

平成27年7月1日
CeMI 講演会

地震津波災害から生命をまもるために

愛知工業大学工学部土木学科

横田 崇

今日、お話しすること

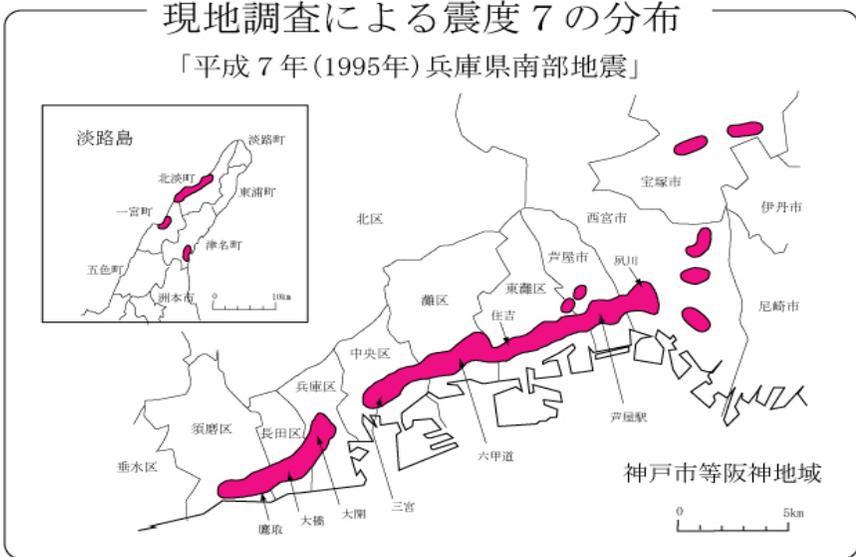
- 阪神・淡路大震災の教訓とその風化
- 東北地方太平洋沖地震の特徴等と地震断層モデル
- 南海トラフ及び相模トラフで想定される地震・津波
- 防災・減災対策の考え方(従来モデルとレジリエンスモデル)
- 防災活動が避難等に貢献するには？(古くて新しい課題)

阪神・淡路大震災の 教訓とその風化

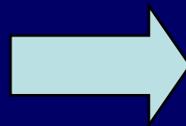
⇒ 新たな地震・津波対策の検討へ
(東北地方太平洋沖地震以前)

兵庫県南部地震の被害状況と 震度7の分布

1995年1月17日05時46分51.8秒
マグニチュード 7.3 最大震度 7



阪神・淡路大震災
様々な教訓



防災意識の高まり
民も官も様々な改善

時間とともに風化

- ・阪神・淡路大震災で建物等の倒壊での死者 80%以上
しかし、建物の耐震診断、耐震改修は進んでいない
- ・人も(行政機関の人事、ボランティア等の参加人数も?)
- ・行政の予算も(防災は大切だが昨今の財政状況では後回しになりかねない)

これまでの災害対策はこうしたことの繰り返し

今後の地震防災対策の方向(1)

- 実効性ある防災体制の構築

巨大災害に対する国家戦略の立案が急務

東海地震、東南海・南海地震、首都直下地震等

実践的なマニュアル、情報収集・伝達体制、訓練・・・

どれだけ実効性をもって動けるか？

- 防災対策施設の整備目標の明確化・効率的な
防災対策の実施

効率的整備、社会へのアカウントビリティ

「ものさし」と水準、予算的メリハリ、整備の総合化

今後の地震防災対策の方向(2)

徹底して通常の社会システムでの防災定着を

- ・共助、自助も含めた地震防災体制の確立
行政、企業、個人、NPO等 各主体の参加と役割
地域ぐるみの防災力向上、防災コミュニティ
防災ボランティア参加のバックアップ
官民の複合的連携(ex.自衛隊とコンビニ)
- ・防災情報共有化社会 官民双方向、市民内等
- ・防災での市場メカニズムの導入

我が国は、4つのプレートに囲まれ、世界の地震（M6以上）の2割が発生するなど、地震の多発する国

東海地震

予知の可能性のある地震

いつ大地震が発生してもおかしくない

予知の可能性のある地震

（平成15年5月 大綱作成）

西日本全域に及ぶ超広域震災

東南海・南海地震

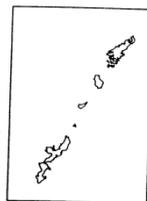
今世紀前半での発生が懸念される超広域地震

（平成15年12月 大綱作成）

中部圏・近畿圏直下地震

老朽木造市街地や文化財の被災が懸念される地震

（平成21年4月 大綱作成）



南海トラフ

20mを超える大きな津波

日本海溝・千島海溝 周辺海溝型地震

切迫性の高い宮城県沖地震をはじめとする8タイプの地震

（平成18年2月 大綱作成）

東北地方太平洋地震の震源域

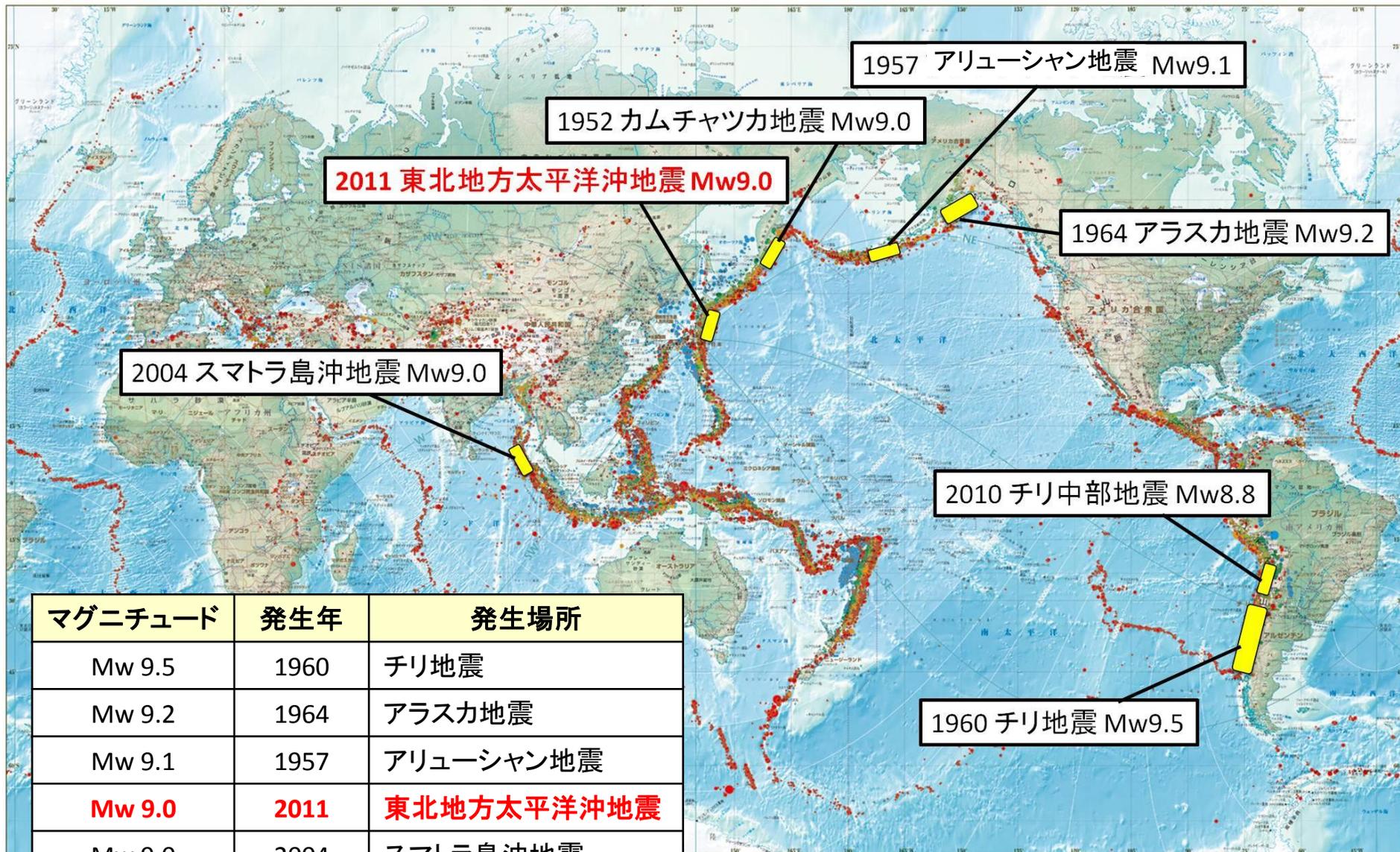
首都直下地震

我が国の中枢機能の被災が懸念される
ある程度の切迫性を有するM7クラスの地震

（平成17年9月 大綱作成、平成22年1月 大綱修正）

東北地方太平洋沖地震 の特徴等

世界の超巨大地震



マグニチュード	発生年	発生場所
Mw 9.5	1960	チリ地震
Mw 9.2	1964	アラスカ地震
Mw 9.1	1957	アリューシャン地震
Mw 9.0	2011	東北地方太平洋沖地震
Mw 9.0	2004	スマトラ島沖地震
Mw 9.0	1952	カムチャツカ地震

津波の襲来

写真: 田老町漁業協同組合提供



南三陸町役場防災対策庁舎屋上

2011年3月17日撮影



岩沼市上空から南方を望む

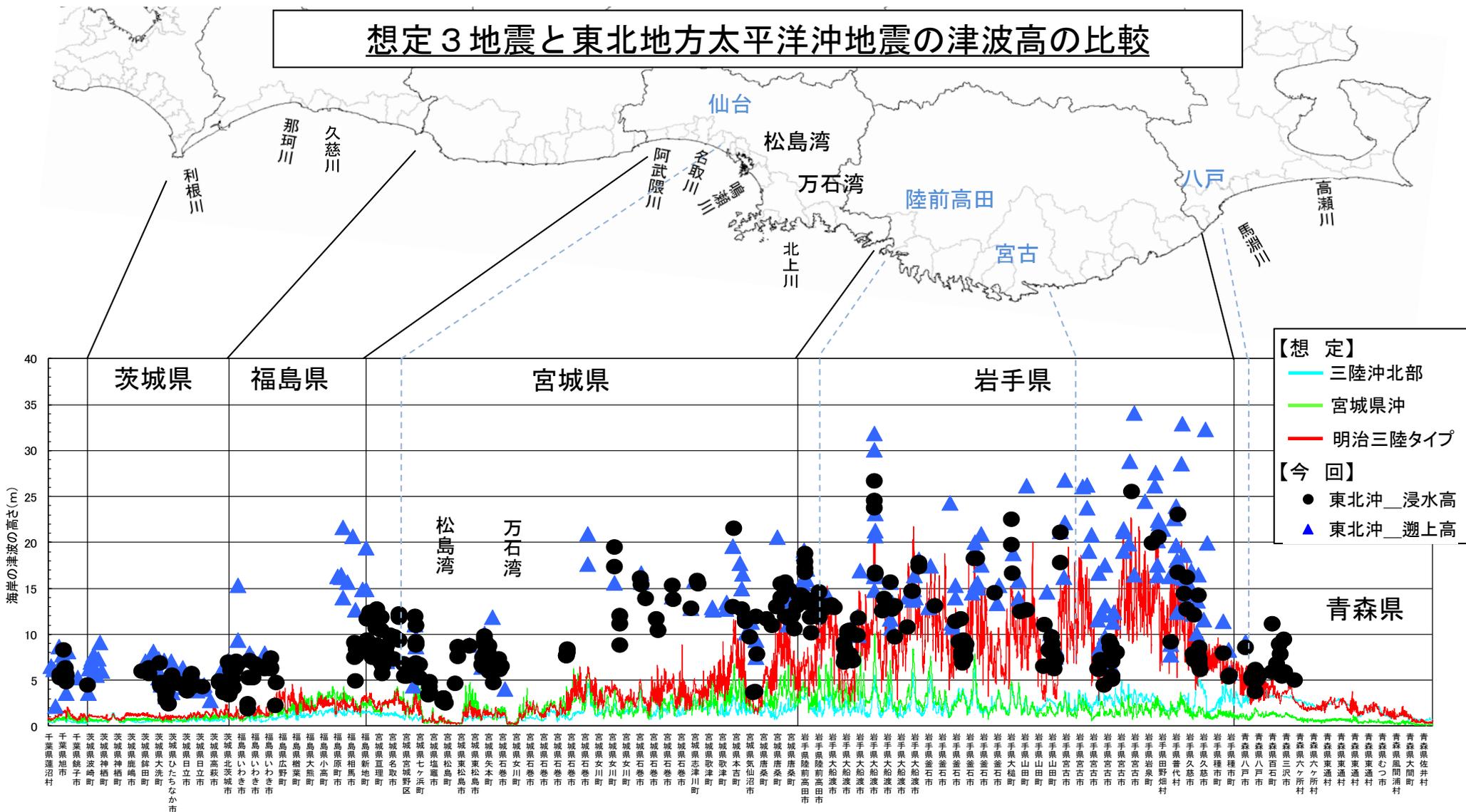
2011年3月23日撮影



宮城県気仙沼市

浸水範囲と痕跡 被害想定と今回の津波の浸水高、遡上高の比較

想定3地震と東北地方太平洋沖地震の津波高の比較

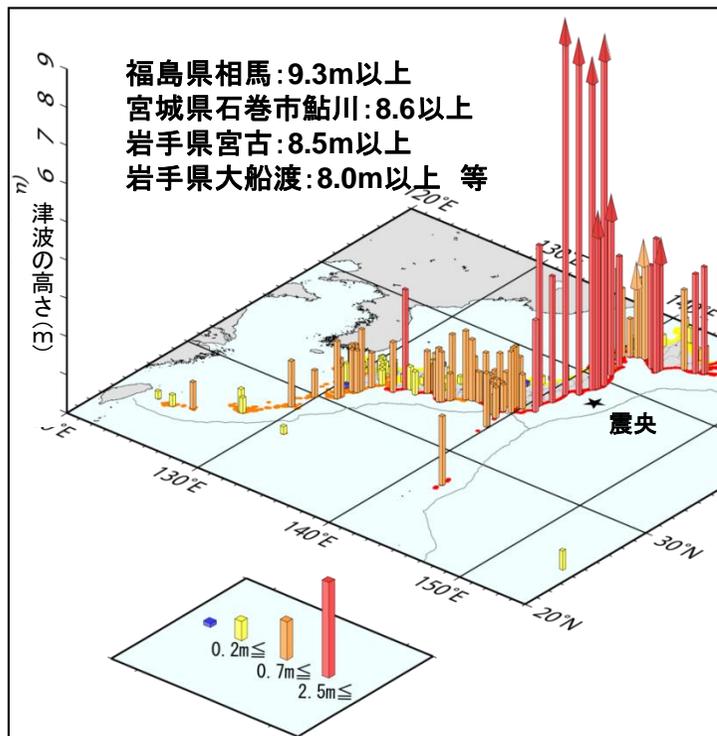


(出典)・想定3地震の津波高: 日本海溝・千島海溝周辺型地震対策に関する専門調査会想定結果

・2011年東北地方太平洋沖地震浸水高、遡上高: 「東北地方太平洋沖地震津波合同調査グループ」による速報値(2011年5月9日)、注: 使用データは海岸から200m以内で信頼度A(信頼度大なるもの。痕跡明瞭にして、測量誤差最小なるもの)を使用。

世界で観測された津波の高さ(最大値)

日本沿岸の津波観測施設で観測された津波の高さ

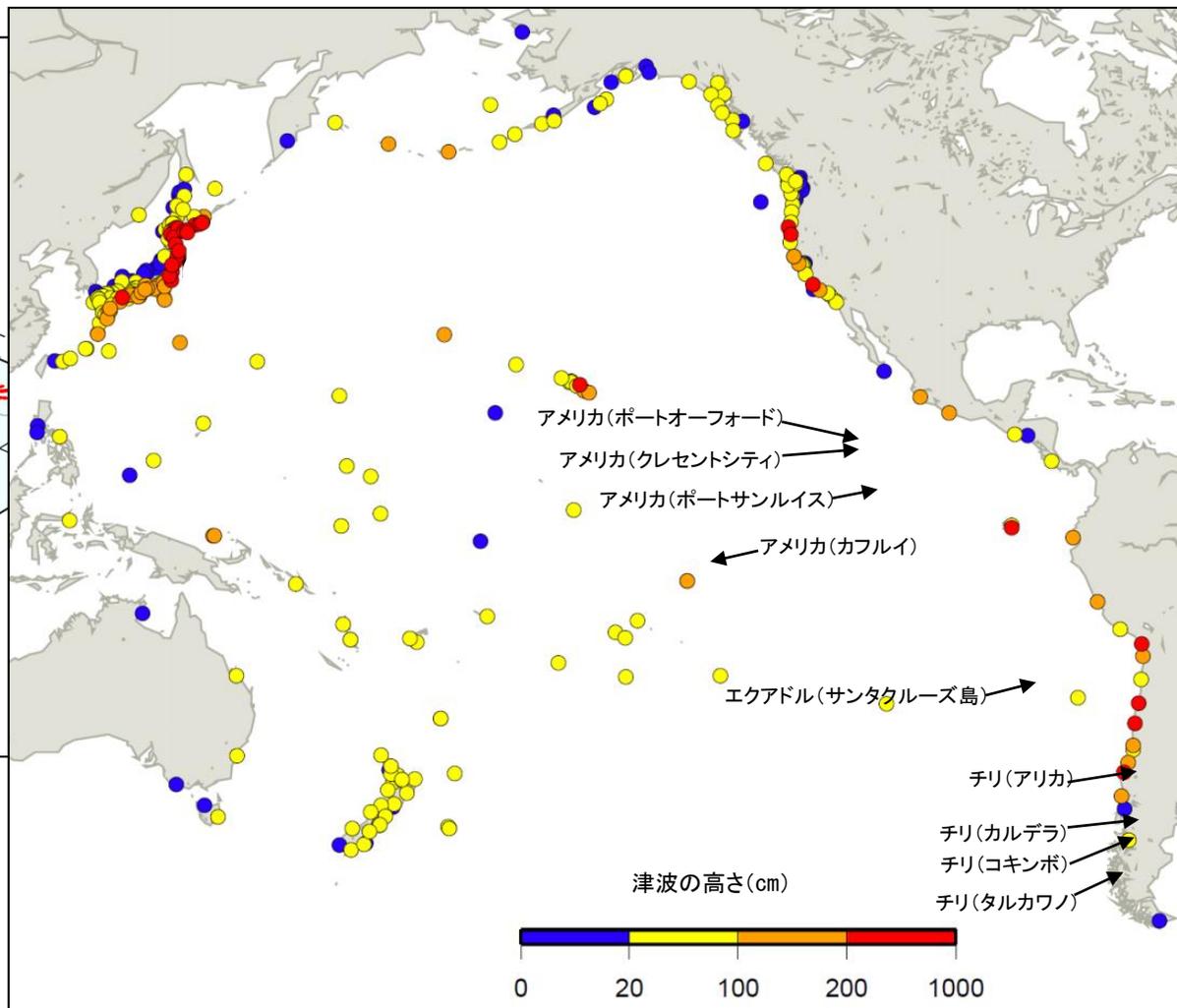


矢印は、津波観測施設が津波により被害を受けたためデータが入りできない期間があり、後続の波でさらに高くなった可能性があることを示す。

観測施設には、内閣府、国土交通省港湾局、海上保安庁、国土地理院、愛知県、四日市港管理組合、兵庫県、宮崎県、日本コークス工業株式会社の検潮所を含む。

海外の検潮所で観測された津波の高さ

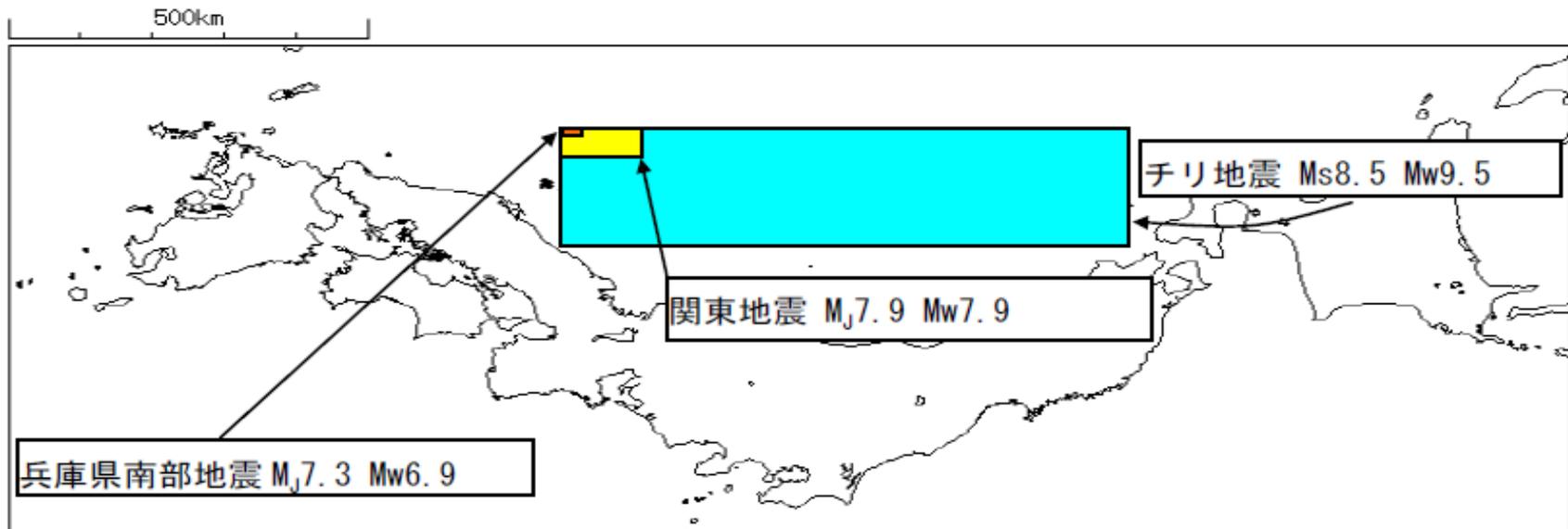
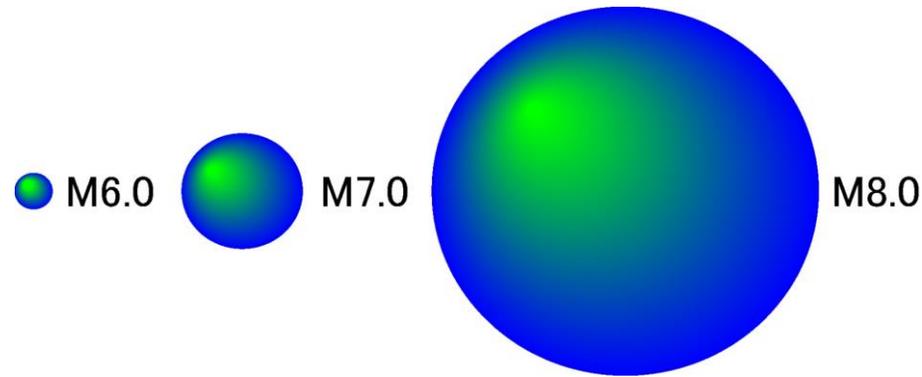
アメリカ、チリで約2.5mの高さなど、太平洋沿岸の広い範囲で津波が観測されました。



