

# 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)

---

平成27年1月23日  
東北電力株式会社

## 目次

---

1. 過去の津波評価との比較 ..... p2
2. 文献調査 ..... p8
3. 遠地津波の数値シミュレーション ..... p19
4. 世界の巨大地震に関する事例調査 ..... p29
5. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現解析 ..... p35
6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧 ..... p40
7. 津波水位の抽出位置 ..... p50
8. 分岐断層に対する考え方 ..... p52
9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認 ..... p57

# 1. 過去の津波評価との比較

---

- 1. 1 1号炉申請時～今回申請の比較一覧表
- 1. 2 1号炉申請時～今回申請の評価フローの比較
- 1. 3 土木学会(2002)と今回申請の比較一覧表

## 1. 過去の津波評価との比較

### 1.1 1号炉申請時～今回申請の比較一覧表

過去の評価結果は下表のとおりであり、その時々最新の知見を反映して評価を実施してきており、津波評価手法の進展に伴い、最高水位はより高くなり、最低水位はより低くなった。

	1号炉申請時	2号炉申請時	3号炉申請時	土木学会(2002) ※1	2号炉新規規制基準適合性申請時(今回評価)
実施時期	1970年5月	1987年4月	1994年5月	2002年2月	2013年12月
反映した知見, 評価手法等	文献調査, 聞き込み調査, 有識者意見の聴取	文献調査, 津波堆積物調査(869年の津波), 数値シミュレーション	文献調査, 数値シミュレーション	文献調査, 数値シミュレーション	文献調査, 数値シミュレーション
最高水位	3m程度	O.P.+9.1m	O.P.+9.1m	O.P.+13.6m	O.P.+23.1m
津波波源	1933年昭和三陸地震津波	1611年の津波(正断層, Mw8.5)	1611年の津波(正断層, Mw8.5)	1896年明治三陸地震津波(Mw8.3)	東北地方太平洋沖型の地震(特性化モデル, Mw9)
最低水位	※2	※2	O.P.-7.4m	O.P.-8.0m	O.P.-11.0m
津波波源	—	同上	同上	1933年昭和三陸地震津波(Mw8.6)	東北地方太平洋沖型の地震(既往地震の組合せモデル(矩形断層モデル), Mw9)
波源特性の不確かさの考慮	※3	考慮していない	考慮していない	土木学会(2002)に従い考慮	・矩形断層モデルは土木学会(2002)に従い考慮 ・不均質モデルは位置, すべり分布, 破壊開始点の不確かさを考慮
地震以外の要因による津波の考慮	考慮していない	考慮していない	考慮していない	考慮していない	地すべり等による津波の発生可能性を検討

※1: 耐震指針改定(H18.9)に伴う耐震バックチェックでは、津波評価は未報告であったため、土木学会(2002)に従った評価結果を記載した。

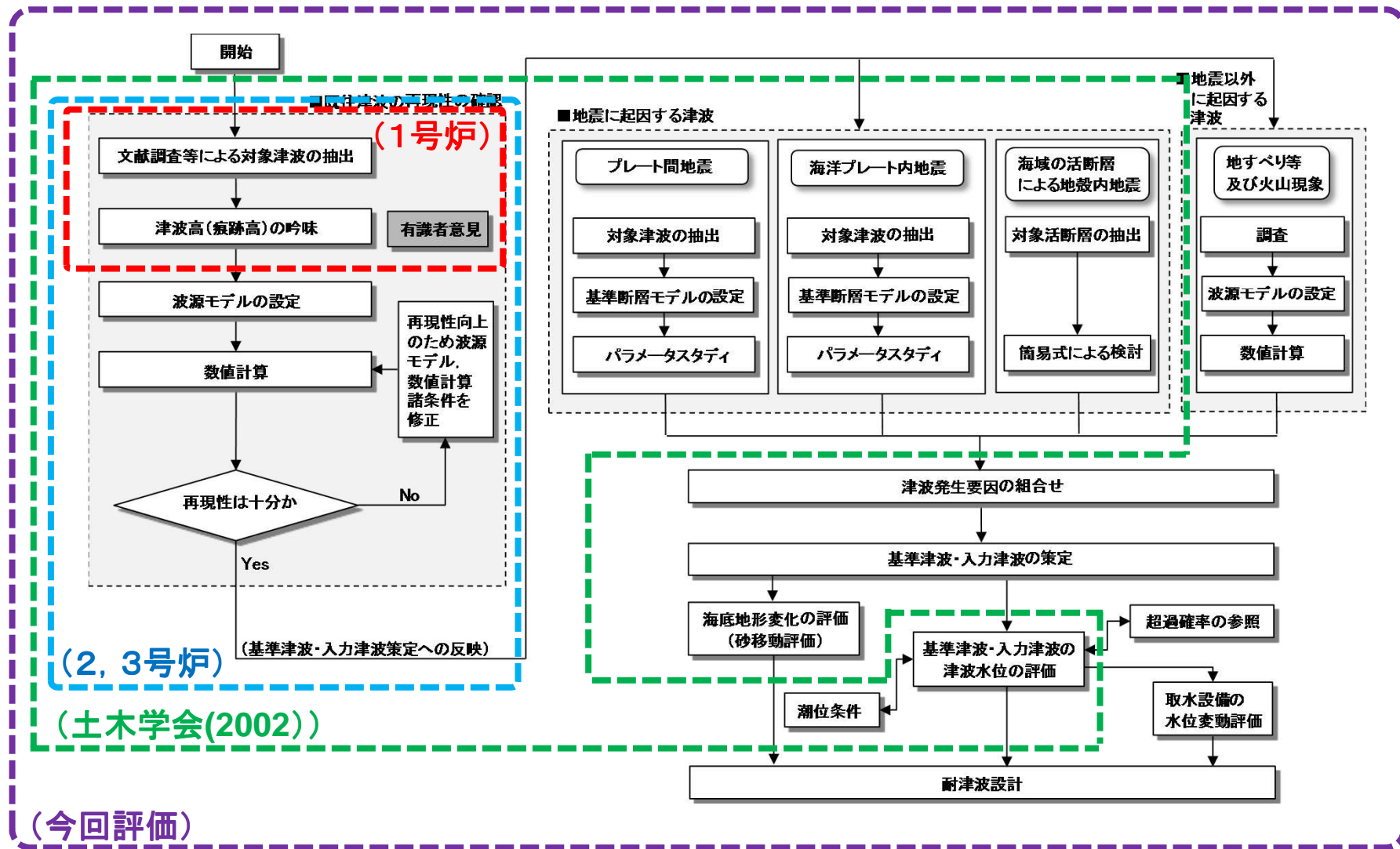
※2: 申請書には記載なし。但し、取水設備の設計では引き波時を想定した海水貯留構造とした。

※3: 数値シミュレーション技術が確立されておらず、定量的評価はしていないが、有識者より「明治三陸津波、昭和三陸津波よりも震源が南にある場合は津波は高くなる」等の意見もあり、津波に対して余裕のある敷地高さ(O.P.+14.8m)とした。

# 1. 過去の津波評価との比較

## 1.2 1号炉申請時～今回申請の評価フローの比較

今回評価の評価フローと、過去の評価との関係は下図のとおりであり、津波評価に関わる科学的知見の進展を反映して評価内容を充実させてきた。

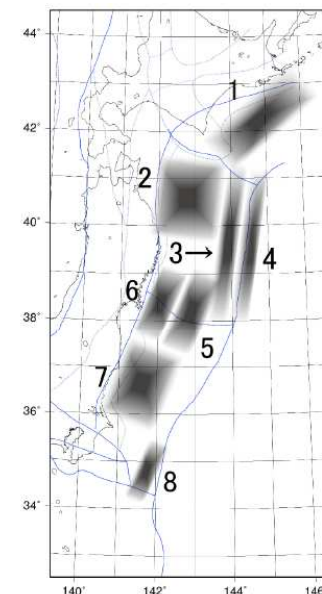


1. 過去の津波評価との比較

1.3 土木学会(2002)と今回申請の比較一覧表①

- 今回評価と、土木学会(2002)による評価との比較は下表のとおり。
- 今回評価と土木学会(2002)による評価との主な相違点
  - 基準断層モデルについては、2011年東北地方太平洋沖地震による知見を踏まえ、「東北地方太平洋沖型の地震」を新たに考慮した。
  - 波源特性の不確かさの考慮については、津波地震・海洋プレート内地震の「位置」について、土木学会(2002)で示されている地震の活動域を海溝沿いの何処でも発生するとした。また、東北地方太平洋沖型の地震の特性化モデル(不均質モデル)については、すべり分布の不確かさ、破壊開始点の不確かさを考慮した。
  - 計算条件については、発電所付近における計算格子間隔を土木学会(2002)による評価時の31mから5mに細分化した。また、行政機関による津波評価事例を参考として、防波堤効果が無い場合も考慮した。

		土木学会(2002)による評価	今回評価	
基準断層モデル	東北地方太平洋沖型の地震	—	東北地方太平洋沖型の地震:4モデル (Mw8.93~9.04)	
	津波地震	1896年明治三陸地震津波(Mw8.3)	同左	
	海洋プレート内地震	1933年昭和三陸地震津波(Mw8.6)	同左	
不確かさの考慮	位置	東北地方太平洋沖型の地震	—	南北へ50km(内閣府(2012)モデル, 女川再現モデル)
		津波地震	領域3の最南端, 北へ20km, 40km	北へ20km, 40km, 南へも20km単位で移動
		海洋プレート内地震	領域4の最南端, 北へ20km, 40km	北へ20km, 40km, 南へも20km単位で移動
	走向	東北地方太平洋沖型の地震	—	±5°, ±10° (既往津波の組合せモデル)
		津波地震	±5°	同左
		海洋プレート内地震	±10°	同左



地震の活動域  
(土木学会(2002))

(次頁へ続く)

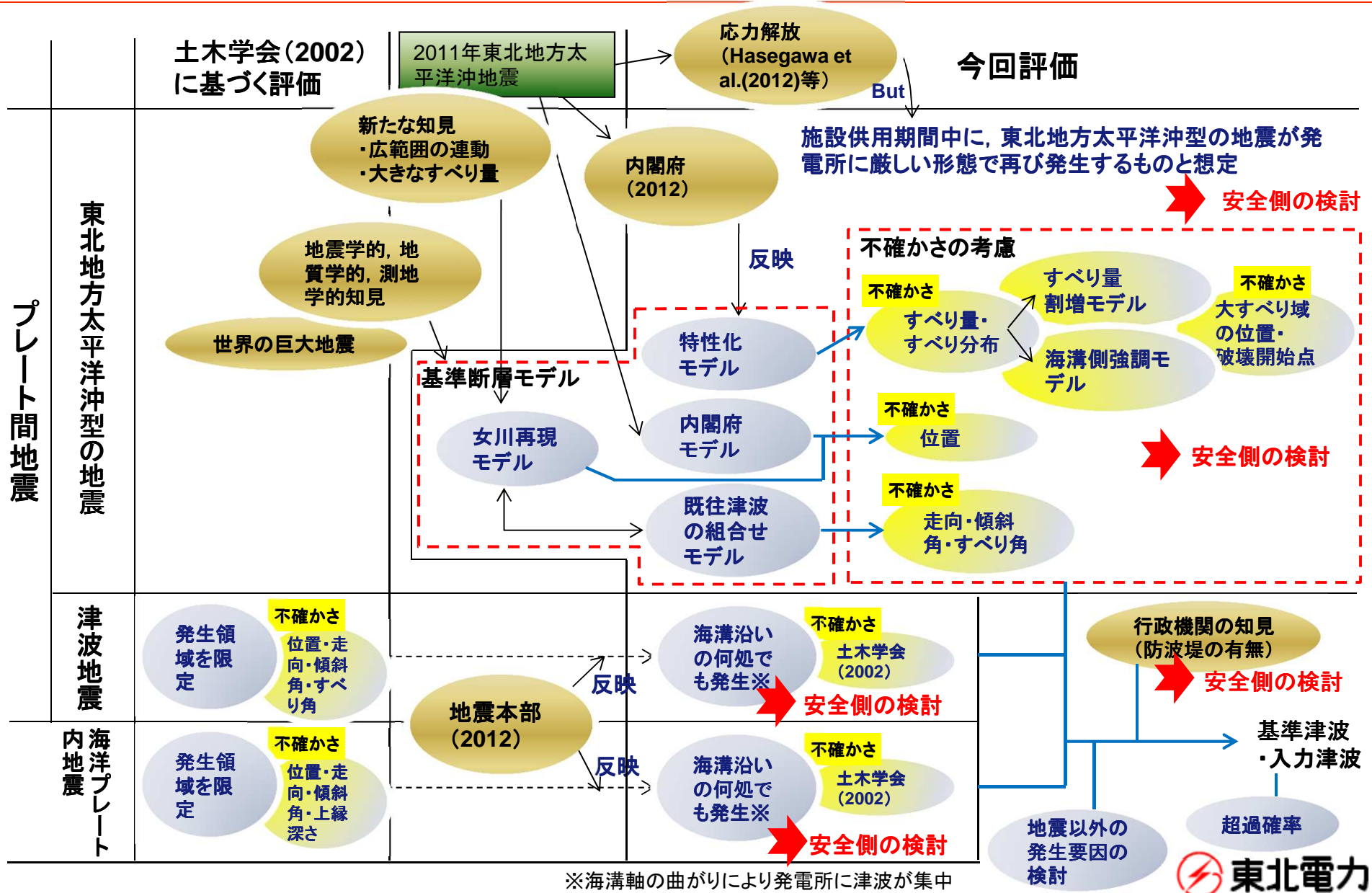
## 1. 過去の津波評価との比較

## 1.3 土木学会(2002)と今回申請の比較一覧表②

(前頁からの続き)

		土木学会(2002)による評価	今回評価	
不確かさの考慮	傾斜角	東北地方太平洋沖型の地震	—	±5° (既往津波の組合せモデル)
		津波地震	±5°	同左
		海洋プレート内地震	±5°	同左
	すべり角	東北地方太平洋沖型の地震	—	±10° (既往津波の組合せモデル)
		津波地震	±10°	同左
	深さ縁	海洋プレート内地震	0km, 1km, 2km	同左
破壊開始点・すべり分布	東北地方太平洋沖型の地震	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>・基準断層モデル(特性化モデル)をベース。</li> <li>・アスペリティのすべり量を割増した「すべり量割増モデル」を設定。</li> <li>・中間大すべり域を設定し、海溝側のすべり量を強調した「海溝側強調モデル」を設定。</li> <li>・破壊開始点(P1～P6)を設定。</li> </ul>	
計算条件	地形モデル	・海上保安庁(1971～1986):海底地形図, 海図	・日本水路協会(2006):海底地形デジタルデータ M7000シリーズ ・E～H領域は3.11地震(地殻変動)を考慮	
	計算格子間隔	外洋:2.5km(B領域)～発電所:31m(F領域)	外洋:2.5km(B領域)～発電所:5m(H領域)	
	上記以外の計算条件	「資料1-1 女川原子力発電所 基準津波の策定について(p10)」のとおり。	「資料1-1 女川原子力発電所 基準津波の策定について(p10)」のとおり。	
	その他	防波堤効果有り	防波堤効果有り, 防潮堤効果無し	

1. 過去の津波評価との比較  
1.4 今回評価の特徴



※海溝軸の曲がりにより発電所に津波が集中



## 2. 文献調査

---

- 2. 1 近地津波に関する文献調査
- 2. 2 遠地津波に関する文献調査

## 2. 1 近地津波に関する文献調査

### 2. 1. 1 調査に用いた文献一覧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)阿部壽・菅野喜貞・千釜章(1990):仙台平野における貞観11年(869年)三陸津波の痕跡高の推定, 地震第2輯, 第43巻, pp.513-525
- (6)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
- (7)中央気象台(1933):昭和八年三月三日三陸沖強震及津波報告, 験震時報, Vol.7, No.2別刷
- (8)伊木常誠(1897):三陸地方津浪実況取調報告, 震災予防調査会報告, 第11号, pp.5-34
- (9)松尾春雄(1933):三陸津浪調査報告, 内務省土木試験所報告, 第24号, pp.83-112
- (10)地震研究所(1934):昭和8年3月3日三陸地方津浪に関する論文及報告, 東京帝国大学地震研究所彙報, 別冊第1号
- (11)岸力(1969):1968年十勝沖地震調査報告, 津波—北海道東北沿岸—, 1968年十勝沖地震調査委員会編『1968年十勝沖地震調査報告』, pp.207-256
- (12)今村明恒(1899):三陸津浪取調報告, 震災予防調査会報告, vol.29, pp.17-32
- (13)東北大学工学部災害制御研究センター(1995):1995年北海道東方沖地震津波の痕跡高, 津波工学研究報告, 第12号, 第2編
- (14)宍倉正展・澤井祐紀・行谷佑一・藤原治・谷川晃一郎・楳原京子・木村治夫・岡村行信・宮下由香里・小松原純子・藤井雄士郎・奥田泰雄(2011):産総研による日本海溝沿いの津波痕跡調査, 東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会, 2011年7月
- (15)東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ(<http://www.coastal.jp/tjit/>), 2012/12/29
- (16)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
- (17)澤井祐紀・宍倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝(2007):ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, No.7, pp.47-80
- (18)澤井祐紀・宍倉正展・小松原純子(2008):ハンドコアラを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, No.8, pp.17-70
- (19)宍倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than TinAung・石山達也・藤原治・藤野滋弘(2007):石巻平野における津波堆積物の分布と年代, 活断層・古地震研究報告, No.7, pp.31-46
- (20)宍倉正展・藤原治・澤井祐紀・行谷佑一・谷川晃一郎(2012):2011年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の仙台・石巻平野における分布限界, 活断層・古地震研究報告, No.12, pp.45-61

## 2. 1 近地津波に関する文献調査

### 2. 1. 1 調査に用いた文献一覧②

---

- (21)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
- (22)行谷佑一・佐竹健治・山木滋(2010):宮城県石巻・仙台平野および福島県請戸川河口低地における869年貞観地震津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No.10, pp.1-21
- (23)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
- (24)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

## 2. 1 近地津波に関する文献調査

### 2. 1. 2 869年の津波と2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の比較:津波堆積物調査①

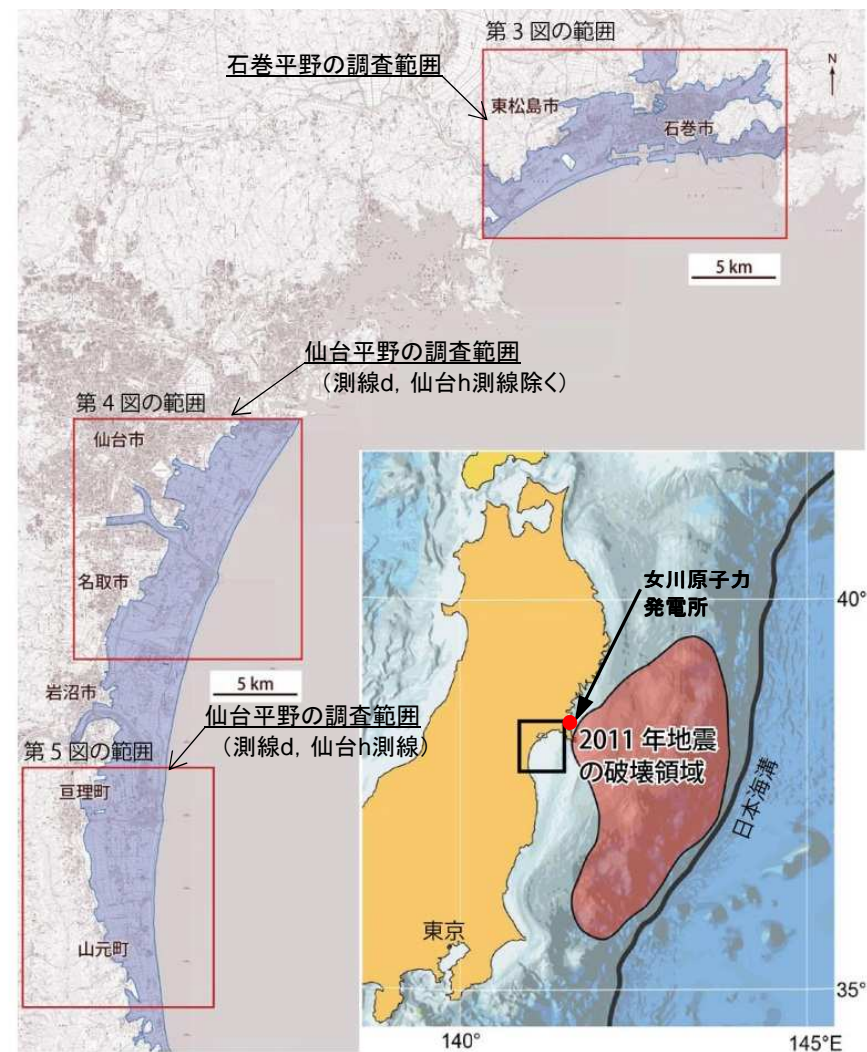
- 津波堆積物調査及び数値シミュレーションを踏まえた仙台平野及び石巻平野における浸水域の比較から、869年の津波と2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の規模の比較を行った。

津波堆積物の到達限界

位置	869年の津波※ <sup>1</sup>		2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波※ <sup>2</sup>	
	測線	当時の海岸線からの距離 (km)	測線	海岸線からの距離 (km)
石巻平野	WA	1.5	-	-
	A1	3.3	-	-
	Y	2.9	石巻e	1.87
仙台平野	a	2.8	仙台a	3.40
	-	-	仙台b	3.02
	b	2.1	仙台c	3.11
	-	-	仙台d	3.40
	-	-	仙台e	2.71
	c	4.0	仙台g	3.14
	d	2.9	仙台h	2.89

※1: 澤井ほか(2007), 澤井ほか(2008), 矢倉ほか(2007), 行谷ほか(2010)

※2: 矢倉ほか(2012)



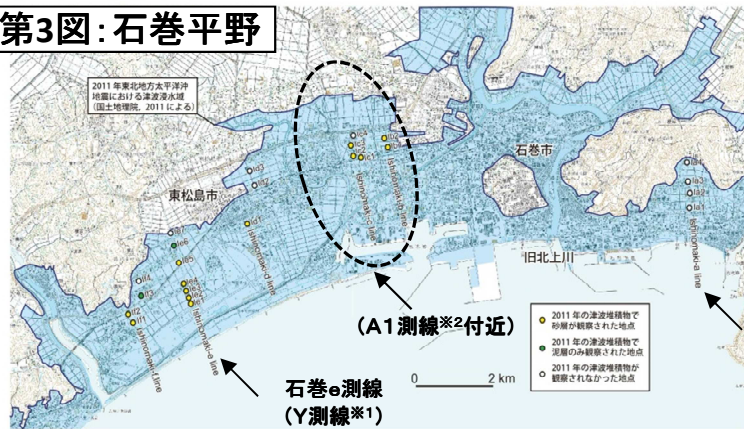
調査範囲  
(矢倉ほか(2012)に加筆)

## 2. 1 近地津波に関する文献調査

### 2. 1. 2 869年の津波と2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の比較:津波堆積物調査②

- 仙台平野及び石巻平野における869年の津波と2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波による津波堆積物の到達限界は、ほぼ同規模である(澤井ほか(2007, 2008), 行谷ほか(2010), 宍倉ほか(2007, 2012))。

#### 第3図:石巻平野



第3図 石巻平野における調査地点と津波浸水域。津波浸水域は国土地理院(2011)による。基図は国土地理院発行1/50,000地形図「石巻」使用。  
 Fig. 3. Survey sites and inundation area in the Ishinomaki Plain. Tsunami inundation area is after GSI (2011). Base maps are 1/50,000 topographic map of Ishinomaki.

