

1.はじめに

岩手県沿岸北部に位置する小本漁港海岸及び小本海岸について、津波シミュレーションを行った。本地区の特徴を下記に取りまとめる。

小本漁港海岸・小本海岸

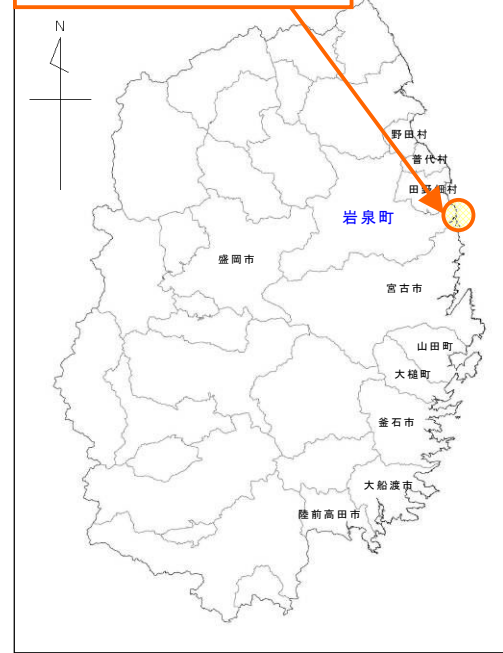


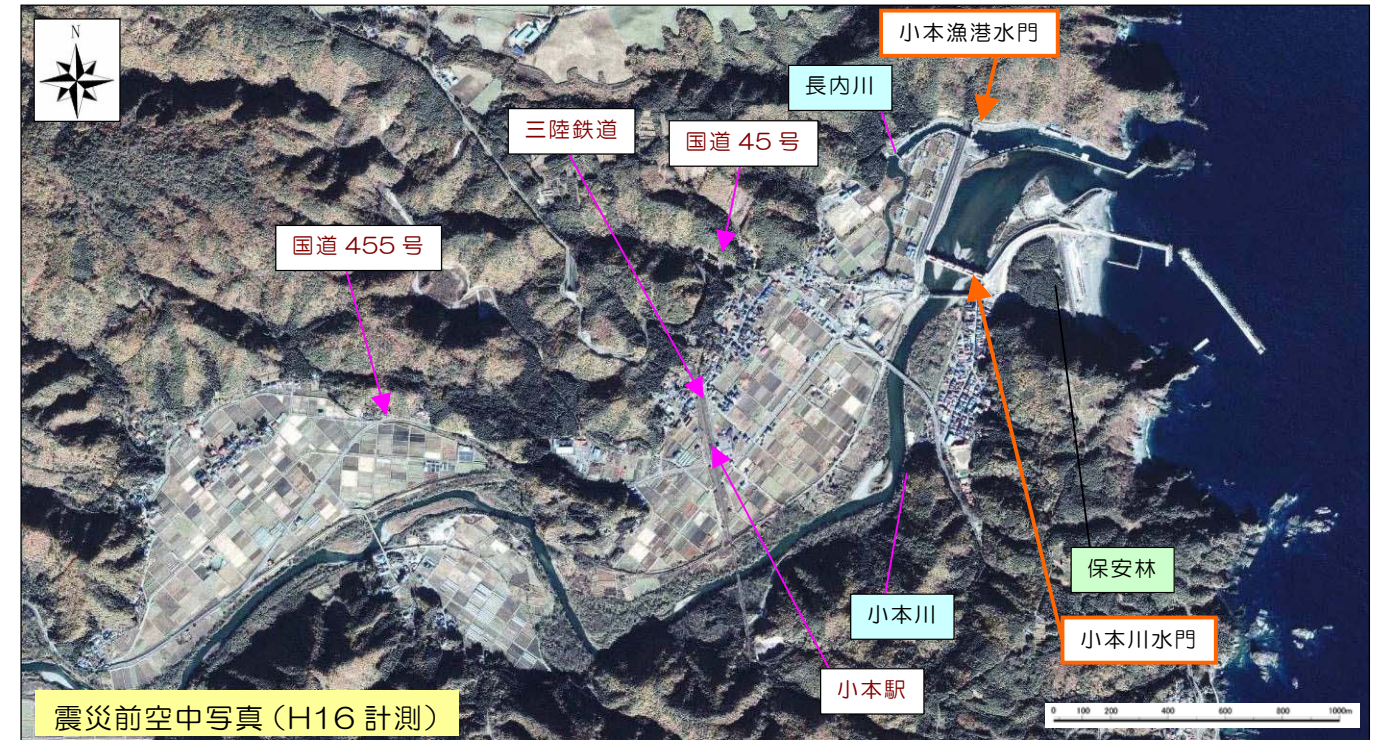
図 1.1 検討対象位置図

(1) 小本漁港海岸・小本海岸の特徴

- ・ 二級河川小本川及び長内川の河口部に位置
- ・ 小本川河口から約 800m 上流に小本川水門
- ・ 長内川河口部に小本漁港水門
- ・ これら防潮施設高は計画施設高 T.P.+13.3m で整備済み
- ・ 右岸防潮堤背後に保安林が存在
- ・ 小本川河口部から約 1.2km 上流に国道 45 号
- ・ 約 2.1km 上流に三陸鉄道北リアス線

(2) 被害状況

- ・ 小本川水門上屋で T.P.+19.3m の痕跡等、計画堤防高 T.P.+13.3m を上回る津波痕跡が多数確認された。
- ・ 保安林付近の防潮施設背後で洗掘が確認された。
- ・ 保安林は流失した。
- ・ 小本川右岸集落や左岸の国道 45 号下流集落の大半が浸水し、一部で家屋が流失した。
- ・ 小本漁港水門は津波襲来時に開いていた。



震災前空中写真 (H16 計測)

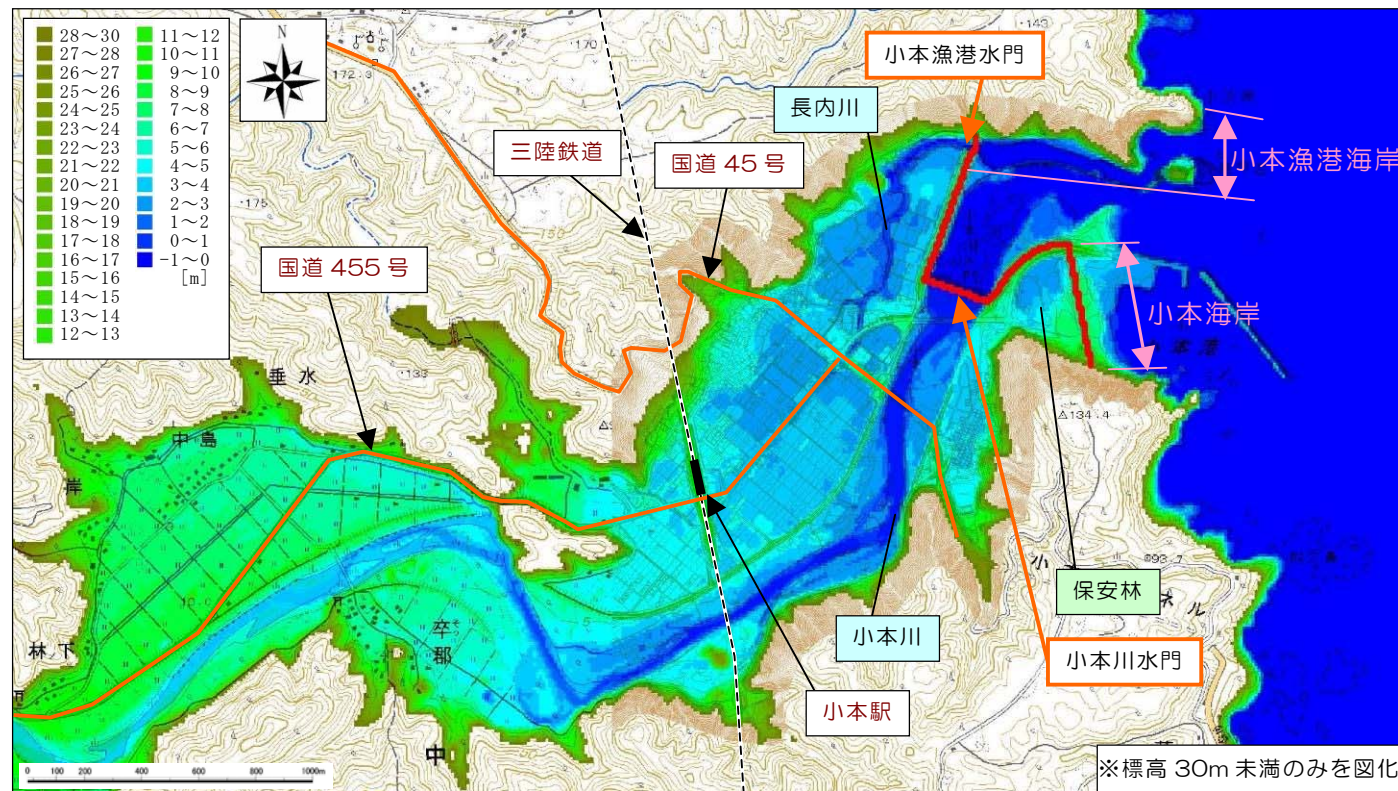


図 1.2 主な施設位置と地盤高

*地盤高は震災前 H16 年 LP データより作成



震災後空中写真 (H23 計測)

2.再現シミュレーション条件の設定

再現計算条件は、表 2.1 に示すとおり設定した。

表 2.1 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	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	0.25s
9	潮位条件	H23.3.11 15時の潮位よりT.P.-0.40mを設定
10	対象地形	H16年LPデータによる地盤変動を考慮した地形

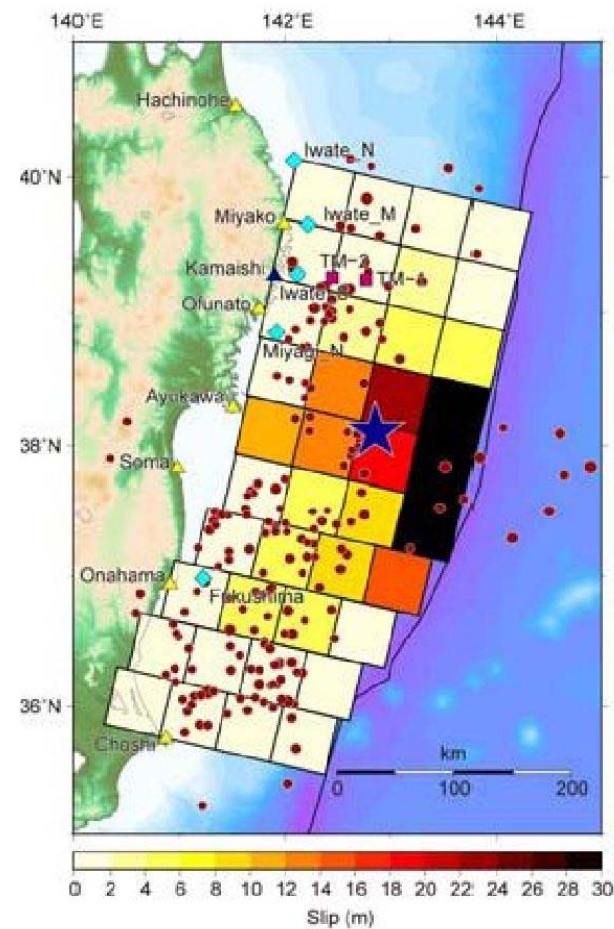


図2.1 波源モデル

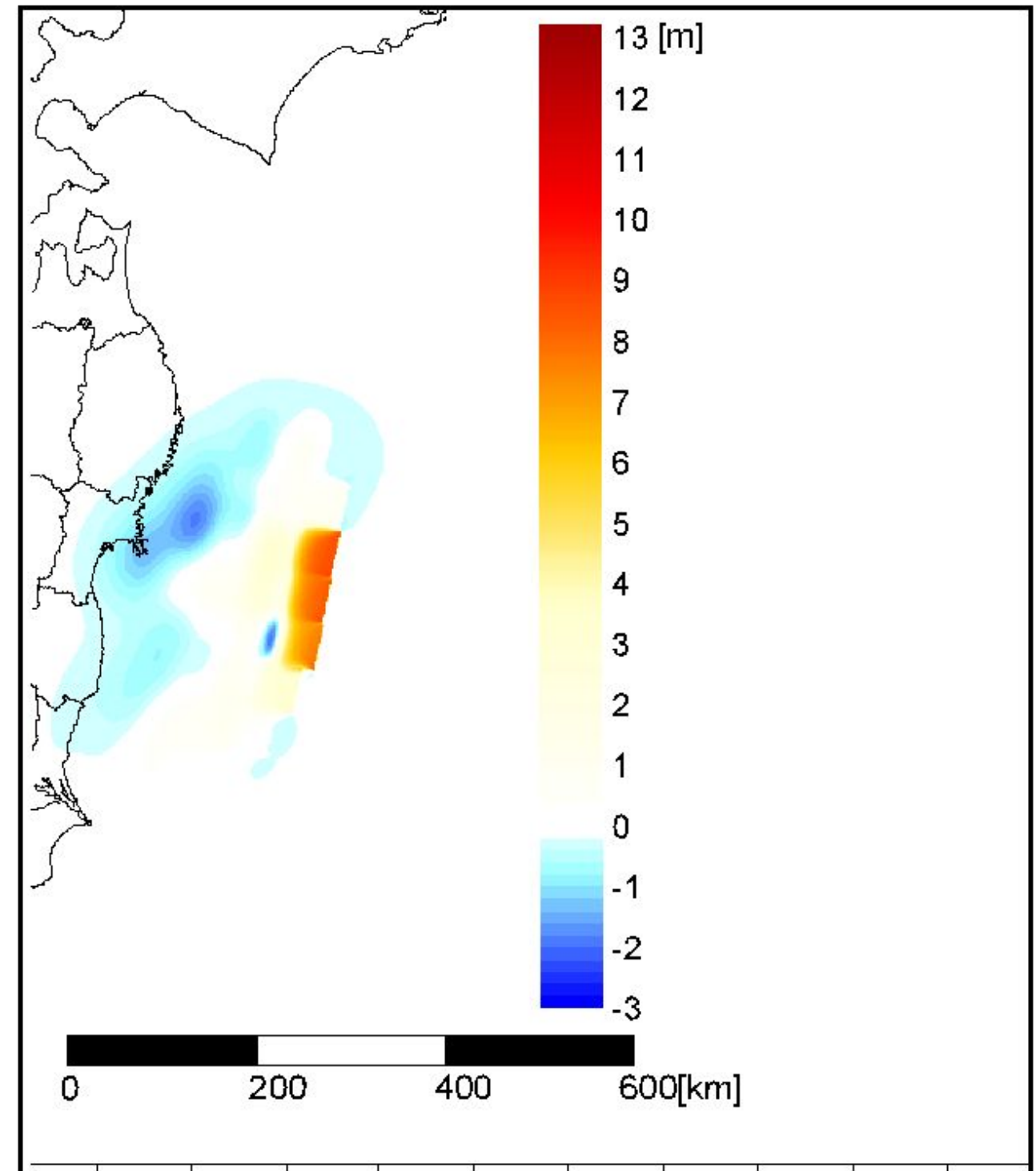
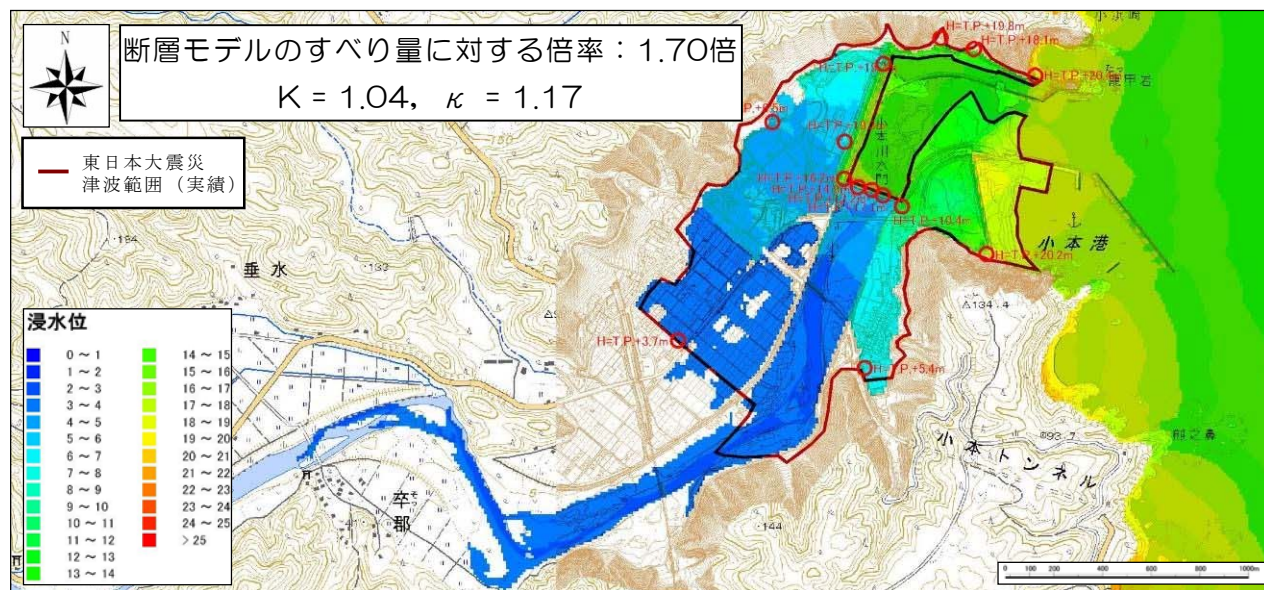


