

2.1 津波シミュレーション検討資料

資料 2-1

パシフィックコンサルタンツ株式会社

2.1.1 検討対象領域

検討対象領域は、図 2.1-1 に示すように、千葉県の沿岸部全域とし、以下の 3 つの区域に分割して津波シミュレーションの予測を行うものとする。

- ① 千葉県九十九里・外房 (犬吠埼～野島崎)
- ② 千葉県内房 (野島崎～富津岬)
- ③ 東京湾内湾 (千葉県) (富津岬～浦安市)

ここで、千葉県の沿岸部全域の分割法は、気象庁の津波警報・注意報等の予報発表区域に準拠した。これは、気象庁による津波予報が、図 2.1-1 に示した沿岸 3 区域において、区域内での最大津波高として公表されることから、これに対応して領域を設定した。



図 2.1-1 検討対象領域

2.1.2 検討対象地震

(1) 検討ケース

千葉県における地震予知は単純に過去の地震を統計処理しても非常に難しいと考えられる。本業務における対象地震は、過去において千葉県に最も大きな津波被害を与えた**延宝地震（1677）**、**元禄地震（1703）**より対象地震を選定する。

検討ケースは、気象庁津波警報との対応や、比較的津波高が小さいと思われる東京湾内での危険警報を考慮し、表 2.1-1 に示すようなケース数を行う。

元禄地震については、平成 17 年度以降断層モデルの研究が進み、新たな地震モデルが提案されている産総研モデル(行谷ほか、2011)のパラメータを使い津波シミュレーションを実施する。

また延宝地震に関しては、新たな地震モデルの提案などの研究が進んでいないため、平成 17 年度に県土整備部で実施された津波解析業務で示されているモデルを活用する。

検討の一覧を下記に示す。

表 2.1-1 検討ケース一覧

予報区	延宝地震（1677）	元禄地震（1703）
③東京湾内湾	—	○（産総研モデル）
①九十九里・外房 ②内房	<ul style="list-style-type: none">・ 気象庁津波予報区分改訂案のうち、波高の大きな3区分（3m、5m、10m）に対応した津波高さを沿岸部で生じるように3ケースとする・ 元禄地震・延宝地震の2つの地震津波に対して、沿岸域の浅い海域地点での津波波高が大きくなる地震津波を選択し、両地震津波のいずれかの周期性は確保する	

(2) 検討対象津波の波源モデル

1) 対象地震津波の被害規模

延宝地震（1677）と元禄地震（1703）の断層位置図を図 2.1-2 に、被害規模を表 2.1-2 に、津波痕跡記録を図 2.1-3、図 2.1-4 にそれぞれ示す。

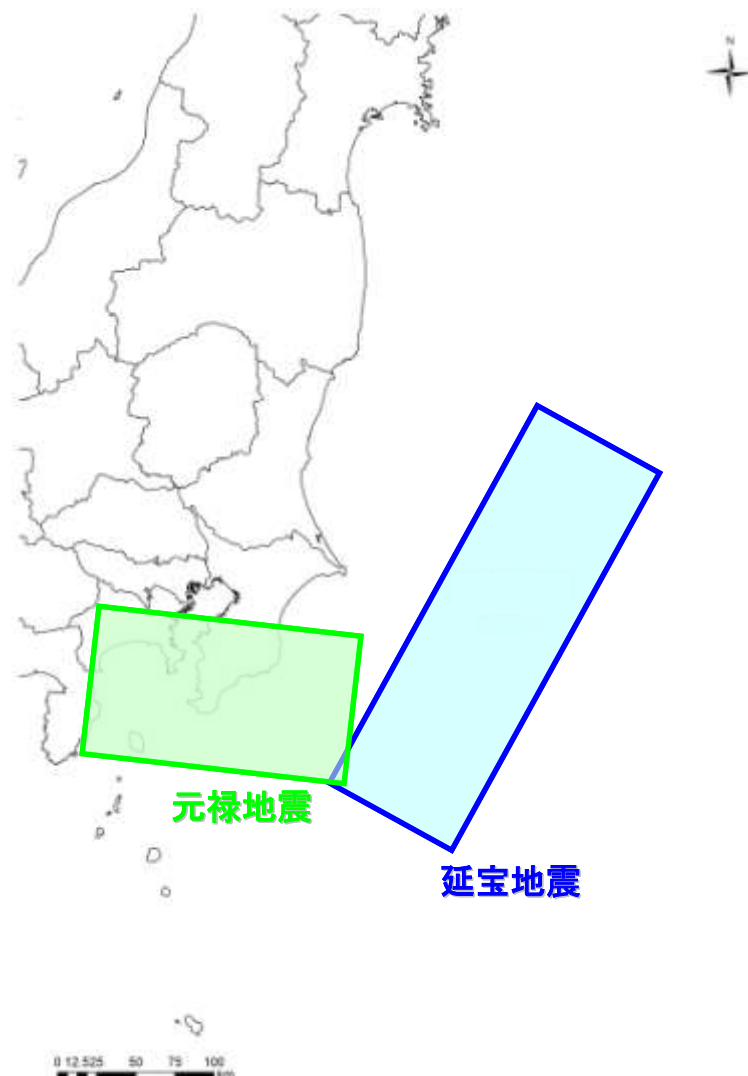


図 2.1-2 検討対象地震の断層位置図

表 2.1-2 対象地震津波の被災状況と地震規模一覧

西暦 (年月日)	和暦 (年月日)	地震の名称	被災地域	規模 (M)
1677.11.04	延宝 05.10.09	延宝地震	磐城・常陸・安房・ 上総・下総	8.0
1703.12.31	元禄 16.11.23	元禄地震	江戸・関東諸国	7.9～8.2

※出典：千葉県 HP（所属課室：防災危機管理監防災危機管理課政策調整班）

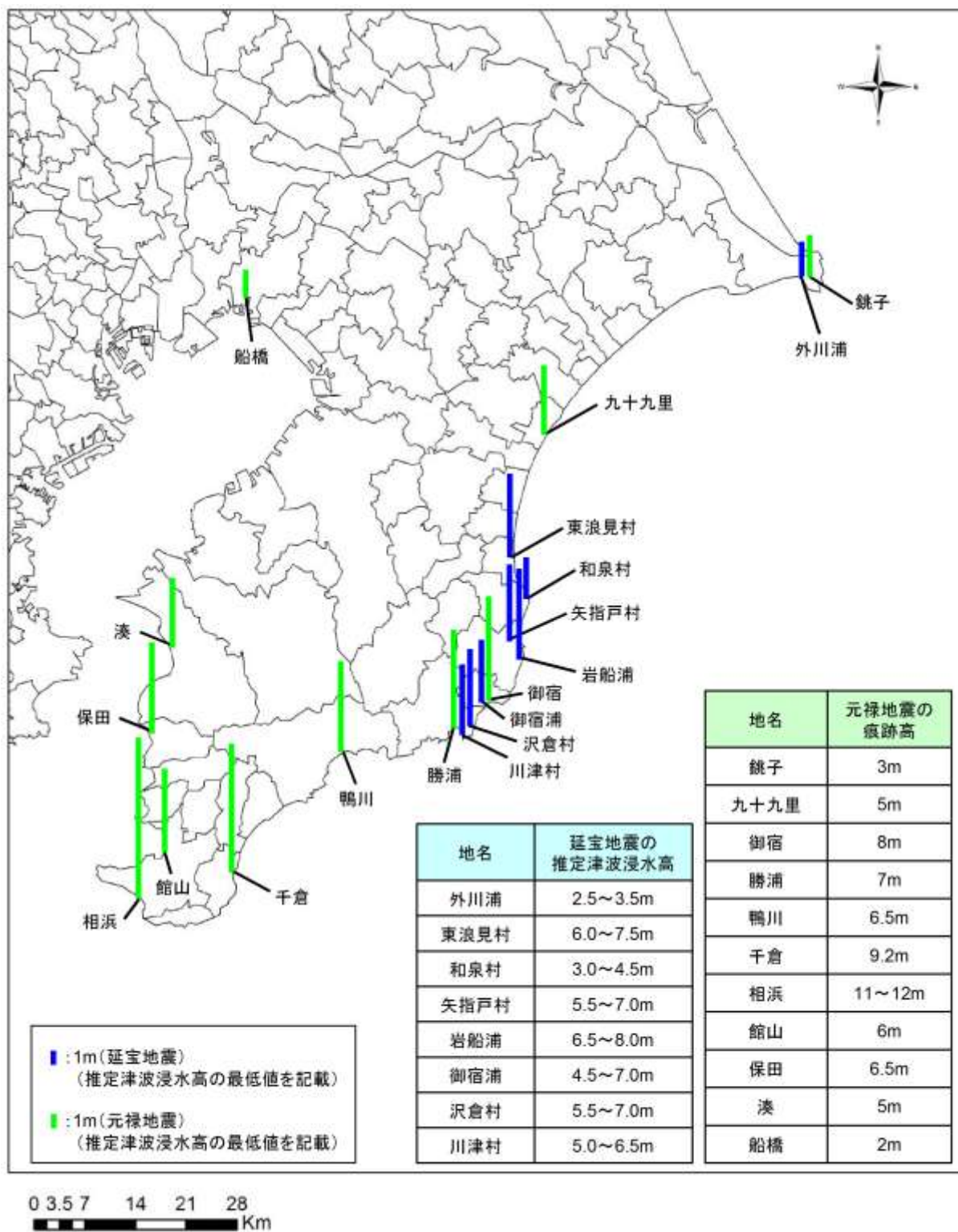
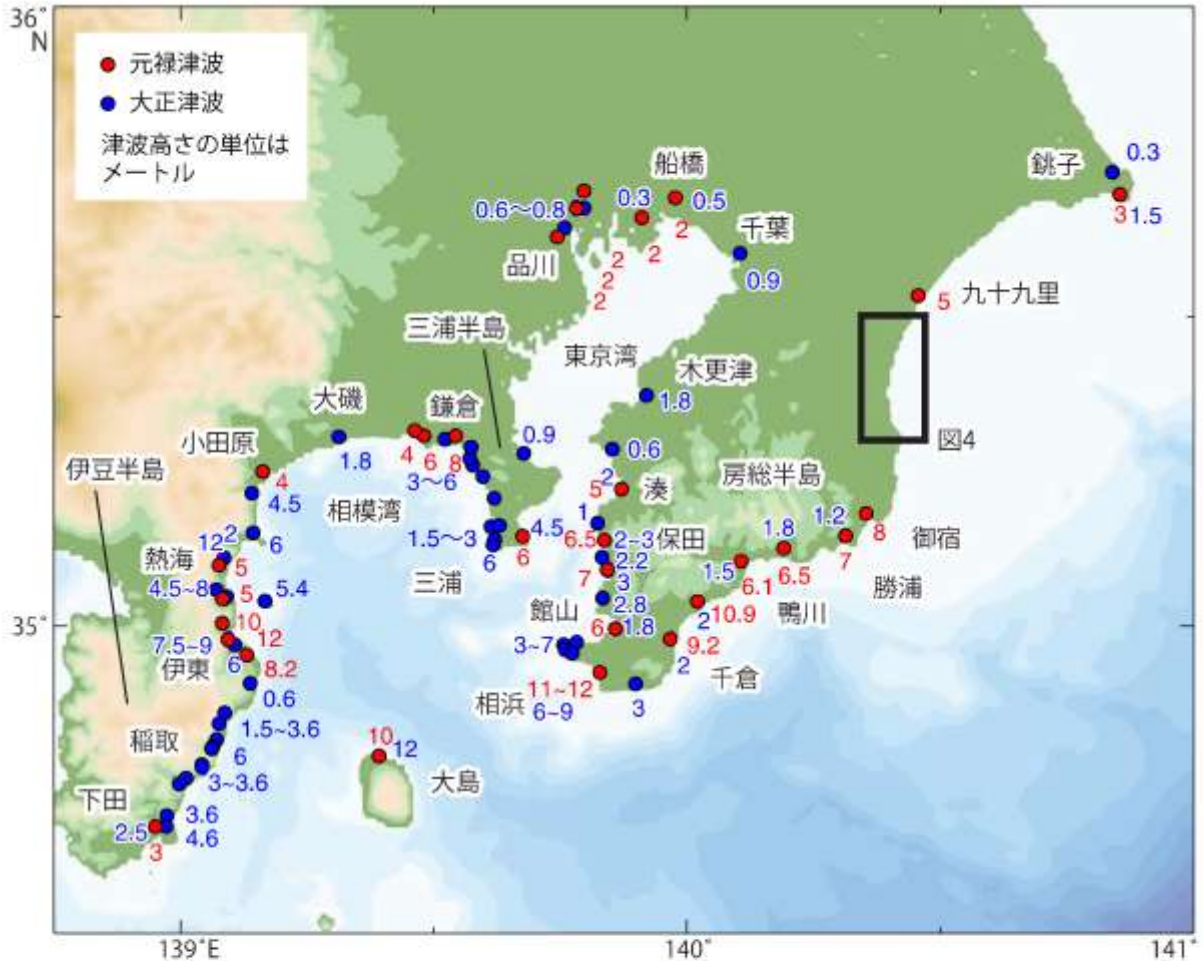


