資料２

津波シミュレーションを踏まえた被害軽減方策
～海岸保全施設について～

平成１８年　３月２７日

国土交通省　河川局　海岸室

１．　「沿岸部と背後地の連携による総合的な津波災害軽減方策検討委員会」について

１．１　委員会の概要

沿岸部と背後地の連携による総合的な津波災害軽減方策検討委員会本調査では，新たな津波被害想定の検討として，仙台塩釜港（仙台港区）と気仙沼湾をモデルケースに，沿岸域の津波による施設被害，漂流物被害等を想定し，水位，流速，水流圧力等の津波エネルギーを加味したシミュレーションを実施している。

この結果をもとに，下記のようなハード・ソフト一体となった津波防災対策を検討することで広域的な津波防護施設の整備，改良，補修計画を，港湾事業，海岸事業，水産基盤整備事業，小規模住宅地区等改良事業等との連携を図った津波防護施設整備計画の策定を目指すものである。

①津波による浸水・流出被害の軽減を図る効果的な防護施設の整備方策

②漂流物となった小型船舶・養殖資機材等による堤防等構造物に対する被害拡大防止策

③既設防潮堤を越流した津波が堤内で長時間滞留することによる被害拡大防止のための構造物の効果的な内水排除方策

④迅速な避難と効率的な安全性確保のための既存民間建築物の活用を含む避難施設の確保方策

⑤船舶の避難方策（港内の船舶，沖合で航行・操業中の小型船舶など）

⑥海水浴客等の大勢の利用者が緊急時に安全かつ効果的に堤内の安全な場所に避難できるように，避難時に障壁となる海岸堤防の改良等ハード・ソフト一体となった津波防災対策

なお，本調査は，図 1.1-1 に示す委員会を設置し，各省庁間の連携を図りながら進めるものとする。

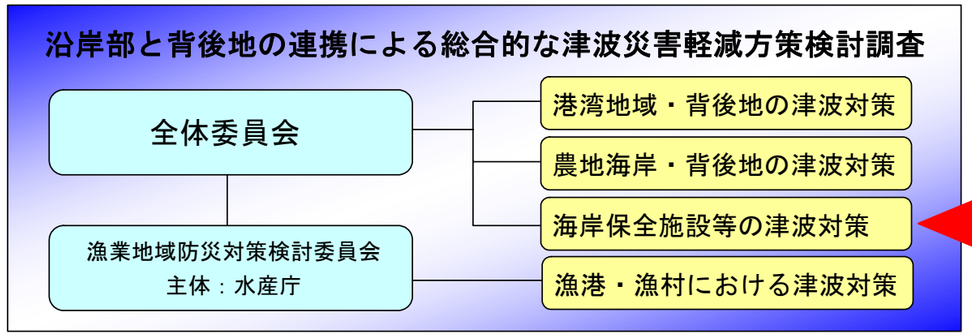


図 1.1　本調査における検討体制

１．２　「沿岸部と背後地の連携による総合的な津波災害軽減方策検討委員会」の最終成果の目標

- 津波被害に対する効果的な防護施設整備方策
- 津波漂流物に対する被害軽減方策
- 陸域の内水排除を考慮した施設整備方策
- 避難施設の確保方策（既存民間建造物の活用を含む）
- 最適な避難路の選択，情報発信方策

海岸技術懇談会での検討

●高解像度の津波シミュレーションの活用により、浸水する市街地に作用する波力や漂流物の挙動、衝撃力などを解析できるようになる。これまでの津波対策に加え、漂流物の動きを止めることや水勢を弱めるなど、海岸保全施設として更にどのような対策が必要と考えられるか

●高解像度の津波シミュレーションを活用して、例えば、津波の衝撃力を３Ｄの動画で示すなど、どのように一般の人々の避難意識の向上策に活かすことができるか

海岸技術懇談会で検討

２．津波被害の想定

２．１　検討内容

（１）検討概要

仙台塩釜港（仙台港区），気仙沼湾をモデルケースとして，津波エネルギーを考慮したシミュレーションによる詳細検討により，海岸保全施設，港湾施設，漁港施設，民間建築物等の施設破壊や漂流物被害等を予測し，港湾や漁港，農地，河川および背後地における津波対策の連携による被害軽減方策について検討する。

（２）検討項目および評価方法

津波シミュレーションの予測項目は，以下の７項目を基本とする。

①津波高

②浸水深

③津波到達時間（浸水開始時間）

④津波流速

⑤津波流体力：建物破壊（衝突による破壊は除く）

⑥木材，コンテナ，車両，船舶，養殖資機材等の漂流範囲

⑦石油等の流出・拡散範囲

津波被害の把握，津波被害軽減対策の検討においては，これらの７項目をもとに，津波被害の軽減及び避難に関する対策等の検討を行う。

（３）検討フロー

本調査の検討概要のフローを図 2.1 に示す。

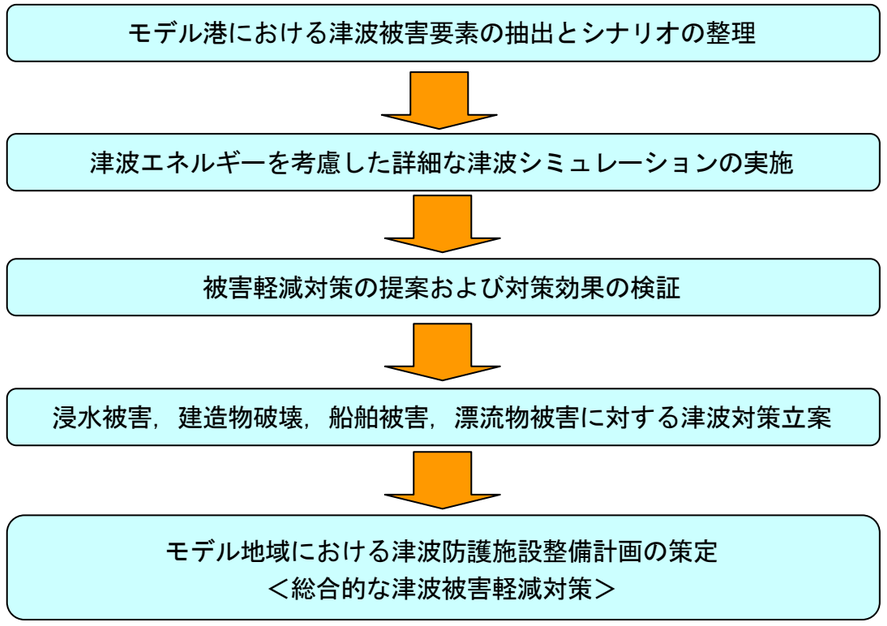


図 2.1　検討概要フロー

２．２　想定津波による被害状況予測

（１）想定津波

本調査における想定地震津波は，内閣府中央防災会議で想定されている地震の中で，明治三陸地震及び宮城県沖地震（連動型）の２種類とする。

明治三陸地震及び宮城県沖地震（連動）の初期水位分布を図 2.3 に示す。

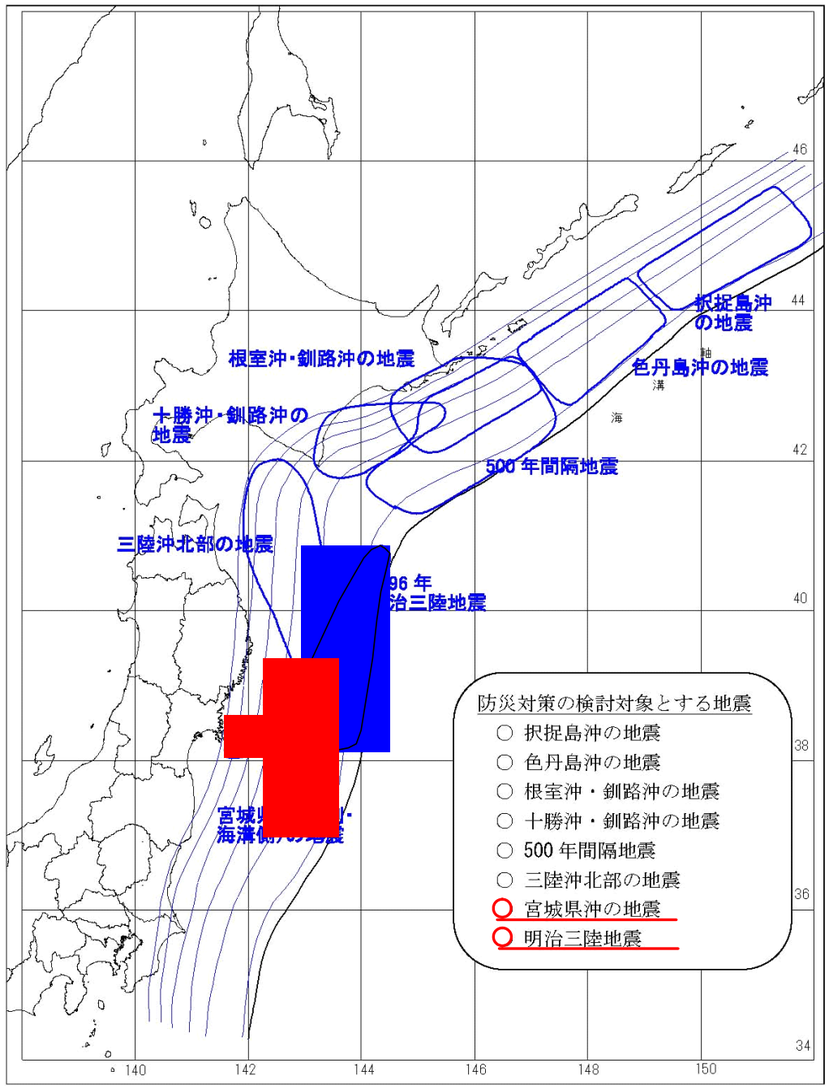


図 2.2　日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震で津波を発生させる断層領域（中央防災会議）

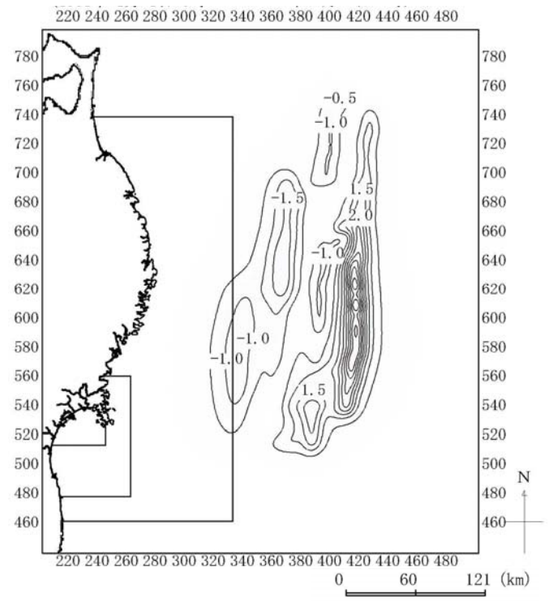


図 2.3(1)　明治三陸地震の初期水位分布（中央防災会議波源）

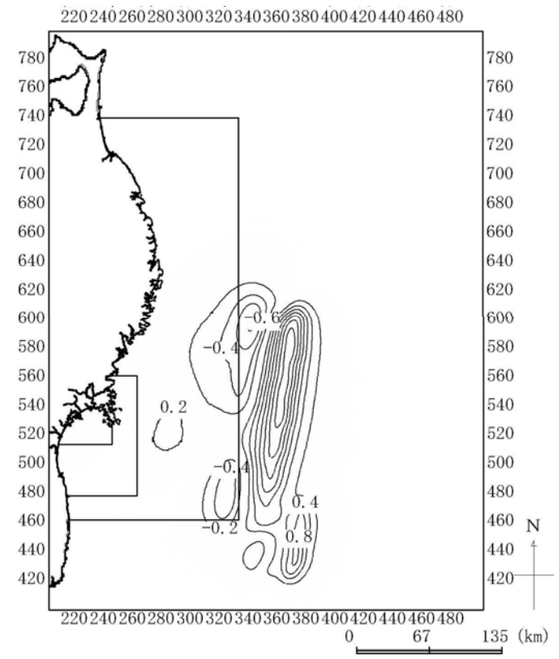


図 2.3(2)　宮城県沖地震（連動）の初期水位分布（中央防災会議波源）

（２）利用状況を踏まえた被害シナリオ

本調査で検討する被害シナリオは，仙台港の利用状況から浸水被害と船舶や車両，木材，コンテナ，養殖資機材，危険物（油）の流出に伴う被害を想定して行うものとする。

仙台港，気仙沼港を対象にした被害シナリオは，図 2.4 に示す項目について想定する。

なお，人的被害については，津波被害の危険性について検討するものとし，被害者数等の整理は行わない。

津波による浸水被害

- **・港湾関連施設の浸水**
  港湾施設，民間企業施設の浸水
- **・緑地，公園，レク施設等の浸水**
  中央公園駐車場，夢メッセの浸水
- **・臨港道路等の浸水**
  仙台港周辺の臨港道路の冠水
- **・発電所，変電所の浸水被害**
  エネルギー関連施設，東北電力仙台港変電所，コンテナターミナル電源設備の浸水
- **・背後地住宅，商業施設の浸水**
  仙台市宮城野区，蒲生地区，多賀城市の住宅，商業施設の浸水

津波による流出被害

- **・ふ頭用地の流出被害**
  ふ頭用地の完成車両，駐車車両，製材（木材）の流出
- **・コンテナターミナルの流出被害**
  高砂コンテナターミナルのコンテナ流出
- **・係留船舶の流出被害**
  RORO 船，タンカー，フェリー，作業船，漁船等の流出
- **・危険物の流出被害**
  エネルギー関連施設からの石油製品の流出
- **・漂流物による２次被害**
  車両，製材，船舶，コンテナの流出による２次被害，危険物流出による火災
- **・洗掘に伴う港湾施設被害**
  構造物前面の洗掘による構造物倒壊等の被害

図 2.4 仙台港における津波被害シナリオ

２．３　計算手法の概要

（1）計算手法

津波シミュレーションは，①津波遡上計算と②流出物の漂流計算を中心に行い，加えて③建物破壊の評価及び④油の流出計算の 4 種類の計算を組み合わせて行う。津波遡上及び漂流シミュレーションの概要を表 2.1 に示す。

表 2.1　津波遡上計算の概要

項　目	概　要
数値モデル	２次元非線形長波モデル（(独）港湾空港技術研究所モデル） ※差分スキーム：スタッガート格子によるリープフロッグ法
計算領域	第１領域（1,350m 格子），第２領域（450m 格子）， 第３領域（150m 格子），第４領域（50m 格子）， 第５領域（10m 格子），第６領域（2m 格子）
初期水位	中央防災会議より提供された地盤変化量をもとに水位分布として設定
時間ステップ	差分スキームの安定条件（C.F.L.条件）として設定 50m モデル（50m 領域まで接続の場合）：Δt=0.5sec 10m モデル（50m 領域まで接続の場合）：Δt=0.2sec 2m モデル（50m 領域まで接続の場合）：Δt=0.05sec
潮位条件	仙台港　：H.W.L.（T.P.+0.76m） ※50m 格子領域の再現確認は中央防災会議の T.P.+0.83m 気仙沼港：H.W.L.（T.P.+1.09m） ※50m 格子領域の再現確認は中央防災会議の T.P.+0.72m
再現時間	３時間
水深データ	第１領域～第４領域　：　中央防災会議の水深データを使用 第５領域～第６領域　：　中央防災会議データ，海図，港湾計画図，深浅測量データより作成
地盤高データ	第１領域～第３領域　：　中央防災会議の地盤高データを使用 第４領域　：　航空測量データ，都市計画図，国土地理院 50m データより作成 第５領域　：　航空測量データ，都市計画図，国土地理院 50m データより作成 第６領域　：　航空測量データより作成
地震外力	地震力による施設の倒壊や破壊は考慮しない

表 2.1　漂流シミュレーションの概要

項　目	概　要
数値モデル	漂流物の抵抗，付加質量を考慮した移流・拡散モデル ※参考文献 後藤智明：津波による木材の流出に関する計算，第 30 回海岸工学講演会論文集（1983）
計算領域	第５領域（10m 格子），第６領域（2m 格子）
時間ステップ	10m モデル（50m 領域まで接続の場合）：Δt=0.2sec 2m モデル（50m 領域まで接続の場合）：Δt=0.05sec
拡散	拡散係数κを満たすよう一様乱数を与えて拡散
再現時間	３時間
水深データ	津波遡上計算と同じ
地盤高データ	津波遡上計算と同じ

（２）計算範囲

対象とする計算範囲は，表 2.2，図 2.5 に示す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」における計算範囲とし，50m の領域までは同会議における地盤変動量から求められる初期水位分布と水深データ，粗度データを利用するものとする。

また，10m 領域，2m 領域については，表 2.1 に示す情報をもとに地形データを作成し，計算を行うものとする。

表 2.2　対象とする計算範囲における各領域の詳細

計算領域	格子近似	領域接続
○外洋領域	1,350m　格子	１：３接続
○陸棚領域（波源域）	450m　格子	１：３接続
○三陸沿岸領域	150m　格子	１：３接続
○仙台湾等沿岸域	50m　格子	１：５接続
○港湾周辺海域	10m　格子	１：５接続
○港湾区域及び背後地	2m　格子	

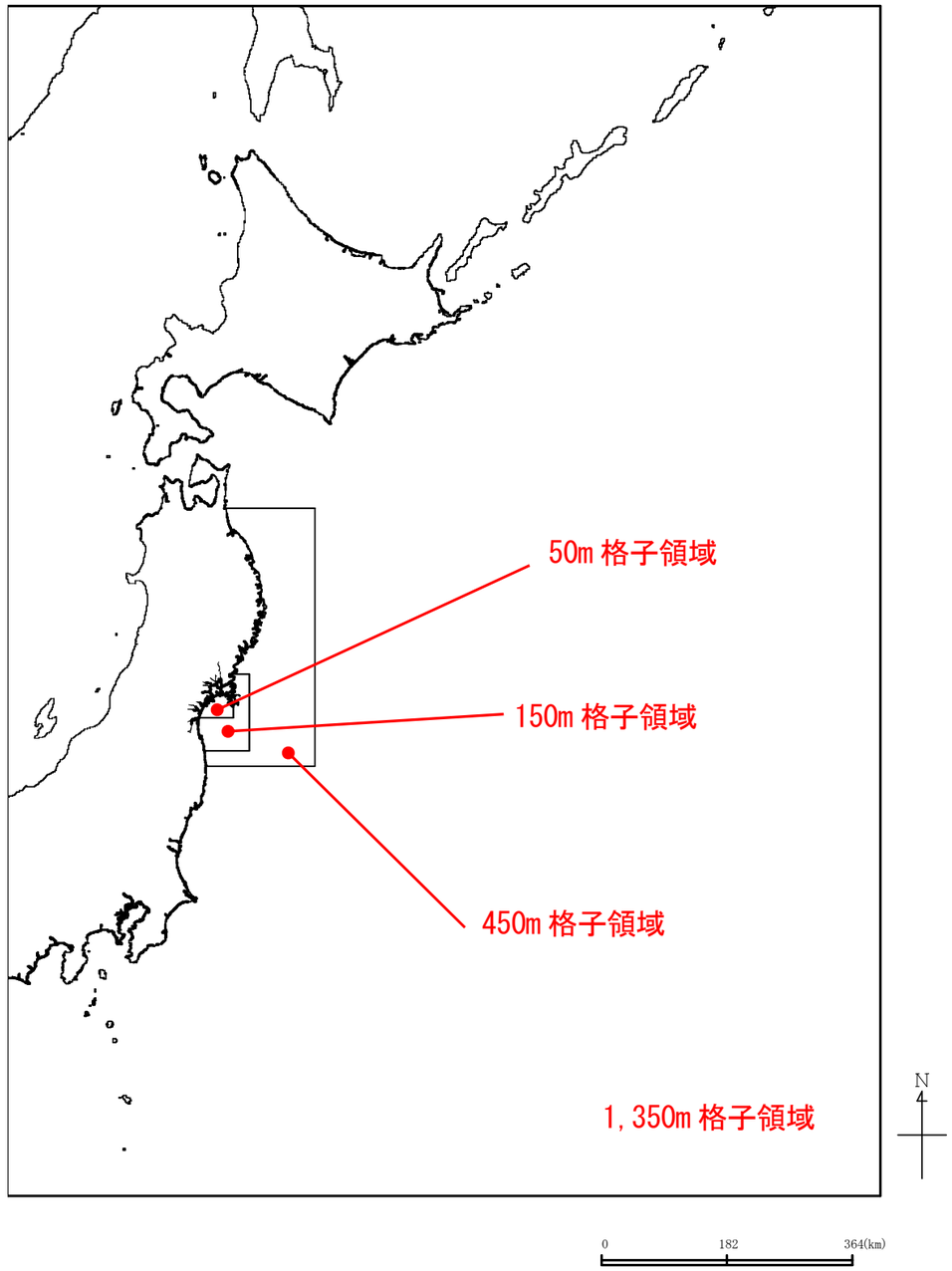


図 2.5－1　計算領域（1,350m→450m→150m→50m［仙台湾］格子領域）

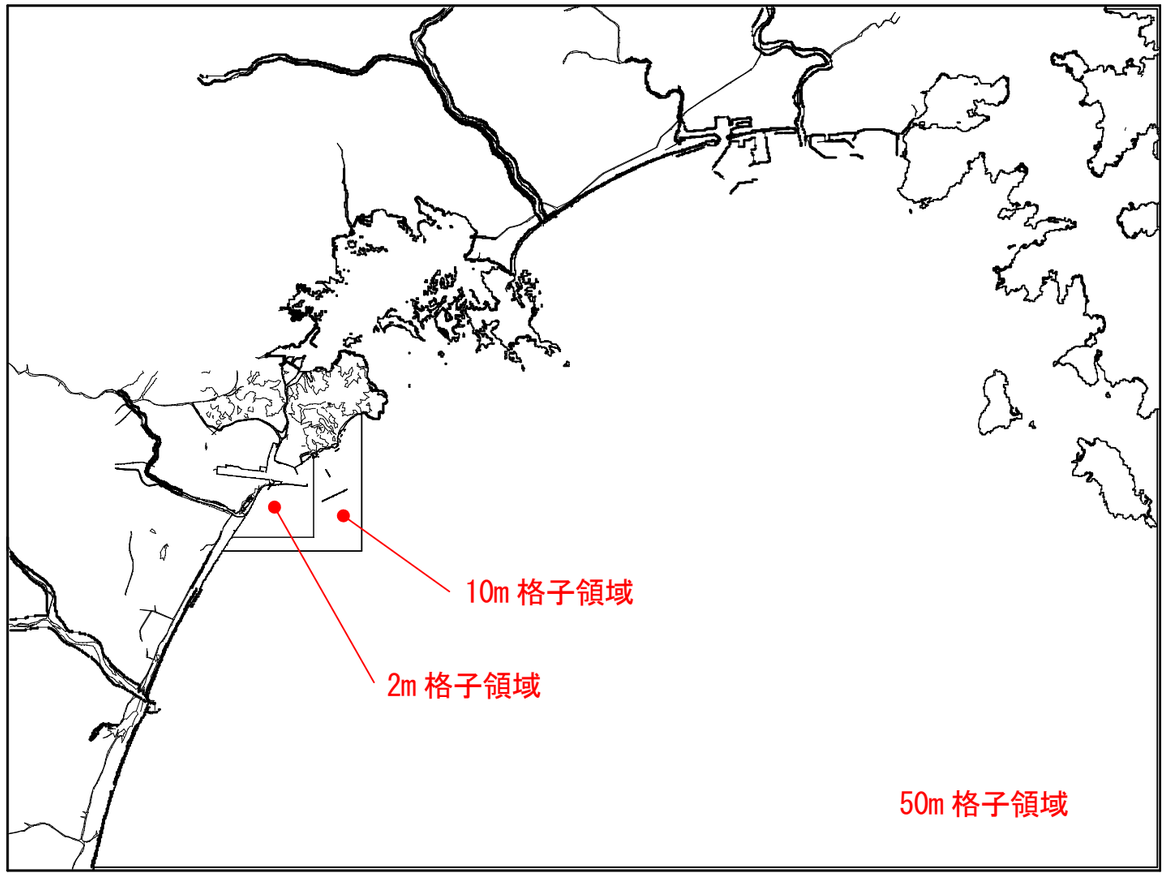


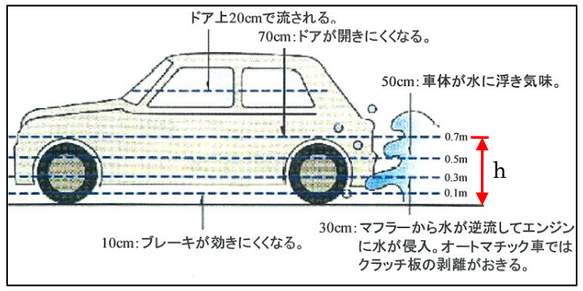
図 2.5－2　　計算領域（50m［仙台湾］→10m→2m［仙台港］格子領域）

図 2.5－3　　2m 領域における水深分布図（仙台港周辺）

２．４　漂流物の設定条件

漂流物の流出条件は，表 2.3 に整理する条件とする。

表 2.3 漂流物の流出条件

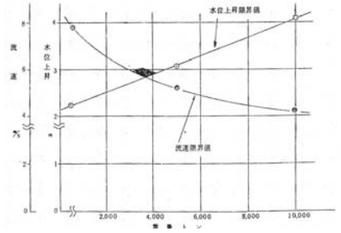
<table>
<tr><th>分類</th><th>種別</th><th>流出条件</th></tr>
<tr><td rowspan="2">車　両</td><td>普通車
トラック</td><td>


出典：「利根川の洪水（須賀堯三監修・利根川研究会編，1995 年）」

「利根川の洪水（須賀堯三監修・利根川研究会編，1995 年）」を参考に水位の変化として次のように設定する。
流出開始　：　h ≧ 0.5m
停　　止　：　h ＜ 0.5m
</td></tr>
<tr><td>トレーラー，シャーシ</td><td>