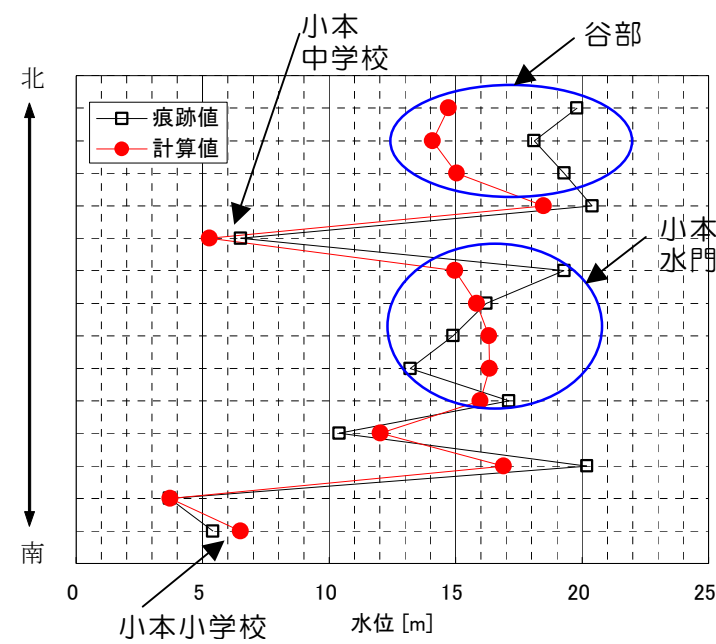
図2.2 地盤変位量分布（初期水位分布）

3.再現シミュレーション

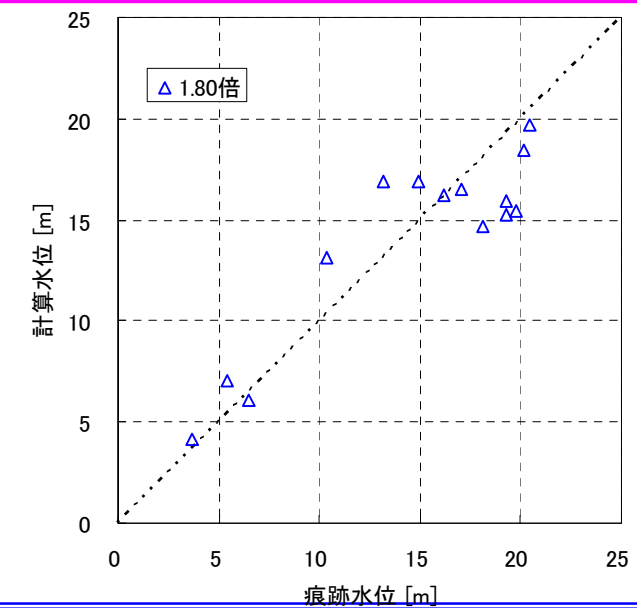
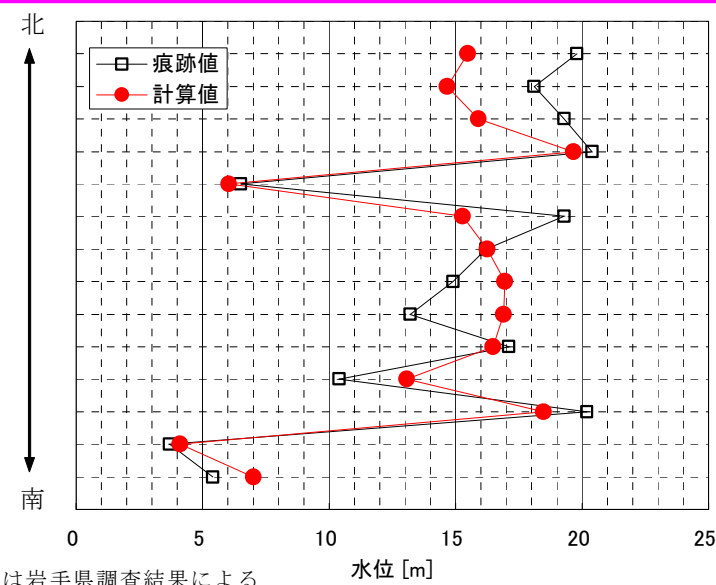
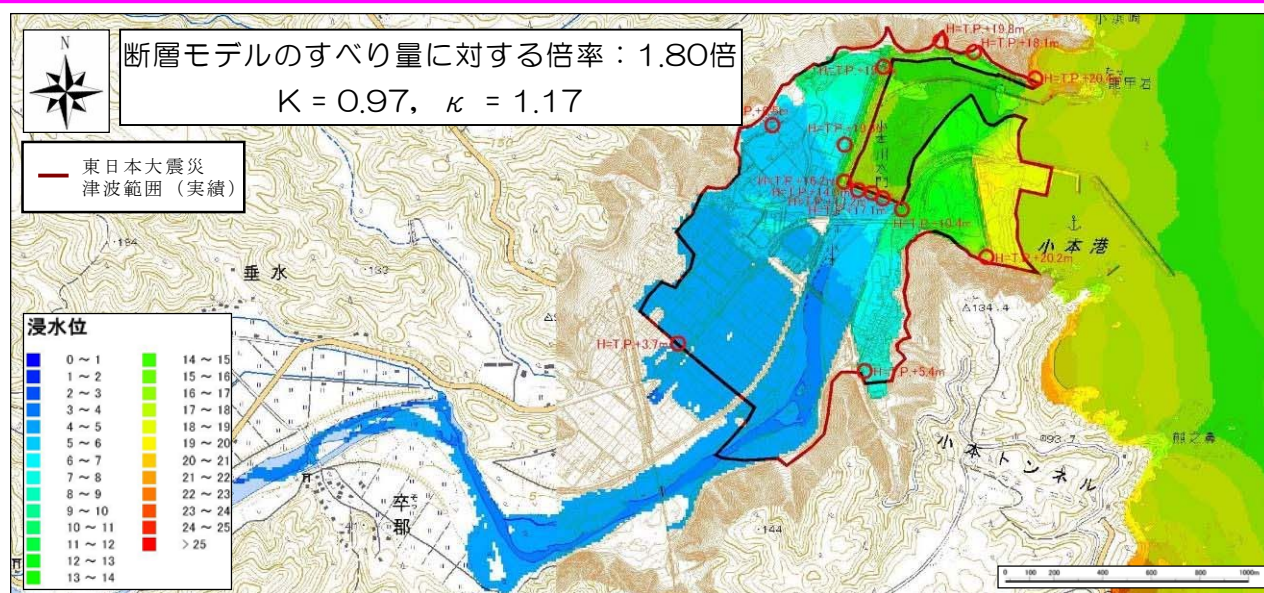
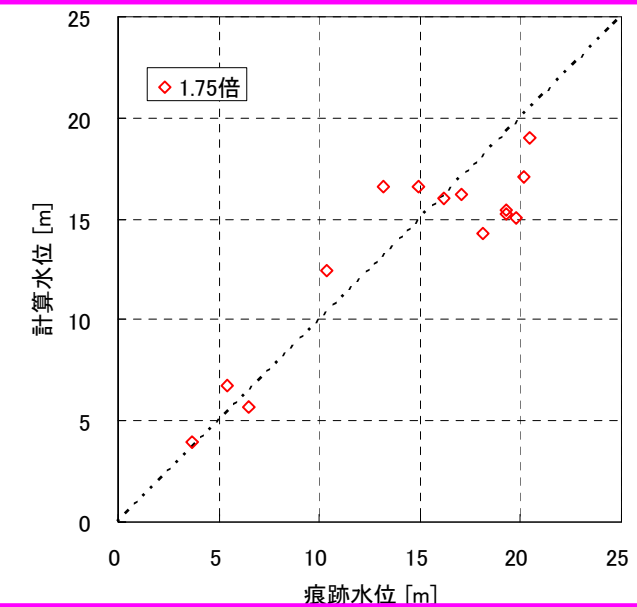
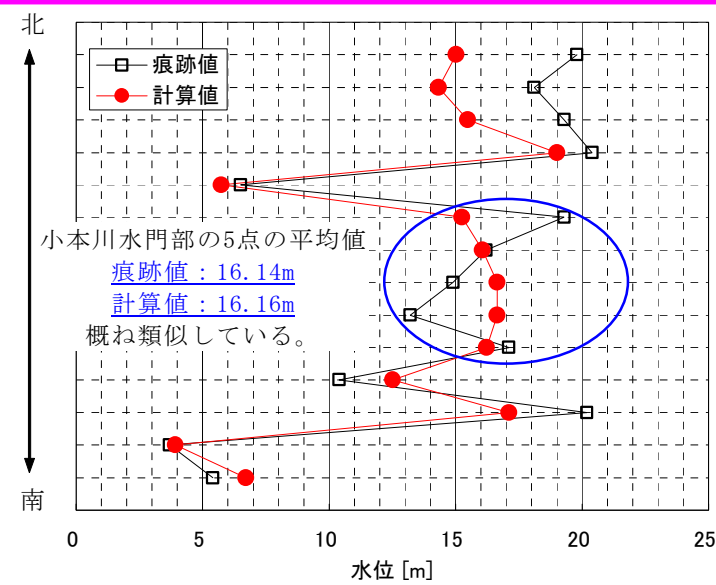
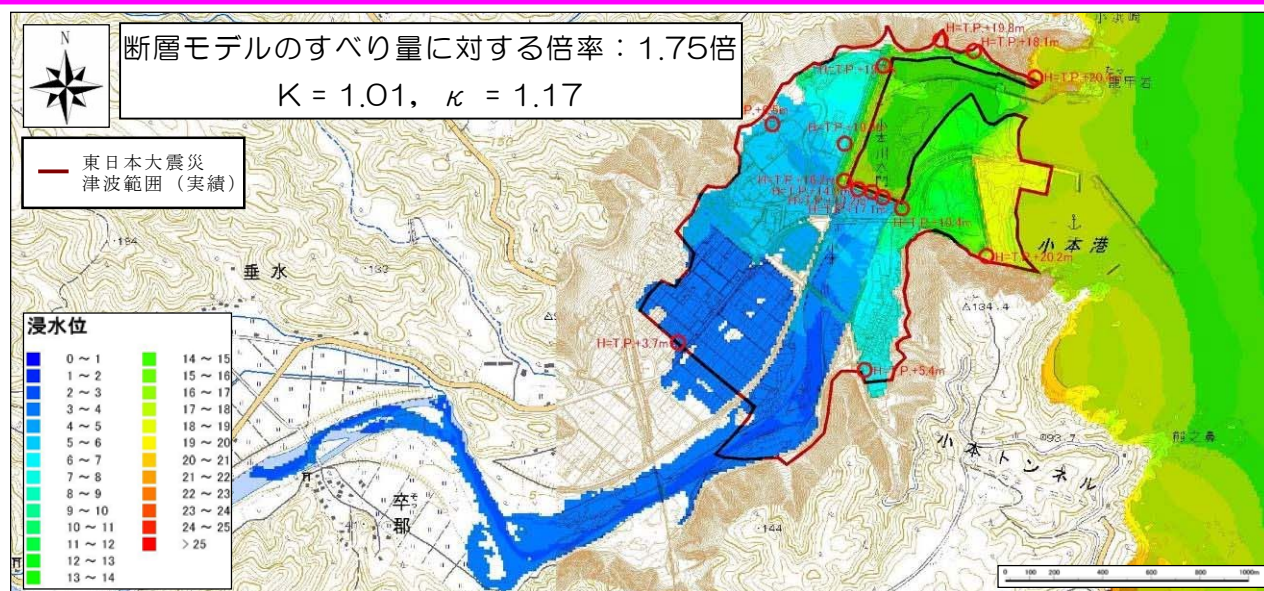
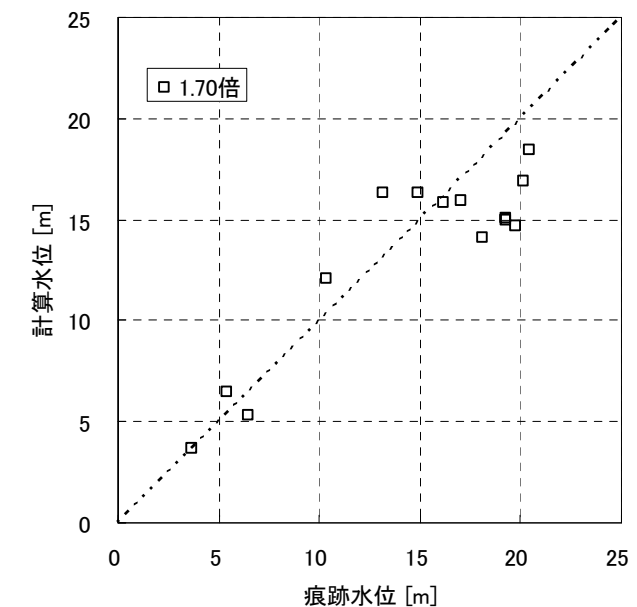
断層モデルのすべり量に対する倍率を複数設定し、浸水区域、痕跡値、 k 、 κ 等の関係より最も妥当と考えられる倍率として1.75倍を採用した。



