

地震工学

第1回:ガイダンス

建築と地震工学の概要

2017年4月13日

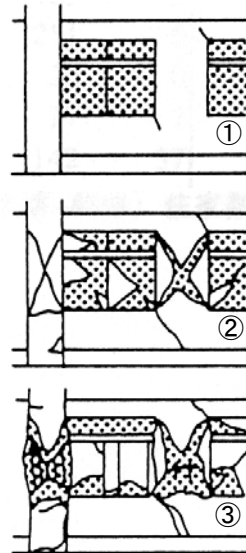
工学院大学 建築学部 まちづくり学科
久田嘉章

はじめに:授業の概要

- 建築の役割、地震学の基礎、被害地震から学ぶ
 - 地震工学:耐震工学や建築振動論などを基礎とする建物のハード対策。加えて、最近では地域連携や災害対応力の向上などのソフト対策、さらに、建物・まちの防災・減災:震災・火災でなく、風水害や都市の群集などによる複合災害も重要
 - レジリエンス:抑止力(被害を出さない対策)と回復力(被害が出た場合の対応策)
 - 最新の知見:2011年東日本大震災や風水害等
- しっかりとノートをとるように!
- この資料の赤太字は参考文献

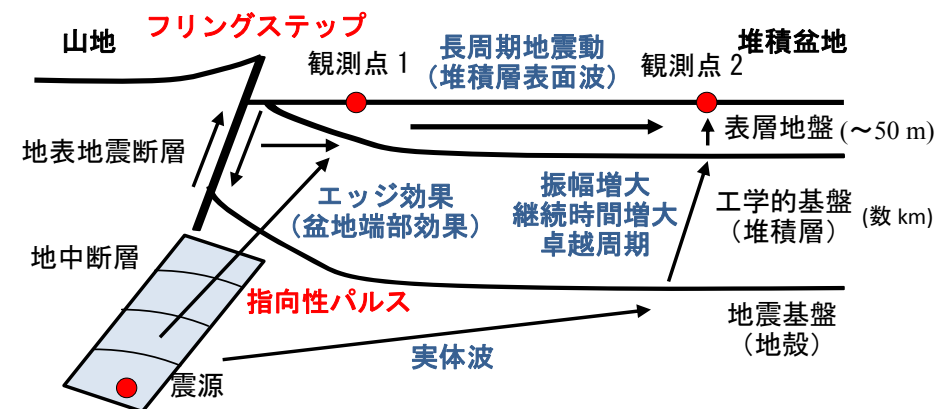
建築基準法と建物の安全

- 「この建物は、最新の建築基準法で建てられているので安全です」と言われました。
 - 大地震時における建物の安全について、建築基準法による安全の限界に、最も近いイメージは?
- ① 軽微な被害であり、震災後も使用可能
 - ② かなり大きな被害を受け、修復をしないと使用不可能
 - ③ 大破してしまい、建て替えが必要
 - ④ 大地震は想定外。倒壊も止むを得ない
- 答え: **建築基準法は、守るべき最低限の基準「安全」とは大地震で倒壊し、死者を出さない。**
従って、安全限界は③が正解に近い。但し、実際の建物の実力は①～③まで様々。
⇒現代社会の高い安全・安心への要望には不十分な内容。より高い耐震性能を目指すべき!



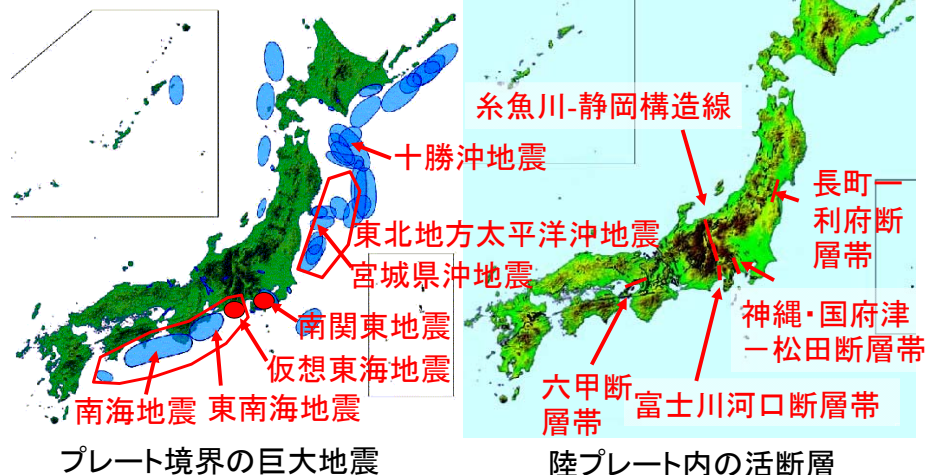
鉄筋コンクリート造建築物地震被害度判定基準

地震動における震源・伝播・サイト特性



震源特性 × 伝播特性 × サイト(地盤)特性

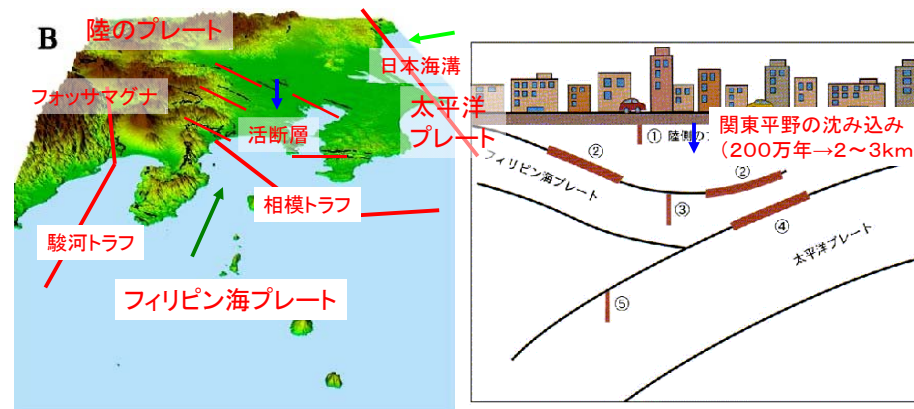
被害地震(震源)



日本周辺の被害地震(「日本の地震活動-被害地震から見た地域別の特徴-」
地震調査研究推進本部の資料より)

地盤について

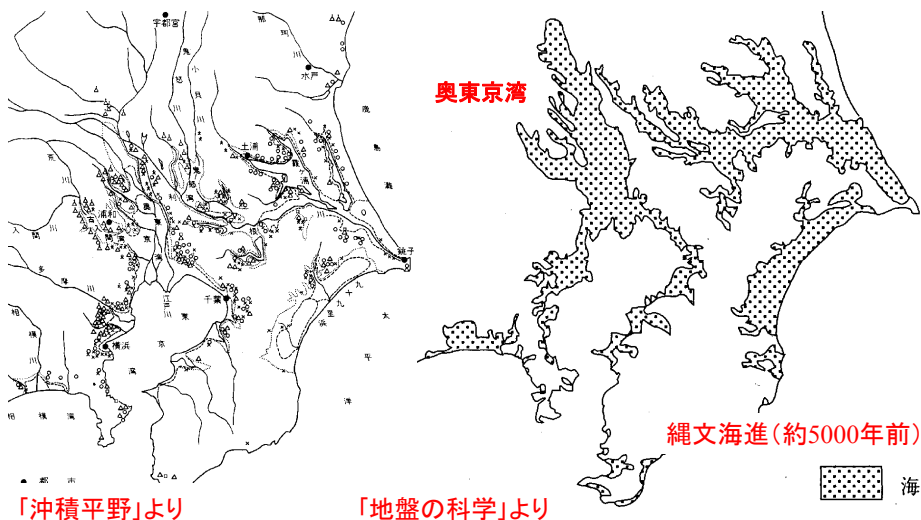
プレート運動と関東平野の深い地盤 : 関東平野は沈んでいる



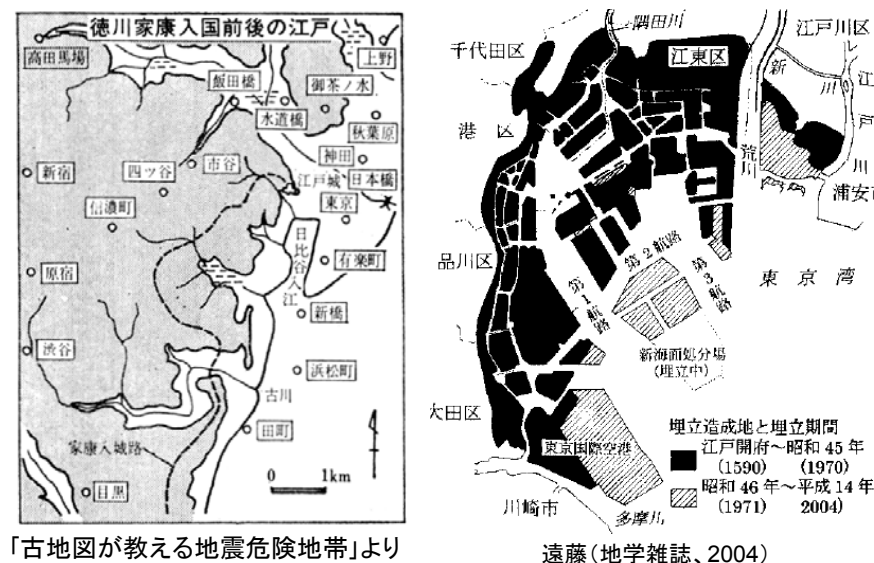
大阪平野、濃尾平野、仙台平野など我が国の大都市は全て同様に堆積盆地上に位置

関東平野のプレート構造
(「日本の地震活動」より)

