

# 4. 基準津波の策定

1. 評価方針	3
2. 地震による津波	5
2-1 文献調査結果	8
2-2 津波堆積物調査結果	12
2-3 既往津波の再現性検討	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討	37
3. 地震以外の津波	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波	61
3-2 海底地すべりに伴う津波	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波	99
<b>4. 基準津波の策定</b>	<b>138</b>
5. 津波に対する安全性	150
5-1 砂移動評価について	152
5-2 取水路の水位変動について	170
6. 超過確率の参照	179
7. 検討会モデルによる評価	207
参考資料	228
参考文献	248

## 4. 基準津波の策定

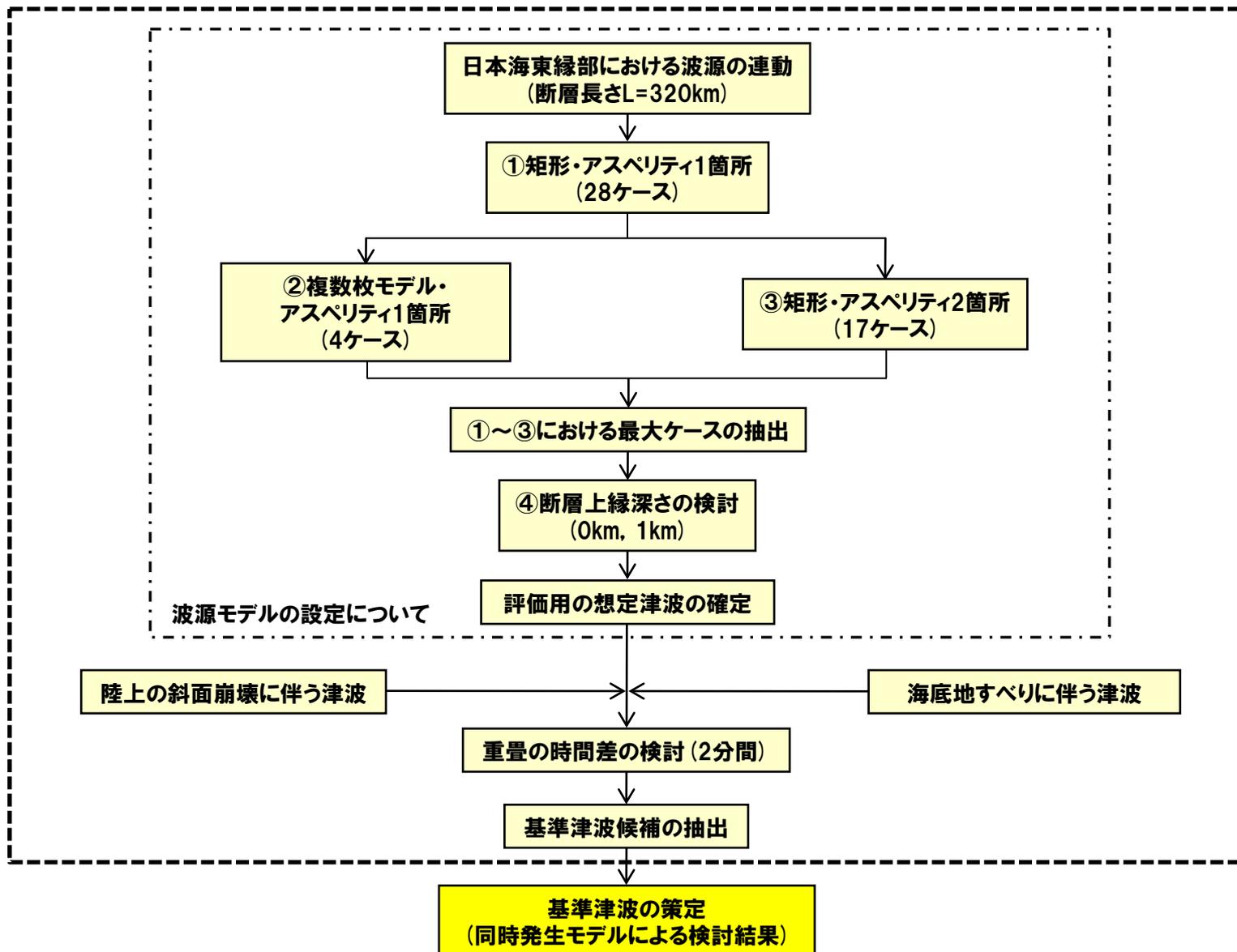
### 検討方針

- **基盤構造等の検討結果に基づき、波源の規模を設定したうえで、**
  - ・ 矩形・アスペリティ1箇所
  - ・ 複数枚モデル・アスペリティ1箇所
  - ・ 矩形・アスペリティ2箇所
  - ・ 断層上縁深さ0kmの影響検討

を念頭に置き、日本海東縁部を対象としたアスペリティを考慮した想定地震の津波波源モデルである根本ほか(2009)の考え方をベースとして検討を行い、日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討結果を取りまとめた。
  
- **日本海東縁部に想定される地震(に伴う津波)の発生後、2分間のうちに「海底地すべりに伴う津波」及び「陸上地すべりに伴う津波」が発生するものとして、組合せ後の影響が最大となる水位時刻歴波形を抽出した。**
  
- **検討結果によれば、3号炉並びに1号及び2号炉で、計5ケースの基準津波候補が抽出された。**
  
- **時間差の検討結果を考慮した同時発生モデルで数値シミュレーションを実施し、基準津波を策定する。**

# 4. 基準津波の策定

## 検討フロー



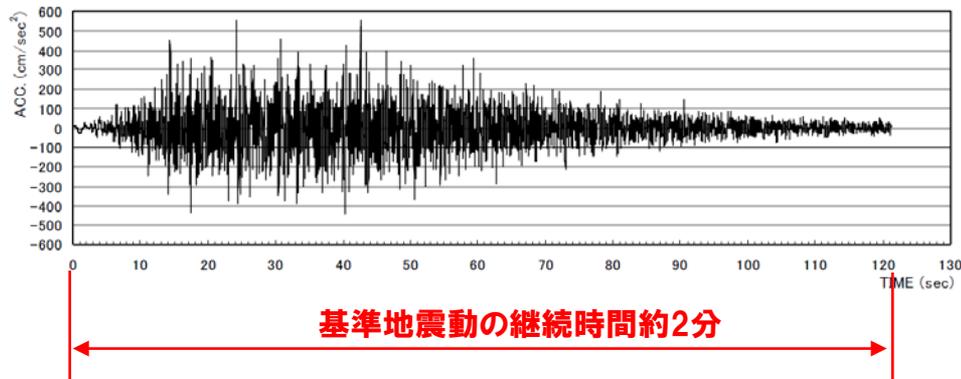
# 4. 基準津波の策定

## 重畳の時間差の検討-継続時間の検討

- 津波波源として想定する断層の破壊継続時間はおよそ2分間（120秒）。
- 基準地震動Ss（550gal）の地震継続時間はおよそ2分間（120秒）。
- 以上から、日本海東縁部に想定される地震（に伴う津波）の発生後、2分間のうちに「海底地すべりに伴う津波」、「陸上の斜面崩壊に伴う津波」が発生するものとして、組合せ後の影響が最大となる水位時刻歴波形を抽出する。



※破壊伝播速度2.7km/sとし、断層が120秒かけて破壊（ $320\text{km} \div 2.7\text{km/s} \approx 120\text{秒}$ ）すると想定。

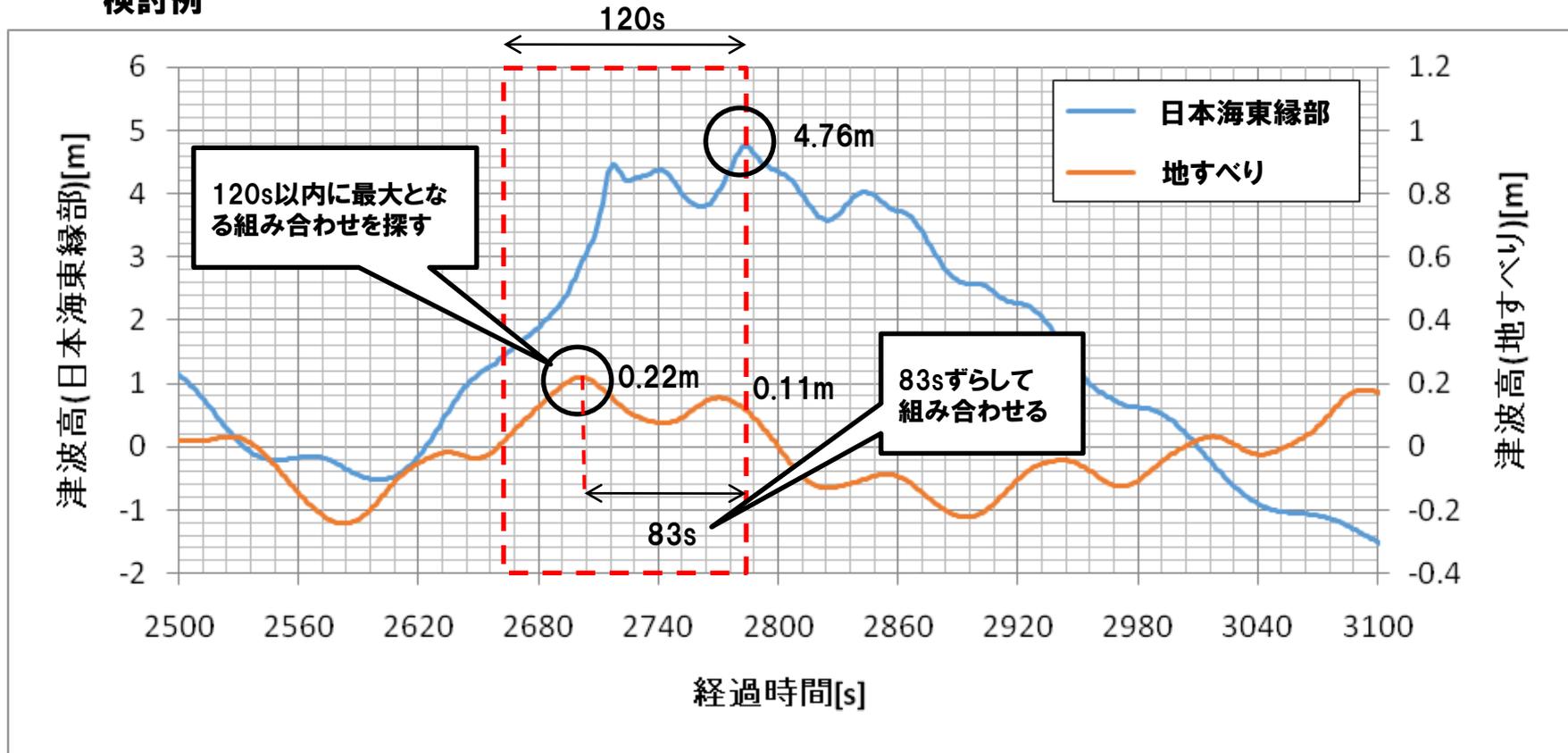


# 4. 基準津波の策定

## 重畳の時間差の検討-時間遅れの考慮

- 地すべり開始時刻を地震発生後、0～120秒以内とし、最大の津波高になるよう重畳させる。
- 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波のピークを基準とし、120秒間のうち海底地すべりによる津波、陸上の斜面崩壊による津波のピークとなる時間分の遅れを考慮し、重畳させる。

### 検討例

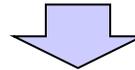


# 4. 基準津波の策定

## 評価点における波源の組合せ

波源 評価点	日本海東縁部	日本海東縁部 + 海底地すべりA	日本海東縁部 + 海底地すべりB	日本海東縁部 + 海底地すべりE	日本海東縁部 + 川白1	日本海東縁部 + 川白3	日本海東縁部 + 川白8	日本海東縁部 + 川白10,11
敷地前面 最大水位上昇量	+8.15m	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.16\text{m}$ T=99s	$\Delta h = 0.00\text{m}$ T=61s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=34s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s
3号炉取水口 最大水位上昇量	+6.61m	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.16\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=115s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=69s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=0s
3号炉取水口 最大水位下降量	-7.50m	$\Delta h = -0.13\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.16\text{m}^{**}$ T=15s	$\Delta h = -0.16\text{m}^{**}$ T=106s	$\Delta h = -0.06\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.04\text{m}$ T=0s
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	+6.82m	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.14\text{m}$ T=120s	$\Delta h = 0.00\text{m}$ T=64s	$\Delta h = -0.02\text{m}$ T=42s	$\Delta h = -0.03\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.01\text{m}$ T=120s
1号及び2号炉取水口 最大水位下昇量	-7.18m	$\Delta h = -0.05\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.11\text{m}$ T=0s	$\Delta h = -0.14\text{m}$ T=64s	$\Delta h = -0.09\text{m}$ T=120s	$\Delta h = -0.07\text{m}$ T=120s	$\Delta h = +0.08\text{m}$ T=0s	$\Delta h = +0.03\text{m}$ T=0s

※有効数字3桁で大きい方を採用



- 組合せを検討した結果、表中のハッチングケースによる水位が最大となる。
- 各評価点で最大となる組合せを基本として、同時発生モデルの時間差を変化させた数値シミュレーション(感度解析)を実施し、基準津波を策定する。

# 4. 基準津波の策定

## 検討ケース (感度解析)

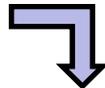
○下記, 5ケースを基本として同時発生モデルの時間差を変化させた数値シミュレーション (感度解析) を実施した。

評価点	波源 日本海東縁部	断層パラメータの概要	検討ケース	
			日本海東縁部 + 海底地すべりB	日本海東縁部 + 海底地すべりE
敷地前面 最大水位上昇量	+8.15m	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスベリティ位置dg (2箇所)	-	+8.31m <sup>※</sup> (T=99s)
3号炉取水口 最大水位上昇量	+6.61m	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスベリティ位置dg (2箇所)	-	+6.77m <sup>※</sup> (T=120s)
3号炉取水口 最大水位下降量	-7.50m	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスベリティ位置d (1箇所)	-7.66m <sup>※</sup> (T=15s)	-
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	+6.82m	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスベリティ位置dg (2箇所)	-	+6.96m <sup>※</sup> (T=120s)
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	-7.18m	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスベリティ位置df (2箇所)	-	-7.32m <sup>※</sup> (T=64s)

※重畳の検討における「地震による津波」と「海底地すべりに伴う津波」の線形重ね合わせ結果

### 時間差のパラメータスタディ

共通	0,30,60,90,120s
個別	基本±1,3,5s



※赤太字は基本ケース

アスベリティ位置 海底地すべり	時間差T (s) のパラメータ変動範囲	ケース数	
dg (2箇所), 海底地すべりE	T=0,30,60,90,94,96,98, <b>99</b> ,100,102,104,115,117,119, <b>120</b> ,121,123,125s	18	計42
d (1箇所), 海底地すべりB	T=0,10,12,14, <b>15</b> ,16,18,20,30,60,90,120s	12	
df (2箇所), 海底地すべりE	T=0,30,59,60,61,63, <b>64</b> ,65,67,69,90,120s	12	

# 4. 基準津波の策定

## 数値シミュレーション結果 (感度解析結果)

### 感度解析結果一覧

ケース	基準断層のパラメータ概要 及び考慮する海底地すべり	時間差 (s)	最大水位上昇量 (m)			最大水位下降量 (m)			
			敷地前面	3号炉 取水口	1, 2号炉 取水口	3号炉 取水口	1, 2号炉 取水口		
・敷地前面最大水位上昇量 ・3号炉取水口最大水位上昇量 ・1号及び2号炉取水口最大水位上昇量	・断層パラメータ 東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) の W=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスペリティ位置dg (2箇所)  ・考慮する海底地すべり 地すべりE	単独	8.15	6.61	6.82	-6.61	-6.59		
		0	8.09	6.61	6.80	-6.65	-6.65		
		30	8.08	6.57	6.80	-6.62	-6.61		
		60	8.07	6.55	6.81	-6.60	-6.58		
		90	8.05	6.57	6.81	-6.58	-6.56		
		94	8.05	6.57	6.81	-6.58	-6.56		
		96	8.05	6.57	6.81	-6.58	-6.56		
		98	8.05	6.57	6.81	-6.57	-6.56		
		99	8.05	6.57	6.81	-6.57	-6.56		
		100	8.05	6.57	6.81	-6.57	-6.56		
		102	8.06	6.56	6.81	-6.57	-6.56		
		104	8.05	6.57	6.81	-6.57	-6.56		
		115	8.07	6.58	6.80	-6.56	-6.55		
		117	8.07	6.59	6.80	-6.56	-6.55		
		119	8.07	6.59	6.80	-6.56	-6.55		
・3号炉取水口最大水位下降量	・断層パラメータ 東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) の W=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスペリティ位置d (1箇所)  ・考慮する海底地すべり 地すべりB	単独	7.64	5.65	5.63	-7.50	-7.14		
		0	7.64	5.66	5.63	-7.50	-7.14		
		10	7.64	5.66	5.62	-7.50	-7.14		
		12	7.64	5.66	5.62	-7.50	-7.14		
		14	7.64	5.66	5.62	-7.50	-7.14		
		15	7.64	5.66	5.62	-7.50	-7.14		
		16	7.64	5.66	5.62	-7.50	-7.14		
		18	7.64	5.66	5.62	-7.50	-7.14		
		20	7.64	5.66	5.63	-7.50	-7.14		
		30	7.64	5.66	5.64	-7.50	-7.14		
		60	7.64	5.65	5.63	-7.50	-7.14		
		90	7.64	5.65	5.62	-7.50	-7.14		
		120	7.64	5.65	5.64	-7.50	-7.14		
		・1号及び2号炉取水口最大水位下降量	・断層パラメータ 東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) の W=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスペリティ位置df (2箇所)  ・考慮する海底地すべり 地すべりE	単独	7.72	6.22	6.17	-7.22	-7.18
				0	7.76	6.25	6.21	-7.25	-7.08
30	7.72			6.25	6.20	-7.23	-7.08		
59	7.72			6.25	6.20	-7.21	-7.16		
60	7.72			6.26	6.20	-7.21	-7.16		
61	7.72			6.25	6.20	-7.21	-7.16		
63	7.74			6.26	6.20	-7.21	-7.16		
64	7.73			6.26	6.21	-7.21	-7.16		
65	7.73			6.25	6.20	-7.21	-7.15		
67	7.72			6.25	6.20	-7.21	-7.15		
69	7.73			6.26	6.20	-7.21	-7.15		
90	7.75			6.27	6.18	-7.20	-7.13		
120	7.77			6.26	6.17	-7.18	-7.11		

※ 赤字は単独を上回ったもの。黄色ハッチングは単独最大。桃色ハッチングは同時発生最大。  
 ※ 灰色ハッチングは基本ケース。

# 4. 基準津波の策定

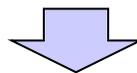
## 全体のまとめ

### 検討結果（感度解析）

波源 評価点	日本海東縁部	線形重ね合わせ		同時発生モデル	
		日本海東縁部 + 海底地すべりB	日本海東縁部 + 海底地すべりE	日本海東縁部 + 海底地すべりB	日本海東縁部 + 海底地すべりE
敷地前面 最大水位上昇量	+8.15m	-	+8.31m	-	+8.09m <sup>*</sup>
3号炉取水口 最大水位上昇量	+6.61m	-	+6.77m	-	+6.61m <sup>*</sup>
3号炉取水口 最大水位下降量	-7.50m	-7.66m	-	-7.50m <sup>*</sup>	-
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	+6.82m	-	+6.96m	-	+6.81m <sup>*</sup>
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	-7.18m	-	-7.32m	-	-7.16m <sup>*</sup>

※同時計算による計算値（最大値）

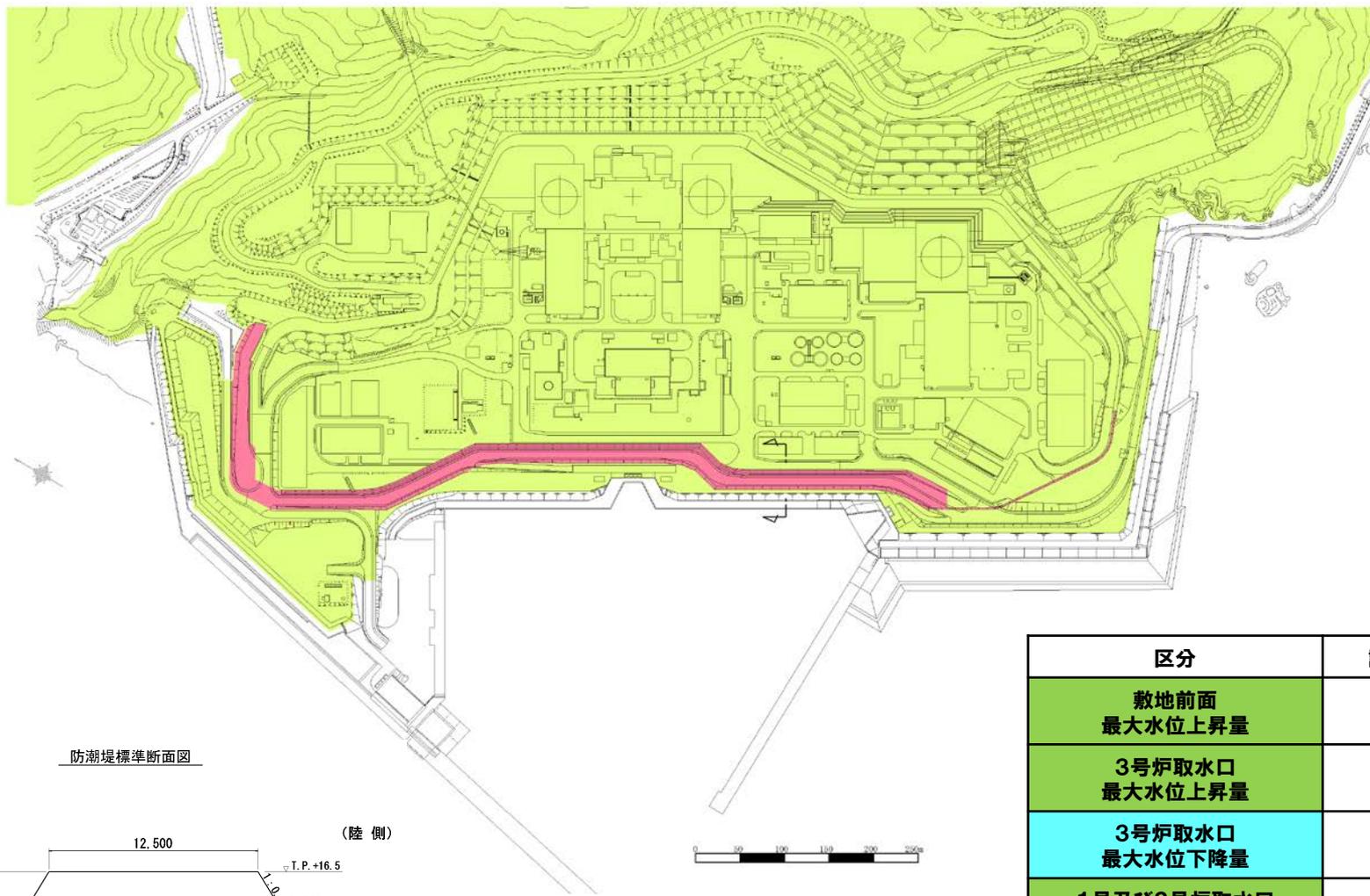
青字：同時計算結果が日本海東縁部単独を下回る  
赤字：同時計算結果が日本海東縁部単独を上回る



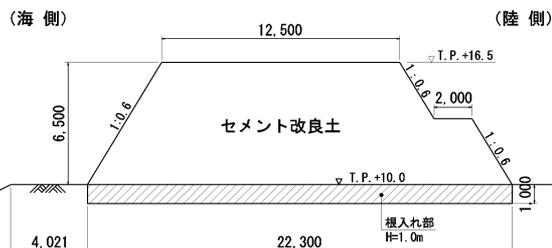
- 同時発生モデルの時間差を変化させた数値シミュレーション（感度解析）を実施した結果、いずれの水位変動も日本海東縁部単独とほぼ同等の結果となった。
- これは、日本海東縁部の波源による水位変動が支配的であることと、両波が評価点到達以前に複雑に干渉し合うことにより、結果として水位変動が若干小さくなることによるものと考えられる。
- よって、**日本海東縁部単独**を基準津波とする。

# 4. 基準津波の策定

## 構内敷地高について



防潮堤標準断面図



■ : T.P.+10m以上

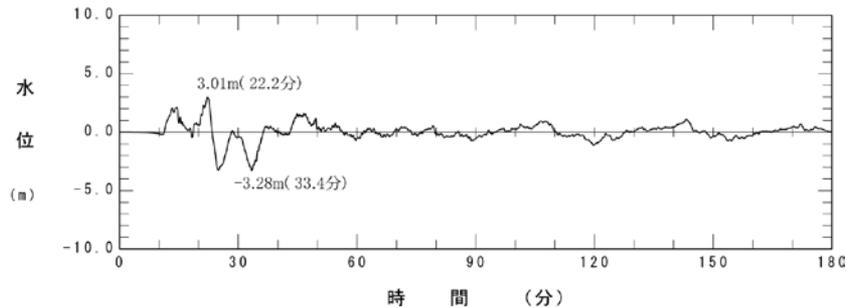
■ : 防潮堤・防潮壁(天端高T.P.+16.5m)

区分	計算値
敷地前面 最大水位上昇量	8.15m
3号炉取水口 最大水位上昇量	6.61m
3号炉取水口 最大水位下降量	7.50m
1号及び2号炉取水口 最大水位上昇量	6.82m
1号及び2号炉取水口 最大水位下降量	7.18m

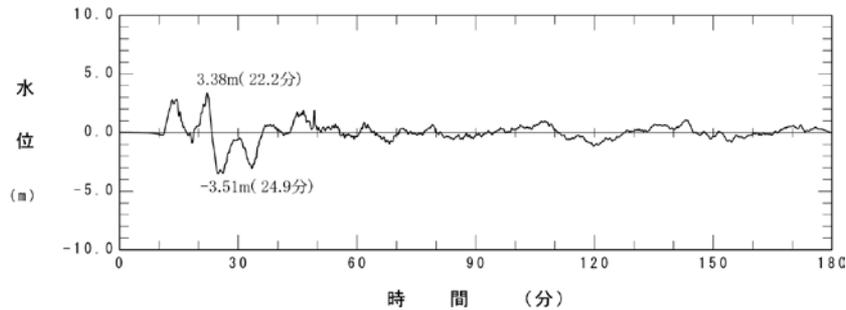
# 4. 基準津波の策定

## 基準津波策定位置

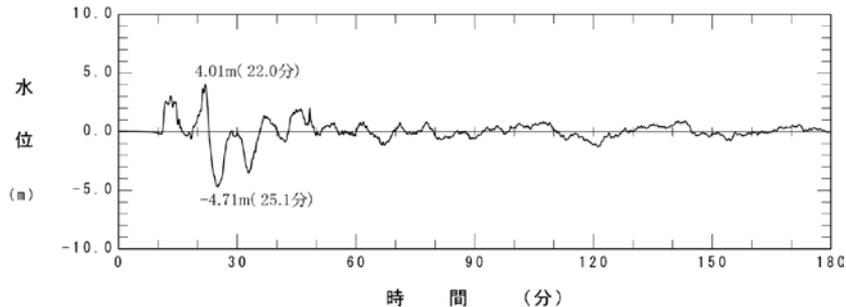
○基準津波策定位置は、敷地西方約5kmの地点(水深100m)とした。



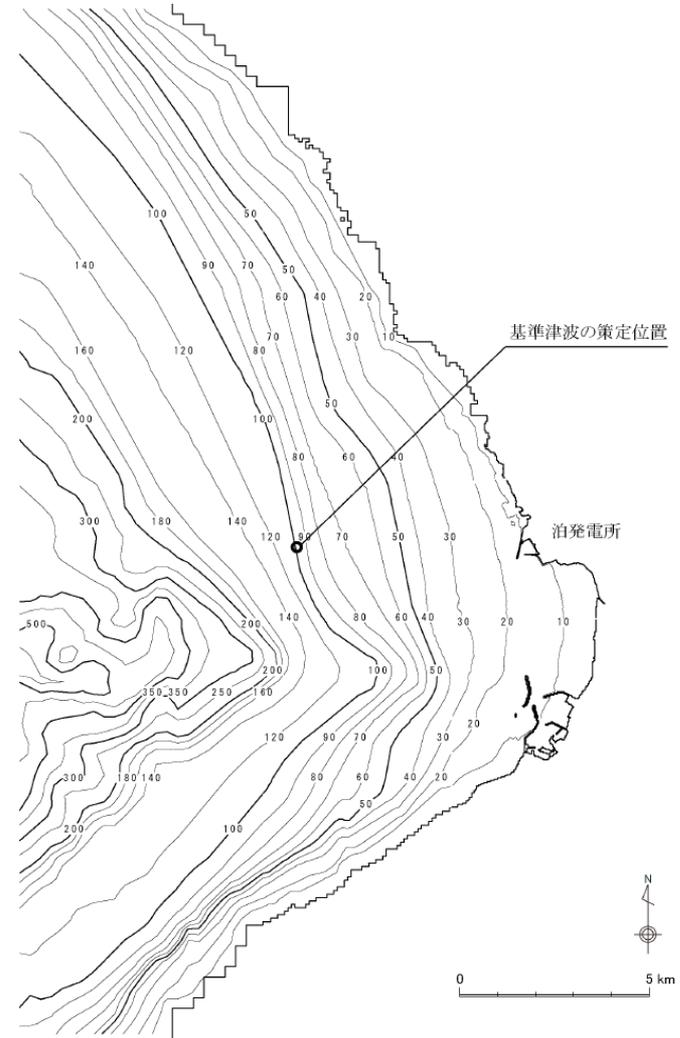
時刻歴波形 (基準津波①): 敷地前面・1, 2号炉及び3号炉取水口最大水位上昇ケース



時刻歴波形 (基準津波②): 1, 2号炉取水口最大水位下降ケース



時刻歴波形 (基準津波③): 3号炉取水口最大水位下降ケース



# 4. 基準津波の策定

## まとめ

- 時間差の検討結果を考慮した同時発生モデルでの数値シミュレーションを実施した結果、いずれの水位変動も日本海東縁部単独とほぼ同等の結果となった。
- 以上から、基準津波を**日本海東縁部単独**とする。
- なお、本サイトにおける同時発生モデルでの波源のコントラストと、評価点での応答特性を考慮して、今後の敷地への影響評価及び入力津波並びに砂移動解析については、以下の考え方に基づき実施する方針とする。
  - **敷地への影響評価や入力津波**に対しては、
    - ・評価要素として、水位変動による絶対値が重要であること
    - ・同時発生モデルによる水位変動が必ずしも単独モデルより小さくなるとは言い切れないことから、評価点における**水位変動にバラツキ等を考慮すること**により保守的な評価を行うものとする。
  - **砂移動解析**においては、同時発生モデルと日本海東縁部単独の水位変動等は同等であることを踏まえ、**日本海東縁部単独**の波源により評価を行うものとする。

# 5. 津波に対する安全性

1. 評価方針	3
2. 地震による津波	5
2-1 文献調査結果	8
2-2 津波堆積物調査結果	12
2-3 既往津波の再現性検討	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討	37
3. 地震以外の津波	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波	61
3-2 海底地すべりに伴う津波	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波	99
4. 基準津波の策定	138
<b>5. 津波に対する安全性</b>	<b>150</b>
5-1 砂移動評価について	152
5-2 取水路の水位変動について	170
6. 超過確率の参照	179
7. 検討会モデルによる評価	207
参考資料	228
参考文献	248

# 5. 津波に対する安全性

## 検討方針

○津波に対する安全性の検討として、以下を実施する。

- ①基準津波に伴う砂移動評価
- ②基準津波に伴う取水路の水位変動

1. 評価方針	3
2. 地震による津波	5
2-1 文献調査結果	8
2-2 津波堆積物調査結果	12
2-3 既往津波の再現性検討	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討	37
3. 地震以外の津波	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波	61
3-2 海底地すべりに伴う津波	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波	99
4. 基準津波の策定	138
<b>5. 津波に対する安全性</b>	<b>150</b>
<b>5-1 砂移動評価について</b>	<b>152</b>
5-2 取水路の水位変動について	170
6. 超過確率の参照	179
7. 検討会モデルによる評価	207
参考資料	228
参考文献	248

# 5-1 砂移動評価について

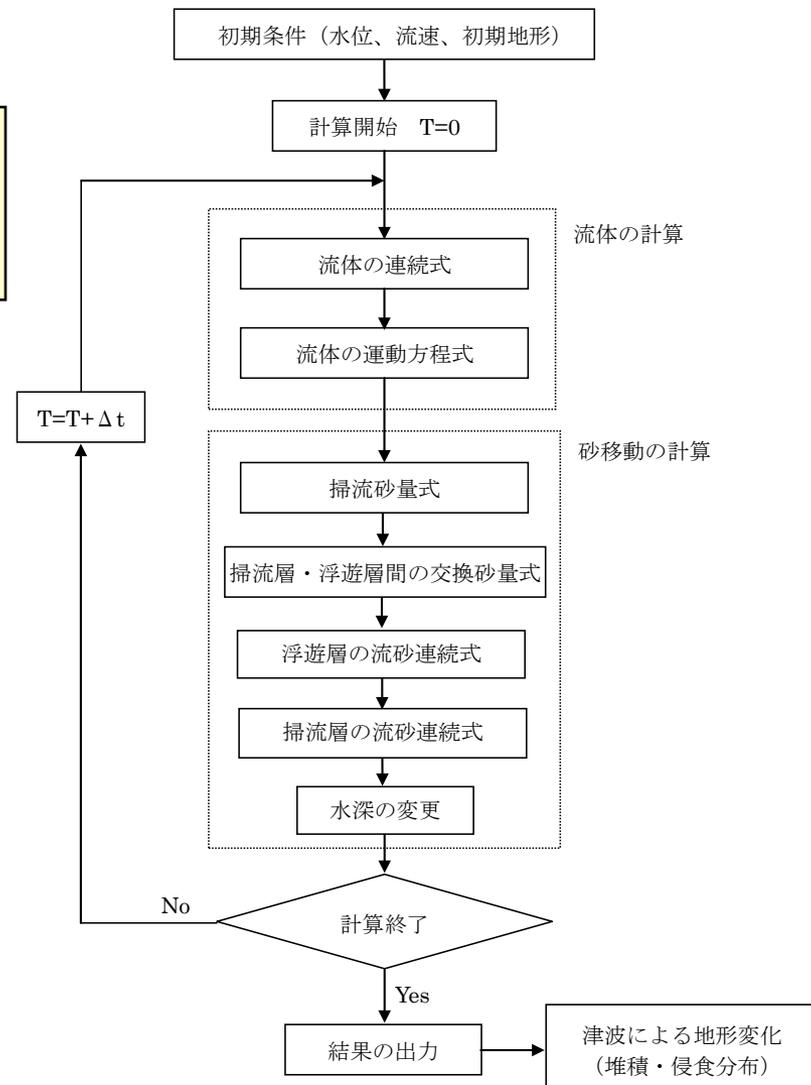
## 対象とする津波

○基準津波①～③を対象に津波に伴う砂移動について評価を実施する。

	ケース	波源	基準断層のパラメータ概要
基準津波①	水位上昇側 (敷地前面, 1, 2号炉及び3号炉取水口)	日本海東縁部	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスペリティ位置dg (2箇所)
基準津波②	水位下降側 (1, 2号炉取水口)	日本海東縁部	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスペリティ位置df (2箇所)
基準津波③	水位下降側 (3号炉取水口)	日本海東縁部	東西方向東端, 西傾斜 ( $\delta = 30^\circ$ ) のW=40.0km, 断層上縁深さ1km, アスペリティ位置d (1箇所)

## 数値シミュレーションの手法 (1/2)

○津波に伴う砂移動の評価については、藤井ほか(1998)及び高橋ほか(1999)による手法に基づき数値シミュレーションにより検討。



砂移動の数値シミュレーションフロー

## 数値シミュレーションの手法 (2/2)

	藤井ほか (1998) の手法	高橋ほか (1999) の手法
地盤高の 連続式	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \alpha \left( \frac{\partial Q}{\partial x} \right) + \frac{E-S}{\sigma(1-\lambda)} = 0$	$\frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{1}{1-\lambda} \left( \frac{\partial Q}{\partial x} + \frac{E-S}{\sigma} \right) = 0$
浮遊砂 濃度連続式	$\frac{\partial C}{\partial t} + \frac{\partial(UC)}{\partial x} - \frac{E-S}{D} = 0$	$\frac{\partial(C_s D)}{\partial t} + \frac{\partial(MC_s)}{\partial x} - \frac{E-S}{\sigma} = 0$
流砂量式	小林ら(1996)の実験式 $Q = 80\tau_*^{1.5} \sqrt{sgd^3}$	高橋ほか (1999) の実験式 $Q = 21\tau_*^{1.5} \sqrt{sgd^3}$
巻き上げ量の 算定式	$E = \frac{(1-\alpha)Qw^2\sigma(1-\lambda)}{Uk_z \left[ 1 - \exp\left\{ \frac{-wD}{k_z} \right\} \right]}$	$E = 0.012\tau_*^2 \sqrt{sgd} \cdot \sigma$
沈降量の 算定式	$S = wC_b$	$S = wC_s \cdot \sigma$
摩擦速度の 計算式	log-wake 則 $u_* / U = \kappa / \{ \ln(h/z_0) - 1 \}$ を積分した式より算出	マニング則より算出 $u_* = U \sqrt{gn^2 / D^{1/3}}$

