

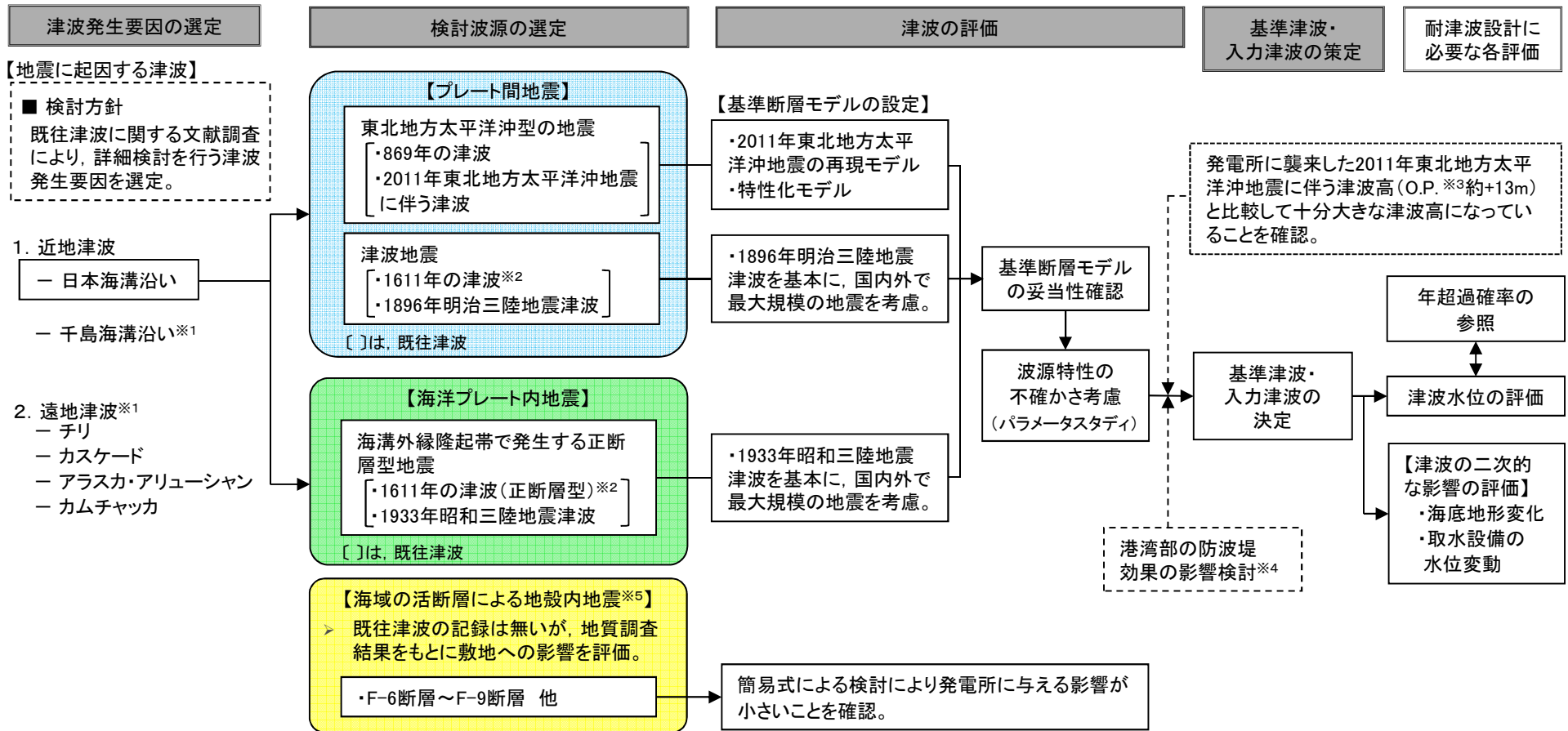
# 女川原子力発電所 基準津波の策定について

---

平成27年1月23日  
東北電力株式会社

# 評価の概要

：本日のご説明範囲（入力津波を除く。）



※1: 発電所への津波の影響は小さいことを確認している。

※2: 1611年の津波は「津波地震」と考えられるが(地震調査研究推進本部(2012)等), 「海洋プレート内地震の正断層型」の断層モデルも提案されている(土木学会(2002), 相田(1977))。

※3: O.P.は女川原子力発電所工事用基準面であり, 東京湾平均海面(T.P.)-0.74m。

※4: 最大水位上昇決定ケース, 最大水位下降決定ケースを対象に実施。

※5: 平成26年4月16日, 9月12日, 11月14日開催の審査会合におけるコメントを踏まえた検討結果を今後適切に反映する。

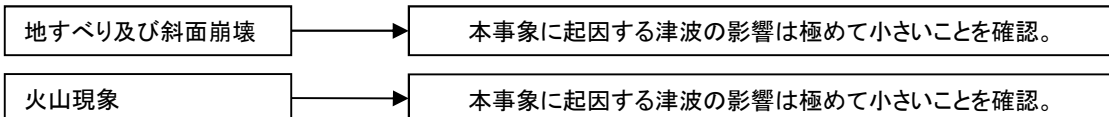
【参考: 過去の津波評価値】

- ・女川1号設置許可: 3m程度
- ・女川2号・3号設置許可: O.P.+9.1m
- ・土木学会(2002)に準じた評価: O.P.+13.6m
- ⇒ 詳細は, 「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p3~7)」に記載。

## 【地震以外に起因する津波】

### ■検討方針

既往津波に関する文献調査及び地形判読調査等を行い, 津波発生要因となり得る地形を抽出。



# 目次

## I. 地震に起因する津波の評価

1. 検討波源の選定 ..... p3
2. 津波解析条件 ..... p9
3. プレート間地震 ..... p19
4. 海洋プレート内地震 ..... p36
5. 海域の活断層による地殻内地震 ..... p43

## II. 地震以外に起因する津波の評価

1. 地すべり及び斜面崩壊 ..... p46
2. 火山現象 ..... p52

## III. 基準津波の評価

1. 港湾部の防波堤効果の影響検討 ..... p55
2. 基準津波の評価 ..... p63

- 【参考】 津波の伝播特性の検討 ..... p68

- 施設の安全設計に用いる基準津波は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、波源海域から敷地周辺までの海底地形、地質構造及び地震活動性等の地震学的見地から想定することが適切なものとして策定する。
  - 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(以下、「2011年東北地方太平洋沖地震」という。)に伴う地殻変動※による影響を考慮する。
  - なお、地殻変動※による影響の考慮にあたっては、地震後、継続的な隆起傾向にあるが、安全側の評価を実施する観点から、敷地は一律に約1m沈下した状態として評価を行う。
- ※: 敷地が一律に約1m沈下

# I . 地震に起因する津波の評価

## 1. 検討波源の選定

---

- 1. 1 近地津波に関する文献調査
- 1. 2 遠地津波に関する文献調査
- 1. 3 文献調査のまとめ
- 1. 4 検討波源の選定と基準断層モデルの設定

# 1. 検討波源の選定

## 1.1 近地津波に関する文献調査①（日本海溝沿い・千島海溝沿い）※1

※1: 調査した文献は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p9~10)」に記載。

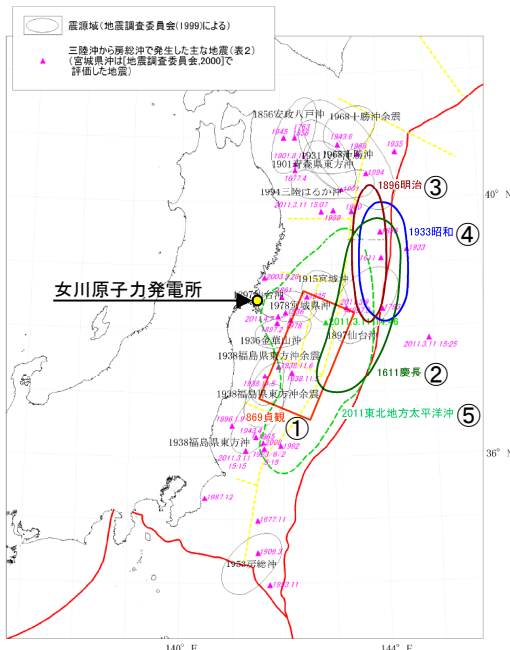
- 日本海溝沿いでは主にプレート間地震及び海溝外縁隆起帯(outer rise)で正断層型の海洋プレート内地震が、千島海溝沿いではプレート間地震及び沈み込んだ太平洋プレート内部での地震が発生しており、津波の大きさ、波源からの伝播距離及び津波被害の大きさから過去に敷地周辺に影響を及ぼしたと考えられる津波として、日本海溝沿いで発生した以下の5つの津波を抽出し、敷地に来襲した津波の最高水位は2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波のO.P.約+13m(観測記録の詳細は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p14~15)」に記載。)である。

- ① 869年の津波(東北地方太平洋沖型の地震※2)
- ② 1611年の津波※3(津波地震)
- ③ 1896年明治三陸地震津波(津波地震)
- ④ 1933年昭和三陸地震津波(正断層型の海洋プレート内地震)
- ⑤ 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波(東北地方太平洋沖型の地震※2)

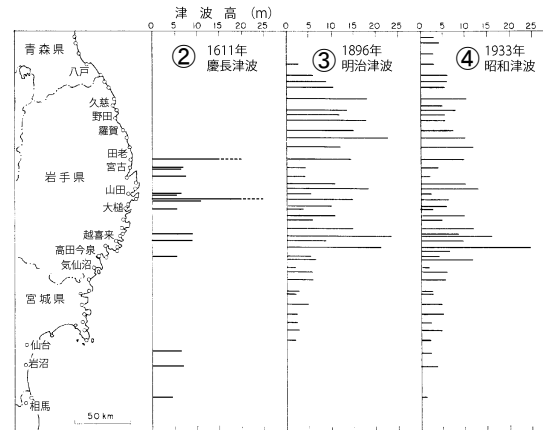
( )は、地震調査研究推進本部(2012)が分類している地震のタイプ。

※2: 2011年東北地方太平洋沖地震のように日本海溝のプレート境界で発生し、東北地方の太平洋沿岸の平野を広く浸水させるM9クラスの巨大地震。

※3: 1611年の津波は「津波地震」と考えられるが(地震調査研究推進本部(2012)等)、「正断層型の海洋プレート内地震」の断層モデルも提案されている(土木学会(2002), 相田(1977))。



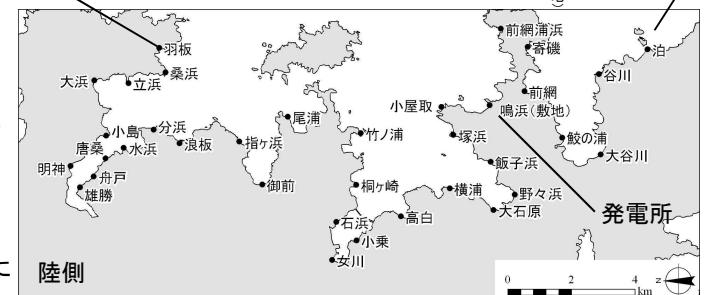
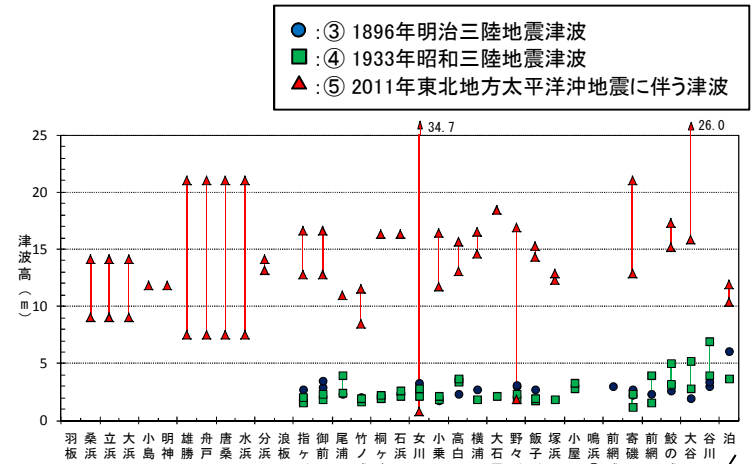
日本海溝沿いで発生した主な地震と震源域(地震調査研究推進本部(2012)の図に加筆)



2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波以前の三陸沿岸における津波高の比較※4(羽鳥(2000)の図を修正加筆)

※4: ①869年の津波は、仙台平野及び石巻平野での浸水域が2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波とほぼ同等である(菅原ほか(2011, 2013)等)ものの、当時の海岸線の位置が現在より約1km内陸に位置していたことから、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波とほぼ同等、もしくは下回っていると考えられる。

(詳細は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p11~13)」に記載。)



発電所敷地周辺における主な津波高の比較

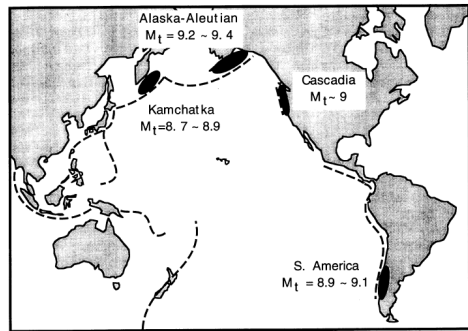


# 1. 検討波源の選定

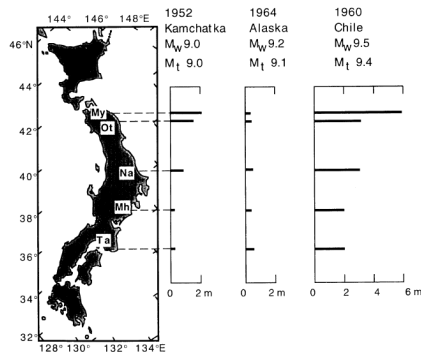
## 1.2 遠地津波に関する文献調査※

※: 調査した文献は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p16)」に記載。

- 過去に世界で発生したM9クラスの巨大地震のうち三陸沿岸に最も影響を及ぼした遠地津波は、1960年チリ地震(Mw9.5)に伴う津波であり、その津波高さは最大で6.1m(宮城県南三陸町)である。
- 佐竹ほか(2014)は、2011年東北地方太平洋沖地震と過去の津波高さの定量的比較を行い、三陸沿岸における2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の高さは、1960年チリ津波(Mw9.5)の約4倍、2010年チリ津波(Mw8.8)の約14倍であったことを示している。
- 以上から、遠地津波は、日本海溝沿いで発生する近地津波を上回るものではない。

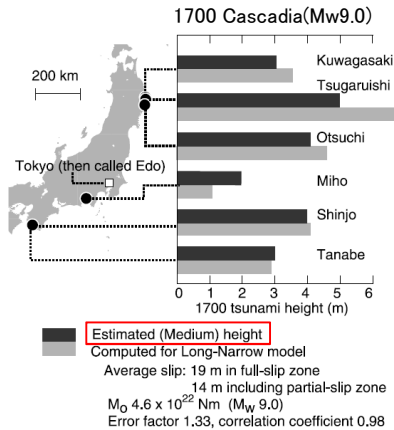


M9クラスの巨大地震発生位置(都司ほか(1998))

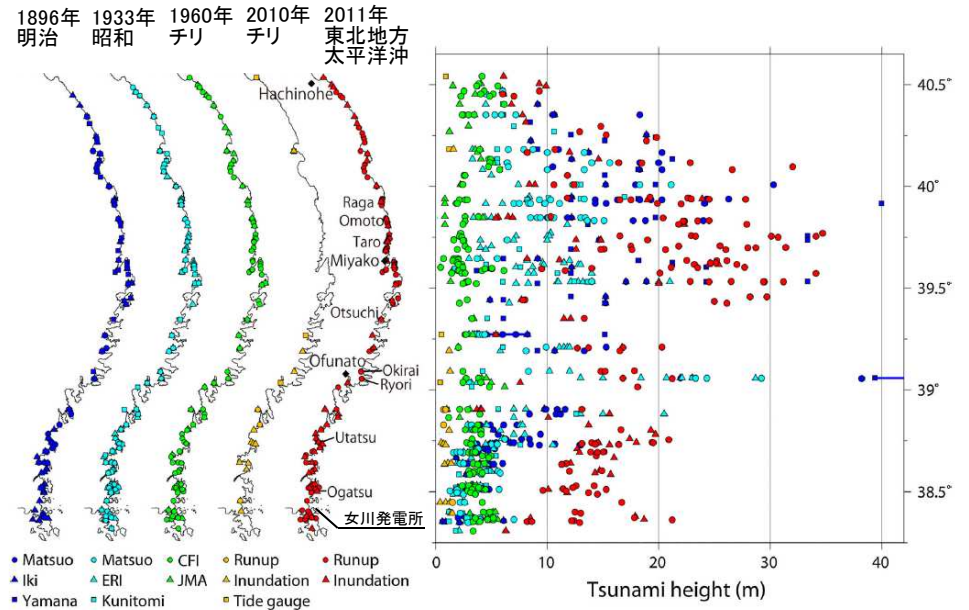


My: 宮古(岩手県), Ot: 大槌(岩手県), Na: 那珂湊(茨城県)  
Mh: 三保(静岡県), Ta: 田辺(和歌山県)

都司ほか(1998)



Satake et al.(2003)に一部加筆



1960年及び2010年チリ津波と日本海溝沿いで発生した主な津波の津波高さの比較 (Tsuji et al.(2014)に一部加筆)

三陸沿岸に影響を及ぼしたM9クラスの巨大地震に伴う津波高さの比較

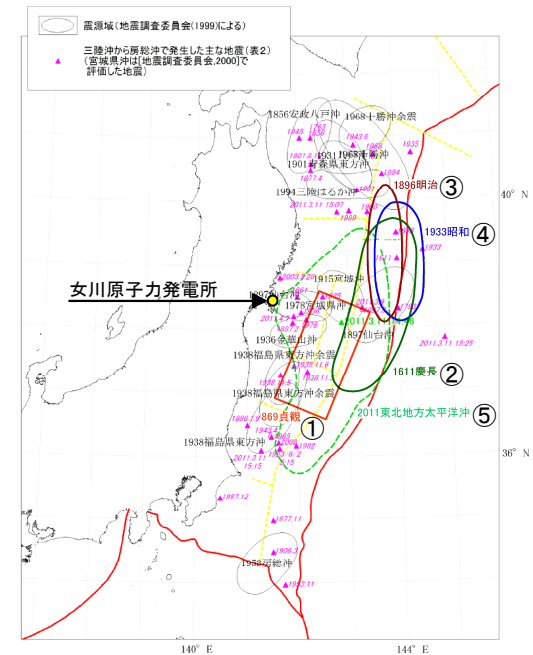
## 1. 検討波源の選定

### 1.3 文献調査のまとめ

- 敷地に最も影響を及ぼしたと考えられる津波は、日本海溝沿いの津波で、敷地に来襲した津波の最高水位は2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波のO.P.約+13mである。

区分	地震種別		名称	文献調査結果など
近地津波	日本海溝沿い	プレート間地震	①869年の津波	2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波と同等もしくは下回る規模。
			⑤2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波	敷地前面でO.P.約+13m。
		津波地震	②1611年の津波※ <sup>1</sup>	敷地近傍の記録はないが、三陸沿岸で最大25m程度。
			③1896年明治三陸地震津波	敷地近傍で2.7m。 (三陸沿岸で最大38m程度。)
	海洋プレート内地震	②1611年の津波※ <sup>1</sup> (正断層型)	敷地近傍の記録はないが、三陸沿岸で最大25m程度。	
		④1933年昭和三陸地震津波 (正断層型)	敷地近傍で約3.6m。 (三陸沿岸で最大29m程度。)	
千島海溝沿い	プレート間地震	500年間隔地震	<ul style="list-style-type: none"> <li>敷地周辺で3m以下。</li> <li>日本海溝沿いで発生する近地津波を上回るものではない。</li> <li>津波伝播特性からも影響は小さい。</li> </ul>	
遠地津波	プレート間地震	1700年カスケード地震	敷地近傍の記録はないが、三陸沿岸で3m程度で、宮古(岩手県)で津波の被害があったという。	
		1952年カムチャッカ地震	敷地近傍の記録はないが、三陸沿岸で数m程度で、漁業関係に被害あり。	
		1960年チリ地震	<ul style="list-style-type: none"> <li>遠地津波として既往最大。</li> <li>敷地周辺でT.P.+3.3m。 (三陸沿岸で最大6.1m。)</li> </ul>	
		1964年アラスカ地震	敷地近傍の記録はないが、三陸沿岸で数m程度で、漁業施設に若干の被害あり。	

※1: 1611年の津波は「津波地震」と考えられるが(地震調査研究推進本部(2012)等)、「海洋プレート内地震の正断層型」の断層モデルも提案されている(土木学会(2002), 相田(1977))。



日本海溝沿いで発生した主な地震と震源域  
(地震調査研究推進本部(2012)の図に加筆)



## 1. 検討波源の選定

### 1.4 検討波源の選定と基準断層モデルの設定

- 文献調査の結果を踏まえ、検討波源は日本海溝沿いで発生した津波を選定した。
- 基準断層モデル※は、文献調査結果を踏まえ地震種別毎に「地震調査研究推進本部(2012)」が示す「次の地震」とし、Mwは「既往津波を再現できるモデルのMw」を上回るように設定した。  
※：基準断層モデルとは、波源特性の不確かさを考慮する(パラメータスタディ)際に基準となる断層モデル。
- また、海域活断層について、既往津波の記録はないが、地質調査結果をもとに敷地への影響を評価した。

文献調査による検討波源の選定結果			基準断層モデルの設定						
区分	地震種別		敷地に影響を及ぼす可能性がある津波の抽出結果	基準断層モデルの基本とする既往津波※ <sup>1</sup> [ ]:再現モデルのMw	Mw	詳細説明ページ			
近地 (日本海溝沿い)	プレート間地震	東北地方太平洋沖型の地震	①869年の津波	⑤2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波 [Mw8.93~9.0]	Mw9.04※ <sup>2</sup>	p20~28			
			⑤2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波						
		津波地震	②1611年の津波				③1896年明治三陸地震津波[Mw8.28]	Mw8.3※ <sup>3</sup>	p29~35
			③1896年明治三陸地震津波						
	海洋プレート内地震	②1611年の津波(正断層型)		④1933年昭和三陸地震津波[Mw8.4]	Mw8.6※ <sup>4</sup>	p36~42			
		④1933年昭和三陸地震津波(正断層型)							
			敷地前面海域の活断層による地震に伴う津波	断層毎にMw6.2~7.0	p43~45				

※1:地震種別毎に「地震調査研究推進本部(2012)」が示す「次の地震」。

※2:再現モデルはMw8.93~9.0であるが、これを上回るようMw9.04に設定。

※3:再現モデルはMw8.28であるが、これを上回るよう土木学会(2002)が示す既往最大Mw8.3を採用。

※4:再現モデルはMw8.4であるが、これを上回るよう土木学会(2002)が示す既往最大Mw8.6を採用。

- 遠地津波について、文献調査結果から日本海溝沿いで発生する近地津波と比較して敷地に与える影響は小さいと考えられるが、近地津波と津波の特性(周期、第1波以降の後続波の水位変動)が異なることから、参考として、地震規模、敷地と波源の位置関係から、敷地に与える影響が大きいと考えられる1700年カスケード地震、1960年チリ地震を対象に数値シミュレーションを行った。

検討内容の詳細は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p19~28)」に記載。

# I . 地震に起因する津波の評価

## 2. 津波解析条件

---

- 2. 1 計算条件
- 2. 2 計算領域とその水深
- 2. 3 津波水位の評価位置

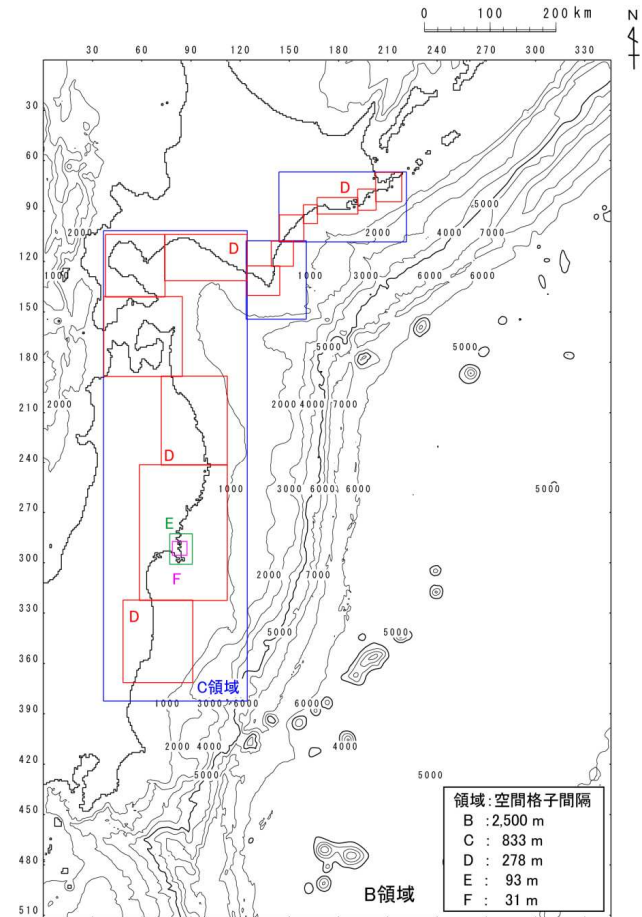
## 2. 津波解析条件

### 2.1 計算条件

- 下記の計算条件に基づき津波解析を実施した。

主な計算条件

	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔 $\Delta s$	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
時間格子間隔 $\Delta t$	0.1秒						
基礎方程式	線形 長波式	非線形長波式(浅水理論) <sup>※1</sup>					
沖側境界条件	自由透過	外側の大格子領域と水位・流量を接続					
陸側境界条件	完全反射	完全反射 (海底露出を考慮)	小谷ほか(1998)の遡上境界条件				
初期海面変動	波源モデルを用いてMansinha and Smylie(1971)の方法により計算される鉛直変位を海面上に与える						
海底摩擦	考慮 しない	マンングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ (土木学会(2002)より)					
水平渦動粘性 係数	考慮しない						
潮位条件	T.P. $\pm 0.0\text{m}$						
計算再現時間	地震発生後4時間 <sup>※2</sup>						



