

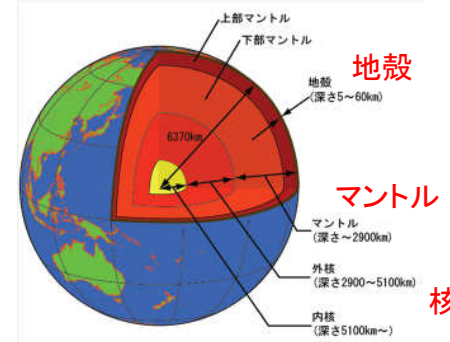
# 都市環境情報演習II

## 千葉市の地震脆弱性評価

丸山 喜久

# 地球の内部構造とプレート

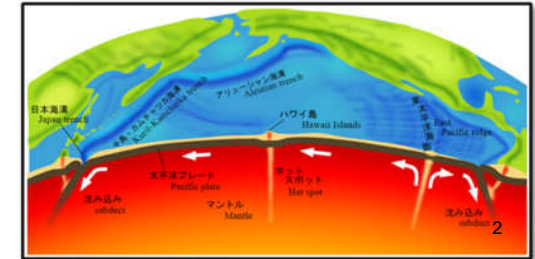
[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/jishin/about\\_eq.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/jishin/about_eq.html)



**プレート:** 地殻と上部マントルの地殻に近いところの硬い板状の岩盤。地球の表面は十数枚のプレートに覆われている。

プレートは対流しているマントルの上に乗っているため、少しずつ動いている。

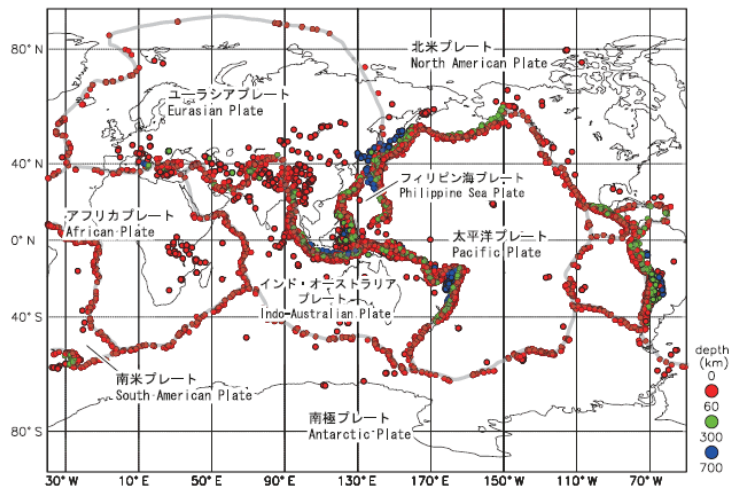
プレートは海嶺においてマントルが上昇して新しく生産され、海溝でマントルの中に沈み込み消滅する



# 地震の震源とプレート

防災白書

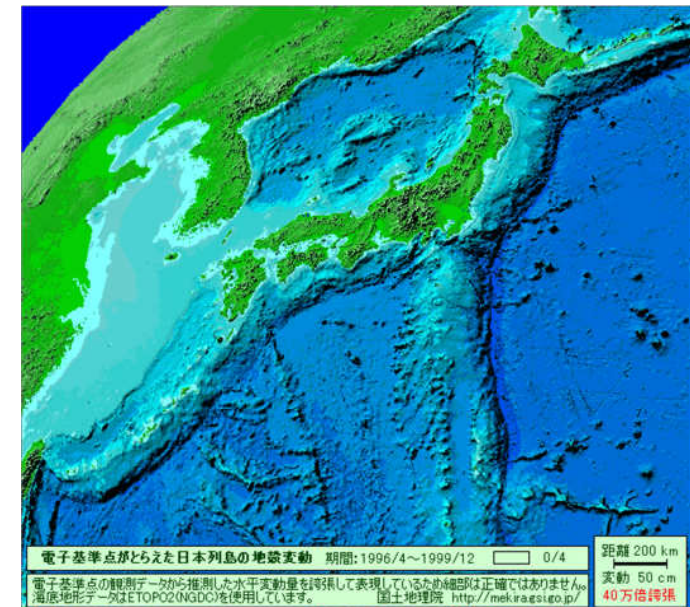
図1-1-2 世界の震源分布とプレート



(注) 2000~2009年、マグニチュード5以上。  
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。

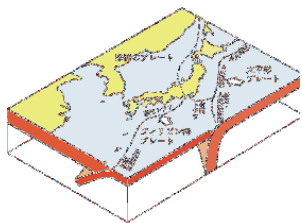
# 日本列島の地殻変動

国土地理院

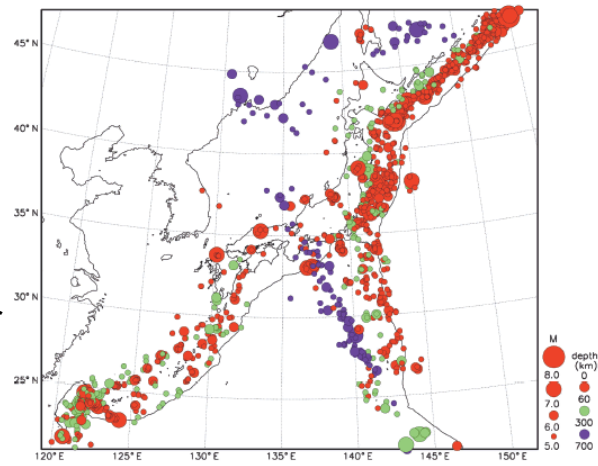


# 日本の地震活動

防災白書



日本は、4枚のプレートが入り組んでいる



注) 2000年～2009年に発生したマグニチュード5以上の地震で、気象庁において震源を決定したものを示す。

日本の国土の全世界に対する割合は約0.25%  
マグニチュード6.0以上の地震の20%以上が日本周辺で発生

# 地震の発生メカニズム

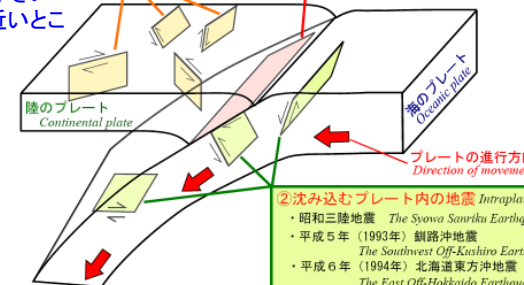
[http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/jishin/about\\_eq.html](http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/jishin/about_eq.html)

## 地震のタイプ

マグニチュードが大きい(場所によりM8~M9) 津波が発生することもある

- 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*
  - 長野県・新潟県県境付近の地震(2011.03.12) *The earthquake around the border of Nagano and Niigata prefectures on March 12 2011*
- 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*

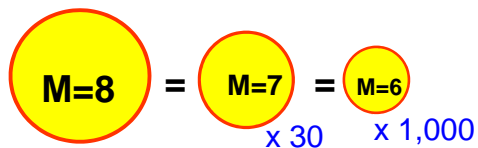
マグニチュードは小さい(M7)が、震源に近いところでは大きな被害  
活断層地震



- ②沈み込むプレート内の地震 *Intraplate Earthquakes*
  - 昭和3陸地震 *The Syowa Sanriku Earthquake*
  - 平成5年(1993年)鎮西沖地震 *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*

# マグニチュードと地震のエネルギー

マグニチュードが1上がると、エネルギーは約30倍  
(Mが0.2上がると2倍, 0.3上がると2.8倍)



