

東北地方太平洋沖地震の際の 津波警報の課題、改善方策について

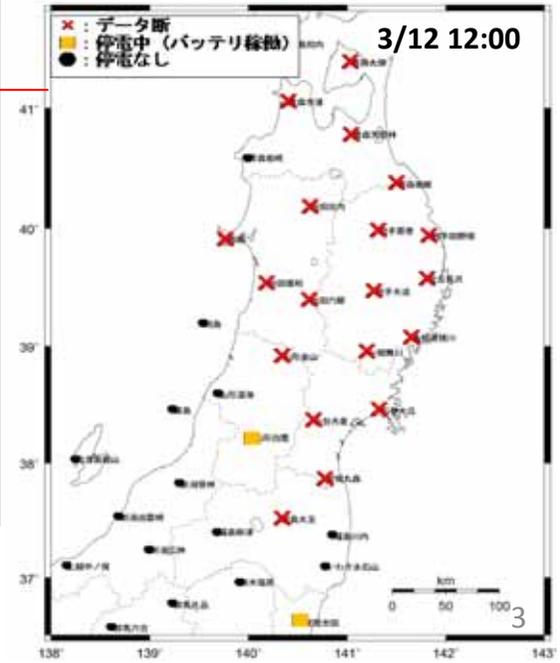
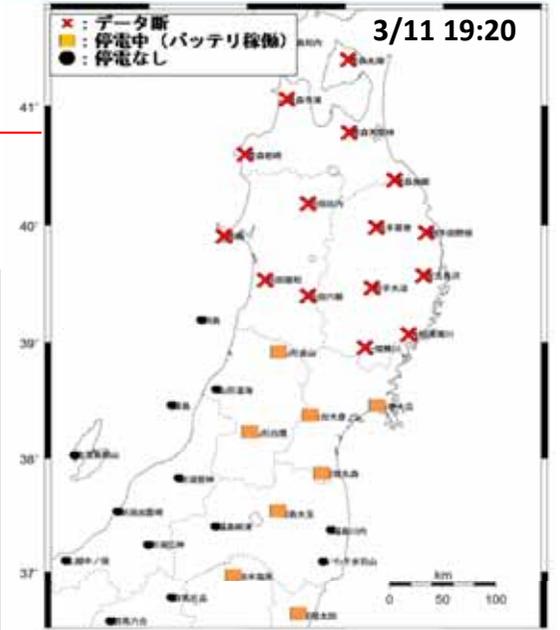
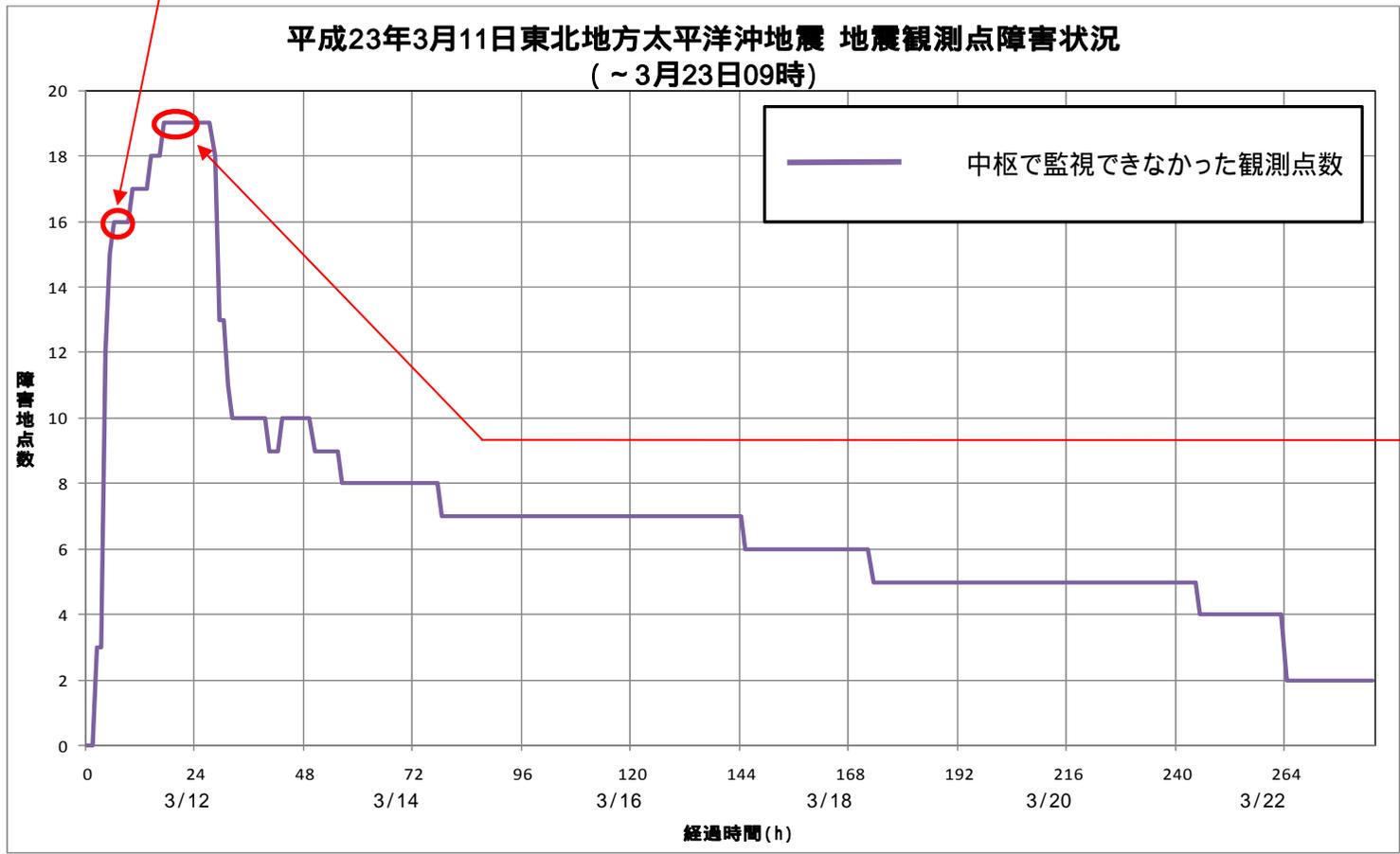
平成24年2月29日