※東日本大震災時に長内川の水門が開いていたことから、再現計算時には水門が開いている状態で検討を行った。
 水門緒元：幅20m、高さ10m



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



※痕跡値は岩手県調査結果による

4.対象津波の選定

小本漁港海岸における既往津波の痕跡高及び防潮ライン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。

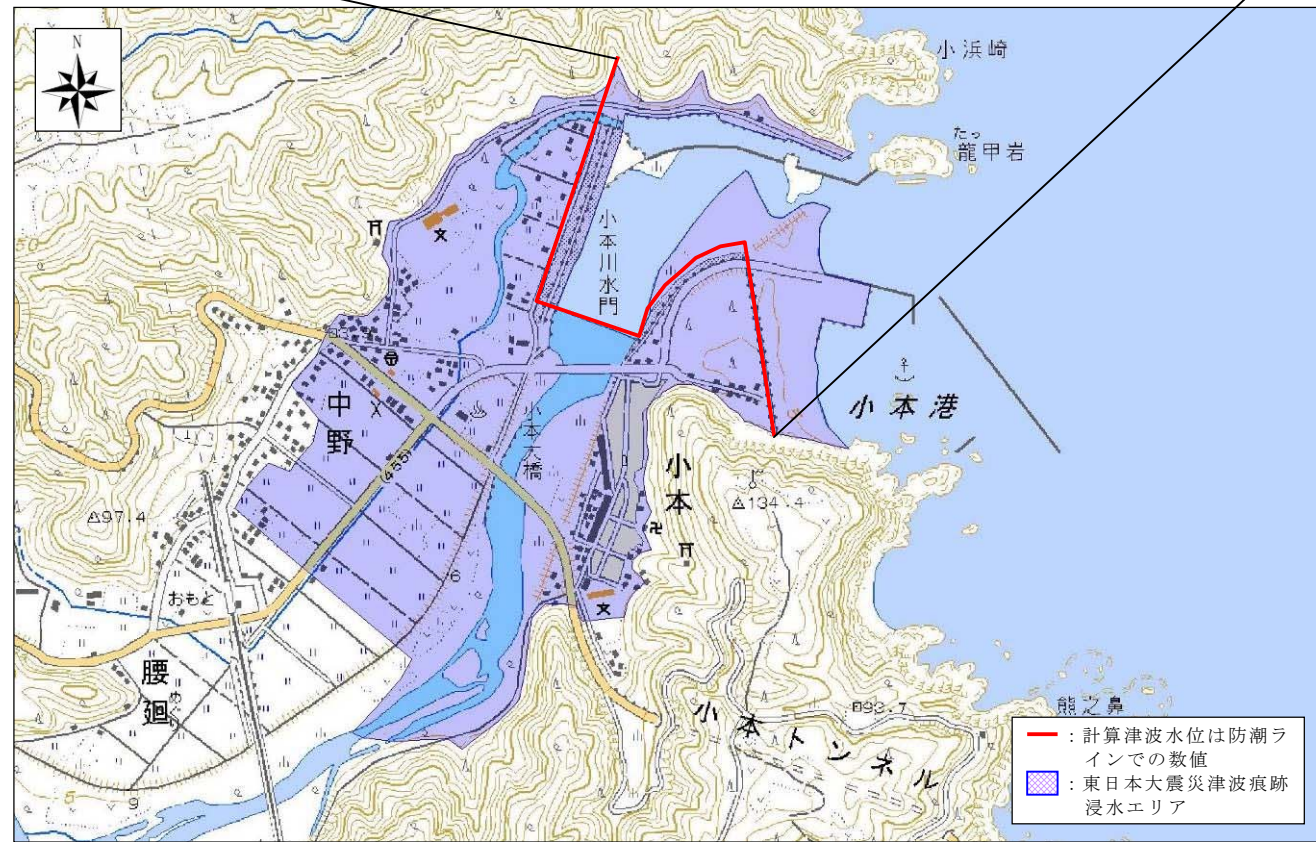
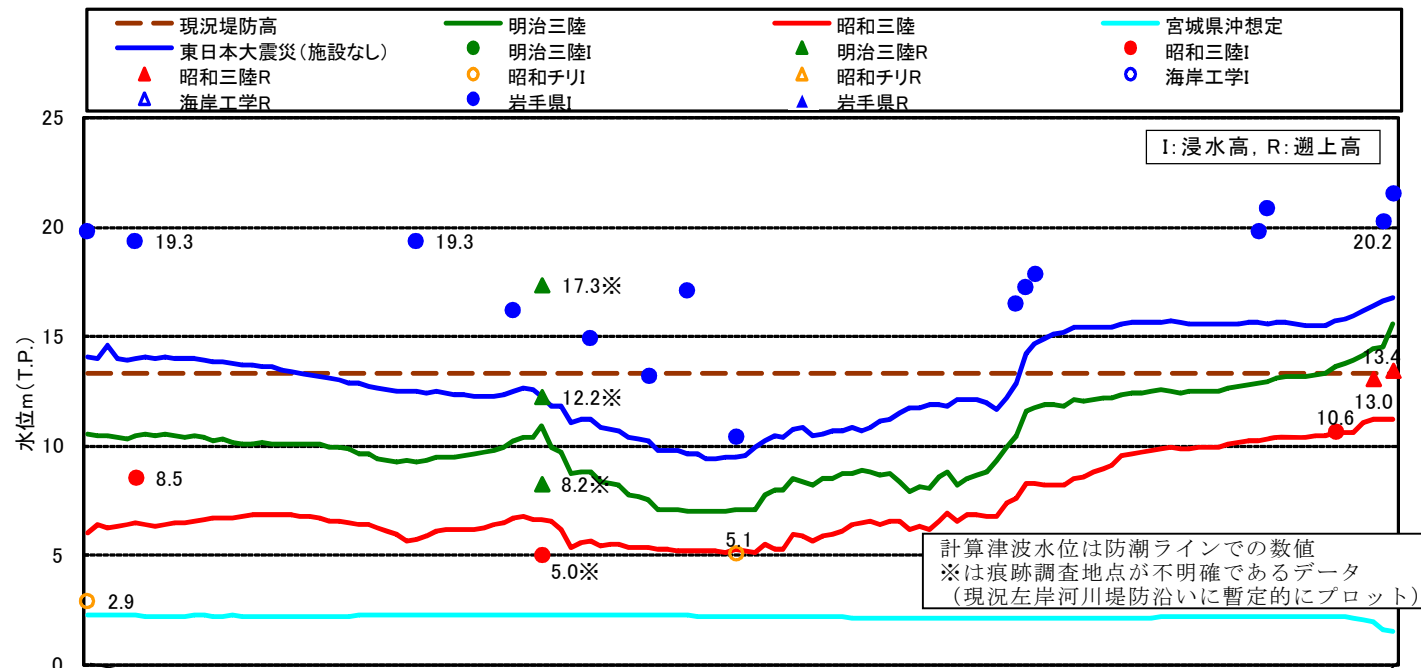


図 4.1 既往津波の痕跡水位及び再現計算による最大津波水位

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整理し、最大値を評価値とした。痕跡値と計算値より、明治三陸地震津波東日本大震災津波と明治三陸沖地震津波が概ね近似しているものと考え同列評価とし、既往第二位津波として昭和三陸地震津波を選定した。

表 4.1 既往津波別の最大津波水位

	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 3.11津波	1611 慶長三陸	1896 明治三陸	1933 昭和三陸	1960 昭和チリ	- 想定宮城	2011 3.11津波
小本漁港 海岸		12.2	8.5	2.9	19.3	-	10.6	6.8	-	2.2	14.1
小本海岸	痕跡なし	8.2	5.0	-	19.3	-	-	-	-	-	-
		17.3	10.6	5.1	20.2	-	15.5	11.2	-	2.2	16.8
平均値	-	-	10.1	4.0	19.6	-	13.0	9.0	-	2.2	15.4
最大値	-	-	13.4	5.1	20.2	-	15.5	11.2	-	2.2	16.8
最小値	-	-	5.0	2.9	19.3	-	10.6	6.8	-	2.2	14.1
評価値	-	-	10.6	5.1	20.2	-	15.5	11.2	-	2.2	16.8