計算領域<sup>※3</sup>とその水深及び格子分割

※1:土木学会(2002)では、水深200m以浅の海域を目安に非線形長波式を適用するとしている。これを十分に満足するようC領域以下(水深1500m以浅)で非線形長波式(浅水理論)を適用した。

※2:日本海溝沿いで発生する近地津波を評価するにあたって、十分な計算時間となるよう設定した。

※3:計算領域範囲は、日本海溝沿い・千島海溝沿い南部の津波発生領域が含まれる範囲、および北海道・東日本沿岸からの反射波が発電所に与える影響を考慮して設定した。

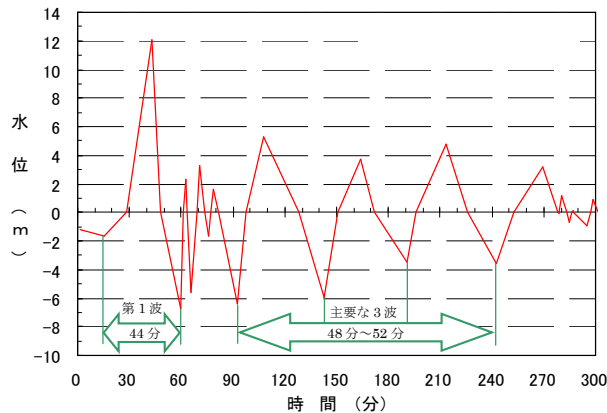
## 2. 津波解析条件

### 2.1 計算条件:空間格子間隔 $\Delta s$ の設定

- 相田(1977)では, 日本海溝沿いで発生した既往津波の計算波形を用いた女川沖(200m等深線上)における周期を示しており, 最も周期が短い津波は, 1896年明治三陸地震津波でその周期を8.7分としている。
- 発電所に襲来した2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の周期は, 発電所港湾内での津波観測記録から最高水位を記録した第1波の周期は44分, それ以降の主要な3波の周期は48分~52分である(東北電力(2011))。
- 上記を踏まえ, 周期8分以上の津波に対して, 土木学会の目安<sup>※</sup>を満足するようB領域以下の各領域の接続境界を設定した。  
<sup>※</sup>:津波の空間波形の1波長の1/20以下となるように空間格子間隔を設定する。

計算波形による最大波の周期  
(相田(1977))

Tsunami	off Onagawa min
1611	10.0
1793	9.5
1856	21.5
1896	8.7
1897	8.5
1933	11.5
1968	14.9



2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の周期  
(東北電力(2011))

空間格子間隔 $\Delta s$ と土木学会の目安(1波長の1/20以下)を満足するための最小水深 $h_{\min}$ の比較

	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔 $\Delta s$	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
最小水深 $h_{\min}$ <sup>※</sup>	1107m	123m	14m	1.5m	0.17m	0.02m	0.005m
小領域への接続水深 $h_c$	1500m (B→C)	1000m (C→D)	160m (D→E)	130m (E→F)	40m (F→G)	30m (G→H)	—

<sup>※</sup>:最小水深 $h_{\min}$ の算定方法

$$h_{\min} = \frac{1}{g} \left( \frac{\alpha \Delta s}{T} \right)^2$$

ここで,

$\alpha$ :津波1波長に対する計算格子の個数(=20)

$\Delta s$ :空間格子間隔

T:周期(s)(=480s)

g:重力加速度( $m/s^2$ )(=9.8  $m/s^2$ )



発電所に襲来する津波の伝播経路において, 各小領域への接続水深 $h_c$ は最小水深 $h_{\min}$ を上回っており, 土木学会(2002)の目安を満足している。

## 2. 津波解析条件

### 2.1 計算条件: 時間格子間隔 $\Delta t$ の設定

- 土木学会(2002)で示されるCFL条件を満足するように時間格子間隔 $\Delta t$ を設定した。

#### ■ CFL条件

$$\Delta t \leq \frac{\Delta x}{\sqrt{2gh_{max}}}$$

ここで、

$\Delta x$ : 空間格子間隔

$\Delta t$ : 時間格子間隔

$h_{max}$ : 各領域の最大水深

$g$ : 重力加速度 ( $m/s^2$ ) (=9.8  $m/s^2$ )

各領域の最大水深 $h_{max}$ から算定される時間格子間隔 $\Delta t_{max}$ と設定した時間格子間隔 $\Delta t$ の比較

	B領域	C領域	D領域	E領域	F領域	G領域	H領域
空間格子間隔 $\Delta s$	2.5 km	833 m (2500/3)	278 m (2500/9)	93 m (2500/27)	31 m (2500/81)	10m (2500/243)	5m (2500/486)
各領域の最大 水深 $h_{max}$	8800m	3200m	1200m	120m	70m※	60m※	60m※
最大水深 $h_{max}$ から算定される 時間格子間隔 $\Delta t_{max}$	6.0s	3.3s	1.8s	1.9s	0.83s	0.30s	0.15s
時間格子間隔 $\Delta t$	0.1s	0.1s	0.1s	0.1s	0.1s	0.1s	0.1s

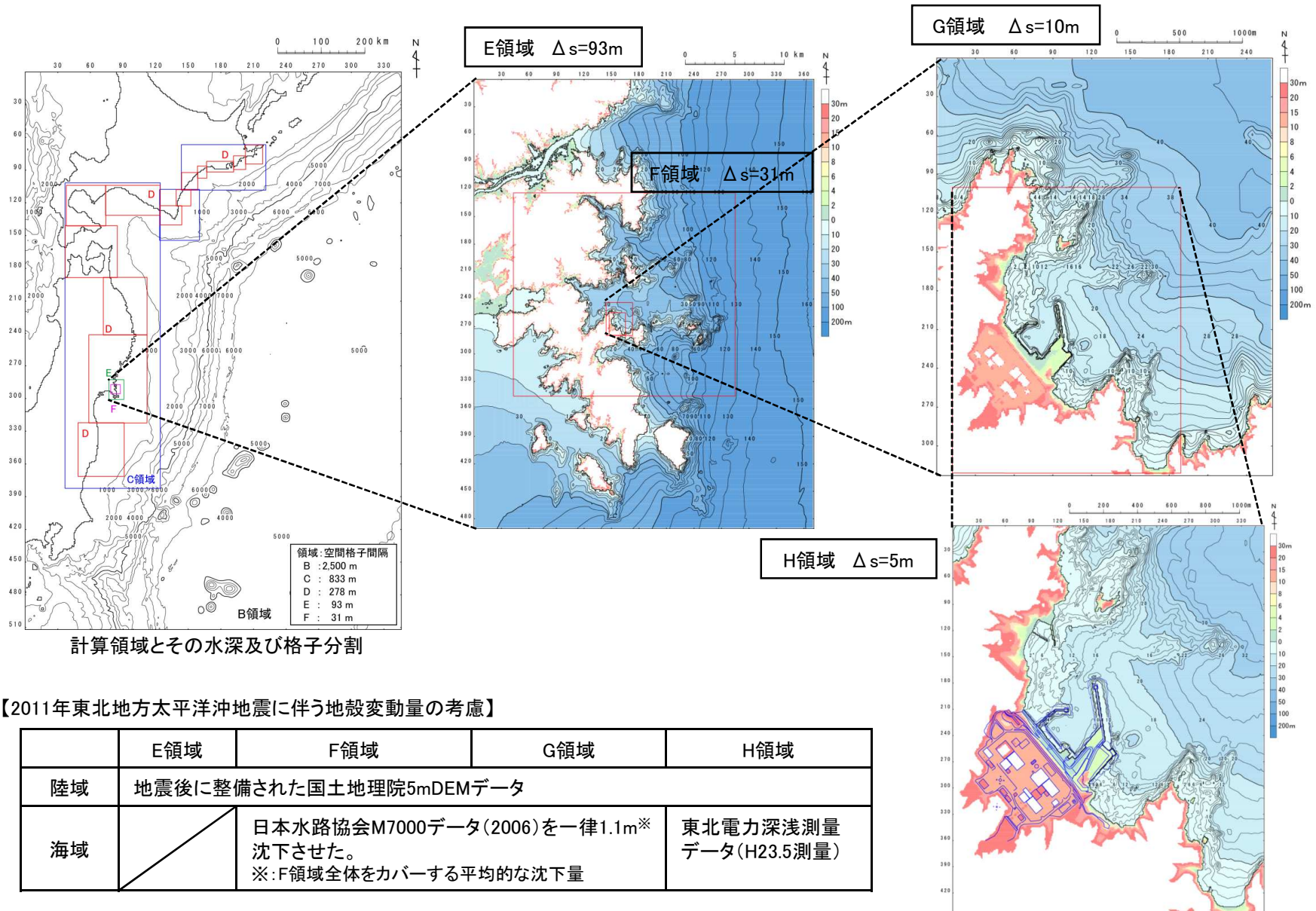
※: F領域以下は、各領域の最大水深 $h_{max}$ に津波による水位上昇相当分として20mを加えている。



全ての領域において設定した時間格子間隔 $\Delta t$ は、最大水深 $h_{max}$ から算定される時間格子間隔 $\Delta t_{max}$ よりも小さく、土木学会(2002)で示されるCFL条件を満足している。

## 2. 津波解析条件

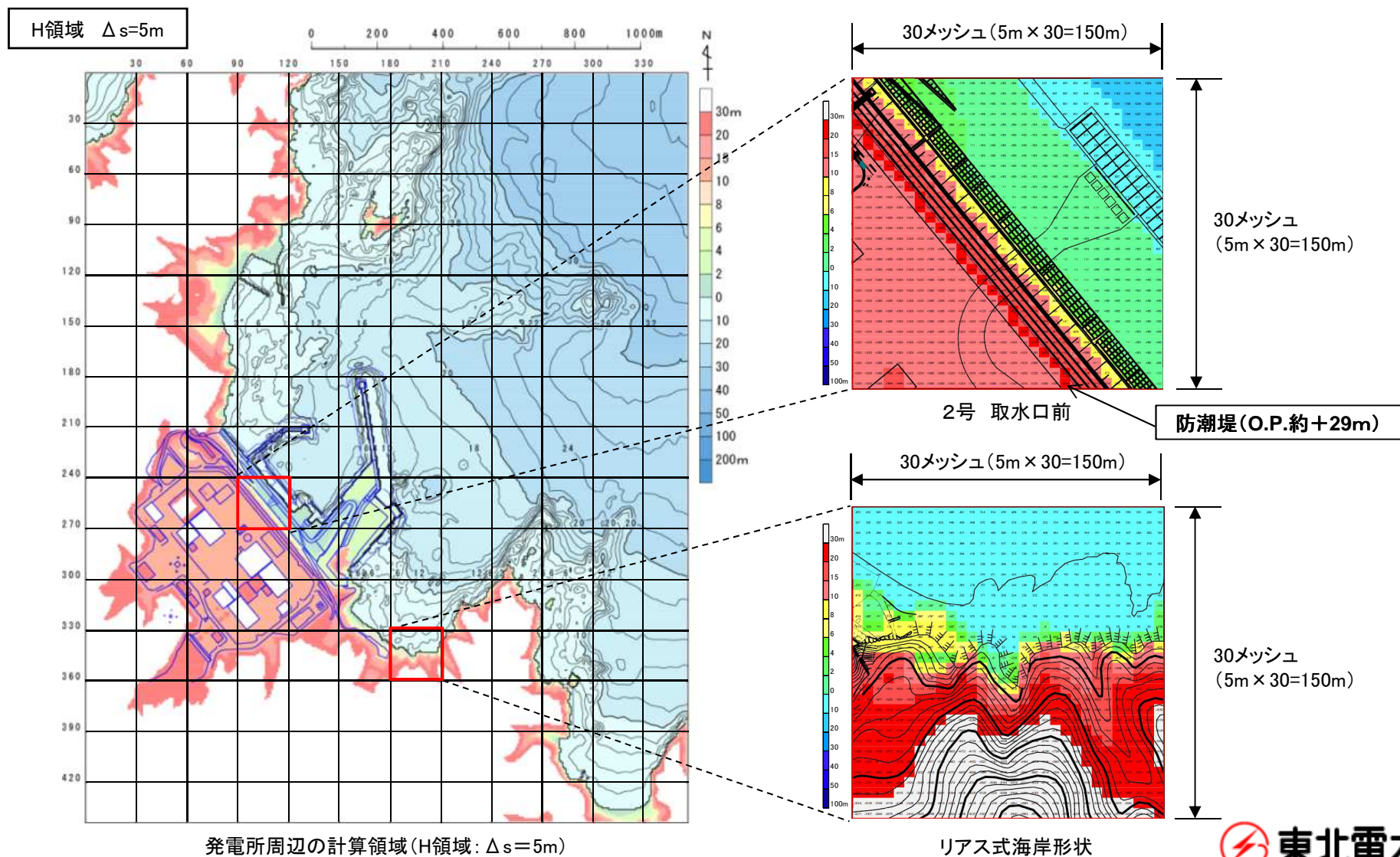
## 2.2 計算領域とその水深①



## 2. 津波解析条件

## 2.2 計算領域とその水深②

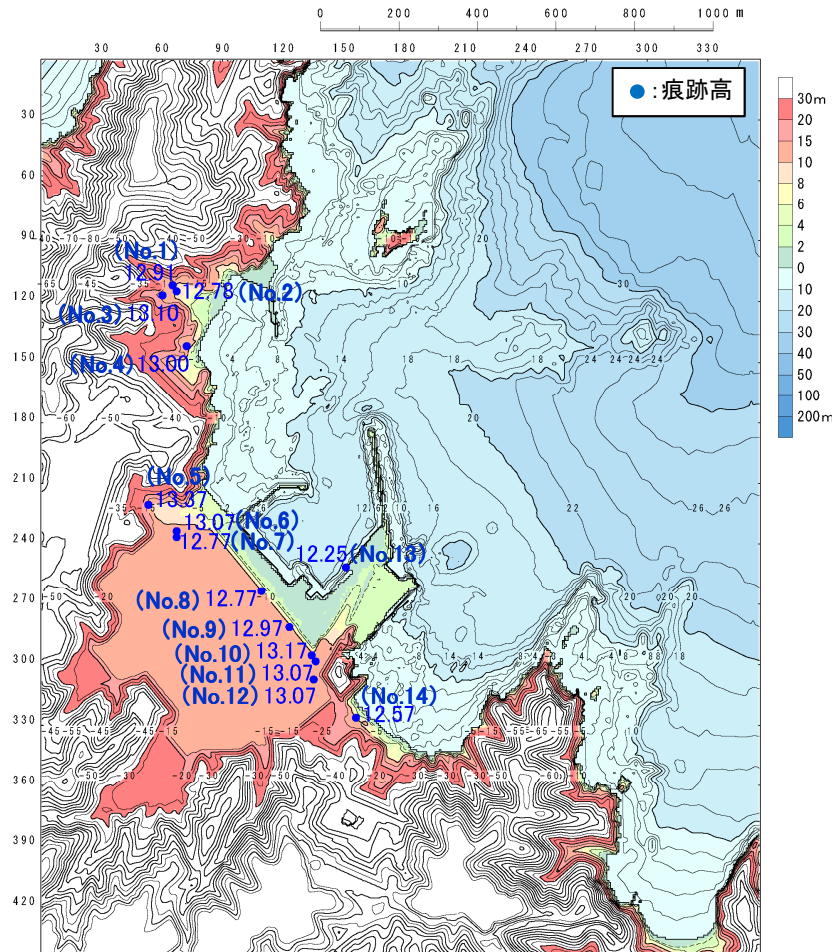
- 発電所は、リアス式海岸の南部に立地するとともに、発電所には防波堤等が存在することを踏まえ、津波水位を精度良く算定するため、最小空間格子間隔 $\Delta s$ を5mに設定した。



## 2. 津波解析条件

### 2.2 計算領域とその水深③

- 発電所地点における2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の痕跡高と、同津波を良好に再現するモデルによる計算値の比較から、最小空間格子間隔( $\Delta s$ )5mで津波水位を精度よく算定できることを確認した。



発電所周辺の計算領域(H領域:  $\Delta s=5m$ )と  
2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の痕跡高

2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波		計算水位		
No	痕跡高(m)	内閣府モデル	女川再現モデル	既往津波の組合せモデル
No.1	12.91	12.86	12.99	13.13
No.2	12.78	12.79	12.94	13.11
No.3	13.10	13.10	13.20	13.16
No.4	13.00	12.45	12.22	13.03
No.5	13.37	13.30	13.91	14.61
No.6	13.07	13.16	13.67	14.18
No.7	12.77	12.80	13.66	14.08
No.8	12.77	12.64	12.59	13.02
No.9	12.97	12.62	12.57	13.11
No.10	13.17	12.70	12.59	13.19
No.11	13.07	12.82	12.64	13.38
No.12	13.07	12.88	12.65	13.42
No.13	12.25	12.38	12.23	12.73
No.14	12.57	12.46	12.25	12.77

#### 再現性の評価結果

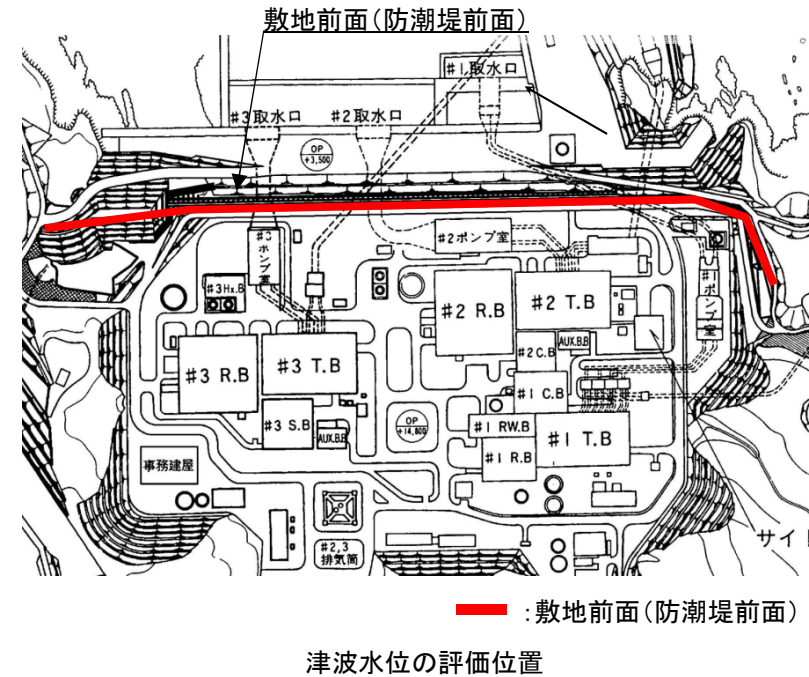
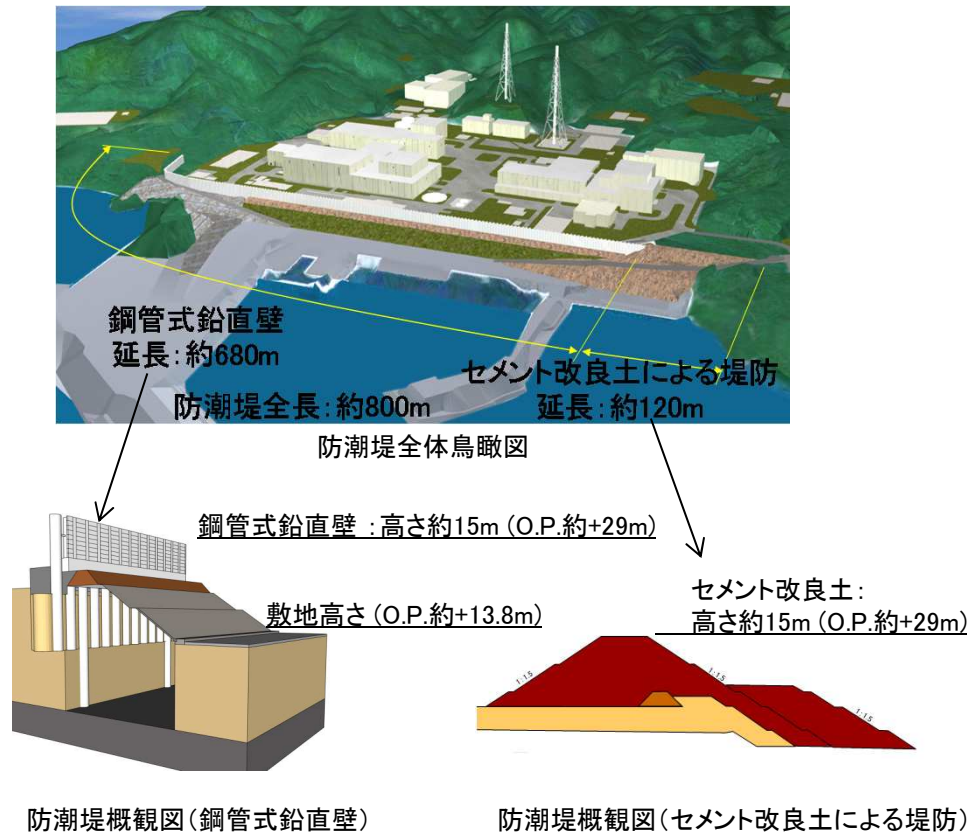
K	0.97	1.00	0.97
K	1.06	1.04	1.03



## 2. 津波解析条件

### 2.3 津波水位の評価位置:敷地前面

- 重要な安全機能を有する施設の設置された敷地(O.P.約+13.8m)に基準津波による遡上波を到達, 流入させないため, 津波防護施設として防潮堤(標高:O.P.約+29m, 総延長:約800m)を設置することから, 防潮堤の前面を津波水位の評価位置とする。
- 本評価では, 防潮堤の前面を「敷地前面」とする。



2. 津波解析条件

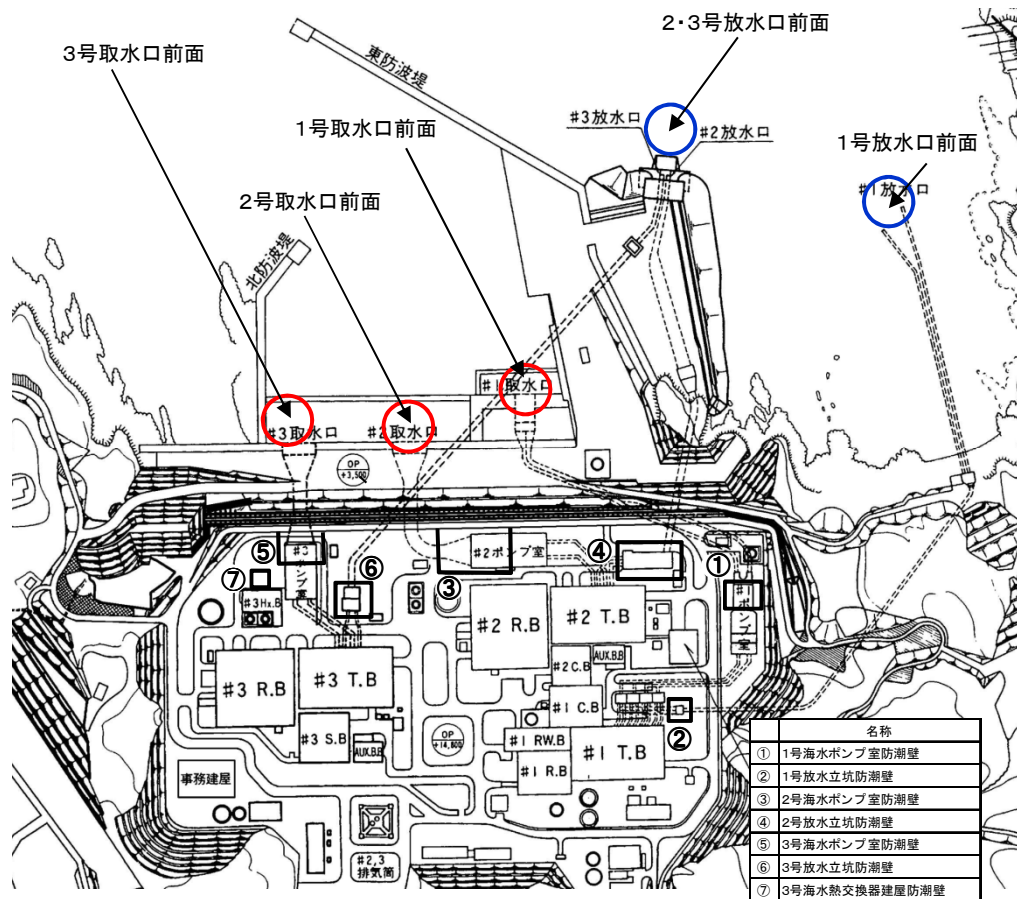
2.3 津波水位の評価位置:取水口前面および放水口前面

■水位上昇側

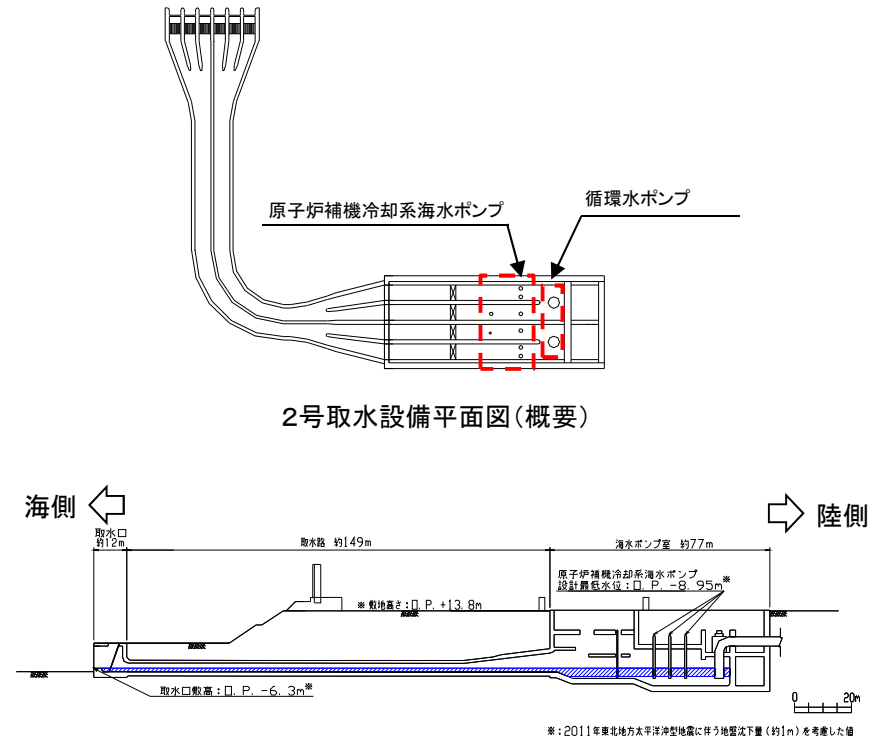
- 取水路, 放水路の経路からの重要な安全機能を有する施設の設置された敷地(O.P.約+13.8m)への基準津波の流入を防止するため, 津波防護施設として防潮壁を設置することから, 1, 2, 3号取水口前面および1号, 2・3号放水口前面を津波水位の評価位置とする。

