

# 沖繩県津波被害想定調査業務委託

## 報 告 書

(概要版)

平成25年3月

沖繩県土木建築部  
海岸防災課

## 目 次

1. 業務概要 .....	1
1.1 調査の目的 .....	1
1.2 調査項目と調査のながれ .....	2
1.3 対象範囲 .....	4
1.4 調査の成果 .....	5
2. 資料収集・整理 .....	6
2.1 地形データに関する資料 .....	6
2.2 海岸構造物データに関する資料 .....	7
2.3 粗度データに関する資料 .....	7
3. 地形モデル作成 .....	8
3.1 地形モデル作成の概要 .....	8
3.2 メッシュ配置 .....	9
3.3 地形データの作成 .....	12
3.3.1 作成手順 .....	12
3.3.2 詳細計算領域の地形データ作成 .....	14
3.4 構造物データの作成 .....	19
3.4.1 対象とした構造物 .....	19
3.4.2 作成手順 .....	20
3.5 粗度データの作成 .....	21
3.5.1 作成手順 .....	21
3.5.2 詳細領域での粗度係数の設定 .....	21
4. 津波の浸水想定 .....	24
4.1 津波・外力（対象地震）の設定 .....	24
4.2 シミュレーション手法の概要 .....	25
4.2.1 基礎方程式 .....	25
4.2.2 計算条件 .....	25
4.3 シミュレーションの条件 .....	26
4.4 検証計算 .....	28
4.4.1 検討対象地震 .....	28
4.4.2 波源モデル .....	28
4.4.3 痕跡高との比較結果 .....	31
4.5 津波概略（広域）シミュレーション .....	33
4.5.1 津波概略（広域）シミュレーションの条件 .....	33
4.5.2 広域シミュレーションの結果 .....	39
4.5.3 想定地震の設定 .....	53

4.6	津波詳細シミュレーション	54
4.6.1	浸水深分布	55
4.6.2	各地域の沿岸水位、最大遡上高、影響開始時間、到達時間	62
5.	成果の作成	68
5.1	成果一覧	68
5.2	津波浸水予測図	69
5.3	C G（動画）	76
5.4	ホームページ用データ	79
5.5	G I S データ	79
6.	今回浸水想定的位置付け	80
7.	検討委員会	82
7.1	目的	82
7.2	委員	82
7.3	主な議事内容	83
8.	おわりに	84

## 1. 業務概要

### 1.1 調査の目的

本業務は、東北地方太平洋沖地震の被害を鑑み、これまでの地震・津波予測を再検証し、学術的知見から、最大クラスの巨大地震・津波を想定して、浸水予測を実施し、沖縄県の防災対策の基礎資料とするとともに、今後、各市町村が作成する津波の住民避難用ハザードマップに活用する基礎資料とするものである。

## 1.2 調査項目と調査のながれ

本業務では、以下に示す調査項目について、整理・解析した。業務は、図 1.2.1 に示すフローにしたがって実施した。

表 1.2.1 調査項目

種別	細別	単位	数量	摘要
計画準備		式	1	
地形データの収集及び作成	資料収集	式	1	
	現地調査 (海岸構造物・地形)	式	1	
	データ入力	式	1	
	データ作成	式	1	
津波・外力 (対象地震の設定)	地震・津波履歴調査	式	1	
	津波波源モデルの設定	式	1	
津波概略 (広域) シミュレーション	概略地形モデル作成	式	1	
	シミュレーションと評価	式	1	
津波詳細シミュレーション		式	1	
学識経験者から構成する 検討委員会	資料準備 議事録作成	式	1	
	委員会運営	式	1	
津波痕跡調査		式	1	
成果品作成		式	1	

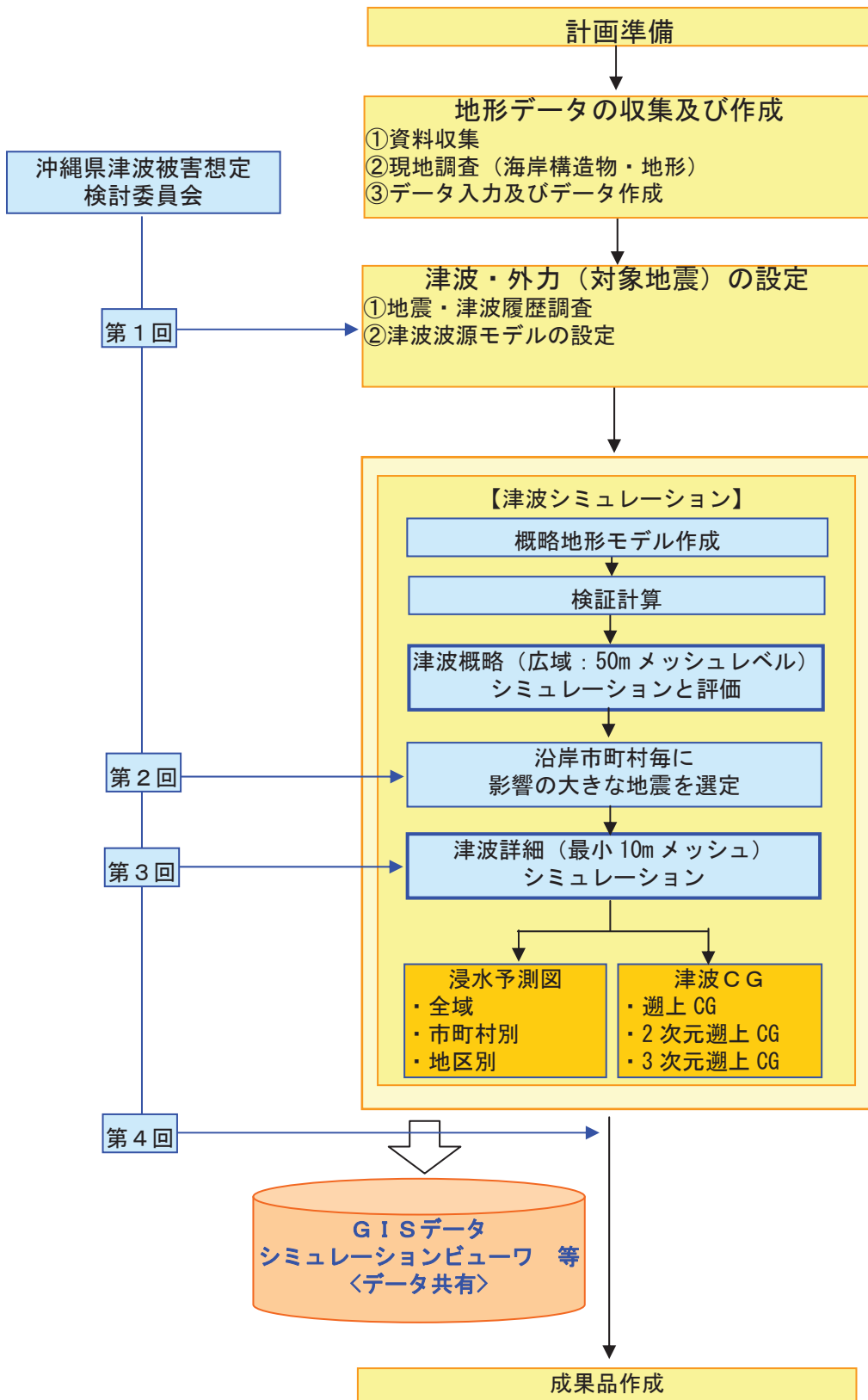


図 1.2.1 業務フロー

### 1.3 対象範囲

対象範囲は、以下に示すとおり、想定する波源を含む海域から沖縄本島沿岸及び宮古・八重山諸島沿岸域を対象範囲とした。全てのデータの座標系は、世界測地系平面直角座標系（第15系～16系）で作成した。また、メッシュデータは、最小領域として、沖縄県沿岸域全域を50mメッシュ、詳細計算領域では10mメッシュを用いた遡上計算を実施した。

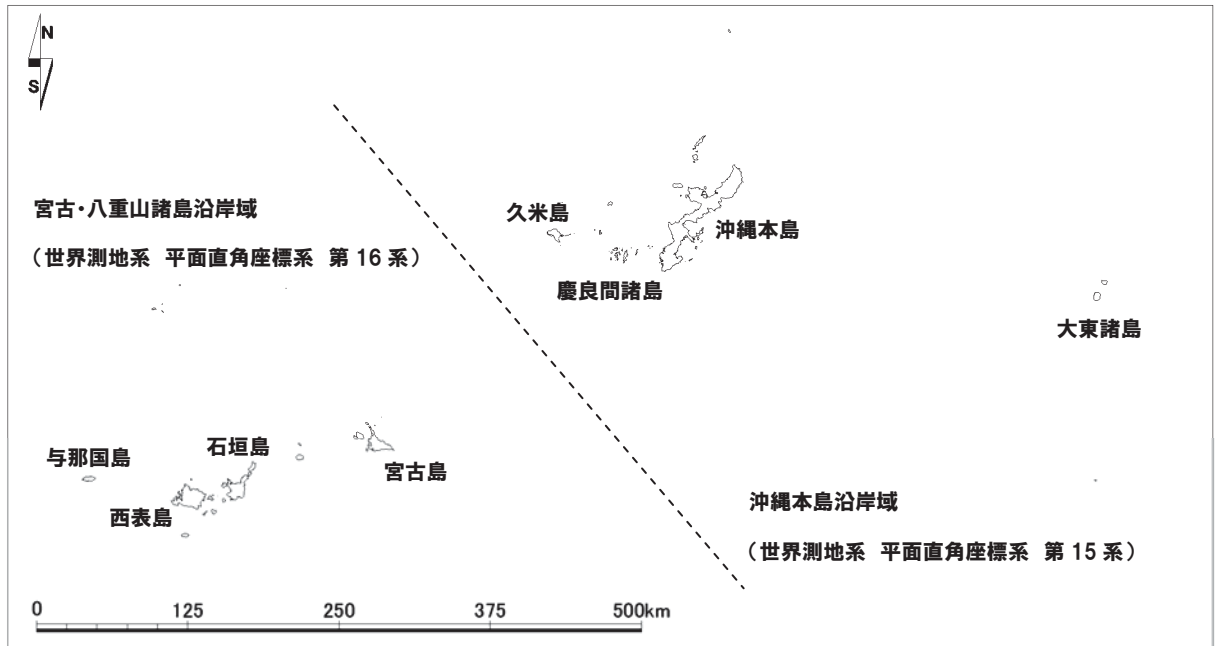


図 1.3.1 対象範囲

#### 1.4 調査の成果

本業務の成果品は、以下に示すとおりである。

表 1.4.1 成果品一覧

成果品名	部数
報告書 (A4 判、金文字黒表紙 15 部、ドッチファイル 1 部)	16 部
概要報告書 (A4 判)	130 部
全域浸水予測図 (縮尺 1/150,000 程度) A1 版 (本島、宮古・八重山) A4 折	各 10 枚
図面集 (A3 縮小版、ドッジファイル) ・ 全域浸水予測図 ・ 市町村別の詳細予測図 ・ 地区別の詳細予測図	110 部
図面集 (A2 版、観音) ・ 全域浸水予測図 ・ 市町村別の詳細予測図 ・ 地区別の詳細予測図	2 部
津波 CG (伝播 CG、2 次元遡上 CG、3 次元遡上 CG)	110 部
その他データ (各種データ及び GIS ビューワ等を記録した CD-R 等のメディア)	1 式



## 2. 資料収集・整理

津波シミュレーションに用いる地形データならびに海岸構造物データ作成のため、既往検討結果である以下の資料を利用した。

- ・平成 18 年度 沖縄県津波・高潮被害想定調査業務委託（沖縄本島沿岸域）
- ・平成 19 年度 沖縄県津波・高潮被害想定調査業務委託（宮古・八重山諸島沿岸域）

### 2.1 地形データに関する資料

既往計算領域に関しては、平成 19 年度以降で埋立等により更新された箇所の修正を行うとともに、計算領域の拡張に伴って新たに地形データの作成に必要な資料収集を行った。地形作成に関して用いた資料は以下に示すとおりである。

表 2.1.1 地形データ作成に関する資料（平成 19 年度以降を対象）

データ名	資料提供元	データ概要
基盤地図情報	国土地理院	航空レーザデータ（5m メッシュ） 数値標高モデル（10mメッシュ）
沖縄県海拔高度 マップ用データ	沖縄県 危機管理課	10m メッシュ
JTOPO30	海洋情報研究センター	30 秒グリッドデータ
海底地形 デジタルデータ	日本水路協会	M7000 (水深、等深線デジタルデータ)
深浅測量成果	沖縄総合事務局開発建設部 沖縄県 土木建築部 海岸防災課、 河川課、港湾課、 農林水産部 漁港漁場課	平面図、縦横断図 (デジタルデータ)
河川縦横断測量成果、 河川平面図	沖縄総合事務局開発建設部 沖縄県河川課	平面図、縦横断図 (デジタルデータ)
港湾計画平面図、 漁港計画平面図	沖縄総合事務局開発建設部 沖縄県 土木建築部 海岸防災課、 港湾課、 農林水産部 漁港漁場課	港湾、漁港周辺の等深線 が入った平面図
DM2500・DM5000	沖縄県、沿岸市町村	平面図 (デジタルデータ)

## 2.2 海岸構造物データに関する資料

平成 19 年度以降の経年変化を反映した最新の海岸構造物（護岸、防波堤、水門等）の形状とするために、沖縄県（海岸防災課、河川課、港湾課、漁港漁場課、他）及び沖縄総合事務局開発建設部等の関係先を通じ、資料収集を行った。

なお、収集した資料は、平成 19 年度以降に新たに築造されたものや、改変されたものを対象とした。

表 2.2.1 海岸構造物データ作成に関する資料（平成 19 年度以降のもの）

データ名	提供元候補	データ概要
施設データ 海岸保全施設台帳、 港湾施設台帳（国、県）、 漁港施設台帳、河川台帳、 水門と水路の位置、 整備状況がわかる資料、 潮位関係表	沖縄総合事務局開発建設部 沖縄県 土木建築部 海岸防災課 河川課、港湾課、 農林水産部 漁港漁場課	施設の整備の進捗状況、 規模、高さデータ (計画平面図、標準断面図、)

## 2.3 粗度データに関する資料

粗度データに関しても地形データ同様に既往領域での更新、拡張領域での更新を行うため、土地利用状況の確認資料として航空写真を収集した。

表 2.3.1 粗度係数の設定

データ名	資料提供元	データ概要
航空写真 (オルソ画像、 空中アナログ写真)	沖縄県 沿岸各市町村	施設位置、土地利用の状況が わかる写真
土地利用図	沖縄県 沿岸各市町村	平面図 (デジタルデータ)

### 3. 地形モデル作成

#### 3.1 地形モデル作成の概要

津波シミュレーションの計算では、次にあげる地形モデル（地形・構造物・粗度データ）を作成した。

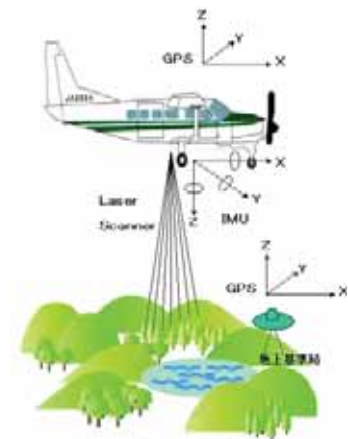
表 3.1.1 地形モデルを構成するデータ群

地形モデル
<p>地形データ（メッシュデータ）</p> <p>津波の伝播や遡上等の津波シミュレーションをするための水深・標高資料収集整理や航空機レーザデータ*1、空撮オルソ画像*2判読等により海陸一体に地形データを統合整備</p>
<p>構造物データ（ブレイクラインデータ）</p> <p>津波の伝播や遡上を遮る防波堤や河川堤防等の構造物の位置と高さ、海岸構造物（防波堤等）、河川構造物（河川堤防等）について資料収集整理により整備</p>
<p>粗度データ（メッシュデータ）</p> <p>津波の伝播・遡上に対する摩擦を表す粗度係数を水部の分布や陸上の土地利用状況から推定したものを資料収集整理・オルソ画像判読により整備</p>

※世界測地系平面直角座標系（第15系～16系）で作成

#### \*1：航空機レーザデータ

航空機からレーザ光を発して、高密度・高精度に測量したものである。航空機から地上に向けてパルスレーザを連続照射し、反射してくるレーザとの時間差から、地表や建物・樹木など地上にある物（地物）との距離を測る。航空機の空間位置は連続的に観測されているので、時間差と共に反射レーザの入射角度を同時計測することで、地表・地物の位置と高さを測定したデータが取得される。



#### \*2：空撮オルソ画像

本業務では、GIS上で地図と重ねることができるオルソ画像（正射投影画像）を用いて、構造物等の位置や土地利用の確認などに幅広く利用した。

### 3.2 メッシュ配置

シミュレーションに用いるメッシュの配置を以下に示す。

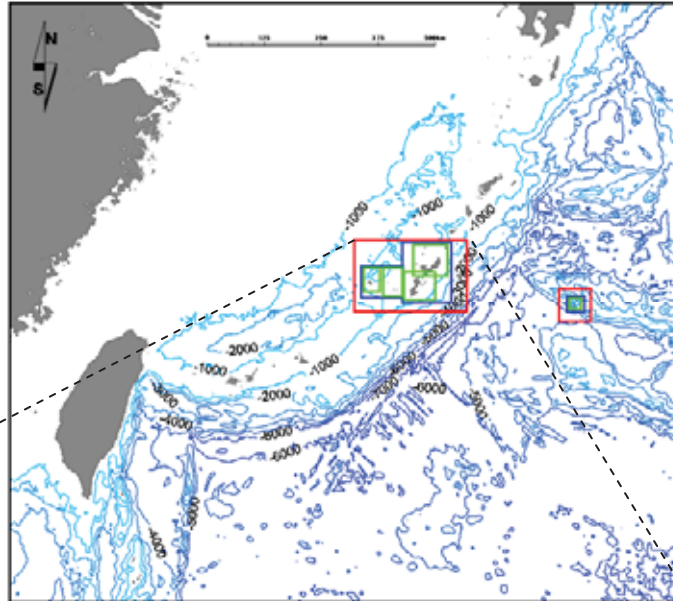
メッシュサイズ（格子間隔）は、沿岸域や陸域で精度良く計算できるように、沖合から沿岸域にかけて次第に小さくなるように設定した。

沖合領域では、津波の発生及び伝播を計算するために、プレート境界などを含みかつ想定震源断層を包括できるよう設定した。

沿岸全域を沿岸部領域とし、50mメッシュで地形モデルを作成した。また、沿岸市町村において、既往災害や地形状況から津波浸水が著しくなる恐れのある範囲、または人口が集中する範囲をそれぞれ1地区以上選定し、詳細領域として10mメッシュで地形モデルを作成した。

また、既往10mメッシュ領域を見直し、拡大を図った。メッシュ配置図に示したピンク色枠の範囲が詳細地区を示している。

- 凡例  
メッシュ配置
- 900mメッシュ領域
  - 300mメッシュ領域
  - 100mメッシュ領域
  - 50mメッシュ領域
  - 10mメッシュ領域



※大東諸島は 10m メッシュ領域の設定はなし

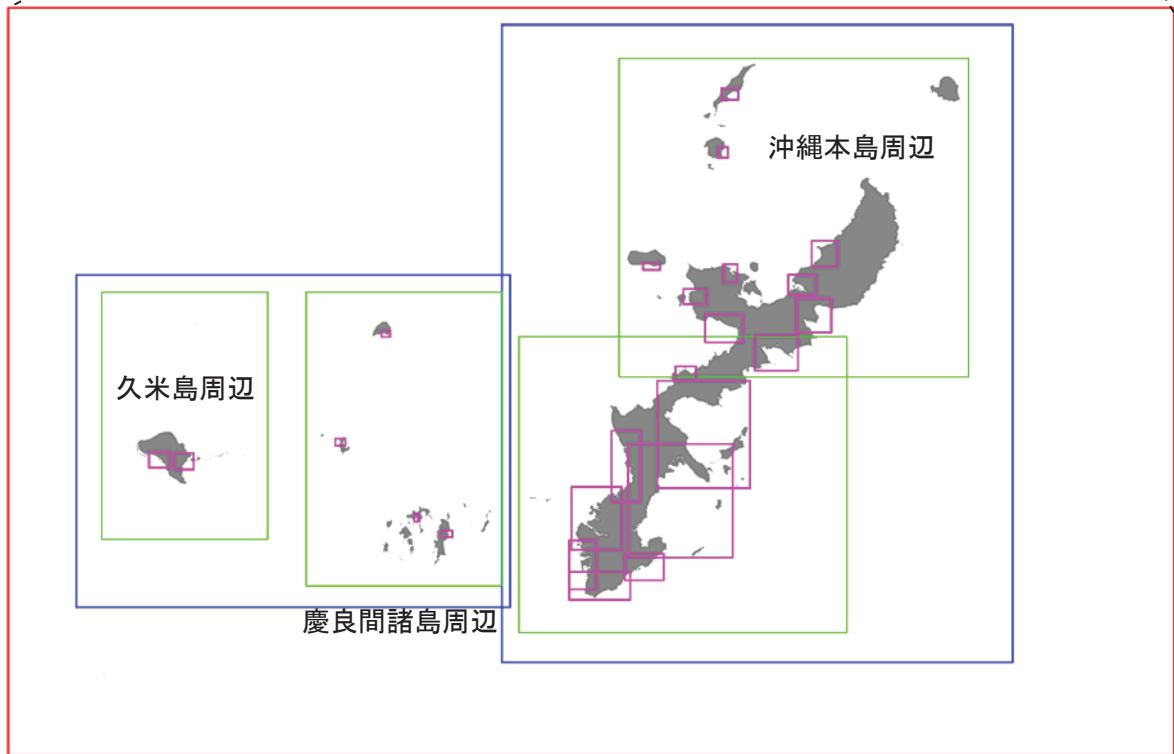


図 3.2.1 計算領域 (1)

