

1. はじめに

岩手県沿岸中部に位置する大沢・山田・織笠漁港海岸について、津波シミュレーションを行った。本地区の特徴を下記にまとめる。



図1.1 検討対象位置図

○特徴

- ・山田湾内に位置
- ・関口川、織笠川が貫流
- ・大沢、山田地区：防潮堤T.P.+4.00mで整備済み（一部嵩上げ工事中、計画施設高T.P.+6.60m）
- ・織笠海岸：T.P.+4.80m整備済み（計画施設高T.P.+6.60m）
- ・関口川水門なし、織笠川水門施工中

○津波概要

- ・津波高はT.P.+8.8m（織笠漁港海岸における痕跡）と推定される
- ・津波の河川遡上は関口川で約1.6kmに及ぶ
- ・各海岸で防潮堤の一部倒壊を確認
- ・各海岸で防潮堤を津波が越流し、市街地に流入し、家屋等への被害が甚大であった

2. 初期条件の設定

諸条件および計算条件を下表に示す通り設定した

表2.1 計算条件一覧表

項目	内容
基礎式と解法	波源から沿岸の伝播計算、陸上への遡上計算 非線形長波方程式を基礎とし、Leap-Flog差分法により計算 津波防災施設での越流計算 本間公式による
計算格子間隔	波源から沿岸：3,240m、1,080m、360m、120m、40m 遡上域：40m、20m、10m
大格子と小格子の接続方法	空間：波源から遡上域までの計算領域を接続し、同時に津波遡上シミュレーションを実施した 時間：計算時間間隔は全ての計算領域で一定とした
Manningの粗度係数 n	小谷ほか(1998)を参考にして土地利用により設定した 海域・河川域：0.025 田畑域（荒地含む）：0.020 森林域（果樹園・防潮林含む）：0.030 低密度居住区（建物密度20%未満の人工地）：0.040 中密度居住区（建物密度20～50%）：0.060 高密度居住区（建物密度50%以上）：0.080
波源モデル	修正藤井・佐竹モデル(Ver. 4.0)
地盤変形量計算	Mansinha and Smylie(1971)の方法による
計算時間	地震発生から3hr
計算時間間隔	0.1s～0.4s
潮位条件	H23.3.11 15時の潮位よりT.P.-0.46mを設定
対象地形	H16年LPデータによる地盤変動を考慮した地形

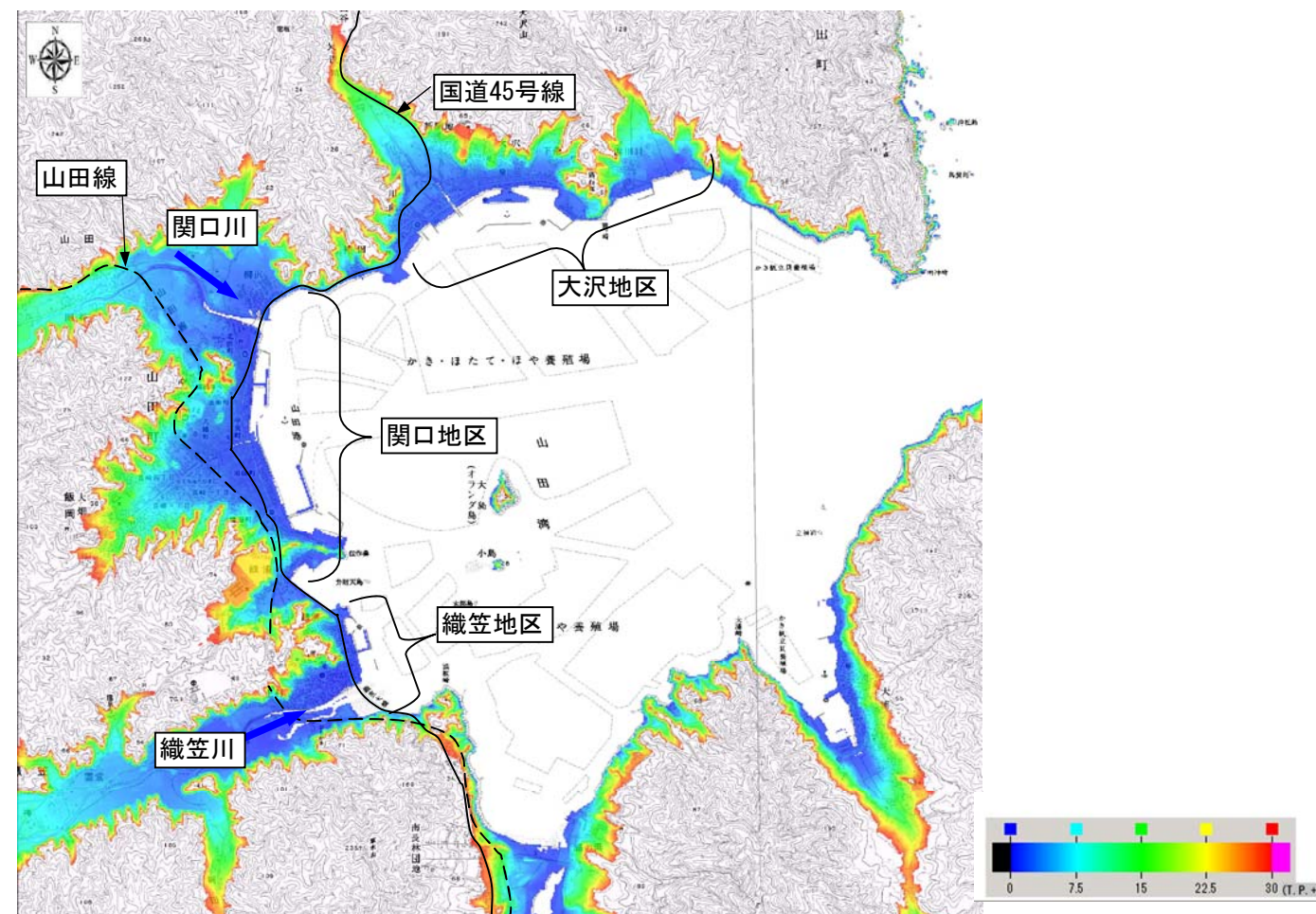


図1.2 主な施設位置と地盤高（震災前）

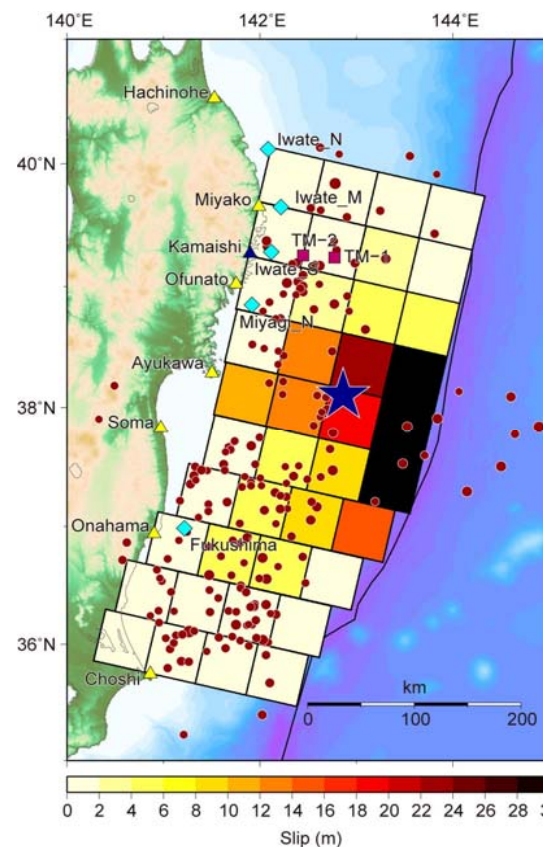


図2.1 波源モデル

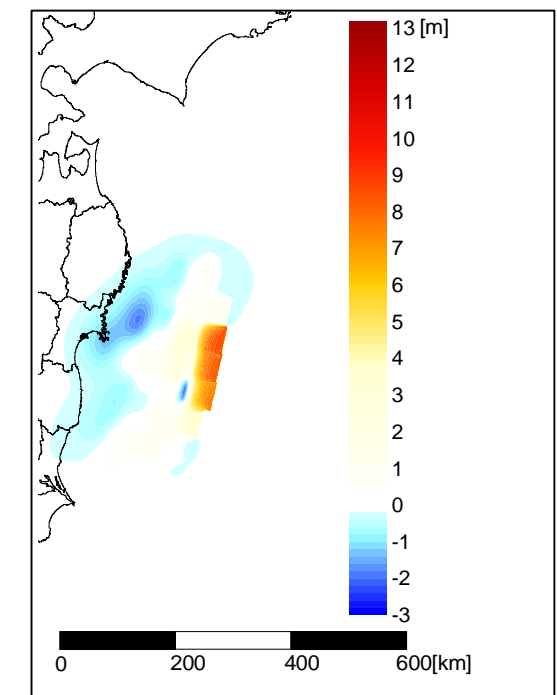
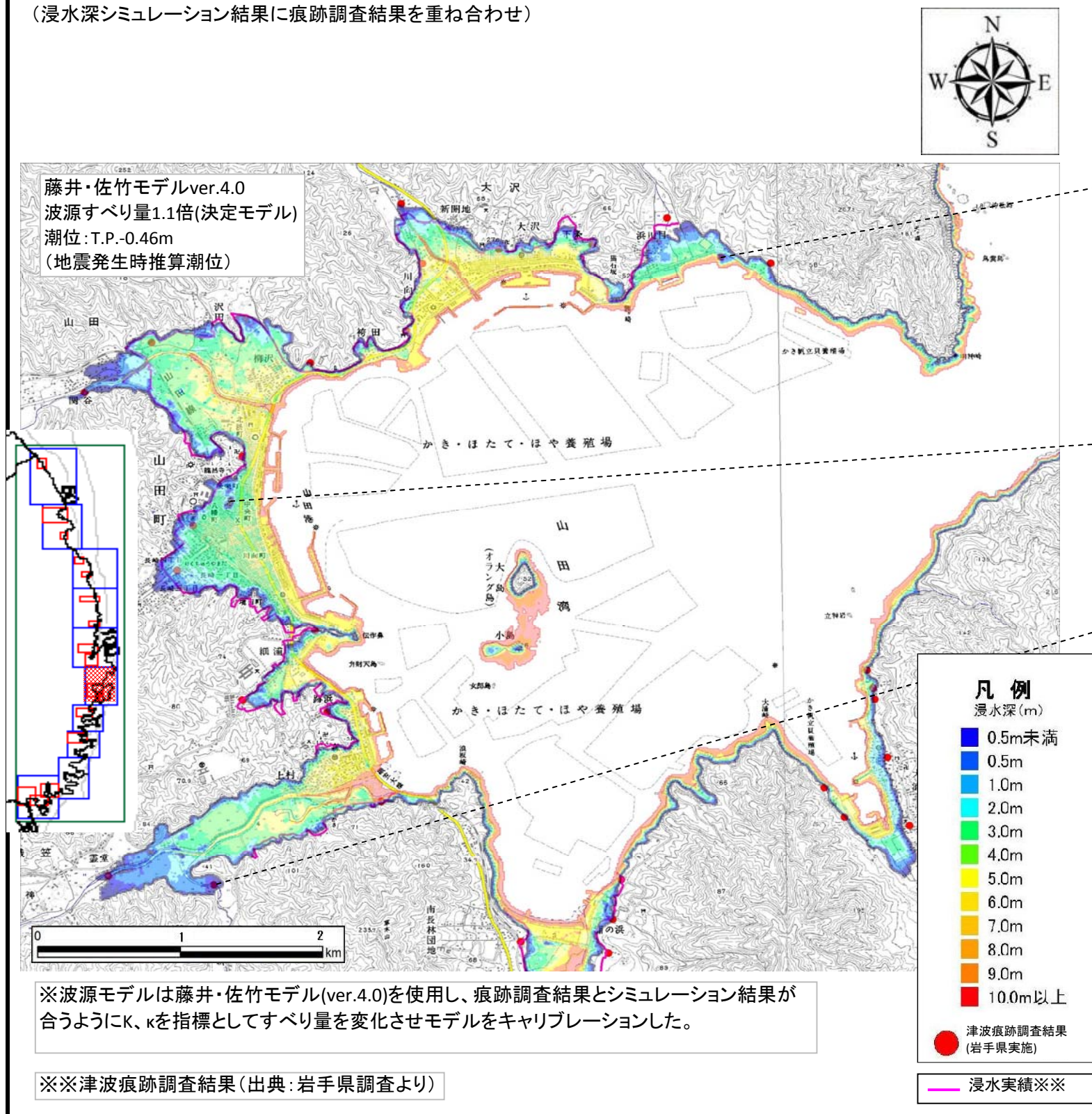
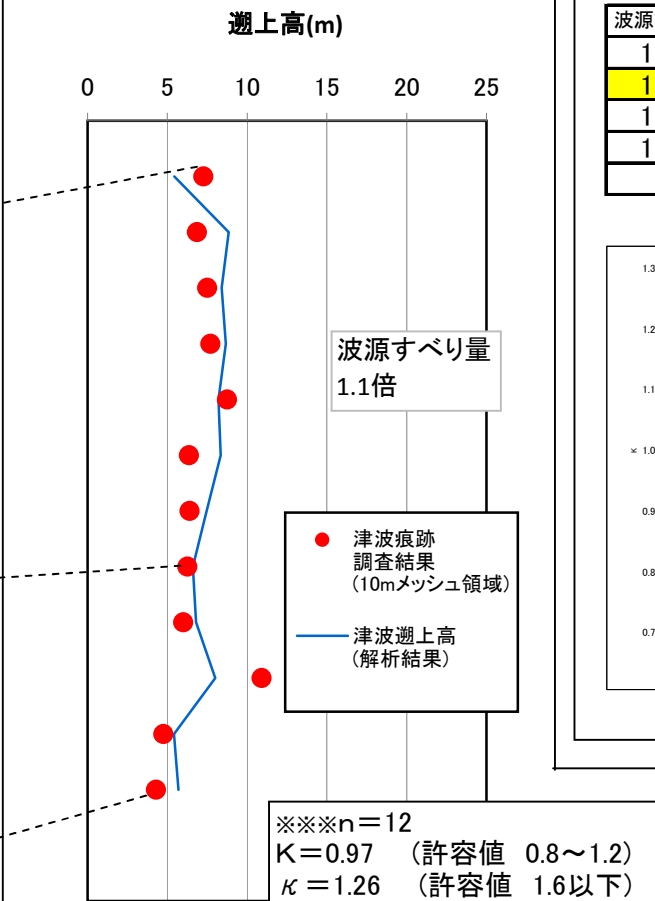


図2.2 地盤変動量分布（初期水位分布）

(浸水深シミュレーション結果に痕跡調査結果を重ね合わせ)

