津波防災講演会　横須賀　2012.7.23

津波から生き延びる

津波のメカニズムとその災害

独立行政法人港湾空港技術研究所
高橋重雄

PARI, JAPAN

港湾空港技術研究所
横須賀市長瀬
港と海の環境･防災･利用の研究

防災は市民が具体的に災害を知ることから始まる

津波を正しく理解して、
適切に避難していただくことを期待

PARI, JAPAN

津波のメカニズムとその災害

1．津波災害の歴史

2．津波の発生と伝播

3．津波の来襲と災害

4．津波災害のこれまでの対策

5．東日本大震災の教訓とこれからの対策

6．関東地方の津波

1章　津波災害の歴史

津波被害は厳しい
繰り返し発生している

PARI, JAPAN

1703元禄地震津波　M7.9-8.2　千葉　誕生寺

犠牲者を祭る曼陀羅

日本における津波災害

津波災害は日本の古文書に記録がある

最初の記録は 684年の津波(天武,南海道)

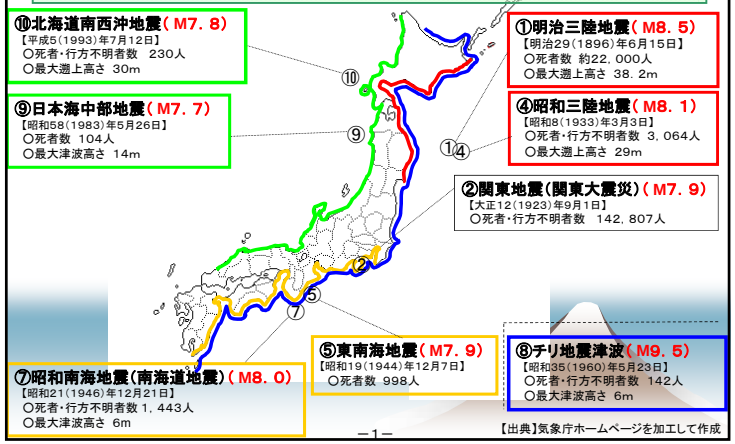
比較的大きな被害のある津波 (10年に1度)

甚大な被害のある津波(100年に一度)

PARI, JAPAN

我が国における過去の地震・津波の発生

【明治以降、我が国で100人以上の死者・行方不明者を出した地震・津波】
（津波が発生した場合のみ掲載。丸数字は発生順）



【出典】気象庁ホームページを加工して作成

1933　昭和三陸津波　田老町　津波後

1983　5.26　日本海中部地震津波

引き波と転覆する漁船

1993年7月12日　北海道南西沖地震津波

奥尻島　青苗地区：津波後

2004年インド洋大津波　20万人以上の死者

スリランカ（ハンバントタの海岸の被災直後）

2章　津波の発生と伝播

海底地盤の隆起･沈降で発生

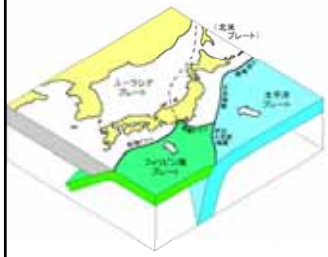
津波は長～い波

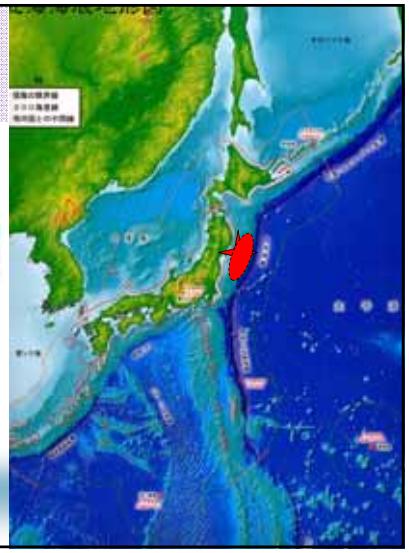
津波は速い

浅くなると遅くなる･高くなる

PARI, JAPAN

日本周辺の海と海溝



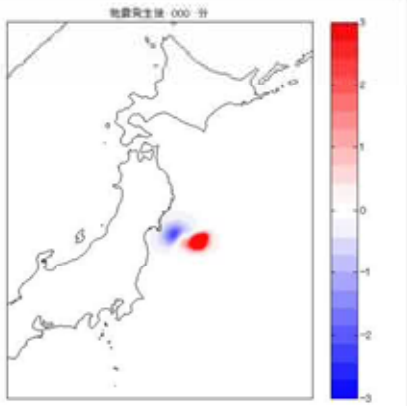


3月11日　14:46
震源　仙台　東130km
M9.0

津波の発生の仕組み(1/2)

