

1. はじめに

岩手県沿岸中部に位置する田老海岸(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

- ・2重防潮堤に防御された地区である
- ・防潮施設高は計画施設高T.P.+10.0mで整備済み
- ・田代川、長内川に水門整備済み
- ・海岸線から陸側200~300m位置に国道45号線
- ・海岸線から陸側700~300m位置に三陸鉄道北リアス線

○津波概要

- ・津波高はT.P.+16.3m(田老漁港海岸(ホテル)の痕跡)と推定される。
- ・北側漁港海岸防潮堤は倒壊
- ・南側漁港海岸防潮堤は裏法被覆工が損傷
- ・1線2線防潮堤の間の木造建物はほとんどが全損
- ・鉄筋コンクリート構造のホテルは残存
- ・三陸鉄道北リアス線の軌道(T.P.+12.1m)には津波痕跡なし

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

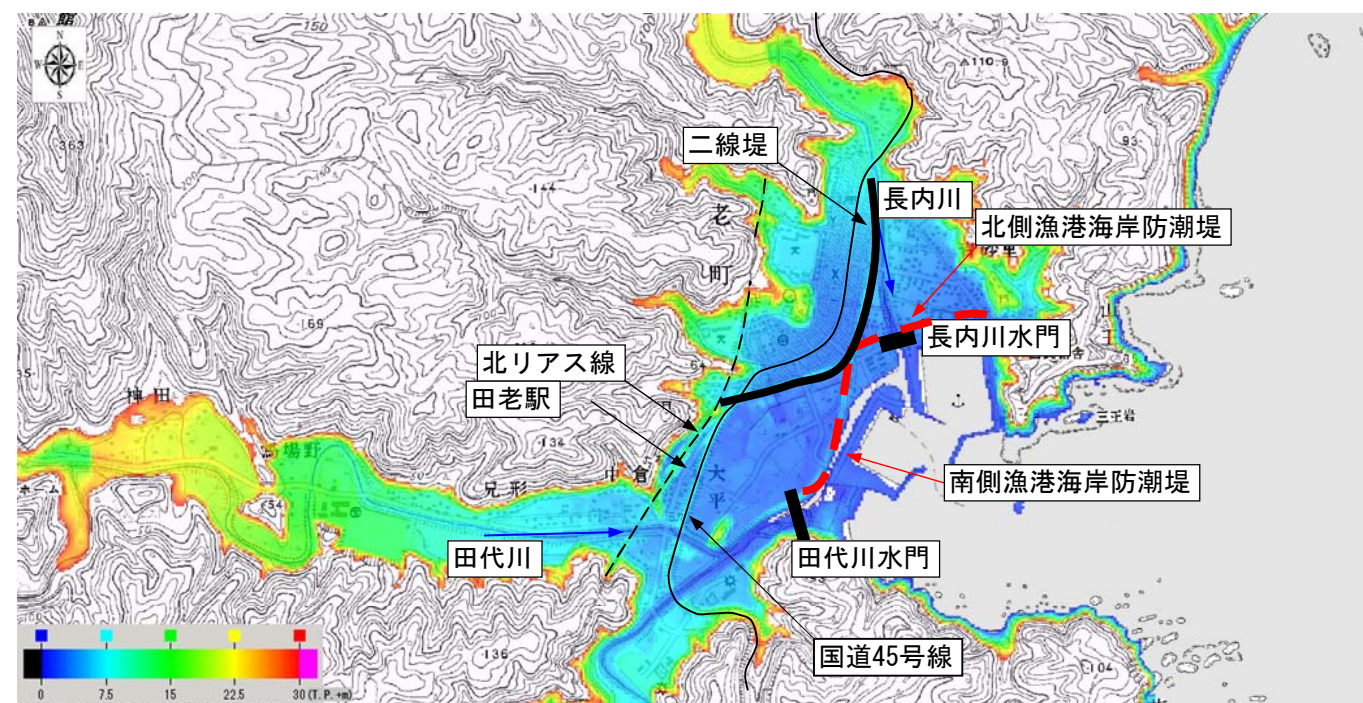


図1.2 主な施設位置と地盤高(震災前)

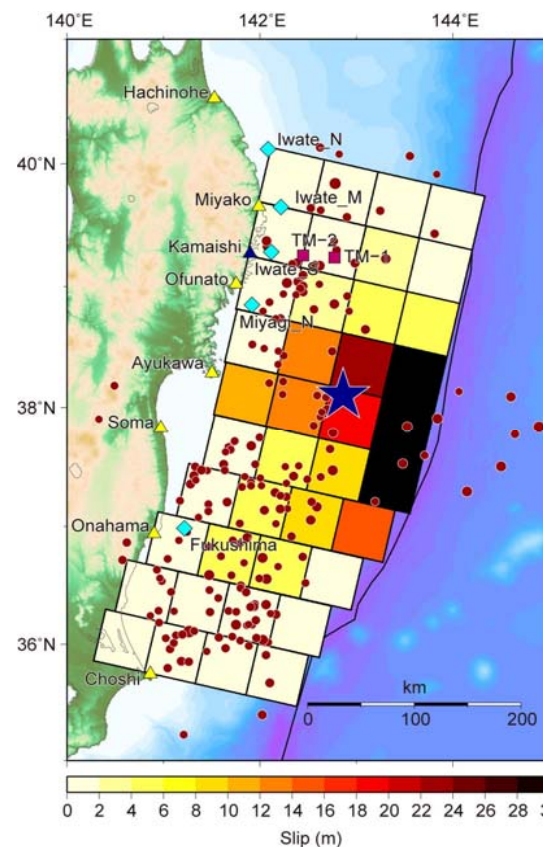


図2.1 波源モデル

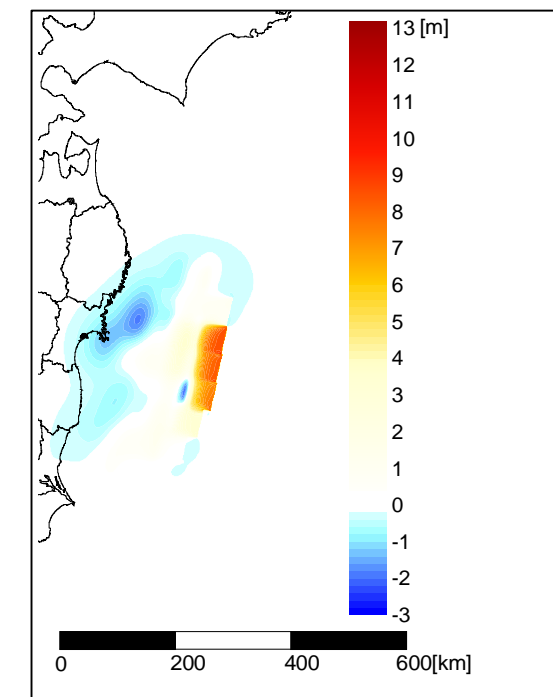
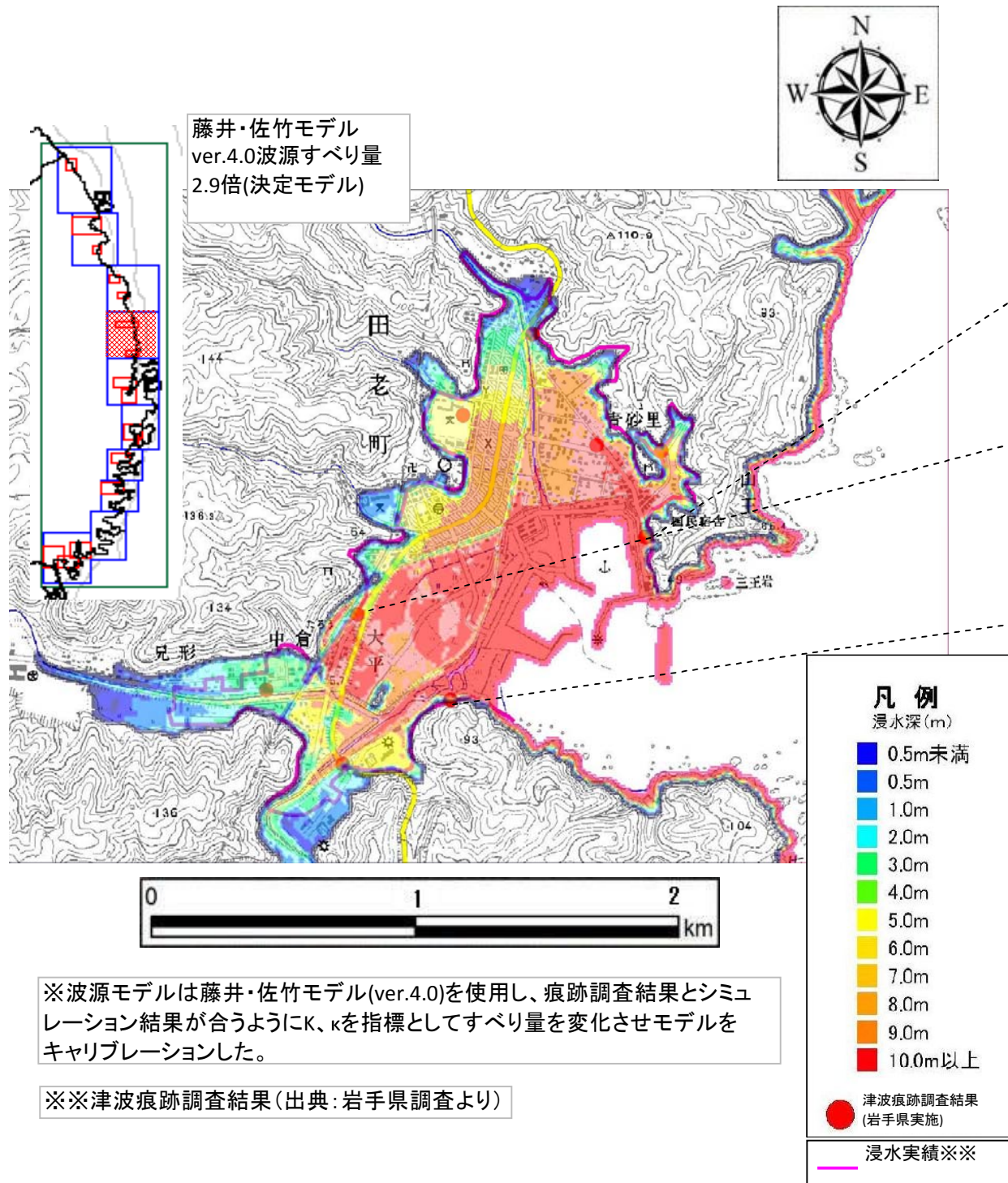


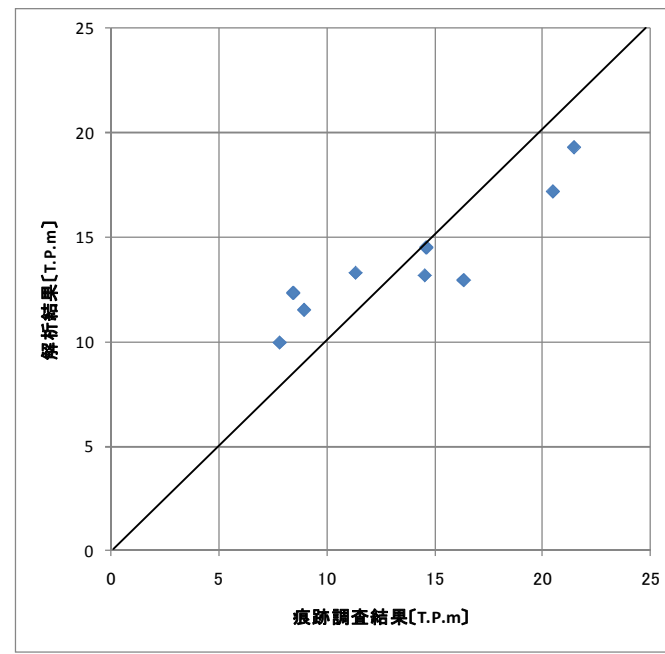
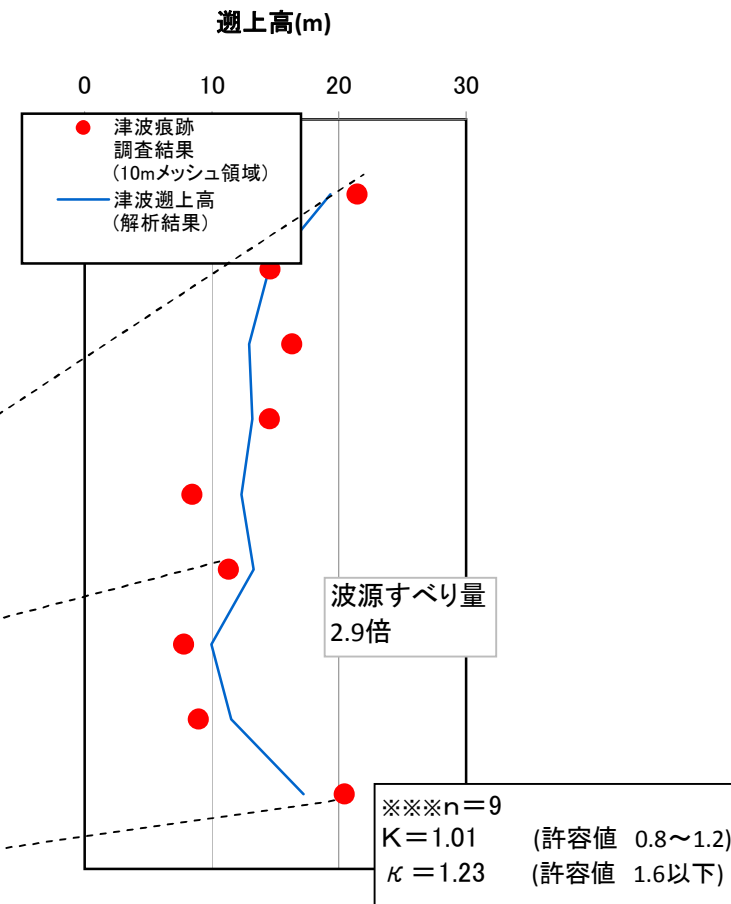
図2.2 地盤変動量分布(初期水位分布)

