

## 6 地震について考えよう —地震の基礎知識—

### 6-1 地震とは

#### ♣ 前震、本震、余震

一つの地震活動のうち最も大きな地震（本震）が起こる前に、小さな地震が多数群発することがあり、これを前震活動と呼びます。前震の後に本震が発生するため、前震活動がキャッチできれば地震の直前予知に大変有効です。

本震が起きた後に、多くの地震が引き続いて発生することがあります。これを余震といいます。大地震の後には比較的大きな余震が発生し、本震で受けた被害をさらに増大することもあります。余震の中で一番大きなものを最大余震といい、通常本震のマグニチュードを1～2くらい下回る規模になります。

#### ♣ 気象庁震度階

震度は、地震動の強さの程度を表わし、計測震度計（地震計の一種）を用いて観測します。計測震度は揺れを感じる加速度センサーと計算処理装置を組み合わせたもので、震度をデジタルで表示します。

震度が同じであっても、対象となる建物、構造物の状態や地震動の性質によって被害が異なる場合がありますが、特に地震動は地盤や地形に大きく左右されます。

震度は地震計がおかれている地点での観測値であり、同じ市町村であっても場所によっては震度が異なることがあります。また震度は通常地表で観測しますが、中高層建物の上層階では一般に揺れが大きくなります。大規模な地震では長周期の地震波が発生するため、遠方において比較的低い震度であっても、特有な現象が発生することがあります。

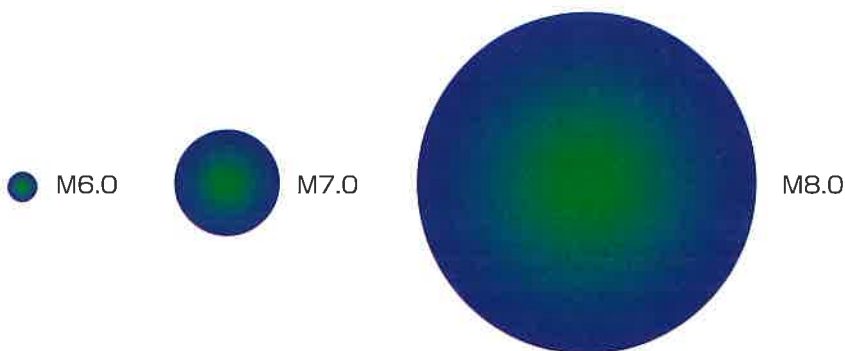
（気象庁震度階級関連解説表 P129参照）

## ♣ マグニチュード

地震の規模を表す単位をマグニチュード (M) といい、地震計の最大振幅などを用いて計算します。地震の大小は、断層運動によって放出されるエネルギーの大小によって決まります。従ってエネルギーが大きくなれば、マグニチュードも大きくなります。

マグニチュードが1増えれば地震エネルギーは約32倍、2増えると約1,000倍になります。阪神・淡路大震災はM7.2でしたが、予想されている東海地震はM8.0ですから、阪神・淡路大震災の16倍の大きさになります。

マグニチュードが1違うと地震エネルギーは約32倍

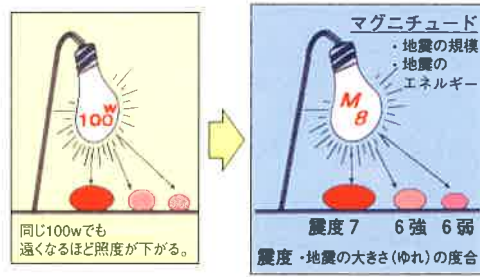


マグニチュードと地震エネルギーの関係  
(体積が地震エネルギーを表すようにした図です)

## ♣ マグニチュードと震度

「マグニチュード」(M)とは、地震の規模そのものを表す単位であり、「震度」は各地域の揺れの強さを表す単位をいいます。

「マグニチュード」とは電球のワット数のようなもので40ワットの電球より100ワットの電球の方が明るいとの例で考えると分かります。一方、どんなに明るい光源であっても、光源から遠ざかると明るさは減ります。このように距離のへだたりによって増減する明るさが「震度」に対応します。