図 2.1-3 延宝地震（1677）と元禄地震（1703）の津波痕跡記録図

※出典（延宝地震）：竹内ら、延宝房総沖地震津波の千葉県沿岸～福島県沿岸での痕跡高調査

※出典（元禄地震）：行谷ほか（2011）、南関東沿岸の地盤上下変動から推定した 1703 年元禄関東地震
と 1923 年大正関東地震の断層モデル、活断層・古地震研究報告、No.11、p107-120,2011



第3図. 元禄地震および大正地震による各地の津波高さ分布 (羽島ほか, 1973; 羽島, 1975a, 1975b, 1976). ただし, 羽島 (1976) は元禄津波の房総半島の高さを松田ほか (1974) による地殻上下変動量を基に推定しているので, 本図では穴倉 (2000) による地殻上下変動量を加味して修正.

Fig. 3. Tsunami heights from the 1703 earthquake (the red numerals) and the 1923 earthquake (the blue numerals) based on Hatori *et al.* (1973) and Hatori (1975a, 1975b, 1976). The 1703 tsunami heights in Boso peninsula were modified with vertical movements estimated by Shishikura (2000), because Hatori (1976) used the vertical movements by Matsuda *et al.* (1974) to estimate the tsunami heights.

図 2.1-4 元禄地震および大正地震における各地の津波高さ分布*

※出典: 行谷ほか (2011)、南関東沿岸の地盤上下変動から推定した 1703 年元禄関東地震と 1923 年大正関東地震の断層モデル、活断層・古地震研究報告、No.11、p107-120,2011

2) 波源モデル

地震発生から沿岸に津波が到達するまでの時間や津波浸水範囲を踏まえ、市町村の避難計画立案に寄与することを念頭に対象津波を選定する。

避難計画立案の観点からは、千葉県沖合近傍で発生する大規模津波の採用を基本とする。なお、今次津波については千葉県より震源が遠く津波到達まで時間を要することから対象外とする。

千葉県で痕跡記録のある津波としては、本検討では表 2.1-3 に示した「延宝地震（1677）」、「元禄地震（1703）」を基本に検討を行うものとする。

「延宝地震（1677）」については、平成 17 年度に県土整備部での検討^{※1}において使用された波源モデルを用いる。この波源モデルは中央防災会議モデル^{※2}のすべり量を調整した波源モデルである。

「元禄地震（1703）」は、産総研モデル（行谷ほか、2011）^{※3}により構築された波源モデルを用いる。

それぞれの波源モデルのすべり量分布図を図 2.1-6 に、すべり量分布図より算出した初期地盤変動量分布図を図 2.1-7～図 2.1-9 に示す。

表 2.1-3 検討対象波源モデル

対象地震	波源モデル	備考
延宝地震（1677）	H17 検討での波源モデル	県土整備部での検討条件を踏襲
元禄地震（1703）	産総研モデル（行谷ほか、2011）	

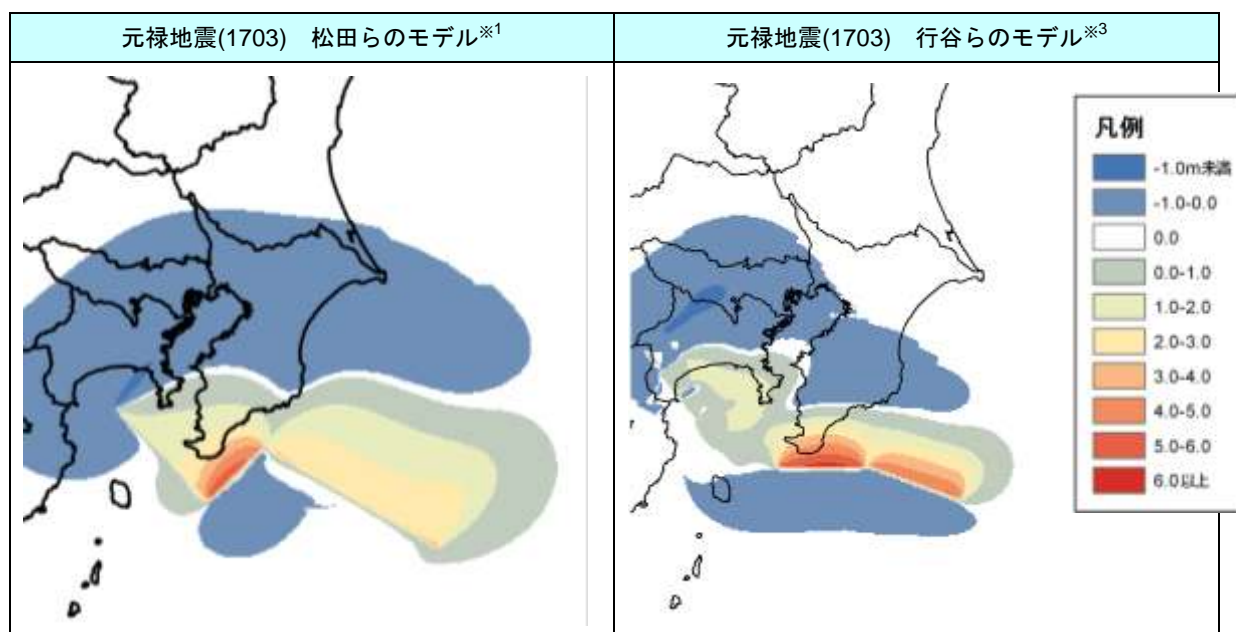


図 2.1-5 元禄地震波源モデルと初期地盤高変動量の違い

※1 出典 : 平成 17 年度 県単海岸調査委託（津波対策・シミュレーション業務）報告書 H18.9

※2 出典 : 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

※3 出典 : 行谷ほか（2011）、南関東沿岸の地盤上下変動から推定した 1703 年元禄関東地震と 1923 年大正関東地震の断層モデル、活断層・古地震研究報告、N0.11、p107-120,2011

