

第10回山口県地震・津波防災対策検討委員会

(1) 日本海沿岸の津波浸水想定

①条件・手法について (案)

平成27年3月27日 (金)

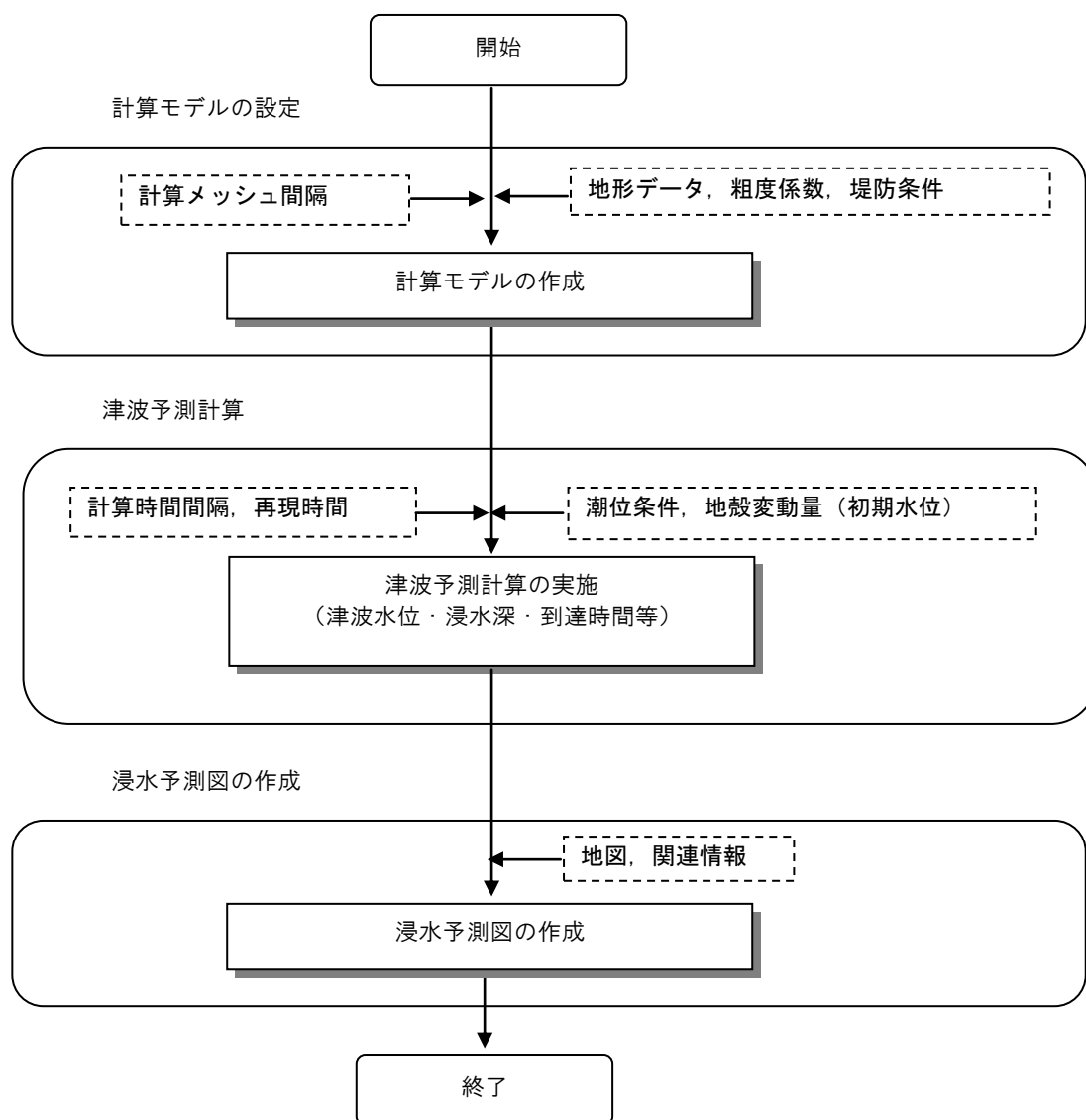
1 津波浸水シミュレーション

1-1 計算手法と計算モデル

(1) 手順

計算モデルに地震の地殻変動によって生じる海面の水位分布を初期条件として与えて津波予測計算を行った。また、予測結果に基づき浸水予測図を作成した。

■津波シミュレーションの流れ



(2) 計算方法

海底での摩擦及び移流を考慮した非線形長波理論（浅水理論）により計算を行った。

津波伝播の計算は、差分法により数値的に行うとともに、初期条件として与えて津波予測計算を行った。

【連続式】

$$\frac{\partial \eta}{\partial t} + \frac{\partial M}{\partial x} + \frac{\partial N}{\partial y} = 0$$

【運動方程式】

$$\frac{\partial M}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{M^2}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{MN}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial x} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} M \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{MN}{D} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\frac{N^2}{D} \right) + gD \frac{\partial \eta}{\partial y} + \frac{gn^2}{D^{7/3}} N \sqrt{M^2 + N^2} = 0$$

$$M = u(h + \eta) = uD, \quad N = v(h + \eta) = vD$$

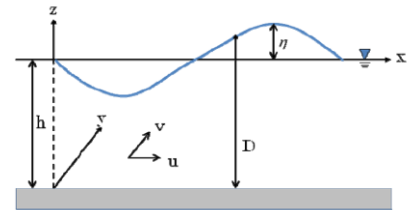


図 支配方程式の座標系

η : 静水面からの水位変化量, D : 水底から水面までの全水深,

n : マニングの粗度係数, M 及び N : X 及び Y 方向の全流量フラックス

(3) 地形データ

① 海域の地形データ

海域の地形データは、国の「日本海における大規模地震に関する調査検討会」（以下、「国の調査検討会」という。）の津波解析モデルと同様のデータを用い、湾内の水深データについては、各港管理者のデータを反映させた。

② 陸域の地形データ

陸域の地形データは、国土交通省国土地理院が実施した航空レーザー測量結果等を用いて作成し、2級河川および海岸については河川台帳、周防高潮台帳、海岸施設台帳、高潮浸水想定時の縦横断、現地測量等を基に地形データを見直した。

また、河床高は、河口幅に応じて下表に示すように設定した。

■海域および湖沼の地形メッシュデータの作成に用いた資料

対象範囲	データ名	作成・整備機関	デジタル化の方法	データ属性(基準)
海域	①海底地形デジタルデータ(等水深線)M7000シリーズ [縮尺 1/50,000相当]	(財)日本水路協会	標高のラインデータを点データに変換。	Z0 (最低水面)
	②J-EGG500	海上保安庁	DEMデータとして提供されている。	Z0 (最低水面)
	③JTOP030(日本近海30秒グリッド水深データ) [約1km×1kmグリッド]	(財)日本水路協会	DEMデータとして提供されている。	Z0 (測量時の潮位)
陸域	④基盤地図情報(数値標高モデル)5mメッシュ(標高)	国土地理院	DEMデータとして提供されている。	TP (東京湾平均海面)
	⑤基盤地図情報(数値標高モデル)10mメッシュ(標高)	国土地理院	DEMデータとして提供されている。	TP (東京湾平均海面)
	⑥数値地図50mメッシュ(標高)	国土地理院	DEMデータとして提供されている。	TP (東京湾平均海面)

※JTOP030：品質管理済みの測量データや水深データセット、および等深線図の数値化データを基に、精度の高いデータを優先して統合編集した日本周辺海域における緯度経度30秒グリッドの水深データファイル。基データが存在しない海域には近傍の水深データから補間した推定値を収録。

※DEMデータ：数値標高モデル(Digital Elevation Model)。地形のデジタル表現であり、ビットマップ画像(正方形が集まった格子)やTINで表現。

■河床高の設定方法

河口幅	設定方法
河口幅50m以上	最新の縦横断測量結果、河川台帳、高潮浸水想定時の縦横断図等を基にデータを作成。
河口幅30m～50m未満	一律、周辺地盤高 - 3 m

(4) 初期水位条件

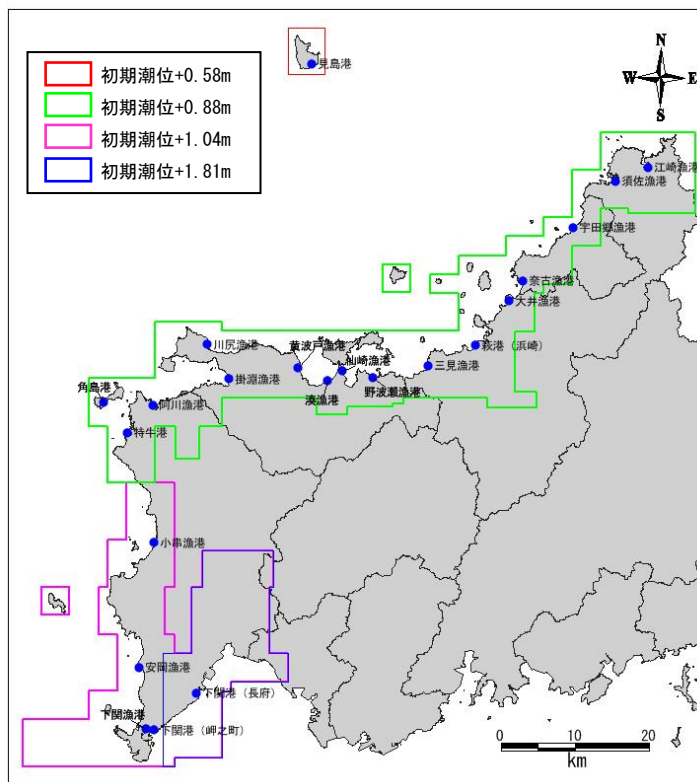
① 初期潮位

津波浸水シミュレーションにおける潮位は、朔望平均満潮位とした。初期潮位は、山口県の海岸保全施設等の設計に用いる朔望平均満潮位（7エリア区分）を基に、同程度の潮位となる潮位条件エリア区分を設定し、区分の最大となる潮位を設定した。

