

津波防災講演会 横須賀 2011.9.11

## 東日本大震災における津波被害と これからの中波防災

### 津波から生き延びる

PARI JAPAN 独立行政法人港湾空港技術研究所  
高橋重雄

このたびの大震災で被害にあわれた方々にお悔み  
を申し上げます。

一日も早い復旧復興をお祈り申し上げております。

私どもも、早期復旧復興に向けて調査などを行って  
おります。

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



横須賀市の皆さん  
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. 東日本大震災の津波被害
2. 津波の基礎知識
3. 津波災害の実態
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

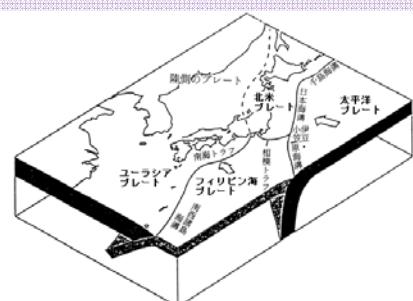
### 1章 東日本大震災の津波被害

10m以上の津波で壊滅的な被害

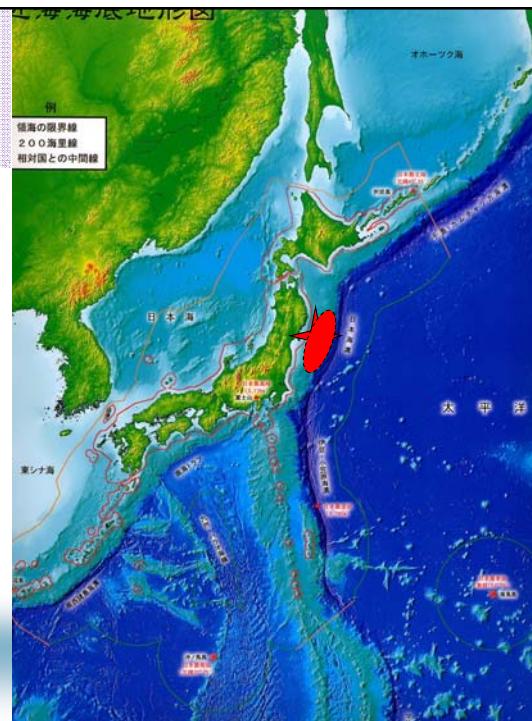
想定以上の津波

PARI JAPAN

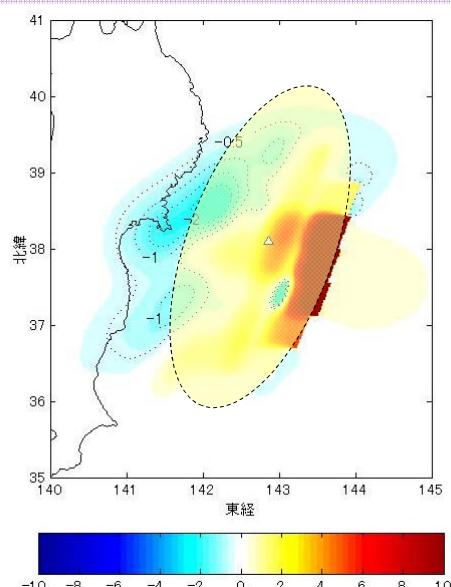
## 日本周辺の海と 海溝



3月11日 14:46  
震源 仙台 東130km  
M9.0



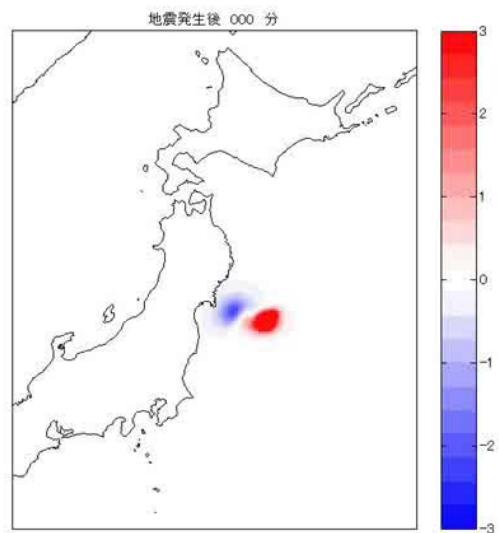
## 津波波源(推定結果)