- $Z$  : 水深変化量 (m)       $t$  : 時間 (s)       $X$  : 平面座標  
 $Q$  : 単位幅, 単位時間当たりの掃流砂量 ( $\text{m}^3/\text{s/m}$ )       $\varepsilon$  : 底面勾配の定数 (=2.0)  
 $\tau_*$  : シールズ数       $\sigma$  : 砂の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )       $\rho$  : 海水の密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $s$  :  $=\sigma/\rho-1$        $g$  : 重力加速度 ( $\text{m}/\text{s}^2$ )       $d$  : 砂の粒径 (m)  
 $U$  : 流速 ( $\text{m}/\text{s}$ )       $D$  : 全水深 (m)       $M$  :  $U \times D$  ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\lambda$  : 空隙率       $n$  : マニングの粗度係数 ( $\text{s}/\text{m}^{1/3}$ )  
 $\alpha$  : 局所的な外力のみに移動を支配される成分が全流砂量に占める比率 (=0.1)  
 $w$  : 土粒子の沈降速度 ( $\text{m}/\text{s}$ )       $C$  : 浮遊砂濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )       $C_s$  : 浮遊砂体積濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )  
 $C_b$  : 底面浮遊砂濃度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )       $C_{sb}$  : 底面浮遊砂堆積濃度       $k_z$  : 鉛直拡散係数 ( $\text{m}^2/\text{s}$ )  
 $\kappa$  : カルマン定数 (=0.4)       $h$  : 水深 (m)       $z_0$  : 粗度高さ (=  $\kappa s / 30$ )  
 $\kappa s$  : 相当粗度 (=  $d$ )

# 5-1 砂移動評価について

## 計算条件

項目	設定値	備考	
砂移動モデル	・藤井ほか(1998)によるモデル ・高橋ほか(1999)によるモデル		
計算格子間隔	5m		
計算時間間隔	0.05秒	C.F.L.条件より設定	
沖側境界条件	津波の数値シミュレーションで得られる水位及び線流量を砂移動の数値シミュレーションの沖側境界条件とする。		
陸側境界条件	小谷ほか(1998)の遡上境界条件		
マンニングの粗度係数	$0.03\text{m}^{-1/3}\cdot\text{s}$	土木学会(2002)より設定	
水平渦動粘性係数	$1.0\times 10^5\text{ cm}^2/\text{s}$	土木学会(2002)より設定	
計算潮位	M.S.L.=T.P.+0.21m		
計算対象現象時間	地震発生後3時間		
底質諸元	粒径	0.154mm	底質・地質調査より設定
	密度	$2,744\text{ kg}/\text{m}^3$	底質・地質調査より設定
	空隙率	0.4	藤井ほか(1998)より設定
砂層厚の初期条件	無限		
海水密度 ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	$1,030\text{ kg}/\text{m}^3$	理科年表より, $1.01\sim 1.05\text{g}/\text{cm}^3$	
飽和浮遊砂体積濃度	・1% ・5%		

# 5-1 砂移動評価について

## 計算条件 (底質条件)

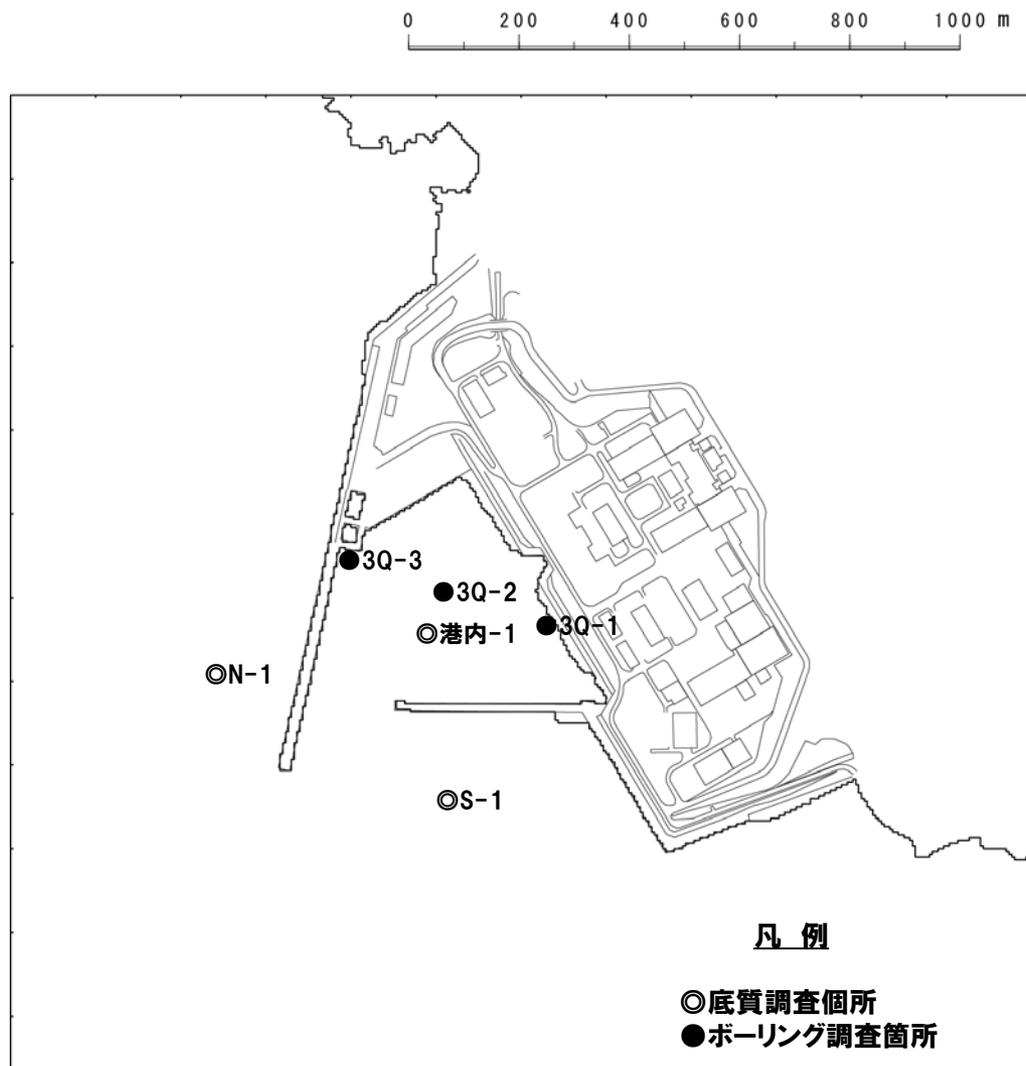
- 泊発電所の底質・地質調査結果を基に、海底表層の砂の密度及び粒径を整理して、表に示す。
- As1は表層に厚さ約5m程度、As2はAs1の下に厚さ約10m程度分布している。
- 砂移動は、As1で起こると考えられる。
- 砂の中央粒径に関しては、底質分布調査による3点と地質調査によるAs1層の1点の平均として $d_{50}=0.154\text{mm}$ を用いることとした。また、砂の比重(密度)は、As1とAs2で有意な差はないと判断し、As1及びAs2の平均(9点)として $\rho_s=2.744\text{g/cm}^3$ を採用した。

	岩種	採取地点	深さ (m)	土粒子の密度 $\rho_s$ (g/cm <sup>3</sup> )	中央粒径 $d_{50}$ (mm)
底質分布調査	As1	N-1	表層	—	0.156
		S-1	表層	—	0.133
		港内-1	表層	—	0.157
泊3号炉地質調査	As1	3Q-3P1	3.15~3.45	2.798	0.1712
	As2	3Q-2P1	2.15~2.43	2.726	0.3541
		3Q-2P2	8.15~8.45	2.734	0.3082
		3Q-2P3	11.85~12.15	2.719	0.1472
		3Q-2P4	13.15~13.45	2.717	0.0849
		3Q-2T1	5.00~6.20	2.776	0.3019
		3Q-3P2	6.15~6.39	2.733	0.2834
		3Q-3P3	9.15~9.31	2.734	0.3219
3Q-3P4	13.15~13.45	2.76	0.3022		
As1平均				2.798	0.154
As1最大					0.1712
As1最小					0.133
As2平均				2.737	0.263
As2最大				2.776	0.3541
As2最小				2.717	0.0849
As1及びAs2の平均				2.744	0.227

※As1及びAs2は専用港湾内に分布する砂質土である。

# 5-1 砂移動評価について

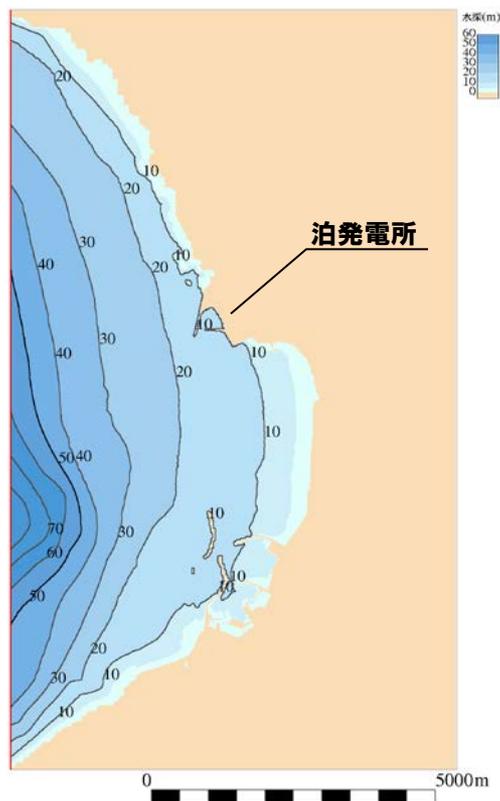
## 計算条件 (底質調査データ取得箇所)



# 5-1 砂移動評価について

## 計算条件 (初期砂層厚設定範囲)

- 数値シミュレーションに用いた砂の堆積範囲については、下図の範囲(東西7.9km, 南北13.6km)とした。
- 初期砂層厚は、無限とした。



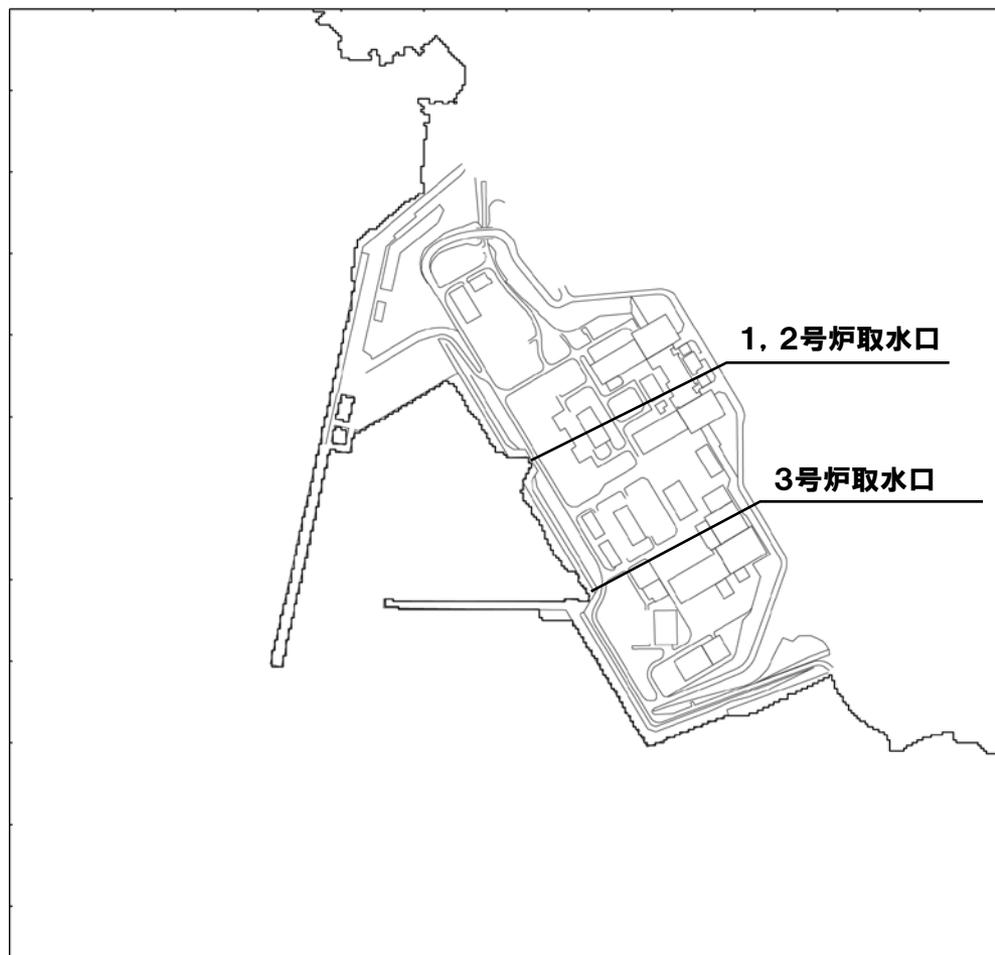
初期砂層厚設定範囲

# 5-1 砂移動評価について

## 評価点

○評価点については1, 2号炉取水口及び3号炉取水口地点とした。

0 200 400 600 800 1000 m



# 5-1 砂移動評価について

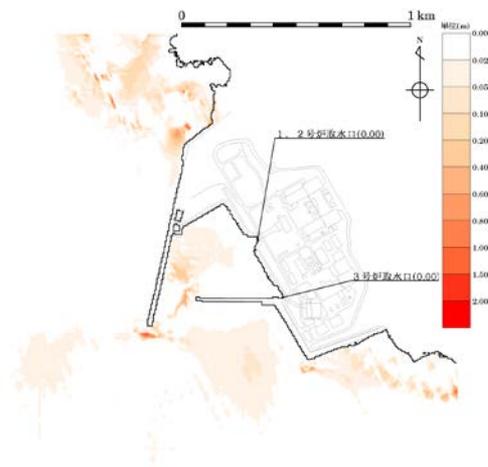
## 計算結果一覧

	モデル	上限濃度	水深変化量 (m)	
			1, 2号炉取水口	3号炉取水口
基準津波①	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00
		5%	0.00	0.00
	高橋ほか(1999)	1%	0.01	0.01
		5%	0.02	0.02
基準津波②	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00
		5%	0.00	0.00
	高橋ほか(1999)	1%	0.01	0.01
		5%	0.03	0.02
基準津波③	藤井ほか(1998)	1%	0.00	0.00
		5%	0.00	0.00
	高橋ほか(1999)	1%	0.04	0.02
		5%	0.10	0.07

# 5-1 砂移動評価について

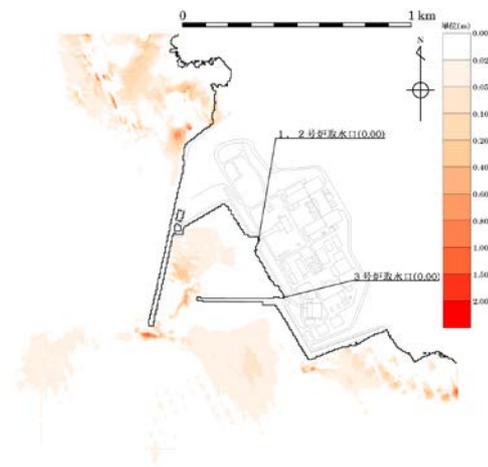
## 最大堆積厚の分布 (基準津波①)

浮遊砂体積濃度上限値1%

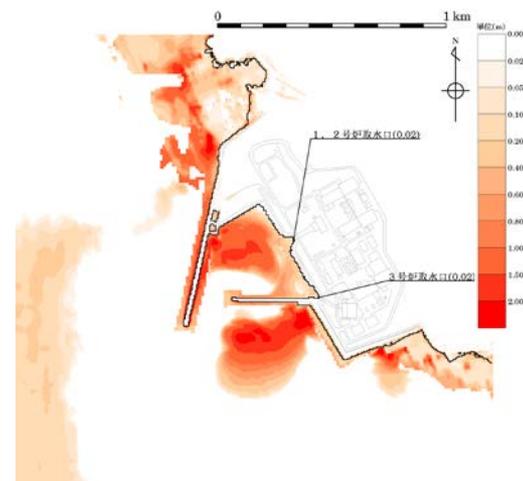
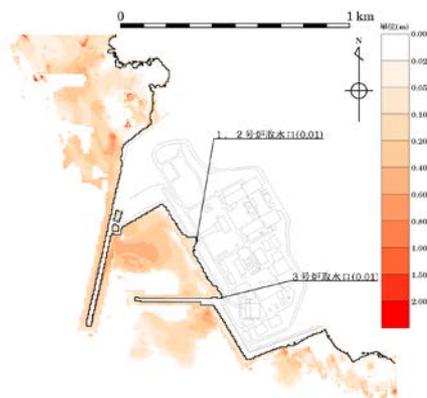


藤井ほか(1998)

浮遊砂体積濃度上限値5%

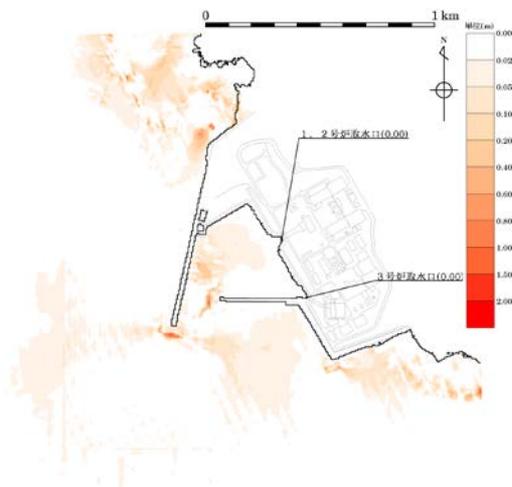


高橋ほか(1999)



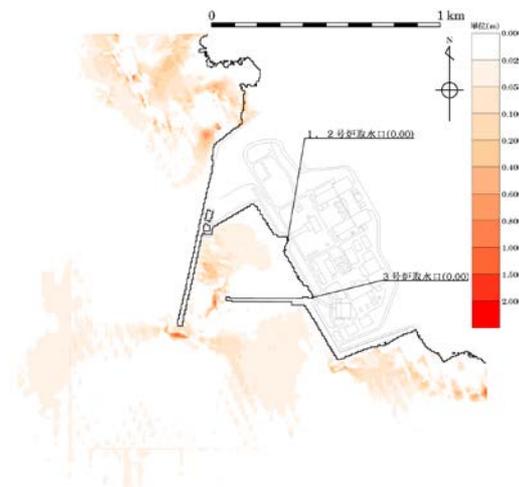
## 最大堆積厚の分布 (基準津波②)

浮遊砂体積濃度上限値1%

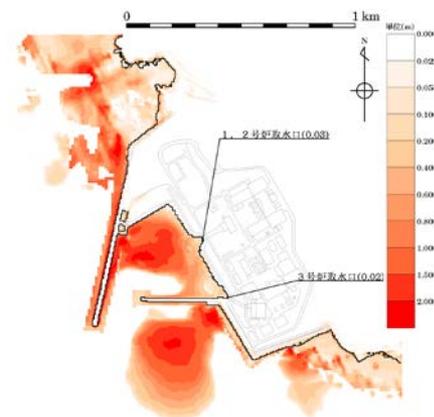
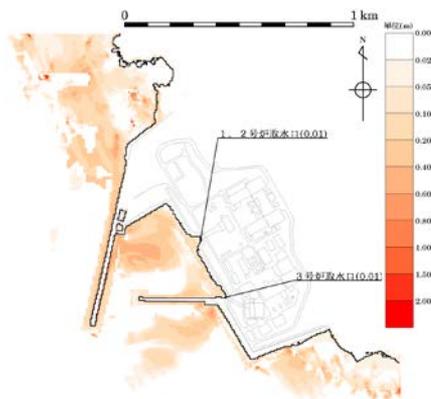


藤井ほか(1998)

浮遊砂体積濃度上限値5%

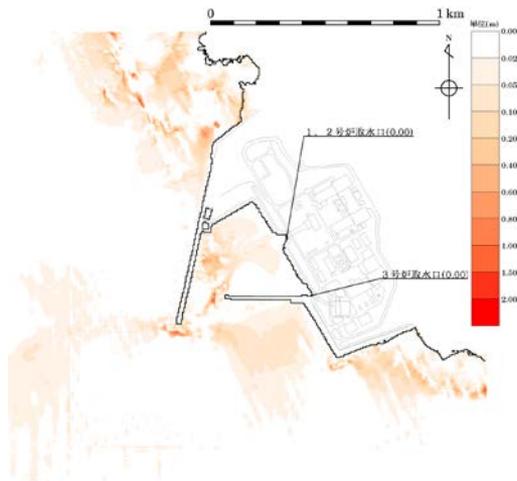


高橋ほか(1999)

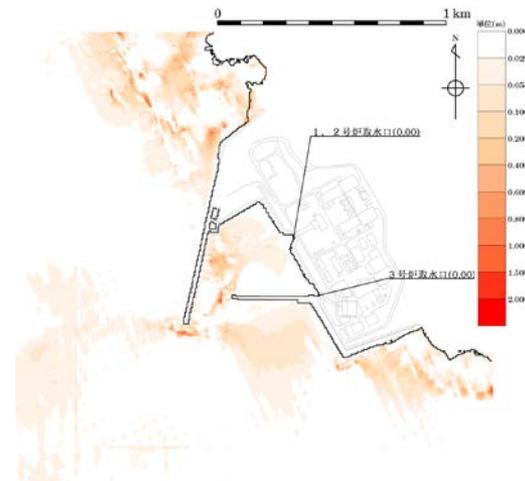


## 最大堆積厚の分布 (基準津波③)

浮遊砂体積濃度上限値1%

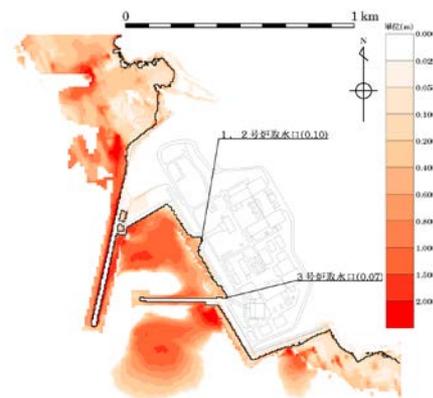
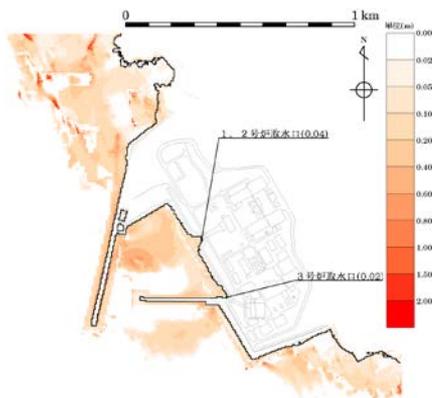


浮遊砂体積濃度上限値5%



藤井ほか(1998)

高橋ほか(1999)



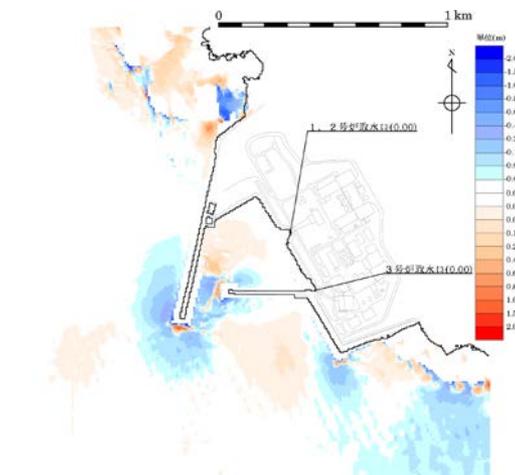
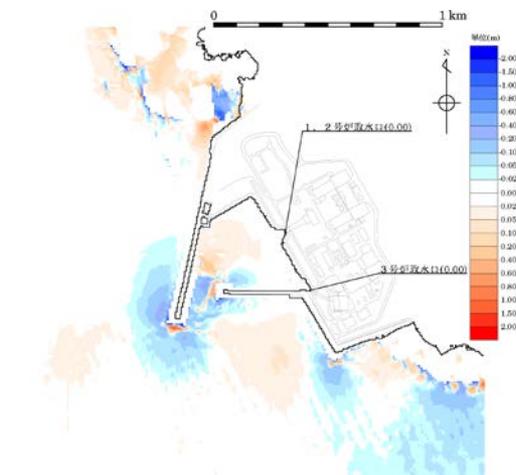
# 5-1 砂移動評価について

## 3時間後の水深変化量分布 (基準津波①)

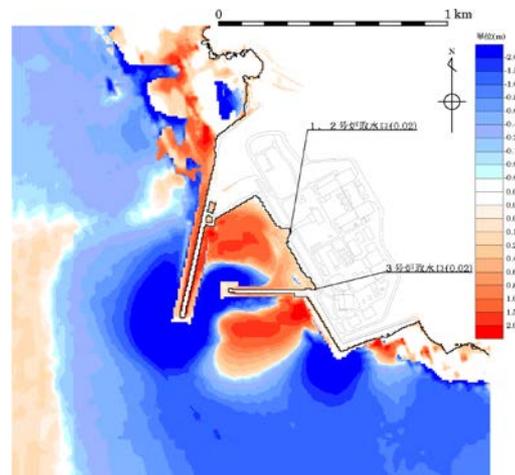
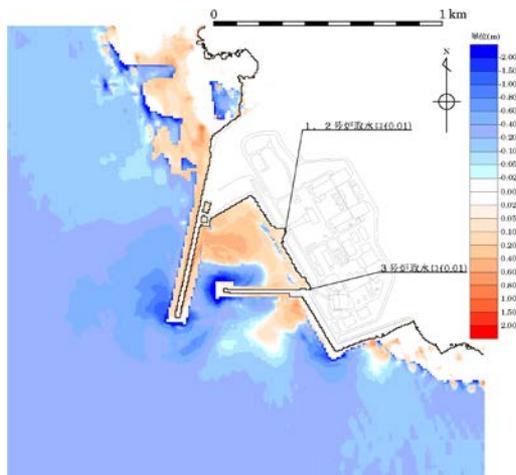
浮遊砂体積濃度上限値1%

浮遊砂体積濃度上限値5%

藤井ほか(1998)



高橋ほか(1999)

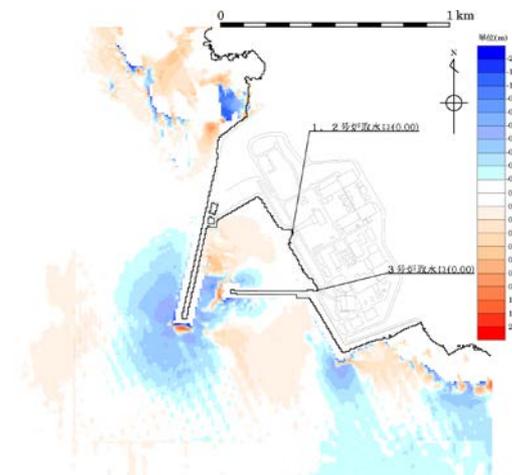
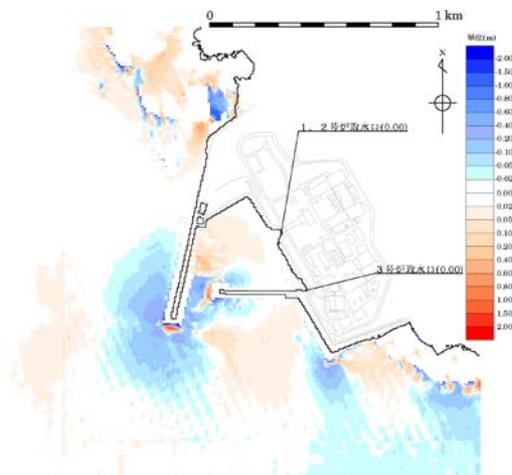


## 3時間後の水深変化量分布 (基準津波②)

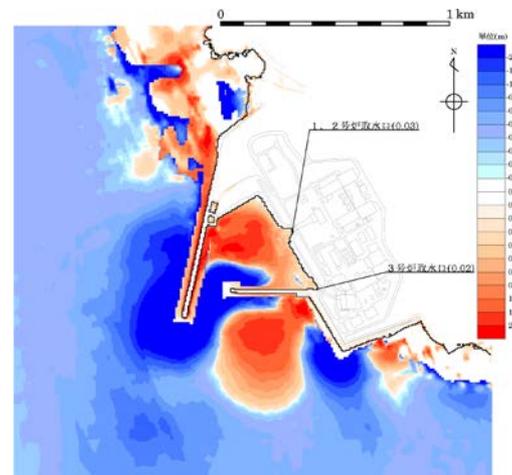
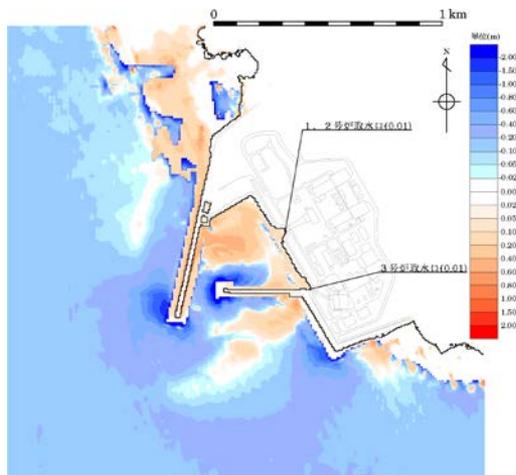
浮遊砂体積濃度上限値1%

浮遊砂体積濃度上限値5%

藤井ほか(1998)



高橋ほか(1999)



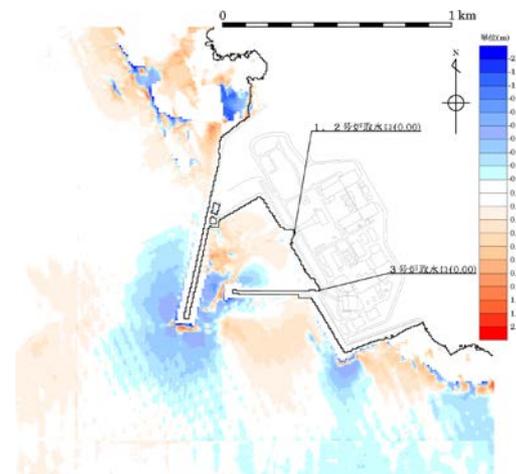
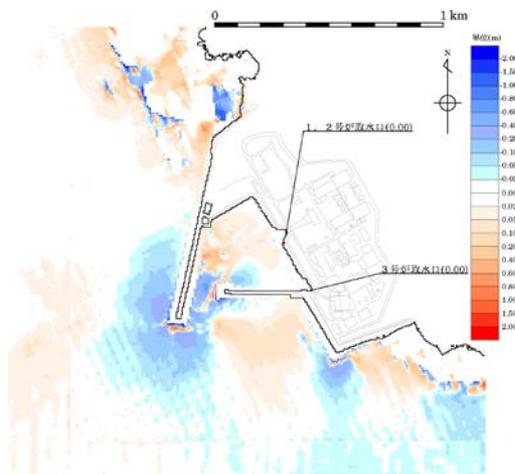
# 5-1 砂移動評価について

## 3時間後の水深変化量分布 (基準津波③)

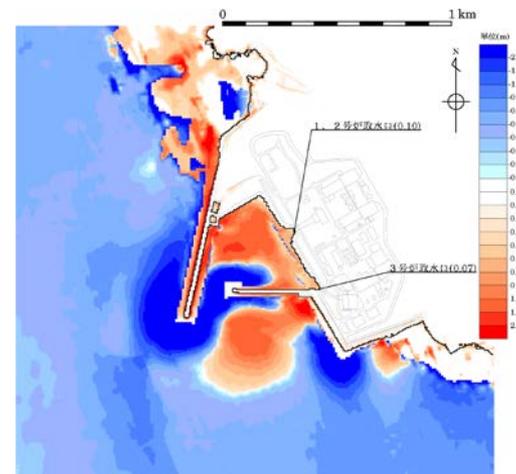
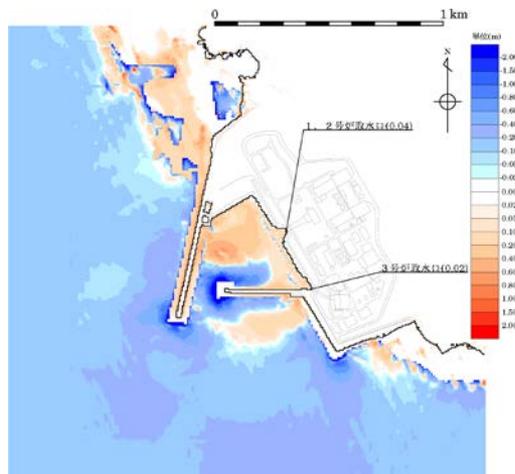
浮遊砂体積濃度上限値1%

浮遊砂体積濃度上限値5%

藤井ほか(1998)



高橋ほか(1999)



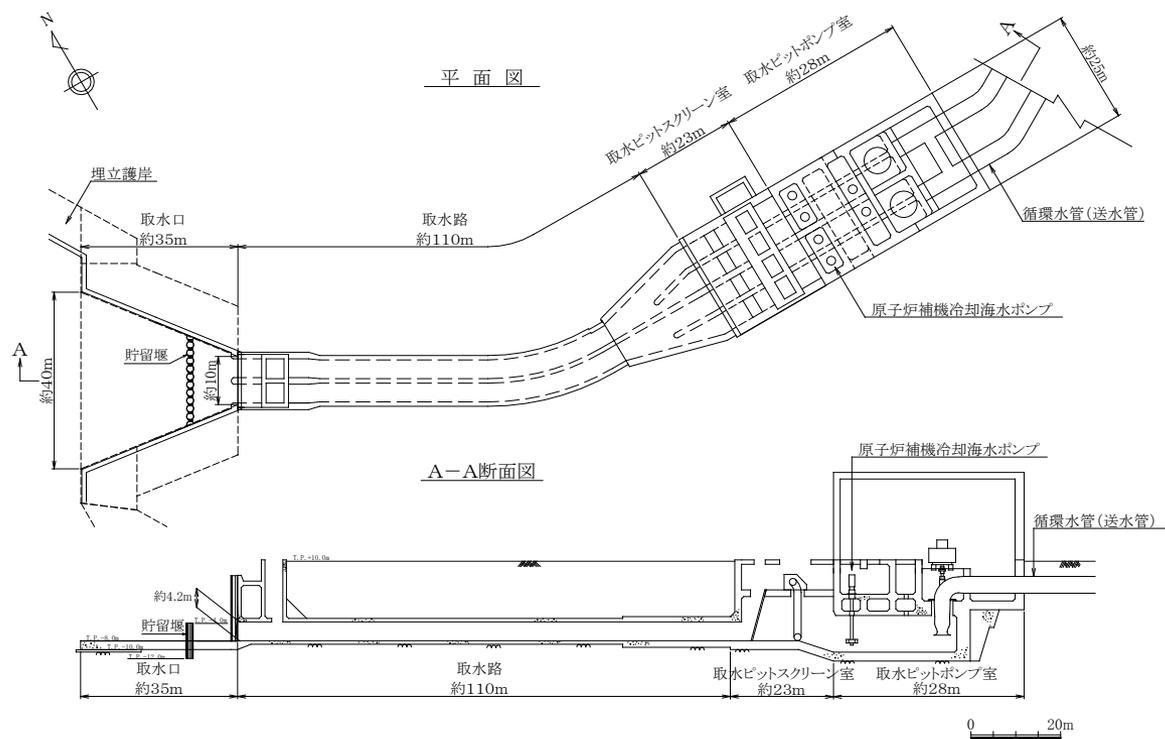
# 5-1 砂移動評価について

## 砂の堆積に対する施設の評価 (3号炉取水口)

○3号炉取水口付近における堆積は7cm程度である。



○取水口高さが約4m程度であり、砂移動により原子炉補機冷却海水設備の取水に支障が生じることはない。



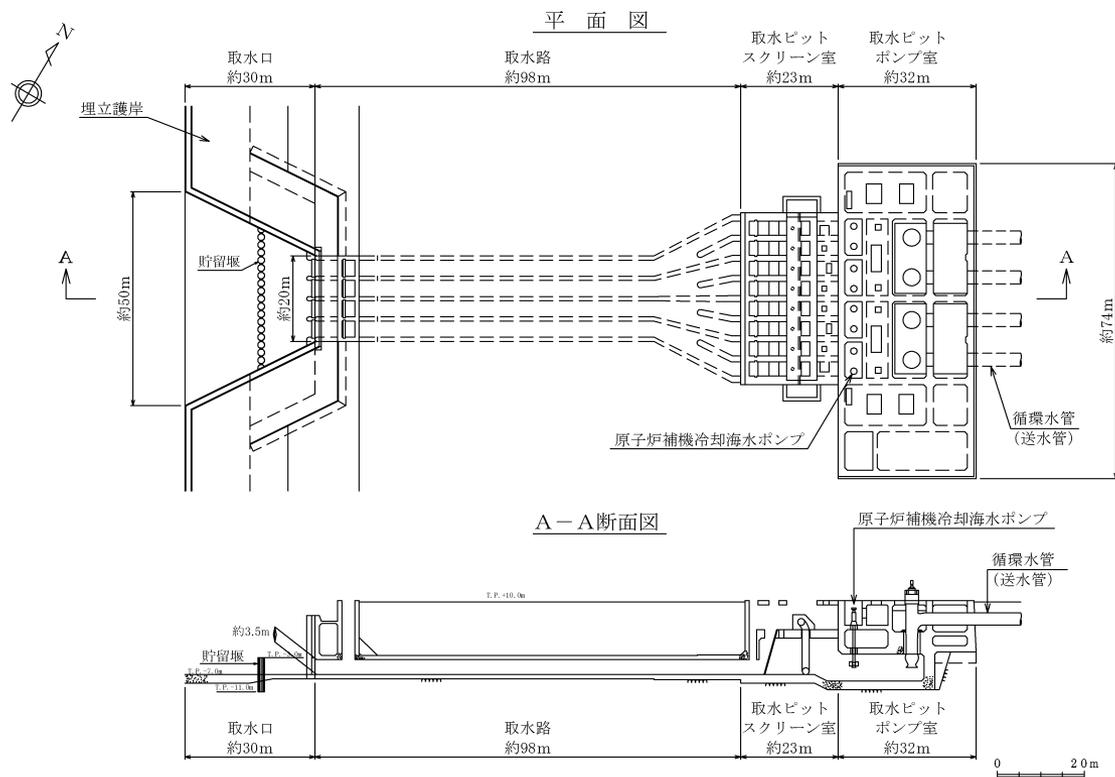
# 5-1 砂移動評価について

## 砂の堆積に対する施設の評価 (1, 2号炉取水口)

○1, 2号炉取水口付近における堆積は10cm程度である。



○取水口高さが約3.5m程度であり, 砂移動により原子炉補機冷却海水設備の取水に支障が生じることはない。



1. 評価方針	3
2. 地震による津波	5
2-1 文献調査結果	8
2-2 津波堆積物調査結果	12
2-3 既往津波の再現性検討	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討	37
3. 地震以外の津波	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波	61
3-2 海底地すべりに伴う津波	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波	99
4. 基準津波の策定	138
<b>5. 津波に対する安全性</b>	<b>150</b>
5-1 砂移動評価について	152
<b>5-2 取水路の水位変動について</b>	<b>170</b>
6. 超過確率の参照	179
7. 検討会モデルによる評価	207
参考資料	228
参考文献	248



