

東日本大震災から学ぶべきこと

2011年12月16日 右城 猛

頑張東北!、頑張れ日本!



南三陸町志津川高校の避難所の皆さんと記念撮影

6月17日 宮城県を元気にする高知応援隊(57名) に加わり、高知龍馬空港を出発



自動車を搬送する社員6名は16日に出発

15名の津波被害調査団

高知県測量設計業協会
高知県技術士会
高知県橋梁会



引地 桜井



名取市役所総務課の桜井氏、引地氏と一緒に記念撮影



残ったのは家屋の基礎と瓦礫だけ



根元からへし折られた防潮林の松



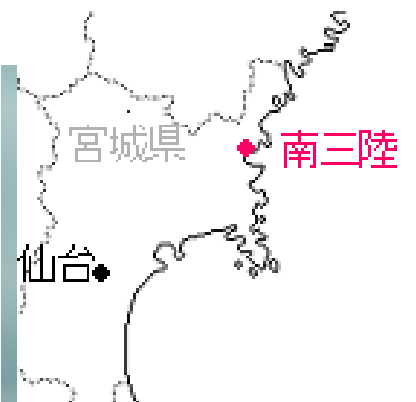
無数のコンテナがセブ浜町の菖蒲田浜に打ち上げられた

高台の住宅は助かった





津波であちこちに船が打ち上げられている



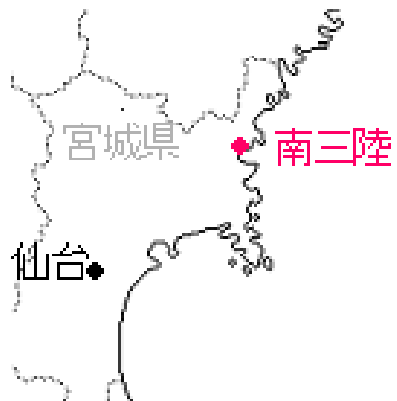
津波に耐えたのはRCの建物だけ



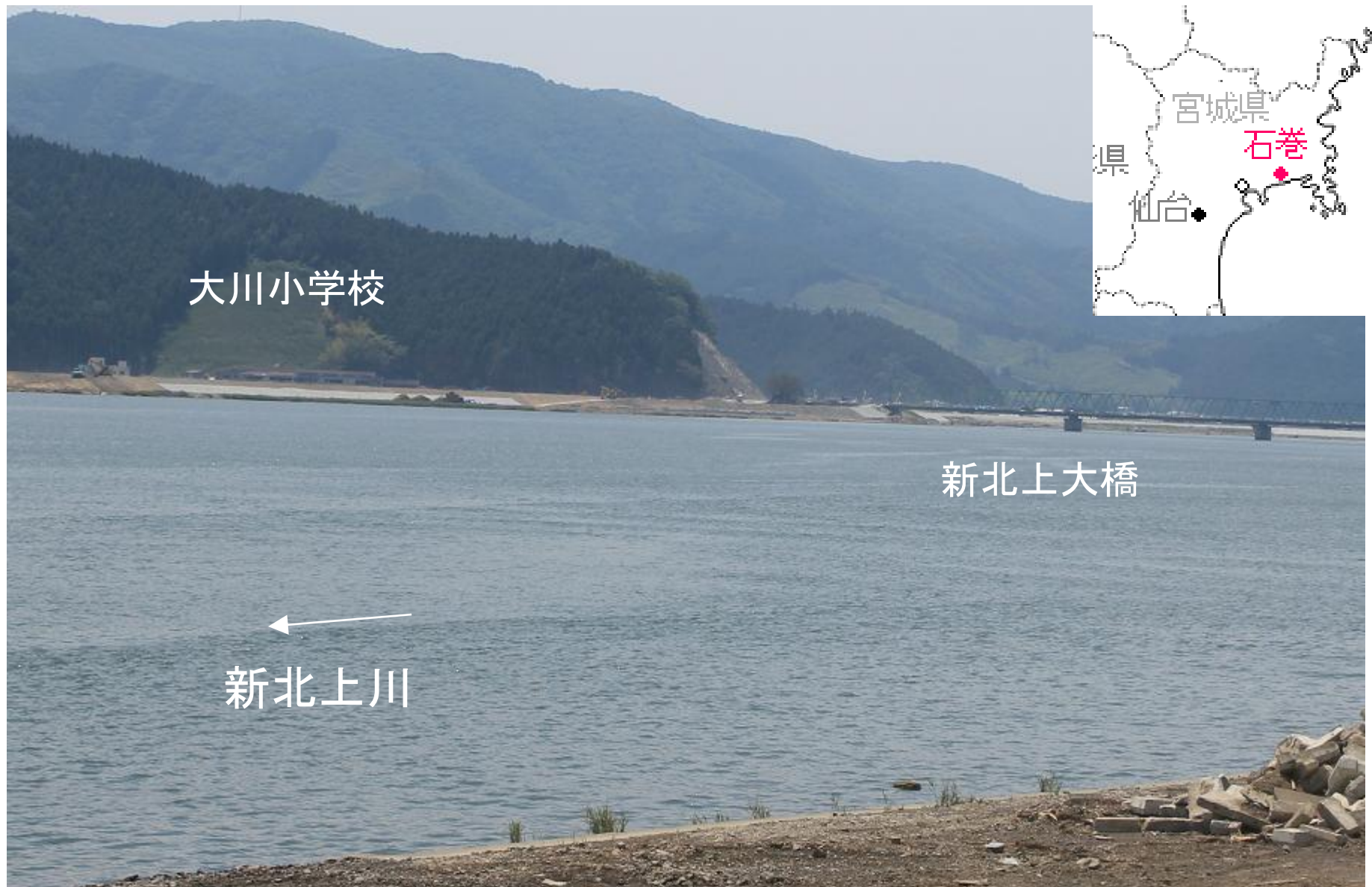
鉄骨だけになった防災対策庁舎
屋上にいた町職員30名の内、20名は第1波でさらわれた



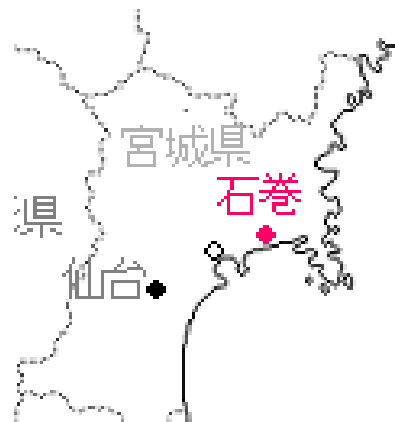
志津川病院。入院患者67名が津波に襲われた。



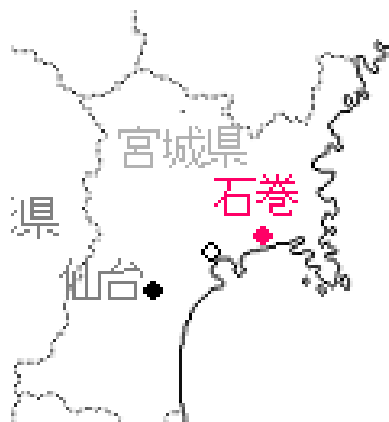
家族の遺品を探している人々



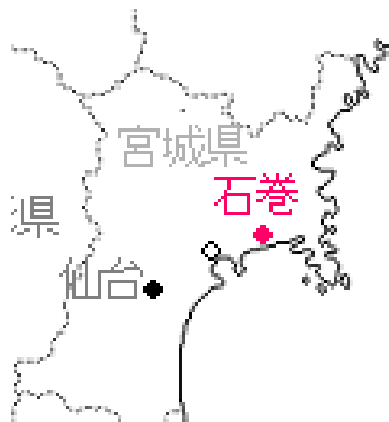
追波湾から4km上流の新北上川右岸に大川小学校
全校生徒108人の内、74名が津波の犠牲になった



左岸側の2径間が流された新北上大橋



約800m上流に押し流されたトラス橋の一部

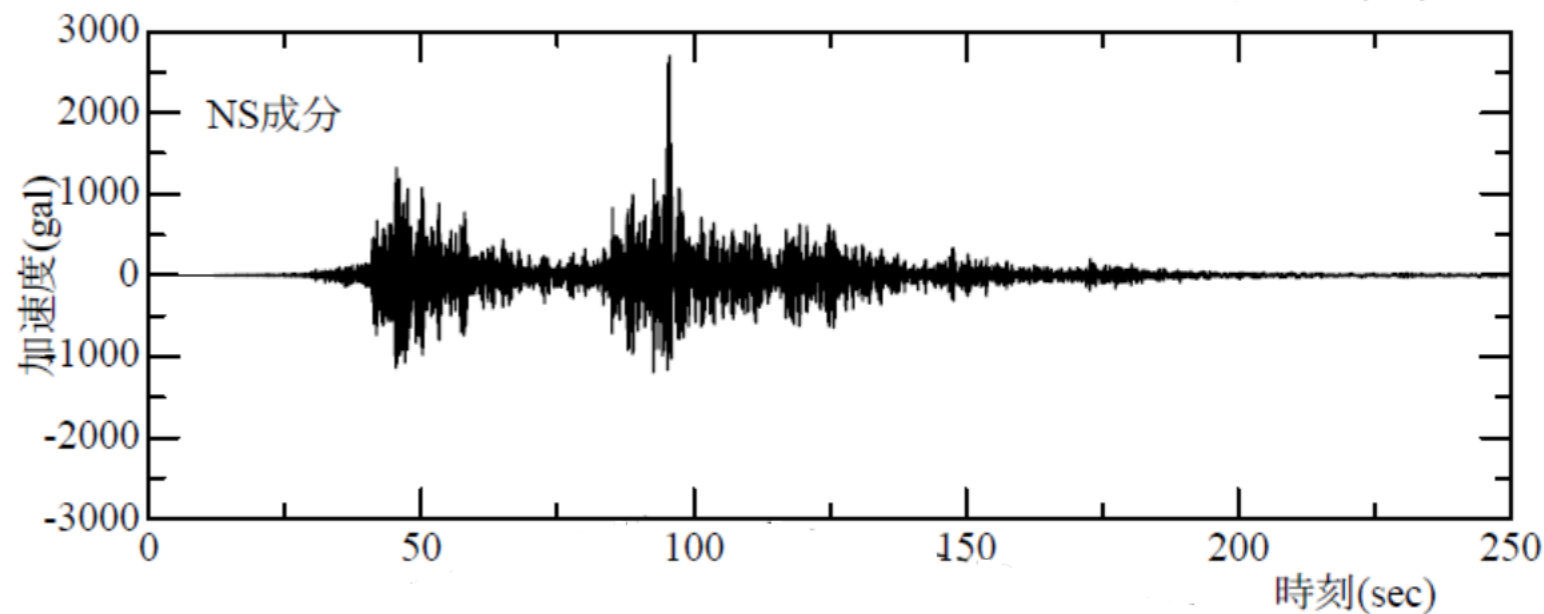
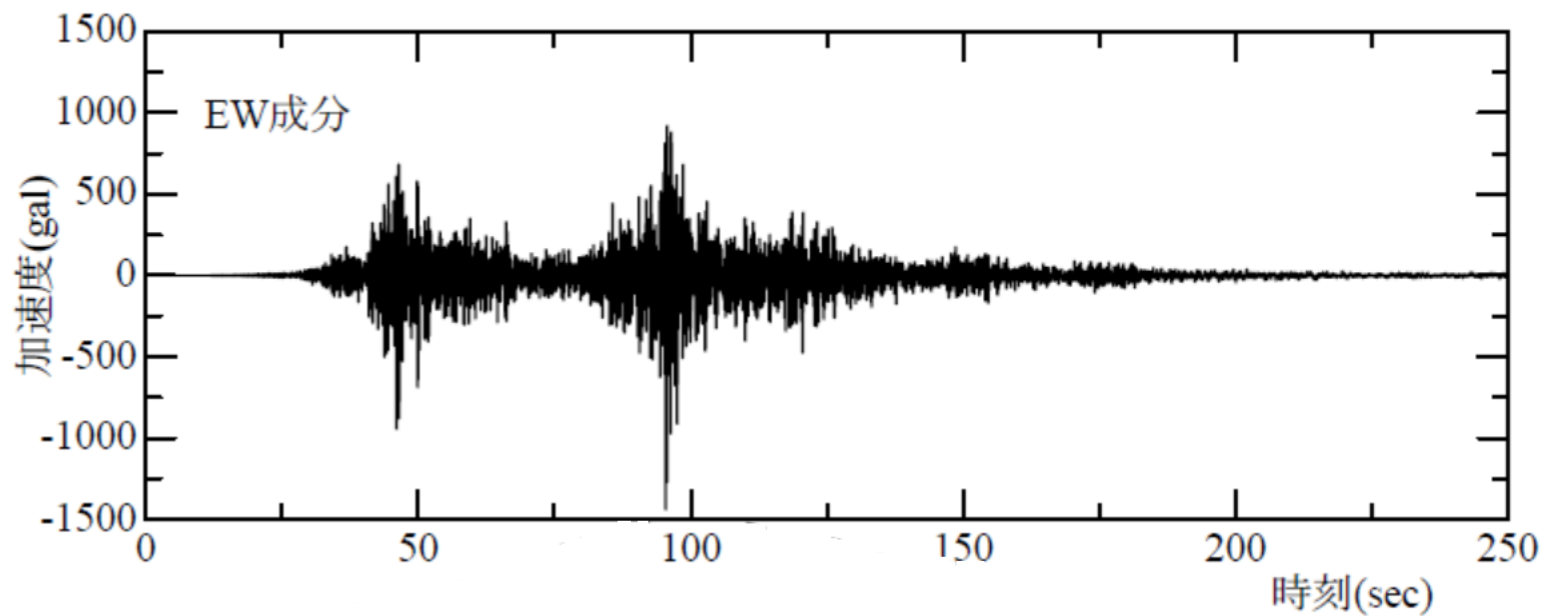