地震によって生じた初期水位分布  
の推定結果  
藤井ら(2011)を元に、滑り量を調整



## 津波の発生と伝播計算



## 久慈港に来襲する津波



## 久慈の海岸に来襲する津波



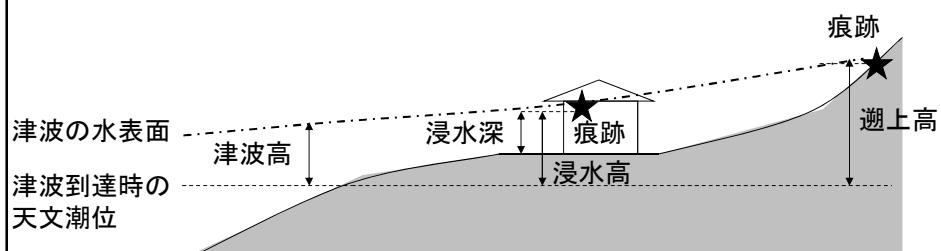
## 釜石港を襲う津波



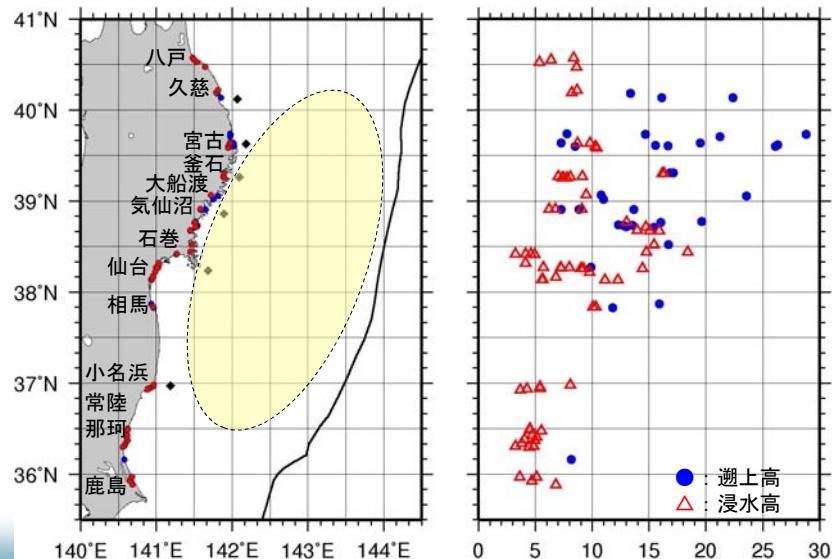
## 仙台平野を襲う津波



## 津波被害の調査 津波の大きさ（痕跡高） 建物や施設の被害

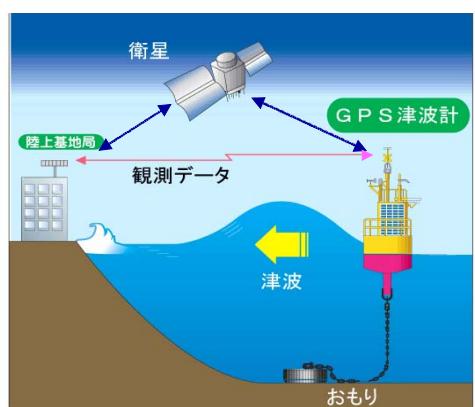


## 津波の波源 痕跡高さ(浸水高・遡上高)

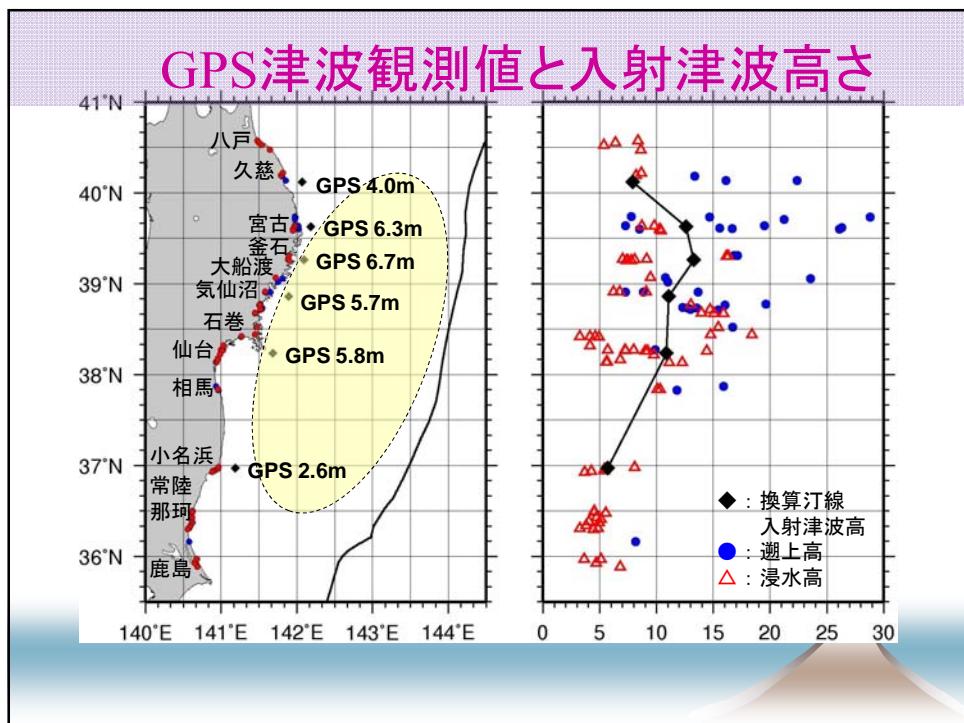
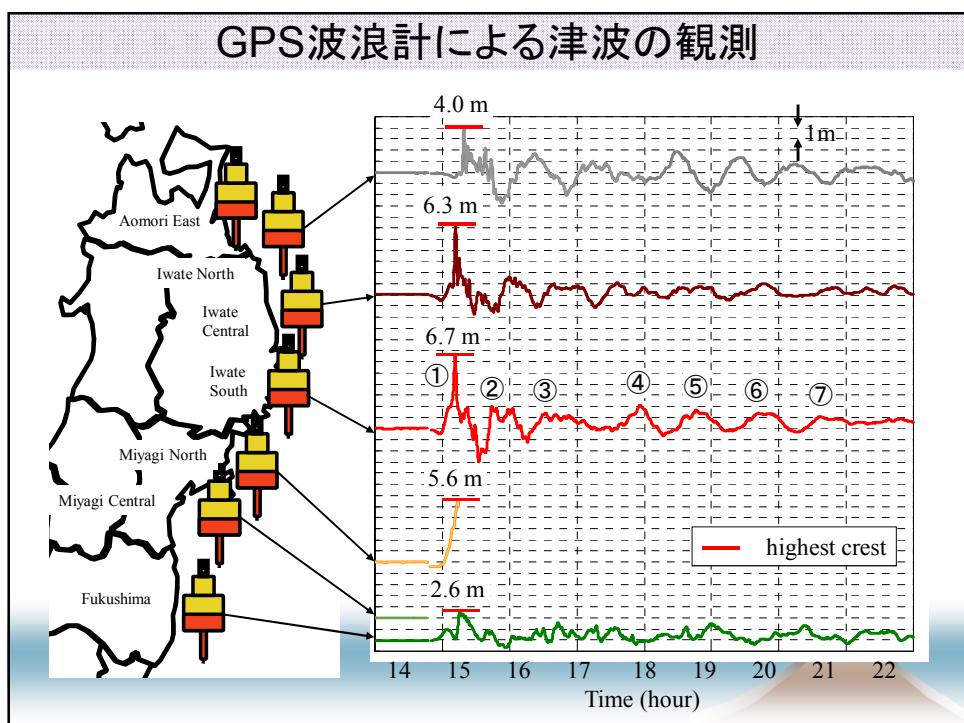


## GPS波浪・津波計による来襲津波の観測

国土交通省港湾局 12基 20km沖



PARI, JAPAN



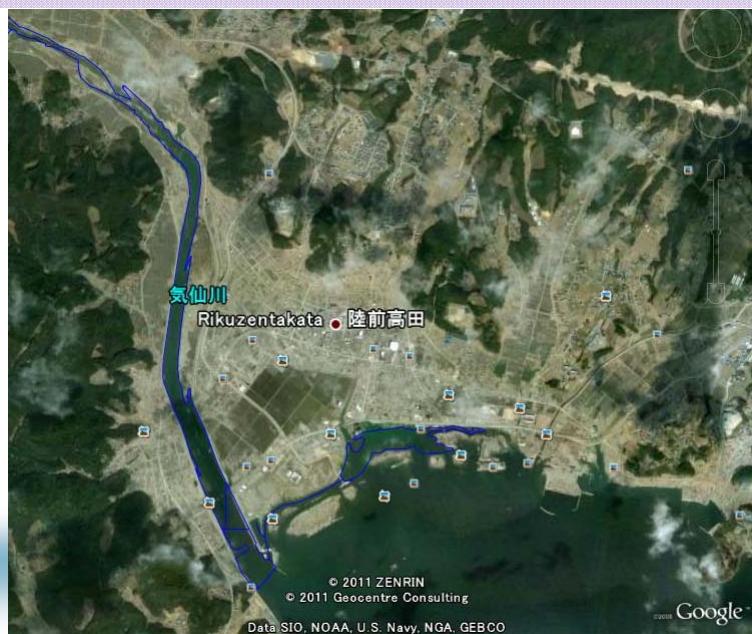
<b>怖しい10mクラスの津波の甚大な被害</b>	建物の破壊・流出 (特に木造家屋壊滅的破壊・コンクリートの建物の3階以上の浸水)
<b>@津波防災施設を超えて、破壊する</b>	車の流失
<b>@内陸奥深くまで侵入する。河川を遡上する</b>	火災の発生
<b>@町全体を破壊する</b>	タンク破壊と油流失
<b>奥尻青苗地区 インド洋大津波</b>	鉄道・道路・橋梁の破壊
	地盤沈下
	田畠の冠水
	船舶の漂流・衝突と乗り上げ
<b>港と海域の被害</b>	港湾施設の破壊・浸水(上屋、クレーンなど)
	材木、コンテナーの漂流・衝突
	漂流物の港内の航路への沈下
	航路洗掘と埋没
	海浜・海岸林の消失
	水産養殖施設の流失
<b>構岸物港の湾被害</b>	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 <sup>2</sup> , 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





## 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



気仙沼(漂流したタンク)



## 南三陸 歌津(破壊された橋)



・釜石港(座礁した船舶)



気仙沼(座礁した漁船)



・仙台新港(漂流したコンテナ)



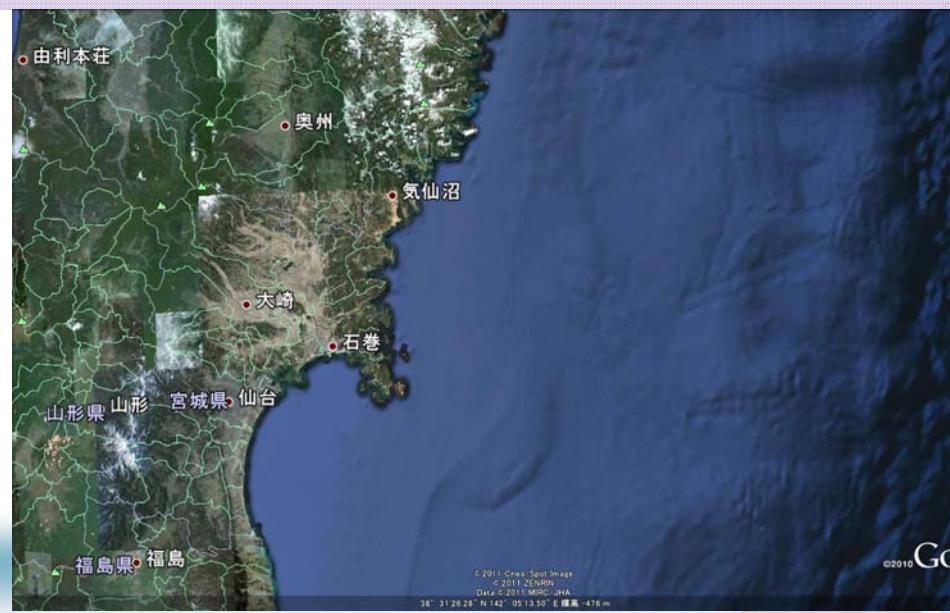
・綾里(白浜) 破壊した護岸



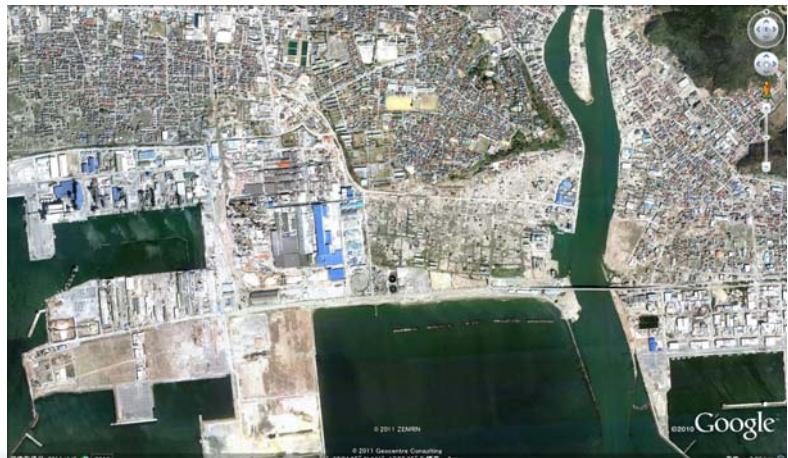
## 防潮壁の被災 釜石両石



## ・石巻



・石巻



・石巻



## 2章 津波の基礎知識

津波は長～い波  
大きな破壊力

海底地盤の隆起・沈降で発生

PARI JAPAN

### 台風などの嵐の波

(港空研 大型水路における実験ビデオ)