# 5-2 取水路の水位変動について

## 検討結果(3号炉取水路-水位上昇側)(1/2)

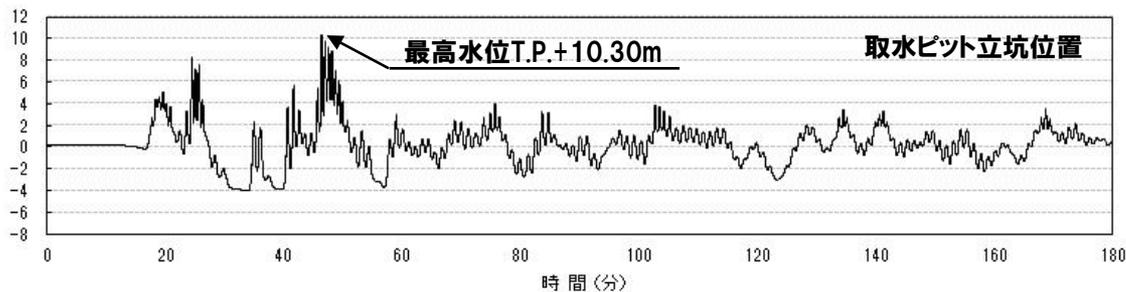
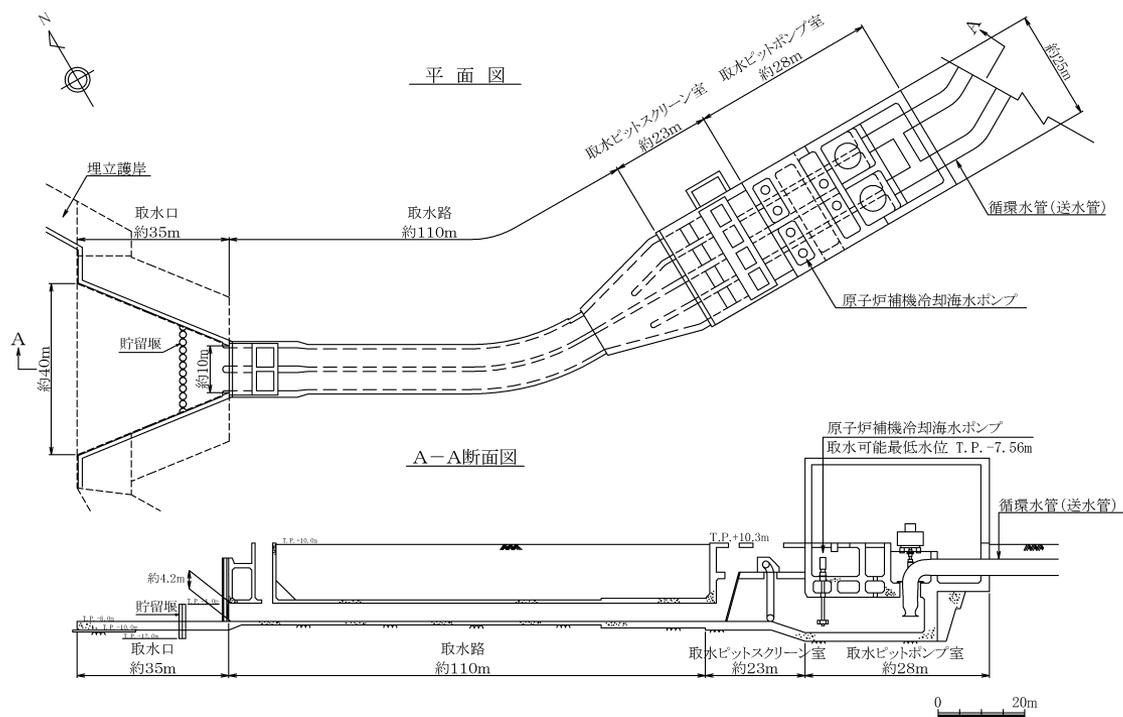
○3号炉取水ピット立坑位置での水位変動を検討した結果、最高水位は取水ピット立坑天端高さのT.P.+10.30mに達する結果となった。

津波波形

取水口最大  
水位上昇ケース

最高水位

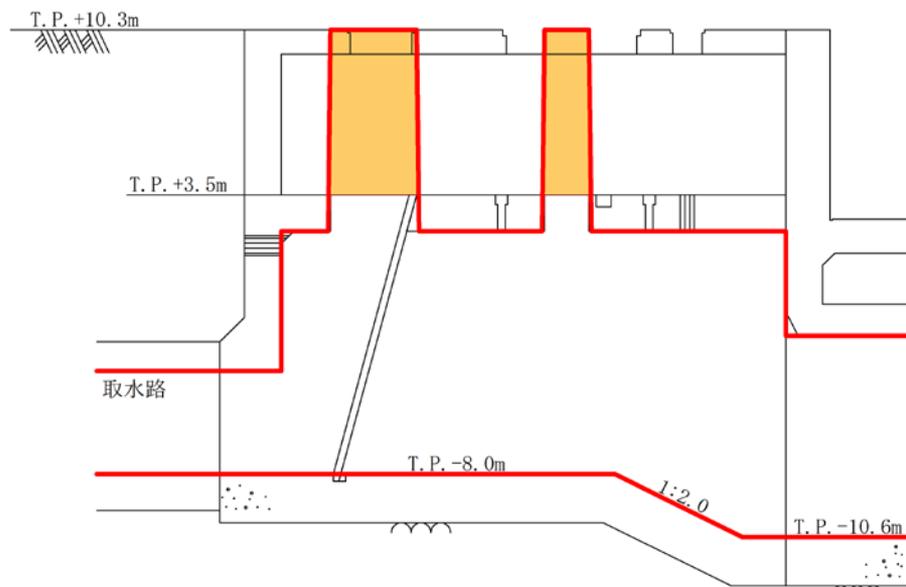
T.P.+10.30m



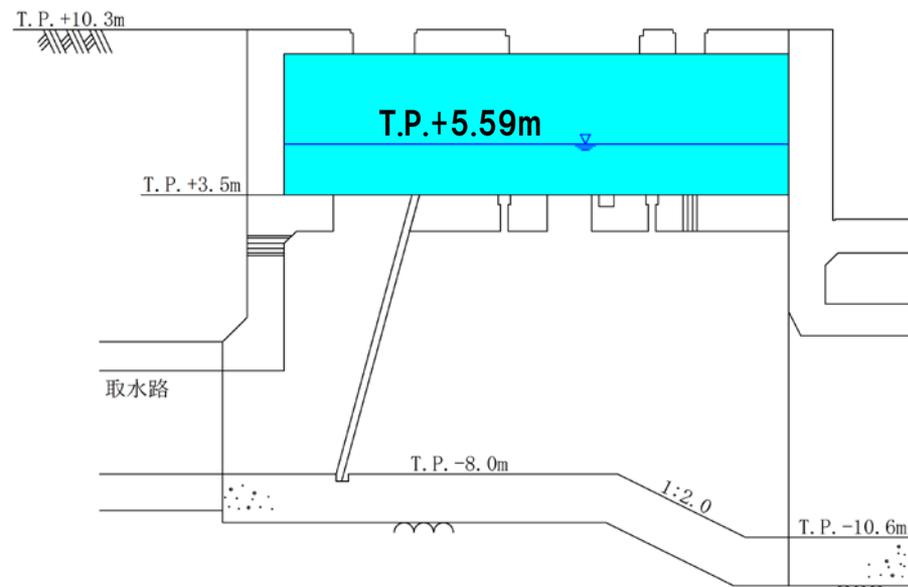
# 5-2 取水路の水位変動について

## 検討結果(3号炉取水路-水位上昇側)(2/2)

○解析モデル上の取水ピット立坑は、中間スラブの開口部直上部分のみをモデル化しているため、中間ピット容積を考慮すると、評価水位はT.P.+5.59mとなり、敷地への流入はない。



解析モデル図



評価水位

- : 解析モデル
- : 取水ピット立坑モデル化範囲
- : 中間ピット

# 5-2 取水路の水位変動について

## 検討結果(3号炉取水路-水位下降側)

○3号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果、評価水位はT.P.-4.11mとなり、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はない。

津波波形

取水口最大  
水位下降ケース

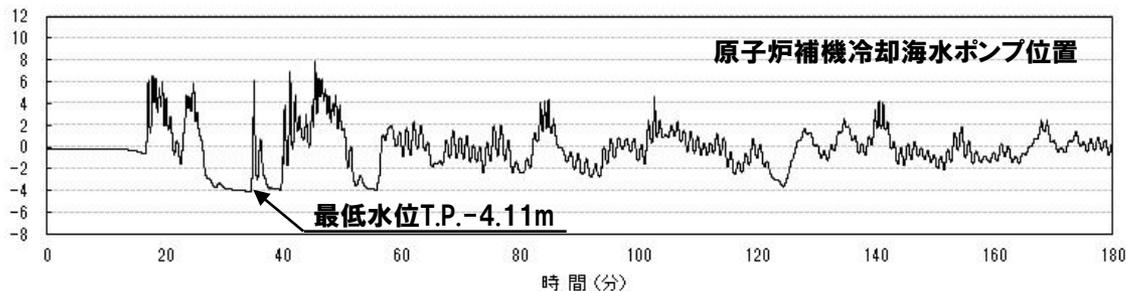
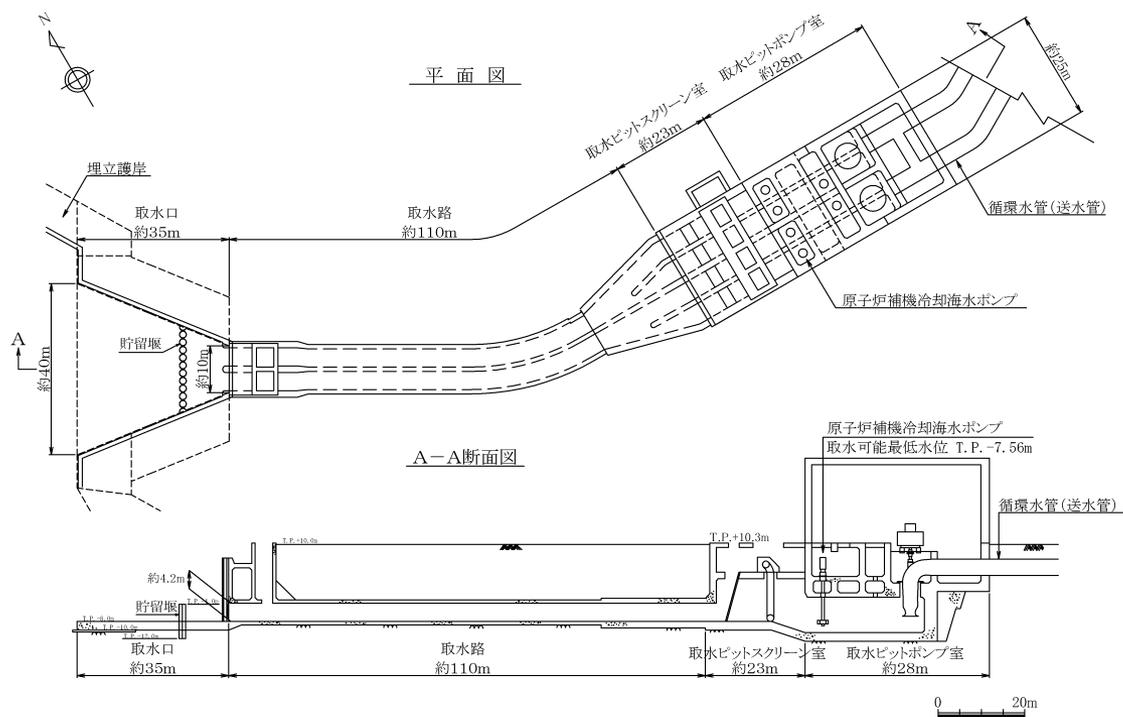
最低水位

T.P.-4.11m

※原子炉補機冷却海水ポンプ

取水可能最低水位

T.P.-7.56m

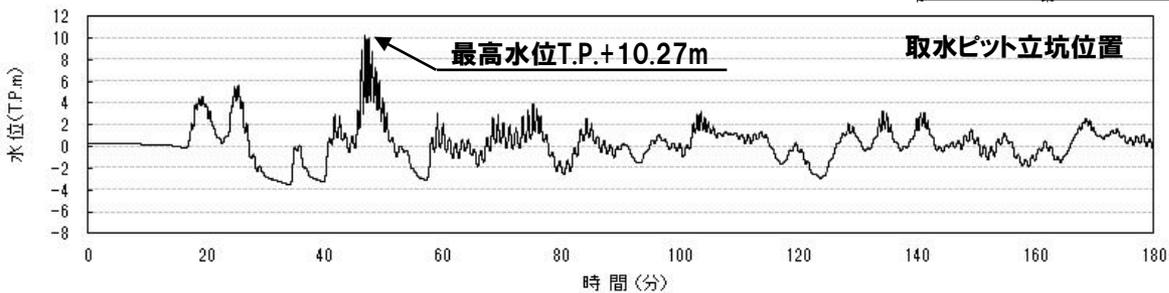
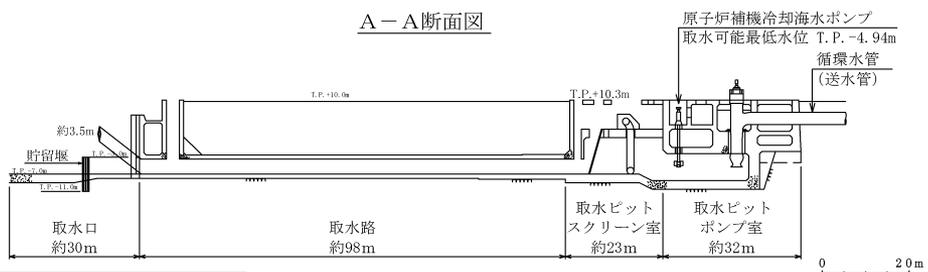
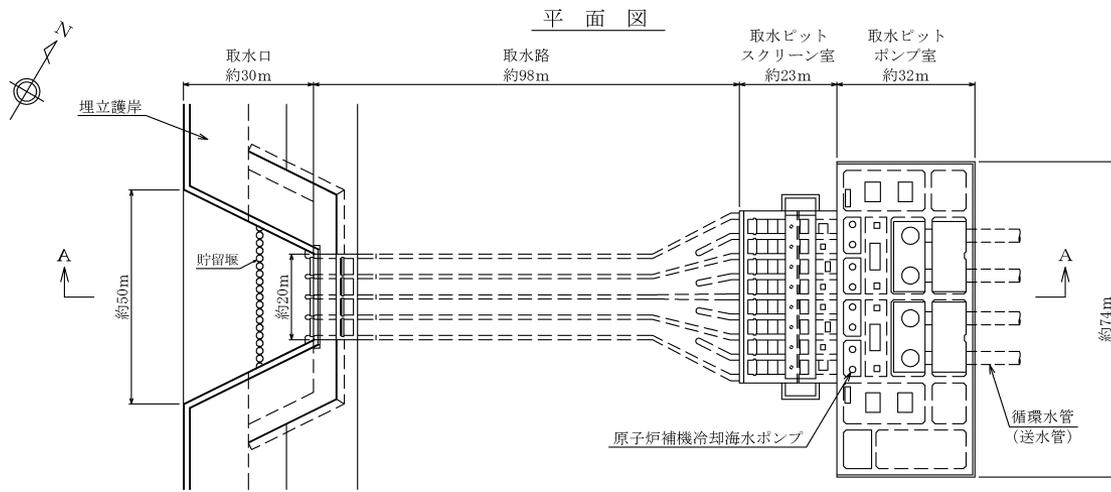


# 5-2 取水路の水位変動について

## 検討結果(1, 2号炉取水路-水位上昇側) (1/2)

○1, 2号炉取水ピット立坑位置での水位変動を検討した結果, 最高水位はT.P.+10.27mとなった。

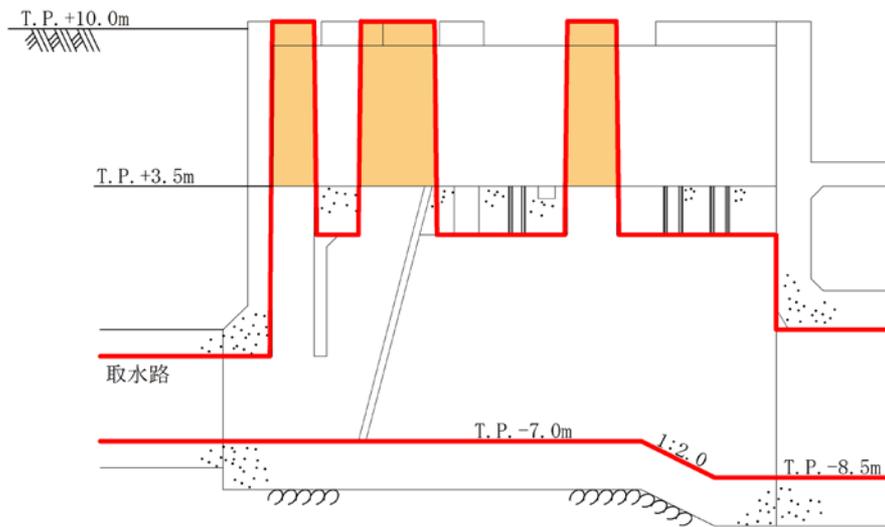
津波波形	取水口最大 水位上昇ケース
最高水位	T.P.+10.27m



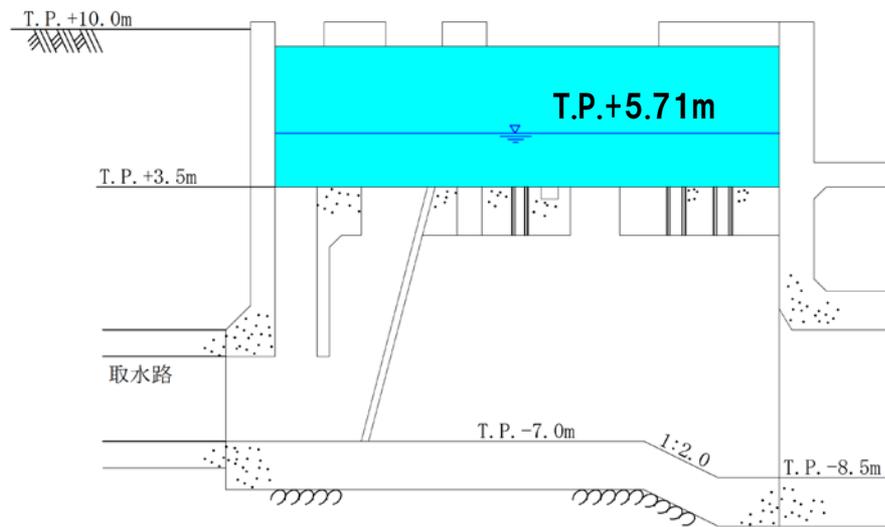
# 5-2 取水路の水位変動について

## 検討結果(1, 2号炉取水路-水位上昇側) (2/2)

○解析モデル上の取水ピット立坑は、中間スラブの開口部直上部分のみをモデル化しているため、中間ピット容積を考慮すると、評価水位はT.P.+5.71mとなり、敷地への流入はない。



解析モデル図



評価水位

- : 解析モデル
- : 取水ピット立坑モデル化範囲
- : 中間ピット

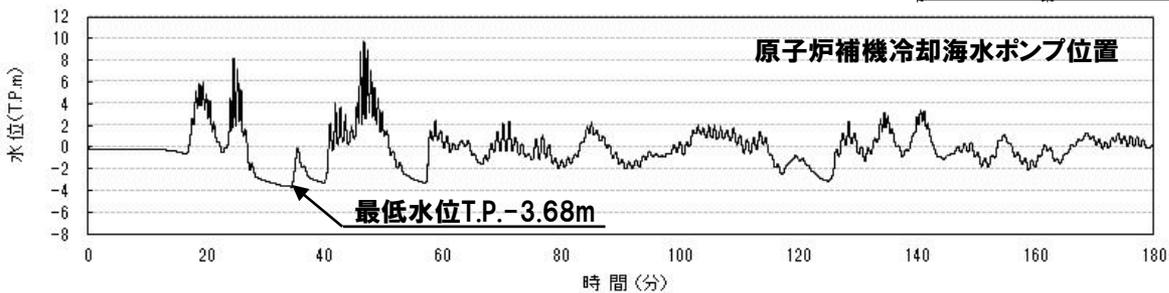
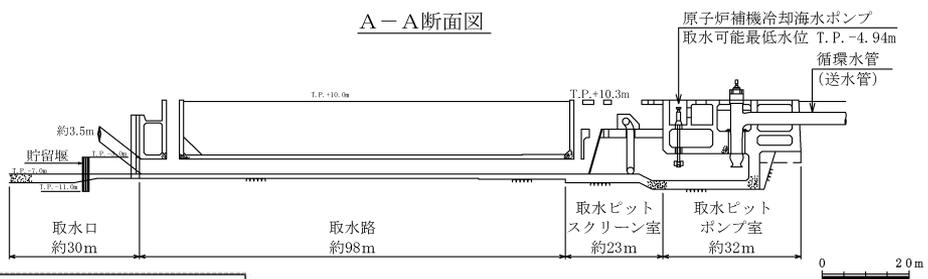
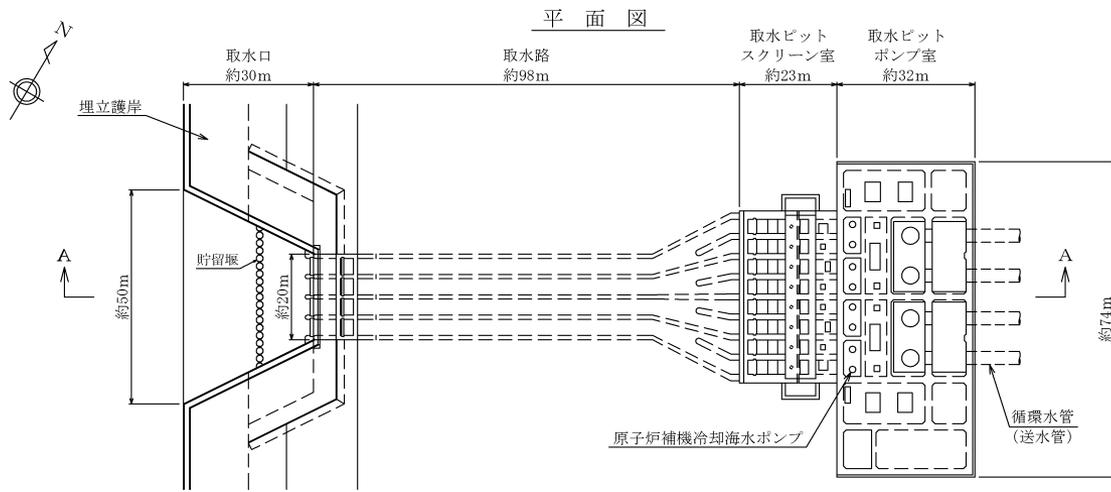
# 5-2 取水路の水位変動について

## 検討結果(1, 2号炉取水路-水位下降側)

○1, 2号炉取水設備原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果, 評価水位は T.P.-3.68mとなり, 原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はない。

津波波形	取水口最大 水位下降ケース
最低水位	T.P.-3.68m

※原子炉補機冷却海水ポンプ  
取水可能最低水位 T.P.-4.94m



## 5-2 取水路の水位変動について

### まとめ

- 津波安全性評価として、取水路の水位変動について、仮想スロットモデルを使用した水理解析を実施した。
- 3号炉取水路からの津波の流入を検討した結果、評価水位はT.P.+5.59mとなり、敷地への流入はない。
- 3号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果、評価水位はT.P.-4.11mとなり、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はない。
- 1, 2号炉取水路からの津波の流入を検討した結果、評価水位はT.P.+5.71mとなり、敷地への流入はない。
- 1, 2号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプの取水性への影響を検討した結果、評価水位はT.P.-3.68mとなり、原子炉補機冷却海水ポンプの取水性に影響はない。

# 6. 超過確率の参照

1. 評価方針	3
2. 地震による津波	5
2-1 文献調査結果	8
2-2 津波堆積物調査結果	12
2-3 既往津波の再現性検討	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討	37
3. 地震以外の津波	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波	61
3-2 海底地すべりに伴う津波	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波	99
4. 基準津波の策定	138
5. 津波に対する安全性	150
5-1 砂移動評価について	152
5-2 取水路の水位変動について	170
<b>6. 超過確率の参照</b>	<b>179</b>
7. 検討会モデルによる評価	207
参考資料	228
参考文献	248

## 6. 超過確率の参照

### 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年2月）（以下，「日本原子力学会（2012）」）に基づき算定する。
- 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年3月）（以下，「土木学会（2011）」）に基づき，以下の通り取り扱う。
- 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。

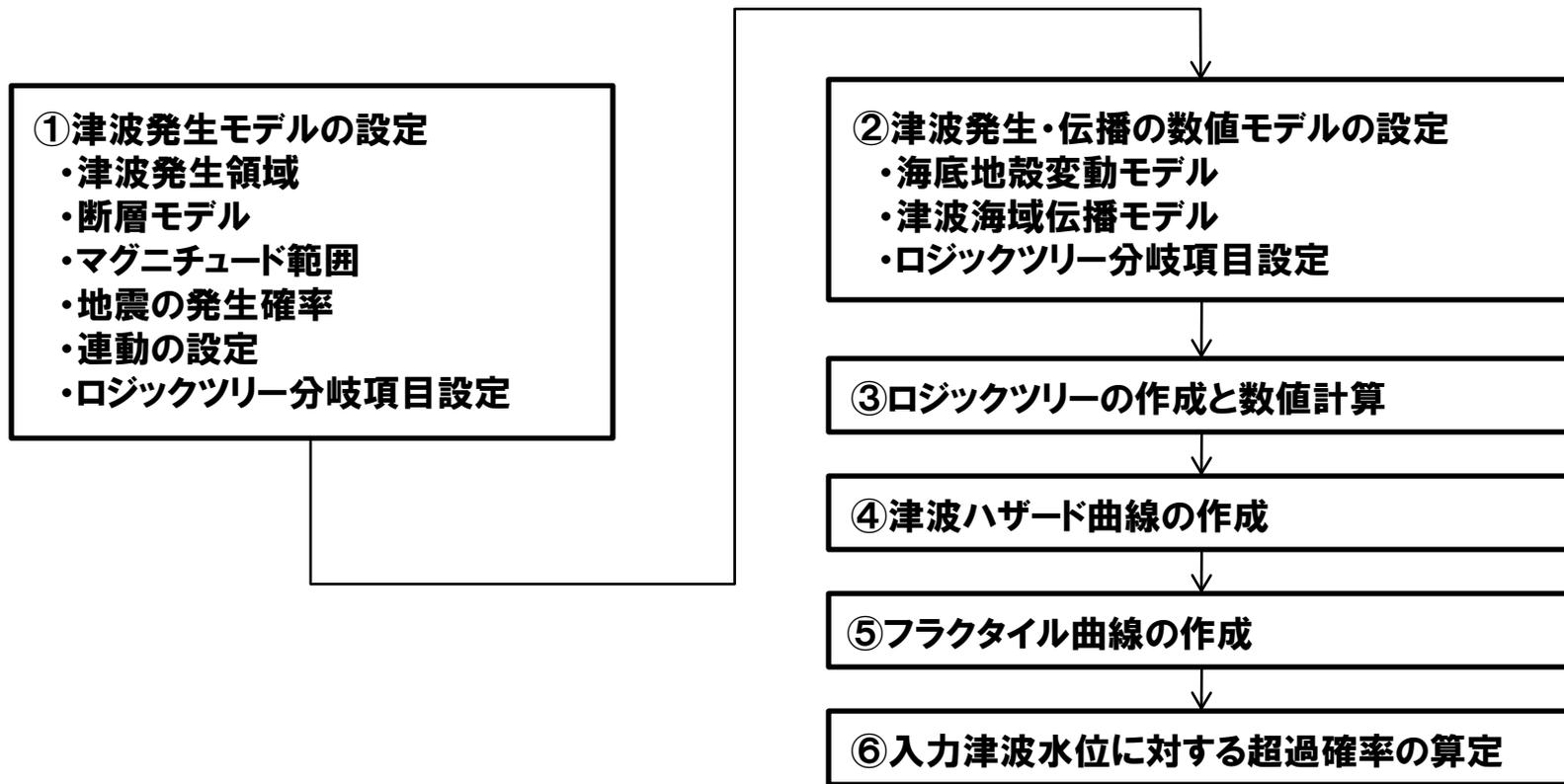
#### 【確率論的津波ハザード評価における不確実さの取り扱い】

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。

# 6. 超過確率の参照

## 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。

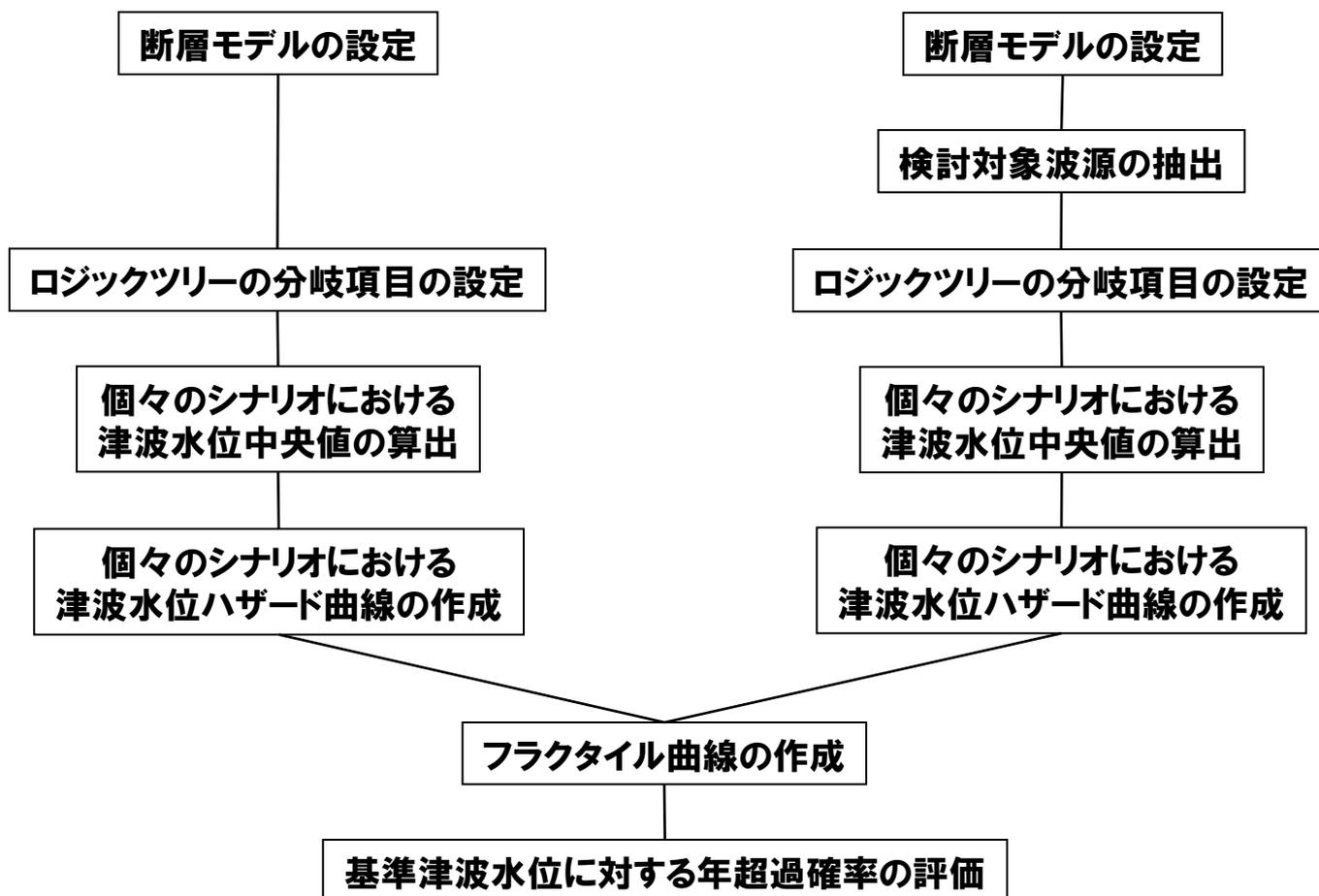


# 6. 超過確率の参照

## 検討対象波源

○日本海東縁部に想定される地震に伴う津波

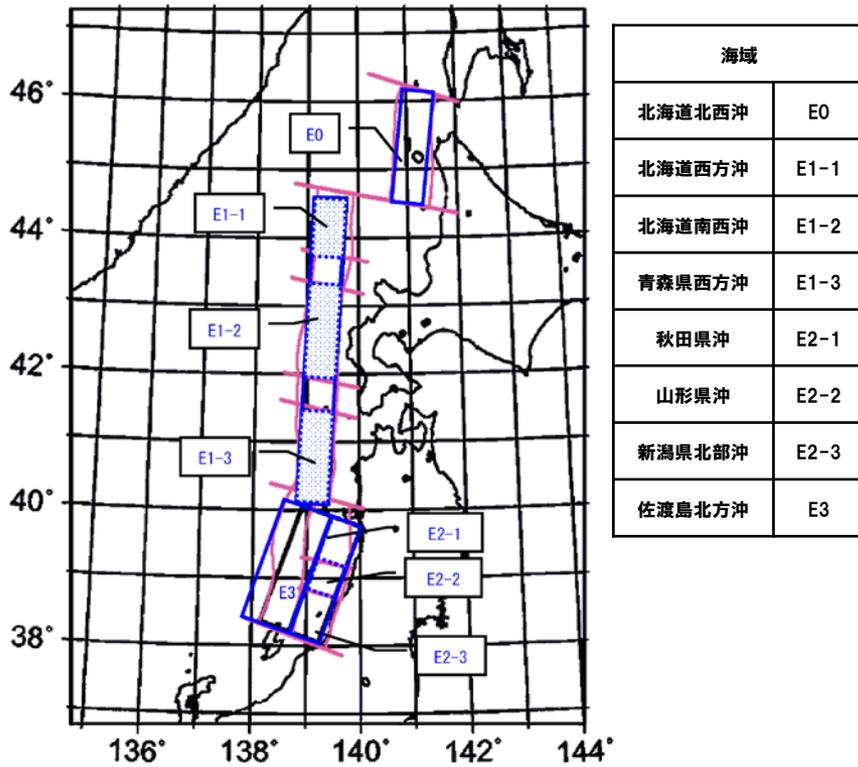
○海域活断層に想定される地震に伴う津波



# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (1/11)

【日本海東縁部海域の大地震活動域区分】



土木学会 (2011) より

【日本海東縁部及び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)