■水位下降側

- 取水路内の水位変動に伴う原子炉補機冷却系海水ポンプの取水性を評価するため, 1, 2, 3号取水口前面を津波水位の評価位置とする。



津波水位の評価位置



2号取水設備平面図(概要)

2号取水設備断面図(概要)

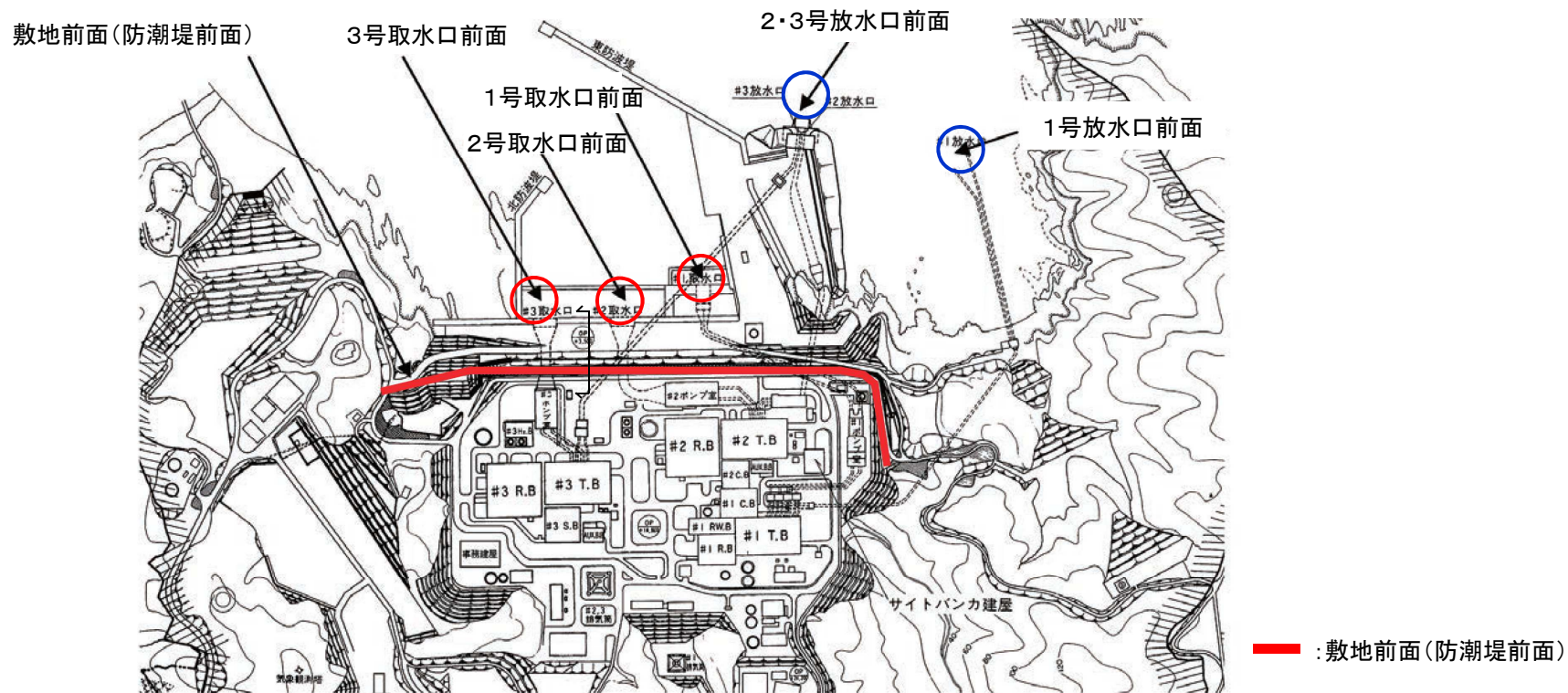
津波水位が取水口敷高を下回る場合に, 原子炉補機冷却系海水ポンプに必要な海水が設備内に確保される範囲(約5,100m<sup>3</sup>)

\*: 2011年東北地方太平洋沖型地震に伴う地盤沈下量(約1m)を考慮した値

2. 津波解析条件

2.3 津波水位の評価位置:まとめ

評価項目	敷地前面 (防潮堤前面)	取水口前面			放水口前面	
		1号	2号	3号	1号	2・3号
水位上昇側	○	○	○	○	○	○
水位下降側	—	○	○	○	—	—



津波水位の評価位置

# I . 地震に起因する津波の評価

## 3. プレート間地震

---

- 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震
- 3. 2 津波地震

# I . 地震に起因する津波の評価

## 3. プレート間地震

---

### 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震※

#### 3. 1. 1 基準断層モデルの設定

#### 3. 1. 2 波源特性の不確かさの考慮

#### 3. 1. 3 津波予測計算結果

### 3. 2 津波地震

※: 詳細については、「資料1-2 女川原子力発電所 基準津波の策定のうち「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の評価について」により説明。

### 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震

#### 3. 1. 1 基準断層モデルの設定

- 「東北地方太平洋沖型の地震」(M9クラスの巨大地震)の発生要因に応じた各不確かさを適切に考慮するため、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波を基本として、広域～発電所周辺の痕跡高および観測波形を良好に再現するモデルを複数設定した(=再現モデル)。
- また、2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見を踏まえ、波源特性の不確かさのうち津波高さに大きな影響を与える大すべり域の不確かさを幅広く考慮できるモデルを設定した(=特性化モデル)。

不確かさ考慮	基準断層モデル設定の考え方		名称	Mw
大すべり域の位置	A・B ・C	(1)再現モデル A. 広域の津波高を良好に再現するモデル	①内閣府(2012)モデル	9.0
		B. 発電所敷地周辺の津波高、発電所港湾内で取得した観測波形を良好に再現するモデル	②女川再現モデル	8.94
	C. 発電所前面海域における観測波形を良好に再現するモデル	③既往津波の組合せモデル	8.93	
波源モデルの形状 (走向, 傾斜角, すべり角)				

2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見とその反映

- 宮城県沖の固着域を震源として複数のセグメントが連動した。また連動に伴い大きなすべりを生じた。
- ⇒ 大すべり域は、津波高さに大きな影響を与えることから安全側に取り扱うべきであり、すべり量、すべり分布及び位置の不確かさを幅広く設定できるモデルが必要。
- 地震セグメントの破壊に時間差があったことに伴い津波が増幅した。
- ⇒ 地震セグメントの破壊開始点を任意に変更できるモデルが必要。



更なる想定として、大すべり域の不確かさを考慮

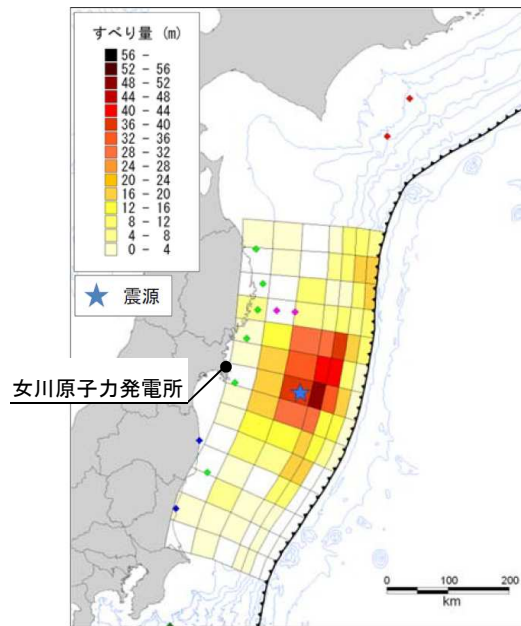
不確かさ考慮	基準断層モデル設定の考え方		名称	Mw
大すべり域の - すべり量 - すべり分布 - 位置 - 破壊開始点		(2)特性化モデル	④特性化モデル	9.04
		<ul style="list-style-type: none"> <li>地震学的・地質学的・測地学的見地から、<u>宮城県沖の固着域は歪みを蓄積する量に限度がある。</u></li> <li>ただし、2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見を踏まえ、津波高さに大きな影響を与える大すべり域の不確かさを幅広く安全側に考慮できるように、大すべり域の形状を単純化したモデルを設定。</li> </ul>		

### 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震

#### 3. 1. 1 基準断層モデルの設定:内閣府(2012)モデル, 女川再現モデル

##### ①内閣府(2012)モデル※

- 沖合等の津波観測記録, 陸域・海域の地殻変動量, 沿岸の津波痕跡高(1027地点)の再現性を考慮したインバージョンモデルである。



断層すべり量分布(合計)

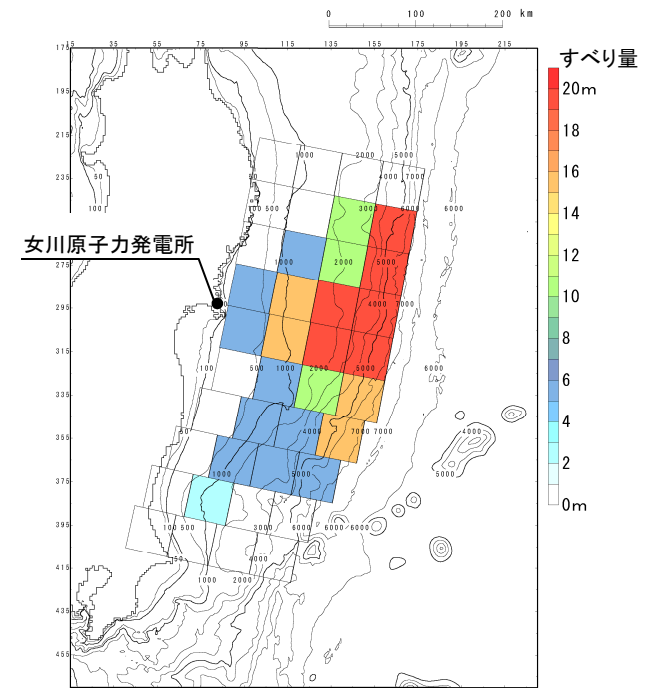
基準断層モデル

諸元

Mw	面積A(km <sup>2</sup> )
9.0	119,974

##### ②女川再現モデル

- 藤井・佐竹40枚断層モデル(ver.4.0)のすべり量を調整し, 沖合等の津波観測記録, 発電所敷地周辺の津波痕跡高の再現性を考慮したモデル(東北電力(2011))である。



基準断層モデル

諸元

Mw	面積A(km <sup>2</sup> )
8.94	100,000

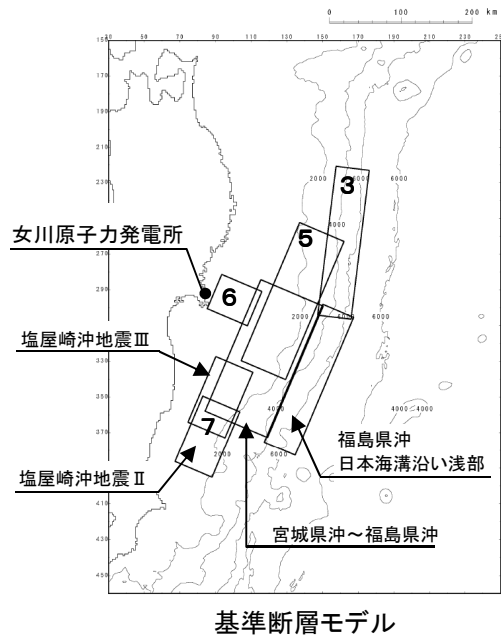
※:南海トラフの巨大地震による震度分布・津波高について  
(第一次報告) 巻末資料, 南海トラフの巨大地震モデル検討会

### 3.1 東北地方太平洋沖型の地震

#### 3.1.1 基準断層モデルの設定: 既往津波の組合せモデル

##### ③ 既往津波の組合せモデル

- 土木学会(2002)等で示されている既往津波の波源モデルを組合せることによって、2011年東北地方太平洋沖地震から得られた知見である「地震セグメントの連動」を表現するとともに、「連動に伴う大きなすべり量」を考慮するため、各波源モデルのすべり量を一律1.5倍にし、沖合等の津波観測記録、発電所敷地周辺の津波痕跡高の再現性を考慮したモデル(菅野ほか(2012))である。



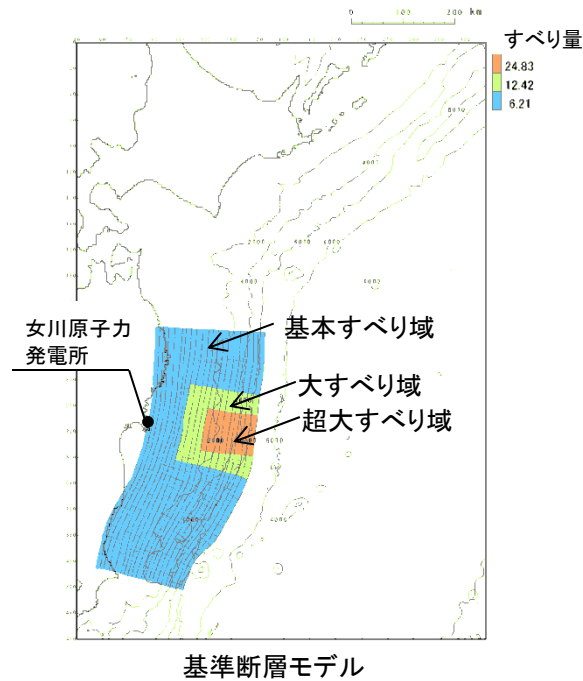
活動域	既往津波の波源モデル	Mw
領域3	1896年明治三陸地震津波(土木学会(2002)のすべり量を補正)をベースとし、過去に津波の発生が確認されていない領域3の南端に想定。	8.50
領域5	1793年の津波(土木学会(2002)モデル)	8.36
領域6	1978年の津波(土木学会(2002)モデル)をベースとし、地震調査研究推進本部(2012)による宮城県沖強震動評価モデルを踏まえ長さを拡張して想定。	7.74
領域7	1938年の津波(佐藤ほか(1989)塩屋崎沖地震モデルⅡ,Ⅲ)	7.94(Ⅱ) 7.84(Ⅲ)
宮城県沖～ 福島県沖	869年の津波(佐竹ほか(2008)モデル10)	8.61
福島県沖日本 海溝沿い浅部	過去に津波の発生が確認されていないことから、日本海溝沿い浅部で発生した最大規模の1896年明治三陸地震津波を想定。	8.50
	連動時	8.93



### 3.1 東北地方太平洋沖型の地震

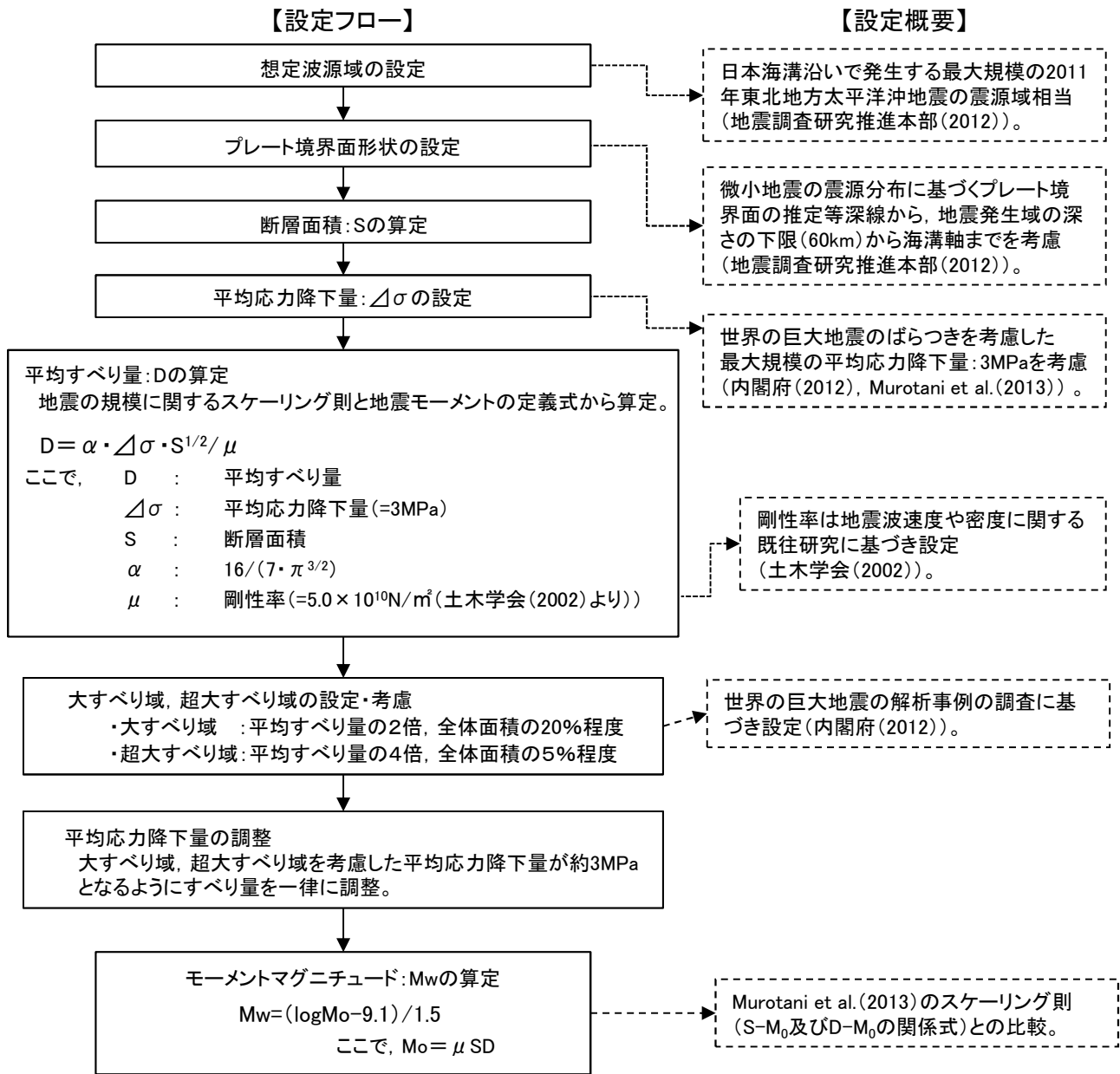
#### 3.1.1 基準断層モデルの設定: 特性化モデル

##### ■ 特性化モデルの設定方法



諸元

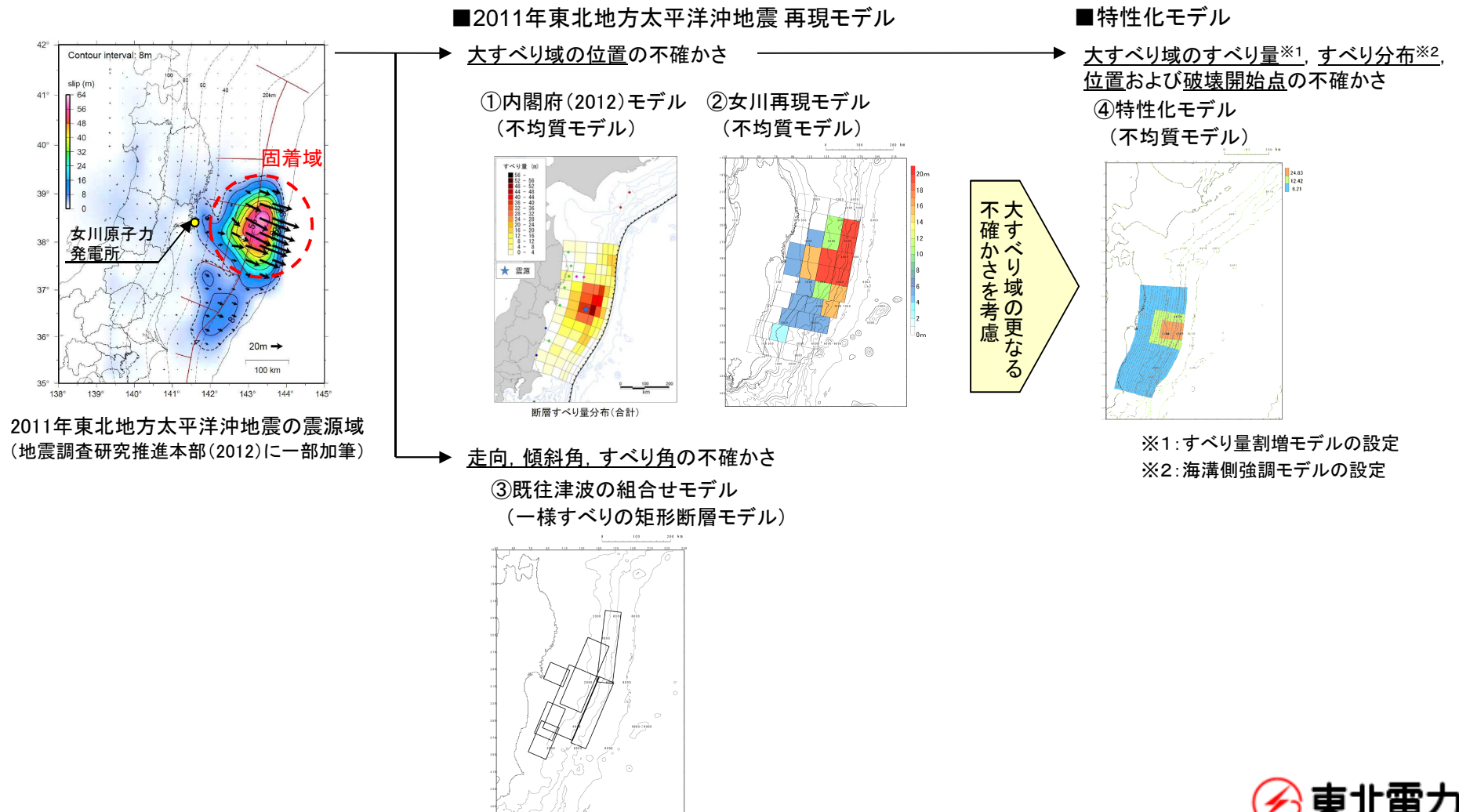
平均応力降下量 ( $\Delta\sigma$ )	3.13 (MPa)
モーメントマグニチュード $M_w$	9.04
断層面積 $S$	107,357 (km <sup>2</sup> )



### 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震

#### 3. 1. 2 波源特性の不確かさの考慮

- 2011年東北地方太平洋沖地震 再現モデルについては、土木学会(2002)を参考として、断層モデルの諸条件のうちプレート間地震の特性上、不確かさが存在する断層パラメータの不確かさを考慮する。
- 更に、大すべり域は津波高さに大きな影響を与えることを考慮し、特性化モデルを用いて、すべり量、すべり分布等の不確かさを考慮する。



### 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震

#### 3. 1. 3 津波予測計算結果①

##### ■津波予測計算結果のまとめ

##### 【水位上昇側】

地震種別	波源モデル		最大水位上昇量(m)					
			敷地前面	1号取水口前面	2号取水口前面	3号取水口前面	1号放水口前面	2・3号放水口前面
プレート間地震	東北地方太平洋沖型の地震	内閣府(2012)モデル	17.32	15.97	16.20	16.29	14.76	14.73
		女川再現モデル	15.89	15.00	15.22	15.24	15.22	14.78
		既往津波の組合せモデル	17.32	15.56	15.37	15.26	14.16	14.77
		特性化モデル	<b>21.58</b>	<b>18.85</b>	<b>19.50</b>	<b>19.60</b>	<b>16.46</b>	<b>17.16</b>

##### ■敷地前面決定ケース

- ・内閣府(2012)モデル=波源位置:南へ50km
- ・女川再現モデル=波源位置:南へ50km
- ・既往津波の組合せモデル=走向:津波地震 基準-5° , プレート間地震 基準-10° , 傾斜角:基準+5° , すべり角:基準+10°
- ・特性化モデル=海溝側強調モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点:基準(同時破壊)

##### 【水位下降側】

地震種別	波源モデル		最大水位下降量(m)		
			1号取水口前面	2号取水口前面	3号取水口前面
プレート間地震	東北地方太平洋沖型の地震	内閣府(2012)モデル	9.03	9.15	9.16
		女川再現モデル	8.02	8.02	8.02
		既往津波の組合せモデル	<b>10.88</b>	<b>10.82</b>	<b>10.81</b>
		特性化モデル	9.40	9.42	9.46

