



# 熊本地震などに学ぶ！ 大地震への備え

---

2017年9月9日

㈱小堀鐸二研究所 副所長  
小鹿紀英



## 本日の内容

---

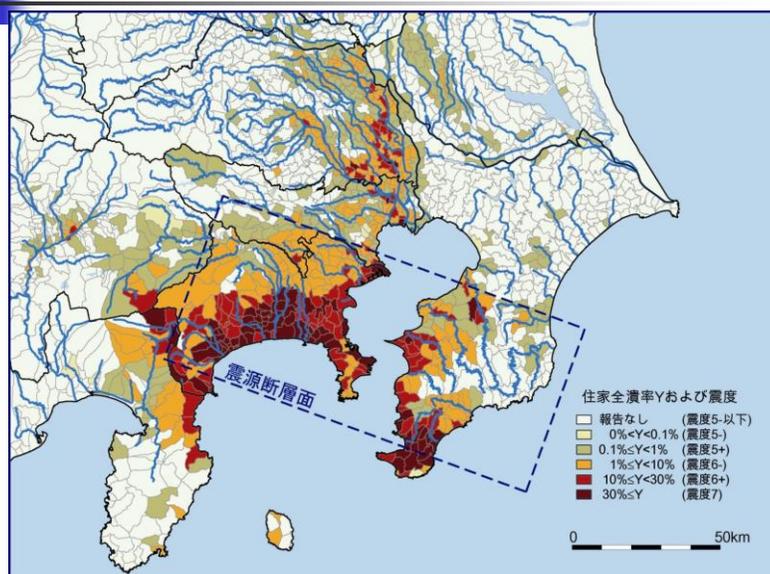
1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

## 本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

2

## 1923年関東地震(M7.9)による震度分布



3

## 関東大震災の最大の教訓

地震発生:1923.9.1 11:58

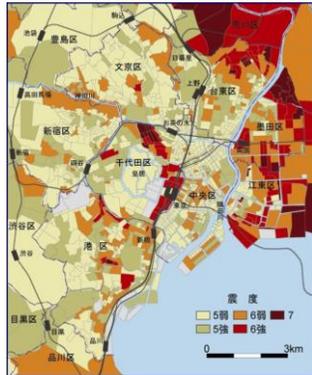
住家全壊で死者 11,000人

火災で死者 92,000人

住家全壊と火災は無関係ではない

悪の根元は住家全壊

→耐震性の確保が最重要



震度分布



9/1 16:00



9/2 3:00

火災分布

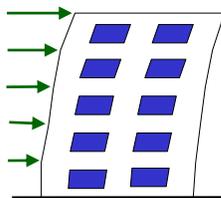
## 耐震設計法の変遷

旧耐震設計法(1981年以前)  
略称:旧耐震

中地震

震度5弱

地震力小



大地震

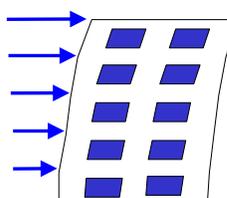
設計で考慮せず

新耐震設計法(1981年以降)  
略称:新耐震

中地震

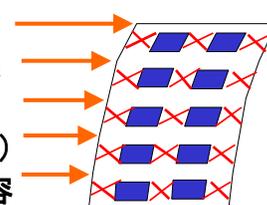
震度5弱

無被害



大地震

震度6弱~6強  
崩壊しない  
(人命を保護)  
大被害は許容

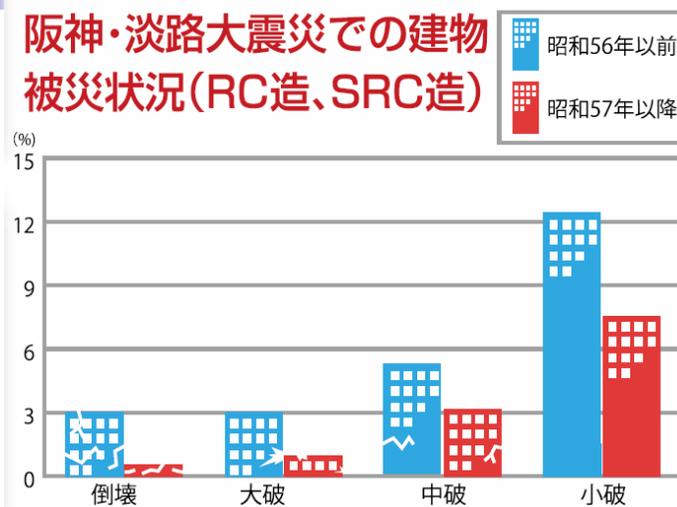


# 1995年兵庫県南部地震 (阪神・淡路大震災、M7.3)

TOTAL MEDIA  
TOHO E-B

## 旧耐震・新耐震建物の被災状況

阪神・淡路大震災での建物  
被災状況(RC造、SRC造)



出典：東京都都市整備局「マンションの耐震化のすすめ」 7



## 阪神淡路大震災の教訓

- 耐震性能は新しい建物ほど向上している
  - 1981年(新耐震)以降に建設された建物の被害は、それ以前(旧耐震)のものに比べて少なかった
  - **耐震診断&耐震補強**が事前に行われていたら被害はかなり軽減されていたはず
- 
- **1995年12月**  
「**建築物の耐震改修促進法**」施行  
(目的: **新耐震並み**の耐震性を確保)