対象活動域

土木学会 (2011) より

- 日本海東縁部については、地震の発生履歴や地質学的知見、地震本部 (2003) 「日本海東縁部の地震活動の長期評価」等の知見をもとに活動域区分を設定する。
- 各活動域の既往最大マグニチュードから、各活動域ごとの既往最大Mwを考慮し、マグニチュード範囲の分岐を設ける。
- 泊発電所においては、日本海東縁部のうち、特に影響の大きいE1 (E1-1～1-3) 及びE0を対象とする。

# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (2/11)

地震本部 (2003) の平均発生間隔と津波ハザード解析における発生間隔

海域	平均発生間隔 (地震本部)	根拠	分布の考え方
北海道北西沖 (E0)	3900年程度	約2100年前と約6000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)	1400~3900年程度	(連続性)	一様分布 (1400-3900)
北海道南西沖 (E1-2)	500~1400年程度	6個のイベントの平均が約1400年	一様分布 (500-1400)
青森県西方沖 (E1-3)	500~1400年程度	3個のイベントの平均が約500年	一様分布 (500-1400)
秋田県沖 (E2-1)	1000年程度以上	(2列への配分)	一様分布 (1000-1500)
山形県沖 (E2-2)	1000年程度以上	(2列への配分)	一様分布 (1000-1500)
新潟県北部沖 (E2-3)	1000年程度以上	(2列への配分)	一様分布 (1000-1500)
佐渡島北方沖 (E3)	500~1000年程度	中嶋 (2003)	一様分布 (500-1000)



対象活動域

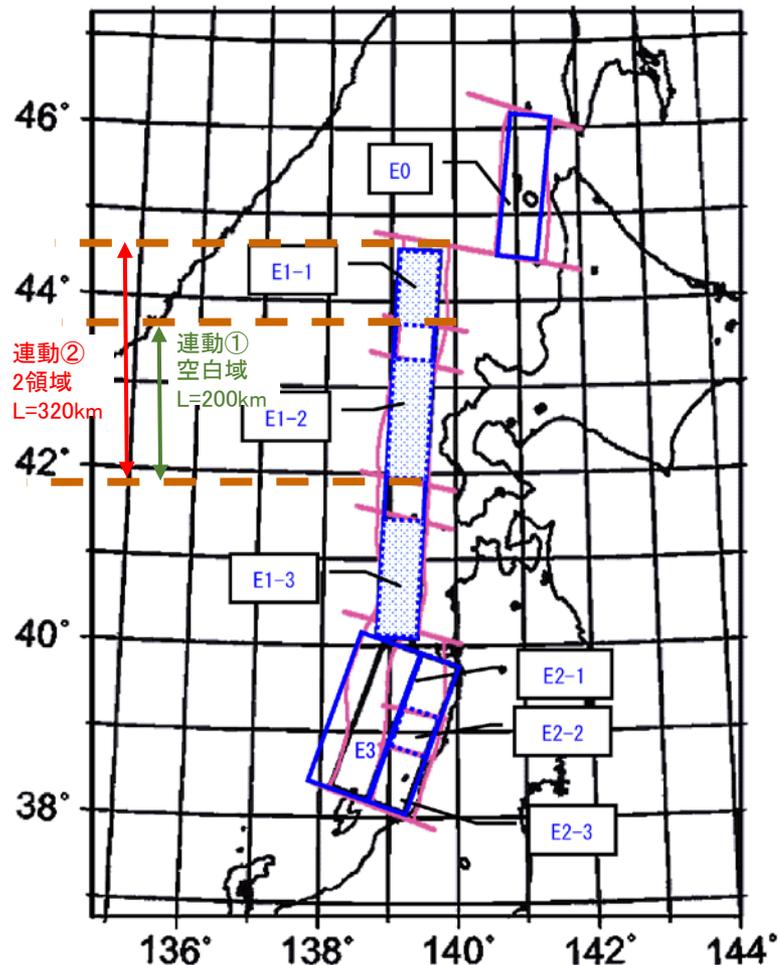
土木学会 (2011) より

○上記データから、E0及びE1 (E1-1~E1-3) の各領域において、地震発生間隔の分岐を設定。

# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (3/11)

### 【連動を考慮した場合の地震発生モデル】



土木学会 (2011) に一部加筆

- 連動の不確かさを考慮し、日本海東縁部のMwが既往最大級を超える確率を考慮する。
- 連動モデルは、泊サイトに最も影響の大きいE1-2から空白域を含めた連動モデル (連動①:L=200km) 及び空白域を挟んだ2領域 (E1-1+E1-2) での連動モデル (連動②:L=320km) を考慮する。

(既往最大規模)

「土木学会 (2011)」のモデル:E1-2では、既往最大Mw7.8

(連動の不確かさ)

連動①:“E1-2と北側の空白域”が同時に破壊するモデル、最大Mw8.08

連動②:“E1-1とE1-2”領域が同時に破壊するモデル、最大Mw8.22

【連動の平均発生間隔の設定】

海域	連動サイクル	平均発生間隔
連動①	6サイクルに1回	E1-2のサイクル (500~1400年) を基準として、3000~8400年
連動②	6サイクルに1回	連動①のサイクル (3000~8400年) の6倍として18000~50400年

※連動サイクルは、北海道の“十勝沖+根室沖”の6サイクルに1回 (「土木学会 (2011)」) を参考として設定した。

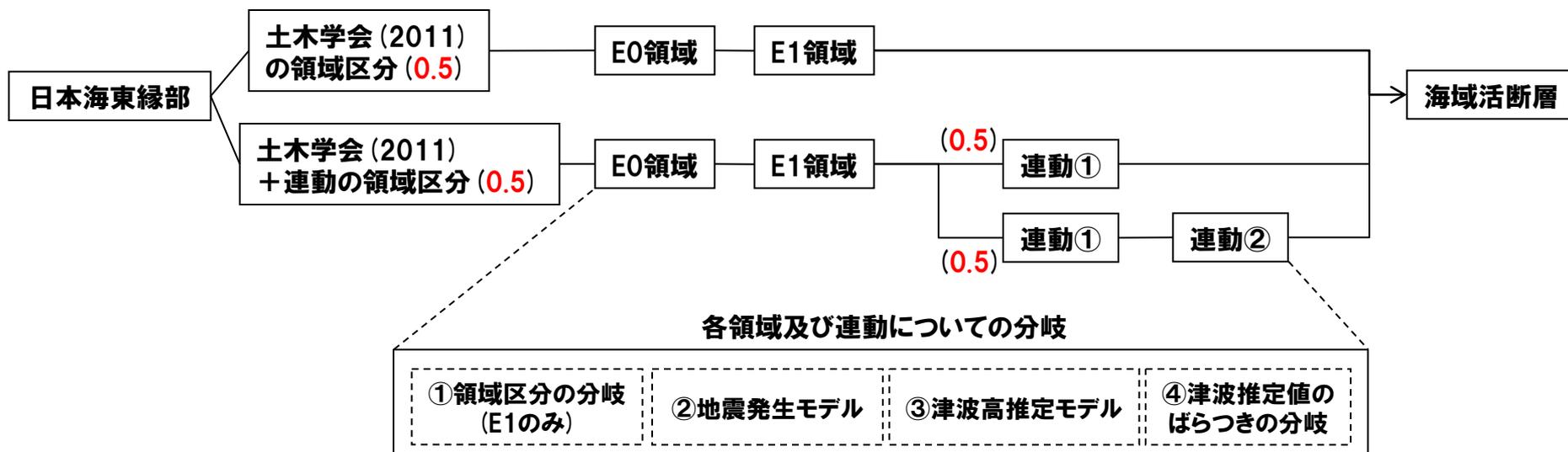
# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (4/11)

○E0及びE1 (E1-1～E1-3) の領域について、それぞれ評価を行い各領域では、

- ① 領域区分の分岐 (E1の場合)
  - ② 地震発生モデル
  - ③ 津波高推定モデル
  - ④ 津波推定値のばらつきの分岐
- のそれぞれについて、分岐を設ける。

### 【ロジック分岐の構成】



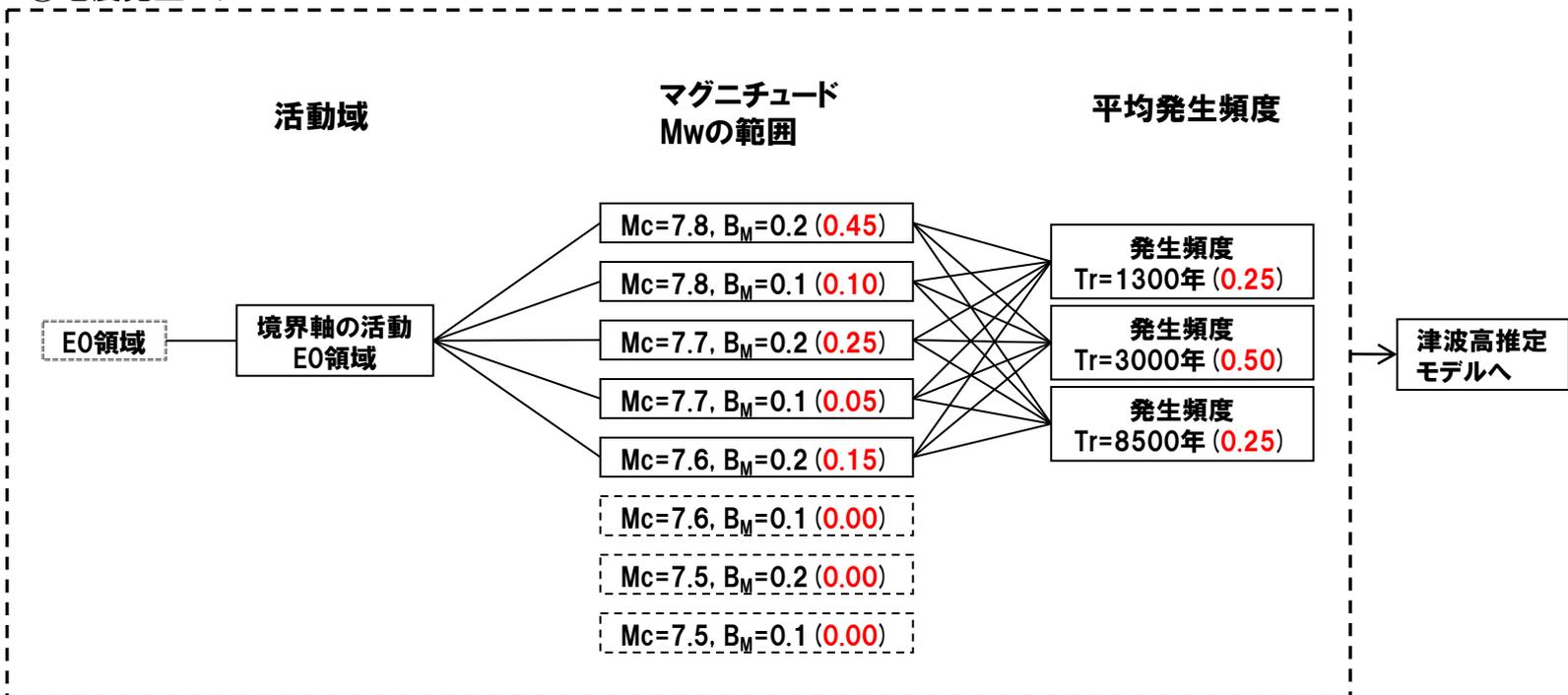
※ ( ) 内の赤字は重みを示す。重みは均等配分とした。

# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (5/11)

### ○E0領域の地震発生モデル

#### ②地震発生モデル



※ロジックツリーの設定については土木学会 (2011) による。

※( )内の赤字は重みを示す。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。

# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (6/11)

### ○E1領域の地震発生モデル

#### ①領域区分の分岐

活動域

全体が連結した活動域  
(0.35)

E1領域

3個のセグメントに区分  
(E1-1, E1-2, E1-3)  
(0.65)

#### ②地震発生モデル

活動域区分

マグニチュード  
Mwの範囲

発生頻度  
一様分布相当

境界軸の活動  
E1領域

Mc=7.8,  $B_M=0.2$  (0.45)  
Mc=7.8,  $B_M=0.1$  (0.20)  
Mc=7.7,  $B_M=0.2$  (0.20)  
Mc=7.7,  $B_M=0.1$  (0.10)  
Mc=7.6,  $B_M=0.2$  (0.05)

Tr=212年 (1/3)  
Tr=402年 (1/3)  
Tr=593年 (1/3)

境界軸の活動  
E1-1領域

Mc=7.7,  $B_M=0.2$  (0.35)  
Mc=7.7,  $B_M=0.1$  (0.20)  
Mc=7.6,  $B_M=0.2$  (0.25)  
Mc=7.6,  $B_M=0.1$  (0.15)  
Mc=7.5,  $B_M=0.2$  (0.05)

Tr=1400年 (1/3)  
Tr=2650年 (1/3)  
Tr=3900年 (1/3)

境界軸の活動  
E1-2領域

Mc=7.8,  $B_M=0.2$  (0.35)  
Mc=7.8,  $B_M=0.1$  (0.25)  
Mc=7.7,  $B_M=0.2$  (0.25)  
Mc=7.7,  $B_M=0.1$  (0.10)  
Mc=7.6,  $B_M=0.2$  (0.05)

Tr=500年 (1/3)  
Tr=950年 (1/3)  
Tr=1400年 (1/3)

境界軸の活動  
E1-3領域

Mc=7.7,  $B_M=0.2$  (0.40)  
Mc=7.7,  $B_M=0.1$  (0.25)  
Mc=7.6,  $B_M=0.2$  (0.20)  
Mc=7.6,  $B_M=0.1$  (0.10)  
Mc=7.5,  $B_M=0.2$  (0.05)

Tr=500年 (1/3)  
Tr=950年 (1/3)  
Tr=1400年 (1/3)

津波高推定  
モデルへ

※ロジックツリーの設定については土木学会 (2011) による。

※( )内の赤字は重みを示す。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。

# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (7/11)

### ○E0, E1領域の断層パラメータの設定方法

断層長さ	スケーリング則に基づき, $M_w$ から求める。
地震発生層の厚さ	土木学会 (2011) より, 15kmとする。
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	$\log M_0 \text{ (N}\cdot\text{m)} = 1.5M_w + 9.1$ , $D = M_0 / \mu LW$ 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 ( $3^\circ$ , $183^\circ$ )。
傾斜角	$30 \sim 60^\circ$ とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。
すべり角	$90^\circ$ とする。
スケーリング則1	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 $\log L \text{ (km)} = 0.75M_w - 3.77$ , $L \propto D$ , $W = \text{const}$ が, $M_w$ が小さいとき $W = 2/3 L$ , $L \propto W \propto D$ 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2	地震本部の地震動予測手法 (「レシビ」) などで用いられる $M_0 \text{ [N}\cdot\text{m)} = (S \text{ [km}^2 \text{] } / 4.24 \times 10^{-11})^2 \times 10^{-7}$ (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 $7.5 \times 10^{18} \text{ N}\cdot\text{m}$ 以上の地震に適用する) を適用する。

### 鉛直断面内の断層パターン

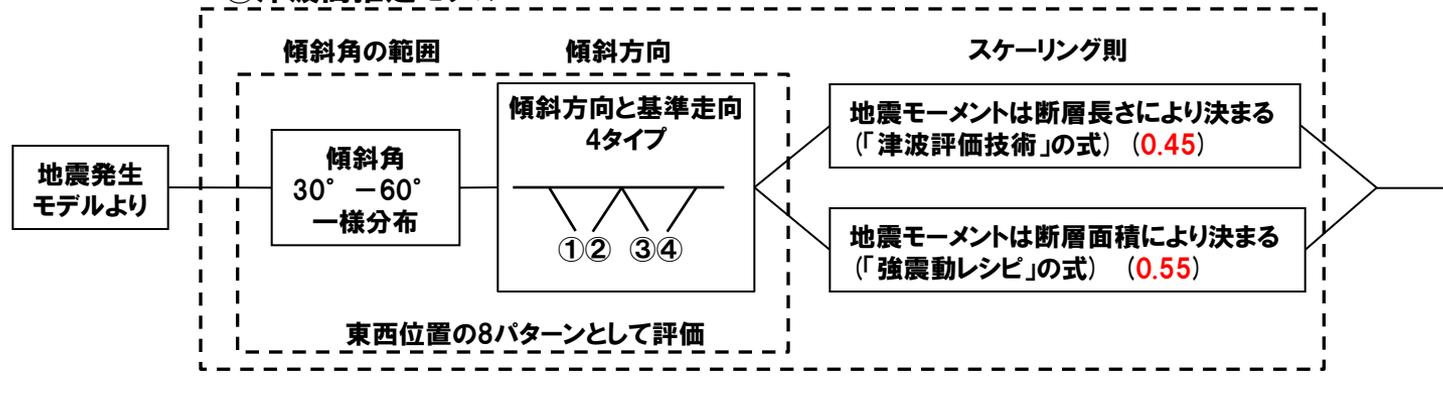


# 6. 超過確率の参照

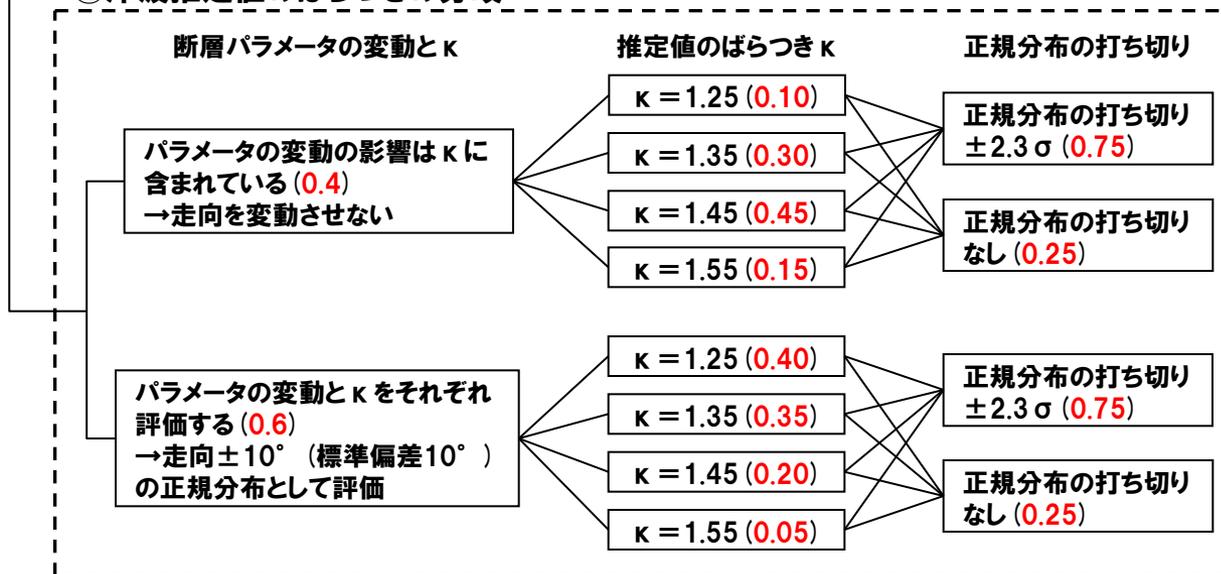
## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (8/11)

○E0, E1領域の津波高さの推定モデル, 及び津波推定値のばらつきの分岐

### ③津波高推定モデル



### ④津波推定値のばらつきの分岐



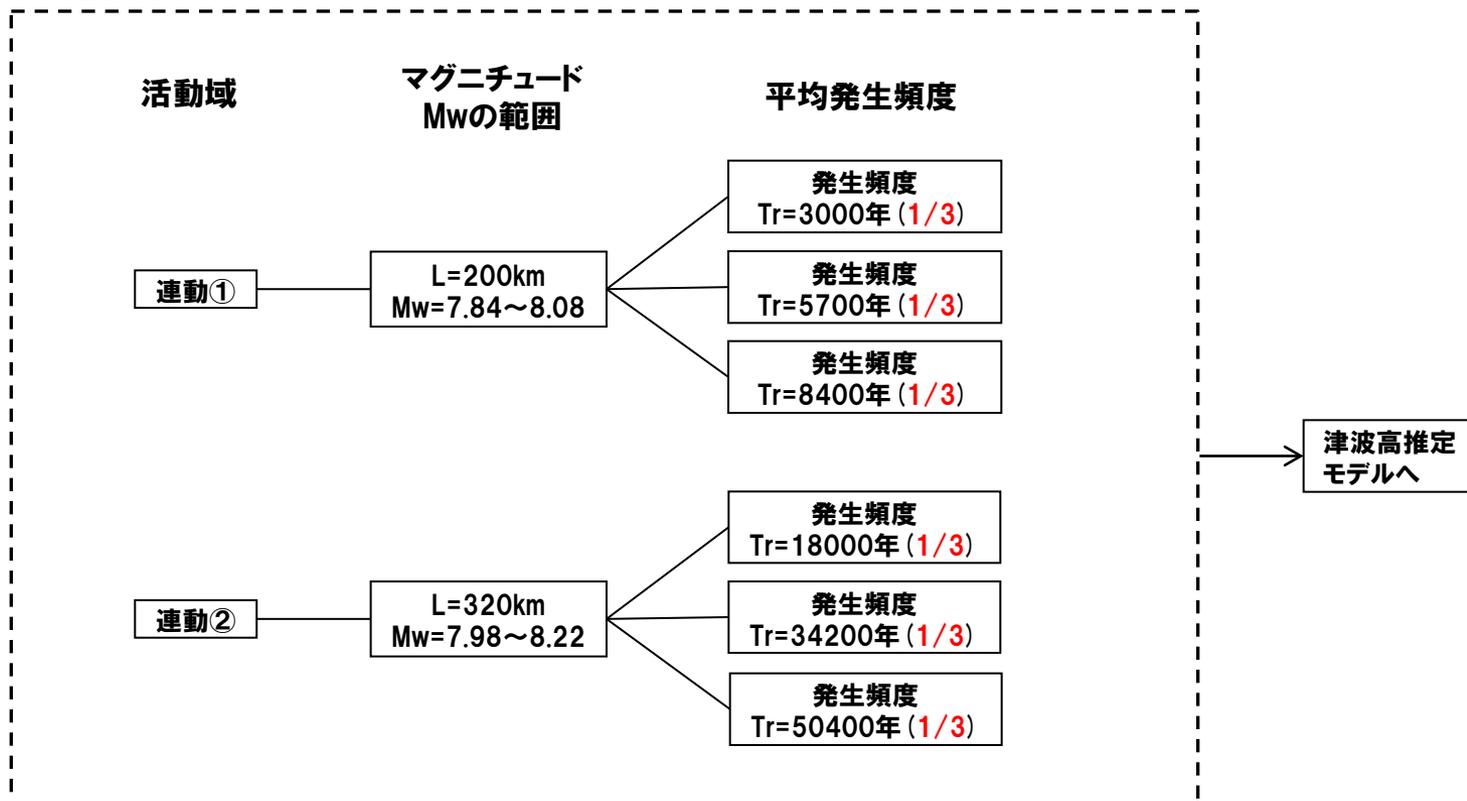
※( )内の赤字は重みを示す。重みは、土木学会において実施した、アンケート調査結果に基づき決定した。

# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (9/11)

### ○連動の地震発生モデル

#### ②地震発生モデル



※ ( )内の赤字は重みを示す。重みは均等配分とした。

# 6. 超過確率の参照

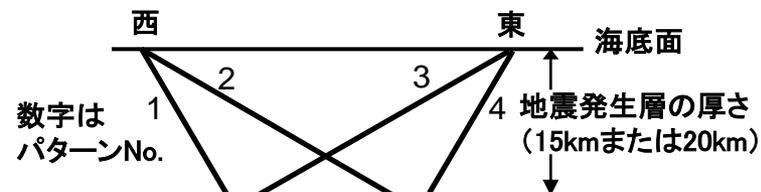
## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (10/11)

### ○連動の断層パラメータの設定方法

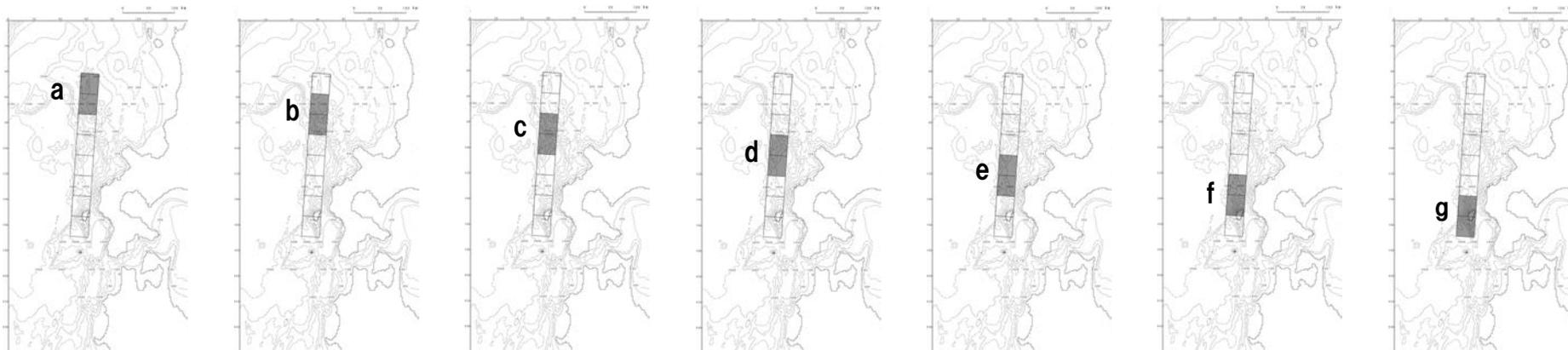
断層長さ	連動①:L=200km, 連動②:L=320km
地震発生層の厚さ	土木学会(2011)による15kmに加えて, 決定論で考慮した根本ほか(2009)に基づく20kmを分岐として設定する。
幅	地震発生層の厚さ(15km, 20km)を考慮し傾斜角に応じて決める。
すべり量	根本(2009)より, アスペリティのすべり量:Da=12m 背景領域のすべり量:Db=4m
上縁深さ	根本(2009)より, 1kmとする。
走向	海底地形の走向に基づき設定する( $3^\circ$ , $183^\circ$ )。
傾斜角	$30\sim 60^\circ$ とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。
すべり角	$90^\circ$ とする。
アスペリティ位置	L/8ずつ移動(7パターン)。

### 鉛直断面内の断層パターン

#### 鉛直断面内の断層形状



### アスペリティの位置のパターン (東端, 西傾斜 $\delta = 30^\circ$ の場合)

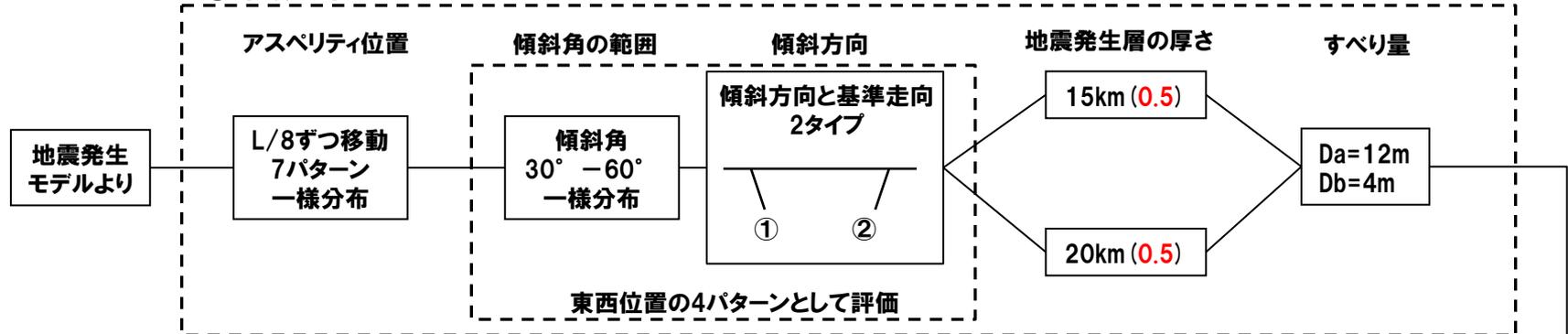


# 6. 超過確率の参照

## 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波 (11/11)

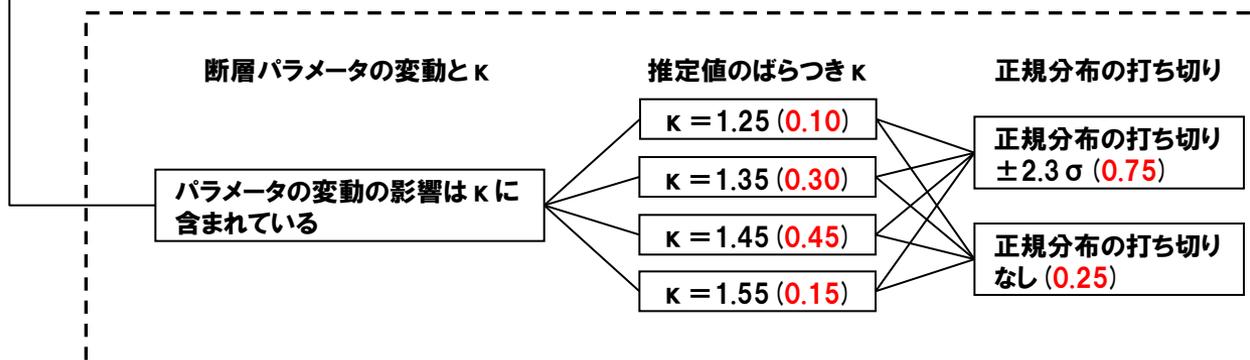
○連動の津波高さの推定モデル, 及び津波推定値のばらつきの分岐

### ③津波高推定モデル



※ ( ) 内の赤字は重みを示す。重みは均等配分とした。

### ④津波推定値のばらつきの分岐



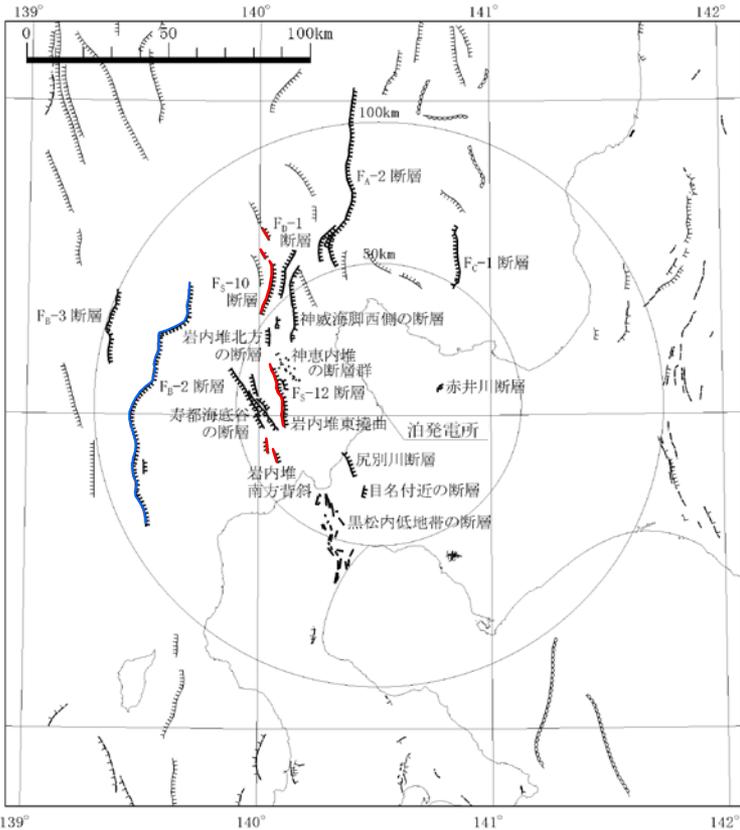
※ ( ) 内の赤字は重みを示す。重みは、土木学会において実施した、アンケート調査結果に基づき決定した。

# 6. 超過確率の参照

## 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (1/6)

【海域活断層分布】

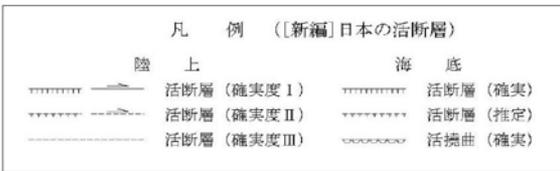
【簡易予測式による推定津波高】



名称	断層長さ L (km)	幅 W (km)	すべり量 D (m)	地震モーメント $M_0$ (N·m)	モーメントマグニチュード $M_w$	津波の伝播距離 $\Delta$ (km)	推定津波高 $H_t$ (m)
岩内堆東撓曲	23.7	15.8	1.69	$2.21 \times 10^{19}$	6.8	34	0.9
寿都海底谷の断層	32	17.3	2.28	$4.42 \times 10^{19}$	7.0	44	1.1
神威海嶺西側の断層	31.5	17.3	2.24	$4.28 \times 10^{19}$	7.0	48	1.0
<b>F<sub>B</sub>-2断層</b>	<b>101</b>	<b>17.3</b>	<b>7.19</b>	<b><math>4.40 \times 10^{20}</math></b>	<b>7.7</b>	<b>85</b>	<b>2.6</b>
<b>F<sub>S</sub>-10断層 ～岩内堆東撓曲 ～岩内堆南方背斜</b>	<b>98</b>	<b>17.3</b>	<b>6.98</b>	<b><math>4.15 \times 10^{20}</math></b>	<b>7.7</b>	<b>42</b>	<b>5.1</b>

対象活断層

○敷地に及ぼす影響が大きい断層として、決定論で考慮したF<sub>B</sub>-2断層及び、一連の断層として評価する「F<sub>S</sub>-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜」について、津波ハザード評価を行う。



太線は主な活断層を示す。

活断層研究会 (1991) に一部加筆

# 6. 超過確率の参照

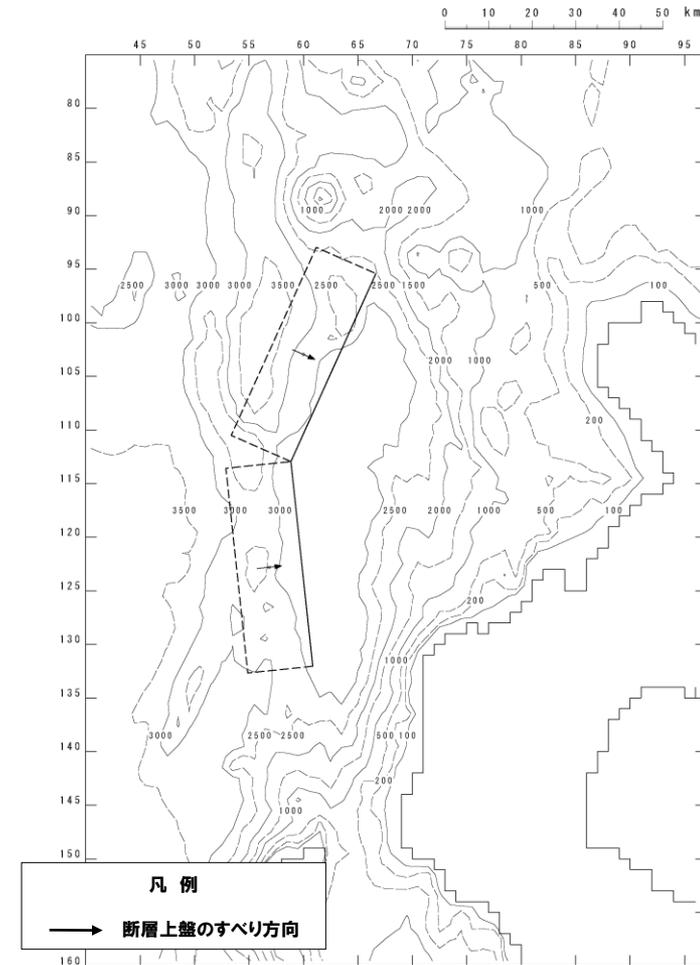
## 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (2/6)

### 断層モデル (F<sub>B</sub>-2断層)

- 決定論と同様に、断層位置、断層長さ、走向、傾斜方向を設定。
- 決定論と同様に、北断層48km及び南断層48kmの矩形モデルを設定。
- 断層面上縁深さ、傾斜角、すべり角の不確かさを考慮。

### [断層モデル諸元]

断層長さ	決定論より、96km (48km×2) とする。
地震発生層の厚さ	決定論より、15kmとする。
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	$\log M_0 \text{ (N}\cdot\text{m)} = 1.5M_w + 9.1$ , $D = M_0 / \mu LW$ により算出する。
上縁深さ	0~5kmとする。
走向	北断層 24°, 204° 南断層 174°, 354°
傾斜角	30~60° とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。
すべり角	75~105° とする。
スケーリング則	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 $\log L \text{ (km)} = 0.75M_w - 3.77$ , $L \propto D$ , $W = \text{const}$ が、 $M_w$ が小さいとき $W = 2/3 L$ , $L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち、両者が連続的に接続するものとする。