##### ■2号取水口前面決定ケース

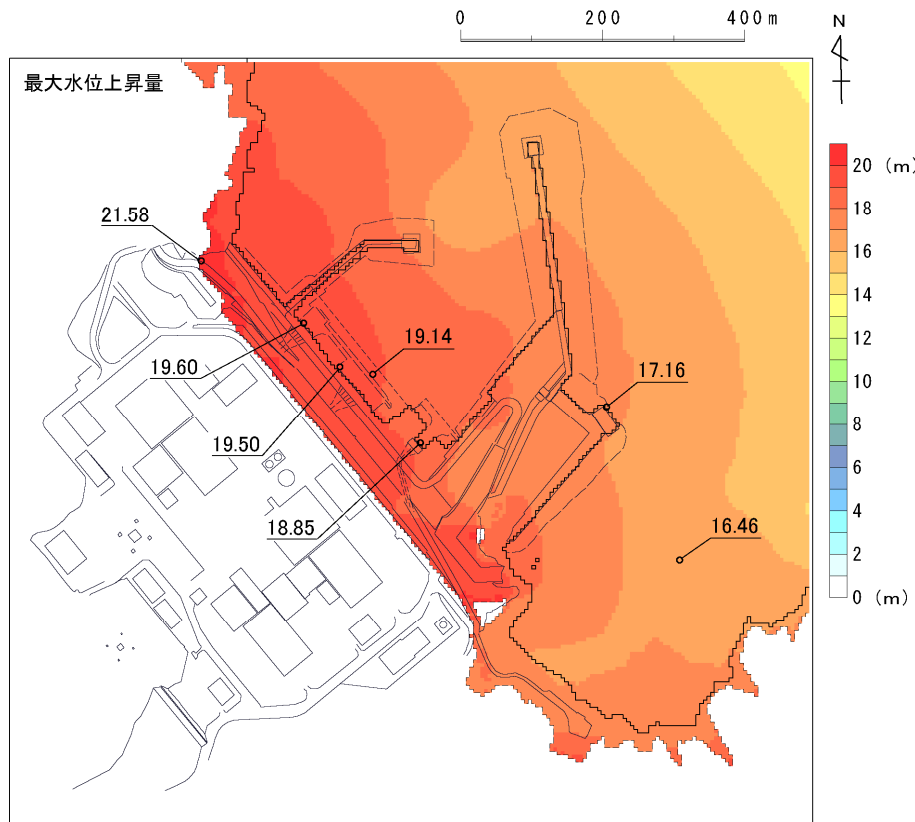
- ・内閣府(2012)モデル=波源位置:基準
- ・女川再現モデル=波源位置:基準
- ・既往津波の組合せモデル=走向:津波地震 基準+5° , プレート間地震 基準+10° , 傾斜角:基準+5° , すべり角:基準+10°
- ・特性化モデル=すべり量割増モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点:P5

### 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震

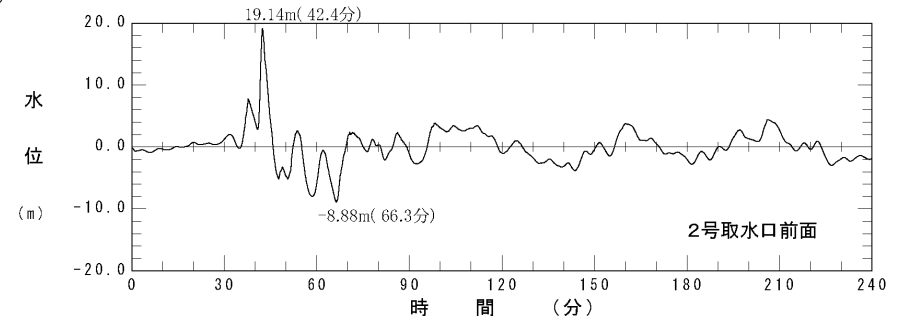
#### 3. 1. 3 津波予測計算結果②

##### ■水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	波源モデル	決定ケース
水位上昇側	敷地前面	特性化モデル	すべり分布:海溝側強調モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点位置:基準(同時破壊)
	2号取水口前面	同上	同上



最大水位上昇量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

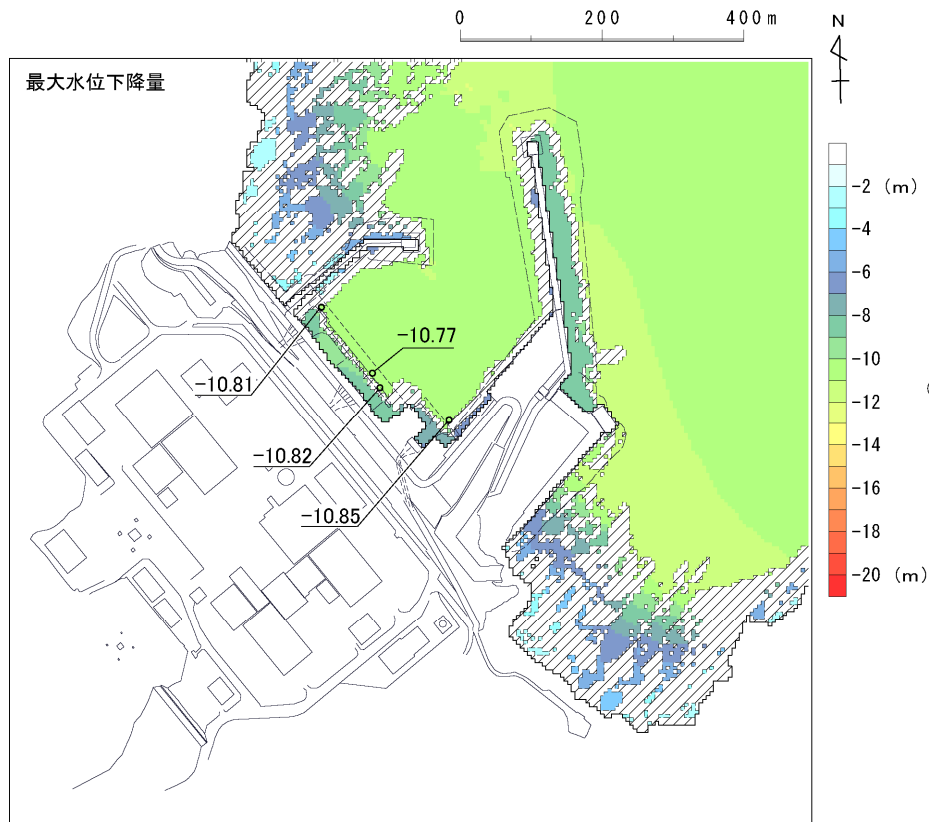
※:水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

### 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震

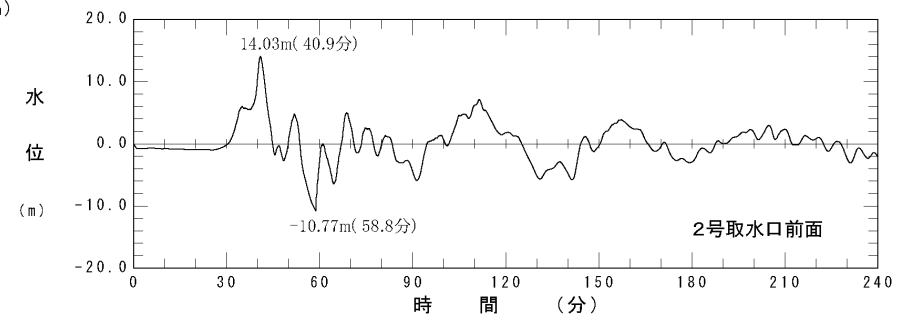
#### 3. 1. 3 津波予測計算結果③

##### ■水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	波源モデル	決定ケース
水位下降側	2号取水口前面	既往津波の組合せモデル	走向:津波地震:基準+5°,プレート間地震:基準+10°,傾斜角:基準+5°,すべり角:基準+10°



最大水位下降量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

※:水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

# I . 地震に起因する津波の評価

## 3. プレート間地震

---

- 3. 1 東北地方太平洋沖型の地震
- 3. 2 津波地震※
  - 3. 2. 1 基準断層モデルの設定
  - 3. 2. 2 波源特性の不確かさの考慮
  - 3. 2. 3 津波予測計算結果

※: 詳細については, 今後の審査会合で説明予定。

## 3. 2 津波地震

### 3. 2. 1 基準断層モデルの設定

- 「津波地震」の基準断層モデルは、地震調査研究推進本部(2012)の評価を踏まえ、国内外で最大規模である1896年明治三陸地震津波を再現するモデル(Mw8.28)を基本として、これを上回るよう土木学会(2002)を参考にMw8.3にスケーリングして設定した。
- 波源位置は、地震調査研究推進本部(2012)で示される三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの領域内のどこでも発生するものとして設定した。

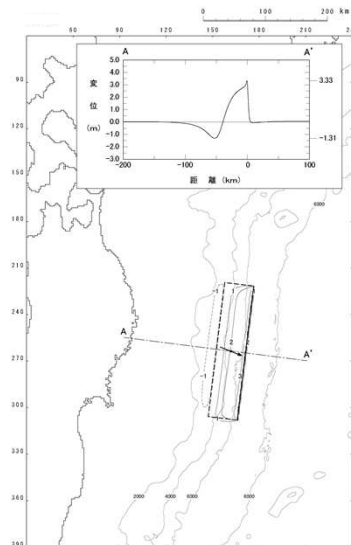
#### 再現モデル

- 地震調査研究推進本部(2012)では、次の地震の規模を1896年明治三陸地震津波とし、その信頼度を「A」と評価している。
- 1896年明治三陸地震津波は、国内外で発生した最大規模の津波地震である。

基本とする既往津波	Mw
1896年明治三陸地震津波	8.28

#### 基準断層モデル

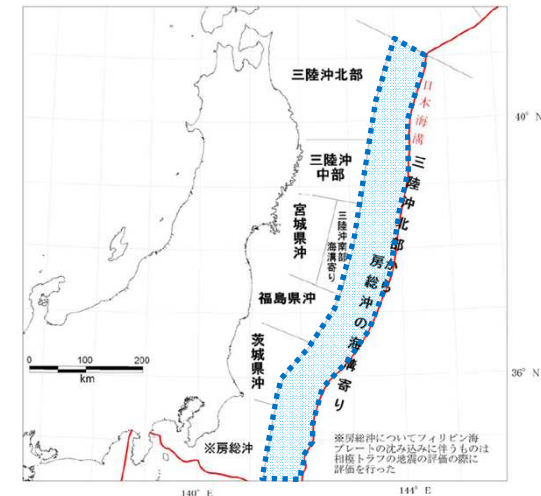
- 再現モデルを上回る規模の地震を設定。



Mw	8.3
長さL(km)	218
幅W(km)	50
走向 $\theta$ (°)	190
断層上縁深さd(km)	1
傾斜角 $\delta$ (°)	20
すべり角 $\lambda$ (°)	75
剛性率 $\mu$ (N/m <sup>2</sup> )	$3.5 \times 10^{10}$
すべり量D(m)	9.32

#### 波源位置

- 日本海溝沿いのどこでも発生すると想定。



## 3. 2 津波地震

### 3. 2. 2 波源特性の不確かさの考慮

- 土木学会(2002)を参考として、位置及び走向を変動させた概略パラメータスタディを実施し、各評価位置で水位上昇量及び水位下降量が最大となるケースについて、傾斜角及びすべり角を変動させた詳細パラメータスタディを実施した。
- なお、日本海溝は北緯約38°を境に地下構造が変化することから(Tsuru et al.(2002)), 北緯約38°を跨ぐ津波波源については、南北2枚の断層として不確かさを考慮した。
- 各パラメータの変動範囲については、土木学会(2002)を参考に設定\*した。  
※:土木学会(2002)では、プレート間逆断層地震のハーバードCMTIによる発震機構解(1976.1~2000.1に発生したMw6.0以上、深さ60km以下の地震)及び既往の断層モデルのばらつきから変動範囲を設定。

【概略パラメータスタディ】

項目	変動範囲
位置	基準, 北へ20km, 40km, 南へ20km, 40km, 60km, 80km, 100km, 120km, 140km, 160km, 180km, 200km, 220km移動
走向	基準, 基準±5°

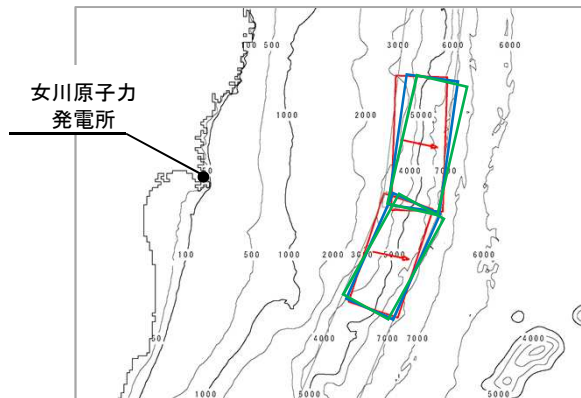
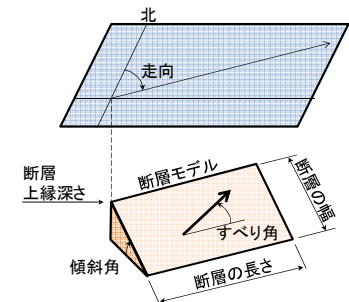
最大水位上昇量・  
下降量決定ケース



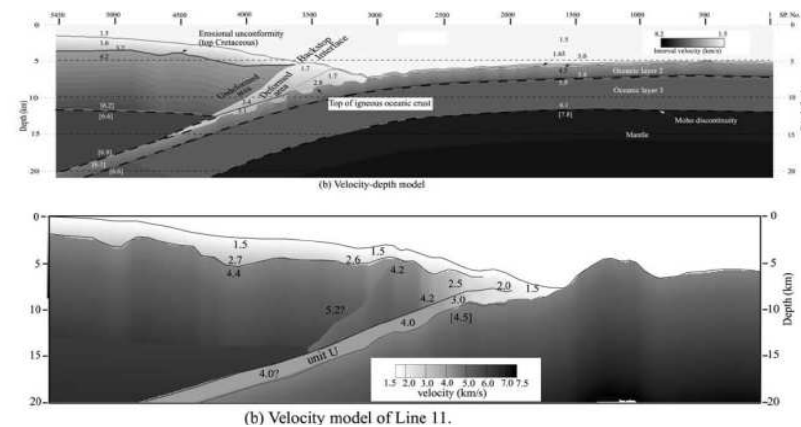
【詳細パラメータスタディ】

項目	変動範囲
傾斜角	基準, 基準±5°
すべり角	基準, 基準±10°

(参考)断層パラメータ



不確かさの考慮方法の概念



プレート間の堆積ユニットの模式図(上:北部, 下:南部)  
(Tsuru et al.(2002))



## 3.2 津波地震

### 3.2.3 津波予測計算結果①

#### 【水位上昇側】

地震種別	波源モデル	最大水位上昇量(m)					
		敷地 前面	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	1号放水口 前面	2・3号 放水口前面
プレート間地震	津波地震	19.50	16.14	16.81	16.77	14.44	15.44

■敷地前面決定ケース

・波源位置:南へ100km, 走向:基準, 傾斜角:基準, すべり角:基準

#### 【水位下降側】

地震種別	波源モデル	最大水位下降量(m)		
		1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面
プレート間地震	津波地震	8.42	8.48	8.49

■2号取水口前面決定ケース

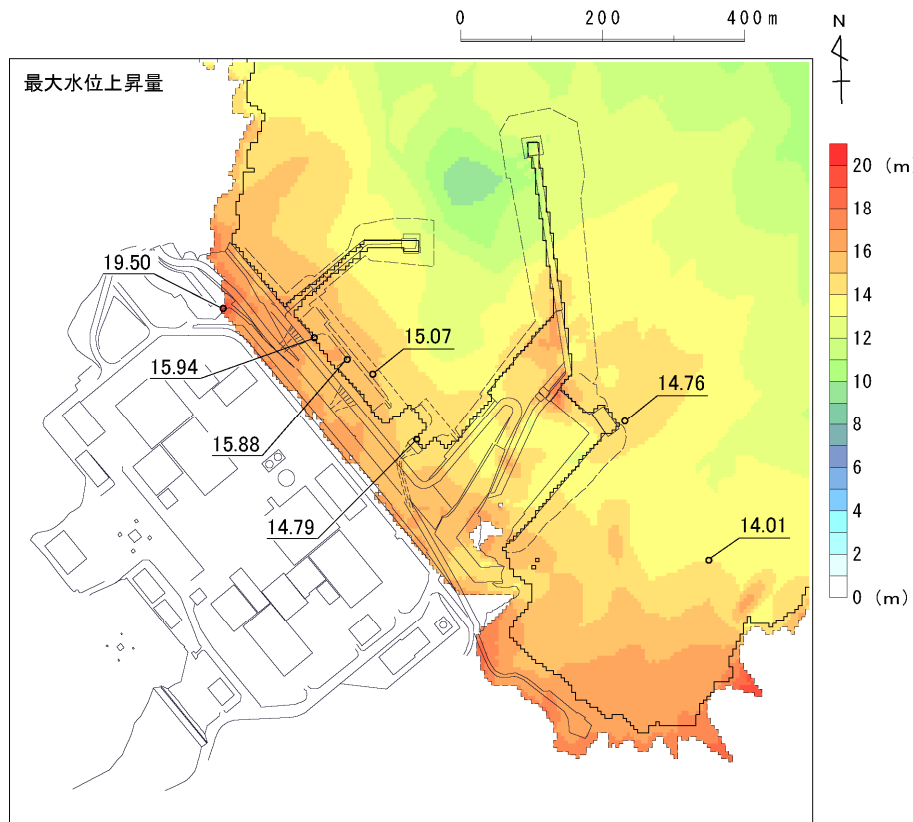
・波源位置:南へ100km, 走向:基準-5°, 傾斜角:基準+5°, すべり角:基準+10°

## 3.2 津波地震

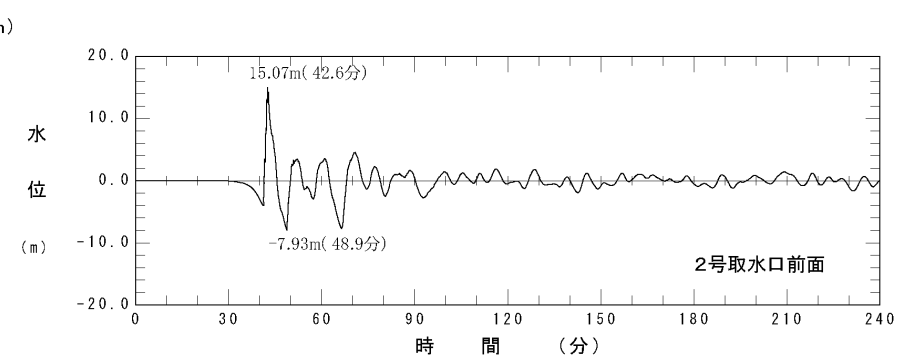
### 3.2.3 津波予測計算結果②

#### ■ 水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	決定ケース
水位上昇側	敷地前面	位置:南へ100km, 走向:基準, 傾斜角:基準, すべり角:基準



最大水位上昇量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

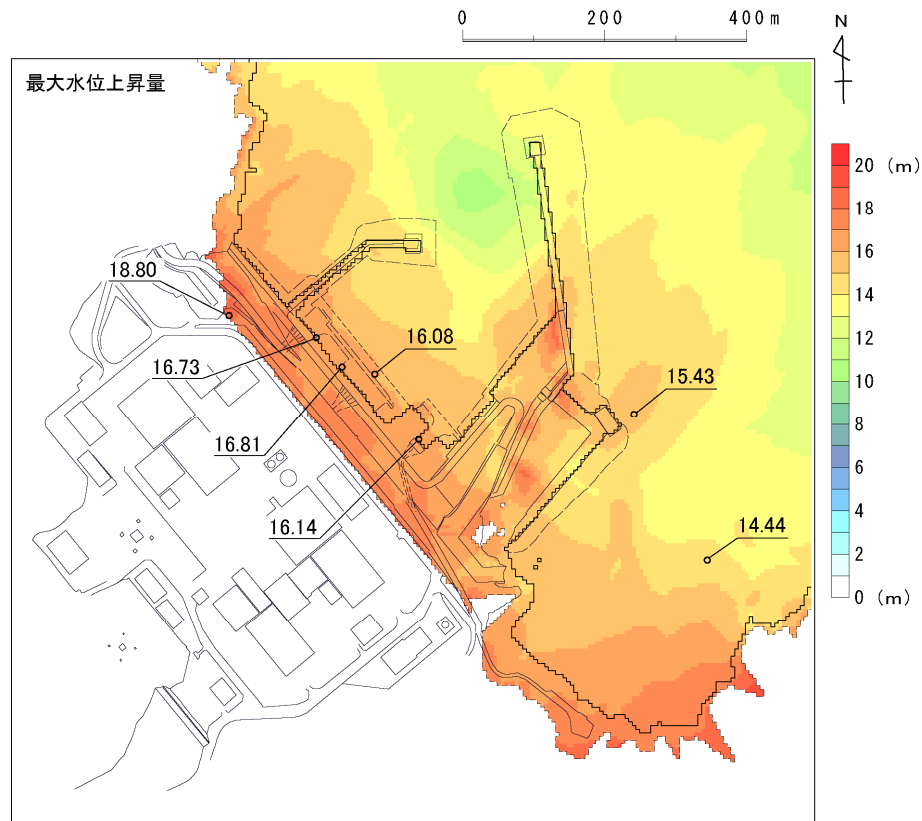
※:水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

### 3.2 津波地震

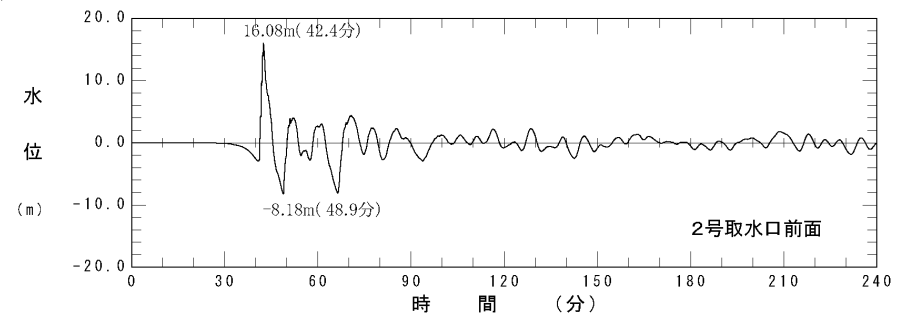
#### 3.2.3 津波予測計算結果③

##### ■水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	決定ケース
水位上昇側	2号取水口前面	位置:南へ120km, 走向:基準+5°, 傾斜角:基準+5°, すべり角:基準+10°



最大水位上昇量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

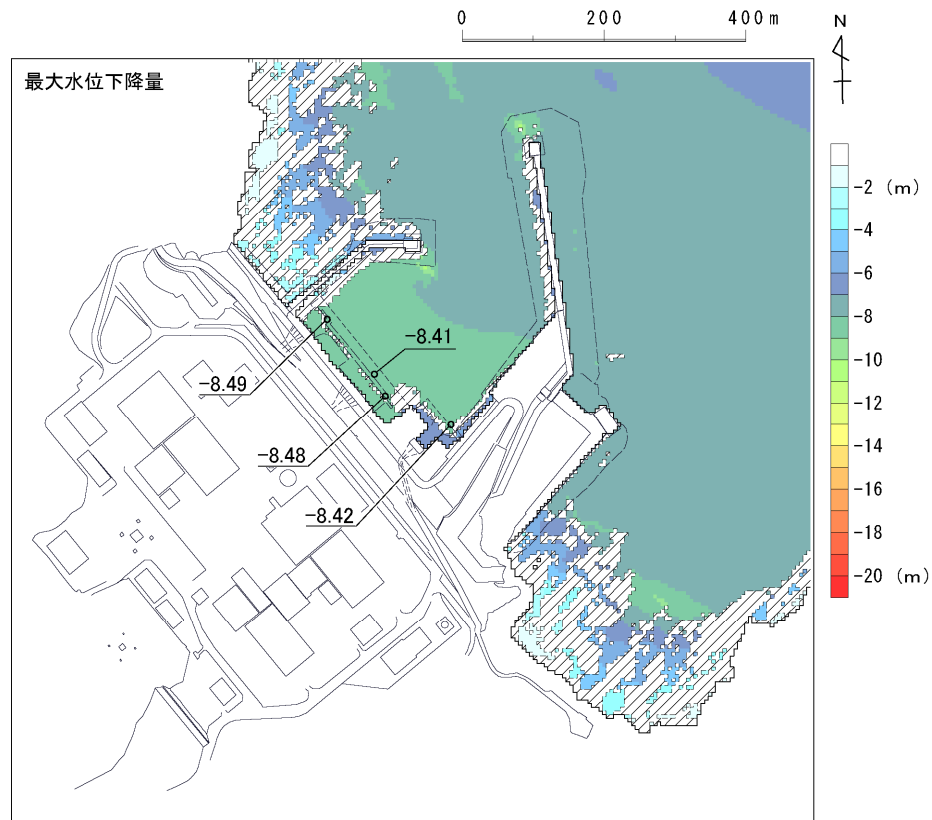
※:水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

### 3.2 津波地震

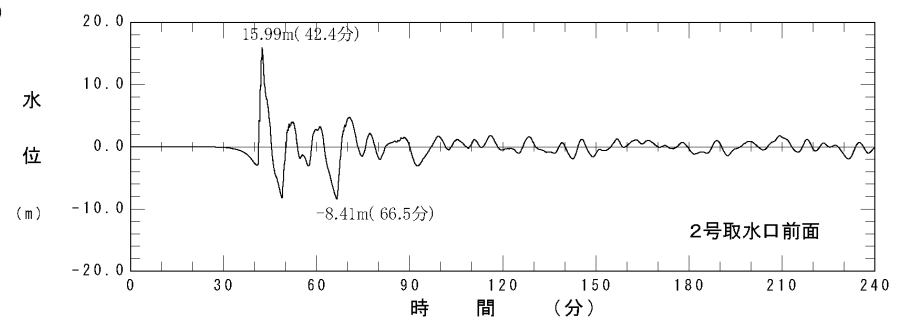
#### 3.2.3 津波予測計算結果④

##### ■水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	決定ケース
水位下降側	2号取水口前面	位置:南へ100km, 走向:基準 $-5^{\circ}$ , 傾斜角:基準 $+5^{\circ}$ , すべり角:基準 $+10^{\circ}$



