

図 4.10 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル」(2)

出典：南海トラフの巨大地震モデル検討会（第二次報告）津波断層モデル編 — 津波断層モデルと津波高・浸水域等について — （平成 24 年 8 月、内閣府）

4.5.2 シミュレーションの条件

各想定シミュレーションの計算条件を以下に示す。既往想定（H24年度想定）のシミュレーション、及び、内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」での計算は潮位設定のうねシミュレーションを実施されているが、結果比較の際は潮位分を差し引いた結果で比較することとし、今回想定モデルの潮位は設定なしとした。

表 4.4 今回想定モデル（NP1～NP4モデル）による概略シミュレーション条件

項目	計算条件
計算手法	2次元差分法による数値計算 深い海域では線形長波理論、浅海域では非線形長波理論を基礎式とし、Leap-Flog 差分法により解法
計算格子間隔	2430m、810m、270m、90m、30m
計算時間	全域3時間
計算時間間隔	0.05～0.1秒（計算安定条件を満たすよう設定）
潮位条件	潮位設定なし（E.L+0m）
計算結果	30mメッシュ領域の沿岸の津波水位データ

表 4.5 既往想定シミュレーション条件

項目	計算条件
計算手法	2次元差分法による数値計算 深い海域では線形長波理論、浅海域では非線形長波理論を基礎式とし、Leap-Flog 差分法により解法
計算格子間隔	900m、300m、100m、50m
計算時間	全域3時間
計算時間間隔	0.1～0.2秒（計算安定条件を満たすよう設定）
潮位条件	<ul style="list-style-type: none"> ・H24年度想定 【沖縄本島沿岸域】朔望平均満潮位（=E.L+0.8m） 【宮古・八重山諸島沿岸域】朔望平均満潮位（=E.L+0.9m） ※ただし、潮位分を差し引いた結果を使用する。 ・平成18、19年度業務想定 潮位設定なし（E.L+0m）
計算結果	50mメッシュ領域の沿岸の津波水位データ

表 4.6 内閣府「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の試算結果

項目	計算条件
計算手法	2次元差分法による数値計算 非線形長波理論を基礎式とし、Leap-Flog 差分法により解法
計算格子間隔	2430m、810m、270m、90m、30m、10m
計算時間	全域12時間（収束した時点で終了）
計算時間間隔	計算安定条件に基づいて設定
潮位条件	領域ごとに潮位設定（平成24年度年間最高潮位） ※ただし、潮位分を差し引いた結果を使用する。
計算結果	10mメッシュ領域の沿岸の津波水位データ

4.5.3 最大クラスの津波の選定結果

以下に地域海岸毎の最大クラスの選定結果一覧を示す。最大クラスの津波の選定は、概略計算結果より出現比率、最大津波水位が高い最大クラスと考えられる想定地震を選定した。

表 4.7 地域海岸毎の最大クラスの選定結果一覧

地域海岸	市町村	項目	出現 頻度 1位	出現 頻度 2位	出現 頻度 3位	出現 頻度 4位	出現 頻度 5位	出現 頻度 6位	その他 ※最大値の出現比率は 低いものの、津波水位最 大値が高い想定地震	地域海岸内 出現比率合計値 津波水位最大値
地域海岸1	名護市	想定地震	T3							-
		出現比率(%)	100.0							100.0
		津波水位最大値(m)	8.43							8.43
地域海岸2	本部町、伊江村	想定地震	EX4	T3						-
		出現比率(%)	63.5	36.3						99.9
		津波水位最大値(m)	9.53	9.62						9.62
地域海岸3	本部町～国頭村	想定地震	EX4	NP4	T3					-
		出現比率(%)	94.4	2.7	1.9					99.0
		津波水位最大値(m)	8.49	4.58	5.18					8.49
地域海岸4	伊平村、伊是名村	想定地震	EX4	NP4	C01W					-
		出現比率(%)	74.3	23.8	1.8					99.8
		津波水位最大値(m)	11.95	11.66	7.85					11.95
地域海岸5	国頭村	想定地震	NP4	NP3	D01W					-
		出現比率(%)	96.8	2.0	1.1					99.9
		津波水位最大値(m)	15.35	13.07	13.74					15.35
地域海岸6	国頭村～名護市	想定地震	NP3	NP4	D01W					-
		出現比率(%)	95.5	2.5	2.0					99.9
		津波水位最大値(m)	17.05	13.33	13.42					17.05
地域海岸7	名護市～金武町	想定地震	NP3							-
		出現比率(%)	100.0							100.0
		津波水位最大値(m)	17.57							17.57
地域海岸8	金武町～うるま市	想定地震	NP3	NP2						-
		出現比率(%)	97.0	2.0						99.0
		津波水位最大値(m)	10.29	4.36						10.29
地域海岸9	うるま市	想定地震	NP3							-
		出現比率(%)	99.8							99.8
		津波水位最大値(m)	14.81							14.81
地域海岸10	うるま市～南城市	想定地震	NP2	NP3						-
		出現比率(%)	55.5	44.5						99.9
		津波水位最大値(m)	12.32	9.97						12.32
地域海岸11	南城市～糸満市	想定地震	NP2	NP3						-
		出現比率(%)	96.5	3.5						100.0
		津波水位最大値(m)	17.82	10.75						17.82
地域海岸12	糸満市～那覇市	想定地震	NP2	T3	P2	3renS				-
		出現比率(%)	56.5	39.6	2.7	1.0				99.8
		津波水位最大値(m)	7.79	6.16	5.67	5.63				7.79
地域海岸13	那覇市～読谷村	想定地震	T3	NP2	P2	B04E				-
		出現比率(%)	88.8	7.8	1.9	1.5				99.9
		津波水位最大値(m)	9.25	7.28	5.40	6.21				9.25
地域海岸14	読谷村～名護市	想定地震	T3	B04E						-
		出現比率(%)	96.6	3.1						99.7
		津波水位最大値(m)	5.37	3.95						5.37
地域海岸15	渡嘉敷村、座間味村、 渡名喜村、粟国村	想定地震	P2	T3	3renS	NP2	NP1	IM00		-
		出現比率(%)	30.6	24.5	15.2	14.4	11.0	3.6		99.3
		津波水位最大値(m)	14.22	8.64	14.20	11.63	11.35	10.75		14.22
地域海岸16	久米島町	想定地震	P2	T3	3renS	NP1				-
		出現比率(%)	41.2	29.1	28.2	1.4				99.9
		津波水位最大値(m)	12.96	6.42	12.85	7.73				12.96
地域海岸17	北大東村、南大東村	想定地震	NP4							-
		出現比率(%)	99.9							99.9
		津波水位最大値(m)	7.74							7.74
地域海岸18	宮古島市	想定地震	3renS	NM11	P1	P2				-
		出現比率(%)	76.2	9.5	6.6	5.6				97.9
		津波水位最大値(m)	24.22	10.75	21.33	19.48				24.22
地域海岸19	多良間村	想定地震	3renS	IM00	P2	NM11			P1	-
		出現比率(%)	74.3	16.1	5.2	3.8			0.7	100.0
		津波水位最大値(m)	20.04	14.33	15.09	12.74			17.54	20.04
地域海岸20	石垣市	想定地震	T1	NM11	3renS	P1	IM00		EX1	-
		出現比率(%)	35.8	20.9	18.9	15.2	8.5		0.7	100.0
		津波水位最大値(m)	13.90	28.55	25.93	24.01	24.55		15.31	28.55
地域海岸21	竹富町	想定地震	3renS	P1	T1	EX1	IM00			-
		出現比率(%)	69.2	23.3	3.1	2.4	1.7			99.8
		津波水位最大値(m)	32.26	30.68	10.47	28.20	14.54			32.26
地域海岸22	与那国町	想定地震	P1	EX1	3renS	EX2				-
		出現比率(%)	39.9	38.6	19.5	2.0				100.0
		津波水位最大値(m)	20.96	17.72	18.46	14.96				20.96

※黄色塗潰し有：最大クラスの津波として選定された想定地震

※黄色塗潰し無：2次選定において棄却された想定地震

以下に対象津波群による、津波痕跡データ整理結果及びシミュレーション結果によるプロット図を示す。同図には表 4.7 に示した選定結果(最大クラスの津波の対象群)を記載している。

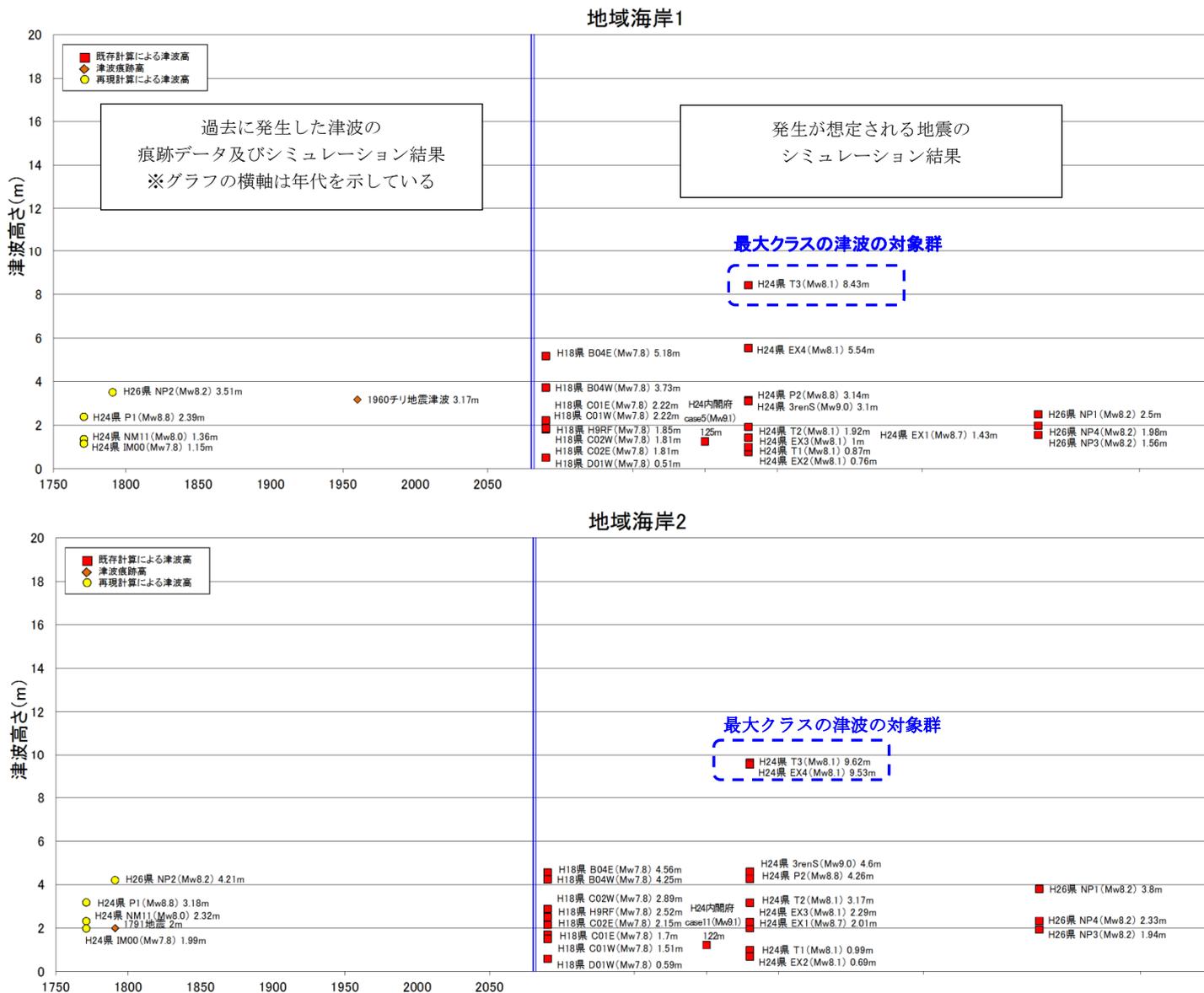
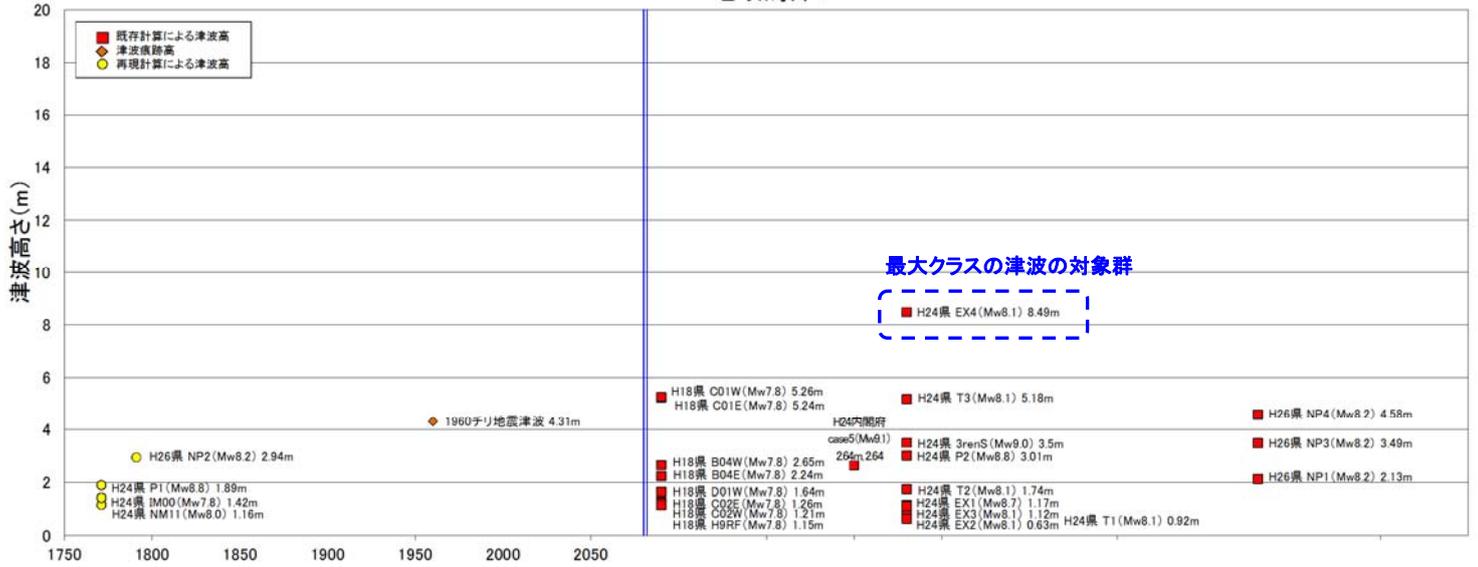
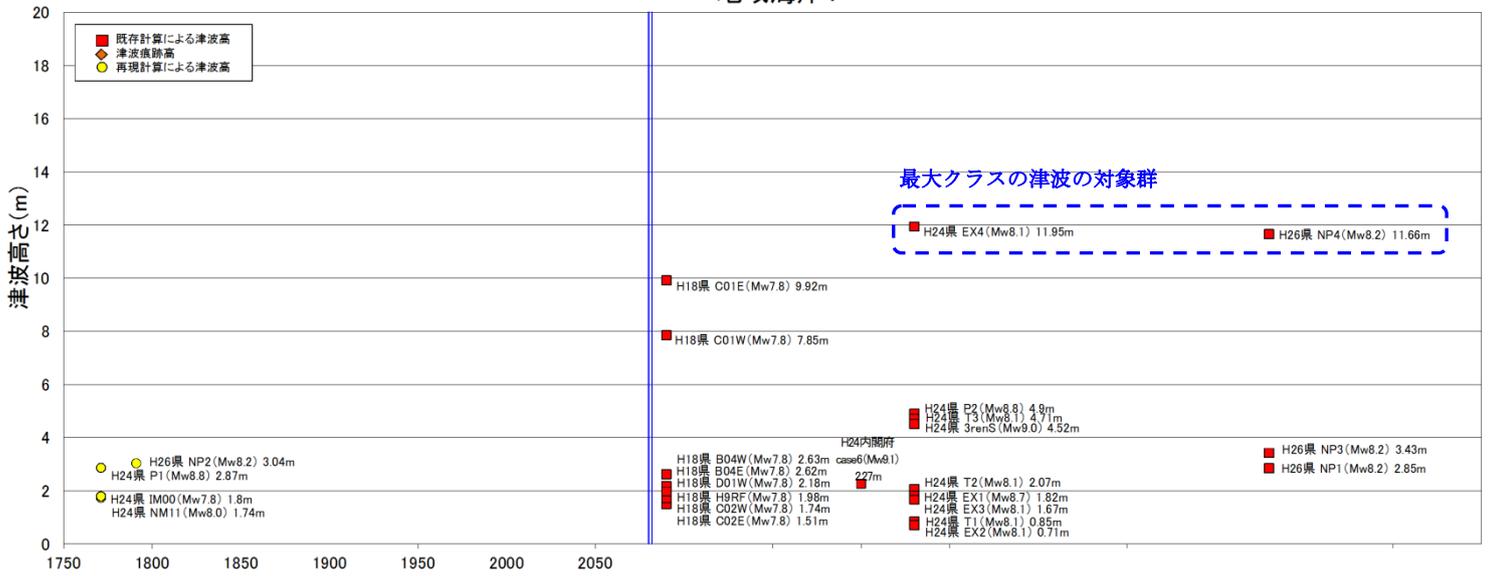