気象庁

1. 観測データ収集及び情報伝達に係る課題

地震観測点の障害と復旧の状況

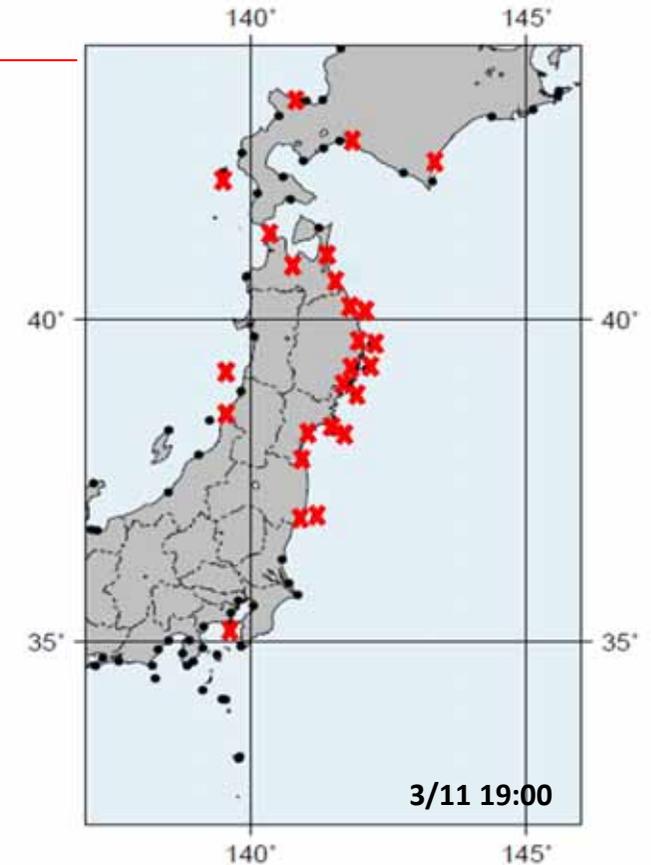
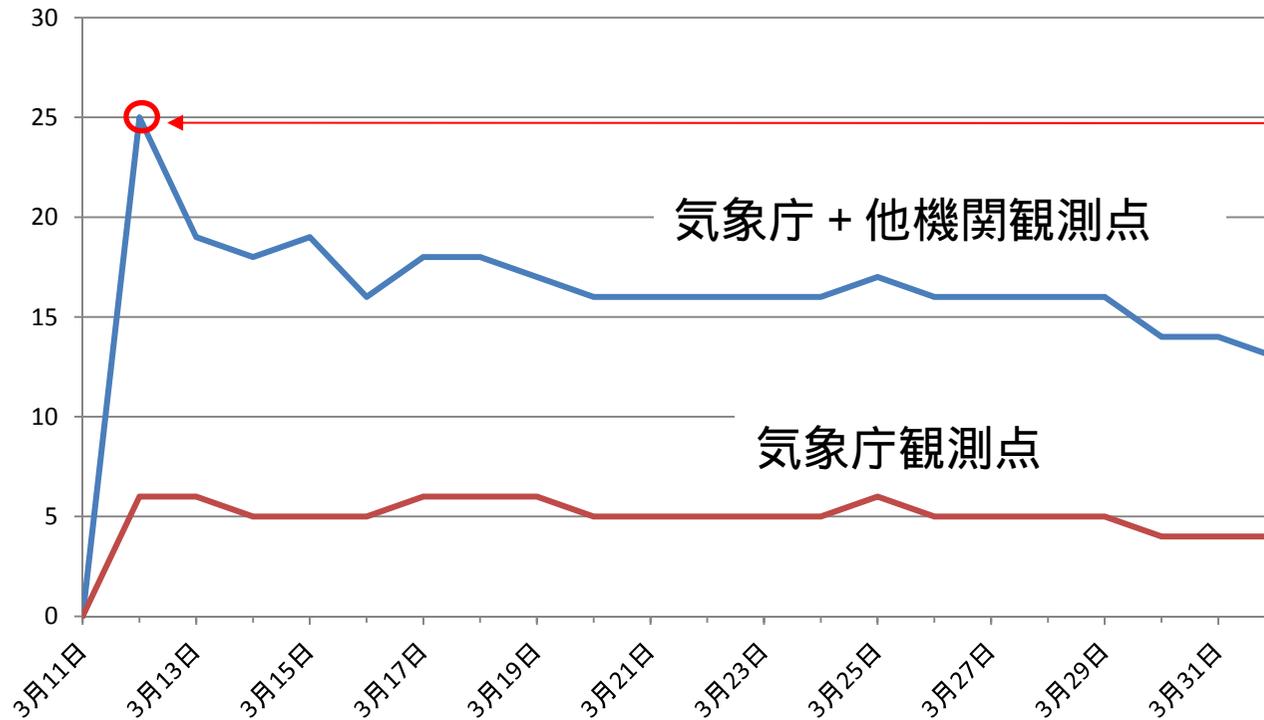
←→ バッテリー切れによるデータ断地点の増加