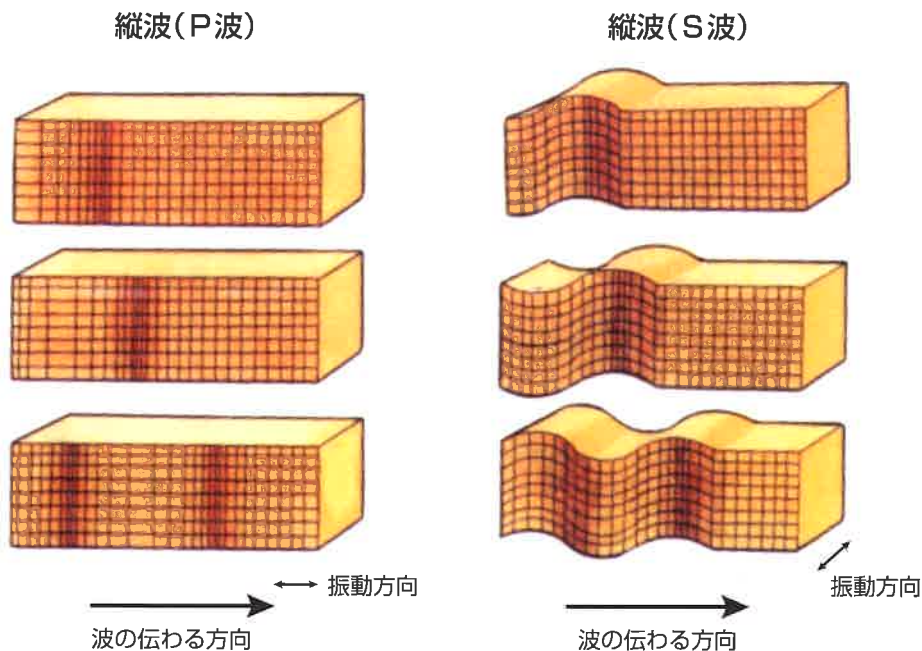
## ♣ 加 速 度

速度変化の時間に対する割合を加速度といい、単位はガル (Gal) を用います。地震を感じるのは、人間の身体に地震動による力が働くからであり、地震で物が破壊するのは、この力が構造物に加わるからです。この力の正体が加速度です。物が落下するとき作用する重力加速度は約980ガルです。地震によってこれを上回る力が下から加わると、物体は飛び上がります。

地震が起きた際、地震動の強さを表すのに震度が使われるが、震度は、加速度だけでなく、振幅、周期、振動の継続時間などの要素に関係します。従って、単純に加速度を震度に置き換えることは出来ないが、破壊作用の大まかな目安として、加速度200ガル以上で木造家屋などに被害が生じ、300~400ガル程度で大きな被害、500ガル以上で最悪の事態になると想定しています。

## ♣ P波とS波

遠いところで地震が発生したときに、ガタガタという上下動が感じられ、その後グラグラと大きな横揺れがやって来ます。初めに来る上下動はP波と呼ばれ、P波に遅れて来る横揺れをS波と呼びます。S波よりP波の方が地中を伝わる速度が速いため、このように横揺れが遅れて来ます。S波が到達する時間が長ければ地震の震源は遠く、ドスンとS波もP波もほぼ同時にくれば、震源は非常に近いと判断できます。一般に日本列島付近で起こる地震では、P波とS波の到達時間の差(秒)に約7.5をかけ合わせると、自分のいる位置から震源までのおよその距離(km)が計算できます。

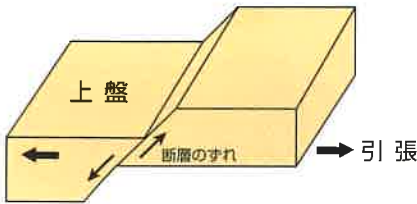


## ♣ 正断層と逆断層

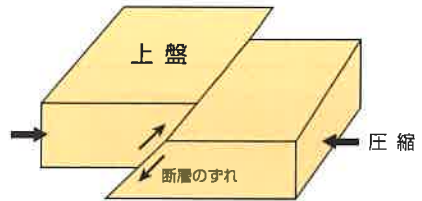
地層や岩石が強い力によって破壊したときにできた割れた断面に沿ってずれている状態を断層といいます。この断層が地上に出たものを地震断層といいます。断層面とずれの方向かが、地表面に対してどの向きにあるかによって、