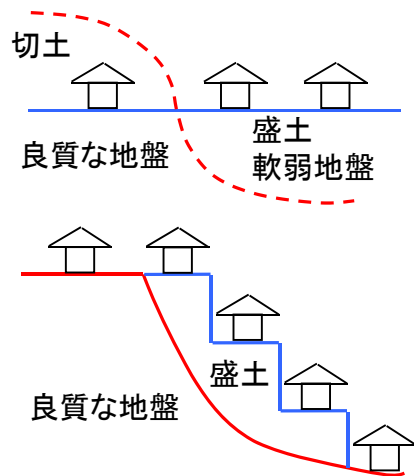
表層地盤 沖積地盤(浅く柔らかい地盤)



江戸時代以降の東京湾の埋立て地盤



宅地造成地と地震被害 (2003年新潟県中越地震の被災例)



明治初期の西洋技術の導入

- ◆ 組石造・鉄骨レンガ造など、西洋建築の直輸入
→ 地震で多大な被害、組石造禁止
- ◆ 木造建物: 地震力(水平力)には筋違等が有効

名古屋郵便局の被害



西春日井郡清洲本町被害



1891年濃尾地震(M8活断層地震)による建物被害

国立博物館地震資料室 http://www.kahaku.go.jp/research/db/science_engineering/namazu/index.html

被害地震に学ぶ 1923年関東大震災(M7.9)の震源断層と震度分布

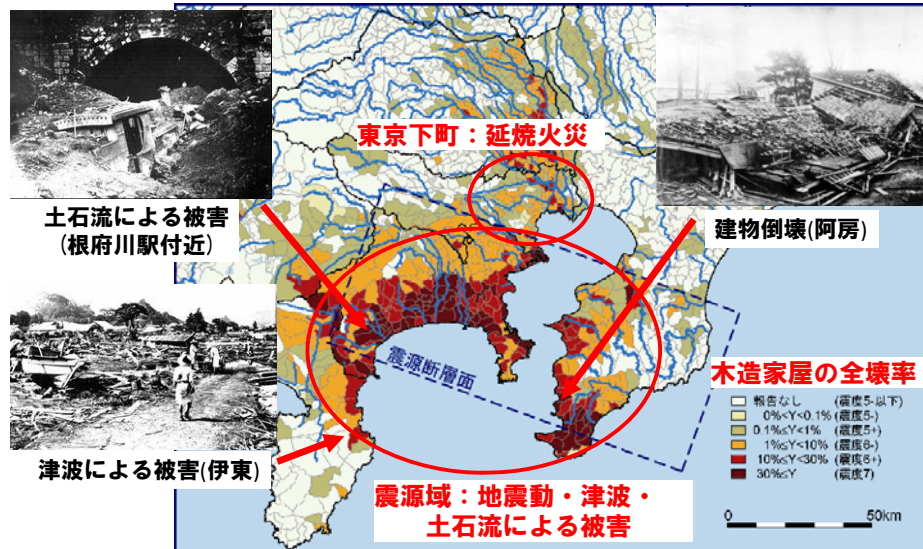
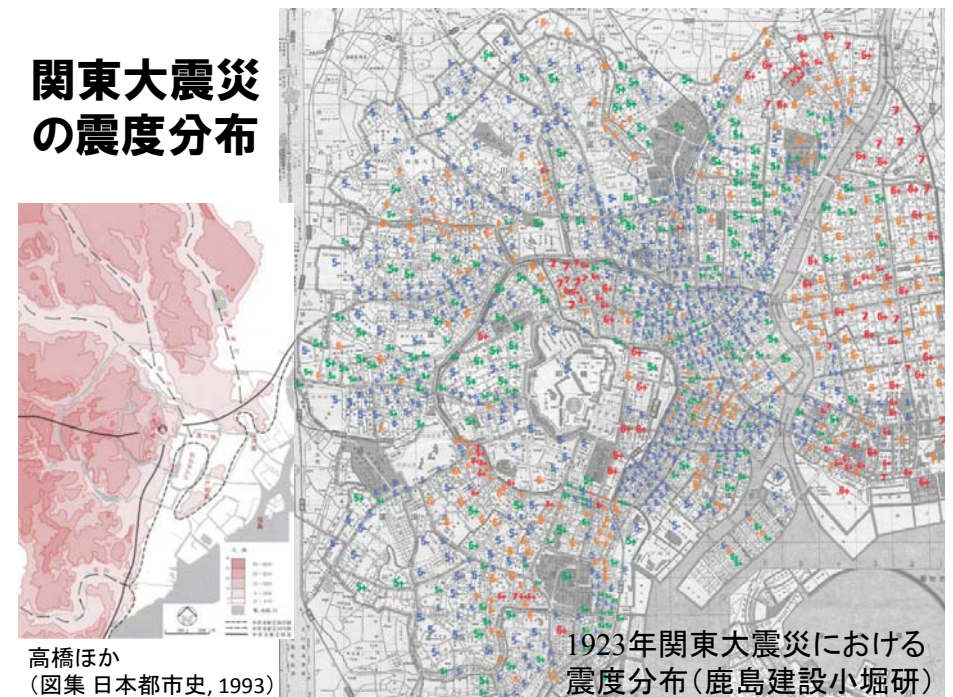


写真: 国立科学博物館資料室

図: 武村雅之: 関東大震災 (鹿島出版会 2003) より

関東大震災の震度分布



高橋ほか
(図集 日本都市史, 1993)

1923年関東大震災における
震度分布 (鹿島建設小堀研)

1923年関東大震災

東京市の大火災：震災対策の原点

地震発生：1923年9月1日正午

東京市：死者数 71,615名(全体約10万)

圧死者数 3,668名(5%)

焼死者数 56,774名(78%)

水死者数 11,233名(16%)

→ 95%の死者は火災による
(ただし、大規模延焼火災発生は
震災発生から4~5時間後)

- ・耐震・耐火対策(市街地建築物法の改正、1924)
- ・初期消火と避難→空地・広域避難場所の整備
→消火・避難訓練("逃げる対策・訓練")
- ・なぜ当時の人は"逃げた"? 約9割は借家住まい!



初期の耐震設計法 と耐震構造ビル

- ・設計震度：設計震度(地震により建物に作用する水平加速度を重力加速度で基準化)を導入
- ・耐震壁：地震による水平力に耐えるための構造壁
- ・日本初の耐震構造ビル：(旧)日本興業銀行本店(東京・丸の内、1923年竣工)。耐震壁をとりいれた7階建て鉄骨鉄筋コンクリート造の建物で、完成3ヶ月後の関東大震災で軽微な被害。隣にあった鉄骨とカーテンウォールによる米国直輸入の内外ビルが倒壊した。使用した設計震度は2/15(0.133)



佐々木茂建築設計事務所

<http://blog.livedoor.jp/shyougaiitisekkeisi2581/archives/51452369.html>

(旧)日本興業銀行本店

1948年福井地震と建築基準法の制定

- ・1948年福井地震(M7.1)：福井市直下の活断層により、福井市は壊滅的な被害。気象庁は震度7を追加。
- ・1950年建築基準法の制定：全国に適用。長期荷重(自重)と短期荷重(地震・風)を導入。水平震度は0.2としたが、許応力度も2倍にした。高さ制限は31mのまま継続。⇒時代背景(終戦直後の多数のバラック建築等)：基準法は最低限の基準(死者を出さない)



1948年福井地震による大和デパートの倒壊
<http://kanazawa.typepad.jp/weblog/2010/03/post-551f-1.html>



東京のバラック家屋(昭和22年)

早稲田大学 よく分かる!
<http://www.waseda.jp/student/weekly/contents/2006b/109e.html>

地震被害と建築基準法・耐震規定改正



1968年十勝沖地震
(RC造短柱被害)



1978年宮城県沖地震
(ピロティ・偏心などバランス悪い建物)

1971年建築基準法改定

1981年建築基準法改定
(新耐震設計法の導入)

鹿島建設：「地震による教訓」(<http://www.kajima.co.jp/tech/seismic/higai/030604.html>)

1978年宮城県沖地震(M7.4)