8



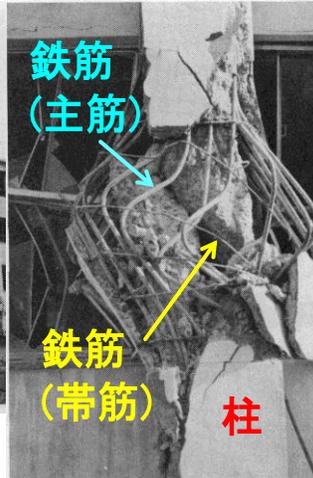
## 本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

9

## 旧耐震の柱の被害: 小さな変形で崩壊

1968年十勝沖地震(M7.9)

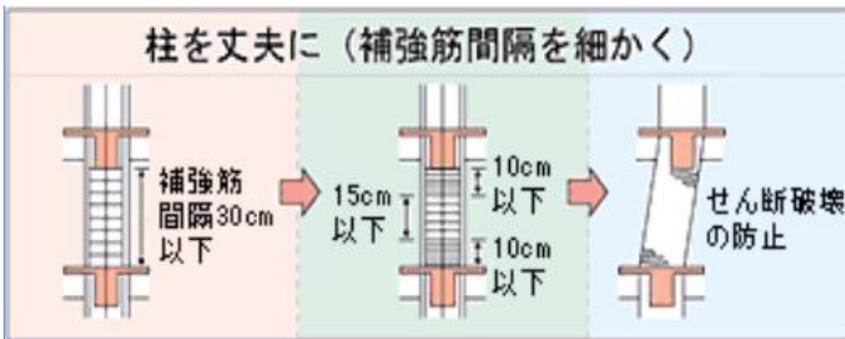


柱の脆性破壊(函館大学)

= 小さな水平変形でバラバラに壊れた柱

10

## 1971年の建築基準法の改正



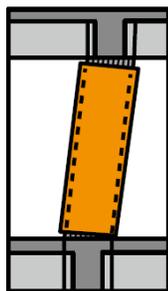
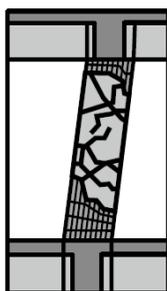
鉄筋コンクリート柱の変形能力に対する配慮無し  
= 脆く壊れる柱

鉄筋コンクリート柱のコンクリートがバラバラにならないように鉄筋で拘束  
= 粘り強く壊れにくい柱

11

## 旧耐震建物の柱の被害に対する備え

- 柱を鋼板巻補強、繊維シート巻補強して、粘り強い柱にする

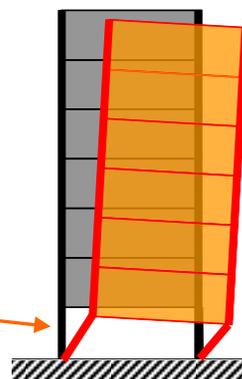
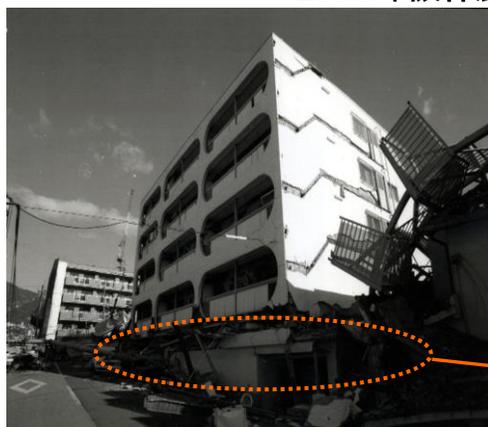


東京都世田谷区  
昭和45年築

出典：東京都都市整備局「マンションの耐震化のすすめ」

## 1階ピロティ・柱の崩壊

1995年阪神淡路大震災(M7.3)



1階ピロティの崩壊

(旧耐震、新耐震でも同様の被害あり)

## 1階ピロティ・柱の崩壊

2016年熊本地震(前震M6.5、本震M7.3)

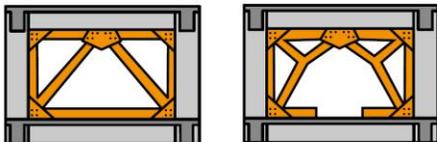


前震で損傷・本震後に崩壊  
消防の適切な避難誘導により死者なし

14

## 1階ピロティの崩壊への備え

### 開口部の補強



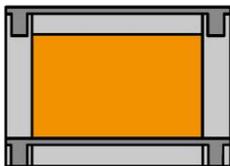
ピロティなども含め、開口部に鉄骨ブレースを設置することで、耐力とねばり強さを向上させます。



東京都板橋区  
昭和47年築

施工後

### 壁の増設



施工前



東京都武蔵野市  
昭和51年築

鉄筋コンクリート造等の壁を設置することで、構造上のバランスを改善し、耐力を向上させます。

15

## 建物全体の強度不足による崩壊

2016年熊本地震(前震M6.5、本震M7.3)



宇土市役所：4階が崩壊(宇土市:震度6強)