基準断層モデル図

# 6. 超過確率の参照

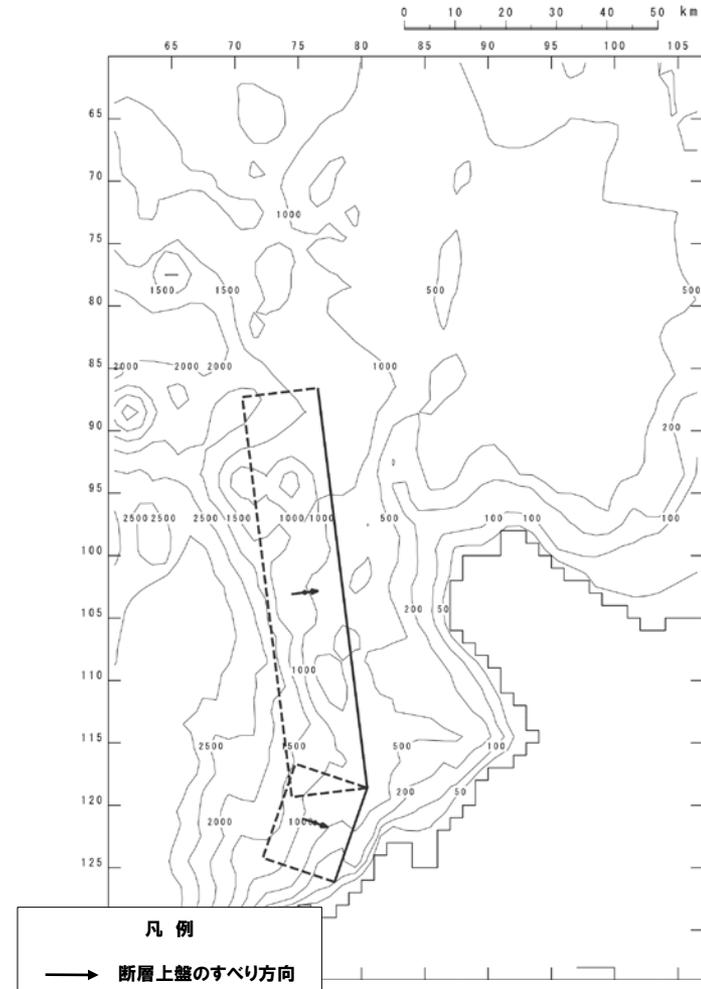
## 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (3/6)

### 断層モデル ( $F_S - 10$ 断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜)

- 決定論と同様に、断層位置、断層長さ、走向、傾斜方向を設定。
- 決定論と同様に、北断層80.7km及び南断層19.9kmの矩形モデルを設定。
- 断層面上縁深さ、傾斜角、すべり角の不確かさを考慮。

### [断層モデル諸元]

断層長さ	決定論より、100.6km (80.7km+19.9km) とする。
地震発生層の厚さ	決定論より、15kmとする。
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	$\log M_0 \text{ (N}\cdot\text{m)} = 1.5M_w + 9.1$ , $D = M_0 / \mu LW$ により算出する。
上縁深さ	0～5kmとする。
走向	北断層 173° , 353° 南断層 19° , 199°
傾斜角	30～60° とする。西傾斜と東傾斜の双方を考慮する。
すべり角	75～105° とする。
スケーリング則	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 $\log L \text{ (km)} = 0.75M_w - 3.77$ , $L \propto D$ , $W = \text{const}$ が、 $M_w$ が小さいとき $W = 2/3 L$ , $L \propto W \propto D$ の関係が成り立ち、両者が連続的に接続するものとする。



基準断層モデル図

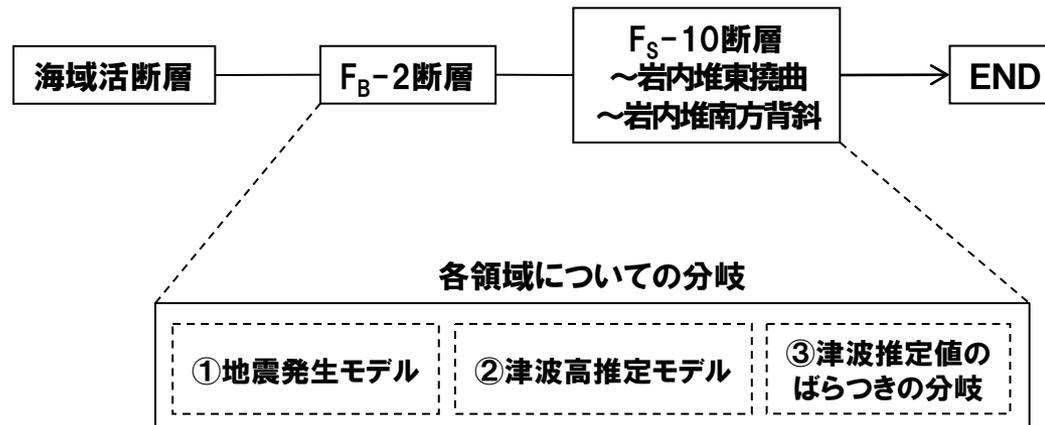
# 6. 超過確率の参照

## 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (4/6)

○ $F_B-2$ 及び $F_S-10$  ~岩内堆東撓曲~岩内堆南方背斜の断層について、それぞれ評価を行い各断層では、

- ① 地震発生モデル
  - ② 津波高推定モデル
  - ③ 津波推定値のばらつきの分岐
- のそれぞれについて、分岐を設ける。

### 【ロジック分岐の構成】

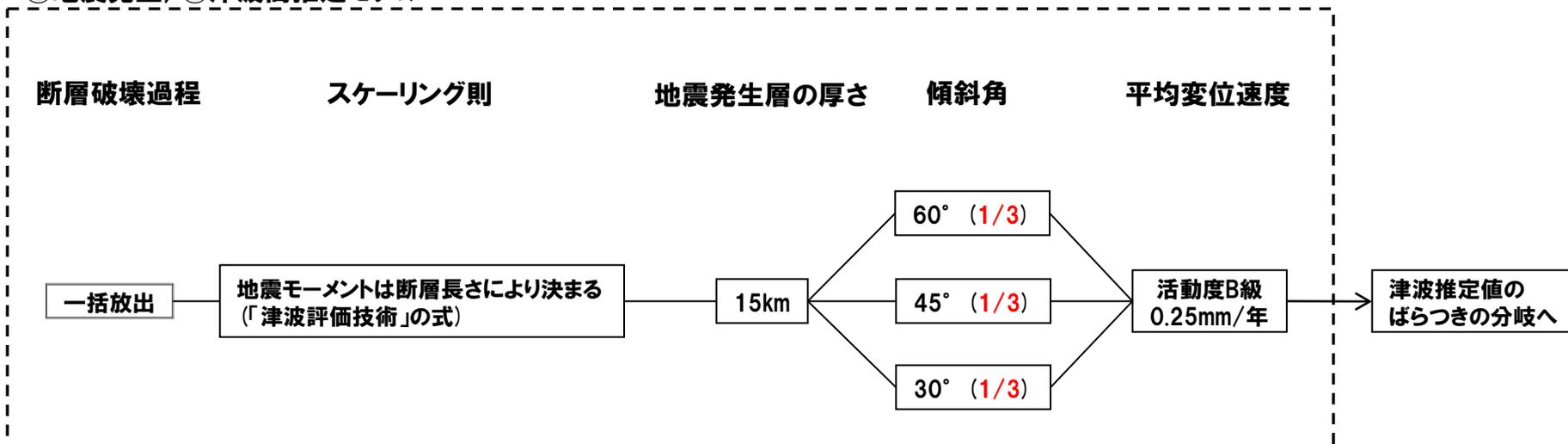


# 6. 超過確率の参照

## 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (5/6)

### ○断層の地震発生, 津波高推定モデル

#### ①地震発生, ②津波高推定モデル



※ ( )内の赤字は重みを示す。重みは均等配分とした。

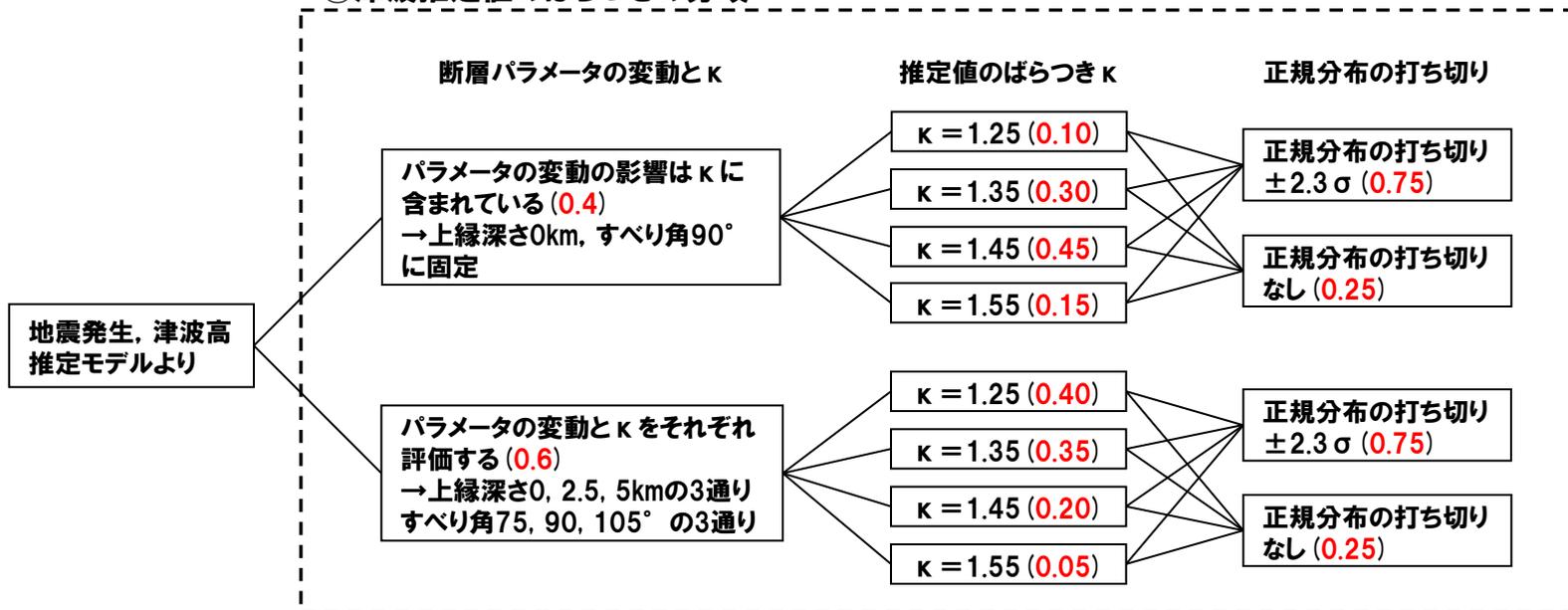
※平均変位速度は、奥村・石川(1998)による。

# 6. 超過確率の参照

## 海域活断層に想定される地震に伴う津波 (6/6)

### ○津波推定値のばらつきの分岐

#### ③津波推定値のばらつきの分岐



※( )内の赤字は重みを示す。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。

## 6. 超過確率の参照

### 評価結果

○ロジックツリーに基づき、各評価点における重み付き算術平均として、年超過確率を取りまとめた。なお、複数の活動域を組み合わせる際には、ランダムな組み合わせにより確率を近似するモンテカルロ法を用いた。

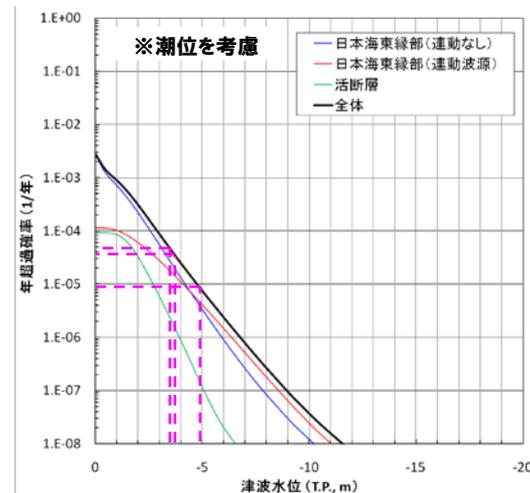
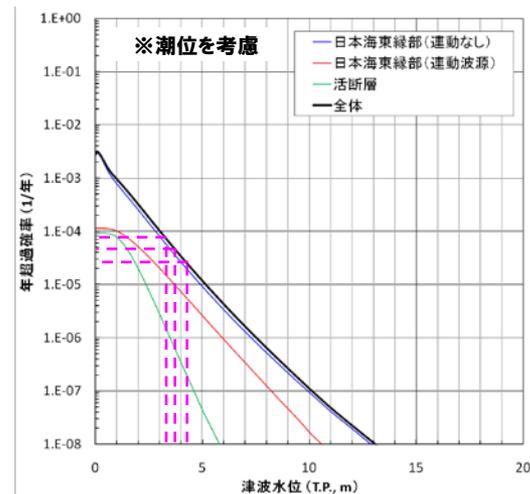
# 6. 超過確率の参照

## 評価結果 (波源別平均ハザード曲線-基準津波策定位置)

### 基準津波策定位置

- 基準津波の策定位置 (水深100m, 敷地西方約5km) における津波ハザード曲線 (フラクタイル曲線) を算定した。
- 最高水位・最低水位の年超過確率はいずれも  $10^{-4} \sim 10^{-5}$  程度であった。

評価点	最高・最低	津波水位	年超過確率
基準津波策定位置 (基準津波①)	最高水位	T.P.+3.3m	$7.38 \times 10^{-5}$
	最低水位	T.P.-3.5m	$4.67 \times 10^{-5}$
基準津波策定位置 (基準津波②)	最高水位	T.P.+3.7m	$4.73 \times 10^{-5}$
	最低水位	T.P.-3.7m	$3.63 \times 10^{-5}$
基準津波策定位置 (基準津波③)	最高水位	T.P.+4.3m	$2.47 \times 10^{-5}$
	最低水位	T.P.-4.9m	$8.51 \times 10^{-6}$



基準津波策定位置 (上図: 上昇, 下図: 下降)

※津波水位は、評価地点における水位変動量に期望平均潮位を考慮し、安全側に小数点第2位を切り上げた値。

# 6. 超過確率の参照

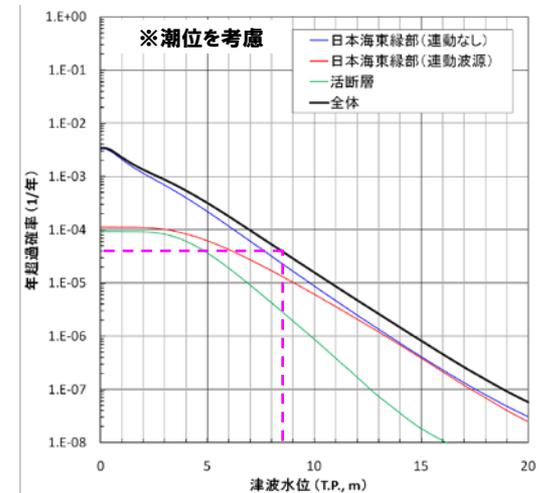
## 評価結果 (波源別平均ハザード曲線-敷地前面)

### 敷地前面

- 敷地前面における津波ハザード曲線 (フラクティル曲線) を算定した。
- 最高水位の年超過確率は $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であった。

評価点	津波水位	年超過確率
敷地前面 (最高水位)	T.P.+8.5m	$3.92 \times 10^{-5}$

※津波水位は、評価地点における水位変動量に期望平均潮位を考慮し、安全側に小数点第2位を切り上げた値。



敷地前面 (上昇)

# 6. 超過確率の参照

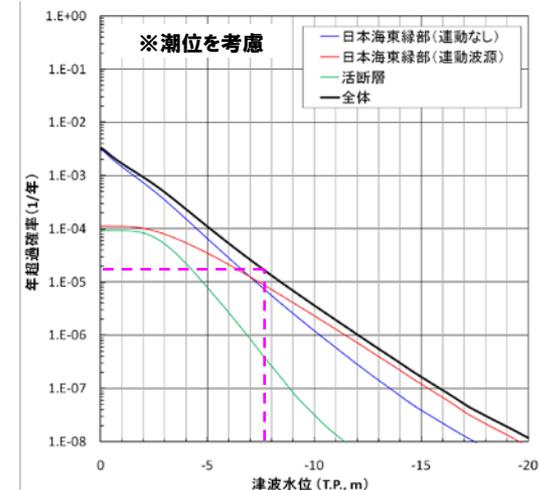
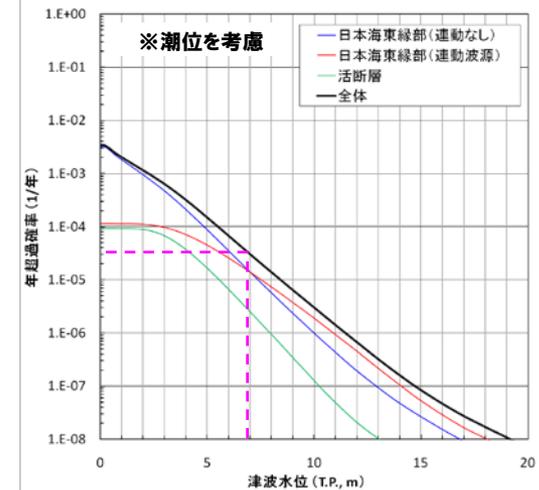
## 評価結果 (波源別平均ハザード曲線-3号炉取水口)

### 3号炉取水口

- 3号炉取水口における津波ハザード曲線 (フラクタイル曲線) を算定した。
- 最高水位・最低水位の年超過確率はいずれも $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であった。

評価点	津波水位	年超過確率
3号炉取水口 (最高水位)	T.P.+6.9m	$3.30 \times 10^{-5}$
3号炉取水口 (最低水位)	T.P.-7.7m	$1.61 \times 10^{-5}$

※津波水位は、評価地点における水位変動量に期望平均潮位を考慮し、安全側に小数点第2位を切り上げた値。



3号炉取水口 (上図: 上昇, 下図: 下降)

# 6. 超過確率の参照

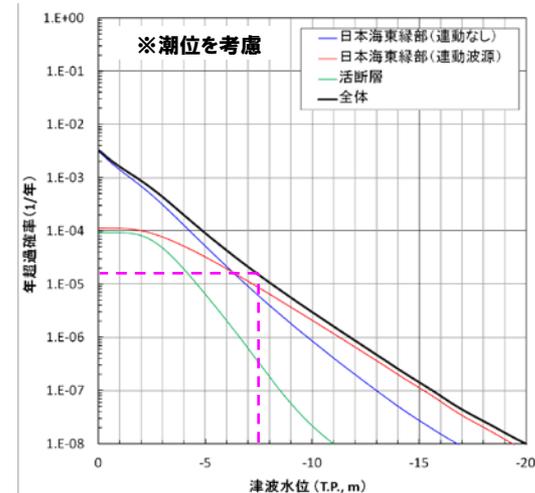
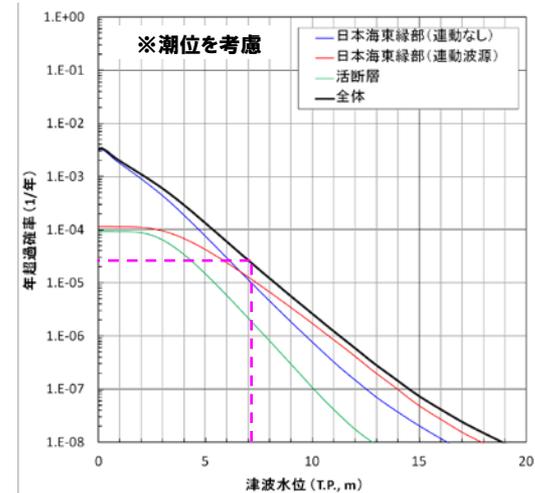
## 評価結果 (波源別平均ハザード曲線-1, 2号炉取水口)

### 1, 2号炉取水口

- 1, 2号炉取水口における津波ハザード曲線 (フラクタイル曲線) を算定した。
- 最高水位・最低水位の年超過確率はいずれも $10^{-4} \sim 10^{-5}$ 程度であった。

評価点	津波水位	年超過確率
1, 2号炉取水口 (最高水位)	T.P.+7.1m	$2.45 \times 10^{-5}$
1, 2号炉取水口 (最低水位)	T.P.-7.4m	$1.61 \times 10^{-5}$

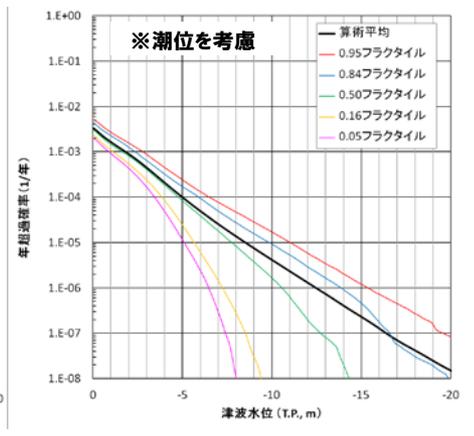
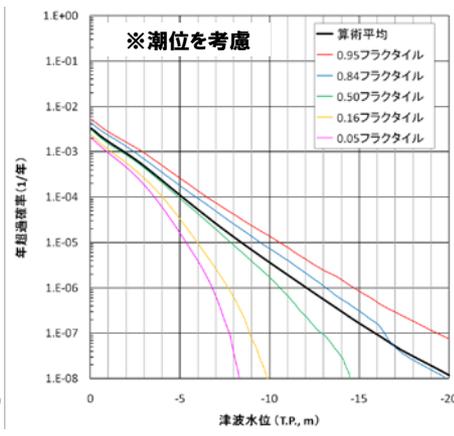
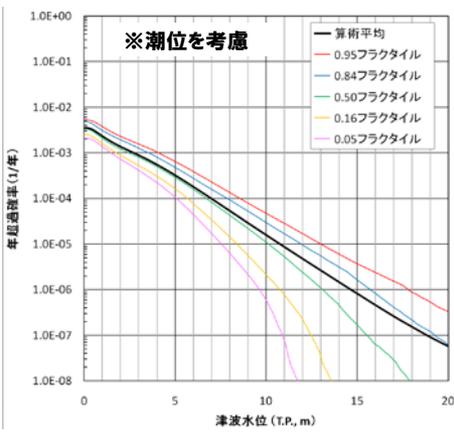
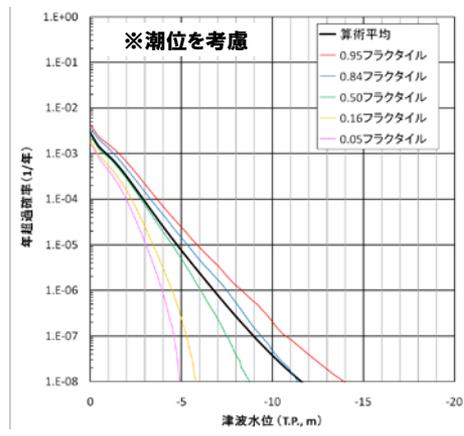
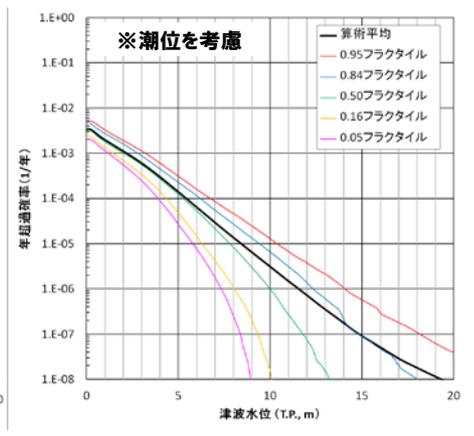
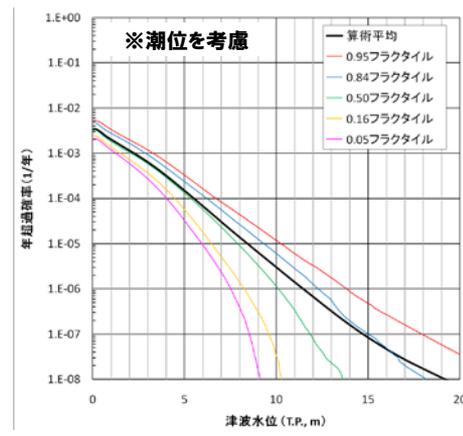
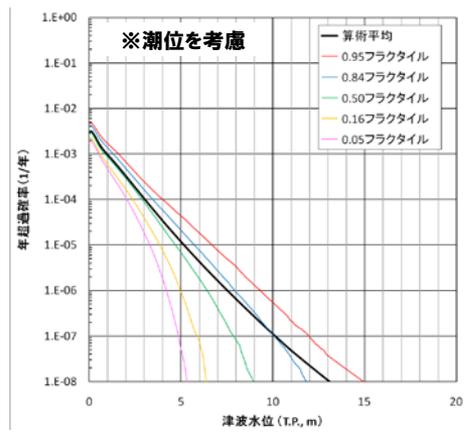
※津波水位は、評価地点における水位変動量に期望平均潮位を考慮し、安全側に小数点第2位を切り上げた値。



1, 2号炉取水口 (上図: 上昇, 下図: 下降)

# 6. 超過確率の参照

## 評価結果 (フラクタイル曲線)



基準津波策定位置  
(上図:上昇, 下図:下降)

敷地前面 (上昇)

3号炉取水口  
(上図:上昇, 下図:下降)

1, 2号炉取水口  
(上図:上昇, 下図:下降)

## 6. 超過確率の参照

### まとめ

- 確率論的津波ハザードについて、地震による津波を検討対象とし、「日本原子力学会（2012）」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に基づき検討を行った。
- 検討対象とする地震は、連動を含む日本海東縁部に想定される地震、敷地周辺の海域活断層に想定される地震とした。
- 波源別寄与度を確認した結果、日本海東縁部が支配的であった。
- 評価地点における、基準津波水位に対する年超過確率は、 $10^{-4}$ ～ $10^{-5}$ 程度であった。

# 7. 検討会モデルによる評価

1. 評価方針	3
2. 地震による津波	5
2-1 文献調査結果	8
2-2 津波堆積物調査結果	12
2-3 既往津波の再現性検討	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討	37
3. 地震以外の津波	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波	61
3-2 海底地すべりに伴う津波	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波	99
4. 基準津波の策定	138
5. 津波に対する安全性	150
5-1 砂移動評価について	152
5-2 取水路の水位変動について	170
6. 超過確率の参照	179
<b>7. 検討会モデルによる評価</b>	<b>207</b>
参考資料	228
参考文献	248

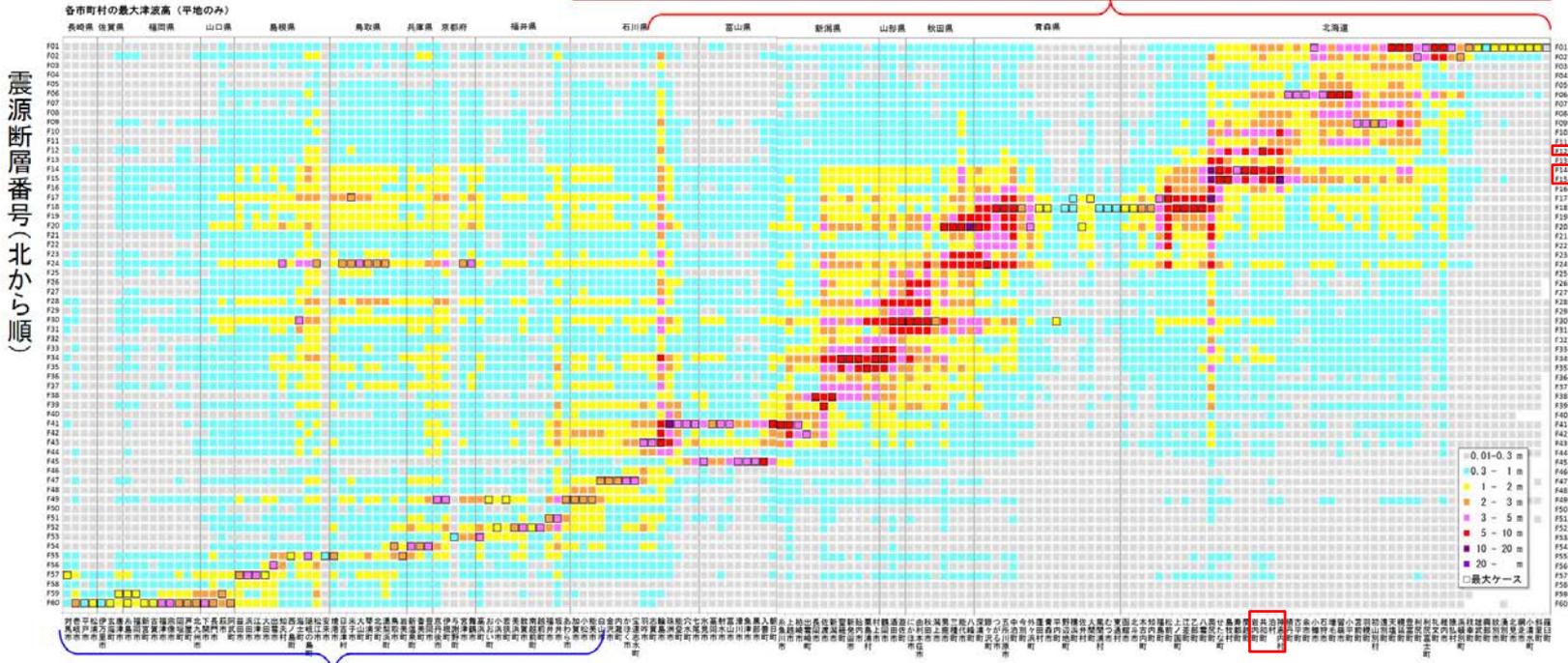
# 7. 検討会モデルによる評価

## 検討方針

○平成26年8月26日に、「日本海における大規模地震に関する調査検討会（国土交通省，内閣府，文部科学省）（以下，検討会という）」において，日本海における最大クラスの津波断層モデル等の設定に関する検討結果が示されたため，泊発電所に与える影響を確認した。

### 平地の最大津波高

日本海沿岸東部(北海道から福井)では、高いところで概ね5m～12m



日本海沿岸西部(京都から九州北部)では、高いところでも概ね3～4m

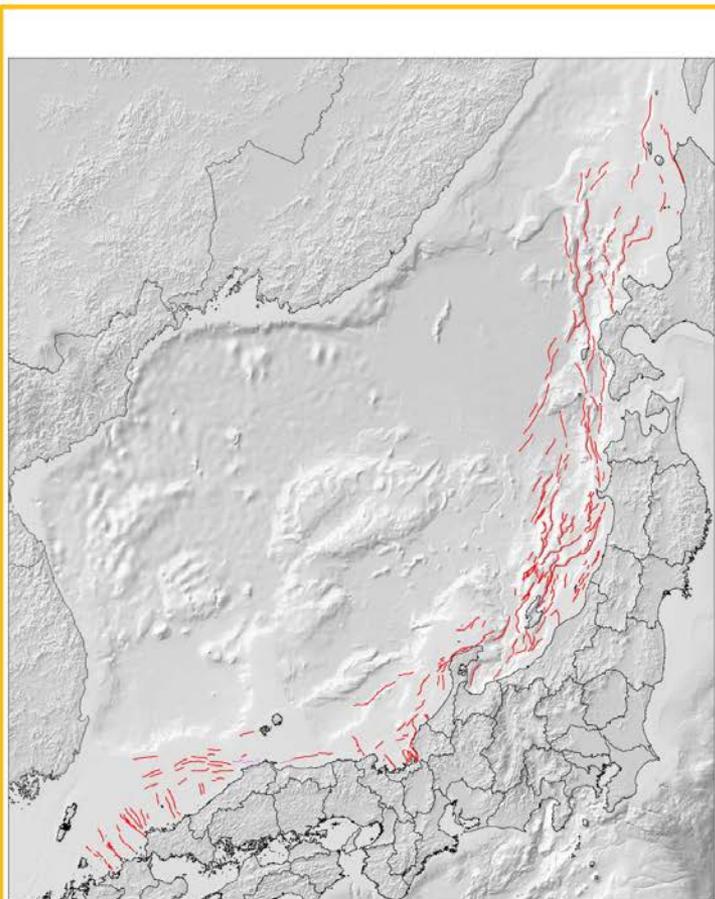
60断層モデルの市町村別最大津波高(平地)

