

資料－6. モデル地区における津波シミュレーション結果

※災害に強い水産地域ガイドライン 関連ページ：参考資料集 p. 26, 45, 47

1. 津波シミュレーションの概要

1-1 概要

災害に強い漁業地域づくりのための防災対策を検討する際に、各種シミュレーションの活用が有効である。津波に関する各種検討を行う際の基本となるシミュレーションが津波伝播遡上シミュレーション^{*}である。このモデルは波源からの海域伝播過程と陸上域への遡上を平面的に予測するもので、各地点における水位・流速値が時々刻々と計算される。同シミュレーションで得られる情報（水位、流速、到達時間）を用いて、各種の検討が可能であるほか、避難シミュレーションや漂流シミュレーション等にデータ引き継いで、さらに詳細な個別検討を行うことが可能である。津波シミュレーションを用いた検討の体系を図-6.1に示す。

- 遡上計算を行わない場合もある。本調査では、陸上（遡上域）まで計算を行わない場合は、単に津波伝播シミュレーションと称した。

基本シミュレーション

①津波伝播遡上シミュレーション

波の波源から外洋伝播、陸上への遡上までを連続して計算し、平面的に水位、流速の変動を予測するモデル。

引き続いて行われる漂流物シミュレーションや避難シミュレーションの入力条件（水位、流速、到達時間）にも利用される。

結果の評価、詳細検討へ  出力：水位、流速、到達時間

②船舶避難の検討

・海域の最大流速分布（①の結果）から、操船可能な限界流速以下の海域を抽出。

→避難海域の設定

・津波到達時間（①の結果）と漁船の移動速度を勘案し、操業地点別に安全避難の可否を検証。

→避難マップの作成

③陸上避難の検討

・予想浸水域（①の結果）より、避難場所（非浸水域）の特定を行う。

→津波避難場所の指定

・予想浸水域と避難対象人口との関係から、津波避難ビルの最適配置を検討する。

→津波避難ビル等の指定、配置

・上記検討に際しては、人の避難速度や避難行動を考慮した避難シミュレーションも活用できる。

→避難路・避難場所の検証

④家屋被害の検討

・最大浸水深と最大流速（①の結果）と家屋の構造形式等の情報を基に、津波による破壊の可能性について検証する。

→津波避難ビルの機能評価

⑤漂流物対策の検討

・漂流シミュレーション（津波伝播遡上計算結果より水位・流速を条件として入力）を活用し下記を検討する。

・漂流物による被害の予測。

→漂流物対策の検討

図-6.1 津波シミュレーションを用いた検討の体系

1-2 各種津波シミュレーション活用の流れ

ここでは、漁業地域の防災対策に必要な以下の3項目について一般的な検討手順を示す。

- (1) 船舶避難海域の設定
- (2) 陸上避難の設定
- (3) 漂流物対策の検討

(1) 船舶避難海域の設定に関する検討フロー

ガイドラインでは、「津波流速によって船舶が操縦不能になる限界流速以下かつ砕波が発生しない海域を避難海域とする」、ことが示されている。このうち流速については、沿岸での想定津波高から沖合での流速に換算する（水深変化のみによる効果として）簡易手法が提示されている。一方、津波シミュレーションを用いた場合は、その地域の地形特性（平面的な形状や海底勾配等）が考慮され、平面的な流速分布を得ることができる。これにより詳細な避難海域の選定が可能となる。また、津波の伝播経路や到達時間も予測できることから、津波来襲前に避難海域へ到達可能か否かの検討にも活用できる。

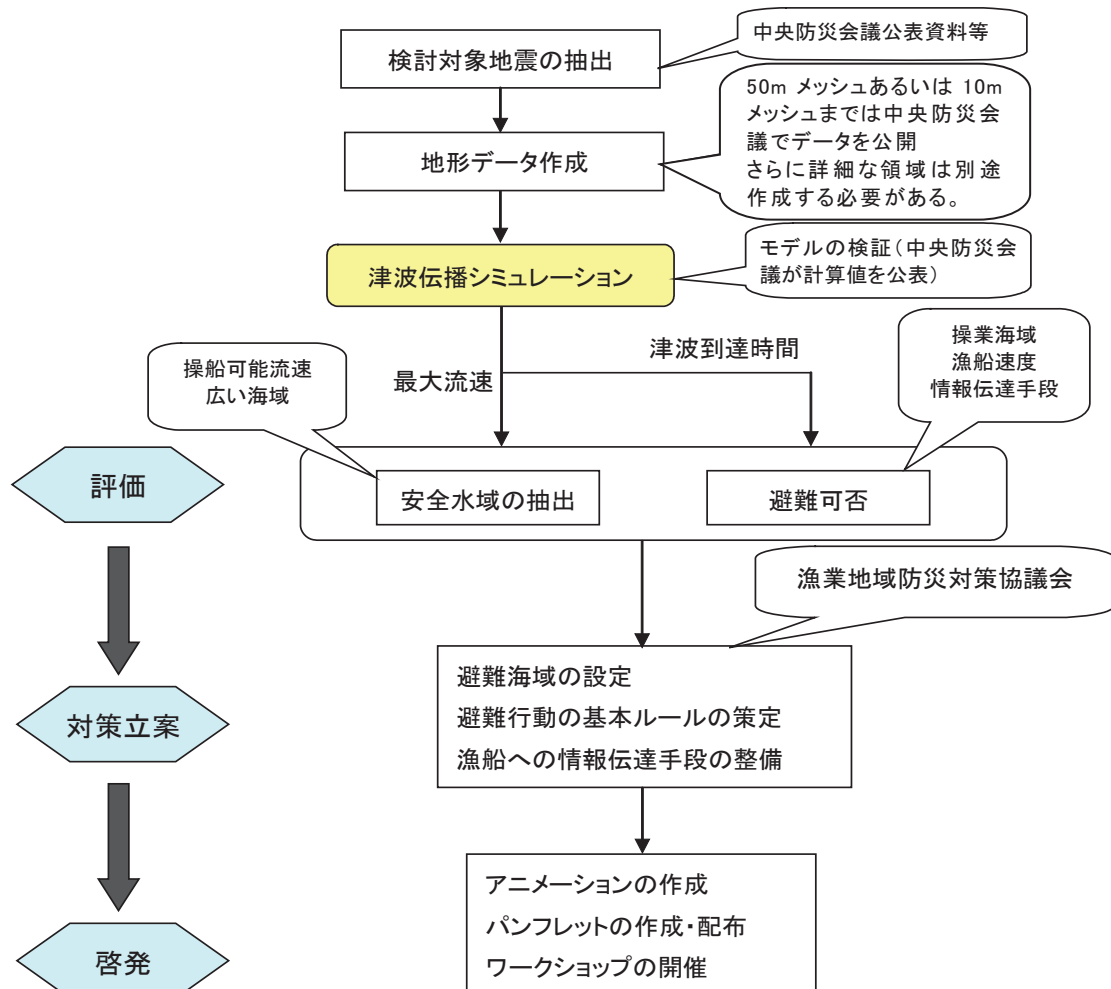


図-6.2 船舶避難海域の設定に関する検討フロー

(2) 地域住民・就労者・来訪者の避難に関する検討フロー

地域住民や就労者・来訪者の安全確保のためには、避難場所の確保、津波避難ビル等の配置、情報伝達および避難誘導が適切に行われる必要がある。そのため、津波伝播遡上シミュレーションを活用することにより、非浸水域（避難場所）の把握や津波避難ビル等の適切な配置の検討、津波避難ビル等の機能評価（破壊や水没に対する安全性）、さらに、避難シミュレーションを活用して、避難困難人口やエリアの把握と避難路の整備、案内板の効果的な設置場所の検討等が可能である。

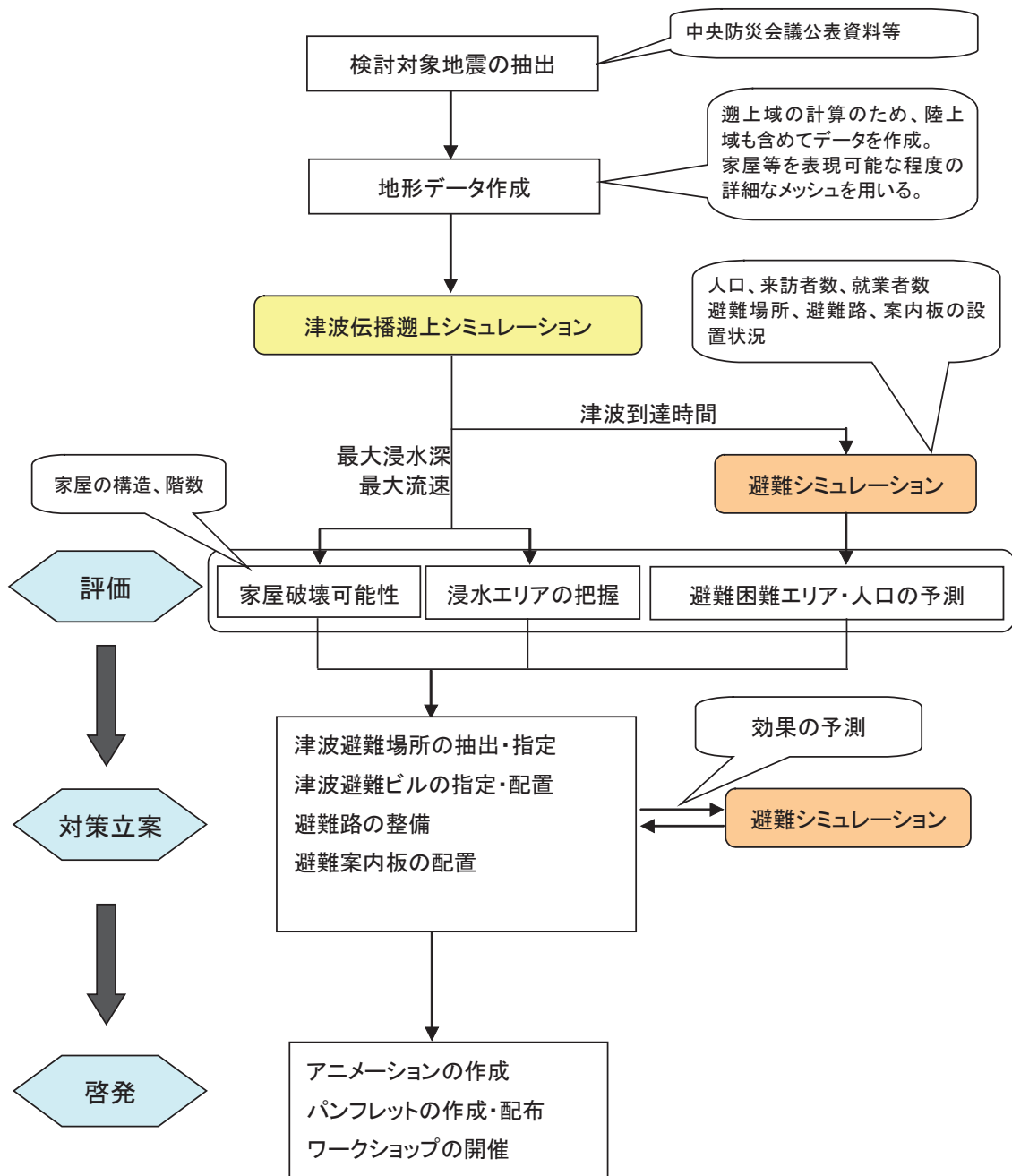


図-6.3 地域住民・就労者・来訪者の避難に関する検討フロー

(3) 漂流物対策に関する検討フロー

漂流シミュレーションは、津波来襲時に漂流物となる恐れのある漁船やプレジャーボート、蓄養殖施設、漁具、車両等が、実際に漂流するかの検証や、漂流した場合の移動方向や滞留場所を予測するモデルであり、津波伝播遡上シミュレーションから水位・流速の計算結果を引き継いで計算される。このモデルは、漂流による被害の予測や各種漂流防止対策を行った場合の効果の予測に用いられる。

