



平成25年(ワ)第9521号, 第12947号  
平成26年(ワ)第2109号 損害賠償請求事件  
原告 森松 明希子 外220名  
被告 国 外1名



2015〔平成27〕年5月14日

## 準備書面 9

—地震・津波に関する基礎知識—

大阪地方裁判所第22民事部合議3係 御中

上記原告ら訴訟代理人

弁護士 金子 武 嗣



弁護士 白 倉 典 武



## <目次>

第1 地震.....	4
1 プレートについて.....	4
2 地震の仕組み.....	5
3 地震の種類.....	5
(1) プレート境界型地震.....	5
(2) プレート内地震（内陸型地震）.....	6
4 地震の大きさを表す単位.....	7
(1) マグニチュード.....	7
(2) 震度.....	8
(3) ガル（gal）.....	9
第2 津波.....	9
1 津波発生メカニズム.....	9
2 海洋・沿岸における津波の伝播について.....	10
(1) 津波が伝わる速さ.....	10
(2) 津波の高さが浅海で高くなる理由.....	10
(3) 津波の高さについて.....	10
3 津波に関する用語.....	11
(1) 津波高さ.....	11
(2) 浸水高.....	12
(3) 遡上高.....	12
(4) 痕跡高.....	12
第3 東北地方太平洋沖地震.....	12
1 東北地方太平洋沖地震の概要.....	12

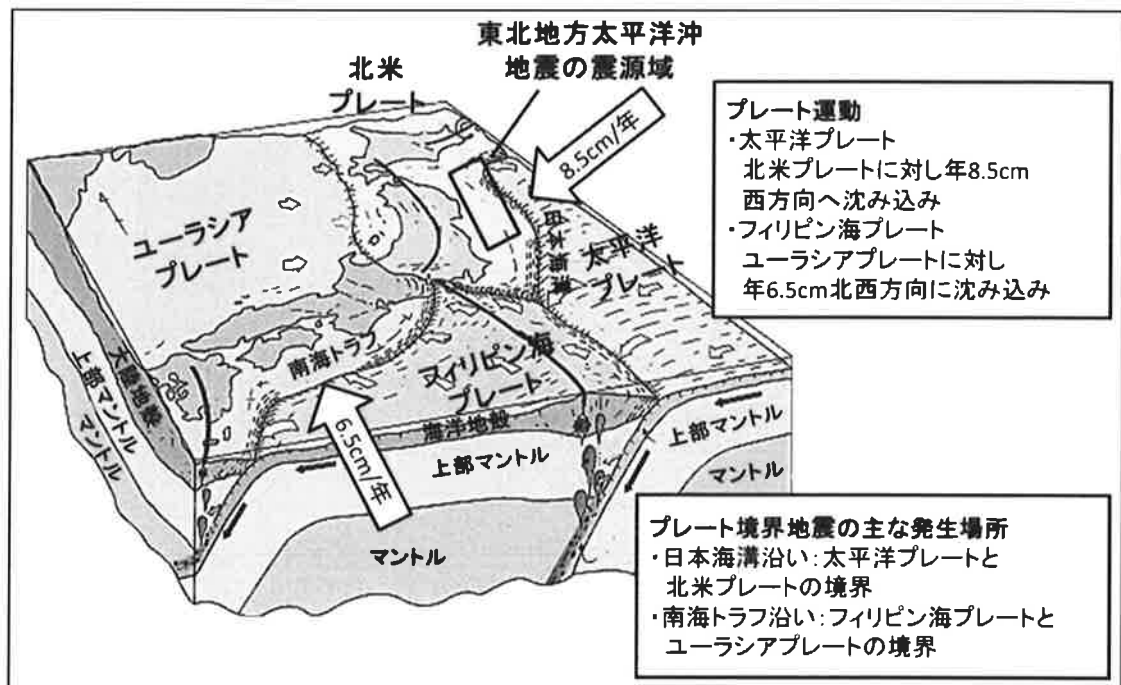
2 津波の発生とその影響 .....	13
(1) 津波の発生 .....	13
(2) この津波により，福島第一原発の海側エリア，及び，主要建屋設置エリアほぼ全域が浸水したこと .....	13

