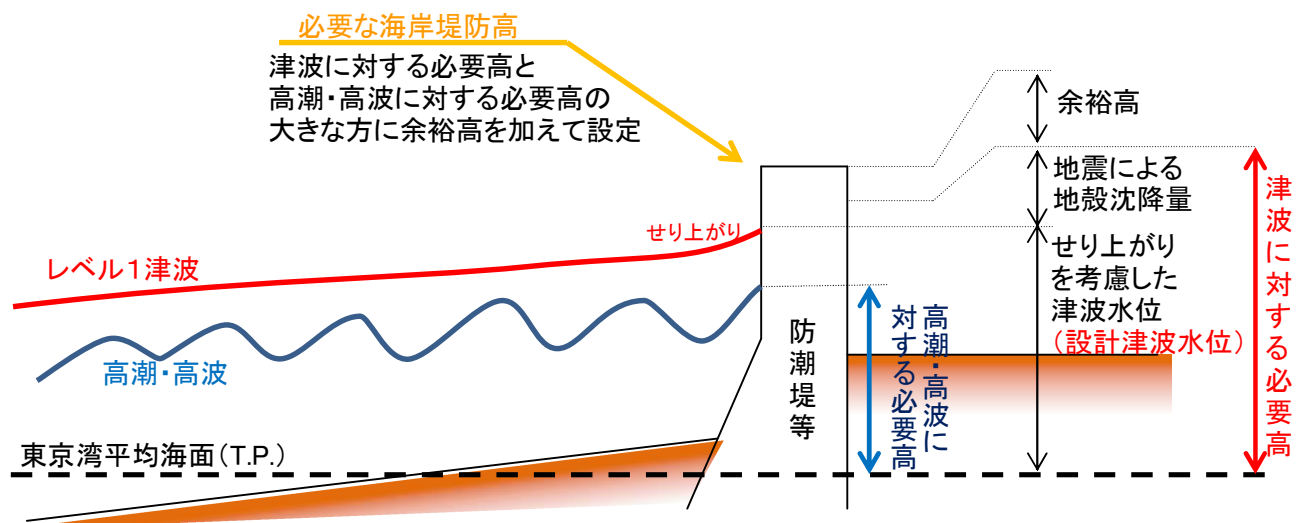


日本海沿岸の設計津波水位について（レベル1津波）

1 レベル1津波と設計津波水位について

レベル1津波は、最大クラスの津波（レベル2津波）に比べ、津波高は低いものの発生頻度が高い津波（数十年から百数十年に一度程度で発生）をいい、過去に発生した津波による浸水の記録等に基づいて設定する。

このレベル1津波を用いて設定する津波水位を「設計津波水位」といい、海岸保全施設の設計・更新等においては、高潮・高波水位のほか、この「設計津波水位」を踏まえて海岸堤防高等を設定する。



2 設計津波水位の設定方法

設計津波水位の設定にあたっては「設計津波の水位の設定方法等について（平成23年7月11日 国土交通省 水管理・国土保全局海岸室他）」に基づき、以下の順序で設定を行う。

①地域海岸の設定

a. 地形条件からの地域海岸の設定

沿岸域を湾の形状や山付け等の自然条件等から勘案して、一連のまとまりのある海岸を「地域海岸」として設定

b. 過去に発生した津波の津波高さの整理

津波痕跡を整理するとともに、十分なデータが得られない時には、シミュレーションによりデータを補完

⇒歴史津波の津波高分布を踏まえ、地域海岸を再整理



②設計津波の対象波群の設定

地域海岸ごとに、一定の頻度（数十年から数百年程度）で発生すると想定される津波の集合を選定



③設計津波の水位設定

対象津波波群の津波を対象に、隣接する海岸管理者間で十分調整を図ったうえで、設計津波水位を設定

3 地域海岸の設定

地域海岸とは、海岸保全基本計画を作成すべき一体の海岸区分(沿岸)を以下の観点から同一の津波外力を設定しうると判断される一連の海岸線であり、以下の考え方で地域海岸を設定する。

- 湾の形状や山付け等の自然条件（地形条件からの地域海岸の設定）
- 文献や災害履歴等の過去に発生した津波の実績津波高さ及びシミュレーションの津波高さ（過去に発生した津波の津波高さの整理）

- ① 但馬沿岸の自然特性を海岸保全基本計画に基づいて整理
- ② 湾の形状や山付け等の地形条件をもとに但馬沿岸を分割
- ③ 歴史地震の津波高さ(痕跡値とシミュレーションによる沿岸津波高)を整理
- ④ 同一の自然条件・津波特性となる地域海岸を設定

