

1.地域概要（ユニット全体）

岩手県釜石市の両石湾において、湾全体を1つのユニットとして津波シミュレーションを実施した。両石湾の各海岸位置は図1.2のとおり。



図1.1 両石湾位置図

- ・両石湾は釜石市の北端に位置する湾で、西に開けた湾である。
 - ・湾口には釜石湾口防波堤のような防波施設はない。
 - ・両石湾には、4海岸あり、各海岸の所管は下記のとおりである。
- | | |
|-----------|-------|
| 漁港海岸（水産庁） | : 3海岸 |
| 建設海岸（河川局） | : 1海岸 |

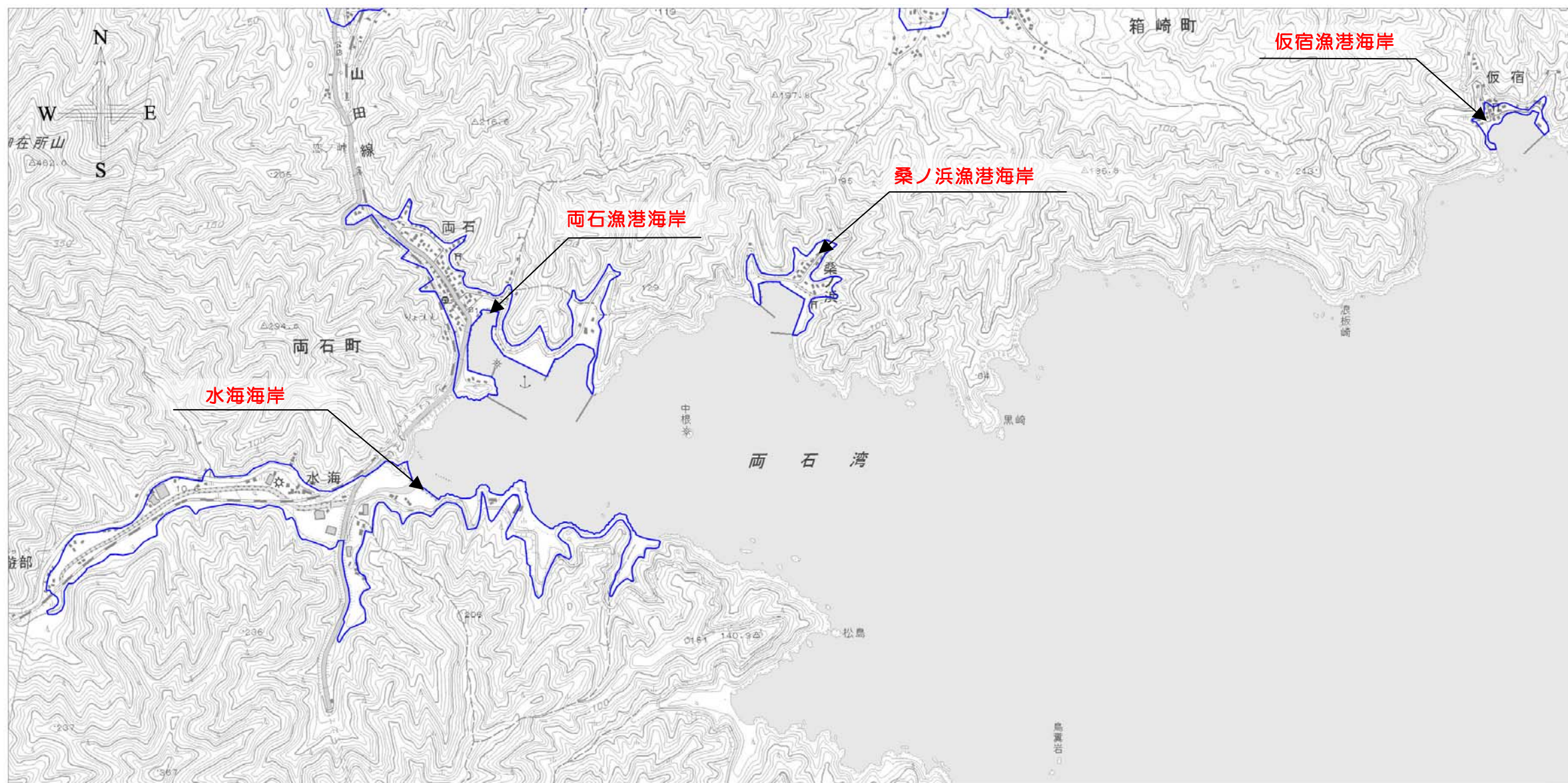


図1.2 各海岸位置図

2. 各海岸の特徴と被害状況（両石漁港海岸）

(1) 両石漁港海岸の特徴

- ・ 両石漁港海岸と国道45号線沿いに家屋が建ち並んでいる。
- ・ 防潮堤高は T.P.+9.3m(計画津波高 T.P.+12.0m)で整備されている。
- ・ 防潮堤前面には防波堤や岸壁などの漁港施設が整備されている。
- ・ JR山田線が山沿いに走っており、国道45号線の一部が両石漁港海岸に隣接して通っている。

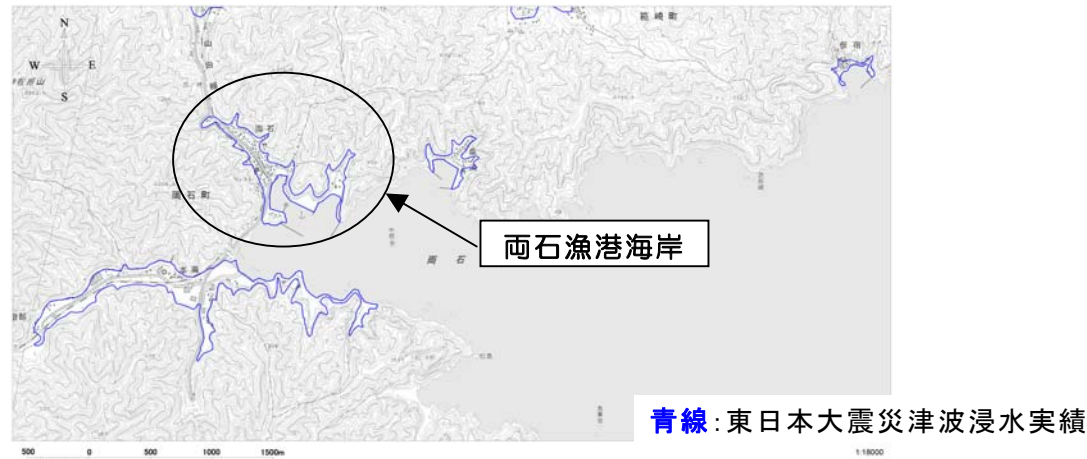
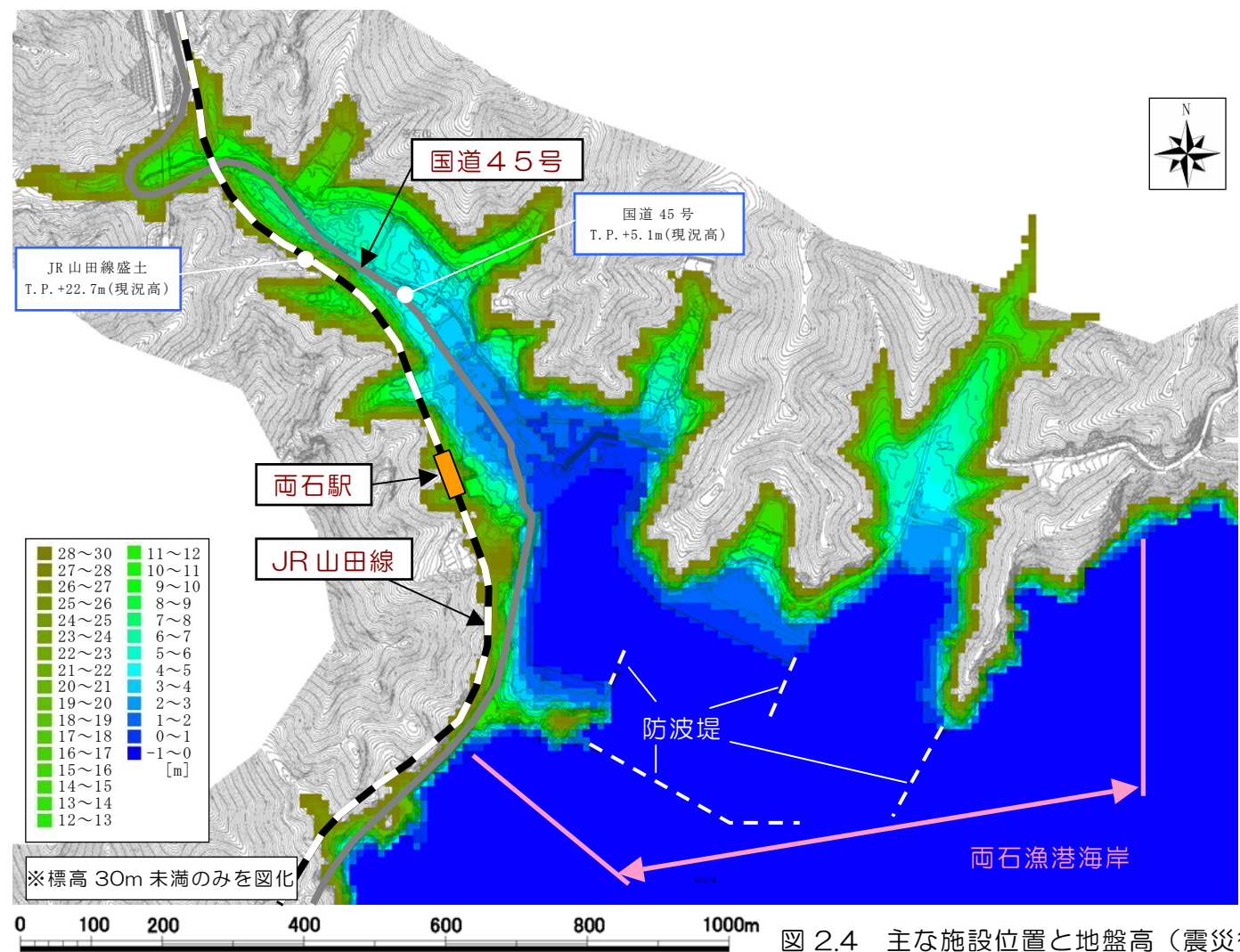