図 4.11 プロット図 (地域海岸 1 ~ 2)

地域海岸3



地域海岸4



地域海岸5

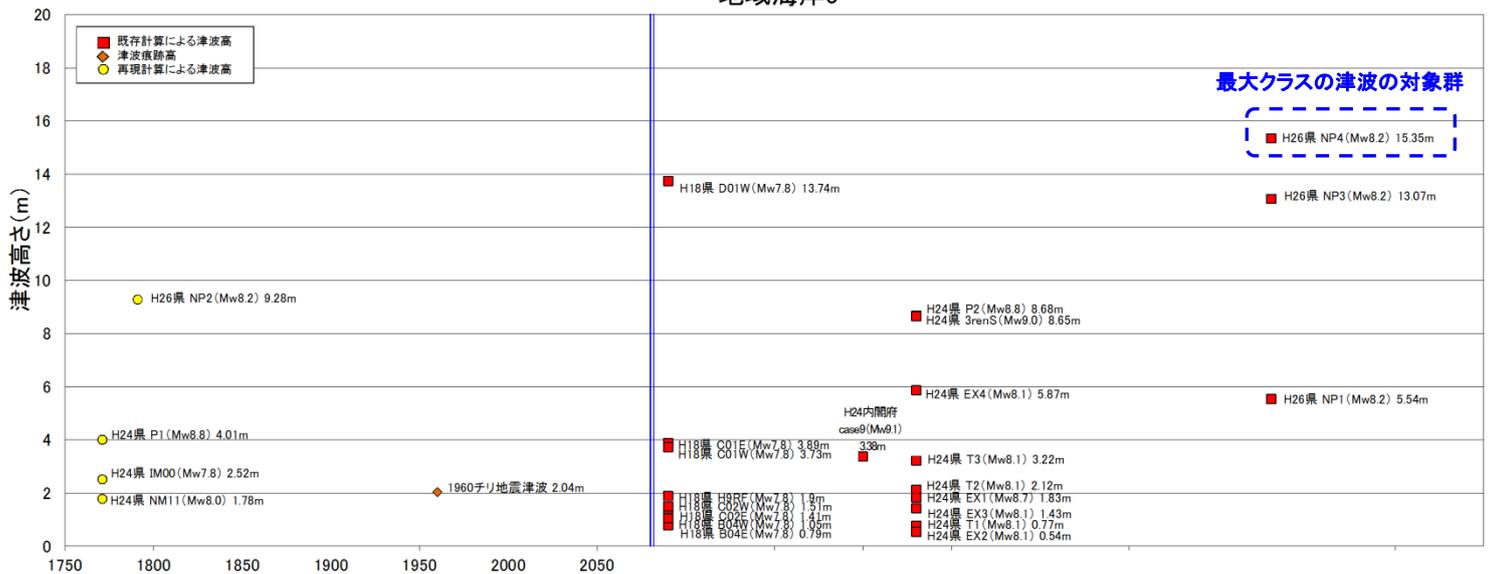


図 4.12 プロット図 (地域海岸 3 ~ 5)

