

地震・津波に関する情報と その技術的基盤

平成26年2月15日
ふじのくに防災学講座
静岡地方気象台

1

本日の内容

- 1 はじめに
- 2 主な被害地震及びその地震や被害の特徴
- 3 気象庁が発表する地震・津波情報とその技術基盤
 - 3.1 緊急地震速報
 - 3.2 地震情報
 - 3.3 大津波警報・津波警報等
- 4 東海地震に関連する情報

2

マグニチュードと震度

震度:それぞれの場所の揺れの大きさ

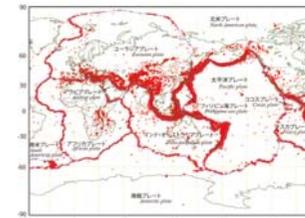


マグニチュード(M):地震の規模(地震そのものの大きさ)
一つの地震にマグニチュードは一つ

文部科学省「地震がわかる」を一部改変

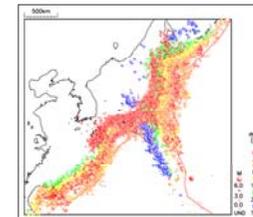
3

世界と日本の地震活動



世界の地震の震央分布とプレート

プレートが接しているところ
(プレート境界)で多くの地震が
発生している。

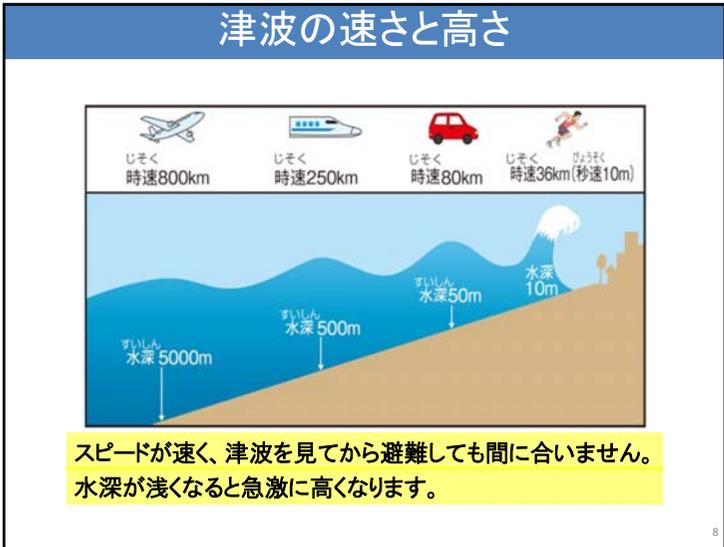
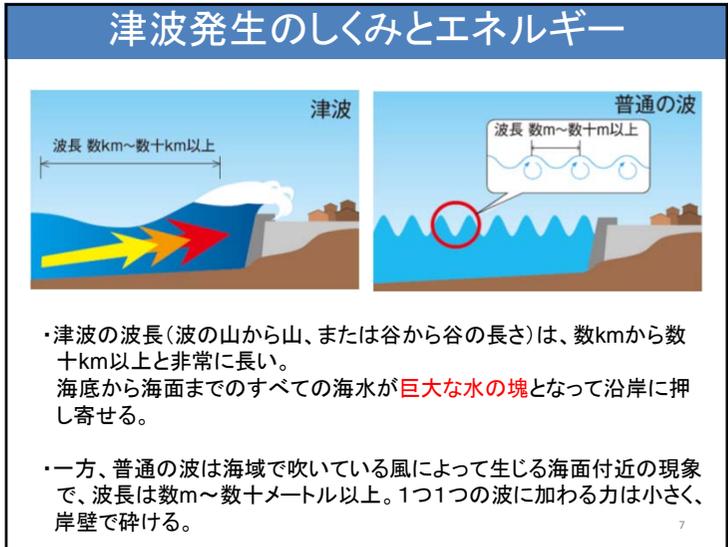
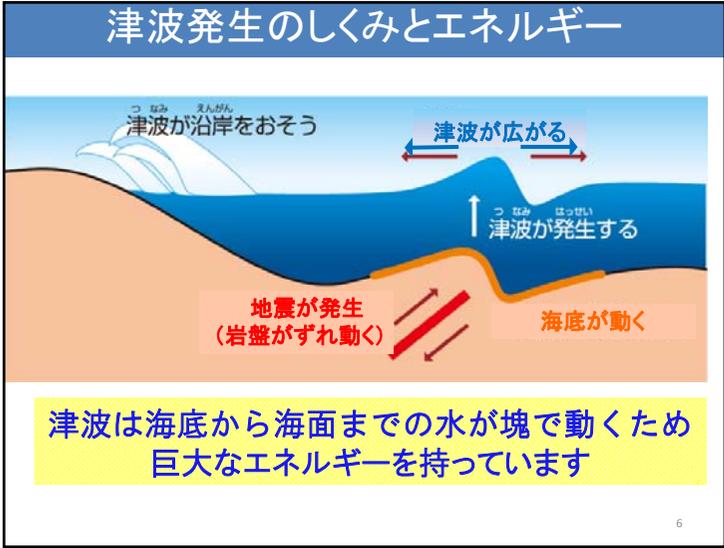
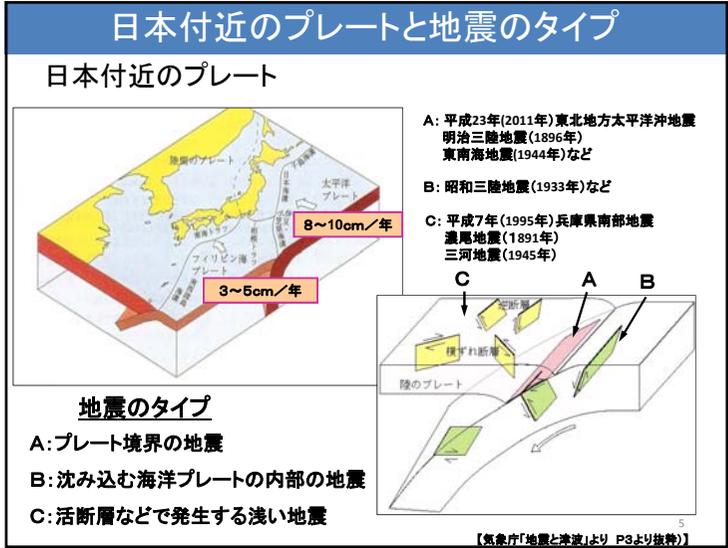


