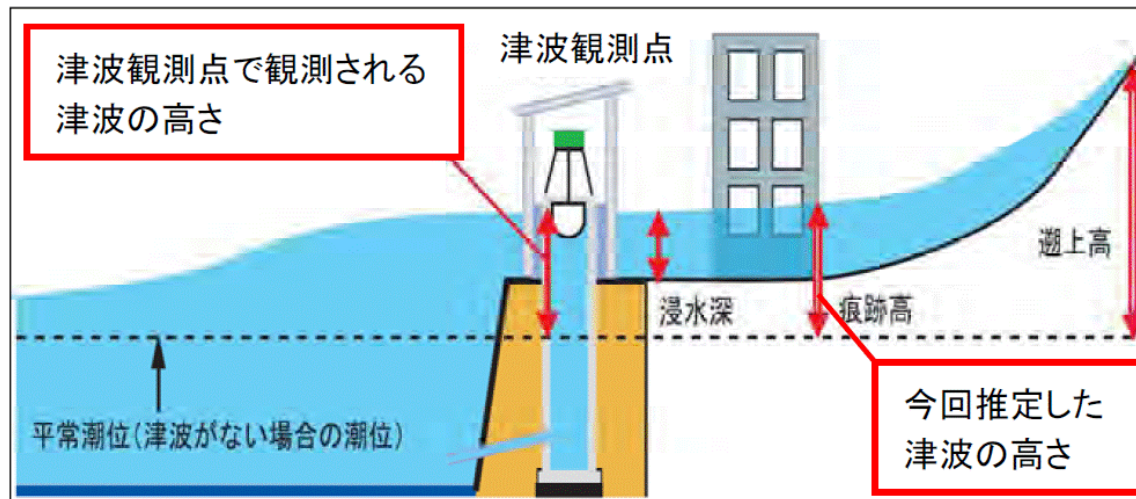


現地調査から見た津波浸水高の分布の特徴



図は「平成23年3月 地震・火山月報(防災編)」(気象庁)より

林 豊¹・阿部正雄²・飯野英樹²・前田憲二¹・対馬弘晃¹・岡田正實¹・木村一洋¹・岩切一宏¹

¹気象研究所 地震火山研究部, ²気象庁 地震火山部

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震

地震発生日時：3月11日14時46分

マグニチュード：Mw9.0

震源：38.1N, 142.9E 深さ24km (暫定値)

震度分布

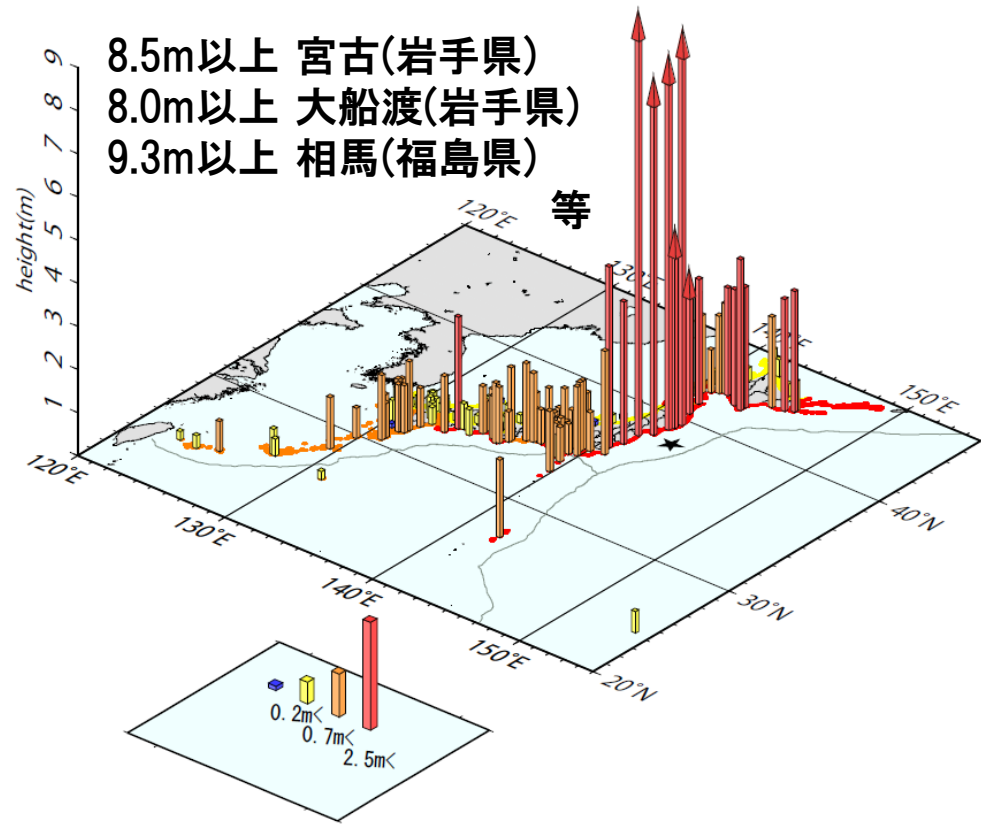
最大震度7
(宮城県栗原市)

