

第IV章 詳細な津波浸水予測シミュレーション

本章では，作成した津波浸水予測シミュレーションシステムを用いて想定地震の予測計算を行った結果を示すとともに，地形データの最小メッシュサイズを変更した場合の計算時間について比較・検討を行う．

1. 詳細な津波浸水予測シミュレーションの実施

中央防災会議の「東海地震に関する専門調査会」「東南海、南海地震等に関する専門調査会」「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」における想定地震のうち，断層モデルの公開されている地震について最小メッシュサイズ50mの詳細な津波浸水予測シミュレーションを行った．

1-1. 想定地震

以下の地震について，詳細な津波浸水予測計算を行った．

■東南海・南海地域

- ① 東南海・南海地震
(東南海地震と南海地震の震源域が同時に破壊される場合)
 - ② 東海・東南海・南海地震
(想定東海地震，東南海地震，南海地震の震源域が同時に破壊される場合)
 - ③ 東海・東南海地震
(想定東海地震と東南海地震の震源域が同時に破壊される場合)
 - ④ 東南海地震
(東南海地震単独で発生する場合)
 - ⑤ 南海地震
(南海地震単独で発生する場合)
 - ⑥ 想定東海地震+付加断層A
 - ⑦ 想定東海地震+付加断層AB+矩形断層D
 - ⑧ 想定東海地震+付加断層ABC
- 「東南海、南海地震等に関する専門調査会」の断層モデルを使用
- 「東海地震に関する専門調査会」の断層モデルを使用

■日本海溝・千島海溝地域

- ⑨ 択捉島沖の地震
- ⑩ 色丹島沖の地震
- ⑪ 根室沖・釧路沖の地震
- ⑫ 十勝沖・釧路沖の地震
- ⑬ 三陸沖北部の地震
- ⑭ 宮城県沖の地震
- ⑮ 500年間隔地震
- ⑯ 明治三陸タイプ地震

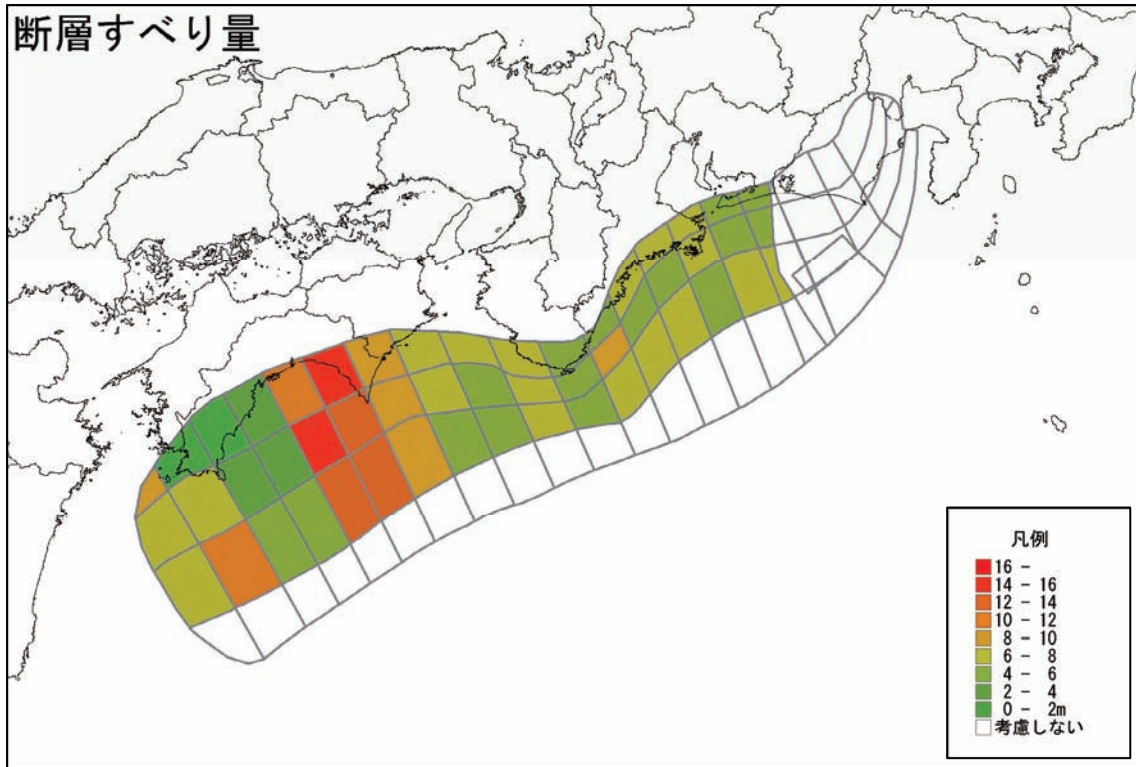
「日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会」の断層モデルを使用