石巻a測線  
(WA測線※1)

#### 第5図:仙台平野②



第5図 仙台平野南部における調査地点と津波浸水域。津波浸水域は国土地理院(2011)による。基図は国土地理院発行1/50,000地形図「角田」使用。  
 Fig. 5. Survey sites and inundation area in the southern part of the Sendai Plain. Tsunami inundation area is after GSI (2011). Base maps are 1/50,000 topographic map of Kakuda.

#### 第4図:仙台平野①



第4図 仙台平野中北部における調査地点と津波浸水域。津波浸水域は国土地理院(2011)による。基図は国土地理院発行1/50,000地形図「仙台」[岩沼]使用。  
 Fig. 4. Survey sites and inundation area in the northern-middle part of the Sendai Plain. Tsunami inundation area is after GSI (2011). Base maps are 1/50,000 topographic map of Sendai and Iwanuma.

- ※1: 石巻aと石巻e測線は、宍倉ほか(2007)によるWA測線およびY測線とほぼ一致。
- ※2: 行谷ほか(2010)によるA1測線付近を加筆。
- ※3: 仙台a, 仙台c, 仙台g, 仙台hの各測線は、澤井ほか(2007, 2008)で報告されているa~d測線と同じ。

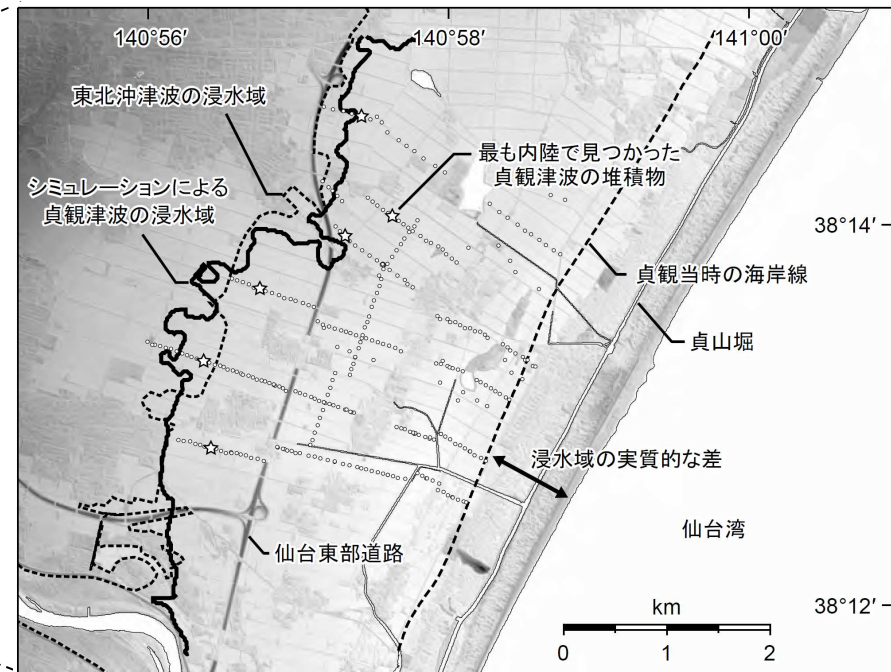
## 2. 1 近地津波に関する文献調査

### 2. 1. 2 869年の津波と2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の比較: 津波堆積物調査③

- 菅原ほか(2011, 2013)は、仙台平野における869年の津波の津波堆積物と浸食痕の分布状況の調査結果から、津波堆積物の到達距離と浸水距離の乖離を考慮した数値シミュレーションにより浸水域を推定し、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の浸水域と比較して両者が殆ど重なることを示した。また、869年の津波の当時の海岸線は現在より約1km内陸に位置していたことを示した。
- 以上より、仙台平野及び石巻平野において、2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波は869年の津波とほぼ同等、もしくは上回っていたと考えられる。



女川原子力発電所

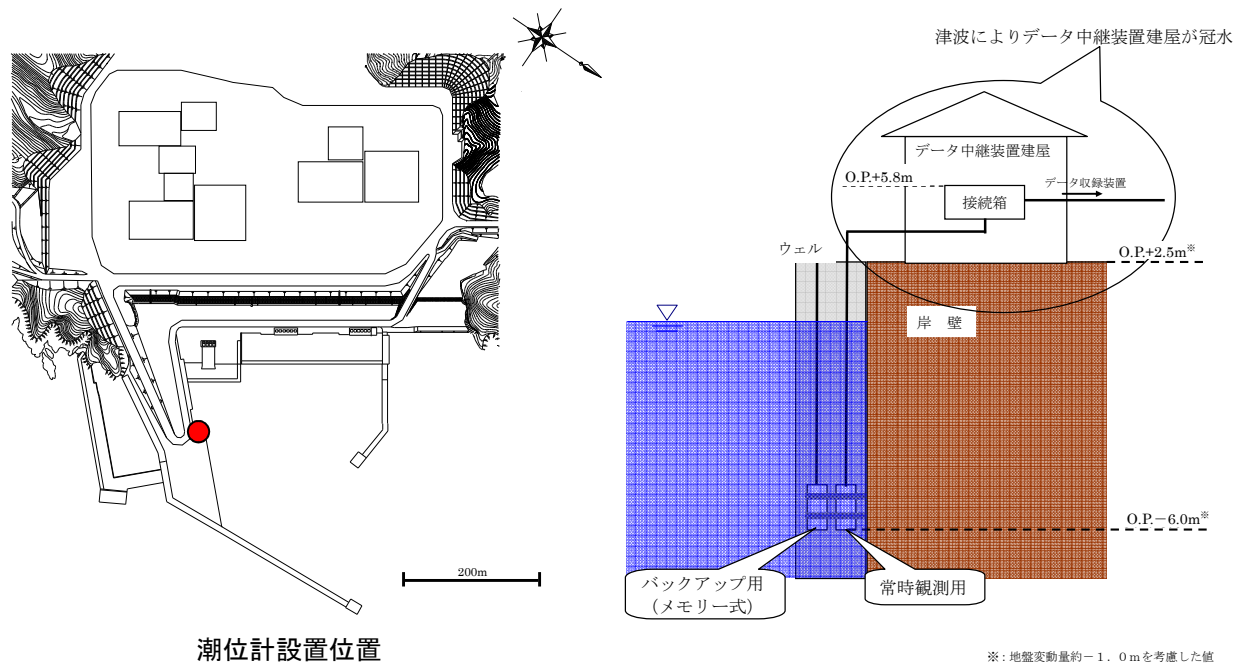


仙台平野における869年の津波と2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の浸水域比較(菅原ほか(2013))

## 2. 1 近地津波に関する文献調査

### 2. 1. 3 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の発電所における観測記録: 潮位計の概要

- 女川原子力発電所では、港内静穏域に常時観測用の潮位計と、常時観測用の潮位計が欠測となった場合のバックアップ用の潮位計(メモリー式)(以下、「潮位計」という。)を同一個所に設置している。
- 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波来襲時、常時観測用の潮位計は同津波の影響により測定不能となったものの、バックアップ用の潮位計により記録を取得した(データサンプリング間隔: 60秒)。

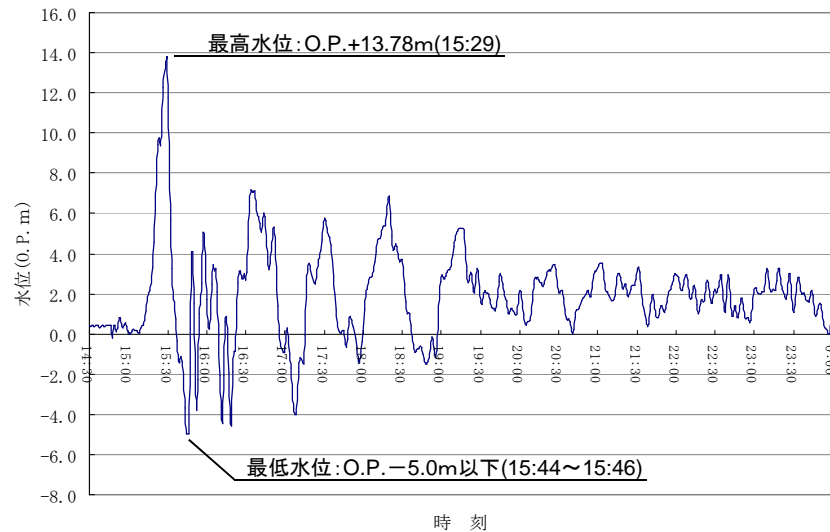


状況写真

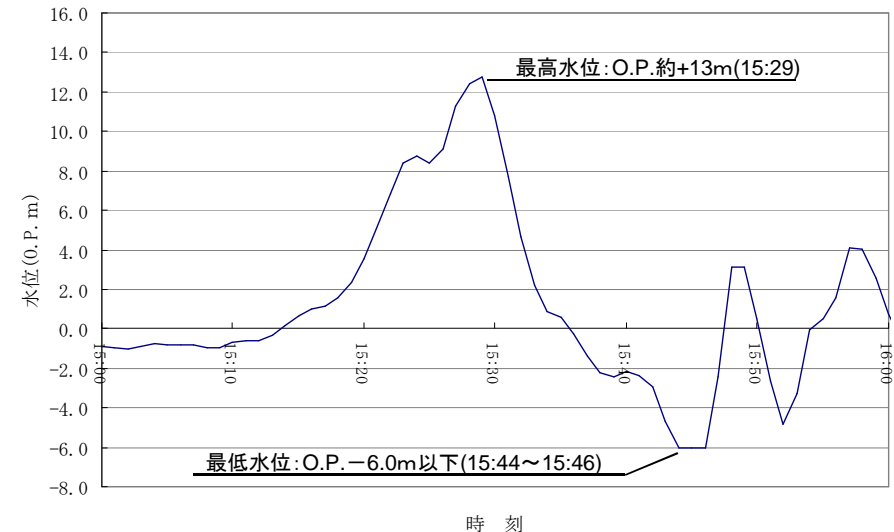
## 2. 1 近地津波に関する文献調査

### 2. 1. 3 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の発電所における観測記録: 観測記録

- 潮位計による3月11日14時30分～24時00分の観測記録を左図に示す。最高水位は、O.P.+13.78m(15時29分)であり、最低水位はO.P.-5.0m(15時44分～15時46分)である。最低水位については、潮位計の観測レンジがO.P.-5.0m以上であることから、O.P.-5.0m以下であったものと推定される。なお、本記録は、地震に伴う地盤沈下量約1mを考慮する前の記録である。
- 地震に伴う地盤沈下量約1mを考慮し、最高水位を記録した時刻の前後約30分の観測記録を右図に示す。同記録から、発電所に来襲した最高水位は、O.P.約+13mである。また、最低水位はO.P.-6.0m以下であったものと推定される。



観測記録: 3月11日14:30～24:00(地盤変動量考慮前)  
(東北電力(2011)より)



観測記録: 3月11日15:00～16:00(地盤変動量約1mを考慮して補正)  
(東北電力(2011)より)



## 2. 2 遠地津波に関する文献調査

### 2. 2. 1 調査に用いた文献一覧

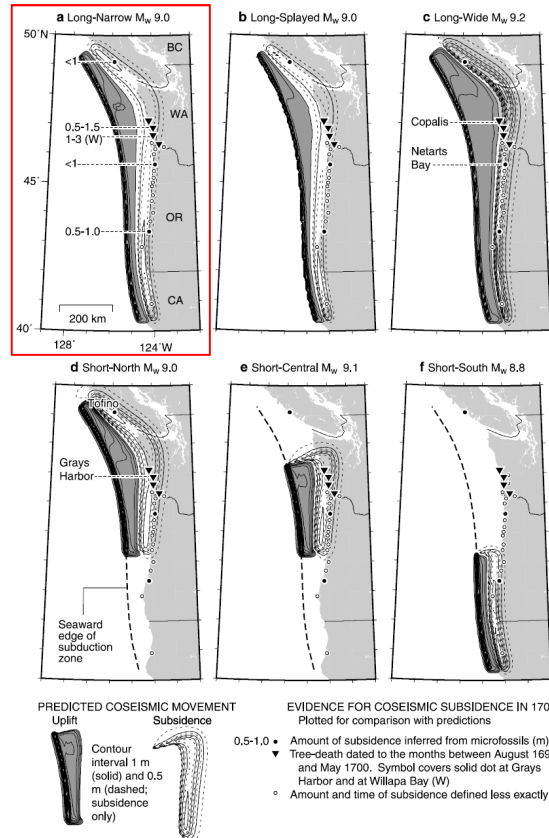
- (1)宇佐美龍夫・石井寿・今村隆正・武村雅之・松浦律子(2013):日本被害地震総覧 599-2012, 東京大学出版会
- (2)渡辺偉夫(1998):日本被害津波総覧[第2版], 東京大学出版会
- (3)国立天文台編(2013):理科年表, 平成25年, 丸善
- (4)今村文彦・高橋重雄・藤間功司・富田孝史・有川太郎(2010):2010年チリ地震津波の被害調査報告, 土木学会震災報告デジタルアーカイブ,  
([http://www.jsce.or.jp/library/eq\\_repo/Vol3/13/Chile.html](http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol3/13/Chile.html))
- (5)都司嘉宣・大年邦雄・中野晋・西村裕一・藤間功司・今村文彦・柿沼太郎・中村有吾・今井健太郎・後藤和久・行谷佑一・鈴木進吾・城下英行・松崎義孝(2010):  
2010年チリ中部地震による日本での津波被害に関する広域現地調査, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.66, No.1, 2010, 1346-1350
- (6)羽鳥徳太郎(1991):チリ・ペルー津波による日本の被災頻度, 津波工学研究報告, 第10号, pp.133-144
- (7)チリ津波合同調査班(1961):1960年5月24日チリ地震津波に関する論文及び報告, 丸善
- (8)Kenji Satake, Kunihiko Shimazaki, Yoshinobu Tsuji, Kazue Ueda(1996):Time and size of a giant earthquake in Cascadia inferred from Japanese tsunami records of January 1700,nature,Vol.379,No.6562,pp.246-249
- (9)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
- (10) 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
- (11)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
- (12) 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
- (13)柳澤英明・藤井直樹・金戸俊道(2012):我が国における遠地津波の襲来特性に関する検討-1700年カスケード地震津波を対象として-, 土木学会論文集B2(海岸工学), No.2, 2012, I\_151-I\_155
- (14) Robert C. Witter, Yinglong Zhang, Kelin Wang, Chris Goldfinger, George R. Priest and Jonathan C. Allan (2012):Coseismic slip on the southern Cascadia megathrust implied by tsunami deposits in an Oregon lake and earthquake-triggered marine turbidites,JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B10303

## 2. 2 遠地津波に関する文献調査

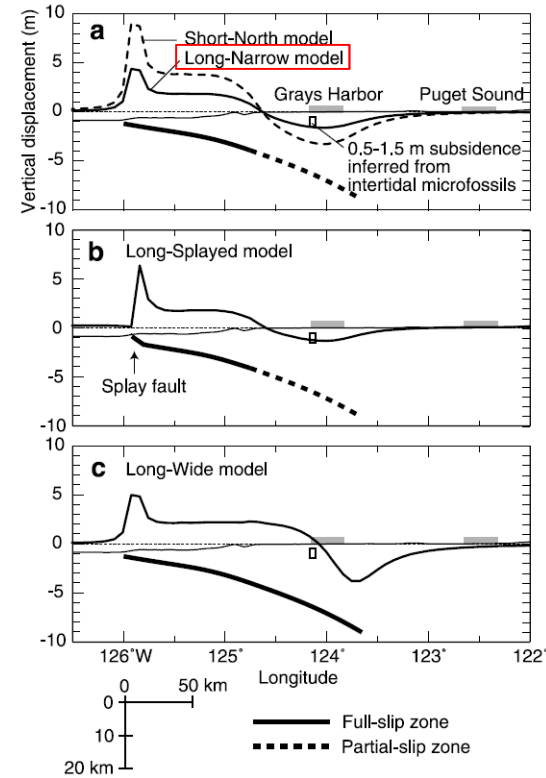
### 2. 2. 2 1700年カスケード地震に関する文献調査①

#### ① 日本沿岸における津波高さを再現する地震規模

- Satake et al.(2003)は、1700年カスケード地震について、北米カスケードの沈み込み帯のプレート形状を考慮した複数の断層モデル(Mw8.7-9.2)を用いて、古文書から推定される日本沿岸の津波高さと計算値の比較等を実施し、最も適切なモデルはMw9.0(Long-Narrow model)であるとしている。



評価に用いた断層モデル  
(Satake et al.(2003)に一部加筆)



地殻変動量  
(Satake et al.(2003)に一部加筆)

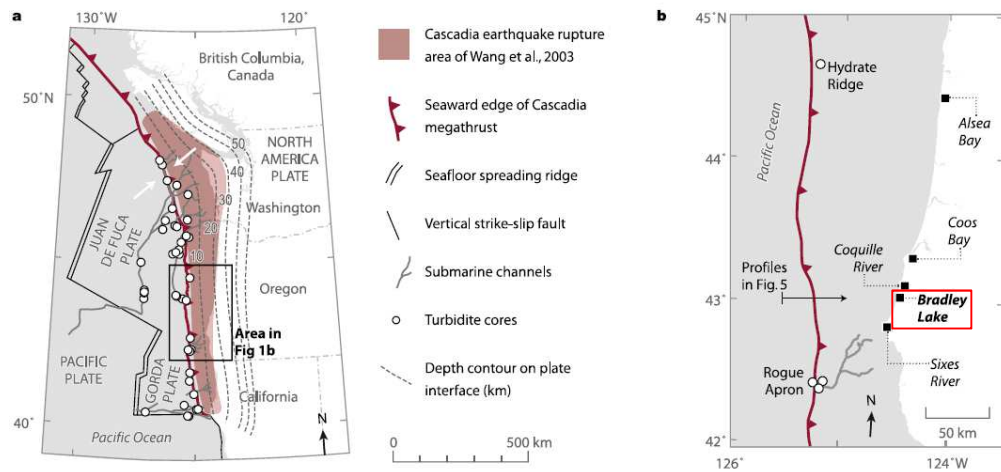
- なお、柳澤ほか(2012)は、上記モデル(Long-Narrow model)を用いて、日本近海を非線形長波理論により数値計算を実施し、古文書から推定される痕跡高のうち水位が高い方の評価値を再現するためには、断層モデルによる地殻変動量を2倍程度に修正する必要があることを示している。ただし、現地の地質学的な知見(=古代の微化石の位置)と一致しなくなり、議論の余地があるとしている。

## 2. 2 遠地津波に関する文献調査

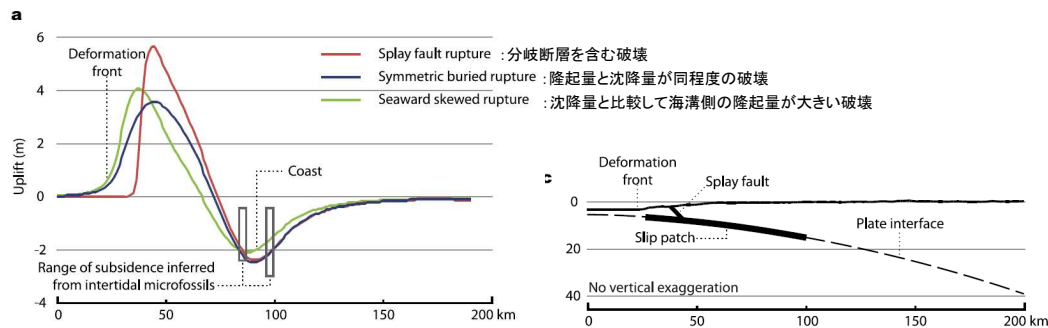
### 2. 2. 2 1700年カスケード地震に関する文献調査②

#### ② オレゴン州の湖における津波堆積物等を再現する地震規模

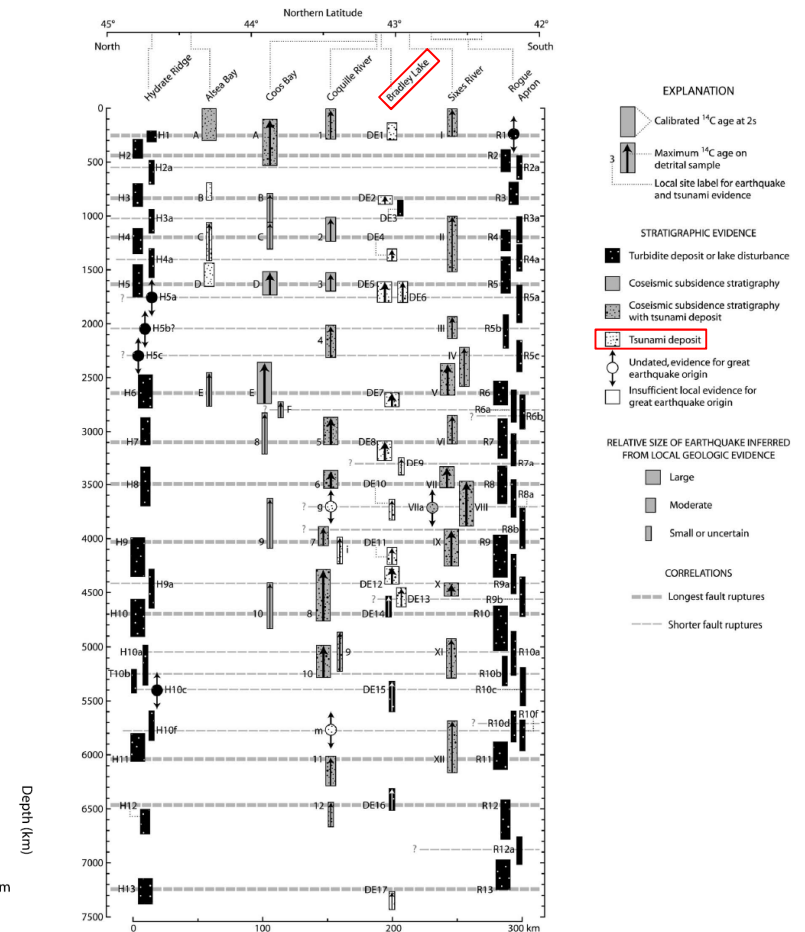
- Witter et al.(2012)は、オレゴン州の湖(Bradley Lake)で認められる1700年カスケード地震に伴う津波を含む津波堆積物を対象に、3つの破壊パターンを想定して、地殻変動や浸水域を再現するために必要なすべり量の最小値を推定している。
- 1700年の地震に伴う津波堆積物を再現するためには、Mw8.9~9.0に相当するすべりが必要としている。また、1700年の地震以外に伴う津波堆積物を再現するための地震規模としては、Mw8.4~9.1に相当するすべりが必要としている。



検討対象位置: Bradley Lake (Witter et al.(2012)に一部加筆)



仮定した破壊パターン (Witter et al.(2012)に一部加筆)



津波堆積物の概要 (Witter et al.(2012)に一部加筆)