(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)



再現結果(施設あり)

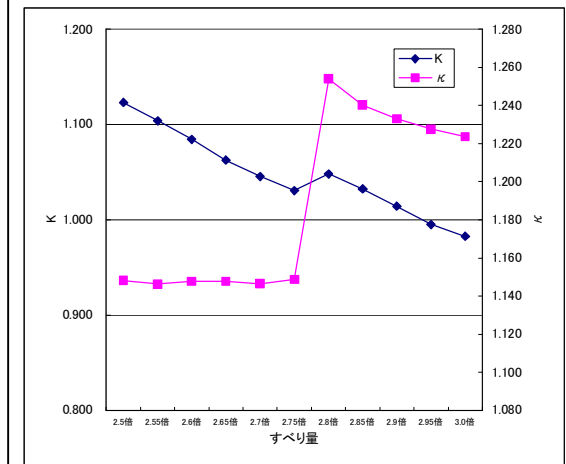
(津波最大遡上高)



※※※ n: 痕跡値を比較する資料数(計算で浸水しない箇所は棄却)

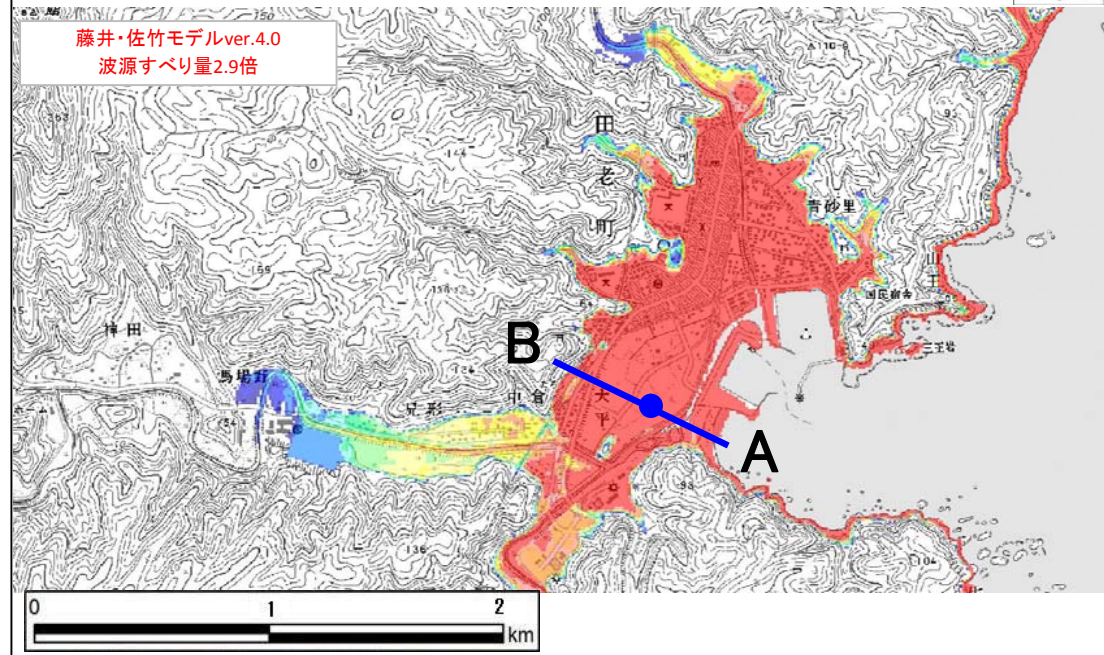
(キャリブレーション結果)

波源すべり量	K	κ
2.5倍	1.123	1.148
2.55倍	1.104	1.146
2.6倍	1.084	1.148
2.65倍	1.063	1.148
2.7倍	1.046	1.146
2.75倍	1.031	1.149
2.8倍	1.048	1.254
2.85倍	1.032	1.240
2.9倍	1.014	1.233
2.95倍	0.995	1.228
3.0倍	0.983	1.224



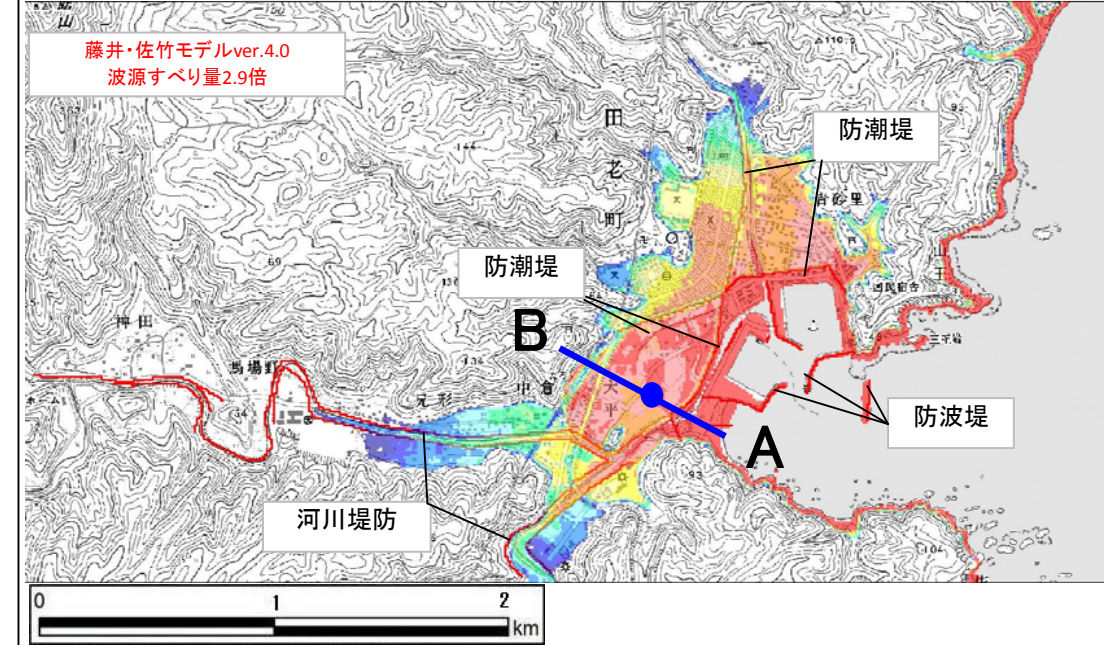
被害状況区分 ①壊滅的な被害を受け、集落、都市機能をほとんど喪失した地域

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。

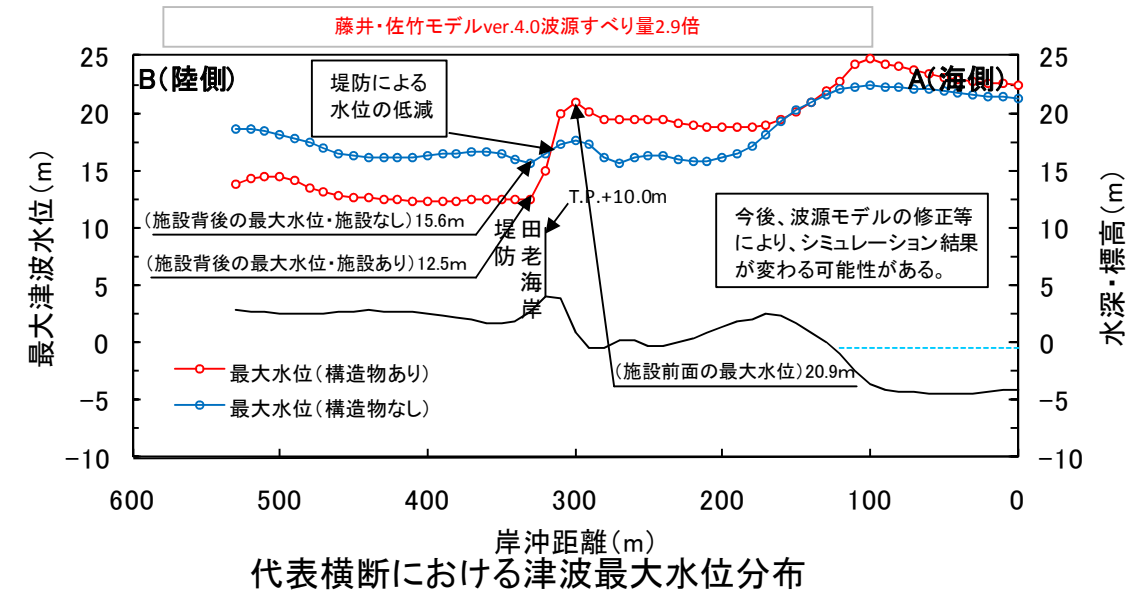


浸水深平面分布図(施設なし)、浸水面積162ha

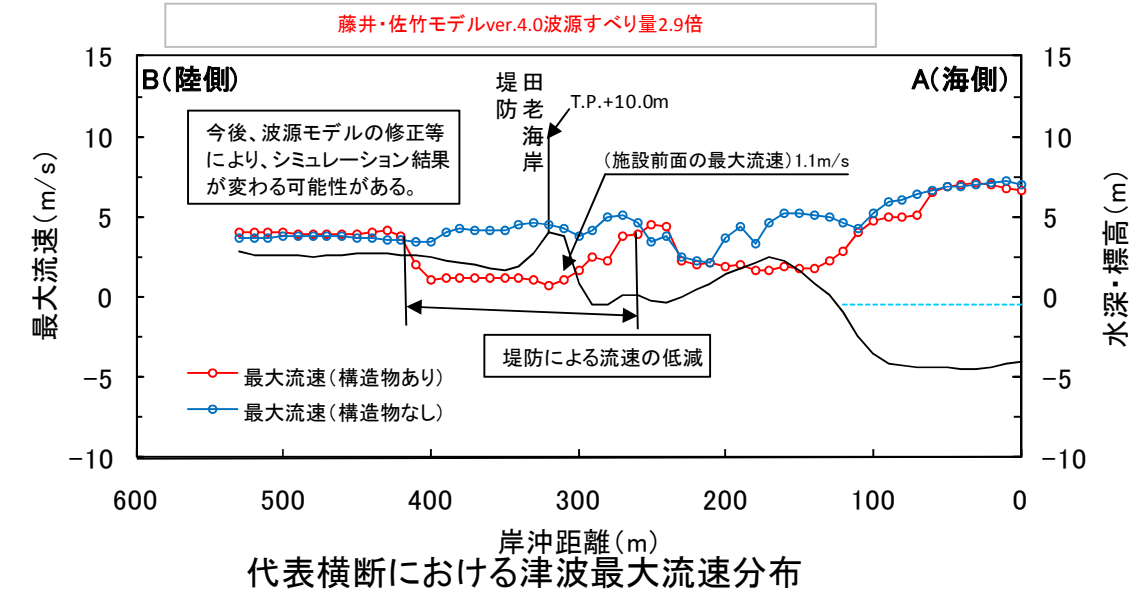
X型に配置された海岸防潮堤のうち、前面にあり、かつ津波により倒壊した堤防を含むように 代表横断位置を設定した。時系列については、防潮堤背面におけるデータを比較した。



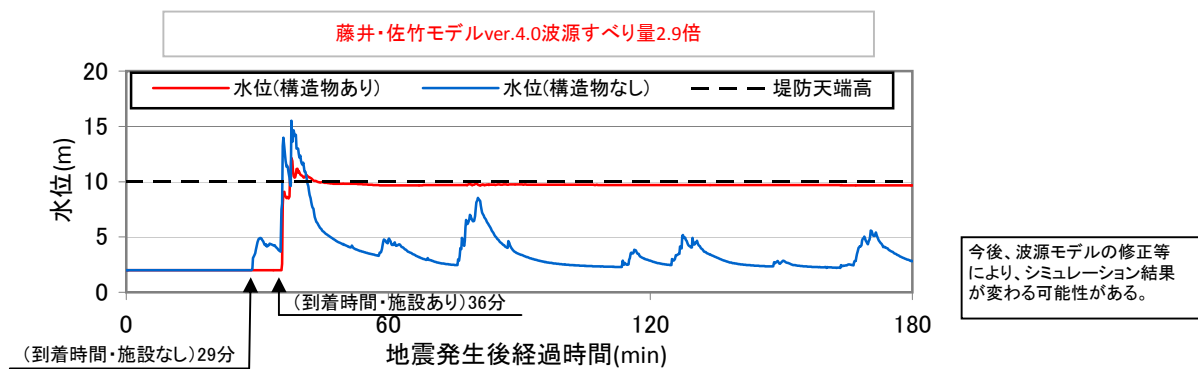
浸水深平面分布図(施設あり)、浸水面積128ha ※施設を赤線で示す。



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

【田老海岸】

田老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4.1参照)

