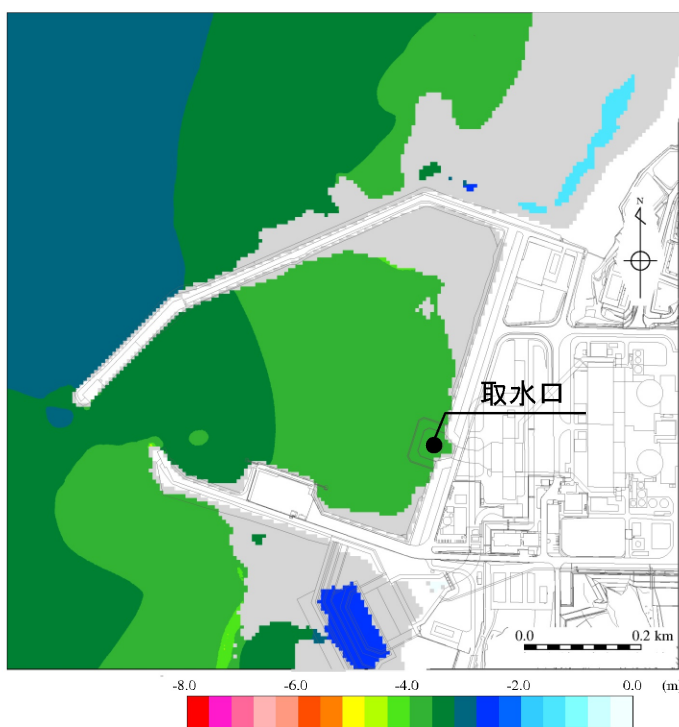
第 3.1.3.4-7 図 基準津波の策定位置



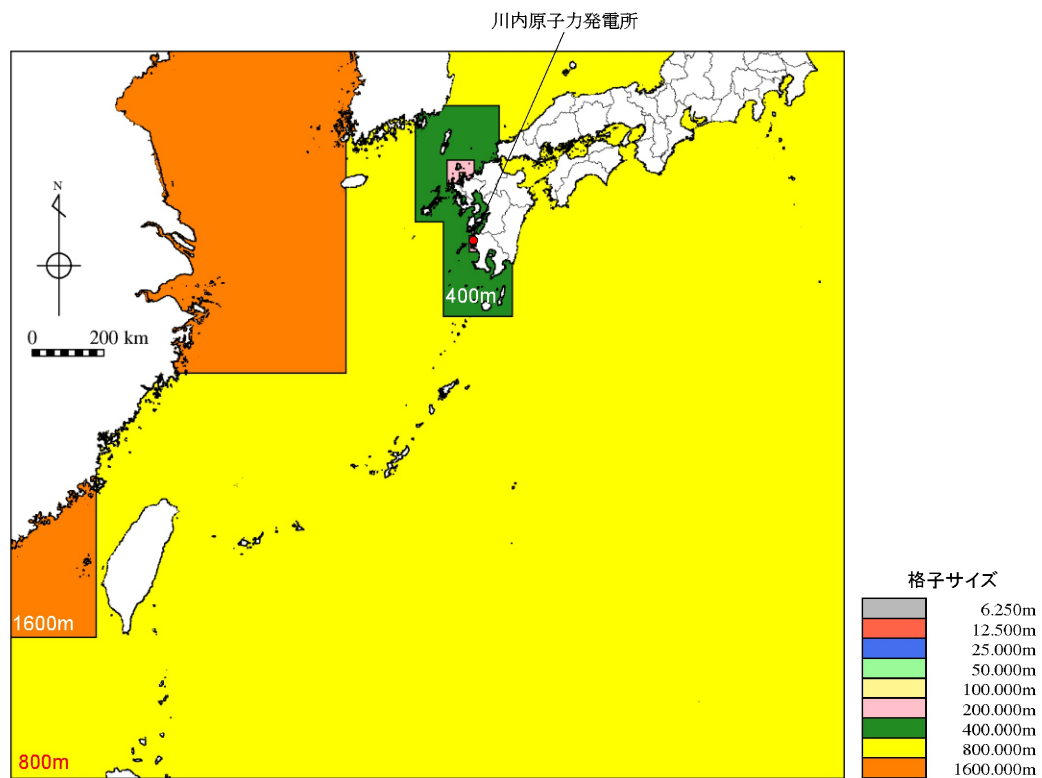
第 3.1.3.4-8 図 基準津波の時刻歴波形 (初期潮位 : T.P.±0.00m)



