津波の発生メカニズムと東日本大震災の津波被害について

栗山善昭
（独）港湾空港技術研究所

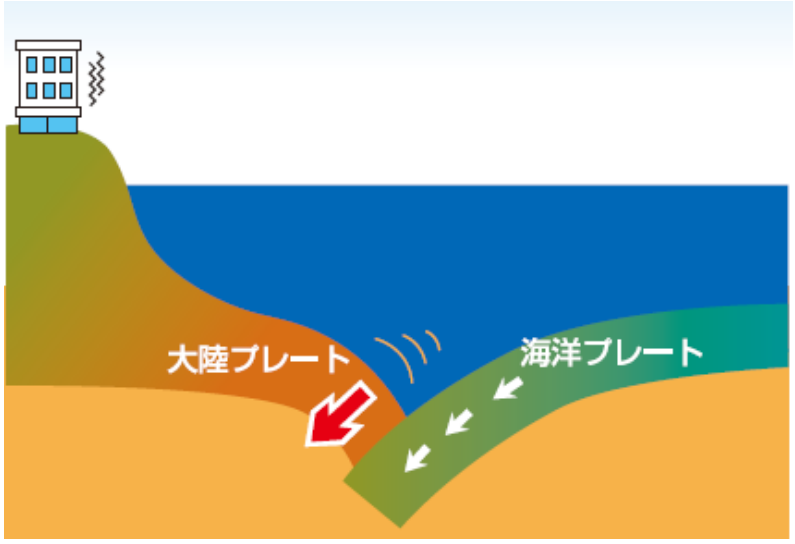
内　容

１．津波の発生メカニズム
２．東日本大震災の津波被害
３．神奈川県周辺における過去に発生した津波
４．神奈川県周辺において想定される津波
５．津波に対する日ごろの備え

内　容

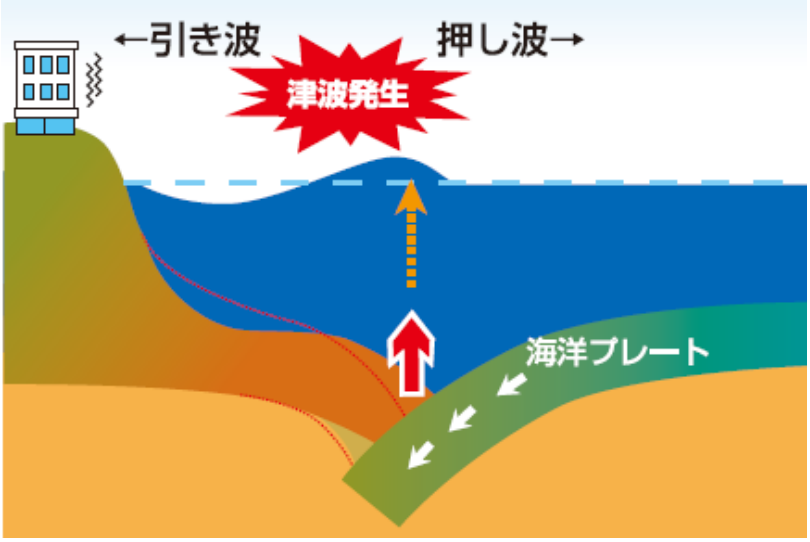
1．津波の発生メカニズム
2．東日本大震災の津波被害
3．神奈川県周辺における過去に発生した津波
4．神奈川県周辺において想定される津波
5．津波に対する日ごろの備え

津波はどうやって起こるのか？

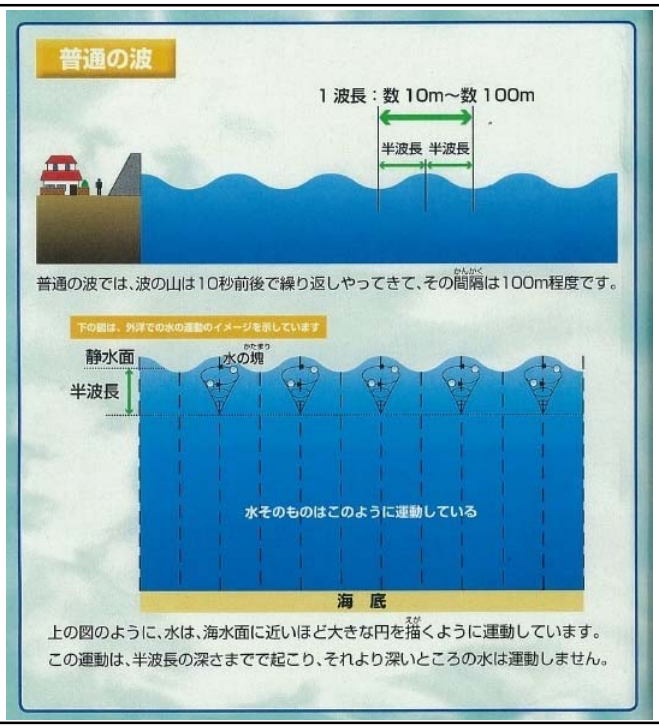


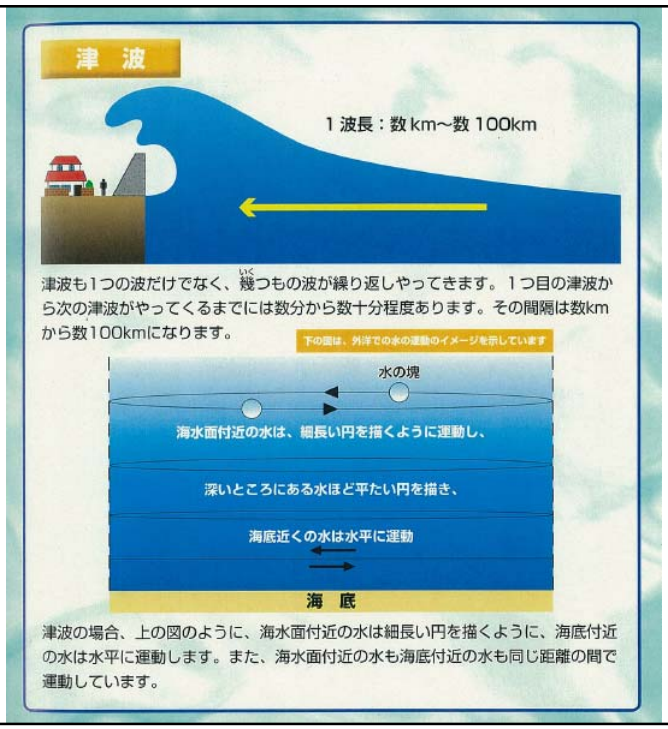
港湾空港技術研究所監修「津波は怖い」より

津波はどうやって起こるのか？



港湾空港技術研究所監修「津波は怖い」より

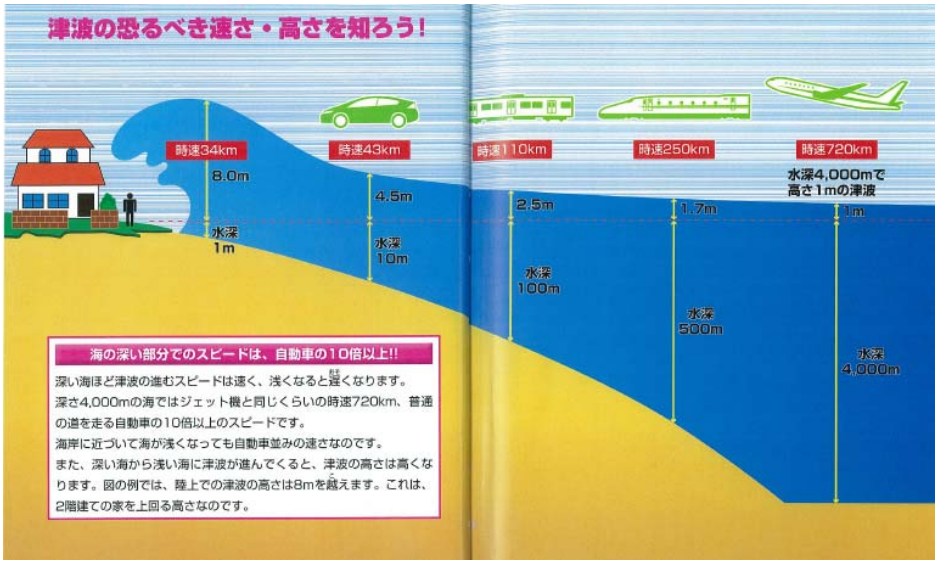



津 波
1 波長：数 km～数 100km
津波も1つの波だけでなく、幾つもの波が繰り返しやってきます。1つ目の津波から次の津波がやってくるまでには数分から数十分程度あります。その間隔は数kmから数100kmになります。
下の図は、外洋での水の運動のイメージを示しています
水の塊
海水面付近の水は、細長い円を描くように運動し、
深いところにある水ほど平たい円を描き、
海底近くの水は水平に運動
海 底
津波の場合、上の図のように、海水面付近の水は細長い円を描くように、海底付近の水は水平に運動します。また、海水面付近の水も海底付近の水も同じ距離の間で運動しています。

台風などの嵐の波

同じ高さでも津波は大きな破壊力と大きな浸水被害

深いほど速い； 浅いほど高い



津波が大きくなるところってどんな場所?

