



宮城県津波対策連絡協議会  
平成29年2月1日

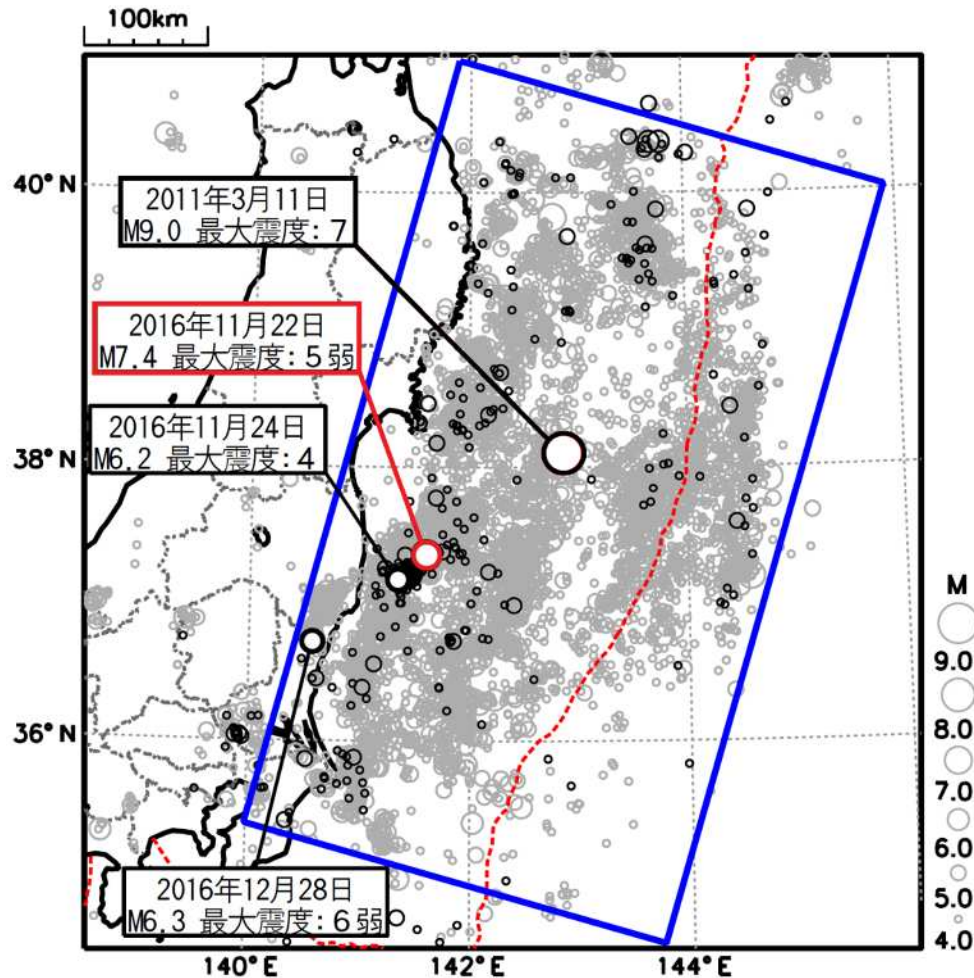
# 平成28年11月22日に発生した 福島県沖を震源とする地震について

仙台管区气象台  
気象防災部地震火山課

長谷川嘉彦



# 地震の発生場所等



発生時刻: 平成28年11月22日05時59分  
 発生場所: 福島県沖  
 深さ: 12 km (CMT解による)  
 マグニチュード: 7.4

通常の解析手法による震源の深さは25 km

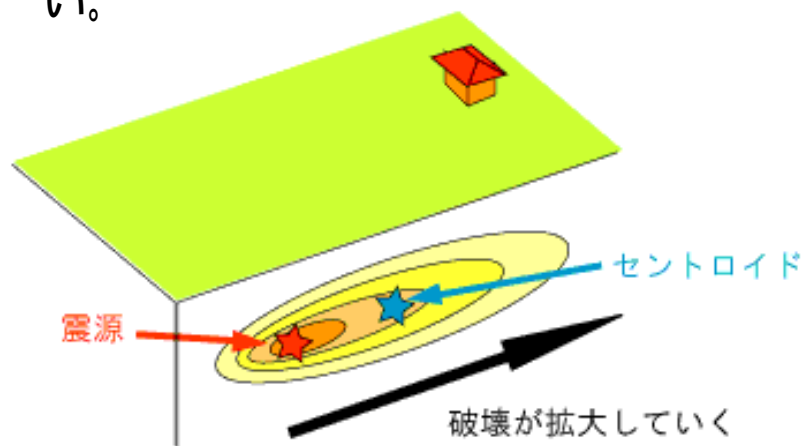
- 「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震」の余震
- 陸のプレートの地殻内で発生
- 発震機構(CMT解)は北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余震域の震央分布  
 (2011年3月11日14時~2016年12月31日24時、深さ0~90km、M4.0以上)  
 青色矩形は東北地方太平洋沖地震の余震域を示す



# 地震の深さ（補足）

- CMTとは、セントロイド・モーメント・テンソル (Centroid Moment Tensor)の略で、観測された地震波形を最もよく説明する地震の位置(セントロイド)、規模(モーメント・マグニチュード)、及び発震機構を同時に求める解析法。地震の深さで「CMT解による」とは、CMTのセントロイドの深さを指す。
- セントロイドとは、地震を起こした断層面の中で、地震動を最も放出した部分を示し、断層が最も大きく動いた部分であると考えてもよい。気象庁が普段発表している「震源」とは意味が異なる。
- 震源というのは、断層運動が始まった地点を示したもので、震源とセントロイドは普通一致しない。



震源から破壊が進んでいく模式図

- 規模の大きな地震ほど断層の大きさが大きい (M6クラスでは断層の長さは10~15km程度、M7クラスでは30~50km程度、M8クラスでは100~150km程度)

CMTは長周期の地震波を用いる。地震の規模が小さいと長周期の成分が観測されにくいことからCMTの解析は困難(気象庁ではM5.0以上で実施)