ゲーテンベルグ・リヒターの式  $\log_{10}E = 11.8 + 1.5 M_s$

## 最近のプレート境界地震

- 2003年十勝沖地震(Mw8.0)
- 2011年東北地方太平洋沖地震(Mw9.0)

周期: 50~300年程度

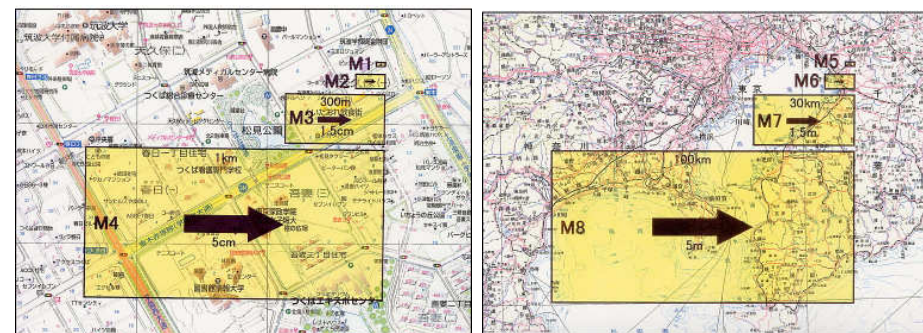
## 最近の陸域の浅い地震(地殻内地震)

- 1995年兵庫県南部地震(Mj7.3, Mw6.9)
- 2004年新潟県中越地震(Mj6.8, Mw6.6)
- 2008年岩手・宮城内陸地震(Mj7.2, Mw6.9)

周期: 数百~数十万年

# マグニチュードによる地震断層面の大きさの違い

[http://www.hinet.bosai.go.jp/about\\_earthquake/sec2.2.htm](http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/sec2.2.htm)

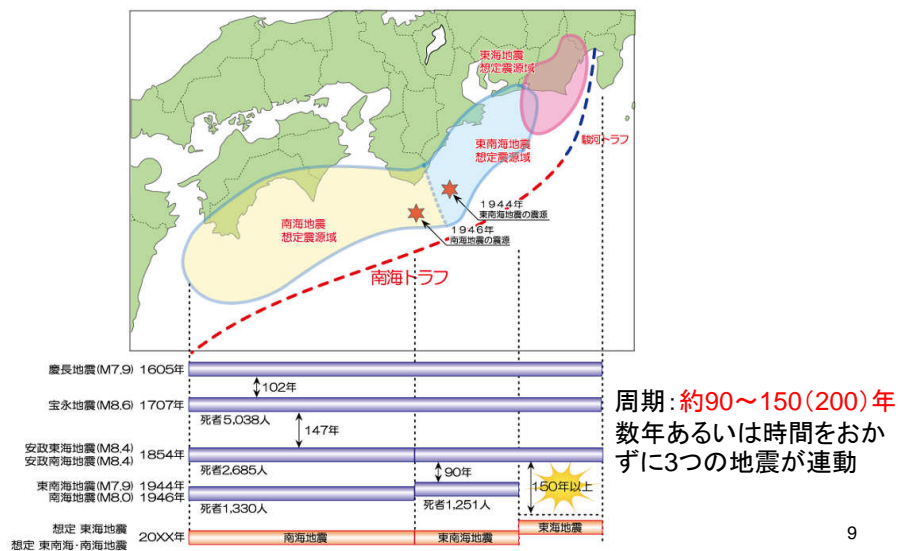


M2の地震の断層面は小中学校の校庭くらいの広さ

M8の地震はひとつの県と同じ位の広さをもった巨大な断層面を有する

# 南海トラフを震源とする地震の周期性

http://www.data.jma.go.jp/svd/eqev/data/tokai/tokai\_eq2.html



9

# 地震発生確率のモデル化

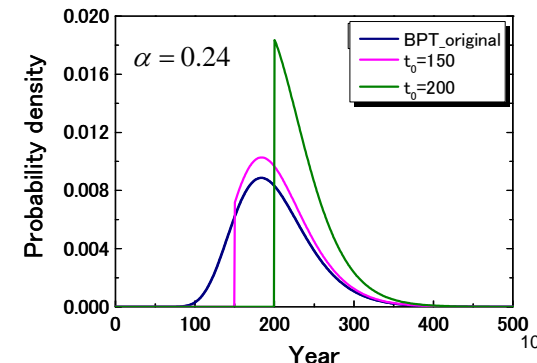
## BPT分布

$$f(t) = \sqrt{\frac{\mu}{2\pi\alpha^2 t^3}} \cdot \exp\left\{-\frac{(t-\mu)^2}{2\mu\alpha^2 t}\right\}$$

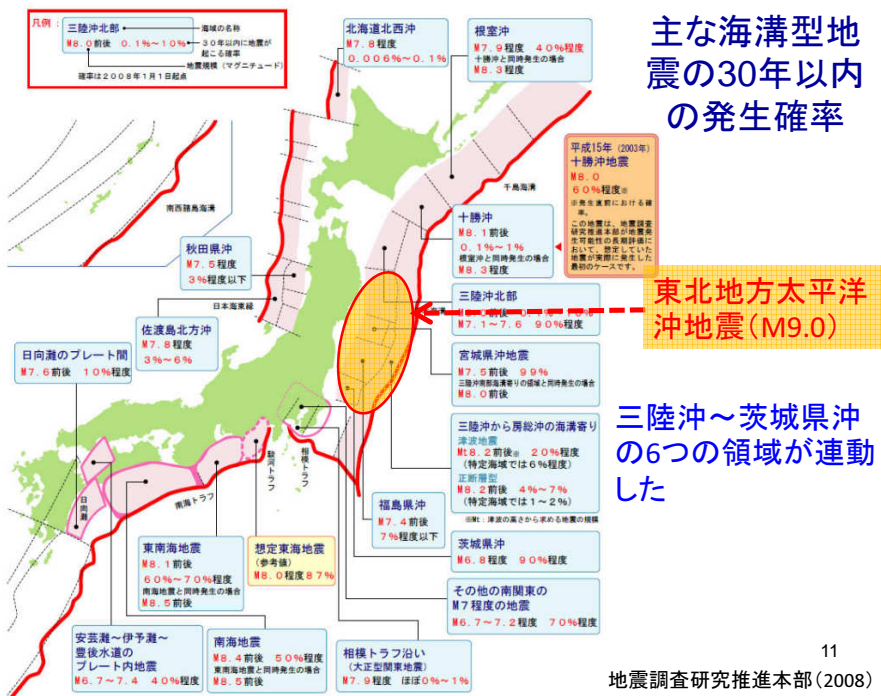
$t$ : 最新活動時期からの経過年  
 $\mu$ : 平均発生間隔  
 $\alpha$ : ばらつき