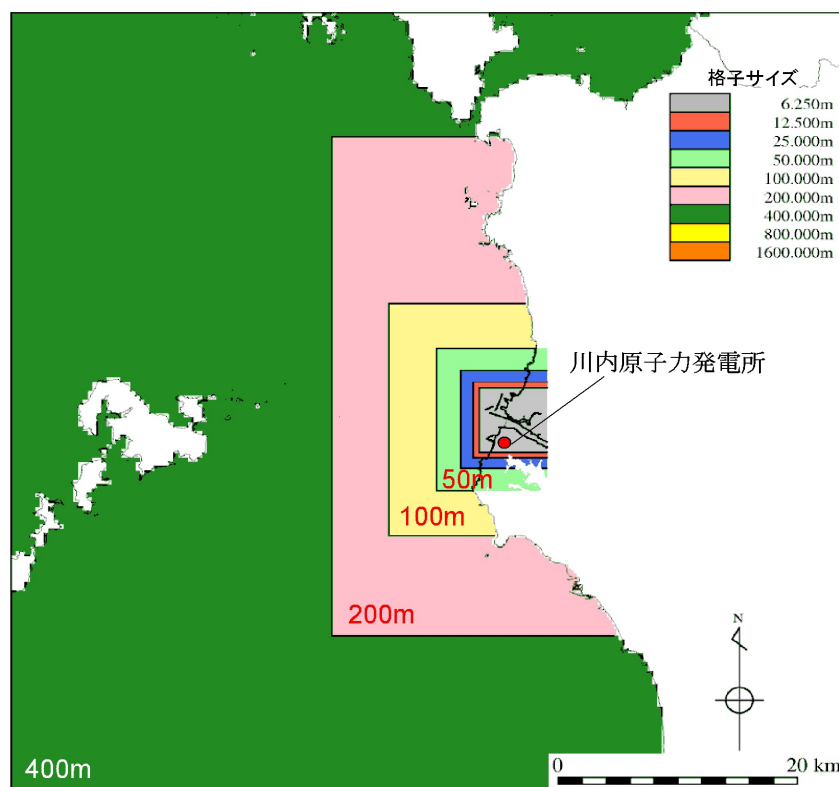
第 3.1.3.4-9 図 基準津波の最大水位上昇量分布(初期潮位: T.P. $\pm 0.00\text{m}$) (1/2)



