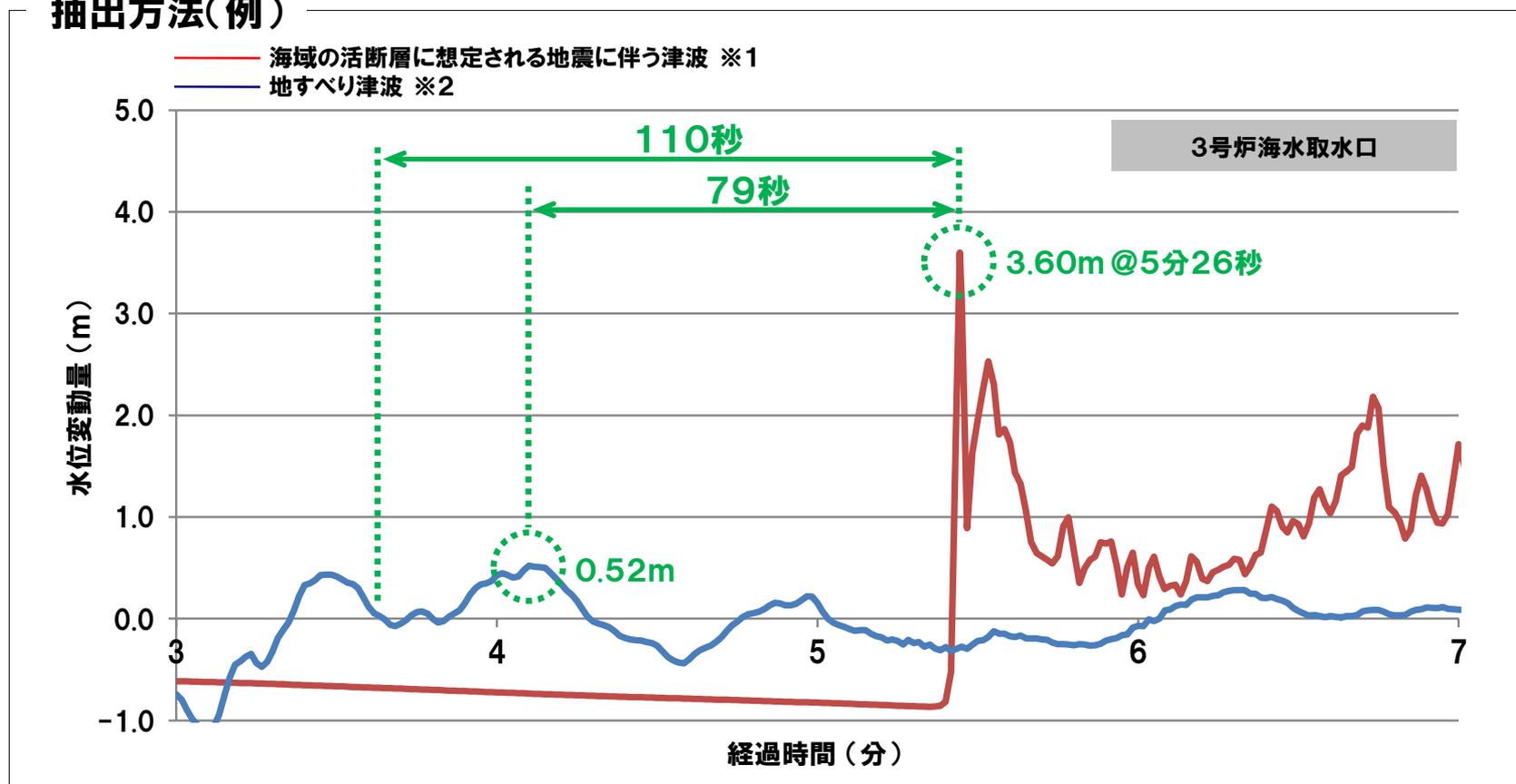


# 検討用時間差の抽出方法

- ① 主要動継続時間を設定 (= 110秒)
- ② “海域活断層に想定される地震に伴う津波 (敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯: 海域部) に想定される地震に伴う津波)” における着目地点別の最も厳しいケースについて, それぞれ水位変動量が最大となる時刻を探索 (= 5分26秒: 下図例 (海水取水口) の場合)
- ③ ②を起点として, 地すべり津波 (伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波) すべての地点ケースに対して, 110秒の範囲内で水位変動量が最大となる時間差を探索 (= 79秒: 下図例 (地点④ 亀浦) の場合)

## 抽出方法(例)

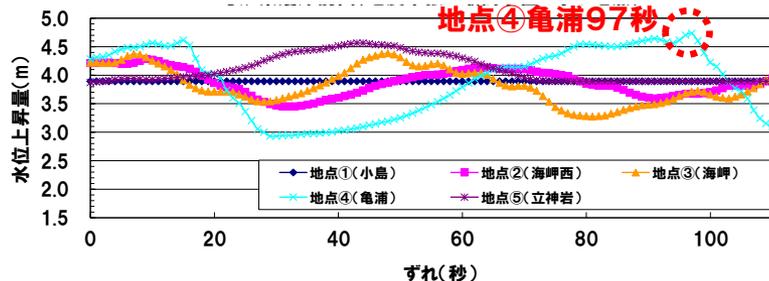


※1 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】 傾斜角:北85度, すべり角:165度 【豊予海峡】 傾斜角:90度, すべり角:150度  
【別府地溝南縁】 傾斜角:北75度, すべり角:-90度 【別府湾断層帯】 傾斜角:南75度, すべり角:-90度  
※2 地点④ (亀浦)

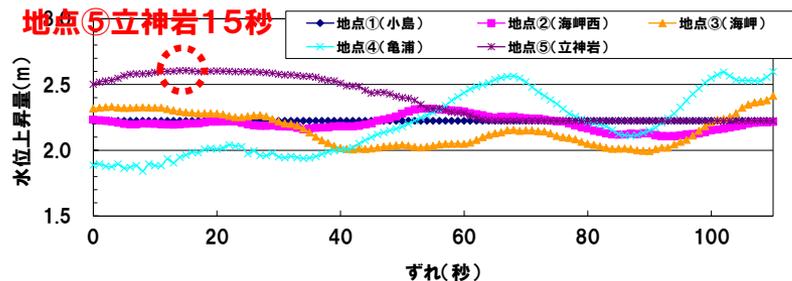
# 検討用時間差の抽出結果

## 水位上昇側

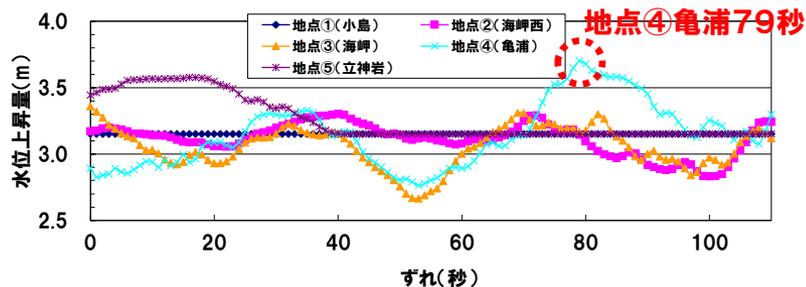
3号炉敷地前面



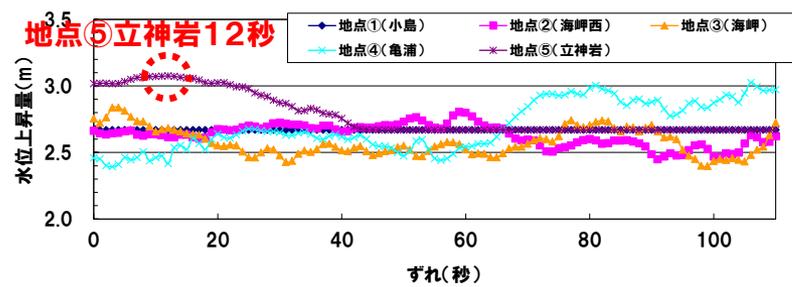
3号炉T/B復水器取水先端



3号炉海水取水口

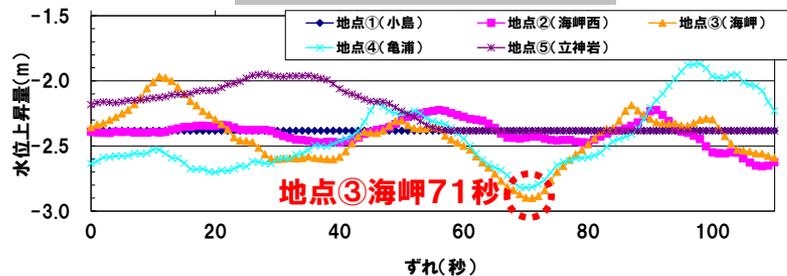


3号炉放水口



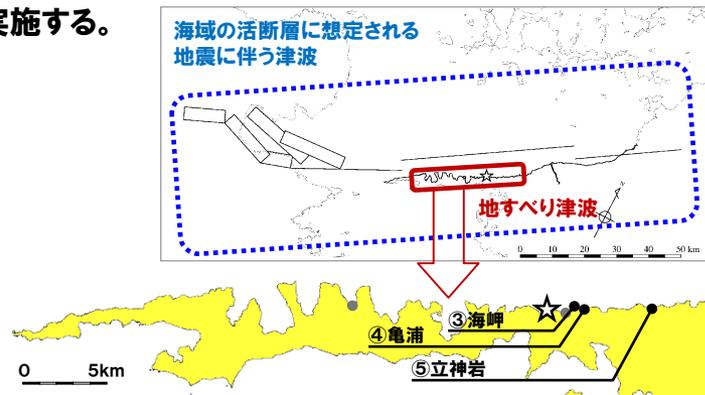
## 水位下降側

3号炉海水取水口



# 重畳条件の設定

○検討用時間差の抽出結果を基に、以下に示す重畳ケースに対して津波計算を実施する。



重畳ケース		着目地点	海域の活断層に想定される地震に伴う津波 (敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯: 海域部)に想定される地震に伴う津波)	地すべり津波 (伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波)		
				地点ケース	評価手法	時間差(秒)
A	水位上昇側	敷地前面	※1	④(亀浦)	二層流モデル	97
B		海水取水口	※2	④(亀浦)		79
C		T/B復水器取水先端	※3	⑤(立神岩)		15
D		放水口	※2	⑤(立神岩)		12
E	水位下降側	海水取水口	※4	③(海岬)		71

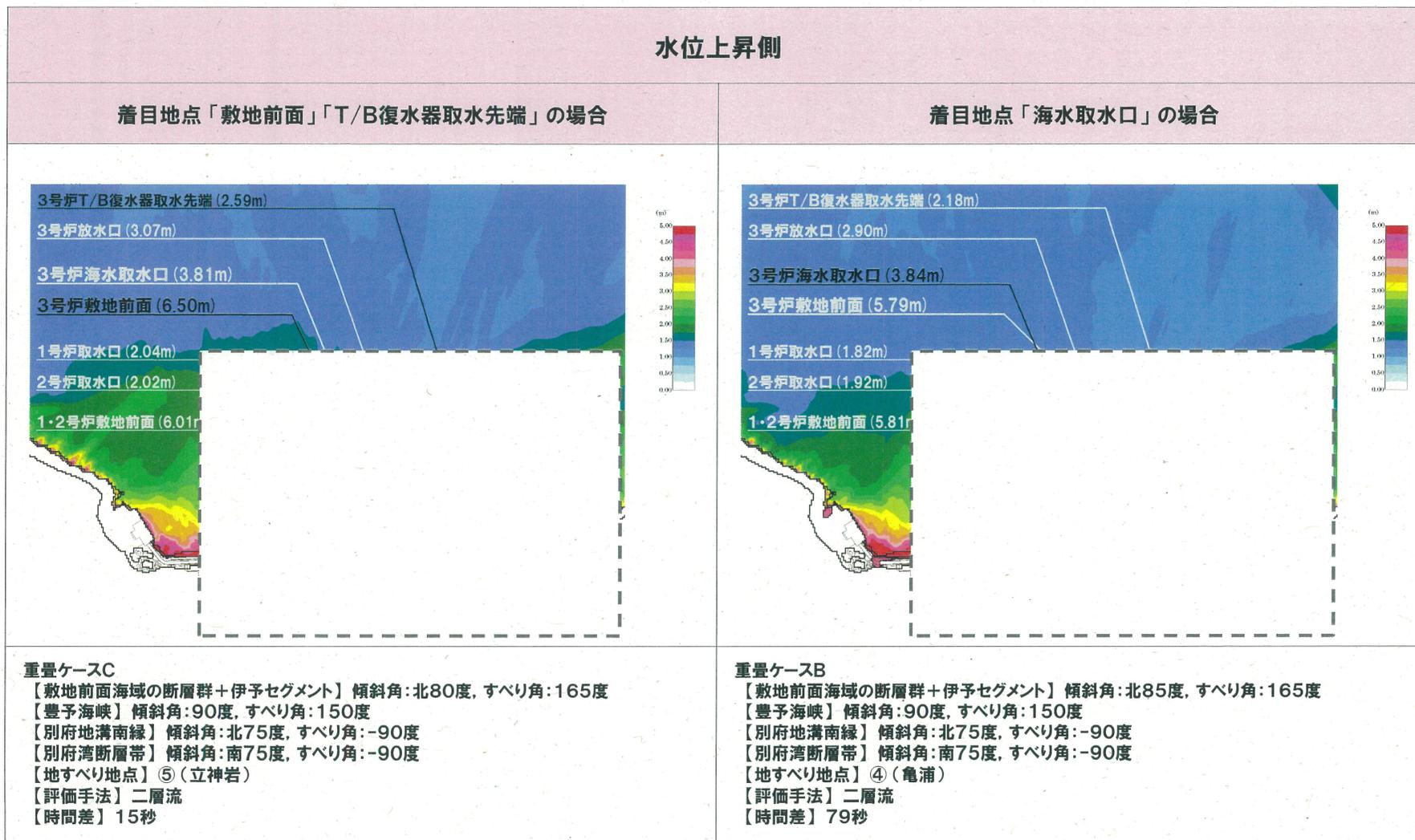
- ※1 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】 傾斜角:北75度, すべり角:165度 【豊予海峡】 傾斜角:90度, すべり角:150度 【別府地溝南縁】 傾斜角:北75度, すべり角:-90度  
【別府湾断層帯】 傾斜角:南75度, すべり角:-90度
- ※2 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】 傾斜角:北85度, すべり角:165度 【豊予海峡】 傾斜角:90度, すべり角:150度 【別府地溝南縁】 傾斜角:北75度, すべり角:-90度  
【別府湾断層帯】 傾斜角:南75度, すべり角:-90度
- ※3 【敷地前面海域の断層群+伊予セグメント】 傾斜角:北80度, 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
- ※4 【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

# 計算結果

平成27年6月3日  
まとめ資料再掲

本資料のうち、枠囲み「」の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

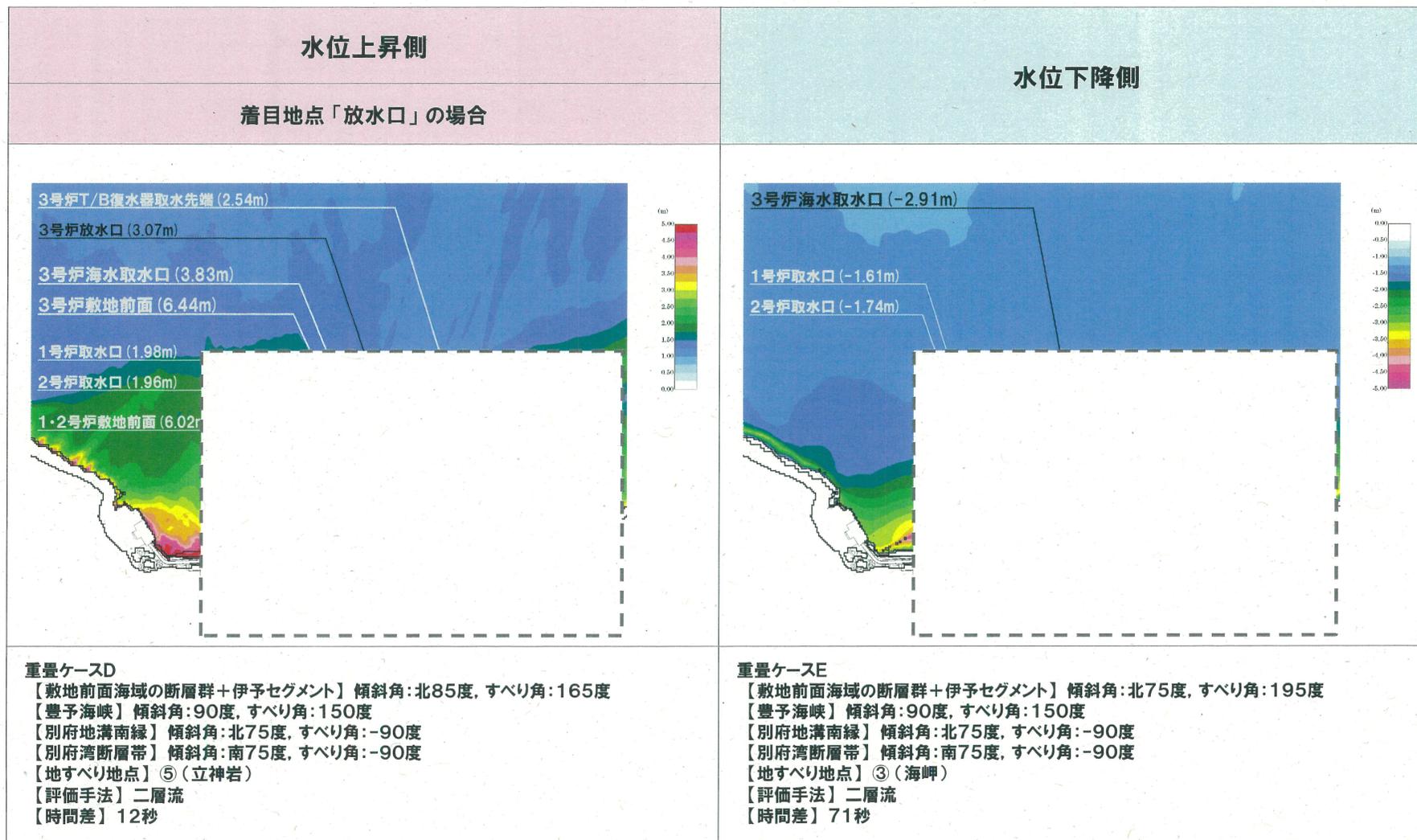
○重畳津波のうち、最も厳しいケースの計算結果（最大水位変動量）を以下に示す。



# 計算結果

平成27年6月3日  
まとめ資料再掲

本資料のうち、枠囲み□の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。



5. 重畳の検討

# 計算結果

○地すべりに伴う津波の計算結果(最大水位変動量)を下表に整理する。3号炉敷地前面における最大水位上昇量は約6.5m, 3号炉海水取水口における最大水位下降量は約2.9mであった。

