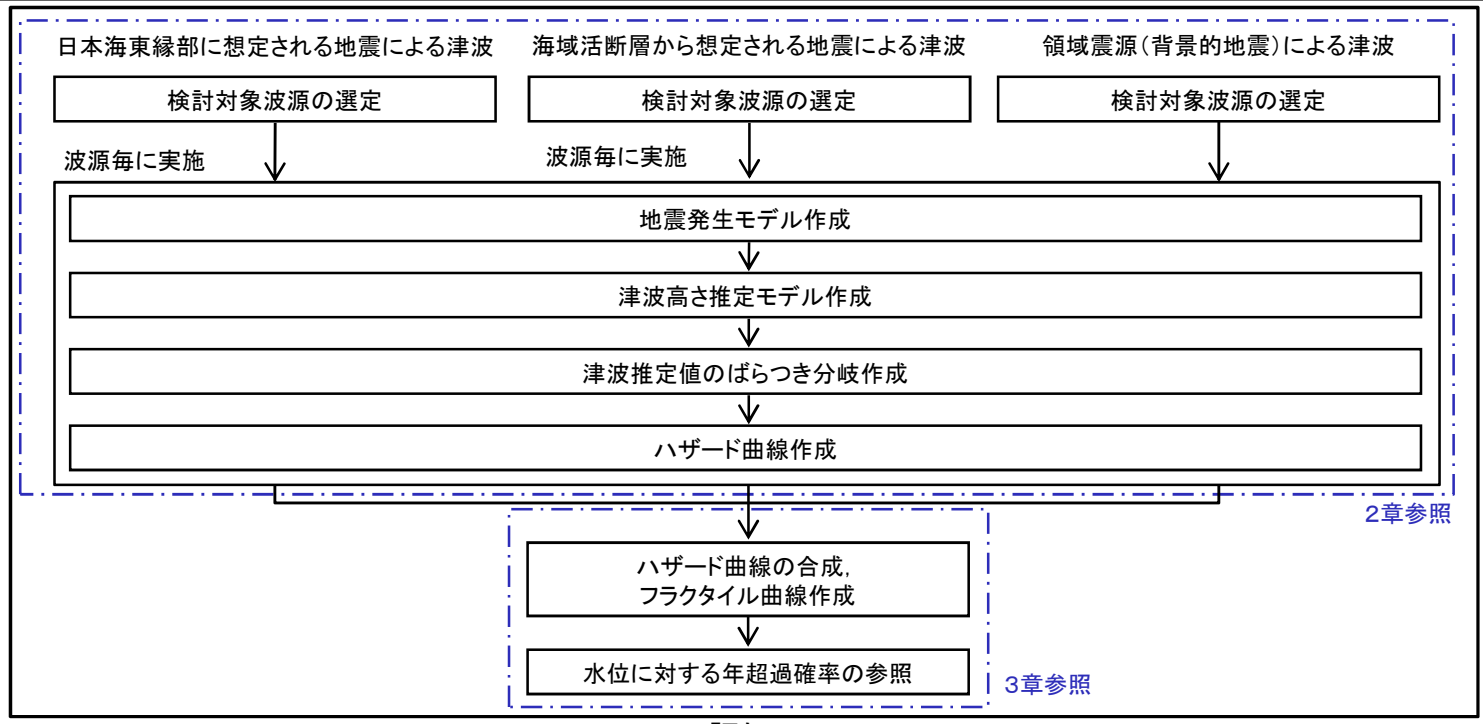


島根原子力発電所 2号炉
基準津波の年超過確率の参照について

平成31年3月18日
中国電力株式会社

1. 評価方針 評価フロー

- ・津波ハザード評価の評価フローを以下に示す。
- ・検討対象波源は、日本海東縁部に想定される地震による津波及び海域活断層から想定される地震による津波から選定し、波源毎に作成されたハザード曲線を合成することにより、フラクタイル曲線を作成し、水位に対する年超過確率の参照を実施する。また、領域震源（背景的地震）による津波については、簡易予測式を用いたスクリーニングを行い評価の要否を検討する。
- ・津波ハザード評価における不確定性については、土木学会(2016)に基づき、下表のとおり取り扱う。