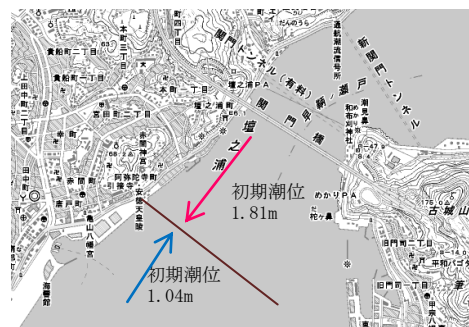
以下に初期潮位、潮位条件エリア区分を示す。

■初期潮位のエリア区分

エリア区分	①	②	③	④	⑤	⑥	⑥	⑦
代表地点	吉母	特牛	大浦	津黄	仙崎	萩	見島	須佐
朔望平均満潮位 (T. P. +m)	1.04	0.88	0.86	0.88	0.85	0.75	0.58	0.70
初期潮位 (T. P. +m)	1.04	0.88					0.58	0.88



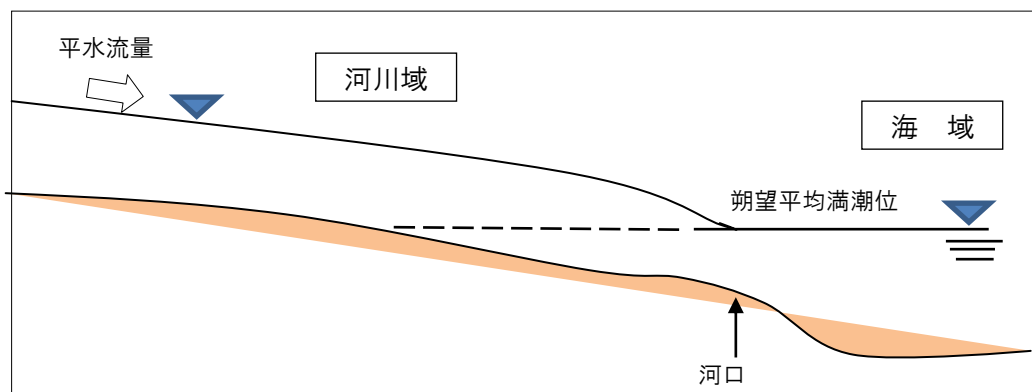
関門海峡内における瀬戸内海側と日本海側との境については、海峡内の潮位差が大きいため、検潮所の記録（大山の鼻検潮所:0.95m、弟子待検潮所:0.94m）や国の設計潮位の境等を参考に右図のとおりとした。



② 河川内の初期水位

河川内の水位については、朔望平均満潮位を河口付近における出発水位として、河川平水流量（185日/365日）から不定流計算によって求められた水位を初期水位として設定した。

■河川内の初期水位



③ 地盤変動量

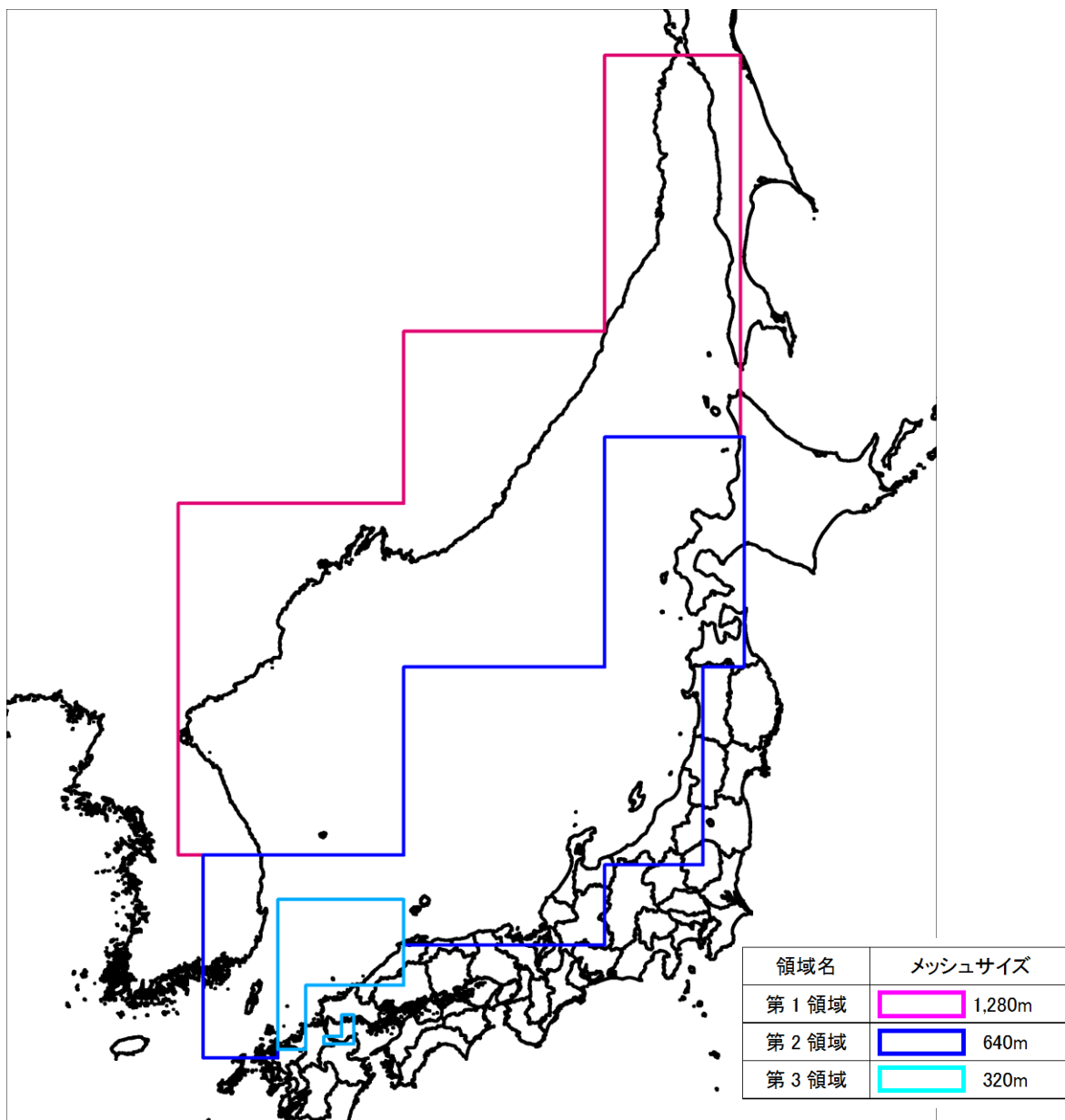
地殻変動については、安全側の観点から、陸域の沈降の効果は考慮し、陸域の隆起の効果は考慮しないものとした。

