



TOKIO MARINE
NICHIDO

都市防災論

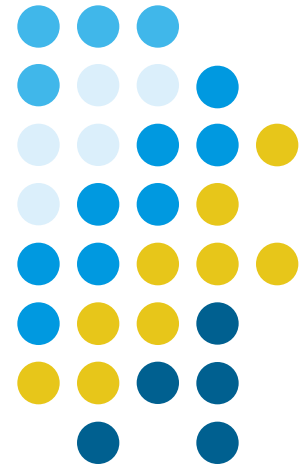
#5 地震を知る

－ 発生メカニズムと震源の分類－

Date:2011/5/16

東京海上日動リスクコンサルティング

矢代晴実





本日の講義内容

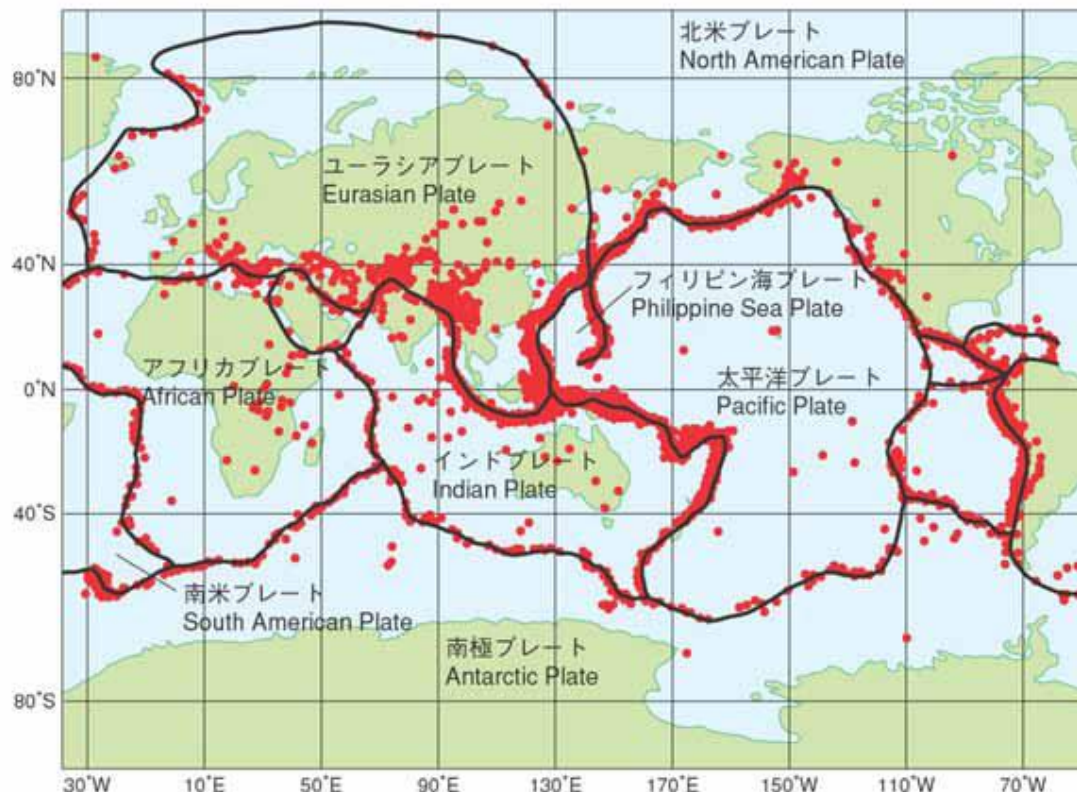
- 地震の原因
- 世界の地震
- 日本の地震
- 地震の発震機構
- 各種地震用語の説明
 - マグニチュード(様々なものがある)
 - 震度
- 近年の日本の被害地震

地震 発生分布



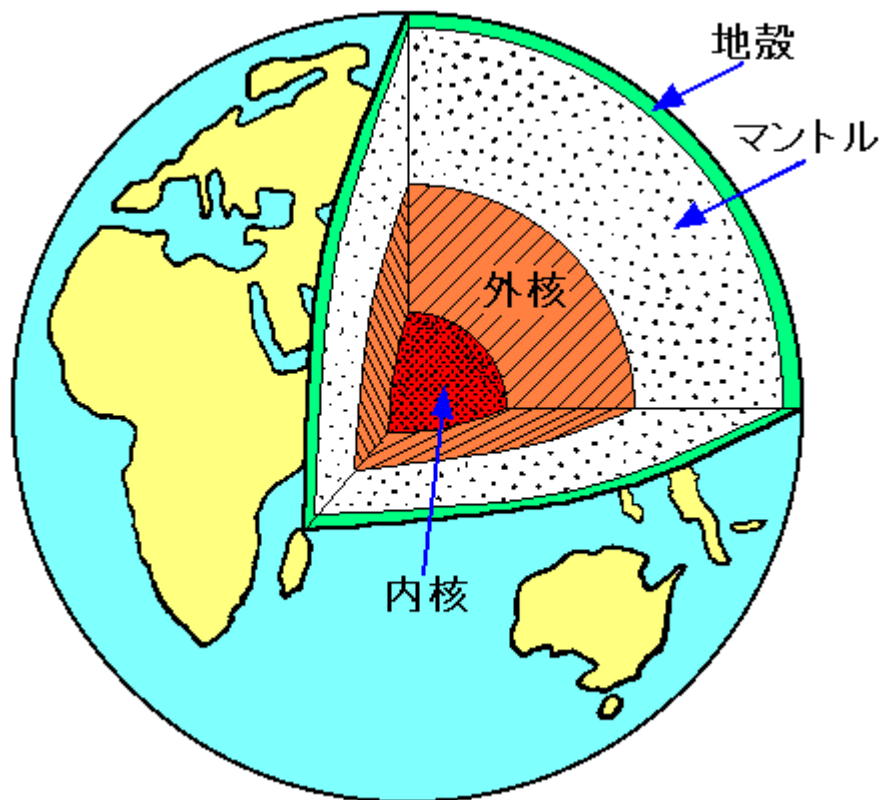
世界全体に占める
日本の災害発生割合は、
マグニチュード6以上の
地震回数は世界で発生した地
震のうち20.5%が日本で発生
している。

日本は、世界の0.25%の国土
面積

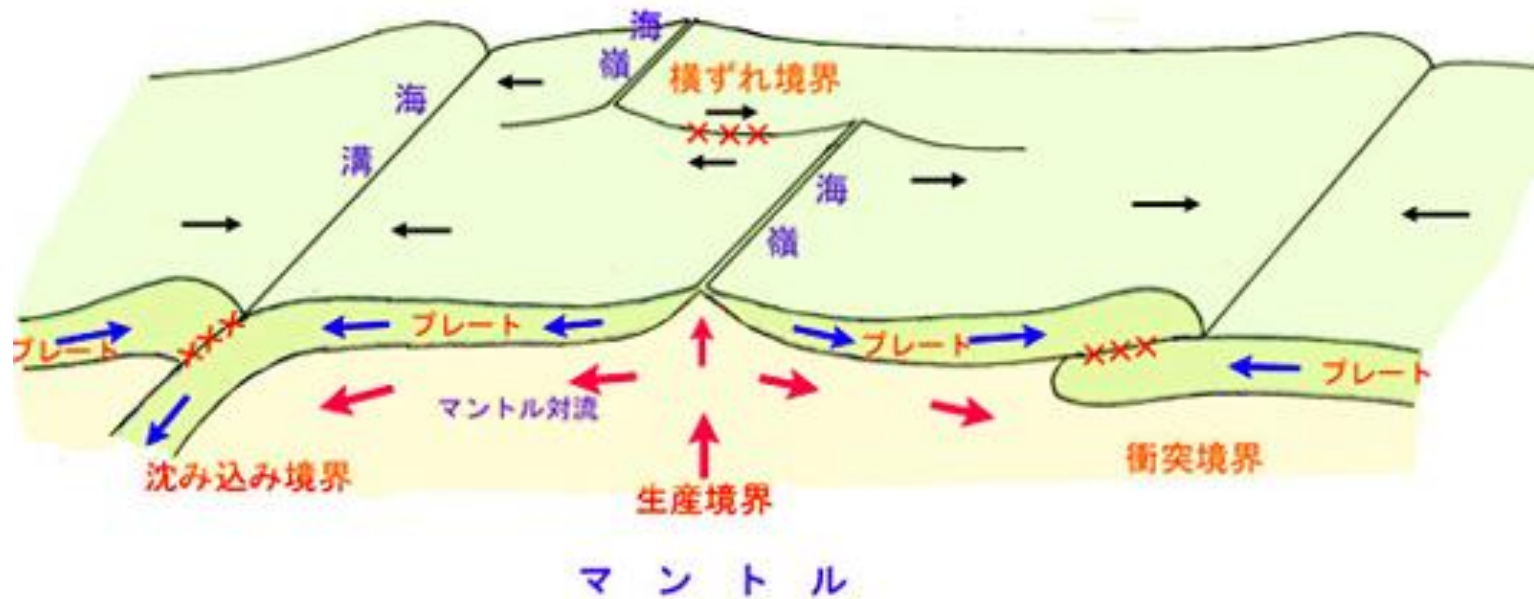
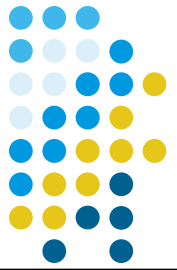


注) 1991～2001年、マグニチュード5以上、100kmより浅い地震。
資料：アメリカ地質調査所の震源データをもとに気象庁において作成

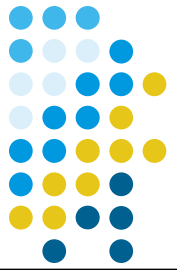
地球の内部構造



プレート境界の種類と地震活動

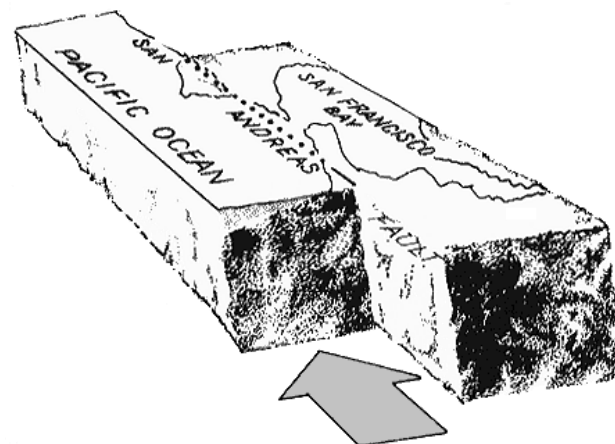
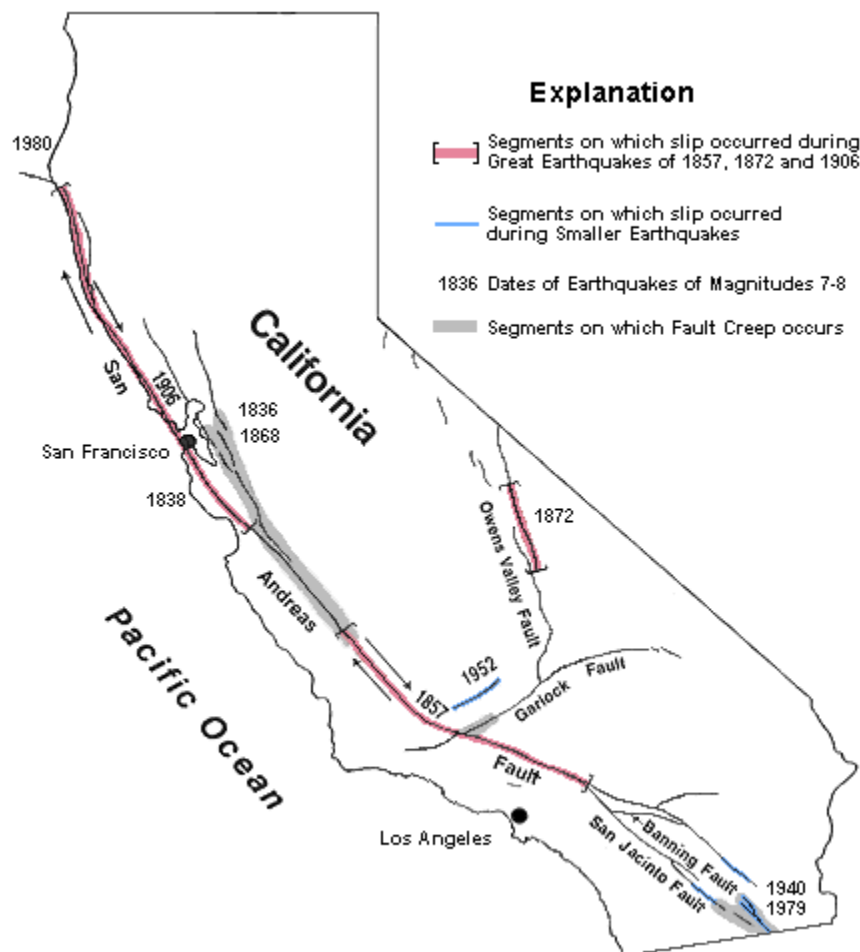