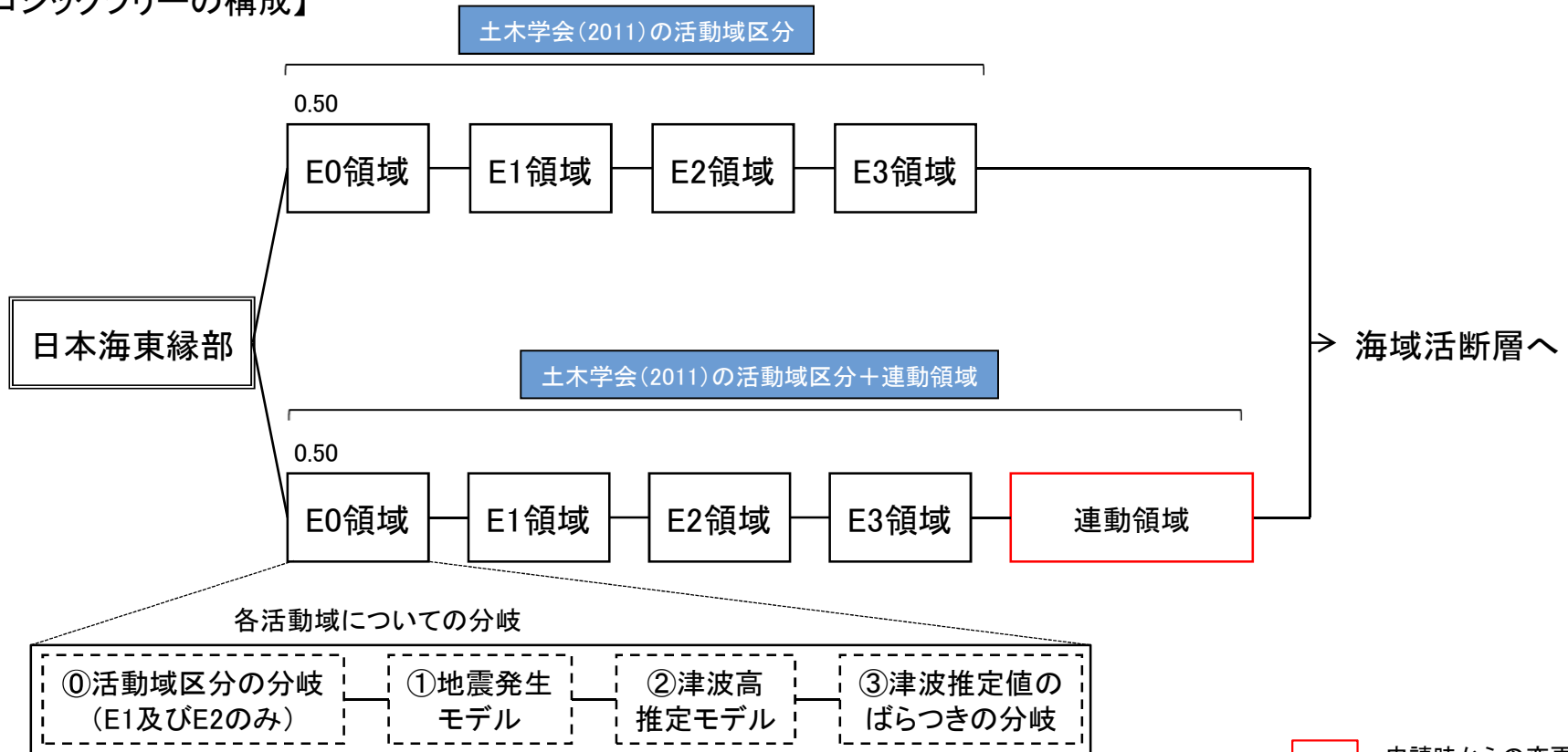
不確定性の取り扱いについて

不確定性		津波ハザード評価における扱い
偶然的 不確定性	物理現象固有のランダム性に起因する不確定性であり、予測不可能と考えられるもの	1本のハザード曲線の中で考慮する
認識論的 不確定性	知識や認識不足に起因する不確定性であり、研究が進展すれば確定させることができるが現状では予測不可能なもの	ロジックツリーの分岐として考慮し、複数のハザード曲線で表現する

(1) 検討対象波源の選定

- ・日本海東縁部に想定される地震による津波のロジックツリーを以下に示す。
- ・土木学会(2011)の活動域区分(E0領域, E1領域, E2領域, E3領域)のみを考慮する場合と, 土木学会(2011)の活動域区分に「連動領域」を加える場合の分岐を設定し, 複数のハザード曲線を作成する。なお, 土木学会(2011)の活動域区分は次頁に示す。
- ・「連動領域」の波源は, 基準津波策定の際に考慮した, 地震発生領域の連動を考慮した波源モデル(断層長さ350kmモデル)及び地方自治体独自の波源モデルを考慮する。
- ・上記分岐の重み配分については, 土木学会(2016)に基づき, 現時点の知見で判断するのは困難であることから, 均等配分として設定する。

【ロジックツリーの構成】



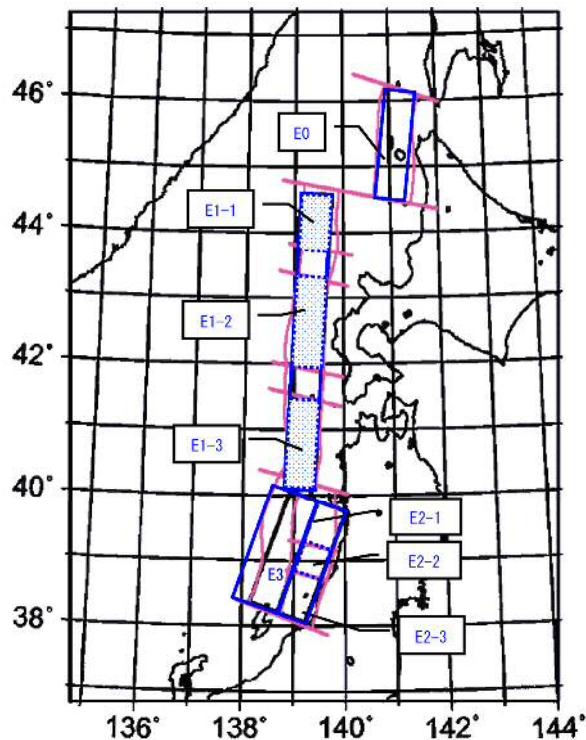
(2) 土木学会(2011)の活動域区分

・土木学会(2011)では、日本海東縁部の活動域区分(E0, E1, E2, E3)について、地震の発生履歴や地質学的知見、地震調査研究推進本部(2003)⁽⁴⁾等の知見をもとに、以下のとおりとしている。

日本海東縁部の大地震活動域の既往最大Mw

海域	発生年	津波モデルのMw	既往最大Mw(=Mmax)	「地震調査研究推進本部」による地震規模(信頼度)
北海道北西沖(E0)	なし	—	—	M7.8程度(D)
北海道西方沖(E1-1)	1940	7.7	7.7	M7.5前後(B)
北海道南西沖(E1-2)	1993	7.8	7.8	M7.8前後(B)
青森県西方沖(E1-3)	1983	7.7	7.7	M7.7前後(B)
秋田県沖(E2-1)	なし	—	—	M7.5程度(C)
山形県沖(E2-2)	1833	7.8	7.8	M7.7前後(B)
新潟県北部沖(E2-3)	1964	7.5	7.5	M7.5前後(B)
佐渡島北方沖(E3)	なし	—	—	M7.8程度(D)

