

**伊方発電所3号機  
津波評価(超過確率の参照)  
(耐津波性能)**

**平成27年2月4日  
四国電力株式会社**

# 評価方針

## 基準津波及び耐津波設計方針に係る審査ガイド

### 4. 超過確率の参照

#### 4.1 評価方針

日本原子力学会標準「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:2011」及び東北地方太平洋沖地震による津波から得られた知見等を踏まえて、**確率論的津波ハザード※評価を行い、評価地点における基準津波による水位の超過確率が求められていることを確認する。**

※ 任意の地点において、任意の津波高さとそれを超過する頻度または確率との関係を示したもの。

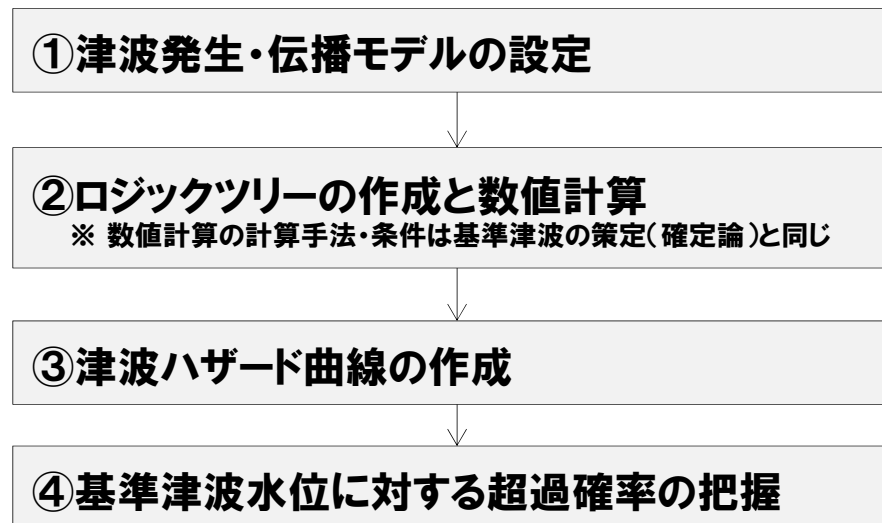


審査ガイドに従い、津波ハザード評価を実施し、策定した基準津波がどの程度の超過確率に相当するかを把握する。

# 評価方針

- 津波水位の超過確率については、「日本原子力学会標準 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：2011」（日本原子力学会，2012）（以下、「日本原子力学会（2012）」という。）に基づき、津波ハザード評価を実施する。
- 津波ハザード評価は、基準津波の策定の際、設定したモデルを参照する。
- 津波ハザード評価における不確かさについては、日本原子力学会（2012）及び「確率論的津波ハザード解析の方法」（土木学会，2011）（以下、「土木学会（2011）」という。）に基づき設定する。
- ロジックツリー（不確かさ要因の組合せをツリー状に表現し、可能性の度合いに応じて重みを設定したものは、土木学会（2011）を参考とし、2011年東北地方太平洋沖地震後の知見を反映して設定する。

## 評価手順



# 評価方針

以下の特定震源による地震に伴う津波について評価する。  
領域震源モデルに基づく評価については、超過確率に与える影響が小さいため、評価に含めない。

## 特定震源モデルに基づく評価対象

プレート境界付近に想定される地震に伴う津波

(1) 南海トラフ

(2) 南西諸島

海域活断層に想定される地震に伴う津波

(3) 中央構造線断層帯及び  
別府-万年山断層帯

(4) その他の活断層

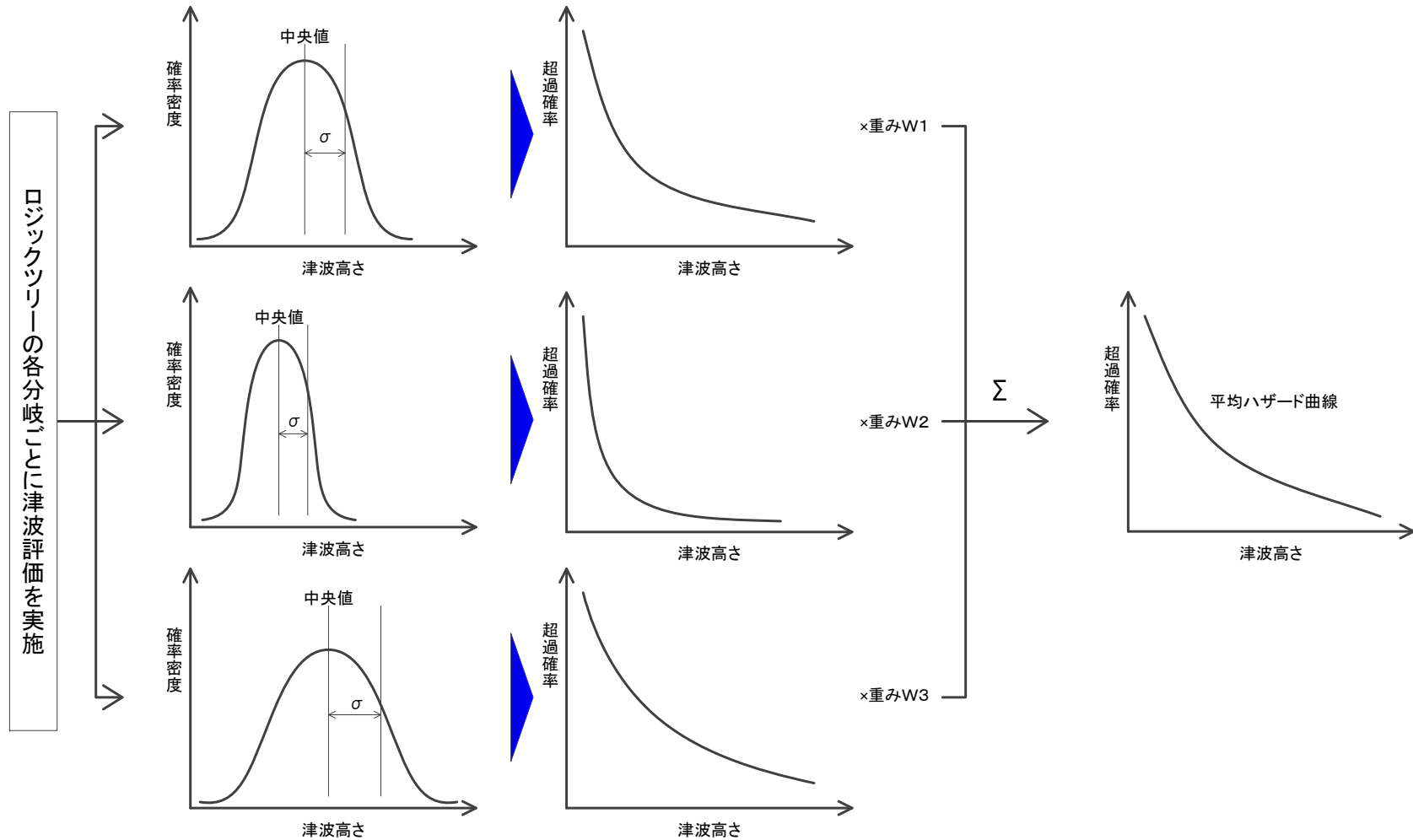
# 評価方針

## 津波ハザード曲線の策定イメージ

①対数正規分布を仮定し、ロジックツリーの各分岐ごとに津波評価を実施し、算定された津波高さを中央値、分岐に設定したばらつき $\kappa$ をもとに標準偏差 $\sigma$ を設定

②各分岐ごとの津波評価結果から、それぞれ超過確率と津波高さの関係を示したハザード曲線を策定

③各分岐ごとに策定した津波ハザード曲線に対して、重みを考慮し、平均ハザード曲線を策定

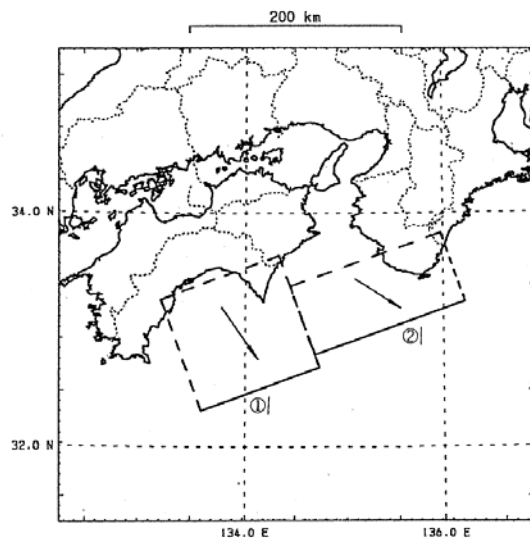


# (1) 南海トラフ

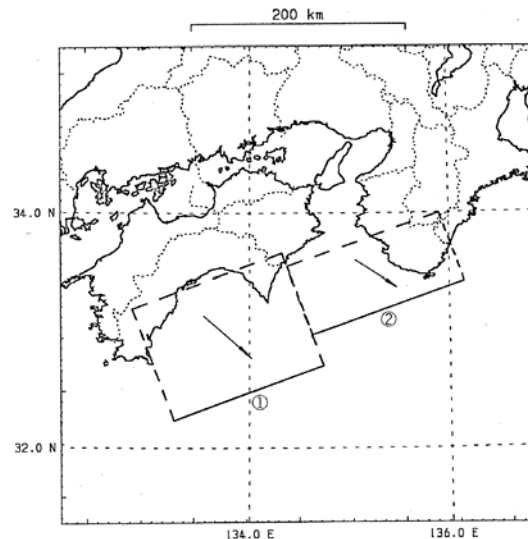
波源モデル	発生年	規模
昭和南海 相田モデル	1946	Mw8.4
安政南海 相田モデル	1854	Mw8.5
宝永南海 相田モデル	1707	Mw8.6
中央防災会議 想定東南海+南海地震モデル	-	Mw8.7
中央防災会議 想定東海+東南海+南海地震モデル	-	Mw8.8
内閣府検討会 ケース⑤	-	Mw9.1
内閣府検討会 ケース⑪	-	Mw9.1