× 震央

Legend

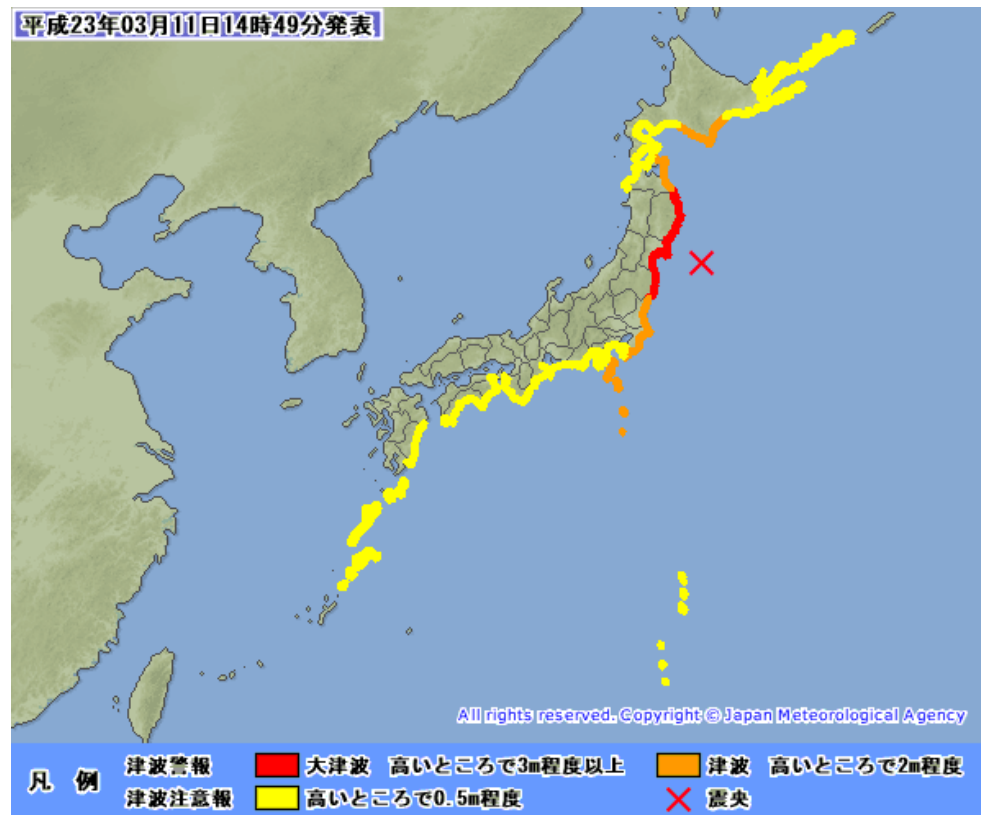
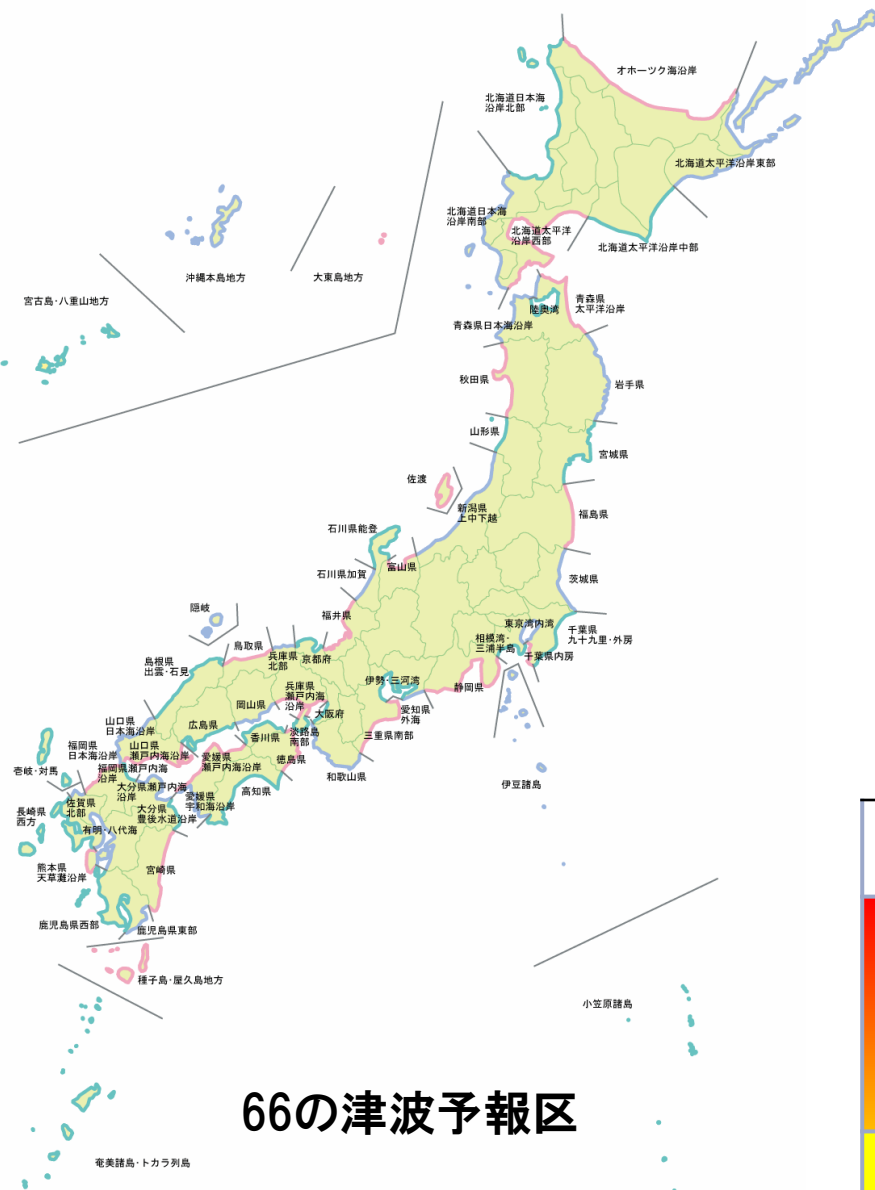


検潮所で観測された津波



図は「平成23年3月 地震・火山月報(防災編)」(気象庁)に加筆

東北地方太平洋沖地震の3分後に発表された津波警報



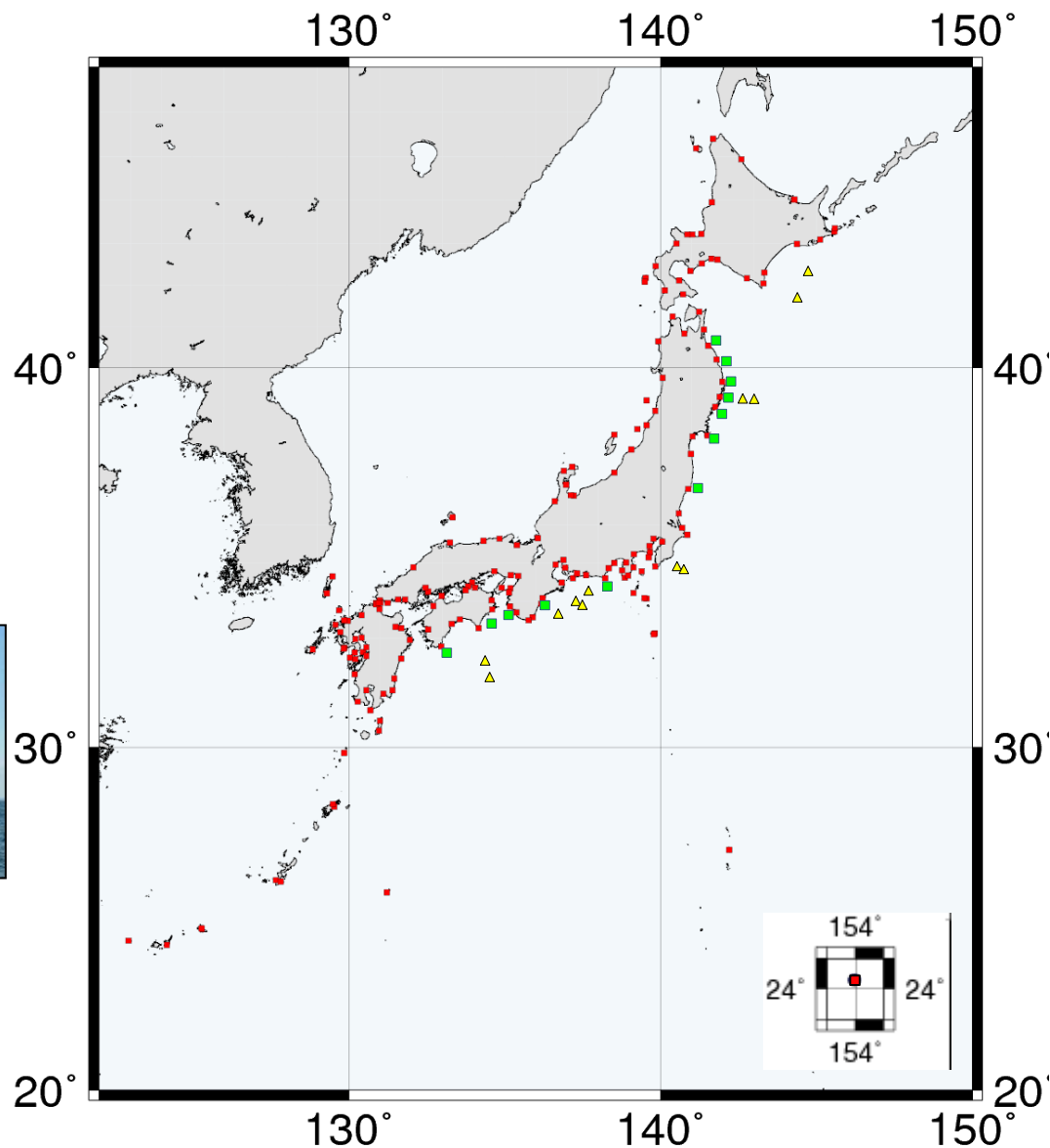
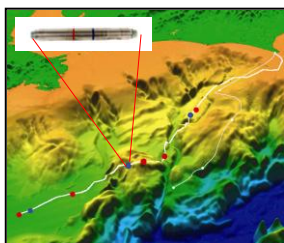
種 類		解 説	発表される津波の高さ
津波警報	大津波	高いところで3m程度以上の津波が予想されますので、厳重に警戒してください。	3m, 4m, 6m, 8m, 10m以上
	津波	高いところで2m程度の津波が予想されますので、警戒してください。	1m, 2m
津波注意報		高いところで0.5m程度の津波が予想されますので、注意してください。	0.5m