なお、各地震の断層モデルは、中央防災会議より公開されているものを用いた。参考として、各地震のすべり量分布を図IV-1～図IV-16に示す。

1-2. 計算条件等

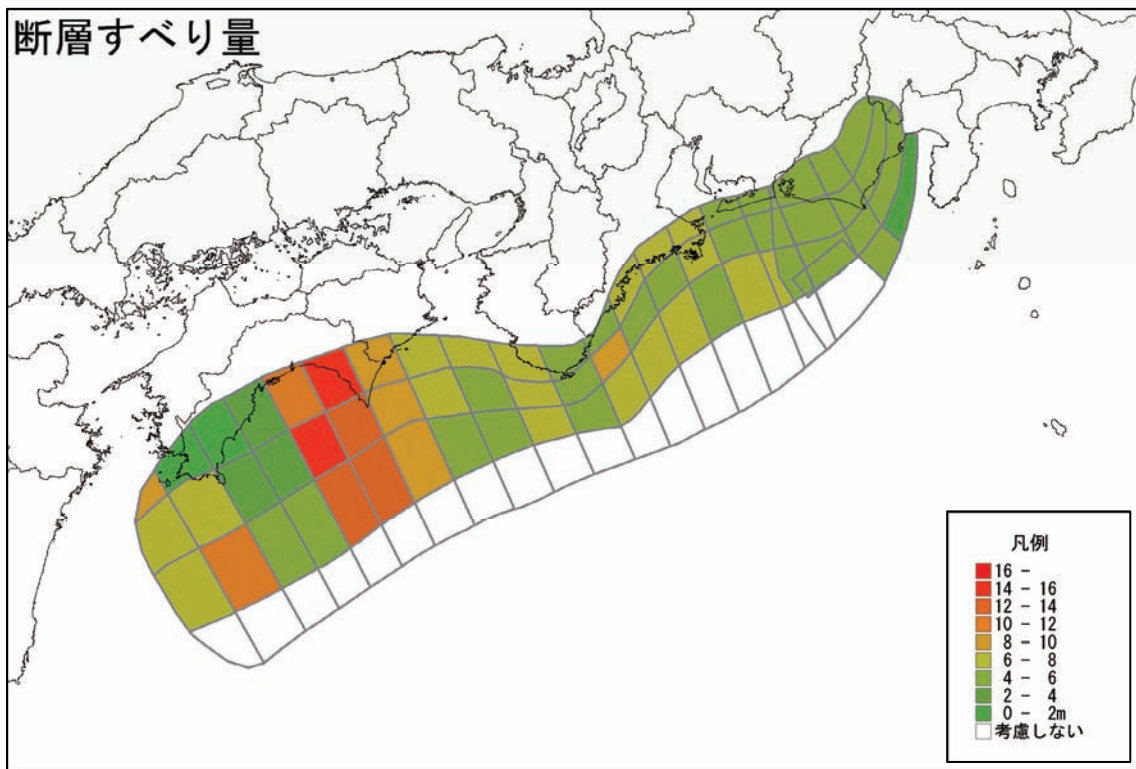
シミュレーションにあたっての計算条件等は以下のとおりとした。

- ・計算手法 : 非線形長波理論に基づく差分法（中央防災会議と同手法）
- ・計算メッシュサイズ : 最小メッシュサイズ 50m（最も沖側を1350mで計算し、沿岸に近づくにつれて1350m→450m→150m→50m と順次小さいメッシュに接続して計算。浸水範囲は50mメッシュで計算。）
- ・潮位条件 : 満潮位（中央防災会議と同様の設定値。20ページの(注)を参照）
- ・堤防条件 : 堤防を考慮して計算。
比較のため、一部の計算ケースに対して堤防を考慮しない計算も実施（地震により堤防が全く機能しなくなった場合）。
- ・計算時間 : 計算時間内に高さが最大となる津波が含まれるよう、東南海・南海地域の地震の瀬戸内海では地震発生後12時間とし、それ以外は全て6時間とした（中央防災会議と同様の設定値）
- ・使用計算機 : Pentium4-2.6GHz, メモリ1GBのパソコンを複数台使用。
東南海・南海地域は計算領域数と同数の77台、日本海溝・千島海溝地域は計算領域数と同数の70台のパソコンを使用。
- ・その他 : 地震により地盤の隆起・沈降が発生する場合は、それを反映した地形データを用いて予測計算を行った。（浸水深は、隆起・沈降後の地盤から津波水位までの高さで評価）

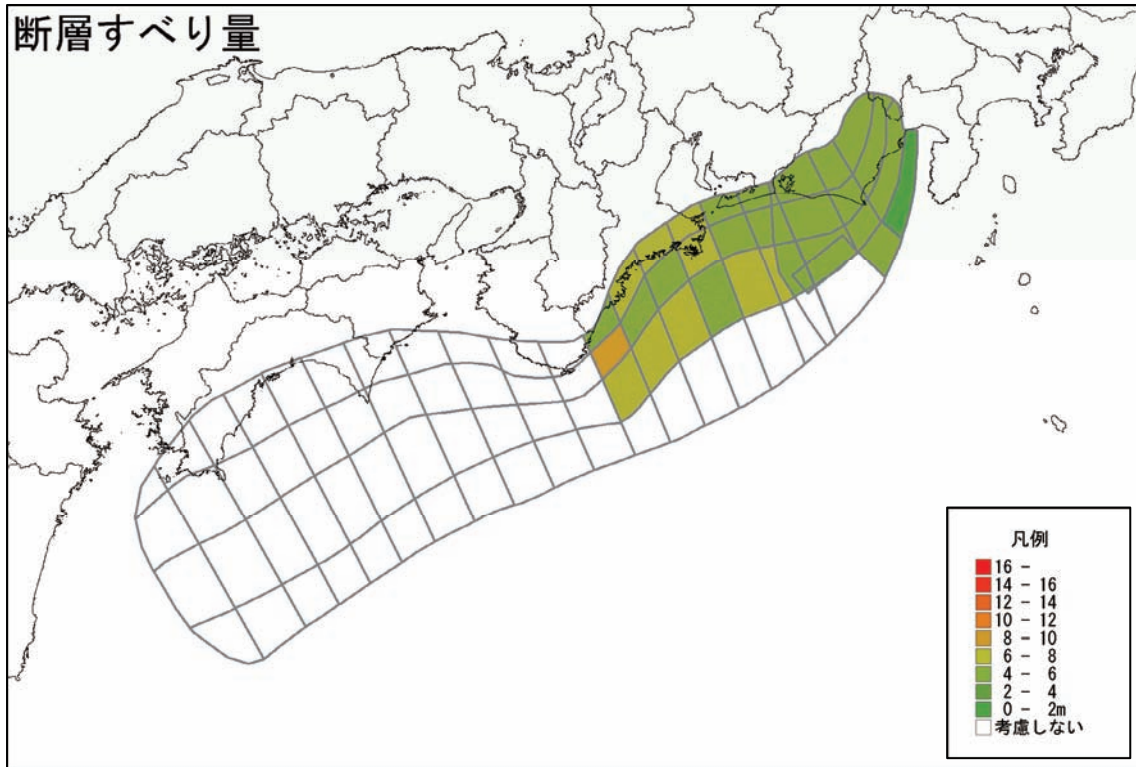


図IV-1 すべり量分布 ①東南海・南海地震 [Mw=8.7]

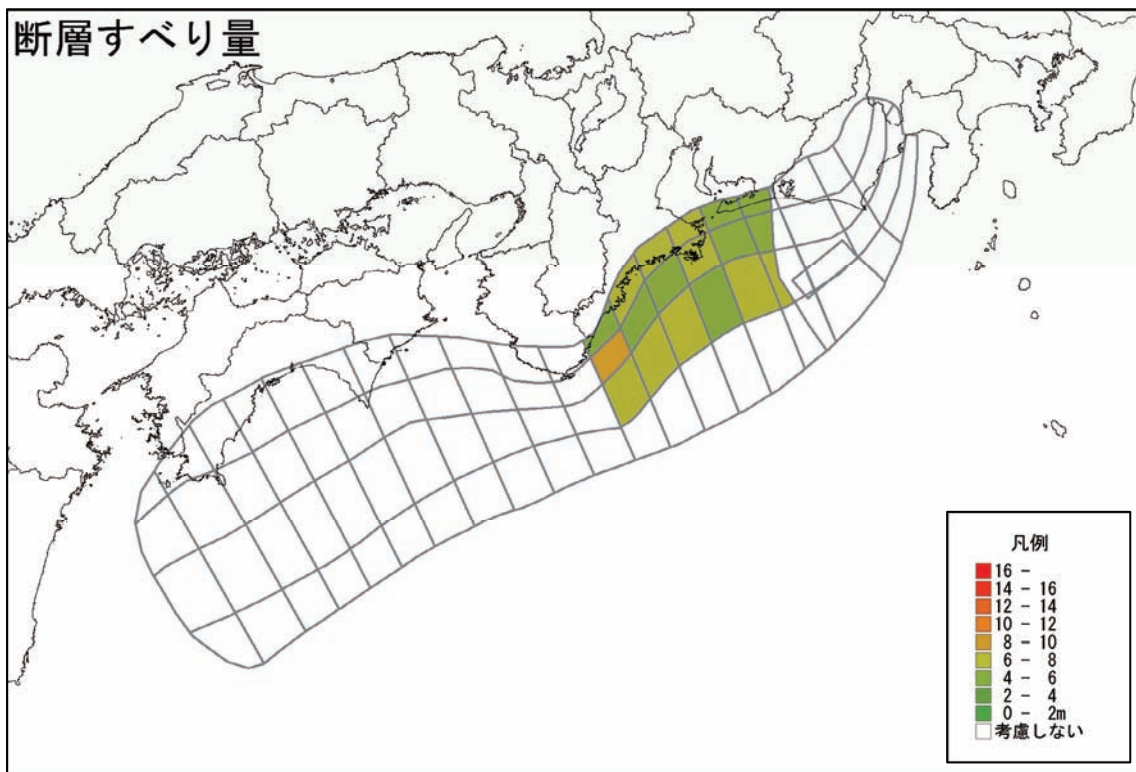
(注)すべり量の同じ要素断層をまとめて表示した (図IV-2~8, 11-16も同じ)