海外の観測値は米国地球物理学データセンター(NGDC)による読み取り値。高さ200cm以上を観測した海外の観測点については観測点名を表記。

地震の規模（マグニチュード）大きくなると

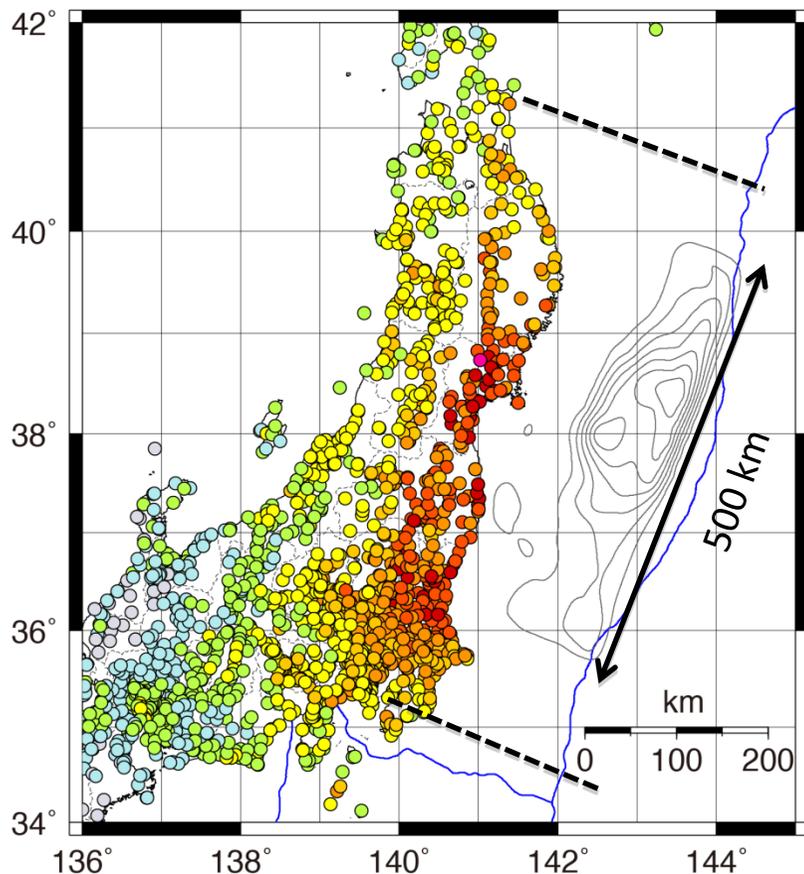
Mが1大きくなると地震のエネルギーは約32倍大きくなる



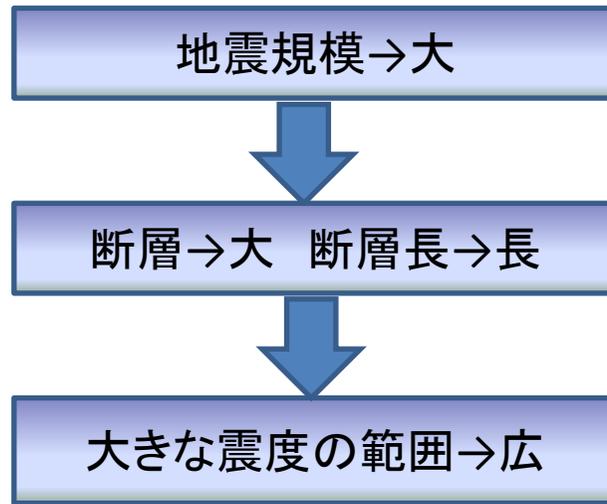
地震の規模が大きくなると、 強い揺れの地域が広がる

⇒ 震度分布より
地震の規模を推定する

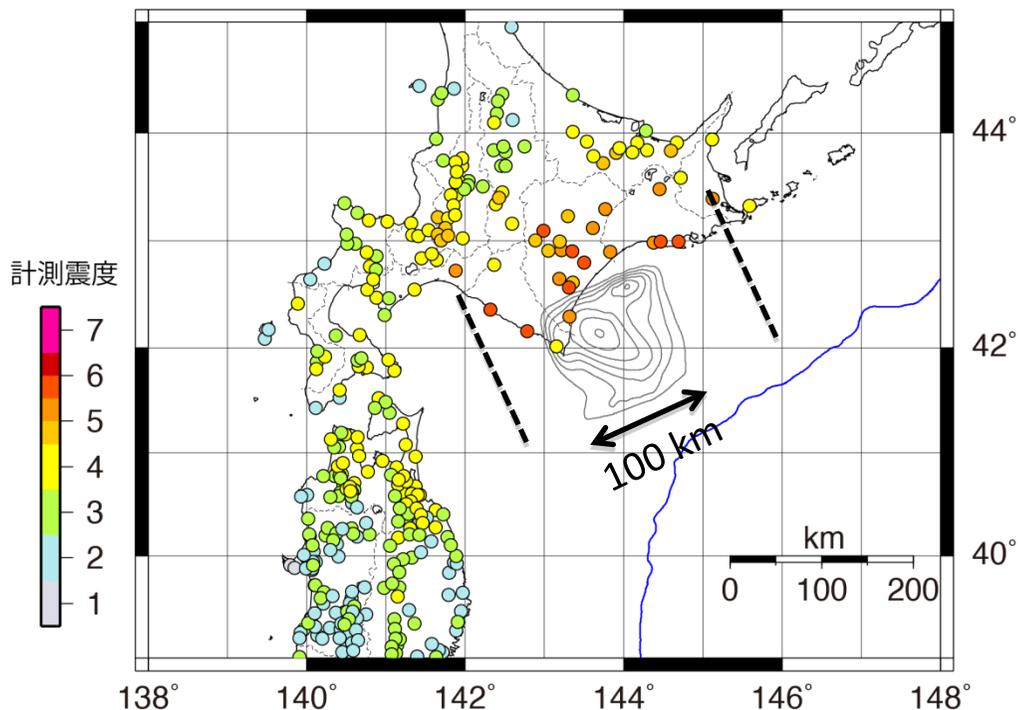
2011年東北地方太平洋沖地震



すべり分布はYoshida *et al.* (2011)による
コンター間隔は5m



2003年十勝沖地震

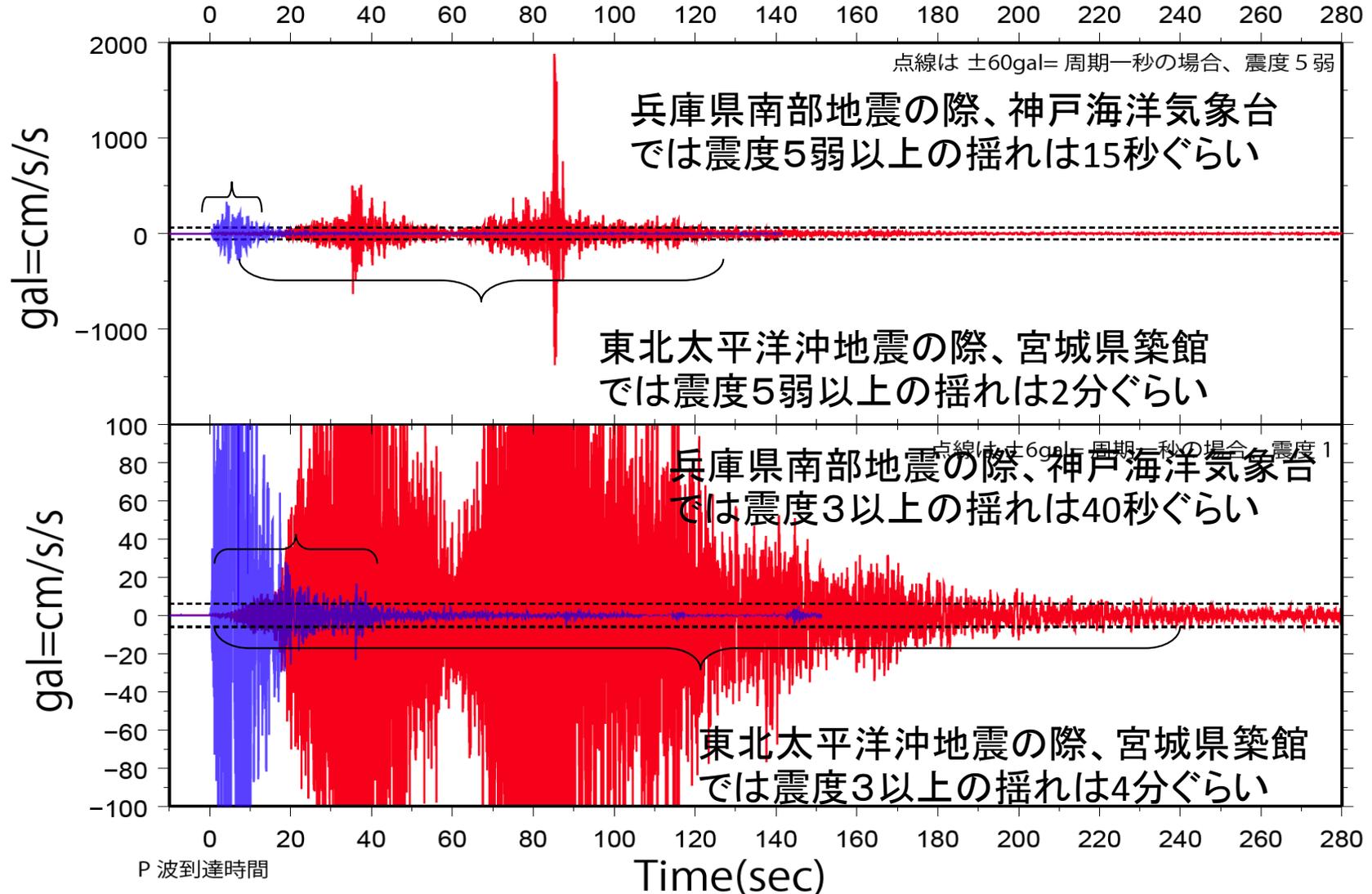


すべり分布は吉田(2005)による
コンター間隔は1m

地震の規模が大きくなると、揺れる時間が長くなる

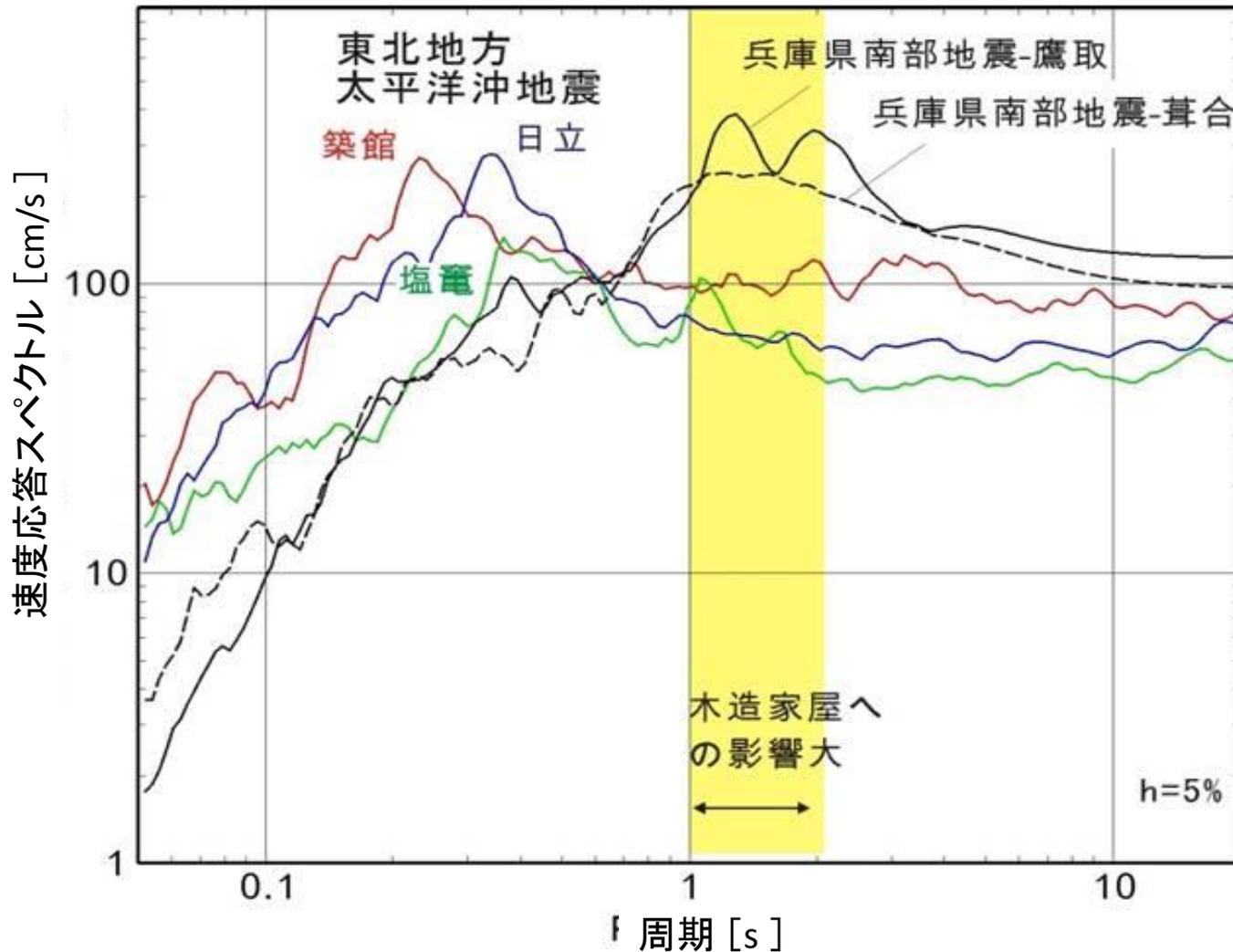
青：1995年兵庫県南部地震の際の神戸海洋気象台の上下動加速度波形（震度6）

赤：2011年東北地方太平洋沖地震の際のK-NET 築館の上下動加速度波形（震度7）



速度応答スペクトルの比較

今回の地震は、木造家屋の倒壊に影響が大きい周期の地震波形が少なかったため、地震による家屋倒壊が少なかったと推測



【応答スペクトルとは】

いろいろな固有周期(建物や構造物が揺れやすい周期)を持つさまざまな建物や構造物に対して、地震動がどの程度の揺れの強さ(応答)を生じさせるかをわかりやすく示したもの。速度応答スペクトルとは速度を評価量とした応答スペクトルのこと。

(出典)

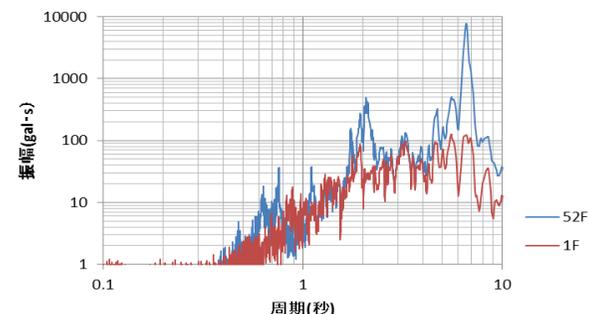
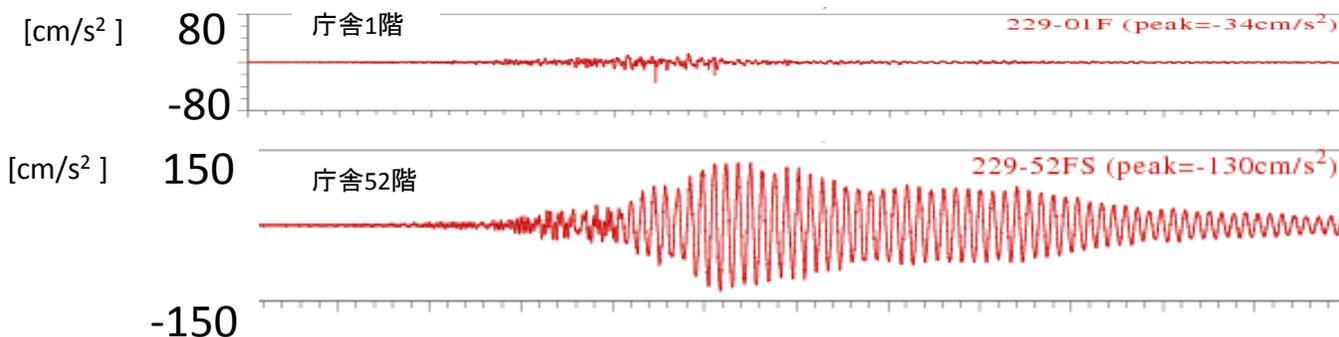
地震調査研究推進本部HPより作成
http://www.jishin.go.jp/main/yosokuchizu/glossary/response_spectrum.htm

東北地方太平洋沖地震による長周期地震動による被害

【大阪府咲洲庁舎】（大阪住之江区：震度3） 震源から約770km

特有の長周期地震動が発生

- ・約10分間揺れが続き、最上階（52階）では最大1m（片側）（短辺方向137cm、長辺方向86cm）
- ・内装材や防火戸等の一部で破損、エレベータの停止や閉じ込め事象が発生

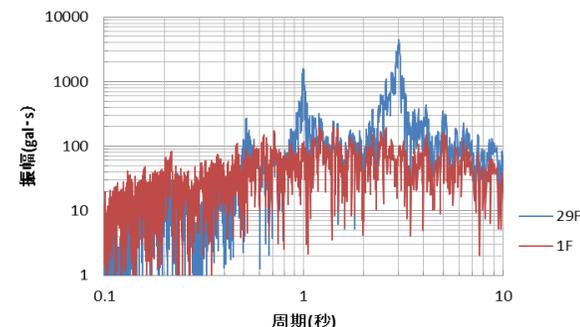
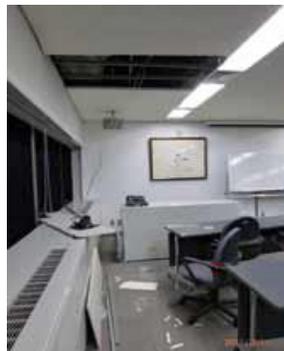


【工学院大学新宿校舎】（東京新宿区：震度5弱）

- ・キャスター付き什器類の移動、書籍等の落下・散乱、間仕切り壁の変形によるドアの開閉の障害、
- ・エクспанション・ジョイント部での内装材の剥落等

（参考：周辺の超高層ビル）

- エレベータでの閉じ込め事故
- スプリンクラーヘッドの損傷による散水
- 天井落下や内装の剥落など



東北地方太平洋沖地震による液状化被害(千葉県、茨城県)



液状化による噴砂(千葉県浦安市) 浦安市提供



建物への被害(千葉県我孫子市) 我孫子市HP



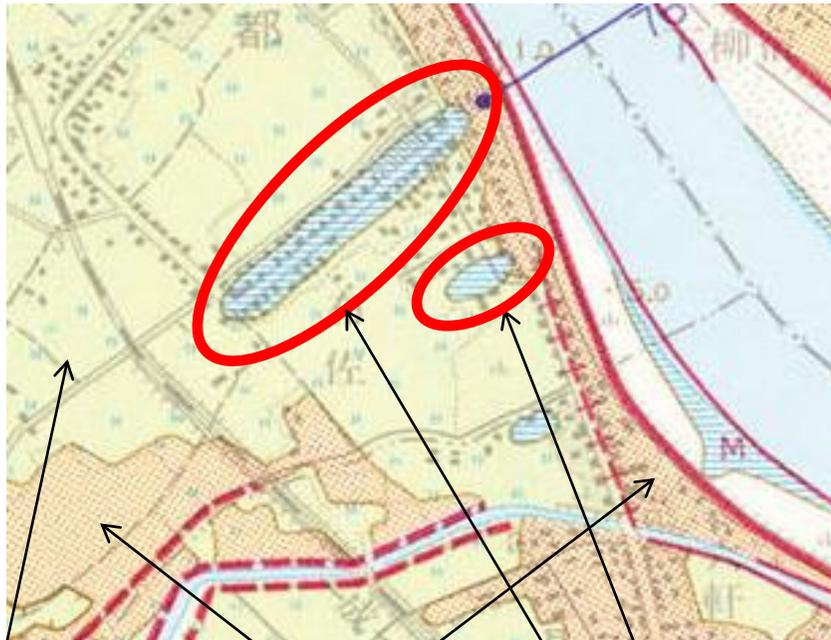
マンホールの浮き上がり(千葉県香取市) 香取市HP



電柱の傾斜(茨城県潮来市) 内閣府撮影

我孫子市布佐・都地区の旧地形

治水地形分類図



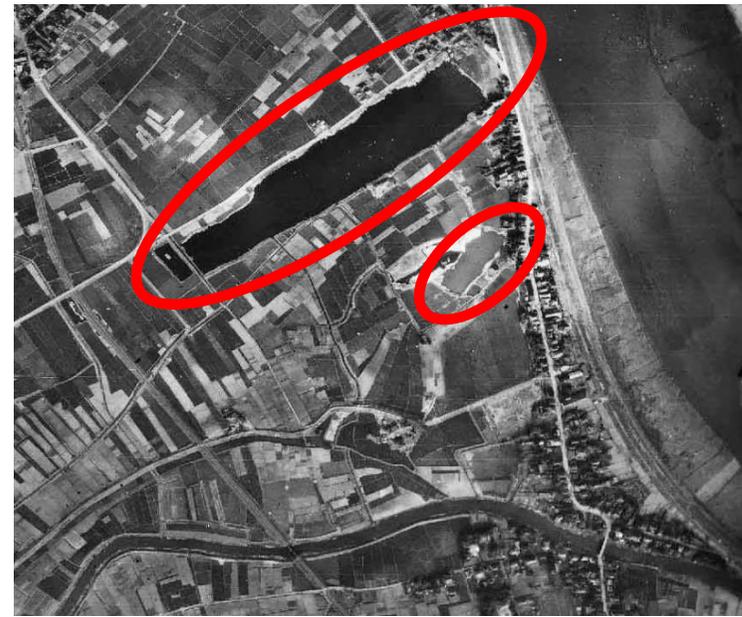
氾濫平野

自然堤防

旧河道・旧落堀

この部分が激しく液状化し、
被害がひどかった

航空写真



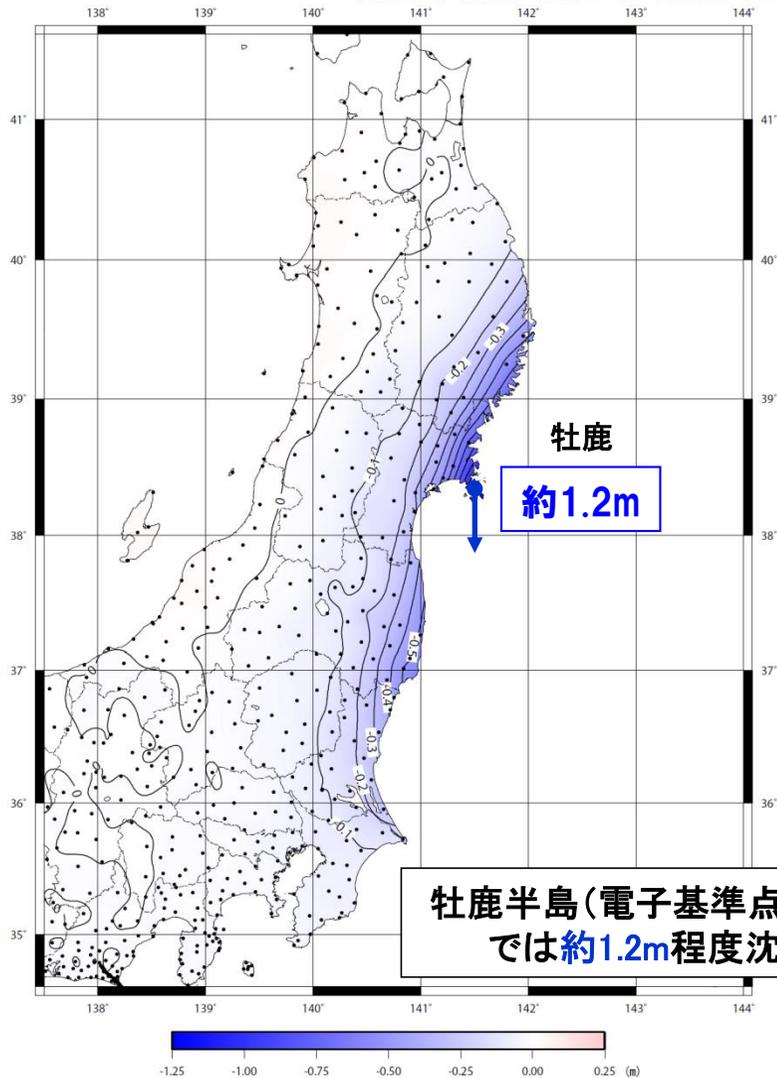
1947/11/28米軍撮影

国土地理院

地殻変動状況(上下変動)

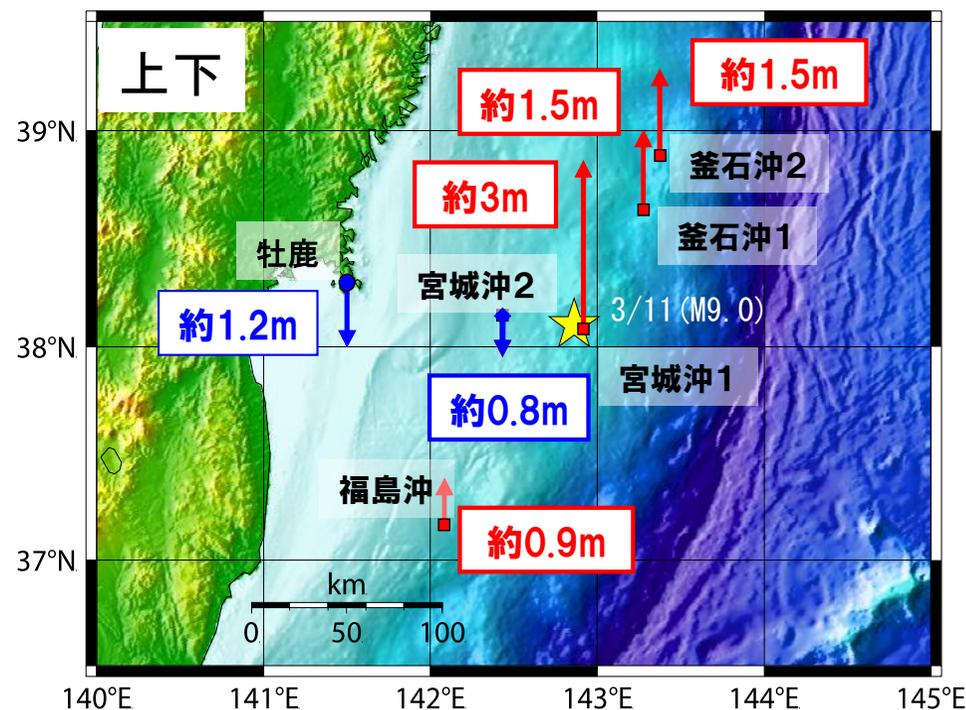
本震 (M9.0) に伴う地殻変動
等変動量線図 (上下変動量)

基準期間 : 2011/03/01 21:00 - 2011/03/09 21:00 R3速報解 平均値
比較期間 : 2011/03/11 18:00 - 2011/03/11 21:00 Q3迅速解 平均値
※電子基準点の解析結果の存在しない地区では保証されません



(資料) : 国土地理院資料に内閣府追記

震源のほぼ真上の宮城県沖
の海底約3メートル隆起



(資料) : 海上保安庁資料を基に内閣府作成

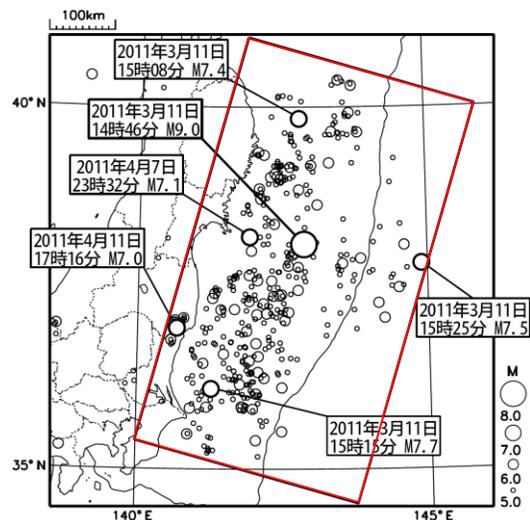
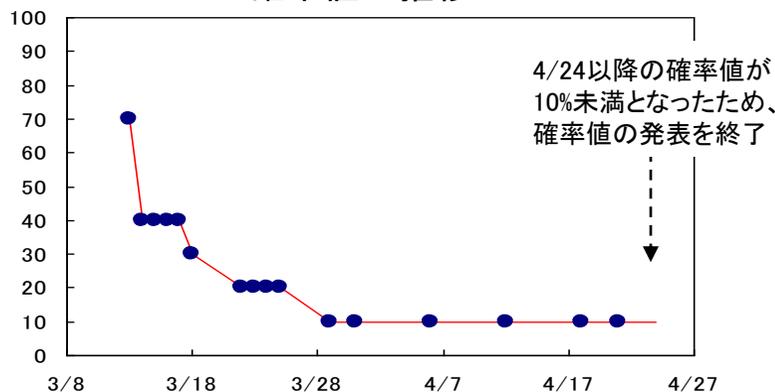
本震の規模が大きいと、余震の規模も大きく、数も多くなる

○余震の数は時間とともに少なくなる

余震確率 (M ≥ 7.0)

3月13日から発生確率(3日間)を発表

確率値の推移

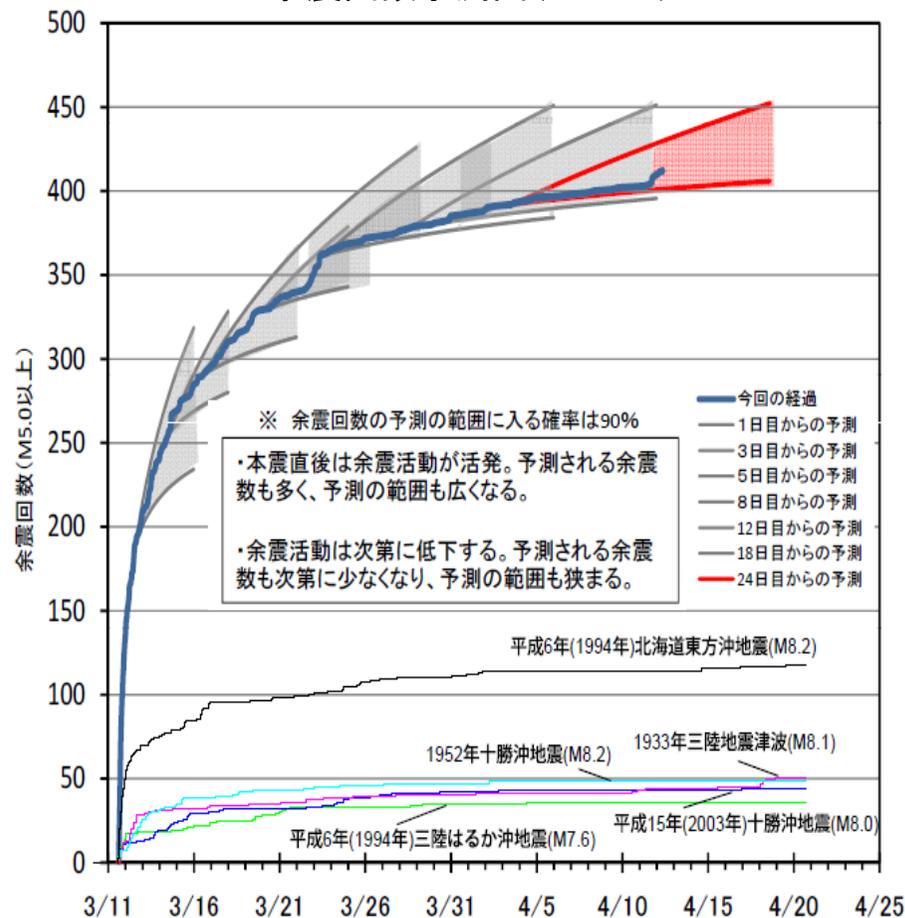


震央分布図(3/11~4/30)
矩形領域を余震域とした

余震回数予測図

3月18日から余震回数予測図を発表

余震回数予測図 (M ≥ 5.0)

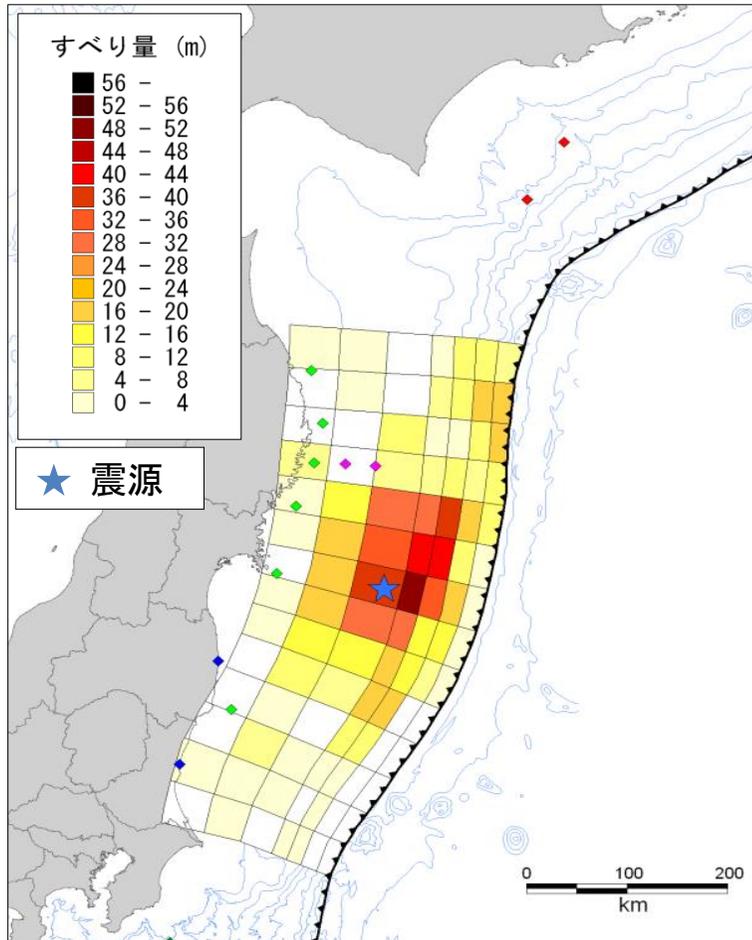


東北地方太平洋沖地震の 地震断層モデル等の検討

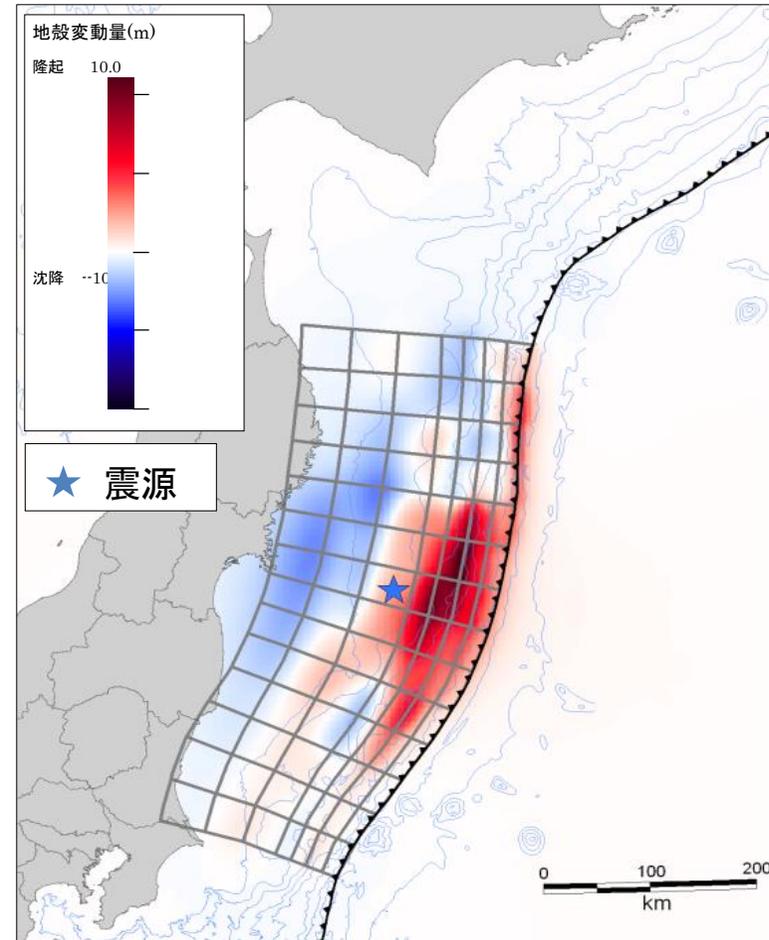
— 東北地方太平洋沖地震の検証 —
南海トラフのみならず、他の地域も含む
地震、津波に関する科学的知見を基に検討

東北地方太平洋沖地震の津波断層モデル(内閣府モデル)