16

## 強度不足による崩壊への備え

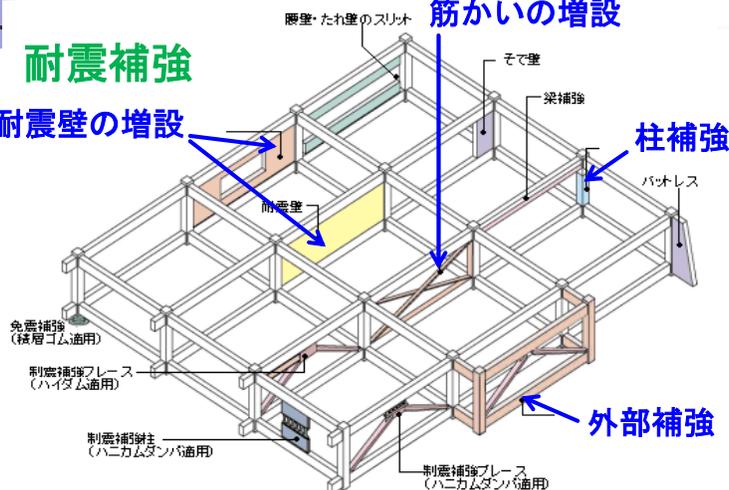
### 耐震補強

耐震壁の増設

筋かいの増設

柱補強

外部補強



震度6強~7でも、**1981年の新耐震並みに耐震補強**しておけば、少なくとも倒壊は免れる可能性大

17

## 耐震補強の例



外付け補強フレームを既存バルコニーの撤去無しに設置、開口部を遮蔽しない



軽量のアルミブレースを外付け、重機不要で低騒音施工



フレームを完全外付け、開口を遮蔽しない



工場製作の部材を用いて工期短縮、ブレースが細く採光を妨げない

出典：東京都都市整備局「ビル・マンションの耐震化読本」  
[http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl\\_006.pdf](http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl_006.pdf)

18

## 制震の原理



耐震構造

制震構造

19

## 制震の種類



鋼材ダンパ

弾塑性ダンパ (特殊な鋼材等で揺れを吸収: 車のバンパやヘルメットと同じ)



摩擦ダンパ



設置例



オイルダンパ

(封入した油で揺れを吸収: 自動車のサスペンションと同じ)



設置例1



設置例2  
(トグル制震)

20

## 制震補強の例



オイルダンパ

(トグル制震: 廊下側だけに設置して、長辺方向の耐震性向上)



オイルダンパ

(パットレス型制震: 妻面に設置して、長辺方向の耐震性を向上)



弾塑性ダンパ

(スリムな摩擦ダンパを居ながら工事で、ベランダに外付け)

出典: 東京都都市整備局「ビル・マンションの耐震化読本」  
[http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl\\_006.pdf](http://www.taishin.metro.tokyo.jp/pdf/dl_006.pdf)

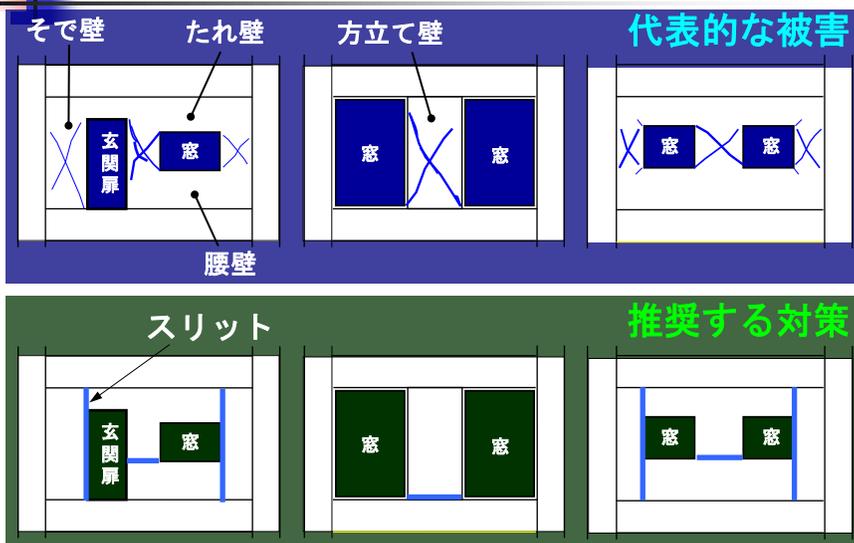
21

## 雑壁や扉の被害(2005年福岡県西方沖地震、M7.0)



22

## 雑壁や扉の被害への備え

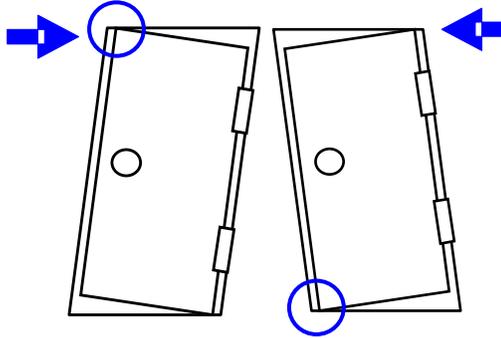


スリット部分のみが変形し、壁はひび割れない

23

## 玄関ドアの被害と対策

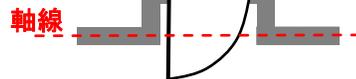
### 代表的な被害



○部で接触して開閉不能

### 対策

- ・クリアランス大きく
- ・耐震ドアの採用  
(ドア枠が長方形を保つ)
- ・アルコーブタイプ

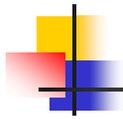


(ドアが軸線からずれているため、ドアに直接変形が伝わらない)