- 昭和南海, 安政南海, 宝永南海及び国の評価モデルを設定する。
- 国の評価モデルについては, 中央防災会議及び内閣府検討会のモデルを設定する。
- 破壊の時間差については, 敷地の津波高さに与える影響が小さいため, 考慮しない。

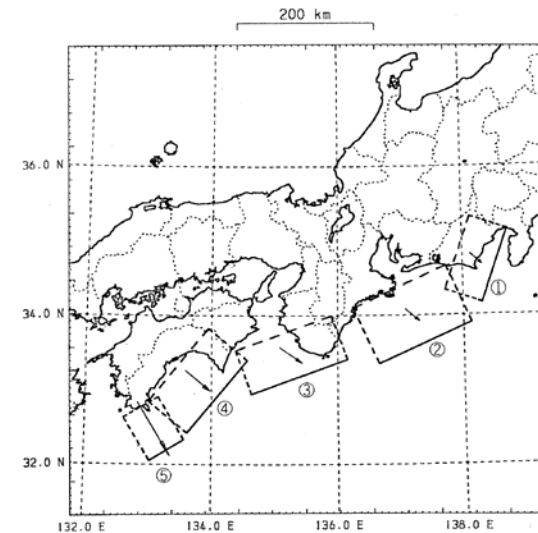
【昭和南海 相田モデル】



【安政南海 相田モデル】

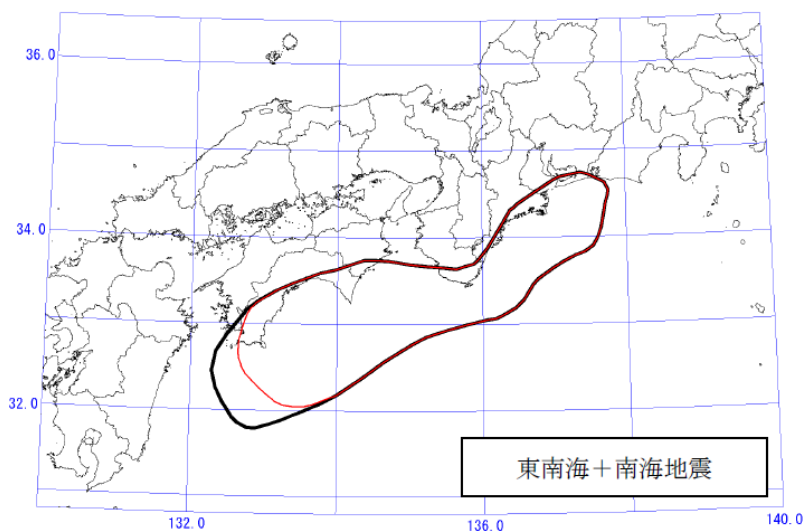


【宝永南海 相田モデル】



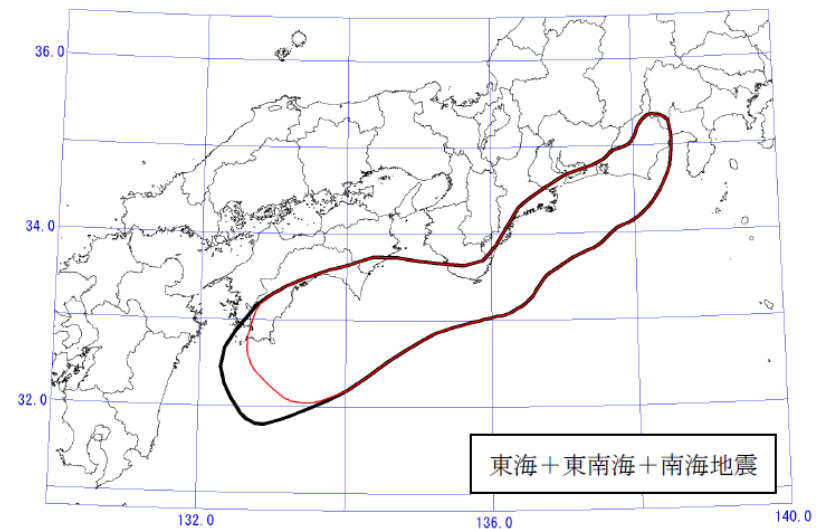
# (1) 南海トラフ

【中央防災会議 想定東南海+南海地震モデル】



中央防災会議（2003）による断層面

【中央防災会議 想定東海+東南海+南海地震モデル】

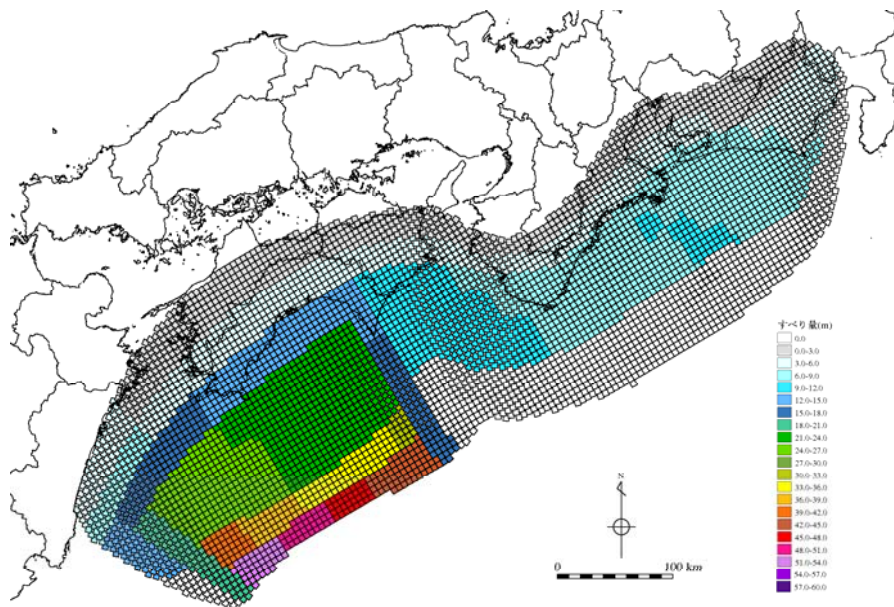


中央防災会議（2003）による断層面

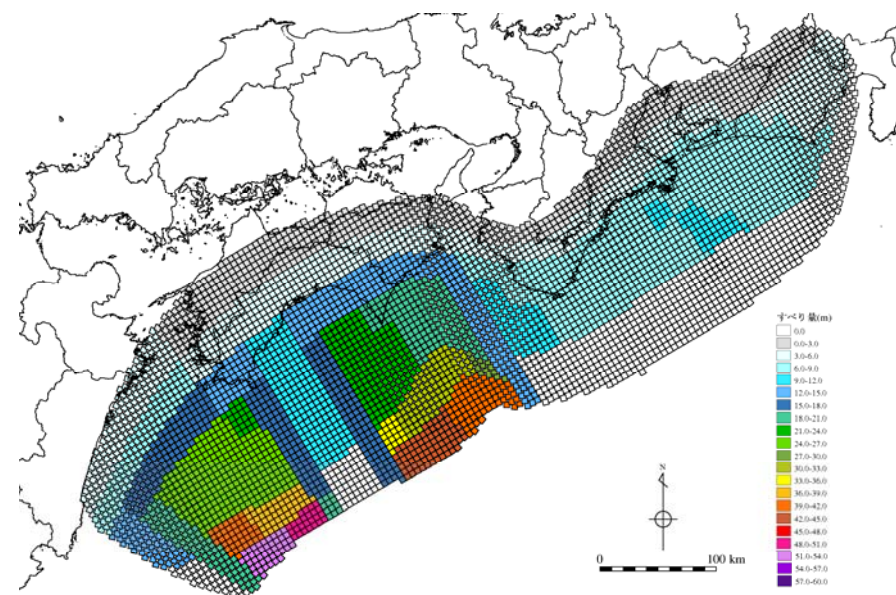
※ 中央防災会議については、南海地震の震源域を含む「想定東南海+南海地震モデル」及び「想定東海+東南海+南海地震モデル」を採用した。

# (1) 南海トラフ

【内閣府検討会 ケース⑤】



【内閣府検討会 ケース⑪】



※ 内閣府検討会については、伊方発電所における最高水位が大きいケース⑤とケース⑪を採用した。  
ケース⑤ 「四国沖～九州沖」に「大すべり域＋超大すべり域」を設定したケース  
ケース⑪ 「室戸岬沖」と「日向灘」に「大すべり域＋超大すべり域」を2箇所設定したケース