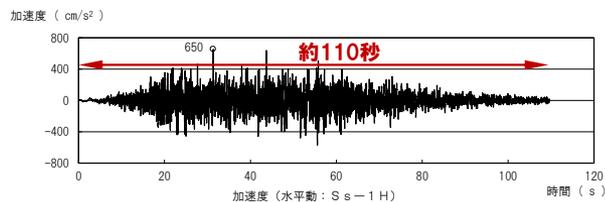
○最も厳しいケースにおける時刻歴水位を添付資料に示す。 <添付資料> pp.107-108参照

検討ケース		一次評価地点									
		水位上昇側				水位下降側					
		一次評価地点	海域の活断層に想定される地震に伴う津波 (敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯・海域部)に想定される地震に伴う津波)	地すべり津波 (伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波)		時間差(秒)	3号炉敷地前面	3号炉海水取水口	3号炉T/B復水器取水先端	3号炉放水口	3号炉海水取水口
		傾斜角*(度)	すべり角*(度)	地点	評価手法						
上昇側	重畳ケースA	3号炉敷地前面	北75	165	④(亀浦)	二層流モデル	97	+5.79m [-0.33m]	+3.42m [-0.34m]	+2.47m [-0.33m]	+2.87m [-0.33m]
	重畳ケースB	3号炉海水取水口	北85	165	④(亀浦)		79	+5.79m [-0.39m]	+3.84m [-0.40m]	+2.18m [-0.39m]	+2.90m [-0.40m]
	重畳ケースC	3号炉T/B復水器取水先端	北80	165	⑤(立神岩)		15	+6.50m [-0.36m]	+3.81m [-0.37m]	+2.59m [-0.36m]	+3.07m [-0.37m]
	重畳ケースD	3号炉放水口	北85	165	⑤(立神岩)		12	+6.44m [-0.39m]	+3.83m [-0.40m]	+2.54m [-0.39m]	+3.07m [-0.40m]
下降側	重畳ケースE	3号炉海水取水口	北75	195	③(海岬)	71					-2.91m [+0.34m]

下線:各一次評価地点における地盤変動量を考慮した最も厳しいケース  
[ ]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起,-が沈降)

重畳ケースA 傾斜角\*:北75度,すべり角\*:165度,地すべり地点:④(亀浦),評価手法:二層流,時間差:97秒  
 重畳ケースB 傾斜角\*:北85度,すべり角\*:165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C 傾斜角\*:北80度,すべり角\*:165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D 傾斜角\*:北85度,すべり角\*:165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 傾斜角\*:北75度,すべり角\*:195度,地すべり地点:③(海岬),評価手法:二層流,時間差:71秒

※ 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海地域)のうち敷地前面海域の断層群及び伊予セグメントのパラメータであり,別府-万年山断層帯は基準断層モデルと同じ。



## 6. 基準津波の策定及び検証

# 全体構成

1. 既往津波に関する調査
2. 津波伝播計算手法及び計算条件
3. 地震に起因する津波
4. 地震以外に起因する津波
5. 重畳の検討

## 6. 基準津波の策定及び検証

「地震に起因する津波」、「地震以外に起因する津波」及び「重畳の検討」の検討結果を踏まえ、基準津波を策定

### 上昇側

- ・重畳津波(敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)の地震+伊予灘沿岸部の地すべり)・・・3ケース
- ・敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)の地震に伴う津波・・・1ケース

### 下降側

- ・重畳津波(敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)の地震+伊予灘沿岸部の地すべり)・・・1ケース

既往津波の文献調査による検証, 行政機関による既往評価との比較

7. 基準津波に対する安全性
8. 超過確率の参照

6. 基準津波の策定及び検証

# 最大水位上昇量・下降量

波源及び検討ケース	一次評価地点					水位下降側
	水位上昇側				3号炉 海水取水口	
	3号炉 敷地前面	3号炉 海水取水口	3号炉 T/B復水器 取水先端	3号炉 放水口		
<b>1 プレート境界に想定される地震に伴う津波 (南海トラフの巨大地震に伴う津波)</b>						<b>P.40</b>
南海トラフの巨大地震に伴う津波	+0.83m [-0.84m]	+0.76m [-0.84m]	+0.76m [-0.84m]	+0.77m [-0.84m]	-0.86m [-0.84m]	
<b>2 海域の活断層に想定される地震に伴う津波 (敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯: 海域部) に想定される地震に伴う津波)</b>						<b>P.55</b>
傾斜角*:北75度	すべり角*:165度	+5.94m [-0.33m]				
傾斜角*:北85度	すべり角*:165度		+3.60m [-0.40m]		+2.75m [-0.40m]	
傾斜角*:北80度	すべり角*:165度			+2.25m [-0.36m]		
傾斜角*:北75度	すべり角*:195度					-2.39m [+0.34m]
<b>4.1 火山の山体崩壊に伴う津波 (鶴見岳の山体崩壊に伴う津波)</b>						<b>P.71</b>
崩壊ケース2	二層流モデル	+0.94m [±0.00m]	+0.91m [±0.00m]	+0.90m [±0.00m]	+0.90m [±0.00m]	-0.71m [±0.00m]
<b>4 地すべり津波 (伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波)</b>						<b>P.93</b>
② 海岬西	二層流モデル	+4.73m [±0.00m]				
③ 海岬	二層流モデル		+2.37m [±0.00m]		+2.28m [±0.00m]	-1.67m [±0.00m]
④ 亀浦	二層流モデル			+1.64m [±0.00m]		
<b>5. 重畳津波 (「敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯: 海域部) に想定される地震に伴う津波」と「伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波」を重畳させた津波)</b>						<b>P.106</b>
重畳ケースC		+6.50m [-0.36m]		+2.59m [-0.36m]		
重畳ケースB			+3.84m [-0.40m]			
重畳ケースD					+3.07m [-0.40m]	
重畳ケースE						-2.91m [+0.34m]

評価地点及び波源別の最大水位変動量を示しており、これ以外は空欄としている。[ ]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)

- 重畳ケースB 傾斜角\*:北85度, すべり角\*:165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C 傾斜角\*:北80度, すべり角\*:165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D 傾斜角\*:北85度, すべり角\*:165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 傾斜角\*:北75度, すべり角\*:195度, 地すべり地点:③(海岬), 評価手法:二層流, 時間差:71秒

※ 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)のうち敷地前面海域の断層群及び伊予セグメントのパラメータであり、別府-万年山断層帯は基準断層モデルと同じ。



6. 基準津波の策定及び検証

# 最高・最低水位 (※ 前頁の値に朔望平均満干潮位を考慮)

波源及び検討ケース	一次評価地点					
	水位上昇側				水位下降側	
	3号炉敷地前面	3号炉海水取水口	3号炉T/B復水器取水先端	3号炉放水口	3号炉海水取水口	
<b>1 プレート境界に想定される地震に伴う津波 (南海トラフの巨大地震に伴う津波)</b>						
南海トラフの巨大地震に伴う津波	T.P.+2.45m [-0.84m]	T.P.+2.38m [-0.84m]	T.P.+2.38m [-0.84m]	T.P.+2.39m [-0.84m]	T.P.-2.55m [-0.84m]	
<b>2 海域の活断層に想定される地震に伴う津波 (敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯: 海域部) に想定される地震に伴う津波)</b>						
傾斜角*:北75度	すべり角*:165度	T.P.+7.56m [-0.33m]				
傾斜角*:北85度	すべり角*:165度		T.P.+5.22m [-0.40m]	T.P.+4.37m [-0.40m]		
傾斜角*:北80度	すべり角*:165度		T.P.+3.87m [-0.36m]			
傾斜角*:北75度	すべり角*:195度				T.P.-4.08m [+0.34m]	
<b>4.1 火山の山体崩壊に伴う津波 (鶴見岳の山体崩壊に伴う津波)</b>						
崩壊ケース2	二層流モデル	T.P.+2.56m [±0m]	T.P.+2.53m [±0m]	T.P.+2.52m [±0m]	T.P.+2.52m [±0m]	T.P.-2.40m [±0m]
<b>4 地すべり津波 (伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波)</b>						
② 海岬西	二層流モデル	T.P.+6.35m [±0m]				
③ 海岬	二層流モデル		T.P.+3.99m [±0m]	T.P.+3.90m [±0m]	T.P.-3.36m [±0m]	
④ 亀浦	二層流モデル			T.P.+3.26m [±0m]		
<b>5. 重畳津波 (「敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯: 海域部) に想定される地震に伴う津波」と「伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波」を重畳させた津波)</b>						
重畳ケースC		T.P.+8.12m [-0.36m]		T.P.+4.21m [-0.36m]		
重畳ケースB			T.P.+5.46m [-0.40m]			
重畳ケースD				T.P.+4.69m [-0.40m]		
重畳ケースE					T.P.-4.60m [+0.34m]	

評価地点及び波源別の最高水位・最低水位を示しており、これ以外は空欄としている。水位上昇側は朔望平均満潮位(T.P.+1.62m)を考慮し、水位下降側は朔望平均干潮位(T.P.-1.69m)を考慮した値。[ ]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)。下線:各一次評価地点における地盤変動量を考慮した最も厳しいケース。

重畳ケースB 傾斜角\*:北85度, すべり角\*:165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C 傾斜角\*:北80度, すべり角\*:165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D 傾斜角\*:北85度, すべり角\*:165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 傾斜角\*:北75度, すべり角\*:195度, 地すべり地点:③(海岬), 評価手法:二層流, 時間差:71秒

※ 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)のうち敷地前面海域の断層群及び伊予セグメントのパラメータであり、別府一万山断層帯は基準断層モデルと同じ。



6. 基準津波

# 基準津波の策定方針

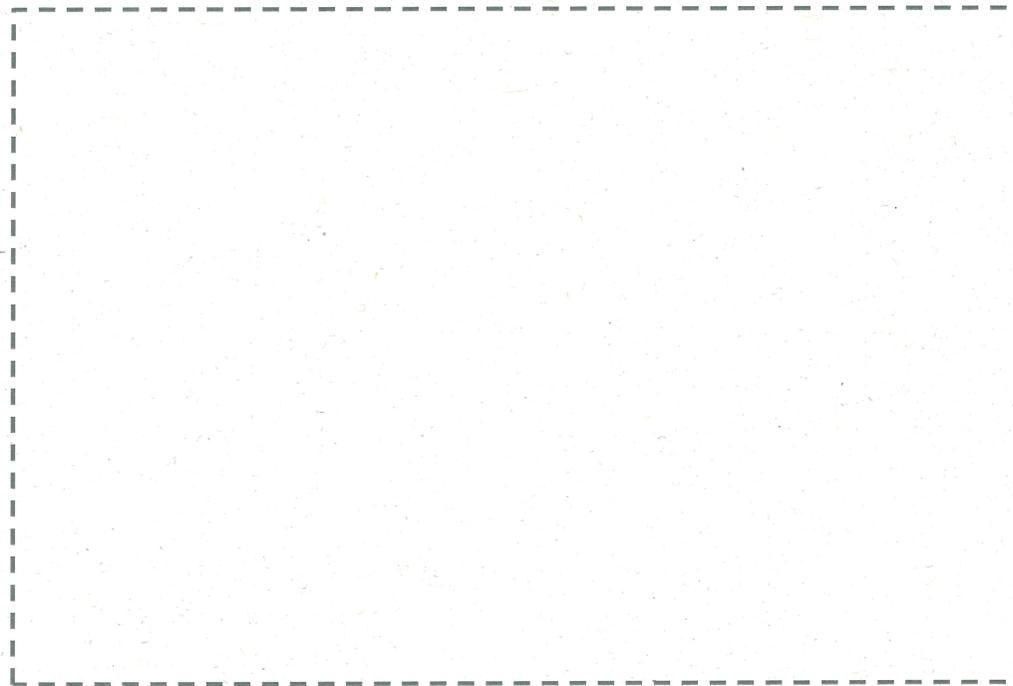
本資料のうち、枠囲み「」の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

○基準津波は、以下(1)及び(2)の津波として策定する。

- (1) 前頁に示した、津波シミュレーションにおける各評価地点(以下「**一次評価地点**」という。)に対して最も厳しい結果を与える津波
- (2) 取放水設備の水理特性を考慮した水位変動に関する数値シミュレーション(以下「**管路解析**」という。)を用いて算出される海水ピット等の評価地点(以下「**二次評価地点**」という。)に対して最も厳しい結果を与える津波  
⇒ 管路解析の計算条件等は「7. 基準津波に対する安全性」参照

管路解析においては、潮位条件に加えて、管路の形状、材質及び表面の状況に応じた摩擦損失を考慮するとともに、循環水ポンプ及び海水ポンプの稼働状態、貝付着の有無及びスクリーン等の有無を不確かさとして考慮した計算条件とする。  
また、管路解析における入力条件は、津波シミュレーションにより求まる一次評価地点の時刻歴水位とする。  
なお、一次評価地点から選定される基準津波がすべて「**重畳津波**」となることから、入力条件とする時刻歴水位は「**重畳津波**」に加え、これを構成する「**海域の活断層に想定される地震に伴う津波**」及び「**地すべり津波**」も対象とする。

取放水設備の構造図の例



○上記方針に基づき策定した基準津波を次頁に示す。

6. 基準津波の策定及び検証

# 基準津波の策定

名称	波源及び検討ケース	一次評価地点					二次評価地点				
		水位上昇側				水位下降側	水位上昇側			水位下降側	
		3号炉敷地前面	3号炉海水取水口	3号炉T/B復水器取水先端	3号炉放水口	3号炉海水取水口	3号炉海水ビットポンプ室	3号炉取水ビット	3号炉放水ビット	3号炉海水ビットポンプ室	
<b>重畳津波</b> (「敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)に想定される地震に伴う津波」と「伊予灘沿岸部の地すべりに伴う津波」を重畳させた津波)											
基準津波1	重畳ケースC	T.P.+8.12m [-0.36m]		T.P.+4.21m [-0.36m]				T.P.+4.87m [-0.36m]			
基準津波2	重畳ケースB		T.P.+5.46m [-0.40m]								
基準津波3	重畳ケースD				T.P.+4.69m [-0.40m]						
基準津波4	重畳ケースE					T.P.-4.60m [+0.34m]					T.P.-3.26m [+0.34m]
<b>海域の活断層に想定される地震に伴う津波</b> (敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)に想定される地震に伴う津波)											
基準津波5	傾斜角※:北85度 すべり角※:165度							T.P.+4.30m [-0.40m]		T.P.+4.07m [-0.39m]	

各評価地点の最高水位・最低水位を示しており、これ以外は空欄としている。水位上昇側は朔望平均満潮位(T.P.+1.62m)を考慮し、水位下降側は朔望平均干潮位(T.P.-1.69m)を考慮した値。[ ]内の数値は伊方発電所における地盤変動量(+が隆起、-が沈降)。

- 重畳ケースB 傾斜角※:北85度, すべり角※:165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C 傾斜角※:北80度, すべり角※:165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D 傾斜角※:北85度, すべり角※:165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 傾斜角※:北75度, すべり角※:195度, 地すべり地点:③(海岬), 評価手法:二層流, 時間差:71秒

※ 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)のうち敷地前面海域の断層群及び伊予セグメントのパラメータであり、別府-一万山断層帯は基準断層モデルと同じ。



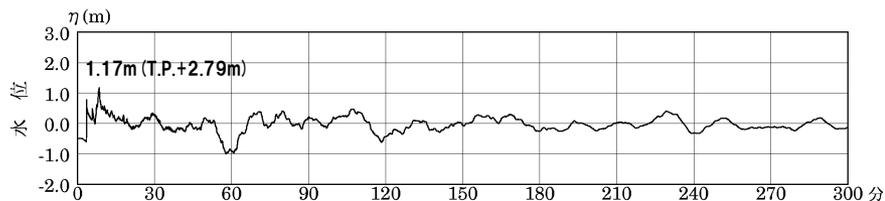
○既往津波の文献調査による検証, 及び行政機関による既往評価との比較の結果, 当社評価結果が安全側であることを確認している。

<添付資料> pp.72-75参照

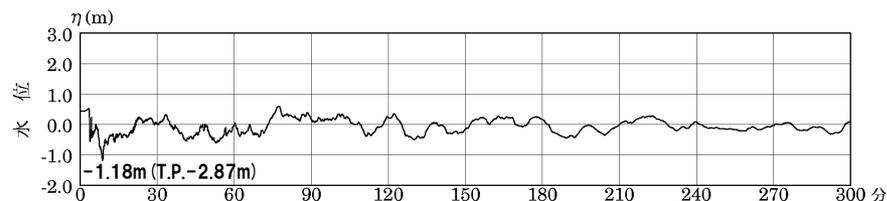
# 基準津波の策定

○基準津波定義地点における時刻歴水位は以下のとおり。

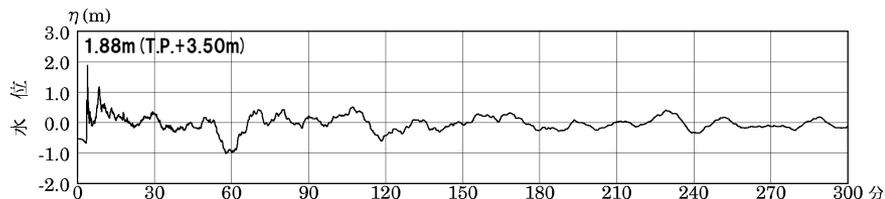
【基準津波1 (水位上昇側)】



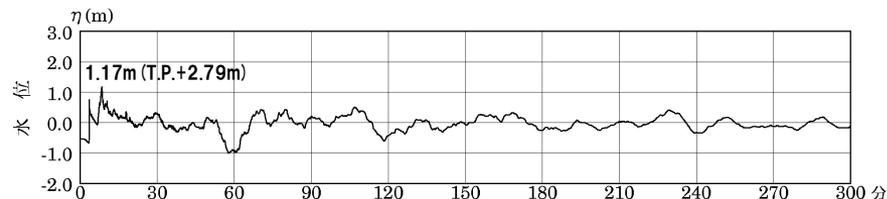
【基準津波4 (水位下降側)】



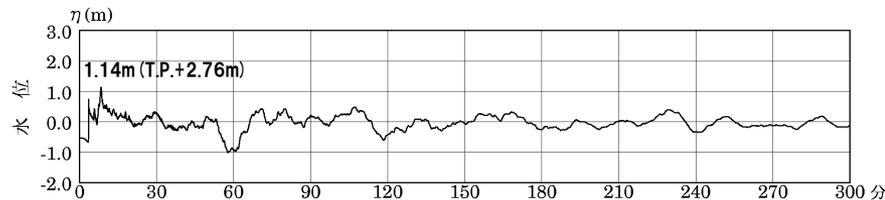
【基準津波2 (水位上昇側)】



【基準津波5 (水位上昇側)】



【基準津波3 (水位上昇側)】



## 7. 基準津波に対する安全性

# 全体構成

1. 既往津波に関する調査
2. 津波伝播計算手法及び計算条件
3. 地震に起因する津波
4. 地震以外に起因する津波
5. 重畳の検討
6. 基準津波の策定及び検証