図・表は気象庁ホームページを元に作成

気象庁が津波監視に用いている津波観測点

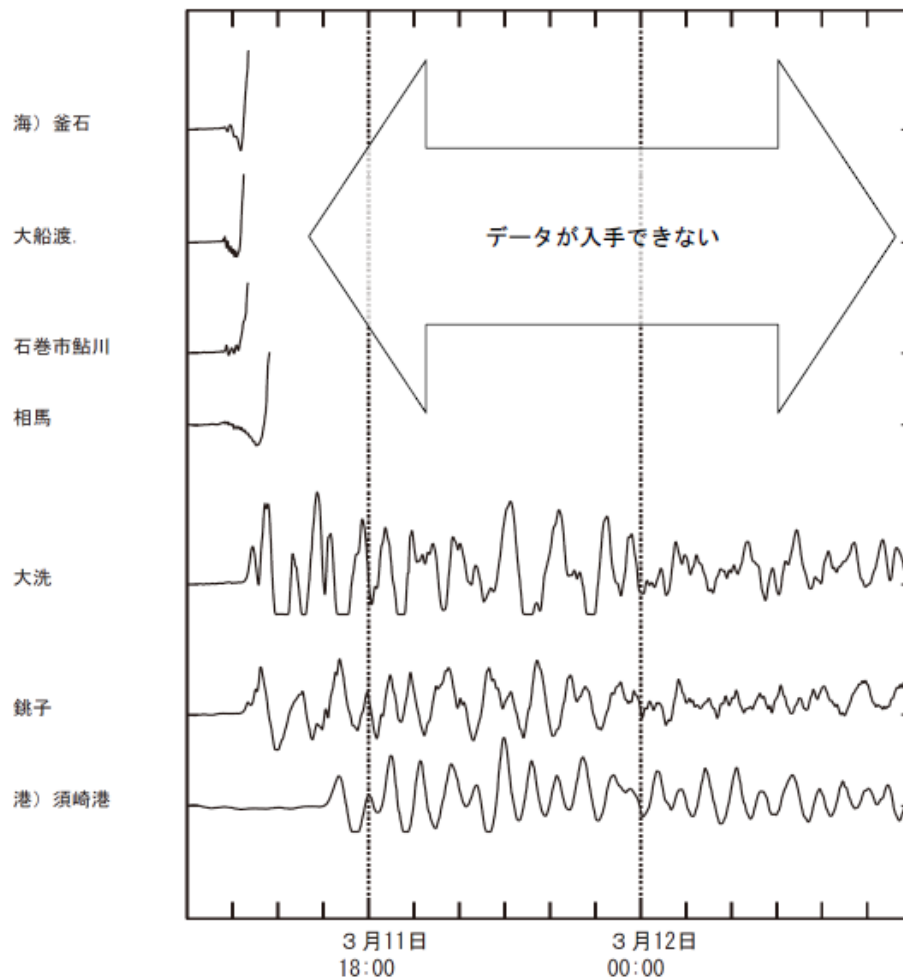
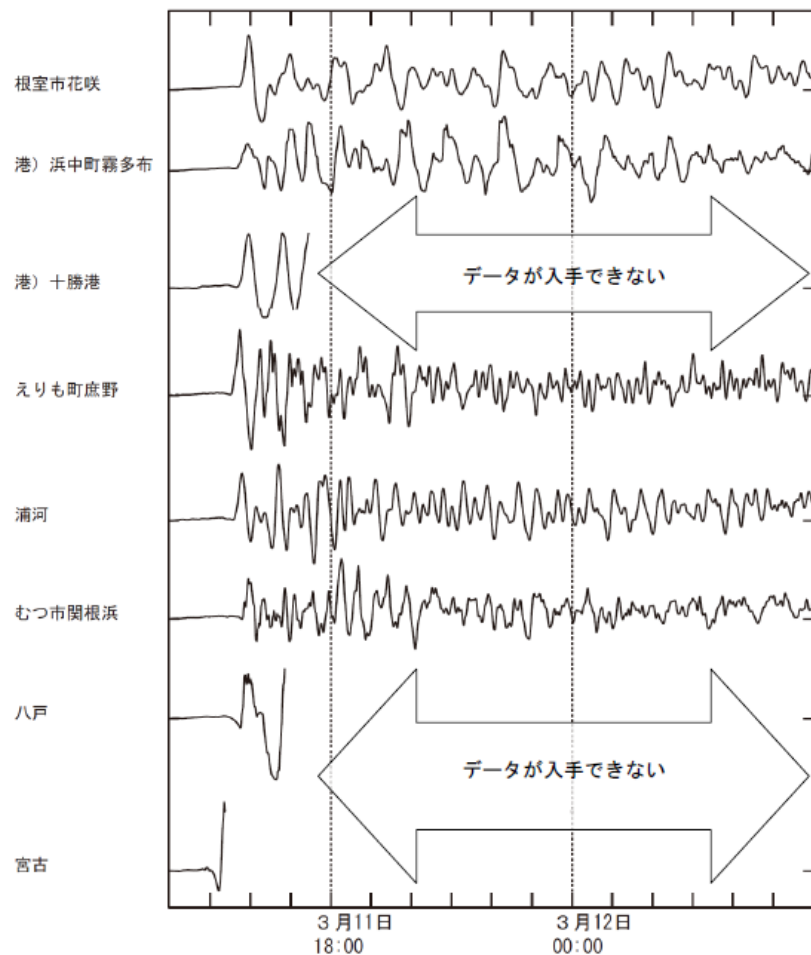
- 潮位計(172)
 - ・気象庁(77)
 - ・海上保安庁(20)
 - ・港湾局(54)
 - ・国土地理院(14)
 - ・内閣府(1)
 - ・自治体・民間(6)
- 沖合津波計
 - GPS波浪計(港湾局)(12)
 - ▲ 海底水圧計(12)
 - ・気象庁(6)
 - ・東大地震研(2)
 - ・海洋研究開発機構(4)