トレーラー，シャーシの移動は，台車までの高さを 1m と設定し，台車の高さにコンテナの流出条件（空コン）を加えたものとする。
例）　流出開始　1.00m+0.43m=1.43m≦h
　　停　　止　1.00m+0.43m=1.43m＞h
</td></tr>
<tr><td>木　材</td><td>梱包材（製材）</td><td>木材は，仙台港の梱包材（9cm×9cm 角材，13 本×8 本の梱包製材）を対象とする。また，流出開始条件は，木材の高さ以上となる場合とする。
流出開始　：　h ≧ 木材の高さ
停　　止　：　h ＜ 木材の高さ

</td></tr>
</table>

<table>
<tr><th>分類</th><th>種別</th><th>流出条件</th></tr>
<tr><td>コンテナ</td><td>空コンテナ
実入りコンテナ</td><td>
<table>
<tr><th>段積み数</th><th>空コンテナ</th><th>実入りコンテナ（国内）</th><th>実入りコンテナ（国際）</th></tr>
<tr><td>平積み</td><td>0.43m</td><td>0.62m</td><td>1.20m</td></tr>
<tr><td>2 段積み</td><td>0.60m</td><td>0.88m</td><td>1.70m</td></tr>
<tr><td>3 段積み</td><td>0.74m</td><td>1.08m</td><td>2.08m</td></tr>
<tr><td>4 段積み</td><td>0.85m</td><td>1.24m</td><td>2.40m</td></tr>
</table>
コンテナの流出条件は，「水谷法実ほか（2005），エプロン上のコンテナに作用する津波力と漂流物衝突に関する研究，海岸工学論文集，vol.52，p.p741-745」をもとに算出したコンテナの移動限界を適用する。
実入りコンテナについては，平成 17 年度の仙台港のコンテナ取扱で外国貿易が全体の 64%であることから、国際コンテナを対象とする。コンテナヤードにおけるコンテナの段数は空コン，実入りともに 3 段積みとする。流出後は平積みの条件で停止，再流出するものとする。
</td></tr>
<tr><td>船　舶</td><td>大型船（港湾船舶）
漁船（中・大型漁船）
漁船（小型漁船）</td><td>「日本海北部海域における津波発生時の港湾在泊船舶の安全対策に関する調査研究」より，4m/sec を超える場合に船舶の係留索破断が始まるものとして，総トン数に応じて流速が 4～8m/sec で船舶が流出するものとする。
また，流出後の停止条件及び再流出条件は水深または水位が喫水以上の場合は移動し，喫水未満となる場合は，移動しないものとする。

係留索（スプリング）破断の水位上昇・流速限界
</td></tr>
<tr><td>養殖資機材</td><td>養殖棚</td><td>「永野修美ほか（1989），数値計算による沿岸域でのチリ津波の再現性，海岸工学論文集，vol.36，p.p183-187」より，流速が 1m/sec 以上となる場合に養殖筏の被害が出始めるものとし，計算における流速値が 1m/sec 以上となる場合に流出開始とする。</td></tr>
</table>

３．１　仙台港及び気仙沼湾の概要

仙台港の状況

仙台港全景

３．１．１　仙台港周辺の状況

図 3.1 に仙台港周辺図及び利用区分の概略を示す。港湾用地は図中の色塗り地域となっており，ふ頭用地（高松木材ふ頭，中野ふ頭，フェリーふ頭，雷神ふ頭，高砂ふ頭，向洋ふ頭），エネルギー関連用地，民間企業用地などの港湾関連施設が存在する。

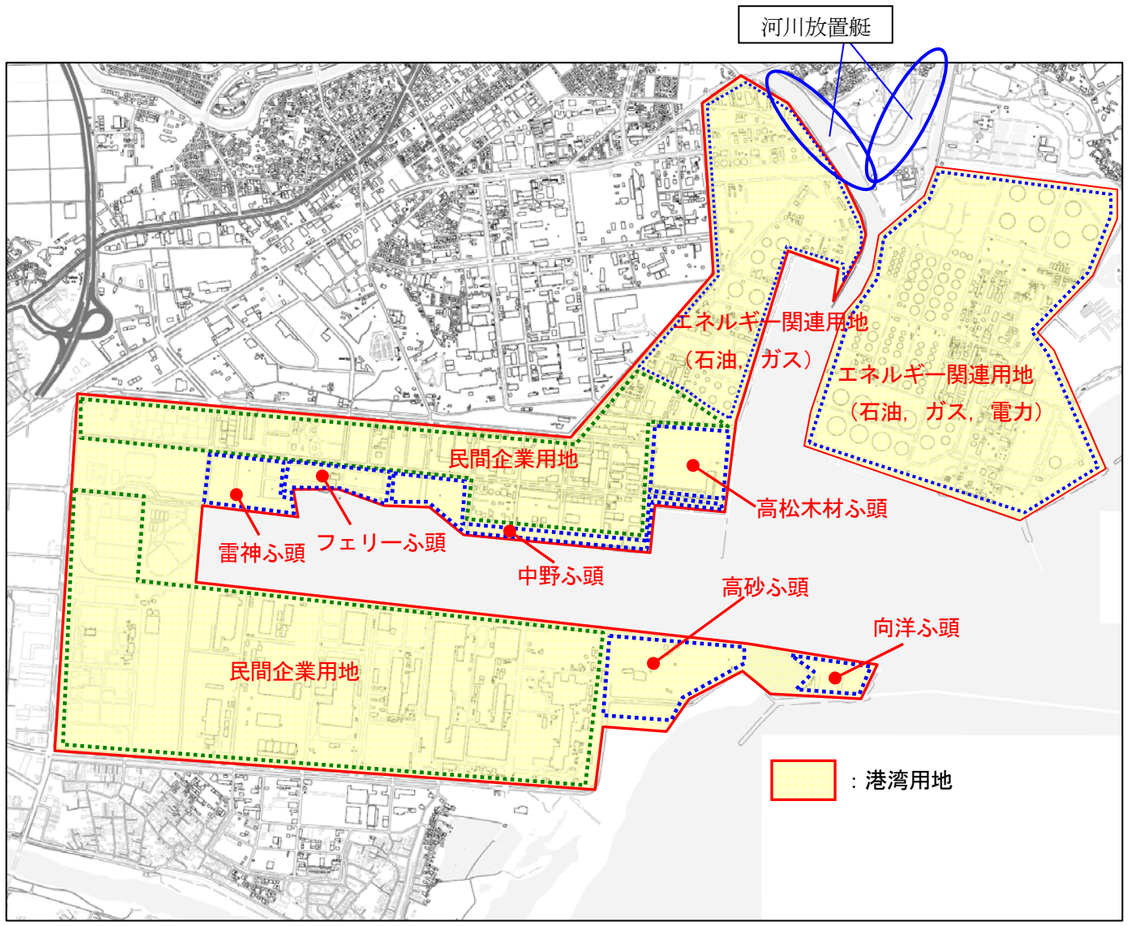


図 3.1　仙台港の利用状況

３．１．２　気仙沼湾周辺の状況

図 3.2 に気仙沼湾奥部の利用状況を示す。気仙沼湾における利用形態は，ほとんどが水産業関連で占められており，港湾機能としては気仙沼湾奥の一部が該当するのみである。

気仙沼湾における漂流物は，主に漁船や養殖資機材が主で，他に港湾区域のタンカーやフェリー，遊覧船，魚市場周辺の駐車車両である。また，危険物は朝日町の港湾用地にある貯油施設（タンク）や漁港にあるドラム缶（漁船用燃料）や漁業資機材である。その他，気仙沼市魚市場における魚箱やパレットなどが多数ある。

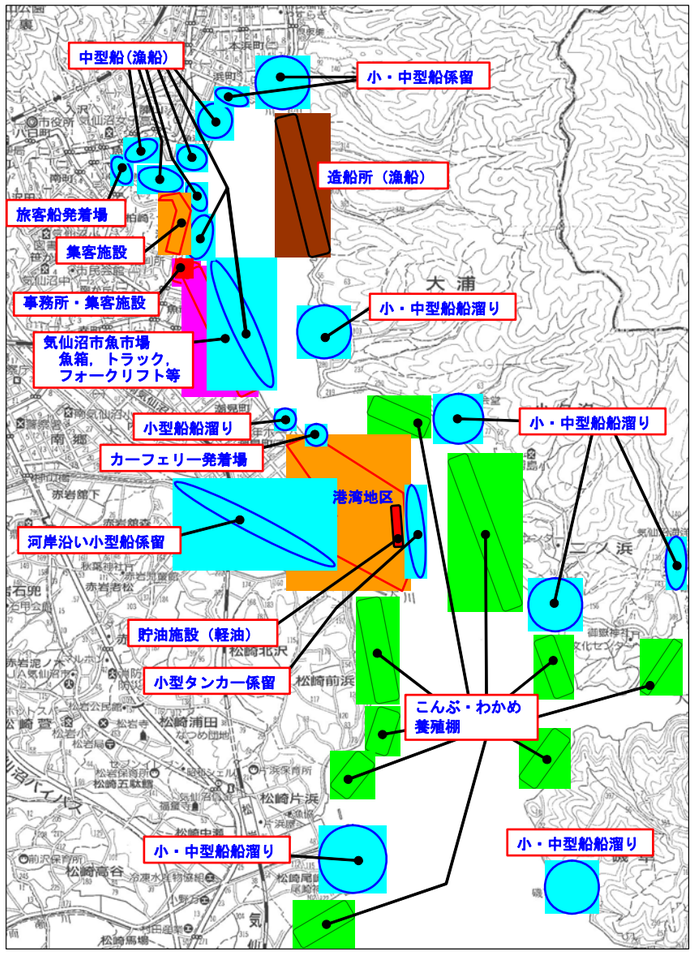


図 3.2　気仙沼港の利用状況

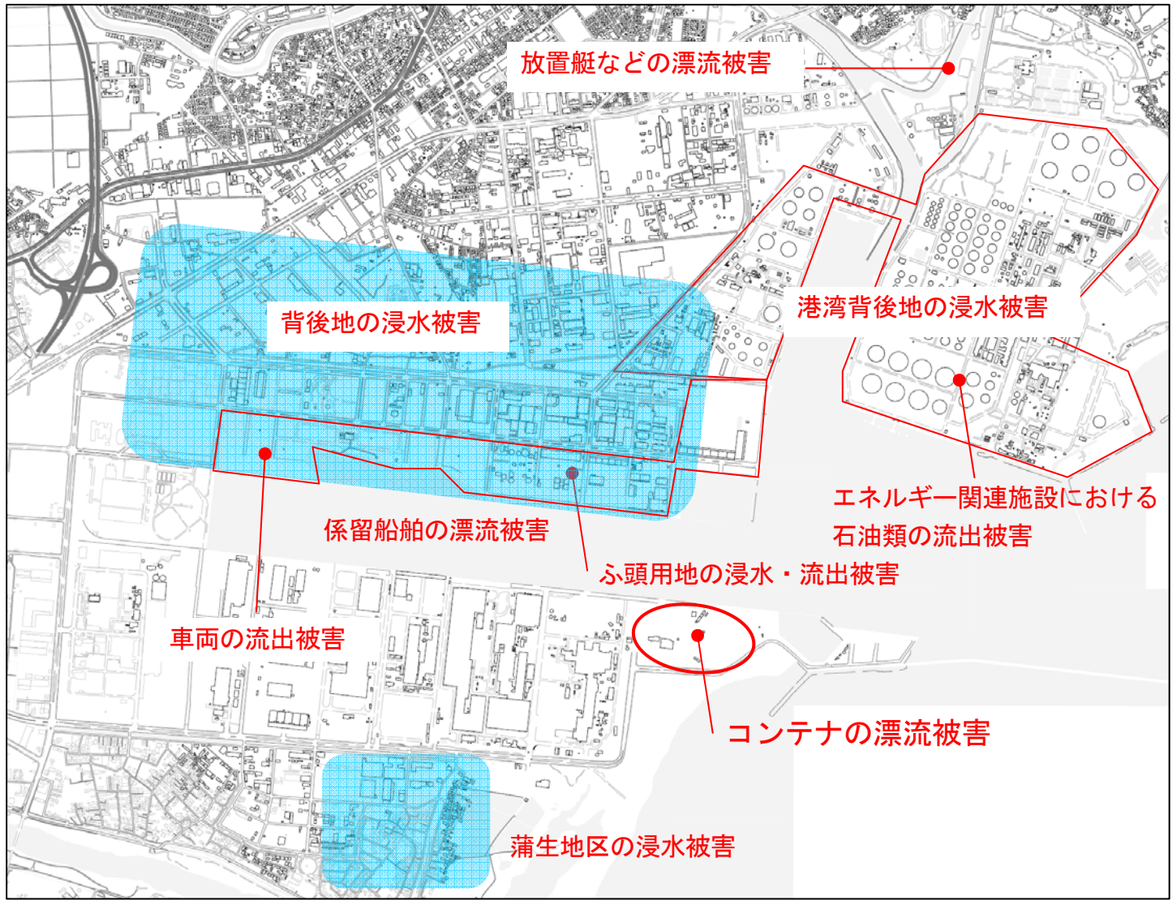


図 3.3　仙台港における被害想定の検討対象事項

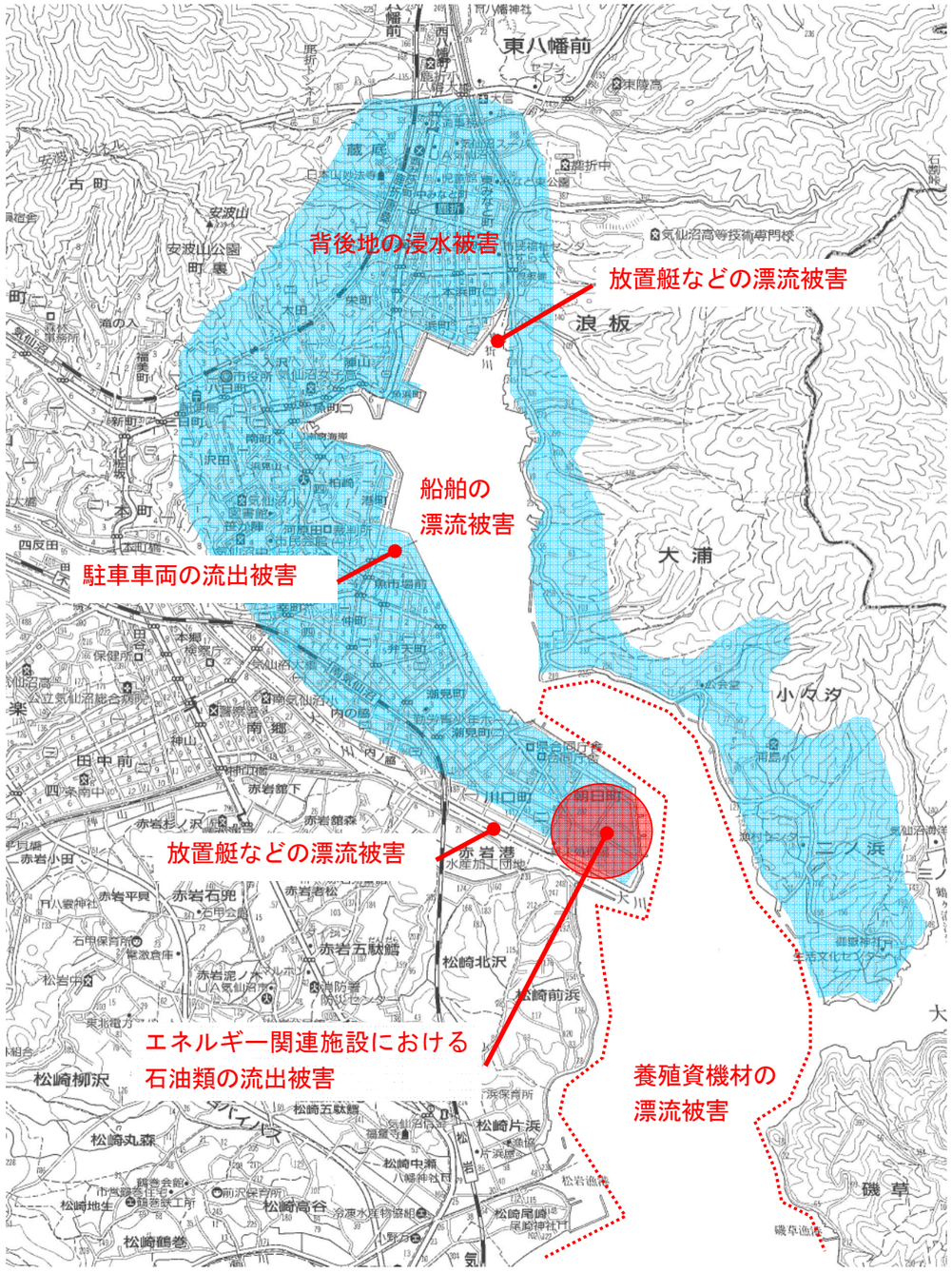


図 3.4　気仙沼港における被害想定の検討対象事項

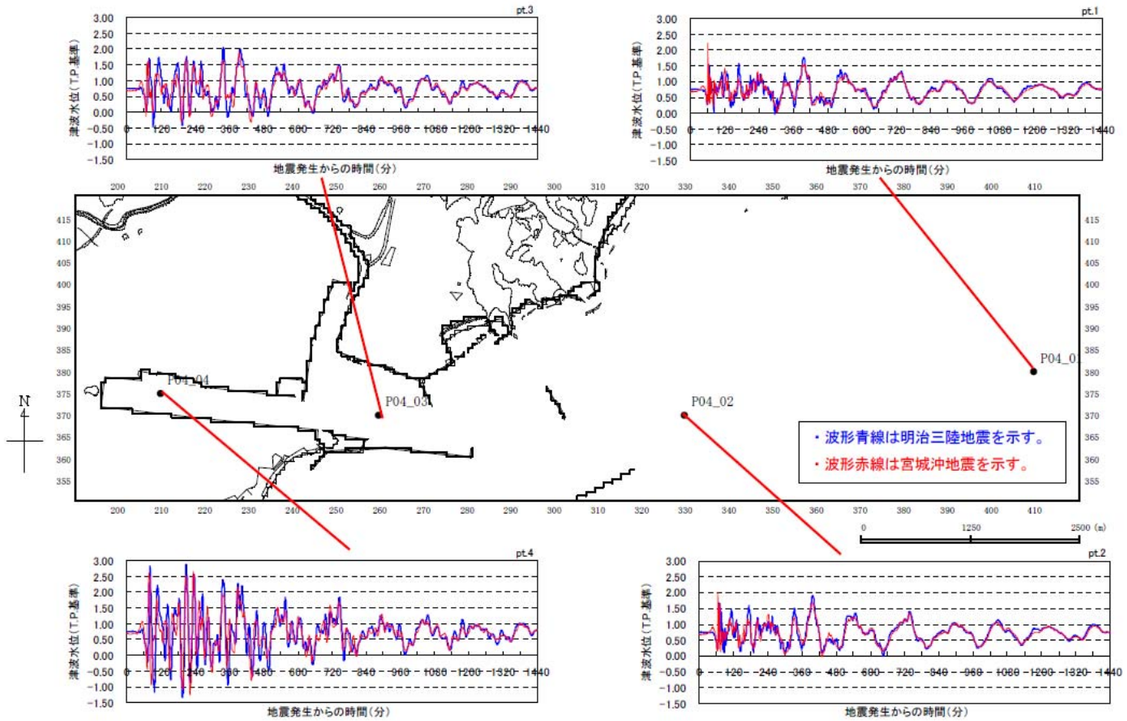
３．２　再現計算の検討

（１）再現時間の検討

シミュレーション再現時間の設定のため，50m 格子領域までの津波水位時系列について確認を行う。仙台港及び気仙沼港における 50m 格子領域までの 24 時間の計算結果を図 3.5 に示す。　各水位時系列の図中における青線は明治三陸地震を対象にした計算結果であり，赤線は宮城沖地震の結果を示す。

①仙台港

仙台港内の PT.3 や PT.4 では，地震発生後 6 時間までに水位のピークが現れる。このため，仙台港を対象とする検討は，6 時間までの再現時間を対象とする必要があるものと判断される。

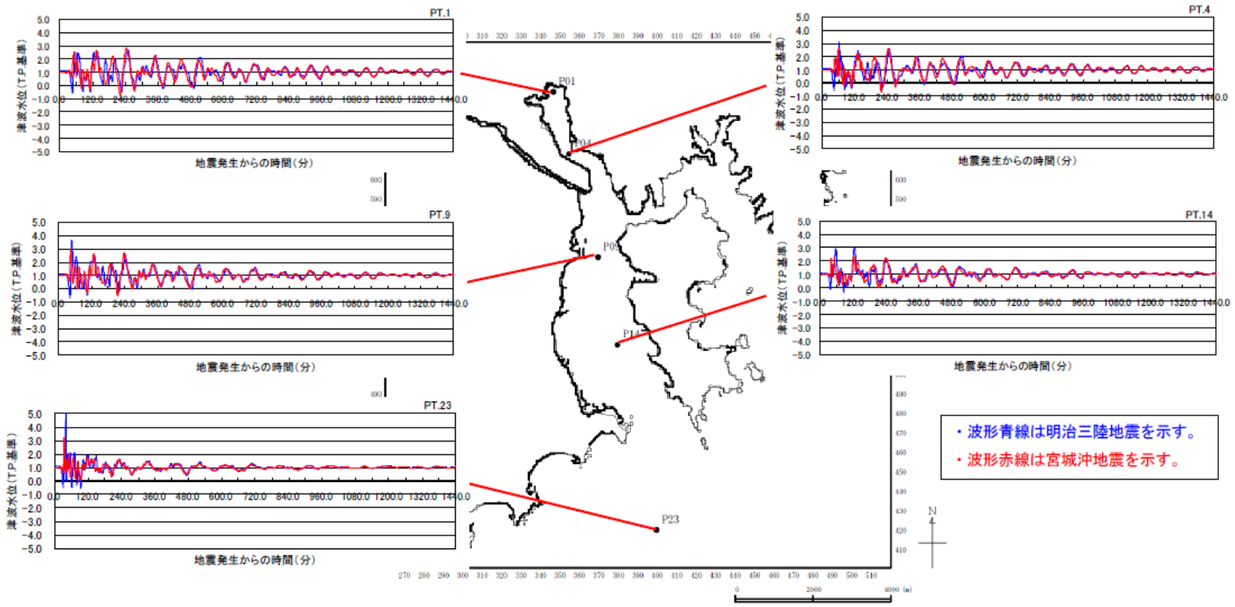


※時系列のグラフはT.P.基準の値

図 3.5　仙台港における津波水位の時系列（50m 格子領域までの 24 時間再現）

②気仙沼港

気仙沼湾奥の PT.1 や PT.4 では，地震発生後 4 時間過ぎまでに水位のピークが現れる。このため，気仙沼港を対象とする検討は，5 時間までの再現時間を対象とする必要があるものと判断される。