## 7. 基準津波に対する安全性

### 取放水設備の水理特性を考慮した水位変動

施設評価等に用いる水位(海水ピット内の最高・最低水位等)を  
管路解析により設定

### 砂移動に対する評価

非常用海水冷却系について、土砂移動・堆積に対して取水口及び  
取水路の通水性が確保されることを確認

## 8. 超過確率の参照

## 7. 1 水路の水理特性による水位変動

## 7. 2 砂移動に対する評価

# 水路の水理特性による水位変動

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

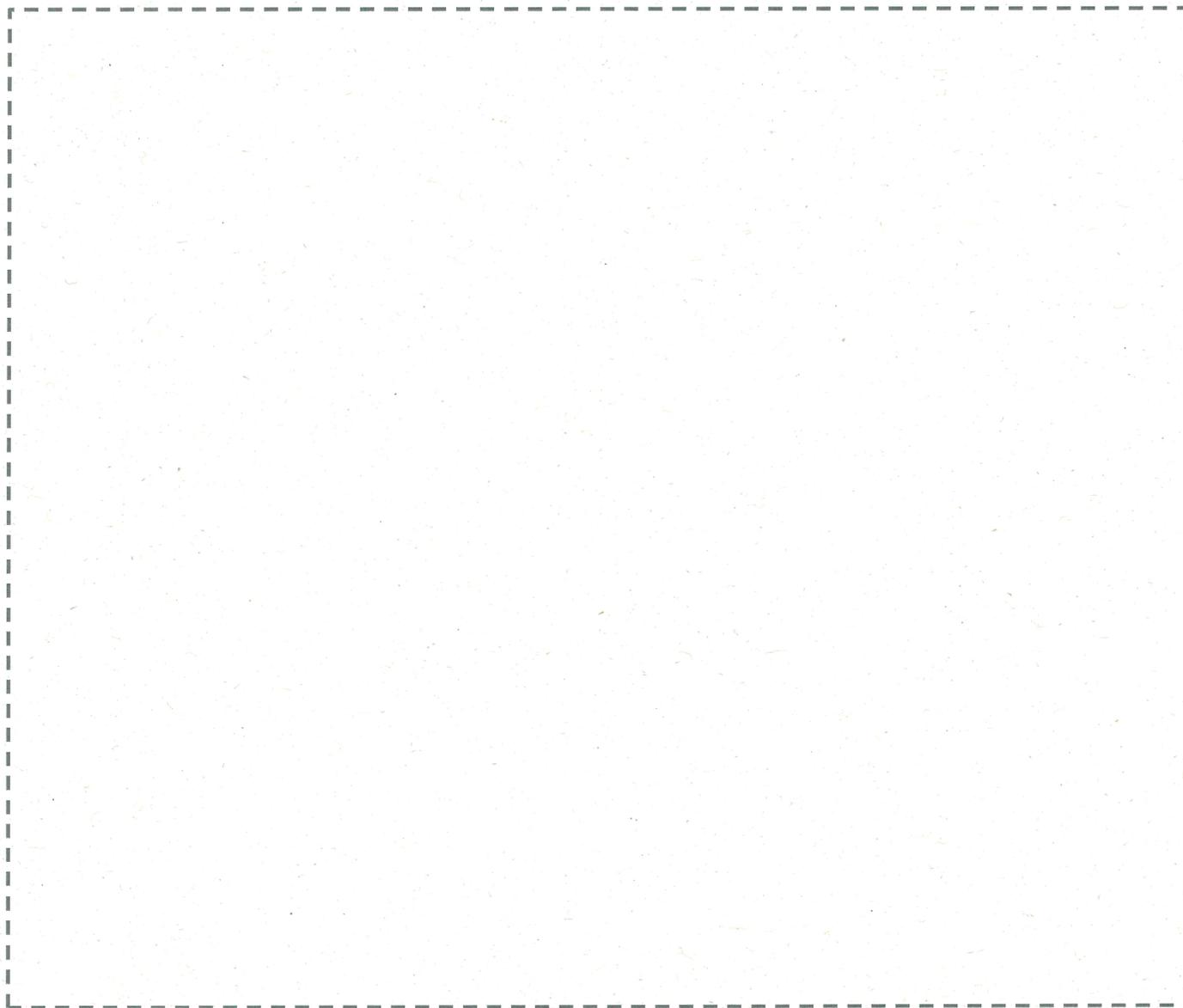
○管路解析の対象となる各水路(海水系取水路, 循環水系取水路, 放水路)の位置関係は下図のとおり。



# 水路の水理特性による水位変動

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

○各水路(海水系取水路, 循環水系取水路, 放水路)の断面図・平面図は下図のとおり。



# 水路の水理特性による水位変動

平成27年6月3日  
まとめ資料再掲

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または  
核物質防護情報に属しますので公開できません。

# 水路の水理特性による水位変動

平成27年6月3日  
まとめ資料再掲

本資料のうち、枠囲み[ ]の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

# 水路の水理特性による水位変動

○管路解析の計算条件は下表のとおり。

項目	計算条件		
計算領域	海水系取水路 : 海水取水口～海水取水路～海水ピット 循環水系取水路 : T/B復水器取水先端～取水路～取水ピット 放水路 : 放水口～放水路～放水ピット		
計算時間間隔	0.1秒		
基礎方程式	非定常管路流の連続式および運動方程式		
境界条件	海水系取水量(海水ピット) 海水ポンプ2台・海水取水ポンプ0台運転 4,800 m <sup>3</sup> /h 海水ポンプ2台・海水取水ポンプ1台運転 5,500 m <sup>3</sup> /h 海水ポンプ4台・海水取水ポンプ0台運転 9,600 m <sup>3</sup> /h	循環水系取水量(取水ピット) 循環水ポンプ運転中 226,000 m <sup>3</sup> /h 循環水ポンプ停止中 0 m <sup>3</sup> /h	放水量(放水ピット) 循環水ポンプ運転中 230,800 m <sup>3</sup> /h 循環水ポンプ停止中 4,800 m <sup>3</sup> /h
水路の摩擦損失係数	マニングの粗度係数 海水系取水路, 循環水系取水路 : 0.025m <sup>-1/3</sup> s (貝付着あり), 0.015m <sup>-1/3</sup> s (貝付着なし) 放水路 : 0.015m <sup>-1/3</sup> s		
局所損失係数	土木学会(1999)等		
潮位変動条件	水位上昇側: 朔望平均満潮位T.P.+1.62m 水位下降側: 朔望平均干潮位T.P.-1.69m		
地盤変動条件	地盤変動を考慮		
計算時間	津波計算と同時間(海域活断層, 重量:5時間, 地すべり:90分)		

① 管路(海水取水路, 循環水系取水路, 放水路)の連続式および運動方程式

・連続式 (管路) (開水路)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

・運動方程式 (管路) (開水路)

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{Q^2}{A} \right) + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gA \left( \frac{n^2 |v|v}{R^{4/3}} + \frac{1}{\Delta x} f \frac{|v|v}{2g} \right) = 0$$

② 水槽(海水ピット, 取水ピット, 放水ピット)の連続式

$$A_p \frac{dH_p}{dt} = Q$$

H<sub>p</sub>: 水槽内の位置水頭, A<sub>p</sub>: 水槽の平面積(水位の関数となる)  
Q: 水槽への流入出量

t: 時間, Q: 流量, v: 管路の流速, A: 流水断面積, x: 管底に沿った座標,  
H: 圧力水頭+位置水頭(管路の場合), 位置水頭(開水路の場合), n: マニングの粗度係数,  
g: 重力加速度, R: 径深, Δx: 管路の流れ方向の長さ, f: 局所損失係数

7. 基準津波に対する安全性

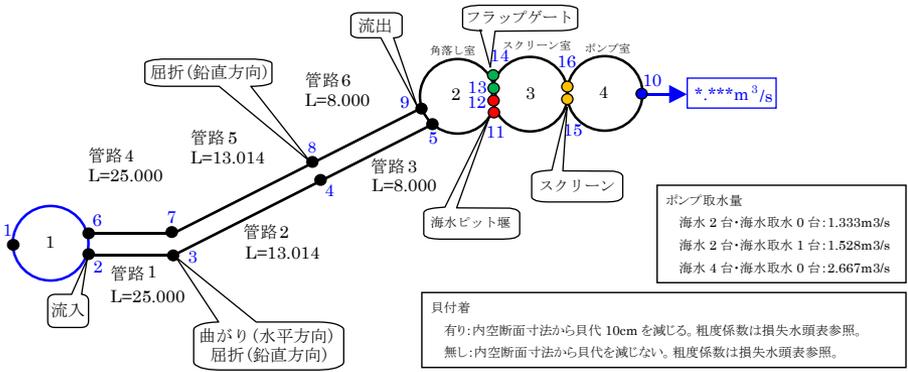
# 水路の水理特性による水位変動

○解析モデルは下図のとおり。

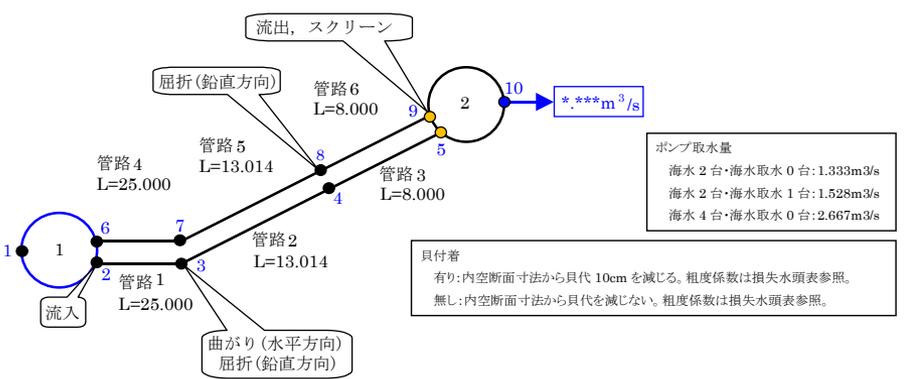
## ① 海水系取水路

### ・スクリーンありの場合

#### <海水ピット堰ありの場合>

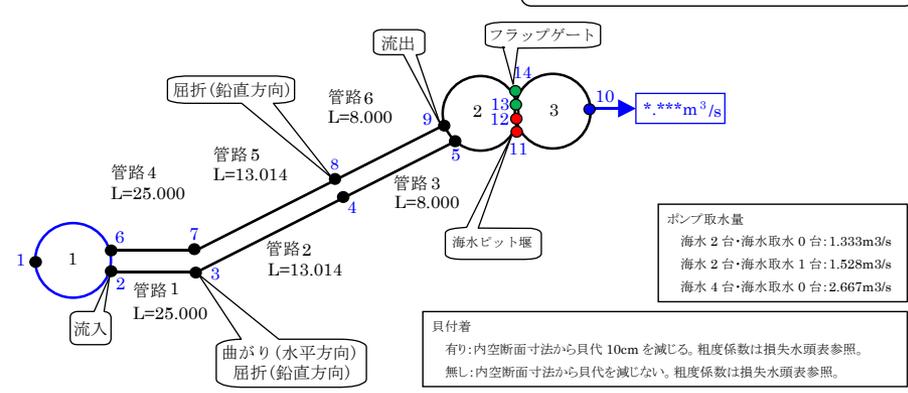


#### <海水ピット堰なしの場合>

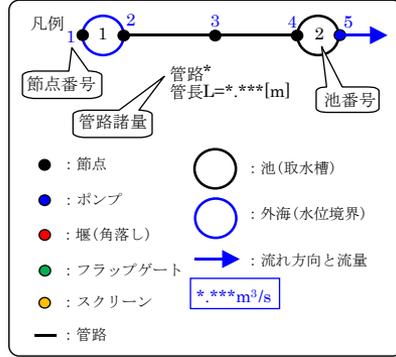
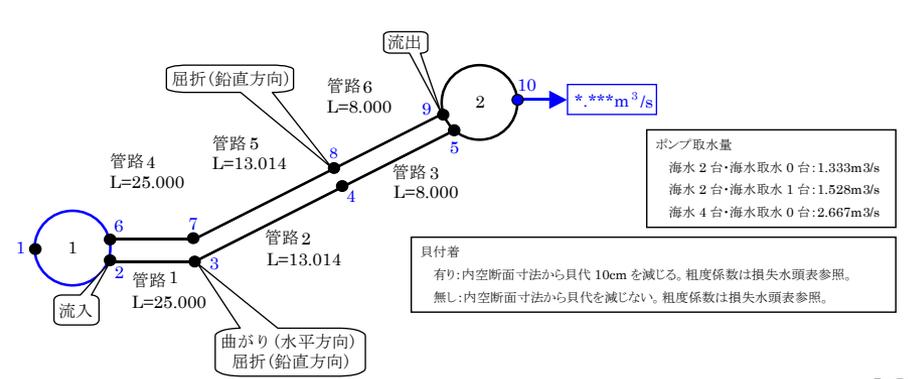


### ・スクリーンなしの場合

#### <海水ピット堰ありの場合>

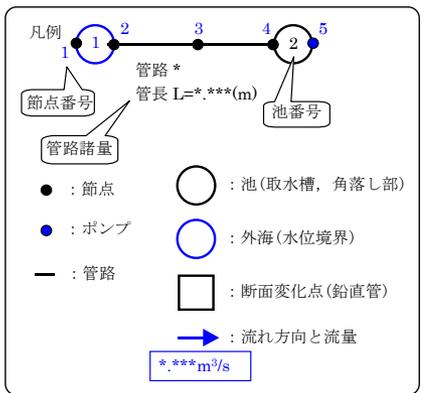
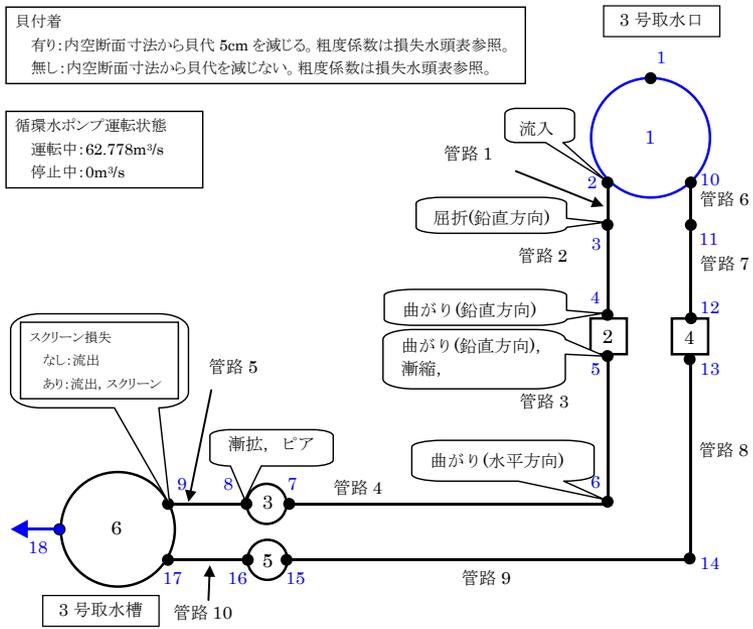


#### <海水ピット堰なしの場合>

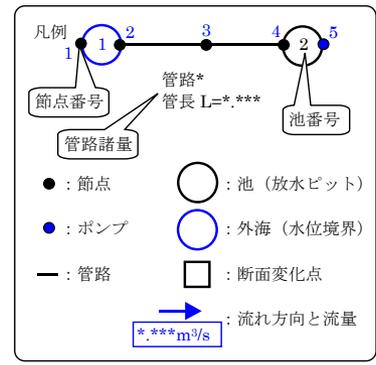
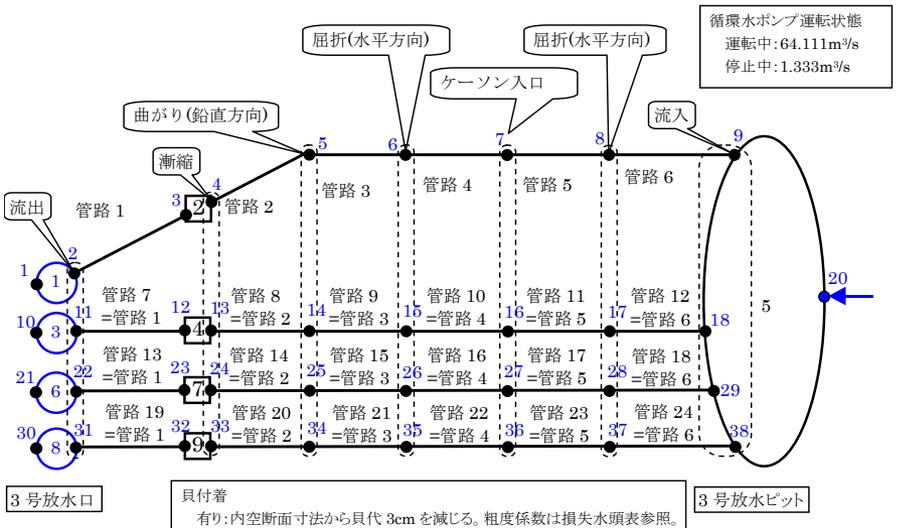


# 水路の水理特性による水位変動

## ② 循環水系取水路



## ③ 放水路



# 水路の水理特性による水位変動

- 敷地前面における基準津波による最高水位は、朔望平均満潮位を考慮すると **T.P.+8.1m程度**である。重要な安全機能を有する施設を内包する建屋及び重要な安全機能を有する屋外設備である海水ポンプを設置しているエリアの周辺敷地高さは **T.P.+10m**であり、地盤変動を考慮しても、**基準津波による遡上波に対して影響を受けるおそれはない**。
- 海水ピットポンプ室**での**最高水位はT.P.+4.30m**、**最低水位はT.P.-3.26m**である。重要な安全機能を有する屋外設備である海水ポンプを設置しているエリアには、浸水防止設備として水密扉、水密ハッチ及び床ドレンライン逆止弁の設置及び貫通部止水処置を実施していることから、地盤変動を考慮しても、**津波が流入することはない**。

また、海水ポンプの**取水可能水位は T.P.-4.10m** であることから、地盤変動を考慮しても、**海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはない**。

海水ピット堰の概要 : 次頁参照

- 取水ピット及び放水ピット**での**最高水位はT.P.+4.87m及びT.P.+4.07m**である。流入経路となる高さは、取水ピットにおいて電気ケーブルダクトのT.P.+5.9m、放水ピットにおいて側壁貫通部のT.P.+7.0mであることから、地盤変動を考慮しても、**津波が流入することはない**。