主要なプレートの位置





サンアンドレアス断層



「The Global Seismic Hazard Assessment Program」





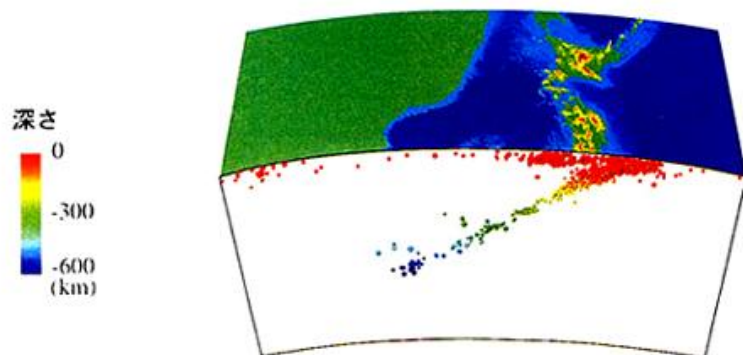
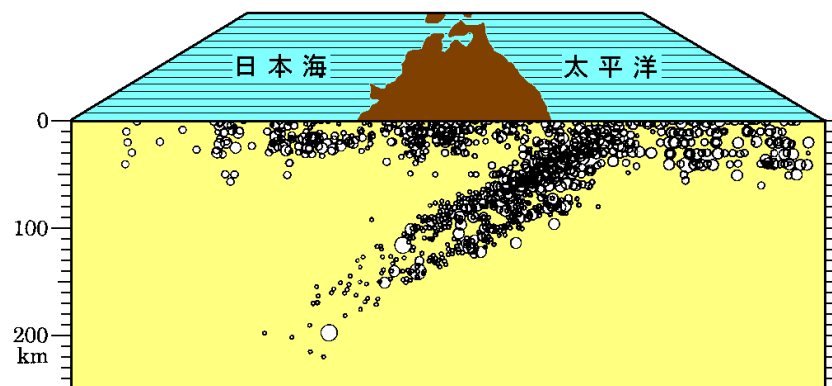
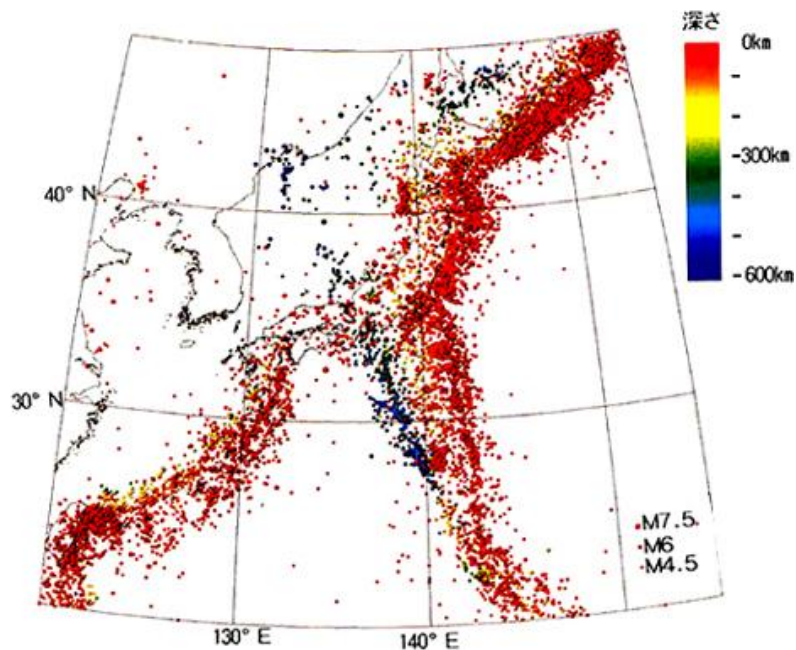
最近の世界の被害地震

発生日	地域	地震名	M	被害概要
1985/9/19	メキシコ	ミチョアカン地震	8.1	死者 9,500人
1989/10/17	アメリカ合衆国	ロマプリータ地震	7.1	死者 62人
1990/7/16	フィリピン	フィリピン地震	7.8	死者 2,430人
1994/1/17	アメリカ合衆国	ノースリッジ地震	6.7	死者 57人
1999/9/21	台湾	集集地震	7.7	死者 2,413人
2001/1/26	インド	インド西部地震	8.0	死者 20,023人
2003/12/26	イラン	南東部バム地震	6.8	死者 43,200人
2004/12/26	インドネシア	スマトラ沖地震	8.8	死者 283,100人以上
2008/5/12	中国	四川大地震	7.9	死者 69,185人
2010/2/27	チリ	チリ地震	8.8	死者 802人※1
2010/4/14	中国青海省	青海地震	6.9	死者 2,183人※2

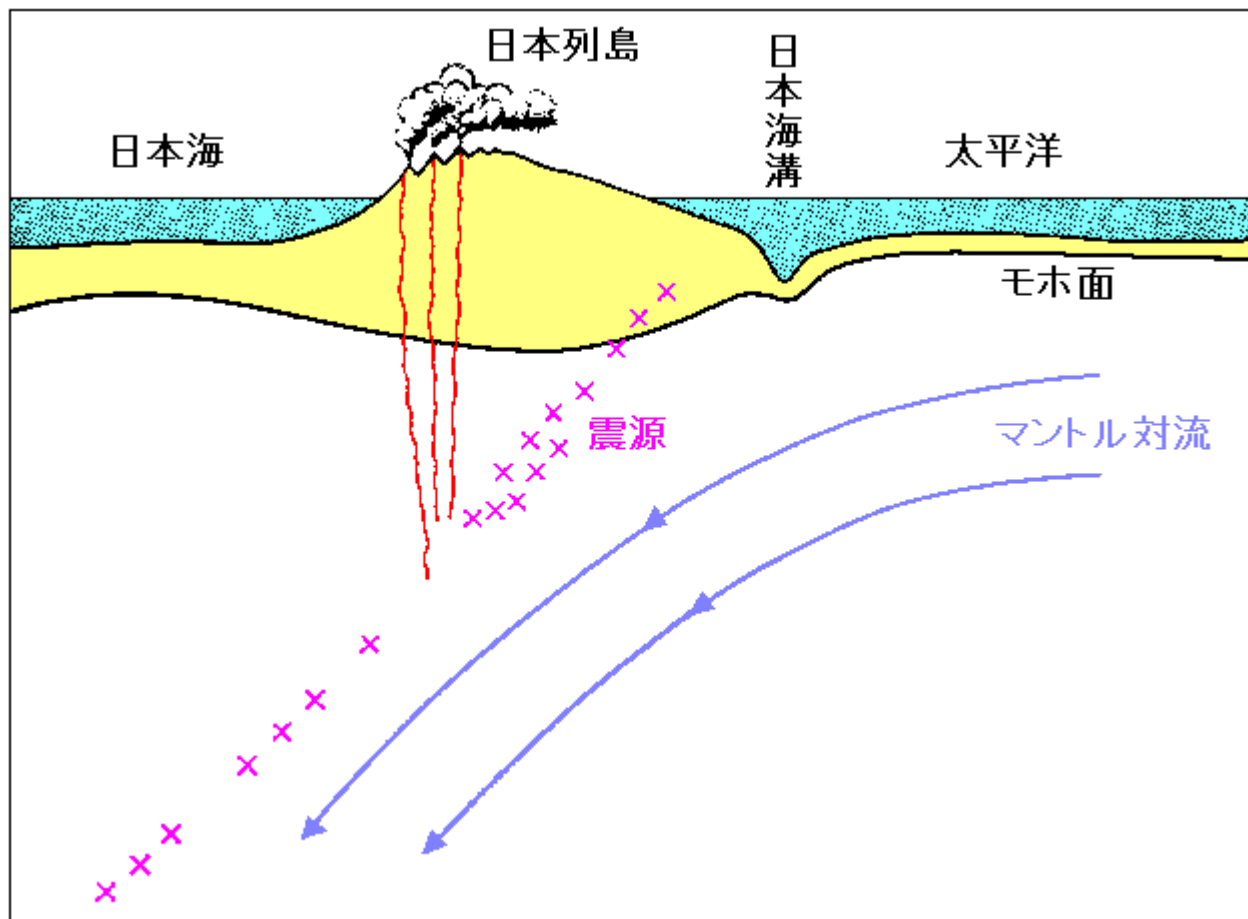
※1 2010年3月4日時点

※2 2010年4月21日時点

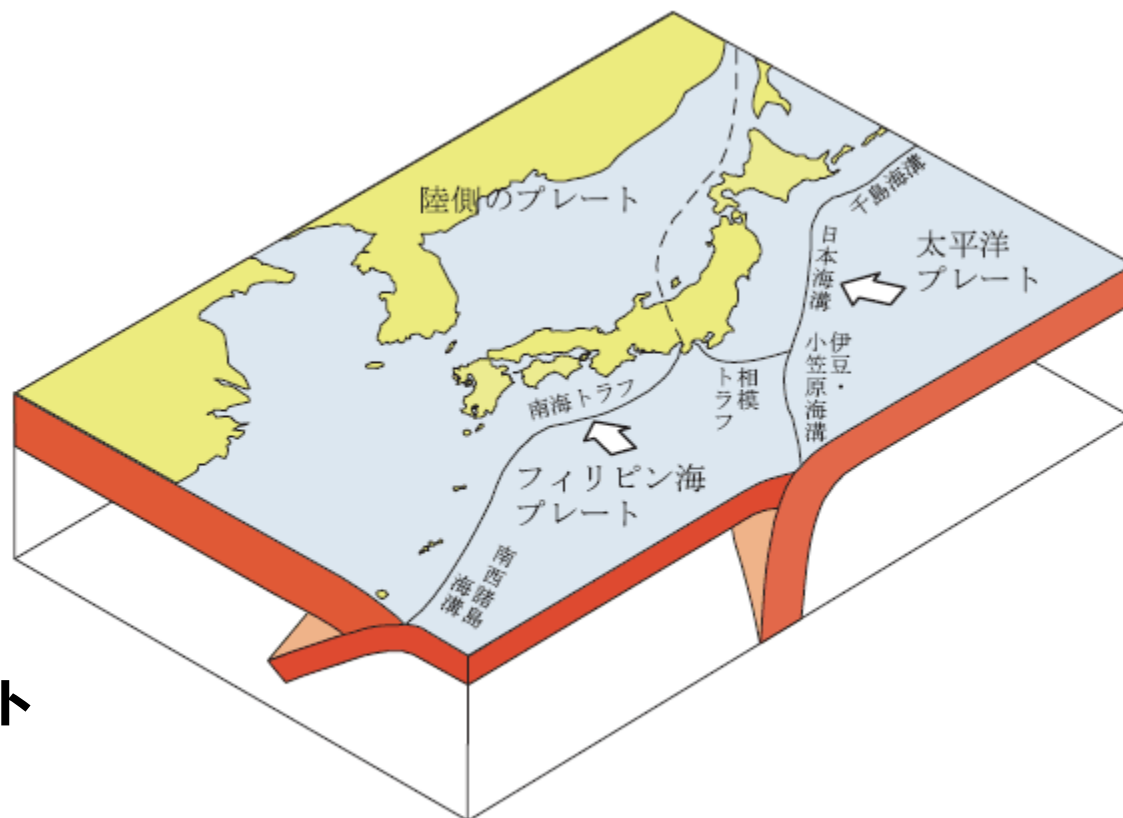
日本列島とその周辺の地震活動



日本列島の代表的構造断面



日本周辺のプレート



4つのプレート

- フィリピン海プレート
- 太平洋プレート
- ユーラシアプレート
- 北米プレート

注) 図中の矢印は、陸側のプレートに対する各プレートの相対運動を示す。
日本海東縁部(図中の点線)に沿って、プレート境界があるとする説が出されている。
資料: 地震調査研究推進本部地震調査委員会編
「日本の地震活動ー被害地震から見た地域別の特徴ー〈追補版〉」



日本周辺で発生する地震のタイプ

陸側のプレート内地震海溝
(陸域・沿岸域の地殻内地震)