津波の発生の仕組み(2/2)

津波の発生と伝播計算



地震と津波との違い

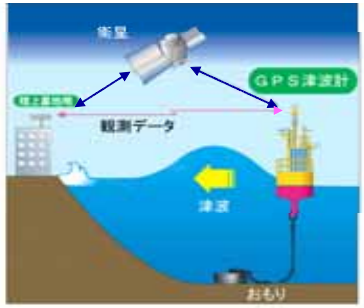
時間がある

→避難できる

PARI, JAPAN

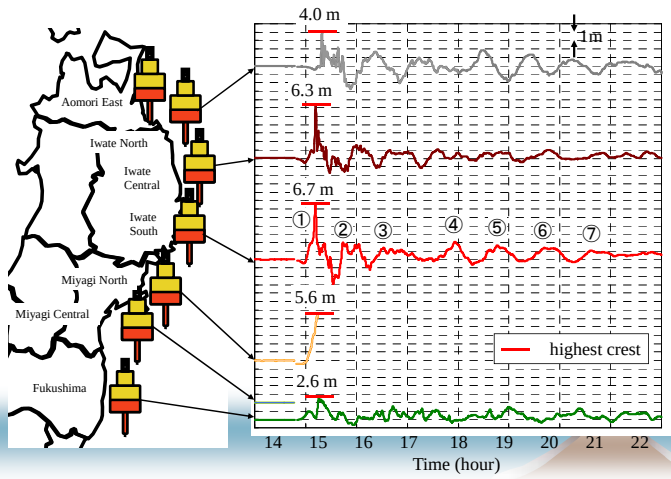
GPS波浪･津波計による来襲津波の観測

国土交通省港湾局　12基　20km沖

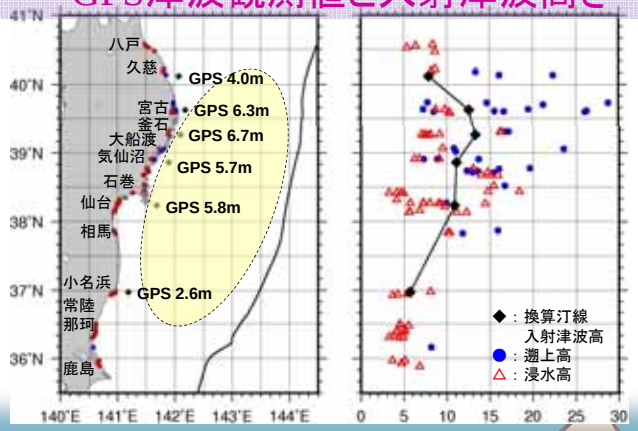


PARI, JAPAN

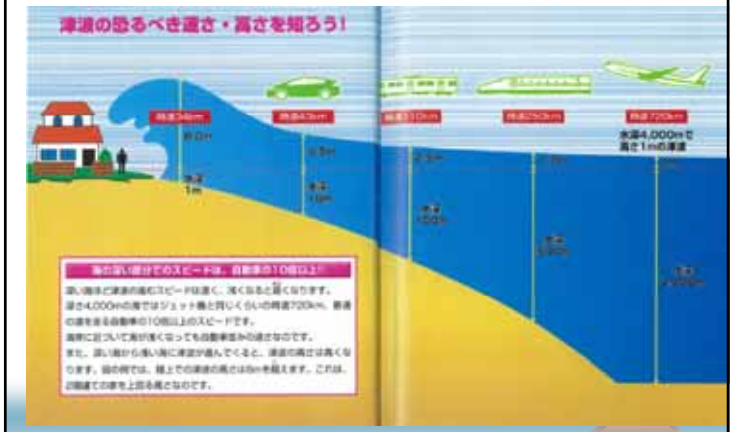
GPS波浪計による津波の観測



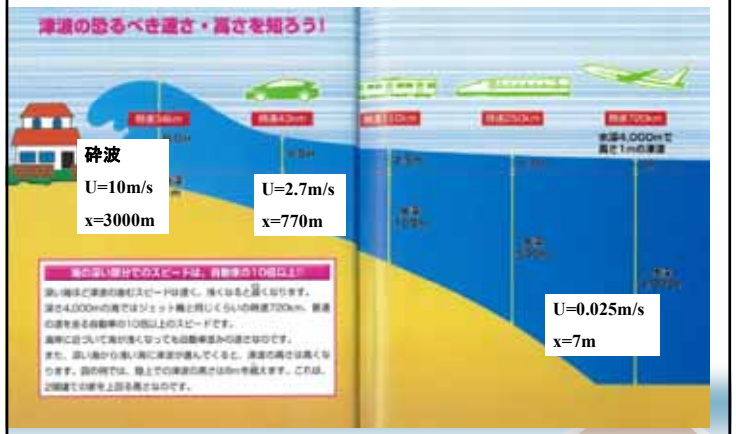
GPS津波観測値と入射津波高さ

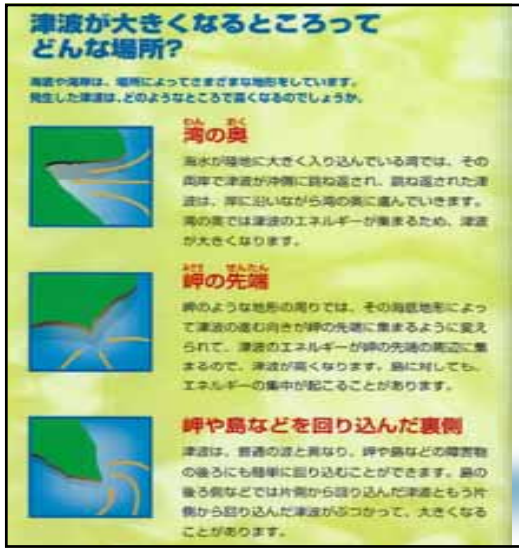


津波の速さ C=(gh)*0.5　　津波の高さ



津波による水の動き　　U=(H/2h)*C





3章　津波の来襲と被害

PARI, JAPAN

津波の遡上

津波は長～い波

大きなパワー

陸上への来襲は津波の大きさと水深や地形によって変わる

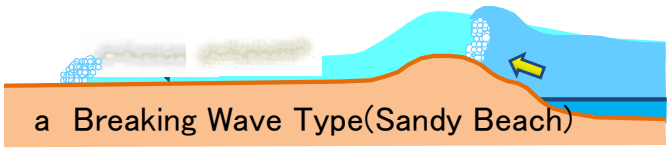
先端は砕けることが多い

PARI, JAPAN

津波の来襲　仙台平野

NHK Special “The Great Eastern Japan Earthquake”
by NHK (Japan Broadcasting Corporation) on May 7, 2011.