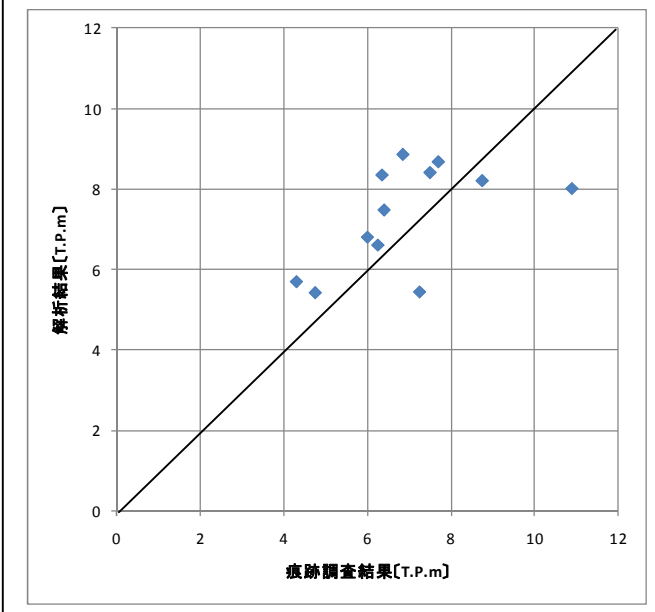
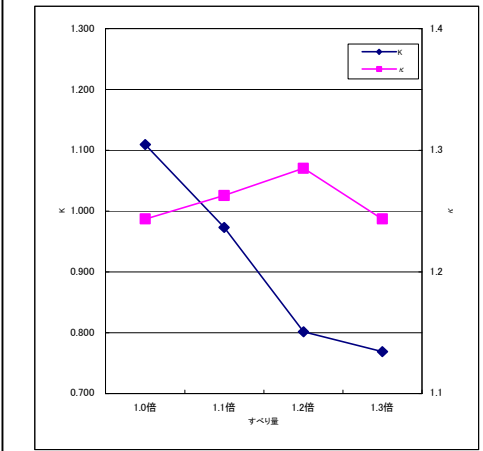


(津波最大遡上高)



(キャリブレーション結果)

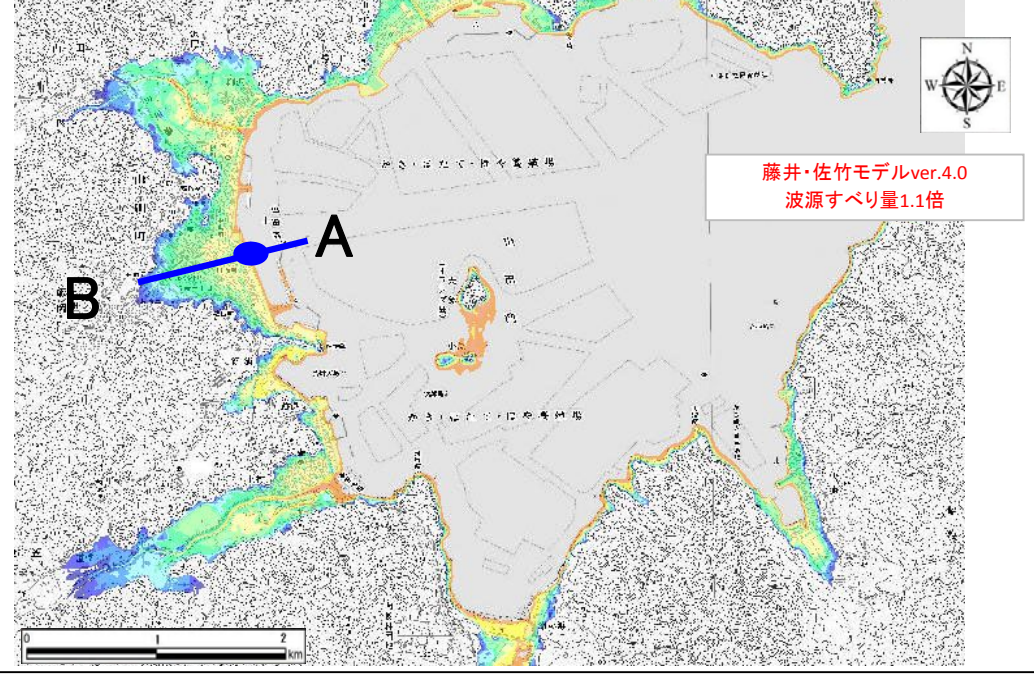
波源すべり量	K	κ
1.0倍	1.109	1.243327
1.1倍	0.973	1.262632
1.2倍	0.802	1.28518
1.3倍	0.769	1.243469



再現結果(施設あり)

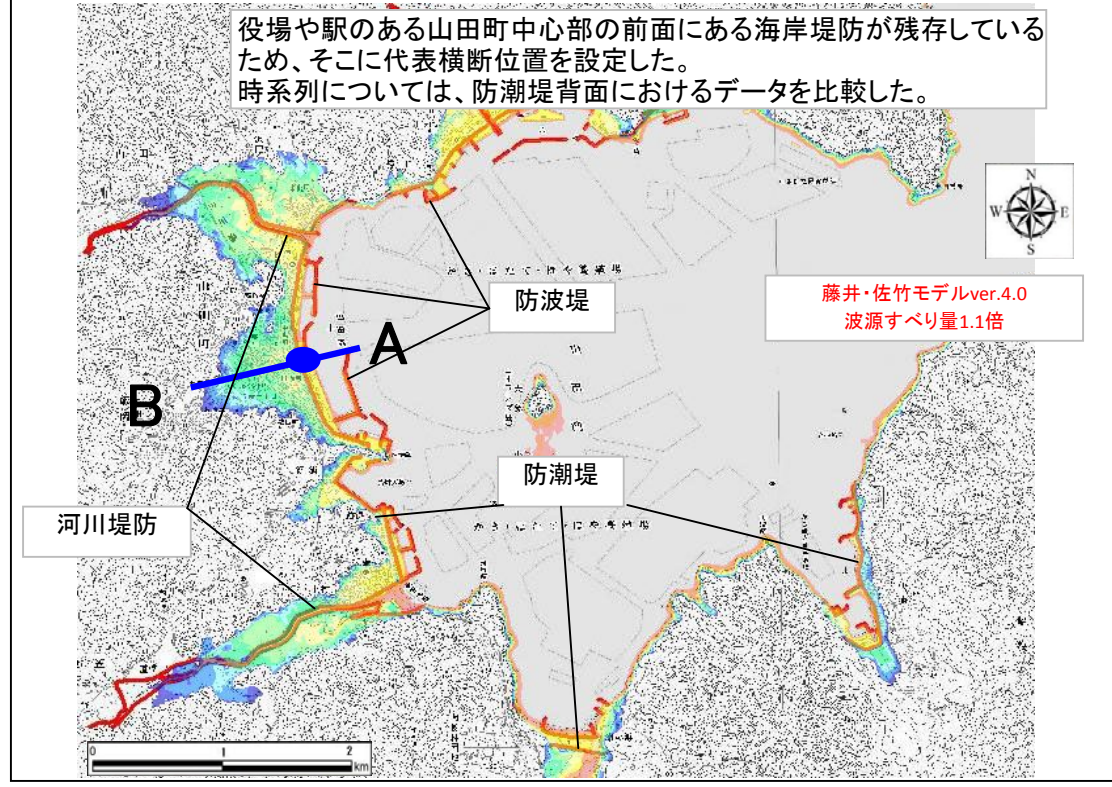
被害状況区分 ①壊滅的な被害を受け、集落、都市機能をほとんど喪失した地域

代表横断位置の設定については、施設あり・なしの比較ができるよう、津波により倒壊せずに残存している津波防御施設を含むように設定した。

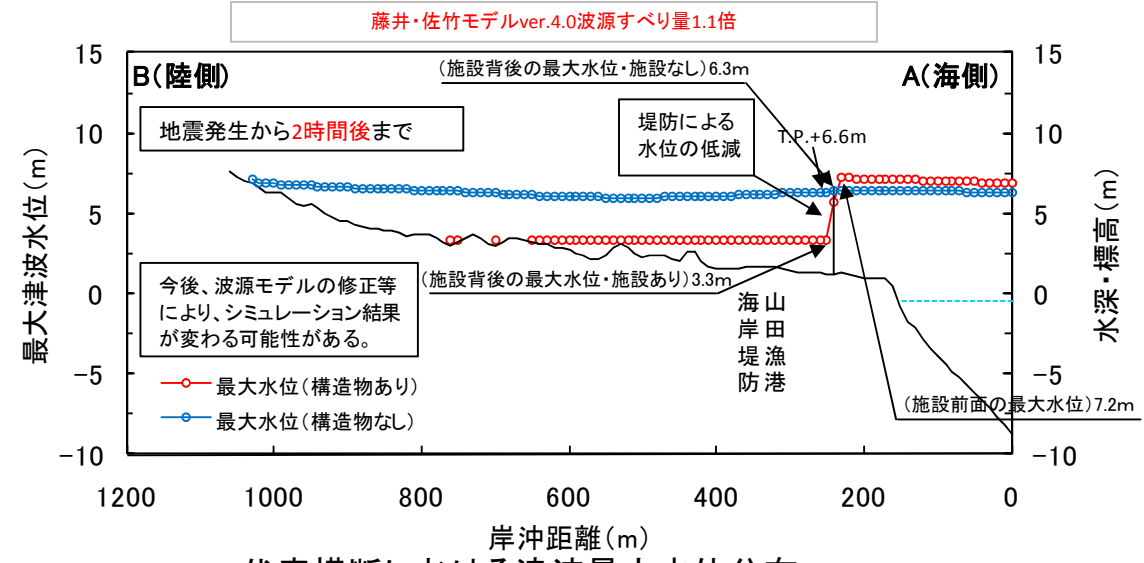


浸水深平面分布図(施設なし)、浸水面積328ha

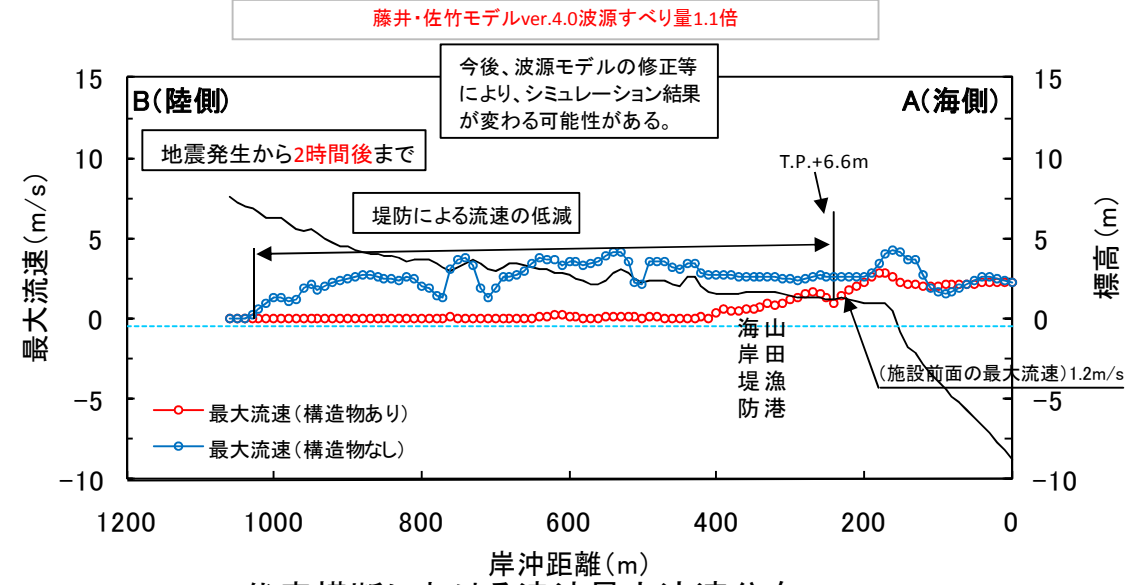
役場や駅のある山田町中心部の前面にある海岸堤防が残存しているため、そこに代表横断位置を設定した。時系列については、防潮堤背面におけるデータを比較した。



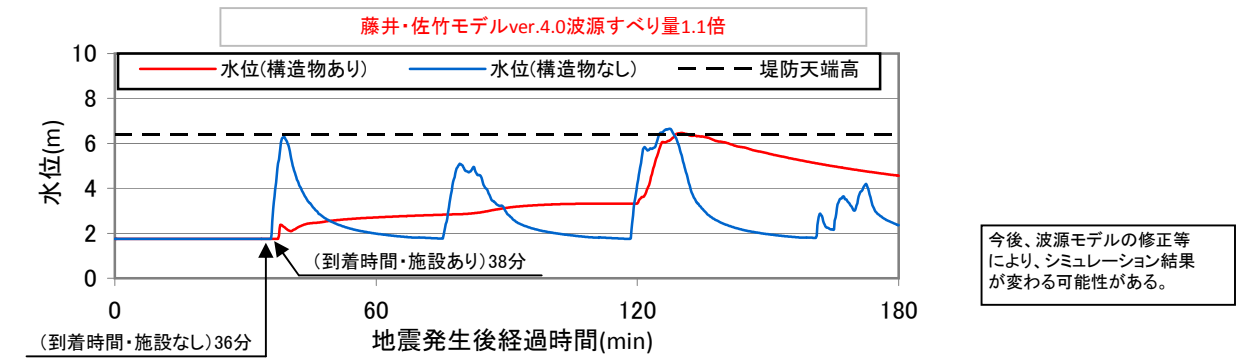
浸水深平面分布図(施設あり)、浸水面積319ha ※施設を赤線で示



代表横断における津波最大水位分布



代表横断における津波最大流速分布



施設背後陸側における浸水深時系列分布

4. 対象津波の選定

4.1 大沢漁港海岸

大沢漁港海岸における既往津波の痕跡高及び海岸線における津波再現予測計算による最大津波水位をグラフに整理した。(図4.1.1 参照)

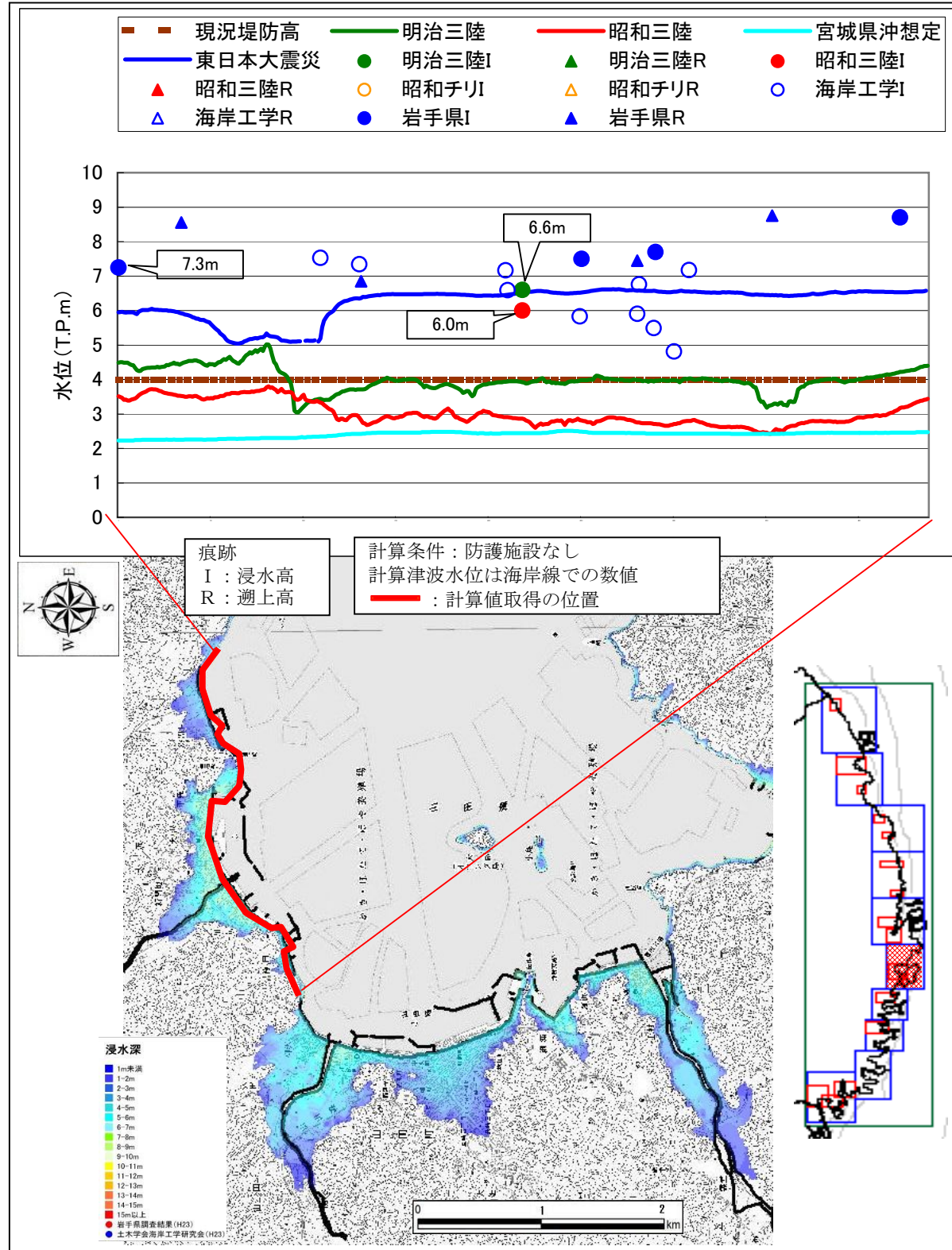


図4.1.1 既往津波の痕跡水位及び再現計算による最大津波水位

既往津波の痕跡高及び再現予測計算による最大津波水位を地区毎に整理し、最大値を評価値とした。その結果、大沢漁港海岸では、既往最大津波は東日本大震災津波を選定し、既往第二位津波は明治三陸沖地震津波を選定した。(表4.1.1、図4.1.2参照)