24



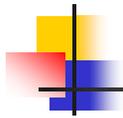
地震時の家具、電化製品、事務  
機器などの被害と備え



## 本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
- 3. 熊本地震の教訓とそれへの備え**
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に備えて

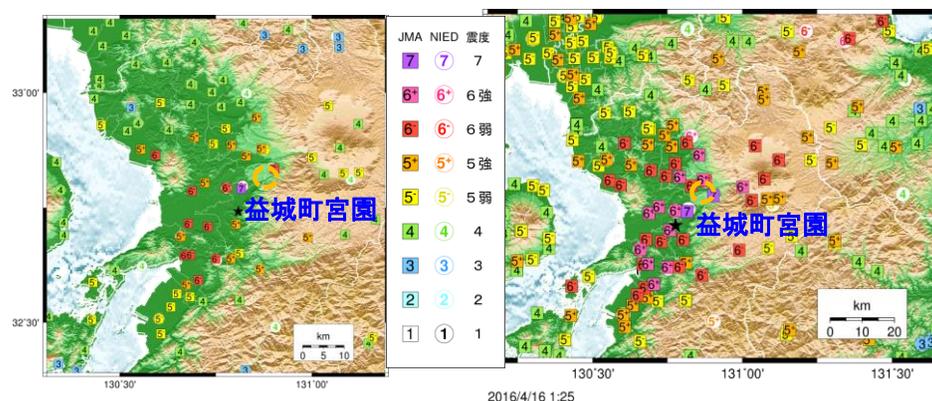
26



## 熊本地震の大震度が2回

4月14日21時26分 M6.5

4月16日01時25分 M7.3



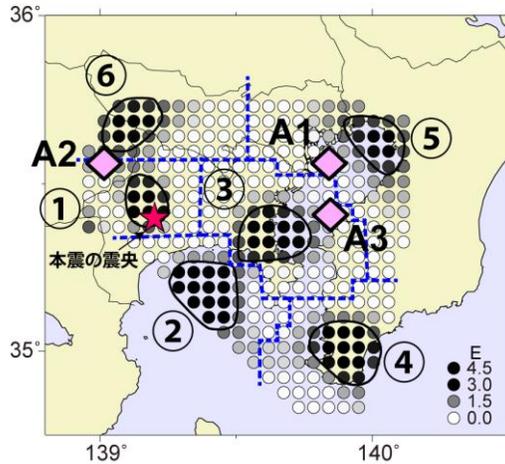
益城町宮園で震度7が2回発生

気象庁、防災科研

27

## 関東地震にも大きな余震があった

今まで1つの大地震とされていたものを、最新の研究で**本震**と**余震**に分離

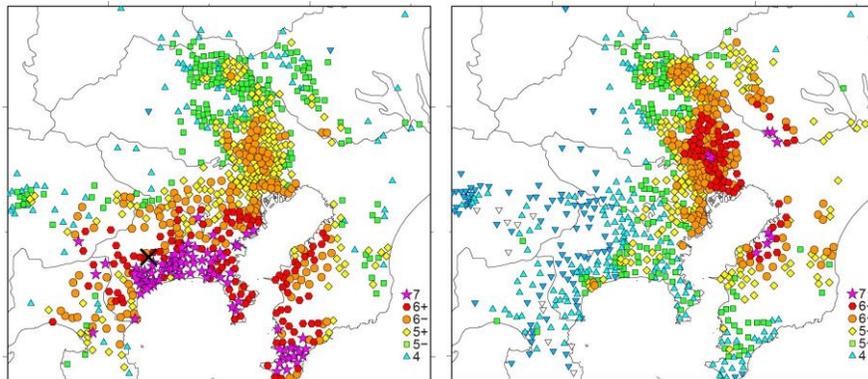


地震	時刻	震央	M
本震	11:58	神奈川県西部	7.9
余震 A1	12:01	東京湾北部	7.2
余震 A2	12:03	山梨県東部	7.3
余震 A3	12:48	東京湾	7.1

28

## 本震と余震の震度分布

場所によっては、余震も同じ震度かまたは余震の方が震度が大きいところもある

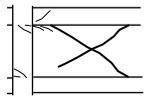
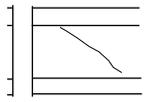
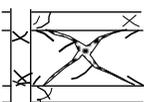
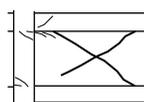
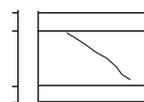
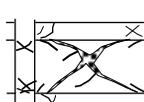
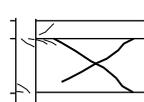
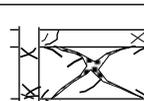


本震の震度分布

余震A1の震度分布

29

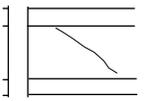
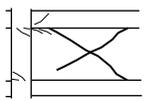
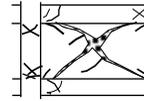
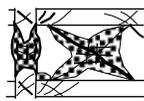
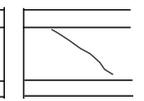
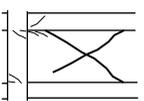
## 柱や壁の被害想定