## 津波

同じ高さでも大きな破壊力と大きな浸水被害

(港湾空港技術研究所 大規模波動地盤水路における実験)



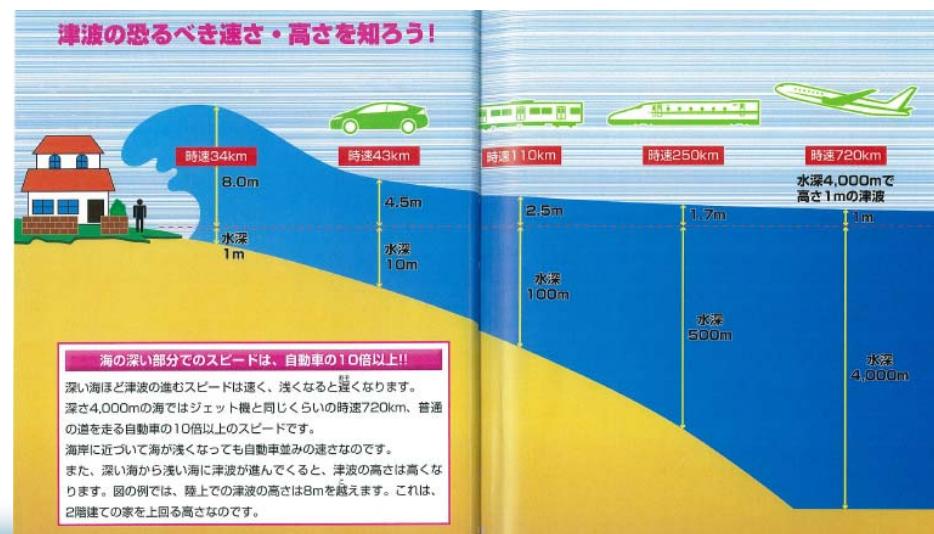
## 津波の発生の仕組み(1/2)



## 津波の発生の仕組み(2/2)

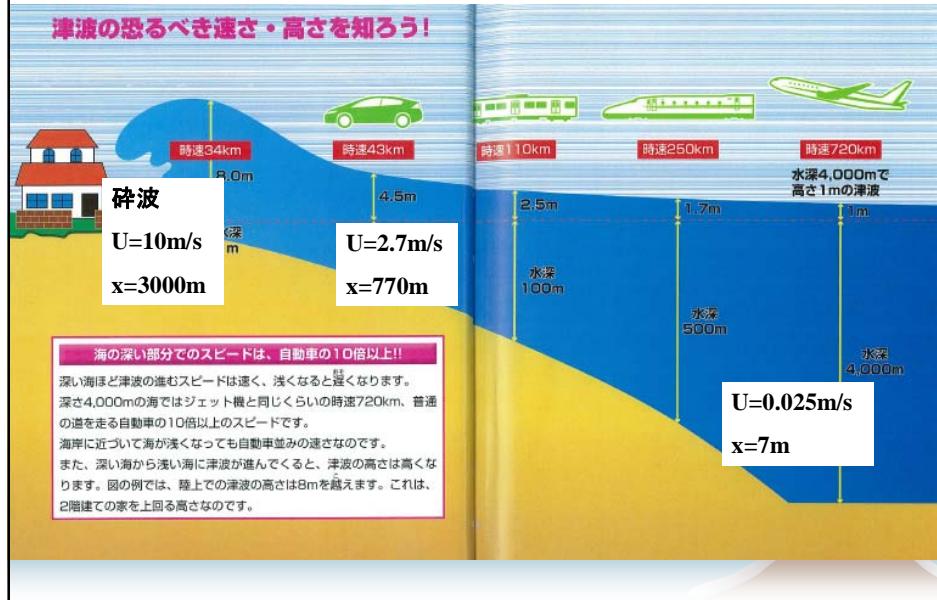


## 津波の速さ $C=(gh)^{0.5}$

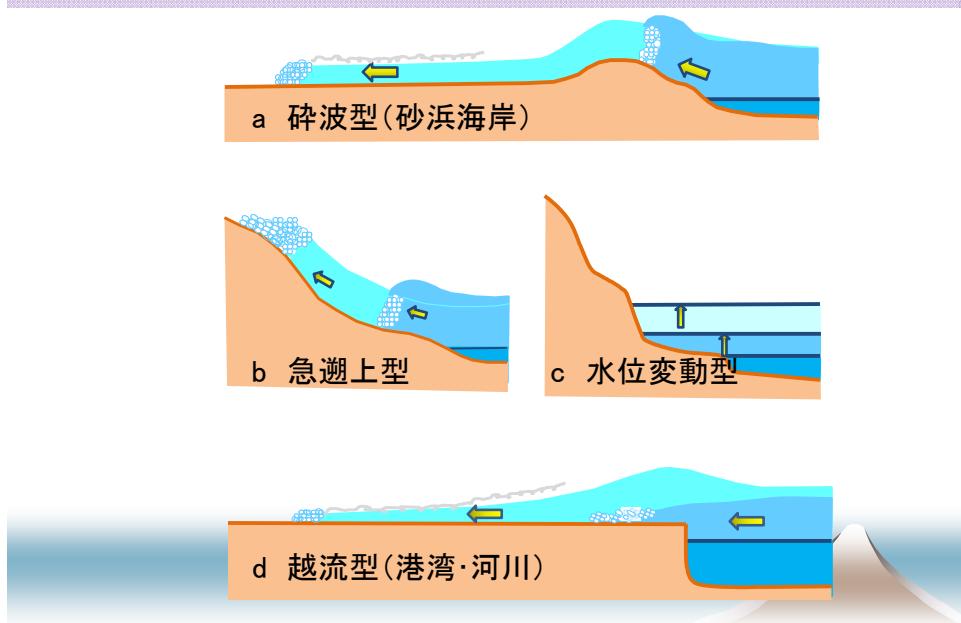


## 津波による水の動き

$$U = (H/2h) * C$$



## 海岸断面と津波の遡上の特性



## 津波の破壊力

大きな津波の力

特に碎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

## 木造の家の破壊

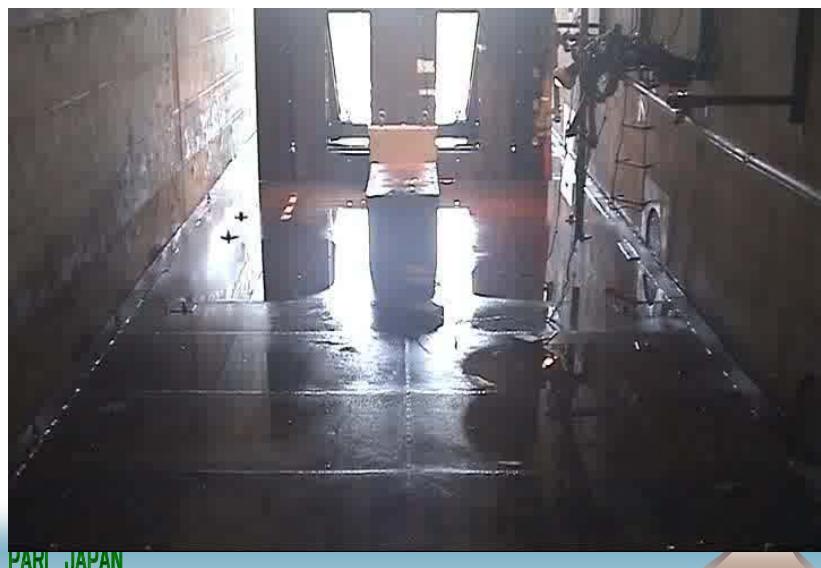


## 津波によるコンクリート壁の破壊試験



PAN4 JAPAN

## 津波によるコンテナーの流失とその衝突実験



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  
(碎波・流れ)

PARI, JAPAN

## 人への津波の作用



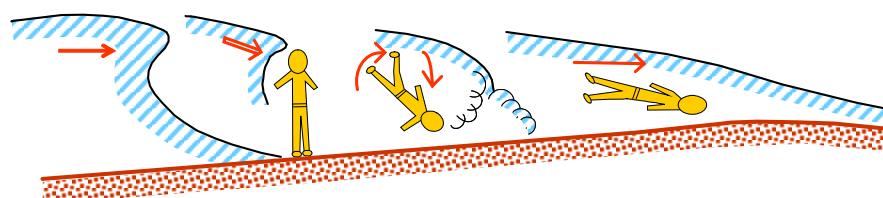
## 海岸で碎ける津波の先端部



(TSUNAMI,CDIT)