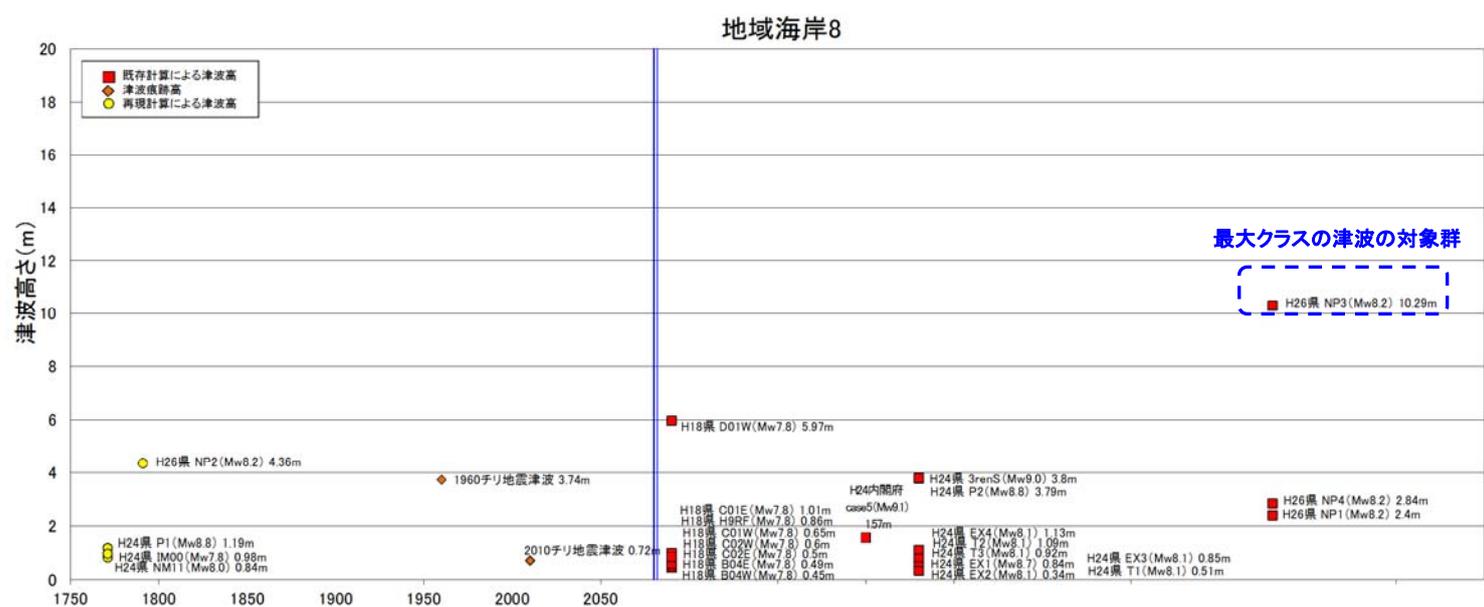
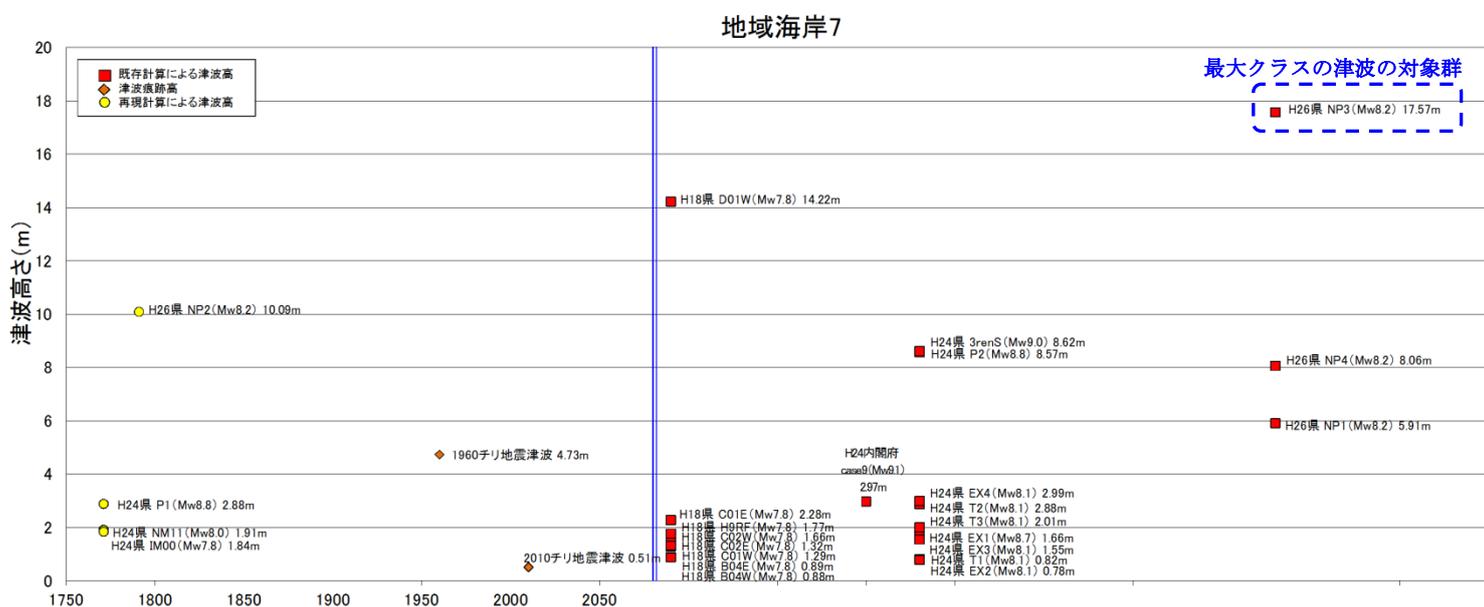
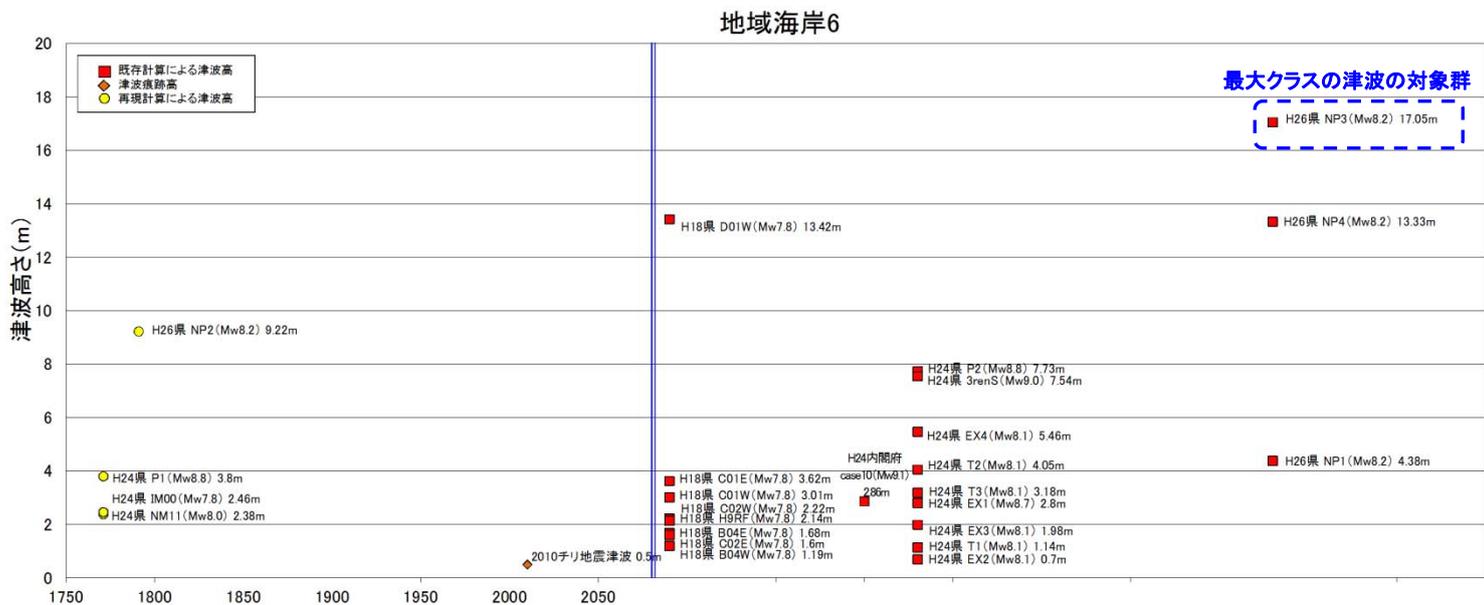
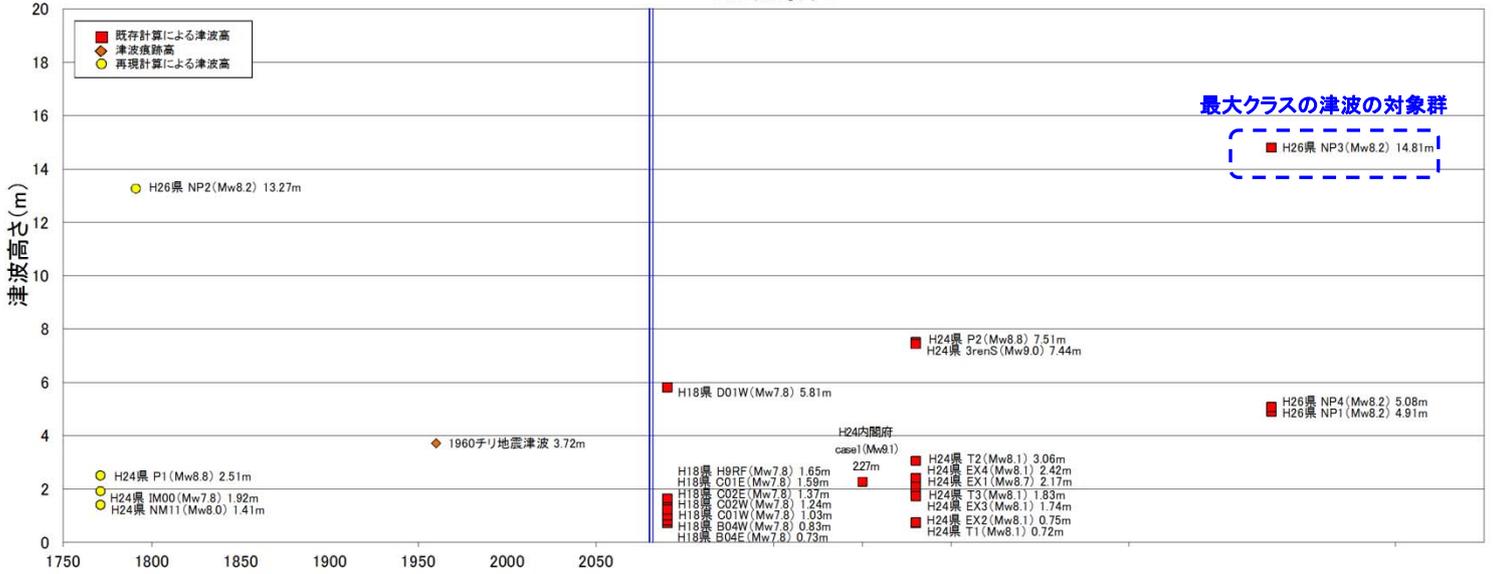
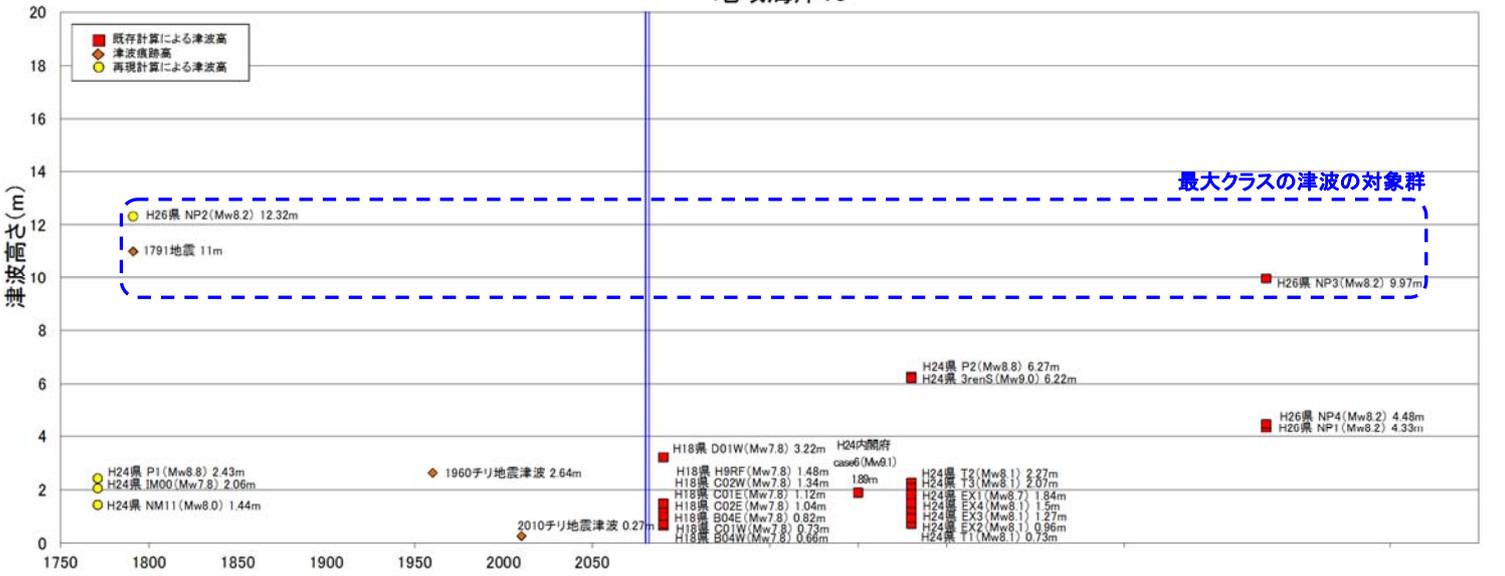


図 4.13 プロット図 (地域海岸6~8)

地域海岸9



地域海岸10



地域海岸11

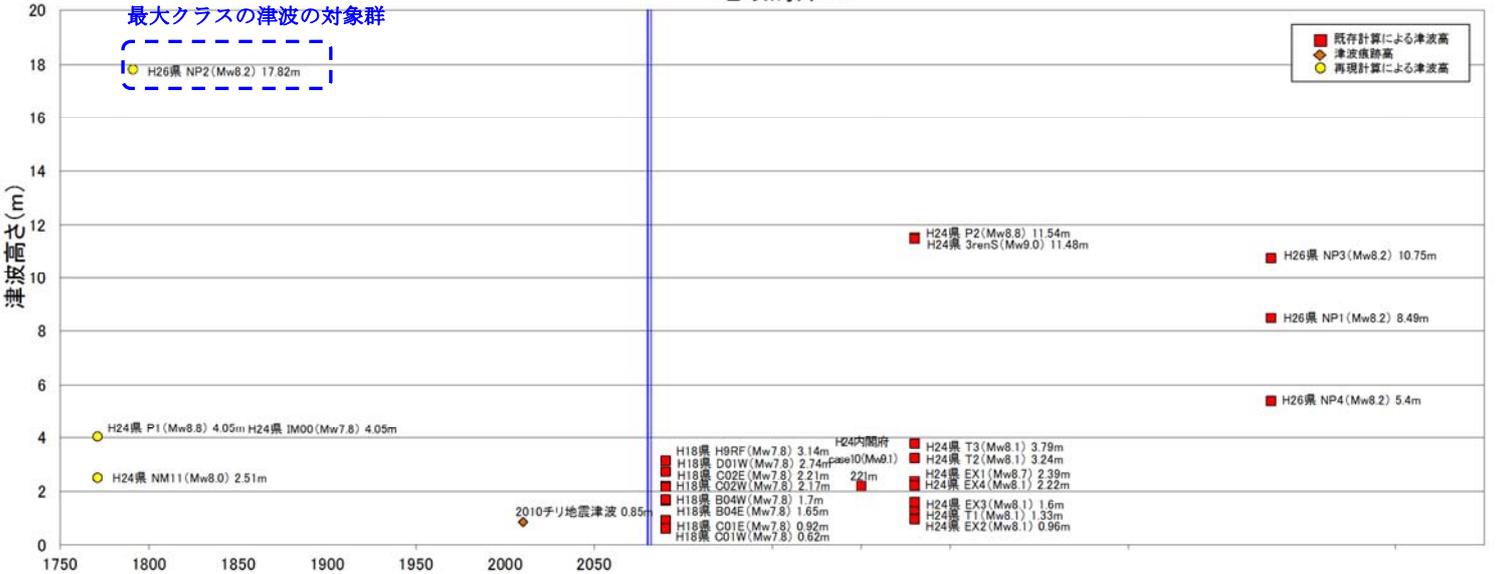
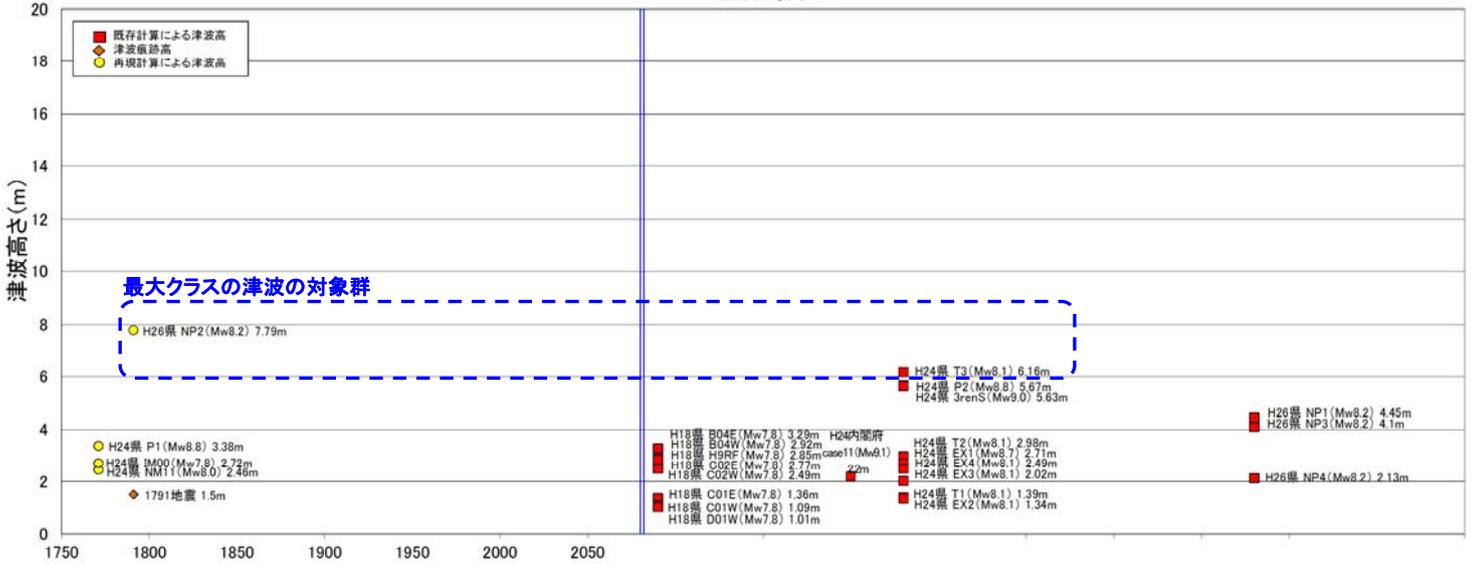
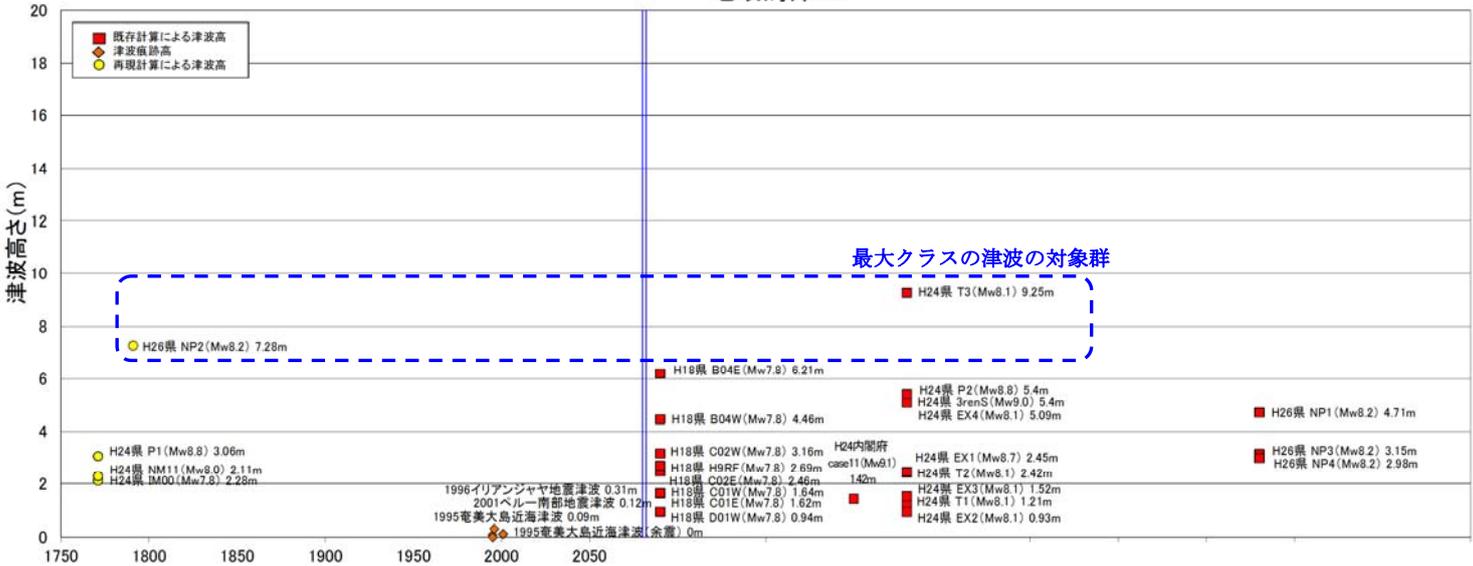


