

資料 3

「津波シミュレーションの 計算条件の設定(案)」

目次

1. 計算条件の一覧	1
2. 計算条件の詳細	2
2.1 津波シミュレーション手法（解析モデル）	2
2.2 津波の初期水位（断層モデル）	3
2.3 海域の初期潮位と河川内の初期水位	6
2.4 計算領域および計算格子間隔	13
2.5 地形データ	16
2.6 粗度データ	20
2.7 構造物データ	24
2.8 地震による地殻変動	32
2.9 河川内の津波遡上の取り扱い	33
2.10 計算時間および計算時間間隔	34

1. 計算条件の一覧

「国土交通省：津波浸水想定の設定の手引き ver2.0、平成 24 年 10 月（以下、手引き）」に準じ、津波シミュレーションに必要な各種条件を設定する。

表 2.1.1 津波シミュレーションの計算条件の一覧
(赤字：H24 調査時からの主な変更箇所)

項目	マニュアル記載内容 ※1「津波浸水想定の設定の手引き Ver.2.0」(H24.10) ※2「津波の河川遡上解析の手引き(案)」(H19.5)	L2津波		L1津波		
		H24島根県地震被害想定調査	本調査	本調査		
対象津波	-	<ul style="list-style-type: none"> 最大クラスの津波 津波浸水想定を設定し、津波防災地域作りに資する津波 ハードソフト対策を適切に組み合わせた対策を実施する津波 	<ul style="list-style-type: none"> ① 佐渡島北方沖の地震(M7.85) ② 【参考】佐渡島北方沖の地震(M8.01) ③ 出雲市沖合の地震(新層北縁斜、M7.5) ④ 出雲市沖合の地震(新層南縁斜、M7.5) ⑤ 浜田市沖合の地震(M7.3) ⑥ 隠岐北西沖の地震(M7.4) 	<ul style="list-style-type: none"> 以下の9つの想定地震から今後設定 H24国モデル ①P24.2/F23.3/F30.3/F55.5/F56.6/F57.7/F60 H24県モデル ③ 浜田市沖合、④ 隠岐北西沖 	<ul style="list-style-type: none"> 以下の4つの歴史地震から今後設定 1833山形県沖地震 1964新潟地震 1853日本海中部地震 1993北海道南西沖地震 	
津波の初期水位(断層モデル)	初期水位(断層モデル)	<ul style="list-style-type: none"> ■公的な機関(中央防災会議、地震調査研究推進本部等)が、妥当性を検証したものと発表している断層モデルがあれば参考にして設定。 	上記地震を設定	上記地震を設定	上記地震を設定	
	初期水位条件(海面の変位分布)	<ul style="list-style-type: none"> ■断層モデルから計算される海底基盤の鉛直変位分布を、海面の変位分布として与える。 ■手法としては、Mansinha and Smylie(1971)、Okada(1985)、Okada(1992)の方法がある。 	Okada(1985)の方法	Okada(1985)の方法	Okada(1985)の方法	
津波の初期水位(断層モデル)の調整・検証	初期水位(断層モデル)の調整・検証	<ul style="list-style-type: none"> ■断層モデルを地域海岸毎に、痕跡値に適合するように調整。 ■津波の痕跡が残っていない場合は、発表されている断層モデルをそのまま使用。 ■断層モデルの調整を行う場合は、津波痕跡値を用いて再現性を確認。 ■再現性の適合度を表す指標として、幾何平均(K)、幾何標準偏差(k)を使用。 ■再現性の目安は、$0.95 < K < 1.05$ $k < 1.45$。 	調整なし(予測計算のため)	調整なし(予測計算のため)	調整なし(予測計算のため)	
	初期潮位	<ul style="list-style-type: none"> ■H.W.L.(朔望平均満潮位)を基本。 	朔望平均満潮位 T.P.+0.50m (全域一様)	朔望平均満潮位 T.P.+0.50(隠岐沿岸) T.P.+0.60(島根東部) T.P.+0.70(島根西部)	検討中	
計算領域及び計算格子間隔	計算領域	<ul style="list-style-type: none"> ■波源域を含み、屈折、反射、遡上等が精度よく推定できるように設定。 	手引きに従って設定	手引きに従って設定	手引きに従って設定	
	計算格子間隔	<ul style="list-style-type: none"> 大領域 中領域 小領域 沿岸域 陸域 	<ul style="list-style-type: none"> 1350m 450m 150m 50m 50m 	<ul style="list-style-type: none"> 1350m 450m 150m 50m 10m 	<ul style="list-style-type: none"> 1350m 450m 150m 50m 10m 	
地形データ作成	対象地形	<ul style="list-style-type: none"> 海域 陸域 河川、湖沼、拡幅放水路 	<ul style="list-style-type: none"> 中央防災会議データ 深波測量 港湾平面図 国土地理院のLPデータ 国土省の1級河川LPデータ 河川縦横断面測量図(改修図面) 	<ul style="list-style-type: none"> H26国データ 海底地形デジタルデータ(M7000) 港湾、海浜深波測量データ 国土地理院の数値標高データ 1級河川LPデータ 砂防基礎図データ 河川縦横断面測量データ(1級河川と奥管理河川) 中海、内湾湖沼深波測量データ 	<ul style="list-style-type: none"> H26国データ 海底地形デジタルデータ(M7000) 港湾、海浜深波測量データ 国土地理院の数値標高データ 1級河川LPデータ 砂防基礎図データ 河川縦横断面測量データ(1級河川と奥管理河川) 中海、内湾湖沼深波測量データ 	
	基準高	<ul style="list-style-type: none"> 東京湾平均海面(T.P.) 	東京湾平均海面(T.P.)	東京湾平均海面(T.P.)	東京湾平均海面(T.P.)	
相対係数	相対係数	<ul style="list-style-type: none"> ■海域では0.025程度。 ■陸域では、土地利用状況に応じて設定することが多い。 ■土地利用状況に応じた相対係数として、小谷ら(1998)の提案値がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 水域:0.025 陸域:小谷ら(1998)の提案値 	<ul style="list-style-type: none"> 水域:0.025 陸域:小谷ら(1998)の提案値 		
各種施設の取り扱い	総的構造物	<ul style="list-style-type: none"> ■平均地盤高からの比高が50cm以上のものは反映。 ■計算格子間隔より幅が広い総的構造物は、地形データとして取り扱うのが一般的。 	施設台帳から天端高・配置を設定	施設台帳から天端高・配置を設定	施設台帳から天端高・配置を設定	
	総的構造物の開口部及び水門・陸開等	<ul style="list-style-type: none"> ■大規模なボックスカルバート等の開口部がある場合は考慮する必要がある。 	考慮せず	同上	同上	
地震による地盤変動		<ul style="list-style-type: none"> ■断層モデルが算出される隆起量・沈降量を、陸域や海域の地形データの高低から差し引くことを基本。 ■陸域の隆起量は考慮しない。 	Okada(1985)の方法により隆起・沈降を考慮(陸域の隆起除く)	Okada(1985)の方法により隆起・沈降を考慮(陸域の隆起除く)	Okada(1985)の方法により隆起・沈降を考慮(陸域の隆起除く)	
河川内の津波遡上の取り扱い		<ul style="list-style-type: none"> ■「津波の河川遡上解析の手引き(案)」を参照。 	考慮せず	河口幅30m以上の河川	考慮せず	
計算時間及び計算時間間隔	河川からの流量	<ul style="list-style-type: none"> ■平水流量を設定。 	考慮せず	平水流量を設定	考慮せず	
	計算時間	<ul style="list-style-type: none"> ■最大の浸水の区域および水深が得られるように設定。 	12時間	6~12時間	6~12時間	
計算時間間隔		<ul style="list-style-type: none"> ■CFL条件を満たすように設定。 	0.20~1.8秒(領域別)	0.05秒	0.05秒	
各種施設の条件設定	地震に対する各種施設の条件設定	<ul style="list-style-type: none"> 海岸堤防等 河川堤防 	<ul style="list-style-type: none"> ■既存の耐震調査結果を用いて条件を設定。 ■耐震性が不十分な場合は、「沈下」または「破壊」とする。 	地震動による「沈下」「破壊」なし	想定震度4以上で「沈下」「破壊」	地震動による「沈下」「破壊」なし
	津波に対する各種施設の条件設定	<ul style="list-style-type: none"> 海岸堤防等 河川堤防 	<ul style="list-style-type: none"> ■津波が継続した時点で「破壊」。 ■破壊後の形状は、「無し」を基本。 ■裏付け等があれば、「破壊」としないこともある。 	破壊なし	破壊あり	壁立条件なので経流しない
水門・陸開等の開閉		<ul style="list-style-type: none"> ■津波来襲までに閉鎖操作が可能なものは閉鎖状態とする。 ■閉鎖が多いものは閉鎖状態とする。 ■上記以外は開放状態とする。 	考慮せず	全開	全開	

2. 計算条件の詳細

2.1 津波シミュレーション手法（解析モデル）

本業務でも手引きで推奨された手法（海底までの摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論（浅水理論））に基づく流体の連続式と運動方程式を差分化した平面2次元の数値モデルを用いる。

[参考]

津波浸水シミュレーションは、地震の断層モデルから計算された津波の発生プロセスを踏まえた初期水位のもとで、①外洋から沿岸への津波の伝播・到達、②沿岸から陸上への津波の遡上、の一連の過程を連続して数値計算するものである。

津波浸水シミュレーションは、海底での摩擦及び移流項を考慮した非線形長波理論（浅水理論）によることを基本とする。ただし、深い海域においては線形長波理論を適用しても良い。

<解説>

(1) 津波浸水シミュレーションの流れ

津波浸水シミュレーションの流れを図-3に示す。

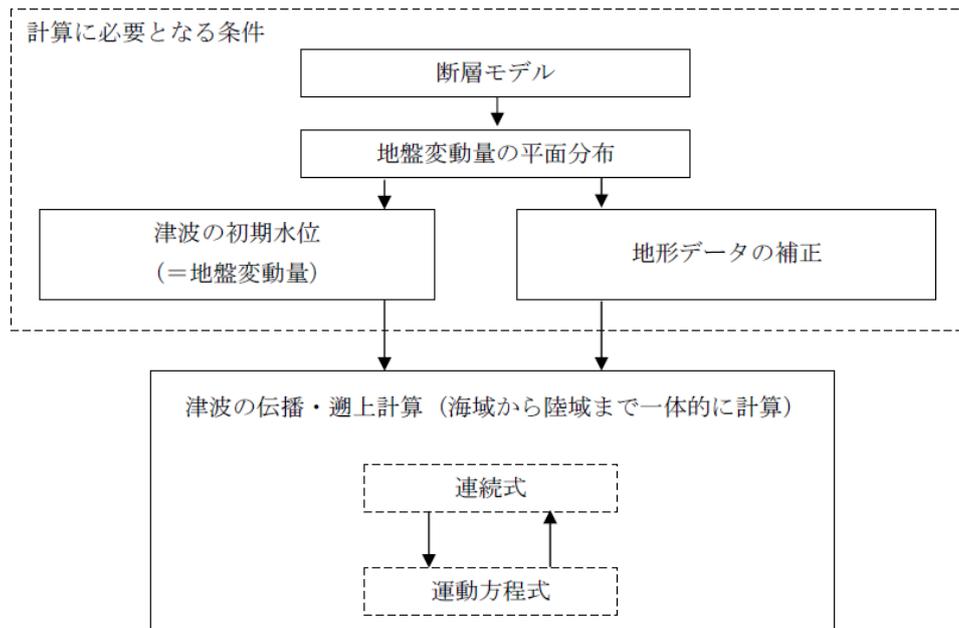


図-3 津波浸水シミュレーションの流れ

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

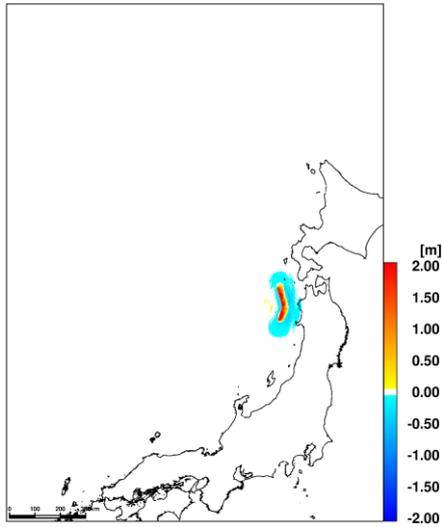
2.2 津波の初期水位（断層モデル）

手引きに準じ、Okada(1985)の断層モデルに公的機関が検討・公表した断層パラメータを入力し、海底地盤の鉛直変位分布、すなわち、津波の初期水位を算出する。本検討で対象とする想定地震の津波初期水位分布を図 2.2.1 に示す。

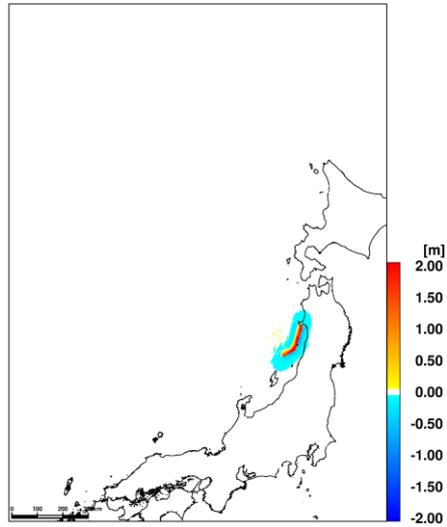
表 2.2.1 本検討で対象とする想定地震の一覧

断層モデル		Mw
H26 国交省他	F24(青森県沖)	7.86
	F28(佐渡島北方沖)	7.67
	F30(秋田県・山形県沖)	7.79
	F55(鳥取県沖)	7.48
	F56(島根半島沖)	7.19
	F57(島根県沖)	7.51
	F60(福岡県沖)	7.59
H24 島根県	浜田市沖合の地震	6.80
	隠岐北西沖の地震	6.90