東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会 (第1回) 資料より

津波観測点の障害と復旧の状況

東北地方太平洋沖地震の後データ断となった津波観測点数の推移



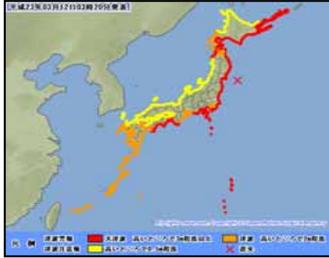
気象庁が管理する津波観測施設における障害の原因

- ・観測施設流出 3
- ・観測機器障害 2
- ・通信回線断 1

解除の判断

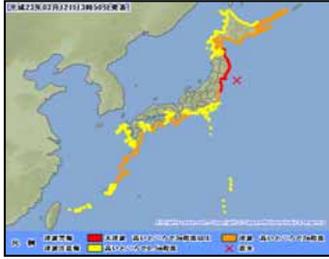
12日

3:20



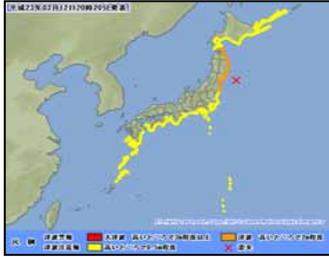
日本海側など
注意報へ

13:50



大津波一部解除

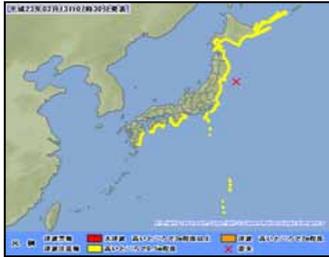
20:20



大津波すべて解除

13日

7:30



津波警報すべて解除

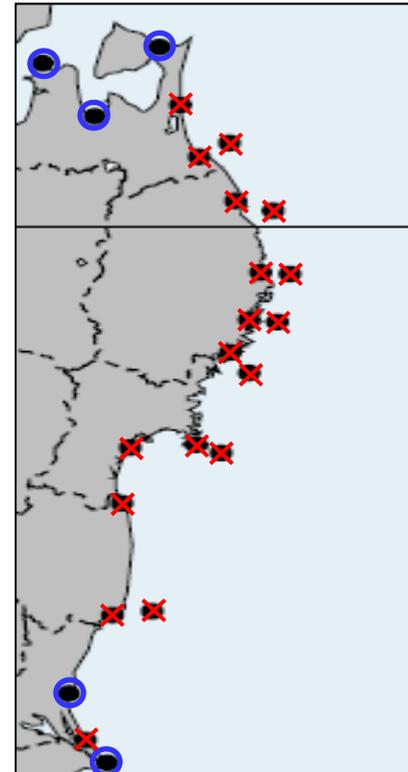
17:58



津波注意報すべて解除

解除の判断:

- 隣接する潮位データから判断
- 塩釜 (第二管区海上保安部海洋情報部海洋調査課) および気象庁機動班による目視情報



解除時のデータ断状況

- 解除に利用できた観測点
- × 解除に利用できなかった観測点

(まとめ) 通信断、機器損壊、長期停電などによる地震・津波観測点からのデータ断

現状

地震・津波観測点の通信回線が地上回線のみ

停電対策のバッテリー稼働時間は長いもので48時間程度まで

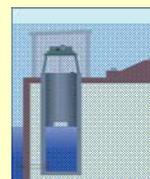
検潮儀は水没すると観測不能

今回発生した現象

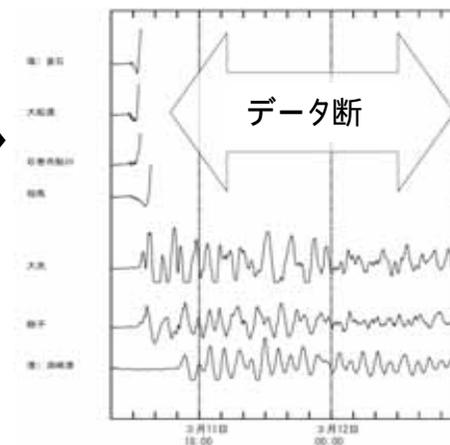
大きな揺れ、津波による通信断が多発

長期間停電により、当初稼働していた観測施設が作動停止

津波観測施設が津波による水没等のため観測不能に



地震活動監視(緊急地震速報など)、津波実況監視に支障



地震発生後、地震観測点約20地点、津波観測点25地点からのデータが断

課題と対処 (23年度一次補正予算にて対処)

非常用通信回線の強化

・従来は地上回線のみだったものに衛星通信回線を追加

長期停電対策の強化

・バッテリーを3～48時間程度のものから72時間へ(地震・津波観測点)

津波観測施設の強化

・通信機器等の耐水性・耐衝撃性の増強、地震動や水没による影響が少ない電波式検潮儀への更新、巨大津波観測計の増設

観測施設の損傷、停電、伝送網の断などに備えた機動観測体制の構築

・機動型津波観測機器の整備

気象庁からの津波警報伝達状況

津波警報(14:49)

東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会(第1回)資料より

送信元(伝達先機関数)	通常的手段で伝達 ¹	代替手段で伝達(FAX、手交)	不達
青森地方気象台(10)	8	1	1 ²
盛岡地方気象台(12)	12	0	0
仙台管区気象台(16)	12	4	0
福島地方気象台(11)	11	0	0
水戸地方気象台(4)	4	0	0
銚子地方気象台(5)	4	1	0

津波警報切り上げ(15:14)

県(伝達先機関数)	通常的手段で伝達 ¹	代替手段で伝達(FAX、手交)	不達
青森地方気象台(10)	8	1	1 ²
盛岡地方気象台(12)	11	1	0
仙台管区気象台(16)	12	4	0
福島地方気象台(11)	10	1	0
水戸地方気象台(4)	4	0	0
銚子地方気象台(5)	4	1	0

津波警報切り上げ(15:30)

県(伝達先機関数)	通常的手段で伝達 ¹	代替手段で伝達(FAX、手交)	不達
青森地方気象台(10)	8	1	1 ²
盛岡地方気象台(12)	10	0	2 ^{3、4}
仙台管区気象台(16)	12	4	0
福島地方気象台(11)	10	1	0
水戸地方気象台(4)	4	0	0
銚子地方気象台(5)	4	1	0

¹ 気象業務法及び地域防災計画で定める伝達先へ津波警報を伝達するため整備した防災情報提供システムによる伝達

² 陸上自衛隊第9師団司令部

^{3、4} 釜石海上保安部、FM岩手

津波警報等と避難行動に関する調査

環境防災総合政策研究機構「東北地方・太平洋沖地震、津波に関するアンケート調査速報より」

津波警報（大津波）を聞いた人 9 割、予想される津波の高さを聞いた人 5 割
 情報入手先はラジオ、防災無線、消防車・広報車が多い。

聞いた情報と入手先(聞いた情報の内容)

		調査数	大津波の警報	予想される津波の高さ	観測された津波の高さ	「避難に関する情報」等の呼びかけ	聞かなかった
地区	合計	120	107	61	6	28	0
		100.0	89.2	50.8	5.0	23.3	0.0
	釜石市	69	58	40	4	10	0
		100.0	84.1	58.0	5.8	14.5	0.0
	名取市	51	49	21	2	18	0
		100.0	96.1	41.2	3.9	35.3	0.0

聞いた情報と入手先(津波警報(大津波)の入手先)

		調査数	テレビから	ラジオから	防災無線から	車のテレビ(カーナビ)から	携帯電話のワンセグ放送から	携帯電話のメールから	消防車が役場の広報車から	家族や近所の人から	警察や消防の人から	不明
地区	合計	107	8	26	47	0	5	1	18	14	2	2
		100.0	7.5	24.3	43.9	0.0	4.7	0.9	16.8	13.1	1.9	1.9
	釜石市	58	3	7	45	0	2	1	6	2	0	0
		100.0	5.2	12.1	77.6	0.0	3.4	1.7	10.3	3.4	0.0	0.0
	名取市	49	5	19	2	0	3	0	12	12	2	2
		100.0	10.2	38.8	4.1	0.0	6.1	0.0	24.5	24.5	4.1	4.1