(1) 地形条件からの地域海岸の設定

沿岸の津波高に影響を及ぼす地形条件として、1)海岸の向き、2)湾の形状に着目して但馬沿岸を分割した結果を図 3.1.1 に示す。

<海岸の向き>海岸の向きによって津波が直線的に入射する海岸、回り込みながら入射する海岸に分かれ、津波高に影響を及ぼす。

<湾の形状>入り組んだ湾形状の地形では、湾内での津波特性により津波高が異なってくる。

但馬沿岸を海岸の向きで3分割、湾の形状で2分割する。

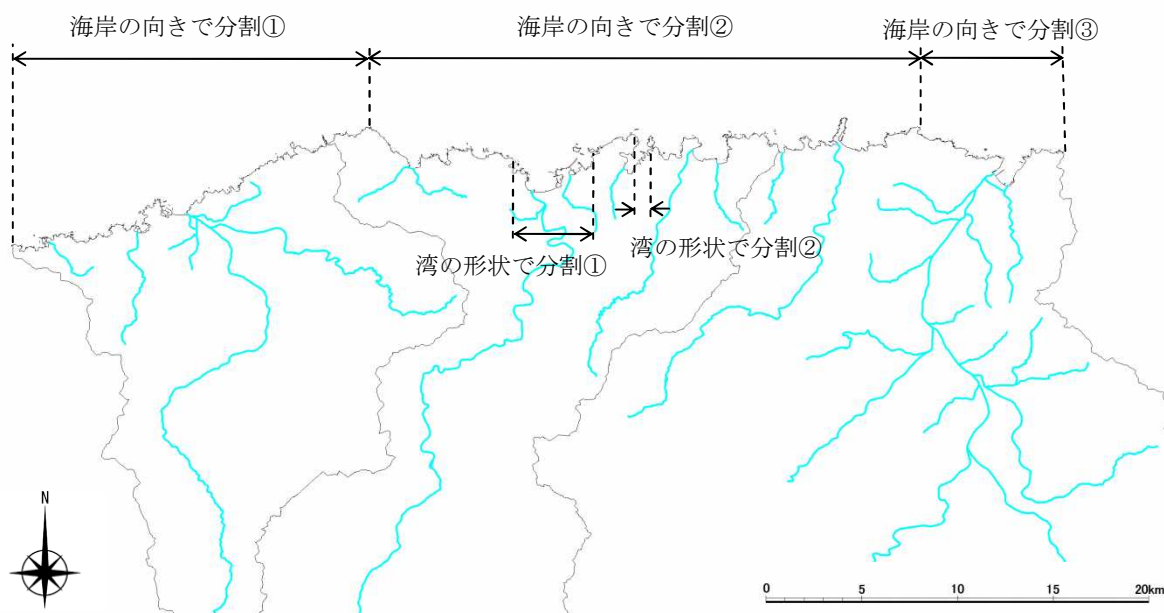


図 1 地形条件をもとにした但馬沿岸の分割

(2) 過去に発生した津波の津波高さの整理

整理対象とする歴史津波は、東北大学（災害科学国際研究所津波工学研究分野）および原子力安全基盤機構（現 原子力規制庁）で作成された「津波痕跡データベース」をもとに抽出する。兵庫県内では、信頼度が高い信頼度 AB の痕跡データが存在する歴史津波は「1983 年日本海中部地震」、「1993 年北海道南西沖地震」の 2 地震のみであり、これら 2 地震を対象とする。

表 1 兵庫県及び周辺自治体の痕跡データ数

地震名	全データ数				信頼度A				信頼度B				信頼度C				信頼度D以下			
	島根県	鳥取県	兵庫県	京都府	島根県	鳥取県	兵庫県	京都府	島根県	鳥取県	兵庫県	京都府	島根県	鳥取県	兵庫県	京都府	島根県	鳥取県	兵庫県	京都府
1704年岩館地震	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1793年鱒ヶ沢地震	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1804年象潟地震	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1833年庄内沖地震	17	1	0	0	2	1	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0	5	0	0	0
1940年神威岬地震	4	0	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2	0	0	1
1964年新潟地震	16	4	1	8	5	2	0	2	0	0	0	0	6	0	0	0	5	2	1	6
1983年日本海中部地震	28	87	27	91	23	9	3	8	54	4	6	24	83	23	8	20	120	51	10	39
1993年北海道南西沖地震	22	30	21	52	23	4	2	6	38	2	5	9	47	8	4	13	113	16	10	24

※1「津波痕跡データベース」に基づき整理、※2 各自治体の痕跡数は日本海側のみを対象、※3 信頼度：下表参照

判断基準		信頼度	X	Z
信頼度				
A	信頼度大なるもの	古文書・郷土史に記載され、痕跡の場所を現在でも確認でき、しかも近年になって測量により高さの確認できるもの。	全く信頼できないもの	・明らかに引用の間違い、記載間違いであるもの ・利用すべきでないもの、除外すべきもの。 ・歴史津波の場合で、古文書資料などの精査により文献信頼度を×としたもの
B	信頼度中なるもの	古文書・郷土史に記載され、痕跡の場所を現在でも確認できるが、近年の再測量のなされていないもの。	カタログ作成の元になった原文献に戻って判定すべきもの。	・カタログ類と分類された場合 ・その地区(かなり広い範囲)の値を総括した値と思われるもの
C	信頼度小なるもの	古文書に記載、或いは言い伝えられているが、字名、集落名にとどまり、到達地点を確かめることのできないもの。	重複	・痕跡データベースに登録された別の文献からの孫引き(同じ地点の値が重複)
D	参考値にとどまるもの	古文書等の関連現象・被害の記述から推測されたもの。	浸水計算の確認に利用できる定性的な情報	高さに関する記述ではないため、痕跡信頼度を評価しようがないか 選上位置、範囲に関する記述など、浸水計算結果(浸水の有無)の確認に利用できる定性的な情報

※データ内容および信頼度の定義は、津波痕跡データベースの情報に基づく

2つの歴史津波の痕跡データを確認した結果、同一地点のデータが重複して登録されている箇所が確認された。重複を除外した痕跡数は、各歴史津波において以下のとおりである。

1983年 日本海中部地震 : 4箇所

1993年 北海道南西沖地震 : 6箇所

このように但馬沿岸の津波痕跡数は少なく、歴史地震の痕跡値のみで津波特性を把握し、地域海岸を判定することは困難である。そのため、別途、津波シミュレーションを実施することにより、津波高を補間する必要がある。