前回生じた事象から現在 ( $t_0$ ) まで事象が生じていない場合 (更新過程)

$$f(t; t_0) = \frac{f(t)}{1 - \int_0^{t_0} f(t) dt}$$



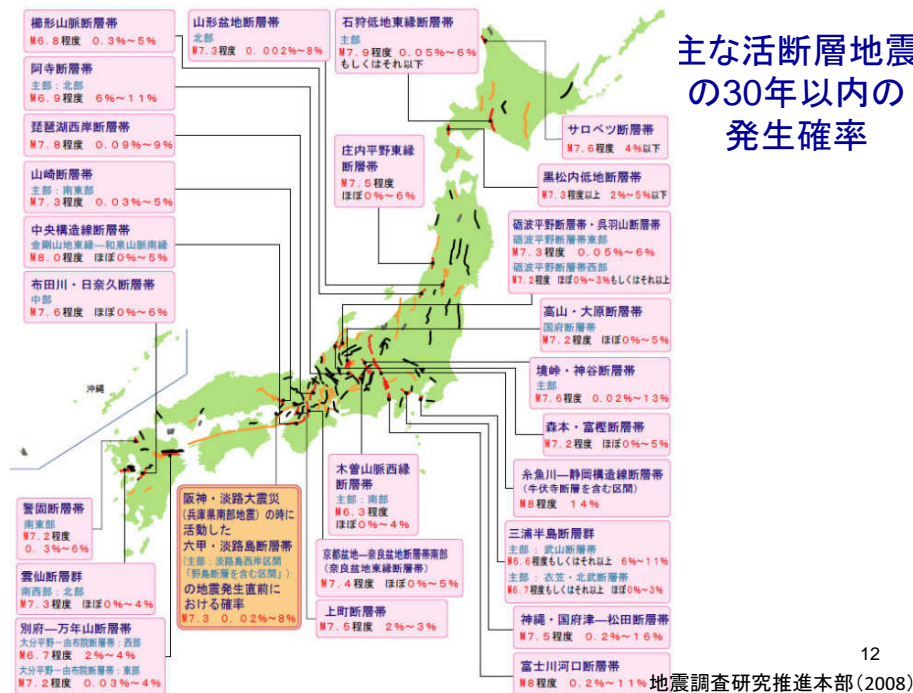
## 主な海溝型地震の30年以内の発生確率



11

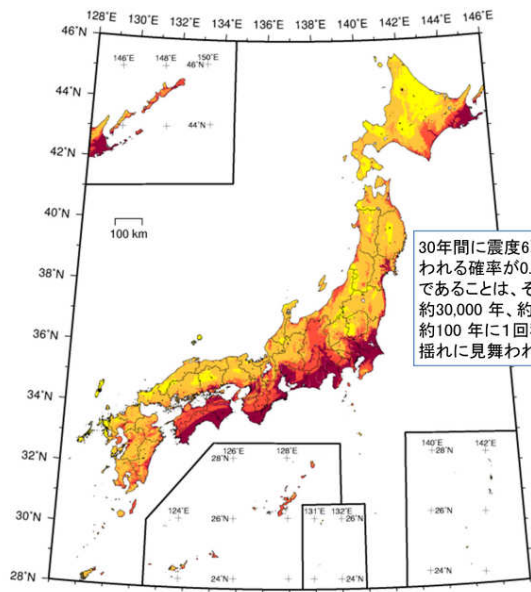
地震調査研究推進本部(2008)

## 主な活断層地震の30年以内の発生確率



12

地震調査研究推進本部(2008)



## 今後30年間で震度6弱以上の揺れに見舞われる確率

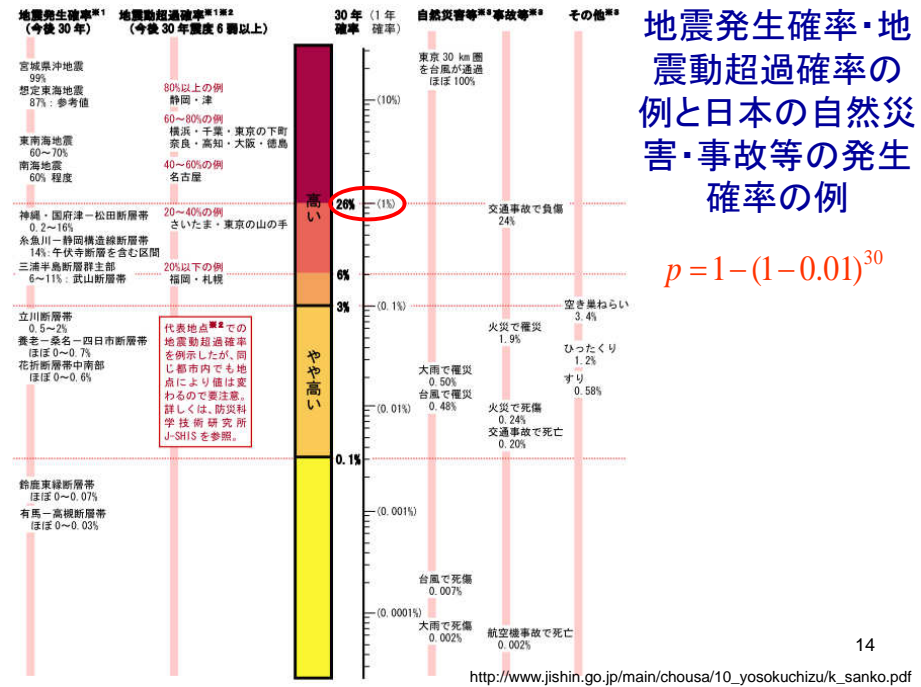
基準: 2013年

30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率が0.1%、3%、6%、26%であることは、それぞれ大まかには約30,000年、約1,000年、約500年、約100年に1回程度、震度6弱以上の揺れに見舞われることを示します。

2013年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



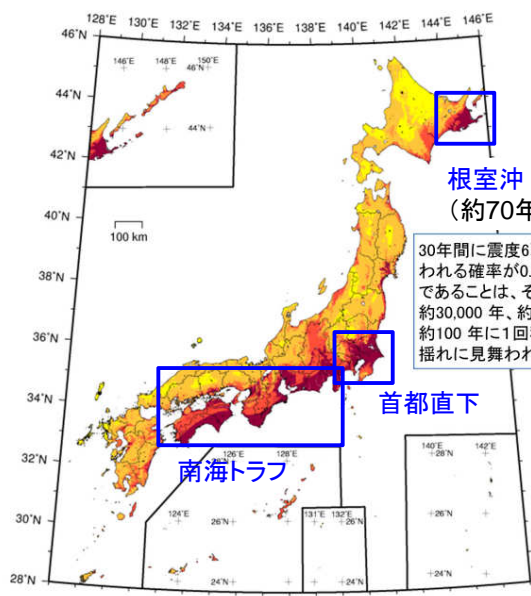
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13\\_yosoku/chizu/f2.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13_yosoku/chizu/f2.pdf)



## 地震発生確率・地震動超過確率の例と日本の自然災害・事故等の発生確率の例

$$p = 1 - (1 - 0.01)^{30}$$

[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10\\_yosokuchizu/k\\_sanko.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/10_yosokuchizu/k_sanko.pdf)



## 今後30年間で震度6弱以上の揺れに見舞われる確率

根室沖  
(約70年周期, 前回は1973年)

30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率が0.1%、3%、6%、26%であることは、それぞれ大まかには約30,000年、約1,000年、約500年、約100年に1回程度、震度6弱以上の揺れに見舞われることを示します。

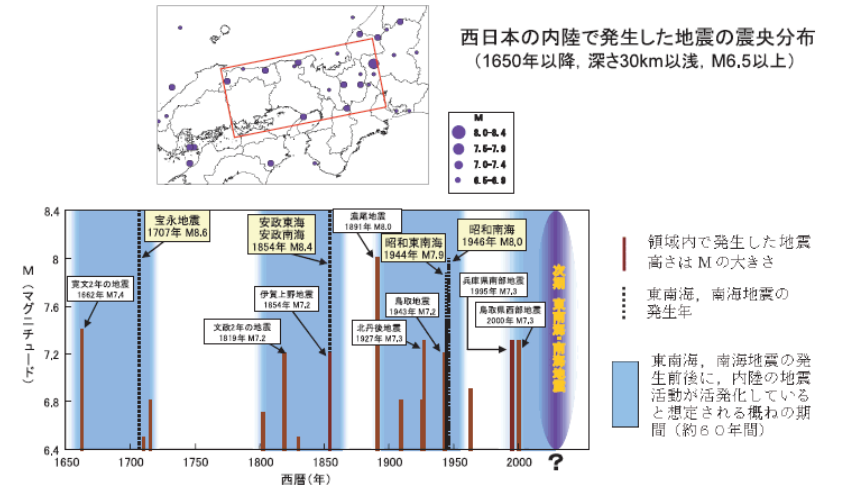
2013年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13\\_yosoku/chizu/f2.pdf](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/13_yosoku/chizu/f2.pdf)