# 第1 地震

## 1 プレートについて

プレートとは、地球の表面を薄く被った固い皮である。地球の構造は、中心に核（内核・外核）があり、その外側をマントルと呼ばれる厚い層が覆っている。マントルは、核に近い下部マントルと上部マントルに分かれている。マントルは高温の核によって温められ、絶えず対流を起こしており、このマントルが地球の内部から噴き出し（海嶺）、上昇して、海水で冷却され、岩状に固まる。この固まったものがプレートである。厚さは30～80キロメートルになり、大小数十枚のプレートが地球表面を覆っている。プレートが「皮」と表現されるのは、地球の半径が約6400キロメートルであることと対比すると、プレートが厚さ40キロメートルと仮定しても、地球の半径の0.6パーセント程度しかないためである。

日本付近には、ユーラシアプレート、北アメリカプレート、太平洋プレート、フィリピン海プレートと、合計4つのプレートが集中し、接していると考えられている。



## 2 地震の仕組み

海嶺では、次々に新しいプレートが誕生し、海嶺を中心として、左右に移動している。上部マントルは、プレートも含む上部のリソスフェア (lithosphere) と下部のアセノスフェア (asthenosphere) に分かれている。リソスフェアは、比較的固くて流動性が少なく、アセノスフェアは、高温で流動性が高い。アセノスフェアが流動性を持っているため、その上にあるプレートは、アセノスフェアの上を滑るように移動する。

このように、地球が複数のプレートで覆われ、それぞれのプレートがマントルの対流によって移動しているという考え方を、「プレートテクトニクス (プレート理論)」と呼ぶ。

地球を覆う大小数十枚のプレートが、年間数センチメートルという速度で、それぞれ滑るように動き、プレート同士が衝突したり、すれ違ったり、一方のプレートが他方のプレートに沈み込むという現象が起きる。プレート同士が衝突する場所には強い力が生じ、地震を発生させる。

プレートの衝突等によって、ずれる部分を断層という。断層には、横ずれ断層と縦ずれ断層があるが、縦ずれ断層のうち、プレートが引っ張られて伸びることによって発生するものを正断層、プレートが押されることによって発生するものを逆断層という。

## 3 地震の種類

地震は、発生するプロセスの違いから、いくつかの種類に分類される。

### (1) プレート境界型地震

プレート境界で、海底面を移動してきたプレートが陸のプレートの下に沈み込むと、場所によっては、陸のプレートの端を地球内部の方向へと引きずり込んでいく。限界まで引きずり込まれた陸のプレートは、元の位置

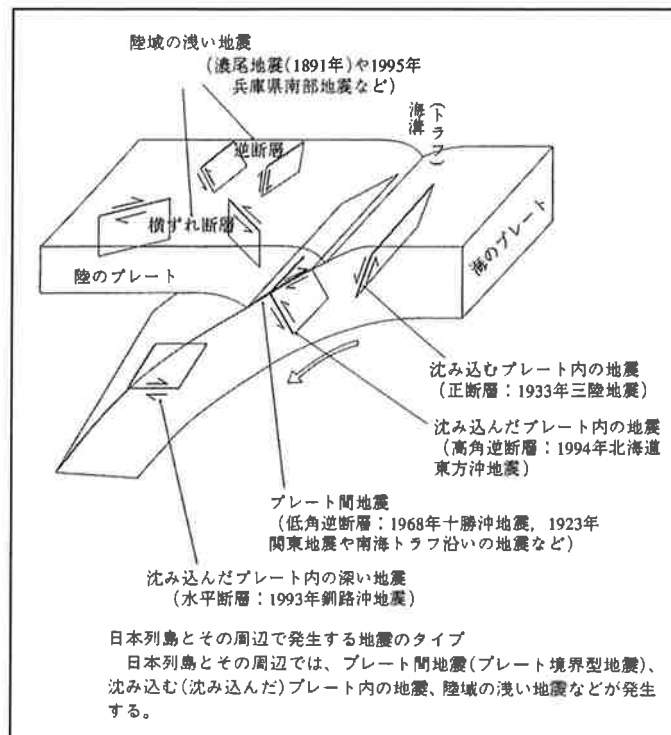
に戻ろうとして、あたかもバネのように跳ね上がり、巨大地震が発生する。これがプレート境界型地震である。2011年に発生した東北地方太平洋沖地震はこれにあたる。

また、海底面を移動してきたプレートが陸のプレートに沈み込む前、いったんプレートの背中を持ち上げるようにしてから沈み込むが、この持ち上がりの時に、背中部分が破壊され、地震が発生することがある。これが「アウターライズの地震」である。1933年に発生した昭和三陸地震はこれにあたる。