震度	主な地震例	旧耐震	新耐震	超高層
5強	東北太平洋 (東京) 2011.3.11			
6弱	福岡西方 2005.3.20			
6強	宮城北部 2003.7.26			
7	兵庫南部 1995.1.17			

サーツ「あなたが知りたいマンションの耐震性」より抜粋 30

## 大地震の連発への備え

- ◆熊本地震で注目、関東地震でも大きな余震あり
- ◆2回連発の場合も、耐震補強することで倒壊を免れる可能性が高まる

	軽微	小破	中破	大破
前震				
本震				

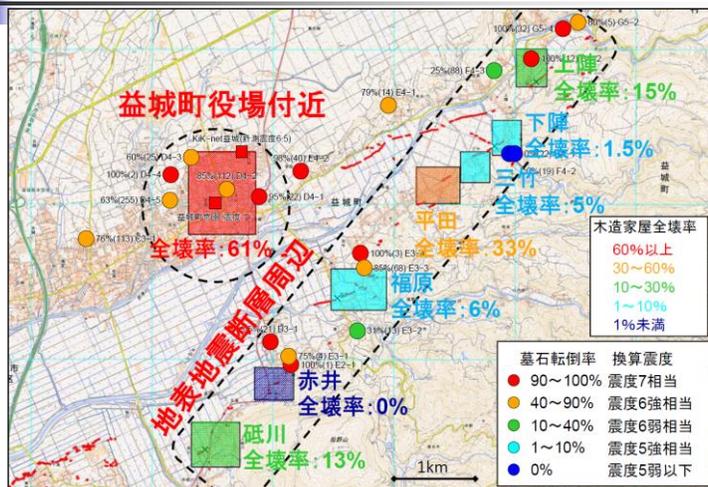
31

## 悪い地盤は揺れが大きい

### 1923年関東地震(M7.9)



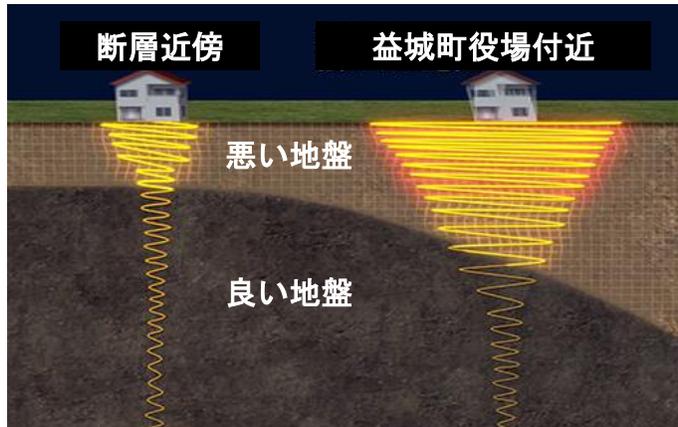
## 熊本地震の震度分布の特徴



断層近傍より、断層から離れた益城町役場の方が震度大きい → それはなぜか？

## 役場付近が大きく揺れた理由

調査の結果、地盤の良し悪しが揺れの大きさに影響と判明  
**悪い地盤が深い→揺れが大きくなる**



34

## あなたの街の揺れやすさは？

- 朝日新聞デジタルのサイトで、国が評価した揺れやすさが簡単にわかる **揺れやすい地盤** **検索**

住所や地域名を選択すると、その地域の揺れやすさの目安(表層地盤増幅率 $\alpha$ )、地形の種類などが表示されます(防災科学技術研究所「地震ハザードステーション」をもとに作製)。

※お雇いのブラウザや回線によっては正しく表示されない場合や、うまくデータが取得できない場合があります。

1.住所入力(丁目まで)

2.クリック

3.住所をクリック

4.揺れやすさを数字で表示

1.44: 良い地盤で、揺れが大きくなる

5.地形の種類を表示

35

## あなたの街の揺れやすさは？

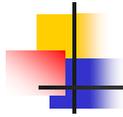


36

## 揺れやすい地盤への備え

- 同じ地震でも、良い地盤より震度が大きくなるため、旧耐震の建物ではしっかりと耐震補強して新耐震並みの耐震性を確保しておくことが大事。
- 大きく揺れるので、家具の転倒対策をしっかりと講じておくことも重要。

37



## 本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
- 4. 東京における大地震の切迫性**
5. 今後に向けて

38



## 東京における大地震の切迫性

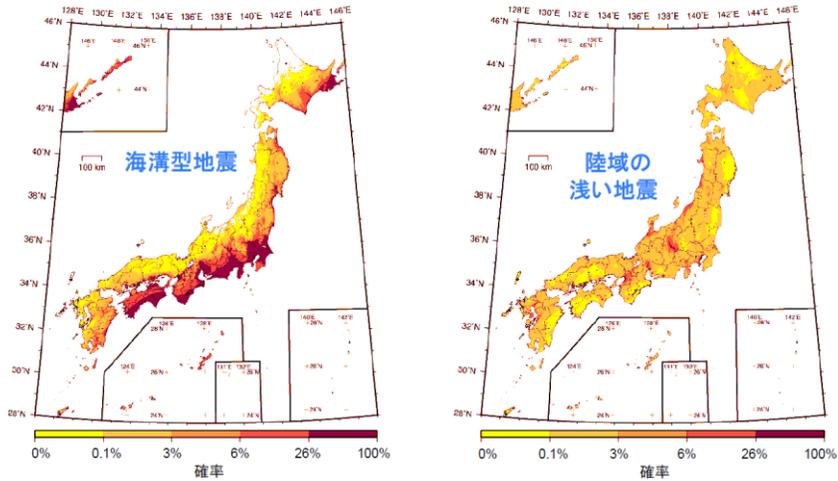
日本では、2000年以降M7以上の地震が多発、地震活動期に入った（日本でのM7以上の地震発生回数を以下の表に示す）