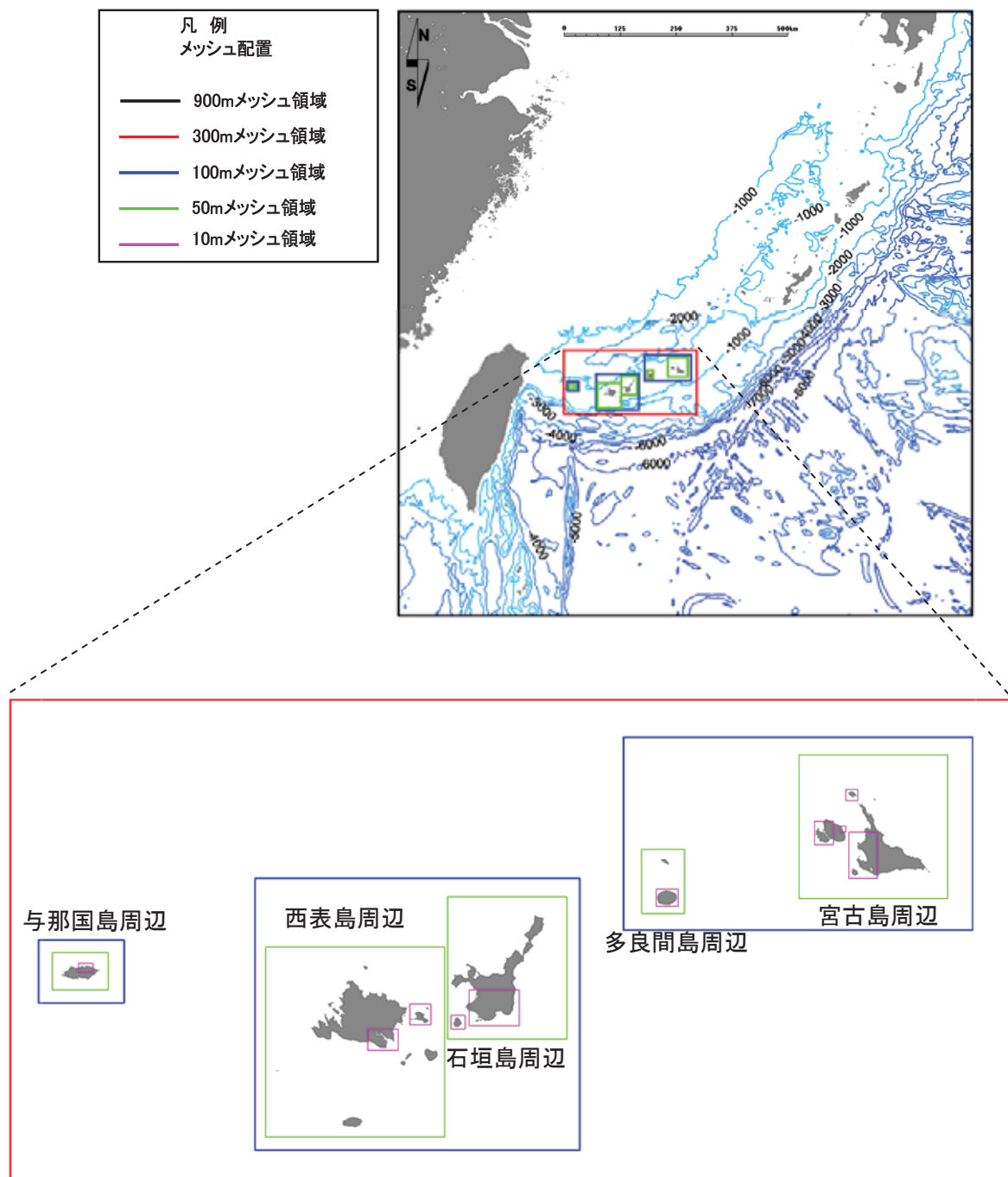


図 3.2.2 計算領域 (2)

### 3.3 地形データの作成

#### 3.3.1 作成手順

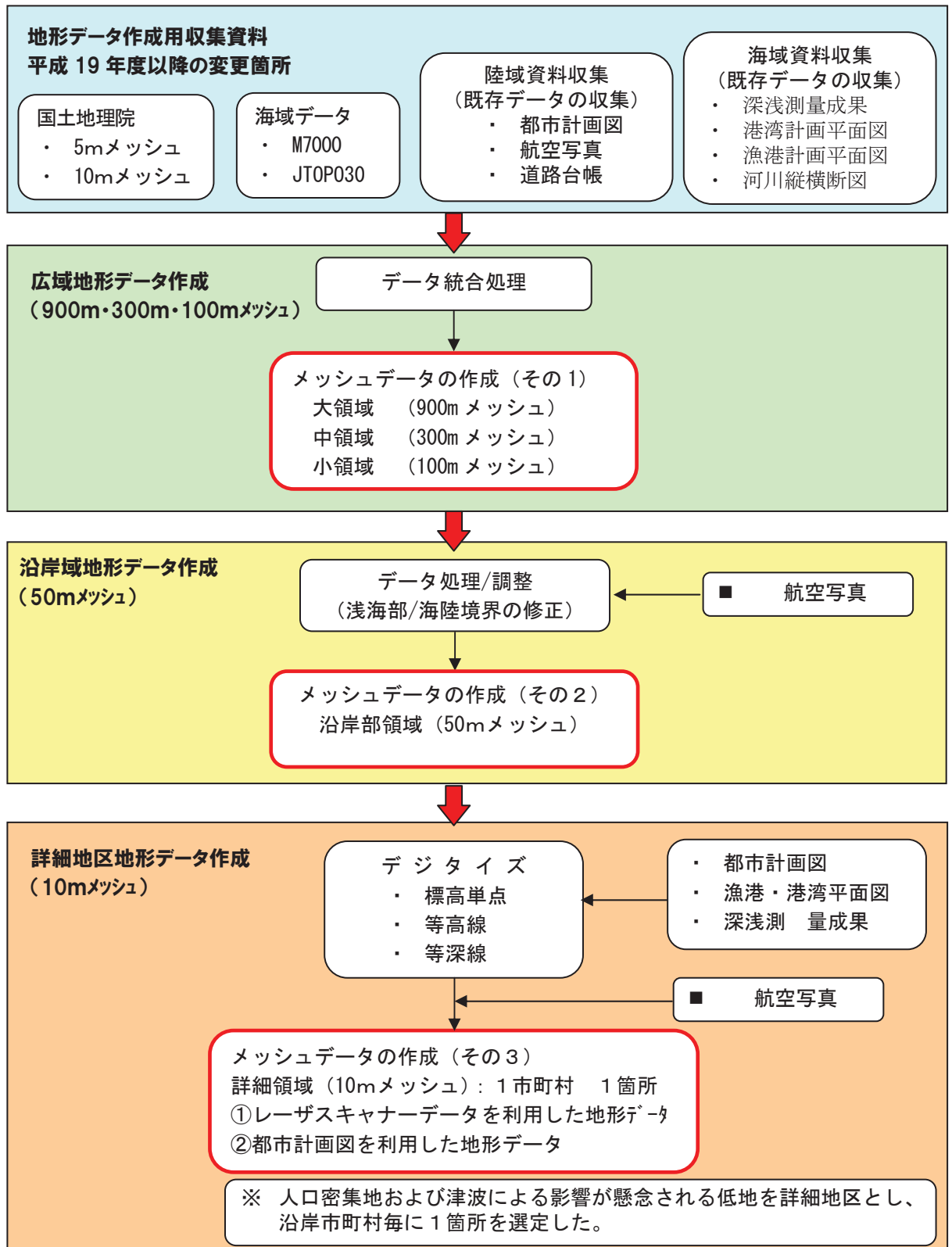


図 3.3.1 地形データ作成手順

沿岸域における地形データの作成は、平成 18 年、平成 19 年の既往検討に用いたデータをもとにし、最新の海底地形データ、国土地理院による 5mメッシュ等の標高データを利用するとともに、都市計画図や港湾・漁港・海岸等の深浅図や平面図をスキャニングし、GIS上で座標標定した後、等深線・等高線等をデジタル化することにより、既往データの更新を図った。地形データを作成する際に用いた資料を以下に示す。

表 3.3.1 地形データ作成用資料一覧

資料名	データ概要	領域別の適用						出典
		沖合 900m	大 300m	中 100m	小 50m	沿岸部 10m	陸域 10m	
JTOPO30	30秒グリッドデータ	●	●	●	●			海洋情報研究センター
M7000	等深線データ	●	●	●	●	●		日本水路協会
基盤地図情報	航空レーザ (5mメッシュ) 数値標高モデル (10mメッシュ)				●	●	●	国土地理院
沖縄県海拔高度 マップ用データ	1m等高線				●	●	●	沖縄県 危機管理課
港湾計画平面図 海岸計画平面図 漁港平面図 都市計画図	等深線、等高線 (紙地図)					●	●	沖縄県 市町村



### 3.3.2 詳細計算領域の地形データ作成

詳細領域では、津波の伝播・遡上や被害をより正確にシミュレーションするために、地形モデルを10mメッシュで作成した。

10mメッシュでは、平成18年、19年に作成された既往航空レーザによる地形データに加え、国土地理院による5mメッシュ（航空レーザデータ）を活用した。

航空レーザ計測で得られた地形データは、格子内の平均的な地盤高を各格子の標高として与えるため、航空機搭載型レーザ計測（約2m間隔で計測される点群データ）で得られた樹木・家屋等のデータはフィルタリング処理により除去する必要がある。以下にその概要を示す。（国土地理院による5mメッシュデータはフィルタリング処理済）

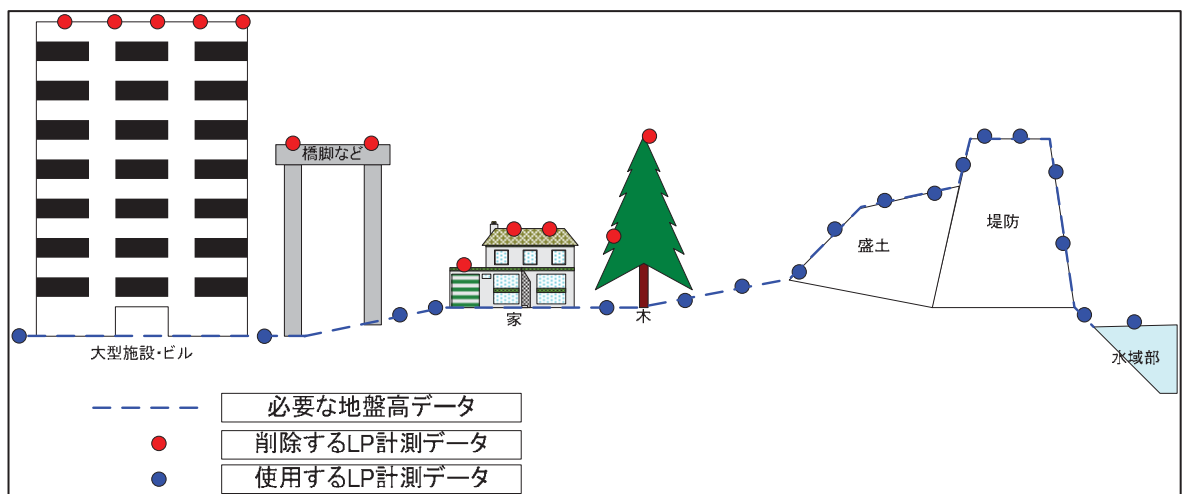


図 3.3.2 レーザ計測データイメージ

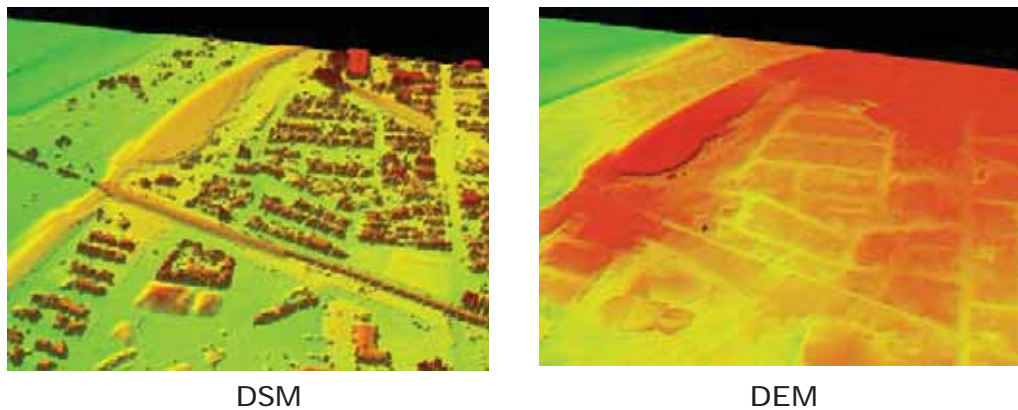
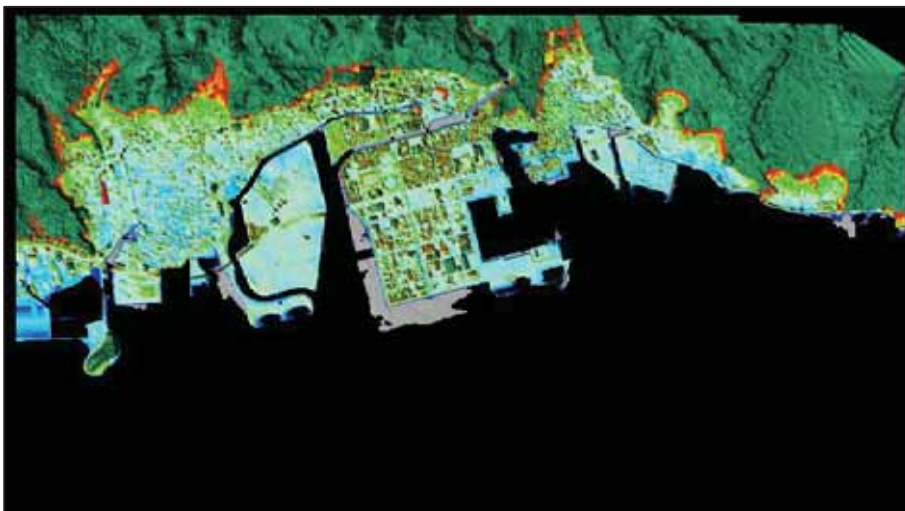


図 3.3.3 フィルタリング処理例（家屋・樹木等の除去）

図 3.3.3 の左図はフィルタリング前、右側がフィルタリング後のデータ左図は凹凸が目立ち、建物の存在が確認できるのに対し(DSM)、フィルタリング後は樹木・家屋等の凹凸部がなくなり、地表面を抽出しているデータとなっている(DEM)

○ レーザデータを用いた地形データ作成例：糸満市・豊見城市

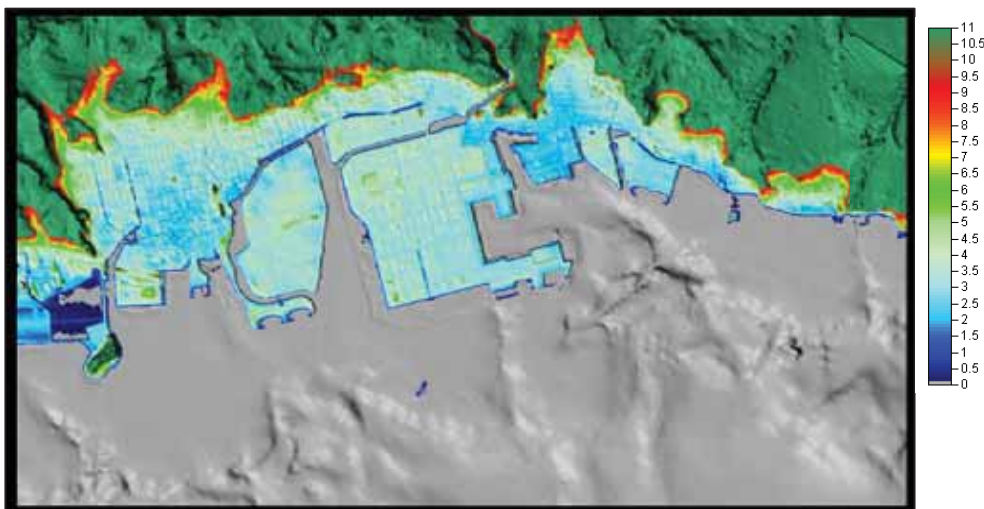
① レーザプロファイラ生データから作成した 10m メッシュ地形データ  
(家屋・樹木が残っている)



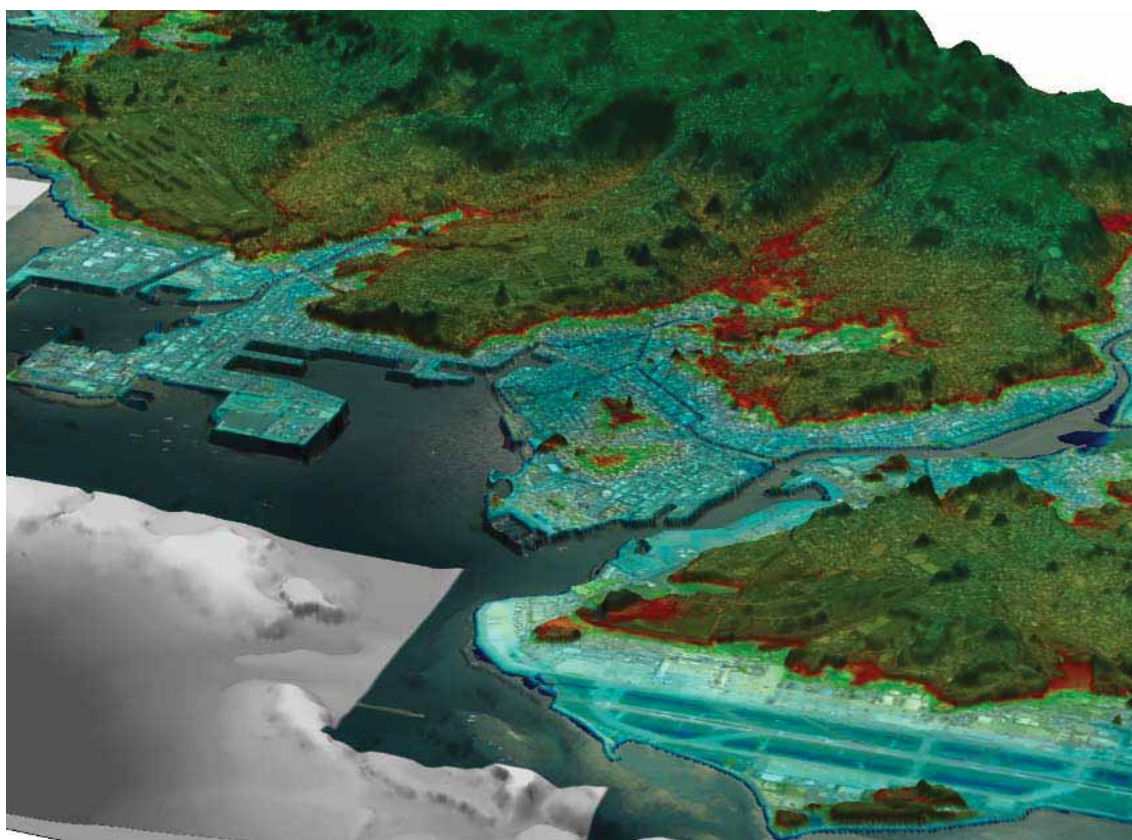
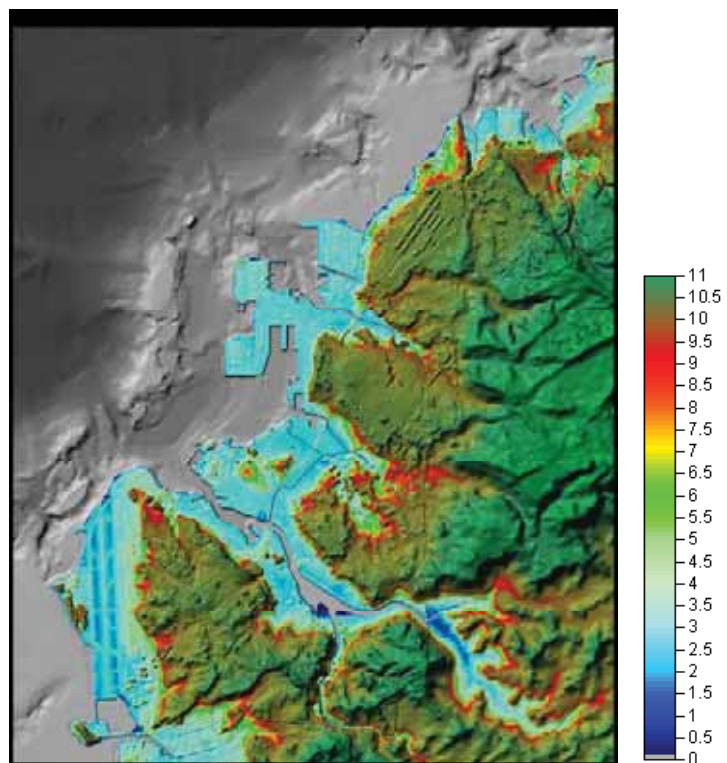
② レーザプロファイラ計測時に同時撮影したオルソ画像