海底や海岸は、場所によってさまざまな地形をしています。
発生した津波は、どのようなところで高くなるのでしょうか。

湾(わん)の奥(おく)

海水が陸地に大きく入り込んでいる湾では、その両岸で津波が沖側に跳ね返され、跳ね返された津波は、岸に沿いながら湾の奥に進んでいきます。湾の奥では津波のエネルギーが集まるため、津波が大きくなります。

岬(みさき)の先端(せんたん)

岬のような地形の周りでは、その海底地形によって津波の進む向きが岬の先端に集まるように変えられて、津波のエネルギーが岬の先端の周辺に集まるので、津波が高くなります。島に対しても、エネルギーの集中が起こることがあります。

岬や島などを回り込んだ裏側

津波は、普通の波と異なり、岬や島などの障害物の後ろにも簡単に回り込むことができます。島の後ろ側などでは片側から回り込んだ津波ともう片側から回り込んだ津波がぶつかって、大きくなることがあります。

木造の家の破壊

津波によるコンクリート壁の破壊試験

津波によってコンテナーの流失とその衝突実験

津波高と被害程度（首藤，1992）

津波強度	0	1	2	3	4	5
津波高(m)	1	2	4	8	16	32
津波形態 緩斜面	岸で盛上がる	沖でも水の壁 第二波砕波	先端に砕波を伴うものが増える。	第一波でも巻波砕波を起こす。		
津波形態 急斜面	速い流速	速い流速				
音響		前面砕波による連続音 （海鳴り、暴風雨）				
音響			浜での巻き波砕波による大音響 （雷鳴。遠方では認識されない）			
音響				崖に衝突する大音響 （地震、発破。かなり遠くまで聞こえる）		
木造家屋	部分的破壊	全面破壊				
石造家屋		持ちこたえる	（資料なし）	全面破壊		
鉄･ｺﾝ･ﾋﾞﾙ		持ちこたえる		（資料なし）	全面破壊	
漁船		被害発生	被害率 50%	被害率 100%		
防潮林被害 防潮林効果	被害軽微 津波軽減	漂流物阻止	部分的被害 漂流物阻止	全面的被害 無効果		
養殖筏	被害発生					
沿岸集落		被害発生	被害率 50%	被害率 100%		
打上高(m)	1	2	4	8	16	32

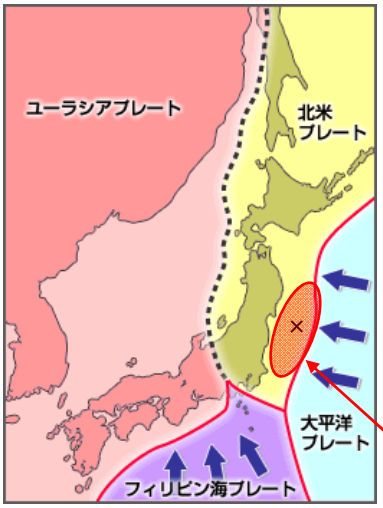
注：表中、津波高(m)は船舶・養殖筏など海上にあるものに対しては汀線における津波の高さ、家屋や防潮林など陸上にあるものに関しては地面から測った浸水深となっている。最下段は一集落全体を対象とした表現となっており、その集落の浸水域内で発生した最高遡上高(最高打上げ高)(m)とその浸水域内全体としての家屋被害率の被害程度との関係となっている。

人への津波の作用

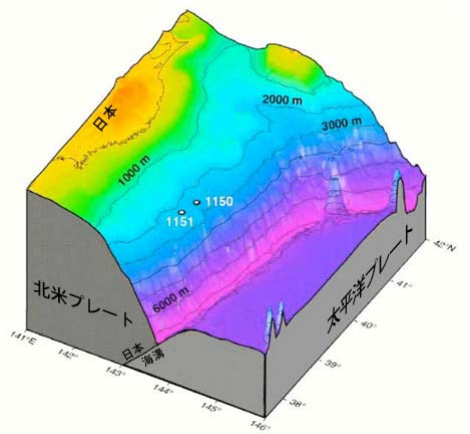
内　容

1．津波の発生メカニズム
2．東日本大震災の津波被害
3．神奈川県周辺における過去に発生した津波
4．神奈川県周辺において想定される津波
5．津波に対する日ごろの備え

震　源　域



http://www.sonpo.or.jp



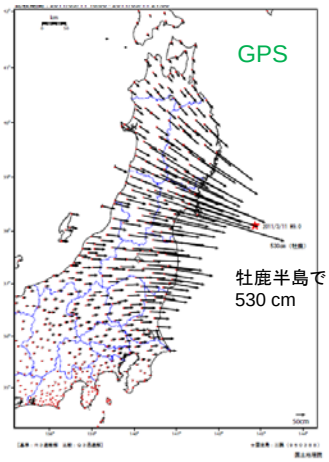
http://alterman47.wordpress.com

今回の地震のおよその震源域
Ｘは震央（破壊開始点）を示す．

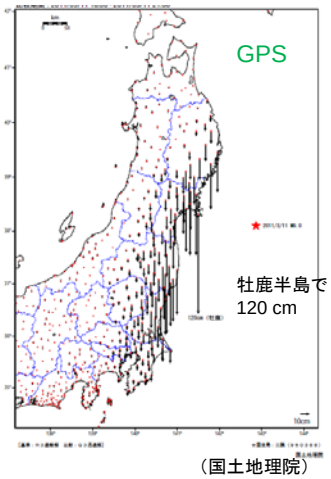
牡鹿半島の東約130km，深さ　24km

地殻変動による大きな沈下が発生

水平変位



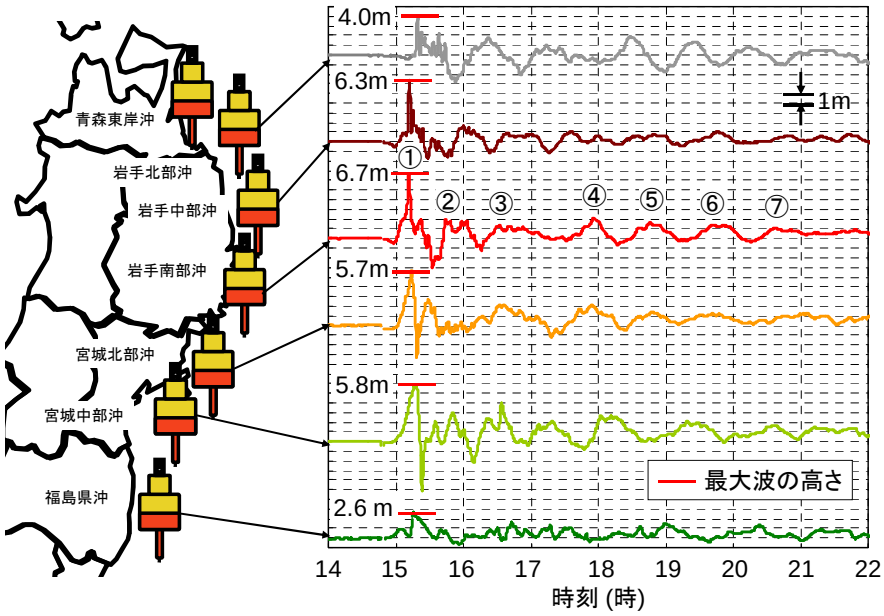
鉛直変位



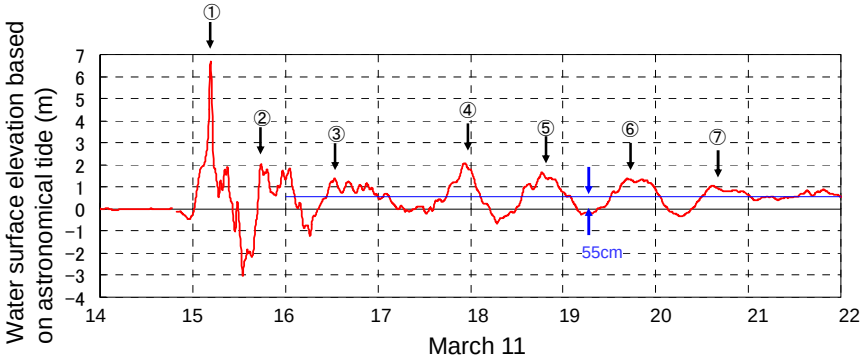
（国土地理院）

地殻変動により非常に大きな水平変位と鉛直変位が発生した．国土地理院のGPS連続観測によると牡鹿半島は約120cm沈下した．海上保安庁によると，震源付近の海底は約24m東南東に移動した．海底の移動は約50mという報告もある（海洋研究開発機構）．