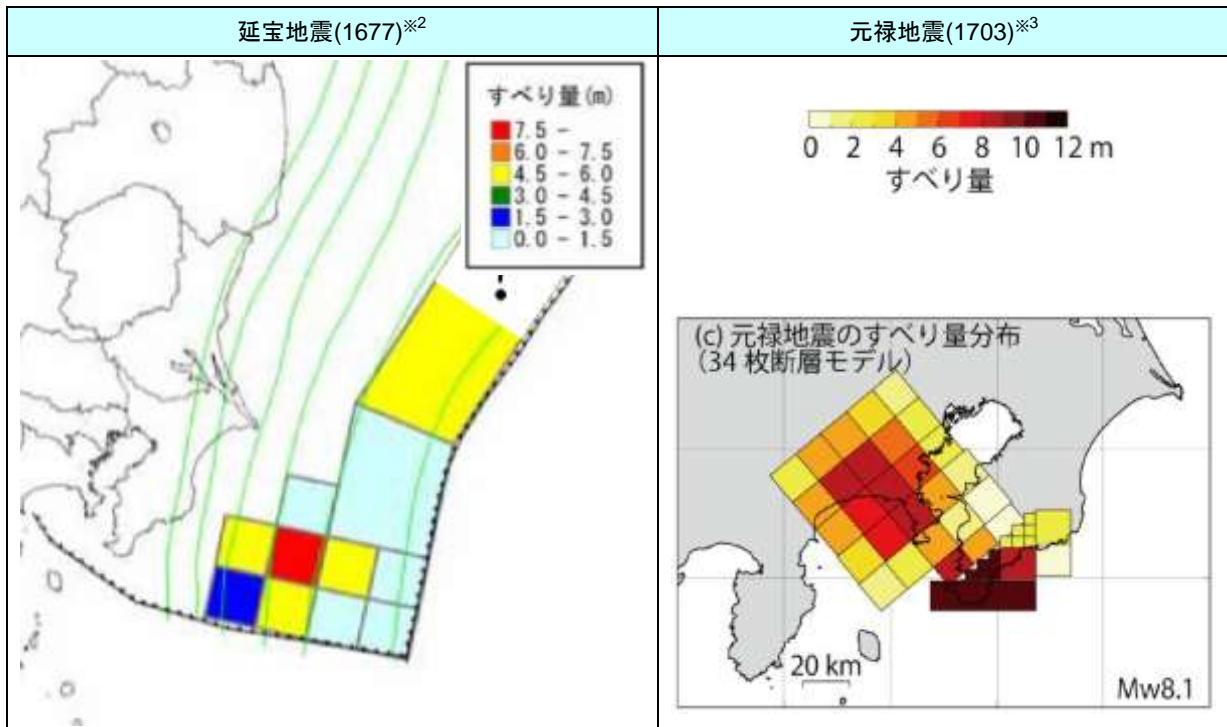


図 2.1-6 地殻上下変動量分布からインバージョン解析により推定したすべり量分布図

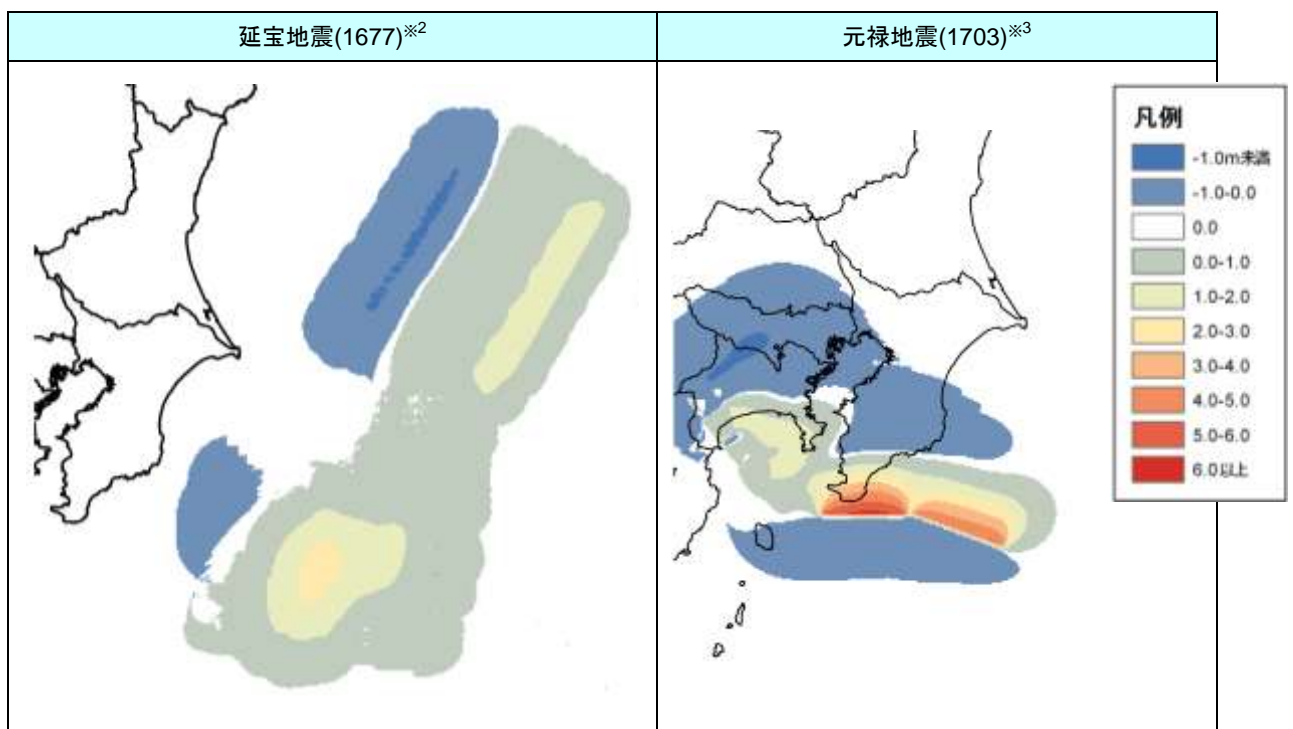


図 2.1-7 初期地盤高変動量分布図

※1 出典 : 平成 17 年度 県単海岸調査委託 (津波対策・シミュレーション業務) 報告書 H18.9

※2 出典 : 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

※3 出典 : 行谷ほか (2011)、南関東沿岸の地盤上下変動から推定した 1703 年元禄関東地震と 1923 年大正関東地震の断層モデル、活断層・古地震研究報告、N0.11、p107-120,2011

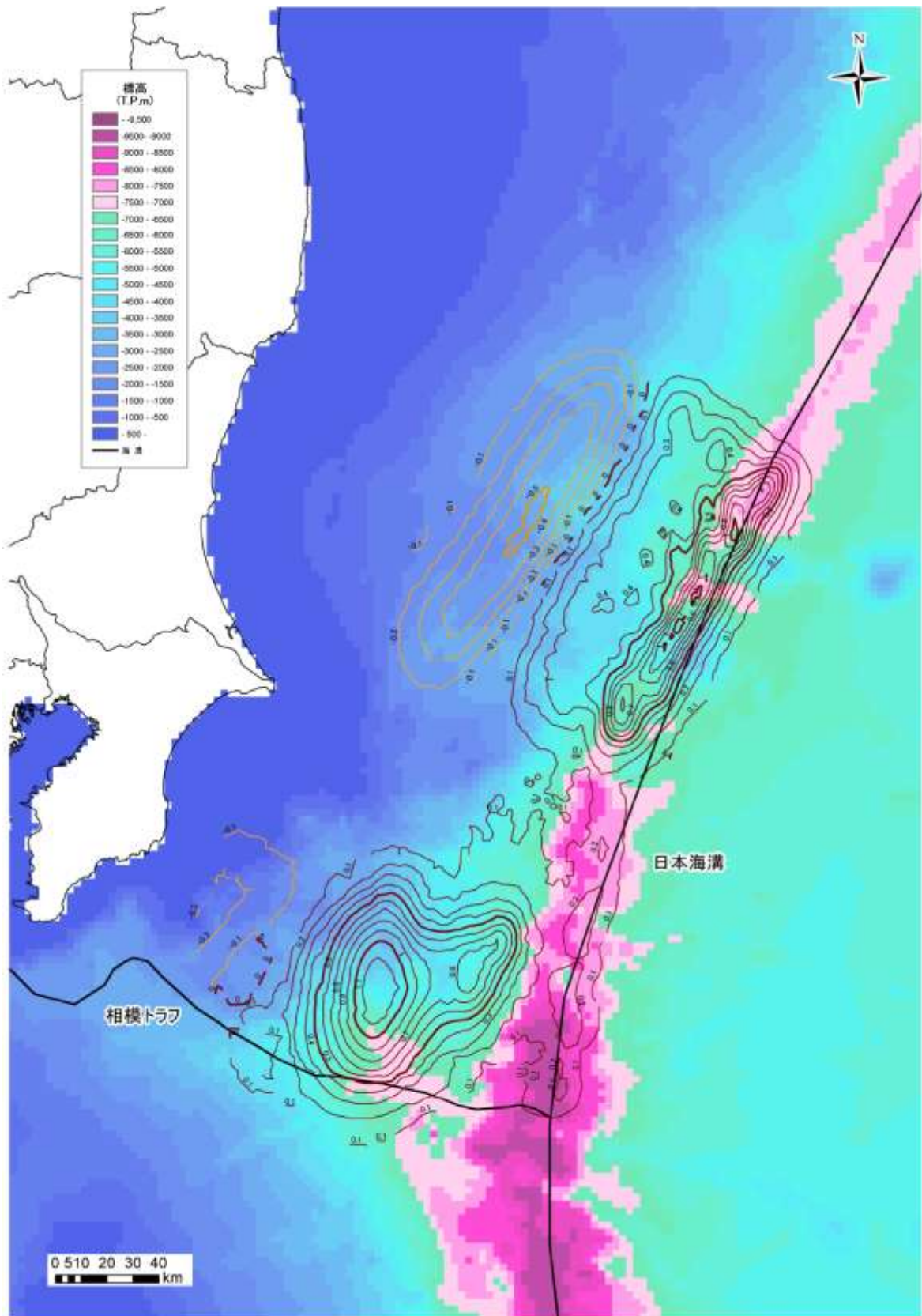


図 2.1-8 延宝地震（1677）の初期地盤変動量分布図

※「平成 17 年度 県単海岸調査委託（津波対策・シミュレーション業務）報告書」にて使用された断層パラメータより作成

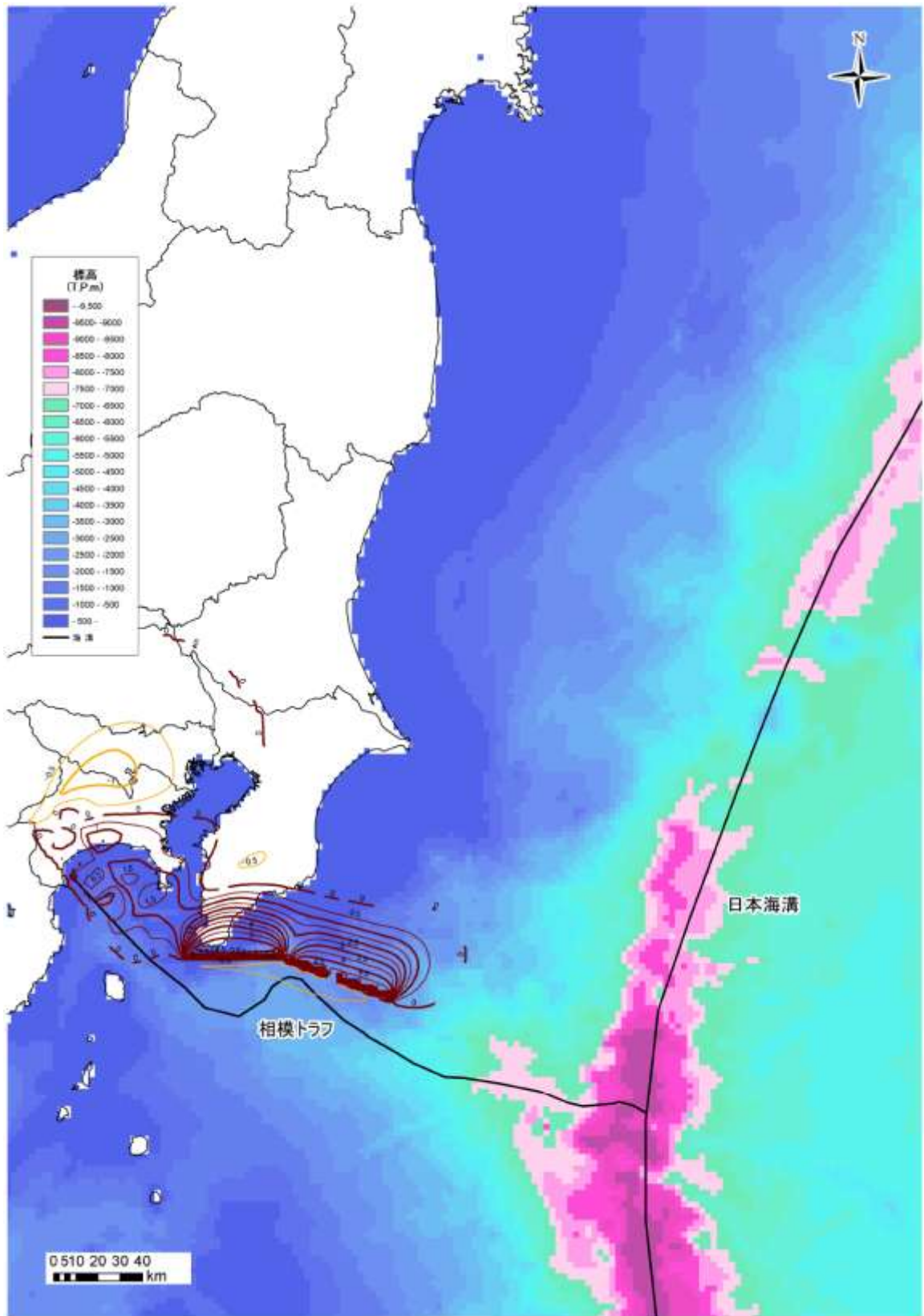


図 2.1-9 元禄地震（1703）の初期地盤変動量分布図

※行谷ほか（2011）、南関東沿岸の地盤上下変動から推定した 1703 年元禄関東地震と 1923 年大正関東地震の断層モデル、活断層・古地震研究報告、N0.11、p107-120,2011 より作成