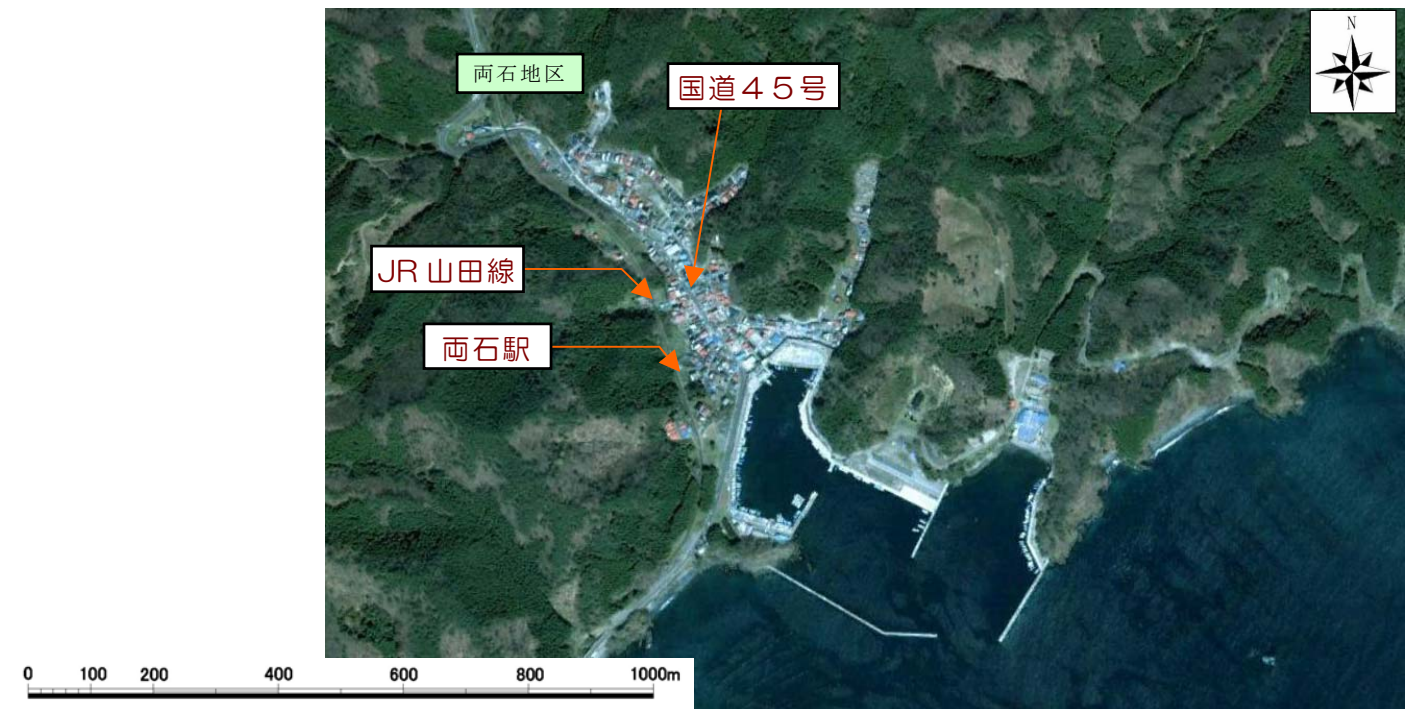
図 2.3 検討対象位置図



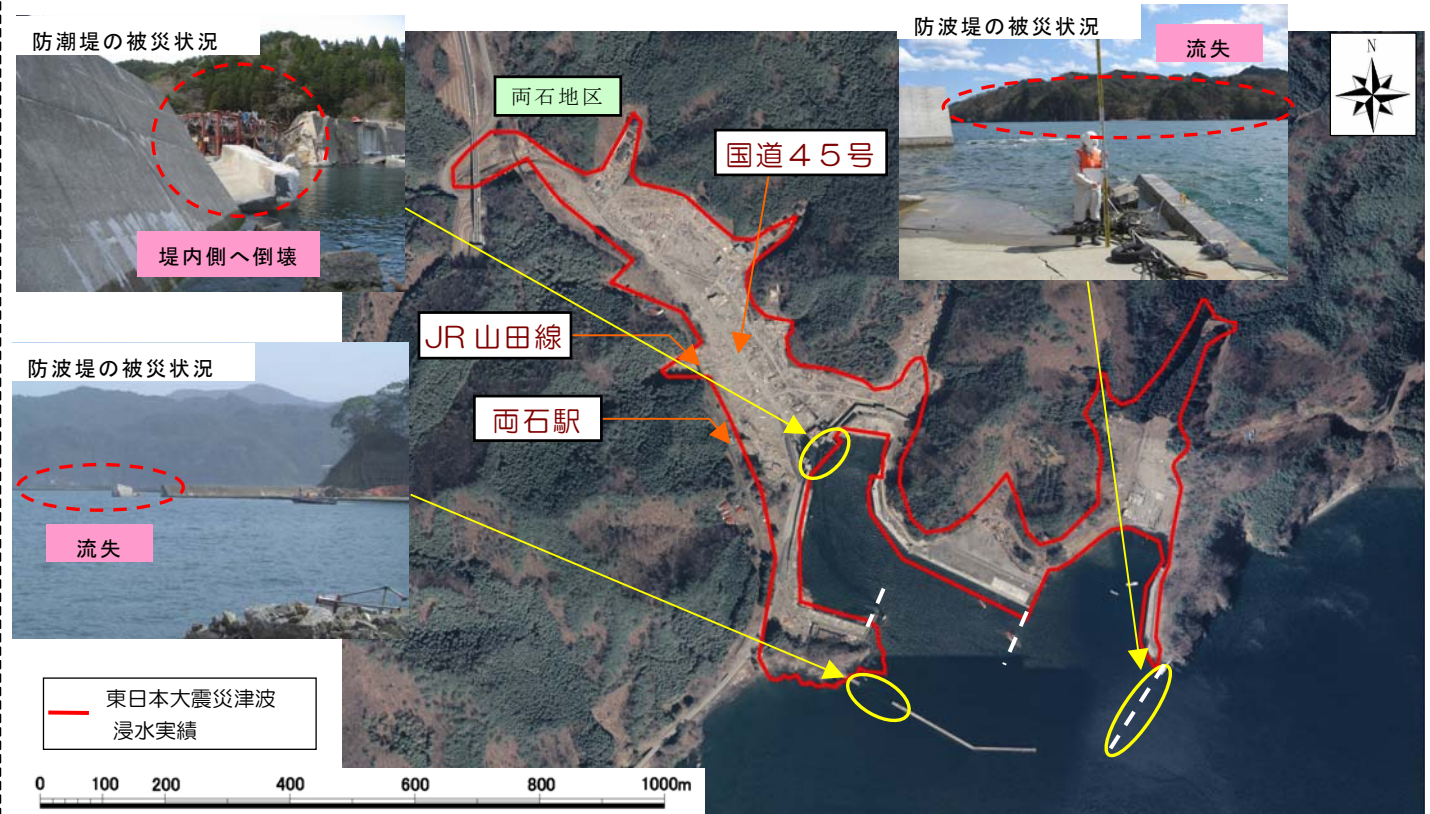
(2) 被害状況

- ・ 背後集落約300戸のうち、約7割の家屋が全壊などの被害を受けており、浸水区域内の家屋の大半が津波により流失した。
- ・ 防潮堤（整備延長400.4m、天端高 T.P.+9.3m）は、国道沿いの130mが転倒・基礎部洗掘などの被害を受けたほか、門扉などが損壊した。
- ・ 漁港施設は、沖側の防波堤や突堤などが倒壊するとともに、岸壁などにエプロンの亀裂等の被害が生じている。

震災前空中写真（H17 計測）



震災後空中写真（H23 計測）



3. 再現シミュレーション

3.1 計算条件の設定

計算条件を表 3.1 に示すとおり設定した。

表 3.1 計算条件一覧

No.	項目	内容
1	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式とし、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
2	計算格子間隔	波源から沿岸：3,240m、1080m、360m、120m、40m 遡上域：40m、20m、10m
3	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 時間：計算時間間隔は全ての計算領域で一定
4	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 海域・河川域：0.025 田畑域(荒地含む)：0.020 森林域(果樹園・防潮林を含む)：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
5	波源モデル	修正藤井・佐竹モデル(Ver.4.0)
6	地盤変位量計算	Mansinha and Smylie (1971)の方法による
7	計算時間	地震発生から3hr
8	計算時間間隔	0.20s
9	潮位条件	H23.3.11 15時の潮位よりT.P.-0.48mを設定
10	対象地形	H23年LPデータによる地盤変動を考慮した地形