## 3. 遠地津波の数値シミュレーション

---

- 3. 1 断層モデルの設定
- 3. 2 計算条件
- 3. 3 再現性確認
- 3. 4 数値計算結果

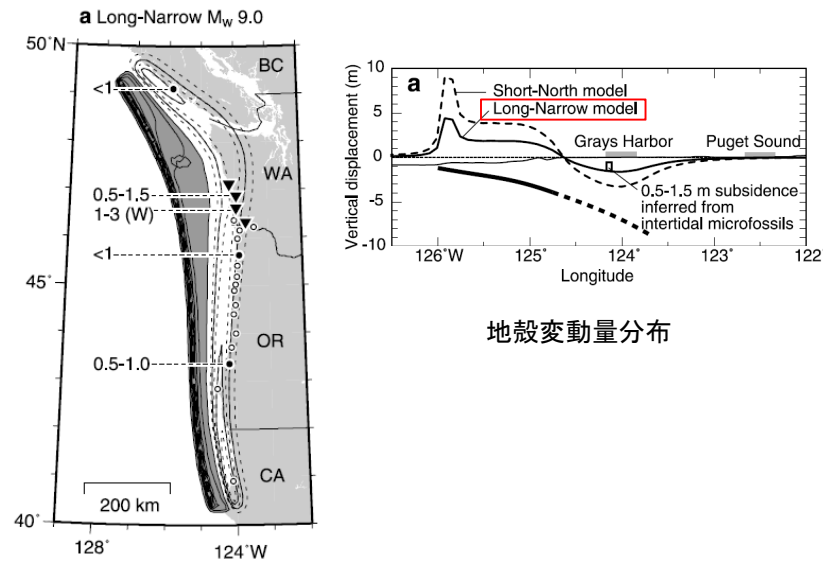
### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

#### 3.1 断層モデルの設定

- 文献調査結果, 地震規模, 敷地と波源の位置関係を踏まえ, 1700年カスケード地震及び1960年チリ地震を対象に検討を行った。
- 断層モデルは, プレート形状等が考慮されている以下の再現モデルを基本として, 日本沿岸における痕跡高の再現性確認を行った。

##### ■1700年カスケード地震 再現モデル

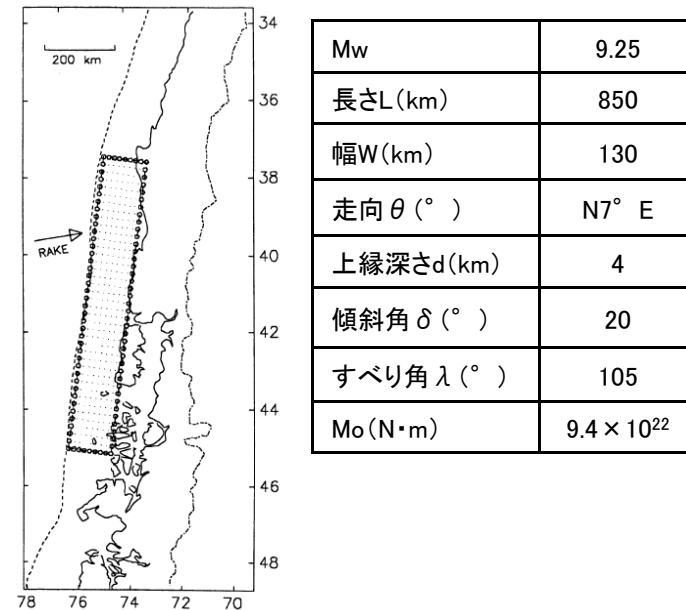
- プレート形状を考慮した断層モデルで, 古文書から推定される日本沿岸の津波高さの再現性が確認されたモデル



断層モデル(Long-Narrowモデル(Mw9.0))  
(Satake et al.(2003)に一部加筆)

##### ■1960年チリ地震 再現モデル

- プレートの相対運動の方向や沈み込み角度等を考慮した断層モデルで, 津波による海水準変動, 地殻変動量(鉛直・水平)の再現性が確認されたモデル



断層モデル  
(Barrientos and Ward(1990))

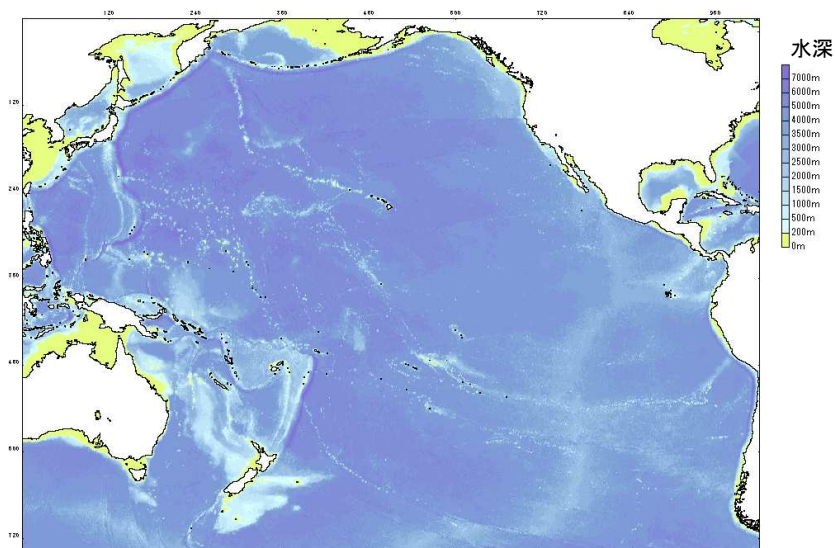
### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

#### 3.2 計算条件

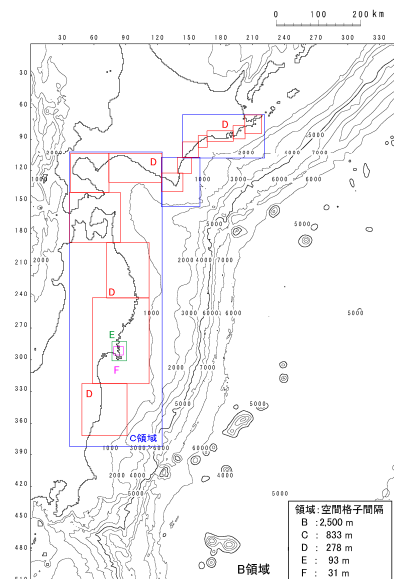
- 下記の計算条件に基づき津波解析を実施した。

##### 主な計算条件

太平洋伝播解析	
空間格子間隔	緯度, 経度方向共に2分 (赤道付近で約3.7km)
時間格子間隔	4秒
基礎方程式	コリオリ力の影響を考慮した線形長波式(地球座標系)(柳澤ほか(2012)より)
境界条件	・沖側境界条件:自由透過    ・陸側境界条件:完全反射
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。
計算時間	地震発生後32時間
海底摩擦	考慮しない
日本近海域解析	
日本近海域解析における沖側境界位置で太平洋伝播解析による計算波形を抽出し, 後藤・佐藤(1993)と同様の特性曲線法により, 入射波と反射波の分離を行う。この分離した入射波成分を近地津波解析の沖側境界に入力した。その他の計算条件は日本近海域解析と同様である。	



計算領域(太平洋伝播解析)※  
※: 10分メッシュで作成



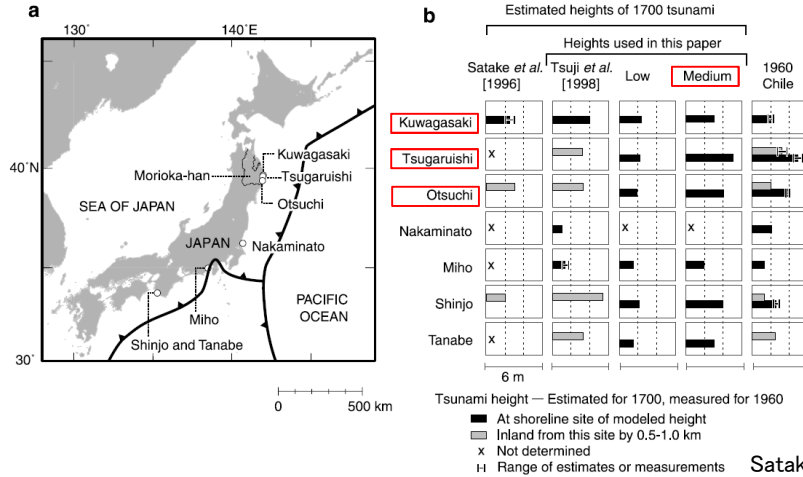
計算領域(日本近海域解析)

### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

#### 3.3 再現性確認: 1700年カスケード地震

##### ■再現性の確認に用いた津波高

- Satake et al.(2003)に示されている津波高のうち岩手県宮古市(釜ヶ崎, 津軽石), 岩手県大槌町の津波高を用いた。

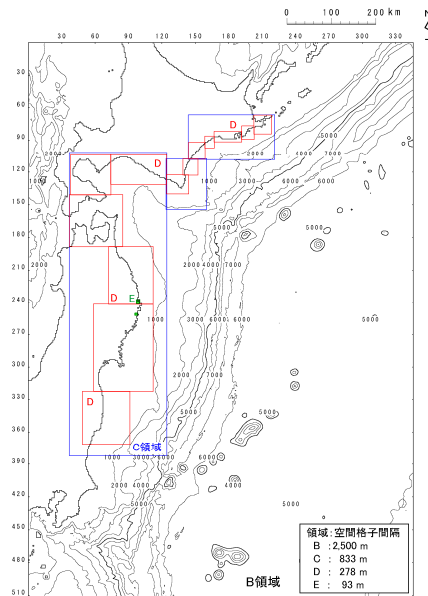


地名	津波高
岩手県宮古市(釜ヶ崎)	3m
岩手県宮古市(津軽石)	5m
岩手県大槌町	4m

##### ■再現計算に用いた計算領域と再現性の確認結果

###### 【計算領域(日本近海域解析)】

- 津波高の記録のある領域については、陸上への遡上を考慮した93mメッシュとした。



計算領域(日本近海域解析)

###### 【再現性の確認結果】

- Satake et al.(2003)の断層モデル(Mw9.0)による計算値は津波高と比較して小さいことから(K=1.79,  $\kappa=1.04$ ), 柳澤ほか(2012)を参考に地殻変動量を2倍(Mw9.2相当)にして計算を実施すると、津波高を良好に再現することを確認した(K=1.03,  $\kappa=1.04$ )。

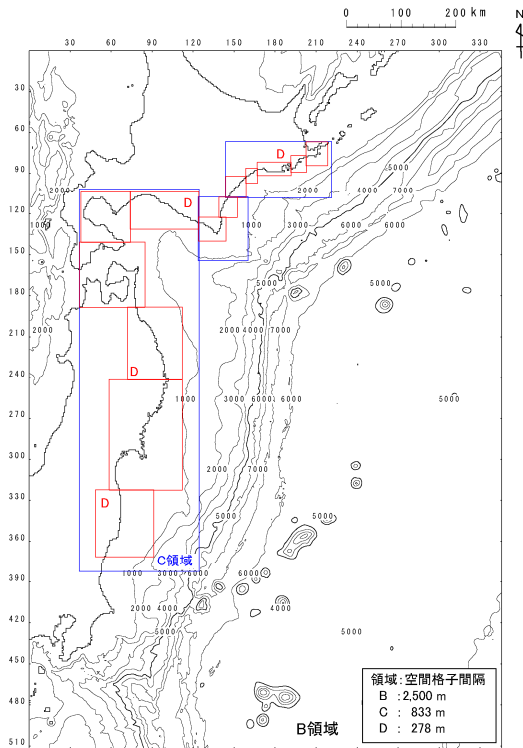
地名	津波高	計算値	
		Satake et al. (2003)	Satake et al. (2003)の地盤変位量を2倍
岩手県宮古市(釜ヶ崎)	3m	1.63m	3.06m
岩手県宮古市(津軽石)	5m	2.73m	4.81m
岩手県大槌町	4m	2.35m	3.71m
		K=1.79 $\kappa=1.04$	K=1.03 $\kappa=1.04$

### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

## 3.3 再現性確認:1960年チリ地震①

#### ■再現計算に用いた計算領域(日本近海域解析)

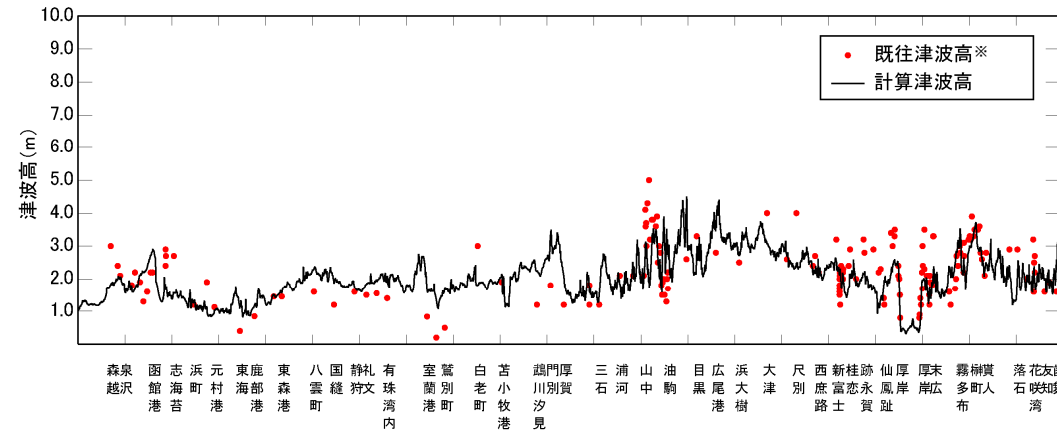
- 北海道～東北地方沿岸における平均的な津波高の再現性を確認するため、空間格子間隔278m(陸上への遡上を考慮しない)で再現性の確認を行った。



計算領域(日本近海域解析)

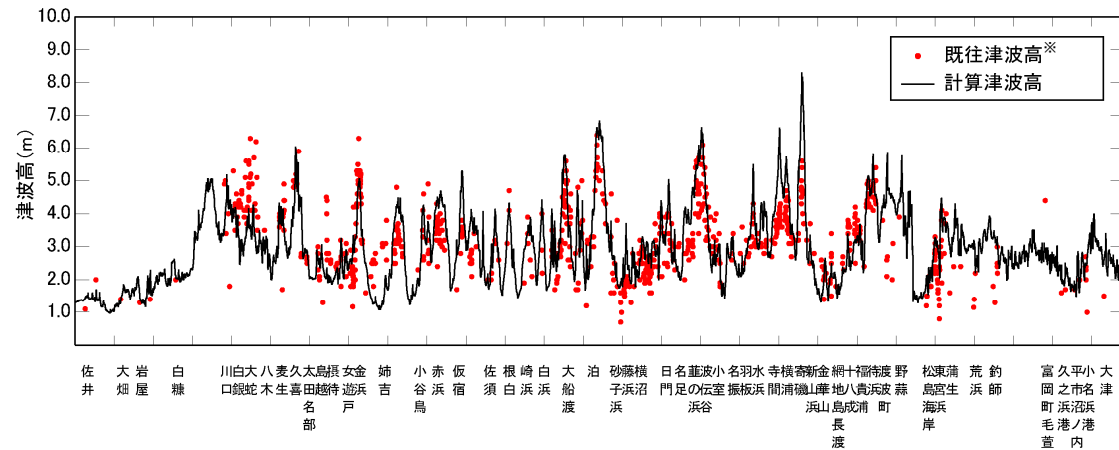
#### ■痕跡高の再現性確認結果

- 土木学会(2002)の再現性の目安に対して、計算値がやや大きい、ばらつきは小さいことを確認した。



※:チリ津波合同調査班(1961)による。

既往津波高と数値シミュレーションによる津波高さの比較(北海道沿岸)



※:チリ津波合同調査班(1961)による。

既往津波高と数値シミュレーションによる津波高さの比較(東北地方沿岸)

比較地域	K	K	地点数n
北海道～東北地方	0.90	1.38	650

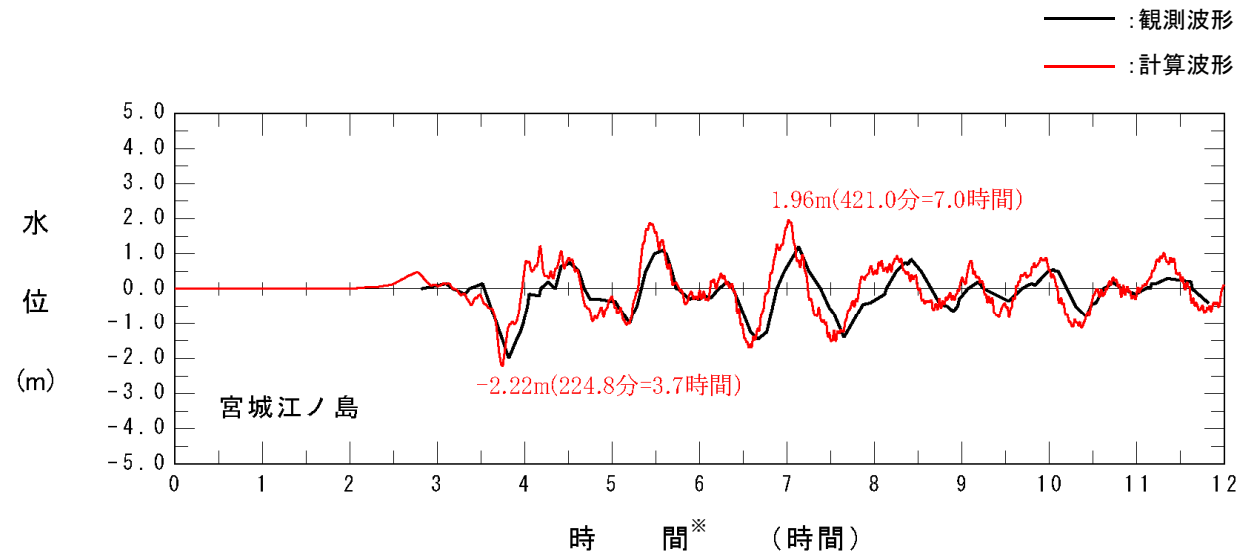


### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

#### 3.3 再現性確認:1960年チリ地震②

##### ■ 検潮記録の再現性確認結果

- 観測された検潮記録のうち、沖側に位置し、陸地等による影響が少ないと考えられる宮城江ノ島地点における検潮記録と計算波形の比較を行った。
- 比較の結果、水位・周期ともに良好に再現していることを確認した。



※: 太平洋伝播解析開始時間から20時間後を0として表示している。

### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

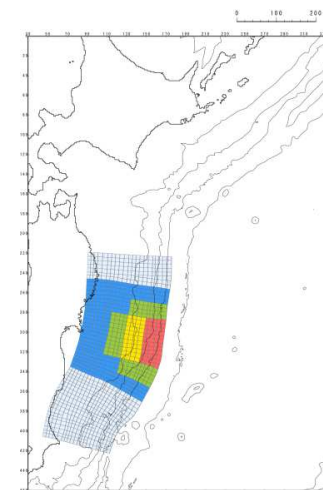
#### 3.4 数値計算結果:最大水位上昇量・下降量

- 再現性を確認した断層モデルを用いて数値シミュレーションを実施した結果、基準津波と比較して最大水位上昇量・下降量ともに十分小さいことを確認した。

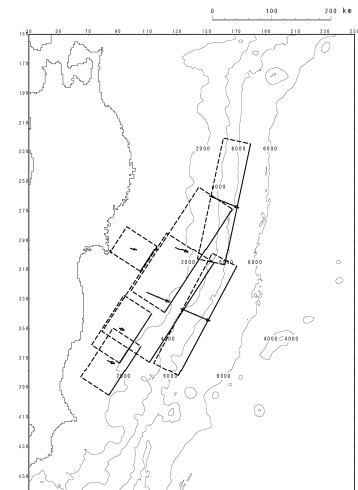
地震種別	断層モデル	最大水位上昇量(m)					
		敷地前面	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	1号放水口 前面	2・3号放水口 前面
1700年カスケード地震	Satake et al.(2003)	2.53	2.29	2.34	2.31	2.09	2.03
	【参考】 Satake et al.(2003) の地盤変位量を2倍	4.84	4.11	3.95	3.85	3.46	3.32
1960年チリ地震	Barrientos and Ward(1990)	4.24	4.11	4.16	4.14	3.73	3.67
基準津波	東北地方太平洋沖 型の地震	21.58	18.85	19.50	19.60	16.46	17.16

地震種別	断層モデル	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
1700年カスケード地震	Satake et al.(2003)	1.97	1.96	1.96
	【参考】 Satake et al.(2003) の地盤変位量を2倍	3.39	3.36	3.35
1960年チリ地震	Barrientos and Ward(1990)	3.42	3.41	3.41
基準津波	東北地方太平洋沖 型の地震	10.88	10.82	10.81

【基準津波(水位上昇側)】

東北地方太平洋沖型地震  
特性化モデル(海溝側強調モデル)