※時系列のグラフはT.P.基準の値

図 3.6　気仙沼湾における津波水位の時系列（50m 格子領域までの 24 時間再現）

４．１　仙台港における予測計算結果

（１）津波遡上シミュレーション結果

宮城県沖地震を対象にした仙台港の 2m 及び 10m 領域までのシミュレーション結果を示す。

各計算結果は，2m 格子領域までを 3 時間，10m 格子領域までを 6 時間として計算したものである。

浸水域は仙台港の北側のふ頭用地（中野ふ頭，フェリー埠頭，雷神ふ頭）と北航路北側の新日本石油敷地，南側の高砂ふ頭などであり，1.0m 未満の浸水高である。

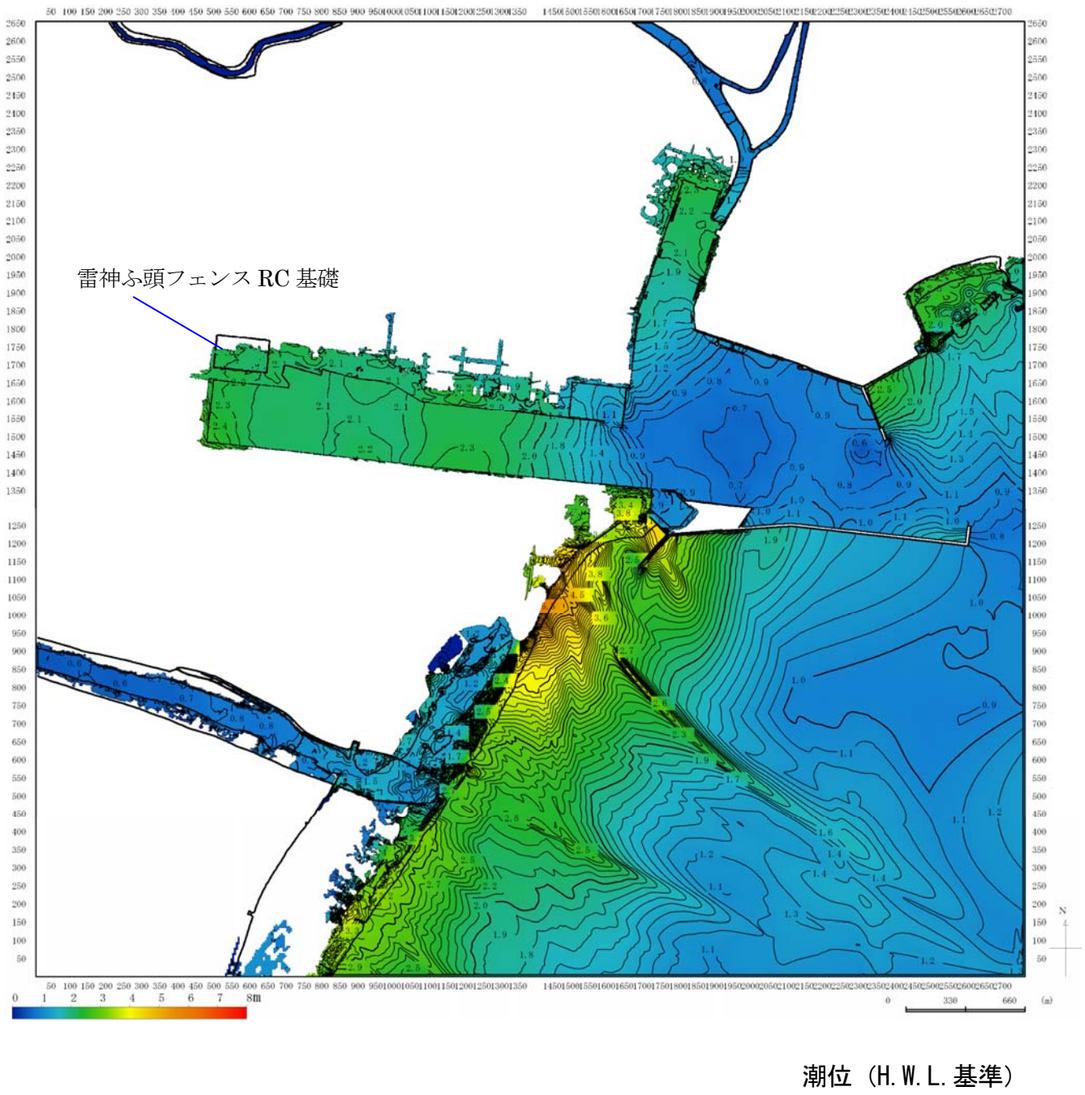


図 4.1　最高津波高分布図（宮城沖地震，2m 格子領域までの計算）

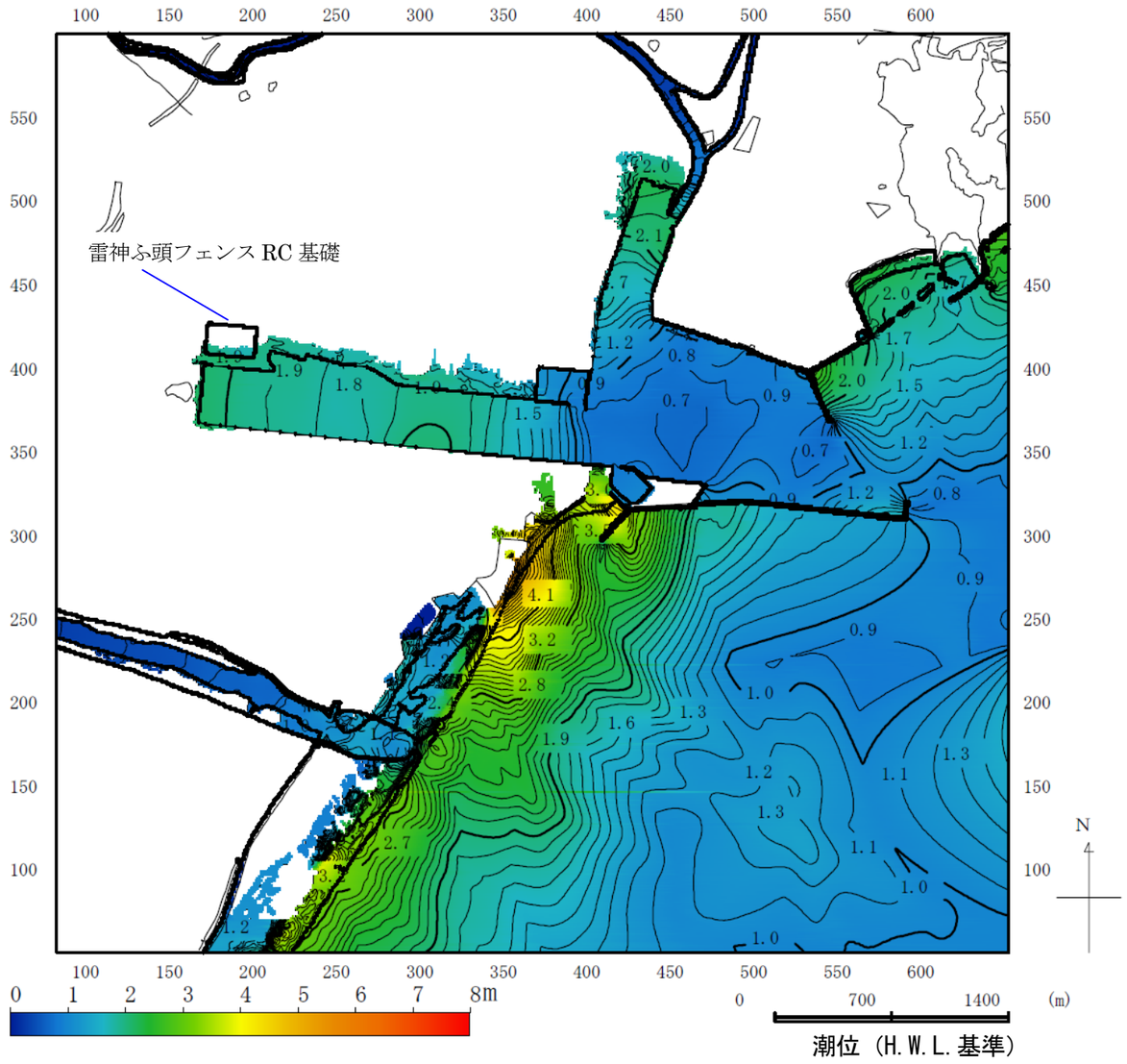
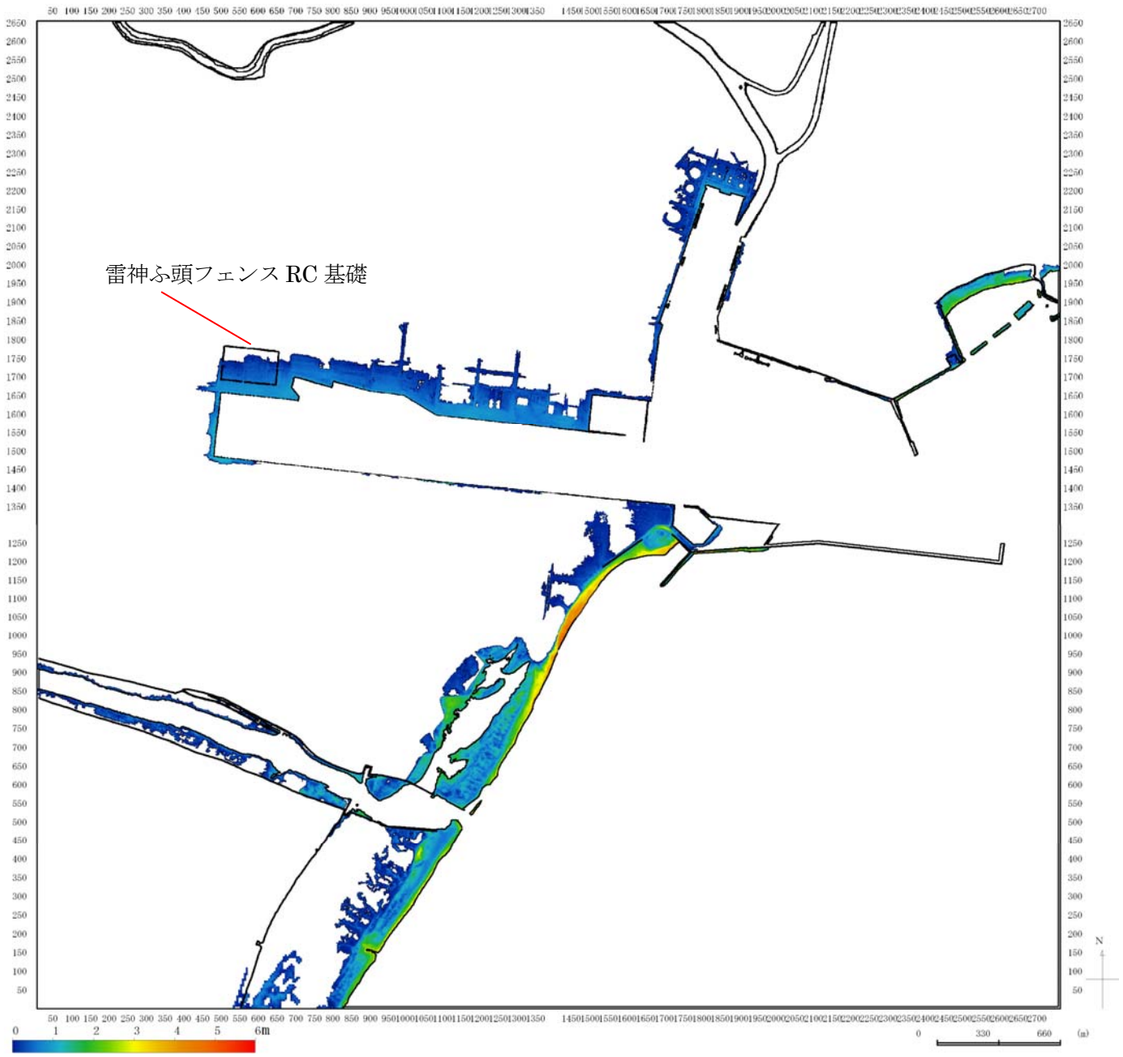
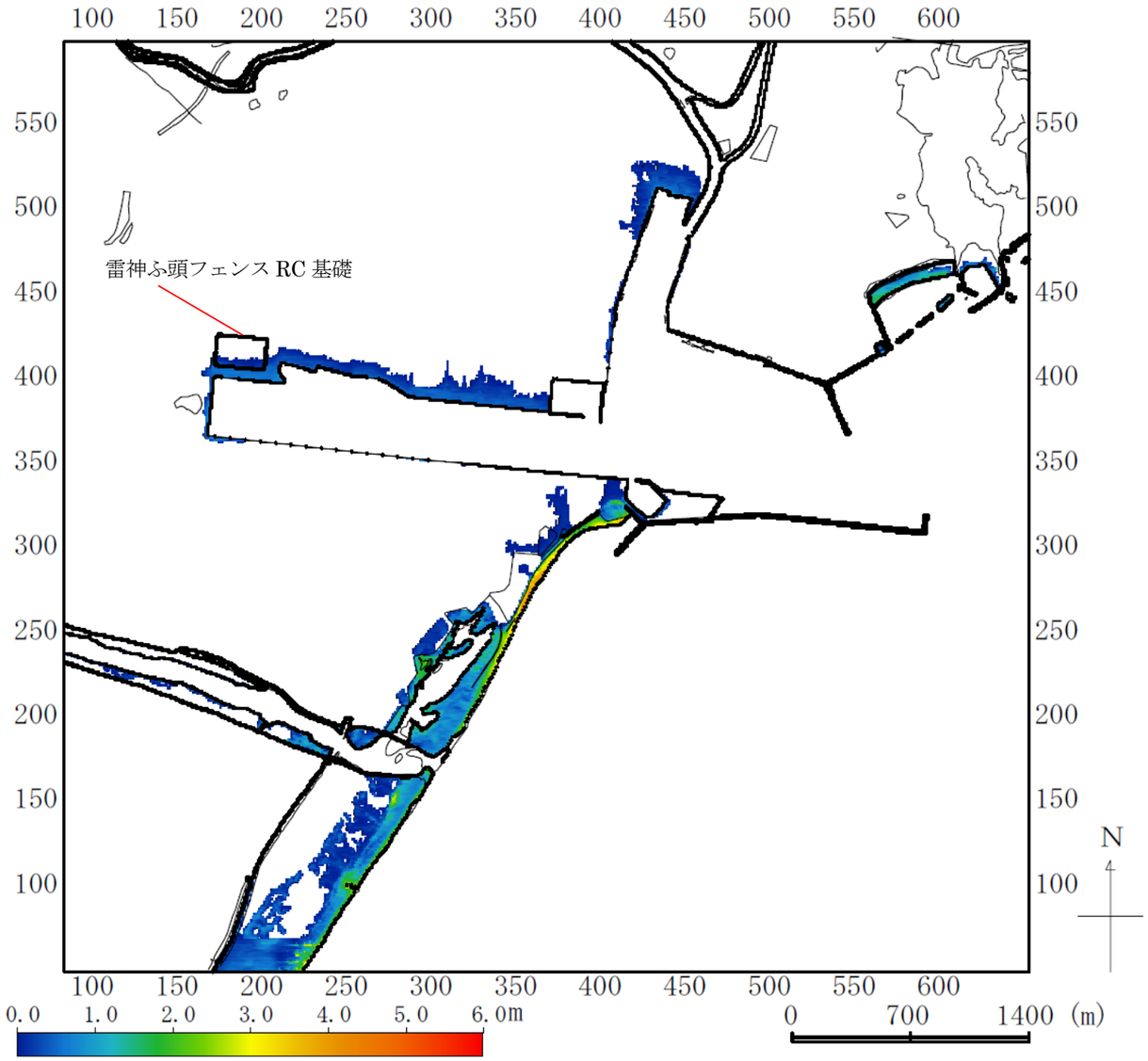


図 4.2　最高津波高分布図（宮城沖地震，10m 格子領域までの計算）



※浸水高は地盤面からの高さ

図 4.3　最高浸水高分布図（宮城沖地震，2m 格子領域までの計算）



※浸水高は地盤面からの高さ

図 4.4　最高浸水高分布図（宮城沖地震，10m 格子領域までの計算）

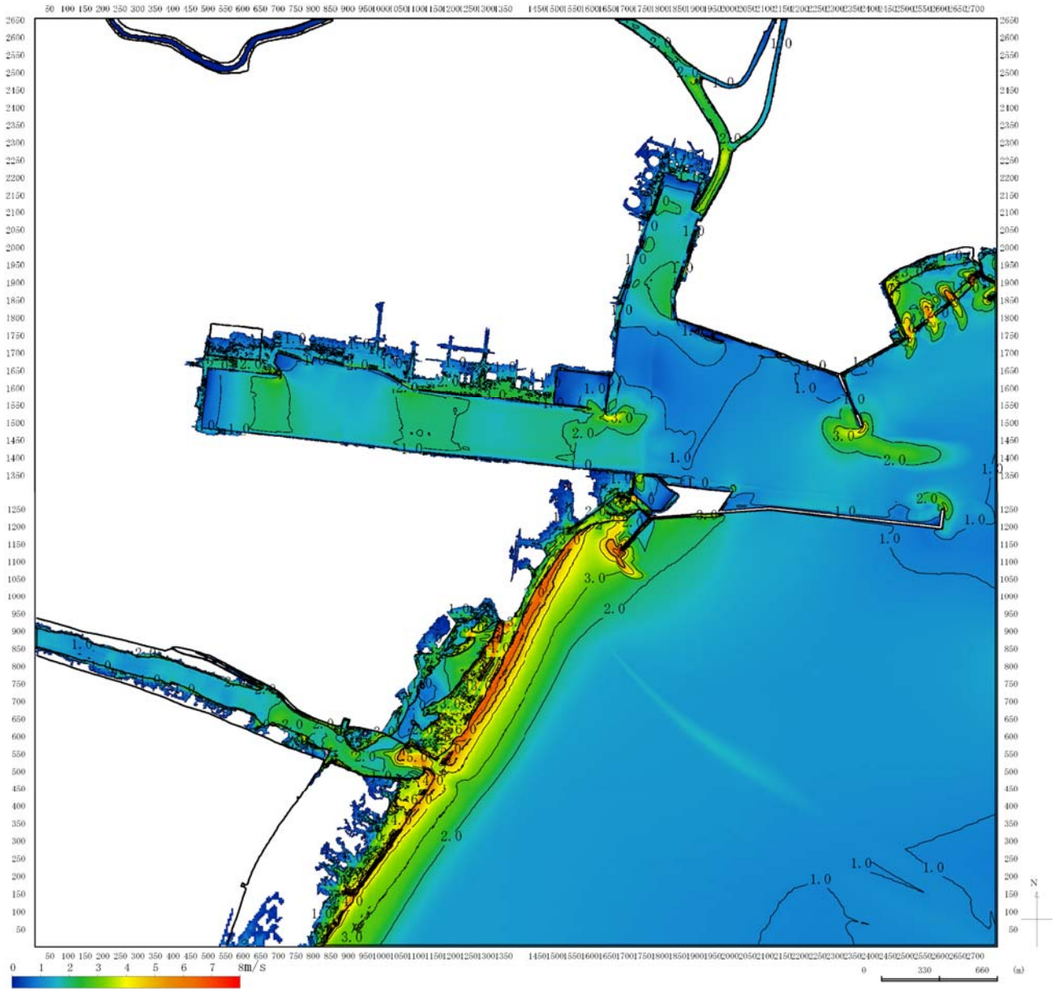


図 4.5　最大津波流速分布図（宮城沖地震，2m 格子領域までの計算）

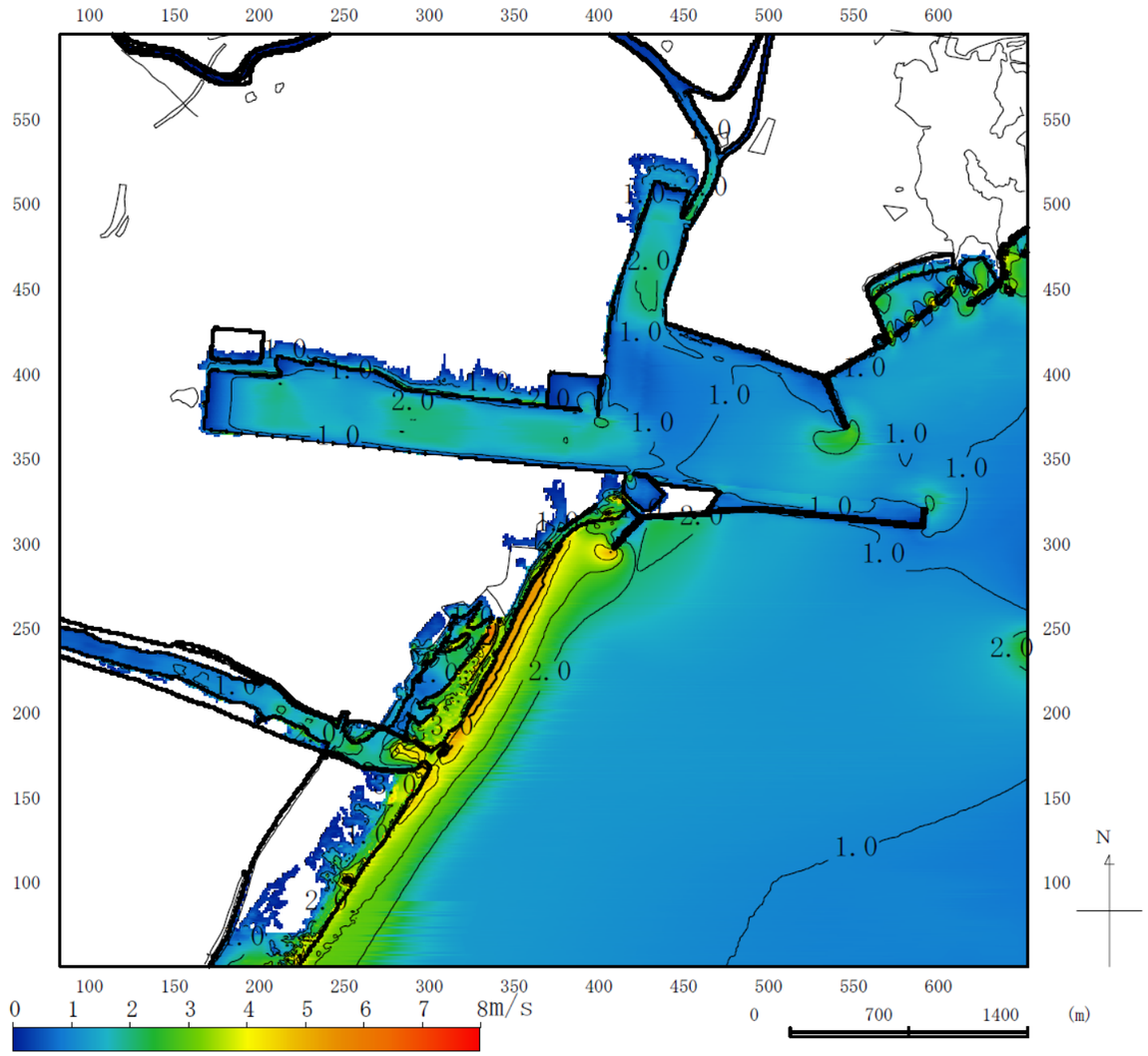


図 4.6　最大津波流速分布図（宮城沖地震，10m 格子領域までの計算）

図 4.7 は最高浸水高の分布である。雷神ふ頭から中野ふ頭にかけての公共ふ頭用地では，0.5～0.7m の浸水が生じるがふ頭用地におけるモータープール等への影響は小さい。

また，北航路北側の新日本石油敷地においても浸水域が発生するが，水際で 0.8m～1.0m，その背後は 0.1～0.5m 程度の浸水高である。

次に，高砂ふ頭では，ふ頭背後域で最大 2.0m 程度の浸水域が確認されるが，ふ頭用地内は 0.1m 程度の浸水であるため，コンテナへの影響は小さいものと判断される。