## 西日本の内陸における地震活動

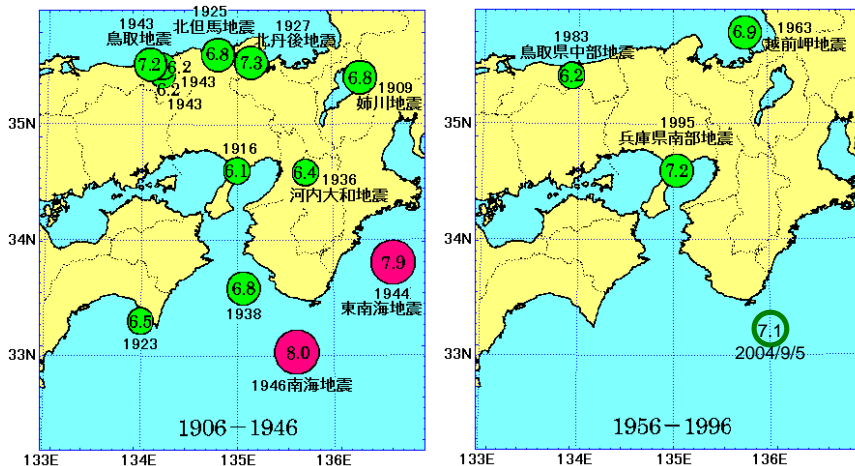
図2-3-47 西日本の内陸における地震活動 平成22年版防災白書



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

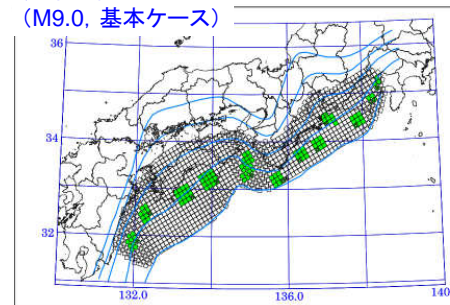
# 1946年南海地震(M8.0)の発生前40年間(左)と最近40年間(右)における近畿地方周辺の地震活動(M>6)の比較

[http://www.hinet.bosai.go.jp/about\\_earthquake/sec7.3.html](http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/sec7.3.html)

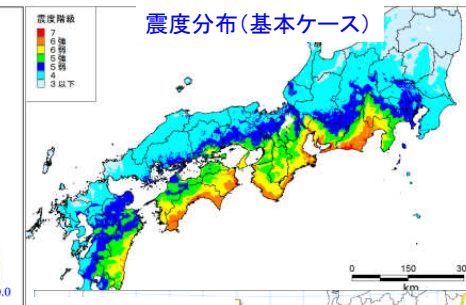


# 南海トラフ巨大地震

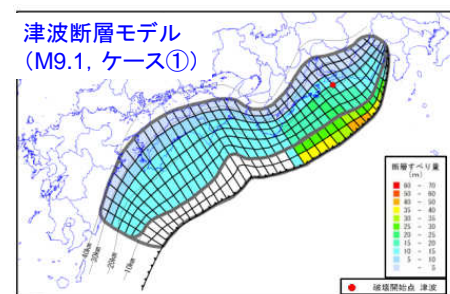
震源断層モデル (M9.0, 基本ケース)



震度分布(基本ケース)



津波断層モデル (M9.1, ケース①)

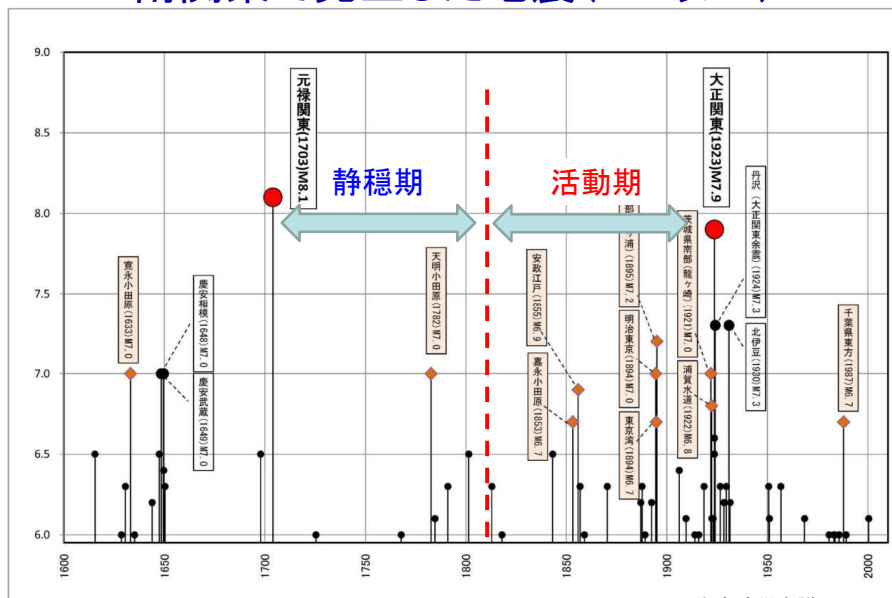


津波高(ケース①)



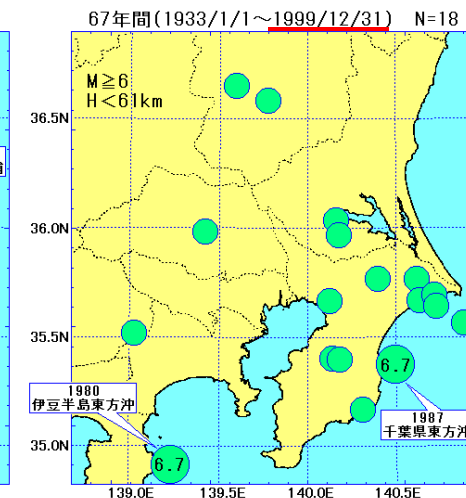
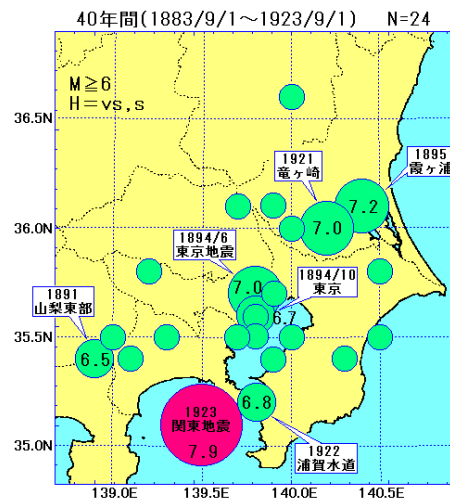
中央防災会議 南海トラフ巨大地震対策検討ワーキンググループ(2013)

# 南関東で発生した地震(M6以上)



中央防災会議(2013)