日本海における大規模地震に関する調査検討会報告(概要)に一部加筆

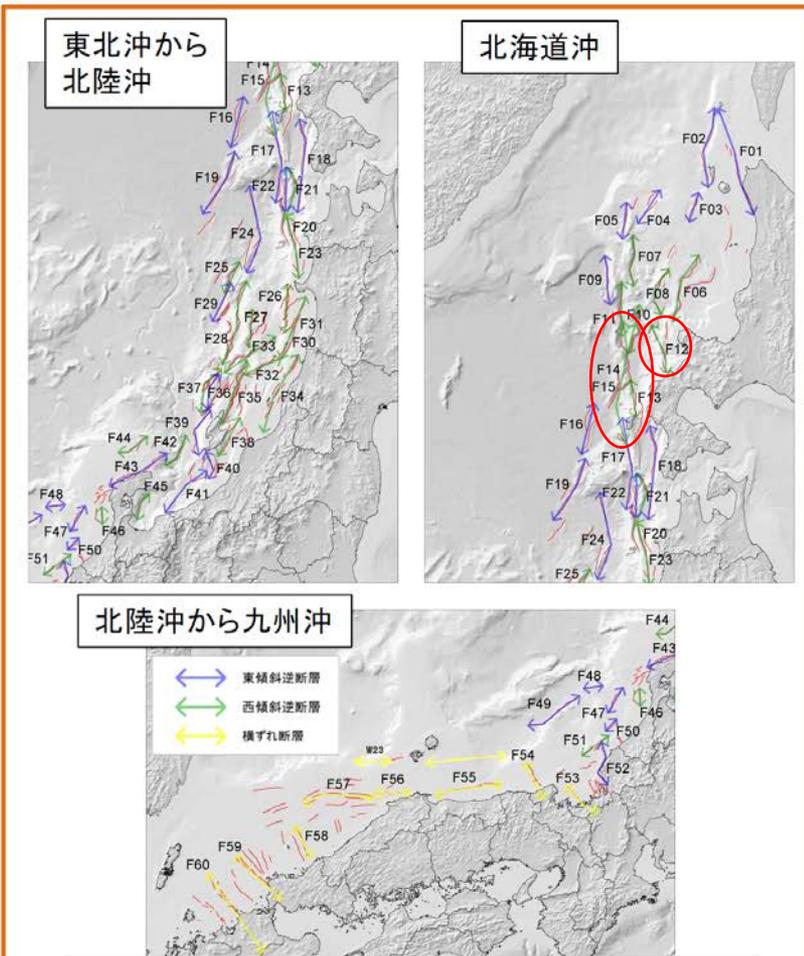
# 7. 検討会モデルによる評価

## 検討対象波源 (1/2)

○泊発電所に与える影響の大きい、F12, F14, F15の波源モデルについて数値シミュレーションを実施した。



今回設定した海底断層トレース

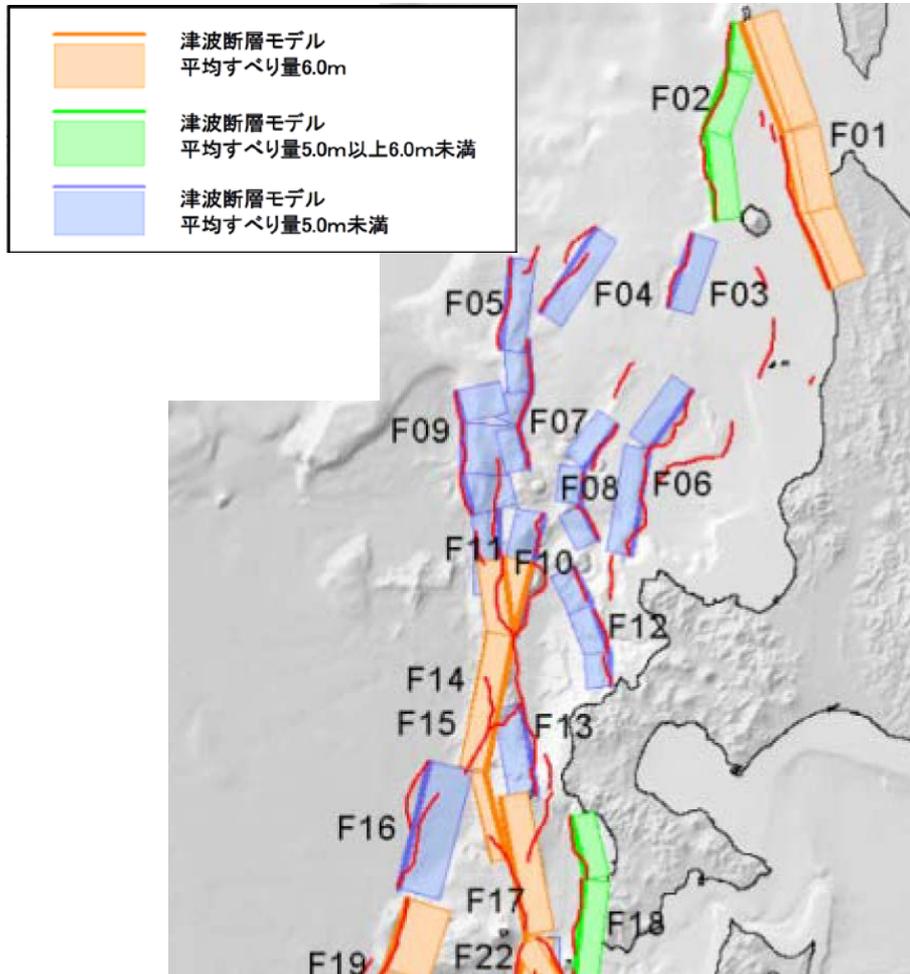


今回設定した断層のグルーピング結果

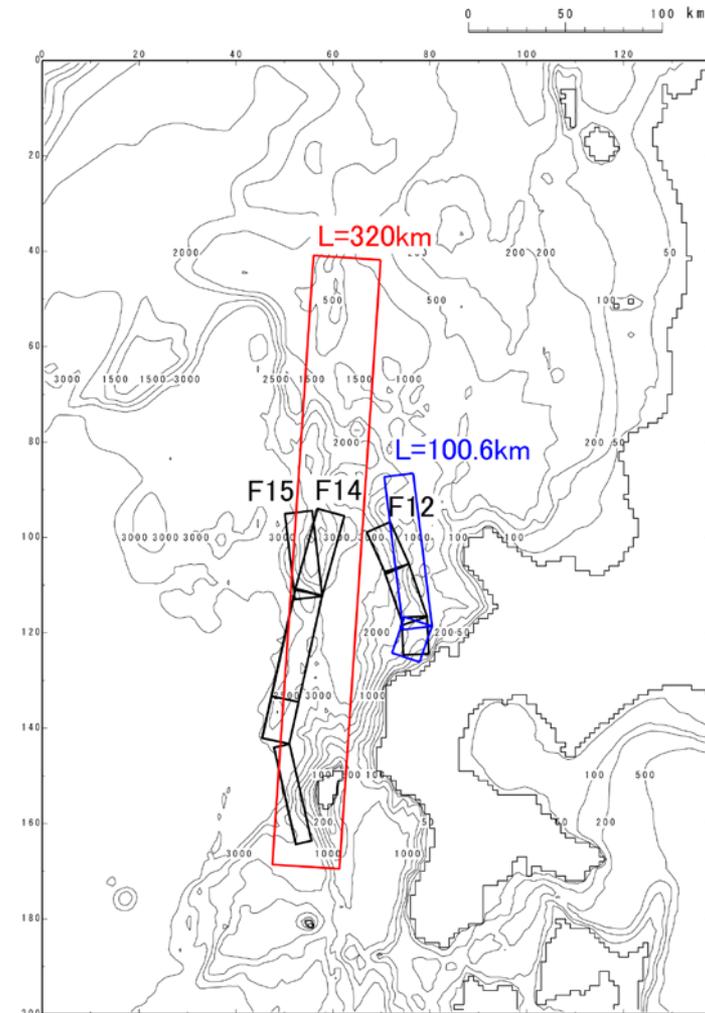
# 7. 検討会モデルによる評価

## 検討対象波源 (2/2)

○泊発電所に与える影響の大きい、F12, F14, F15の波源モデルについて数値シミュレーションを実施した。



日本海における大規模地震に関する調査検討会報告(概要)より



検討対象波源モデル

# 7. 検討会モデルによる評価

## 波源モデルパラメータ

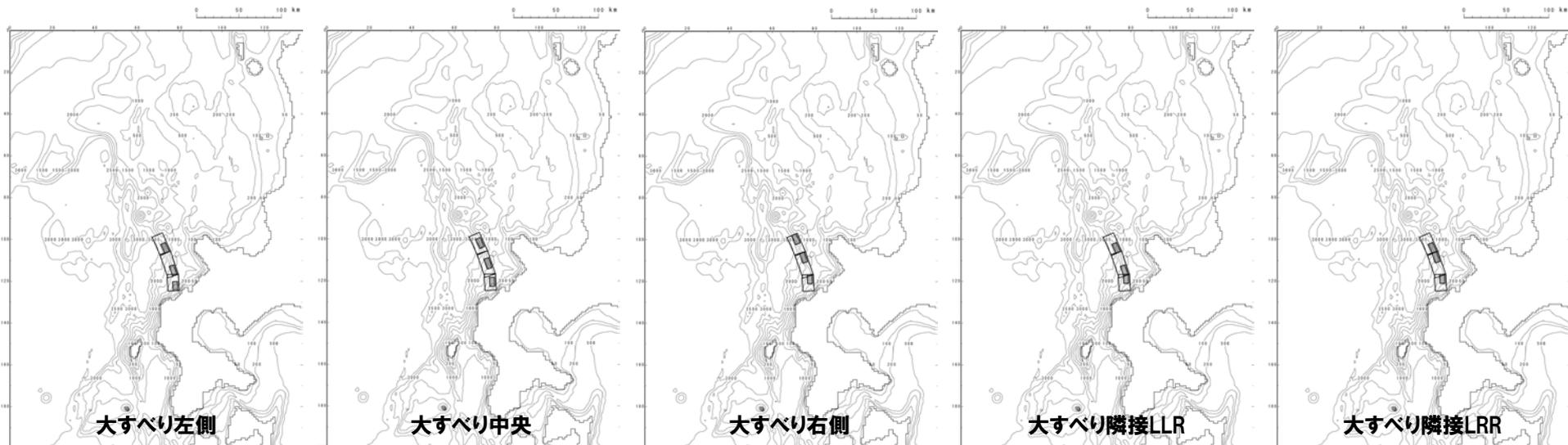
モデル	セグメント		走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	上端深さ (km)	断層幅 (km)	断層長さ (km)	合計断層 長さ(km)	Mw	すべり量 (m)
F12	Sg1	背景領域	156	45	62	1.0*	18.7	24.0	73	7.4	2.65
	Sg2	大すべり域	156	45	62	2.5	8.3	12.0			4.77
	Sg3	背景領域	161	45	65	1.0*	18.7	29.3			2.84
	Sg4	大すべり域	161	45	65	2.5	8.3	12.6			4.58
	Sg5	背景領域	177	45	79	1.0*	18.7	19.7			2.49
	Sg6	大すべり域	177	45	79	2.5	8.3	11.0			4.93
F14	Sg1	背景領域	195	45	99	1.0*	20.3	43.3	175	7.8	4.36
	Sg2	大すべり域	195	45	99	2.4	10.2	18.5			7.64
	Sg3	背景領域	192	45	111	1.0*	20.3	57.1			4.36
	Sg4	大すべり域	192	45	111	2.4	10.2	24.5			7.64
	Sg5	背景領域	192	45	111	1.0*	20.3	22.5			4.24
	Sg6	大すべり域	192	45	111	2.4	10.2	10.2			7.76
	Sg7	背景領域	167	60	105	1.0*	16.6	51.9			4.31
	Sg8	大すべり域	167	60	105	2.8	8.3	22.9			7.69
F15	Sg1	背景領域	173	45	97	1.0*	20.1	45.2	177	7.8	4.67
	Sg2	大すべり域	173	45	97	2.4	10.0	16.4			7.33
	Sg3	背景領域	192	45	111	1.0*	20.1	57.1			4.36
	Sg4	大すべり域	192	45	111	2.4	10.0	24.5			7.64
	Sg5	背景領域	192	45	111	1.0*	20.1	22.5			4.24
	Sg6	大すべり域	192	45	111	2.4	10.0	10.2			7.76
	Sg7	背景領域	167	60	105	1.0*	16.4	51.9			4.31
	Sg8	大すべり域	167	60	105	2.8	8.2	22.9			7.69

※検討会報告書では、海底における位置での平均水深+1kmとし、(km,TP-)で表示。

# 7. 検討会モデルによる評価

## 波源の設定 (F12断層)

○黒松内低地帯の北方延長付近に形成された西傾斜の断層。



# 7. 検討会モデルによる評価

## 数値シミュレーション結果 (F12断層) (1/2)

### [数値シミュレーション結果一覧]

モデル		最大水位上昇量 (m)			最大水位下降量 (m)	
		敷地前面	3号炉取水口	1, 2号炉取水口	3号炉取水口	1, 2号炉取水口
F12断層	大すべり左側	2.86	2.34	2.28	-2.01	-2.03
	大すべり中央	3.05	2.31	2.16	<b>-2.51</b>	-2.38
	大すべり右側	2.70	2.23	2.15	-2.46	<b>-2.39</b>
	大すべり隣接LLR	<b>3.20</b>	2.45	2.35	-2.38	-2.23
	大すべり隣接LRR	3.13	<b>2.49</b>	<b>2.49</b>	-2.35	-2.33

# 7. 検討会モデルによる評価

## 数値シミュレーション結果 (F12断層) (2/2)

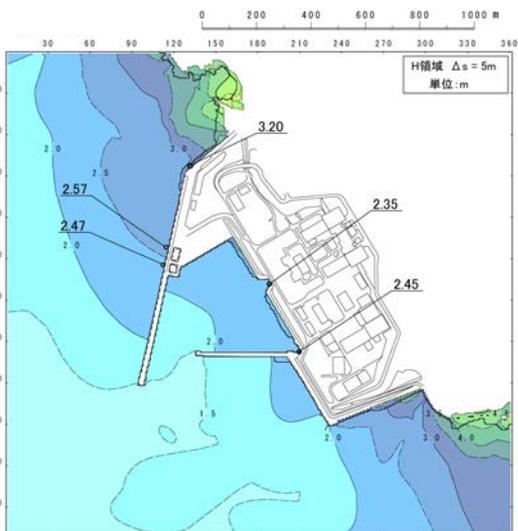
○F12断層に相当する、当社で評価した断層モデルであるFs-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜と比較した結果、検討会モデルによる評価地点の水位変動は、当社で評価した断層モデルによる水位変動を上回らないことを確認した。

### [数値シミュレーション結果一覧]

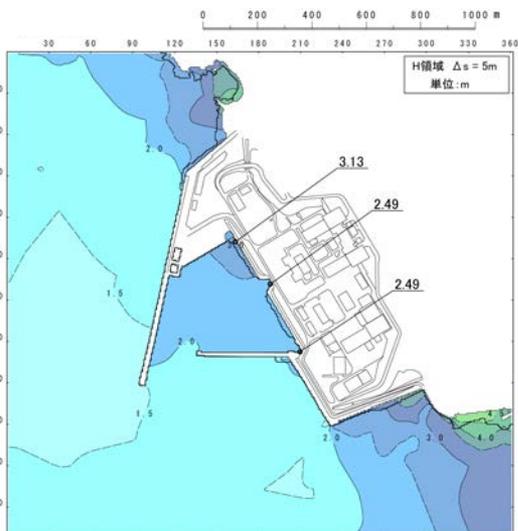
区分	F12断層	Fs-10断層～岩内堆東撓曲～岩内堆南方背斜 (L=100.6km)
敷地前面 最大水位上昇量	3.20m	5.49m
3号炉取水口 最大水位上昇量	2.49m	4.64m
3号炉取水口 最大水位下降量	2.51m	4.24m
1, 2号炉取水口 最大水位上昇量	2.49m	4.54m
1, 2号炉取水口 最大水位下降量	2.39m	3.92m

# 7. 検討会モデルによる評価

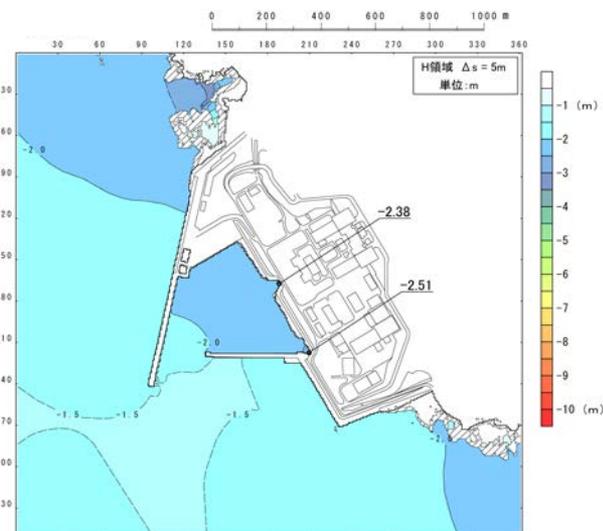
## 数値シミュレーション結果 (F12断層) (3号炉)



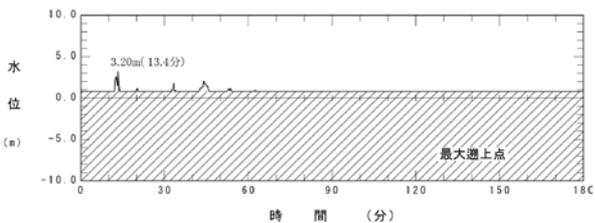
最大水位上昇量分布  
(敷地前面最大水位上昇ケース)



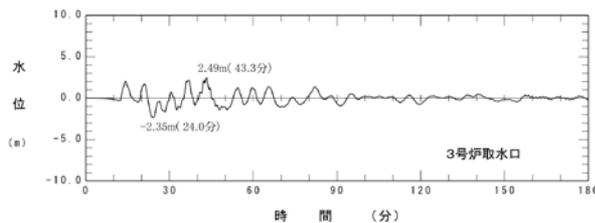
最大水位上昇量分布  
(3号炉取水口最大水位上昇ケース)



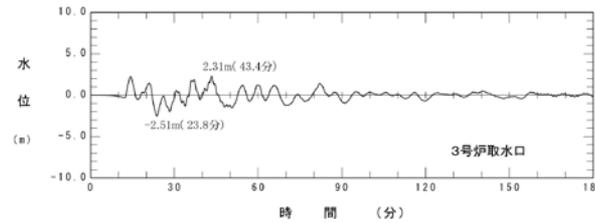
最大水位下降量分布  
(3号炉取水口最大水位下降ケース)



水位時刻歴波形  
(敷地前面最大水位上昇ケース)



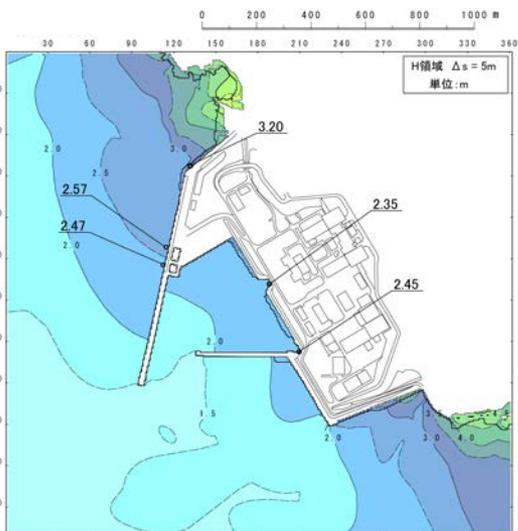
水位時刻歴波形  
(3号炉取水口最大水位上昇ケース)



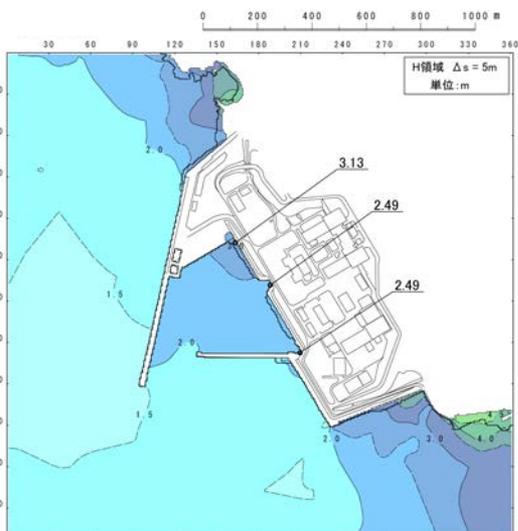
水位時刻歴波形  
(3号炉取水口最大水位下降ケース)

# 7. 検討会モデルによる評価

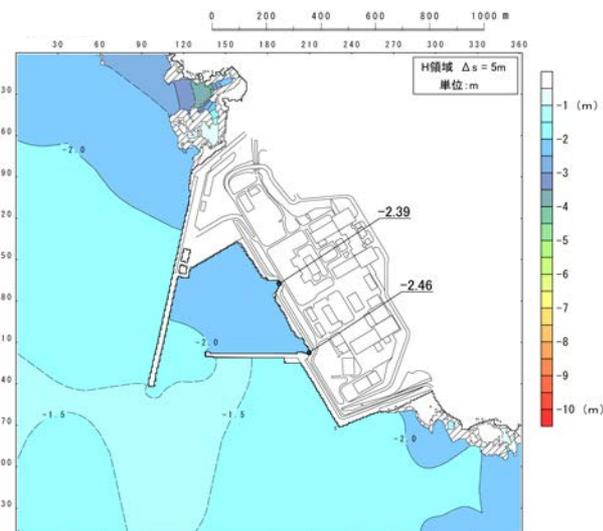
## 数値シミュレーション結果 (F12断層) (1, 2号炉)



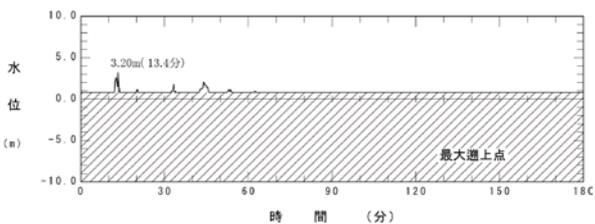
最大水位上昇量分布  
(敷地前面最大水位上昇ケース)



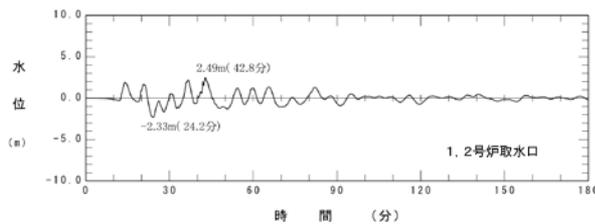
最大水位上昇量分布  
(1, 2号炉取水口最大水位上昇ケース)



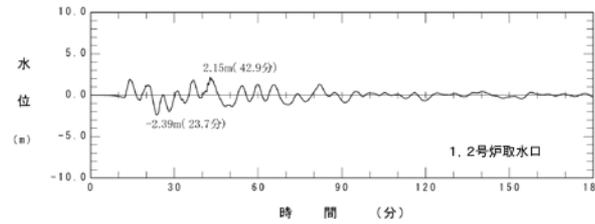
最大水位下降量分布  
(1, 2号炉取水口最大水位下降ケース)



水位時刻歴波形  
(敷地前面最大水位上昇ケース)



水位時刻歴波形  
(1, 2号炉取水口最大水位上昇ケース)

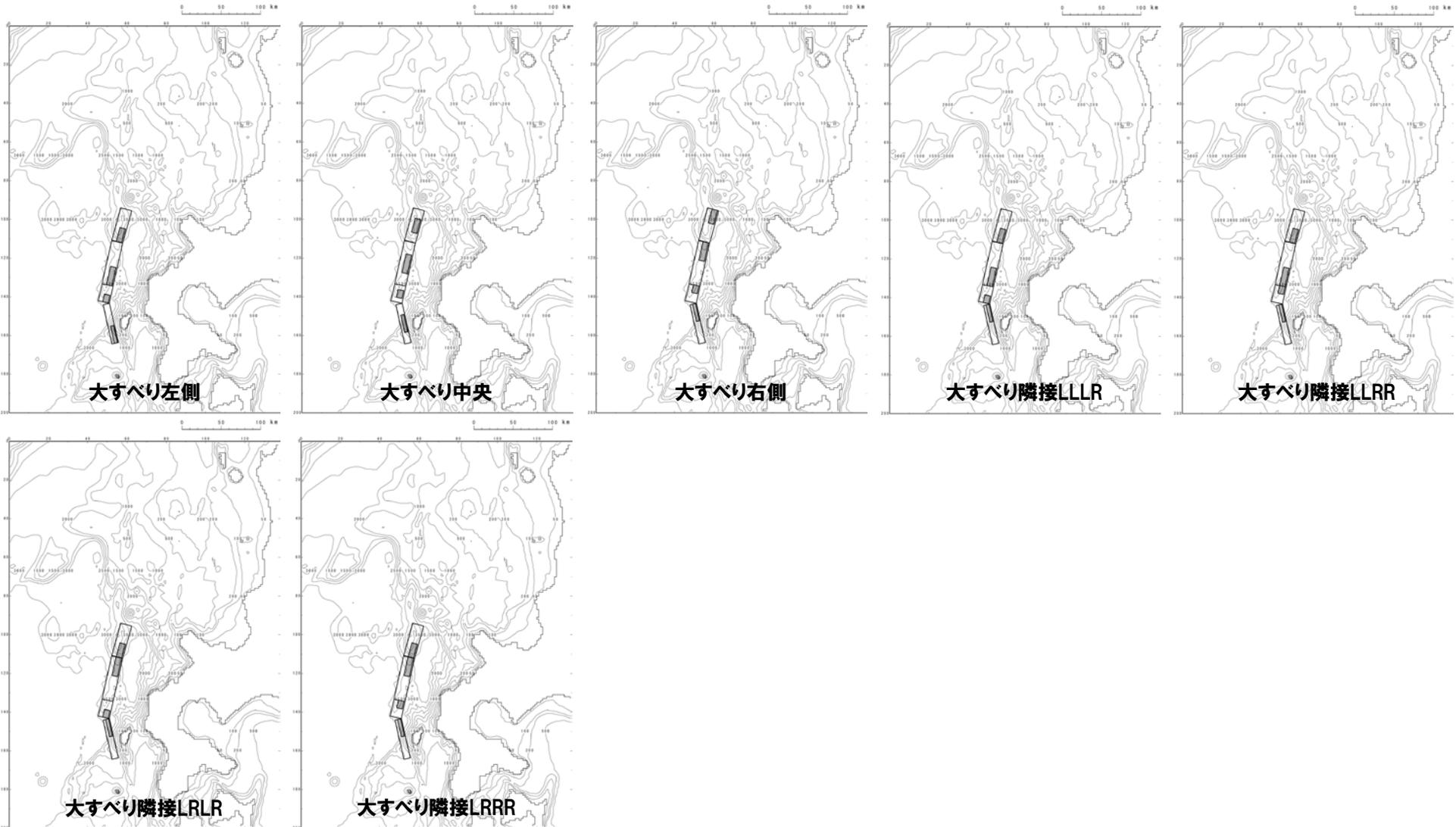


水位時刻歴波形  
(1, 2号炉取水口最大水位下降ケース)

# 7. 検討会モデルによる評価

## 波源の設定 (F14断層)

○奥尻島北方の西傾斜の断層。(北海道南西沖相当モデル1)



# 7. 検討会モデルによる評価

## 数値シミュレーション結果 (F14断層) (1/2)

### [数値シミュレーション結果一覧]

モデル		最大水位上昇量 (m)			最大水位下降量 (m)	
		敷地前面	3号炉取水口	1, 2号炉取水口	3号炉取水口	1, 2号炉取水口
F14断層	大すべり左側	3.73	3.32	3.16	-2.68	-2.65
	大すべり中央	<b>4.24</b>	<b>3.47</b>	3.30	-2.65	-2.57
	大すべり右側	3.94	3.46	<b>3.44</b>	-2.60	-2.69
	大すべり隣接LLLR	3.78	3.38	3.25	-2.59	-2.62
	大すべり隣接LLRR	3.73	3.46	3.20	-2.71	-2.64
	大すべり隣接LRLR	4.05	3.31	3.29	<b>-2.75</b>	-2.85
	大すべり隣接LRRR	4.04	3.26	3.28	-2.67	<b>-2.92</b>

# 7. 検討会モデルによる評価

## 数値シミュレーション結果 (F14断層) (2/2)

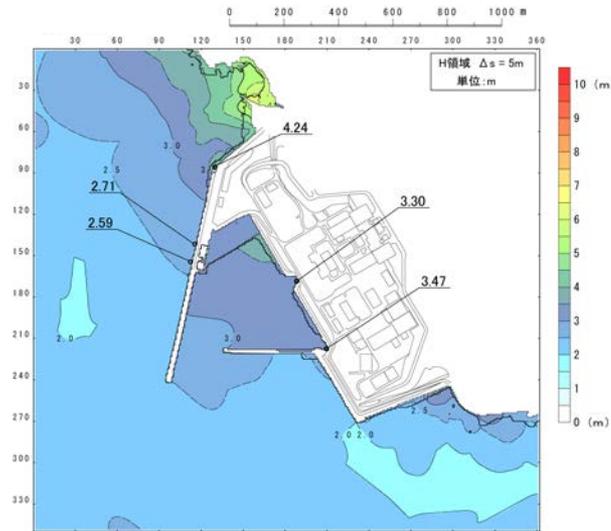
○検討会モデルによる評価地点の水位変動は、当社の基準津波による水位変動を上回らないことを確認した。

### [数値シミュレーション結果一覧]

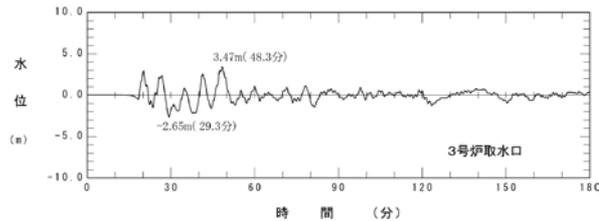
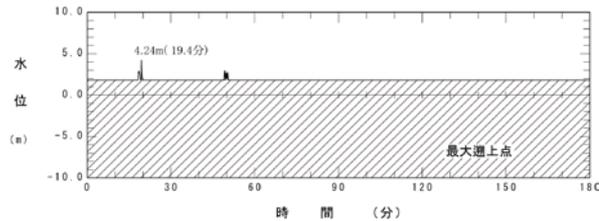
区分	F14断層	基準津波 (日本海東縁部 L=320km)
敷地前面 最大水位上昇量	4.24m	8.15m
3号炉取水口 最大水位上昇量	3.47m	6.61m
3号炉取水口 最大水位下降量	2.75m	7.50m
1, 2号炉取水口 最大水位上昇量	3.44m	6.82m
1, 2号炉取水口 最大水位下降量	2.92m	7.18m

# 7. 検討会モデルによる評価

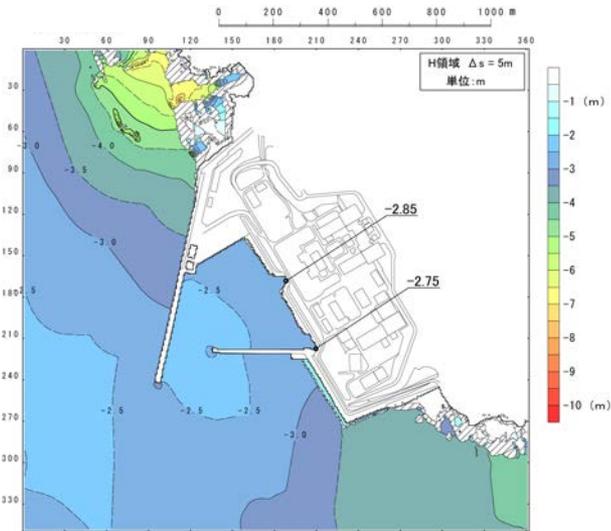
## 数値シミュレーション結果 (F14断層) (3号炉)



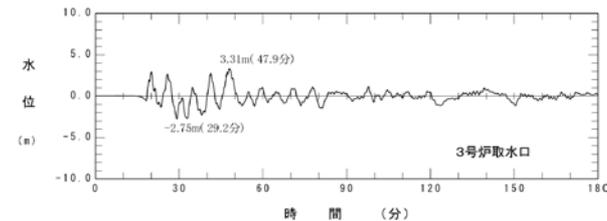
最大水位上昇量分布  
(敷地前面・3号炉取水口最大水位上昇ケース)



水位時刻歴波形  
(敷地前面・3号炉取水口最大水位上昇ケース)



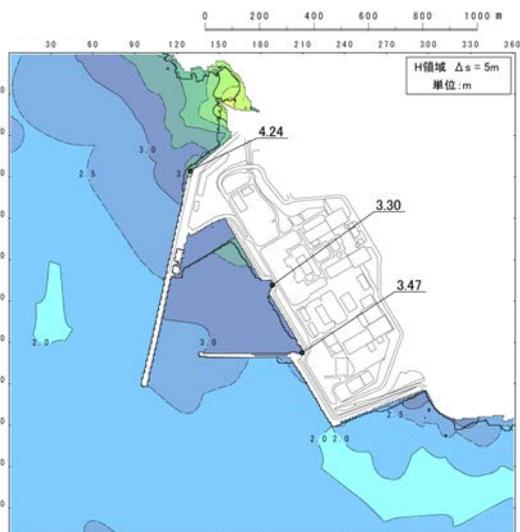
最大水位下降量分布  
(3号炉取水口最大水位下降ケース)



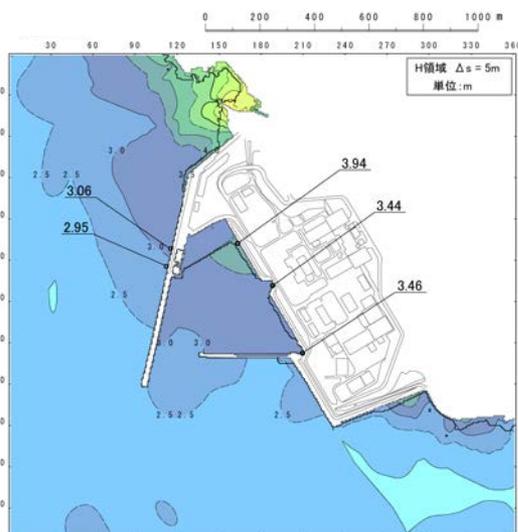
水位時刻歴波形  
(3号炉取水口最大水位下降ケース)

# 7. 検討会モデルによる評価

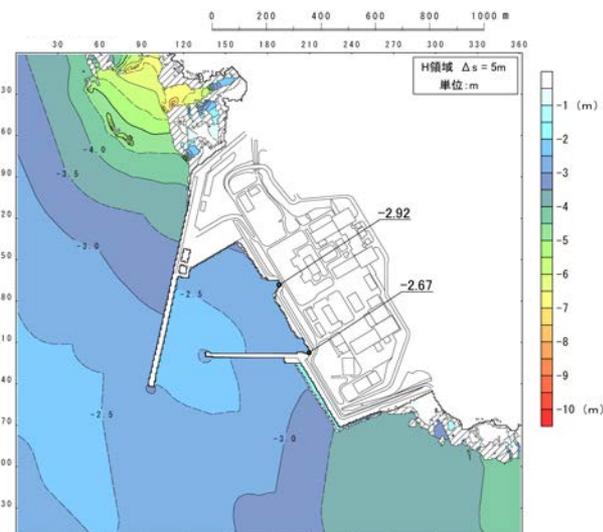
## 数値シミュレーション結果 (F14断層) (1, 2号炉)



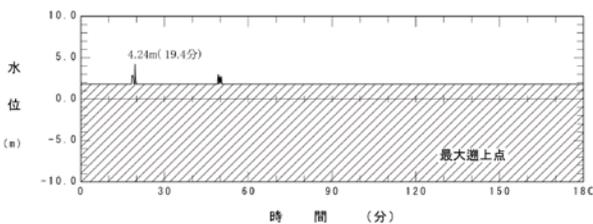
最大水位上昇量分布  
(敷地前面最大水位上昇ケース)



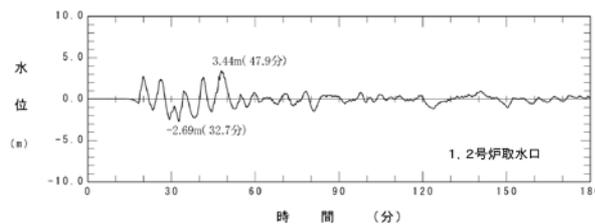
最大水位上昇量分布  
(1, 2号炉取水口最大水位上昇ケース)



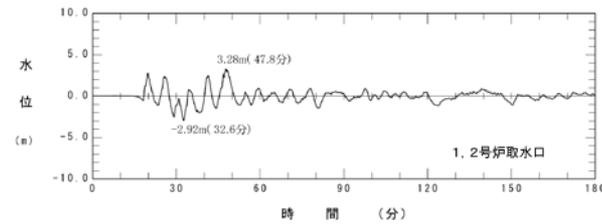
最大水位下降量分布  
(1, 2号炉取水口最大水位下降ケース)



水位時刻歴波形  
(敷地前面最大水位上昇ケース)



水位時刻歴波形  
(1, 2号炉取水口最大水位上昇ケース)

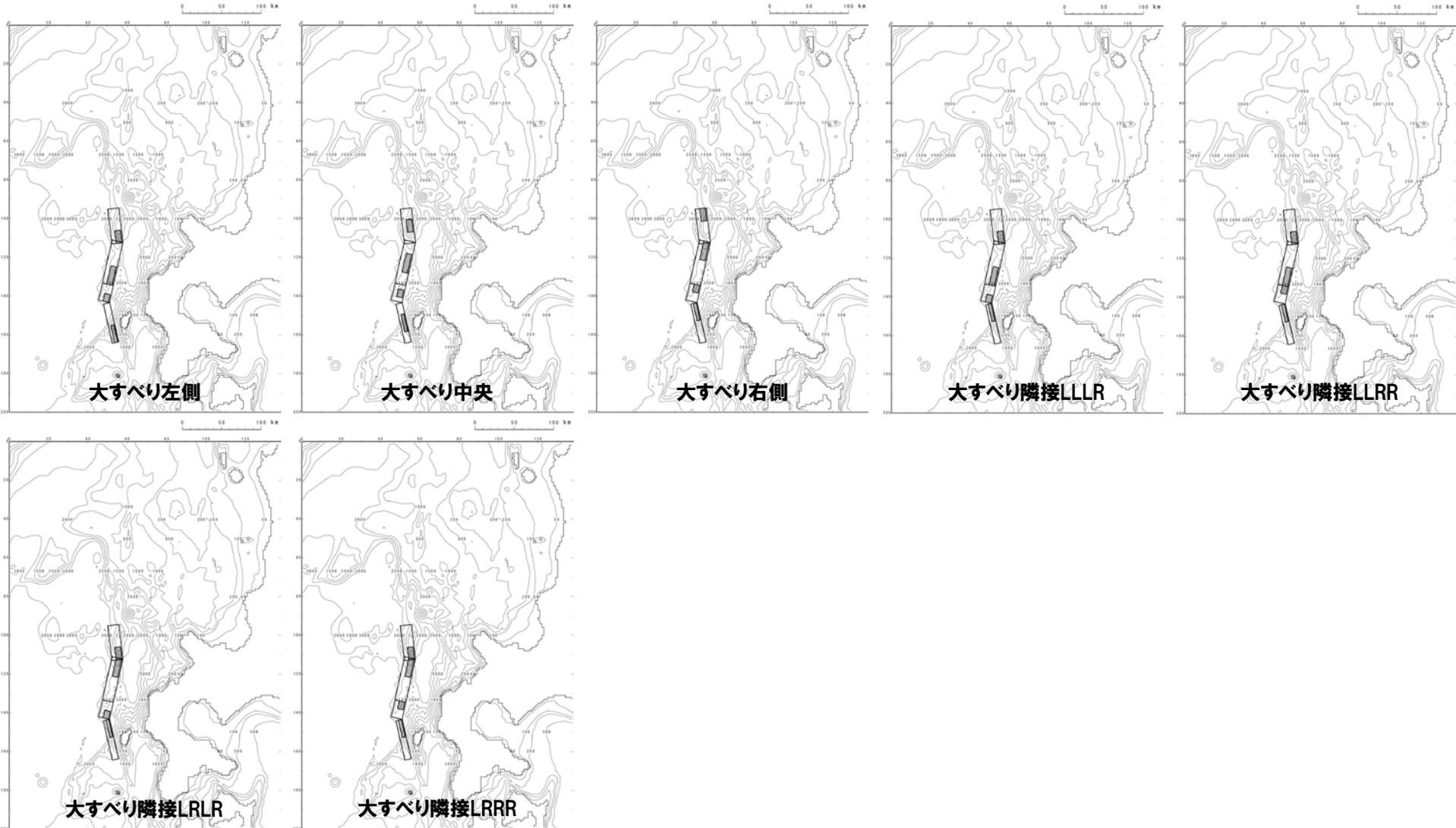


水位時刻歴波形  
(1, 2号炉取水口最大水位下降ケース)

# 7. 検討会モデルによる評価

## 波源の設定 (F15断層)

○奥尻島北方の西傾斜の断層。(北海道南西沖相当モデル2)



# 7. 検討会モデルによる評価

## 数値シミュレーション結果 (F15断層) (1/2)

### [数値シミュレーション結果一覧]

モデル		最大水位上昇量 (m)			最大水位下降量 (m)	
		敷地前面	3号炉取水口	1, 2号炉取水口	3号炉取水口	1, 2号炉取水口
F15断層	大すべり左側	3.64	3.15	3.19	-2.48	-2.34
	大すべり中央	3.74	3.18	3.27	-2.86	-2.73
	大すべり右側	<b>3.89</b>	<b>3.37</b>	<b>3.37</b>	-2.80	-2.87
	大すべり隣接LLLR	3.75	3.24	3.30	-2.51	-2.37
	大すべり隣接LLRR	3.78	3.33	3.30	-2.55	-2.39
	大すべり隣接LRLR	3.63	3.33	3.24	<b>-3.32</b>	<b>-3.16</b>
	大すべり隣接LRRR	3.67	3.32	3.25	-3.30	-3.15