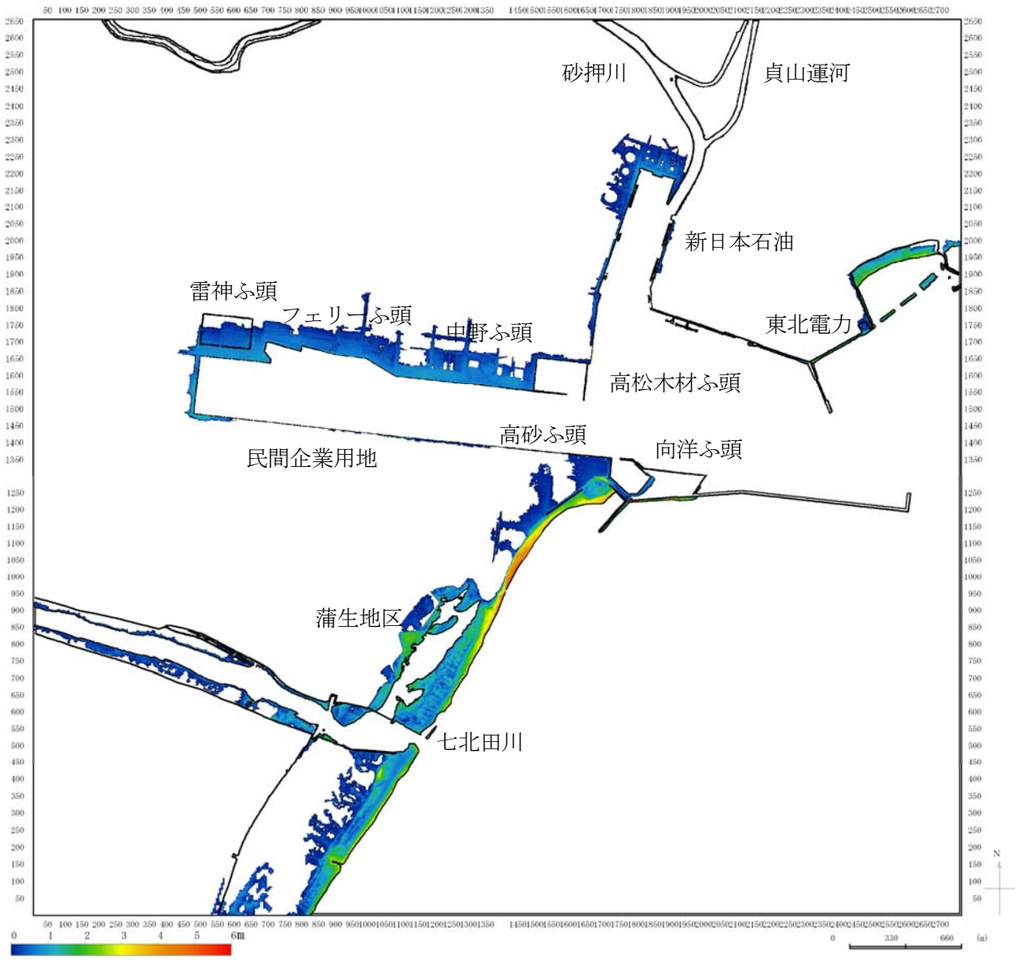


図 4.7（1）　最高浸水高分布図（宮城沖地震，10m 格子領域までの計算）

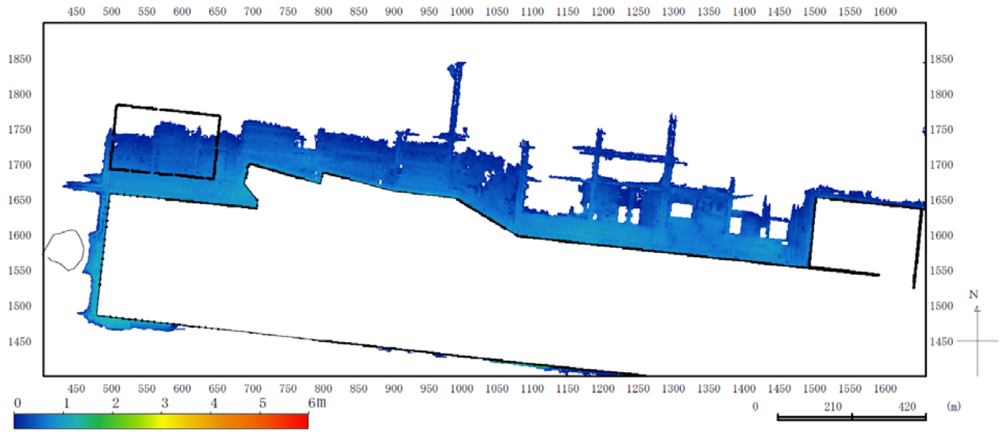


図 4.7(2)　最高浸水高分布図（雷神ふ頭～中野ふ頭）

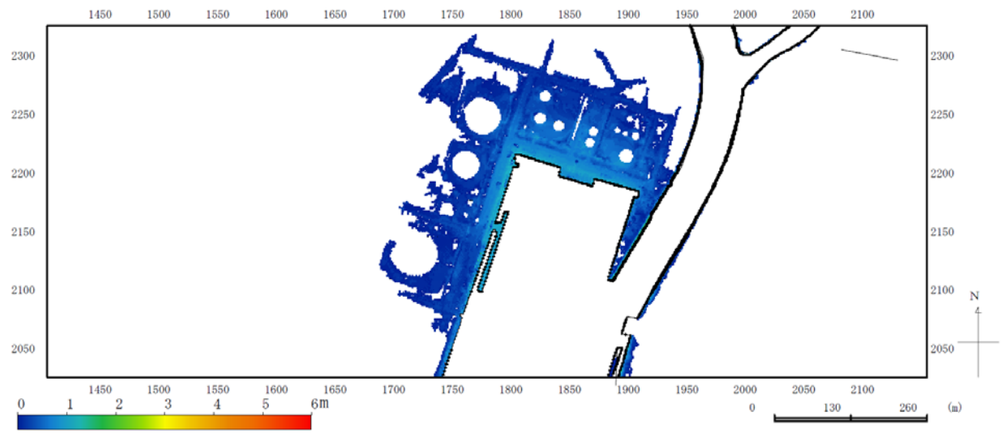


図 4.7(3)　最高浸水高分布図（北航路北側：新日本石油敷地）

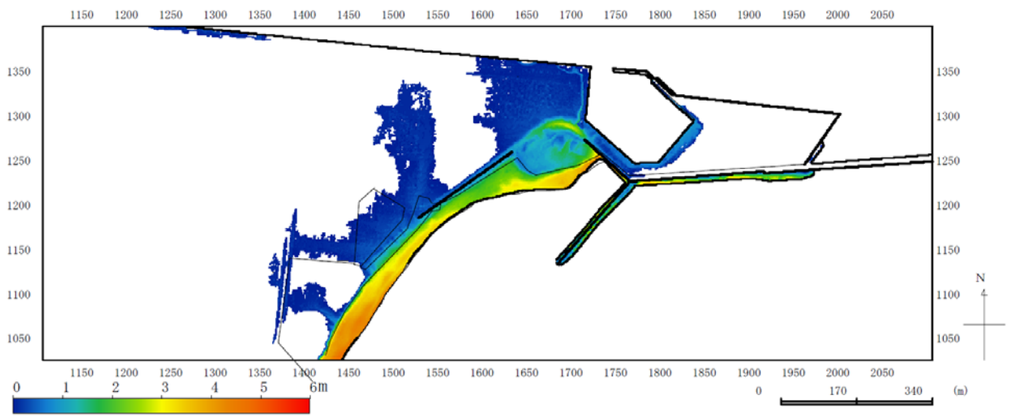
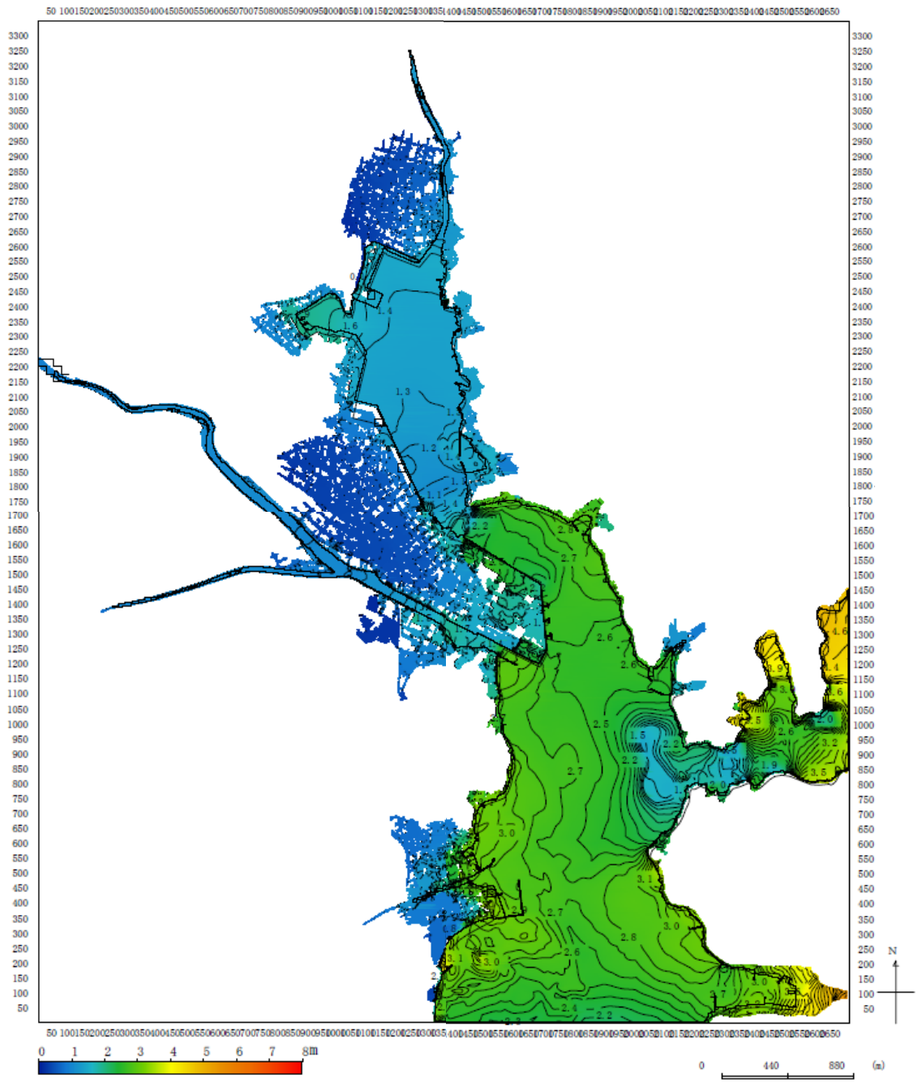


図 4.7(4)　最高浸水高分布図（高砂ふ頭～向洋ふ頭）

５．１　気仙沼港における予測計算結果

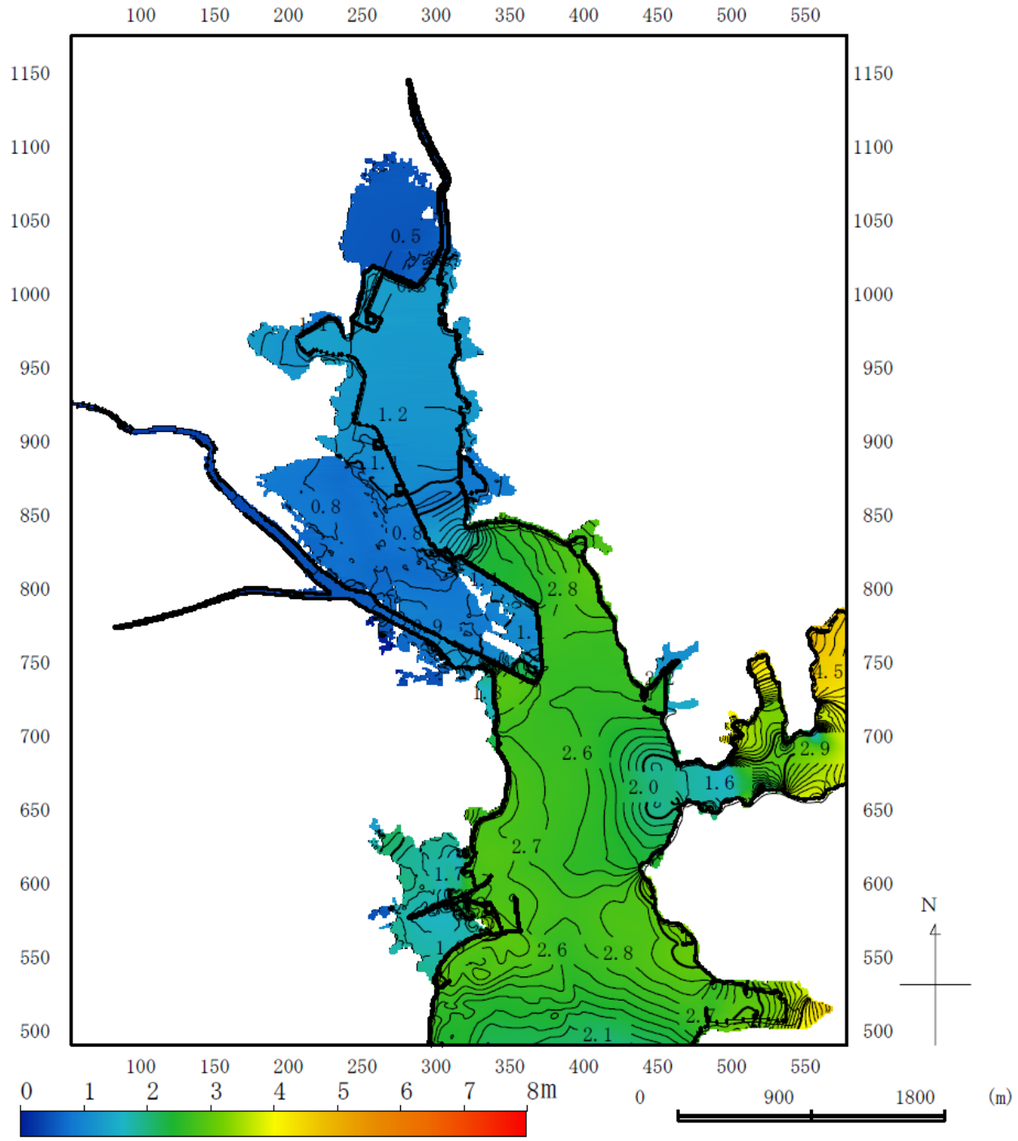
（１）津波遡上シミュレーション結果

気仙沼港を対象とした 2m 格子領域と 10m 格子領域までの津波遡上シミュレーション結果を示す。再現時間はともに 3 時間と 5 時間である。なお，想定地震は，明治三陸地震である。