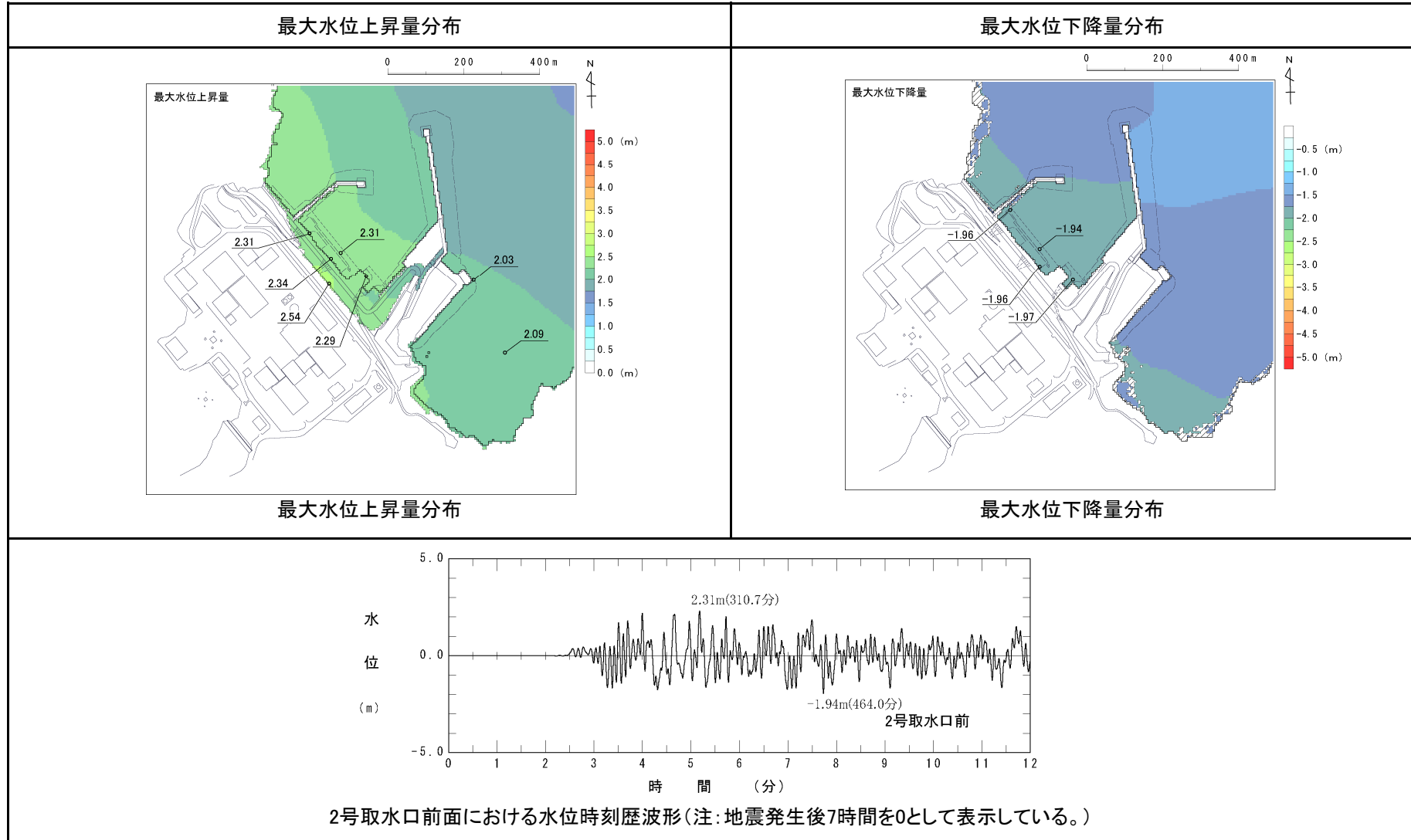
【基準津波(水位下降側)】

東北地方太平洋沖型地震  
既往津波の組合せモデル

### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

#### 3.4 数値計算結果:水位分布及び水位時刻歴波形(1700年カスケード地震, Satake et al.(2003))

【水位分布及び水位時刻歴波形※】



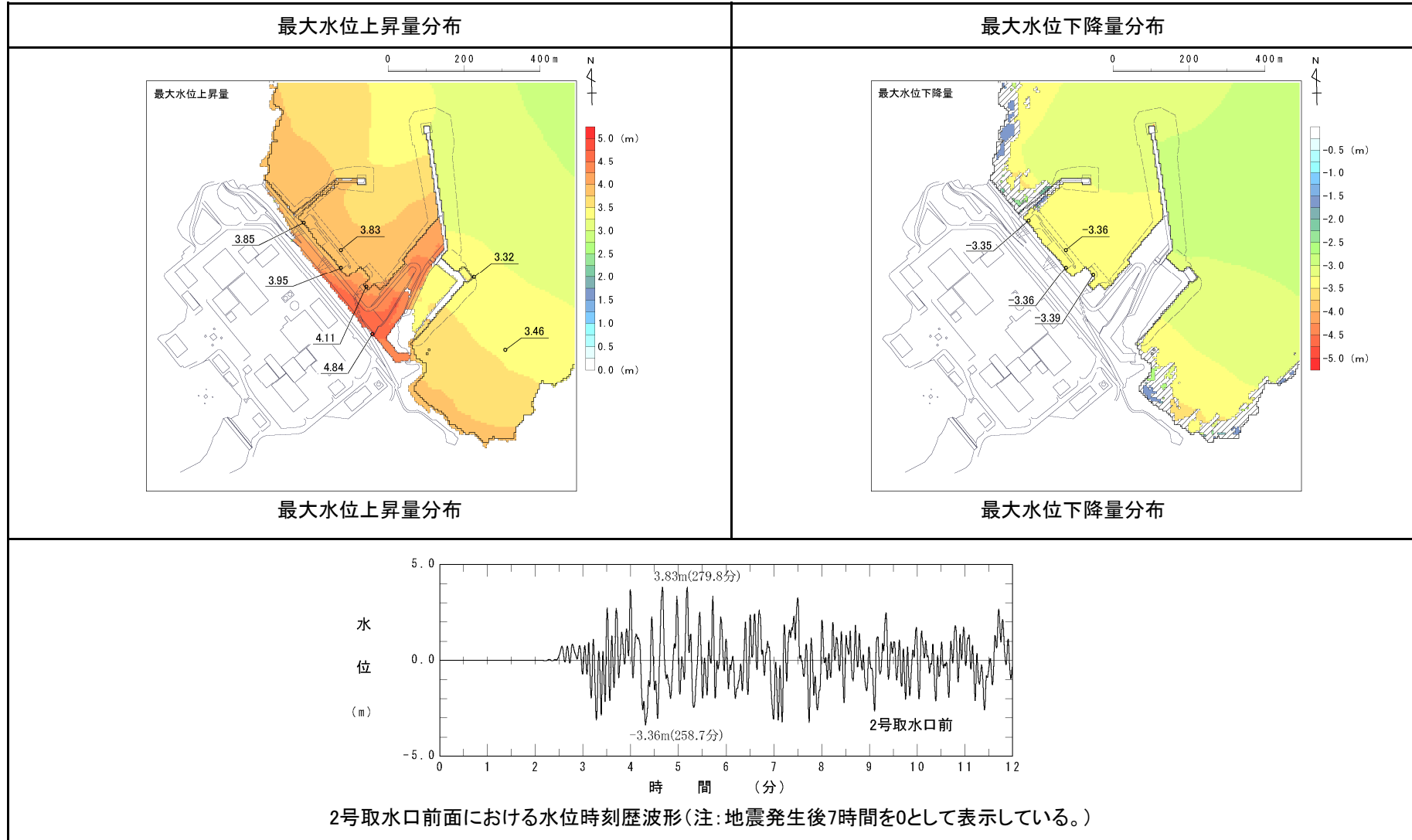
※: 水位時刻歴波形は, 各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は, p51に記載。)

### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

#### 3.4 数値計算結果:水位分布及び水位時刻歴波形

(参考:1700年カスケード地震, Satake et al.(2003)の地盤変位量を2倍)

【水位分布及び水位時刻歴波形※】

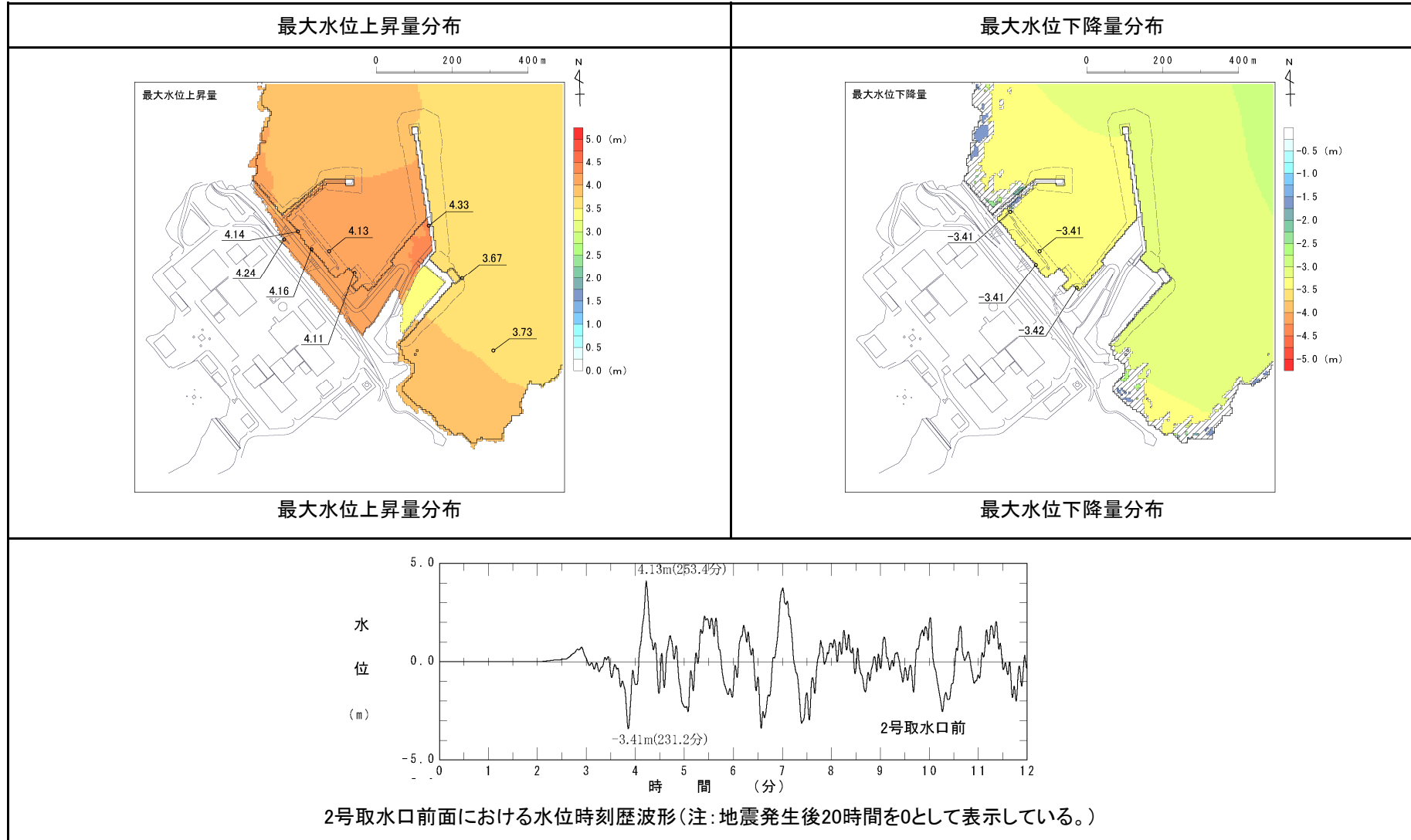


※: 水位時刻歴波形は、各取水口・放水口前面の中央位置に該当するメッシュで抽出(抽出位置は、p51に記載。)

### 3. 遠地津波の数値シミュレーション

#### 3.4 数値計算結果:水位分布及び水位時刻歴波形(1960年チリ地震)

【水位分布及び水位時刻歴波形※】



※: 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、p51に記載。)

## 4. 世界の巨大地震に関する事例調査

---

- 4. 1 カムチャッカ
- 4. 2 スマトラ～アンダマン
- 4. 3 カスケード
- 4. 4 アラスカ・アリューシャン

# 4. 世界の巨大地震に関する事例調査

## 4.1 カムチャッカ

### ① すべり(歪み)の蓄積量

- 平均発生間隔(A)・既往地震のすべり量(B)の関係と各プレートの沈み込み速度・カップリング係数・既往地震の最大すべり量から算定されるすべり(歪み)の蓄積量(C)には調和的な関係があり、M9クラスの巨大地震を発生させるすべり(歪み)の蓄積量には限度があると考えられる。

#### 【平均発生間隔(A)】

- 津波堆積物調査の結果から、調査地点で大きなばらつきがあるものの100年~400年に1回は5mを超える津波が発生している(谷岡(2013))。

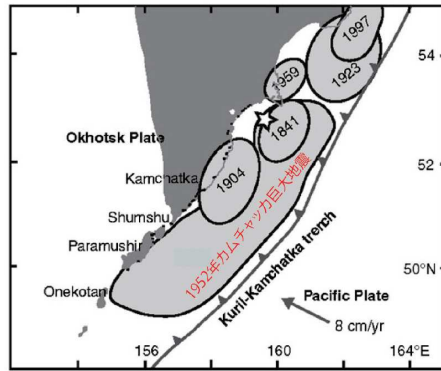
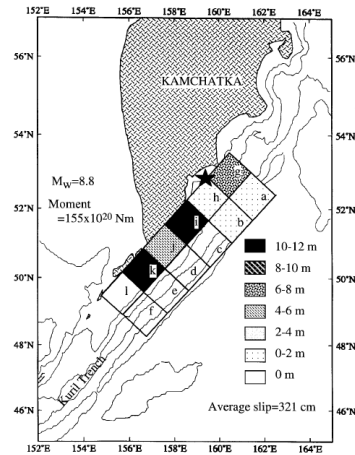


図2 カムチャッカ沖で発生した最近の巨大地震の震源域 (Fedotov et al., 1982)。☆は1952年カムチャッカ巨大地震の震源を示す。MacInnes et al.(2010)の図に追記した。

谷岡(2013)

#### 【1952年のすべり量分布(B)】

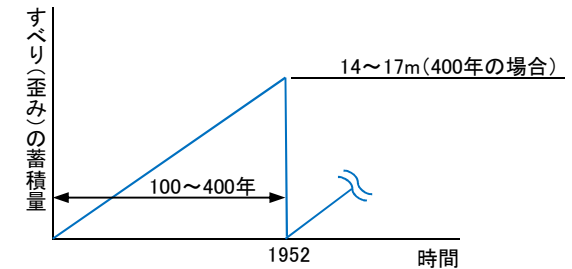
- 最大すべり量11.4m
- 平均すべり量3.2m



Johnson and Satake(1999)

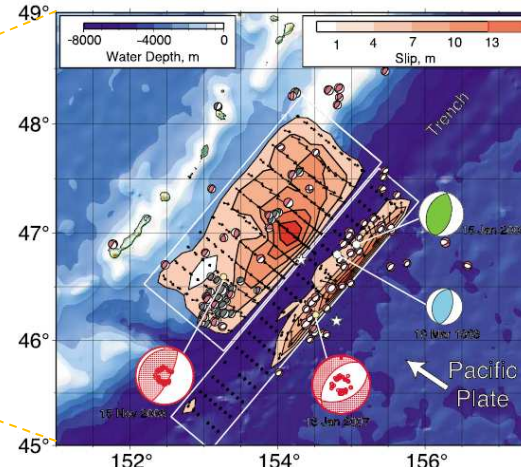
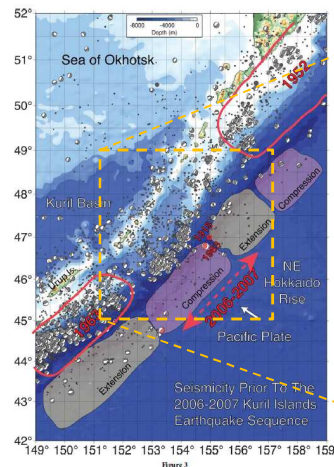
#### 【すべり(歪み)の蓄積量(C)】

- ①プレートの沈み込み速度: 6.9-8.4cm/年 (McCaffrey(2008))
- ②カップリング係数: 0.51(地震学的) 0.48~0.67(測地学的) (Scholz and Campos(2012))
- ③すべり(歪み)の蓄積量: ①(6.9-8.4cm/年) × 400年 × ②(=0.5とする) = 14~17m



### ② 空間分布

- 1952年(Mw9.0)の地震発生領域と1963年(Mw8.5)の地震発生領域の間の空白域で、2006年にプレート間地震(Mw8.3)が発生し、2007年に正断層型地震(アウターライズ地震)(Mw8.1)が発生している。



Lay et al.(2009)に一部加筆

## 4. 世界の巨大地震に関する事例調査

### 4.2 スマトラ～アンダマン①

#### ① すべり(歪み)の蓄積量及びM9クラスの巨大地震の空間分布

- 平均発生間隔(A)・既往地震のすべり量(B)の関係と各プレートの沈み込み速度・カップリング係数・既往地震の最大すべり量から算定されるすべり(歪み)の蓄積量(C)には調和的な関係があり、M9クラスの巨大地震を発生させるすべり(歪み)の蓄積量には限度があると考えられる。

#### 【平均発生間隔(A)】

- 津波堆積物調査の結果から、2004年の地震発生領域では、約500年間隔で巨大地震が発生している。

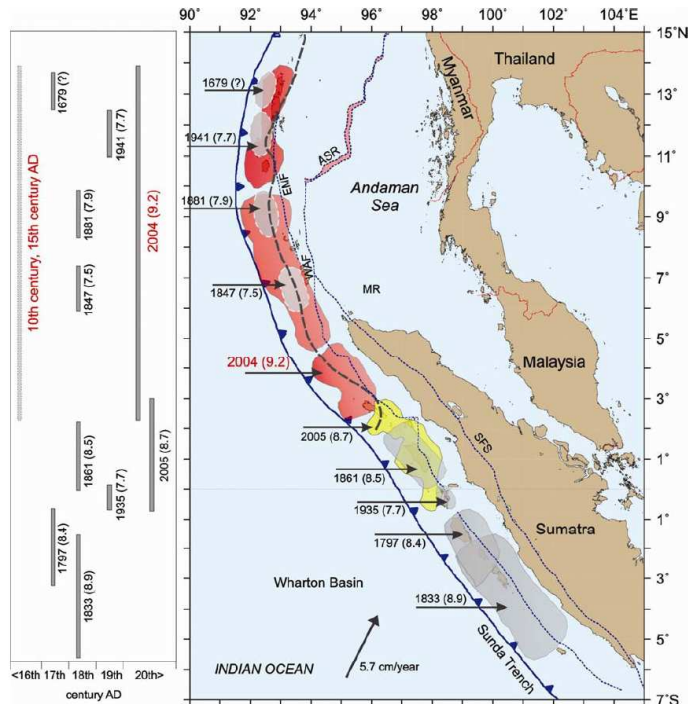


Figure 9. (Right) Seismotectonic setting of the Sumatra-Andaman subduction zone showing rupture areas (shaded) of significant earthquakes. (Left) Their spatial and temporal rupture estimates. Faults marked on the overriding plate are EMF, WAF, SFS and ASR (from Natawidjaja<sup>4</sup>). Historical earthquake ruptures are shaded in grey (from refs 18, 53 and 55); the 2004 and 2005 ruptures are in red and yellow respectively (from Chlieh *et al.*<sup>6</sup>). EMF, Eastern Margin Fault; WAF, West Andaman Fault; ASR, Andaman Spreading Ridge; SFS, Sumatra Fault System.

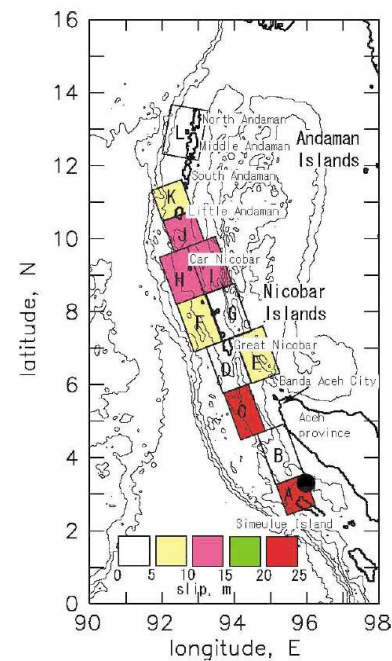
Rajendran (2013)



- 1833年(Mw8.9), 2005年(Mw8.7), 2004年(Mw9.2)の巨大地震発生領域は重複していない。

#### 【2004年のすべり量分布(B)】

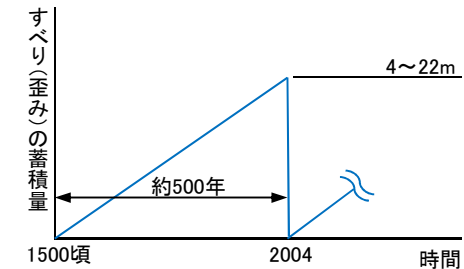
- 最大すべり量23m
- 平均すべり量8.6m



Tanioka et al. (2006)

#### 【すべり(歪み)の蓄積量(C)】

- プレートの沈み込み速度: 1.6-4.4cm/年 (McCaffrey(2008))
- カップリング係数: 0.5~8.3 (地震学的)  
1.0 (測地学的) (Scholz and Campos(2012))
- すべり(歪み)の蓄積量: ①(1.6-4.4cm/年) × 500年  
× ②(=0.5~1.0とする) = 4~22m



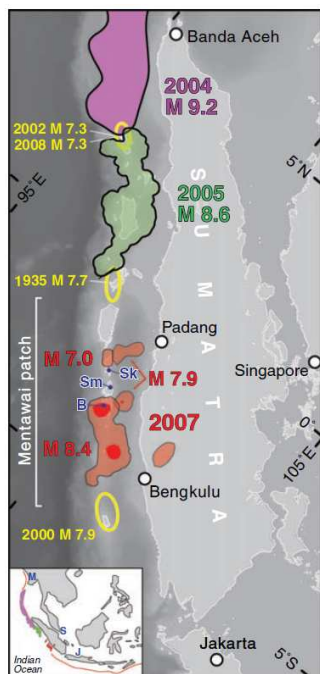


## 4. 世界の巨大地震に関する事例調査

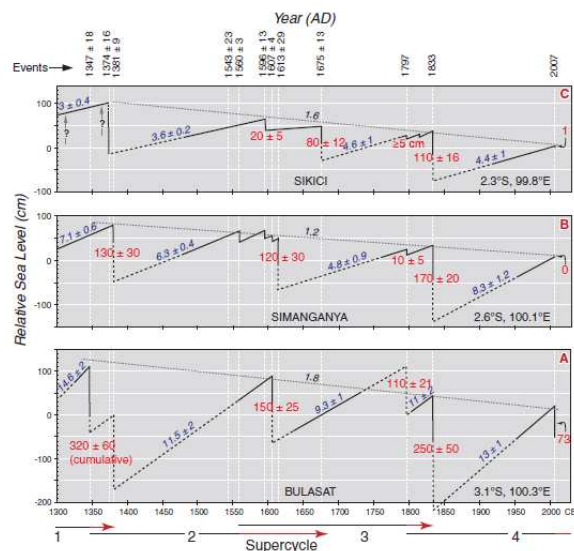
### 4.2 スマトラ～アンダマン②

#### ② スーパーサイクル

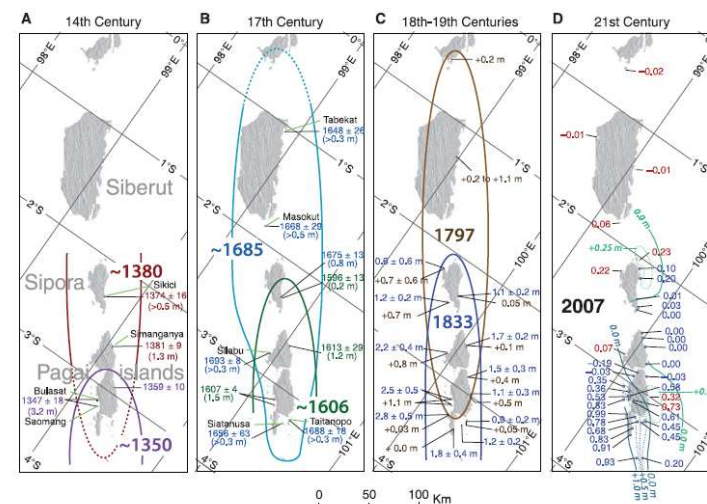
- Sieh et al.(2008)は、スマトラ西部の島のサンゴに残された海水準変動の記録から、少なくとも、過去700年間に、700kmにわたる海域で約200年周期(スーパーサイクル)の巨大地震が発生しているとしている。



**Fig. 1.** Recent seismic ruptures of the Sunda megathrust, offshore of Sumatra, delineate highly coupled large (pink, green, and orange) and weakly coupled small (yellow) patches. The September 2007 sequence involved partial rupture of the Mentawai patch, which last broke in 1797 and 1833. B (Bulasat), Sm (Simanganya), and Sk (Sikici) indicate principal paleoseismic sites. Adapted from (1, 3, 5, 12, 15). (Inset) M, S, and J are Myanmar, Singapore, and Java. The red line is the Sunda megathrust.



**Fig. 2.** Histories of interseismic submergence and coseismic emergence through seven centuries at sites (A) Bulasat, (B) Simanganya, and (C) Sikici. Data constrain solid parts of the curves well (fig. S4); dotted portions are inferred. Emergence values (in centimeters  $\pm 2\sigma$ ) are red. Interseismic submergence rates (in millimeters per year,  $\pm 2\sigma$ ) are blue. Millennial emergence rates are black. Vertical dashed white lines mark dates of emergences. Red arrows at bottom highlight the timing of the failure sequence for each supercycle.