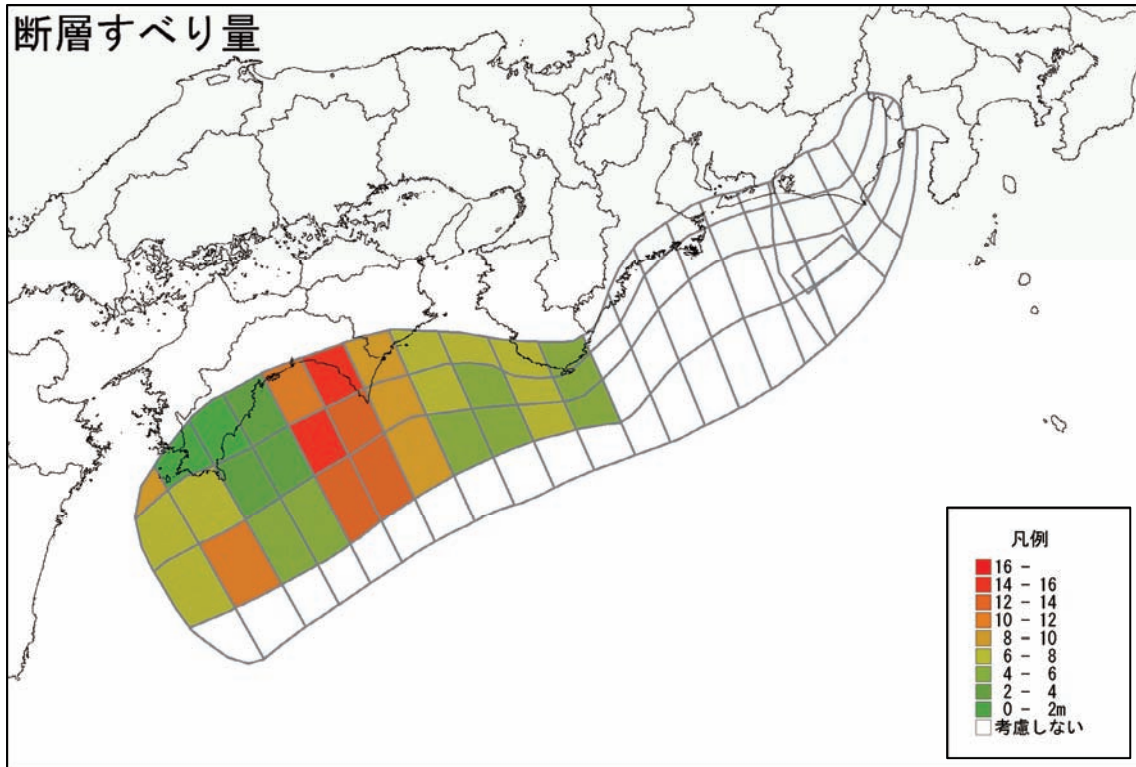
図IV-2 すべり量分布 ②東海・東南海・南海地震 [Mw=8.8]



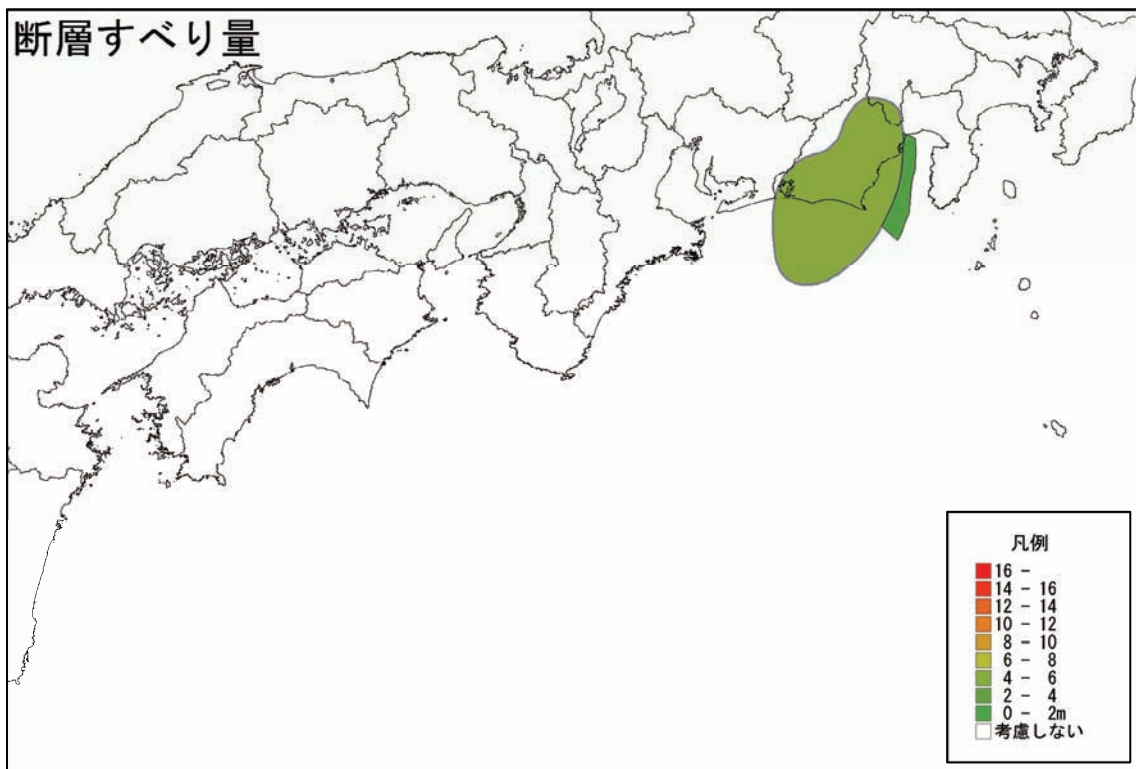
図IV-3 すべり量分布 ③東海・東南海地震 [Mw=8.4]



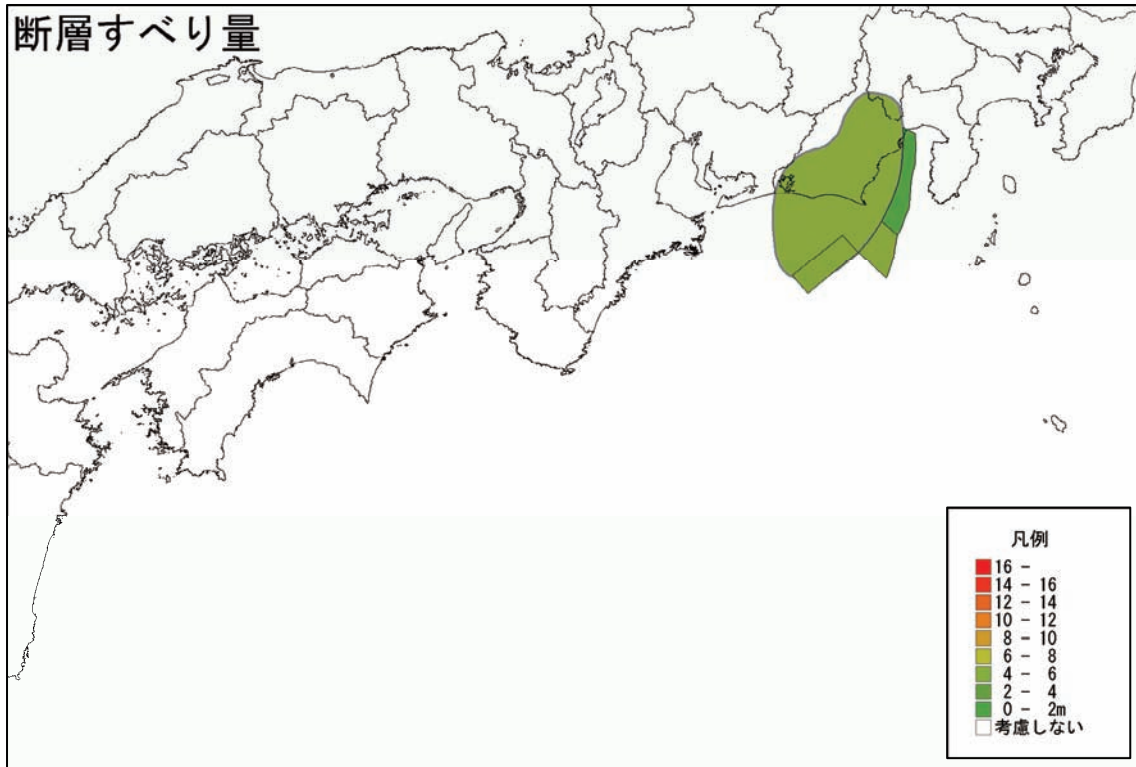
図IV-4 すべり量分布 ④東南海地震 [Mw=8.3]