土木学会(2011)より作成



日本海東縁部海域の大地震活動域区分

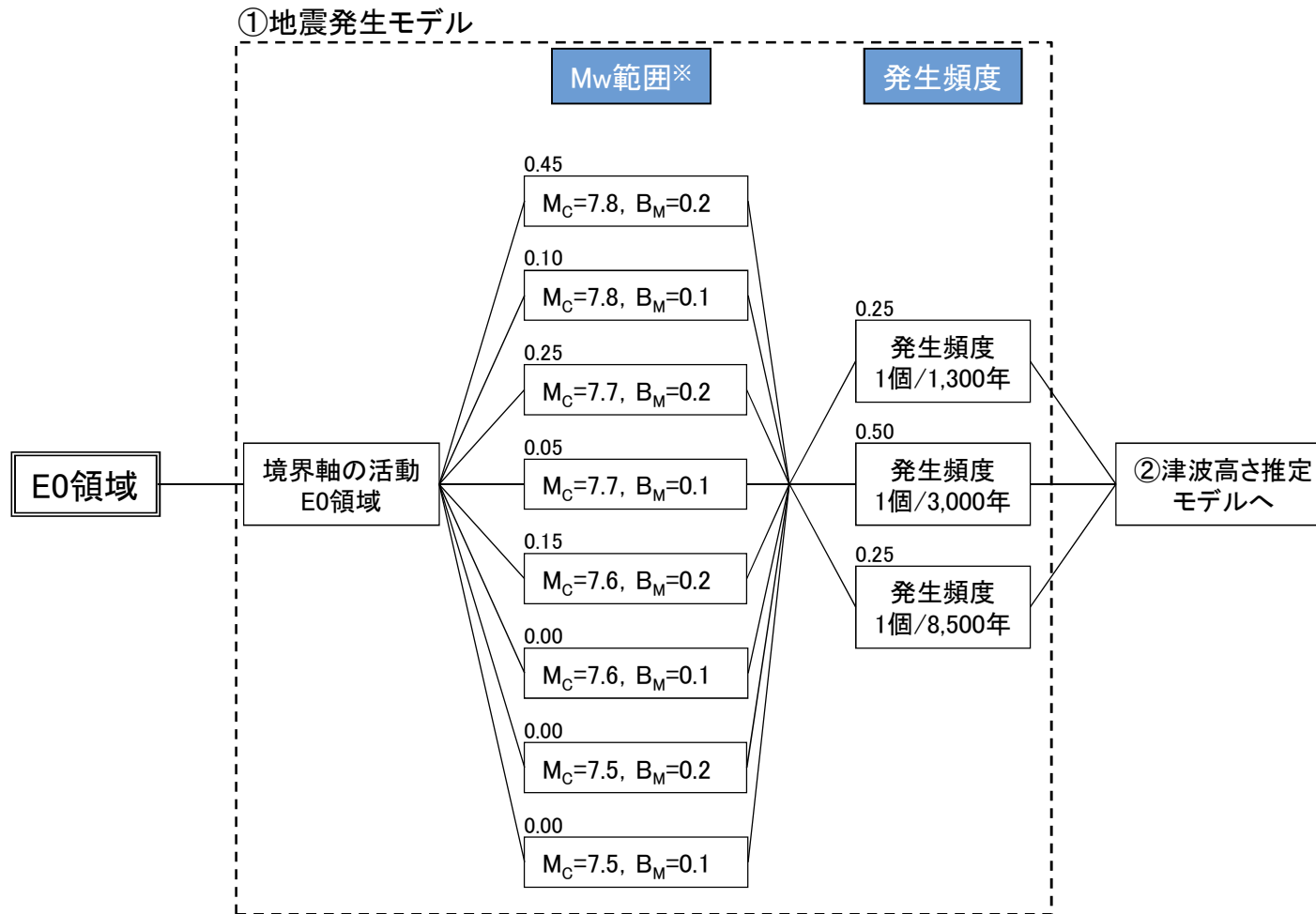
地震調査研究推進本部に示される平均発生間隔と津波ハザード解析における分布の考え方

海域	平均発生間隔	平均発生間隔の根拠	分布の考え方
北海道北西沖(E0)	3,900年程度	約2,100年前と約6,000年前に2個のイベント	発生間隔データ1個
北海道西方沖(E1-1)	1,400~3,900年程度	(連続性)	一様分布(1,400-3,900)
北海道南西沖(E1-2)	500~1,400年程度	6個のイベントの平均が約1,400年	一様分布(500-1,400)
青森県西方沖(E1-3)	500~1,400年程度	3個のイベントの平均が約500年	一様分布(500-1,400)
秋田県沖(E2-1)	1,000年程度以上	(2列への配分)	一様分布(1,000-1,500)
山形県沖(E2-2)	1,000年程度以上	(2列への配分)	一様分布(1,000-1,500)
新潟県北部沖(E2-3)	1,000年程度以上	(2列への配分)	一様分布(1,000-1,500)
佐渡島北方沖(E3)	500~1,000年程度	中嶋(2003)	一様分布(500-1,000)

土木学会(2011)より作成

E0領域の地震発生モデル

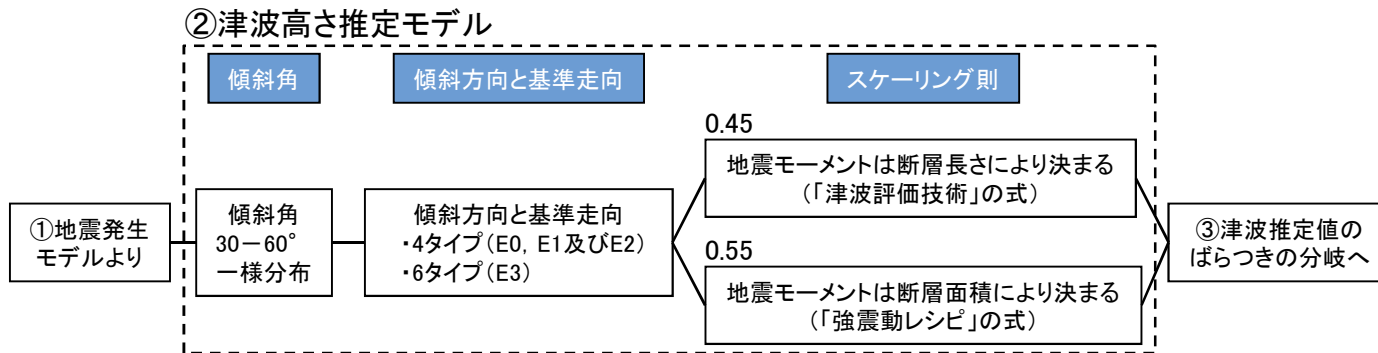
- ・E0領域の地震発生モデルは、土木学会(2011)に基づき分岐を設定する。
- ・重み配分については、土木学会(2009)⁽⁵⁾のアンケート結果に基づき設定する。



※ M_C : モーメントマグニチュードの中央値, B_M : マグニチュードの不確かさの幅

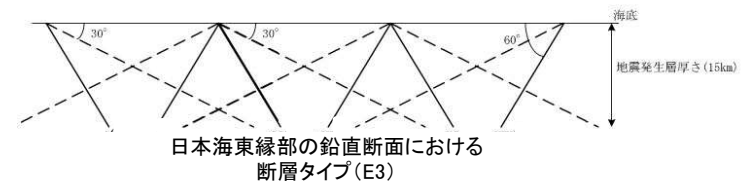
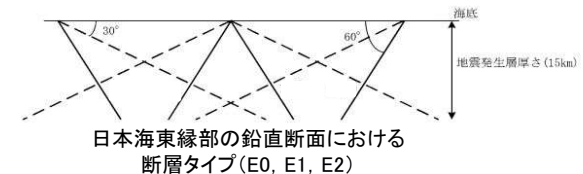
E0～E3領域の津波高さ推定モデル