海溝・トラフ

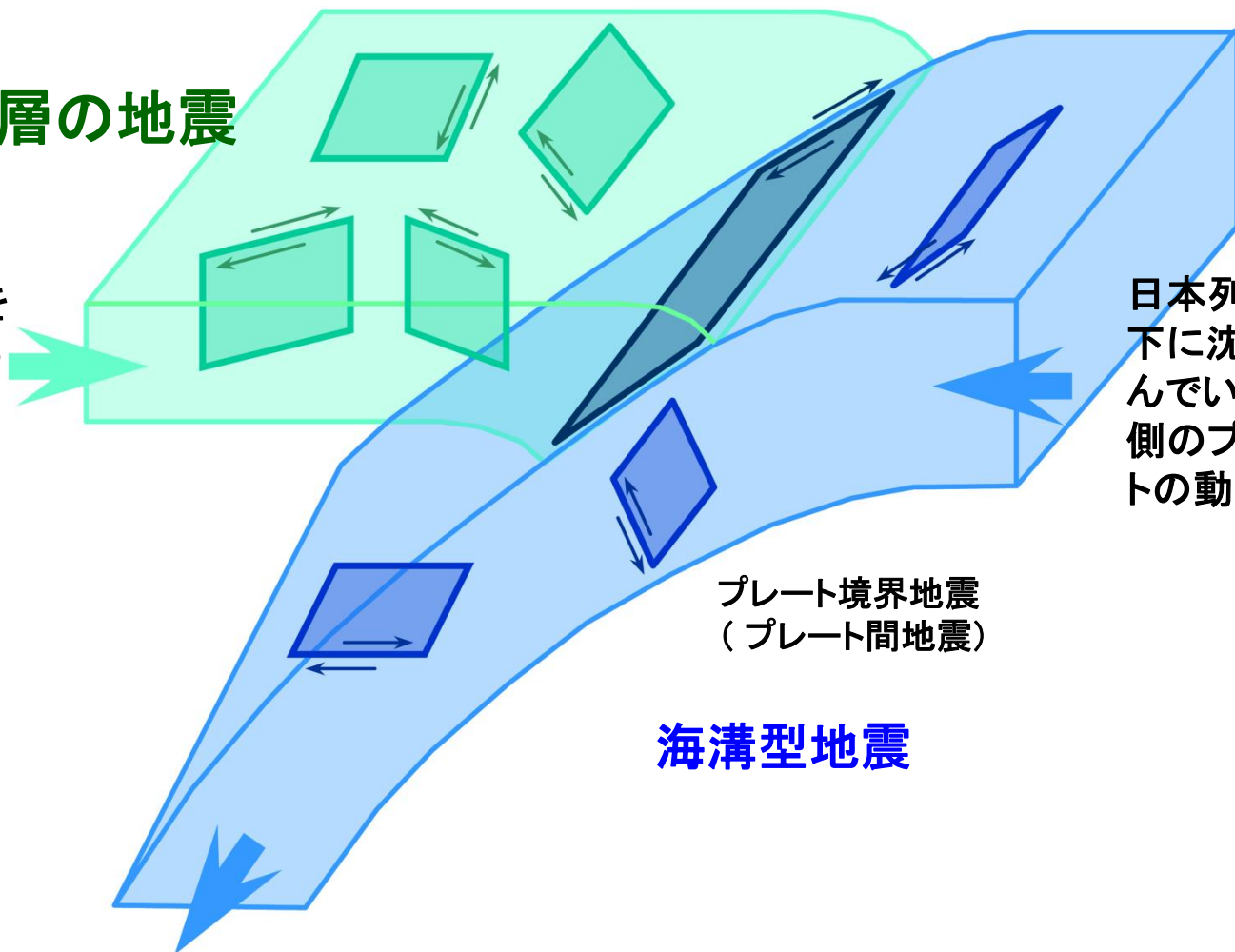
活断層の地震

日本列島を
載せている
陸側のプ
レートの動
き

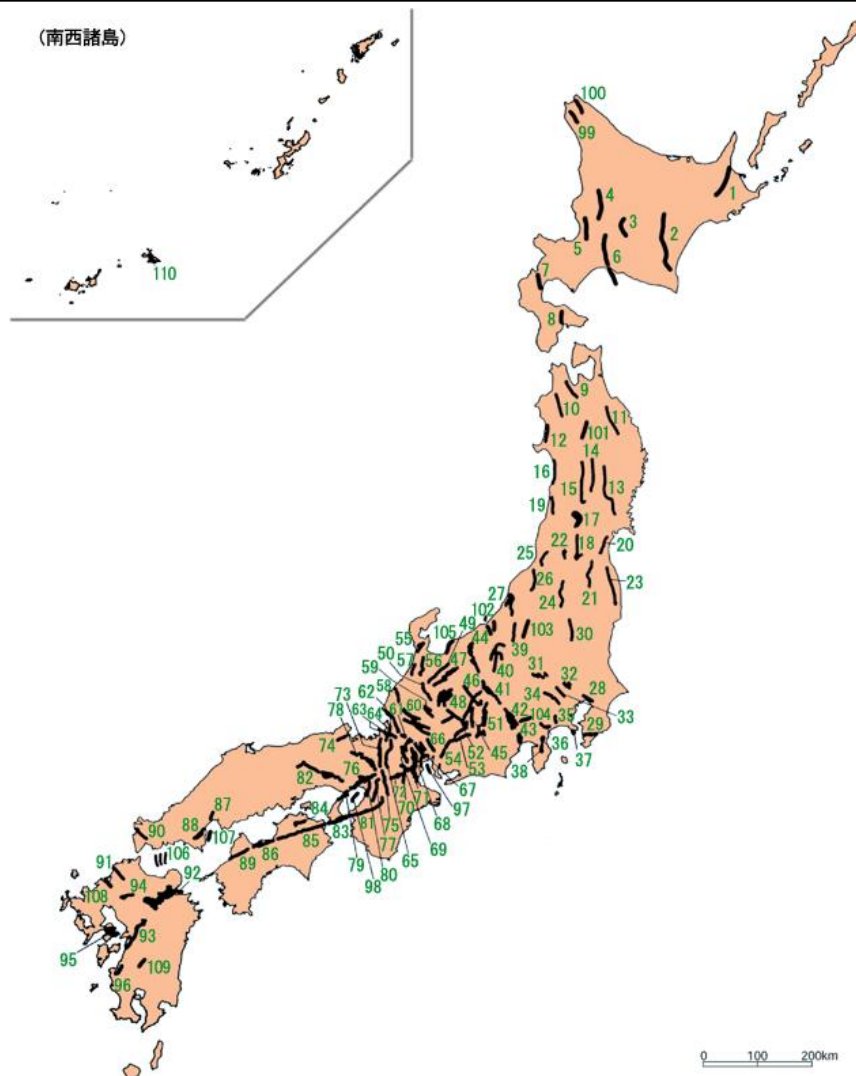
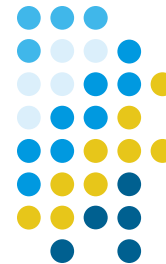
日本列島の
下に沈み込
んでいく海
側のプレ
ートの動
き

プレート境界地震
(プレート間地震)

海溝型地震



日本の活断層





日本周辺の地震

● プレート境界付近で発生する地震ー（≡海溝型地震）

□ プレートの沈み込みによるプレート間の地震

- ✓ 海域プレートの沈み込みに伴い、陸域のプレートが引きずり込まれ、それが限界に達したときに陸側のプレートが跳ね上がることによって起こる地震。プレート境界地震。
- ✓ 最大でM8クラスの地震を引き起こす。
- ✓ 関東地震(1923, M8.1)、東海地震(M8.0)、東南海地震(M8.1)、南海地震(M8.4)など広域に被害をもたらすものが多い。
- ✓ 津波を引き起こす可能性が高い。

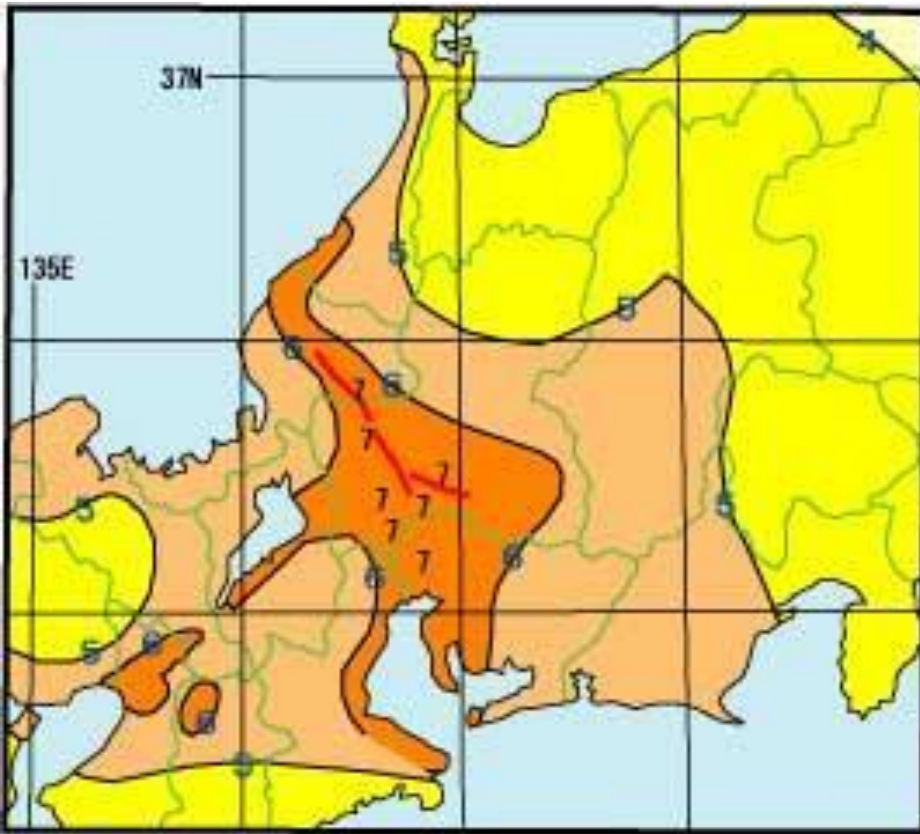
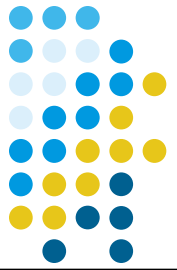
□ 沈み込むプレート内の地震

- ✓ 沈み込んでいくプレートの内部で破壊が発生した場合に起こる地震。プレート内地震。
- ✓ 浅い位置で発生した場合、津波を引き起す。
- ✓ 三陸地震(1933, M8.1)、北海道東方沖地震(1994, M8.1) など

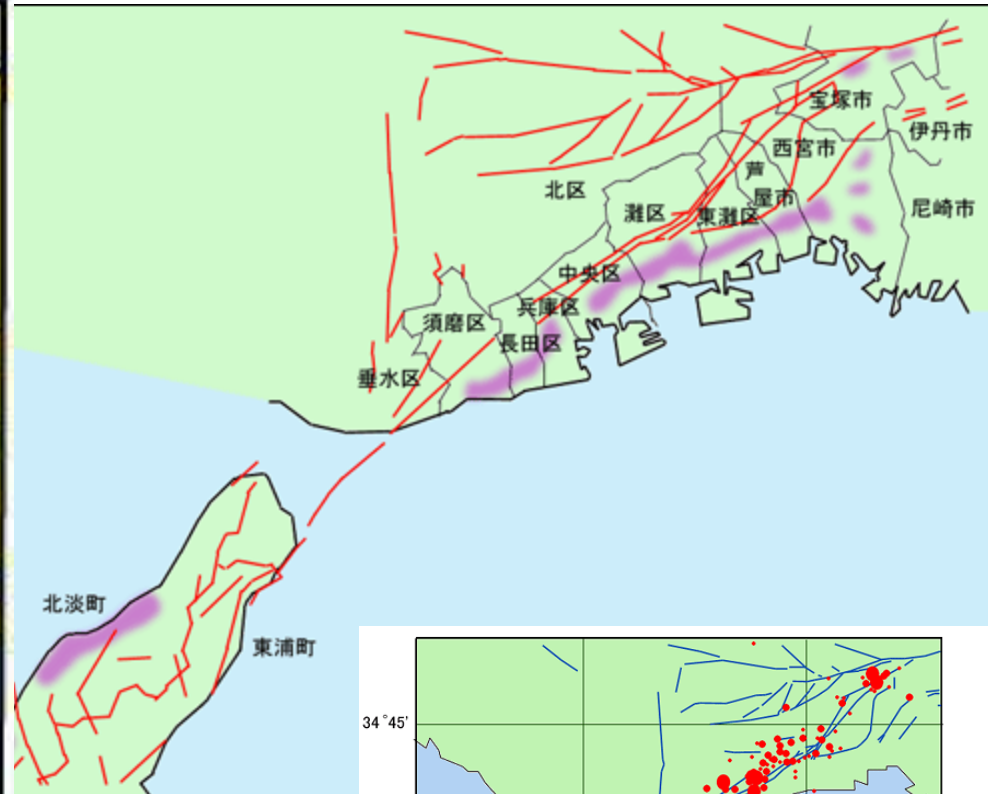
● 陸域の浅い地震ー（＝内陸型地震）

- ✓ 日本列島の地下は、一般に東西ないし北西－南東方向の強い圧縮力を受けており、この力に耐えられなくなったプレートが破壊することで起こる地震。プレート内地震。
- ✓ M7クラスの地震を引き起こす。
- ✓ 内陸直下型地震とも呼ばれる。
- ✓ 兵庫県南部地震(1995, M7.3)、新潟中越地震(2004, M6.8)、新潟中越沖地震(2007, M6.8)など比較的狭いエリアに甚大な被害が集中する。