最大水位下降量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

※: 水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

# I . 地震に起因する津波の評価

## 4. 海洋プレート内地震※

---

- 4. 1 基準断層モデルの設定
- 4. 2 波源特性の不確かさの考慮
- 4. 3 津波予測計算結果

※: 詳細については, 今後の審査会合で説明予定。

### 4.1 基準断層モデルの設定

- 「海洋プレート内地震」の基準断層モデルは、地震調査研究推進本部(2012)の評価を踏まえ、国内外で最大規模である1933年昭和三陸地震津波を再現するモデル(Mw8.35)を基本とする。
- なお、地震調査研究推進本部(2012)では、1611年の津波を津波地震と評価しているものの、土木学会(2002)では、1611年の津波が海洋プレート内地震であった場合、その地震規模をMw8.6と評価していることを踏まえ、安全側にMw8.6にスケールリングして設定した。
- 波源位置は、地震調査研究推進本部(2012)で示される三陸沖北部から房総沖の海溝寄りの領域内のどこでも発生するものとして設定した。

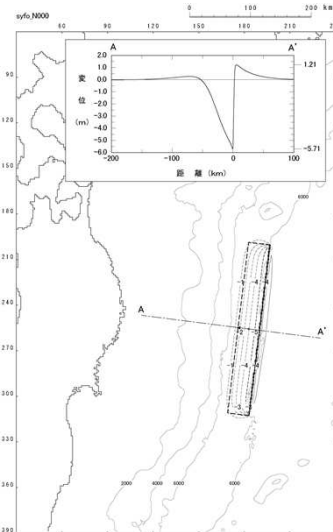
#### 再現モデル

- 地震調査研究推進本部(2012)では、次の地震規模を1933年昭和三陸地震津波とし、その信頼度を「B」と評価している。
- 1933年昭和三陸地震津波は、国内外における海溝外縁隆起帯で発生した最大規模の海洋プレート内地震である。

基本とする既往津波	Mw
1933年昭和三陸地震津波	8.35

#### 基準断層モデル

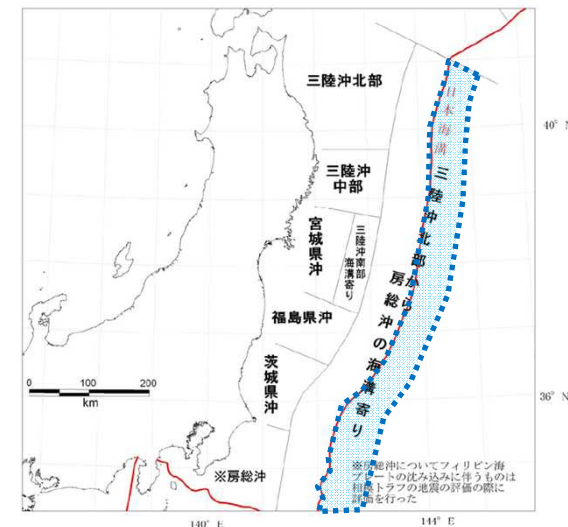
- 再現モデル(Mw8.35)を上回る規模の地震を設定。



Mw	8.6
長さL(km)	283
幅W(km)	50
走向 $\theta$ ( $^{\circ}$ )	190
断層上縁深さd(km)	1
傾斜角 $\delta$ ( $^{\circ}$ )	45
すべり角 $\lambda$ ( $^{\circ}$ )	270
剛性率 $\mu$ (N/m $^2$ )	$7.0 \times 10^{10}$
すべり量D(m)	10.1

#### 波源位置

- 日本海溝沿いのどこでも発生すると想定。



## 4. 海洋プレート内地震

### 4.2 波源特性の不確かさの考慮

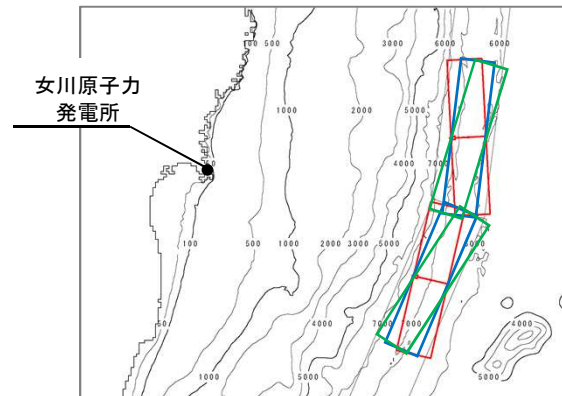
- 土木学会(2002)を参考として、位置及び走向を変動させた概略パラメータスタディを実施し、各評価位置で水位上昇量及び水位下降量が最大となるケースについて、傾斜角及び断層上縁深さを変動させた詳細パラメータスタディを実施した。
- なお、日本海溝は北緯約38°を境に地下構造が変化することから(Tsuru et al.(2002))、北緯約38°を跨ぐ津波波源については、南北2枚の断層として不確かさを考慮した。
- 各パラメータの変動範囲については、土木学会(2002)等を参考に設定<sup>※1, 2</sup>した。

※1: 土木学会(2002)では、プレート間逆断層地震のハーバードCMTによる発震機構解(1976.1~2000.1に発生したMw6.0以上、深さ60km以下の地震)及び既往の断層モデルのばらつきから変動範囲を設定。

※2: 日本海溝沿いでは、2005年11月15日(Mw7.1)、2011年3月11日(Mw7.7)に海洋プレート内地震が発生しており、傾斜角はそれぞれ約45°(岩淵(2013))、42°(Lay et al.(2011))である。

【概略パラメータスタディ】

項目	変動範囲
位置	基準, 北へ20km, 40km, 南へ20km, 40km, 60km, 80km, 100km, 120km, 140km, 160km, 180km, 200km, 220km, 240km, 260km, 280km, 300km移動
走向	基準, 基準±10°



不確かさの考慮方法の概念

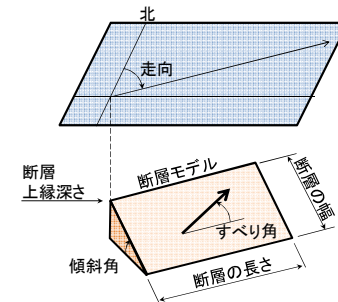
最大水位上昇量・  
下降量決定ケース



【詳細パラメータスタディ】

項目	変動範囲
傾斜角	基準, 基準±5°
断層上縁深さ	0, 1, 2km

(参考)断層パラメータ



## 4. 海洋プレート内地震

## 4.3 津波予測計算結果①

## 【水位上昇側】

地震種別	波源モデル	最大水位上昇量(m)					
		敷地 前面	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	1号放水口 前面	2・3号 放水口前面
海洋プレート内地震	正断層型の地震	21.38	11.85	15.15	14.19	13.86	12.07

## ■敷地前面決定ケース

・波源位置:南へ140km, 走向:基準-10°, 傾斜角:基準+5°, 断層上縁深さ:2km

## 【水位下降側】

地震種別	波源モデル	最大水位下降量(m)		
		1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面
海洋プレート内地震	正断層型の地震	9.31	9.30	9.32

## ■2号取水口前面決定ケース

・波源位置:南へ120km, 走向:基準-10°, 傾斜角:基準-5°, 断層上縁深さ:2km

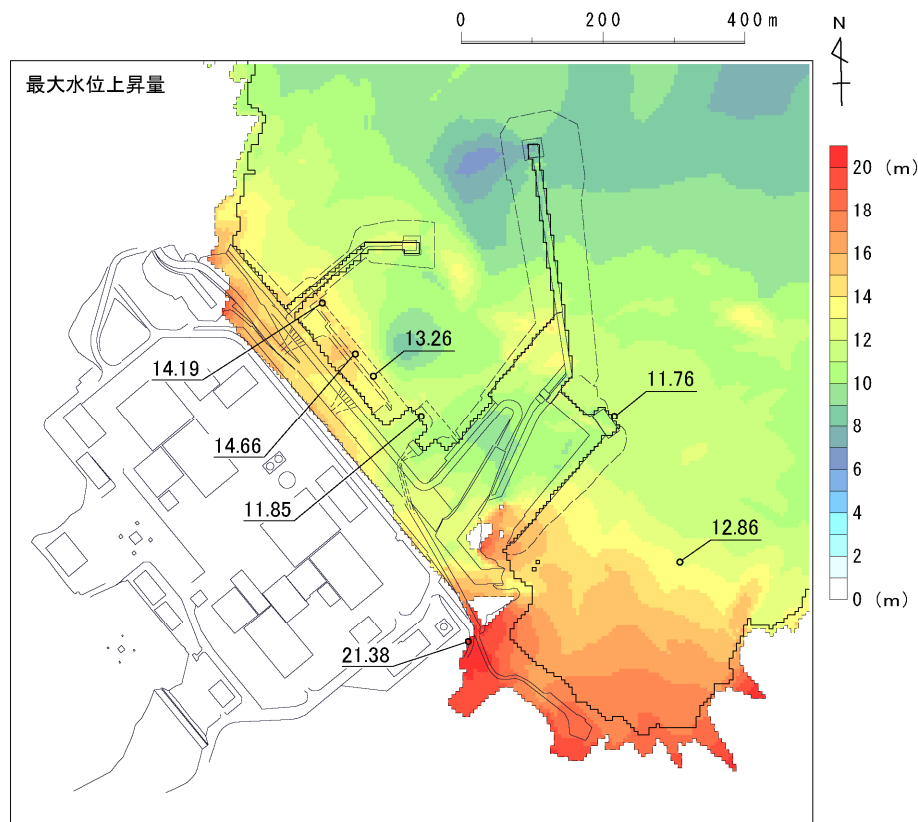


## 4. 海洋プレート内地震

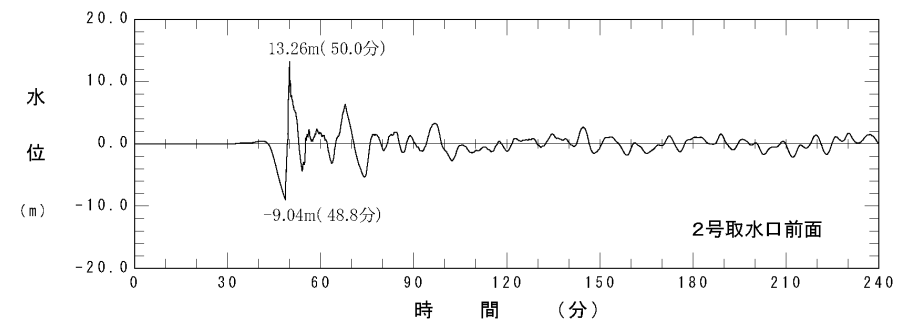
## 4.3 津波予測計算結果②

## ■ 水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	決定ケース
水位上昇側	敷地前面	位置:南へ140km, 走向:基準-10°, 傾斜角:基準+5°, 断層上縁深さ:2km



最大水位上昇量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

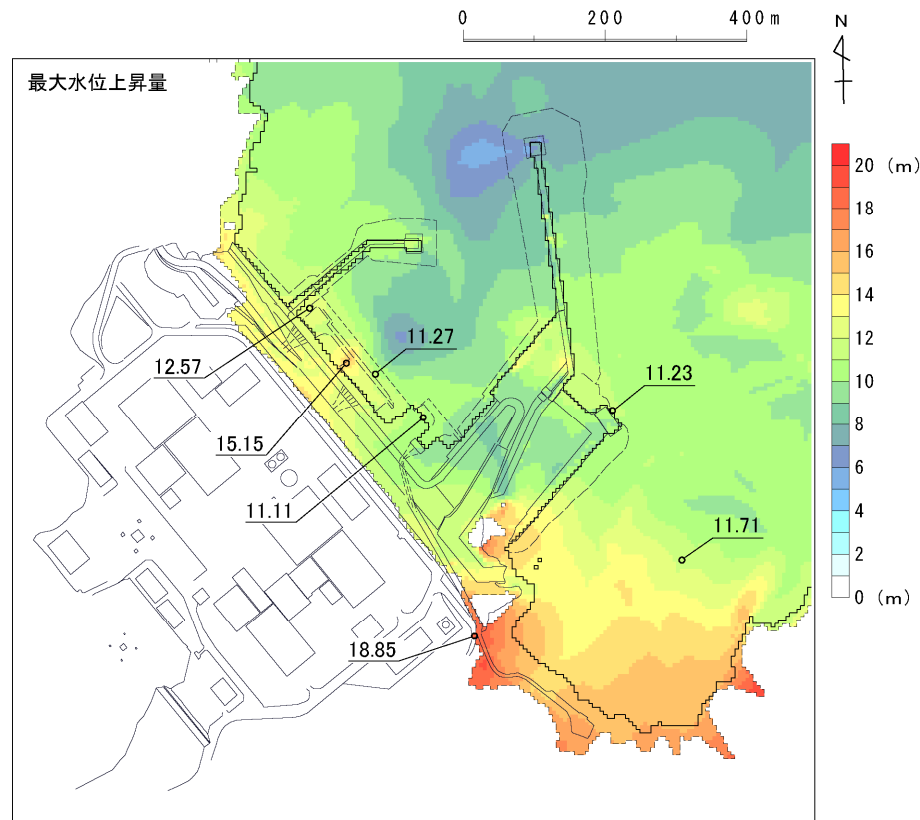
※: 水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

## 4. 海洋プレート内地震

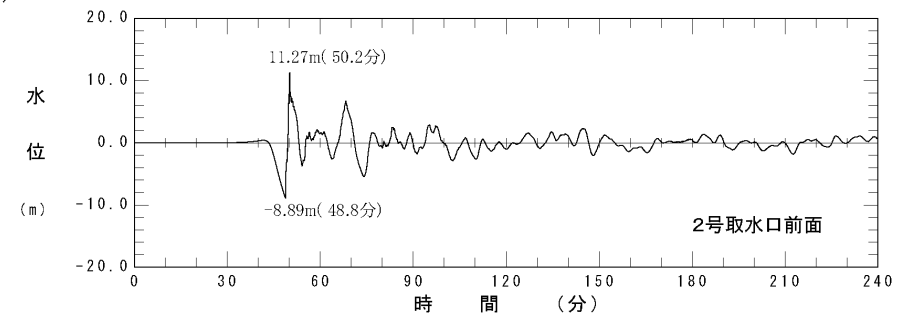
## 4.3 津波予測計算結果③

## ■ 水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	決定ケース
水位上昇側	2号取水口前面	位置:南へ180km, 走向:基準+10°, 傾斜角:基準+5°, 断層上縁深さ:2km



最大水位上昇量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

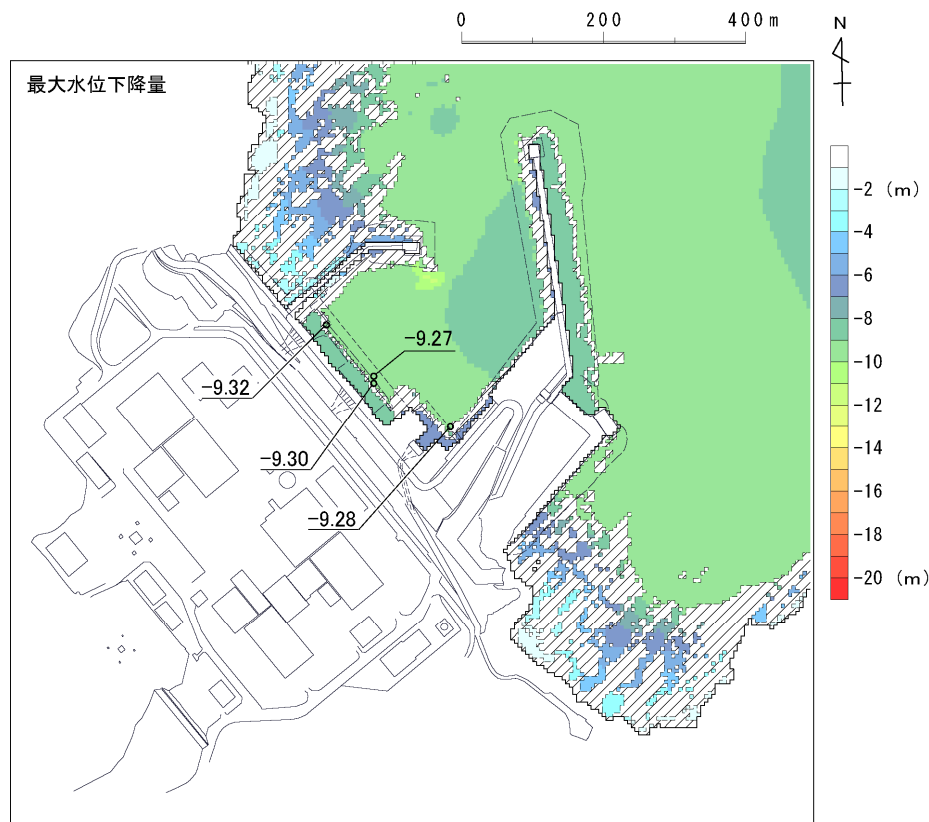
※: 水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

## 4. 海洋プレート内地震

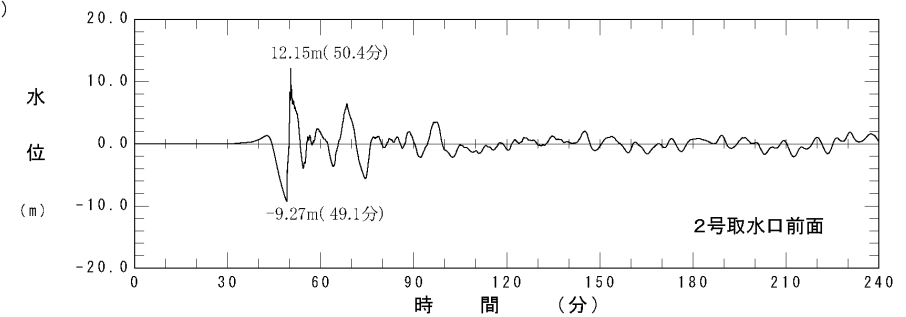
## 4.3 津波予測計算結果④

## ■ 水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	決定ケース
水位下降側	2号取水口前面	位置:南へ120km, 走向:基準-10°, 傾斜角:基準-5°, 断層上縁深さ:2km



最大水位下降量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

※: 水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

# I . 地震に起因する津波の評価

## 5. 海域の活断層による地殻内地震※

---

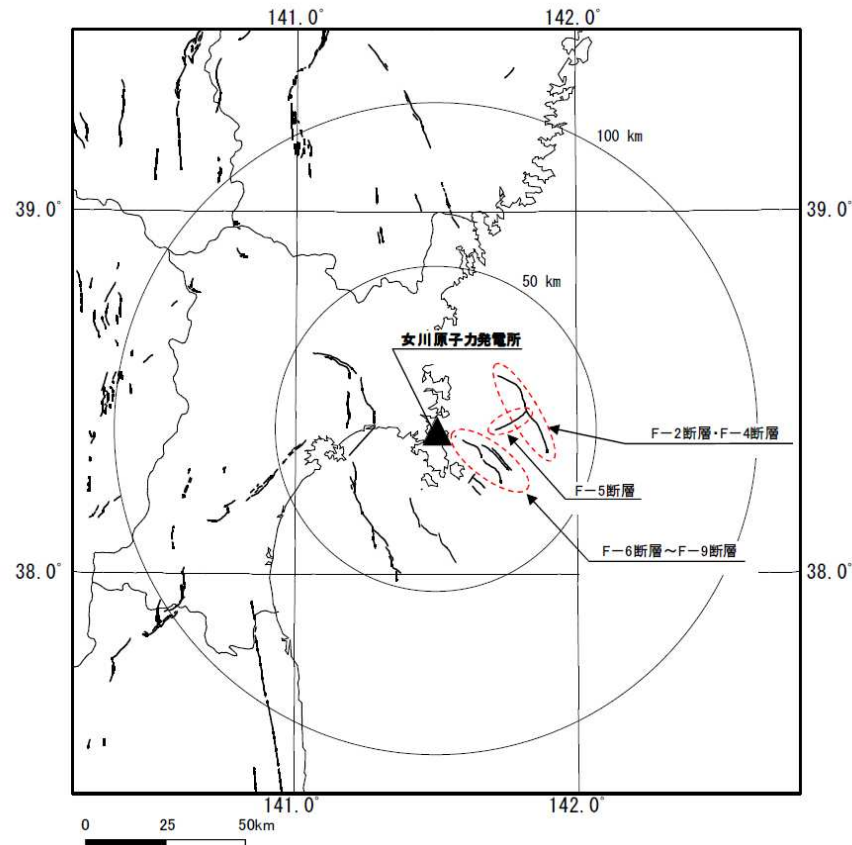
- 5. 1 検討方針
- 5. 2 検討結果

※:平成26年4月16日, 9月12日, 11月14日開催の審査会合におけるコメントを踏まえた検討結果を今後適切に反映する。

## 5. 海域の活断層による地殻内地震

### 5.1 検討方針

- 敷地周辺の地質・地質構造において、後期更新世以降の活動を考慮している断層を選定する。
- 津波高さの検討は、阿部(1989)の簡易予測式により推定津波高を検討する。



敷地周辺海域の活断層分布※1

断層名	断層の長さ(km)	敷地からの距離※2 Δ(km)
F-2断層・F-4断層	27.8	27.0
F-5断層	11.2	23.2
F-6断層～F-9断層 (F-6断層北西延長部付近の 1測線でのみ認められる断層, F-6断層, F-7断層, F-9断層, F-8・f-12断層)	22	15

※1: 平成26年4月16日, 9月12日, 11月14日開催の審査会合におけるコメントを踏まえた検討結果を今後適切に反映する。

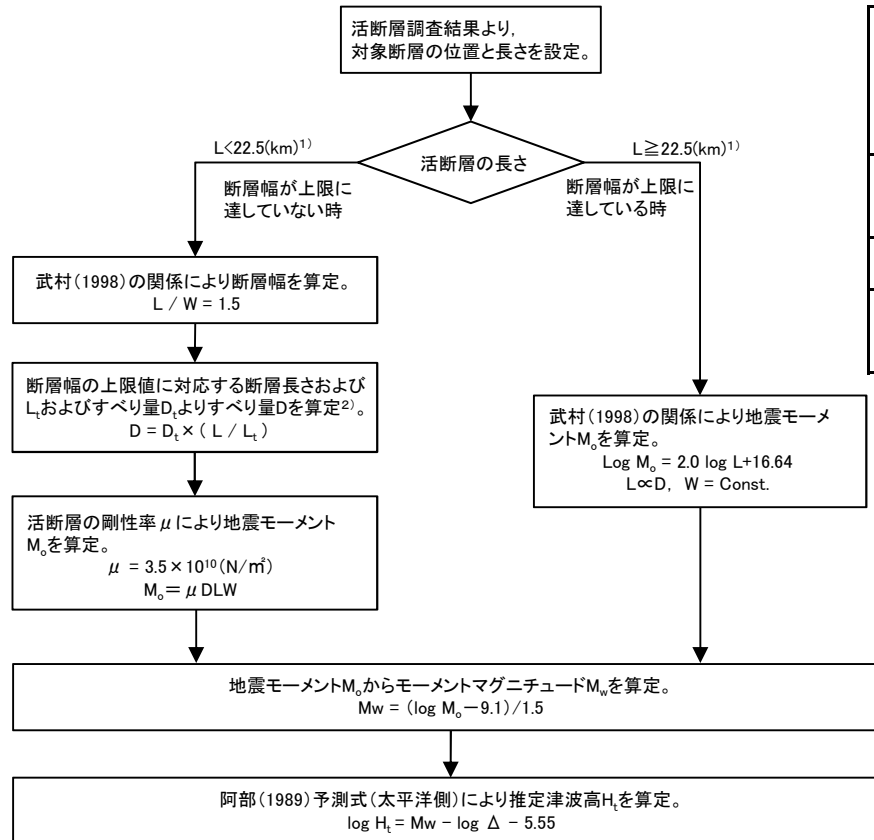
※2: 断層中心から敷地までの平面距離

## 5. 海域の活断層による地殻内地震

### 5.2 検討結果

- 推定津波高は最大1.2mであり、プレート間地震及び海洋プレート内地震に起因する津波に伴う津波高と比較して十分小さいことを確認した。

#### 【検討フロー】



1) 断層幅の上限 $W_t$ は、地震発生層の厚さ $H_s$ を15kmとし、傾斜角 $\delta$ を $90^\circ$  ( $45 \sim 90^\circ$ のうち $M_w$ が最大となる値)とした際には、 $W_t = H_s / \sin \delta = 15\text{km}$ となる。また、断層幅の上限に対応する断層長さ $L_t$ は $L_t = 1.5 \times W_t = 22.5\text{km}$ となる。

2) 断層幅の上限に対応するすべり量 $D_t$ は、モーメントマグニチュードを $M_{wt} = (\text{log } L_t + 3.77) / 0.75 = 6.83$ 、地震モーメントを $M_{0t} = 10^7 (1.5 M_{wt} + 9.1) = 2.21 \times 10^{10} \text{N}\cdot\text{m}$ 、剛性率を $\mu = 3.50 \times 10^{10} \text{N/m}^2$ とした際には、 $D_t = M_{0t} / (\mu L_t W_t) = 1.87\text{m}$ となる。

#### 【検討結果】

断層名	Mw	断層長さ L(km)	断層幅 W(km)	すべり量 D(m)	地震モーメント $M_0(\text{N}\cdot\text{m})$	津波の伝播距離 $\Delta$ (km)	推定津波高 $H_t(\text{m})$
F-2断層・F-4断層	7.0	27.8	15.0	2.31	$3.37 \times 10^{19}$	27.0	1.1
F-5断層	6.2	11.2	7.5	0.93	$2.73 \times 10^{18}$	23.2	0.2
F-6断層～F-9断層	6.8	22	14.7	1.83	$2.07 \times 10^{19}$	15	1.2