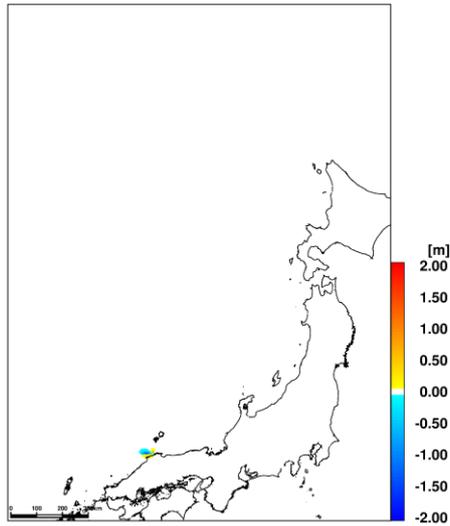
F24(H26 国交省他モデル)



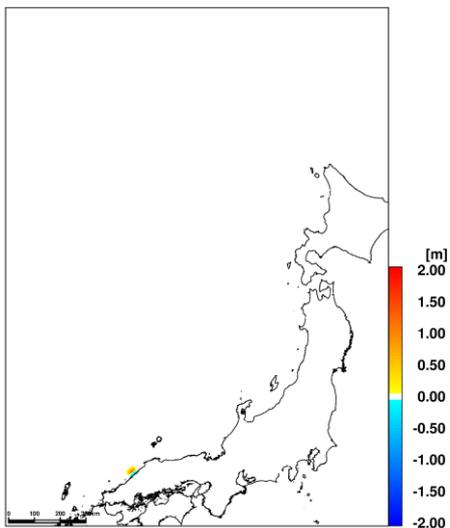
F30(H26 国交省他モデル)



F56(H26 国交省他モデル)



浜田市沖合の地震 (H24 島根モデル)



隠岐北西沖の地震 (H24 島根モデル)

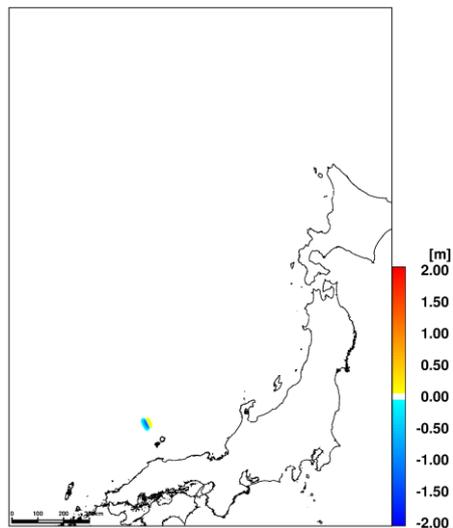


図 2.2.1 検討対象の想定地震の初期水位分布 (一例)

[参考]

津波の初期水位は、地震の断層モデルによって計算される海底基盤の鉛直変位分布（隆起や沈降）を海面に与える方法を用いることを基本とする。

津波の初期水位を与える断層モデルは、中央防災会議や地震調査研究推進本部等の公的な機関が妥当性を検証したものとして発表している断層モデルがあればこれも参考にして設定することができる。

<解説>

津波の発生原因としては、断層運動による地震のほかに、火山噴火、陸域からの土砂・土石流の海中への突入、海底地すべり、隕石の衝突など、多くの地球物理学的現象が、本手引きでは、これらの発生原因の中でも、発生割合が大きく、発生場所が広範囲にわたる断層運動による地震に伴う津波を対象としている。

津波浸水シミュレーションは、計算条件として津波の初期水位（＝海面の変位分布）を与え、運動方程式と連続式を時間経過に伴い数値的に解くものである。このため、津波浸水シミュレーションの出力として得られる浸水の区域や水深は、この初期水位の設定に大きく左右される。

津波浸水シミュレーションにおける津波の初期水位は、初期条件として与える方法と境界条件として与える方法とがある。

前者は計算領域内で津波を発生させる方法で、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が一般的であり、本手引きでも、この方法を基本とする。なお、この方法としては、Mansinha and Smylie (1971)¹⁴、Okada(1985)¹⁵、Okada(1992)¹⁶の方法がある。

後者は計算領域外で発生した津波の水位や流量フラックスの時間的変化を計算領域の境界で入力する方法で、計算領域の構成が複雑な場合や、湾口や外海で観測された津波の波形を用いた場合に使用する。

なお、最大クラスとなる津波について、津波の断層モデルの新たな知見が得られた場合には、適切に見直す必要がある。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

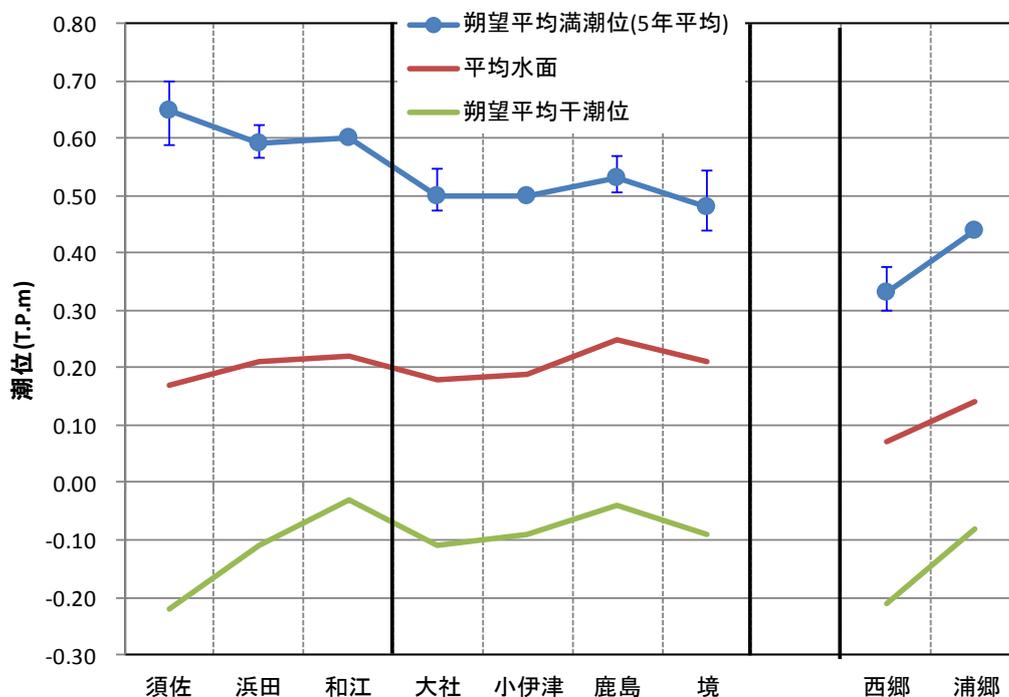
2.3 海域の初期潮位と河川内の初期水位

(1) 海域の初期潮位

手引きに準じ、「朔望平均満潮位」とする。島根県が実施した最新の潮位整理結果を踏まえ、下表のとおり県内を3つのエリアに区分して、朔望平均満潮位を設定する。なお、図 2.3.2 に示す気象庁公表値をみても、2010～2014 年の代表地点の朔望平均満潮位の最大値に対し、安全側の設定潮位となっていることが分かる。

表 2.3.1 L2 津波の津波浸水想定における初期潮位の設定結果（案）

海岸管理者	設定値 (T.P.+)	考え方
島根県 益田～大田 出雲～境港 隠岐沿岸	0.70m 0.60m 0.50m	県内 9 カ所の観測潮位から算出した朔望平均満潮位の最大値
山口県	0.88m	日本海側 6 カ所の（施設設計上の）朔望平均満潮位の最大値
島根県 H24	0.50m	各海岸の（海岸保全台帳に基づく）朔望平均満潮位から概略値を設定
鳥取県	0.60m	県内 2 箇所の過去 10 年間の観測潮位から算出した朔望平均満潮位（年平均）の最大値