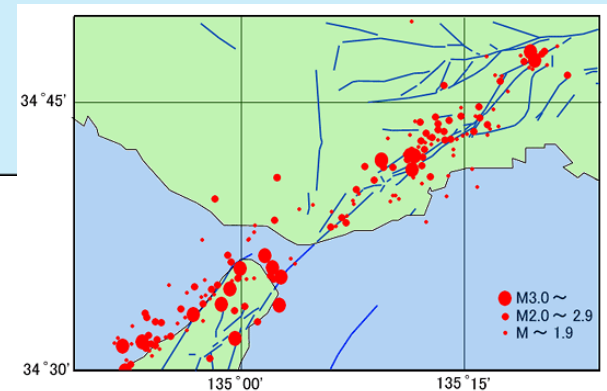
濃尾地震と兵庫県南部地震 (断層タイプ)



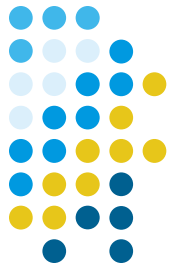
岐阜大学教育学部地学科HPより



神戸市教育委員会HPより



濃尾地震と兵庫県南部地震の 被害比較表



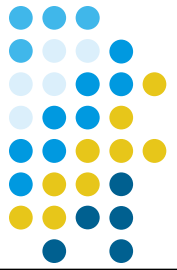
地震名	濃尾地震	兵庫県南部地震
発生年月日	1891年10月28日	1995年1月17日
発生時刻	午前6時38分	午前5時46分
震央	岐阜県本巣郡根尾村	兵庫県淡路島
マグニチュード	8.0	7.2
被害数の出典	おもに理科年表による	消防庁 (2000年12月)
死者	7, 273 名	6, 432 名
行方不明者	—	3 名
負傷者	17,175 名	43,792 名
全壊家屋	142,177 棟	104,906 棟
半壊家屋	80 324 棟	144 274 棟