「日本海における大規模地震に関する調査検討会」で対象地震の再現性が確認されている断層モデルを用いて、概略計算した沿岸の津波高分布を図 2、図 3 に示す。

①日本海中部地震津波の沿岸津波高分布

図 2 より、日本海中部地震津波の沿岸津波高の分布について、以下のことが確認できる。

- ・ 海岸の向きで区分した①区間と②区間では、②区間の津波高が大きくなっている。
- ・ 海岸の向きで区分した②区間と③区間では、③区間の津波高が大きくなっている。
- ・ 湾の形状で区分した①区間、②区間および両区間に挟まれた区間では、周辺に比べて津波高が小さくなっている。

②北海道南西沖地震津波の沿岸津波高分布

図 3 より、北海道南西沖地震津波の沿岸津波高の分布について、以下のことが確認できる。

- ・ 海岸の向きで区分した①区間と②区間では、②区間の津波高が大きくなっている。
- ・ 海岸の向きで区分した②区間と③区間では、津波高は同程度である。
- ・ 湾の形状で区分した①区間、②区間および両区間に挟まれた区間では、周辺に比べて津波高が小さくなっている。

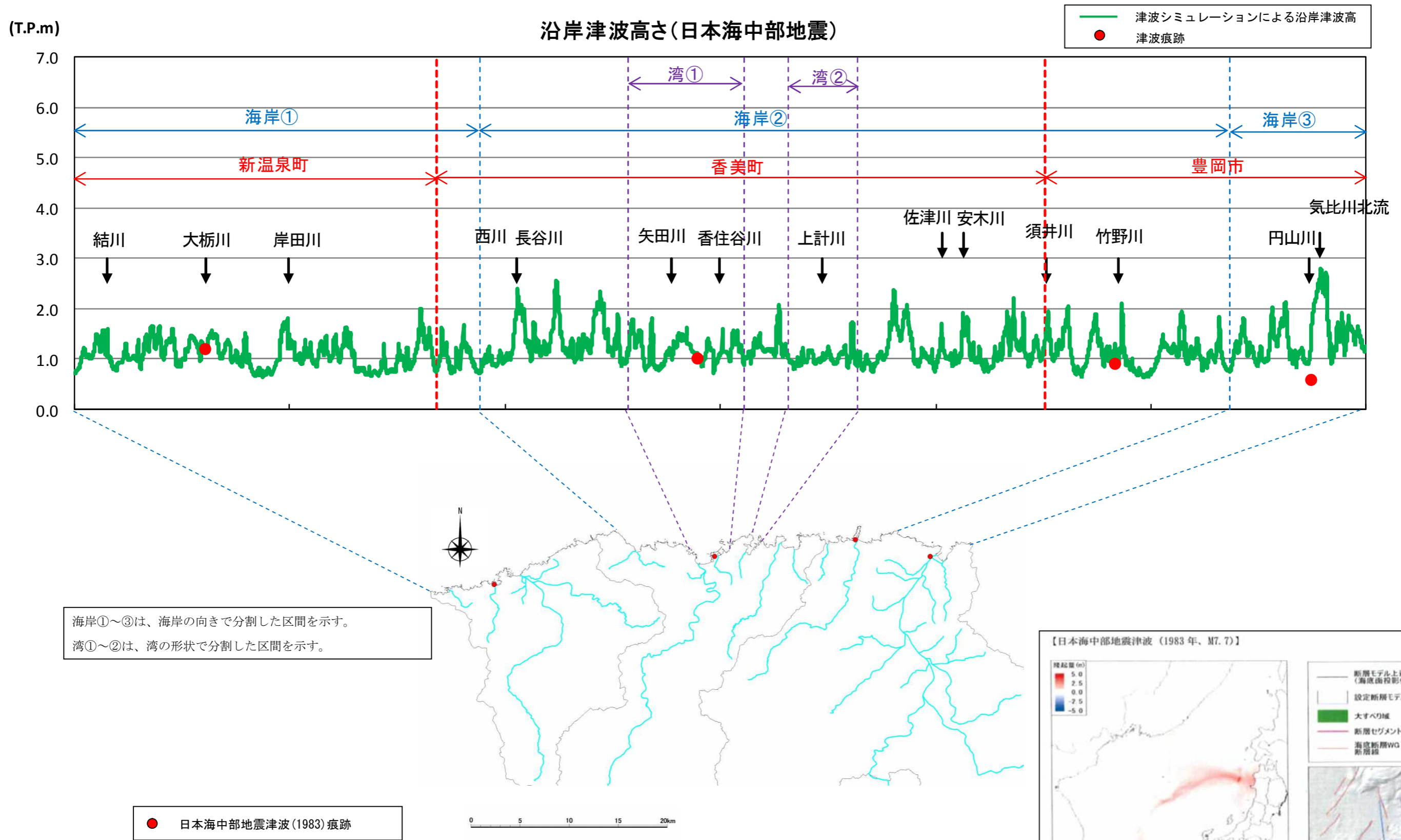
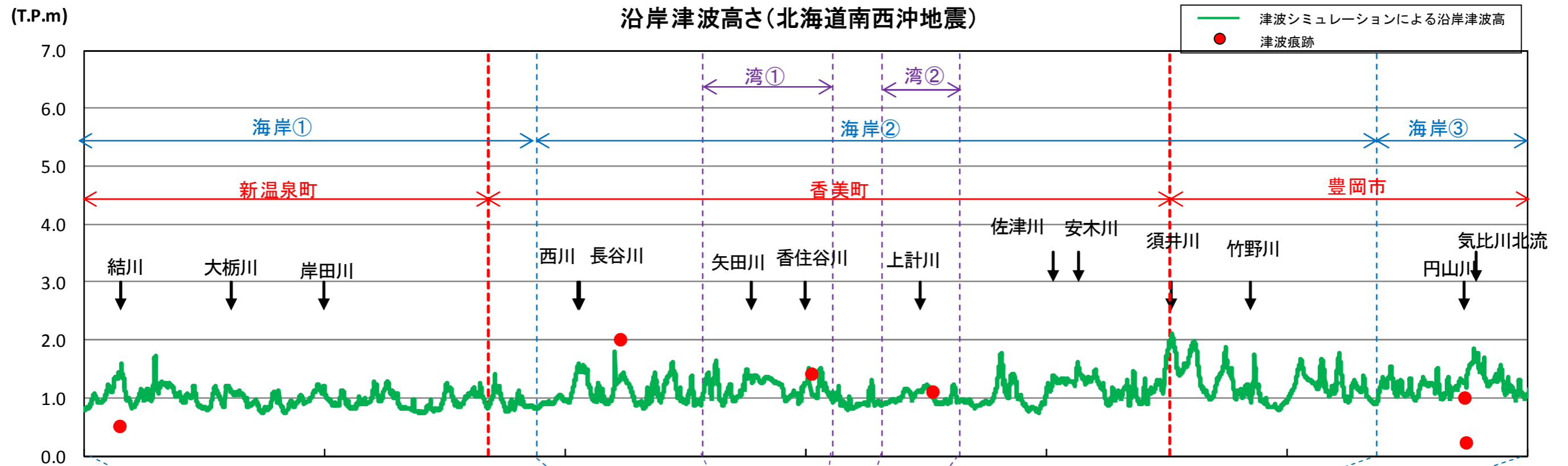