日本の地震活動

日本では、世界の約10%の地震が発生
日本の陸地面積は世界の約0.3%

【気象庁「地震と津波」p2より抜粋】

4



主な被害地震(1900年以降)

死者100人以上の被害を生じた地震(1900年以降)
Earthquakes causing more than 100 fatalities since 1900

| 発生日月日 (Date JST) | 和暦 | 地震名(災害名) (Earthquake name) | Magnitude ^(*) | 死者 ^(*) (Fatalities) |
|---------------------|------|---|--------------------------|--|
| 1923.09.01 | 大正12 | 関東地震(関東大震災) (The Kanto Earthquake) | 7.9 | 10万5千余 ^(*) (Approx. 105,000) |
| 1925.05.23 | 大正14 | 北信濃地震(The North Tajima Earthquake) | 6.8 | 428 |
| 1927.03.07 | 昭和2 | 北丹後地震(The North Tango Earthquake) | 7.3 | 2,925 |
| 1930.11.26 | 昭和5 | 北伊豆地震(The North-Izu Earthquake) | 7.3 | 272 |
| 1933.03.03 | 昭和8 | 三陸地震津波(The Sanriku Earthquake) | 8.1 | 3,064 ^(*) |
| 1943.09.10 | 昭和18 | 鳥取地震(The Tottori earthquake) | 7.2 | 1,083 |
| 1944.12.07 | 昭和19 | 東南海地震(Tonankai earthquake) | 7.9 | 1,223 ^(*) |
| 1945.01.13 | 昭和20 | 三河地震(The Mikawa earthquake) | 6.8 | 2,306 |
| 1946.12.21 | 昭和21 | 南海地震(Nankai Earthquake) | 8.0 | 1,330 |
| 1948.06.28 | 昭和23 | 福井地震(The Fukui earthquake) | 7.1 | 3,769 |
| 1960.05.23 | 昭和35 | チリ地震津波(The 1960 Chilean Tsunami) | 9.5 | 142 ^(*) |
| 1983.05.26 | 昭和58 | 昭和58年(1983年)日本海中部地震 (The 1983 Central Sea of Japan Earthquake) | 7.7 | 104 |
| 1993.07.12 | 平成5 | 平成5年(1993年)北海道南西沖地震 (The 1993 Earthquake off the Southwest coast of Hokkaido) | 7.8 | 202 |
| 1995.01.17 | 平成7 | 平成7年(1995年)兵庫県南部地震(阪神・淡路大震災) (The 1995 Southern Hyogo Prefecture Earthquake) | 7.3 | 6,434 |
| 2011.03.11 | 平成23 | 平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(東日本大震災) (The 2011 off the Pacific Coast of Tohoku Earthquake) | 9.0 | 20,960 ^(*) |

【配布資料 地震と津波 P3より】

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(震源域)

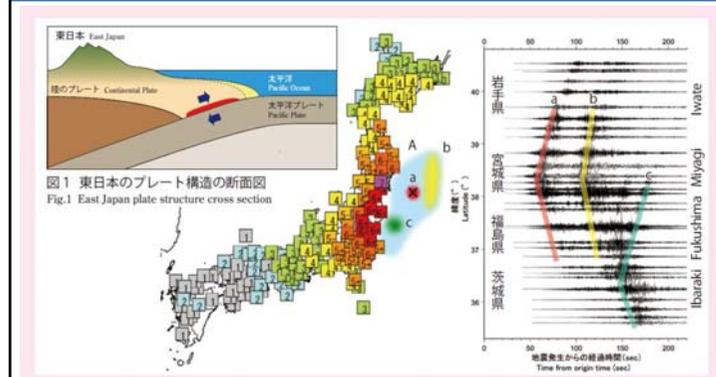


図2 東北地方太平洋沖地震の震央(x印)、震度分布、及び震源域(水色の領域)
地震の規模(マグニチュード)M:9.0
震源域は、岩手県から茨城県沖にかけて長さ450kmに及んだ。

図3 東北・関東地方で観測された地震波形(図3の波形上の各線は、図2に同色で示す領域での破壊に対応した揺れを示す)

