

# 湘南地方を襲う地震と津波

神奈川県温泉地学研究所

加藤照之

# 神奈川県温泉地学研究所(略称:温地研)

- 1961年:「温泉研究所」として設立(「衛生部」所管)
  - 当初の目標:温泉の保全と適正な開発に資する調査・研究
  - 箱根の温泉の成因を箱根火山の基盤構造や大涌谷の噴気活動や群発地震、火山ガスなどとも関連させて説明するモデルの提唱(「大木・平野モデル」)
- 1977年:「温泉地学研究所」に名称変更
  - 「神奈川県西部地震」仮説に対応した地震観測の強化
  - 2003年:「環境農政部」所管から「防災局」(現「くらし安全防災局」)所管に変更
- 現在
  - 箱根を中心に、火山、地震、温泉、地下水を総合的に研究
  - 県の機関として地震・火山活動の観測を続けているユニークな研究所
  - 総勢17名、うち研究者13名

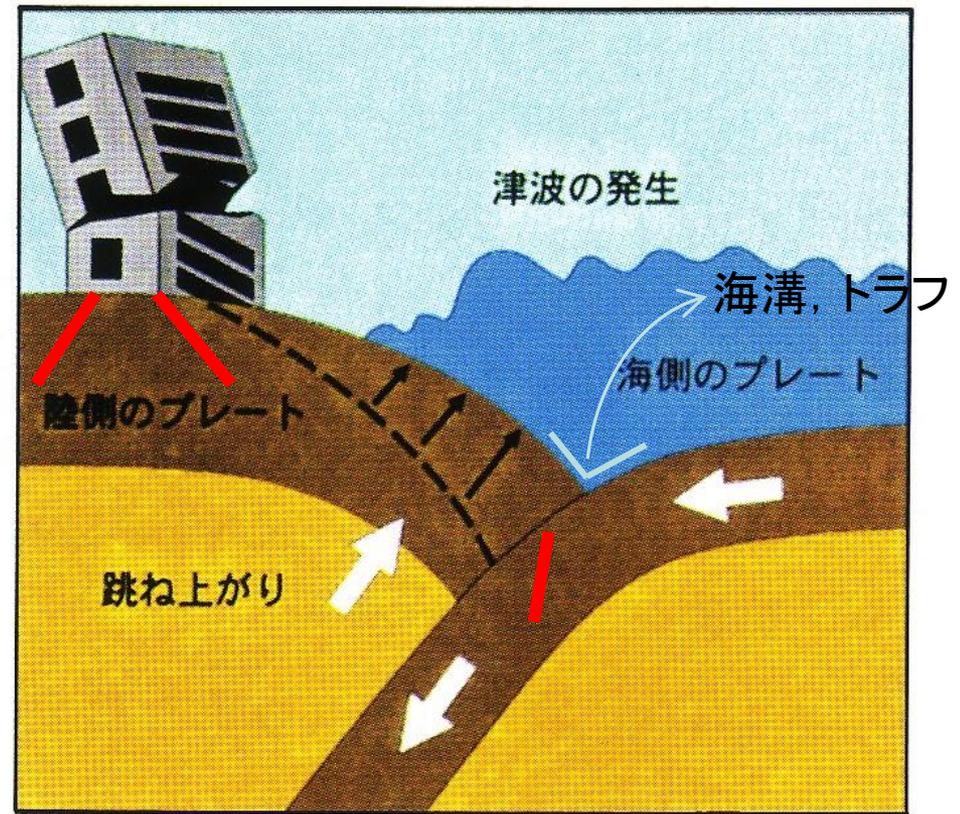
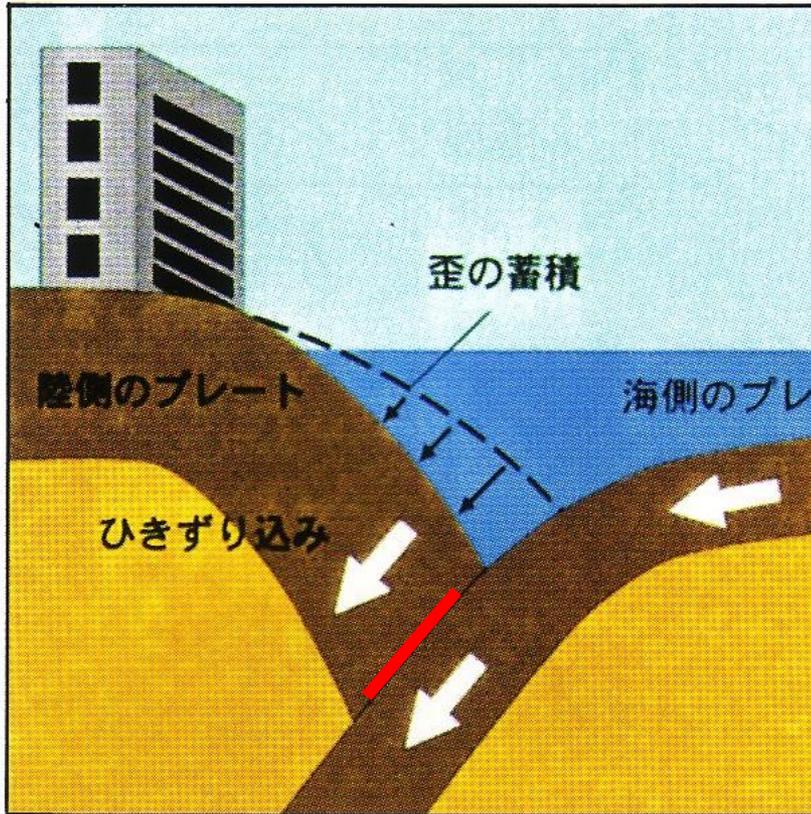


# お話の内容

- 地震と津波の基礎
- 湘南地方を襲う地震と津波
  - 1923年大正関東地震
  - 首都直下地震(神奈川県西部地震)
  - 南海トラフ地震

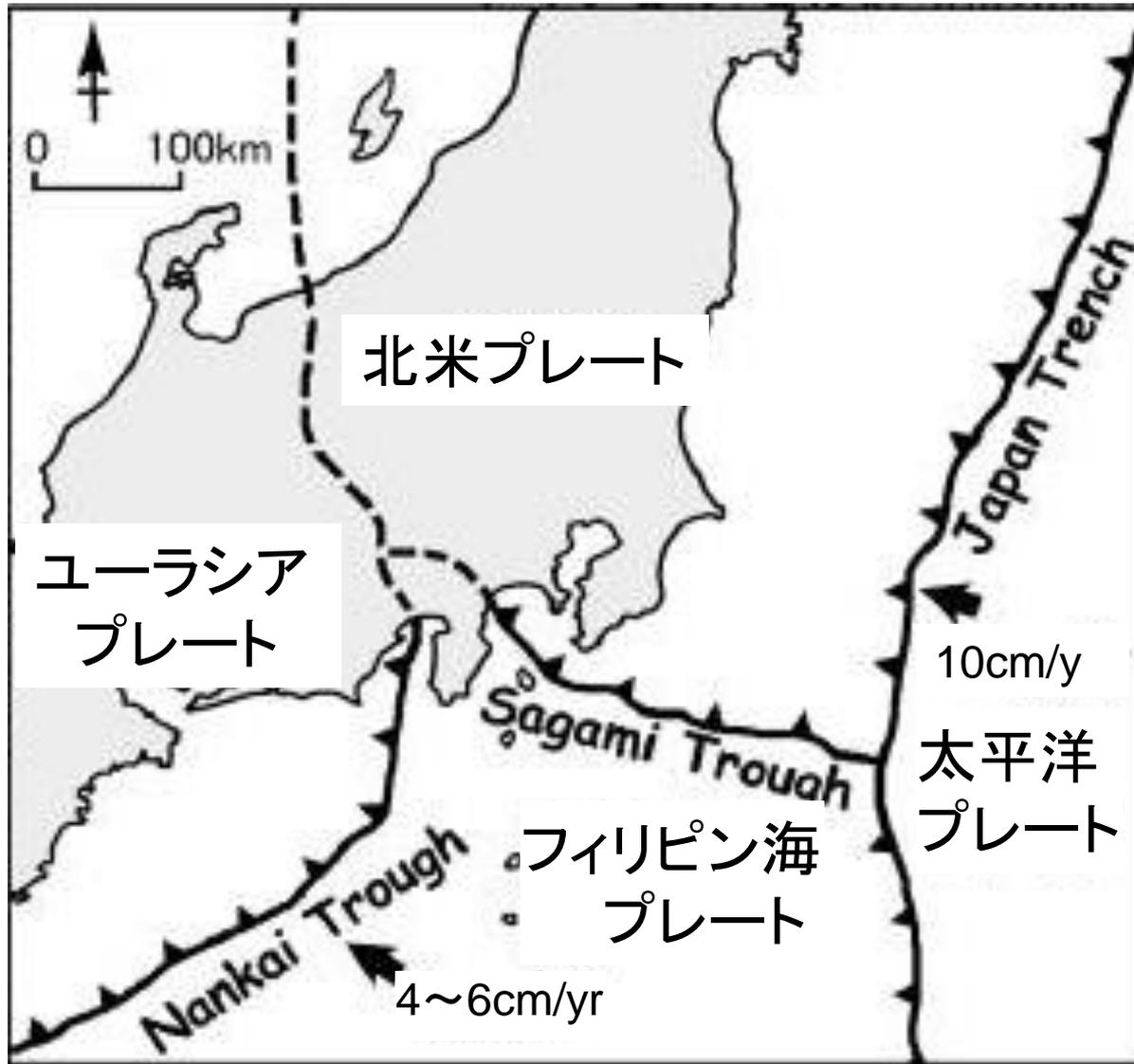
- 地震と津波の基礎
- 湘南地方を襲う地震と津波
  - 1923年大正関東地震
  - 首都直下地震(神奈川県西部地震)
  - 南海トラフ地震

# 地震発生 の3種類 の場所



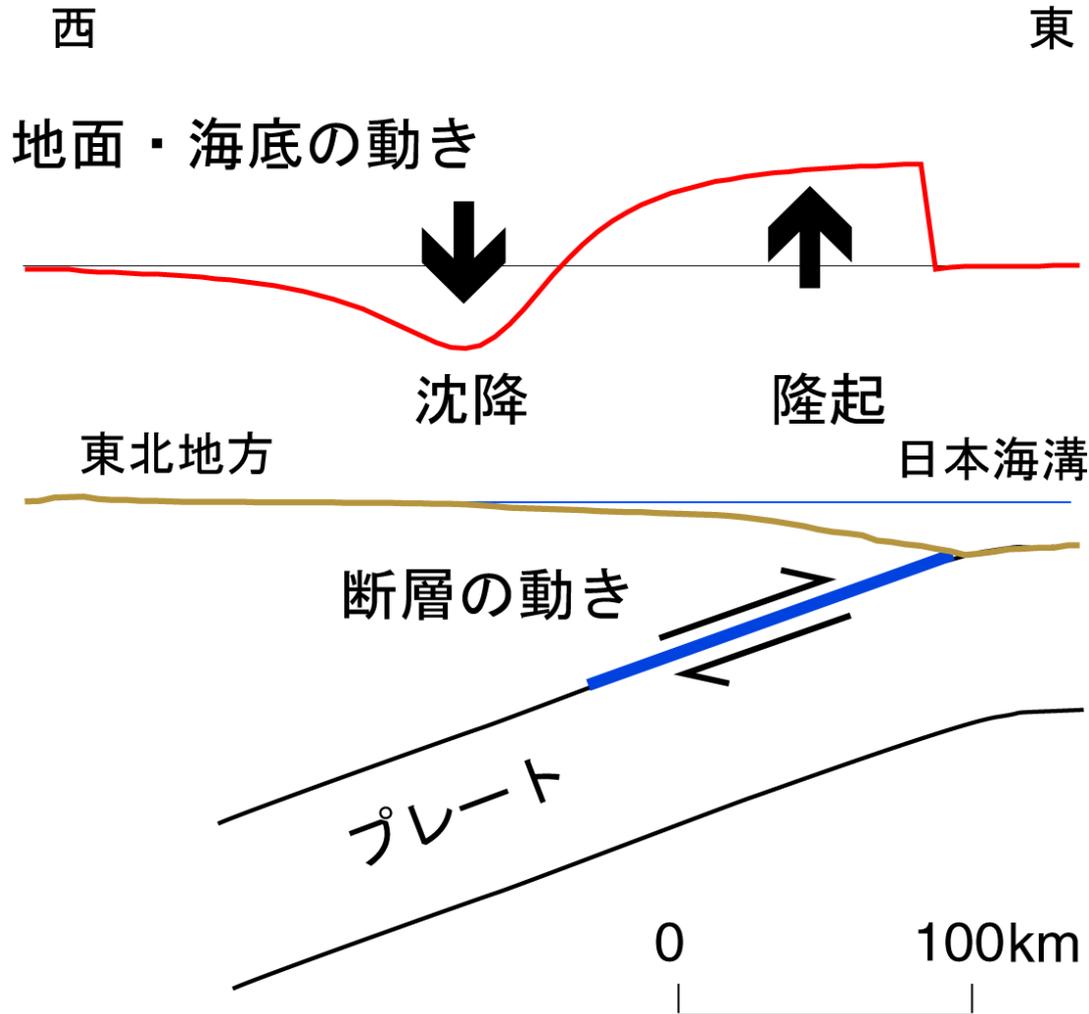
- プレート間(境界)地震(M8<, 周期:100-200年, 津波)
- プレート内(内陸)地震(M7級, 周期:>1000年)
- スラブ内地震

# 関東地方周辺のプレート境界



(宍倉(2003)原図)