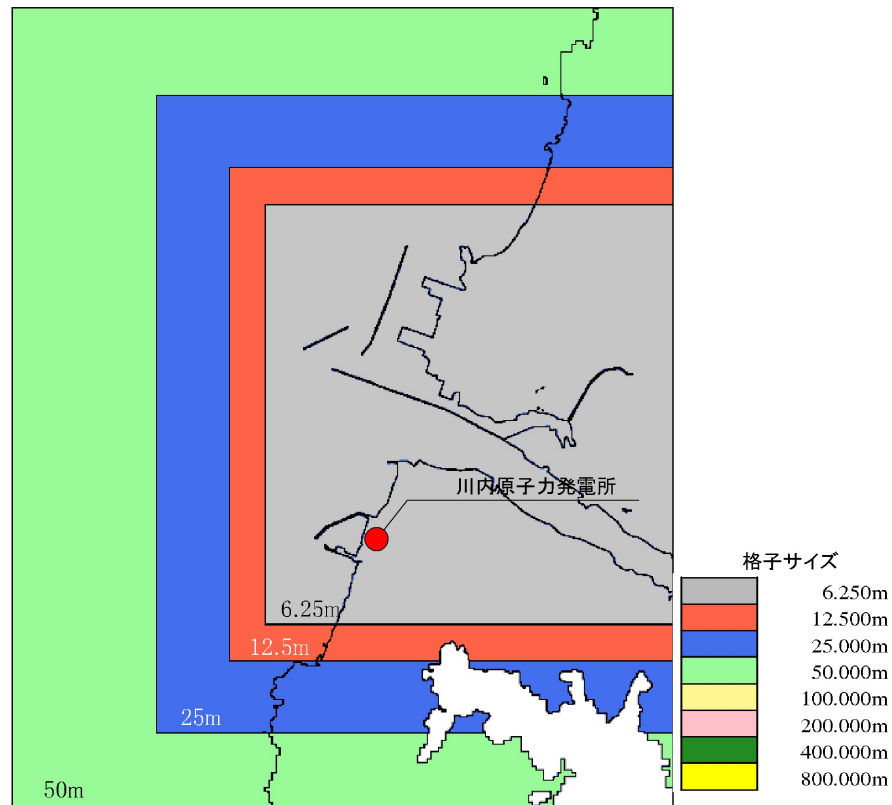
第 3.1.3.4-9 図 基準津波の最大水位下降量分布(初期潮位: T.P. $\pm 0.00\text{m}$) (2/2)



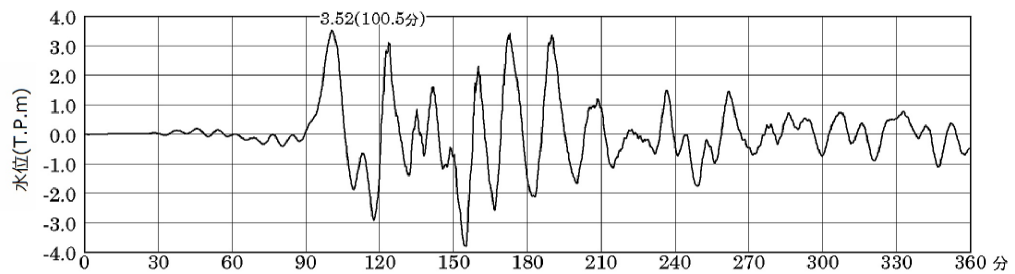
第 3.1.3.4-10 図 計算領域全体の計算格子分割(プレート間地震) (1/3)



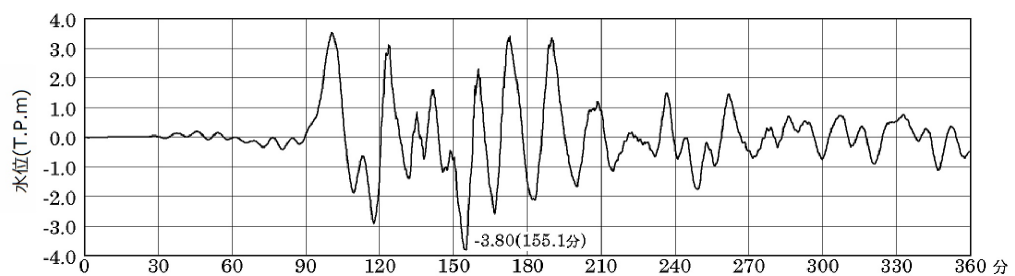
第 3.1.3.4-10 図 敷地前面海域の計算格子分割(プレート間地震) (2/3)