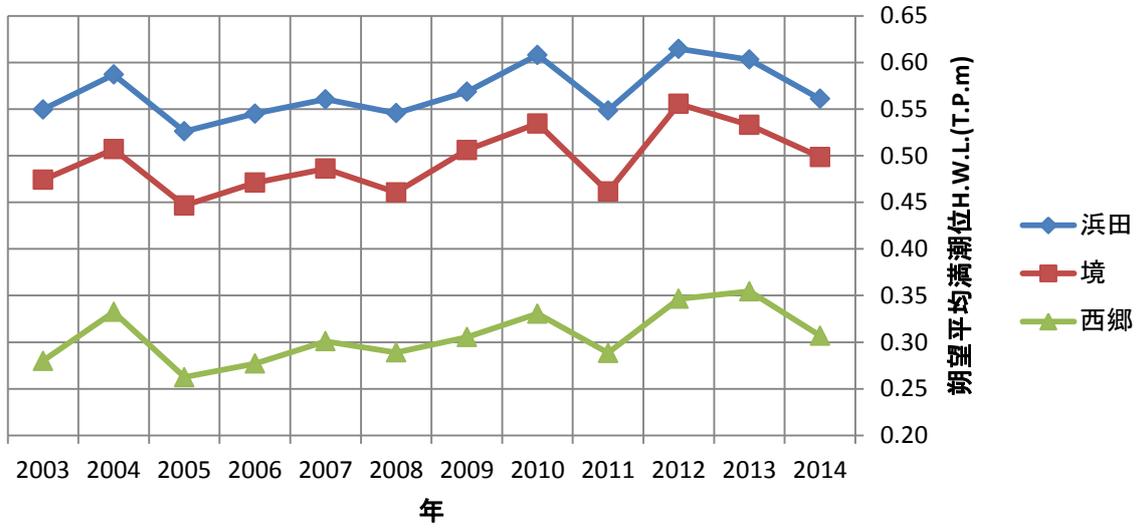


資料) 島根県設計潮位観測調査検討業務委託 報告書、平成 18 年 3 月より作成

注) 朔望平均満潮位の平均期間は、2000～2004 年の 5 年

図 2.3.1 島根・隠岐沿岸の潮位条件

気象庁が公表している県内3地点（浜田・境・西郷）における2003年～2014年までの朔望平均満潮位の推移を以下に示す。



H.W.L.の5年最大値 (T.P.m)	浜田	境	西郷
2010～2014年	0.61	0.56	0.35
2005～2009年	0.57	0.51	0.31

資料) 気象庁：潮汐・海面水位に関する診断表、データ 各年の潮汐より作成

図 2.3.2 2003年以降の朔望平均満潮位の推移

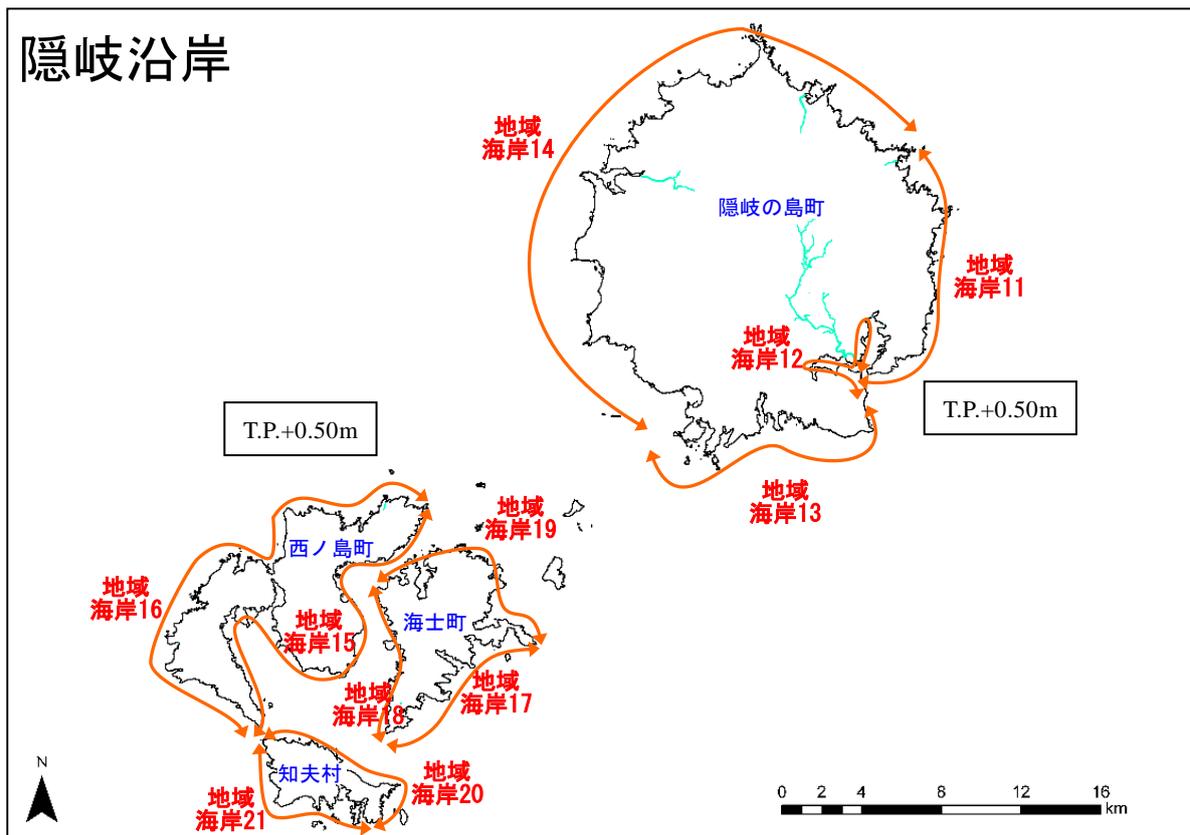
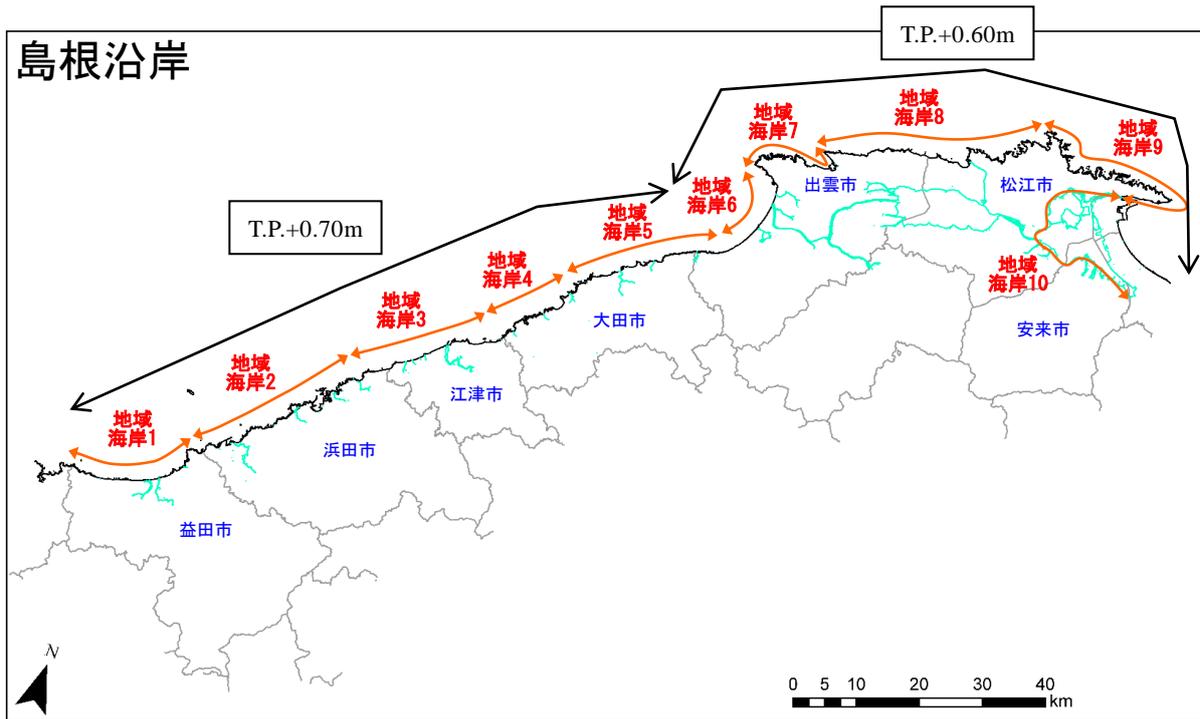
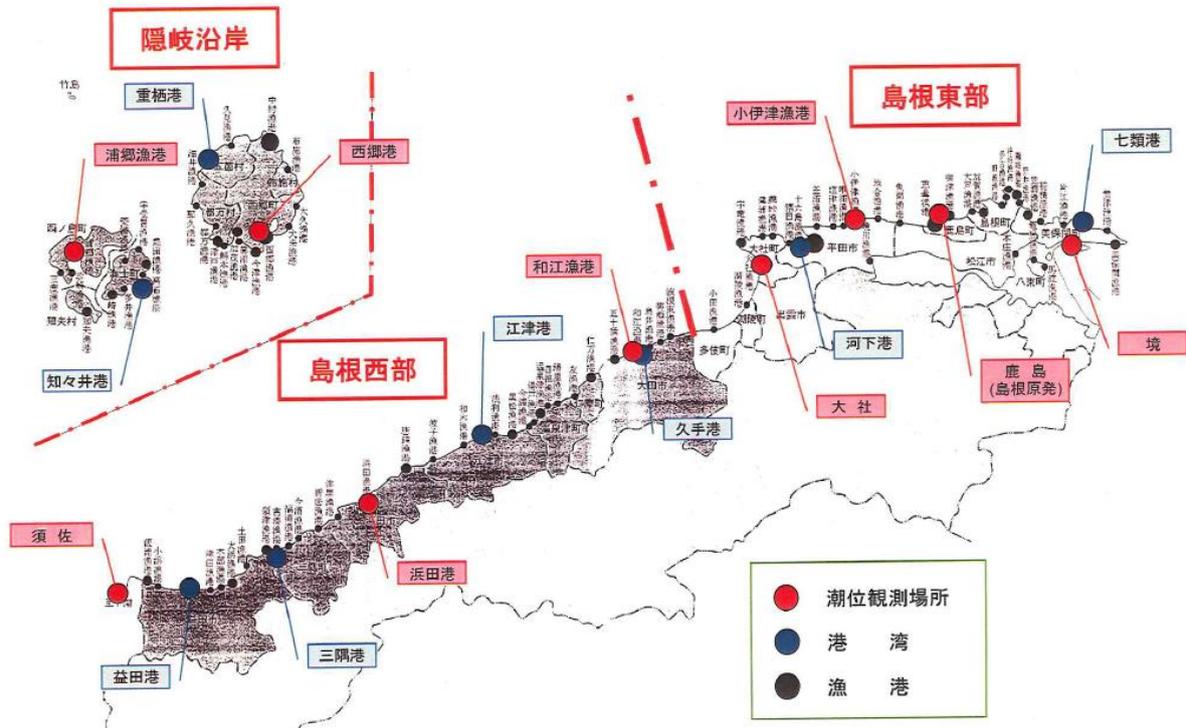


図 2.3.3 津波浸水想定における初期潮位

表 2.3.2 (参考) 現行の海岸保全施設の設計潮位一覧

管轄 沿岸区分	HWL (T.P.,m)	根拠データ	備考
建設海岸 島根沿岸 中海沿岸 隠岐沿岸(島後)	0.46m 0.36m 0.16m	浜田検潮所、S54-H1 境検潮所、S54-H1 西郷検潮所、S54-H1	H7.4より適用 場所の差が小さいため沿岸で統一
漁港海岸 美保関～小田 羽根東～飯浦 隠岐沿岸(島後) 隠岐沿岸(島前)	0.50m 0.60m 0.35m 0.42m	既往検潮所 6カ所、 H12-H16(追加 3、H17 の1ヵ月)	H18.10より適用 地域特性を考慮して4区分で設定
港湾海岸 島根沿岸 隠岐沿岸	0.24-0.70m 0.22-0.54m	不明	適用開始年月は不明 港湾毎に設定、バラつきが大きい 同上

※) 島根県(河川課、漁港漁場整備課、港湾空港課) 提供資料より作成



資料) 島根県設計潮位観測調査検討業務委託 報告書、平成 18 年 3 月

図 2.3.4 島根・隠岐沿岸の港湾・漁港および潮位観測所

表 2.3.3 (参考) 各地点における潮位諸元の整理結果

観測場所	補正前の期望平均満潮位 (cm)						補正後の期望平均満潮位 (cm)					
	2000	2001	2002	2003	2004	5ヶ年	2000	2001	2002	2003	2004	5ヶ年
須佐	58.9	59.9	67.7	70.1	72.6	65.8	58.9	59.9	67.7	68.4	69.9	65.0
浜田	56.6	57.5	61.6	61.0	64.6	60.3	56.6	57.5	61.6	58.2	62.4	59.3
大社	48.7	47.3	50.7	53.1	58.4	51.6	48.7	47.3	50.7	50.5	54.7	50.4
鹿島	52.5	50.7	51.4	56.8	58.9	54.1	51.3	50.7	51.4	54.3	56.9	52.9
境	46.0	43.8	46.4	53.5	56.4	49.2	45.1	43.8	46.4	51.4	54.4	48.2
西郷	29.9	30.4	33.7	31.9	39.1	33.0	29.9	30.4	33.7	31.9	37.6	32.7

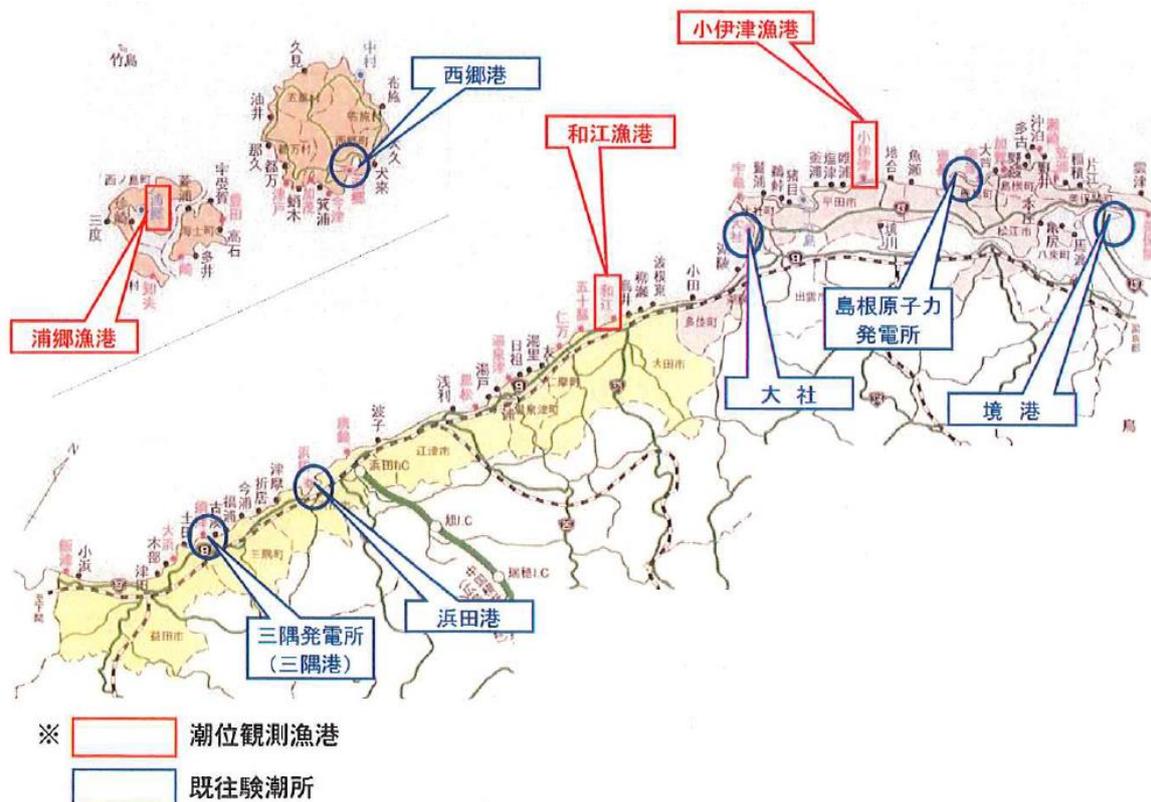
※潮位はT.P.換算。(ただし、西郷は国土地理院による標高。)

	須佐 T.P.上(m)	浜田 T.P.上(m)	和江* T.P.上(m)	大社 T.P.上(m)	小伊津* T.P.上(m)	鹿島 T.P.上(m)	境 T.P.上(m)	浦郷* T.P.上(m)	西郷 T.P.上(m)	備考
平均水面(M.S.L)	0.17	0.21	0.22	0.18	0.19	0.25	0.21	0.14	0.07	
期望平均満潮位(H.W.L)	0.65	0.59	0.60	0.50	0.50	0.53	0.48	0.44	0.33	
期望平均干潮位(L.W.L)	-0.22	-0.11	-0.03	-0.11	-0.09	-0.04	-0.09	-0.08	-0.21	
H.W.L-L.W.L	0.87	0.70	0.63	0.61	0.59	0.57	0.57	0.52	0.54	
主太陰半日周期(M2)	0.125	0.080	0.058	0.056	0.050	0.054	0.057	0.049	0.058	
主太陽半日周期(S2)	0.063	0.039	0.028	0.023	0.021	0.021	0.021	0.019	0.021	
日月合成日周期(K1)	0.092	0.072	0.055	0.045	0.045	0.041	0.047	0.051	0.050	
主太陽日周期(O1)	0.107	0.090	0.071	0.056	0.043	0.039	0.045	0.060	0.055	
主要4分潮(M2+S2+K1+O1)	0.387	0.280	0.212	0.180	0.160	0.156	0.170	0.179	0.184	
C.D.L=M.S.L-(M2+S2+K1+O1)	-0.22	-0.07	0.01	0.00	0.03	0.09	0.04	-0.04	-0.11	