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

3.11津波は、岩手県調査結果及び東北地方太平洋沖津波合同調査グループ調査結果

評価値は浸水高の最高値を採用

計算条件：防護施設なし
津波水位は海岸線での数値

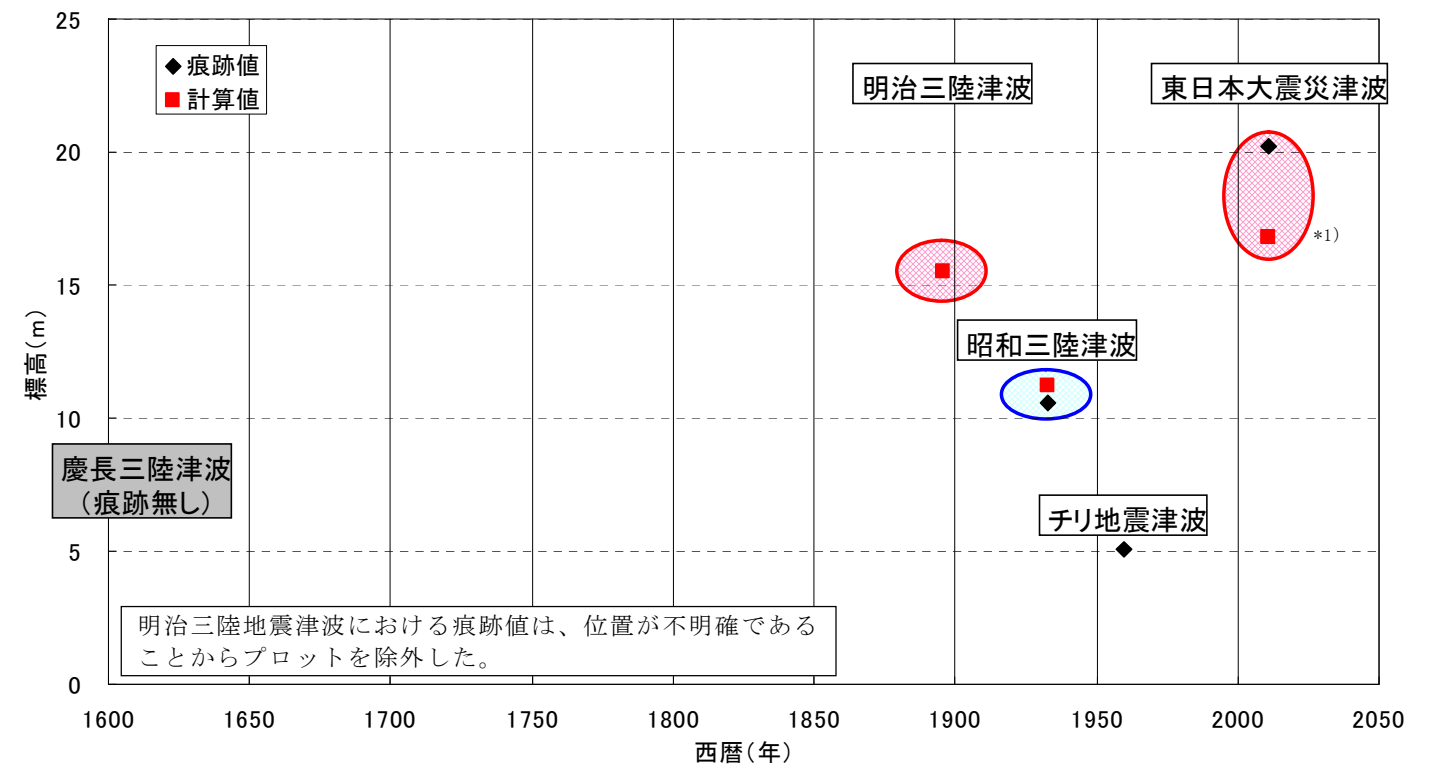


図 4.2 対象津波の判定

既往最大津波：東日本大震災津波と明治三陸沖地震津波

既往第二位津波：昭和三陸地震津波

*1) 東日本大震災津波における計算値は防護施設なしの結果

5.施設高（防潮堤高）の検討

既往最大津波として選定した東日本大震災津波、明治三陸津波に対して溢れない高さの防潮施設高の検討を行った。

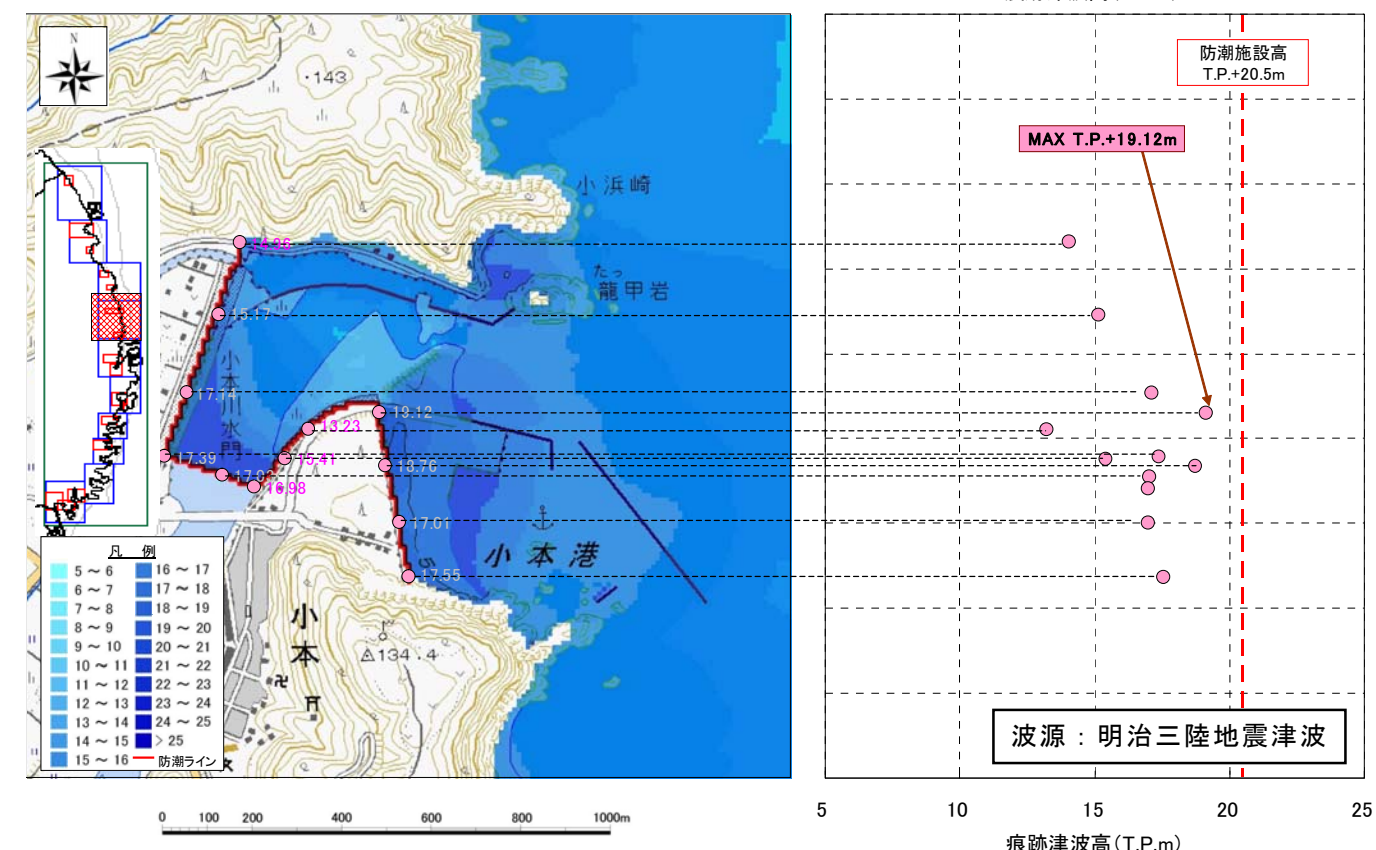
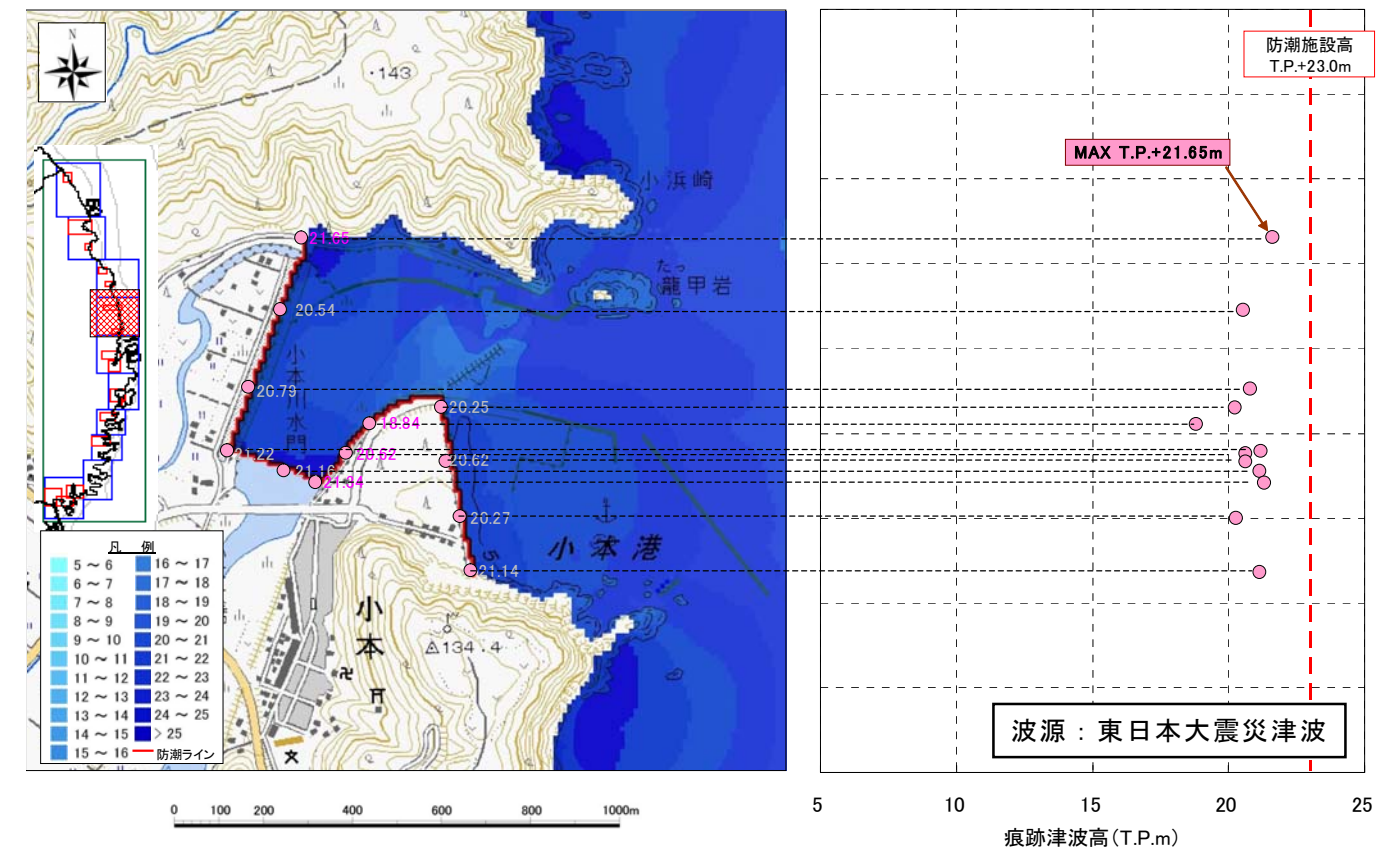


図 5.1 既往最大津波の防潮ライン出の最大津波水位

既往第二位津波として選定した昭和三陸津波に対して溢れない高さの防潮施設高の検討を行った。余裕高等を見込んだ防潮施設高は、T.P.+15.0mとなった。

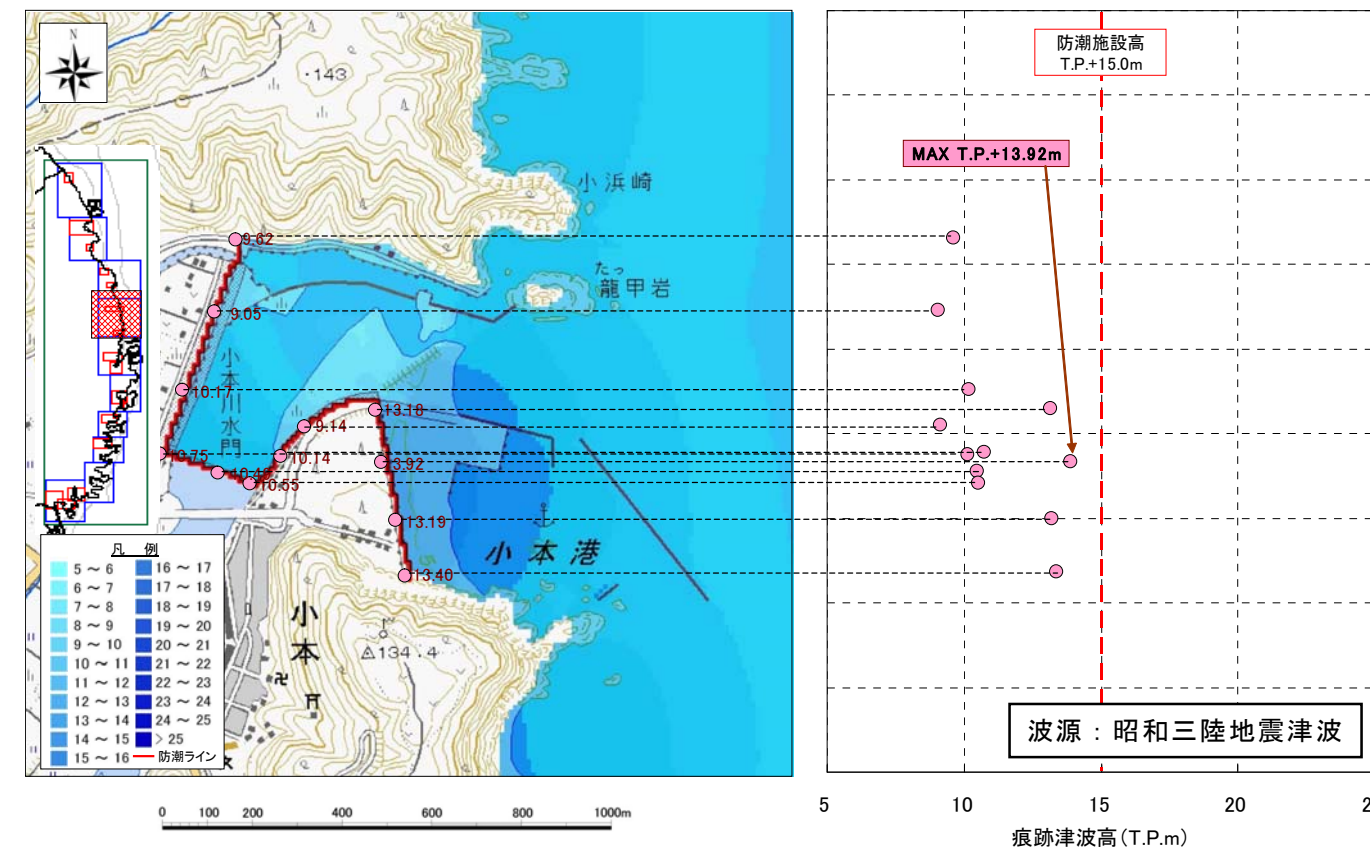


図 5.2 既往第二位津波の防潮ラインでの最大津波水位

表 5.1 対象津波別の必要施設高

区分	対象津波	最大値 (T.P.m)	余裕高 (m)	必要施設高 (T.P.m) ^{*2)}
既往最大津波	東日本大震災津波	21.7	1.0	23.0
	明治三陸地震津波	19.1		20.5
既往第二位津波	昭和三陸地震津波	13.9		15.0
現計画津波高				13.3

*2) 必要施設高は最大値+余裕高の高さを0.5m丸めとして設定

○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：地震前地盤高から地盤沈下量^{*3)}(0.239m)を考慮した地形を基に地盤変位量を与えた地盤高
 潮位：朔望平均満潮位 T.P.+0.71m

*3) 地盤沈下量0.239mは、小本川1.2km(小本大橋付近)の一等水準点による標高及びGPS観測による標高との差より得た結果(岩泉土木センター調査結果)

岩泉町(小本漁港海岸・小本海岸)

6.浸水範囲の試算(1)

小本漁港海岸・小本海岸を対象としたシミュレーションを全10ケースで実施した。検討ケースの概要および浸水面積等の概略結果は下記の通りとなった。なお、Case4、5に関しては本資料での説明を割愛した。

表 6.1 検討ケース別設定条件概要と概略結果

検討ケース	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5	Case6	Case7	Case8	Case9	Case10
概要	計画防潮堤高における東日本大震災津波の浸水予測	昭和三陸津波対応の施設高における東日本大震災津波の浸水予測	明治三陸津波対応の施設高における東日本大震災津波の浸水予測	昭和三陸津波対応の施設高よりも高くした場合の東日本大震災津波の浸水予測	Case4の施設高よりも高くした場合の東日本大震災津波の浸水予測	3.11地震後の防潮堤高における東日本大震災津波の浸水予測	3.11地震後の防潮堤高における東日本大震災津波の浸水予測	3.11地震後の防潮堤高における東日本大震災津波の浸水予測	3.11地震後の防潮堤高における東日本大震災津波の浸水予測	3.11地震後の防潮堤高における東日本大震災津波の浸水予測
対象津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波	東日本大震災津波
防潮堤高(T.P.m)	13.3	15.0	20.5	17.0	19.0	12.69	12.69	12.69	12.69	12.69
堤内地側防御施設	なし	なし	なし	なし	なし	右岸山付堤	右岸山付堤 国道45号盛土 (壁立て)	右岸山付堤 国道45号, 左岸 堤防(壁立て)	右岸山付堤 国道45号盛土 (長内川カル バート閉鎖)	右岸山付堤 国道45号盛土 (T.P.+7m)
浸水面積 ^{*1)} (ha)	74	66	14	34	28	75	66	66	38	68
浸水体積 ^{*1)} (万m ³)	217	152	9	70	31	246	238	236	201	240
小本中学校 浸水深(m)	2.8	2.0	0.0	0.7	0.5	2.9	3.0	2.9	3.0	2.9
国道45号 交差点 浸水深(m)	1.1	0.4	0.0	0.0	0.0	1.4	0.3	0.3	0.0	0.5
国道455号 浸水深(m)	1.1	0.7	0.0	0.0	0.0	1.4	0.9	0.9	0.0	1.1
小本小学校 浸水深(m)	0.5	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

*1) 浸水面積・体積は防潮ライン背後の堤内地の値

6. 浸水範囲の試算 (2)

○計算条件

対象津波：東日本大震災津波
 施設高：Case1：計画防潮堤高 (T.P.+13.3m)
 : Case2：昭和三陸津波を溢れさせない防潮堤高 (T.P.+15.0m)
 : Case3：明治三陸津波を溢れさせない防潮堤高 (T.P.+20.5m)
 地盤高：地震前地盤高から地盤沈下量 (0.239m) を考慮した地形を基に地盤変位量を与えた地盤高
 潮位：朔望平均満潮位 T.P.+0.71m