- 以上の結果を踏まえて、施設評価等の詳細については、耐津波設計において取り扱うこととする。

# 海水ピット堰 (津波防護施設) の概要

○取水可能水位を下回る時間においても、海水ポンプの継続運転が可能なよう、海水ピット内に開閉式のゲート（フラップゲート）を有する海水ピット堰\*を設置する。

※ H26/3/6審査会合時点では、海水ポンプの取水可能水位を下回らないため「津波影響軽減施設」としていた海水ピット堰を「津波防護施設」に格上げ



図1 海水ピット堰外観および仕様

- 海水ピット堰仕様**
- 幅 : 2,750 mm
  - 高さ : 4,100 mm
  - 重量 : 4,900 kg
  - 個数 : 2個
- フラップゲート仕様**
- 幅 : 404 mm
  - 高さ : 1,050 mm
  - 枚数 : 4枚

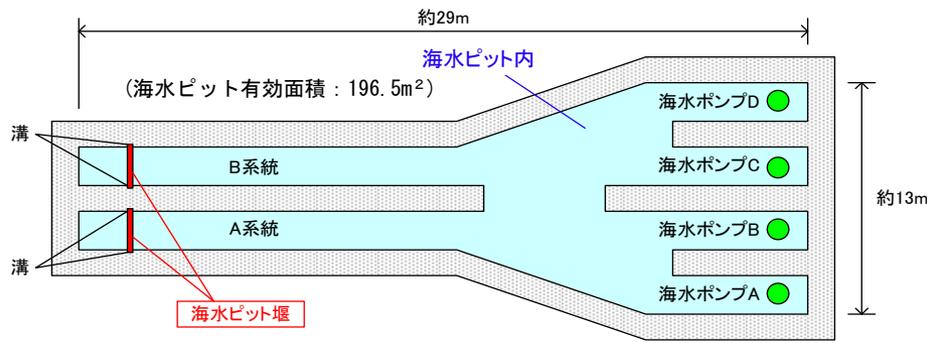


図2 海水ピット平面図および海水ピット堰設置場所

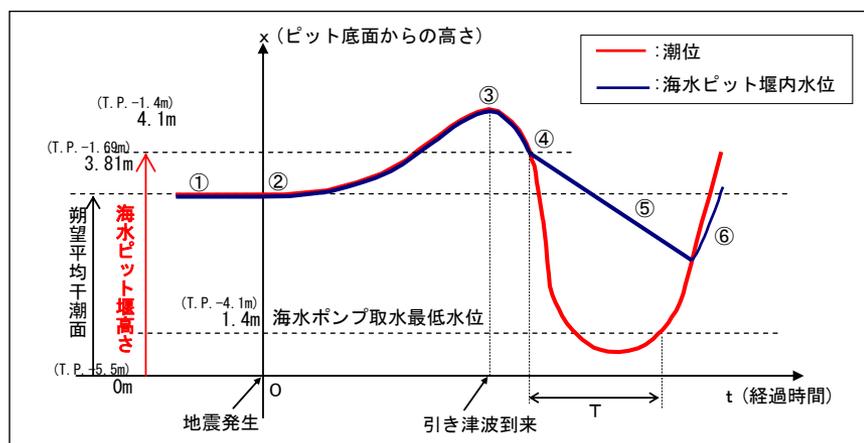
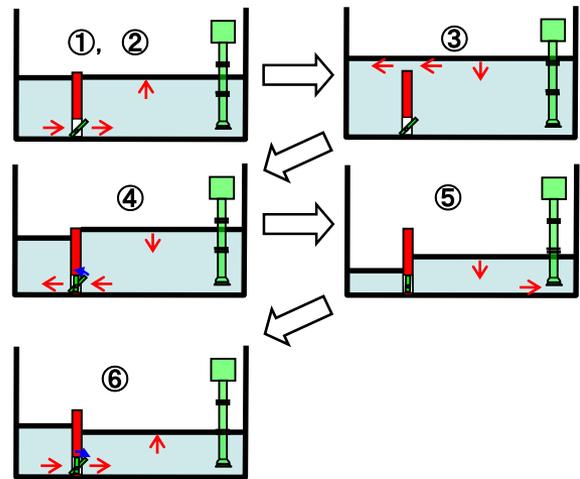


図3 海水ピット堰内の水位変動イメージ図



## 7. 1 水路の水理特性による水位変動

## 7. 2 砂移動に対する評価

## 砂移動に対する評価(評価方針)

本資料のうち、枠囲み□□の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

- 審査ガイド「II. 耐津波設計方針」は、「非常用海水冷却系の機能保持確認」として、非常用海水冷却系について、土砂移動・堆積に対して取水口及び取水路の通水性が確保できる設計であることを要求している。

伊方発電所3号炉において非常用海水冷却系を構成する取水口として、海水取水口が該当する。

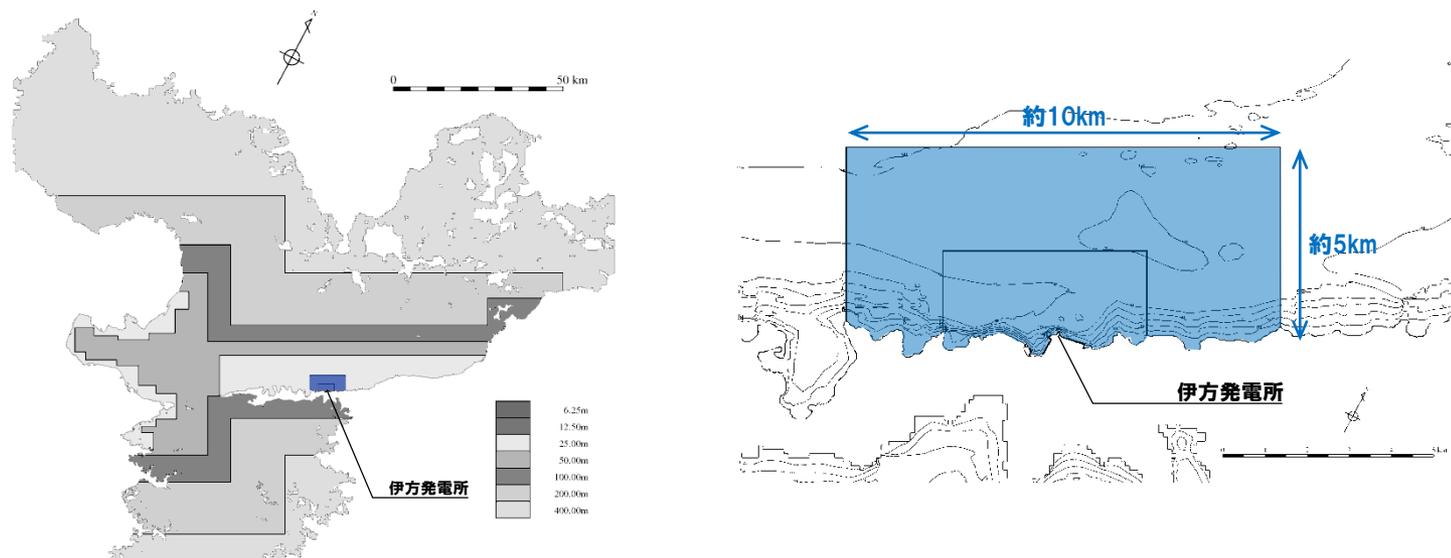


- 上記要求に対する確認内容として「取水口付近の砂の堆積状況に基づき、砂の堆積高さが取水口下端に到達しないことを確認する」こととされている。

数値シミュレーション(津波の挙動とそれに伴う砂移動との同時計算)を行い、海水取水口付近の最大堆積量を算定し、海底から取水口下端までの高さ(0.5m)を踏まえて評価する。

# 計算条件

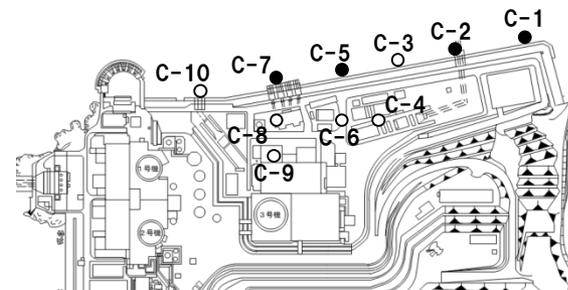
- 数値シミュレーションは、藤井ほか(1998)及び高橋ほか(1999)の手法に基づき、津波の挙動とそれに伴う砂移動を同時に計算し、その結果変化した地形を用いて次のステップの流れと水位を逐次計算した。
- 数値シミュレーションに用いた砂の堆積範囲および堆積層厚については、敷地造成前に実施した敷地前面の海上ボーリング調査結果から得られた砂の堆積層厚(0~23m)を参考とし、下図の範囲(東西約10km, 南北約5km)に堆積層厚25mが一様に分布していると仮定した。



# 計算条件

- 数値シミュレーションに用いた堆積砂の平均粒径及び土粒子の比重については、伊方3号炉敷地造成前の昭和57年6月から昭和57年8月にかけて実施した海上ボーリング調査の結果を用いて設定した。海上ボーリング調査の結果(堆積砂の中央粒径及び土粒子の比重)を下表に示す。
- 堆積砂の平均粒径は、中央粒径D50の平均値として0.27mmと評価した。土粒子の比重については平均値として2.9と評価した。
- 試験は、国の定めるJIS(日本工業規格)に基づき、「土の粒度試験方法(JIS A 1204)」及び「土粒子の比重試験方法(JIS A 1202;1990年に「土粒子の比重試験」から「土粒子の密度試験」に名称変更)」を実施している。試験方法の詳細は各JIS及び「地盤材料試験の方法と解説」((社)地盤工学会, 2009)に依るが、データシートの例を次頁に示す。

調査地点		深度 (m)	中央粒径 D50 (mm)	土粒子の 比重	調査地点		深度 (m)	中央粒径 D50 (mm)	土粒子の 比重
S57.7	C-1	4.15~4.45	0.45	2.983	S57.7	C-7	10.50~11.00	0.085	2.884
S57.8	C-2	0.00~1.00	0.57	2.807			11.15~11.45	0.075	2.862
S57.7	C-5	6.15~6.45	0.17	2.948			11.50~12.00	0.067	2.919
		6.50~7.00	0.16	2.953			12.15~12.45	0.075	2.872
		7.15~7.45	0.19	2.947			12.50~13.00	0.057	2.934
		0.15~0.45	0.65	2.838			13.15~13.45	0.083	2.908
S57.7	C-7	0.50~1.00	0.24	2.848			13.50~14.00	0.14	2.935
		1.15~1.45	0.62	2.905			14.20~15.00	0.15	2.906
		1.50~2.00	1.00	2.885			15.15~15.45	0.16	2.917
		2.15~2.45	0.6	2.864			15.50~16.00	0.17	2.929
		2.50~3.00	0.44	2.894			16.15~16.45	0.18	2.924
		3.15~3.45	0.70	2.885			16.50~17.00	0.15	2.931
		3.50~4.00	0.72	欠測			17.15~17.45	0.21	2.924
		3.50~4.00	0.19	2.878			17.50~18.00	0.17	2.925
		4.15~4.45	0.48	2.838			18.15~18.45	0.22	2.917
		4.50~5.00	0.52	2.88			18.50~19.00	0.21	2.923
		5.15~5.45	0.39	2.828			19.15~19.45	0.22	2.917
		5.50~6.00	0.25	2.828			19.50~20.00	0.22	2.927
		6.15~6.45	0.15	2.802			20.15~20.45	0.32	2.934
		6.50~7.00	0.15	2.835			20.50~21.00	0.18	2.926
		7.05~7.90	0.13	2.824			21.15~21.45	0.26	2.933
		8.15~8.45	0.10	2.836			21.50~22.00	0.25	2.938
		8.50~9.00	0.13	2.841	22.15~22.45	0.25	2.936		
		9.05~9.75	0.12	2.851	22.50~23.00	0.23	2.932		
		10.15~10.45	0.085	2.807					



海上ボーリング地点位置図

粒径が砂以下の試料(岩盤や礫を除く試料)について整理(C-3,C-4,C-6,C-8,C-9,C-10では全深度で岩盤や礫のみが出現する)。

# 計算及び評価結果

本資料のうち、枠囲み「」の内容は商業機密または核物質防護情報に属しますので公開できません。

- 藤井ほか(1998)及び高橋ほか(1999)それぞれの手法について、最大堆積量及び最大浸食量の空間分布図の代表例を示す(最大堆積厚が大きい基準津波として、水位下降側(重畳津波 重畳ケースE)のうち浮遊砂上限体積濃度5%)。
- 海水取水口における最大堆積量は0.5mより十分小さいことから、砂の堆積高さが取水口下端に到達することはないと評価できるため、海水ポンプの取水性に影響を及ぼすことはない。

<添付資料> pp.86-95参照

※ 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

	藤井ほか(1998)	高橋ほか(1999)
最大堆積量		
最大浸食量		

## 8. 超過確率の参照

# 全体構成

1. 既往津波に関する調査
2. 津波伝播計算手法及び計算条件
3. 地震に起因する津波
4. 地震以外に起因する津波
5. 重畳の検討
6. 基準津波の策定及び検証
7. 基準津波に対する安全性

## 8. 超過確率の参照

日本原子力学会(2012)及び土木学会(2011)に基づき、津波ハザード評価を実施

# 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，中央構造線断層帯に係る事項に関しては専門家活用水準2※として，その他の事項については専門家活用水準1※として津波ハザード評価を実施する。
- 津波ハザード評価における不確実さについては，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，以下のとおり取り扱う。
- ロジックツリーは，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。

## 確率論的津波ハザード評価における不確実さの取扱い

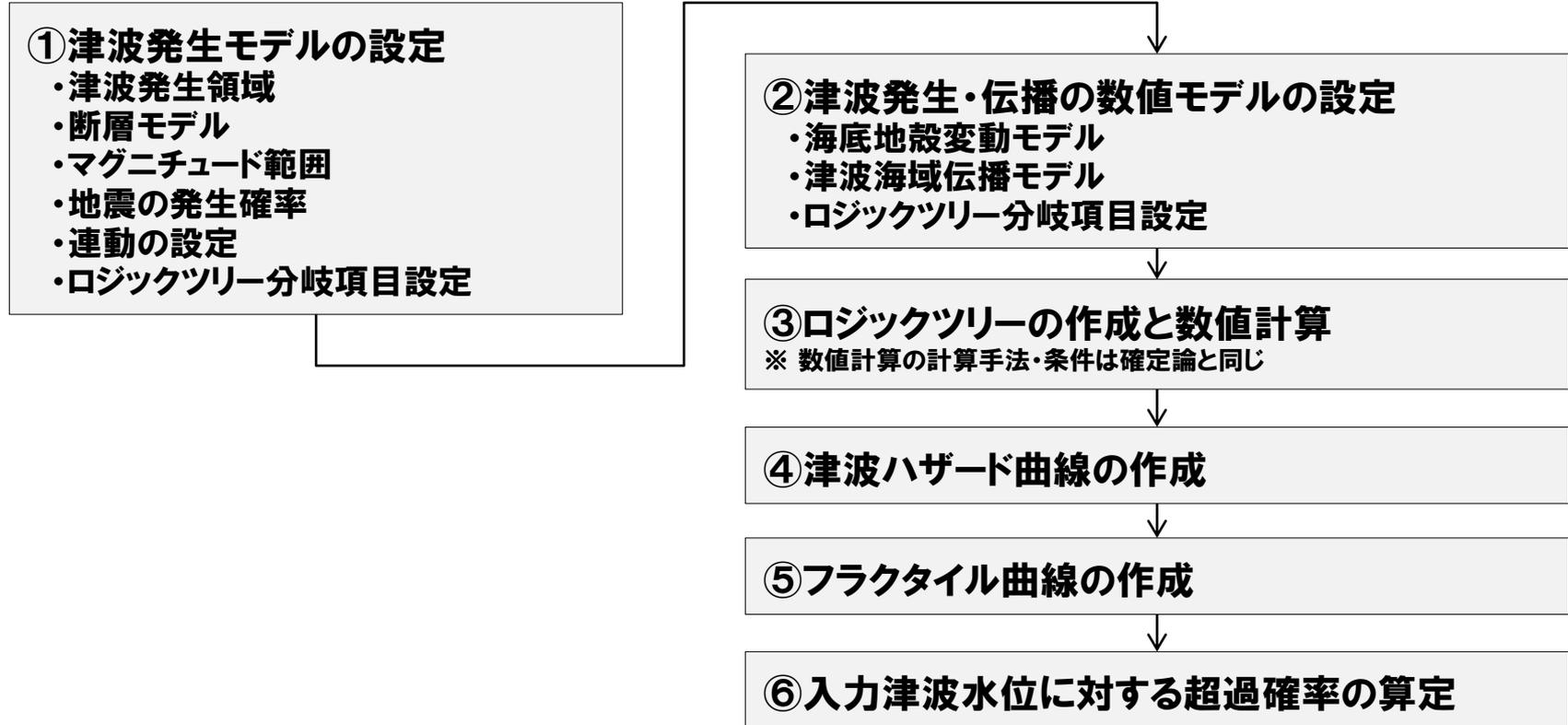
不確実さ		津波評価における扱い
偶然的 不確実さ	現実に存在しているが，現状では予測不可能と考えられるもの	津波高さの確率分布として表現する。
認識論的 不確実さ	研究が進展すれば確定できるが現状では予測不可能なもの	ロジックツリーの分岐として選定する。

※ 専門家活用水準2：津波ハザードの不確実さへの影響が比較的大きく，重要項目に対する専門家意見が分かれることを想定し，TIがモデル提案者及び関連する専門家と接触してその見解及び根拠を聴取するか，又はそれらの専門家を一同に集めての討論などを通じて，モデルの改善及び絞り込みを行い，コミュニティ分布を評価して，ロジックツリーを作成する。

専門家活用水準1：津波ハザードの不確実さへの影響が比較的小さい水準を想定し，TIが文献レビュー及び自らの経験に基づきコミュニティ分布（科学者集団が総合的に評価する時点での不確実さの客観的分布）を評価し，ロジックツリーを作成する。