① のデータをフィルタリング処理し、②の空撮オルソ画像を用い家屋樹木を除去したデータと海域のデータを統合し津波シミュレーション用の 10m メッシュ地形データを作成



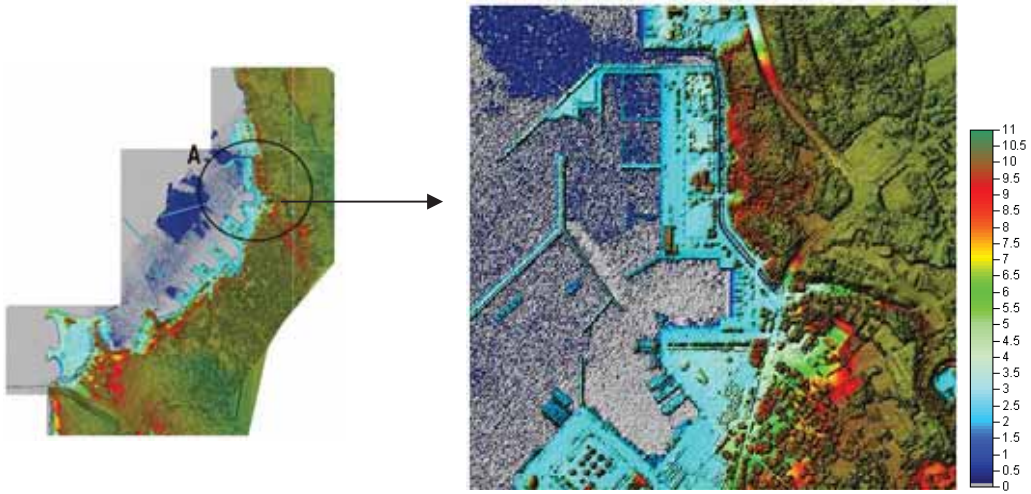
- レーザプロファイラデータを用いた 10m メッシュ地形モデル (例：那覇港周辺)
- 下段は、空撮オルソ画像と 10m メッシュ地形データを重ね合わせた鳥瞰イメージ





○レーザデータを用いた地形データ作成例：宮古島市(平良港周辺)

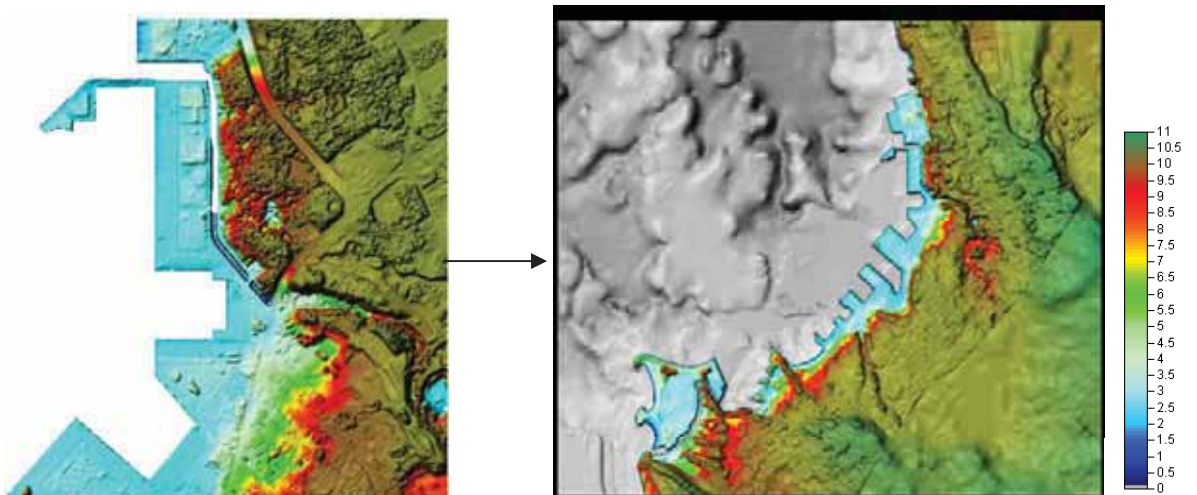
- ① レーザプロファイラ生データから作成した2mメッシュ地形データ  
(家屋・樹木が残っている)



- ② レーザプロファイラ計測時に同時撮影したオルソ画像を活用し、家屋樹木等を除去



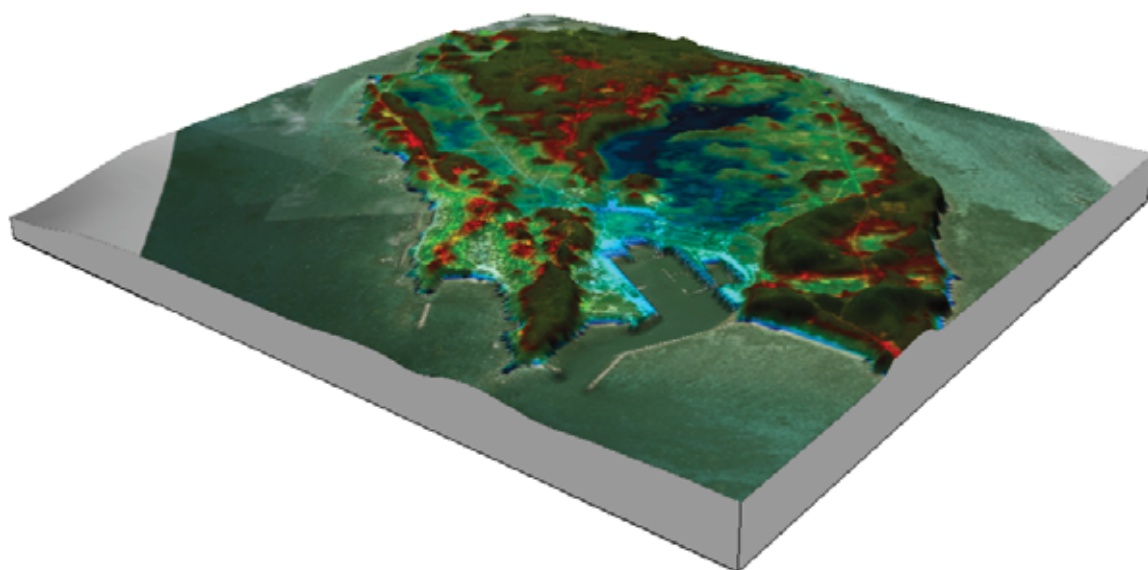
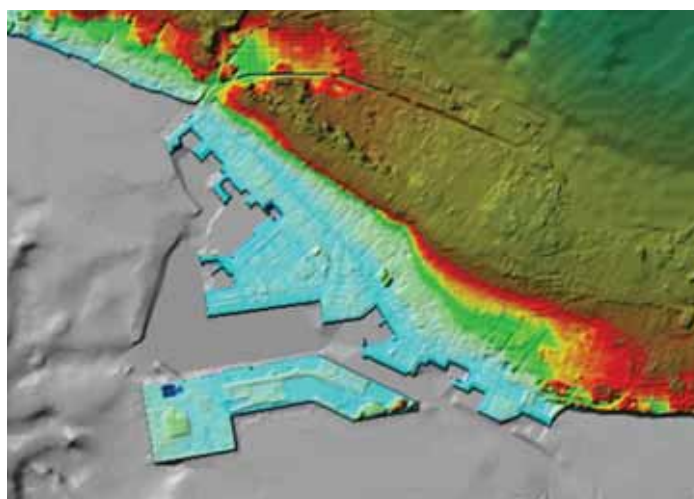
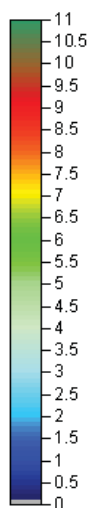
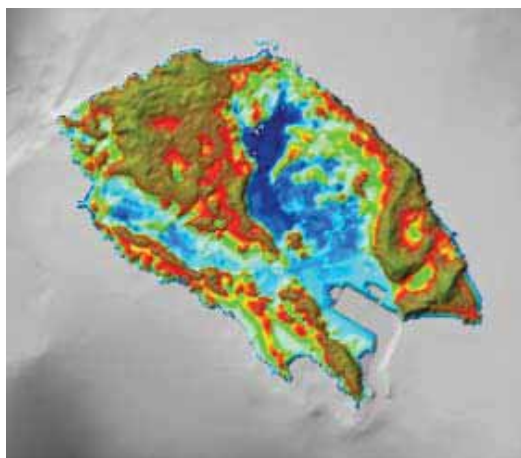
- ③ ①のデータをフィルタリング処理し、②の空撮オルソ画像を用い家屋樹木を除去したデータと海域のデータを統合し津波シミュレーション用の10mメッシュ地形データを作成



○レーザプロファイラデータを用いた 10m メッシュ地形モデル

(例：宮古島市(池間島)および石垣市(石垣港))

下段は、空撮オルソ画像と 10m メッシュ地形データを重ね合わせた鳥瞰イメージ。



### 3.4 構造物データの作成

#### 3.4.1 対象とした構造物

平成 19 年度以降の経年変化を反映した最新の海岸構造物（護岸、防波堤、水門等）の形状とするため、平成 19 年度以降に新たに築造されたものや、改変された港湾・漁港・海岸の構造物、河川構造物等の構造物を対象とし、位置と天端高の情報を整理した。

表 3.4.1 港湾・漁港海岸の構造物データ

対象	防波堤、防潮堤、護岸、胸壁、離岸堤、突堤、導流堤、防砂堤、水門、門扉、陸閘 ただし、小規模な構造物はデータ化の対象外とした。 詳細領域(10m メッシュ範囲)では、延長 10m 未満のもの 沿岸部領域(50m メッシュ範囲)では、延長 40m 未満のもの
出典資料	港湾施設：港湾台帳、港湾計画平面図、竣工図面等 漁港施設：漁港台帳、漁港計画平面図等 海岸施設：海岸保全施設台帳、海岸施設平面図、竣工図面等

表 3.4.2 河川の構造物データ

対象	二級河川の施設で、堤防、護岸、水門、河川沿いの盛土道路 ただし、データ化する範囲は、以下のとおりとした。 標高が 5m 以下の地域 詳細領域(10m メッシュ範囲)では、川幅(堤防間)が 20m 以上の範囲 ・沿岸部領域(50m メッシュ範囲)では、川幅(堤防間)が 100m 以上の範囲
出典資料	河川台帳、工事竣工図面等

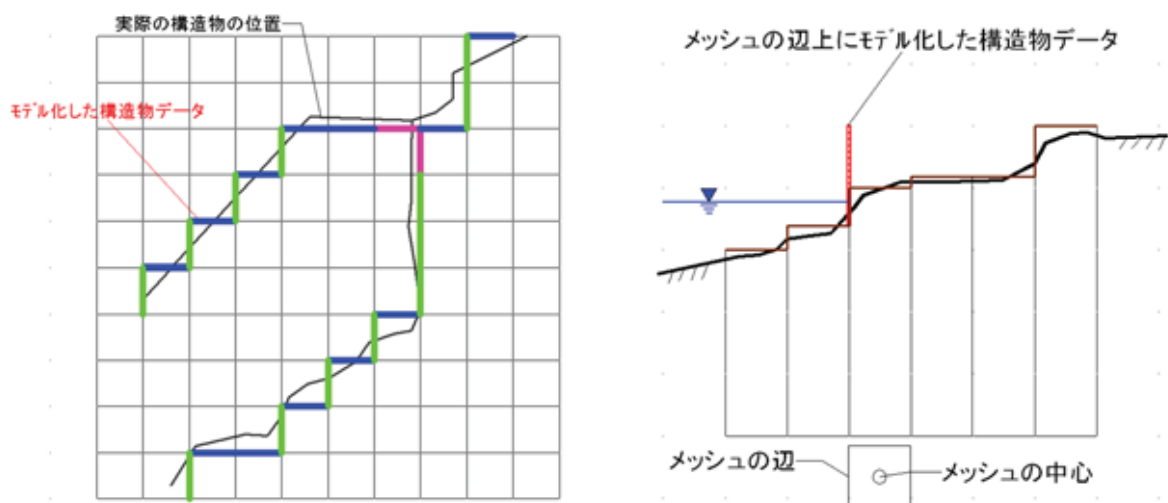


図 3.4.1 構造物イメージ



### 3.4.2 作成手順

構造物の位置と天端高を以下の手順で調べデータ化した。

表 3.4.3 構造物の位置と天端高のデータ化手順

位置の把握	デジタル化された港湾平面図、漁港平面図、海岸平面図を GIS 化した。 また、デジタル化されていないものについては、構造物を含む平面図をスキャニングし、航空写真や都市計画基図との位置を合わせて座標を与えた。 *世界測地系平面直角座標系 15 系および 16 系
ラインデータの作成	GIS 上で構造物の海側(または河道側)の法線を抽出もしくはトレースしラインデータとした。また、属性として天端高を与えた。
データ補正	レーザ測量成果、航空写真（オルソ画像）を重ねて構造物の最新の情報を確認して、データを補正した。
現地踏査	施設の現況を確認した。
ブレイクラインデータの作成	ラインデータをメッシュ辺上にモデル化したブレイクラインデータとした。



図 3.4.2 構造物データ(メッシュ辺上にモデル化したブレイクラインデータ)の例

### 3.5 粗度データの作成

#### 3.5.1 作成手順

粗度データの作成は、国土数値情報土地利用データをもとにし、航空写真や地形図を利用して土地利用状況や建物の密集度の補正を行い、陸域の粗度係数（Manning の粗度係数  $n$ ）を設定した。なお、水域の粗度係数は一様に与えることとした。

表 3.5.1 利用データ及び照合方法

土地利用データの適用	国土数値情報土地利用データ※を座標変換し、沿岸部領域の 50mメッシュごとに整理した。
地形図との照合	データの土地利用状況と新しい地形図を照合し、適切でない場合は補正した。 土地利用分類と粗度係数の関係は、表 3.5.2 に準拠した。

国土数値情報（1/10 細分区画土地利用データ）国土交通省国土計画局約 100mメッシュごとに整理されている

#### 3.5.2 詳細領域での粗度係数の設定

G I S 上で土地利用データから与えられた土地利用分類と空撮オルソ画像を比較し、土地利用・建物密集度に応じた粗度係数を与えた。

土地利用分類と粗度係数の関係は、小谷ほか（1998）を参考に、以下に示すような設定を用いた。なお、土地利用は地形のような変化は少ないので、50mメッシュ単位で粗度係数の判定をし、10mメッシュでは 50mメッシュ単位で与えた粗度係数を割り当てた。

表 3.5.2 詳細領域での粗度係数の決定土地利用分類による粗度係数(小谷ほか, 1998 参照)

Manning の粗度係数	市街地：高密度（建物占有面積 50%以上）	: 0.08
	中密度（同 20～50%）	: 0.06
	低密度（同 20%未満）	: 0.04
	工業用地	: 0.04
	森林	: 0.03
	水面	: 0.025
	田畑	: 0.020
	その他（公園・緑地等、造成中地、道路用地、空地、その他）	: 0.025



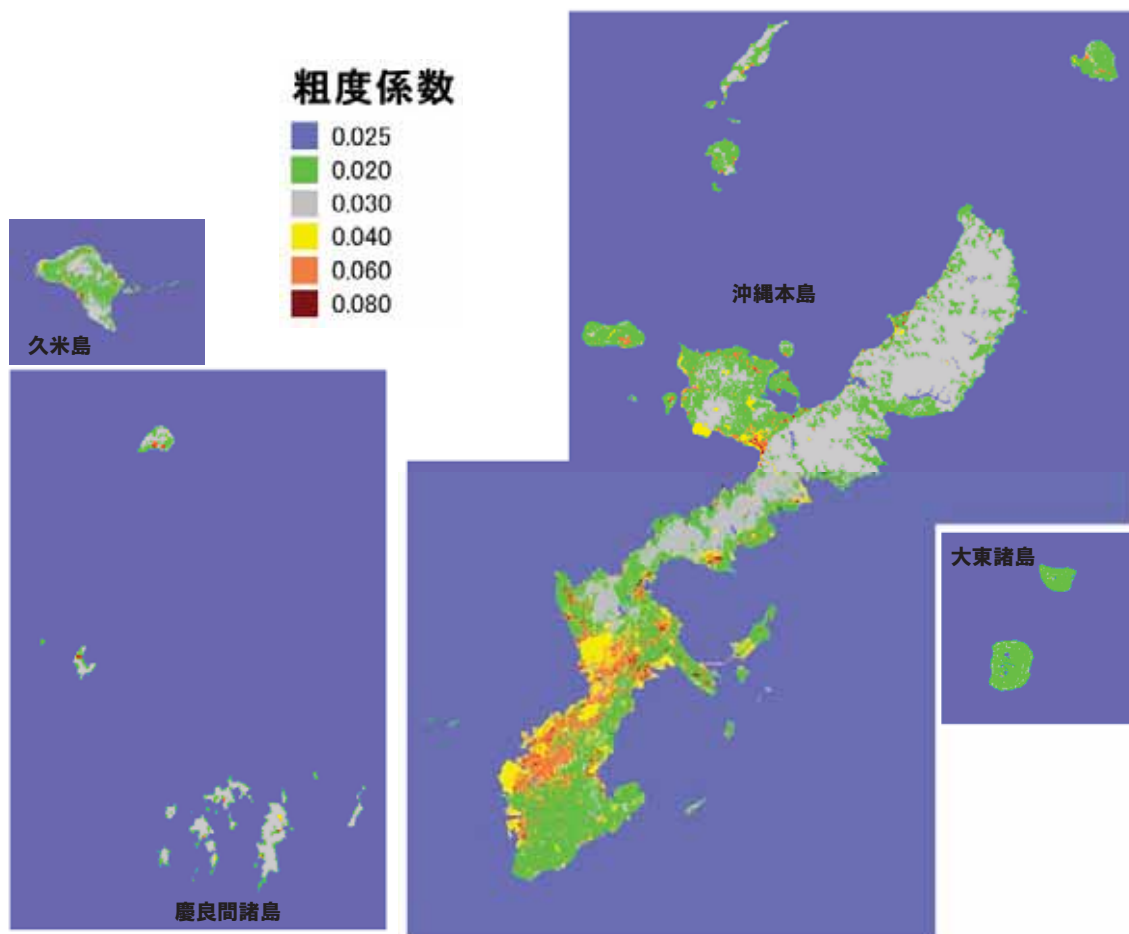


図 3.5.1 粗度係数の設定（沖縄本島沿岸域）

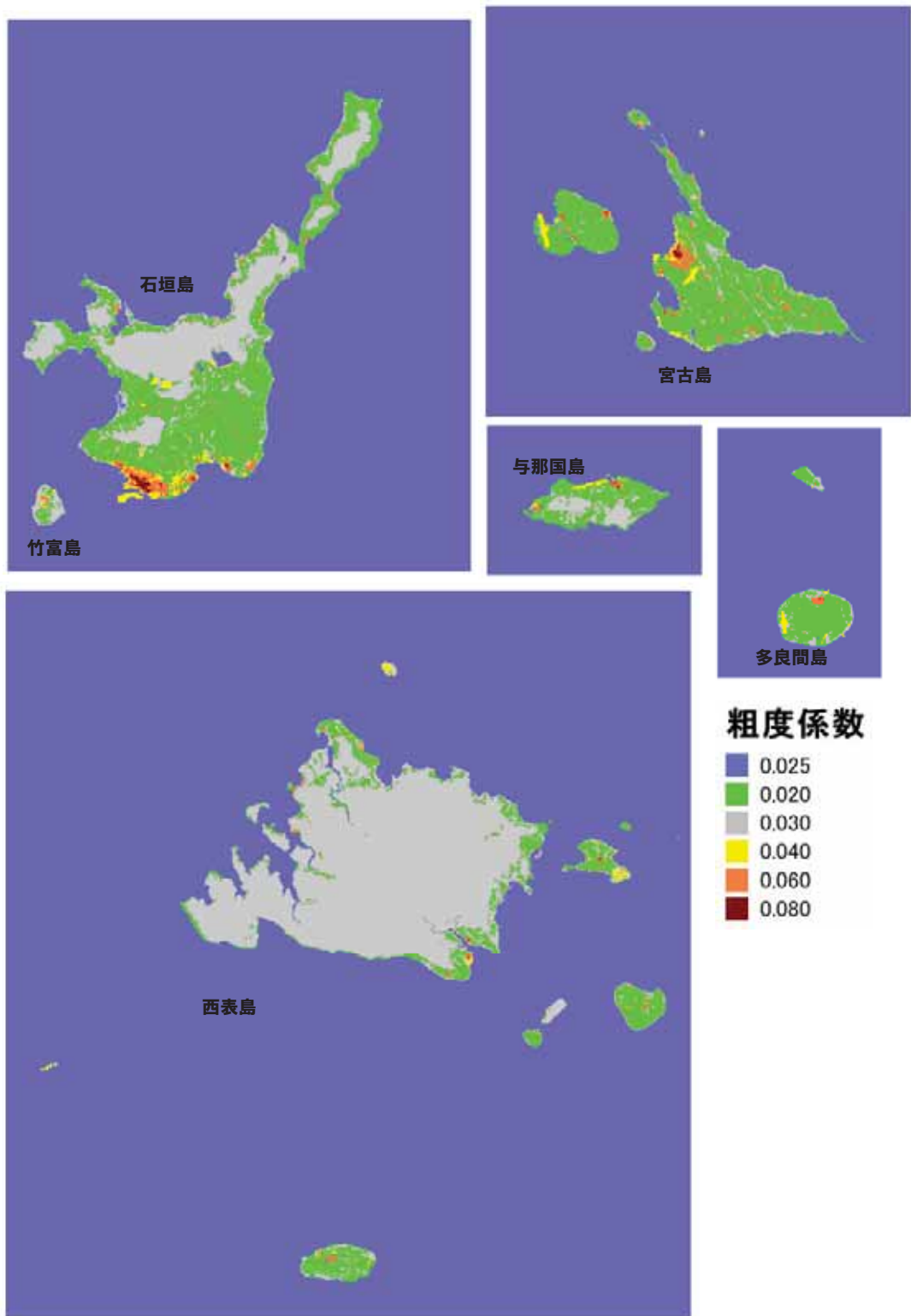


図 3.5.2 粗度係数の設定 (宮古・八重山諸島沿岸域)