図 4.14 プロット図 (地域海岸 9 ~ 11)

地域海岸12



地域海岸13



地域海岸14

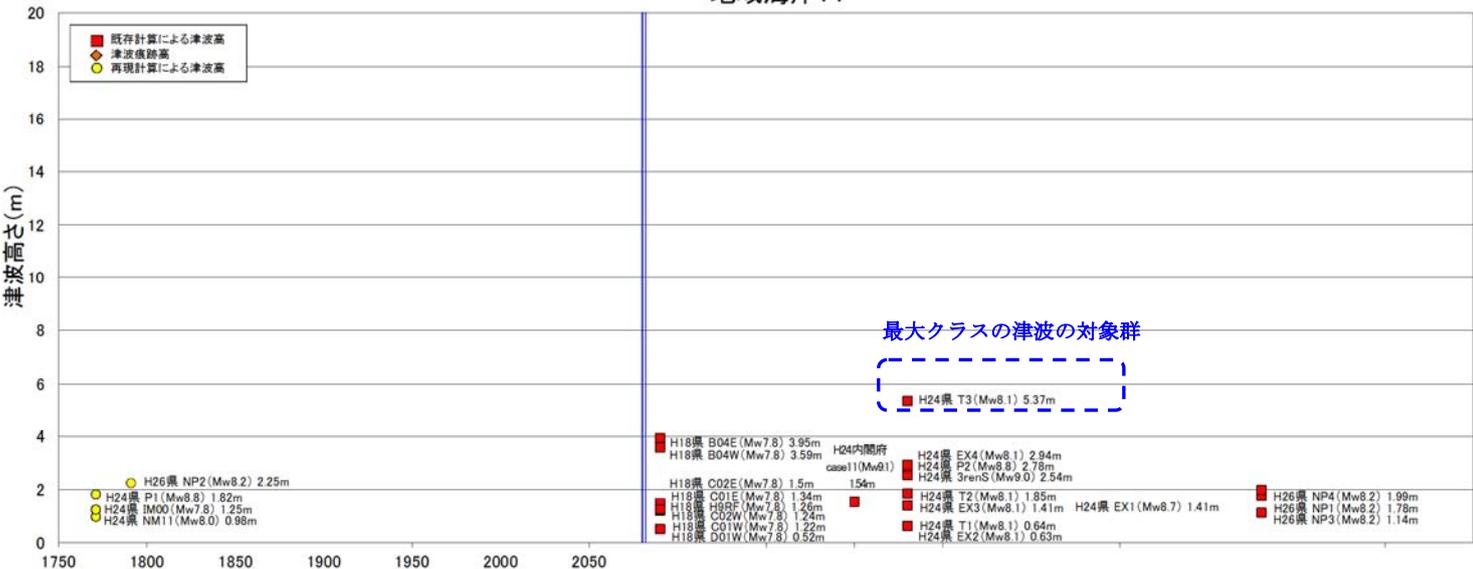


図 4.15 プロット図（地域海岸12～14）

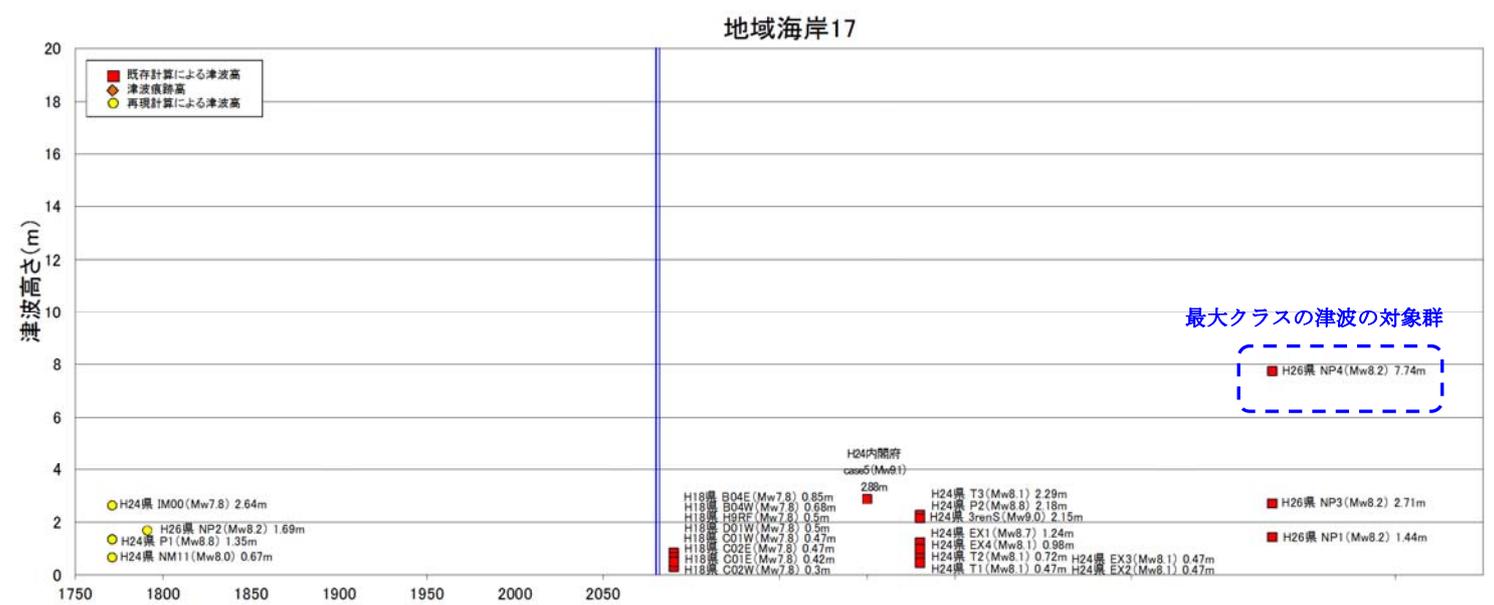
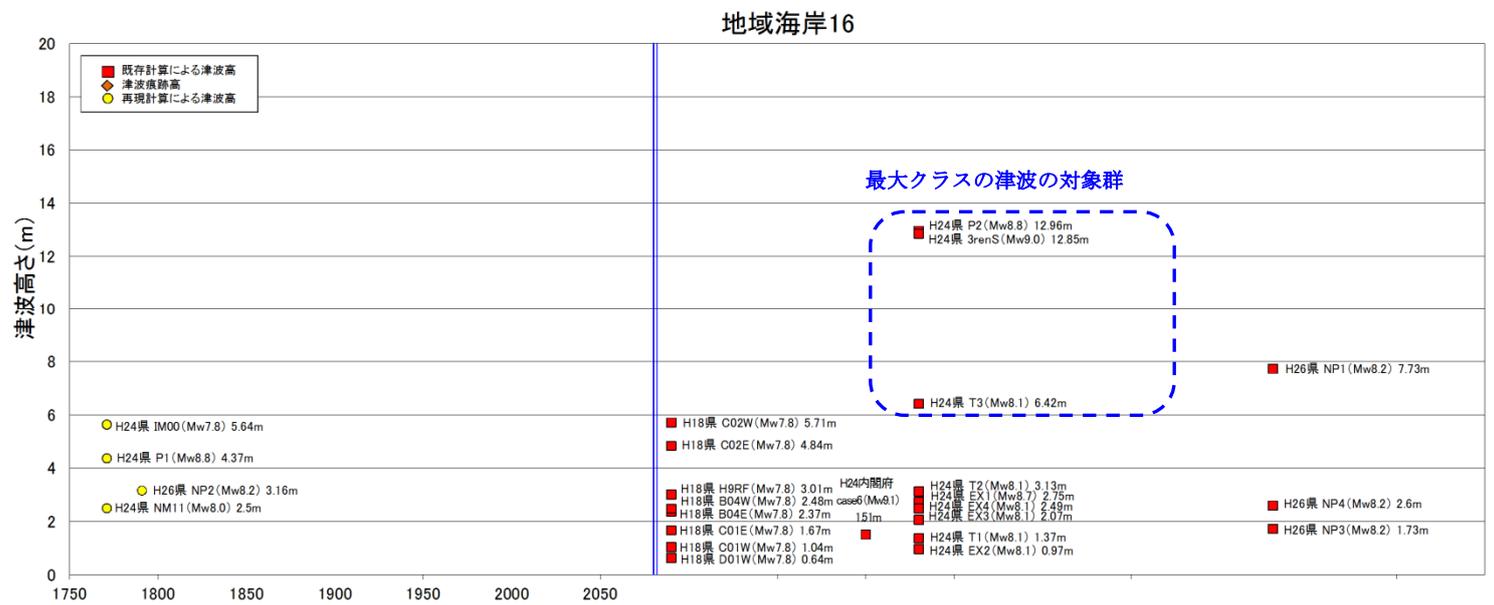
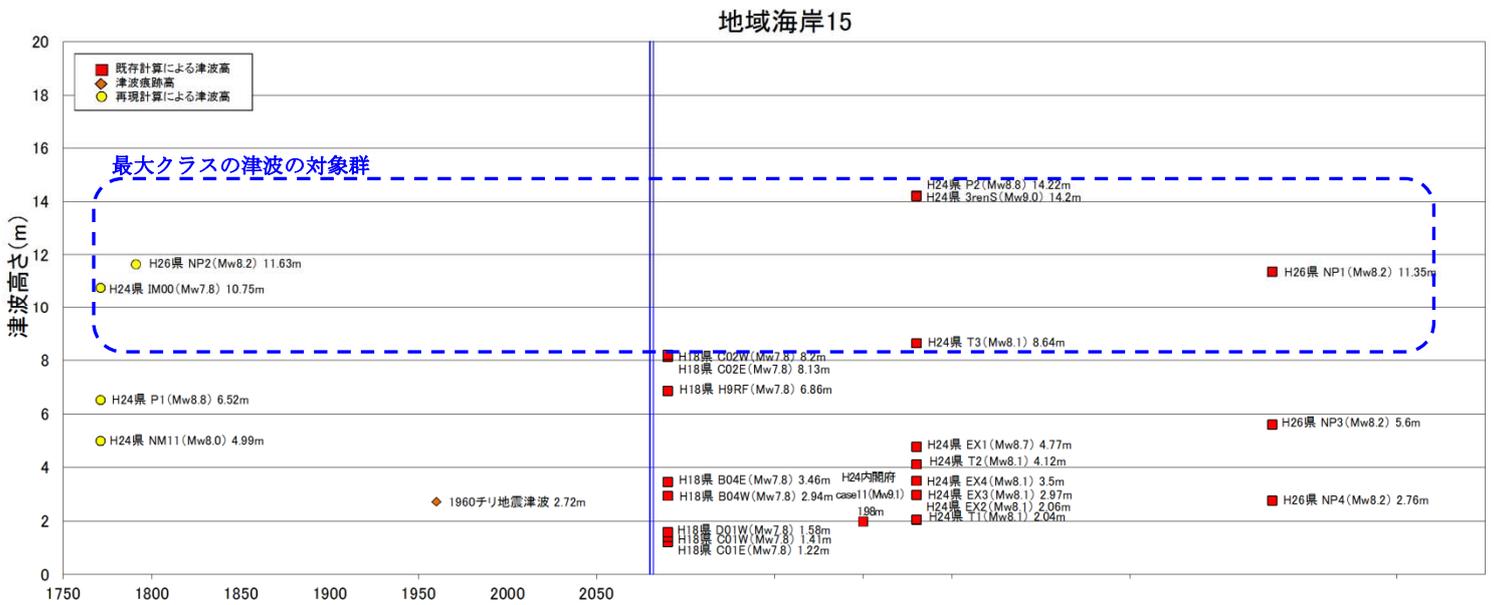