*印は1ヶ月現地観測結果に基づき、M.S.L., H.W.L., L.W.L.は換算値

	島根西部			島根東部					隠岐沿岸		
	浜田	和江	設定値	大社	小伊津	鹿島	境	設定値	浦郷	西郷	設定値
HWL	+0.66	+0.59	+0.63	+0.50	+0.47	+0.44	+0.44	+0.46	+0.48	+0.44	+0.46
MSL	+0.28	+0.21	+0.25	+0.18	+0.16	+0.16	+0.17	+0.17	+0.18	+0.18	+0.18
LWL	-0.04	-0.04	-0.04	-0.11	-0.12	-0.13	-0.13	-0.12	-0.04	-0.10	-0.07
CDL	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00	±0.00
TP	+0.07	-0.01	+0.03	±0.00	-0.03	-0.09	-0.04	-0.04	+0.04	+0.11	+0.04 +0.11

資料) 島根県設計潮位観測調査検討業務委託 報告書、平成 18 年 3 月



資料) 島根県設計潮位観測調査検討業務委託 報告書、平成 18 年 3 月

図 2.3.5 島根沿岸の潮位観測所

[参考]

津波浸水想定を設定するための津波浸水シミュレーションにおける潮位（天文潮）は、朔望平均満潮位とすることを基本とする。

<解説>

津波は、沿岸に到達した際、潮位が高いほど陸上へ遡上しやすくなるため、浸水の区域や水深が増大する。

津波浸水想定を設定するための津波浸水シミュレーションでは、浸水の区域や水深を危険側に想定する必要があるため、潮位（天文潮）は H.W.L.（朔望平均満潮位）を基本とする。

ただし、「災害には上限がない」ことを教訓に「何としても人命を守る」という観点から、H.W.L.（朔望平均満潮位）より高い潮位を設定することもある。

また、過去に発生した地震による津波高の再現シミュレーションを行う場合は、比較検証する対象の津波が来襲した時点の潮位を設定することを基本とするが、この潮位が不明な場合には、潮位（天文潮）を平均潮位や T.P. 0m としてもよい。

なお、河川内の初期水位は、「津波の河川遡上解析の手引き（案）」¹⁹において、本節で設定した潮位を河口付近における出発水位として、河川流量から不等流計算によって求められた水位を設定することとされている。

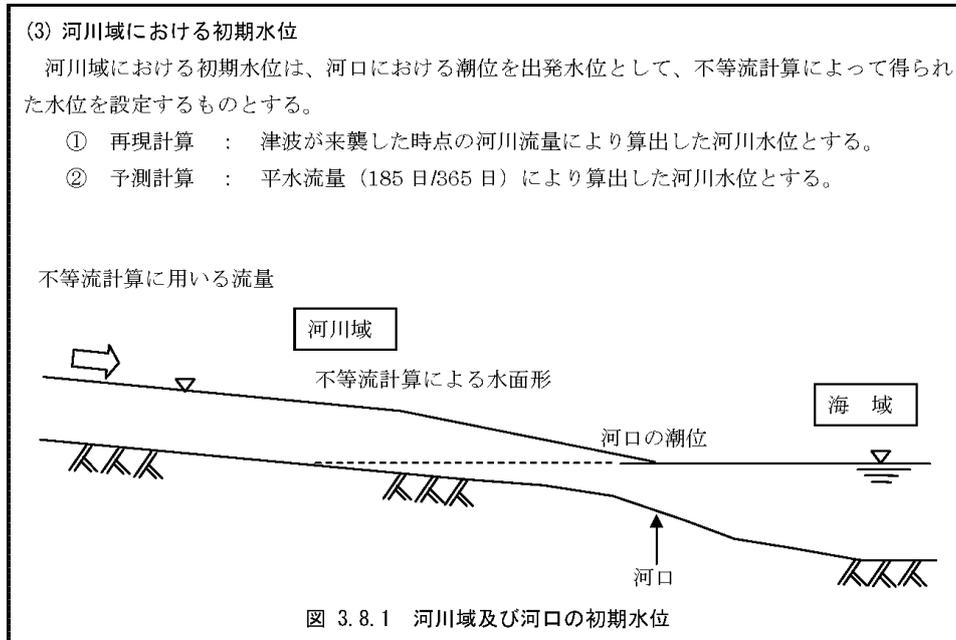
その際の河川流量は、津波浸水シミュレーションでは平水流量（185 日 / 365 日）を、再現シミュレーションでは比較検証する対象の津波が来襲した時点の河川流量を用いることとされている。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

(2) 河川内の初期水位

本業務では、「津波の河川遡上解析の手引き(案), 平成 19 年 5 月」に準じ、下流端(河口部)で朔望平均満潮位、上流端に平水流量を与えた助走計算を実施して河川域の初期水位を設定する。

[参考]



出典) 津波の河川遡上解析の手引き(案)、平成 19 年 5 月

2.4 計算領域および計算格子間隔

(1) 計算領域

大陸からの反射および大和碓での浅水変形・収斂を考慮するため、波源域を包括する日本海全域～沿岸の浸水域を解析対象とする。

(2) 計算格子間隔

1350m～50m メッシュまでは H26 国土交通省のデータを基本とし、本調査で新たに作成する最小計算格子は、手引きに準じて 10m とする（特記のとおり）。ネスティング手法によって波源域から沿岸域まで順次計算格子を細かく設定し、精度を保ちつつ、効率的に津波の伝播・変形・浸水計算を同時に行う。

ネスティング箇所は、対象域（島根・沖沿岸）から沖側に十分な距離（100 メッシュ程度）を確保できる箇所に設定している。また 10m メッシュと 50m メッシュのネスティング箇所は、十分な水深（10～20m）を確保できる箇所に設定している。

- ・ 日本海全域：1350m
- ・ 山口県長門市～鳥取県東伯郡北栄町：450m
- ・ 島根県全域を包括する範囲：150m
- ・ 島根県沿岸を 7 分割：50m
- ・ 沿岸部の海域及び陸域（浸水域を包括する範囲）：10m

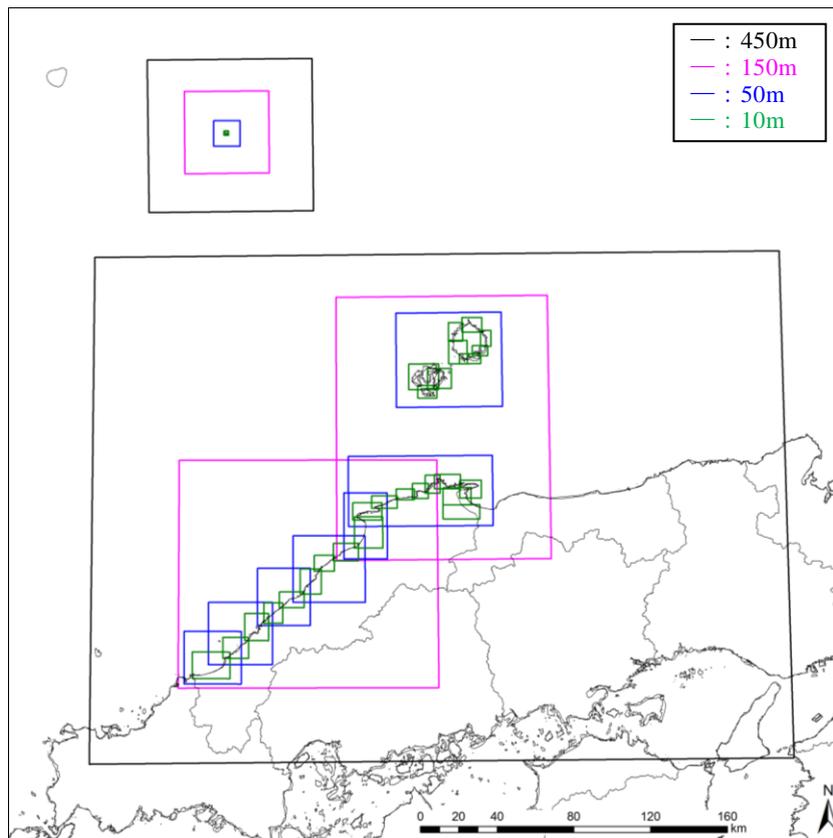
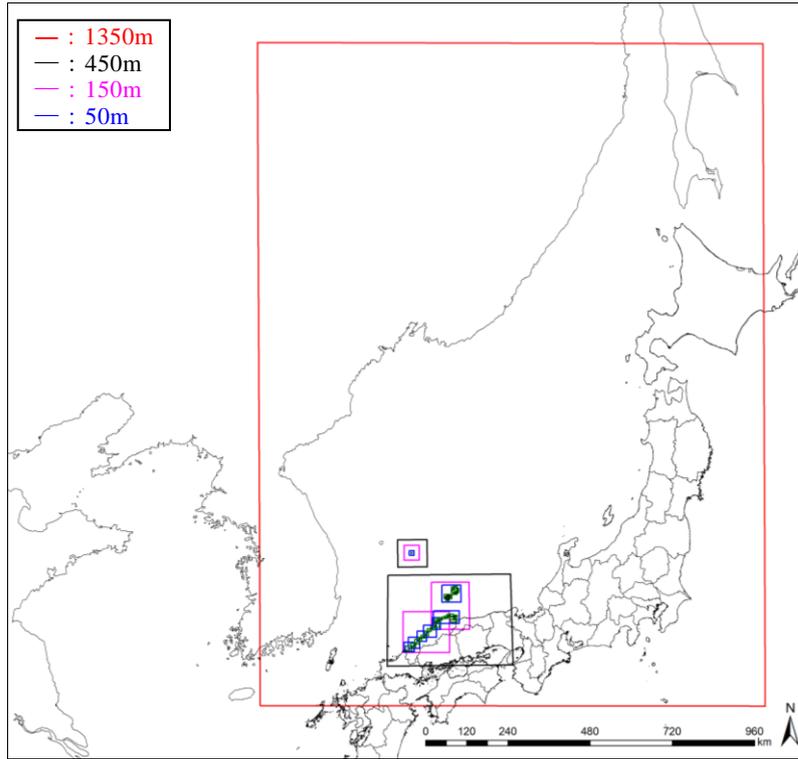


図 2.4.1 計算領域および計算格子間隔 (1350m~10m)

[参考]

津波浸水シミュレーションの計算領域および計算格子間隔は、波源域の大きさ、津波の空間波形、海底・海岸地形の特徴、対象地区周辺の微地形、構造物等を考慮して、津波の挙動を精度良く推計できるよう適切に設定するものとする。

<解説>

(1) 計算領域

津波浸水シミュレーションの計算領域は、波源域を含み、屈折、反射、遡上等が精度よく推計できるような領域を設定する必要がある。

(2) 計算格子間隔

津波浸水シミュレーションにおける計算格子間隔は、屈折、反射、遡上等の津波の挙動を精度良く推計できるように設定する必要がある。

計算格子間隔は、主要な計算領域全体にわたり、津波の空間波形の1波長の1/20以下とすることが望ましいとされている（長谷川ら、1987）。

屈折現象の影響が大きいと判断される領域については、津波の空間波形の1波長の1/100以下の計算格子間隔が必要となる場合がある（土木学会「原子力発電所の津波評価技術」）。

海域においては、外洋では津波の1波長は数10km～数100kmのオーダーであるが、沿岸部で水深が小さくなるにつれて波長が短くなるため、これに合わせて順次細かい計算格子間隔を用いる必要がある。このため、津波の空間波形および地形の状況に応じて、異なる計算格子間隔の領域を接続して同時に計算する方法（ネスティング）が用いられることが多い。このような接続計算では、小領域で発生した短波長成分の一部が大領域に伝播せず再反射してしまう影響を軽減するため、成分格子間隔を1/3あるいは1/2等の割合で小さくしていくことが多い。

陸域においては、斜面勾配 α 、周期 T 、重力加速度 g を用いた次式によって、格子間隔（ Δx ）を設定してもよいが（土木学会「原子力発電所の津波評価技術」²⁰）、局地的な地形も再現されていることが必要となることから、最小計算格子間隔は10m程度より小さくすることを目安とする。

$$\frac{\Delta x}{\alpha g T^2} \leq 7 \times 10^{-4} \quad (\text{マニングの粗度係数 } n=0.03\text{m}^{-1/3}\text{s} \text{ の場合})$$

計算格子間隔は細かくすると計算精度も向上するが、計算における負荷、データ作成費用が大きくなることにも留意する必要がある。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成24年10月

2.5 地形データ

計算格子 1350m～50m メッシュまでは、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」で作成されたデータ（国土交通省より提供）を使用することを基本とする。

10m メッシュデータは本調査で新たに作成する（作業中）。作成に際し使用するデータは下記の通り。

表 2.5.1 地形データとして使用したデータ（1350～50m メッシュ）

「日本海における大規模地震に関する調査検討会」（H26 国土交通省）で作成したデータ（国土交通省より提供）

表 2.5.2 地形データ作成に使用するデータ（海域）（10m メッシュ）

No.	データ名	機関名
1	海底地形デジタルデータ（M7000）	（財）日本水路協会
2	港湾、漁港深浅測量データ	島根県

表 2.5.3 地形データ作成に使用するデータ（河川域）（10m メッシュ）

No.	データ名	機関名
1	中海・宍道湖深浅測量データ	出雲河川事務所
2	1級河川（斐伊川、神戸川、江の川、高津川） 縦横断データ	出雲河川事務所 浜田河川国道事務所
3	県管理河川縦横断データ	島根県

表 2.5.4 地形データ作成に使用するデータ（陸域）（10m メッシュ）

No.	データ名	機関名
1	基盤地図情報（数値標高モデル 5m メッシュ※）	国土地理院
2	1級河川（斐伊川、神戸川、江の川、高津川） LP データ	出雲河川事務所 浜田河川国道事務所