平成23年5月12日現在



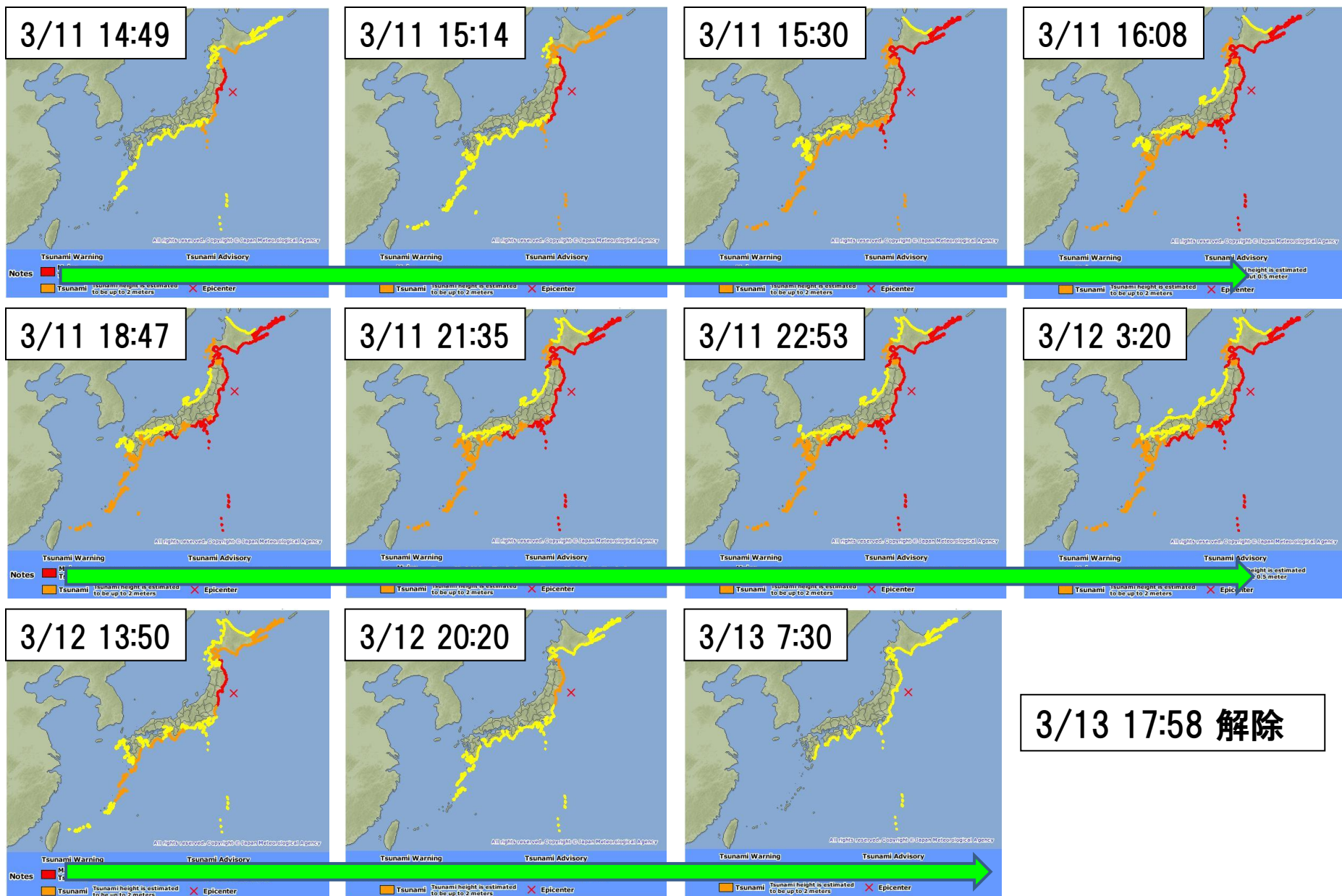
東北地方太平洋沖地震の津波波形記録

各地でデータ断



港) : 国土交通省港湾局の観測点
海) : 海上保安庁の観測点
無印: 気象庁の観測点

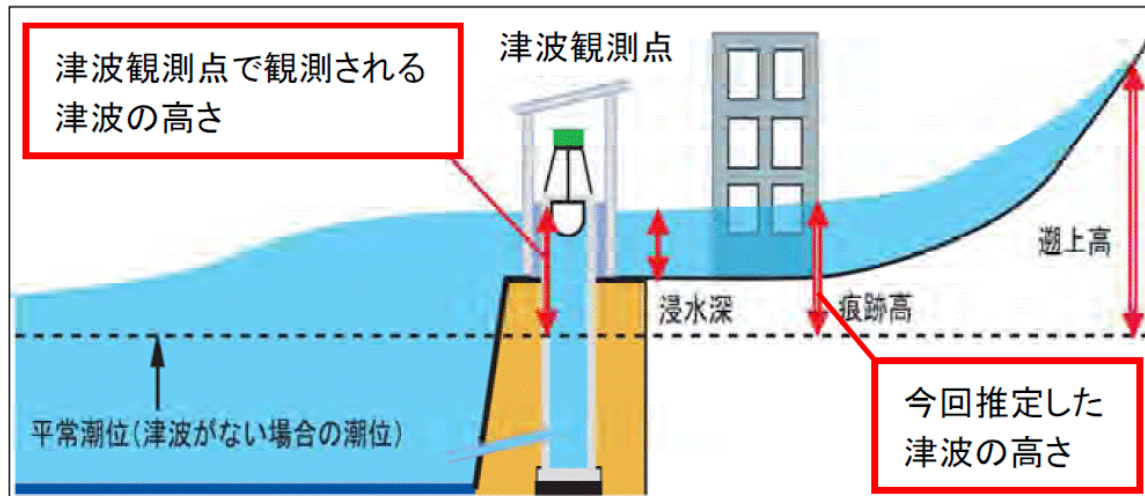
東北地方太平洋沖地震での津波警報発表経緯



津波予報でいう「津波の高さ」、浸水高、遡上高

✚ 気象庁が現地調査で知りたいこと

→ 検潮所等での観測値、予報の「津波の高さ」と比較しやすい値



図は「平成23年3月 地震・火山月報(防災編)」(気象庁)より

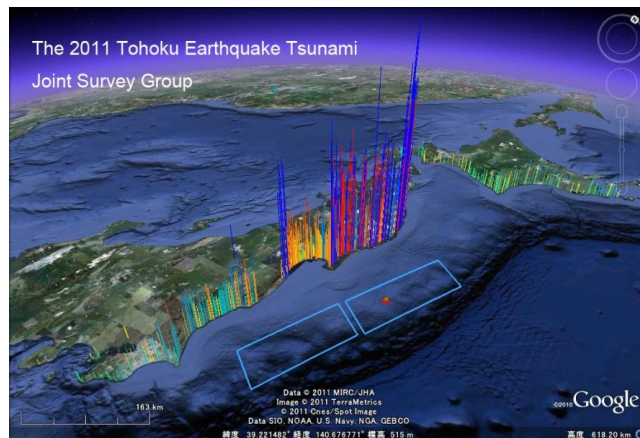
気象研究所は？



・ 補足するいろいろな調査

✚ 合同調査Gの最大の調査目的

→ 全国の津波の分布



気象庁の津波現地調査マニュアル

2011年3月に指針改正

■ 地震編

■ 津波編

資料6－(1)

＜地震津波災害調査指針 付録＞

地震津波現地調査マニュアル

地震火山部地震津波監視課 災害調査解析係

2011年 初版

調査マニュアルより～痕跡の撮影，測量機器など

(2) 写真撮影

写真は撮影位置や撮影方向がわかるように撮影する。



写真 2-1 津波の痕跡

(左：津波が通過したことを示す痕跡、右：津波が遡上した跡を示す痕跡)

資料 2-3 光波距離計の種類と仕様

機種	Laser Ace	Tru Pulse360
外観		
測定範囲	0～150m (反射板使用時 ～600m)	0～1,000m (反射板使用時 ～2,000m)
距離精度	±5 cm (survey) ±10cm (Hypsometer)	±30cm (反射板使用時)
傾斜角精度	±0.2 度	±0.25 度
分解能	1 cm (0.01m)	0.1m (～100m)、1m (100m以遠)
電源	専用バッテリー	単三乾電池

資料 2-2 津波現地調査票

津波現地調査票			調査票・調査担当
・この調査票は、津波による被害状況調査や痕跡調査時に使用するものです。 ・写真は、海岸からの位置関係や痕跡が把握できるように留意して撮影してください。			
調査実施日		整理NO.	
調査地域 (住所・施設等)	都道府県	市区町村	
(被害状況・痕跡の状況など)			
聞き取り情報 ①第一波(押し波/引き波・到達時刻・到来方向) ②時刻確認手段(腕時計等) ③最大波の到達時刻、到達域 ④波の形(壁のようにゆっくと流れるように・普通の波のように) ⑤その他(音、風、特異な現象) ⑥人的・物的被害、その他			