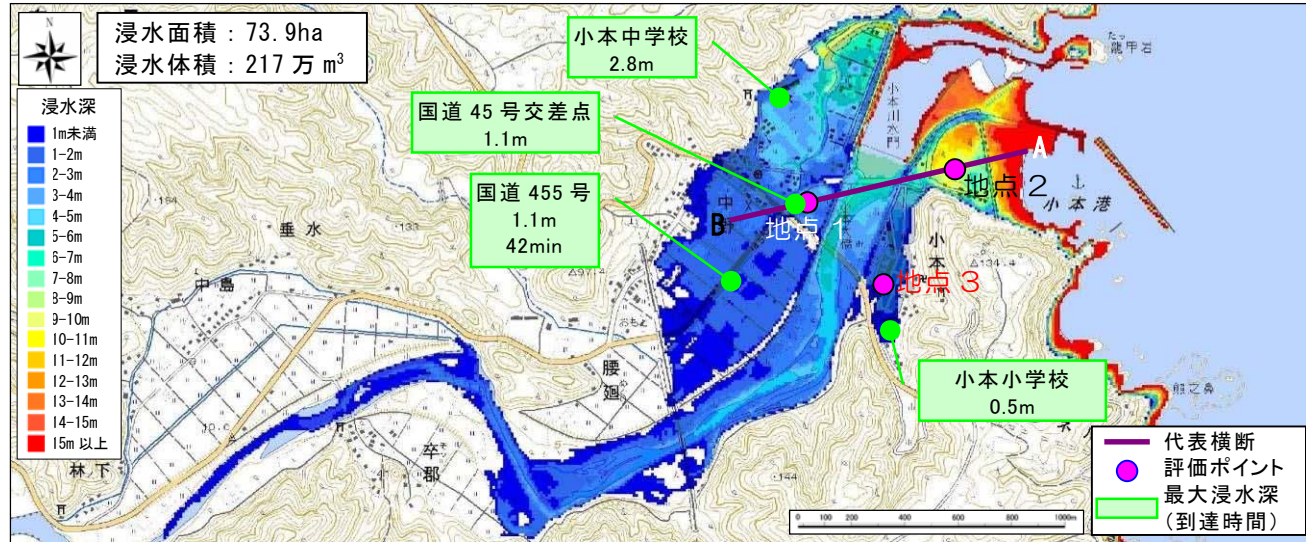


図 6.1 Case1 計画防潮堤高 (現計画津波高 T.P.+13.3m) におけるシミュレーション結果

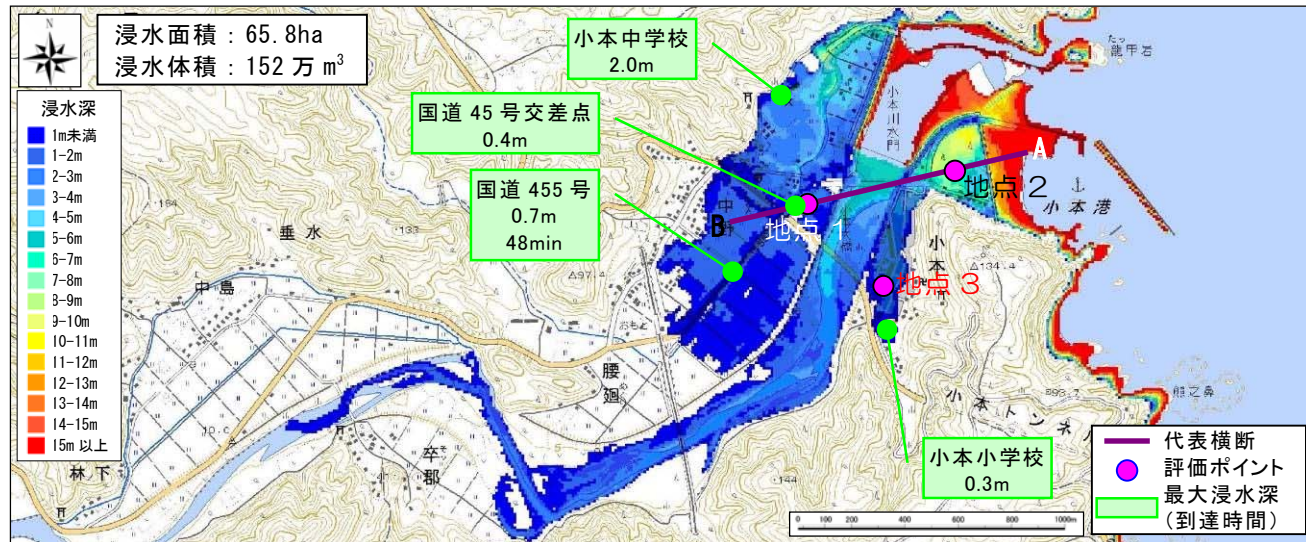


図 6.2 Case2 昭和三陸津波を溢れさせない防潮堤高 (T.P.+15.0m) におけるシミュレーション結果

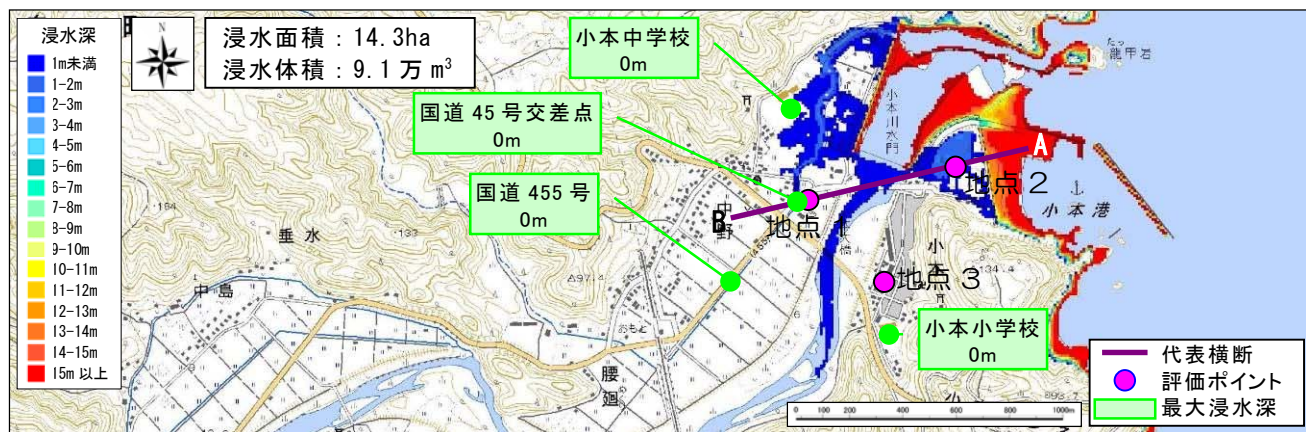


図 6.3 Case3 明治三陸津波を溢れさせない防潮堤高 (T.P.+20.5m) におけるシミュレーション結果

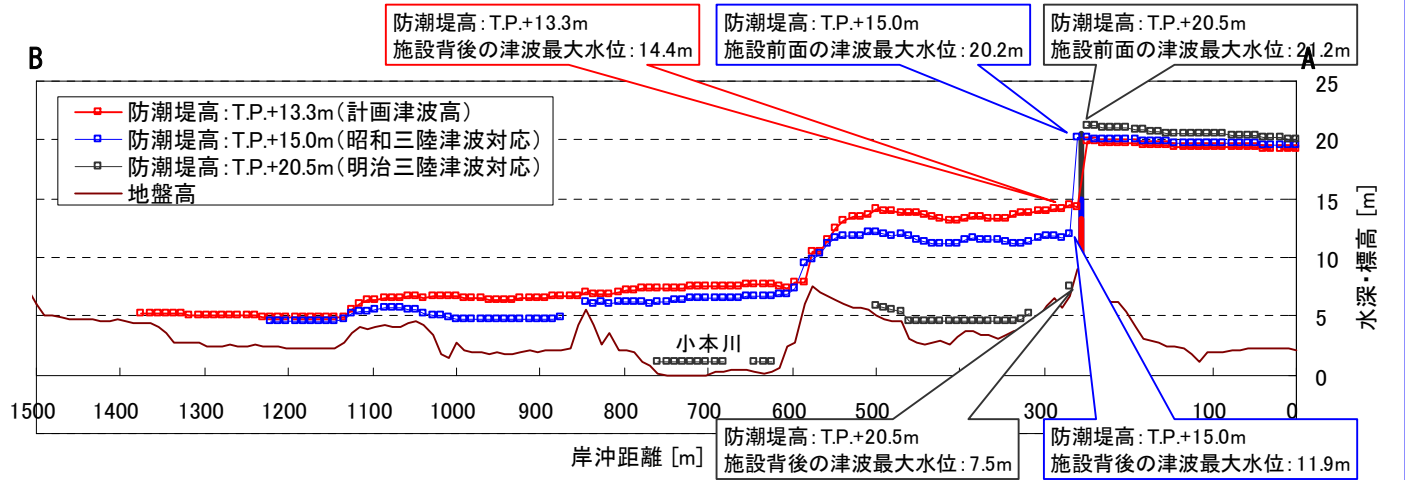


図 6.4 水位縦断面図

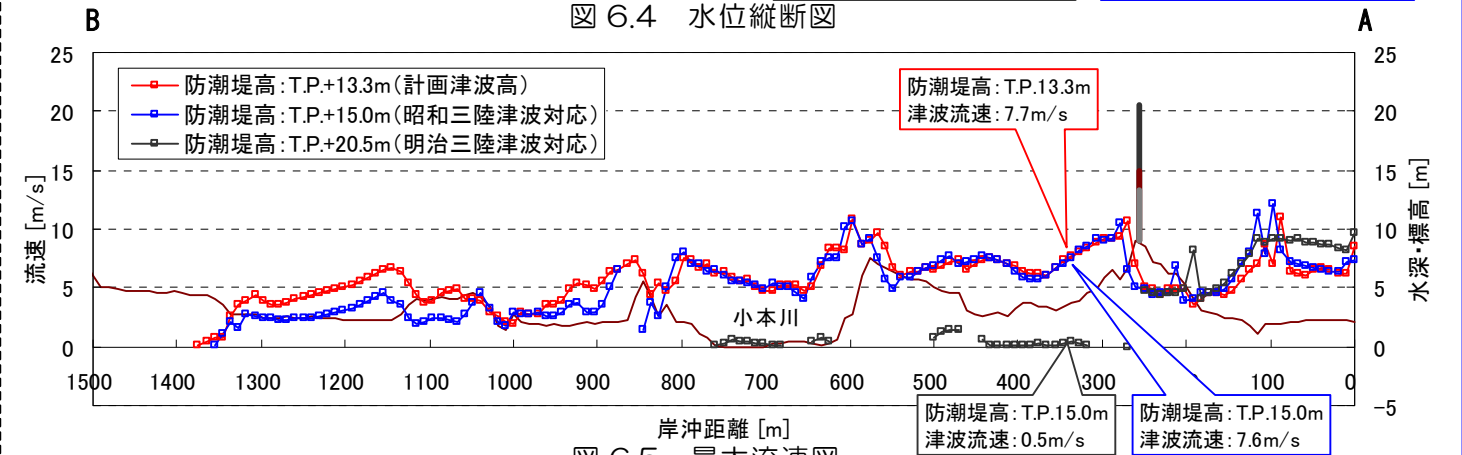


図 6.5 最大流速図

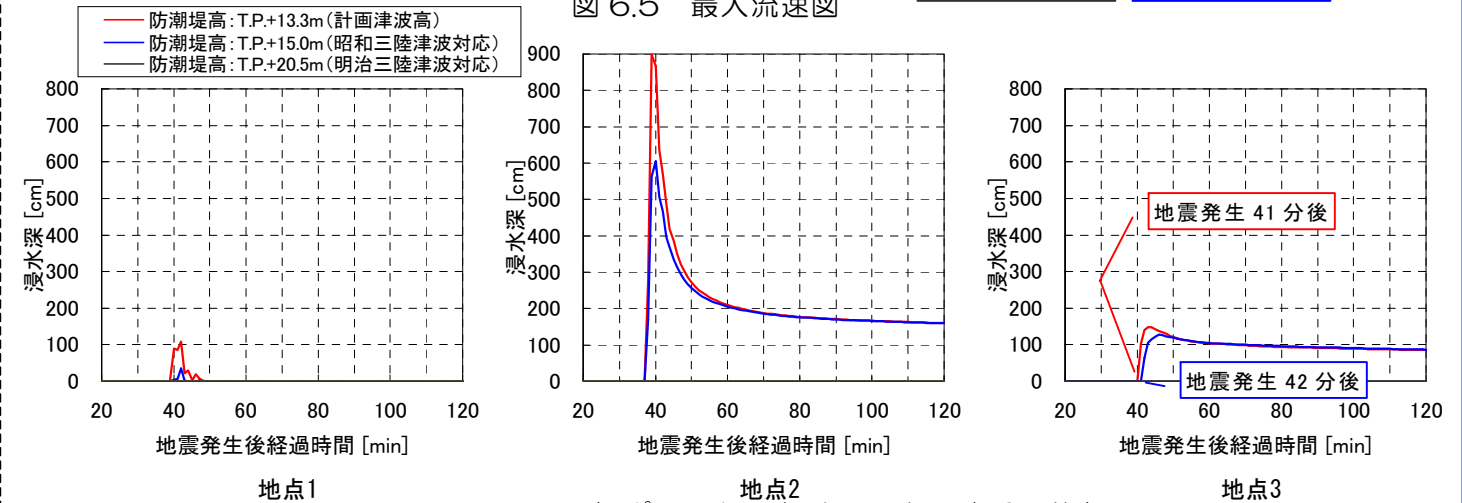


図 6.6 評価ポイントにおける浸水深時系列分布

*) T.P.+20.5m時の地点1~3の最大浸水深は1cm程度である。

○まとめ

- ・計画防潮堤高 (現況堤防高) と比較して昭和三陸津波対応高 (T.P.+15.0m) の施設の場合、小本川右岸の施設背後の津波水位は最大で3m程度軽減する効果があるが、左岸側では最大で1m軽減する程度であった。また、施設背後の浸水面積・最大浸水深は軽減するものの、小本川左右岸の集落の浸水を防ぐまでの効果は得られなかった。明治三陸津波対応高 (T.P.+20.5m) では、大幅に浸水域が減少し、集落の浸水はわずかとなった。
- ・A-B断面における現況と嵩上げ後の津波の最大流速は、右岸側では概ね同程度であるが、左岸側では1~2m/s程度遅くなることが確認された。当該断面において、現況施設高では小本川河口右岸の防潮堤を乗り越えた津波が小本川を横断して左岸側に達するものの、嵩上げ後は左岸側に達しないためであると考えられる。その結果、国道455号地点 (左図参照) では、津波の到達を6分程度遅らせる結果となった。
- ・小本川右岸小本地区 (地点3) では、計画堤防高と比較して昭和三陸津波対応高 (T.P.+15.0m) の施設の場合、到達時間1分、浸水深25cm程度の軽減効果であり、いずれも浸水深が1m程度で浸水が継続する結果であった。なお、明治三陸津波対応高の施設では浸水しない結果となった。

7.施設配置計画の検討(1)