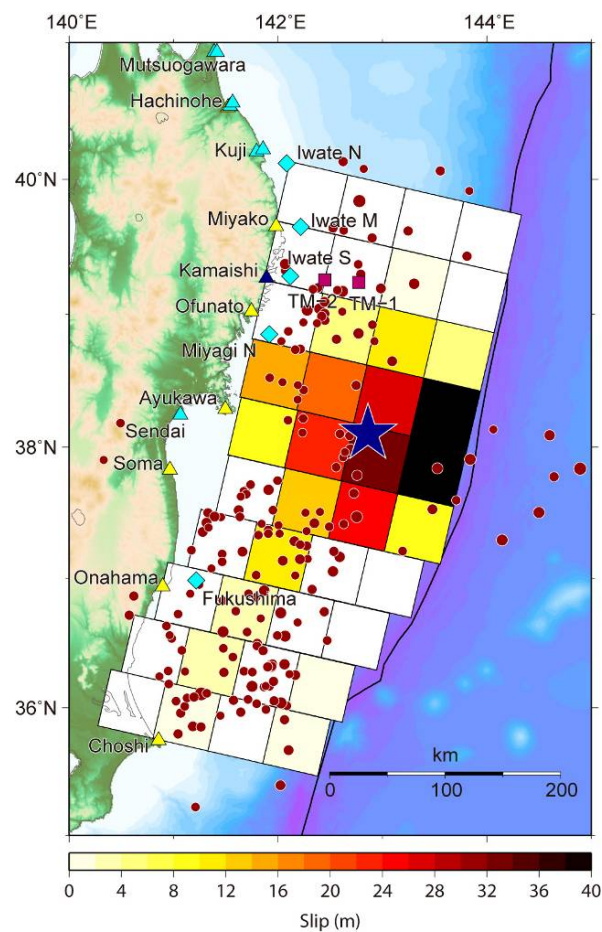


図3.1 波源モデル

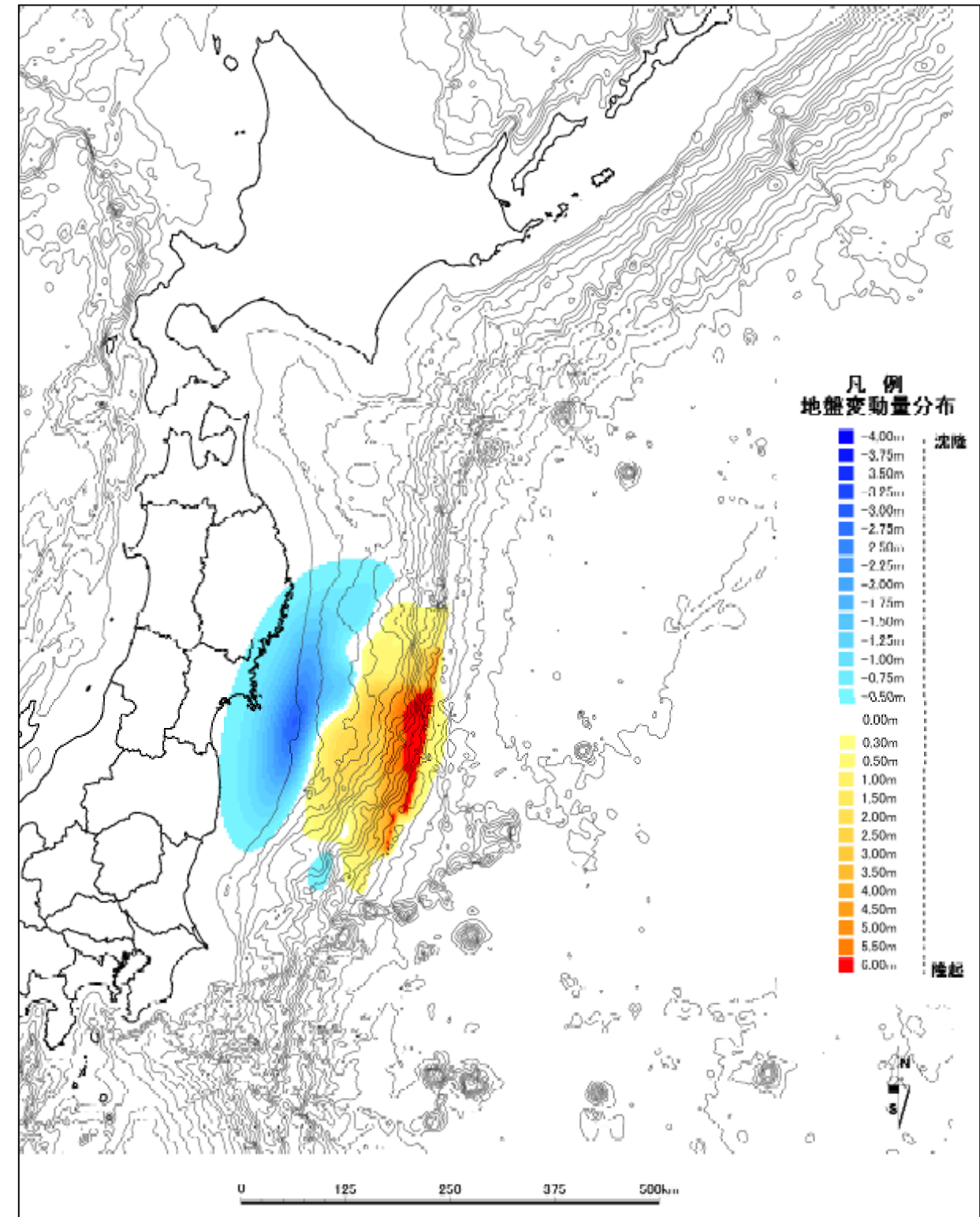


図3.2 地盤変動量分布（初期水位分布）

3.2 再現シミュレーション

断層モデルのすべり量に対する倍率を複数設定し、浸水区域、痕跡値、 K 、 κ 等を総合的に勘案して、最も妥当と考えられる倍率として1.55倍を採用した。

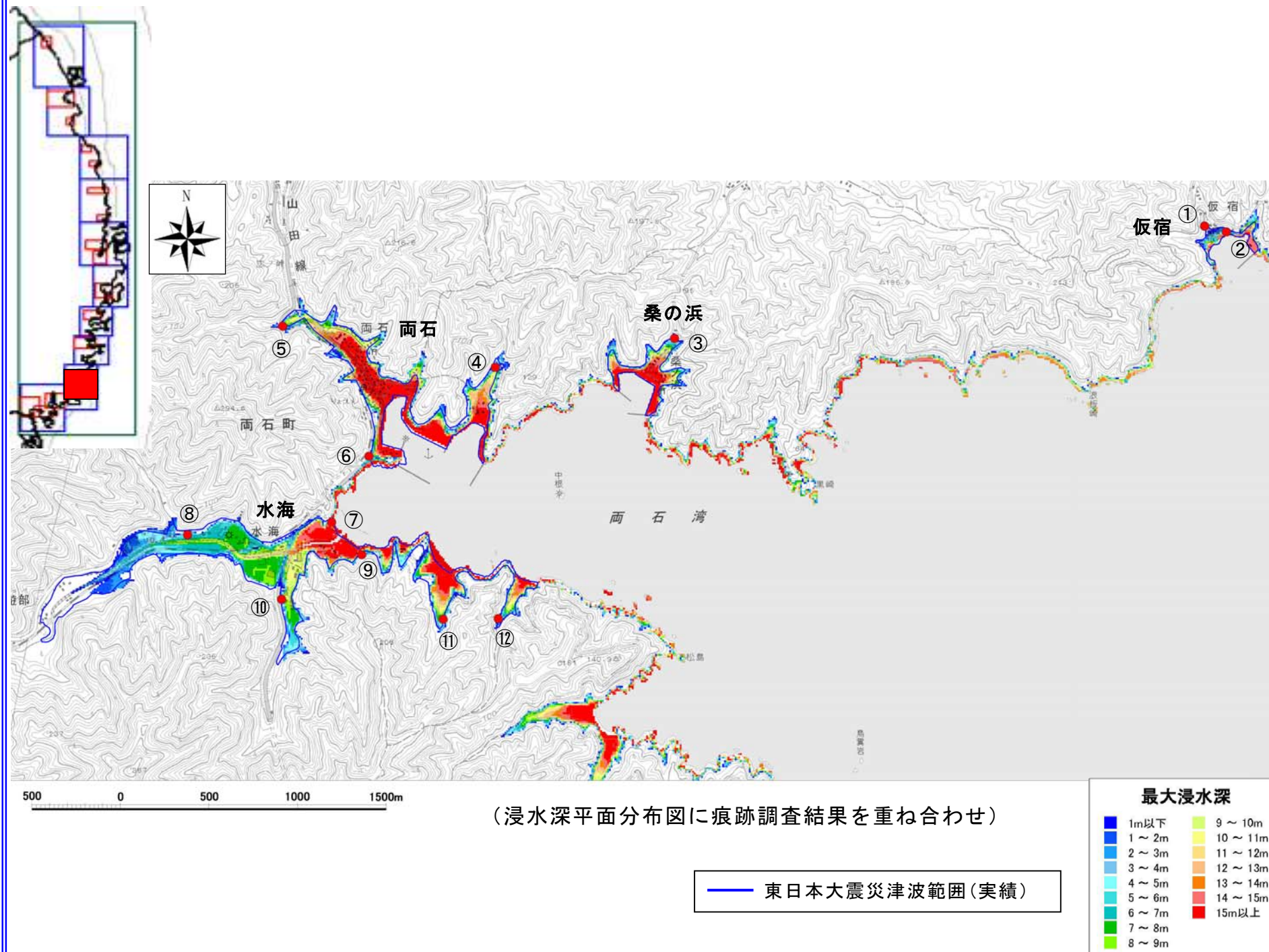
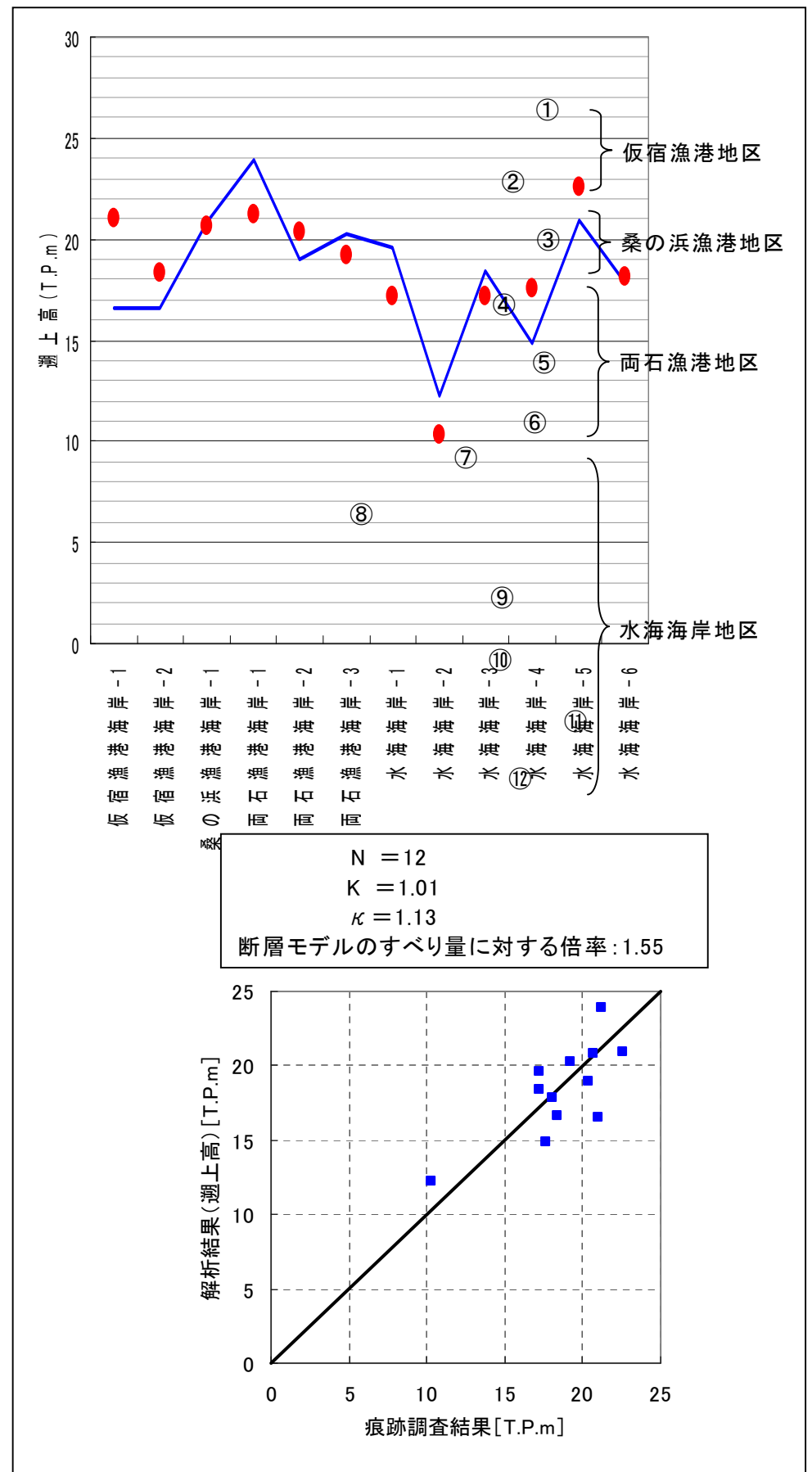


図 3.3 再現結果 (施設あり)

再現性の目安
 平均 : K $0.95 < K < 1.05$
 標準偏差 : $\kappa < 1.45$



4.施設効果の解析（両石漁港海岸）

○計算条件
 対象津波：東日本大震災津波
 施設高：Case1：施設無し（両石湾全体）
 ：Case2：施設有り（両石湾全体：防潮堤・離岸堤・護岸等を考慮し、破壊なしとする）
 地盤高：H23LP データを基に地盤変位量を与えた地盤高
 潮位：H23.3.11 15:00 の推定高 T.P. -0.48m