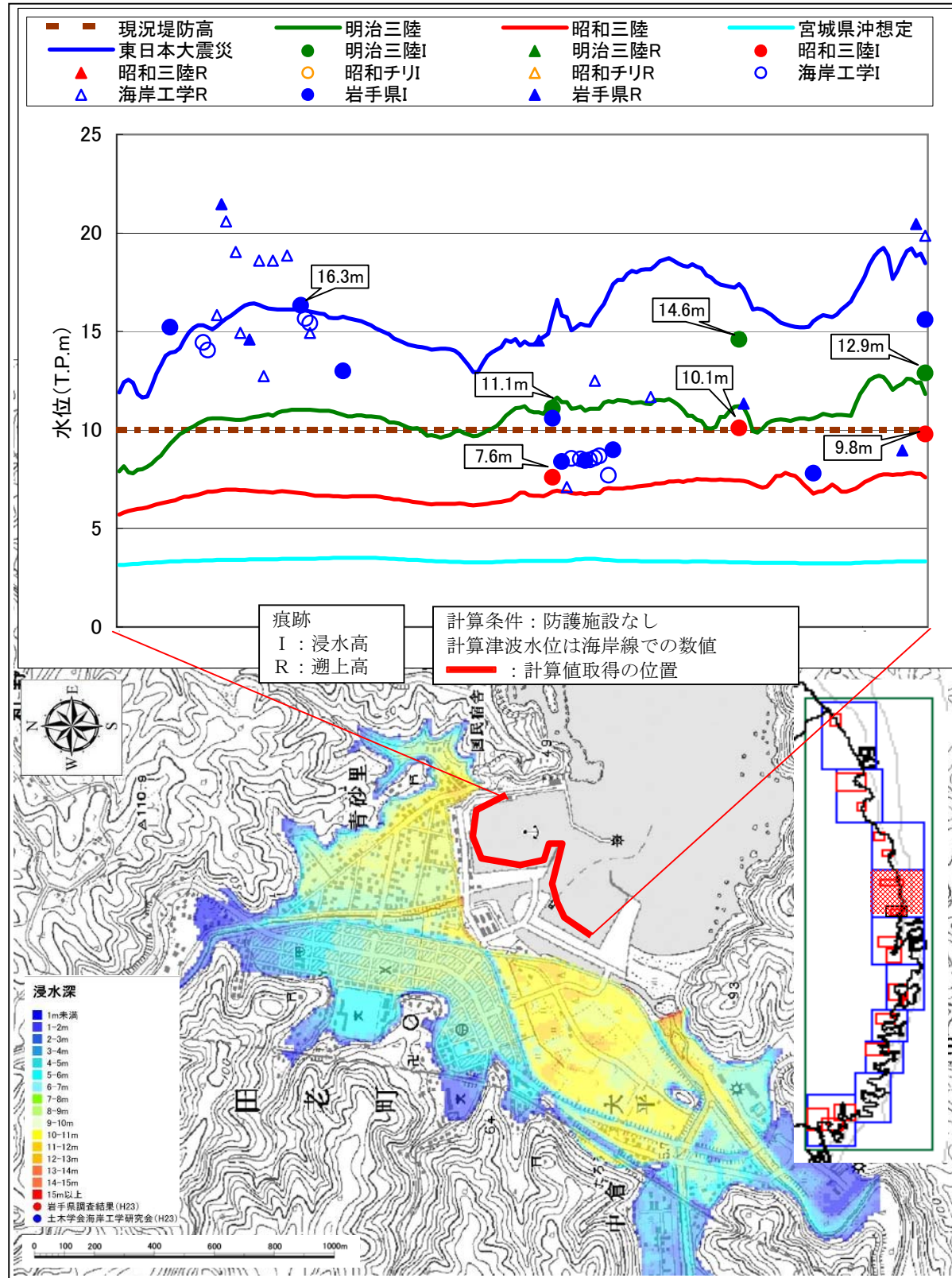


図4.1 既往津波の痕跡水位及び再現計算による最大津波水位

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地区毎に整理し、最大値を評価値とした。その結果、田老海岸では、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4.1、図4.2参照)

表4.1 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
乙部		11.1	7.6							
田老	21.0	14.6	10.1		16.3	13.8	8.9		3.5	19.3
小林		12.9	9.8							
平均值	21.0	12.9	9.2		16.3	13.8	8.9		3.5	19.3
最大値	21.0	14.6	10.1		16.3	13.8	8.9		3.5	19.3
最小値	21.0	11.1	7.6		16.3	13.8	8.9		3.5	19.3
評価値	21.0	14.6	10.1		16.3	13.8	8.9		3.5	19.3

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

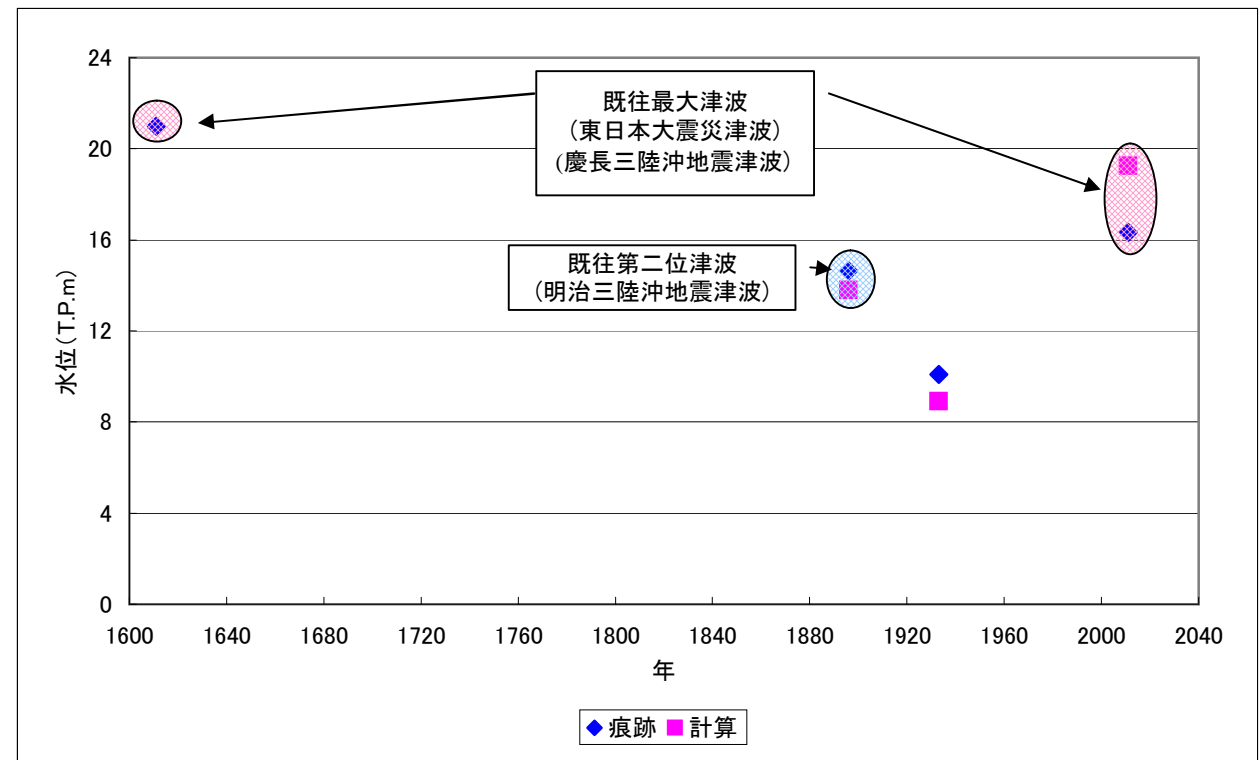


図4.2 対象津波の判定

- 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

5.1 第1線堤で防御した場合の施設高検討

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。

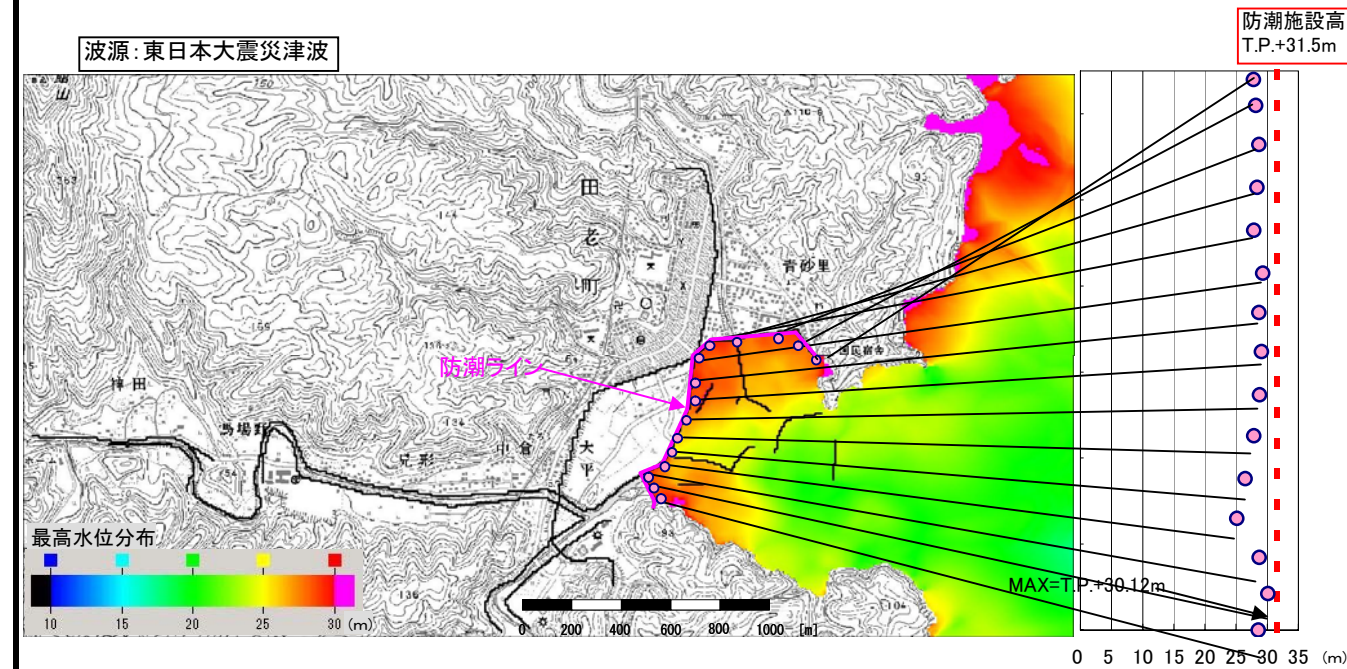


図5.1.1 既往最大津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往最大津波水位の最大値はT.P.+30.12m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.+31.5mとした。
[30.12+1.0=31.12→31.5m]

計算条件 波源:2011東日本大震災津波(藤井佐竹モデルver.4、すべり量2.9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(田老-0.42m)

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。

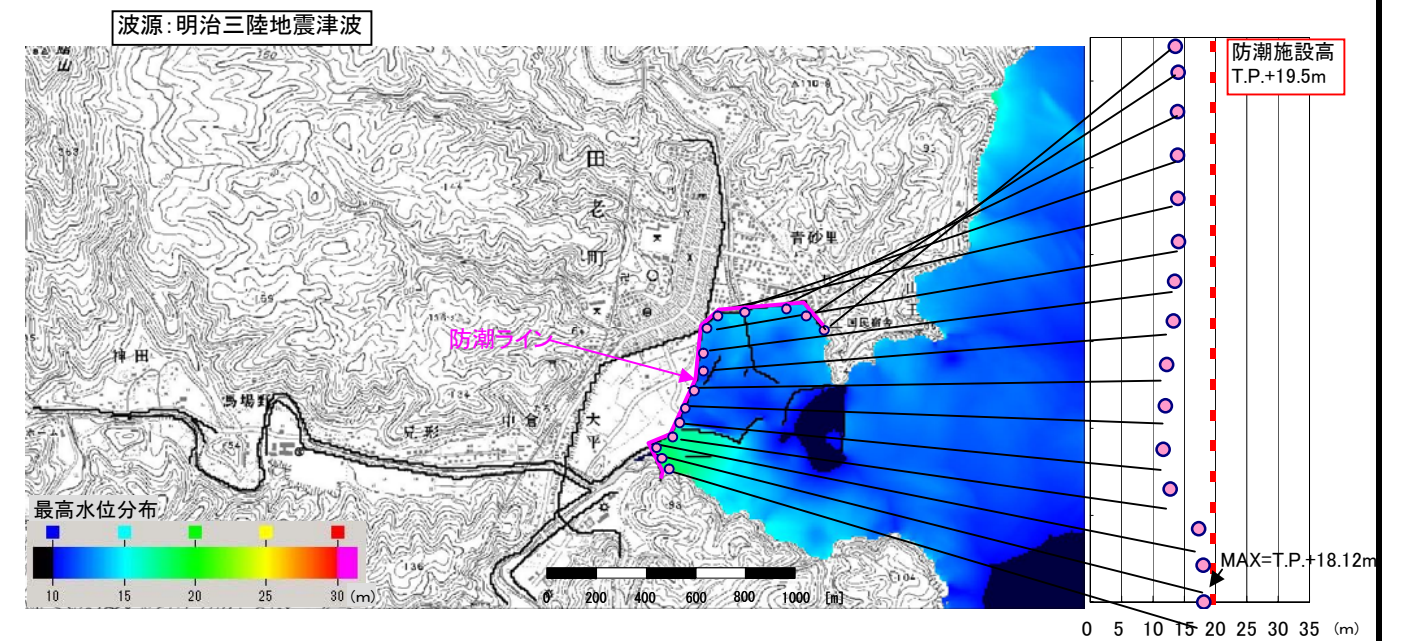


図5.1.2 既往第二位津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往第二位津波水位の最大値はT.P.+18.12m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.+19.5mとした。
[18.12+1.0=19.12→19.5m]

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)