表4.1.1 既往津波別、地区毎の最大津波水位

	痕跡高					計算値				
	1611 慶長三陸	1896 明治三陸	1933 昭和三陸	1960 昭和チリ	2011 平成3.11	1896 明治三陸	1933 昭和三陸	1960 昭和チリ	想定宮城	2011 平成3.11
大沢地区	-	6.6	6.0	-	7.3	5.0	3.8	-	2.5	6.6
平均值	-	6.6	6.0	-	7.3	5.0	3.8	-	2.5	6.6
最大値	-	6.6	6.0	-	7.3	5.0	3.8	-	2.5	6.6
最小値	-	6.6	6.0	-	7.3	5.0	3.8	-	2.5	6.6
評価値	-	6.6	6.0	-	7.3	5.0	3.8	-	2.5	6.6

出典：痕跡高は東北大災害制御研究センター津波工学研究室「津波痕跡データベース」を引用
ただし、チリ地震津波の痕跡は、日本被害津波総覧(第2版)にて補足。
平成3.11津波は、岩手県調査及び東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ調査結果。

計算条件：防護施設なし
計算津波水位は海岸線での数値

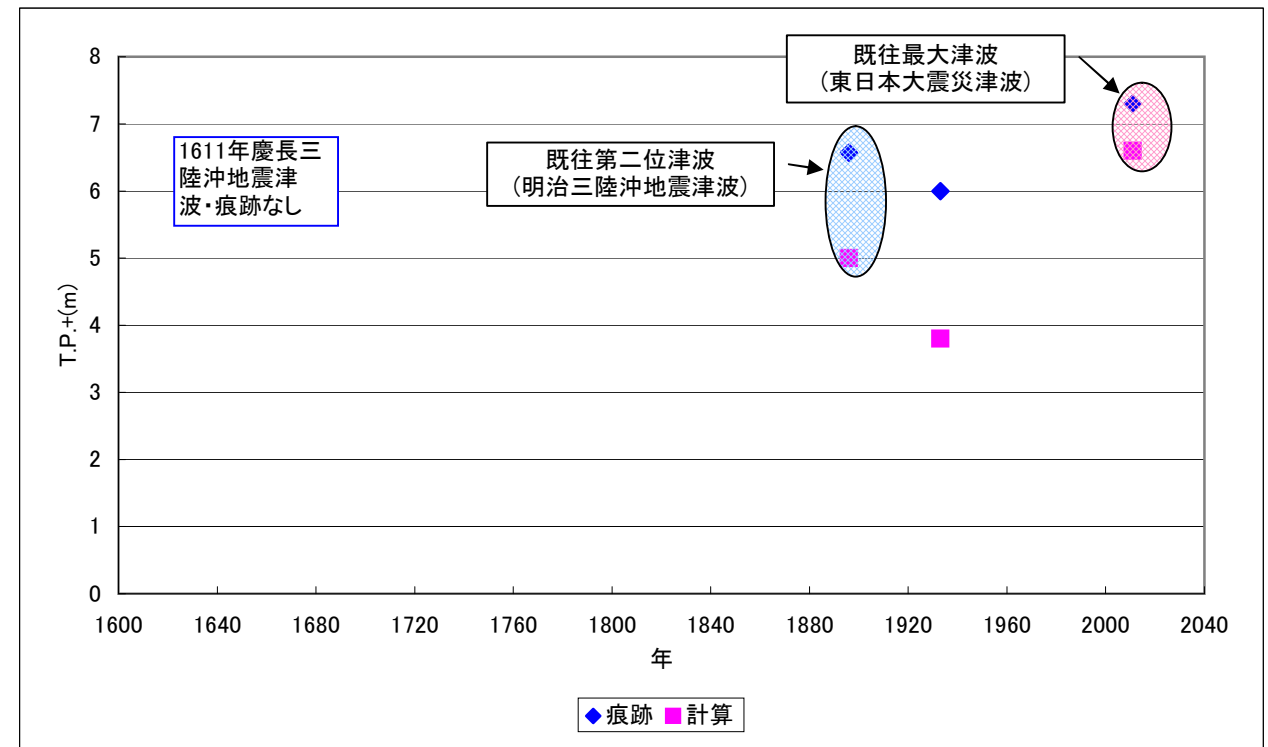


図4.1.2 対象津波の判定

- 既往最大津波：東日本大震災津波
- 既往第二位津波：明治三陸沖地震津波

4.2 山田漁港海岸

山田漁港海岸における既往津波の痕跡高及び海岸線における津波再現予測計算による最大津波水位をグラフに整理した。(図4.2.1参照)

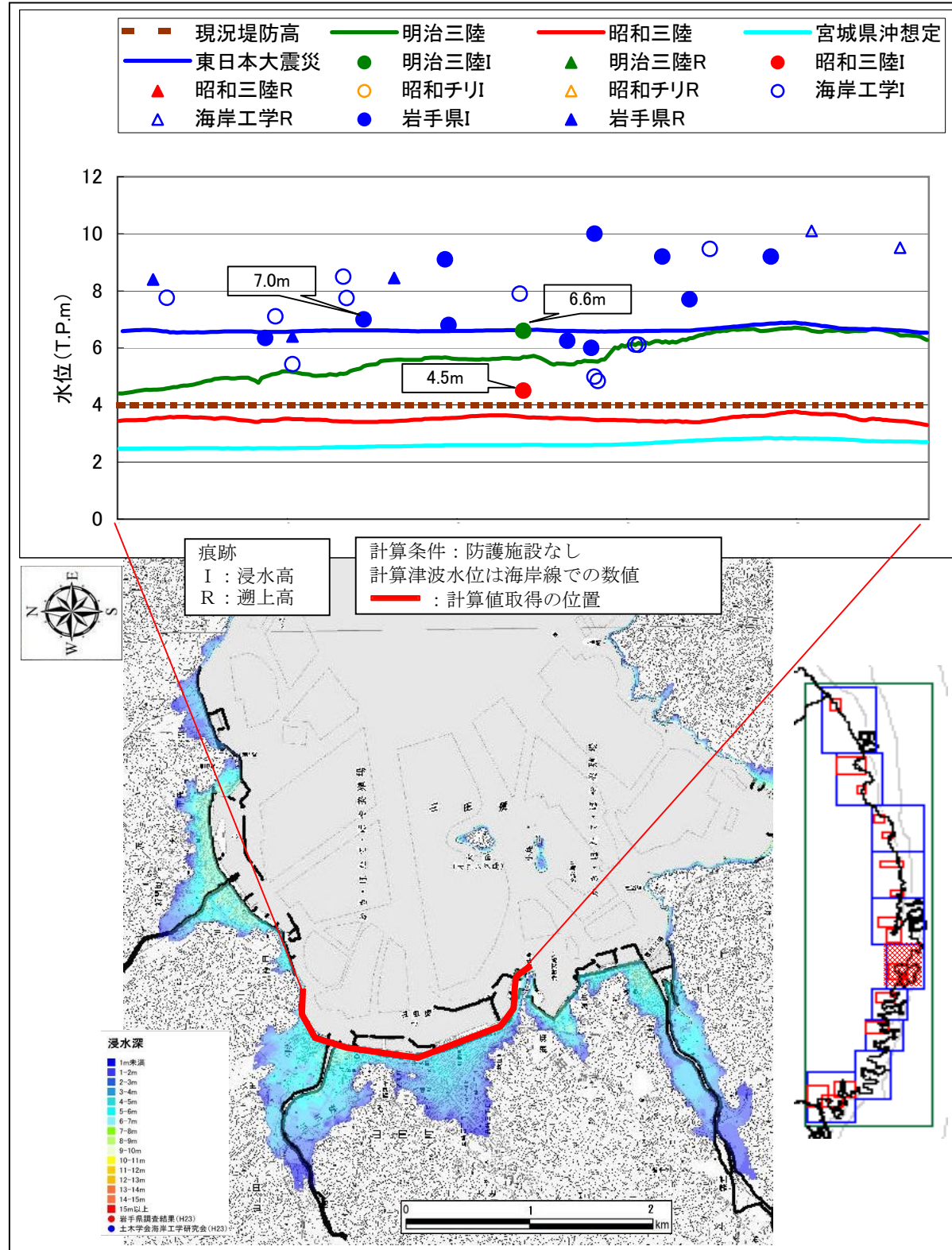


図4.2.1 既往津波の痕跡水位及び再現計算による最大津波水位

既往津波の痕跡高及び再現予測計算による最大津波水位を地区毎に整理し、最大値を評価値とした。その結果、山田漁港海岸では、既往最大津波は東日本大震災津波、慶長三陸沖地震津波を選定し、既往第二位津波は明治三陸沖地震津波を選定した。(表4.2.1、図4.2.2参照)

表4.2.1 既往津波別、地区毎の最大津波水位

	痕跡高					計算値				
	1611 慶長三陸	1896 明治三陸	1933 昭和三陸	1960 昭和チリ	2011 平成3.11	1896 明治三陸	1933 昭和三陸	1960 昭和チリ	想定宮城	2011 平成3.11
山田地区	8.1	6.6	4.5	-	7.0	6.7	3.8	-	2.8	6.9
平均值	8.1	6.6	4.5	-	7.0	6.7	3.8	-	2.8	6.9
最大値	8.1	6.6	4.5	-	7.0	6.7	3.8	-	2.8	6.9
最小値	8.1	6.6	4.5	-	7.0	6.7	3.8	-	2.8	6.9
評価値	8.1	6.6	4.5	-	7.0	6.7	3.8	-	2.8	6.9

出典：痕跡高は東北大災害制御研究センター津波工学研究室「津波痕跡データベース」を引用
ただし、チリ地震津波の痕跡は、日本被害津波総覧(第2版)にて補足。
平成3.11津波は、岩手県調査及び東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ調査結果。
計算条件：防護施設なし
計算津波水位は海岸線での数値

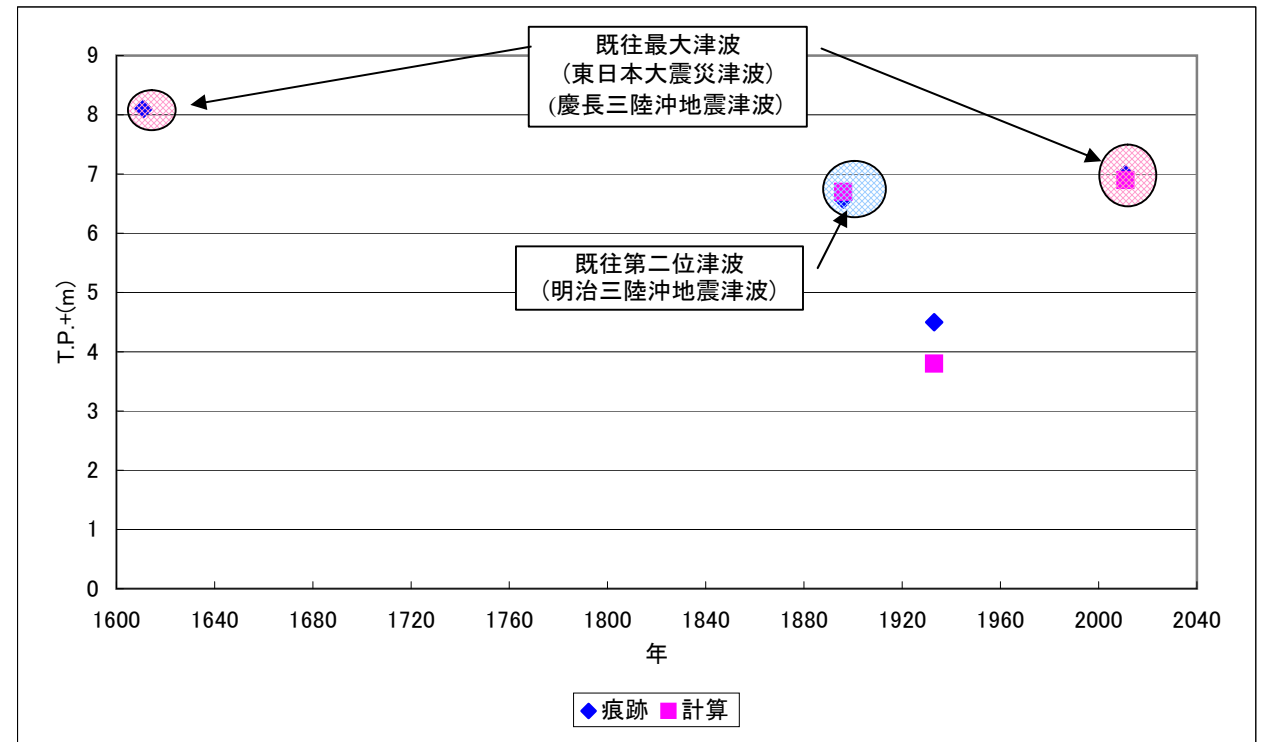


図4.2.2 対象津波の判定

- 既往最大津波：東日本大震災津波、慶長三陸沖地震津波
- 既往第二位津波：明治三陸沖地震津波

4.3 織笠漁港海岸

織笠漁港海岸における既往津波の痕跡高及び海岸線における津波再現予測計算による最大津波水位をグラフに整理した。(図4.3.1参照)