図 4.16 プロット図 (地域海岸15～17)

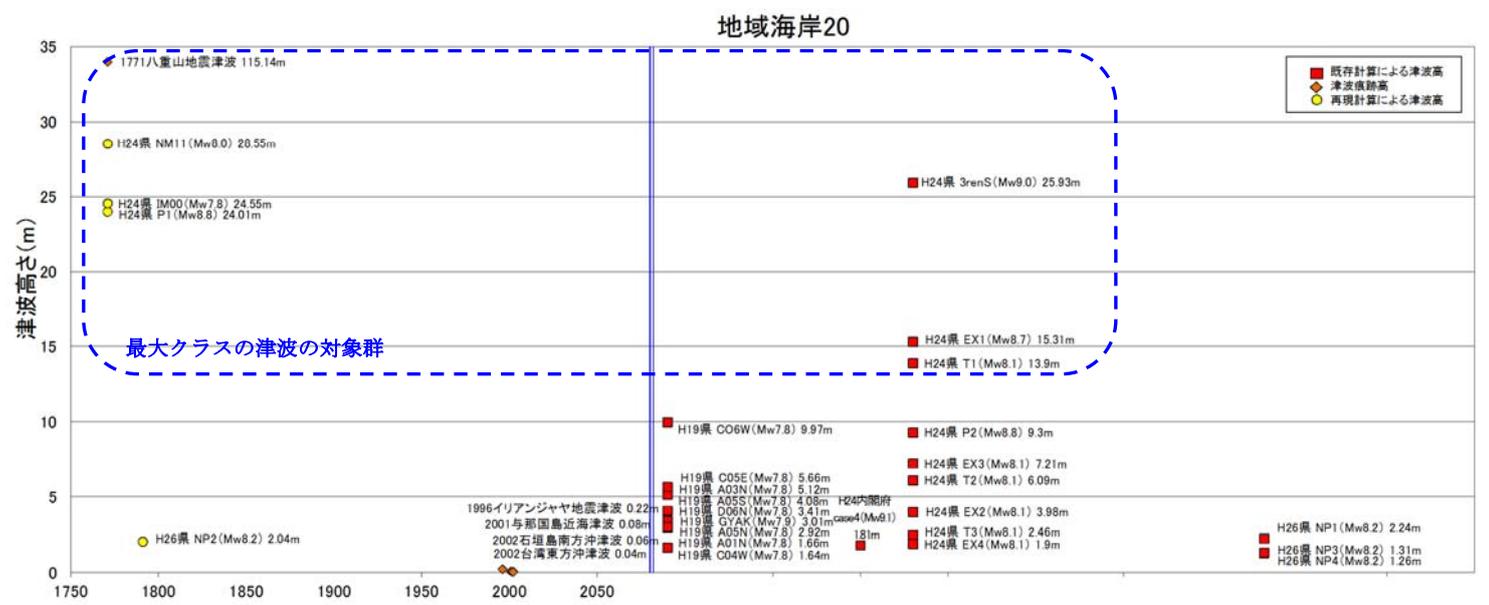
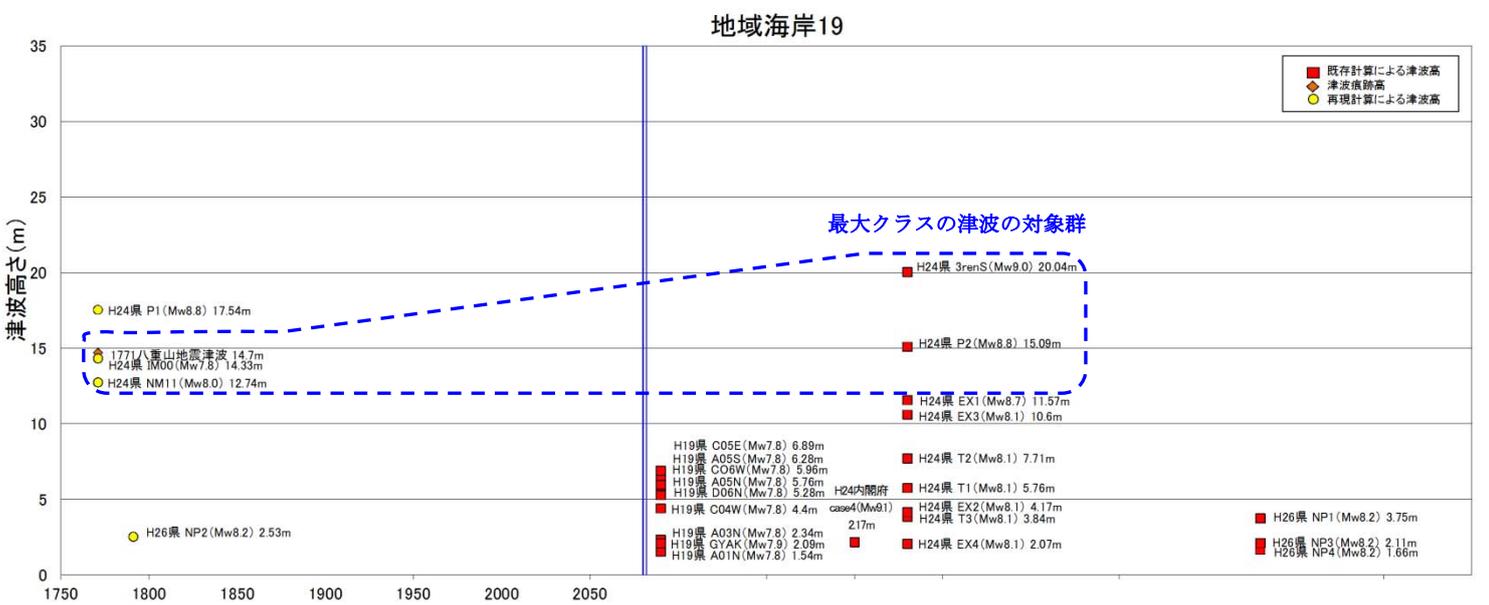
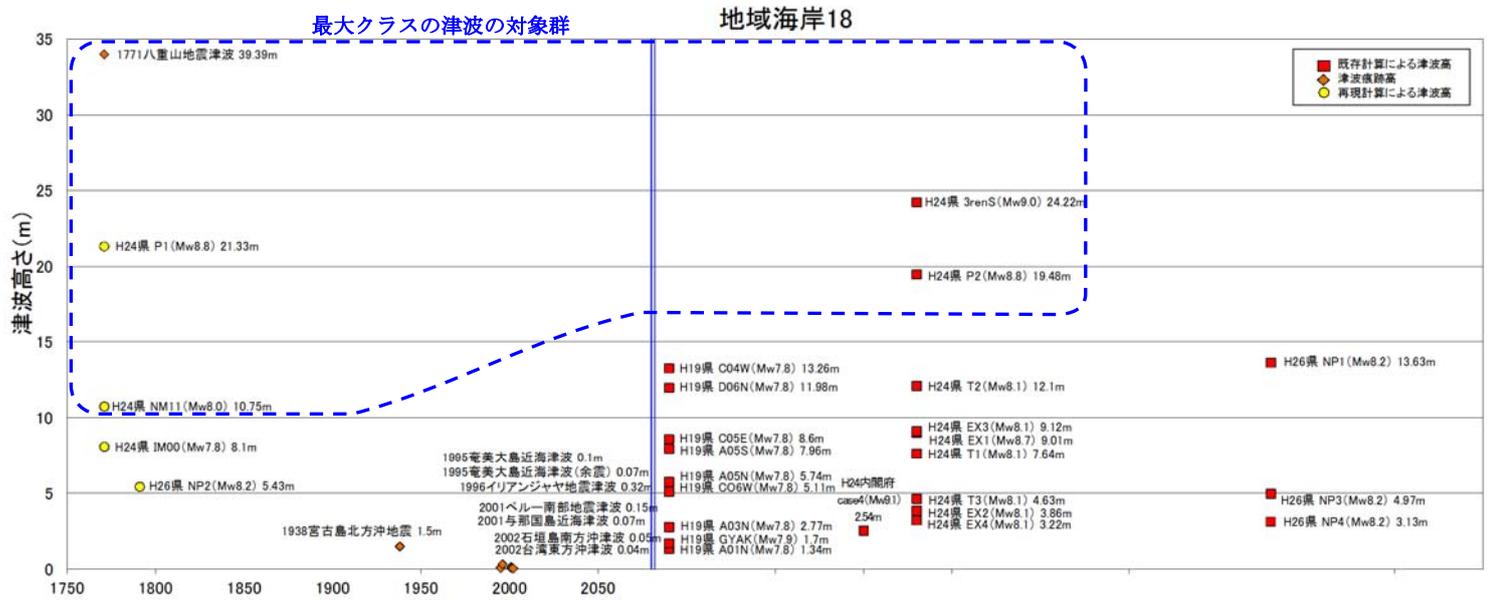
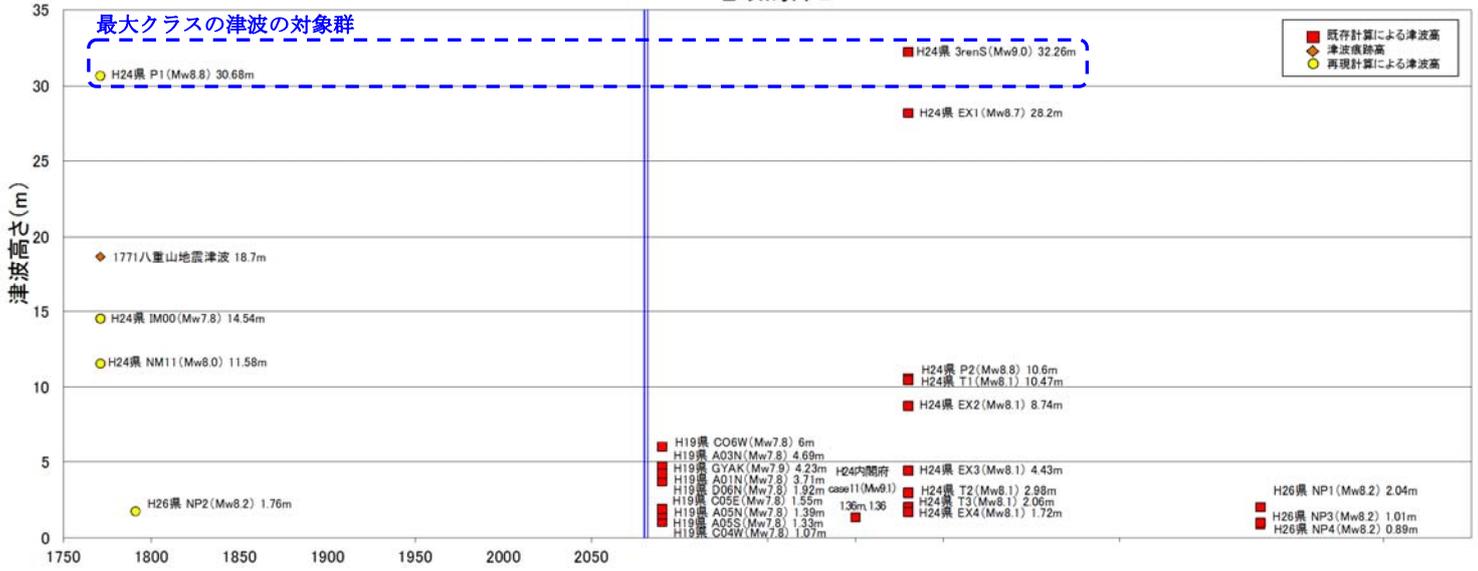


図 4.17 プロット図 (地域海岸18~20)