- ・E0領域, E1領域, E2領域及びE3領域の津波高さ推定モデルは, 土木学会(2011)に基づき分岐を設定する。
- ・重み配分については, 土木学会(2009)のアンケート結果に基づき設定する。



パラメータ	設定根拠
断層長さ	スケーリング則に基づき, M_w から求める。
幅	地震発生層の厚さ(15km)を考慮し傾斜角に応じて決める。
すべり量	$\log M_0 (N \cdot m) = 1.5M_w + 9.1$, $D = M_0 / \mu LW$ により算出する。
上縁深さ	0kmとする。
走向	海底地形の走向に基づき設定する。
傾斜角	30～60° とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。(右図参照)
すべり角	90° とする。
剛性率	$3.5 \times 10^{10} (N/m^2)$ とする。
スケーリング則 「津波評価技術」の式	幅(地震発生層厚さ)に上限あり。 スケーリングの変曲点を境に, M_w が大きいとき武村(1998)の関係 $\log L (km) = 0.75M_w - 3.77$, $L \propto D$, $W = \text{const.}$ が, M_w の小さいとき $W = 2L/3$, $L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち, 両者が連続的に接続するものとする。
スケーリング則 「強震動レシビ」の式	地震調査研究推進本部の地震動予測手法(「レシビ」)などで用いられる $M_0 [N \cdot m] = (S [km^2] / 4.24 \times 10^{-11})^2 \times 10^{-7}$ (Wells and Coppersmith(1994)などのデータに基づく入倉・三宅(2001)の提案式, 地震モーメント $7.5 \times 10^{18} N \cdot m$ 以上の地震に適用する)を適用する。

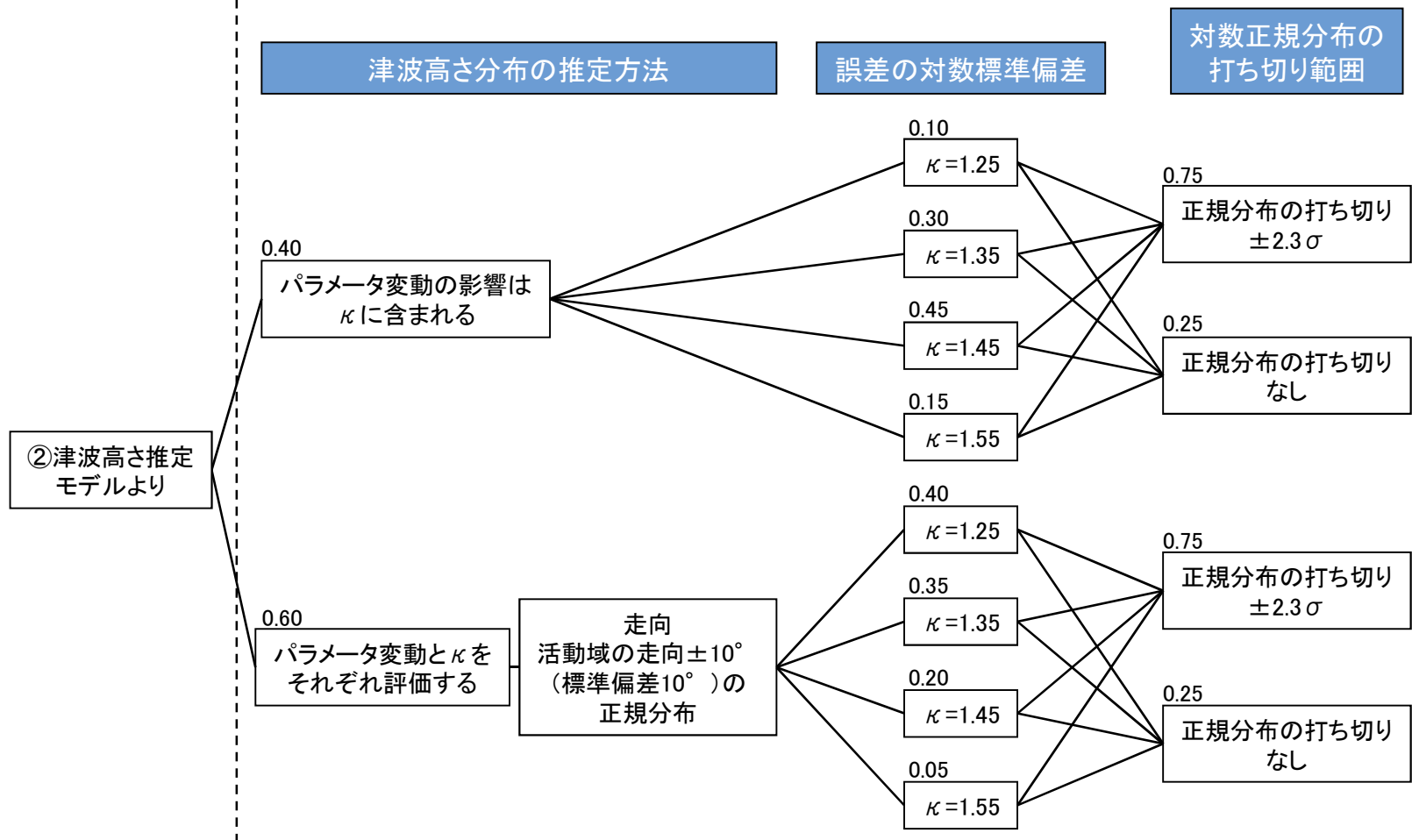
土木学会(2011)を引用・加筆(加筆箇所は下線で示す)



2. ロジックツリー設定 2.1 日本海東縁部に想定される地震による津波 (2) 土木学会(2011)の活動域区分
E0～E3領域の津波推定値のばらつきの分岐

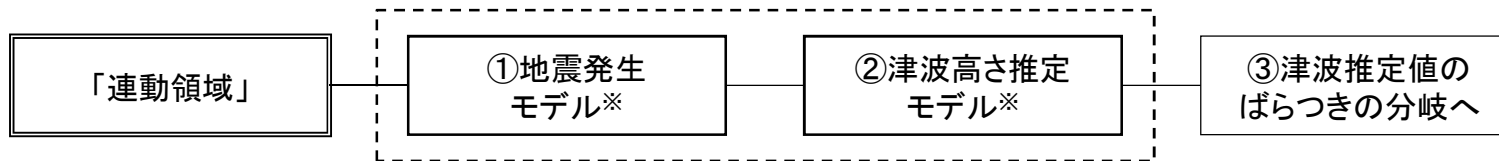
- ・E0領域, E1領域, E2領域及びE3領域の津波推定値のばらつきの分岐は, 土木学会(2011)に基づき分岐を設定する。
- ・重み配分については, 土木学会(2009)のアンケート結果に基づき設定する。