図 2 歴史地震の沿岸津波高さ(日本海中部地震津波)



海岸①～③は、海岸の向きで分割した区間を示す。
湾①～②は、湾の形状で分割した区間を示す。

● 北海道南西沖地震津波(1993)痕跡

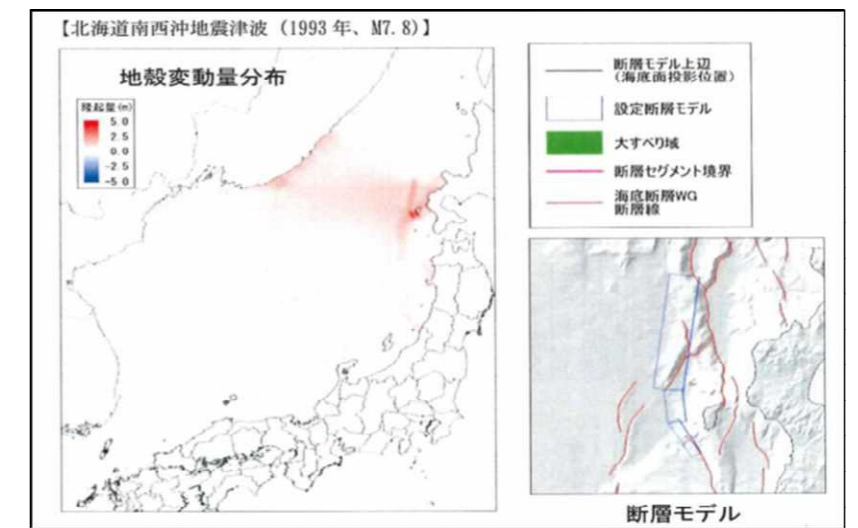
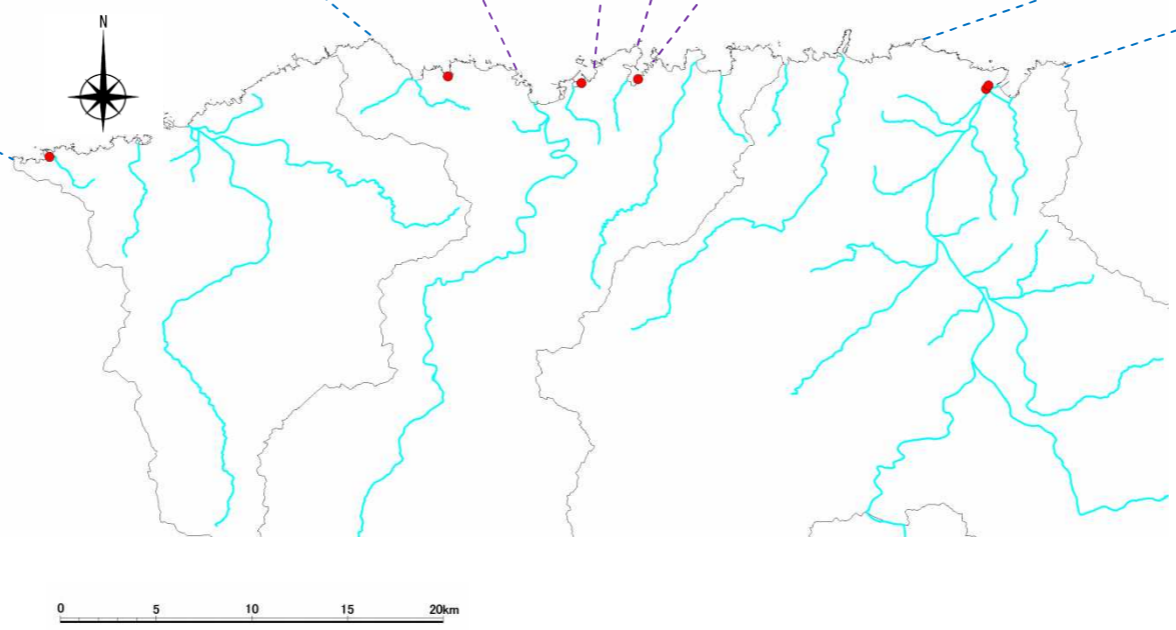