石巻市の日和山頂上の公園に、たくさんの献花

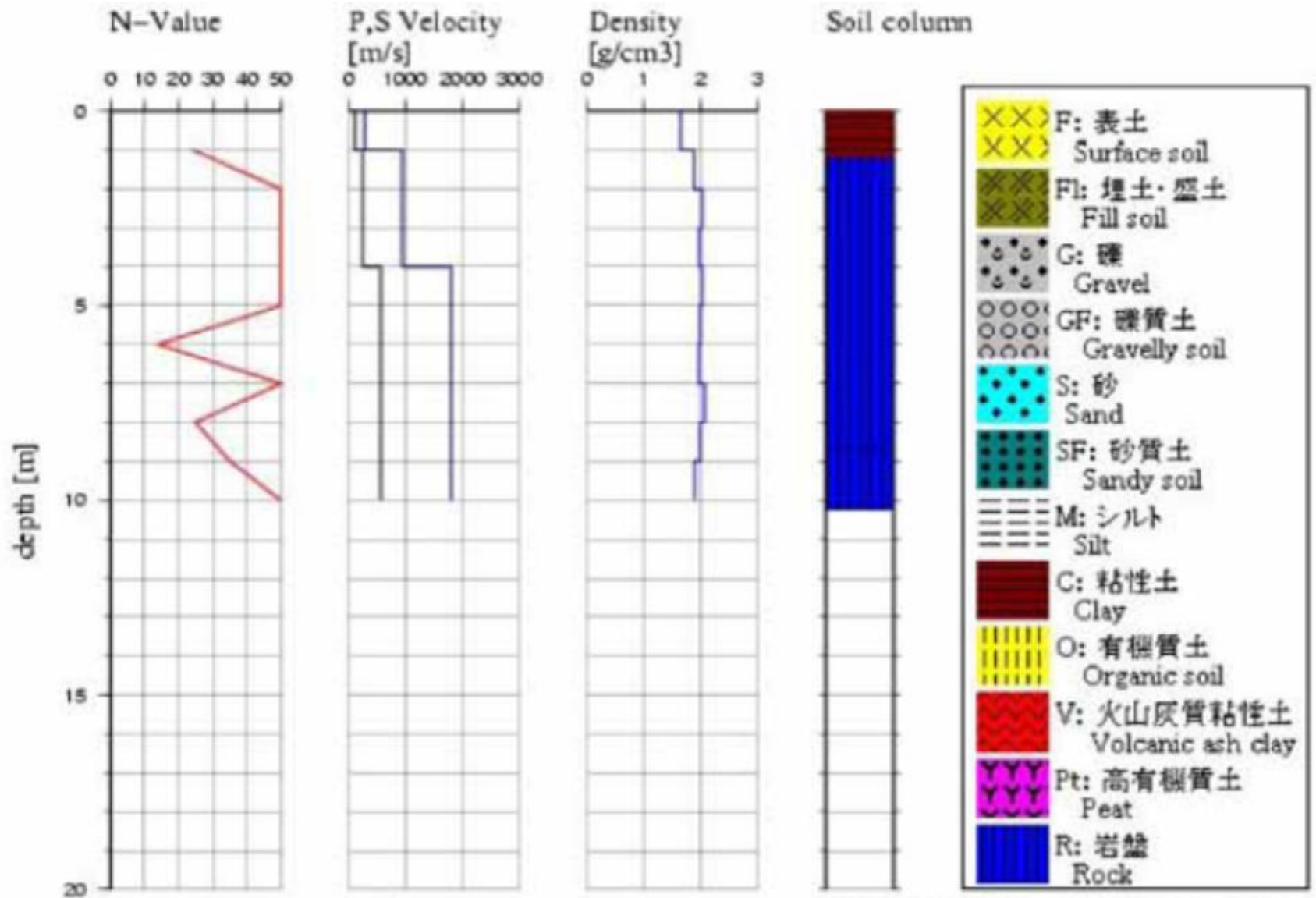


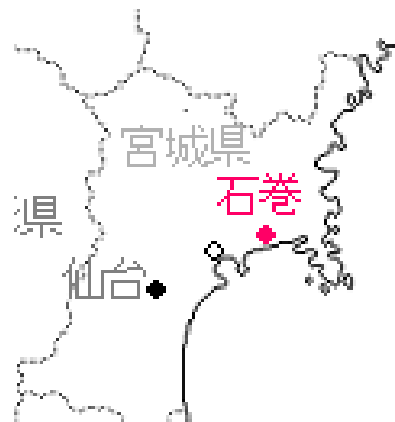
日和山公園の松尾芭蕉の像。滑って22cm移動していた

宮城県栗原市築館の加速度波形

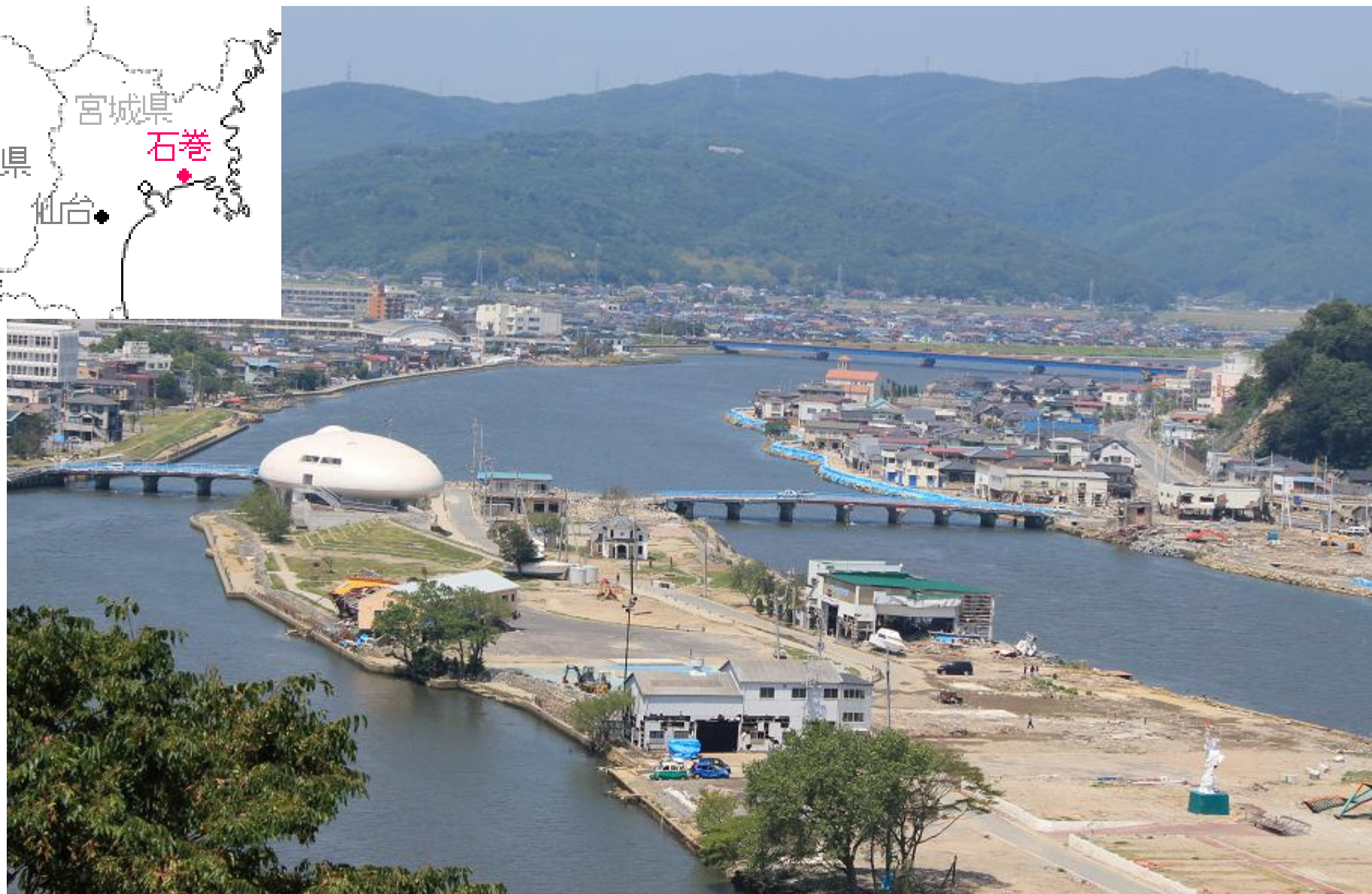
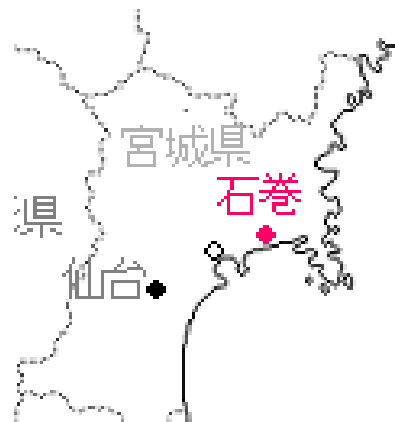