目撃証言による津波最大波到達推定日時 月 日 時 分 頃			
痕跡調査	痕跡高測量場所 (具体的な建物や場所)	☐ 砂浜 ☐ 岸壁 ☐ 建造物 ☐ 他()	
	位置情報	☐ GPS N [] E [] ☐ 地図へのマーキング	
	状態	☐ 漂流物漂着 ☐ 漂流物付着 ☐ 変色跡 ☐ 他()	
***** 痕跡調査データ 記入欄 *****			
◎ 測定機器 ☐ LaserAce ☐ Trupulse360 ☐ その他()			
◎ 標尺長さ(下端～反射板) h_0 m			
測量地点	鉛直距離(VD)	平均値	<補 足> ■複数回測量し、平均値を採用する。 ■測量時刻の記載を忘れない。 ■水平距離(HD)は2地点間の距離把握が目的。大まかで構わないので距離計で測定する。 ■下記算出式の()内の h_1 、 h_2 、 h_2' には、光波距離計に表示された符号のまま値を代入すること。 ■光波距離計の仕様により表示される小数位は異なるので留意すること。 ■痕跡算出の詳細は現地調査(津波編)を参照。
海水面 h_1	① m		
	② m		
	③ m		
水平距離(HD) []m	④ m		
測量時刻 []	⑤ m		
(中継点) 海水面～痕跡の間で 中継して測量する場合	① m		
	② m		
	③ m		
水平距離(HD) []m	④ m		
測量時刻 []	⑤ m		
(A)建造物痕跡 h_2 または(B)地表面痕跡 h_2'	① m		
	② m		
	③ m		
水平距離(HD) []m	④ m		
測量時刻 []	⑤ m		
痕跡高(0.01m単位)			

「地震津波現地調査マニュアル」(2011年気象庁地震火山部
地震津波監視課災害調査解析係作成)より抜粋

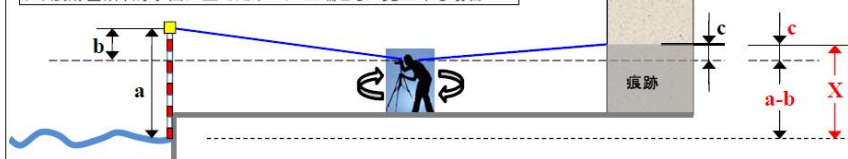
調査マニュアルより～測定方法と測定高の計算例

参考 2-1 痕跡高の算出式 ～建築物等に付着した痕跡の測定の場合～

現地の状況により計測者からみる痕跡の位置は異なるが、下記のいずれのパターンにおいても、痕跡高の算出式は下式で与えられる。

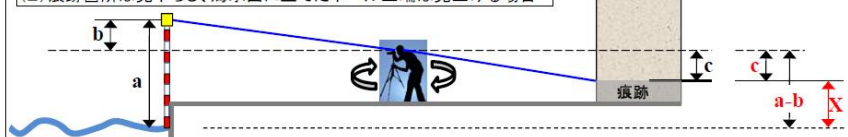
$$\text{痕跡高 } X = (H_0) - (H_1) + (H_2) \quad \text{※} H_1, H_2 \text{ は光波距離計の表示値}$$

(1) 痕跡箇所、海面に立てたポール上端ともに見上げる場合



$a = H_0 (>0)$ 、光波距離計の表示は $b = +h_1$ $c = +h_2$ とすると、
 $X = (a-b) + c = (H_0) - (+h_1) + (+h_2) = H_0 - (+h_1) + (+h_2)$