図 3 歴史地震の沿岸津波高さ(北海道南西沖地震津波)

(3) 地域海岸の設定

(1)、(2)で確認した但馬沿岸の地形条件から分割した海岸における歴史津波の津波高分布より、同一の津波外力を設定しうると判断される地域海岸を表 2、図 4 のとおり設定する。

表 2 但馬沿岸の地域海岸

地域海岸	区間
地域海岸 1	海岸の向きで分割した①区間
地域海岸 2	海岸の向きで分割した②区間のうち、湾の形状で分割した①区間よりも西の区間
地域海岸 3	湾の形状で分割した①区間と②区間と両区間に挟まれた区間
地域海岸 4	海岸の向きで分割した②区間のうち、湾の形状で分割した②区間よりも東の区間
地域海岸 5	海岸の向きで分割した③区間

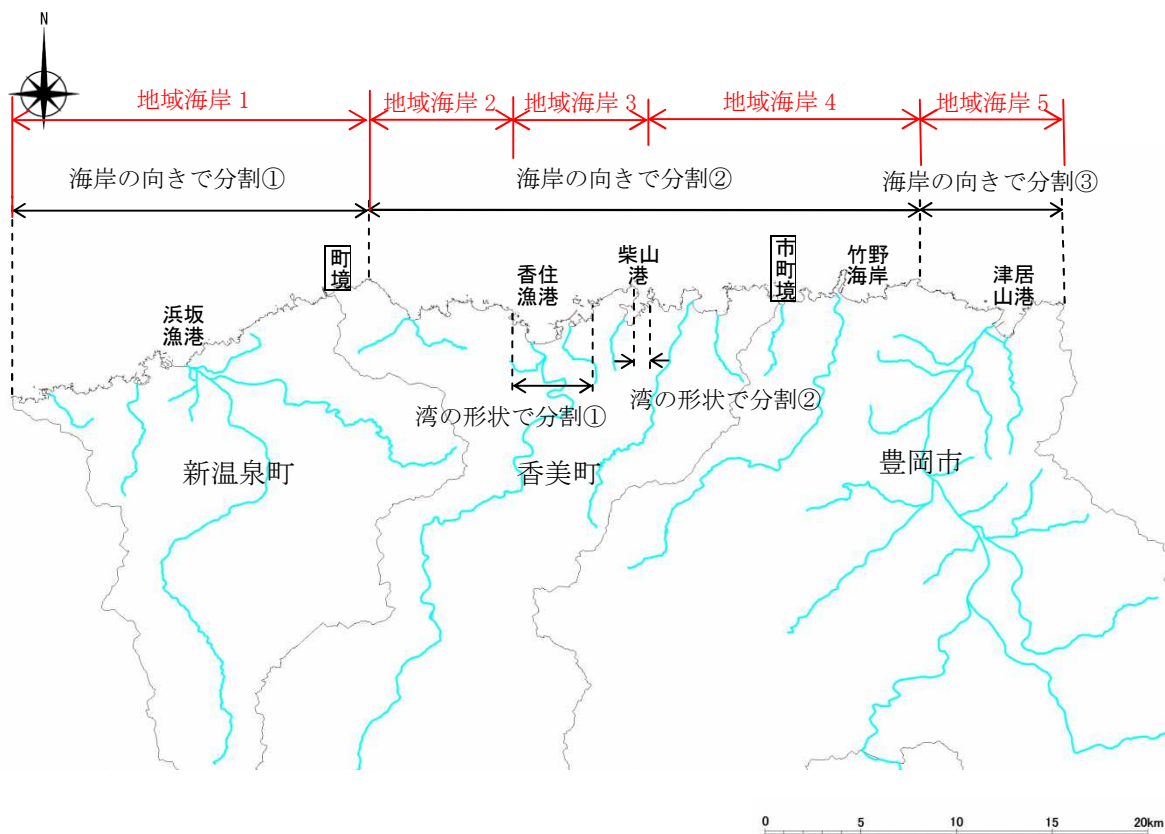


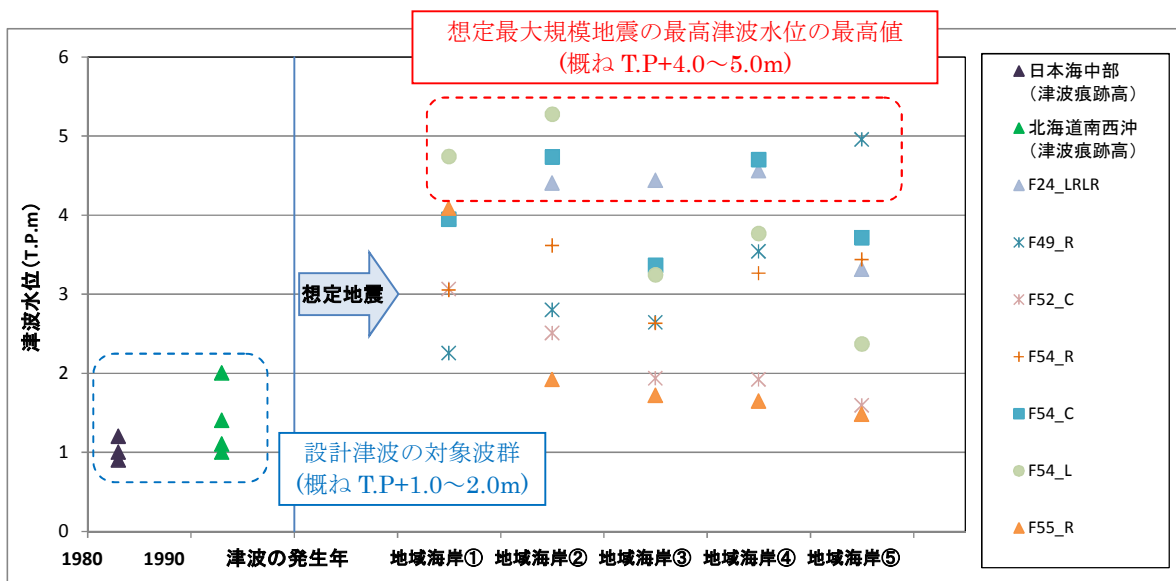
図 4 但馬沿岸の地域海岸

4 設計津波の対象波群の設定

3. において整理した「1983 年日本海中部地震」、「1993 年北海道南西沖地震」の痕跡水位及び想定最大規模地震津波の地域海岸毎の最高津波水位を図 5 に示す。

「1983 年日本海中部地震」、「1993 年北海道南西沖地震」痕跡水位は、概ね T.P1.0m～2.0m となっている。一方、想定最大規模地震群の最高津波水位の最高値は概ね T.P4.0m～5.0m である。想定最大規模地震群は、「日本海における大規模地震に関する調査検討会報告書 平成 26 年 9 月」で公表されている 60 断層の津波断層モデルの中から、兵庫県日本海沿岸で最大水位が生起する 7 モデルを対象としている。

「1983 年日本海中部地震」、「1993 年北海道南西沖地震」痕跡水位は、想定最大規模地震群の最高津波水位の最高値より低く、全ての地域海岸において、設計津波水位設定のための対象地震津波として、妥当であると判断する。



津波痕跡の出典：東北大学および原子力安全基盤機構：津波痕跡データベース
 注 1) 痕跡信頼度 A、B を対象に整理（重複登録や精査により信頼性の低いデータは除外）

図 5 但馬沿岸の津波痕跡(全地震の重ね合わせ)

5 設計津波の水位設定

(1) 津波シミュレーションの解析条件

設計津波水位検討における津波浸水シミュレーションの検証計算及びL1(壁立て)津波シミュレーションの解析条件を表3、表4に示す。

表3 検証計算の津波浸水シミュレーションの解析条件

設定項目		設定内容