5.2 第2線堤で防御した場合の施設高検討

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。

波源: 東日本大震災津波

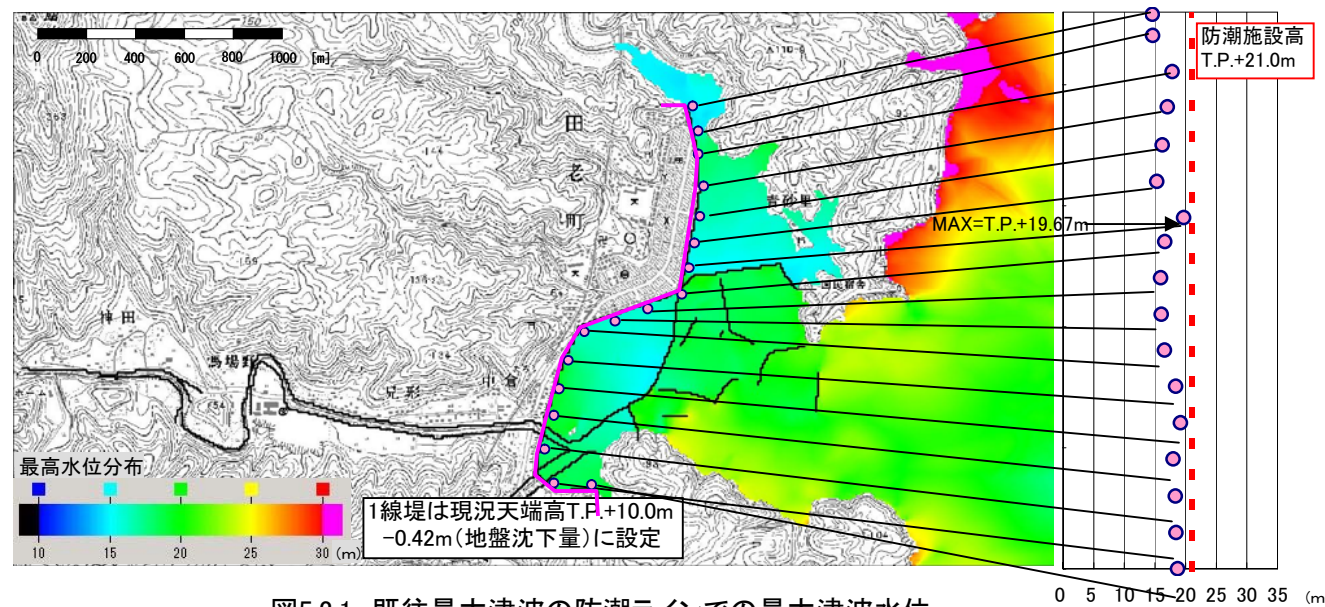


図5.2.1 既往最大津波の防潮ラインでの最大津波水位

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。

波源: 明治三陸地震津波

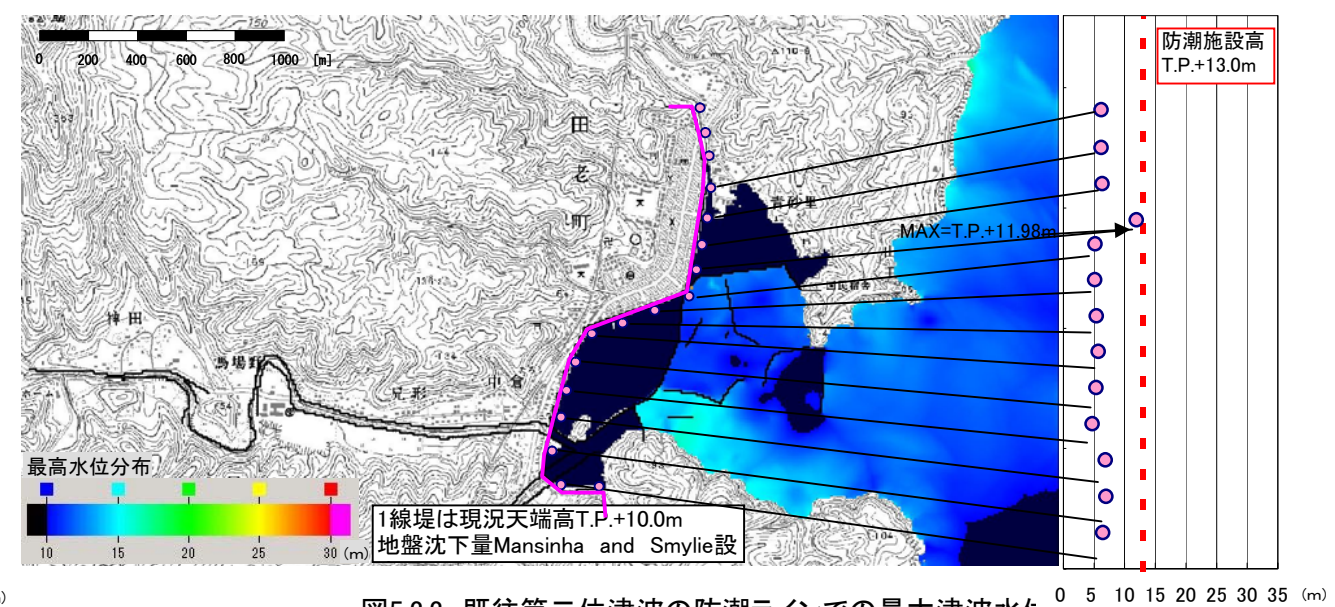


図5.2.2 既往第二位津波の防潮ラインでの最大津波水位

壁立て計算での既往最大津波水位の最大値はT.P.+19.67m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.+21.0mとした。
[19.67+1.0=20.67→21.0m]

壁立て計算での既往第二位津波水位の最大値はT.P.+11.98m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.+13.0mとした。
[11.98+1.0=12.98→13.0m]

計算条件 波源:2011東日本大震災津波(藤井佐竹モデルver.4、すべり量2.9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(田老-0.42m)

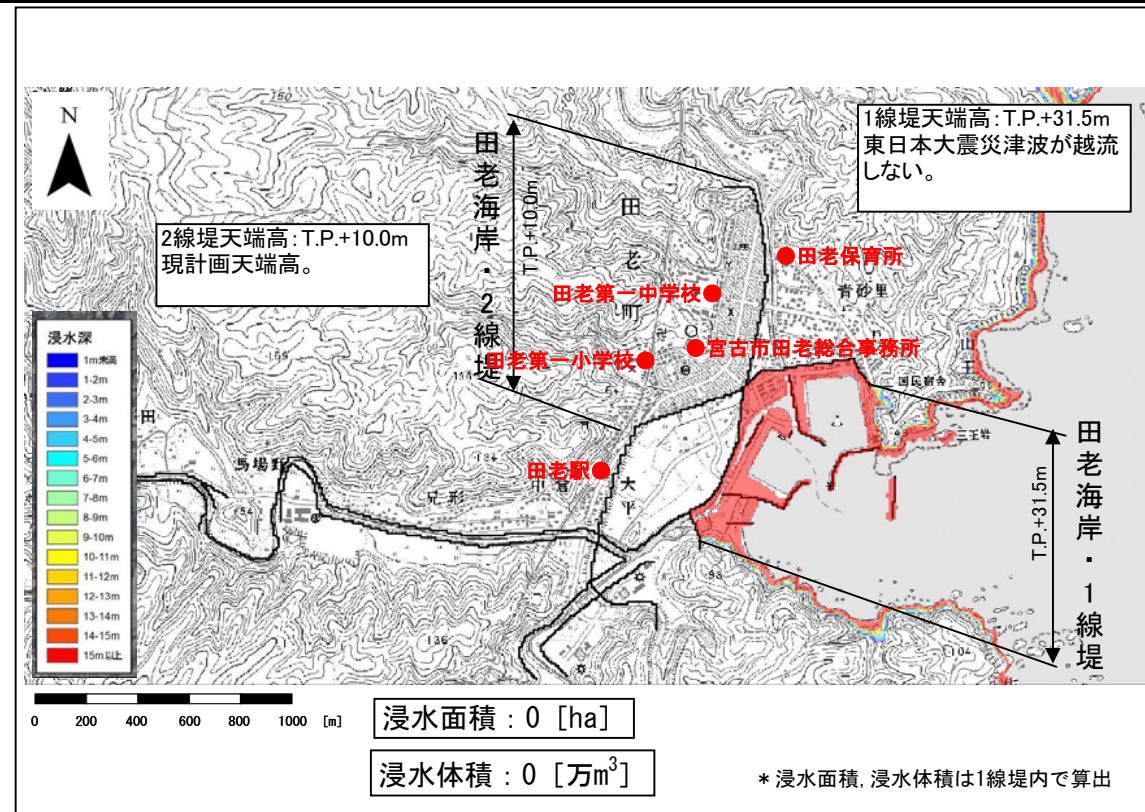
計算条件 波源:1896明治三陸津波(Tanioka and Satake(1996)、すべり量1.81倍)
潮位:朔望平均満潮位 T.P.+0.69m
地盤変位:Mansinha and Smylie(1971)の方法による。
(出典:平成16年 岩手県地震・津波シミュレーション及び被害想定調査に関する報告書(概要版)、II-26、II-32)

5.3 結果一覧

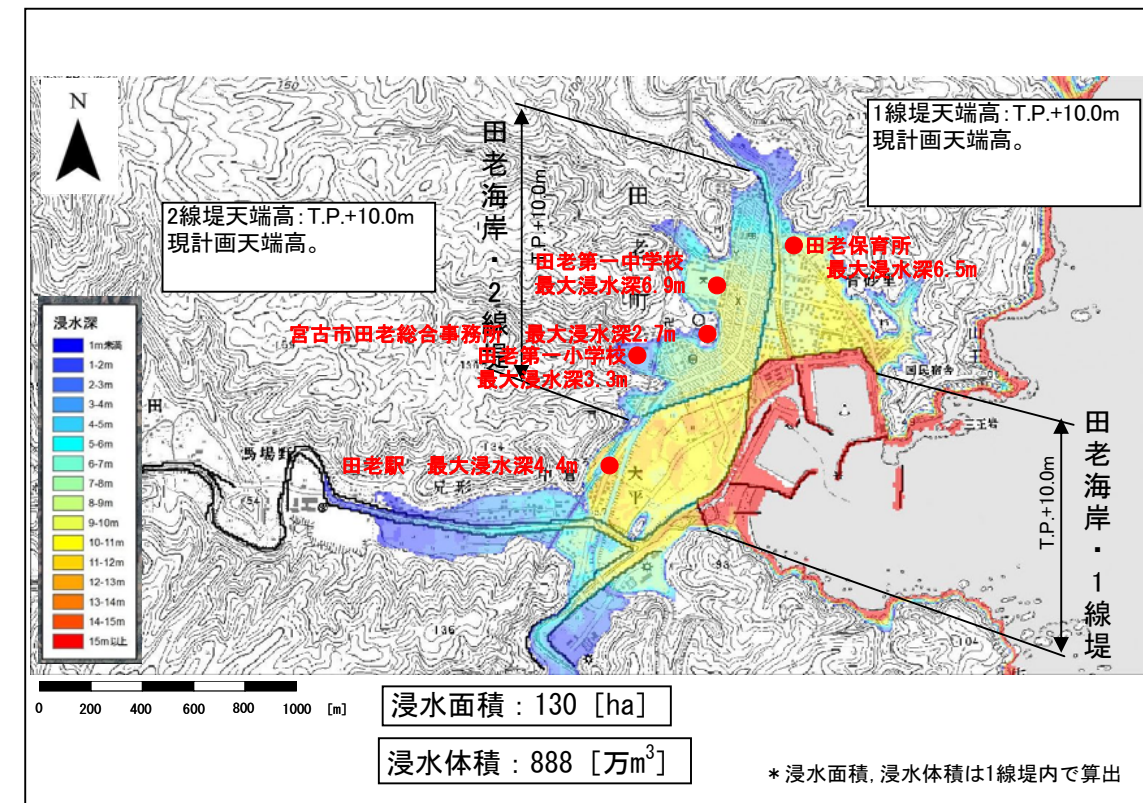
検討Case	既往最大津波		既往第二位津波	
	2011年東日本大震災津波		1896年明治三陸津波	
対象津波	2011年東日本大震災津波		1896年明治三陸津波	
防御ライン	第1線堤防御	第2線堤防御	第1線堤防御	第2線堤防御
施設高(防潮堤高) (T.P. +m)	31.5	21.0	19.5	13.0
津波最高水位(T.P. +m) (シミュレーション結果)	30.12	19.67	18.12	11.98

6. 浸水範囲の試算

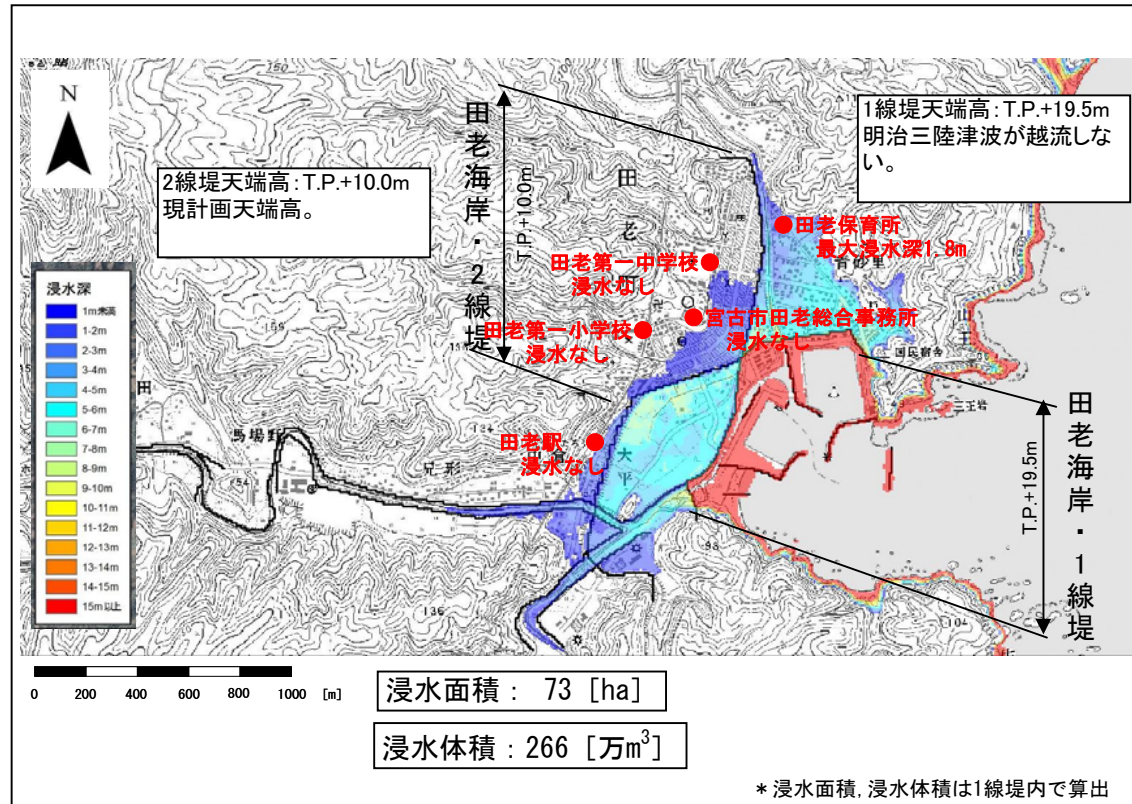
6.1 第1線堤防御



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.+31.5m))