・浸水被害軽減対策として、7(1)では防潮施設以外の堤内地側の対策案として3ケースの検討を行った。いずれも、既往最大津波(東日本大震災津波)が発生した場合のシミュレーションを想定した。各ケースの基本条件として、【小本川水門を含む防潮ラインは T.P.+12.69m^{*1)}】及び【小本川右岸に山付堤を設置】(右岸集落を越水させない築堤高の検討)しさらに下記に示す条件とした。

Case6 小本川左岸堤防高は計画堤防高としたケース

Case7 Case6+小本川左岸国道45号を壁立て^{*2)}したケース

Case8 Case7+国道45号線盛土と左岸堤防高の接点から防潮水門までを壁立てしたケース

なお、本検討では、小本川河口部右岸側の矢板及び築堤の一部を現状(被災後)のまま復旧しないものとして検討を行った。

*1) 防潮施設高 T.P.+12.69m は、防潮施設上の GPS 計測による標高の平均値より算出した結果(岩泉土木センター調査結果)。現況施設高は計画防潮堤高より 61cm 沈下していることとなる。

*2) 長内川の国道45号下にボックスカルバートは開いているものとして検討した。

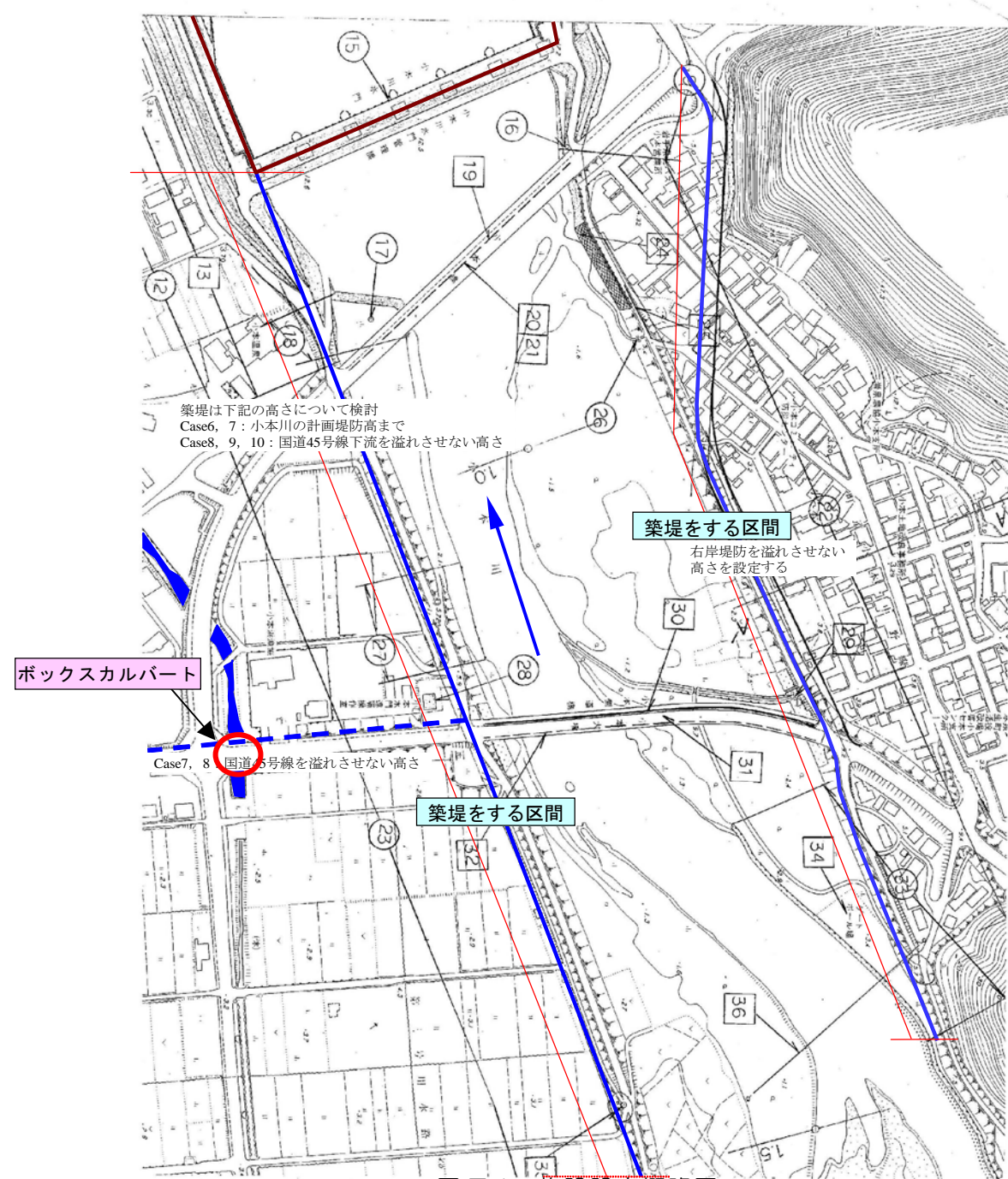


図 7.1 施設設定概略図

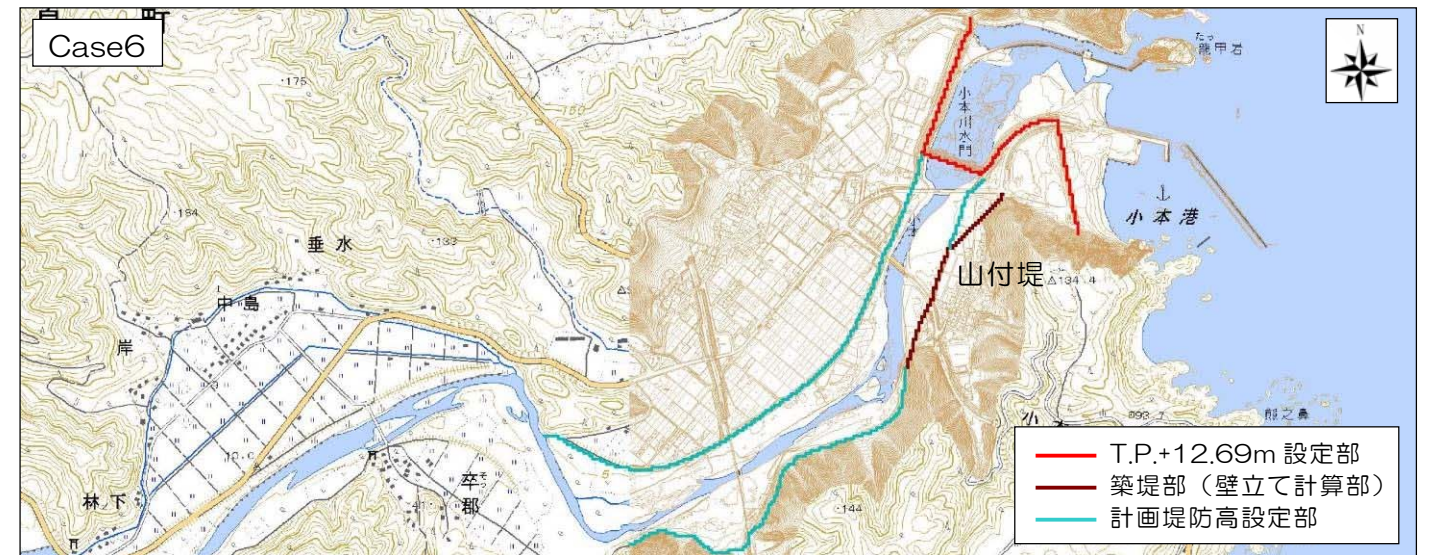


図 7.2 Case6 盛土データ設置箇所

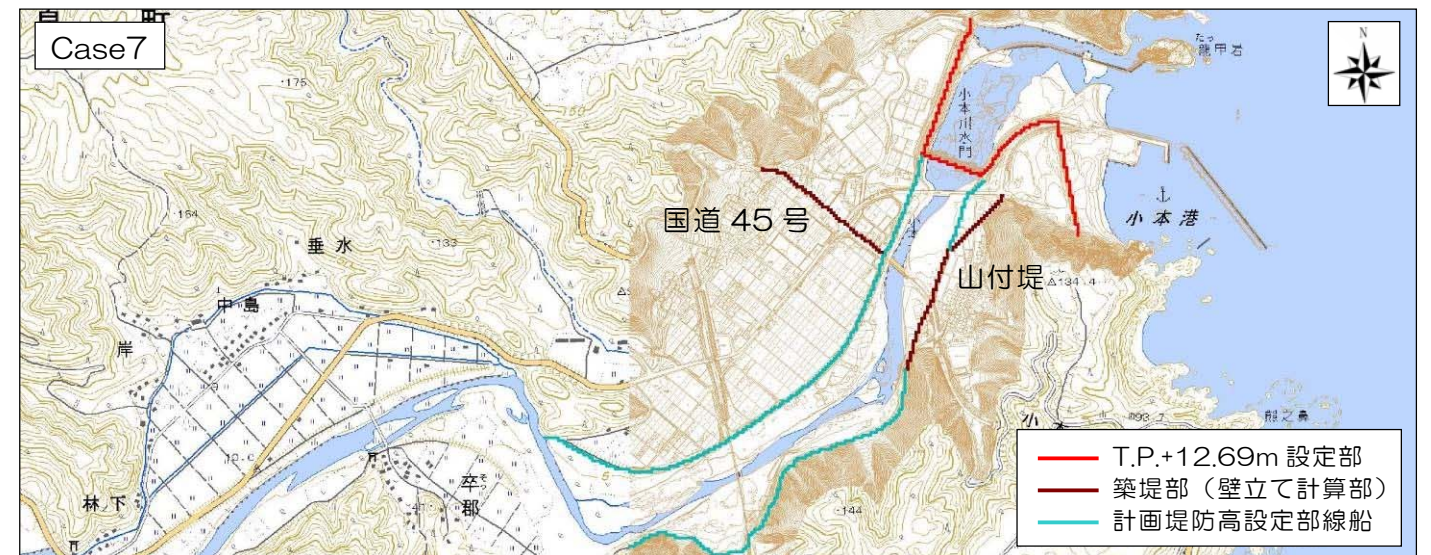


図 7.3 Case7 盛土データ設置箇所



図 7.4 Case8 盛土データ設置箇所

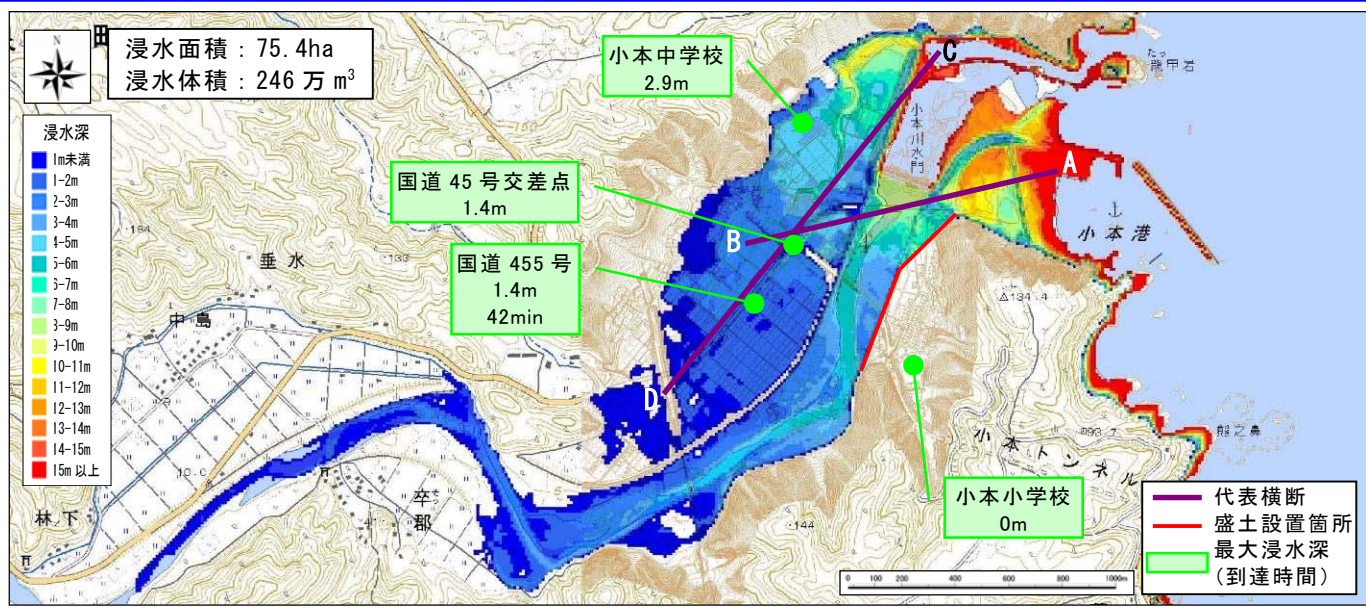


図 7.5 Case6 シミュレーション結果 (右岸山付堤)

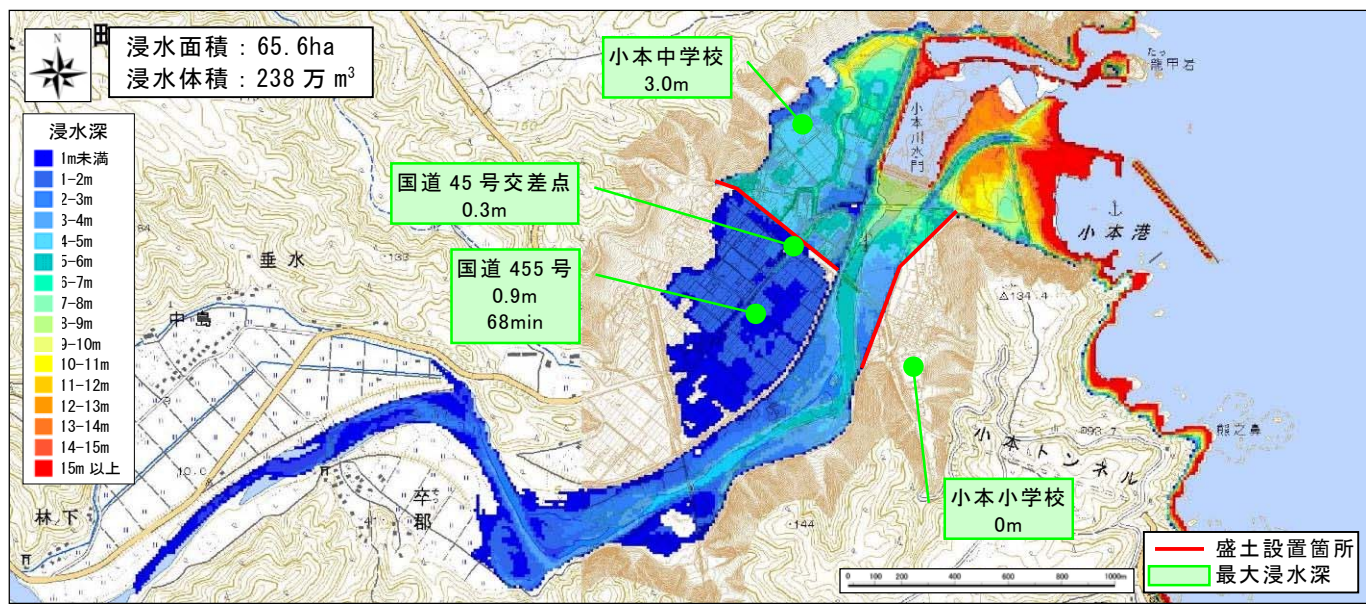


図 7.6 Case7 シミュレーション結果 (右岸山付堤+国道45号壁立て)