宮城県栗原市築館

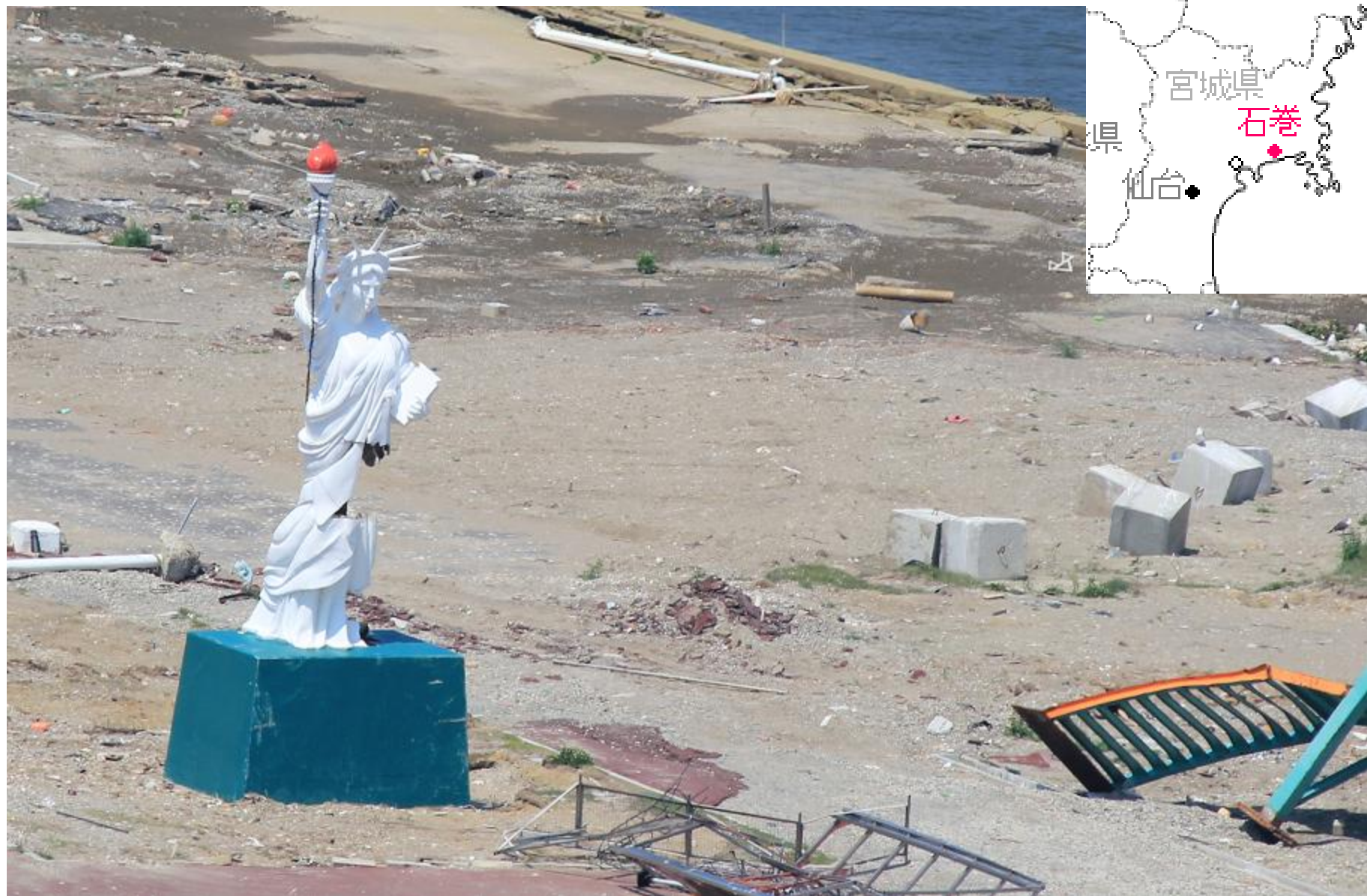




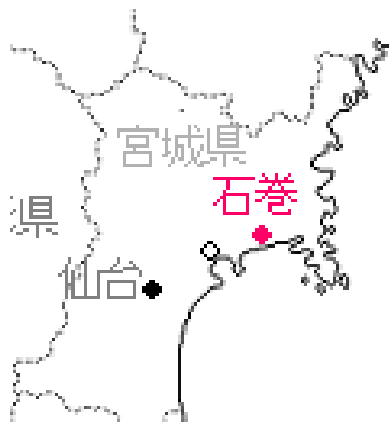
日和山公園から眺めた石巻市内。奥は津波が来た太平洋



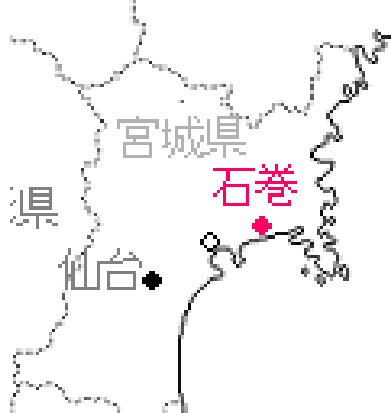
石巻マンハッタン島の上流端に石ノ森漫画館



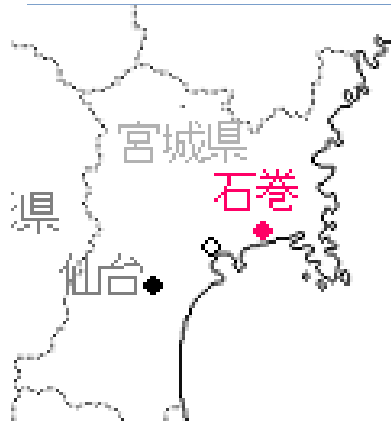
奇跡的に残ったマンハッタン島の自由の女神像



凶器と化して建物を襲った漁船



強烈な魚の腐食臭が漂う石巻漁港。岸壁に無数のカモメ



宮城県に応援で出向されている高知県の廣末氏と安田氏
に石巻漁港を案内してもらう



津波で破壊された離岸堤が、引上げられていた



高さ15mの津波に襲われた女川町
町の人口1万人の内、1200人が津波の犠牲になった



転倒した女川交番



転倒したRC造のビル



直径40cm、長さ5mの
コンクリートパイプ16本
を打設していた4階建の
ビルが津波で転倒





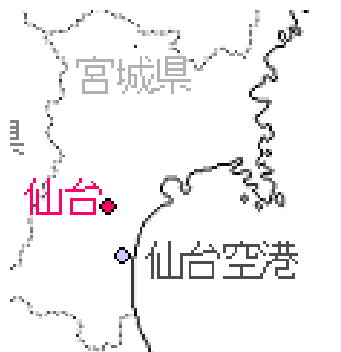
津波で打ち上げられた漁船



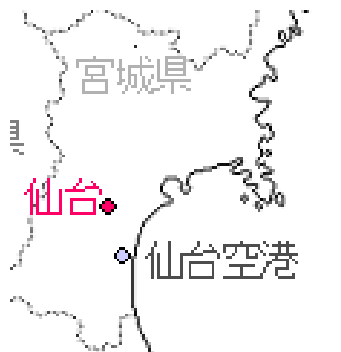
名取市閑上(ゆりあげ)の中央にある日和山。
松の木によじ登った数名だけは助かった。



関上魚市場。一部の壁を残して屋根も壁も消えた



手付かずのままになっている仙台市藤塚地区
津波が防潮林を超えて襲った



防潮林を越えて津波が集落を飲み込む様子
(撮影:河北新報)



仙台市荒浜小学校とその周辺。
海岸から学校までの距離は800m





亶理町荒浜。船舶によって押し倒された橋の高欄





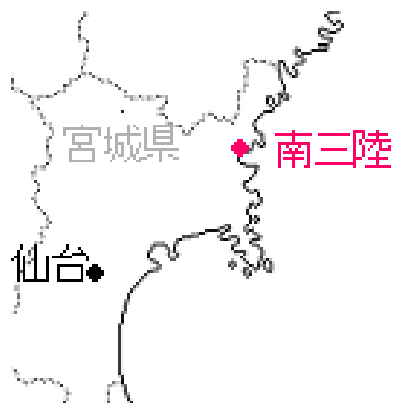
津波に襲われた亶理町の民家



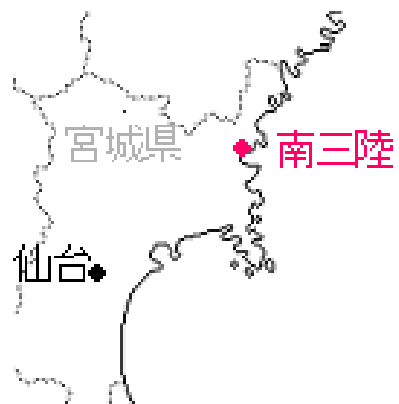
志津川高校の避難所で炊きだし

土佐赤牛カレー、野菜スープ鶏の唐揚げ、茄子のタタキ、リープル





避難所で 鳴子をプレゼントして、やさしい鳴子踊り



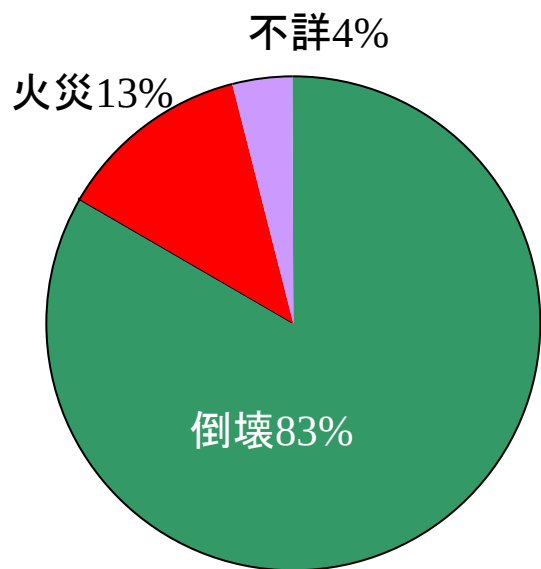
体育館に山積みされた支援物資



不便な仮設住宅 公共交通機関がない山間部に建設
援助、病院への送迎は打ち切り。光熱費は自己負担。

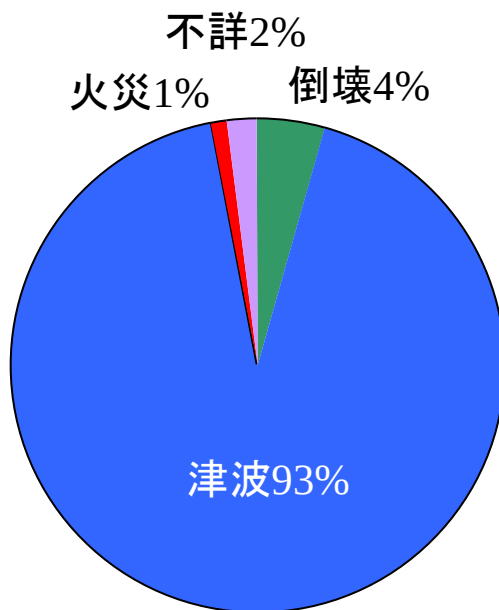
東日本大震災では2万人の犠牲者、93%が津波

阪神・淡路大震災
(1995年)



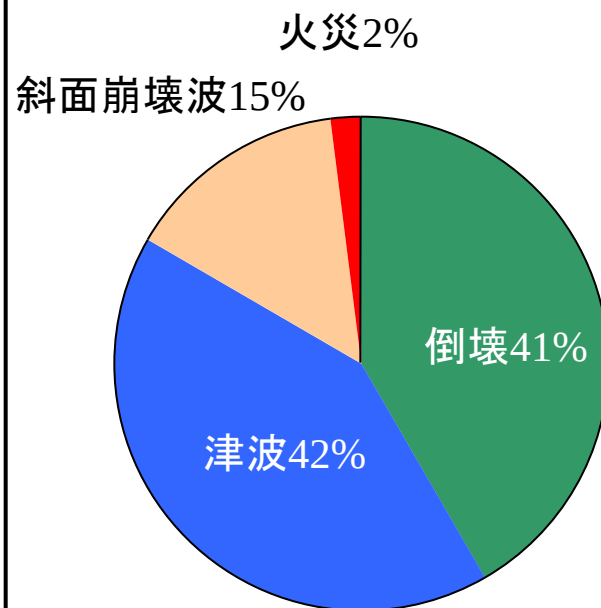
死者・行方不明6,437人

東日本大震災
(211年)



死者・行方不明19,867人
(2011年9月10日)

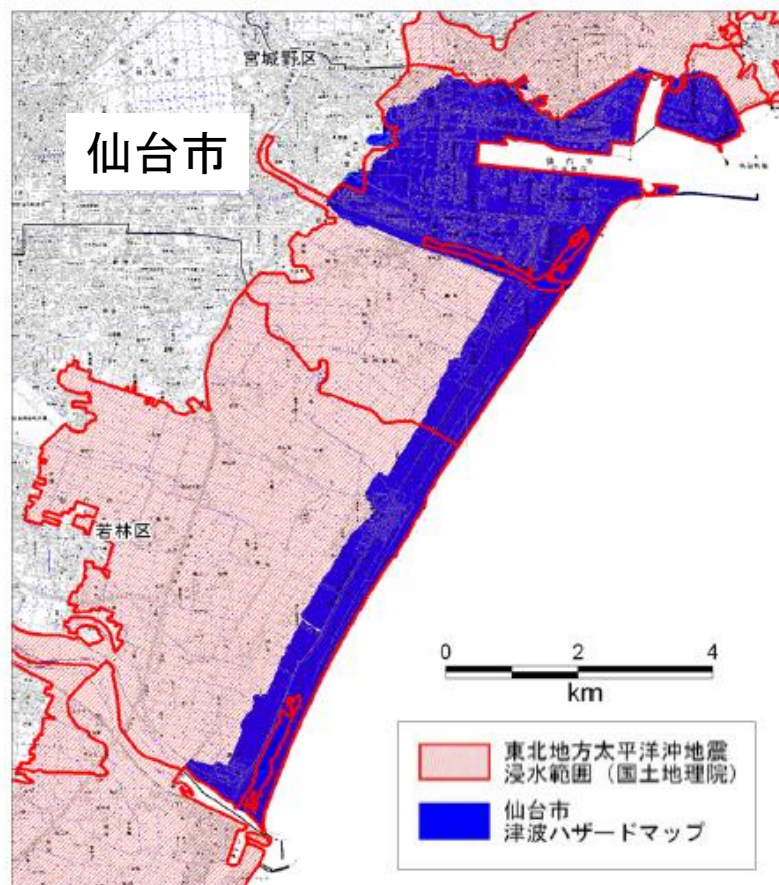
東南海・南海地震
(予測)



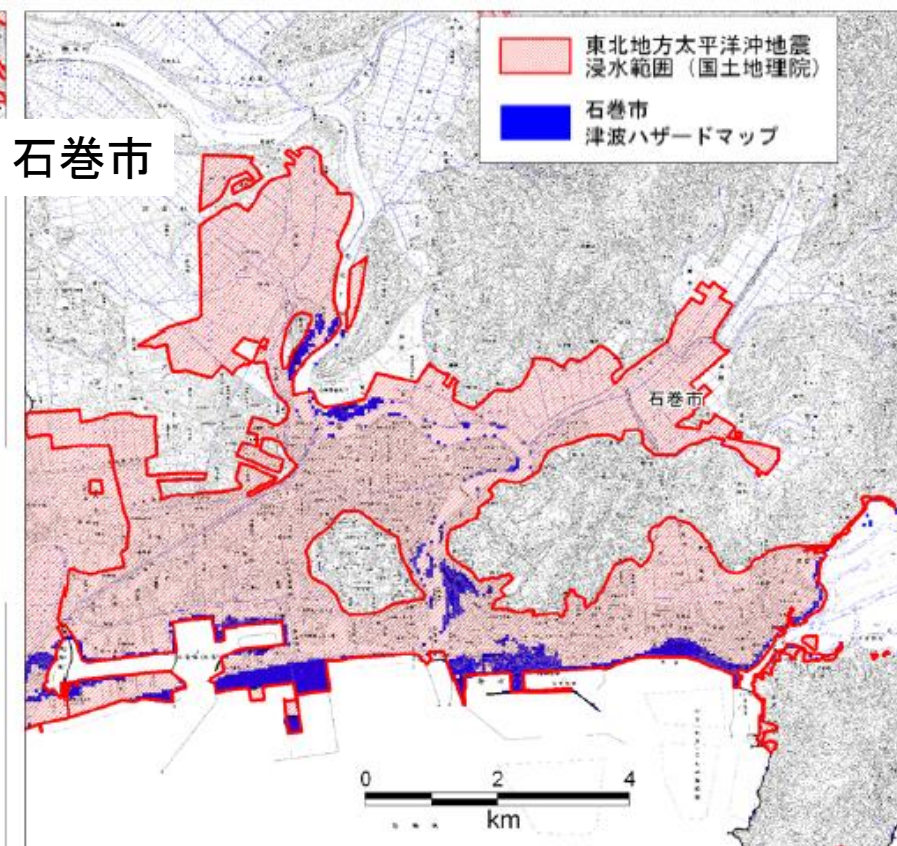
死者・行方不明15,000人

津波の規模が想定と大きく異なった

東北地方太平洋沖地震の浸水範囲と
仙台市津波ハザードマップの比較



東北地方太平洋沖地震の浸水範囲と
石巻市津波ハザードマップの比較



出典「中央防災会議資料3-2」

賢者は歴史に学び、愚者は経験に学ぶというが、
我々は50年前の経験(1960年チリ地震津波)に学
んで、千年前の歴史(869年貞観地震津波)には学
んでいなかった。

宮城県知事 村井嘉浩

南海地震による高知市の浸水範囲は、
「1707年宝永地震津波の浸水図」(間城龍男)
を参考にするのがよい。

徳島大名誉教授 村上仁士

賢者は痕跡を信じ、愚者は解析を信じる
(猛)