浸水深平面分布図 (Case3・現計画天端高(T.P.+10.0m)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.+19.5m)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最大浸水深×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ver.4.0) の、すべり量を2.9倍に変化

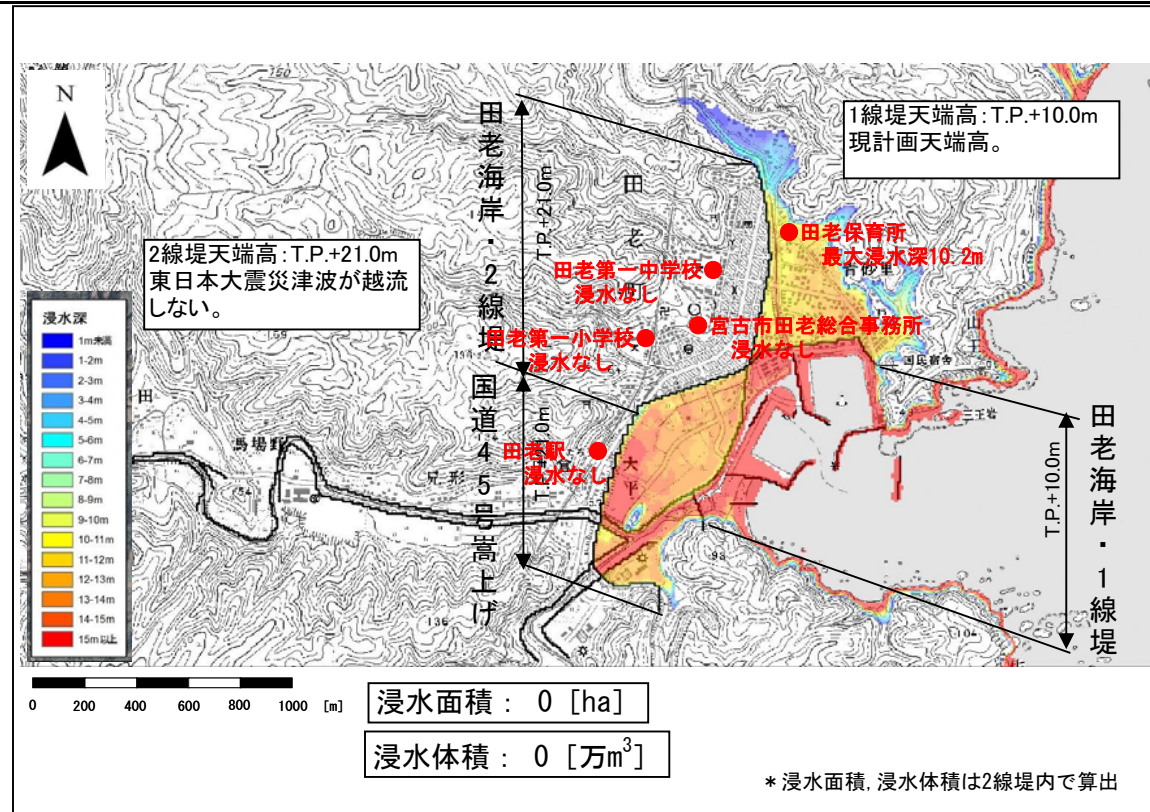
地形 (標高)、構造物天端高データ:
H16地形データに対し、「国土地理院 各観測点における地盤沈下調査結果 一覧表」の電子基準点の変動量分だけ事前に沈下させておく。(田老: -0.42m)

指定された防護ライン:
田老海岸1線堤で防護

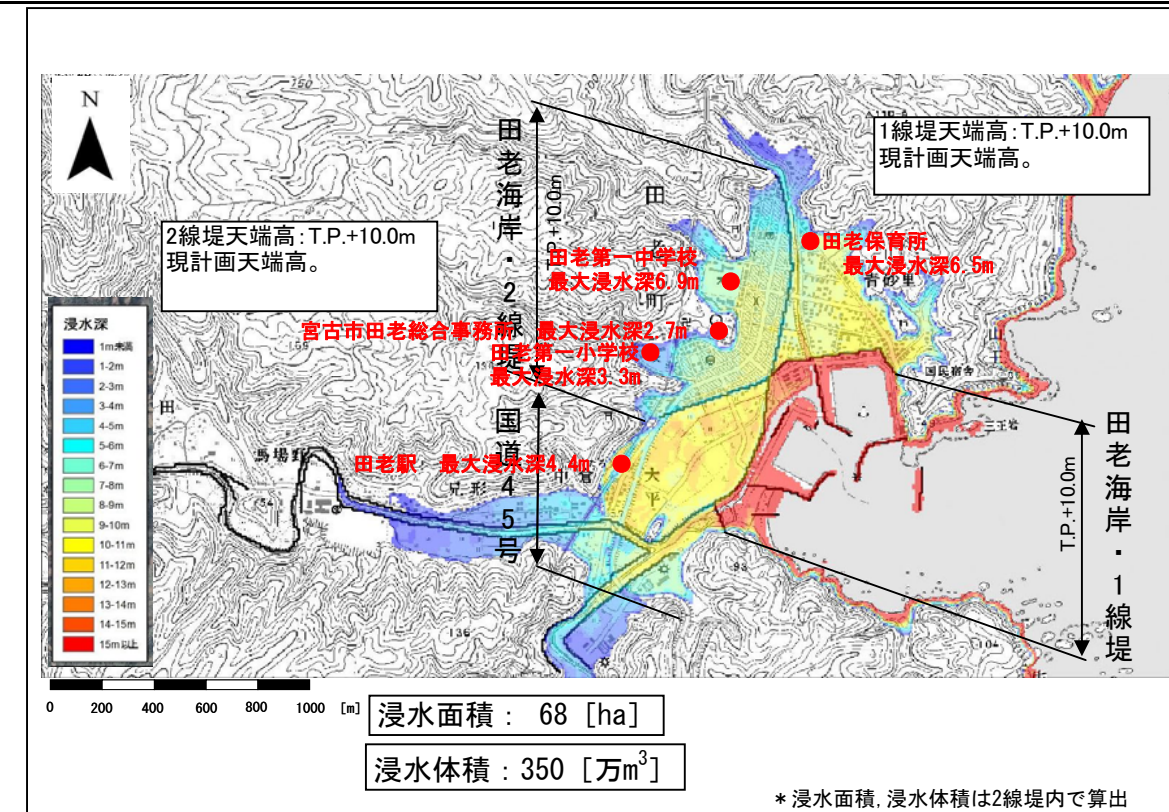
潮位条件:
朔望平均満潮位 (H16岩手県、宮古港: 0.69m)

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。

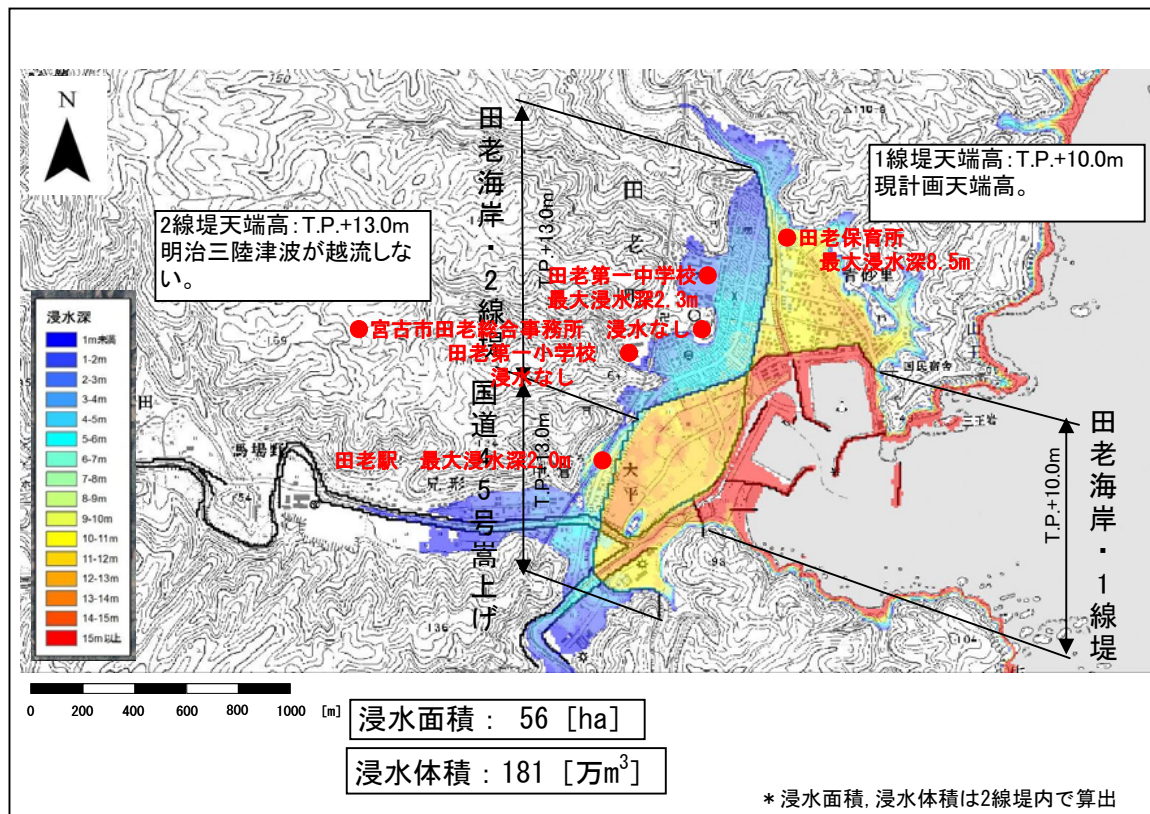
6.2 第2線堤防御



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.+21.00m))



浸水深平面分布図(Case3・現計画天端高(T.P.+10.00m)に対する東日本大震災津波)



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.+13.00m)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最大浸水深×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2.9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。(田老:-0.42m)

指定された防護ライン:
田老海岸2線堤で防護

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

計算ケース		浸水面積および浸水体積の算定 Case1 2011東日本大震災津波 第1線堤法線変更、現況=計画T.P.+10.0m 第2線堤 明治三陸地震津波完全防御T.P.+13.0m	
検討目的		本検討は第1線堤の法線を変更し第1線堤と第2線堤を分離することによる効果検証を行う。	
検討地区海岸		田老海岸	
検討資料		田老海岸 資料3,4	
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(2.9倍)	
	地形 (標高) データ	基本データ	H16データ(標高データ)の第1線堤の盛土となっている地盤高を下げて周辺地盤高と同じ高さとした。
		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(宮古:-0.42m)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	第1線堤:現況=計画、T.P.+10.0m 第2線堤:明治三陸地震津波完全防御T.P.+13.0m
		構造物データ全体	第1線堤法線を変更して第2線堤と離れた。 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(宮古:-0.42m)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)