## CASE A – 碎波面の衝突による倒れ込み

特に海岸付近では危険



PARI, JAPAN

@地震を感じたら避難

@警報が出たら避難

@津波を見たら避難

海岸ではるか沖合に津波を見てから  
4分程度で来襲

海岸付近で津波に遭遇するのが最も  
危険

PARI, JAPAN

## 日本海中部地震津波 1983年5月26日



PARI, JAPAN

### 3章 津波災害の実態

防災は市民が具体的に災害を  
知ることから始まる

津波被害は厳しい  
繰り返し発生している

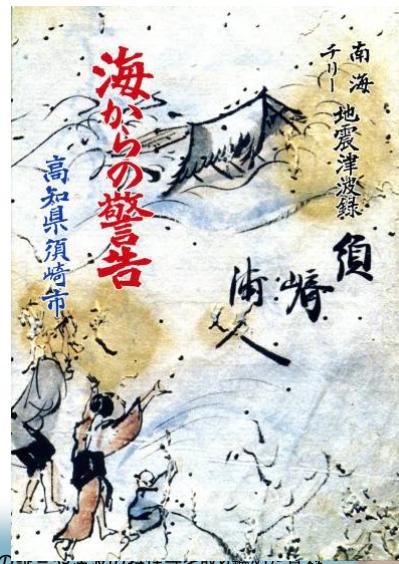
PARI JAPAN

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

## 参考資料(須崎市)



須崎市における津波体験者の証言を収めた本を編集している

## 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)

⑩北海道南西沖地震(M7.8)  
【平成5(1993)年7月12日】  
○死者・行方不明者数 230人  
○最大遡上高さ 30m

⑨日本海中部地震(M7.7)  
【昭和58(1983)年5月26日】  
○死者数 104人  
○最大津波高さ 14m

①明治三陸地震(M8.5)  
【明治29(1896)年6月15日】  
○死者数 約22,000人  
○最大遡上高さ 38.2m

④昭和三陸地震(M8.1)  
【昭和8(1933)年3月3日】  
○死者・行方不明者数 3,064人  
○最大遡上高さ 29m

②関東地震(関東大震災)(M7.9)  
【大正12(1923)年9月1日】  
○死者・行方不明者数 142,807人

⑤東南海地震(M7.9)  
【昭和19(1944)年12月7日】  
○死者数 998人

⑥チリ地震津波(M9.5)  
【昭和35(1960)年5月23日】  
○死者・行方不明者数 142人  
○最大津波高さ 6m

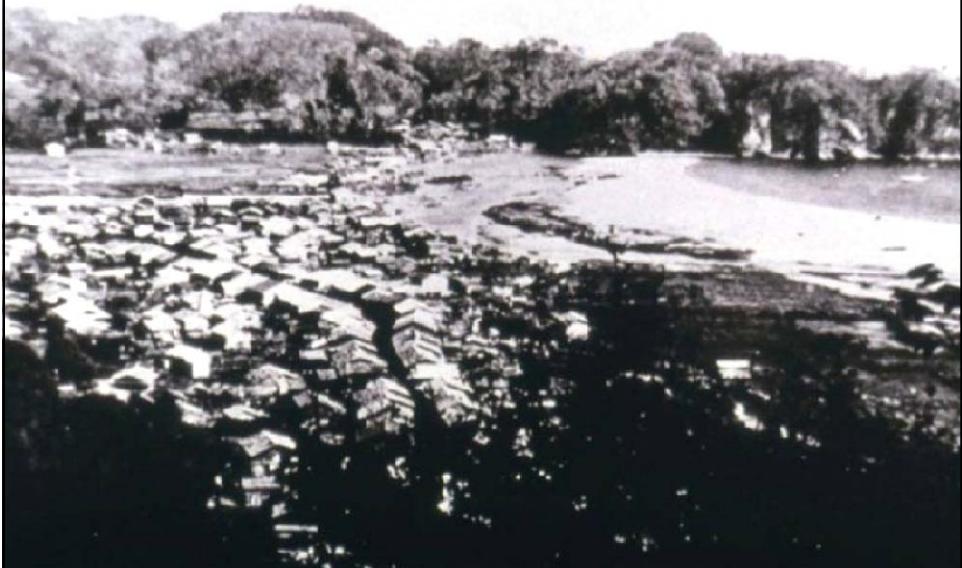
- 1 -

【出典】気象庁ホームページを加工して作成

## 1896 明治三陸津波 最高遡上高38.2m



1933 昭和三陸津波 田老町津波前



1933 昭和三陸津波 田老町 津波後



1960 チリ地震津波



1983 5.26 日本海中部地震津波

岸壁を超える津波と漁船



**1983 5.26 日本海中部地震津波**

**引き波と転覆する漁船**



**1983 5.26 日本海中部地震津波**

**遡上する津波 松ヶ崎漁港**



1993年7月12日 北海道南西沖地震津波  
奥尻島 青苗地区:津波前



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)



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



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



2007年ソロモン諸島地震津波  
(シンボ島タプライ)



2007年スマトラ島地震津波  
(セランガイ)



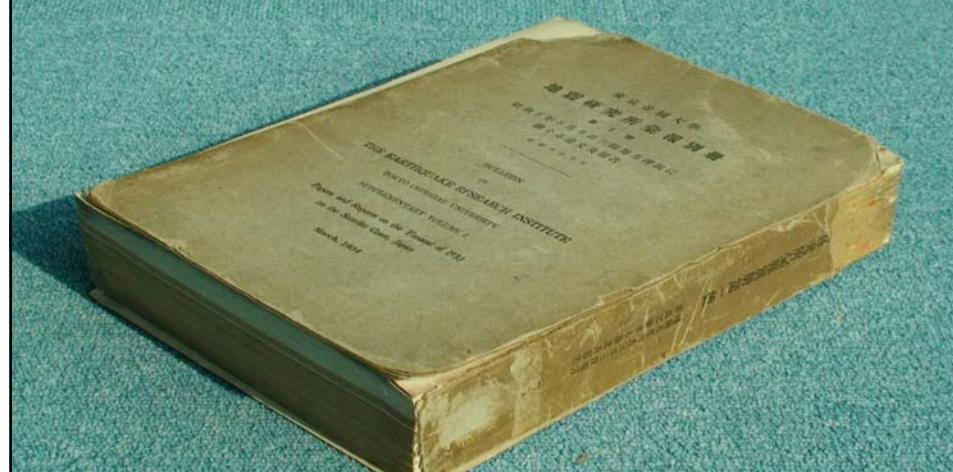
## 4章これまでの津波対策

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



## 津波防災研究

1960 チリ地震津波 (M9.5 死者139)

本格的な津波防災研究の開始

津波防災施設の整備の開始 (大船渡港津波防波堤)

1983 日本海中部地震津波 (M7.7 死者100)

1993 北海道南西沖地震津波(奥尻津波) (M7.8 死者(200))

津波研究の大幅な前進

ハード・ソフトの両面の対策の必要性の認識

(ハザードマップ等)

2004 インド洋大津波(M9.1 死者20万人)

## 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 — 教育・訓練

ハザードマップ

ハード対策

PARI JAPAN

津波防波堤・護岸など

## 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

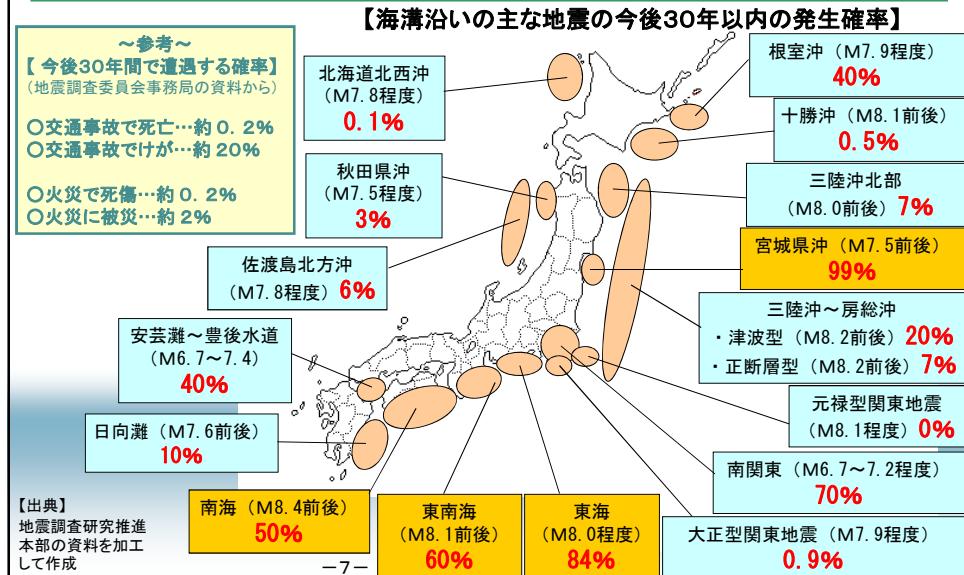
#### 遠地津波 (1960年から)