土地の高さが明暗を分けた。天国と地獄



鉄筋コンクリート造の建築物は残った

コンクリートが津波から命を救った

南三陸町



2000人を救った関上小学校と関上中学校



関上小学校



関上中学校

災害時の生と死は、一瞬に決められる。

無知ほど怖いものはない。

災害は知的、経験的に予測できる。

予測を身につけなければ災害から身を守れない。

株式会社センソクコンサルタント社長 小林武
「測量」(2.11.6)より

津波に流されずに残った木造家屋も存在する



漂流物が凶器となって建物を襲う



漁船



防潮林の松



コンテナ

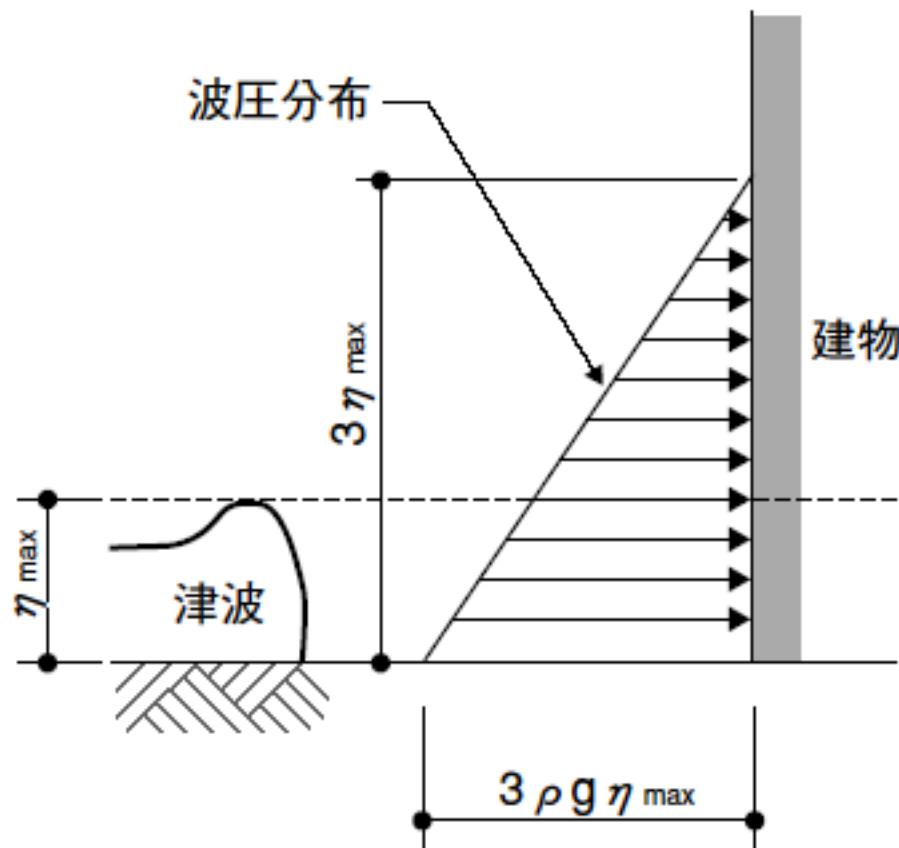


船舶が上流側の高欄を押し倒す

津波高さと被害程度 首藤

津波強度	0	1	2	3	4	5
津波波高(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 第二破碎波	先端の碎波が増える	第一波巻き波碎波		
急斜面	速い潮汐	速い潮汐				
木造家屋	部分的破壊	全面破壊				
石造家屋	持ちこたえる			全面破壊		
鉄筋 コンクリートビル	持ちこたえる					全面破壊
漁船		被害発生	被害率 50%	被害率100%		
防潮林	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

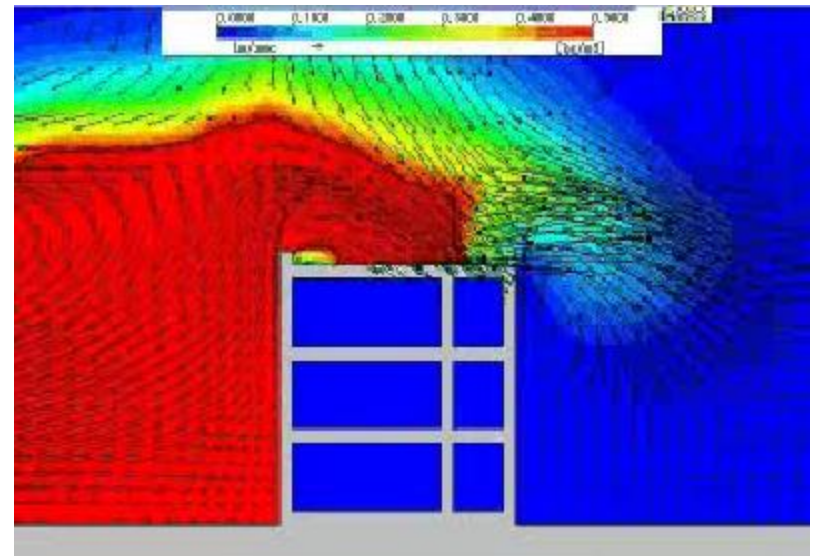
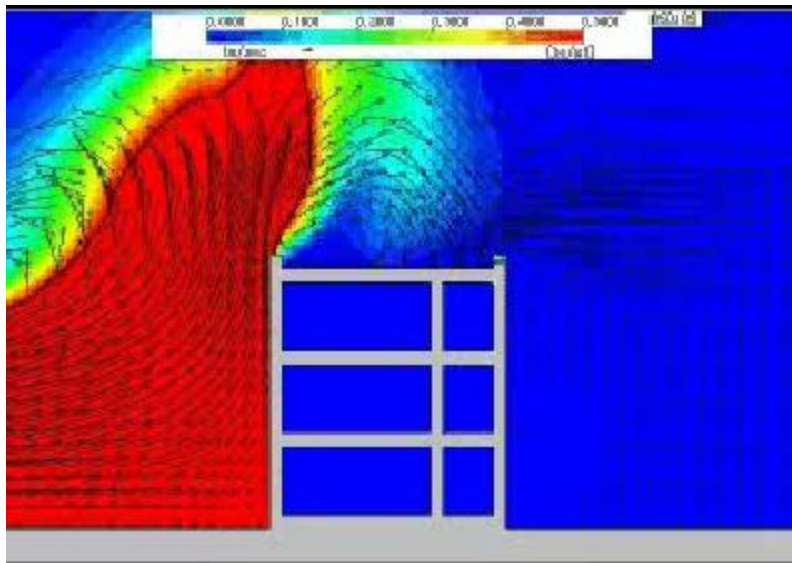
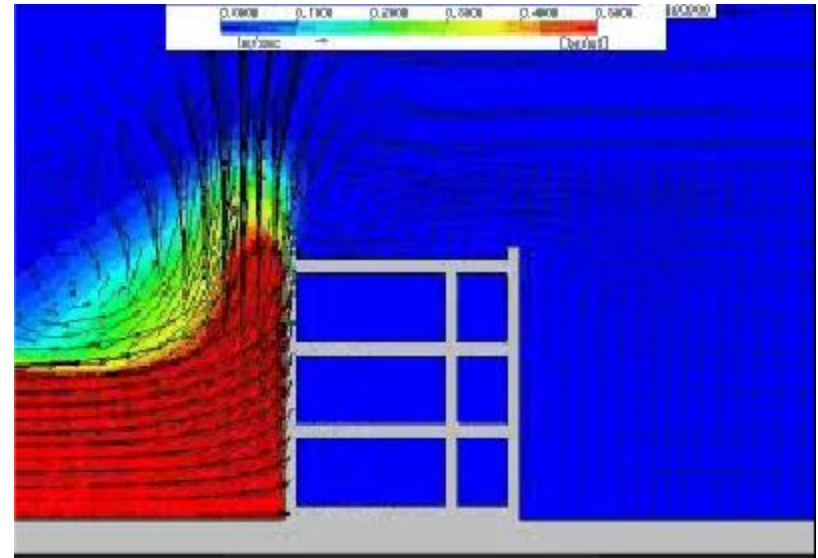
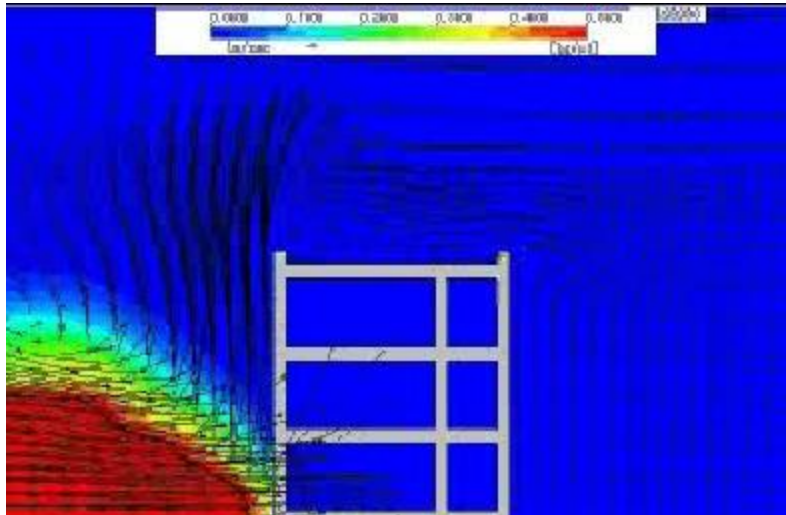
中央防災会議 津波避難ビル ガイドライン



η_{max} : 津波の最大遡上水深
 ρ : 海水の密度 ($= 1.025 \text{ ton/m}^3$)
 g : 重力加速度 ($= 9.8 \text{ m/s}^2$)