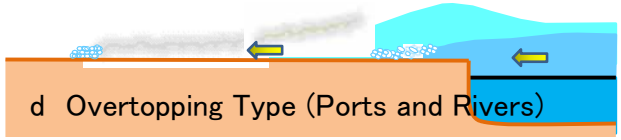
砂浜海岸への典型的な津波遡上
砕波型ー砂浜海岸で砕ける津波



釜石港を襲う津波

I

港や川からの津波の侵入
越流型ー溢れでる津波



2004.12.26 9.58 インド洋大津波
被災の状況を具体的に示したビデオ

志津川 (南三陸町)

怖しい10mクラスの津波の甚大な被害

@津波防災施設を超え、破壊する
@内陸奥深くまで侵入する。河川を遡上する
@町全体を破壊する

奥尻青苗地区
インド洋大津波

陸域・一般の被害	建物の破壊・流出（特に木造家屋壊滅的破壊・コンクリートの建物の３階以上の浸水）
	車の流失
	火災の発生
	タンク破壊と油流失
	鉄道・道路・橋梁の破壊
	地盤沈下
	田畑の冠水
港と海域の被害	船舶の漂流・衝突と乗り上げ
	港湾施設の破壊・浸水（上屋、クレーンなど）
	材木、コンテナーの漂流・衝突
	漂流物の港内の航路への沈下
	航路洗掘と埋没
	海浜･海岸林の消失
	水産養殖施設の流失
海岸・港湾構造物の被害	防波堤や岸壁の洗掘、滑動
	突堤・離岸堤などの破壊
	堤防・護岸（防潮堤）等の破壊（洗掘）
	水門・陸閘の破壊

多くの死者･行方不明者　2万人

浸水域:535km^2，60万人，22万戸(全壊12万戸)

人的被害の多い自治体	死者数	行方不明者数	人口に対する割合
①石巻市(宮城県)	2818	2770	3.49%
②陸前高田市(岩手県)	1335	841	9.36%
③気仙沼市(宮城県)	815	1216	2.77%
④名取市(宮城県)	883	1000	2.56%
⑤東松島市(宮城県)	988	740	4.03%

･陸前高田

陸前高田　気仙川(竹駒:河口より4km)