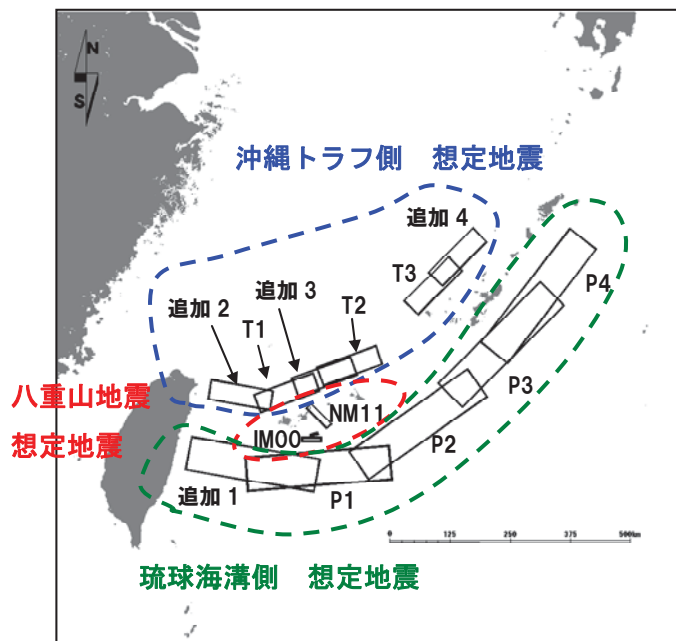
#### 4. 津波の浸水想定

##### 4.1 津波・外力（対象地震）の設定

沖縄県での最大クラスの地震の設定に関しては、沖縄トラフ側、琉球海溝側で最大クラスとなるように設定した。また、平成 20 年の既往想定 of 想定津波である 1771 年八重山地震津波については、発生から約 250 年近く経過しており、津波高が 30m 以上の大津波を伴うことから最大クラスに含めた。設定した想定地震断層パラメータを以下に示す。

表 4.1.1 想定地震の断層パラメータ

No	想定地震	名称	緯度	経度	深さ (m)	走向角 (°)	傾斜角 (°)	すべり角 (°)	断層長さ (m)	断層幅 (m)	すべり量 (m)	Mw(※1)	
①	追加1	八重山諸島南西沖地震	23.000	124.400	2000	280	12	90	270000	70000	20	8.7	
②	P1	八重山諸島南方沖地震	23.235	125.987	2000	265	12	90	300000	70000	20	8.8	
③	P2	八重山諸島南東沖地震	24.746	127.956	2000	235	12	90	300000	70000	20	8.8	
④	P3	沖縄本島南東沖地震	26.406	129.620	2000	225	12	90	300000	70000	20	8.8	
⑤	P4	沖縄本島東方沖地震	27.424	130.346	2000	218	12	90	300000	70000	20	8.8	
⑥	IM00	石垣島南方沖地震(※2)	23.966	124.553	1000	270	70	90	40000	20000	20	7.8	
			24.088	124.486	0	260	70	90	15000	10000	90	(※3)	
⑦	NM11	石垣島東方沖地震(※2)	24.672	124.345	300	135	70	270	60000	30000	20	8.0	
⑧	追加2	与那国島北方沖地震	24.550	123.500	2000	280	30	270	130000	40000	8	8.1	
⑨	T1	石垣島北方沖地震	24.899	124.521	2000	250	30	270	130000	40000	8	8.1	
⑩	追加3	多良間島北方沖地震	25.200	125.300	2000	250	30	270	130000	40000	8	8.1	
⑪	T2	宮古島北方沖地震	25.399	125.821	2000	250	30	270	130000	40000	8	8.1	
⑫	T3	久米島北方沖地震	27.126	127.519	2000	225	30	270	130000	40000	8	8.1	
⑬	追加4	沖縄本島北西沖地震	27.650	128.050	2000	225	30	270	130000	40000	8	8.1	
⑭	3連動①	3連動 沖縄本島 南東沖地震	P2	24.450	127.470	2000	235	12	90	240000	70000	20	9.0
			P3	25.575	128.680	2000	225	12	90	170000	70000	20	
			P4	27.424	130.346	2000	218	12	90	260000	70000	20	
⑮	3連動②	3連動 八重山諸島 南方沖地震	追加1	23.110	123.727	2000	280	12	90	200000	70000	20	9.0
			P1	23.230	125.470	2000	265	12	90	175000	70000	20	
			P2	24.746	127.956	2000	235	12	90	300000	70000	20	



※3 連動①・・・P2,P3,P4 連動型

※3 連動②・・・追加 1,P1,P2 連動型

図 4.1.1 想定地震の位置

## 4.2 シミュレーション手法の概要

### 4.2.1 基礎方程式

「連続の式」および「運動方程式」を2次元差分法にて同時に解き、地震発生後の各時間ステップ及び各地点（メッシュ）での水位、流量を算出する方法を用いた。

なお、シミュレーションでは、計算領域のサイズや水深に応じて、最も沖側の領域は線形長波方程式、その他の領域では、非線形長波方程式を選択して用いた。

#### 【線形長波理論、非線形長波理論について】

津波は、質量保存測（連続の式）と運動量保存測（運動の式）によって解くことができる。一般的には水深 50m 以上では、水深に比べ波の振幅が小さいと仮定することができ、鉛直方向の流速を無視した線形長波理論を適用することができる。一方、水深が浅くなると、波高が高くなるため、上述の仮定ができなくなるため、波の振幅性を考慮した移流項と海底の摩擦を考慮した底面摩擦項を含めた非線形長波理論を適用する必要がある。

#### 【2次元差分法について】

津波は質量保存測（連続の式）と運動量保存測（運動の式）によって流量、水位をメッシュ毎に解くが、これらの式は偏微分方程式として与えられており、それを解くために差分法を用いる。差分法とは、ある求めたいメッシュの流量、水位について、近隣のメッシュから入ってくる流量と出ていく流量を水位の差より求め、その流量から次のステップの水位を求めていく方法である。この流量と水位の算出を計算終了時間まで繰返し行うこととなる。

### 4.2.2 計算条件

初期条件、潮位条件、越流境界条件、陸上の遡上境界条件については、下記の「シミュレーションの条件」で説明する。

#### 4.3 シミュレーションの条件

津波計算条件を以下に示す。

表 4.3.1 津波計算条件

項目	計算条件
計算手法	2次元差分法による数値計算 ・最も沖側領域の領域は線形長波理論式 ・上記以外の領域は非線形長波理論式
計算格子間隔	900m、300m、100m、50m、10m
計算時間	全域3時間
計算時間間隔	0.05～0.5秒（計算安定条件を満たすよう設定）
初期条件	初期水位変動量＝海底地盤変位量の鉛直成分
潮位条件	沖縄本島沿岸域 ・朔望平均満潮位（＝EL＋0.8m） 宮古・八重山諸島沿岸域 ・朔望平均満潮位（＝EL＋0.9m）
Manning の粗度係数 n	市街地高密度（建物占有面積 50%以上）：0.08 中密度（同 20～50%）：0.06 低密度（同 20%未満）：0.04 田畑：0.02 森林：0.03 水面：0.025
陸上遡上（氾濫）計算における波先端条件	水域側水位と陸域側地盤高の差（実水深）が $10^{-2}\text{m}$ を超える場合に遡上 （岩崎・真野，1979）
対象地形	地盤変動後の地形（ただし、隆起域については変動を考慮しない）
対象河川	一級河川および河口幅 40m 以上の二級河川を基本とし、計算メッシュ間隔、河口幅、市街地浸水への影響度等を考慮し、検討対象河川を設定する。河川流量（定常流）は考慮しない。
対象施設	・海岸保全施設（沖合波浪制御構造物、水際線施設、最終防潮ライン施設（防潮扉、防潮水門）） ・河川管理施設（河川堤防、防潮扉、防潮水門）
施設条件設定	施設あり、施設なし 2パターン

津波防災施設（構造物）の効果については、以下に示すように2つのケースを想定した。

表 4.3.2 津波防災施設効果の想定ケース

想定ケース	内 容
津波防災施設 の効果がある 場合	防波堤、海岸堤防、防潮堤、河川堤防などの施設が全て有効に機能する ケース。 ○地震や津波による津波防災施設の被害がない、理想的なケースと考え られる。
津波防災施設 の効果がない 場合	防波堤、海岸堤防、防潮堤、河川堤防などの施設が全て失われたケース。 ○地震や津波により構造物が破壊される、最悪のケースと考えられる。 どの構造物が破壊されるかは想定が困難なので、すべての構造物の効果 を考慮しない。

#### 4.4 検証計算

##### 4.4.1 検討対象地震

1995年10月18日に発生した1995年奄美大島近海地震の再現モデル、および、1771年4月24日に発生した八重山地震（明和大津波）の再現モデルを検証対象地震とした。

##### 4.4.2 波源モデル

###### (1)1995年奄美大島近海地震

検証にあたり、既往の研究において検証されている波源モデルを利用する。

佐竹・谷岡(1997)は、震源の深さ、モーメント・テンソル解、余震分布、GPS観測による地震時の地殻変動といった各種観測データを参考にして、いくつかの断層モデルを設定した。このうち、モデルLAが各種観測データを最もよく説明すると結論づけている。従って、佐竹・谷岡(1997)のモデルLAにより、中城湾港、那覇港における津波の高さを算定し、観測結果と比較することとした。

表 4.4.1 想定ケース

モデル	長さ (km)	幅 (km)	走向 (°)	傾斜 (°)	すべり量 (m)	深さ (海底下 km)	備考
LA	60	30	32	20	1	10-20	
HA	60	30	212	70	1	10-38	
LA-shallow	60	30	32	20	1	1-11	
LA-deep	60	30	32	20	1	20-30	
LA-offshore	60	30	32	20	1	10-20	約 30km 沖合
Kikuchi	30	15	212	74	2.3	15-29	モーメント小

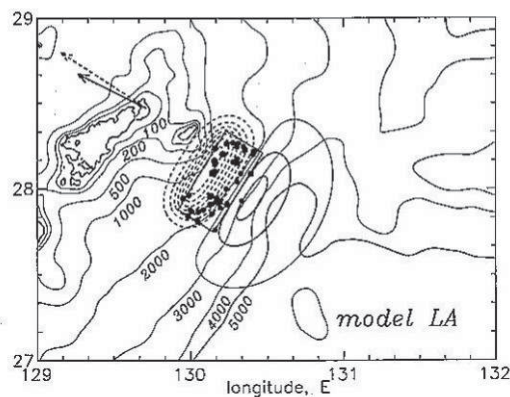


図 4.4.1 モデル LA による地殻変動量（佐竹・谷岡, 1997 より）

(2)1771年八重山地震（明和大津波）

明和大津波の再現モデルのうち、今村ほか(2001)では石垣島のみで詳細計算を実施していたため、本調査では新たに宮古・八重山諸島全域を対象としたパラメータの修正を行い、シミュレーション計算を行った。中村(2006)においても明和大津波再現のモデルとして当該モデルを提案しており、本調査ではこれを既往の痕跡高と整合するようにパラメータの修正を行い、シミュレーション計算を行った。

検証に用いた断層モデルを以下に示す。今村ほか(2001)によるオリジナルモデルを IM00、中村(2006)によるオリジナルモデルを NM00 および NM01 とし、断層パラメータの修正を行った。なお、今村ほか(2001)による明和大津波の再現では、巨大地震と海底地すべりが同時に起こったとされており、表 4.4.2 の断層 No.1 は震源断層を、No.2 は海底地すべりを表現している。

表 4.4.2 検証に用いたモデル（今村ほか(2001)によるモデル）

名称	断層 No	断層 深さ (m)	走向 (°)	傾斜 角 (°)	すべり 角 (°)	断層 長さ (m)	断層幅 (m)	すべり 量 (m)	最大 沈降量 (m)	最大 隆起量 (m)	備考	
IM00	1	1000	270	70	90	40000	20000	20	-25.23	59.77	逆断層	今村モデルオリジナル
	2	0	260	70	90	15000	10000	90				
IM01	1	1000	265.6	70	90	40000	20000	20	-24.91	59.52	逆断層	
	2	0	252	70	90	15000	10000	90				
IM02	1	1000	275	70	90	40000	20000	20	-25.53	58.53	逆断層	
	2	0	275	70	90	15000	10000	90				
IM03	1	500	265.6	70	90	40000	20000	20	-24.94	59.49	逆断層	
	2	0	252	70	90	15000	10000	90				
IM04	1	1000	265.6	70	90	52000	26000	20	-23.83	61.36	逆断層	
	2	0	252	70	90	19500	13000	90				
IM05	1	1000	275	70	90	40000	20000	20	-25.53	58.77	逆断層	
	2	0	290	70	90	15000	10000	90				
IM06	1	1000	265.6	70	90	40000	20000	20	-25.36	59.12	逆断層	
	2	0	290	70	90	15000	10000	90				
IM07	1	1000	290	70	90	40000	20000	20	-25.52	58.51	逆断層	
	2	0	290	70	90	15000	10000	90				
IM08	1	500	280	70	90	40000	20000	20	-25.48	58.93	逆断層	
	2	0	280	70	90	15000	10000	90				
IM09	1	500	280	70	90	52000	26000	20	-23.98	60.46	逆断層	
	2	0	280	70	90	19500	13000	90				
IM10	1	1000	310	70	90	40000	20000	20	-25.56	58.30	逆断層	
	2	0	310	70	90	15000	10000	90				
IM11	1	1000	290	50	90	40000	20000	20	-25.56	58.30	逆断層	
	2	0	290	50	90	15000	10000	90				
IM12	1	1000	290	70	45	40000	20000	20	-25.56	58.30	逆断層	
	2	0	290	70	45	15000	10000	90				
IM19	1	1000	270	70	90	40000	20000	20	-20.64	58.73	逆断層	
	2	0	270	70	90	15000	10000	90				
IM20	1	1000	270	70	90	40000	20000	20	-25.46	58.94	逆断層	
	2	0	290	70	90	15000	10000	90				
IM21	1	1000	270	70	90	40000	20000	20	-25.31	59.92	逆断層	
	2	0	310	70	90	15000	10000	90				
IM22	1	1000	270	70	90	40000	20000	20	-25.53	61.58	逆断層	
	2	0	330	70	90	15000	10000	90				
IM23	1	1000	270	70	90	40000	20000	20	-26.60	60.23	逆断層	
	2	0	350	70	90	15000	10000	90				
IM24	1	1000	270	70	90	40000	20000	20	-26.07	56.06	逆断層	
	2	0	0	70	90	15000	10000	90				

※着色部は、IM00 と異なるパラメータ



表 4.4.3 検証に用いたモデル (中村(2006)によるモデル)

名称	断層 No	断層 深さ (m)	走向 (°)	傾斜 角 (°)	すべ り角 (°)	断層 長さ (m)	断層幅 (m)	すべ り量 (m)	最大 沈降量 (m)	最大 隆起量 (m)	備考	
NM00	1	3000	135	70	270	50000	25000	8	-3.82	1.64	正断層	中村モデルオリジナル①
NM01	1	3000	135	70	270	50000	25000	10	-4.77	2.05	正断層	中村モデルオリジナル②
NM02	1	3000	135	70	270	50000	25000	15	-7.16	3.07	正断層	
NM05	1	3000	135	70	270	50000	25000	20	-9.54	4.09	正断層	
NM06	1	300	135	70	270	50000	25000	15	-8.76	4.52	正断層	
NM07	1	500	135	70	270	50000	25000	20	-11.58	5.77	正断層	
NM08	1	300	135	70	270	50000	25000	20	-11.68	6.02	正断層	
NM09	1	300	135	70	270	50000	25000	10	-5.84	3.01	正断層	
NM10	1	300	135	70	270	60000	30000	10	-5.88	3.04	正断層	
NM11	1	300	135	70	270	60000	30000	20	-11.76	6.09	正断層	
NM12	1	300	135	70	90	75000	37500	15	-8.89	4.61	逆断層	
NM13	1	300	135	70	90	100000	50000	10	-5.97	3.13	逆断層	
NM14	1	300	135	70	90	100000	50000	15	-8.89	4.61	逆断層	
NM15	1	2000	135	70	90	100000	50000	15	-8.32	3.96	逆断層	

※着色部は、NM00 および NM01 と異なるパラメータ

#### 4.4.3 痕跡高との比較結果

##### (1)1995年奄美大島近海地震

検証を行うに当たり、50mメッシュの地形モデルを用いた。また、検証位置は、下図に示す検潮所(図4.4.5の○内の▲)とした。検証計算結果によれば、最大水位は、那覇港で3~4 cm、中城湾港で6~7 cmになった。

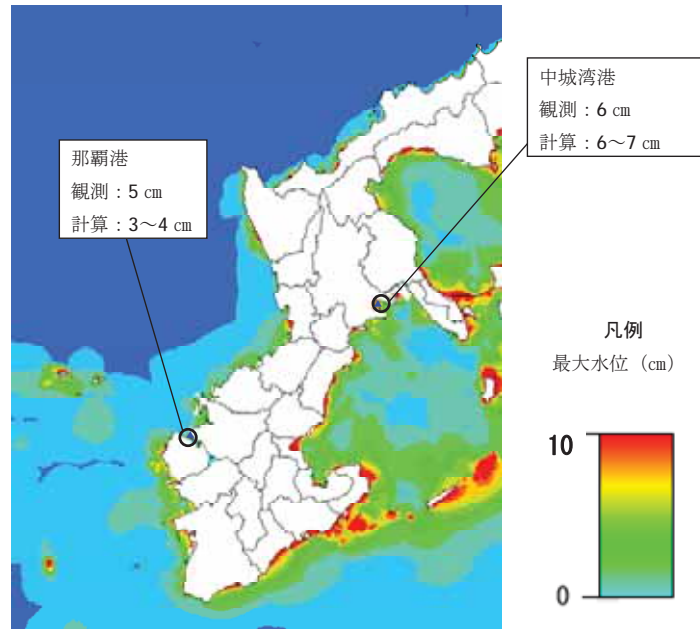


図 4.4.2 那覇港、中城湾港周辺の最大水位の計算結果

計算対象領域は沖縄本島周辺であるが、実際の津波遡上の観測記録がある、喜界島での観測記録と計算結果についても参考までに比較した。喜界島周辺は900mメッシュ計算領域なので、精度の高い遡上計算はできていないため、到達時間、水位の傾向を比較した。傾向はほぼ説明できることが示された。到達時間については、浦原での水位変化の開始が4~5分(都司, 1997)であるのに対し、計算ではこの時間に引き波が-20 cmに達していた。津波到来が±20 cm程度の水位変動に対して認識されるとすれば、ほぼ再現できていると考えられる。

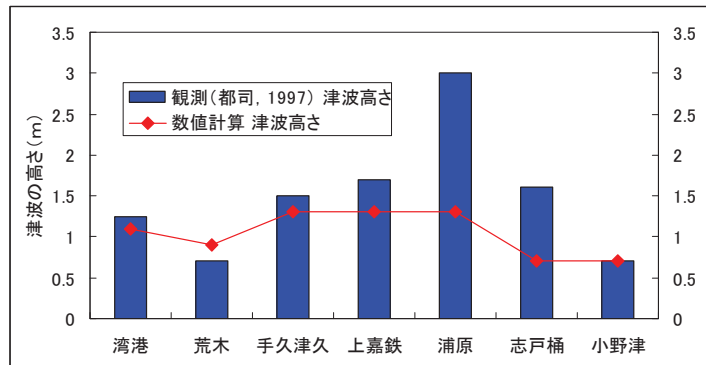


図 4.4.3 喜界島での津波痕跡と計算結果の比較

## (2)1771年八重山地震（明和大津波）

本調査では、今村ほか(2001)によるモデルおよび中村(2006)によるモデルを基準としてパラメータの修正・計算を行い、既往の痕跡高と比較検証を行った。その結果、今村ほか(2001)によるモデルではオリジナルモデルである IM00 が、中村(2006)によるモデルでは深さ 300m、面積 1800km<sup>2</sup>、すべり量 20m に修正したモデル NM11 が全体的に最もよい再現性を示しており、本調査の想定地震として採用した。