尾根谷断層 濃尾地震1891年(明治24年) マグニチュード8.0の震源断層



濃尾地震により地表に現れた断層—根尾断層崖—
(長崎大学附属図書館所蔵):内閣府 広報防災より

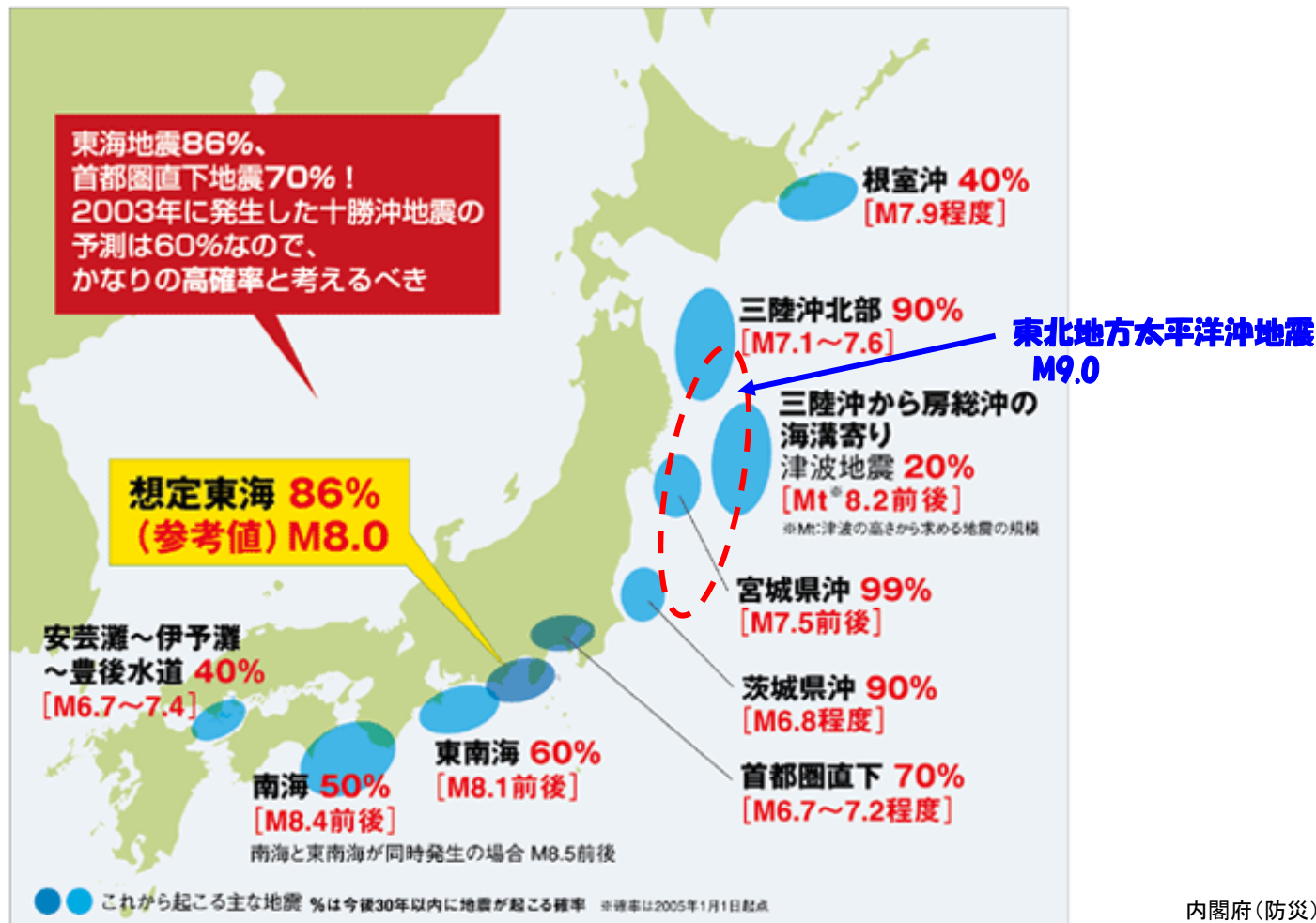
尾根谷断層の今のすがた



近い将来に起こる可能性の 高い主な地震

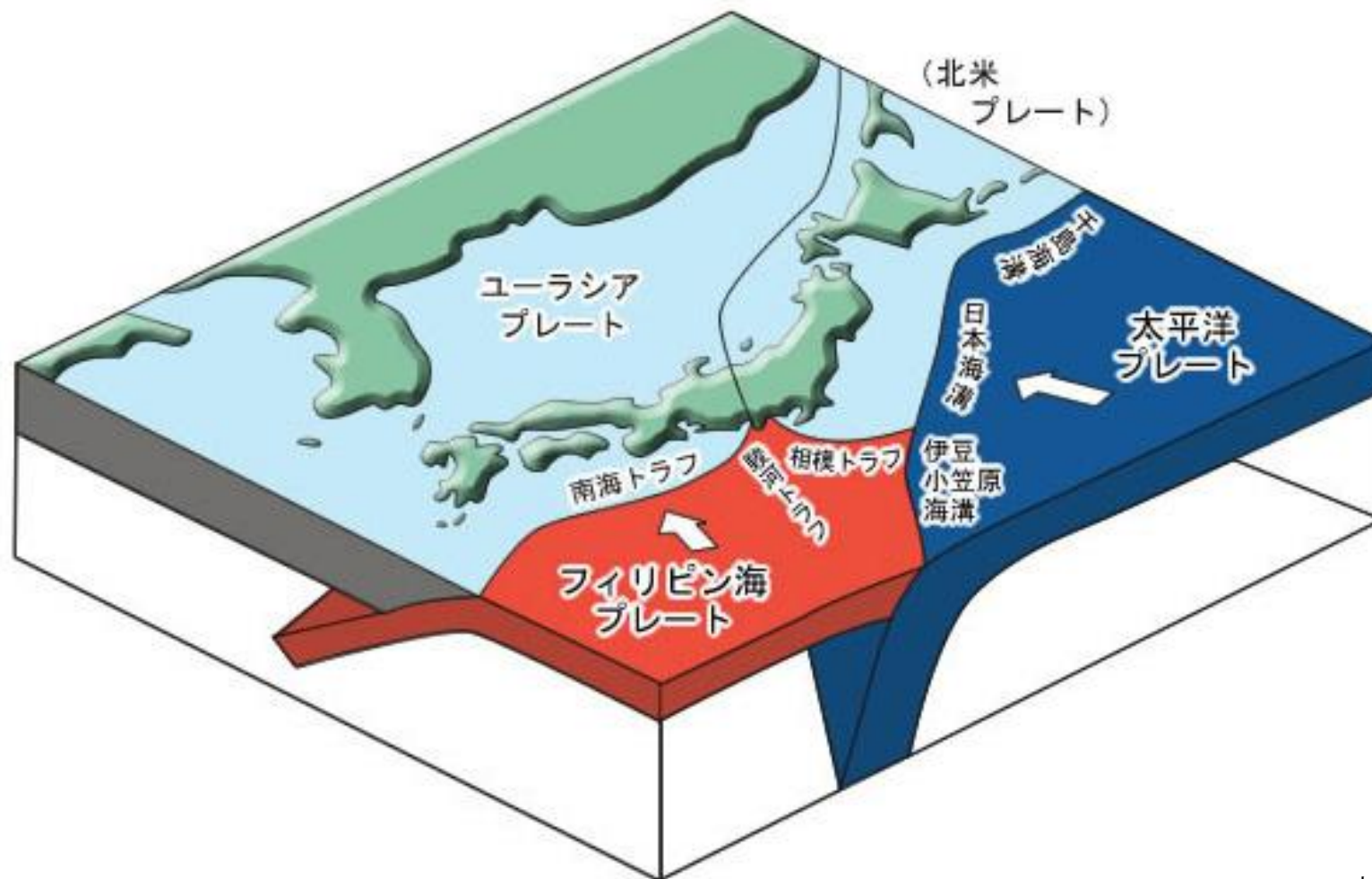


<発生確率は今後30年以内に地震が起こる確率など>

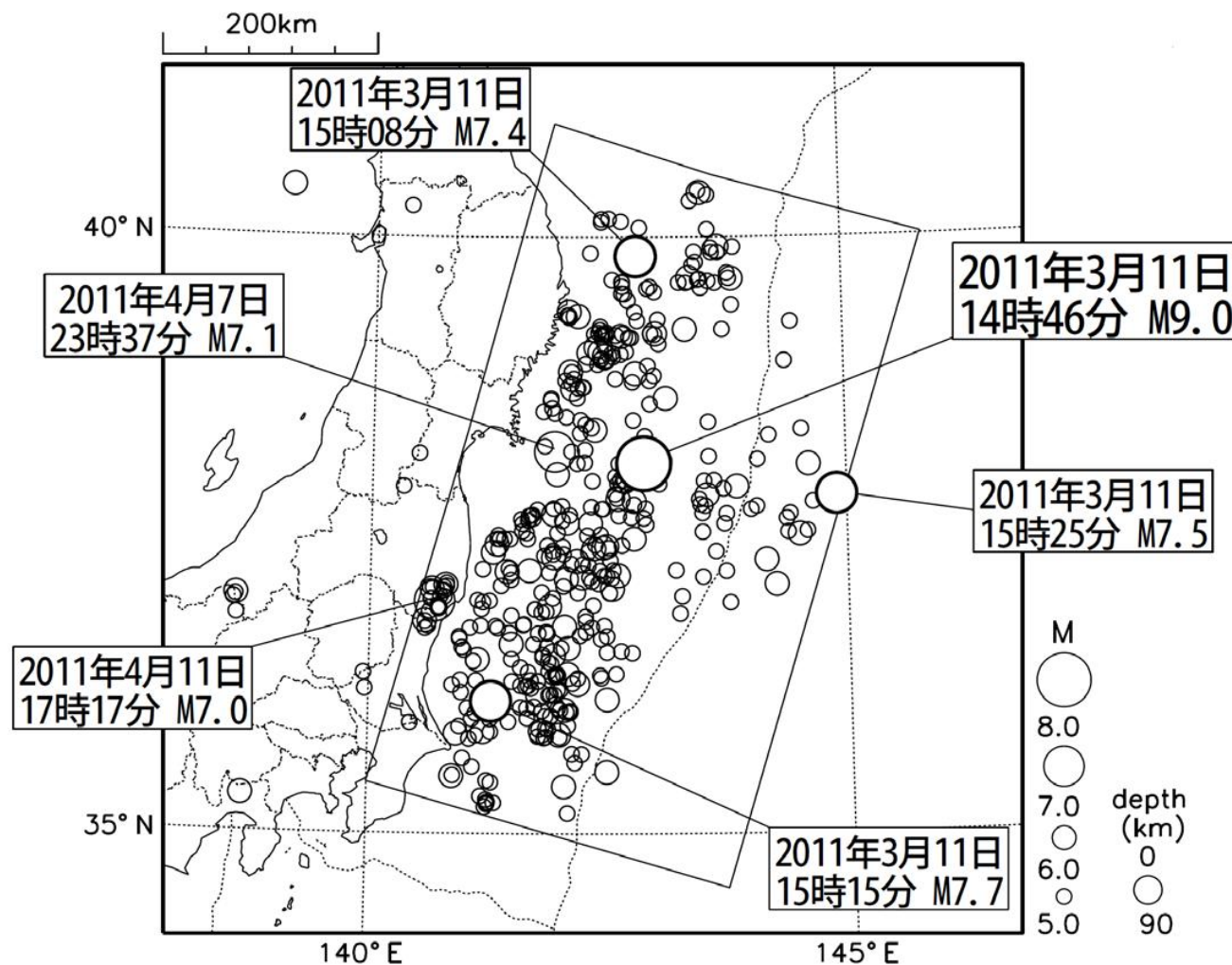




日本周辺の地震プレート

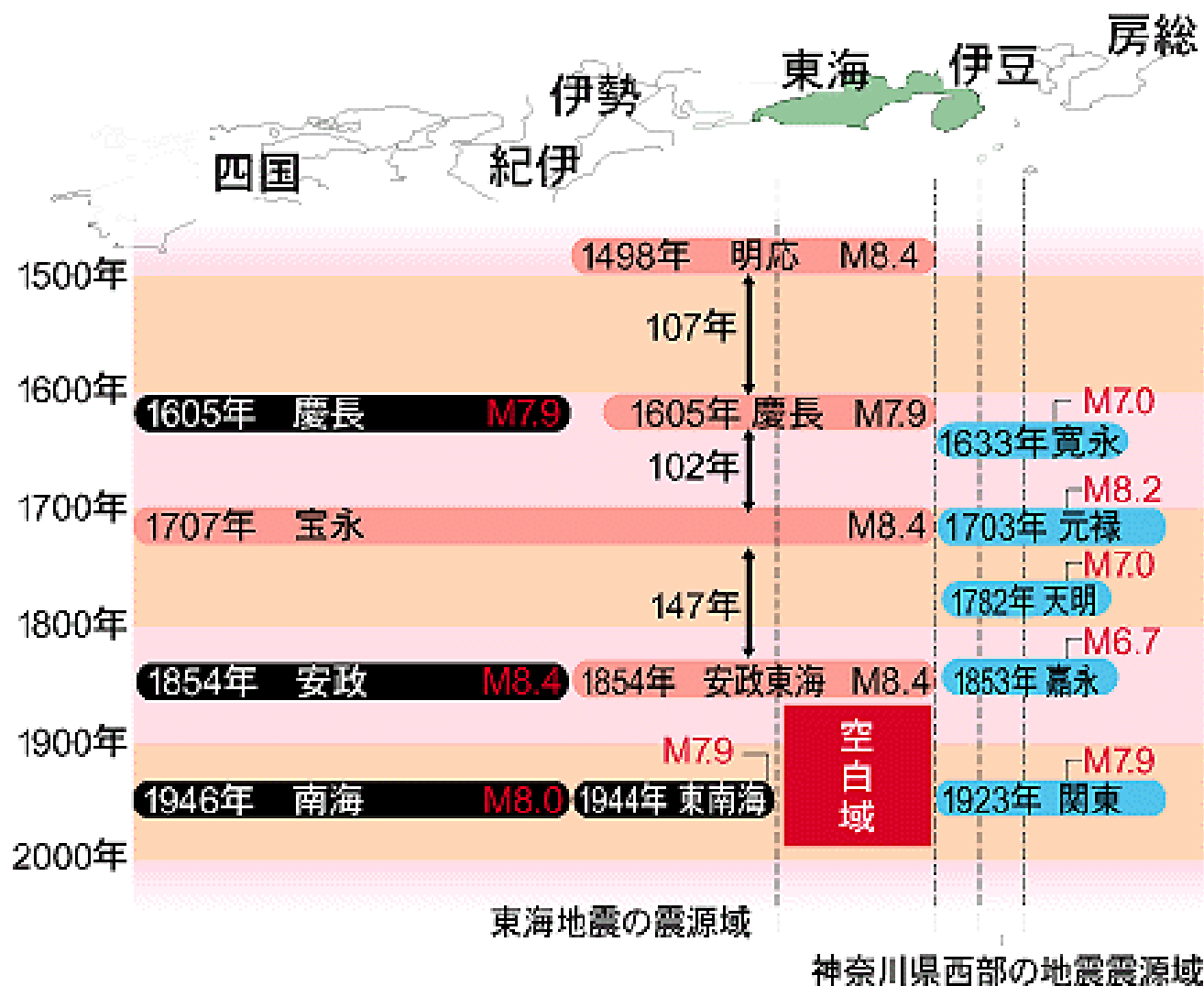


東北地方太平洋沖地震の震源

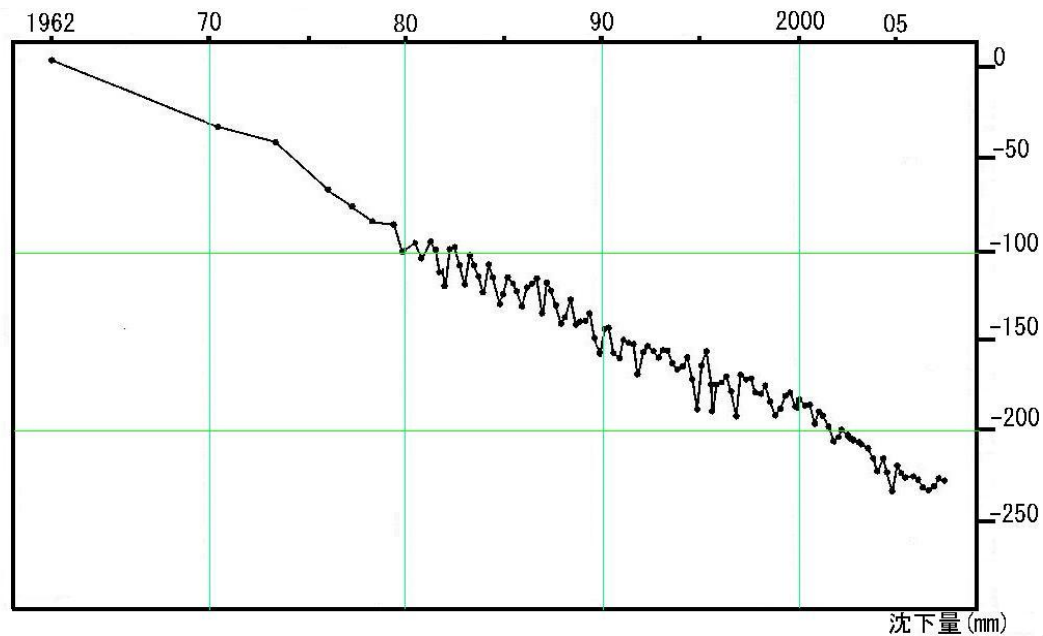




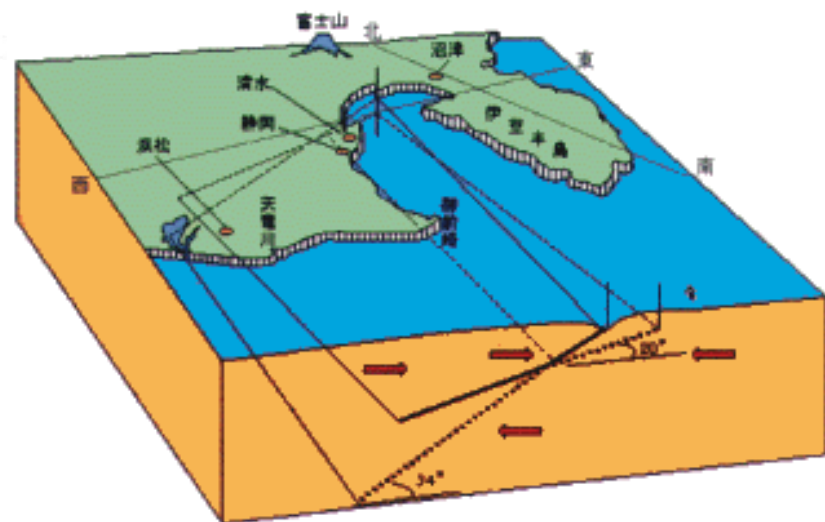
日本の地震リスク(東海地震)



御前崎の沈下

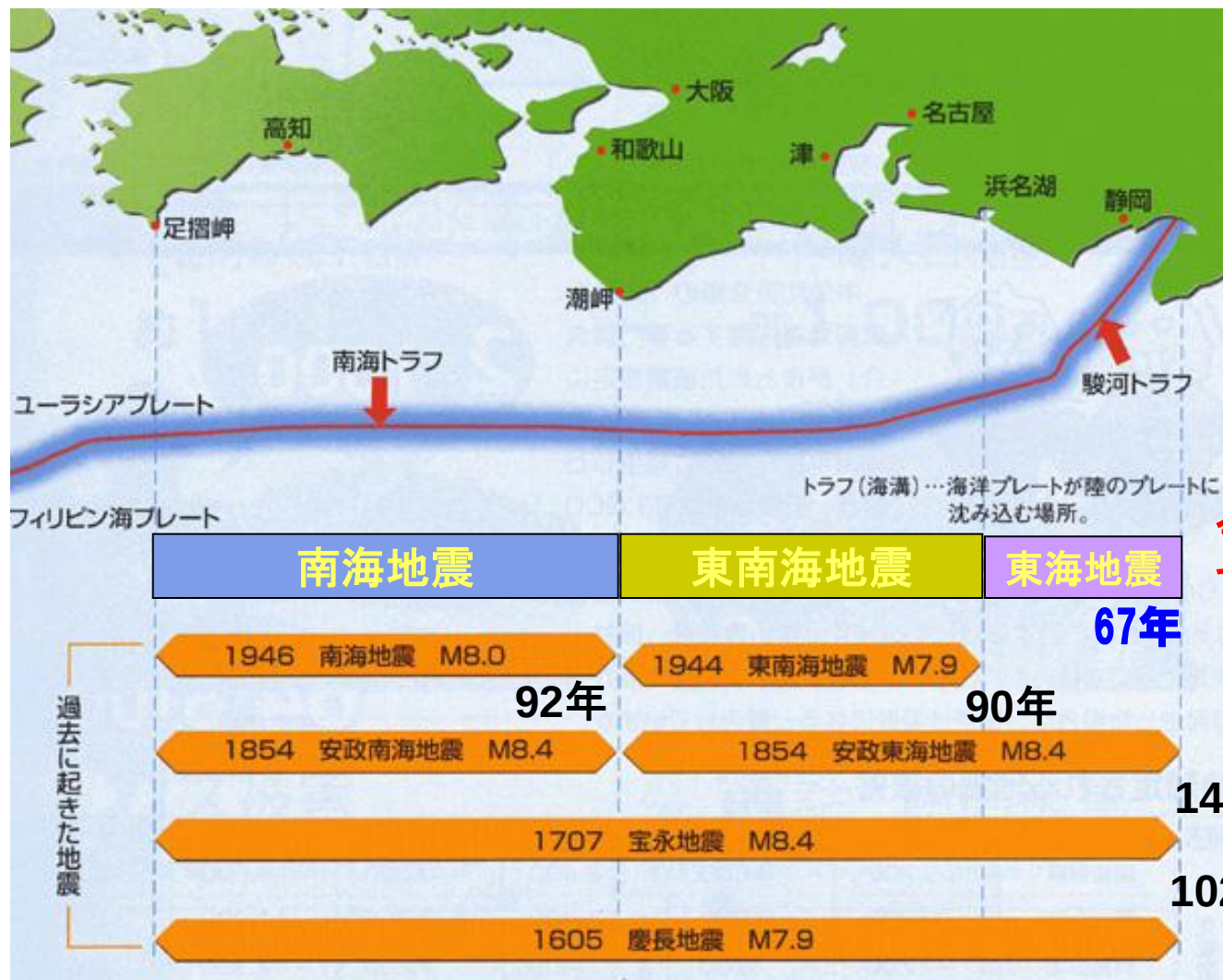


沈下量 (mm)