計算手法	支配方程式	非線形長波方程式(運動方程式, 連続式)
	差分スキーム	Staggered leap-frog法
	遡上境界条件式	小谷ほか(1998)
	越流公式	本間(1940)
計算条件	波源モデル	1983 日本海中部地震(Aidaモデル) 1993 北海道南西沖地震(Takahashiモデル)
	広域地盤沈下量	・日本海中部地震、北海道南西沖地震 Okadaの方法により広域的な地盤変動量を算定
	計算メッシュ間隔	810m→270m→90m→30m→10m
	地盤高条件	【海域】 ・海図、海底地形図デジタルデータ、M7000シリーズ、海図、港湾台帳、漁港台帳よりメッシュ地盤高を設定 【陸域】 ・基盤地図情報(5m, 10m)より10mメッシュ地盤高として与えた。ただし、別途構造物条件(河川堤防、海岸堤防等)を設定するメッシュにおいて、構造物標高がメッシュ地盤高に現れている区域の地盤高を再設定 【河川域(河床部)】 ・直轄河川(円山川)、県管理河川について、河川横断測量成果より水面下地形を作成
	構造物条件	【対象構造物】 ・河川堤防、海岸構造物(堤防、護岸、突堤、離岸堤(但し潜堤は除く)、防波堤等の外郭施設)、水門・樋門 【河川堤防】 現地状況、河川横断図より河川堤防が設置されている区間を対象に構造物条件(連続盛土条件)を設定 【海岸構造物】 港湾・漁港の沖合施設及び海岸保全区域内の海岸保全施設等を対象に構造物を設定 【水門・樋門・樋管】 対象河川・海岸を横断する水門・樋門を対象に条件を設定 【解析上の構造物の取り扱い】 下表参照
	粗度係数	国土数値情報「土地利用細分メッシュ」(H21)の土地利用区分を用い、「手引き」の土地利用に応じた粗度係数値より設定 ・海域: n=0.025, 河川: 海域と同値を設定(n=0.025) ・陸域: 小谷(1998)を参考に土地利用条件に応じて設定
	計算設定潮位	・津波発生時時刻の実績潮位: 津居山港潮位を設定 日本海中部地震: T.P.0.234m、北海道南西沖地震: T.P.0.454m
	流量条件(平水流量)	・検証対象痕跡水位が全て沿岸域であるため、未設定
計算時間	12時間 (日本海における最大規模地震に関する調査検討会の計算条件をもとに設定)	
地震による地盤変動	断層モデル	波源モデル欄と同様
	変動量算出手法	広域地盤沈下量と同様
	沈降量	海域: 考慮する、陸域: 考慮する(手引きP33準拠)
	隆起量	海域: 考慮する、陸域: 考慮しない(手引きP33準拠)