図1 朝倉等による津波波圧分布

津波による波圧シミュレーション



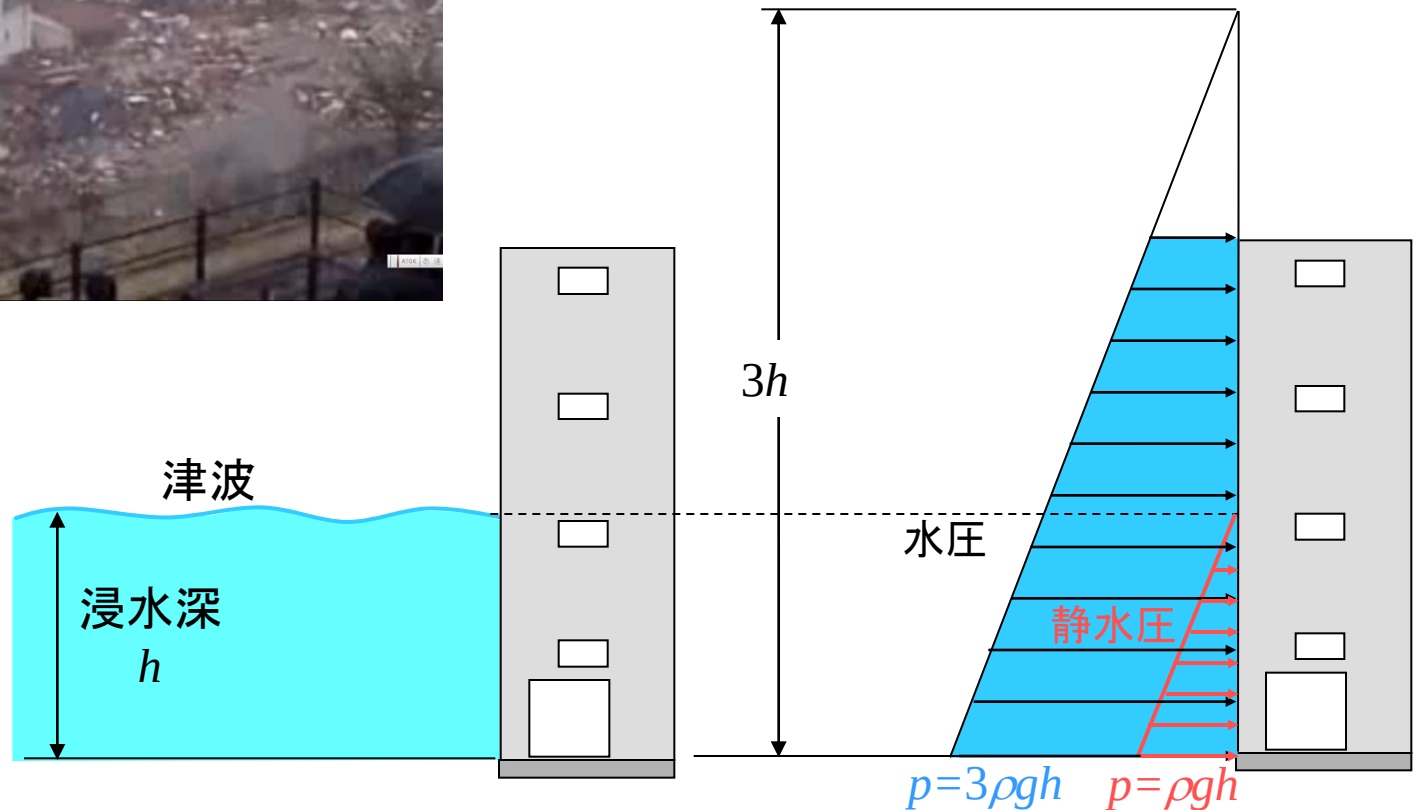
津波避難ビルの指定が進まなかった理由



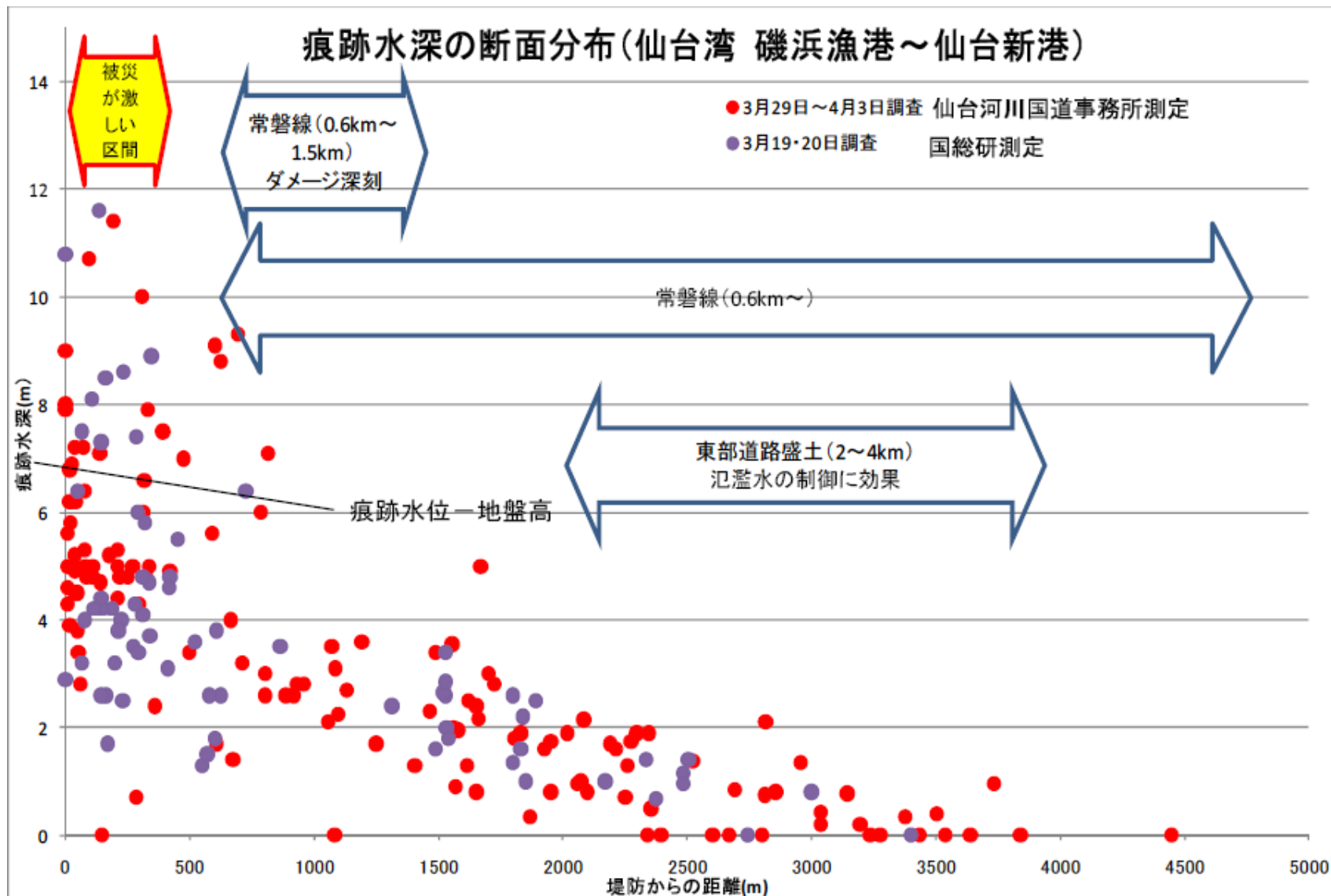
津波避難ビルのガイドライン

津波避難ビルは、**設計用浸水深の3倍の高さの静水圧**として与えられる津波波圧に与えられること。

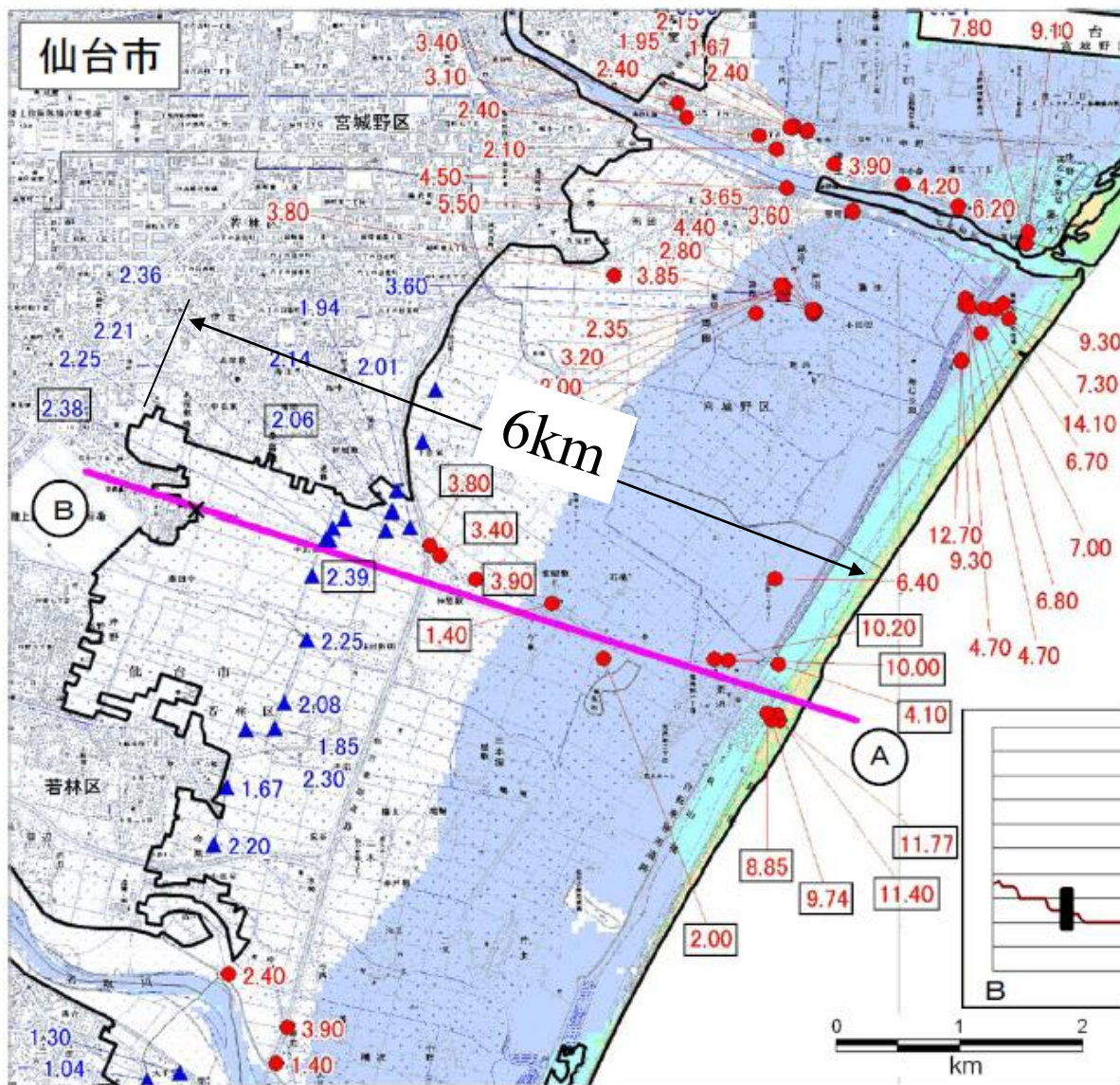
ガイドラインの津波波圧式は過大すぎる。
ピルの上下流で津波の水位差はわずか
流水圧で設計するのが合理的



仙台平野の津波遡上痕跡

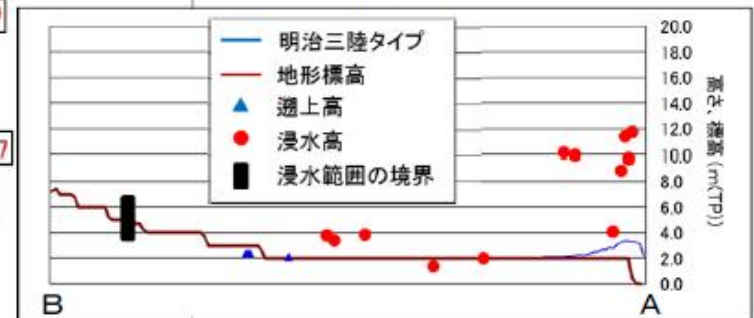


仙台平野の浸水状況



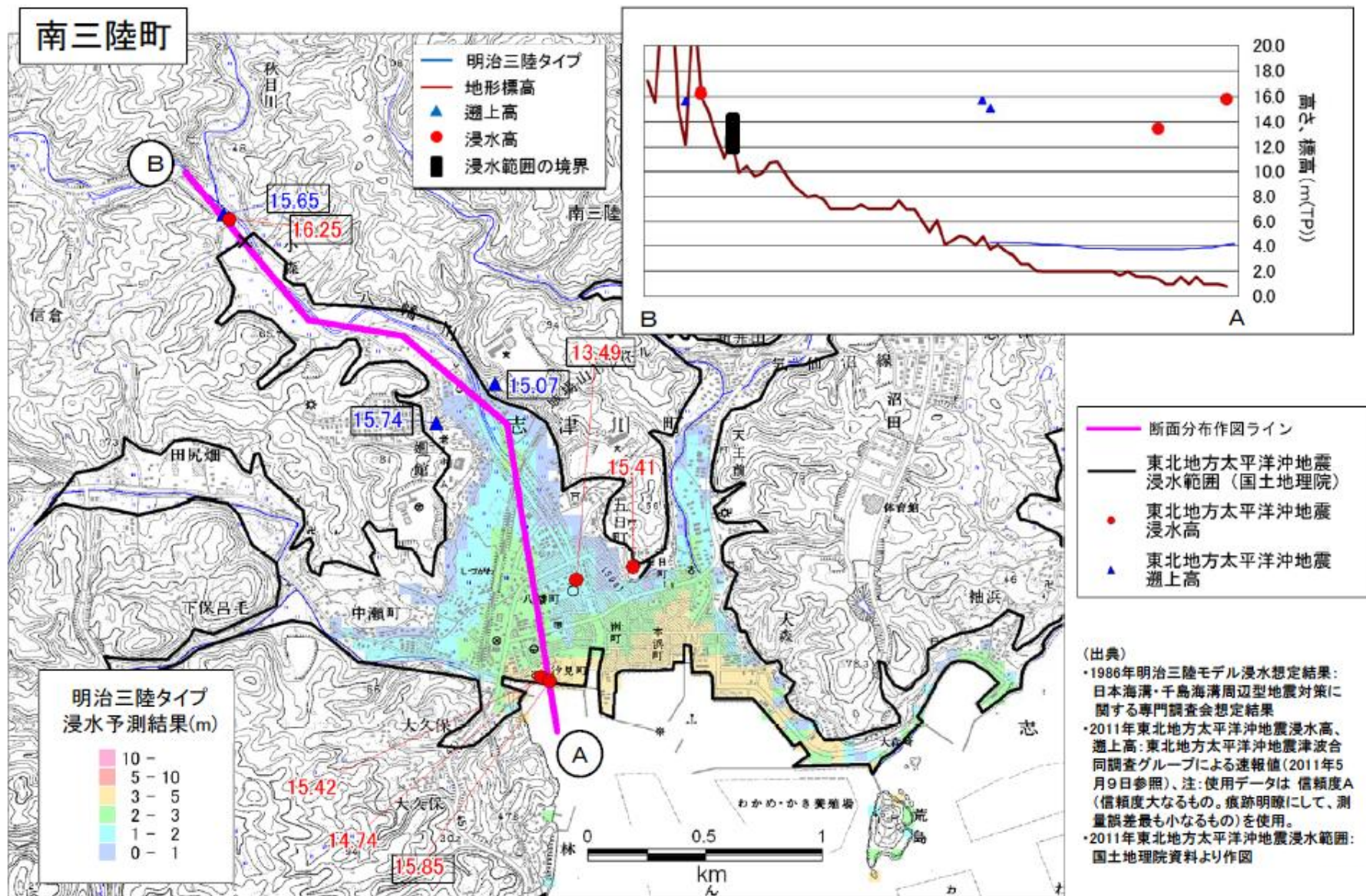
(出典)

- 1986年明治三陸モデル浸水想定結果:
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日参照)、注:使用データは信頼度A(信頼
度大なるもの。痕跡明確にして、測量誤差最小なるもの)
を使用。
- 2011年東北地方太平洋沖地震浸水範囲:
国土地理院資料より作図



出典「中央防災会議資料3-2」

南三陸町浸水範囲

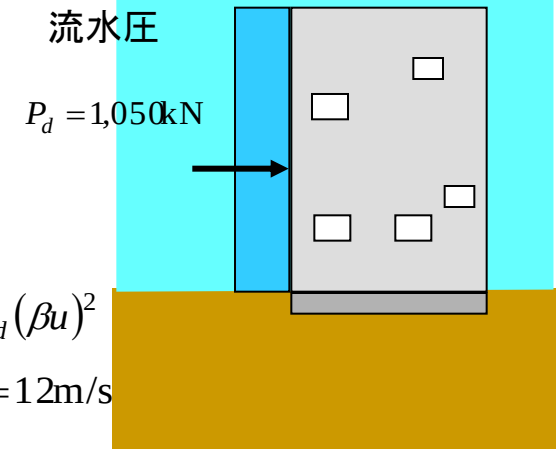
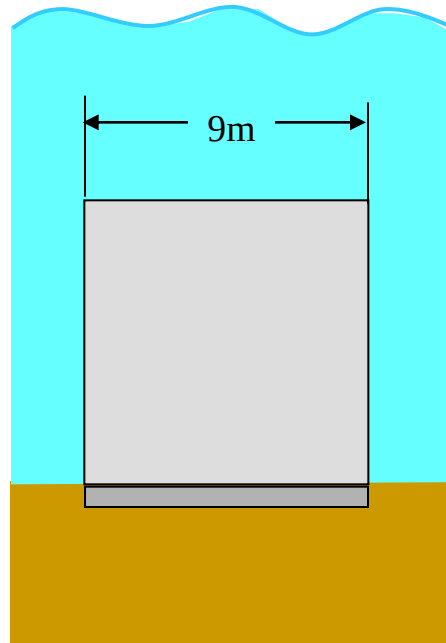
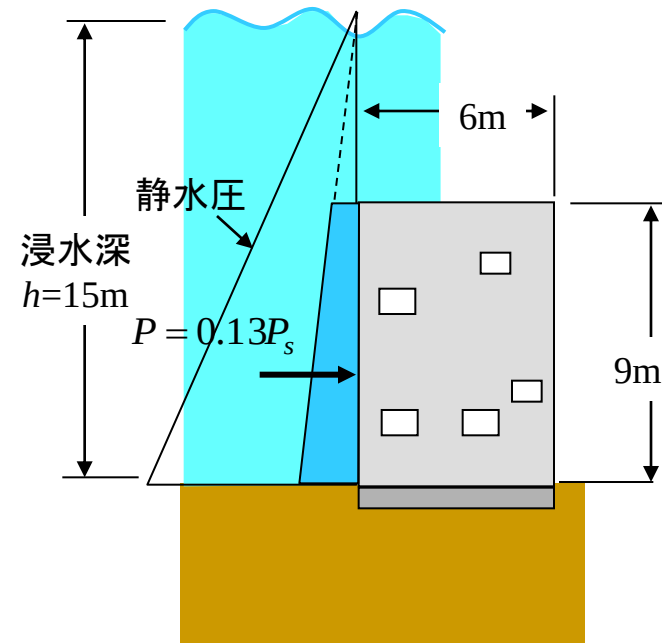