- ① 岩盤を水平方向に圧縮する力で上下に変位する：逆断層
- ② 岩盤を水平方向に引っ張る力で上下に変位する：正断層
- ③ 断層のずれが水平方向に発生する：横ずれ断層

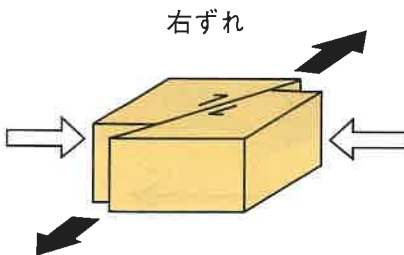
に分類されます。また、およそ10万年以内に活動を繰り返し、今後も活動する可能性のある断層を活断層と呼びます。日本におよそ100の活断層が知られており、現在その詳細な活動度の調査が政府で進められています。



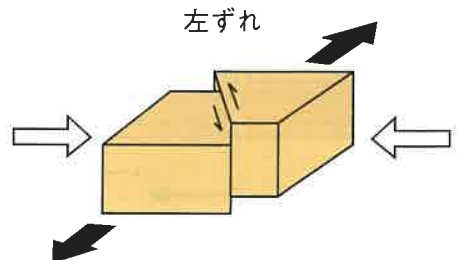
② 正断層型



① 逆断層型



③ 右横ずれ断層型

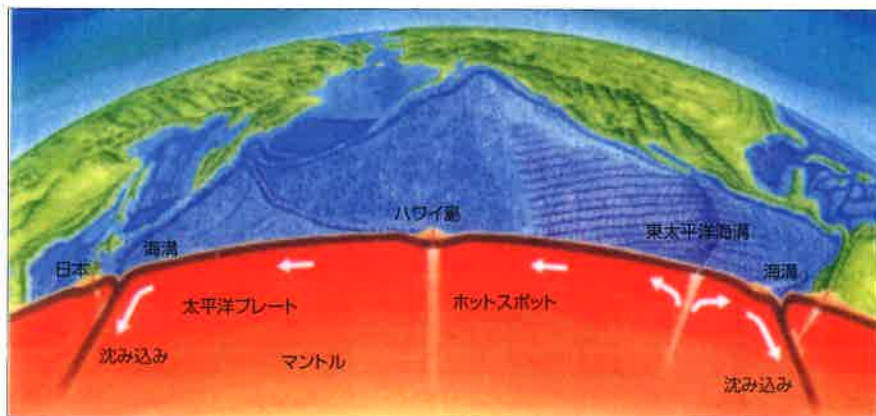


③ 左横ずれ断層型

## ♣ プレートテクトニクス

プレートとその動きで、地殻や上部のマントルでの諸現象（地震活動や火山活動など）を説明する学説です。

地球は、厚さ5～60kmのプレートという殻に表面が覆われています。これらのプレートは、マントルの対流運動により地表近く上昇したマントル物質の一部がマグマとなり、海底山脈の割れ目（海嶺）からあふれだして固まり、新しい海底（海洋プレート）としてつくられています。このプレートは、年間数センチの速度で移動し、やがて海洋プレートに比べ軽い物質からなる陸のプレートに突き当たり陸地の下に向かって潜り込み、深い溝（海溝）を形成します。