- 仙台市内の最大震度は5
- 28人の死者のうち16人が、倒れたブロック塀などの下敷き
- 宅地造成地(緑ヶ丘など)の地盤崩壊
- 高層建物の被害(エレベータ閉じ込め、非構造壁の被害)

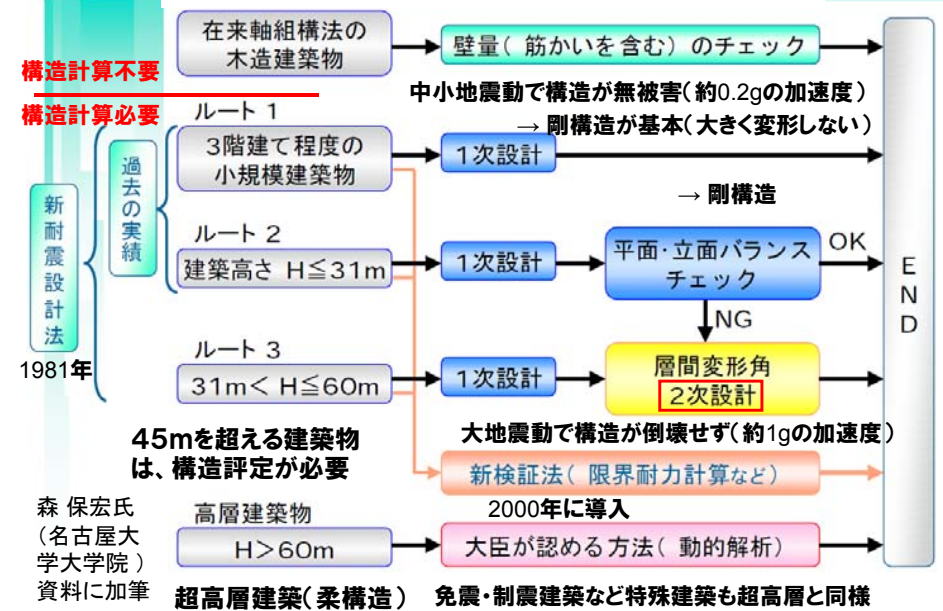


宮城県: <http://www.pref.miyagi.jp/sdh-doboku/fureaidayori/fureaidayori01/fureaidayori01-3.htm>
(瀬尾和大氏・東工大名誉教授より)



高層マンションの被害(ほぼ全戸で非構造壁が、せん断破壊し玄関ドアが開かなくなった)→補修したが、東日本大震災でさらに大きな被害、取り壊しに...

構造計算のルート(現在の耐震規定)



超高層建物の耐震設計(柔構造)

- 1950年建築基準法: 高さ規制(31m)の継続
 - 1940年代: 強震計開発(主として米国)
 - 1960年代: 動的設計法(柔構造の可能性)
 - 1963年建築基準法改正: 容積率導入・高さ制限撤廃
 - 1981年建築基準法改正: 新耐震設計法
 - 主な超高層建物・構造物
- 1958年 東京タワー(333m:S造)
- 1968年 霞が関ビル(36階 156m:S造)
- 1978年 サンシャイン60(60階 240m:S造)
- 1993年 横浜ランドマークタワー(70階 296m:S造)
- 2009年 The Kitahama(54階 209m:RCマンション)
- 2012年 東京スカイツリー(634m:S造)
- 注:S造(鉄骨造)、RC造(鉄筋コンクリート造)
- 超高層建築は柔構造(しなやかに揺れて力を流す) 長周期地震動等で、大きな変形を生じる可能性あり



あべのハルカス (60階、高さ300m)



東京スカイツリー (29階、高さ634m)

1995年阪神・淡路大震災の被害

1995年1月17日 5時46分
阪神・淡路大震災(M7.3)
死者:6,434名 負傷者:43,792名
直接死 5,520名
約8割:建物倒壊による圧死
約1割:家具類等の転倒による圧死
約1割:焼死
関連死 914名
仮設住宅孤独死者数:233名
災害復興住宅孤独死者数:396名



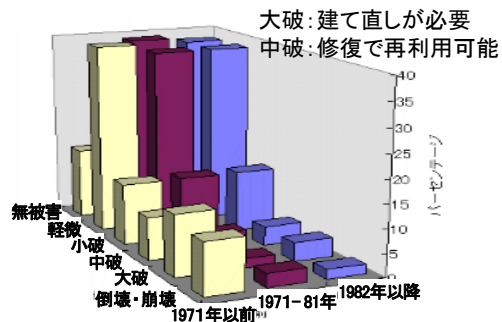
なぜ地震で人は死ぬのか？

- ・ **火災**：2003年関東大震災、**津波**：2004年スマトラ地震津波
 - ・ **建物倒壊**：1995年阪神・淡路大震災（古い建物に被害集中）
- 死者・負傷者発生だけでなく、救援・救護・消火から復旧・復興活動も支障



（阪神大震災全記録、毎日ムックより）

注意：建築基準法の目標は倒壊・崩壊しないこと：大破OK→安全性・業務継続は保証無

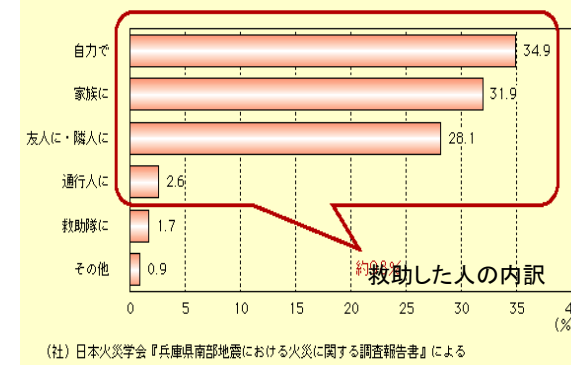


建設年代別のRC造建物被害
→ 建築基準法：1950年制定
1971年・1981年に耐震規定改正
日本建築学会 <http://www.aij.or.jp/jpn/seismj/rc/rc2.htm>

1995年阪神淡路大震災の教訓

直接死約5500名の約8割は倒壊建物（殆どは老朽家屋）、約1割は転倒家具類の下敷きによる圧死

神戸の住民は避難したか？



- ・ 殆どの住民は逃げずに、消火・救援救護活動、大多数は地域住民が救助 ⇒ **自分の家・まちは自分たちで守る（自助・共助）**
- ・ 「逃げる対策」から、「逃げないで被害に立ち向かう対策」も必要

2011年東北地方太平洋沖地震(M9.0)

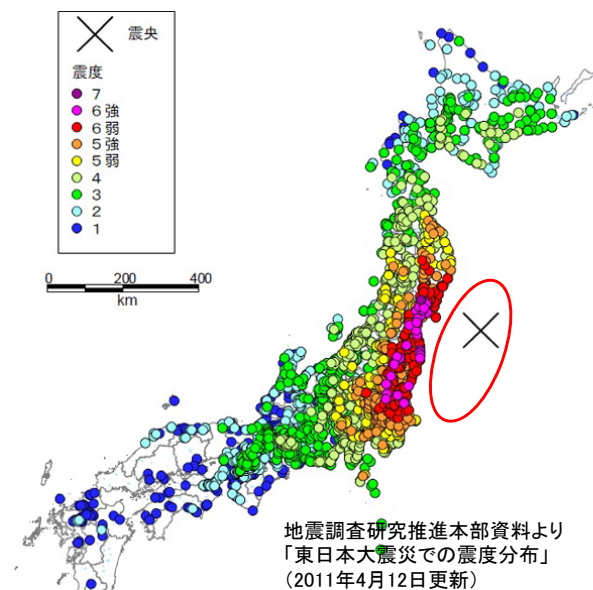
表1 東日本太平洋沖における海溝型地震の長期発生予測（地震調査研究推進本部による）

海 域	予想されるマグニチュード	今後30年以内の発生確率	平均発生間隔
三陸沖北部	M8.0 前後	0.5%~10%	約97年
三陸沖中部	(過去に大地震がなく評価不能)		
三陸沖南部海溝寄り	M7.7 前後	80%~90%	105年程度
宮城県沖	M7.5 前後	99%	37年
福島県沖	M7.4 前後 (複数地震が連続)	7%程度以下	400年以上
茨城県沖	M6.7~M7.2	90%程度以上	約21年
房総沖	(過去に大地震がなく評価不能)		
三陸沖北部から房総沖の海溝寄り	M8.2 前後 (津波地震)	20%程度	133年程度
	M8.2 前後 (正断層型地震)	4%~7%	400~750年

- ・ 今回の地震は、6つの震源域が連動し、M9の超巨大地震となった
- ・ 海溝型地震の地震サイクルは、従来の数百年ではなく、数千~万年単位で考える必要がある



震度分布と建物・人的被害



消防庁発表(2014/3/7)