※航空レーザー測量に基づく最新の地形データ。一部の沿岸は 5m メッシュデータが存在しないため、以下の情報を用いて地形データを作成する。

- ・ 1/25,000 地形図の等高線から作成された数値標高モデル 10m メッシュ（国土地理院）
- ・ 航空写真測量（縮尺 1/2,500）から作成された砂防基盤図データ（島根県）

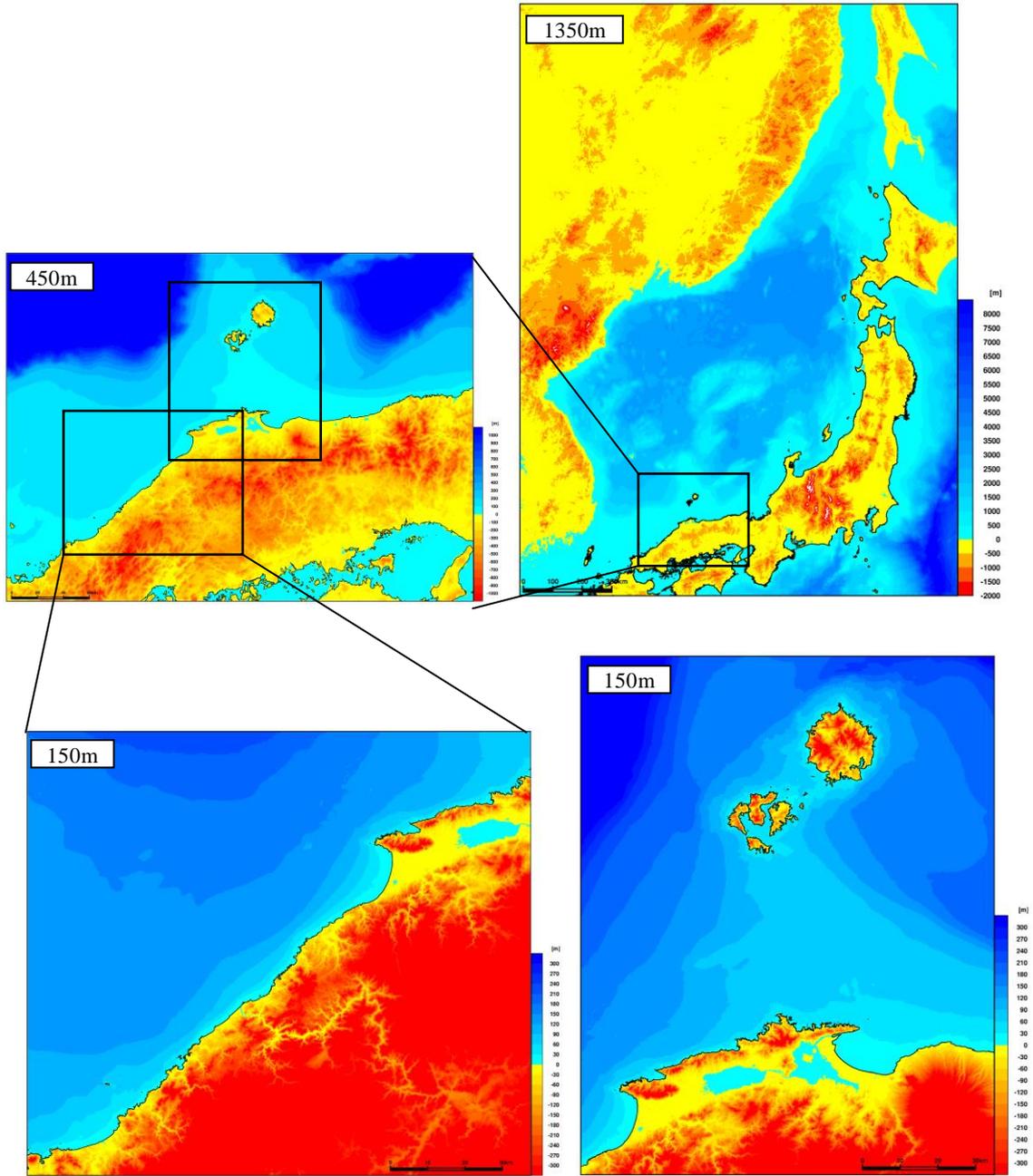


図 2.5.1 作成した地形データ（水深・標高の平面分布）

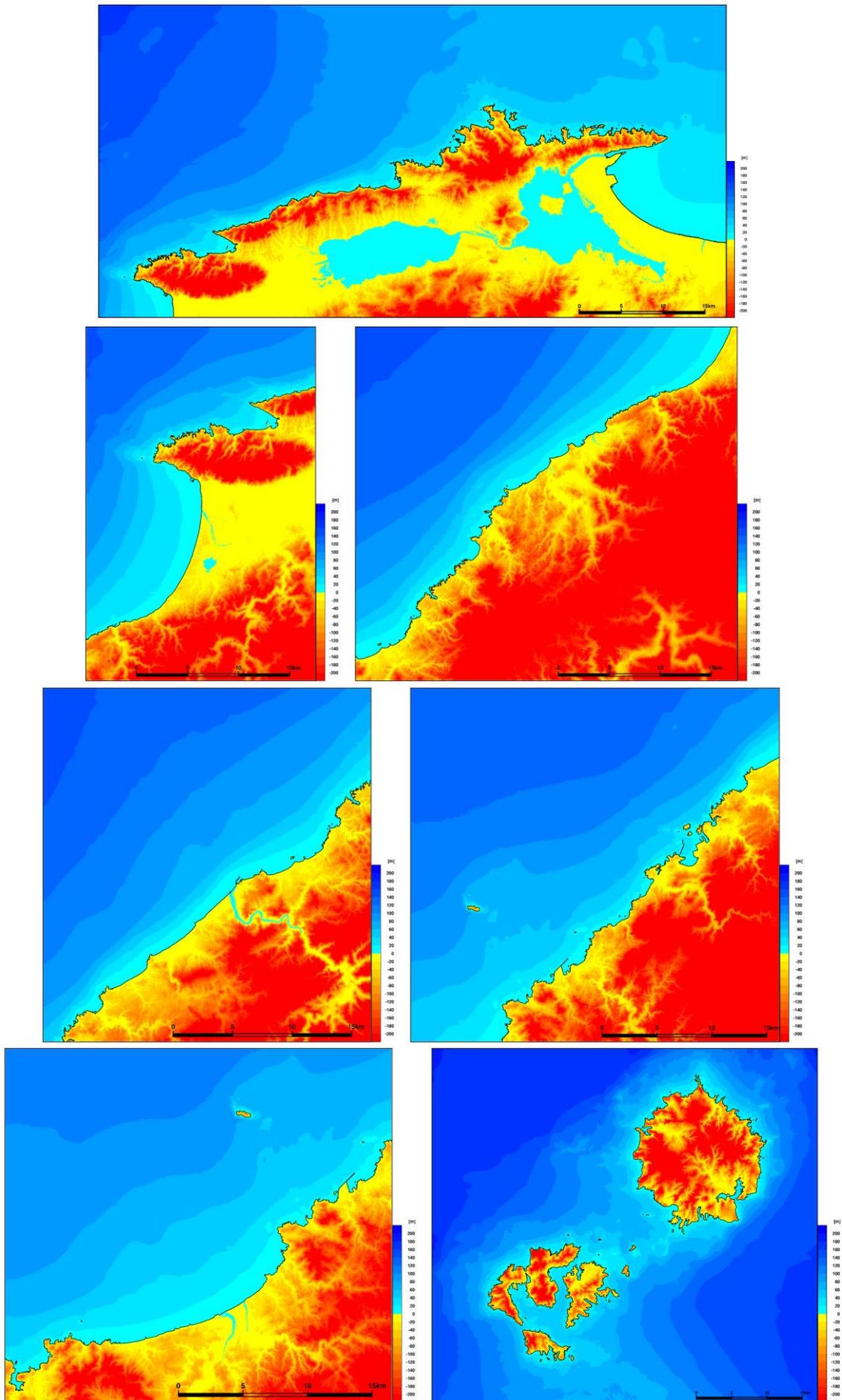


図 2.5.2 作成した地形データ（水深・標高の平面分布、50m メッシュ）

[参考]

海域や陸域の地形は津波の伝播や遡上に大きく影響を与えるため、こうした津波の挙動を予測するためには、地形に関する情報が不可欠であり、津波浸水シミュレーションにおいても、格子状の数値情報からなる地形データを用いる。

<解説>

地形データは、津波防災地域づくりに関する法律第6条による基礎調査の結果から得られる。基礎調査は、基本指針の「二 法第六条第一項の基礎調査について指針となるべき事項」の「ア 海域、陸域の地形に関する調査」に基づき、実施するものである。

地形データの作成にあたっては、数 m 単位の格子となっており、最も解像度が高いことから、国土交通大臣等による航空レーザ測量の結果等を活用することを基本とする。

なお、海域の地形データを「海底地形データ」や「水深データ」、陸域の地形データを「地形データ」や「標高データ」という場合がある。

地形データは、津波浸水シミュレーションによって得られる浸水の区域や水深に影響を与えることから、地形データは、最新のものとなるよう努めるとともに、東北地方太平洋沖地震等による地盤変動についてもできる限り考慮することとする。

東北地方太平洋沖地震による地盤変動が生じている陸域については、東北地方太平洋沖地震後に航空レーザ測量で取得された標高格子データを使用することを基本とするが、東北地方太平洋沖地震後の地形データが存在しない地域では、東北地方太平洋沖地震の地盤変動量を考慮した上で、東北地方太平洋沖地震前の標高格子データを利用してもよい。

また、東北地方太平洋沖地震による地盤変動が生じている陸域のうち、東北地方太平洋沖地震後に航空レーザ測量が行われていない地域では、空中写真（ステレオマッチング）で取得された地形データを使用してもよい。

一般的に、陸域の標高は東京湾平均海面（T.P. : Mean Sea Level of Tokyo Bay）を基準面とし、海域の海面の高さ（潮位）は検潮所毎に設定される潮位観測基準面（DL : Datum Line）を基準面としている。

津波浸水シミュレーションは海域と陸域を一体として行うものであるから、使用する地形データは原則として東京湾平均海面（T.P.）を基準面とするものとする。また、異なる地形データ資料の接合部については、現地の地形状況などを踏まえて、適切に処理するものとする。

また、格子状の数値情報からなる地形データを作成するにあたっては、計算精度に影響を与える要因として、計算格子間隔だけでなく、地形データの精度も重要であることから、実際の地形や地図と比較して不自然なものとなっていないか留意することとする。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