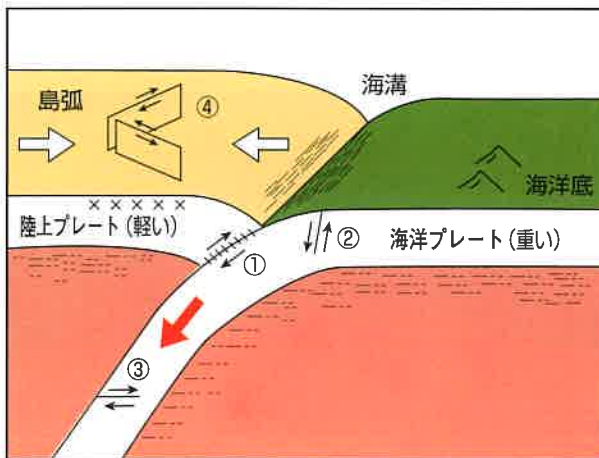


プレートテクトニクス

## ♣ 海溝（トラフ）

両側の斜面が急峻な、細長い深海底の凹地で、海洋プレートが屈曲して沈み込む場所を海溝といいます。またトラフは地形的特徴は海溝ほど顕著ではありませんが、構造や成因などが同じものをいいます。駿河湾から紀伊半島、四国にかけての南方沖約100キロの海底を東西に走る凹地を駿河トラフ・南海トラフといい、共通の地震分布や地殻変動をもっています。

一方、両側に急峻な斜面を持つ海底の山脈を海嶺をいいます。



- ① プレート間地震
- ② 沈み込むプレート内の地震
- ③ 沈み込んだプレート内の深い地震
- ④ 陸域の浅い地震

## ♣ 津波の高さと速さ

津波は、地震動により海底が急激に隆起や陥没し海面が変動して発生します。

津波の高さは、水深が浅くなると急激に高くなります。特に湾の形がV字型では、異常に津波の高さが増すことがあります。また、河口部により遡上した波が思わぬところであふれることもあります。

津波の速さは、海の水深が深いほど早くなり、水深2,000メートルでは時速500kmほどとなり、陸上に遡上すると、人間が全速力で走る程度の早さとなります。

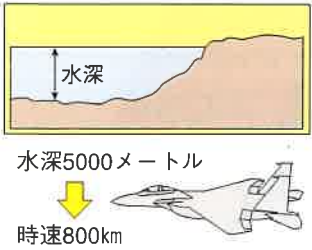
東海地震では、地震発生後数分で津波の第一波が駿河湾内沿岸を襲うと予測されています。

### 地震と津波

## 津波のスピード

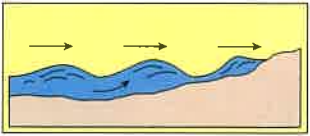
#### 1. 海上では

①水深が深くなる程、津波の伝搬速度は、早くなる。



水深5000メートル  
↓  
時速800km

②水深が浅くなると津波の速度は遅くなり、後ろからの波が覆いかぶさるようになり、高さが高くなる。



#### 2. 陸上では

**波高が高いほど、津波の速度が速くなる。**

北海道・奥尻島の津波で実測  
青苗——時速16km



## ♣ 津波の予警報

地震に伴って津波が発生すると予想される時、気象庁は津波予報を発表します。

津波予報は、津波の発生とあらかじめ計算しておいたその津波の伝播の結果を地震発生時に検索し、津波の高さ、津波の到達時間を予報します。

津波予報の種類、解説、発表される津波の高さは次の通りです。

\*津波警報（大津波）「高いところで3 m以上の津波が予想されますので、嚴重に警戒してください」（発表される津波の高さ「3 m」「4 m」「6 m」「8 m」「10m以上」）。

\*津波警報（津波）「高いところで2 m程度の津波が予想されますので、警戒してください」（発表される津波の高さ＝「1 m」「2 m」）。

\*津波注意報（津波注意）「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」（発表される津波の高さ＝「0.5m」）。

なお津波予報区は従来複数の県にまたがる広い範囲を予報区としていたが、99年4月から全国を66予報区に細分化し、静岡県は全県1区の予報区となりました。



#### ♣ 津波の浸水高の想定

予想される東海地震の津波の浸水高、浸水面積、到達時間等は、過去の安政東海地震の津波の痕跡や古文書の記録から推定し、数値シミュレーションによって予測されています。静岡県沿岸では、平均5～6メートルの高さの津波が予想されています。

特に高い津波が予想される地域は、沼津市内浦漁港10.4メートル、南伊豆町妻良漁港7.7メートル、下田市下田港7.3メートル、相良町地頭方漁港7.2メートル、御前崎町御前崎港6.8メートルなどがあげられます。