・陸前高田 （被災したアパート）

・気仙沼

南三陸　歌津(破壊された橋）

気仙沼(座礁した漁船）

・石巻

津波の破壊力

大きな津波の力

特に砕ける津波の先端部の破壊力

侮れない流れの力

PARI, JAPAN

木造の家の破壊（港空研の大規模水路の実験）

PARI, JAPAN

人への危険性

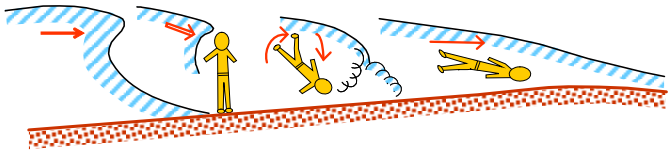
人は簡単に津波で流される

海岸は特に危険
（砕波・流れ）

PARI, JAPAN

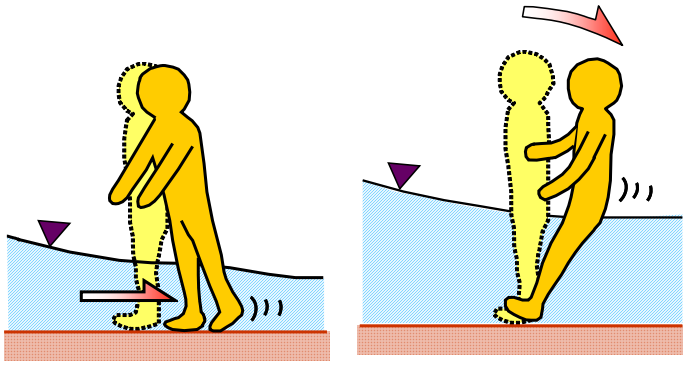
人への津波の作用

CASE A – 砕波面の衝突による倒れ込み
特に海岸付近では危険



PARI, JAPAN

CASE B – 速い流れによる転倒



PARI, JAPAN

津波の港町への侵入—数値シミュレーション

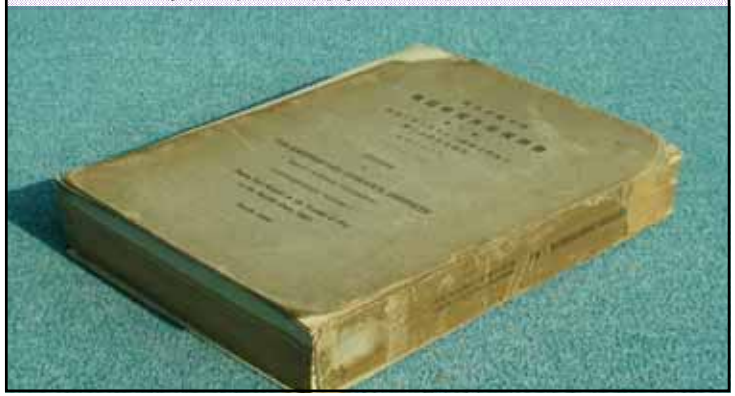
4章これまでの津波対策

PARI, JAPAN

東京大学地震研究所彙報

1933昭和三陸地震津波

このころは地震や津波の現象はよく分かっていなかった



津波対策の進展

津波災害の後　津波対策は進展した。

特に、津波災害を経験している地区では津波の厳しさを理解して対策が進んでいた。

ソフト対策

警報

避難対策　　ー　教育・訓練

ハザードマップ

ハード対策

津波防波堤・護岸など

PARI, JAPAN

津波警報システム

予報

警報＝大津波(3, 4, 6, 8, 10m above)

津波 (1, 2m)

注意＝0.5m

近地津波(1954年から)

□ 気象庁による新しいシステム (1999) JMA

津波データベース

(100,000 計算津波)

3分以内の警報

遠地津波(1960年から)