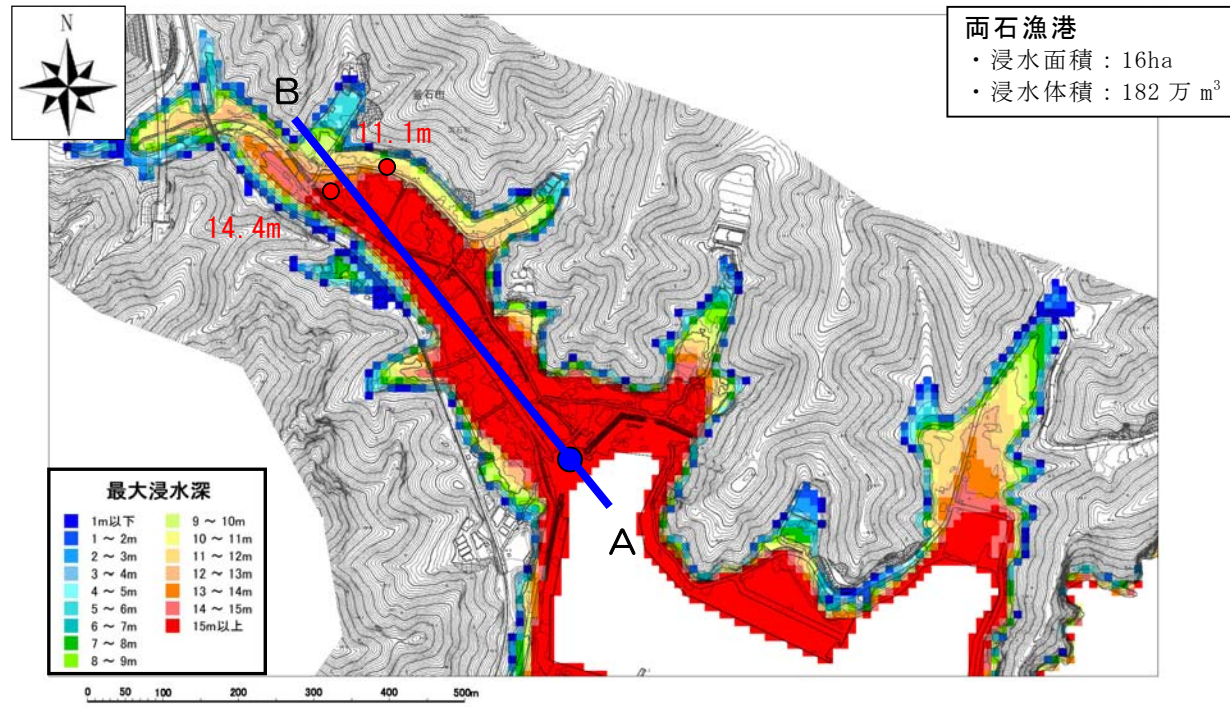


図4.1 浸水深平面分布図（施設なし）

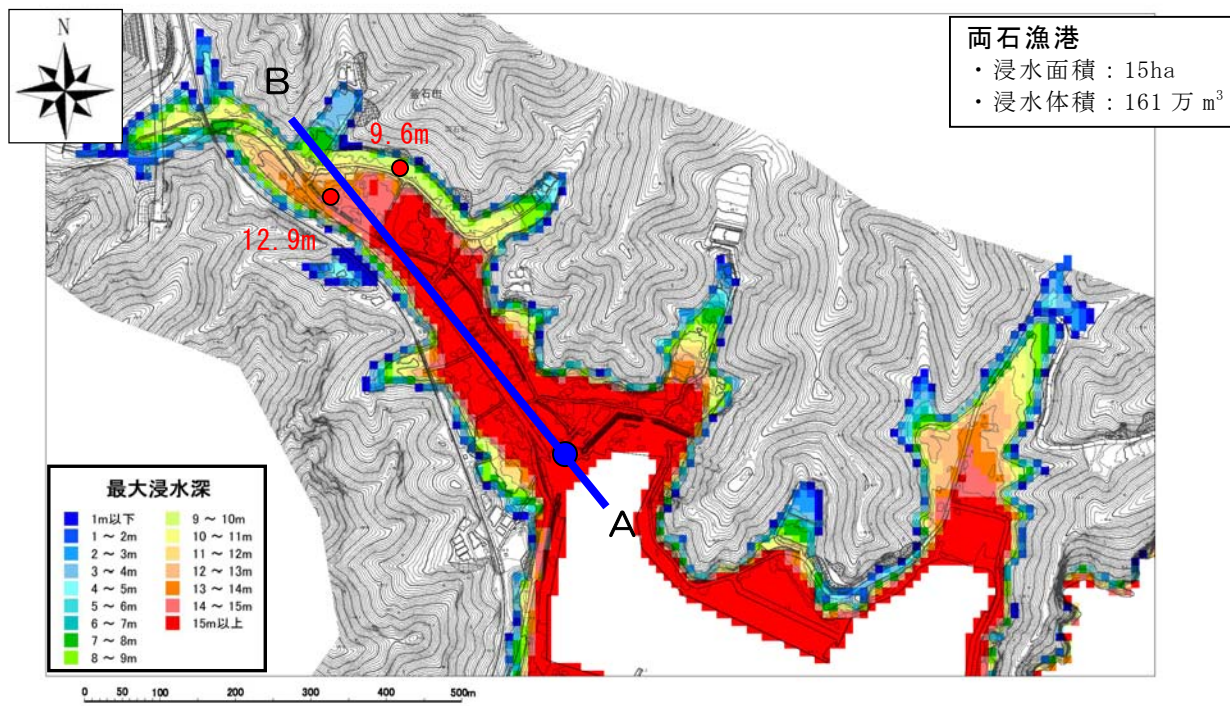


図4.2 浸水深平面分布図（施設あり）

考察

- ・防潮堤により若干浸水範囲が減少、浸水深が1.5m程度減少した。
- ・防潮堤により浸水開始時間を3分遅らせる効果があった。

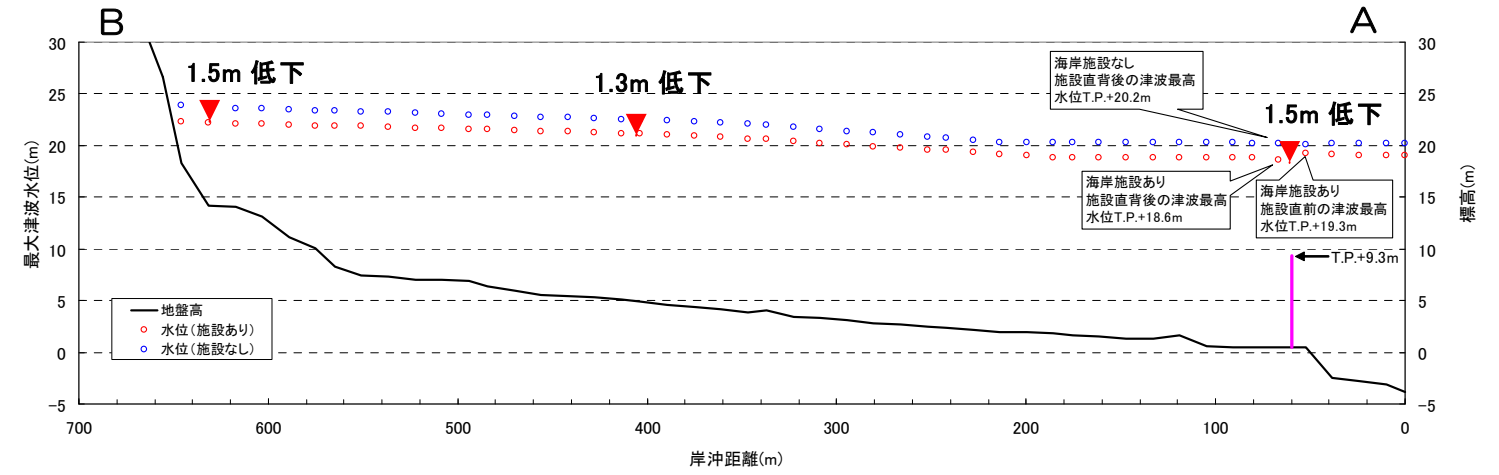


図4.3 代表横断における津波最大水位分布

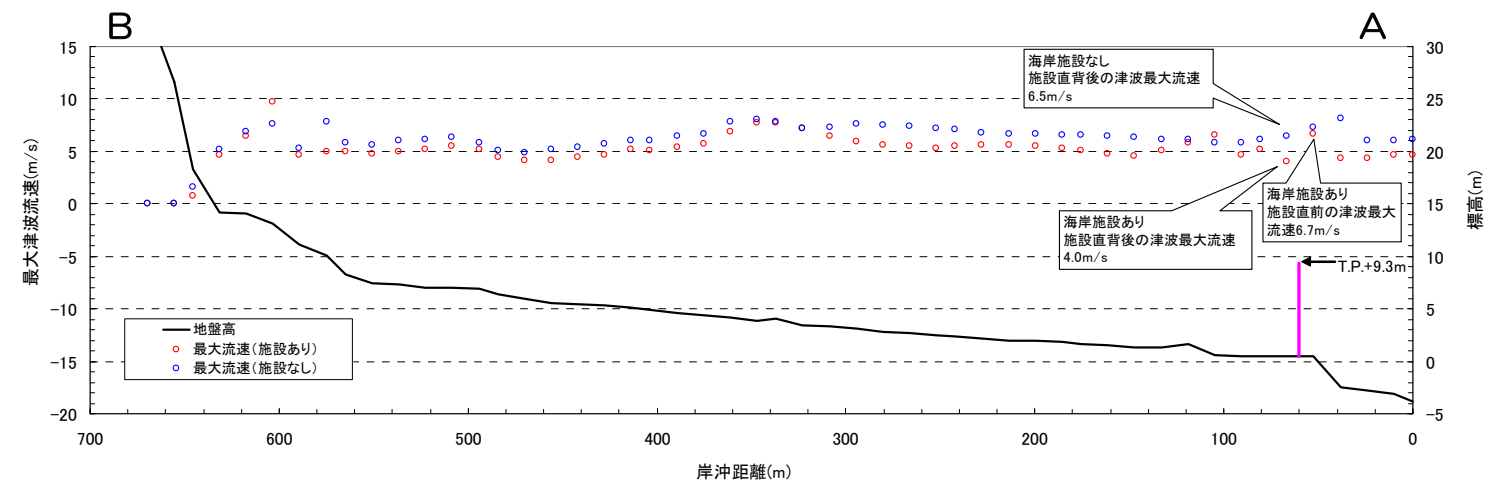


図4.4 代表横断における津波最大流速分布

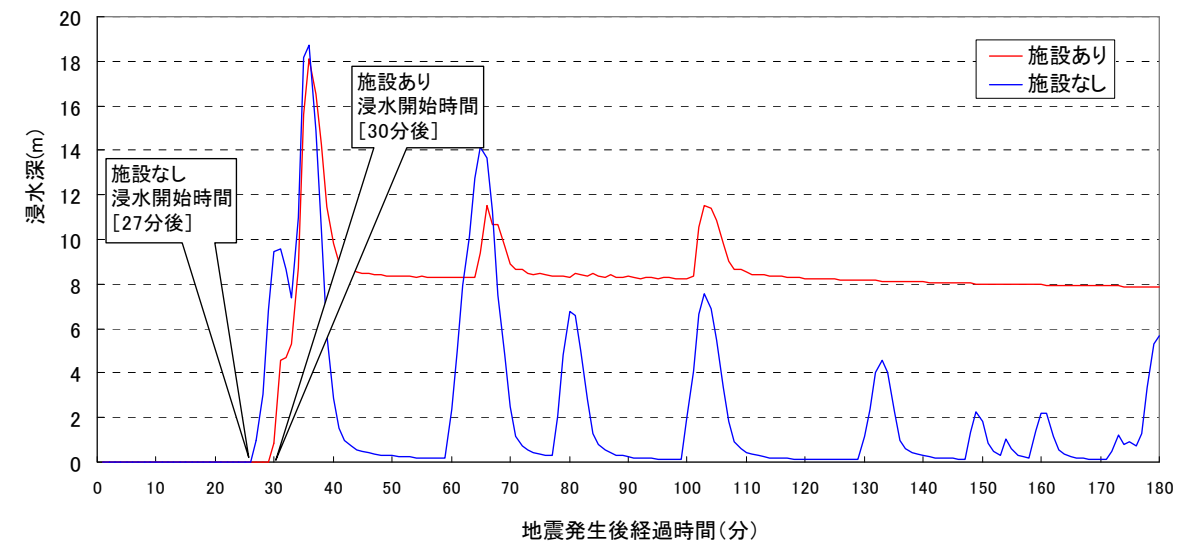


図4.5 施設背後陸側における浸水深時系列分布

5.対象津波の選定

下図に既往津波の痕跡高による最大津波水位を整理した。その結果、東日本大震災津波を最大クラスの津波群とし、明治三陸地震津波以下のものを設計津波の対象津波群とした。

表 5.1 既往津波別、地区毎の最大津波水位

海岸・漁港	痕跡値				計算値				宮城想定
	1896	1933	1960	2011	1896	1933	1960	2011	
	明治三陸	昭和三陸	昭和チリ	東日本大震災	明治三陸	昭和三陸	昭和チリ	東日本大震災	
水海海岸	—	11.0	4.3	22.6	14.5	7.6	—	19.1	3.1
両石海岸	13.0	9.5	4.5	21.2	13.1	7.8	—	20.2	2.9
桑の浜漁港	8.5	4.4	2.8	20.7	11.1	6.2	—	19.0	2.8
仮宿漁港	17.7	—	1.7	21.1	8.7	5.6	—	15.7	1.3
平均値	13.1	8.3	3.3	21.4	11.8	6.8	—	18.5	2.5
最大値	17.7	11.0	4.5	22.6	14.5	7.8	—	20.2	3.1
最小値	8.5	4.4	1.7	20.7	8.7	5.6	—	15.7	1.3
評価値	17.7	11.0	4.5	22.6	14.5	7.8	—	20.2	3.1