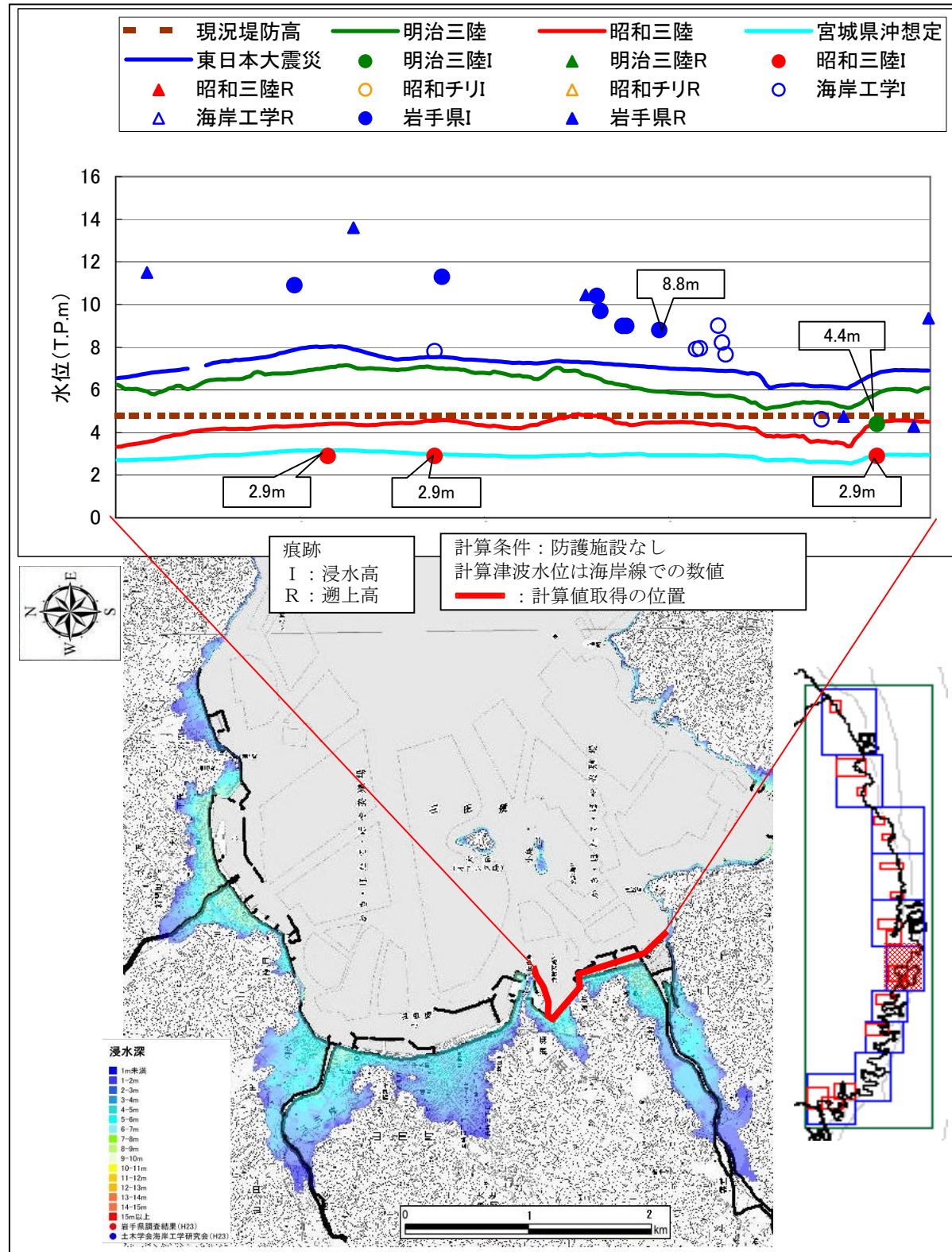


図4.3.1 既往津波の痕跡水位及び再現計算による最大津波水位

既往津波の痕跡高及び再現予測計算による最大津波水位を地区毎に整理し、最大値を評価値とした。その結果、織笠漁港海岸では、既往最大津波は東日本大震災津波、慶長三陸沖地震津波を選定し、既往第二位津波は明治三陸沖地震津波を選定した。(表4.3.1、図4.3.2参照)

表4.3.1 既往津波別、地区毎の最大津波水位

	痕跡高					計算値				
	1611 慶長三陸	1896 明治三陸	1933 昭和三陸	1960 昭和チリ	2011 平成3.11	1896 明治三陸	1933 昭和三陸	1960 昭和チリ	想定宮城	2011 平成3.11
織笠地区	6.0	4.4	2.9	-	8.8	7.2	4.9	-	3.2	8.0
平均值	6.0	4.4	2.9	-	8.8	7.2	4.9	-	3.2	8.0
最大値	6.0	4.4	2.9	-	8.8	7.2	4.9	-	3.2	8.0
最小値	6.0	4.4	2.9	-	8.8	7.2	4.9	-	3.2	8.0
評価値	6.0	4.4	2.9	-	8.8	7.2	4.9	-	3.2	8.0

出典：痕跡高は東北大災害制御研究センター津波工学研究室「津波痕跡データベース」を引用
ただし、チリ地震津波の痕跡は、日本被害津波総覧(第2版)にて補足。
平成3.11津波は、岩手県調査及び東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ調査結果。

計算条件：防護施設なし
計算津波水位は海岸線での数値

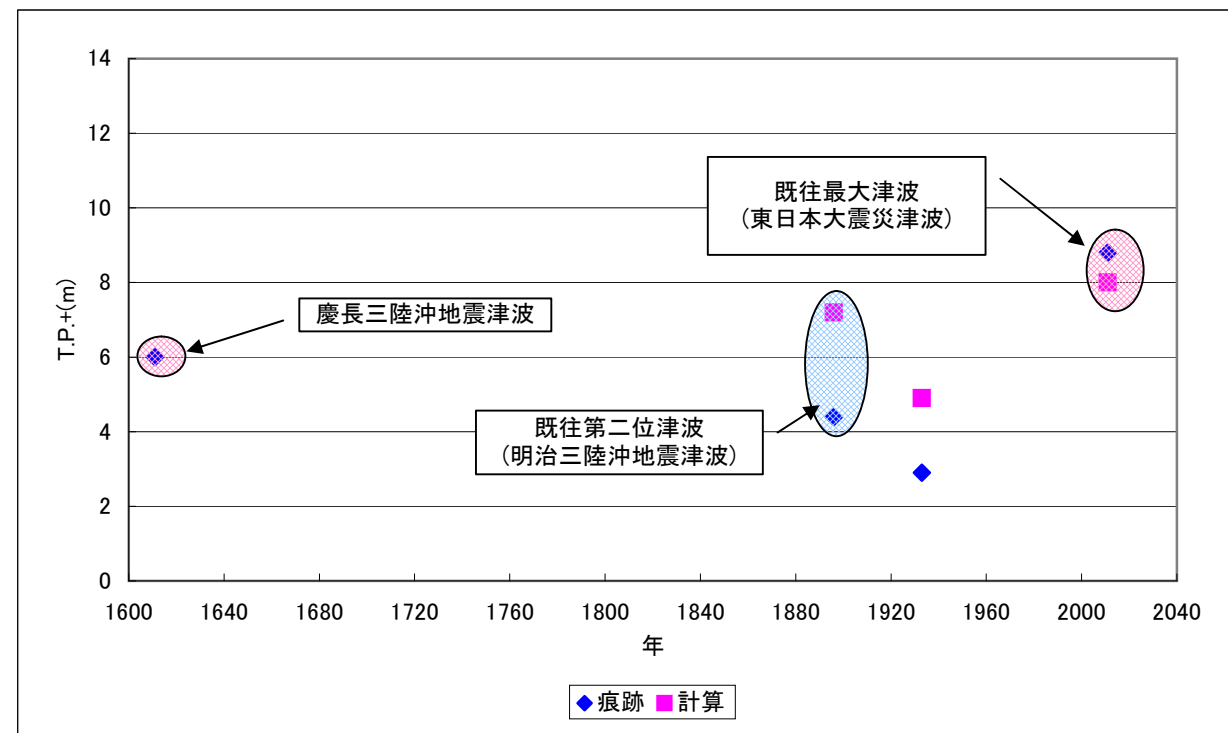


図4.3.2 対象津波の判定

- 既往最大津波：東日本大震災津波、慶長三陸沖地震津波
- 既往第二位津波：明治三陸沖地震津波

5. 施設高（防潮堤高）の検討

大沢漁港海岸

5.1 大沢漁港海岸の施設高検討

5.1.1 既往第一位津波に対して「越流させない」海岸保全施設の検討

既往最大津波は東日本大震災を選定し、この津波での壁立て計算（海岸保全施設の高さを無限大）により「越流させない」海岸保全施設の高さを検討した。

波源：東日本大震災津波

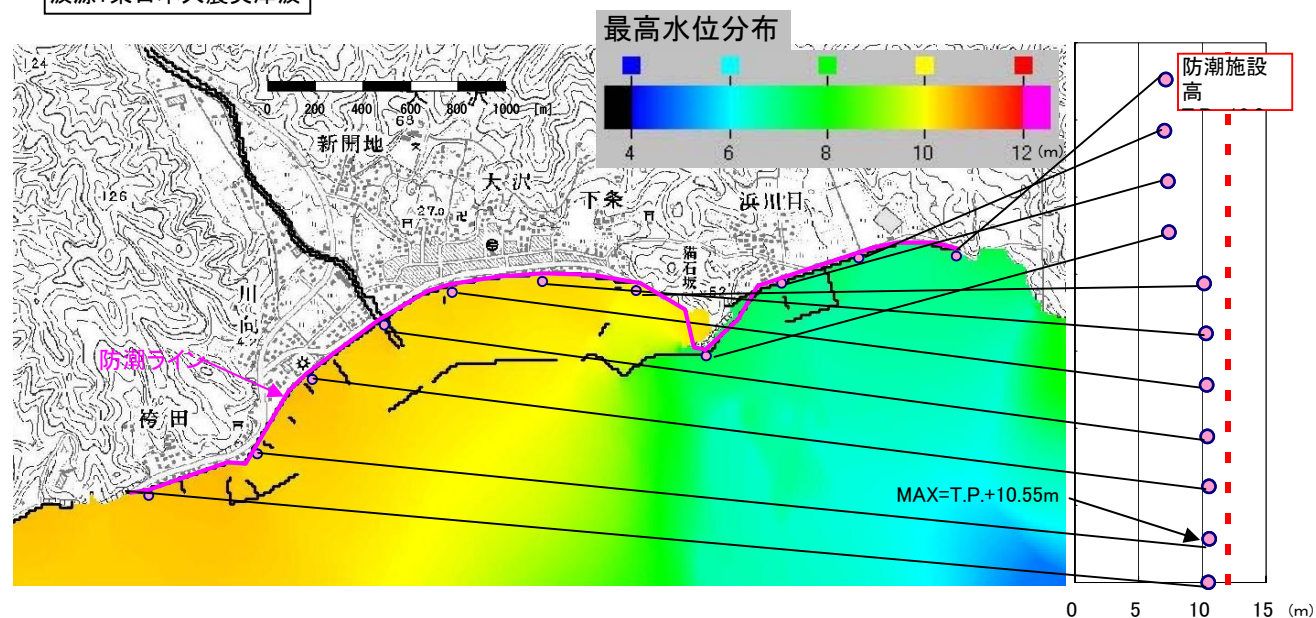
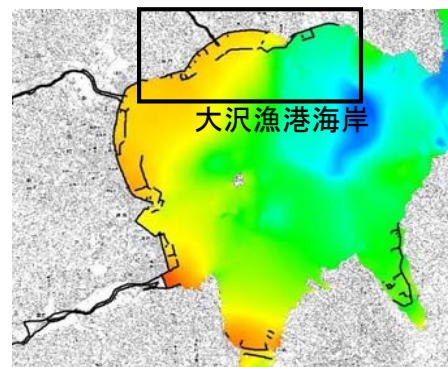


図5.1.1 既往最大津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往最大津波水位の最大値はT.P.+10.55mであった。(図2.1参照)
地震時における地盤の沈下分の考慮(一律+1m)及び0.5単位での切り上げ行い、
最大津波水位に対して越流させない海岸保全施設の高さをT.P.+12.0mとした。
[10.55+1.0=11.55→12.0m]

計算条件 波源：2011東日本大震災津波(修正藤井佐竹モデルver.4、すべり量1.1倍)
潮位：朔望平均満潮位 T.P.+0.69m
地盤変位：電子基準点の変動量(山田-0.54m)



山田湾水位分布

5.1.2 既往第二位津波に対して「越流させない」海岸保全施設の検討

既往第二位津波は明治三陸地震を選定し、この津波での壁立て計算（海岸保全施設の高さを無限大）により「越流させない」海岸保全施設の高さを検討した。

波源：明治三陸地震津波

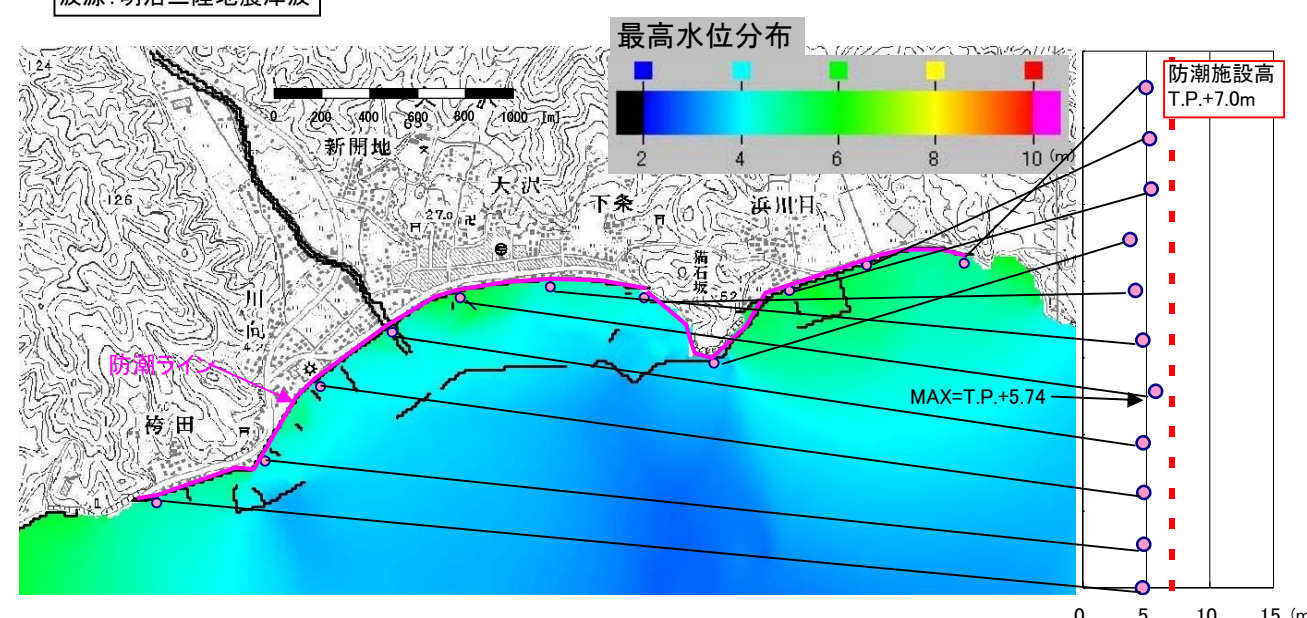
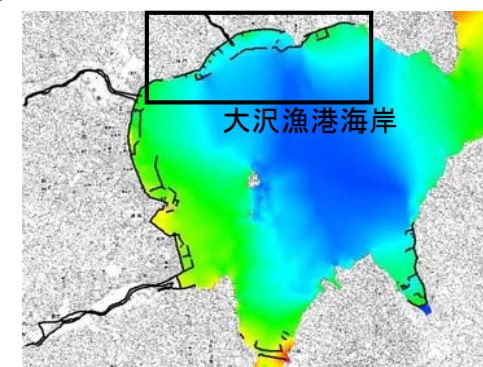


図5.1.2 既往第二位津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往第二位津波水位の最大値はT.P.+5.74mであった。(図2.2参照)
地震時における地盤の沈下分の考慮(一律+1m)及び0.5単位での切り上げ行い、
最大津波水位に対して越流させない海岸保全施設の高さをT.P.+7.0mとした。
[5.74+1.0=6.74→7.0m]

計算条件 波源：1896明治三陸津波(修正Tanioka and Satake(1996)、すべり量1.81倍)
潮位：朔望平均満潮位 T.P.+0.69m
地盤変位：Mansinha and Smylie(1971)の方法による。
(出典：平成16年 岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査に関する報告書(概要版)、II-26, II-32)