# (1) 南海トラフ

発生確率	
更新過程	116.9年間隔
時間予測モデル	88.2年間隔

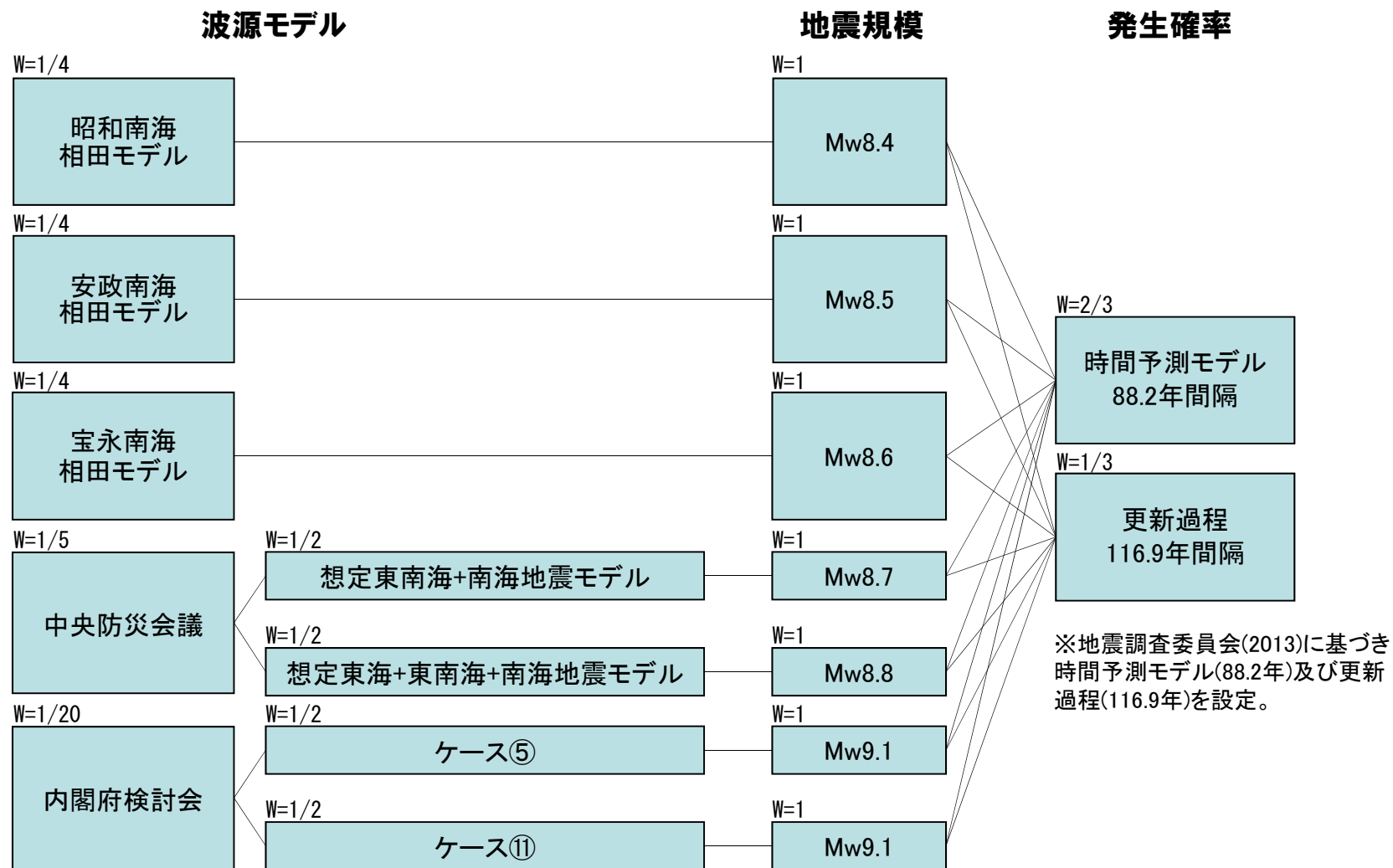
## ○更新過程に基づく発生確率

「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)」(地震調査委員会, 2013))に基づき, 地震の見落としがないと思われる1361年以降に発生した1946年の昭和南海地震までの計6地震の活動間隔の平均値から平均活動間隔を116.9年と設定した。

## ○時間予測モデルに基づく発生確率

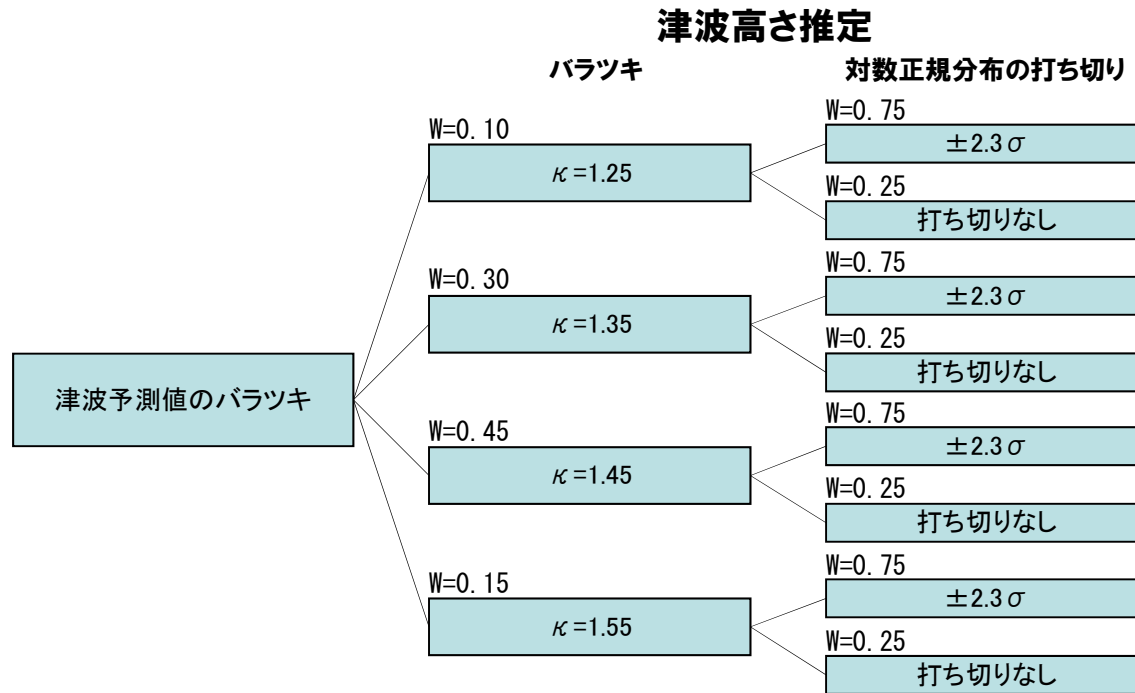
「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)」(地震調査委員会, 2013))に基づき, 1946年の昭和南海地震の規模がそれまでのものと比較して小さかったことから, 次の南海地震までの間隔が短くなるとして, 時間予測モデルを適用し, 発生間隔を88.2年と設定した。

# (1) 南海トラフ

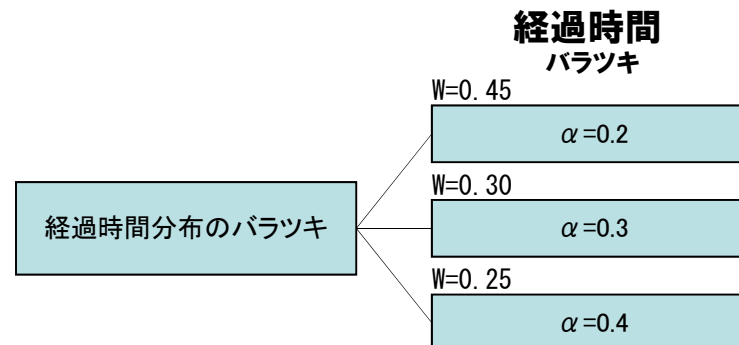


※中央防災会議については、南海地震の震源域を含む「想定東南海+南海地震モデル」及び「想定東海+東南海+南海地震モデル」を、内閣府検討会は、伊方発電所における最高水位が大きいケース⑤とケース⑪をそれぞれ採用した。

# (1) 南海トラフ



※ 重みは、土木学会における調査結果に基づき設定した。

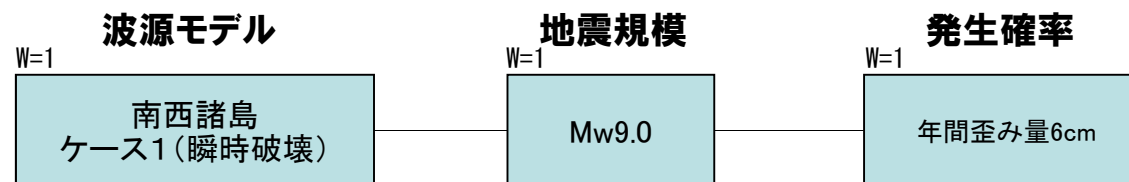
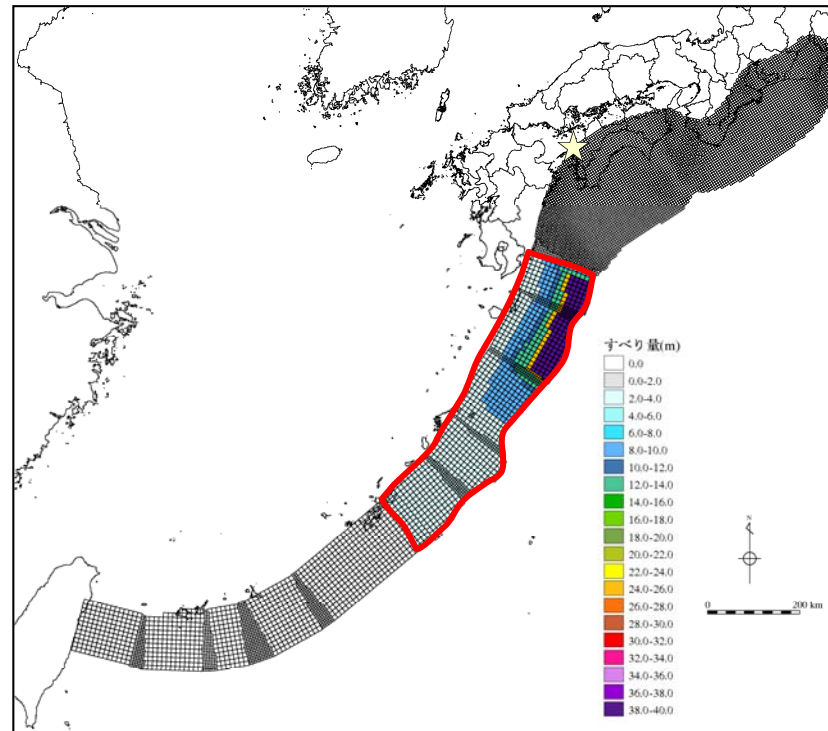