静岡県地震防災センターHPより

南海・東南海地震の発生

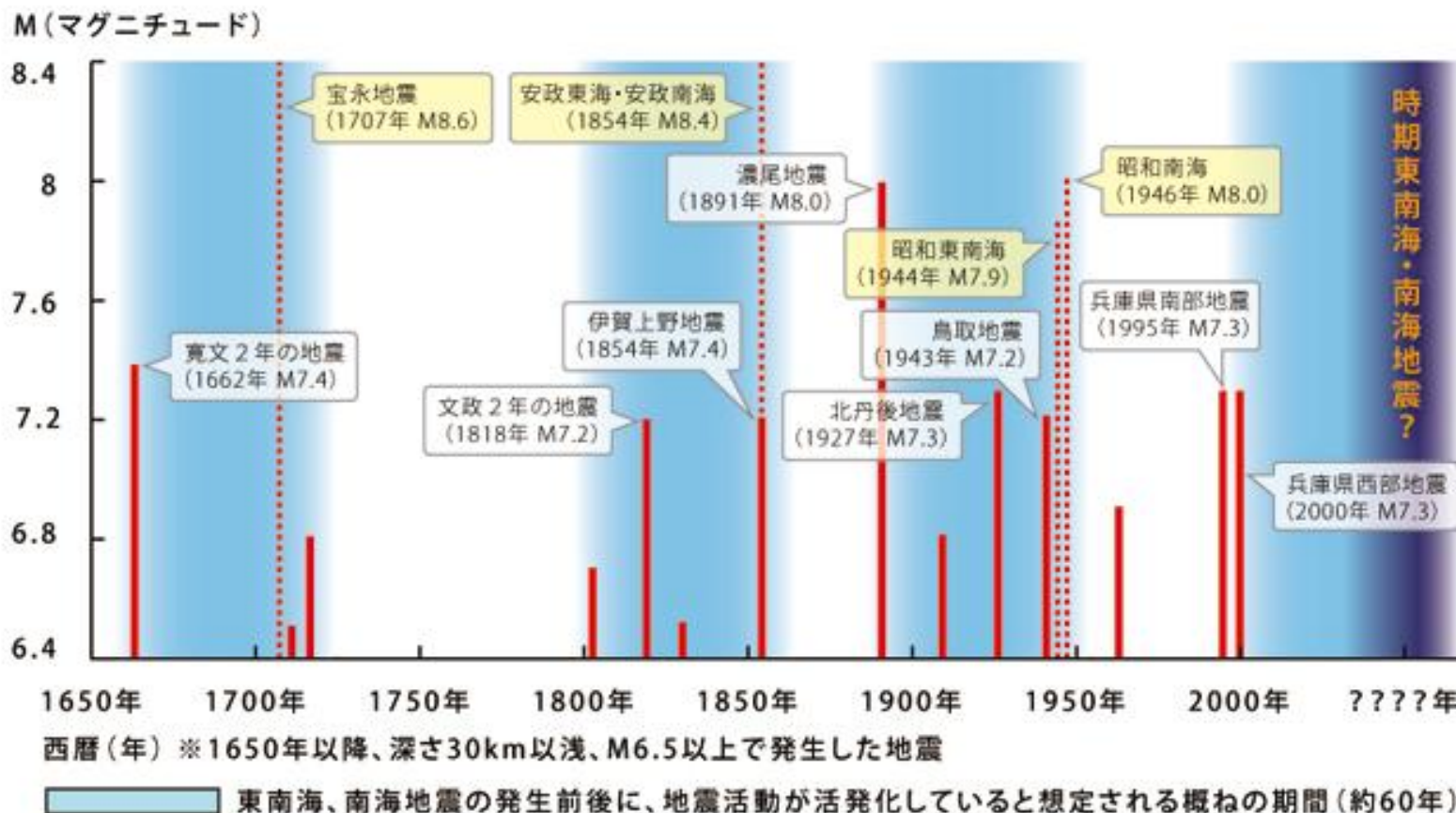


今後30～40年で発生？



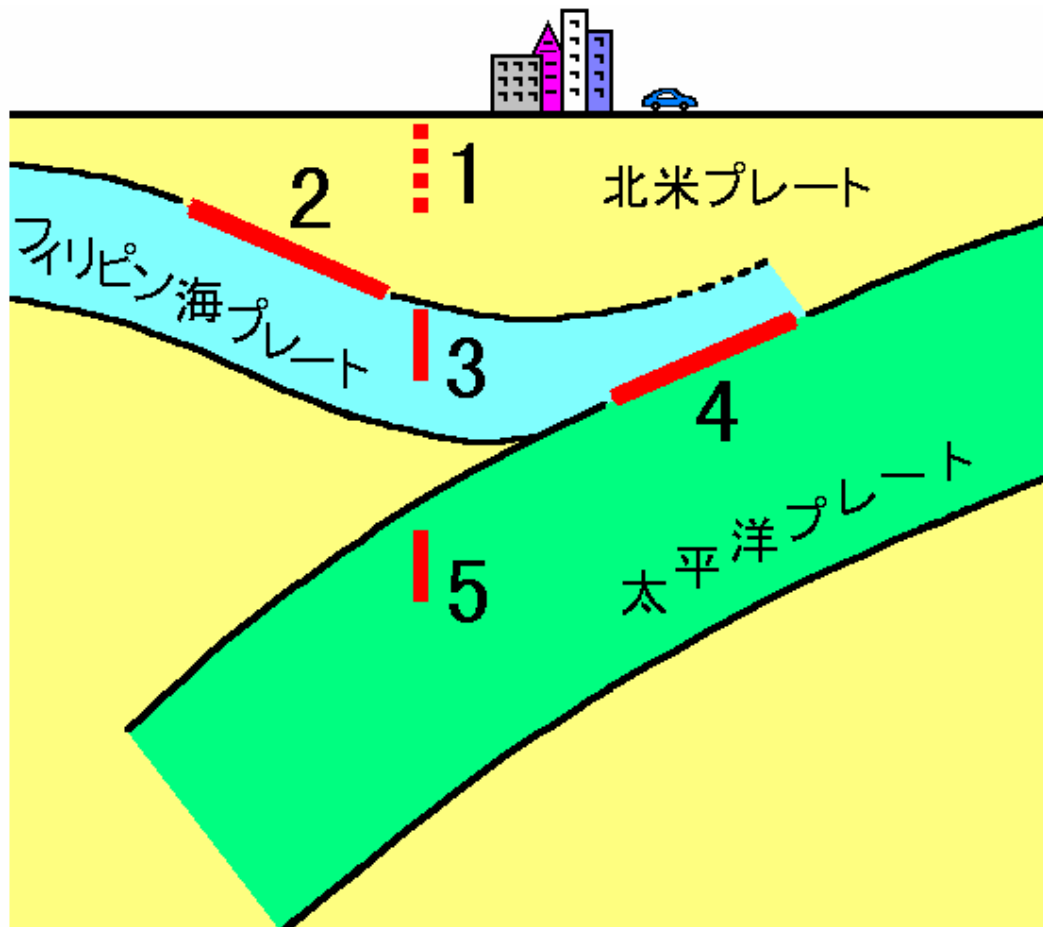
近畿圏の地震の活発化

西日本では、東南海、南海地震の前後に地震活動が活発化する傾向が見られる





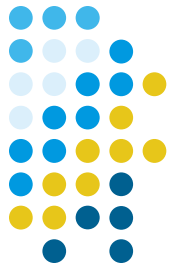
首都圏直下型地震の発生



東京近郊の活断層



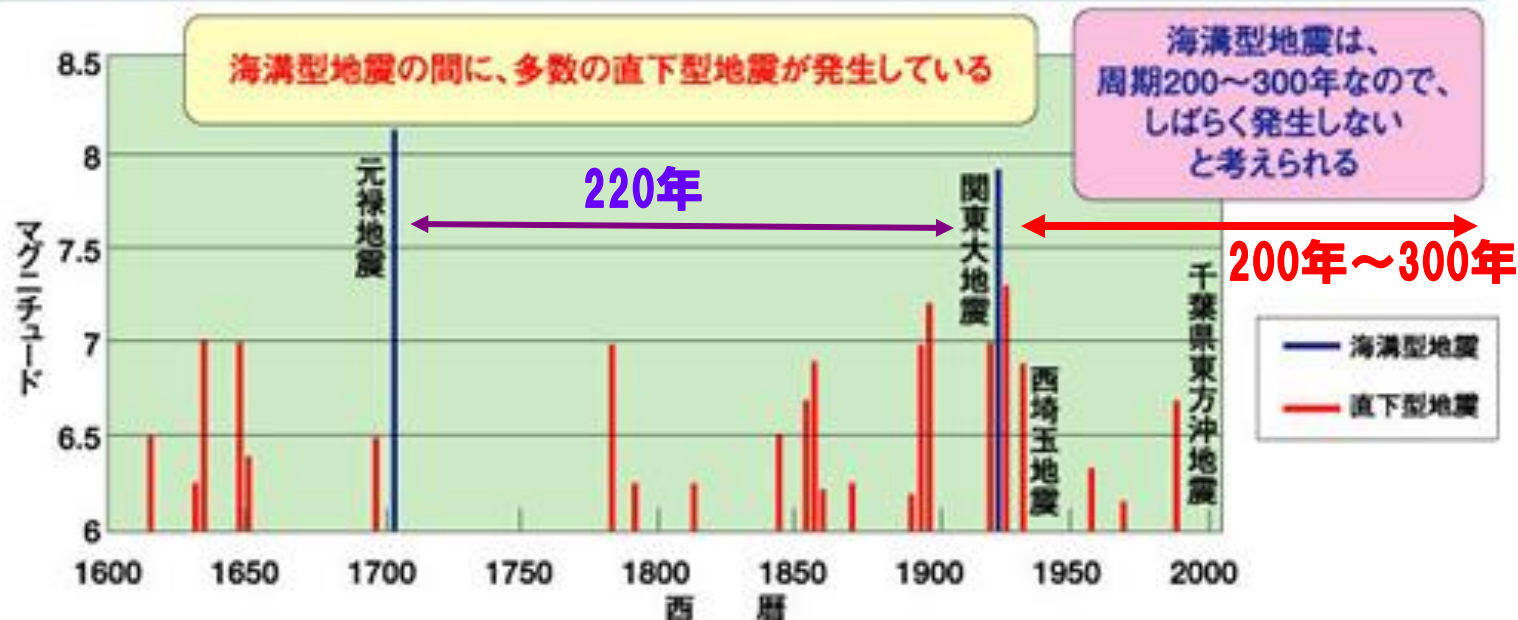
18世紀以降の 南関東地域の大地震





南関東域での直下地震の切迫

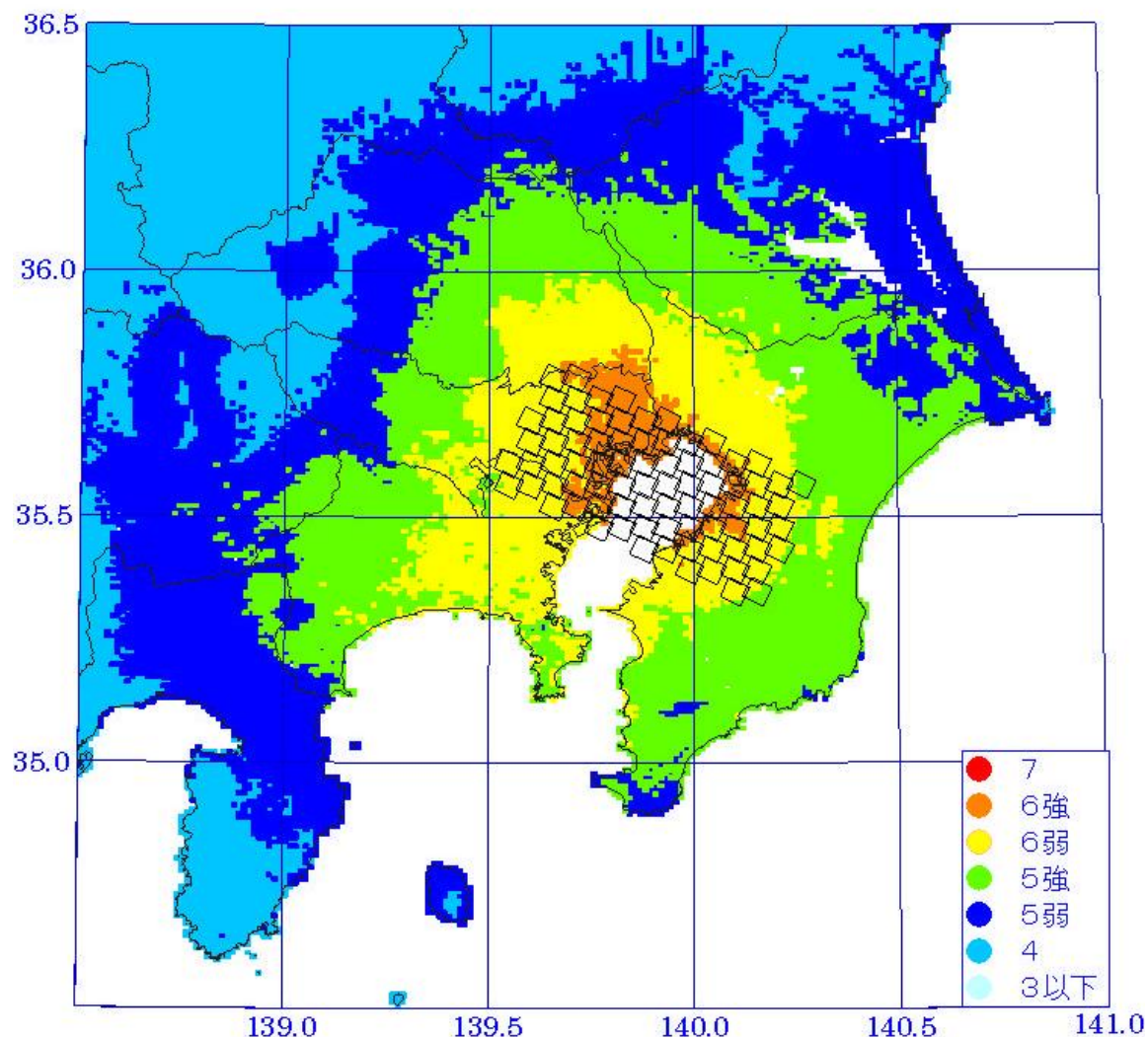
南関東地域では、200～300年間隔で発生する「関東大地震」のようなM8クラスの海溝型地震の間に、M7クラスの直下型地震である「首都直下地震」が数回発生してきた。南関東地域は、人口が集積し、政治・行政・経済の中核であるため、特別な対応を検討する必要がある。