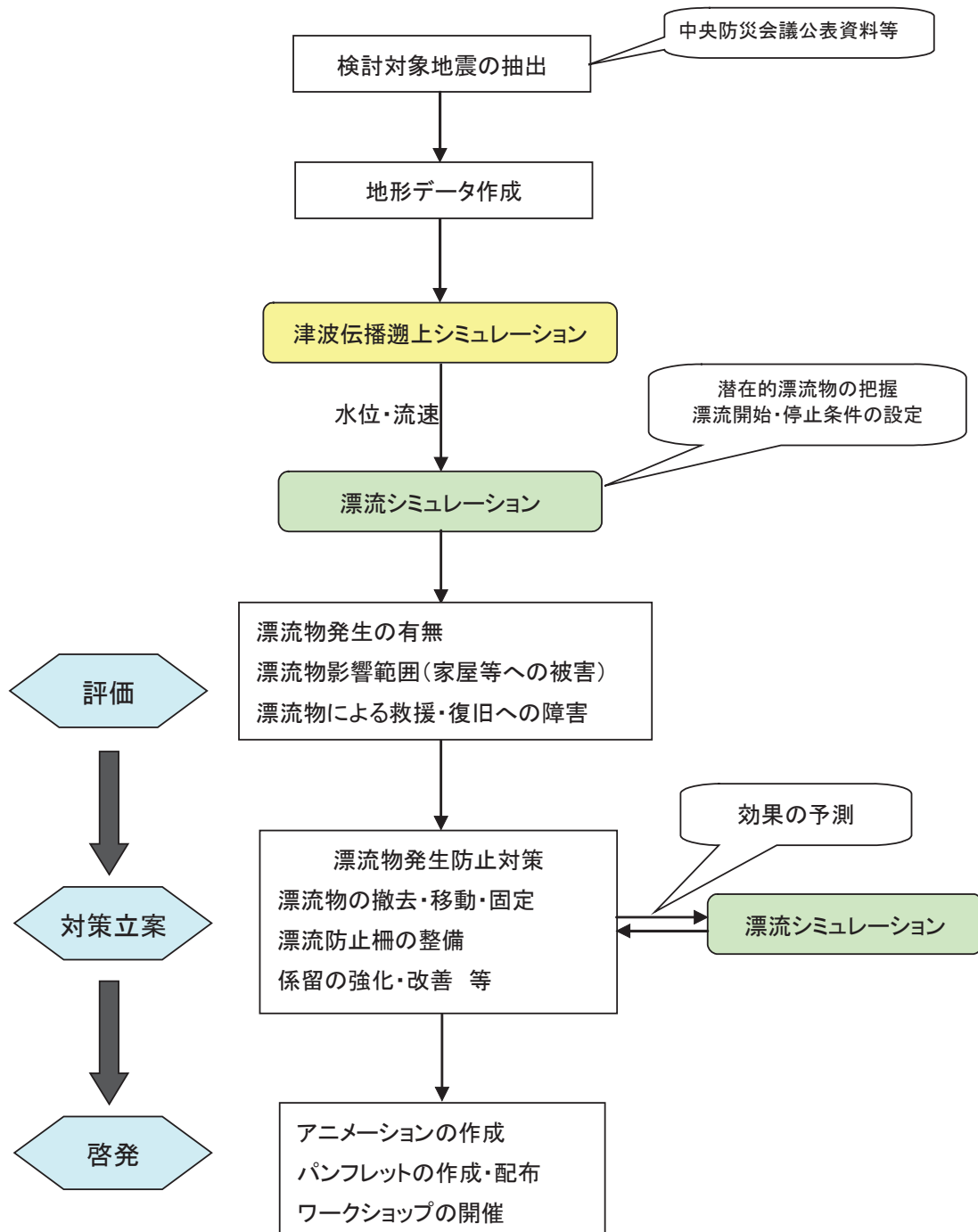


図-6.4 漂流物対策に関する検討フロー

1-3 各種津波シミュレーションを用いた検討の内容

災害に強い漁業地域づくりのためのガイドラインに基づいた防災対策を検討する際に、各種津波シミュレーションを効果的に活用するためのケーススタディとして、宮城県気仙沼湾をモデル地区とした各種津波シミュレーションを行った。

表-6.1 本調査におけるシミュレーションの検討項目と主な結果

検討項目	対象地区	評価内容	結果
検討対象とする地震の選定	気仙沼湾全域 (50m メッシュ)	中央防災会議の計算結果から、気仙沼地区における沿岸津波高が大きくなる地震を選択。	気仙沼湾奥では、明治三陸地震と宮城県沖（連動）が同程度、湾奥以外では、明治三陸地震による津波が最大となる。 到達時間は波源に近い宮城県沖（連動）地震の方が早い。
モデルの検証	気仙沼湾全域 (50m メッシュ)	中央防災会議の計算結果と本調査による計算結果を比較し、モデルを検証。	良好な再現が得られた。
漁船の安全避難に関する検討	気仙沼湾全域 (10m メッシュ)	最大流速の分布から、操船可能な流速（1m/s）を基準として避難海域の選定を行った。	宮城県沖（連動）地震では、水深 30～50m、明治三陸地震では、水深 90m 程度。
		津波到達時間と漁船の移動速度の関係から、漁船速力別の避難可否について検証した。	湾奥で操業していた漁船の場合、速度 15km/h 程度では安全海域への避難が困難と予想された。
浸水被害の検討	気仙沼市 波路上地区 (2m メッシュ)	最大浸水深より、現在指定されている津波避難場所や津波避難ビルの妥当性を検証した。	いずれも妥当と判断された。
家屋被害の検討	気仙沼市 波路上地区 (2m メッシュ)	津波避難ビルの破壊の有無について、最大流速・最大浸水深より簡易的な評価を実施した。	いずれも破壊されず津波避難ビルとしての機能は確保されることが確認された。
漂流物被害の予測 (養殖施設)	気仙沼湾全域 (10m メッシュ)	漂流シミュレーションを用いて、湾内の養殖施設の漂流を予測。	養殖施設は漂流するため、航行障害による救援・復旧作業への支障が懸念された。
漂流物被害の予測 (漁船、自動車)	気仙沼市 波路上地区 (2m メッシュ)	漂流シミュレーションを用いて、漁船、自家用車の漂流を予測。係留方法を改善することによる効果を予測。	漁船の陸への打ち上がりや、車両の漂流水没が予測された。漁船は係留方法を改善することにより漂流防止効果があることが確認された。

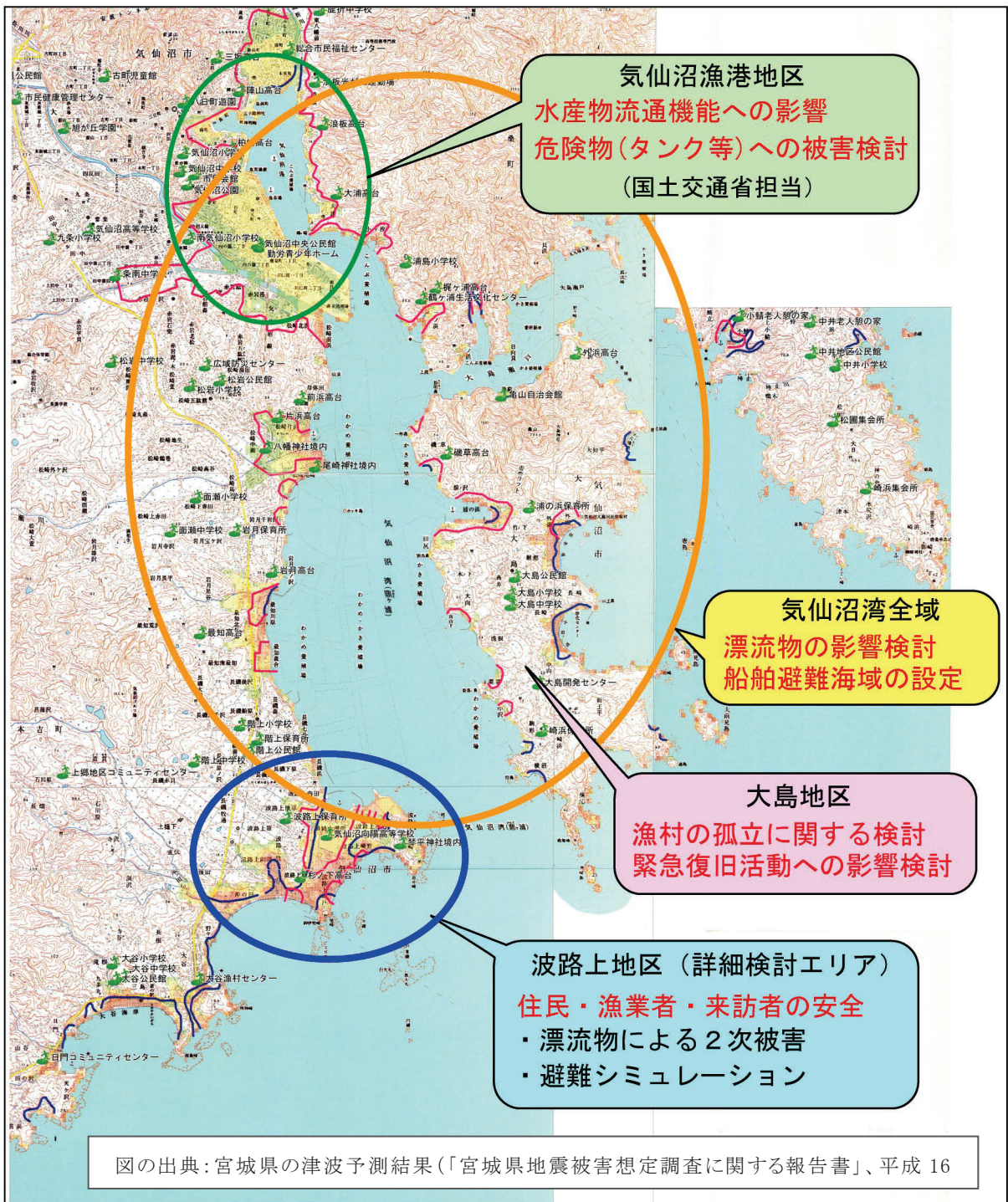


図-6.5 シミュレーションにおける検討項目と対象地域

2. 津波伝播シミュレーションの条件

2-1 対象とする地震津波の選定

気仙沼地区に危険をもたらす可能性のある津波として、内閣府中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」で想定されている地震から、明治三陸地震（既往最大）と宮城県沖（連動）地震を選定し検討を行う。