# 1923年関東地震(M7.9)の発生前40年間(左)と最近67年間(右)における関東地方周辺の地震活動(M≥6)の比較

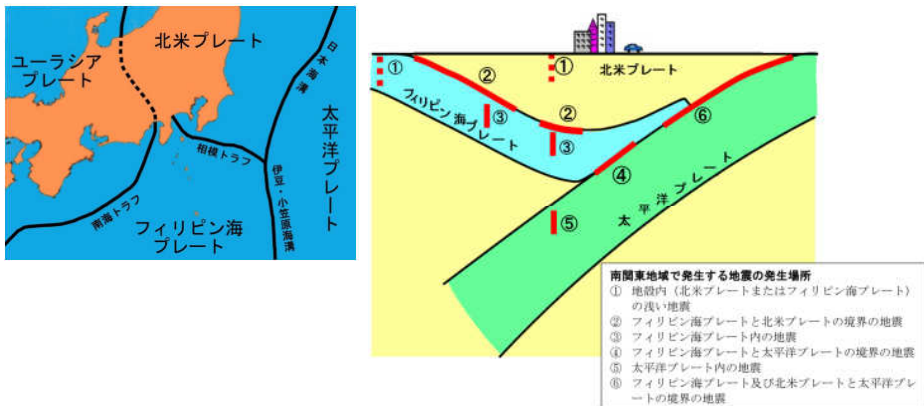


1923年関東地震の前に大きな地震が多発

関東地震後は、**静穏期**(いつまでか?)

[http://www.hinet.bosai.go.jp/about\\_earthquake/sec7.3.html](http://www.hinet.bosai.go.jp/about_earthquake/sec7.3.html)

## 南関東で発生する地震のタイプ

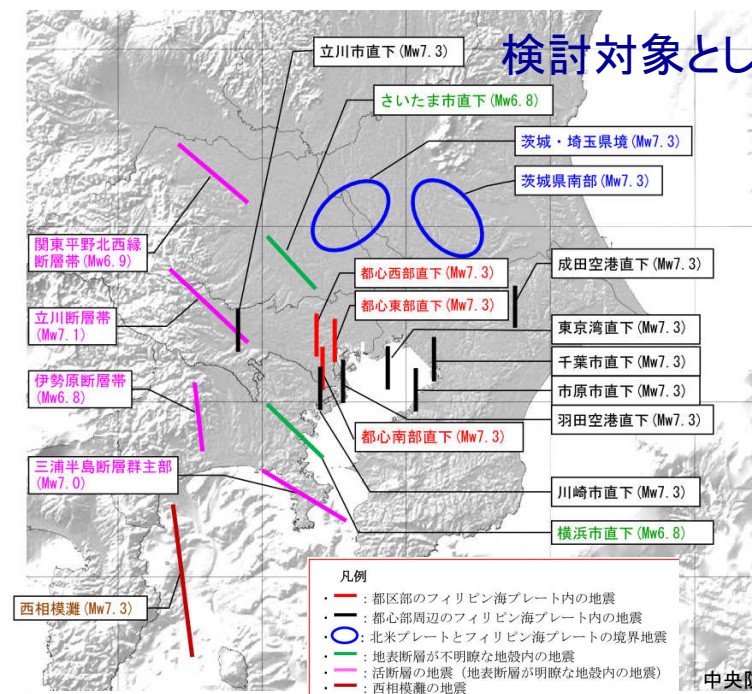


2005年想定：東京湾北部地震 (M7.3) は②  
→大正関東地震で応力が解放

2013年想定：①(地殻内)または③(フィリピン海プレート内部)を想定

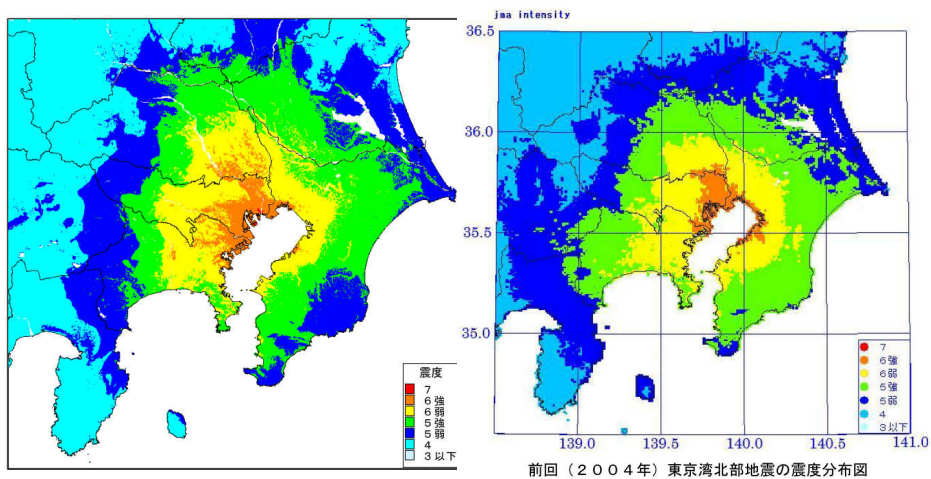
21  
中央防災会議(2013)

## 検討対象とした地震



22  
中央防災会議(2013)

## 都心南部直下地震の震度分布



23

## 兵庫県南部地震



24

## 兵庫県南部地震



25

## 兵庫県南部地震

1995年1月17日5時46分発生 (M<sub>JMA</sub>=7.3)

関東大震災以来の **都市型災害**

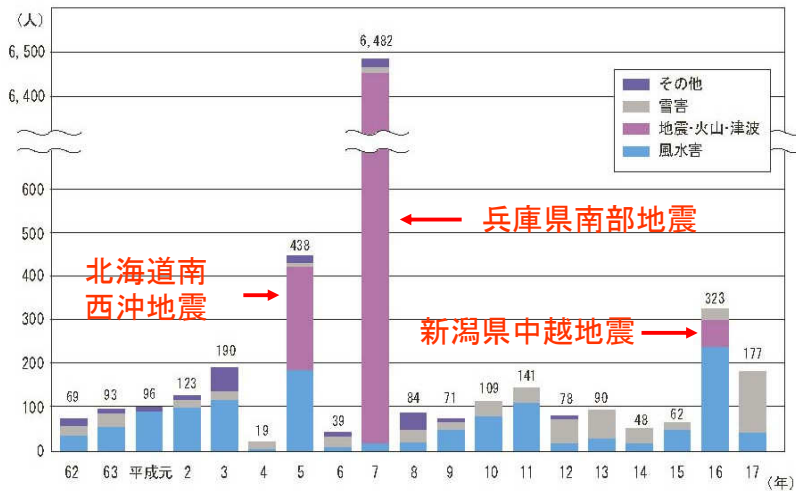
(被害) 2006年5月現在

- 死者：6,434名 行方不明者：3名 負傷者：43,792名
- 住家被害：全壊104,906棟、半壊144,274棟、全半壊合計約25万棟(約46万世帯)、一部損壊390,506棟
- 火災被害：全焼7,036棟、半焼96棟、部分焼333棟
- その他被害：道路7,245箇所、橋梁320箇所、河川774箇所、崖崩れ347箇所
- 被害総額：10兆円規模