2.1.3 津波シミュレーションモデルの構築

(1) 津波シミュレーションモデルの基本条件

津波シミュレーションの実施においては、千葉県沿岸域の地形特性（海域・陸域）や海岸保全施設の緒元等を適切に表現し、地震発生時に生じる津波の海岸への伝播を適切に表現できることが最も重要であることから、表 2.1-4 に示す津波シミュレーションモデルの基本条件を用いる。

表 2.1-4 津波シミュレーションモデルの基本条件設定

設定項目	設定内容
計算領域	地震発生源より評価対象海岸・陸域までを対象とする。
モデル方程式	非線形長波 2 次元モデル ・運動方程式（流量、流速を計算） ・連続式（水位を計算）
数値解法	有限差分法（Leap-frog 法）
境界条件	沖合：自由透過境界 海岸：第 1～第 7 領域 移動境界（遡上）
計算時間	津波波源に応じて設定
計算格子間隔 計算時間間隔	計算格子間隔・計算時間間隔は県土整備部で検討中のモデルと同一とする ・波源より氾濫流域に向けて格子間隔を縮小、 <u>氾濫域で 12.5m 間隔に設定</u> ・計算時間間隔は、計算安定性・格子間隔に応じて設定 【計算格子間隔】 【計算時間間隔】 第 1 領域： $\Delta x_1=2700m$ $\Delta t_1=2.7$ 秒（波源付近） 第 2 領域： $\Delta x_2=900m$ $\Delta t_2=0.9$ 秒 第 3 領域： $\Delta x_3=300m$ $\Delta t_3=0.3$ 秒 第 4 領域： $\Delta x_4=100m$ $\Delta t_4=0.3$ 秒 第 5 領域： $\Delta x_5=50m$ $\Delta t_5=0.3$ 秒 第 6 領域： $\Delta x_6=25m$ $\Delta t_6=0.1$ 秒 第 7 領域： $\Delta x_7=12.5m$ $\Delta t_7=0.1$ 秒（氾濫対象区域周辺）
初期潮位条件	千葉県沿岸の各海岸の朔望平均満潮位とする→津波襲来時に最も危険側の評価
流域地形条件	県土整備部で構築中のモデルの条件を基本とし、一部最新の LP データで更新
海域地形条件	県土整備部で構築中のモデルの条件を基本とする
構造物条件	県土整備部で構築中のモデルの条件を基本とする
地表面・海底面の抵抗（粗度係数）	「小谷ほか、1998」の方法に準じて設定 住宅地 : $n=0.040$ 、工場地 : $n=0.040$ 農地 : $n=0.020$ 、林地 : $n=0.030$ 水域（河川・海域） : $n=0.025$ 、その他（空地、緑地） : $n=0.025$
河道条件	河道横断データより河床高相当まで格子地盤高を切り下げることで反映 ・ 一級河川：利根川・江戸川 ・ 二級河川：九十九里地区および東京湾内の主要河川
検討対象地震	・延宝地震 ・元禄地震（産総研モデル 行谷ほか、2011）

(2) 津波シミュレーションモデルの構築

千葉県県土整備部で別途検討中の津波シミュレーションとの整合を保つため、同モデルで設定された計算対象領域の設定、地形条件、粗度係数、構造物条件等を踏襲したモデルの構築を行うものとする。本検討で用いるメッシュ領域図を図 2.1-11～図 2.1-18 に示す。

地盤高データについては、県土整備部検討業務で反映されていない今次地震後に計測された最新の LP 測量データやその他の LP データ等を確認の上、最新の地形条件を反映する。