海溝型 関東地震タイプ地震



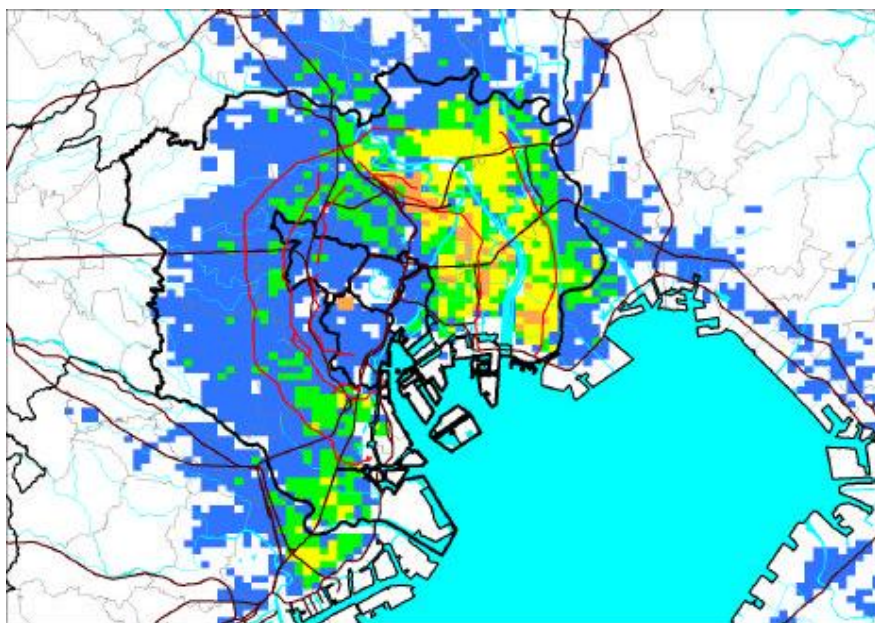
東京湾北部地震(M7.3) の震度分布



全壊棟数分布と焼失棟数分布

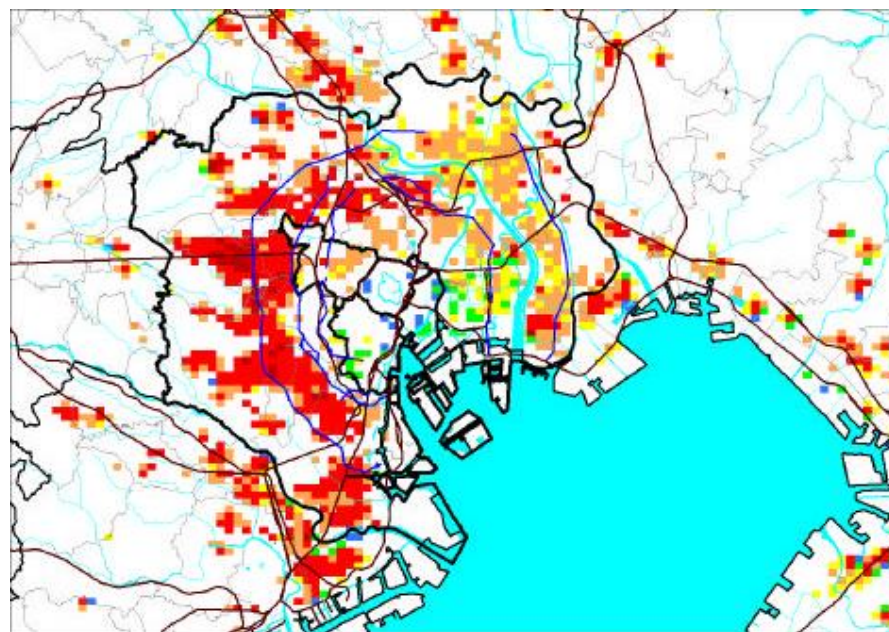


揺れによる全壊棟数の分布(都心部)



- ・都県域を超えた広域的な被害
- ・荒川沿いの全壊が顕著

焼失棟数の分布(都心部)
＜冬18時、風速15mケース＞



- ・木造密集市街地(環6、環7沿い)の焼失が顕著
- ・都心部では不燃化が進展



地震の用語

地震の規模を表す用語

- マグニチュード
- 地震モーメント

揺れの程度を表す用語

- 震度階級
- 計測震度

マグニチュード



- 地震の大きさの尺度

- 揺れの大きさを表すものではない！つまり震度とは違う
- Mが1大きくなるとエネルギーは32倍、2大きくなるとエネルギーは1000倍になる

- リヒターのローカルマグニチュード M_L

- 震央距離 $\Delta=100\text{km}$ の地点に置かれたWood-Anderson型地震計 ($T=0.08\text{s}$, $h=0.08$, $\text{scale}=2800$) の最大振幅A(ミクロン単位)を常用対数で表したもの

$$M_L = \log A - b \log \Delta + c$$

- 気象庁マグニチュード M_J

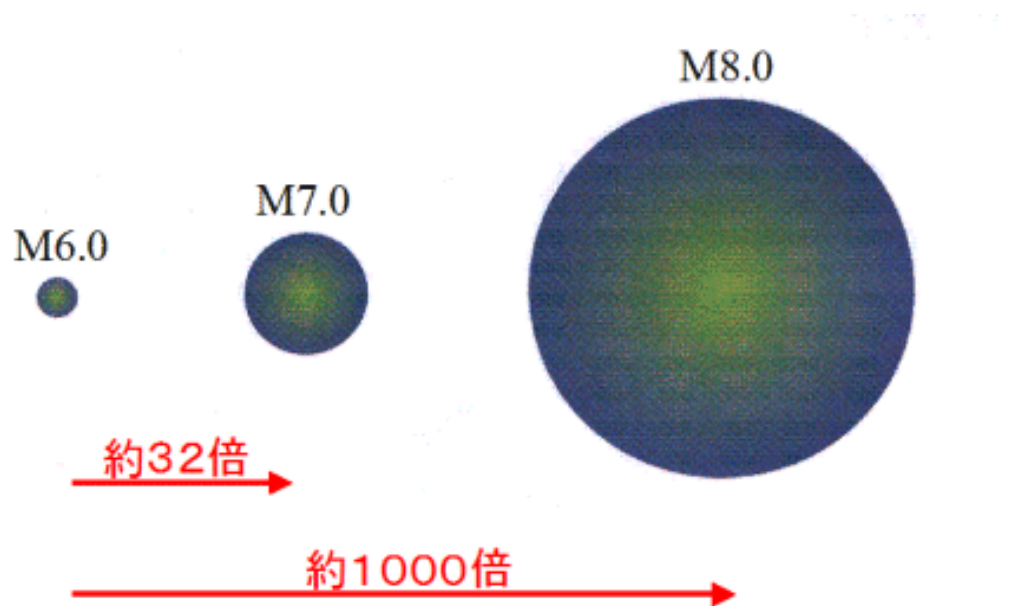
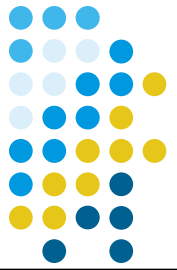
- 日本独自のマグニチュード算出方法
- 変位によるマグニチュード(変位で決まらない場合は、速度振幅によるマグニチュード)

- モーメントマグニチュード M_w

- 断層の規模を表す地震モーメントと連続性のあるマグニチュード
- 世界で一般的

マグニチュードには様々な種類があることに注意

マグニチュードによるエネルギー

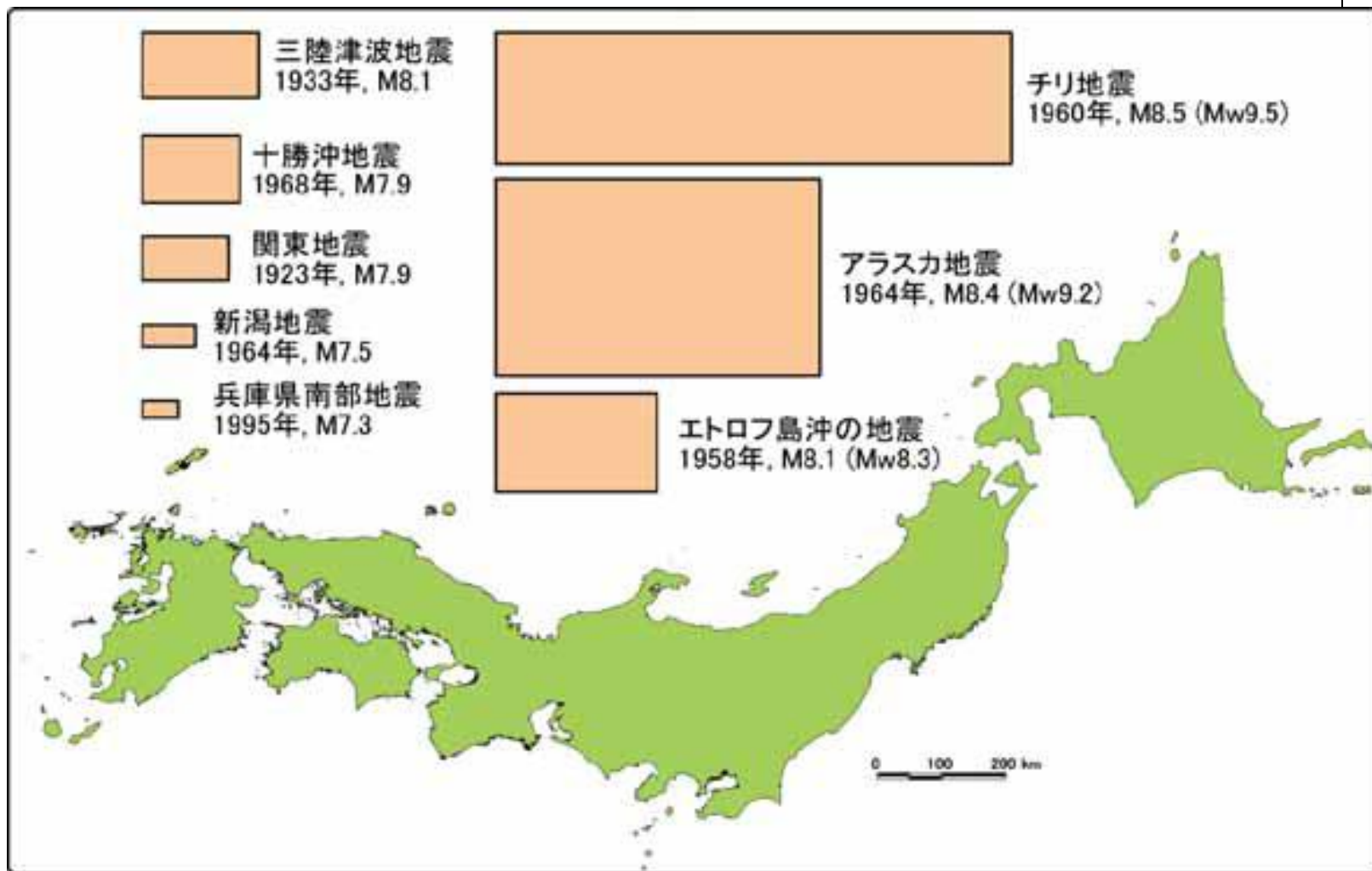


- ・地震のエネルギーの大きさを表すのがマグニチュードである。
- ・マグニチュードが
1 増えれば
地震波のエネルギーは約30倍、

2 増えると
約1000倍になる。



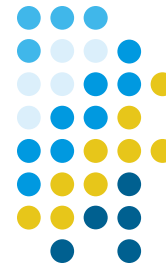
マグニチュードによるエネルギー



震度



- 気象庁震度階
 - 計測震度(1996年4月以降)による
 - 震度1～7の10階級(震度5, 6は強・弱の2段階)
 - 地震動波形(加速度波形)から機械的に数値計算で算出される震度
 - 以前は、周辺の地震被害や体感から気象庁職員が決定
- 修正メルカリ震度階(MMI)
 - 世界的に良く用いられる震度階級
 - 震度1～12の12階級