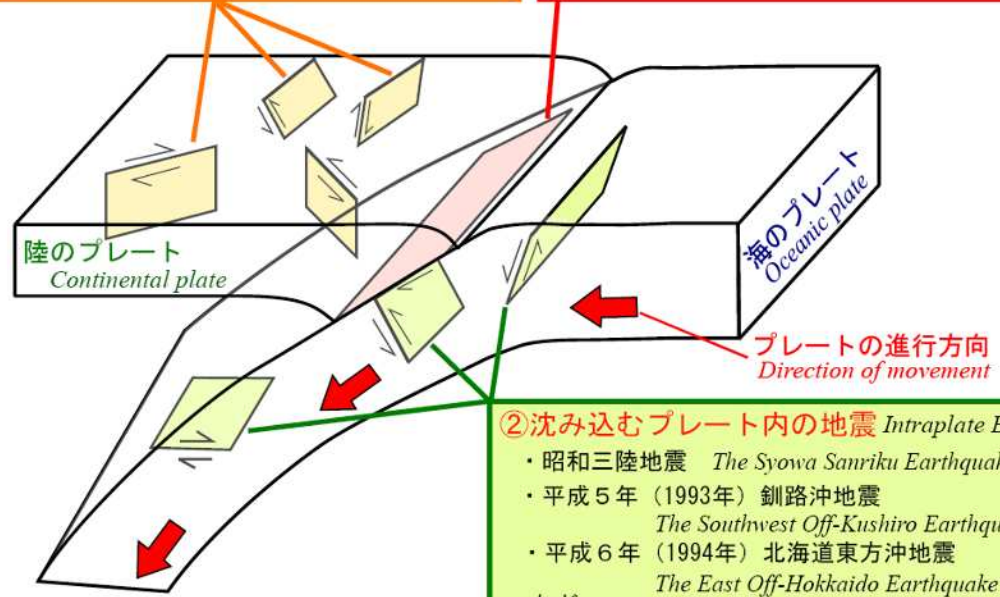
今回の地震は、震源の深さが25km、気象庁CMT解の深さが12km。海域の震源決定精度などを考慮し、「地震の深さ」は後者とした



# 地震の発生場所（補足）

- ③陸域の浅い地震 *Shallow Crustal Earthquakes*
- ・平成7年（1995年）兵庫県南部地震  
*The Southern Hyogo Prefecture Earthquake of 1995*
  - ・平成16年（2004年）新潟県中越地震  
*The Mid-Niigata Prefecture Earthquake of 2004*
  - ・平成20年（2008年）岩手・宮城内陸地震  
*The Iwate-Miyagi Nairiku Earthquake of 2008*
  - ・平成28年（2016年）熊本地震  
*The 2016 Kumamoto Earthquake*
- など

- ①プレート境界の地震 *Interplate Earthquakes*
- ・南海地震 *The Nankai Earthquake*
  - ・東南海地震 *The Tonankai Earthquake*
  - ・平成15年（2003年）十勝沖地震  
*The Tokachi-oki Earthquake of 2003*
  - ・平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震  
*The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake*
- など



- ②沈み込むプレート内の地震 *Intraplate Earthquakes*
- ・昭和三陸地震 *The Syowa Sanriku Earthquake*
  - ・平成5年（1993年）釧路沖地震  
*The Southwest Off-Kushiro Earthquake of 1993*
  - ・平成6年（1994年）北海道東方沖地震  
*The East Off-Hokkaido Earthquake of 1994*
- など

## 今回の地震

- ・タイプとしては陸域の浅い地震に相当（たまたま海に出ている部分だった）
- ・陸のプレートの地殻内で発生      海域のため津波が発生
- ・規模が小さくても活発な地震活動が続く場合が多い

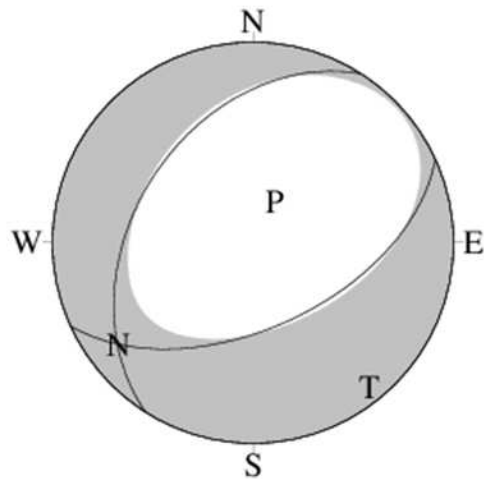


# 地震の発震機構（補足）

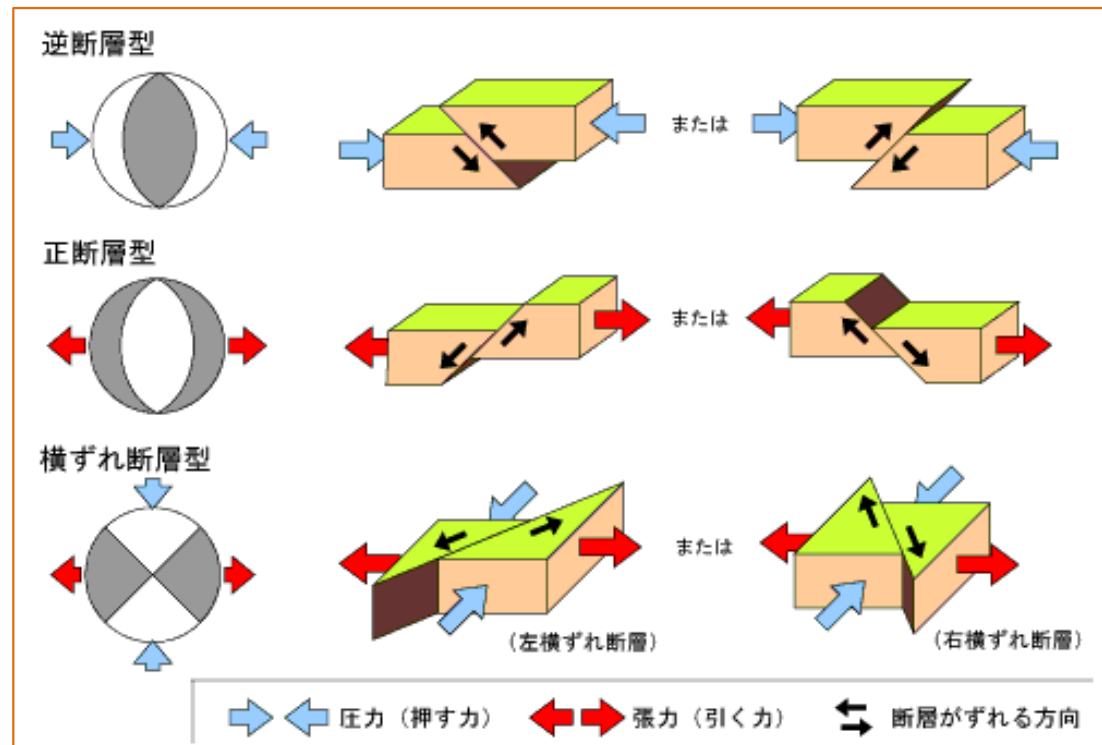
## 今回の地震の発震機構（CMT解）は、北西-南東方向に張力軸を持つ正断層型

発震機構とは、地震を起こした断層が地下でどのようになっているか（断層がどちらの方向に伸びているか、傾きはどうか）とその断層がどのように動いたかを示すもの。  
発震機構（CMT解） = 断層運動が最も大きかった部分の発震機構