#### ♣ 地盤と建物の固有周期

振子を振らせると、ある定まった周期で振動を続けます。このときの周期を固有周期といいます。同様に、建物や橋などの構造物もそれぞれ固有周期があります。この周期は耐震性のある建物や強い地盤では短く、耐震性のない建物や軟弱な地盤では長いという性質があります。地震動の周期が構造物の固有周期に近い場合には、構造物は大きく揺れます。建物の倒壊は、地盤と建物の周期が合致したときに、それぞれの振動が共鳴して、さらに大きな揺れとなって起こることが多いようです。

新しく家を建てるときは、地盤の性質を調べて、たとえば軟弱地盤のときは壁を多くし、筋交いを入れて固有周期の短い建物を造ると良いでしょう。

## ♣ 液状化現象と建物の被害

液状化現象とは、ふだんは比較的しっかりとした地盤である水分を多量に含んだ砂の層などが、地震で揺すられて液体状態になり、建物を支える力がなくなります。また地面から泥水や砂を吹き出すというような状態になることが起こります。いったん液状化が起こると、不等沈下などを起こして建物が沈下したり、また地下のガス管や地下タンク等が浮き上がったりして多大な被害をもたらします。

敷地が液状化する可能性があるると判断された場合には、地盤の改良や液状化に強い木造建築物を建てること、あるいは既存の建築物の場合には基礎の補強が有効です。



液状化現象で建物の基礎の下の地盤が流出

## 6-2 地震の予知

### ♣ 地震予知の三要素

地震の予知は「時期」「場所」「規模」の三要素を明確にする必要があります。周期的に起こった過去の地震の空白域などから、「どこ」で「どれぐらい」の大きさの地震が起こるかということに加え、科学的な観測機器を使って、地震発生の前ぶれと思われる現象を捕らえ、いつ地震が起こるかを予測しようとするのが地震予知です。

現在静岡県内には地震観測のため350以上の観測機器が設置されていますが、そのうち90の観測データは、東京にある気象庁へ電話回線を使用して自動的に送られ、常時（24時間）監視されています。

地震予知の技術は、まだ十分確立されたものではなく、異常が出現しても適確な解析や判断が行えない場合もあったりして、突然東海地震が発生する可能性もあります。



## ♣ 地震計

地震動をその時刻とともに記録する装置。地震動は数百HZ（ヘルツ）の高い周期のゆれから、数十分のゆっくりとした周期のゆれまで周波数の幅が広く、また振幅についても $1\mu$ （マイクロン）より小さな振動から、大地震の震源付近の振幅数十cm以上の強振動に至るまでさまざまです。一台の装置ですべてを忠実に記録することは不可能に近いので、実際には、観測目的に応じたさまざまな地震計が用いられています。微小地震を観測する高感度地震計や、強い地震動を記録し、地震工学上のデータを得るために主要な建造物に設置されている強震計などがあります。

## ♣ 海底地震計

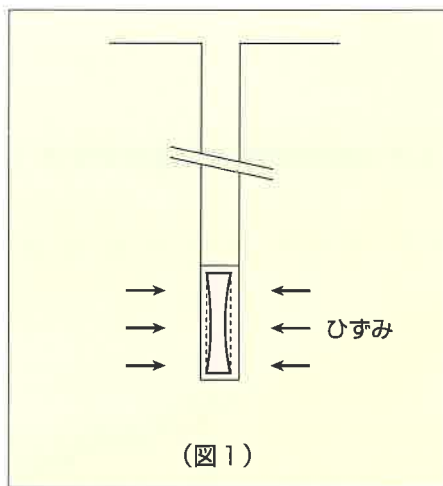
海域で発生する地震を観測するシステムの中に海底地震計があります。海岸に設置した基地まで海底ケーブルで信号を送る方式（御前崎の海底地震計がこれにあたる）と、水圧に耐える容器の中に地震計と記録装置一式を収納して海底に投下し、一定の観測期間の後に自己浮上させて回収させる「自己浮上式」の2種類があります。

### ❁ 体積ひずみ計

体積ひずみ計はシリコンオイルを満した円筒形のセンサーを地下の岩盤の中に設置し、センサー容器の体積変化から周囲の岩盤がどれくらい歪んだか（変形したか）を測定する機器です（図1）。

気象庁では、東海地震の前兆捕捉のための東海地域18箇所のほか、南関東地域にも15か所の「体積ひずみ計」を設置しています。

しかし体積歪形ではその変形をもたらした方向が分からないため、力の向きを知ることができる「3成分ひずみ計」が開発され、静岡県内の4か所が常時監視体制に加わりました。