年代	M7以上	内M8以上	主な大地震
1900-1909	8	0	
1910-1919	6	1	
1920-1929	6	0	1923大正関東
1930-1939	7	1	
1940-1949	11	1	1944昭和東南海、46昭和南海
1950-1959	4	2	
1960-1969	9	0	
1970-1979	4	0	
1980-1989	5	0	
1990-1999	6	1	1995兵庫県南部
2000-2009	12	1	
2010-2016	15	2	2011東北地方太平洋沖

39

## 東京における大地震の切迫性

2016年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



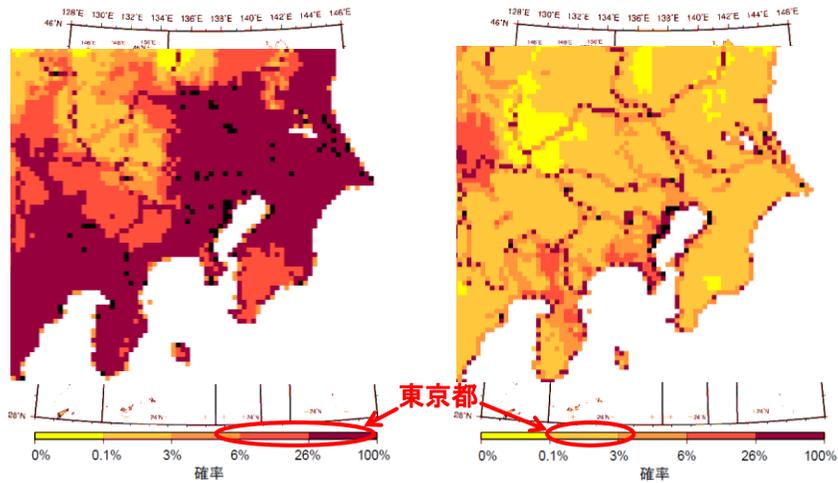
海溝型地震による揺れに見舞われる確率

陸域の浅い地震による揺れに見舞われる確率

2016年6月10日 文部科学省地震調査研究推進本部

## 東京における大地震の切迫性

2016年から30年間に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率



海溝型地震による揺れに見舞われる確率

陸域の浅い地震による揺れに見舞われる確率

2016年6月10日 文部科学省地震調査研究推進本部

## (参考)大地震の発生直前における確率

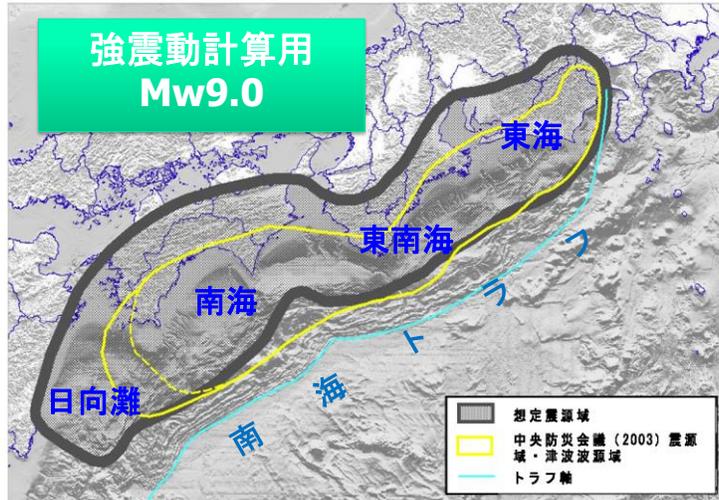
- **東北地方太平洋沖地震** (2011.3.11、M9)  
30年以内発生確率 10~20%
- **兵庫県南部地震** (1995.1.17、M7.3)  
30年以内発生確率 0.02~8%
- **熊本地震** (2016.4.16、M7.3)  
30年以内発生確率  
布田川断層帯 ほぼ0~0.9%  
日奈久断層帯 ほぼ0~6%