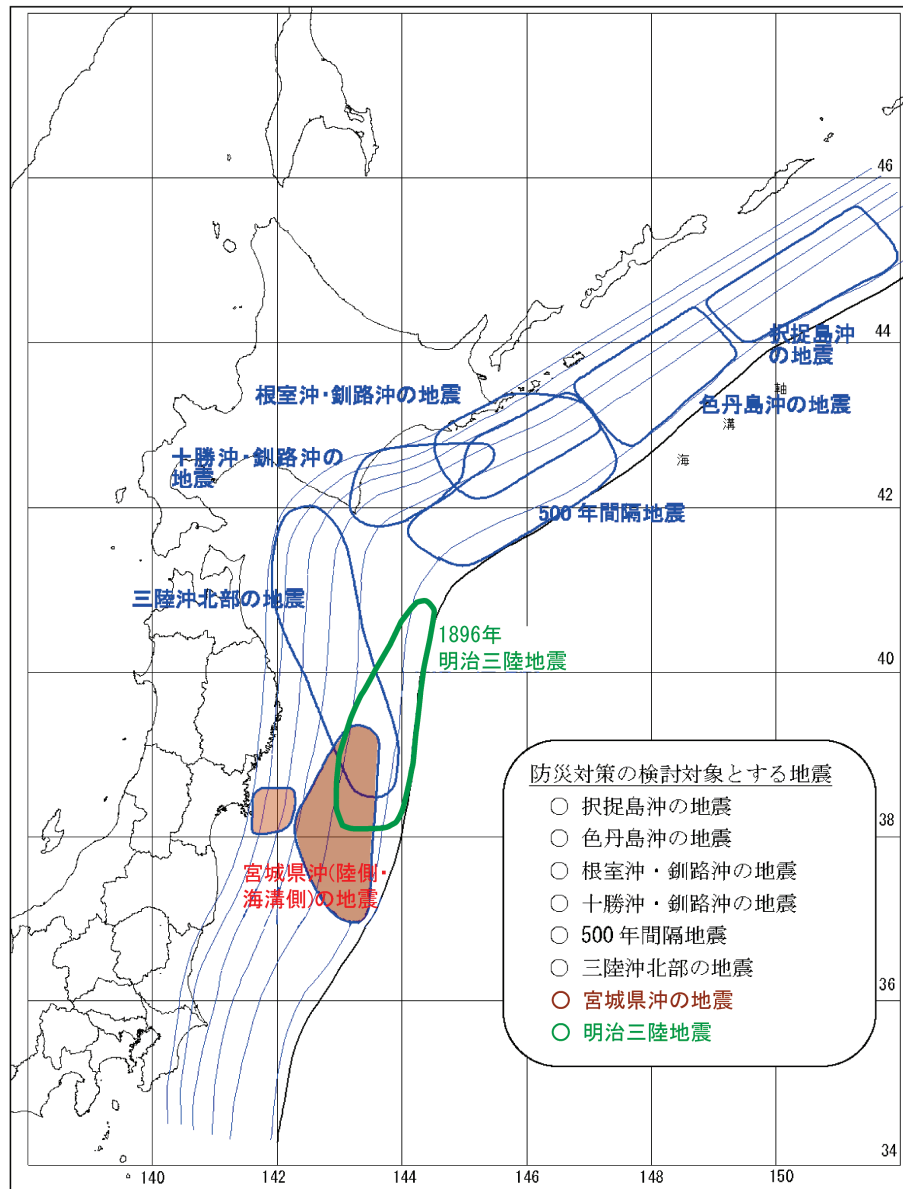


図-6.6 日本海溝・千島海溝周辺で津波を発生させる断層領域

(中央防災会議：日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会(第10回)資料より抜粋・加工)

2-2 計算領域および地形条件

計算領域およびメッシュサイズは表-6.2 および図-6.8(1)～(6)に示す通りである。メッシュサイズ①1350m～④50mまでは、内閣府の中央防災会議「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」から公表されているメッシュデータから波源域および対象地域(気仙沼)を含む領域(表-6.2 ①～④)を切り取り、かつ、公共座標(X系)に変換して使用した。また、気仙沼湾内の詳細領域(表-6.2 ⑤-a、⑤-b、⑥)は、表-6.2に示した各種資料を基に地形データを作成した。

なお、中央防災会議の計算結果の再現(モデルの検証)では、①1350m～④50mの領域までを用い、気仙沼湾全体の計算(津波到達時間の検証や湾内の漂流物挙動予測に使用)では、上記モデルに⑤-a(10m)領域を取り入れたモデルを、波路上地区の詳細検討では、⑤-b(10m)と⑥2mの領域を取り入れたモデルを使用した(表6.3)。

表-6.2 計算領域一覧

計算領域	メッシュサイズとグリッド数			作成資料	遡上計算	家屋	備考
	サイズ	東西	南北				
①	1350m	680	650	中央防災会議モデルを公共座標(X系)に変換	なし	なし	共通
②	450m	396	831		なし	なし	共通
③	150m	516	447		なし	なし	共通
④	50m	657	756		あり	なし	共通
⑤-a	10m	1100 (11km)	1400 (14km)	都市計画図(1/2500) 数値地図(1/25,000) 広域沿岸海域等深線データ(海上保安庁:三陸沖 M7005)	あり	なし	湾全域計算
⑤-b	10m	550 (5.5km)	700 (7.0km)	各漁港・港湾の深淺測量図、計画平面図等 河川縦断図、横断図	あり	なし	詳細計算(波路上地区)
⑥	2m	1795 (3.59km)	1145 (2.29km)	都市計画図(1/2500) 住宅地図(気仙沼市、本吉町)	あり	あり	詳細計算(波路上地区)

表-6.3 計算領域の組み合わせ

	メッシュサイズ	使用領域	目的
モデル1	1350m～50m	①、②、③、④	中央防災会議計算の再現
モデル2	1350m～10m	①、②、③、④、⑤-a	避難海域の設定、漂流物影響検討(湾内)
モデル3	1350m～2m	①、②、③、④、⑤-b、⑥	波路上地区詳細検討

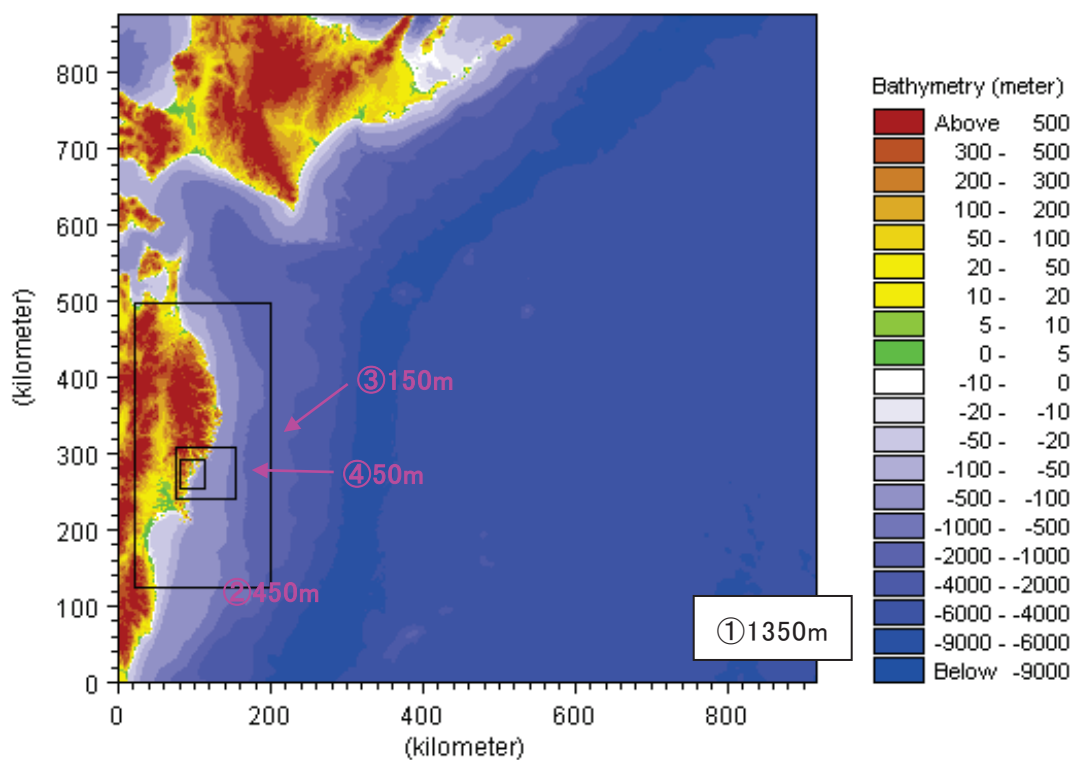


図-6.8 (1) 共通領域 (① : 1350m~④ : 50m)

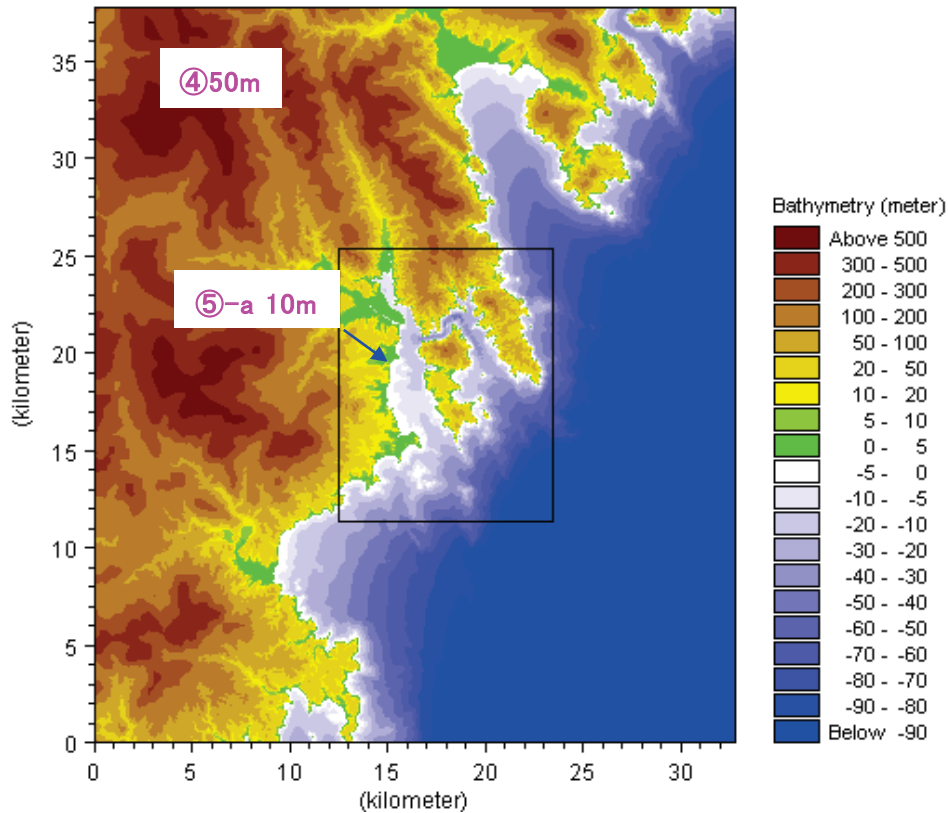


図-6.8 (2) 気仙沼湾全体モデル (⑤-a : 10m)

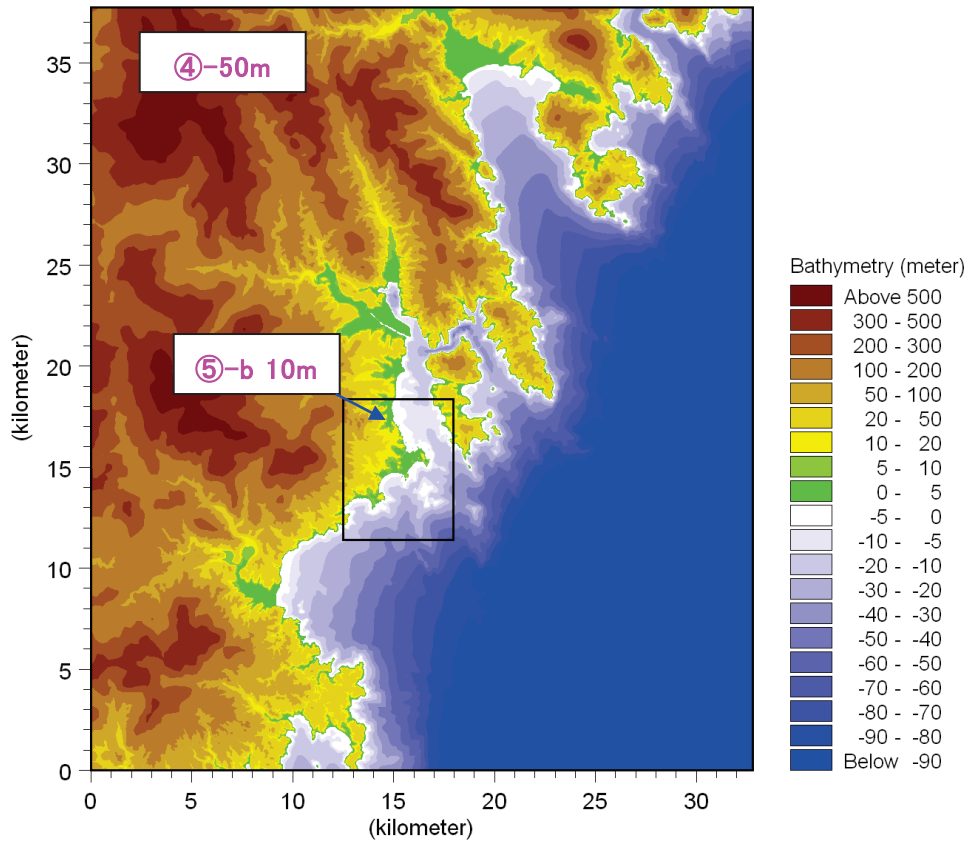


図-6.8(3) 波路上地区 (近海) (⑤-b : 10m)