人的被害
死者: 18,954
(約9割は溺死)
行方不明: 2,655
負傷: 6,219、重傷: 697
避難者: 56,557

建物被害
全壊: 127,291
半壊: 272,810
一部破損: 766,097
火災: 330

建物被害と死者数(内閣府)
約1万9千人の死者・行方不明者のうち、内陸での死者・行方不明数は、125人
(総務省消防庁発表被害報平成24年3月11日現在、死者・行方不明者の0.6%)
(http://www.bousai.go.jp/jishin/nankai/taisaku/pdf/2_2.pdf)

2011年東日本大震災： 津波避難3原則 (群馬大・片田教授)

- 約9割の死者は津波による
 - 釜石の奇跡**：岩手県釜石市にて「避難3原則」を実践。東日本大震災では、想定外の津波に対して市内の小中学14校の生徒約3000人が避難。生存率は99・8%に達した。
 - 避難3原則**
 - 想定にとらわれるな**：過去の1事例に過ぎないハザードマップにとらわれず、**自分で判断せよ**
 - 最善を尽くせ**：「ここまで来ればもう大丈夫だろう」ではなく、そのときできる**最善の対応行動**をとること。
 - 率先避難者たれ**：勇気を持って一番はじめに逃げる。そうすれば群衆心理でみんながついてくる。はじめに逃げるということが、多くの人の命を救うことになる
- 一般化は、**率先リーダーたれ！**
(正しい知見、正確な情報・判断・・・)



Wedge Report
<http://wedge.ismedia.jp/articles/-/1312?page=1>

東日本大震災における首都圏での様々な被害



液状化(浦安市)



天井落下(川崎市音楽ホール)



長周期地震動と超高層建築(工学院大24階)



帰宅困難者と大渋滞(新宿駅南口)

26

逃げない対策：東京都帰宅困難者対策条例(2013年3月施行) → 首都圏で515万人(幹線道路麻痺・大群衆が危険因子に)

○ 一斉帰宅の抑制

- 都民の取組** むやみに移動しない、
家族との連絡手段を複数確保するなど事前準備(171、携帯伝言・・・)
- 事業者の取組** 従業員の一斉帰宅の抑制

施設の安全確保、3日分の水・食糧など、従業員との連絡手段の確保など事前準備、駅などにおける利用者の保護、生徒・児童等の安全確保

○ 安否確認と情報提供のための体制整備

○ 一時滞在施設の確保(国や自治体、民間施設)

○ 状況安定後の帰宅支援(帰宅支援ステーション、代替輸送手段など)

→ 住宅・マンションも同様に、避難民にならない・自宅に留まる対策を

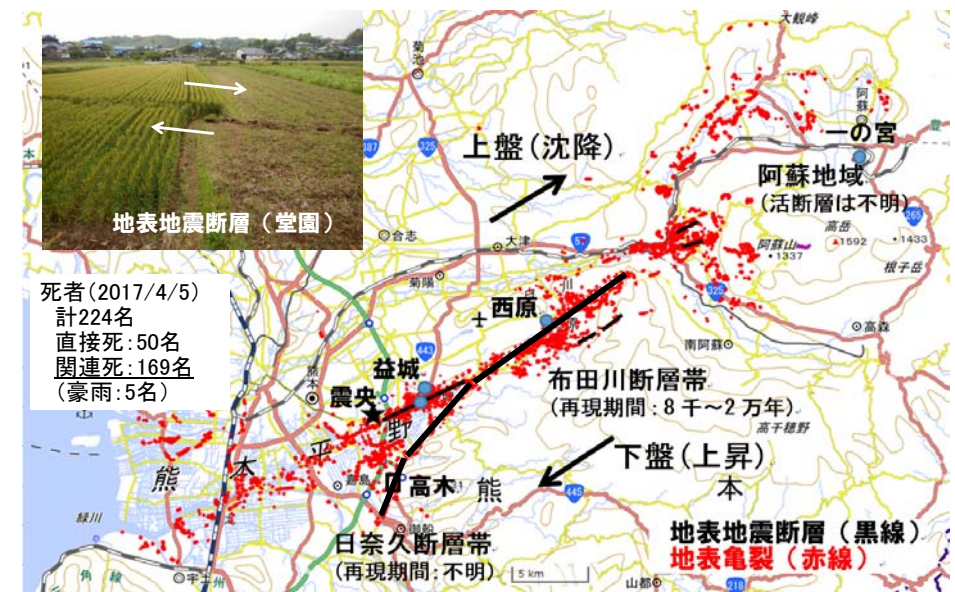
最大340万人(含:ライフライン停止)。本来、避難所は家を失った人へ！

→ 大震災時に家族との連絡は困難、家庭・職場・学校で万全な対策を

耐震性能の向上、家具類の落下・転倒防止、最低3日分の備蓄、普段から地域での共助体制、171などに加えて被害外への共通の連絡先など

27

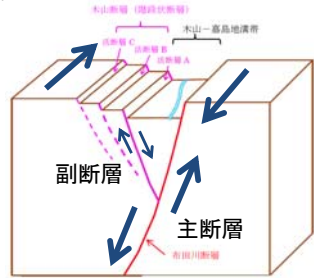
2016年熊本地震の震源近傍強震動・地表地震断層



平成28年熊本地震関連資料(国土地理院地図)に加筆

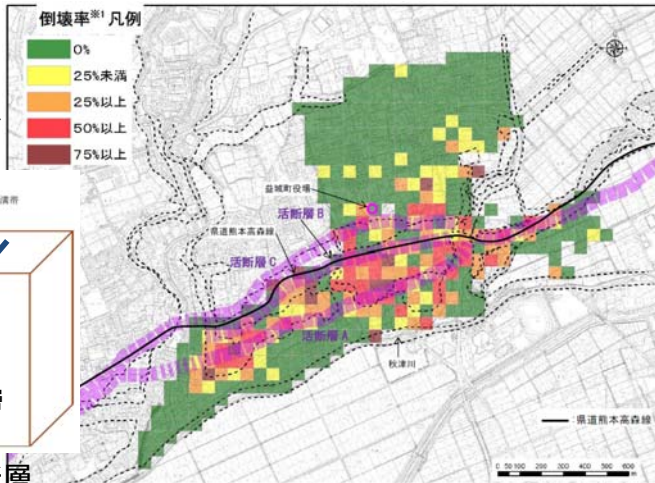
熊本地震からの益城町の市街地復興に向けた安全対策のあり方等に関する中間報告(国土交通省、2016)

⇒益城町市街地で3本の活断層A-Cが存在、熊本地震では布田川断層と連動して活断層Aが、最大で35cmの右横ずれ、最大15cmの南落ち上限変位を生じた



右横ずれ・正断層

⇒益城町市街地で3本の活断層A-Cが存在、熊本地震では布田川断層と連動して活断層Aが、最大で35cmの右横ずれ、最大15cmの南落ち上限変位を生じた



活断層と建築の対策:益城町の市街地復興に向けた安全対策のあり方等に関する中間報告(国交省2016)

活断層のズレに対する安全対策

(1)低層建築物について

⇒ 今後、新築される建築物について特段の追加的配慮は必要ないものと考えられる。

(2)杭基礎構造を有する中高層建築物等について

⇒ 活断層による地盤のズレによる被害リスクも想定されるため、新たに建築する場合は、地盤調査等により、活断層の存在の確認等を行うことが考えられる。

様々な検討課題有り

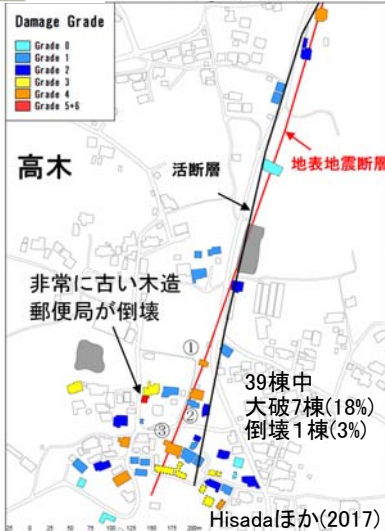
(1)国交省の「安全」とは、「倒壊しないこと」

⇒取壊しになれば、避難所・仮設住宅の生活等で死者が増大(直接死は50名、関連死は約100名)、復旧・復興へ膨大な時間・費用
(2)都市部では厚い堆積・沖積層、地盤改変等で活断層位置が明確にならないことが多く、地盤変状による被害は広範囲に生じる

⇒活断層近傍であれば、基準より高い耐震性能を推奨すべき

地表地震断層の直上でも建物の被害低減が可能

Grade 0 無被害
Grade 1 軽微
Grade 2 小破
Grade 3 中破
Grade 4 大破
Grade 5+6 倒壊



①古い在来木造(RCブロック基礎)、D4(大破)



②新しい住宅(軽量S?, RCべた基礎)、D1(軽微)



③非常に古い準伝統木造住宅(束基礎)、D4(大破)

様々な機関による首都直下地震と被害想定

○内閣府・中央防災会議:首都直下地震の被害想定

2005年被害想定(東京湾北部地震など13の震源パターンで計算)

2013年被害想定(都心南部地震など19の震源パターンで計算)

○文部科学省・首都直下地震防災・減災特別プロジェクト(東京大学地震研究所など、2011)

フィリピン海プレートが首都直下で約10km程度浅い、東京湾北部直下のM7.3で、広域な震度6強、一部震度7も..