## (2) プレート内地震（内陸型地震）

プレート境界から離れた場所で、プレート内にある亀裂によって起こる地震である。海底面を移動してきたプレートが、陸のプレートに沈み込む時、陸のプレートの端だけでなく、陸のプレート自体も圧迫する。この圧迫で、プレート内陸部の岩盤に少しずつ歪みが蓄積され、限界を超えると、内陸部の弱い部分が破壊され、地震が発生する。これが、プレート内地震である。1995年に発生した兵庫県南部地震（阪神・淡路大震災）や2004年に発生した新潟県中越地震はこれにあたる。

一度、弱い部分で破壊が起きると、以後、同じ場所で繰り返し破壊が起きるため、この弱い部分は、活断層として認知される。



[甲 B 1 : 津波評価技術 1-2 8 頁]

#### 4 地震の大きさを表す単位

##### (1) マグニチュード

##### ア マグニチュード (M)

地震の規模を表す指標として、一般に用いられるマグニチュード (M) は、通常、考案者の名を冠して「リヒター・スケール」と呼ばれ、地震計の最大振幅  $A$  ( $\mu\text{m}$ ) を震央からの距離 100 キロメートルのところの値に換算したものの対数を用いて決定される。

よって、地震波の振幅が 10 倍大きくなるごとに、マグニチュードが 1 ずつ上がることとなる。

##### イ モーメントマグニチュード ( $M_w$ )

「リヒター・スケール」によるマグニチュードは、概ね  $M7 \sim 8$  程度を超える規模の地震について  $M$  の値が頭打ちとなり、正確に算出できないという欠点がある。この点を改善するために用いられるようになったのが、

地震モーメントの対数を用いて決定される「モーメントマグニチュード( $M_w$ )」である。

#### ウ 津波マグニチュード

津波の高さの空間分布を使って算出する地震の大きさの指標である。津波の遡上高をデータとして用いることで、潮位観測のない歴史地震にも適用可能であり、歴史地震のモーメントマグニチュードを推定する上で信頼性が高い。

表 1.1.4-1 地震の規模の評価例 (宇津(1999)を一部修正)

地震名	年	月	日	$M_J$	$M_I$	$M_G$	$M_s$	$M_L$	$M_w$	$M_t$	$M_s(V)$	$m_B$	$m_b$	備考
関東	1923	9	1	7.9	7.9	8.2	8.2	-	7.9	8.0	-	7.7	-	
青森県東方沖	1931	3	9	7.6	7.4	7.7	7.8	-	7.3	7.2	-	7.1	-	
三陸沖	1933	3	3	8.1	8.0	8.5	8.5	-	8.4	8.3	-	8.3	-	
福島県沖	1938	11	5	7.5	7.8	7.7	7.7	-	7.8	7.6	-	7.4	-	
日向灘	1941	11	19	7.2	7.2	7.8	7.8	-	-	7.6	-	7.5	-	
東南海	1944	12	7	7.9	7.7	8.0	8.0	-	8.1	8.1	-	7.8	-	

$M_J$ : 気象庁マグニチュード,  
 $M_I$ : 震度分布から宇津が求めたマグニチュード,  
 $M_G$ : Gutenberg and Richter(1954) "Seismicity of the Earth" 所収のカタログに掲載されたマグニチュード,  
 $M_s$ : Gutenberg(1945a)の定義による表面波マグニチュード,  
 $M_L$ : Richter(1935)のローカルマグニチュード,  
 $M_w$ : モーメントマグニチュード,  
 $M_t$ : Abe(1981)の津波マグニチュード,  
 $M_s(V)$ : ISC, USGS の表面波マグニチュード,  
 $m_B$ : Gutenberg(1945b,c)の定義による実体波マグニチュード,  
 $m_b$ : ISC, USGS の実体波マグニチュード

### 【甲B2:「津波評価技術」付属編2-10】

#### (2) 震度

地震の規模を表すマグニチュードに対し、ある地点での地震による揺れの大きさを示す指標が、震度である。

原則として、震源からの距離が遠いほど震度は小さくなるが、地表付近の地盤の固さや地下の構造の違いによって揺れが増幅したり減衰したりするため、観測地点によって震度に差が生ずることがある。また、原則として、マグニチュードが大きな地震ほど震度も大きいという比例関係にあるが、地盤の固さや震源の深さなどによって、最大震度は比例関係から外れる場合もあ