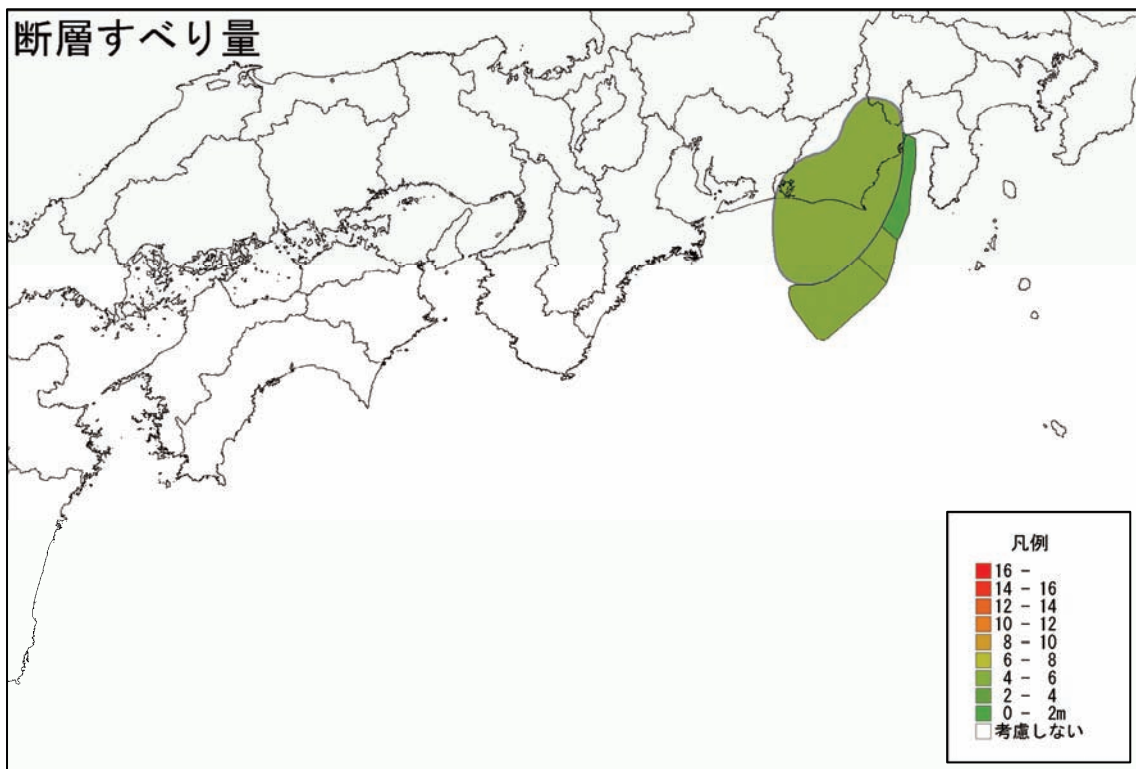
図IV-5 すべり量分布 ⑤南海地震 [Mw=8.7]



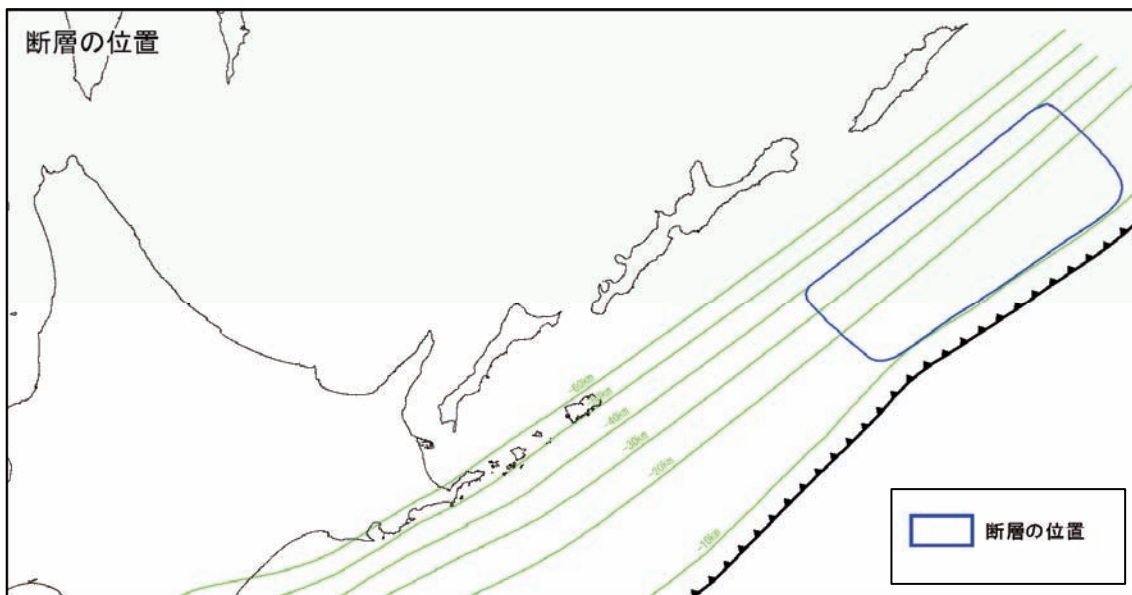
図IV-6 すべり量分布 ⑥想定東海地震+付加断層A [Mw=8.1]



図IV-7 すべり量分布 ⑦想定東海地震+付加断層AB+矩形断層D [Mw=8.1]