○自治体(東京都など)

2011年東京都被害想定(10km程度浅い震源)、ほか多数

・国・自治体による被害想定での注意点:

・震源や地盤モデルの設定、使用するデータや想定手法により、結果は大きく異なる。公開されている結果は無数にあるケースのごく一部。被害の全体像を知るのが主目的であり、個別地域での結果の精度は高くなく、一般に被害を大きめ評価する傾向あり。

Figure 1 consists of three parts: (a) A 3D block diagram of the plate tectonics around Japan. It shows the Pacific Plate, North American Plate, Philippine Sea Plate, and Eurasian Plate. The Japan Trench, Izu Trench, Ryukyu Trench, and Nankai Trough are labeled. (b) A map of Japan showing the epicenters of the Great East Japan Earthquake (M7.9), the Great Tohoku Earthquake (M8.6), and the Great Nankai Earthquake (M8.2). (c) A map of Japan showing the epicenters of the Great East Japan Earthquake (M7.9), the Great Tohoku Earthquake (M8.6), and the Great Nankai Earthquake (M8.2).

南関東では、200～400年間隔で発生する関東地震（M8クラス）の地震の間に、マグニチュード7クラスの地震が複数発生している

元禄型関東地震は2000～3000年程度の期間で発生
元禄関東地震(1700) M8.5^a

大正型関東地震は200～400年程度の期間で発生
大正関東地震(1923) M8.2^b

現在

2000～3000年

220年

200～400年

大正型地震から約90年経過

相模トラフ沿いの海溝型地震の前に必ず数直下で発生する可能性があるM7クラスの地震を検討対象

相模トラフ沿いで繰り返し発生するM8タイプの海溝型地震を検討対象

元禄型関東地震タイプの地震もしくは最大クラスの地震

大正型・地震タイプ別の地震

2120? ~ 2320?

現在

関東地震(M8クラス)の前にM7クラスの地震が複数回発生しているとされる期間

今後想定すべき首都直下地震

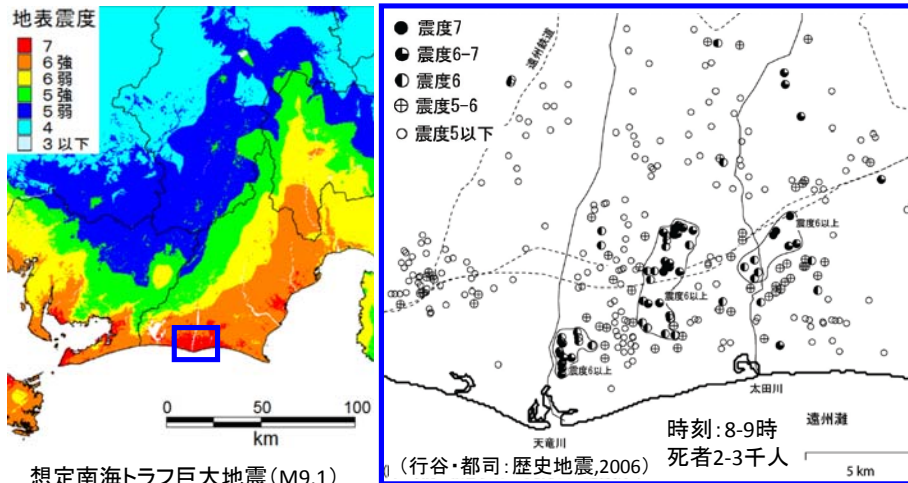
(内閣府HPより)

図24 南関東で発生した地震(1600年以来、M6以上)

番号	前回	今回	地域・名称	西暦	北緯	東経	M	被害摘要
1			元和江戸	1615	35.7	139.7	6.8	家屋が倒壊し、死傷多く、地割れが発生.
2			寛永小田原	1633	35.2	139.2	7.0	小田原で民家の倒壊多く、死150. 熱海に津波が襲来.
3			慶安相模	1648	35.2	139.2	7.0	小田原城破損, 領内で潰家が多かった. 死1
4			慶安武蔵	1649	35.8	139.5	7.0	川越で大地震, 町屋700軒ほど大破. 圧死多数.
5			元禄關東	1703	34.7	139.8	8.2	房総半島南部・小田原で被害大、死者約1万人、津波有
6		○	天明小田原	1782	35.4	139.1	7.0	小田原城天守傾き, 江戸でも潰家、死者あり
7		○	嘉永小田原	1853	35.3	139.15	6.7	小田原で被害大、潰家あり
8		○	安政江戸	1855	35.7	139.8	7.1	江戸下町で被害大、死者7千人以上
9	○	○	明治東京	1894	35.7	139.8	7.0	東京・横浜の被害が大、東京で死24. 川崎・横浜で死7
10			東京湾付近やや深い	1894	35.6	139.8	6.7	建物に小被害
11	○	○	茨城県南部	1895	36.1	140.4	7.2	茨城県南部に被害大
12	○	○	茨城県南部	1921	36	140.2	7.0	千葉・茨城県境付近に小被害
13	○	○	浦賀水道	1922	35.2	139.8	6.8	東京湾岸に被害があり, 東京・横浜で死各
14			關東大震災	1923	35.3	139.1	7.9	死者約10万人、住家全潰10万9千余, 焼失21万2千余
15			丹沢	1924	35.3	139.1	7.3	死19, 家屋全潰1200余. 特に神奈川県中南部に著しい被害
16			西埼玉	1931	36.2	139.2	6.9	死16, 家屋全潰207(住家76, 非住家131).
17	○		千葉県東方沖	1987	35.4	140.5	6.7	千葉県を中心に死2, 傷161. 住家全壊16, 一部破損7万余

1855年安政江戸地震(M7)の震度分布
作成 中村 操氏 <http://www.bousai.go.jp/oshirase/h15/031222/2-3.pdf>

最大級南海トラフ地震と歴史地震の震度の比較

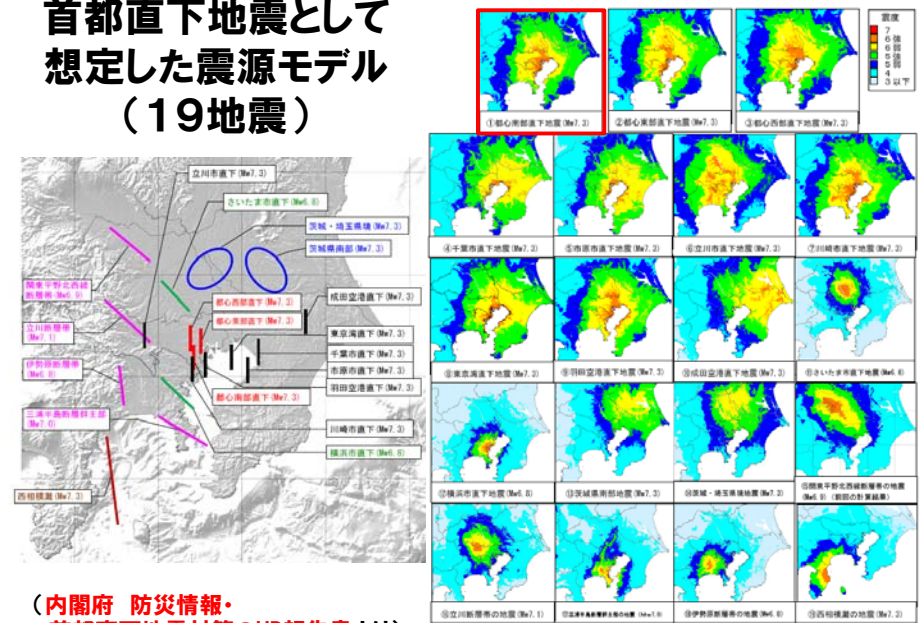


想定南海トラフ巨大地震(M9.1)
の推定震度例(2012年内閣府)

1854年安政東海地震(M8.4)の震度分布

→ 想定最大級地震(広大な震度6強以上と巨大津波)と、歴史地震による現実的な被害とは大きな乖離がある。想定被害の程度により震災対応も大きく異なることに注意を要する(耐震診断・補強をやめる、初期消火や救急医療・物資・人材など地域・広域連携を諦める。など)