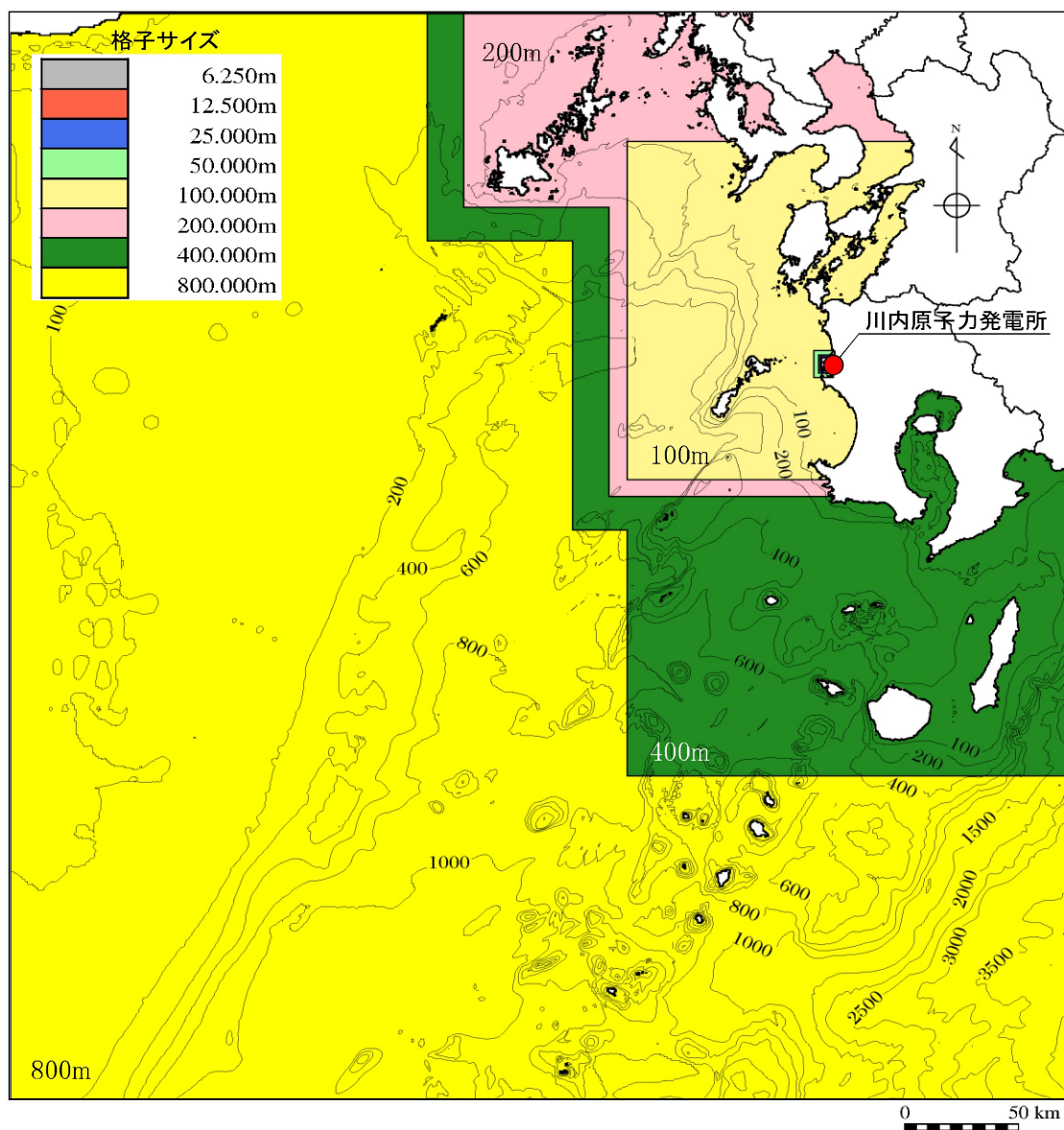
第 3.1.3.4-10 図 敷地近傍海域の計算格子分割(プレート間地震) (3/3)