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
東日本大震災津波は、岩手県調査結果

計算条件：
防護施設なし
津波水位：
海岸線での水位
I：浸水高
R：遡上高

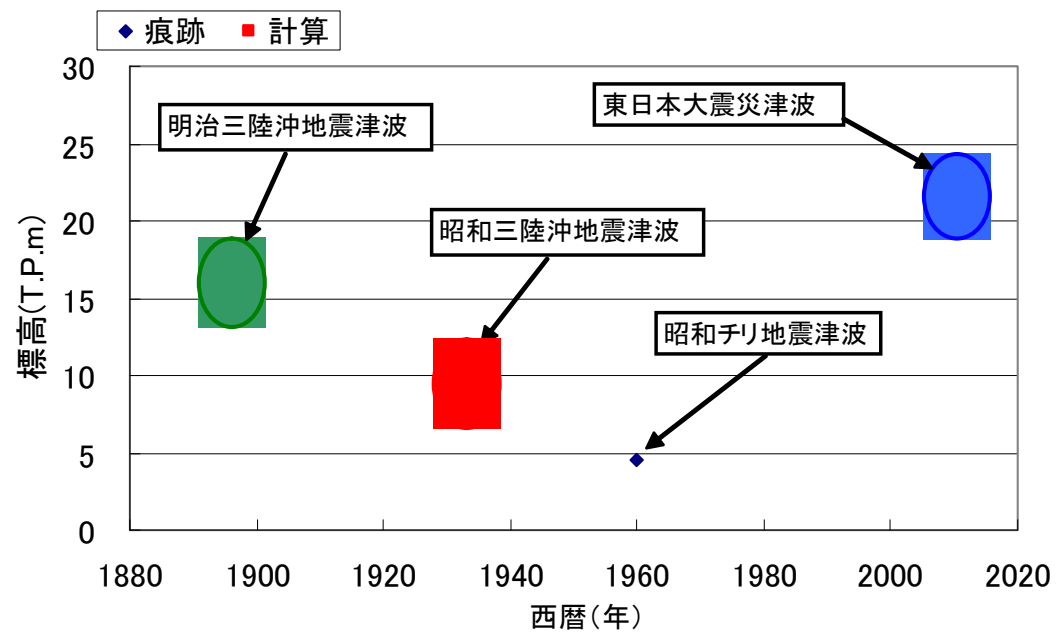
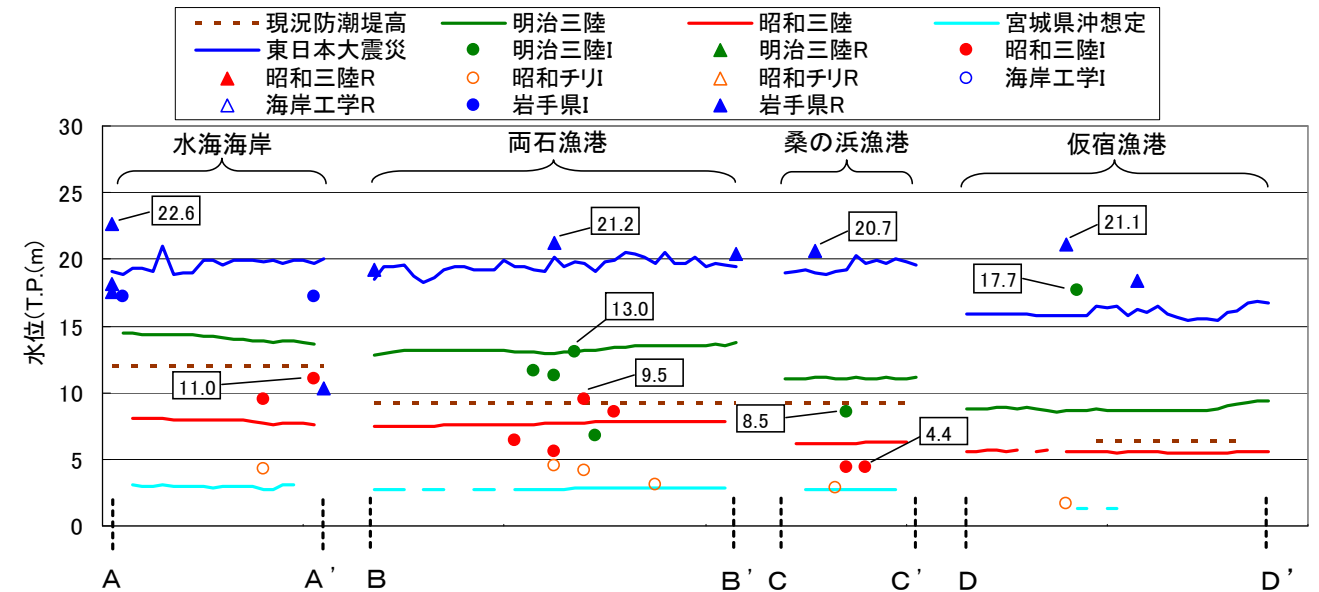


図 5.1 対象津波の判定

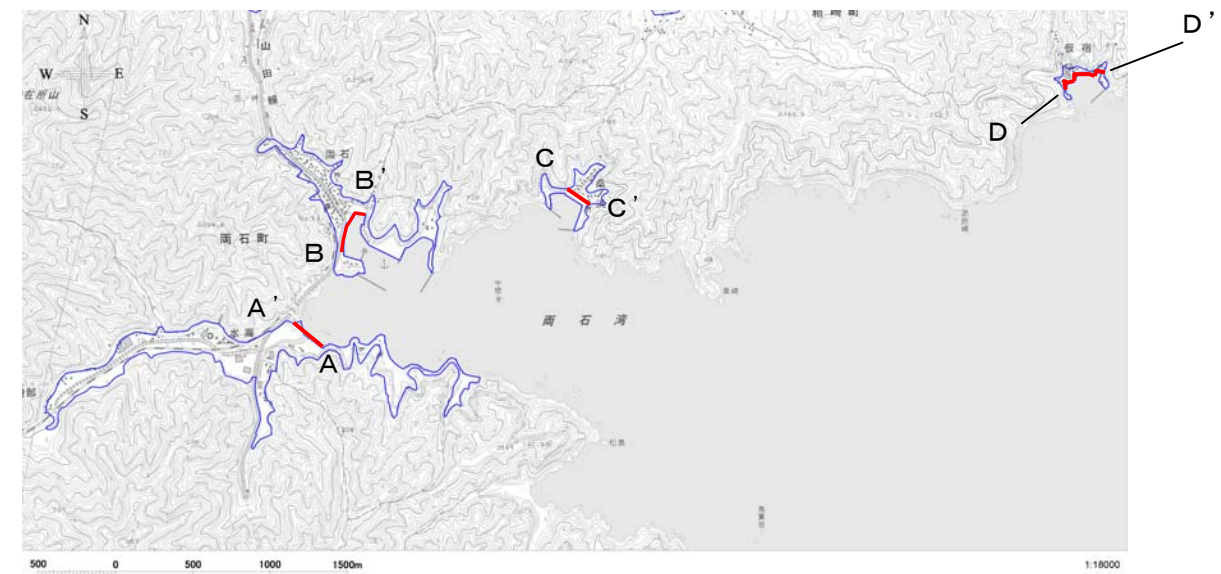


図 5.2 既往津波の痕跡水位及び再現計算による最大津波水位

6. 施設高(防潮堤高)の検討

東日本大震災津波、明治三陸津波、昭和三陸津波に対して溢れない高さの防潮堤高の検討を行った。必要施設高を表 6.1 に示す。

○計算条件

対象津波：①東日本大震災津波、②明治三陸津波、③昭和三陸津波

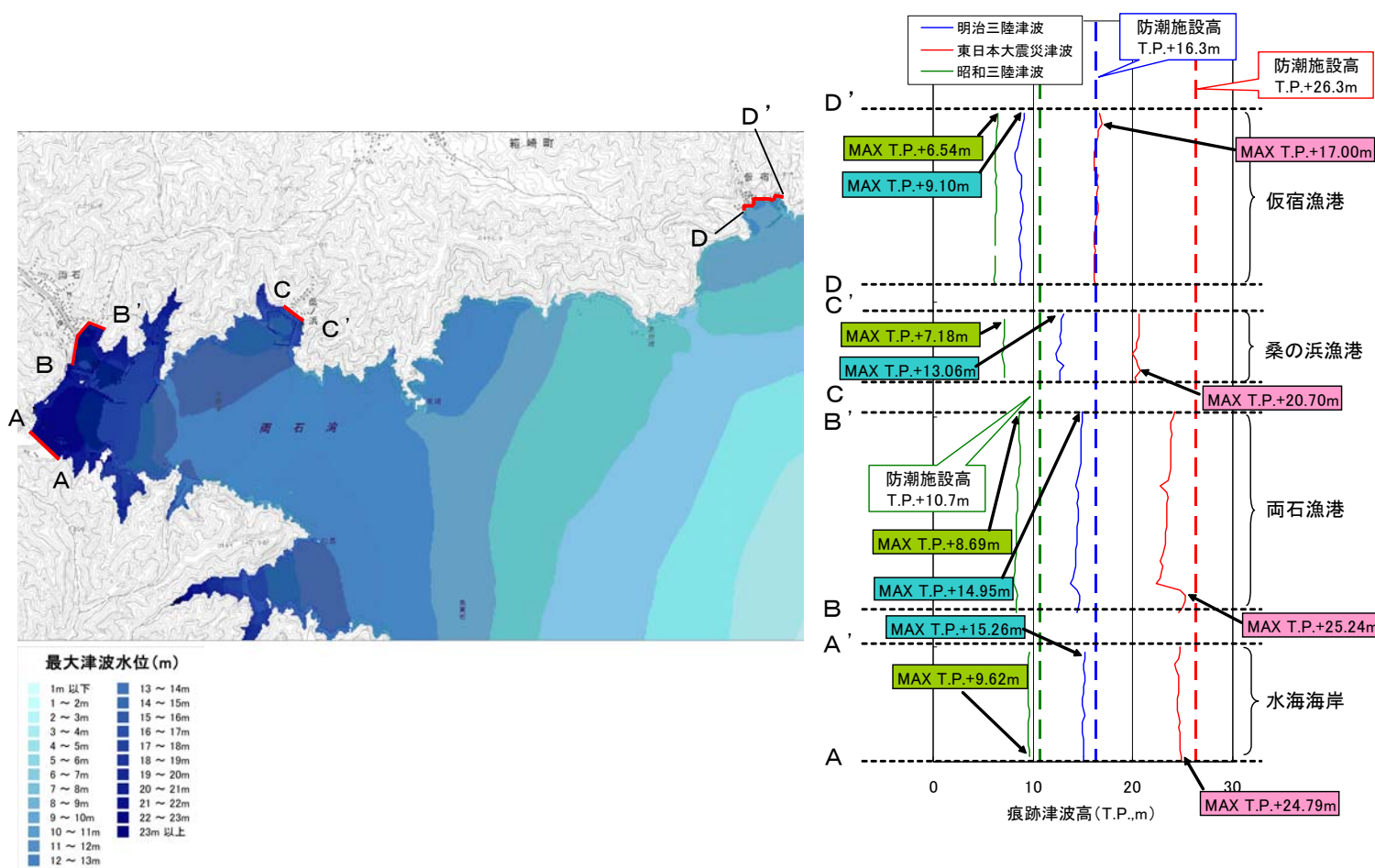
施設高：T.P.+50.0m(壁立て計算用に設定)