## Ⅱ. 地震以外に起因する津波の評価

### 1. 地すべり及び斜面崩壊※

---

- 1. 1 既往津波に関する文献調査
- 1. 2 陸上の地すべり及び斜面崩壊に起因する津波の評価
- 1. 3 海底の地すべりに起因する津波の評価

※: 詳細については、今後の審査会合で説明予定。

## 1. 地すべり及び斜面崩壊

### 1.1 既往津波に関する文献調査

---

- 文献調査の結果、敷地周辺において陸上及び海底の地すべり、並びに斜面崩壊による既往津波の記録はない。

#### 【調査した文献】

- ① 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013):日本被害地震総覧 599-2012, 東京大学出版会
- ② 渡辺偉夫(1998):日本被害津波総覧 [第2版], 東京大学出版会
- ③ 気象庁(1951~2010):地震月報ほか
- ④ 国立天文台編(2013):理科年表, 平成25年, 丸善



## 1. 地すべり及び斜面崩壊

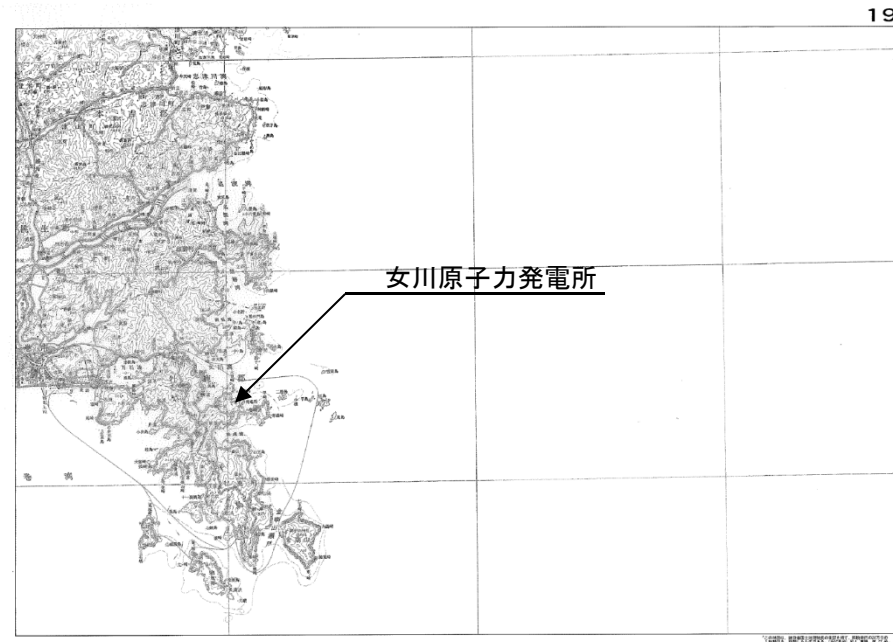
### 1.2 陸上の地すべり及び斜面崩壊に起因する津波の評価

- 防災科学技術研究所の地すべり地形分布図データベース、地すべり学会東北支部による東北の地すべり・地すべり地形によれば、敷地周辺陸域の地形について、地すべり及び斜面崩壊地形は認められない。

北上 KITAKAMI LM-797	人首 HITOKABE LM-793	遠野 TONO LM-789	釜石 KAMAISHI LM-787
水沢 MIZUSAWA LM-798	陸中大原 RIKUCHUOHARA LM-794	盛 SAKARI LM-790	綾里 RYORI LM-788
一関 ICHINOSEKI LM-799	千厩 SENMAYA LM-795	気仙沼 KESENNUMA LM-791	【一関】
若柳 WAKAYANAGI LM-800	志津川 SHIZUGAWA LM-796	津谷 TSUYA LM-792	
涌谷 WAKUYA LM-804	登米 TOYOMA LM-802	大須 OSU LM-801	【石巻】
松島 MATSUSHIMA LM-805	石巻 ISHINOMAKI LM-803	寄磯 YORIISO (地すべり地形なし)	
塩竈 SHIOGAMA (地すべり地形なし)	金華山 KINKASAN (地すべり地形なし)		

□ : 敷地周辺

防災科学技術研究所 地すべり地形分布図データベースHP  
(一部加筆)



地すべり学会東北支部 東北の地すべり・地すべり地形  
(一部加筆)



以上より、陸上の地すべり及び斜面崩壊に起因する津波の影響は極めて小さいと考えられる。

## 1. 地すべり及び斜面崩壊

### 1.3 海底の地すべりに起因する津波の評価: 検討フロー

- 以下の検討フローに従い、過去に敷地周辺に津波を来襲させた可能性のある海底地すべり地形の波源モデル設定に関する調査を実施した。

#### 【検討フロー】

##### ■ 広域的概査

① 敷地前面海域における海底地すべり地形の有無

##### ■ 局所的精査

② 海底地すべり地形判読調査

日本水路協会M7000シリーズを用いて海底地形判読調査を実施し、海底地すべりを示唆する明瞭な海底地すべり地形を抽出する。

#### 【事前検討】

i. 海底地すべりの特徴把握(=文献調査)

海底地すべりの特徴、発生場所、発生要因に関する文献調査の実施。

ii. 調査範囲の設定

上記文献調査及び津波伝播特性を踏まえて設定。

③ 海底地すべり地形調査

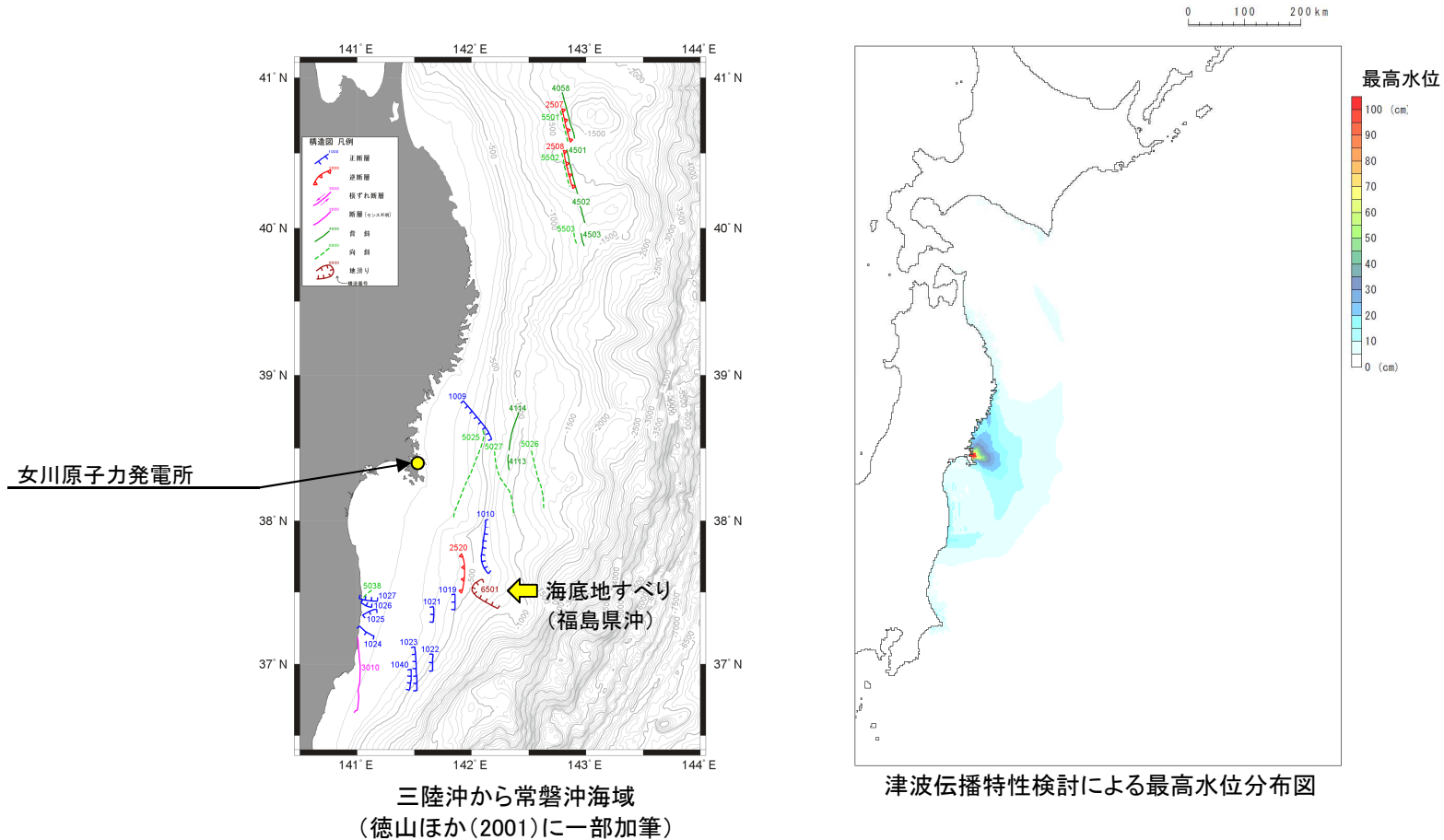
上記②で抽出された海底地すべりを示唆する地形について、海上音波探査記録等を用いて、地すべり地形であるか否か、並びに地すべり地形の形状等を精査する。

④ 波源モデルの設定

## 1. 地すべり及び斜面崩壊

### 1.3 海底の地すべりに起因する津波の評価: 広域的概査

- ・ 広域的概査は、徳山ほか(2001)による地質構造及び津波伝播特性検討結果を用いて実施した。三陸沖から常磐沖海域の地質構造および津波伝播特性検討(詳細は、p69～73に示す。)による最高水位分布図を以下に示す。
- ・ 敷地に与える影響が大きいと考えられる敷地前面から日本海溝までの範囲に、海底地すべり地形は認められない。



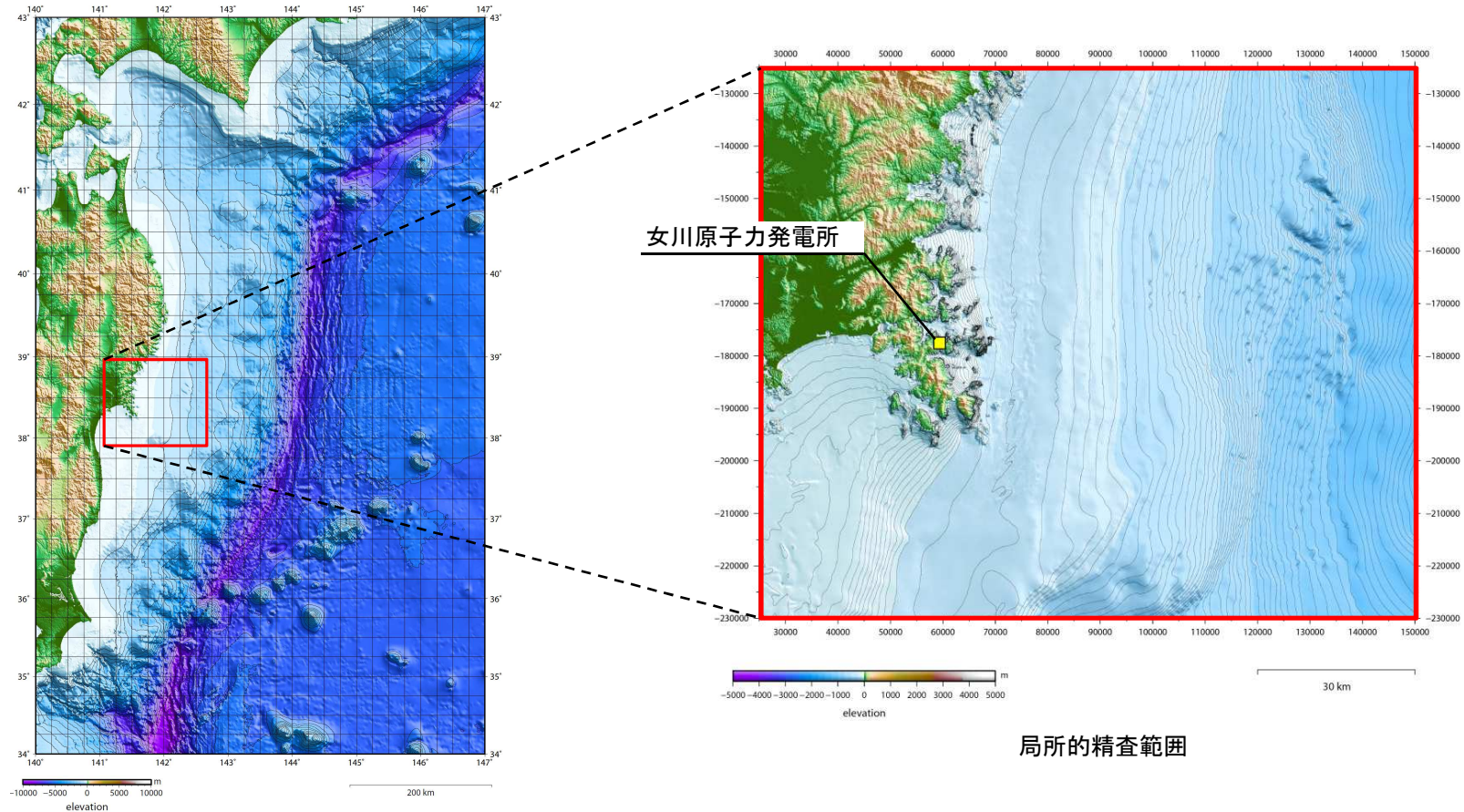
次に、文献調査による海底地すべり地形の特徴把握及び津波伝播特性の検討結果を踏まえ局所的精査範囲を設定する。

# 1. 地すべり及び斜面崩壊

## 1.3 海底の地すべりに起因する津波の評価:局所的精査範囲の設定および評価結果

### ■局所的精査範囲の設定

- 海底地すべり地形の特徴及び津波伝播特性の検討結果を踏まえ、局所的精査範囲は、緩斜面及び大陸棚が含まれる水深1000mまでとした。



東日本の海底地形(岸本(2000))

局所的精査範囲

### ■海底地すべり地形判読調査結果

- 海底地すべり地形の特徴である明瞭な馬蹄形を呈する地すべりを示唆する痕跡は認められない。



以上より、海底地すべりに起因する津波の影響は極めて小さいと考えられる。

## Ⅱ. 地震以外に起因する津波の評価

### 2. 火山現象※

---

- 2. 1 既往津波に関する文献調査
- 2. 2 火山現象に起因する津波の評価

※: 詳細については, 今後の審査会合で説明予定。

## 2. 火山現象

### 2.1 既往津波に関する文献調査

---

- 文献調査の結果、敷地周辺において火山現象による既往津波の記録はない。

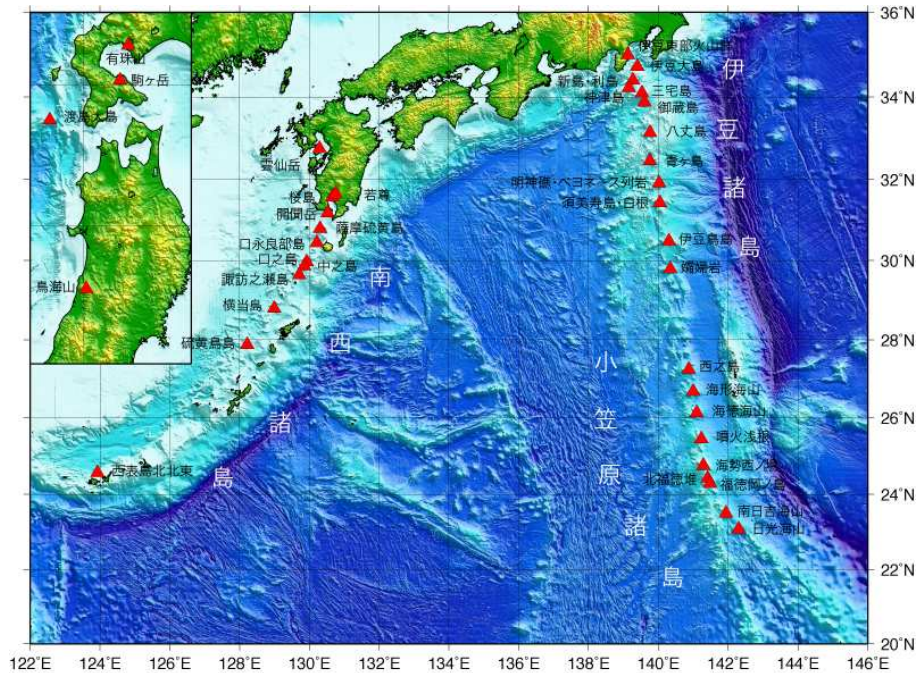
#### 【調査した文献】

- ① 宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013):日本被害地震総覧 599-2012, 東京大学出版会
- ② 渡辺偉夫(1998):日本被害津波総覧 [第2版], 東京大学出版会
- ③ 気象庁(1951~2010):地震月報ほか
- ④ 国立天文台編(2013):理科年表, 平成25年, 丸善

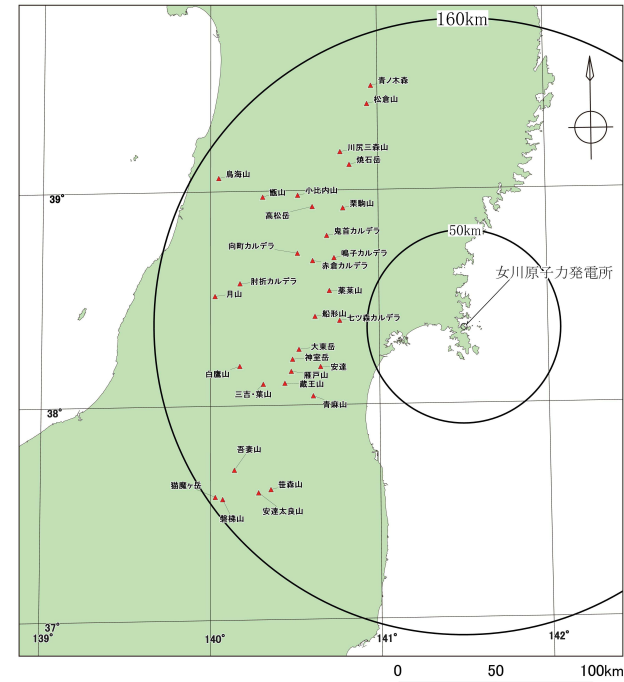
## 2. 火山現象

### 2.2 火山現象に起因する津波の評価

- 海上保安庁の海域火山データベース及び産業技術総合研究所の「日本の火山(第3版)」から、敷地周辺および前面海域に津波を発生させる火山は認められない。



海域の火山  
(海上保安庁(2013))



敷地を中心とする半径160km範囲の陸域の第四紀火山  
(産業技術総合研究所編(2013))



以上より、火山現象に起因する津波の影響は極めて小さいと考えられる。

## Ⅲ. 基準津波の評価

### 1. 港湾部の防波堤効果の影響検討

---

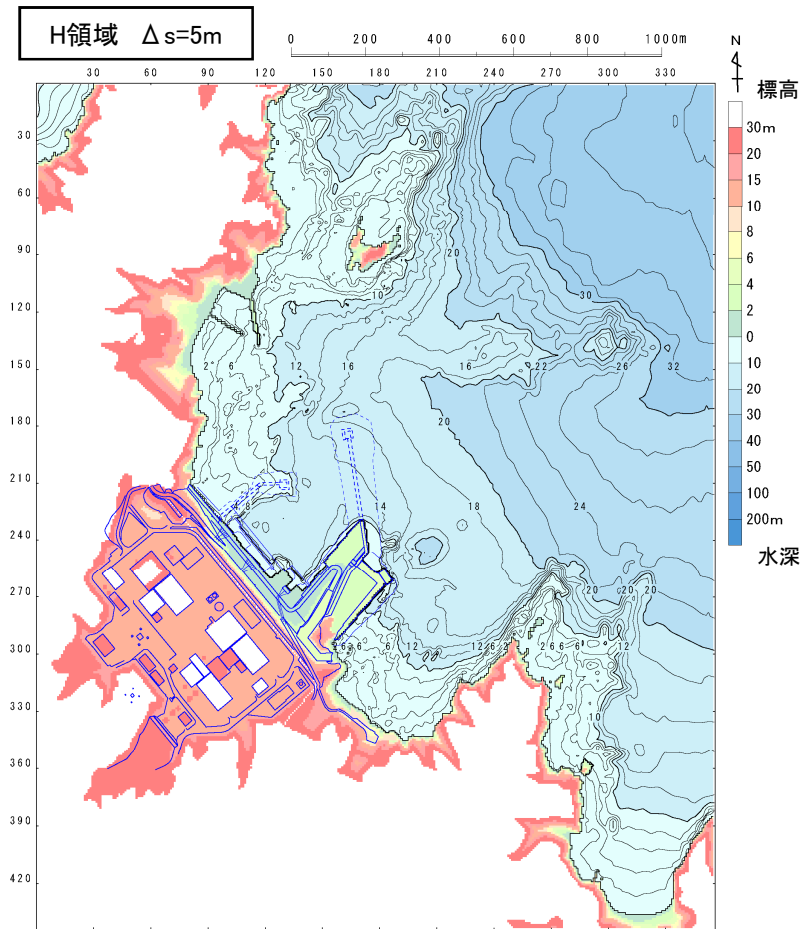
- 1. 1 検討方針
- 1. 2 検討ケースの抽出
- 1. 3 津波予測計算結果



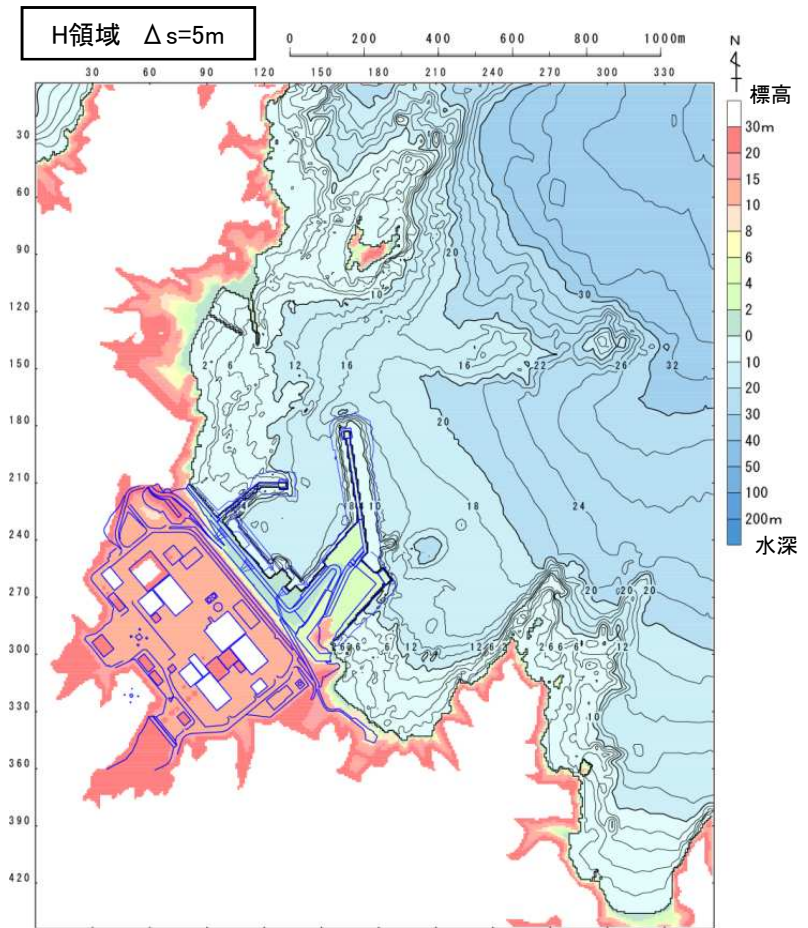
## 1. 港湾部の防波堤効果の影響検討

### 1.1 検討方針

- 敷地前面、各取水口前面及び各放水口前面において水位上昇量が最大となるケース、並びに各取水口前面において水位下降量が最大となるケースについて、港湾部の防波堤の効果が無い場合について検討を行う。
- 港湾部の防波堤の効果が無い場合の検討に用いた地形データを以下に示す。



港湾部の防波堤効果無し



(参考) 港湾部の防波堤効果有り(p13再掲)

## 1.2 検討ケースの抽出:水位上昇側

- 敷地前面, 各取水口前面及び各放水口前面において水位上昇量が最大となる東北地方太平洋沖型の地震のうち特性化モデルを対象に検討を行う。

種別	波源モデル		最大水位上昇量(m)					
			敷地前面	1号取水口前面	2号取水口前面	3号取水口前面	1号放水口前面	2・3号放水口前面
プレート間地震	東北地方太平洋沖型の地震	内閣府(2012)モデル	17.32	15.97	16.20	16.29	14.76	14.73
		女川再現モデル	15.89	15.00	15.22	15.24	15.22	14.78
		既往津波の組合せモデル	17.32	15.56	15.37	15.26	14.16	14.77
		特性化モデル	<b>21.58</b>	<b>18.85</b>	<b>19.50</b>	<b>19.60</b>	<b>16.46</b>	<b>17.16</b>
	津波地震	19.50	16.14	16.81	16.77	14.44	15.44	
海洋プレート内地震	正断層型の地震		21.38	11.85	15.15	14.19	13.86	12.07
海域の活断層による地殻内地震	F-6断層～F-9断層		1.2m(阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高)					
地すべり及び斜面崩壊			発電所へ与える影響は極めて小さい。					
火山現象			発電所へ与える影響は極めて小さい。					

## ■敷地前面決定ケース

- ・内閣府(2012)モデル=位置:南へ50km
- ・女川再現モデル=位置:南へ50km
- ・既往津波の組合せモデル=走向:津波地震 基準-5°, プレート間地震 基準-10°, 傾斜角:基準+5°, すべり角:基準+10°
- ・特性化モデル=海溝側強調モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点:基準(同時破壊)
- ・津波地震=波源位置:南へ100km, 走向:基準, 傾斜角:基準, すべり角:基準
- ・海洋プレート内地震=波源位置:南へ140km, 走向:基準-10°, 傾斜角:基準+5°, 断層上縁深さ:2km