2016年11月22日05時59分 福島県沖  
(M 7.4)の地震の発震機構解(CMT解)



震源球 (下半球等積投影)  
P: 圧力軸の方向  
T: 張力軸の方向





## 緊急地震速報の発表概要

地震発生日時： 平成28年11月22日  
05時59分46.8秒

地震波検知時刻： 05時59分58.0秒

発表時刻(警報)： 06時00分14.5秒

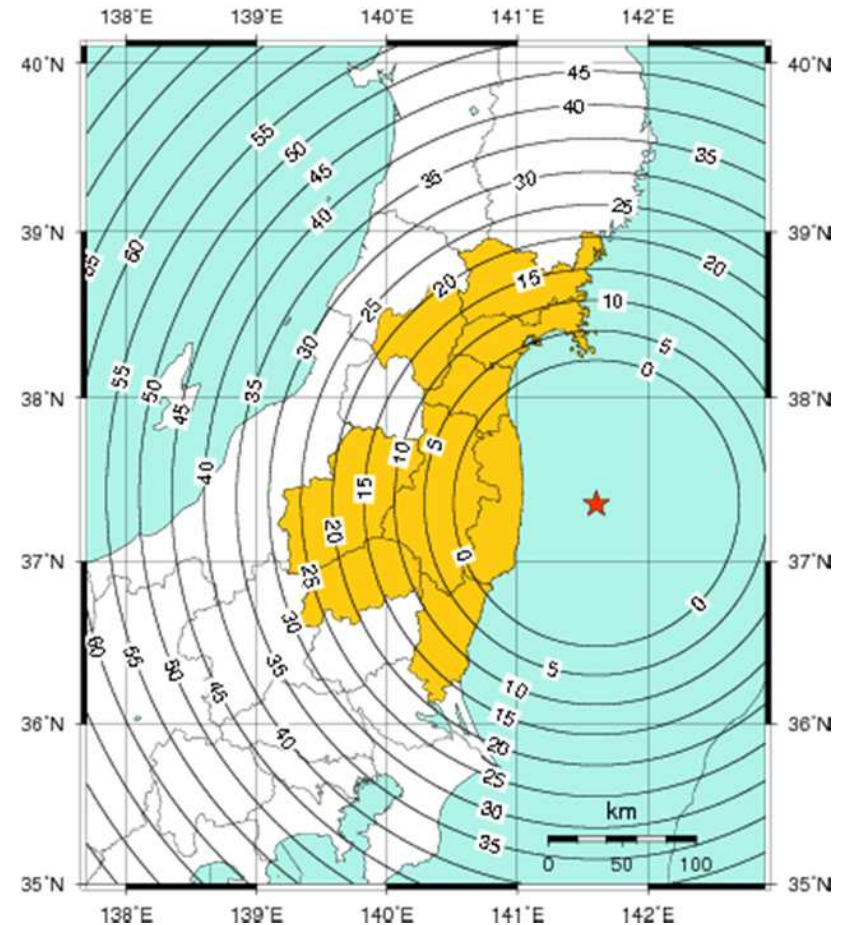
予測震度(警報発表時)：

震度4から5弱程度： 福島県浜通り

震度4程度： 福島県中通り、茨城県北部、  
宮城県南部、宮城県北部、宮城県  
中部、山形県村山

震度3から4程度： 福島県会津、栃木県  
北部

## 緊急地震速報(警報)第1報を発表した地域 及び主要動到達までの時間

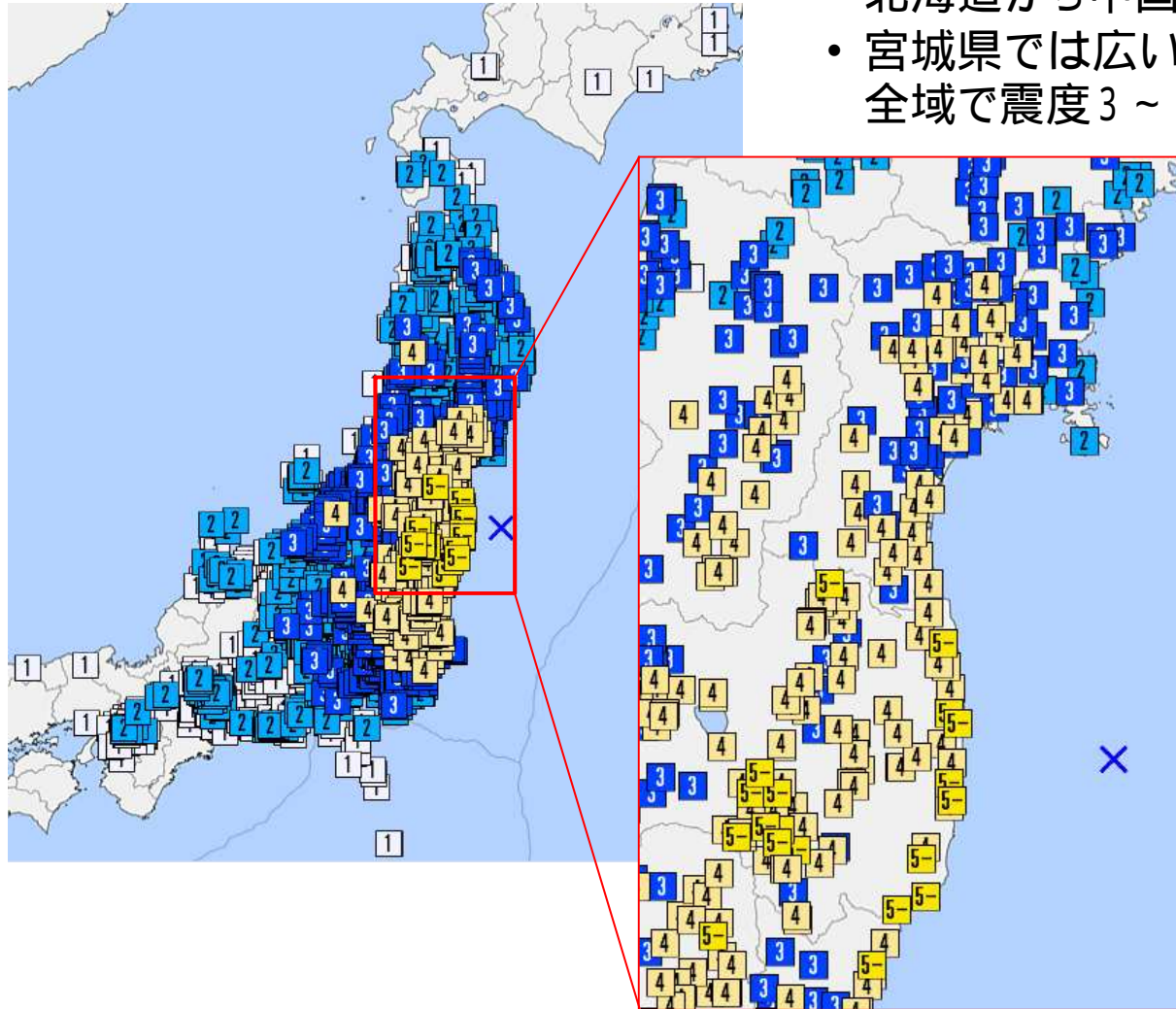


緊急地震速報(警報)を発表した地域 ★：震源

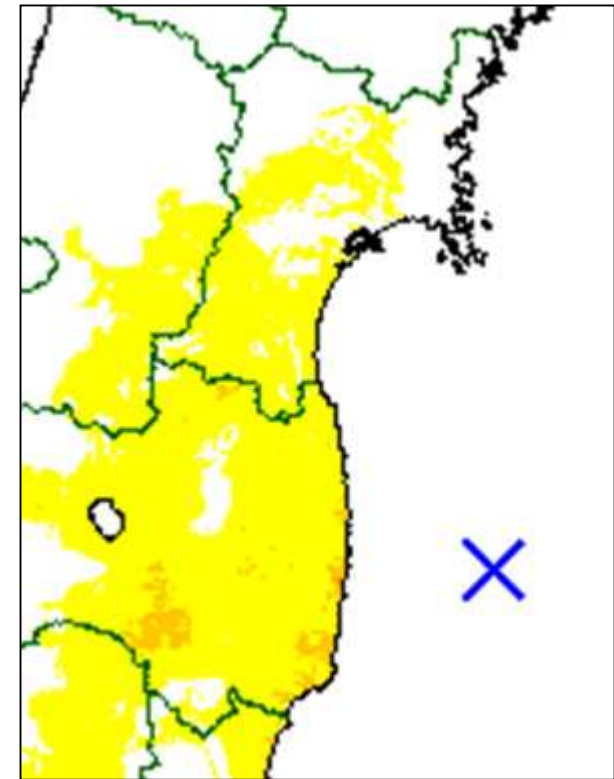


# 震度分布

- 福島県、茨城県、栃木県で震度5弱を観測
- 北海道から中国地方にかけて震度4～1を観測
- 宮城県では広い範囲で震度4を観測したほか、全域で震度3～2を観測



推計震度分布



× 震央  
 7 震度7    6+ 震度6強    6- 震度6弱    5+ 震度5強    5- 震度5弱  
 4 震度4    3 震度3    2 震度2    1 震度1

震度 4    5弱    5強    6弱    6強    7



## 津波警報・津波注意報の発表

- 11月22日05時 59 分 地震発生

津波予報区	発表時刻			
	22日06時02分	22日07時26分	22日08時09分	22日09時46分
青森県太平洋沿岸	津波注意報	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動
岩手県	津波注意報	津波注意報	津波注意報	津波注意報
宮城県	津波注意報	津波注意報	津波警報	津波注意報
福島県	津波警報	津波警報	津波警報	津波注意報
茨城県	津波注意報	津波注意報	津波注意報	津波注意報
千葉県九十九里・外房	津波注意報	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動
千葉県内房	若干の海面変動	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動
伊豆諸島	若干の海面変動	津波注意報	津波注意報	若干の海面変動

- 22日12時 50 分 津波注意報の解除(半日程度は若干の海面変動)