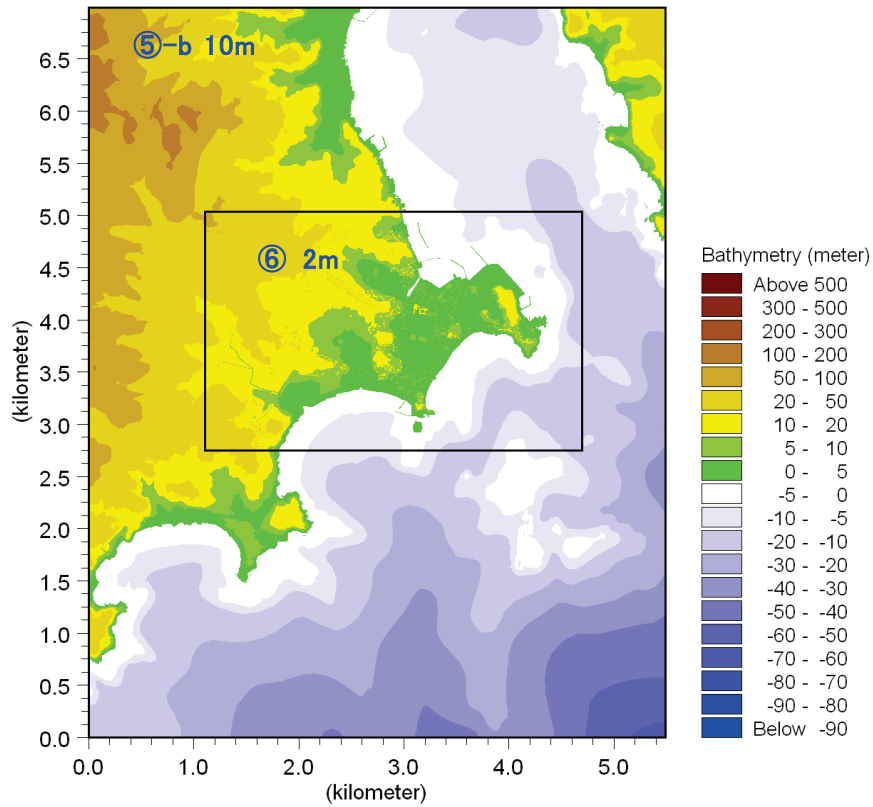


図-6.8(4) 波路上地区 (詳細) (⑤-b : 10m~⑥ : 2m)

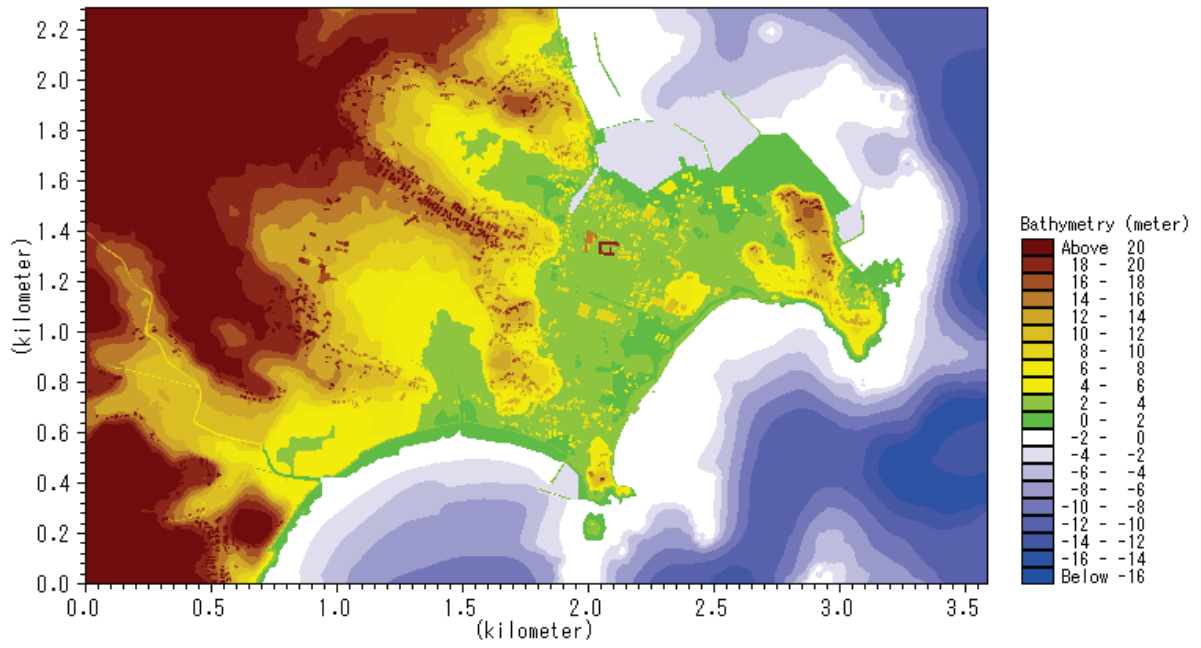


図-6.8(5) 計算領域図(⑥ : 2m、波路上地区詳細モデル)

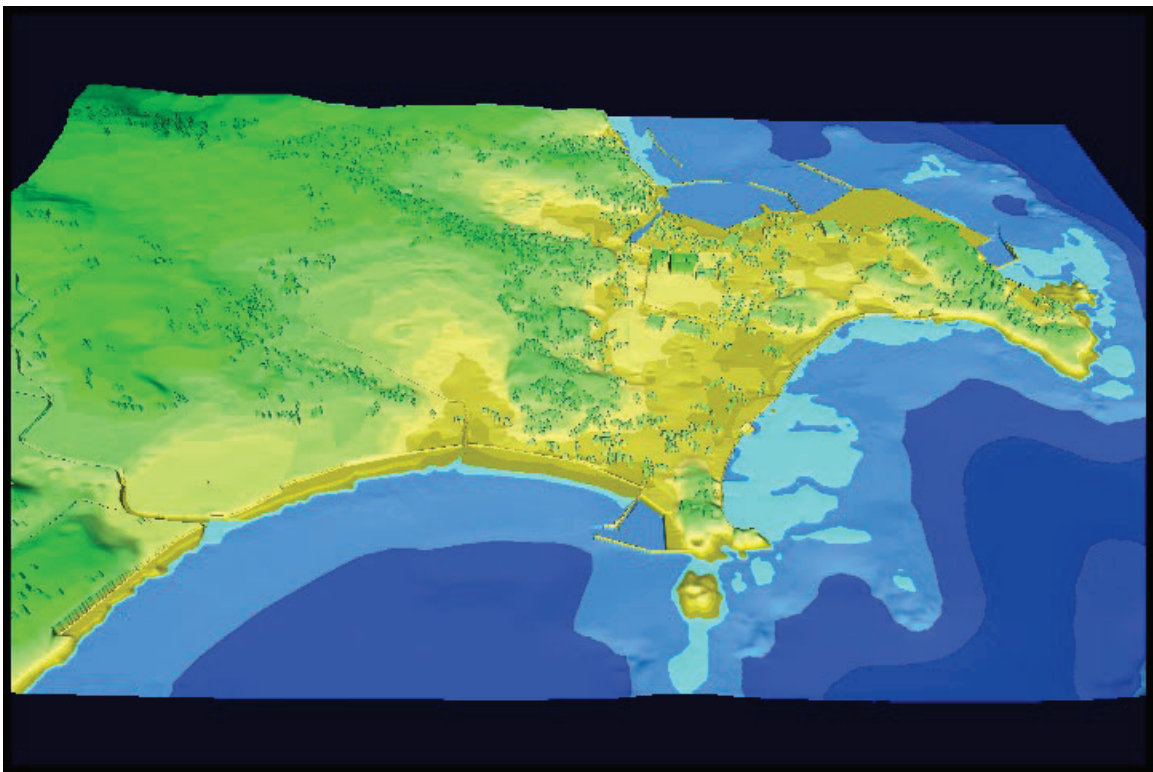


図-6.8(6) 計算領域図(⑥ : 2m、波路上地区詳細モデル) (3D イメージ)

2-3 初期波形

中央防災会議より提供を受けた地殻変動データ（明治三陸地震、宮城県沖想定地震）を、地殻変動・初期水位変動として設定した。初期波形分布を図-6.9(1)～(2)に示す。

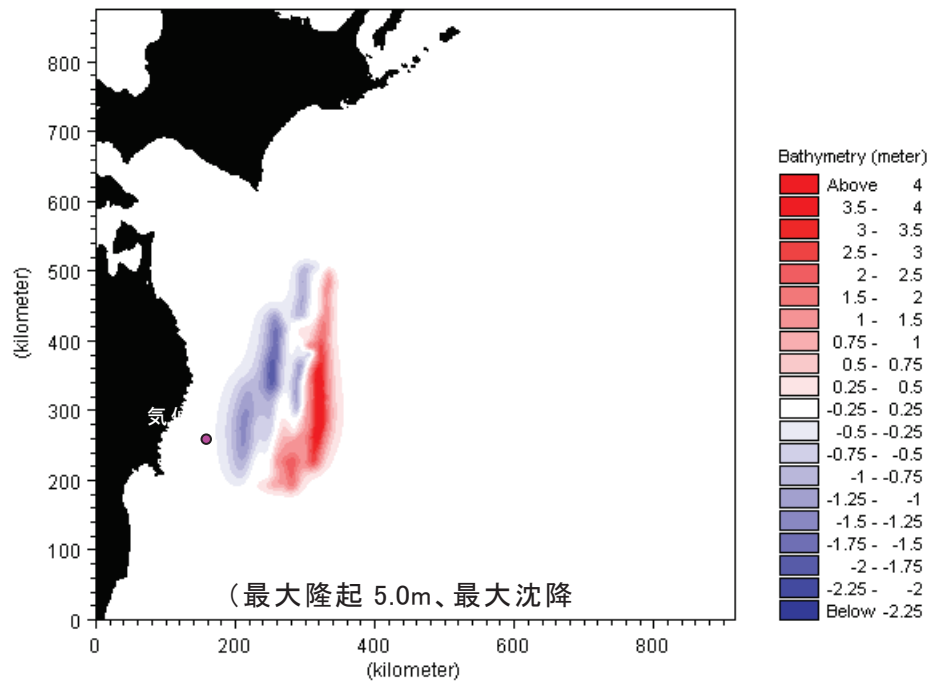


図-6.9(1) 初期波形分布(明治三陸地震)