④ 計算領域及び計算格子間隔

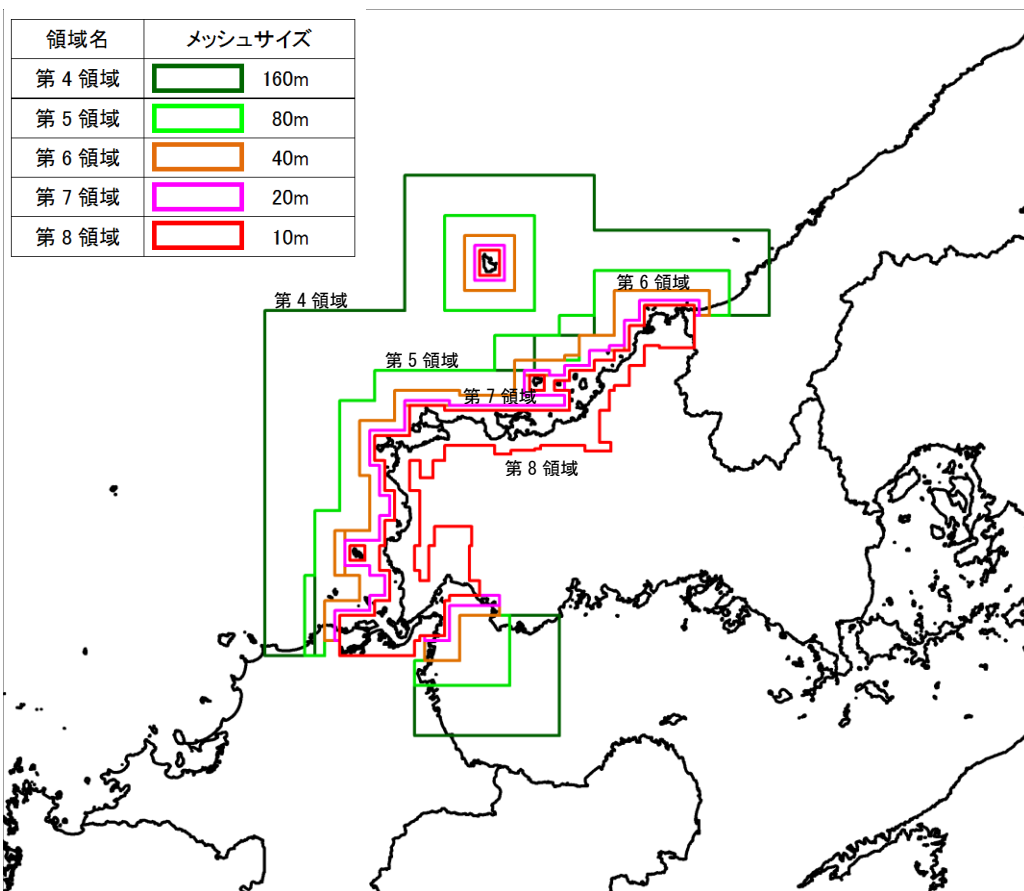
計算領域および計算格子間隔は、次のとおり設定した。

■ 計算領域と計算格子間隔

計算領域	計算格子間隔
外洋 ↑	1,280m
	640m
	320m
	160m
	80m
↓ 陸域	40m
	20m
	10m
	10m



■沿岸の計算領域（10m～160m）



⑤ 再現時間及び計算時間間隔

津波は第一波の被害が最大となるとは限らず、津波の初期水位や沿岸での挙動によっては、第二波以降に浸水の区域や水深が最大になることも考えられるため、津波による最大浸水範囲、最大浸水深が計算できるよう再現時間を5時間とした。

また、計算時間間隔は、計算格子間隔に対する計算の安定性等を考慮するためにCFL条件を満たすように0.15秒または0.20秒とした。

1-2 計算条件

(1) 粗度データ

津波が沿岸域に到達し、陸域に遡上する場合には、海底や地面による抵抗が無視できなくなるため、津波浸水シミュレーションにおいて粗度係数を考慮する。粗度データは、「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の公開データを用いた。

海域は $0.025(\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s})$ とし、陸域は遡上した津波が市街地の建築物等によって受ける抵抗など土地利用状況に応じて値を設定した。

■粗度係数の設定

土地利用	粗度係数 ($\text{m}^{-1/3} \cdot \text{s}$)
住宅地（高密度）	0.08
住宅地（中密度）	0.06
住宅地（低密度）	0.04
工場地等	0.04
農地	0.02
林地	0.03
水域	0.025
その他（空地、緑地）	0.025

(2) 堤防データ

河川台帳、周防高潮台帳、海岸施設台帳、高潮浸水想定時の縦横断、現地測量等を基に堤防データを作成した。

(3) 各種施設の条件設定

各種施設については、最大クラスの津波が悪条件下において発生し、浸水が生じることを前提に、地震や津波による各種施設の被災を考慮して、津波浸水シミュレーションにおける条件設定を行った。

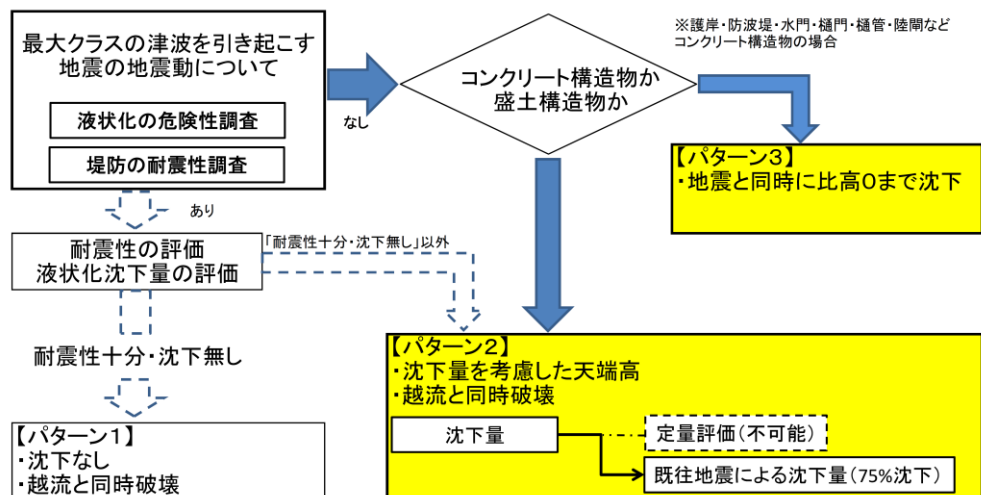
- 国土交通省の「津波浸水想定の設定の手引き」では、最大クラスの津波を引き起こす地震の地震動による液状化危険性及び堤防の耐震性の調査が実施されていない施設については、地震により破壊されるとの考え方を採用するとされている。
- 本県は、現時点でこれらの耐震性調査が未実施であり、今回想定される地震に対し、耐震や液状化に対する十分な対策が実施できていない区間については、「堤防は地震により破壊される」との考え方を採用した。
- 過去、県内で発生した地震による海岸保全施設、港湾施設等の被害状況を整理すると、震度5弱の地域で被害が発生し、震度4の地域についても一部で被害が生じている箇所があった。
- 構造物については、震度4以上の地域において、コンクリート構造物の護岸及び堤防は破壊され、破壊後の形状を「無し」とし、盛土構造物の堤防に関しては、堤防高が地震前の25%になるとした。

■地震・津波に対する各種施設の条件設定の考え方(1)

地震・津波による施設の破壊を考慮	
地震による破壊	震度4以上の地域について、各種施設は地震発生直後(津波来襲前)に、 ▶パラペット等の全高が消失する。 ※1 ▶土堤、水門、樋門の75%が沈下する。 ※2 ▶大規模な水門 ※3については、100%の機能消失とする。
津波による破壊	越流時点で ▶堤防、水門、樋門等の100%が消失する。 ※4

- ※1 パラペット等とは、10mメッシュデータで表現できない幅の狭い構造物を示す。
- ※2 パラペット等を除く土堤部分の75%が沈下するものとする。水門、樋門についても、隣接堤防と同等の沈下が生じるものとする。
- ※3 10mメッシュデータで表現できる程度の大規模な水門については、100%の機能消失とする。
- ※4 パラペット等を含め、堤防の100%が消失するものとする。水門、樋門についても同様とする。

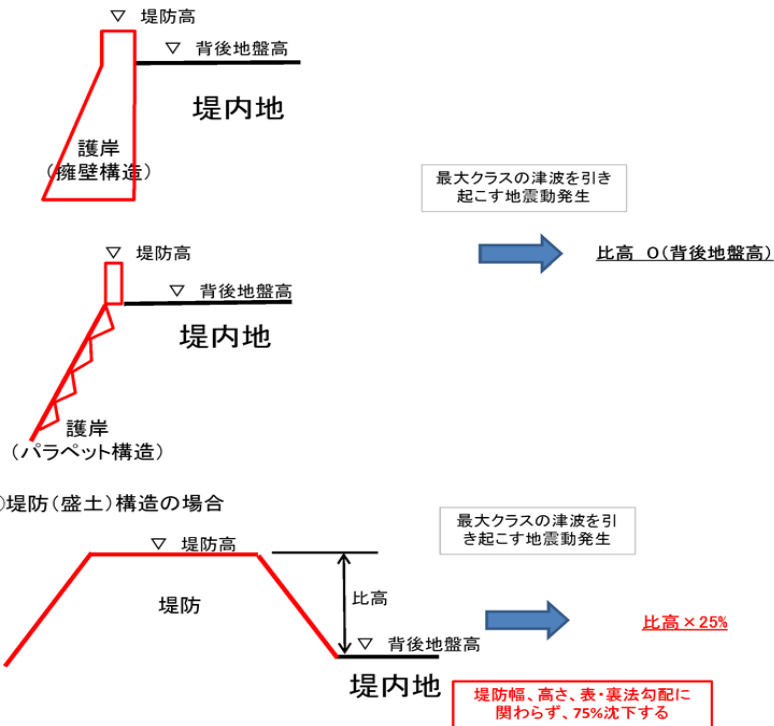
■地震及び津波に対する各種施設の条件設定の考え方(2) ¹⁾



¹⁾ 「津波浸水想定の設定の手引き Ver. 2.00、平成24年10月、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省河川研究部海岸研究室」に加筆