女川町の倒壊した3階建ビル

浸水深がビルより高く、ビルが水没。
各階の天井の下に空気溜まりを確認。
流水圧と浮力が転倒の原因



静水圧の13%の水圧で転倒



$$p = \frac{1}{2} \rho C_d (\beta u)^2$$

$$u = \sqrt{gh} = 12\text{m/s}$$

$$\beta = 0.43$$

$$C_d = 1.0$$

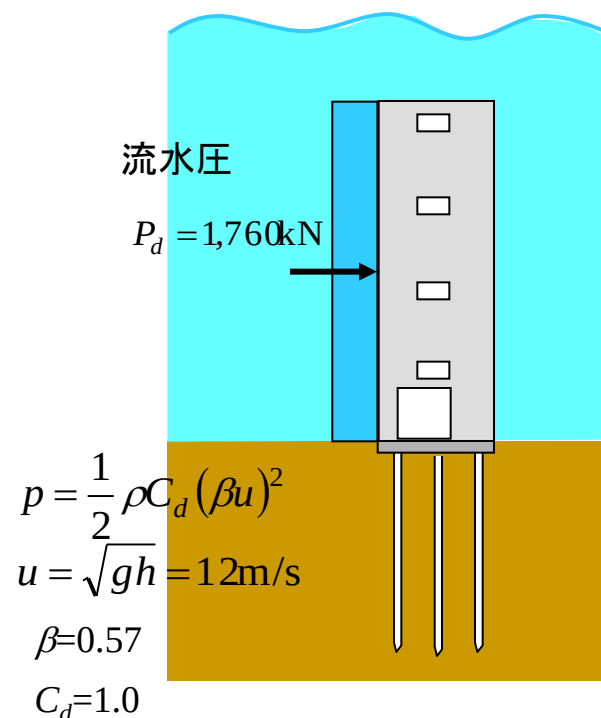
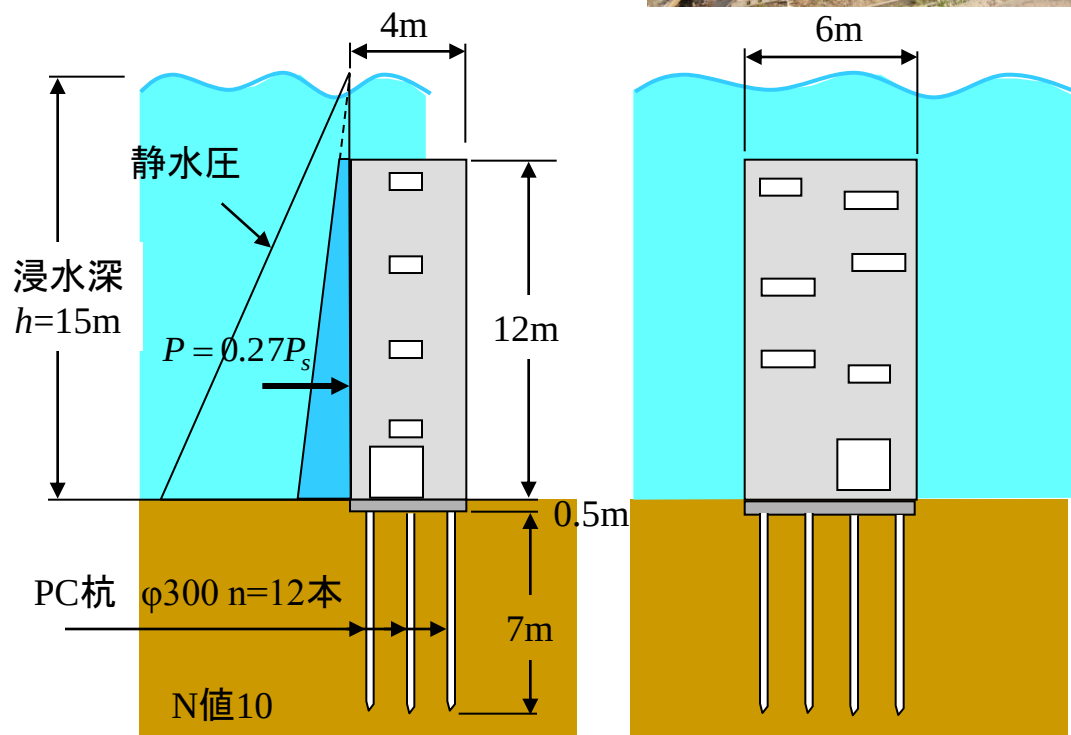
独立行政法人建築研究所の報告書に基づいて作成

右城による

4階建てビルが倒壊して70m運ばれた

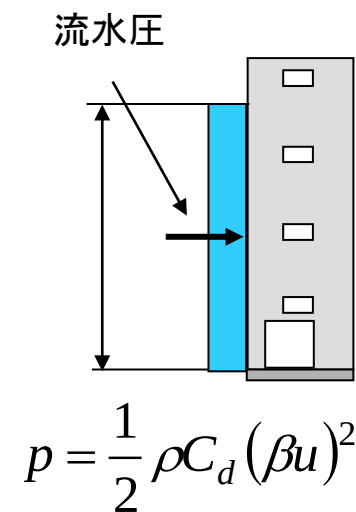
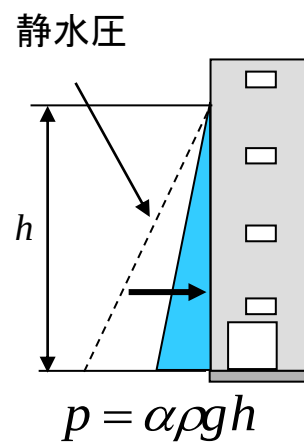
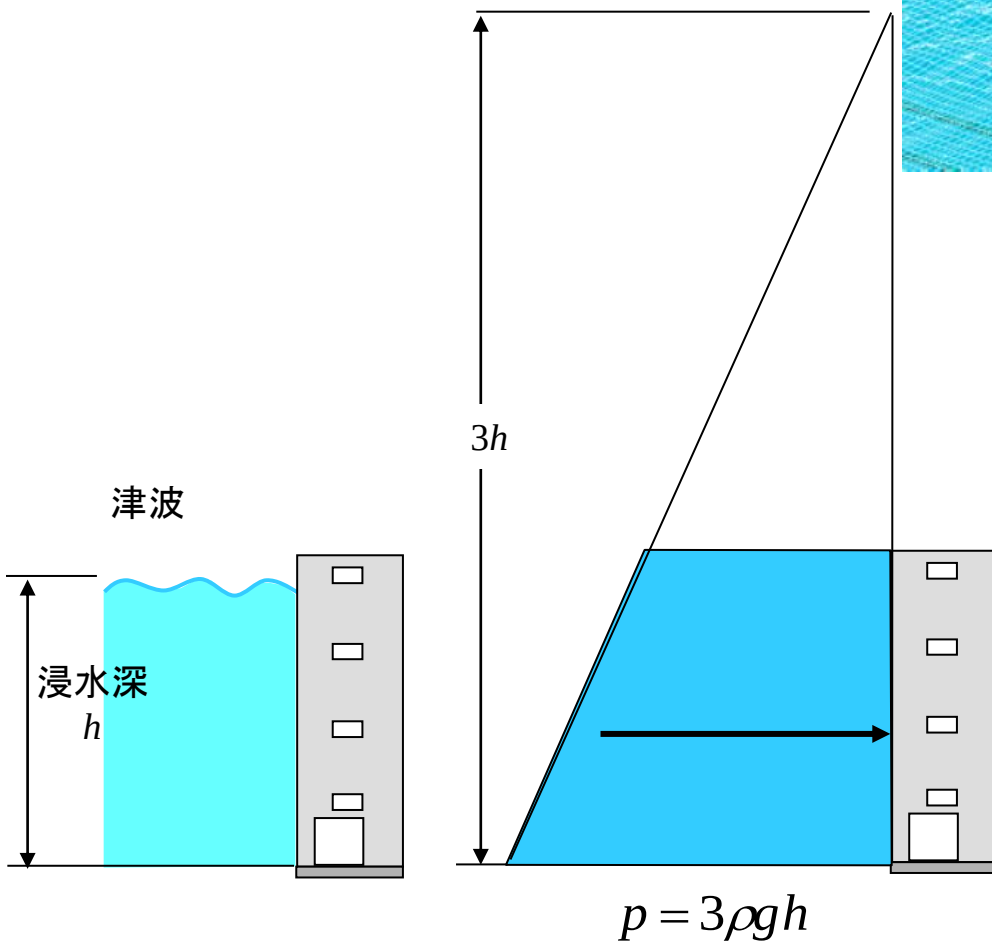
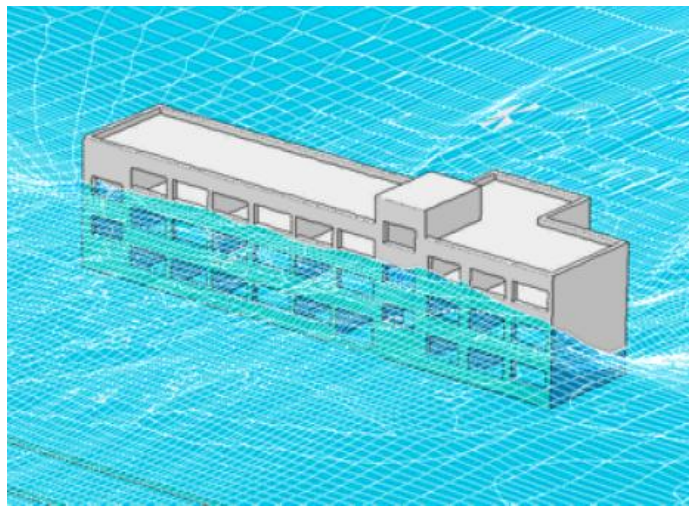


静水圧の27%の水圧で転倒



右城による

独立行政法人建築研究所の報告書に基づいて作成



津波避難施設



徳島県美波町津波避難タワー



和歌山県串本町(6本柱)津波避難タワー



高知市種崎地区津波避難センター(2009年)



赤岡町津波避難広場



タワー型シェルター



津波シェルター



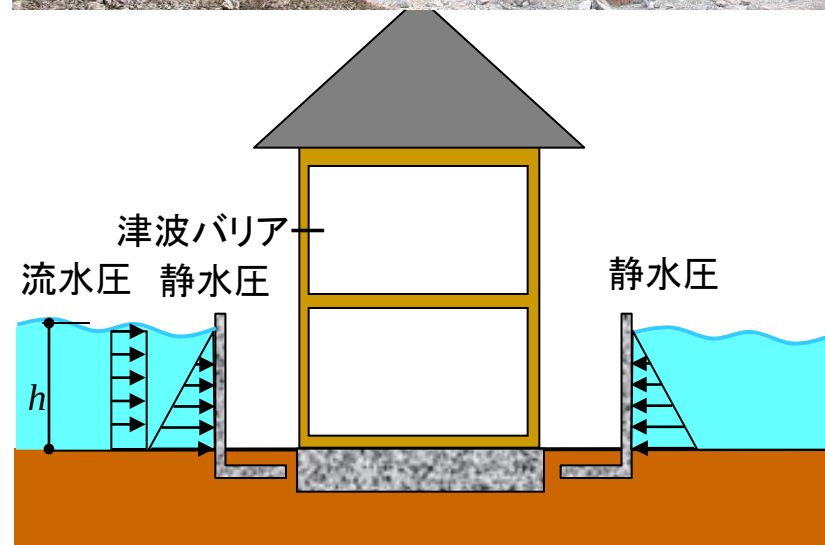
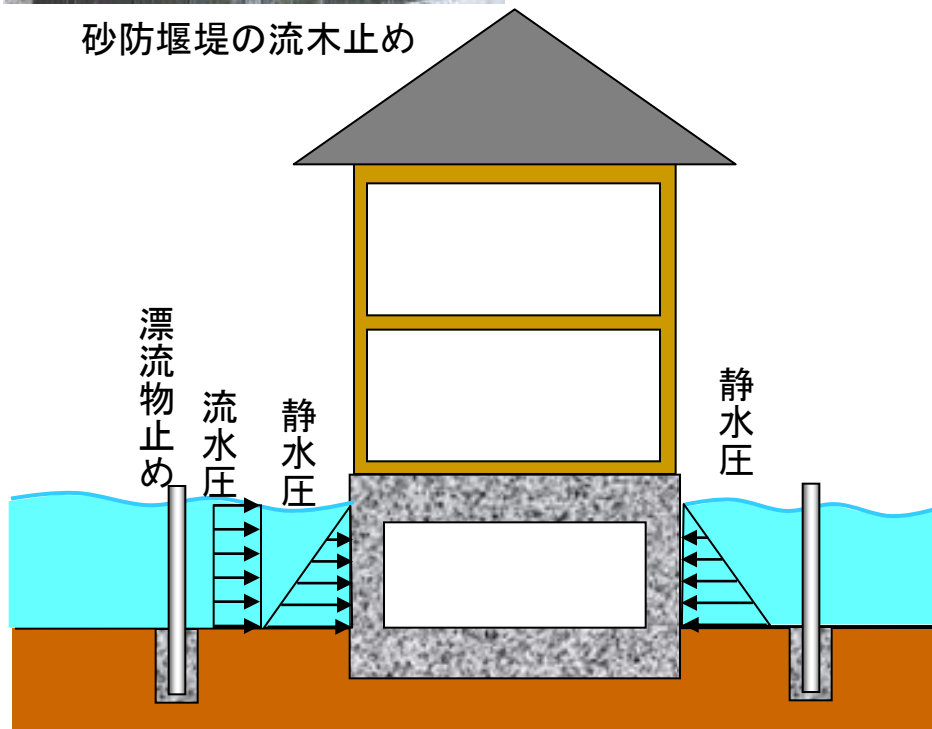
津波シェルター