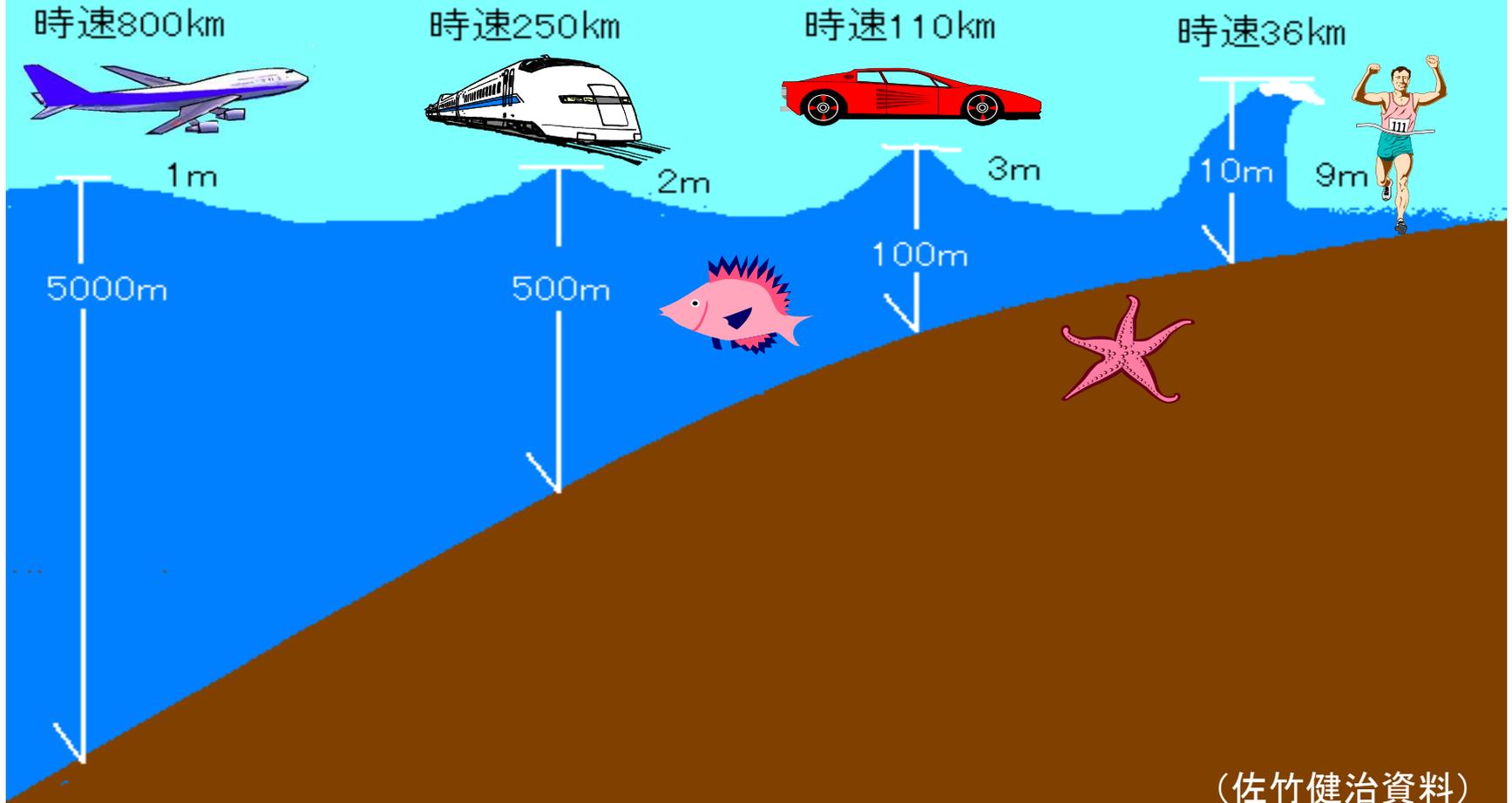
# プレート間地震による津波の発生



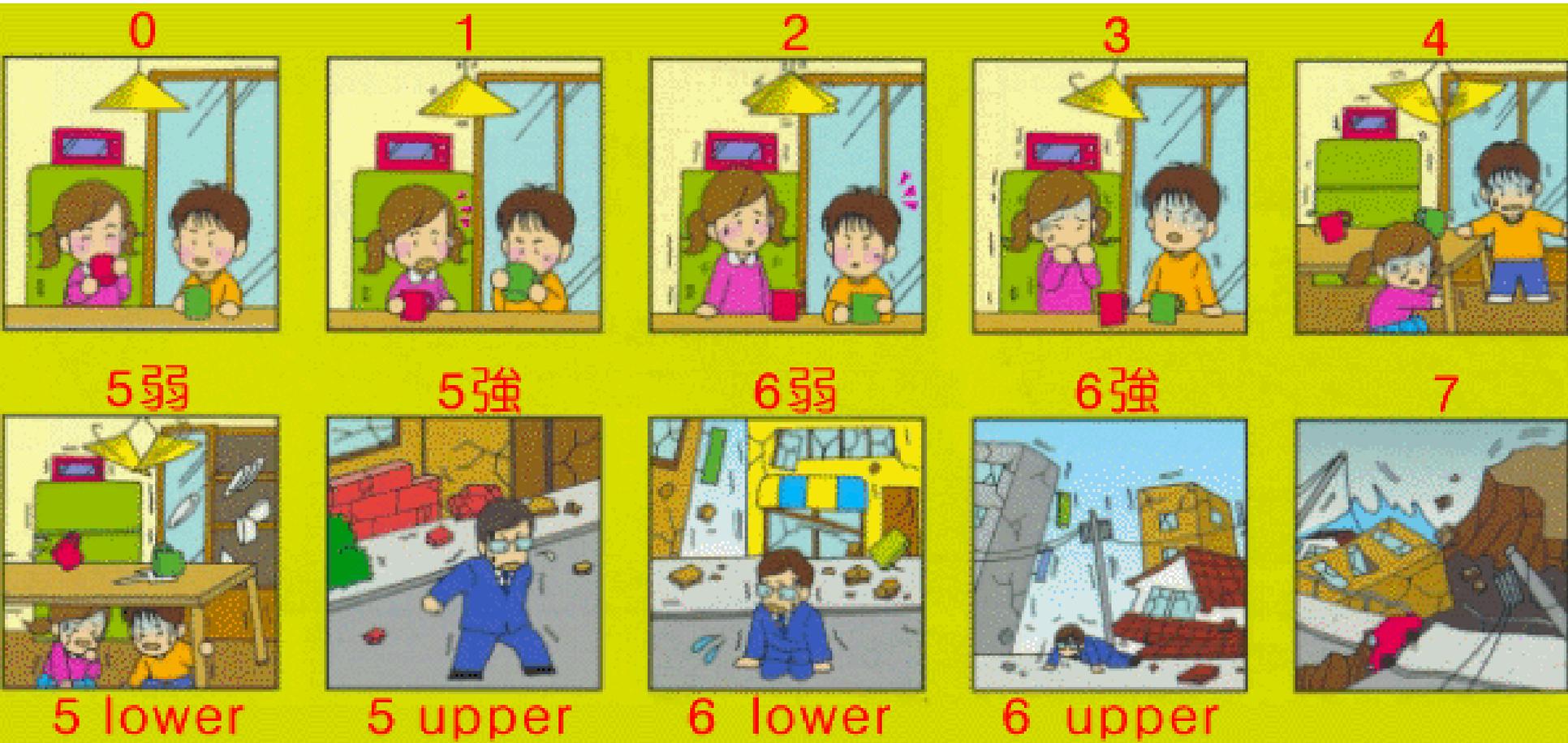
- 断層面直上の海底・海面は隆起，陸側では沈降.
- 海面にできた凹凸が津波となって広がる(波長が長い).
- 方向によっては“押し波”が最初に襲うこともあることに注意.

# 津波の伝播と特徴

- 普通の波よりもはるかに周期が長く、数分から一時間以上になることがある。
- 波というよりは流れとなって押し寄せてくる。
- 津波は海が浅くなると速度が遅くなり、高さが増す。  
(後ろの波が追いついてくるため)



# 震度



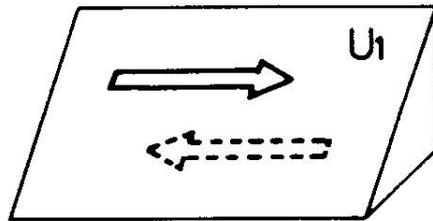
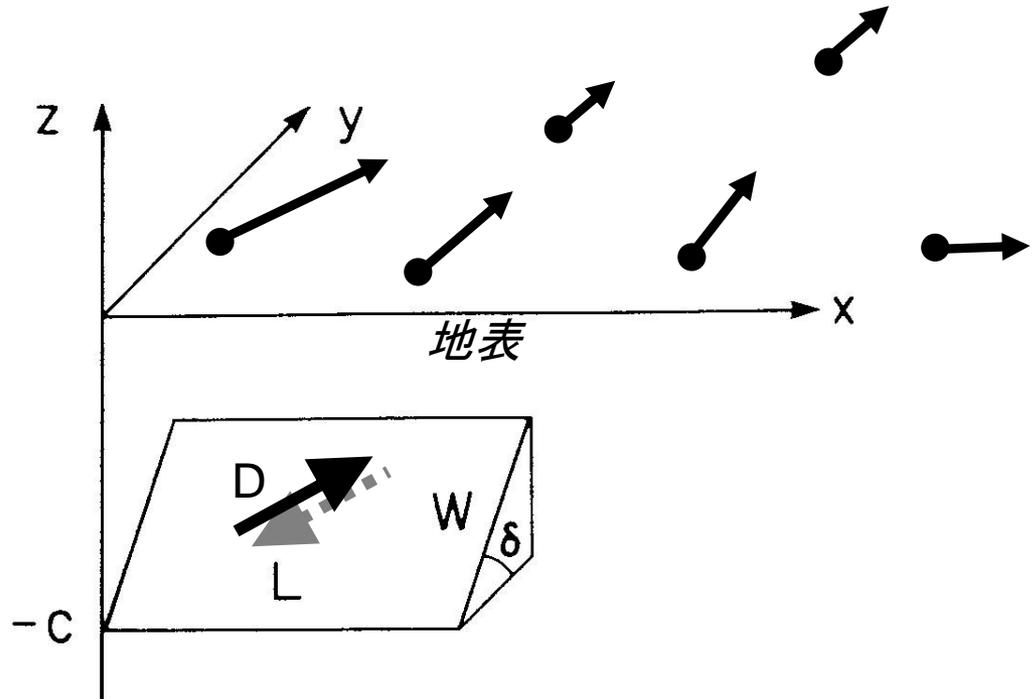
- 震度  $\div$  地震の大きさ  $\times$  地盤増幅率  $\div$  地震からの距離
- 大きな被害は「震度6弱」以上で発生する

# 地下の地震断層の表し方

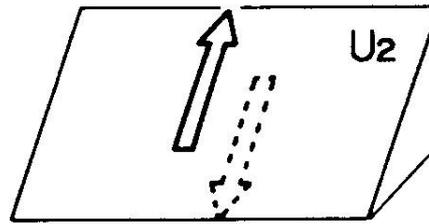
地表での地震動や地殻変動から断層の幅(W), 長さ(L), ずれの量(D)などを推定する→マグニチュードがわかる

◆ 地震モーメント  
 $M_0 = \mu LWD$  (Nm)  
 (  $\mu$ : 地殻の剛性率)

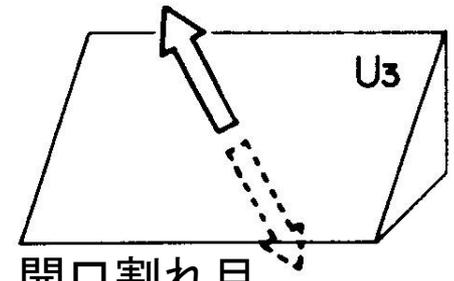
◆ モーメント・マグニチュード  
 $M_w = (\log M_0 - 16.1) / 1.5$