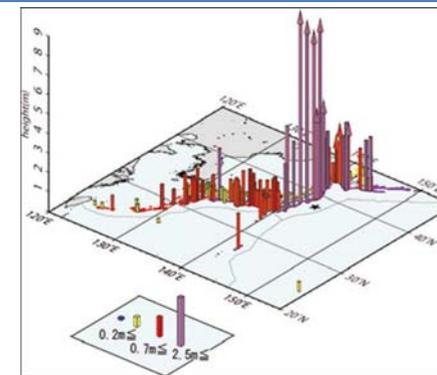
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(揺れの継続時間)

| 調査した地点 | 震度 | 震度4以上を観測した時間(※) |
|------------------------|----|-----------------|
| 五戸町古館 | 5強 | 約180秒 |
| 盛岡市山王町(盛岡地方気象台) | 5強 | 約160秒 |
| 大船渡市大船渡町(大船渡特別地域気象観測所) | 6弱 | 約160秒 |
| 石巻市泉町(石巻特別地域気象観測所) | 6弱 | 約160秒 |
| 仙台宮城野区五輪(仙台管区気象台) | 6弱 | 約170秒 |
| 福島市松木町(福島地方気象台) | 5強 | 約150秒 |
| 白河市郭内(白河特別地域気象観測所) | 5強 | 約140秒 |
| いわき市小名浜(小名浜特別地域気象観測所) | 6弱 | 約190秒 |
| 水戸市金町(水戸地方気象台) | 6弱 | 約130秒 |
| 宇都宮市明保野町(宇都宮地方気象台) | 5強 | 約120秒 |
| 久喜市下早見 | 5強 | 約120秒 |
| 千葉市中央区中央港(千葉特別地域気象観測所) | 5強 | 約130秒 |
| 東京千代田区大手町(気象庁) | 5強 | 約130秒 |
| 横浜中区山手町(横浜地方気象台) | 5強 | 約130秒 |

※10秒毎に10秒間の地震波形データから推定される計測震度の時間変化を求め、揺れの時間を推定

揺れが長く続いた(震度4以上の揺れが2~3分)

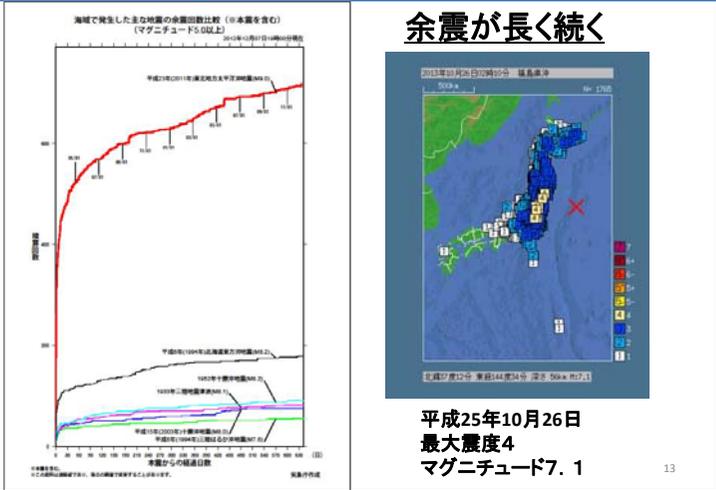
平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(津波の高さ)



津波観測施設で観測された津波の高さ

**津波高10m以上の範囲が400kmを超える広範囲に
平野部では浸水域が内陸5km以上に**

平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(余震)



13

平成7年(1995年)兵庫県南部地震



14

平成7年(1995年)兵庫県南部地震(震源・震度)



15

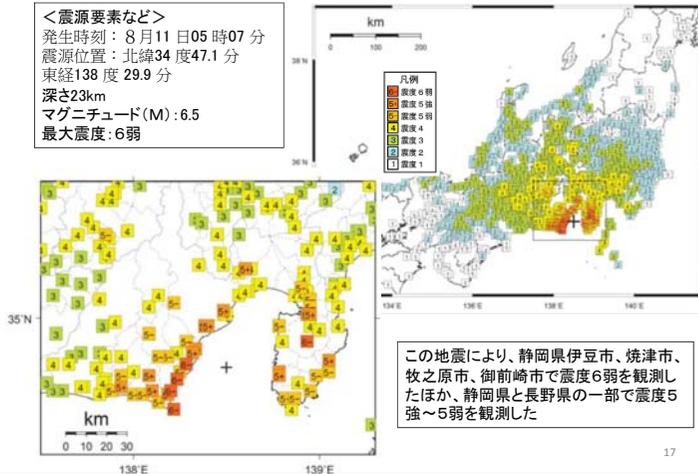
平成21年(2009年)駿河湾を震源とする地震



16

平成21年(2009年)駿河湾を震源とする地震

<震源要素など>
 発生時刻：8月11日05時07分
 震源位置：北緯34度47.1分
 東経138度29.9分
 深さ23km
 マグニチュード(M)：6.5
 最大震度：6弱



平成21年(2009年)駿河湾を震源とする地震

東海地震に関する情報(当時)

平成21年(2009年)8月11日05時07分に駿河湾で発生したM6.5の地震及びその後東海地方の歪計データに見られた緩やかな変化について、地震のタイプや、想定される東海地震との関連性について検討を行うため、地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会を臨時に開催した。また、3回にわたって東海地震観測情報を発表した。

なお、地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会が臨時に開催されたのは、地震防災対策強化地域判定会設置以来(昭和54年8月設置、その前身の東海地域判定会は昭和52年4月設置)初めてであった。

平成21年8月11日
07時15分
気象庁地震火山部

東海地震観測情報

※ 見出し ※
 本日(11日)5時7分頃、駿河湾を震源とする地震が発生しました。気象庁では、想定される東海地震との関連性を調査しています。

※ 本文 ※
 本日(11日)5時7分頃に駿河湾の深さ20kmでM6.5(暫定値)の地震がありました。今回の地震が、想定震源域で発生した地震であることから、気象庁では、地震・地殻の観測データの検核を注意深く監視し、想定される東海地震との関連性を調査しています。

次の情報は、本日(11日)9時の発表を予定していますが、その間に新たな変化が現れた場合には随時発表します。

(東海地震に関する情報 第1号)

平成21年8月11日
11時29分
気象庁地震火山部

東海地震観測情報

※ 見出し ※
 本日(11日)05時07分頃発生した駿河湾を震源とする地震について、地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会を開催し検討した結果、今回の地震は想定される東海地震に結びつくものではないと判断しました。