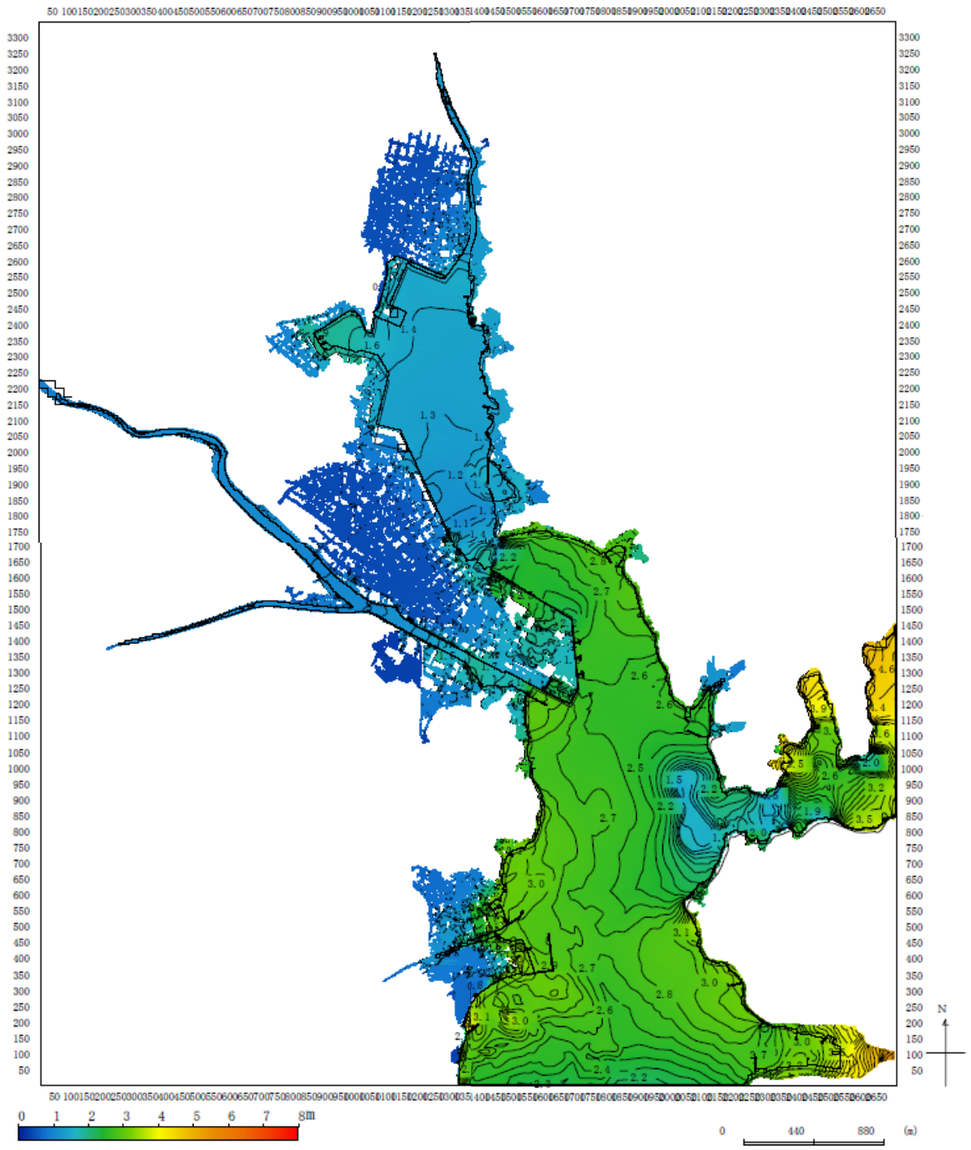
基準：潮位（H.W.L.）

図 5.1　最高津波高分布図（2m 格子領域まで 3 時間再現計算：明治三陸地震）



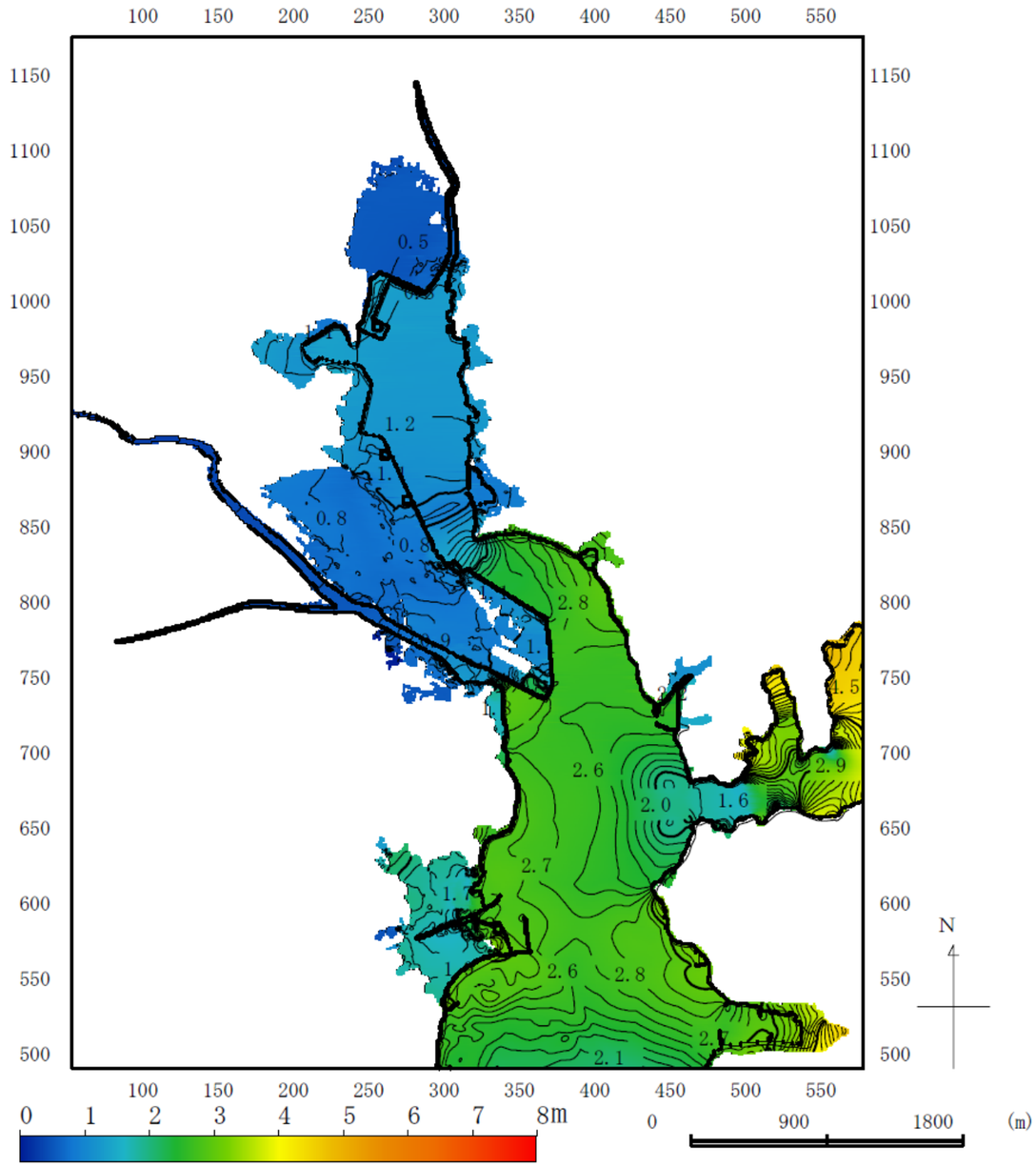
基準：潮位（H.W.L.）

図 5.2　最高波高分布図（10m 格子領域までの 3 時間再現計算：明治三陸地震）



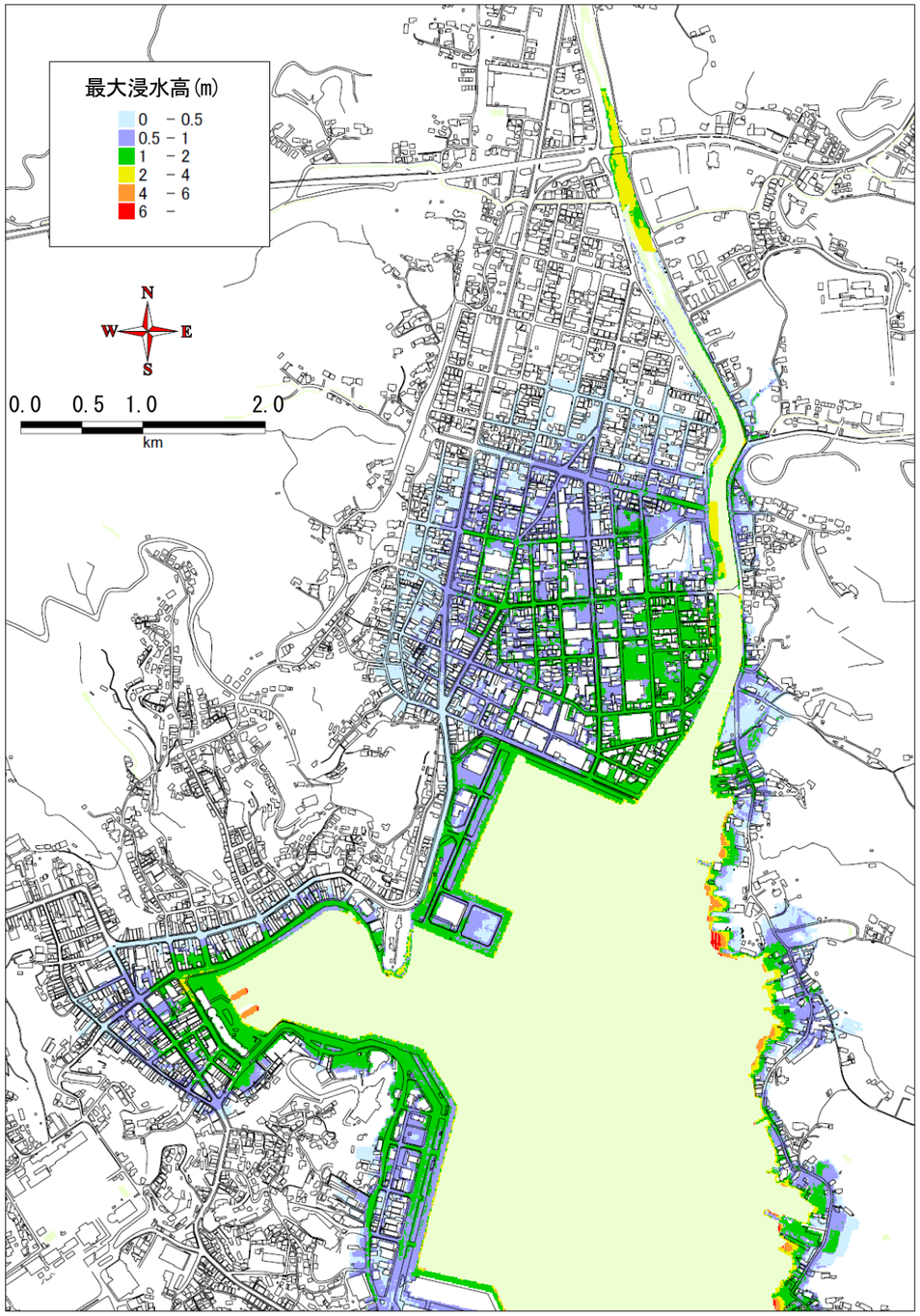
基準：潮位（H.W.L.）

図 5.3　最高津波高分布図（2m 格子領域まで 5 時間再現計算：明治三陸地震）



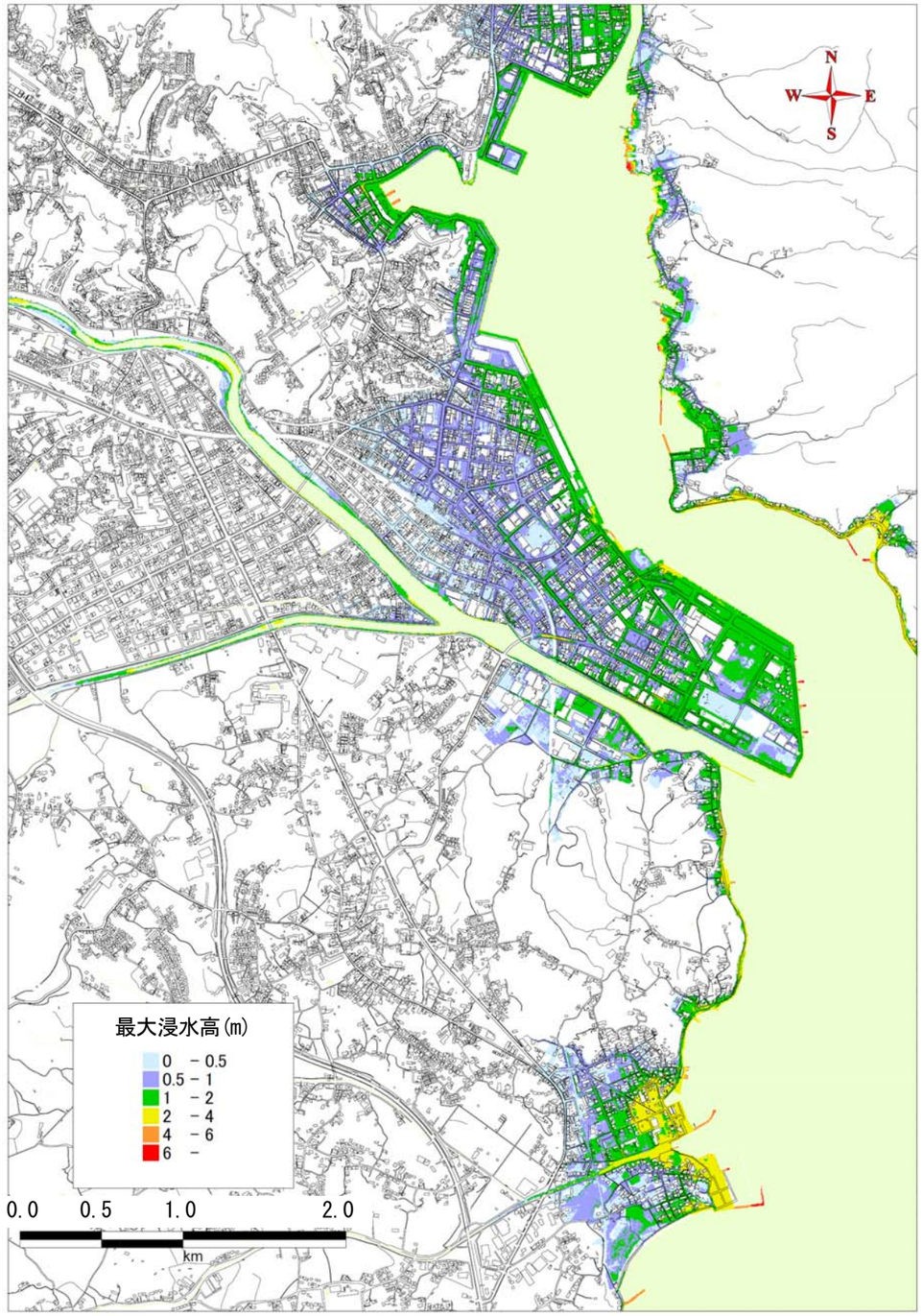
基準：潮位（H.W.L.）

図 5.4　最高津波高分布図（10m 格子領域までの 5 時間再現計算：明治三陸地震）



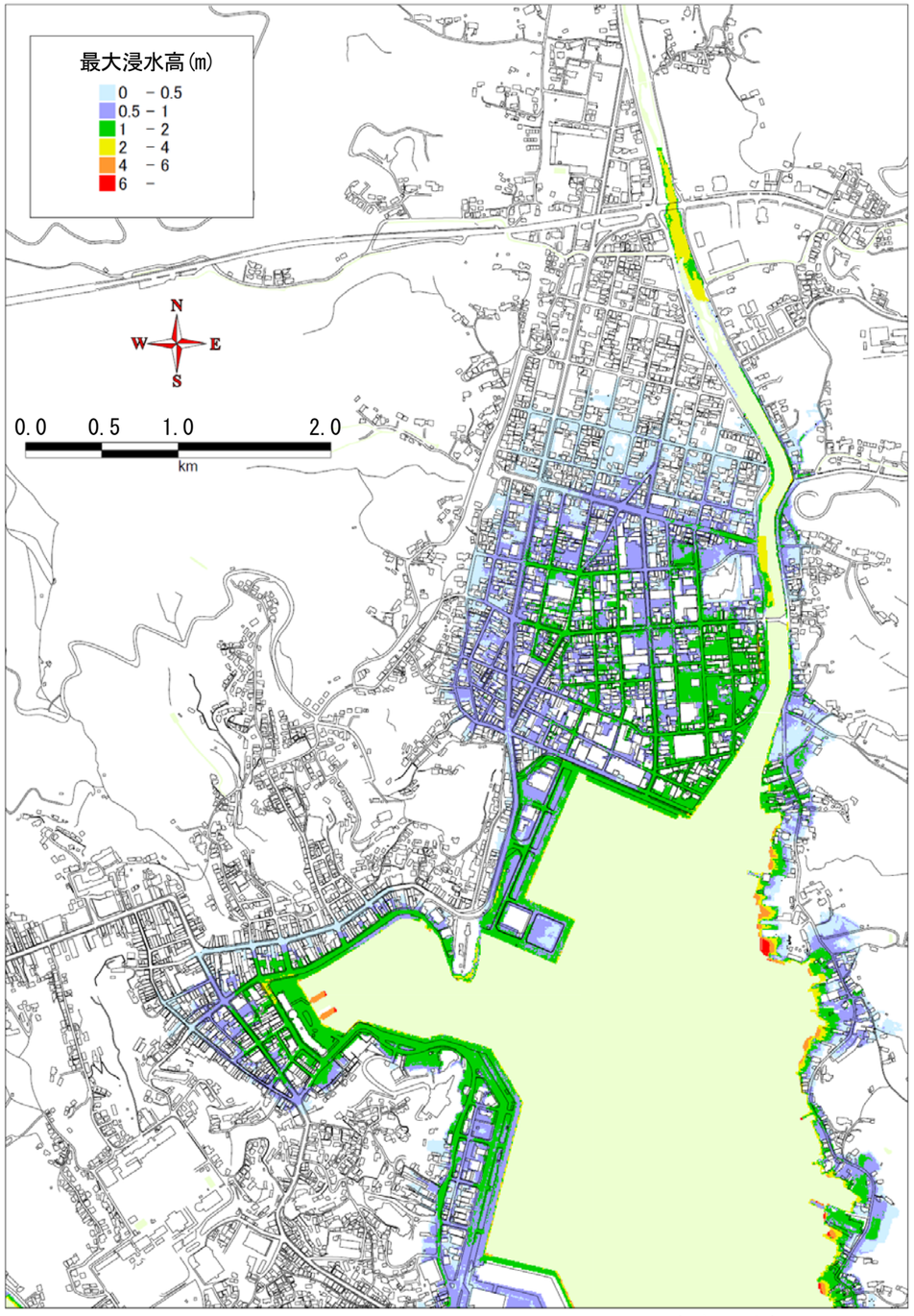
※浸水高は地盤からの高さを示す

図 5.5　最高浸水高分布図（2m 格子領域まで 3 時間再現計算：明治三陸地震）



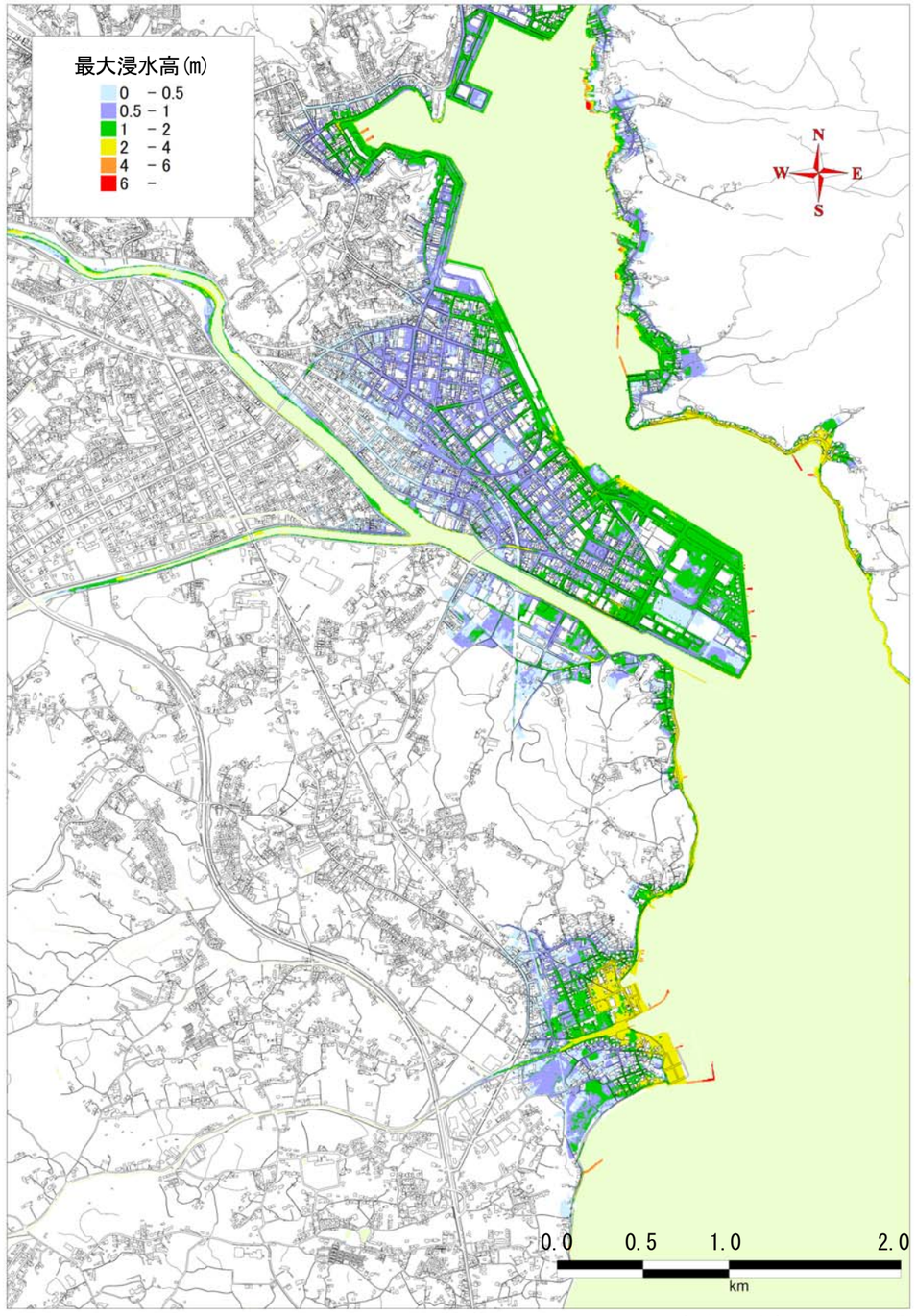
※浸水高は地盤からの高さを示す

図 5.6　最高浸水高分布図（2m 格子領域まで 3 時間再現計算：明治三陸地震）



※浸水高は地盤からの高さを示す

図 5.7　最高浸水高分布図（2m 格子領域まで 5 時間再現計算：明治三陸地震）



※浸水高は地盤からの高さを示す

図 5.8　最高浸水高分布図（2m 格子領域まで 5 時間再現計算：明治三陸地震）

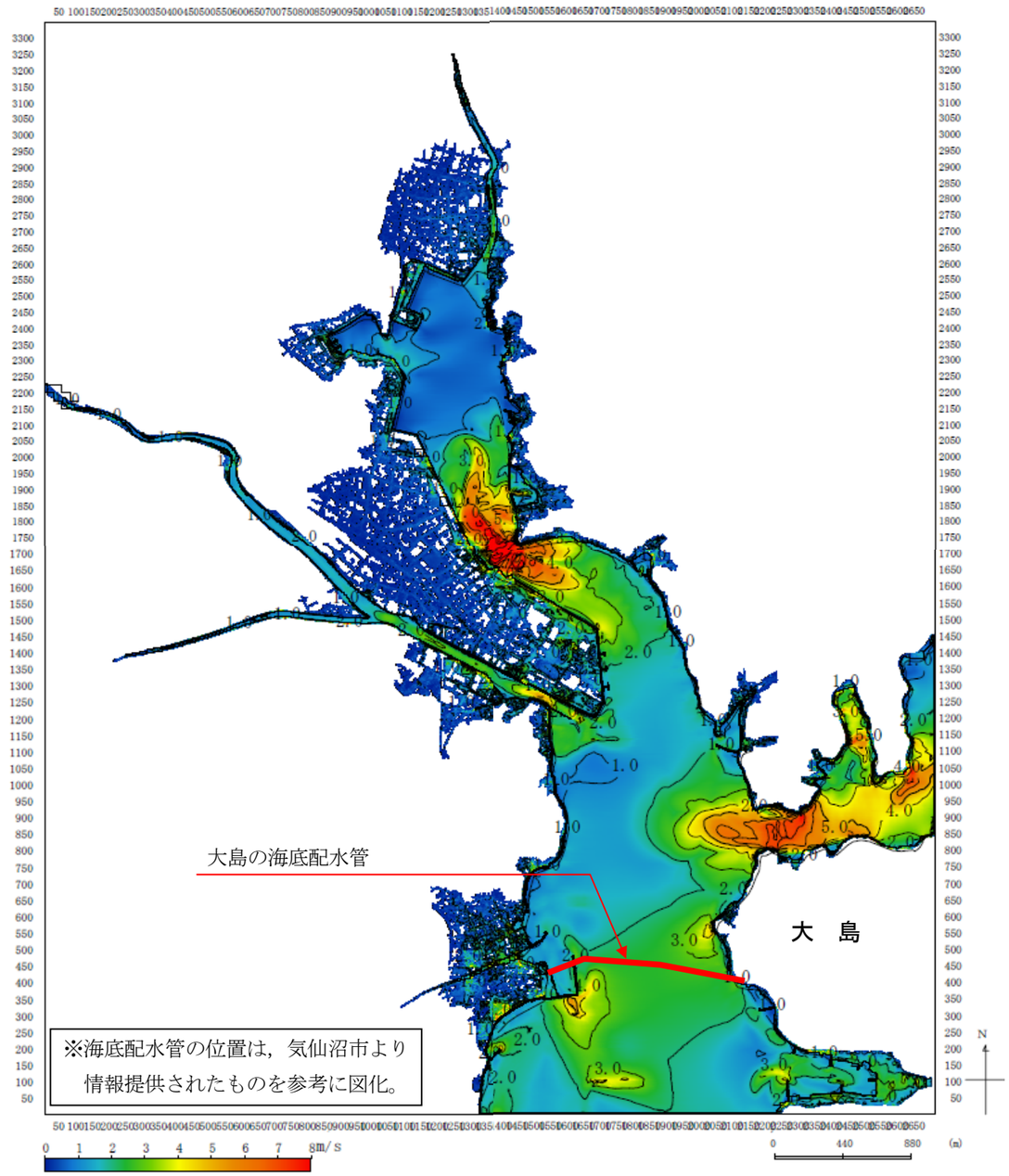


図 5.9　気仙沼港の津波最大流速分布図（2m 格子領域まで 3 時間再現計算：明治三陸地震）

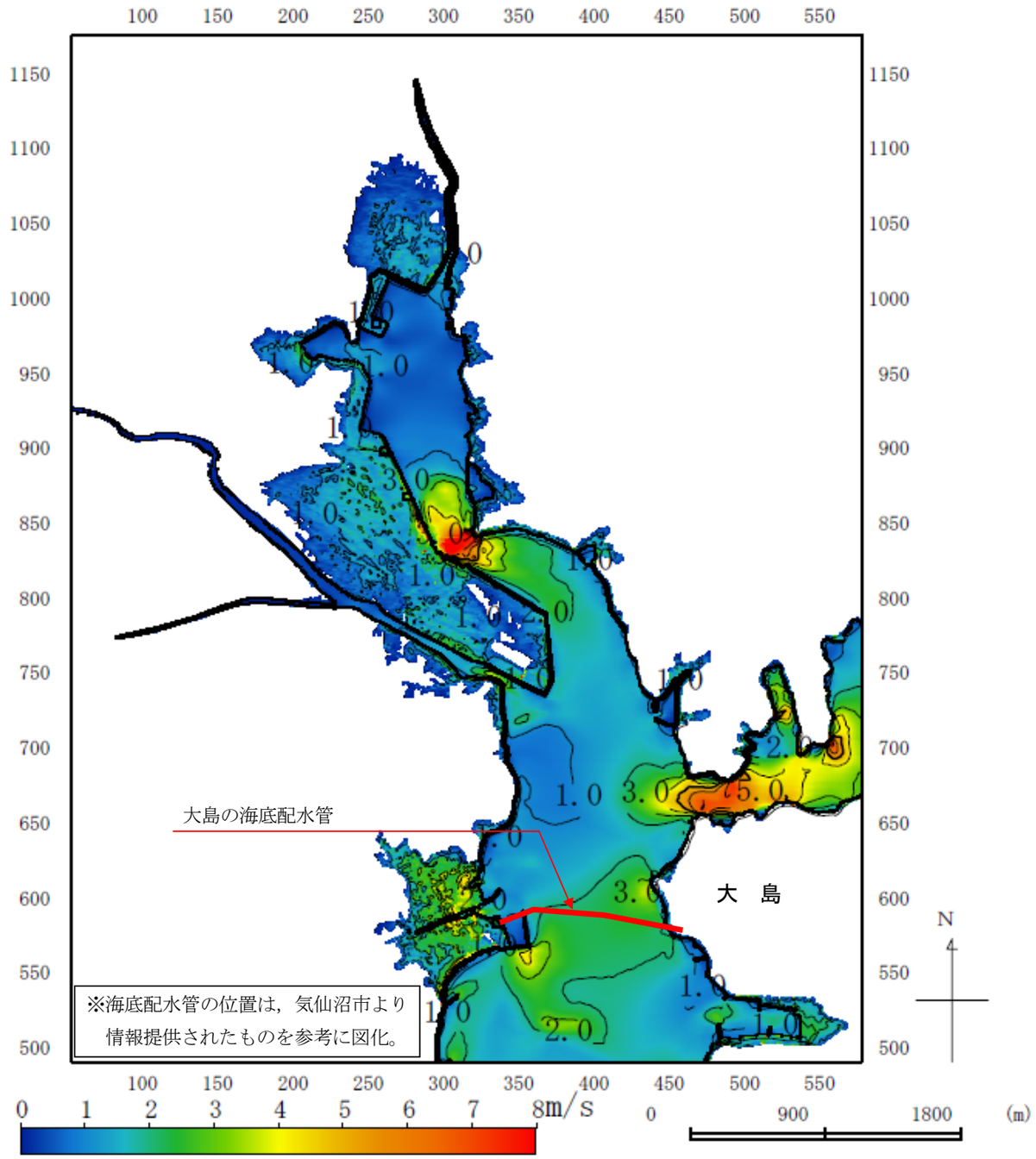


図 5.10　気仙沼港の津波最大流速分布図（10m 格子領域まで 3 時間再現計算：明治三陸地震）

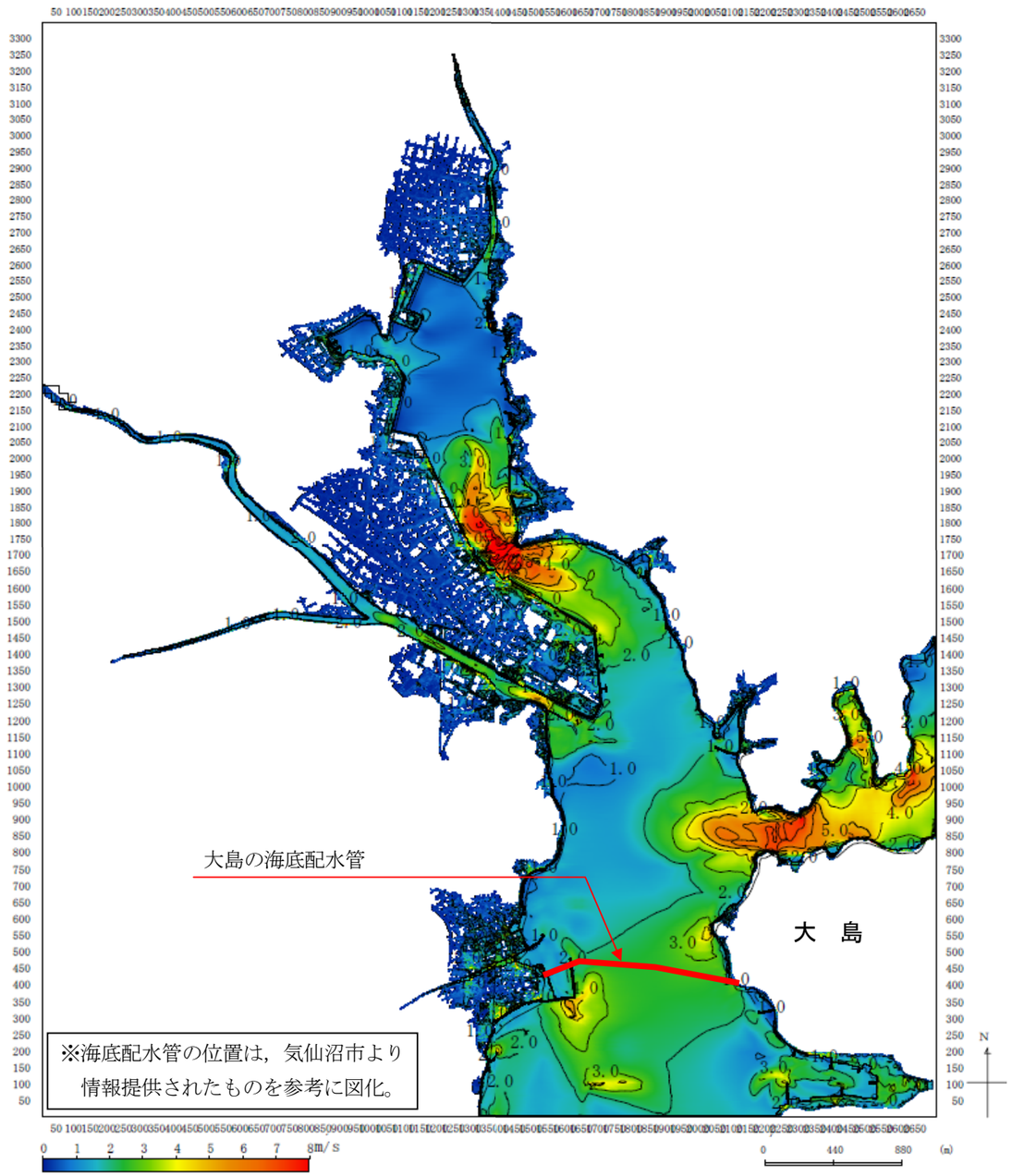


図 5.11　気仙沼港の津波最大流速分布図（2m 格子領域まで 5 時間再現計算：明治三陸地震）

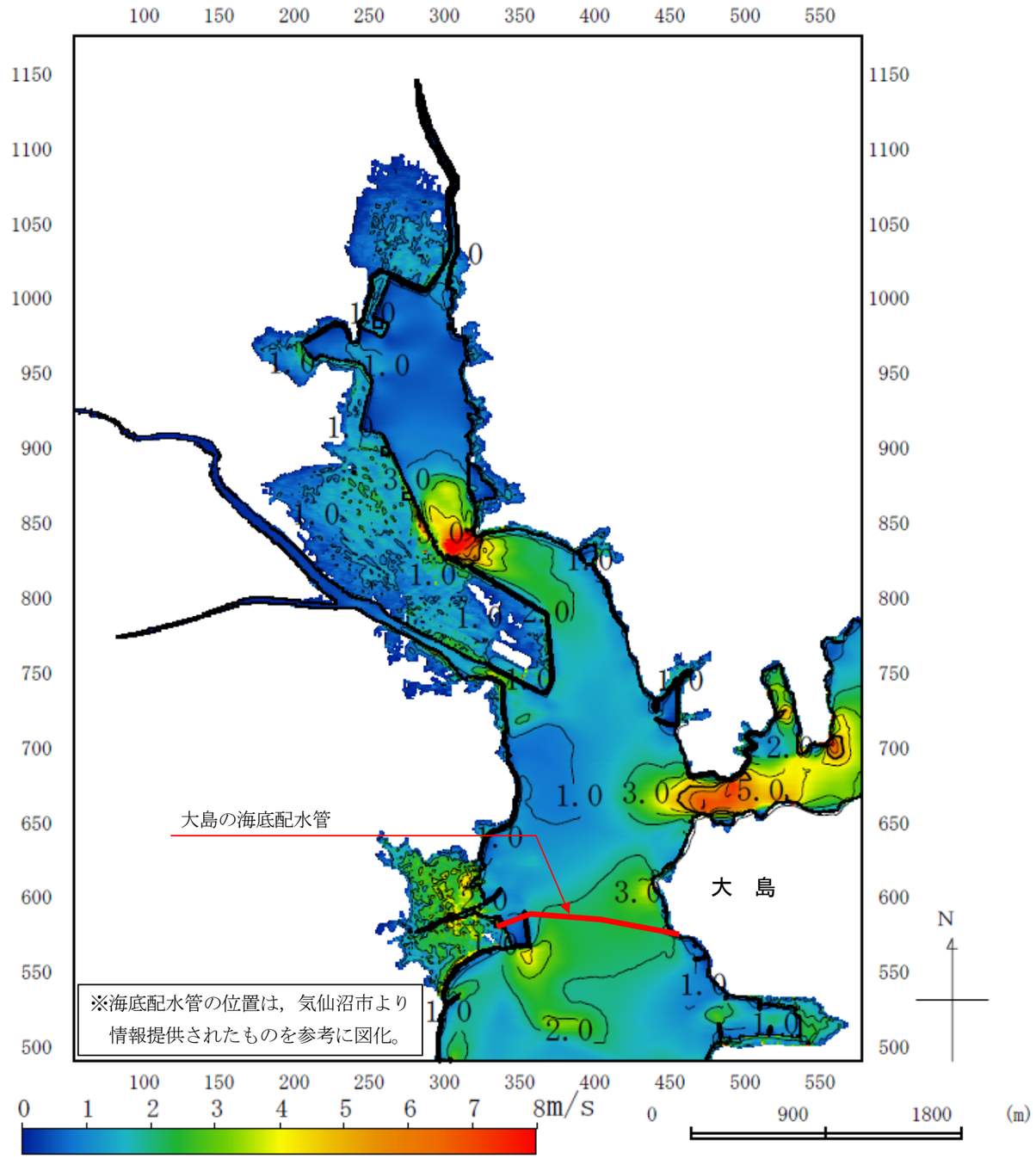


図 5.12　気仙沼港の津波最大流速分布図（10m 格子領域まで 5 時間再現計算：明治三陸地震）

（２）流出・漂流シミュレーション結果

気仙沼港における流出・漂流シミュレーション結果を示す。

なお，シミュレーション結果は，10m 格子領域までを対象に 3 時間の再現時間の計算を行ったものである。

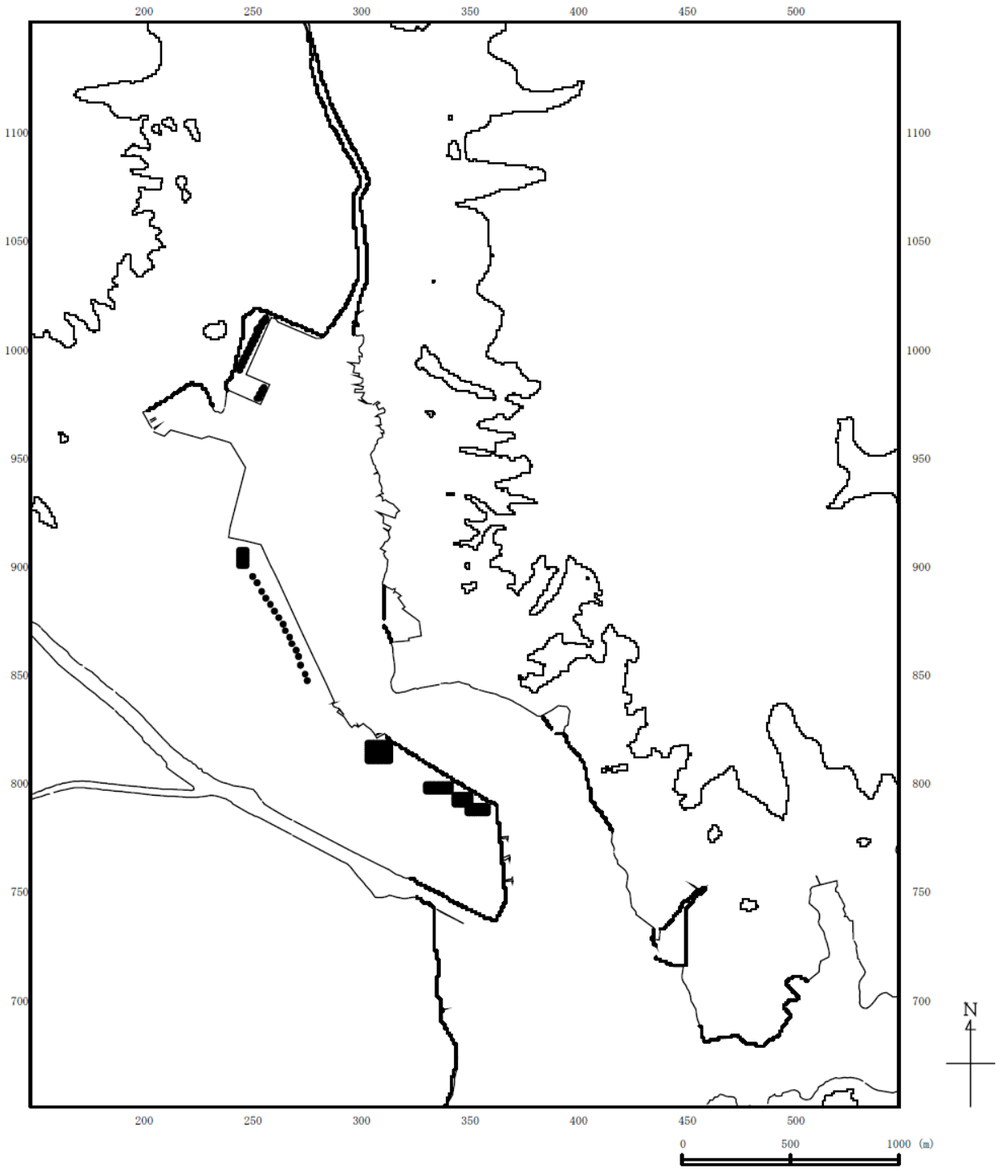


図 5.13　地震発生前の車両の位置（10m 格子領域）

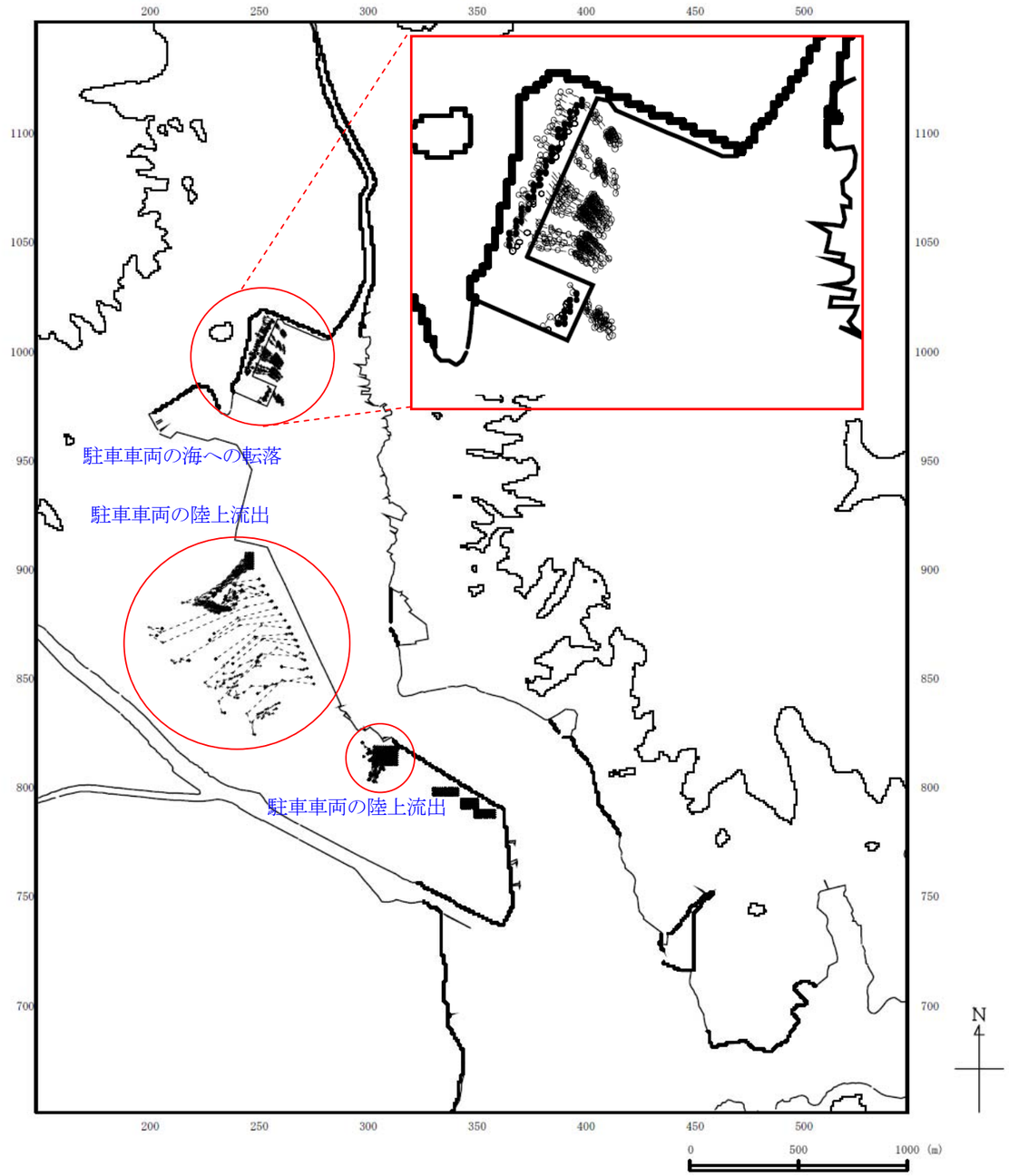


図 5.14　地震発生から 3 時間の車両の流出軌跡（10m 格子領域）

６．１　仙台港及び気仙沼港における被害状況予測

（１）仙台港における被害状況予測

１）浸水被害

①浸水被害の整理

仙台港における浸水被害を表 6.1 に整理する。

表 6.1　浸水被害の状況

浸水高	浸水域	備考
0.0～0.5m 未満	雷神ふ頭，フェリー埠頭，中野ふ頭，高砂ふ頭	完成車両，木材（製材），シャーシ，トレーラー，コンテナ等の取扱い
0.5～1.0m 未満	雷神ふ頭，フェリー埠頭，中野ふ頭の岸壁，新日本石油敷地岸壁（北航路北側），高砂ふ頭背後の一部，蒲生地区	・完成車両，木材（製材），シャーシ，トレーラー等の取扱い ・危険物（石油類）の取扱い ・高砂ふ頭背後の駐車車両
1.0～2.0m 未満	高砂ふ頭背後の一部，蒲生干潟背後	・高砂ふ頭背後の駐車車両

②新日本石油敷地の浸水被害

対象とした津波規模では，北航路奥に位置する新日本石油の敷地の一部が浸水するが，浸水高は最大で 0.8m であり，防油堤を越えることはない。このため，地震に伴い石油タンクからの石油類の流出を想定する場合（地震による防油堤の破壊を除く）では，防油堤外部への石油類の流出は発生しない。

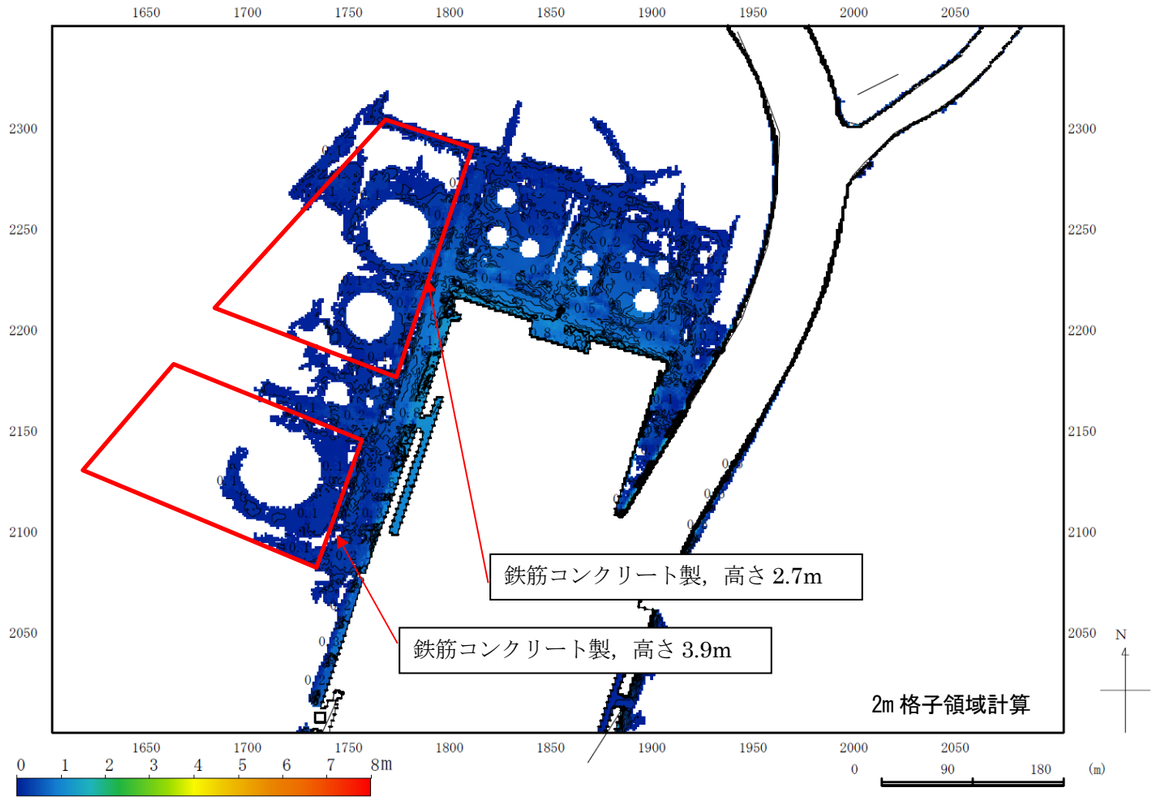