2016年1月13日 文部科学省地震調査研究推進本部

## 発生が懸念される巨大地震

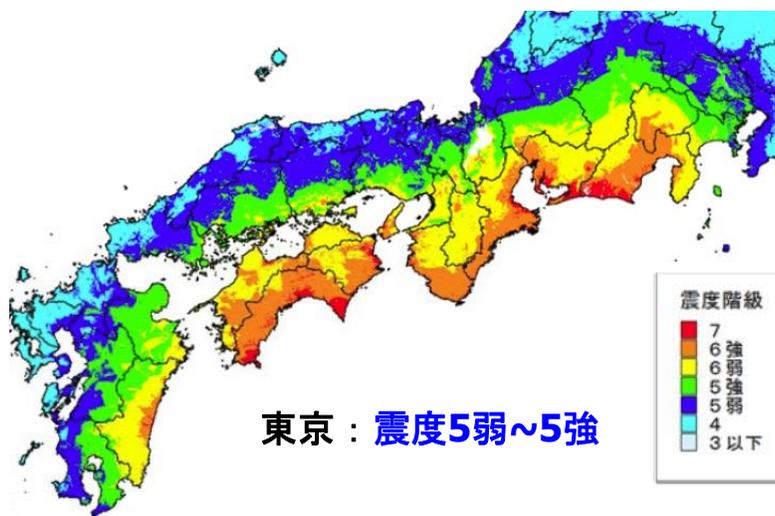
- **南海トラフの巨大地震**
  - 内閣府 各地震度、人的被害32万人、経済被害220兆円などを公表 (M9地震を想定)  
201512.17地震動評価報告書公表
  - 国交省 2016.6.24長周期地震動公表 (M8クラス)
  - 東京都 液状化、震度などを公表
- **首都直下地震**
  - 東京都 震度、地震動の大きさ、津波高さなどを公表 (東京湾北部、元禄関東、立川断層)