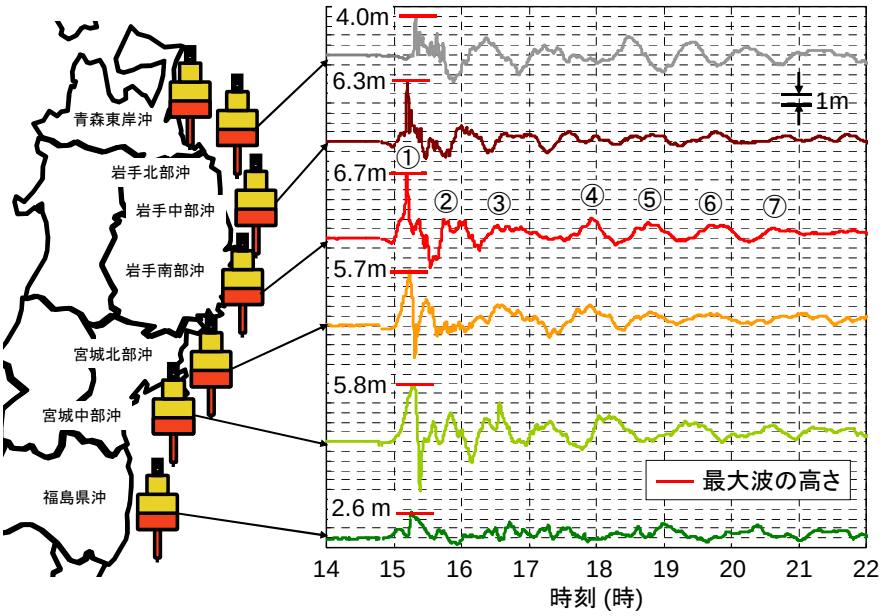
GPS波浪計による観測値



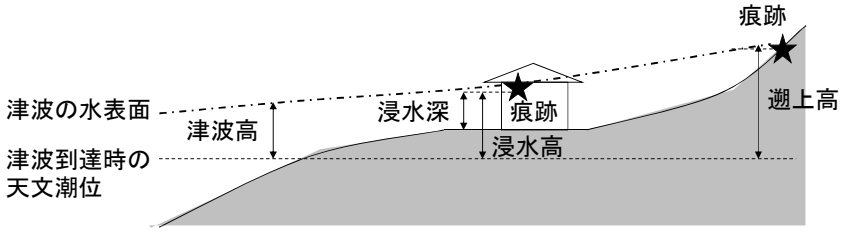
Tsunami recoded about 20 km offshore at a water depth of about 200 m