- ・宮城県から岩手県の海溝よりの沖合に大きな断層すべり量
- ・最大すべり量は約50m
- ・地殻変動(上下動)の最大隆起量は約12m、最大沈降量は約3m

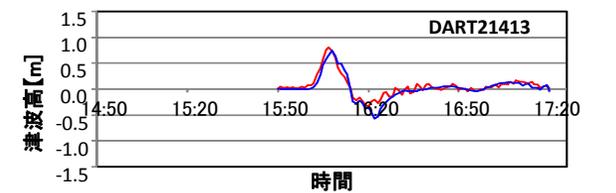
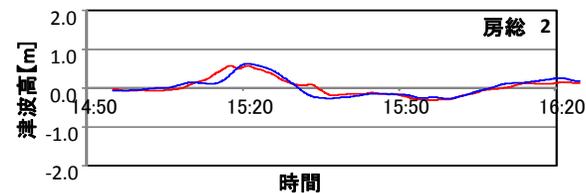
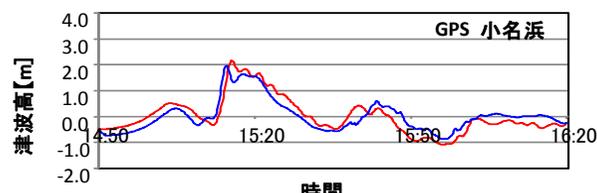
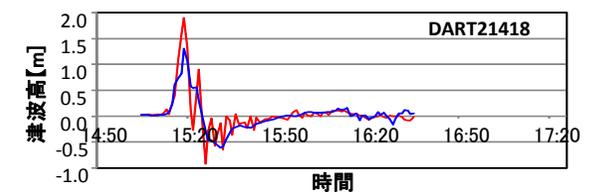
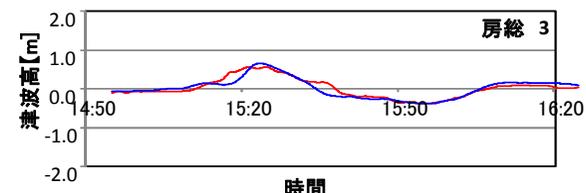
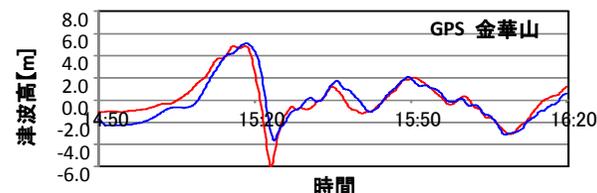
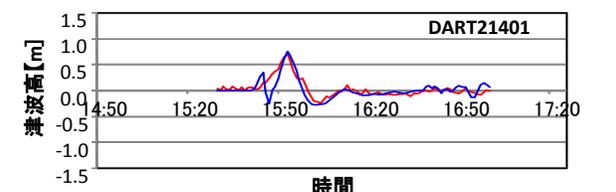
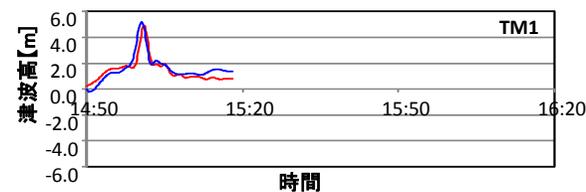
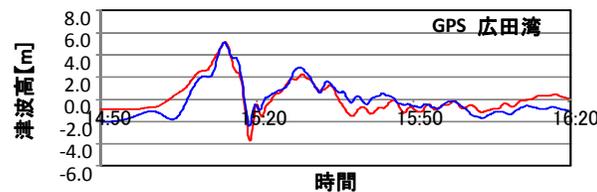
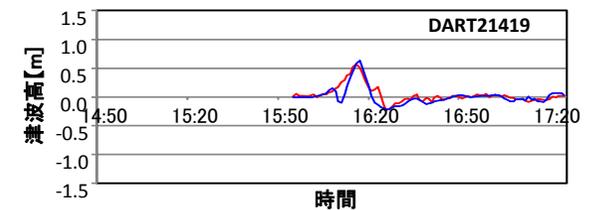
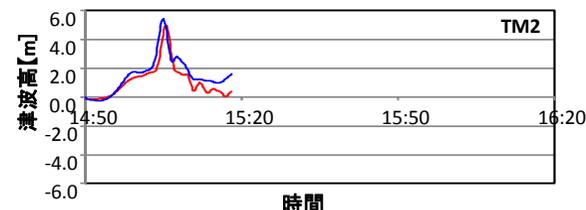
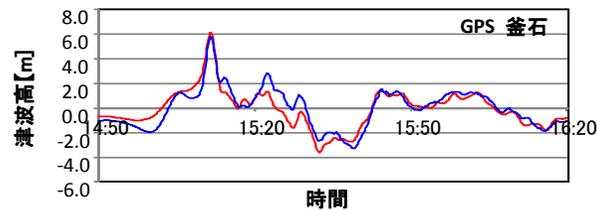
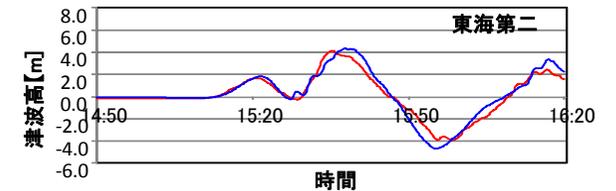
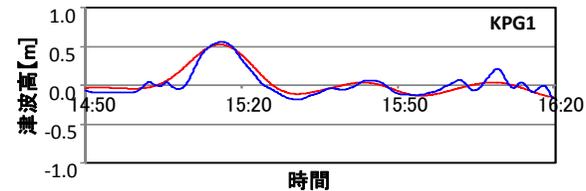
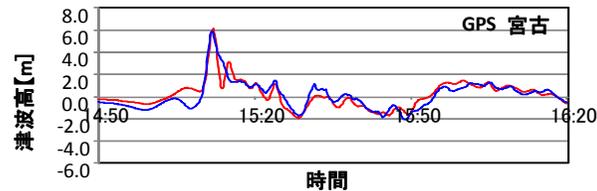
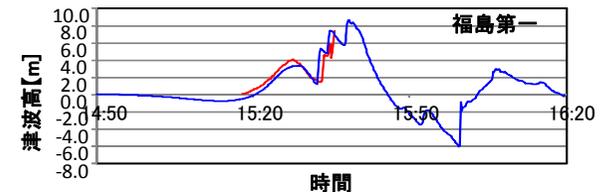
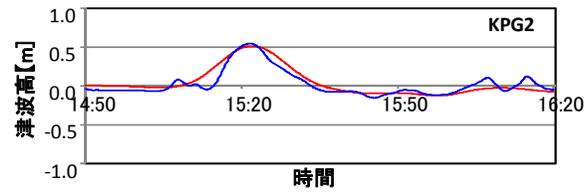
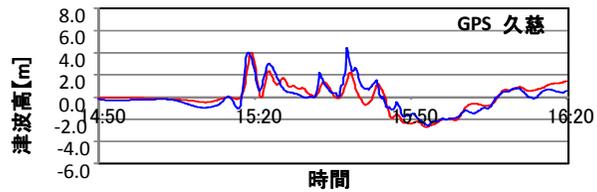
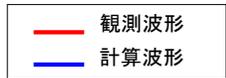


断層すべり量分布(合計)



地殻変動量分布

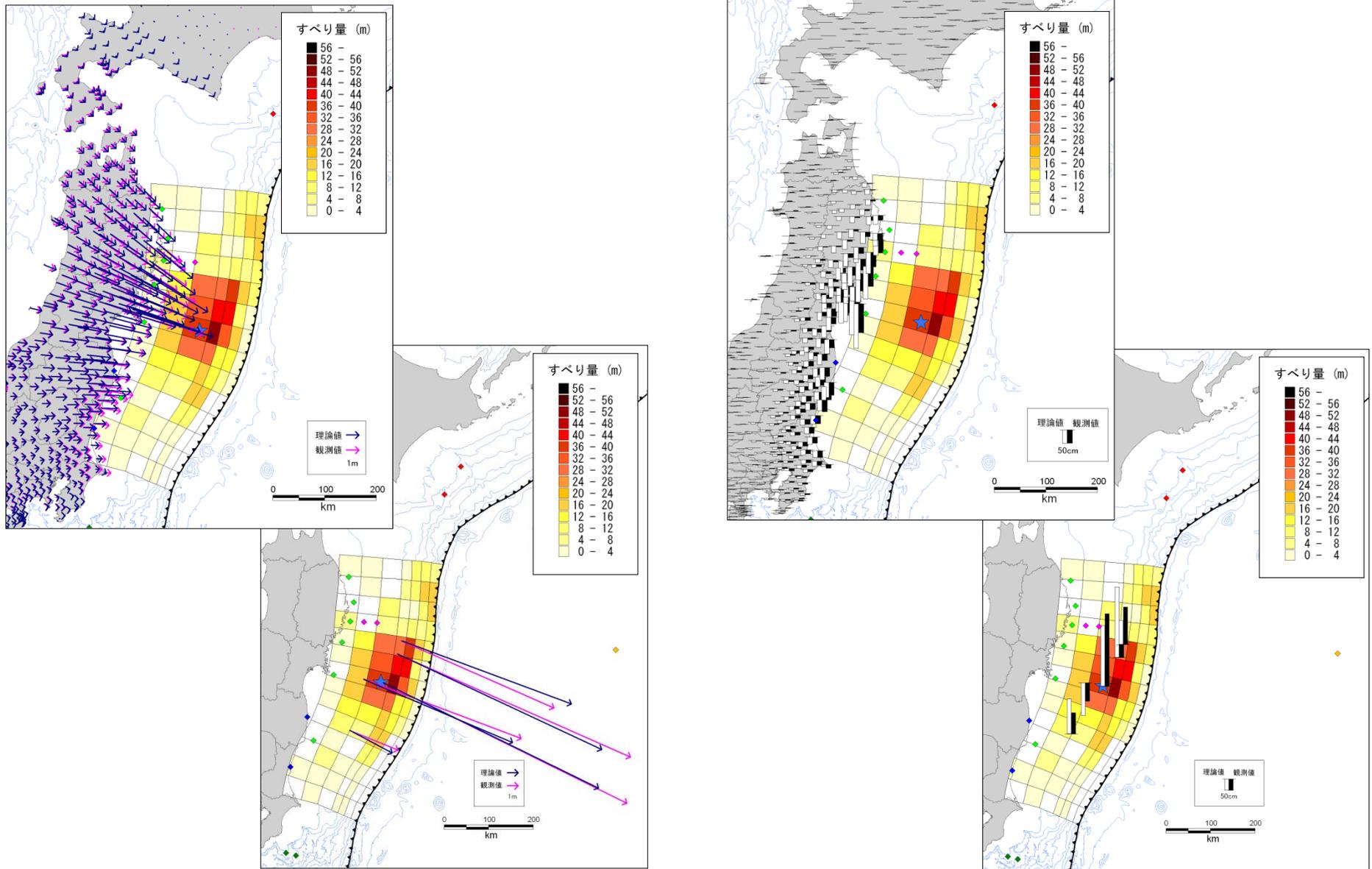
津波の計算波形と観測波形の比較



国土地理院
 防災技術センター
 津波観測システム
 開発部

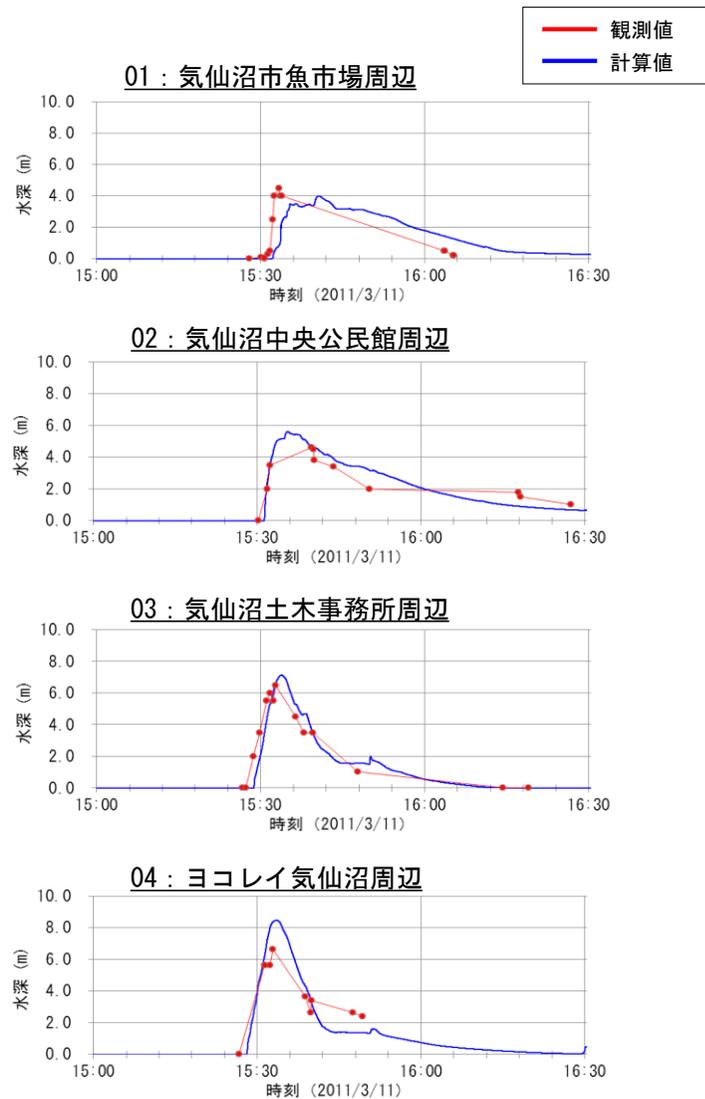
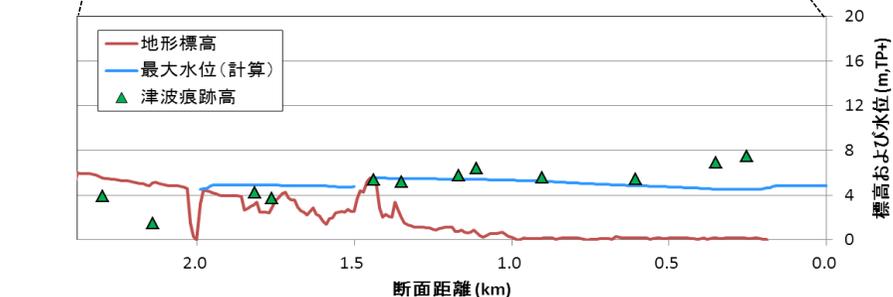
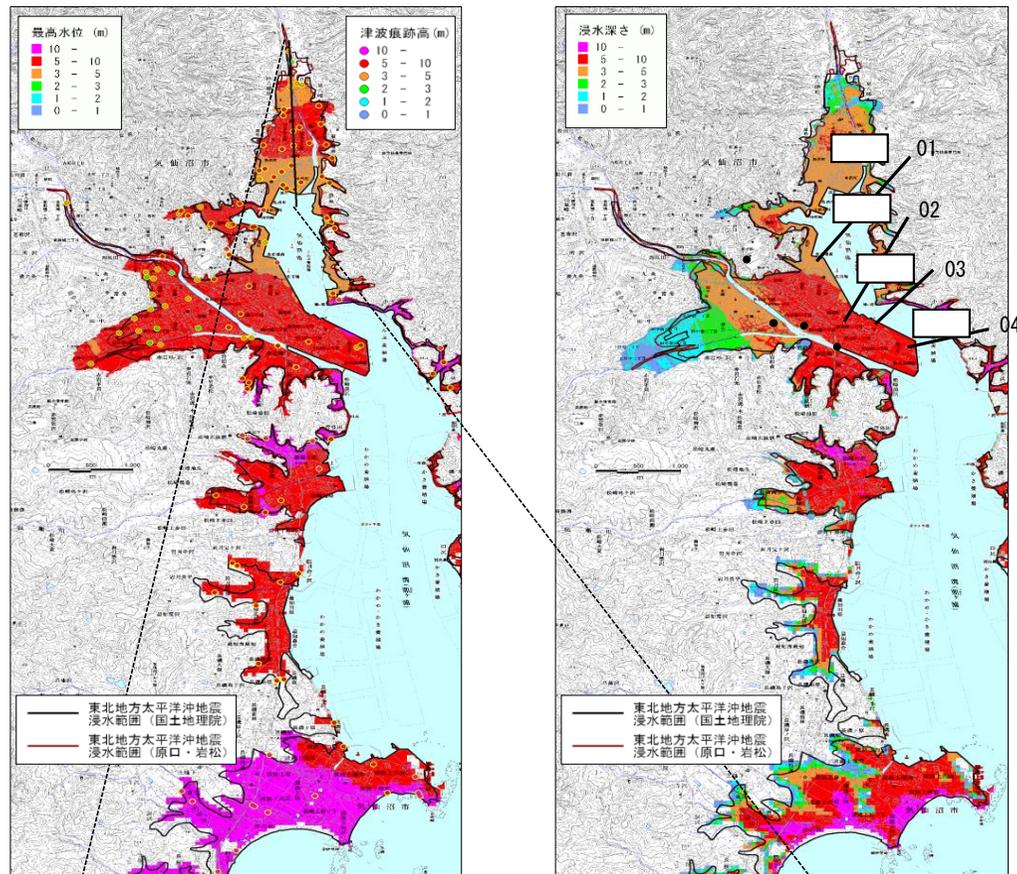
内閣府
 国土交通省
 防災部

東北地方太平洋沖地震の津波断層モデル(地殻変動との比較)



津波浸水域等の比較(宮城県 気仙沼港〔堤防なし〕)

【最高水位(TP基準の津波の高さ)】 【浸水深】

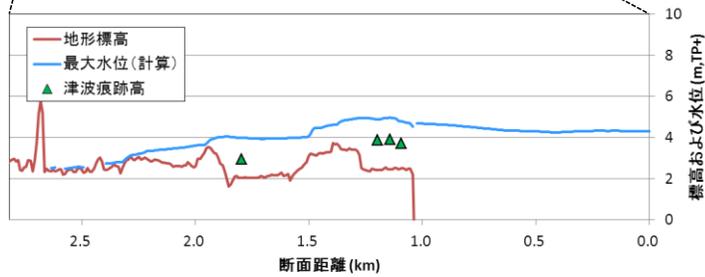
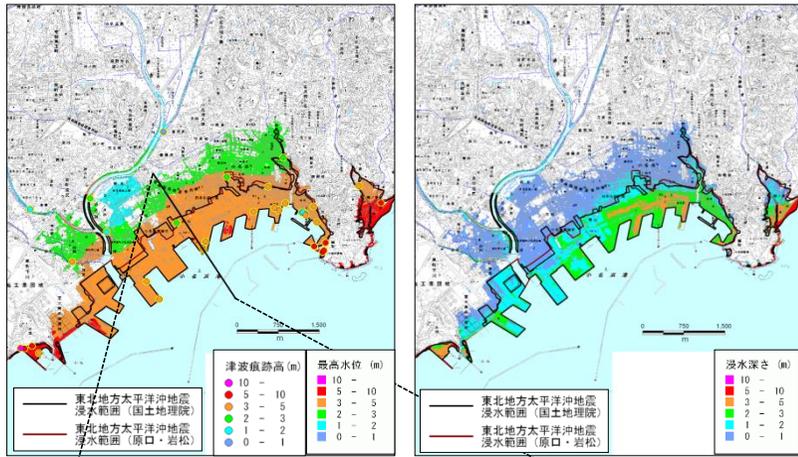


※観測データ(ビデオ映像からの分析)は(財)河川情報センターより提供

津波浸水域等の比較(福島県小名浜港)

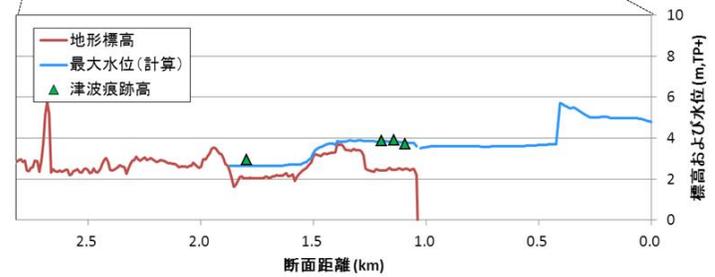
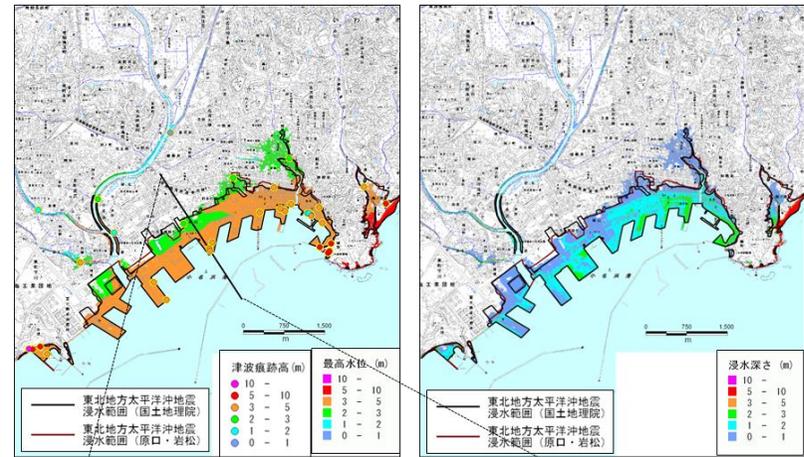
〔堤防なし〕

【最高水位(TP基準の津波の高さ)】【浸水深】



〔堤防あり〕

【最高水位(TP基準の津波の高さ)】【浸水深】

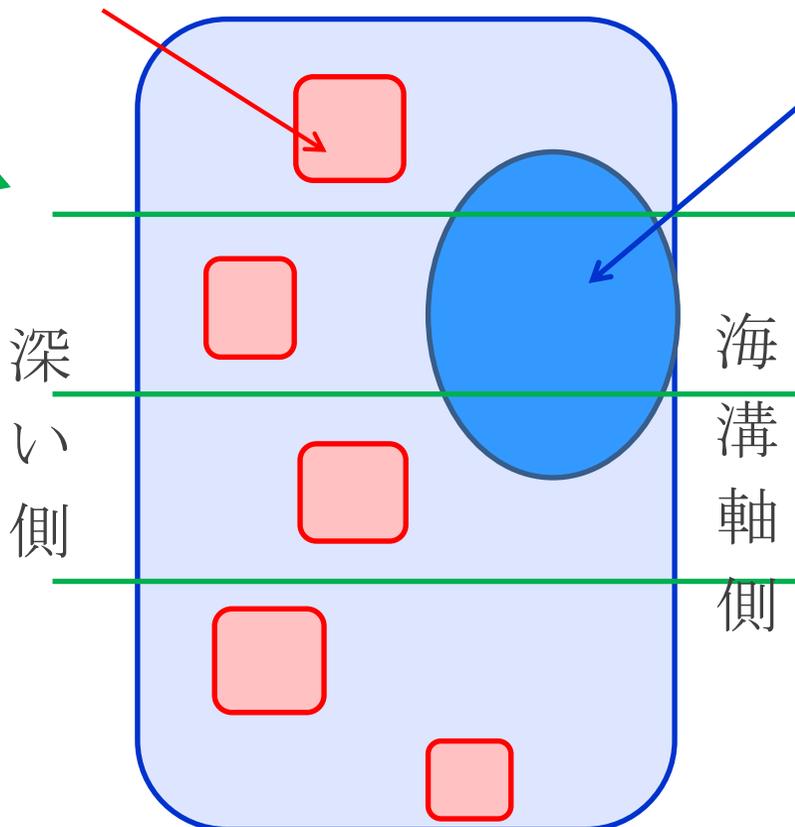


震源域と強震動生成域の概念図

強震動生成域

(Strong Motion Generation Area; SMGA)

セグメント境界



震源域：断層運動により地震波を生成する領域
(断層すべりの領域)

おお

大すべり域・超大すべり域
(合計：全体の20%程度)

おお

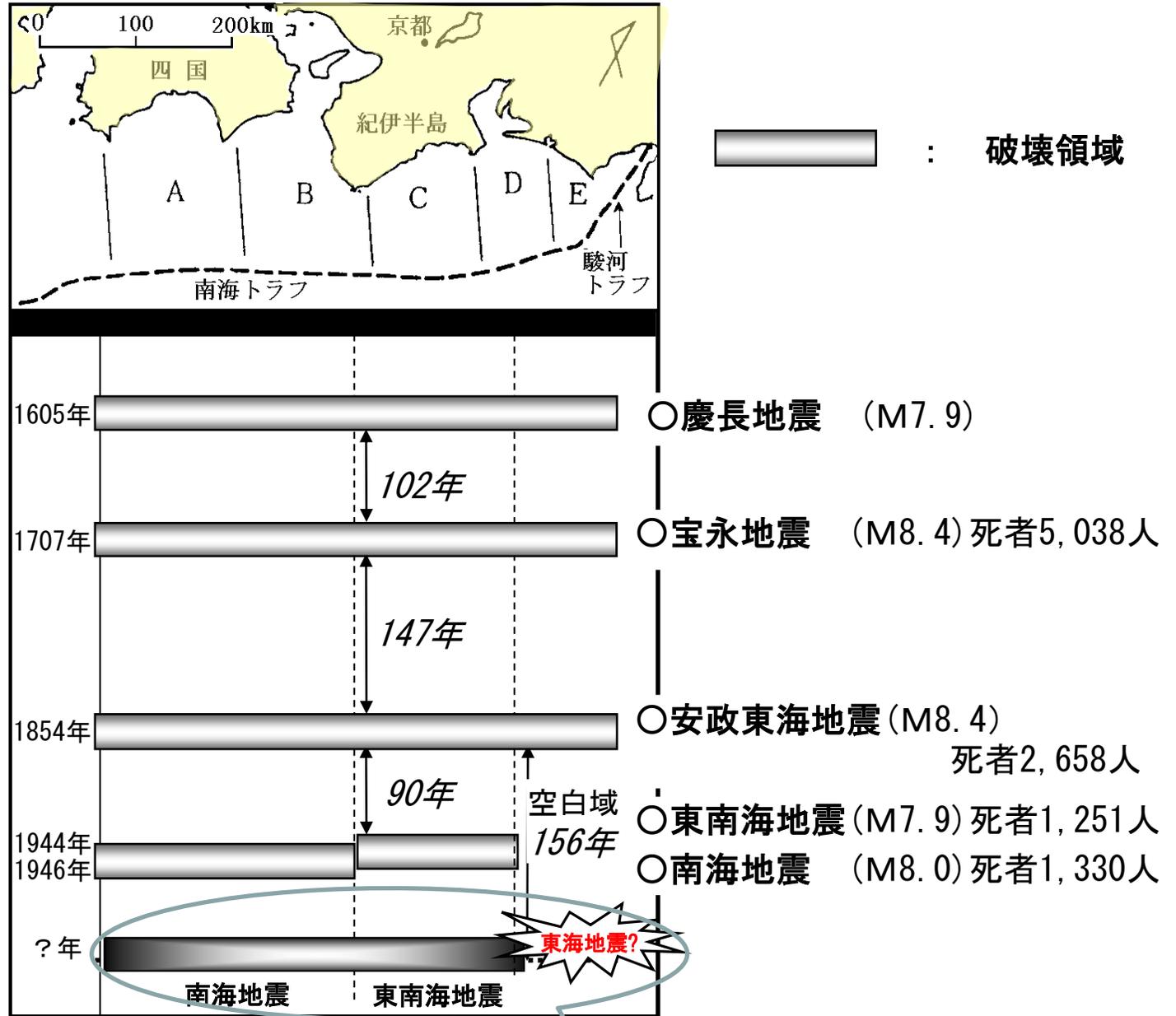
- 大すべり域
平均変位の2倍の変位
- 超大すべり域
大すべり域より海溝側
大すべり域の2倍の変位
(平均変位の4倍)

南海トラフの地震・津波対策

(東北地方太平洋沖地震を踏まえ)

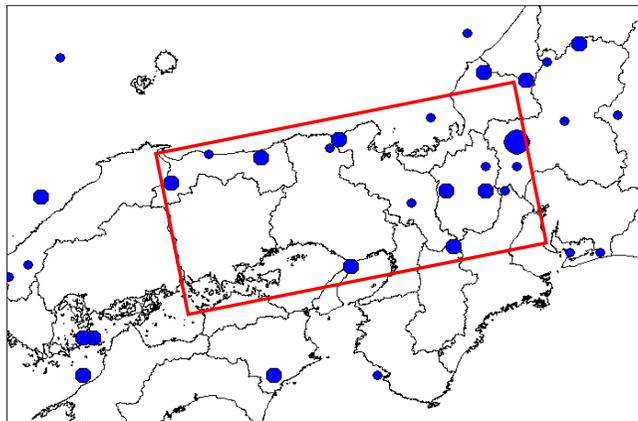
⇒ 最大クラスの地震・津波の検討

南海トラフでの巨大地震の発生

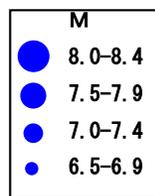


⇒ 南海トラフでの巨大地震

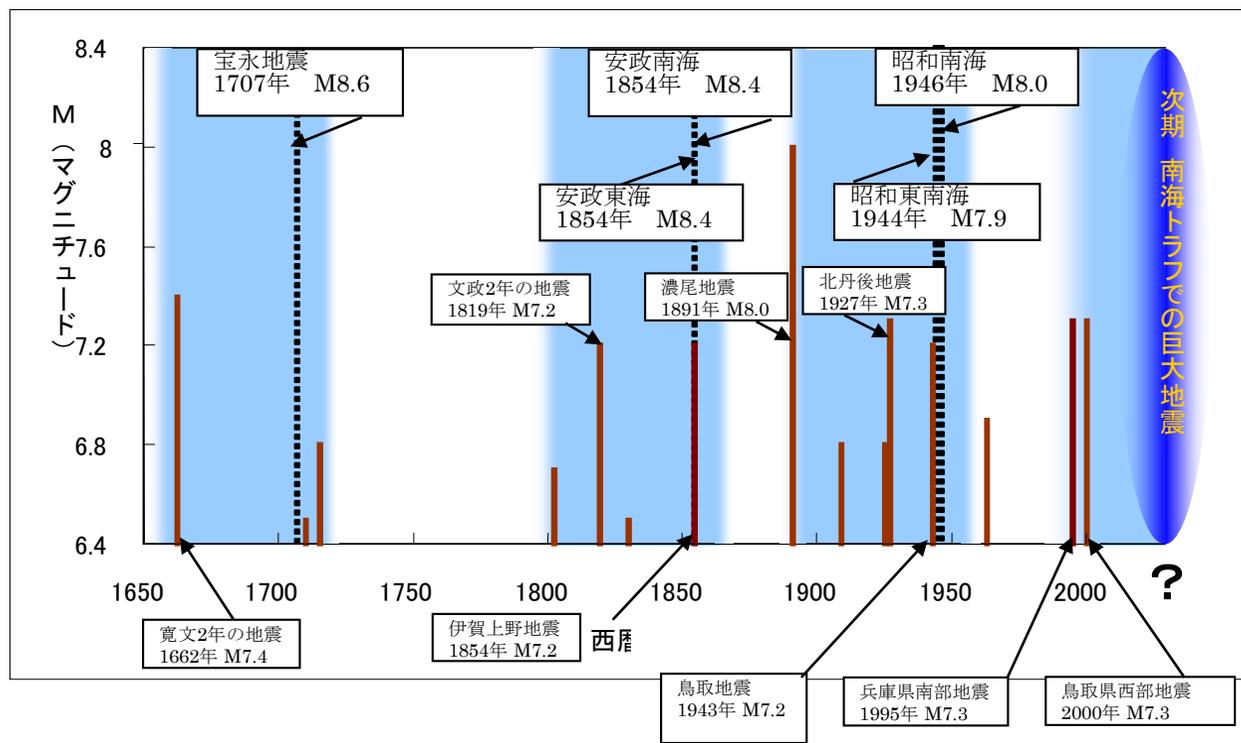
西日本の内陸における地震活動



西日本の内陸で発生した地震の震央分布
(1650年以降、深さ30km以浅、M6.5以上)



(注) 東南海、南海地震
⇒ 南海トラフでの巨大地震



■ 領域内で発生した地震
高さはMの大きさ

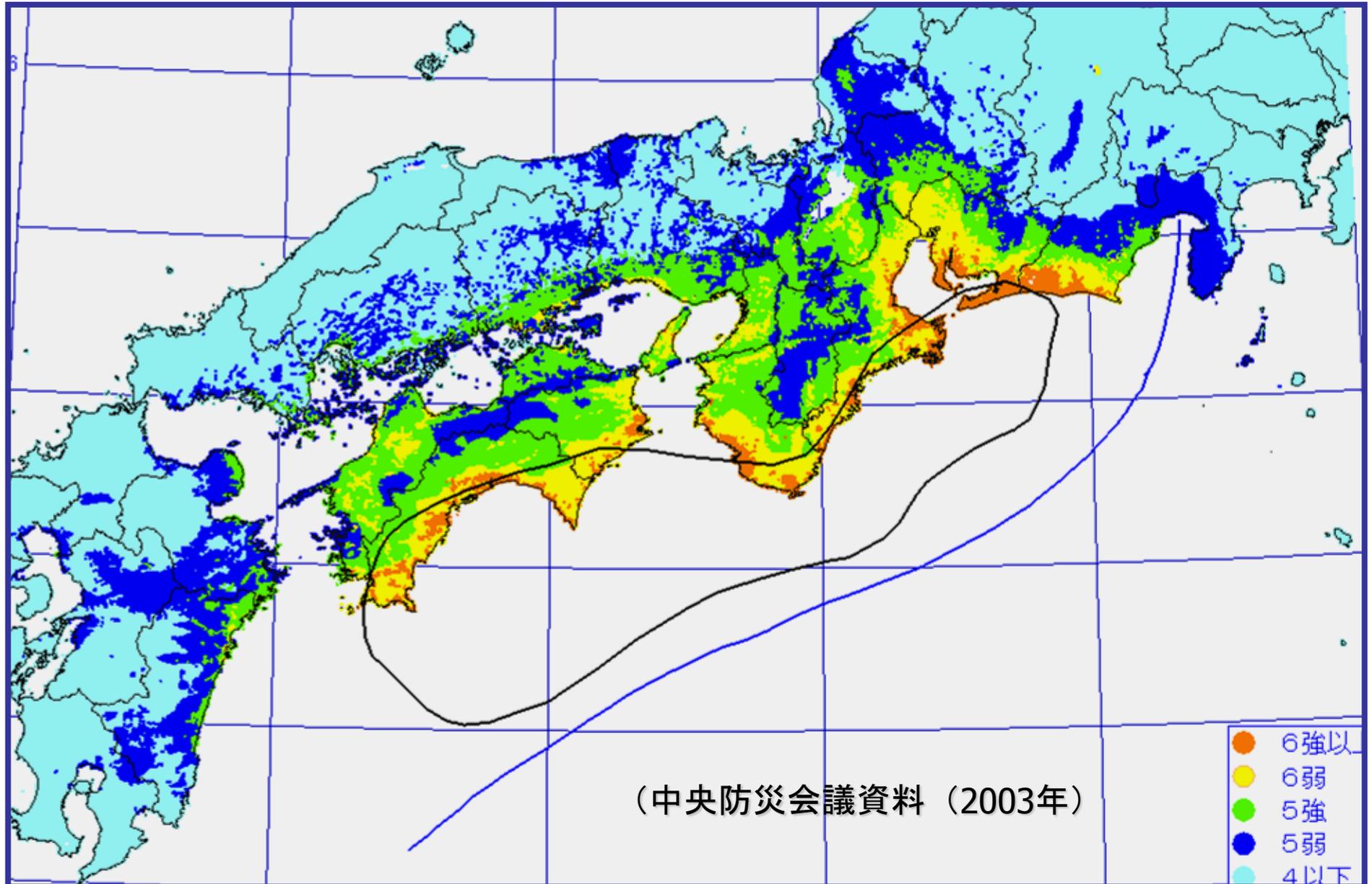
⋮ 東南海、南海地震の発生年

■ 東南海、南海地震の発生前後に、内陸の地震活動が活発化していると想定される概ねの期間(約60年間)

次期 南海トラフでの巨大地震

?