※ 重みは、土木学会における調査結果に基づき設定した。

## (2) 南西諸島

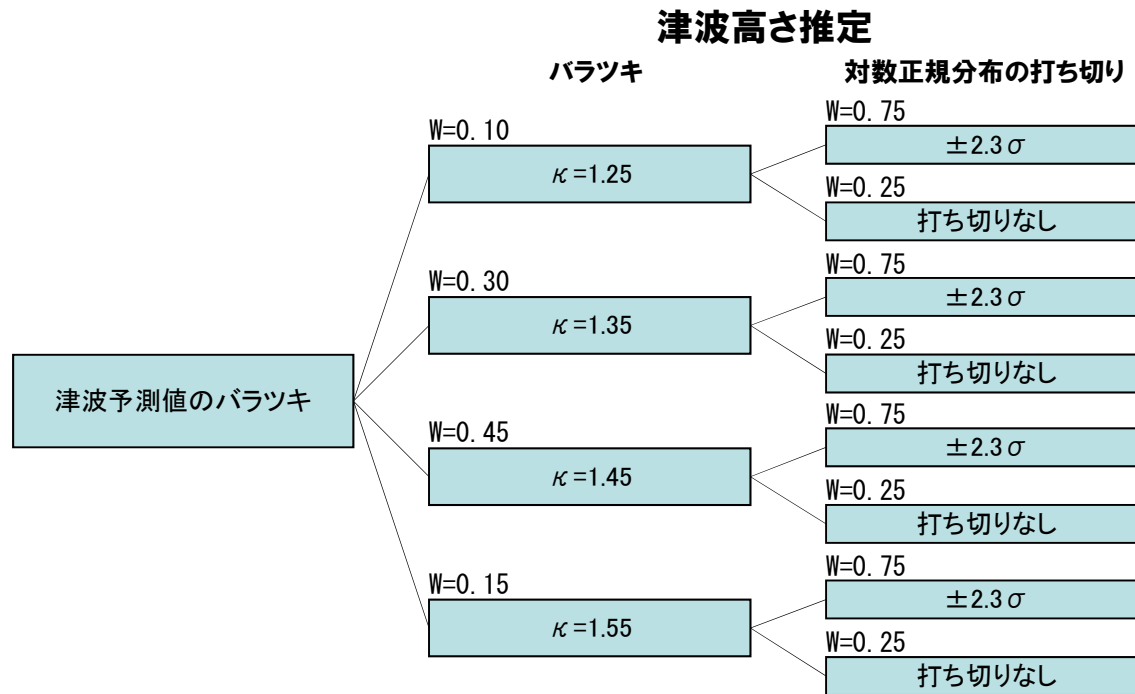
- 基準津波の評価に用いたMw9.0モデルを設定する。
- 破壊の時間差については、敷地の津波高さに与える影響が小さいため、考慮しない。

【ケース1 (瞬時破壊, Mw9.0)】



※ 発生確率は、すべり量と年間歪み量から平均発生間隔を求める。

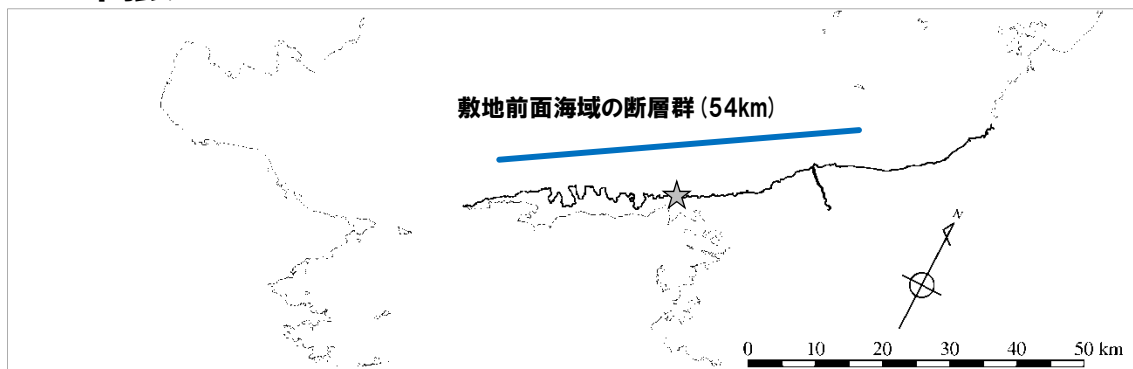
## (2) 南西諸島



※ 重みは、土木学会における調査結果に基づき設定した。

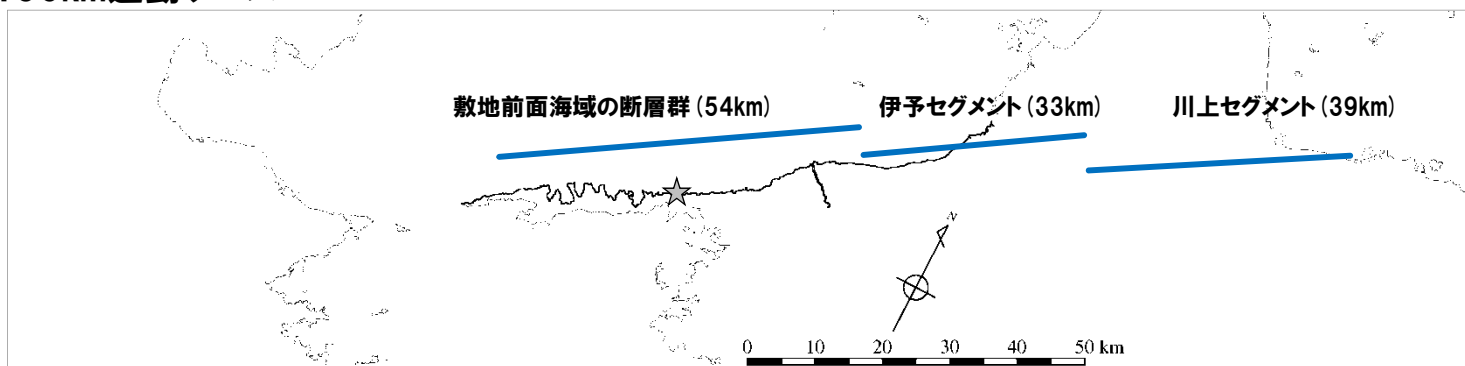
### (3) 中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯

#### 54km単独ケース

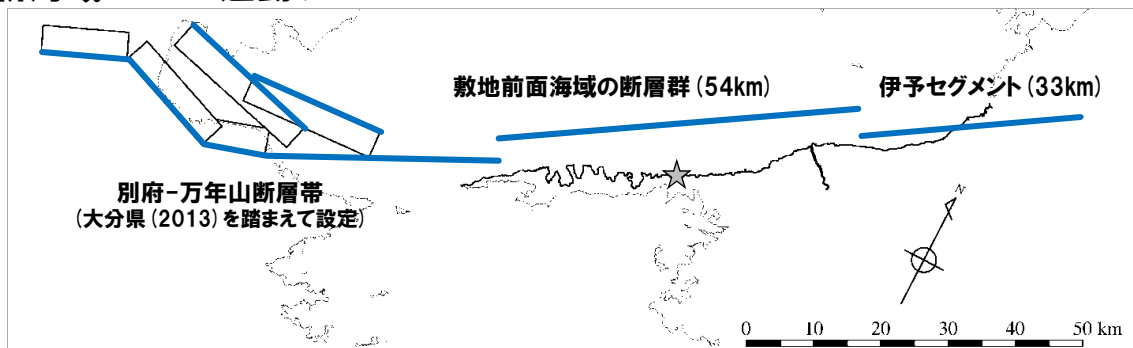


活動区間 (波源モデル)	規模
54km単独ケース	Mw7.34
130km連動ケース	Mw7.66
新海域130km連動ケース	Mw7.78

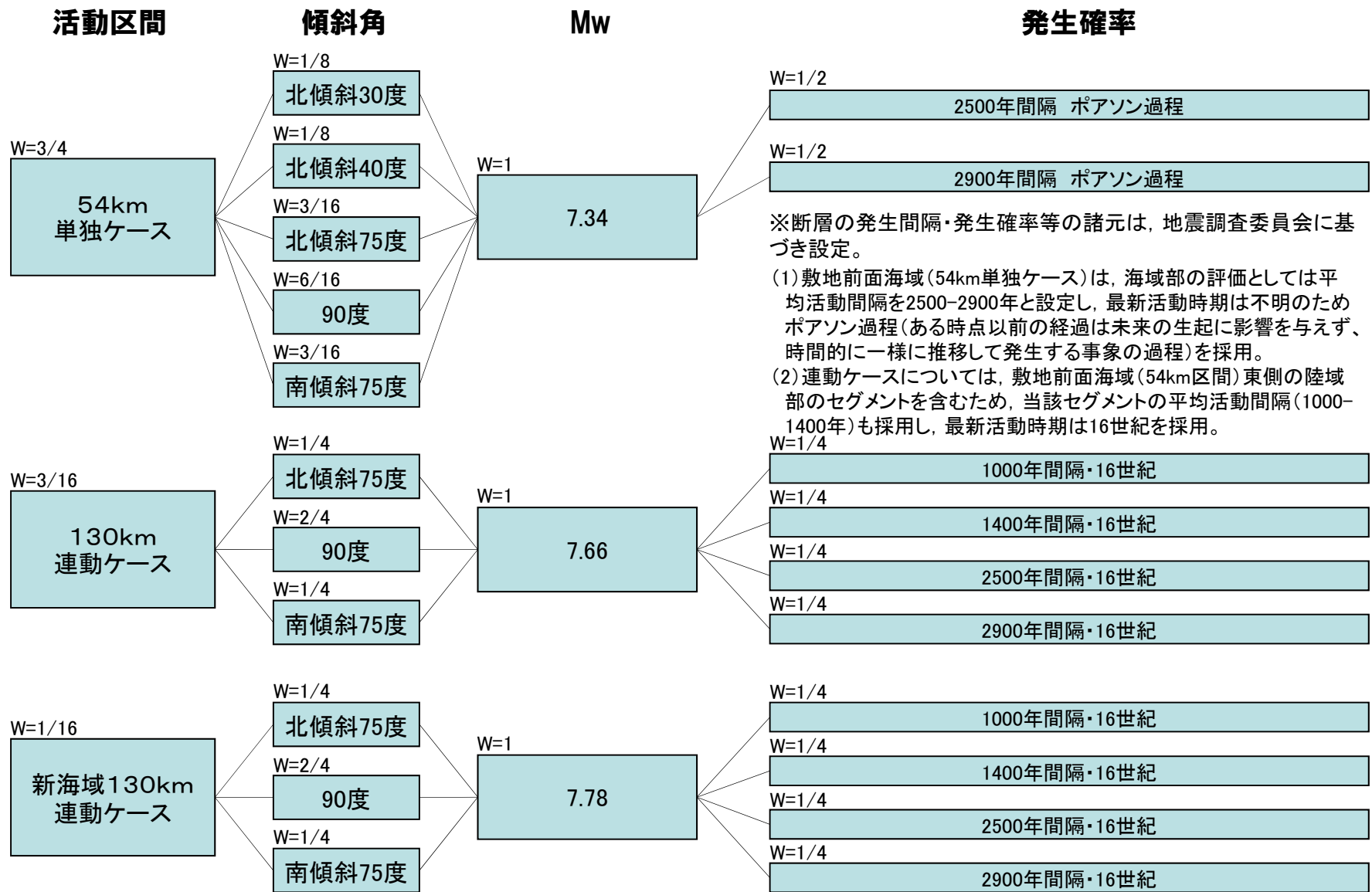
#### 130km連動ケース



#### 新海域130km連動ケース

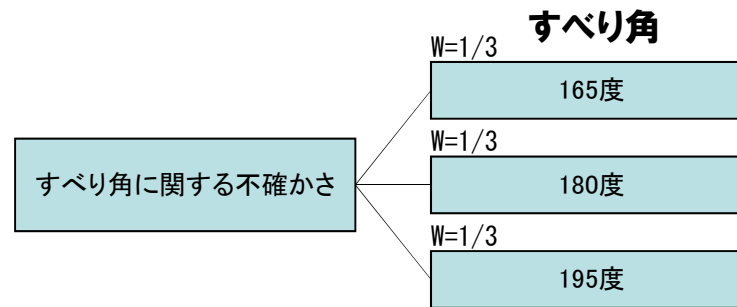


### (3) 中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯

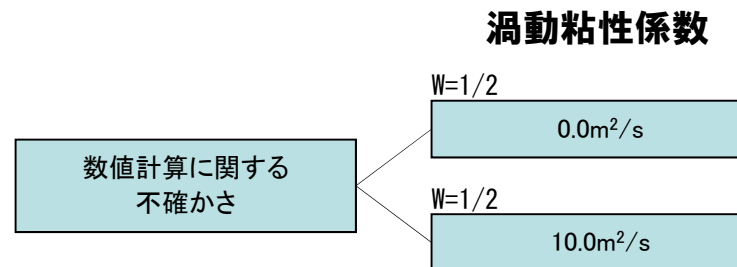


※傾斜角は確定論を参考に基準±15度とした。54km単独ケースについては、地質境界断層としての中央構造線の傾斜角も想定し北傾斜30°～40°を想定した。

### (3) 中央構造線断層帯及びび別府-万年山断層帯



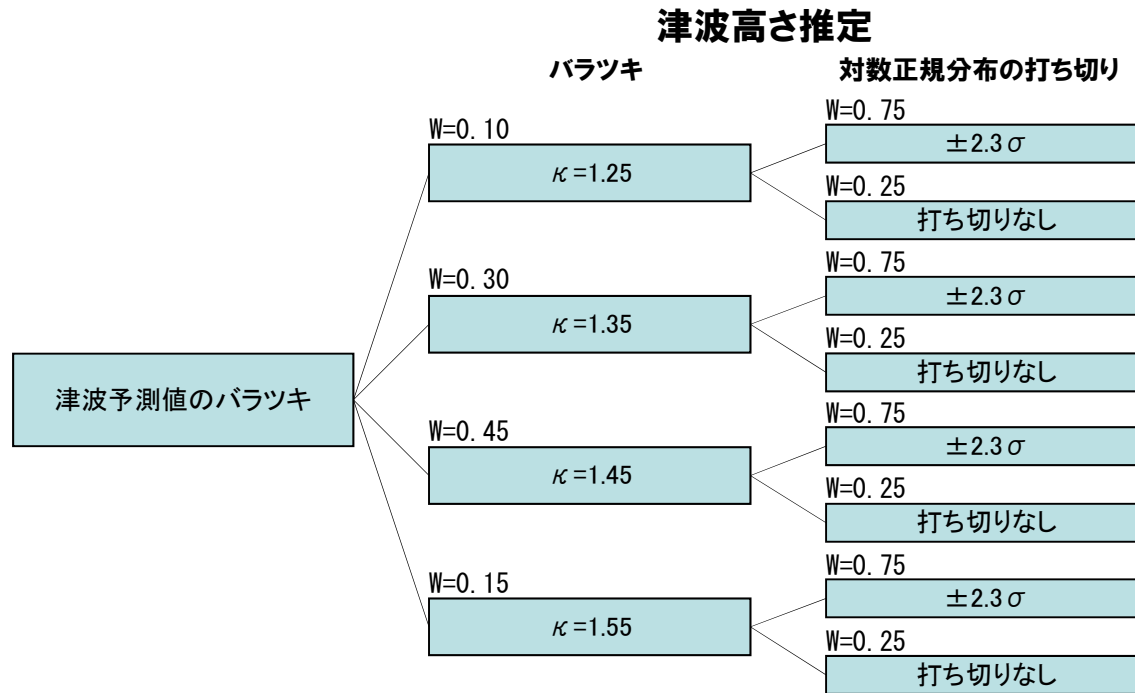
※すべり角は確定論を参考に基準±15度とした。



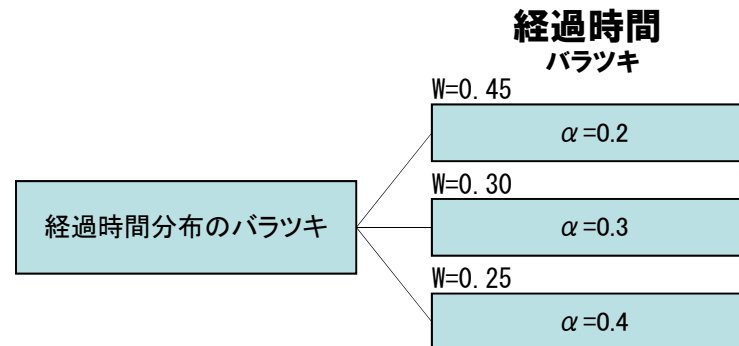
※渦動粘性係数は確定論を参考に10.0m<sup>2</sup>/s・0.0m<sup>2</sup>/sの分岐を設定した。



# (3) 中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯

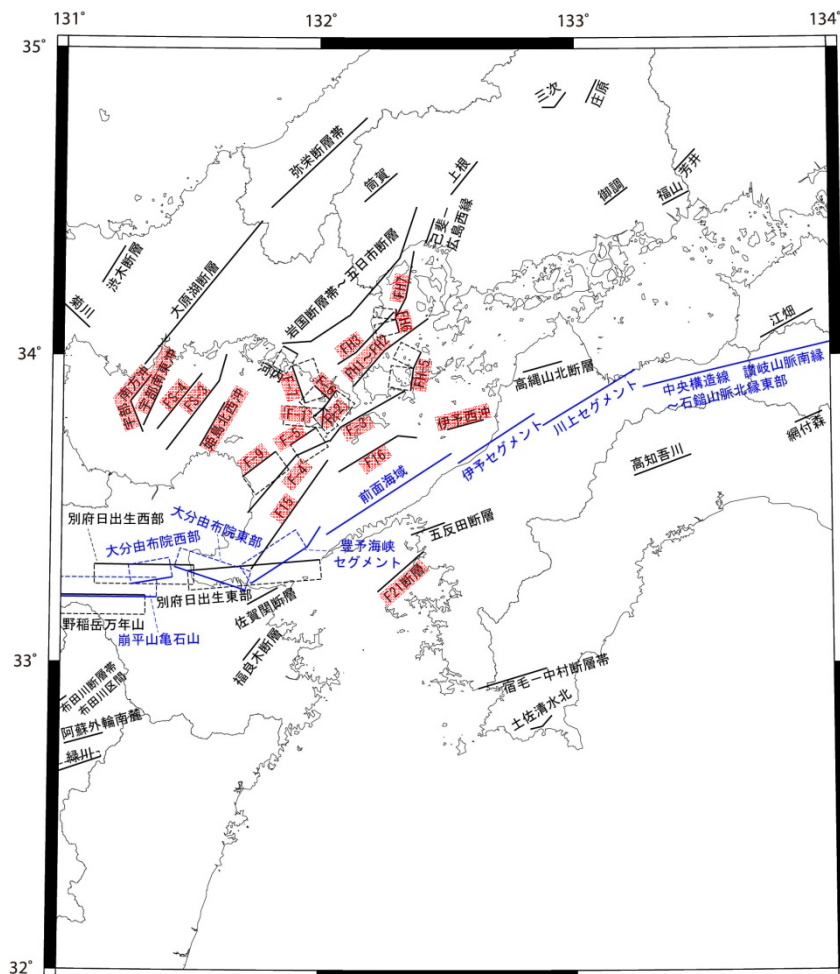


※ 重みは、土木学会における調査結果に基づき設定した。



※ 重みは、土木学会における調査結果に基づき設定した。

# (4) その他の活断層



左図のうち海域に分布する下表の活断層を対象とする。

名称	長さ(km)	Mw
地震本部地震調査委員会の地震動予測地図に基づく活断層		
宇部南方沖断層帯	22	6.8
宇部南東沖断層帯	16	6.6
姫島北西沖断層帯	18	6.7
当社調査結果等に基づく活断層		
F21断層	22	6.8
伊予西沖断層	14	6.5
FS-3断層群	41.5	7.2
FS-4断層群	25.9	6.9
F-1断層群	6.8	6.5
F-2断層群	12.8	6.5
F-3断層群	33.4	7.1
F-4断層群	40.1	7.2
F-5断層群	11.1	6.5
F-6断層群	7.7	6.5
F-7断層群	14.2	6.6
F-9断層群	15.0	6.6
F-15断層群	48.3	7.3
F-16断層群	32.1	7.0
FH-1~FH-2断層群	36.7	7.1
FH-3断層群	28.0	7.0
FH-5断層群	14.6	6.6
FH-6断層群	8.4	6.5
FH-7断層群	24.6	6.9

○確率論的津波ハザード解析の方法(土木学会, 2011)に基づき, 最も津波が大きくなるケース(傾斜角・すべり角)で計算を実施し, 以下の式によりスクリーニングを実施している。