③津波推定値のばらつきの分岐



2. ロジックツリー設定 2.1 日本海東縁部に想定される地震による津波 (3)連動領域
連動領域の地震発生モデル及び津波高さ推定モデル

- ・連動領域の波源は、基準津波策定の際に考慮した、地震発生領域の連動を考慮した波源モデル(断層長さ350kmモデル)及び地方自治体独自の波源モデルを考慮する。
- ・連動領域の地震発生モデル及び津波高さ推定モデルは、波源モデルのいずれかがランダムに起こると仮定し、土木学会(2016)に基づき、偶然的不確定性として1本のハザード曲線の中で考慮する。



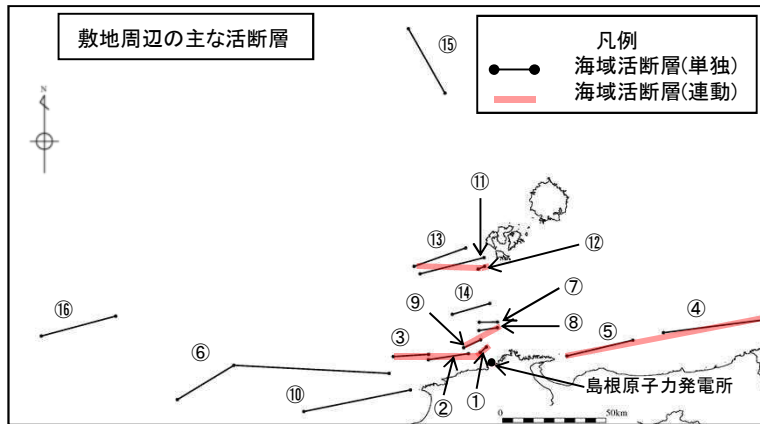
※ 各波源の「①地震発生モデル」及び「②津波高さ推定モデル」の詳細をP53～60に示す。

連動領域の地震発生モデル

波源モデル	Mw	発生頻度	参照先
日本海東縁部(350km)	Mw=8.09	一様分布, 1個/3,000-6,000年	P53,54
	Mw=8.15	一様分布, 1個/3,000-6,000年	
	Mw=8.25	一様分布, 1個/3,000-6,000年	
鳥取県(2012) ⁽⁶⁾	Mw=7.85	一様分布, 1個/500-1,000年	P55
	Mw=8.16	一様分布, 1個/1,500-3,000年	
秋田県(2013) ⁽⁷⁾	Mw=7.82	一様分布, 1個/500-1,400年	P56
	Mw=7.89	一様分布, 1個/500-1,000年	
	Mw=8.46	一様分布, 1個/1,000-2,000年	
	Mw=8.28	一様分布, 1個/1,500-3,000年	
石川県(2012) ⁽⁸⁾ ・福井県(2012) ⁽⁹⁾	Mw=7.99	一様分布, 1個/1,500-3,000年	P57,58
島根県(2012) ⁽¹⁰⁾	Mw=7.85	一様分布, 1個/500-1,000年	P59
	Mw=8.01	一様分布, 1個/1,500-3,000年	
山口県(2012) ⁽¹¹⁾	Mw=7.85	一様分布, 1個/500-1,000年	P60

(1) 検討対象断層の選定

- ・海域活断層から想定される地震による津波の検討対象断層を選定する。
- ・敷地周辺の主な海域活断層について、基準津波策定の際に考慮した数値シミュレーション結果を用い、土木学会(2011)に示されるスクリーニング※1を実施した結果、F-Ⅲ～F-Ⅴ断層の下降側で評価対象となる水位を下回るため、検討対象断層として選定した。



断層	上昇側 (施設護岸又は防波壁)		下降側 (2号炉取水槽)	
	最大水位 上昇量 H(m)	評価対象 となる水位 X(m) ^{※2}	最大水位 下降量 H(m)	評価対象 となる水位 X(m) ^{※2}
F-Ⅲ～F-Ⅴ断層 (①+②+③)	3.6	5.4	-5.9	-3.0
鳥取沖東部断層 ～鳥取沖西部断層(④+⑤)	0.8		-1.0	
F57断層(⑥)	1.2		-1.1	
K-4～K-7撓曲(⑦+⑧+⑨)	2.5		-2.7	
大田沖断層(⑩)	0.8		-0.7	
K-1撓曲+K-2撓曲 +F _{K0} 断層(⑪+⑫+⑬)	1.2		-0.9	
F _{K-1} 断層(⑭)	2.1		-2.4	
隠岐北西方北部断層(⑮)	1.2		-1.1	
見島北方沖西部断層(⑯)	0.7		-0.6	