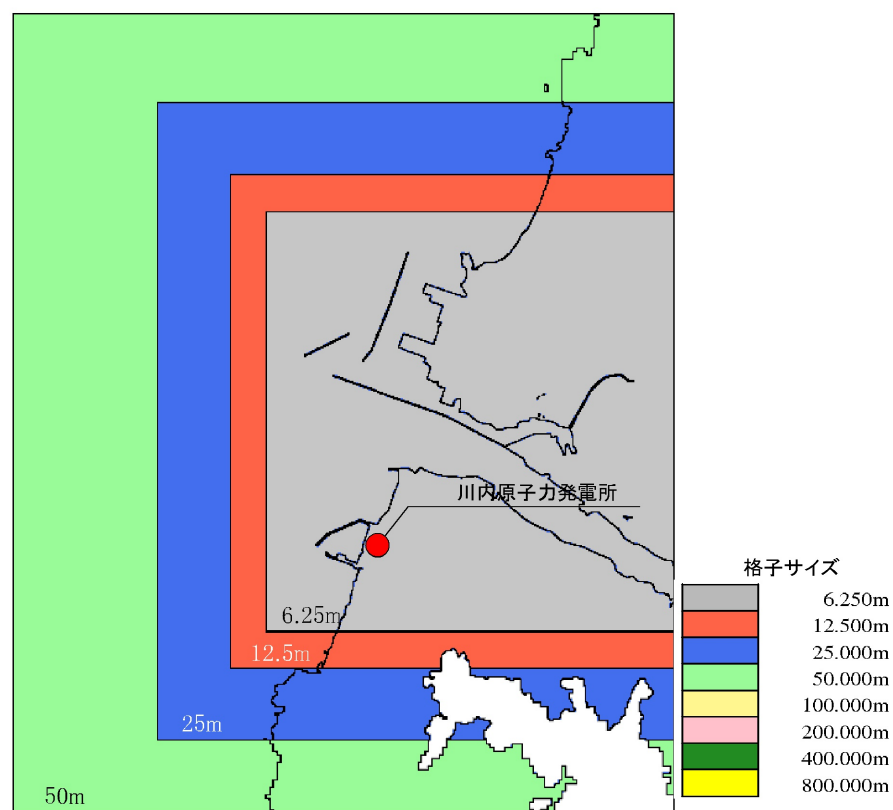
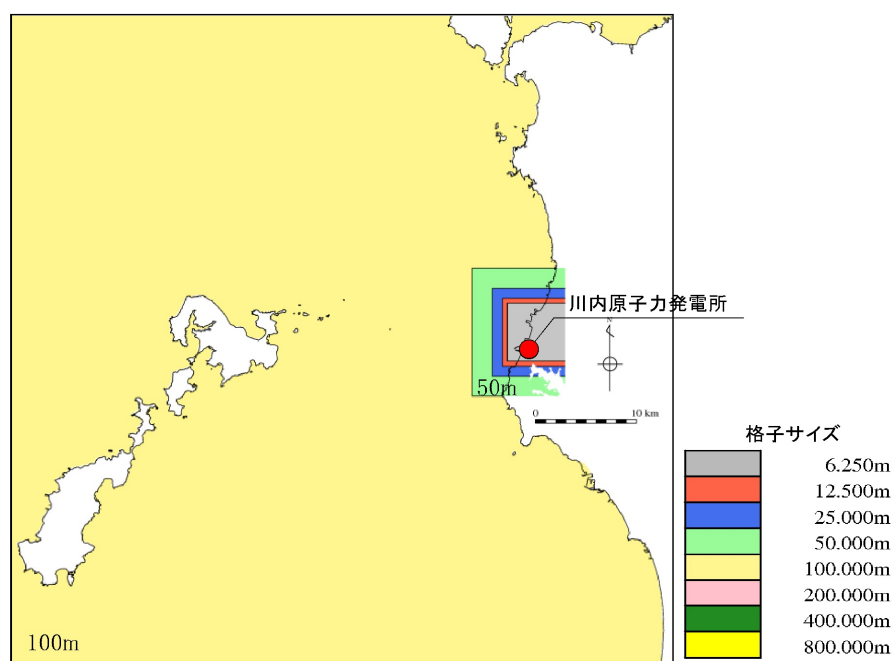
第 3.1.3.4-11 図 琉球海溝におけるプレート間地震(Mw9.1)に伴う津波の時刻歴波形
(上昇側) (1/2)