(2) 痕跡箇所は見下ろし、海面に立てたポール上端は見上げる場合



$a = H_0 (>0)$ 、光波距離計の表示は $b = +h_1$ $c = -h_2$ とすると、
 $X = (a-b) - c = \{(H_0) - (+h_1)\} - |-h_2| = H_0 - (+h_1) + (-h_2)$

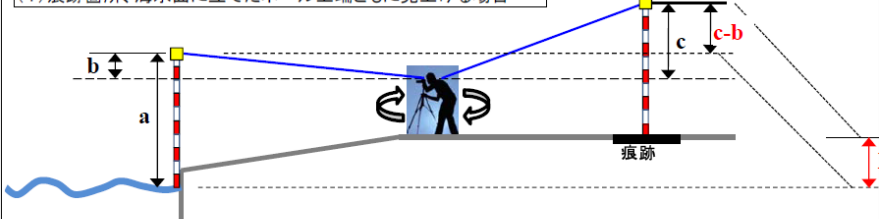
参考 2-2 痕跡高の算出式 ～地表の痕跡（遡上痕）の測定の場合～

現地の状況により計測者からみる痕跡の位置は異なるが、下記のいずれのパターンにおいても、跡高の算出式は下式で与えられる。

なお、地面の痕跡箇所に標尺を立て、その上端を測定する状況を考慮すると、鉛直高 (H_2') が (一) の値となる (= 地表の痕跡の上に立てたポールの上端を見下ろす) 場面は想定しづらいためここでは掲載しない。

$$\text{痕跡高 } X = (H_2') - (H_1) \quad \text{※} H_1, H_2 \text{ は光波距離計の表示値}$$

(1) 痕跡箇所、海面に立てたポール上端ともに見上げる場合



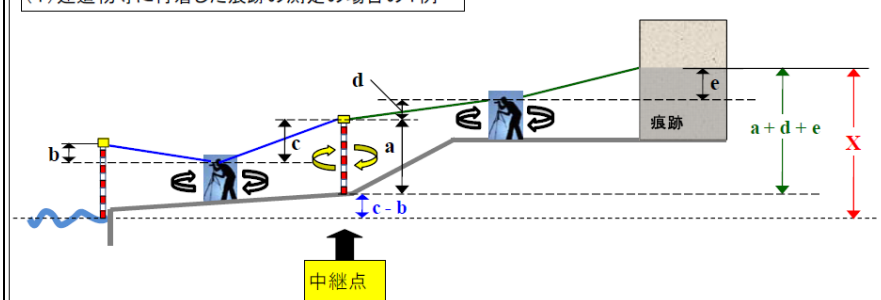
光波距離計の表示は $b = +h_1$ $c = +h_2$ とすると、
 $X = c - b = (+h_2) - (+h_1) = (+h_2) - (+h_1)$

参考 2-3 痕跡高の算出式 ～中継点を設ける場合～

海面測定場所と痕跡箇所との距離が離れていて、1 度の測定で痕跡高を求めることが難しい場合には、間に中継点を設けて測定を行う。以下に、中継点を設けた場合の例を示す。

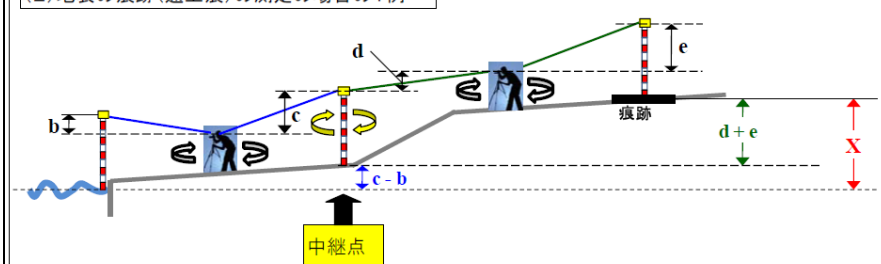
中継点では、1 度目の測定終了後に標尺を反対方向に向ける際には、位置がずれないように測定補助者は十分留意すること。

(1) 建築物等に付着した痕跡の測定の場合の 1 例



この場合、痕跡高 X は $X = (a+d+e) + (c-b)$ で与えられる。

(2) 地表の痕跡（遡上痕）の測定の場合の 1 例



この場合、痕跡高 X は $X = (d+e) + (c-b)$ で与えられる。

調査マニュアルより～潮位補正の方法

			潮位補正関連(潮位データを調べて記入)				計算結果				調査機関
調査日時	痕跡高 (cm)	最高潮位 推定日時	潮位補正 参照地点	現地調査時 の実測潮位 (TP上)	津波最大到 達時の推算 潮位(TP上)	津波到達前 の潮位偏差	津波最大到 達時の平常 潮位予想値	TP高 (cm)	実際の 津波高 (cm)	津波高 四捨五入 (m)	
	①			a	b	c	d=b+c	②=①+a	③=②-d	③'	
3/2 14:55	210	2/28 15:50	大船渡	28	43	5	48	238	190	1.9	気象庁