# 評価手順

○日本原子力学会(2012)を参考に、以下の手順で評価を実施する。

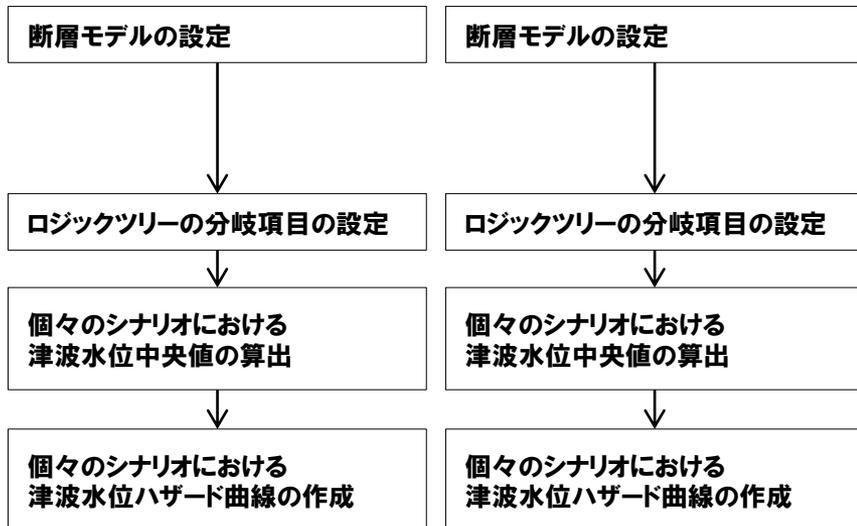


# 検討対象波源

## プレート境界付近に想定される地震に伴う津波

(1) 南海トラフの巨大地震に伴う津波

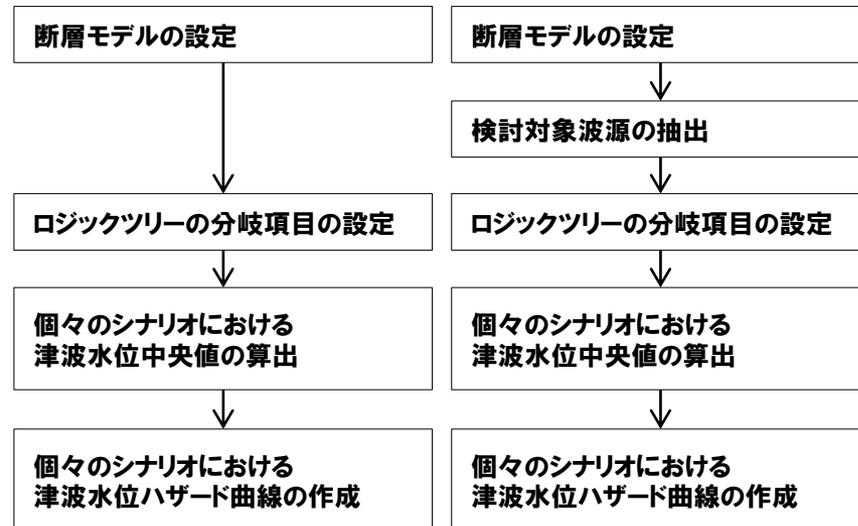
(2) 南海トラフから南西諸島までの領域を対象とした津波



## 海域活断層に想定される地震に伴う津波

(3) 敷地前面海域の断層群  
(中央構造線断層帯: 海域部)  
の地震に伴う津波

(4) その他の活断層に想定される地震に伴う津波



※地すべりに伴う津波については、発生頻度を設定することが難しいため、評価に含めていない。

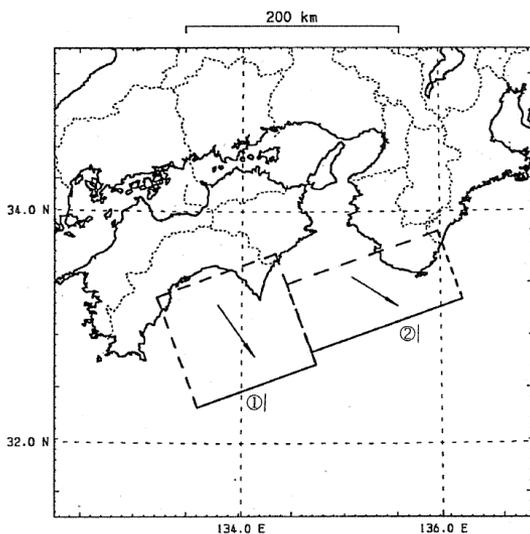
※領域震源モデルに基づく評価については、超過確率に与える影響が小さいことを確認しており、評価に含めていない。

# (1) 南海トラフの巨大地震に伴う津波

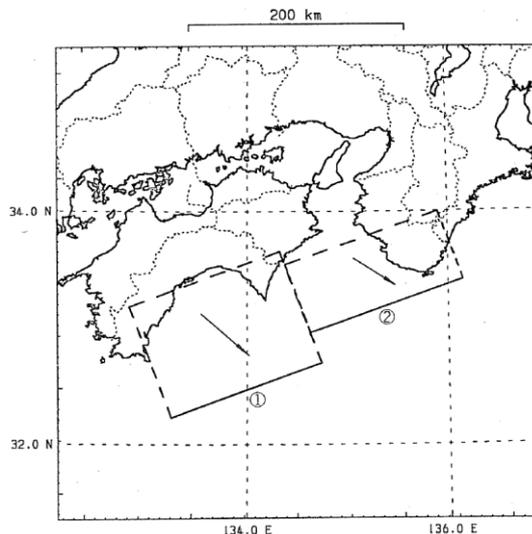
波源モデル	発生年	規模
昭和南海 相田モデル	1946	Mw8.4
安政南海 相田モデル	1854	Mw8.5
宝永南海 相田モデル	1707	Mw8.6
中央防災会議 想定東南海+南海地震モデル	-	Mw8.7
中央防災会議 想定東海+東南海+南海地震モデル	-	Mw8.8
内閣府検討会 ケース⑤	-	Mw9.1
内閣府検討会 ケース⑪	-	Mw9.1

- 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。

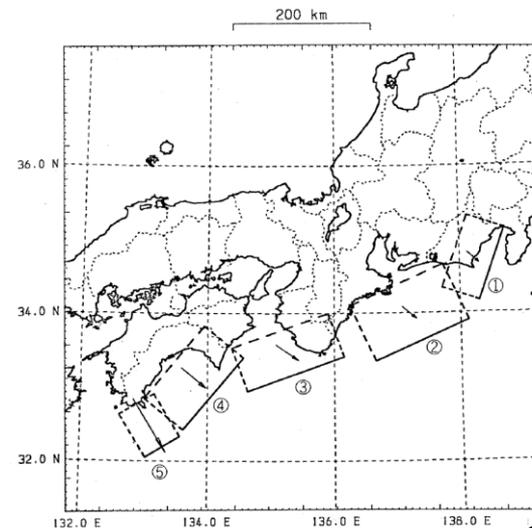
【昭和南海 相田モデル】



【安政南海 相田モデル】

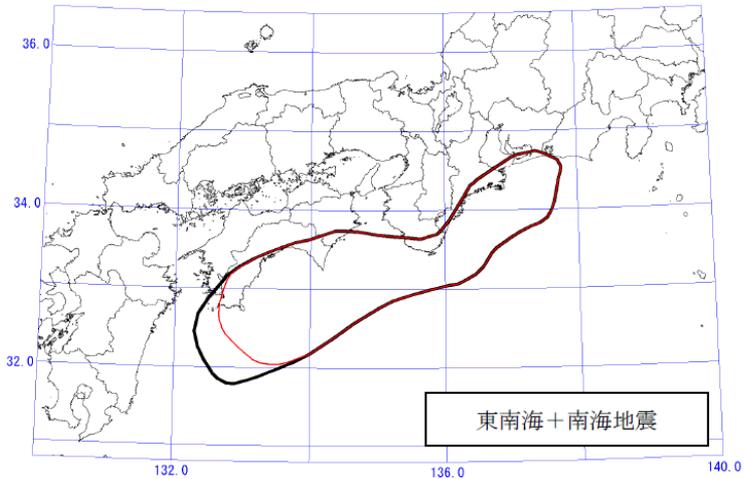


【宝永南海 相田モデル】



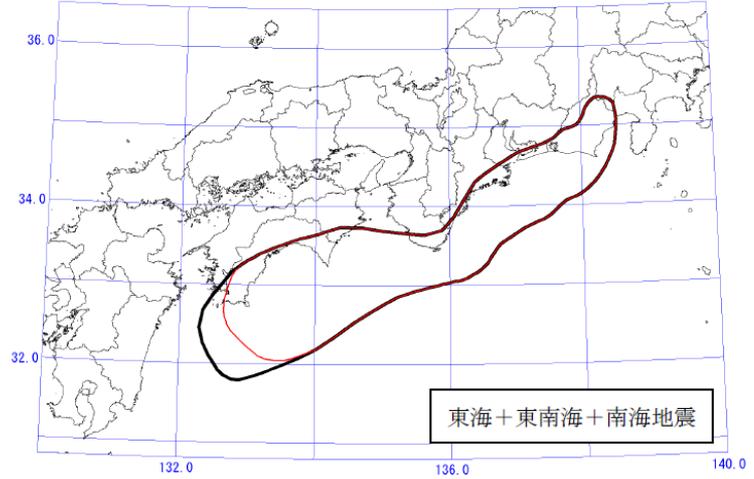
# (1) 南海トラフの巨大地震に伴う津波

【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

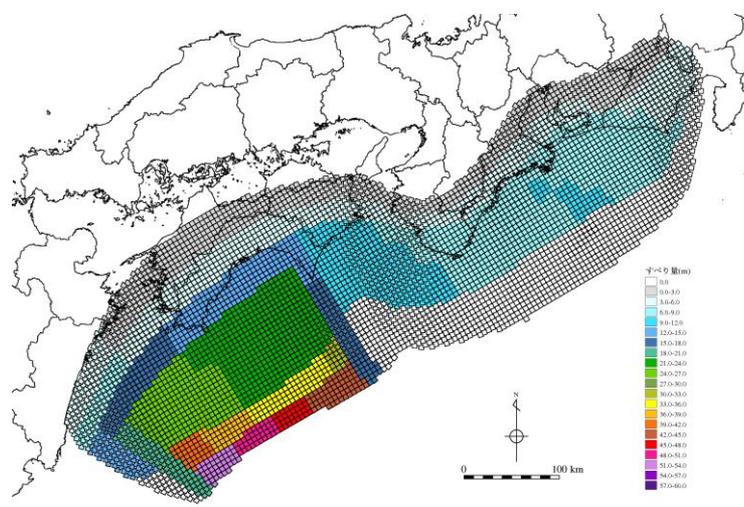
【中央防災会議 想定東海+東南海+南海地震モデル】



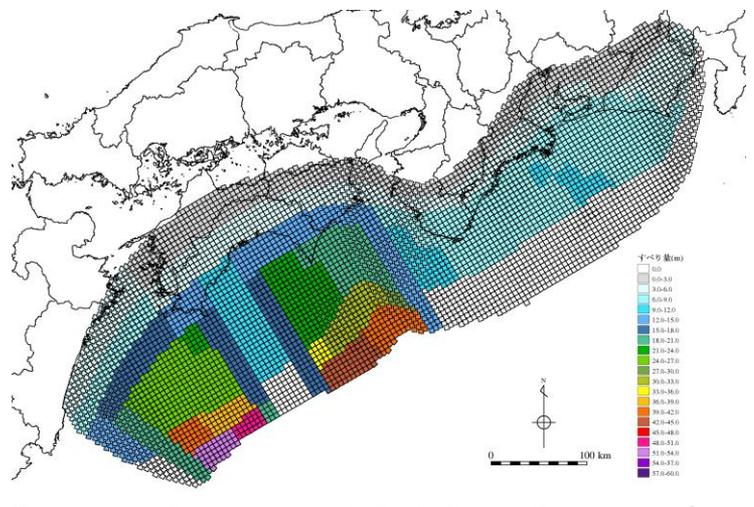
中央防災会議（2003）による断層面

※ 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。

【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。

# (1) 南海トラフの巨大地震に伴う津波

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

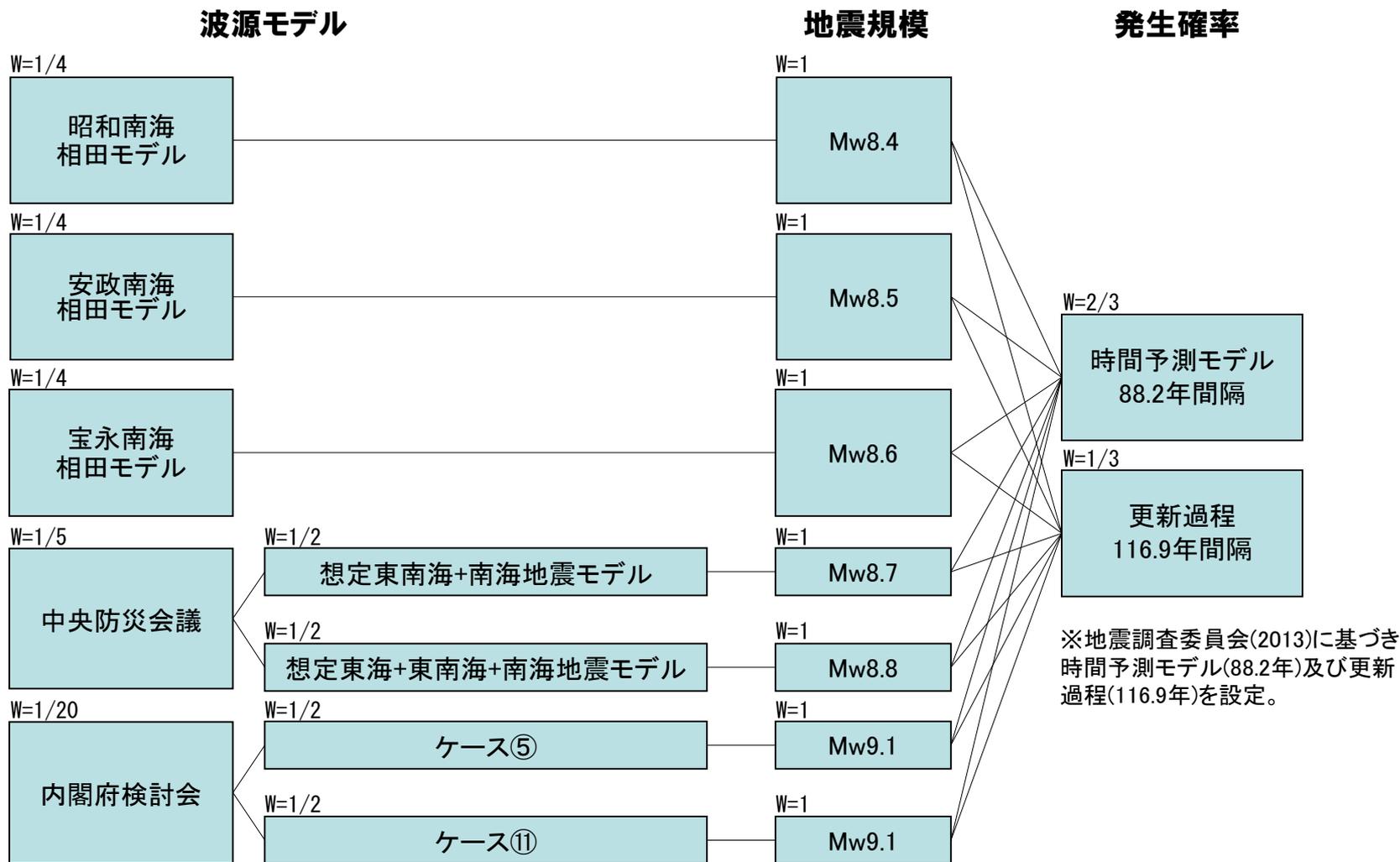
## ○更新過程に基づく発生確率

「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

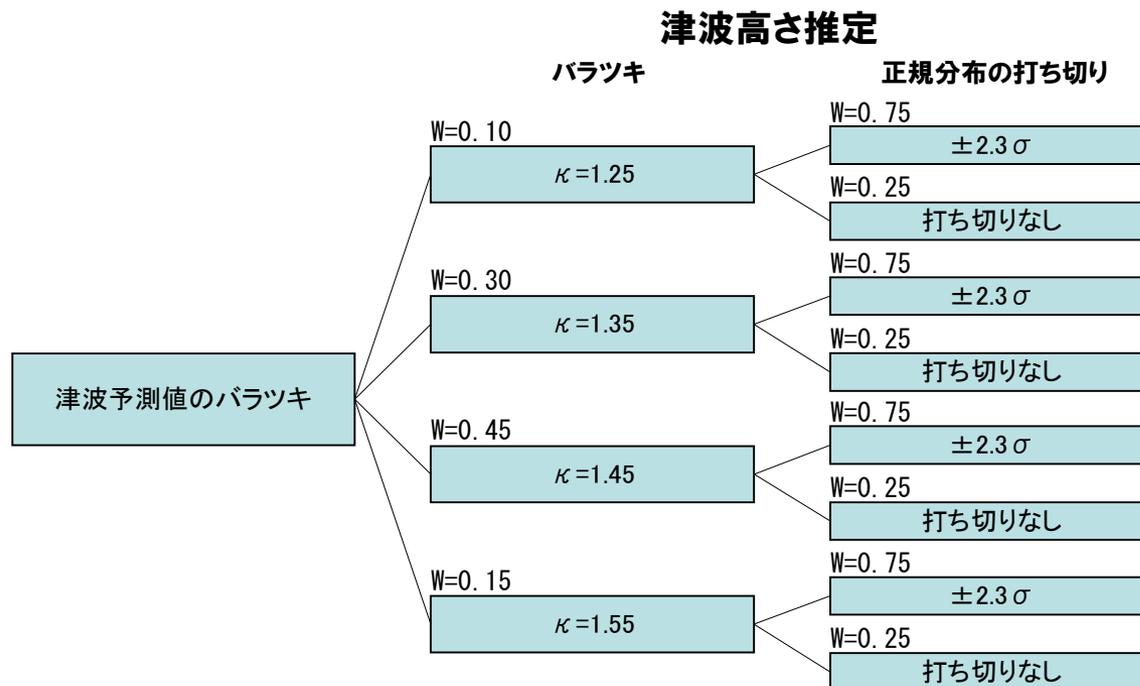
「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)」(地震調査委員会, 2013))に基づき、1946年の昭和南海地震の規模がそれまでのものと比較して小さかったことから、次の南海地震までの間隔が短くなるとして、時間予測モデルを適用し、発生間隔を88.2年と設定した。

# (1) 南海トラフの巨大地震に伴う津波

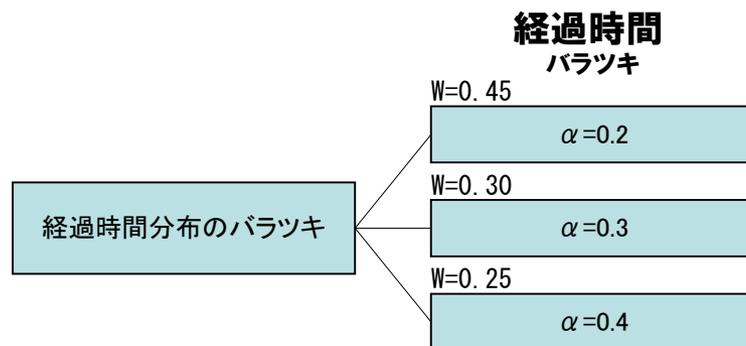


※中央防災会議については、南海地震の震源域を含む「想定東南海+南海地震モデル」及び「想定東海+東南海+南海地震モデル」を、内閣府検討会は、伊方発電所における最高水位が大きいケース⑤とケース⑪をそれぞれ採用した。