**Fig. 3.** Four emergence episodes of the past seven centuries. Each episode consists of more than one major event. (A and B) Emergence amounts are below the year of emergence ( $\pm 2\sigma$ ); colors indicate proposed event correlations. (C) Emergences attributed to the 1797 and 1833 earthquakes are brown and blue, respectively. (D) Uplift values for the 12 to 13 September 2007 sequence are red (GPS) and blue (coral). Contours of uplift in blue and green show the amounts attributable to the  $M_w$  8.4 and  $M_w$  7.9 events, respectively (SOM, including table S11). The 2007 events probably herald the beginning of the next failure sequence.

## 4. 世界の巨大地震に関する事例調査

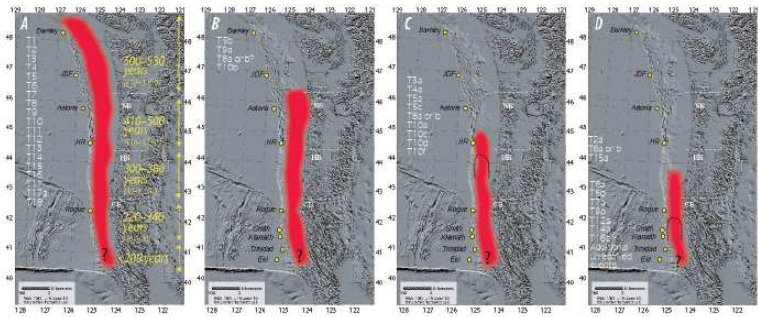
### 4.3 カスケード

#### すべり(歪み)の蓄積量

- 平均発生間隔(A)・既往地震のすべり量(B)の関係と各プレートの沈み込み速度・カップリング係数・既往地震の最大すべり量から算定されるすべり(歪み)の蓄積量(C)には調和的な関係があり、M9クラスの巨大地震を発生させるすべり(歪み)の蓄積量には限度があると考えられる。

#### 【平均発生間隔(A)】

- 最新のタービダイトと沿岸地質データの対比から、過去約1万年間に発生した41回の地震の平均発生間隔は約240年であり、このうちM9クラスの地震は約半分である(約500年間隔)。

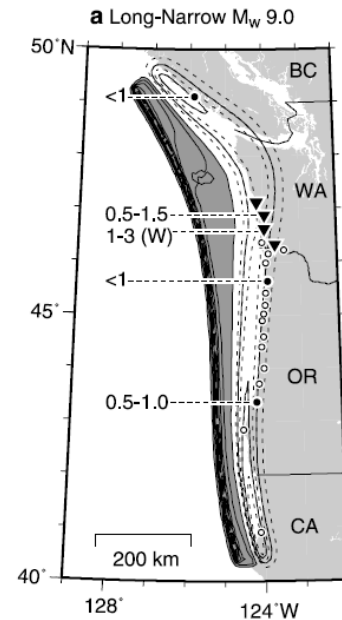


第4図 沿岸と深海で得られた古地震痕跡から推定される大地震の震源域。Aはカスケード沈み込み帯全域が破壊するもので、19回記録されている。Bは4回、Cは10-12回、Dは7-8回以上記録されている。Goldfinger et al. (2012)<sup>15)</sup>による。

佐竹(2013)

#### 【1700年のすべり量分布(B)】

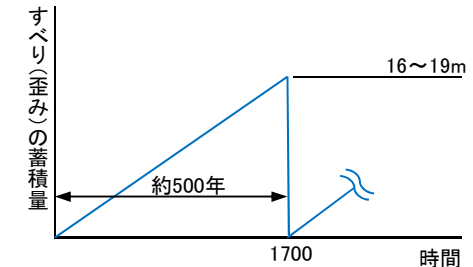
- 最大すべり量19m
- 平均すべり量14m



Satake et al. (2003)

#### 【すべり(歪み)の蓄積量(C)】

- ①プレートの沈み込み速度: 3.2-3.8cm/年 (McCaffrey(2008))
- ②カップリング係数: 1.0(地震学的)  
1.0(測地的) (Scholz and Campos(2012))
- ③すべり(歪み)の蓄積量: ①(3.2-3.8cm/年) × 500年  
× ②(=1.0とする) = 16~19m



# 4. 世界の巨大地震に関する事例調査

## 4.4 アラスカ・アリューシャン

### すべり(歪み)の蓄積量

- 平均発生間隔(A)・既往地震のすべり量(B)の関係と各プレートの沈み込み速度・カップリング係数・既往地震の最大すべり量から算定されるすべり(歪み)の蓄積量(C)には調和的な関係があり、M9クラスの巨大地震を発生させるすべり(歪み)の蓄積量には限度があると考えられる。

#### 【平均発生間隔(A)】

- 泥炭とシルトの組(peat-silt couplets)による地震時の地殻変動量の推定から、1964年の地震を除けば、約600年間隔(推定誤差を考慮すると最小で180年間隔)で巨大地震が発生。
- 最大は1964年とその前の間隔で約1000年となる。

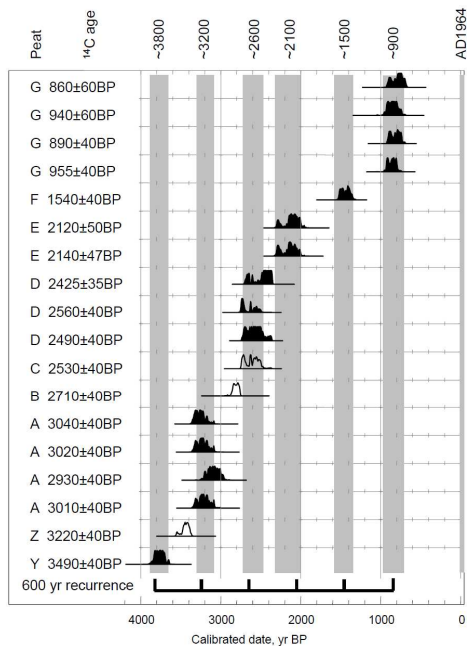
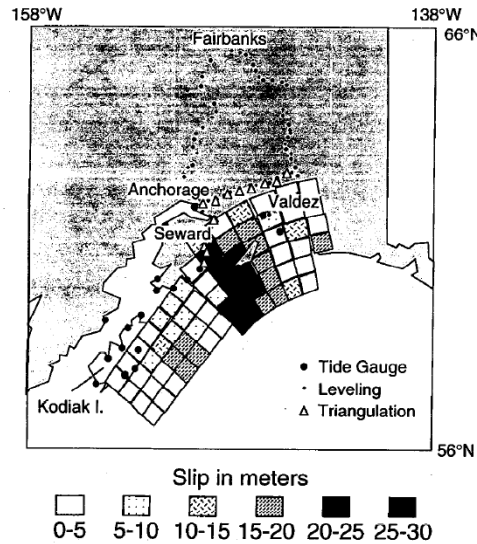


Figure 15 – Calibration of radiocarbon samples taken from the top of the peat layers submerged following co-seismic subsidence. Diatom analysis shows peat Z, peat B and Peat C (open histograms) do not record co-seismic submergence. All dates from in situ plant macrofossils or tree stumps rooted in a peat layer. Calibrations based on OxCal v3.10 (Reimer et al., 2004) (Ramsey, 2001). Shaded areas indicate 95% probability age range of great earthquakes ~900, ~1500, ~2100, ~2500, ~3200 and ~3800 cal yr BP.

Shennan et al. (2007)

#### 【1964年のすべり量分布(B)】

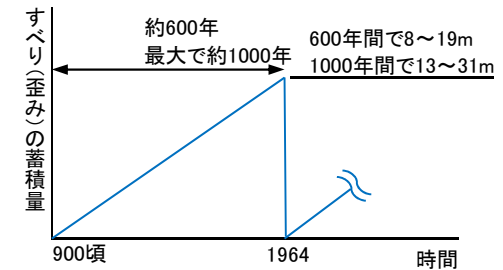
- 最大すべり量22m
- 平均すべり量8.6m



Johnson et al. (1996)

#### 【すべり(歪み)の蓄積量(C)】

- ①プレートの沈み込み速度: 2.2~5.2cm/年 (McCaffrey(2008))
- ②カップリング係数: 0.5~0.72(地震学的) 0.62(測地学的) (Scholz and Campos(2012))
- ③すべり(歪み)の蓄積量: ①(2.2~5.2cm/年) × 600年 or 1000年 × ②(=0.6とする) = 8~19m(600年) 13~31m(1000年)



## 5. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現解析

---

- 5. 1 津波高の再現性の評価指標
- 5. 2 再現解析
- 5. 3 再現性の確認結果

## 5. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現解析

### 5.1 津波高の再現性の評価指標

---

- 再現性の評価指標には、相田(1977)による既往津波高と数値シミュレーションにより計算された津波高との比から求める幾何平均値 $K$ 及びばらつきを表す指標 $\kappa$ を用いる。
- $K$ 及び $\kappa$ については、土木学会(2002)により、「 $0.95 < K < 1.05$ ,  $\kappa < 1.45$ 」が再現性の目安とされている。

$$\log K = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \log K_i, \quad \log \kappa = \left[ \frac{1}{n} \left\{ \sum_{i=1}^n (\log K_i)^2 - n(\log K)^2 \right\} \right]^{1/2}, \quad K_i = R_i / H_i$$

ここで、

$n$ : 地点数,  $R_i$ :  $i$  番目の地点での観測値(痕跡高),  $H_i$ :  $i$  番目の地点での数値シミュレーション結果

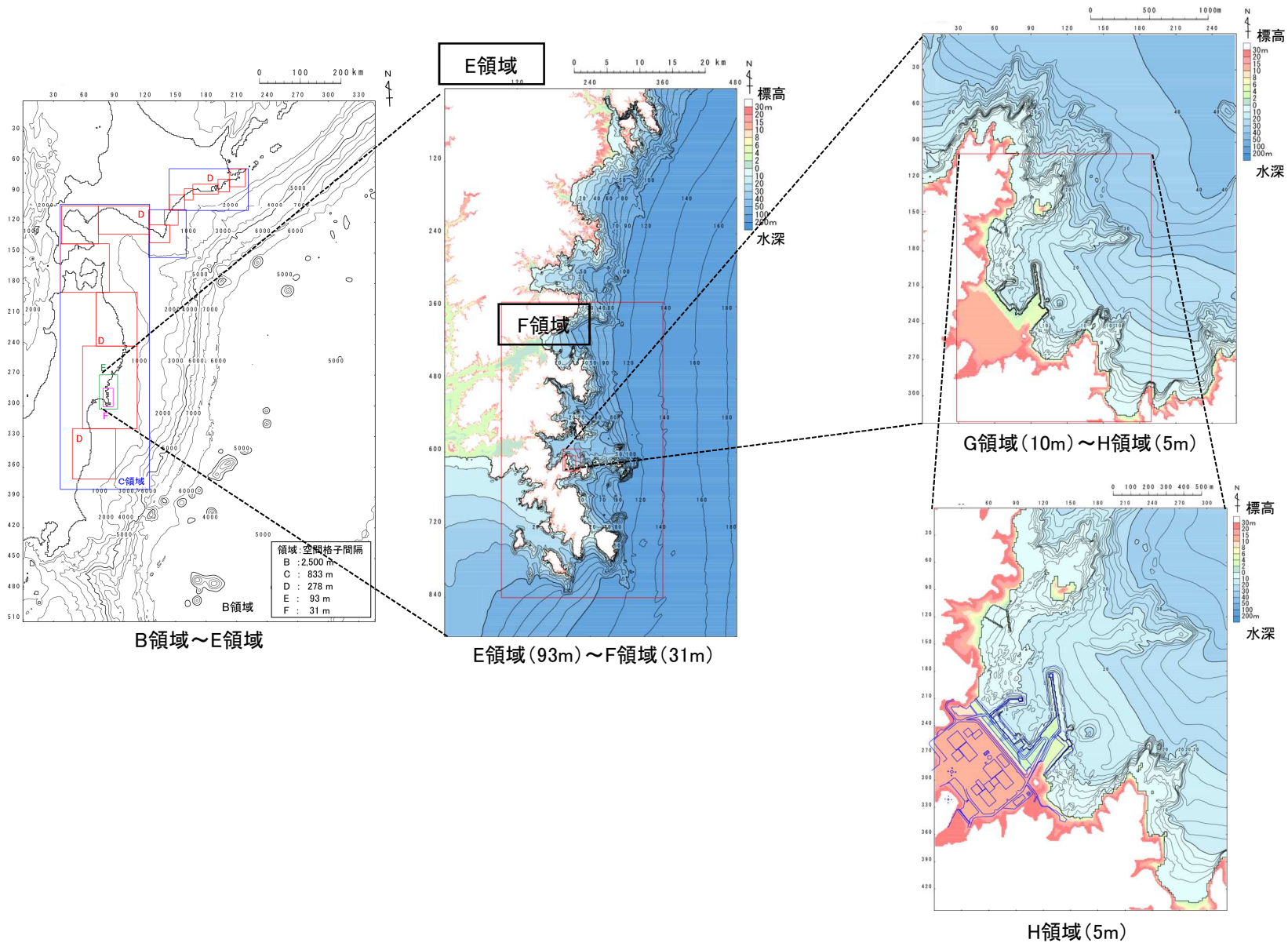
## 5. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現解析

## 5.2 再現解析:計算条件

項目 \ 領域	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)					
沖側境界条件	自由透過	外側の格子領域と水位・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	マンニングの粗度係数 $n = 0.03\text{m}^{-1/3}/\text{s}$ (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.-0.4m(地震発生時の潮位)						
計算再現時間	地震発生後4時間						

### 5. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現解析

## 5. 2 再現解析: 計算領域とその水深

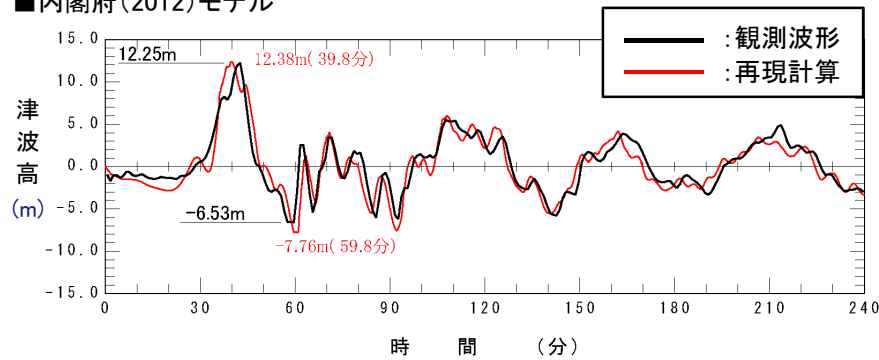


## 5. 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現解析

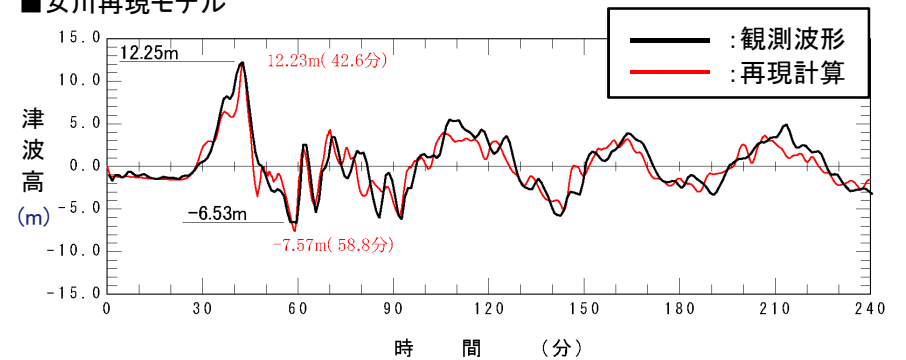
### 5.3 再現性の確認結果：発電所港湾内の観測記録

- 2011年東北地方太平洋沖地震に伴う津波の再現モデルは、発電所港湾内で取得した観測波形の津波特性（津波水位、周期、津波の到達時間）を良好に再現することを確認した。

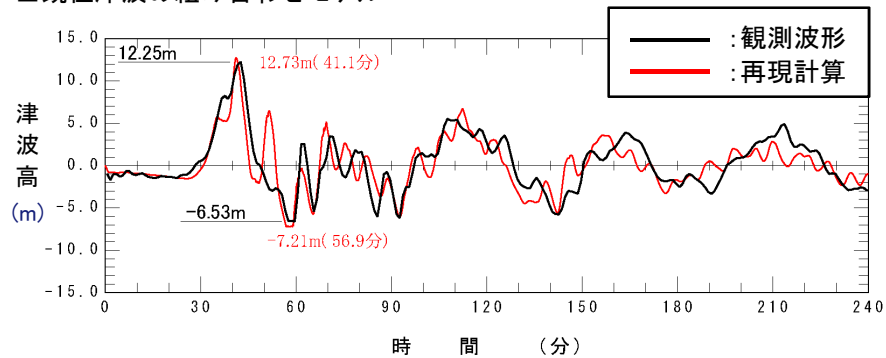
■内閣府(2012)モデル



■女川再現モデル



■既往津波の組み合わせモデル





## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する 津波の予測計算結果一覧

---

6. 1	内閣府(2012)モデル	.....	p41
6. 2	女川再現モデル	.....	p42
6. 3	既往津波の組合せモデル	.....	p43
6. 4	特性化モデル	.....	p46

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.1 内閣府(2012)モデル

## ■水位上昇側

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
波源位置							
北へ約50km移動	12.17	12.04	12.04	12.02	11.68	11.69	
基準	12.61	12.18	12.18	12.14	12.00	12.01	
南へ約50km移動	17.32	15.97	16.20	16.29	14.76	14.73	決定ケース

## ■水位下降側

(単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
波源位置				
北へ約50km移動	-7.58	-7.46	-7.47	
基準	-9.03	-9.15	-9.16	決定ケース
南へ約50km移動	-8.22	-8.18	-8.18	

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.2 女川再現モデル

## ■水位上昇側

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
波源位置							
北へ約50km移動	10.29	10.13	10.15	10.15	9.46	9.38	
基準	12.46	12.22	12.21	12.16	11.57	11.52	
南へ約50km移動	15.89	15.00	15.22	15.24	15.22	14.78	決定ケース

## ■水位下降側

(単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
波源位置				
北へ約50km移動	-7.00	-6.99	-6.89	
基準	-8.02	-8.02	-8.02	決定ケース
南へ約50km移動	-7.42	-7.49	-7.52	

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.3 既往津波の組合せモデル:水位上昇側①

## ■概略パラメータスタディ

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
津波地震:基準-5° プレート間地震:基準-10°	16.18	15.25	15.13	15.03	13.57	13.76	詳細パラメータスタディ①
基準	13.05	12.64	12.67	12.66	12.41	12.26	
津波地震:基準+5° プレート間地震:基準+10°	15.26	14.79	14.90	14.94	13.96	13.98	詳細パラメータスタディ②

## ■詳細パラメータスタディ①

(単位:m)

パラメータの変動範囲		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	備考
傾斜角	すべり角							
基準-5°	基準-10°	15.52	14.55	14.39	14.35	12.96	13.01	
	基準	16.26	14.87	14.69	14.61	13.19	13.27	
	基準+10°	16.39	14.78	14.62	14.56	12.99	13.18	
基準	基準-10°	15.78	14.88	14.73	14.71	13.31	13.43	
	基準	16.18	15.25	15.13	15.03	13.57	13.76	
	基準+10°	16.41	15.26	15.10	14.98	13.37	13.67	
基準+5°	基準-10°	16.21	15.19	15.02	14.94	13.22	13.62	
	基準	17.03	15.56	15.37	15.26	13.51	13.98	
	基準+10°	17.32	15.51	15.34	15.23	13.31	13.89	敷地前面決定ケース

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.3 既往津波の組合せモデル:水位上昇側②

## ■詳細パラメータスタディ②

(単位:m)

パラメータの変動範囲		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	備考
傾斜角	すべり角							
基準-5°	基準-10°	15.40	14.78	14.98	15.04	13.42	13.76	
	基準	16.13	15.35	15.59	15.61	13.96	14.25	
	基準+10°	16.99	15.58	15.81	15.84	14.16	14.77	各取放水口前面決定ケース
基準	基準-10°	14.77	14.28	14.37	14.39	13.44	13.49	
	基準	15.26	14.79	14.90	14.94	13.96	13.98	
	基準+10°	15.50	14.97	15.14	15.19	14.12	14.11	
基準+5°	基準-10°	13.68	13.35	13.44	13.43	12.72	12.72	
	基準	14.25	13.86	13.94	13.90	13.24	13.21	
	基準+10°	14.46	14.02	14.08	14.07	13.37	13.33	

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.3 既往津波の組合せモデル:水位下降側

## ■概略パラメータスタディ

(単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
走向				
津波地震:基準-5° プレート間地震:基準-10°	-9.02	-9.10	-9.02	
基準	-9.45	-9.52	-9.52	
津波地震:基準+5° プレート間地震:基準+10°	-10.08	-10.07	-10.06	詳細パラメータスタディ

## ■詳細パラメータスタディ

(単位:m)

パラメータの変動範囲		1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
傾斜角	すべり角				
基準-5°	基準-10°	-7.57	-7.43	-7.46	
	基準	-8.28	-8.11	-8.12	
	基準+10°	-8.67	-8.61	-8.64	
基準	基準-10°	-9.57	-9.63	-9.56	
	基準	-10.08	-10.07	-10.06	
	基準+10°	-10.38	-10.28	-10.22	
基準+5°	基準-10°	-10.79	-10.73	-10.72	
	基準	-10.88	-10.81	-10.79	1号取水口前面決定ケース
	基準+10°	-10.85	-10.82	-10.81	2・3号取水口前面決定ケース

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.4 特性化モデル:水位上昇側①

## ■すべり量, すべり分布の不確かさ

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
すべり量	16.34	14.13	14.26	14.21	12.36	13.36	すべり量割増モデル
基準	13.55	12.06	12.11	12.03	10.20	11.20	
すべり量+すべり分布	21.58	18.85	19.50	19.60	16.46	17.16	海溝側強調モデル

## ■大すべり域の位置の不確かさ

## 【すべり量割増モデル】

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
アスペリティ位置							
北へ約50km移動	11.77	10.20	10.32	10.29	8.89	9.22	
基準	16.34	14.13	14.26	14.21	12.36	13.36	破壊開始点位置の不確かさ 考慮ケース
南へ約50km移動	12.21	11.67	11.83	11.87	10.22	11.20	
南へ約100km移動	13.29	12.50	12.50	12.52	11.93	12.07	

## 【海溝側強調モデル】

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
アスペリティ位置							
北へ約50km移動	20.40	18.01	18.69	19.22	16.14	16.41	
基準	21.58	18.85	19.50	19.60	16.46	17.16	破壊開始点位置の不確かさ 考慮ケース
南へ約50km移動	18.55	16.77	17.06	16.99	14.42	15.95	
南へ約100km移動	14.98	13.96	14.52	14.01	12.35	13.28	

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.4 特性化モデル:水位上昇側②

## ■破壊開始点位置の不確かさ

## 【すべり量割増モデル】

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
破壊開始点位置							
基準	16.34	14.13	14.26	14.21	12.36	13.36	
P1	14.74	13.06	13.09	13.11	11.25	12.67	
P2	14.88	13.16	13.19	13.20	11.34	12.77	
P3	15.19	13.50	13.45	13.48	11.63	13.01	
P4	16.58	14.43	14.64	14.76	12.79	13.52	
P5	17.26	15.52	15.87	15.88	14.05	13.97	
P6	16.99	15.22	15.43	15.37	13.58	13.55	