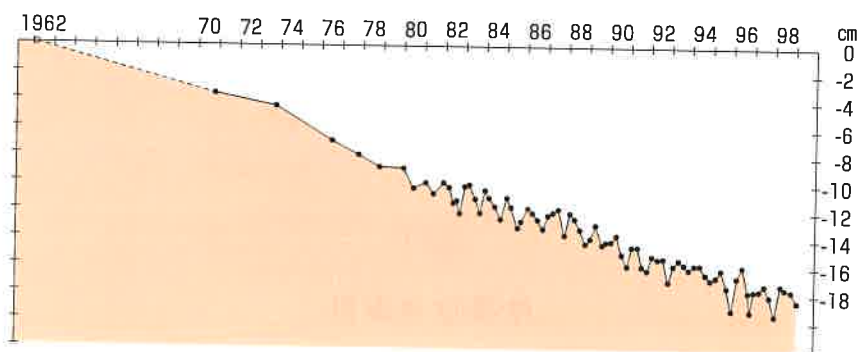


体積ひずみ計

## ♣ 水準測量

地震の長期的な前兆をとらえるため、国土地理院では水準測量や三角測量を行い、地面の隆起や沈降、伸び縮みの状況を監視しています。これらの測量は、原則として5年に1回実施されることになっていますが、東海地域では毎年実施されています。特に注目されている御前崎付近の沈降状況を知るために年4回、掛川～御前崎間で水準測量を行っています。この結果、御前崎付近は年間約4ミリの割合で沈降を続けていることが分かりました。この沈降が隆起に転ずると東海地震発生の可能性が高くなると考えられています。

掛川を基準にした浜岡の地盤沈下量のグラフ（国土地理院）



## ♣ G P S

Global Positioning System の略。米国が軍事用に打ち上げた24個の衛星のうち、4個以上からの電波を同時に受けて、自らの位置を測定する方法です。一般ではカーナビゲーションや航空機・船舶などの航行用に利用されています。このデータに干渉処理と呼ばれる特殊な処理を施し、2点間の地殻変動をmmの精度で精密かつ連続的に観測することが可能です。国土地理院ではこのGPSによる広域地殻変動観測点を全国600カ所以上に設置し、リアルタイムで地殻変動の監視を行っています。特に南関東・東海地方には高密度の観測点が設置されています。

## ♣ プレスリップ

プレスリップとは、地震の発生前に、断層面が数日から数時間かけてゆっくりすべり始める現象です。東南海地震の直前にその動きを水準測量によって捉えられたとされています。最近のシミュレーションの結果、気象庁の歪計は、東南海地震の際の数分の一程度のすべりでも捉えられることが確認されています。この検出が東海地震の直前予知の切り札となります。



### ♣ 御前崎付近の沈降現象（東海地方の地殻変動）

駿河湾一帯の地殻の変動の観測では、水平方向では湾を挟む東西方向の辺が年間1cm程度縮みつつあり、上下方向では湾側への沈下を示しています。年間4回測定している掛川の水準点を基準にした地殻変動は季節的な上下運動を繰り返しながら沈下しています。これらはいずれもユーラシアプレート上にある駿河湾西岸地域がフィリピン海プレートによって引きずり込まれ続けてきたためと考えられています。最近、この御前崎付近は沈降速度が緩やかになり、次に隆起に転じる時、地震になると考えられています。

#### 1. 上下変動の状況

1962年から御前崎は、掛川を不動点とすると約20cm沈降。  
(年間平均5mm沈降)

#### 2. 水平歪の状況

1977年から榛原～松崎は約21cm短縮。  
(年間平均約1cm)