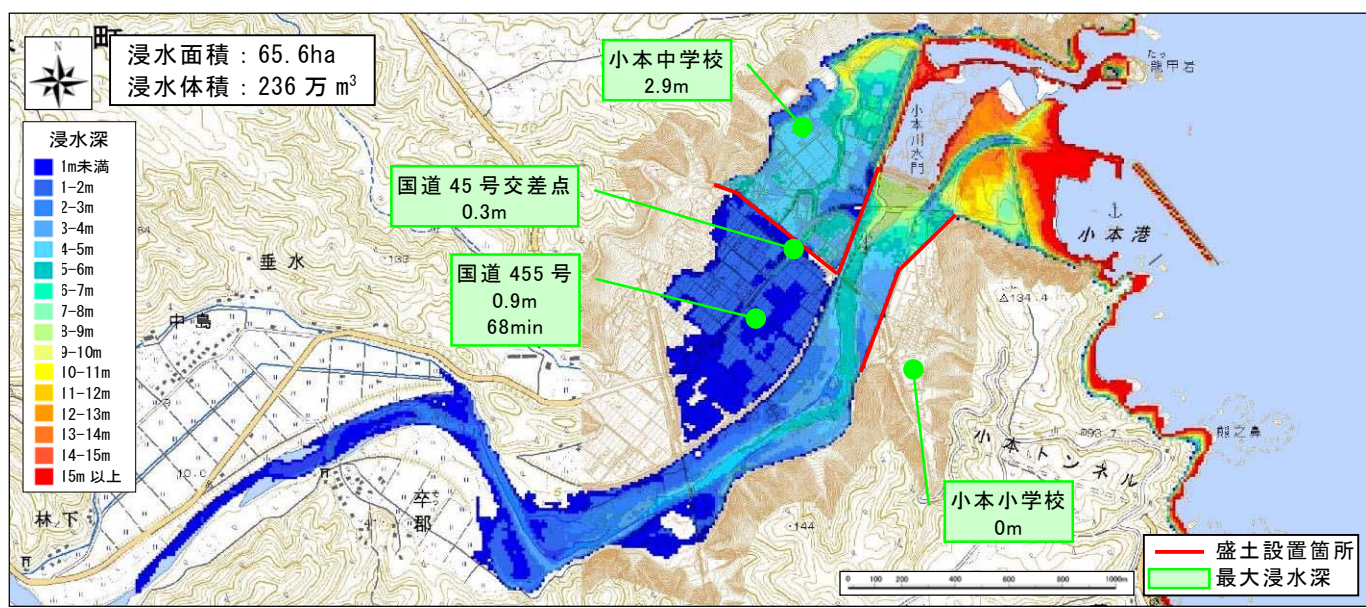


図 7.7 Case8 シミュレーション結果 (右岸山付堤+国道45号,左岸下流堤防壁立て)

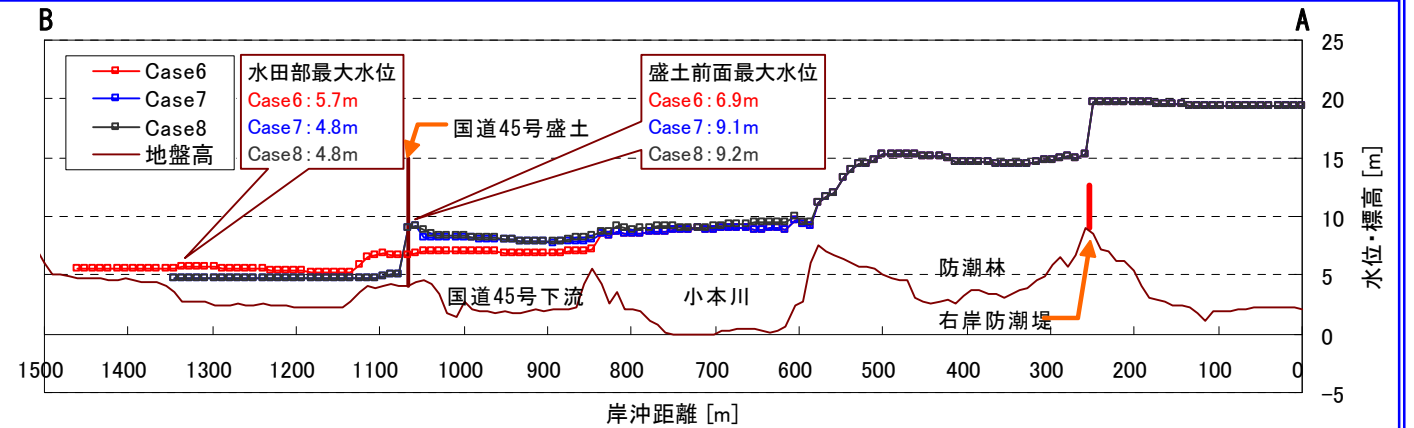


図 7.8 水位縦断面図 (A-B断面)

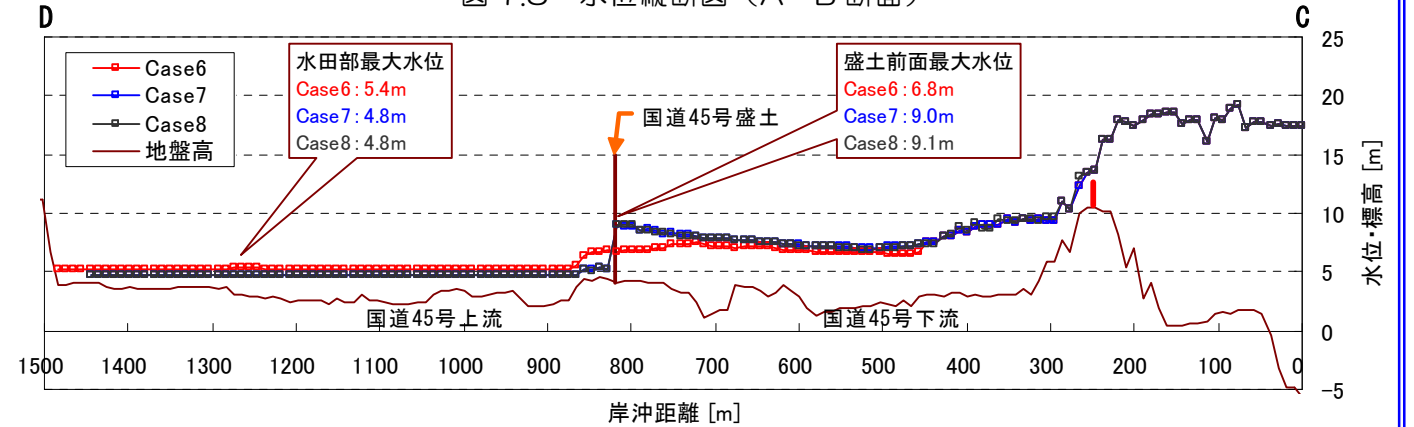


図 7.9 水位縦断面図 (C-D断面)

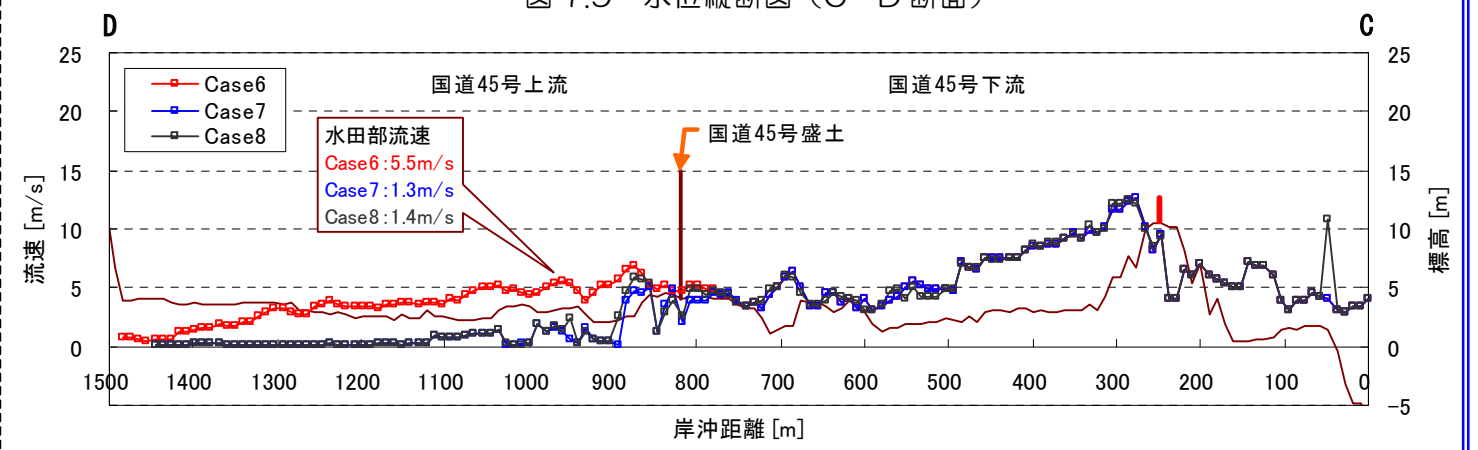


図 7.10 最大流速図 (C-D断面)

○まとめ

- Case6 (小本川右岸山付堤+小本川計画堤防高) では小本駅上流まで浸水エリアが広がり、計画堤防高 Case1 (T.P.+13.3m) の時と比較して浸水域が広がっていることが確認された。
- 右岸山付堤前面における水深は、各ケースで同等の値を示し最大で 7m 程度 (水位換算で T.P.+11m 程度) となった。
- Case7, 8 では、国道 45 号壁立て部の前面で、最大浸水深は 6m 程度 (水位換算で T.P.+10m 程度) となった。Case6 の最大浸水深が 5.2m 程度あることから 80cm 程度上昇した。また、国道 45 号下流の平均浸水深は、Case6 と比較して 1m 程度の上昇が確認された。なお、Case7, 8 で国道 45 号上流が浸水しているのは、長内川のボックスカルバートが開いていることによる。
- Case7, 8 では、Case6 と比較して、国道 45 号上流の浸水深を 40~90cm 程度軽減することが確認された。また、国道 45 号上流の浸水域を減少させる結果を得た。
- 国道 45 号地点 (左図参照) における津波到達時間は、国道 45 号盛土がない場合には 42 分と、防潮堤を越水後 1 分程度で到達するが、国道 45 号盛土を設置した場合 68 分となり、国道 45 号盛土によって到達時間を 26 分遅らせる効果が確認された。
- 国道 45 号上流水田部の最大流速は、Case6 では 5.5m/s であるのに対して、Case7, 8 では 1.4m 程度であり、国道 45 号の盛土を行うことにより流速を 4m/s 程度軽減できることが確認された。

7.施設配置計画の検討(2)

・浸水被害軽減対策として、7(1)では防潮施設以外の堤内地側の対策案として、3ケースの検討を行った。7(2)では7(1)と同様に【小本川水門を含む防潮ラインはT.P.+12.69m】及び【右岸山付堤設置】を基本条件とし、さらに下記に示す条件の検討を行った。

Case9 小本川左岸国道45号を壁立てしたケース

(Case7において長内川のボックスカルバートも閉じたケース)

Case10 国道45号をT.P.+7mで整備したケース

(Case7において国道45号の高さをT.P.+7m^{*1})としたケース)

なお、本検討では、小本川河口部右岸側の矢板及び築堤の一部を現状(被災後)のまま復旧しないものとして検討を行った。

*1) T.P.+7mは、Case7の検討において国道45号付近の非浸水区域のメッシュ地盤高より設定した。

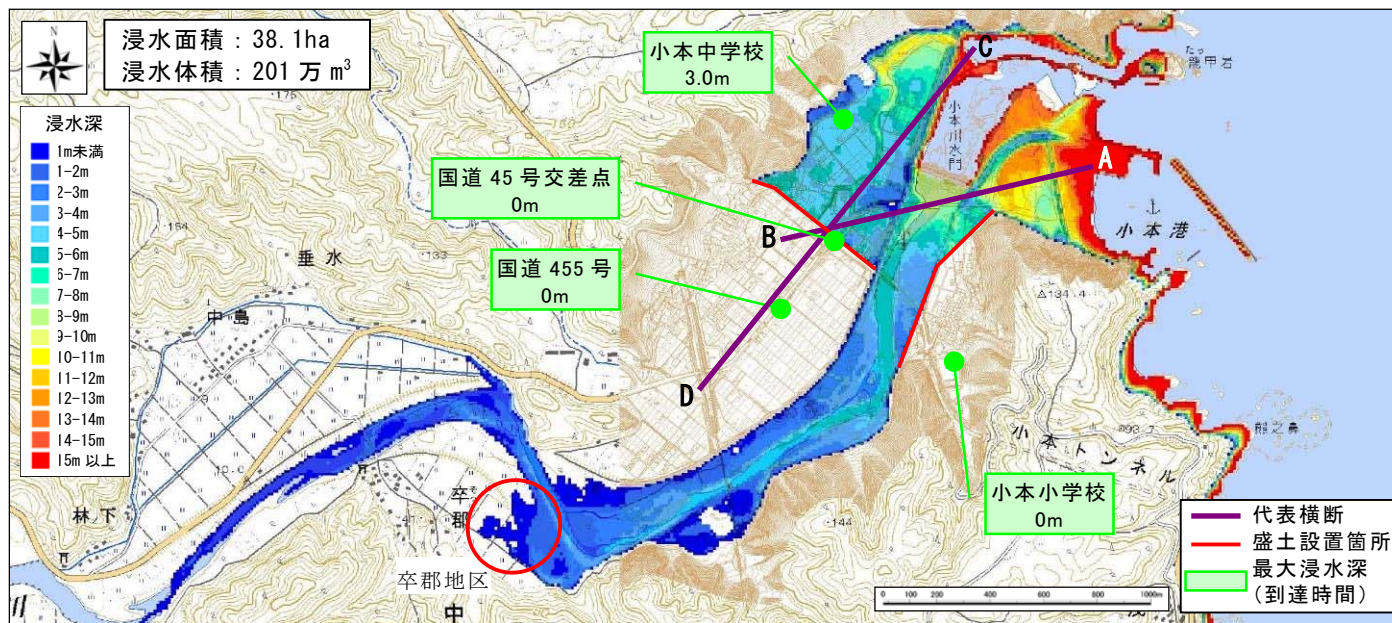


図 7.11 Case9 シミュレーション結果 (右岸山付堤+国道45号壁立て)