2.6 粗度データ

計算格子 1350m～50m メッシュまでは、「日本海における大規模地震に関する調査検討会」で作成されたデータ（国土交通省より提供）を使用することを基本とする。

10m メッシュデータは本調査で新たに作成する（作業中）。作成に際し使用するデータは下記の通り。

表 2.6.1 粗度データとして使用したデータ（1350～50m メッシュ）

「日本海における大規模地震に関する調査検討会」（H26 国土交通省）で作成したデータ（国土交通省より提供）

表 2.6.2 粗度データ作成に使用するデータ（10m メッシュ）

No.	データ名	機関名
1	土地利用細分メッシュデータ	国土交通省

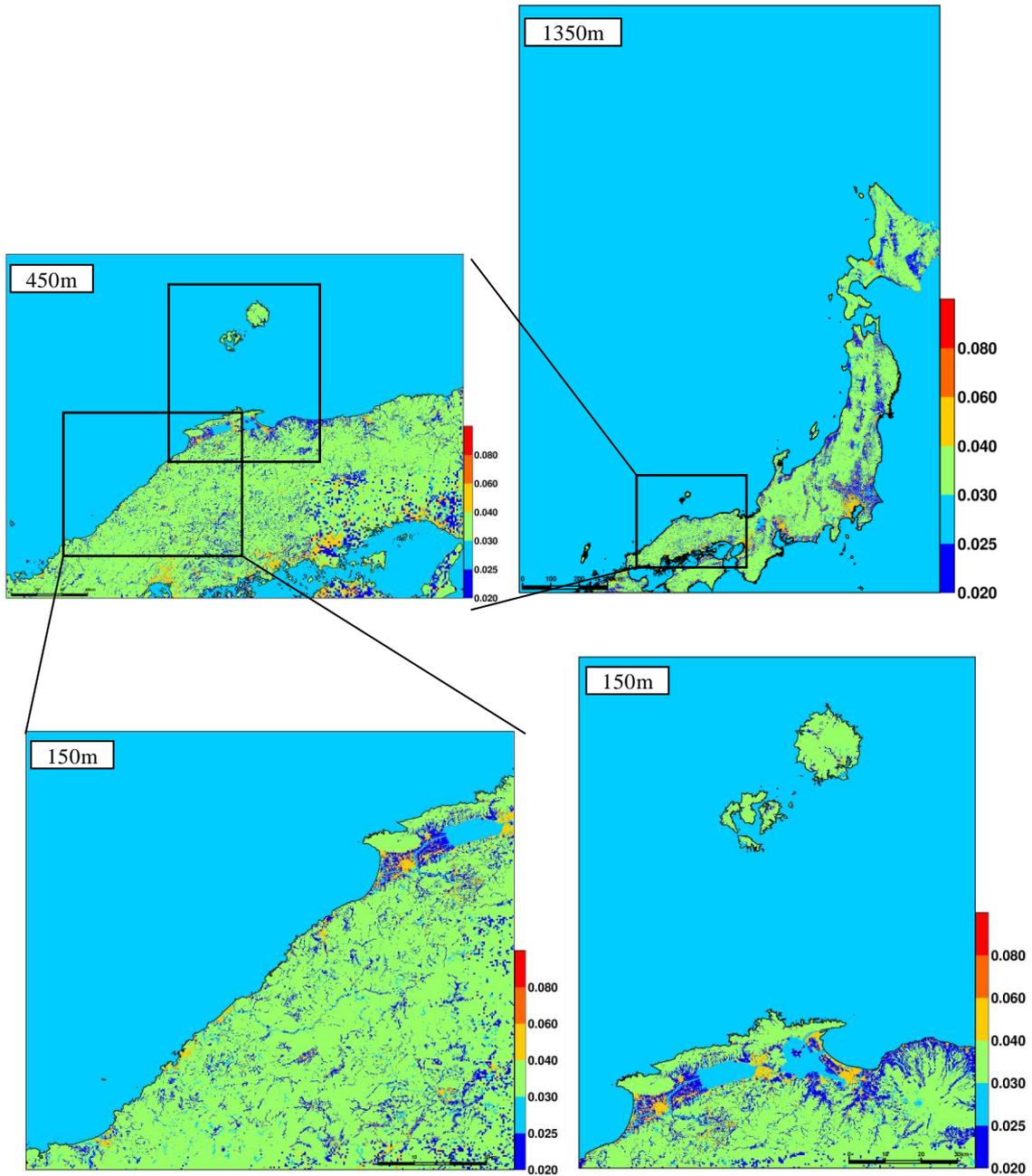


図 2.6.1 作成した粗度データ（粗度係数の平面分布）

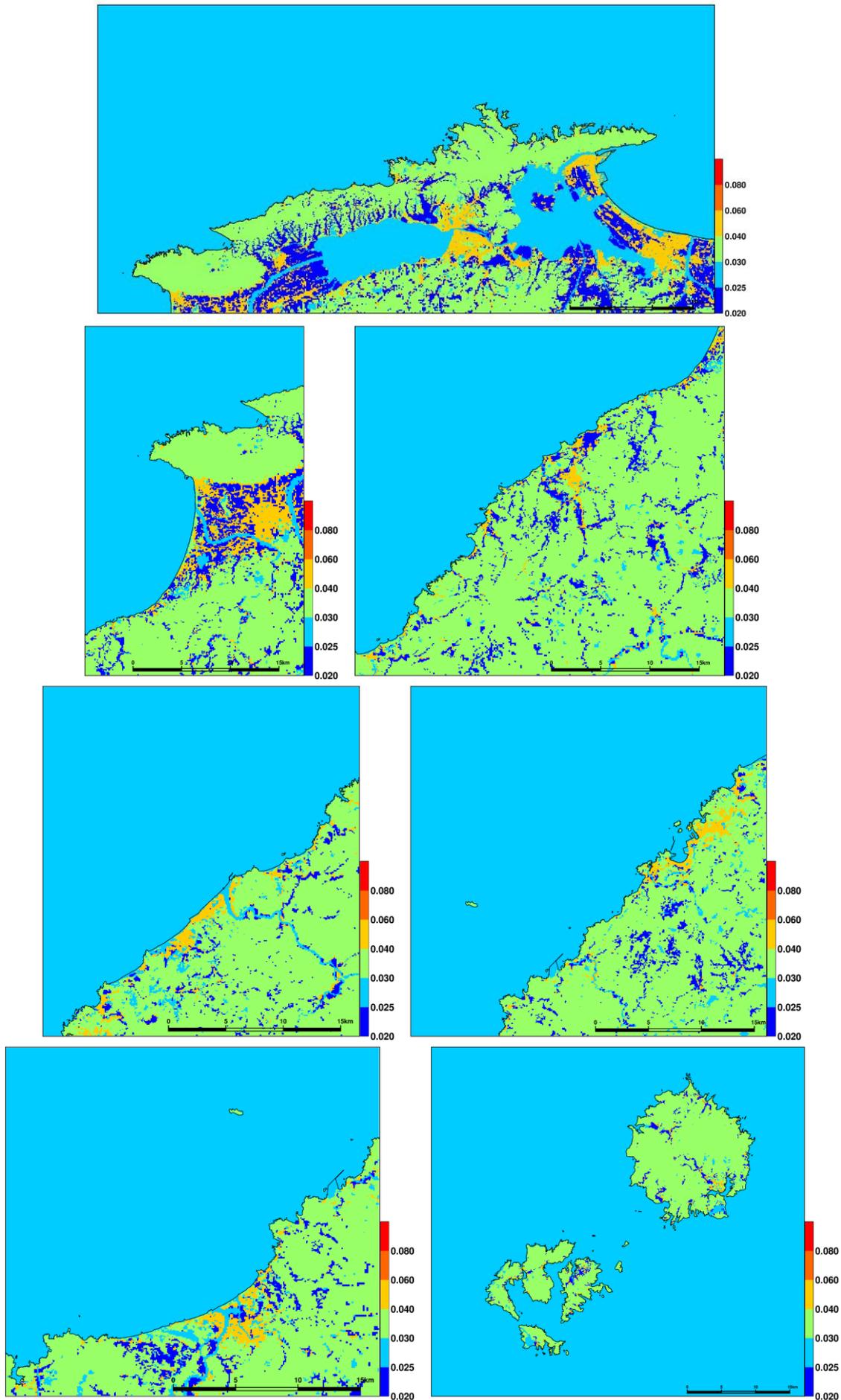


図 2.6.2 作成した粗度データ（粗度係数の平面分布）

[参考]

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、粗度係数を用いて考慮することを基本とする。

<解説>

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用いる運動方程式において、以下のような摩擦項を考慮することになる。

$$\frac{gn^2M}{D^{7/3}}\sqrt{M^2 + N^2}, \quad \frac{gn^2N}{D^{7/3}}\sqrt{M^2 + N^2}$$

ここでは、 n はマンニングの粗度係数であり、海域では $0.025(\text{m}^{-1/3}\text{s})$ 程度の値が一般的には用いられるが、陸域で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数段階に分けて値を設定する方法を採用する機会が多い。

このため、表-3のような土地利用状況に応じた粗度係数も提案されている。

粗度係数を設定するための土地利用状況は、津波防災地域づくりに関する法律第六条による基礎調査の結果から得られる。基礎調査は、基本指針の「二 法第六条第一項の基礎調査について指針となるべき事項」の「ウ 土地利用等に関する調査」に基づき、実施するものである。

表 - 3 粗度係数の設定例 (小谷ほか、1998)

土地利用	粗度係数 $m^{-\frac{1}{3}} \cdot s$
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

出典：小谷美佐、今村文彦、首藤伸夫「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、平成 10 年 11 月)

なお、大規模な線形的構造物や建築物を粗度係数ではなく地形データとして扱う場合には、粗度係数を「その他 (空地、緑地)」とするなどその整合に留意する必要がある。

また、対象とする津波が発生した時の土地利用が不明な場合や対象とする津波による住宅等の流失が大きい場合には、粗度係数を一律に「その他 (空地、緑地)」とすることも考えられる。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

2.7 構造物データ

(1) 構造物種類、配置、高さの設定

収集した海岸施設台帳等を用いて必要情報を GIS にて整理中である。

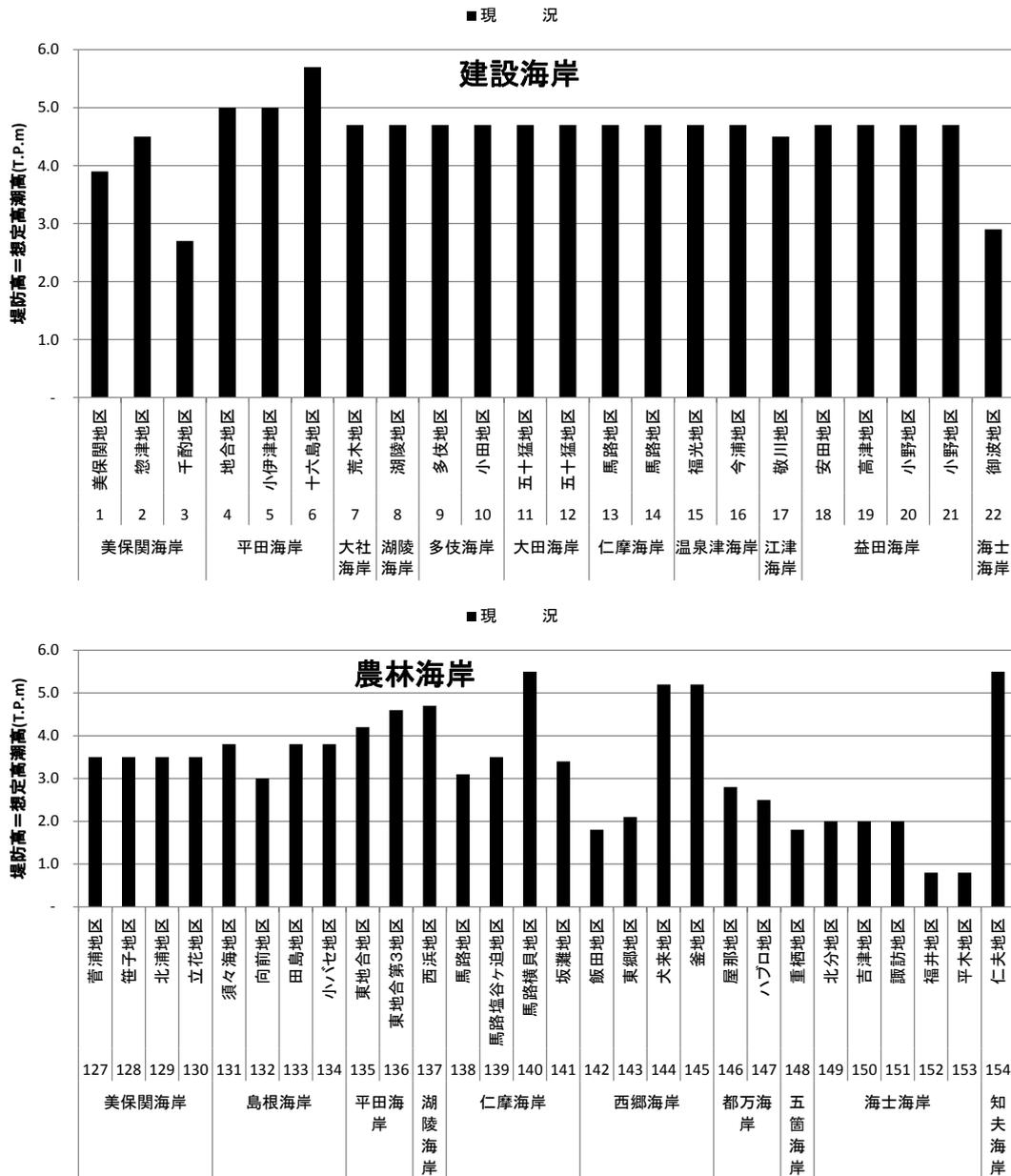


図 2.7.1 海岸保全施設の天端高 (その1)

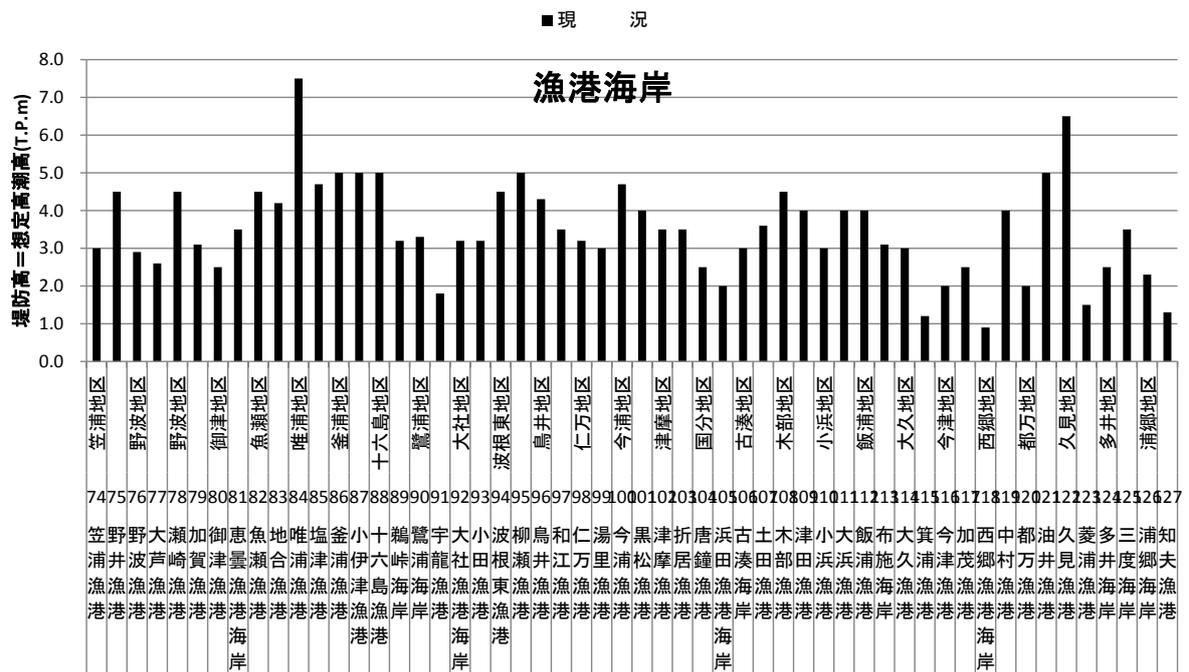
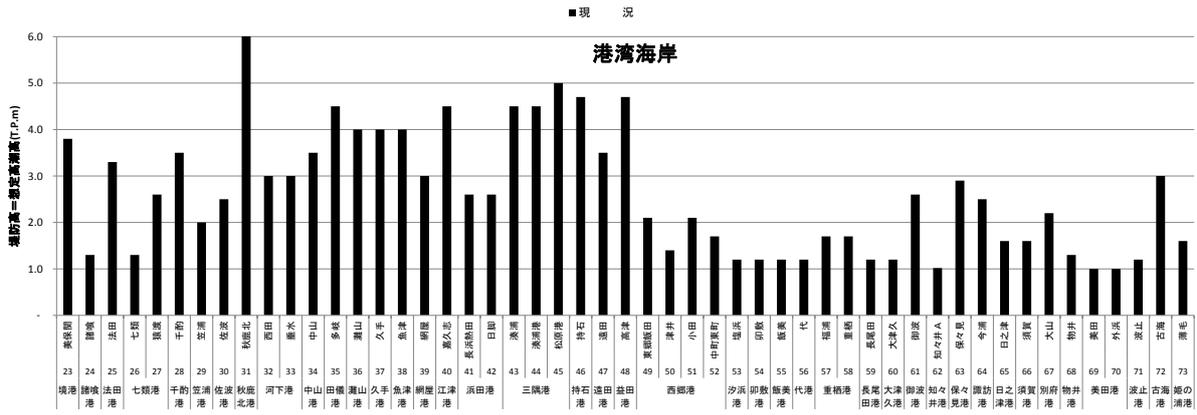