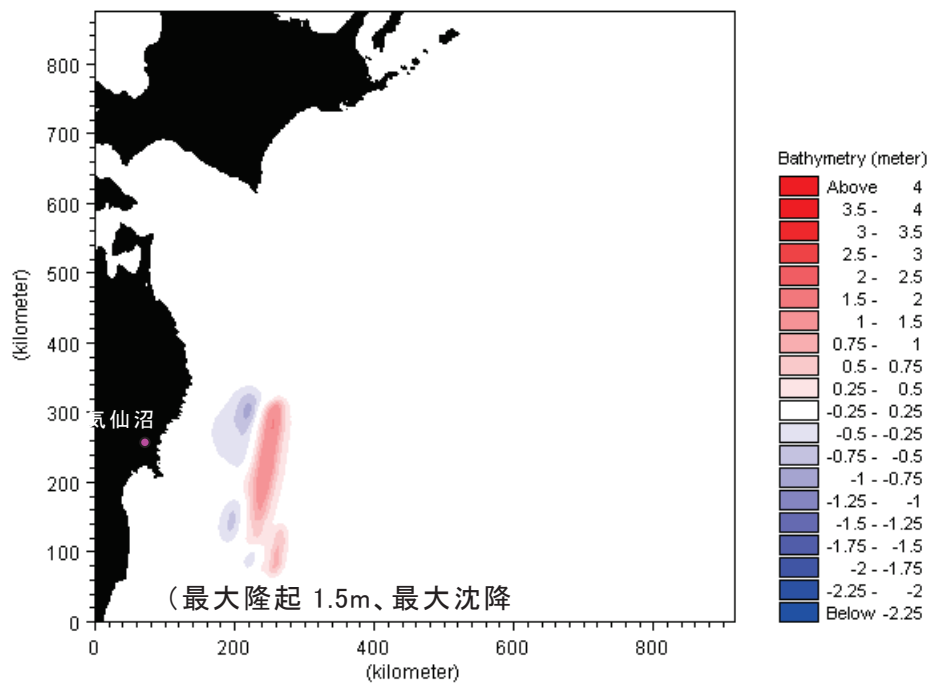


図-6.9(2) 初期波形分布(宮城県沖(連動)地震)

2-4 その他の条件

解析モデル	伝播モデル： 2次元非線形長波モデル 漂流シミュレーション： 後藤*(1983)モデルをベースに開発されたモデル (*「津波による材木の流出に関する計算」(1983), 後藤智明, 第30回海岸工学講演会論文集, pp594-597)															
差分スキーム	スタaggerド・リーブフログ法															
時間ステップ	50mメッシュまでの計算： 0.5秒 10mメッシュを含む計算： 0.2秒 2mメッシュを含む計算： 0.05秒															
潮位	再現計算： S.W.L. = T.P. + 0.72m (H17年予報満潮位(気象庁)) 予測計算： H.W.L. = T.P. + 0.75m (気仙沼漁港)															
粗度係数 (マンニングの粗度係数)	<p>○ 1350m~10mメッシュ領域では、国土数値情報(土地利用メッシュ)に基づき、以下の通り設定する。ここでは、家屋等の効果を密集率に応じて底面粗度として擬似的に与えている。</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">水域</th> <th rowspan="2">田畑</th> <th rowspan="2">森林</th> <th colspan="3">市街地(家屋密集率)</th> </tr> <tr> <th>高密度(100%)</th> <th>中密度(50-80%)</th> <th>低密度(10-30%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.025</td> <td>0.02</td> <td>0.03</td> <td>0.08</td> <td>0.06</td> <td>0.04</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;">(中央防災会議の設定に基づく)</p> <p>○ 詳細検討を行う波路上地区(2mメッシュ領域)では、家屋を地形として直接考慮するため、通常の地面の粗度を設定しておく。図-2.4.1参照。</p>	水域	田畑	森林	市街地(家屋密集率)			高密度(100%)	中密度(50-80%)	低密度(10-30%)	0.025	0.02	0.03	0.08	0.06	0.04
水域	田畑				森林	市街地(家屋密集率)										
		高密度(100%)	中密度(50-80%)	低密度(10-30%)												
0.025	0.02	0.03	0.08	0.06	0.04											
構造物 (防波堤・護岸等)	各種施設台帳に基づき天端高を設定 (ただし、基本的に不透過構造とし、地震・津波で破壊されないものと仮定)															

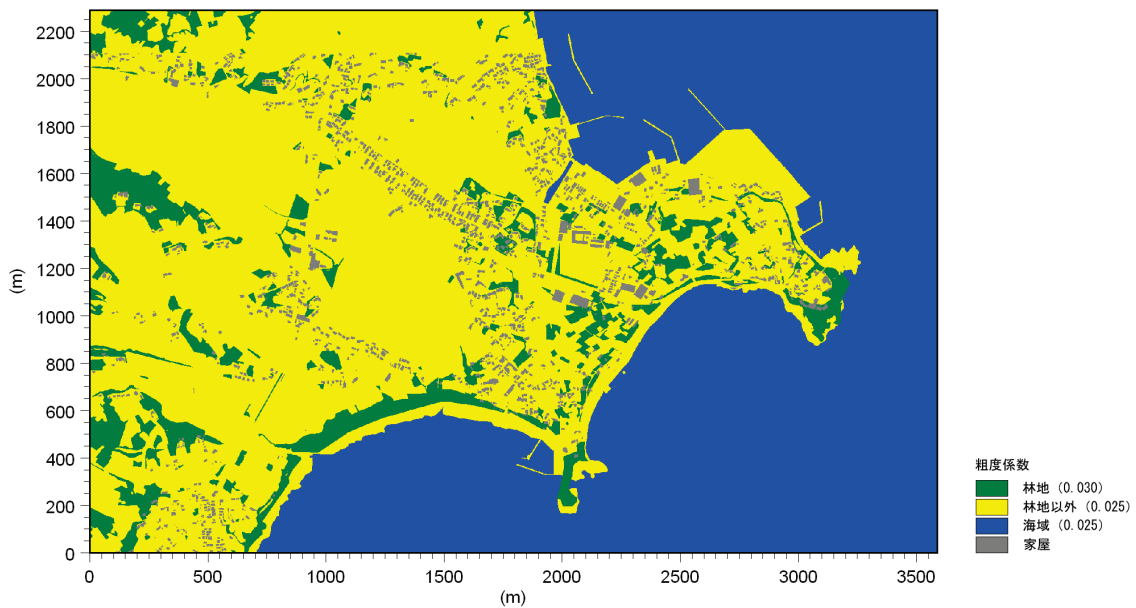


図-6.10 詳細領域における粗度係数(Manningの粗度係数)の設定

3. シミュレーションの適用結果

3-1 モデルの検証

中央防災会議計算結果と本調査による計算結果の比較

(中央防災会議の結果は、平均潮位での計算であるため、満潮位(T.P. +0.72m)分を上乗せして比較)

■最小メッシュサイズ 50m

比較地点の概要

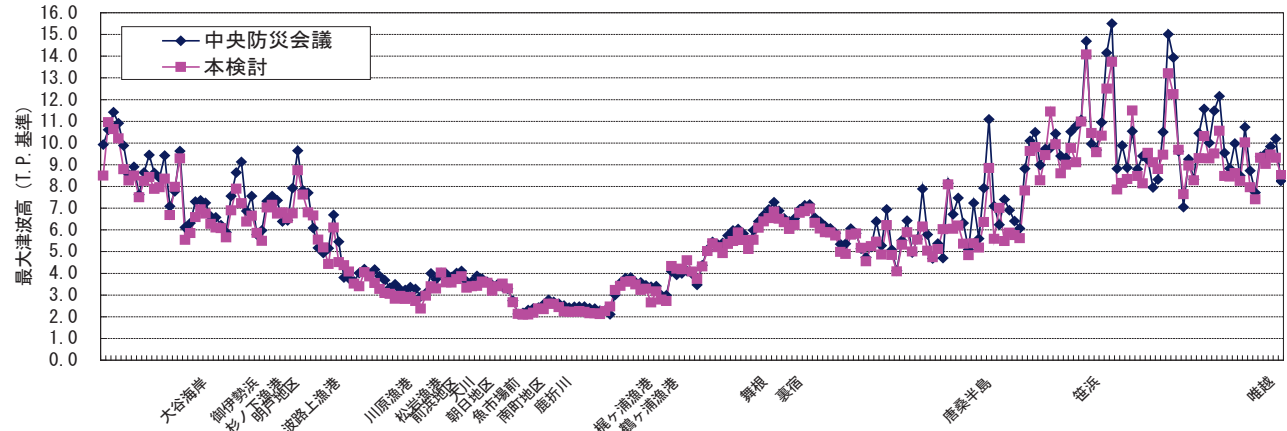


本計算結果は、中央防災会議の結果と概ね良好に一致している。

明治三陸地震

宮城県沖(連動)地震

沿岸の最大津波高(明治三陸地震)



沿岸の最大津波高(宮城県沖(連動)地震)