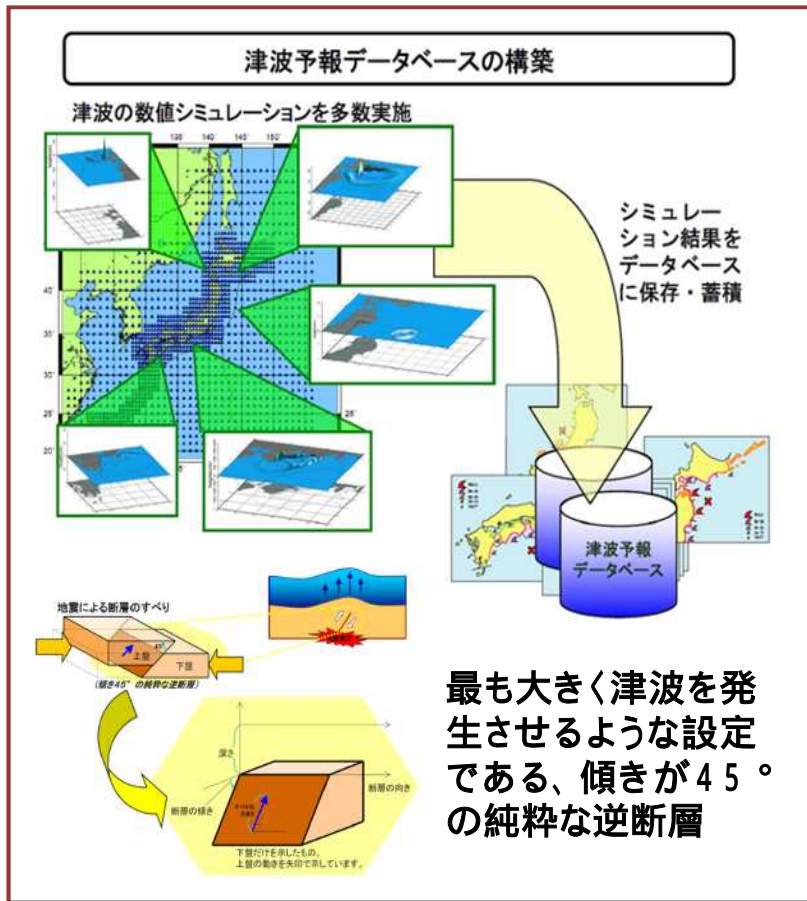
Japan Meteorological

# 津波を予測するしくみ

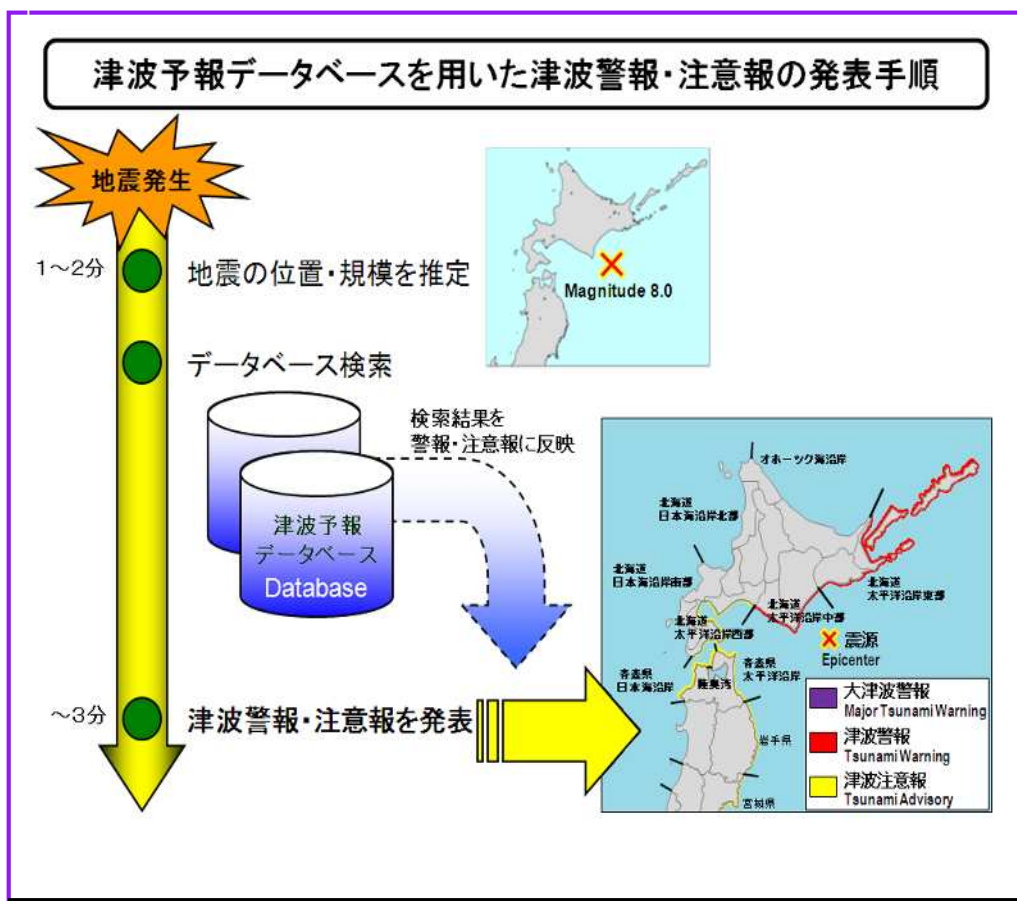
地震が発生してから計算しては間に合わない



予め津波予報データベースを用意



津波を発生させる可能性のある断層を設定して津波の数値シミュレーションを予め行い、その結果を津波予報データベースとして蓄積。



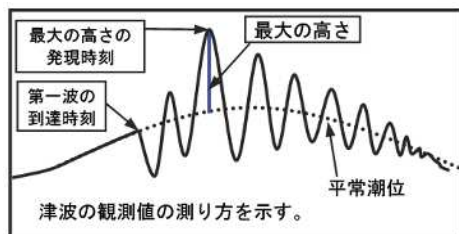
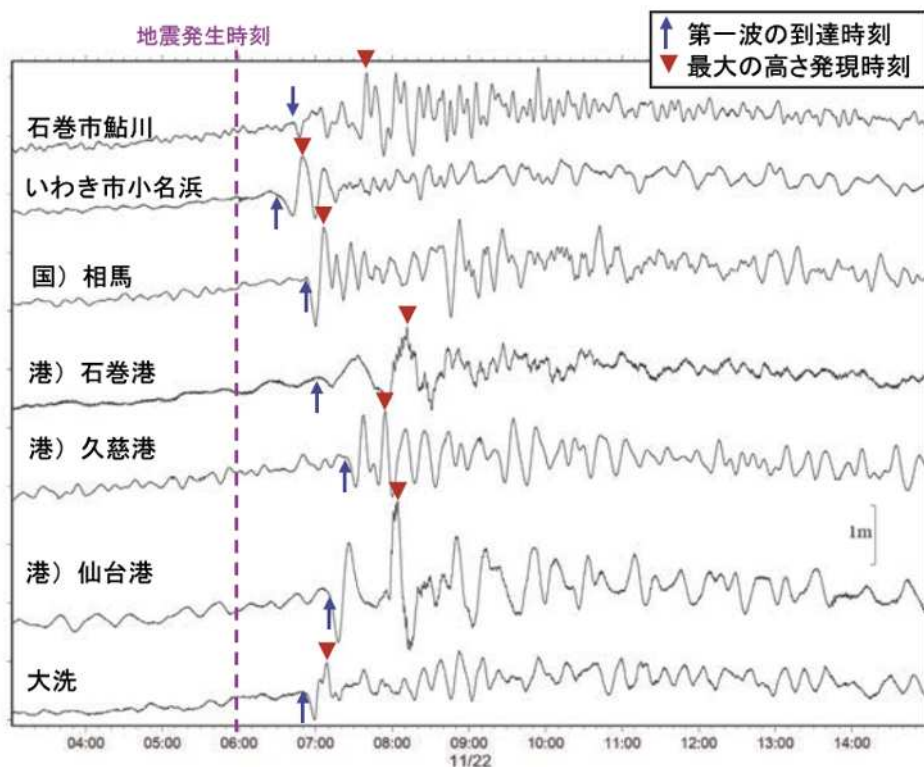
発生した地震の位置や規模などに対応する予測結果を即座に検索することで、沿岸に対する津波警報・注意報を迅速に発表。