図 6.1　仙台港の新日本石油敷地内の最高浸水高分布

２）流出・漂流被害

流出・漂流シミュレーション結果をもとに仙台港における漂流被害を表 6.2 に整理する。

表 6.2　仙台港における漂流被害

漂流物	被害状況	備　考
船　　舶	雷神ふ頭，中野ふ頭，仙台市ガス局専用岸壁，新日本石油専用岸壁，バース，民間企業専用岸壁において船舶の漂流被害が発生する。 また，砂押川，貞山運河における小型係留船舶は，河川及び運河内を漂流はするものの，堤防を越えて堤内地へ漂流することはない。	
車　　両	高砂ふ頭背後の駐車場における駐車車両が流出するが，高砂ふ頭への漂流等はない。	
木材，コンテナ	木材やコンテナ等の流出・漂流被害は発生しない。	

※実際は，本調査で対象とする漂流物以外に多くの漂流物が存在するため，漂流物ごとの管理・保管について十分な検討を行う必要がある。

（２）気仙沼港における被害状況予測

１）浸水被害の整理

①気仙沼港における浸水状況

気仙沼港における浸水被害の状況を表 6.3 に整理する。

被害の状況としては，気仙沼湾奥の湾の西側の低地の浸水被害（最大で 2m 程度の浸水高）が確認される。また，地形的な影響から津波の進行方向にあたる小々汐地区，松岩漁港周辺では浸水高が 2～4m と高くなっており，これらの地区においては高台に逃げるなどの津波来襲時の避難対策が特に重要と考えられる。

表 6.3　浸水被害の状況

浸水高	浸水域	備考
0.0～0.5m 未満	中みなと町，東みなと町，新浜町の一部や錦町，本浜町，浜町，魚浜町，魚町，港町，弁天町，仲町，潮見町，朝日町，川口町，内の脇，赤岩港，松崎前浜，松崎北浜，松崎片浜，松崎尾崎，岩月千岩田など気仙沼湾西側の低地の被害	住宅施設，商業施設，漁港施設，魚市場，港湾施設
0.5～1.0m 未満	東みなと町，中みなと町の一部，錦町，本浜町，浜町，魚浜町，魚町，港町，弁天町，仲町，潮見町，朝日町，川口町，内の脇，赤岩港，松崎前浜，松崎北浜，松崎片浜，松崎尾崎，岩月千岩田など低地の被害	住宅施設，商業施設，漁港施設，魚市場，港湾施設
1.0～2.0m 未満	錦町，本浜町，浜町，魚浜町，魚町，港町，弁天町，仲町，潮見町，朝日町，川口町，内の脇，赤岩港，松崎前浜，松崎北浜，松崎片浜，松崎尾崎，岩月千岩田など気仙沼湾西側の低地の被害	住宅施設，商業施設，漁港施設，魚市場，港湾施設
2.0～4.0m 未満	松崎尾崎，岩月千岩田など気仙沼湾西側と小々汐など気仙沼湾東側の低地の被害	漁港，漁村

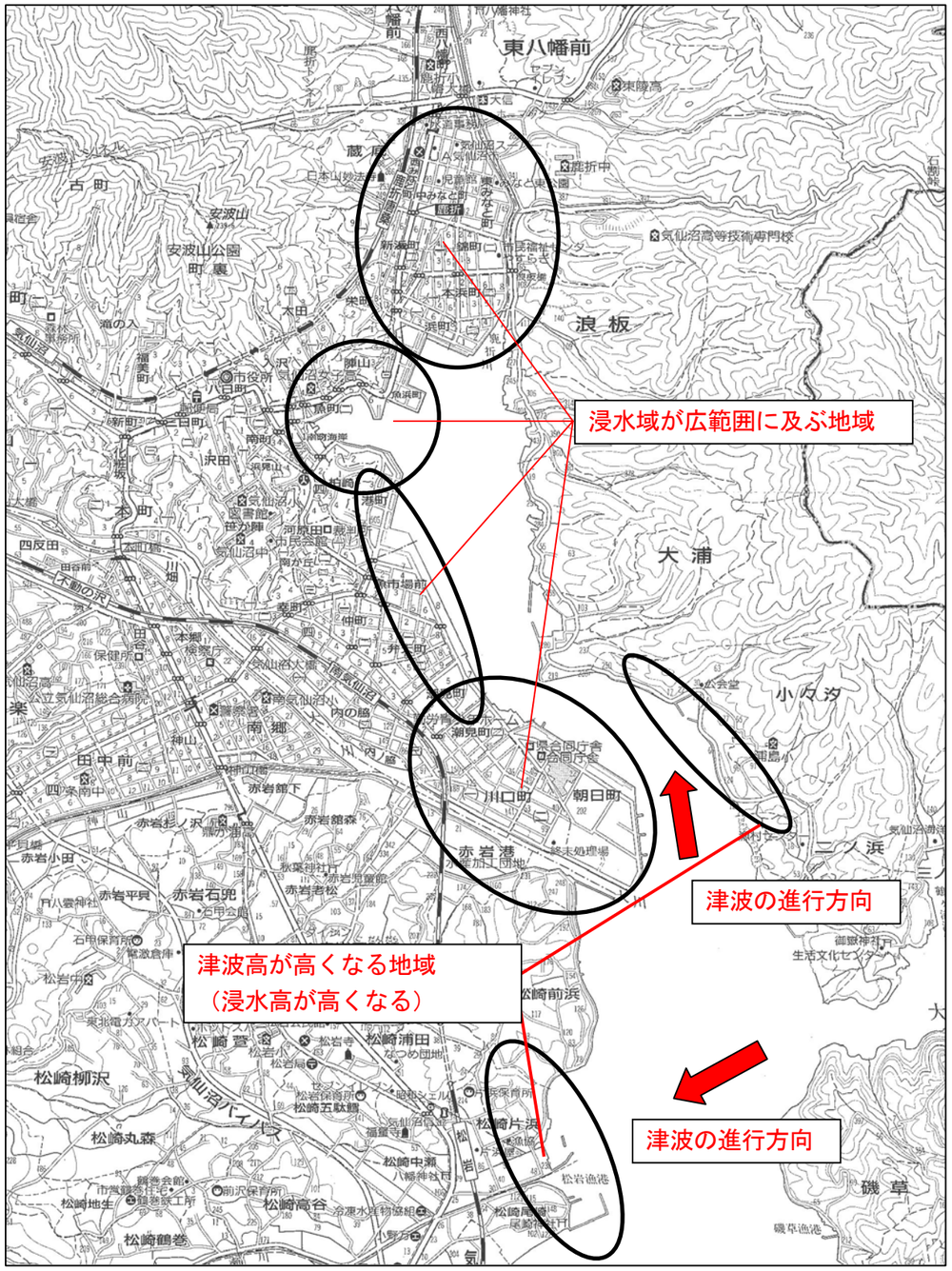


図 6.2　津波浸水被害の状況

②気仙沼市終末処理場（下水）の浸水被害

シミュレーション結果をもとに気仙沼市の終末処理場における施設被害について確認を行った。図 6.3 は最高津波高分布図, 図 6.4 は最高浸水高分布図である。終末処理場の敷地内では約 0.9～1.4m の浸水があり，処理施設の被害が予想される。

気仙沼市から提供された資料によれば，終末処理場の地盤高は約 D.L.+4.0m，施設からの排水口は手動開閉のゲートとなっている。一方, 排水口付近の海域の水位は, 初期水位 (H.W.L.=D.L.+1.80m) より約 2.5m 程度高くなって，D.L.+1.80+2.50=D.L.+4.3m となり，処理場内の地盤高よりも高くなることから，開口時の海水の逆流も予想される。よって，施設の津波被害を軽減させるためには，浸水対策とあわせて排水口の対策も検討する必要がある。

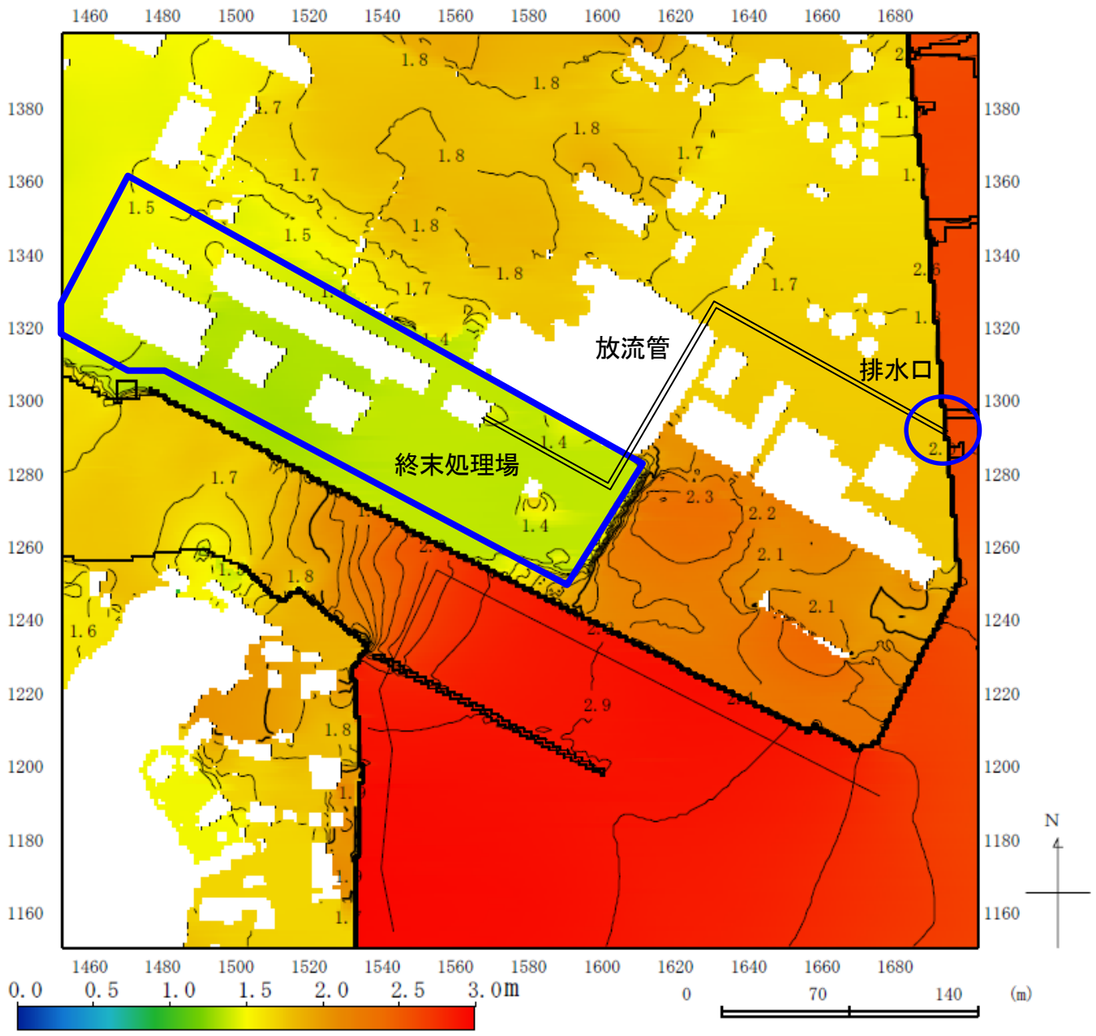


図 6.3　最高津波高分布（2m 格子領域の計算結果）及び終末処理場の位置

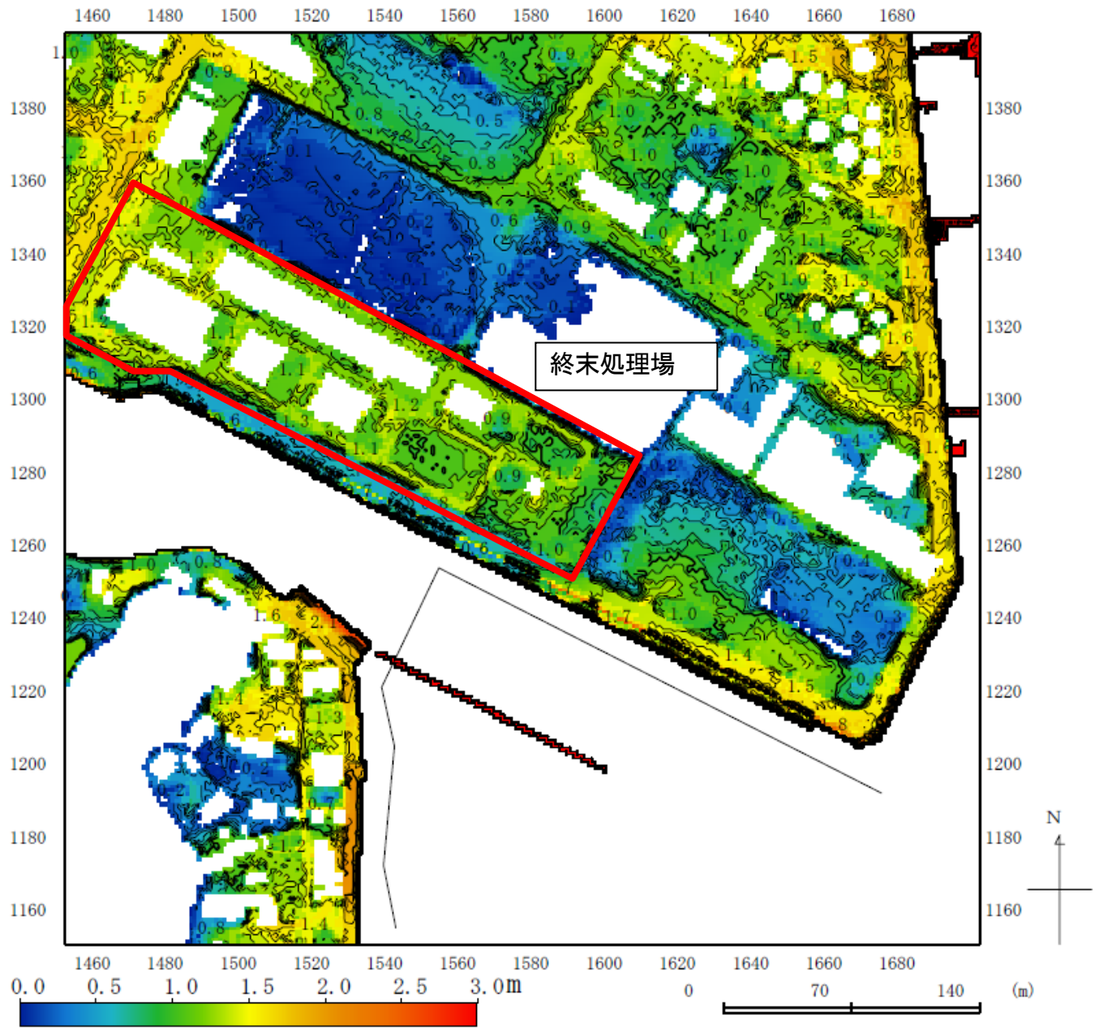


図 6.4　最高浸水高分布（2m 格子領域の計算結果）及び終末処理場の位置

③朝日町石油タンクの浸水被害

気仙沼市からの提供資料によれば，朝日町の石油タンク施設の防油堤の高さは，地盤面から約 1.2～1.35m の高さとなっている。シミュレーション結果より，石油タンク施設周辺では防油堤を越える浸水高（1.1～1.8m）となっており，防油堤内の浸水被害が生じる。このため，地震時において石油タンクから防油堤内への油の流出が発生する場合には，浸水に伴う防油堤外部への油の流出が予想される。