横ずれ



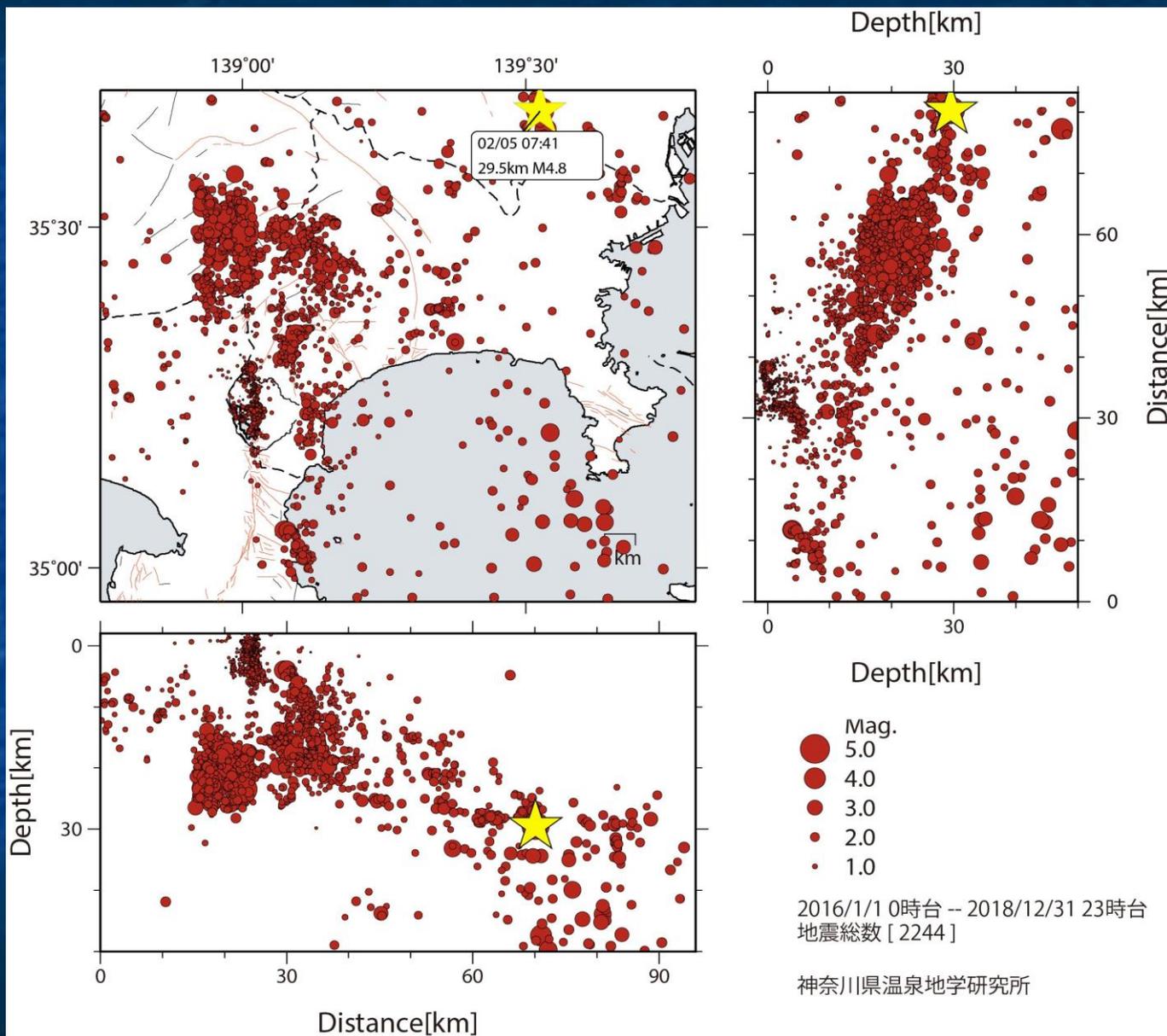
縦ずれ



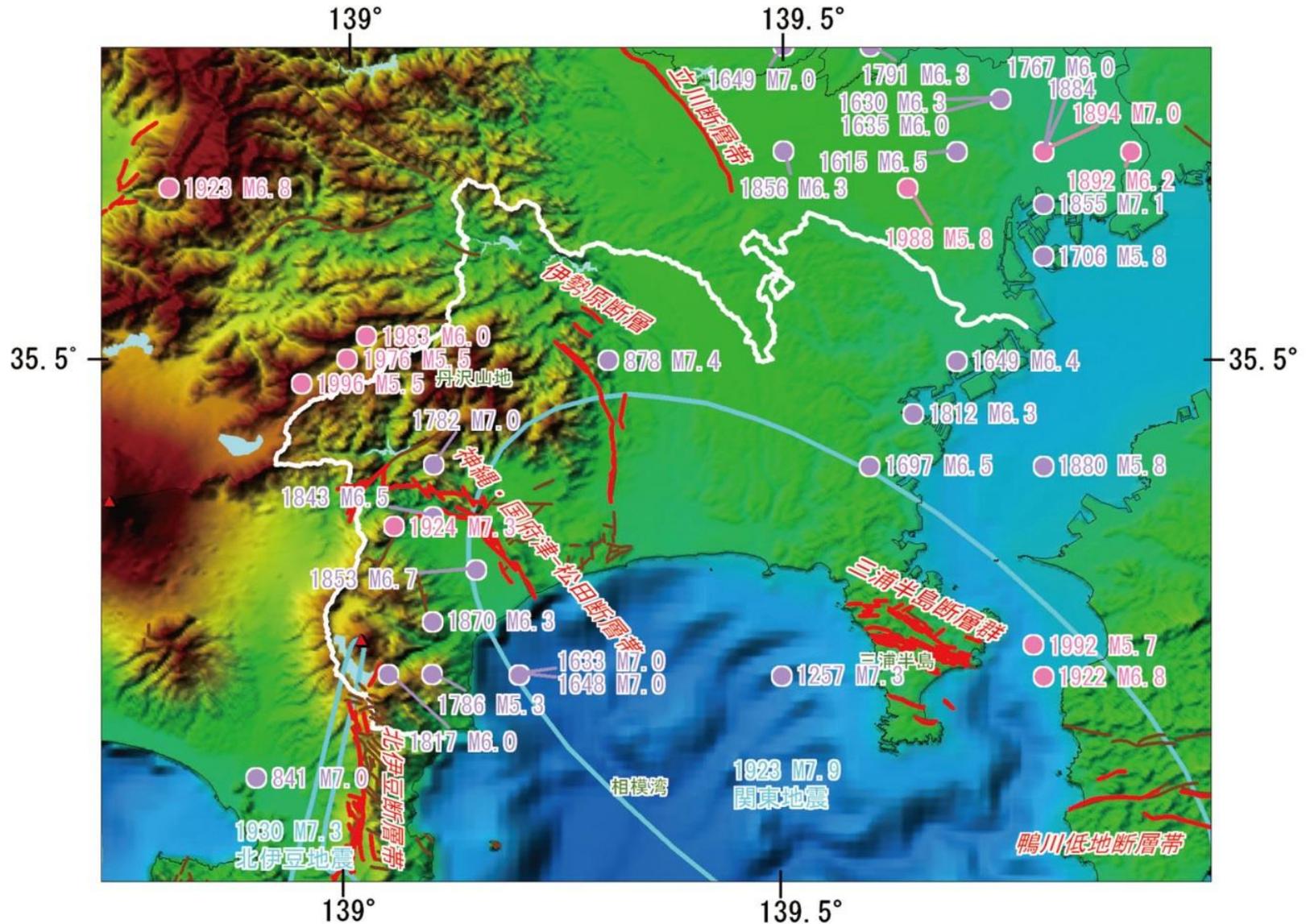
開口割れ目

- 地震と津波の基礎
- 湘南地方を襲う地震と津波
  - 1923年大正関東地震
  - 首都直下地震(神奈川県西部地震)
  - 南海トラフ地震

# 神奈川県及び周辺の最近の地震活動



# 神奈川の活断層と被害地震



# 相模湾沿岸に津波を起こす地震は？

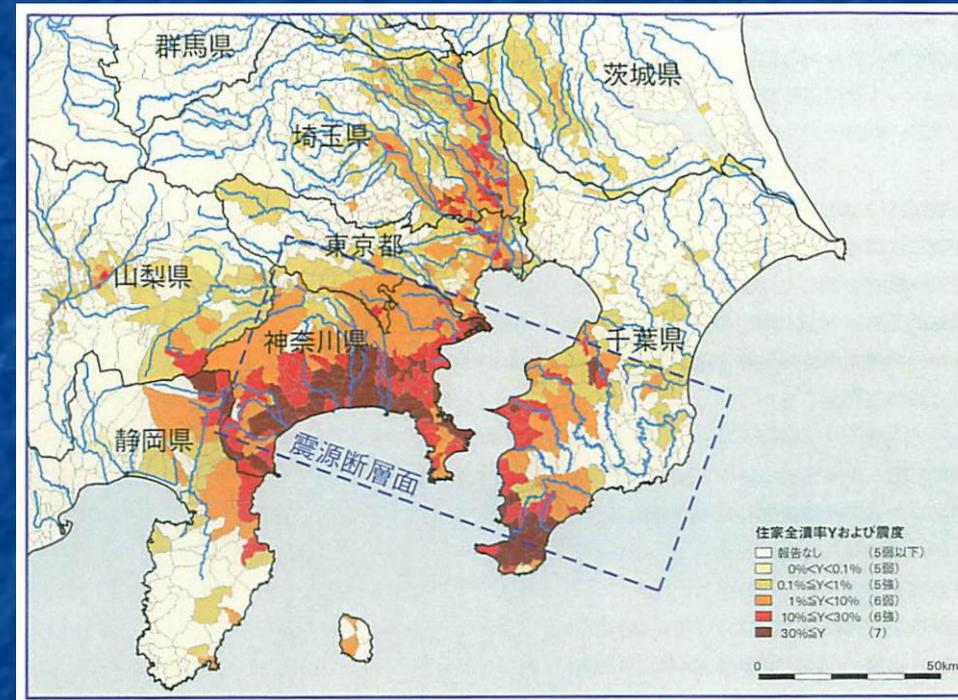
- 相模トラフ地震(1923年関東地震と1703年元禄地震): 南関東に大きな地震・津波被害をもたらし、地震後すぐに津波が来る。
- 南海トラフ地震(東海～東南海～南海): 津波到達までは30分程度は時間がかかる。
- 遠地地震(南米やアラスカで起こる地震): 津波到達には1日くらいかかる
- 内陸の断層による地震では津波は起こさない。

- 地震と津波の基礎
- 湘南地方を襲う地震と津波
  - 1923年大正関東地震
  - 首都直下地震(神奈川県西部地震)
  - 南海トラフ地震

# 大正12年(1923年)9月1日関東地震

- 相模湾を震源とするM7.9のプレート境界型地震(&直下型地震)
- 東京を中心に10万人以上の死者(多くが火災による)
- 地震動(揺れ)による被害は神奈川県が大.
- 相模湾沿岸には8mを超える津波が襲来

推定震度分布



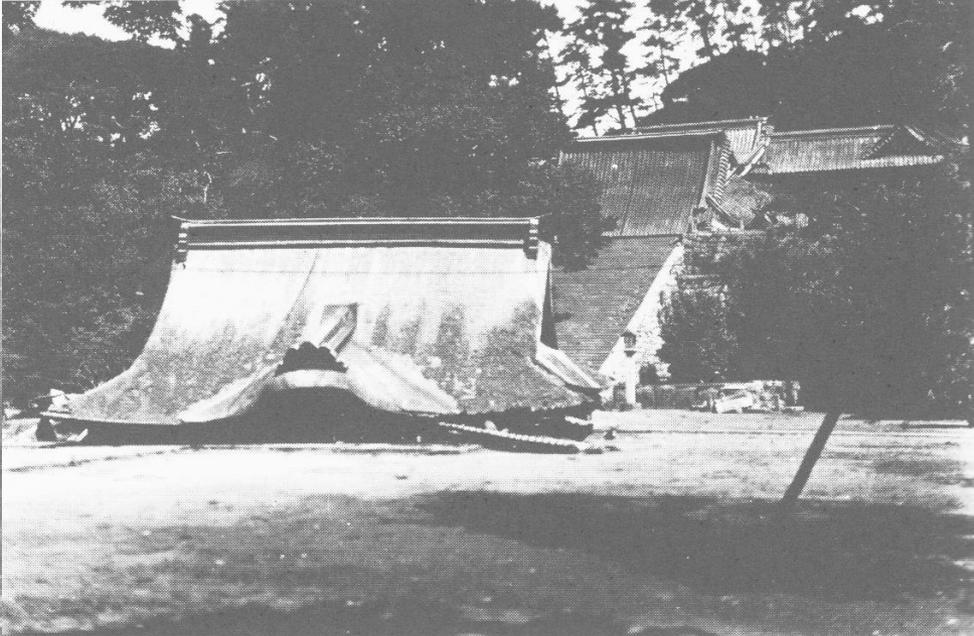
相模湾沿岸は全域が震度7だった

# 関東地震による住家被害棟数・死者数

府県	住家被害棟数				死者数(行方不明者を含む)			
	全潰	半潰	その他	合計	住家全潰	火災	その他	合計
神奈川県	63577	54035	35909	125577	5795	25201	1842	32838
東京府	24469	29525	176507	205580	3546	66521	320	70387
その他	21667	19213	1238	41502	1745	59	356	2160
合計	109713	102773	213654	372659	11086	91781	2518	105385



建長寺山門(NAMAZUの会【編】 新編「鎌倉震災誌」より)



鶴岡八幡宮(同左)



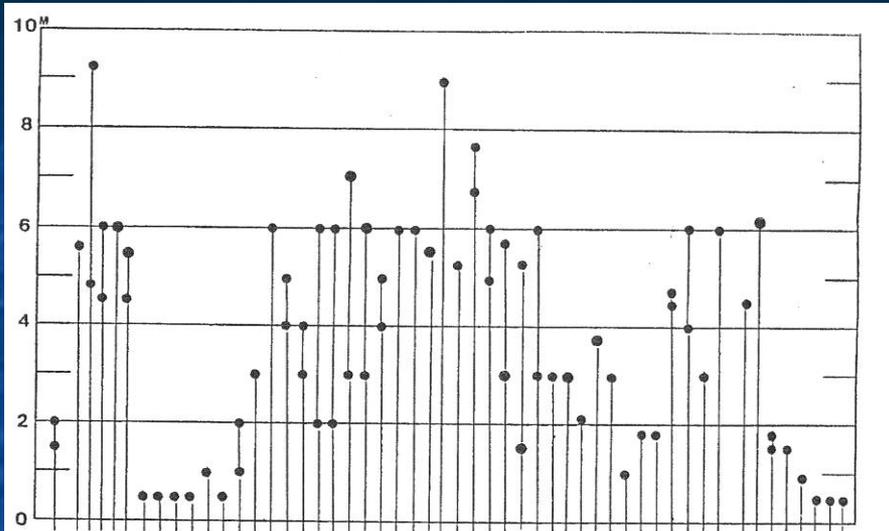
壊崩ノ寺行遊澤藤 圖一十二第



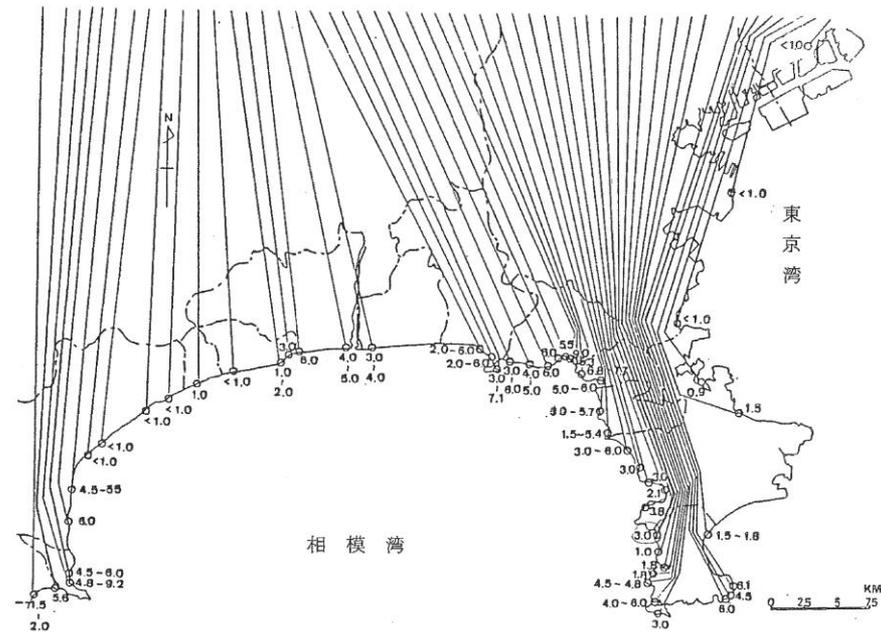
柱橋舊タレハ現リヨ中地メタノ震地テ於ニ方西驛崎ケ茅 乙

(震災予防調査会報告第100号, 1925)

# 関東地震による相模湾沿岸の津波の高さ

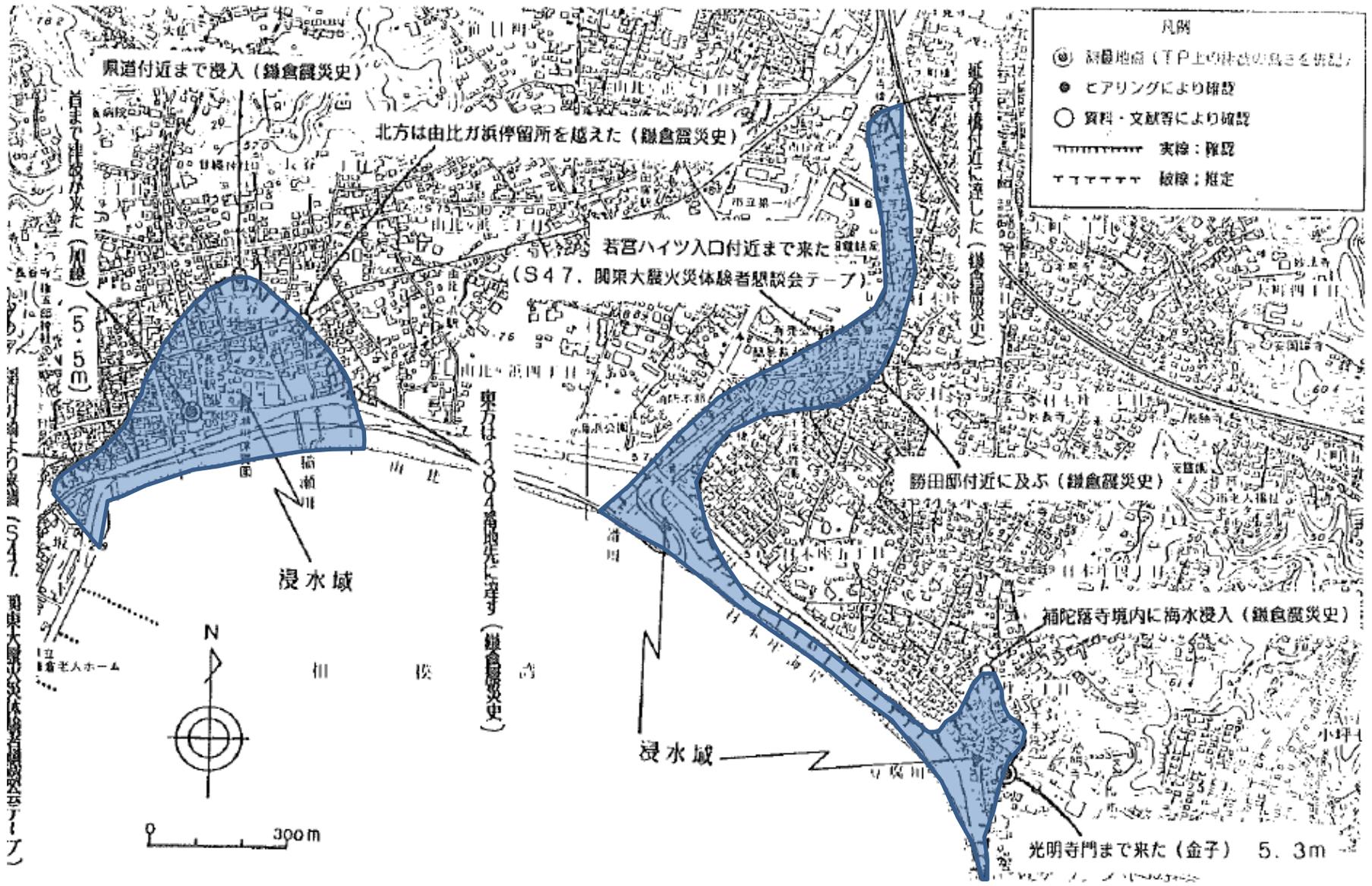


吉福真 江米早本小国山国大東花千柳鶴片江腰七稻坂長由材小新堀下秋芦佐長長和三小油諸三城剣 間大上堀横金本直  
 岩ノ 八府 水石 ノ里村ノ比木 山 網ヶ 官須  
 浜浦鶴 浦神川崎津西府磯町川河島沼瀬島越ヶヶ下谷座坪官内口谷名島坂井田戸代壺磯崎島崎 口浦田内敷沢牧浜