□ 国際協力

太平洋津波警報センター

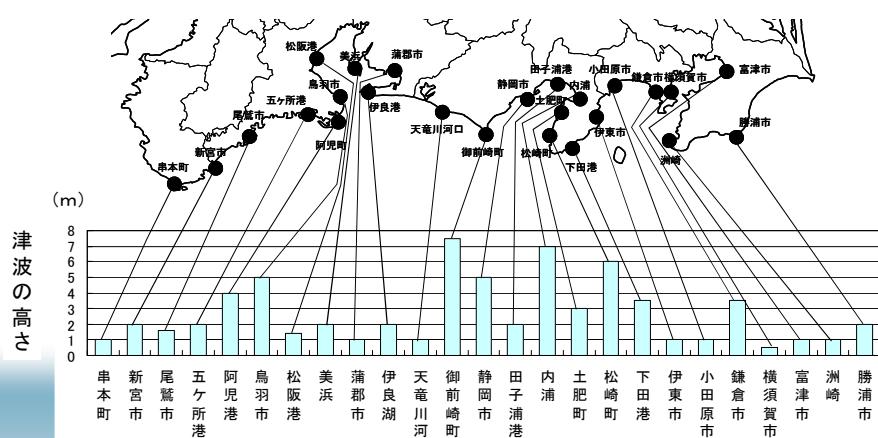
## 大規模地震発生の切迫

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。

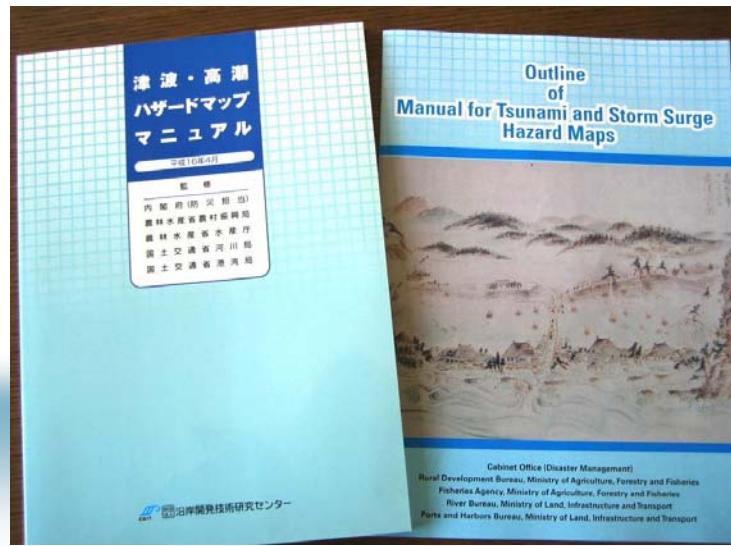


## 想定津波高さの例① (東海地震)

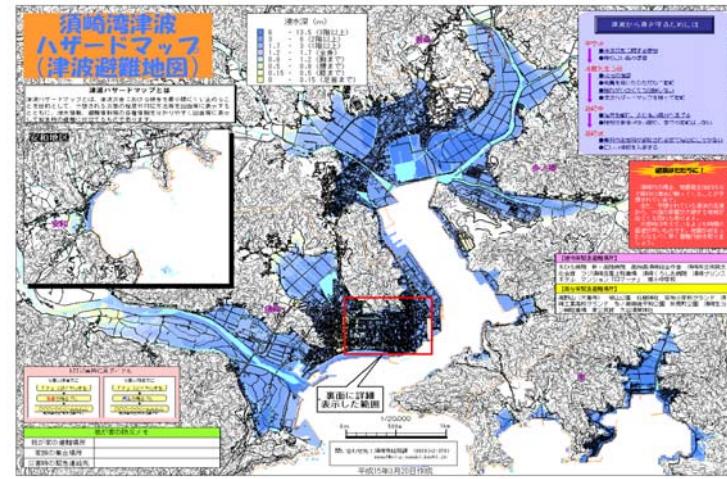
広範囲に津波が来襲する

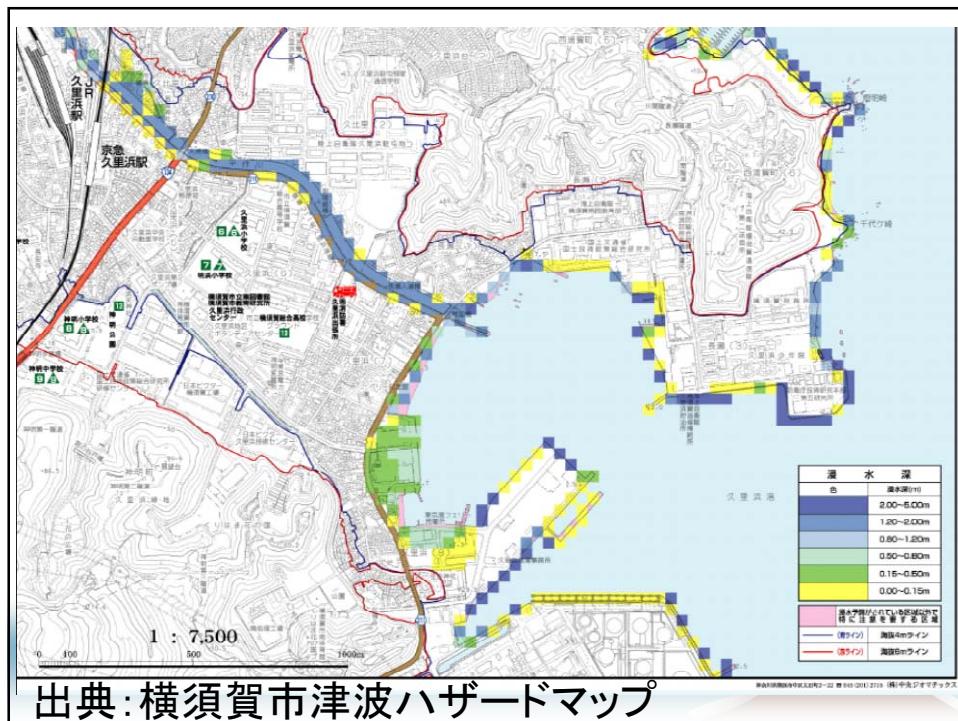


## 津波・高潮ハザードマップマニュアル



## ハザードマップ 須崎市





## 避難タワー 大紀町



PARI, JAPAN

## 避難タワー



PARI

## 緊急一次避難所



## 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



## 明治三陸津波災害の碑



## 昭和南海津波と安政南海津波の碑



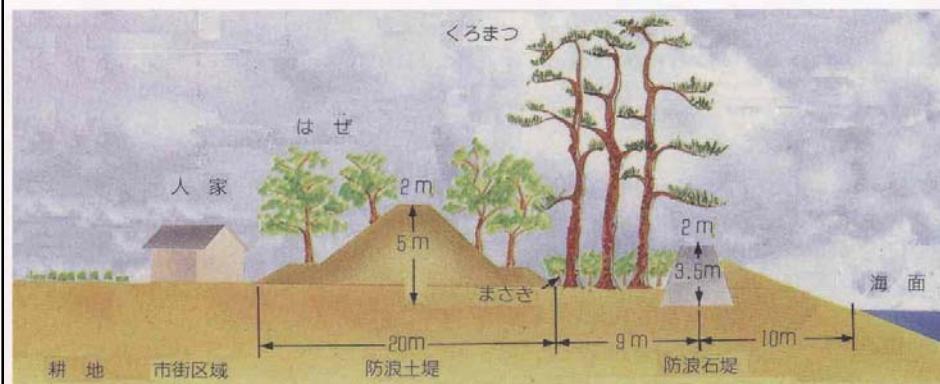
## 津波の港町への侵入—数値シミュレーション



## 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)  
海側から(右から左に向かって)、18世紀初頭に畠山氏が築いた波除石垣(防浪石堤)、浜口悟陵が植林・築造した  
松並木(防浪林、防潮林)と土盛の堤防(防浪土堤)がある。