津波から我が家を守る



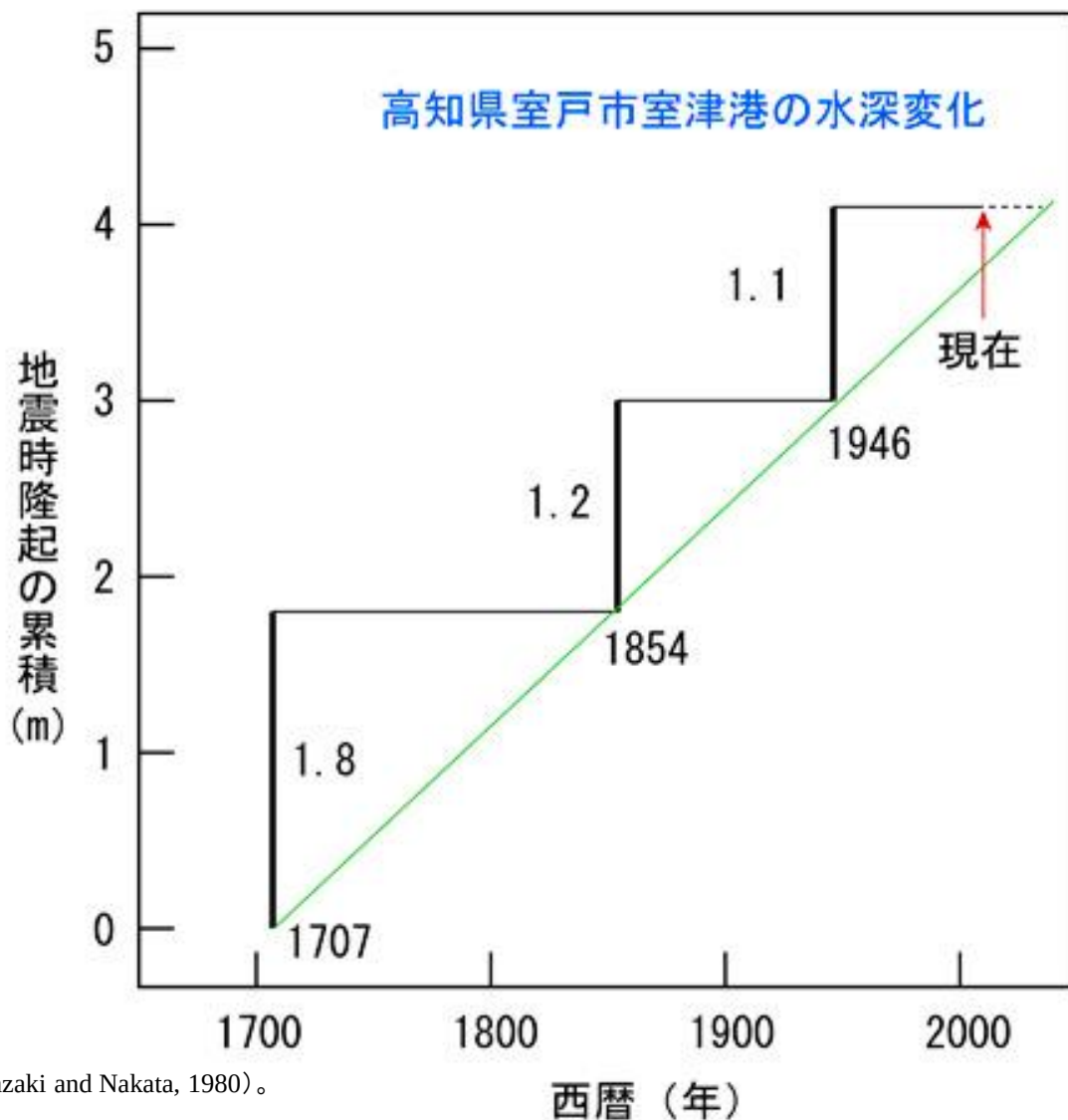
砂防堰堤の流木止め

高エネルギー吸収
落石防護フェンス



タイムプレディクタブルモデル(時間予測モデル)