■ : 評価対象となる水位を下回る水位

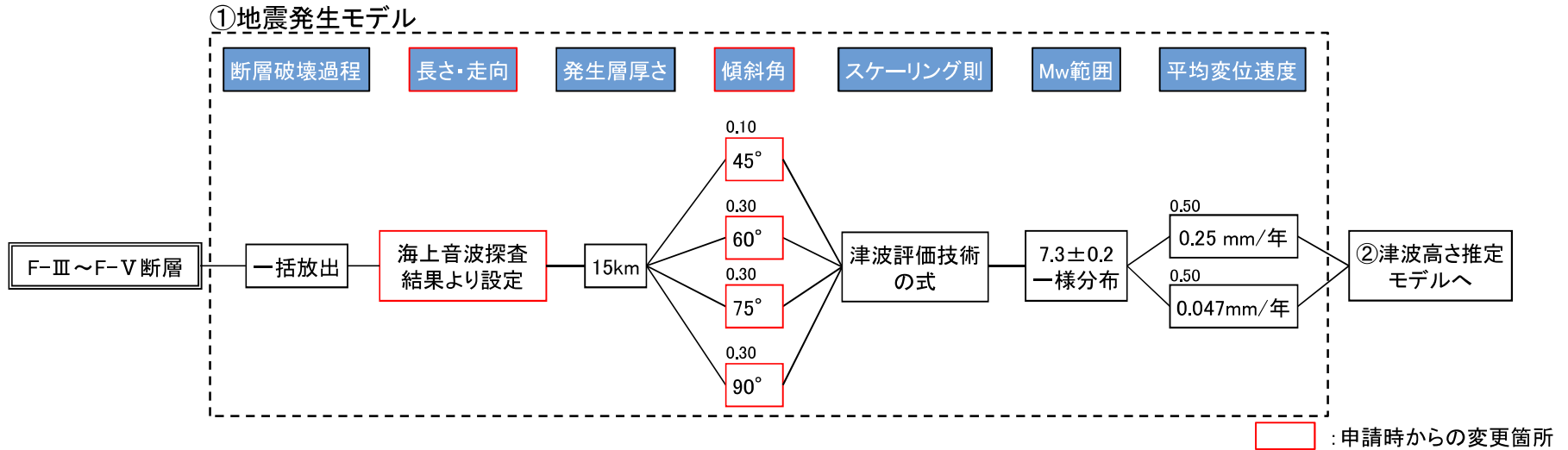
※1 最大水位上昇(下降)量をH, 評価対象となる水位をX(防波壁高さ及び原子炉補機海水ポンプ設計取水可能水位)とした際に $|X| > |H| \cdot \kappa^{2.3}$ の関係が成り立つ断層は対象外とする。なお, κ は津波高さに含まれるばらつきで, 最大で1.55とする。また, 最大水位上昇量及び下降量の結果をP61, 62に示す。

※2 上昇側については, Xが防波壁高さ15.0[m] となることより, $X / (\kappa^{2.3}) = 15[m] / (1.55^{2.3}) \doteq 5.4[m]$

下降側については, Xが原子炉補機海水ポンプ設計取水可能水位の-8.32[m]となることより, $X / (\kappa^{2.3}) = -8.32[m] / (1.55^{2.3}) \doteq -3.0[m]$

F-Ⅲ～F-V断層の地震発生モデル

・ F-Ⅲ～F-V断層の地震発生モデルは、土木学会(2011)に基づき分岐を設定する。



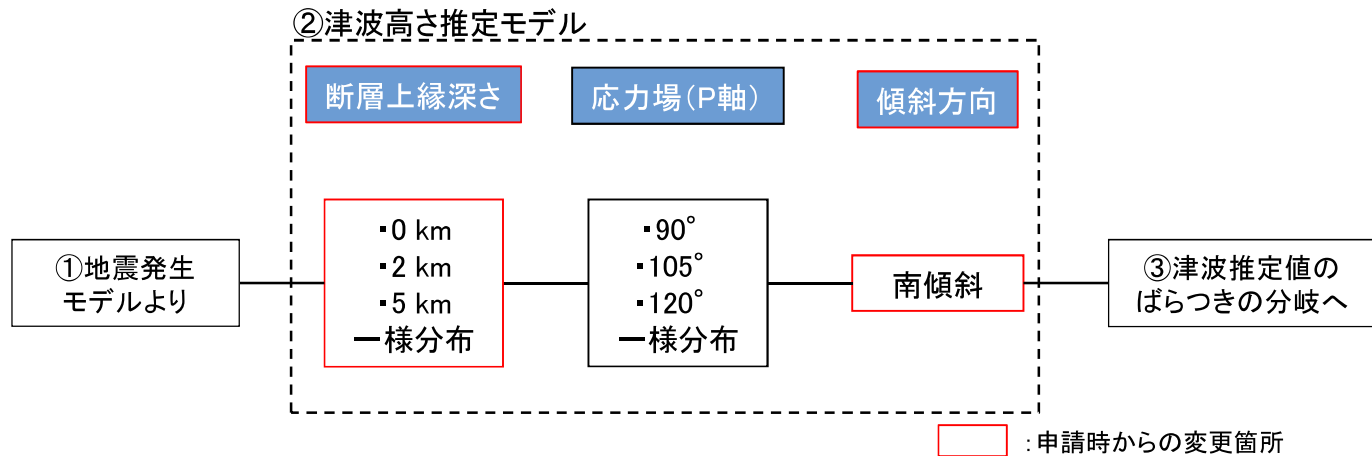
パラメータ	設定根拠※1
断層破壊過程	土木学会(2011)より、一括放出型と設定。
長さ・走向	海上音波探査結果に基づき設定。
発生層厚さ	土木学会(2011)より、15kmと設定。
傾斜角	土木学会に示される45～90°を変動範囲とし、15°毎に値を設定。重みは西南日本で発生した地震の傾斜角に関するデータより設定。
スケーリング則	土木学会(2011)に示される「津波評価技術」の式(武村(1998) ⁽¹²⁾ の式、P13参照)を適用する※2。
Mw範囲	海上音波探査結果に基づき設定した断層長さ(48.0km)から、「津波評価技術」に示される武村(1998)のスケーリング則より求めたMwに分布幅を設定。重みは一様分布と設定。
平均変位速度	海域活断層の活動度に関する知見は得られていないため、周辺の陸域活断層(宍道断層)の活動度であるB、C級(活断層研究会編(1991) ⁽¹³⁾ 及び今泉ほか(2018) ⁽¹⁴⁾ より設定)を参考とし、平均変位速度は奥村・石川(1998) ⁽¹⁵⁾ に基づきB級を0.25mm/年、C級を0.047mm/年と設定。重みは一様分布と設定。

※1 パラメータの設定根拠に関する詳細をP65～69に示す。

※2 「津波評価技術」の式を適用する考え方をP70に示す。

F-Ⅲ～F-V断層の津波高さ推定モデル

・ F-Ⅲ～F-V断層の津波高さ推定モデルは、土木学会(2011)に基づき分岐を設定する。



パラメータ	設定根拠※
断層上縁深さ	土木学会(2011)に示される変動範囲0～5km及び敷地周辺で発生した地震の震源鉛直分布等から推定される断層上縁深さ2kmに基づき0km, 2km及び5kmと設定。 重みは一様分布と設定。
応力場(P軸)	塚原・小林(1991) ⁽¹⁶⁾ , ハーバートCMT発震機構解及び気象庁初動発震機構解より90～120°と考えられることから, 90°, 105°及び120°と設定。 重みは一様分布と設定。
傾斜方向	海上音波探査結果より, 南傾斜と設定。