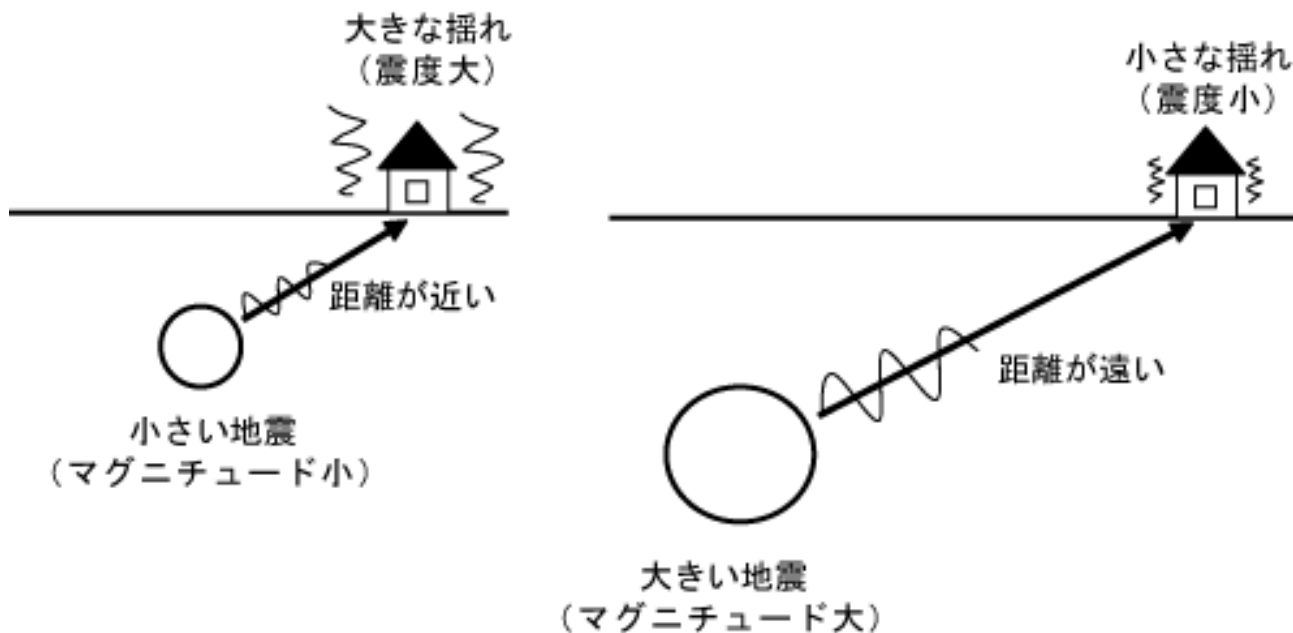
気象庁震度階級

震度階級	人間	屋内の状況	屋外の状況	木造建物	鉄筋 コンクリート 造建物	ライフライン	地盤・斜面
5弱	多くの人が、身の安全を図ろうとする。一部の人は、行動に支障を感じる。	つり下げ物は激しく揺れ、棚にある食器類、書棚の本が落ちることがある。座りの悪い置物の多くが倒れ、家具が移動することがある。	窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱が揺れるのかわかる。補強されていないブロック塀が崩れることがある。道路に被害が生じることがある。	耐震性の低い住宅では、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では、壁などに亀裂が生じるものがある。	安全装置が作動し、ガスが遮断される家庭がある。まれに水道管の被害が発生し、断水することがある。 停電する家庭もある。]	軟弱な地盤で、亀裂が生じることがある。山地で落石、小さな崩壊が生じることがある。
5強	非常な恐怖を感じる。多くの人が、行動に支障を感じる。	棚にある食器類、書棚の本の多くが落ちる。テレビが台から落ちることがある。タンスなど重い家具が倒れることがある。変形によりドアが開かなくなることがある。一部の戸が外れる。	補強されていないブロック塀の多くが崩れる。据え付けが不十分な自動販売機が倒れることがある。多くの墓石が倒れる。自動車の運転が困難となり、停止する車が多い。	耐震性の低い住宅では、壁や柱がかなり破損したり、傾くものがある。	耐震性の低い建物では、壁、梁(はり)、柱などに大きな亀裂が生じるものがある。耐震性の高い建物でも、壁などに亀裂が生じるものがある。	家庭などにガスを供給するための導管、主要な水道管に被害が発生することがある。 [一部の地域でガス、水道の供給が停止することがある。]	
6弱	立っていることが困難になる。	固定していない重い家具の多くが移動、転倒する。開かなくなるドアが多い。	かなりの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものがある。耐震性の高い住宅でも、壁や柱が破損するものがある。	耐震性の低い建物では、壁や柱が破壊するものがある。耐震性の高い建物でも壁、梁(はり)、柱などに大きな亀裂が生じるものがある。	家庭などにガスを供給するための導管、主要な水道管に被害が発生する。 [一部の地域でガス、水道の供給が停止し、停電することもある。]	地割れや山崩れなどが発生することがある。
6強	立っていることができず、はわないと動くことができない。	固定していない重い家具のほとんどが移動、転倒する。戸が外れて飛ぶことがある。	多くの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されていないブロック塀のほとんどが崩れる。	耐震性の低い住宅では、倒壊するものが多い。耐震性の高い住宅でも、壁や柱がかなり破損するものがある。	耐震性の低い建物では、倒壊するものがある。耐震性の高い建物でも、壁、柱が破壊するものがある。	ガスを地域に送るための導管、水道の配水施設に被害が発生することがある。 [一部の地域で停電する。広い地域でガス、水道の供給が停止することがある。]	
7	揺れにほんろうされ、自分の意志で行動できない。	ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある。	ほとんどの建物で、壁のタイルや窓ガラスが破損、落下する。補強されているブロック塀も破損するものがある。	耐震性の高い住宅でも、傾いたり、大きく破壊するものがある。	耐震性の高い建物でも、傾いたり、大きく破壊するものがある。	[広い地域で電気、ガス、水道の供給が停止する。]	

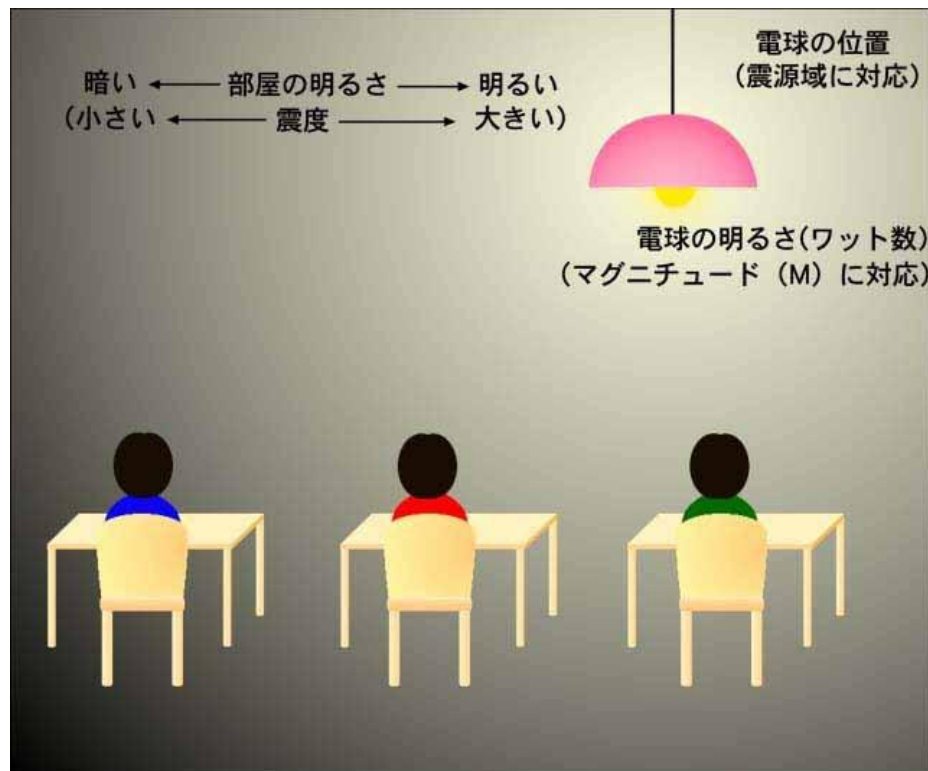


マグニチュードと震度

- ・マグニチュードは、地震のエネルギー（規模）
- ・震度は、地域による揺れの大きさ



マグニチュードと震度の関係



震度はある地点における地震動の強さの程度を表す。

同じマグニチュードの地震でも震源からの距離の違いや地盤の違い等によって震度は異なる。

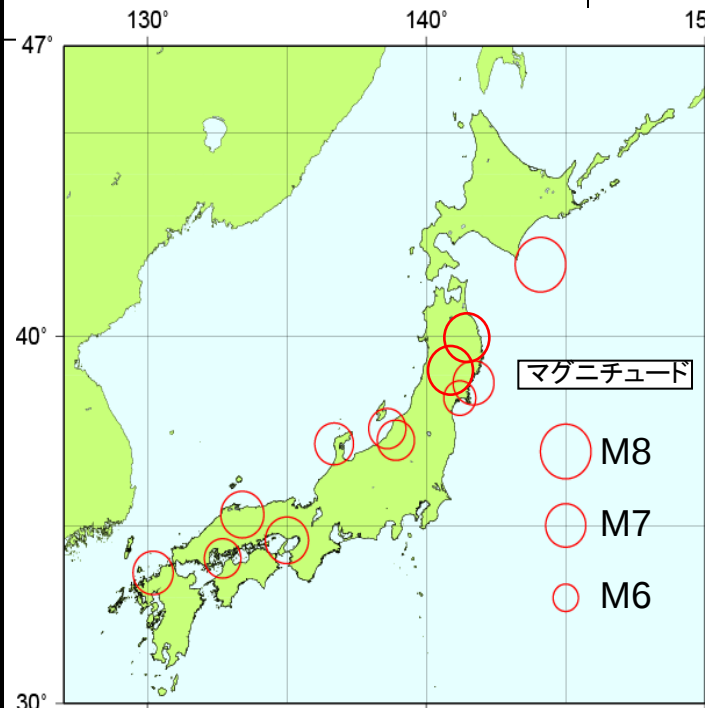
近年の主な被害地震

—阪神・淡路大震災以降
東日本大震災以前—



地震名	発生日	M	最大震度	被害概要
兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災)	1995/1/17	M7.3	7	死傷者 50,225 住家全半壊 249,180
鳥取県西部地震	2000/10/6	M7.3	6強	死傷者 182 住家全半壊 3,536
芸予地震	2001/3/24	M6.7	6弱	死傷者 290 住家全半壊 844
宮城県沖地震	2003/5/26	M7.1	6弱	死傷者 174 住家全半壊 23
宮城県北部地震	2003/7/26	M6.4	6強	死傷者 677 住家全半壊 5,085
十勝沖地震	2003/9/26	M8.0	6弱	死傷者 849 住家全半壊 484
新潟県中越地震	2004/10/23	M6.8	7	死傷者 4,853 住家全半壊 16,888
福岡県西方沖地震	2005/3/20	M7.0	6弱	死傷者 1,088 住家全半壊 377
能登半島沖地震	2007/3/25	M6.9	6強	死傷者 360 住家全半壊 2,201
新潟県中越沖地震	2007/7/16	M6.8	6強	死傷者 2,354 住家全半壊 6,485
岩手・宮城内陸地震	2008/6/14	M7.2	6強	死傷者 463* 住家全半壊 127*
岩手県沿岸北部の地震	2008/7/24	M6.8	6弱	死傷者 207* 住家全半壊 0*
駿河湾の地震	2009/8/11	M6.5	6弱	死傷者 320* 住家全半壊 5*

*2009年9月30日時点 消防庁資料より



近年の主な被害地震の震源位置

**近年、内陸活断層による地震
が多く発生している。**

16年間で14個の地震

日本の地震リスク

—東北地方太平洋沖地震発生前—



地震調査研究推進本部

「全国を概観した地震動予測地図」より

- 今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図（平均ケース）
- 地域的なリスクの差
 - 太平洋側：リスクが高い
 - 日本海側：比較的风险が低い