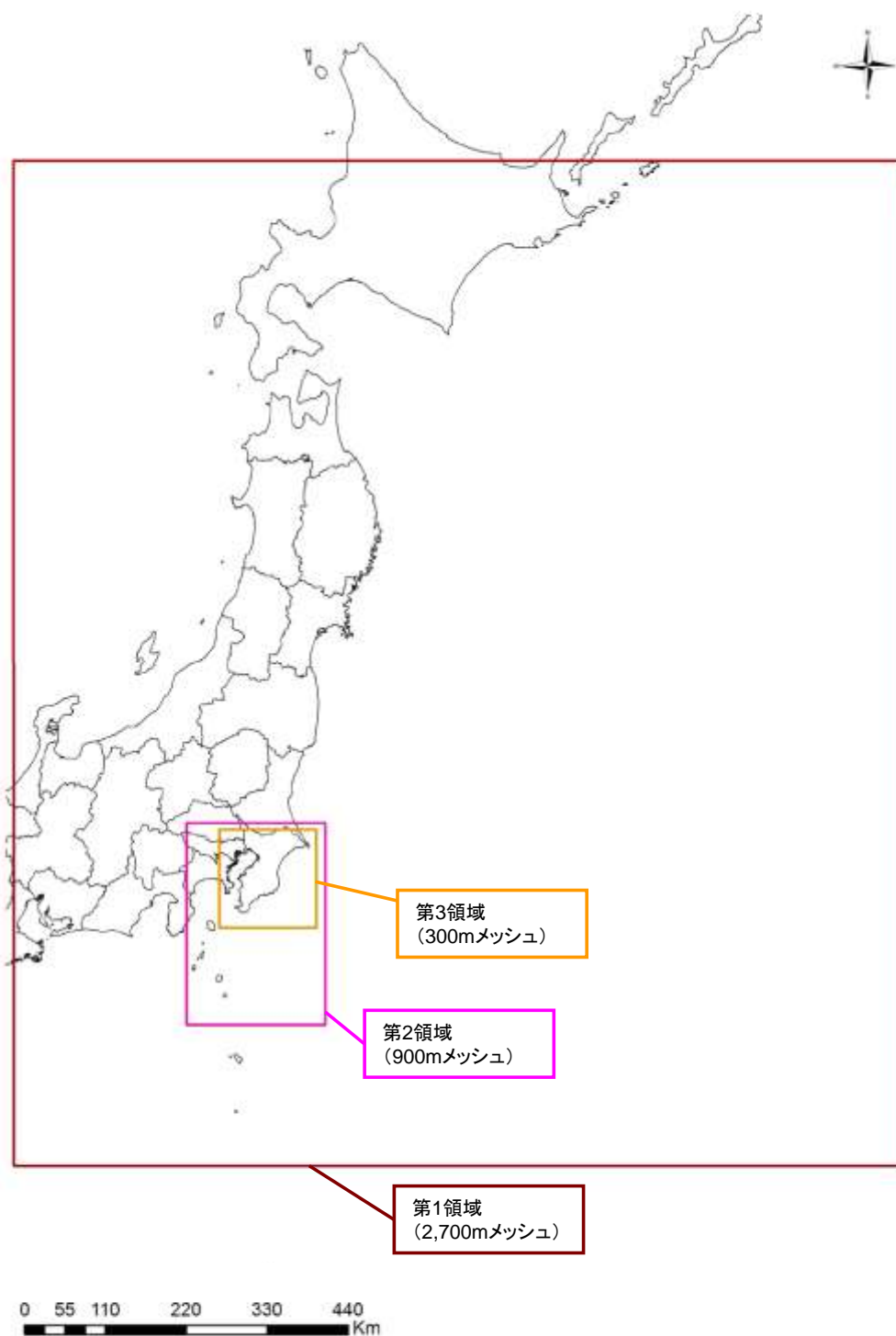


図 2.1-10 計算対象領域図（第1領域～第3領域）

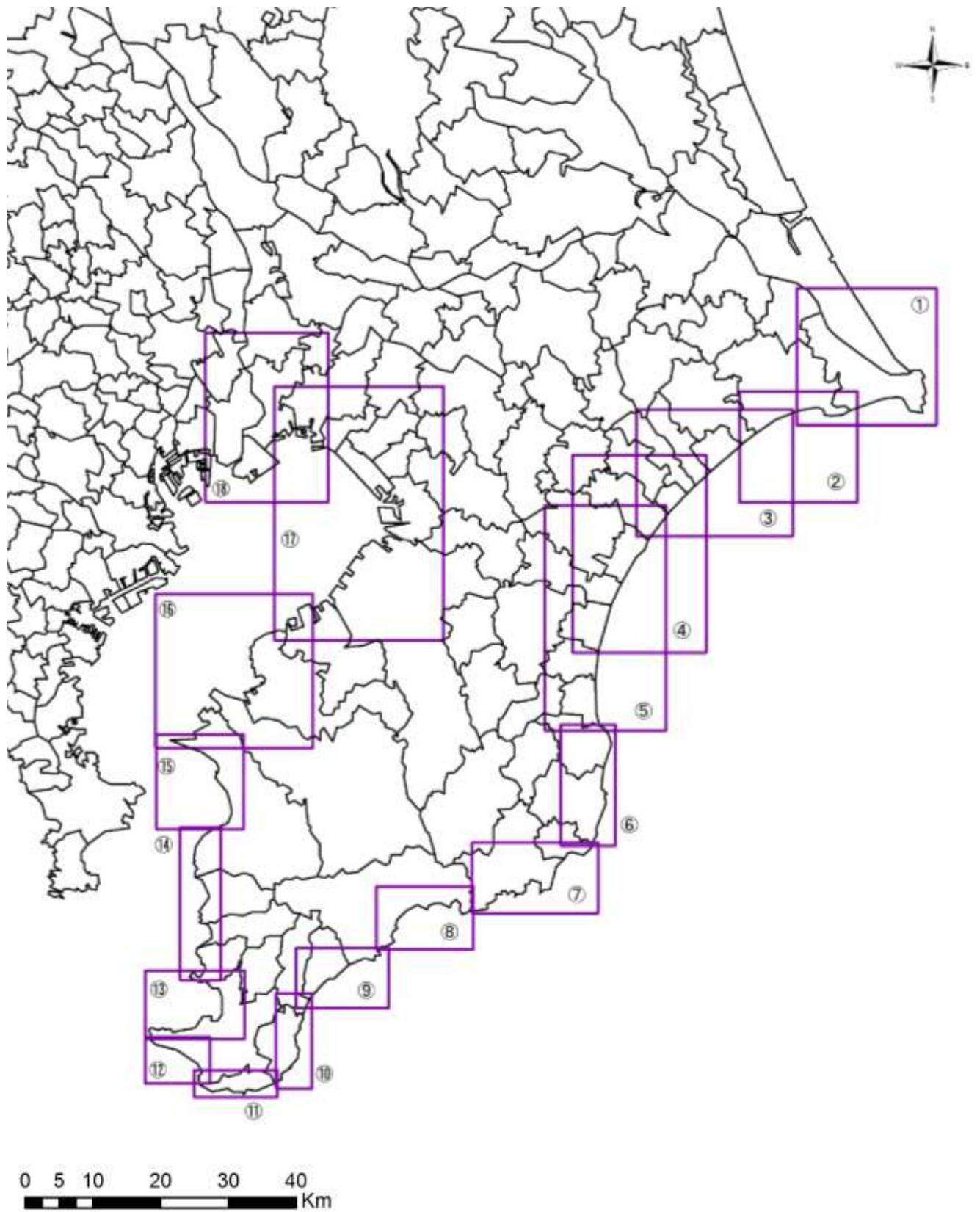


図 2.1-11 12.5m メッシュブロック図（第7領域）位置図

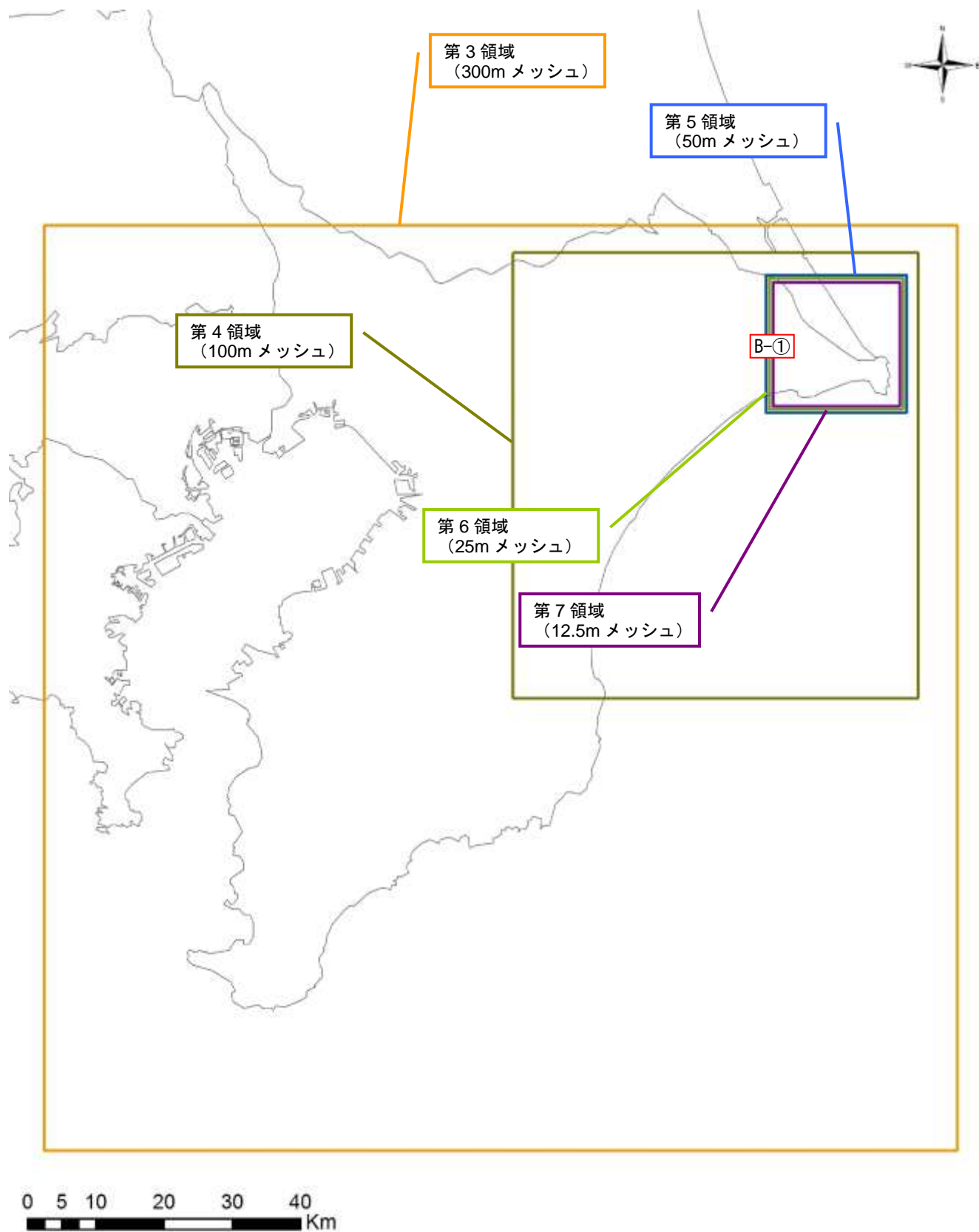


図 2.1-12 計算対象領域図：銚子地区 ブロック①（第4領域～第7領域）

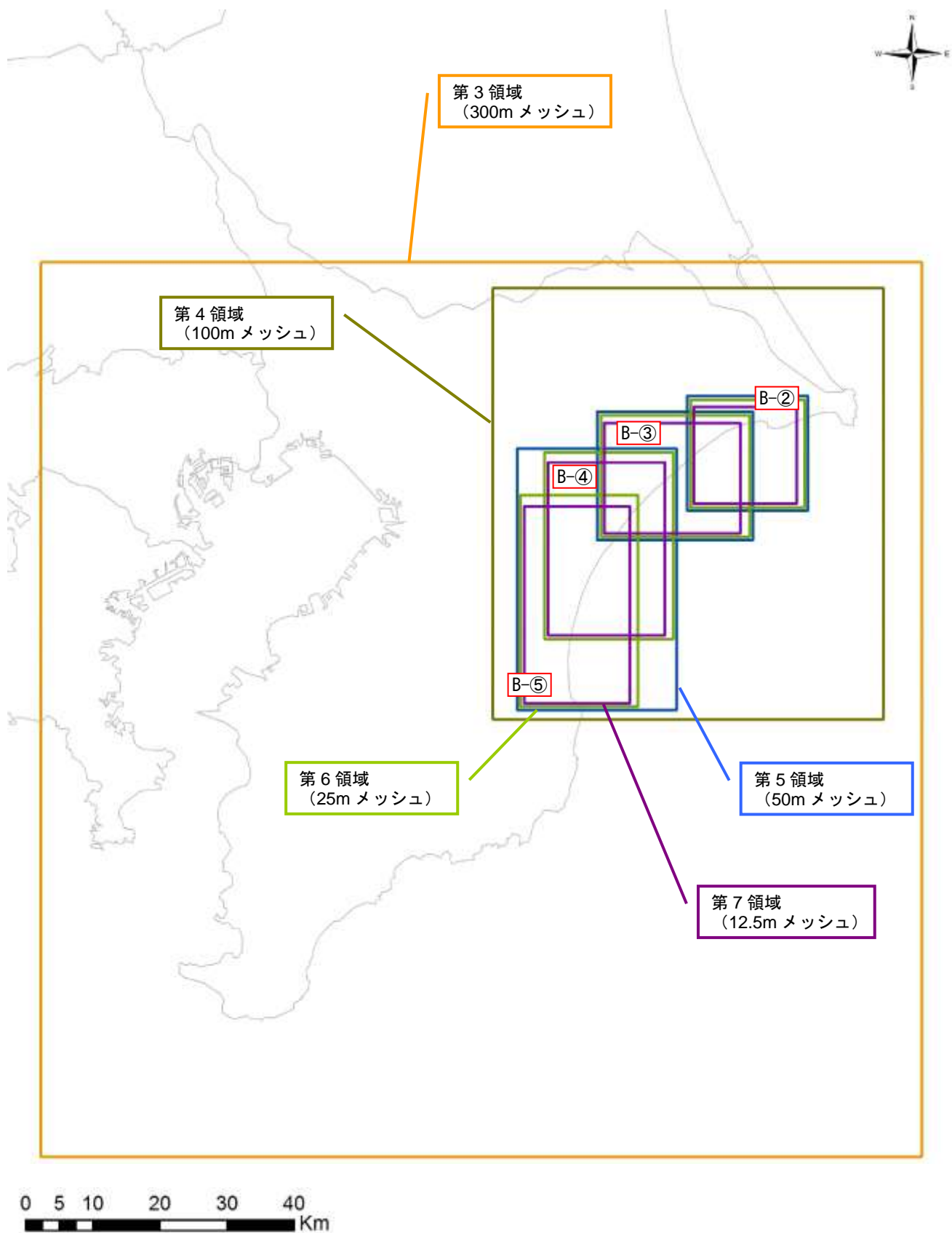


図 2.1-13 計算対象領域図：九十九里地区 ブロック②～ブロック⑤（第4領域～第7領域）

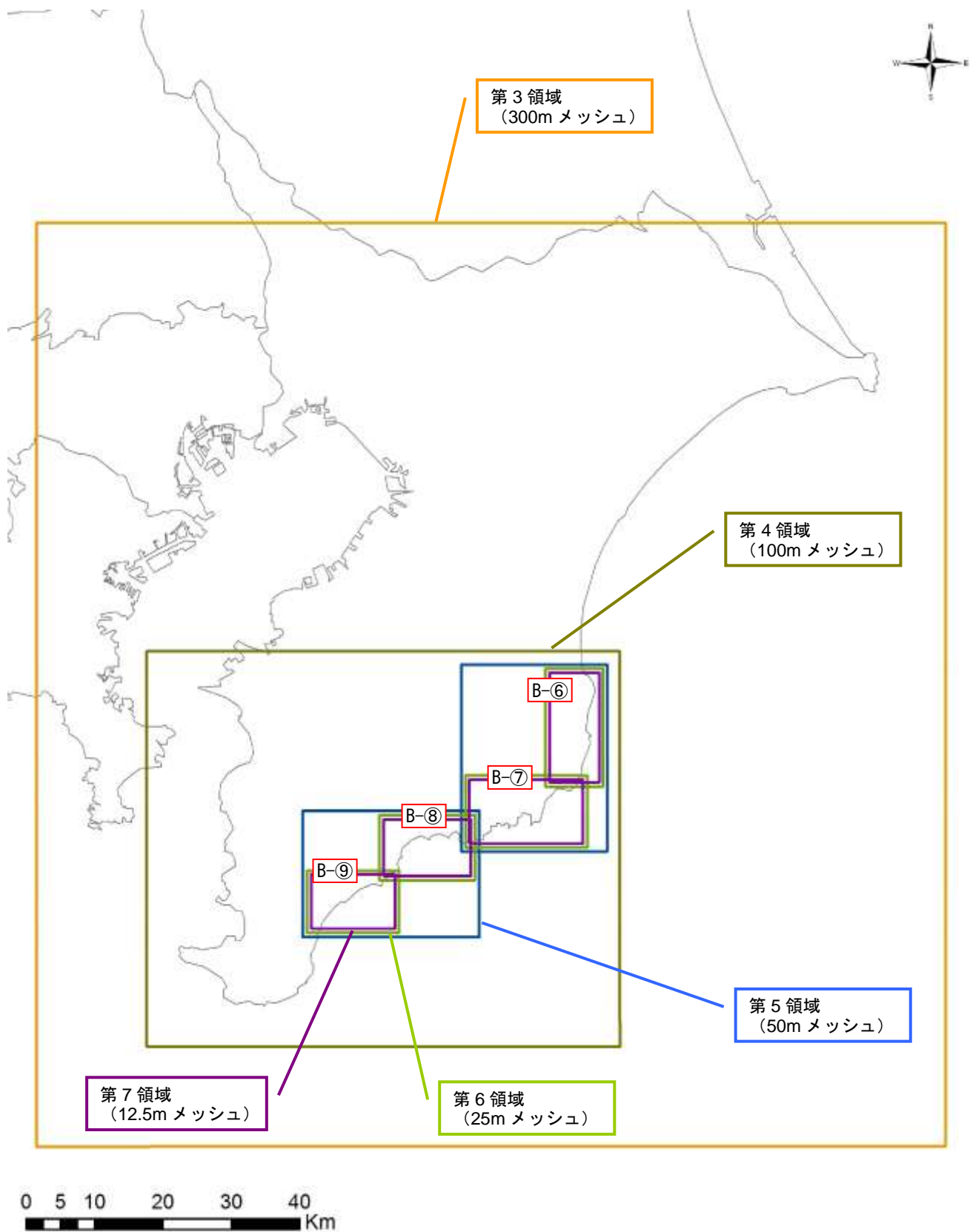


図 2.1-14 計算対象領域図：鴨川地区 ブロック⑥～ブロック⑨（第4領域～第7領域）

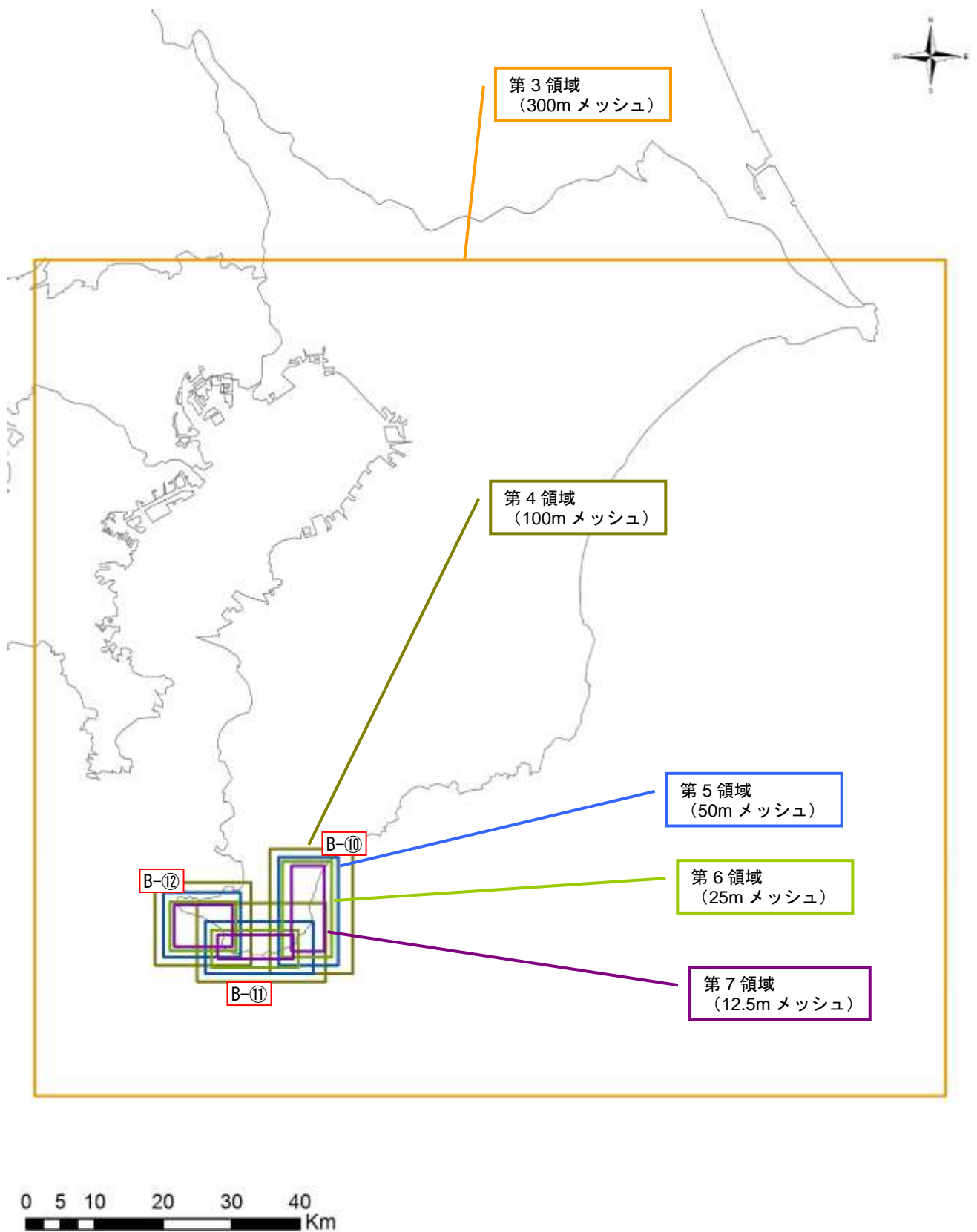


図 2.1-15 計算対象領域図：安房房総地区 ブロック⑩～ブロック⑫（第4領域～第7領域）

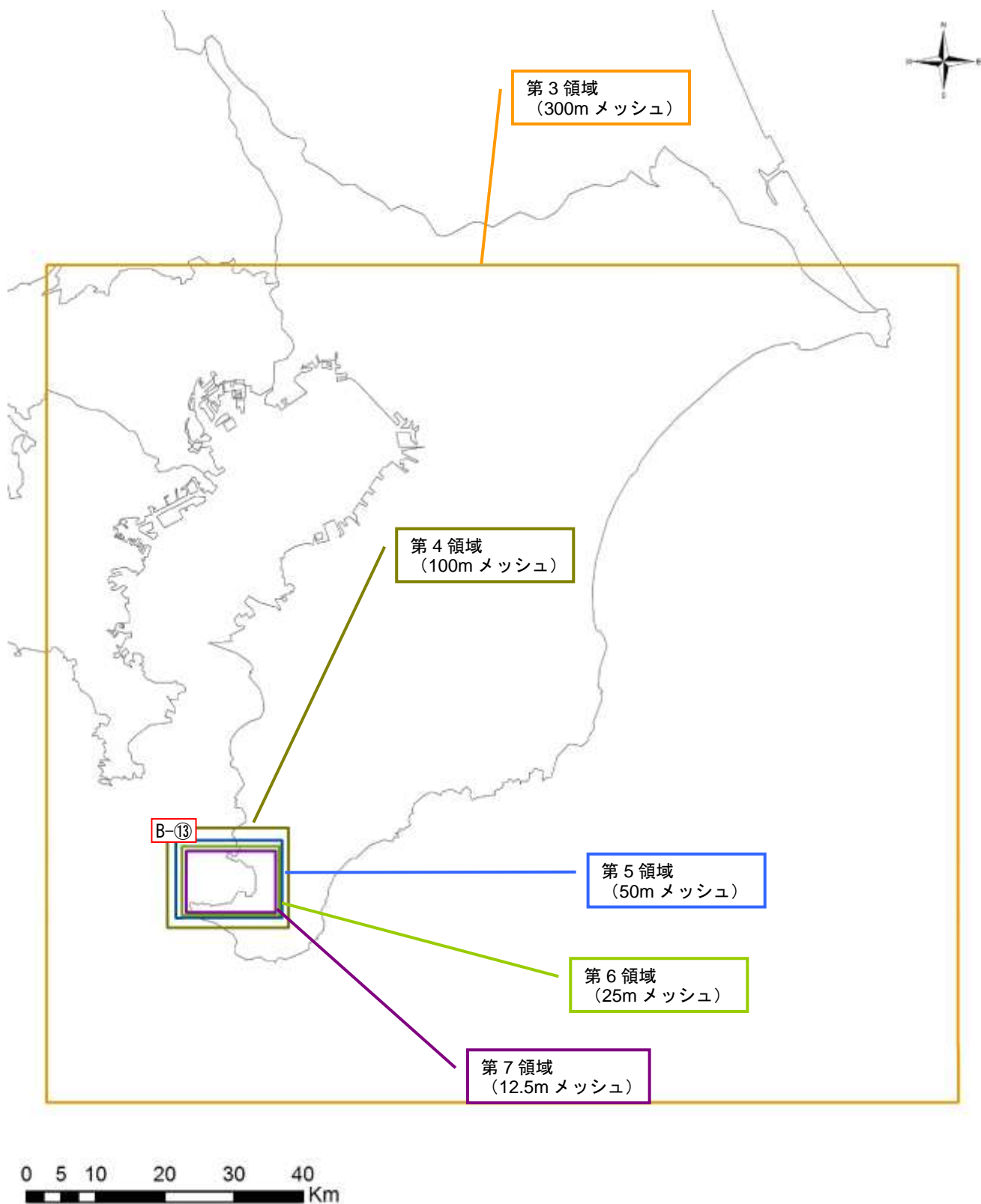


図 2.1-16 計算対象領域図：館山地区 ブロック⑬（第4領域～第7領域）

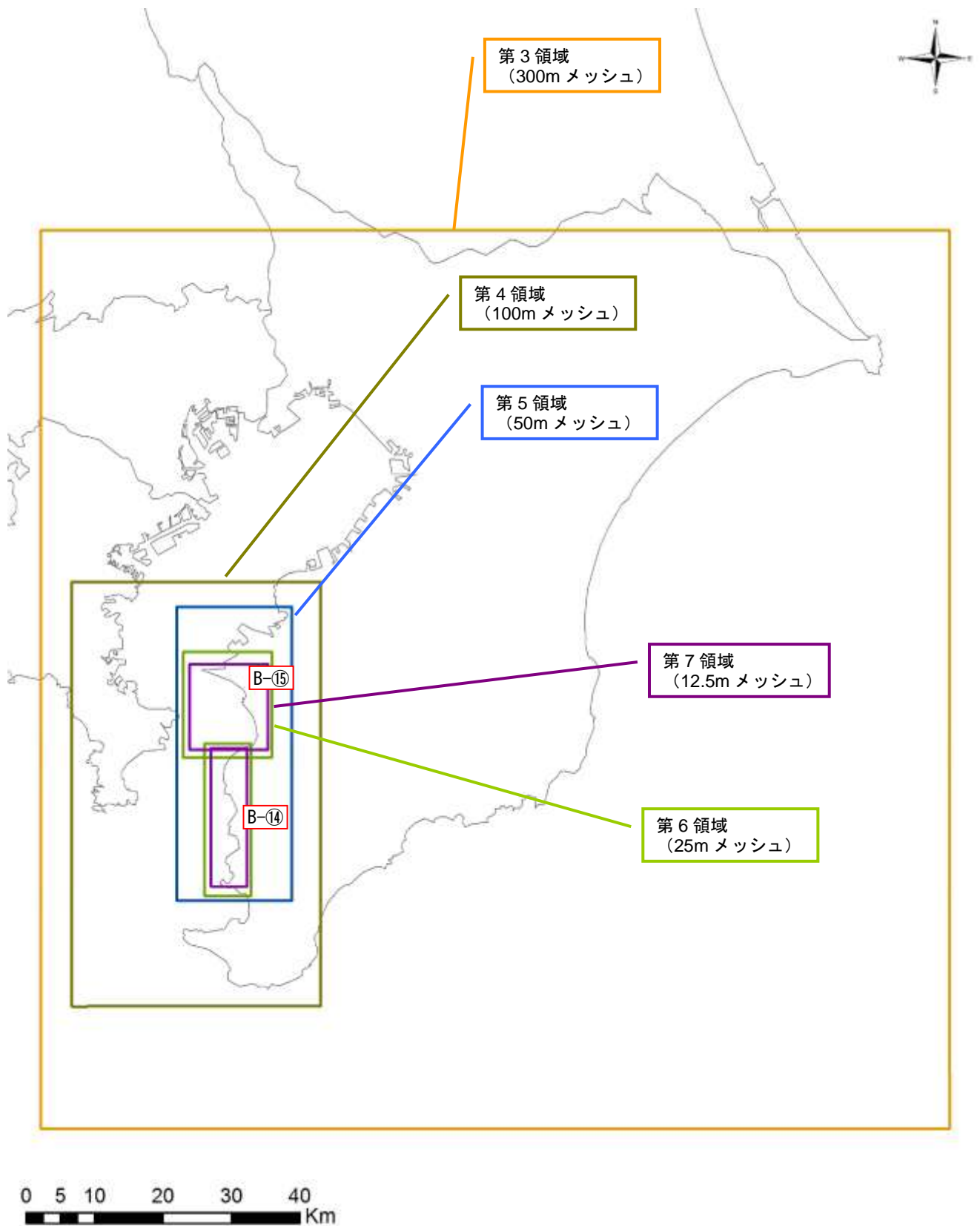


図 2.1-17 計算対象領域図：安房地区 ブロック⑭～ブロック⑮（第4領域～第7領域）

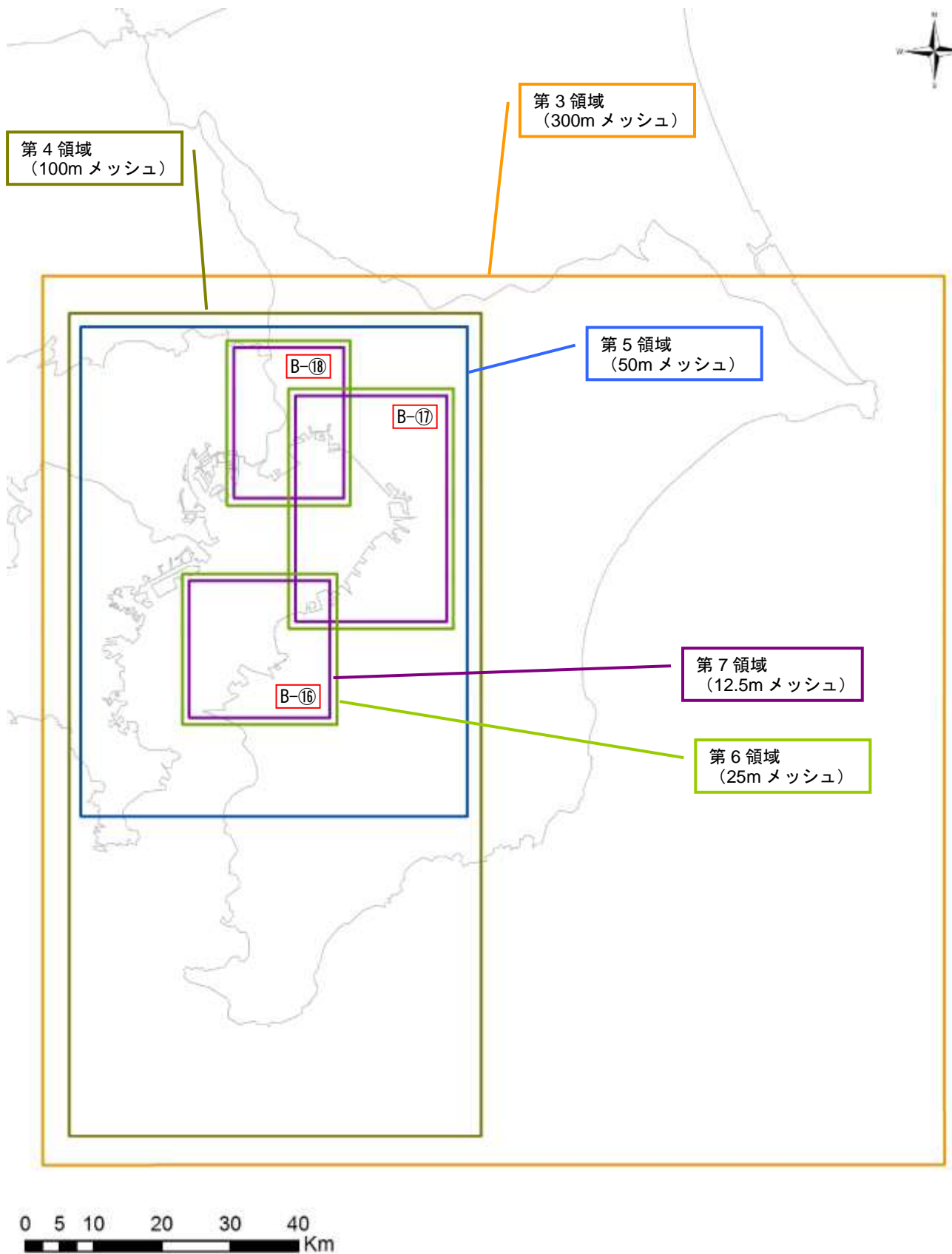


図 2.1-18 計算対象領域図：東京湾内地区 ブロック⑬～ブロック⑮（第4領域～第7領域）

2.1.4 気象庁の津波警報に対応した津波浸水予測図の作成方法

気象庁の津波警報発令までのプロセスを考慮し、気象庁津波警報と津波シミュレーションとの整合性を図るものとする。

(1) 津波予報区域図

気象庁の津波予報は、千葉県沿岸を「千葉県九十九里・外房」、「千葉県内房」、「東京湾内湾」の3区分に分割し、地震発生直後に既往の津波シミュレーション結果と照らし合わせ、各区分で発生する最高津波高さ（沿岸の水深1m地点の値）を発表するシステムとなっている。

津波予報では、各区分の最高津波高さを発表するため、それを受け取る住民は、発表された津波高さに応じて避難行動を行うことと想定されることから、各海岸において発表される津波高さに対応した浸水範囲・浸水深情報を提供することが必要である。



図 2.1-19 気象庁の津波警報・注意報等の発表区域（気象庁 HP より一部抜粋）