### ※石垣島における推定痕跡高の値について

1771年当時の被害状況を記載した古文書「大波時各村乃形行書」では、28丈2尺（85.4m）の石垣島での最高遡上高さを記載しているが、本調査では、信頼性の高い推定痕跡高である最大 25m～30mの値を検証の比較対象として扱った。

#### 4.5 津波概略（広域）シミュレーション

10m メッシュでの詳細津波計算を実施するにあたり、地域別に最も影響の大きい想定地震を設定するために、本島ならびに八重山周辺を 12 地域に区分し、50mメッシュ地形データを用いて概略計算を行った。

##### 4.5.1 津波概略（広域）シミュレーションの条件

###### (1)想定地震

4.1 に示した 15 想定地震とした。

###### (2)垂直地盤変動量

マンシンハ・スマイリの方法で計算した垂直地盤変動量の分布を以下に示す。

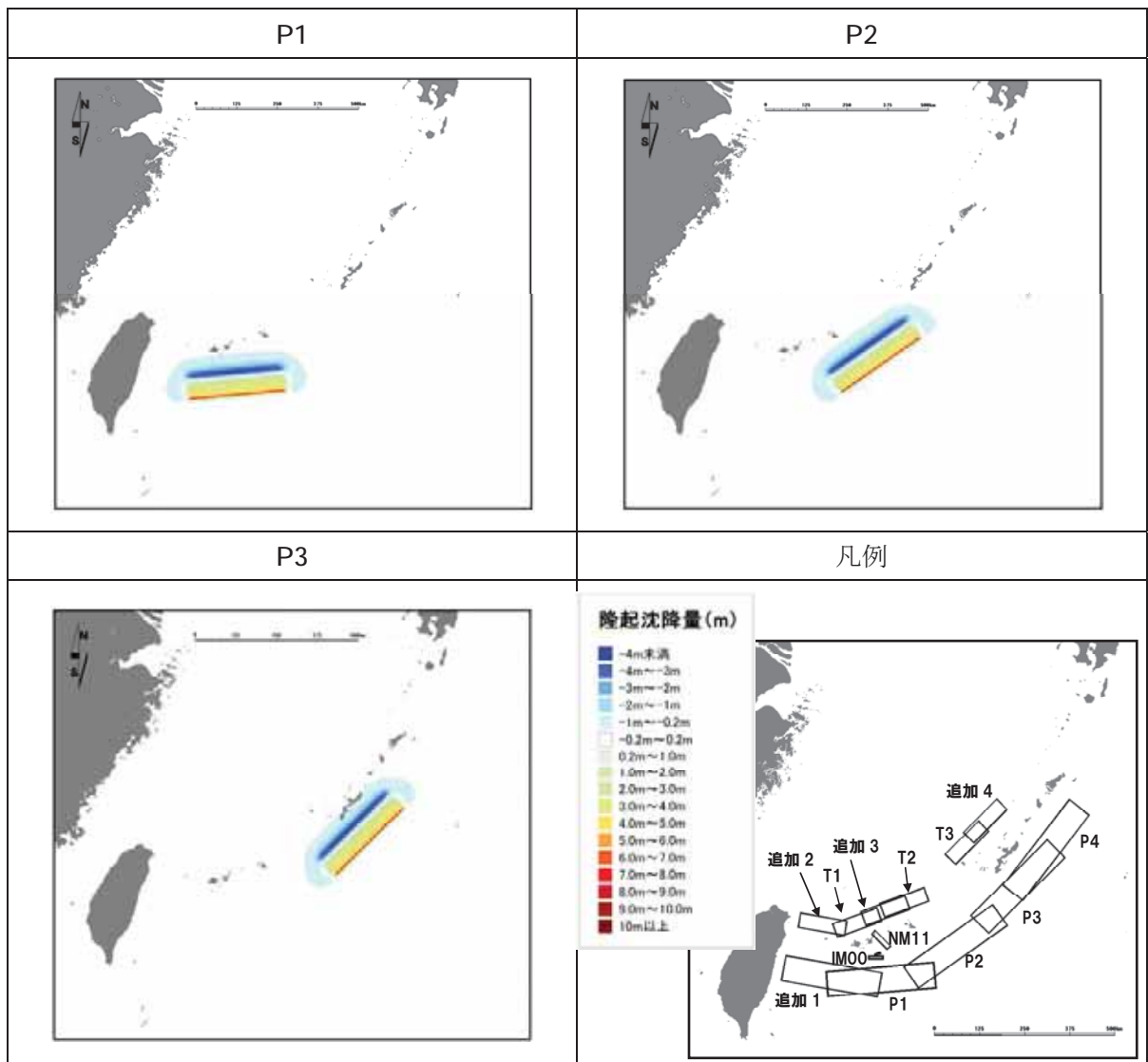


図 4.5.1 想定地震の垂直地盤変動量分布（1）

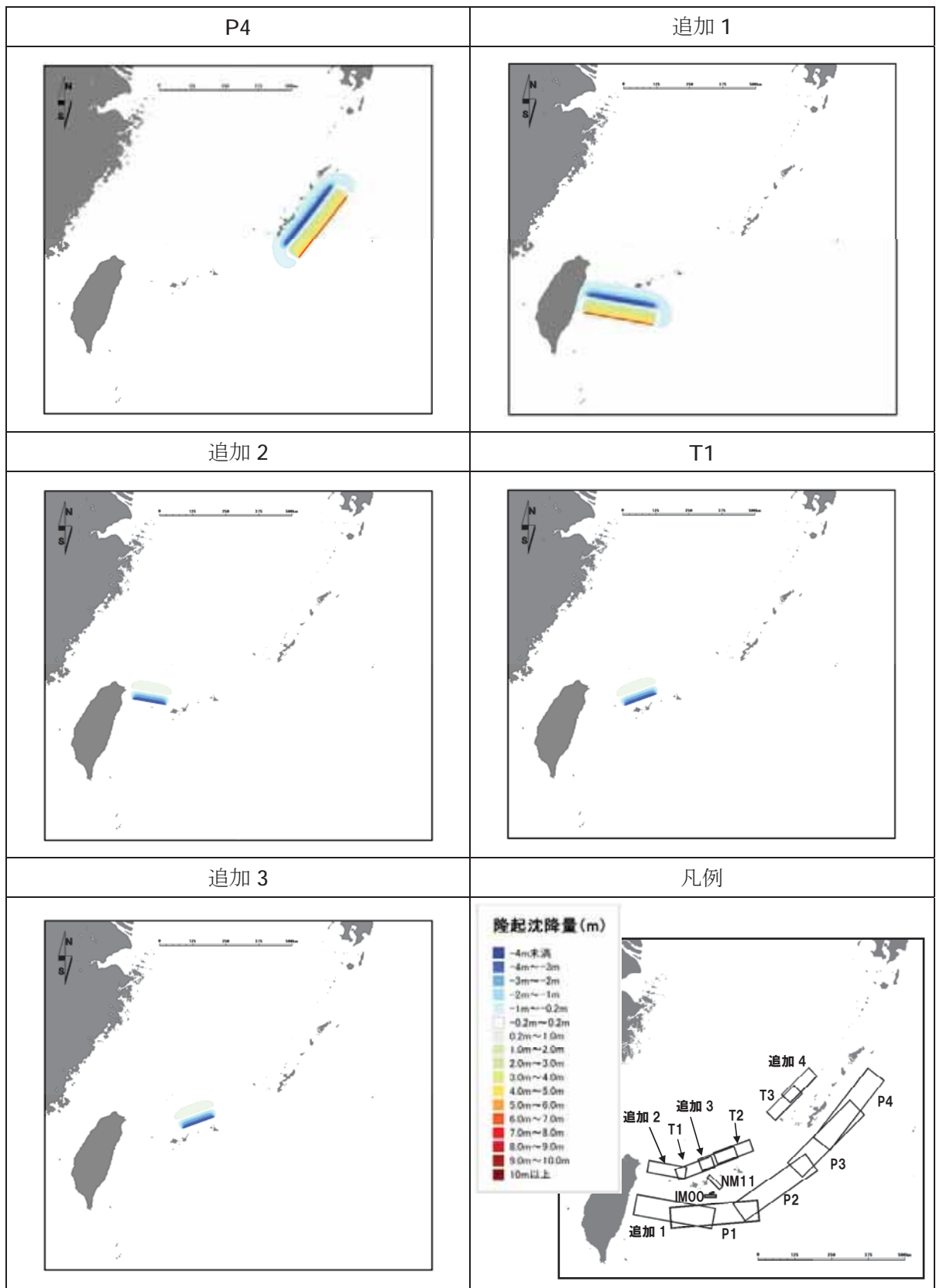


図 4.5.2 各想定地震の垂直地盤変動量分布 (2)

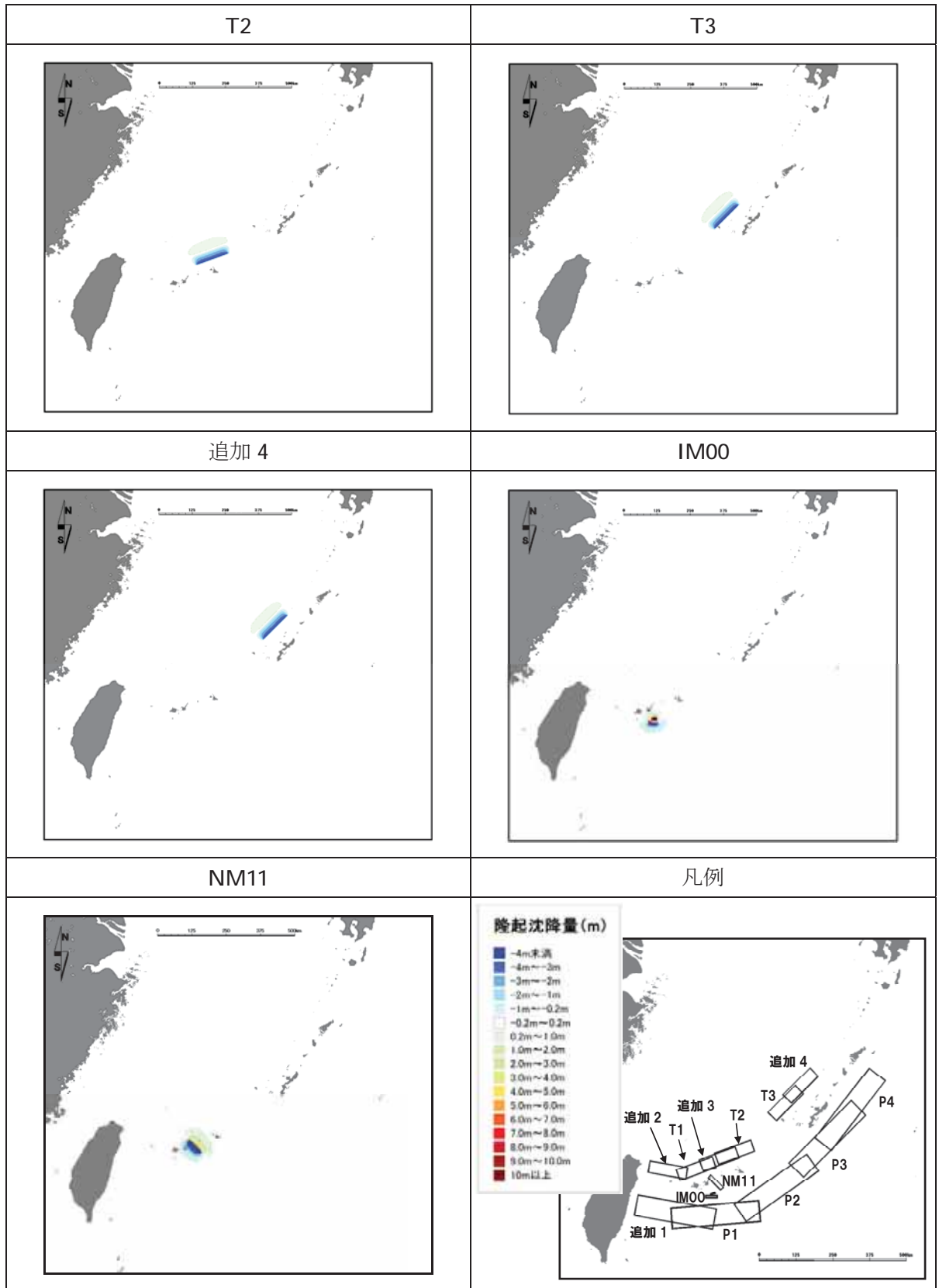


図 4.5.3 各想定地震の垂直地盤変動量分布 (3)

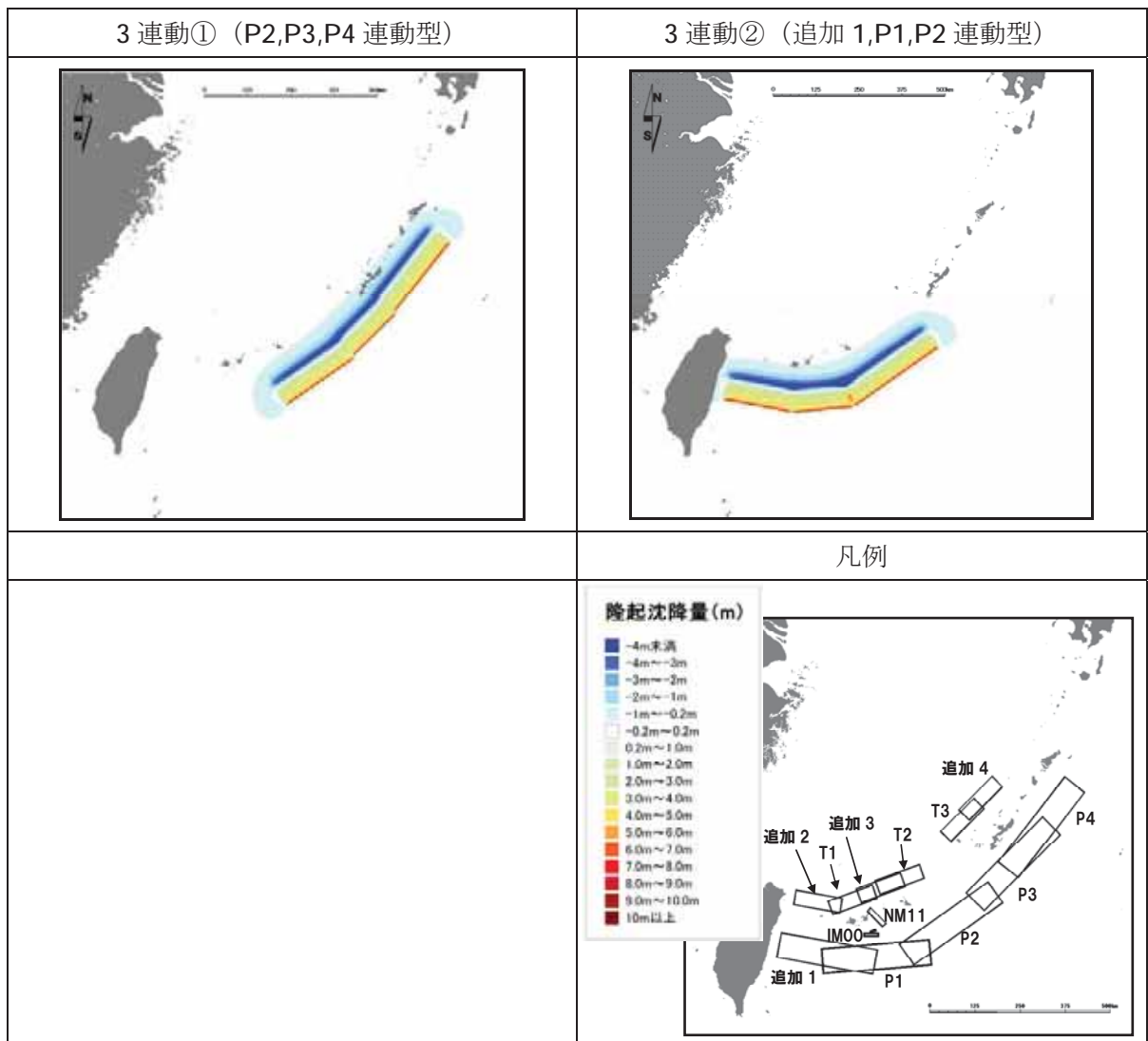


図 4.5.4 各想定地震の垂直地盤変動量分布 (4)

### (3)計算範囲

広域シミュレーションの計算メッシュサイズは以下に示すとおり、対象地域の全沿岸について、50mメッシュで概略計算を実施した。

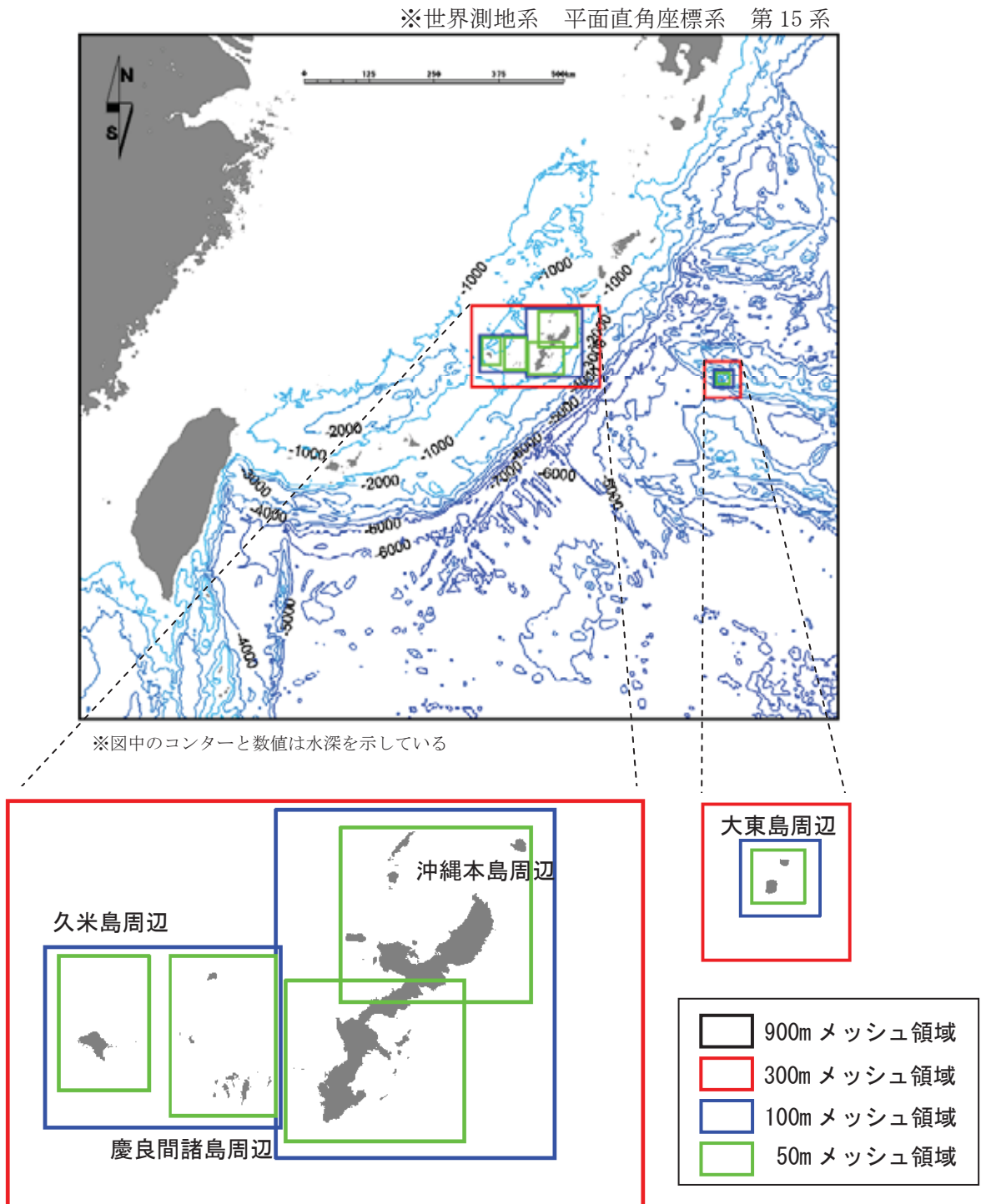
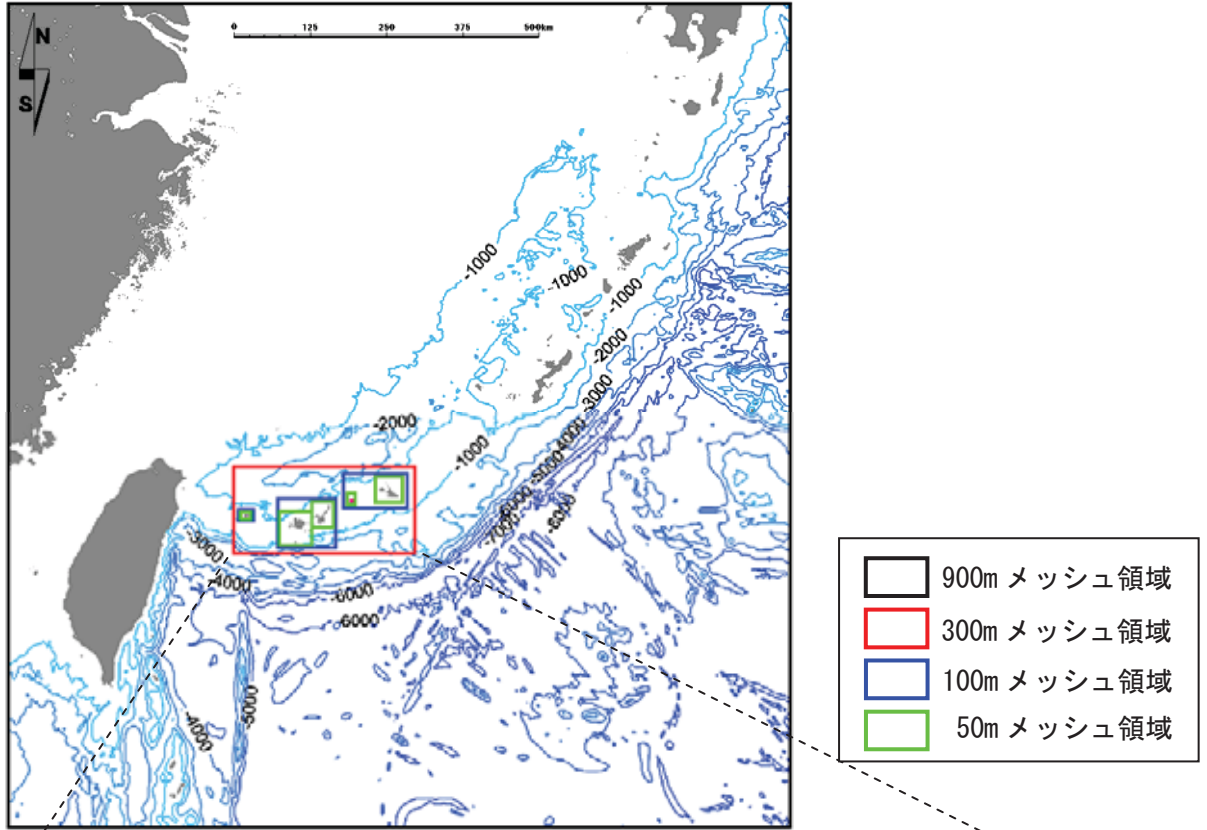