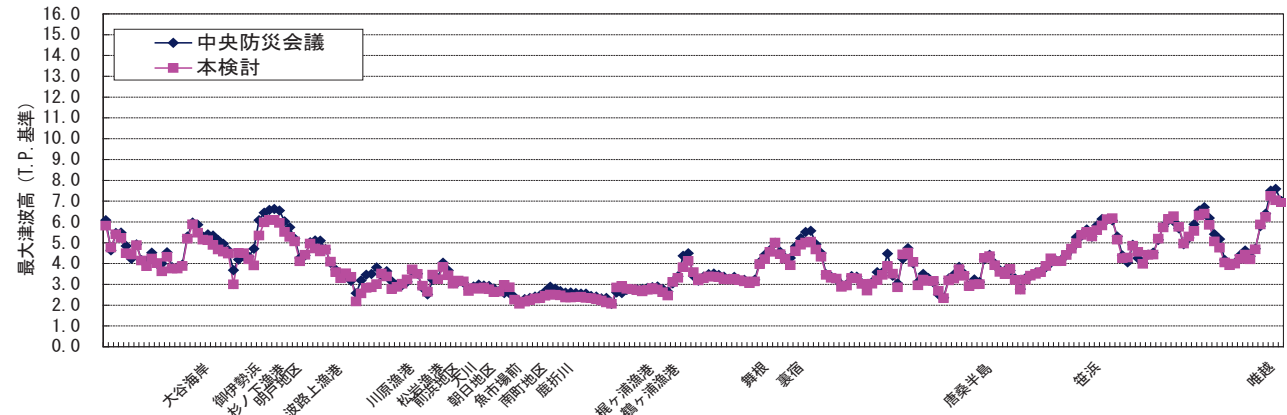
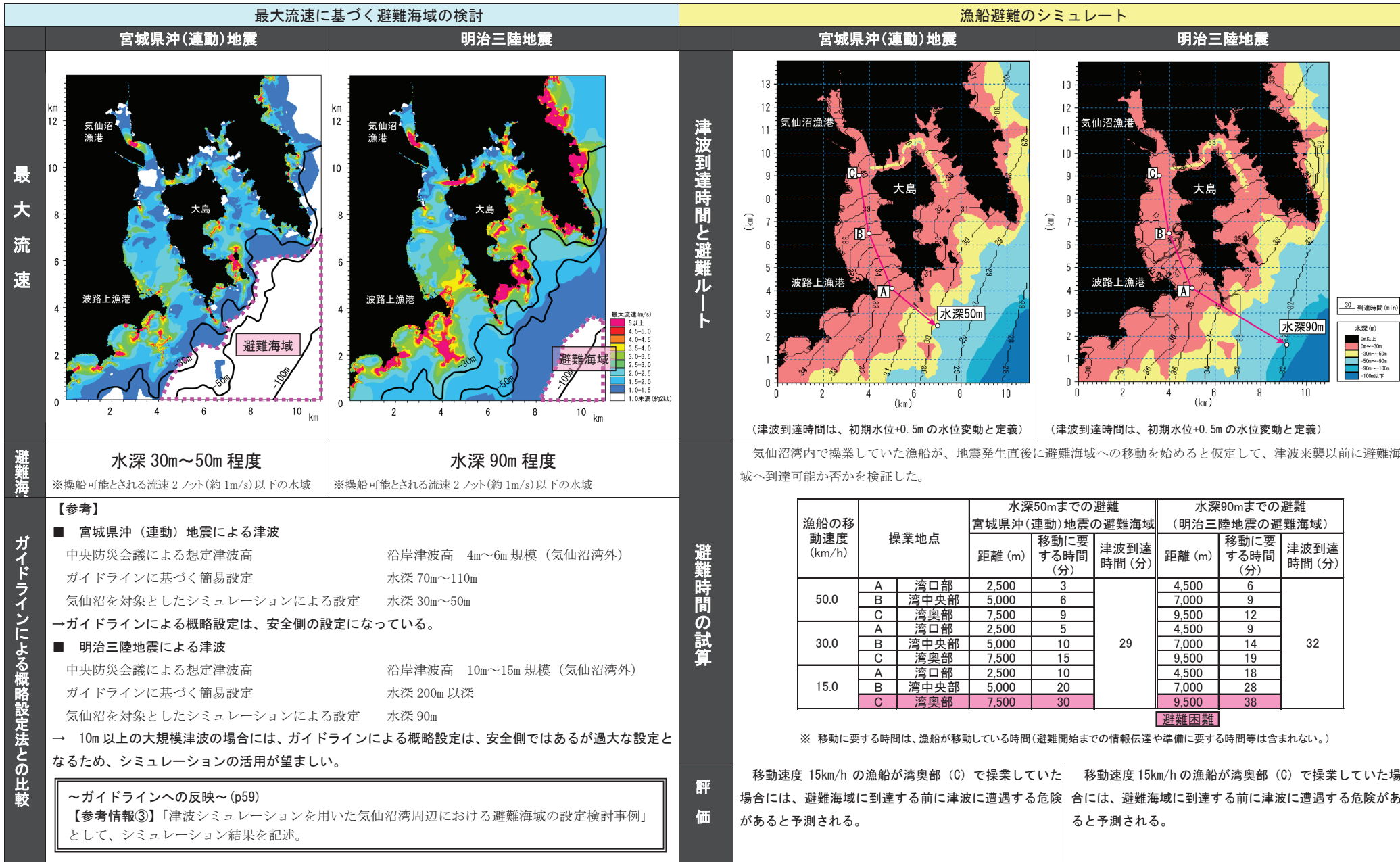
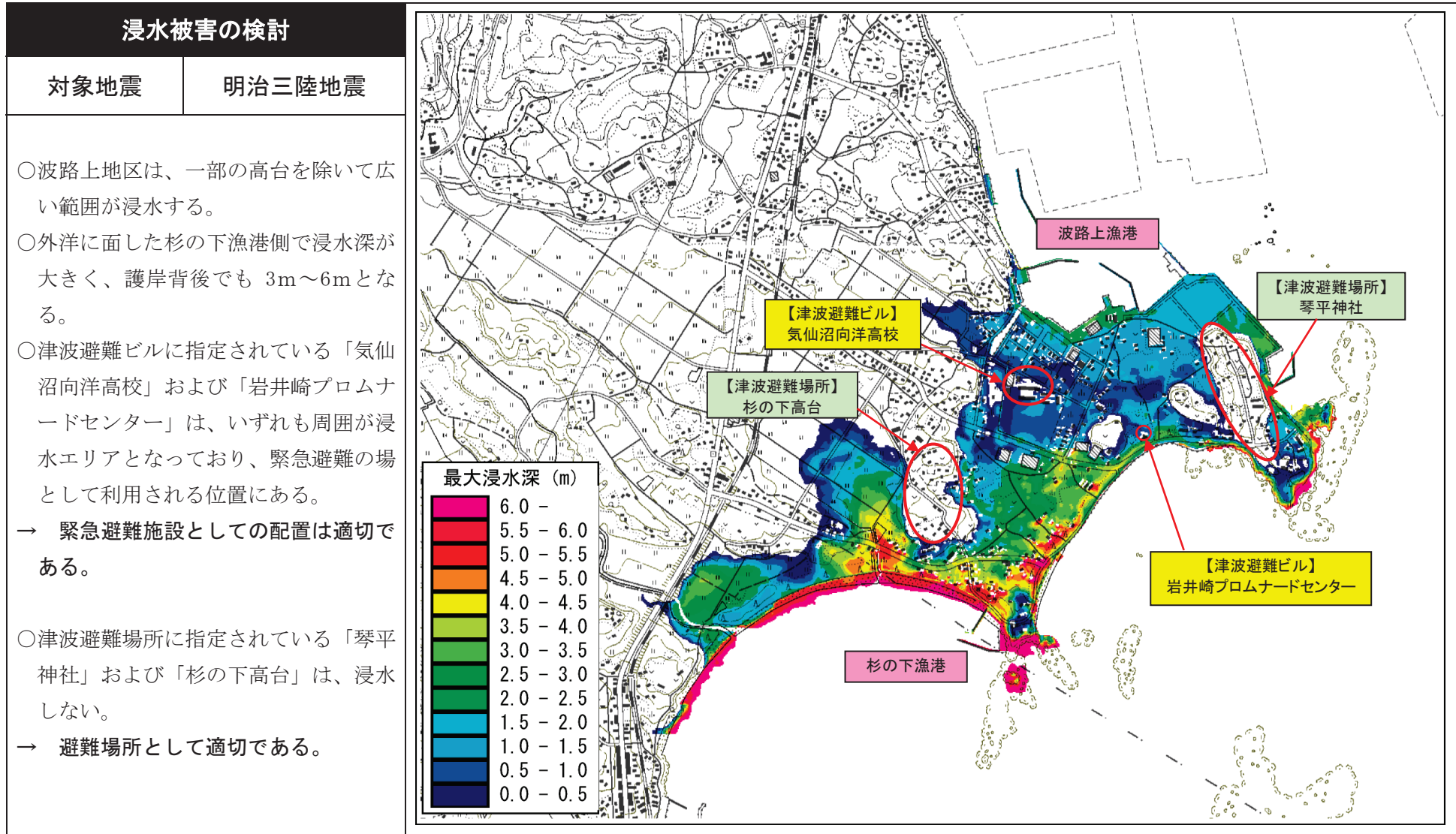


図-6.11 中央防災会議計算津波高と本調査の計算結果の比較

3-2 漁船の安全避難に関する検証



3-3 浸水被害の検討



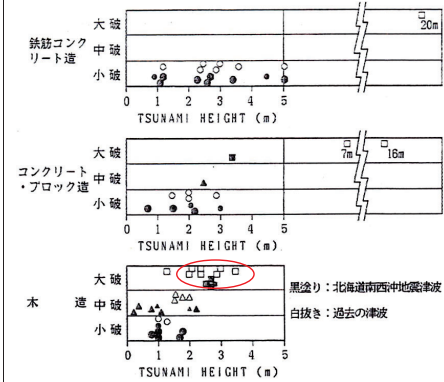
3-4 家屋被害の検討

家屋被害の検討

対象地震	明治三陸地震
------	--------

家屋破壊の目安

出典：松富・首藤(1994)、「津波浸水深、流速と家屋被害」、海岸工学論文集

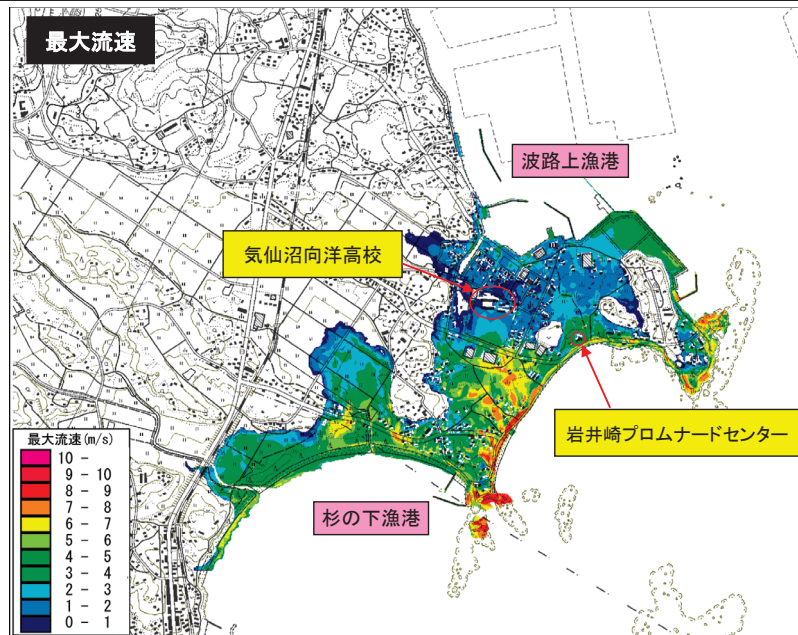
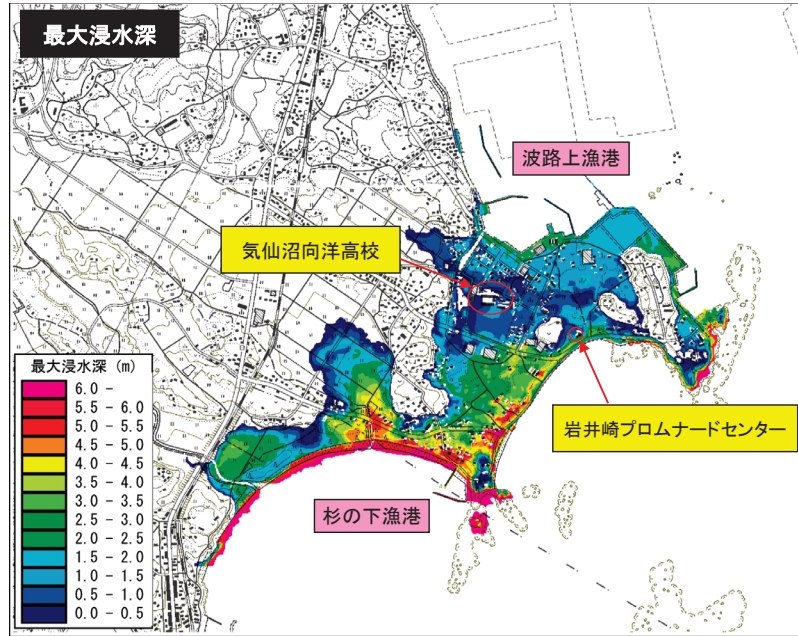


黒塗り：北海道南西沖地震津波
白抜き：過去の津波

家屋の種類	流速(m/s)	抗力(tf/m)
鉄筋コンクリート造	10.2以上	16.9以上
コンクリート・ブロック造	10.2	16.9
木造	4.2	1.06

～ガイドラインへの反映～(p55)

津波浸水予測図や津波ハザードマップを基に、津波浸水・津波浸水時間や家屋倒壊・土砂災害の危険度及び避難予測人数などを考慮して、適切な規模(人数・広さ)の避難路及び避難場所・津波避難ビル等を確保・設定する。