山田湾水位分布

5.2 山田漁港海岸の施設高検討

5.2.1 既往第一位津波に対して「越流させない」海岸保全施設の検討

既往最大津波は東日本大震災を選定し、この津波での壁立て計算(海岸保全施設の高さを無限大)により「越流させない」海岸保全施設の高さを検討した。

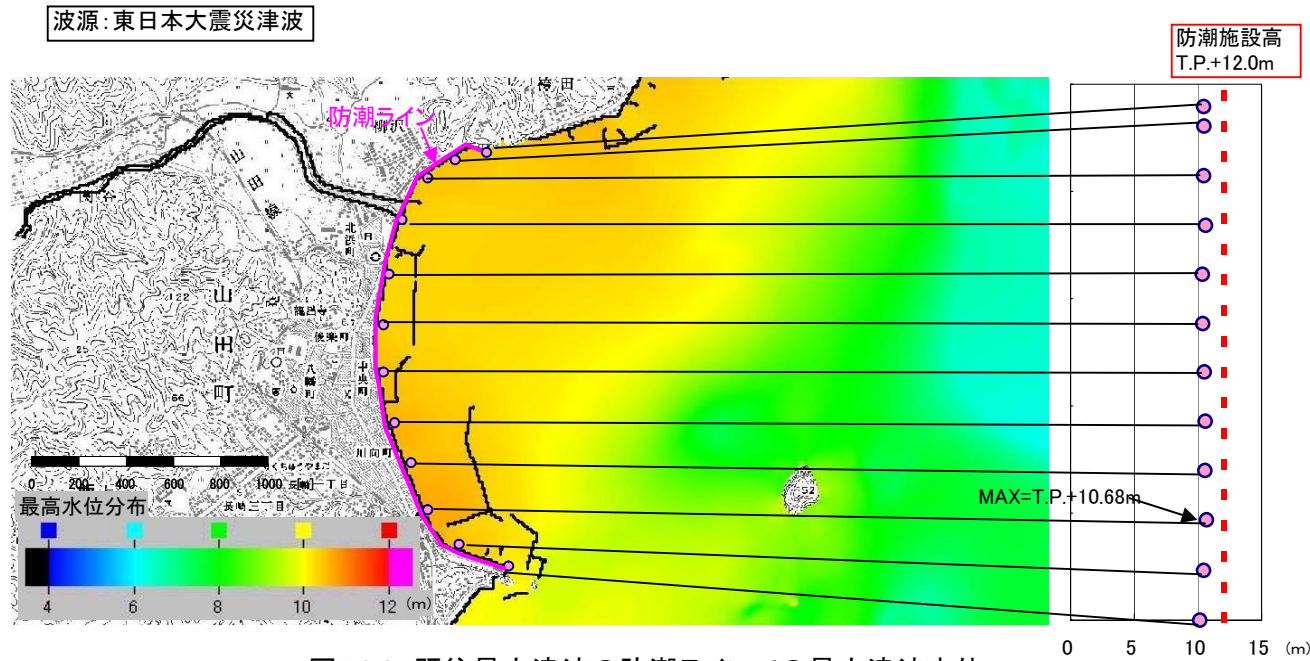
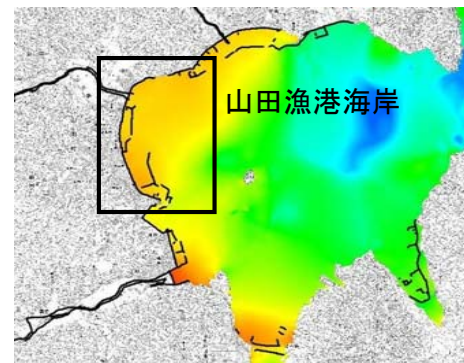


図5.2.1 既往最大津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往最大津波水位の最大値はT.P.+10.68mであった。(図2.1参照)
地震時における地盤の沈下分の考慮(一律+1m)及び0.5単位での切り上げ行い、
最大津波水位に対して越流させない海岸保全施設の高さをT.P.+12.0mとした。
[10.68+1.0=11.68→12.0m]

計算条件 波源:2011東日本大震災津波(修正藤井佐竹モデルver.4、すべり量1.1倍)
潮位:朔望平均満潮位 T.P.+0.69m
地盤変位:電子基準点の変動量(山田-0.54m)



山田湾水位分布

5.2.2 既往第二位津波に対して「越流させない」海岸保全施設の検討

既往第二位津波は明治三陸地震を選定し、この津波での壁立て計算(海岸保全施設の高さを無限大)により「越流させない」海岸保全施設の高さを検討した。

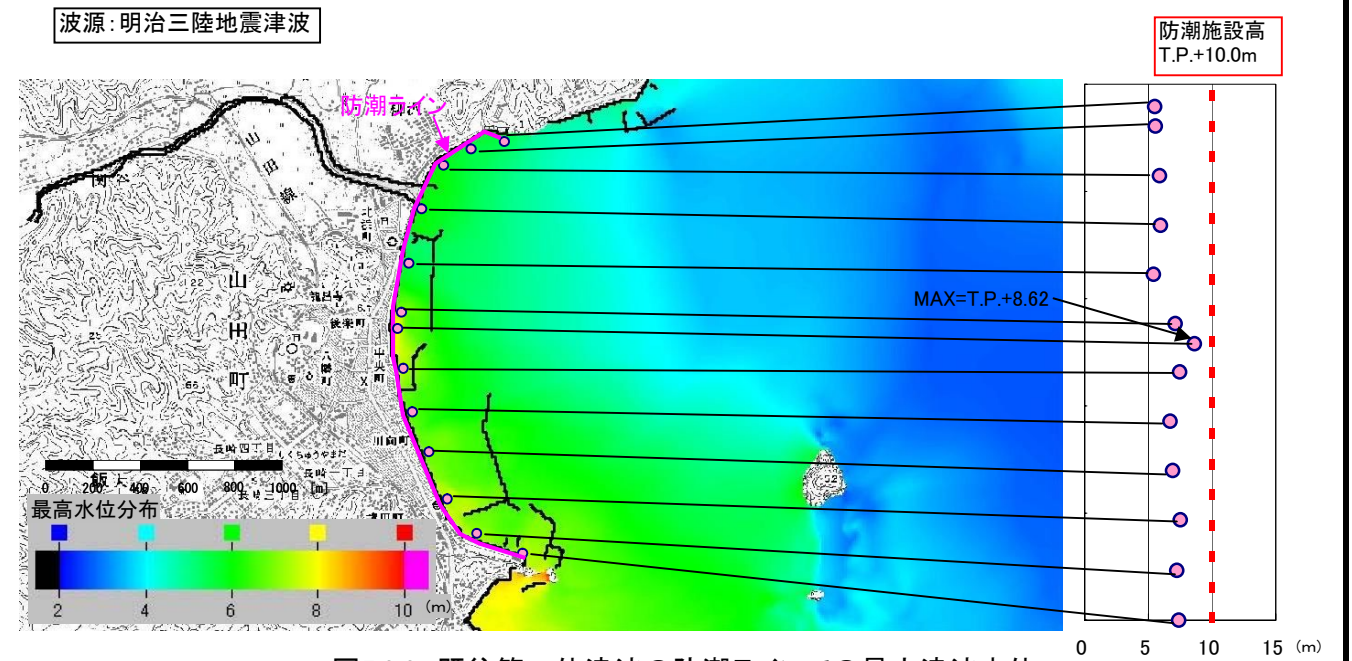
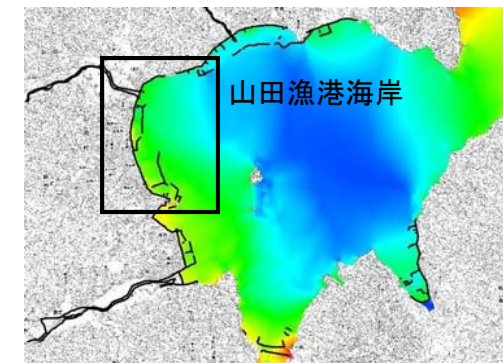


図5.2.2 既往第二位津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往第二位津波水位の最大値はT.P.+8.62mであった。(図2.2参照)
地震時における地盤の沈下分の考慮(一律+1m)及び0.5単位での切り上げ行い、
最大津波水位に対して越流させない海岸保全施設の高さをT.P.+10.0mとした。
[8.62+1.0=9.62→10.0m]

計算条件 波源:1896明治三陸津波(Tanioka and Satake(1996)、すべり量1.81倍)
潮位:朔望平均満潮位 T.P.+0.69m
地盤変位:Mansinha and Smylie(1971)の方法による。
(出典:平成16年 岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査に関する報告書(概要版)、II-26, II-32)



山田湾水位分布

5.3 織笠漁港海岸の施設高検討

5.3.1 既往第一位津波に対して「越流させない」海岸保全施設の検討

既往最大津波は東日本大震災を選定し、この津波での壁立て計算(海岸保全施設の高さを無限大)により「越流させない」海岸保全施設の高さを検討した。

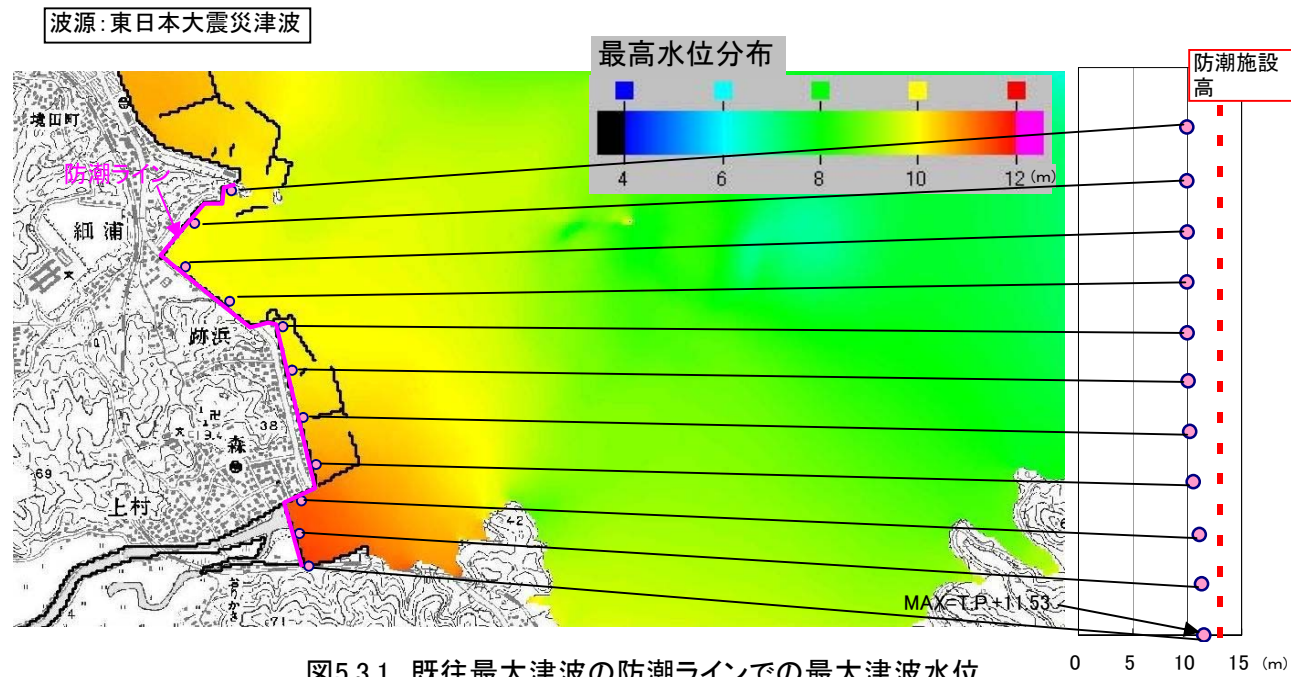
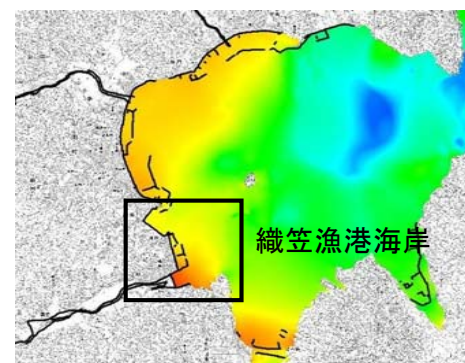


図5.3.1 既往最大津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往最大津波水位の最大値はT.P.+11.53mであった。(図2.1参照)
地震時における地盤の沈下分の考慮(一律+1m)及び0.5単位での切り上げ行い、
最大津波水位に対して越流させない海岸保全施設の高さをT.P.+13.0mとした。
[11.53+1.0=12.53→13.0m]

計算条件 波源:2011東日本大震災津波(修正藤井佐竹モデルver.4、すべり量1.1倍)
潮位:朔望平均満潮位 T.P.+0.69m
地盤変位:電子基準点の変動量(山田-0.54m)



山田湾水位分布

5.3.2 既往第二位津波に対して「越流させない」海岸保全施設の検討

既往第二位津波は明治三陸地震を選定し、この津波での壁立て計算(海岸保全施設の高さを無限大)により「越流させない」海岸保全施設の高さを検討した。

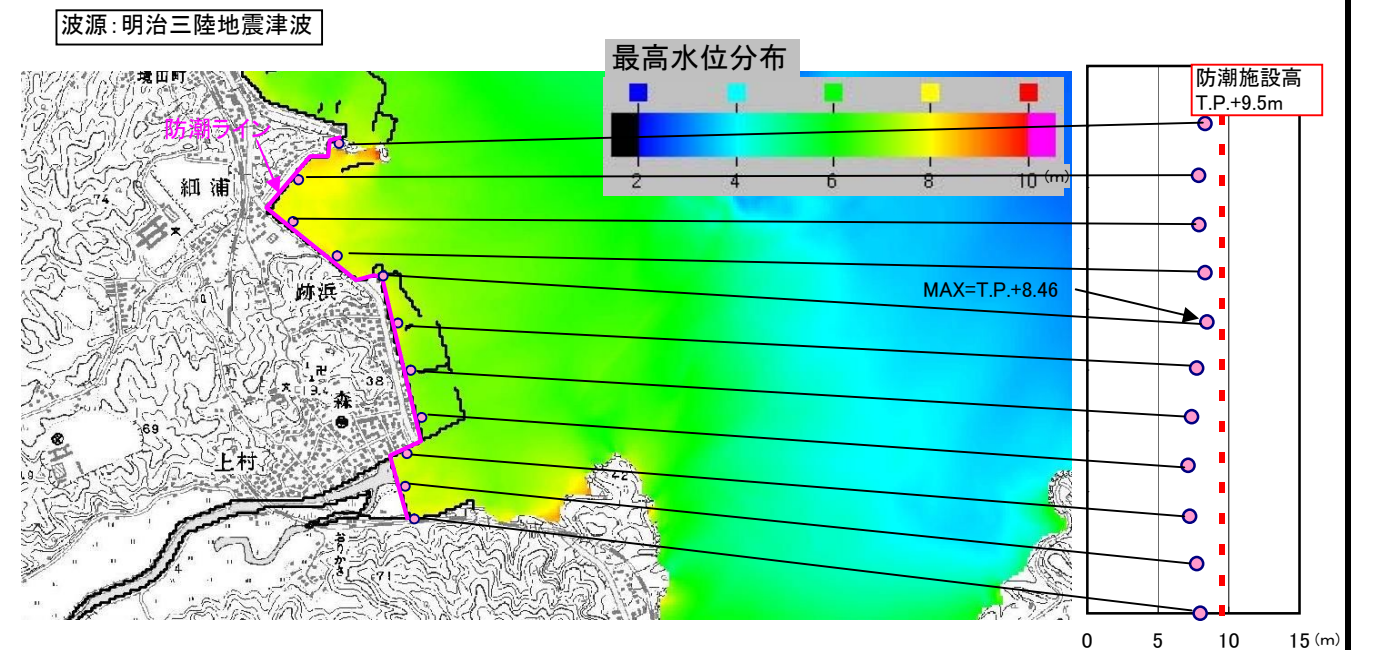
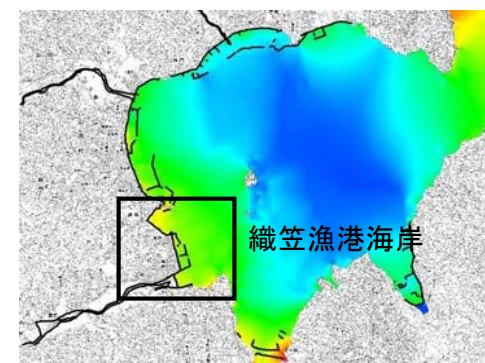