津波警報等と避難行動に関する調査

東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会（第1回）資料より

予想される津波の高さの更新(15:14, 15:31)が多くの住民に伝わっていない

「予想される津波の高さ」について住民が知っていた内容

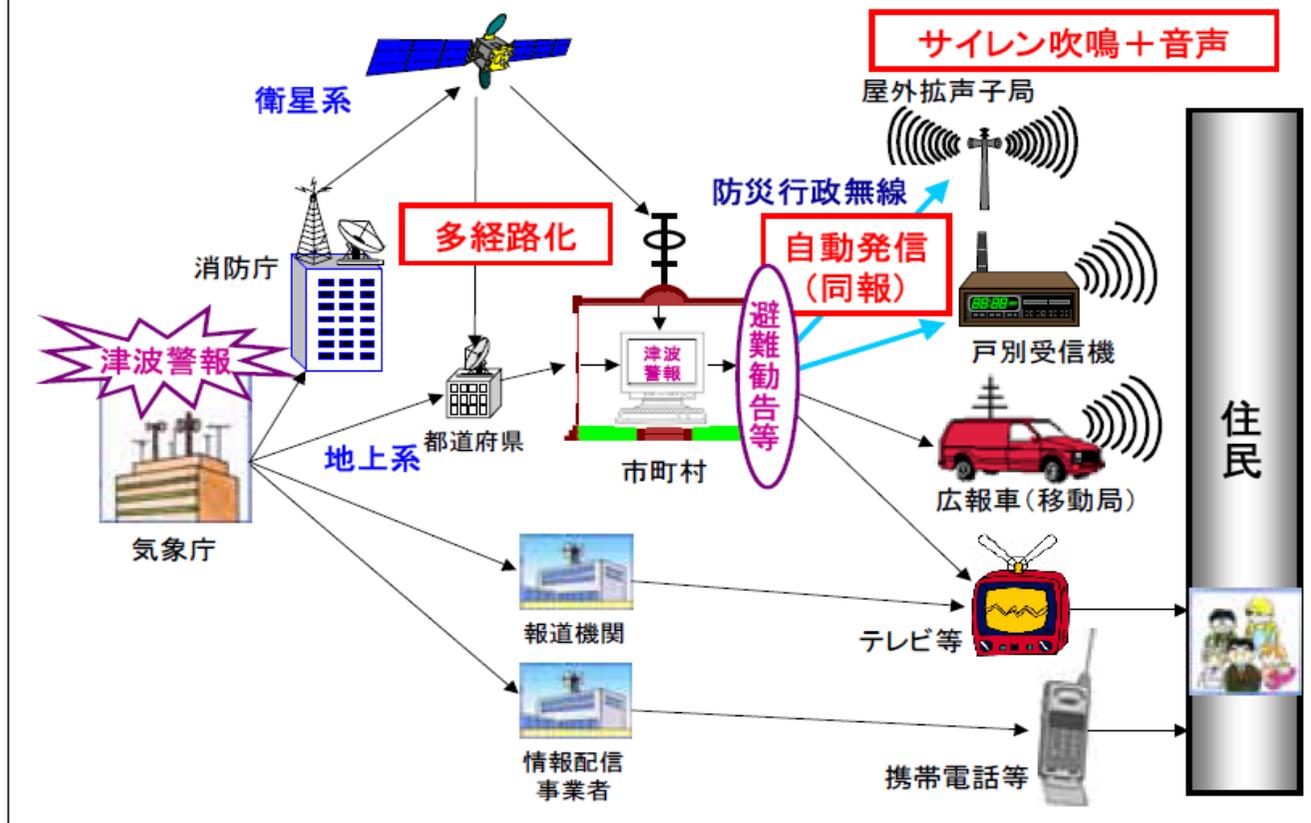
		調査数	1m	2m	3m	4m	5m
地区	合計	61	0	0	32	4	0
		100.0	0.0	0.0	52.5	6.6	0.0
	釜石市	40	0	0	30	4	0
		100.0	0.0	0.0	75.0	10.0	0.0
	名取市	21	0	0	2	0	0
		100.0	0.0	0.0	9.5	0.0	0.0

6m	7m	8m	9m	10m	11m 以上	不明
11	1	0	0	8	0	5
18.0	1.6	0.0	0.0	13.1	0.0	8.2
2	0	0	0	0	0	4
5.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	10.0
9	1	0	0	8	0	1
42.9	4.8	0.0	0.0	38.1	0.0	4.8

注) 15:14に津波警報更新、15:14に岩手3m 6m、宮城6m 10m以上
15:30に津波警報更新、15:31に岩手6m 10m以上

(まとめ) 警報・情報の確実な伝達

住民への津波警報とそれに係る避難勧告等の伝達・提供



H15年度「緊急防災情報に関する調査」(内閣府、消防庁、気象庁)より

今回の状況

気象庁から都道府県、メディア等には津波警報は概ね伝達。

津波警報(大津波)は伝わったが警報の更新が伝わらなかったケースあり。

住民の通常の情報入手手段が使えなかったケースあり。
(地震後の停電によりテレビが使えなかった、固定電話や携帯電話が使えなかった、等)

環境防災総合政策研究機構「東北地方・太平洋沖地震、津波に関するアンケート調査速報より

課題

最新の津波警報等の情報が住民に確実に伝わるために

- ・TV、ラジオ、防災無線、携帯電話等、各手段の特徴を活かした多様な伝達手段の確保と普及、強化
- ・気象庁から関係機関への確実な伝達と、住民への伝達の役割を担う自治体等防災機関や伝達手段を有する通信関係機関それぞれへの任務徹底の呼びかけ。