## 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



## 奥尻港の対策



PARI, JAPAN

## 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

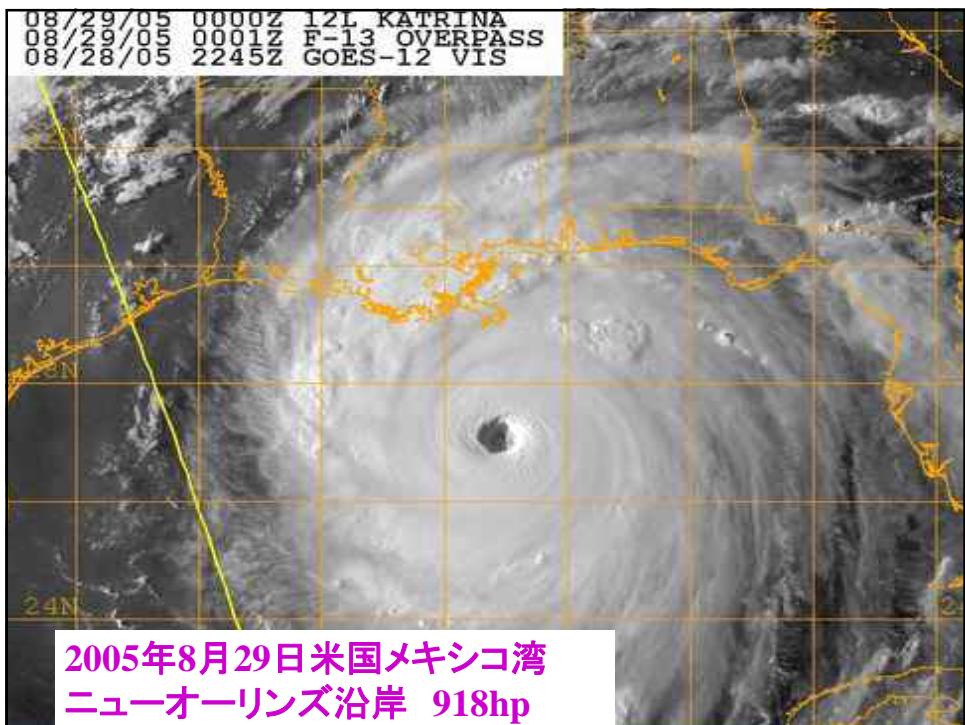
## 2004年インド洋大津波

スリランカ(ハンバントタの海岸の被災直後)

M9.1 最大級の地震と津波



08/29/05 0000Z 12L KATRINA  
08/29/05 0001Z F-13 OVERPASS  
08/28/05 2245Z GOES-12 VIS





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

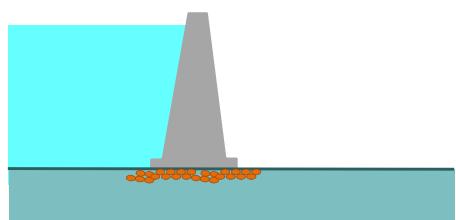
	対象津波
レベル1 津波	近代で最大 (100年で1回程度の発生確率)
レベル2 津波	最大級 (1000年に1回程度の発生確率)

→ 十六ヶ夜の津波防災

22

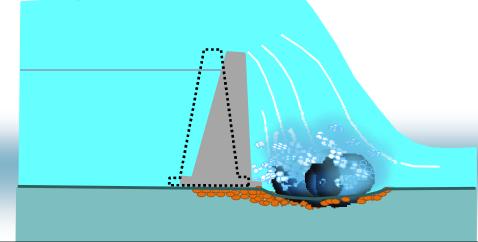
## レベルI津波とレベルII津波に対する津波防災施設

→ レベルI津波



津波防災

→ レベルII津波



津波減災

粘り強い構造



PARI JAPAN

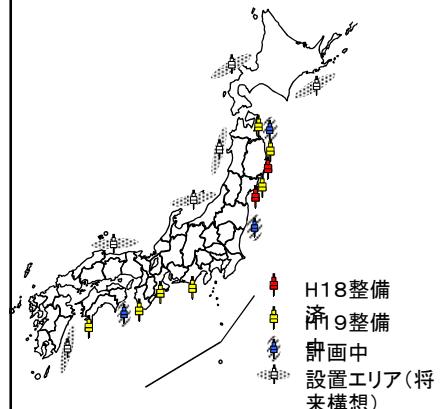
## ② 津波警報と観測

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

より正確で、分かり易い津波警報

## ② 津波警報と観測



来襲津波の情報を的確に  
市民に伝える

→ GPS波浪計

沿岸の波浪計・津波計

ビデオ監視カメラ

(地震動・浸水・停電など  
に強いシステム)

## 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

### ③緊急避難

→ ○鉛直避難 + 身近な緊急避難所

✗ (水平避難 + 遠くの避難生活所)

=緊急避難所

避難タワー

中高層のアパート

・オフィスビル

地震の避難との違い

避難生活所と緊急避難所



### ④津波に強い沿岸都市づくり(イメージ)

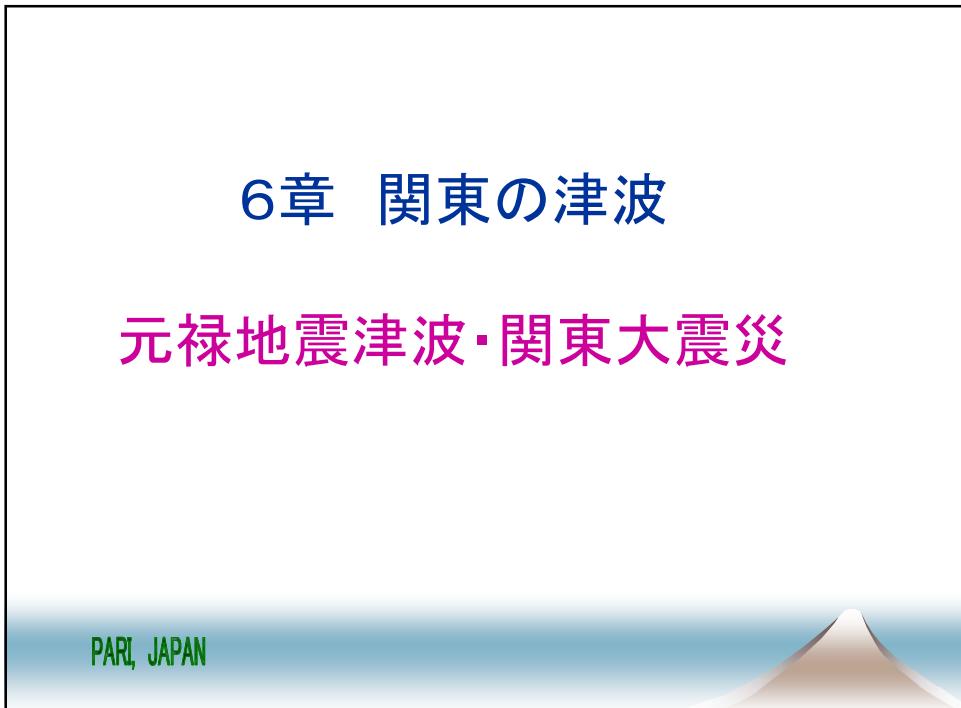




PARI, JAPAN

## 6章 関東の津波

### 元禄地震津波・関東大震災



PARI, JAPAN

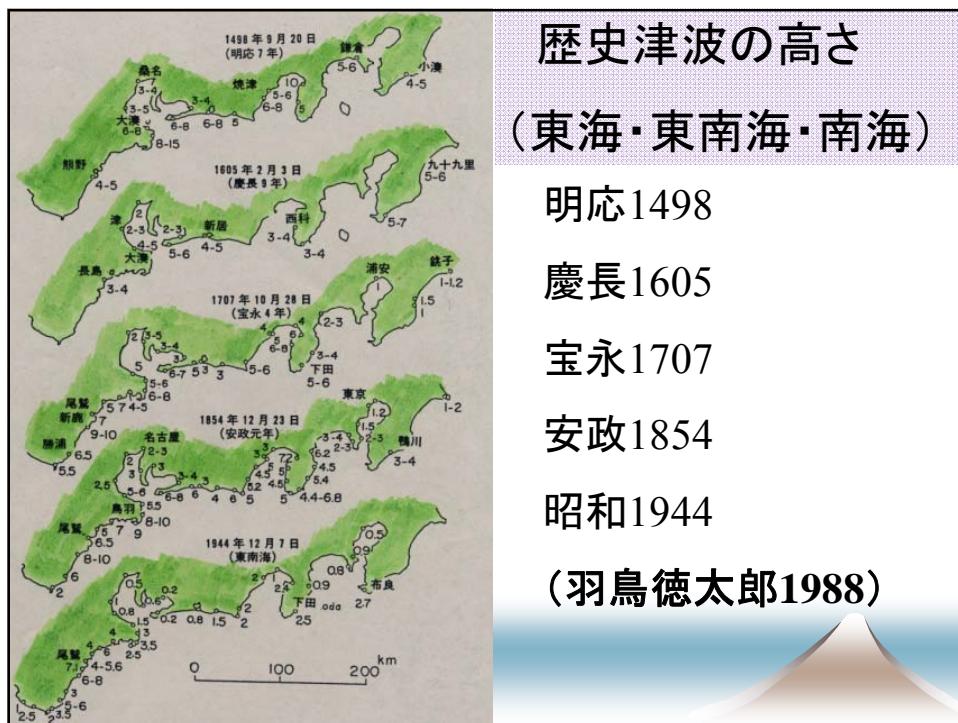
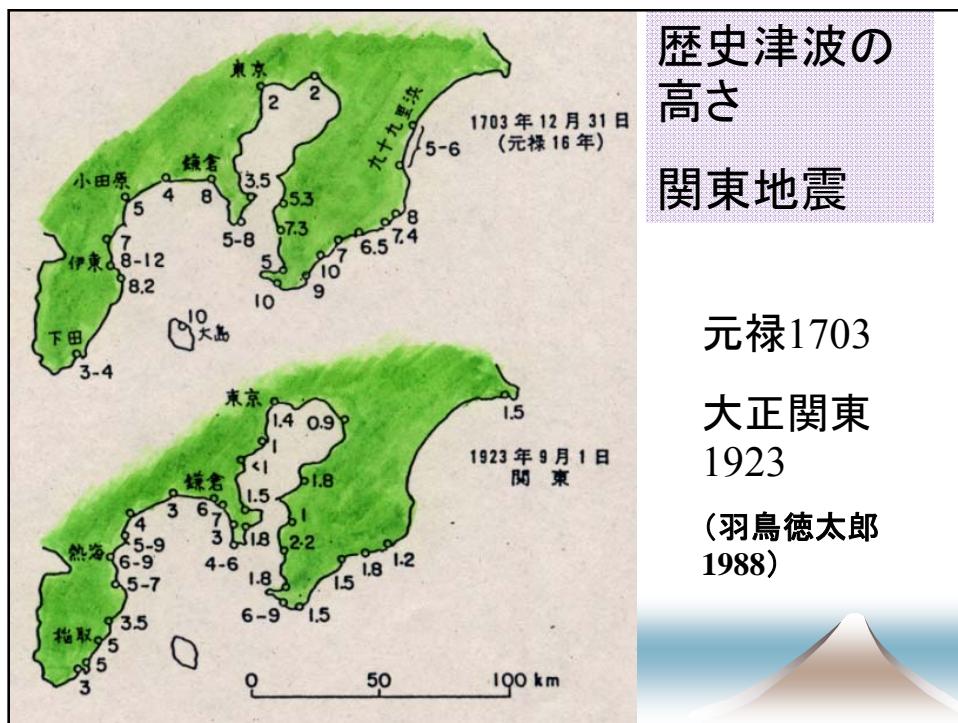
## 1703 元禄津波 M7.9-8.2 千葉 誕生寺