□ 国際協力

太平洋津波警報センター

大規模地震発生の切迫

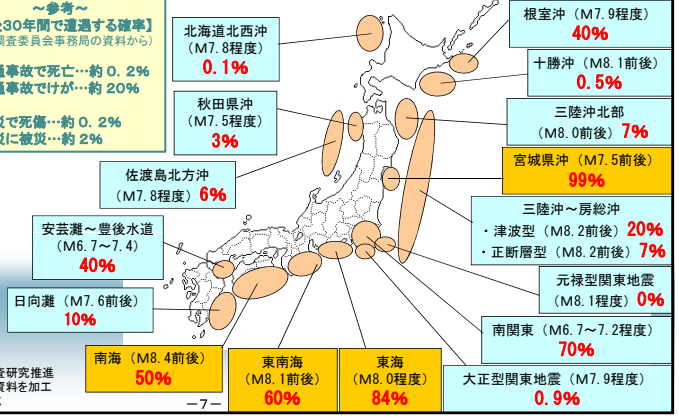
東海地震をはじめとし、各地域において大規模地震の切迫性が報告されている。

【海溝沿いの主な地震の今後30年以内の発生確率】

～参考～
【今後30年間で遭遇する確率】
（地震調査委員会事務局の資料から）

○交通事故で死亡…約 0．2%
○交通事故でけが…約 20%

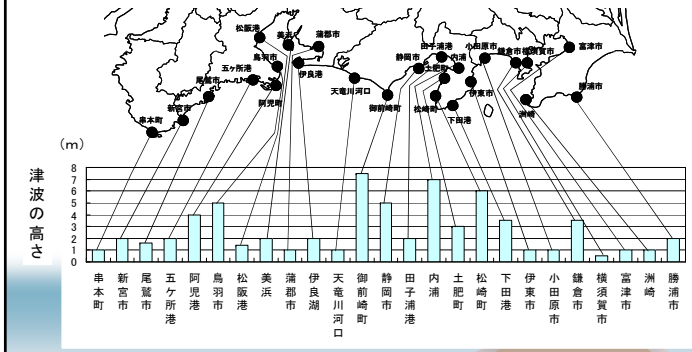
○火災で死傷…約 0．2%
○火災に被災…約 2%



【出典】
地震調査研究推進本部の資料を加工して作成

想定津波高さの例①　（東海地震）

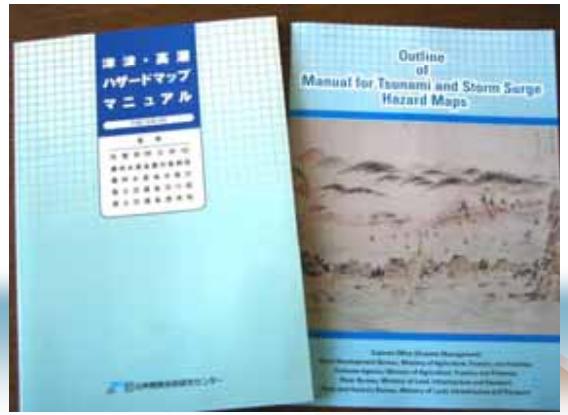
広範囲に津波が来襲する



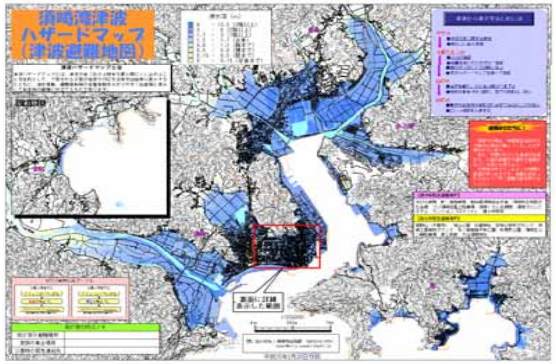
東海地震での想定津波波高分布図

【出典】中央防災会議資料より加工して作成

津波･高潮ハザードマップマニュアル



ハザードマップ　須崎市



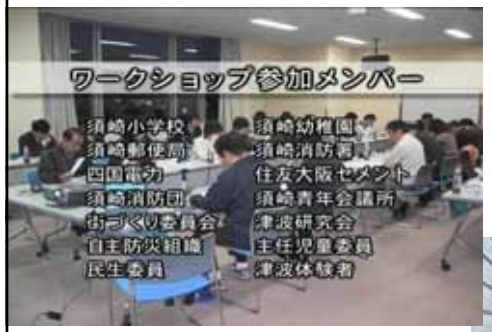
避難タワー　大紀町

PARI, JAPAN

緊急一次避難所

PARI, JAPAN

ハザードマップワークショップ



その他の安全な避難のための手段

浜口による津波堤防

広村 1855-1857　　広川町ホームページ

宝永南海 1707・ 安政南海 1854・ 昭和南海 1946

広村堤防横断図(北側から南向きに見た場合。海までの距離は埋め立て前)

津波堤防

田老町 (宮古市)

1611/1896/1933　津波堤防 TP10m

総延長Total 2433m(1934-1988)

PARI, JAPAN

奥尻島復興　土地利用計画

津波護岸

5章　東日本大震災の教訓と今後の対策

中央防災会議津波専門部会などでの議論

① 想定外の津波（想定外・最大級）

② 津波警報と観測

③ 緊急避難

④ 津波に強い町

① 最大級の津波の想定
想定外・最大級

想定していた津波をこえる

ほとんど津波による被害を想定していないところで被害が発生

最大級の津波の想定

設計を超える高潮や津波

最大級の高潮や津波

そのとき具体的に何が起きるかを予測することが必要

(WORST CASE　SCENARIO)

↓

ハードとソフトによる対策

PARI, JAPAN

防災施設の性能設計

最悪のシナリオを考慮した今後の津波対策
性能設計

	対象津波	要求性能
レベル1津波	近代で最大（100年で1回程度の発生確率）	**防災** ・人命を守る. ・財産を守る. ・経済活動を守る.
レベル2津波	最大級（1000年に1回程度の発生確率）	**減災** ・人命を守る. ・経済的損失を軽減する. ・大きな二次災害を引き起こさない. ・早期復旧を可能にする.