2 . 津波警報の改善

東北地方太平洋沖地震における津波警報の課題

【東北地方太平洋沖地震発生直後における津波警報等の発表状況】

第1報:地震発生後3分で発表

第2報:地震発生後28分

3分で求めた地震の規模M7.9に基づき発表



津波警報
■ 大津波
■ 津波
■ 津波注意報

岩手予想:3m
宮城予想:6m
福島予想:3m

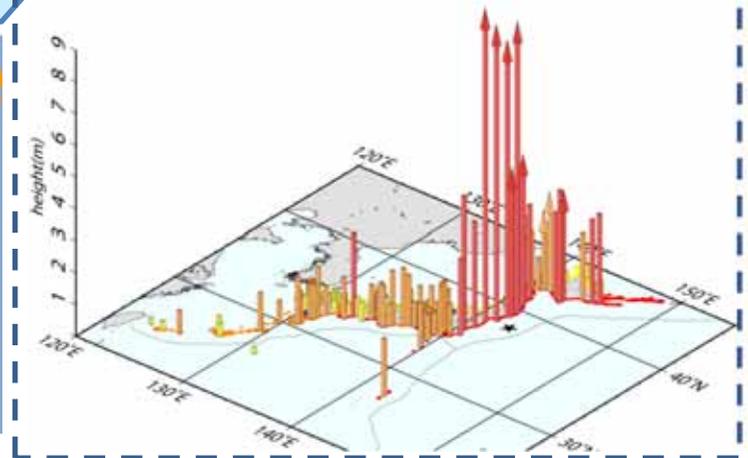
速やかに津波監視を開始

沖合の津波観測データに基づき発表



岩手予想:6m
宮城予想:10m以上
福島予想:6m

実際の津波の高さ分布



主要課題

- 1 地震発生3分後に発表した津波警報第1報での地震規模推定が過小評価。
- 2 第1報で発表した「予想される津波の高さ3m」が避難の遅れに繋がったと考えられる。
- 3 広帯域地震計が振り切れ、地震の規模(マグニチュード,M)の精査ができなかった。また、沖合津波計のデータを利用した津波警報更新の手段が不十分であった。
- 4 観測結果「第1波0.2m」等の情報が、避難の遅れや中断に繋がったと考えられる。

有識者や関係防災機関等のご意見を踏まえ、津波警報改善に向けての方策を検討した。

早期警戒

第1報の迅速性は確保。確度を高めた警報へ更新していく。

安全サイド

津波波源の推定の不確定性の幅の中で安全サイドに立った警報発表。

なお、「強い揺れを感じたら自らの判断で逃げる」という基本を周知徹底したうえで、基本方針のもと、数十年から数百年に1回というような大津波にも的確に対応できるようにする。

一方、頻繁に発表されるM8程度以下の地震に対する津波警報・注意報の確度を高めるよう努める。

津波警報改善の方向性(平成23年9月12日公表)

津波警報発表の流れと技術的改善の効果

警報発表の課題と改善策

改善後



地震の規模(気象庁マグニチュード)推定

課題: 「M7.9」を過小と認識できなかった。

地震規模過小評価認識・概算値算出手法導入
海域毎最大マグニチュード設定

津波警報第1報の発表

地震の規模(モーメントマグニチュード)、発震機構(正・逆・横ずれ断層の種類)推定

課題: 国内の広帯域地震計データがすべて測定範囲を超えたため、モーメントマグニチュードの計算に時間を要した。

巨大地震まで測定可能な国内広帯域地震計の活用手法改良

沖合津波計による津波の早期検知、津波規模の正確な予測

課題: 沖合津波計データに基づく津波警報更新手法が不十分であった。

沖合津波計の更なる活用手法開発

津波警報更新報の発表

技術的改善の効果

過小評価を最大限回避した第1報発表

早期警戒・安全サイドが基本

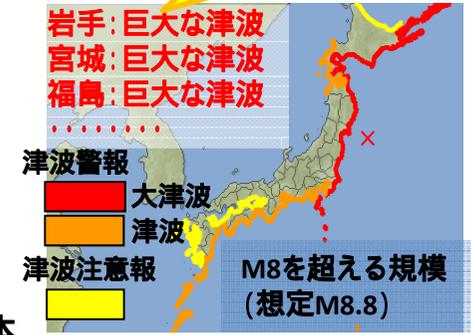
ある程度の過大評価は避けられないが、早期警戒・避難を第一とする。地震・津波規模推定の精度が高まり次第、より確度の高い警報に更新し、不要な避難の早期解除等につなげる。