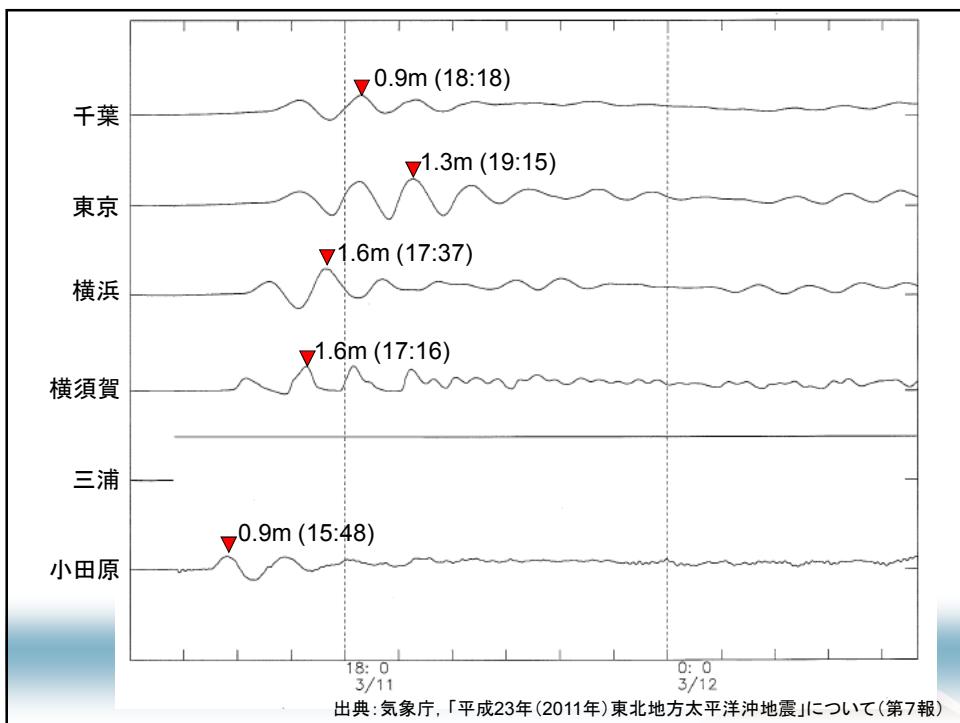
津波犠牲者の曼陀羅

## これまでの津波の発生箇所

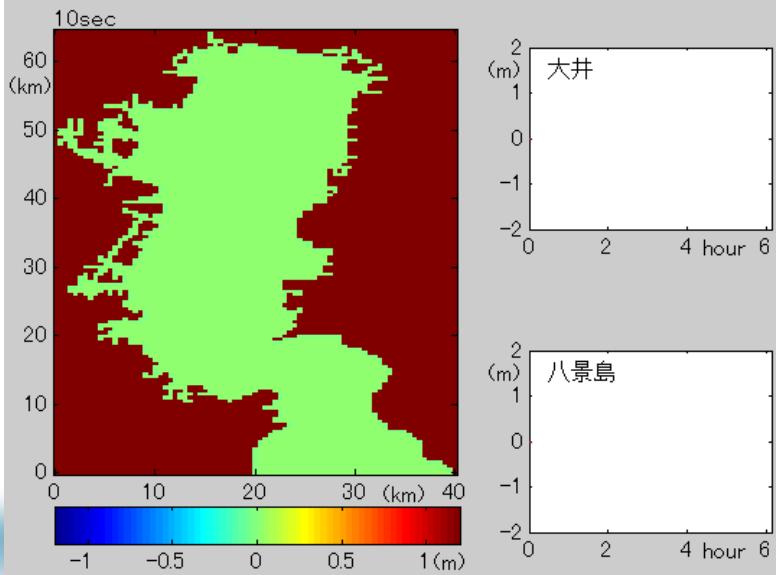




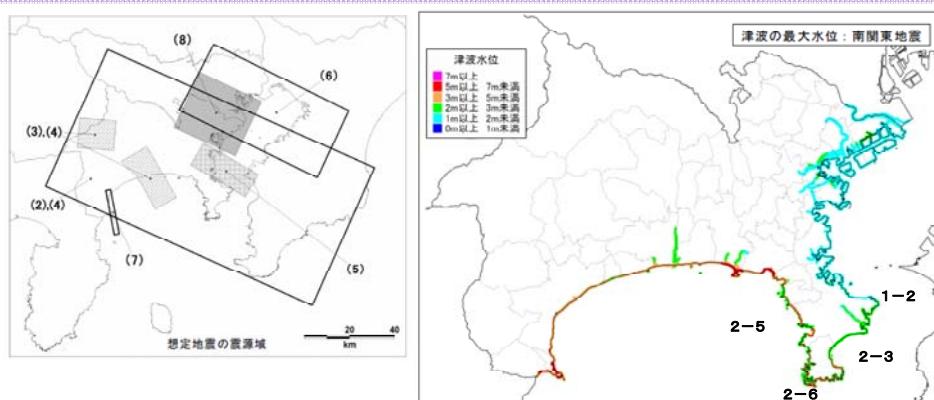
## 今回の津波 東京湾



## 東京湾の津波



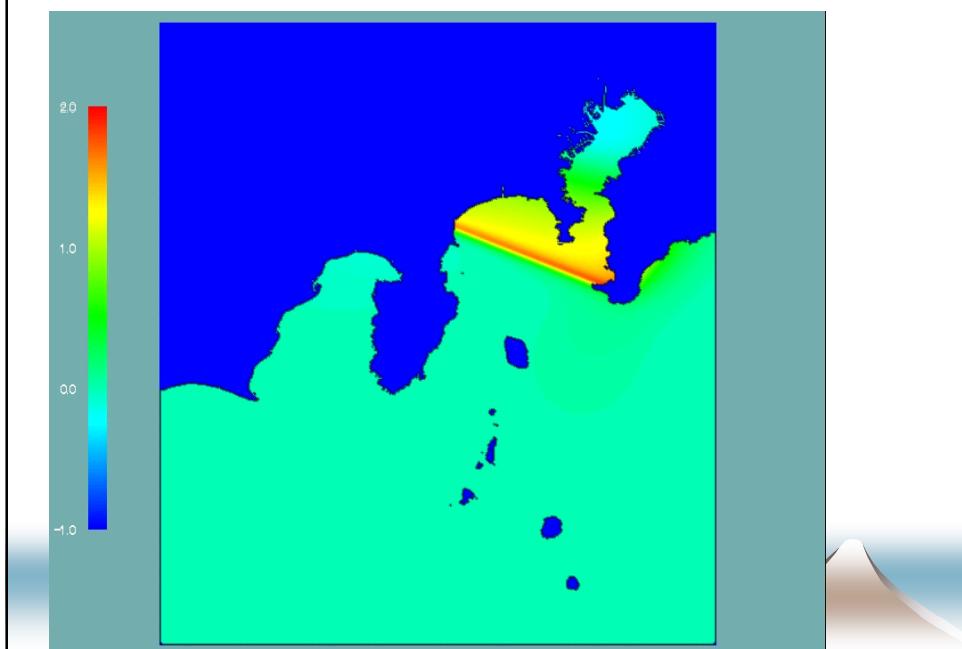
## 神奈川県の津波被害想定



想定震源域と南関東地震(大正関東地震の再来型、マグニチュード7.9)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)