地域海岸21



地域海岸22

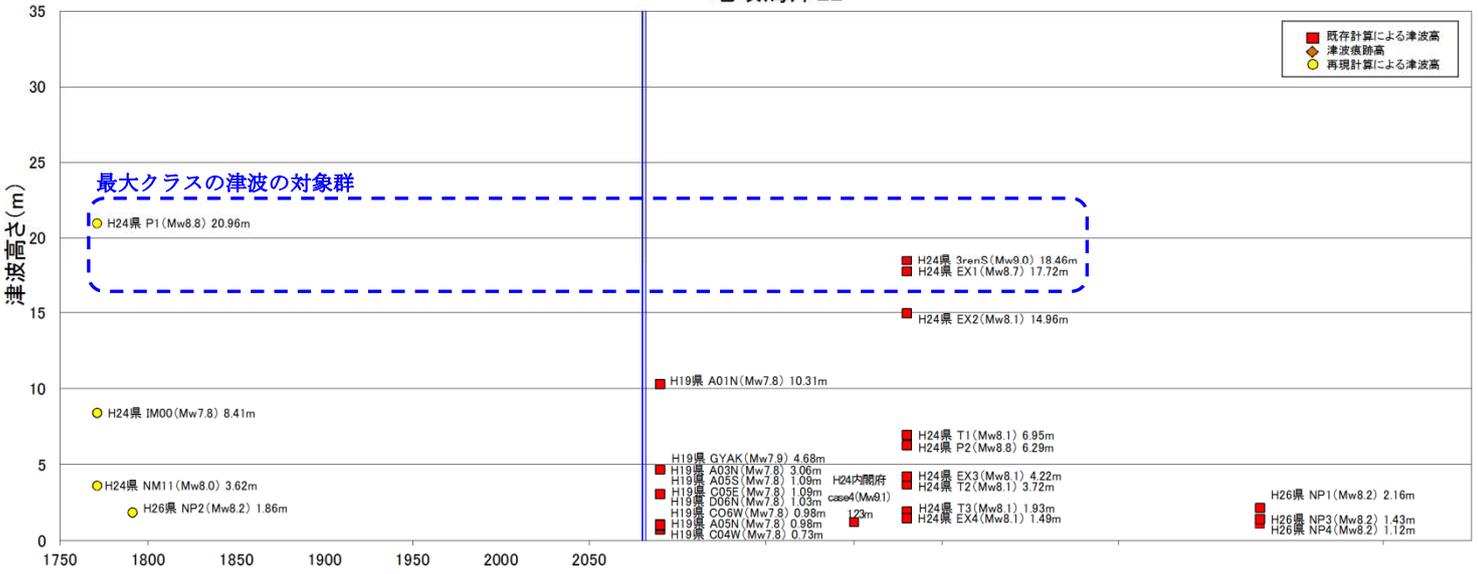


図 4.18 プロット図 (地域海岸 21 ~ 22)

5. 最大クラスの津波シミュレーション

作成した津波計算用データを基に、設定した地域海岸毎の最大クラスの波源モデルにて県下全域を対象とした津波シミュレーションを行った。計算は津波発生から陸上遡上までを連続で行うものとし、計算条件は、手引きを参考に検討委員会の意見を踏まえつつ設定した。隣県への影響を考慮した最大水位算出等の計算を行った。

表 5.1 に計算条件を示す。同表には H24 年度想定での計算条件も併せて記載している。計算条件は手引きに基づき設定している。詳細は次頁以降に示す。

表 5.1 計算条件

項目	今回想定	(参考) 既往想定 (H24 年度想定)
計算手法	◆2次元差分法による数値計算 深い海域では線形長波理論、浅海域では非線形長波理論を基礎式とし、Leap-Flog 差分法により解法	
計算格子間隔	◆2430m,810m,270m,90m,30m 評価領域：10m (全域)	◆900m,300m,100m 評価領域：50m、10m (市街地のみ)
計算時間	◆地震発生後 3 時間	
計算時間間隔	◆0.02~0.1 秒 (安定条件を満たすように設定)	◆0.05~0.1 秒 (安定条件を満たすように設定)
想定地震	◆最大クラスの津波の選定結果より地域海岸毎に 1~6 つの想定地震 (津波波源モデル) を設定 (県全域で 13 想定地震設定) (ただし、陸域の隆起域については変動を考慮せず、沖 10km まで変動量を補間した)	◆15 想定地震の概略シミュレーション結果より、地域毎に 2~4 つの想定地震を設定 (県全域で 12 想定地震設定)
潮位条件	◆朔望平均満潮位 沖縄本島地区：E.L+1.0m 南大東地区：E.L+1.2m 宮古・八重山地区：E.L+1.0m 与那国地区：E.L+0.9m ※南大東地区以外は 2003 年~2012 年までの 10 箇年平均値、南大東地区は検潮記録が 2008 年以降しかないため、2008 年~2012 年までの 5 箇年平均値より設定した。	◆朔望平均満潮位 本島沿岸域：E.L+0.80m 宮古八重山諸島沿岸域：E.L+0.90m
平水流量	◆10 河川にて設定した (0.071~0.806m ³ /s)	◆設定なし
対象地形	◆地盤変動後の地形 (ただし、陸域の隆起域については変動を考慮しない)	
粗度係数	◆粗度係数は以下のように設定 市街地高密度 (建物占有面積 50%以上) : 0.08 中密度 (同 20~50%以上) : 0.06 低密度 (同 20%未満)、工場地帯 : 0.04 田畑 : 0.02 森林 : 0.03 水面 : 0.025	
対象施設と施設条件	◆海岸保全施設、河川施設等について 1 パターン設定 ・コンクリート構造物は設定なし (地震発生当初からなし) ・盛土構造物については、地盤との比高 75%沈下させた天端高にて設定し、津波越流時に破壊	◆海岸保全施設、河川施設等について 2 パターン設定 ・(施設あり) 全ての施設を設定し、津波越流時に破壊なし ・(施設なし) 全ての施設を設定なし (地震発生当初からなし)

5.1 計算手法

手引きに基づき、深い海域では線形長波理論、浅海域では非線形長波理論を基礎式として、Leap-Flog 差分法より解いた。

【線形長波理論、非線形長波理論について】

津波は、質量保存則（連続の式）と運動量保存則（運動方程式）によって解くことができる。一般的には水深 50m 以上では、水深に比べ波の振幅が小さいと仮定することができる、鉛直方向の流速を無視した線形長波理論を適用することができる。一方、水深が浅くなると、波高が高くなるため、上述の仮定ができなくなり、波の振幅性を考慮した移流項と海底の摩擦を考慮した底面摩擦項を含めた非線形長波理論を適用する必要がある。

(1) 線形長波理論

線形長波理論式を以下に示す。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + gh \frac{\partial \eta}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial N}{\partial t} + gh \frac{\partial \eta}{\partial y} &= 0\end{aligned}$$

ここで、(x,y)は静水面に取った空間座標、t は時間座標、 η は水位変動、h は静水深、g は重力加速度、(M,N)はそれぞれ(x,y)方向の線流量である。

(2) 非線形長波理論

津波の運動は深さの比較的浅い海域では、主に浅海効果と屈折効果及び湾の形状で影響を受けるため波が卓越することになり、上述した線形波理論式で省略された移流項や底面摩擦項を省略できなくなる。下記のような式となる。

$$\begin{aligned}\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{M^2}{D} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{MN}{D} \right] + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} &= 0 \\ \frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left[\frac{MN}{D} \right] + \frac{\partial}{\partial y} \left[\frac{N^2}{D} \right] + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} &= 0\end{aligned}$$

ここで、D は $D=h+\eta$ で表される全水深、n はマンニングの粗度係数である。

【差分法について】

津波シミュレーションは、質量保存測（連続の式）と運動量保存測（運動の式）によって、流量、及び、水位を解くものであるが、これらの式は偏微分方程式となっているため、そのままでは解くことはできない。そこで、本計算では有限差分法を用いて、空間差分にはスタaggerド格子を、時間差分には Leap-Flog 差分法の差分格子とした。水位 η 、水平流量 M 、 N の計算点は、それぞれずらして定義される。非線形項は風上差分を用いた。

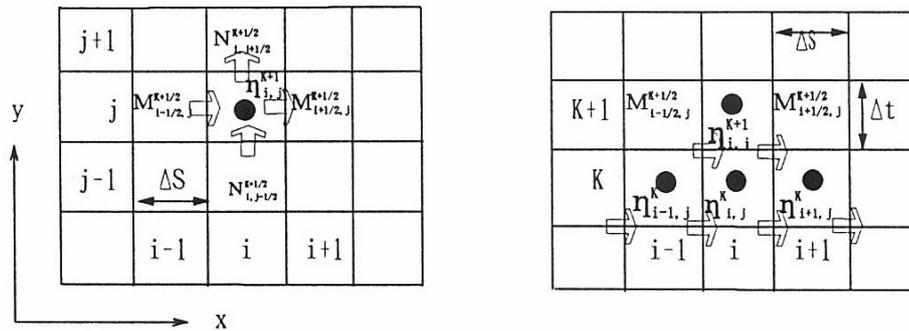
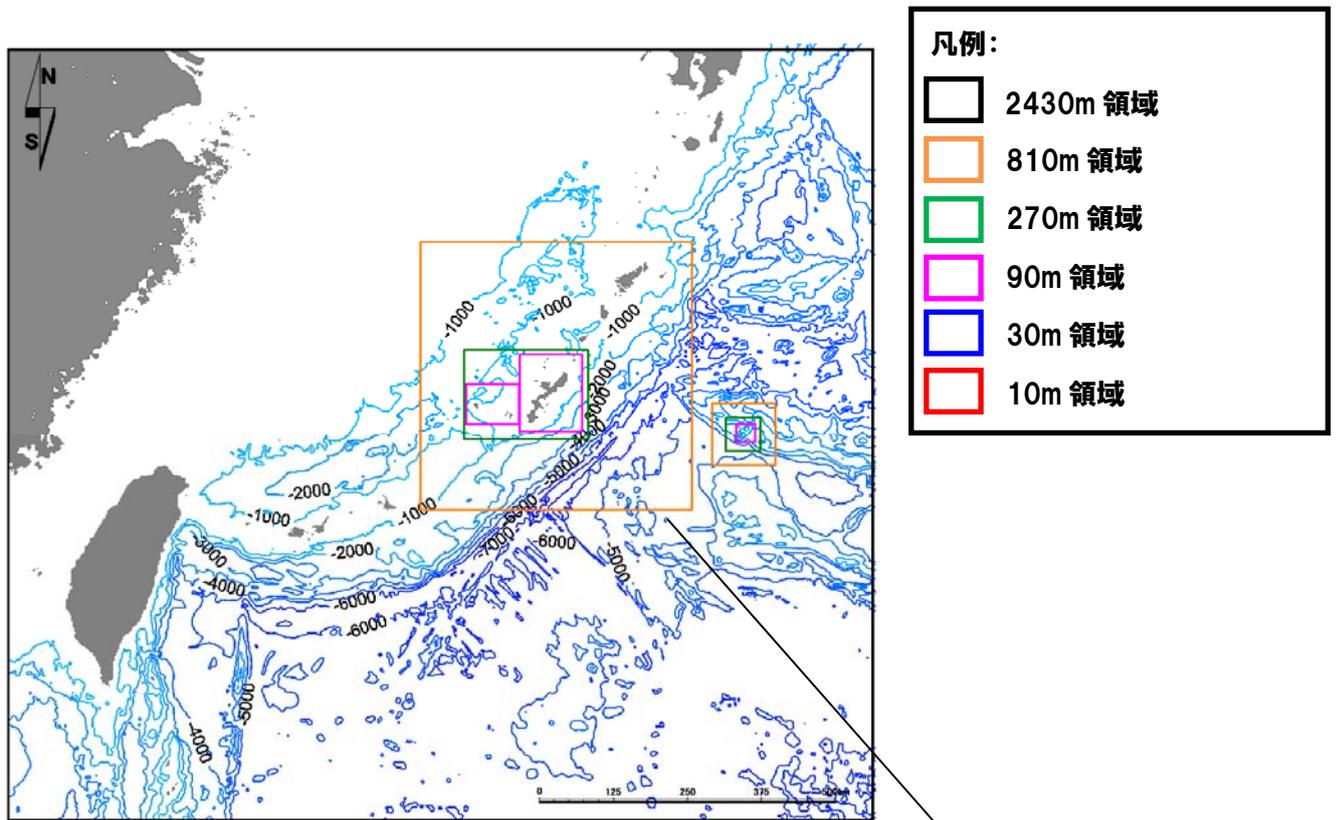


図 5.1 Leap-Flog 差分法の計算点配置

5.2 計算格子間隔

津波シミュレーションに必要なモデル（地形モデル、施設モデル、粗度モデル）を作成するにあたり、各領域のメッシュ配置を設定する必要がある。波源域を含む広域の領域 2430m メッシュから沿岸領域 10m メッシュについては、手引きに基づき成分格子間隔を 1/3 の割合で小さくし、評価領域の最小計算格子間隔を 10m とした。図 5.2、図 5.3 に領域の設定図を示す。