■地震及び津波に対する各種施設の条件設定の考え方(3)

①護岸構造(パラペット構造含む)の場合



■水門・陸閘等の開閉について

水門・陸閘等については、開放状態として取り扱うものとした。

(4) 検討対象河川(河川遡上を考慮する河川)

河川内を遡上する津波の挙動の取り扱いについては、「津波の河川遡上解析の手引き(案)」を踏まえ津波浸水シミュレーションを実施した。

対象とする河川については、上記手引き(案)及び「南海トラフの巨大地震モデル検討会」の計算条件を踏まえて河口幅30m以上の河川とし、このうち平水流量時の水深が10cm以上となる12河川を「河川遡上を考慮する河川」として津波解析に組み込むものとした。

■河川遡上を考慮する河川

河川の等級	水系名	河川名	河川の等級	水系名	河川名
2級河川	田万川水系	田万川	2級河川	掛淵川水系	掛淵川
	大井川水系	大井川		粟野川水系	粟野川
	阿武川水系	阿武川(松本川)		綾羅木川水系	綾羅木川
	阿武川水系	阿武川(橋本川)		木屋川水系	木屋川
	三隅川水系	三隅川		厚狭川水系	厚狭川
	深川川水系	深川川		有帆川水系	有帆川

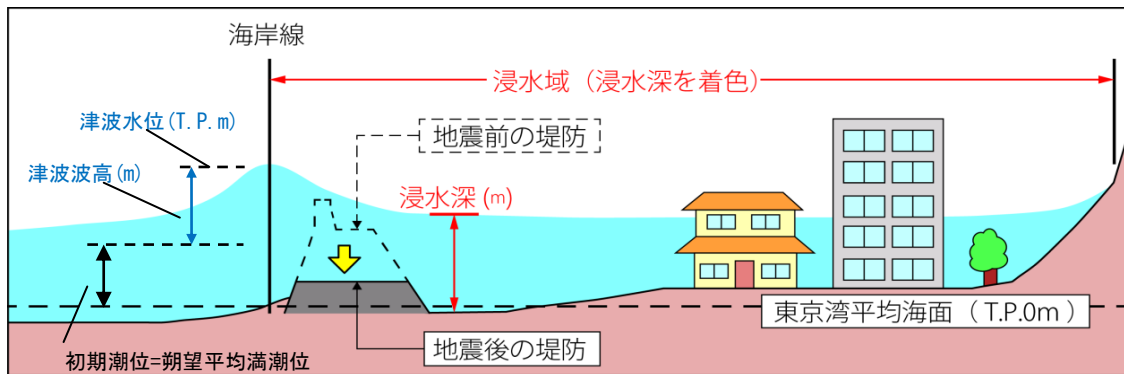
1-3 計算結果

日本海沿岸の主要な港湾・漁港について、港湾・漁港区域内における最高津波水位、最高津波水位到達時間、海面変動影響開始時間を整理し、浸水面積は市町単位で整理した。

数値の表示については、津波水位を標高で表示し、小数点以下第2位を切り上げた。また、到達時間及び海面変動影響開始時間は小数点以下第1位を切り捨て、浸水面積は小数点以下第1位を四捨五入した。

最大クラスの津波による浸水深を重ね合わせて、地図や関連情報を加えた日本海沿岸の津波浸水想定図を作成した。

■津波水位の定義（山口県）



※津波水位は地盤沈降量を考慮した値

< 用語の解説 >

・浸水域

海岸線から陸域に津波が遡上することが想定される区域。

・浸水深

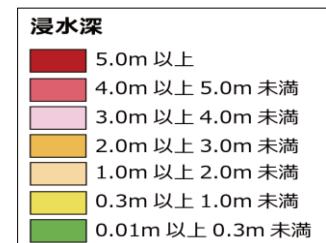
陸上の各地点で水面が最も高い位置に来たときの地面から水面までの高さで、次の凡例で表示。

・最高津波水位

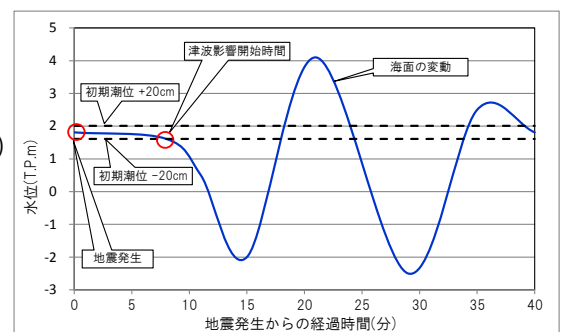
主要な港湾・漁港の海岸線から沖合約30m地点における津波水位の最大値(標高※で表示)。なお、気象庁が発表する津波の高さは、平常潮位(津波が無かった場合の同じ時刻の潮位)からの高さで、最高津波水位とは基準が異なる。

・海面変動影響開始時間

地震後の海面に±20cm(海辺にいる人の人命に影響が出る恐れのある水位変化)が生じるまでの時間。



※標高は東京湾平均海面からの高さ(単位:T.P.+m)



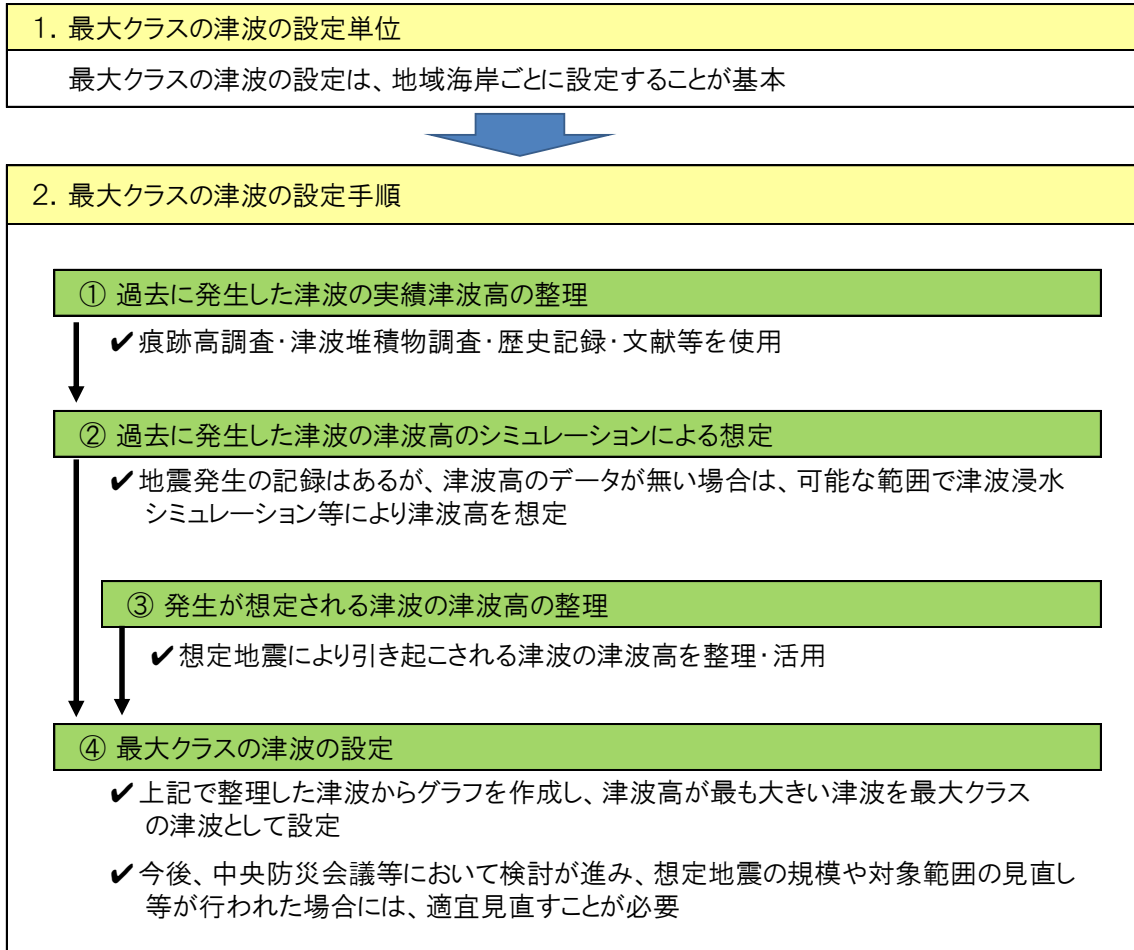
■海面変動影響開始時間の説明

2 最大クラスの津波の選定

2-1 最大クラスの津波の選定手順について

最大クラスの津波を選定するには、「津波浸水想定の設定の手引き」の手順に基づいて、地域海岸を設定し、最大クラスの津波を発生させる断層モデルを設定する。

■ 最大クラスの津波選定の手順



(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)

2-2 過去に発生した実績津波高の整理

過去に発生した実績津波高の記録を、東北大学工学研究科および原子力安全基盤機構によって整備された「津波痕跡データベース」により整理した。

山口県の日本海沿岸の痕跡高を検索し、信頼度A～D と評価されている痕跡高を対象として抽出された日本海中部地震及び北海道南西沖地震による津波の結果を図2.1及び図2.2に示す。