22

② 津波警報と観測

地震後3分で津波警報が発令

しかし最初の警報では3mの津波であった

新しい津波警報システム

M8クラス以上の地震
第1報は定性的な表現（巨大な津波）

津波警報の見直し
警報区分の改善（8段階から5段階へ）

情報文の見直し
避難を促す情報文（直ちに高台へ避難）

沖合・沿岸での津波観測
PARI, JAPAN より確かな情報

津波警報区分の改善

これまでの警報（8段階）

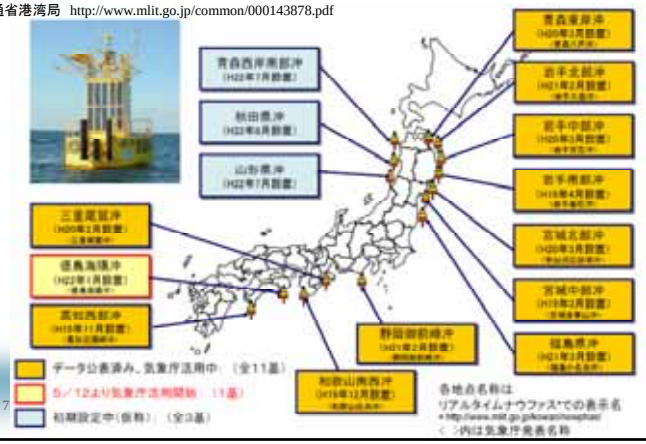
注意報＝0.5m
警報＝津波 （1, 2m）
大津波（3, 4, 6, 8, 10m above）

改善案 （5段階）

津波注意報	1m	（0.2-1m）	
津波警報	3m	（1-3m）	高い津波
大津波警報	5m	（3-5m）	巨大な津波
	10m	（5-10m）	巨大な津波
	10m以上		巨大な津波

GPS波浪計による沖合の津波観測

国土交通省港湾局 http://www.mlit.go.jp/common/000143878.pdf



③ 緊急避難

避難地が遠い

車で移動する人・渋滞
途中で津波に巻き込まれる

身近な緊急避難所

緊急避難

身近な緊急避難所

○鉛直避難

近くの高台・避難タワー

避難ビル（中高層のアパート ・オフィスビル）

×(水平避難 ＋ 遠くの避難生活所）

地震の避難と津波の避難は違う！

地震後の生活のための避難所→避難生活所

津波の危険を避けるための避難所→緊急避難所

・陸前高田 （浸水したが残ったアパート）

中央防災会議の報告書

5分以内の緊急避難

避難ビルの活用

PARI, JAPAN

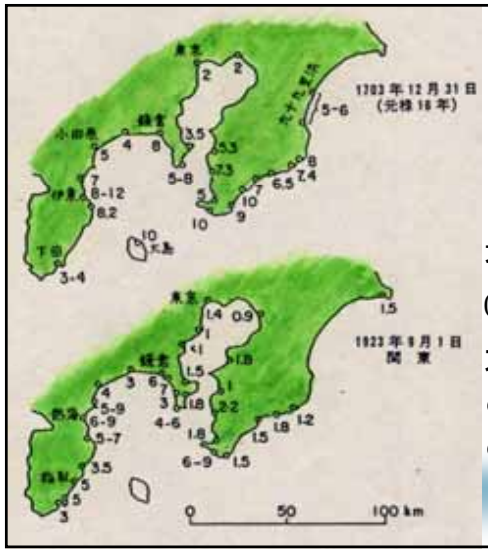
6章　関東の津波

元禄地震津波・関東大震災

＋慶長・明応津波

＋直下型

PARI, JAPAN



歴史津波の高さ

関東地震

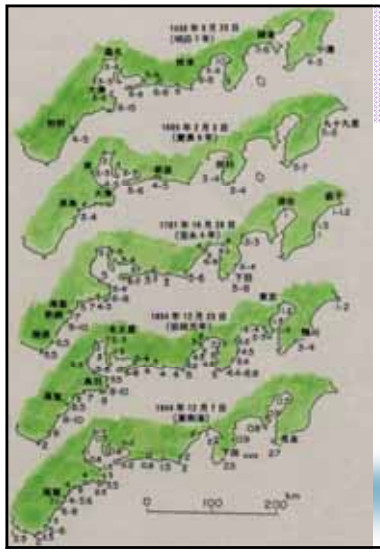
元禄1703

(M7.9-8.2)

大正関東1923

(M7.9)

(羽鳥徳太郎1988)



歴史津波の高さ

（東海・東南海・南海）

明応1498（M8.2-8.4)

慶長1605（M8?)