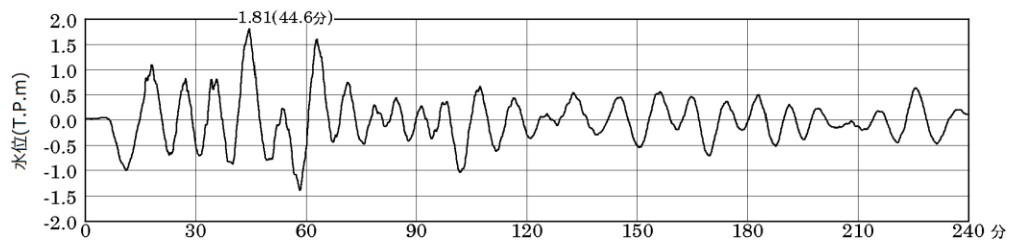


第 3.1.3.4-11 図 琉球海溝におけるプレート間地震(Mw9.1)に伴う津波の時刻歴波形
(下降側) (2/2)

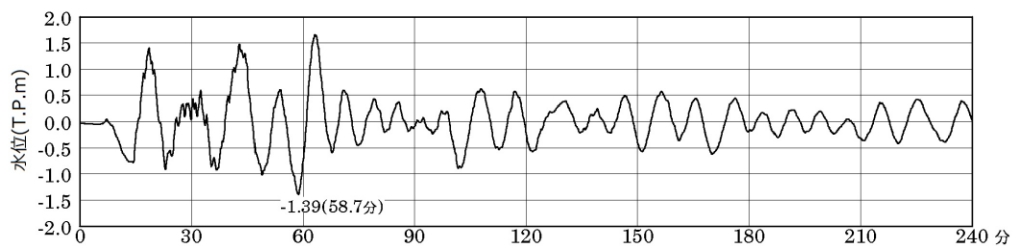


第 3.1.3.4-12 図 計算領域全体の計算格子分割
(海域活断層による地殻内地震) (1/3)

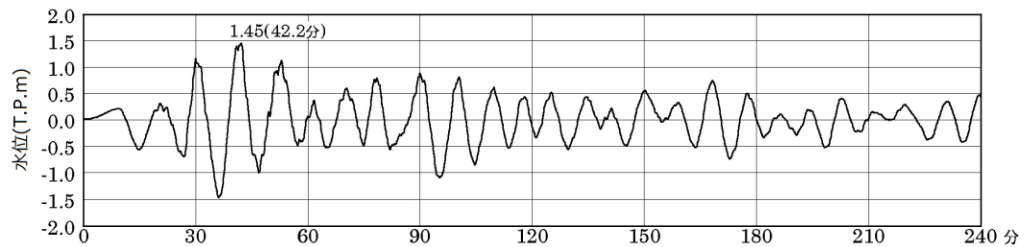




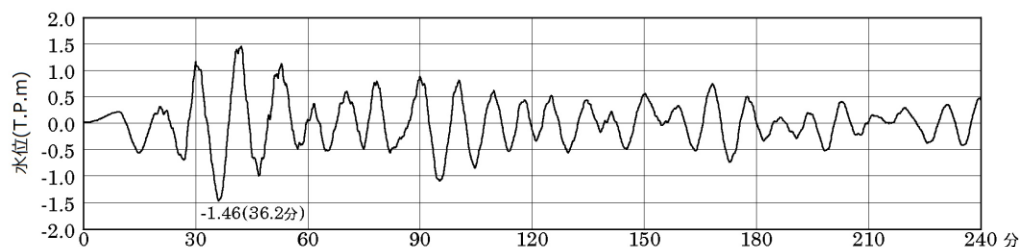
第 3.1.3.4-13 図 鰐断層帯鰐区間による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(上昇側) (1/2)