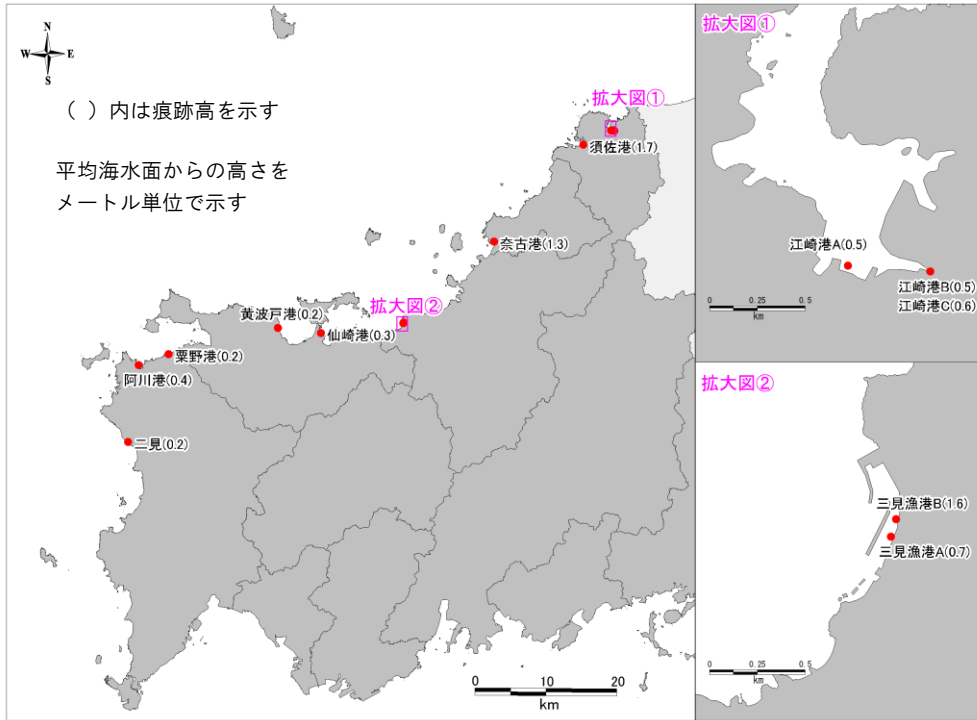


図 2.1 1983 日本海中部地震津波の痕跡高

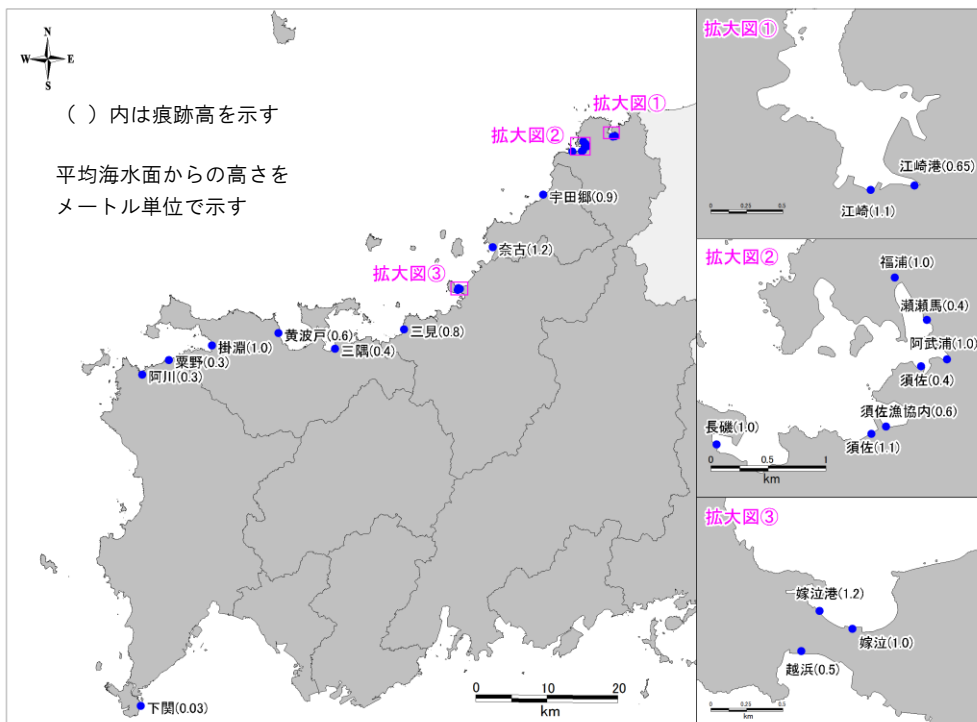


図 2.2 1993 北海道南西沖地震津波の痕跡高

2-3 発生が想定される津波の津波高の整理（想定地震による津波）

日本海で想定する最大クラスの津波断層モデルについては、音波探査記録の分析等により検討し、第3回検討委員会において、活断層型の①見島付近西部断層、②神田岬沖断層、③見島北方沖西部断層の3断層及び海溝型の④佐渡島北方沖の地震の4断層を設定している。

表 2.1 断層パラメータ

断層名	地震の規模		断層の位置			断層の大きさ			断層の向き		
	M	Mw	緯度 (°)	経度 (°)	上縁 深さ d(km)	長さ L(km)	幅 W(km)	すべり量 D(m)	走向 θ (°)	傾斜角 δ (°)	すべり角 λ (°)
①見島付近西部断層	7.5	7.16	34.8941	130.9834	0	40	15	1.93	237.2	90	90
②神田岬沖断層	7.5	7.16	34.2547	130.9001	0	40	15.2	1.28	310	80	90
③見島北方沖西部断層	7.5	7.13	35.6131	130.6081	0	38	15	3.20	73.5	90	90
④佐渡島北方沖の地震	8.4	7.85	38.95258	138.40982	0	131.1	17.3	9.44	20	60	90

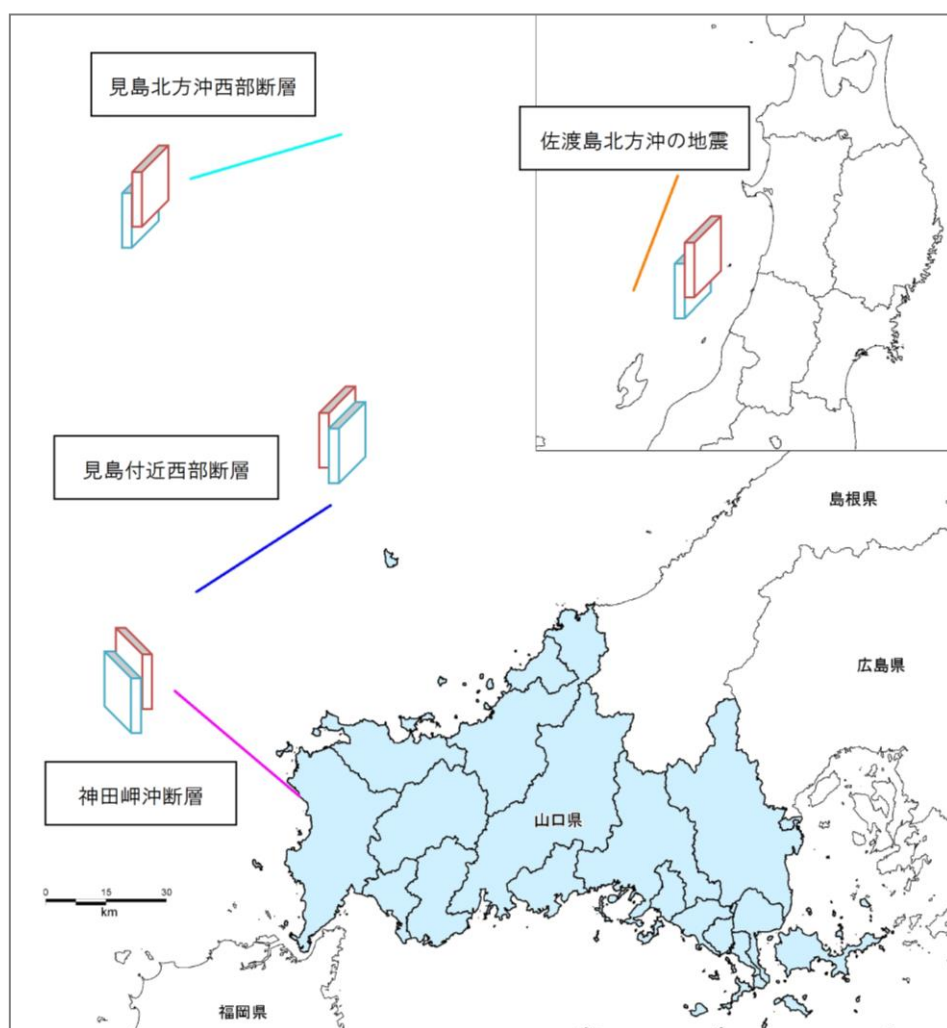


図 2.3 津波断層モデルの位置図

一方、国（国土交通省、内閣府、文部科学省）においては、平成25年1月に「日本海における大規模地震に関する調査検討会」を設置し、平成26年8月、日本海側における最大クラスの津波断層モデルとして60断層を設定し、日本海側の各市町村での平均津波高、最大津波高を公表している。