Japan Meteorological Agency

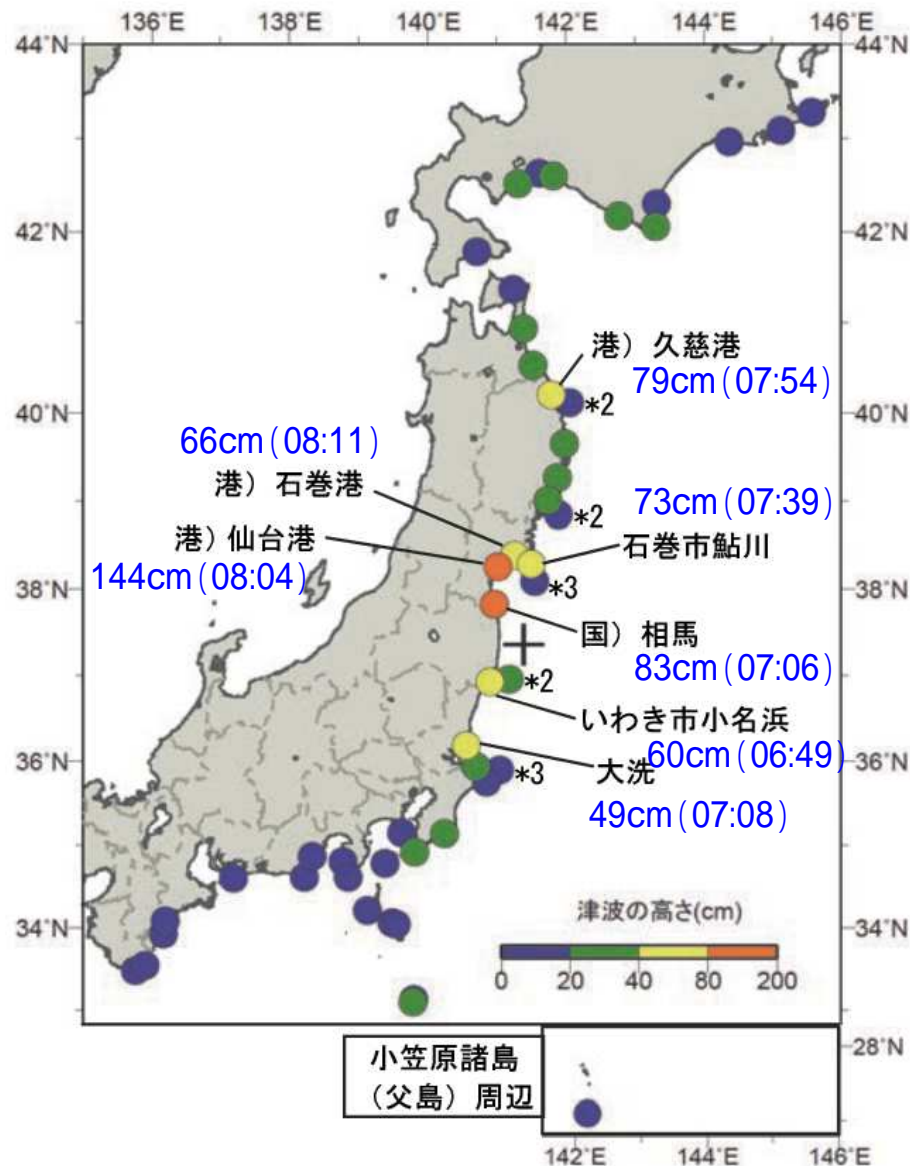
# 津波の観測状況（津波観測施設）

- 仙台港で最大144cmの津波を観測
- 北海道～和歌山県の太平洋沿岸、伊豆・小笠原諸島で津波を観測



## 主な津波波形

港: 国土交通省港湾局  
 国: 国土地理院



国内の津波観測施設で観測した津波の最大の高さ (+ は震央)

\*2: GPS 波浪計により観測された海面昇降を検潮所の観測値と同様の手法で読み取った値

\*3: 沿岸付近の海底津波計により観測された海底水圧を海面昇降に換算し、検潮所の観測値と同様の手法で読み取った値



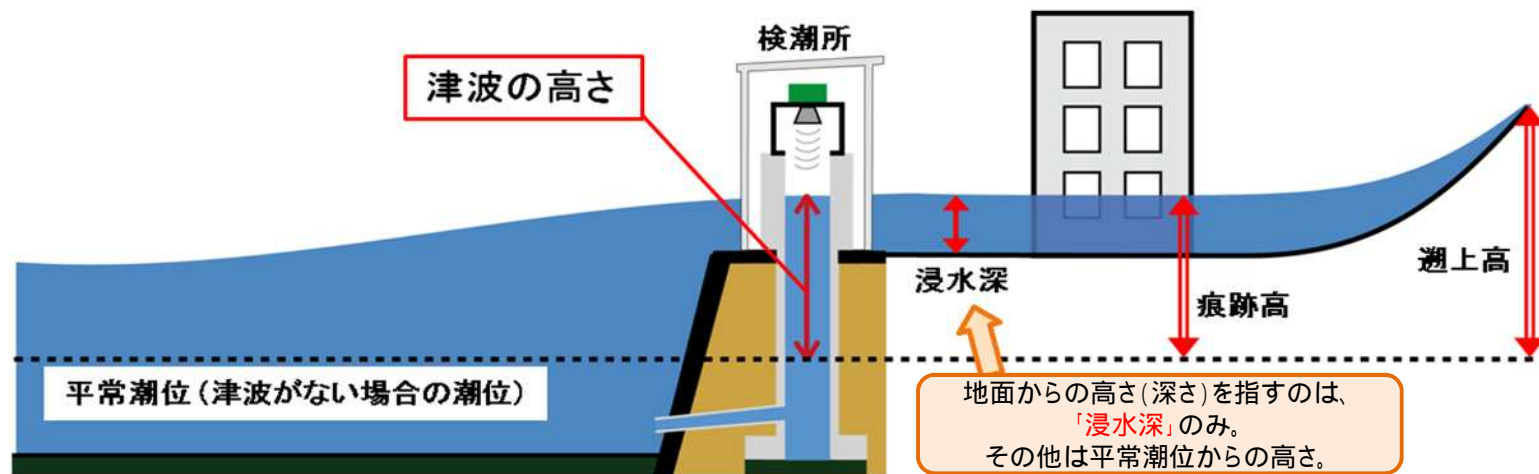
# 津波の観測状況（現地調査）

- 現地調査を11月24日に実施
- 図中の数値は、聞取調査による津波の高さ及び痕跡高(小淵漁港)



調査地域(国土地理院の地図を使用)

# 沿岸の津波の高さと遡上高の関係（補足）



津波は強い流れを伴う現象であるため、陸上に遡上すると、一般に、沿岸での津波の高さより高いところまで駆け上がる性質がある。(駆け上がった最高到達点の高さを「遡上高」という。)

沿岸での津波の高さと遡上高は、単純に何倍になるというような換算ができる関係にはない。また、津波の浸水範囲に関して、津波の高さの何倍まで遡上高を見込めば十分かを示すことはできない。

ただし、過去、津波の高さ(検潮記録)と遡上高との関係について調査した研究があり、その結果や津波の一般的な性質を踏まえると、両者の関係については以下のようなことがいえる。