## 1. 港湾部の防波堤効果の影響検討

## 1.2 検討ケースの抽出:水位下降側

- 各取水口前面において水位下降量が最大となる東北地方太平洋沖型の地震のうち既往津波の組合せモデルを対象に検討を行う。

種別	波源モデル		最大水位下降量(m)		
			1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面
プレート間 地震	東北地方 太平洋沖 型の地震	内閣府(2012)モデル	9.03	9.15	9.16
		女川再現モデル	8.02	8.02	8.02
		既往津波の組合せモデル	<b>10.88</b>	<b>10.82</b>	<b>10.81</b>
		特性化モデル	9.40	9.42	9.46
	津波地震	8.42	8.48	8.49	
海洋プレート 内地震	正断層型の地震		9.31	9.30	9.32
海域の活断 層による地 殻内地震	F-6断層～F-9断層		1.2m(阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高)		
地すべり及び斜面崩壊			発電所へ与える影響は極めて小さい。		
火山現象			発電所へ与える影響は極めて小さい。		

## ■2号取水口前面決定ケース

- ・内閣府(2012)モデル=位置:基準
- ・女川再現モデル=位置:基準
- ・既往津波の組合せモデル=走向:津波地震 基準+5° , プレート間地震 基準+10° , 傾斜角:基準+5° , すべり角:基準+10°
- ・特性化モデル=すべり量割増モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点:P5
- ・津波地震=波源位置:南へ100km, 走向:基準-5° , 傾斜角:基準+5° , すべり角:基準+10°
- ・海洋プレート内地震=波源位置:南へ120km, 走向:基準-10° , 傾斜角:基準-5° , 断層上縁深さ:2km

## 1. 港湾部の防波堤効果の影響検討

### 1.3 津波予測計算結果①

- 港湾部の防波堤の効果有無の影響を確認した結果※を以下に示す。

東北地方太平洋沖型の地震 (特性化モデル)	最大水位上昇量(m)					
	敷地前面	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	1号放水口 前面	2・3号放水口 前面
防波堤効果有り	<b><u>21.58</u></b>	<b><u>18.85</u></b>	<b><u>19.50</u></b>	19.60	16.46	17.16
防波堤効果無し	20.64	18.80	19.27	<b><u>19.84</u></b>	<b><u>17.81</u></b>	<b><u>17.25</u></b>

東北地方太平洋沖型の地震 (既往津波の組合せモデル)	最大水位下降量(m)		
	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面
防波堤効果有り	10.88	10.82	10.81
防波堤効果無し	<b><u>10.94</u></b>	<b><u>10.86</u></b>	<b><u>10.91</u></b>

※: 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響に関する考察は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p57~65)」に記載。

## 1. 港湾部の防波堤効果の影響検討

## 1.3 津波予測計算結果②

- 水位上昇量及び水位下降量が最大となるケースに、潮位条件を考慮した津波水位を以下に示す。

東北地方太平洋沖型の地震 (特性化モデル)	最高水位					
	敷地前面	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	1号放水口 前面	2・3号放水口 前面
最大水位上昇量(m)	21.58 〔防波堤 効果有り〕	18.85 〔防波堤 効果有り〕	19.50 〔防波堤 効果有り〕	19.84 〔防波堤 効果無し〕	17.81 〔防波堤 効果無し〕	17.25 〔防波堤 効果無し〕
朔望平均満潮位(O.P. m)	+1.43					
最高水位(O.P. m)	+23.1	+20.3	+21.0	+21.3	+19.3	+18.7

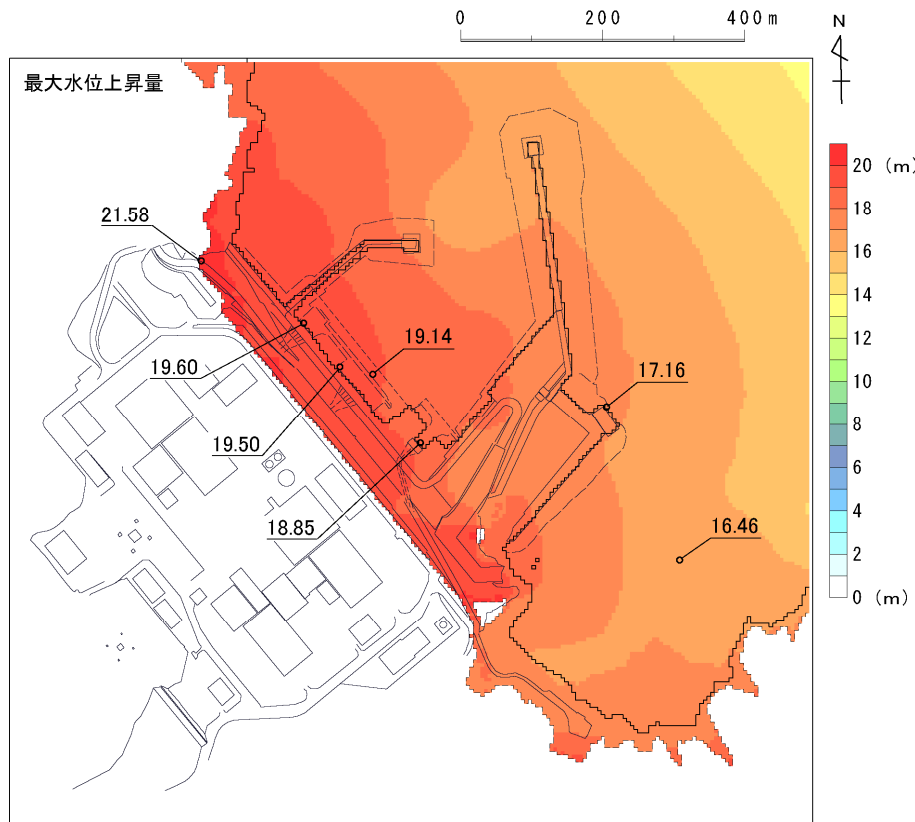
東北地方太平洋沖型の地震 (既往津波の組合せモデル)	最低水位		
	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面
最大水位下降量(m)	10.94 〔防波堤 効果無し〕	10.86 〔防波堤 効果無し〕	10.91 〔防波堤 効果無し〕
朔望平均干潮位(O.P. m)	-0.14		
最低水位(O.P. m)	-11.1	-11.0	-11.1

## 1. 港湾部の防波堤効果の影響検討

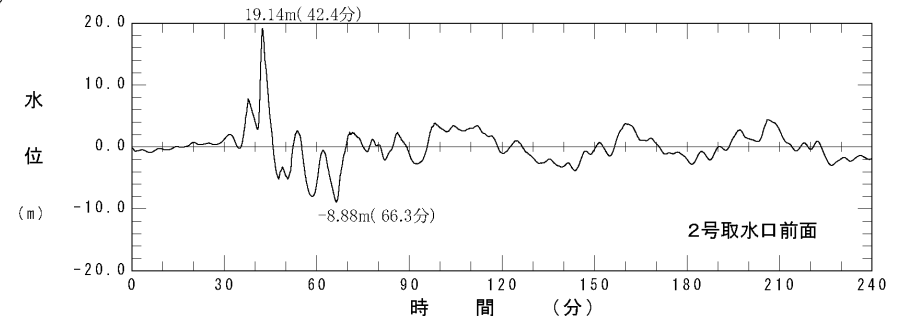
## 1.3 津波予測計算結果③

## ■ 水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	波源モデル	決定ケース	防波堤効果
水位上昇側	敷地前面	特性化モデル	すべり分布:海溝側強調モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点位置:基準(同時破壊)	有
	2号取水口前面	同上	同上	同上



最大水位上昇量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

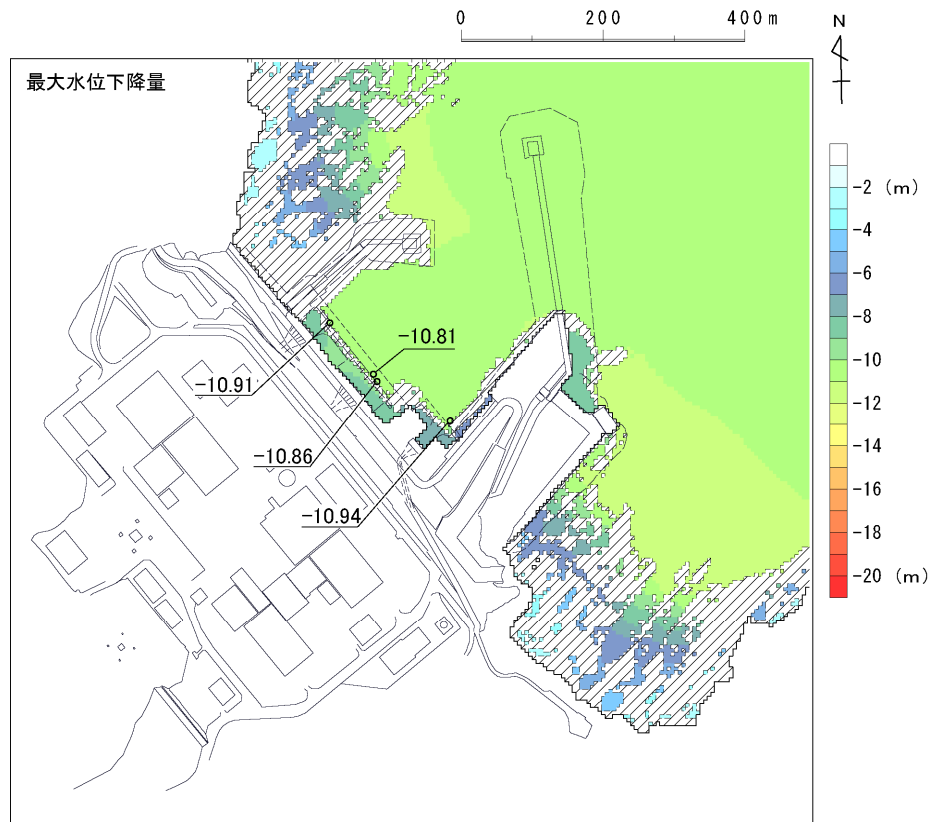
※:水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

## 1. 港湾部の防波堤効果の影響検討

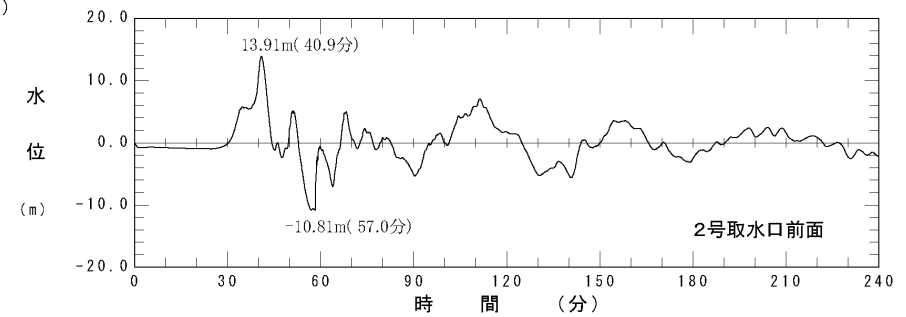
## 1.3 津波予測計算結果④

## ■ 水位分布及び水位時刻歴波形※

評価項目	評価位置	波源モデル	決定ケース	防波堤効果
水位下降側	2号取水口前面	既往津波の組合せモデル	津波地震: 基準+5°, プレート間地震: 基準+10°, 傾斜角: 基準+5°, すべり角: 基準+10°	無



最大水位下降量分布



2号取水口前面における水位時刻歴波形

※: 水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、「資料1-3 女川原子力発電所 基準津波の策定について(補足説明資料)(p51)」に記載。)

## Ⅲ. 基準津波の評価

### 2. 基準津波の評価

---

- 2. 1 基準津波の策定
- 2. 2 基準津波の策定位置
- 2. 3 水位時刻歴波形



## 2. 基準津波の評価

### 2.1 基準津波の策定:水位上昇側

- 水位上昇側の基準津波は、敷地前面、各取水口前面及び放水口前面において最高水位となる「東北地方太平洋沖型の地震(特性化モデル)」とする。

種別	波源モデル		最大水位上昇量(m)					
			敷地前面	1号取水口前面	2号取水口前面	3号取水口前面	1号放水口前面	2・3号放水口前面
プレート間地震	東北地方太平洋沖型の地震	内閣府(2012)モデル	17.32	15.97	16.20	16.29	14.76	14.73
		女川再現モデル	15.89	15.00	15.22	15.24	15.22	14.78
		既往津波の組合せモデル	17.32	15.56	15.37	15.26	14.16	14.77
		特性化モデル	<b>21.58</b> 〔防波堤効果有り〕	<b>18.85</b> 〔防波堤効果有り〕	<b>19.50</b> 〔防波堤効果有り〕	<b>19.84</b> 〔防波堤効果無し〕	<b>17.81</b> 〔防波堤効果無し〕	<b>17.25</b> 〔防波堤効果無し〕
	津波地震	19.50	16.14	16.81	16.77	14.44	15.44	
海洋プレート内地震	正断層型の地震		21.38	11.85	15.15	14.19	13.86	12.07
海域の活断層による地殻内地震	F-6断層～F-9断層		1.2m(阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高)					
地すべり及び斜面崩壊			発電所へ与える影響は極めて小さい。					
火山現象			発電所へ与える影響は極めて小さい。					

#### ■敷地前面決定ケース

- ・内閣府(2012)モデル=波源位置:南へ50km
- ・女川再現モデル=波源位置:南へ50km
- ・既往津波の組合せモデル=走向:津波地震 基準-5°, プレート間地震 基準-10°, 傾斜角:基準+5°, すべり角:基準+10°
- ・特性化モデル=海溝側強調モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点:基準(同時破壊)
- ・津波地震=波源位置:南へ100km, 走向:基準, 傾斜角:基準, すべり角:基準
- ・海洋プレート内地震=波源位置:南へ140km, 走向:基準-10°, 傾斜角:基準+5°, 断層上縁深さ:2km

## 2. 基準津波の評価

### 2.1 基準津波の策定:水位下降側

- 水位下降側の基準津波は、各取水口前面において最低水位となる「東北地方太平洋沖型の地震(既往津波の組合せモデル)」とする。

種別	波源モデル		最大水位下降量(m)		
			1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面
プレート間 地震	東北地方 太平洋沖 型の地震	内閣府(2012)モデル	9.03	9.15	9.16
		女川再現モデル	8.02	8.02	8.02
		既往津波の組合せモデル	<b>10.88</b> 〔防波堤 効果無し〕	<b>10.82</b> 〔防波堤 効果無し〕	<b>10.81</b> 〔防波堤 効果無し〕
		特性化モデル	9.40	9.42	9.46
	津波地震		8.42	8.48	8.49
海洋プレート 内地震	正断層型の地震		9.31	9.30	9.32
海域の活断 層による地 殻内地震	F-6断層～F-9断層		1.2m(阿部(1989)の簡易予測式による推定津波高)		
地すべり及び斜面崩壊			発電所へ与える影響は極めて小さい。		
火山現象			発電所へ与える影響は極めて小さい。		

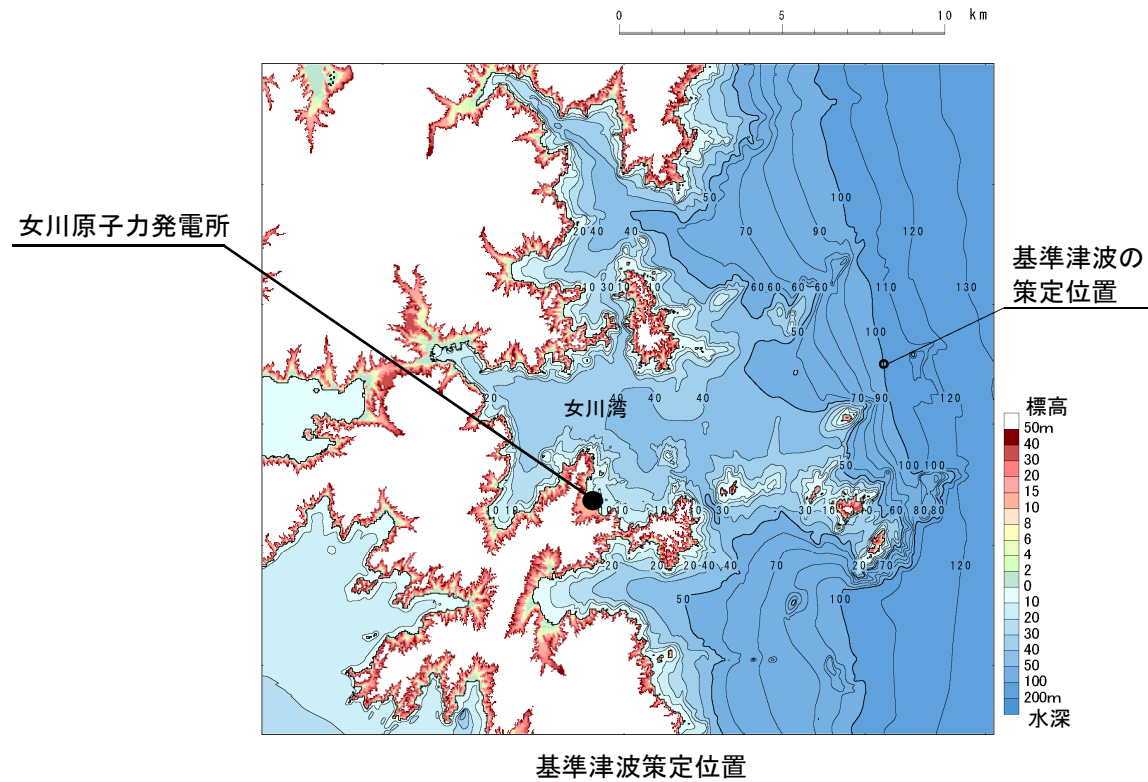
#### ■ 2号取水口前面決定ケース

- ・内閣府(2012)モデル=波源位置:基準
- ・女川再現モデル=波源位置:基準
- ・既往津波の組合せモデル=走向:津波地震 基準+5°, プレート間地震 基準+10°, 傾斜角:基準+5°, すべり角:基準+10°
- ・特性化モデル=すべり量割増モデル, 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点:P5
- ・津波地震=波源位置:南へ100km, 走向:基準-5°, 傾斜角:基準+5°, すべり角:基準+10°
- ・海洋プレート内地震=波源位置:南へ120km, 走向:基準-10°, 傾斜角:基準-5°, 断層上縁深さ:2km

## 2. 基準津波の評価

### 2.2 基準津波の策定位置

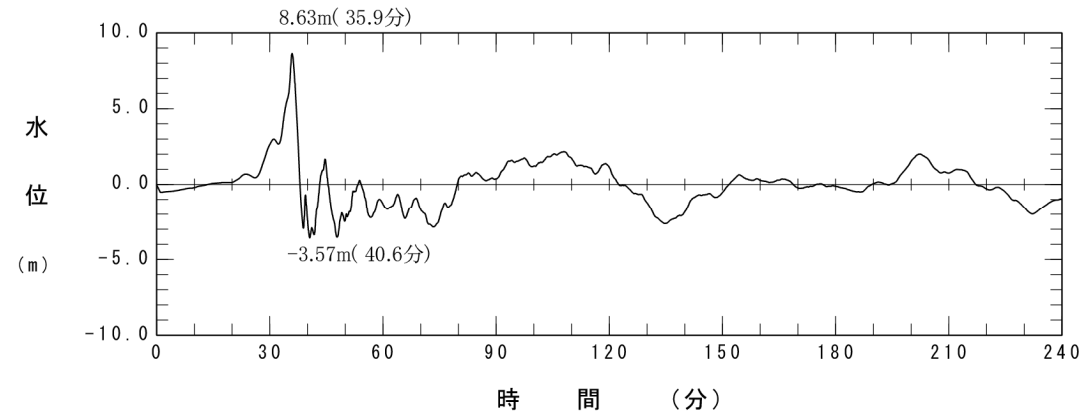
- 基準津波の策定位置は、以下の観点を踏まえ、敷地から沖合いへ約10km離れた位置(水深100m)とした。
  - 施設からの反射波が微小となる位置
  - 女川湾の振動特性(固有周期)に伴う水位増幅の影響が及ばない位置
  - 波の屈折・回折の影響を受けにくい位置



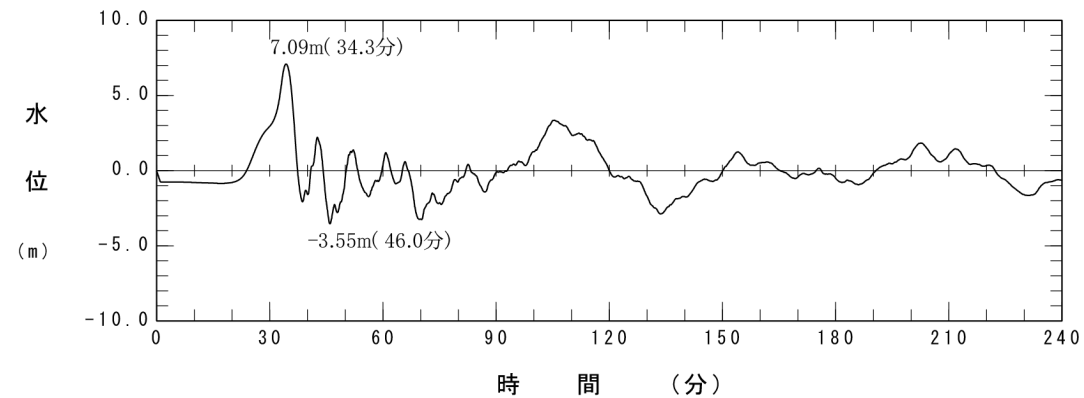
## 2. 基準津波の評価

### 2.3 水位時刻歴波形

- 水位上昇側及び水位下降側最大ケースの水位時刻歴波形を以下に示す。



水位上昇側最大ケース  
(東北地方太平洋沖型の地震 特性化モデル)



水位下降側最大ケース  
(東北地方太平洋沖型の地震 既往津波の組合せモデル)

## 【参考】津波の伝播特性の検討

---

1. 津波伝播特性の検討
2. 発電所に与える影響が大きい大すべり域の位置に関する考察

## 【参考】津波の伝播特性の検討

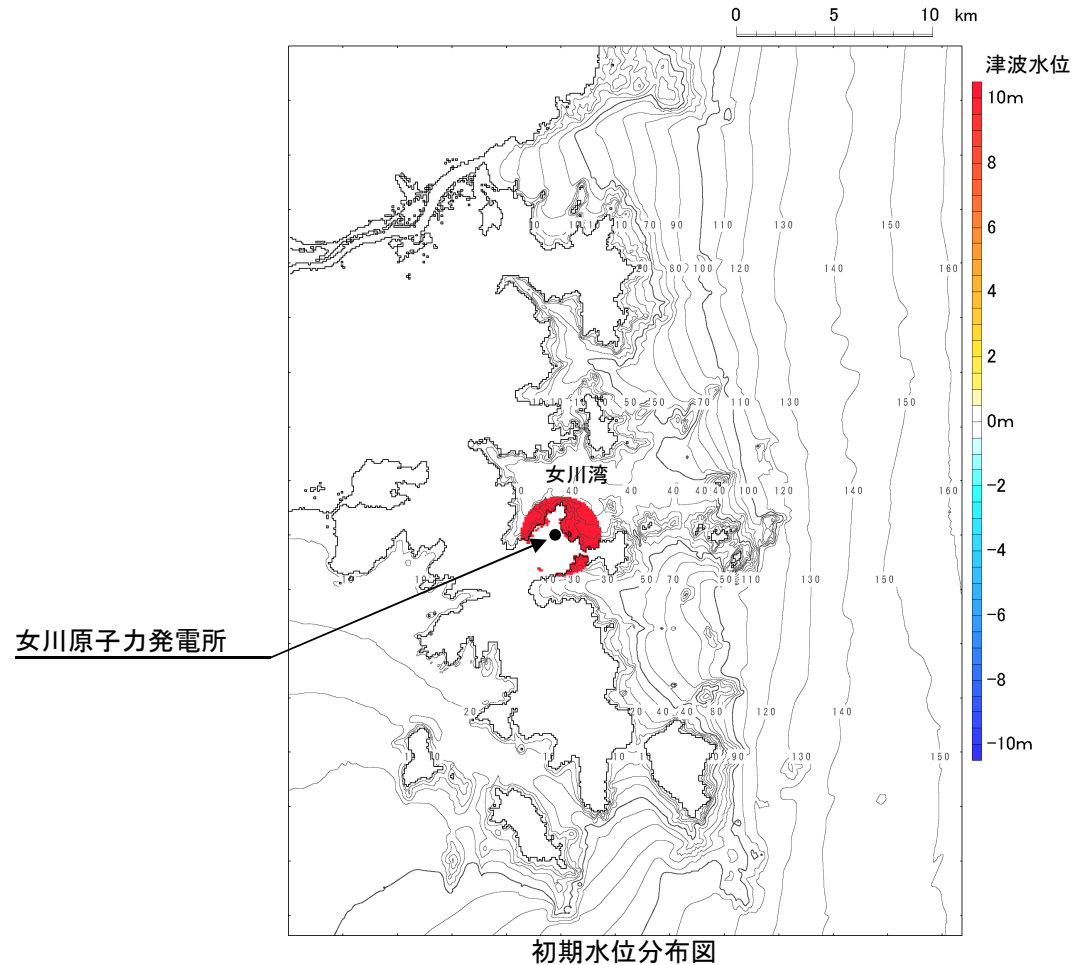
---

1. 津波伝播特性の検討
  1. 1 検討方針
  1. 2 最大水位上昇量分布
  1. 3 津波の伝播状況
2. 発電所に与える影響が大きい大すべり域の位置に関する考察