※ 本文 ※
 本日(11日)05時07分頃に駿河湾の深さ23kmでM6.5(暫定値)の地震がありました。この地震について、08時から地震防災対策強化地域判定会委員打合せ会を開催し、想定される東海地震との関連性の検討が行われてきました。

この地震は、震源の深さ、発震機構及び余震分布から見て、沈み込みプレート内内で発生したものと見られます。

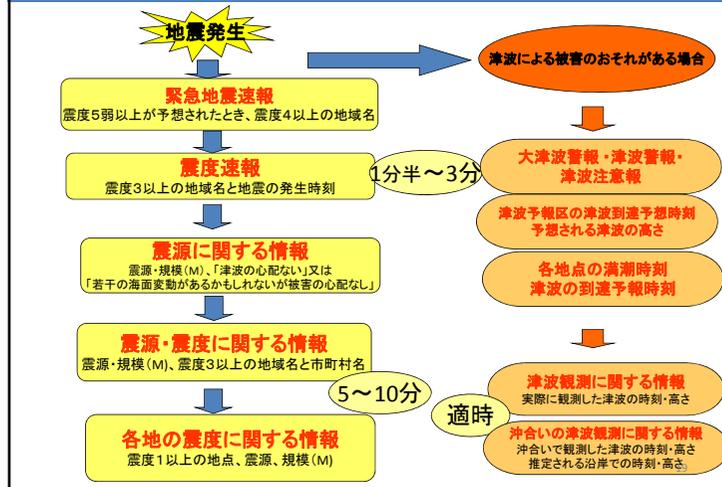
地震に伴い、地殻変動の観測データにステップ状の大きな変化が観測され、その後もゆっくりとした変化が続いていました。このゆっくりとした変化を抑制した結果、想定される東海地震の高さすべりによる変化ではないことがわかりました。また、変化も次第に緩やかになり、観測は、随時観測される変化へ対応しております。

これらのことから、今回の地震及びそれに伴う地殻変位は、想定される東海地震に結びつくものではないと判断しました。

この情報をもって、東海地震に関する情報発表を終了します。

(東海地震に関する情報 第3号)

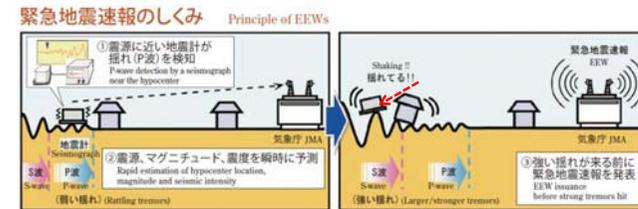
地震・津波情報 発表の流れ



緊急地震速報とは

地震による強い揺れを事前に知らせる

- ①震源に近い地震計が弱い揺れ(P波)を感知
- ②強い揺れ(S波)が来る前に地震の場所と大きさを予測・発表

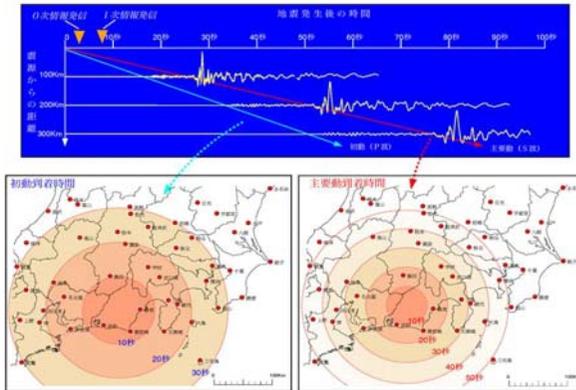


→ P波: 早い弱い揺れ
 → S波: 遅い強い揺れ

※地震を検知してから発表する情報なので、「地震予知」ではない
 ※強い揺れが来るまでの時間は、数秒～数十秒

緊急地震速報のしくみ

震源・Mを求めるために、
3箇所以上の地震計で観測した初動(P波)、主要動(S波)を観測する必要があった。
ナウキャスト地震情報と地震動の到着時間 (想定される東海地震の例)