※ パラメータの設定根拠に関する詳細をP65～68,71及び72に示す。

(1) 検討対象波源の選定

・領域震源(背景的地震)による津波の評価は、垣見ほか(2003)⁽¹⁷⁾及び萩原(1991)⁽¹⁸⁾に示される発電所から100km以内に位置するMwが最大となる波源を対象として、阿部(1989)⁽¹⁹⁾の簡易予測式※を用いて津波の予測高を算定し、土木学会(2011)に示されるスクリーニングを実施した。なお、領域震源と海域活断層の位置関係については、補足説明資料P73, 74に示す。

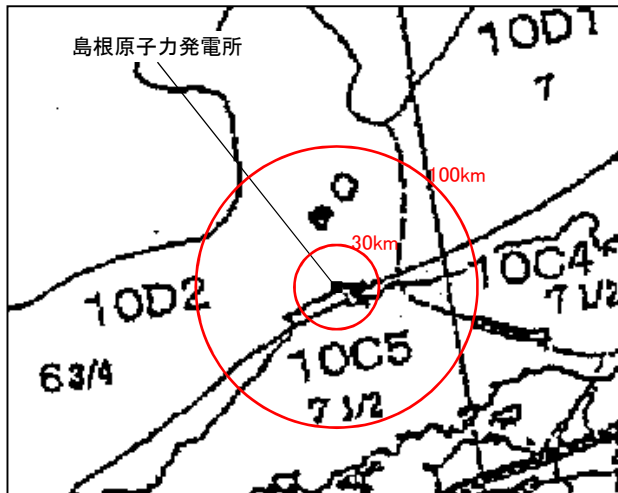
領域震源による津波の予測高及び評価対象となる水位

領域震源	発電所から100km以内に位置する領域震源の最大Mw(Mj)	予測高H	評価対象となる水位(P18参照)
垣見ほか(2003)に示される領域震源(「10D1」, 「10D2」, 「10C4」, 「10C5」)	7.2 (7 _{1/2})	2.4m	5.4m
萩原(1991)に示される領域震源(「M」, 「L ₂ 」)	7.0 (7.3)	1.5m	

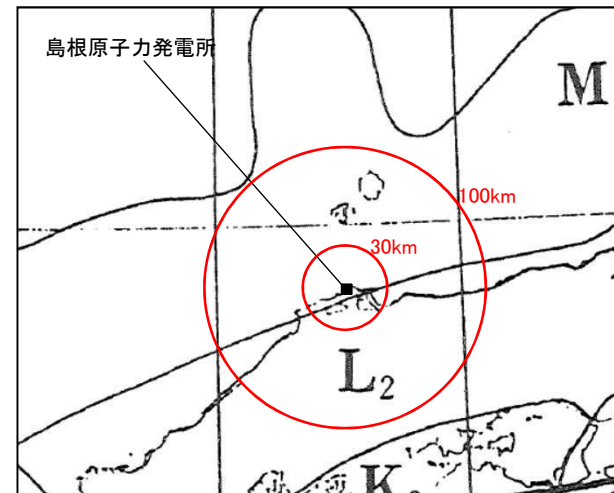
※ $\log H = M_w - \log \Delta - 5.35$

H: 予測高(m), Δ: 津波の伝播距離(km)

なお、発電所から30km以内は、海上音波探査結果より後期更新世以降の活動を考慮する断層及び撓曲を把握していることより、Δは30kmと設定する。



[垣見ほか(2003)に一部加筆。]
垣見ほか(2003)に基づく対象領域



[萩原(1991)に一部加筆。]
萩原(1991)に基づく対象領域

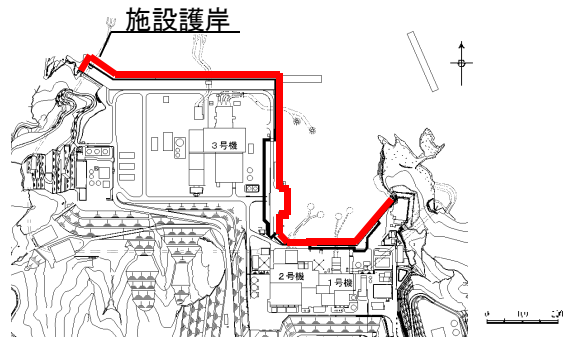
・領域震源による津波の予測高は、評価対象となる水位を下回ることから、領域震源については検討対象外とする。

6.1 年超過確率の参照(水位上昇側)

- ・施設護岸又は防波壁※におけるハザード曲線を以下に示す。
- ・ハザード曲線は, 施設護岸位置又は防波壁における全計算格子それぞれのハザード曲線を包絡し, 作成した。
- ・施設護岸又は防波壁における基準津波水位に対する年超過確率は, 水位上昇側で 10^{-4} ~ 10^{-5} 程度である。