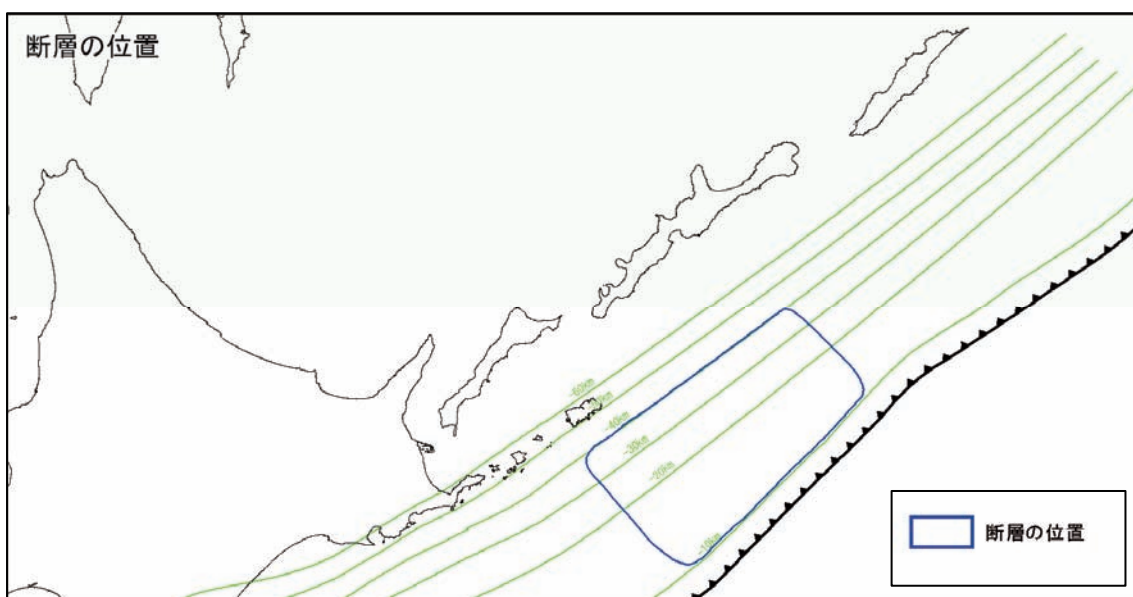


図IV-8 すべり量分布 ⑧想定東海地震+付加断層ABC [Mw=8.1]



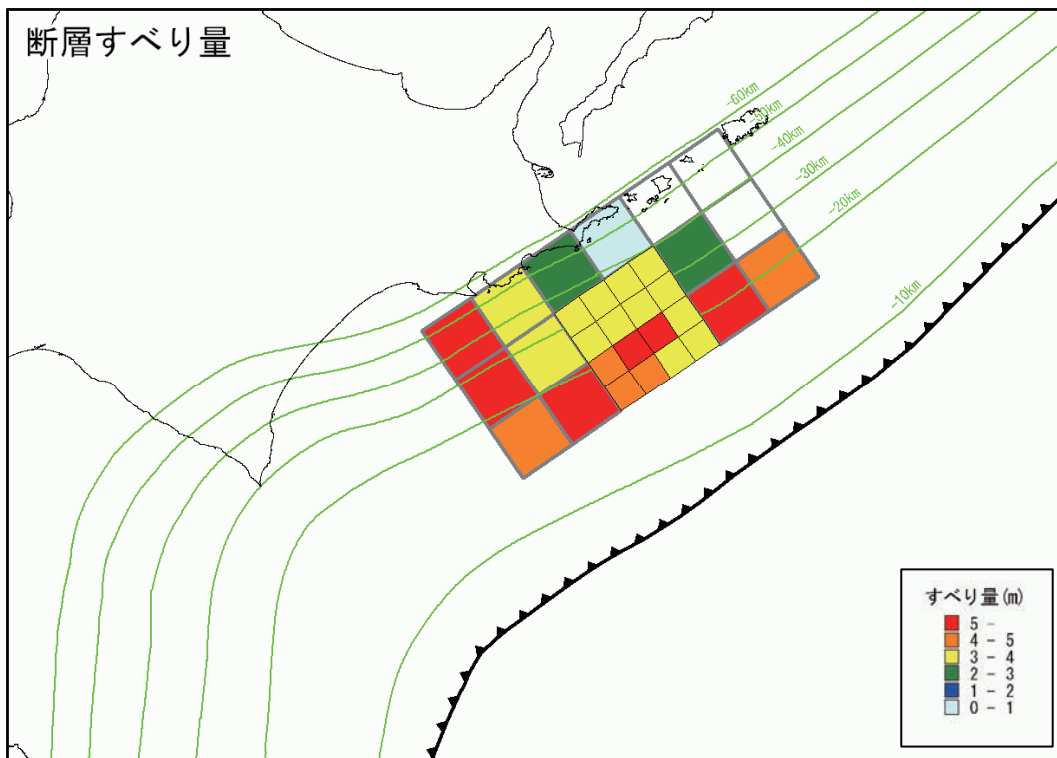
図IV-9 断層位置 ⑨ 択捉島沖の地震 [Mw=8.4]

(注)断層位置内の要素断層(940)のすべり量は、深さ32km以上は3.25m、深さ16km以上32km未満は5.03m、深さ10km以上16km未満は5.98m、深さ10km未満は0m(津波予測では考慮しない)と設定されている。

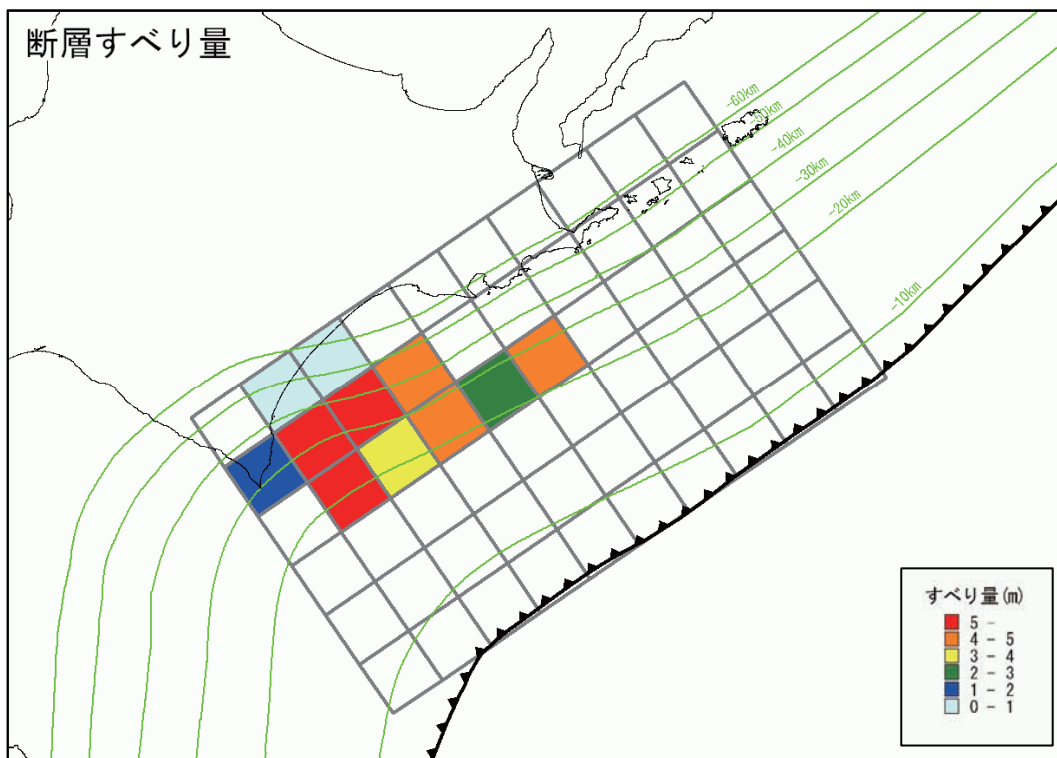


図IV-10 断層位置 ⑩ 色丹島沖の地震 [Mw=8.3]

(注)断層位置内の要素断層(916)のすべり量は、深さ32km以上は3.22m、深さ16km以上32km未満は4.97m、深さ10km以上16km未満は5.91m、深さ10km未満は0m(津波予測では考慮しない)と設定されている。