26

## 近年の災害による死者・行方不明者

H18 防災白書

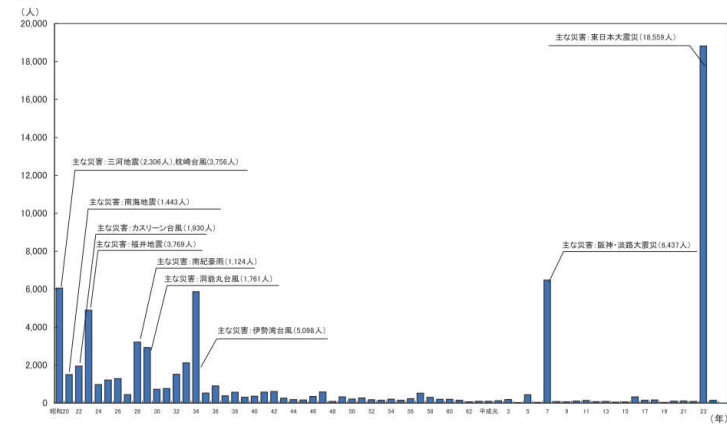


注) 消防庁資料をもとに内閣府において作成。地震には津波によるものを含む。  
平成7年の死者のうち、阪神・淡路大震災の死者については、いわゆる関連死912名を含む。  
平成17年の死者・行方不明者数は速報値。

## 近年の災害による死者・行方不明者

H25 防災白書

図表 1-0-6 自然災害による死者・行方不明者数



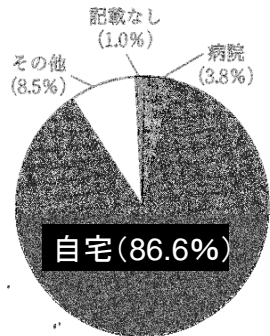
(注) 平成7年の死者のうち、阪神・淡路大震災の死者については、いわゆる関連死919人を含む(兵庫県資料)。  
平成23年の死者・行方不明者は内閣府取りまとめによる速報値  
(平成23年の死者・行方不明者のうち、東日本大震災については、警察庁資料(「平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震の被害状況と警察措置」(平成25年5月10日)による。)  
出典：昭和20年は主な災害による死者・行方不明者(理科年表による)。昭和21～27年は日本気象災害年報、昭和28年～37年は警察庁資料、昭和38年以降は消防庁資料をもとに内閣府作成

28

# 兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

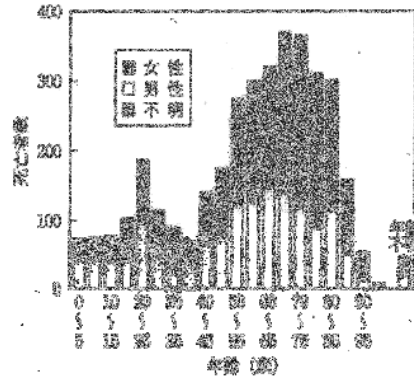
## 亡くなった場所の内訳



(地震直後、兵庫県監察医調査)

図 27-1 兵庫県南部地震による犠牲者(神戸市内)が亡くなった場所の内訳

## 犠牲者の年齢分布



(兵庫県監察医調査)

図 27-2 兵庫県南部地震による犠牲者(神戸市内)の年齢分布

# 兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

## 救出された人々と生存率

1日目: 生存者数が死亡者数を上回る

ゴールデン24アワーズ

3日目まではある程度の比率で生存者が救出される

ゴールデン72アワーズ

早く救出されていたら生存率が大きく上がるか?

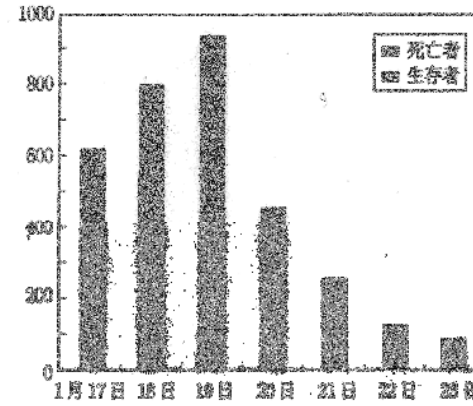


図 27-3 救助数と自衛隊によって救出された人々と生存率

# 兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

## 犠牲者の死亡原因

窒息	1,967	53.9%
胸部圧迫	857	
胸腹部圧迫	435	
体幹部圧迫	108	
頭頸部・顔面・気道圧迫または閉塞	324	
原因不明	211	
その他	32	
圧死	452	12.4%
溺死	86	2.3%
火災による犠牲者	124	3.4%
建物倒壊	36	1.0%
落下物による犠牲者	69	1.9%
転倒・転落	404	11.2%
窒息・溺死	15	0.4%
その他	3,651	100%

建物被害・家具の転倒

83.3%

火事による犠牲者

15.4%

図 27-4 神戸市の被災者の死亡原因

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

# 兵庫県南部地震の犠牲者の特徴

死亡日時	死亡者数		死亡者数累計		犠牲者の死亡推定時刻
	監察医	累計	臨床医	累計	
1/17					
~ 9:00	16	2237 (92.6%)	58	777 (62.9%)	3014 (82.6%)
~ 12:00	47	2284 (94.5%)	61	838 (67.9%)	3122 (85.5%)
~ 23:59	12	2296 (95.0%)	212	1050 (85.0%)	3346 (91.6%)
時刻不明	140	2436 (98.5%)	34	1184 (94.8%)	3640 (98.4%)
1/18					
1/19					
1/20					
1/21					
1/22					
1/23					
1/24					
1/25					
1/26					
1/27					
1/28					
2/9					
記載なし					
合計	276	276	348	348	

地震発生後15分(実際は5分程度)

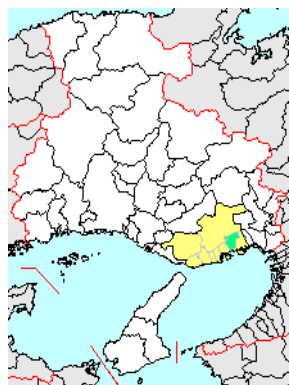
約92%

・建物の耐震性確保  
・家具の固定

「地震防災のはなし」(岡田恒男, 土岐憲三編)

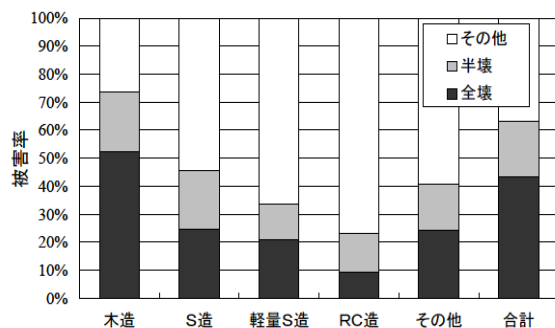


## 建物の構造別被害率(灘区)



村尾, 山崎(2000)

### 建物の構造別被害率



全壊: 住める見込みは非常に少ない  
半壊: 大幅な修理で住める可能性あり

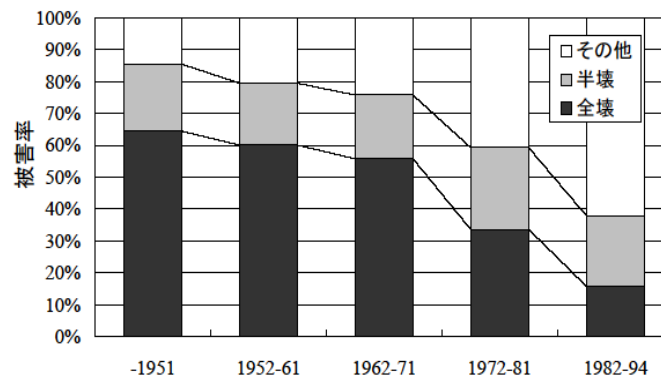
## 木造の建築年代別被害率(灘区)

村尾, 山崎(2000)