# 7. 検討会モデルによる評価

## 数値シミュレーション結果 (F15断層) (2/2)

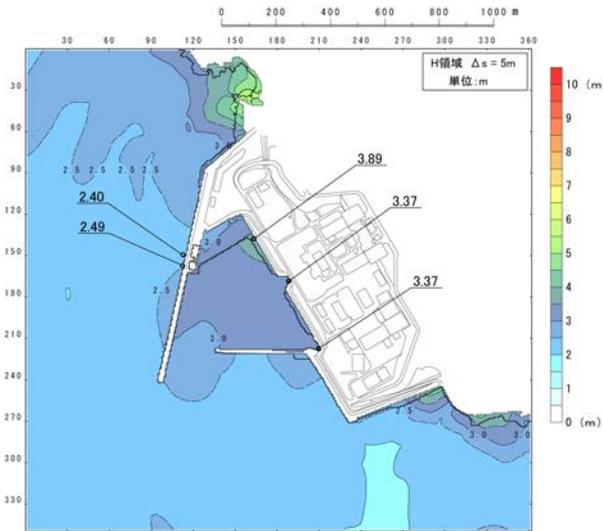
○検討会モデルによる評価地点の水位変動は、当社の基準津波による水位変動を上回らないことを確認した。

### [数値シミュレーション結果一覧]

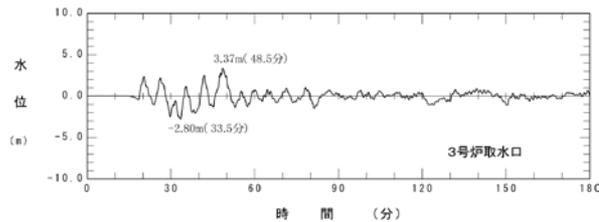
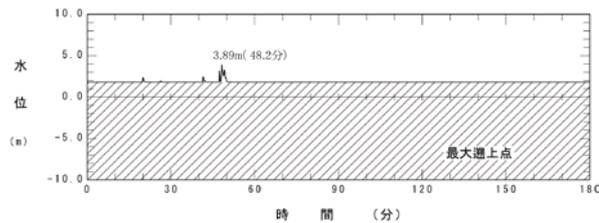
区分	F15断層	基準津波 (日本海東縁部 L=320km)
敷地前面 最大水位上昇量	3.89m	8.15m
3号炉取水口 最大水位上昇量	3.37m	6.61m
3号炉取水口 最大水位下降量	3.32m	7.50m
1, 2号炉取水口 最大水位上昇量	3.37m	6.82m
1, 2号炉取水口 最大水位下降量	3.16m	7.18m

# 7. 検討会モデルによる評価

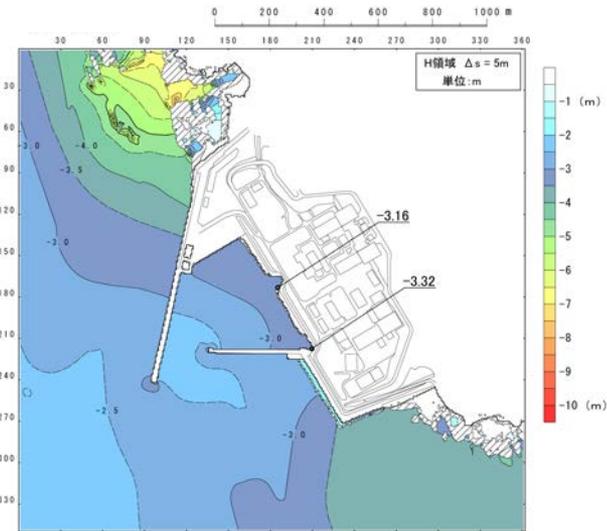
## 数値シミュレーション結果 (F15断層) (3号炉)



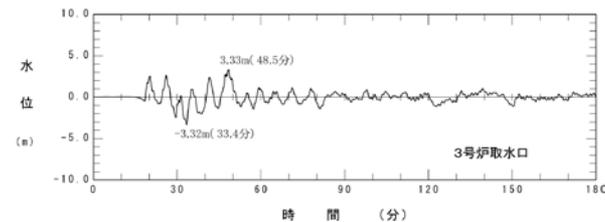
最大水位上昇量分布  
(敷地前面・3号炉取水口最大水位上昇ケース)



水位時刻歴波形  
(敷地前面・3号炉取水口最大水位上昇ケース)



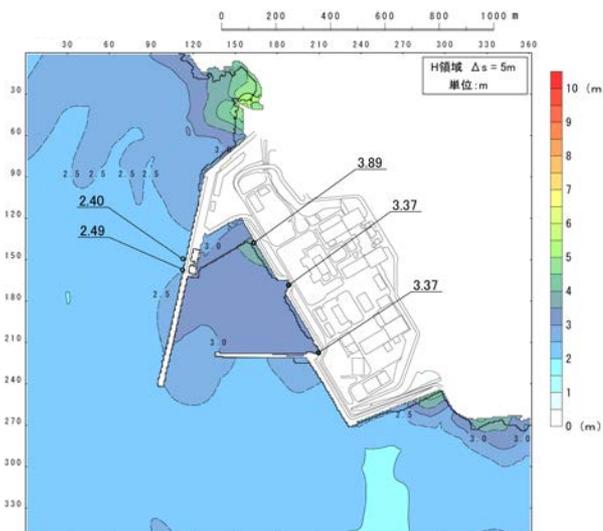
最大水位下降量分布  
(3号炉取水口最大水位下降ケース)



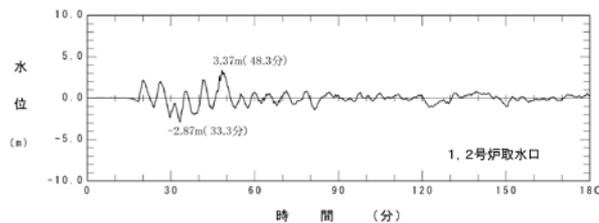
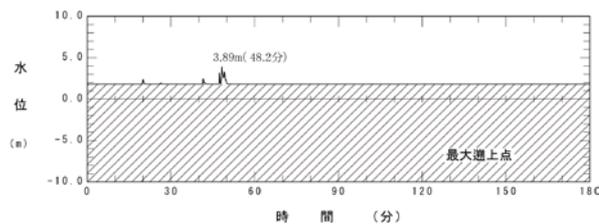
水位時刻歴波形  
(3号炉取水口最大水位下降ケース)

# 7. 検討会モデルによる評価

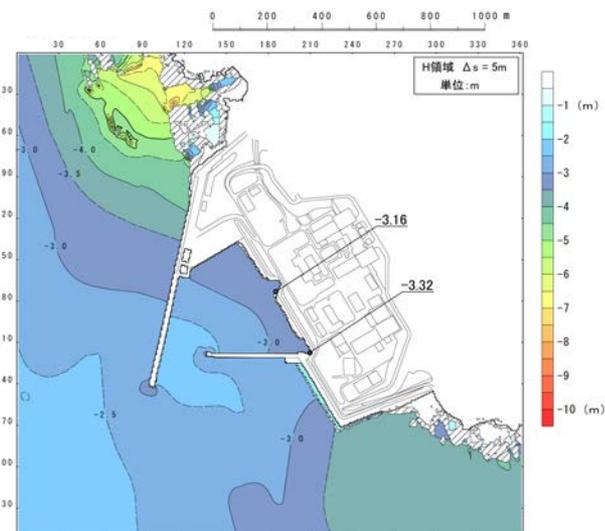
## 数値シミュレーション結果 (F15断層) (1, 2号炉)



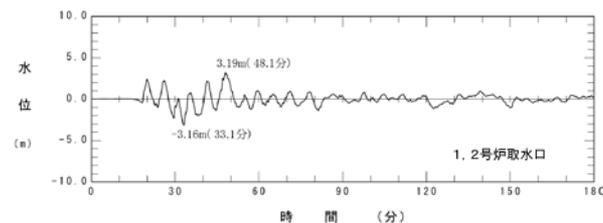
最大水位上昇量分布  
(敷地前面・1, 2号炉取水口最大水位上昇ケース)



水位時刻歴波形  
(敷地前面・1, 2号炉取水口最大水位上昇ケース)



最大水位下降量分布  
(1, 2号炉取水口最大水位下降ケース)



水位時刻歴波形  
(1, 2号炉取水口最大水位下降ケース)

# 7. 検討会モデルによる評価

## まとめ

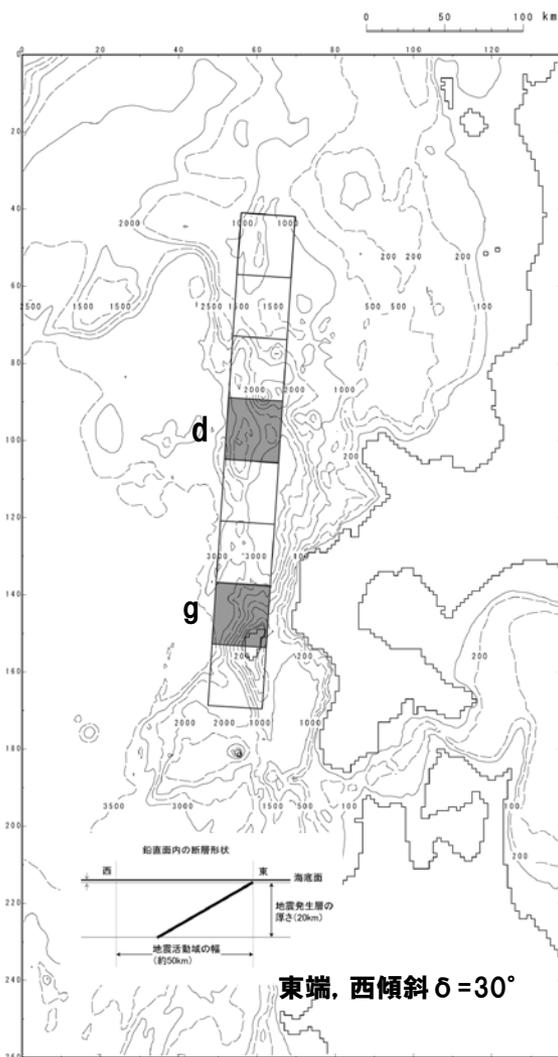
- 検討会モデルによる泊発電所への影響を確認するため、泊発電所に与える影響の大きい、F12、F14、F15の波源モデルについて、数値シミュレーションを実施した。
- 検討会モデルによる評価地点の水位変動は、当社の基準津波による水位変動を上回らないことを確認した。

### [数値シミュレーション結果一覧]

区分	検討会モデル			基準津波 (日本海東縁部 L=320km)	Fs-10断層～岩内 堆東撓曲～岩内 堆南方背斜 (L=100.6km)
	F12断層	F14断層	F15断層		
敷地前面 最大水位上昇量	3.20m	4.24m	3.89m	8.15m	5.49m
3号炉取水口 最大水位上昇量	2.49m	3.47m	3.37m	6.61m	4.64m
3号炉取水口 最大水位下降量	2.51m	2.75m	3.32m	7.50m	4.24m
1, 2号炉取水口 最大水位上昇量	2.49m	3.44m	3.37m	6.82m	4.54m
1, 2号炉取水口 最大水位下降量	2.39m	2.92m	3.16m	7.18m	3.92m

1. 評価方針	3
2. 地震による津波	5
2-1 文献調査結果	8
2-2 津波堆積物調査結果	12
2-3 既往津波の再現性検討	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討	37
3. 地震以外の津波	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波	61
3-2 海底地すべりに伴う津波	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波	99
4. 基準津波の策定	138
5. 津波に対する安全性	150
5-1 砂移動評価について	152
5-2 取水路の水位変動について	170
6. 超過確率の参照	179
7. 検討会モデルによる評価	207
<b>参考資料</b>	<b>228</b>
参考文献	248

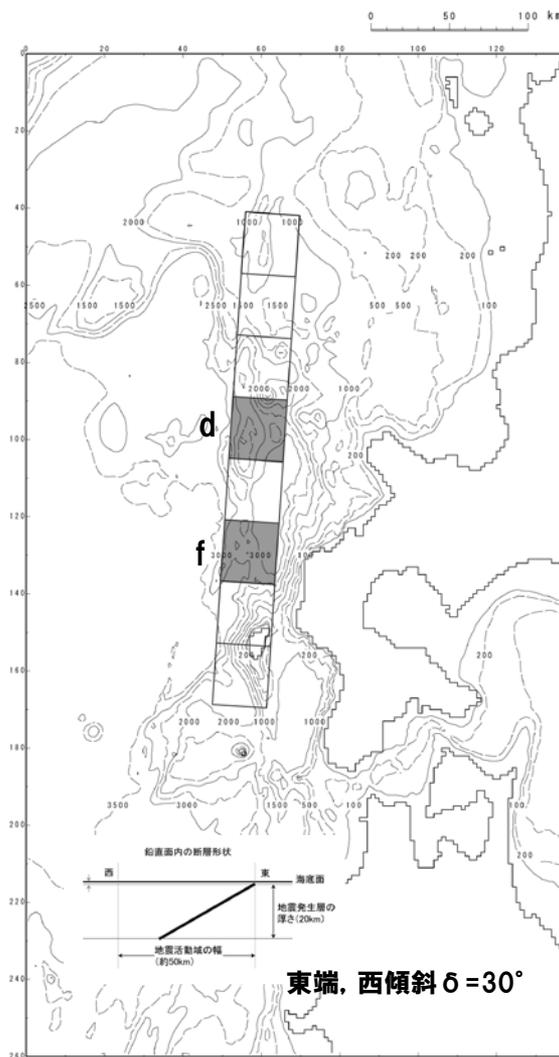
## 4章関連 津波の伝播特性について(評価用想定津波の断層パラメータ)



基準津波①

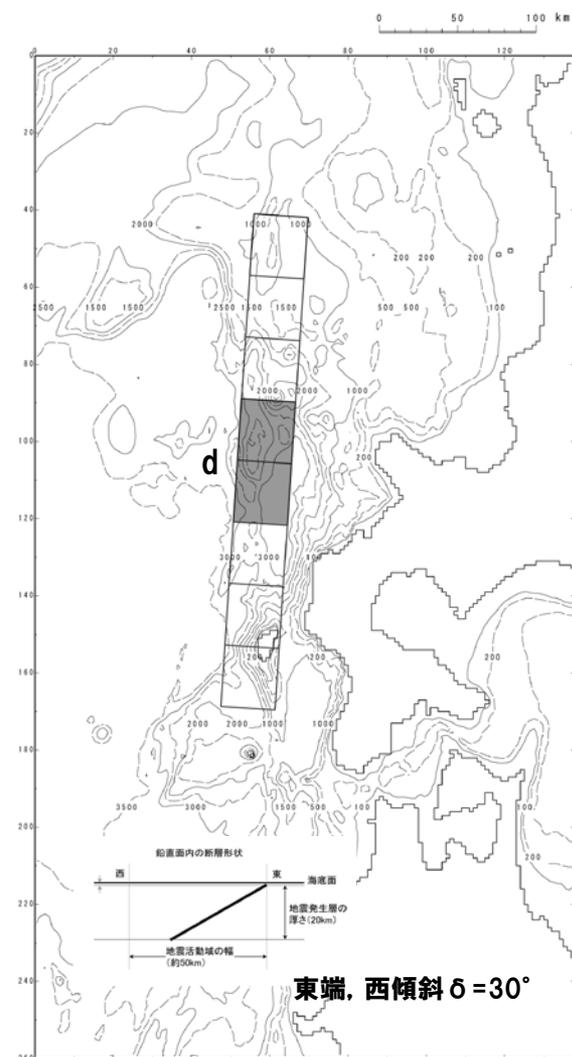
敷地前面最大水位上昇ケース

1, 2号及び3号炉取水口最大水位上昇ケース



基準津波②

1, 2号炉取水口最大水位下降ケース

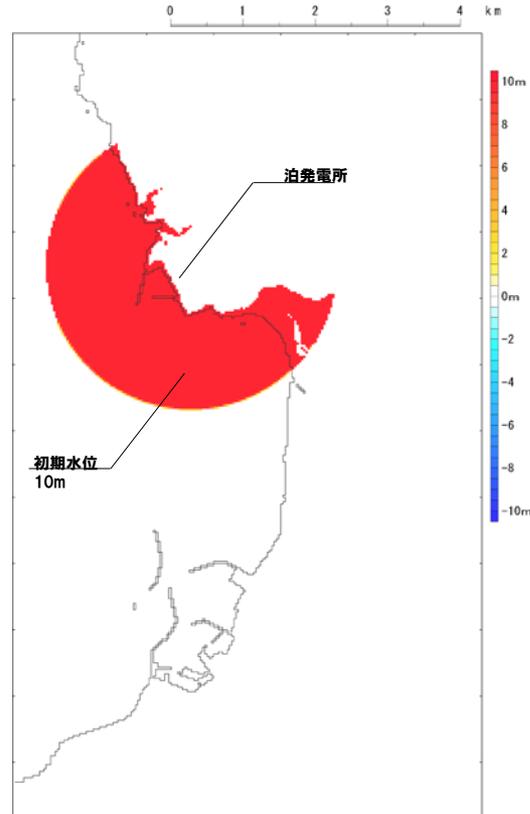


基準津波③

3号炉取水口最大水位下降ケース

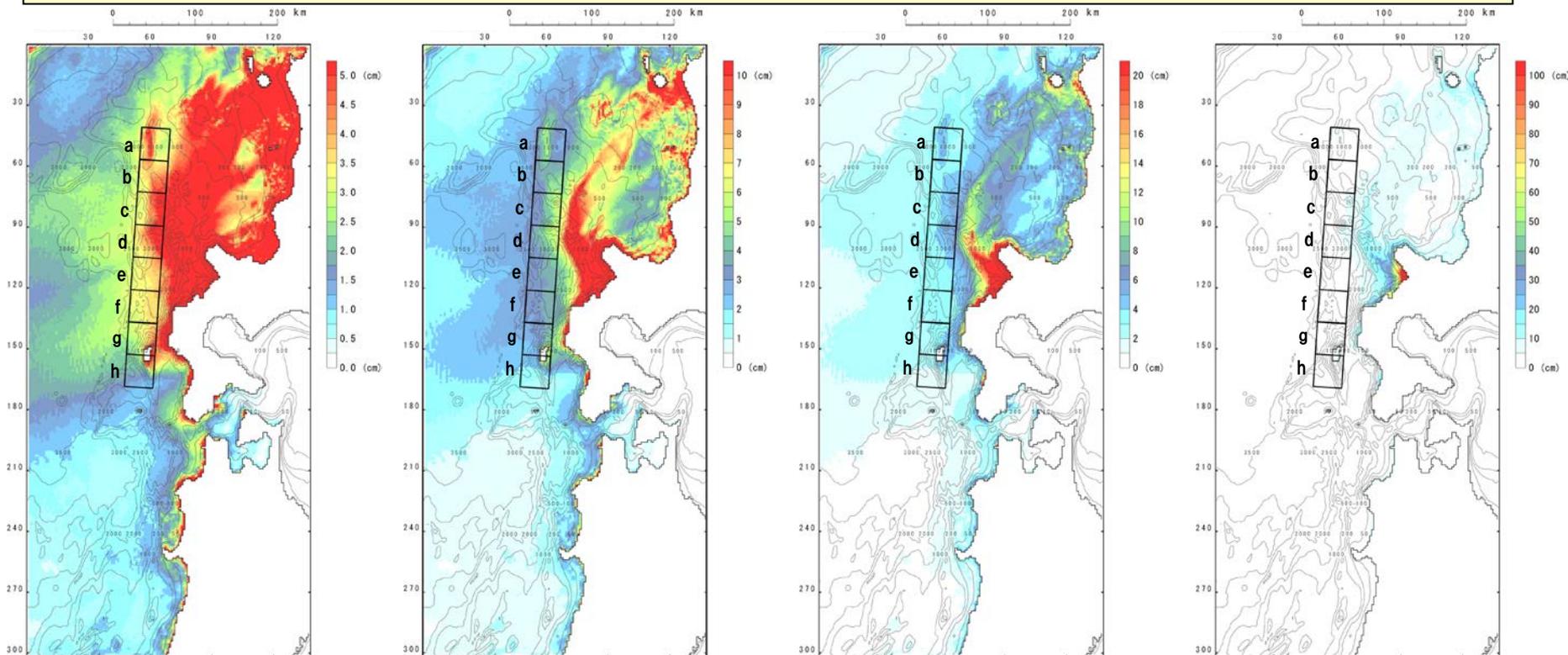
## 4章関連 津波の伝播特性について(検討方針)

- 発電所を津波波源と仮定した場合の数値シミュレーションにより、大局的な伝播特性の把握を行った。
- 下図のとおり、津波波源として敷地に接する前面海域の半径約2kmの範囲に、一律10mの初期水位を与えた。



## 4章関連 津波の伝播特性について(最大水位上昇量分布に関する検討)

- 伝播特性の把握の補助として、水位上昇量の凡例の最大値については、5cm・10cm・20cm・100cmの4種類とした。
- 基準津波の波源を設定している奥尻海嶺付近には、特異な水位上昇は認められなかった。
- 基準津波①～③の共通のアスペリティ位置となっている、「d」付近での水位上昇の分布が確認された。
- 積丹半島北方から利尻島に向けて、水位上昇の分布が確認された。



最大水位上昇量分布  
最大値5cm表示

最大水位上昇量分布  
最大値10cm表示

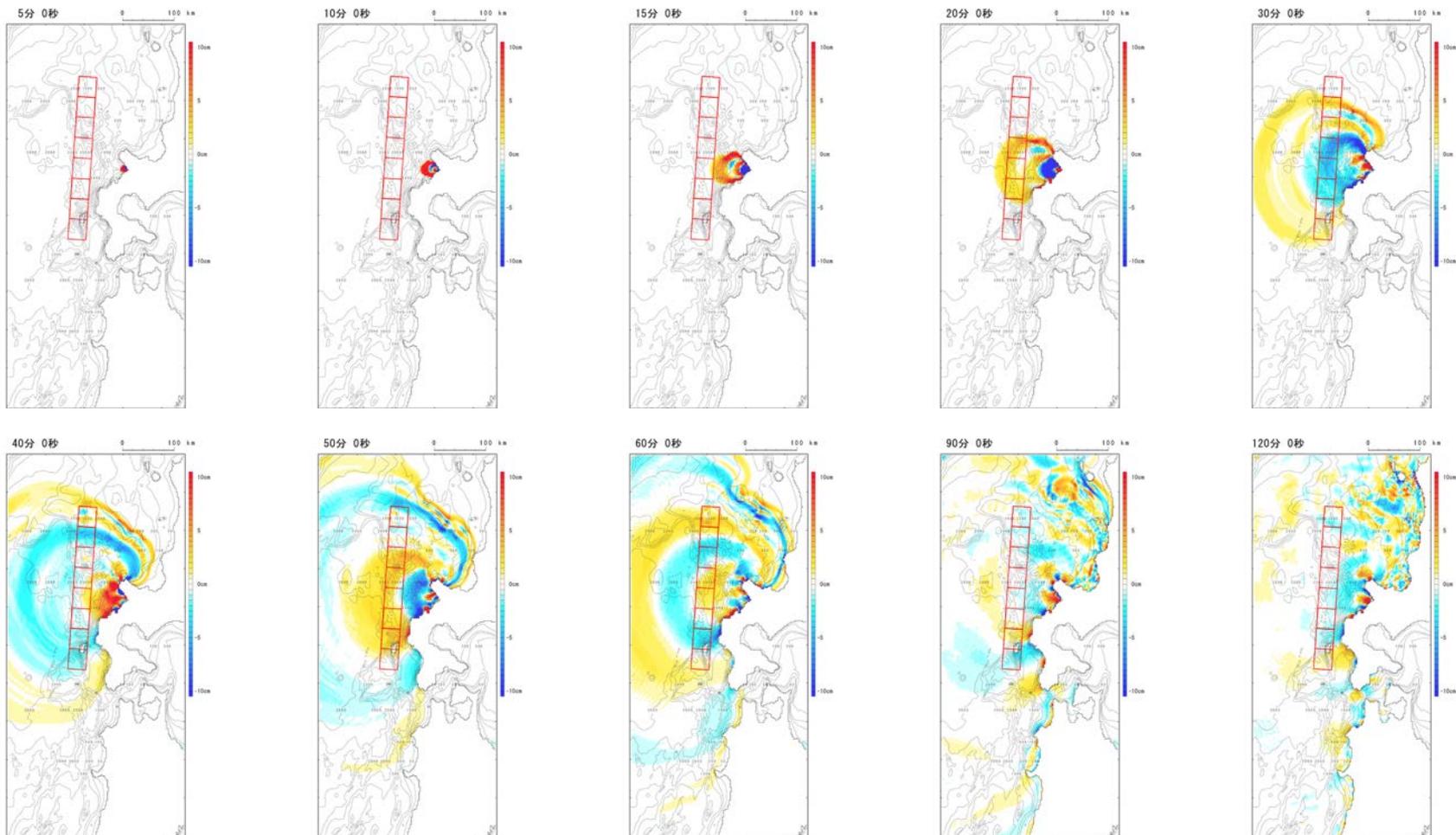
最大水位上昇量分布  
最大値20cm表示

最大水位上昇量分布  
最大値100cm表示

# 参考資料

## 4章関連 津波の伝播特性について（伝播過程の検討）

- 波源域から敷地前面海域に向かって、同心円状に津波が伝播する過程が確認された。
- 積丹半島による回折の影響により、積丹半島の北から北東方向への津波の伝播が確認された。

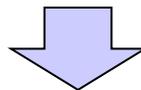


※最大10cm表示

# 参考資料

## 4章関連 津波の伝播特性について(まとめ)

- 発電所を津波波源と仮定した場合の数値シミュレーションにより、大局的な伝播特性の把握を行った。
- 最大水位上昇量分布に関する検討結果は以下のとおりである。
  - 基準津波の波源を設定している奥尻海嶺付近には、特異な水位上昇は認められなかった。
  - 基準津波①～③の共通のアスペリティ位置となっている、「d」付近での水位上昇の分布が確認された。
  - 積丹半島北方から利尻島に向けて、水位上昇の分布が確認された。
- 伝播過程の検討結果は以下のとおりである。
  - 波源域から敷地前面海域に向かって、同心円状に津波が伝播する過程が確認された。
  - 積丹半島による回折の影響により、積丹半島の北から北東方向への津波の伝播が確認された。

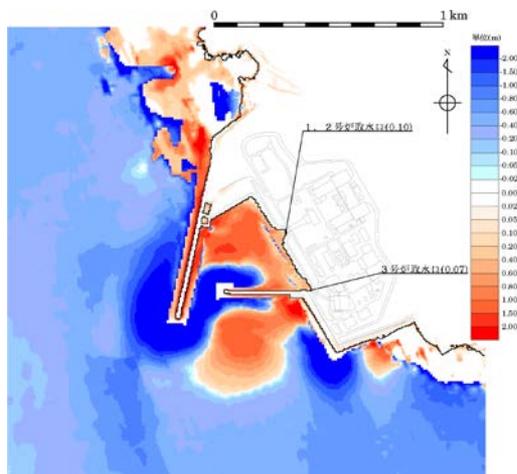


○津波の伝播特性に特異な点は認められなかった。

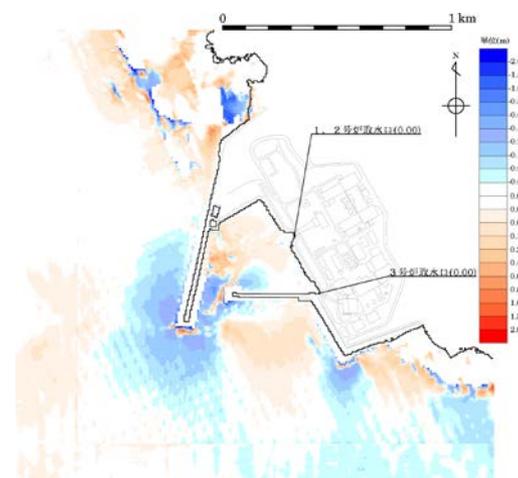
## 5章関連 数値シミュレーション手法の比較 (高橋ほか (1999) の分析)

- 高橋ほか (1999) の手法による数値シミュレーション結果は、藤井ほか (1998) の手法の結果と比較して、港口周辺の侵食及び港内の堆積が大きくなっている。
- これは、藤田ほか (2010) にも示されているとおり、上限浮遊砂体積濃度を5%としたことで、侵食量及び堆積量が過大に評価されたためと考えられる。
- よって、上限浮遊砂体積濃度は、藤田ほか (2010) で再現性が良好とされている1~2%が妥当と考えられる。

高橋ほか (1999) の手法



藤井ほか (1998) の手法



浮遊砂体積濃度上限値5%

基準津波③による地形変化量

## 5章関連 数値シミュレーション手法の比較 (藤田ほか (2010) について) (1/3)

○藤田ほか (2010) では、高橋ほか (1999) の手法により1960年チリ津波時の八戸港における地形変化事例に対する再現計算を実施し、主に浮遊砂上限濃度の設定値の妥当性評価の観点から現地適用性の検証を行っている。

## [水深モデル化]

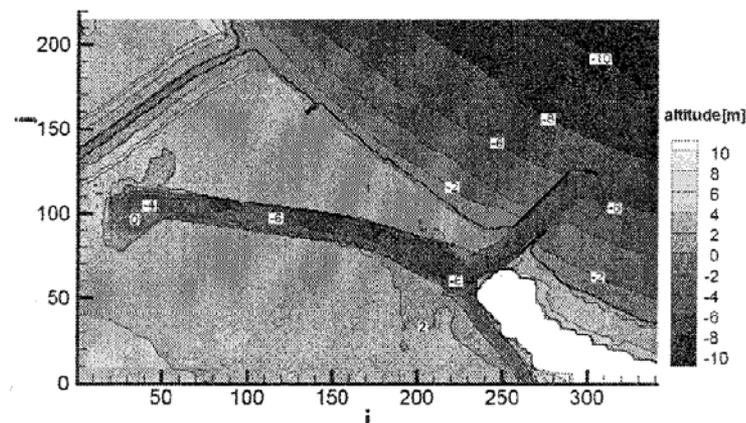


図-9 八戸港周辺の標高のモデル化

## [水位波形]

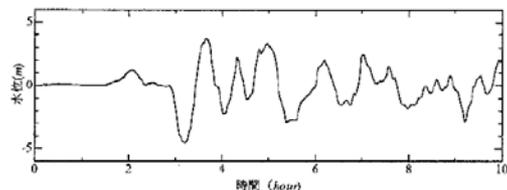


図-10 沖側境界条件に用いた水位時間波形

## [計算条件]

表-4 実地形適用計算の計算条件

項目	条件
計算格子間隔	10.3m
計算時間間隔	0.45 秒
流体の基礎方程式	非線形長波
計算時間	10 時間
陸側境界条件	遡上考慮
沖側境界条件	図-10 の時間波形を入力 潮位は T.P.+0.0 とする
粒径	0.26mm
砂の密度	2675kg/m <sup>3</sup>
空隙率	0.4
沈降速度	0.035m/s
浮遊砂上限濃度	1%, 2%, 5%
粗度係数	0.03
水平渦動粘性係数	10m <sup>2</sup> /s

## 5章関連 数値シミュレーション手法の比較 (藤田ほか (2010) について) (2/3)

- 数値計算による海底地形変化量の検証を行うため、津波来襲前後の深淺測量図から、海底地形変化量の観測データを作成している。
- 港口で侵食、分岐地点で少量堆積、港奥部で堆積という計測による海底地形変化量の傾向を良く再現できているとされている。

[地形変化量 (観測データ)]

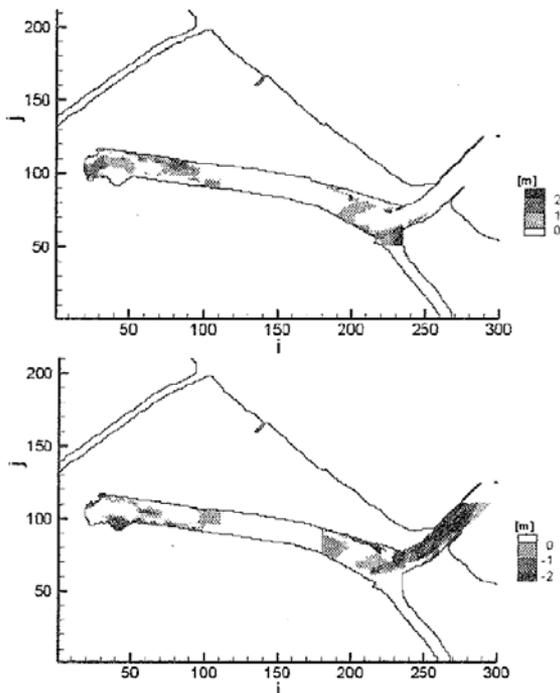


図-11 測量データから作成した地形変化量観測値  
 上図：堆積深，下図：侵食深

[高橋ほか (1999) の計算結果 地形変化量]

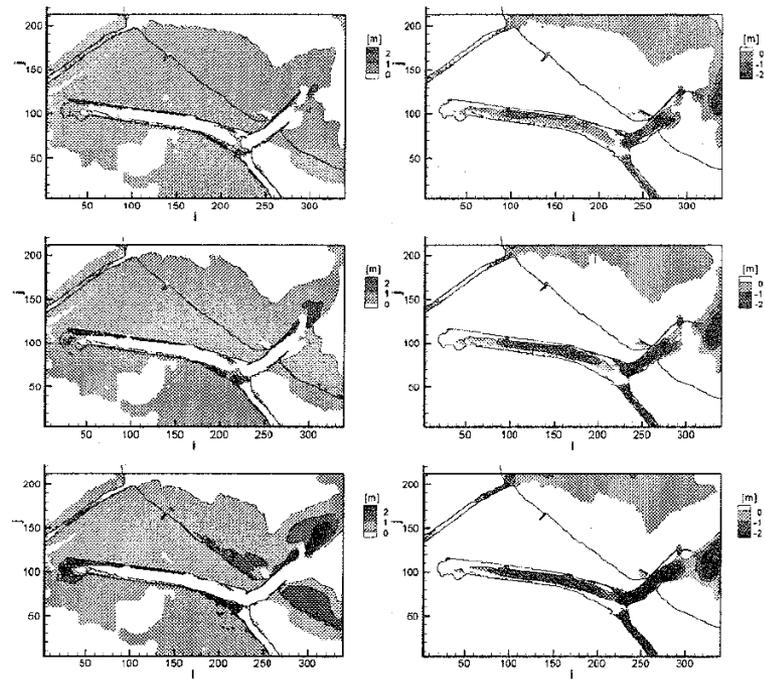
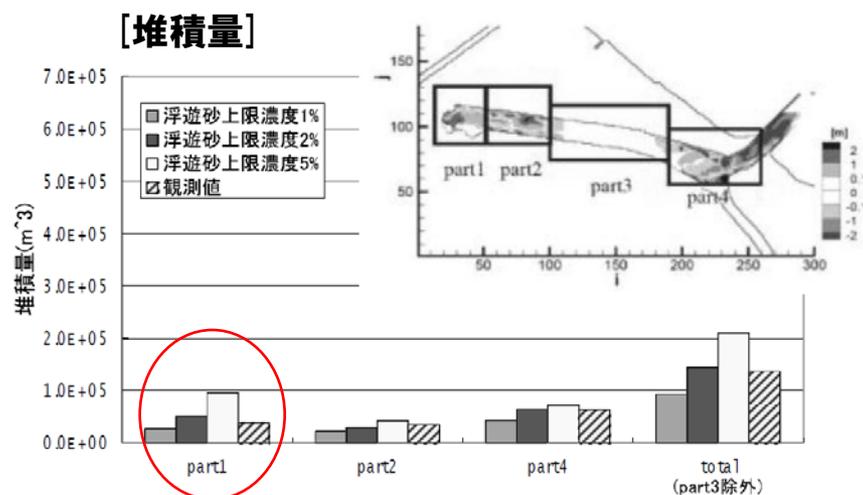


図-12 最終地形変化量分布の比較 (高橋ら (1999))  
 上から  $C_{max}=1\%, 2\%, 5\%$ , 左図：堆積深, 右図：侵食深

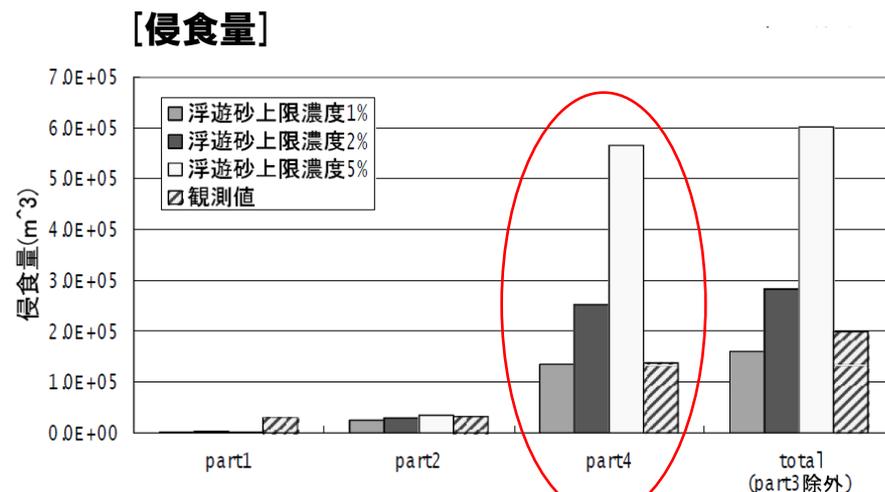
## 5章関連 数値シミュレーション手法の比較 (藤田ほか (2010) について) (3/3)