## 1. 津波伝播特性の検討

### 1.1 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、津波の伝播特性の大まかな傾向の把握を行った。
- 津波波源は、発電所を中心とする半径2kmの円を設定し、一律10mの初期水位を与えた。

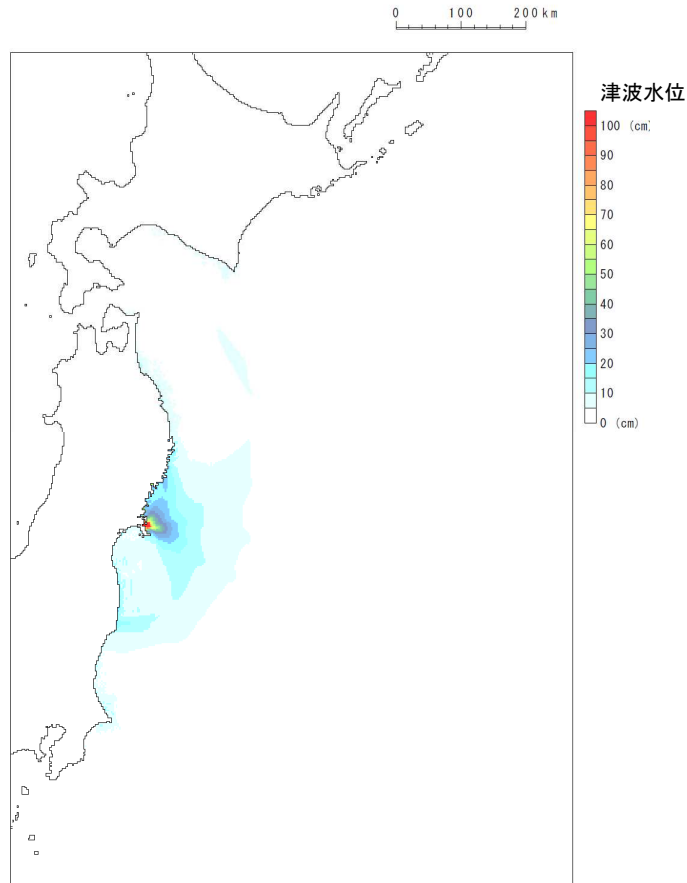


## 1. 津波伝播特性の検討

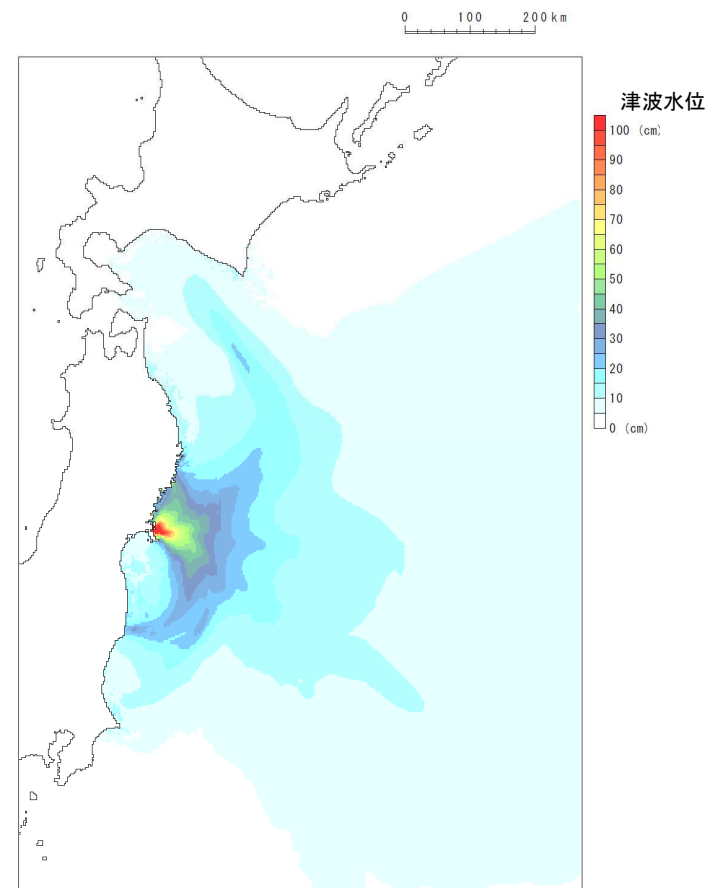
### 1.2 最大水位上昇量分布

- 水深による津波振幅への影響を軽減するため、「グリーンの法則」を用いて最大水位上昇量を補正※した。

※：波源位置の水深を $h_0$ (=10m), 沖合地点の水深を $h$ として, 数値シミュレーションで得られる各格子の最大水位上昇量を「 $(h_0/h)^{1/4}$ 」で除して補正。



水位補正前



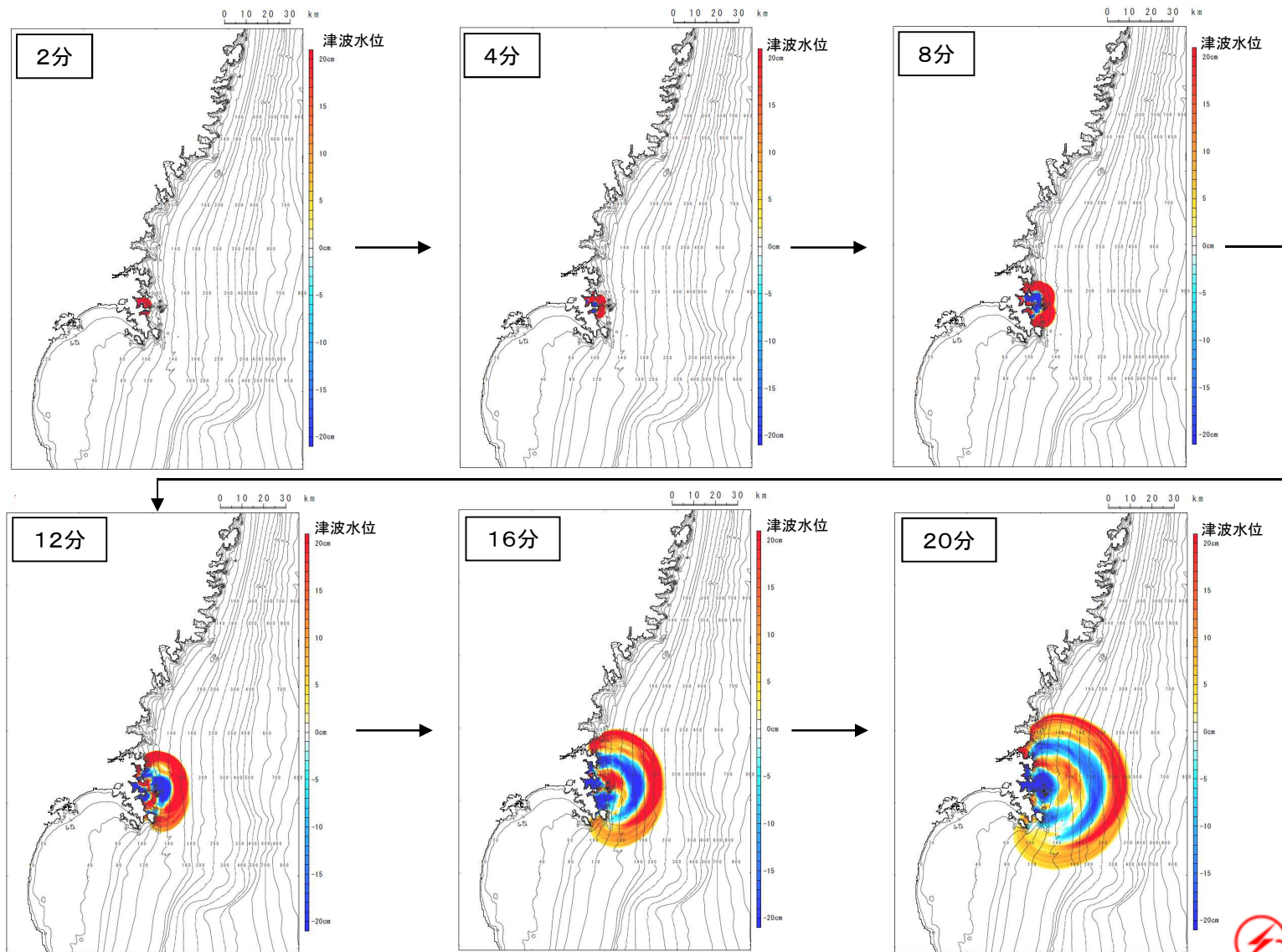
水位補正後



# 1. 津波伝播特性の検討

## 1.3 津波の伝播状況: 敷地近傍(2~20分後)

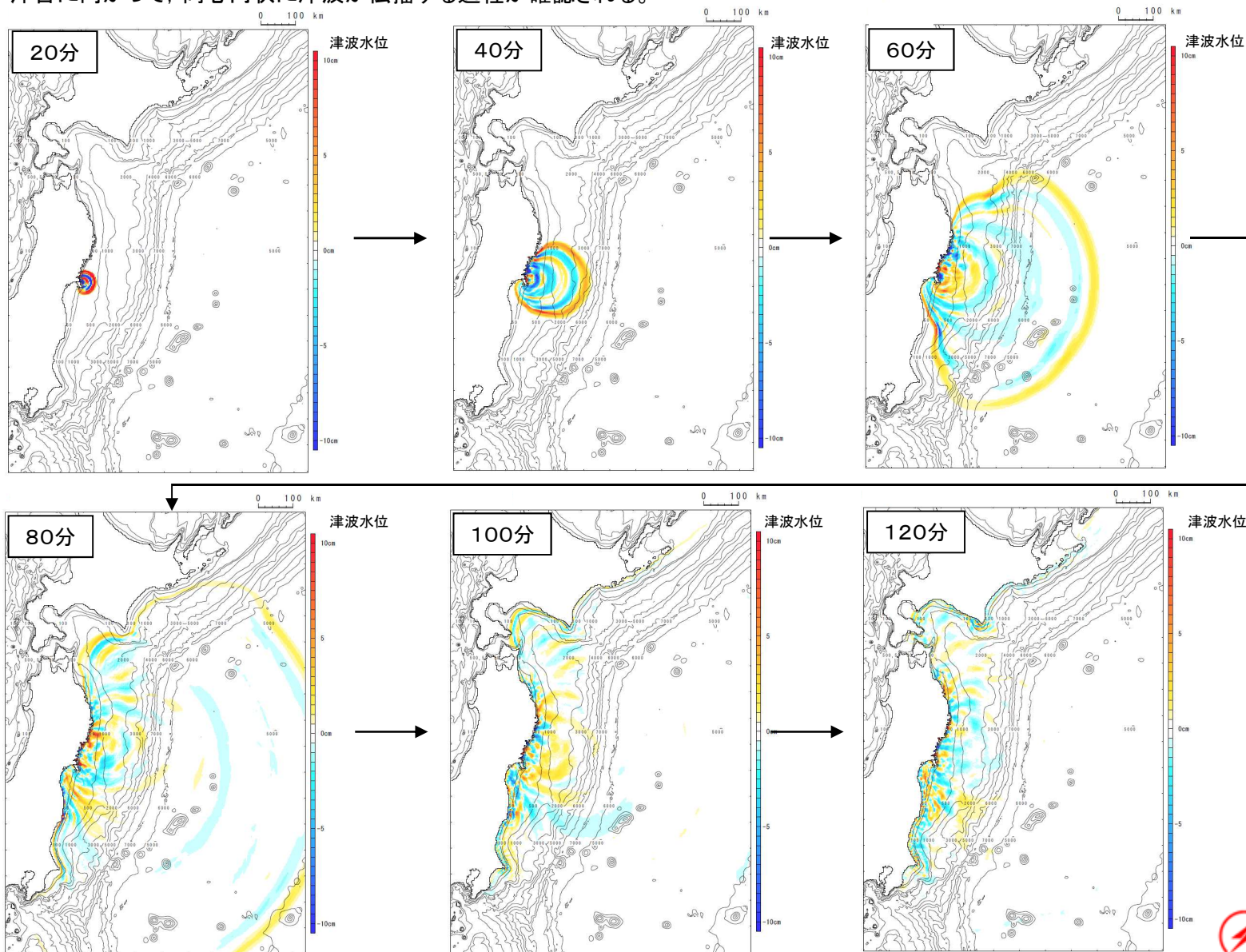
- 波源域から敷地前面海域に向かって、同心円状に津波が伝播する過程が確認される。



# 1. 津波伝播特性の検討

## 1.3 津波の伝播状況: 広域(20~120分後)

- 沖合に向かって、同心円状に津波が伝播する過程が確認される。



## 【参考】津波の伝播特性の検討

---

1. 津波伝播特性の検討
2. 発電所に与える影響が大きい大すべり域の位置に関する考察
  - 2.1 検討方法
  - 2.2 検討結果

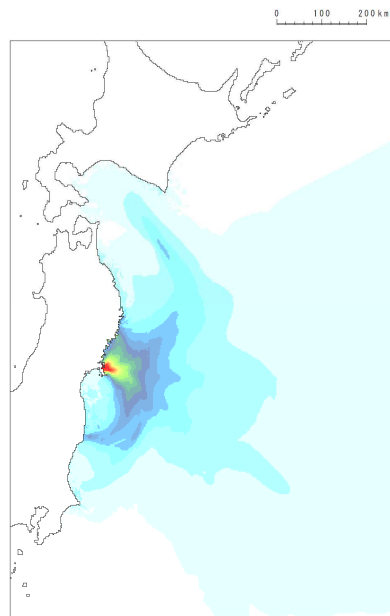
## 2. 発電所に与える影響が大きい大すべり域の位置に関する考察

### 2.1 検討方法

- 発電所に与える影響が大きい大すべり域の位置と破壊伝播特性の検討結果を比較した。
- 比較方法は、「東北地方太平洋沖型の地震」のうち大すべり域が表現される不均質モデルを用いて、各モデルの敷地前面における最大水位上昇決定ケースで大きなすべりを生じた領域と津波伝播特性から得られる最大水位上昇量分布を重ね合わせることにより行った。

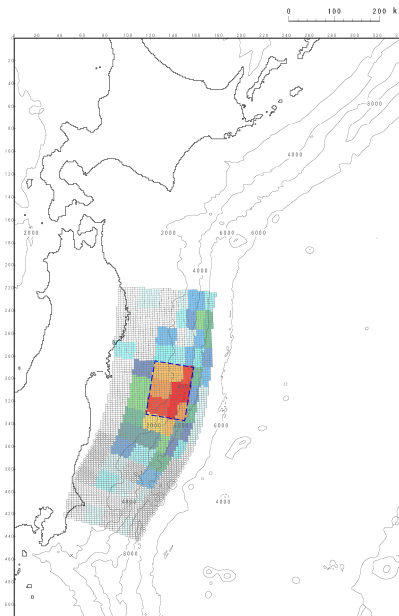
#### ■ 津波伝播特性結果

#### ■ 東北地方太平洋沖型の地震(不均質モデル): 敷地前面最大水位上昇決定ケース



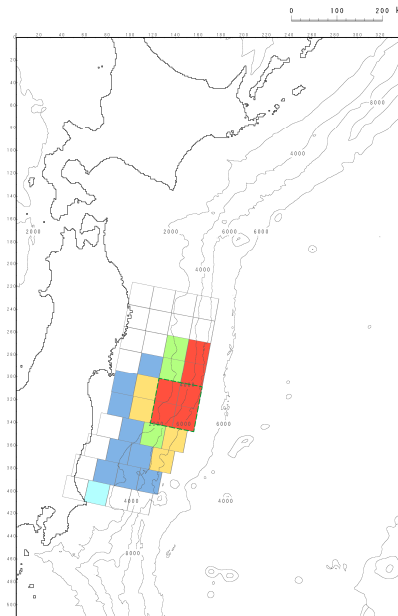
最大水位上昇量分布  
(水位補正後)

#### <内閣府(2012)モデル>



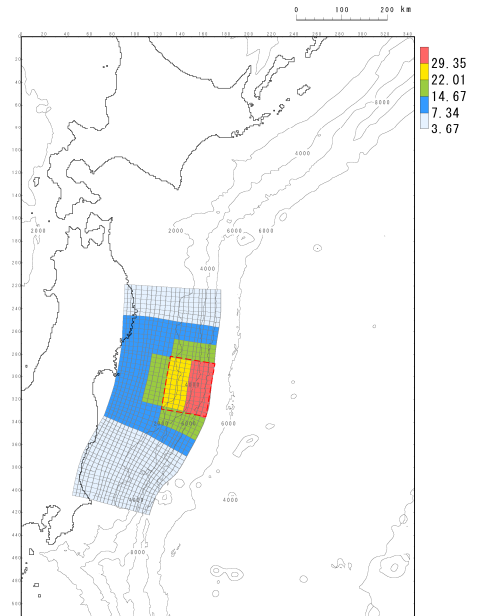
位置: 基準から南へ約50km移動

#### <女川再現モデル>



位置: 基準から南へ約50km移動

#### <特性化モデル> 海溝側強調モデル



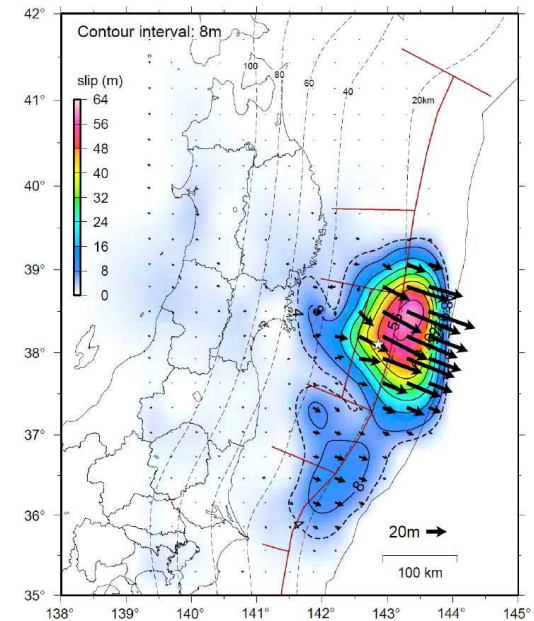
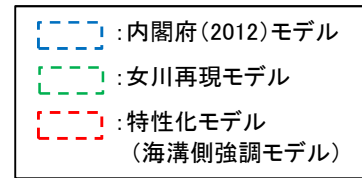
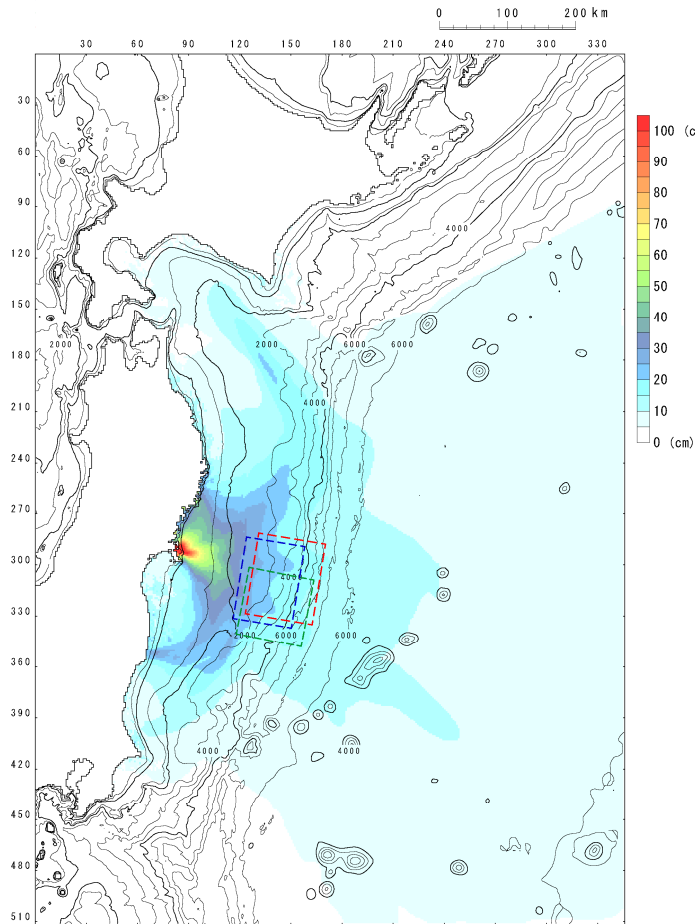
位置: 基準

[ ] : 各モデルで大きなすべりを生じた領域

## 2. 発電所に与える影響が大きい大すべり域の位置に関する考察

### 2.2 検討結果

- 発電所に与える影響が大きい大すべり域と津波伝播特性の検討結果には調和的な関係があることを確認した。



(参考) 東北地方太平洋沖型地震の震源域  
(地震調査研究推進本部(2012))

各モデルの大すべり位置と津波伝播特性の検討結果の比較

## 参考文献

---

## 参考文献①

- (1)宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013):日本被害地震総覧 599-2012, 東京大学出版会
- (2)渡辺偉夫(1998):日本被害津波総覧[第2版], 東京大学出版会
- (3)気象庁(1951~2010):地震月報ほか
- (4)国立天文台編(2013):理科年表, 平成25年, 丸善
- (5)羽鳥徳太郎(2000):三陸沖歴史津波の規模の再検討, 津波工学研究報告17, pp.39-48
- (6)東北電力株式会社(2011):女川原子力発電所における平成23年東北地方太平洋沖地震により発生した津波の調査結果に係る報告書, 2011年7月
- (7)佐竹健治・行谷佑一・山木滋(2008):石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No.8, pp.71-89
- (8)菅原大助・今村文彦・松本秀明・後藤和久・箕浦幸治(2013):貞観津波と東日本大震災の津波, 東日本大震災を分析する2 震災と人間・まち・記録, 明石書店, pp.179-188
- (9)菅原大助・今村文彦・松本秀明・後藤和久・箕浦幸治(2011):地質学的データを用いた西暦869年貞観地震津波の復元について, 自然災害科学, 29-4, pp.501-516
- (10)地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012):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
- (11)社団法人土木学会原子力土木委員会津波評価部会(2002):原子力発電所の津波評価技術
- (12)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集報, Vol.52, pp.71-101
- (13)内閣府中央防災会議事務局(2005):資料1 中央防災会議 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(第10回) 強震動及び津波高さの推計について
- (14)都司嘉宣・上田和枝・佐竹健治(1998):日本で記録された1700年1月(元禄十二年十二月)北米巨大地震による津波, 地震第2輯, 第51巻, pp.1-17
- (15) Kenji Satake, Kelin Wang, Brian F. Atwater(2003): Fault slip and seismic moment of the 1700 Cascadia earthquake inferred from Japanese tsunami descriptions, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 108, NO. B11, 2535
- (16)佐竹健治・都司嘉宣・原田智也・石辺岳男・西山昭仁・楠本聡(2014):2011年東北地方太平洋沖地震と過去の津波高さの定量的比較, 日本地球惑星科学連合大会2014年大会, HDS27-03
- (17) YOSHINOBU TSUJI, KENJI SATAKE, TAKEO ISHIBE, TOMOYA HARADA, AKIHITO NISHIYAMA, and SATOSHI KUSUMOTO(2014): Tsunami Heights along the Pacific Coast of Northern Honshu Recorded from the 2011 Tohoku and Previous Great Earthquakes, Pure and Applied Geophysics
- (18)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
- (19)Mansinha, L. and D.E. Smylie(1971):The displacement fields of inclined faults, Bull. Seism. Soc. Am., Vol.61, No.5, pp.1433-1440

## 参考文献②

- (20)財団法人日本水路協会(2006):海底地形デジタルデータM7000シリーズ
- (21)内閣府(2012):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) 巻末資料, 南海トラフの巨大地震モデル検討会
- (22)菅野剛・大内一男・平田一穂(2012):女川原子力発電所における津波の評価および対策, 電力土木, No.362
- (23)佐藤良輔・阿部勝征・岡田義光・島崎邦彦・鈴木保典(1989):日本の地震断層パラメーター・ハンドブック, 鹿島出版会
- (24) Satoko Murotani, Kenji Satake, Yushiro Fujii(2013): Scaling relations of seismic moment, rupture area, average slip, and asperity size for M~9 subduction zone earthquakes, Geophysical Research Letters, Vol.40, pp.5070-5074
- (25) Tsuru Tetsuro, Jin-Oh Park, Seiichi Miura, Shuichi Kodaira, Yukari Kido, and Tsutomu Hayashi(2002): Along-arc structural variation of the plate boundary at the Japan Trench margin: Implication of interplate coupling, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 107, NO. B12, 2357, doi:10.1029/2001JB001664
- (26)岩淵洋(2013):日本海溝海側斜面における地殻伸張速度及びそこで発生する正断層地震について, 海洋情報部研究報告第50号
- (27) Thorne Lay, Charles J. Ammon, Hiroo Kanamori, Marina J. Kim, and Lian Xue(2011): Outer trench-slope faulting and the 2011 Mw 9.0 off the Pacific coast of Tohoku Earthquake, Earth Planets Space, 63, 713-718
- (28)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
- (29)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
- (30)防災科学技術研究所(2009):地すべり地形分布図 第40集「一関・石巻」, 防災科学技術研究所研究資料, 第325
- (31)地すべり学会東北支部(1992):東北の地すべり・地すべり地形
- (32)徳山英一・本座栄一・木村政昭・倉本真一・芦寿一郎・岡村行信・荒戸裕之・伊藤康人・徐垣・日野亮太・野原壯・阿部寛信・坂井眞一・向山建二郎(2001):日本周辺海域中新世最末期以降の構造発達史
- (33)岸本清行(2000):海陸を合わせた日本周辺のメッシュ地形データの作成:Japan250m.grd, 地質調査所研究資料集353, 地質調査所
- (34)海上保安庁(2013):海域火山データベース, 海洋情報部, (<http://www1.kaiho.mlit.go.jp/GIJUTSUKOKUSAI/kaiikiDB/list-2.htm>)
- (35)産業技術総合研究所編(2013):日本の火山(第3版)