津波避難ビル 気仙沼向洋高校

構造(校舎)：鉄筋コンクリート、4階
最大浸水深：1.1m
最大流速：2.8m/s



過去の事例(松富・首藤)から判断すると、構造物(校舎)は津波来襲時にも大きな破損を生じないと予想される。

→ 上階(指定は3階以上)のフロアは津波時の緊急避難場所の機能を満たしている。

津波避難ビル

岩井崎プロムナードセンター

構造：鉄骨鉄筋コンクリート、3階
最大浸水深：2.6m
最大流速：6.6m/s



過去の事例(松富・首藤)から判断すると、建物は津波来襲時にも大きな破損を生じないと予想される。しかしながら浸水深が大きいことから、2階までは浸水の懸念がある。


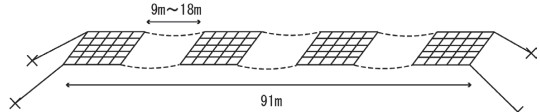
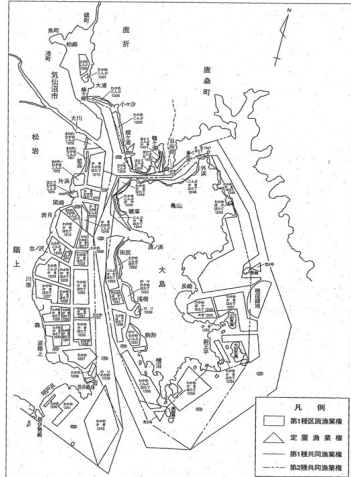
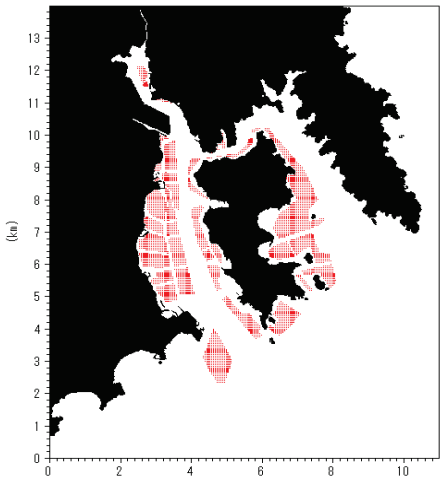
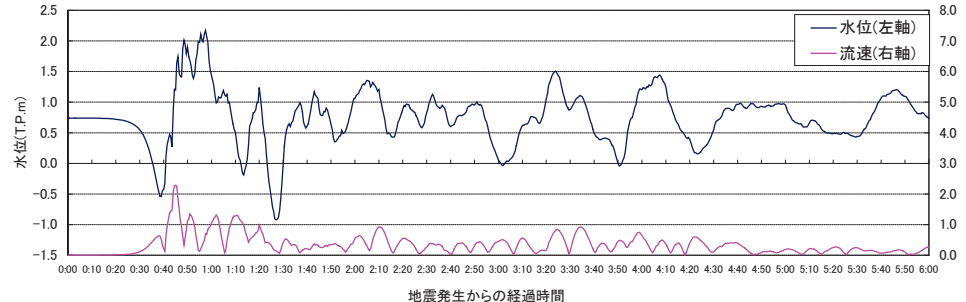
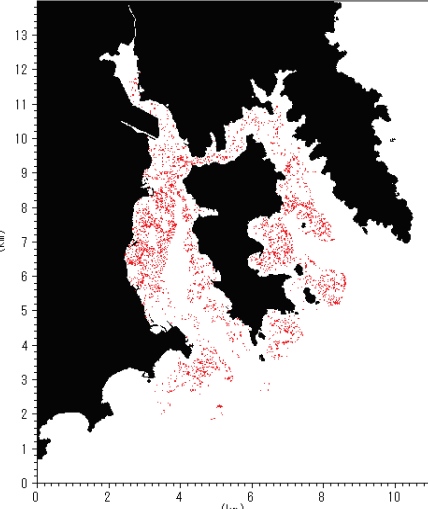
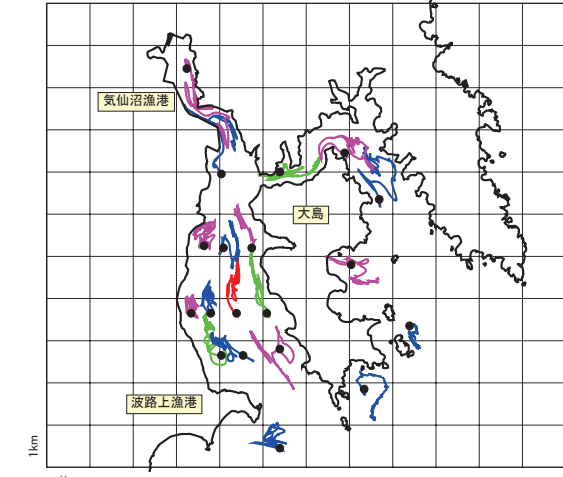
→ 津波時の緊急避難場所としては、最上階(3階)のフロアが適している。

木造家屋

外洋に面した杉の下漁港側の低地では、浸水深2m以上、最大流速4m/s以上となることから、過去の事例(松富・首藤)から判断すると、大半の木造家屋が大破すると予想される。

3-5 漂流物による被害の予測

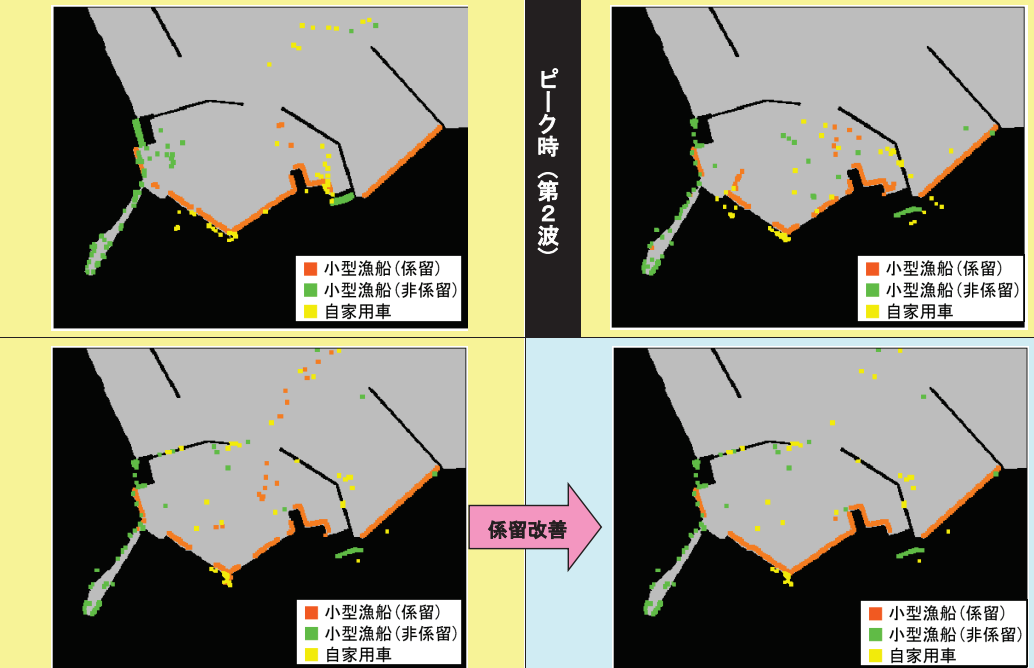
(1) 湾内の養殖施設

対象地震	明治三陸地震	空間解像度	10m メッシュ (気仙沼湾全域)	計算結果
初期条件	 <p>カキ養殖筏</p>   <p>気仙沼湾内の漁業権</p>  <p>シミュレーションにおける初期分布</p> <p>凡例</p> <ul style="list-style-type: none"> 第1種区域漁業権 実業漁業権 第1種共同漁業権 第2種共同漁業権 <p>配置条件</p> <ul style="list-style-type: none"> 区画漁業権が定められている海域に、均等に施設が設置されているものとした。 気仙沼湾内では、カキを始めホタテガイ、アカガイ、ワカメ、コンブ等の多様な養殖漁業が営まれているが、本調査では最も代表的なカキ養殖施設(筏式)で代表させた。 			<p>湾中央部の水位・流速変動</p>  <p>6時間後の養殖施設分布</p>  <p>漂流の軌跡(代表点のみ)</p>  <p>○津波の来襲と共に、養殖施設の係留ロープが切断し、漂流を開始する。 ○漂流物は湾全体に散乱するため、救援・復旧のための海上輸送への支障が懸念される。 ○大島のフェリー発着拠点である浦の浜漁港前面にも漂流物が散在するため、船舶の航行に支障が生じるとともに、海路の途絶により大島全体が孤立する可能性もある。</p>
	漂流条件	<p>「津波強度と被害」(1992、首藤伸夫)によると、チリ沖地震津波の際に流速 1m/s を越えると養殖被害が出始めることが報告されている。</p> <p>【漂流開始条件】 流速が 1.0m/s 以上</p> <p>【漂流停止条件】 水深が 0.5m 未満(施設の平均的な形状から設定)</p>		

(2) 漁港周辺の漂流物の挙動予測 (波路上漁港)

対象地震	明治三陸地震	空間解像度	2m メッシュ (家屋を含む)
検討対象物と初期分布	<p>泊地 (係留小型漁船)</p> 	<p>利用のピーク時を想定し、漁港の利用可能場所全般に漂流物を配置。</p> 	波路上漁港
	<p>船だまり (非係留小型漁船)</p> 	<p>自家用車</p>  <p>船置き場 (非係留小型漁船)</p> 	
漂流条件	漁船 (係留)	<p>【漂流開始条件】 係留索・係留ロープの破断については、流速と関連づけた条件^{*1}、水位と関連づけた条件^{*2}等が研究されている。本調査では、係留方法の良悪が漂流物被害に与える影響を評価するために、以下の2条件を想定した。</p> <p>①係留が弱い場合 (老朽化や不完全な係留) : 流速 2m/s 以上</p> <p>②係留方法を改善した場合 : 流速 4m/s 以上</p> <p>【漂流停止条件】 水深が 1.5m 未満 (小型漁船の喫水を想定)</p> <p>【再漂流開始条件】 水深が 1.5m 以上</p>	
	漁船 (非係留)	<p>水深と喫水の関係により設定</p> <p>【漂流開始条件】 水深が 1.5m 以上 (小型漁船の喫水を想定)</p> <p>【漂流停止条件】 水深が 1.5m 未満</p>	
	自家用車	<p>「利根川の洪水」(1995)、須賀堯三監修・利根川研究会編を参考に、以下の通り設定する。</p> <p>【漂流開始条件】 水深が 0.5m 以上</p> <p>【漂流停止条件】 水深が 0.5m 未満</p>	

波路上漁港港内の水位変動



計算結果
(漁船は不完全係留 : 漂流開始条件 流速 2m/s)

計算結果
(漁船は係留を改善 : 漂流開始条件 流速 4m/s)

本モデルによる検討の結果、以下に示すような被害パターンおよび効果が確認できる。

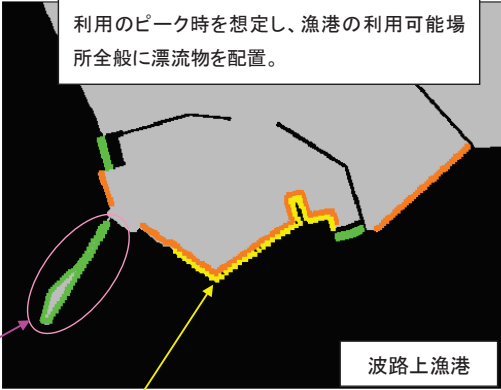
- 船だまりに停泊中の漁船は、引き波の来襲時に港内まで流出し、第1波来襲と共に停泊中の漁船に衝突する等の被害を与える。(漁船の破損・救援・復旧活動への障害)
- 岸壁背後に停車中の車は、第1波で内陸へ流されると共に、引き波に流され港内・港外にまで漂流する。(家屋等への被害、救援・復旧への障害)
- 第2波 (最大波高) 来襲により、自家用車や船置き場に置かれていた漁船は内陸側押し流される。(家屋等への被害)
- 不完全係留の漁船 (左図) は、数カ所で漂流を開始している。一方、係留を改善した漁船では、1地点で漂流した以外は、係留を維持されている。(減災効果)
- 漁船や車が防波堤への乗り上げや港内への散乱が発生する。(救援・復旧活動への障害)

*1 「日本海北部海域における津波発生時の港湾に泊船船舶の安全対策に関する研究」(社団法人日本海難防止協会) によると、船舶の規模により 4m/s~8m/s とされている。(本調査ではより危険な条件として、4m/s を用いた。)

*2 例えば、「津波強度と被害」(1992)、首藤伸夫、津波工学研究報告第9号、東北大学工学部災害制御研究センター「津波による漁船の係留ラインの張力について」(1985)、中山哲蔵・山本正昭、水工研技報水産土木第6号

(3) 係留ロープ強化と係留方法による漂流防止効果 (波路上漁港)

対象地震 明治三陸地震 空間解像度 2m メッシュ (家屋を含む)