当時検討の東南海・南海地震 震度分布

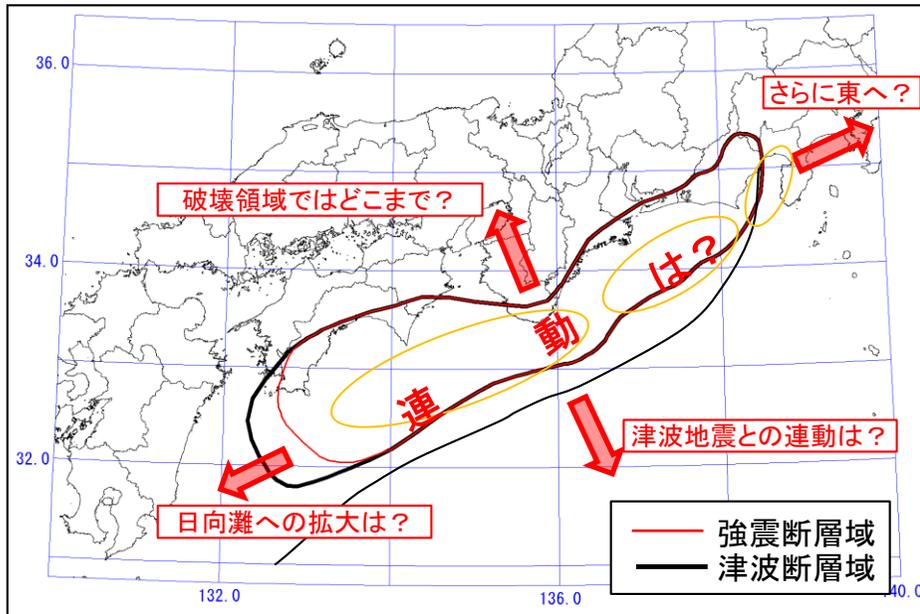


防災対策を検討する対象地震・津波の設定について

最大クラスの地震の強震断層域・津波断層域の広さをどう考えるのか？ (どこまでの領域の連動発生を想定するのか？)

・南海トラフ(東海・東南海・南海地震)

東海・東南海・南海地震が連動する場合に想定する強震断層域・津波断層域をどこまで拡大するのか？

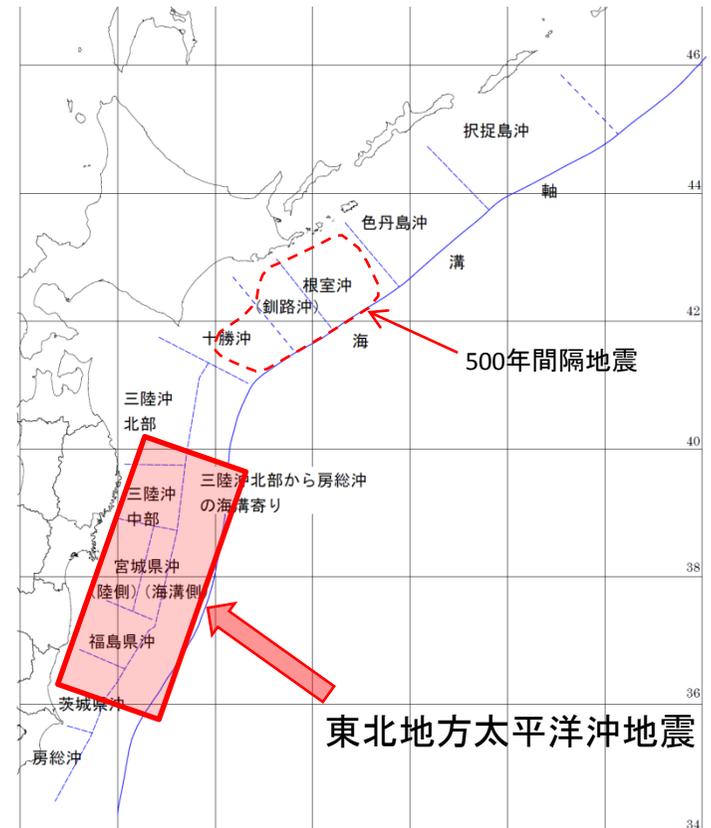


東海・東南海・南海地震の強震断層域・津波断層域

(出典)
東海・東南海・南海地震の想定震源域: 東南海、南海地震等に関する専門調査会(第16回 H15.12.16)

・東北地方太平洋沖地震

東北地方太平洋沖地震は多くの領域が連動して発生

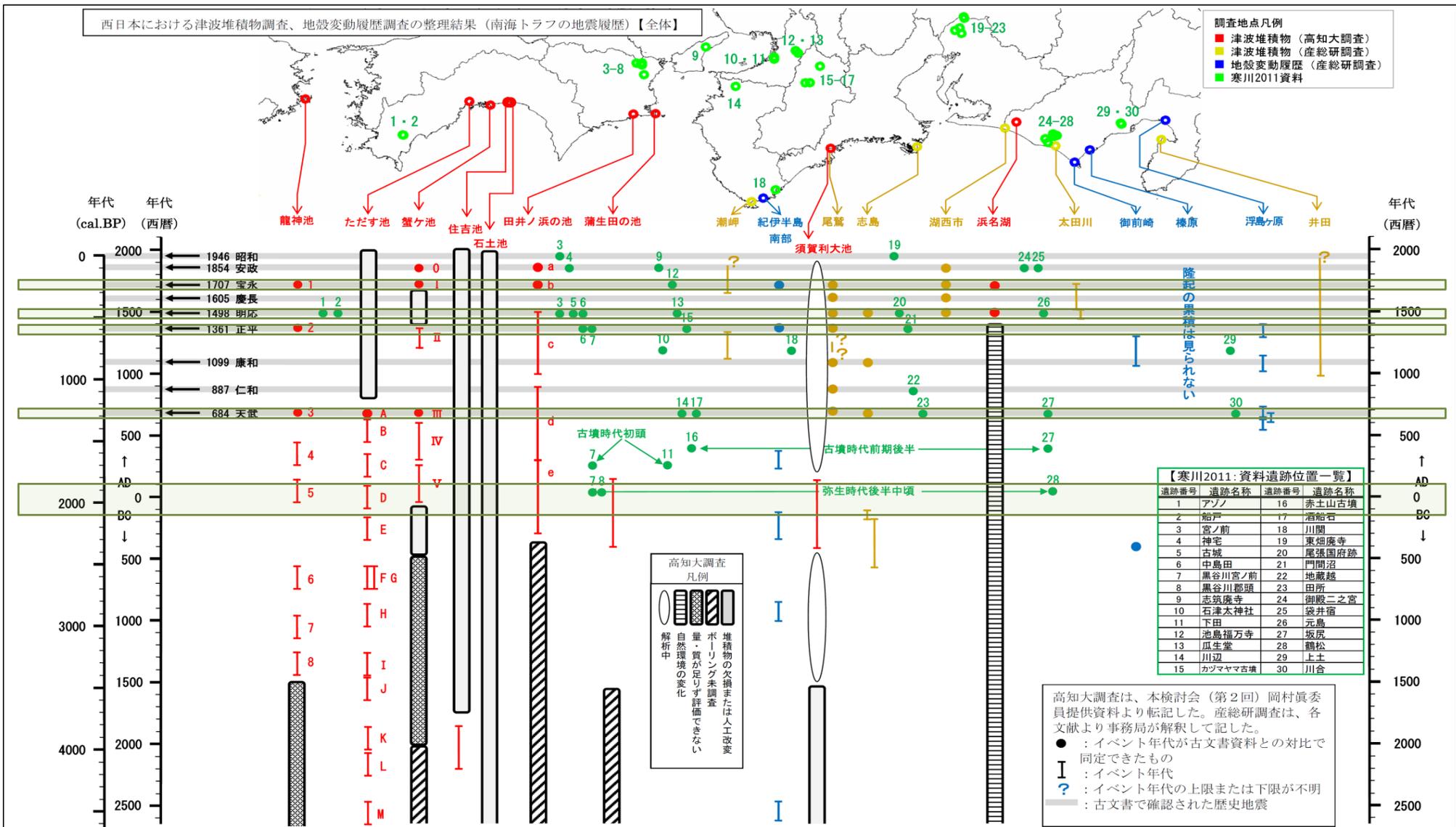


東北地方太平洋沖地震

(出典) 日本海溝・千島海溝周辺海溝型地震に関する専門調査会報告(平成18年1月25日)
資料図表集P2 図1-1検討対象地域の領域区分に作図

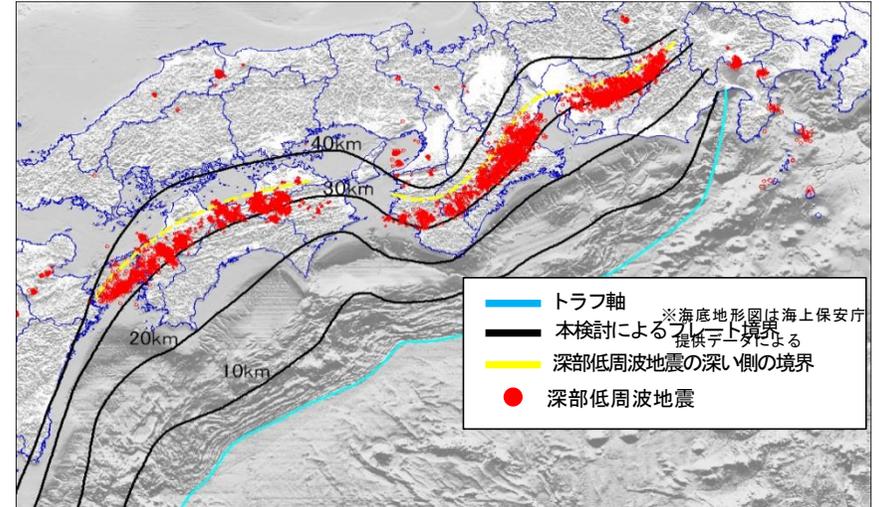
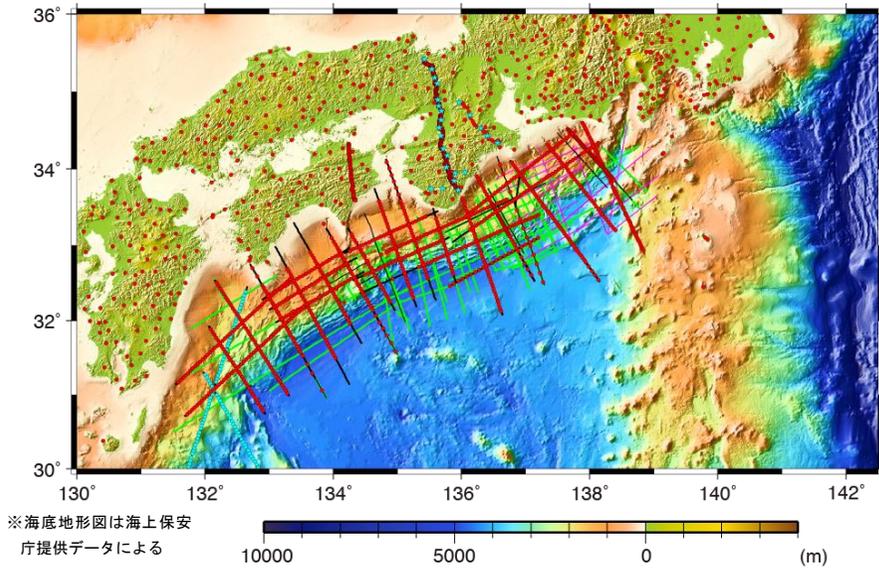
○684年天武地震以降でみると、大きな津波を発生させた地震は、684年天武地震、1361年正平（康安）地震、1498年明応地震、1707年宝永地震である。

○津波堆積物調査からわかる約2000年前に発生した津波は、1707年宝永地震による津波よりも大きかった可能性がある。



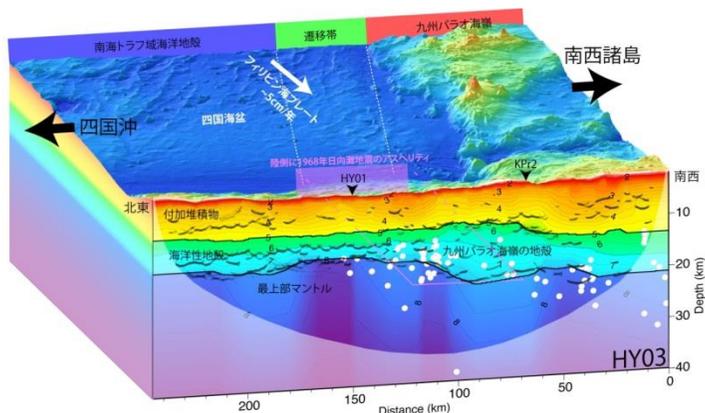
対象地震・津波の規模をどう考えるのか？

○フィリピン海プレート構造等に関する調査・研究成果の整理

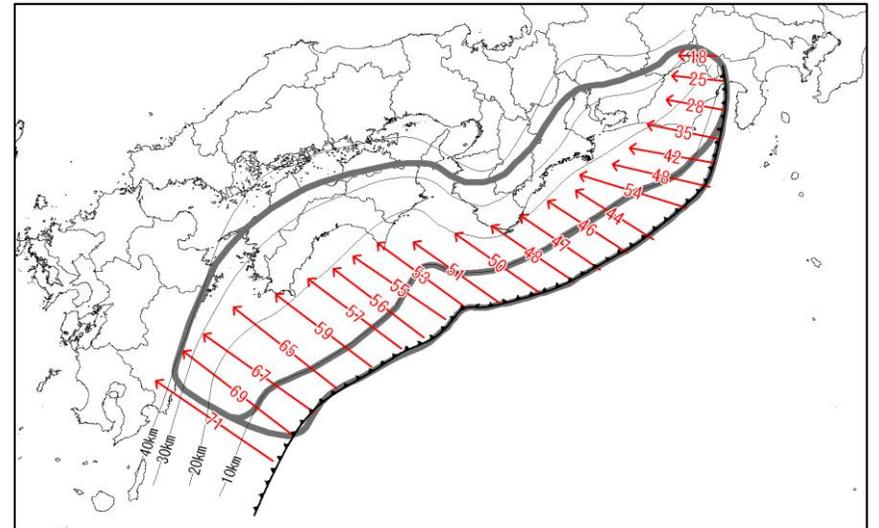


陸側のプレートの境界面の形状

これまで実施された構造探査

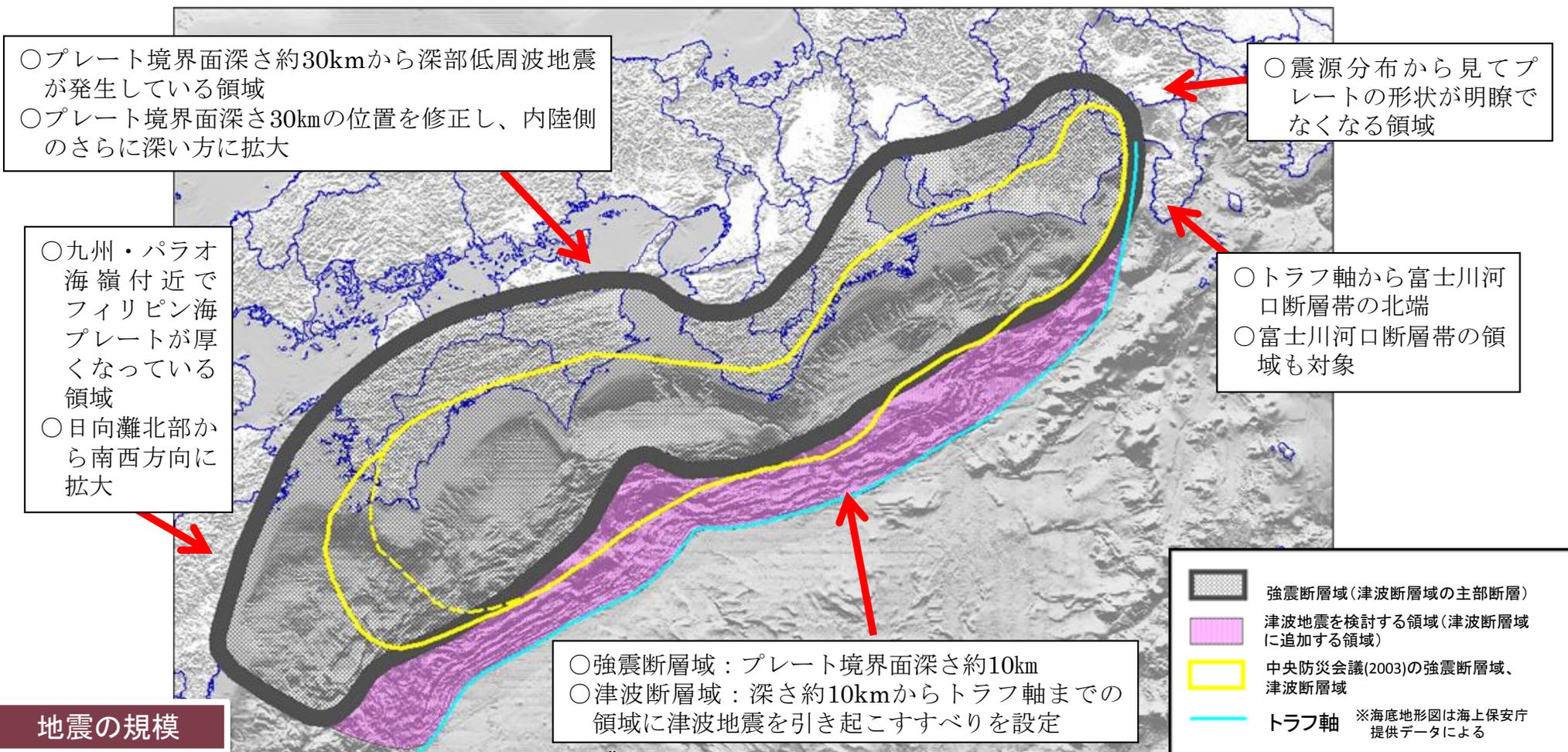


日向灘の地殻の構造



フィリピン海プレートの相対的な運動速度

南海トラフ巨大地震による最大クラスの地震・津波の考え方



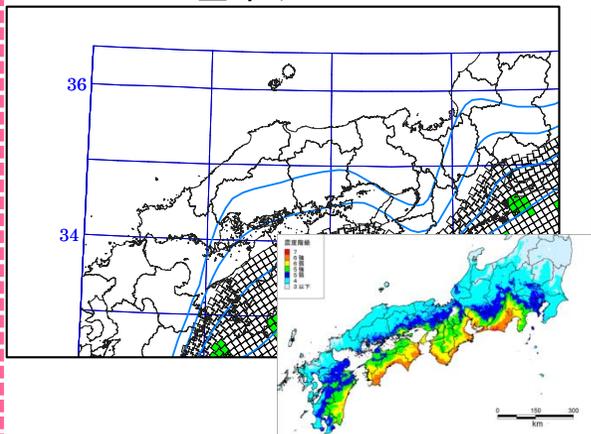
地震の規模

	南海トラフの巨大地震		参考			
	(津波断層モデル)	(強震断層モデル)	2011年 東北地方太平洋沖地震	2004年 スマトラ島沖地震	2010年 チリ中部地震	中央防災会議(2003) 強震断層域
面積	約14万km ²	約11万km ²	約10万km ² (約500km×約200km)	約18万km ² (約1200km×約150km)	約6万km ² (約400km×約140km)	約6.1万km ²
モーメント マグニチュード Mw	9.1	9.0	9.0 (気象庁)	9.1 (Ammon et al., 2005) [9.0 (理科年表)]	8.7 (Pulido et al., in press) [8.8 (理科年表)]	8.7

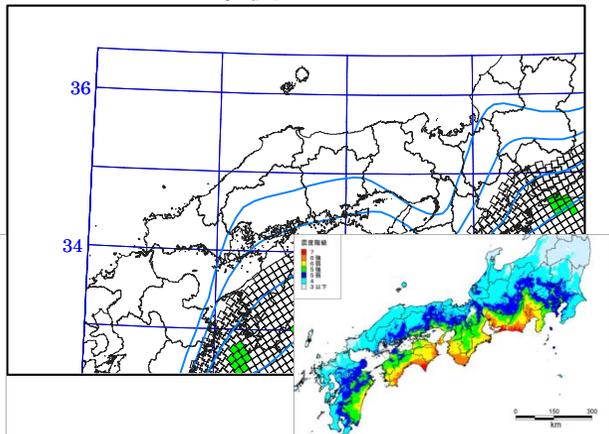
南海トラフ巨大地震による震度分布

強震波形計算による震度分布

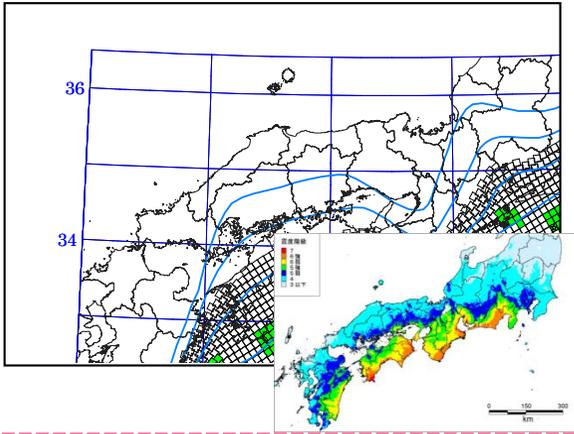
基本ケース



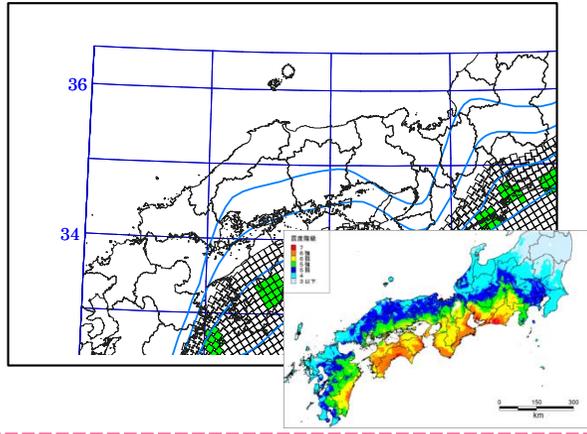
東側ケース



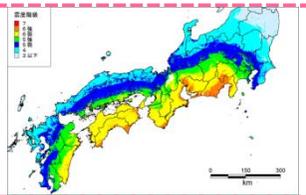
西側ケース



陸側ケース

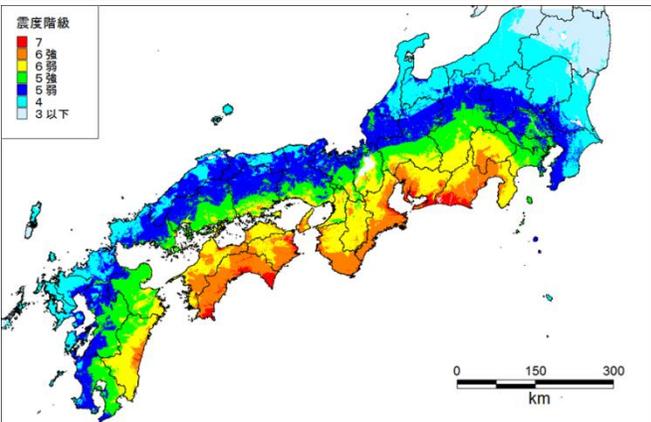


経験的手法による震度分布



【震度の最大値の分布図】

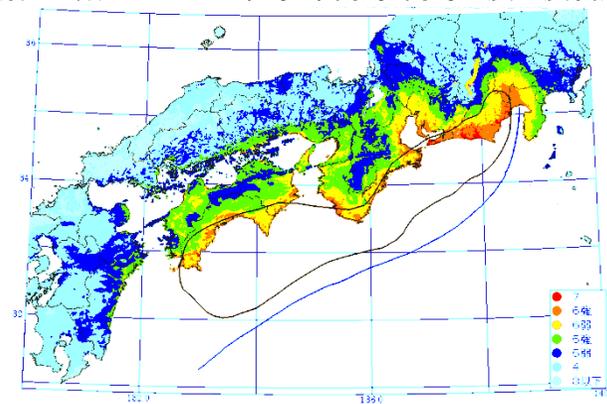
強震波形4ケースと経験的手法の震度の最大値の分布



該当面積	今回の震度分布	中央防災会議(2003)
震度6弱以上	約7.1万km ²	約2.4万km ²
震度6強以上	約2.9万km ²	約0.6万km ²
震度7	約0.4万km ²	約0.04万km ²

【参考】

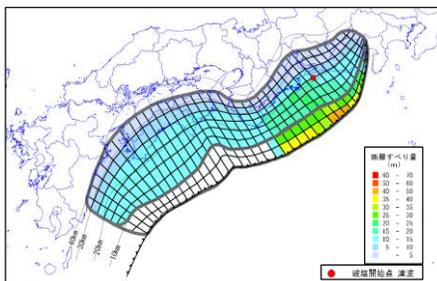
中央防災会議(2003)の東海・東南海・南海地震の震度分布図



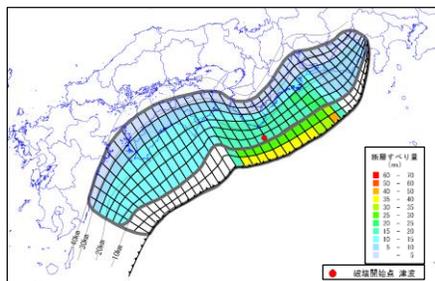
南海トラフの巨大地震の津波断層モデルのすべり量の設定

【基本的な検討ケース】(計5ケース)