図 4.5.5 計算メッシュの配置 (1)





※図中のコンターと数値は水深を示している

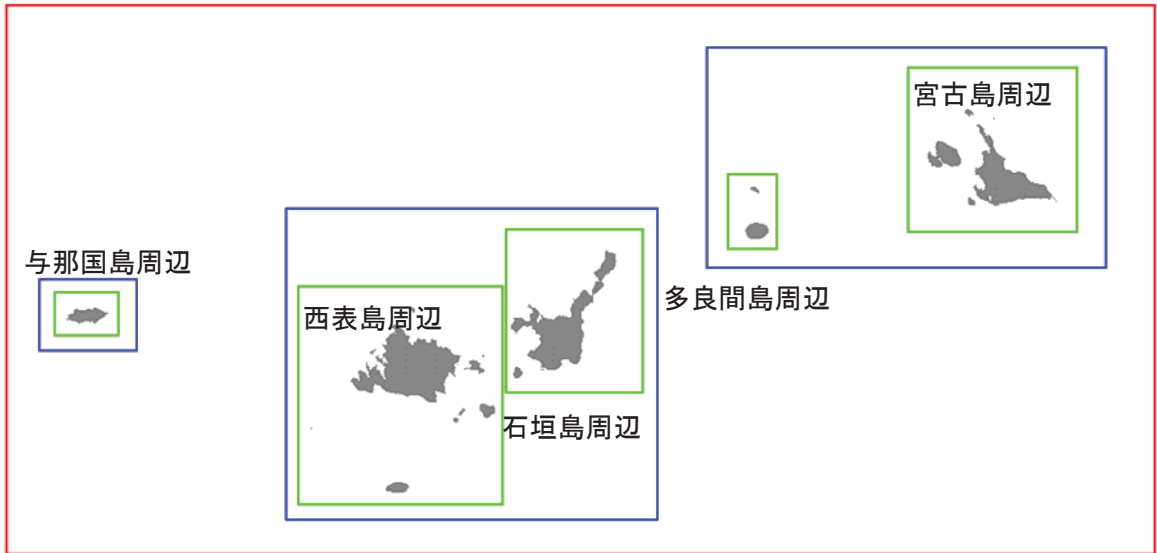


図 4.5.6 計算メッシュの配置 (2)

#### 4.5.2 広域シミュレーションの結果

50mメッシュで計算された県全域の海岸線（海陸境界隣接の海側メッシュ）の津波水位より、各地域に最も影響を及ぼす想定地震を選定した。結果を以下に示す。



図 4.5.7 概略計算結果（海岸線の津波水位 沖縄本島沿岸域）

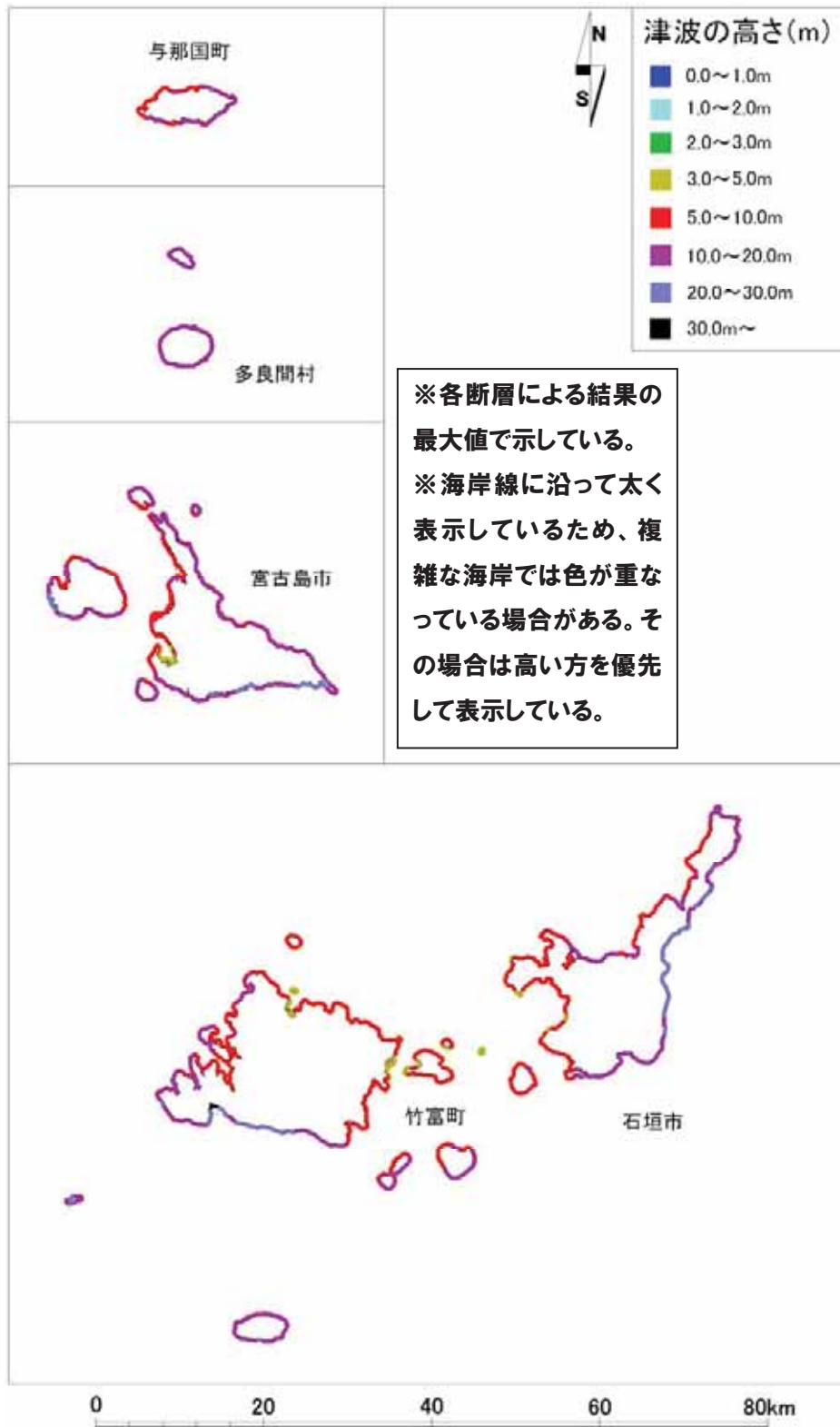
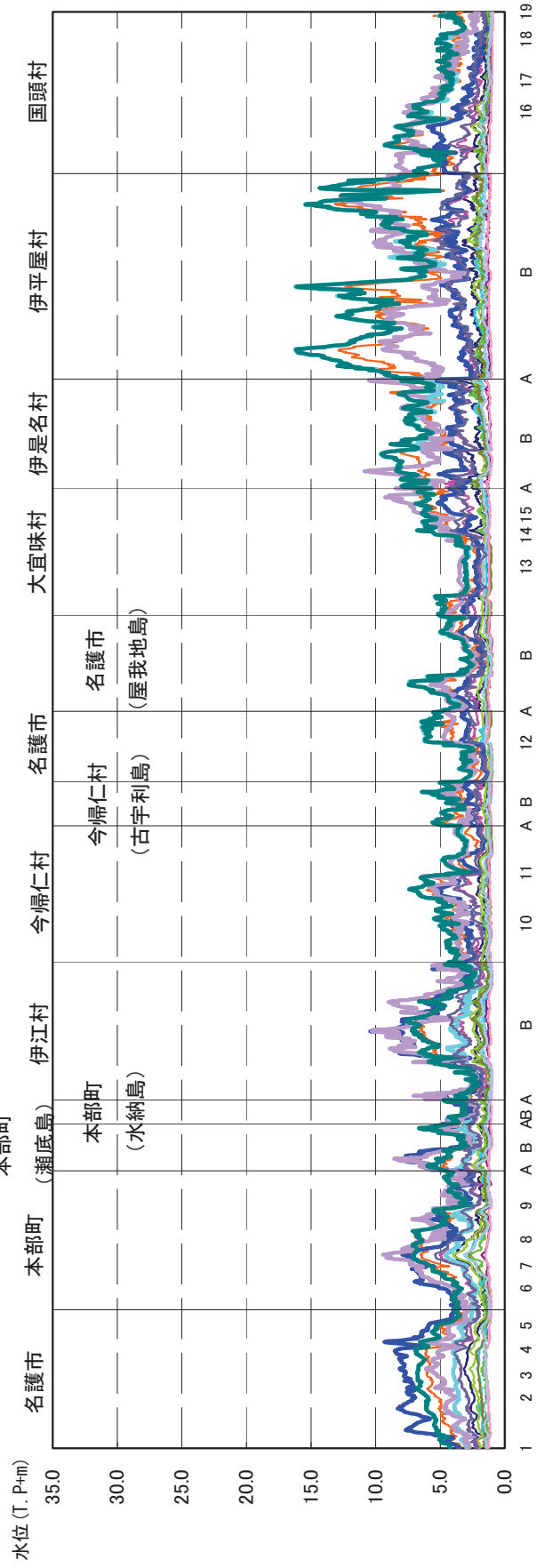
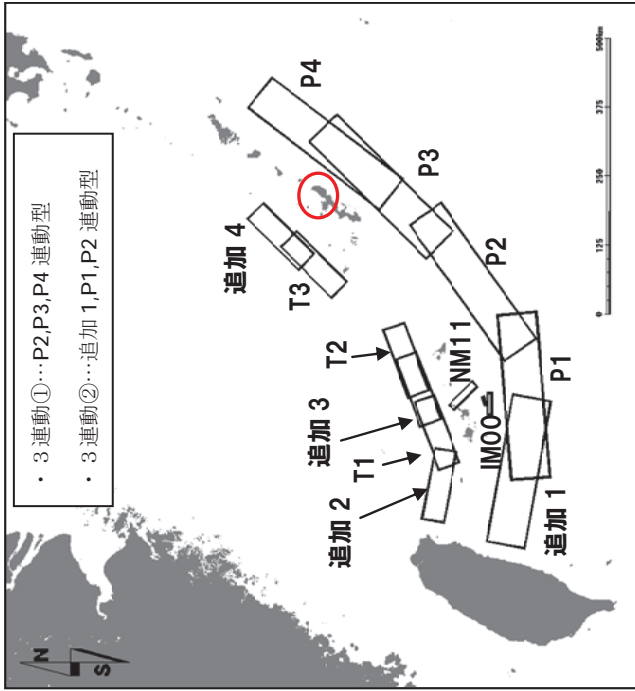
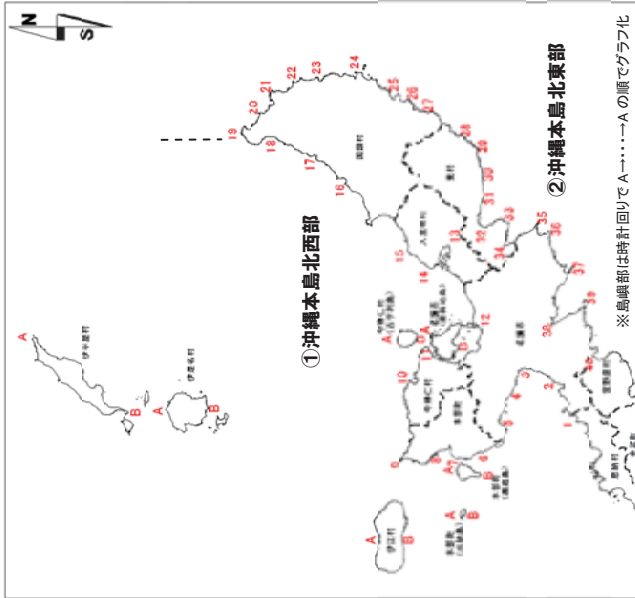
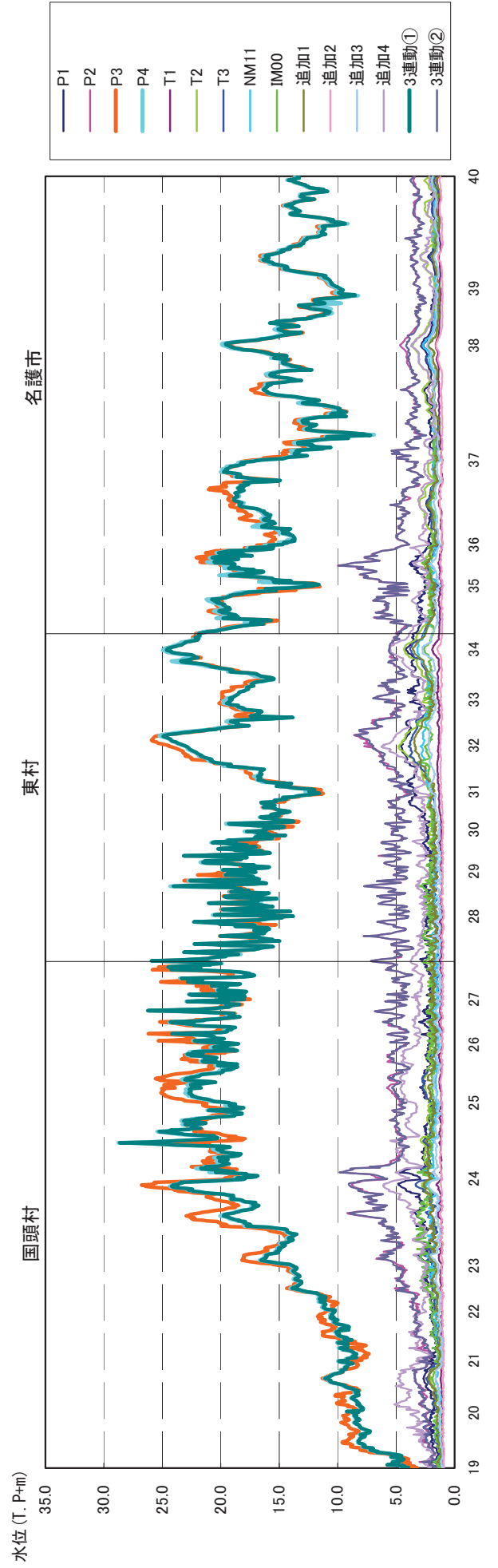
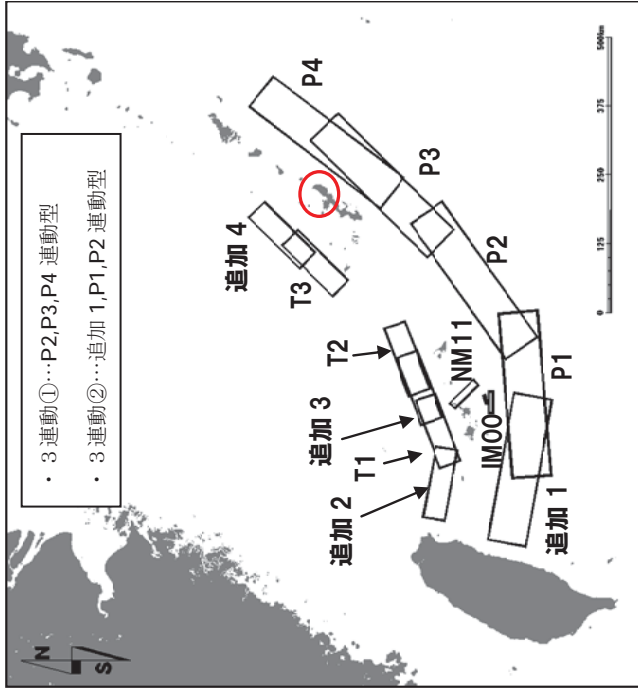
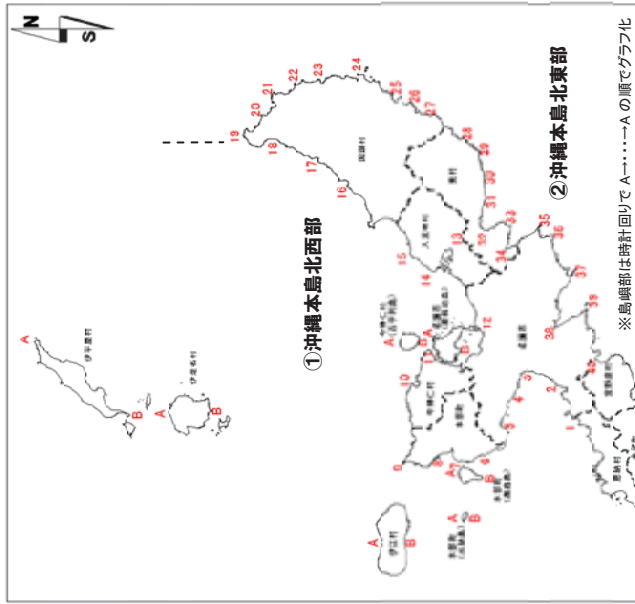