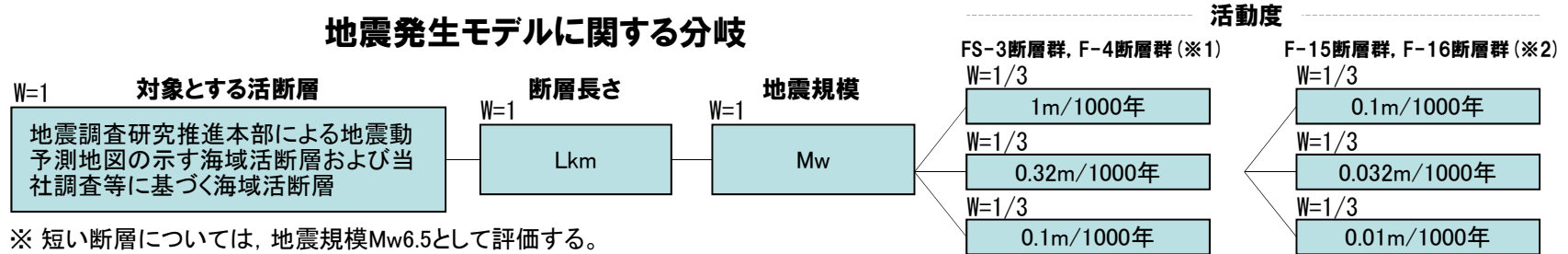
$$|X| > |H| \cdot \kappa^{2.3}$$

X: 評価対象となる水位(-4.10m: 海水ポンプの取水可能水位より設定)  
 H: 数値シミュレーションにより計算された津波高さ  
 κ: 津波高さのばらつき(=1.55)

○スクリーニングの結果, FS-3断層群, F-4断層群, F-15断層群及びF-16断層群以外の断層については, 敷地への影響が小さく, 除外可能と判断された。

# (4) その他の活断層

## 地震発生モデルに関する分岐

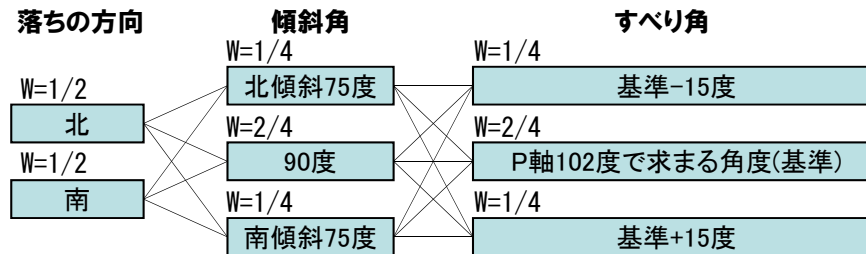


※ 短い断層については、地震規模Mw6.5として評価する。

※1 土木学会(2011)の「活動度に関して有力な情報がないとき」として設定。

※2 土木学会(2011)の「平均発生間隔が既知の場合」として設定。音波探査の結果、中央構造線断層帯よりはるかに活動度が低いことを確認している(平成25年10月30日審査会合資料1-3)

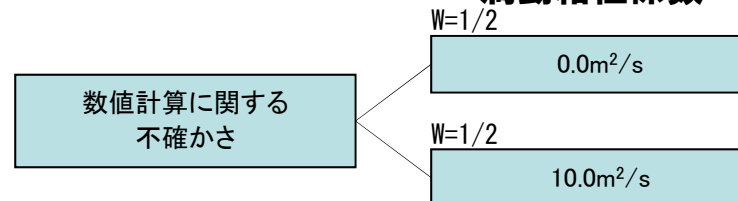
## 津波発生モデルに関する分岐



※ 傾斜角及びすべり角は中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯を参考に基準±15度とした。

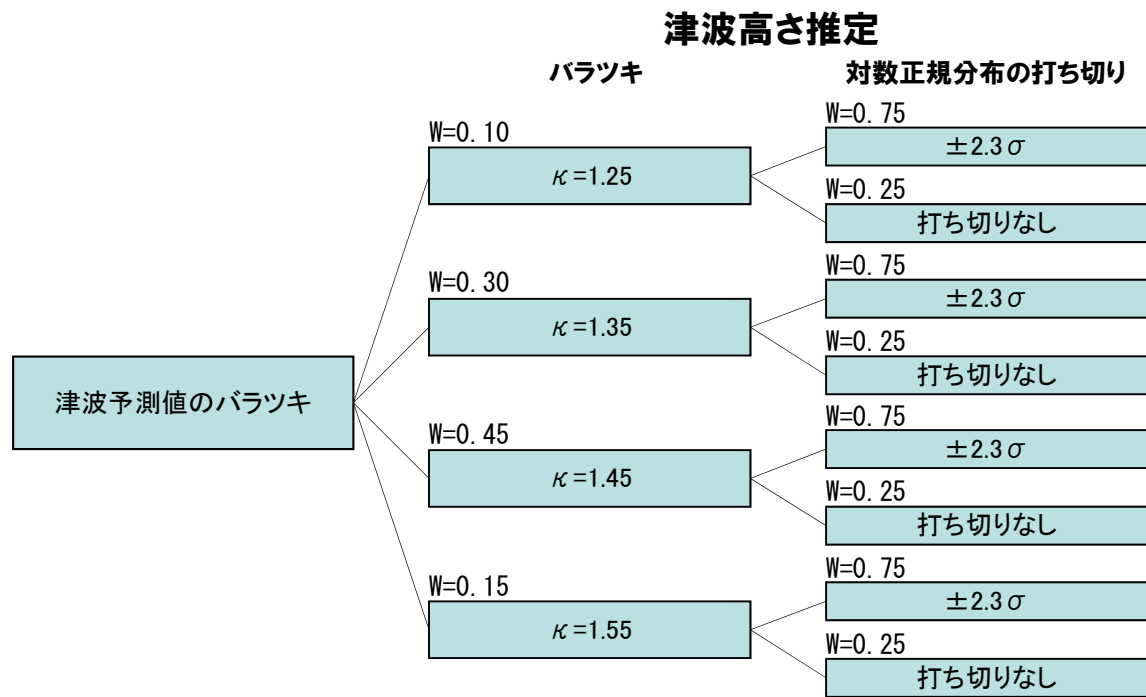
※ F-15断層群及びF-16断層群のすべり角については、音波探査の記録を踏まえ、中央構造線断層帯と同等として設定。

## 渦動粘性係数



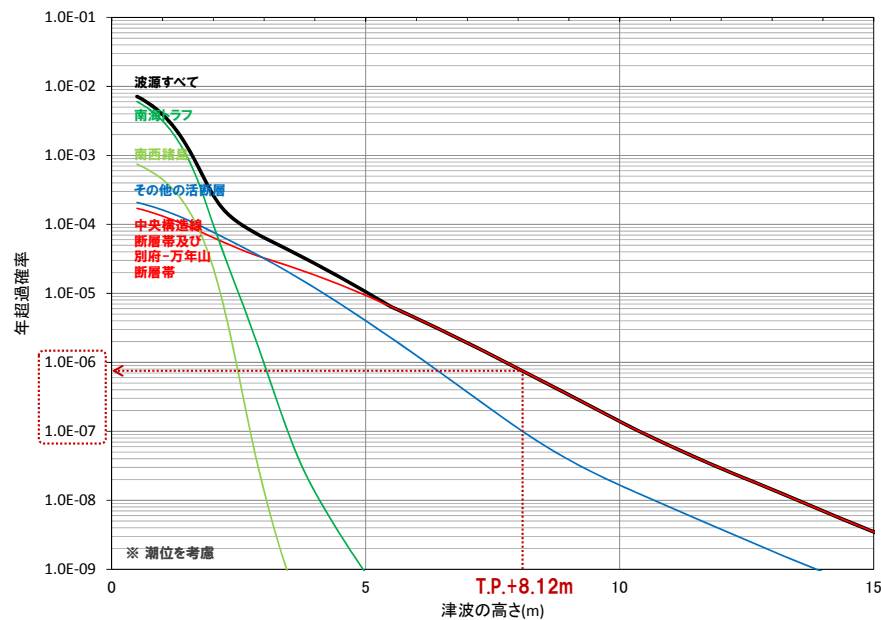
※渦動粘性係数は確定論を参考に10.0m<sup>2</sup>/s・0.0m<sup>2</sup>/sの分岐を設定した。