図5.3.2 既往第二位津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往第二位津波水位の最大値はT.P.+8.46mであった。(図2.2参照)
地震時における地盤の沈下分の考慮(一律+1m)及び0.5単位での切り上げ行い、
最大津波水位に対して越流させない海岸保全施設の高さをT.P.+9.5mとした。
[8.46+1.0=9.46→9.5m]

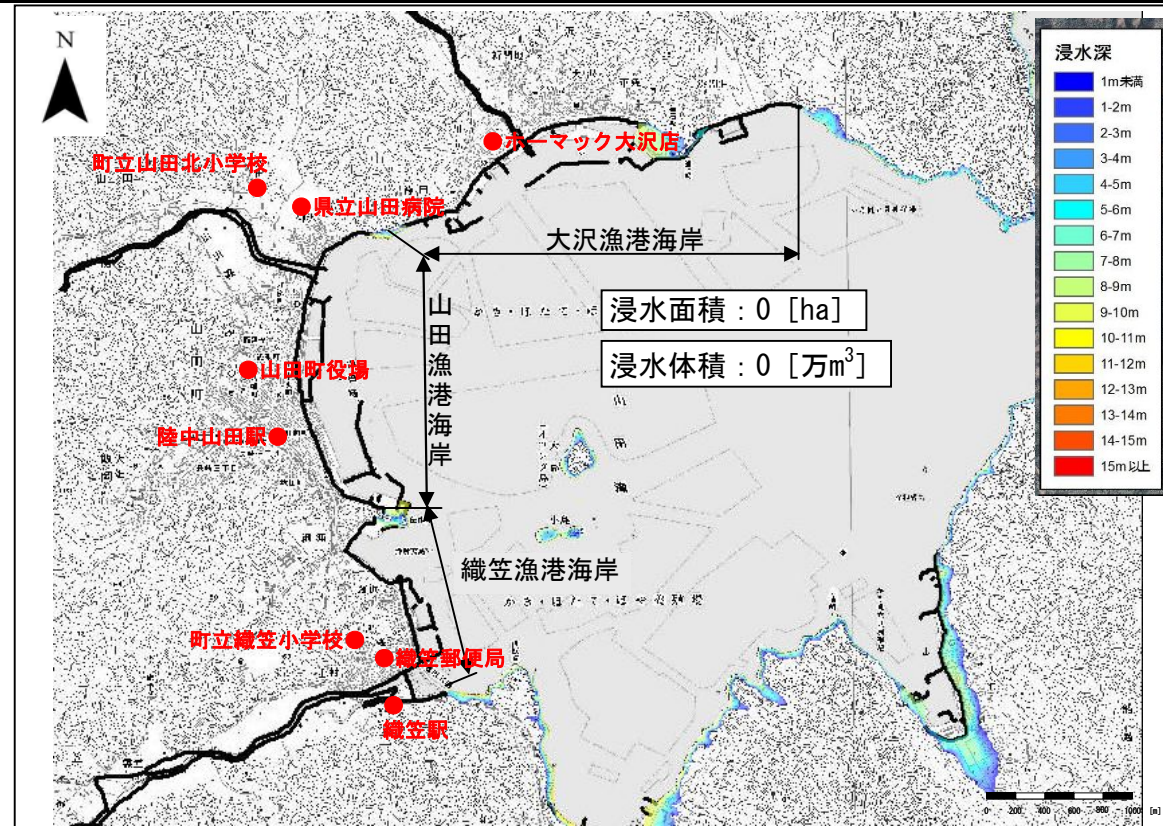
計算条件 波源:1896明治三陸津波(Tanioka and Satake(1996)、すべり量1.81倍)
潮位:朔望平均満潮位 T.P.+0.69m
地盤変位:Mansinha and Smylie(1971)の方法による。
(出典:平成16年 岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査に関する報告書(概要版)、II-26,II-32)



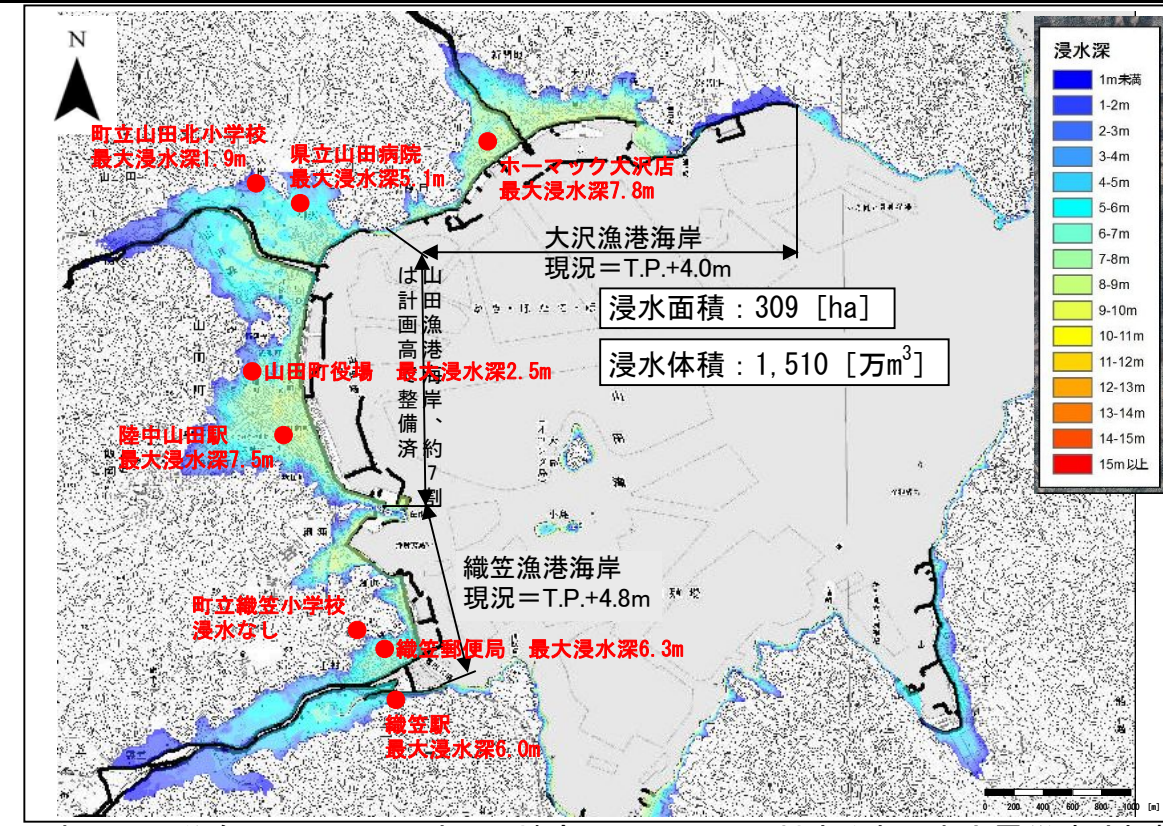
山田湾水位分布

5.4 結果一覧

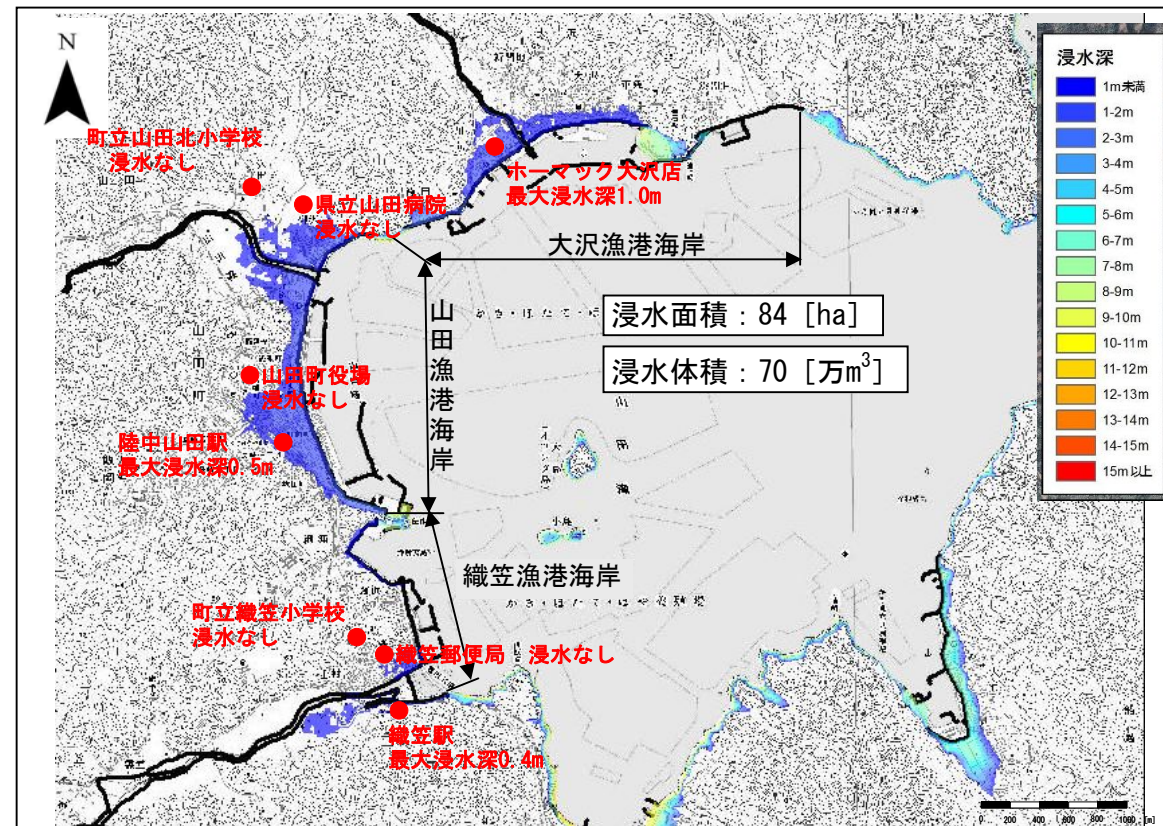
検討Case 対象津波	既往最大津波			既往第二位津波		
	2011年東日本大震災津波			1896年明治三陸津波		
海岸名	大沢	山田	織笠	大沢	山田	織笠
施設高(防潮堤高) (T.P.+m)	12.0	12.0	13.0	7.0	10.0	9.5
		13.0		10.0		
津波最高水位(T.P.+m) (シミュレーション結果)	10.55	10.68	11.53	5.74	8.62	8.46



浸水深平面分布図 (Case1・東日本大震災津波にて越流しない天端高(T.P.+13.00m))



浸水深平面分布図 (Case3・現計画天端高(T.P.+6.60m)に対する東日本大震災津波規模)



浸水深平面分布図 (Case2・明治三陸津波にて越流しない天端高(T.P.+10.00m)に対する東日本大震災津波規模)

※浸水体積: 浸水区域内の各メッシュの浸水深×面積の合計とした。

計算条件 (各Case共通)

対象津波 (波源モデル);
2011年東日本大震災津波 (藤井佐竹モデル ver4.0) の、すべり量を1.1倍に変化

地形 (標高)、構造物天端高データ;
H16地形データに対し、「国土地理院 各観測点における地盤沈下調査結果 一覧表」の電子基準点の変動量分だけ事前に沈下させておく。(山田:-0.54m)

指定された防護ライン;
大沢漁港海岸、山田漁港海岸、織笠漁港海岸

潮位条件;
朔望平均満潮位 (H16岩手県、宮古港:0.69m)

海岸堤防の構造;
海岸堤防は、最大クラス等の津波による越流に対して決して壊れない構造ではないが、ここでは、越流した場合でも壊れないという条件で計算を行っている。

7.1 計算条件および結果

(1) 計算条件

計算ケース		浸水面積および浸水体積の算定		
		Case1	Case2	Case3
検討目的		「まちづくり」計画のためのシミュレーションを背後地造成範囲を変えて行った。		
		造成範囲: 国道45号からT.P.+8.0m範囲 * 資料2参照	造成範囲: 国道45号から長崎2丁目9号線範囲 * 資料2参照	造成範囲: 国道45号から細浦柳沢線範囲 * 資料2参照
検討地区海岸		山田漁港海岸		
検討資料		山田漁港海岸 資料3		
入力条件	対象津波 (波源モデル)	すべり量の倍率	2011年東日本大震災津波(藤井佐竹モデルver.4.0)のすべり量を割増(1.1倍)	
	地形 (標高) データ	基本データ	H16データ(標高データ)	
		地盤沈下量	H16データを基に、震災直前の地形(標高)データとしているため、電子基準点の沈下量分(山田:-0.54m)沈下させた。背後地造成箇所も同様に沈下量分(山田:-0.54m)沈下させた。	
		地目データ	H16データ(地目データ)	
	構造物 データ	防護ライン の設定	現況=計画、T.P.+6.60m	
		構造物データ全体	H16データを基に、震災直前の天端高データとしているため、電子基準点の沈下量分(山田:-0.54m)沈下させた。なお、防護ラインの天端高に対しても同様に地盤沈下させた。	
	潮位条件	朔望平均満潮位(H16宮古港:T.P.+0.69m)		

(2) 検討結果

計算ケース	浸水面積および浸水体積の算定		
	Case1	Case2	Case3
浸水面積(ha)	147	149	146
浸水体積(万m³)	457	543	540
備考	—	—	—

7.2 各ケース背後地嵩上げ状況陰影図

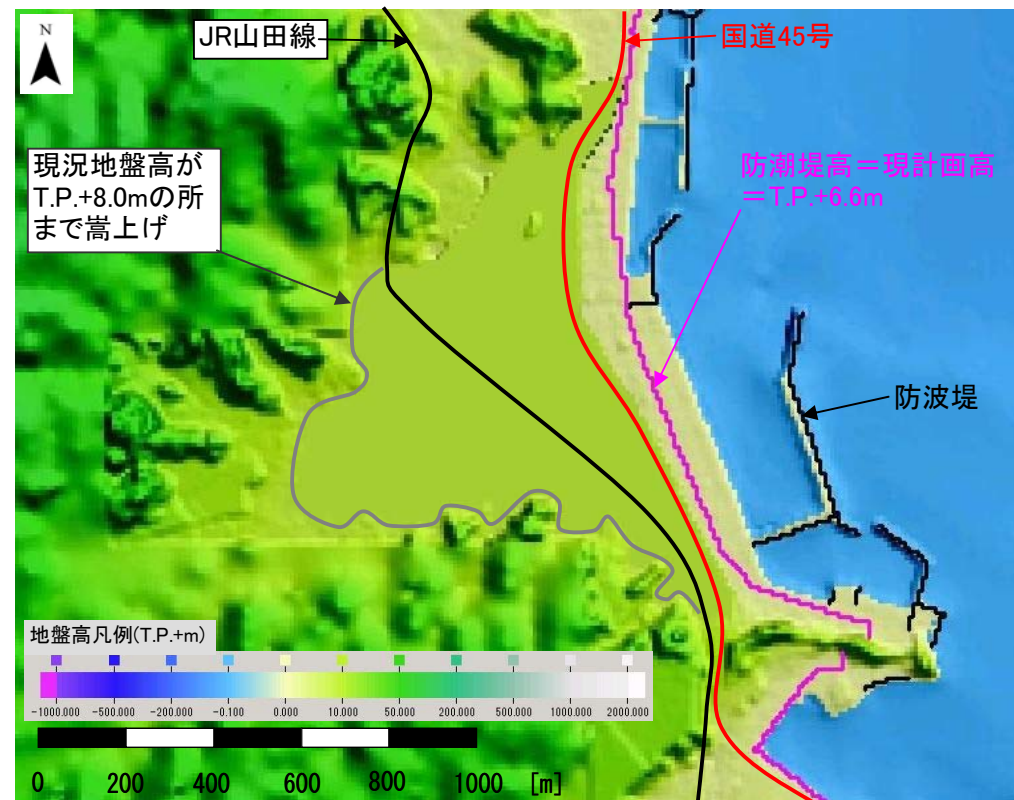


図1 CASE1(国道45号から地盤高T.P.+8.0mの範囲造成)