図 4.5.8 概略計算結果（海岸線の津波水位 宮古・八重山諸島沿岸域）

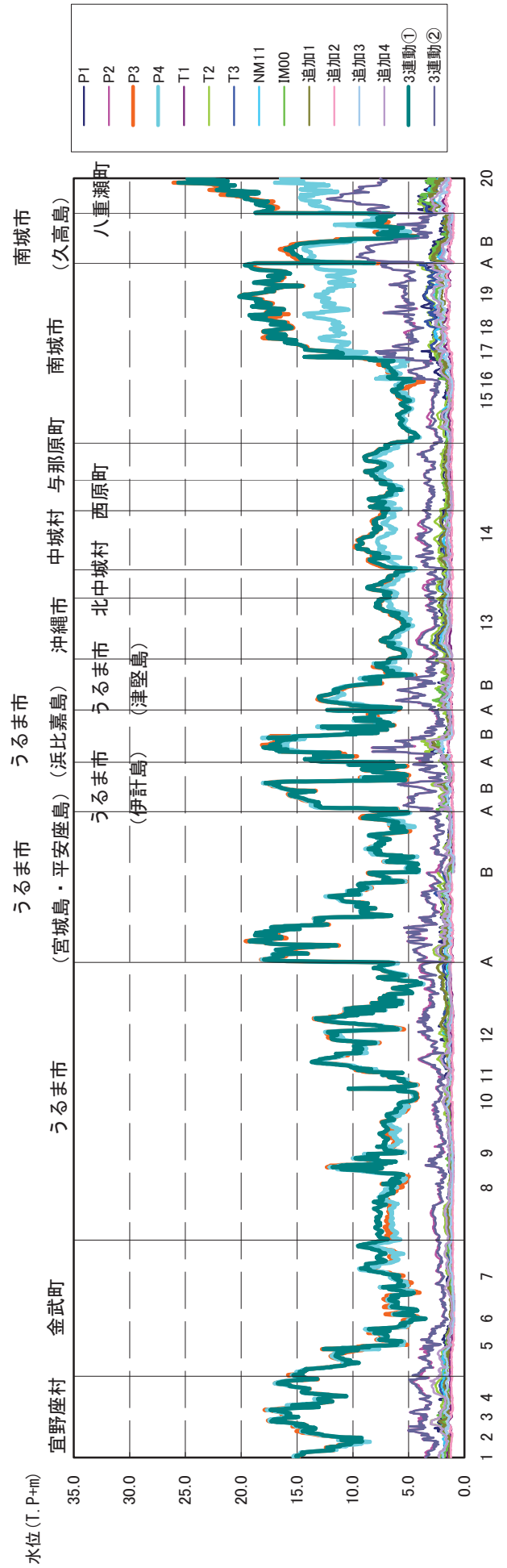
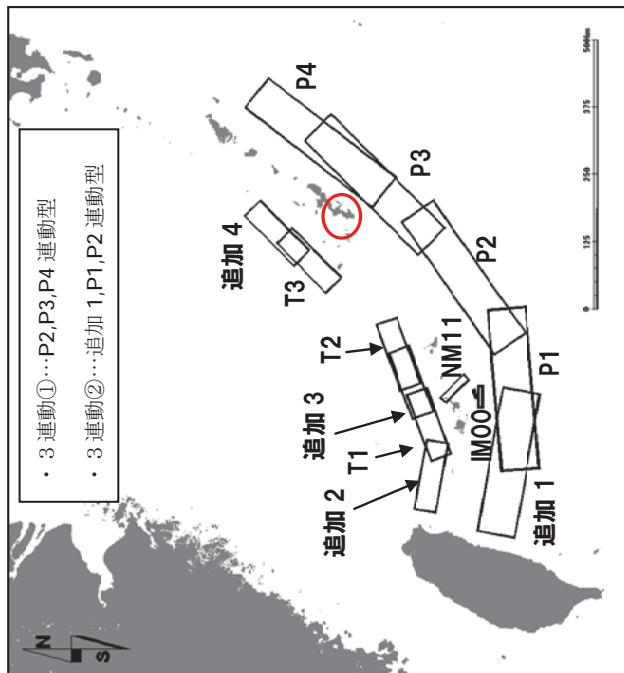
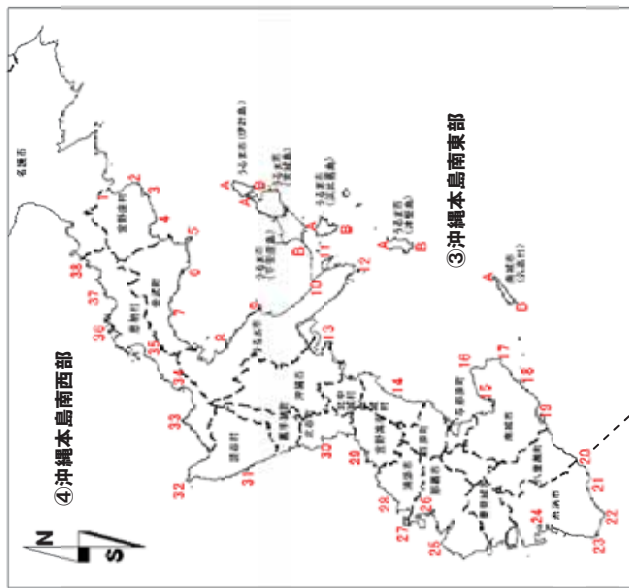
① 沖縄本島北西部



②沖繩本島北東部

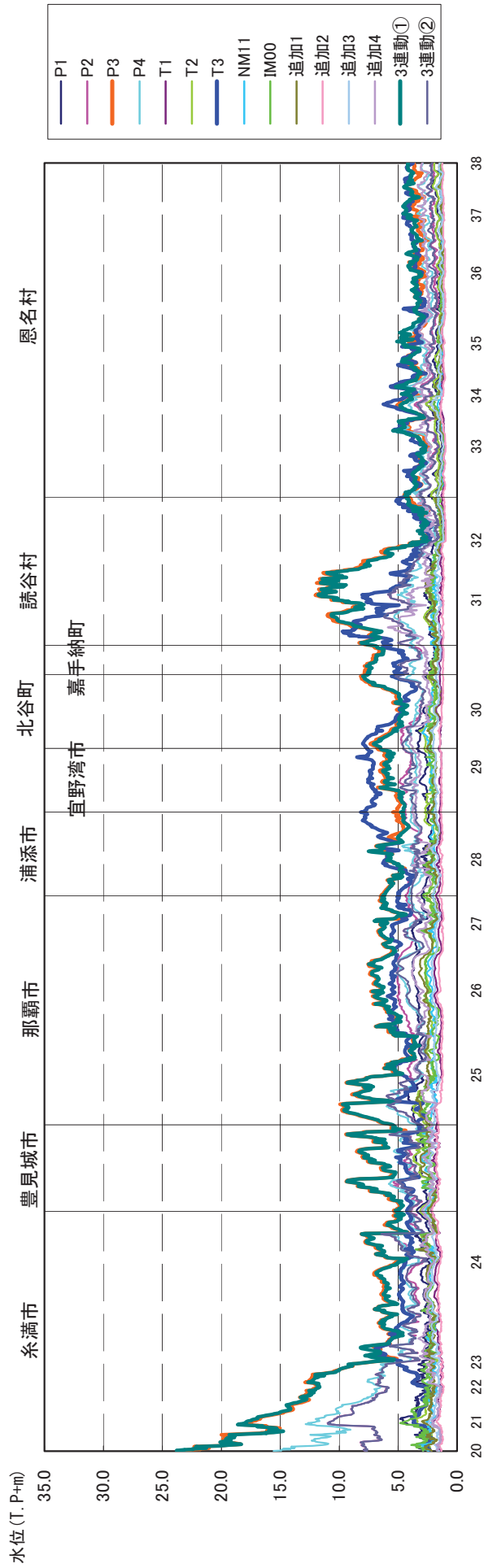
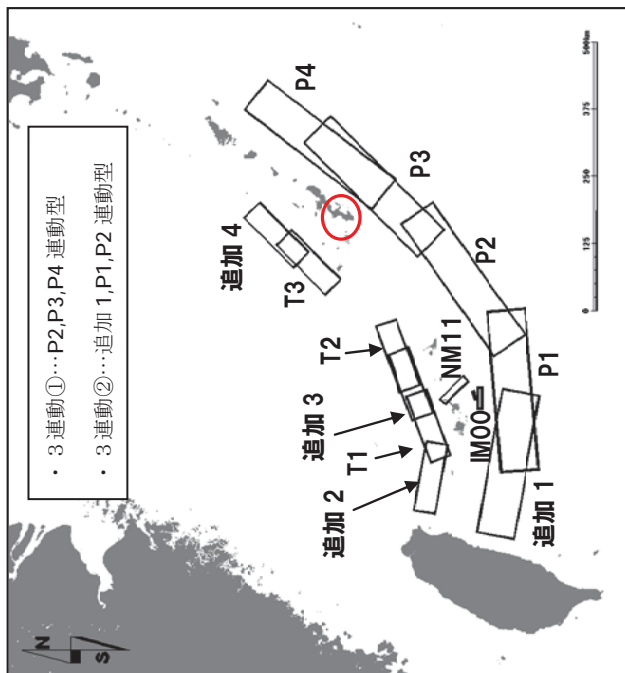
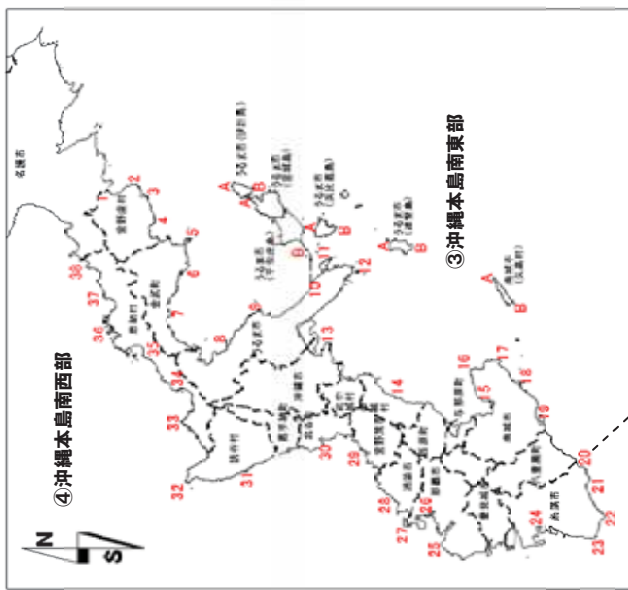


③ 沖繩本島南東部



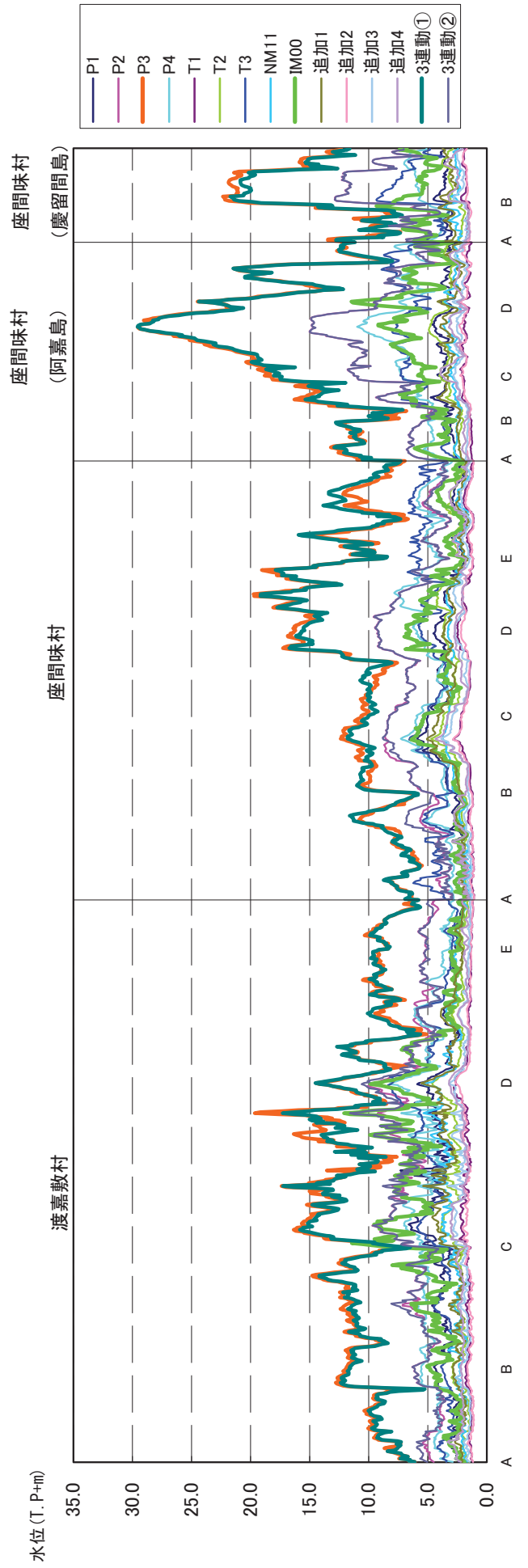
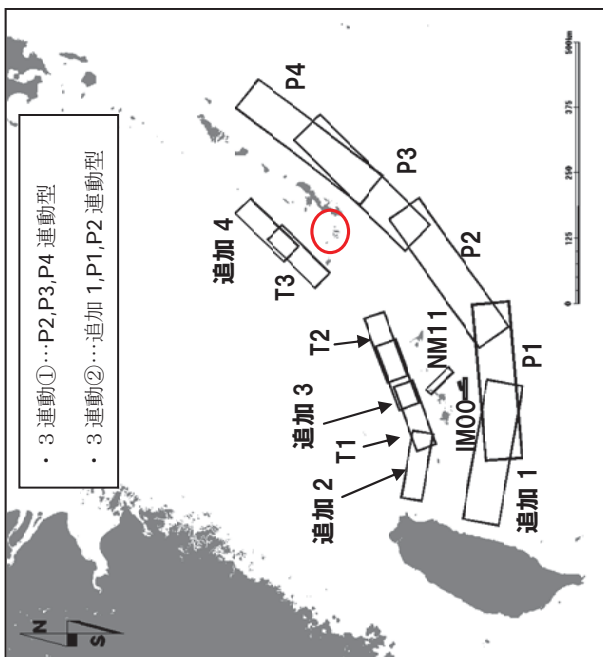
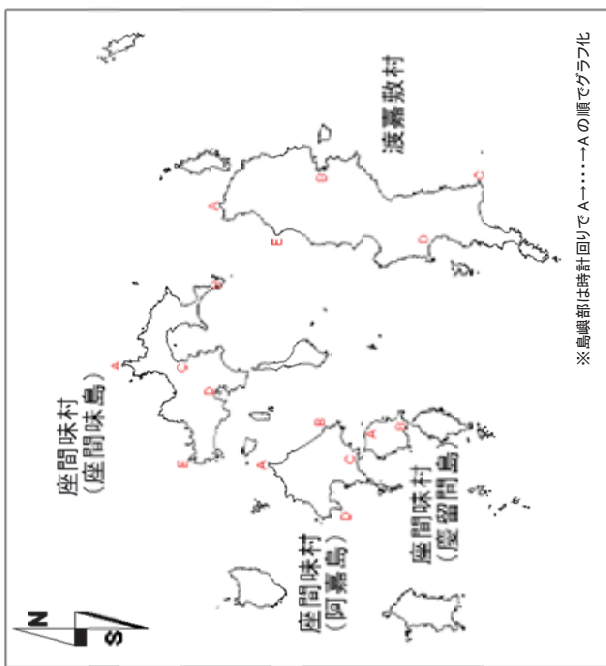


④沖繩本島南西部

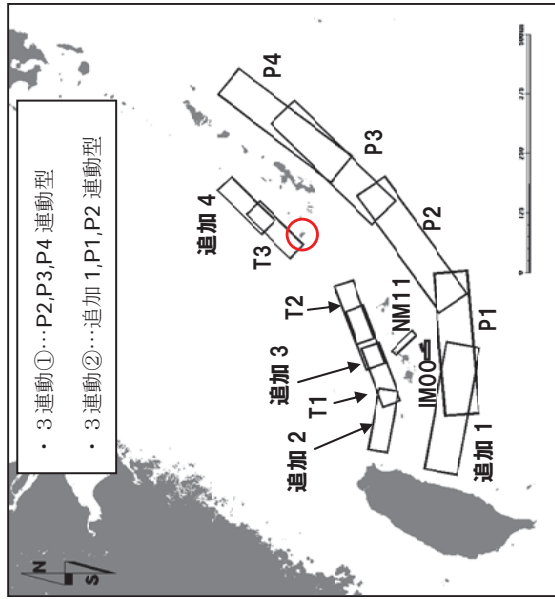




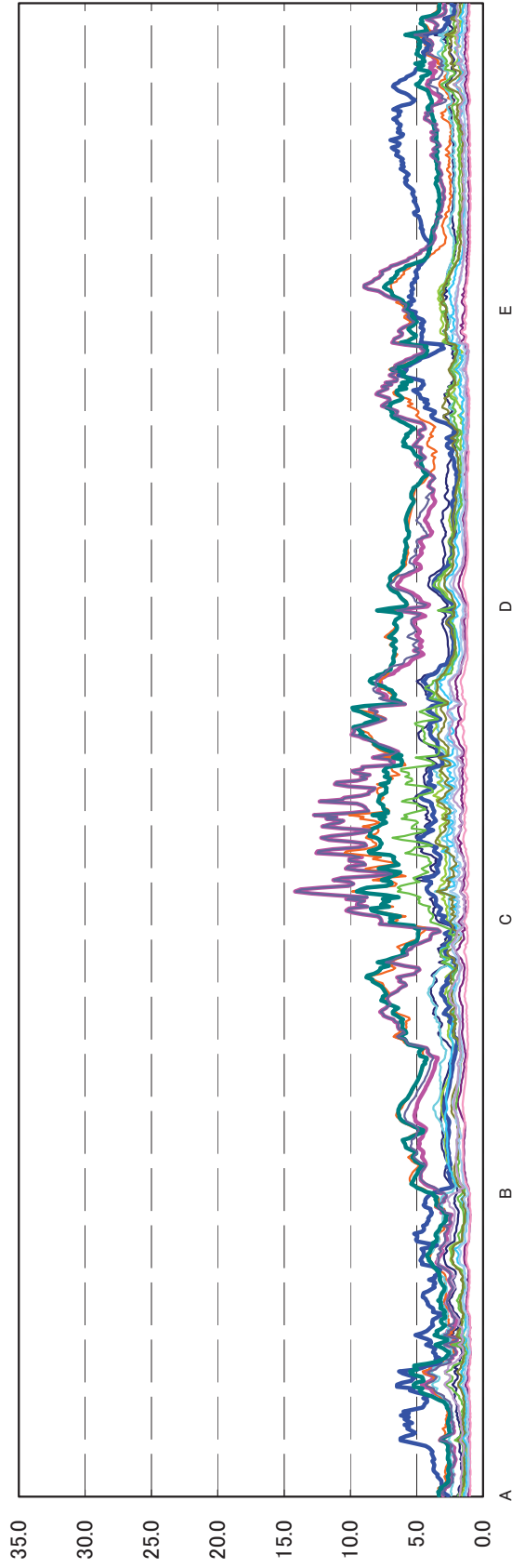
⑤慶良間諸島周辺域



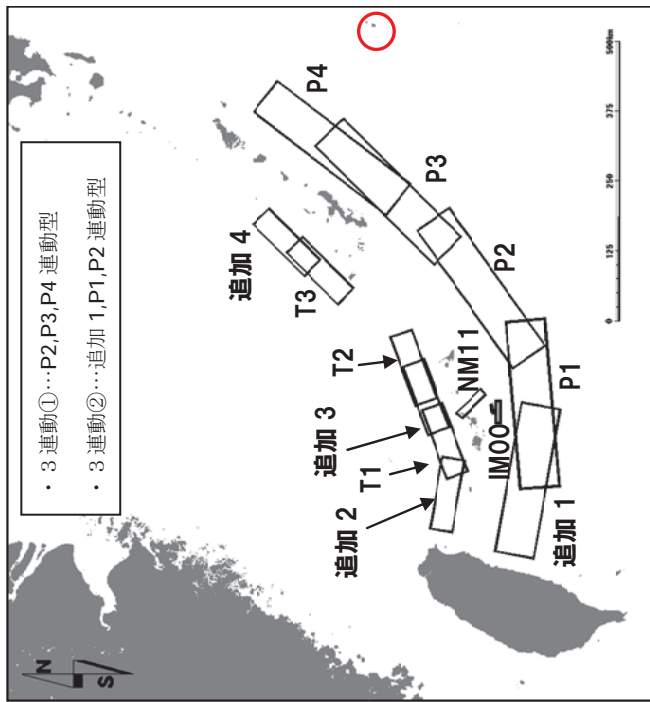
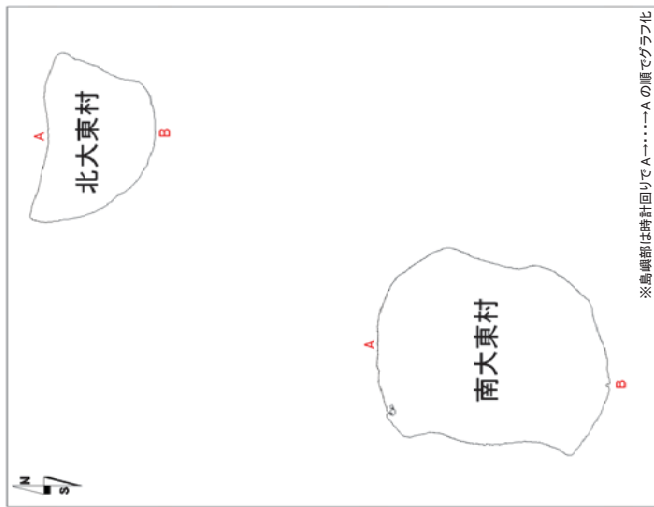
⑥久米島



水位 (T.P+m)