# (1) 南海トラフの巨大地震に伴う津波



※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。



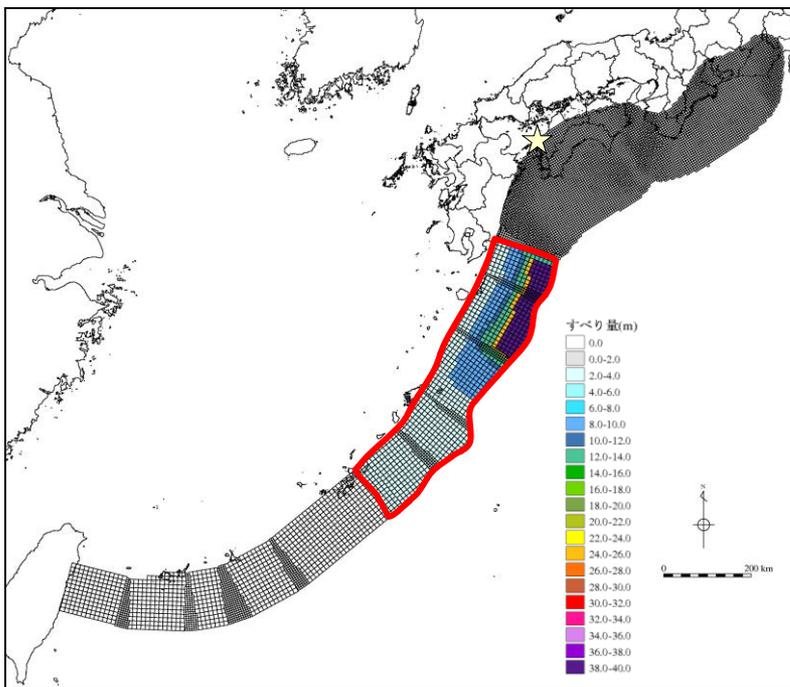
※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

8. 超過確率の参照

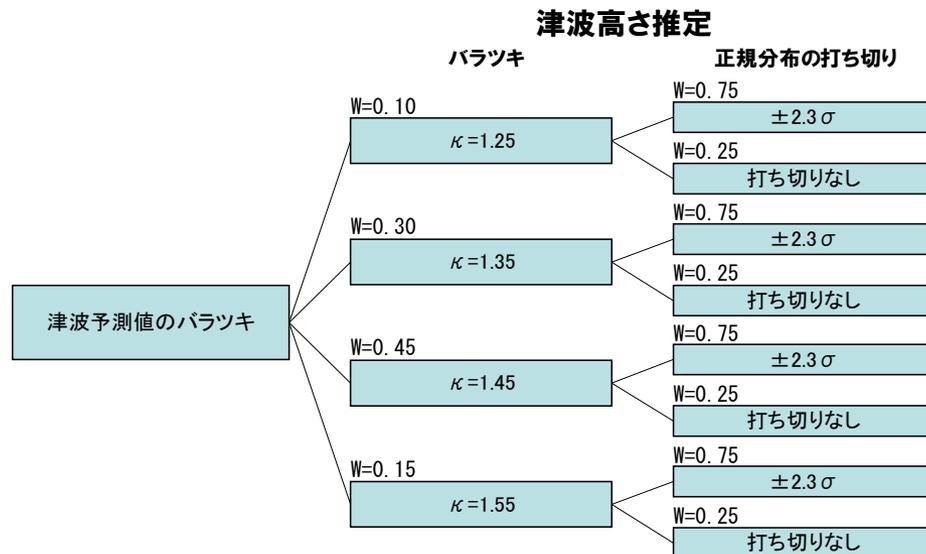
# (2) 南海トラフから南西諸島までの領域を対象とした津波

- 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)】



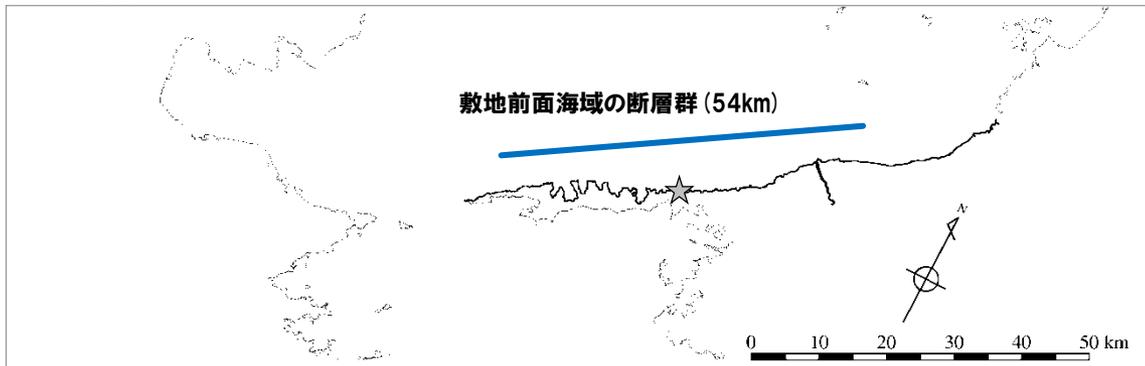
※ 発生確率は、すべり量と年間歪み量から平均発生間隔を求める。



※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

### (3) 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)の地震に伴う津波

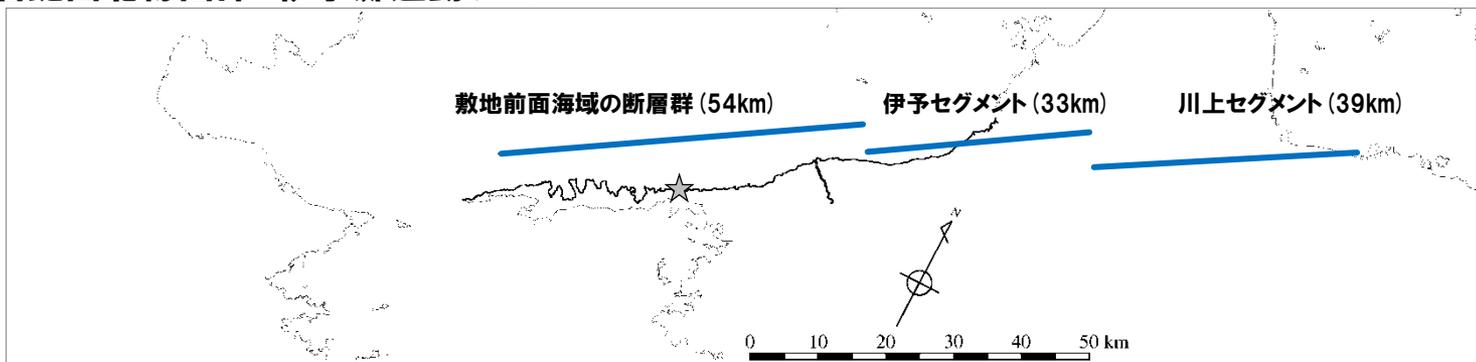
#### 54km単独ケース



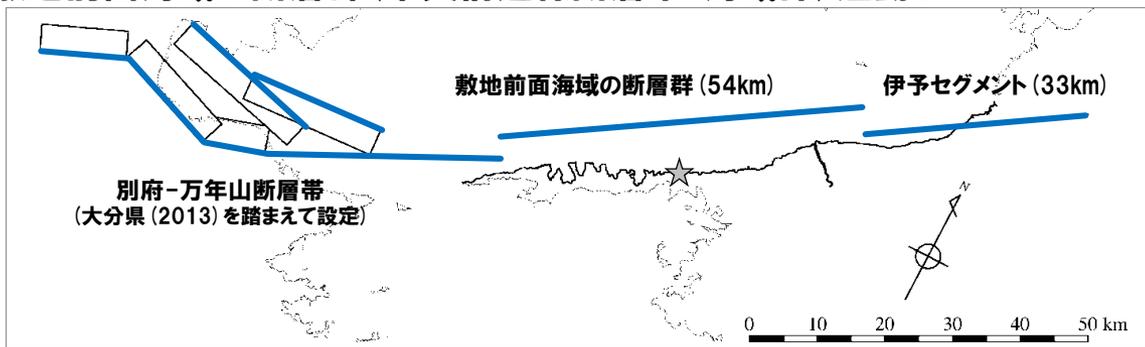
活動区間 (波源モデル)	規模
54km単独ケース	Mw7.34
石鎚山北縁西部-伊予灘連動ケース	Mw7.66
敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯:海域部) 連動ケース	Mw7.78

※ Mwは武村(1998)に基づき算定

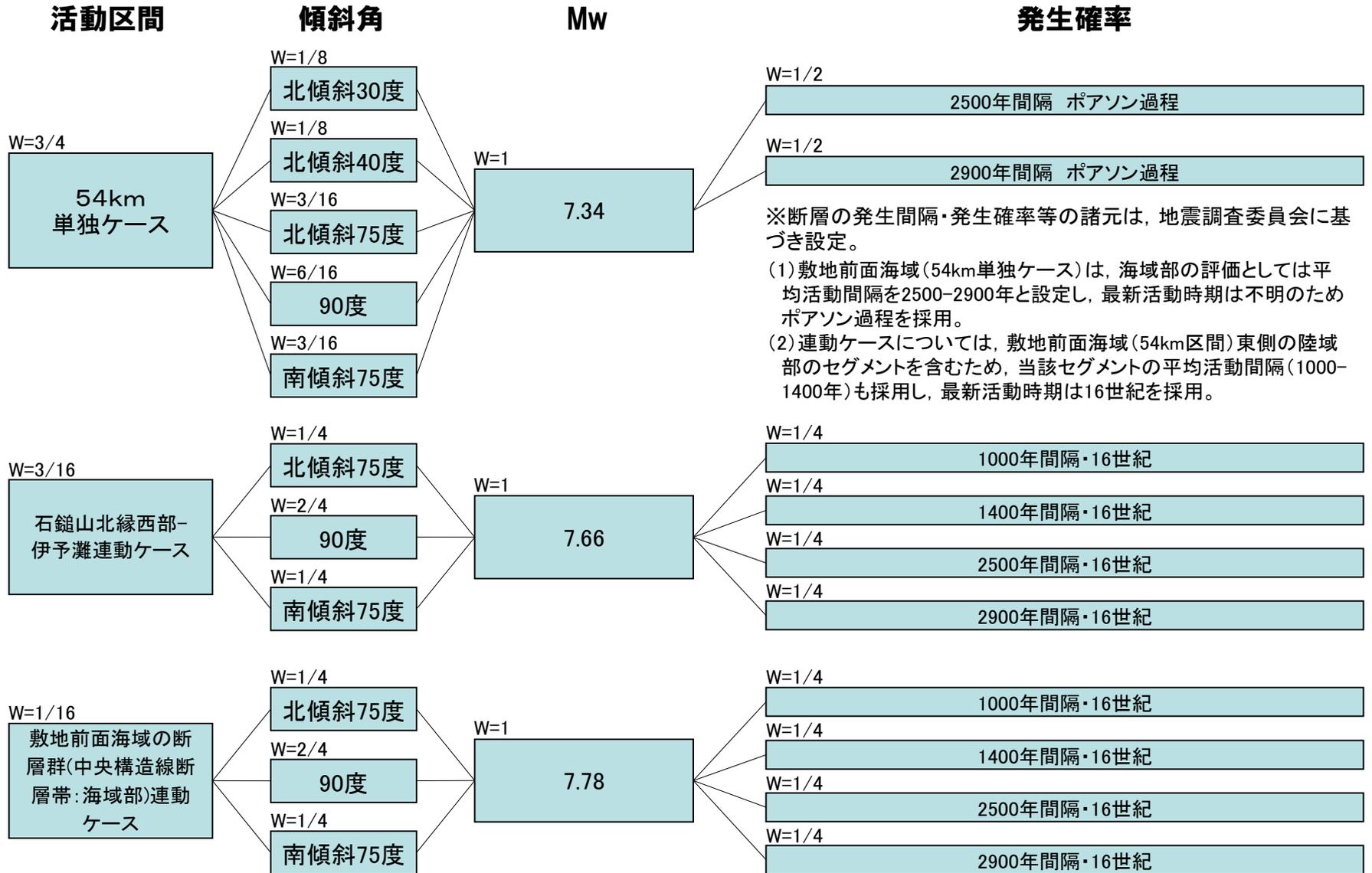
#### 石鎚山北縁西部-伊予灘連動ケース



#### 敷地前面海域の断層群 (中央構造線断層帯:海域部) 連動ケース

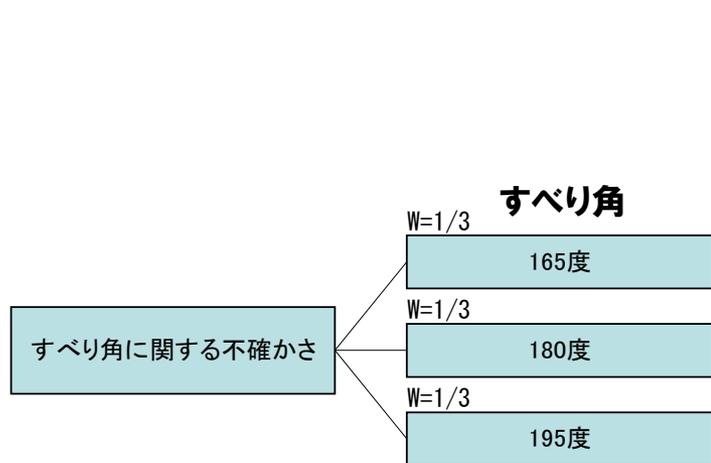


### (3) 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)の地震に伴う津波

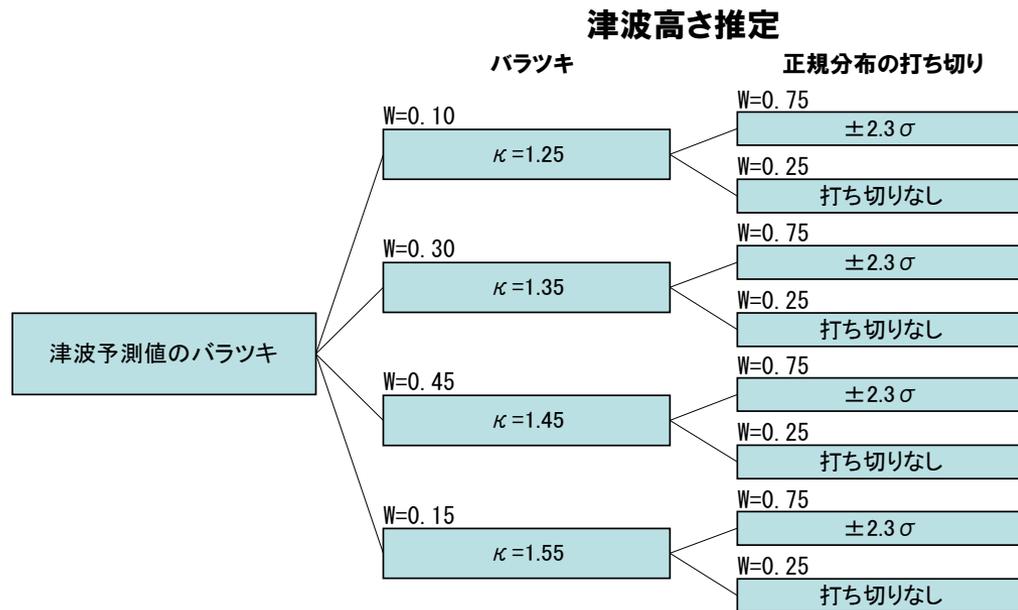


※傾斜角は確定論を参考に基準±15度とした。54km単独ケースについては、地質境界断層としての中央構造線の傾斜角も想定し北傾斜30°～40°を想定した。

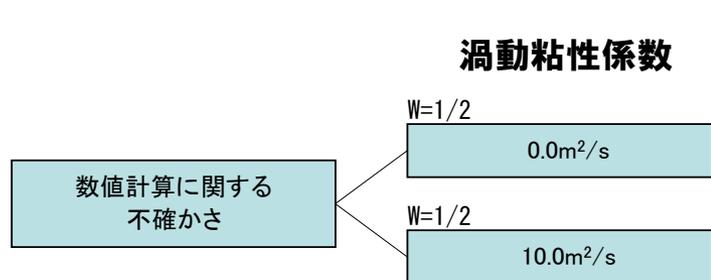
### (3) 敷地前面海域の断層群(中央構造線断層帯:海域部)の地震に伴う津波



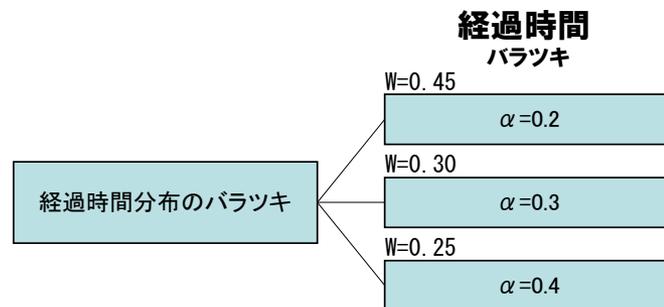
※すべり角は確定論を参考に基準±15度とした。



※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

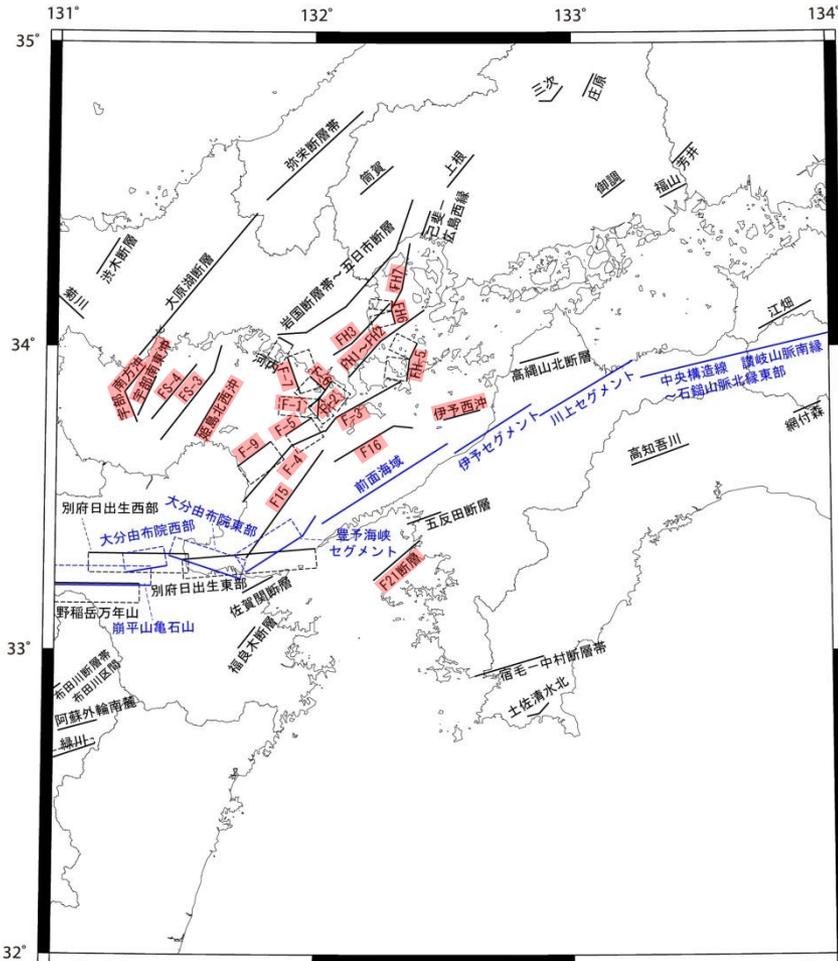


※渦動粘性係数は確定論を参考に10.0m<sup>2</sup>/s・0.0m<sup>2</sup>/sの分岐を設定した。



※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

# (4) その他の活断層に想定される地震に伴う津波



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
<b>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</b>		
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
<b>当社調査結果等に基づく活断層</b>		
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