図 2.7.2 海岸保全施設の天端高 (その2)

[参考]

津波の伝播過程や遡上過程にあつて地盤より高い線の構造物については、計算格子間隔より幅が広いものは地形データとして、計算格子間隔より幅が狭いものは越流条件を適用する格子境界として整理することを基本とする。

<解説>

(1) 浸水予測の結果に与える影響について

津波の伝播過程や遡上過程にあつて地盤より高い以下の線の構造物は、津波の挙動に影響を与える。また、線の構造物の開口部や水門・陸閘等の構造物は、津波が通過する可能性がある。

(線の構造物の例)

- ・海岸堤防等
- ・港湾施設、漁港施設（防潮堤、防波堤）
- ・河川堤防等
- ・道路や鉄道の盛土等

(2) 各種施設の取り扱いの考え方

① 線の構造物

大規模な線の構造物は津波の挙動に影響を及ぼすことから、平均地盤高からの比高が50cm以上のものは、津波浸水シミュレーションに反映する必要がある²¹。

津波浸水シミュレーションにおける線の構造物の取扱いは、下図のように、その大きさと計算格子間隔との大小関係に応じて異なる。計算格子間隔より幅が広い線の構造物は、その高さを各計算格子に与えて地形データとして取り扱うのが一般的である。

一方、計算格子間隔より幅が狭い線の構造物は、計算格子間に壁があるもの（格子境界）として整理し、その高さを越流条件で考慮することが一般的である。

また、断面形を地形データとして整理しつつ、越流条件を組み合わせて格子境界として天端高を与える方法もある。

なお、消波ブロックを積み上げた透過性の離岸堤等については、施設がないものとして扱うものとする。

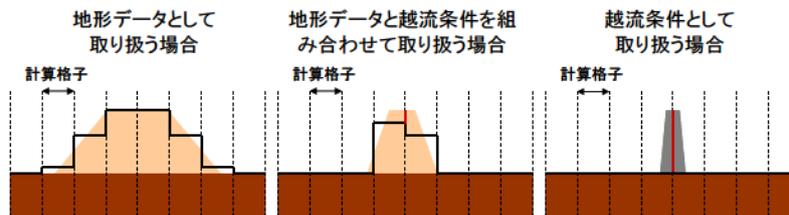


図 - 11 津波浸水シミュレーションにおける構造物の取り扱いの例

② 線の構造物の開口部及び水門・陸閘等

線の構造物の中に大規模なボックスカルバート等の開口部が存在する場合には、オリフィスとして扱うなど、津波浸水シミュレーションにおいて考慮する必要がある。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

(2) 各施設（構造物）の被災の考慮

最大クラスの津波浸水想定における海岸保全施設等の取扱いは、手引きのとおり、以下のフローで被災状況を判定し、最悪条件下を設定する。

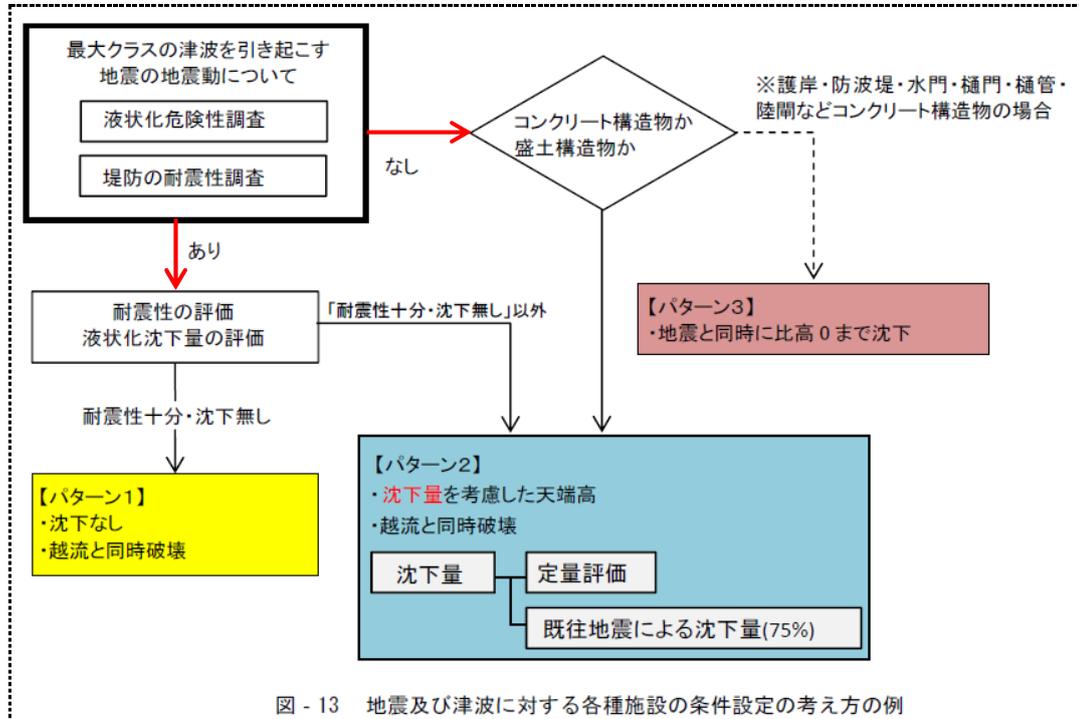


図 - 13 地震及び津波に対する各種施設の条件設定の考え方の例

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

(a) 液化化危険性調査、耐震性調査結果の確認

(現状)

●液化化危険性調査：

平成 24 年の地震被害想定調査では、津波をもたらす海域で起こる 4 つの地震のうち、「出雲市沖合」、「浜田市沖合」の 2 つについて地震動を解析し、液化化危険度が想定している。一方、佐渡島北方沖や隠岐北西沖の地震は波源が遠く、地震動(液化化リスク)が小さいとされている。その結果、震度 5 弱以上の沿岸域では液化化危険度が高いと想定されているが、沈下量は定量評価されていない。

東日本大震災を含む歴史地震においては、震度 4 以上の地域において液化化が発生している。

●耐震性調査：

建設海岸、港湾海岸、漁港海岸、農林海岸では、耐震調査は一部のみ実施されている。

(検討方針)

島根県の関連調査の現状を踏まえると、以下の 2 つのパターンが考えられる。

- ①想定地震による震度が 4 未満：液化化可能性は低く、全ての施設は被災しない
- ②想定地震による震度が 4 以上：全ての施設が被災（コンクリートは地震直後に比高 0、盛土は 75% 沈下）

(参考)

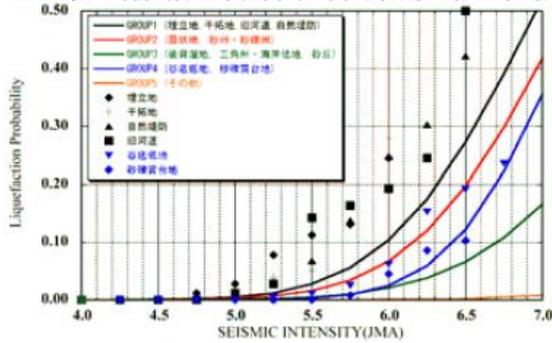
鳥取県：先名ら（2014）の液状化発生震度を引用

→ 震度4以上のコンクリート構造物は地震発生直後に破壊、土堤は75%沈下
山口県：耐震性未実施

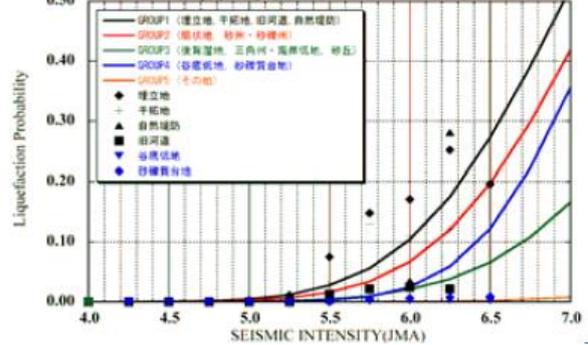
→ 震度4以上のコンクリート構造物は地震発生直後に破壊、土堤は75%沈下

[東日本大震災以前の地震]

REA1(山形,新潟,茨城,千葉,埼玉,東京,神奈川,愛知,大阪)

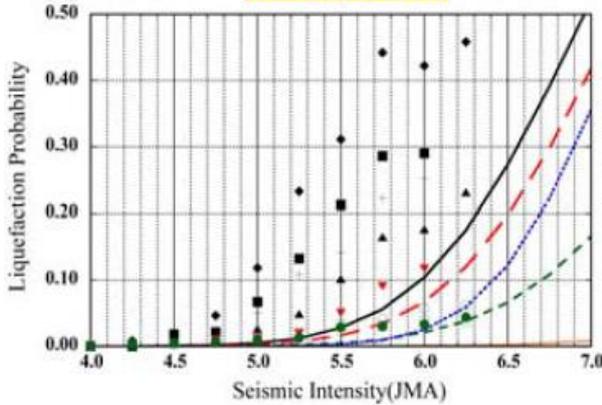


AREA2(その他)

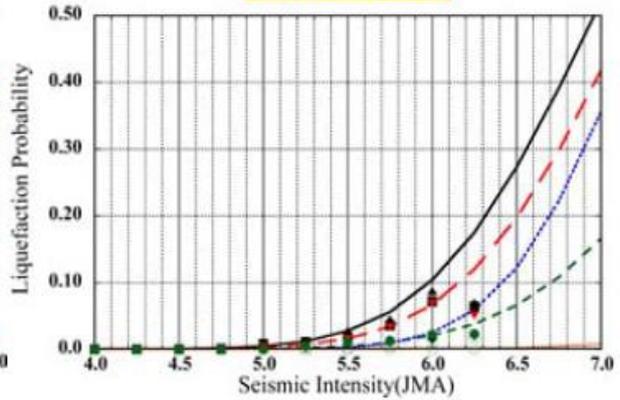


[2011年3月11日東日本大震災]