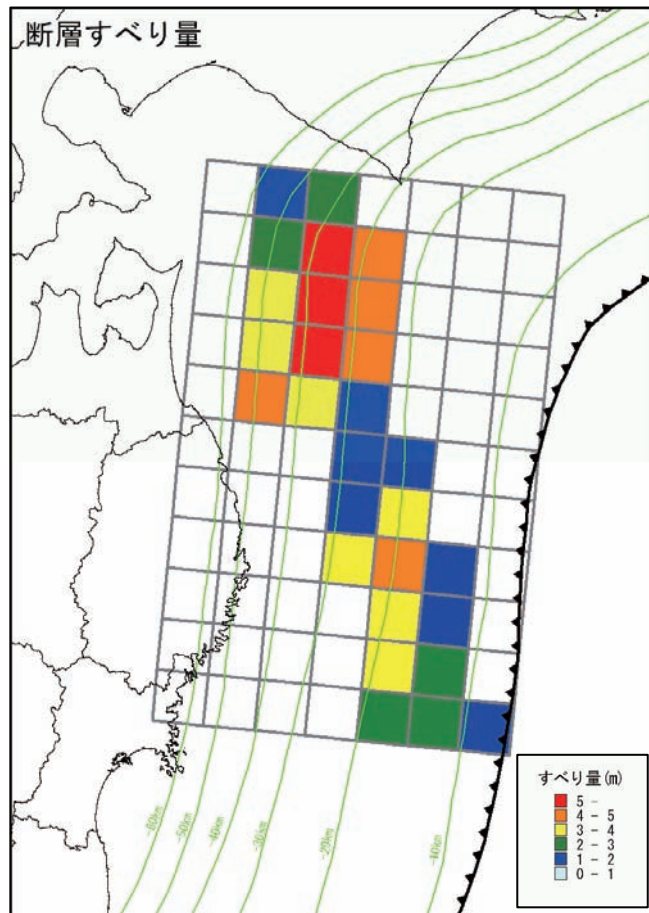


図IV-11 すべり量分布 ⑪根室沖・釧路沖の地震 [Mw=8.3]

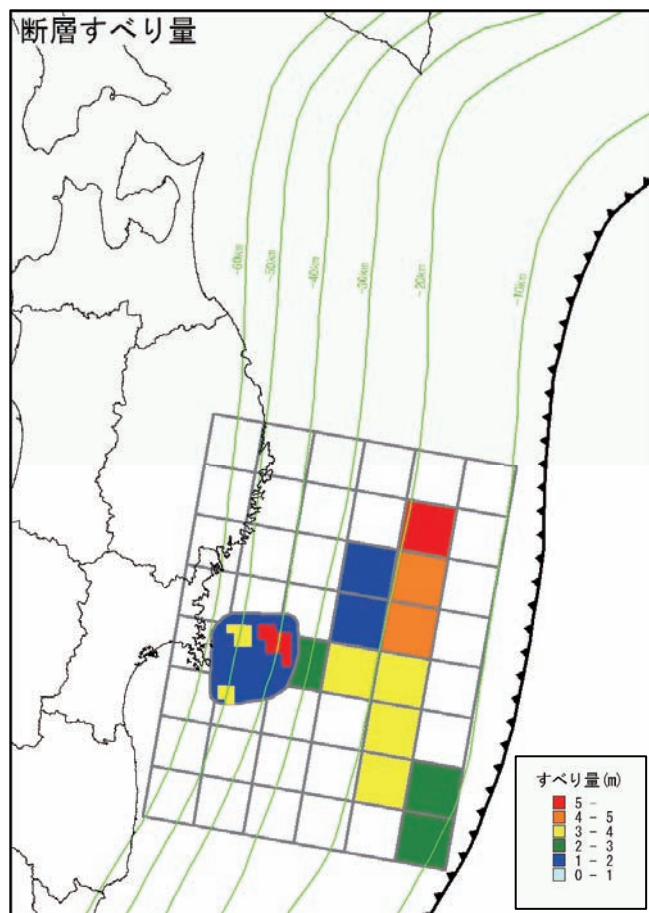


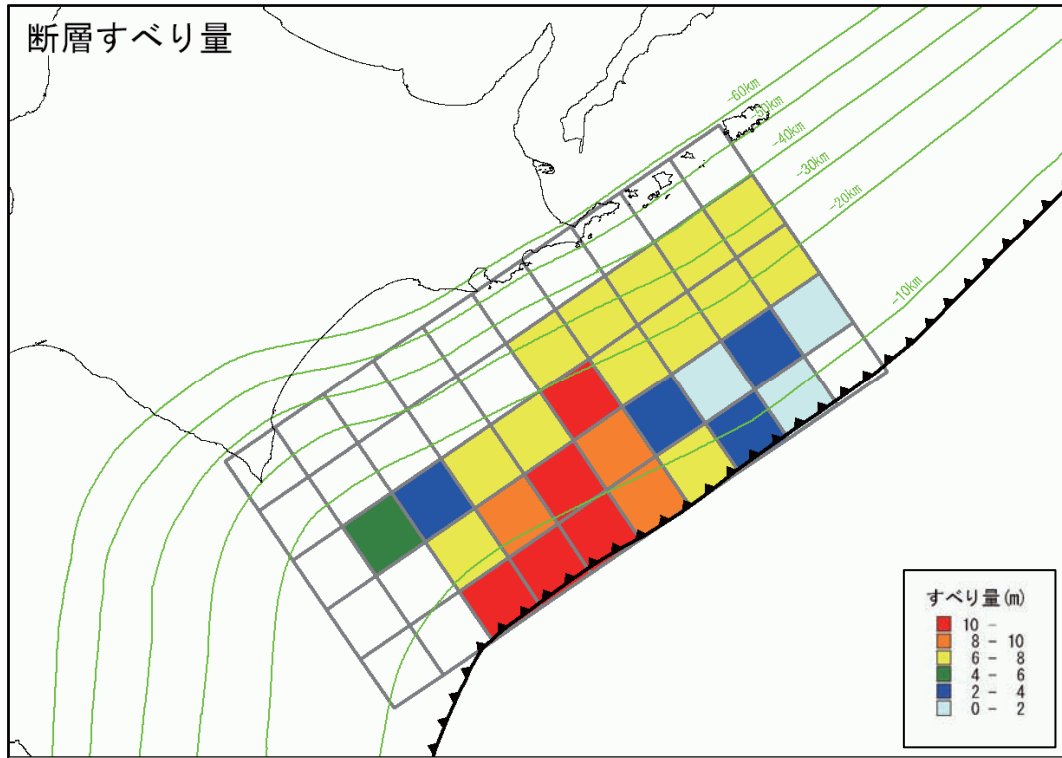
図IV-12 すべり量分布 ⑫十勝沖・釧路沖の地震 [Mw=8.2]

図IV-13 すべり量分布
 ⑬三陸沖北部の地震
 [Mw=8.4]