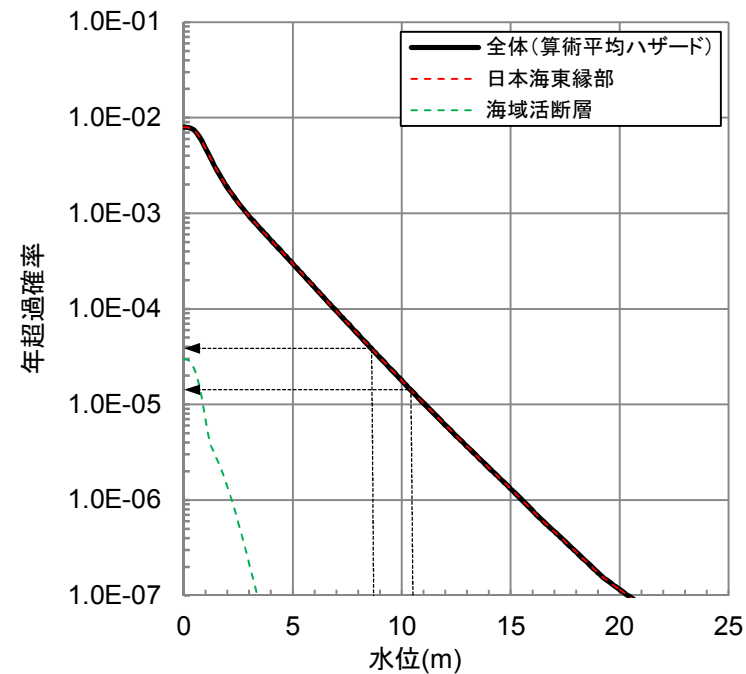
※ 施設護岸を超える場合には防波壁位置での水位を考慮

■水位上昇側: 施設護岸又は防波壁



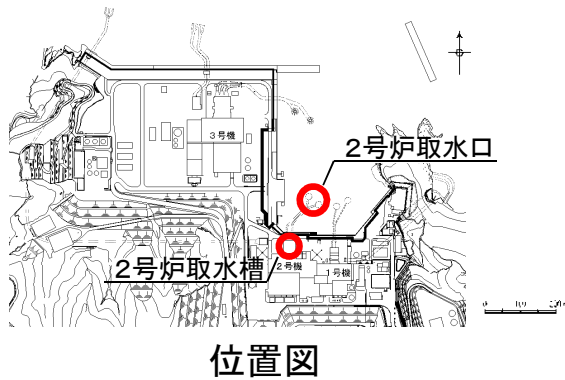
位置図

	施設護岸又は防波壁 における基準津波水位
基準津波1 (水位上昇側)	+10.5m
基準津波2 (水位上昇側)	+8.7m

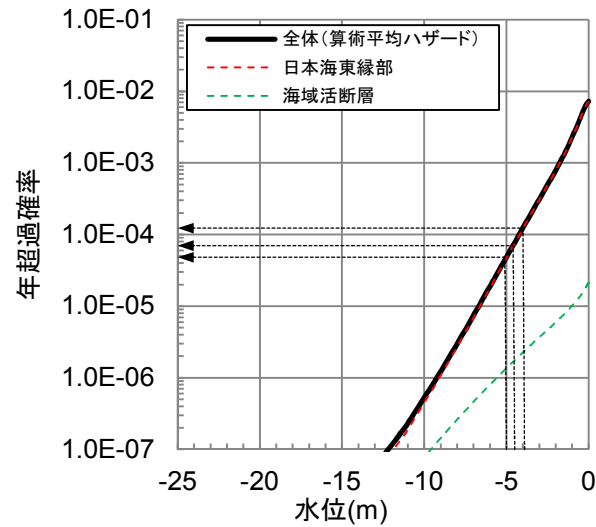


6.1 年超過確率の参照(水位下降側)

・ 2号炉取水口における基準津波水位に対する年超過確率は水位下降側で $10^{-3} \sim 10^{-5}$ 程度, 2号炉取水槽における基準津波水位に対する年超過確率は水位下降側で 10^{-4} 程度である。

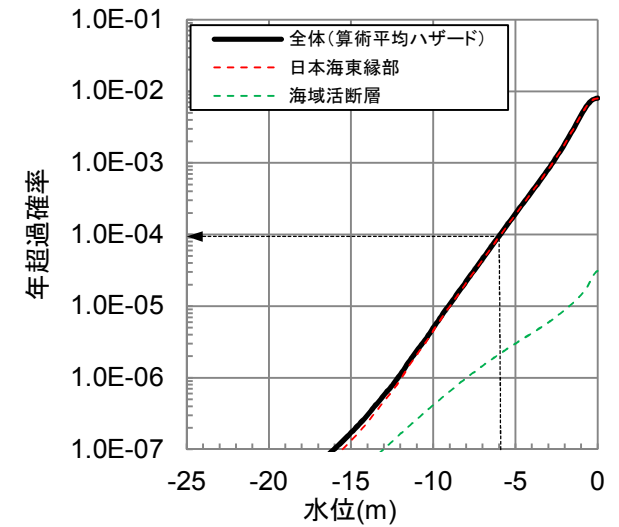


■水位下降側: 2号炉取水口



	2号炉取水口における 基準津波水位
基準津波1 (水位下降側)	-5.0m
基準津波3 (水位下降側)	-4.5m
基準津波4 (水位下降側)	-3.9m

■水位下降側: 2号炉取水槽



	2号炉取水槽における 基準津波水位
基準津波1 (水位下降側)	-5.9m
基準津波3 (水位下降側)	-5.9m
基準津波4 (水位下降側)	-5.9m

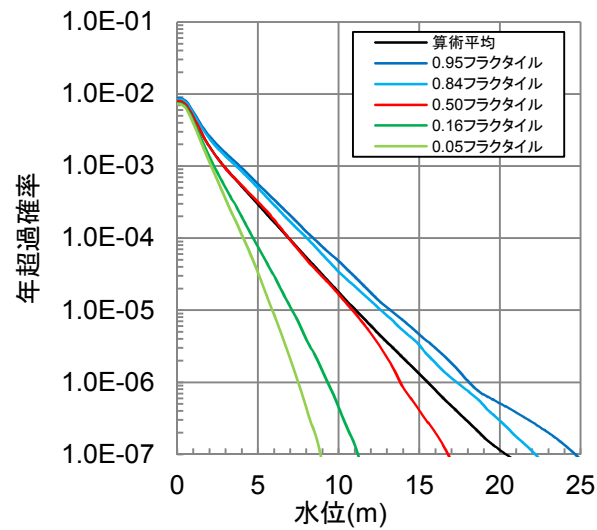
補足説明資料 6. 施設護岸又は防波壁, 2号炉取水口及び2号炉取水槽における津波ハザード評価結果
6.2 年超過確率の参照(フラクタイル曲線)

・施設護岸又は防波壁※における水位上昇側, 2号炉取水口及び2号炉取水槽における水位下降側のフラクタイル曲線を以下に示す。

※ 施設護岸を超える場合には防波壁位置での水位を考慮

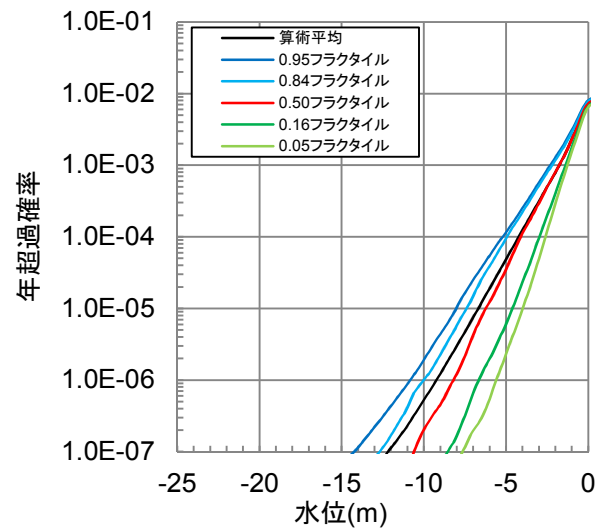
■ 水位上昇側

施設護岸又は防波壁



■ 水位下降側

2号炉取水口



2号炉取水槽