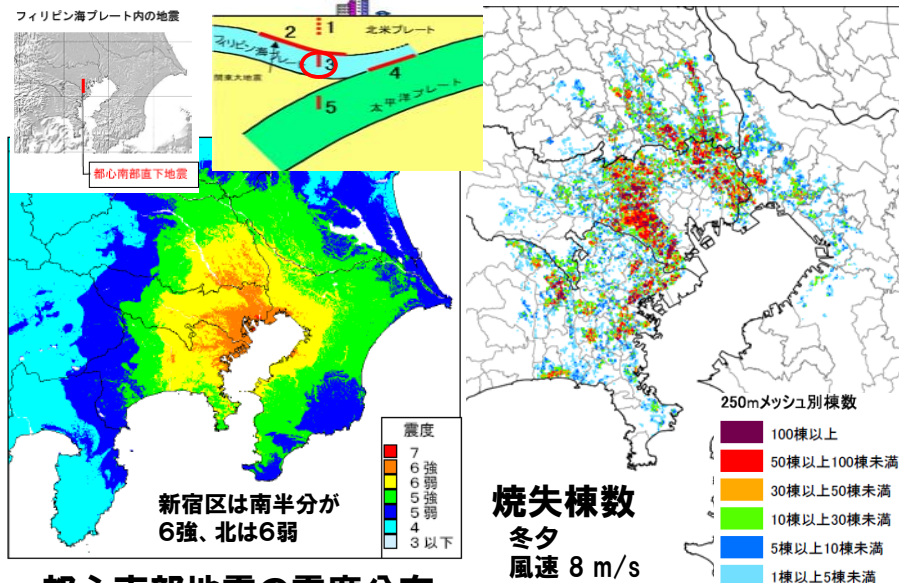
首都直下地震として 想定した震源モデル (19地震)



(内閣府 防災情報・
首都直下地震対策のHP報告書より)

図10 首都直下のM7クラスの地震の震度分布(19地震)

首都直下地震の想定被害(2013年内閣府)



新宿区は南半分が
6強、北は6弱

都心南部地震の震度分布

焼失棟数
冬・夕
風速 8 m/s

250mメッシュ別棟数

- 100棟以上
- 50棟以上100棟未満
- 30棟以上50棟未満
- 10棟以上30棟未満
- 5棟以上10棟未満
- 1棟以上5棟未満

都心南部直下地震による建物被害推定結果

都心南部直下地震における建物等の被害

項目		冬・深夜	夏・昼	冬・夕
揺れによる全壊		約 175,000 棟		
液状化による全壊		約 22,000 棟		
急傾斜地崩壊による全壊		約 1,100 棟		
地震火災による焼失	風速3m/s	約 49,000 棟	約 38,000 棟	約 268,000 棟
	風速8m/s	約 90,000 棟	約 75,000 棟	約 412,000 棟
全壊及び焼失棟数合計	風速3m/s	約 247,000 棟	約 236,000 棟	約 465,000 棟
	風速8m/s	約 287,000 棟	約 272,000 棟	約 610,000 棟
ブロック塀等転倒数		約 80,000 件		
自動販売機転倒数		約 15,000 件		
屋外落下物が発生する建物数		約 22,000 棟		

全壊の定義:(以降、同じ)

住家がその居住のための基本的機能を喪失したもの、すなわち、住家全部が倒壊、流失、埋没、焼失したもの、または住家の損壊が甚だしく、補修により元通りに再使用することが困難なもの。なお、建物の構造的な倒壊・崩壊はこの全壊に含まれる。

なお、液状化の場合、外観目視判定により一見して住家全部あるいは一部の階が倒壊している等の場合、あるいは傾斜が1/20 以上の場合、あるいは住家の床上1mまで地盤面に潜り込んでいる場合が全壊に相当する。液状化による建物全壊等によって人的被害は発生した事例は少ない。

2013年内閣府

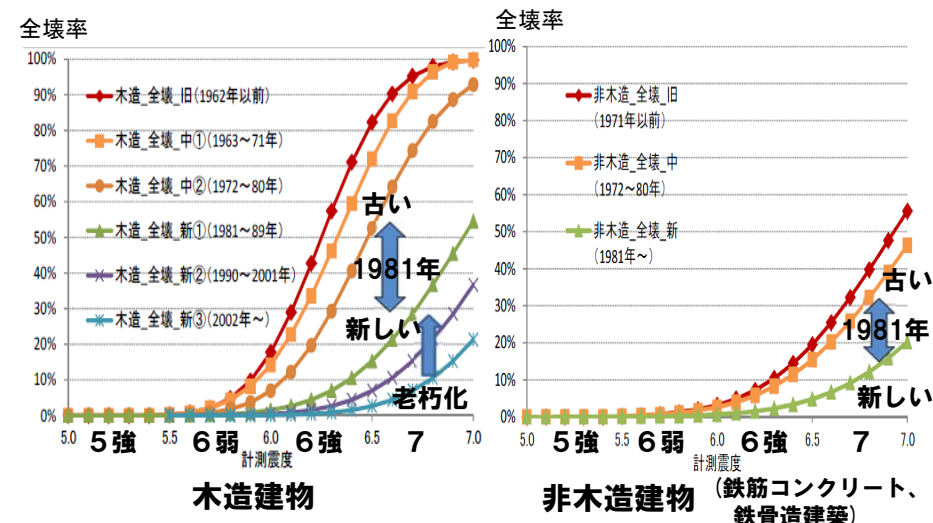
都心南部直下地震による人的被害推定結果

都心南部直下地震における人的被害

項目				
建物倒壊等による死者 (うち屋内収容物移動・転倒、屋内急傾斜地崩壊による死者)		○ 想定負傷者数 最大 約123,000人 ○ 想定重傷者数 最大 約24,000人 (都区部 約13,000人) ○ 東京都内の救急車数 337台 ○ 災害拠点病院数 東京都:70 神奈川県:33 千葉県:19 埼玉県:15 ○ 全国のDMAT数 1,150チーム		
地震火災による死者	風速3m/s			
	風速8m/s			
ブロック塀・自動販売機の転倒、下物による死者				
死者数合計	風速3m/s	約13,000人 ～約15,000人	約5,000人 ～約5,400人	約13,000人 ～約17,000人
	風速8m/s	約15,000人 ～約18,000人	約5,500人 ～約6,200人	約16,000人 ～約23,000人
負傷者数		約109,000人 ～約113,000人	約87,000人 ～約90,000人	約112,000人～ 約123,000人
揺れによる建物被害に伴う要救助者 (自力脱出困難者)		約72,000人	約54,000人	約58,000人

⇒負傷者を出さない対策と万が一負傷した場合の応急救護・担架搬送などの対応力向上

被害推定に用いる震度と建物の全壊率



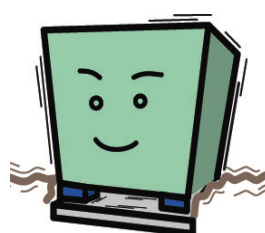
→良い建物を建て、しっかりと維持管理し、永く使い続ける
長期優良住宅 (国土交通省) などのチェック項目を参照

建物の地震防災・耐震設計:耐震・免震



耐震構造

(耐震壁・筋交いなどで抵抗)



免震構造

(免震層で揺れを逃がす)



制振構造

(制振装置で揺れを吸収)



耐震補強の例

http://bousai.kke.co.jp/management/2005/08/post_1.html



免震積層ゴムの例

<http://www.jssi.or.jp/gaiyou/shoshin/cutmodel.jpg>



制震補強の例

<http://www.jisf.or.jp/business/tech/build/photo/low.html>

建物の耐震化・室内対策による被害低減効果

	建物の耐震性強化			
	耐震化率 79% (全国) 87% (東京都)	耐震化率 90% (全国) 94% (東京都)	耐震化率 95% (全国) 97% (東京都)	耐震化率 100% (全国) 100% (東京都)
揺れによる全壊棟数	約175,000棟	約98,000棟	約63,000棟	約27,000棟
建物倒壊等による死者数 (冬・深夜)	約11,000人	約6,100人	約3,800人	約1,500人

	家具等の転倒・落下防止対策強化		
	現状	実施率 75%	実施率 100%
屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による死者数 (冬・深夜)	約1,100人	約700人	約400人
屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による重傷者数 (冬・深夜)	約6,400人	約5,200人	約3,500人

建物被害は火災発生を誘引するだけでなく、地域での道路を閉塞するなど、救急・救援活動を大きく妨げる妨げとなる。耐震化とは現行の最低基準である建築基準法での耐震性能。人口稠密な首都圏の建物はより高い耐震性能(耐震等級2以上、免震など)を目指すべき。

避難者・帰宅困難者数の推定結果

避難者

		避難者数		
			避難所	避難所外
1日後	合計	約 3,000,000	約 1,800,000	約 1,200,000
	うち都区部	約 1,500,000	約 910,000	約 600,000
2週間後	合計	約 7,200,000	約 2,900,000	約 4,300,000
	うち都区部	約 3,300,000	約 1,300,000	約 2,000,000
1ヶ月後	合計	約 4,000,000	約 1,200,000	約 2,800,000
	うち都区部	約 1,800,000	約 540,000	約 1,300,000