※ Mwは武村(1998)に基づき算定

○確率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。

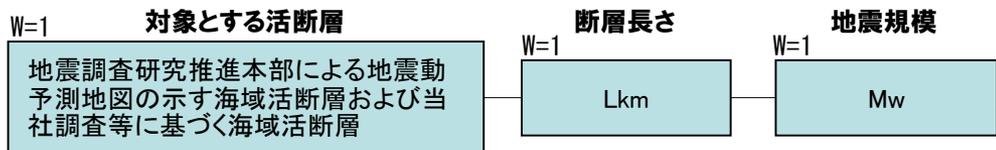
$$|X| > |H| \cdot \kappa^{2.3}$$

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。

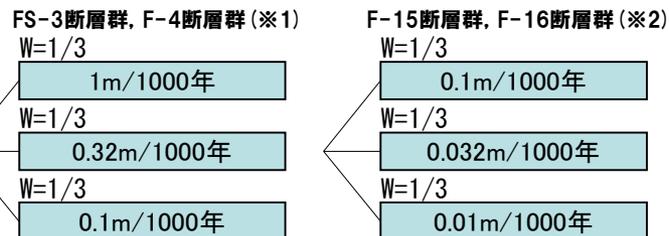
# (4) その他の活断層に想定される地震に伴う津波

## 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。

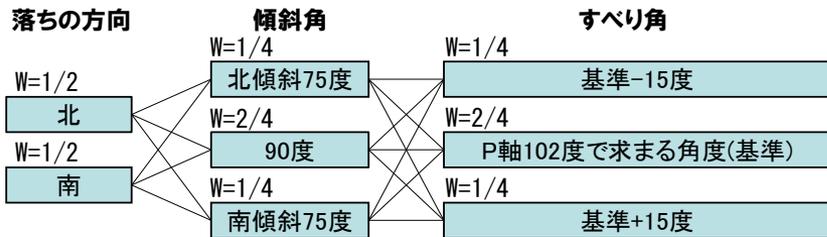
## 活動度



※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。

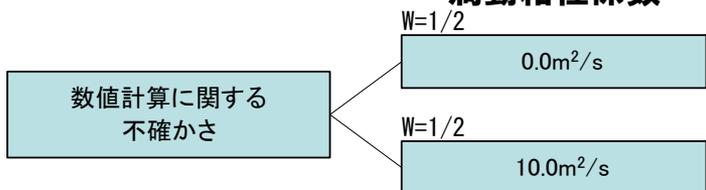
※2 土木学会(2011)の「平均発生間隔が既知の場合」として設定。音波探査の結果、中央構造線断層帯よりはるかに活動度が低いことを確認している(平成25年10月30日審査会合資料1-3)

## 津波発生モデルに関する分岐



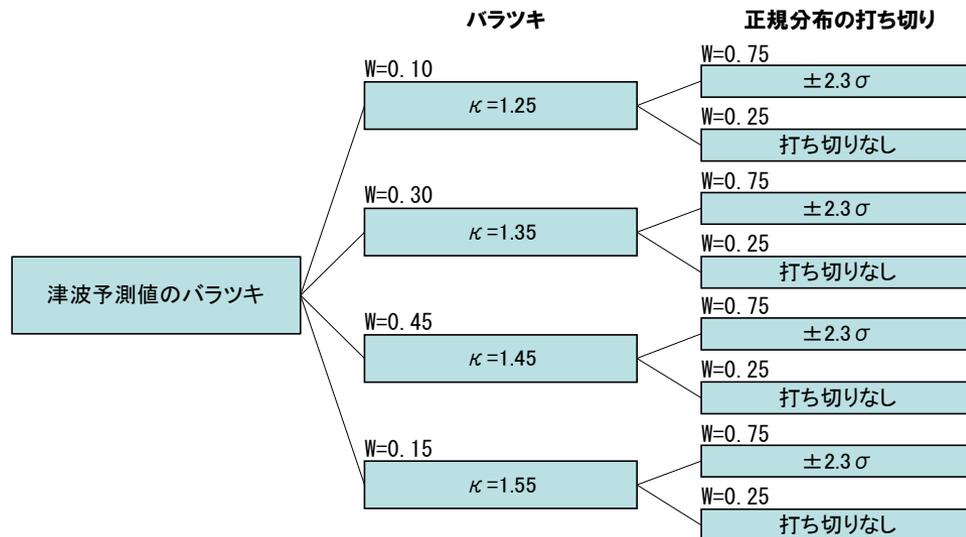
※ 傾斜角及びすべり角は中央構造線断層帯及び別府-万年山断層帯を参考に基準±15度とした。  
※ F-15断層群及びF-16断層群のすべり角については、音波探査の記録を踏まえ、中央構造線断層帯と同等として設定。

## 渦動粘性係数



※渦動粘性係数は確定論を参考に10.0m²/s・0.0m²/sの分岐を設定した。

## 津波高さ推定

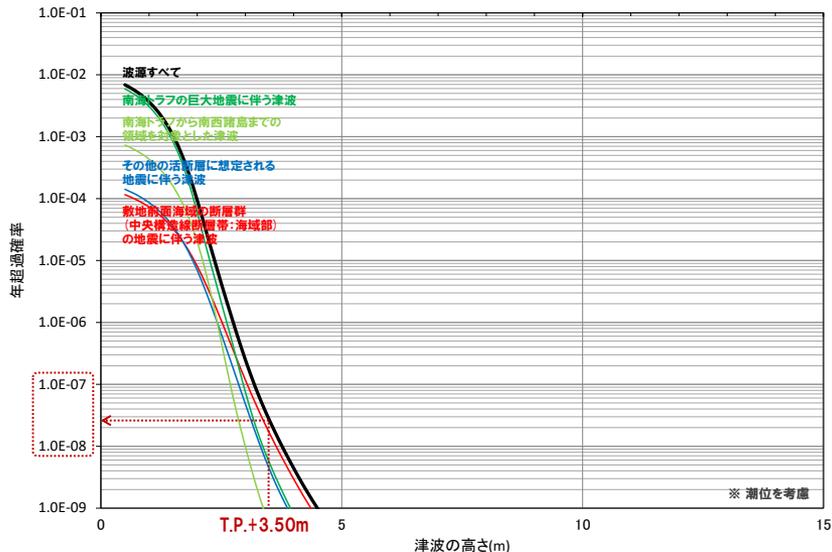


※ 重みは、土木学会において実施したアンケート調査結果に基づき決定した。

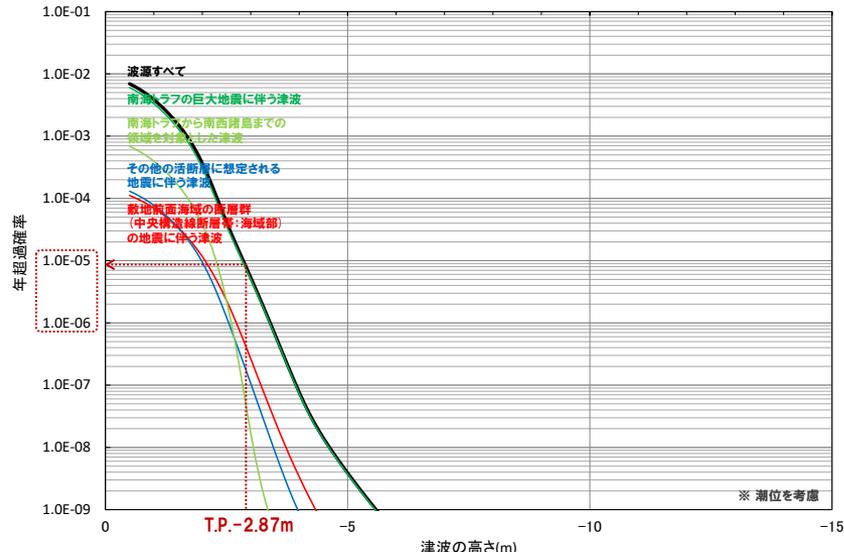
8. 超過確率の参照

# 評価結果 (平均ハザード曲線)

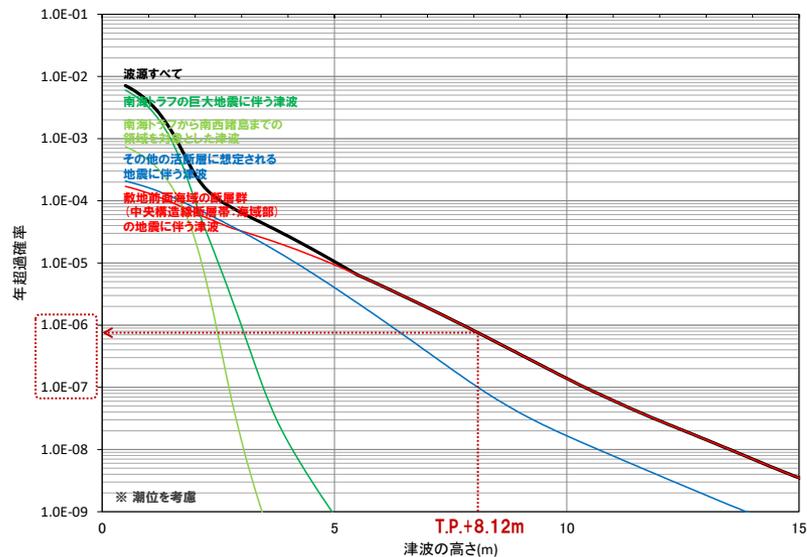
基準津波定義地点 (上昇側)



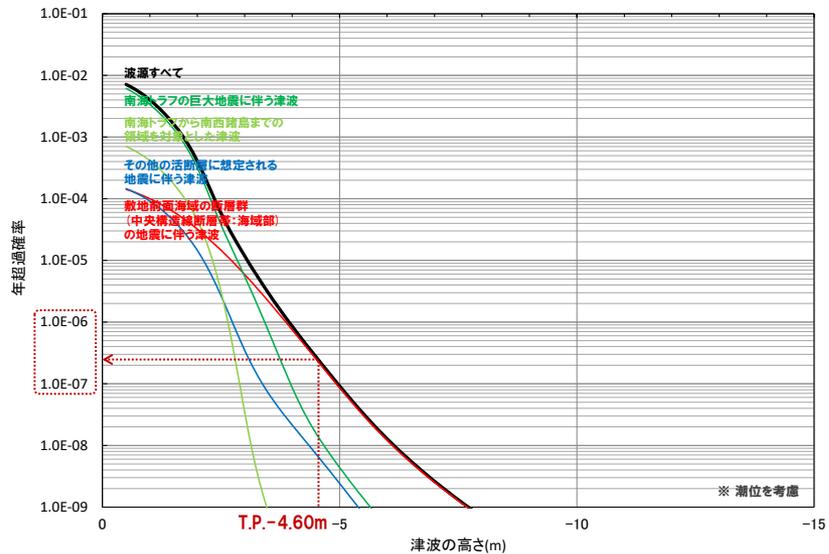
基準津波定義地点 (下降側)



3号炉敷地前面 (上昇側)



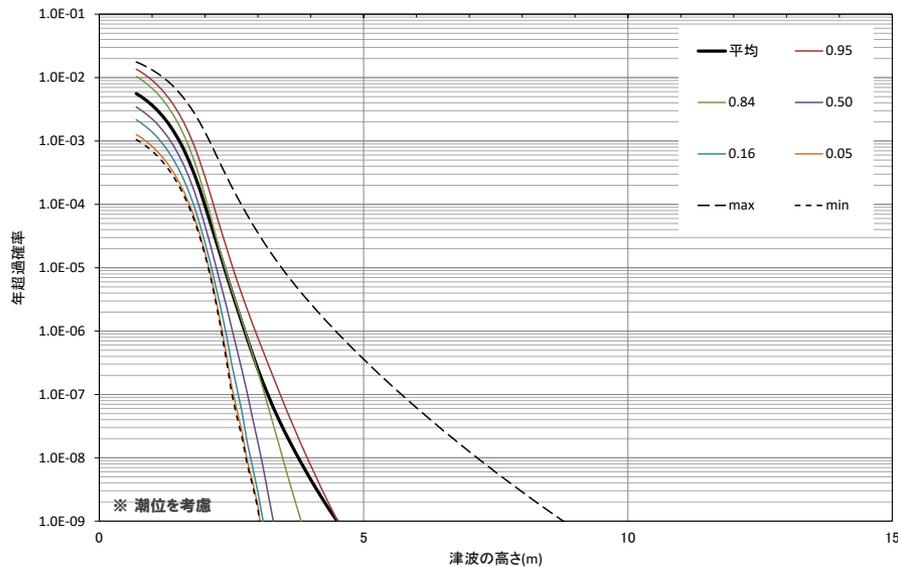
3号炉海水取水口 (下降側)



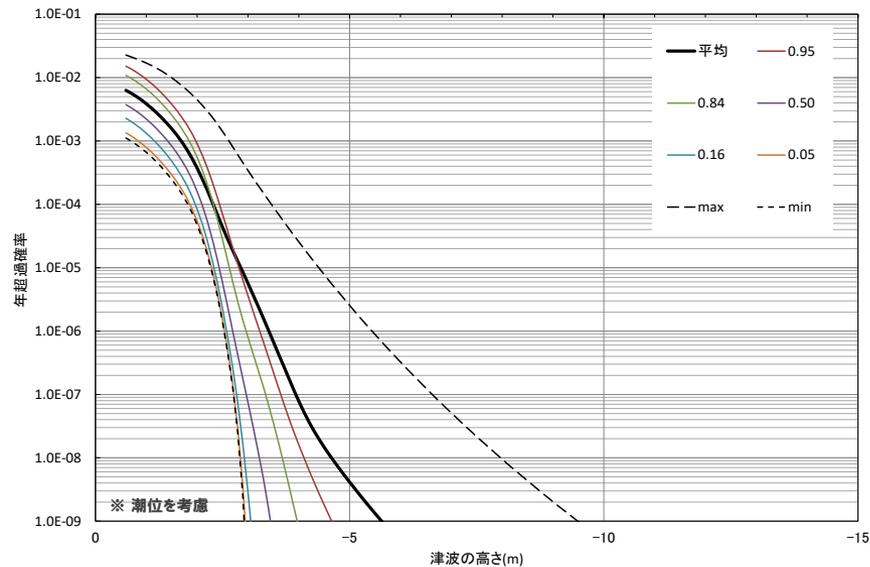
8. 超過確率の参照

# 評価結果 (フラクタル曲線)

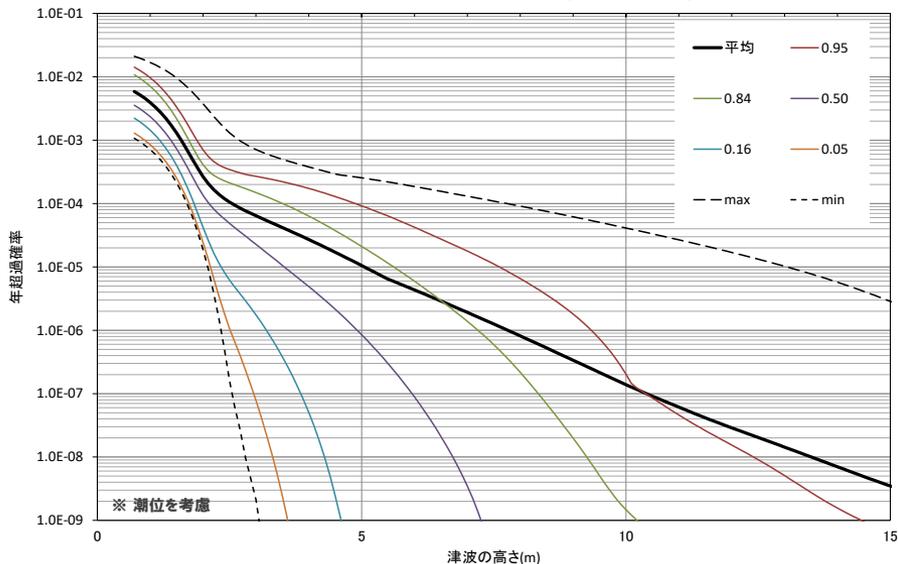
基準津波定義地点 (上昇側)



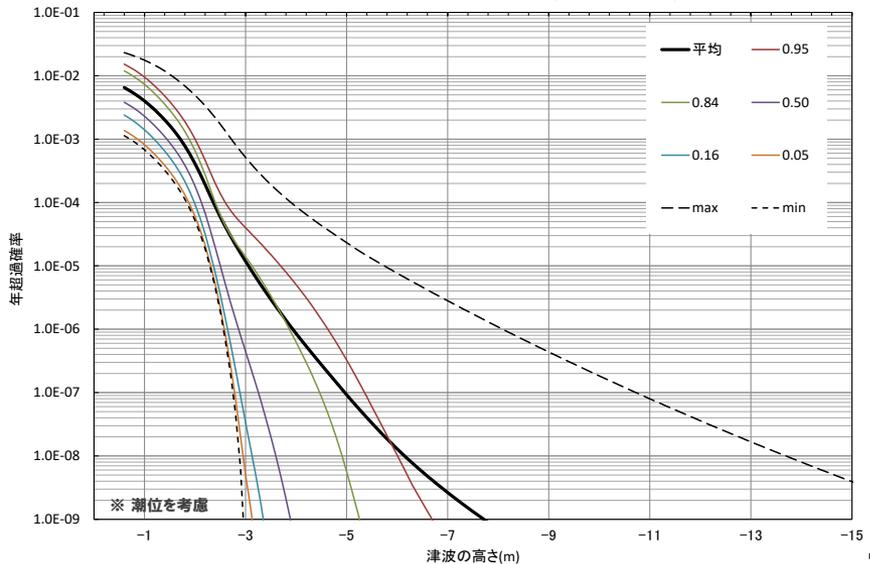
基準津波定義地点 (下降側)