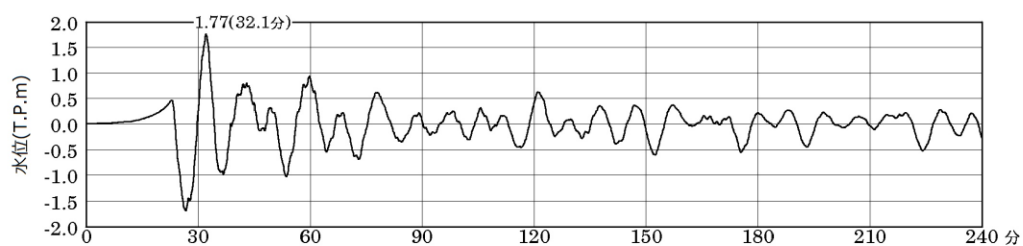
第 3.1.3.4-13 図 鰐断層帯鰐区間による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(下降側) (2/2)



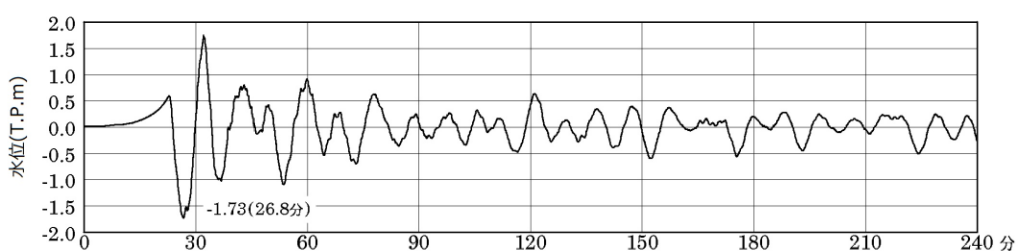
第 3.1.3.4-14 図 市来断層帯鰐海峡中央区間による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(上昇側) (1/2)



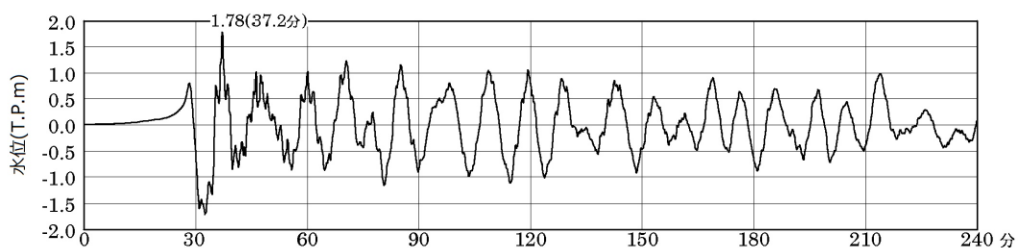
第 3.1.3.4-14 図 市来断層帯鰐海峡中央区間による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(下降側) (2/2)



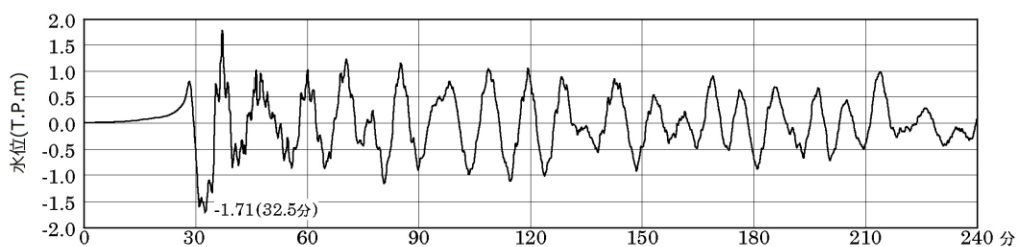
第 3.1.3.4-15 図 甕島北方断層による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(上昇側) (1/2)



第 3.1.3.4-15 図 甕島北方断層による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(下降側) (2/2)



第 3.1.3.4-16 図 甕島西方断層による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(上昇側) (1/2)



第 3.1.3.4-16 図 甕島西方断層による地殻内地震に伴う津波の時刻歴波形
(下降側) (2/2)