1950年(昭和25年)建築基準法制定

1978年 宮城県沖地震

1981年(昭和56年)建築基準法施行令大改正 新耐震設計基準

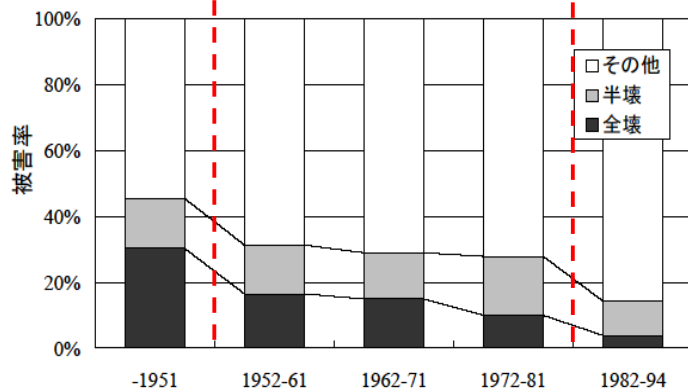


古いものほど壊れやすい

## RC造の建築年代別被害率(灘区)

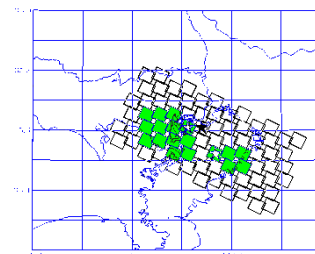
耐震基準改正

耐震基準改正

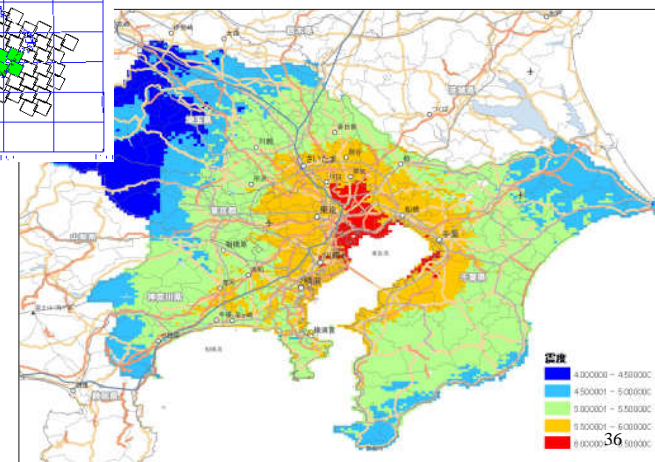


## 地震被害想定

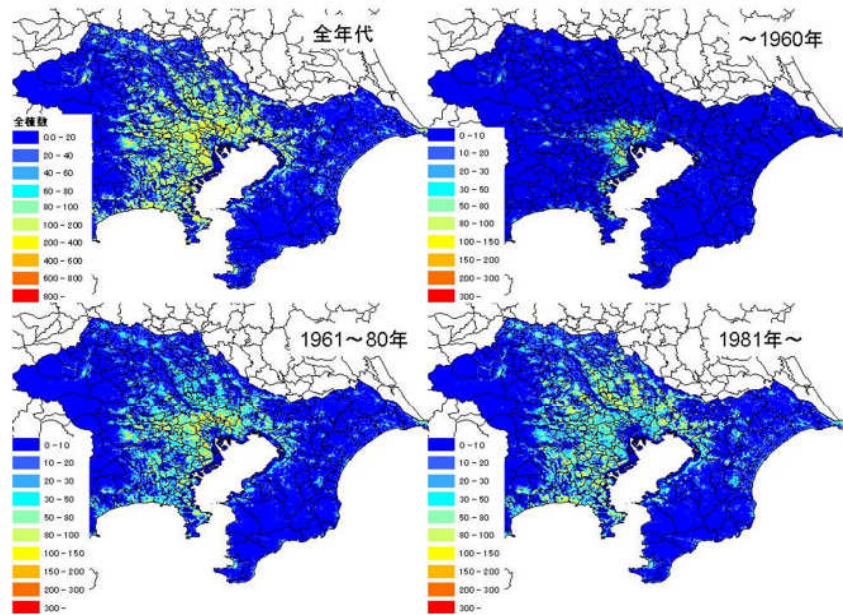
東京湾北部地震(M7.3)の震源断層とアスペリティ  
中央防災会議より



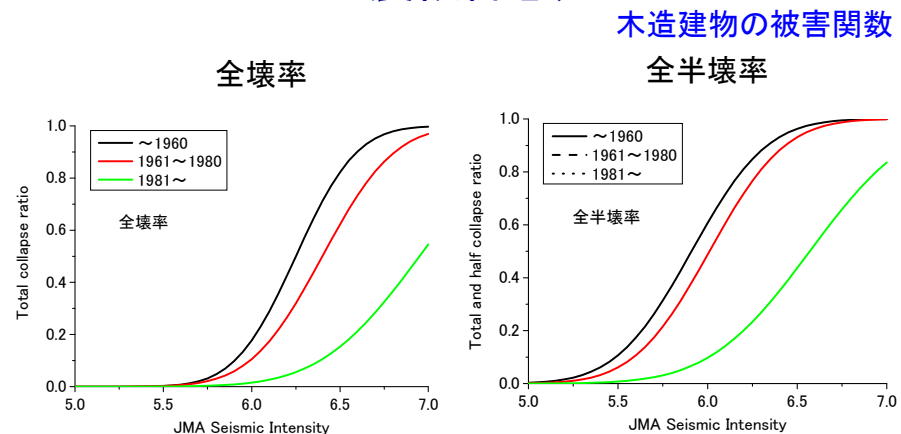
東京湾北部地震の推定計測震度分布



## 地震被害想定 建築年代別の木造建物数



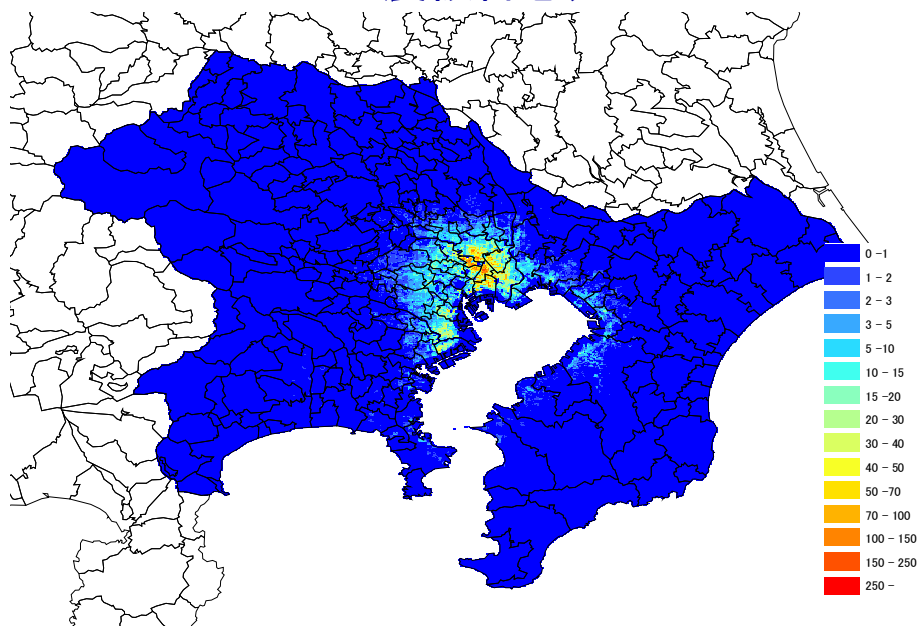
## 地震被害想定 木造建物の被害関数



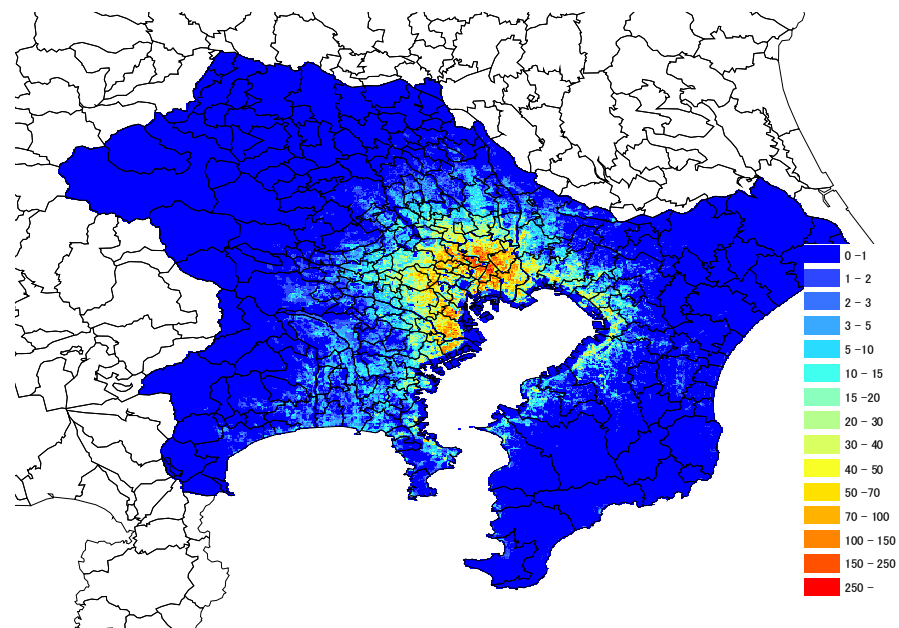
$$P(I) = \Phi\left(\frac{I - \lambda}{\zeta}\right)$$

建築年代	全壊率		全半壊率	
	$\lambda$	$\zeta$	$\lambda$	$\zeta$
~1960	6.25	0.27	5.91	0.33
1961~1980	6.40	0.32	6.01	0.33
1981~	6.95	0.44	6.57	0.44

## 地震被害想定 木造建物の全壊棟数



## 地震被害想定 木造建物の全半壊棟数



# 地震に関する地域危険度測定調査

東京都(2008)

## 地域危険度調査

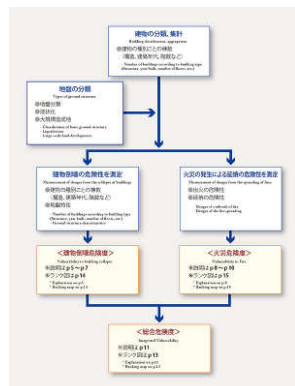