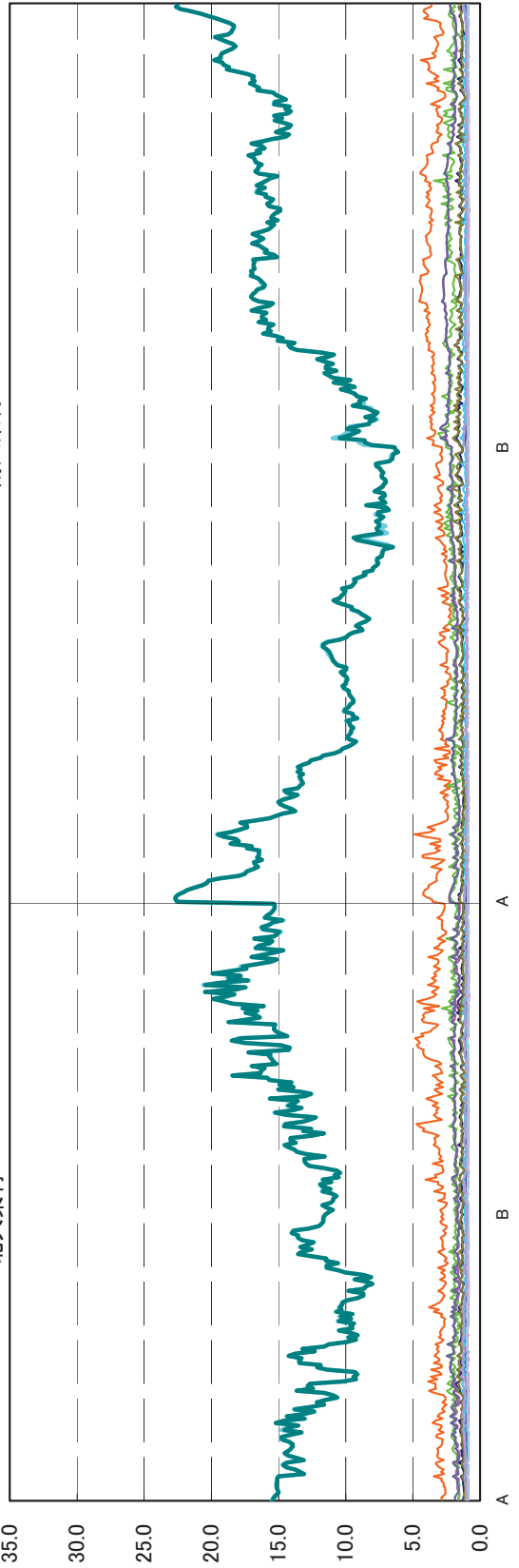
⑦大東諸島周辺域



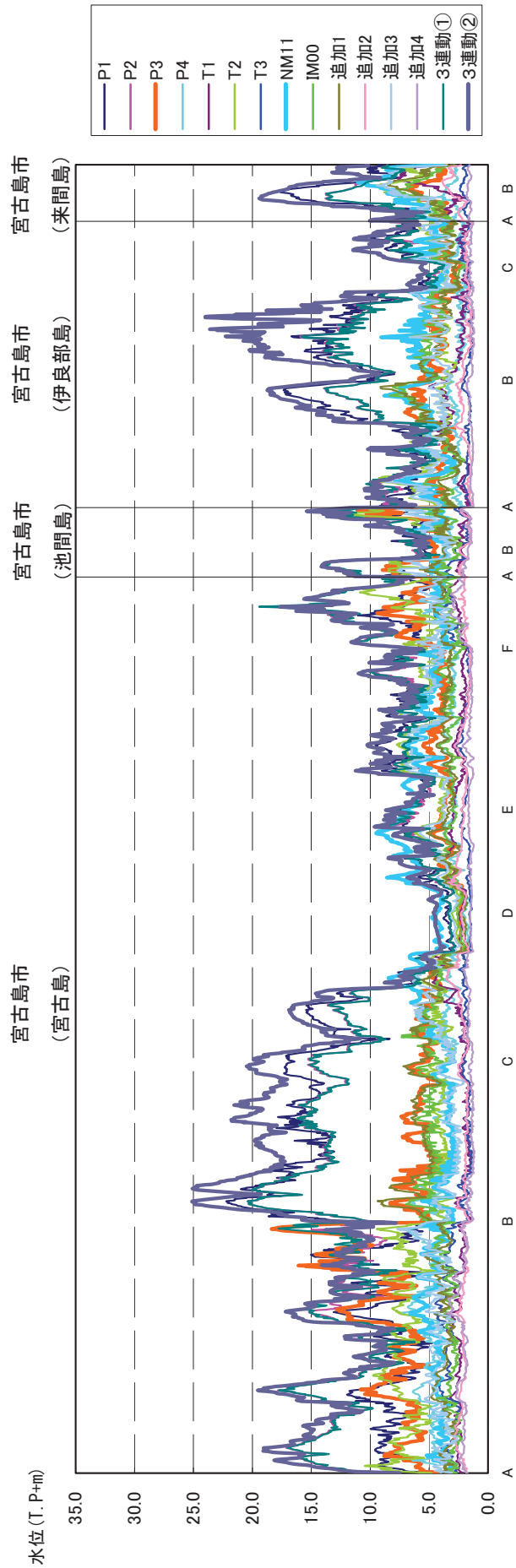
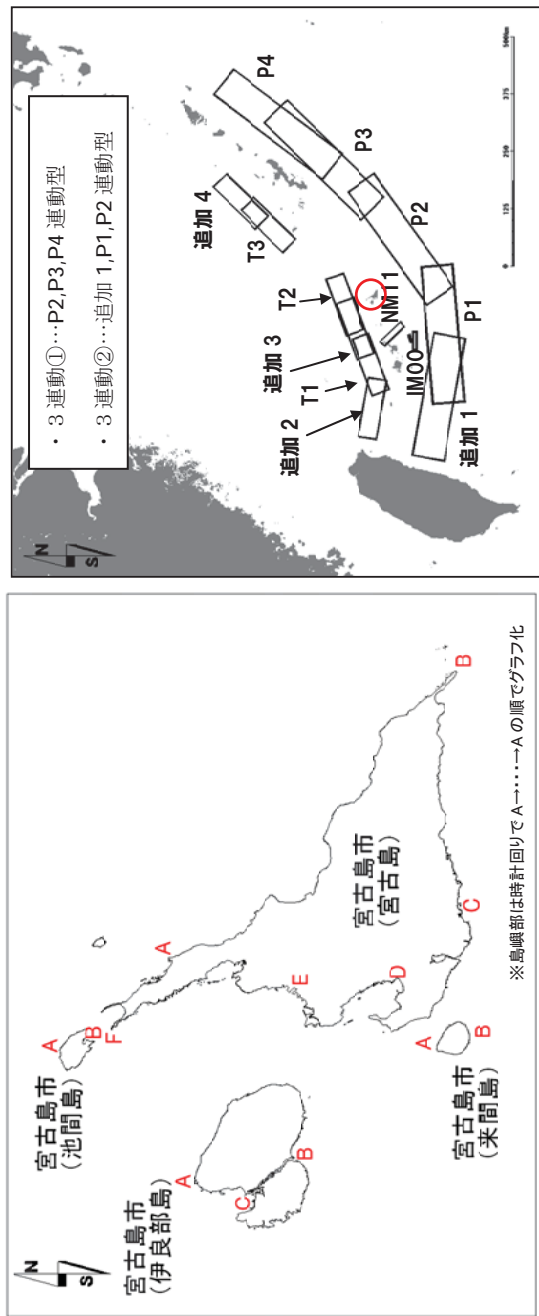
水位 (T.P+m)

北大東村

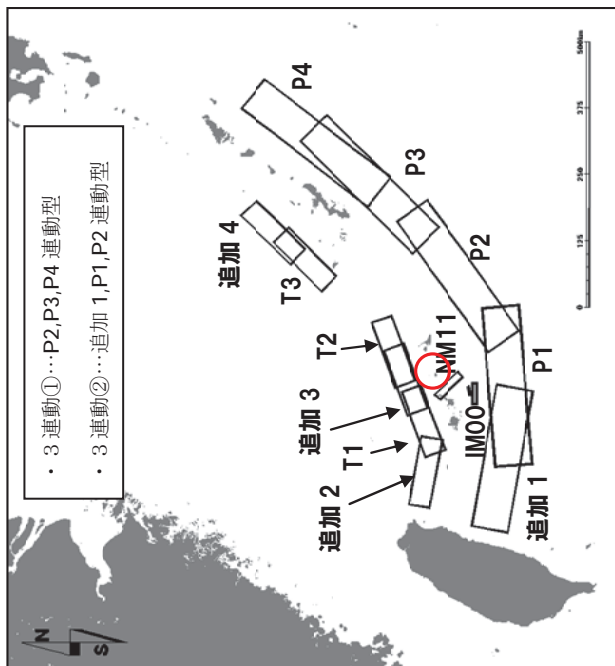
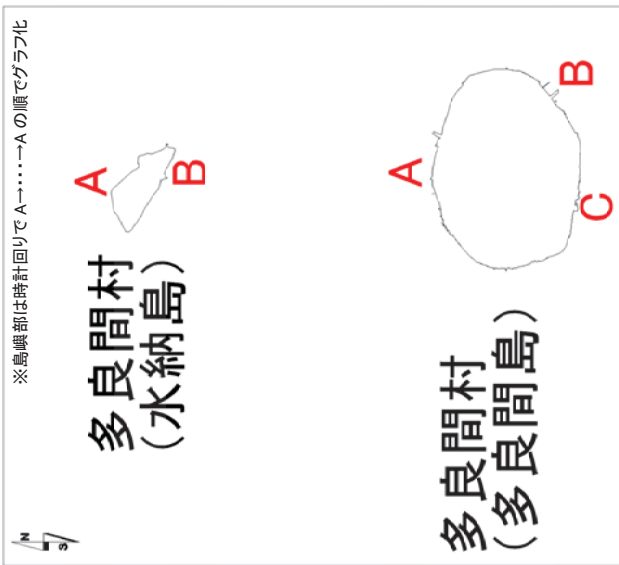
南大東村



⑧宮古島周辺域

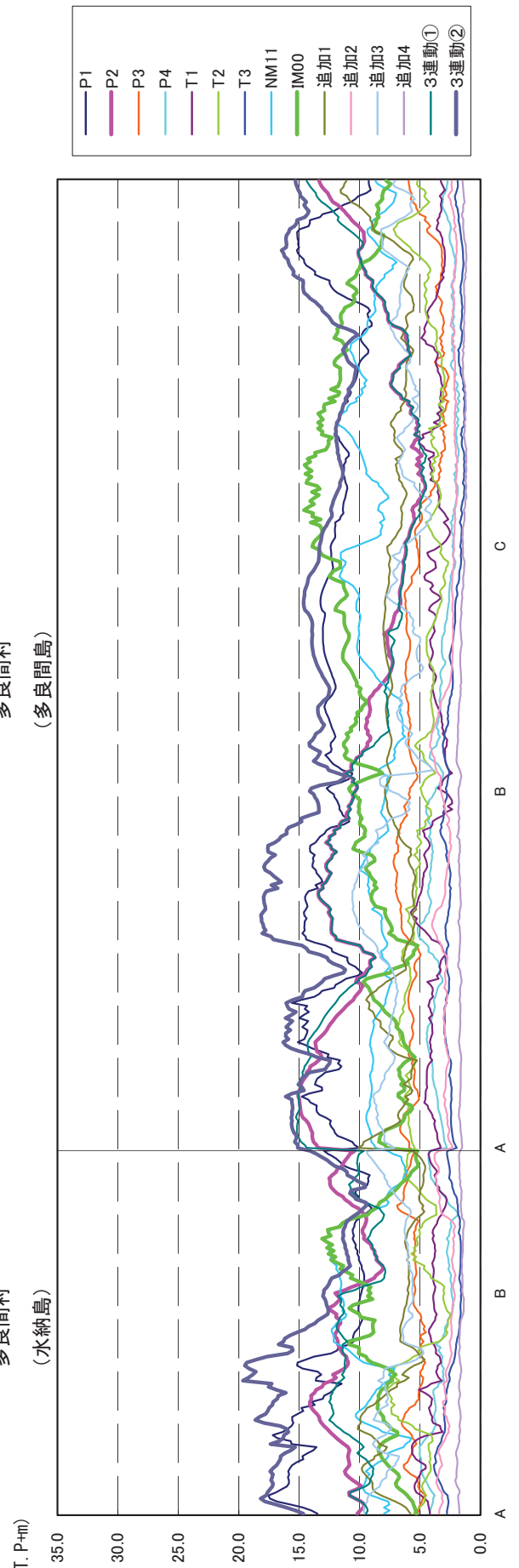


⑨多良間島周辺域

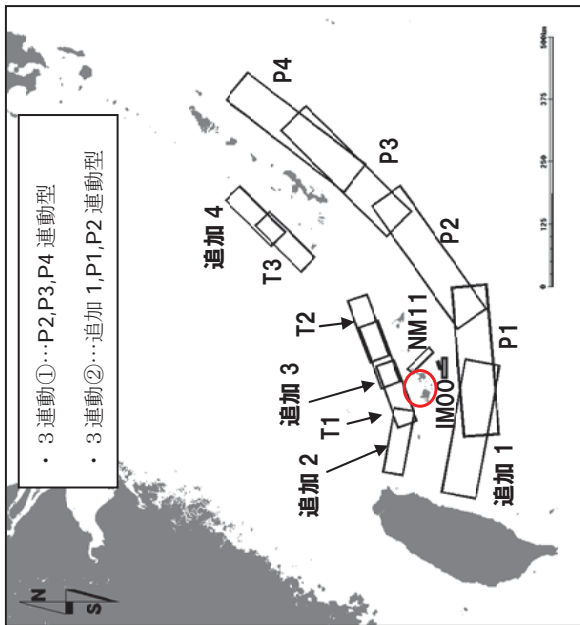
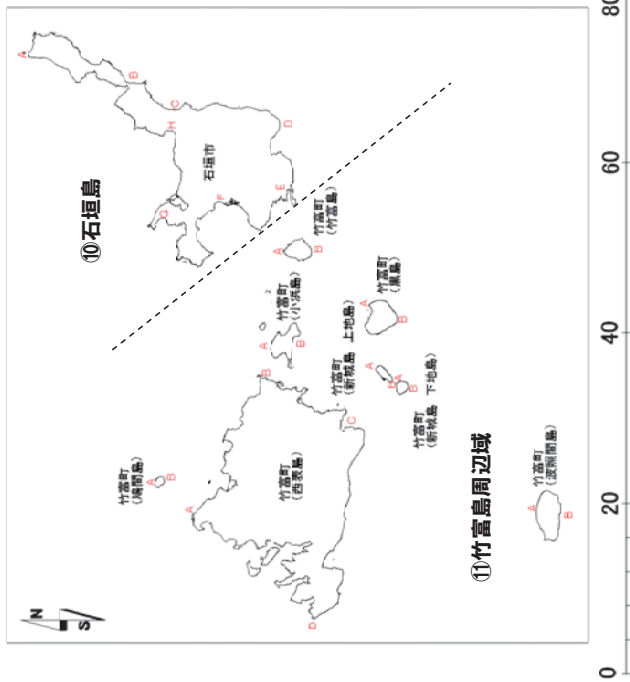


多良間村  
(水納島)

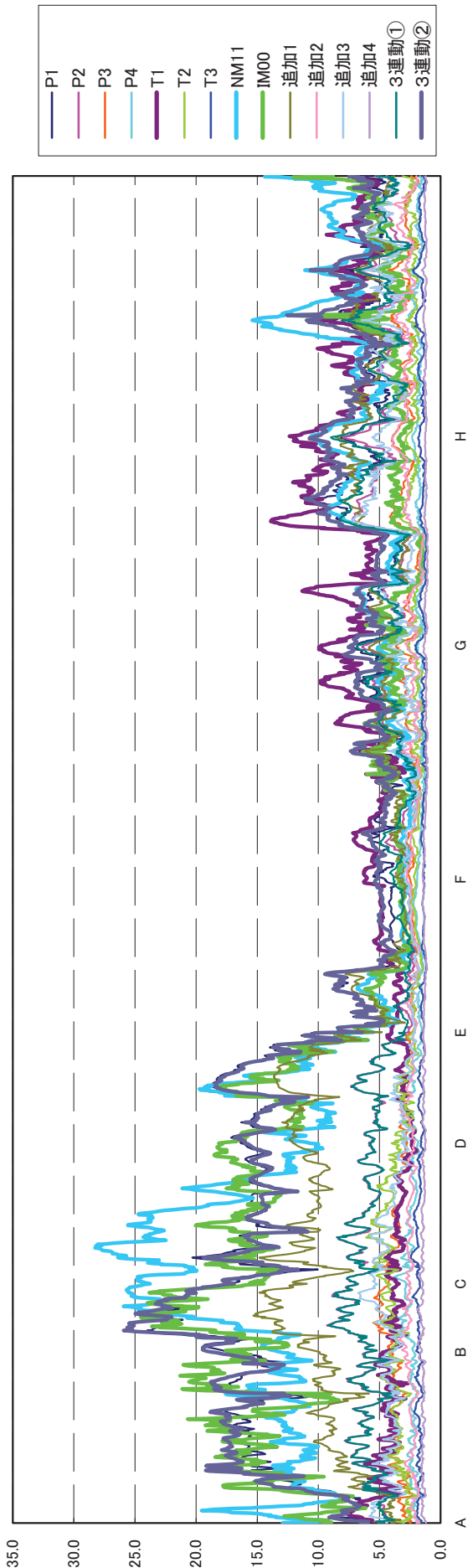
多良間村  
(多良間島)



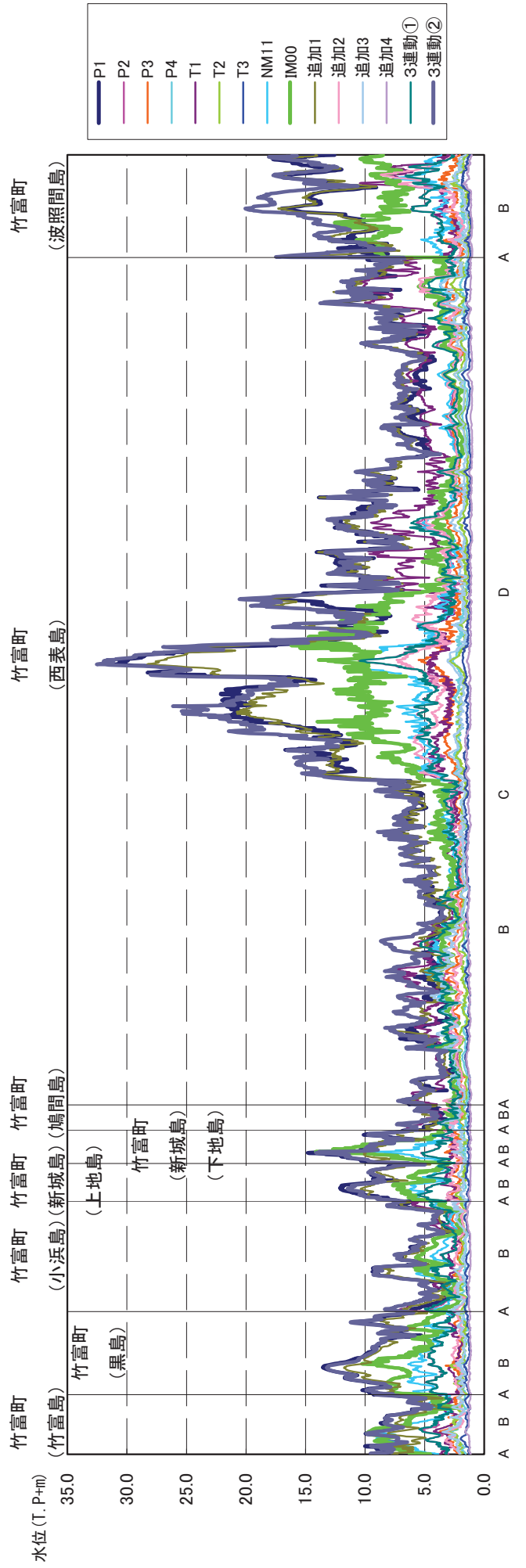
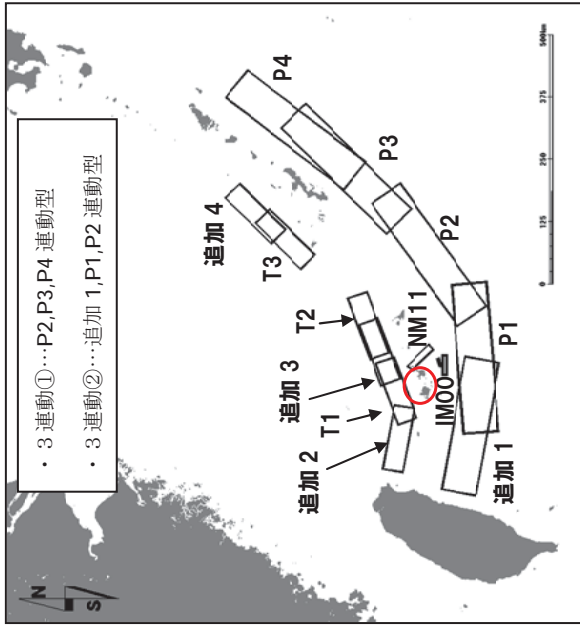
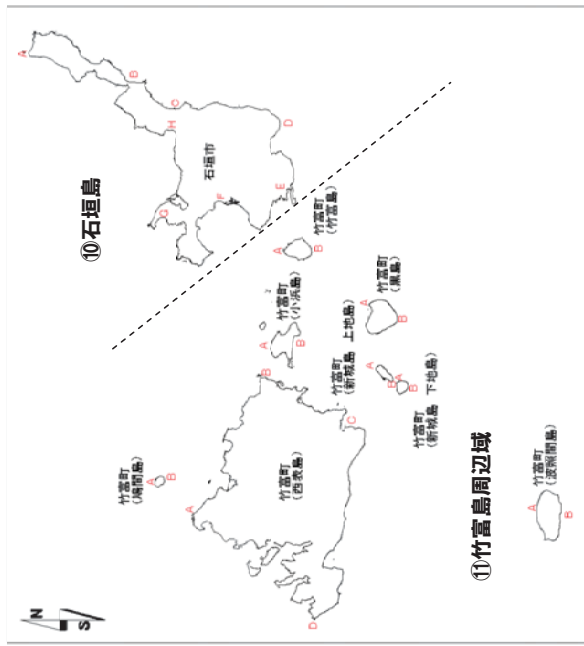
⑩石垣島



水位 (T, P+m)



⑩竹富島周辺域





⑫与那国島