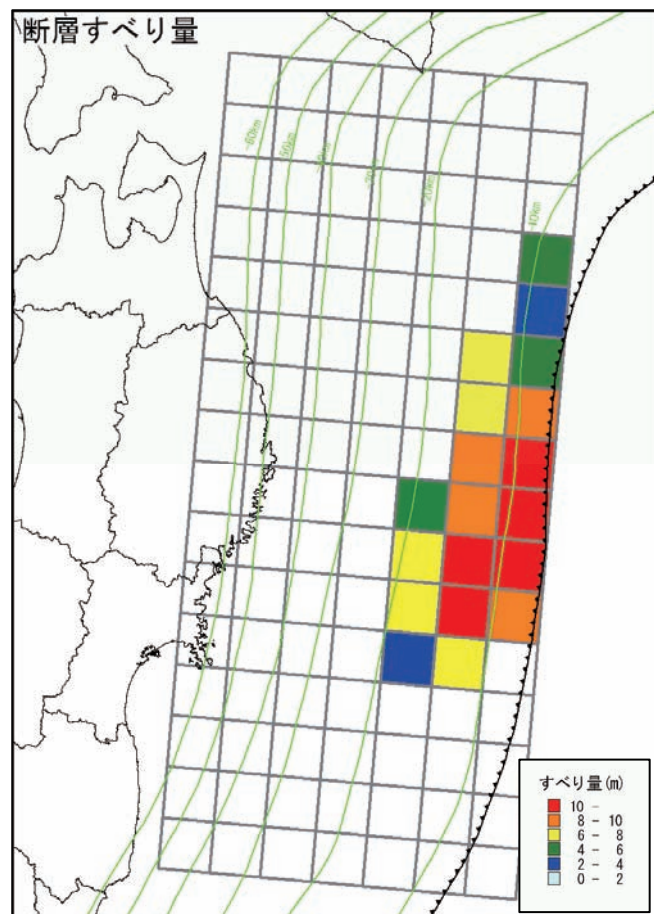


図IV-14 すべり量分布
 ⑭宮城県沖の地震
 [Mw=8.2]





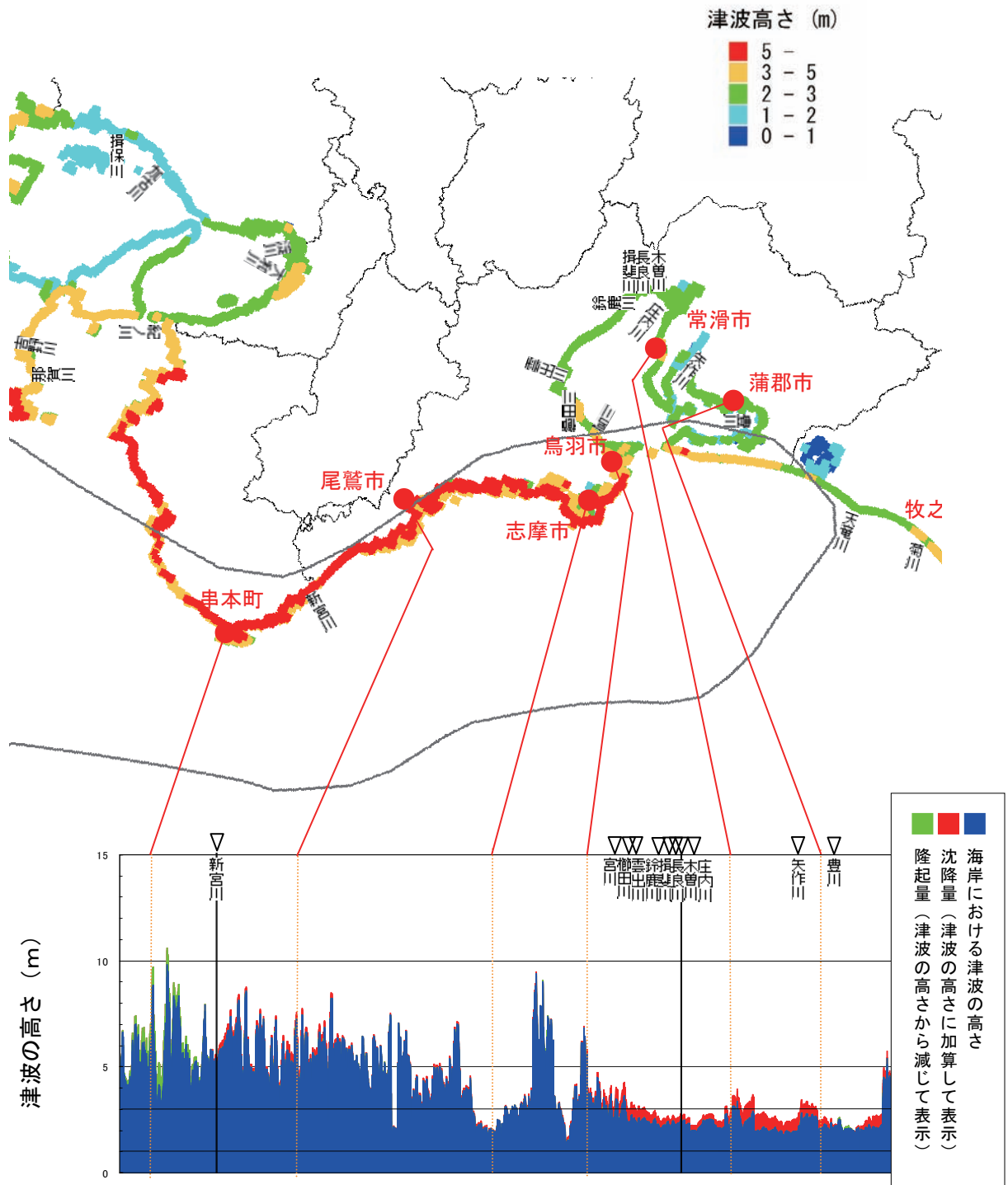
図IV-15 すべり量分布 ⑮500年間隔地震 [Mw=8.6]



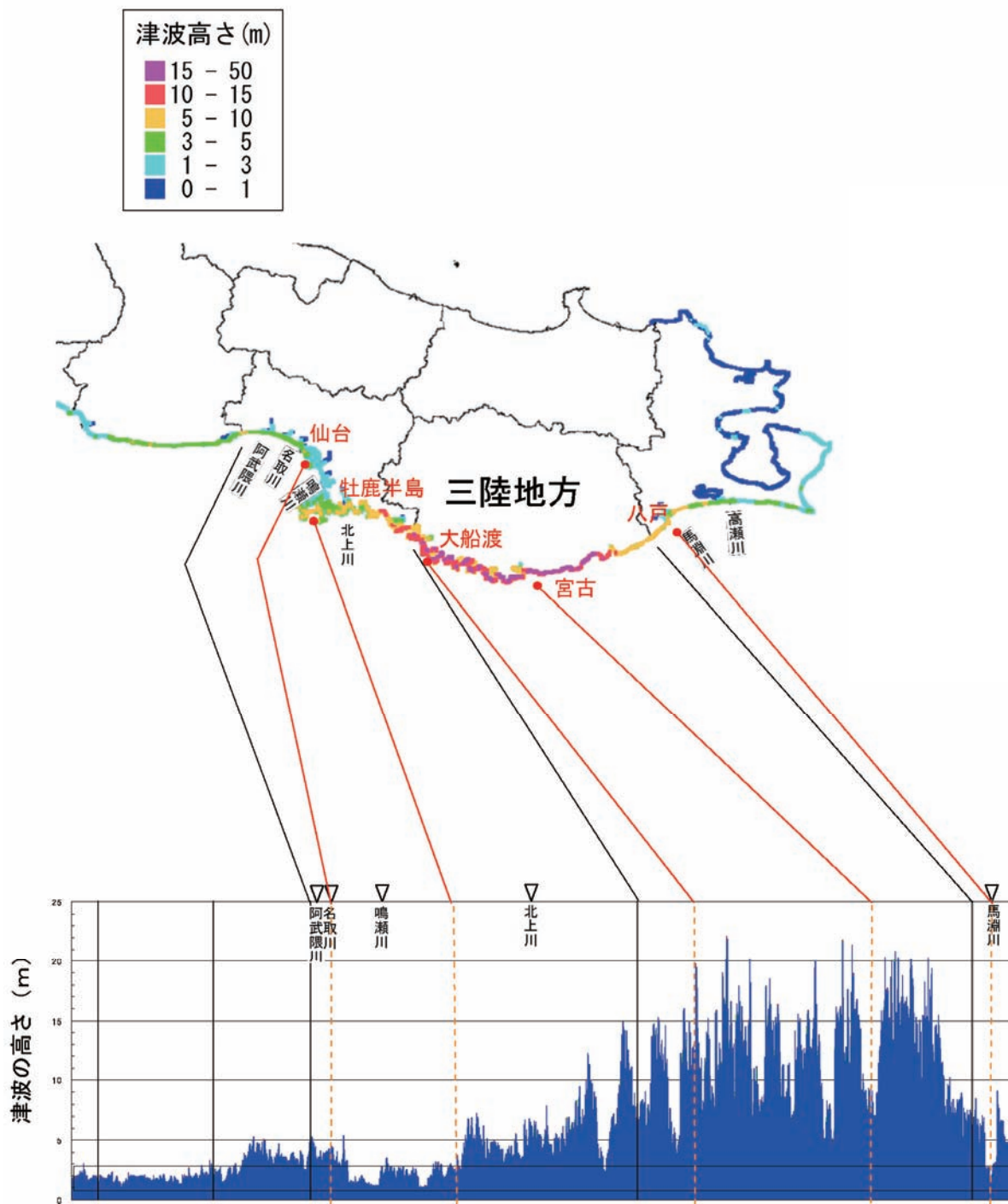
図IV-16 すべり量分布
⑯明治三陸タイプ地震
[Mw=8.6]