**遡上高は、沿岸の地形により変わる。(相対的には地形が急であれば高く、なだらかであれば低くなる)**

**一般的に、遡上高は津波の高さより高くなると想定した方がよい。**

**遡上高は、津波の高さと比べて、平均的には2倍程度、高いところでは4倍程度になるという、過去の事例に関する研究結果がある。(\*)**

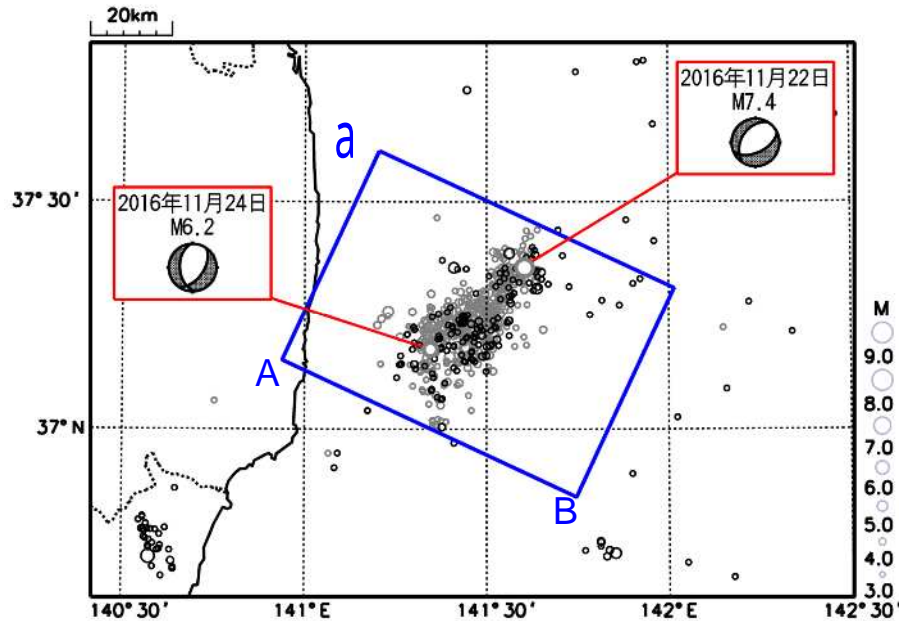
(\*) [羽鳥徳太郎, 1991, 津波の遡上高と検潮記録との比較, 津波防災実験研究報告第6号, 57-63.]

ただし、過去の限られた事例に関する調査結果であり、一般的な関係として適用することはできない。

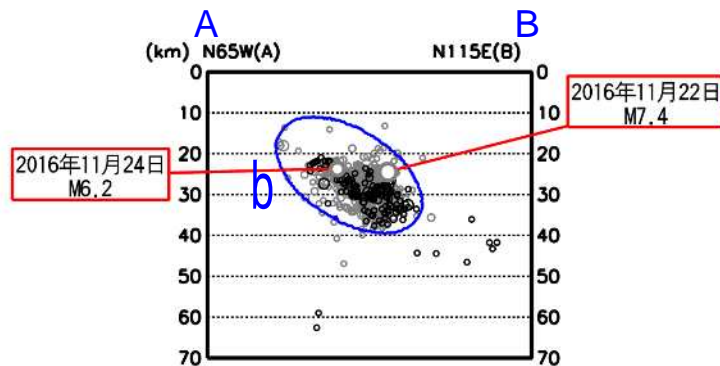


# その後の地震活動

## 2016年11月22日～12月31日の地震活動 (深さ0～70km、M 3.0)

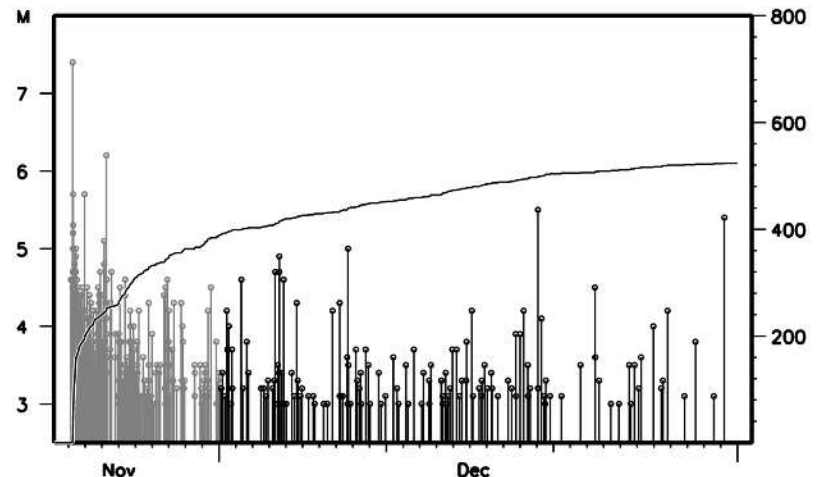


震央分布図



領域a内の断面図 (A-B投影)

- 11月22日05時59分の地震の発生後、震源付近では、地震の発生回数は減少してきているものの依然として地震活動の活発な状態で推移
- 震度1以上を観測した地震は、平成29年1月25日まで229回 (速報)  
(11月186回、12月34回、1月9回)  
(震度5弱:1回、震度4:4回、震度3:14回)
- 11月24日、12月31日、1月5日の地震で震度4を観測