# (4) その他の活断層

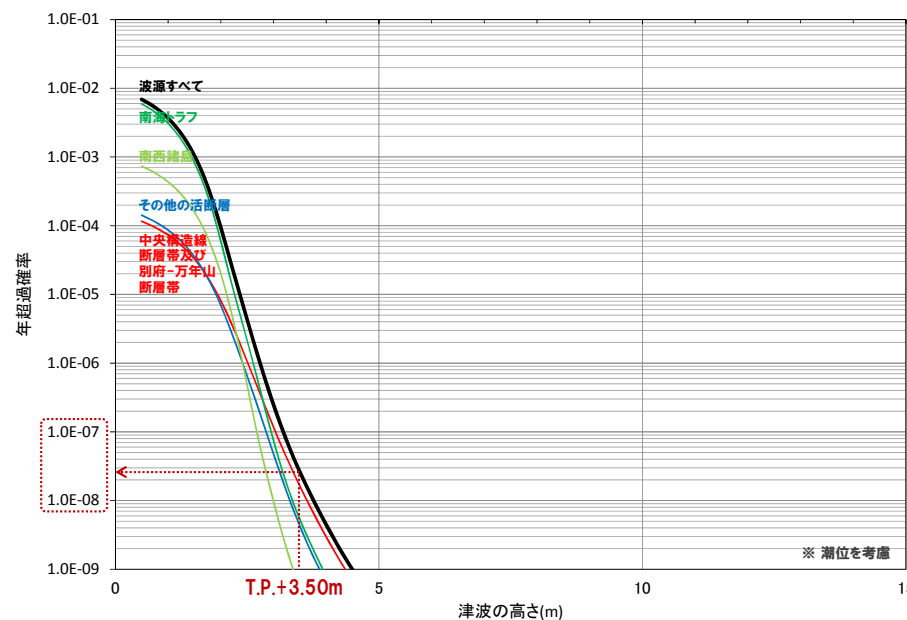


※ 重みは、土木学会における調査結果に基づき設定した。

# 津波ハザード曲線 (上昇側)



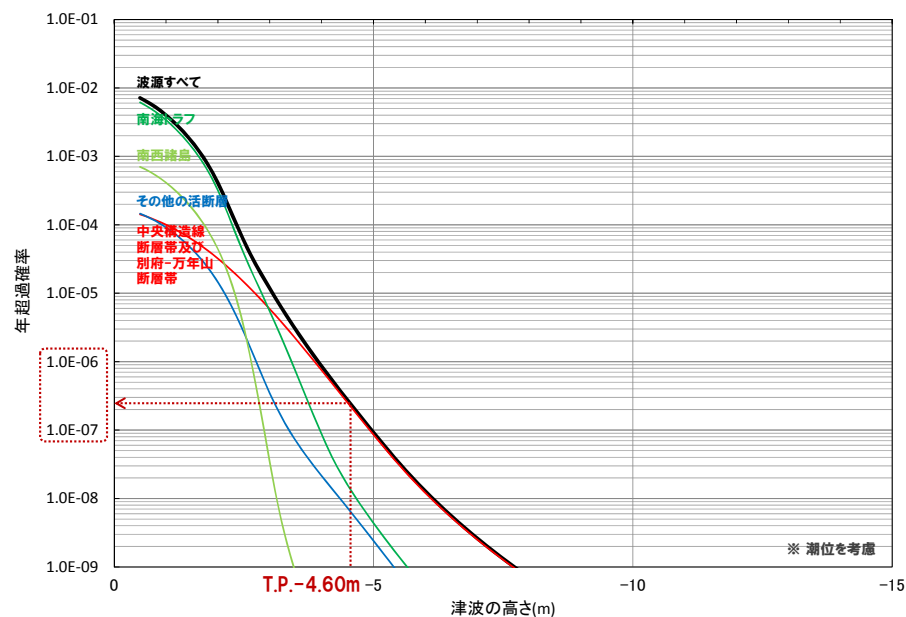
3号炉敷地前面



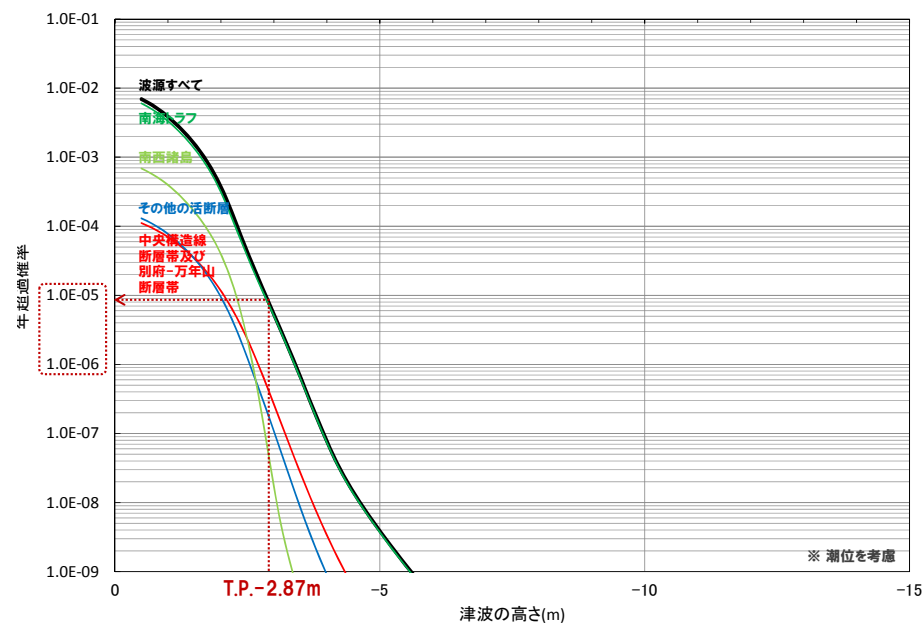
基準津波定義地点

基準津波による最高水位の年超過確率について、3号炉敷地前面および基準津波定義地点ともに、中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯による地震に伴う津波が支配的となっている。

# 津波ハザード曲線 (下降側)



3号炉補機冷却海水取水口

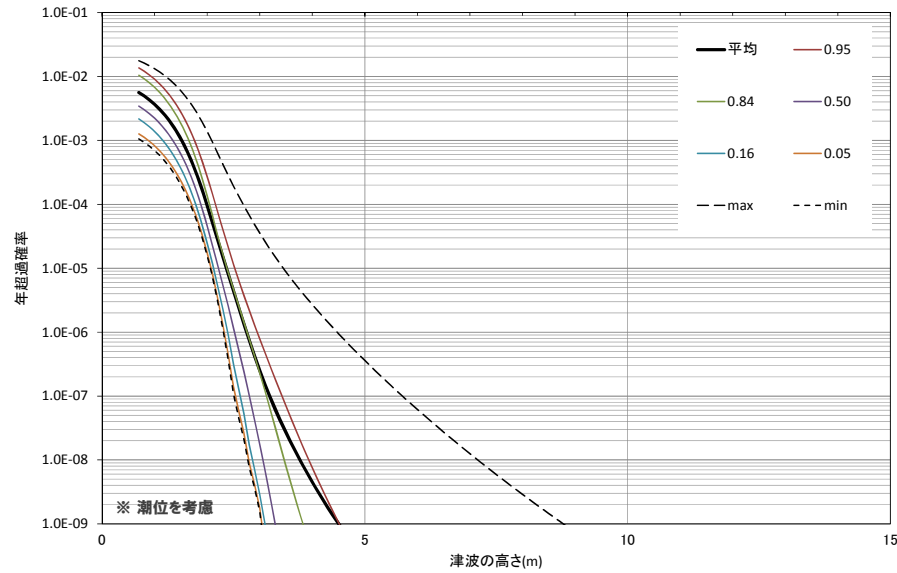


基準津波定義地点

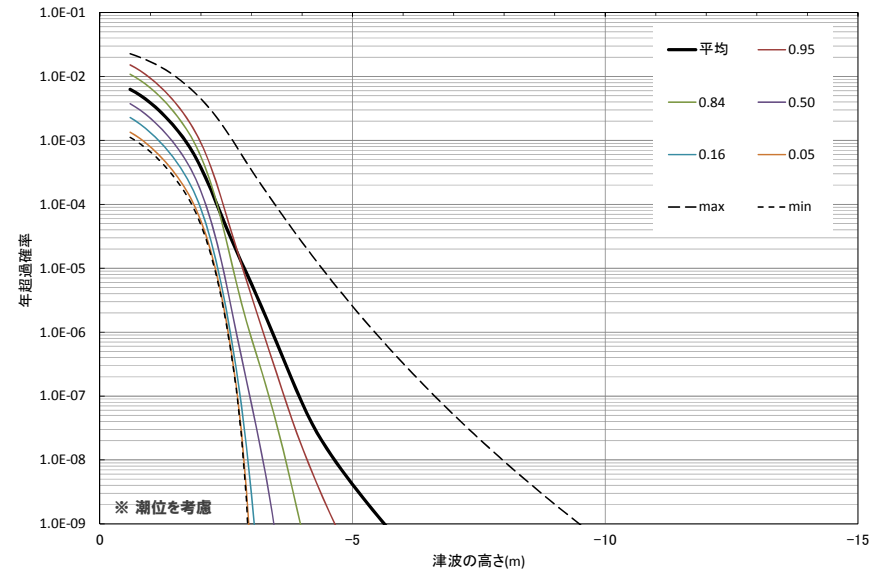
基準津波による最低水位の年超過確率について、3号炉補機冷却海水取水口では中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯による地震に伴う津波が支配的となっており、基準津波定義地点では南海トラフの地震に伴う津波が支配的となっている。

# 津波ハザード曲線 (信頼度別ハザード曲線と平均ハザード曲線)

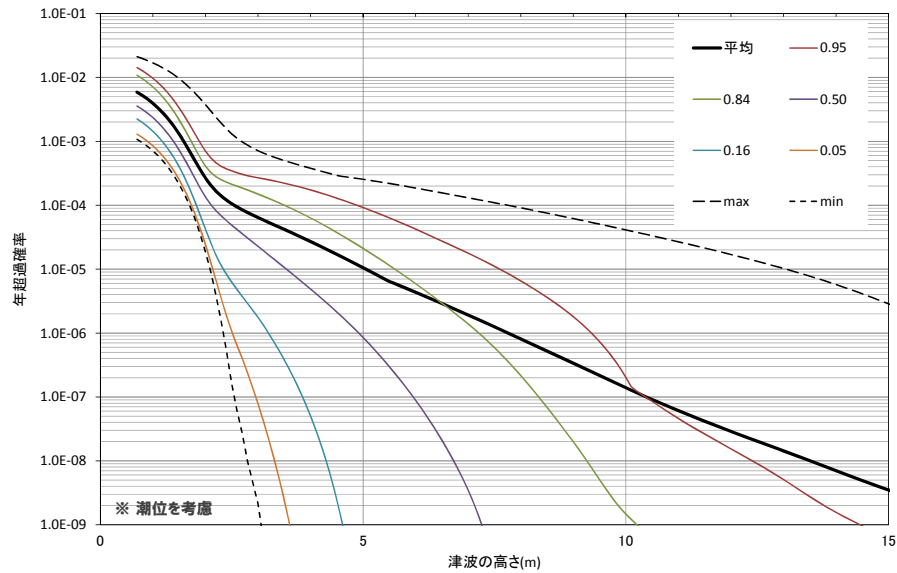
基準津波定義地点 (上昇側)



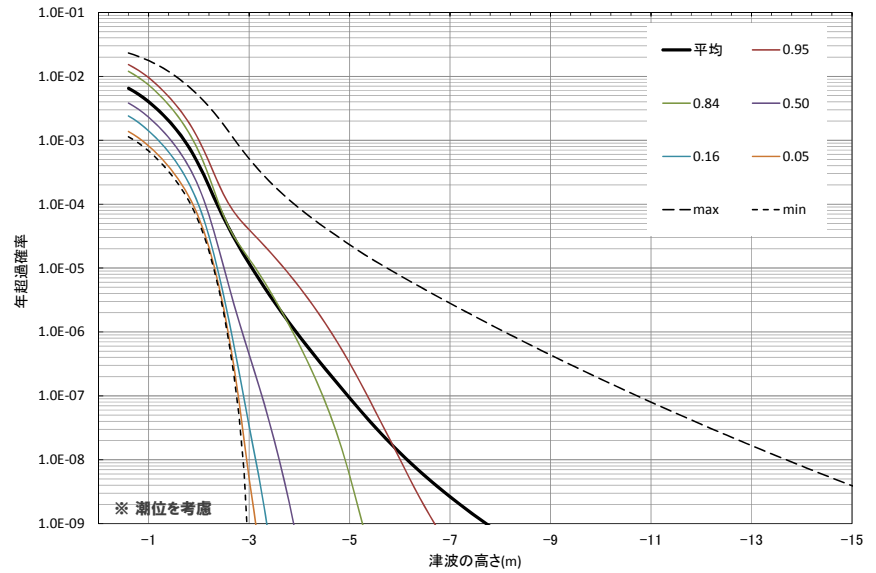
基準津波定義地点 (下降側)