(神奈川県地震被害想定調査報告書(津波水害), 1985, 痕跡調査結果表より)

# 1923年関東地震津波による材木座・由比ガ浜の浸水域



(神奈川県地震被害想定調査報告書(津波水害), 1985)

# 関東地震(海溝型巨大地震)の再来は？

## 主な海溝型地震の評価結果

(2019年1月1日起点)

相模トラフ沿いのM8クラスの地震

地震の規模 : M7.9~M8.6

地震発生確率: ほぼ0%~6%

※30年以内の地震発生確率

プレートの沈み込みに伴うM7程度の地震

地震の規模 : M6.7~M7.3

地震発生確率: 70%程度



相模トラフ(M8クラス)

M7.9~M8.6程度 IIランク

その他の南関東の地震

M6.7~M7.3程度 IIIランク

### 凡例

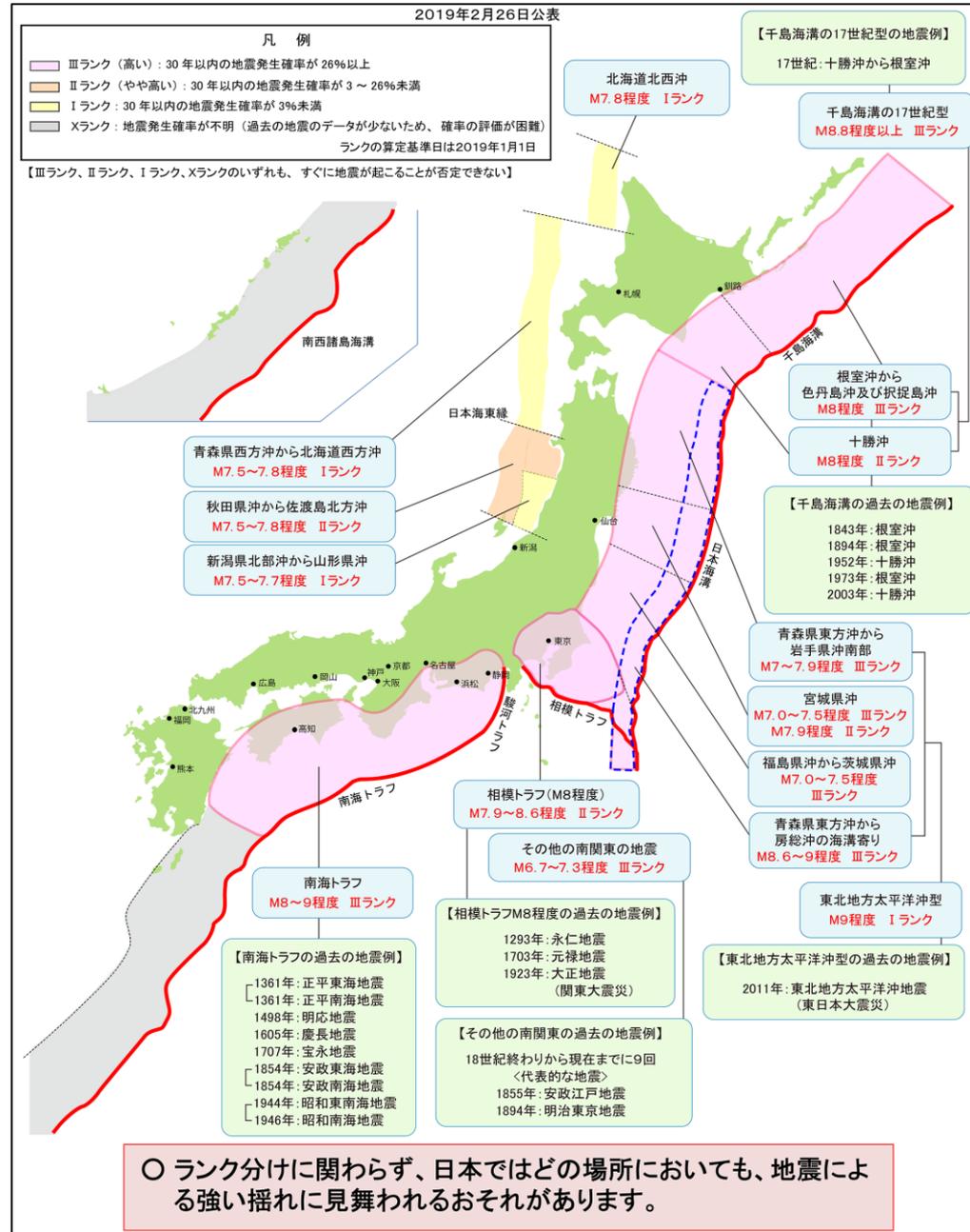
IIIランク (高い) : 30年以内の地震発生確率が26%以上

IIランク (やや高い) : 30年以内の地震発生確率が3~26%未満

Iランク : 30年以内の地震発生確率が3%未満

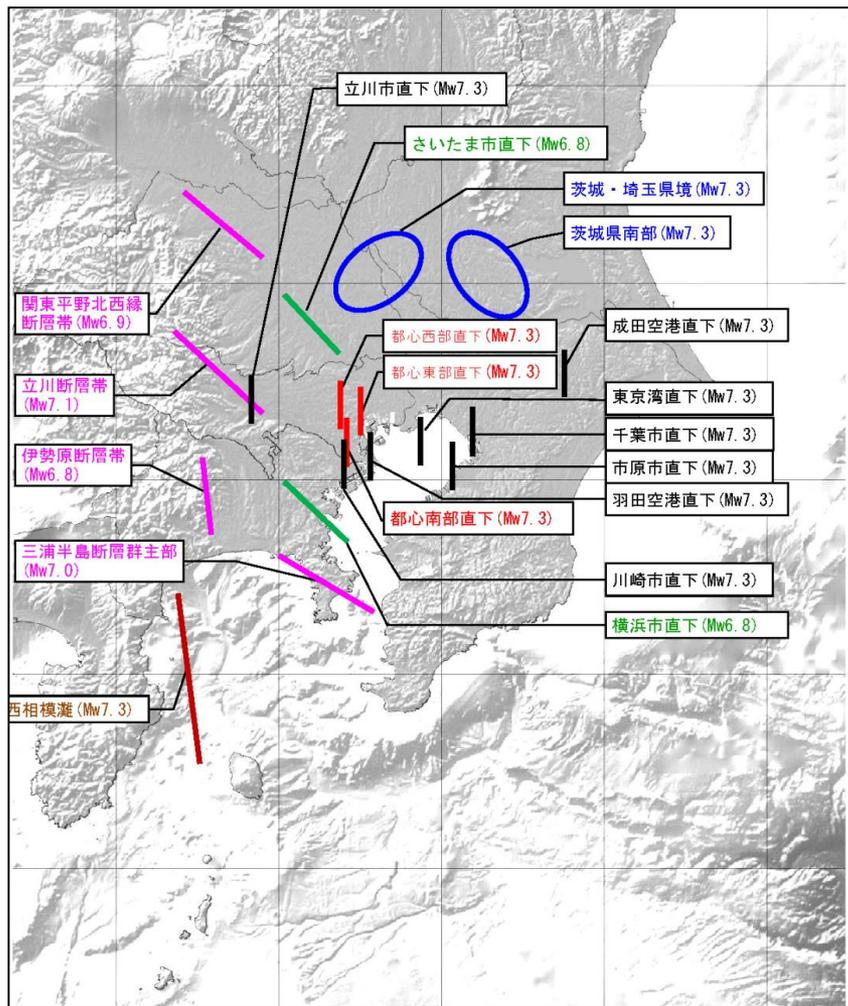
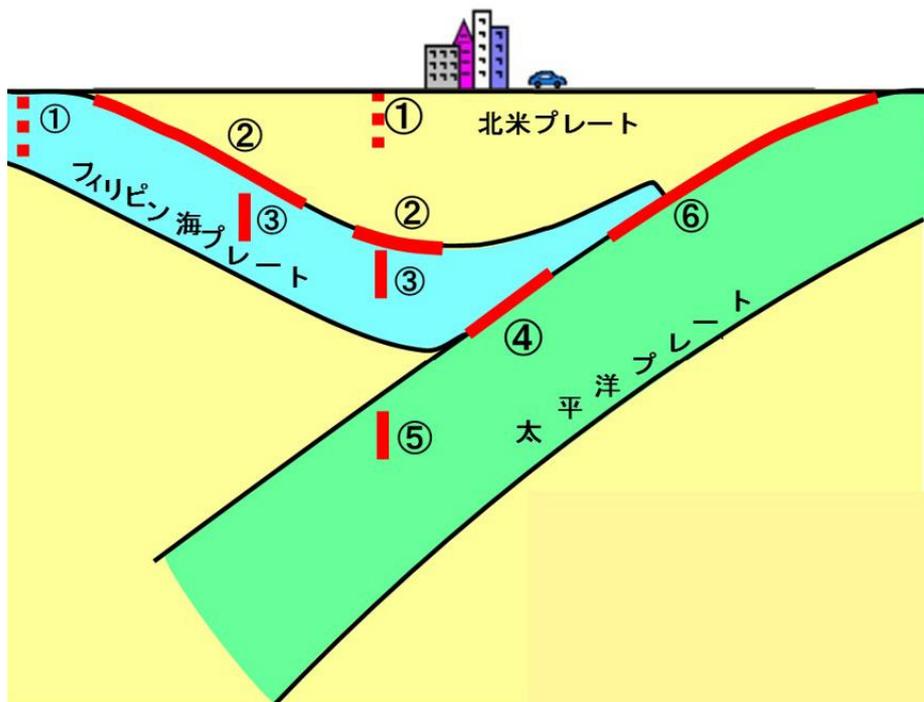
Xランク : 地震発生確率が不明 (過去の地震のデータが少ないため、確率の評価が困難)

【IIIランク、IIランク、Iランク、Xランクのいずれも、すぐに地震が起こることが否定できない】



- 地震と津波の基礎
- 湘南地方を襲う地震と津波
  - 1923年大正関東地震
  - 首都直下地震(神奈川県西部地震)
  - 南海トラフ地震

# “首都直下地震”はどこで起こる？

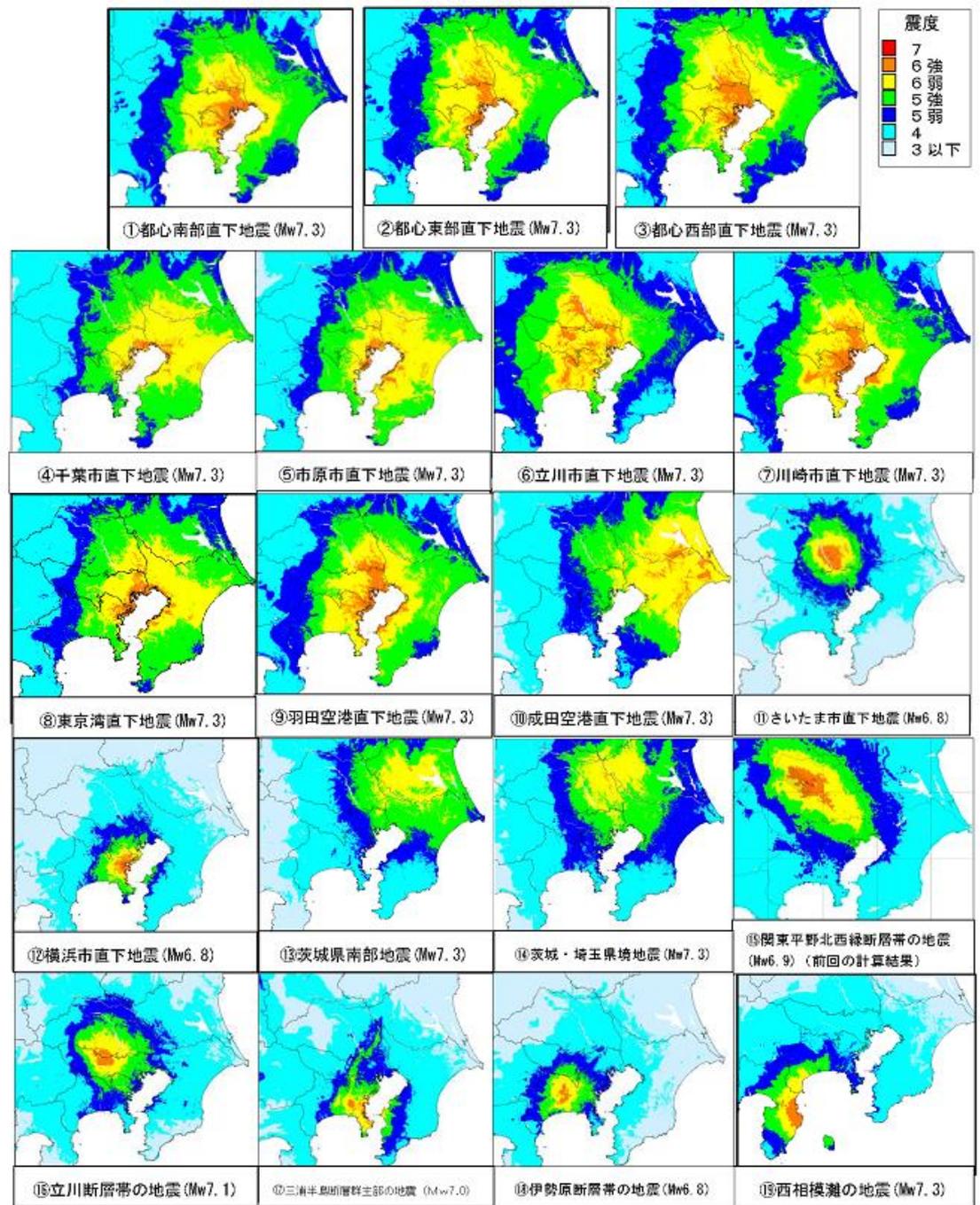


- 凡例
- ・ 都区部のフィリピン海プレート内の地震
  - ・ 都心部周辺のフィリピン海プレート内の地震
  - 北米プレートとフィリピン海プレートの境界地震
  - ・ 地表断層が不明瞭な地殻内の地震
  - ・ 活断層の地震（地表断層が明瞭な地殻内の地震）
  - ・ 西相模灘の地震