- 浮遊砂上限濃度を1, 2, 5%に変化させたパラメータスタディを実施し, 侵食・堆積量に関して定量的な評価を行っている。
- その結果, 浮遊砂上限濃度が5%の時は, 港口の分岐点周辺 (part4) における侵食量と港奥 (part1) の堆積量が過大に評価されること, 浮遊砂上限濃度1~2%の場合, 再現性が良好であることを確認している。
- 以上のことから, 浮遊砂上限濃度は, 基本的に1~2%程度と設定すれば良いとしている。



領域ごとの堆積量・侵食量 (左図: 堆積量, 右図: 侵食量)

5%は過大評価

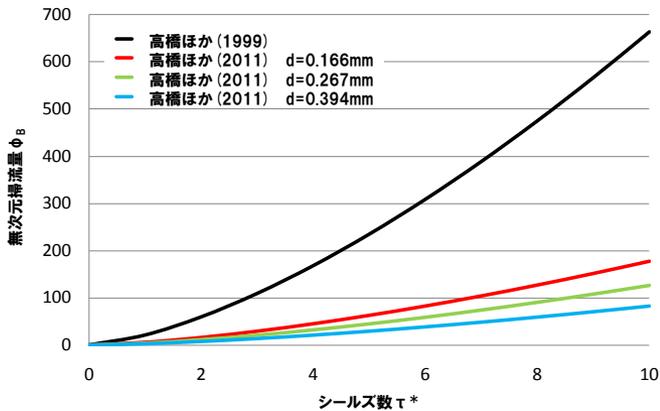


5%は過大評価

## 5章関連 数値シミュレーション手法の比較 (高橋ほか (2011) について)

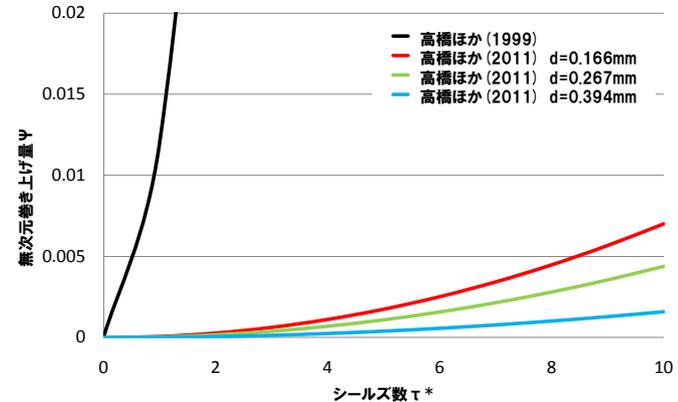
- 高橋ほか (2011) では、津波による土砂移動モデルの高度化を目的として掃流砂量及び巻き上げ量の粒径依存性に関する水理実験を実施し、掃流砂量式及び巻き上げ砂量式を求めている。
- また、高橋ほか (1999) での水理実験内容に一部問題があったとしている。
- 高橋ほか (2011) と高橋ほか (1999) では、シールズ数が大きいほど、掃流砂量及び巻き上げ量の乖離が大きくなる。
- なお、高橋ほか (2011) がシールズ数が概ね1~5程度の実験結果であるのに対し、高橋ほか (1999) はシールズ数が概ね1以下の実験結果である。

[堆積量]



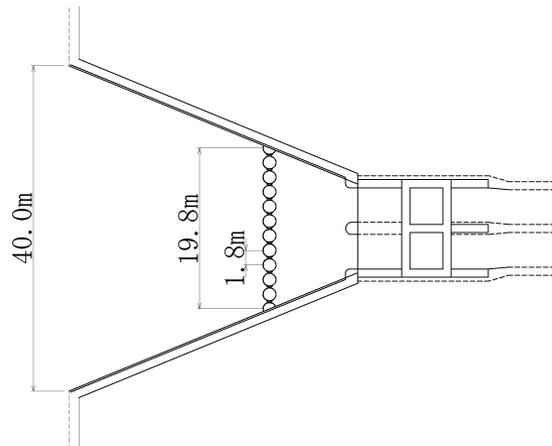
高橋ほか(1999)		$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 21\tau_*^{3/2}$
高橋ほか(2011)	$d=0.166\text{mm}$	$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 5.6\tau_*^{3/2}$
高橋ほか(2011)	$d=0.267\text{mm}$	$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 4.0\tau_*^{3/2}$
高橋ほか(2011)	$d=0.394\text{mm}$	$\Phi_B = \frac{q_B}{\sqrt{sgd^3}} = 2.6\tau_*^{3/2}$

[侵食量]

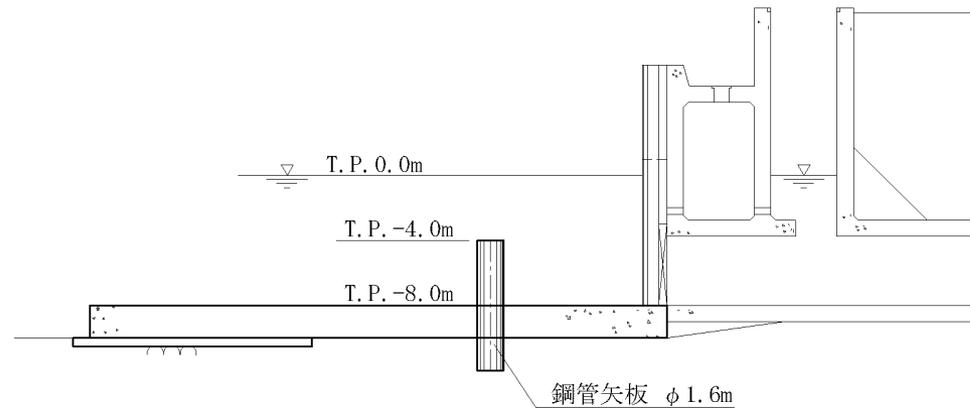


高橋ほか(1999)		$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 0.012\tau_*^2$
高橋ほか(2011)	$d=0.166\text{mm}$	$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 7.0 \times 10^{-5} \tau_*^2$
高橋ほか(2011)	$d=0.267\text{mm}$	$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 4.4 \times 10^{-5} \tau_*^2$
高橋ほか(2011)	$d=0.394\text{mm}$	$\Psi = \frac{q_s}{\sqrt{sgd}} = 1.6 \times 10^{-5} \tau_*^2$

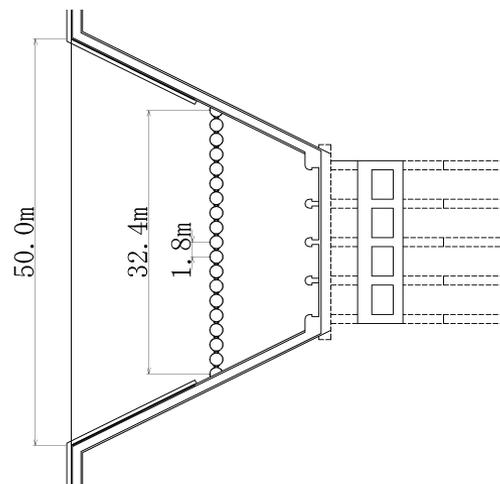
## 5章関連 貯留堰の形状



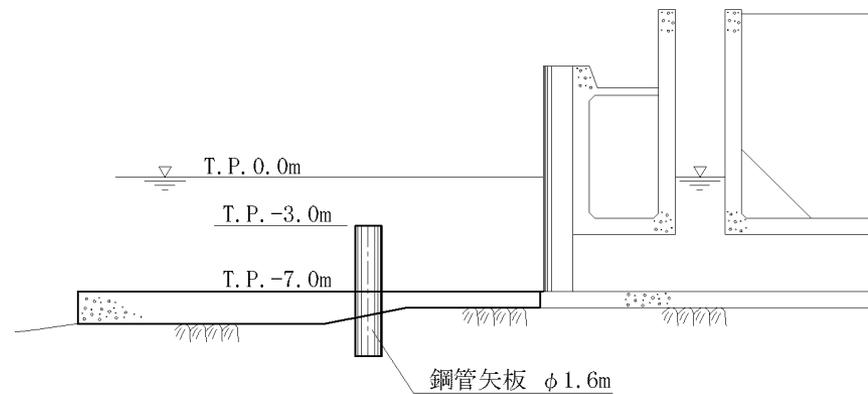
3号炉貯留堰 平面図



3号炉貯留堰 縦断面図



1, 2号炉貯留堰 平面図

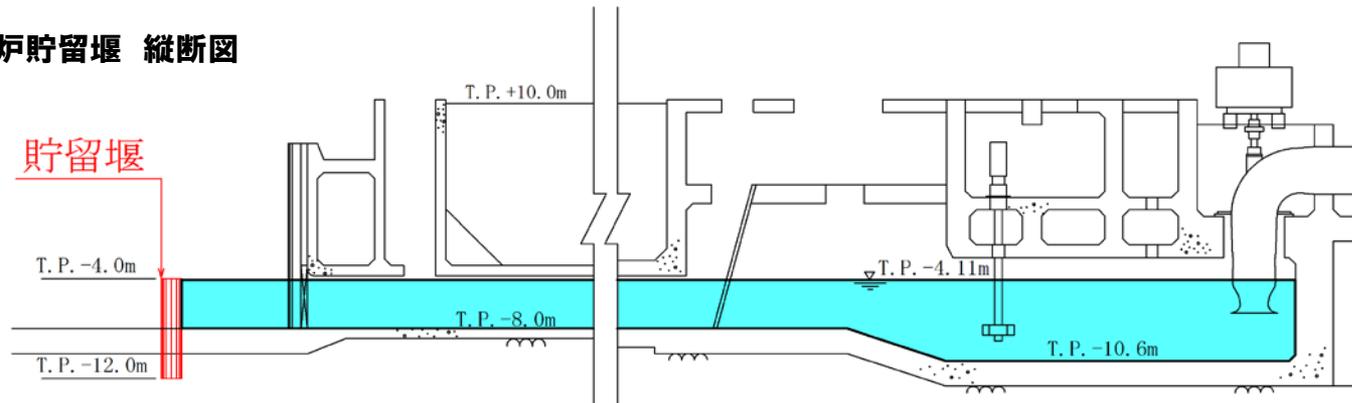


1, 2号炉貯留堰 縦断面図

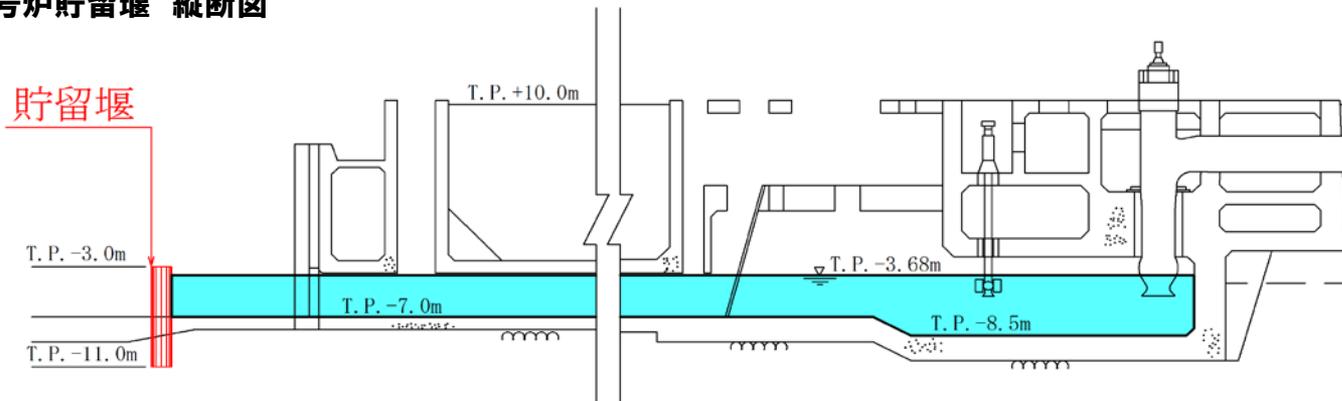
## 5章関連 貯留堰の効果

○貯留堰の効果により、3号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプ位置での水位はT.P.-4.11m、1、2号炉取水設備の原子炉補機冷却海水ポンプ位置での水位はT.P.-3.68mと、貯留堰天端とほぼ同程度の水位になっていた。

3号炉貯留堰 縦断面図



1, 2号炉貯留堰 縦断面図



## 6章関連 ロジックツリーの重みのアンケート結果 土木学会(2011)

- 確率論的津波ハザード評価に用いたロジックツリーの重みは、土木学会原子力土木委員会津波評価部会において、当部会委員及び幹事、外部専門家を対象に実施したアンケート結果により設定した。
- アンケート調査は、平成16年度、平成20年度に実施されているが、確率論的津波ハザード評価の重みは平成20年度に実施されたアンケート調査結果に基づき設定した。
- アンケート調査の概要は以下の通り。
  - ・配布先  
土木学会原子力委員会津波評価部会 委員及び幹事 34名  
外部専門家 5名
  - ・回収数  
39名中34名(回収率87%)、各設問について10~28名が回答
- 土木学会による重みの設定手続きは以下の通り。
  - ①選択肢ごとに重みを合計する。  
地震学者の重みを4倍とした。ただし、「津波推定値のばらつき」に関連する重みについては単純平均とした。
  - ②ドント方式により0.05刻みで重みを配分する。  
選択肢ごとに得票数(重みの合計)を1, 2, 3...の順に自然数で割っていき、割った数の大きい方から20位までに議席(0.05の重み)を割り振った。この方法により、切り上げ、切り捨ての判断を不要とした。

## 6章関連 ロジックツリーの重みのアンケート結果抜粋 (1/5)

## 3. 日本海東縁部海域の大地震

日本海東縁部海域については、地震の発生履歴や地質学的知見、推本による活動域区分等をもとに、図のような活動域区分を行っています。

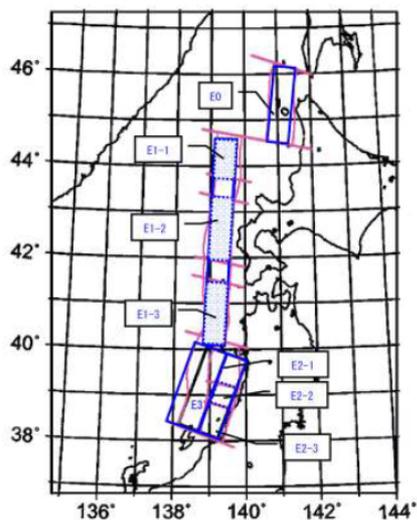


図 23 日本海東縁部海域の大地震活動域区分

「津波評価技術」では、以下のモデルを日本海東縁部の基準断層モデルとしています。

表 13 日本海東縁部の基準断層モデル

モデル	長さ (km)	幅 (km)	すべり 量 (m)	上端深 さ (km)	走向 (°)	傾斜角 (°)	すべり 角 (°)	剛性率 × 10 <sup>10</sup> N/m <sup>2</sup>	M <sub>0</sub> ×10 <sup>20</sup> N·m	M <sub>w</sub>	スケーリ ング則
高角	120	17	8.7	0	歪集中帯 に平行	60	90	3.5	6.3	7.8	幅に限界 あり
低角		30	5.0	30							

## 3-1 北海道北西沖海域(E0)についてお聞きします。

この海域では、過去に大地震の明確な記録は残っていません。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大Mw (=Mmax)	「推本」による地震 規模 (信頼度)
北海道北西沖(E0)	なし	—	—	M7.8程度 (D)

既往地震がない海域では、既往最大 Mw である Mmax が決められないため、パターン a (Mmax+0.2~Mmax+0.2) , b (Mmax+0.1~Mmax+0.1) の2つのマグニチュード分布を想定し、この中心となるマグニチュードを仮に Mmax と呼ぶことにします。

## Q.3-1 北海道北西沖海域(E0)のマグニチュード分布についてお答えください。

この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれがより適切か、重みでお答えください。

パターン	中心 Mw (=Mmax)	Mw の幅	Mw の範囲 (Mmax=8.4) 下段 : すべり量(m)								重み【ご記入ください】	
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0		
			3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	12.2		
a-1.	7.8	0.5										0.45[0.45]
b-1.		0.3										0.10[0.10]
a-2.	7.7	0.5										0.25[0.15]
b-2.		0.3										0.05[0.05]
a-3.	7.6	0.5										0.15[0.10]
b-3.		0.3										0.00[0.00]
a-4.	7.5	0.5										0.00[0.10]
b-4.		0.3										0.00[0.05]
特記事項【できるだけご記入ください】										重みの合計 1.0		

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## 6章関連 ロジックツリーの重みのアンケート結果抜粋 (2/5)

## 3-2 北海道西方沖～青森県西方沖海域(E1)についてお聞きします。

この海域では、過去に以下の地震が発生しています。

海域	発生年	津波モデルの Mw	既往最大 Mw (=Mmax)	「推本」による地震規模 (信頼度)
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)

## Q.3-2-1 E1の活動域区分についてお答えください。

E1 領域内で (超長期にわたる) 将来に発生する大地震を想定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	E1 (E1-1 北端～E1-3 南端) は一体の活動域で、活動域内のどこでも大地震が発生する	0.35[0.30]
②	E1 は E1-1,E1-2,E1-3 というそれぞれ独立の活動域に分割され、別々の活動域をまたがる破壊は生じない	0.65[0.70]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## Q.3-2-2 E1の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1の分岐①を前提としたとき、この海域全体で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。なお、Mmaxは7.8とします。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.8) 下段: すべり量(m)								重み【ご記入ください】
			7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0		
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.45[0.40]
b.	既往最大を上回る地震が発生する	0.3									0.20[0.20]
c.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.20[0.25]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3									0.10[0.10]
e.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.5									0.05[0.05]
特記事項【できるだけご記入ください】											重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## Q.3-2-3 E1-1の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1の分岐②を前提としたとき、この海域で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.7) 下段: すべり量(m)								重み【ご記入ください】
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9		
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.35[0.25]
b.	既往最大を上回る地震が発生する	0.3									0.20[0.30]
c.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.25[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3									0.15[0.15]
e.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.5									0.05[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】											重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## Q.3-2-4 E1-2の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1の分岐②を前提としたとき、この海域で (超長期にわたる) 将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.8) 下段: すべり量(m)								重み【ご記入ください】
			7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	8.0		
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.35[0.25]
b.	既往最大を上回る地震が発生する	0.3									0.25[0.30]
c.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5									0.25[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3									0.10[0.15]
e.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.5									0.05[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】											重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## 6章関連 ロジックツリーの重みのアンケート結果抜粋 (3/5)

Q.3-2-5 E1-3の地震規模についてお答えください。

Q.3-2-1の分岐②を前提としたとき、この海域で(超長期にわたる)将来発生する地震のマグニチュード(Mw)の出現範囲を想定します。現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

パターン	既往最大との関係	Mwの幅	Mwの範囲 (Mmax=7.7) 下段: すべり量(m)							重み【ご記入ください】
			7.3	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8	7.9	
			3.7	4.3	5.2	6.1	7.3	8.7	10.3	
a.	既往最大を上回る地震が発生する	0.5								0.40[0.30]
b.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.25[0.30]
c.		0.5								0.20[0.20]
d.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.3								0.10[0.10]
e.	既往最大を上回る地震は発生しない	0.5								0.05[0.10]
特記事項【できるだけご記入ください】									重みの合計 1.0	

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## 8. 津波推定値のばらつき

津波の数値シミュレーションを実施して得られた水位には、誤差が含まれていると考えられます。既往津波の痕跡高と計算値のばらつきを表す指標 $\kappa$ は、数値シミュレーションの結果、以下のように求められました。

一様すべりモデルの場合

海域	地震津波	$\kappa$	比較した痕跡点数
日本海溝沿い	1933年昭和三陸	1.40	572
	1896年明治三陸	1.45	257
	1968年十勝沖	1.41	273
南海トラフ	1946年南海	1.60	159
	1944年東南海	1.58	43
	1854年安政東海	1.47	89
	1854年安政南海	1.42	60
	1707年宝永	1.35	61
日本海東縁部	1993北海道南西沖	1.47	216
	1983日本海中部	1.48	209
南米沖	1960チリ	1.37	764

(11 津波の中央値: 1.453、中央値 $\pm$ 標準偏差: 1.380 ~ 1.529)

不均質モデルの場合

海域	地震津波	$\kappa$	比較した痕跡点数
日本海溝沿い	1896年明治三陸	1.38	143
	1611年慶長三陸	1.37	17
	1968年十勝沖	1.38	264
	1856年安政三陸	1.45	71
南海トラフ	1946年南海	1.42	96
	1944年東南海	1.44	64
	1854年安政東海	1.48	85
	1854年安政南海	1.32	42
	1707年宝永	1.37	49

これをもとに津波推定値のばらつきに関する分岐を設定します。さらに、計算値と真の値の比が対数正規分布に従うとしたとき、非常に確率の小さい事象が現実には生じるかどうかの判断を加え、以下のような分岐を設定します。

## 6章関連 ロジックツリーの重みのアンケート結果抜粋 (4/5)

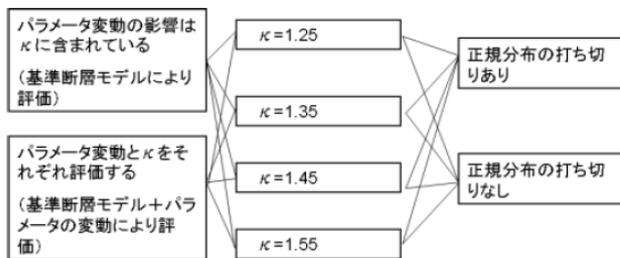


図 29 津波推定値のばらつきの分岐案

## Q.8-1-1 方法の選択についてお答えください。

津波高さ分布の推定方法として、現在の知見からみて下記の2つの方法のいずれが適切か、重みでお答えください。ただし、本設問は、一様すべりモデルを前提とします。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
① 方法1	パラメータ変動の影響は $\kappa$ に含まれている	0.40[0.4]
② 方法2	パラメータ変動と $\kappa$ をそれぞれ評価する	0.60[0.6]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

(補足)

特定の場所で特定の規模の地震(津波)が発生した場合に対象地点における津波高さの確率分布をどのように評価するかという問題に関する質問です。

「方法1」は、「原子力発電所の津波評価技術」に基づき設定した基準断層モデル(1つのモデル)による数値計算値を中央値として、その確率分布を、 $\kappa$ をばらつきとした対数正規分布で評価する方法です。

「方法2」は、実際に発生する断層モデルは基準断層モデルを中心にばらつきとして、①断層モデルパラメータの変動を考慮して複数のモデル(発生確率付)を設定し、②各モデルによる津波の確率分布を、数値計算値を中央値、 $\kappa$ をばらつきとした対数正規分布で評価し、③最後に全体の確率分布を、各モデルの発生確率を重みとした確率分布の重み付き平均で評価する方法です。断層モデルパラメータの変動は、「原子力発電所の津波評価技術」の確定的評価で考慮した変動を「1標準偏差」程度として設定します。

## Q.8-1-2 方法1を前提とした場合の津波推定値のばらつきについてお答えください。

方法1を用いる場合、津波シミュレーションで得られた水位に含まれるばらつきを推定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。ただし、本設問は、一様すべりモデルを前提とします。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	$\kappa=1.25$ に相当する誤差を含む	0.10[0.10]
②	$\kappa=1.35$ に相当する誤差を含む	0.30[0.35]
③	$\kappa=1.45$ に相当する誤差を含む	0.45[0.40]
④	$\kappa=1.55$ に相当する誤差を含む	0.15[0.15]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## Q.8-1-3 方法2を前提とした場合の津波推定値のばらつきについてお答えください。

方法2を用いる場合、津波シミュレーションで得られた水位に含まれるばらつきを推定するにあたり、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。ただし、本設問は、一様すべりモデルを前提とします。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	$\kappa=1.25$ に相当する誤差を含む	0.40[0.40]
②	$\kappa=1.35$ に相当する誤差を含む	0.35[0.35]
③	$\kappa=1.45$ に相当する誤差を含む	0.20[0.20]
④	$\kappa=1.55$ に相当する誤差を含む	0.05[0.05]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## 6章関連 ロジックツリーの重みのアンケート結果抜粋 (5/5)

## Q.8-2 正規分布の打ち切りについてお答えください。

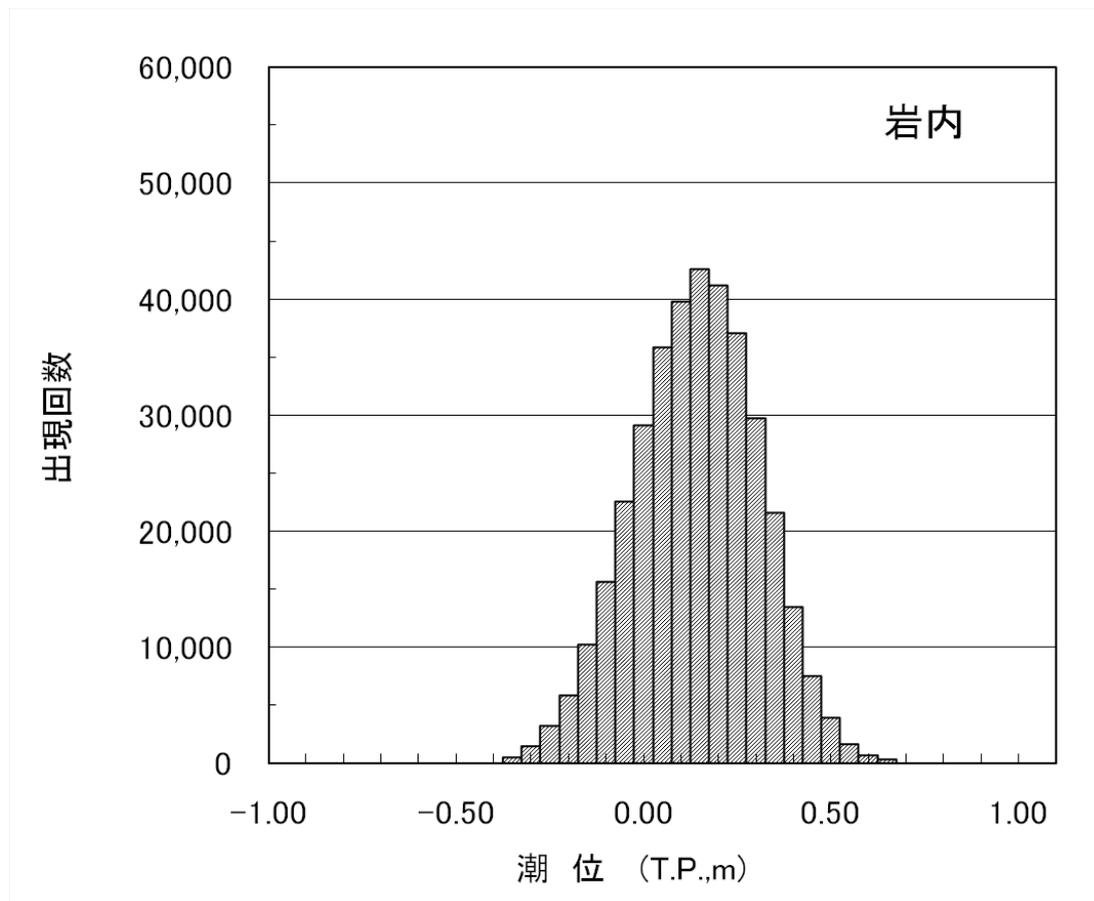
津波シミュレーションで得られた水位に含まれるばらつきが対数正規分布に従うとしたとき、現在の知見からみて次のいずれが適切か、重みでお答えください。

分岐	考え方	重み【ご記入ください】
①	±2.3σで打ち切り（正規分布の両端1%は現実には起こらない）	0.75[0.75]
②	打ち切りは不要（非常に大きなばらつきも現実には起き得る）	0.25[0.25]
特記事項【できるだけご記入ください】		重みの合計 1.0

[ ]内の値はH16年度に実施した同じ設問に対する回答の平均

## 6章関連 津波ハザード評価における潮位の考慮について

- 潮位分布は、土木学会(2011)に基づき、津波ハザード結果に潮位の相対頻度(全体が1となる分布)の畳み込みを行うことで評価した。
- 潮位分布は、岩内港における1965年8月から2012年12月の観測記録を使用した。



1. 評価方針 .....	3
2. 地震による津波 .....	5
2-1 文献調査結果 .....	8
2-2 津波堆積物調査結果 .....	12
2-3 既往津波の再現性検討 .....	18
2-4 海域活断層に想定される地震に伴う津波の検討 .....	25
2-5 日本海東縁部に想定される地震に伴う津波の検討 .....	37
3. 地震以外の津波 .....	59
3-1 火山による山体崩壊に伴う津波 .....	61
3-2 海底地すべりに伴う津波 .....	69
3-3 陸上の斜面崩壊に伴う津波 .....	99
4. 基準津波の策定 .....	138
5. 津波に対する安全性 .....	150
5-1 砂移動評価について .....	152
5-2 取水路の水位変動について .....	170
6. 超過確率の参照 .....	179
7. 検討会モデルによる評価 .....	207
参考資料 .....	228
参考文献 .....	248

# 参考文献

- (1) 土木学会 (2002) :「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
- (2) 羽鳥徳太郎 (1995) :日本海沿岸における津波のエネルギー分布, 地震, 第2輯, 第48巻, pp.229-233.
- (3) 北海道 (2010) :平成21年度 津波シミュレーション及び被害想定調査業務 (北海道日本海沿岸) 報告書, 北海道総務部危機対策局防災消防課.
- (4) 地震調査研究推進本部 (2003) :日本海東縁部の地震活動の長期評価について, 地震調査研究推進本部.
- (5) 北海道 (2013) :平成24年度日本海沿岸の津波浸水想定の特検・見直し報告書, 北海道に津波被害をもたらす想定地震の再検討ワーキンググループ.
- (6) 後藤智明・小川由信 (1982) :Leap-frog法を用いた津波の数値計算法, 東北大学工学部土木工学科資料.
- (7) 小谷美佐・今村文彦・首藤伸夫 (1998) :GISを利用した津波遡上計算と被害推定法, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.356-360.
- (8) Mansinha,L. and Smylie,D.E. (1971) :The displacement fields of inclined faults, Bulletin of the Seismological Society of America, Vol.61, No.5, pp.1433-1440.
- (9) 相田勇 (1977) :三陸沖の古い津波のシミュレーション, 東京大学地震研究所彙報, Vol.52, pp.71-101.
- (10) 阿部勝征 (1989) :地震と津波のマグニチュードに基づく津波高の予測, 東京大学地震研究所彙報, Vol.64, pp.51-69.
- (11) 武村雅之 (1998) :日本列島における地殻内地震のスケーリング則—地震断層の影響および地震被害との関連—, 地震第2輯, 第51巻, pp.211-228.
- (12) Kanamori,H. (1977) :The energy release in great earthquakes, J.Geophys.Res., Vol.82, pp.2981-2987.
- (13) 活断層研究会 (1991) :新編 日本の活断層—分布図と資料—, 東京大学出版会.
- (14) 海上保安庁水路部 (2001) :日本海東縁部の海底地形と地下構造, 地震予知連絡会会報, 66, pp.100-104.
- (15) 岡村行信・倉本真一・佐藤幹夫 (1998) :日本海東縁海域の活構造およびその地震との関係, 地質調査所月報, 49, pp.1-18.
- (16) 青柳恭平・阿部信太郎・田中寛好・井上大榮 (2000) :詳細な海底地殻変動解析による津波波源域評価手法の提案—1993年北海道南西沖地震震源域の地殻変動—, 電力中央研究所, U99077, pp.1-18.
- (17) 根本信・高瀬嗣郎・長谷部大輔・横田崇 (2009) :日本海におけるアスペリティを考慮した津波波源モデルの検討, 土木学会論文集, Vol.B2-65, No.1, 2009, pp.346-350.
- (18) Somerville,P.G., K.Irikura, R.Graves, S.Sawada, D.Wald, N.Abrahamson, Y.Iwasaki, T.Kagawa, N.Smith, A.Kowada (1999) :Characterizing crustal earthquake slip models for the prediction of strong ground motion, Seismological Research Letters, 70, pp.59-80.
- (19) Somerville,P.G., 佐藤俊明, 石井透, N.Collins, 壇一男, 藤原広之 (2002) :強震動予測のためのプレート沈み込み帯沿い地震の不均質性すべりモデルの特性抽出, 日本地震工学シンポジウム論文集, 11, pp.163-166.
- (20) Murotani,S., S.Matsushima, T.Azuma, K.Irikura, S.Kitagawa (2010) :Scaling Relations of Earthquakes on Inland Active Mega-Fault Systems, AGU 2010 Fall Meeting, S51A-1911.
- (21) Satake,K. (2007) :Volcanic origin of the 1741 Oshima-Oshima tsunami in the Japan Sea, Earth Planets Space, Vol.59, pp.381-390.

# 参考文献

- (22) 松本智裕・橋和正・今村文彦・首藤伸夫 (1998) :土石流による津波発生・伝播モデルの開発, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.346-350.
- (23) Kawamata, K., K.Takaoka, K.Ban, F.Imamura, S.Yamaki, and E.Kobayashi (2005) : Model of tsunami generation by collapse of volcanic eruption: The 1741 Oshima-Oshima Tsunami, Tsunamis, Vol23, pp.79-96.
- (24) Flow Science, Incorporated (2011) : FLOW-3D User Manual Version 10.0, Santa Fe, New Mexico.
- (25) 鈴木博・長嶋昭 (1980) : 高圧力下における海水の粘性係数, 日本機械学会論文集 (B編) 46巻 408号, pp.1574-1582.
- (26) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株) (2006) : 設計要領 第一集 土工編, 高速道路総合技術研究所, pp.1-44.
- (27) 東日本高速道路(株), 中日本高速道路(株), 西日本高速道路(株) (2007) : 設計要領 第二集 橋梁建設編, 高速道路総合技術研究所, pp.4-8.
- (28) 高橋保・小林幸一郎 (1993) : 粘性土石流の流動機構に関する研究, 京都大学防災研究所年報 第36号B-2, pp.433-449.
- (29) 地盤工学会 (2009) : 地盤材料試験の方法と解説-二分冊の1-, p.55.
- (30) 日本機械学会 (2006) : 機械工学便覧 基礎編  $\alpha$ 4 流体力学, p.84.
- (31) 防災科学技術研究所 (2010) : 地すべり地形分布図 第45集「岩内」, 防災科学技術研究所研究資料 第339号.
- (32) 藤原明敏 (1970) : 地すべり調査と解析, pp.148-149.
- (33) 稲垣秀輝・大久保拓郎・長谷川修一・矢田部龍一 (2005) : 古期地すべりの安定性, 土と基礎, Vol.53, No.2, pp.17-19.
- (34) 柳田誠・長谷川修一 (2000) : 地すべり地形の年齢-地すべり地形の形成から消失までの時間-, 第39回日本地すべり学会研究発表会講演集, pp.591-594.
- (35) 国土交通省 (2008) : 地すべり防止技術指針及び同解説, 平成20年4月, 国土交通省砂防部 独立行政法人土木研究所, p.52.
- (36) 北海道の道路トンネル 第3集 編集委員会 (2005) : 北海道の道路トンネル 第3集 (1993~2002年), 北海道土木技術会トンネル研究委員会, pp.68-69.
- (37) 高速道路調査会 (1985) : 地すべり地形の安定度評価に関する研究報告書, p.36.
- (38) 森脇寛 (1987) : 崩土の到達距離予測, 日本地すべり学会誌, 地すべり, 第24巻, 第2号, pp.10-16.
- (39) 高橋智幸・首藤伸夫・今村文彦・浅井大輔 (1999) : 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, 海岸工学論文集, 第46巻, pp.606-610.
- (40) 藤井直樹・大森政則・高尾誠・金山進・大谷英夫 (1998) : 津波による海底地形変化に関する研究, 海岸工学論文集, 第45巻, pp.376-380.
- (41) 小林昭男・織田幸伸・東江隆夫・高尾誠・藤井直樹 (1996) : 津波による砂移動に関する研究, 海岸工学論文集, 第43巻, pp.691-695.
- (42) 国立天文台 (2011) : 理科年表, 平成23年 (机上版), p.378.
- (43) 藤田尚毅・稲垣和男・藤井直樹・高尾誠・金戸俊道 (2010) : 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, 海洋開発論文集, 第26巻, pp.213-218.

# 参考文献

- (44) 高橋智幸・黒川貴博・藤田将孝・島田広昭 (2011):津波による土砂移動の粒径依存性に関する水理実験, 土木学会論文集 B2, Vo1.67, No.2, pp.l\_231-l\_235.
- (45) 電力土木技術協会 (1995):火力・原子力発電所土木構造物の設計 (増補改訂版), p.788, pp828-833.
- (46) 土木学会 (1999):水理公式集 (平成11年版), p.245, pp374-376.
- (47) 千秋信一 (1967):発電水力演習, 学献社, pp.83-87.
- (48) 日本原子力学会 (2012):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.
- (49) 土木学会 (2011):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.
- (50) 地震調査委員会 (2009):震源断層を特定した地震の強震動予測手法(「レシピ」), 地震調査研究推進本部地震調査委員会.
- (51) 奥村俊彦・石川裕 (1998):活断層の活動度から推定される平均変位速度に関する検討, 土木学会第53回年次学術講演会講演概要集, 第I部 (B), pp.554-555.
- (52) 日本海における大規模地震に関する調査検討会 (2014):日本海における大規模地震に関する調査検討会報告 (概要).
- (53) 日本海における大規模地震に関する調査検討会 (2014):日本海における大規模地震に関する調査検討会報告.
- (54) 日本海における大規模地震に関する調査検討会 (2014):海底断層ワーキンググループ報告書.