高知大学の岡村眞教授のHP「岡村土研」による

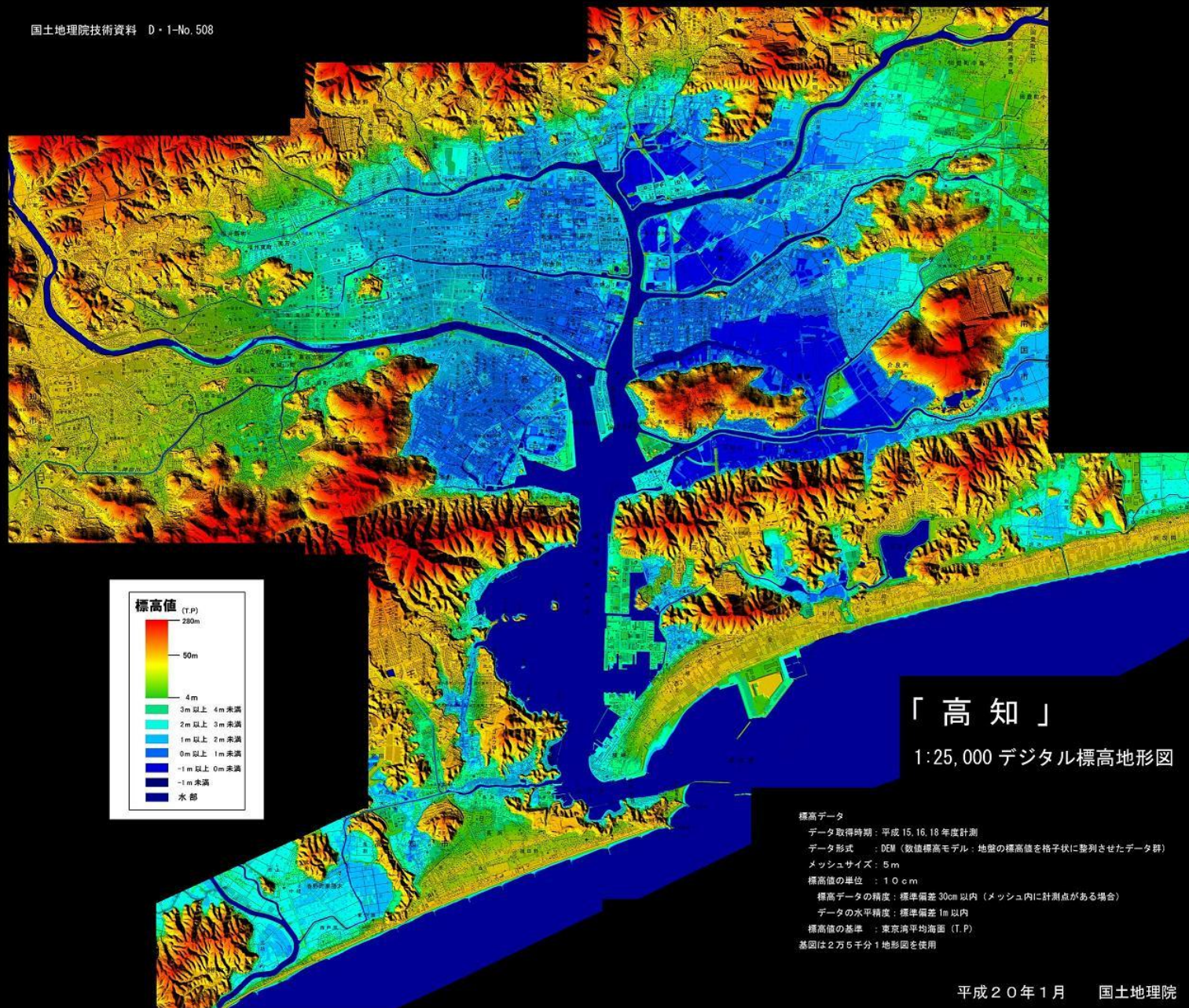


次は2030年？

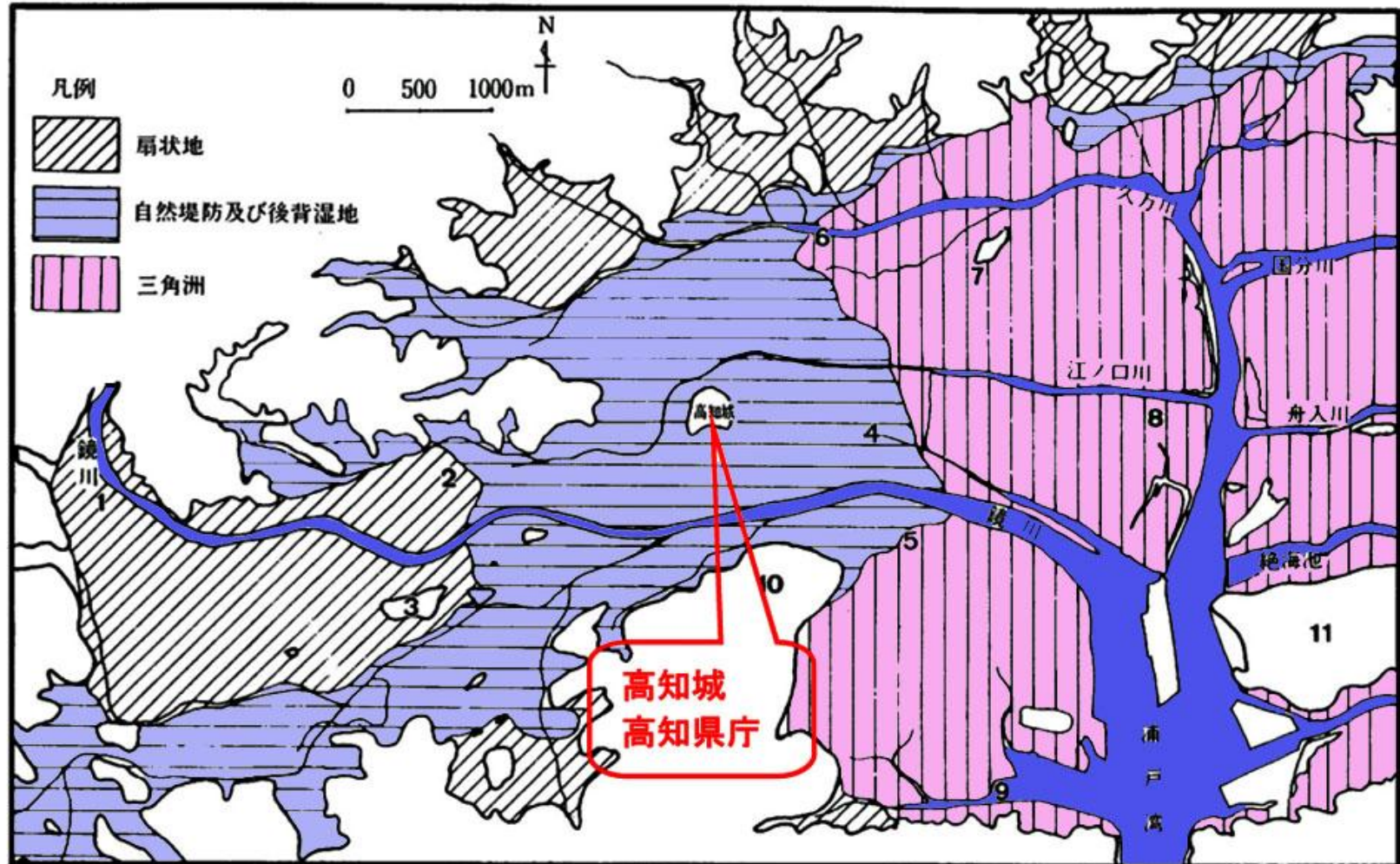
(Shimazaki and Nakata, 1980)。

高知平野



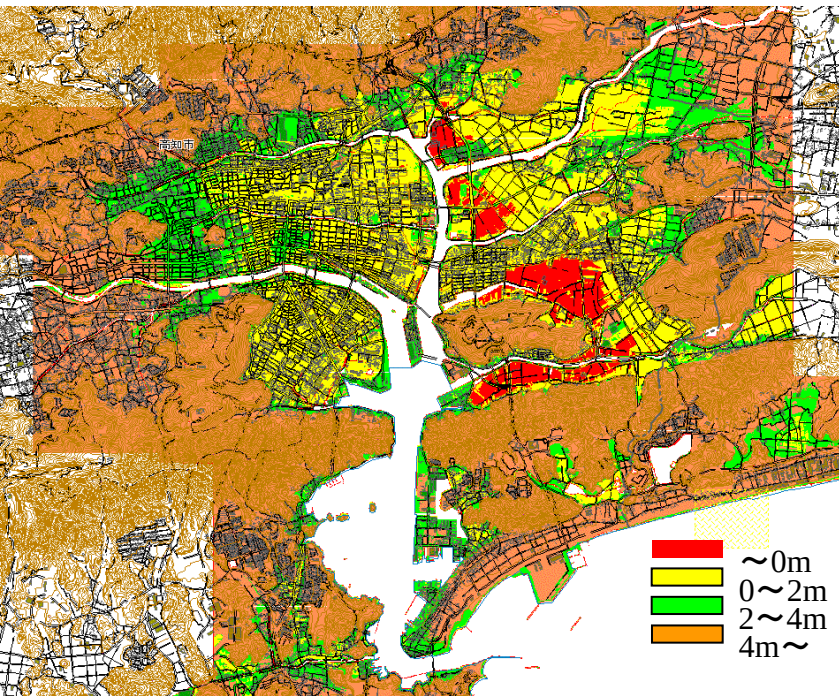


高知平野の地盤

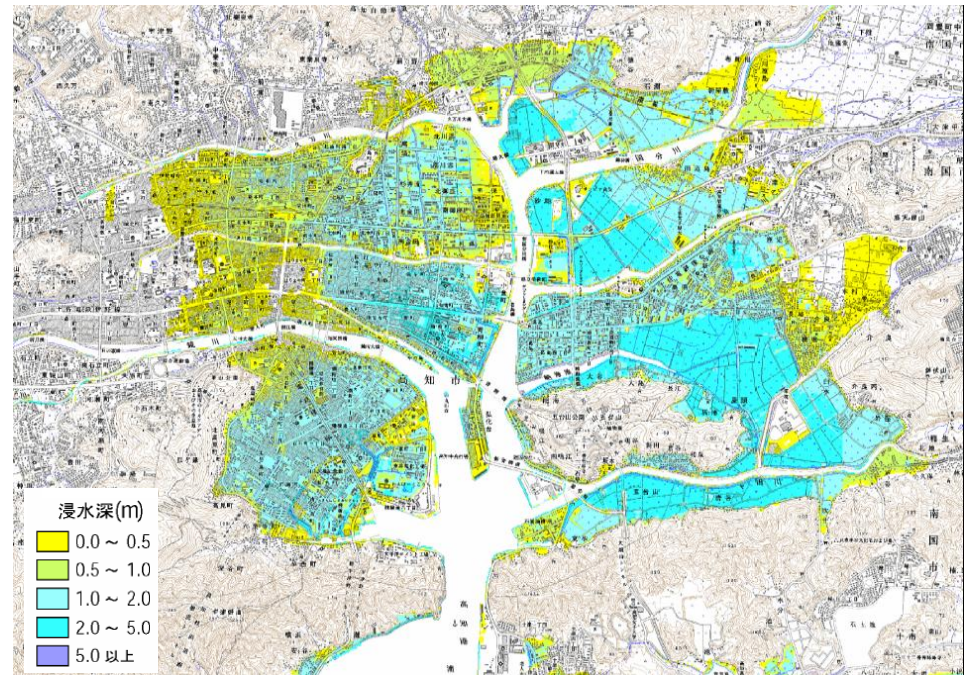


南海地震で地盤沈下する高知平野

地震の揺れで2m、液状化で0.5m地盤が沈下し、
津波が来る前に水没する。
津波避難ビル、津波避難タワーの整備が必要。

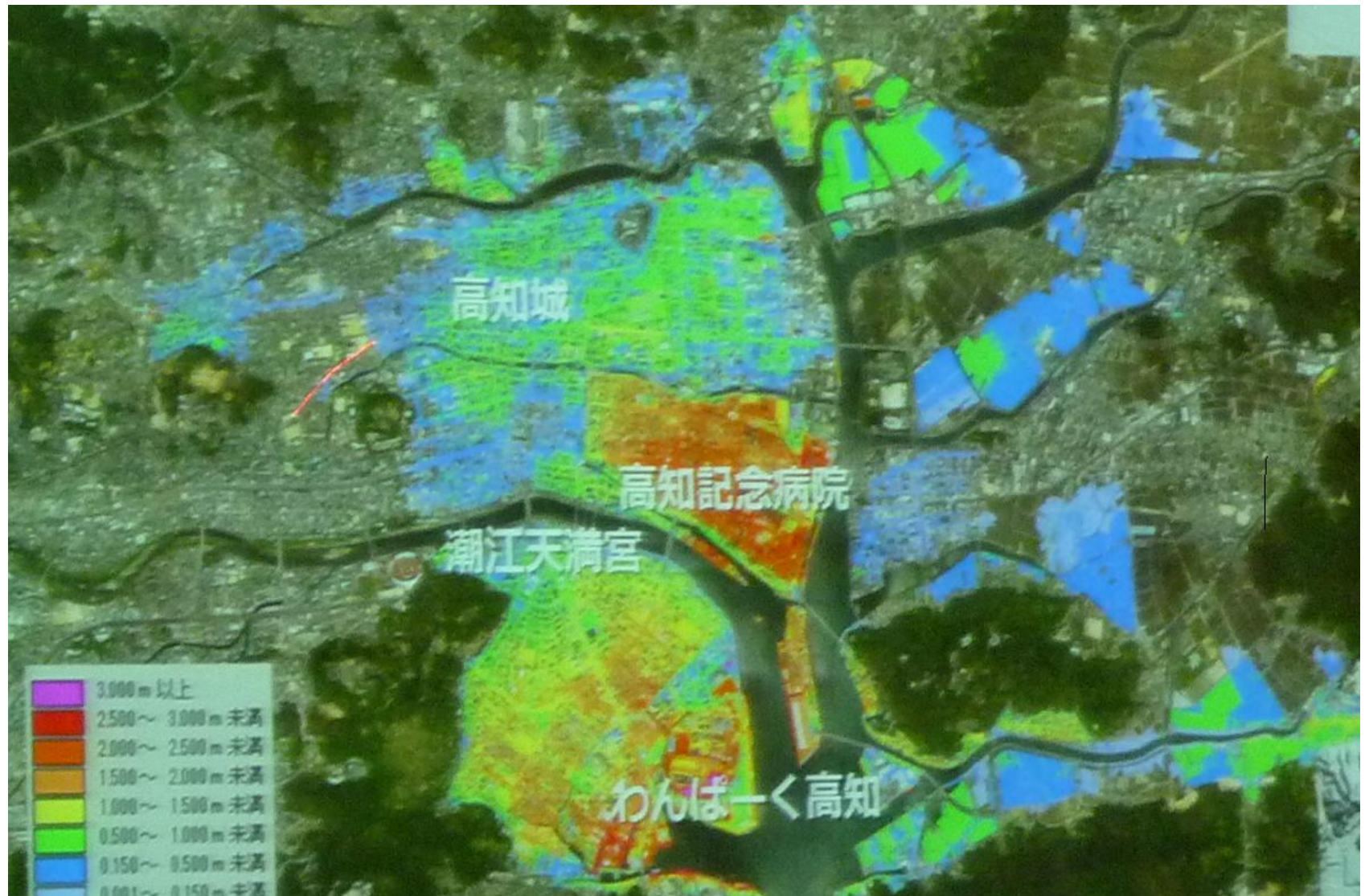


国土地理院発行 基盤地図情報 5mメッシュ

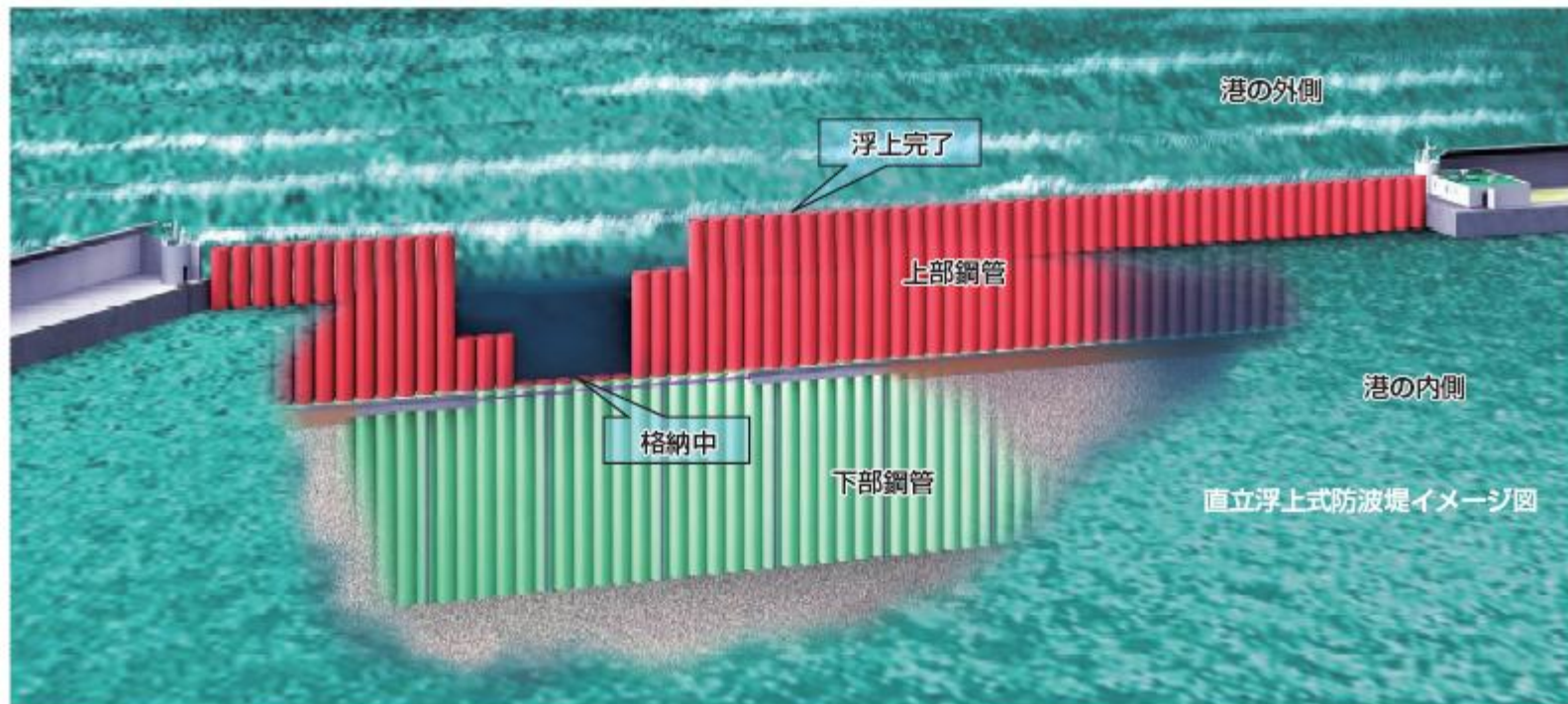


浸水予測図(最終膨張ライン施設等がない場合)
高知県作成

東北大学今村研究室による津波シミュレーション

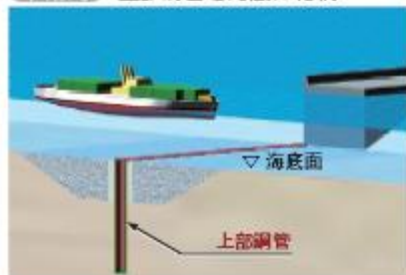


直立浮上式防波堤

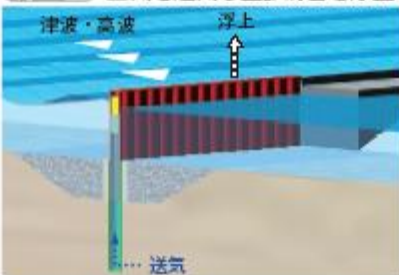


防波堤の作動ステップ

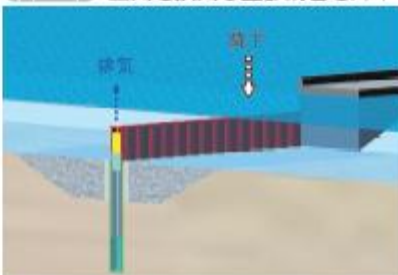
平常時 上部鋼管を海底に格納



浮上 空気を送気し上部鋼管を浮上



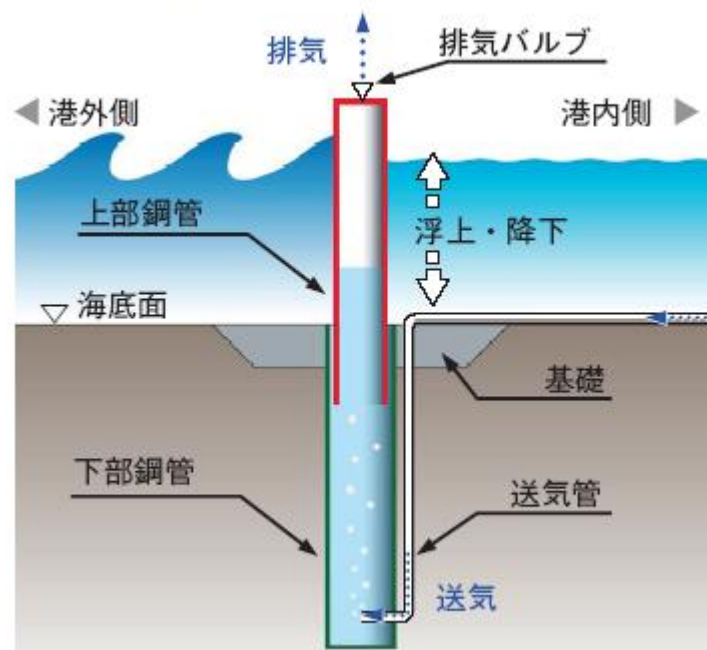
降下 空気を換気し上部鋼管を降下



降下完了 上部鋼管を海底に格納



直立浮上式防波堤断面



実海域実証試験

実証実験では、鋼管が確実に浮上し、高い耐波性を実証しました。



日時・場所：2006年8～11月・沼津港
施工数量：鋼管φ1422mm×3本

直立浮上式防波堤は、独港湾空港技術研究所、(株)大林組、東亜建設工業(株)、三菱重工鉄構エンジニアリング(株)、静岡県(協力)との共同技術開発です。

須崎市の 津波バリア



大震災で技術基準は大きく変わる

- 関東大震災(大正12年) **地震に対応**
 - 設計に地震を考慮(震度法)
 - 壊れるか、壊れないかの判断
- 阪神・淡路大震災(平成7年) **大地震に対応**
 - レベル1地震動では健全で, レベル2地震動では致命的な損傷を負わない。
 - 動的設計で損傷の程度を予測
- 東日本大震災(平成23年) **巨大地震に対応**
 - 施設は壊しても人命だけは守る, 「ハード・ソフトベストミックス思想」に基づく新しい設計手法
 - 想定外も想定し、避難方法を考慮した設計
 - 三次元シミュレーション解析で現象を予測

まとめ

- マスコミは被害状況のみを報道する
- 他人の言うこと、マニュアルに書かれていることを鵜呑みにしない。自分の目で確かめる。
- 99は仮説。仮説の多くは検証されていない。
- 破壊されたものと助かったものの違いを調べると対策のヒントが得られる。