これにより、早期警戒の実効性を担保し、津波警報への信頼を高める。

平成23年度3次補正予算

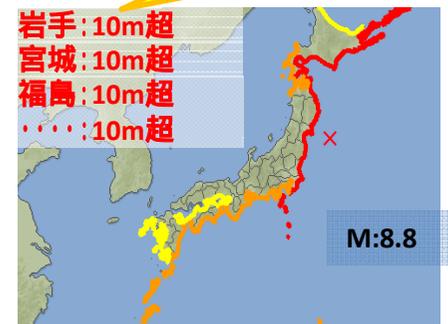
より確度の高い更新報の迅速確実な発表

定性的表現で非常事態であることを呼びかけ、最大限の避難を誘導



第1報: 地震発生後3分で発表
想定最大Mを用いる。

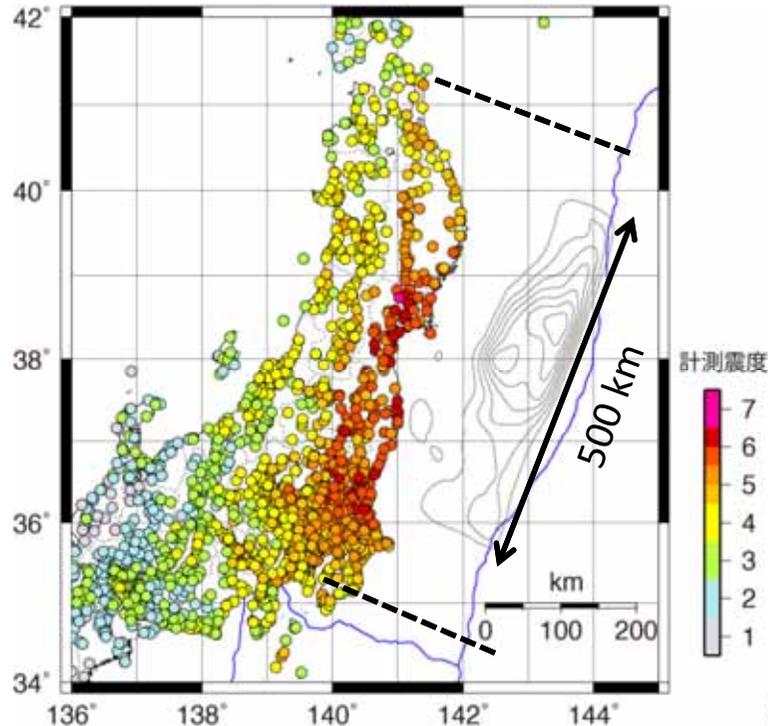
数値表現で津波の予想高さを伝え、適切な避難を誘導



更新報: 地震発生後15分で精度の高いMを求める。

地震規模の過小評価の可能性を速やかに認識する監視手法の例

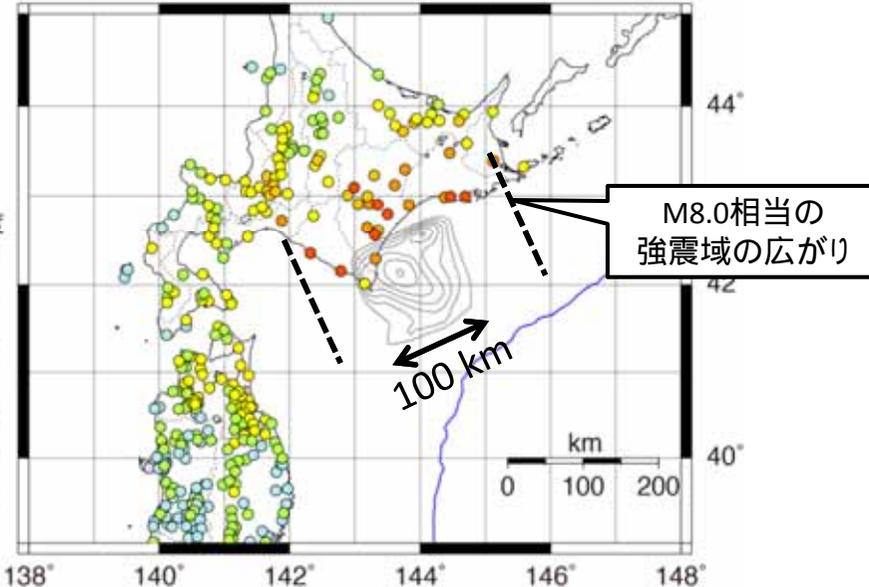
2011年東北地方太平洋沖地震 (M9.0)



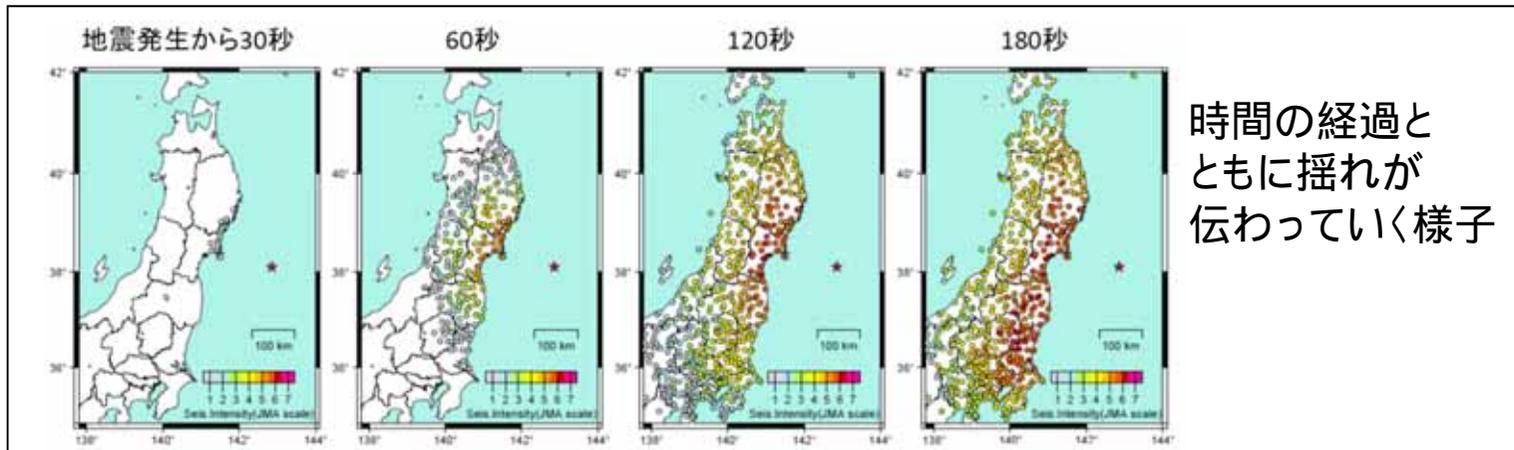
すべり分布はYoshida *et al.* (2011)による
コンター間隔は5m

強震域の広がりから地震の規模を推定し、
気象庁マグニチュードの値と比較。

2003年十勝沖地震 (M8.0)