図 2-16 津波調査整理表への記入②

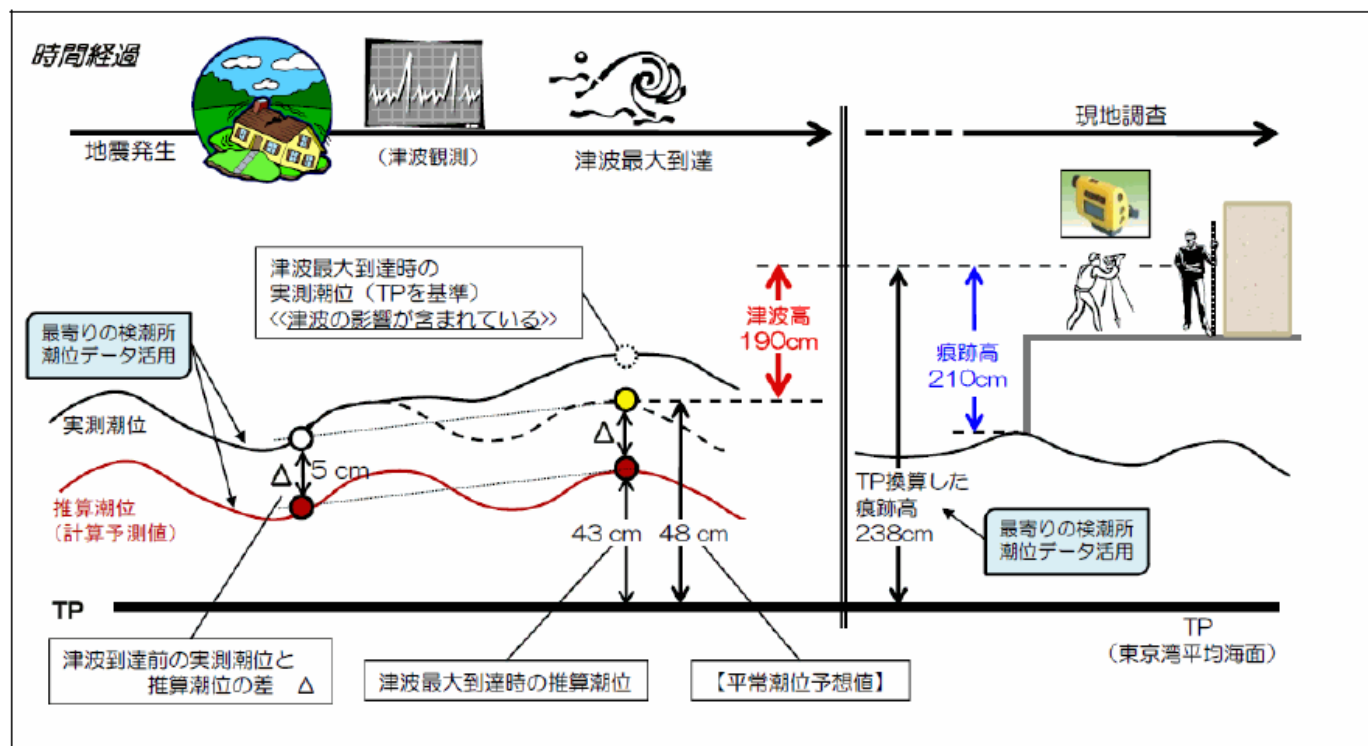


図 2-17 測定高と津波高のイメージ

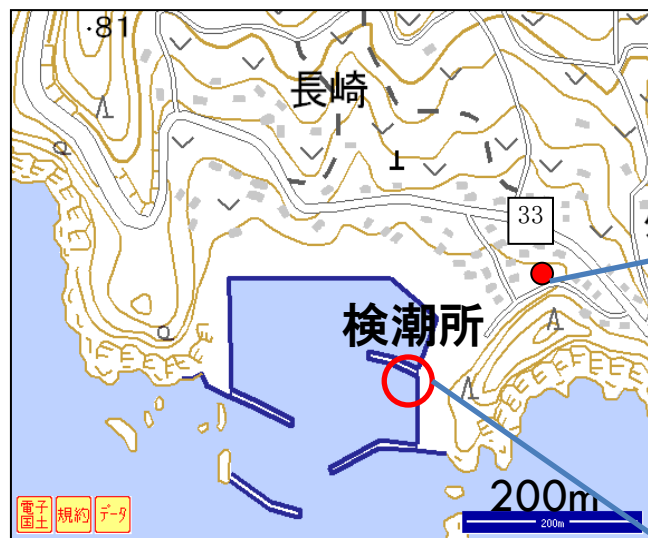
(2010年2月27日15時34分頃にチリ中部沿岸で発生した地震における陸前高田市両替漁港の津波を例に)

「地震津波現地調査マニュアル」(2011年気象庁地震火山部
地震津波監視課災害調査解析係作成)より抜粋

現地調査実施官署・実施日・対象

	現地調査実施官署	調査実施日	調査対象市町村
札幌管内	札幌管区気象台	3/14～16	浦幌町・豊頃町・大樹町・広尾町・日高町・新冠町・新ひだか町・浦河町・様似町・えりも町
	函館海洋気象台	3/14～16	函館市・八雲町・長万部町・森町・鹿部町
	室蘭地方気象台	3/14～15	豊浦町・洞爺湖町・伊達市・室蘭市・登別市・白老町・苫小牧市・厚真町・むかわ町・日高町
	釧路地方気象台	3/14～16	釧路市・釧路町・白糖町・厚岸町・浜中町・根室市・標津町
仙台管内	青森地方気象台	3/29～30	八戸市・むつ市・六ヶ所村
	盛岡地方気象台	3/28～30	久慈市・宮古市・釜石市
	気象庁本庁	3/29～30	大船渡市
	仙台管区気象台	3/28, 4/1	石巻市・仙台市・東松島市・塩釜市・松島町・利府町・七ヶ浜町・相馬市
	気象庁本庁	4/2～3	相馬市・いわき市
東京管内	気象研究所	3/26	北茨城市・日立市
	気象研究所・水戸地方気象台	3/25	ひたちなか市・大洗町
	気象庁本庁・銚子地方気象台	3/25	銚子市
	気象庁本庁	3/26	銚田市・神栖市
	銚子地方気象台	3/29	銚子市
	気象研究所	4/12～13	旭市
大阪管内	津地方気象台	3/14, 25, 28	鳥羽市・伊勢市・紀北町
	和歌山地方気象台	3/14～15	海南市・由良町・白浜町・田辺市・串本町・那智勝浦町・太地町
	徳島地方気象台	3/13, 16, 4/15	阿南市・小松島市・美波町・牟岐町・海陽町
	高知地方気象台	3/14, 25, 29～30, 4/8, 12	須崎市・土佐市・中土佐町・土佐清水市・大月町・宿毛市・四万十市・黒潮町・室戸市・田野町・安田町・安芸市・香南市