※図中のコンター線、および、数値は水深（負値）を示す。

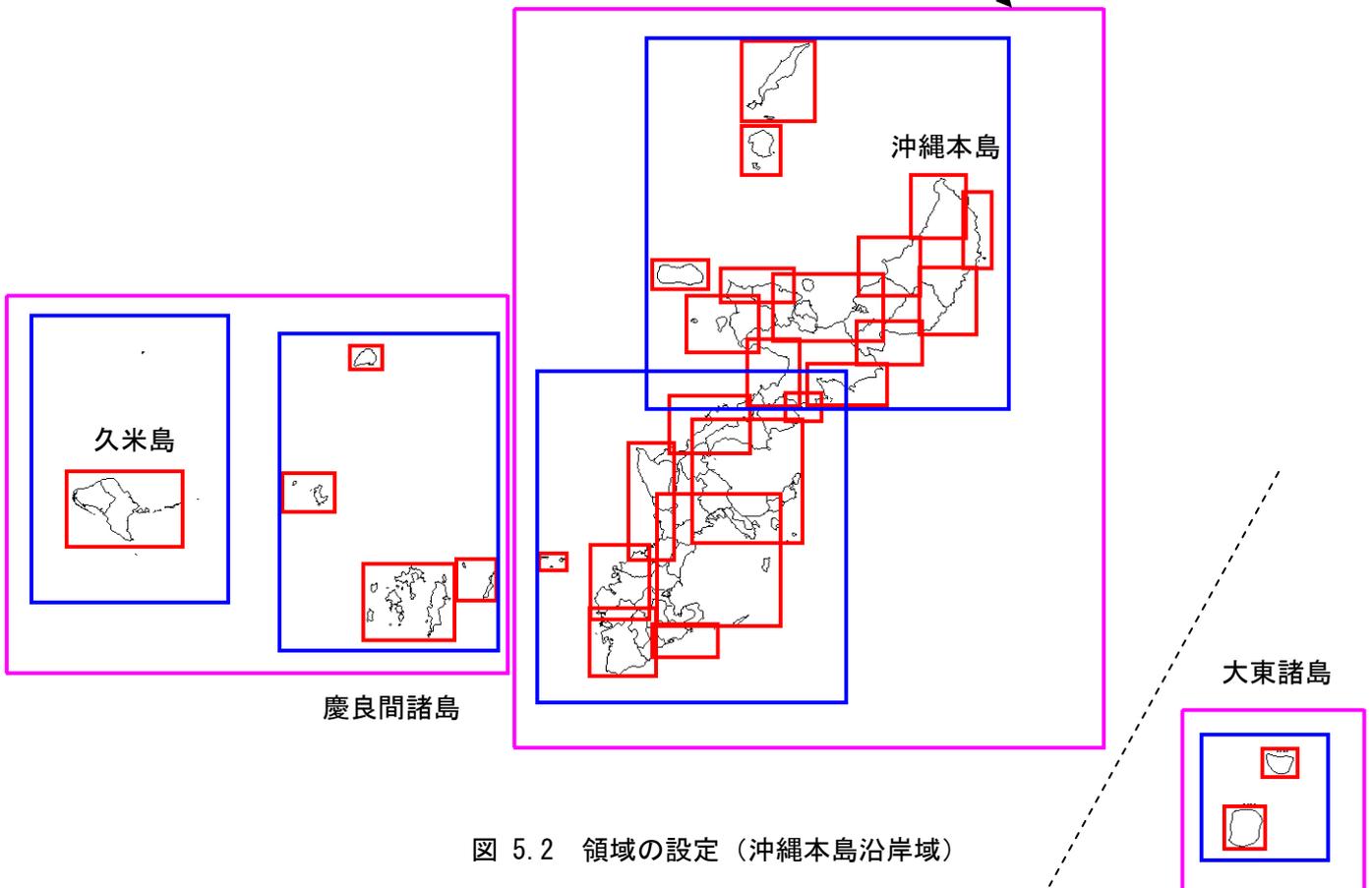
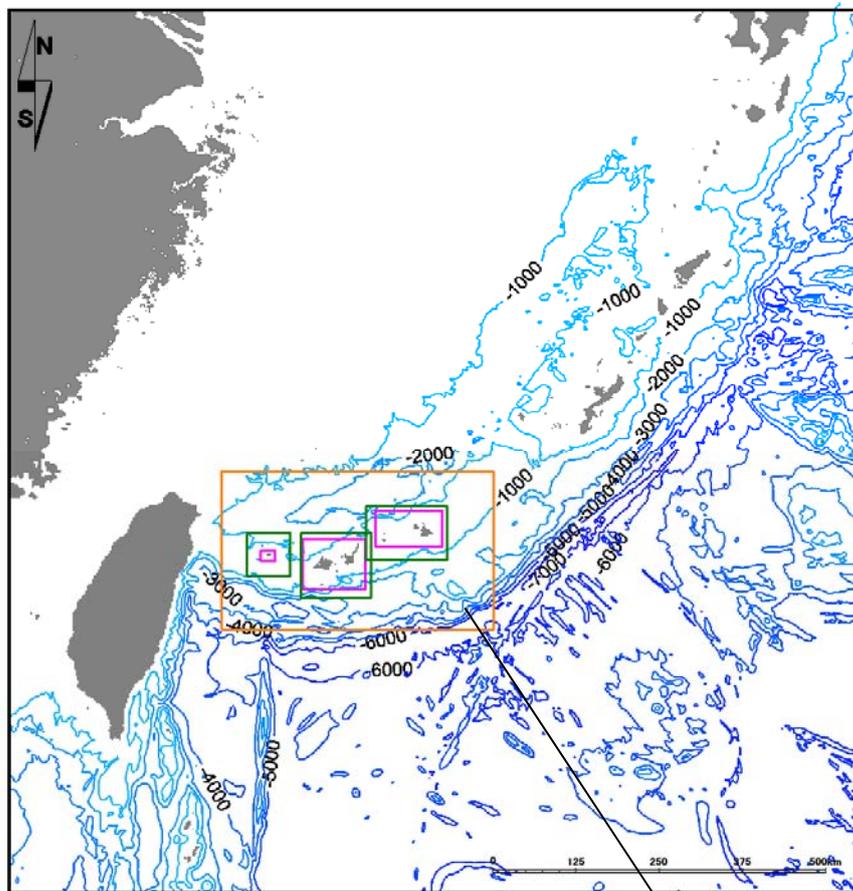


図 5.2 領域の設定（沖縄本島沿岸域）



凡例:

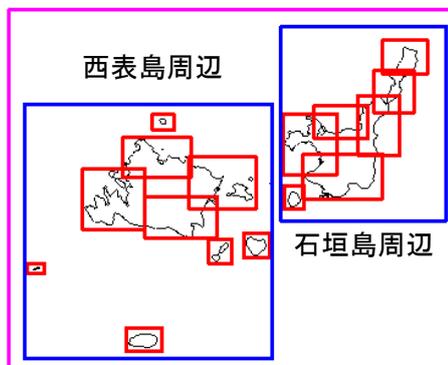
	2430m 領域
	810m 領域
	270m 領域
	90m 領域
	30m 領域
	10m 領域

※図中のコンター線、および、数値は水深（負値）を示す。

与那国島周辺

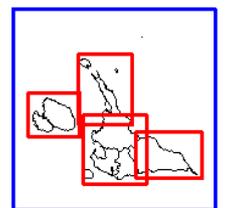


西表島周辺



石垣島周辺

多良間島周辺



宮古島周辺

図 5.3 領域の設定（宮古・八重山諸島沿岸域）

5.3 計算時間及び計算時間間隔

計算時間は、津波の到達、及び、収束等を考慮し3時間とした。

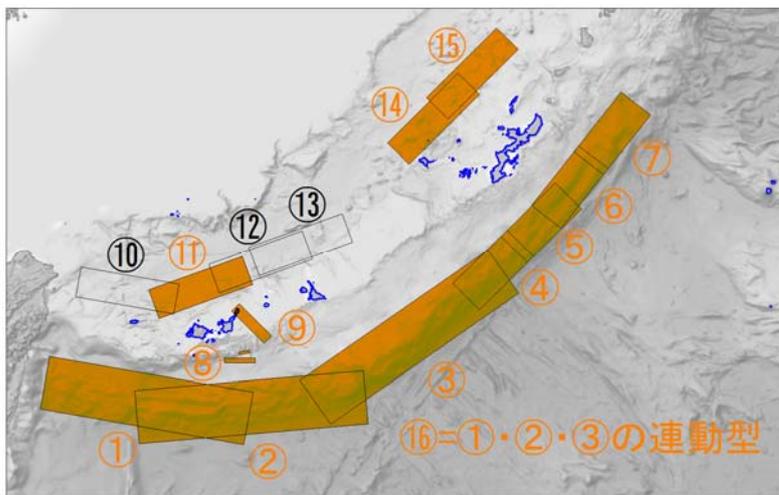
計算時間間隔については、計算格子間隔に対する計算の安定性等を考慮して、C.F.L条件(計算安定条件)を満たすように設定した。

$$\text{C.F.L条件: } \frac{\Delta s}{\Delta t} = \sqrt{2gh_{\max}}$$

Δt : 計算時間間隔、 Δs : 各計算領域のメッシュサイズ、 h_{\max} : 各計算領域の最大水深、 g : 重力加速度

5.4 想定地震

最大クラスの津波の選定結果より地域海岸毎に1~6つの想定地震(津波波源モデル)を設定し、県全域で13想定地震となった(図5.4のオレンジ色塗潰し)



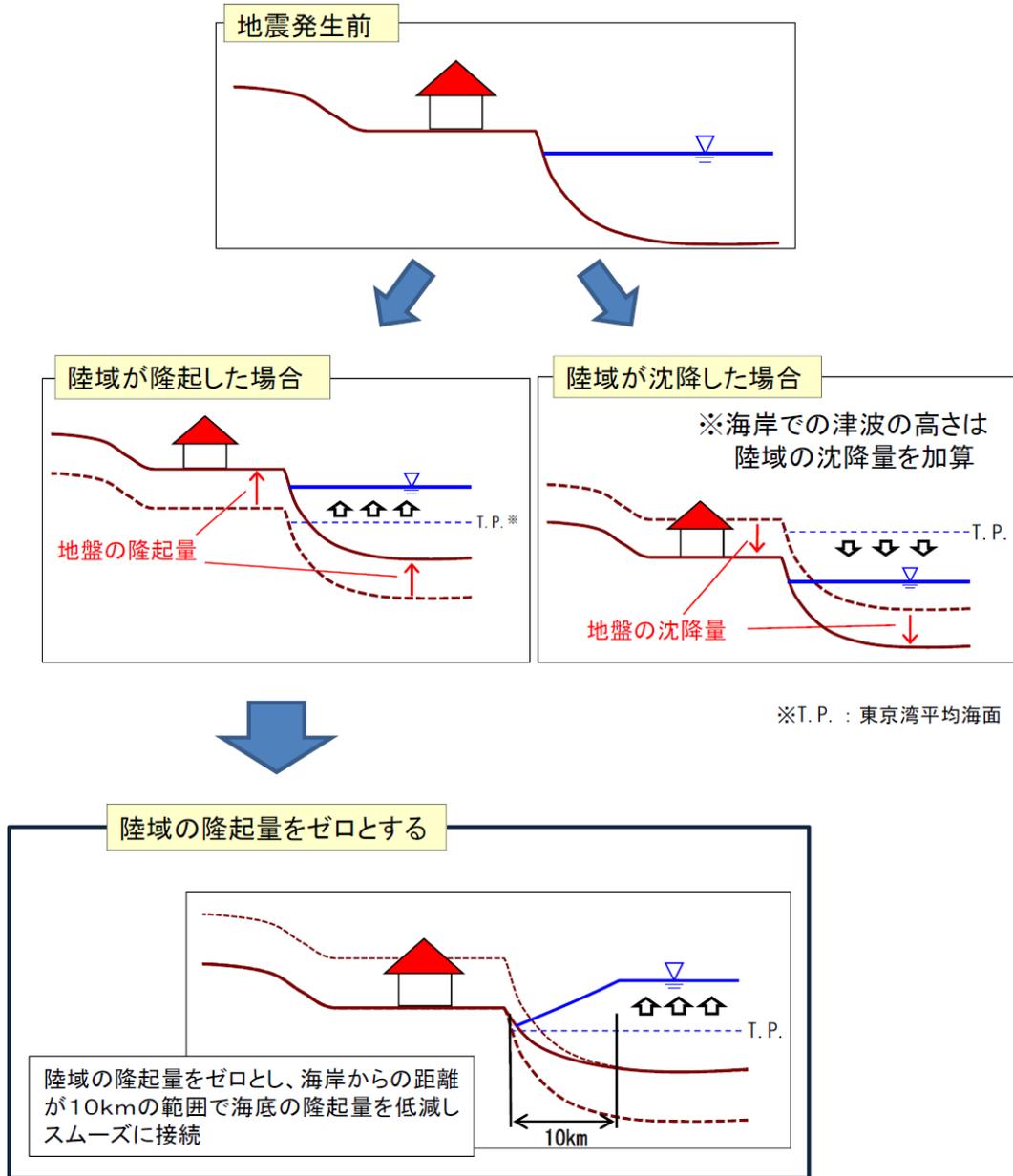
No	想定地震	緯度	経度	深さ (m)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	断層長さ (m)	断層幅 (m)	すべり量 (m)	名称	Mw (※1)	
①	EX1	23.000	124.400	2000	280	12	90	270000	70000	20	八重山諸島南西沖地震	8.7	
②	P1	23.235	125.987	2000	265	12	90	300000	70000	20	八重山諸島南方沖地震	8.8	
③	P2	24.746	127.956	2000	235	12	90	300000	70000	20	八重山諸島南東沖地震	8.8	
④	NP1	25.181	128.163	5000	225	12	90	100000	50000	12	沖縄本島南方沖地震	8.2	
⑤	NP2	25.728	128.806	5000	225	12	90	100000	50000	12	沖縄本島南東沖地震	8.2	
⑥	NP3	26.196	129.172	5000	218	12	90	100000	50000	12	沖縄本島東方沖地震	8.2	
⑦	NP4	26.812	129.756	5000	218	12	90	100000	50000	12	沖縄本島北東沖地震	8.2	
⑧	IM00	23.966	124.553	1000	270	70	90	40000	20000	20	石垣島南方沖地震	7.8	
		24.088	124.486	0	260	70	90	15000	10000	90		(※2)	
⑨	NM11	24.672	124.345	300	135	70	270	60000	30000	20	石垣島東方沖地震	8.0	
⑩	EX2	24.550	123.500	2000	280	30	270	130000	40000	8	与那国島北方沖地震	8.1	
⑪	T1	24.899	124.521	2000	250	30	270	130000	40000	8	石垣島北方沖地震	8.1	
⑫	EX3	25.200	125.300	2000	250	30	270	130000	40000	8	多良間島北方沖地震	8.1	
⑬	T2	25.399	125.821	2000	250	30	270	130000	40000	8	宮古島北方沖地震	8.1	
⑭	T3	27.126	127.519	2000	225	30	270	130000	40000	8	久米島北方沖地震	8.1	
⑮	EX4	27.650	128.050	2000	225	30	270	130000	40000	8	沖縄本島北西沖地震	8.1	
⑯	3連動 3renS	EX1	23.110	123.727	2000	280	12	90	200000	70000	20	3連動 八重山諸島 南方沖地震	9.0
		P1	23.230	125.470	2000	265	12	90	175000	70000	20		
		P2	24.746	127.956	2000	235	12	90	300000	70000	20		