地盤高：地震後地盤高に地盤変位量を与えた地盤高

潮位：朔望平均満潮位 T.P.+0.80m

表 6.1 必要施設高

海岸名	区分	東日本大震災津波	明治三陸津波	昭和三陸津波	現計画津波高
両石湾海岸の代表	最大値(T.P.m)	25.3	15.3	9.7	12.0
	余裕高(m)	1.0	1.0	1.0	
	必要施設高(T.P.m)	26.3	16.3	12.0(10.7)	
両石漁港海岸	最大値(T.P.m)	25.3	15.0	8.7	12.0
	余裕高(m)	1.0	1.0	1.0	
	必要施設高(T.P.m)	26.3	16.0	12.0(9.7)	



※表中のアンダーラインは、津波シミュレーションにより算出された必要施設高。

図 6.1 防潮ラインでの最大津波水位

7-1 昭和三陸津波対応の必要施設高に関する浸水範囲の比較

○計算条件とユニット全体浸水範囲

①現計画天端高で防潮堤を整備した場合、②両石湾海岸での昭和三陸津波堤防高代表値で防潮堤を整備した場合、③各海岸での昭和三陸津波堤防高で防潮堤を整備した場合、それぞれに対して東日本大震災津波が来襲した時の施設効果を整理した。

次項以降に各海岸の浸水範囲の比較を示す。

○計算条件

対象津波：東日本大震災津波

施設高※：CASE1：現計画津波高 T.P. +12.0m (H0)

CASE2：昭和三陸津波を溢れさせないユニット全体の防潮堤高 T.P. +12.0m (H1.0)

CASE3：昭和三陸津波を溢れさせない個別海岸の防潮堤高

地盤高：地震後地盤高を基に地盤変位量を与えた地盤高

潮位：朔望平均満潮位 (H.W.L.) T.P. +0.80m

※最大クラスの津波により越流する場合は堤防が壊れることも考えられるが、ここでは堤防が壊れないものとして計算を実施した。

表 1.1 各 CASE の施設高の条件表

項目		CASE1	CASE2	CASE3
対象津波		東日本大震災津波		
潮位		朔望平均満潮位 H.W.L. : T.P. +0.80m		
防潮堤 天端高	条件	現計画	両石湾海岸での 昭和三陸津波堤防高代表値	各海岸での 昭和三陸津波堤防高
	水海	T.P. +12.0m	T.P. +12.0m	T.P. +12.0m
	両石			T.P. +12.0m
	桑の浜			T.P. +12.0m
	仮宿	T.P. +6.4m	T.P. +7.6m	

表 1.2 計算条件と計算結果浸水状況

	水海海岸		両石漁港海岸		桑の浜漁港海岸		仮宿漁港海岸	
	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m³)	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m³)	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m³)	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m³)
CASE1	37	283	14	147	4.1	40.2	2.0	11.9
CASE2	37	286	14	147	4.1	39.9	1.9	10.0
CASE3	37	283	14	147	4.1	39.7	2.0	11.8

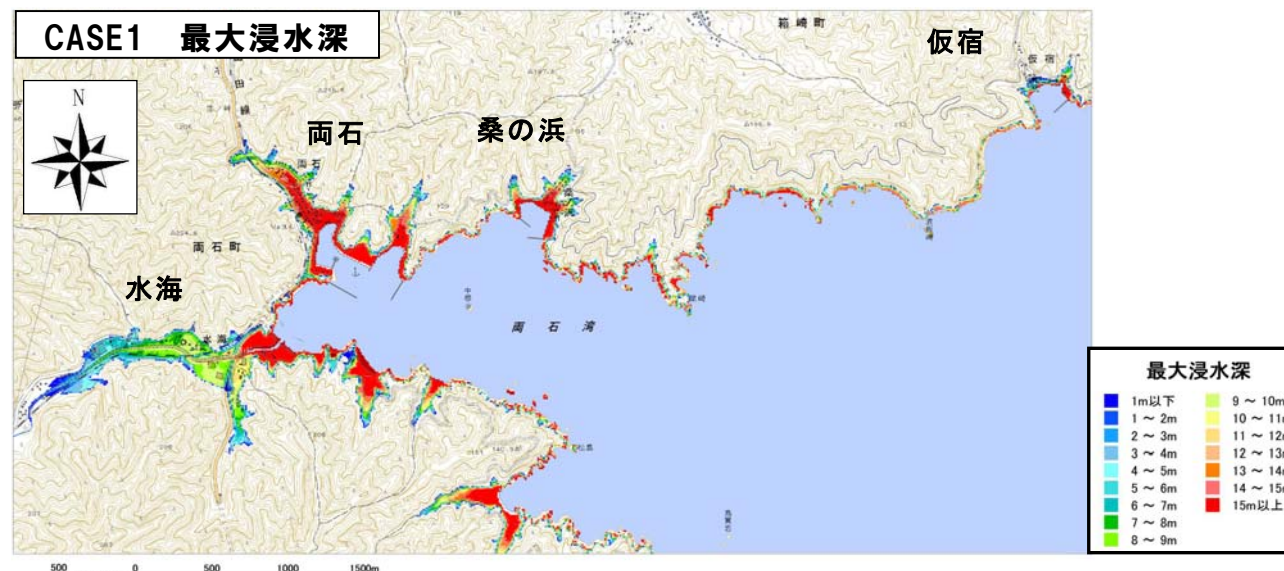


図 1.1 浸水深平面分布図 (CASE1 現計画天端高に対して東日本大震災津波来襲)

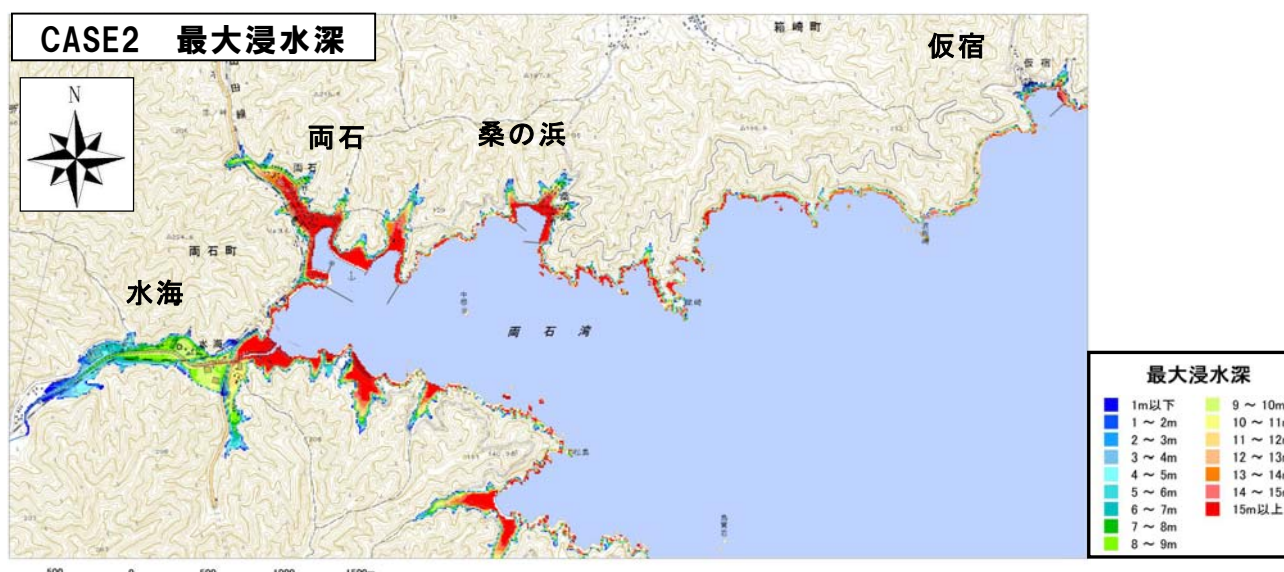


図 1.2 浸水深平面分布図 (CASE2 昭和三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

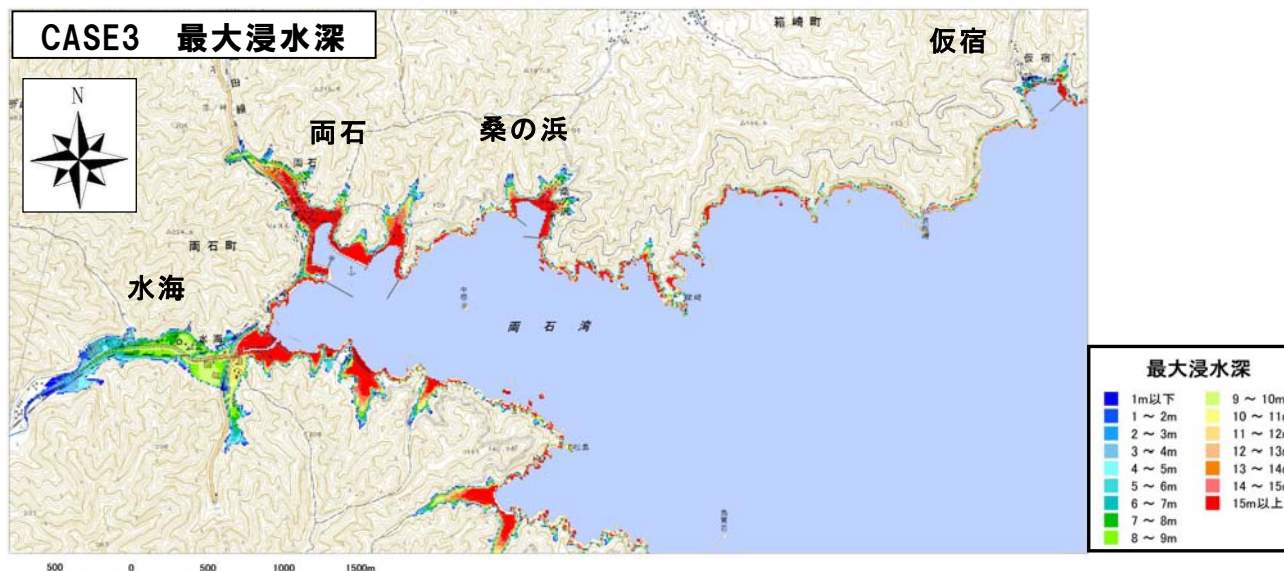


図 1.3 浸水深平面分布図 (CASE3 各海岸の昭和三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

7-2 浸水範囲の比較 (両石漁港海岸)

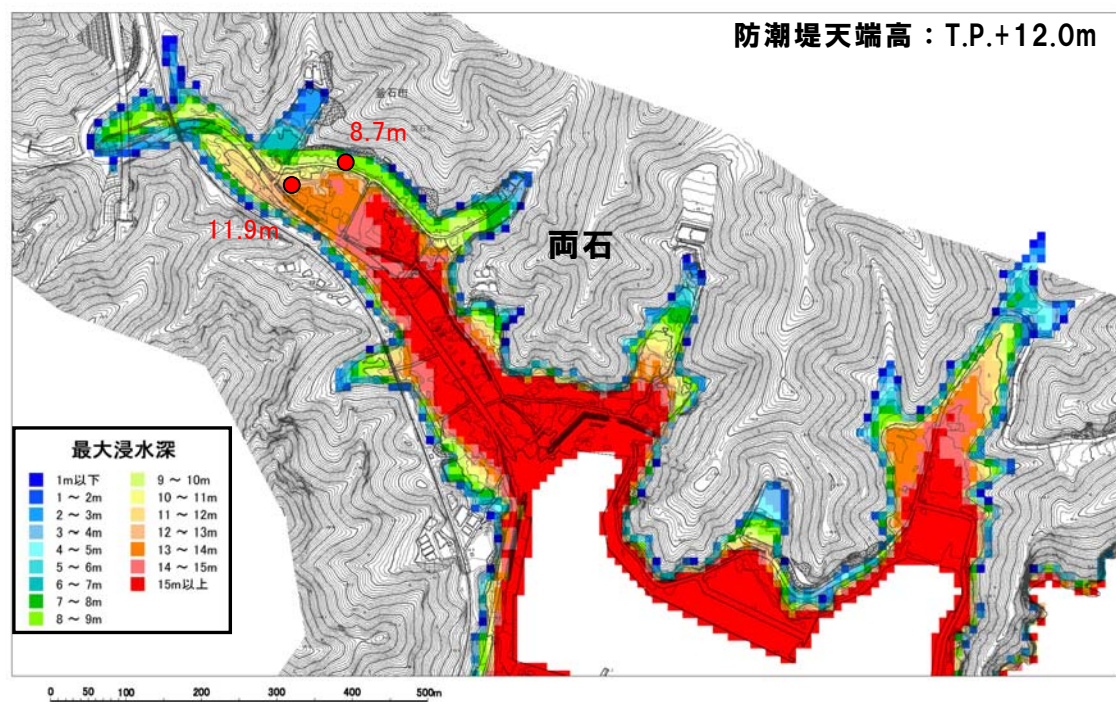


図1.4 浸水深平面分布図 (CASE 1 現計画天端高に対して東日本大震災津波来襲)