帰宅困難者数

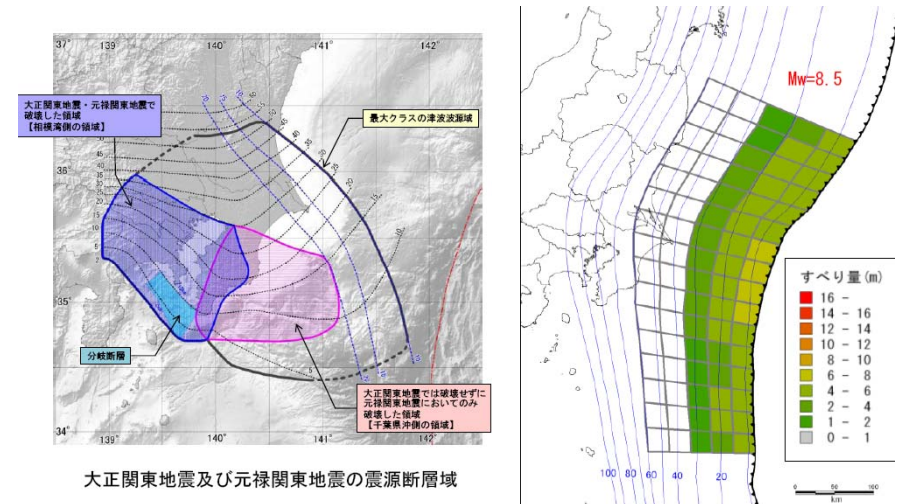
	人数(人)	割合(%)
1都4県	約 6,400,000～約 8,000,000	38%～47%
東京都	約 3,800,000～約 4,900,000	41%～52%

※4県(茨城県、埼玉県、千葉県、神奈川県)

避難者: 建物被害だけでなく、断水・停電でも避難者数に計上。居住不可能の建物以外、十分な備蓄(できれば1週間分)をして自宅待機が原則

帰宅困難者: 周辺状況が分かるまで建物・地域で待機が原則。その後、残る者(BCPコアメンバーなど)、帰宅する者の選別が必要(コアメンバーは最低1週間分の備蓄、交代・・)

海溝型巨大地震と津波の想定 —大正・元禄関東地震と延宝地震—

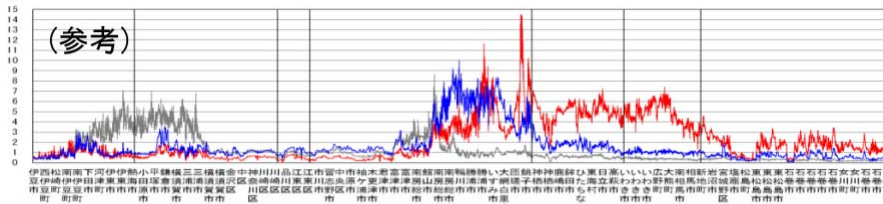


大正関東地震及び元禄関東地震の震源断層域

1923年大正・1703年元禄関東地震

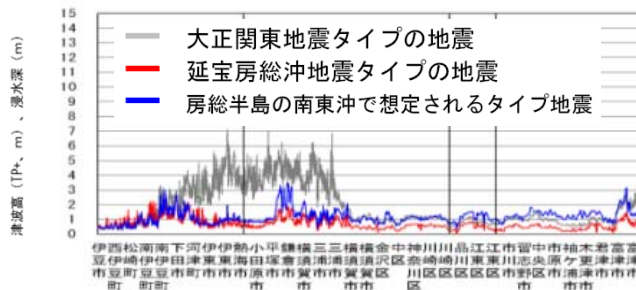
1677年延宝地震

海溝型巨大地震と想定津波高さ

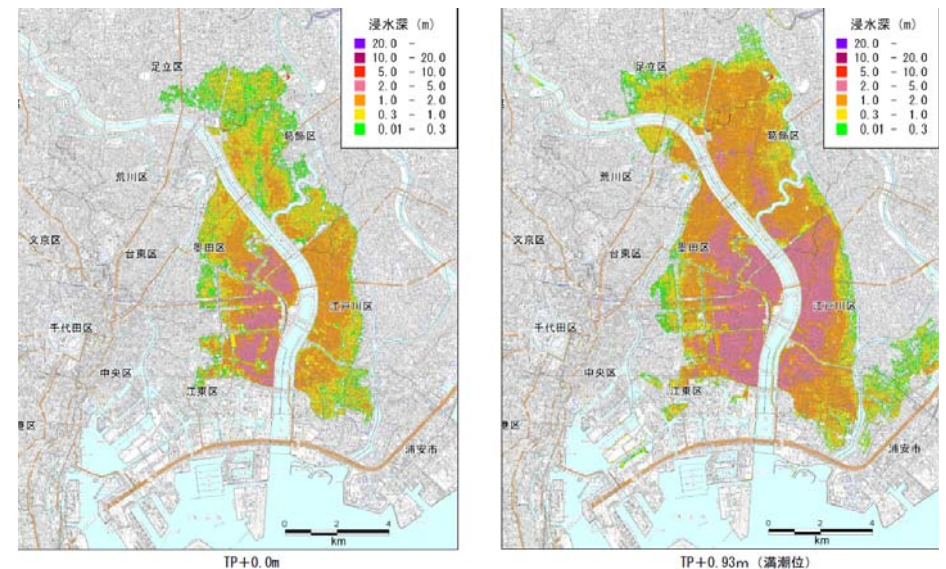


各地震による沿岸での津波高

(太平洋側の沿岸部(島しょ部を除く)(50mメッシュ値))



最大級相模トラフ地震の津波による浸水域 (堤防・水門等が機能しない場合)



地震被害が発生:避難所・広域避難場所に逃げる?

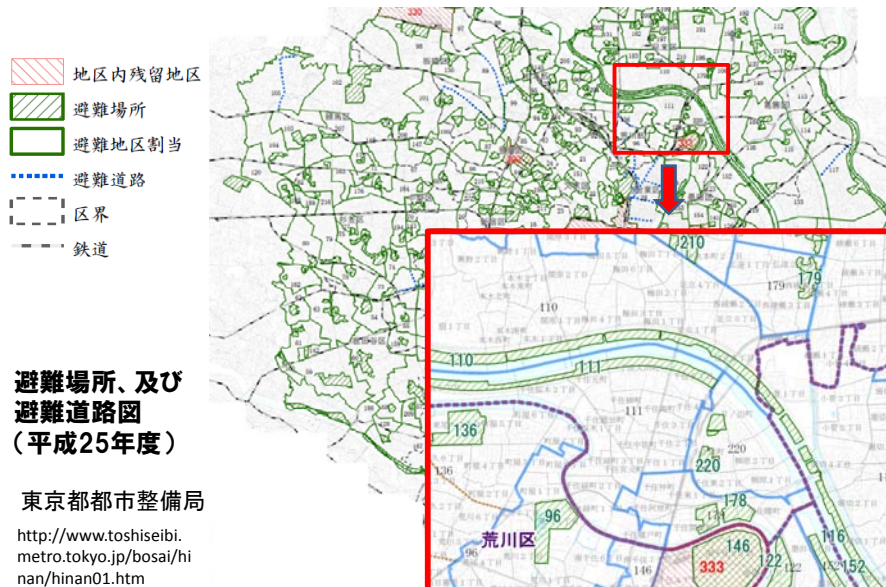


一時集合場所・避難場所・避難所・一時滞在施設 東京都の場合(自治体で用語が異なる)