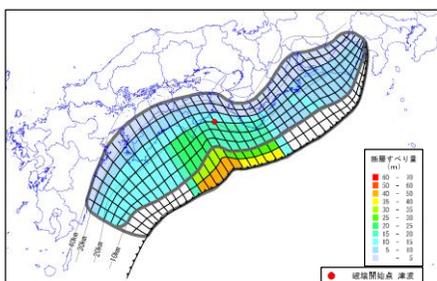
大すべり域、超大すべり域が1箇所のパターン【5ケース】



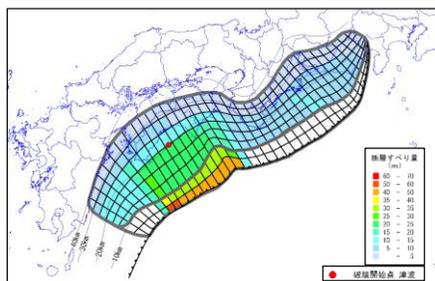
【ケース①】「駿河湾～紀伊半島沖」に
「大すべり域+超大すべり域」を設定



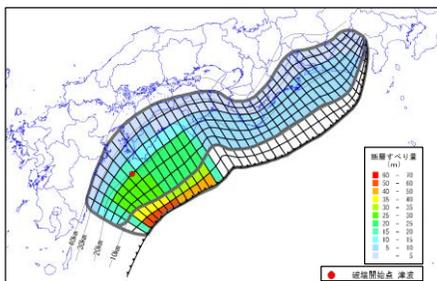
【ケース②】「紀伊半島沖」に
「大すべり域+超大すべり域」を設定



【ケース③】「紀伊半島沖～四国沖」に
「大すべり域+超大すべり域」を設定



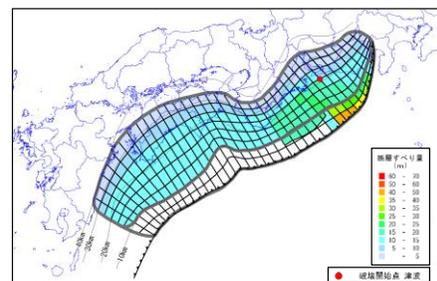
【ケース④】「四国沖」に
「大すべり域+超大すべり域」を設定



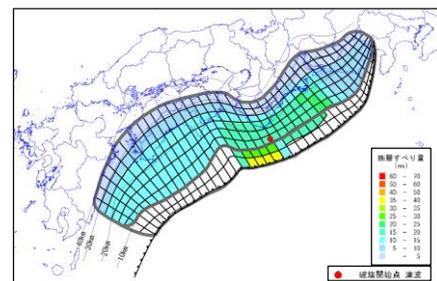
【ケース⑤】「四国沖～九州沖」に
「大すべり域+超大すべり域」を設定

【その他派生的な検討ケース】(計6ケース)

大すべり域、超大すべり域に分岐断層も考えるパターン【2ケース】

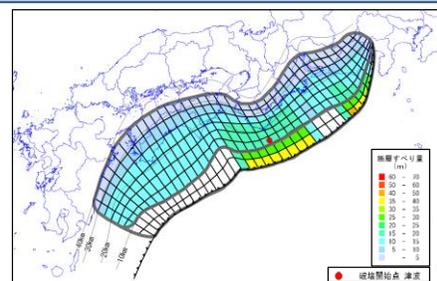


【ケース⑥】「駿河湾～紀伊半島沖」に
「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」を設定

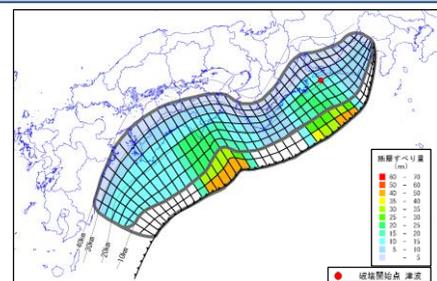


【ケース⑦】「紀伊半島沖」に
「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」を設定

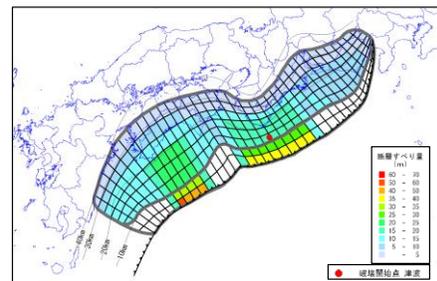
大すべり域、超大すべり域が2箇所のパターン【4ケース】



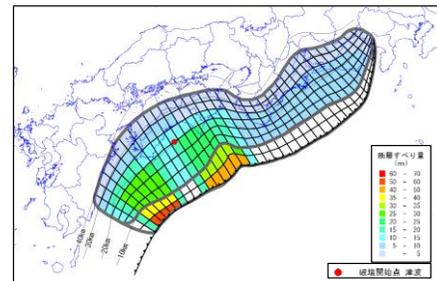
【ケース⑧】「駿河湾～愛知県東部沖」と「三重県南部沖～徳島県沖」に「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定



【ケース⑨】「愛知県沖～三重県沖」と「室戸岬沖」に
「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定



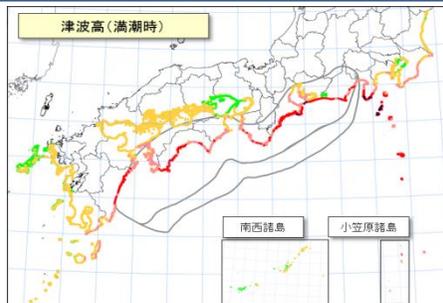
【ケース⑩】「三重県南部沖～徳島県沖」と「足摺岬沖」に
「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定



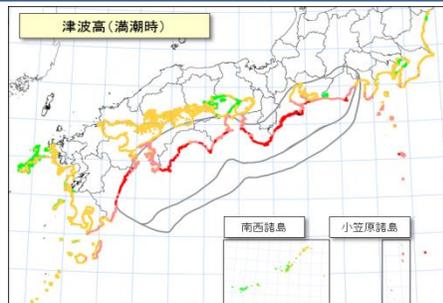
【ケース⑪】「室戸岬沖」と「日向灘」に
「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定

【基本的な検討ケース】(計5ケース)

大すべり域、超大すべり域が1箇所のパターン【5ケース】



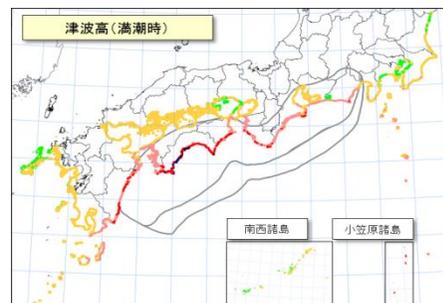
【ケース①】「駿河湾～紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定



【ケース②】「紀伊半島沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定



【ケース③】「紀伊半島沖～四国沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定



【ケース④】「四国沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定



【ケース⑤】「四国沖～九州沖」に「大すべり域+超大すべり域」を設定



【その他派生的な検討ケース】(計6ケース)

大すべり域、超大すべり域に分岐断層も考えるパターン【2ケース】



【ケース⑥】「駿河湾～紀伊半島沖」に「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」を設定

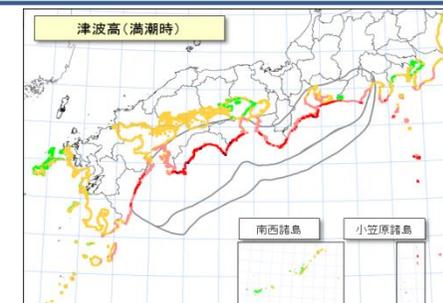


【ケース⑦】「紀伊半島沖」に「大すべり域+(超大すべり域、分岐断層)」を設定

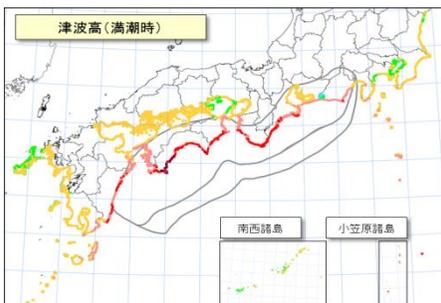
大すべり域、超大すべり域が2箇所のパターン【4ケース】



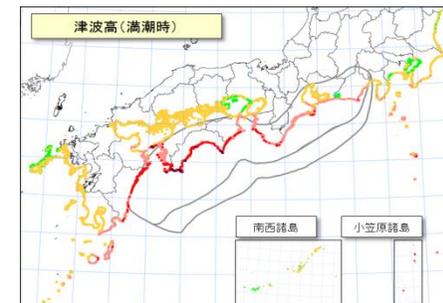
【ケース⑧】「駿河湾～愛知県東部沖」と「三重県南部沖～徳島県沖」に「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定



【ケース⑨】「愛知県沖～三重県沖」と「室戸岬沖」に「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定



【ケース⑩】「三重県南部沖～徳島県沖」と「足摺岬沖」に「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定



【ケース⑪】「室戸岬沖」と「日向灘」に「大すべり域+超大すべり域」を2箇所設定

想定される首都直下地震

(首都直下地震対策の見直し)

直下地震とは？

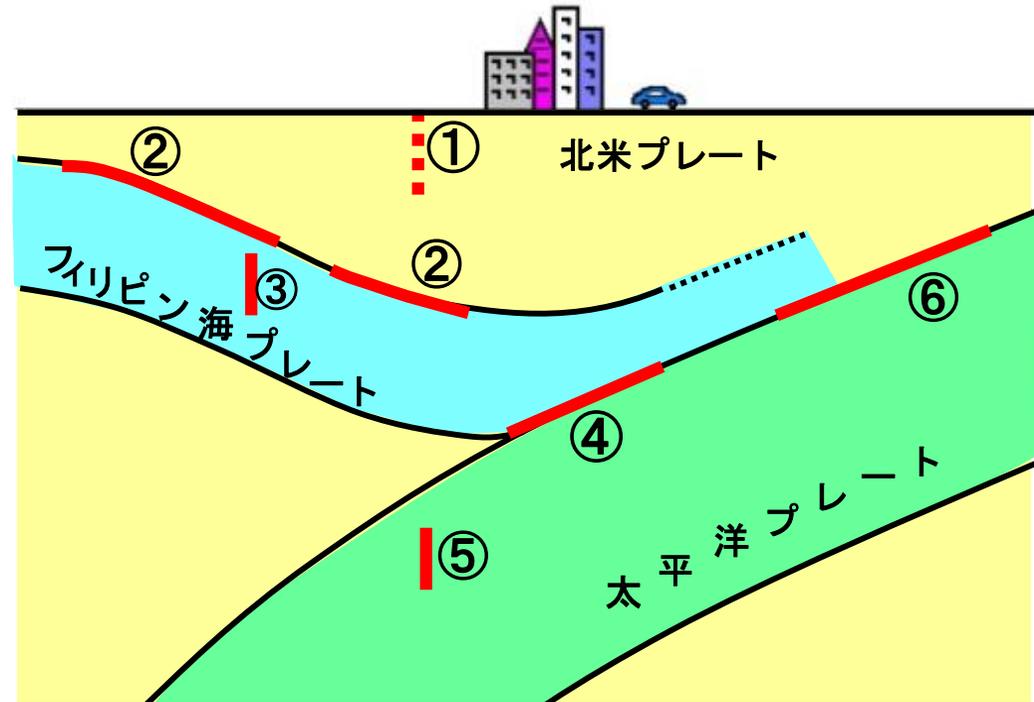
- 直下で発生する地震の総称
 - 直下地震に型はない
「直下型地震」は適切ではない表現
- 地震の型にはどのようなものがあるの？
 - 正断層型 逆断層型 横ずれ(右、左)型
 - 海溝型 など

関東周辺のプレート境界と南関東地域で発生する地震のタイプ

関東周辺のプレート境界

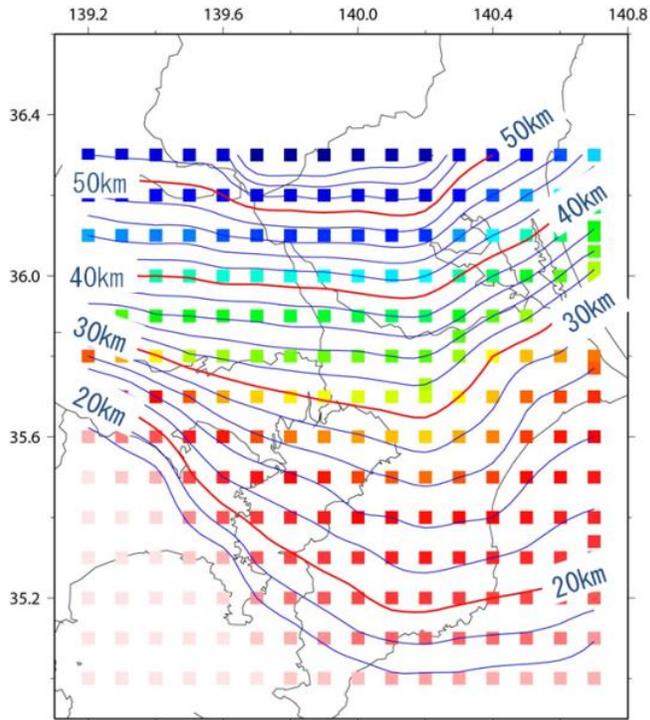


南関東地域で発生する地震のタイプ

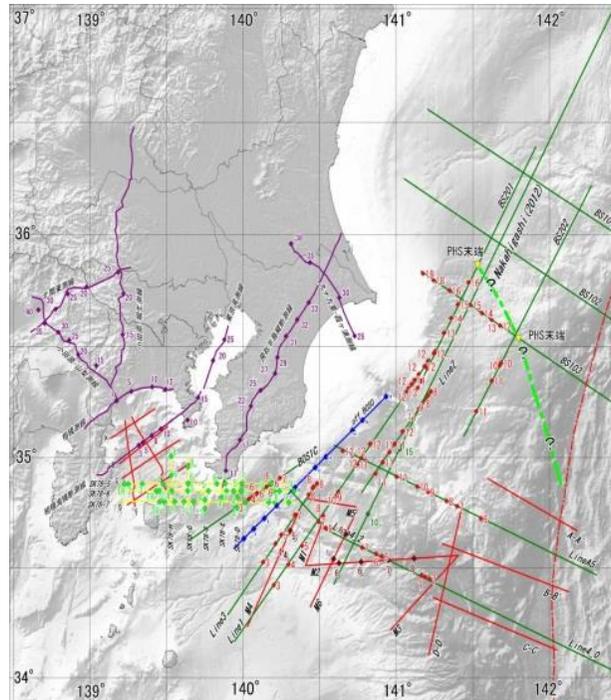


- ① 地殻内の浅い地震
- ② フィリピン海プレートと北米プレートの境界の地震
(相模トラフ沿いの地震)
- ③ フィリピン海プレート内の地震
- ④ フィリピン海プレートと太平洋プレートの境界の地震
- ⑤ 太平洋プレート内の地震
- ⑥ フィリピン海プレート及び北米プレートと太平洋プレート
の境界の地震

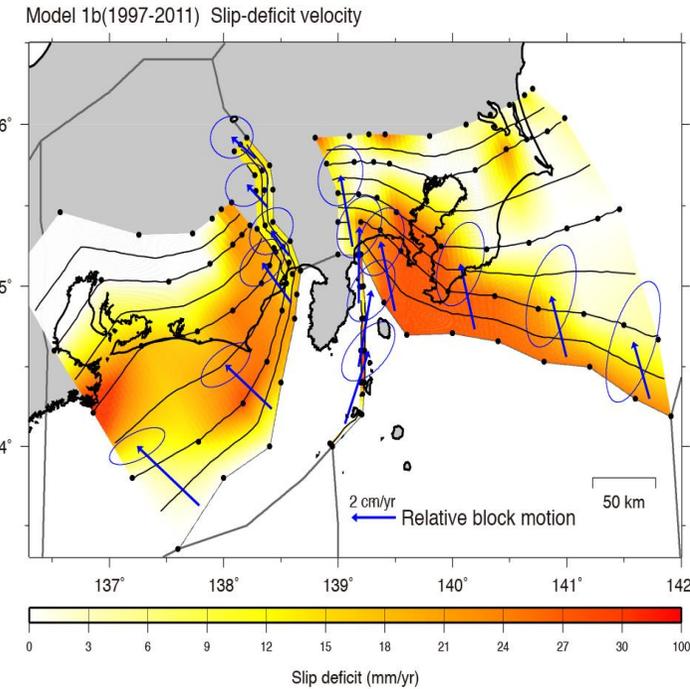
新たな知見の収集・整理 (プレートの形状等に関する資料)



首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(2012)におけるフィリピン海プレート上面の深さ



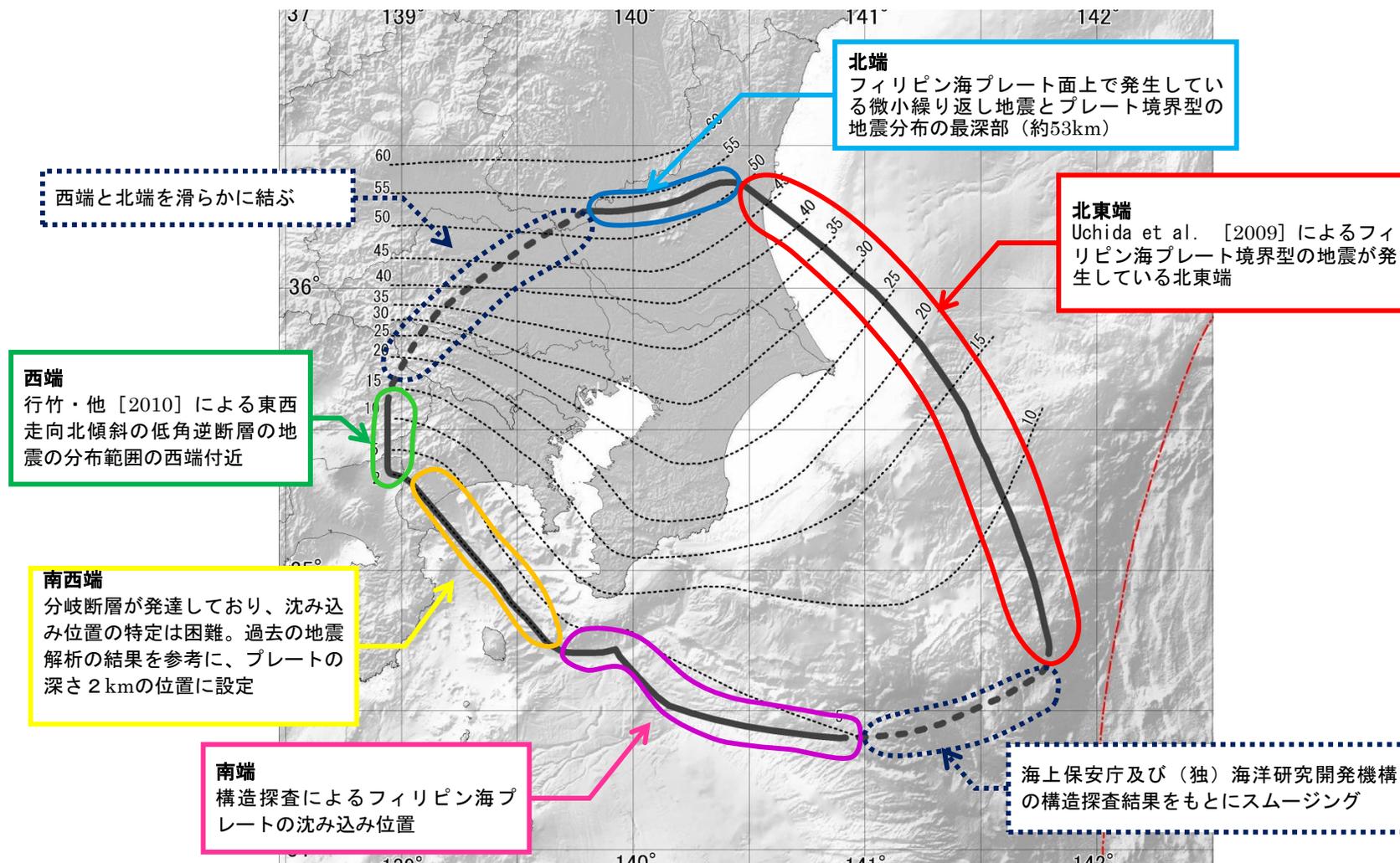
相模トラフ周辺の構造探査結果による
フィリピン海プレート上面深度



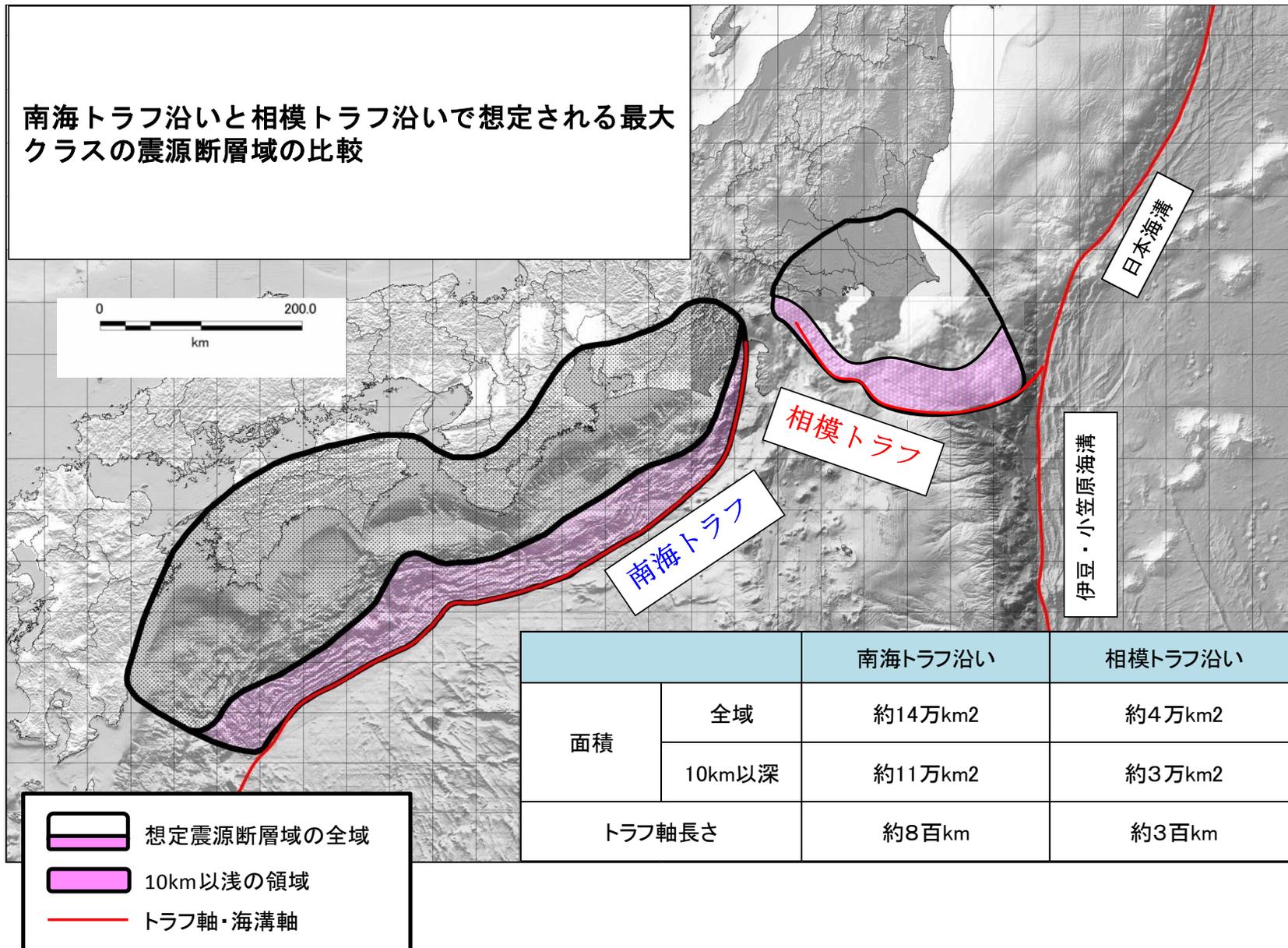
汎地球航法衛星システム(GNSS)データから推定される相模トラフとその周辺のカップリング分布(西村(2012))

相模トラフ沿いの最大クラスの震源断層域の検討

相模トラフ沿いの最大クラスのプレート境界地震の震源断層域



南海トラフ沿いの最大クラス地震モデルと相模トラフ沿いの最大クラス地震モデルの震源断層域の比較



過去地震の再現

- 1855年安政江戸地震(M7クラス)
- 1923年大正関東地震
- 1703年元禄関東地震
- 1677年延宝房総沖地震

※ 南海トラフの過去地震については、現在、検討中

宝永地震
安政東海地震・南海地震
昭和東南海地震・南海地震



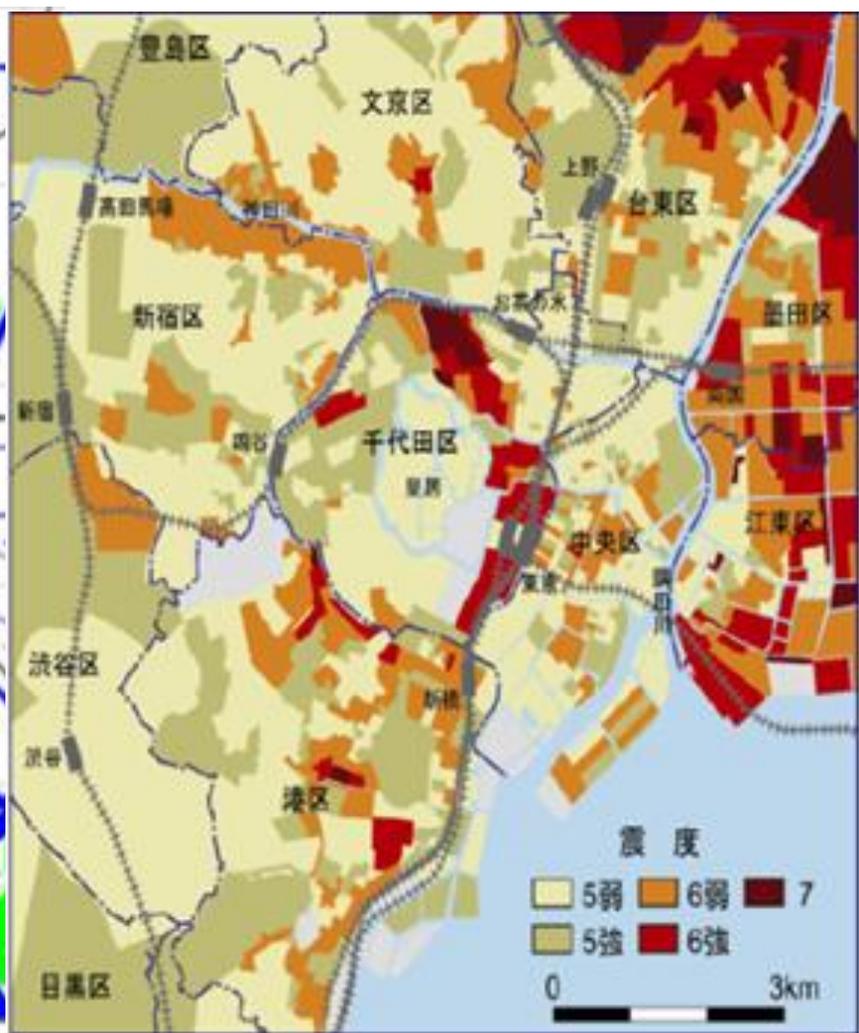
正井(1980)による
1460年頃の古地形

 河川・海岸
 湿地
 台地



標高(m)

50	-
45	- 50
40	- 45
35	- 40
30	- 35
25	- 30
20	- 25
15	- 20
10	- 15
5	- 10
0	- 5
0以下	
	河川・水路・海



震度

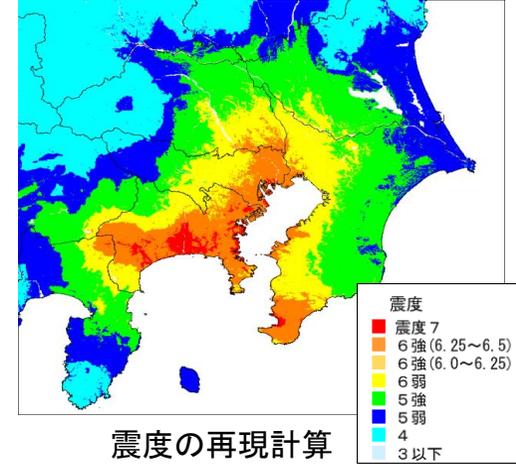
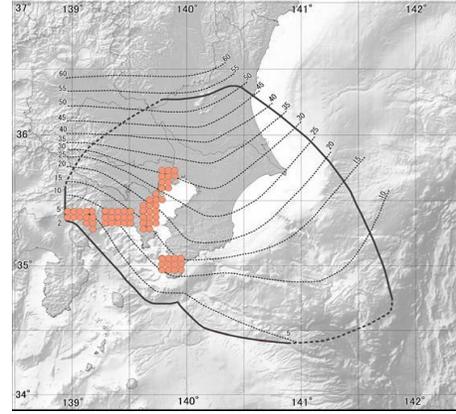
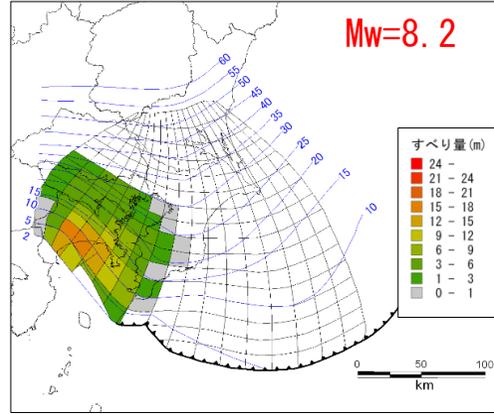
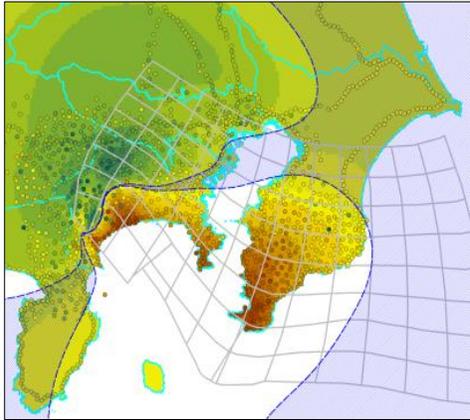
	5弱		6弱		7
	5強		6強		