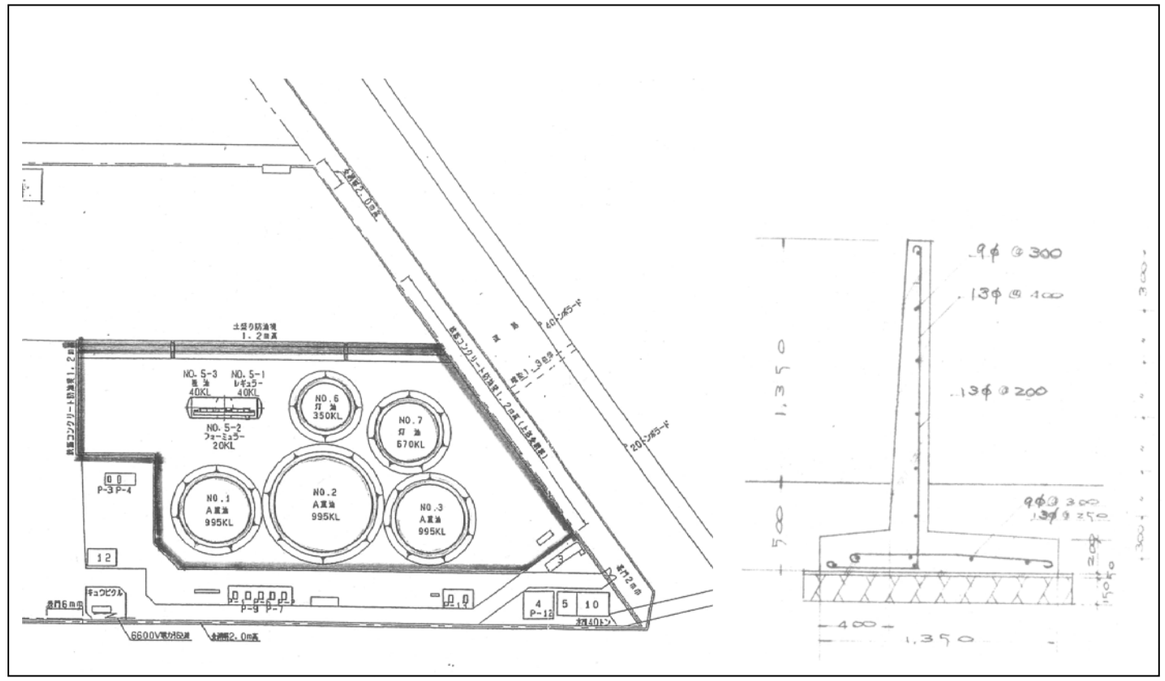


図 6.5　石油タンク施設の概要

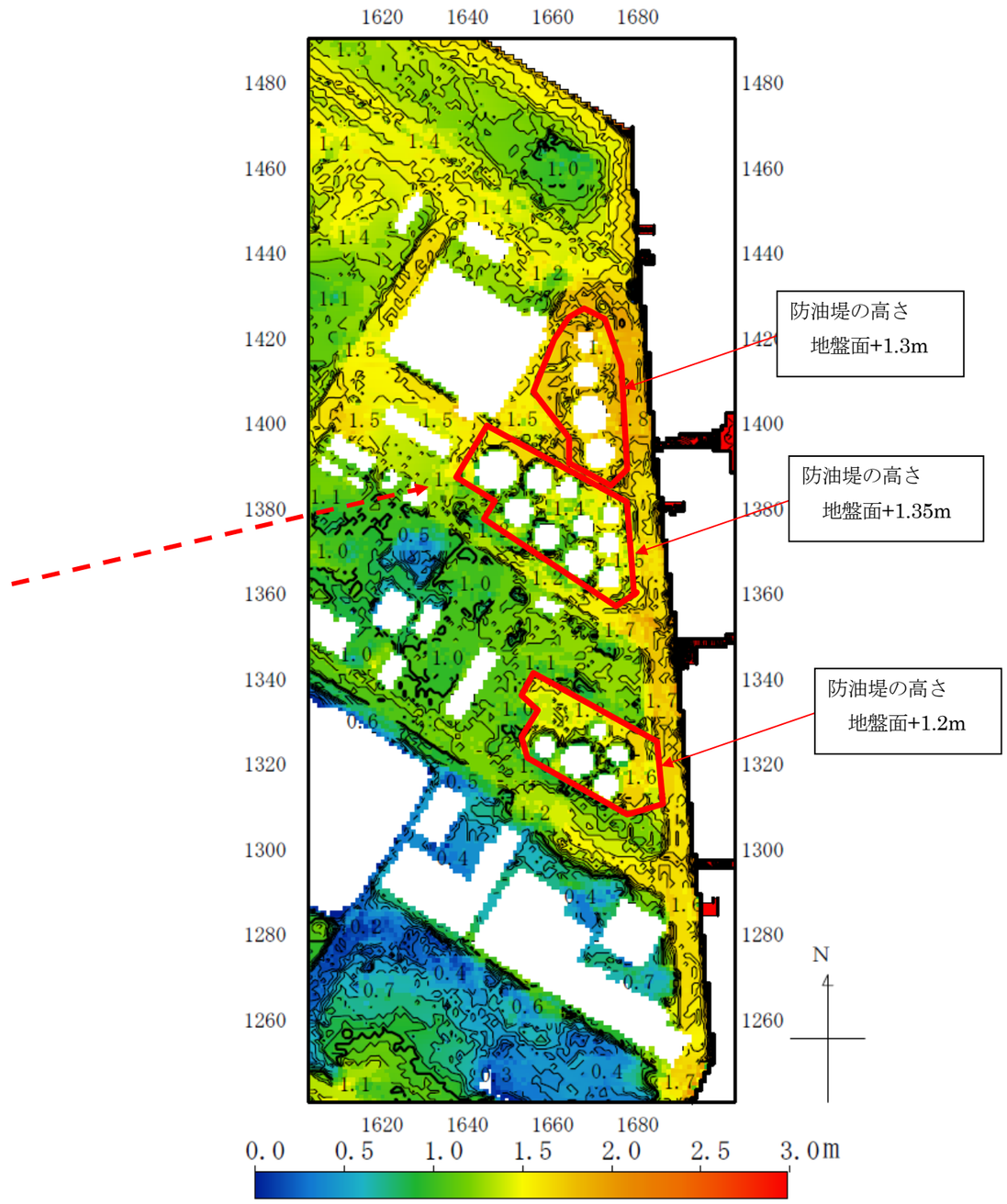


図 6.6　最高浸水高（2m 格子領域の計算結果）と防油堤の位置及び高さ

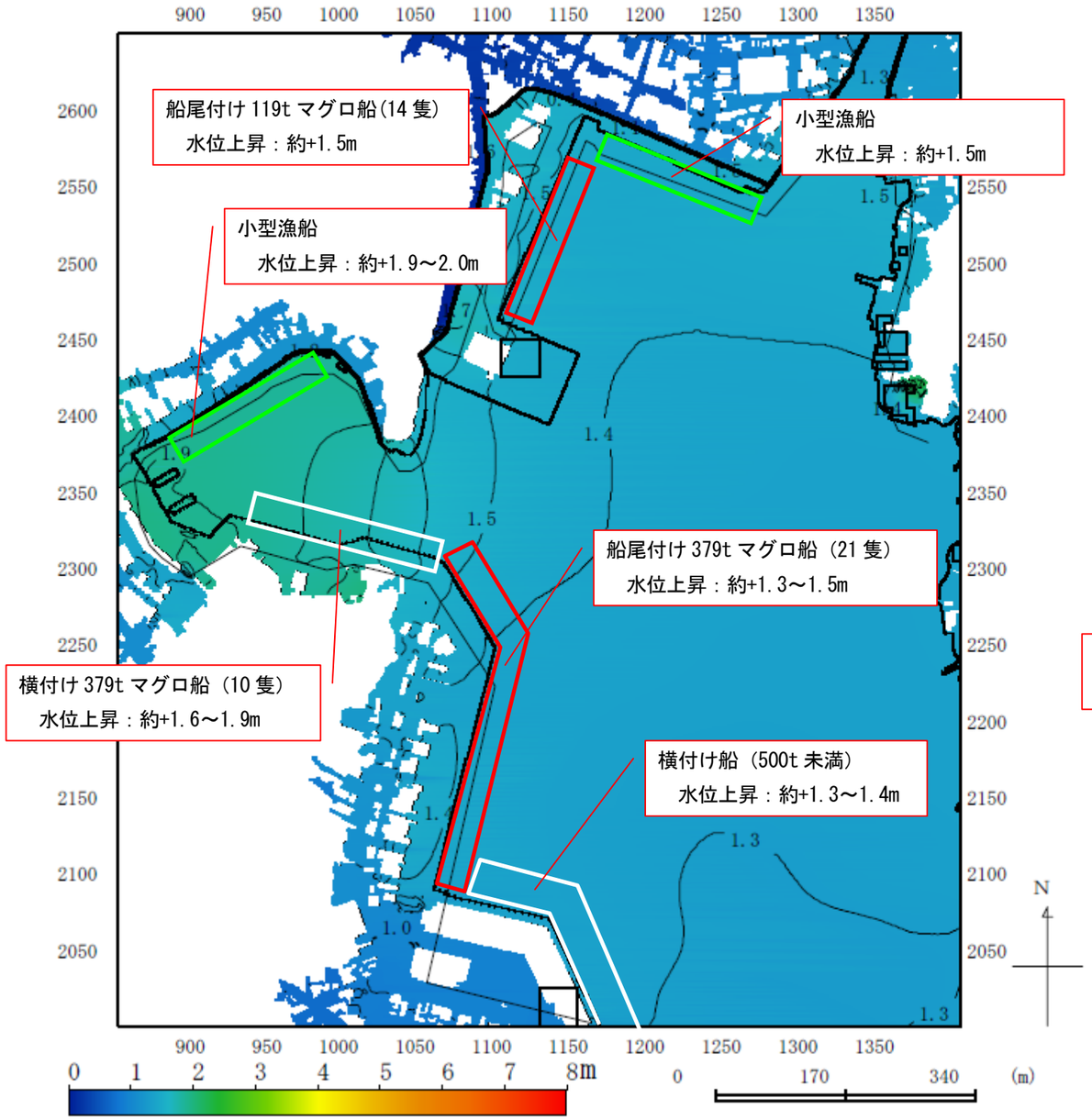


図 6.7(1)　鹿折川河口～魚市場における最高津波高分布

（2m 格子領域における津波遡上シミュレーション結果）

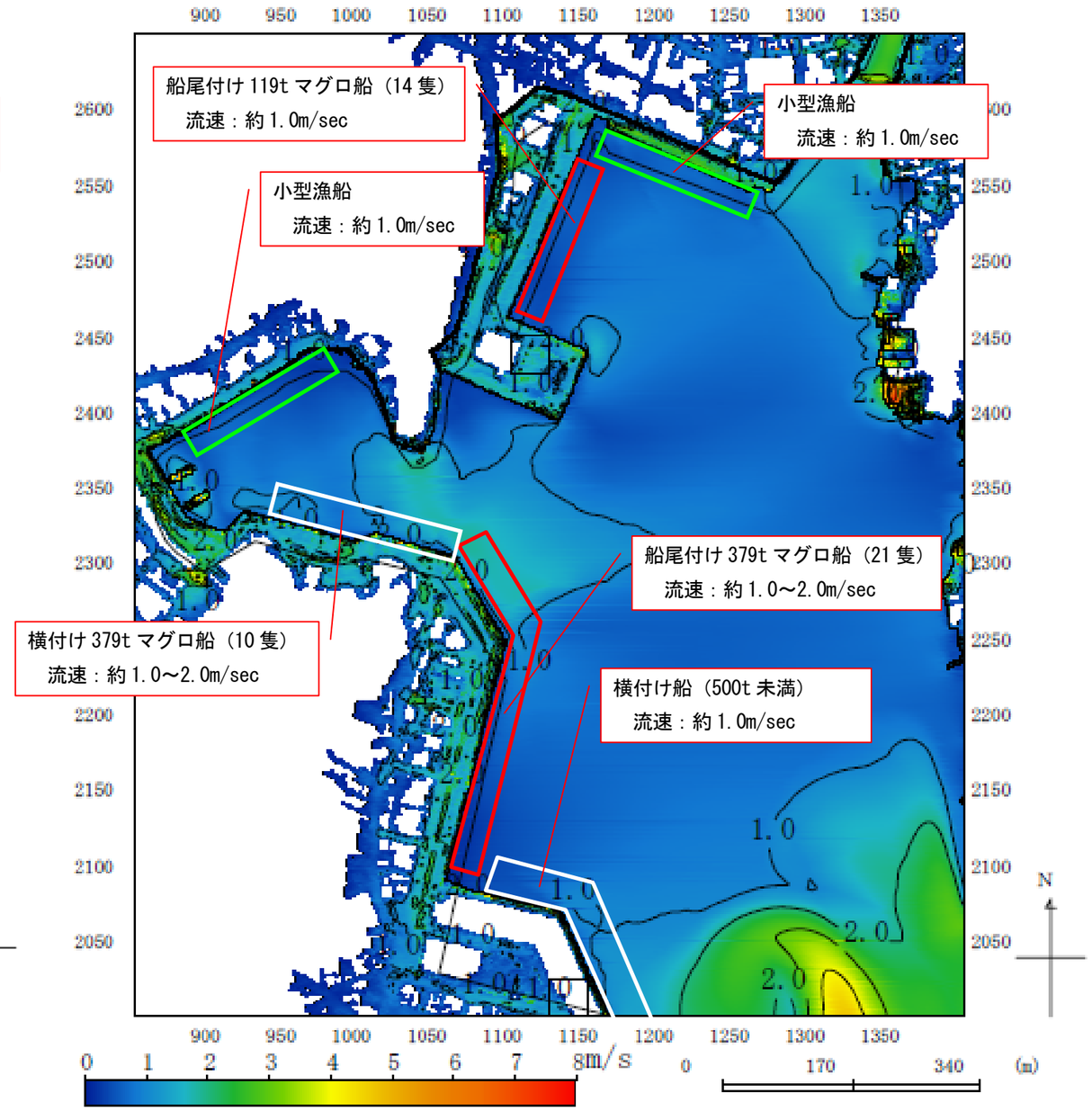


図 6.7(2)　鹿折川河口～魚市場における最大流速分布

（2m 格子領域における津波遡上シミュレーション結果）

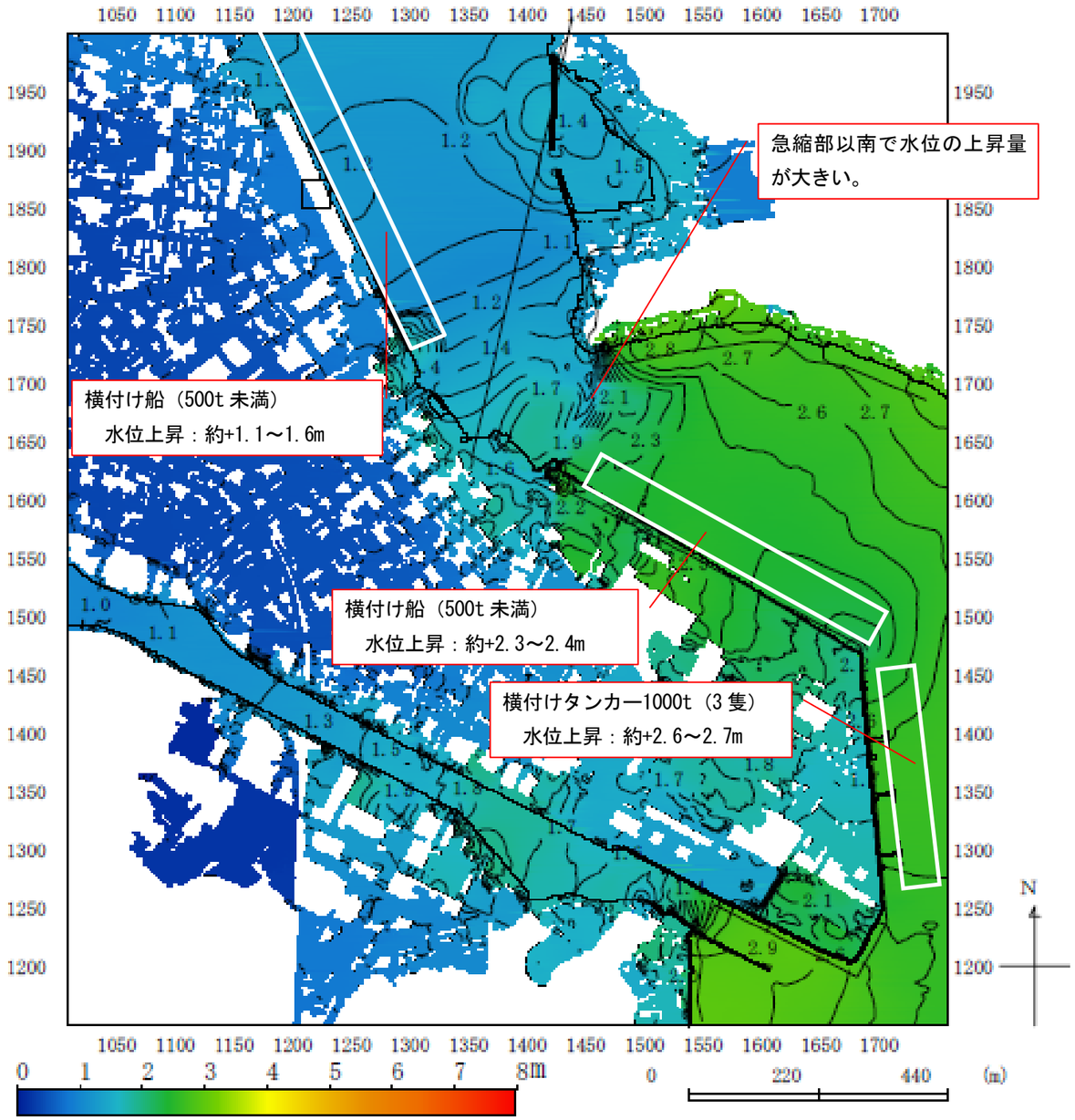


図 6.8(1)　魚市場～大川における最高津波高分布

（2m 格子領域における津波遡上シミュレーション結果）

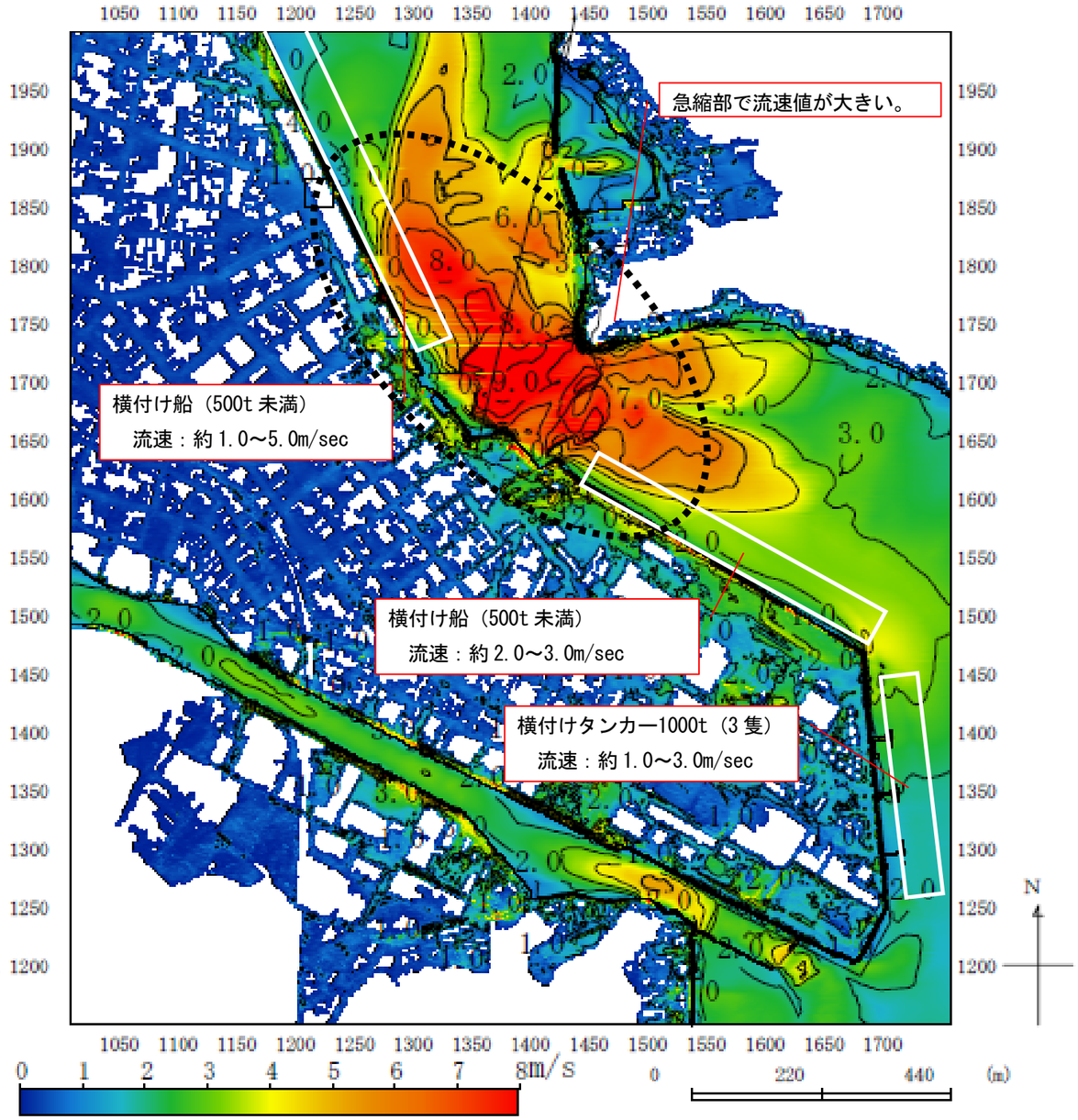


図 6.8(2)　魚市場～大川における最大流速分布

（2m 格子領域における津波遡上シミュレーション結果）

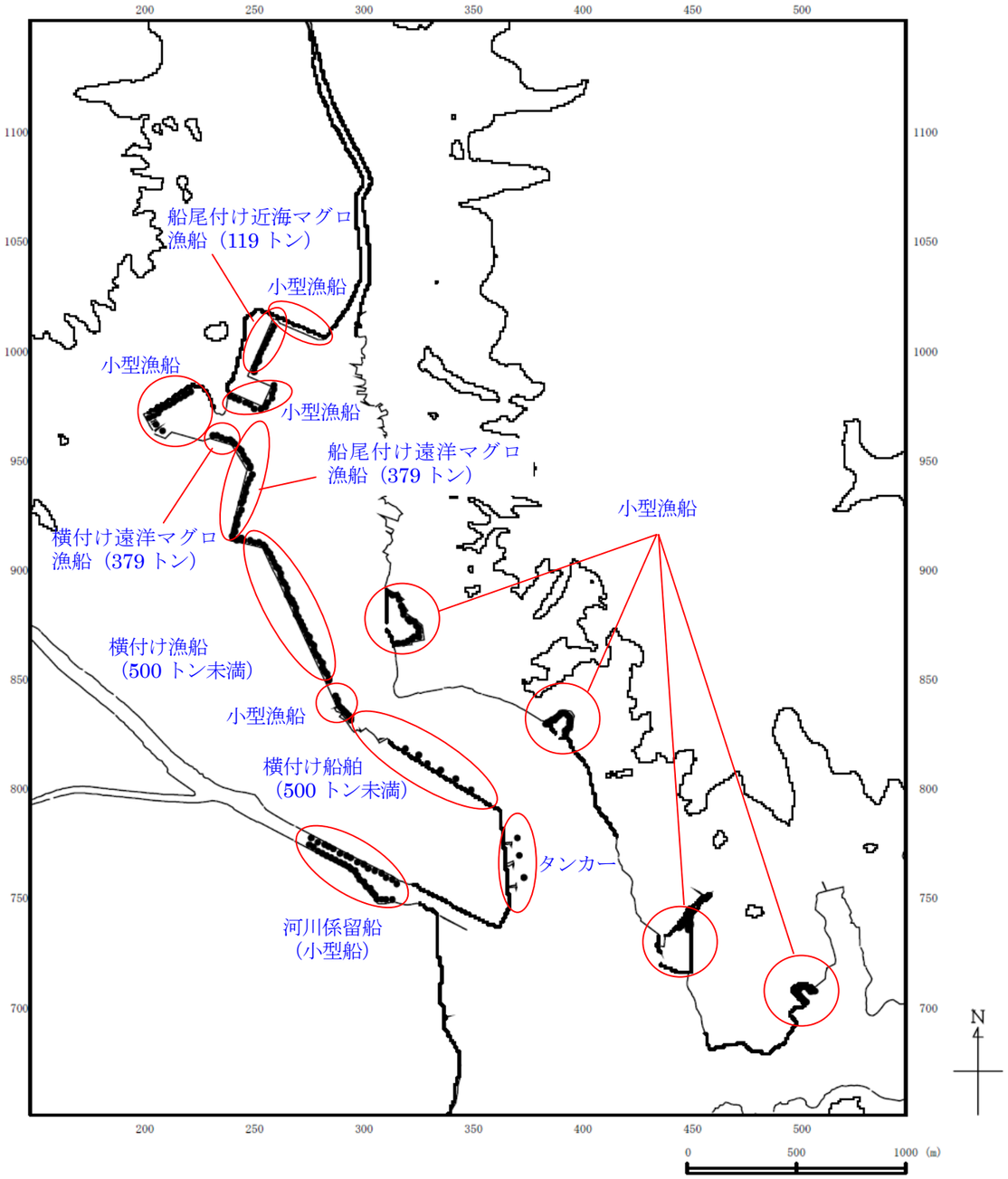


図 6.9(1)　地震発生前の船舶の位置（10m 格子領域）

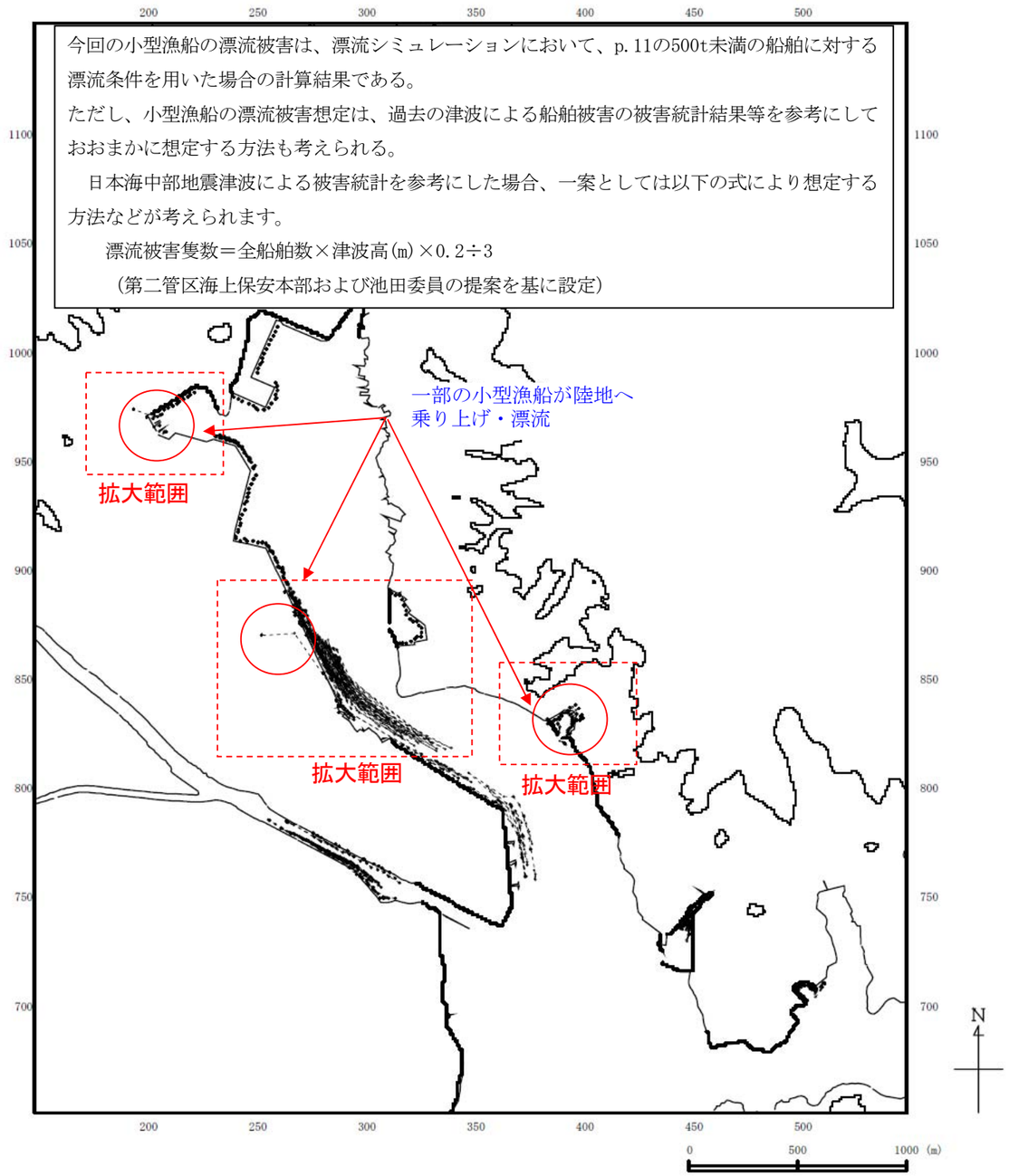


図 6.9(2)　地震発生から 3 時間の船舶の漂流軌跡（10m 格子領域）

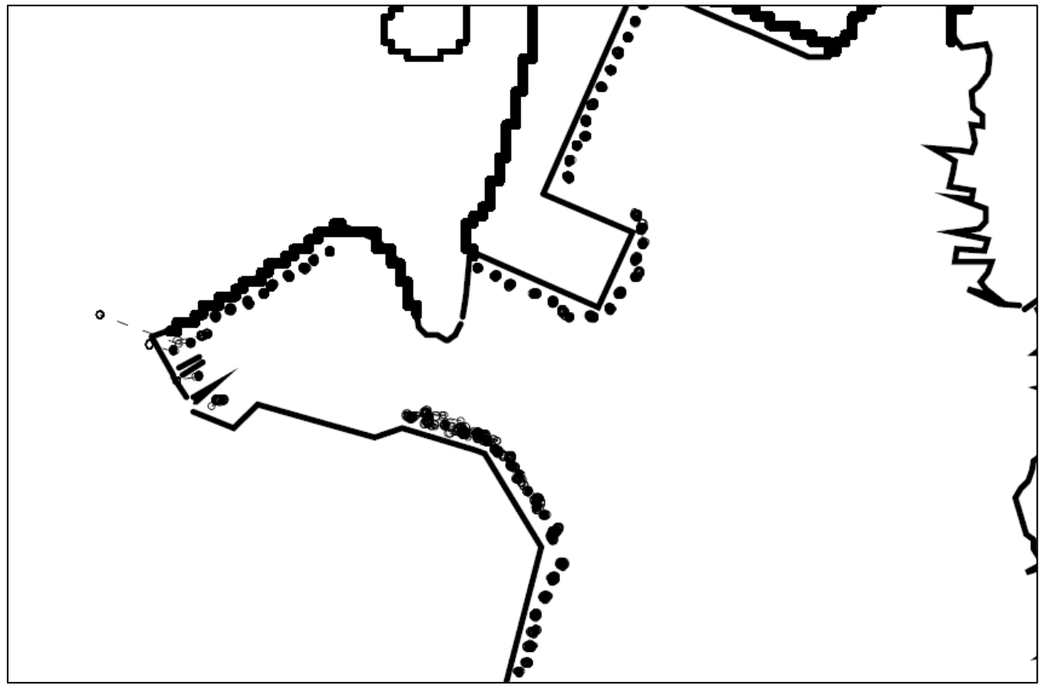


図 6.9(3)　地震発生から 3 時間の船舶の漂流軌跡（魚浜地区：10m 格子領域）

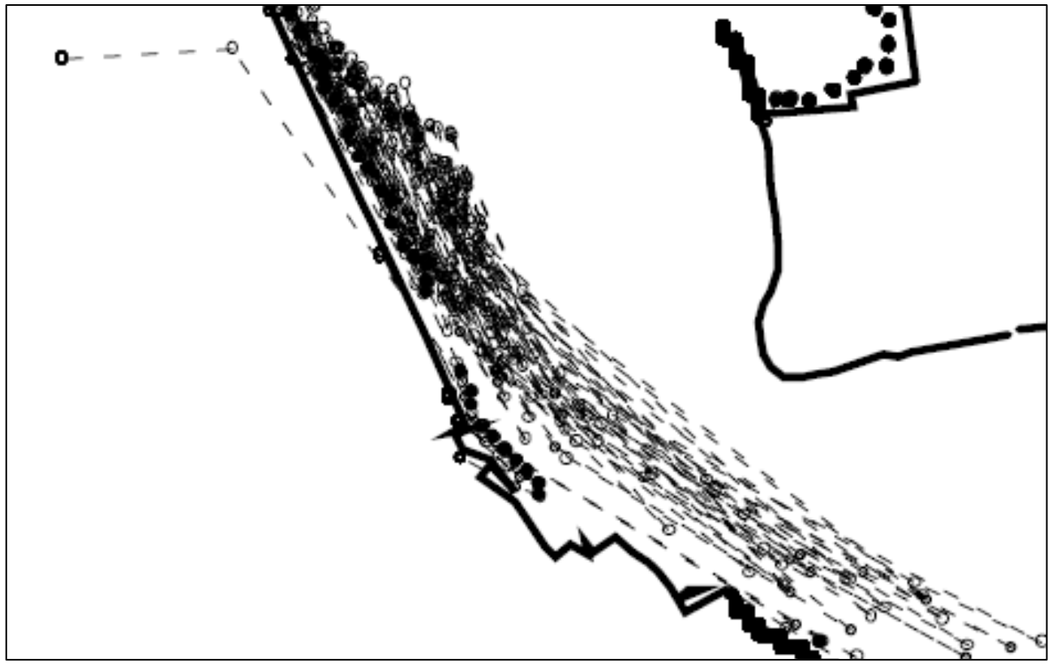


図 6.9(4)　地震発生から 3 時間の船舶の漂流軌跡（魚市場前：10m 格子領域）

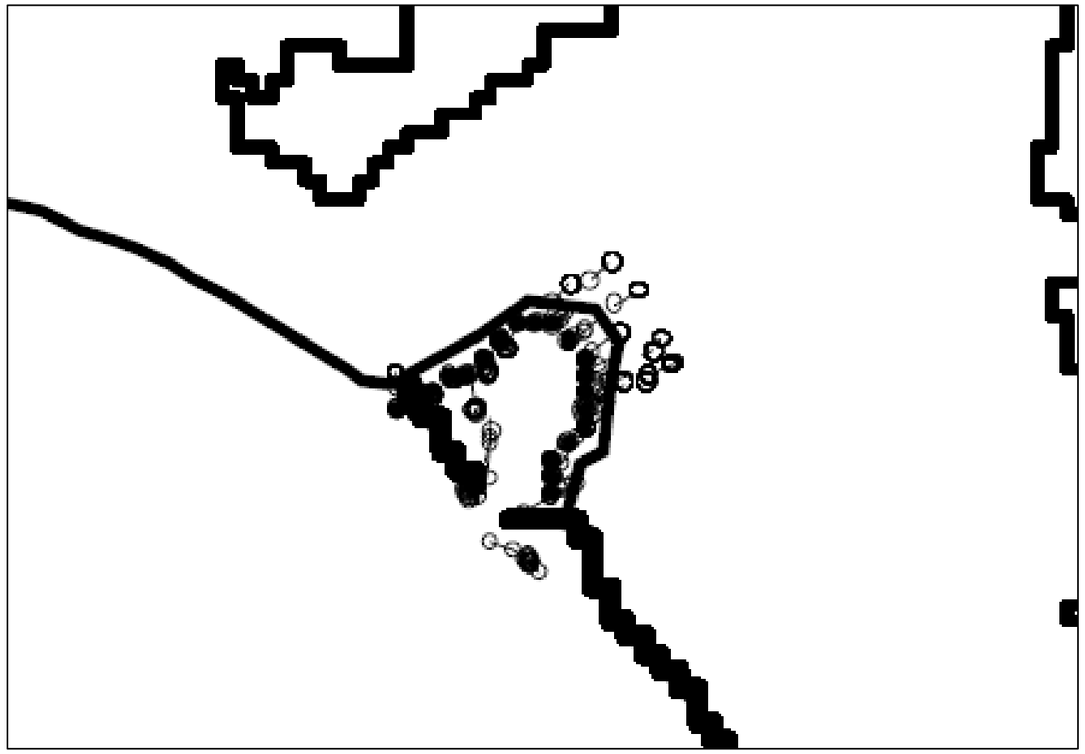


図 6.9(5)　地震発生から 3 時間の船舶の漂流軌跡（小々汐地区：10m 格子領域）

２）漂流被害の整理

漂流シミュレーション結果をもとに気仙沼港における漂流被害を表 6.4 に整理する。

表 6.4　気仙沼港における漂流被害

漂流物	被害状況	備　考
船　　舶	・気仙沼港奥においては，港奥の遠洋マグロ漁船や近海マグロ漁船が横付け，船尾付けの係留状態で多く存在するが，今回のシミュレーション結果からは漂流被害は発生しないことが確認された。 　また，小型漁船については，遊覧船乗り場付近の一部の漁船が陸上へ乗り上げることが確認された。このため，小型漁船の漂流に伴う，陸上における２次被害も懸念される。 ・魚市場付近の 500 トン未満の横付け中・大型船については，地形の影響により流速値が大きい位置にあるため，船舶の漂流が発生する。また，魚市場南側の小型船の船溜りでは，一部の漁船が陸上へ漂流しており，陸上における漂流船の衝突などの 2 次被害が発生する可能性がある。 ・港湾地域においては，500 トン未満のフェリーや貨物船，1,000 トン規模のタンカーが存在し，これらの船舶は漂流する結果となる。漂流範囲は，専用ドルフィンや岸壁付近であるが，漂流に伴う岸壁への衝突被害などが考えられる。 ・小々汐地区の漁港においては，小型漁船の漂流が確認され，一部が陸上へ漂流する。このため，漁港背後の住宅等への 2 次被害が発生する可能性がある。	・漂流物による陸上施設，海上施設の衝突被害の発生の可能性
養殖資機材	・気仙沼港奥の養殖資機材を除く他の養殖資機材は漂流しており，航路の閉塞や海岸や施設への漂着に伴う 2 次被害が発生する可能性がある。	
車　　両	魚浜町や魚市場周辺，朝日町の合同庁舎付近において，車両の流出がある。魚浜町の車両が津波によって押し流される。これに伴い，魚浜町に船尾付けされている中・大型漁船への衝突被害が懸念される。	