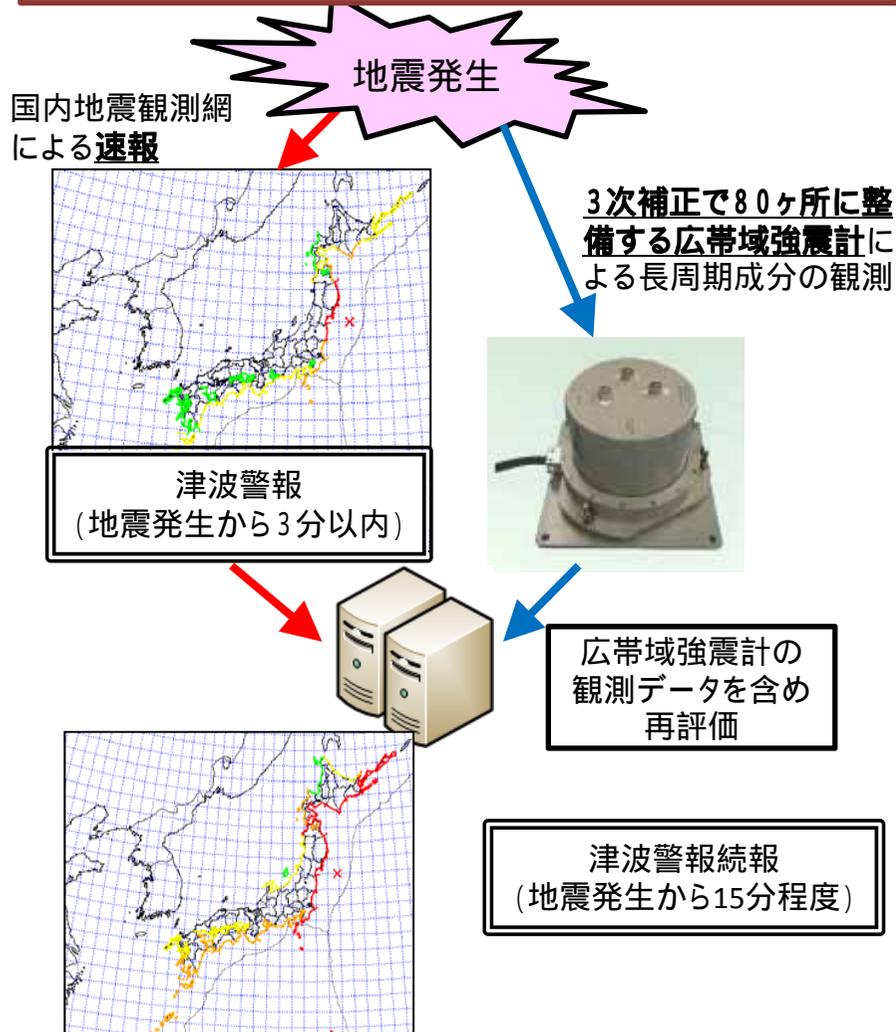


すべり分布は吉田(2005)による
コンター間隔は1m



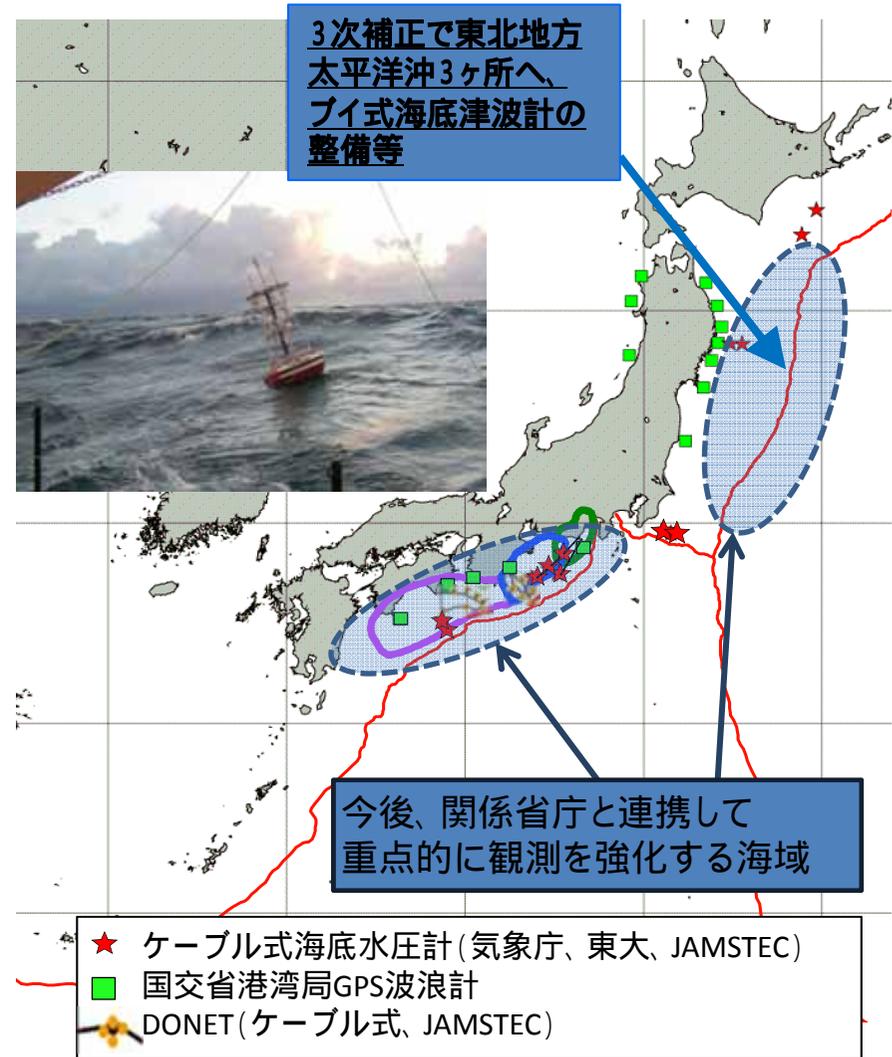
広帯域強震計による巨大地震の規模の早期把握と沖合津波観測網の強化

強震動でも振り切れない広帯域強震計による国内地震観測網の強化



15分以内に巨大地震のマグニチュードを精度良く把握し、適切な津波警報を発表する。

沖合津波観測網の強化



より確度の高い津波警報とその更新報を、迅速確実に発表する。

「津波警報の発表基準等と情報文に関する提言」の概要(平成24年2月7日公表)

津波警報等の発表基準と津波の高さ予想の区分

津波警報等の高さ予想の区分を8段階から5段階にする

地震規模推定の不確定性が大きい場合の津波の高さは、数値なしの定性的表現で発表

警報・注意報の分類		現行 発表される津波の高さ	改善案		
			表現		津波高さ予想の区分
			数値	定性的表現	
警報	大津波	10 m 以上、8 m、6 m、4 m、3 m	10 m 超	巨大	10 m 超
			10 m		5 m ~ 10 m
			5 m		3 m ~ 5 m
	津波	2 m、1 m	3 m	高い	1 m ~ 3 m
注意報	津波注意報	0.5 m	1 m	(なし)	20 cm ~ 1 m