21

緊急に行う地震処理の概要

観測データ
○地震計
○震度計
○潮位観測施設



津波警報
地震情報

地震活動等総合監視システム(EPOS)
気象庁本庁、大阪管区気象台
地震処理・情報作成

気象庁本庁、大阪管区気象台が実施

気象庁本庁、管区気象台等
が実施

地震の発生
を自動検知

震源と地震の規模
(マグニチュード)を
推定

津波警報や津
波注意報、地
震情報を発表

津波や地震
活動を監視

「大地震処理起動」の
アナウンス

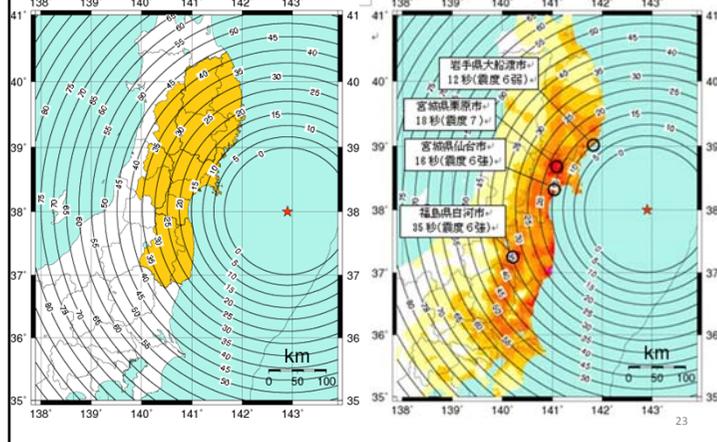
「会話処理」
職員が介在して震源や規
模を決定し、精度をチェック

「情報発表」
情報内容を確認し発表

22

緊急地震速報の発表事例

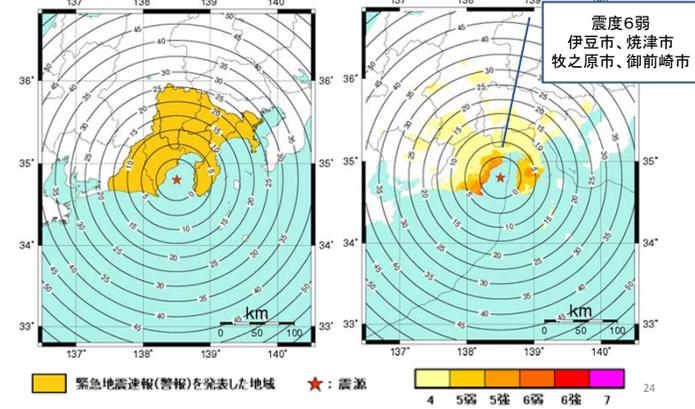
2011年(平成23年)東北地方太平洋沖地震の緊急地震速報の発表状況



23

緊急地震速報の発表事例

2009年(平成21年)08月11日05時07分 駿河湾を震源とする
北緯34.8度、東経138.5度、深さ20km、マグニチュード6.6(速報値)



24

緊急地震速報の技術的な限界

- 予想する震度には、±1階級程度の誤差があります。
- 地震活動が活発なときなど、ほぼ同時に発生する複数の地震を区別できず、適切な内容で速報を発表できないことがあります。
- 震源に近い場所では、緊急地震速報の提供が強い揺れの到達に間に合いません。

25

緊急地震速報の利用の心得

緊急地震速報 利用の心得

まわりの人にも声をかけながら
あわてず、まず身の安全を!!

震源の状況により具体的な行動は異なります。白旗からいざというときの行動を覚えておきましょう。

地震に備えましょう

強い揺れに見舞われると、家具の落下や、転倒、ガラスの破損などが起きることが想定されます。「緊急地震速報」を見聞きしても、これらの危険に対する備えができていなければ身の安全を守ることができません。

日頃から地震への備えを心がけると共に、室内の安全な場所を把握しておきましょう。

- 住居・建築物の新築化
- 家具などの転倒・移動防止
- 備品の落下防止
- ガラスなどの飛散防止

家具の転倒防止の例

壁にしっかりと固定されている家具は、揺れによる倒壊の危険が低減されます。

壁にしっかりと固定されていない家具は、揺れによる倒壊の危険が高くなります。

訓練して備えましょう

緊急地震速報を見聞きしてから強い揺れが来るまでの時間はごくわずかです。この短い間に、揺れてくる方向の側面を守るのを行い、あわてずに身を守るなど適切な行動をとるためには、日頃から訓練し、行動することが重要です。

訓練は地震・防災館で実施することもできます。緊急地震速報を見聞きした時に、つっさに身の安全確保を心がけるためにも、「訓練」する機会をとってください。

※ 各のページ参照し、例えば自治体よく利用する施設（学校、福祉など）でつづれば効果的なイメージとして、取組むべきにもつながりますので、事前に行動して確認しましょう。

例えば、「ライフアウト訓練」という2008年にアメリカで始まった防災訓練も注目をされています。

※ 内容は、事前に自治体、地震から逃げるための3つの原則（避難、隠れ、助けを求めず、助けが来るまで待つ）を必ず覚えておくこと、避難経路の確認、避難場所の確認、避難時の行動（避難、隠れ、助けを求めず、助けが来るまで待つ）などです。

緊急地震速報の通知を合図に、この訓練を実施することをお勧めします。

※ 具体的な訓練はどのようなものかについては、各自治体の防災館や防災訓練センターなどでご確認ください。

上記のほか、取れた訓練等において緊急地震速報を見聞きした時は、身を守り、備品の転倒に気をつけてください。

震度速報

【震度速報の例】

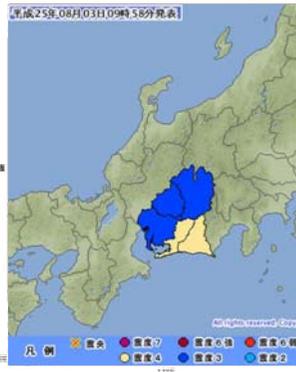
平成25年08月03日09時58分 気象庁発表

03日09時56分頃地震による強い揺れを感じました。

現在、震度3以上が観測されている地域は次のとおりです。

震度4 静岡県西部 愛知県東部
震度3 長野県南部 岐阜県美濃東部
愛知県西部

今後の情報に注意して下さい。

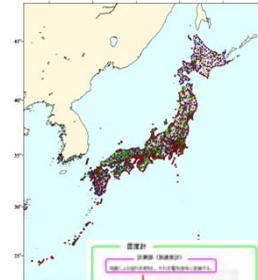
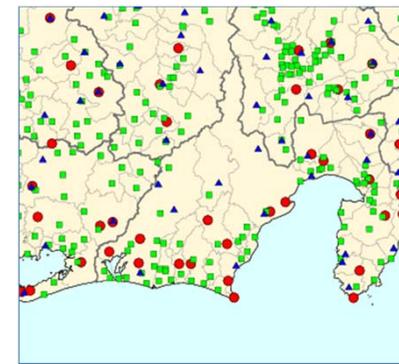


「静岡県西部」、「静岡県中部」、「静岡県東部」及び「静岡県伊豆」に分けて発表

27

静岡県内の震度観測点(104地点)