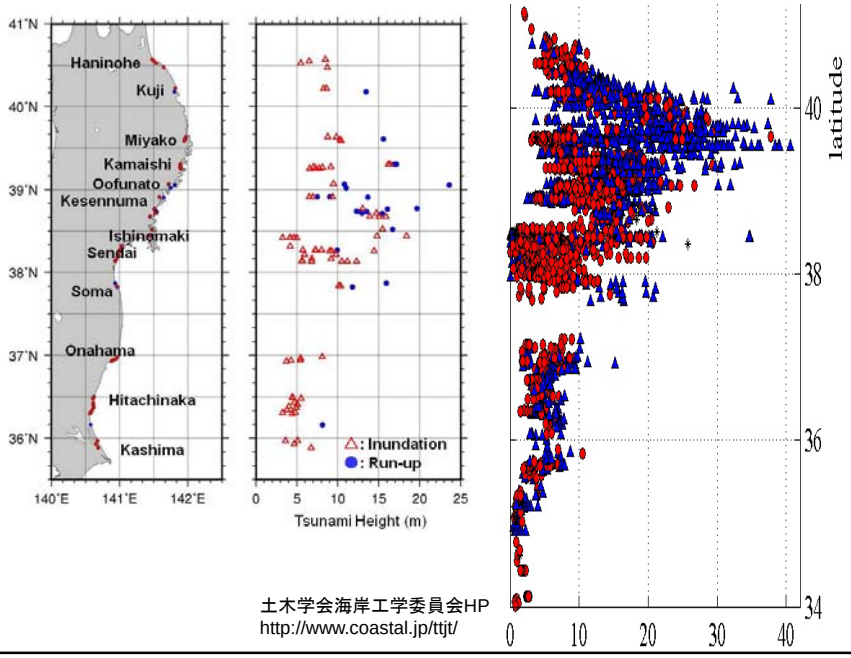
GPS波浪計による観測値



津波痕跡高さ（浸水高さ，遡上高さ）



津波痕跡高さ（浸水高さ，遡上高さ）



土木学会海岸工学委員会HP
http://www.coastal.jp/ttjt/

高さ 15-20mの津波による被害
女川
2011年3月16日

2011 6 14
2011年6月14日

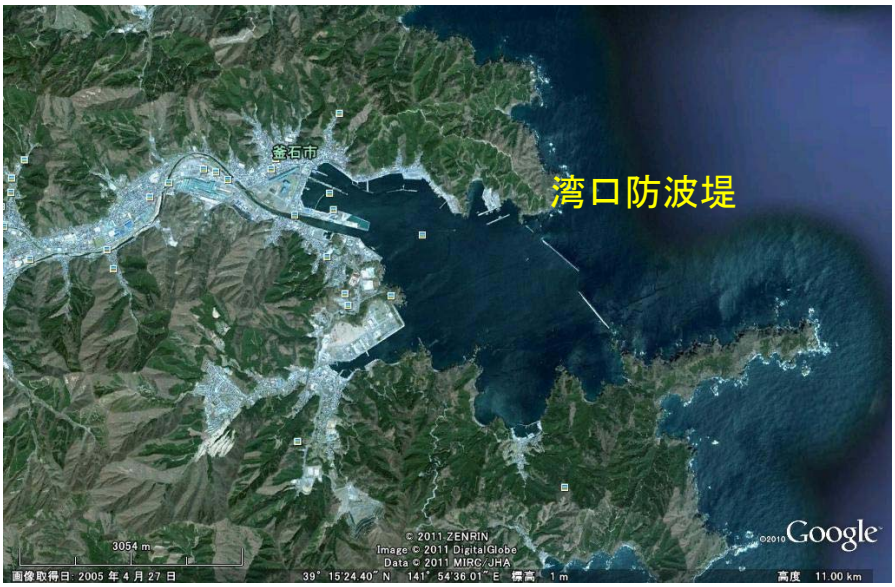
気仙沼

釜石

倒壊した防潮堤（田老）

壊れた石油タンクと油もれ（気仙沼）

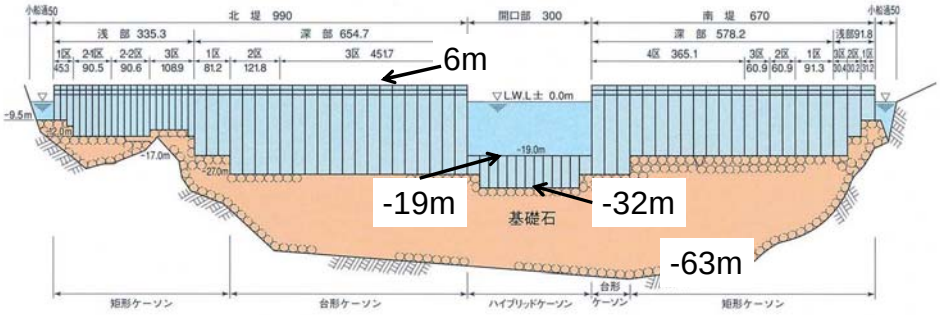
釜石港



http://maps.google.co.jp/maps

湾口防波堤

North Breakwater 990m　　South Breakwater 670m

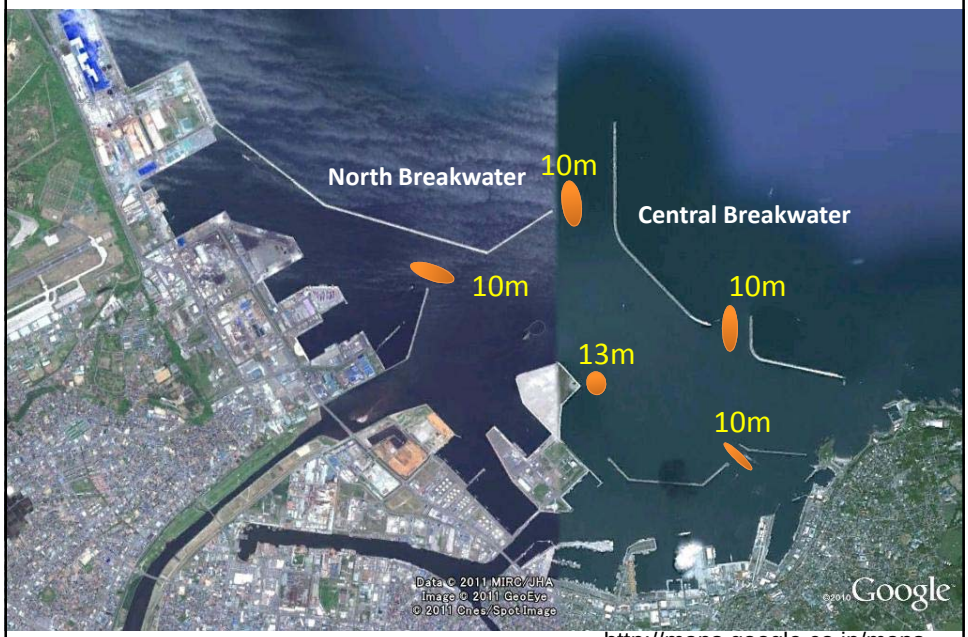


高さ 8-10mの津波による被害
2011 6 14
石巻　2011年6月14日

火災で燃えた家屋と車（石巻）

仙台塩釜港

八戸港における洗掘



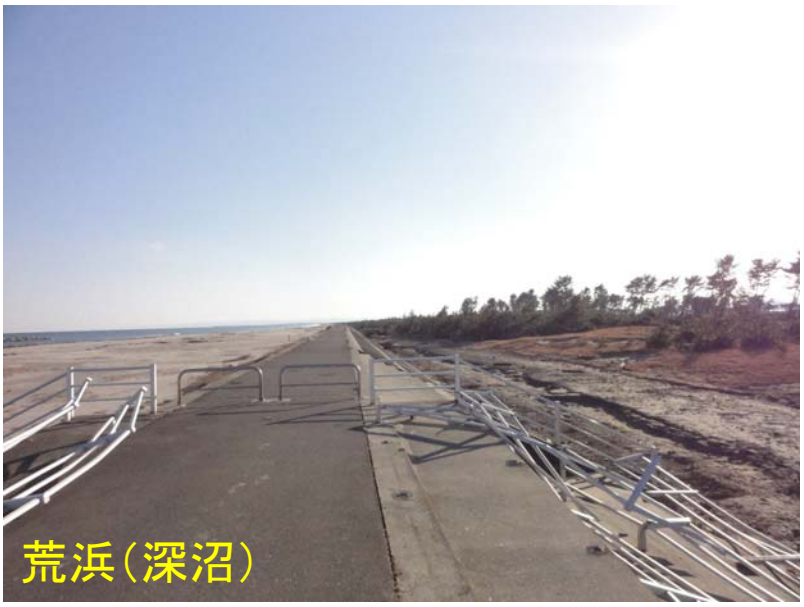
http://maps.google.co.jp/maps

地震と津波によって被害を受けた岸壁（相馬）

仙台空港　2011年3月18日

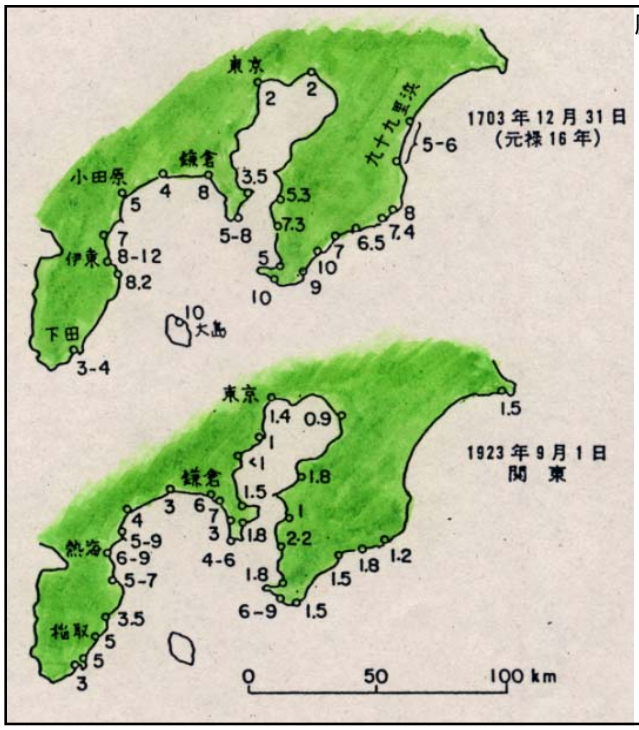
松林
2011年3月18日

護岸



内　容

1．津波の発生メカニズム
2．東日本大震災の津波被害
3．神奈川県周辺における過去に発生した津波
4．神奈川県周辺において想定される津波
5．津波に対する日ごろの備え