地震に対してどの地区がどれだけ危険かを相対評価したもの

東京都では、東京都震災予防条例(現在の東京都震災対策条例)にもとづき、1975年の第1回以降おおむね5年ごとに見直し、公開されている。

最新版は、2008年2月に公開された「地震に関する地域危険度測定調査(第6回)」

測定項目(町丁目単位)

- ・建物倒壊危険度
- ・火災危険度
- ・総合危険度



# 東京都の地域危険度測定調査

[http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa\\_6/home.htm](http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa_6/home.htm)

## 町丁目ごとの地盤分類

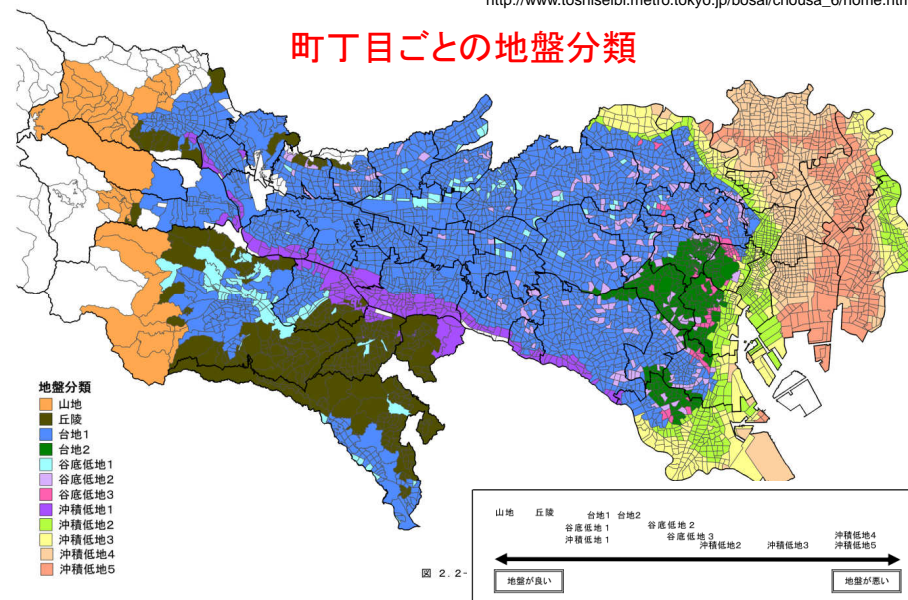
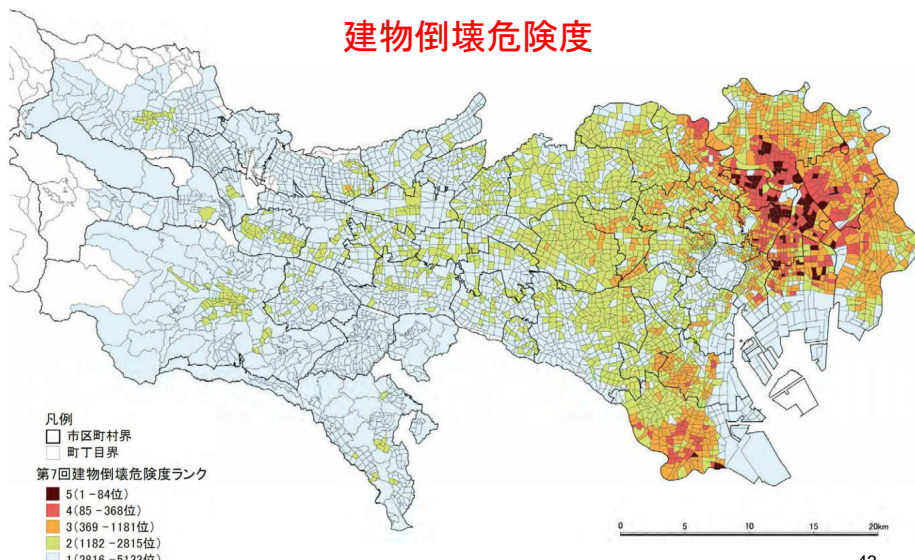


図 2.2-

# 東京都の地域危険度測定調査

[http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa\\_6/home.htm](http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/chousa_6/home.htm)

## 建物倒壊危険度



特定の地震像を決めずに、建物の倒壊危険度を相対評価

## 演習内容

千葉市を対象に町丁目単位で建物倒壊危険度を調査する。

- ・地盤データ(地震ハザードステーションの利用)
- ・建物データ
- ・地震動分布
- ・建物被害関数
- ・現地調査(いつ?)

## 次回までの課題

- ・東京都の地域危険度測定調査について調べる
- ・建物被害関数に関する論文(Miyakoshi et al., 1997)