- 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
- ③フィリピン海プレート内部の地震
- 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

(中央防災会議, 2013)

# 首都直下の M7クラスの 地震の震度 分布



(中央防災会議, 2013)

図 10 首都直下の M7 クラスの地震の震度分布 (19 地震)



# 国の防災基本計画と自治体の地域防災計画

防 災 基 本 計 画

平成30年6月

中央防災会議

内閣府：  
中央防災会議

国：防災基本計画

都道府県：地域防災計画

市町村：地域防災計画

神奈川県地域防災計画  
～地震災害対策計画～

平成29年2月  
神奈川県防災会議

神奈川県：  
神奈川県防災会議

# 神奈川県地震被害想定調査

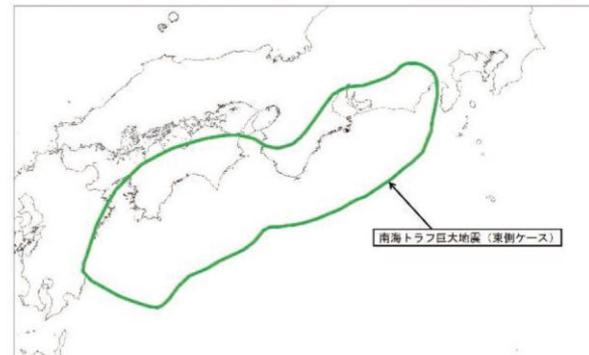
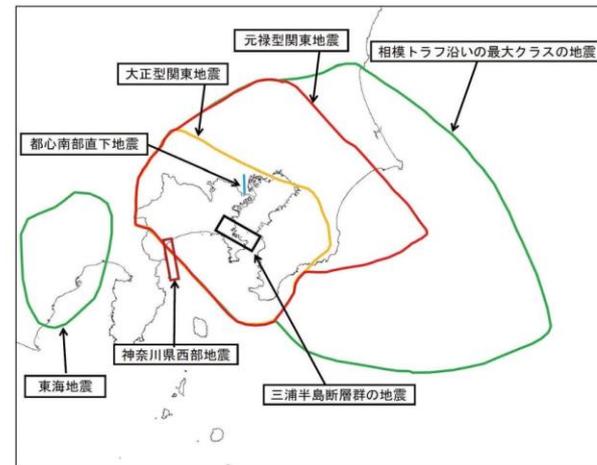
(平成25-26年に実施)

## 想定地震

- (1) 都心南部直下地震(Mw7.3)
- (2) 三浦半島断層群の地震(Mw7.0)
- (3) 神奈川県西部地震(Mw6.7)
- (4) 東海地震(Mw8.0)
- (5) 南海トラフ巨大地震(Mw9.0)
- (6) 大正型関東地震(Mw8.2)

以下は参考地震(発生確率が極めて低く、超長期的対応)

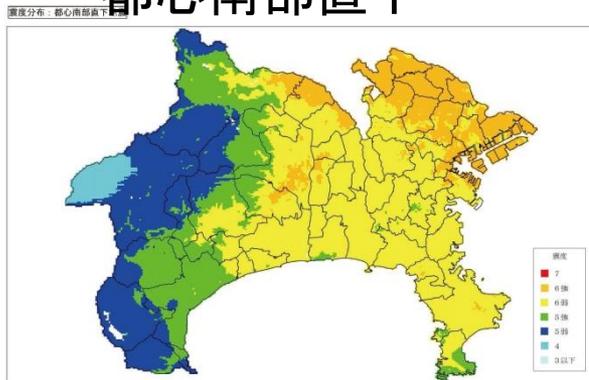
- (7) 元禄型関東地震(Mw8.5)
- (8) 相模トラフ沿いの最大クラスの地震(Mw8.7)
- (9) 慶長型地震(Mw8.5) (津波のみ)
- (10) 明応型地震(Mw8.4) (津波のみ)
- (11) 元禄型関東地震と国府津-松田断層帯の連動地震(Mw8.3) (津波のみ)



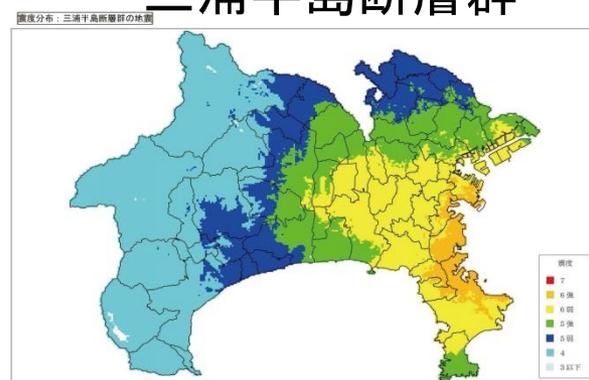
# 各種地震の 予想震度

(神奈川県地震  
被害想定 2015)

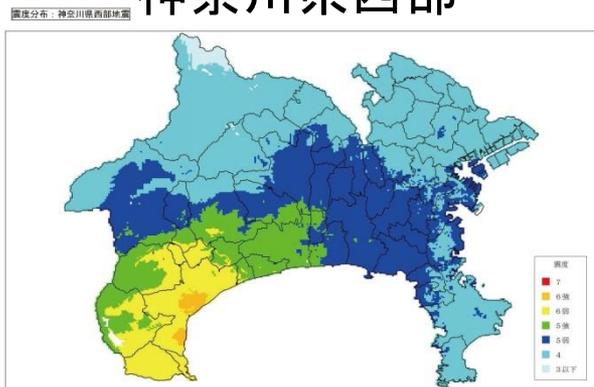
## 都心南部直下



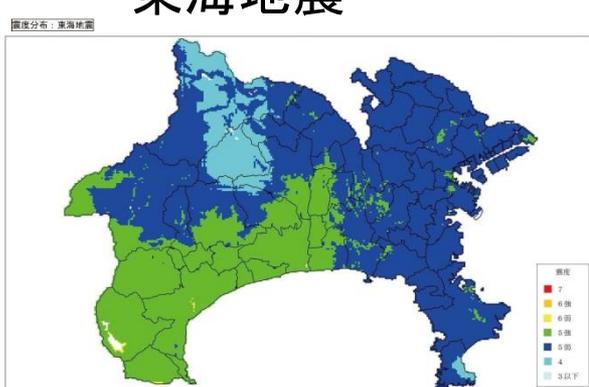
## 三浦半島断層群



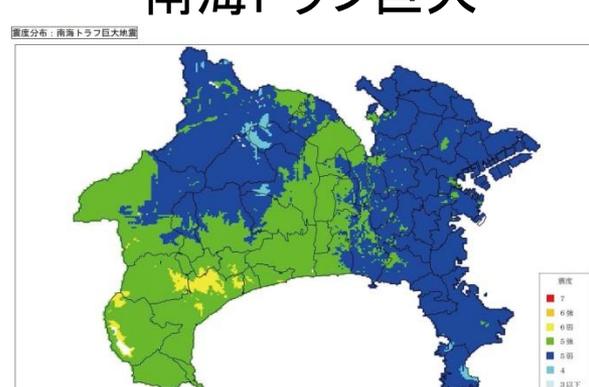
## 神奈川県西部



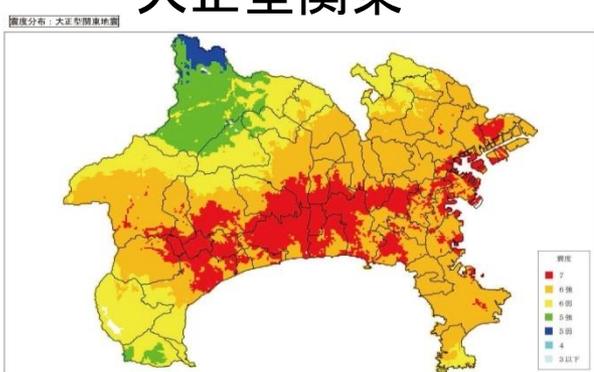
## 東海地震



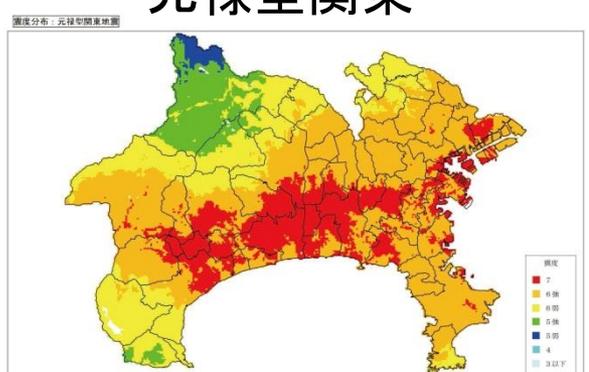
## 南海トラフ巨大



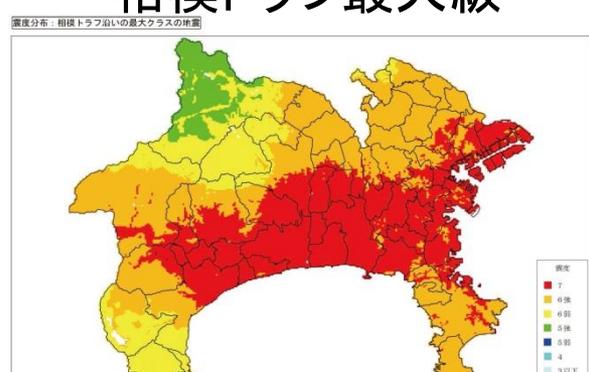
## 大正型関東



## 元禄型関東



## 相模トラフ最大級



# 「e-かなマップ」とは…

インターネットを通じて神奈川県内の地図情報を発信するサイトです。

↓ご覧になりたい情報マップをクリックすると、検索トップページに遷移します。

## お知らせ

- 2015-7-2  
地震災害危険度マップを公開しました。
- 2015-7-2  
地震被害想定調査結果マップを更新しました。
- 2015-3-31  
大規模盛土造成地マップを公開し

マップ選択



閉じる

マップ選択



閉じる



**文化**  
文化に関する情報を検索できます。

地図検索



**産業**  
産業に関する情報を検索できます。

地図検索



**県土・まちづくり**  
県土・まちづくりに関する情報を検索できます。

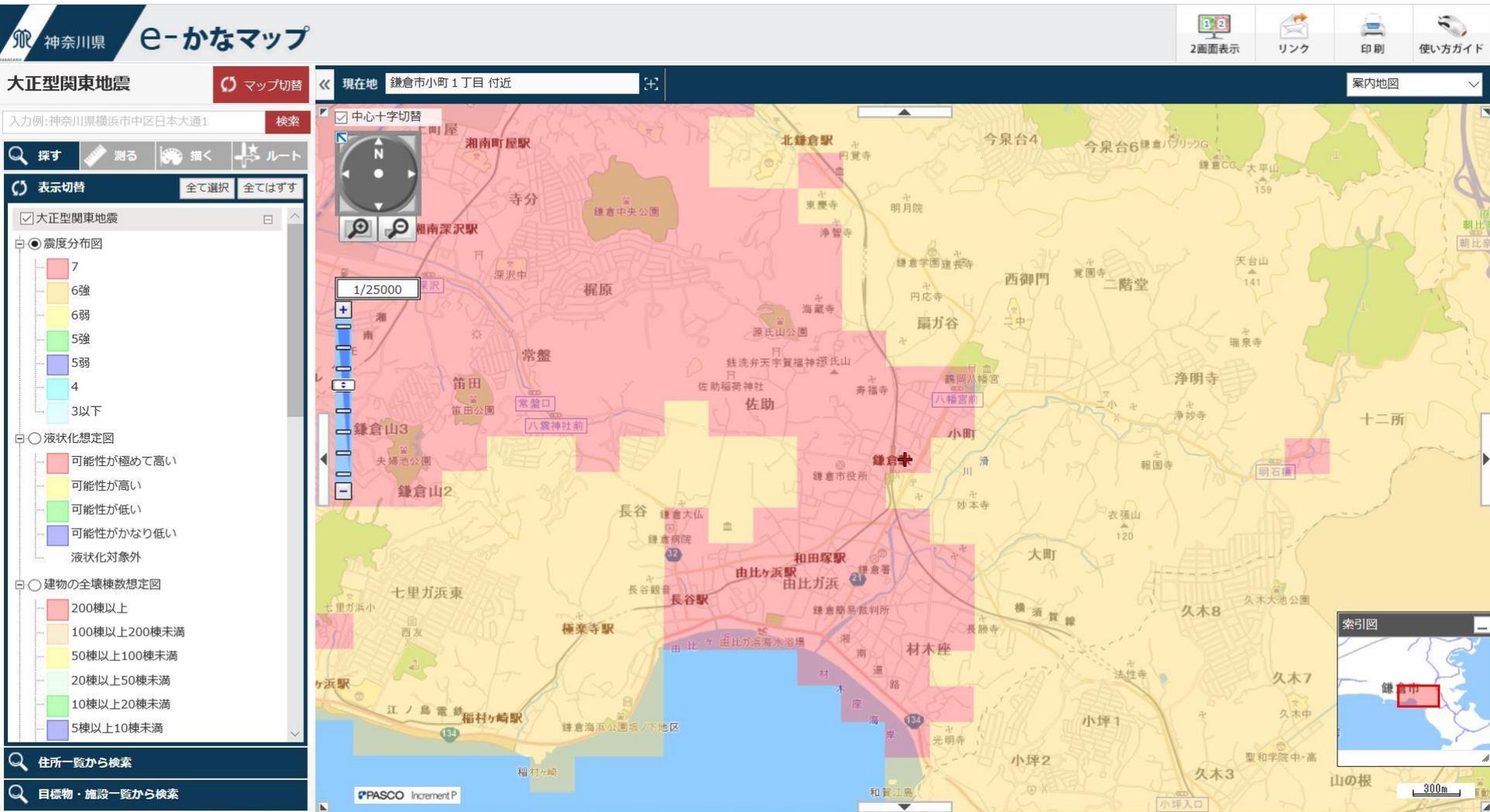
地図検索



QRコードをお読みください。  
(一部未対応の機種があります)