る。

日本では気象庁震度階級が用いられており、震度0から7までに分かれている（震度5及び6は、それぞれ「強」と「弱」にさらに分かれる）

### (3) ガル (gal)

ある地点での地震による揺れの大きさを表す指標として震度があるが、厳密さや詳細さに欠けているため、より厳密な指標として、地震動の加速度を表すガルが用いられる。

これは、一秒間にどれだけ速度が変化したかを表す加速度の単位であり、加速度すなわち速度が変化したということは、当該物体に対して力が作用したことを意味するから、ガルは人間や建物にかかる加速度の大きさを表す指標でもある。同じ地震でも、観測地点の位置や対象物によって異なる値となる点は、震度と同様である。ガルは大きいほど揺れが激しいことを示すが、震度や被害は建物の構造や地震動の継続時間などによっても大きく影響を受けるため、ガルの大きさとこれらとは直接結びつくわけではない。

## 第2 津波

### 1 津波発生メカニズム

津波を引き起こすのは、海底地形の変化である。

地震により、海底が隆起すると、その上の海水がもち上げられて、水面も隆起する。隆起した海水は、直後に重力によって一気にくずれ、波となって四方へ伝わる。これが、地震によるこれが津波発生メカニズムである。

津波の発生原因としては、このような地震（断層運動）によるもののほかに、火山噴火、陸域からの土砂・土石流の海中への突入、海底地すべり、隕石の衝突などがある（甲B1：津波評価技術1－2頁）。

## 2 海洋・沿岸における津波の伝播について

### (1) 津波が伝わる速さ

津波の伝わる速度は水深の平方根に比例する ( $V = \sqrt{g h}$ )。g : 重力加速度、h : 水深 (m)。)。例えば、水深4,000メートルの海では秒速約200メートル、水深1,000メートルの海では秒速約100メートル、水深40メートルの海では秒速約20メートルの早さで伝わる。したがって、底の深い沖合に比べ、沿岸部での津波のスピードはぐっと遅くなる。この現象は「津波はジェット機並の速さで陸地に近づき、新幹線並みの速度で海岸を襲う。」と表現されている。

### (2) 津波の高さが浅海で高くなる理由

津波の高さは、水深が浅い場所ほど高くなる。上記のとおり、津波が伝わる速度は水深により変化する。津波が沿岸に近付き水深が浅くなっていくと、津波の先端部分では水深が浅いために速度が低下する。そのため、後から来た津波が前の津波に追いつくことになる。津波は、沖合では波長が数十から数百キロメートルに及ぶ非常に周期の長い波動である。これが沿岸に到達するにつれて上記のような理由から後ろが前に追いついていくことになる結果、その波長が短くなっていく。津波の1波長当たりのエネルギーは一定であるから、間隔が短くなった分だけ津波の高さが増加することになる。

なお、上記のような現象（浅水現象）以外にも津波の高さやエネルギーに影響を与える様々な現象がある。湾の持つ固有振動と津波の周期が一致する場合に生じる共振現象、屈折効果や反射など、津波が海岸に到達した時点の高さは様々な要素が複雑に絡み合って決まる。

### (3) 津波の高さについて

本件で問題とされるべきは、福島第一原発の敷地に津波が達するかどうか、ということである。

津波が沿岸に到達した際に、元々の潮位がO. P. ±0であれば、津波高

さが10メートルであれば、その津波自体の高さによってO. P. +10メートルまで届くことになる。仮に、満潮や高潮によるなどの理由によって津波が沿岸に到達した際の潮位がO. P. +2メートルであれば、津波高さが8メートルであったとしても、O. P.+10メートルに至ることになる。

また、津波が護岸や防潮堤などにぶつかった場合には、津波が海岸に到達した時点で、防潮堤に妨げられることにより津波の進行が止められることになる。その結果、津波の運動エネルギーが位置エネルギーに変換され海面が上に盛り上がることになる。その場合の津波の高さは、理論上、防潮堤に衝突する前の1.5倍の高さになるとされる。

さらに、地震の際には地盤面が沈降することもある。実際、本件地震によって、福島第一原発の地盤面は約0.7メートル程度沈降したとされる。

以上のことから明らかなことは、O. P.+10メートルに達する津波とは、津波高が10メートルの津波であることを意味しないということである。津波高が10メートルより相当程度低い津波であっても、地震前にO. P. +10メートルであった福島第一原発1から4号機の敷地高さに達することは十分にありうるということである。

### 3 津波に関する用語

#### (1) 津波高さ

検潮所や沖合の波高計で計測された津波の高さ。気象庁発表の津波予報や津波観測記録はこの値が用いられる。津波高さは、平常潮位から正に変位した高さ（平常潮位と実際に観測された潮位との差）である。