0 3km



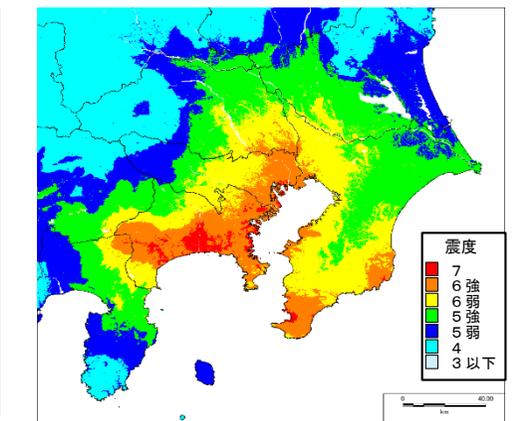
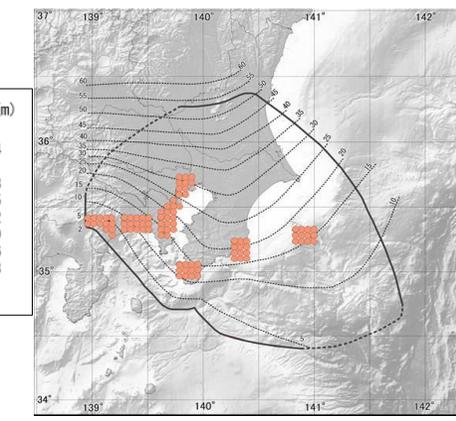
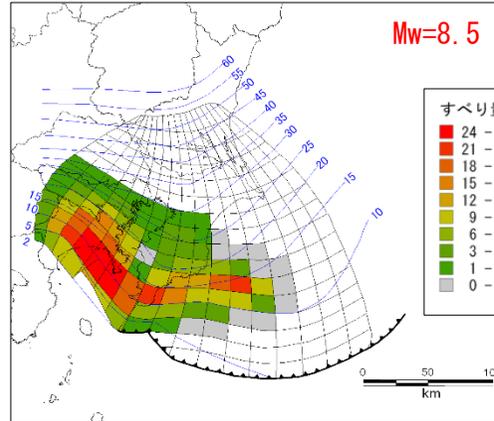
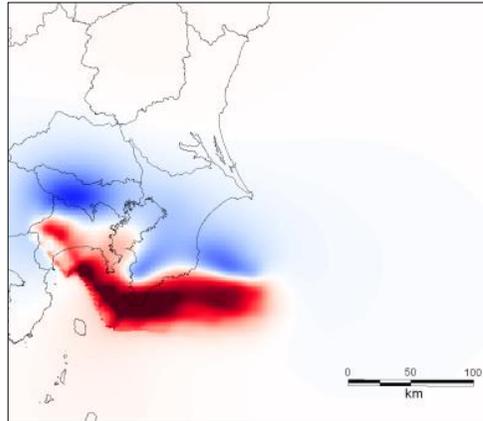
-  1: ローム台地
-  2: 谷底低地
-  3: 地すべり・沖積層
-  4: 自然堤防
-  5: 後背湿地
-  6: 旧河道
-  7: 三角洲平野
-  8: 砂嘴・河口洲
-  9: 干拓地
-  10: 埋立値(海岸)
-  11: 埋立地(人工水路)
-  12: 埋立地(湖沼・ため池)
- 13: 強土地(人工堤防)
- 14: 強土地(平坦化・整地)
- 15: 河川敷
- 16: 水域

大正関東地震及び元禄地震の震源断層モデル(比較)



1923年大正関東地震の津波断層モデルと強震動断層モデル

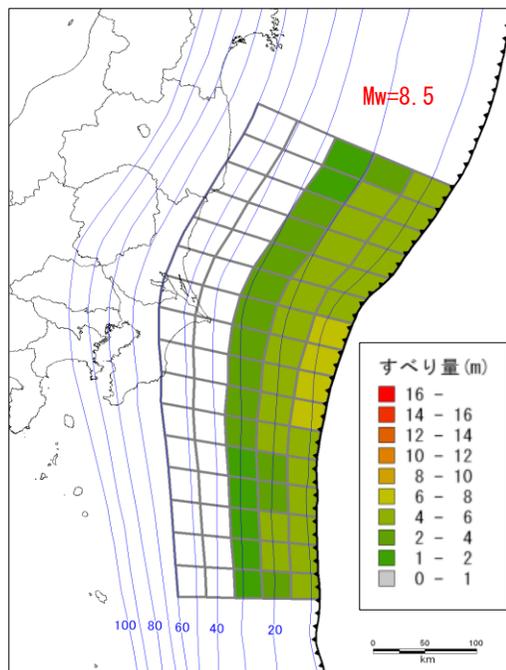
震度の再現計算



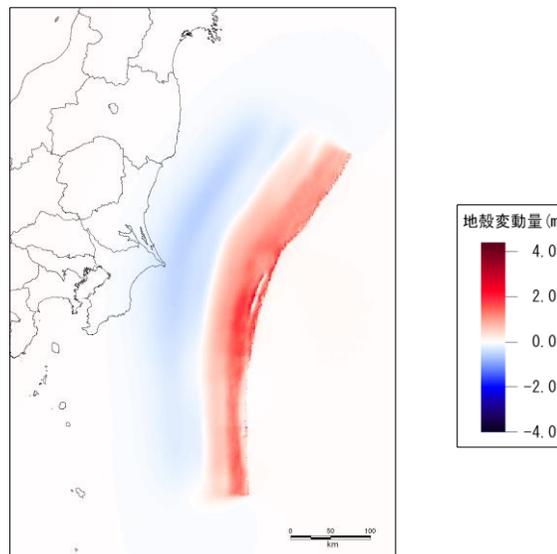
1703年元禄関東地震の津波断層モデルと強震動断層モデル

震度の再現計算

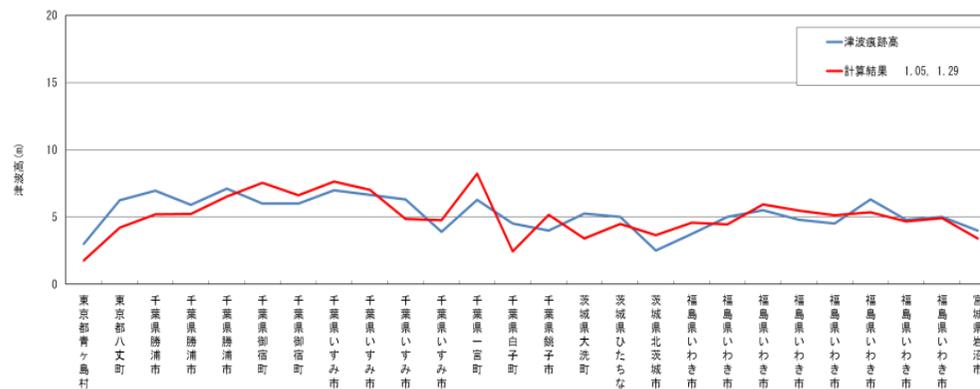
1677年延宝房総沖地震の再現



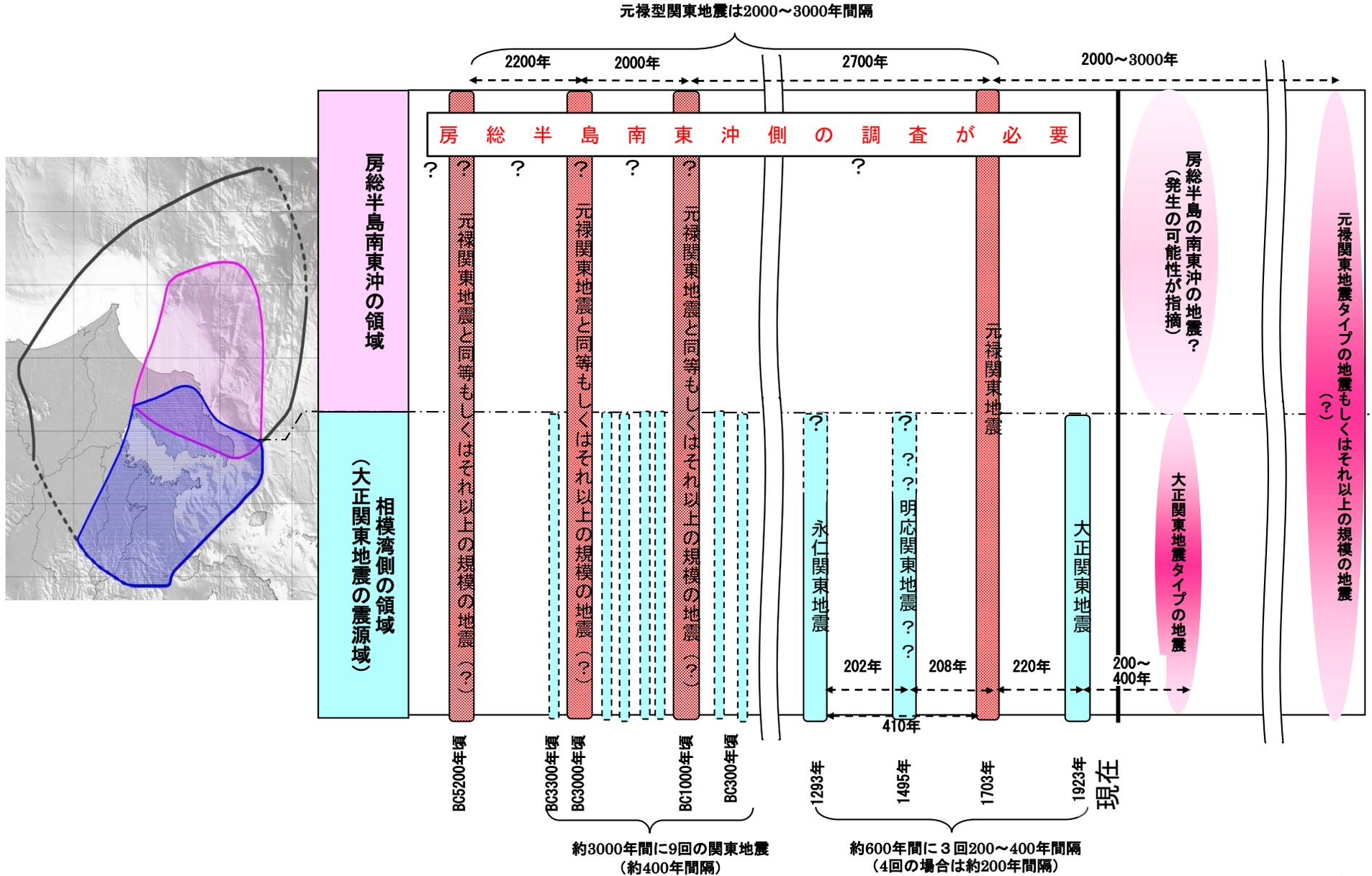
津波断層モデル



津波断層モデルによる上下地殻変動量



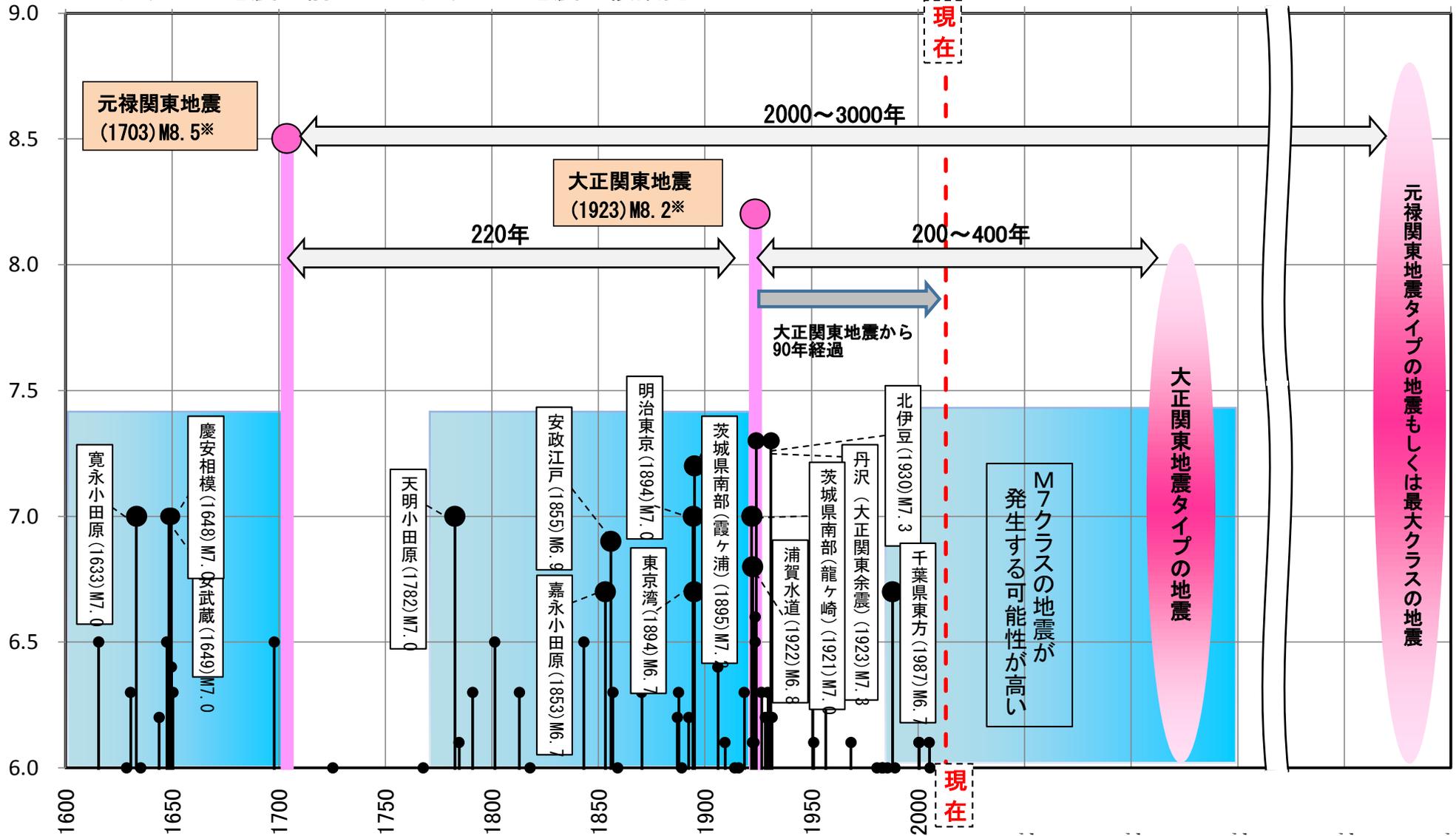
津波の高さ (10m (茨城以南) ・ 50m (福島以北)) メッシュでの計算



M8クラスの地震の発生間隔とM7クラスの地震

南関東では、200~400年間隔でM8クラスの地震が発生

M8クラスの地震の前にM7クラスの地震が複数発生



*元禄関東地震と大正関東地震のマグニチュードは本検討会で津波の再現計算から求めた値

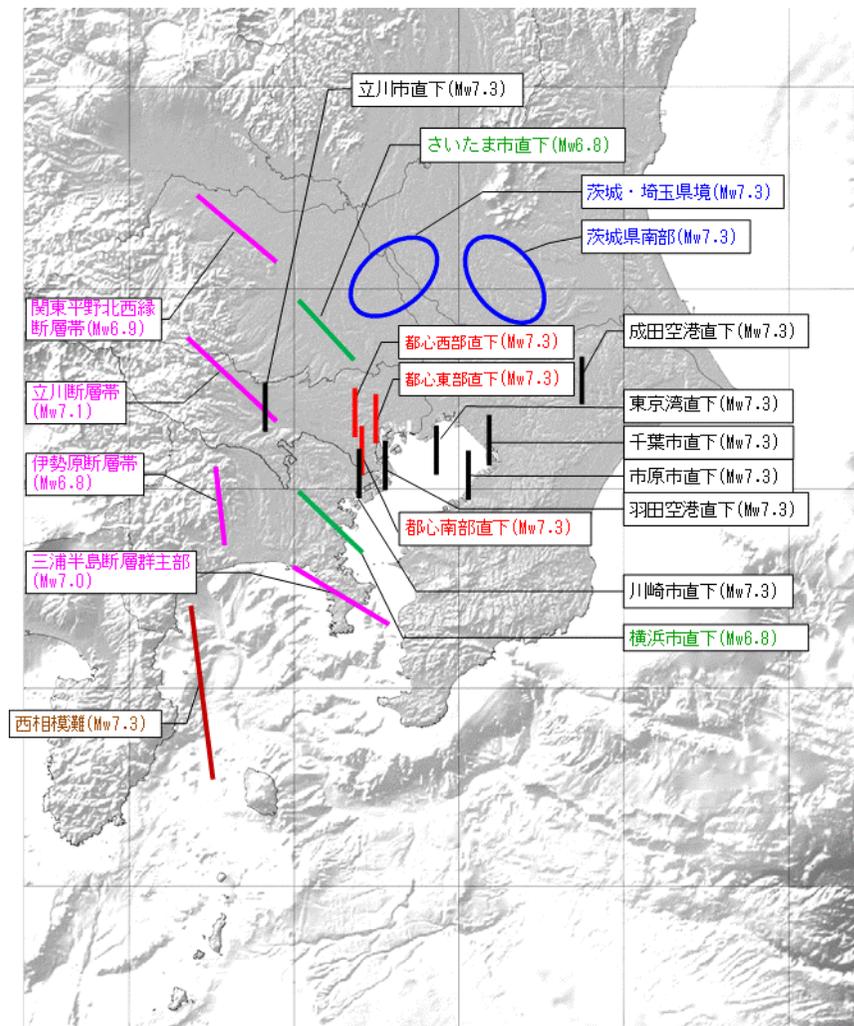
大正関東地震タイプの地震：今後30年間で、ほぼ0~2%
元禄関東地震タイプの地震：今後30年間で、ほぼ0%

地震動による被害想定への検討の対象とした地震

	① 首都直下	相模トラフ沿いの大規模地震	
		② 大正関東地震タイプの地震	③ 最大クラスの地震
地震の規模	M7クラス	M8クラス	
発生頻度	今後30年間に 約70%	200～400年間隔 前回の発生から 約100年が経過	2000～3000年間隔 前回の発生から 約300年が経過
震度分布	震源域から一定の範囲 被害最大の地震を想定	首都地域の広域にわたり大きな揺れが発生	
津波	東京湾内は1m以下	東京湾内は2m程度以下 湾外の神奈川県、千葉県 6～8m	東京湾内は3m程度以下 湾外の神奈川県、千葉県 10mを超える場合がある

地震の規模	想定場所	今回(2013年)検討での地震のタイプ	前回(2004年)検討での地震のタイプ	
M7クラスの地震	都心南部直下	フィリピン海プレート内の地震 (Mw7.3)	想定なし	
	都心東部直下		地殻内の浅い地震 (Mw6.6)	
	都心西部直下			
	千葉市直下			
	市原市直下			
	立川市直下			
	川崎市直下			
	東京湾直下			想定なし
	羽田空港直下			地殻内の浅い地震 (Mw6.6)
	成田空港直下			
	さいたま市直下			
	横浜市直下	地殻内の浅い地震 (Mw6.8)	プレート境界の地震 (Mw7.3)※1	
	茨城県南部	プレート境界の地震 (Mw7.3)※1		プレート境界の地震 (Mw7.3)※1
	茨城・埼玉県境			想定なし
	東京湾北部	想定なし		プレート境界の地震 (Mw7.3)※1
	多摩	想定なし		プレート境界の地震 (Mw7.3)※1
	関東平野北西縁断層帯	活断層 (Mw6.9)		活断層 (Mw6.9)
	立川断層帯	活断層 (Mw7.1)		活断層 (Mw7.0)
	三浦半島断層群主部	活断層 (Mw7.0)		活断層 (Mw6.9)
伊勢原断層帯	活断層 (Mw6.8)	活断層 (Mw6.7)		
神縄・国府津—松田断層帯	想定なし	活断層 (Mw7.2)		
西相模灘	地殻内の浅い地震 (横ずれ断層型Mw7.3)	想定なし		
検討対象の地震数 (M7クラス)		19地震	18地震	
M8クラスの海溝型地震	大正関東地震タイプの地震	相模トラフ沿いの海溝型地震 (Mw8.2※2)	想定なし	
	元禄関東地震タイプの地震	相模トラフ沿いの海溝型地震 (Mw8.5※2)		
	延宝房総沖地震タイプの地震	日本海溝沿いの海溝型地震 (Mw8.5※2)		
	房総半島南東沖で想定されるタイプの地震	相模トラフ沿いの海溝型地震 (不明)		
検討対象の地震数 (M8クラス)		4地震	—	
最大クラスの地震・津波	最大クラスの津波 (西側モデル) (中央モデル) (東側モデル)	相模トラフ沿いの海溝型地震 (Mw8.7※2)	想定なし	
検討対象の地震数 (最大クラス)		3地震 (地震動は1ケース)	—	

※1: この表において「プレート境界の地震」は、北米プレートとフィリピン海プレートの境界の地震をいう
 ※2: M8クラス及び最大クラスのモーメントマグニチュードは本検討会における津波断層モデルによるもの



- 凡例**
- 赤線: 都区部のフィリピン海プレート内の地震
 - 黒線: 都心部周辺のフィリピン海プレート内の地震
 - 青線: 北米プレートとフィリピン海プレートの境界地震
 - 緑線: 地表断層が不明瞭な地殻内の地震
 - 紫線: 活断層の地震 (地表断層が明瞭な地殻内の地震)
 - 赤線: 西相模灘の地震

首都直下で想定される地震と対策

M7クラスの首都直下地震

発生確率: 約70%

⇒ 総合的対策
(耐震化、火災対策)

大正関東地震(M 8.2)

発生確率: 0~2%

⇒ 中長期対策
(街づくり、津波対策)

※ただし、津波ソフト対策はすぐにも実施

(相模トラフ沿い)

元禄関東地震(M 8.5)

最大クラスの地震(M 8.7)

発生確率は、ほぼ0%

東北地方
太平洋沖地震

(日本海溝沿い)

延宝房総沖地震(M 8.5)

東北地方太平洋沖地震に
誘発される可能性がある

発生確率: 7%

⇒ 津波対策

大正関東地震の割れ残り地震(M 8.2)

発生確率は、わからない

⇒ 津波対策

M8クラスの海溝型地震

防災対策の対象とする地震

① 首都直下地震

今後30年間に約70%の確率で発生

防災対策の主眼とする

② 大正関東地震タイプの地震（相模トラフ沿いのM8クラス）

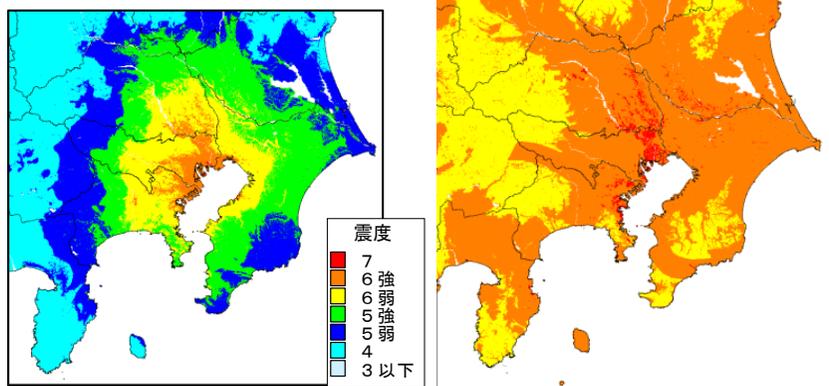
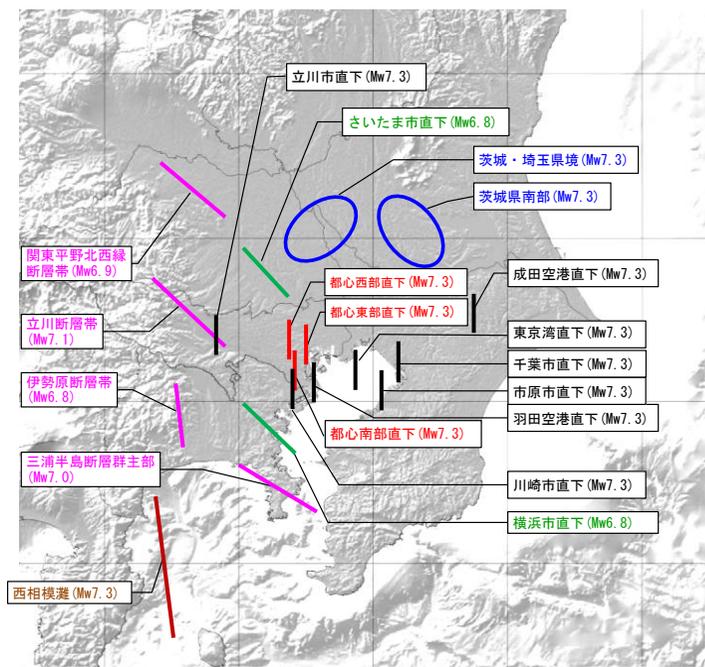
当面発生の可能性が低い

長期的視野に立った対策の実施

（参考）

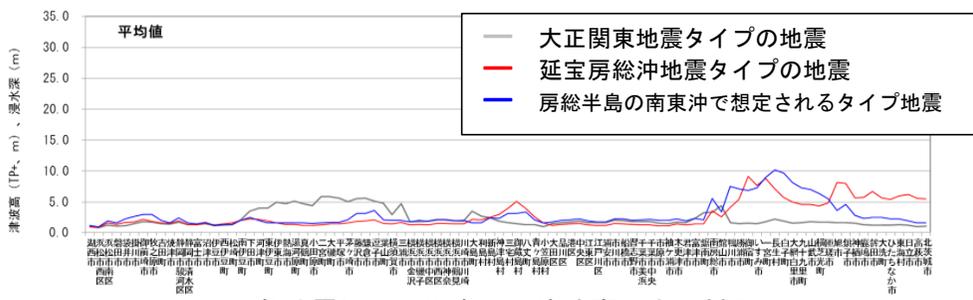
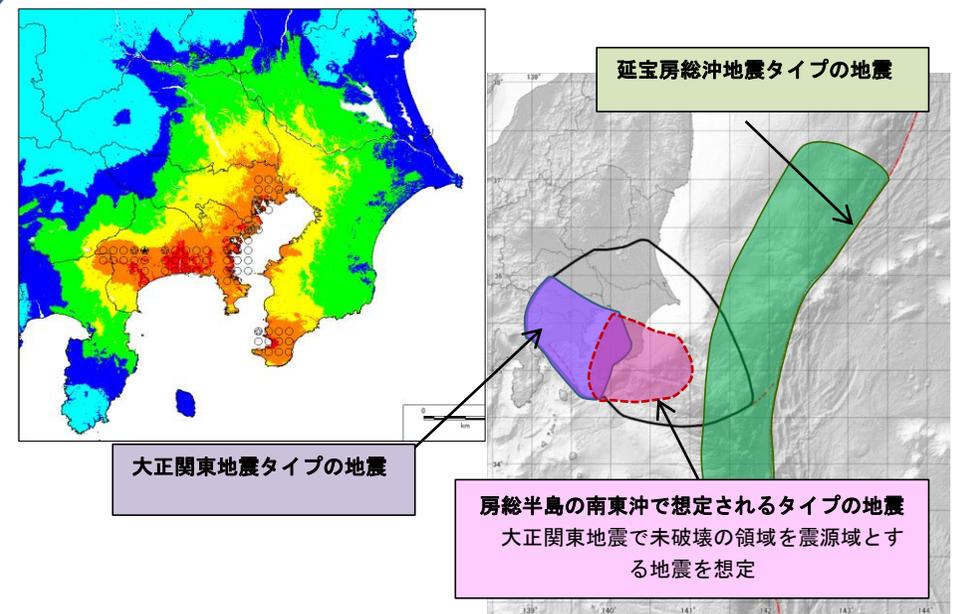
③ 最大クラスの地震（相模トラフ沿いのM8クラス）

今後、千数百年は発生が見込まれない



検討したM7クラスの19地震の位置図と震度分布

左：都心南部直下地震の震度分布
右：首都直下のM7クラスの地震の重ね合わせた震度分布
地殻内 (Mw6.8)、フィリピン海プレート内 (Mw7.3) に一律に震源を想定した場合の震度分布及びM7クラスの19地震の震度分布を重ね合わせたもの



各地震による沿岸での津波高 (市町村別)
各地震による沿岸での津波高
(太平洋側の沿岸部 (島しょ部を除く) (50mメッシュ値))

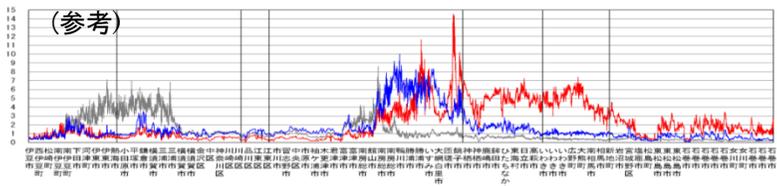
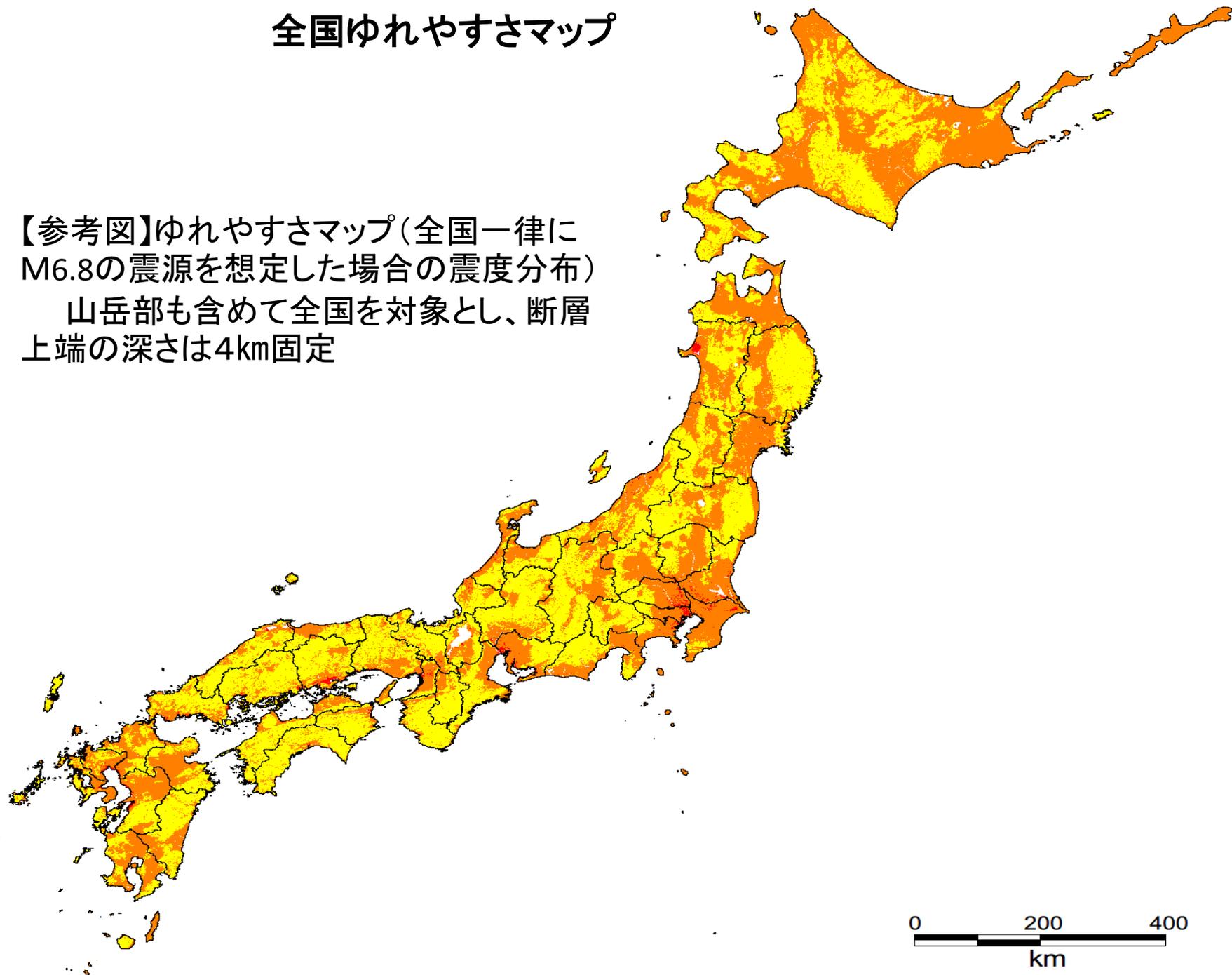