# e-かなマップ(地震被害想定調査結果の一例)

＜大正型関東地震による鎌倉付近の震度分布想定＞

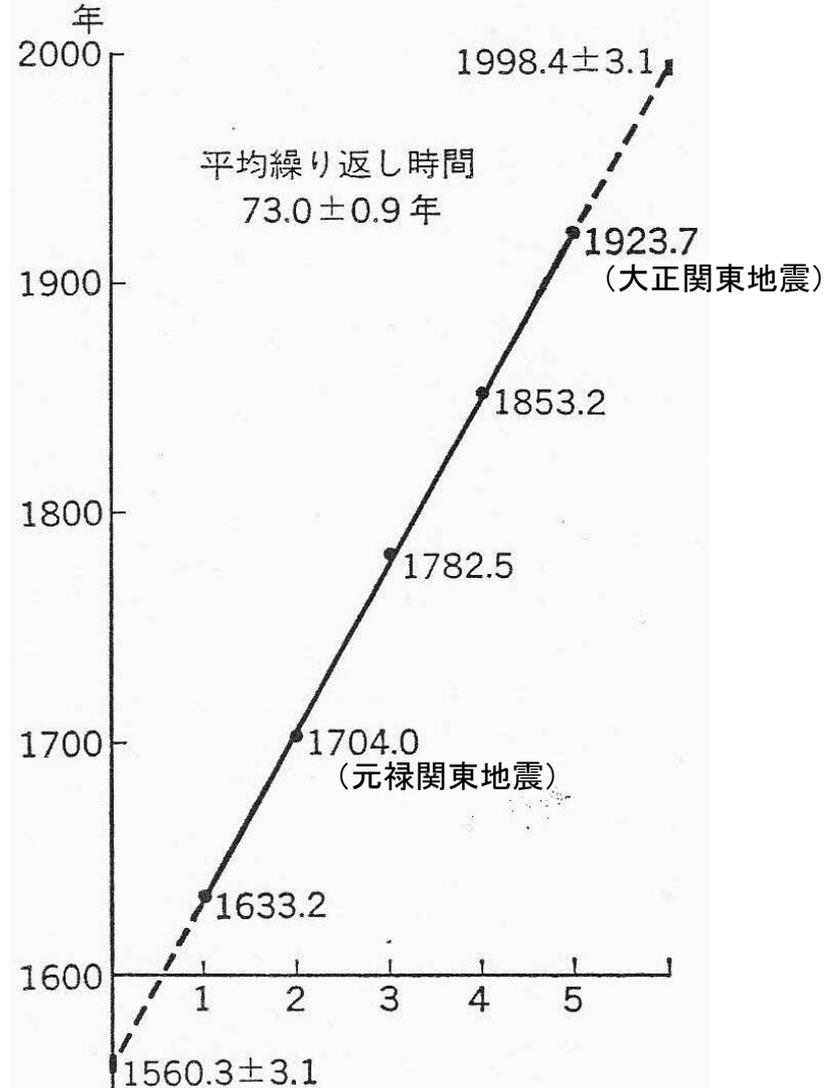
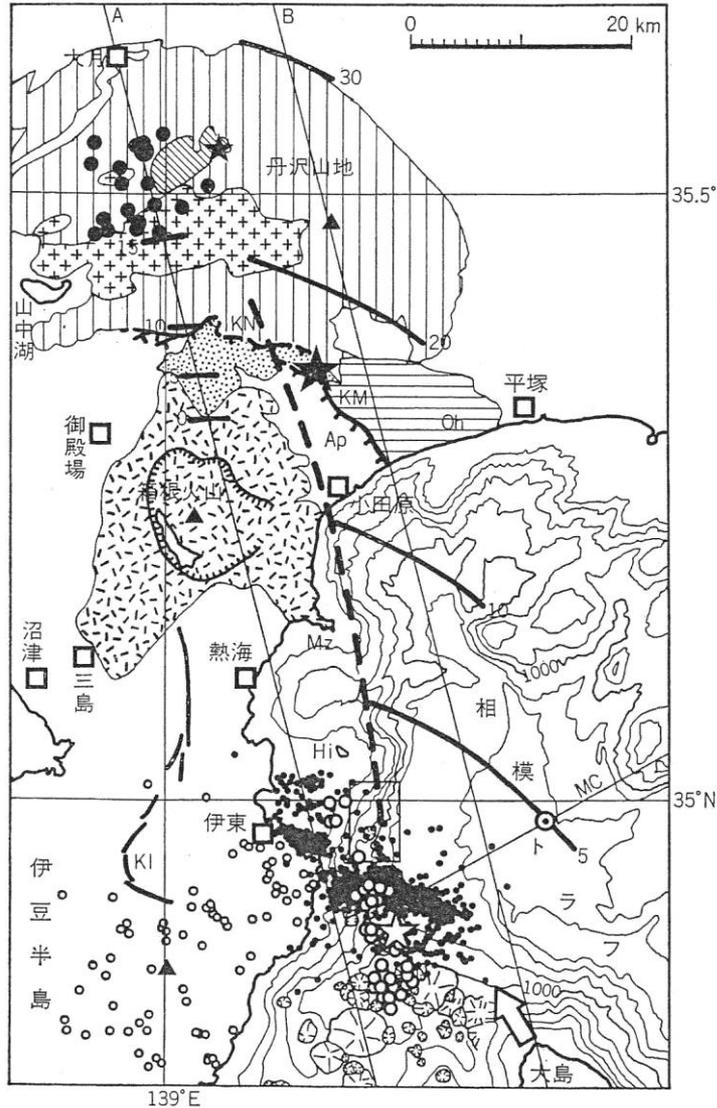


# 17世紀以降の小田原に被害を与えた地震

	西暦年月日	和暦年月日	M	記事
1	1633.3.1	寛永10.1.21	7.0	“寛永小田原地震”小田原で城倒壊, 家屋倒壊多数. 死者150~230余. (震度7) 箱根で山崩れ, 落石, 死者あり. (震度6)
2	1645.11.3	正保2.9.15		小田原で城廻り端端破損(震度5)
3	1647.6.16	正保4.5.14	6.5	小田原で城内の石垣崩れ, 家10間潰れ, 門扉40間ばかり倒れる. (震度5強) 江戸でも城の石垣など損壊, 大名屋敷などにも被害あり. (震度5)
4	1648.6.13	慶安1.4.22	7.0	“慶安小田原地震”小田原で城の石垣10間ばかり崩れ, 櫓・多門の瓦少し落ち, 塀損壊. 箱根で落石. (震度5) 江戸でも強く感じたが被害記事なし(震度4).
5	1703.12.31	元禄 16.11.23	7.9	“元禄関東地震”プレート境界型巨大地震. 南関東全域で大震災・大津波.
6	1782.8.23	天明2.7.15	7.0	“天明小田原地震”1~3時頃と19~20時頃の2度発生. 2度目のほうがやや大. 小田原で城の天守傾き, 櫓・石垣・人家約800損壊. (震度6)
7	1843.3.9	天保14.2.9	6.5	小田原の被害は真偽不明.
8	1853.3.11	嘉永6.2.2	6.7	“嘉永小田原地震”重大な被害は小田原城の北東側街区と足柄平野西部・北部の村々に集中. 20~100人の死者あり(震度6). 箱根・御殿場・真鶴(震度5).
9	1870.5.12	明治3.4.12	6.0~ 6.5	小田原城内で壁・塀・屋根瓦の破損かなり. 町田・江戸・塩山・馬籠などで有感.
10	1923.9.1	大正12.9.1	7.9	“大正関東地震”プレート境界型巨大地震. 南関東全域で大震災・大津波.
11	1990.8.5	平成2.8.5	5.1	箱根町で微少な構造物被害(震度5)
12	2007.10.1	平成19.10.1	4.9	“神奈川県西部の地震”箱根町にて、一部破損5棟(震度5強). 小田原市にて、軽傷者2名(震度5) (石橋(科学, 1988a)に加筆)

# 神奈川県西部地震

—石橋による仮説—



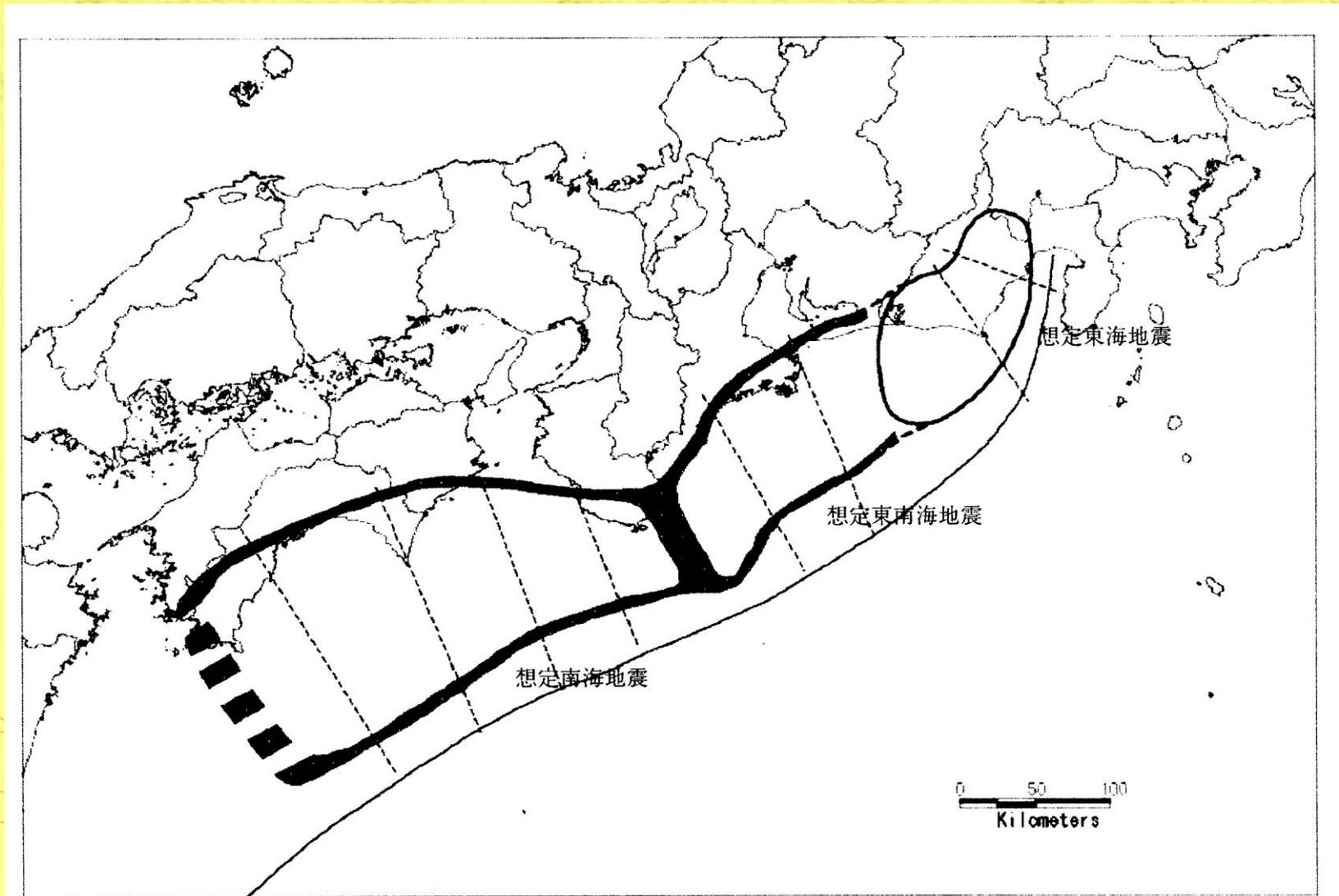
(石橋, 地学雑誌, 1993)

# “神奈川県西部地震”とは

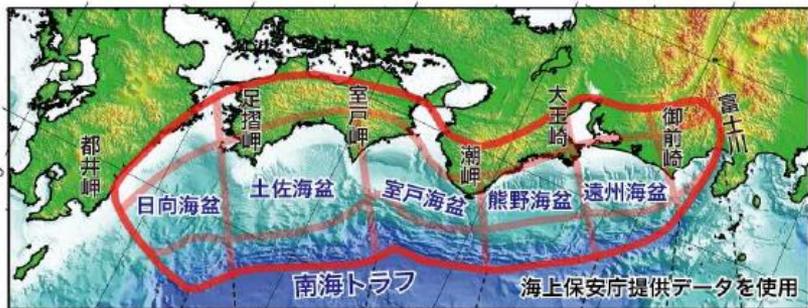
- 小田原を中心に神奈川県西部地域に大きな被害をもたらす地震.
- 西相模湾断裂の全部(一部)を破壊する地震(石橋による仮説). 震源域の断層は確認されていない
- 元禄・大正関東地震と同時に発生したことも仮説として考えられている.
- 単独の断層での繰り返しかどうかについては、まだ解明されていないが、**神奈川県西部では比較的短期間で被害地震が繰り返されていることは事実なので、注意を要する.**

- 地震と津波の基礎
- 湘南地方を襲う地震と津波
  - 1923年大正関東地震
  - 首都直下地震(神奈川県西部地震)
  - 南海トラフ地震

# 南海地震・東南海地震・東海地震 まとめて「南海トラフ地震」と呼ぶ

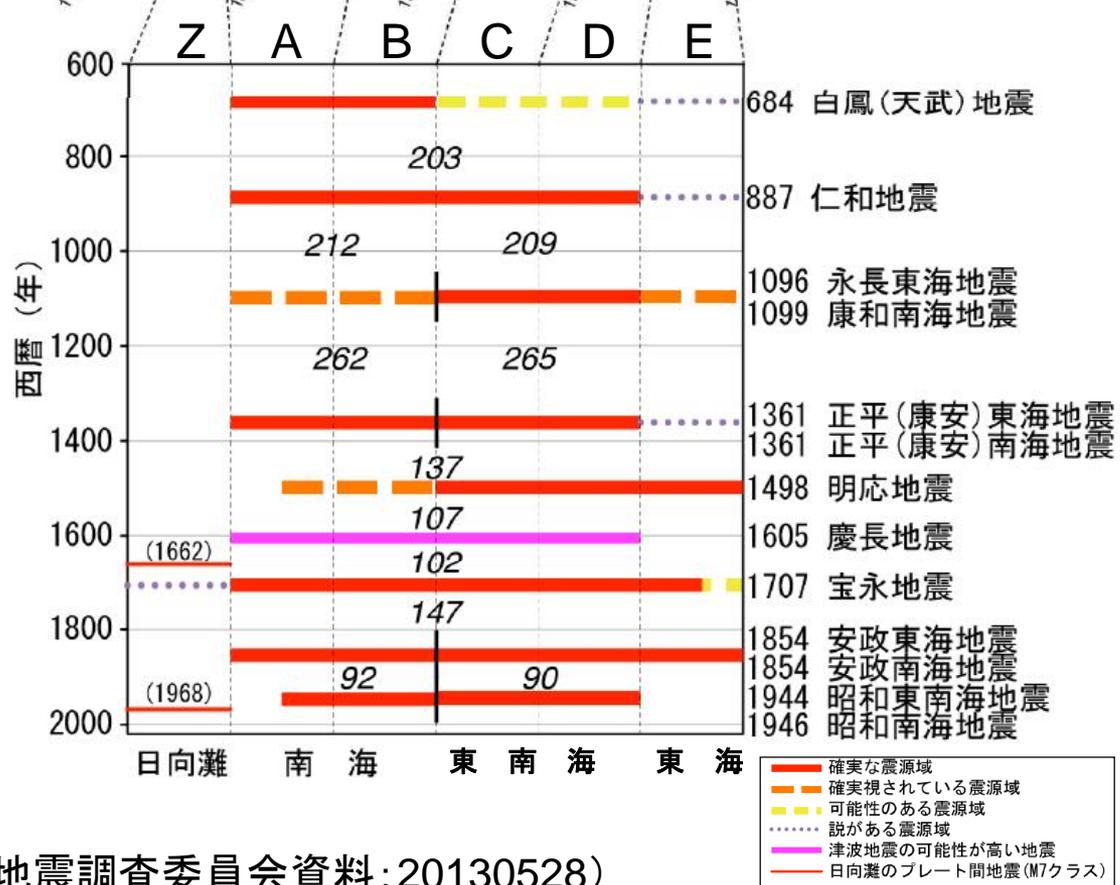


# 南海トラフで過去に起きた大地震の震源域の時空間分布



発生確率予測  
 10年以内: 30%程度  
 30年以内: 70-80%  
 50年以内: 90%程度or以上  
 地震後経過率: 0.83

(2019年1月1日基準)