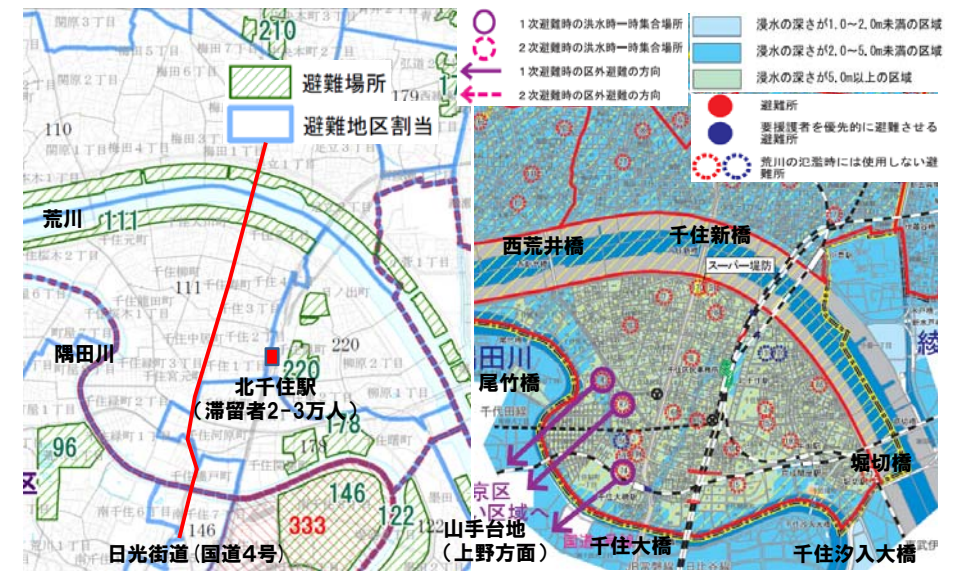
- ・ **一時(いつとき)集合場所**: 近隣の避難者が一時的に集合して様子を見る場所、安全が確保される学校グラウンド、神社・仏閣の境内、空き地・・・
→ 場所は住民自ら決定。地域の被災情報をまとめ、対応を決める場所へ
- ・ **(広域) 避難場所**: 火災が延焼拡大して地域全体が危険になったときに避難する場所。大規模な公園や団地、大学などが指定。
→ ただの広場。津波・洪水・高潮・液状化などの安全性の検討も必要
- ・ **避難所**: 地震等による倒壊、焼失などで被害を受けた方、被害を受ける恐れのある方を一時的に受け入れる学校、公民館等の建物
- ・ **二次避難所**: 自宅や避難所での生活が困難で、介護などのサービスが必要とする方を一時的に受け入れ保護する施設(福祉避難所とも言う)
→ 避難所生活は悲惨。避難所に滞在しないための対策が重要
- ・ **一時滞在施設**: 震災などの際に、駅周辺の滞留者など帰宅が可能になるまで待機する場所がない者を一時的に受け入れる施設

<http://www.bousai.metro.tokyo.jp/japanese/knowledge/words.html>

延焼火災時の避難区域と避難場所(旧:広域避難場所)



東京都足立区の避難計画(北千住地域)



足立区液状化予測図(拡大)



東京都・地域危険度マップ(震災用)

東京都都市整備局:地震に関する地域危険度測定調査(第6回)

建物倒壊危険度:地盤(台地・低地・盛土など)と建物(年代・構造・階数など)の特性より
 火災危険度:出火(世帯・用途・火器使用状況など)と延焼(建物構造・間隔など)の危険性より
 総合危険度:建物倒壊危険度と火災危険度の数値合計より

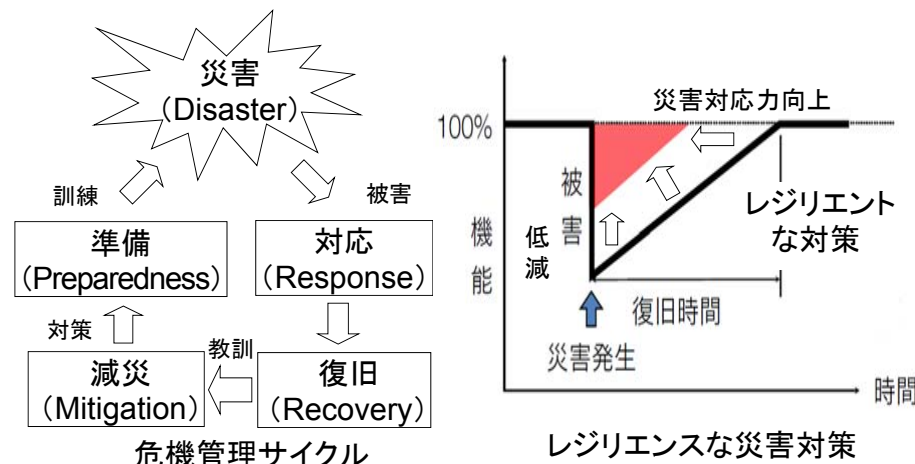


洪水ハザードマップ(神田川氾濫)と避難所

平成12年9月東海豪雨(総雨量589mm・時間最大雨量114mm)と同じ程度の雨を想定



レジリエンスな災害対策の概念図

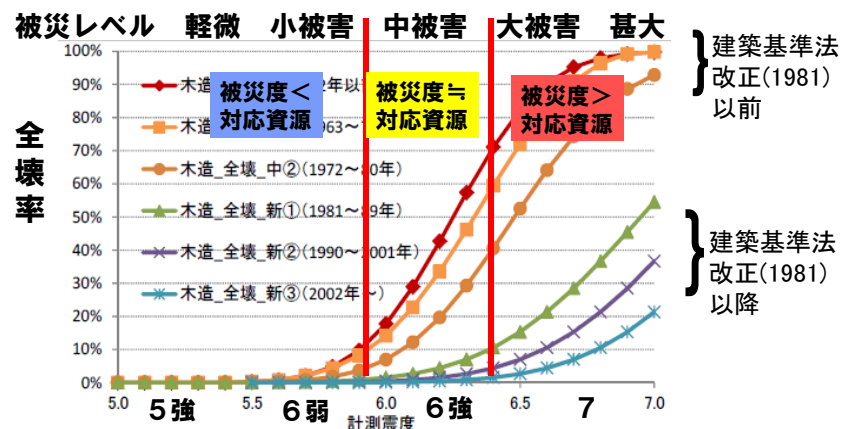


⇒ 必ず事故・被害は発生:事前の減災・準備+事後の柔軟な対応・復旧
 ⇒ 得られた教訓を次の対策に反映(強靱化サイクル)

参考:林春男「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査・研究」

中小～巨大地震対策:レジリエントな震災対策の概念

レジリエントな対策:事前の減災対策+事後の柔軟な対応力向上



事後の災害対応・回復力能力の向上(災害対応従事者、一般市民)
(被災レベル別の対応計画・行動ルールと実践的な訓練・検証・改善)

まちを見て歩き、点検マップを作成しよう

■事前に各種マップを調べておく

国・自治体(都道府県、区町村)の地震被害想定・地震防災マップ(想定震度・液状化危険度、広域避難場所・避難所・病院など)、水害ハザードマップ(想定浸水域や避難所など)

■災害時に注意すべきところ

狭い道路、袋小路、沿道工作物等の倒壊・転倒の恐れ、崖崩れ・擁壁、軟弱地盤・水害の可能性(水辺・低地)、駅・幹線道路、周辺の木造密集地・繁華街・群集・交通の流れ

■災害時に役立つもの

警察・消防署、病院・診療所・クリニック、公園・駐車場などのスペース(いっとき集合場所)、避難所・避難場所、防災・備蓄倉庫、消火器、防火水槽、消火栓、防災用スピーカー、店舗(食料・飲料、日用品、薬、ガソリンスタンド)、AEDの設置場所、公衆電話、建設会社・工務店(建設機材)、など

■災害時に支援が必要な方(個人情報・今回は×)

避難等支援が必要な方の住まい、避難支援等の方法、避難時に一緒に持つて行くもの(常備薬、医療機器)、避難生活で考慮すべき事項、など



都市の住宅:アンとガワ



消火器



消火栓とスタンドパイプ

授業の予定(2017年度)

- 第1回 ガイダンス 建築・まちと地震工学の概要を理解する
- 第2回 地震と地震動 地震学・強震動地震学の基礎を学ぶ
- 第3回 過去の震災から学ぶ1 歴史地震から1923年関東大震災まで
- 第4回 過去の震災から学ぶ2 関東大震災以降
- 第5回 過去の震災から学ぶ3 2011年東日本大震災・2016年熊本地震
- 第6回 津波 津波の成因や特性、対策の基礎を学ぶ
- 第7回 風水害 様々な風水害を理解し、洪水や内水氾濫の成因対策の基礎を学ぶ
- 第8回 複合災害 地震や火災・水害、大都市の複合化する近年の災害を理解する
- 第9回 耐震設計と振動論の基礎 剛構造・柔構造など現在の耐震設計法の基礎
- 第10回 耐震対策の基礎 地盤・基礎、構造・非構造部材、耐震・免震・制振など
- 第11回 建物の防災力を高めるための方策 災害が起きた場合の対応力向上
- 第12回 事業や生活を継続するためのマネジメント BCP/LCPを理解する
- 第13回 地域連携による災害対応力の向上 共助による災害対策の基礎
- 第14回 学習成果の振り返り

成績評価

<成績評価方法及び水準>

- ・ 出題する課題と期末試験により、100点評価で60点以上で合格とする。ウェイトは、期末試験が80%、レポート15%、出席が5%
- ・ 注意:遅刻すると授業について来られなくなるので、厳禁(出席扱いしない)。課題提出で文献引用を明示すること。無断コピーは犯罪に相当。見つけた場合、ペナルティを課すので要注意

<教科書>

- ・ 日本建築学会 逃げないですむ建物とまちをつくる—大都市を襲う地震等の自然災害とその対策—(技報堂)
- ・ その他、適宜プリントを配布する

<参考書>

- ・ 建築の振動 初歩から学ぶ建物の揺れ、西川孝夫他、朝倉書店
- ・ 最新耐震構造解析、柴田明德著、森北出版、1981年