なお、実際に地震が発生した際に気象庁が発表する津波情報の「予想される津波の高さ」は海岸線における値であり、津波予報区における平均的な値である。現在の津波予報技術では、「予想される津波の高さ」の予想精度は、2分の1から2倍程度である（後記の気象庁ホームページによる。）

## (2) 浸水高

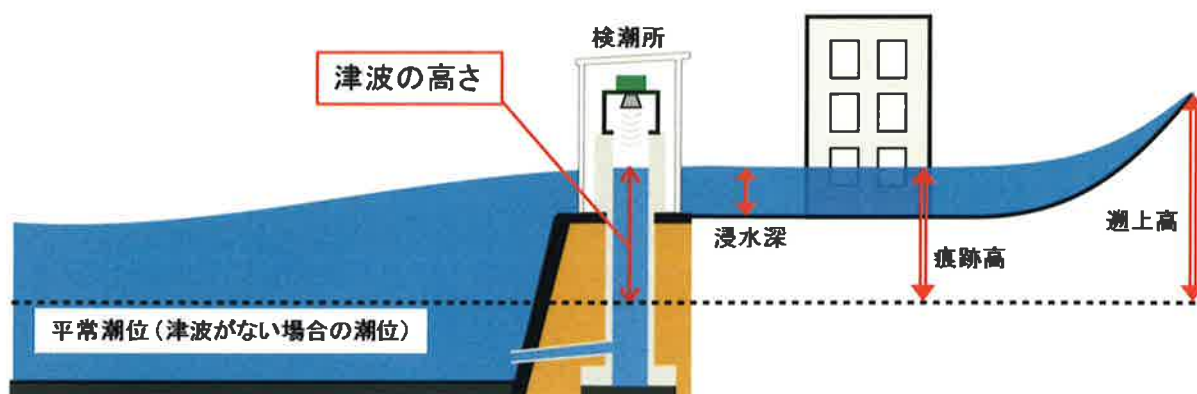
陸上での津波高さを表す。建物に残った水跡や付着したゴミなどで測定されることが多い。現地盤を基準とした値は浸水深と言われるのが一般的である。

## (3) 遡上高

陸上で最も高い位置に到達した箇所の平常潮位からの高さのこと。遡上高は、高い場合には、気象庁が発表する「予想される津波の高さ」の4倍程度までなることが知られている（下記の気象庁ホームページによる）。

## (4) 痕跡高

津波の発生後、建物や樹木、斜面上などに残された変色部や漂着物までの高さである。



[図は気象庁 HP (<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/knownow/faq/faq26.html>)]

## 第3 東北地方太平洋沖地震

### 1 東北地方太平洋沖地震の概要

地震調査研究推進本部によれば、東北地方太平洋沖地震は、次のとおりの地震であったとされている。すなわち、「西北西－東南東方向に圧力軸を持つ逆断層型で、太平洋プレートと陸のプレートの境界で発生した地震であり、その震源域は、「岩手県沖から茨城県沖までに及んでおり、その長さは約400キロメートル以上、幅約200キロメートルで、最大の滑り量は20メートル以上

であったと推定される。」また、GPS観測の結果によると、「東北地方から関東地方の広い範囲で地殻変動が観測されており、牡鹿観測点（宮城県）では東南東方向に約5.3メートルの水平移動，約1.2メートルの沈降が観測されている。」（甲B6：平成23年4月11日付「平成23年（2011年）東北地方太平洋沖地震の評価」）。

## 2 津波の発生とその影響

### (1) 津波の発生

本件地震では、海溝軸付近で約50メートルの水平地殻変動と、約7から10メートルの水平地殻変動が推定されており、これが、巨大な津波を引き起こしたと考えられている。

### (2) この津波により、福島第一原発の海側エリア、及び、主要建屋設置エリアほぼ全域が浸水したこと

東京電力福島原子力発電所における事故調査・検証委員会（以下「政府事故調」という。）によれば、「1号機から4号機側主要建屋設置エリアの浸水高（小名浜港工事基準面（O.P.）からの浸水の高さ）は、O.P.+約11.5mから+約15.5mであり、「同エリアの敷地高はO.P.+10mであることから、浸水深（地表面からの浸水の高さ）は約1.5mから約5.5mであった。」とする。

また、「5号機、及び、6号機側主要建屋設置エリアの浸水高は、O.P.+約13mから+約14.5mであり、「同エリアの敷地高はO.P.+13mであることから、浸水深は約1.5m以下であった。」としている（甲A1:政府事故調中間報告書19頁）。

以上