## 南海トラフの想定震源断層域



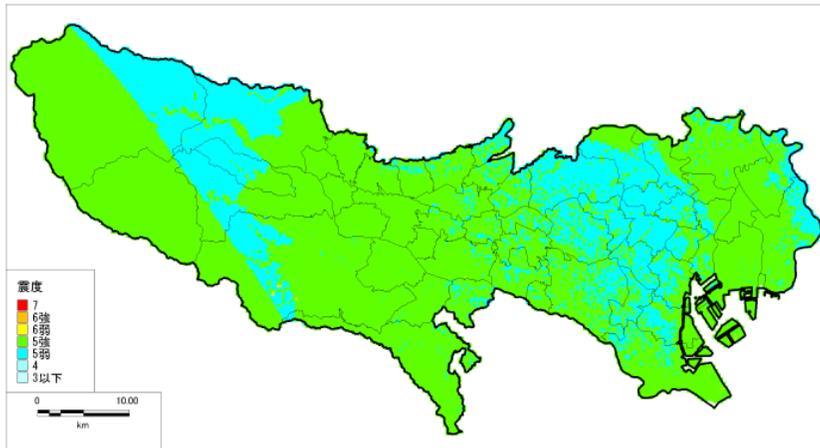
44

## 南海トラフの巨大地震:M9.0時の震度



45

## 南海トラフの巨大地震:M9.0時の震度



東京の震度：5弱～5強

46

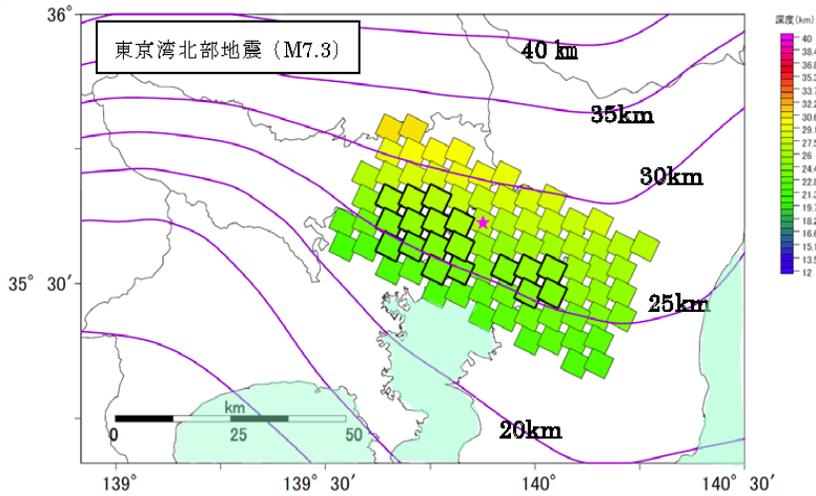
## 南海トラフ地震時の東京の建物の揺れ方



震度は小さくても、40階建て以上の高い建物が大きく揺れる、中低層はあまり揺れない

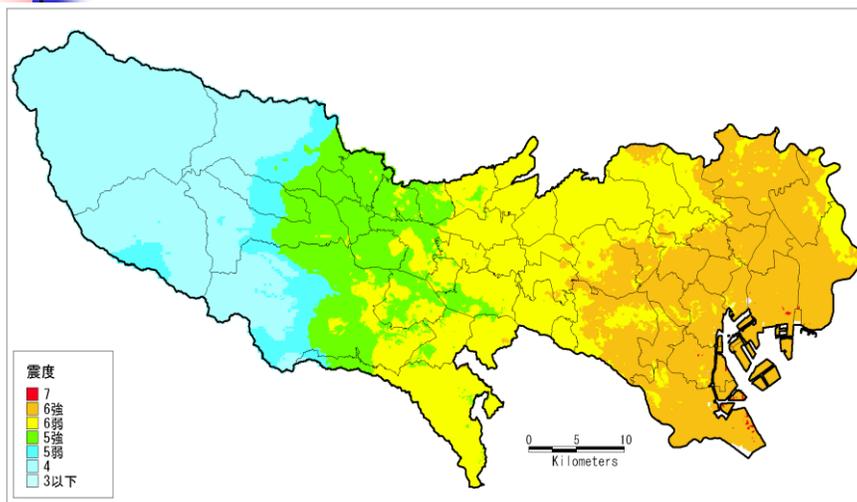
47

## 直下地震: 東京湾北部地震(M7.3)



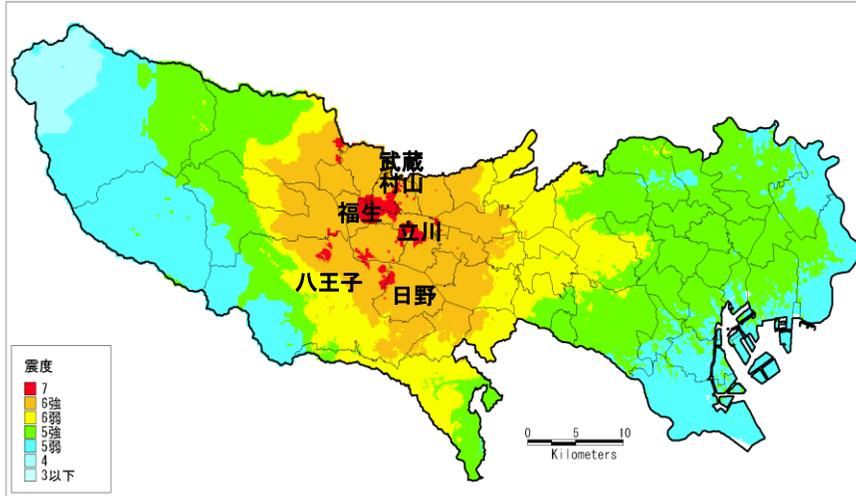
太枠線はアスペリティ (※)、★は破壊開始点  
 (※) アスペリティ: 震源断層の中で特に強い地震波を生成する領域

## 東京湾北部地震(M7.3)の震度分布



## 東京湾北部地震 (M7.3)

## 立川断層帯地震(M7.4)による震度分布



立川断層帯地震 (M7.4)

50

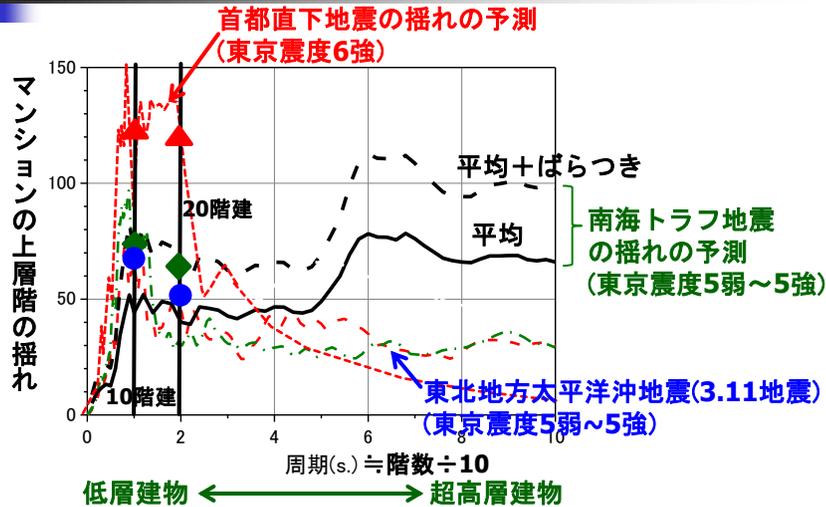
## 直下地震時の建物の揺れ方



15階建て以下の低い建物が大きく揺れる

51

## 南海トラフ地震・首都直下地震の大きさ



マンションの階数毎に、どの地震でどのくらい揺れるかがわかる図

52

## 本日の内容

1. 耐震設計法の変遷
2. 各種地震被害とそれへの備え
3. 熊本地震の教訓とそれへの備え
4. 東京における大地震の切迫性
5. 今後に向けて

53

## 今後に備えて

### ■南海トラフ地震、首都直下地震に対する備え

- 東日本大震災では構造被害が少なかったものの、**今後来る巨大地震**では、それより大きな揺れの可能性が高く、**柱や壁の被害の可能性有**。まずは**耐震診断が重要**。
- **首都直下地震**では、震度6強以上が想定されるため、**旧耐震**の45m以下(15階建以下)の既存中低層マンションでは、**耐震診断の結果がNGなら耐震補強すべき**  
= **耐震補強すれば倒壊の可能性は低くなる**。**制震**により更に**被害が軽減**できる。**制震**は耐震補強と施工手間はさほど**変わらない**。
- 特に地盤が悪く揺れやすい場所では、周辺より震度が大きくなるため、旧耐震のマンションは耐震補強による耐震性確保が極めて重要。

54

## 今後に備えて

### ■ 最低限の備え

- **家具・電化製品の固定、開扉防止**
- **キャスター付き機器の固定の工夫**

### ■ 既存建物の非構造部材の対策

- 玄関や窓周りの**非構造壁に構造目地**を入れる
- 扉を**耐震仕様の扉**にする
- **外壁**の変形追従性を確認する

55

## 今後に備えて

### ■マンション住民同士のコミュニケーション

挨拶やイベントを通して、住民同士の顔の見える関係づくりが災害時の**共助**に繋がる



特に、マンション被災後の復旧、解体や建替えなどの際には、住民の同意が必要となる



住民同士が容易に連絡を取り合えるようにしておくことが重要

56

ご清聴ありがとうございました

57