## 数値シミュレーション 南関東地震 M7.9

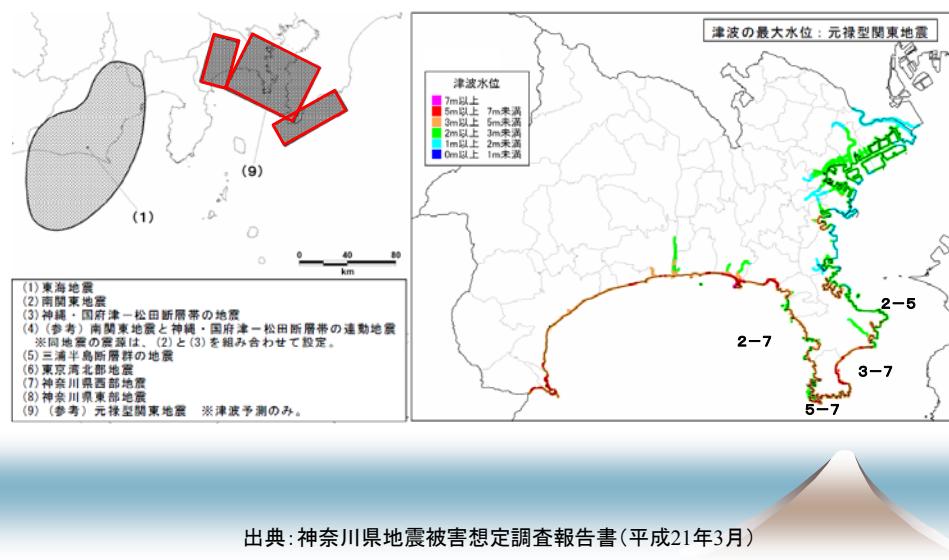


## 関東地震津波(元禄)

- ・ 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

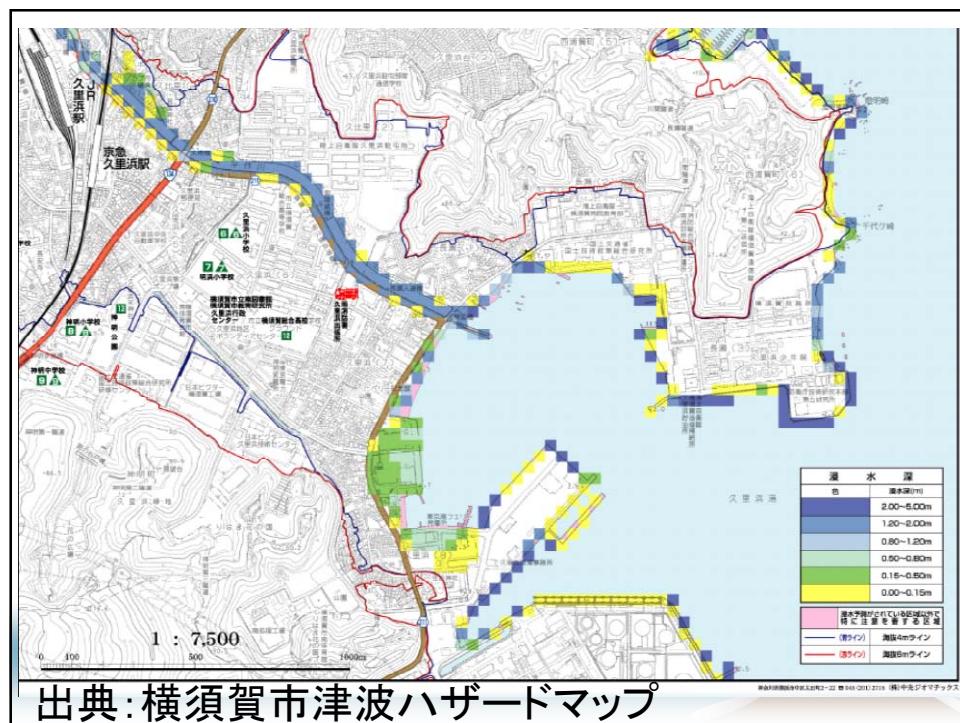


自分の生活している場所の状況と  
ハザードマップを確認する

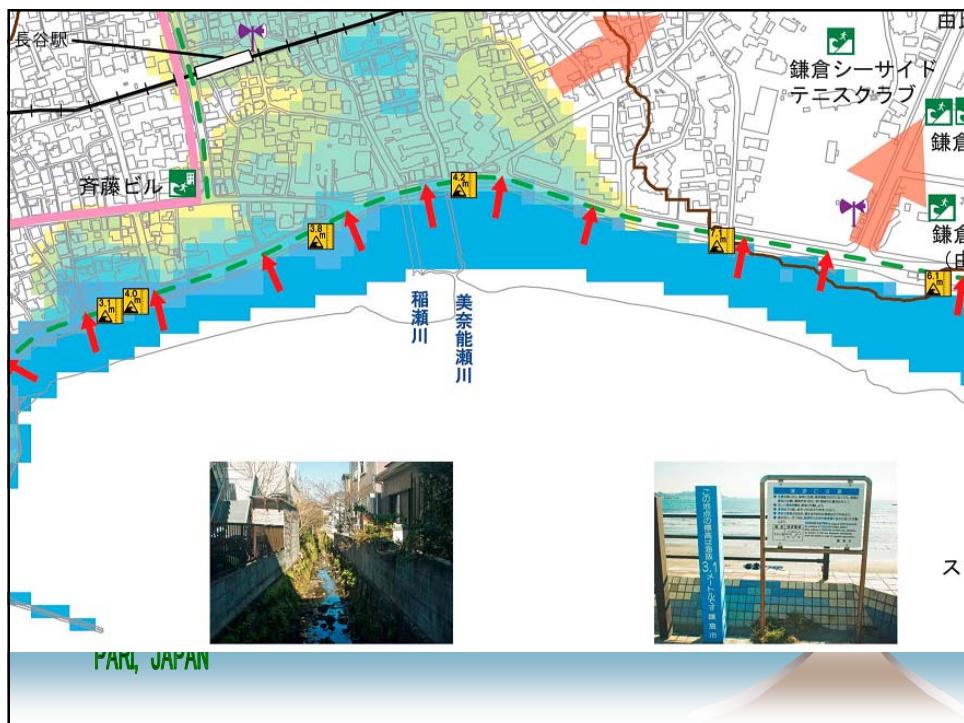
高さを確認する  
海岸・河川・暗渠を確認する

避難場所を確認する  
避難経路を確認する

PARI JAPAN







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

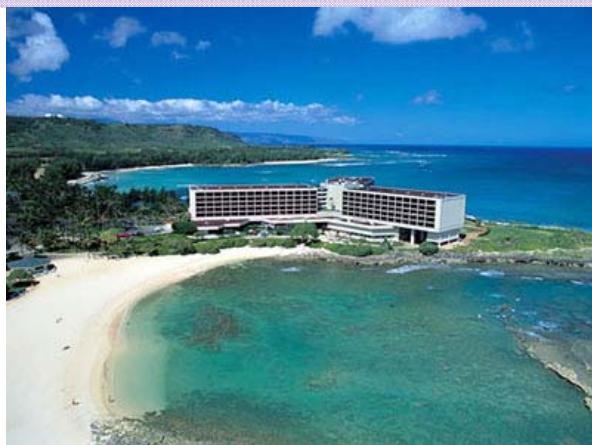
津波に対し避難は不可欠です。

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

## 海との共生



現代の技術と  
人々の知恵

厳しい海

豊かな海との共存

ご清聴ありがとうございます

PARI, JAPAN

PARI, JAPAN

## 津波の意味？

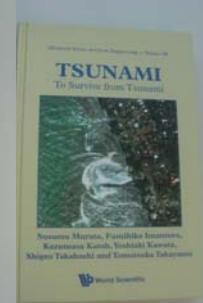
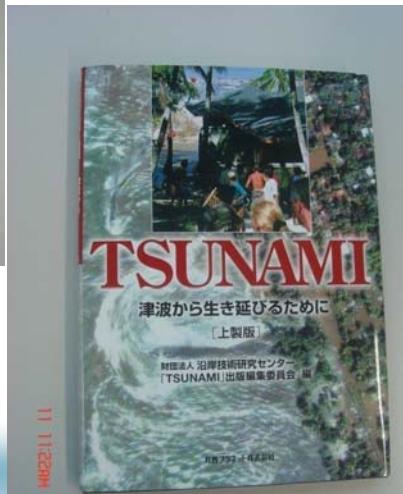
TSUNAMI  
津の波  
津→ 港：天然の良港

→台風でも静かな海  
+低い土地 +多くの人と財産

→回り込む津波  
→甚大な被害



PARI, JAPAN



津波は一波？

津波は引き波から始まる？

3mの波はたいしたことない？

地震が大きいと津波も大きい？

PARI, JAPAN

PARI, JAPAN