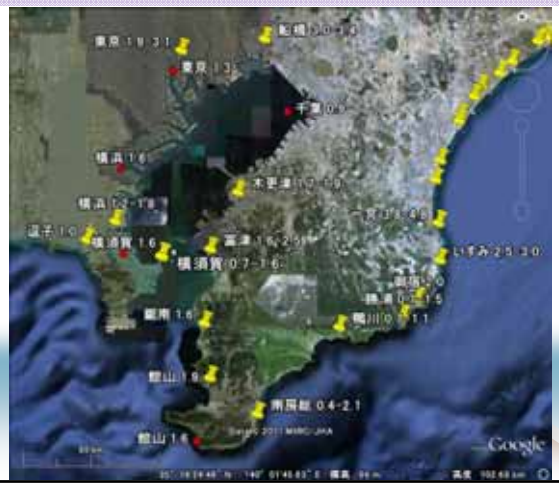
宝永1707(M8.4)

安政1854（M8.4)

昭和1944(M8.0)

（羽鳥徳太郎1988）

今回の津波　東京湾

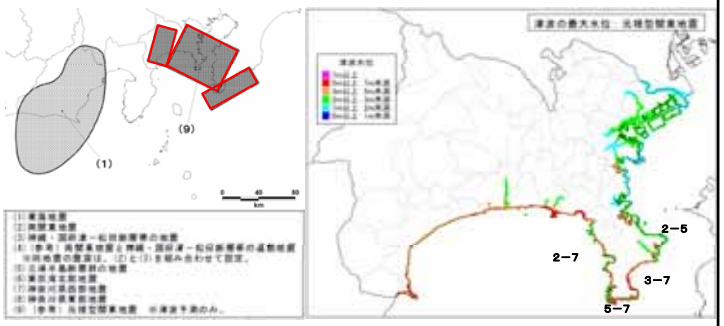


関東地震津波（元禄）

- 発生時刻：1703年12月31日02時頃
  （元禄16年11月23日）
- 発生場所：東京湾南方，房総半島南東海岸
- 地震の規模：マグニチュード　8.2

神奈川県の津波被害想定（参考）

元禄型関東地震による最大水位の計算結果



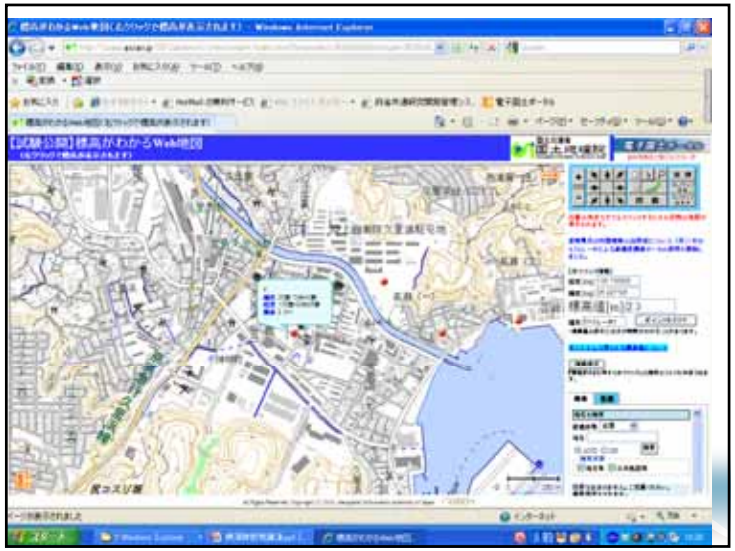
出典：神奈川県地震被害想定調査報告書（平成21年3月）

自分の生活している場所の状況とハザードマップを確認する

高さを確認する
海岸・河川・暗渠を確認する

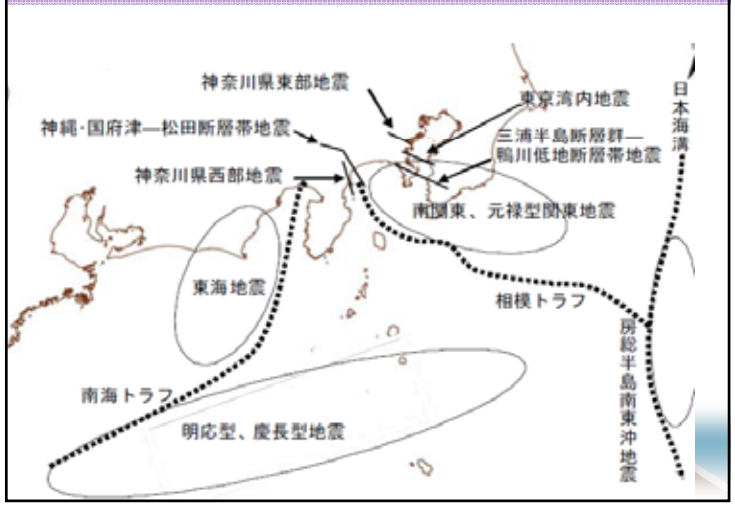