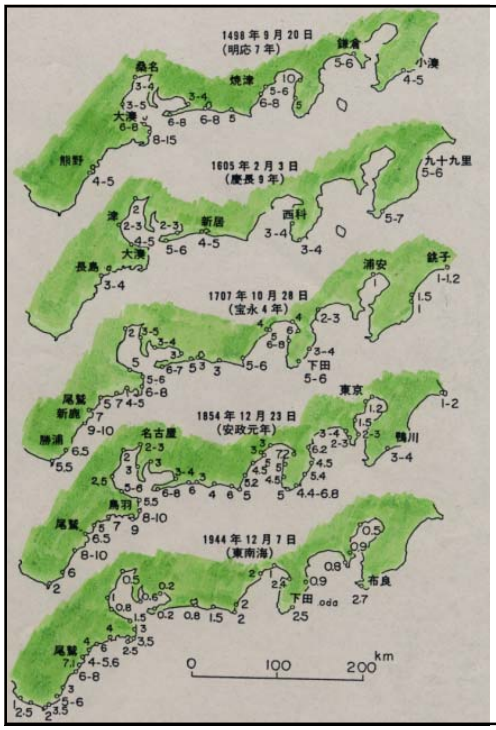


歴史津波の高さ

元禄1703

関東1923

（羽鳥徳太郎1988）



歴史津波の高さ

明応1498

慶長1605

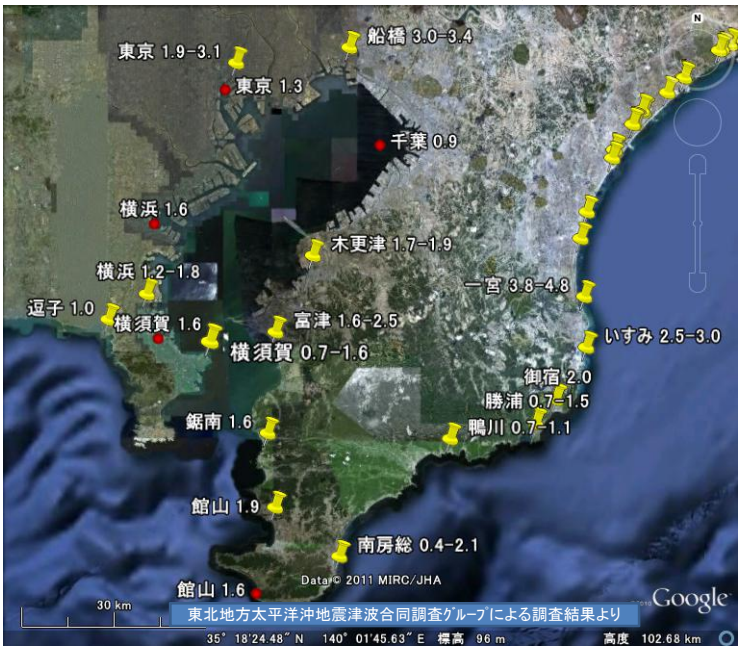
宝永1707

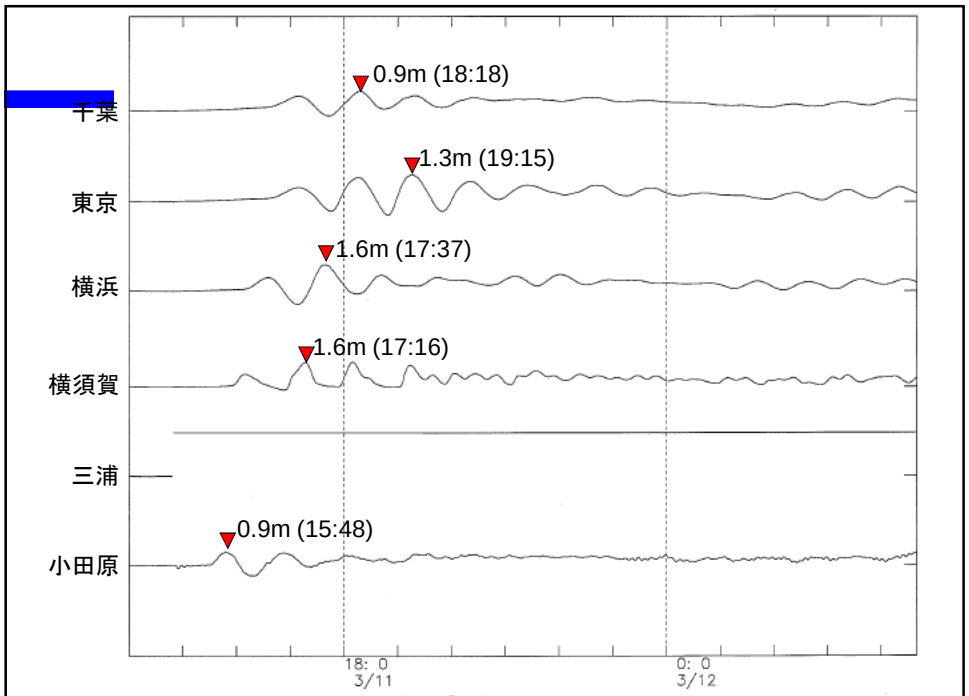
安政1854

昭和1944

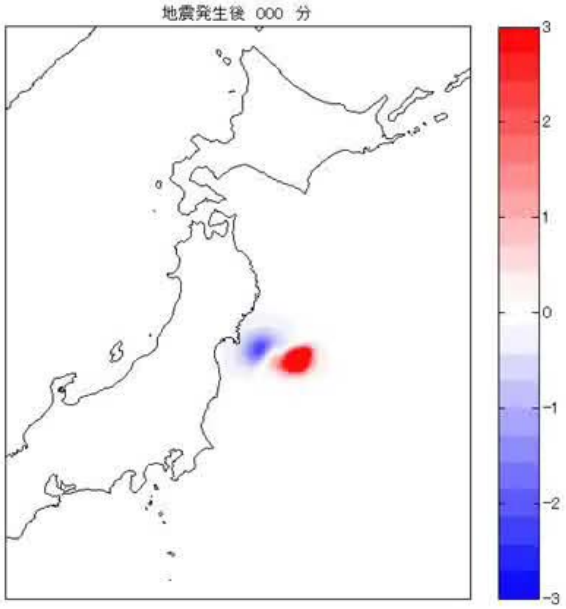
（羽鳥徳太郎1988）

東北地方太平洋沖地震津波





出典：気象庁，「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震」について（第7報）



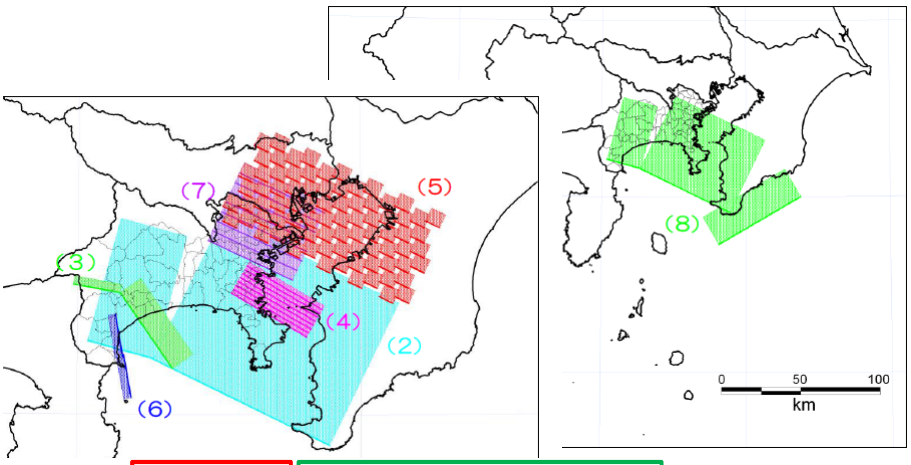
内　容

１．津波の発生メカニズム
２．東日本大震災の津波被害
３．神奈川県周辺における過去に発生した津波
４．神奈川県周辺において想定される津波
５．津波に対する日ごろの備え

津波予測　想定地震

地震被害想定調査（平成21年3月）　http://www.pref.kanagawa.jp/cnt/f5151/p15579.html

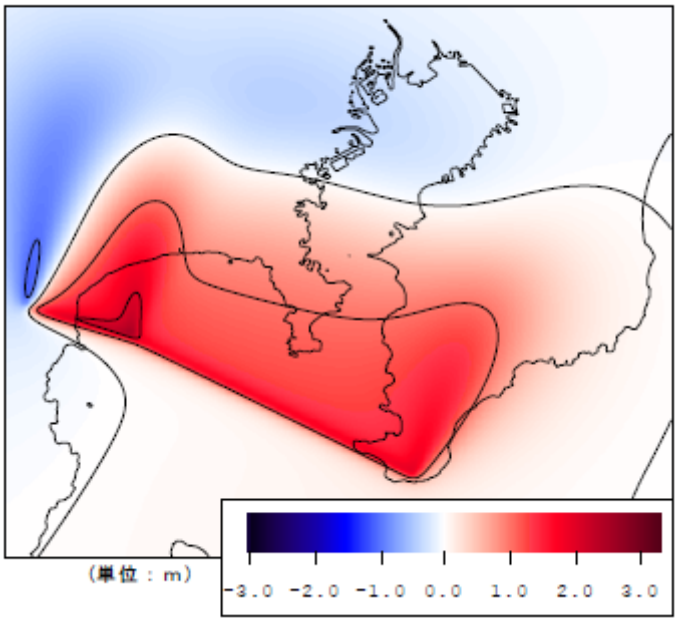
津波浸水予測図（平成18,19年度公表）
http://www.pref.kanagawa.jp/osirase/sabo/kouwan/shinsui/shinsui.html



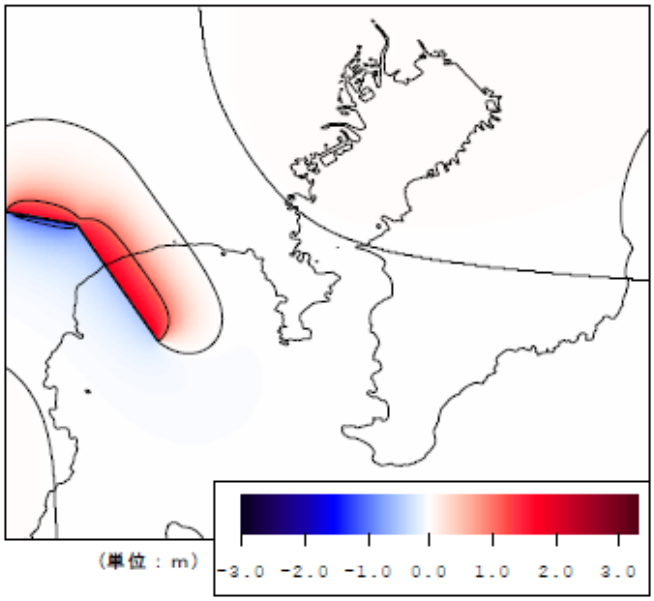
(1)東海地震　(2)南関東地震　(3)神縄・国府津ー松田断層帯の地震　(4)三浦半島断層群の地震　(5)東京湾北部地震　(6)神奈川県西部地震　(7)神奈川県東部地震　(8)元禄型関東地震
南関東地震と神縄・国府津ー松田断層帯の連動地震については、(2)＋(3)で設定。

No.	想定地震名	ﾏｸﾞﾆﾁｭｰﾄﾞ(M)	地震のタイプ
1	東海地震	8クラス	海溝型（駿河トラフ）
2	南関東地震(大正型関東地震の再来型)	7.9	同上（相模トラフ）
3	神縄・国府津-松田断層帯の地震	7.5クラス	活断層型
4	南関東地震と神縄・国府津-松田断層帯の連動地震（参考）	7.9クラス	海溝型と活断層の連動
5	三浦半島断層群の地震	7.2	活断層型
6	東京湾北部地震	7.3	南関東直下（ﾌﾟﾚｰﾄ境界型）
7	神奈川県西部地震	7クラス	未解明だが地殻内の浅い地震として設定
8	神奈川県東部地震	7クラス	危機管理上想定(プレート境界型)
9	元禄型関東地震（参考）	8.1クラス	海溝型（相模トラフ）