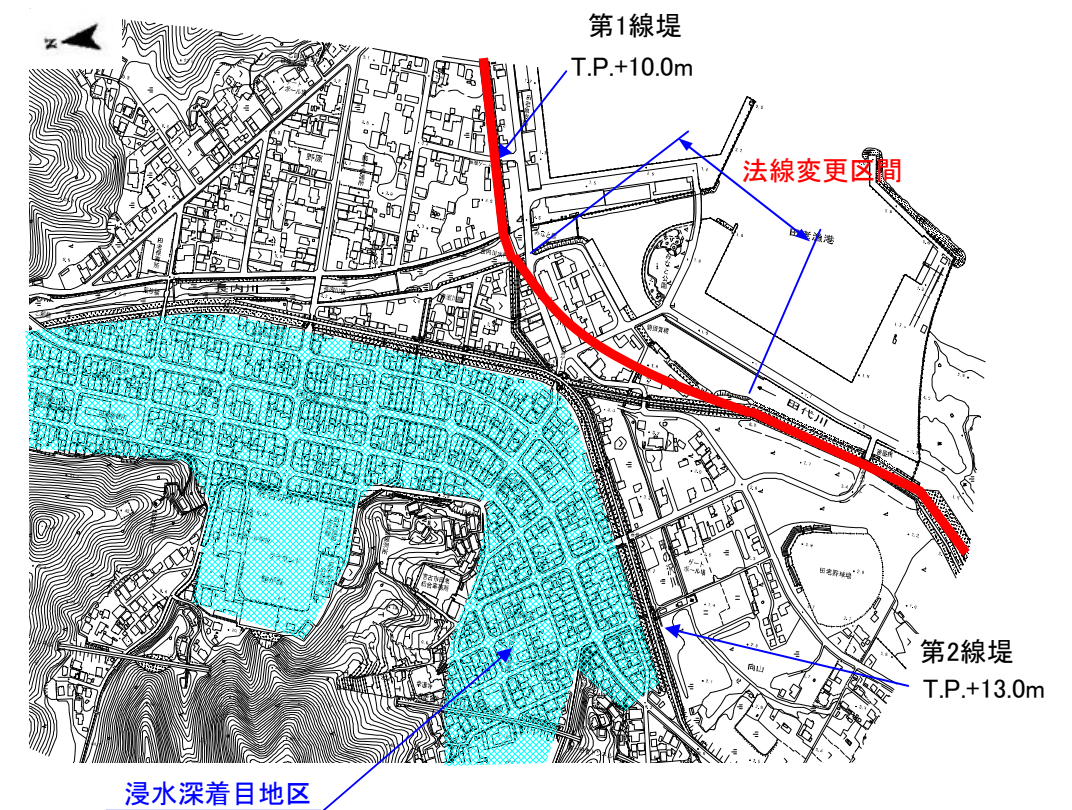


図7.7.1 第1線堤法線変更区間

7.2 浸水深平面分布図

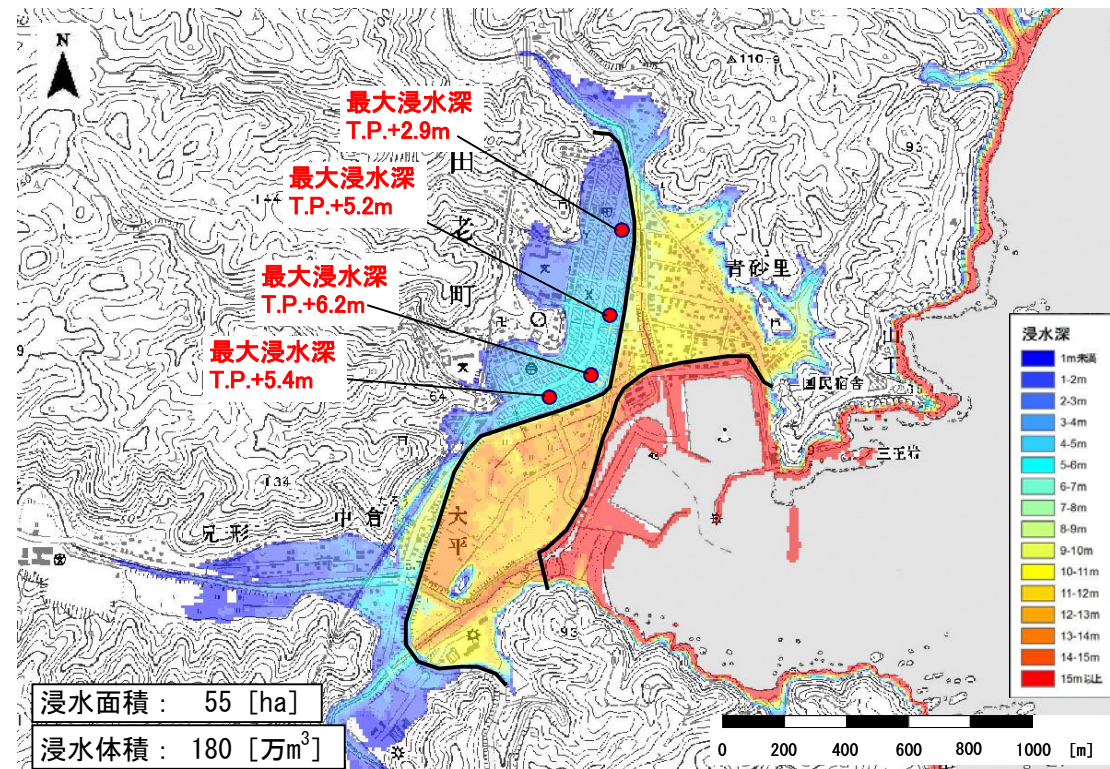


図7.2.1 第2線堤(T.P.+13.0m)で第1線堤を分離した場合

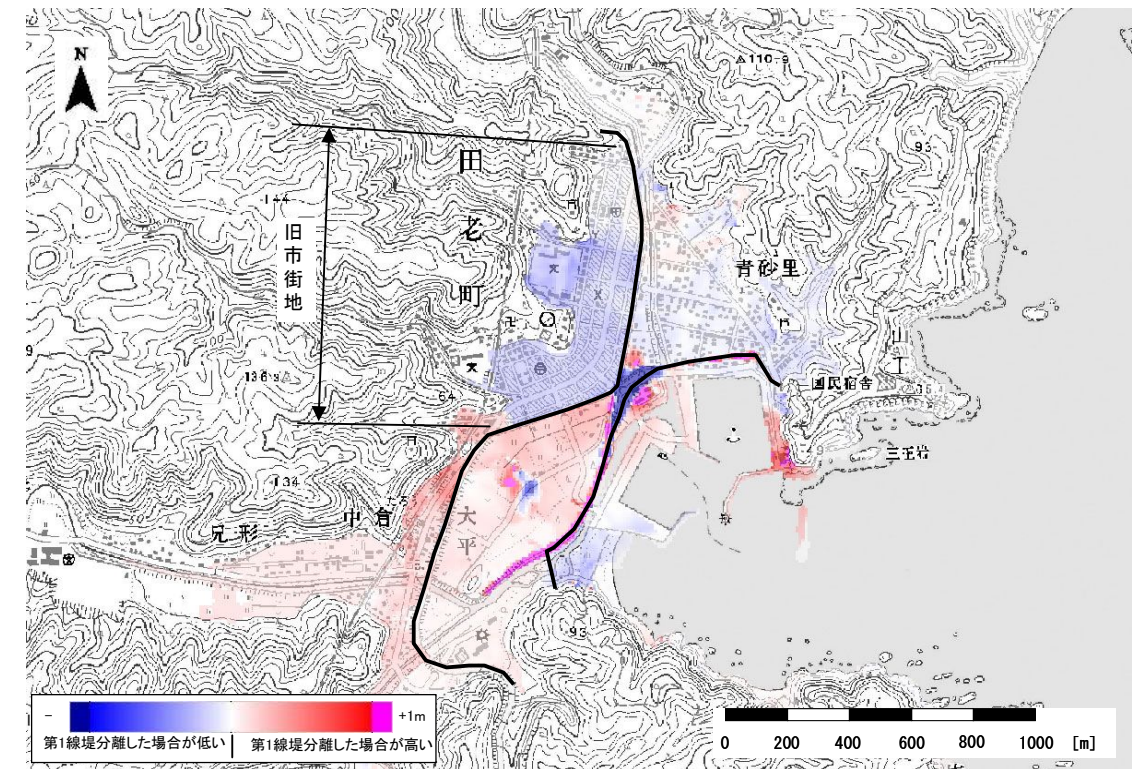


図7.2.3 1線堤を分離した場合と分離しない場合の比較図

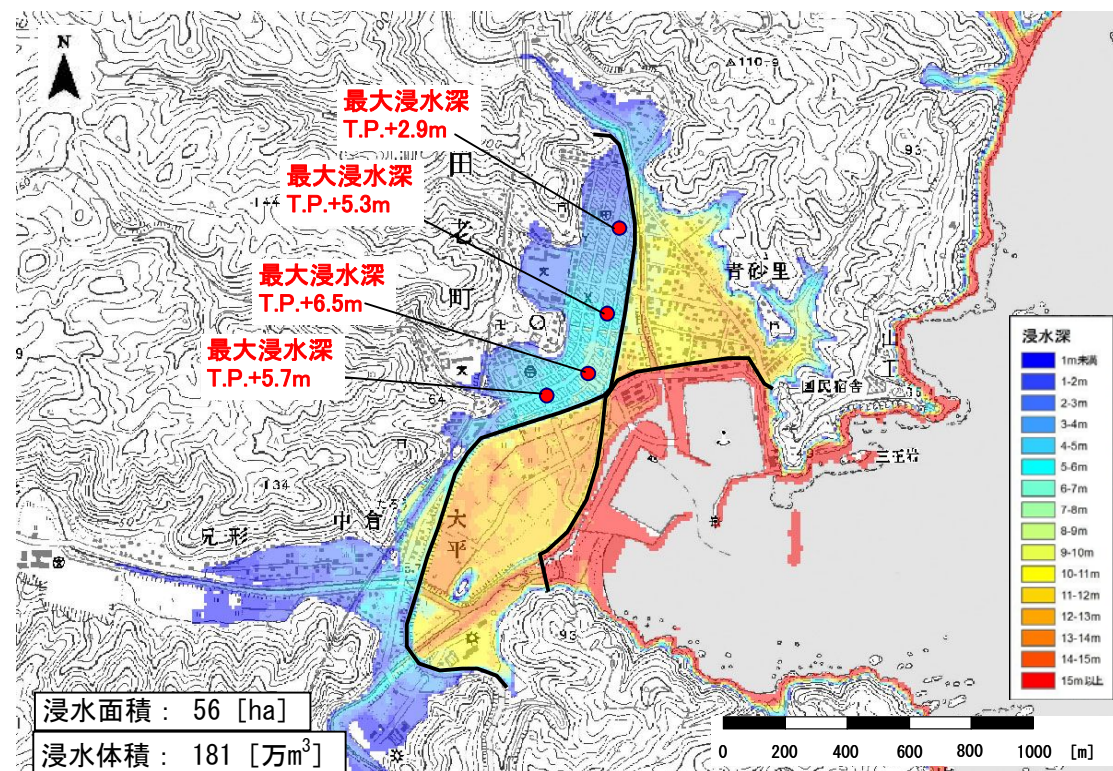


図7.2.2 第2線堤(T.P.+13.0m)で第1線堤を分離しない場合

※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。
 浸水面積、体積は第2線堤内での値である。

(3) 結論

第1線堤を分離することにより、旧市街地の浸水深が最大0.3m低減した。

田老旧市街地浸水深1mのトライアル・浸水深平面分布図

宮古市(田老海岸)

防潮ラインを現況とした場合

計算条件

波源: 東日本大震災(すべり量2.9倍)

地盤データ: H16年データを電子基準点の沈下分(宮古-0.42m)沈下

潮位: 朔望平均満潮位(H16宮古港: T.P.+0.69m)