地震情報で発表する震度観測点(約4300か所)
気象庁・(独)防災科学技術研究所・地方公共団体 所有



(平成24年10月2日現在)

震源に関する情報

【震源に関する情報の例】

平成25年08月03日09時58分 気象庁発表

03日09時56分頃地震がありました。

震源地は遠州灘(北緯34.6度、東経137.5度)で、震源の深さは約40km、地震の規模(マグニチュード)は5.1と推定されます。

この地震による津波の心配はありません。

「津波の心配がない」ことを知らせる。

29

震源・震度に関する情報

【震源・震度に関する情報の例】

地震情報(震源・震度に関する情報)

平成25年8月3日9時59分 気象庁発表

きょう03日09時56分ころ地震がありました。

震源地は、遠州灘(北緯34.6度、東経137.5度)で、震源の深さは約40km、地震の規模(マグニチュード)は5.1と推定されます。

【震度3以上が観測された地域】

震度4 静岡県西部 愛知県東部

震度3 長野県南部 岐阜県美濃東部 愛知県西部

【震度3以上が観測された市町村】

震度4 湖西市 浜松東区 浜松南区 豊橋市 新城市

震度3 売木村 恵那市 磐田市 掛川市 袋井市 浜松中区

浜松西区 浜松北区 浜松浜北区 浜松天竜区 豊川市

蒲郡市 田原市 豊田市 西尾市 知立市 高浜市 豊明市

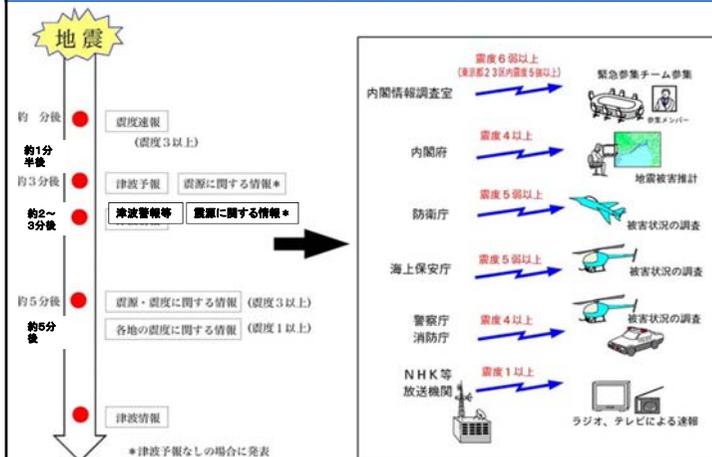
東郷町 愛知みよし市

この地震による津波の心配はありません。

情報第1号

30

地震・津波情報の伝達と活用



31

津波観測点

沿岸の津波観測点(172)

<内訳>

- ・気象庁(75)
- ・海上保安庁(20)
- ・港湾局(57)
- ・国土地理院(14)
- ・内閣府(1)
- ・自治体・民間(5)

沖合津波計

GPS波測計(港湾局)(16)

海底津波計(36)

- <内訳>
- ・気象庁(9)
- ・海洋研究開発機構(24)
- ・防災科学技術研究所(3)

合計 224 地点

津波観測に関する情報発表: 172地点
沖合の津波観測に関する情報発表: 52地点



津波警報等の歴史

① 津波警報等の目的

津波による人的被害の軽減のため、国や地方公共団体等の関係機関、報道機関、および住民に迅速かつ簡潔にその旨を伝える。

② 津波警報等の歴史

- ・1941年(昭和16年)9月
仙台地方気象台(仙台管区気象台の前身)を中心とした気象官署によって、三陸沿岸に対する津波予報を実施するための組織を発足
- ・1949年(昭和24年)12月
全国的な津波警報体制の確立

③ 津波警報等の目的達成のための課題(当時)

- ・津波警報等の精度向上
 - ⇒ 予報技術の改善、計算機処理の導入
- ・津波警報等の迅速な伝達
 - ⇒ 通信技術の進展

33

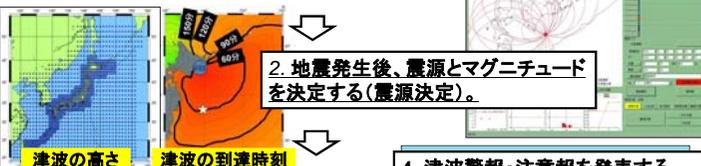
気象庁津波警報システムの変遷

- 1952年(昭和27年)開始
津波予報作業は平均して17分
- 1980年(昭和55年)電子計算機等の導入
津波予報作業は約14分に短縮
1983年 日本海中部地震津波
- 1993年(平成5年)地震活動等総合監視システムまたは地震津波監視システムの配備が完了
予報作業は7分以内に行うことが可能となる。
1993年 北海道南西沖地震津波
- 1994年(平成6年)には、津波地震早期検知網などの整備により津波予報の一層の迅速化。
津波予報発表は3分程度まで短縮。
- 1999年(平成11年)量的津波予報システム運用開始
予報区細分(1都道府県)に1以上の予報区、全国66予報区に、予報数値発表
- 2006年(平成18年)10月からは、緊急地震速報の自動処理を活用することにより、一部の地震では津波予報発表までの時間を最速2分以内に短縮することが可能となる。
緊急地震速報の自動処理により求めた震源が津波予報に使える精度が得られない場合には3分程度で津波予報を発表。

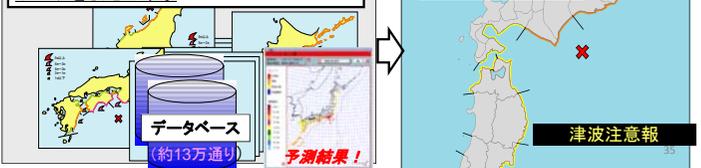
34

津波警報等の技術的手法(量的津波予報)