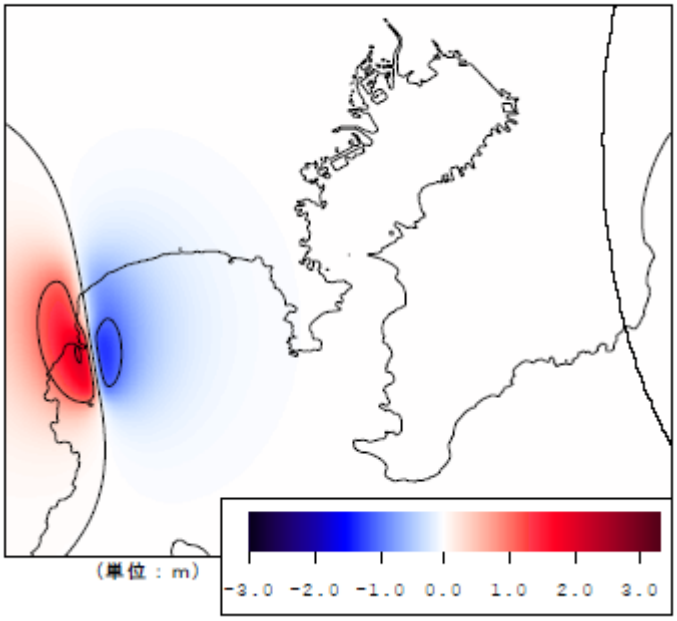
南関東地震



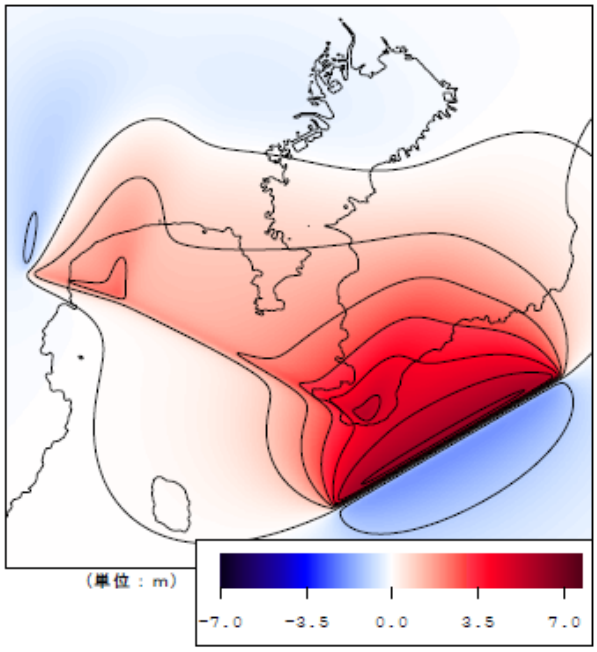
神縄・国府津－松田断層帯の地震



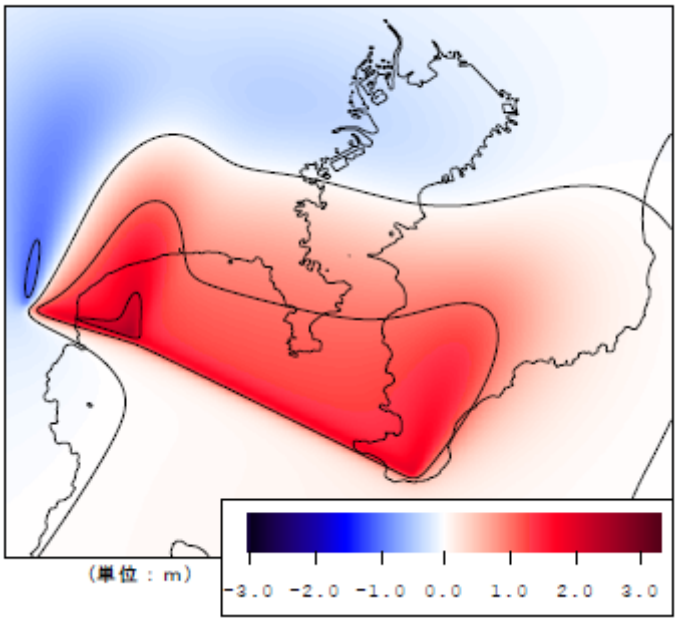
神奈川県西部地震



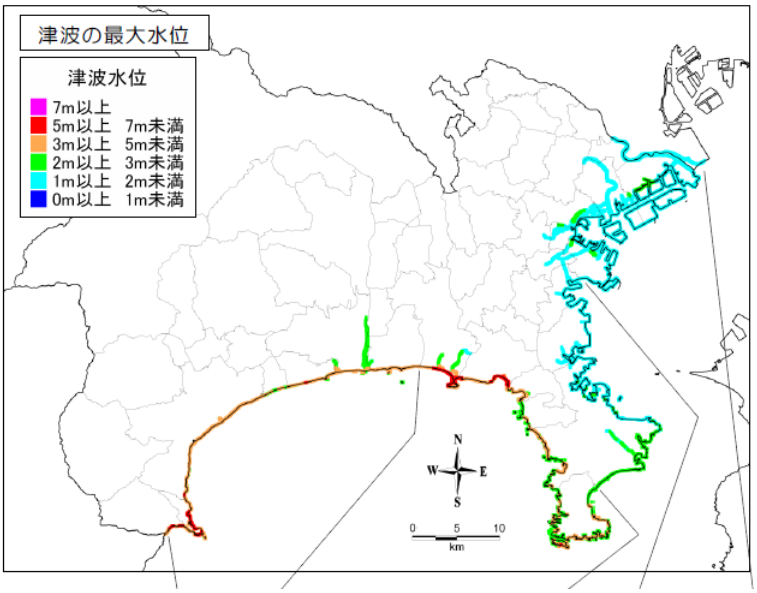
元禄型関東地震（参考）



南関東地震



・南関東地震（堤防が機能する場合）



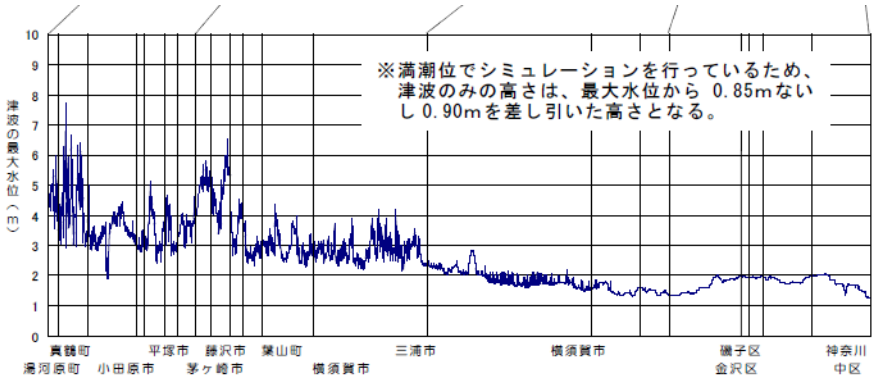


図 2.7-4(1)　南関東地震の津波シミュレーション結果【津波の最大水位】

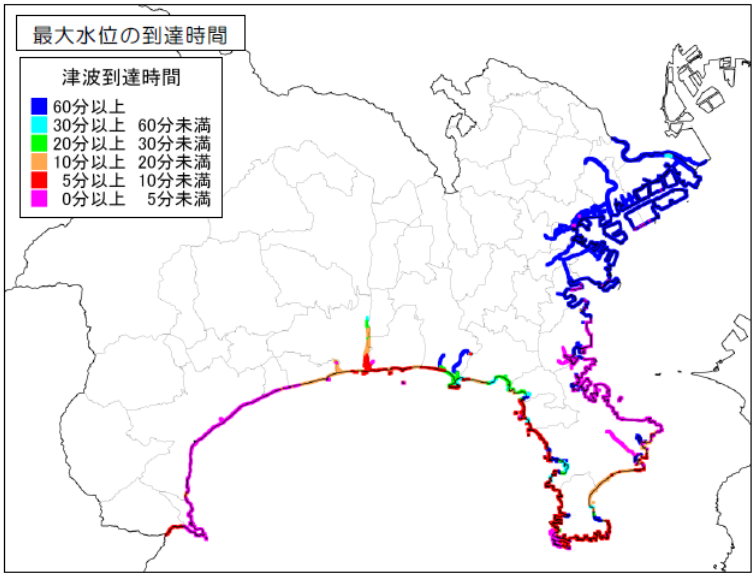
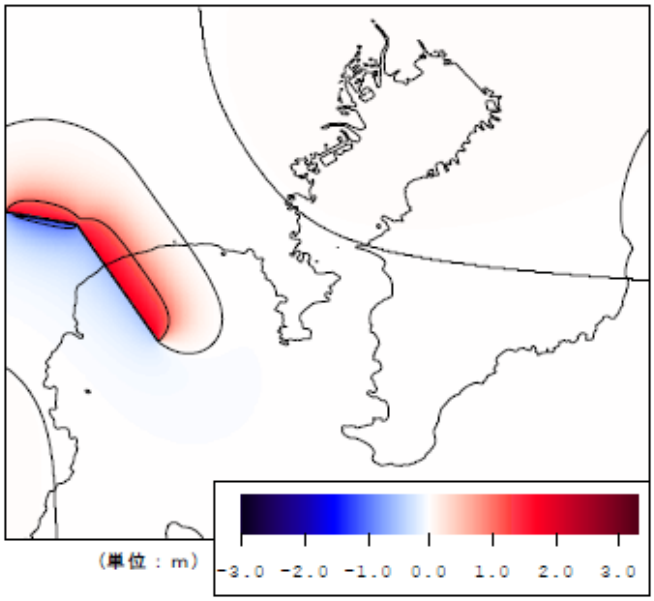
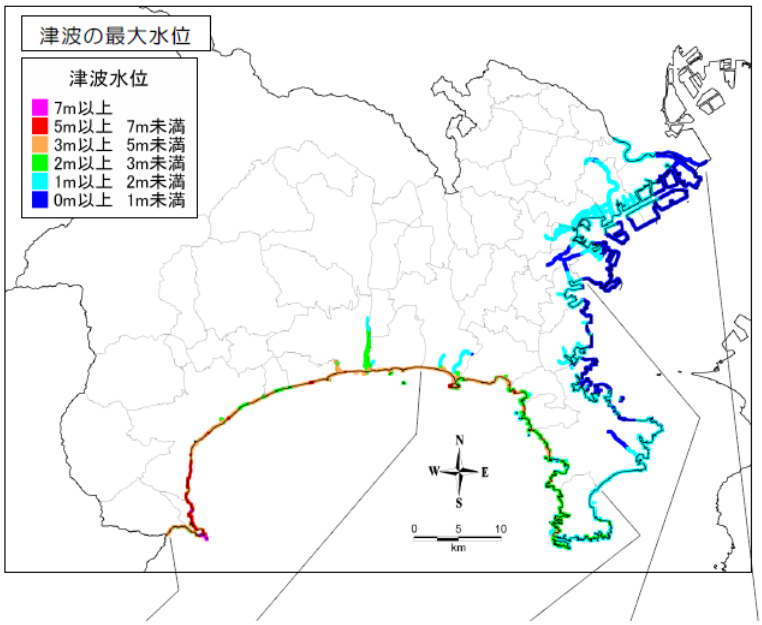