構造物		解析の対象	地震動による沈下・破壊の扱い	破堤の扱い	備考
河川堤防	土構造物	対象	実績を踏まえて沈下は非考慮	実績を踏まえて破堤は非考慮	
	コンクリート構造物	対象	実績を踏まえて破壊は非考慮	実績を踏まえて破堤は非考慮	パラペット等の特殊堤等
海岸構造物	沖合施設	透過構造	対象外	—	離岸堤(潜堤は除く)、突堤、導流堤等
		不透過構造	対象	実績を踏まえて破壊は非考慮	実績を踏まえて破堤は非考慮
	海岸堤防	コンクリート構造物	対象	実績を踏まえて破壊は非考慮	実績を踏まえて破堤は非考慮

表 4 設計津波水位設定のための津波解析シミュレーションの解析条件

設定項目		設定内容			
計算手法	支配方程式	非線形長波方程式(運動方程式, 連続式)			
	差分スキーム	Staggered leap-frog法			
	遡上境界条件式	小谷ほか(1998)			
	越流公式	本間(1940)			
計算条件	波源モデル	1983 日本海中部地震 (Aidaモデル) 1993 北海道南西沖地震(Takahashiモデル)			
	広域地盤沈下量	・日本海中部地震、北海道南西沖地震 Okadaの方法により広域的な地盤変動量を算定			
	計算メッシュ間隔	810m→270m→90m→30m→10m→(漁港・港湾区域) 5m、(河川)横断方向に5分割			
	地盤高条件	【海域】 ・海図、海底地形図デジタルデータ、M7000シリーズ、海図、港湾台帳、漁港台帳よりメッシュ地盤高を設定 【陸域】 ・基盤地図情報(5m, 10m)より10mメッシュ(河川・港湾区域のみ5m)地盤高として与えた。ただし、河川堤防、海岸堤防等の別途設定予定の構造物がメッシュ地盤として現れている区域は地盤高を再設定 【河川域(河床部)】 ・直轄河川(円山川)・県管理河川について、河川横断測量成果より水面下地形を作成			
	構造物条件	【対象構造物】 ・河川堤防、海岸構造物(堤防、護岸、突堤、離岸堤(但し潜堤及び透過性の構造物は除く)、防波堤等の外郭施設)、水門・樋門 【河川堤防】 現地状況、河川横断図より河川堤防が設置されている区間を対象に構造物条件(連続盛土条件)を設定 【海岸構造物】 港湾・漁港の沖合施設及び海岸保全区域内の海岸保全施設等を対象に構造物を設定 【水門・樋門・樋管】 対象河川・海岸を横断する水門・樋門を対象に条件を設定 【防護ライン】 1) 海岸 海岸及び港湾・漁港等で設定している防護ラインを踏襲、海岸保全施設台帳、港湾・漁港台帳等に基づき設定 2) 河川 河川側の堤防肩を防護ラインとして設定 【解析上の構造物の取り扱い】 下表参照			
	粗度係数	国土数値情報「土地利用細分メッシュ」(H21)の土地利用区分を用い、「手引き」の土地利用に応じた粗度係数値より設定 ・海域：n=0.025, 河川：河川整備基本方針検討時の粗度係数を設定 ・陸域：小谷(1998)を参考に土地利用条件に応じて設定 ・河川：計画粗度係数を設定			
	計算設定潮位	・朔望平均満潮位：T.P.+0.60m(直近5ヶ年平均：H24～H28)			
	流量条件(平水流量)	・対象河川：国直轄(円山川)、兵庫県管理河川(2級河川) ・河川流量：平水流量(府市場(円山川)、弘原(出石川))(直近5ヶ年平均：H24～H28) 2級河川 円山川平水流量を元に比流量で設定 ・流入地点：計算領域における河川上流端			
	計算時間	壁立て：12時間 (津波遡上水位が最大となる第1および2波目の遡上を終了する時間をもとに想定)			
	地震による地盤変動	断層モデル	波源モデル欄と同様		
変動量算出手法		広域地盤沈下量と同様			
沈降量		海域：考慮する、陸域：考慮する(手引きP33準拠)			
隆起量		海域：考慮する、陸域：考慮しない(手引きP33準拠)			
構造物		解析の対象	地震動による沈下・破壊の扱い	破堤の扱い	備考
河川堤防	土構造物	対象	防護ラインで壁立てとするため、沈下は非考慮	壁立てのため破堤は非考慮	
	コンクリート構造物	対象	防護ラインで壁立てとするため、破壊は非考慮	壁立てのため破堤は非考慮	パラペット等の特殊堤等
海岸構造物	透過構造	対象外	—	—	離岸堤(潜堤は除く)、突堤、導流堤等
	不透過構造	対象	震度4以上の範囲 →地震と同時に破壊 震度4未満の範囲 →破壊を考慮しない	津波が構造物天端を越流しても破堤はしないものとして取り扱う	防波堤等の外郭施設 離岸堤(潜堤は除く)、突堤、導流堤等 日本海中部地震および北海道南西沖地震では、新温泉町、香美町、豊岡市内の震度は4未満である
	海岸堤防	コンクリート構造物	対象	防護ラインで壁立てとするため、破壊は非考慮	壁立てのため破堤は非考慮