(2) 津波予報との整合性の確保

千葉県民の大多数が地震発生後に知りうる防災情報は TV、ラジオ、携帯電話等を通じて 3 分以内での気象庁発表の津波予報と考えられることから、発表される津波予報に対応する浸水範囲情報をあらかじめ提供し、適切な避難を促すことが必要である。

津波高は沿岸地形や波源位置、波の重なり等により沿岸での最大波高が変わるため、必ずしも対象区域全域で発表される津波高が襲来する訳ではない。しかし、津波予報は前述の通り沿岸 3 区域での最大津波高で公表されることから、県民の安全確保が最優先であるため、各領域において発表される津波高の津波が襲来した場合の浸水範囲をあらかじめ提供しておき、地震発生後津波来襲前に住民を安全な場所まで避難を促すことが必要である。

このような観点から、県内の各海岸で気象庁発表予定の津波予報レベルに応じた津波を与え、それによる浸水範囲図を作成・公表する。気象庁の津波予報改訂案では表 2.1-5 に示した 5 区分が検討されており、このうち沿岸での津波被害発生が想定される 3 つの津波高さを対象とする。

具体的には、前述の延宝地震・元禄地震波源モデルをベースにすべり量等の波源パラメータを変化させることで各海岸の沿岸域（浅い場所）での最大津波高を津波予測高と合わせるものとする。その際、対象区域以外の海岸での津波高が津波予報よりも高くなる場合・低くなる場合が想定されるが、すべり量を変化させることで極力合わせるものとする。

津波高の評価は海岸沿いの水深 1m の箇所とし、そこでの津波高が気象庁の津波警報・津波注意報での発表高さに相当する規模となるように津波高を設定する（表 2.1-5）。

設定領域は、津波シミュレーションの最小領域（第 7 領域、12.5m メッシュ）を基本とし、それぞれの領域毎で海岸沿いの最高津波高を表 2.1-5 の対象津波高に合わせるものとする。

表 2.1-5 津波予報での津波の高さ予想区分

法規上の区分	分類	津波の高さ表現 (丸括弧内は予想される範囲)	想定される津波の リスクととるべき行動	本検討で設定する津波高さ
警報	大津波 警報	10m 以上 (10m 以上)	<ul style="list-style-type: none"> ・巨大な津波が襲い破滅的な被害が生じる。 ・木造家屋が全壊・流失し、人は津波によるながれに巻き込まれる。 ・ただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難。 	検討しない