3号炉敷地前面 (上昇側)



3号炉補機冷却海水取水口 (下降側)



## まとめ

- 基準津波定義地点における最高水位の年超過確率は $10^{-7} \sim 10^{-8}$ 程度となっている。
- 基準津波定義地点における最低水位の年超過確率は $10^{-5} \sim 10^{-6}$ 程度となっている。
- 3号炉敷地前面における、基準津波による最高水位の年超過確率は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 程度となっている。
- 3号炉補機冷却海水取水口における、基準津波による最低水位の年超過確率は $10^{-6} \sim 10^{-7}$ 程度となっている。

評価地点	津波水位	年超過確率
基準津波定義地点 (最高水位)	T.P.+3.50m	$10^{-7} \sim 10^{-8}$
基準津波定義地点 (最低水位)	T.P.-2.87m	$10^{-5} \sim 10^{-6}$
3号炉敷地前面 (最高水位)	T.P.+8.12m	$10^{-6} \sim 10^{-7}$
3号炉補機冷却海水取水口 (最低水位)	T.P.-4.60m	$10^{-6} \sim 10^{-7}$

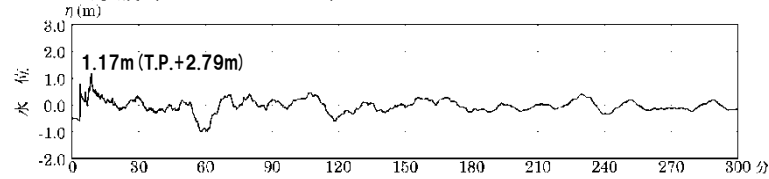


# 【参考】基準津波

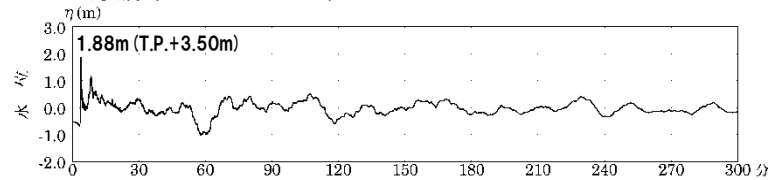
○ 基準津波定義地点における時刻歴波形は以下のとおり。

【上昇側】( )内の数値は期望平均満潮位 (T.P.+1.62m) を考慮した値

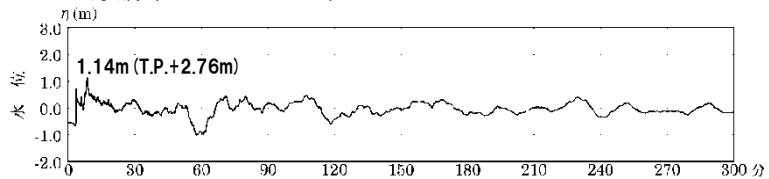
重畳津波 (重畳ケースC※)



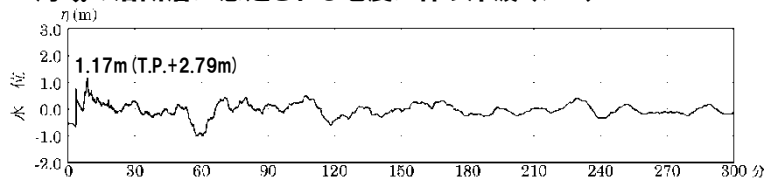
重畳津波 (重畳ケースB※)



重畳津波 (重畳ケースD※)

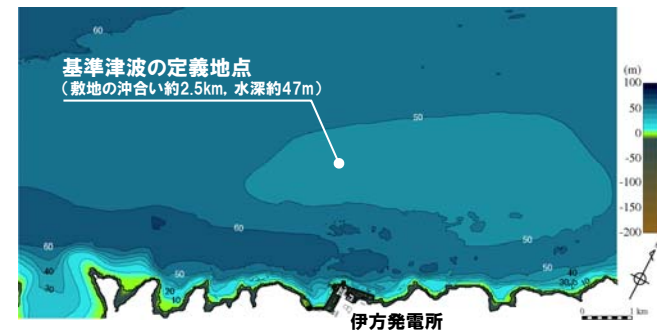
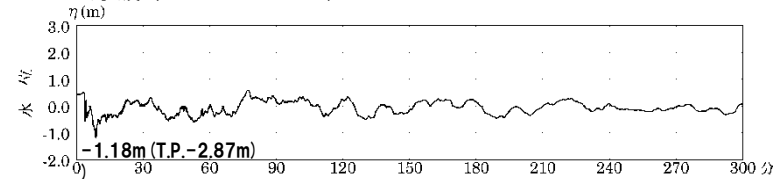


海域の活断層に想定される地震に伴う津波 (ア※)



【下降側】( )内の数値は期望平均干潮位 (T.P.-1.69m) を考慮した値

重畳津波 (重畳ケースE※)



- ※
- 重畳ケースC: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北80度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】15秒
  - 重畳ケースB: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】④(亀浦)【評価手法】二層流【時間差】79秒
  - 重畳ケースD: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】⑤(立神岩)【評価手法】二層流【時間差】12秒
  - 重畳ケースE: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北75度,すべり角:195度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度【地すべり地点】③(海岬)【評価手法】二層流【時間差】71秒
  - ア: 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】傾斜角:北85度,すべり角:165度【豊予海峡】傾斜角:90度,すべり角:150度【別府地溝南縁】傾斜角:北75度,すべり角:-90度【別府湾断層帯】傾斜角:南75度,すべり角:-90度

# 【参考】ロジックツリーの分岐および重み付けの考え方

## 【中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯】

項目	分岐	重み	重み付けの考え方
活動区間	54km 単独ケース	3/4	敷地前面海域の断層群の運動については、ジョグなどの断層情報等から単独ケースを基本と考え3:1で重みを配分した。さらに、連動する場合には、130km連動ケースについては推本で示されていることからこれを基本と考え3:1で重みを配分した。
	130km 連動ケース	3/16	
	新海域130km 連動ケース	1/16	
傾斜角 (単独ケース)	北傾斜30°	1/8	敷地前面海域の断層群の不確かさの考慮の観点から、基本となる90°と地質境界断層としての中央構造線の傾斜角を想定し3:1で重み付けを配分した。地質境界断層としての中央構造線の傾斜角については北傾斜30°～40°との地質調査結果を踏まえ、北傾斜30°及び北傾斜40°を想定し等配分した。90°については90°を基本として±15°についてそれぞれ2:1で配分した。
	北傾斜40°	1/8	
	北傾斜75°	3/16	
	90°	6/16	
	南傾斜75°	3/16	
傾斜角 (連動ケース)	北傾斜75°	1/4	基本となる90°に対する不確かさ考慮の観点から、90°を基本として±15°についてそれぞれ2:1で配分した。
	90°	2/4	
	南傾斜75°	1/4	
発生確率 (54km単独)	2500年間隔	1/2	地震調査研究推進本部地震調査委員会の「中央構造線断層帯の長期評価について」の知見より設定。
	2900年間隔	1/2	
発生確率 (130km連動)	1000年間隔	1/4	地震調査研究推進本部地震調査委員会の「中央構造線断層帯の長期評価について」の知見より設定。
	1400年間隔	1/4	
	2500年間隔	1/4	
	2900年間隔	1/4	
発生確率 (新海域130km連動)	1000年間隔	1/4	地震調査研究推進本部地震調査委員会の「中央構造線断層帯の長期評価について」の知見より設定。
	1400年間隔	1/4	
	2500年間隔	1/4	
	2900年間隔	1/4	

## 【その他の活断層】

項目	分岐	重み	重み付けの考え方
活動度 (PS-3断層群、F-4断層群)	1m/1000年	1/3	その他の断層の活動度を3つに区分し、等分配とした。
	0.32m/1000年	1/3	
	0.1m/1000年	1/3	
活動度 (F-15断層群、F-16断層群)	0.1m/1000年	1/3	その他の断層の活動度を3つに区分し、等分配とした。
	0.032m/1000年	1/3	
	0.01m/1000年	1/3	
すべり角	P軸102度で求まる 角度(基準)	1/2	P軸102度から求まるすべり角度を基準とし、±15度の分岐を等分配とした。
	基準-15度	1/4	
	基準+15度	1/4	

## 【南海トラフ】

項目	分岐	重み	重み付けの考え方		
南海地震	昭和南海 相田モデル (Mw8.4)	1/4	昭和南海、安政南海、宝永南海及び国の評価モデルに対し1/4ずつ等配分した。国の評価モデルについては、中央防災会議と内閣府検討会の2つのモデルを考慮することとし、地震本部の確率論的地震動予測地図(2013)での最大クラスの地震に対する重み設定(1/20)も参考に、内閣府検討会を1/20に設定した。  次に中央防災会議については敷地への影響を考慮し、「想定東南海+南海地震モデル」、「想定東海+東南海+南海地震モデル」の分岐を考慮し、等分配とした。また、内閣府検討会についても敷地への影響を考慮し、「ケース⑤」、「ケース⑩」の分岐を考慮し、等分配とした。		
	安政南海 相田モデル (Mw8.5)	1/4			
	宝永南海 相田モデル (Mw8.6)	1/4			
	中央防災会議 想定東南海+南海地震 モデル (Mw8.7)	1/5		1/10	
	中央防災会議 想定東海+東南海+ 南海地震モデル (Mw8.8)				
	内閣府検討会 ケース⑤ (Mw9.1)	1/20		1/40	
	内閣府検討会 ケース⑩ (Mw9.1)			1/40	
	地震発生確率	時間予測モデル		2/3	時間予測モデルを基本とするが、南海地震については発生事象も把握できていることから更新過程も取り入れることとし、比率として2:1とした。
		更新過程		1/3	