1. あらかじめ、数多くの地震のシナリオについてシミュレーションを実行してデータベースを構築しておく



3. データベースを検索して、最適な予測データを引きだす。



大津波警報・津波警報・津波注意報

マグニチュード8を超える巨大地震の場合、精度のよい地震の規模(M)を求めることができません。

巨大地震が発生した場合は、最初の津波警報等(第一報)では、予想される津波の高さを「巨大」「高い」で発表し、非常事態であることを伝えます。

| 種類 | 高さの表現 |
|-------|--------|
| 大津波警報 | 巨大 |
| 津波警報 | 高い |
| 津波注意報 | (発表なし) |

巨大地震発生時の大津波警報・津波警報の発表イメージ

| 到達予想時刻・予想高さ | | |
|--------------|----------|----|
| 大津波警報 (予想高さ) | | |
| ○× 県 | 津波到達中と推測 | 巨大 |
| ×× 県 | 10時30分 | 巨大 |
| : | : | : |
| 津波警報 | | |
| △△ 県 | 11時00分 | 高い |
| □□ 県 | 12時00分 | 高い |
| : | : | : |

情報文中で
「東日本大震災クラスの津波が来襲します。
ただちに避難してください。」
として最大限の避難を呼びかけます。

36

大津波警報・津波警報・津波注意報発表後の津波情報①

津波の到達予想時刻・予想される津波の高さに関する情報

津波予報区の中で、最も早く第一波が到達する時刻と予想される最大波の高さを津波警報等と同時に発表

(例) 津波予報区名 第一波の津波到達予想時刻 予想される津波の最大波の高さ

| | | |
|--------|------------|----|
| 愛知県外海 | 23日 14時30分 | 巨大 |
| 伊勢・三河湾 | 23日 14時40分 | 高い |

- ・巨大地震の場合でも、地震発生から15分ほどで精度のよい地震の規模(M)を把握できます。その時は、予想される津波の高さを「巨大」「高い」という言葉での表現から、5段階の数値での発表に切り替えます。
- ・巨大地震ではなく、地震の発生直後から精度よく地震の規模が求まった場合は、初めから5段階の数値で発表します

| 分類 | 予想される津波の高さ | |
|-------|------------|-------|
| | 高さの区分 | 発表する値 |
| 大津波警報 | 10m~ | 10m超 |
| | 5m~10m | 10m |
| | 3m~5m | 5m |
| 津波警報 | 1m~3m | 3m |
| 津波注意報 | 0.2m~1m | 1m |

(例) 津波予報区名 第一波の津波到達予想時刻 予想される津波の最大波の高さ

| | | |
|--------|------------|----|
| 愛知県外海 | 23日 14時30分 | 5m |
| 伊勢・三河湾 | 23日 14時40分 | 3m |

津波が観測されたときに発表する情報①

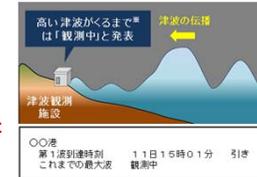
津波観測に関する情報

沿岸で観測した津波の到達時刻や高さを発表します

(例) [各地の検潮所で観測した津波の観測値]
19日13時38分現在、検潮所での観測値は次のとおりです。
田原市赤羽根
第1波到達時刻 19日13時17分 押し
これまでの最大波 19日13時38分 5.8m
名古屋
第1波到達時刻 19日13時37分 押し
これまでの最大波 19日13時37分 1.0m

※観測値が小さいうちは、安心情報とならないよう、観測値を「観測中」と発表し、津波が到達中であることを伝えます。

「観測中」と発表された時は、これから高い津波が来ると考えて、安全な場所を離れないでください！



津波が観測されたときに発表する情報②

沖合の津波観測に関する情報

沖合の観測データを監視し、沿岸の観測よりも早く、沖合における津波の観測値と沿岸での推定値を発表します。

このとき、予想よりも高い津波が推定されるときには、ただちに津波警報等を更新します。

(例)

[沖合で観測した津波の観測値]
伊勢湾口沖
第1波観測時刻 ○日○時○分 押し
これまでの最大波 ○日○時○分 □m

[沖合の観測値から推定される沿岸での津波の高さ]
愛知県外海
第1波の推定到達時刻 ○日○時○分
これまでの最大波の推定到達時刻 ○日○時○分
推定される津波の高さ □□

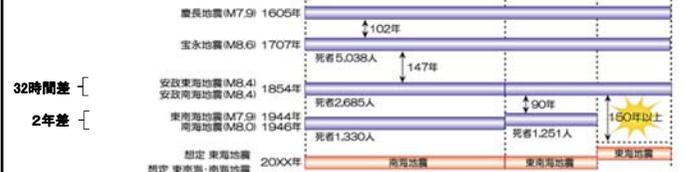
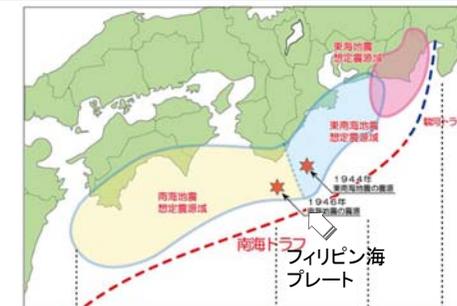


※観測値が小さいうちは、「観測中」「推定中」と発表

東海地震

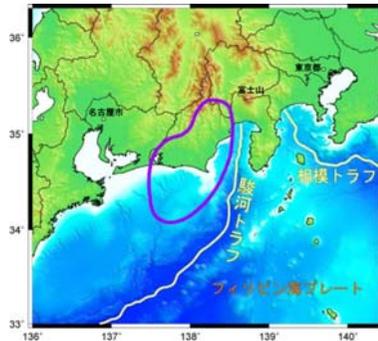
100~150年間隔で大地震が繰り返し発生。駿河トラフでは1854年以降、大地震が起きていない。