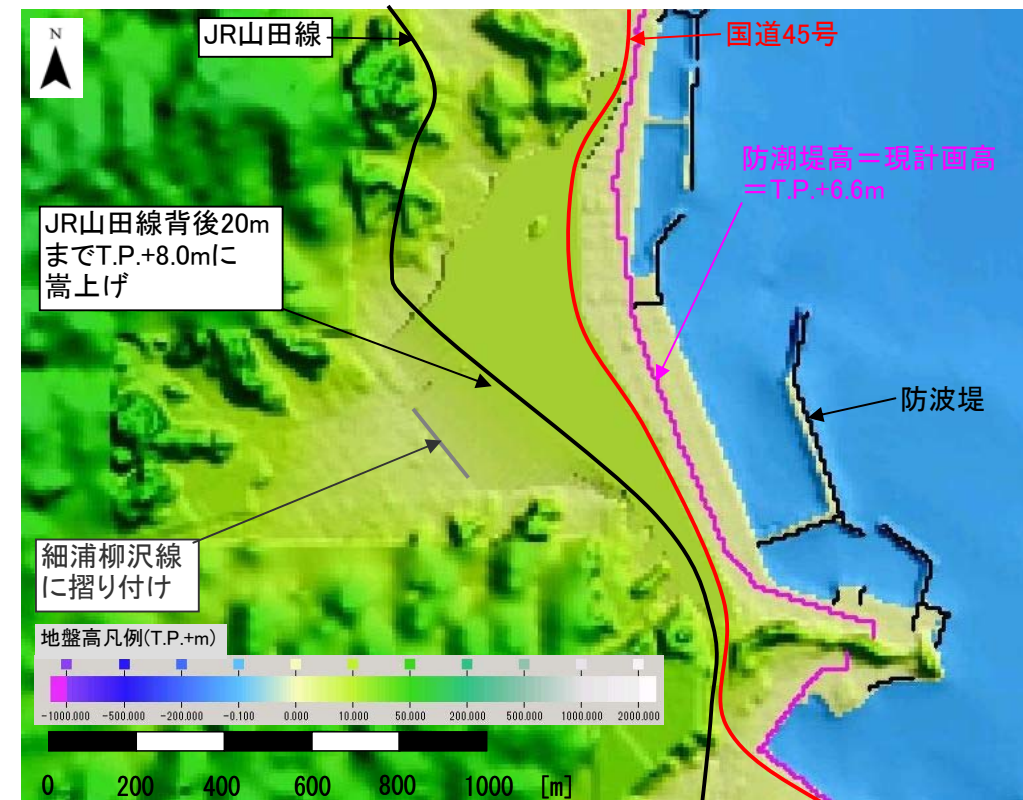


図3 case3(国道45号から細浦柳沢線の範囲造成)



図2 CASE2(国道45号から長崎2丁目9号線の範囲造成)

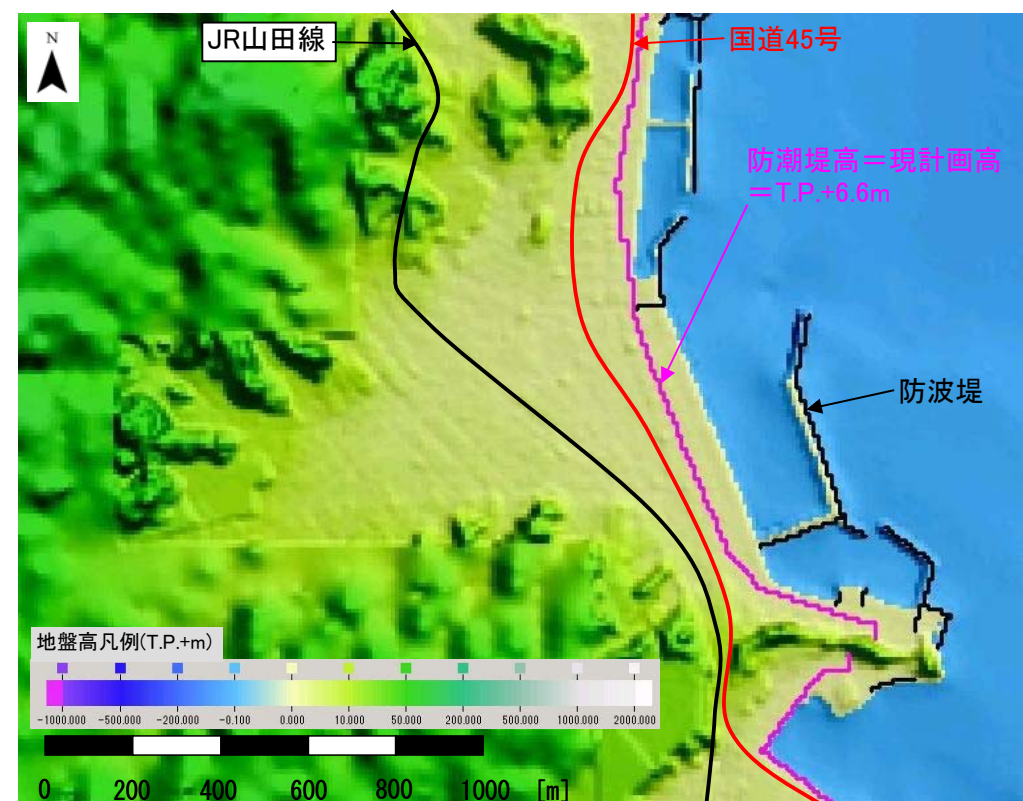


図4 背後地造成なし

7.3 浸水深平面分布図

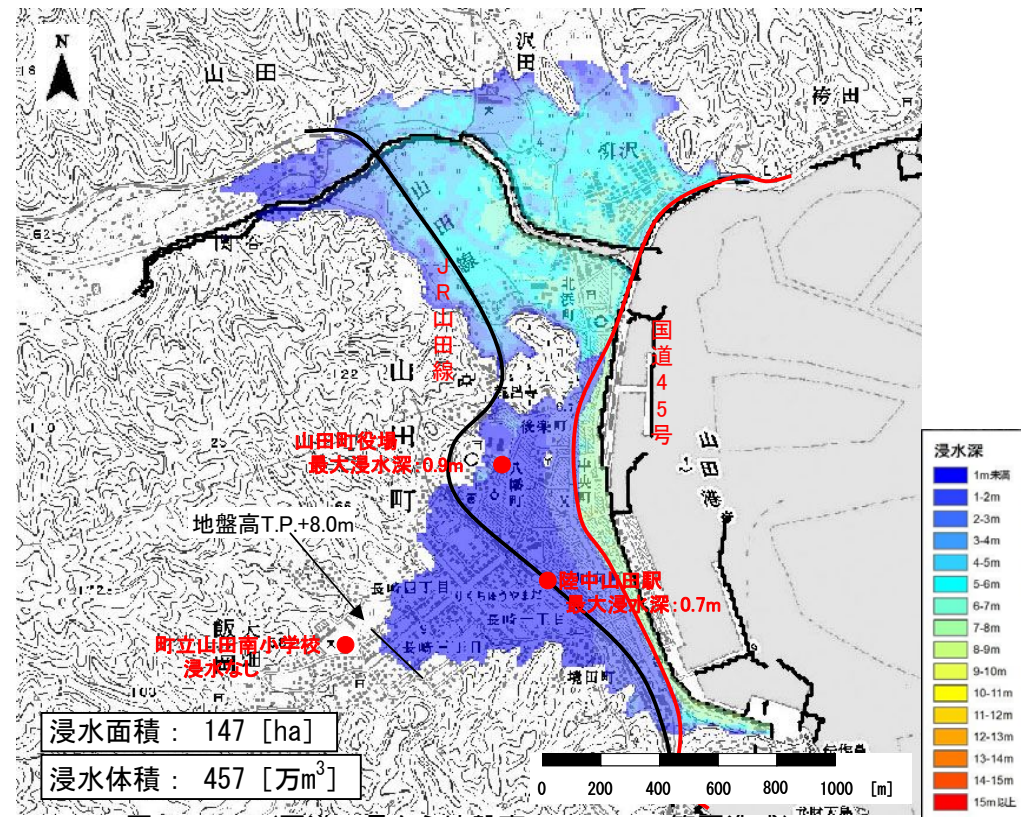


図1 CASE1(国道45号から地盤高T.P.+8.0mの範囲造成)

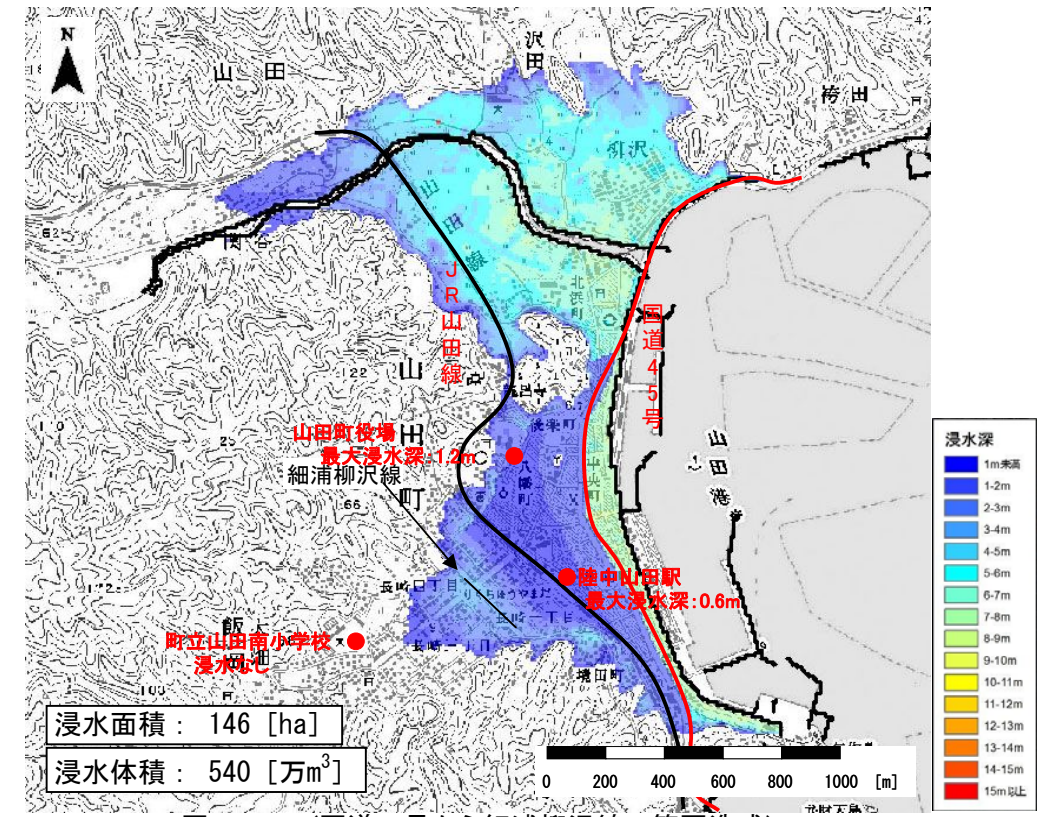


図3 case3(国道45号から細浦柳沢線の範囲造成)

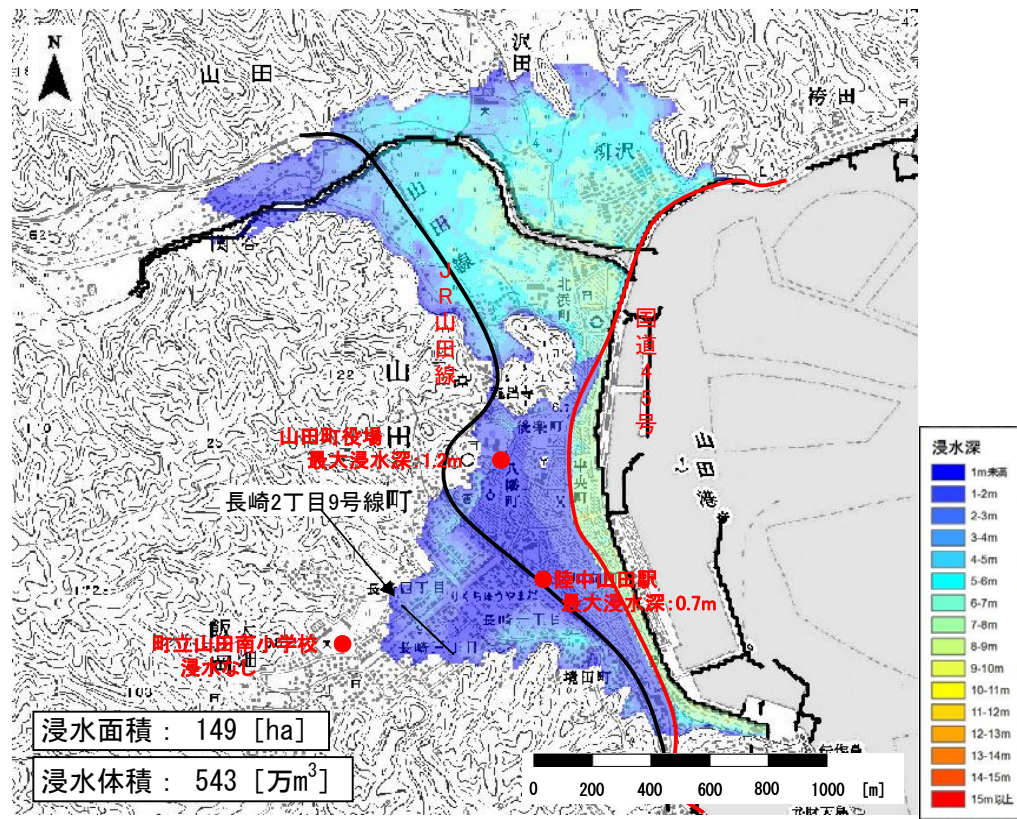


図2 CASE2(国道45号から長崎2丁目9号線の範囲造成)