図 2.7-4(3)　南関東地震の津波シミュレーション結果【最大水位の到達時間】

神縄・国府津－松田断層帯の地震



・神縄・国府津－松田断層帯の地震（堤防が機能する場合）



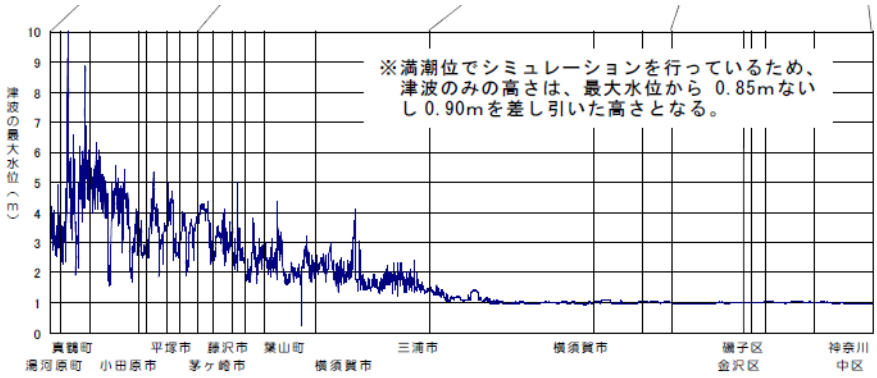


図 2.7-5(1)　神縄・国府津－松田断層帯の地震の津波シミュレーション結果
【津波の最大水位】

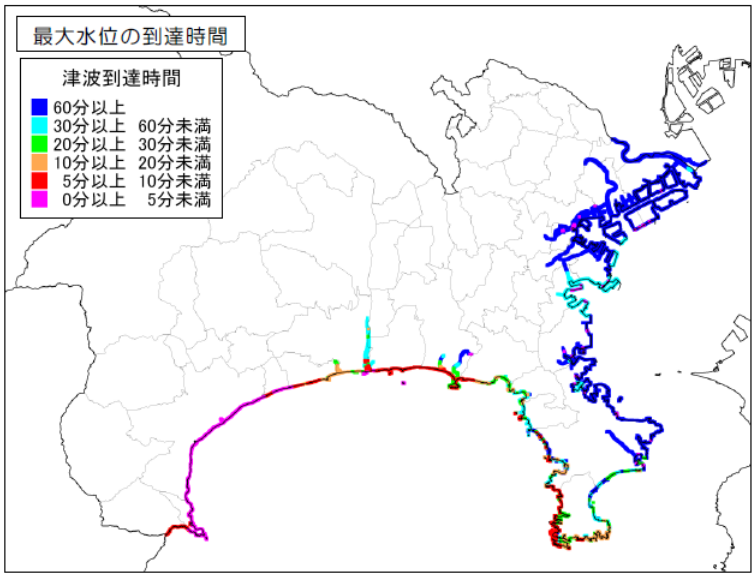
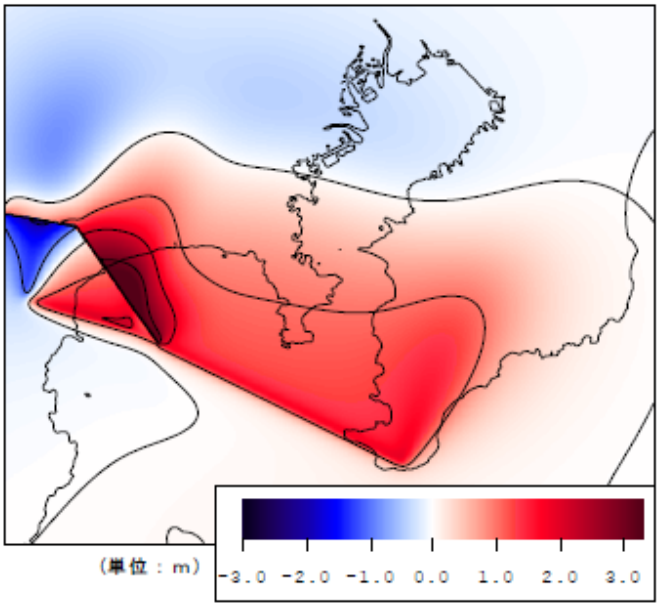


図 2.7-5(3)　神縄・国府津－松田断層帯の地震の津波シミュレーション結果
【最大水位の到達時間】

南関東地震と神縄・国府津－松田断層帯の連動地震（参考）



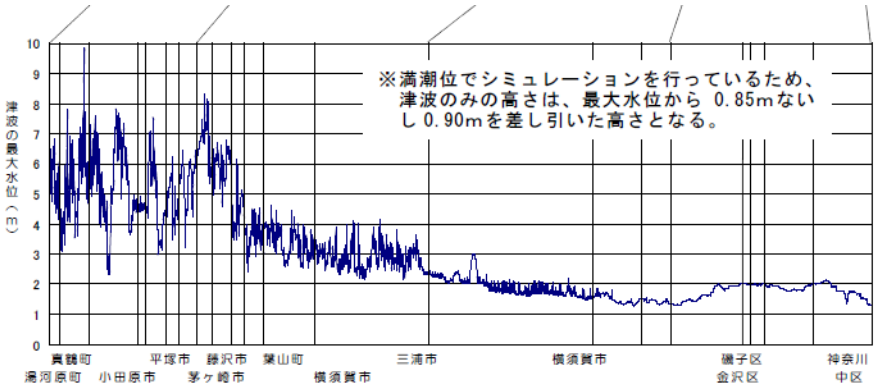
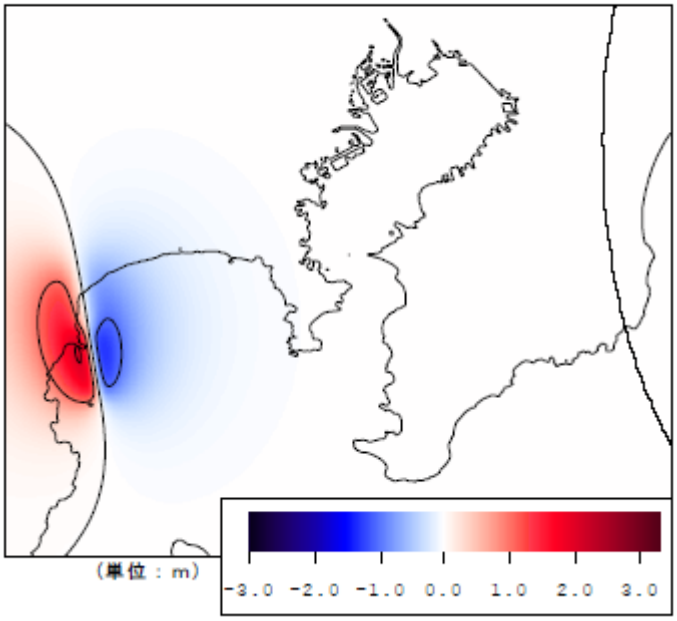
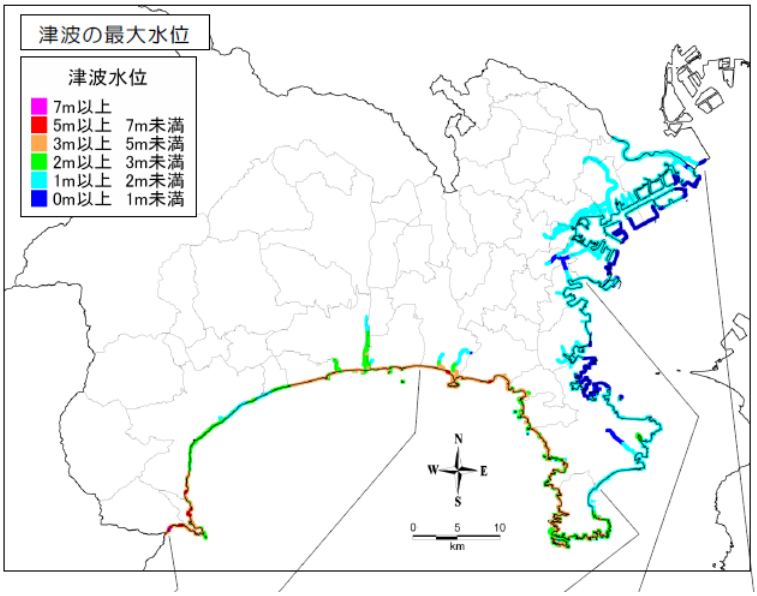