(2) 津波シミュレーションの精度検証について

東北大学（災害科学国際研究所津波工学研究分野）および原子力安全基盤機構（現 原子力規制庁）で作成された「津波痕跡データベース」より、兵庫県及び周辺自治体の痕跡データの状況より、信頼度が高い信頼度 AB の痕跡データ数が多い「1983 年日本海中部地震」、「1993 年北海道南西沖地震」を検証対象の津波地震とする。

対象 2 地震について、「津波浸水想定の設定の手引き Ver2.00」で示される手法により評価した結果を表 5、図 6 に示す。なお、痕跡記録は、対象 2 地震の痕跡記録 10 箇所のうち、地震時の観測潮位よりも津波痕跡が低いような異常値を棄却した計 7 箇所を採用して評価している。

検討の結果、日本海中部地震津波、北海道南西沖地震津波ともに幾何平均 K 、幾何標準偏差 κ は基準値を満足するため、本モデルは設計津波水位設定のための津波シミュレーションとして妥当であると判断する。

表 5 検証結果

【日本海中部地震津波】								
NO.	地点名	資料名	津波高 (T. Pm)				集計	備考
			実測R	計算 η	$\log(R/\eta)$	$\log(R/\eta)^2 - \log k^2$		
1	諸寄	日本海中部地震津波踏査報告 原簿	1.20	1.25	-0.019	-0.038		
2	香住	日本海中部地震津波踏査報告 原簿	1.00	0.93	0.031	0.061		
3	竹野	日本海中部地震津波踏査報告 原簿	0.90	0.89	0.005	0.010		
$\Sigma \log(R/\eta)$					0.017		0.017	
N					3		3	
K							1.013	適合性の判断 0.95~1.05
$\log(R/\eta)^2$						0.033	0.033	
κ							1.026	適合性の判断 1.45以下

【北海道南西沖地震津波】								
NO.	地点名	資料名	津波高 (T. Pm)				集計	備考
			実測R	計算 η	$\log(R/\eta)$	$\log(R/\eta)^2 - \log k^2$		
1	鏡	1993年北海道南西沖地震による津波 その2	2.00	1.90	0.022	0.044		
2	香住	1993年北海道南西沖地震による津波 その2	1.40	1.32	0.026	0.051		
3	柴山	1993年北海道南西沖地震による津波 その2	1.10	1.03	0.027	0.054		
4	津居山	1993年北海道南西沖地震による津波 その2	1.00	1.09	-0.037	-0.075		
$\Sigma \log(R/\eta)$					0.037		0.037	
N					4		4	
K							1.022	適合性の判断 0.95~1.05
$\log(R/\eta)^2$						0.074	0.074	
κ							1.044	適合性の判断 1.45以下

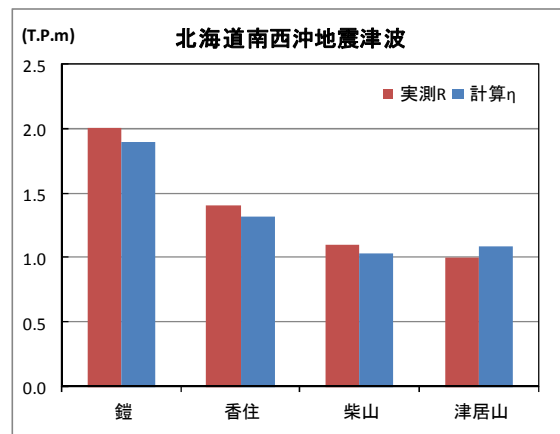
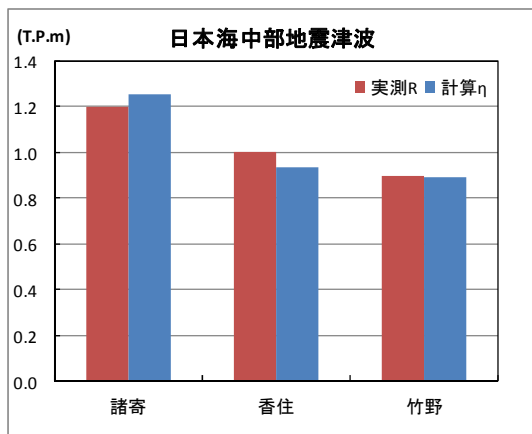


図 6 検証結果

(3) 設計津波水位の設定

地域海岸別の防護ライン前面の津波水位分布図（別添帯図）をもとに、以下のとおり日本海沿岸の設計津波水位を設定した。

表 6 設計津波水位の設定（案）

地域海岸	設計津波水位案 (T. P. +m)	市町別最高設計津波水位案 (T. P. +m)	
		1	1.3～2.6
2	1.6～3.2	香美町	3.6
3	1.4～2.6		
4	1.4～3.6		
5	1.3～3.3	豊岡市	3.5

6 今後の取り組み

(1) 但馬沿岸海岸保全基本計画の変更

設計津波水位の設定を踏まえ、海岸保全施設の新設又は改良しようとする区域、種類、規模及び配置、受益の地域及びその状況を定め、海岸法に基づく法定計画である但馬沿岸海岸保全基本計画に津波水位を海岸の防護水準として位置づける。

(2) 必要な護岸高さ及び整備範囲の設定

設計津波水位の設定を踏まえ、海岸法に定められた技術上の基準に従い、高潮・高波による必要高さを勘案しながら、環境保全、周辺景観との調和、経済性、維持管理の容易性、施工性、公衆の利用等を総合的に考慮し、適切に設定する。