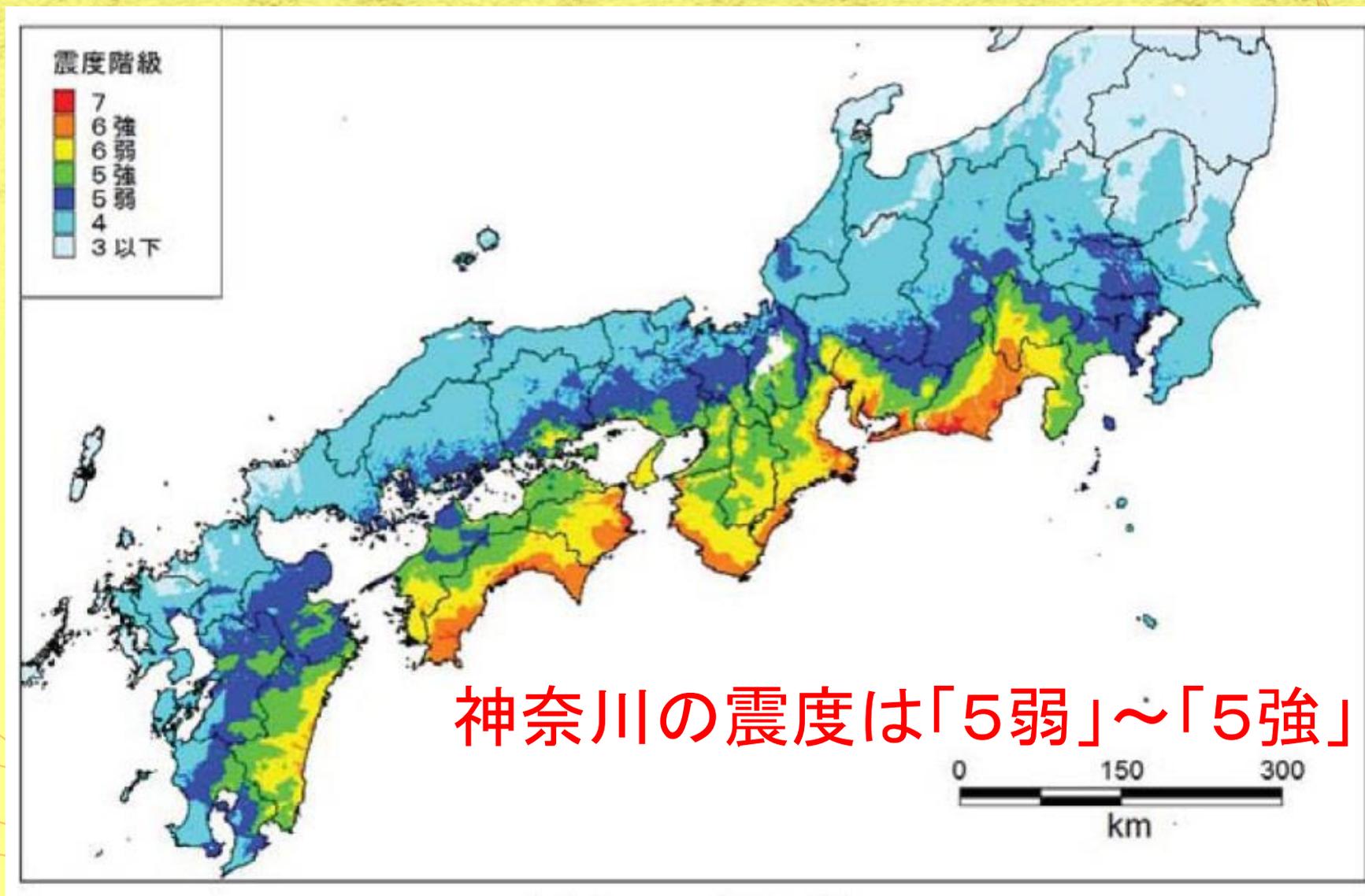


## 想定される震源域の例

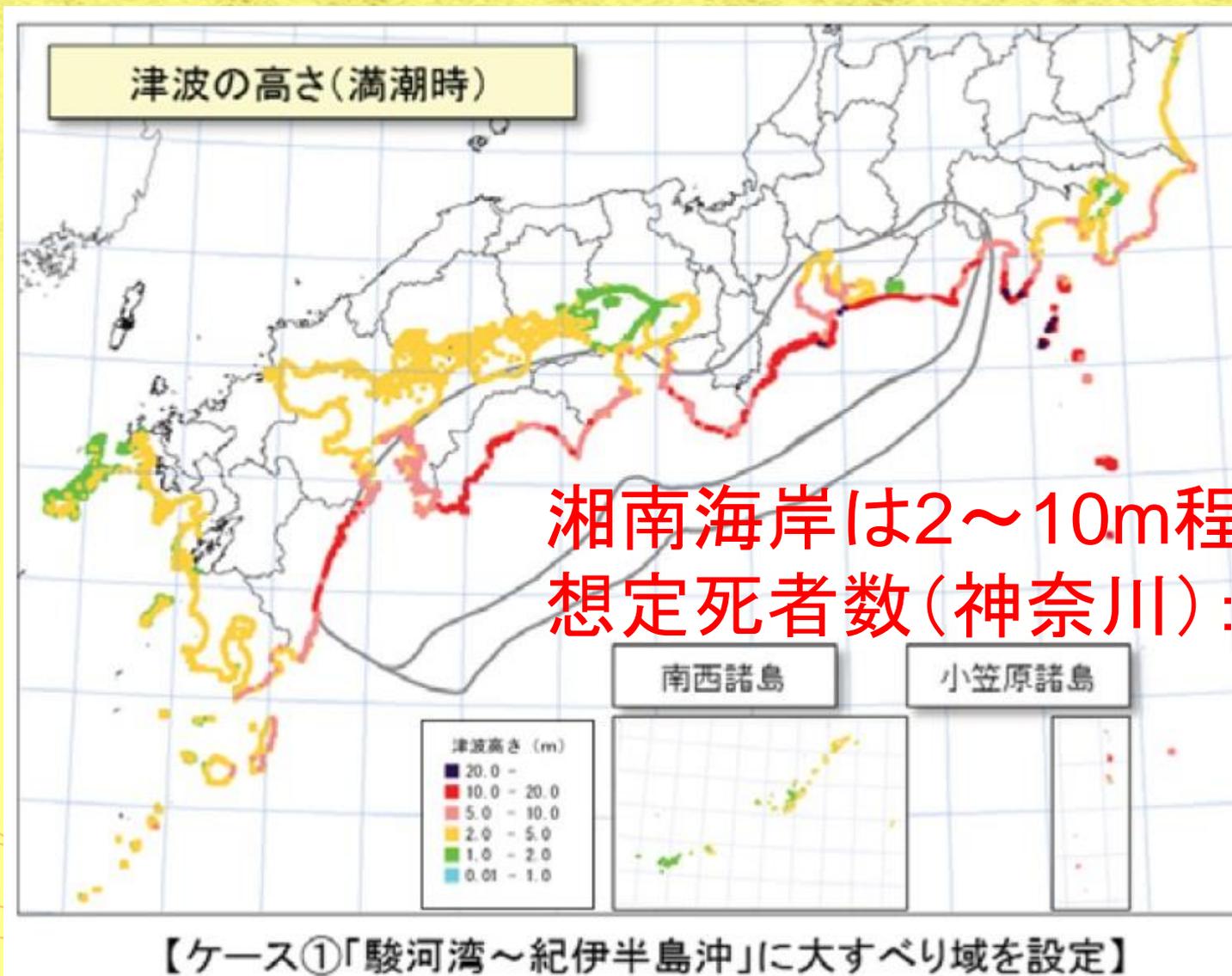
深さ	想定震源域					スケーリング間から推定されるMw	
	Z	A	B	C	D		E
浅部							8.8
中部							
深部							
浅部							9.0 <sup>1</sup>
中部							
深部							
浅部							9.0
中部							
深部							
浅部							9.1 <sup>2</sup>
中部							
深部							
浅部							8.7
中部							
深部							
浅部							8.9
中部							
深部							
浅部							8.8
中部							
深部							
浅部							9.0
中部							
深部							
浅部							8.7
中部							
深部							
浅部							8.9
中部							
深部							
浅部							8.4
中部							
深部							
浅部							8.7, 8.3
中部							
深部							
浅部							8.5, 8.3
中部							
深部							
浅部							8.7, 8.2
中部							
深部							
浅部							8.5, 8.2
中部							
深部							

(地震調査委員会資料:20130528)

# 南海トラフ地震による予想震度分布図



# 南海トラフ地震による津波の高さ



# 「南海トラフ地震」をめぐる最近の考え方

1) 現在の科学的知見からは、確度の高い地震の予測(地震予知)は難しい。

- プレート間すべりなどが検知された場合には、地震発生の可能性が相対的に高まっていることは言えるかもしれない。→「不確実性」の導入
- 「予知」から「予測」へ(“東海地震”は予知できるとされていた)。

2) 南海トラフ沿いで観測される可能性が高く、かつ大規模地震につながる事例として、3つのケースを取り上げ、現象が観測された場合の検討を行う。

- 南海トラフの東側だけで大規模地震が発生(半割れ)
- M8-9クラスの大規模地震に比べて一回り小さい規模(M7クラス)の地震が発生(一部割れ)
- 東海地震の判定基準とされるようなプレート境界面でのゆっくりすべりが発生

# 防災対応を取るべきケース

○M6.8程度以上の地震が発生した場合やプレート境界面で通常とは異なるゆっくりすべり等が発生した場合、それらに対する調査を開始し、地震発生の可能性が相対的に高まっていると評価された際には、以下の3ケースに応じた防災対応を取る

## 半割れ(大規模地震 **M8.0 以上**)/被害甚大ケース

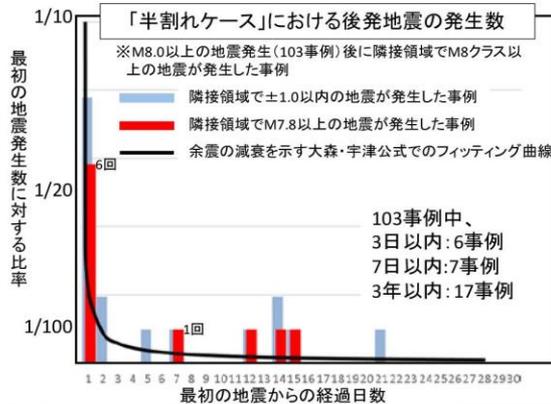
<評価基準>

- ・南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM8.0以上の地震が発生した場合

南海トラフ東側で大規模地震(M8クラス)が発生



西側は連動するの?



7日以内に発生する頻度は  
十数回に1回程度  
(7事例/103事例)

**通常の100倍程度の確率**

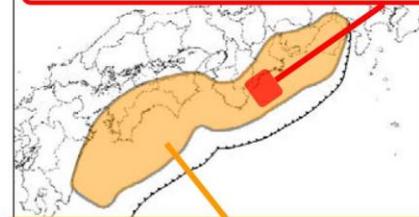
※通常  
「30年以内に70~80%」の確率を7日以内に換算すると千回に1回程度

## 一部割れ(前震可能性地震 **M7.0 以上** **8.0 未満**)/被害限定ケース

<評価基準>

- ・南海トラフの想定震源域及びその周辺においてM7.0以上の地震が発生した場合(半割れケースの場合を除く)

南海トラフで地震(M7クラス)が発生



南海トラフの大規模地震の前震か?

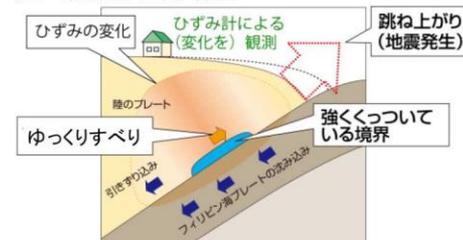
7日以内に発生する頻度は  
数百回に1回程度  
(6事例/1437事例)

**通常の数倍程度の確率**

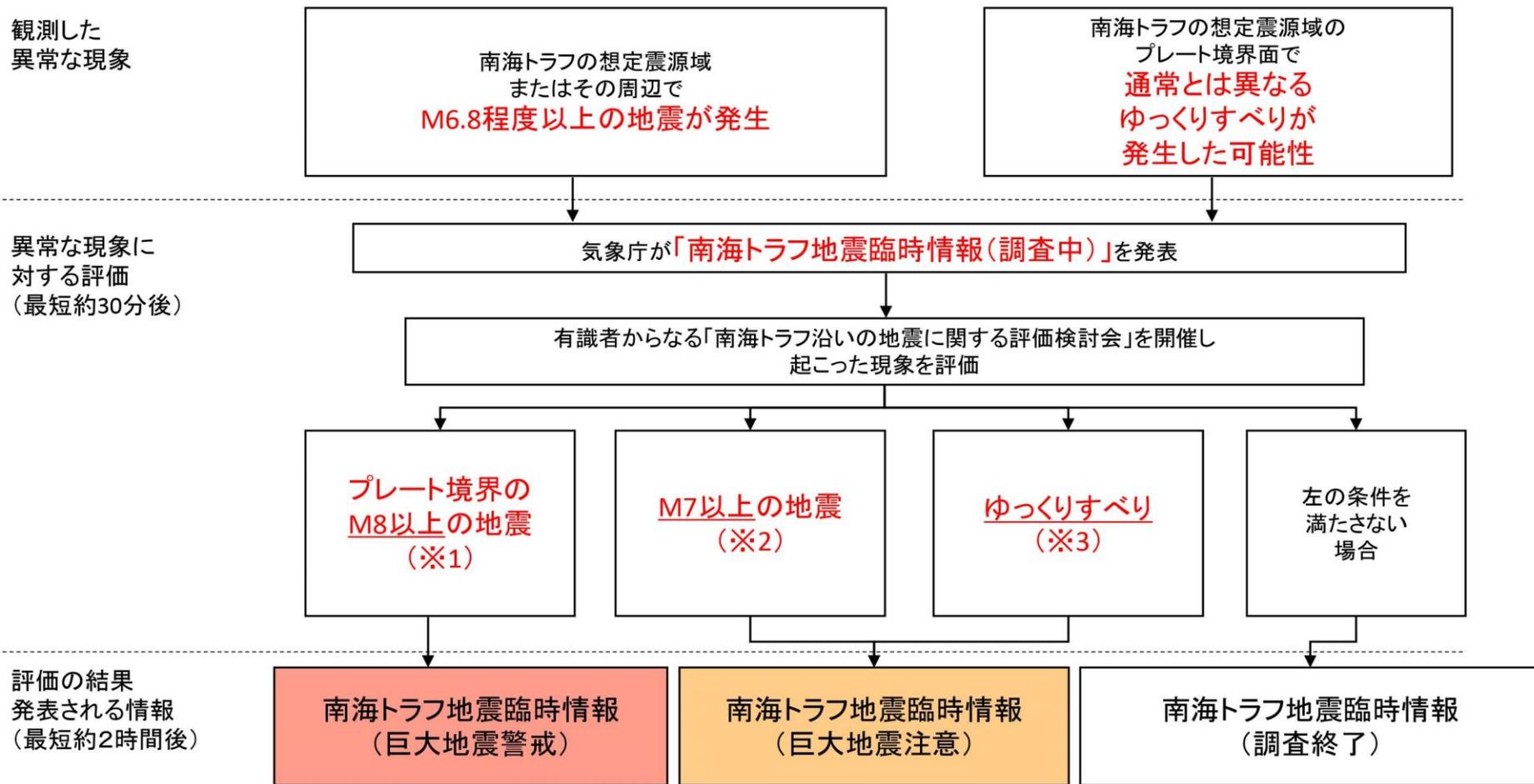
## ゆっくりすべり/被害なしケース

<評価基準>

- ・ひずみ計等で有意な変化として捉えられる、短い期間にプレート境界の固着状態が明らかに変化しているような通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合