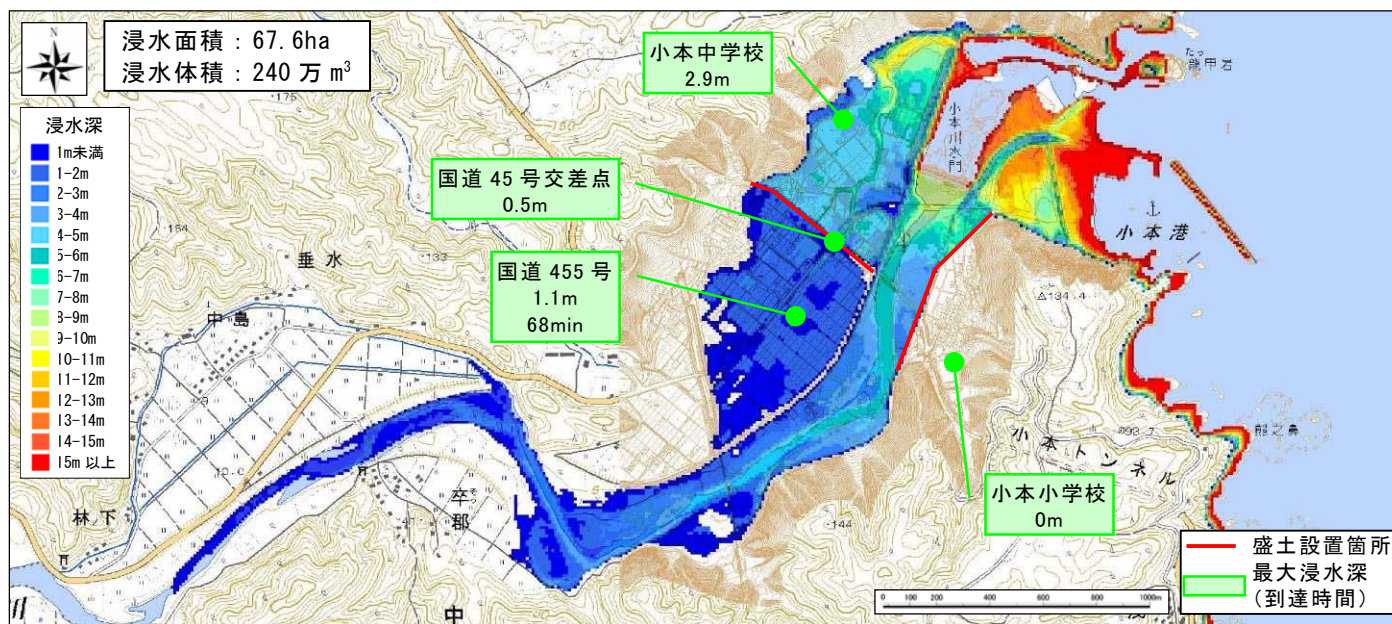


図 7.12 Case10 シミュレーション結果 (右岸山付堤+国道45号 T.P.+7m)

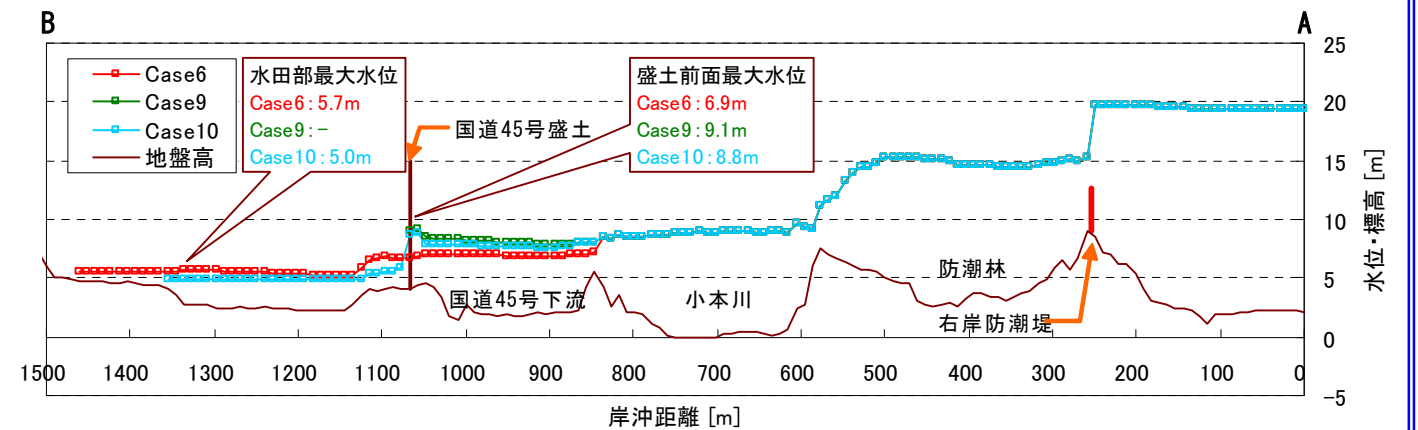


図 7.13 水位縦断図 (A-B断面)

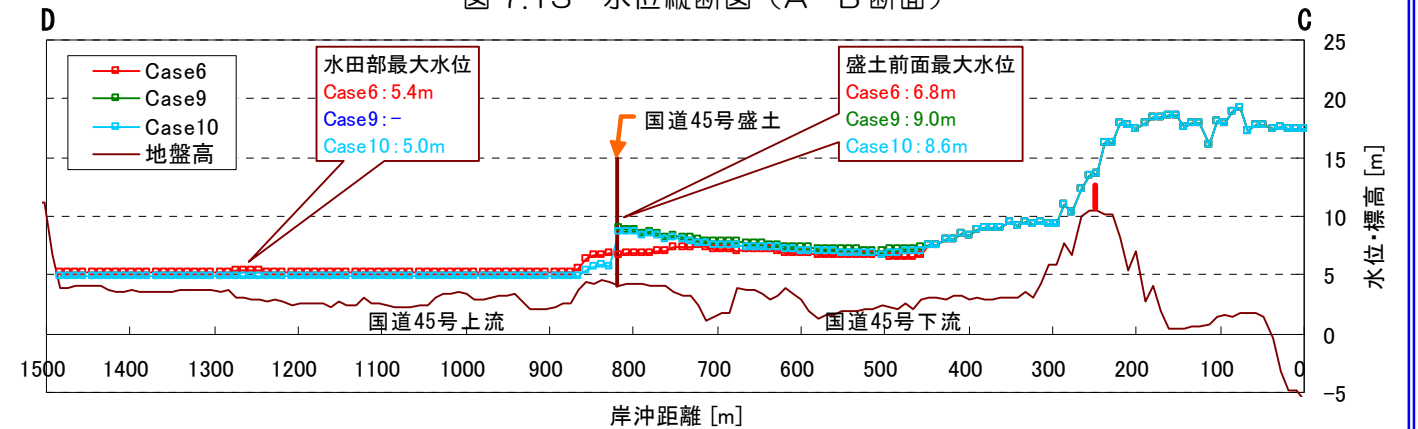


図 7.14 水位縦断図 (C-D断面)

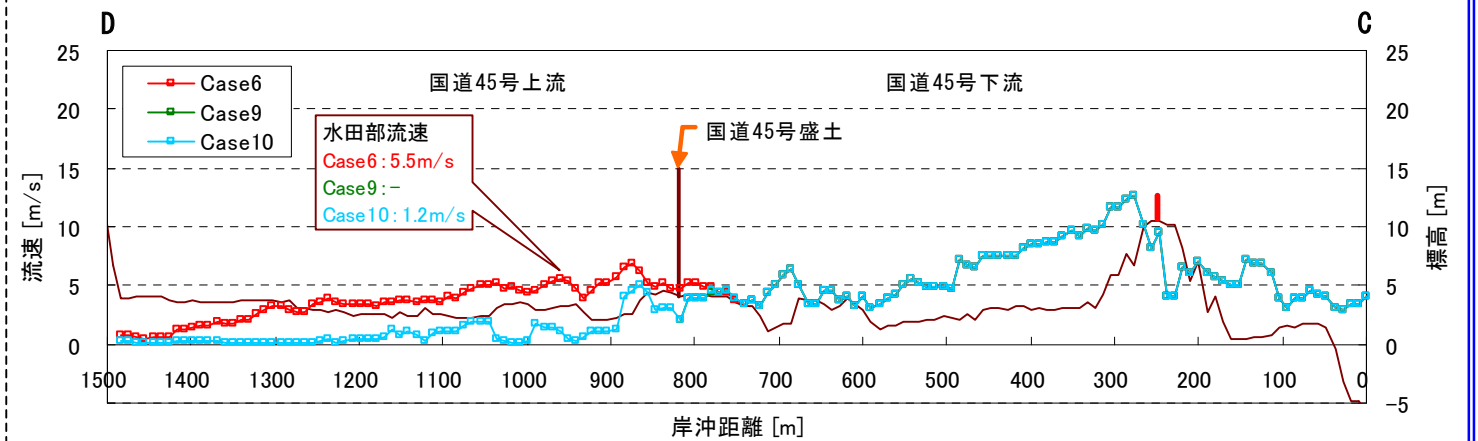


図 7.15 最大流速図 (C-D断面)

※比較のために前頁にて示した Case6 も併せて図化した。

○まとめ

- ・ Case9で国道45号を完全に壁立てを行うことにより、越水した水が小本川左岸堤防から小本川へと浸入し、卒郡地区の浸水区域が広がることが確認された。また、小本川左岸の国道45号下流の浸水深は、小本中学校では差がないものの国道45号盛土周辺部では最大50cm程度増加する地点も確認された。
- ・ Case10(国道45号盛土(T.P.+7m))を設置した場合は、Case7と比較して浸水域がやや広がるが、小本駅周辺部までに抑制することができる。また、国道45号盛土上流の浸水深は、Case7,8と比較すると約20cm程度上昇するがCase6と比較して70cm程度減少した。なお、小本駅周辺部における浸水深は、最大で1m程度であった。
- ・ Case10では、Case6と比較して国道45号上流水田部の流速が4m/s程度軽減し、浸水到達時間が68分となり津波の到達時間を26分遅らせる効果が確認された。到達時間に関しては、Case7,8と同等の効果が確認された。

8.避難に関する検討

避難の目安として、Case10（右岸山付堤+国道45号盛土 T.P.+7m）における避難可能エリアと困難なエリアの境界を把握した。両者の境界は、山側の浸水区域境界より300mとした。

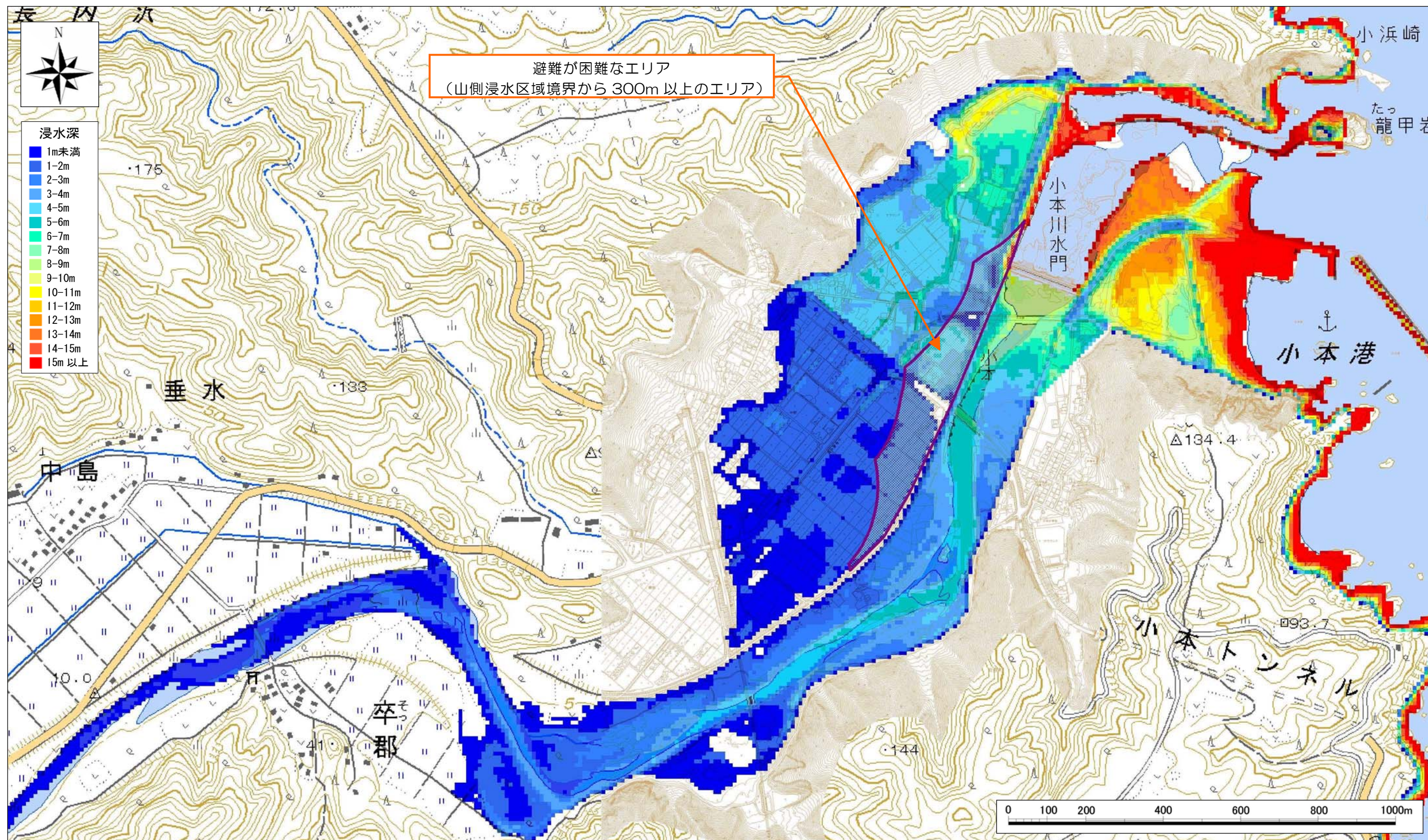


図 8.1 避難に関する目安（Case10 シミュレーション（右岸山付堤+国道45号 T.P.+7m））