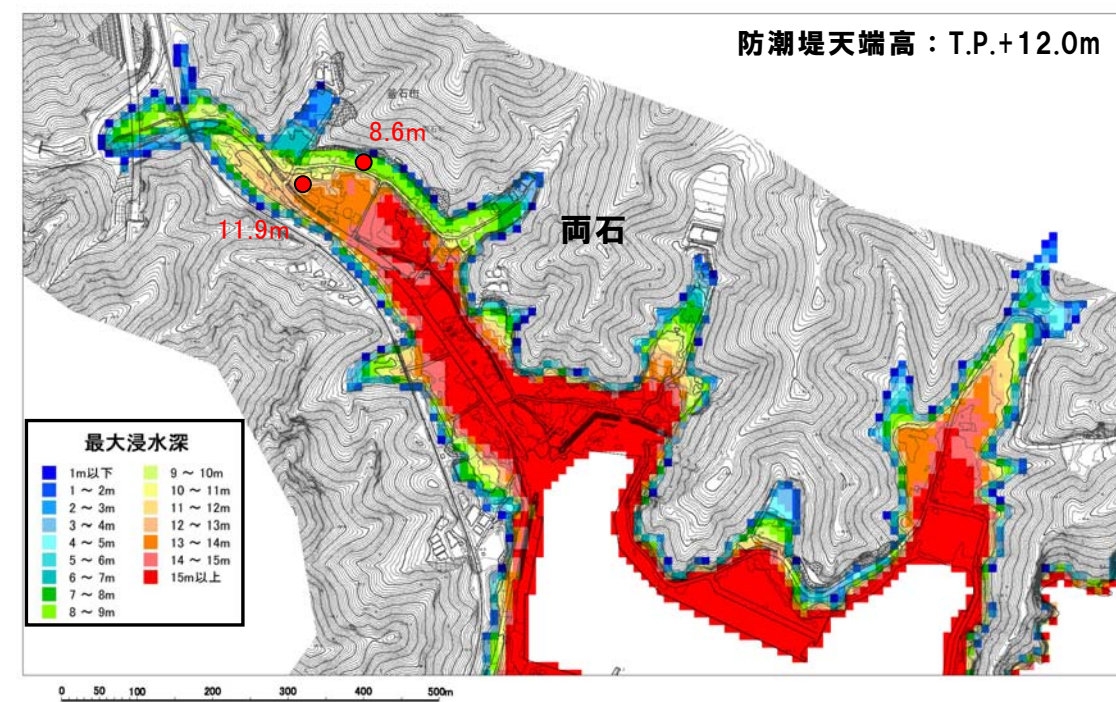


図1.6 浸水深平面分布図 (CASE 3 各海岸の昭和三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

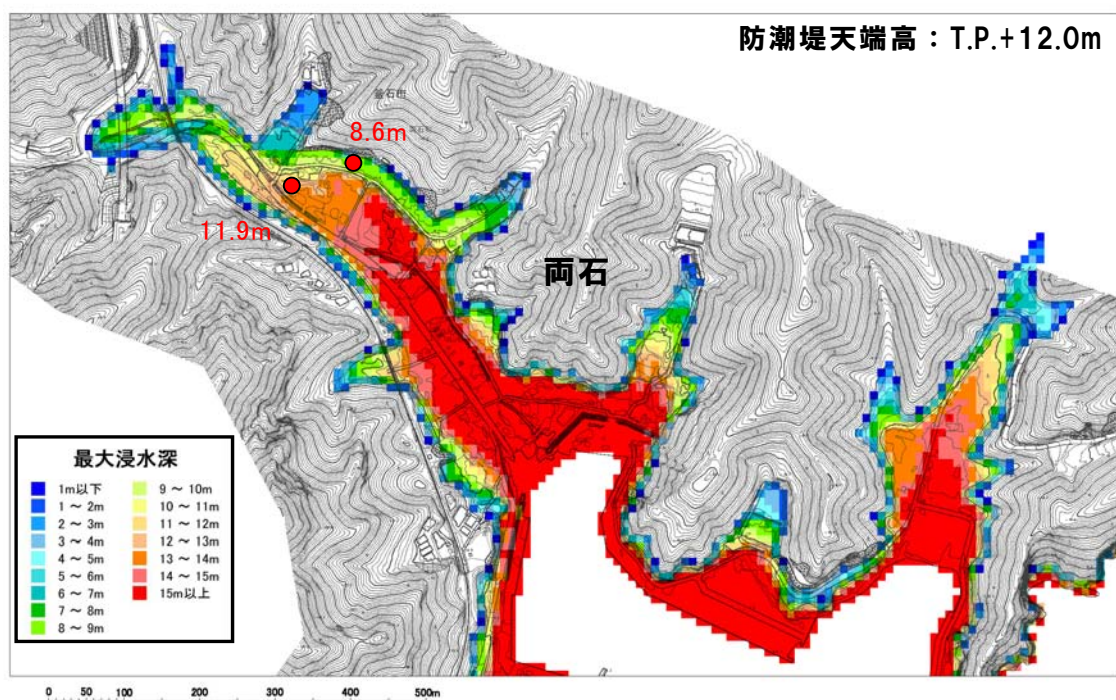


図1.5 浸水深平面分布図 (CASE 2 昭和三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

表1.3 各ケースの計算条件と計算結果

項目	CASE1	CASE2	CASE3
対象津波	東日本大震災津波		
潮位	朔望平均満潮位 H.W.L. : T.P.+0.80m		
防潮堤天端高	現計画 T.P.+12.0m	両石湾海岸での昭和三陸津波代表値 T.P.+12.0m	両石漁港海岸での昭和三陸津波 T.P.+12.0m
浸水面積 (ha)	14	14	14
浸水体積 (万m ³)	147	147	147
平均浸水深 (m)	10.7	10.7	10.7

東日本大震災の実績浸水範囲

考察

CASE1 (防潮堤高 T.P.+12.0) : 東日本大震災と比較するとわずかではあるが浸水深は減少する。大きな違いはない。

CASE2 (防潮堤高 T.P.+12.0) : 湾全体の堤防高は CASE1 の現計画堤防高とほとんど変わらないため、浸水範囲の変化はない。

CASE3 (防潮堤高 T.P.+12.0) : 同上。

7-3 明治三陸津波対応の必要施設高に関する浸水範囲の比較

○ 計算条件とユニット全体浸水範囲

①現計画天端高で防潮堤を整備した場合、②両石湾海岸での明治三陸津波堤防高代表値で防潮堤を整備した場合、③各海岸での明治三陸津波堤防高で防潮堤を整備した場合、それぞれに対して東日本大震災津波が来襲した時の施設効果を整理した。

次項以降に各海岸の浸水範囲の比較を示す。

○ 計算条件

対象津波：東日本大震災津波

施設高※：CASE1：現計画津波高 T.P.+12.0m(H0)

CASE2：明治三陸津波を溢れさせないユニット全体の防潮堤高 T.P.+16.3m

CASE3：明治三陸津波を溢れさせない個別海岸の防潮堤高

地盤高：地震後地盤高を基に地盤変位量を与えた地盤高

潮位：朔望平均満潮位 (H.W.L.) T.P.+0.80m

※最大クラスの津波により越流する場合は堤防が壊れることも考えられるが、ここでは堤防が壊れないものとして計算を実施した。

表7.1 各CASEの施設高の条件表

項目		CASE1	CASE2	CASE3
対象津波		東日本大震災津波		
潮位		朔望平均満潮位 H.W.L. : T.P.+0.80m		
防潮堤天端高	条件	現計画	両石湾海岸での明治三陸津波堤防高代表値	各海岸での明治三陸津波堤防高
	水海	T.P.+12.0m	T.P.+16.3m	T.P.+16.3m
	両石			T.P.+16.0m
	桑の浜			T.P.+14.1m
	仮宿	T.P.+6.4m	T.P.+10.1m	

表7.2 計算条件と計算結果浸水状況

	水海海岸		両石漁港海岸		桑の浜漁港海岸		仮宿漁港海岸	
	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m ³)	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m ³)	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m ³)	浸水面積 (ha)	浸水体積 (万m ³)
CASE1	37	283	14	147	4.1	40.2	2.0	11.9
CASE2	25	132	12	94	2.5	13.7	0.3	0.2
CASE3	25	134	12	97	3.6	28.8	1.9	10.7



図7.1 浸水深平面分布図 (CASE1 現計画天端高に対して東日本大震災津波来襲)