# 異常な現象を観測した場合の情報発表までの流れ



※1 南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM8.0以上の地震が発生した場合(半割れケース)

※2 南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM7.0以上、M8.0未満の地震が発生した場合、または南海トラフの想定震源域内のプレート境界以外や想定震源域の海溝軸外側50km程度までの範囲でM7.0以上の地震が発生した場合(一部割れケース)

※3 ひずみ計等で有意な変化として捉えらえる、短い期間にプレート境界の固着状態が明らかに変化しているような通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合(ゆっくりすべりケース)

# 防災対応の流れ

	プレート境界のM8以上の地震※ <sup>1</sup>	M7以上の地震※ <sup>2</sup>	ゆっくりすべり※ <sup>3</sup>
発生直後 「ゆっくりすべりケース」 は検討が必要と認めら れた場合	● 個々の状況に応じて避難等の防災対応を準備・開始		● 個々の状況に応じて防災対応を 準備・開始
(最短) 2時間程度	<b>巨大地震警戒対応</b>  ● 日頃からの地震への備えを再確認する等 ● 地震発生後の避難では間に合わない可能性のある要配慮者は避難、それ以外の者は、避難の準備を整え、個々の状況等に応じて自主的に避難 ● 地震発生後の避難で明らかに避難が完了できない地域の住民は避難	<b>巨大地震注意対応</b>  ● 日頃からの地震への備えを再確認する等 (必要に応じて避難を自主的に実施)	<b>巨大地震注意対応</b>  ● 日頃からの地震への備えを再確認する等
1週間	<b>巨大地震注意対応</b>  ● 日頃からの地震への備えを再確認する等 (必要に応じて避難を自主的に実施)	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常的生活を行う	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常的生活を行う
2週間※ <sup>4</sup>	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常的生活を行う		
すべりが収まったと 評価されるまで	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常的生活を行う		● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常的生活を行う
大規模地震 発生まで	● 大規模地震発生の可能性がなくなったわけではないことに留意しつつ、地震の発生に注意しながら通常的生活を行う		

※1 南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM8.0以上の地震が発生した場合(半割れケース)

※2 南海トラフの想定震源域内のプレート境界においてM7.0以上、M8.0未満の地震が発生した場合、または南海トラフの想定震源域内のプレート境界以外や想定震源域の海溝軸外側50km程度までの範囲でM7.0以上の地震が発生した場合(一部割れケース)

※3 ひずみ計等で有意な変化として捉えらえる、短い期間にプレート境界の固着状態が明らかに変化しているような通常とは異なるゆっくりすべりが観測された場合(ゆっくりすべりケース)

※4 2週間とは、巨大地震警戒対応期間(1週間)+巨大地震注意対応期間(1週間)

上表内の対応は標準を示したものであり、  
個々の状況に応じて変わるものである

# 津波を知って“こわさ”を減らす

## ■ 津波の基礎を学ぶ

- 普通の波よりも周期が長いので、流れとなって襲ってくる。
- 沖合よりも海岸で波の高さが増幅する、等
- 住まい近くの海岸を襲う津波(地震)を学ぶ

## ■ 津波浸水予測図, 津波避難マップなどの資料を学ぶ

- 「津波浸水予測図」は数値計算によるものなので、必ずしもその通りに来るとは限らない。余裕を持った避難行動を考えておく。
- 「津波避難マップ」で避難できる場所を確認しておく。できれば現地確認をしておく。

## ■ 津波避難訓練などに参加する(行動する)

# 神奈川県津波浸水予測図(例)

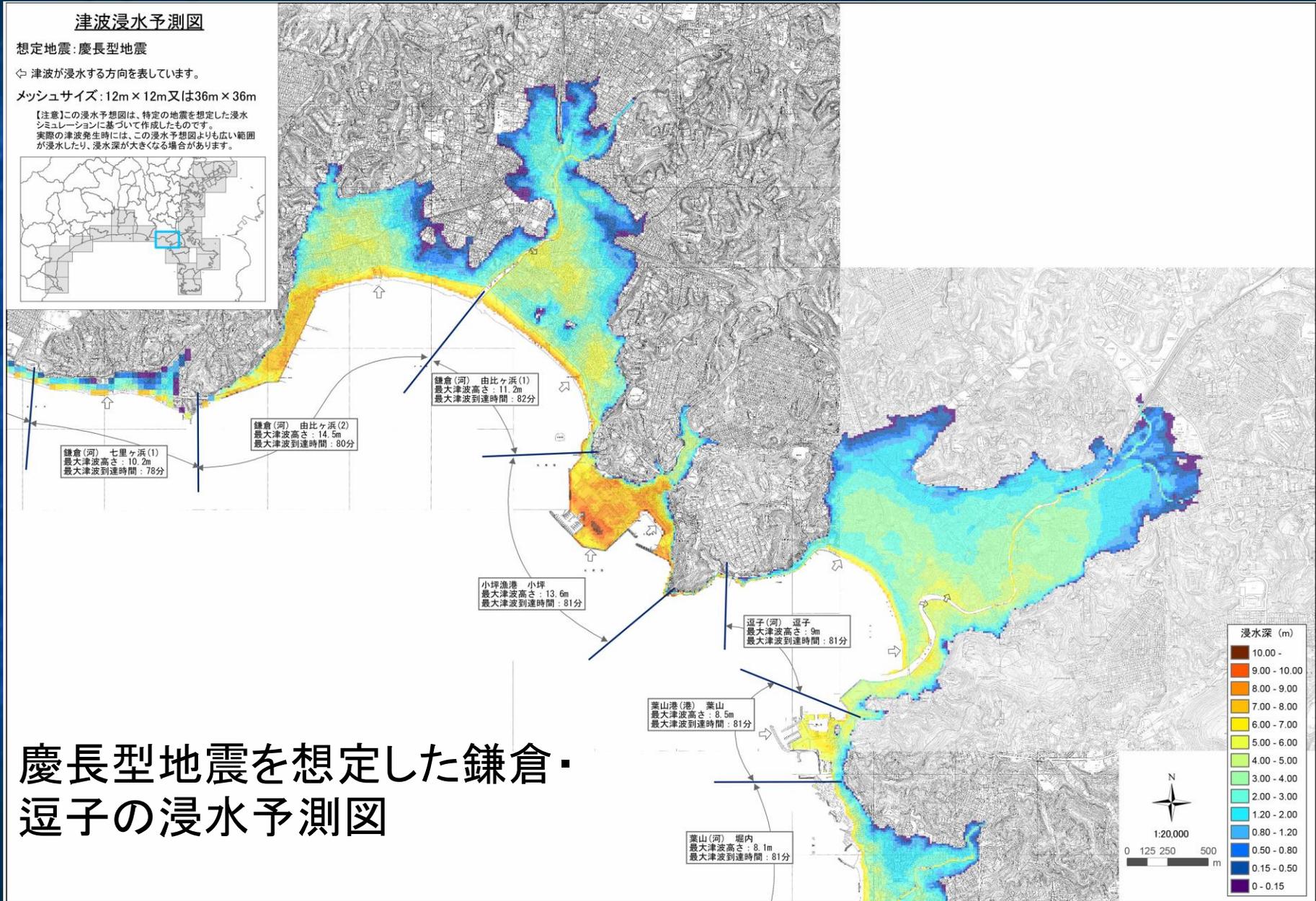
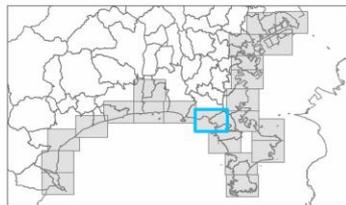
## 津波浸水予測図

想定地震: 慶長型地震

⇨ 津波が浸水する方向を表しています。

メッシュサイズ: 12m×12m又は36m×36m

【注意】この浸水予想図は、特定の地震を想定した浸水シミュレーションに基づいて作成したものです。実際の津波発生時には、この浸水予想図より広い範囲が浸水したり、浸水深が大きくなる場合があります。



鎌倉(河) 七里ヶ浜(1)  
最大津波高さ: 10.2m  
最大津波到達時間: 78分

鎌倉(河) 由比ヶ浜(2)  
最大津波高さ: 14.5m  
最大津波到達時間: 80分

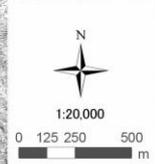
鎌倉(河) 由比ヶ浜(1)  
最大津波高さ: 11.2m  
最大津波到達時間: 82分

小坪漁港 小坪  
最大津波高さ: 13.6m  
最大津波到達時間: 81分

逗子(河) 逗子  
最大津波高さ: 9m  
最大津波到達時間: 81分

葉山港(港) 葉山  
最大津波高さ: 8.5m  
最大津波到達時間: 81分

葉山(河) 堀内  
最大津波高さ: 8.1m  
最大津波到達時間: 81分

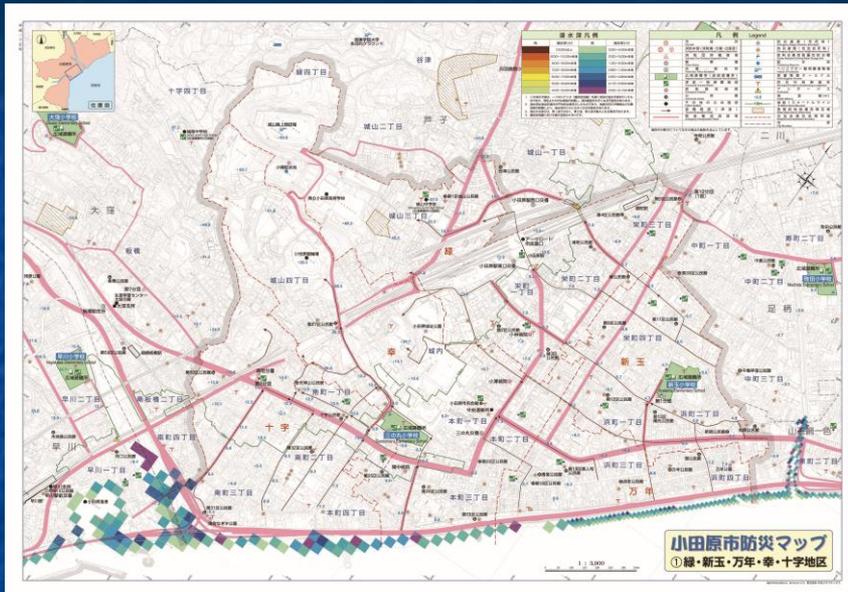
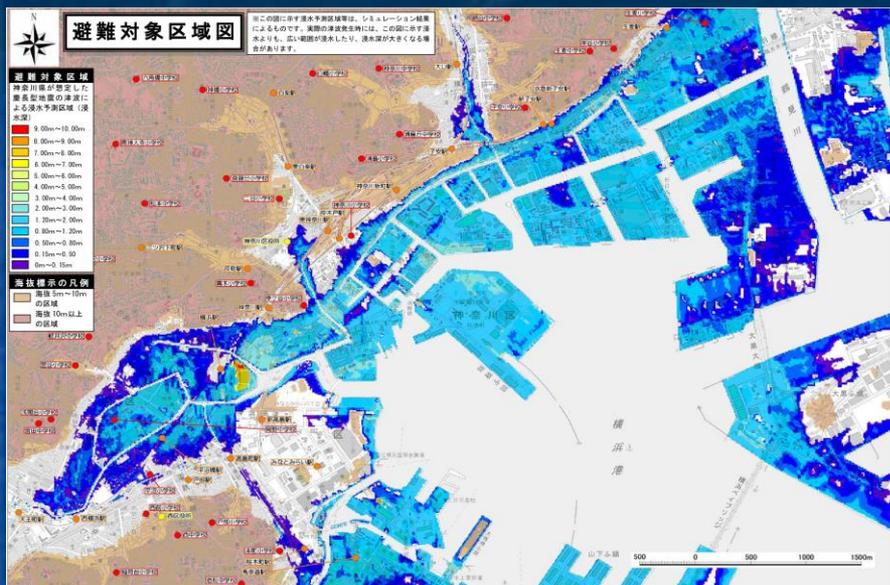


## 慶長型地震を想定した鎌倉・逗子の浸水予測図

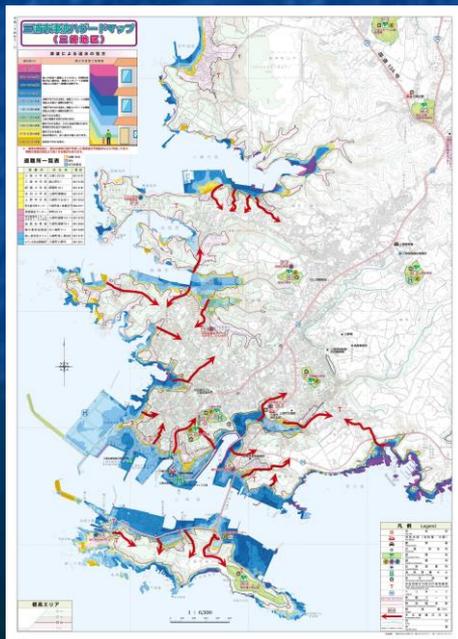
# 市町村の津波避難マップ

横浜市の避難対象区域図

小田原市の防災マップ



三浦市の津波ハザードマップ



鎌倉市の津波ハザードマップ(材木座～稲村ヶ崎)



# 津波から逃れるには



避難場所の確認  
(高知県の避難タワー)



高さの確認



防災訓練への参加

# まとめ

- 神奈川県を襲う地震はどのようなものか
  - 海溝型地震：関東地震・元禄地震など相模トラフの地震
  - 内陸地震：様々なタイプの首都直下地震
  - 予測震度は「6弱」以上。30年以内の発生確率が高い。
- 津波の理解と相模湾岸を襲う津波
  - 相模トラフ地震と南海トラフ地震による津波
  - 「南海トラフ地震」の30年以内の発生確率は70-80%程度
  - 津波から身を守る方法とは？
- 普段からの心構えと“自発的な”対策・訓練が重要

# 災害軽減のための協力体制