		10m (5～10m)	<ul style="list-style-type: none"> ・巨大な津波が襲い甚大な被害が生じる。 ・木造家屋が全壊・流失し、人は津波によるながれに巻き込まれる。 ・ただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難。 	約 10m (7～10m)
		5m (3～5m)	<ul style="list-style-type: none"> ・巨大な津波が襲い甚大な被害が生じる。 ・木造家屋が全壊・流失し、人は津波によるながれに巻き込まれる。 ・ただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難。 	約 5m (3～5m)
	津波 警報	3m (1m～3m)	<ul style="list-style-type: none"> ・標高の低いところでは津波が襲い被害が生じる。 ・浸水被害が発生し、人は津波による流れに巻き込まれる。 ・ただちに高台や避難ビルなど安全な場所へ避難。 	約 3m (1～3m)
注意報	津波 注意報	1m (0.2～1m)	<ul style="list-style-type: none"> ・海中や海岸付近では津波による被害が生じる。 ・海中にいと速い流れに巻き込まれる。 ・養殖筏の流出や小型船舶の転覆などが生じる。 ・ただちに海から離れること。 	検討しない

※出典：『津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する検討会』（第2回会合） 資料-2

(3) シミュレーション条件

気象庁の津波警報に対応した津波浸水予測図を作成する際のシミュレーション設定条件は表 2.1-6 に記したとおりの考え方に従うものとする。

具体的なすべり量調整イメージを図 2.1-21 に示す。

表 2.1-6 津波警報に対応した津波シミュレーション条件

設定項目	設定内容	備考
津波高評価領域	12.5m メッシュ (第7領域)	津波シミュレーションの最小領域
津波高評価地点	海岸沿いの地震前水深が 1m 程度の地点	気象庁津波警報の評価地点に対応
初期潮位	対象海岸の朔望平均満潮位	津波高が最も高くなる条件
海岸構造物設定	なし/ありの2ケース 浸水想定区域図は浸水範囲最大となる「なし」条件とする	
広域地盤変動	地震発生時の隆起量・沈降量を考慮	地震波源モデルでの算定値を考慮
海岸沿い予測津波高	気象庁の津波警報・津波注意報での発表高さ相当 ・津波警報 : 約 3m (海岸沿い津波高 1~3m) ・大津波警報 : 約 5m (海岸沿い津波高 3~5m) ・大津波警報 : 約 10m (海岸沿い津波高 7~10m)	連続する海岸沿いの津波高が所定のレンジ内となるよう、波源モデルのすべり量を調整する