図 2.7-6(1)　南関東地震と神縄・国府津－松田断層帯の連動地震（参考）の津波シミュレーション結果【津波の最大水位】

神奈川県西部地震



・神奈川県西部地震（堤防が機能する場合）



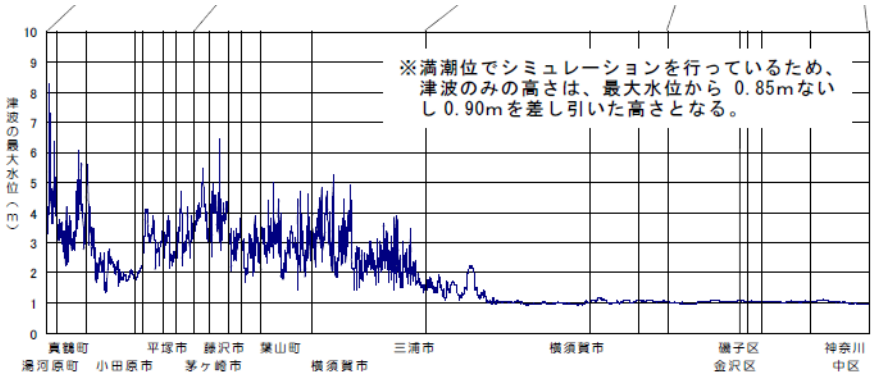


図 2.7-9(1)　神奈川県西部地震の津波シミュレーション結果【津波の最大水位】

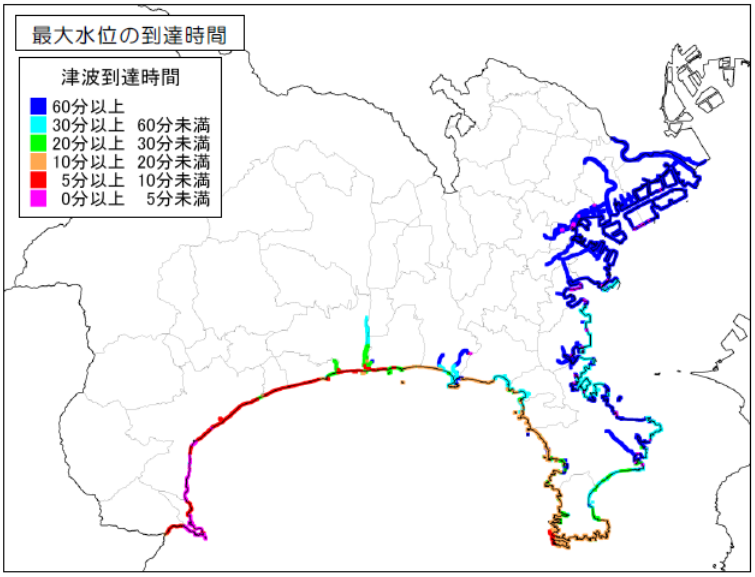
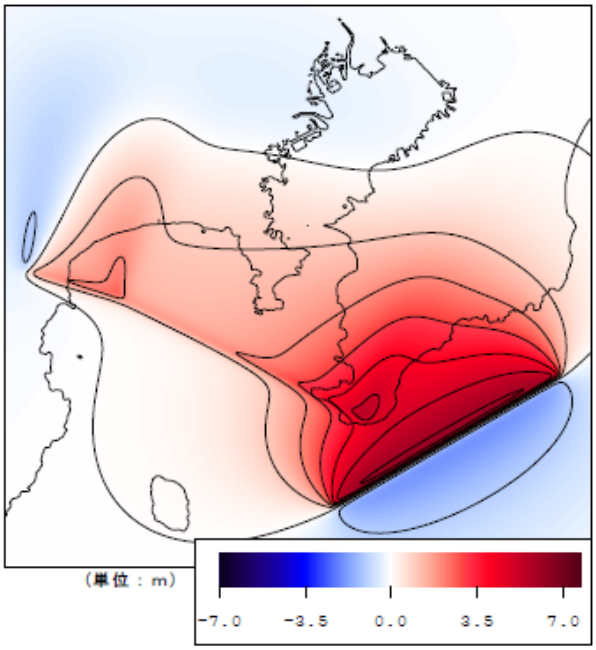
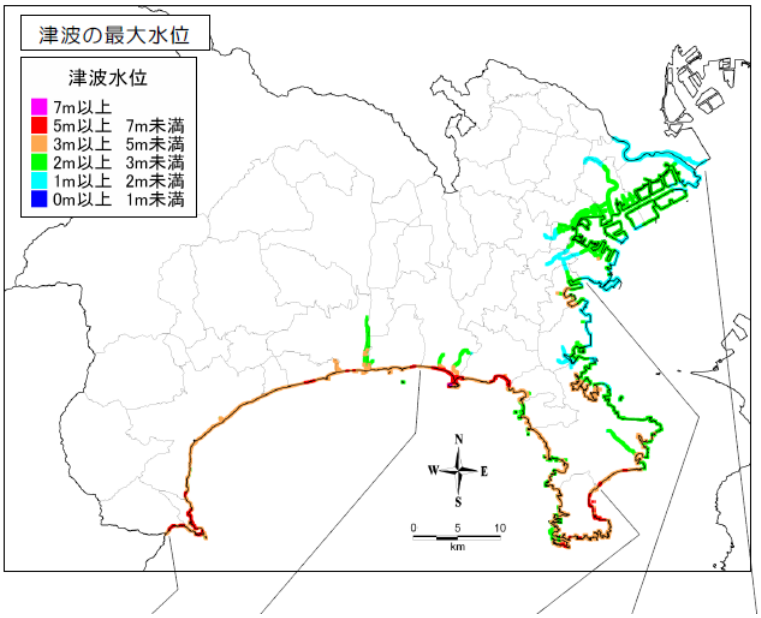


図 2.7-9(3)　神奈川県西部地震の津波シミュレーション結果【最大水位の到達時間】

元禄型関東地震（参考）



・元禄型関東地震（参考）（堤防が機能する場合）



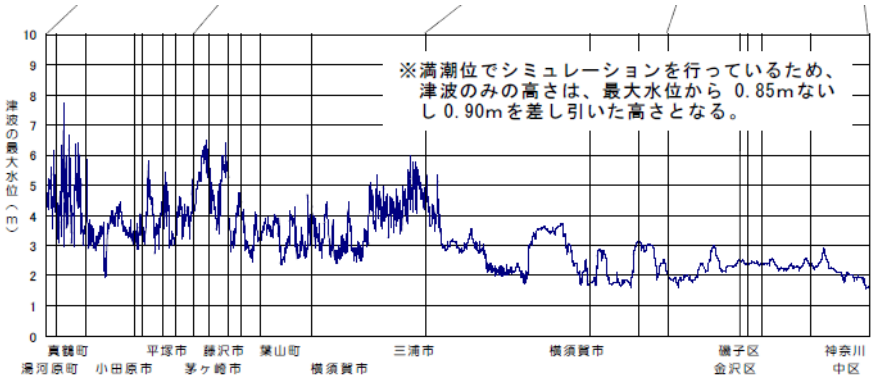


図 2.7-11(1)　元禄型関東地震（参考）の津波シミュレーション結果
【津波の最大水位】

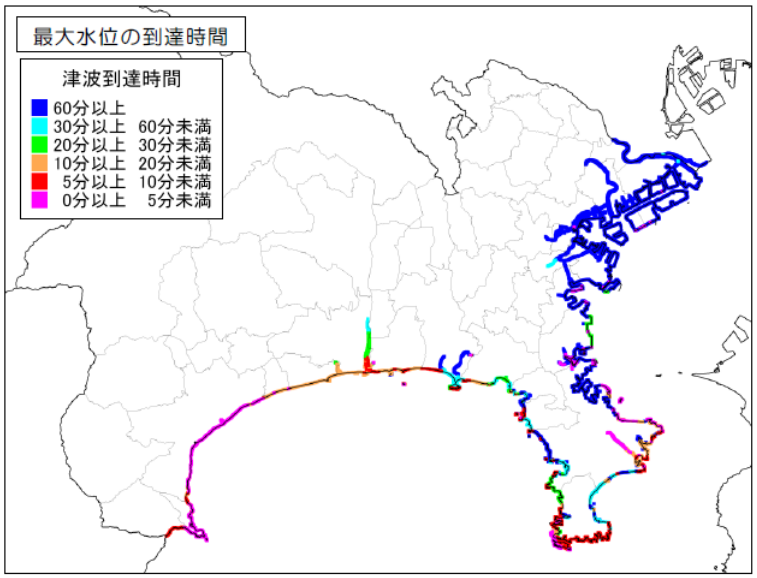


図 2.7-11(3)　元禄型関東地震（参考）の津波シミュレーション結果
【最大水位の到達時間】

内　容

１．津波の発生メカニズム
２．東日本大震災の津波被害
３．神奈川県周辺における過去に発生した津波
４．神奈川県周辺において想定される津波
５．津波に対する日ごろの備え

地震を感じたら避難

警報が出たら避難

居住地、勤務地の
標高の確認

低地であれば3～5階
以上の頑丈なビル

徒歩での避難

http://www.pref.miyagi.jp/sdsgkown/