図 対策の対象としたM8クラスの海溝型地震

全国ゆれやすさマップ

【参考図】ゆれやすさマップ(全国一律に
M6.8の震源を想定した場合の震度分布)
山岳部も含めて全国を対象とし、断層
上端の深さは4km固定



防災・減災対策の考え方

— 従来モデルとレジリエンスモデル —

防災＝災害(わざわい)を防ぐ
減災＝災害(わざわい)を減じる

災害＝人間・社会への影響
＝要因×対象物×環境
(D)＝(H)×(E)×(V)

災害:現象により引き起こされた**被害**(Disaster)

要因:災害の原因となった現象の強さ(**Hazard**)

対象物:災害に見舞われる対象物の**暴露量**(Exposure)

環境:対象物の**脆弱性**(Vulnerability)

従来の防災・減災対策の柱 ⇒ 予防中心

(基本は今も同じ)

膨大な人的・物的被害

建物の耐震化

人的物的被害軽減
火災の防止

人的被害

津波避難対策

人的被害軽減

政治、行政、経済の中核への被害

被害が全国、海外へと広域的に波及

BCP(事業継続計画)の策定

中枢機能の
継続性確保

震度の大きさと建物被害との関係

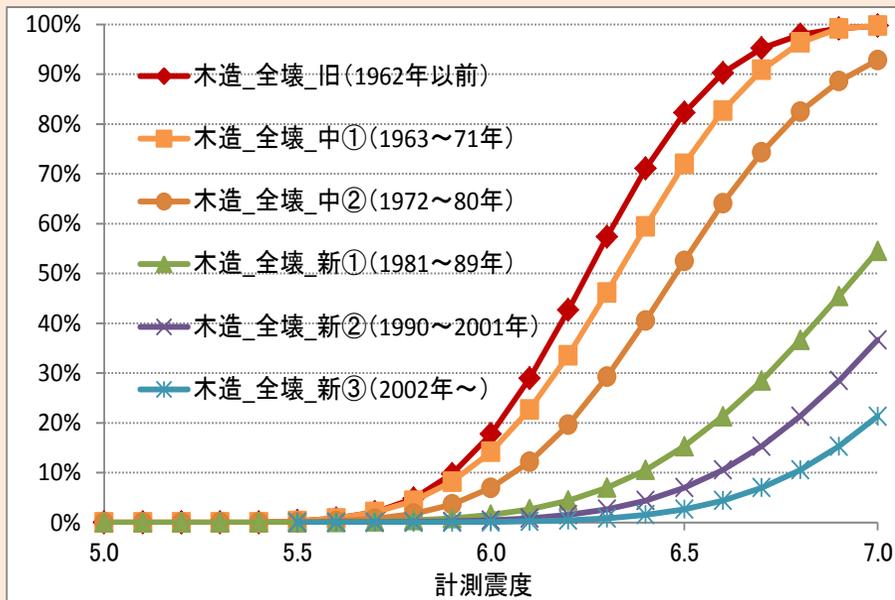
○揺れによる建物被害

- 構造別、建築年次別(木造6区分／非木造3区分)に計算

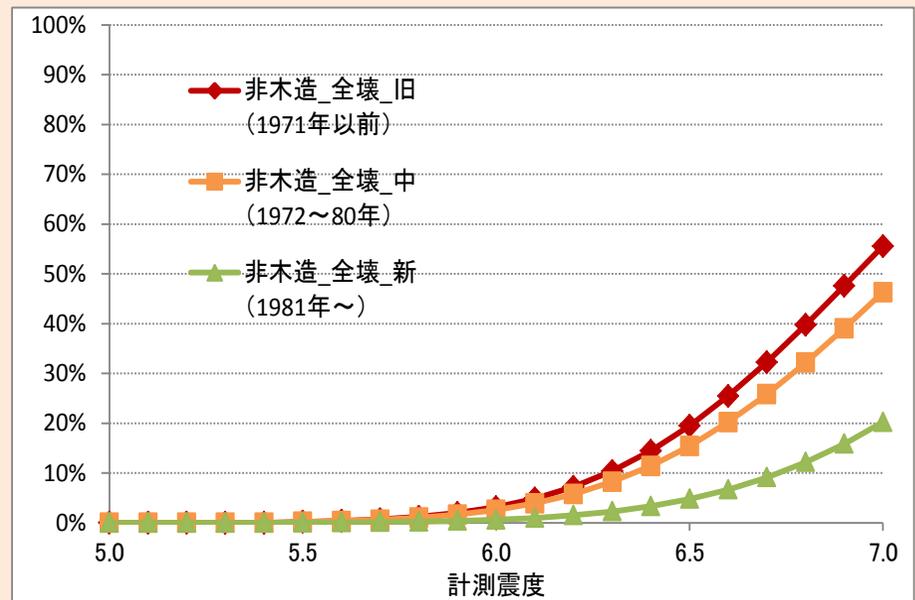
木造6区分:

旧築年(～1962年)、中築年①(1963年～71年)、中築年②(1972年～80年)、
新築年①(1981年～89年)、新築年②(1990年～2001年)、新築年③(2002年～))

- 旧築年、中築年の建物の耐震改修の効果を検討した手法



全壊率曲線(木造)

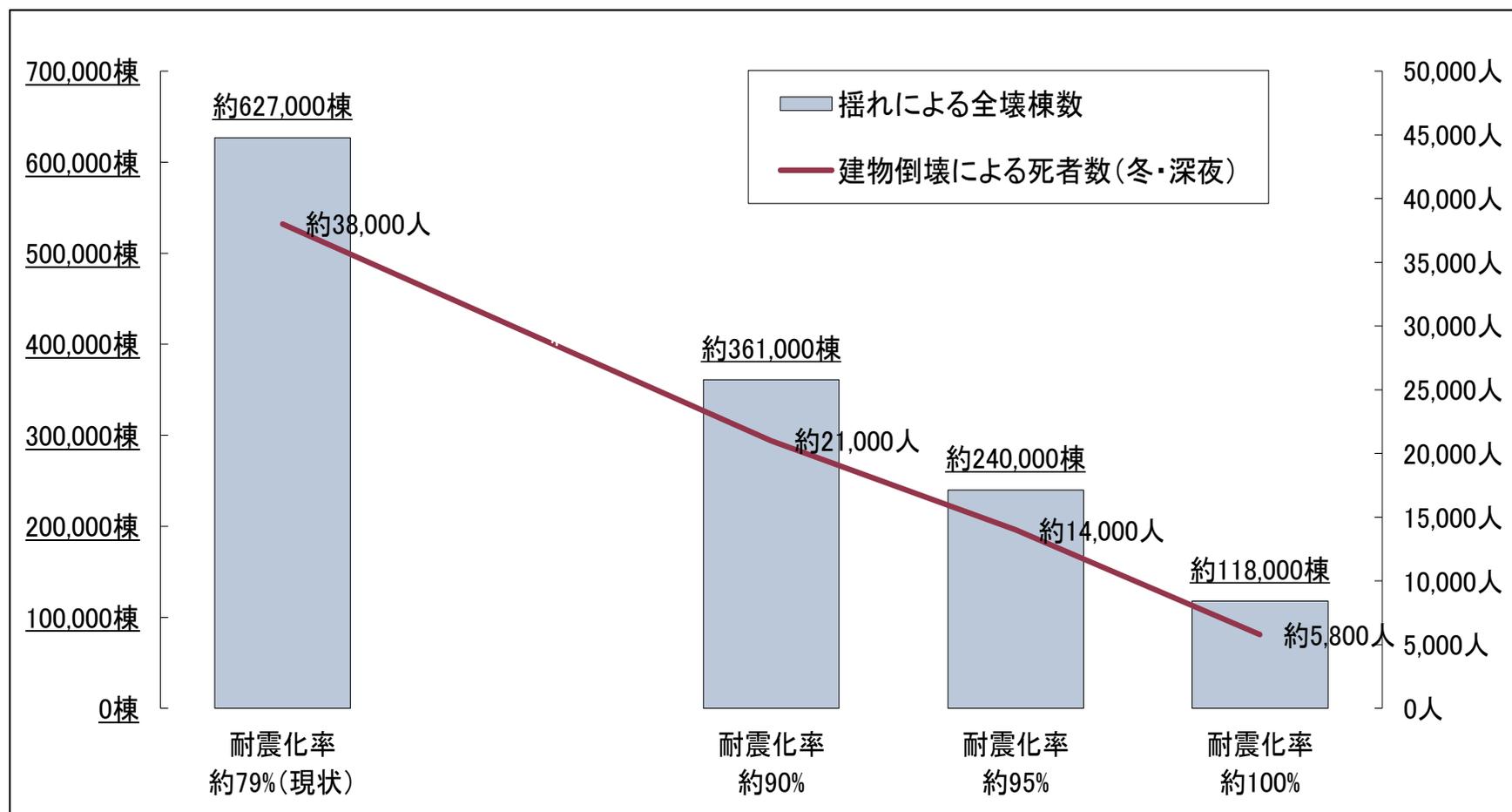


全壊率曲線(非木造)

(1) 建物の耐震性の強化

- 住宅の耐震化率の現状は全国平均で約79%（平成20年）
- 旧耐震基準の建物の建替や耐震補強等が行われ、現状よりも建物の耐震性が強化された場合の効果을推計

※地震動は基本ケース

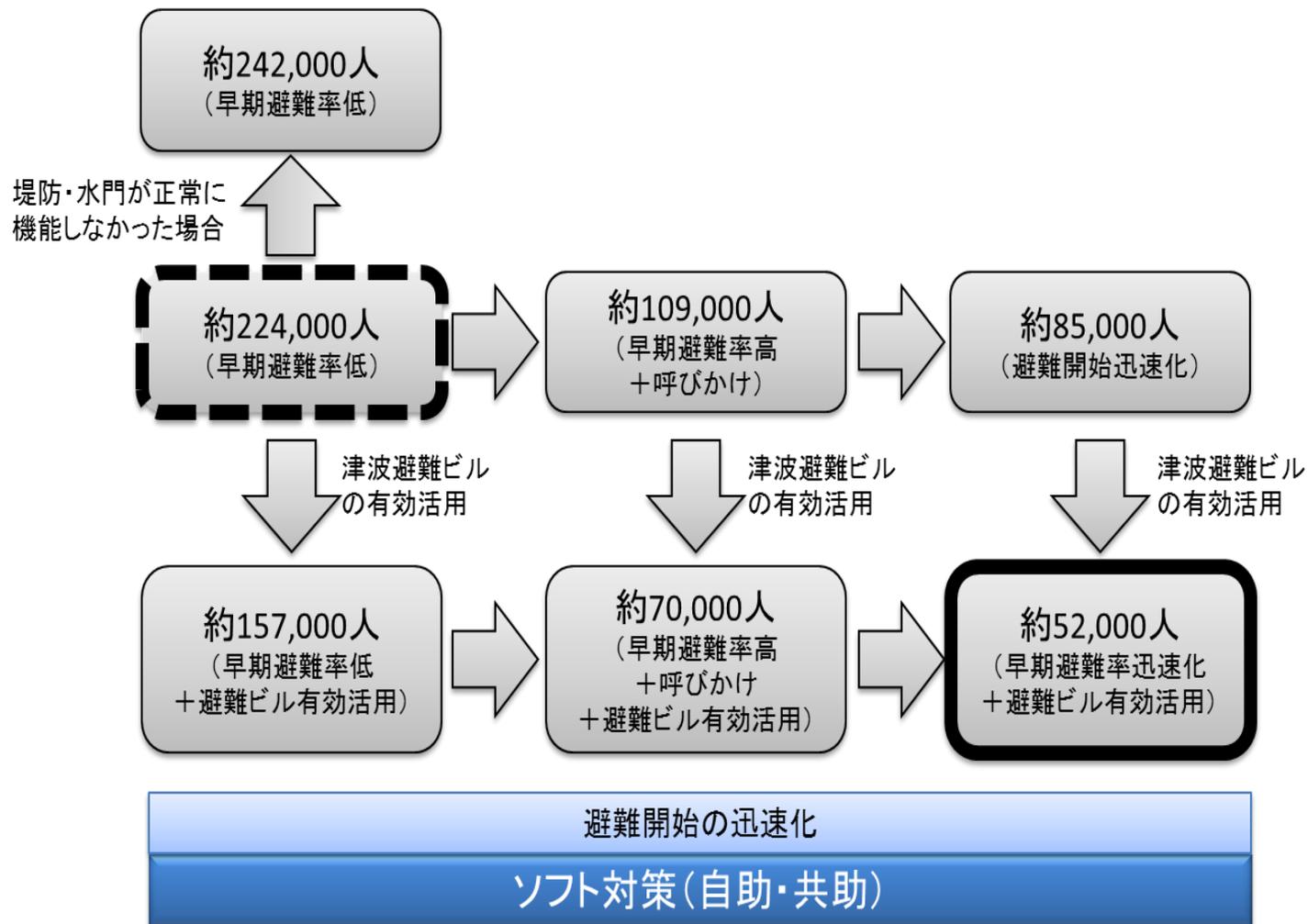


津波に対する防災対策の効果

第一次報告
H24. 8. 29公表

(1) 東海地方が大きく被災するケース

(地震動ケース(基本)、津波ケース(ケース①)、冬・深夜)



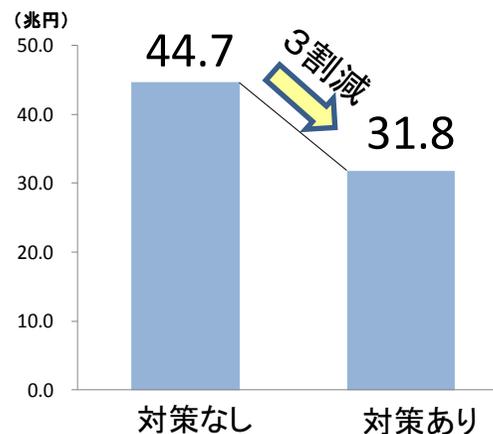
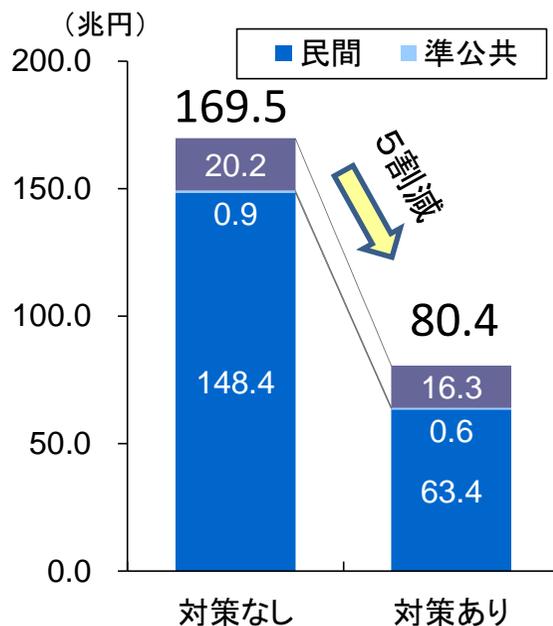
堤防・水門の耐震性強化
ハード対策(公助)
津波避難ビルの有効活用

耐震化、火災対策等を推進することによる減災効果の試算

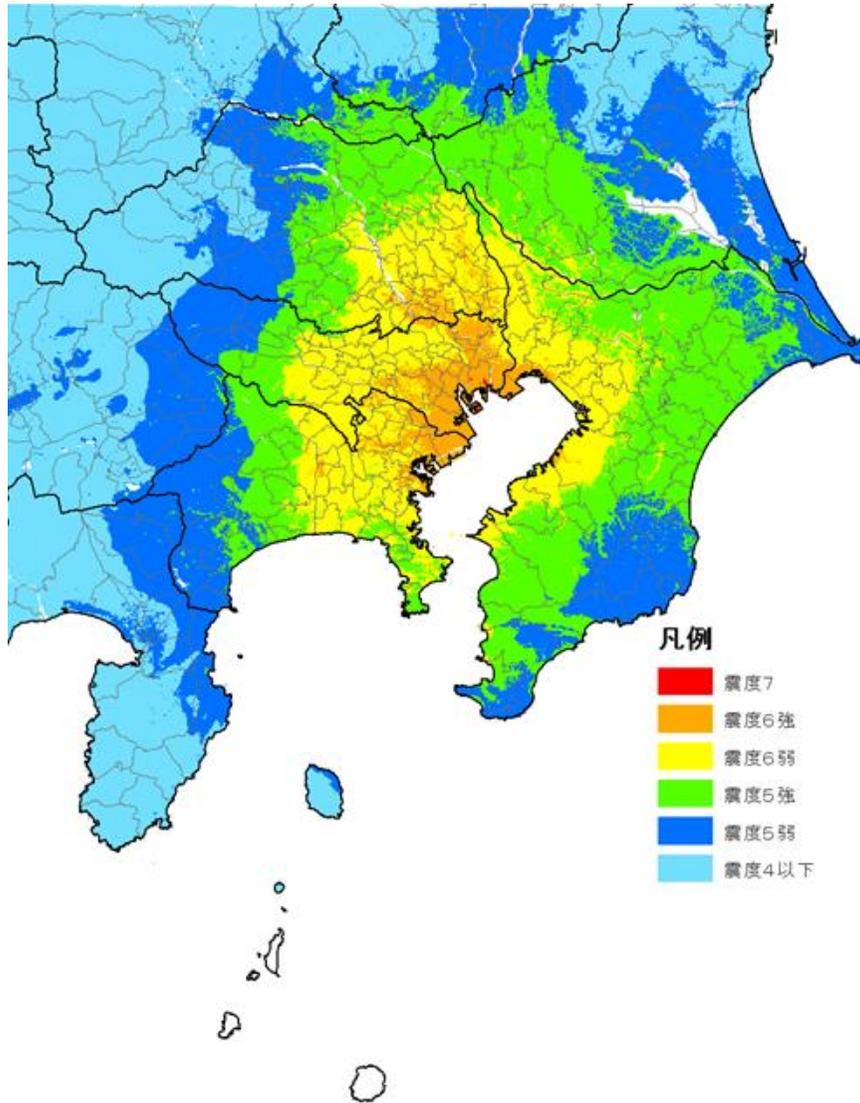
建物の耐震化率100%
火災対策(出火対策、消火対策)
等

○資産等の被害

○生産・サービス低下による影響



都区部直下地震の被害想定



震度分布(都心南部直下地震)

防災対策の対象地震

都区部直下地震

* 東京湾内の津波は小さい(1m以下)

【都心南部直下地震】 M7.3

被害想定(最大値、未対策(現状))

- 全壊・焼失家屋 : 最大 約 61万棟
- 死者 : 最大 約 2.3万人
- 要救助者 : 最大 約 7.2万人
- 被害額 : 約 95兆円

※冬、夕方 風速8m/秒のケース (要救助者の最大は冬、深夜のケース)

被害の様相

建物：木造住宅を中心に多くの建物が損壊する。

火災：火災が同時に多発し、延焼が2日程度続く。

電力：5割の地域で停電が発生し、
最悪の場合、1週間以上回復しない。

電話：携帯電話を含め不通の状態が1日程度続き、
停電が長期化すると携帯電話の使用も不安定となる。

道路：主要道路の開通には少なくとも1日～2日を要する。
一般道はガレキによる不通区間が大量に発生、
復旧には1カ月以上を要する

鉄道：運転再開には、地下鉄で1週間、
JRや私鉄では1カ月程度を要する。

防災・減災対策とその効果

耐震化の推進による
建物被害の軽減

耐震化率を全国レベル90%

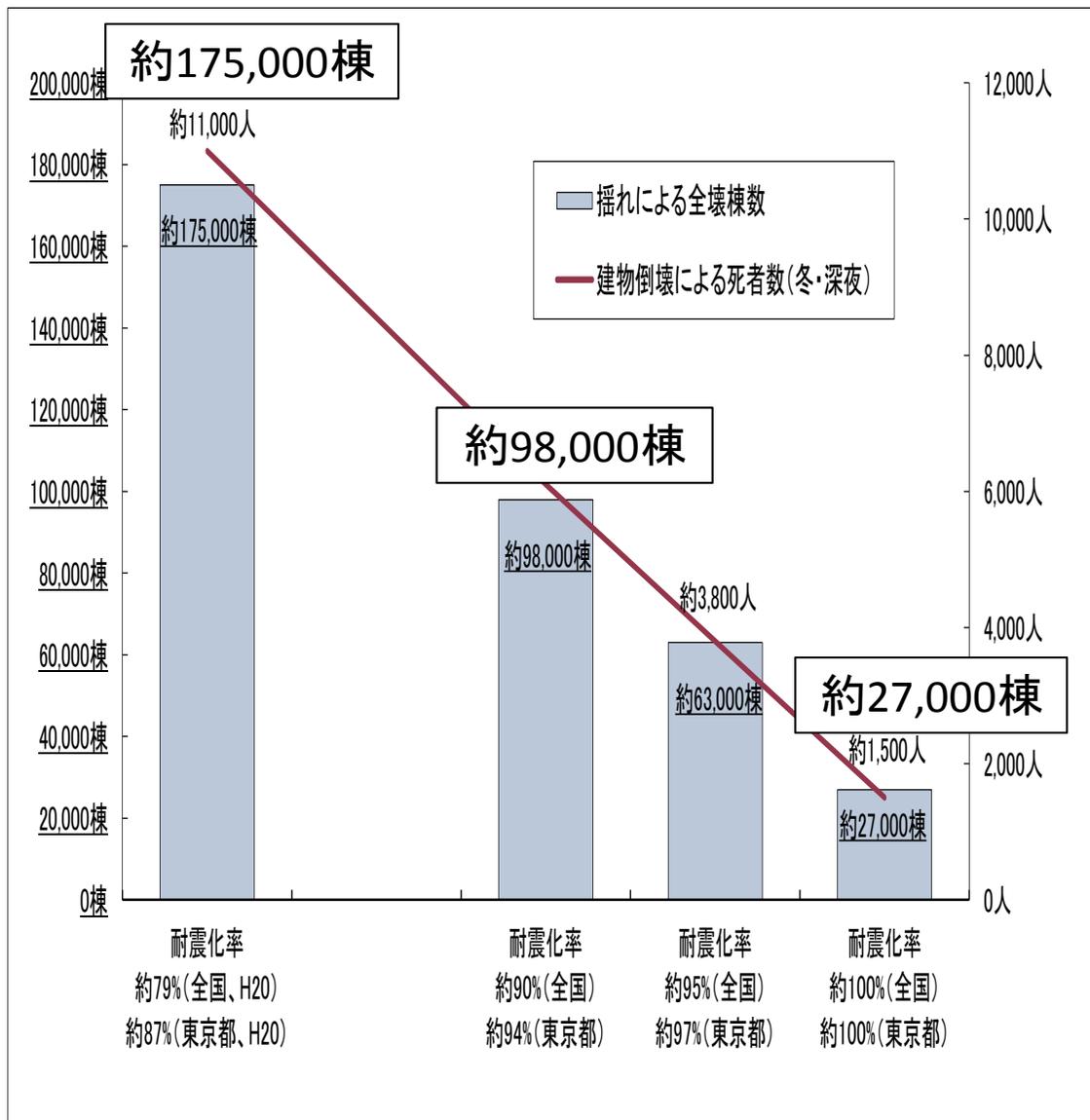
全壊棟数 と 死者数

⇒ 約5割減

耐震化率を100%

全壊棟数 と 死者数

⇒ 約9割減



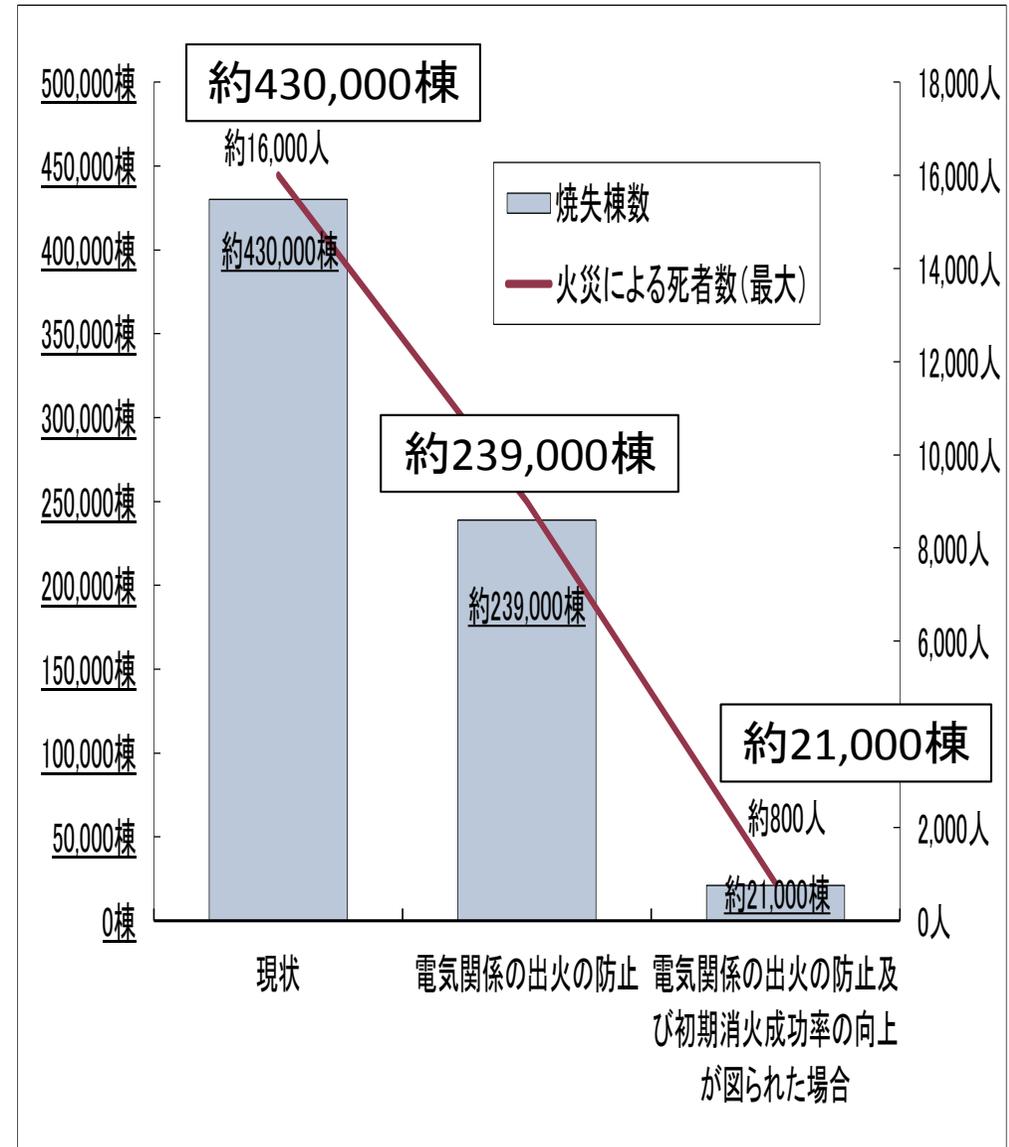
防災・減災対策とその効果

出火防止対策等の強化による 火災被害の軽減

- かんしん
 ● 感震ブレーカー等の設置
 電気出火の防止
 焼失棟数 ⇒ 約 5割減
- 上記とあわせて
 初期消火成功率の向上等
 ⇒ 9割以上減

(注) ガス供給からの出火防止については、
SUPREMEシステム※等により対応済み。

※ 管内4000箇所地震データを数分で解析、
中央制御によりブロック停止するシステム



経済被害対策とその効果

建物の耐震化、火災対策の推進により、経済被害の半減が可能

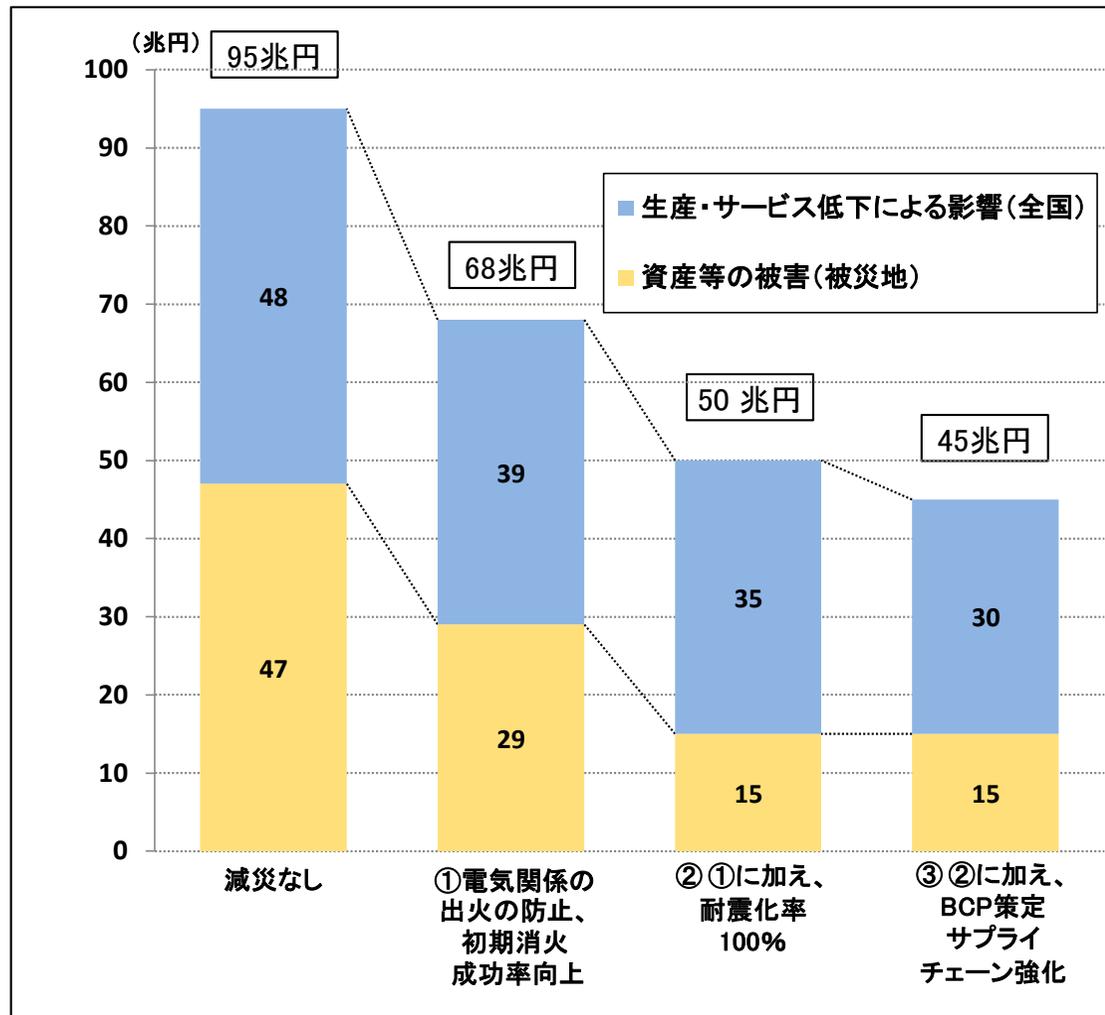
- 感震ブレーカー等の設置の電気出火の防止、初期消火成功率の向上
経済被害 ⇒ 約 3割減
- 上記とあわせて、建物の耐震化を推進(100%)
経済被害 ⇒ 約 5割減