当検討委員会では、この国が公表した60断層モデルについて、本県日本海側の各市町において、平地で最大の津波高を発生させる⑤F59断層（菊川断層及び北方延長部の断層、大すべり域：中央）及び⑥F60断層（西山断層及び北方延長部の断層、大すべり域：左）に、新たに本県沿岸に近接する断層として設定された⑦F58断層（山口県沖の断層、大すべり域：右）を加えた3断層を、最大クラスの津波断層モデルの検討対象とすることとした。

表2.2 断層パラメータ

想定断層	地震の規模	断層の位置				断層の大きさ			断層の向き		
	Mw	緯度(°)	経度(°)	上端深さ(km, TP-)	下端深さ(km, TP-)	長さ(km)	幅(km)	すべり量D(m)	走向(°)	傾斜角(°)	すべり角(°)
⑤F59	7.38	34.1000	131.0833	1.1	15.0	87.9	13.9	3.49	310	90	325
⑥F60	7.59	33.3933	130.8816	1.0	15.0	136.9	14.0	4.60	321	90	325
⑦F58	7.13	34.6586	131.5104	1.1	15.0	50.1	13.9	2.63	329	90	325

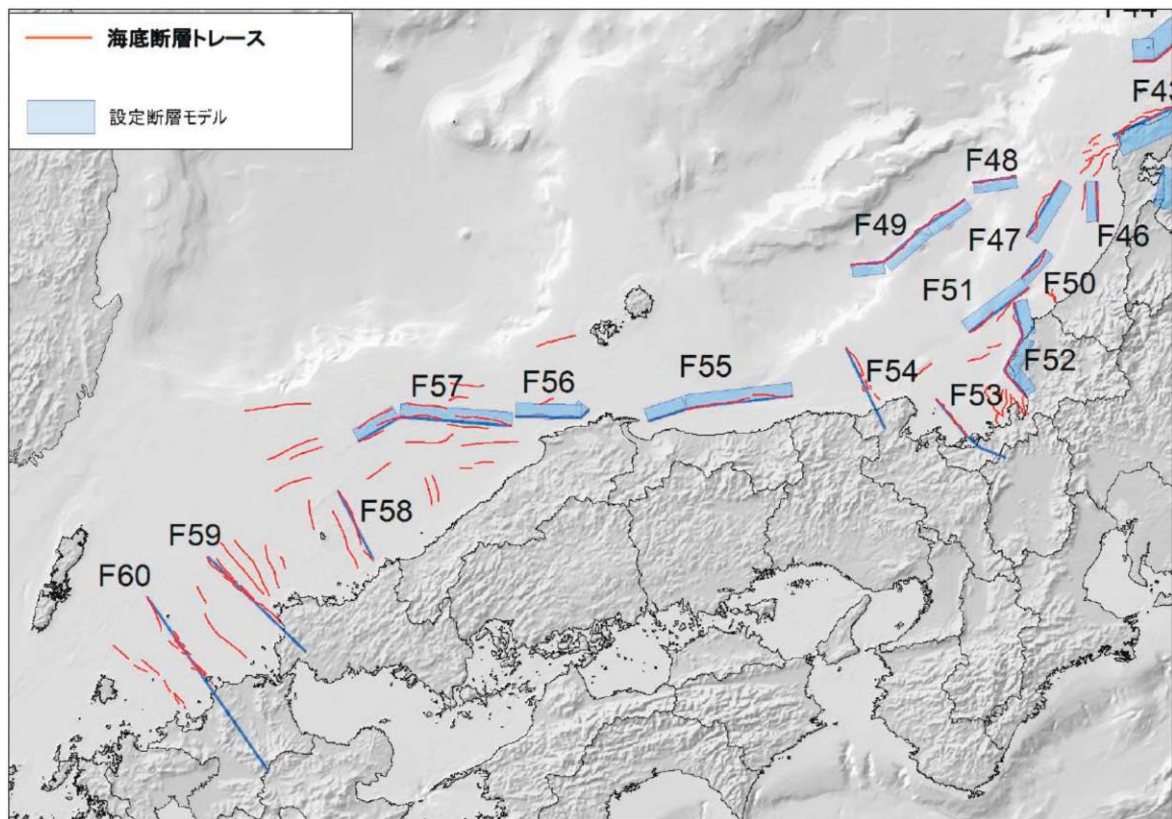
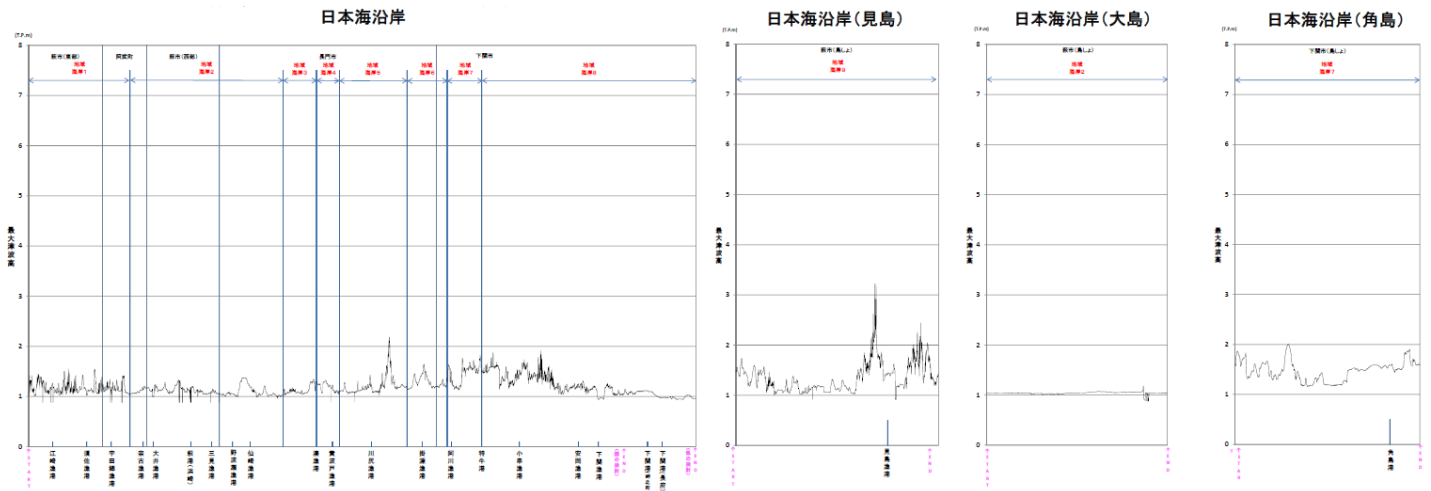


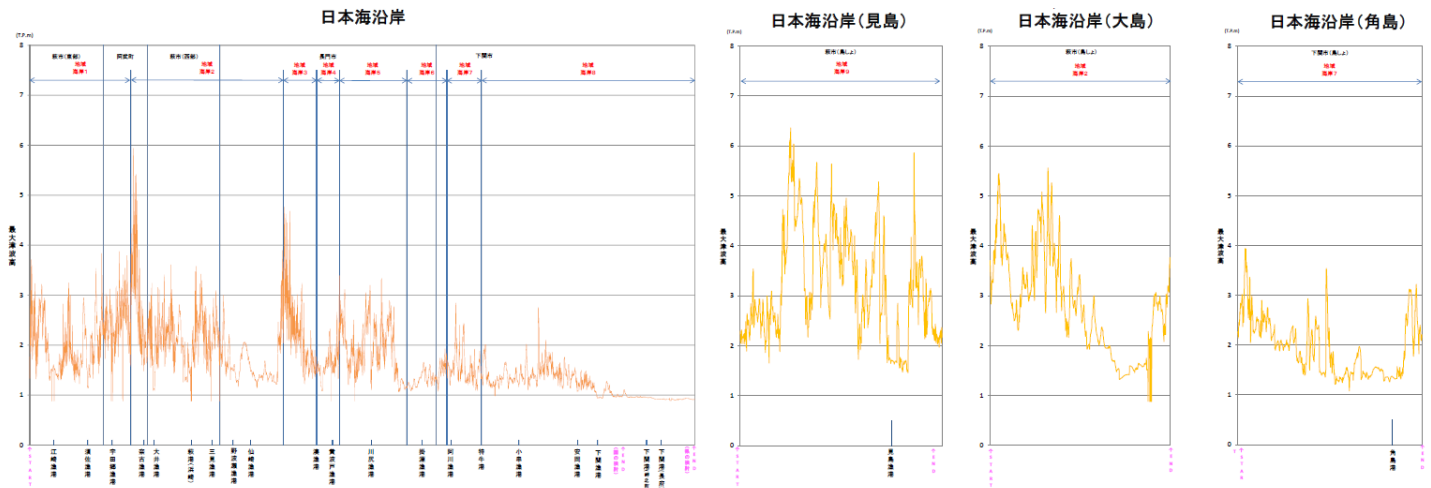
図2.4 津波断層モデルの位置図

(出典：「日本海における大規模地震に関する調査検討会」最終報告資料)