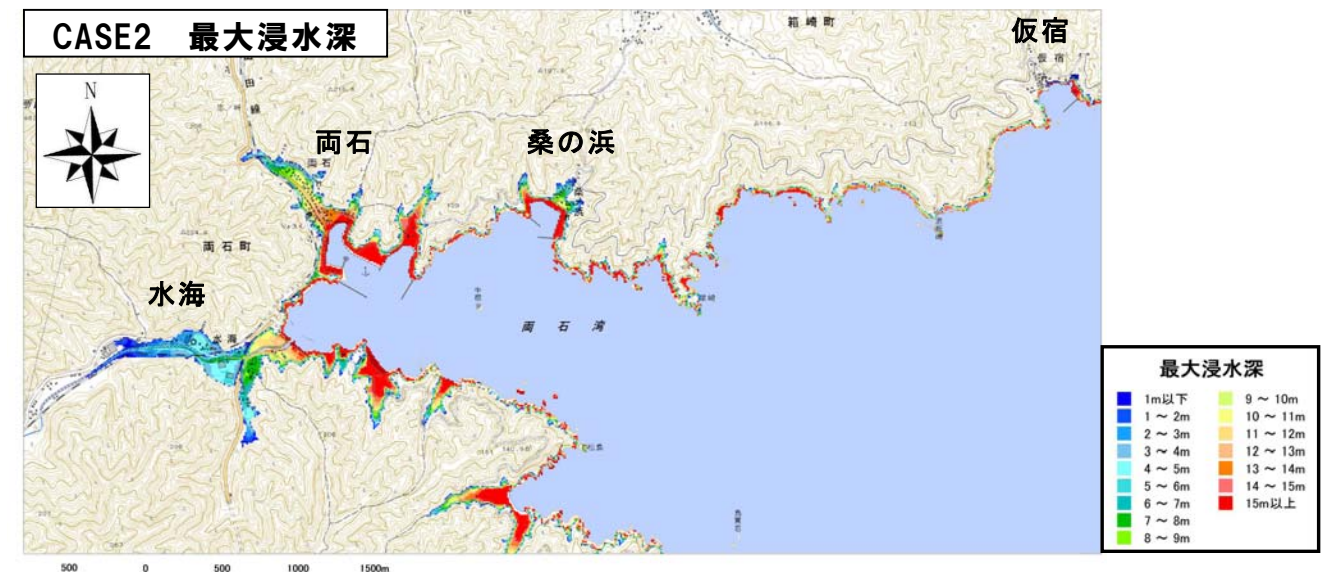


図7.2 浸水深平面分布図 (CASE2 明治三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

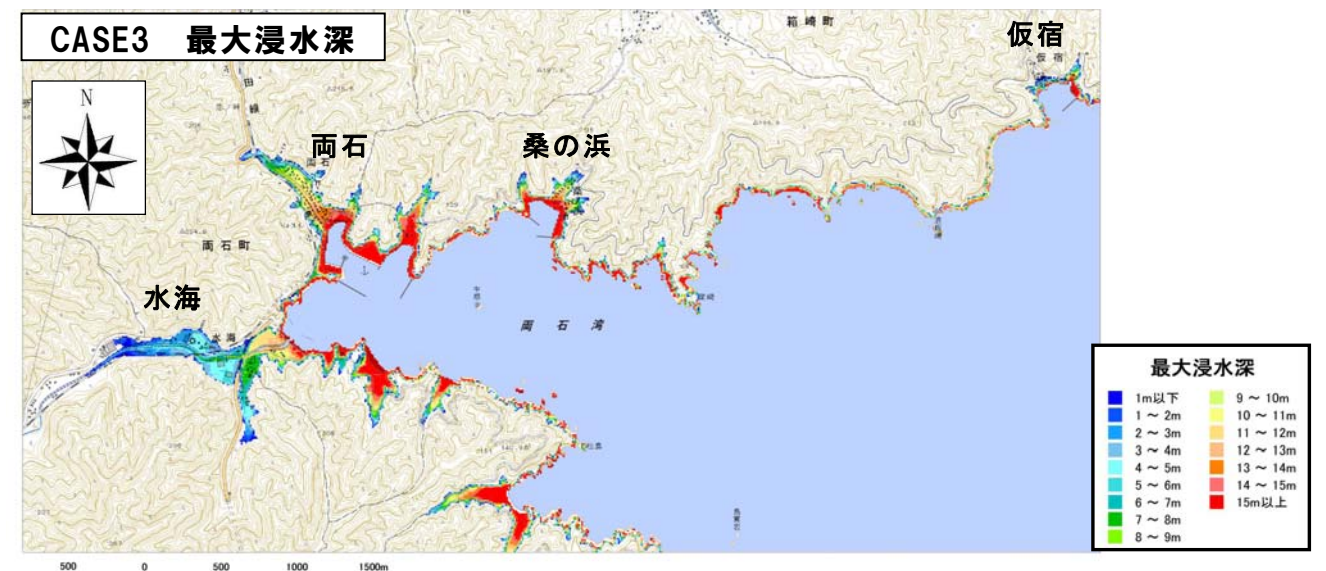


図7.3 浸水深平面分布図 (CASE3 各海岸の明治三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

7-4 浸水範囲の比較 (両石漁港海岸)

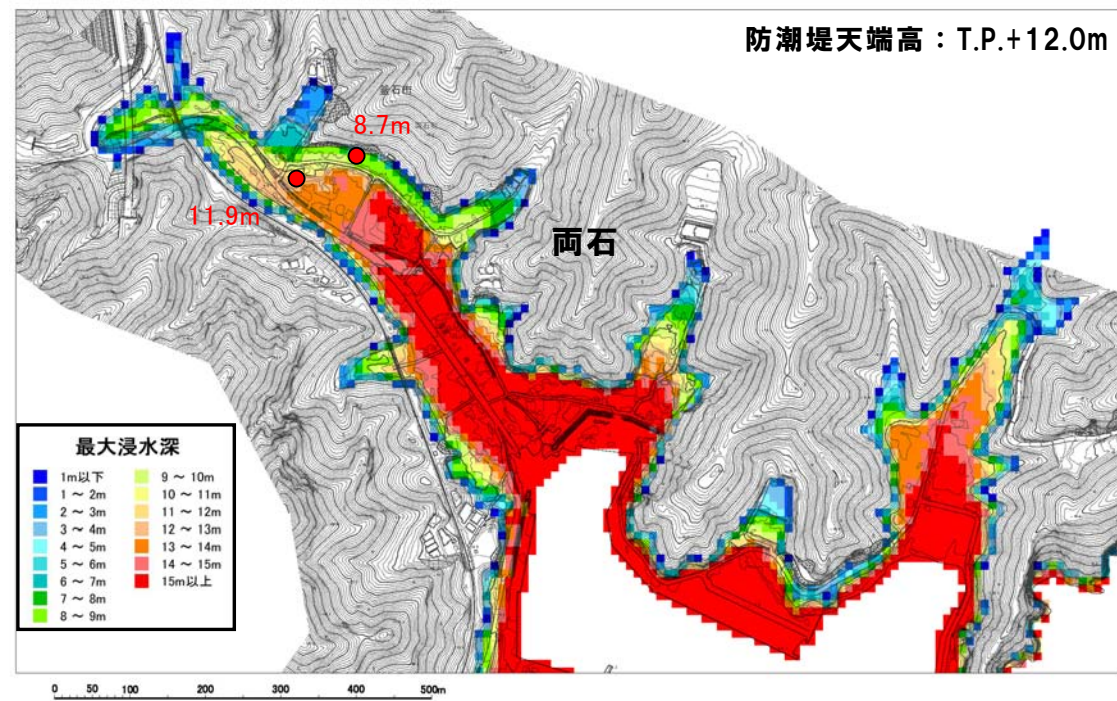


図7.4 浸水深平面分布図 (CASE1 現計画天端高に対して東日本大震災津波来襲)

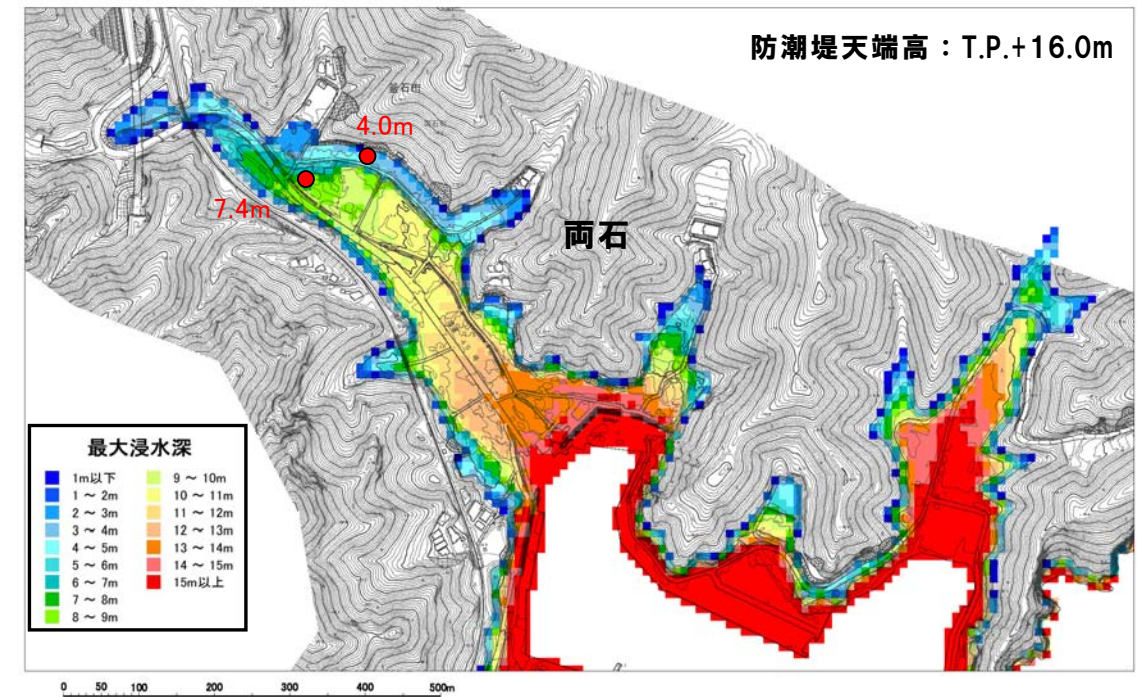


図7.6 浸水深平面分布図 (CASE3 各海岸の明治三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

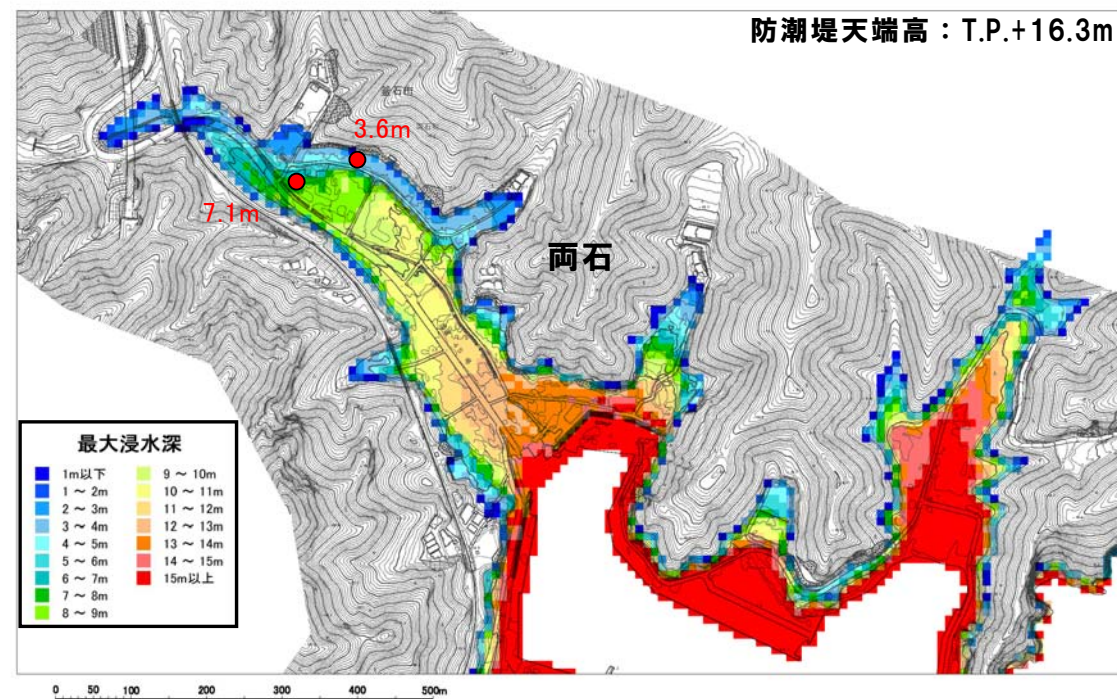


図7.5 浸水深平面分布図 (CASE2 明治三陸津波対応天端高に対して東日本大震災津波来襲)

表7.3 各ケースの計算条件と計算結果

項目	CASE1	CASE2	CASE3
対象津波	東日本大震災津波		
潮位	朔望平均満潮位 H.W.L. : T.P.+0.80m		
防潮堤天端高	現計画	両石湾海岸での明治三陸津波代表値	両石漁港海岸での明治三陸津波
	T.P.+12.0m	T.P.+16.3m	T.P.+16.0m
浸水面積 (ha)	14	12	12
浸水体積 (万m ³)	147	94	97
平均浸水深 (m)	10.7	8.0	8.2

東日本大震災の実績浸水範囲

考察

CASE1 (防潮堤高 T.P.+12.0) : 東日本大震災と比較するとわずかではあるが浸水深は減少する。大きな違いはない。

CASE2 (防潮堤高 T.P.+16.3) : 浸水深はかなり減少するが、浸水範囲の大幅な減少はみられない。

CASE3 (防潮堤高 T.P.+16.0) : 同上。