→東海地震は切迫している



東海地震の想定震源域と想定される震度・津波

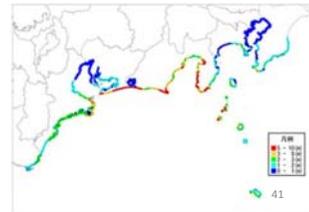
東海地震の想定震源域



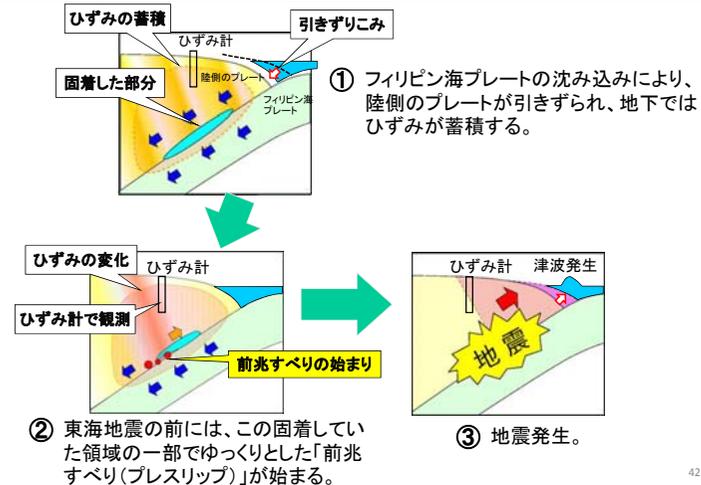
想定される震度分布



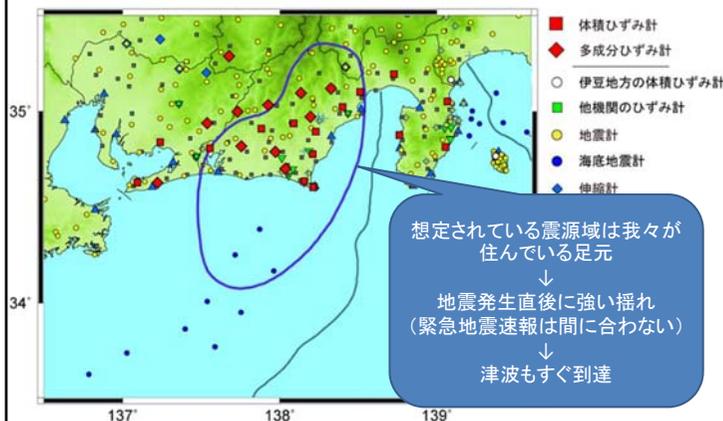
想定される津波の高さ



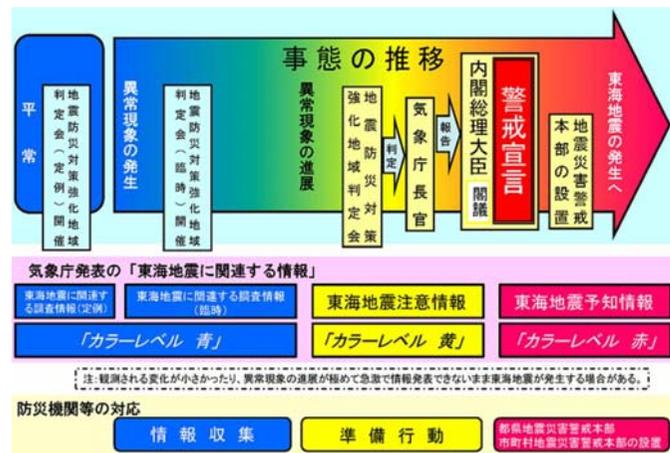
東海地震の発生メカニズム



東海地震予知のための観測体制



東海地震に関連する情報



東海地震の特徴

1. 強い揺れ

東海地震の震源域は静岡県の陸域、海域の直下にあります。従って県内は広い範囲にわたり強い揺れ(7~6強)に見舞われます。

2. 揺れの直後に津波

震源域が直下にあるため、地震発生直後(数分)で津波が到達します。

45

地震・津波から身を守るために

津波から身を守るために、沿岸部や川沿いにいる人は

- 強い揺れを感じたとき
- 弱い揺れでも、長い時間ゆっくりとした揺れを感じたとき
- 揺れを感じなくても、大津波警報・津波警報が発表されたとき

直ちに、高台や津波避難ビルなど安全な場所に避難

津波は河川を遡上する。川から離れ安全な場所に避難

【気象庁「地震と津波」より抜粋】

46

地震・津波から身を守るために

地震の揺れから身を守るために



○緊急地震速報を見聞きしたら・・・

○地震の揺れを感じたら・・・



あわてず、身の安全の確保を

【気象庁「地震と津波」より抜粋】

47

地震・津波から身を守るために

さらに・・・

ここなら安心と思わず、より高いところを目指して避難



平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の際、岩手県釜石市鶴住居(うのすまい)地区の小学校・中学校では

最初に避難した場所では危ないと2番目の避難場所へ逃げ、さらにもっと高いところに逃げた。

大津波警報・津波警報の解除まで避難を続ける。

(家に戻ったり、高台からおりたりしない。)

津波は繰り返し襲ってくる。最大波が第1波の後でやってくることもある。

* 津波注意報でも、海水浴や磯釣りは危険

【気象庁「地震と津波」より抜粋】

48