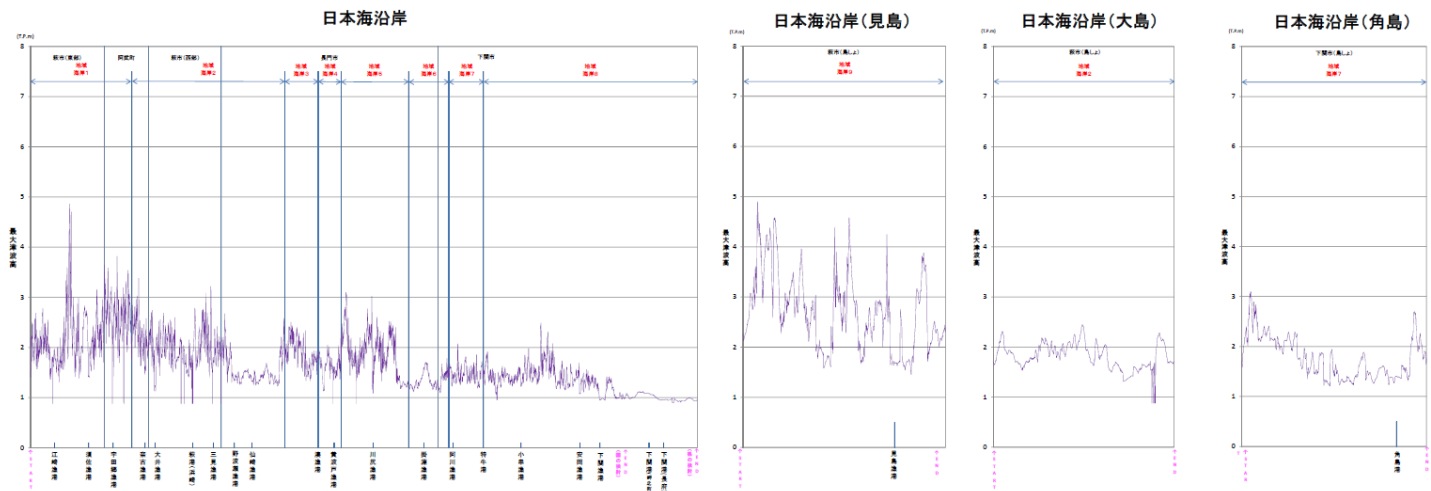
② 神田岬沖断層



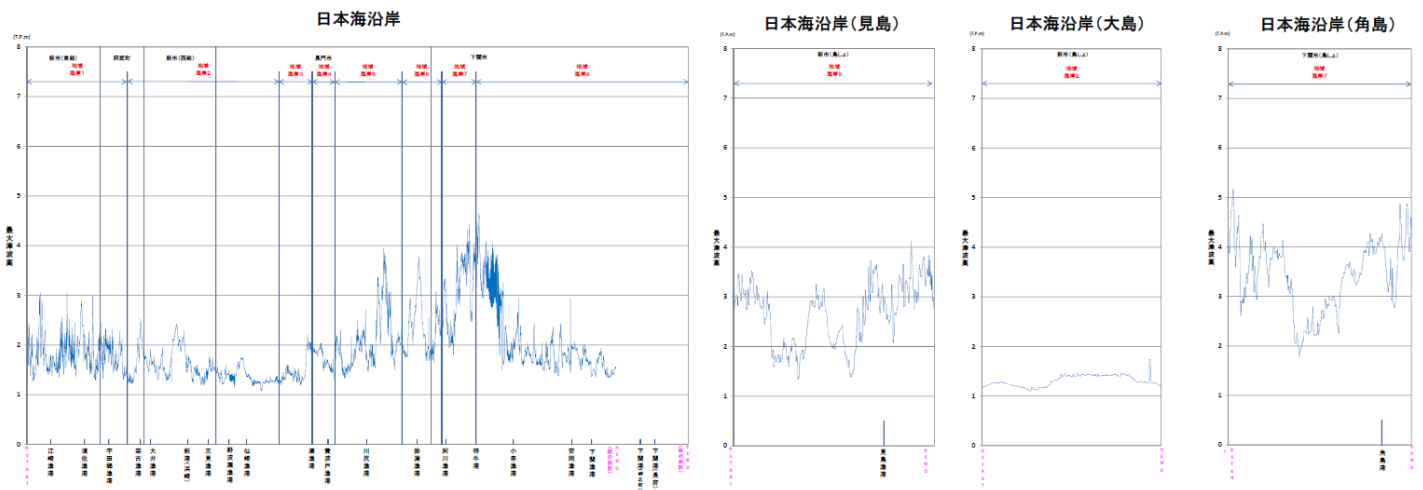
③ 見島北方沖西部断層



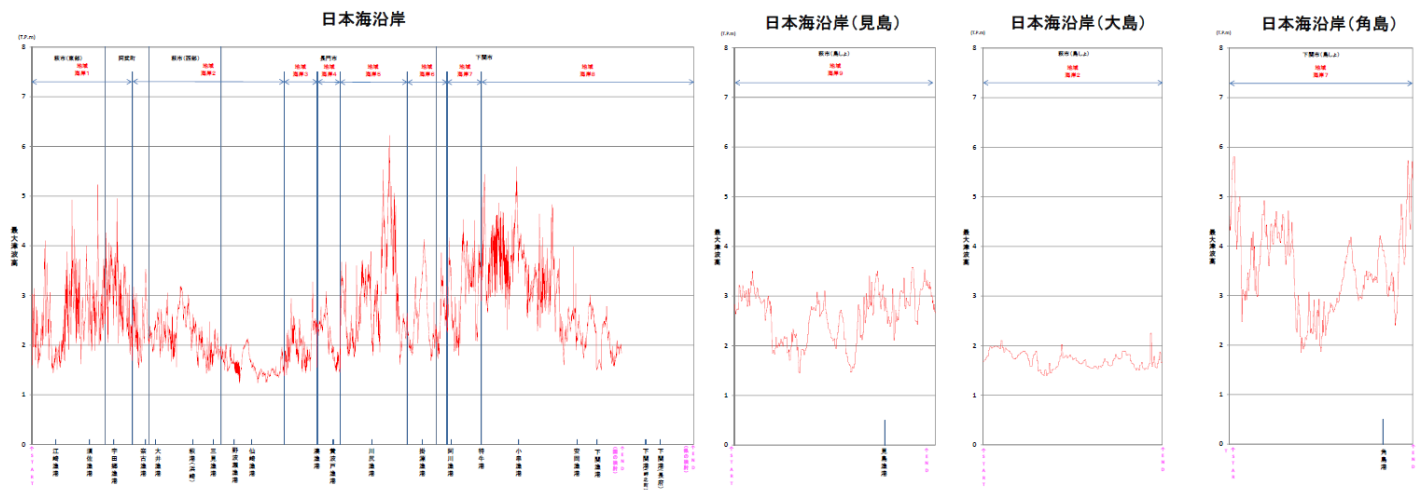
④ 佐渡島北方沖の地震



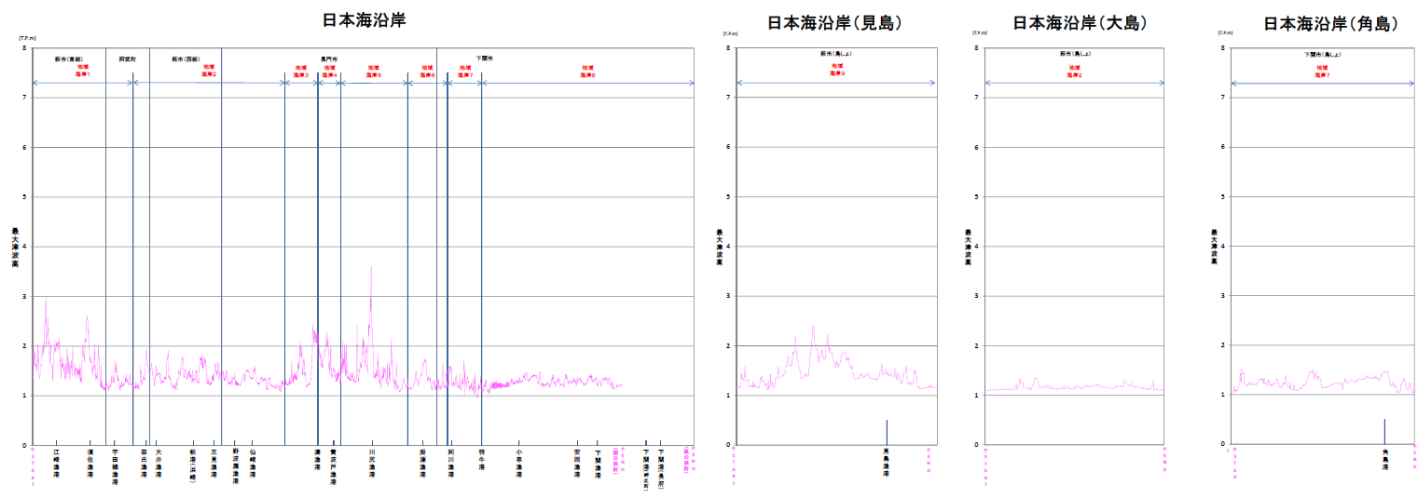
⑤ F 5 9 断層



⑥ F 6 0 断層



⑦ F 5 8 断層

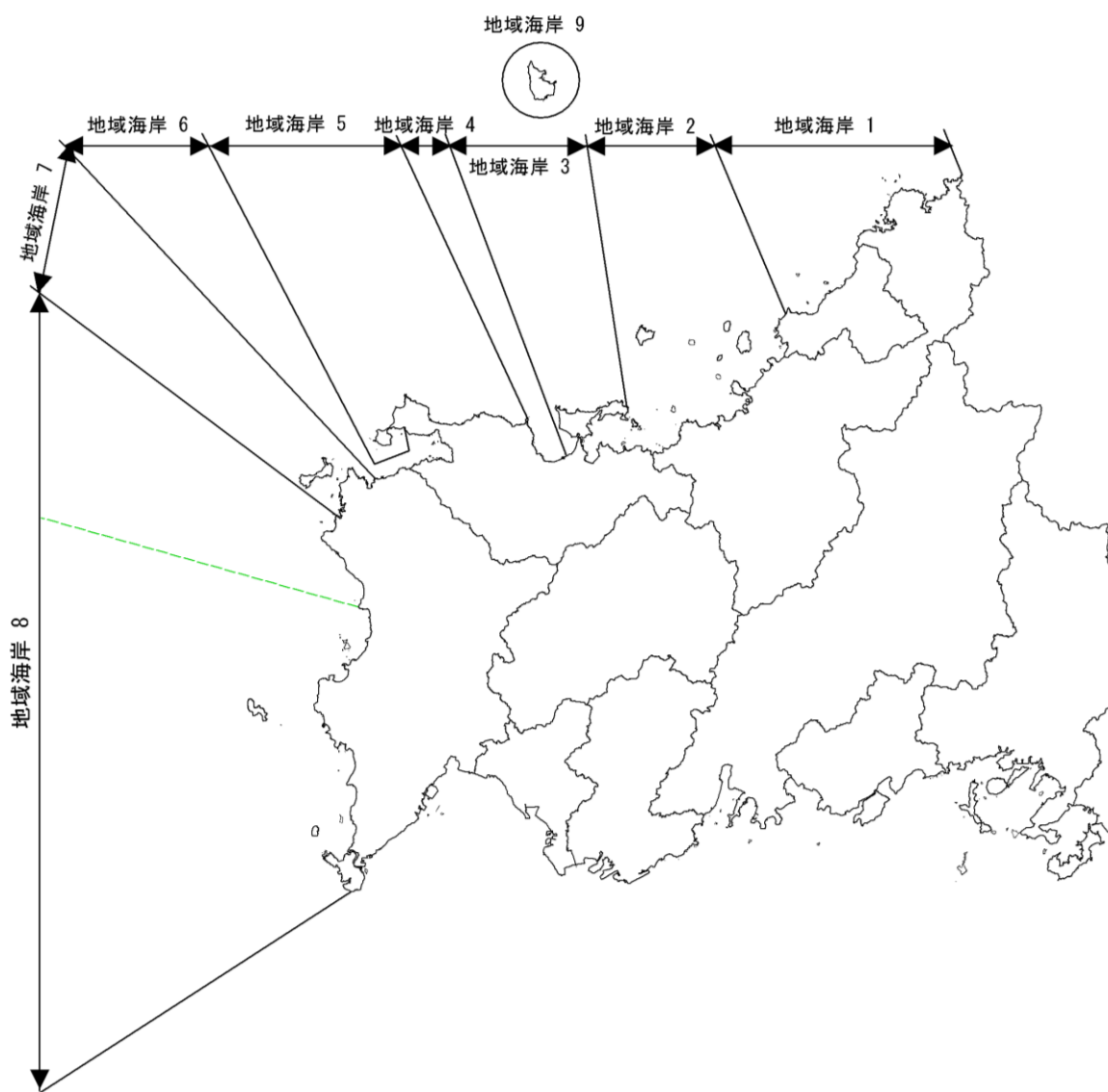


2-4 地域海岸の設定

地域海岸は、海岸保全基本計画を作成すべき一体の海岸の区分を、湾の形状や山付け等の「自然条件」、文献や被災履歴等の過去に発生した「津波の実績高さ」及び「シミュレーションの津波高さ」から、一連の海岸線に分割したものである。

本県における日本海沿岸の地域海岸の設定については、湾形状及び山付け等の自然条件、津波浸水想定の対象断層による津波水位分布をもとに9地域を設定した。

■地域海岸（日本海）区分図



各地域海岸は、次のとおり区分した。

- 国の調査検討会によるF60断層(大すべり域:左側)の地震による津波高が高くなる島根県との県境～モドロ岬を地域海岸1として区分。
- 大規模な湾形状であり、見島北方沖西部の断層による津波高が高くなるモドロ岬～屏風岩を地域海岸2として区分。
- 大規模な岬形状であり、見島付近西部断層による津波が高くなっている屏風岩～湊漁港を地域海岸3として区分。
- 湾形状であり、津波高が周囲と比較して低くなる湊漁港～今岬を地域海岸4として区分。
- 大規模な岬形状であり、見島付近西部断層の津波高が高くなる今岬～久津漁港を地域海岸5として区分。
- 津波高が周囲と比較して低くなる久津漁港～金山岬を地域海岸6として区分。
- 国の調査検討会によるF60断層(大すべり域:左側)の津波高が高くなる金山岬～荒田海岸を地域海岸7として区分。
- 国の調査検討会によるF60断層(大すべり域:左側)の津波高が低くなる荒田海岸～金ノ弦岬を地域海岸8として区分。
- 離島であり、本州沿岸と比較して天文潮位が低い見島沿岸を地域海岸9として区分。