1-3. 計算結果

詳細な津波浸水予測シミュレーションにより求めた沿岸の津波高さの例として、東南海・南海地域の「東南海＋南海地震」と日本海溝・千島海溝地域の「明治三陸タイプ地震」（の一部地域）を図IV-17・図IV-18に示す。また、全ての地震の計算結果を付録にまとめて示す。なお、中央防災会議の公開資料により本研究と中央防災会議の予測結果が概ね整合していることを確認した。



図IV-17 沿岸の津波高さの計算例 ①東南海・南海地震[Mw=8.7, 初期潮位=満潮位]



図IV-18 沿岸の津波高さの計算例 ⑯明治三陸タイプ地震[Mw=8.6, 初期潮位=満潮位]

2. 計算時間に関する課題の検討

2-1. 詳細シミュレーションにおける計算時間の課題

1. において、東南海・南海地域の地震8ケース、日本海溝・千島海溝地域の地震8ケースの詳細な津波浸水予測シミュレーションを行った。最小メッシュサイズ50mの領域は、東南海・南海地域77領域、日本海溝・千島海溝地域70領域に分割してデータを作成しているが、実際のシミュレーションでは各領域ごとに1台のパソコンを用いて計算を実施した。

各地域8ケースの計算所要時間（全パソコンの合計値）を集計すると、その平均値は、東南海・南海地域が138.2日、日本海溝・千島海溝地域が151.8日であった。その結果から、現在のパソコンの計算能力では、東南海・南海地域や日本海溝・千島海溝地域という非常に広い範囲について、最小メッシュサイズ50mの詳細な津波浸水予測シミュレーションを一度に計算することは現実的ではないことが分かった。したがって、パソコンで行う現実的なシミュレーションとしては、予測精度を損なわない範囲でメッシュサイズを粗くすることにより計算時間を短縮する簡易的な予測計算の実現が望まれる。

2-2. 最小メッシュサイズの大きさと計算時間の関係

上記のように、最小メッシュサイズ50mの詳細シミュレーションには計算所要時間が非常にかかるという問題点がある。津波の数値シミュレーションは、地形をメッシュに分割し、各メッシュの水位と流量を時間発展的な計算により求めている。この際に、地形を分割するメッシュサイズを2倍（辺の長さを2倍）にすると、（2次元計算であるため）合計のメッシュ数は $1/4$ になり、計算時間もおよそ $1/4$ になることが期待される。加えて、計算格子を大きくすることでタイムステップ（積分時間間隔）を大きく取ることができるため（表IV-1）、その分の計算時間の短縮も期待される。

そこで、最小メッシュサイズを150m、450m、1350mとした場合の津波浸水予測シミュレーションを行い、50mメッシュの場合と計算所要時間の比較を行うこととした。計算所要時間の比較結果を表IV-2に示す。また、計算に用いたパソコンの性能等を表IV-2に示す。

表IV-2より、最小メッシュサイズを50mから150m、450m、1350mに変更することにより、計算所要時間は約10分の1、100分の1、1000分の1に短縮されることが分かる。したがって、最小メッシュサイズの変更によりパソコンでの現実的な津波浸水予測シミュレーションが可能になると考えられる。そこで、予測精度をできるだけ確保した簡易的な予測計算手法について次章で検討を行う。

【参考】タイムステップの設定方法

タイムステップは、計算安定条件を満たすように計算範囲ごとに設定される。計算安定条件は次式で与えられ、タイムステップは安定条件を満たす範囲で区切りの良い数値に設定される。メッシュサイズが同じであっても、計算範囲内の最大水深に応じてタイムステップは異なる値が設定される。

$$\text{計算安定条件} : 1 \geq \sqrt{2gh} \frac{\Delta t}{\Delta x}$$

Δt : タイムステップ（積分時間間隔）の最大値

Δx : メッシュサイズ

g : 重力加速度

h : その計算範囲の最大水深

表VI-1 タイムステップの平均値

領域	メッシュサイズ	範囲数	タイムステップ
東南海・南海地域	50 m	77	0.39 秒
	150 m	32	0.69 秒
	450 m	10	1.00 秒
日本海溝・千島海溝地域	50 m	70	0.39 秒
	150 m	28	0.64 秒
	450 m	9	1.00 秒

表IV-2 津波浸水予測シミュレーションの計算所要時間の比較

最小メッシュサイズ [※]	東南海・南海地域		日本海溝・千島海溝地域	
		比率(対50m)		比率(対50m)
50mメッシュ	138.2日	—	151.8日	—
150mメッシュ	9.6日	1/14	11.5日	1/13
450mメッシュ	1.4日	1/99	1.6日	1/95
1350mメッシュ	0.055日	1/2500	0.11日	1/1380

(注) 最小メッシュサイズ[※]50mは各地域の地震8ケースの平均値、150mおよび450mは各地域2地震の平均値である。(東南海・南海地域は東南海・南海地震と東海・東南海・南海地震の2ケース。日本海溝・千島海溝地域は500年間隔地震と明治三陸タイプ地震の2ケース)

なお、上記の計算所要時間は、2004年3月頃に購入したパソコン(表IV-3)で計算した場合のものであるため、最新機種で計算した場合の計算所要時間はかなり短くなるが、それでも50mメッシュで数日あるいは十数日以上かかることが予想される。

表IV-3 計算に用いたパソコンの性能等

項目	性能等
機種名	DEll OptiPlex GX270
OS	Windows 2000 SP4
チップセット	インテル 865G
CPU	Pentium4 2.60GHz/800MHz 512KB
メモリー	1GB 333MHz デュアルチャンネル
ハードディスク	80GB 7200rpm