現地調査の実例～大船渡の検潮所付近



浸水痕

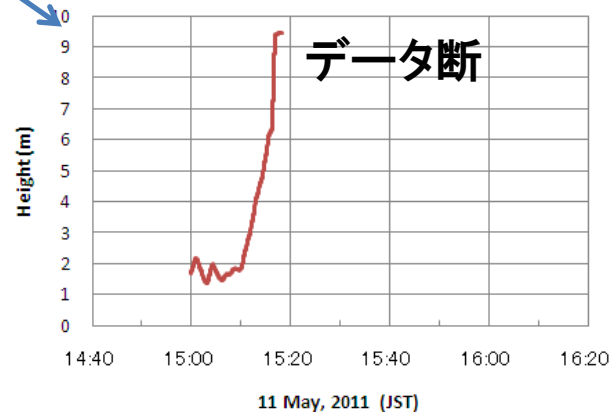


調査地点 No.33



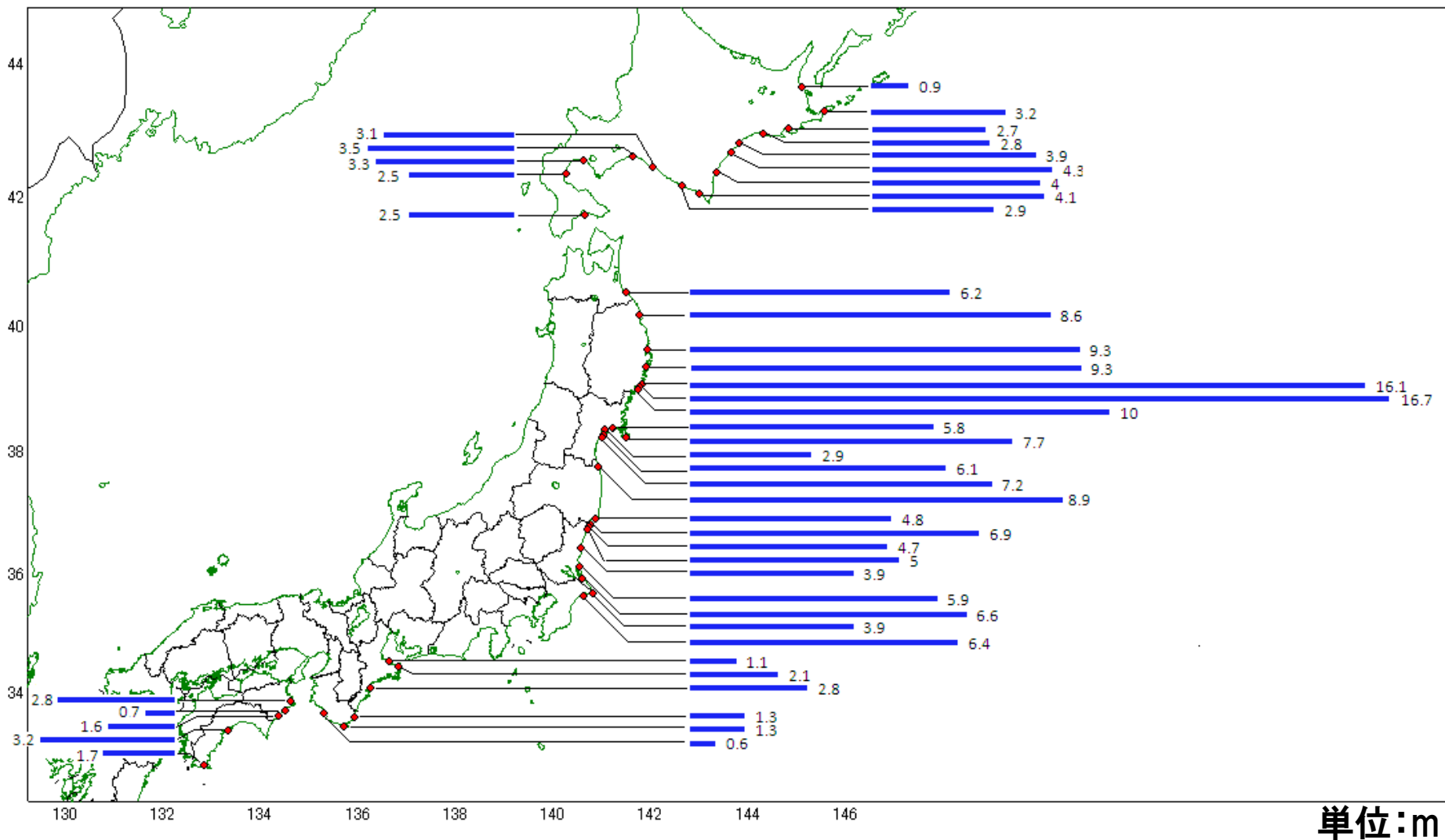
長崎の住宅地 (埠頭より撮影)

痕跡高 No.33 11.8m
最大の津波の高さ 検潮所 8.0m+



主な調査地点における津波の痕跡から推定した津波の高さ

「気象庁地震・火山月報(防災編) 2011年3月号」で発行



図は「平成23年3月 地震・火山月報(防災編)」(気象庁)より

気象研究所と水戸地方気象台の合同調査



目的・対象

- 1 出来たての現地調査マニュアルのテスト
- 2 津波現地調査実績のない地台のOJT
- 3 検潮所の近くの浸水高の測定

■ 異なる測量機器間で同一の痕跡を用いての比較測定

那珂湊漁港 気象研班・水戸地台班 3/25

ミクロな津波分布1～北茨城市平潟漁港での調査



電子国土ポータルを利用して作図

■ 漁港の内外で大きく浸水高が異なる分布であることを調査で確認

平潟漁港 気象研班 3/26

流されたものが衝突して
1,2階外壁に損傷



ミクロな津波分布2～北茨城市大津漁港で遡上の途中



連続的ではなく、階段状に浸水深が変化？

気象研班 3/26

電子国土ポータルを利用して作図

千葉県旭市飯岡地区の様子



■ 飯岡地区の様子 気象研班4/12,13

ミクロな津波分布3～千葉県旭市での最大波のタイミング

■ ヒアリング等により

限られた狭い範囲で、17時過ぎの第三波が最大

气象研班4/12,13



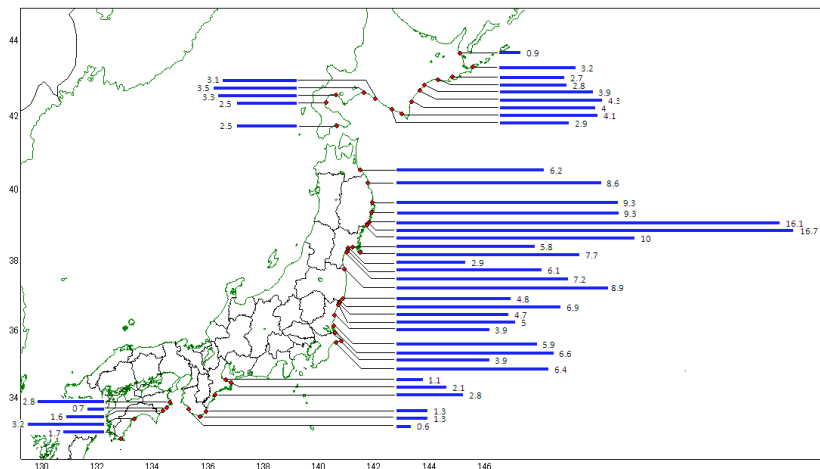
まとめ

気象庁の現地調査の特徴

- 主として「津波の高さ」に近い値を測定
- できたての現地調査マニュアルで実施
 - 合同調査グループの測定方法と本質的には同じ
 - 各地の気象台が調査に参加
- 暫定結果の概要は気象庁の刊行物で発表
 - 「地震・火山月報(防災編)平成23年3月」(Webで閲覧可)
 - 「災害時自然現象速報」(準備中)
- 気象研究所は, ミクロな津波分布の調査なども少し

今後の課題

- 潮位偏差(天文潮位と実測潮位の差)
- 余効変動(津波時と測定時の地盤高の差) を考慮した補正



気象庁の現地調査の実施にあたって，合同調査グループの皆様からご助言，ご指導を賜りました。ありがとうございました。

安全で安心な社会の構築に貢献したく，引き続き，ご協力のほどよろしくお願い申し上げます。



訂正

予稿(予稿集p.86-91)に以下の間違いがありました。訂正します。

箇所	誤	正
3.(2)b) 項見出し	茨城県ひたちなか市...	茨城県北茨城市...
表1 1行目	実施官署調査実施日	実施官署
	調査実施日実施官署	調査実施日
表1 9行目	3月28日 4月1～2日	3月28日 4月1日
図4 キャプション	茨城県ひたちなか市...	茨城県北茨城市...