検討対象物と初期分布

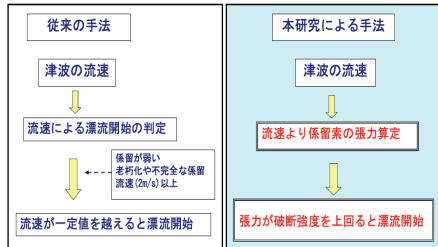
漁船 (係留)

【漂流開始条件】
係留索・係留ロープの破断については、流速と船舶の形状による計算式*1が提案されている。
本調査では、係留ロープの強化や係留方法による効果を比較した。
①係留ロープが30mmで横付けの場合
②係留ロープが40mmの横付け場合
③係留ロープが40mmで津波に対して縦付けの場合

漂流条件

・津波の流速と漁船の移動速度が等しいと仮定、係留索に作用する張力を推定。
・使用している係留索の破断強度と張力の比較により、張力が破断強度を上回れば漂流開始とする。

計算手法



係留ロープ30ミリメートル

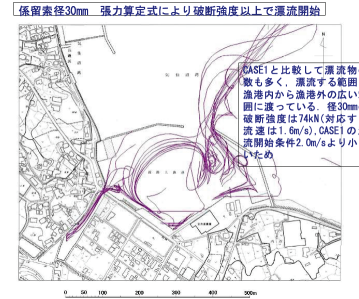
係留方法の改善

評価

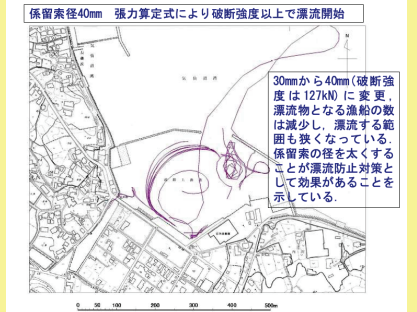
係留ロープに作用する張力 (算定式)

$$T_{max} = V_0 \sqrt{\frac{Ea(m+m')}{l_0}}$$

Tmax ; 最大張力
V₀ ; 最大船体速度 (津波の流速)
m ; 船体質量, m' ; 付加質量
l₀ ; 係留索の長さ; a ; 係留索の断面積
E ; 係留索のヤング率



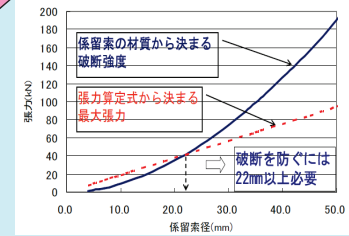
係留索強化



係留ロープ40ミリメートル



係留方法を改善



漁船 3.0GT
延長 : 3.0m、
幅 : 2.4m
漁船 : 縦付け
係留ロープ : クレモナ
(E=5.0×10⁸N/m²)
津波流速 : 2m/sec

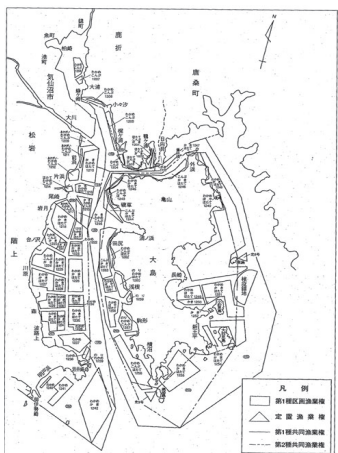
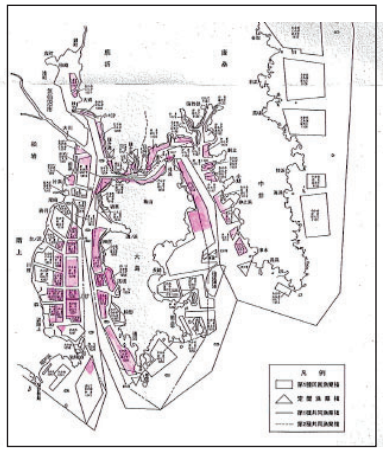
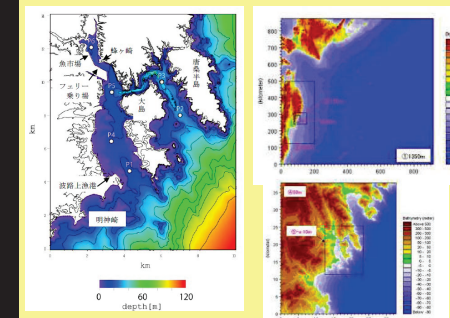
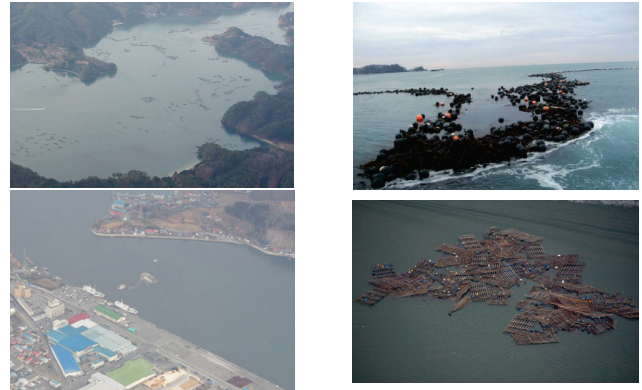
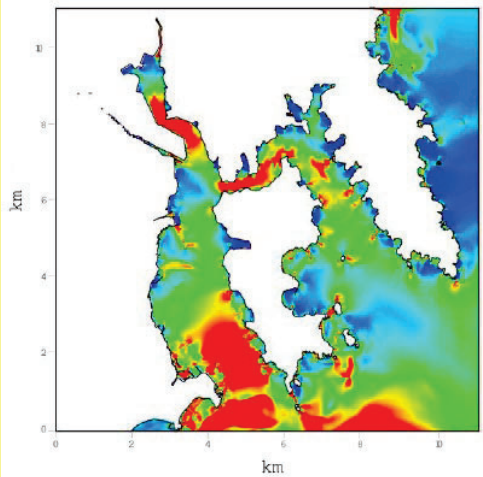

係留ロープの強化と係留方法の効果

係留ロープと破断強度の関係

- 本モデルによる検討の結果、以下に示すような被害パターンおよび効果が確認できる。
- ①船だまりに停泊し、30mmの係留ロープで横付けされた漁船のほとんどが漂流し、港外に漂流する。
 - ②係留ロープを40mmに強化することにより、漂流する漁船は減少する。
 - ③係留方法を津波の流れに対して、横付けから縦付けに変更することにより、漂流する船舶はごくわずかになる。
 - ④係留ロープの強化と係留方法を工夫することにより、漂流防止の効果が確認された。

*1 齋藤正文・伊藤孝・中村雅博・藤間功司・嶋原良典・三宅健一津波による漁船等小型船舶の係留索に作用する実用的な張力算定式の提案、第34回海洋開発シンポジウム論文集2009
*2 嶋原良典、藤間功司、大久保暢之、中村雅博、坪田幸雄、三宅健一、齋藤正文：津波時の船舶係留索に働く張力について、地域安全学会論文集 No10, pp. 387-392, 2008.

(4) 養殖施設の漂流条件

対象地震	2010年チリ津波	空間解像度	10mメッシュ (気仙沼湾全域)	被害と計算結果		
気仙沼湾の被害状況	 <p>気仙沼湾内の養殖施設</p>		 <p>養殖施設漂流甚大被害 (2010年チリ津波)</p>		計算領域 (遠地)	 <p>計算領域 (気仙沼湾内)</p>
	<p>被害状況 (写真)</p> 	被害状況と津波流速の比較	 <p>流速分布 (1m/sec以上赤塗)</p>	 <p>被害状況 (赤塗: 被害甚大箇所)</p>		
計算条件	<p>断層パラメタ: USGS すべり量 7.4 m. 太平洋伝播: 格子間隔は 5 分. GEBCO の水深データ 計算方法: 線形長波理論 (球面座標計) 日本近海: 計算格子: 1350-10m (図-3, 4) 直交座標による非線形長波理論 計算時間: 7 時間 (2010年2月28日 12:00-19:00)</p>			<ul style="list-style-type: none"> ・数値計算結果より、流速は湾奥狭窄部・大島瀬戸・湾口(波路上一大島間)で最大流速 1 m/s 以上になっている。 ・最大流速が 1 m/s の箇所と被害箇所を比較すると、気仙沼湾の流出被害が大きかった地域とかなりよく一致している。 ・首藤らの経験則である津波の流速が 1m/s 以上になると最高水位に関係なく、養殖施設被害が出始めることが確認された。 <p>*1 首藤伸夫(1992): 津波強度と被害, 津波工学研究報告, 第9号, pp101-136. *2 藤間功司・鳴原良典・加藤広之・丹治雄一(2009): 津波による養殖施設の流出被害に関する基礎的検討, 日本地震工学会大会 2009 梗概集, pp. 10-11 *3 加藤広之・丹治雄一・大塚浩二・藤間功二・鳴原良典: 2010年チリ津波における養殖施設の被害調査, 自然災害学会 *4 丹治雄一・加藤広之・藤間功二・鳴原良典: 津波による養殖施設の漂流について, 日本沿岸域 2010 論文集 *5 藤間功司・鳴原良典・加藤広之・丹治雄一(2010): 2010年チリ津波による養殖施設の被害調査, 地域安全学会概要集 No26</p>		

4. シミュレーション結果のガイドラインへの反映

(1) 漁船の安全避難に関する検証

気仙沼湾を事例とした津波伝播シミュレーション結果より、気仙沼湾における避難海域の設定検討を行った。その結果、操船可能流速（1m/s）による避難海域の設定ができ、また津波到達時間と漁船速度の関係から、避難海域まで移動可能な地点の目安を設定する事が出来た。そのため、シミュレーションによる避難海域の設定は非常に有効であると言える。また、設定が簡易的な方とシミュレーション結果を比較した結果、気仙沼湾周辺においては簡易的な方法が安全側の設定方法であると評価できた。ただし、沿岸で10mを越える規模の津波（明治三陸地震）の場合は、シミュレーションでは水深90m程度であったのに対し、簡易設定では水深200m以深と算出されることから、簡易設定はより安全側となることも確認された。

～ガイドラインへの反映～



参考情報③（津波シミュレーションを用いた気仙沼湾周辺における避難海域の設定検討事例）として、シミュレーション結果を記述。

(2) 浸水被害の検討・家屋被害の検討

気仙沼市波路上地区を対象とした詳細な（2mメッシュで家屋まで表現）津波伝播遡上シミュレーションを行い、被害の検討を行った。浸水深から、既存の避難場所・津波避難ビルの設置位置は妥当と判断できた。また、最大水位・最大流速から簡易的に津波避難ビルや一般家屋の破壊可能性を評価した結果、施設構造が妥当と判断でき、ビルの何階まで避難すれば良いかの目安を示すことができた。そのため、シミュレーションによる津波浸水予測及び家屋被害の検討は非常に有効であると言える。



津波浸水予測図や津波ハザードマップを基に、津波浸水・津波浸水時間や家屋倒壊・土砂災害の危険度及び避難予測人数などを考慮して、適切な規模（人数・広さ）の避難路及び避難場所・津波避難ビル等を確保・設定する。津波避難ビル等の設定については、「津波避難ビル等に係るガイドライン」を参照とする。

(3) 漂流物による被害予測

気仙沼湾全体と波路上地区（詳細）を事例とした漂流シミュレーション結果より、養殖筏・漁船・車による漂流物被害の検討を行った。その結果、養殖筏は、航路や漁港前面も含め湾全体に広がり、救援・復旧の妨げになり、特に大島では、航路や漁港前面に漂流物が散在するため、海のルートが寸断される可能性がある事が明らかになった。さらに、波路上地区の詳細検討では、漁船の係留方法の改善により、漂流化する漁船の数が減少でき、減災効果がある事が明らかになった。そのため、シミュレーションによる漂流物による被害予測は非常に有効であると言える。

～ガイドラインへの反映～



参考情報（津波漂流シミュレーションの事例）として、シミュレーション結果を記述。