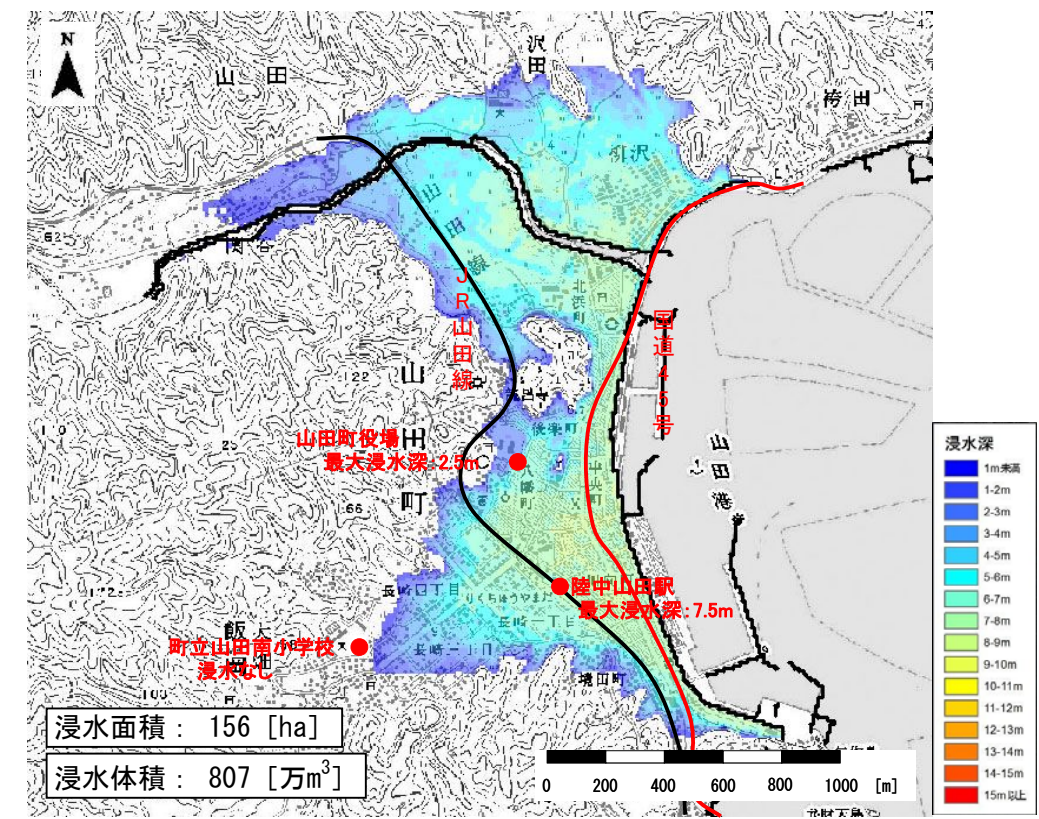
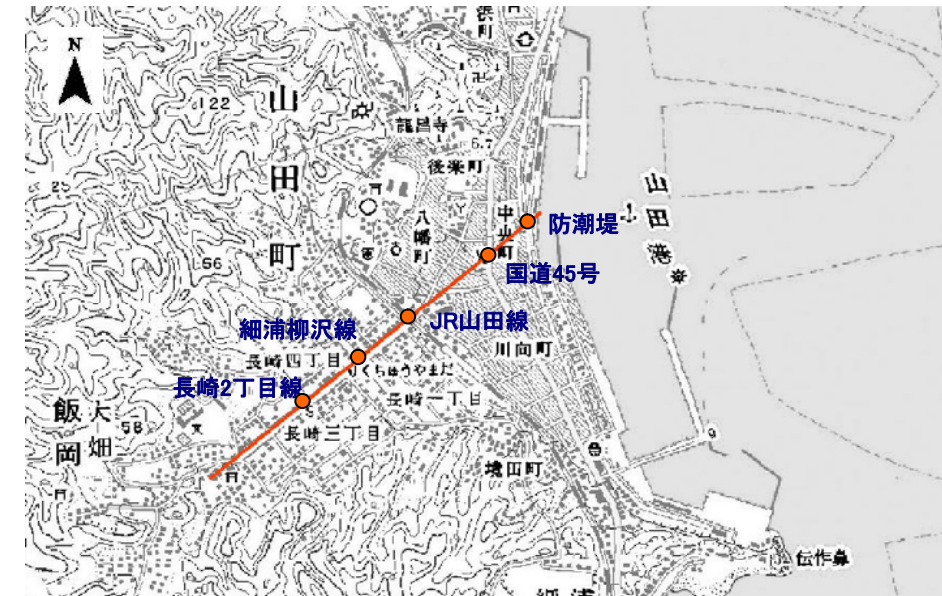
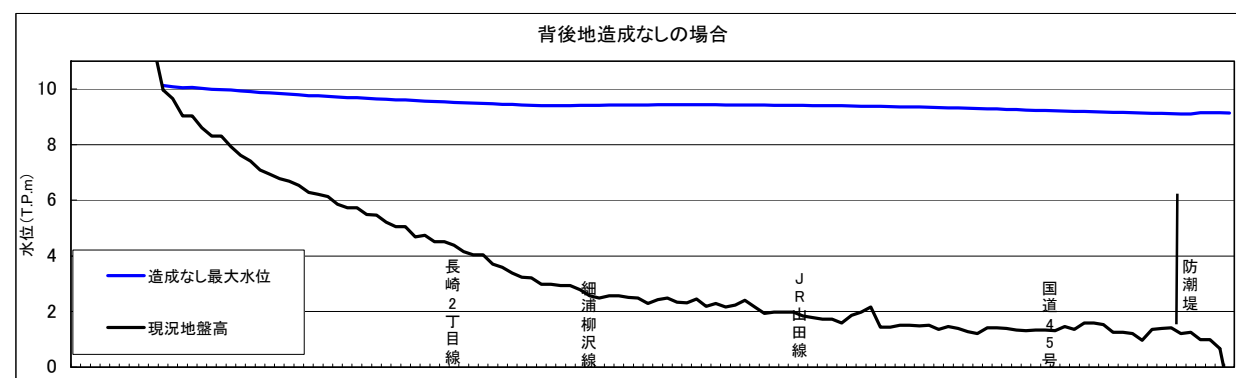
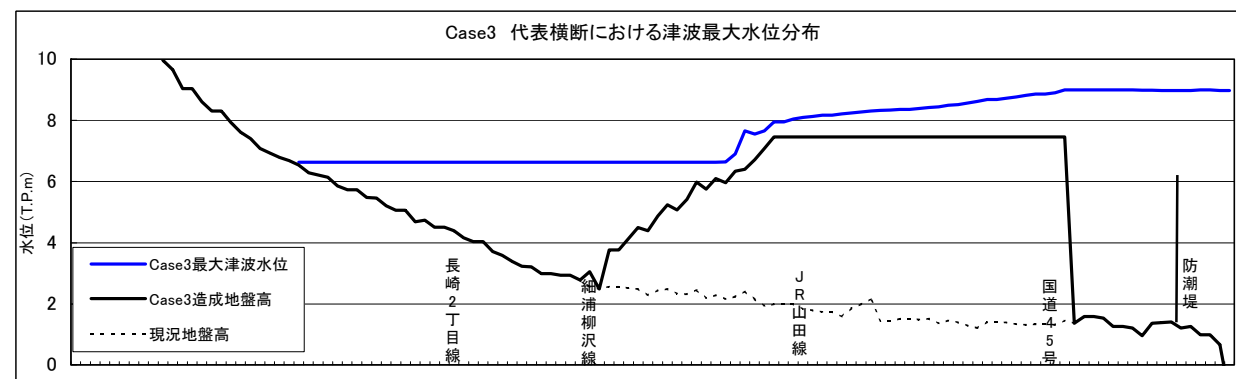
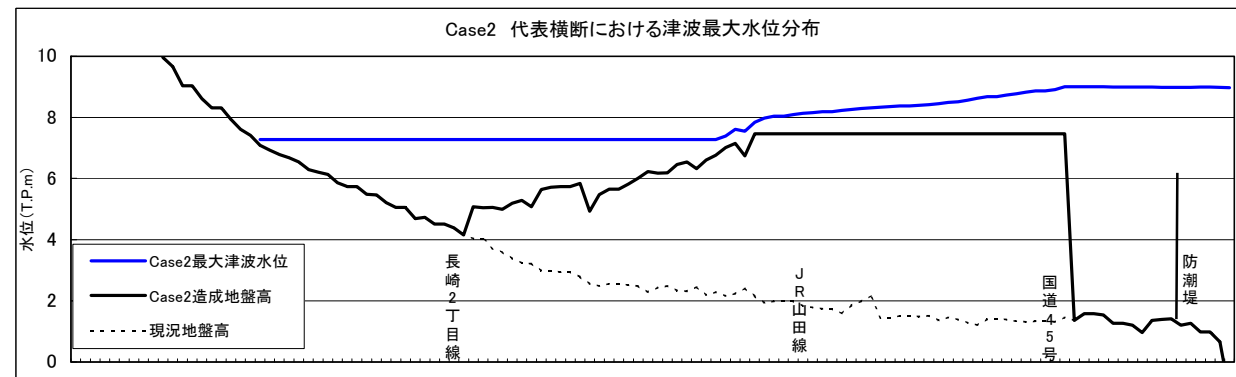
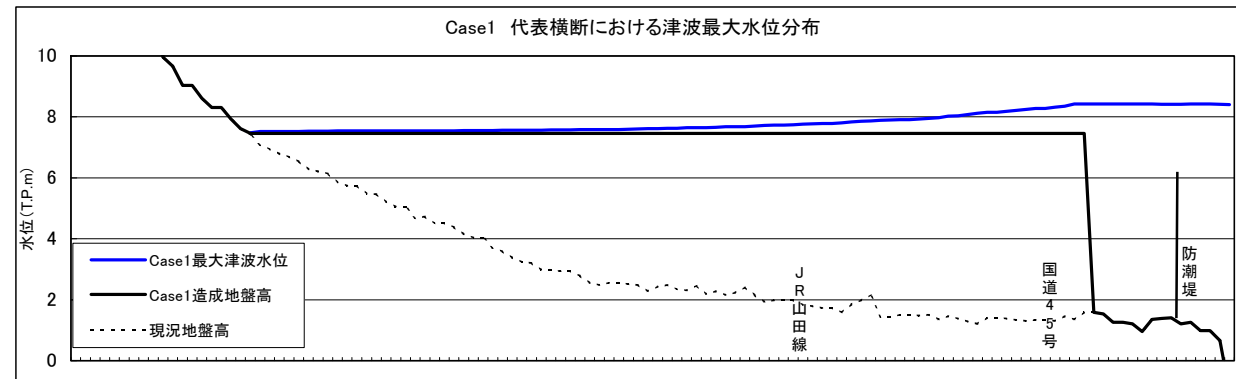


図4 背後地造成なし

※浸水体積: 浸水区域内の各メッシュの浸水深×面積の合計とした。

7.4 各ケース代表横断における津波最大水位分布



横断位置図

【検討結果】

	CASE1	CASE2	CASE3	造成なし
浸水面積 (ha)	147	149	146	156
浸水体積 (万m ³)	457	543	540	807

造成したことによりcase1、case2、case3すべてにおいて浸水面積、浸水体積が減少した。最も造成の効果があったのはcase1であった。

case2の場合、造成範囲はcase3より広いが浸水面積、浸水体積共に増加した。これは、造成範囲の擦り付け位置がもっとも水がたまる窪地となることから、case2ではcase3より陸側に窪地ができることになる。このためcase2の浸水範囲が陸側に広がり面積、体積共に増加した。

大沢・山田・織笠漁港海岸

明治三陸地震を溢れさせない防潮堤高 (T.P.+10.0m)に東日本大震災津波が来襲した場合の避難可能なエリアについて検討を行った。
 避難可能なエリアと避難困難なエリアの境界は山側の浸水区域境界より300mとした。

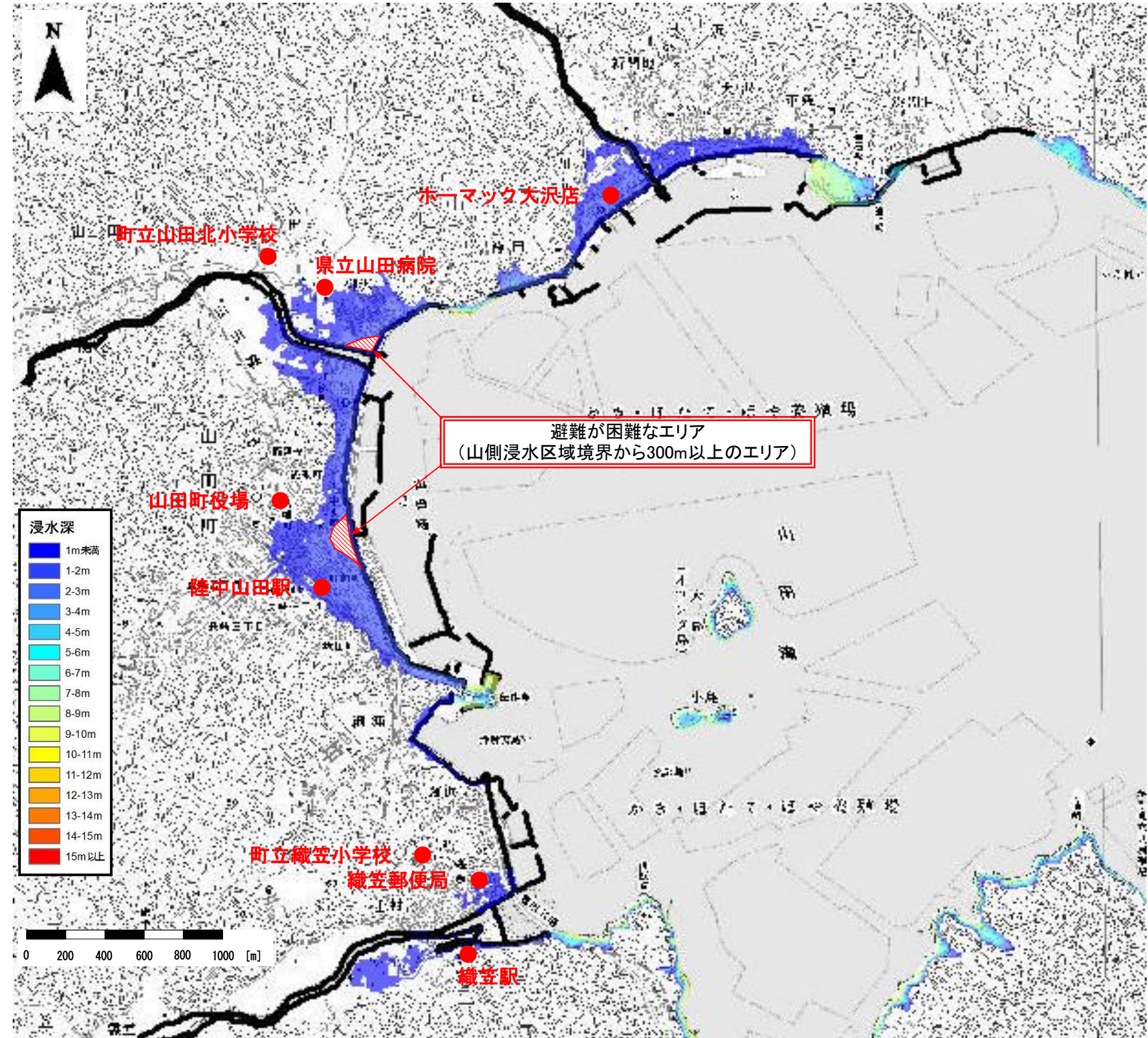
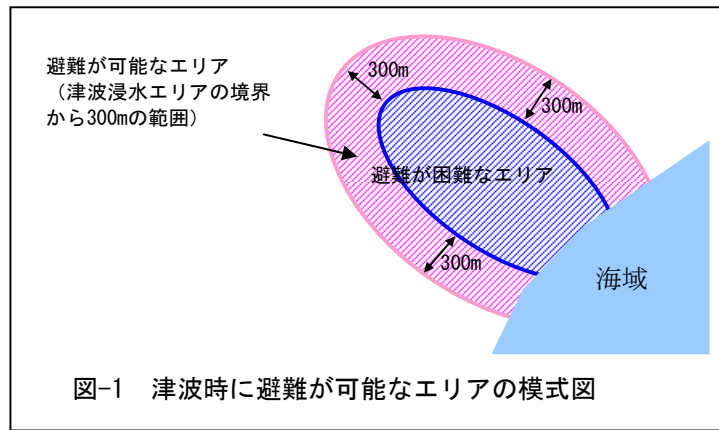


図-2 避難に関する目安(防潮堤高:T.P.+10.0m)