3号炉敷地前面 (上昇側)



3号炉海水取水口 (下降側)



## まとめ -超過確率の参照-

- 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号炉海水取水口 (最低水位)	T.P.-4.60m	$10^{-6} \sim 10^{-7}$

- (1)「日本被害津波総覧」渡辺偉夫, 東京大学出版会, 1985.
- (2)「日本被害津波総覧(第2版)」渡辺偉夫, 東京大学出版会, 1998.
- (3)「最新版 日本被害地震総覧416-2001」宇佐美龍夫, 東京大学出版会, 2003.
- (4)「地震の事典[第2版]」宇津徳治ほか編集, 朝倉書店, 2001.
- (5)「別府湾沿岸における慶長元年(1596年)豊後地震の津波調査」羽鳥徳太郎, 地震研究所彙報, Vol.60, 429-438, 1985.
- (6)「瀬戸内海・豊後水道沿岸における宝永(1707)・安政(1854)・昭和(1946)南海道津波の挙動」羽鳥徳太郎, 地震2, 41, 215-221, 1988.
- (7)「1596年豊後地震における「かみの関」の津波被害」松岡裕也・今村文彦・都司嘉宣, 津波工学研究報告, 29号, 225-252, 2012.
- (8)「古文書に見る大分の地震・津波」平井義人, 大分県先哲史料館 史料館研究紀要, 第17号, 2013.
- (9)「『玄與日記』が記す「かみの関」地点の比定(1596年豊後地震)」松崎伸一・平井義人, 歴史地震, 29, 183-193, 2014.
- (10)「四国における歴史津波(1605慶長・1707宝永・1854安政)の津波高の再検討」村上仁士・島田富美男・伊藤禎彦・山本尚明・石塚淳一, 自然災害科学, 15-1, 39-52, 1996.
- (11)「四国沿岸域における歴史津波高評価」村上仁士・島田富美男・山本尚明・上月康則・佐藤広章, 月刊 海洋, 号外28, 61-72, 2002.
- (12)「記録に基づく四国4県の歴史地震津波に関する被害状況」山本尚明・村上仁士・島田富美男・上月康則・佐藤広章, 歴史地震, 17, 117-126, 2001.
- (13)「瀬戸内海の歴史南海地震津波について」山本尚明, 歴史地震, 19, 153-160, 2003.
- (14)「理科年表 平成25年」国立天文台編, 丸善, 2012.
- (15)「大分地域の地質」吉岡敏和・星住英夫・宮崎一博, 地域地質研究報告, 5万分の1地質図幅, 地質調査所, 1997.
- (16)「1596年慶長豊後地震に伴う津波の波源推定」石辺岳男・島崎邦彦, 歴史地震, 20, 119-131, 2005.
- (17)「地震動による海底地すべりの発生メカニズムに関する地盤工学的検討」國生剛治・堤千花・池原研, 中央大学理工学研究所年報, 第9号, 18-24, 2002.
- (18)「津波堆積物からわかる南海地震の繰り返し」岡村 真・松岡裕美, 科学, 82, 182-191, 2012.
- (19)「12-2津波堆積物から見た南海トラフ沿いの巨大地震履歴」松岡裕美・岡村 真, 地震予知連絡会会報, 87, 495-496, 2012.
- (20)「愛媛県津波痕跡調査業務[報告書概要版]」愛媛県県民環境部防災局危機管理課, 1-64, 2013.
- (21)「大分市横尾貝塚に見られるアカホヤ噴火に伴う津波堆積物」藤原 治・町田 洋・塩田潤一, 第四紀研究, 49, 23-33, 2010.
- (22)「四国北西部伊予灘沿岸域における津波堆積物調査(速報)」後藤憲央・柳田 誠・池田倫治・辻 智大・小林修二・高橋鉄一・秋葉文雄・松島義章, 日本第四紀学会講演要旨集, 43, 114-115, 2013.
- (23)「原子力発電所の津波評価技術」土木学会原子力土木委員会津波評価部会, 2002.
- (24)「南海道沖の津波の数値実験」相田勇, 東京大学地震研究所彙報, 56, 713-730, 1981.
- (25)「資料3 中央防災会議「東南海, 南海地震等に関する専門調査会」(第16回)東南海, 南海地震の強震動と津波の高さ(案)」内閣府中央防災会議事務局, 2003.
- (26)「南海トラフの巨大地震モデル検討会中間とりまとめ」内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会, 2011.
- (27)「南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について(第一次報告)」内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会, 2012.
- (28)「南海トラフの巨大地震モデル検討会(第二次報告)」内閣府南海トラフの巨大地震モデル検討会, 2012.
- (29)「愛媛県地震被害想定調査報告書」愛媛県, 2013.
- (30)「Global frequency of magnitude 9 earthquakes」McCaffrey, R., Geology, vol.36, 263-266, 2008.
- (31)「Earthquake off Japan could generate strong tsunami」Hsu, S.-K. and Sibuet, J.-C., Eos Transactions AGU, vol.86, 169-170, 2005.
- (32)「三陸沖の古い津波のシミュレーション」相田勇, 東京大学地震研究所彙報, 52, 71-10, 1977.
- (33)「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査報告」東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査会, 中央防災会議, 2011.
- (34)「日本列島と周辺海域の地震地体構造区分」垣見俊弘・松田時彦・相田 勇・衣笠善博, 地震第2輯, vol.55, 389-406, 2003.
- (35)「Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake」Cisternas, M., Atwater, B. F., Torrejo n, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Younton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shishikura, M., Rajendran, C. P., Malik, J. K., Rizal, Y. and Husni, M., Nature, vol.437, 404-407, 2005.
- (36)「カスケード沈み込み帯における巨大地震の発生履歴の研究史」佐竹健治, 地震予知連絡会会報, vol.89, 421-424, 2013.
- (37)「Turbidite event history - methods and implications for Holocene paleoseismicity of the Cascadia subduction zone」Goldfinger, C., Nelson, C. H., Morey, A. E., Johnson, J. E., Patton, J. R., Karabanov, E., Gutierrez-Pastor, J., Eriksson, A. T., Gracia, E., Dunhill, G., Enkin, R. J., Dallimore, A., and Vallier, T., USGS Professional Paper, 1661-F., 2012.
- (38)「Multi-segment earthquakes and tsunami potential of the Aleutian megathrust」Shennan, I., Bruhn, R. and Plafker, G., Quaternary Science Reviews, vol.28, 7-13, 2009.
- (39)「History of earthquakes and tsunamis along the eastern Aleutian-Alaska megathrust, with implications for tsunami hazards in the California Continental Borderland」Ryan, H. F., von Huene, R., Wells, R. E., Scholl, D. W., Kirby, S. and Draut, A. E., USGS Professional Paper, 1795-A., 2012.
- (40)「A millennial-scale record of Holocene tsunamis on the Kronotskiy Bay coast, Kamchatka, Russia」Pinegina, T. K., Bourgeois, J., Bazanova, L. I., Melekestsev, I. V. and Braitseva, O. A., Quaternary Research, vol.59, 36-47, 2003.
- (41)「三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価(第二版)について」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2011.
- (42)「インド洋における過去の巨大地震・津波」藤野滋弘, 地震予知連絡会会報, vol.89, 429-431, 2013.
- (43)「南海トラフの地震活動の長期評価(第二版)」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2013.
- (44)「津波堆積物から見た南海トラフ沿いの巨大地震履歴」松岡裕美・岡村 真, 地震予知連絡会会報, vol.87, 495-496, 2012.
- (45)「地形・地質記録から見た南海トラフの巨大地震・津波(東海地域の例)」藤原 治, GSJ 地質ニュース, vol.2, 197-200, 2013.
- (46)「地形・地質記録から見た南海トラフの巨大地震・津波(南海地域の例)」宍倉正展, GSJ 地質ニュース, vol.2, 201-204, 2013.
- (47)「南海トラフ三連動型地震・M9 はあり得るか?」瀬野徹三, GSJ 地質ニュース, vol.2, 212-214, 2013.
- (48)「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2004.
- (48-1)「日向灘および南西諸島海溝周辺の地震活動の長期評価(第二版)」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2022

- (49)「Localized tsunamigenic earthquakes inferred from preferential distribution of coastal boulders on the Ryukyu Islands, Japan」Goto, K., Miyagi, K. and Imamura, F., *Geology*, vol.41, 1139-1142, 2013.
- (50)「On the mechanism of seismic decoupling and back arc spreading in subduction zones」Scholz, C. H. and Campos, J., *Journal of Geophysical Research*, vol.100, 22103-22115, 1995.
- (51)「The seismic coupling of subduction zones revisited」Scholz, C. H. and Campos, J., *Journal of Geophysical Research*, vol.117, B05310, 2012.
- (52)「測地データから推定された環太平洋地域のプレート間カップリング」西村卓也, 地震予知連絡会会報, vol.89, 453-455, 2013.
- (53)「Geodetic imaging of plate motions, slip rates, and partitioning of deformation in Japan」Loveless, J. P. and Meade, B. J., *Journal of Geophysical Research*, vol.115, B02410, 2010.
- (54)「Present-day tectonics in four active island arcs based on GPS observations and forearc stress fields」Kato, T. and Kubo, A., *Geophysical Monograph Series*, vol.116, 31-42, 2006.
- (55)「東海・東南海・南海地震の連動性評価研究プロジェクト 東海・東南海・南海地震の連動性評価のための調査観測・研究(平成20~24年度)成果報告書」文部科学省研究開発局・独立行政法人海洋研究開発機構, 2013.
- (56)「南西諸島の地震活動と巨大津波発生可能性」中村 衛, *科学*, vol.82, 201-207, 2012.
- (57)「Interplate coupling in the Ryukyu Trench: possibility of large interplate earthquakes and mega-tsunamis」Nakamura, M., Shieh, C.-L., Koizumi, N. and Matsumoto, N. eds. *Proceedings of the 10th Taiwan-Japan International Workshop on Hydrological and Geochemical Research for Earthquake Prediction*, GSJ Openfile Report, no.574, 19-28, 2013.
- (58)「プレート・テクトニクス」上田誠也, 岩波書店, 1989.
- (59)「Back arc extension: which driving mechanism?」*Journal of the Virtual Explorer*」Mantovani, E., Viti, M., Babbucci, D., Tamburelli, C. and Albarello, D., vol.3, 17-45, 2001.
- (60)「Back-arc opening and the mode of subduction」Uyeda, S. and Kanamori, H., *Journal of Geophysical Research*, vol.84, 1049-1061, 1979.
- (61)「Controls on tectonic accretion versus erosion in subduction zones: implications for the origin and recycling of the continental crust」Cliff, P. and Vannucchi, P., *Review of Geophysics*, vol.42, RG2001, 2004.
- (62)「Do trench sediments affect great earthquake occurrence in subduction zones?」Ruff, L. J., *Pure and Applied Geophysics*, vol.129, 263-282, 1989.
- (63)「Back-arc extension in the Andaman Sea: Tectonic and magmatic processes imaged by high-precision teleseismic double-difference earthquake relocation」Diehl, T., Waldhauser, F., Cochran, J. R., Kamesh Raju, K. A., Seeber, L., Schaff, D. and Engdahl, E. R., *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, vol.118, 1-19, 2013.
- (64)「A rigid block rotation モデル for the GPS derived velocity field along the Ryukyu arc」Nishimura, S., Hashimoto, M. and Ando, M., *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, vol.142, 185-203, 2004.
- (65)「Why the Philippine Sea plate moves as it does」Seno, T., *Journal of Geological Society of the Philippines*, vol.55, 105-117, 2000.
- (66)「九州-琉球列島における稍深発地震とテクトニクス」長宗留男, *地震第2輯*, vol.40, 417-423, 1987.
- (67)「NOAA National Geophysical Data Center: Age of Oceanic Lithosphere (m.y.)」  
[http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/ocean\\_age/data/2008/ngdcgenerated\\_images/whole\\_world/2008\\_age\\_of\\_oceans\\_plates.pdf](http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/ocean_age/data/2008/ngdcgenerated_images/whole_world/2008_age_of_oceans_plates.pdf)
- (68)「トカラ列島における中期更新世の酸性海底火山活動」横瀬久芳・佐藤 創・藤本悠太・Mirabueno, M. H. T.・小林哲夫・秋元和美・吉村 浩・森井康宏・山脇信博・石井輝秋・本座栄一, *地学雑誌*, vol.119, 46-68, 2010.
- (69)「琉球列島(南西諸島)の構造区分」小西健二, *地質学雑誌*, vol.71, 437-457, 1965.
- (70)「活断層の長期評価手法」報告書」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2010.
- (71)「日本列島における地殻内地震のスケーリング則」武村雅之, *地震*, 2, 51, 211-228, 1998.
- (72)「大分県津波浸水予測調査報告書」大分県, 2013.
- (73)「中央構造線断層帯(金剛山地東縁-伊予灘)の長期評価(一部改訂)について」地震調査研究推進本部地震調査委員会, 2011.
- (74)「長大横ずれ断層による内陸地震の平均動的応力降下量の推定と強震動予測のためのアスベリティモデルの設定方法への応用」壇一男・具典淑・入江紀嘉・アルズ・ヘイマサン・石井やよい, *日本建築学会構造系論文集*, 第670号, 2041-2050, 2011.
- (75)「マグニチュード9クラスのプレート境界地震による強震動予測のための断層モデルの設定方法-南海トラフ巨大地震への適用と東海地方における強震動の試算例-」, 壇一男, 石井やよい, 宮腰淳一, 高橋広人, 護雅史, 福和伸夫, *日本建築学会構造系論文集*, 78, 692, 1685-1694, 2013.
- (76)「内陸地殻内の長大断層で発生する地震に関するスケーリング則」, 松島信一, 室谷智子, 吾妻崇, 入倉孝次郎, 北川貞之, *北海道大学地球物理学研究報告*, 73, 117-127, 2010.
- (77)「日本活火山総覧(第3版)」気象庁編, 気象業務支援センター, 2005.
- (78)「Parallel adaptive numerical simulation of dry avalanches over natural tectain」, A.K.Patra, A.C.Bauer, C.C.Nichita, E.B.Pitman, M.F.Sheridan, M.Bursik, B.Rupp, A.Webber, A.J.Stinton, L.M.Namikawa, C.S.Renschler, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 139, 1-21, 2005.
- (79)「土砂突入による津波発生機構に関する基礎検討」, 今村文彦・後藤大地・嶋原良典・喜多村雄一・松原隆之・高岡一章・伴一彦, *海岸工学論文集*, 48, 321-325, 2001.
- (80)「Numerical investigations of tsunamis generated by pyroclastic flows from the Kikai caldera, Japan」, Fukashi Maeno and Fumihiko Imamura, *GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS*, 34, L23303, 2007.
- (81)「1741年寛保津波は渡島大島の山体崩壊によって生じた」, 佐竹健治・加藤幸弘, *月刊海洋*, 号外No.28, 2002.
- (82)「豊後水道南方海底地質図及び同説明書(20万分の1)」岡村行信, *地質調査所*, 1998.
- (83)「地すべり地形分布図 第32集 「松山・宇和島」」防災科学技術研究所, *防災科学技術研究所研究資料*, 第308号, 2007.
- (84)「地震地すべり」日本地すべり学会, 2012.
- (85)「四国島における大規模崩壊地形の分布と地域特性」寺戸恒夫, *地質学論集*, 28, 221-232, 1986.
- (86)「土佐有間山の崩壊」岡崎好伸, *新砂防*, 39, 32-35, 1986.
- (87)「地すべり地形分布図データベース」防災科学技術研究所, 2013, <http://lsweb1.ess.bosai.go.jp/>, 防災科学技術研究所ホームページ.
- (88)「水理公式集(平成11年版)」土木学会水理委員会水理公式集改訂小委員会編, 1999.
- (89)「火力・原子力発電所土木構造物の設計(増補改訂版)」電力土木技術協会, 1995.
- (90)「発電水力演習」千秋信一, 学献社, 1967.

# 参考文献

- (91)「津波による海底地形変化に関する研究」藤井直樹・大森政則・高尾 誠・金山 進・大谷英夫, 海岸工学論文集, vol.45, 376-380, 1998.
- (92)「掃流砂層・浮遊砂層間の交換砂量を考慮した津波移動床モデルの開発」高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔, 海岸工学論文集, vol.46, 606-610, 1999.
- (93)「津波による砂移動に関する研究」小林昭男・織田幸伸・東江隆夫・高尾 誠・藤井直樹, 海岸工学論文集, vol.43, 691-695, 1996.
- (94)「津波による海底地形変化評価モデルの現地適用性に関する研究」藤田尚毅・稲垣和男・藤井直樹・高尾誠・金戸俊道, 海洋開発論文集, vol.26, 213-218, 2010.
- (95)「津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験」高橋智幸・黒川貴博・藤田将孝・島田広昭, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.67, 231-235, 2011.
- (96)「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.
- (97)「確率論的津波ハザード解析の方法」土木学会原子力土木委員会津波評価部会, 2011.
- (98)「The displacement fields of inclined faults」, Mansinha, L. and Smylie, D.E., Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, 5, 1971.
- (99)「GISを利用した津波遡上計算と被害推定」, 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫, 海岸工学論文集, 45, 356-360, 1998.
- (100)「津波の数値実験における格子間隔と時間積分間隔に関する研究」長谷川賢一・鈴木孝夫・稲垣和男・首藤伸夫, 土木学会論文集, 381, II-7, 1987.
- (101)「TITAN2D User Guide」Geophysical Mass Flow Group (GMFG) ., University at Buffalo, 2005.
- (102)「すべりに伴う物質の移動と変形第7回 大規模地すべり」千木良雅弘, 日本地すべり学会誌 Vol.42, No.1, 2005.
- (103)「土石流による津波発生・伝播モデルの開発」松本智裕・橋和正・今村文彦・首藤伸夫, 海岸工学論文集, 45, 346-350, 1998.
- (104)「モデル of Tsunami Generation by Collapse of Volcanic Eruption: The 1741 Oshima-Oshima Tsunami」K. Kawamata, K. Takaoka, K. Ban, F. Imamura, S. Yamaki, E. Kobayashi, 2005.
- (105)「ロジックツリーの重みのアンケート結果(平成20年度)」, 土木学会原子力土木委員会, [http://committees.jsce.or.jp/ceofnp/system/files/Questionare\\_RT\\_PTHA\\_20141009\\_0.pdf](http://committees.jsce.or.jp/ceofnp/system/files/Questionare_RT_PTHA_20141009_0.pdf)