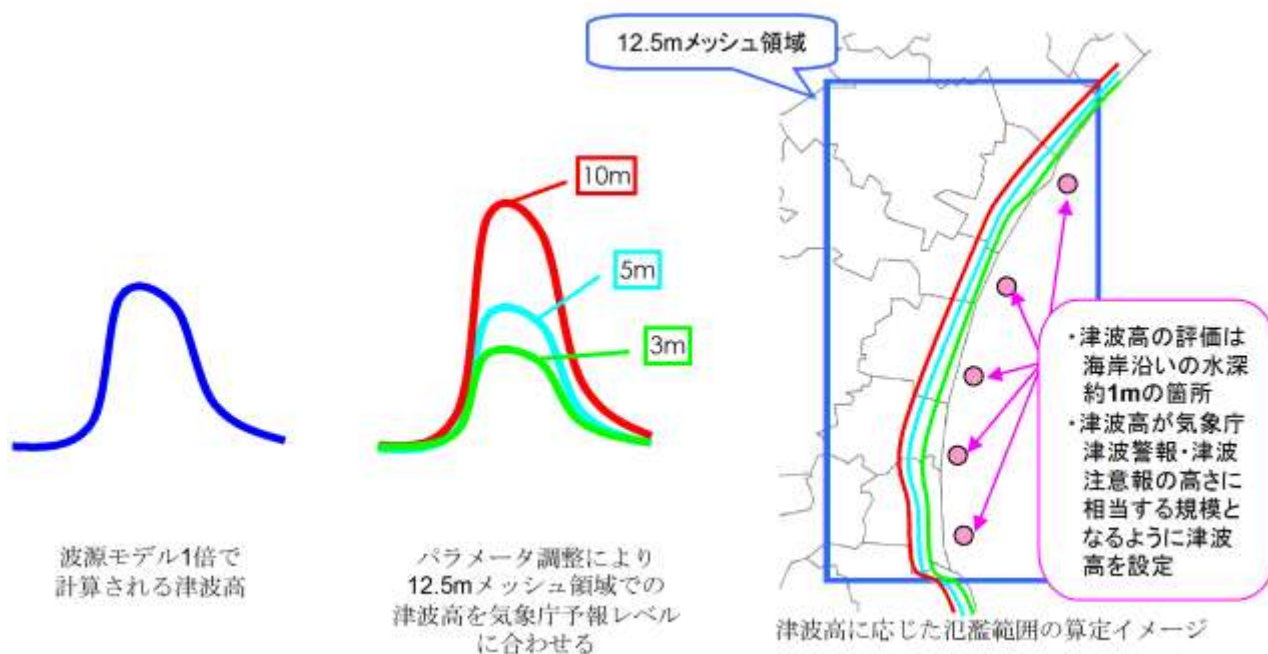


図 2.1-20 気象庁の津波予報との整合性確保のイメージ

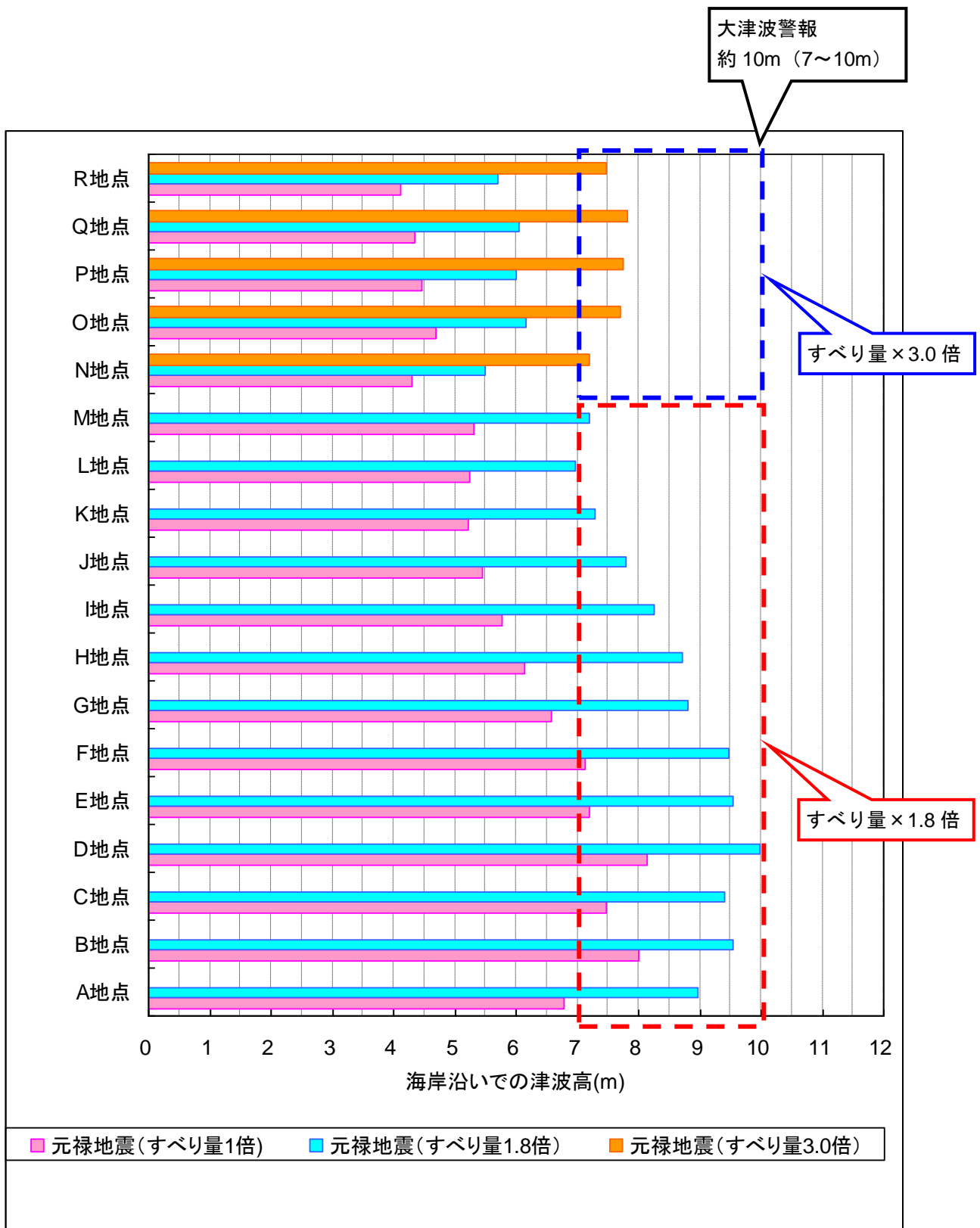


図 2.1-21 大津波警報（約 10m（7~10m））に対応した海岸沿い津波高算出イメージ

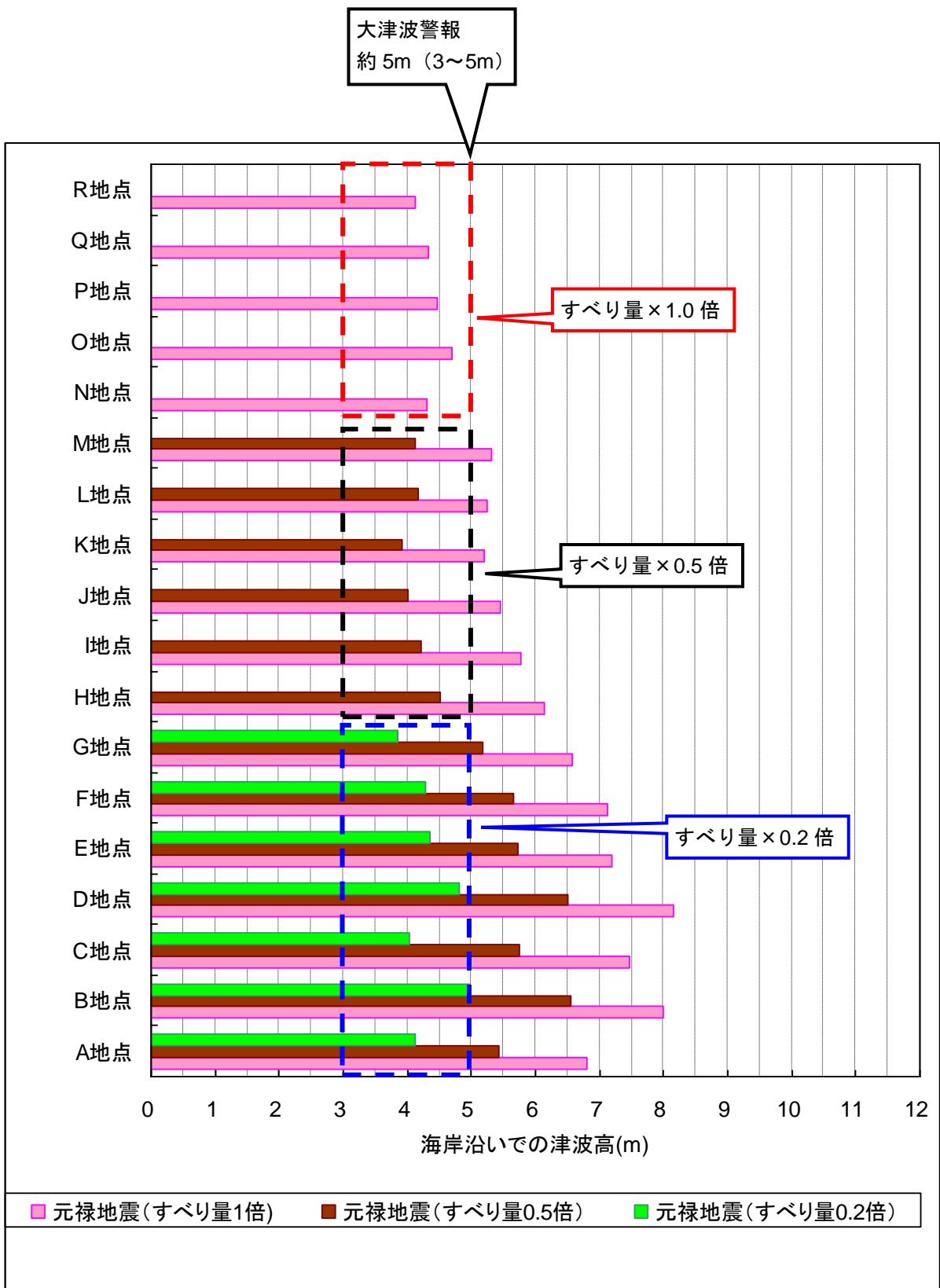


図 2.1-22 大津波警報 (約 5m (3~5m)) に対応した海岸沿い津波高算出イメージ