※1 : Mw はモーメントマグニチュードを示す。

※2 : 地滑りを再現したパラメータであるため、Mw で示すことはできない。

図 5.4 選定した断層図と断層パラメータ(オレンジ色塗潰しが選定断層)

手引きに基づき各想定地震での変動量の陸域の隆起域については変動を考慮せず（ゼロ）、沿岸から沖合い 10km 程度までの範囲で変動量が不連続にならないように補間した。以下に、変動量補間の概念図を示す。



出典：「津波浸水想定の設定の手引き Ver.2.00」（国土交通省水管理・国土保全局海岸室、国土交通省国土技術政策総合研究所河川研究部海岸研究室、平成 24 年 10 月）

図 5.5 地盤変動量の補間の概念図

選定した 13 想定地震の地盤変動量を以下に示す。地盤変動量は地震の断層モデルから計算される海底基盤の鉛直変位分布をその直上に与える方法より算出され、本計算では手引きに基づき、Manshinha and Smylie (1971) の方法を用いた。

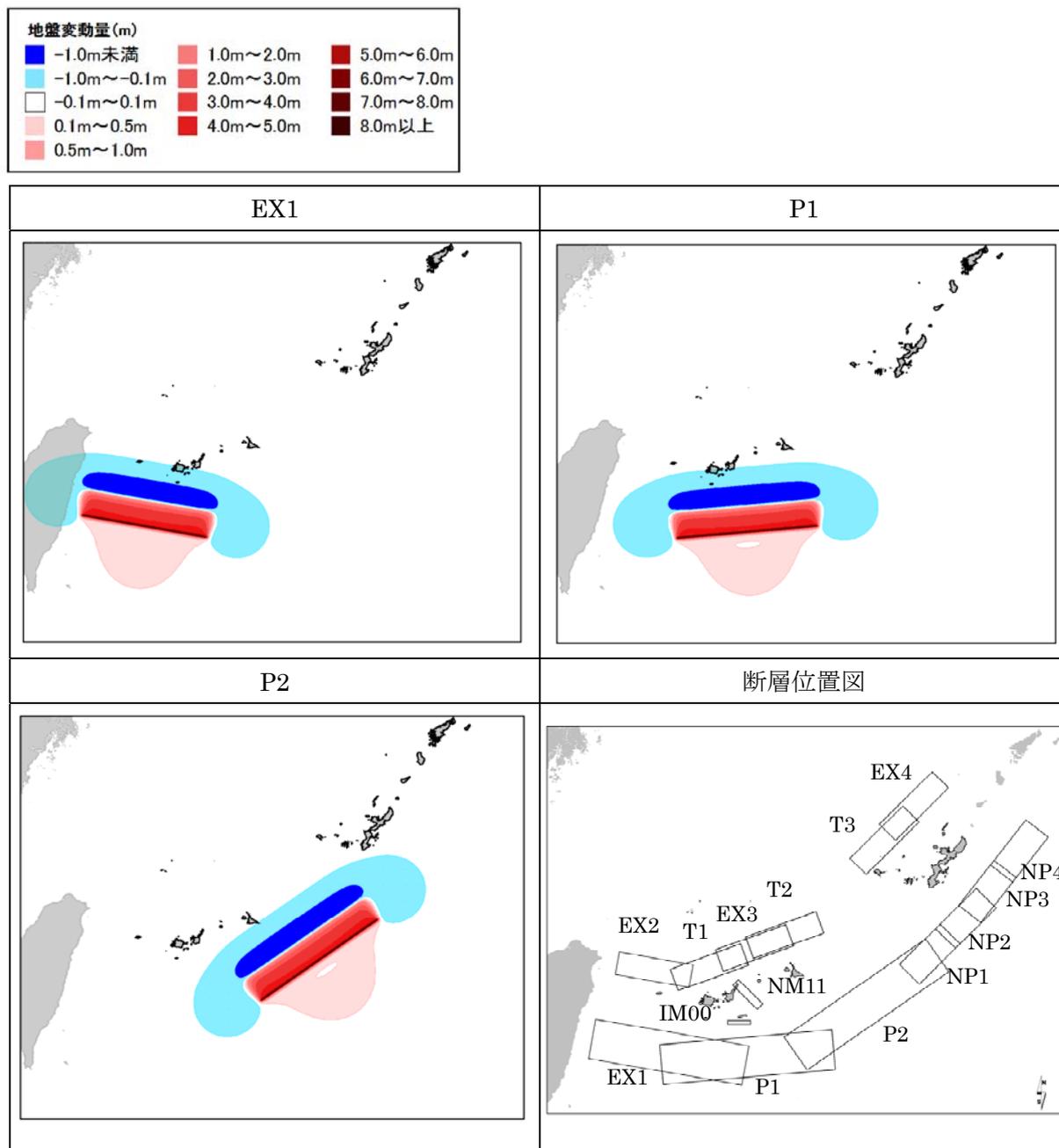


図 5.6 想定地震の垂直地盤変動量分布 (1)

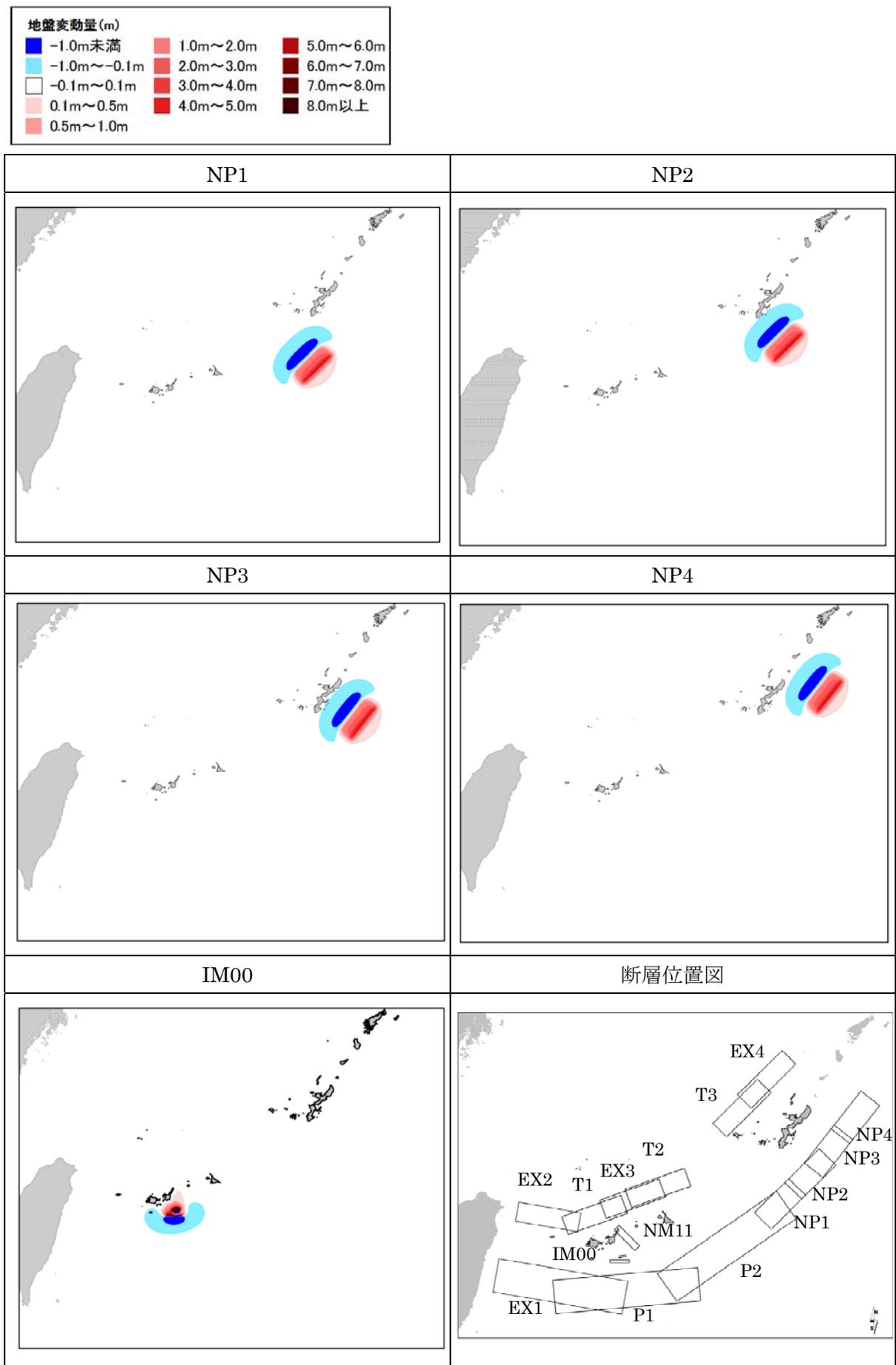


図 5.7 各想定地震の垂直地盤変動量分布 (2)

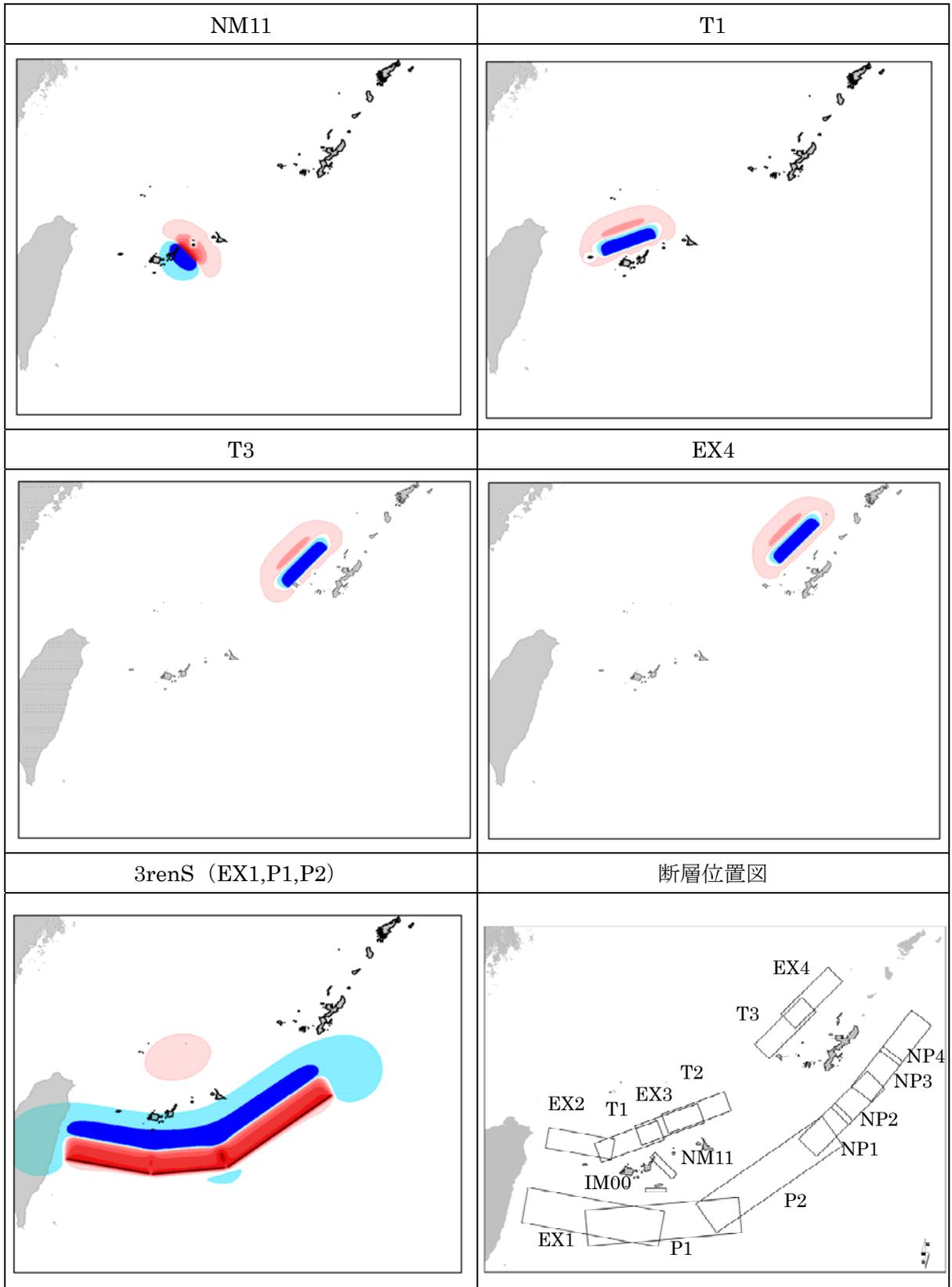
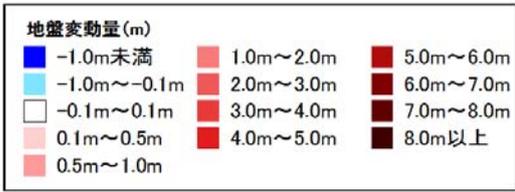


図 5.8 各想定地震の垂直地盤変動量分布 (3)