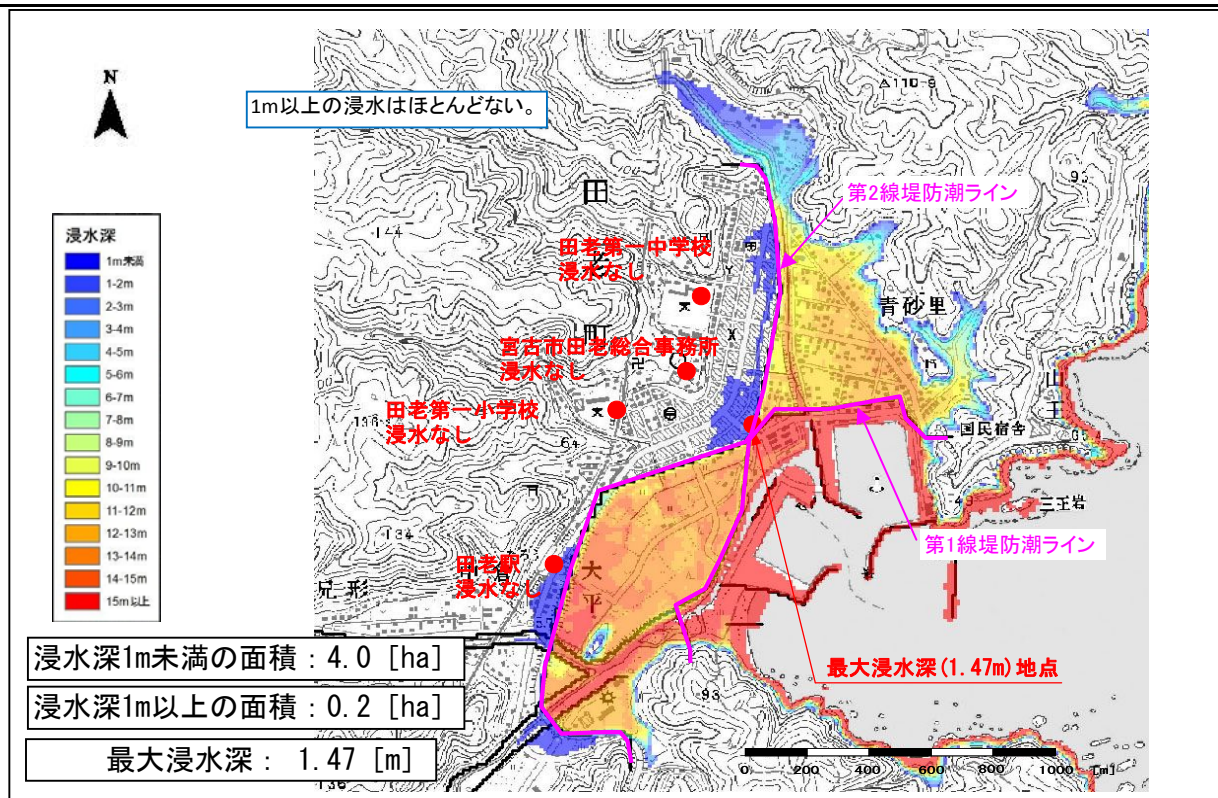


図1 浸水深平面分布図(Case1・第1線堤T.P.+10.0m、第2線堤T.P.+18.0m)に対する東日本大震災津波規模

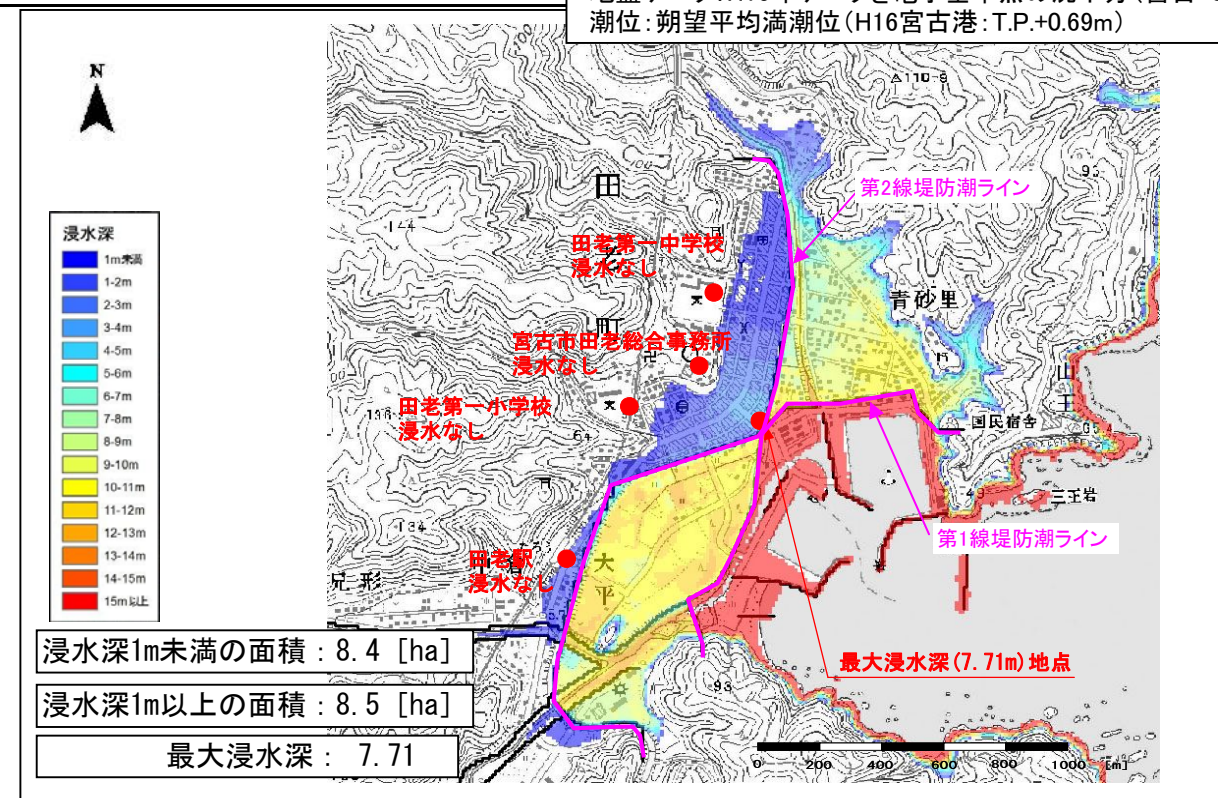


図3 浸水深平面分布図(Case3・第1線堤T.P.+14.0m、第2線堤T.P.+14.0m)に対する東日本大震災津波規模

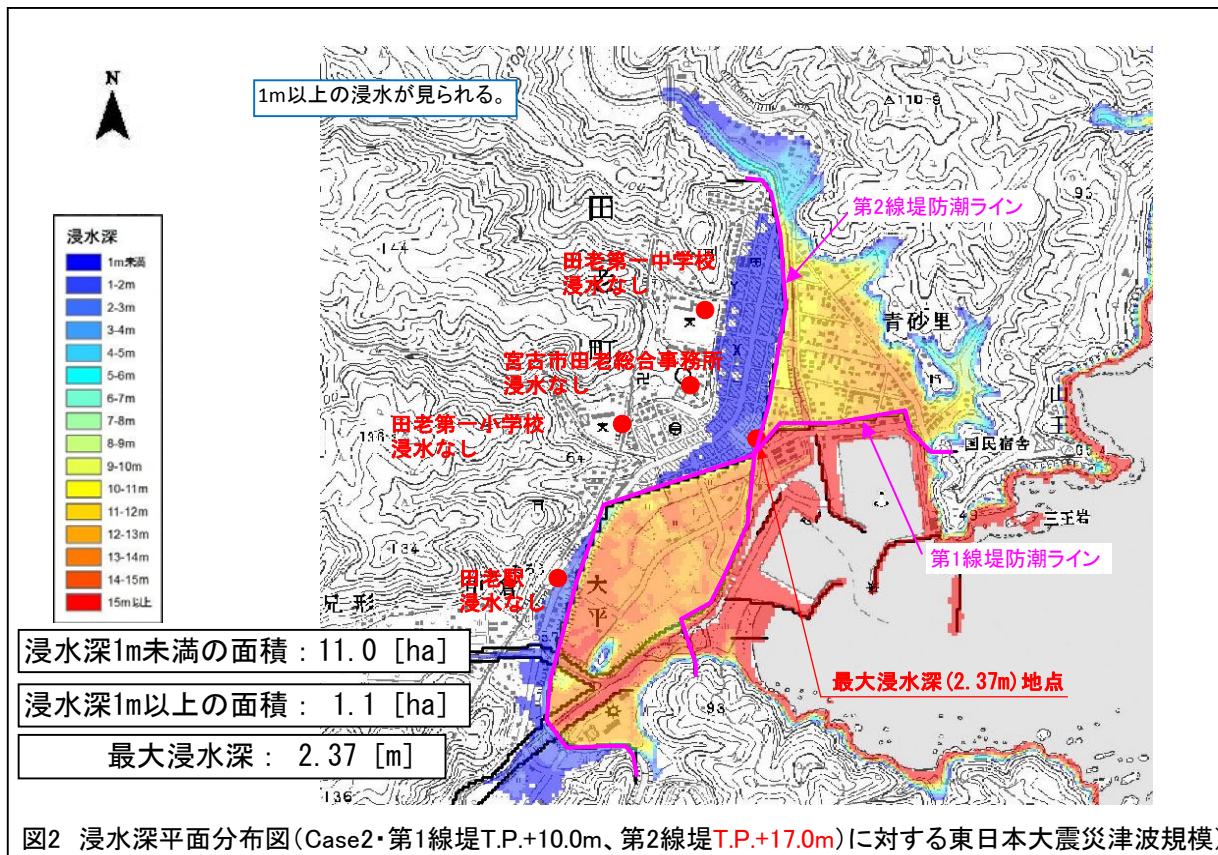


図2 浸水深平面分布図(Case2・第1線堤T.P.+10.0m、第2線堤T.P.+17.0m)に対する東日本大震災津波規模

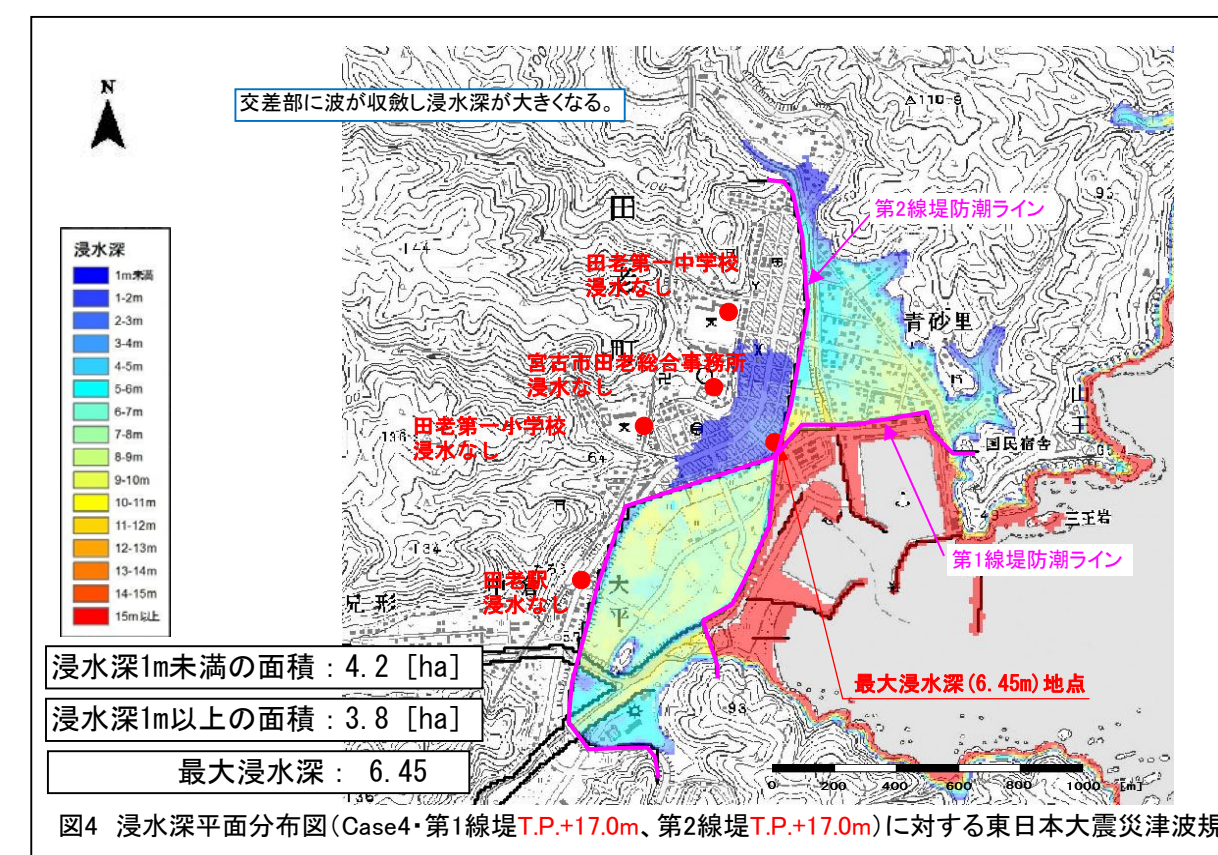


図4 浸水深平面分布図(Case4・第1線堤T.P.+17.0m、第2線堤T.P.+17.0m)に対する東日本大震災津波規模

* 面積、最大浸水深は第2線堤内の旧市街地で算定。

田老旧市街地浸水深1mのトライアル・浸水深平面分布図(防潮堤ライン:第1線堤と第2線堤を分離した場合)

宮古市(田老海岸)

防潮ラインを分離した場合(第1・2線堤を分離)

計算条件

波源: 東日本大震災(すべり量2.9倍)
 地盤データ: H16年データを電子基準点の沈下分(宮古-0.42m)沈下
 潮位: 朔望平均満潮位(H16宮古港:T.P.+0.69m)