※実際は，本調査で対象とする漂流物以外に多くの漂流物が存在するため，漂流物ごとの管理・保管について十分な検討を行う必要がある。

７．津波被害軽減方策（案）

７．１　仙台港における津波被害軽減方策（案）

本調査における対策案の実現に向けては，今後，種々の検討や調整を要するものと思われる。特に，ハード対策の実現には，既往の港湾計画等との整合，事業制度などの検討が必要であり，長期的な検討が必要な対策案であると判断される。

（１）津波被害軽減対策（案）の提案

１）ハード対策

仙台港における津波被害軽減対策としては，津波浸水被害対策と浸水被害に伴う流出被害対策を中心に提案する。

①高砂ふ頭背後～蒲生干潟間の海岸堤防の整備案（図 7.3）

②雷神ふ頭における既設フェンス基礎の活用・強化による浸水・流出防止対策案（図 7.4）

２）ソフト対策

ソフト対策としては，津波被害の危険性を日頃から周知するための施設（表示板）や，地震発生時における防災無線（警報スピーカー）などを整備し，津波来襲時の避難行動において利活用を図る。また，砂押川に接続する貞山堀においては多くの放置艇があるため，津波来襲時の放置艇の漂流に伴う被害の防止を図る。

①津波被害の危険範囲を知らせる表示板の設置

②津波来襲を知らせる防災無線の強化

③砂押川貞山堀の放置艇対策

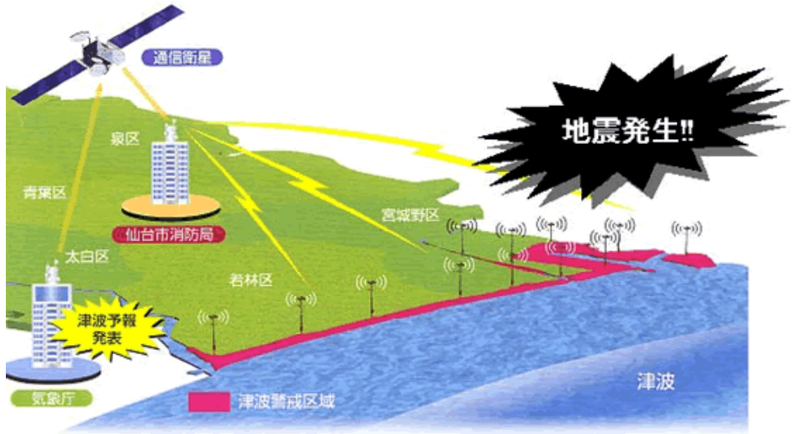


図 7.1　仙台市防災情報伝達システムの活用

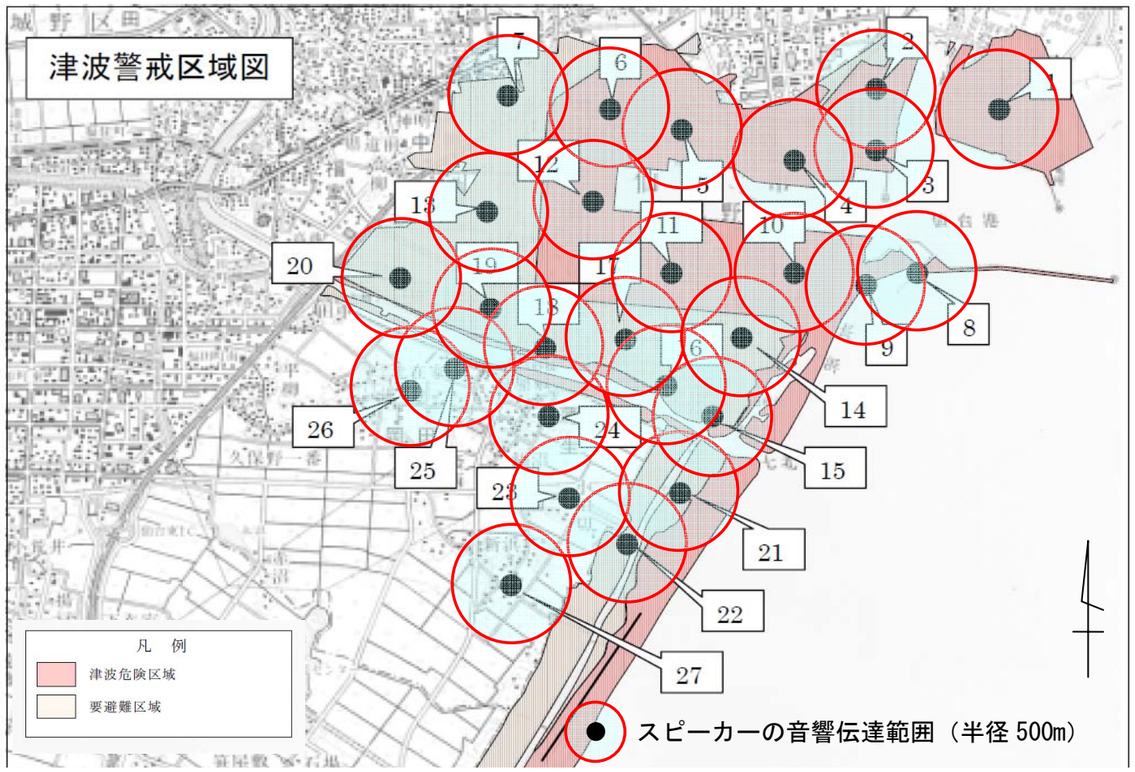


図 7.2　仙台市津波情報伝達システム屋外拡声装置配置図

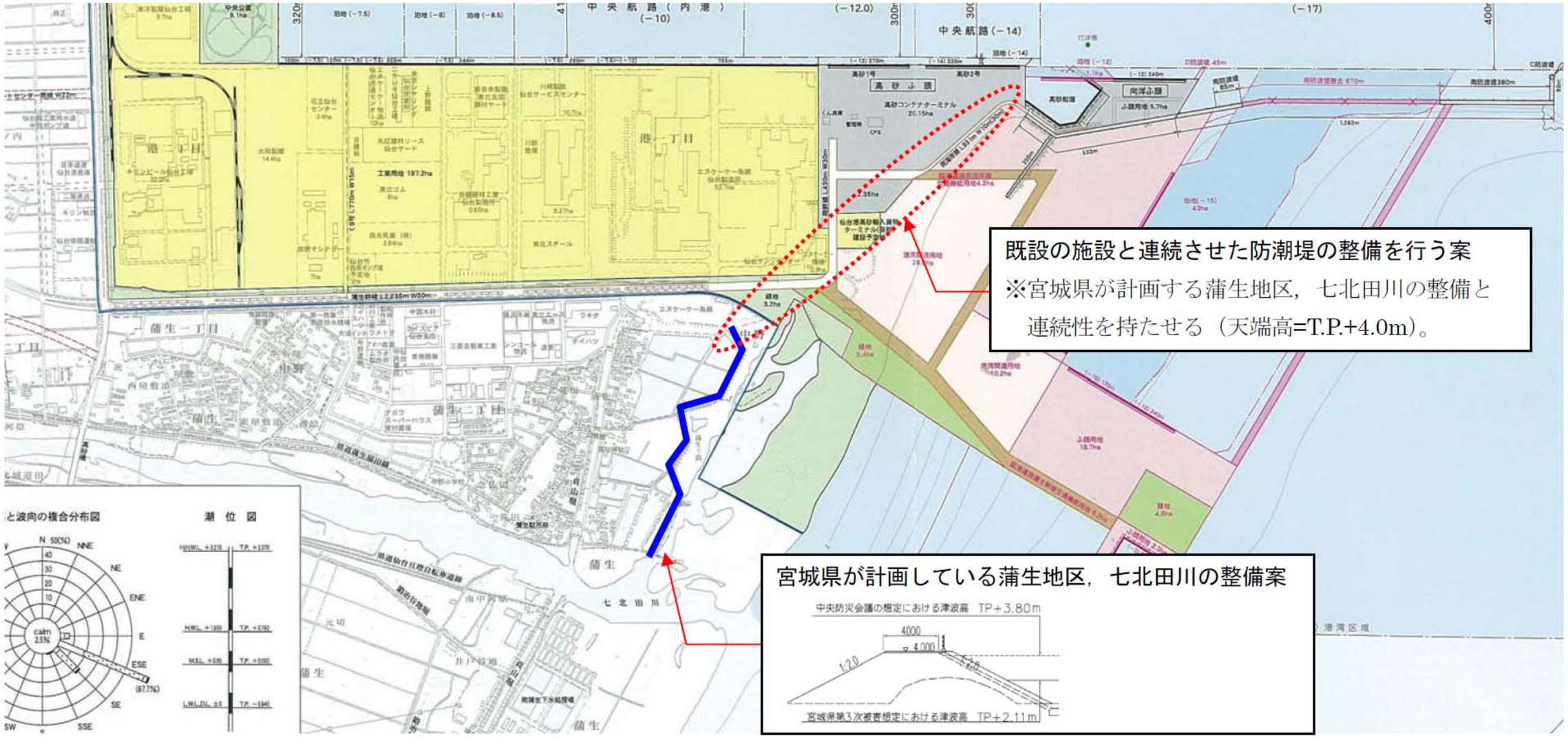


図 7.3　海岸堤防の整備による仙台港の津波低減対策案

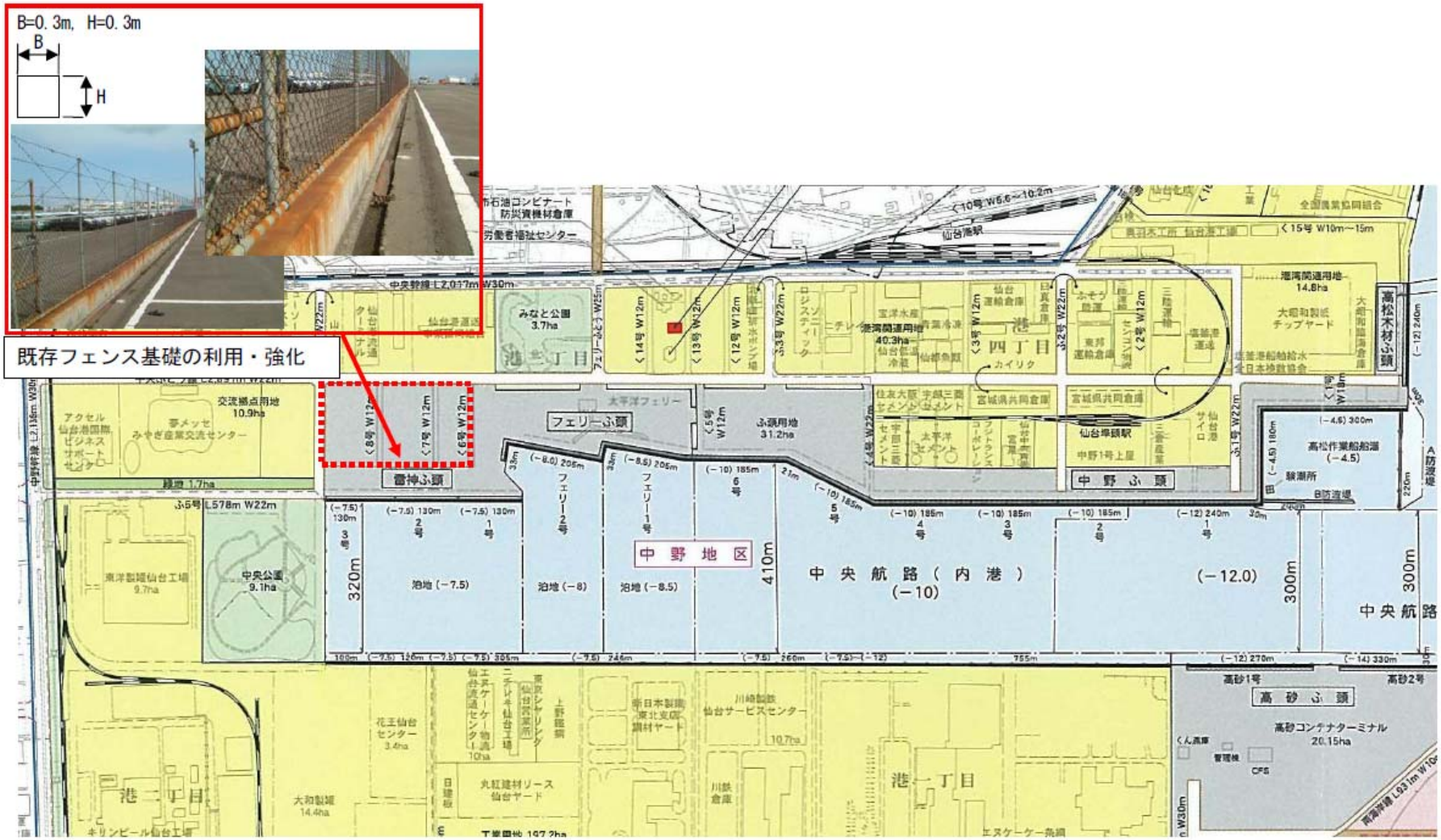


図 7.4　既設のフェンス基礎利用・強化，ふ頭用地背後の固定式防潮堤設置による浸水・流出対策

３．２　気仙沼港における津波被害軽減方策（案）

本調査における対策案の実現に向けては，今後，種々の検討や調整を要するものと思われる。特に，ハード対策の実現には，既往の海岸保全基本計画等との整合，事業制度などの検討が必要であり，長期的な検討が必要な対策案であると判断される。

表 7.1　気仙沼港における津波被害軽減方策（案）

対策	対策項目	内容	備考
ハード対策	浸水被害対策	・宮城県の海岸保全施設整備計画との調整を図り，海岸における防護施設の整備を行い，浸水被害の低減を図る。 ・石油タンクの防油堤内に浸水するため、防油堤の嵩上げまたは港湾地区の現存している胸壁の嵩上げ。（現状の天端高はチリ津波対応でＴ.Ｐ.＋3.2m） また，石油タンクだけでなく、パイプラインも含めた防護が望ましい。 ※胸壁の嵩上げについては港湾地区だけではなく、未設置の周囲も含めて連携した嵩上げが必要となる。また、津波高が高いため構造について周囲の支障とならない検討も必要。また，石油タンクの耐震性について安定計算は確認したが、地盤の液状化については確認していないため、今後検討が必要。	
	漁船漂流被害対策	漁船等の漂流による二次被害が予想されるため、物揚場背後に防護柵の設置を行う。	
	排水口の逆流防止対策	魚市場北側の既設の大型排水口がオープンのため、逆流防止装置を設置する。	
ソフト対策	津波表示板の設置	津波被害の危険性を知らせる表示板を設置する。	
	防災無線の強化	防災無線の届かない地域において津波来襲を知らせる警報装置（防災無線）を強化する。	
	津波来襲時の対応マニュアルの整備	終末処理場の排水口には手動開閉の逆流防止装置が設置されているので、津波来襲時の体制を強化する。	
	河川放置艇対策	大川や鹿折川においては放置艇が確認されるため，放置艇の漂流被害を防止するために，放置艇対策を強化する。	