## 【海溝側強調モデル】

(単位:m)

パラメータの変動範囲	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	備考
破壊開始点位置							
基準	21.58	18.85	19.50	19.60	16.46	17.16	決定ケース
P1	16.56	13.70	14.32	14.76	12.96	12.63	
P2	16.49	13.78	14.21	14.81	13.23	13.03	
P3	17.39	14.62	15.13	15.71	13.97	13.63	
P4	15.53	13.50	13.84	14.10	12.63	12.20	
P5	16.79	14.10	14.36	14.71	13.09	13.06	
P6	19.44	16.93	17.72	18.15	16.00	15.58	



## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.4 特性化モデル:水位下降側①

## ■すべり量, すべり分布の不確かさ

(単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
すべり量	-7.82	-7.72	-7.75	すべり量割増モデル
基準	-8.16	-8.18	-8.21	
すべり量+すべり分布	-8.80	-8.98	-9.01	海溝側強調モデル

## ■大すべり域の位置の不確かさ

## 【すべり量割増モデル】

(単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
アスペリティ位置				
北へ約50km移動	-7.08	-6.87	-6.83	
基準	-7.82	-7.72	-7.75	
南へ約50km移動	-8.68	-8.92	-8.93	破壊開始点位置の不確かさ 考慮ケース
南へ約100km移動	-7.56	-7.62	-7.64	

## 【海溝側強調モデル】

(単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
アスペリティ位置				
北へ約50km移動	-8.74	-8.88	-8.92	
基準	-8.80	-8.98	-9.01	破壊開始点位置の不確かさ 考慮ケース
南へ約50km移動	-8.39	-8.52	-8.56	
南へ約100km移動	-7.22	-7.29	-7.25	

## 6. 「東北地方太平洋沖型の地震」に起因する津波の予測計算結果一覧

## 6.4 特性化モデル:水位下降側②

## ■破壊開始点位置の不確かさ

【すべり量割増モデル アスぺリティ位置:南へ約50km】 (単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面
破壊開始点位置			
基準	-8.68	-8.92	-8.93
P1	-8.31	-8.45	-8.49
P2	-7.97	-8.08	-8.17
P3	-7.89	-7.96	-7.93
P4	-8.08	-8.23	-8.20
P5	-8.16	-8.17	-8.18
P6	-8.28	-8.39	-8.41

【すべり量割増モデル アスぺリティ位置:基準(水位上昇側決定ケース)】 (単位:m)

パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
破壊開始点位置				
基準	-7.82	-7.72	-7.75	
P1	-7.80	-7.73	-7.67	
P2	-8.26	-8.28	-8.28	
P3	-8.53	-8.61	-8.60	
P4	-8.33	-8.35	-8.32	
P5	-9.40	-9.42	-9.46	決定ケース
P6	-8.98	-9.07	-9.07	

【海溝側強調モデル】

(単位:m)

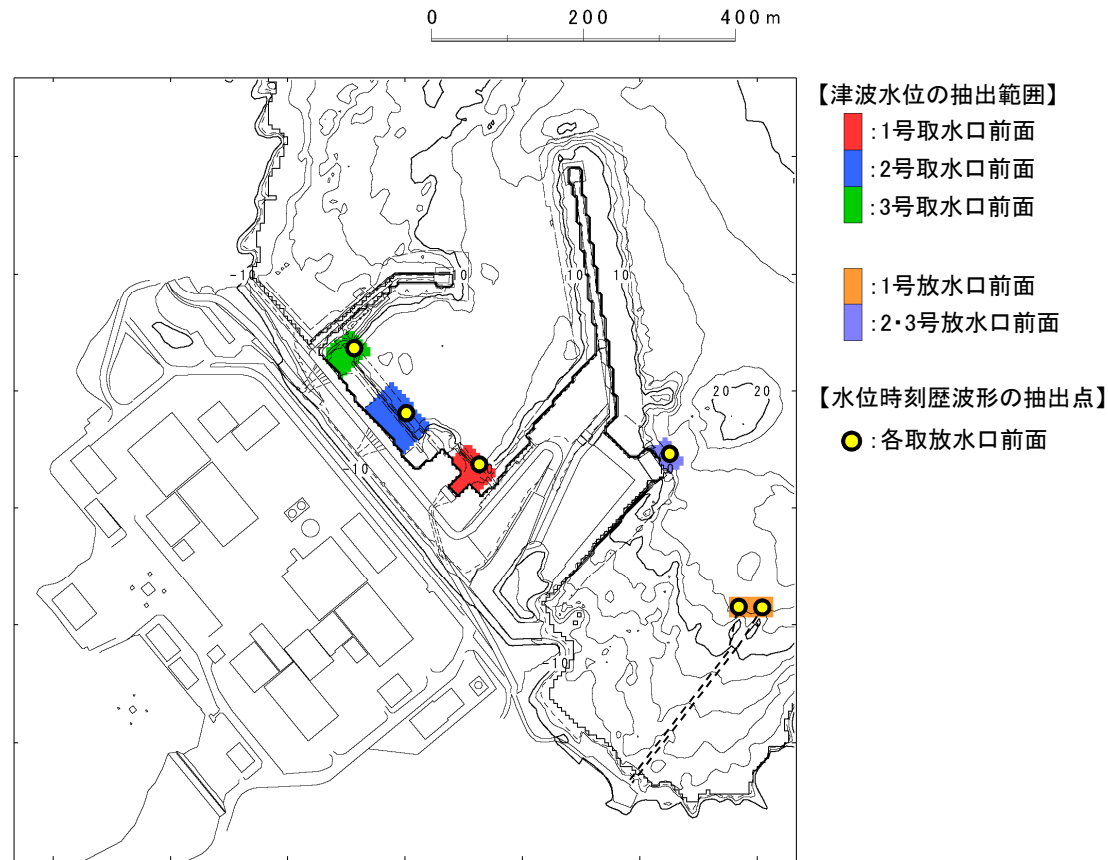
パラメータの変動範囲	1号取水口 前面	2号取水口 前面	3号取水口 前面	備考
破壊開始点位置				
基準	-8.80	-8.98	-9.01	
P1	-8.48	-8.70	-8.71	
P2	-8.24	-8.46	-8.44	
P3	-8.43	-8.46	-8.49	
P4	-8.20	-8.39	-8.28	
P5	-8.89	-8.94	-8.93	
P6	-8.69	-8.79	-8.78	

## 7. 津波水位の抽出位置

---

## 7. 津波水位の抽出位置

- 津波解析は波源特性の不確かさを考慮した多数のパラメータスタディを実施するが、各ケースによって発電所港内における津波の流れ場が異なることから、取放水設備の耐津波設計に用いる入力津波を確実に抽出するため、津波水位(最大水位上昇量・最大水位下降量)の抽出位置を下図のとおり設定した。
- 取放水設備の水理特性を考慮した水位変動解析等に用いる水位時刻歴波形の抽出位置は、上記の代表点として、各取放水口前面の中央位置とした。



津波水位の抽出位置 (● : 水位時刻歴波形の抽出点)

## 8. 分岐断層に対する考え方

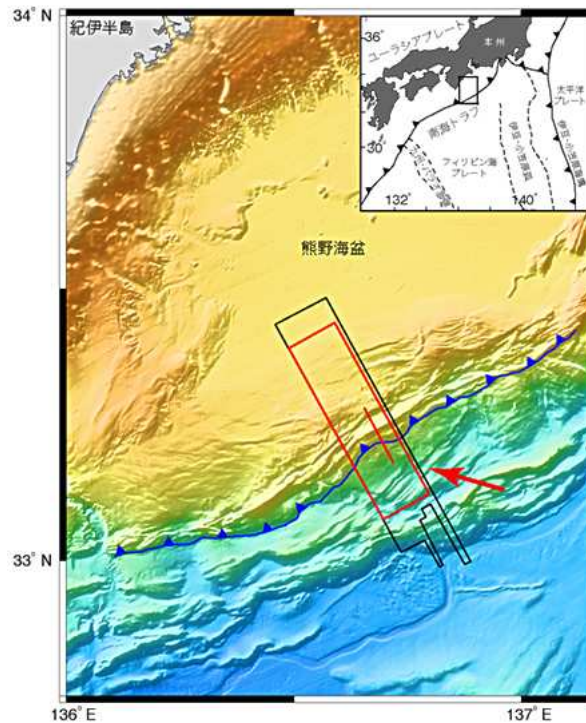
---

- 8. 1 既往津波の発生事例:紀伊半島沖熊野灘における分岐断層
- 8. 2 内閣府(2012)による紀伊半島沖熊野灘における分岐断層の波源モデル化方法
- 8. 3 2011年東北地方太平洋沖地震における海溝軸付近の海底変動
- 8. 4 特性化モデル

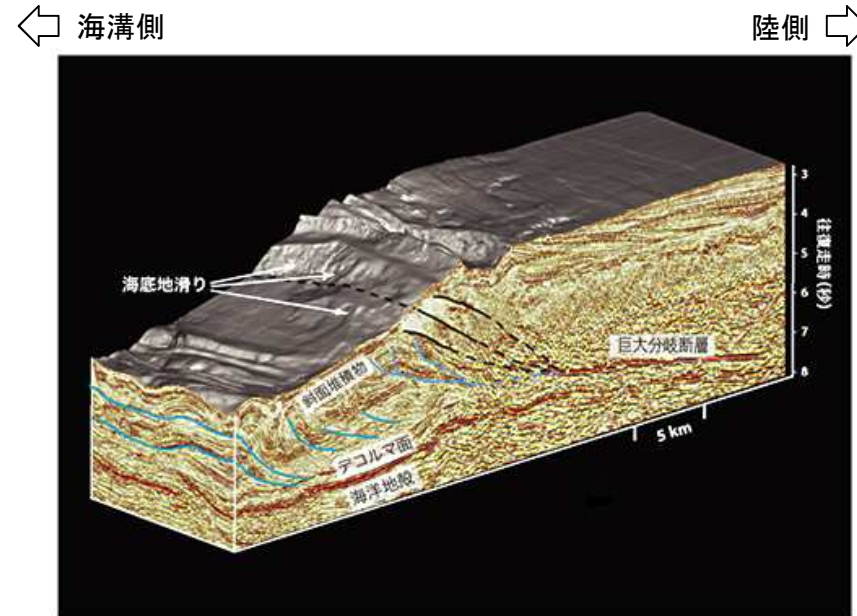
## 8. 分岐断層に対する考え方

### 8.1 既往津波の発生事例: 紀伊半島沖熊野灘における分岐断層

- 南海トラフの地下構造は、フィリピン海プレートが日本列島の下に沈み込み、付加体※が発達している。  
※: 海洋プレートが陸側のプレートの下に沈み込む際に海洋底堆積物が陸側に押しつけられ、くさび状に堆積物が厚くなっている場所。
- 紀伊半島沖熊野灘付近における付加体の底面にはプレート境界断層とそこから枝分かれする巨大分岐断層が存在する。  
また、同分岐断層は、1944年の東南海地震時に津波を引き起こした要因と考えられている(JAMSTEC(2007, 2011))。



調査範囲  
(黒枠: 調査範囲, 赤枠: 右図 図化範囲(矢印は視線方向))



地質構造図

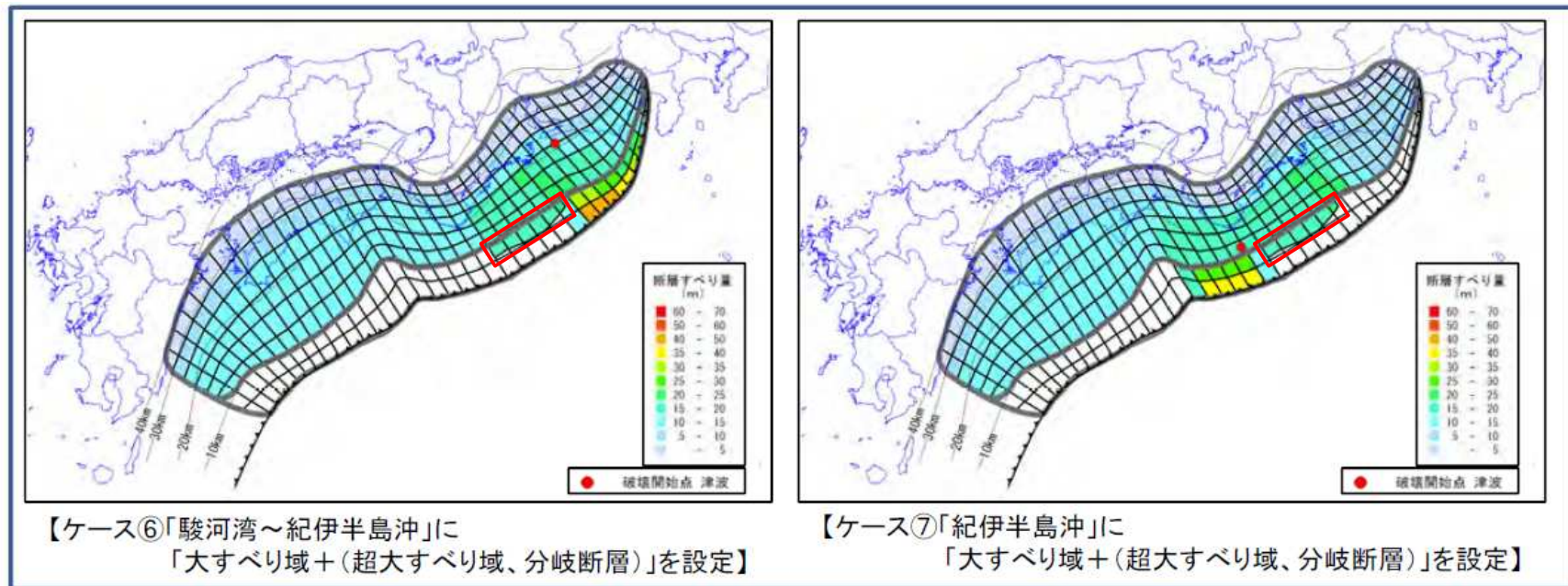
三次元反射法音波探査による地質構造(JAMSTEC(2007))

## 8. 分岐断層に対する考え方

### 8.2 内閣府(2012)による紀伊半島沖熊野灘における分岐断層の波源モデル化方法

- 内閣府(2012)では、熊野灘の分岐断層の影響を考慮した波源モデルを設定しており、そのすべり量を大すべり域のすべり量(=平均すべり量の2倍)としている。

: 分岐断層を考慮した範囲

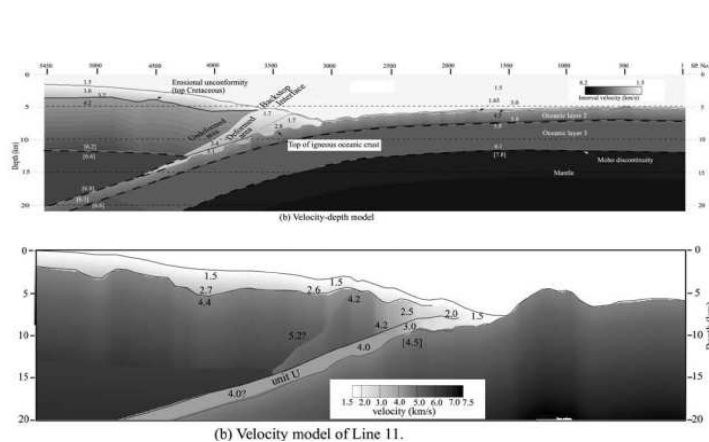


熊野灘の分岐断層を考慮した波源モデル(内閣府(2012)に一部加筆)

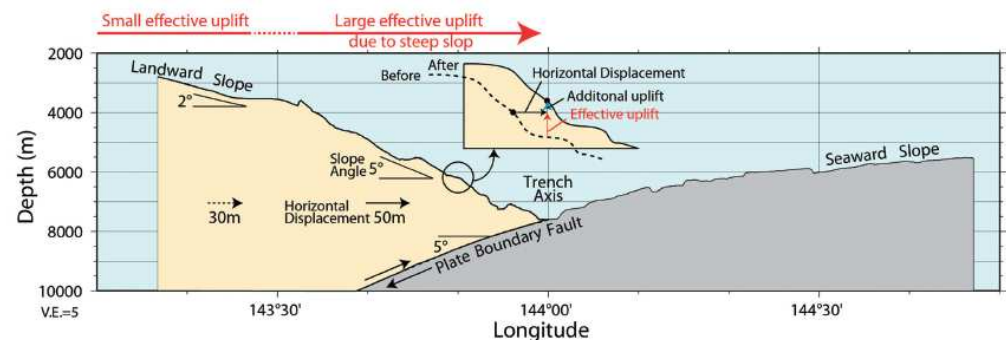
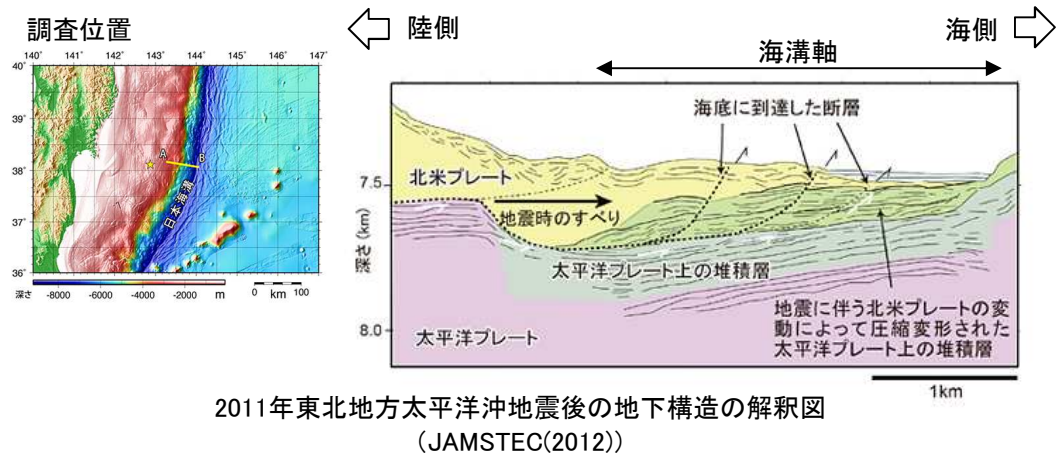
## 8. 分岐断層に対する考え方

### 8.3 2011年東北地方太平洋沖地震における海溝軸付近の海底変動

- 日本海溝沿いでは、紀伊半島沖熊野灘のように津波を発生させる分岐断層の存在は知られていない。なお、日本海溝軸付近にも付加体は存在するが、南海トラフと比較してその堆積領域は小さい。
- JAMSTEC(2012)によれば、2011年東北地方太平洋沖地震発生前後の地下構造データの比較から、同地震は、プレート境界付近をすべり面とした断層が海溝軸まで到達したとしている。また付加体は、断層に沿った陸のプレートの運動によって、従来連続していたものが海側に向かってめくれたように分断されていたとしている。なお、小平ほか(2012)は、同地震に伴う巨大津波生成に大きく寄与したのは海溝軸付近で50mを超えた変位によるものとしている。



日本海溝沿いにおける付加体の模式図(上:北部, 下:南部)  
(Tsuru et al.(2002))

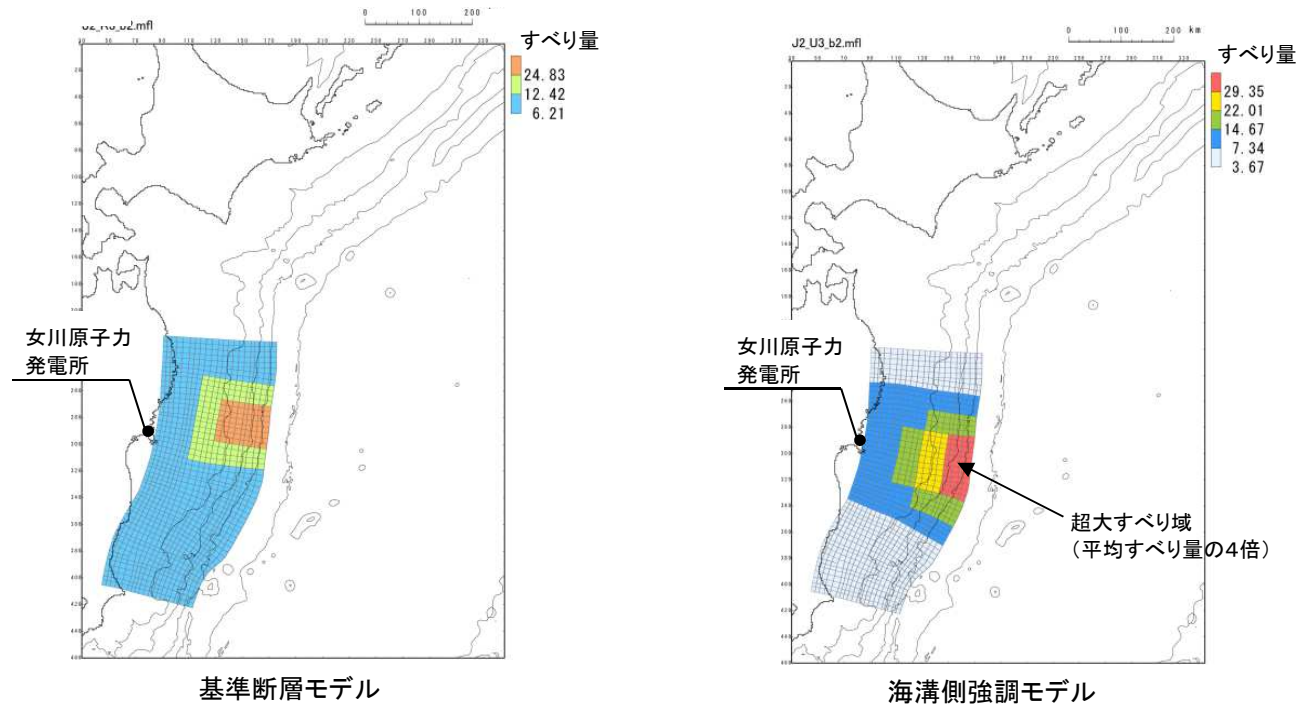




## 8. 分岐断層に対する考え方

### 8.4 特性化モデル

- 日本海溝沿いにおいて、紀伊半島沖熊野灘のような津波を発生させる分岐断層の存在は知られていない。
- ただし、分岐断層や海底地すべりは短周期の波を発生させる要因と考えられ、前述した日本海溝軸付近における付加体の存在及び2011年東北地方太平洋沖地震時における海溝軸付近の海底変動から、これらが次の地震と同時に発生する可能性を考慮して(科学的想像力を発揮して)、すべり量分布の不確かさとして海溝側強調モデルを設定し評価を実施している。



東北地方太平洋沖型の地震(特性化モデル)

## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

---

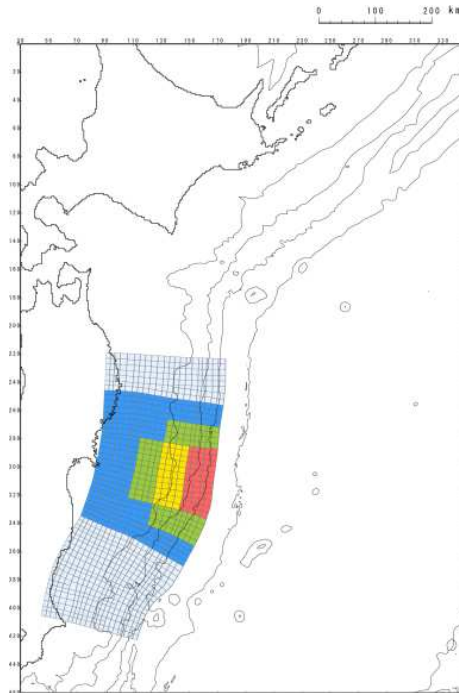
- 9. 1 検討対象とした波源モデル
- 9. 2 地形データ
- 9. 3 流況分析(水位上昇側)
- 9. 4 流況分析(水位下降側)

## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

### 9.1 検討対象とした波源モデル

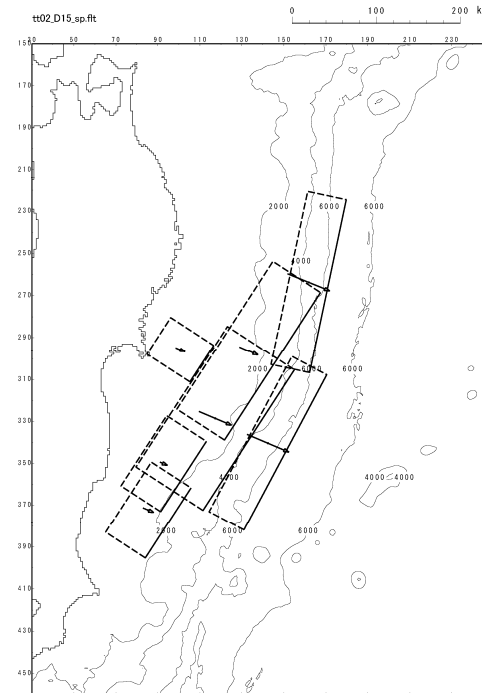
- 敷地前面, 各取水口前面及び各放水口前面において水位上昇量が最大となる波源モデル(特性化モデル(海溝側強調モデル)), 並びに各取水口前面において水位下降量が最大となる波源モデル(既往津波の組合せモデル)を対象として, 港湾部の防波堤の効果が無い場合について検討を実施した。

■水位上昇側決定ケース



東北地方太平洋沖型の地震  
特性化モデル(海溝側強調モデル)※1

■水位下降側決定ケース



東北地方太平洋沖型の地震  
既往津波の組合せモデル※2

※1 大すべり域の位置:基準, 破壊開始点:基準(同時破壊)

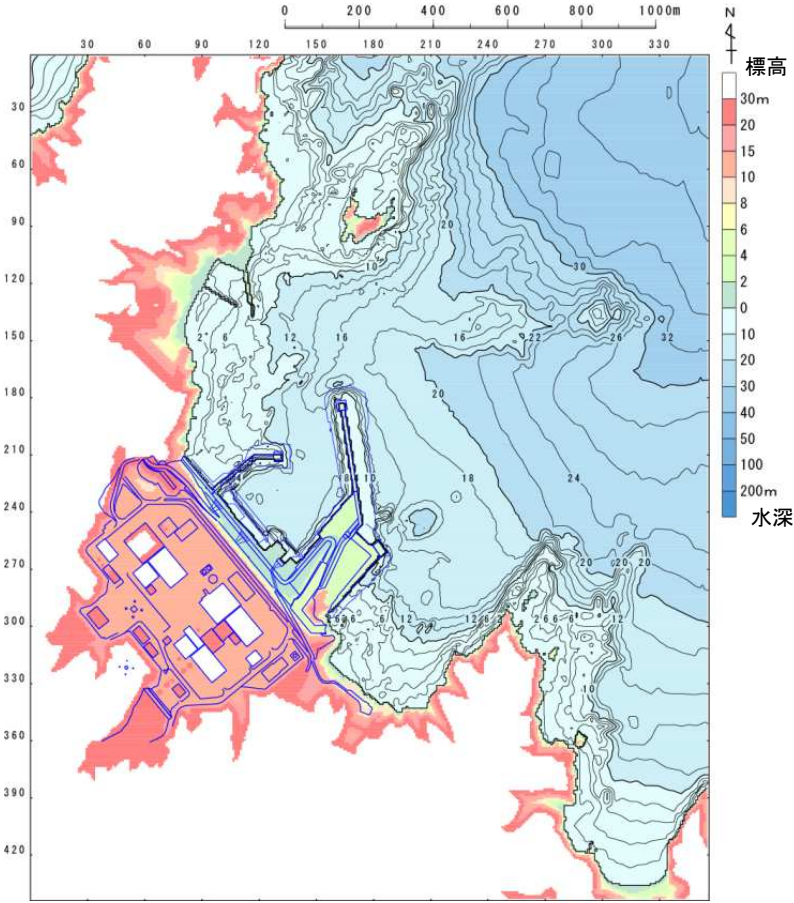
※2 1号取水口前 走向:津波地震\_基準+5°, プレート間地震:基準+10°, 傾斜角:基準+5°, すべり角:基準

2号・3号取水口前 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°

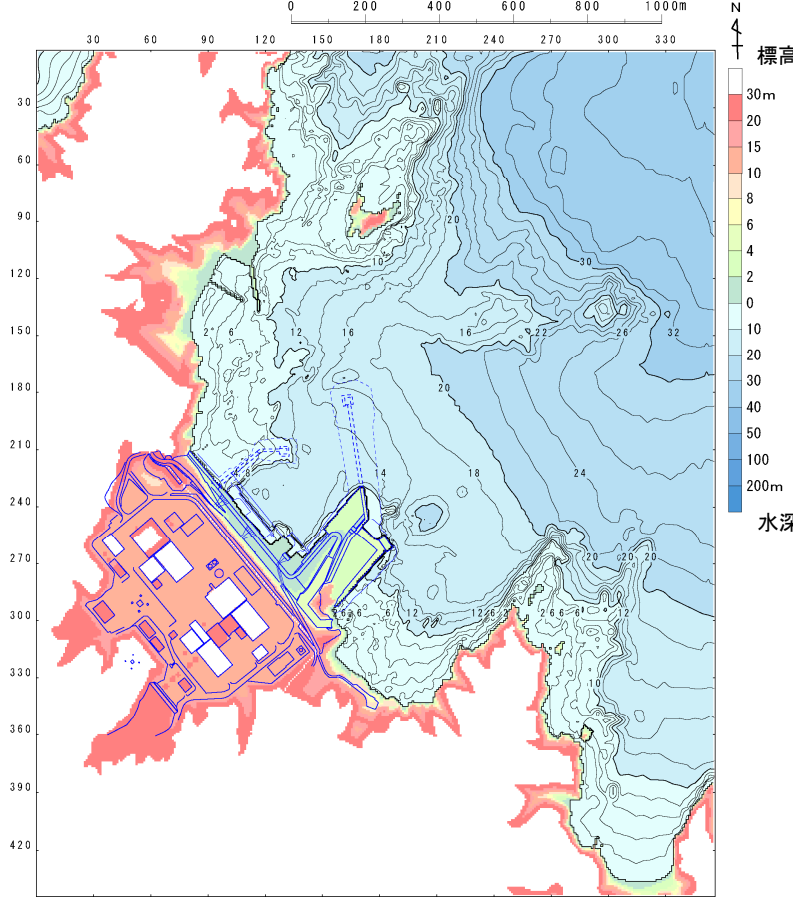
### 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

#### 9.2 地形データ

- 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有り

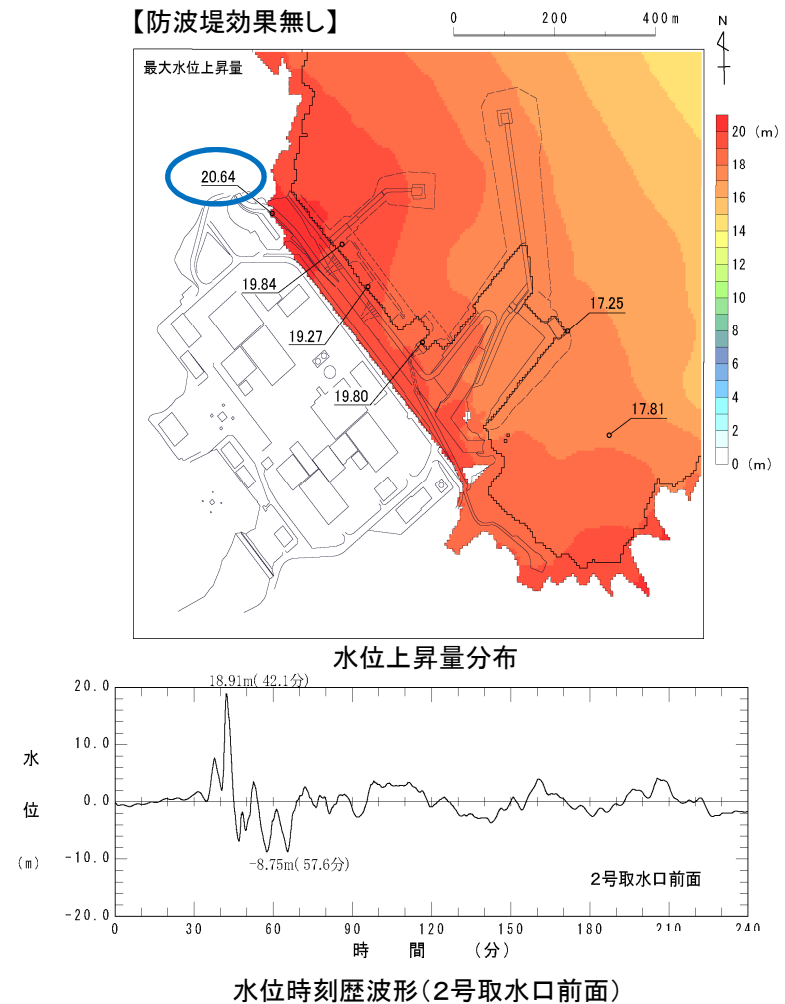
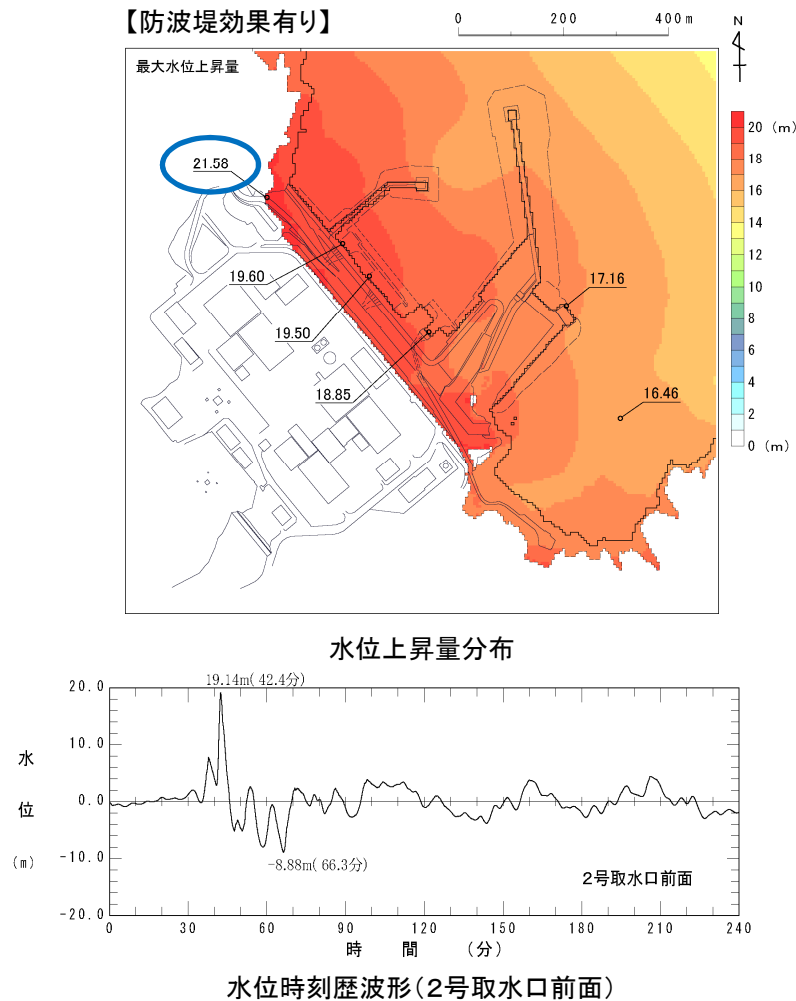


港湾部の防波堤効果無し

## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

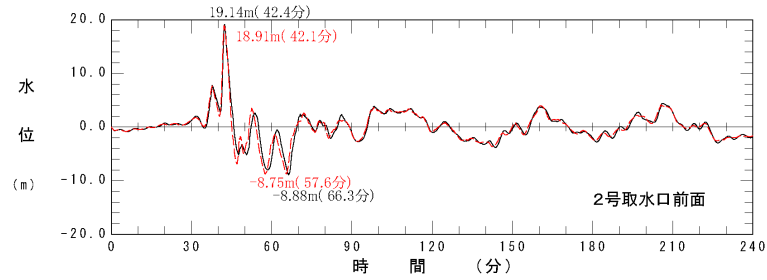
### 9.3 流況分析(水位上昇側): 水位上昇量分布, 水位時刻歴波形

- 防波堤効果が有る場合には, 防波堤による渦状の流れが生じ, この流れにより局所的に津波水位がやや大きくなる範囲が生じる。
- 一方, 波堤効果が無い場合は, 津波水位が一様に上昇し, 局所的に津波水位が大きくなるような範囲は確認されない。
- 以上から, 防波堤効果がある場合の方が津波水位が高くなる。
- 次項に主要な時刻における流況図(スナップショット)を示す。

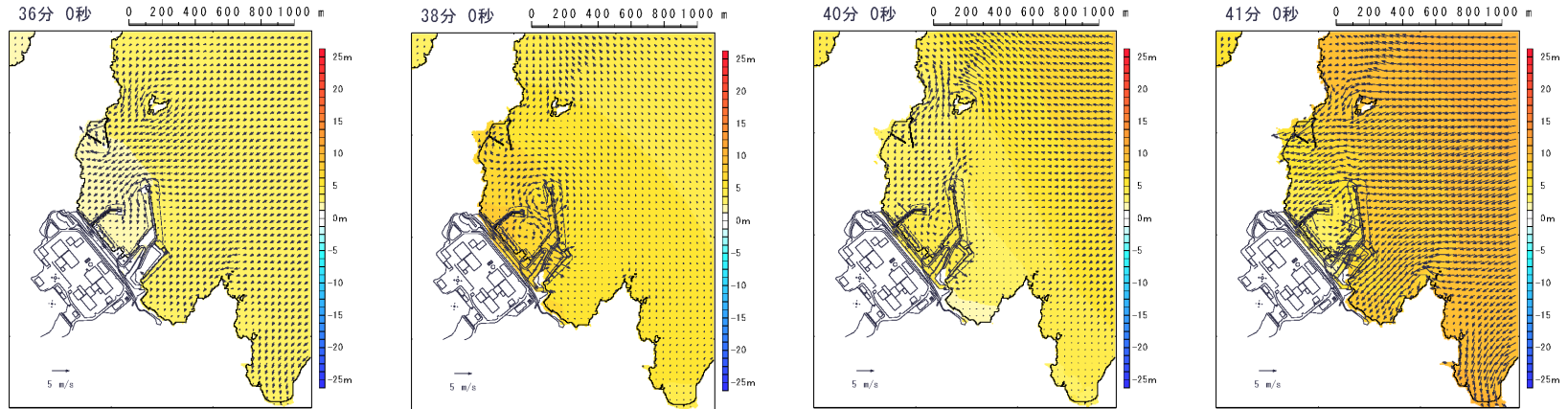


## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

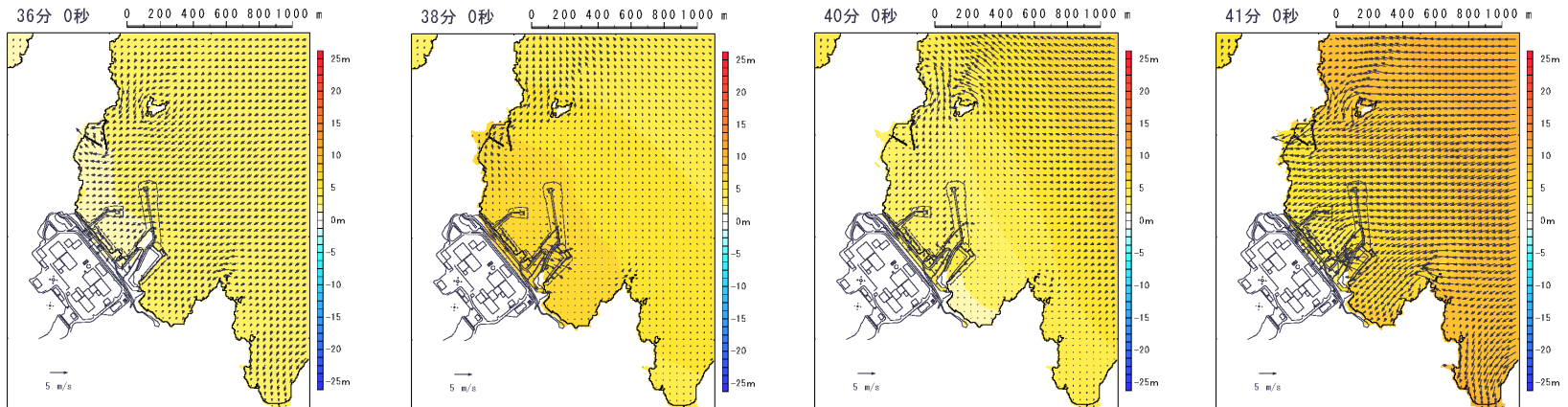
### 9.3 流況分析(水位上昇側):スナップショット①(上段:防波堤効果有り, 下段:防波堤効果無し)



#### 【防波堤効果有り】

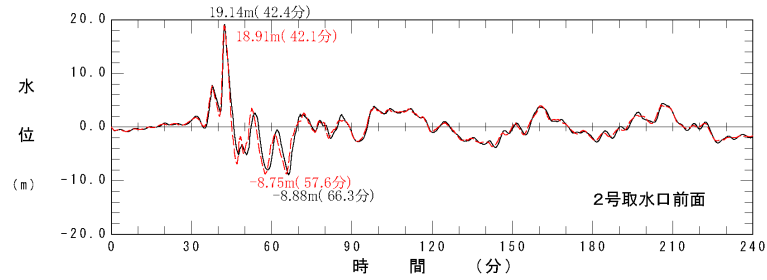


#### 【防波堤効果無し】

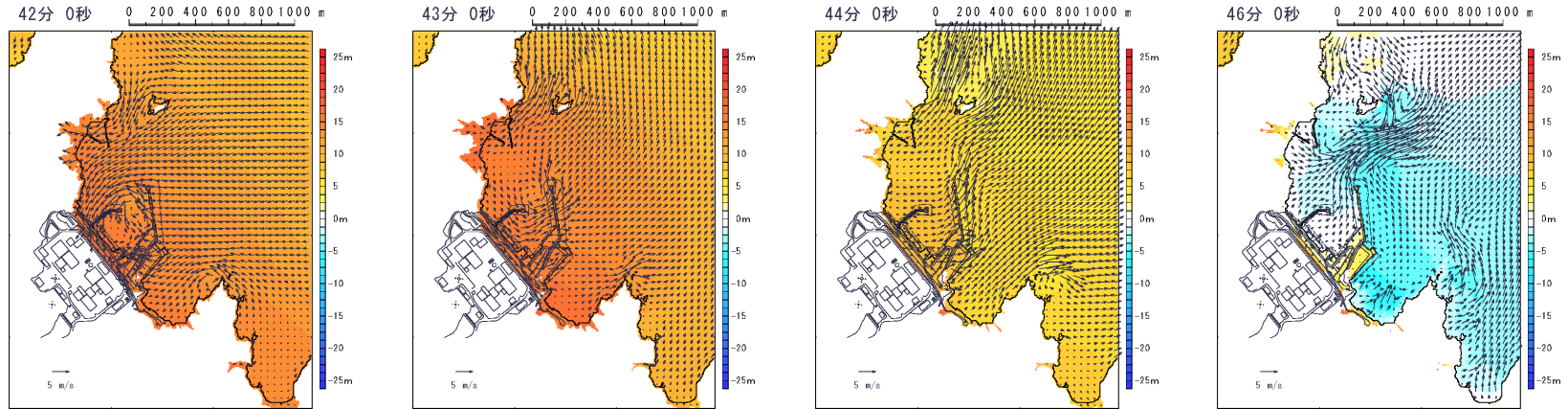


## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

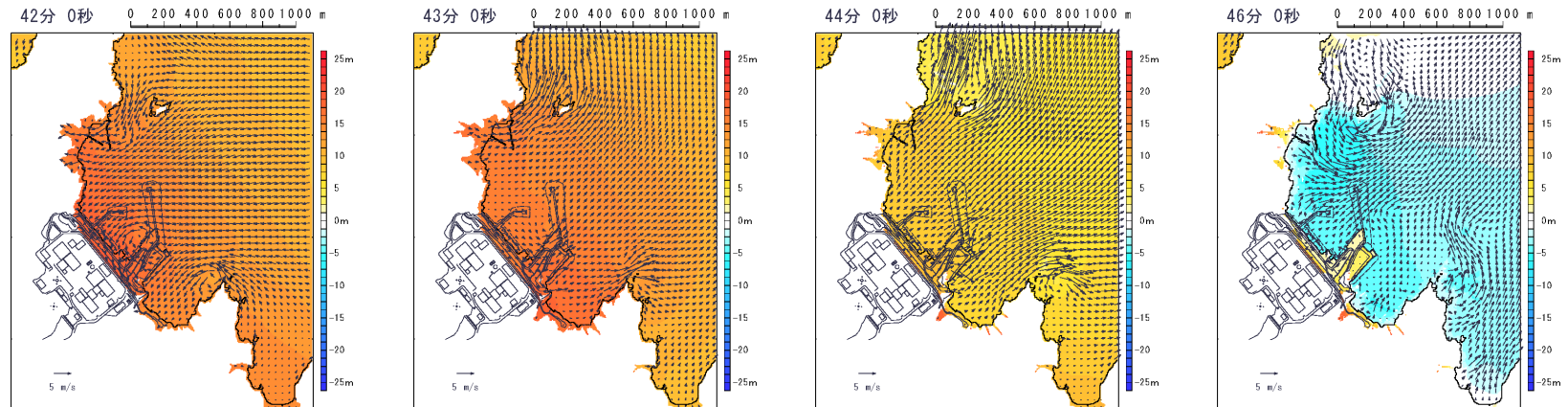
### 9.3 流況分析(水位上昇側):スナップショット②(上段:防波堤効果有り, 下段:防波堤効果無し)