予想する津波の高さは、予想区分の高い方の値を用いる

津波観測情報の内容と表現方法

第1波としては、高さを発表せず、到達した時刻と押し引きのみを発表

「最大波」は「これまでの最大波」として発表

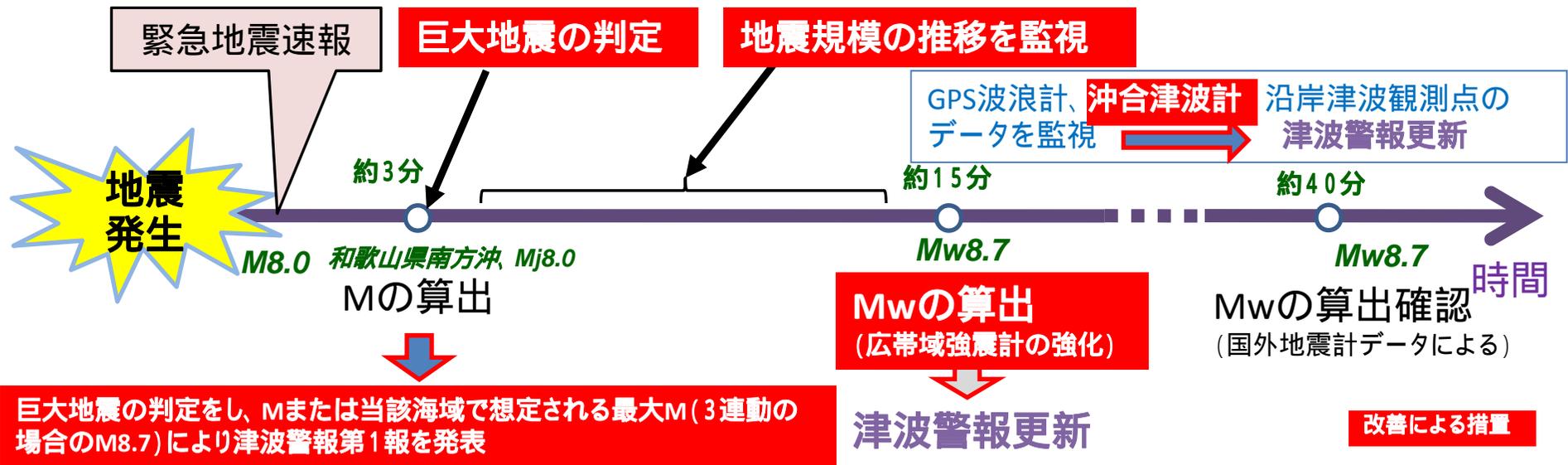
警報・注意報の分類	現行		改善案	
	第1波	最大波	第1波	最大波
津波警報(大津波)	<ul style="list-style-type: none"> 第1波の到達時刻 押し引き 第1波の高さ 	すべて数値で発表(ごく小さい場合は「微弱」)	<ul style="list-style-type: none"> 第1波の到達時刻 押し引き 	観測値 > 1m (それ以下は「観測中」等、定性的表現)
津波警報(津波)				観測値 0.2m(それ未満は「観測中」等、定性的表現)
津波注意報				すべて数値で発表(ごく小さい場合は「微弱」)

沖合で津波を観測した場合の情報の新設

沖合での津波観測情報を従来の観測情報とは別に新設

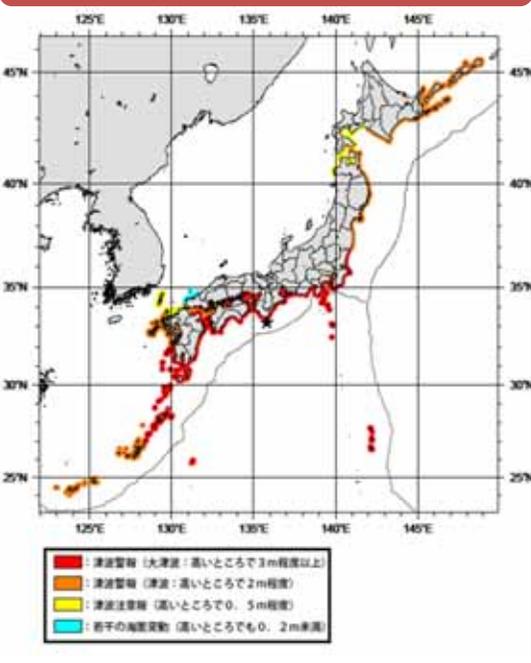
最大波は、観測した値が予想される高さに比べて十分小さい場合は、定性的表現で発表

津波警報発表の流れ(東海・東南海・南海3連動地震発生の際) <改善後>

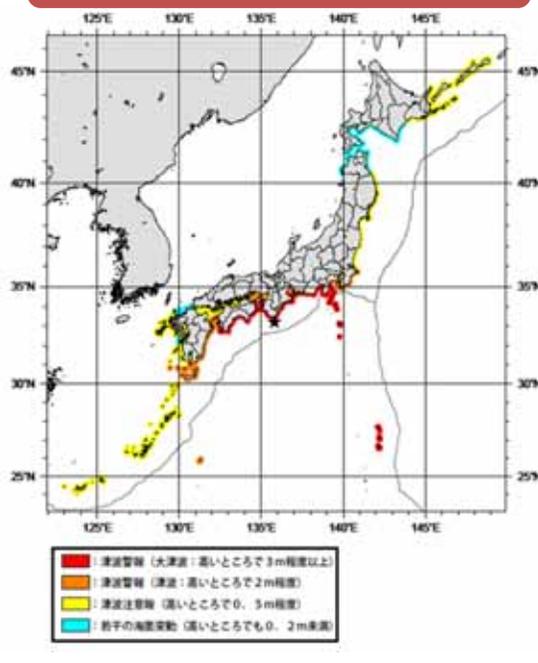


巨大地震の判定をし、Mまたは当該海域で想定される最大M(3連動の場合のM8.7)により津波警報第1報を発表

Mを8.7とした場合の予測



Mを8.0とした場合の予測



< 参考 > 津波警報の改善に関する有識者会合

東北地方太平洋沖地震による津波被害を踏まえた津波警報改善に向けた勉強会

(平成23年6月～9月、全3回)

座長 阿部勝征 東京大学名誉教授
今村文彦 東北大学教授
岩田孝仁 静岡県危機管理部危機報道監
越智繁雄 内閣府参事官
(地震・火山・大規模水害対策担当)
片田敏孝 群馬大学大学院工学研究科教授
佐竹健治 東京大学地震研究所教授
高橋重雄 (独)港湾空港技術研究所理事長
谷原和憲 日本テレビ放送網報道局
ネットワークニュース部長
山口英樹 消防庁防災課長
山崎 登 NHK解説副委員長

津波警報の発表基準等と情報文のあり方に関する検討会

(平成23年10月～平成24年1月、全3回)

座長 阿部勝征 東京大学名誉教授
副座長 田中 淳 東京大学大学院情報学環総合防災情報研究センター
長・教授
岩田孝仁 静岡県危機管理部危機報道監
内山研二 (社)日本民間放送連盟災害放送専門部会
(TBSラジオ&コミュニケーションズ
制作センター ニュース情報部担当部長)
梅原康司 須崎市地震・防災課長
越智繁雄 内閣府参事官
(地震・火山・大規模水害対策担当)
片田敏孝 群馬大学大学院工学研究科教授
越村俊一 東北大学大学院工学研究科准教授
近野好文 (財)日本気象協会専任主任技師
【気象振興協議会推薦】
酒井泰吉 日本放送協会報道局災害・気象センター長
佐竹健治 東京大学地震研究所教授
高橋重雄 (独)港湾空港技術研究所理事長
谷原和憲 (社)日本民間放送連盟災害放送専門部会委員
(日本テレビ放送網報道局
ネットワークニュース部長)
平松 進 石巻市総務部防災対策課危機管理監
福島弘典 NTTドコモ災害対策室長
【電気通信事業者協会推薦】
山口英樹 消防庁防災課長
山田 守 釜石市市民生活部防災課長