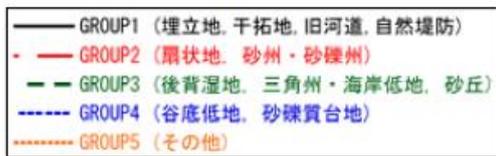
関東地方



東北地方



松岡・他(2011)の液状化確率



東北地方太平洋沖地震の液状化確率

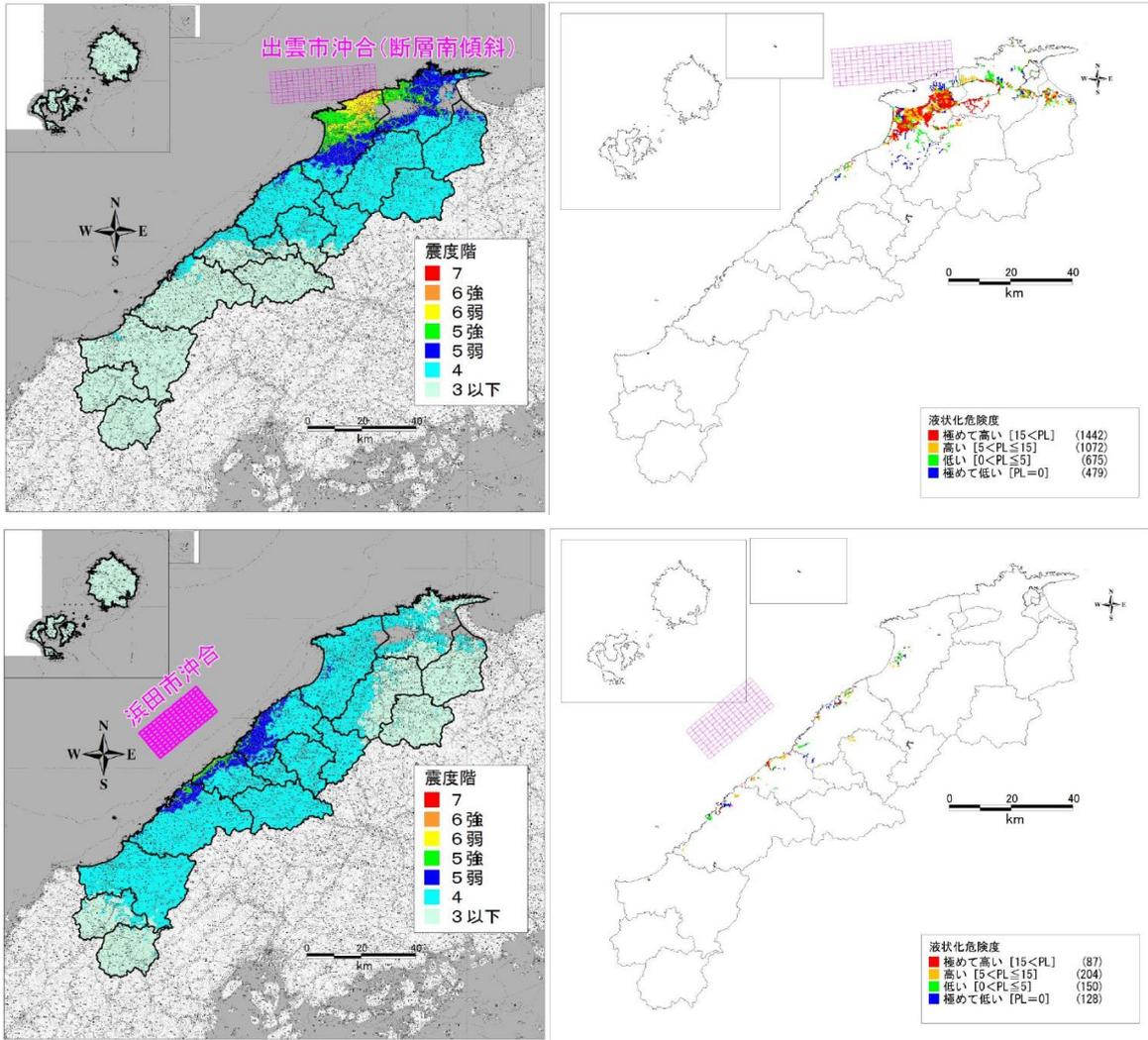


出典) (独) 防災科学技術研究所 先名重樹 (2015) : 東北地方太平洋沖地震の液状化発生地点と強振動継続時間を考慮した液状化発生率の検討、第2回 NIED NU 研究交流会

図 2.7.3 液状化発生確率と震度の関係

(b) 構造形態の確認

施設台帳、現地状況から判定する。



資料) 島根県地震被害想定長、平成 24 年 6 月

図 2.7.4 島根県沿岸の液状化危険度の調査結果

[参考]

津波浸水想定を設定するための津波浸水シミュレーションを実施する際には、「災害には上限がない」ことを教訓に、「なんとしても人命を守る」という観点から、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することを基本とする。

また、水門・陸閘等については、耐震性を有し自動化された施設、常時閉鎖の施設、耐震性を有し津波到達時間より早く閉鎖できると考えられる施設については閉鎖状態として、それ以外の施設は開放状態として取り扱うことを基本とする。

<解説>

各種施設は設計対象の地震や津波に対しては所要の安全性を有するが、設計値以上の地震や津波では被災する可能性がある。各種施設の条件の設定については、「災害には上限がない」ことを教訓に、「なんとしても人命を守る」という観点で設定する必要がある。このため、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を行うことを基本とする。

各種施設の条件は、これまで築造してきた施設の効果が、最新の科学的知見も踏まえて反映されていることが重要であるほか、将来的な津波浸水想定の見直しも念頭に置き、今後進める耐震点検や耐震対策等の効果も反映できるよう、設定することが重要である。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

[参考]

(1) 地震に対する各種施設の条件設定

地震による各種施設の被害については、適切な耐震解析法に基づいて行われた既存の照査結果を用いて、津波浸水シミュレーションにおける条件設定を行う。具体的には、最大クラスの津波を引き起こす地震に対する各種施設の耐震性について検討し、耐震性が不十分な場合には「沈下する」または「破壊する」ものとする。なお、「破壊する」場合の破壊後の形状は各種施設の構造に応じて適切に設定することを基本とする。

なお、海岸保全施設の耐震解析法は、「海岸保全施設の技術上の基準・同解説」では以下のように規定されている。

- ・レベル1地震動に対する耐震性能は、震度法による耐震設計により安全性が確保されていることで満足されているものとみなせる。ただし、液状化が発生すると判定される場合には、要求する耐震性能の高さに応じて適切に照査するものとする。
- ・レベル2地震動に対する耐震性能は、変形、応力、ひずみ量等を精度よく評価できる手法により照査することができる。

また、「海岸保全施設等耐震点検マニュアル」²⁶には、レベル1地震動による海岸堤防等の沈下量を想定する手法が示されている。さらに、「レベル2地震動に対する河川堤防の耐震点検マニュアル」²⁷には、盛土による堤防のレベル2地震動に対する耐震点検の考え方が示されており、海岸堤防の耐震照査においても参考となる。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

(2) 津波に対する各種施設の条件設定

津波による海岸堤防、河川堤防等の被災条件については、東北地方太平洋沖地震による津波で見られたような海岸堤防、河川堤防等の破壊事例などを踏まえ、津波が越流し始めた時点で「破壊する」ものとし、破壊後の形状は「無し」と想定して設定することを基本とする。

なお、河川の高規格堤防のほか、海岸堤防等についても背後の地形等によっては、技術的な裏付けをもって、構造物が破壊しないとすることもあり得る。

また、河川堤防等については、河川内を遡上した津波が上流部で溢れる場合など、破堤地点の設定によって浸水の区域や水深が異なることから、津波が越流し始めた時点で「破壊しない」とする場合の方が悪条件となる可能性があることに留意する必要がある。

上記の観点から、津波防災地域づくりに関する法律第8条第3項に基づき、都道府県知事が、最大クラスの津波に対する海岸堤防、河川堤防等の条件設定に際し、必要があると認めるときは、関係する海岸管理者及び河川管理者の意見を聴くものとする。

なお、二線堤として効果を期待する道路や鉄道等の線的構造物の被災条件については、東北地方太平洋沖地震等による津波で被災した線的構造物の破壊事例を基に、個別に判断するものとする。

公園緑地等の人工盛土については、津波に耐え得る構造・形状について十分な技術的知見が整理されていないが、津波による盛土の侵食が起きない等の理想化したモデルにおいて、津波エネルギーの減衰効果を検証した技術資料がある²⁸。

また、公園緑地や海岸防災林等の樹林帯については、最大クラスの津波に対して樹林による津波エネルギーの減衰効果は限界を超え無力化することも踏まえる必要があるが^{29,30}、津波浸水シミュレーションにおいて、樹林帯による運動量の低減を考慮する方法として、樹林帯の抵抗を表す項を運動方程式に付加する方法（原田ら，2000）³¹や、樹林帯の抵抗を粗度係数として表す方法（原田・河田，2005）³²がある。

出典）津波浸水想定の設定の手引き ver2.00，平成24年10月

(3) 水門・陸閘等の開閉について

水門・陸閘等については、最大クラスの津波を引き起こす地震後も津波来襲までに確実に操作が可能な施設については閉鎖状態として、それ以外の施設は開放状態として取り扱うものとする。

なお、満潮時に閉鎖する操作を行っている河口堰等については、閉鎖状態として取り扱うことが基本となるが、開放状態（地震動により倒壊した状態）の際に河口堰等の上流側において浸水域等が増大する可能性があることを考慮し、開放状態として取扱い、河口堰等の上流側における浸水域・浸水深を設定した例もある。

出典）津波浸水想定の設定の手引き ver2.00，平成24年10月

2.8 地震による地殻変動

手引きに準じる。

[参考]

地震による陸域や海域の沈降が想定される場合、断層モデルから算出される沈降量を陸域や海域の地形データの高さから差し引くことを基本とする。

地震による陸域の隆起が想定される場合には、断層モデルから算出される隆起量を考慮しない。一方、海域の隆起が想定される場合には、断層モデルから算出される隆起量を考慮することを基本とする。

<解説>

地震によって陸域が沈降する場合には、その沈降量の分だけ地盤や線の構造物の高さが低くなり、津波がより陸域に遡上しやすくなる条件となることから、断層モデルから沈降量を算定し、その結果を用いて陸域の地形データの高さから差し引くことを基本とする。

一方、地震による陸域の隆起が想定される場合には、津波がより陸域に遡上しにくくなる条件となるが、津波浸水想定用途に鑑み、危険側を考慮し、想定される最大の浸水域・浸水深が得られるよう、南海トラフの巨大地震モデル検討会²²や「津波・高潮ハザードマップマニュアル」²³と同様に、隆起量は考慮しない。

海域においては、地震後の海底地形を再現するため、断層モデルから算出される沈降量や隆起量を考慮することを基本とする。ただし、沈降量や隆起量を考慮しない陸域との不連続を作らないようにするため、必要に応じて陸域との境界で地形のスムージングを行うものとする。

陸域及び海域における隆起・沈降の取り扱いの考え方を表-4、図-12 に示す。

表 - 4 陸域及び海域における隆起・沈降の取り扱い

	隆 起	沈 降
陸 域	隆起量を考慮しない。	沈降量を考慮する。
海 域	隆起量を考慮する。	沈降量を考慮する。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

2.9 河川内の津波遡上の取り扱い

河川遡上を考慮する河川は、河口幅 30m 以上の河川を基本とする。

[参考]

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）」を参照することを基本とするとともに、関係河川管理者と調整を図ることとする。

<解説>

震源から沿岸に達した津波の一部は、河口から河川内を遡上し、河川から溢れて浸水を引き起こす可能性がある。

津波浸水シミュレーションにおいては、河川地形（河道平面形状・河床高など）を考慮しないと、河川から生じる浸水を適切に評価することができない。

河川域においては、津波の挙動を適切に表現するために、河川管理者が保有する河川縦横断面図等をもとに計算格子の地形データを設定する必要性等があることから、河川内を遡上する津波の取り扱いについては、「津波の河川遡上解析の手引き（案）」²⁴を参照することを基本とするとともに、関係河川管理者と調整を図ることとする。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月

3.3 格子間隔の設定

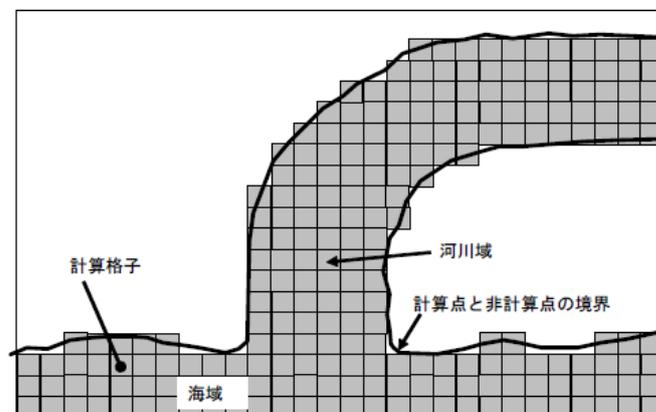
解析に当たっては、津波の挙動を適切に表現できるよう地形及び波長等を考慮して格子間隔を設定するものとする。

【解 説】

津波の伝播過程においては、深海域では津波の波長が長く、水深が浅くなるにつれて波長が短くなるため、波長の変化に応じて格子間隔を適切に設定するものとする。

一定の精度が確保できる最小格子間隔の条件は、既往研究成果によると深海域で津波 1 波長の 1/20 以下、浅海域で津波 1 波長の 1/100 以下とされており、それらを目安に最小格子間隔を設定するものとする。このように一般に深海域における格子間隔は広く、浅海域及び河川域における格子間隔は狭く設定するものとする。

本手引き（案）は、河川域を遡上する津波の解析を対象とするため、河川域の格子間隔の設定においては、蛇行部などの形状を適切に再現できるよう河道の横断方向に 5 格子程度以上を確保するとともに、河川構造物が再現できる適切な格子間隔とするものとする。



※図中のハッチ部分  は、津波の計算点となる格子を表す。

図 3.3.1 格子間隔の設定イメージ

出典) 津波の河川遡上解析の手引き（案）、平成 19 年 5 月

2.10 計算時間および計算時間間隔

計算時間は、対象地震の津波波形をみて今後設定するが、6～12 時間になると推測される。計算時間間隔は手引きのとおり CFL 条件から設定する。

[参考]

津波浸水シミュレーションの計算時間は、津波の特性等を考慮して、最大の浸水の区域及び水深が得られるように設定するものとする。

津波浸水シミュレーションの計算時間間隔は、計算の安定性等を考慮して適切に設定するものとする。

<解説>

(1) 計算時間

津波は第一波が最大とは限らず、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。よって、最大の浸水の区域及び水深が得られるように、十分な計算時間を設定するものとする。

(2) 計算時間間隔

計算時間間隔は、適切に設定された計算格子間隔に対する計算の安定性等を考慮して、次に示す CFL 条件を満たすように設定する必要がある。

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

ここに、 Δt は 計算時間間隔、 Δx は計算格子間隔、 h_{\max} は最大水深、 g は重力加速度である。

ただし、実際に計算を行う場合は、数値誤差や現象の非線形性が介在するため、計算時間間隔を上記条件に比べて余裕をもって小さく設定する必要がある（土木学会「原子力発電所の津波評価技術」²⁵⁾）。

出典) 津波浸水想定の設定の手引き ver2.00, 平成 24 年 10 月