【防波堤効果有り】



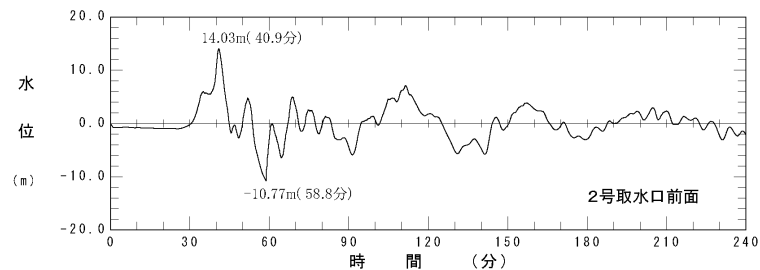
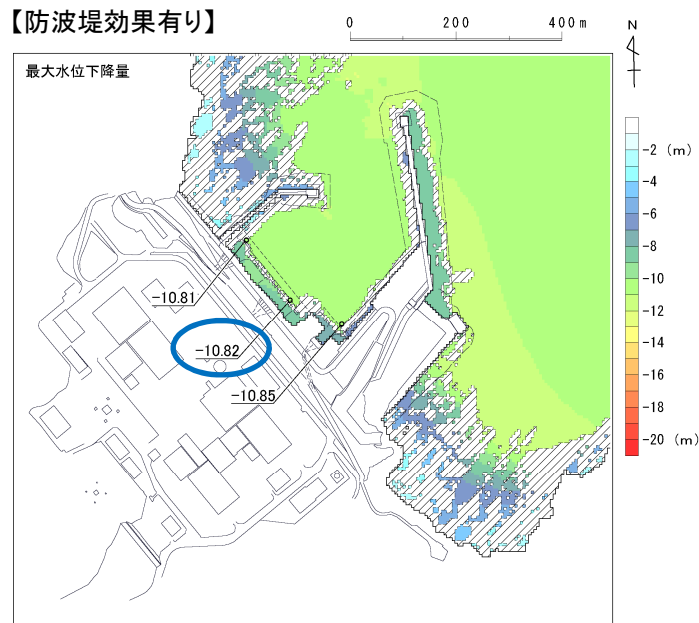
【防波堤効果無し】



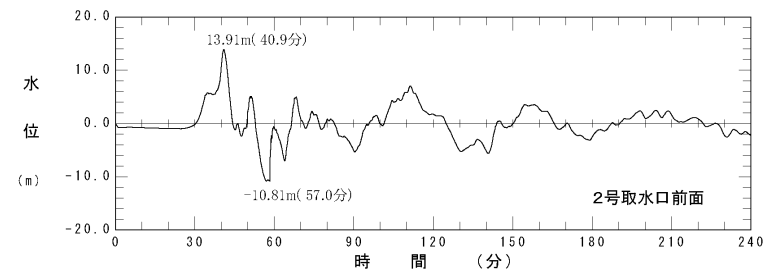
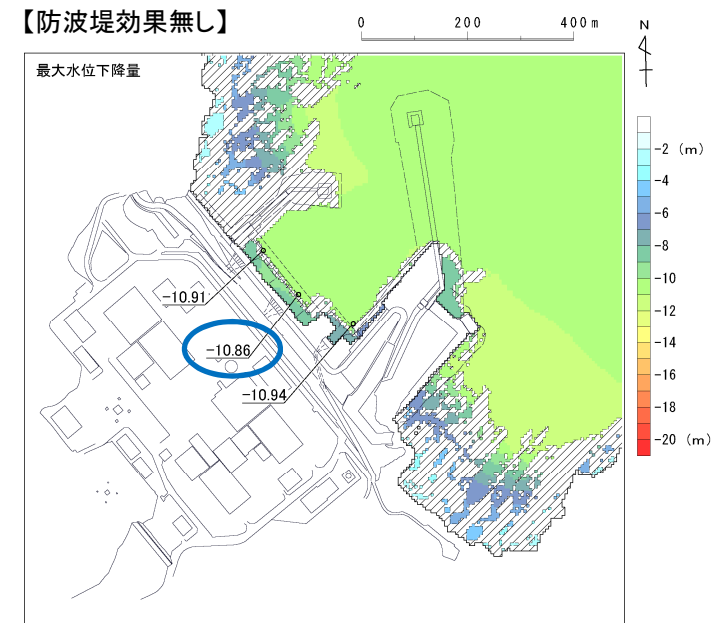
## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

### 9.4 流況分析(水位下降側): 水位下降量分布, 水位時刻歴波形

- 防波堤効果が有る場合は, その効果により港湾内の津波が引きにくい。
- 一方, 防波堤効果が無い場合には, 港湾内の津波が引きやすいため, 防波堤効果が有る場合と比較して海底面が露出する継続時間が長い。
- 次項に主要な時刻における流況図(スナップショット)を示す。



水位時刻歴波形(2号取水口前面)

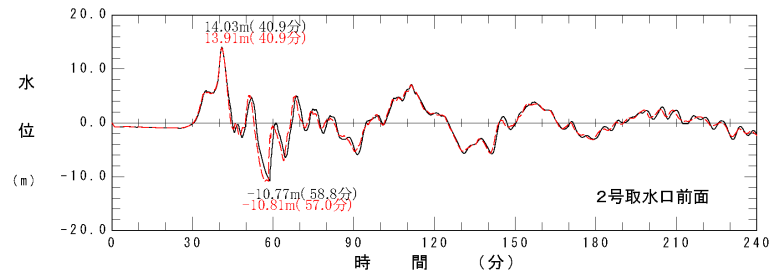


水位時刻歴波形(2号取水口前面)



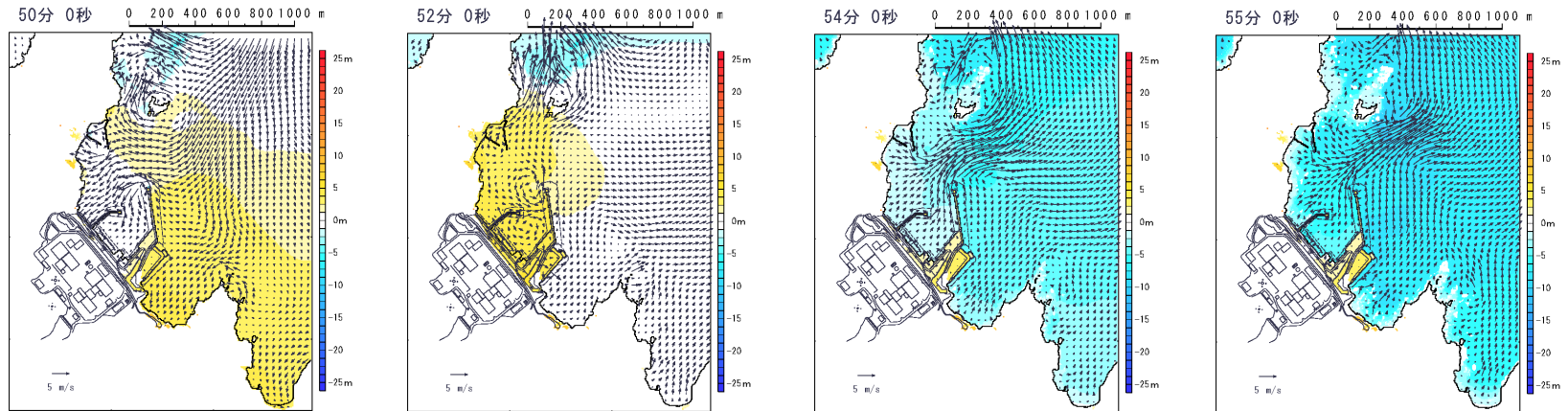
## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

### 9.4 流況分析(水位下降側):スナップショット①(上段:防波堤効果有り, 下段:防波堤効果無し)

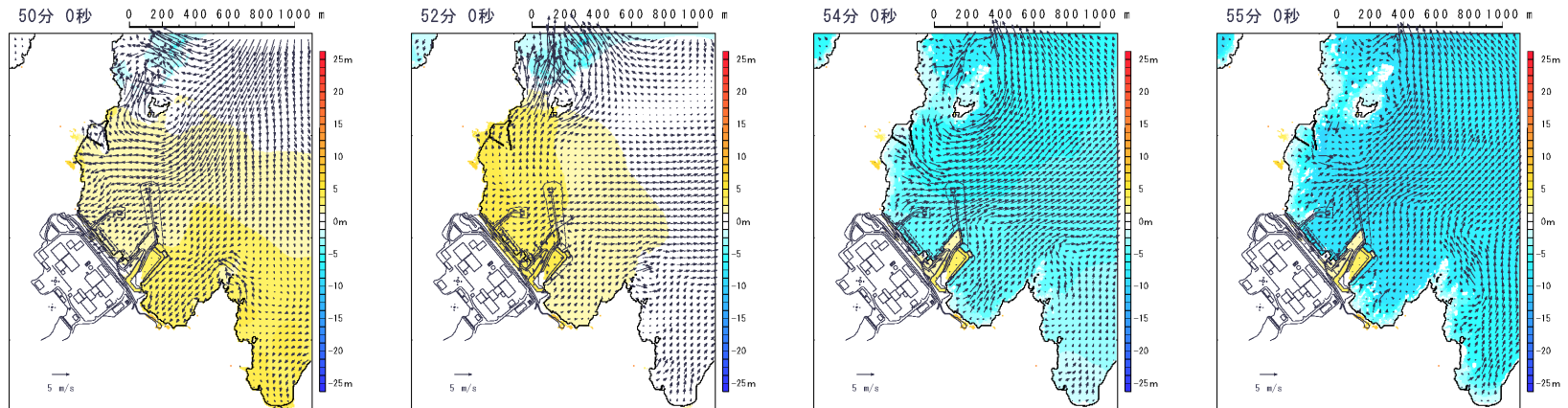


黒線: 防波堤効果有り  
赤線: 防波堤効果無し

【防波堤効果有り】

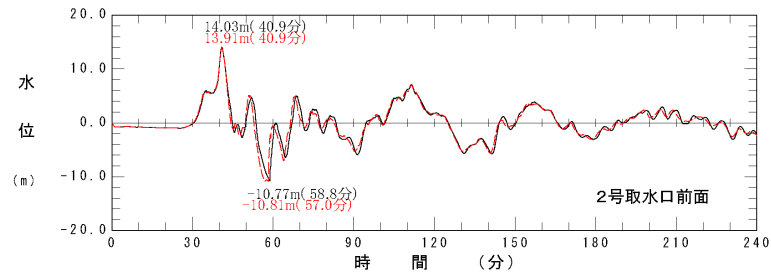


【防波堤効果無し】



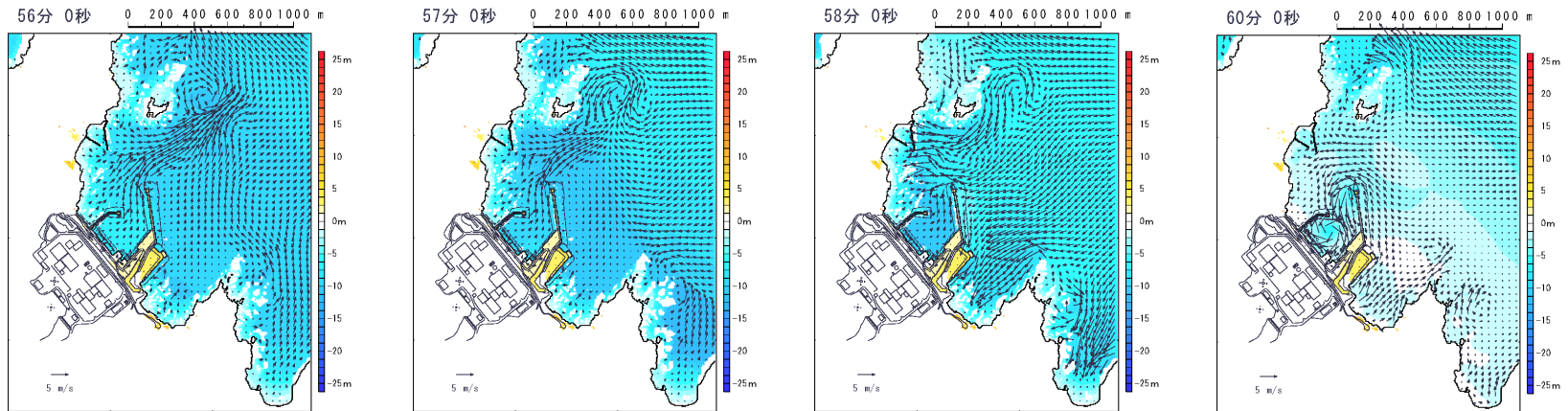
## 9. 港湾部の防波堤が津波水位に与える影響確認

### 9.4 流況分析(水位下降側):スナップショット②(上段:防波堤効果有り, 下段:防波堤効果無し)

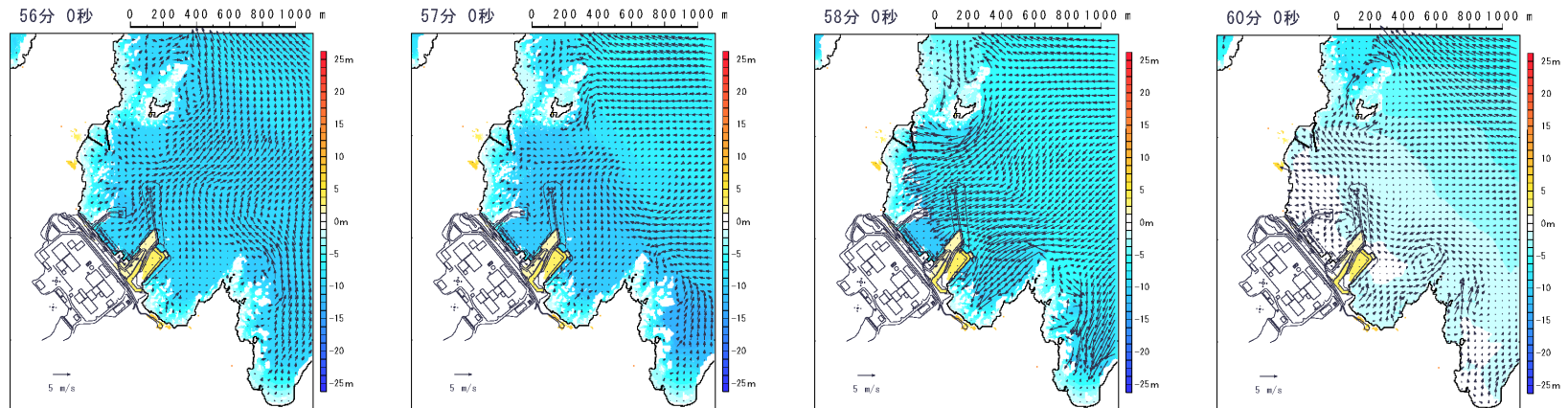


黒線: 防波堤効果有り  
赤線: 防波堤効果無し

#### 【防波堤効果有り】



#### 【防波堤効果無し】



## 参考文献

---

## 参考文献①

- (1) 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
- (2) 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
- (3) Akira Hasegawa, Keisuke Yoshida, Youichi Asano, Tomomi Okada, Takeshi Iinuma, Yoshihiro Ito(2012): Change in stress field after the 2011 great Tohoku-Oki earthquake, Earth and Planetary Science Letters 355-356, pp231-243
- (4) 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
- (5) 渡辺偉夫(1998): 日本被害津波総覧[第2版], 東京大学出版会
- (6) 気象庁(1951～2010): 地震月報ほか
- (7) 国立天文台編(2013): 理科年表, 平成25年, 丸善
- (8) 阿部壽・菅野喜貞・千釜章(1990): 仙台平野における貞観11年(869年)三陸津波の痕跡高の推定, 地震第2輯, 第43巻, pp.513-525
- (9) 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
- (10) 中央气象台(1933): 昭和八年三月三日三陸沖強震及津波報告, 験震時報, Vol.7, No.2別刷
- (11) 伊木常誠(1897): 三陸地方津浪実況取調報告, 震災予防調査会報告, 第11号, pp.5-34
- (12) 松尾春雄(1933): 三陸津浪調査報告, 内務省土木試験所報告, 第24号, pp.83-112
- (13) 地震研究所(1934): 昭和8年3月3日三陸地方津浪に関する論文及報告, 東京帝国大学地震研究所彙報, 別冊第1号
- (14) 岸力(1969): 1968年十勝沖地震調査報告, 津波—北海道東北沿岸—, 1968年十勝沖地震調査委員会編『1968年十勝沖地震調査報告』, pp.207-256
- (15) 今村明恒(1899): 三陸津浪取調報告, 震災予防調査会報告, vol.29, pp.17-32
- (16) 東北大学工学部災害制御研究センター(1995): 1995年北海道東方沖地震津波の痕跡高, 津波工学研究報告, 第12号, 第2編
- (17) 穴倉正展・澤井祐紀・行谷佑一・藤原治・谷川晃一朗・楮原京子・木村治夫・岡村行信・宮下由香里・小松原純子・藤井雄士郎・奥田泰雄(2011): 産総研による日本海溝沿いの津波痕跡調査, 東北地方太平洋沖地震津波に関する合同調査報告会, 2011年7月
- (18) 東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループによるデータ(<http://www.coastal.jp/tjit/>), 2012/12/29
- (19) 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
- (20) 澤井祐紀・穴倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝(2007): ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亶理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, No.7, pp.47-80
- (21) 澤井祐紀・穴倉正展・小松原純子(2008): ハンドコアラーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亶理町・山元町)における古津波痕跡調査, 活断層・古地震研究報告, No.8, pp.17-70

## 参考文献②

- (22) 穴倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than TinAung・石山達也・藤原治・藤野滋弘(2007):石巻平野における津波堆積物の分布と年代, 活断層・古地震研究報告, No.7, pp.31-46
- (23) 穴倉正展・藤原治・澤井祐紀・行谷佑一・谷川晃一郎(2012):2011年東北地方太平洋沖地震による津波堆積物の仙台・石巻平野における分布限界, 活断層・古地震研究報告, No.12, pp.45-61
- (24) 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
- (25) 行谷佑一・佐竹健治・山木滋(2010):宮城県石巻・仙台平野および福島県請戸川河口低地における869年貞観地震津波の数値シミュレーション, 活断層・古地震研究報告, No.10, pp.1-21
- (26) 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
- (27) 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
- (28) 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
- (29) 今村文彦・高橋重雄・藤間功司・富田孝史・有川太郎(2010):2010年チリ地震津波の被害調査報告, 土木学会震災報告デジタルアーカイブ, ([http://www.jsce.or.jp/library/eq\\_repo/Vol3/13/Chile.html](http://www.jsce.or.jp/library/eq_repo/Vol3/13/Chile.html))
- (30) 都司嘉宣・大年邦雄・中野晋・西村裕一・藤間功司・今村文彦・柿沼太郎・中村有吾・今井健太郎・後藤和久・行谷佑一・鈴木進吾・城下英行・松崎義孝(2010):2010年チリ中部地震による日本での津波被害に関する広域現地調査, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol.66, No.1, 2010, 1346-1350
- (31) 羽鳥徳太郎(1991):チリ・ペルー津波による日本の被災頻度, 津波工学研究報告, 第10号, pp.133-144
- (32) チリ津波合同調査班(1961):1960年5月24日チリ地震津波に関する論文及び報告, 丸善
- (33) Kenji Satake, Kunihiko Shimazaki, Yoshinobu Tsuji, Kazue Ueda(1996):Time and size of a giant earthquake in Cascadia inferred from Japanese tsunami records of January 1700,nature,Vol.379,No.6562,pp.246-249
- (34) 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
- (35) 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
- (36) 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
- (37) 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

## 参考文献③

- (38) 柳澤英明・藤井直樹・金戸俊道(2012): 我が国における遠地津波の襲来特性に関する検討ー1700年カスケード地震津波を対象としてー, 土木学会論文集B2 (海岸工学), No.2, 2012, I\_151ー I\_155
- (39) Robert C. Witter, Yinglong Zhang, Kelin Wang, Chris Goldfinger, George R. Priest and Jonathan C. Allan (2012): Coseismic slip on the southern Cascadia megathrust implied by tsunami deposits in an Oregon lake and earthquake-triggered marine turbidites, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B10303
- (40) Barrientos, S. E., and Ward, S. N. (1990): The 1960 Chile earthquake — inversion for slip distribution from surface deformation, Geophysical Journal International, Vol.103(3), pp.589-598.
- (41) 後藤智明・佐藤一央(1993): 三陸海岸を対象とした津波計算システムの開発, 港湾技術研究所報告, 第32巻, 第2号, pp.3-44
- (42) Kusala Rajendran(2013): On the recurrence of great subduction zone earthquakes, SPECIAL SECTION: EARTH SCIENCES
- (43) 谷岡勇市郎(2013): アラスカ・アリューシャン・カムチャッカ沈み込み帯の巨大地震について, 地震予知連絡会 会報, 第89巻, 12-9
- (44) JEAN M. JOHNSON and KENJI SATAKE(1999): Asperity Distribution of the 1952 Great Kamchatka Earthquake and its Relation to Future Earthquake Potential in Kamchatka, Pure and Applied Geophysics, 541-553
- (45) R. McCaffrey(2008): Global Frequency of Magnitude 9 Earthquakes, Geology, DR2008063
- (46) Christopher H. Scholz and Jaime Campos(2012): The seismic coupling of subduction zones revisited, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 117, B05310, doi:10.1029/2011JB009003
- (47) Thorne Lay, Hiroo Kanamori, Charles J. Ammon, Alexander R. Hutko, Kevin Furlong, and Luis Rivera(2009): The 2006-2007 Kuril Islands great earthquake sequence, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 114, B11308, doi:10.1029/2008JB006280
- (48) Yuichiro Tanioka, Yudhicara, Tomohiro Kususose, S. Kathirolu, Yuichi Nishimura, Sin-Iti Iwasaki, and Kenji Satake (2006): Rupture process of the 2004 great Sumatra-Andaman earthquake estimated from tsunami waveforms, Earth Planets Space, 58, 203-209
- (49) Kerry Sieh, Danny H. Natawidjaja, Aron J. Meltzner, Chuan-Chou Shen, Hai Cheng, Kuei-Shu Li, Bambang W. Suwargadi, John Galetzka, Belle Philibosian, R. Lawrence Edwards(2008): Earthquake Supercycles Inferred from Sea-Level Changes Recorded in the Corals of West Sumatra, SCIENCE, VOL 322
- (50) 佐竹健治(2013): カスケード沈み込み帯における巨大地震の発生履歴の研究史, 地震予知連絡会 会報, 第84巻, 12-8
- (51) Ian Shennan, Antony Long and Natasha Barlow(2007): Recurrent Holocene Paleoseismicity and Associated Land/Sea Level Changes in South Central Alaska, I Shennan, AJ Long and N Barlow
- (52) Jean M. Johnson and Kenji Satake(1996): The 1964 Prince William Sound earthquake: Joint inversion of tsunami and geodetic data, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 101, NO. B1, PAGES 523-532
- (53) 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
- (54) 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④

---

- (55)JAMSTEC(2007):紀伊半島沖熊野灘における巨大津波の成因について～三次元反射法音波探査による海底下の地質構造の解析結果～, プレスリリース
- (56)JAMSTEC(2011):津波断層の活動痕を初めて発見～地球深部探査船「ちきゅう」による南海トラフ地震発生帯掘削計画の成果～, プレスリリース
- (57)JAMSTEC(2012):海溝軸まで及んだ東北地方太平洋沖地震の地震断層を確認, プレスリリース
- (58)小平秀一・富士原敏也・中村武史(2012):2011年東北地方太平洋沖地震:海底地形データから明らかにされた海底変動, 地質学雑誌, 第118巻, 第9号, pp530-534
- (59) 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 JapanTrench margin: Implication of interplate coupling, JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH, VOL. 107, NO. B12, 2357, doi:10.1029/2001JB00166