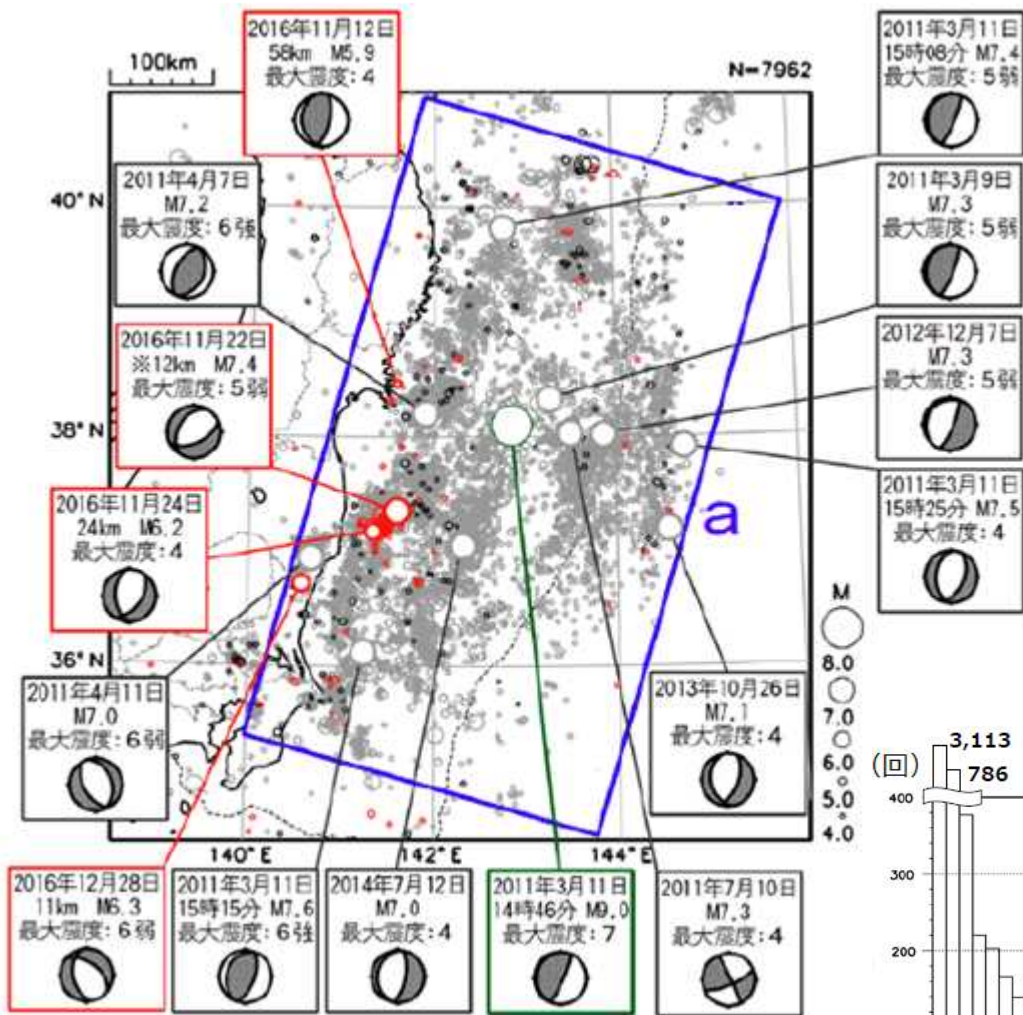
領域b内のM-T図及び回数積算図



# 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余震活動

## 震央分布図

(2011年3月1日~2016年12月31日、深さ0~700km、M 4.0)



余震域の沿岸に近い領域を中心に、東北地方太平洋沖地震発生以前に比べ活発な地震活動が継続しています。

- 2016年11月22日に福島県沖でM7.4の地震（最大震度5弱）が発生し、仙台港では144cmの津波を観測。
- 2016年12月28日に茨城県北部でM6.3の地震（最大震度6弱）が発生。

今後も、最大震度5弱以上の強い揺れや、海域で発生した場合には津波が発生する可能性があります。引き続き、十分な注意が必要です。

2016年10月から12月の地震を赤く表示。  
( CMT解による )





# 津波警報等について留意すること

気象庁では、避難に要する時間を確保できるよう、地震発生から3分以内を目標に津波警報等の第1報を発表。

## 津波警報第1報の予測

津波の予測には、地震の規模（気象庁マグニチュード）を用いるが、巨大地震や津波地震の場合、地震の規模を3分程度で正確に求めることは技術的に困難。

## 津波警報を利用するにあたっての留意事項

● 沿岸近くで大きな地震が発生した場合、津波警報が間に合わない場合がある。

海岸付近で強い揺れや長い時間ゆっくりとした揺れを感じたら、自ら判断してすぐに安全な所へ避難すること。

● 津波の予測には誤差がある。地形の影響で予想より津波が高くなる場合がある。

津波の複雑な特徴や予想技術の限界から、安全側に立った警報（高めの予測）が、危険を回避するためには必要であること。

「警報や注意報が解除されるまで、それぞれに応じた防災対応や避難行動を止めないこと。

● 津波警報は、最新の分析結果や観測データにより、更新される場合がある。

安全な場所での避難を継続し、常に最新の情報の入手をこころがけること。



# 陸域の浅い地震への備え

**--何処でも大きな地震の可能性あり、日ごろの備えが重要--**

陸域の浅い所で発生する地震の場合、規模が小さくても、断層の近くや地盤の悪いところでは、住宅や構造物、ライフライン等が大きく破壊され、甚大な被害が発生することがある。

## 陸域の浅い地震に関する留意事項

活断層では、今後も地震が発生する恐れがある。

未知の活断層が存在する可能性もあるので、活断層が示されていない地域でも同様の注意が必要である。

地震の発生場所と人が生活している場所が近いので、規模が小さくても強い揺れに襲われる可能性がある。断層の近くや地盤の悪いところでは、強い揺れ・大きな揺れとなるので注意が必要である。

陸域の浅い所で発生する地震では、緊急地震速報が間に合わないことがあるので、地震の揺れを感じたら、すぐに身を守る行動をとる必要がある。

地震が連続して発生することにより、建物の耐震強度が弱まる等で、倒壊の危険性が高まるなど、二次災害の発生にも十分留意する必要がある。

気象庁では、陸域の浅い地震に関する普及啓発にも取り組んでいます。内陸地震の危険性や特徴、事前の備えなど、住民への普及活動の際は、气象台にも相談下さい。





- ◆ 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の余震活動には、引き続き注意が必要です。
- ◆ 平成28年11月22日に発生した福島県沖の地震について、地震・火山月報(防災編)11月号に特集として掲載しています。  
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/gaikyo/monthly/201611/201611index.html>
- ◆ 地震や津波の知識やデータの取得には、気象庁HPをご利用ください。  
知識・解説 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menuknowledge.html>  
各種データ・資料 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>

## 本資料について

- 本資料は、国立研究開発法人防災科学技術研究所、北海道大学、弘前大学、東北大学、東京大学、名古屋大学、京都大学、高知大学、九州大学、鹿児島大学、国立研究開発法人産業技術総合研究所、国土地理院、国立研究開発法人海洋研究開発機構、青森県、東京都、静岡県、神奈川県温泉地学研究所及び気象庁のデータを用いて作成している。また、2016年熊本地震緊急観測グループのオンライン臨時観測点(河原、熊野座)、米国大学間地震学研究連合(IRIS)の観測点(台北、玉峰、寧安橋、玉里、台東)のデータを用いて作成している。
- 地震の震源要素、発震機構解、震度データ等は、再調査後、修正することがある。確定した値、算出方法については、地震月報(カタログ編)[気象庁ホームページ:<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/bulletin/index.html>]に掲載する。
- 本書中の地図の作成に当たっては、国土地理院長の承認を得て、同院発行の『数値地図 25000(行政界・海岸線)』を使用した(承認番号 平 26 情使、第 578 号)。また、震央分布図等に表記した活断層は、地震調査研究推進本部の長期評価による。