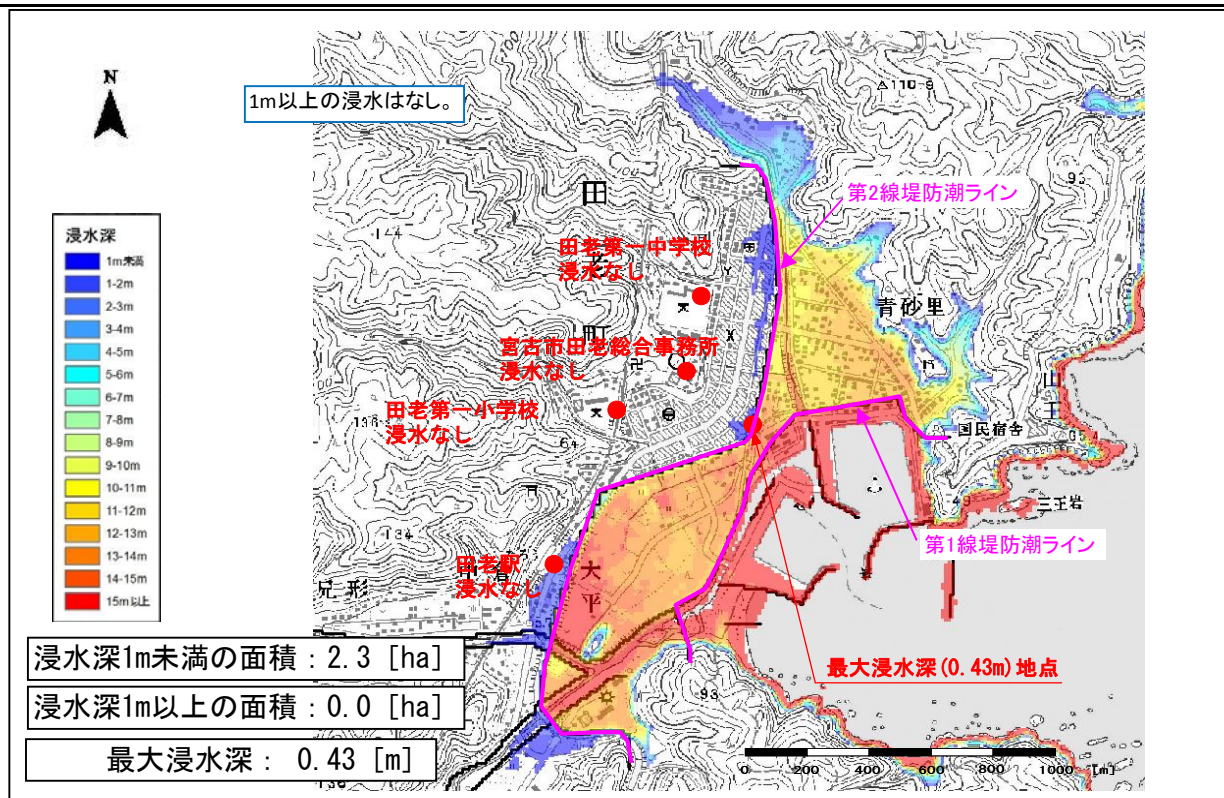


図1 浸水深平面分布図(Case2-1・第1線堤T.P.+10.0m、第2線堤T.P.+18.0m)に対する東日本大震災津波規模

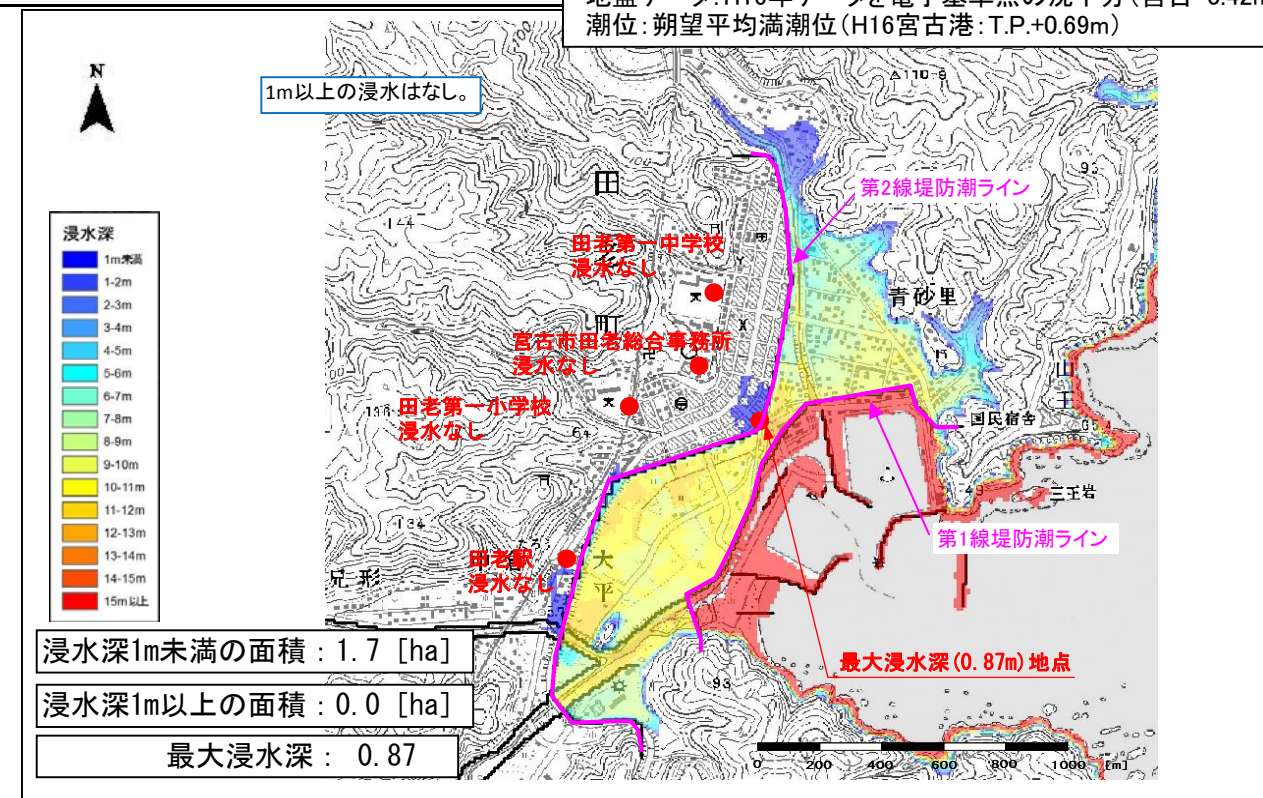


図3 浸水深平面分布図(Case2-3・第1線堤T.P.+15.0m、第2線堤T.P.+15.0m)に対する東日本大震災津波規模

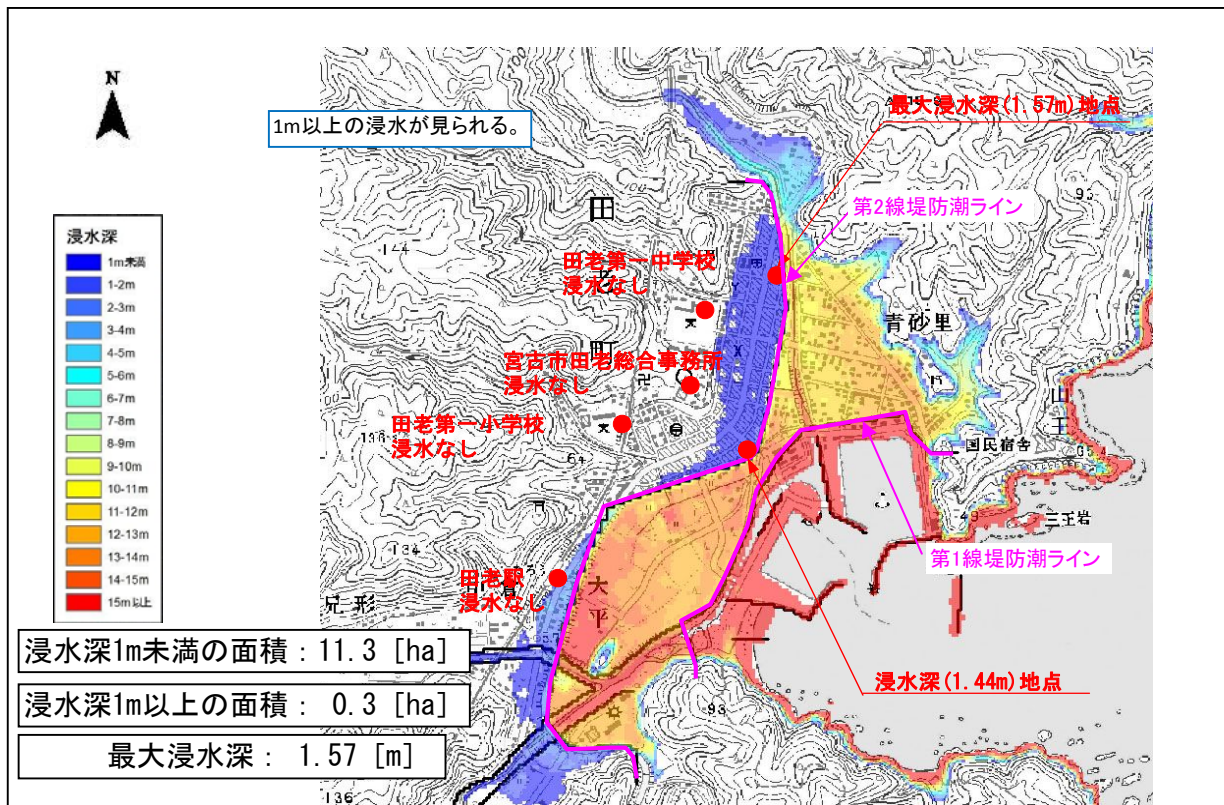


図2 浸水深平面分布図(Case2-2・第1線堤T.P.+10.0m、第2線堤T.P.+17.0m)に対する東日本大震災津波規模

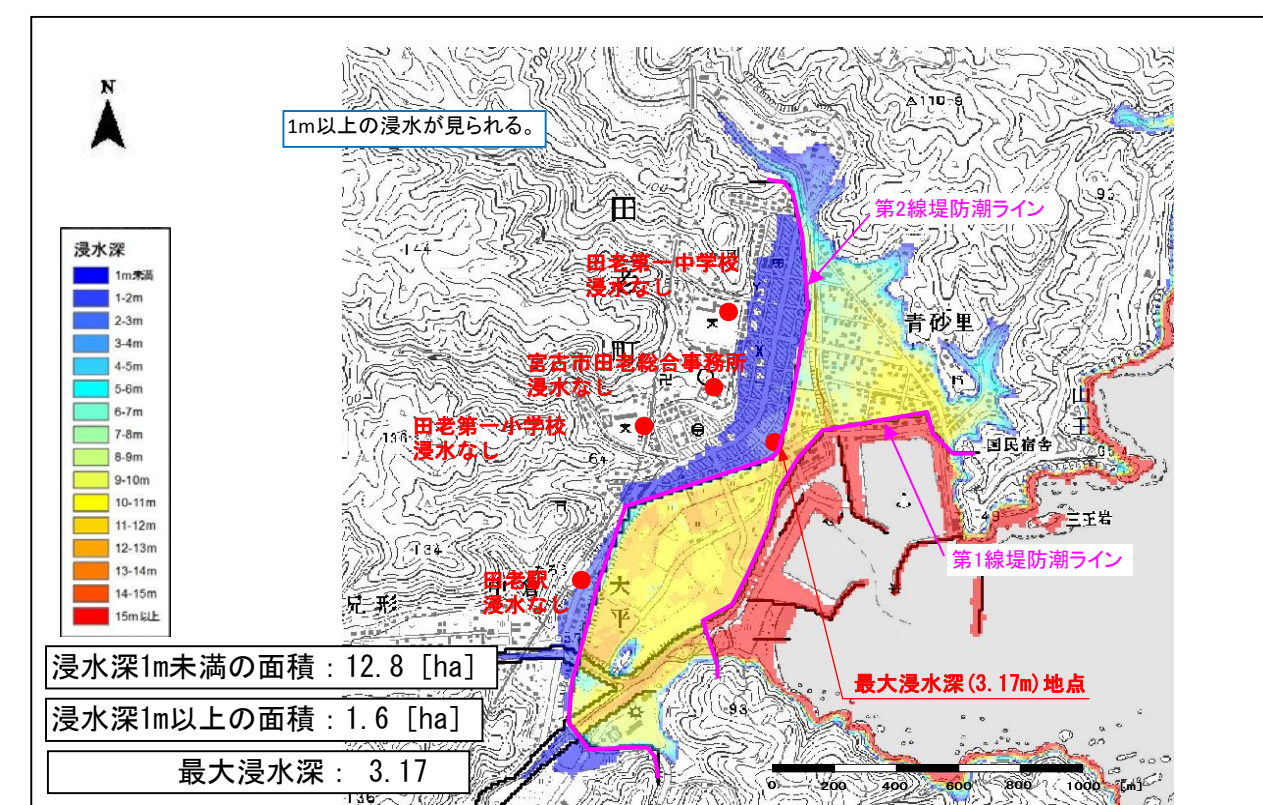



図4 浸水深平面分布図(Case4・第1線堤T.P.+14.0m、第2線堤T.P.+14.0m)に対する東日本大震災津波規模

* 面積、最大浸水深は第2線堤内の旧市街地で算定。

田老海岸・田老漁港海岸

明治三陸地震を溢れさせない防潮堤高（第2線堤：T.P.+13.0m）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。

凡例
 避難する方向

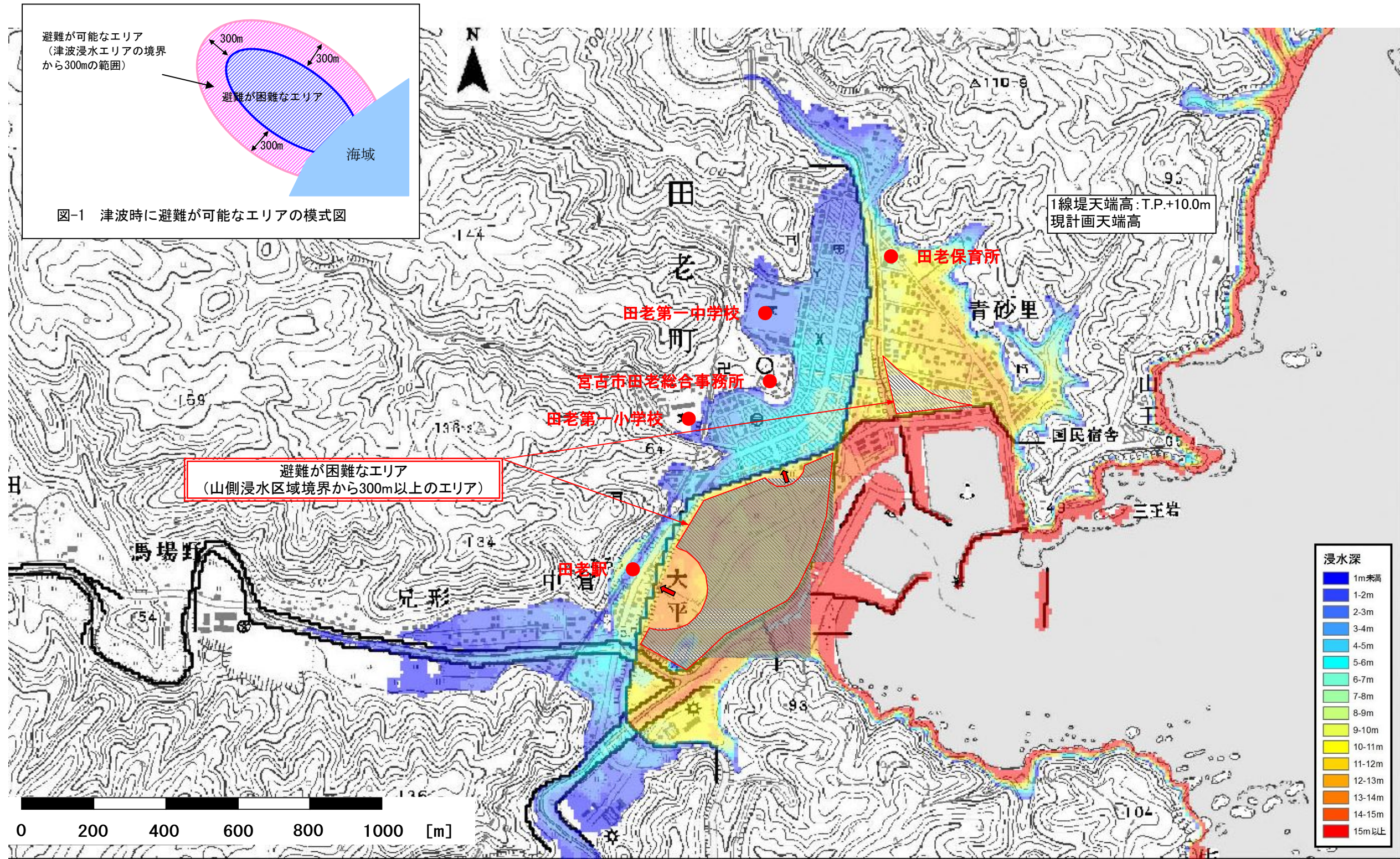


図-2 避難に関する目安(防潮堤高：T.P.+13.0m)