さらに、

被災交通施設の早期復旧、

電力供給の最適調整、瓦礫処理対策

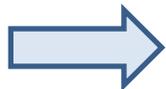
⇒ 経済活動の早期再開、早期本格活動復帰 が可能



首都中枢機能の確保

一定の強靭性を持っているが、さらに強化を推進する

- 政府機能
 - 政府業務継続計画の策定
- 金融決済機能
 - 市場間の連携強化、情報発信
- 企業活動
 - (結果事象型)業務継続計画の策定推進
 - 情報資産の保全、サプライチェーン等の強化



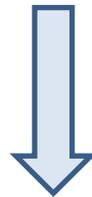
- 危機管理体制の強化
- 経済被害の拡大の防止

復旧・復興の迅速化

深刻な道路交通麻痺の対策 : 早期の復旧・復興の大前提

消火活動、救命救助活動、膨大な物流、ライフラインの復旧、
経済活動の再開 等のあらゆる震災後対策の前提

道路交通の確保

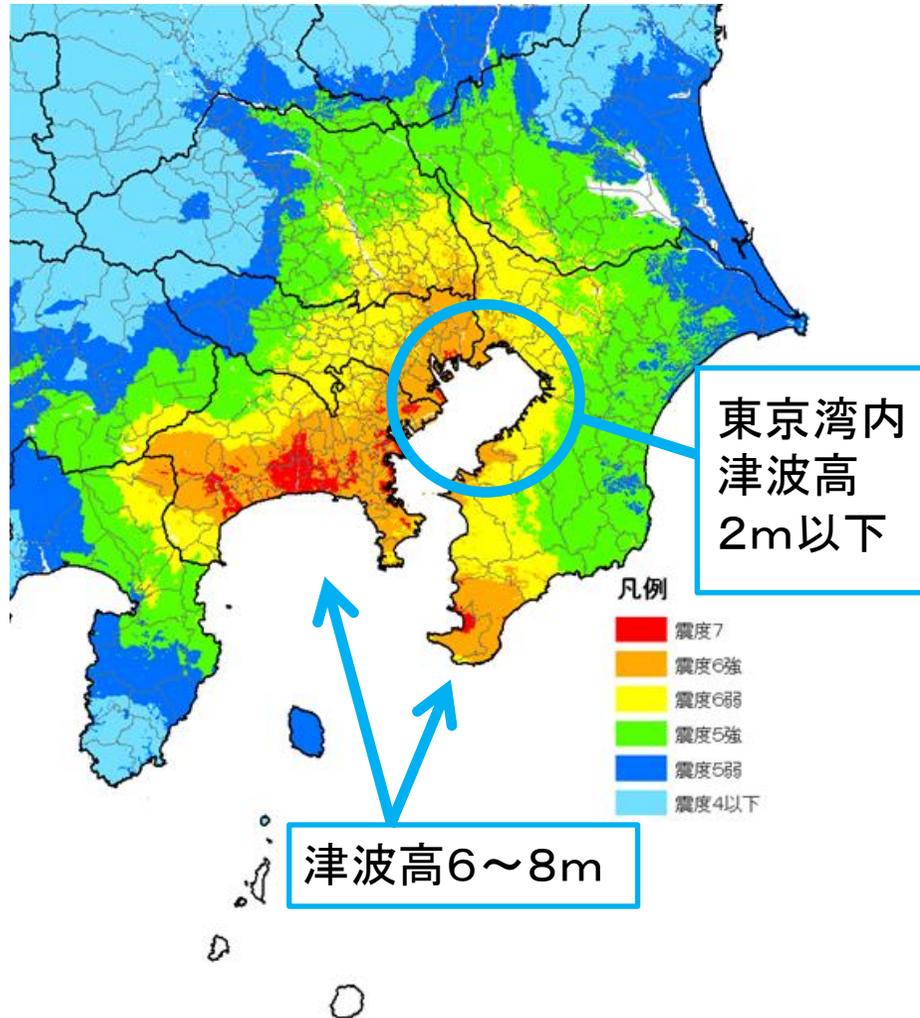


早急な対策が必要

- 放置車両対策: 内閣府、警察庁、国土交通省で処理方策を検討
- 瓦礫処理対策: 広域調整
- 沿道耐震化

相模トラフ沿いの大規模地震

大正関東地震タイプの地震への対応



- 100年(3世代)先を見据えた街の再構築
- ロングスパンでの津波対策
- 長周期地震動に対応した耐震化等の技術開発

【参考】被害想定※

- 全壊・焼失家屋 : 最大 約 133 万棟
- 死者 : 最大 約 7 万人
- 要救助者 : 最大 約 18 万人
- 被害額 : 約 160 兆円

※ 現在の首都圏の姿を前提に試算

「レジリエンスモデル」
新しい防災のパラダイムの確立

$$R = f(D, A, T)$$

Where

R: レジリエンス (Resilience)

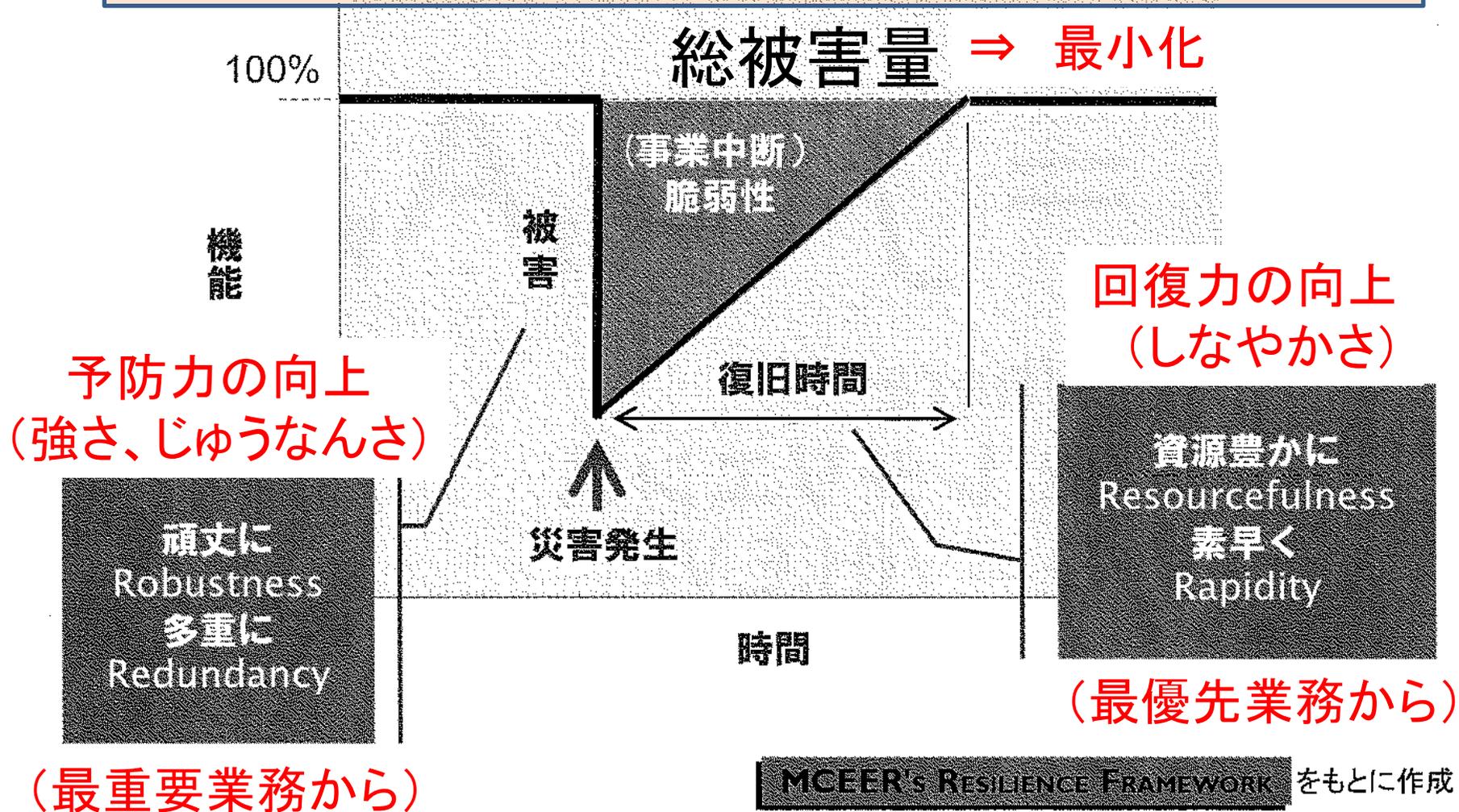
D = $f(H, E, V)$: 被害

A: 人間活動

T: 時間

レジリエンス：事業継続能力の向上

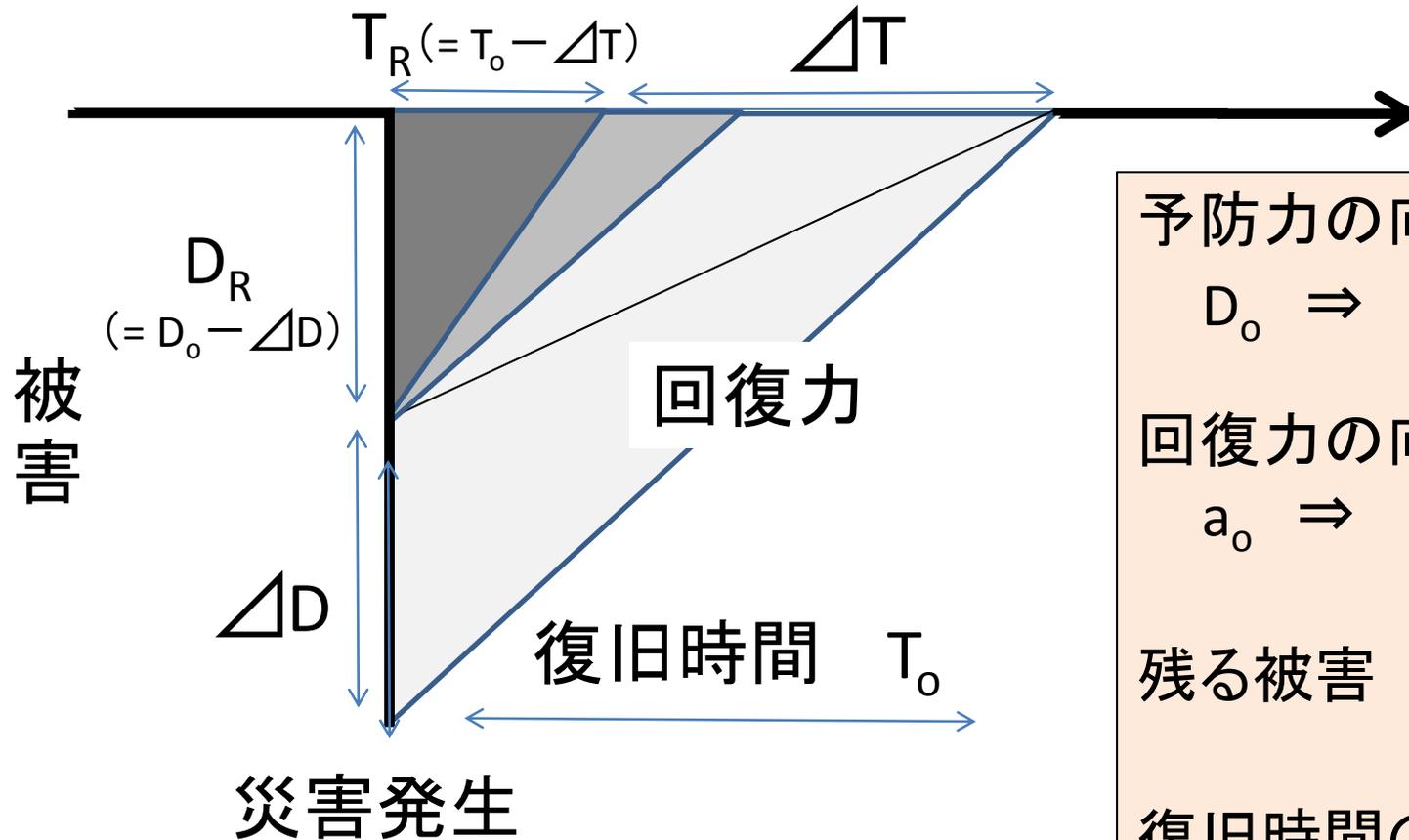
(より強く、よりしなやかに)



林春男先生の資料に加筆

総合的な防災能力の向上（総被害量の最小化）

$$\frac{1}{2} \cdot D_0 \cdot T_0 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot D_R \cdot T_R$$



予防力の向上

$$D_0 \Rightarrow D_R = D_0 - \Delta D$$

回復力の向上

$$a_0 \Rightarrow a_R = a_0 + \Delta a$$

残る被害 $D = D_R - a_R \cdot t$

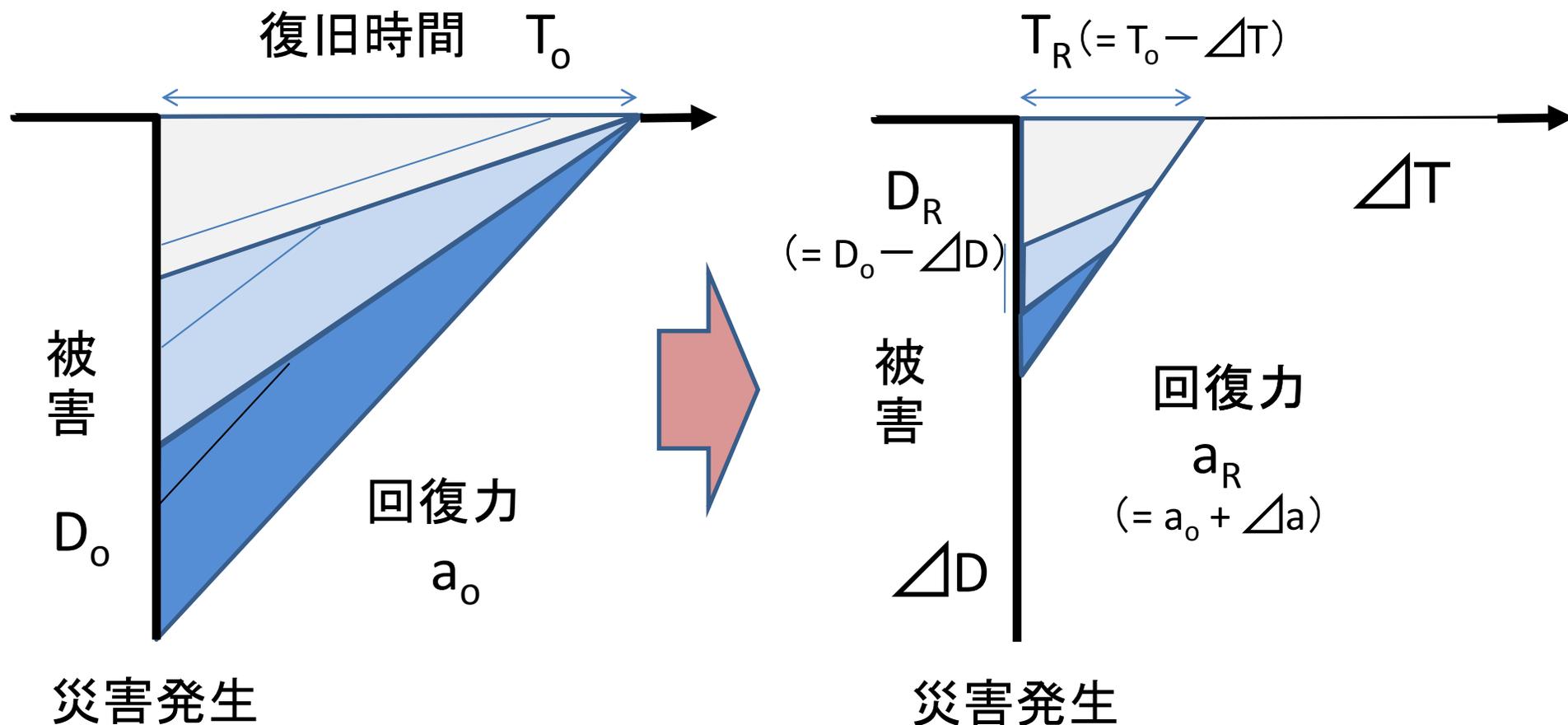
復旧時間の短縮

$$T_0 \Rightarrow T_R = T_0 - \Delta T$$

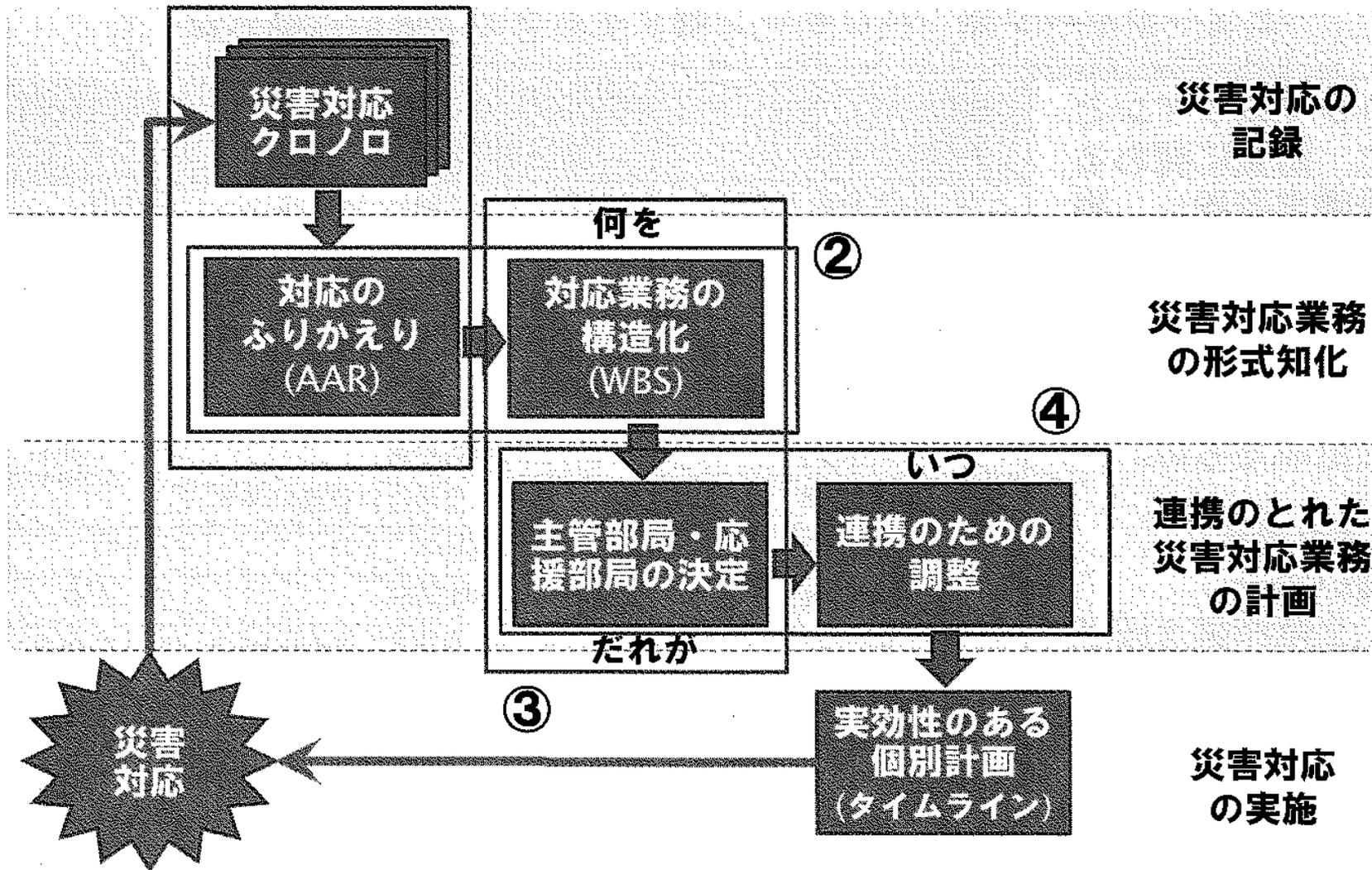
被害 (D_0) を半減すると、
総被害量 ($\frac{1}{2} \cdot D_R \cdot T_R$) は1/4以下に

総合的な防災能力の向上（総被害量の最小化）

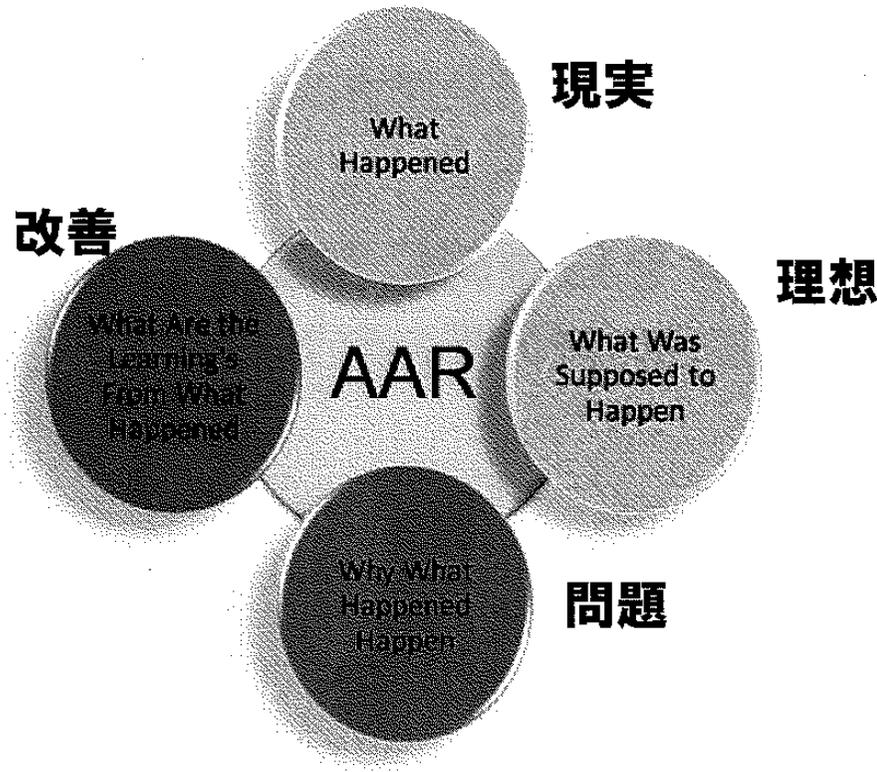
$$\frac{1}{2} \cdot D_0 \cdot T_0 \Rightarrow \frac{1}{2} \cdot D_R \cdot T_R$$



① タイムラインの作成手法



「ふりかえり」 After Action Review



<http://www.888fulcrum.com/the-armys-after-action-review-a-model-for-performance-feedback/>



<http://en.paperblog.com/knowledge-management-learning-while-doing-facilitating-an-after-action-review-84081/>

※大事なこと

- ・どうすれば良かったか、何をすべきだったかを検討
⇒ 誰が失敗したか等、責任追及を目的としない

防災活動が 避難等に貢献するには？

我々の防災活動や情報は、
真に生命を守る行動等に貢献しているだろうか？

(古くて新しい) 新たな課題:

防災活動等の避難等への貢献度は？

- ・(担当者) 防災対策が進展しないなあ・・・
- ・(今の人) 今回提案の新たな考えにより避難等の対策が進展！
- ・(昔の人) その対策は昔提案したものと同一内容のものだ！
- ・(今の人) そんなことはありません、新たな考えのものです！ などなど

⇒ 今自慢、昔自慢 (自慢話に終始?)
今昔(自慢)物語

今も昔も、基本は同じ
社会として防災が文化として継続するにはどうしたら？

⇒ 「**防災情報学のすゝめ**」が必要か？

(古くて新しい) 避難における課題

○情報における課題

- ・ 避難の判断に警報等の情報は寄与していないのでは？
- ・ 警報や避難勧告等が出されているほうが避難率が高くなるのでは？
- ・ 情報の精度が高くないと利用されないのでは？
- ・ 新たに導入された情報の方が関心度高く避難にも効果があるのでは？
- ・ 実況が分かる(可視化される)と避難率が高まるのでは？
- ・ 危機感は時間とともに風化していくのでは？

など

○社会的要因における課題

- ・ 避難場所が分からないと避難できないのでは？
- ・ 周りの人の行動が避難を決断させるのでは？
- ・ 防災活動への参加が避難率を高めるのでは？
- ・ 高齢者になるほど避難率が高いのでは？
- ・ 高齢者は情報を入手できていないのでは？
- ・ 社会として文化として防災が継続するにはどうしたらよいか？

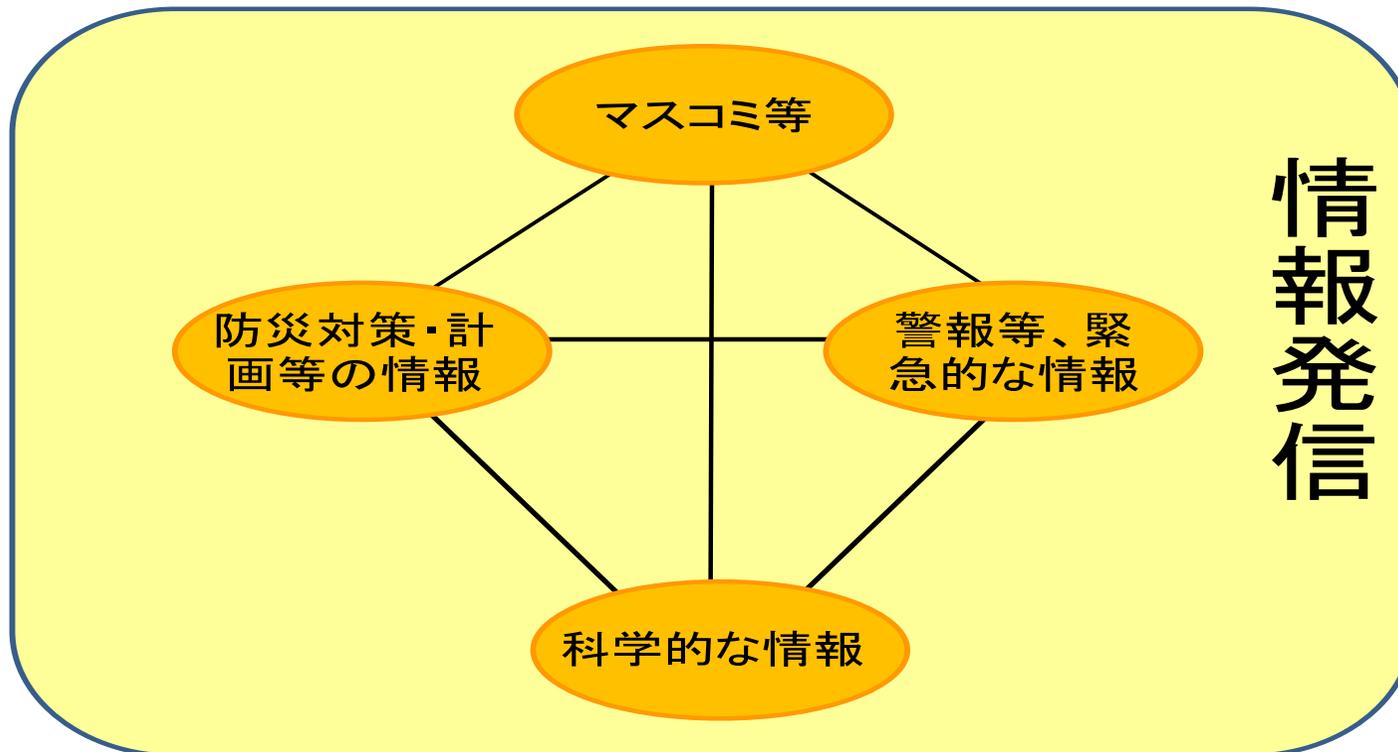
など

データや情報の公開・共有化が重要

住民等

データ公開

共有化



防災・減災のための防災情報と科学的情報の在り方

(災害から命をまもるために)

- ⇒ 敵(自然現象のメカニズム)を知ること
- ⇒ いざというときに避難すること
- ⇒ 日頃からの備えと訓練が重要

おわりに

【 地震・津波で大切なこと 】

- 日頃の備え、耐震化、家具の固定、危険な場所、安全な場所、避難路等の確認
- 地震を感じたら、身の安全を
- 沿岸で、大きな揺れ或いは長い揺れを感じたら、揺れが長く続いたら、すぐさま避難
- 津波警報を見聞きしたら、すぐさま避難

⇒堤防等は、命を守るものではなく、避難をサポートをしてくれるもの。直ぐさまの避難が大切

(横田 崇)

ご清聴ありがとうございました。