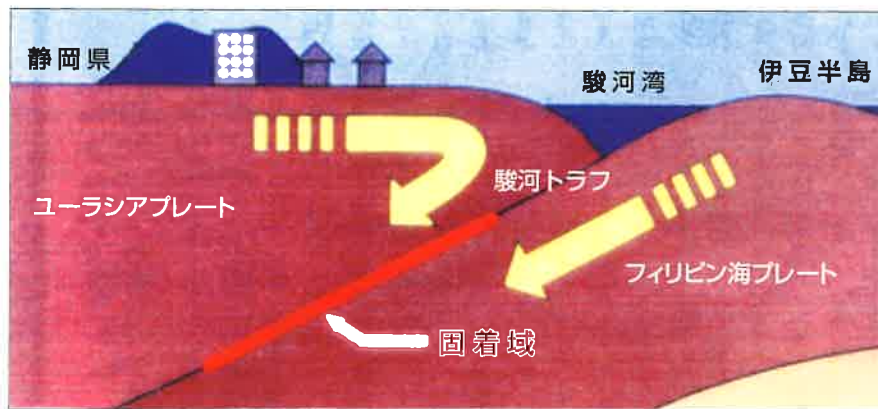


### 地殻歪の蓄積

### ♣ プレート境界の固着域

海洋プレートは、年間数センチの速度で陸のプレートの下に潜り込んでいます。このプレートの境界に、プレート同士があたかも糊付けしたようにくっついた固着部分ができ、それを固着域といいます。

この固着域を中心にプレート境界や両プレート内部に歪みが蓄積し、限界に達すると破壊して大地震となります。



地殻の固着域

## ♣ 地震の前兆現象

地震の前兆現象としては①地殻変動（岩盤の歪み、傾斜・昇降等）②地震活動（地震活動の異常で地震空白域の形成、ドーナツパターンといわれる空白域周辺の地震活動の活性化、活動域の移動等）③電磁気（電磁気、地電位差、地電流、土地の電気抵抗等の異常変化）④地球科学（井戸・泉などの水質変化、ラドン等地中深所からのガス放出等）⑤その他（井戸の水位変化、動物の異常行動、地鳴り、発光現象等）などがあります。

前兆現象には地震直前に現れるものと、長期的なものがあります。前震や電磁気現象は地震が発生する数時間から数日前に多く現れます。長期的な地殻変動や地震活動は、地震の規模に比例して長くなる傾向があり、数年から十数年のことが多く、大規模な地震では数十年に及ぶこともあります。また前兆現象の現れる地域も地震の規模が大きければ広くなります。

## ❁ 地震の宏観異常現象

宏観異常現象とは、観測機器に頼らず人間の感覚によって感知される地震の前兆現象をいいます。大地震の前に、井戸水位に変化があった、異常な光を見た、動物が異常な挙動をした、植物の生態に変化があったという話は昔から良く聞かれ、1944年の東南海地震の時には473件の宏観異常現象が報告されています。

### 宏観異常現象




動物には、  
地震予知の本能がある。

- ①魚が急にとれるようになった。
- ②犬の行動が妙に変だ。
- ③ネズミが集団で行動した。

人間にも感じる何かがある。

- ①空が光った。
- ②井戸水がおかしい。
- ③地鳴りがする。

## ♣ 地震予知連絡会

昭和43年の十勝沖地震後、地震予知の実用化が叫ばれ、建設省国土地理院に設置された連絡会をいい、大学や国立研究機関の専門家30名の委員で構成されています。わが国の地震予知研究の連絡調整や観測成果を研究者間で相互交換する場としての役割を担い、「特定観測地域」や「観測強化地域」の指定を行うなど、日本各地の地震活動の長期予測や研究成果の流通などに成果を挙げています。



地震防災対策強化地域判定会打ち合せ会（気象庁）

## ❁ 観測強化地域

必要な情報に基づき地震の中・長期的予知について学術的な総合判定を下すため、建設省国土地理院長の諮問機関である地震予知連絡会は特定の地域を観測対象として地域指定しています。地域指定は「特別観測地域」・「観測強化地域」の二段階に分かれており、過去に大地震が起こったがその後長いこと地震が起きていない地域、活構造地帯、地殻変動が活発な地域、社会的に重要である地域を「特定観測地域」に指定し、その中でも大地震の発生と関連のある異常が認められたと判断された時、「観測強化地域」に変更されます。

特定観測地域として8地域を指定し、近い将来東海地震の発生が予想されている東海地域と人口が集中し社会的に重要である南関東地域の2地域を観測強化地域とし、観測網の充実強化を行っています。