避難場所を確認する
避難経路を確認する

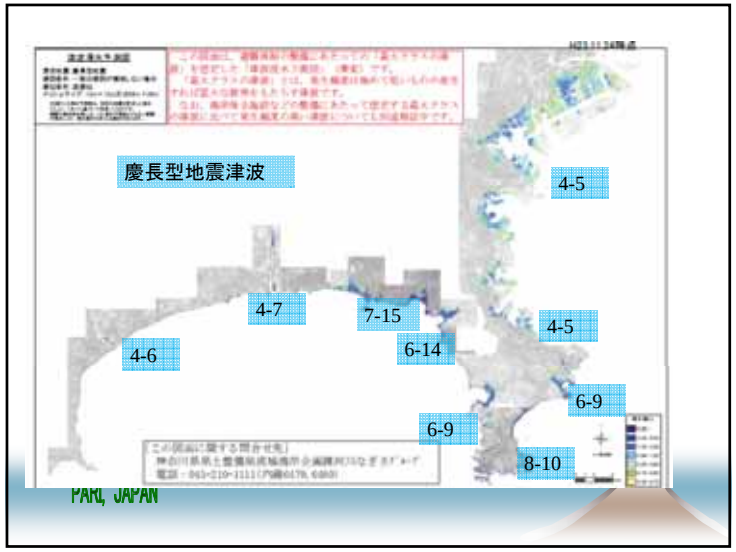
PARI, JAPAN

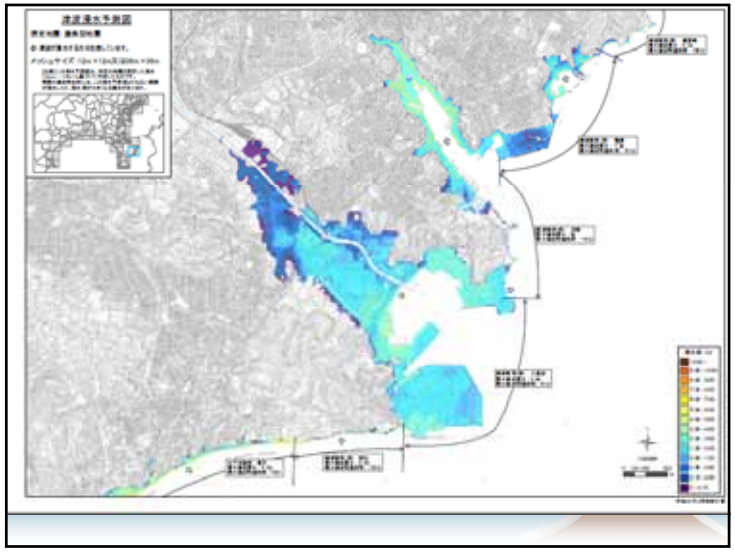


出典:横須賀市津波ハザードマップ

最大級の津波の波源　神奈川県







津波防災は津波、そしてその被害を理解することから始まります。

津波被害は厳しいものですが、頻繁に起きるものではありません。

正しく理解して、正しく恐れる必要があります。

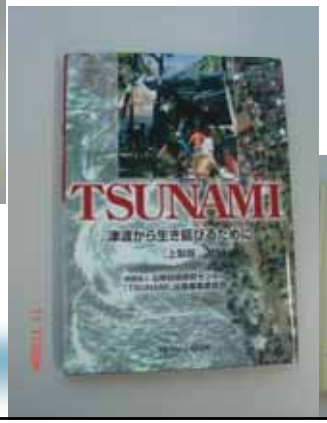
PARI, JAPAN

津波に対し避難は不可欠です。

たとえ、今回の津波が小さくても、次は大きいかもしれません。

また、実際の避難は、何回かの避難訓練より貴重な経験です。**避難する文化**を育てることが重要です。

PARI, JAPAN



PARI, JAPAN

ご清聴ありがとうございます

PARI, JAPAN