■地域海岸（日本海側）

地域海岸	該当エリア
地域海岸1	・島根県との県境～モドロ岬 (江崎漁港、須佐漁港、須佐港、宇田郷漁港、奈古漁港、田部港を含む範囲)
地域海岸2	・モドロ岬～屏風岩 (奈古漁港、大井漁港、大島漁港、萩漁港、櫃島港、萩漁港、玉江漁港、三見漁港、野波瀬漁港、小島漁港、仙崎漁港、相島漁港、通漁港、萩港、飯井港、仙崎港、羽島港、肥島港、尾島港、相島港、飯井地区海岸、東方海岸、浅田海岸を含む範囲)
地域海岸3	・屏風岩～湊漁港 (仙崎漁港、湊漁港、通漁港を含む範囲)
地域海岸4	・湊漁港～今岬 (黄波戸漁港、深川港、深川海岸、只の浜海岸、床海岸、日置上地区海岸を含む範囲)
地域海岸5	・今岬～久津漁港 (津黄漁港、立石漁港、川尻漁港、久津漁港、大浜地区海岸、大浦漁港を含む範囲)
地域海岸6	・久津漁港～金山岬 (大浦漁港、久原漁港、掛淵漁港、伊上漁港、油谷港を含む範囲)
地域海岸7	・金山岬～荒田海岸 (角島漁港、島戸漁港、肥中漁港、阿川漁港、角島港、特牛港、大浜地区海岸、鯛ノ浦海岸、東邦海岸、荒田海岸を含む範囲)
地域海岸8	・荒田海岸～金ノ弦岬 (和久漁港、矢玉漁港、二見漁港、宇賀漁港、小串漁港、川棚漁港、湧田漁港、室津下漁港、小串港、本郷海岸、小田海岸、松谷海岸、八ヶ浜海岸、豊浦海岸、吉母漁港、吉見漁港、安岡漁港、下関漁港、蓋井島漁港、六連島漁港、下関港、土井ヶ浜海岸、吉母地区海岸を含む範囲)
地域海岸9	・見島 (見島漁港を含む範囲)

2-5 最大クラスの津波の設定

過去に発生した津波の実績津波高および発生が想定される津波の津波高を整理し、最大クラスとなる津波として以下の3断層を選定した。

地域海岸	最大津波高を発生させる断層	最大津波高	備考
1	F60断層(西山断層帯、大すべり域左)	5.23m	
2	見島北方沖西部断層	5.94m	
3	見島付近西部断層	5.08m	
4	見島付近西部断層	5.74m	
5	見島付近西部断層	7.17m	
6	F60断層(西山断層帯、大すべり域左)	4.13m	
7	F60断層(西山断層帯、大すべり域左)	5.81m	島嶼部で最大
8	F60断層(西山断層帯、大すべり域左)	5.59m	
9	見島北方沖西部断層	6.36m	

■最大クラスの津波を設定するためのグラフ

