

地震工学

第1回:ガイダンス

建築と地震工学の概要

2014年4月10日

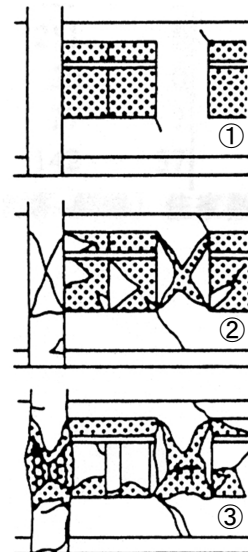
工学院大学 建築学部 まちづくり学科
久田嘉章・宮村正光・三好勝則

はじめに:授業の概要

- 建築の役割
 - 最近の地震の多さ:活動期に入った?
 - 地震学の基礎
 - 被害地震から学ぶ
 - 地震工学:建築構造・振動論など建物のハード対策
 - 地震防災・まちの防災:防災・減災対策、都市の水害・群集など複合災害、ハード+ソフト対策
 - 最新の地震防災学、2011年東日本大震災など
- しっかりとノートをとるように!

耐震規定:建物の安全とは?

- 「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
- 大地震時におけるこの建物の安全について、あなたの考える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



→ 建築基準法は守るべき最低限の基準
(大地震で倒壊・崩壊しないこと)。

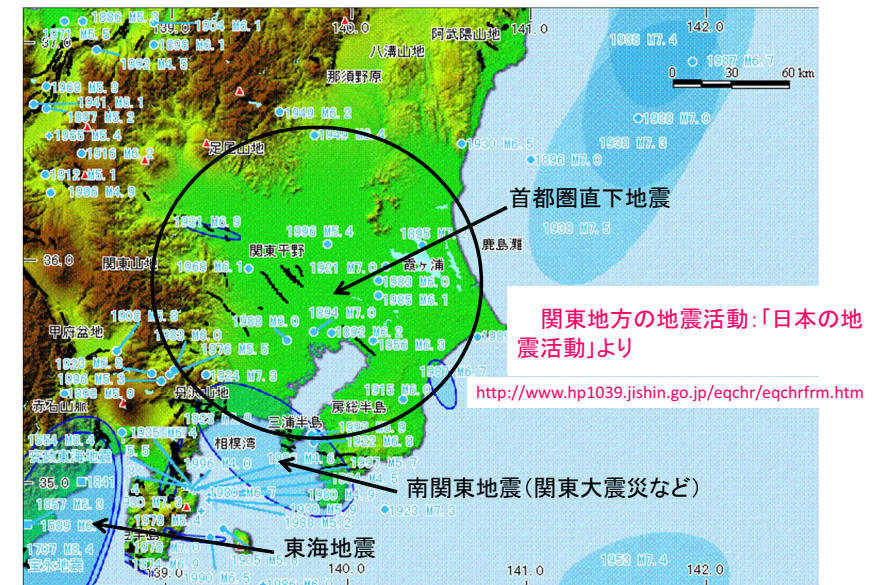
従って、③でもok

但し、実力は①~③まで様々。

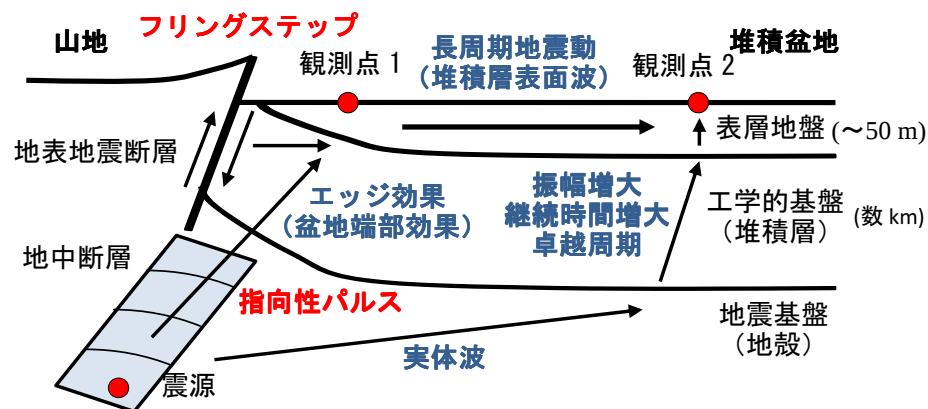
→ 人口密集地ではより高い耐震性能を! 0

鉄筋コンクリート造建築物地震被害度判定基準

首都圏・関東平野の歴史地震

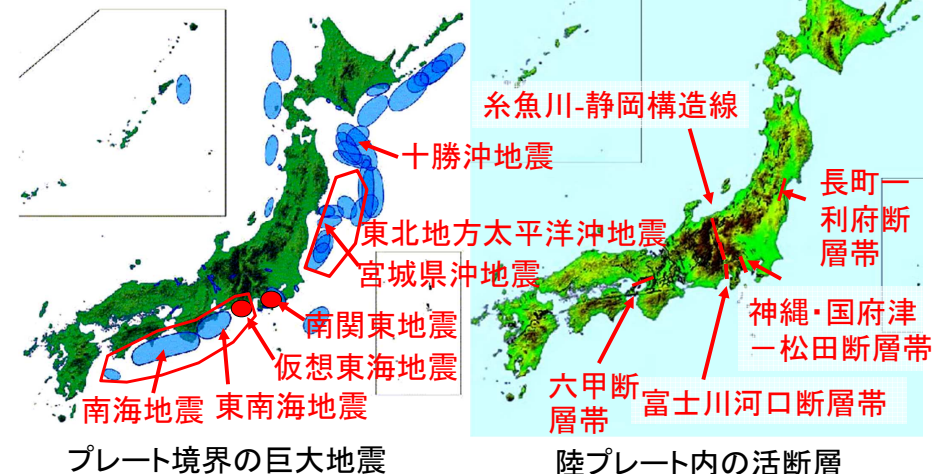


震源・伝播・サイト特性と様々な地震動



震源特性 × 伝播特性 × サイト(地盤)特性

被害地震の震源



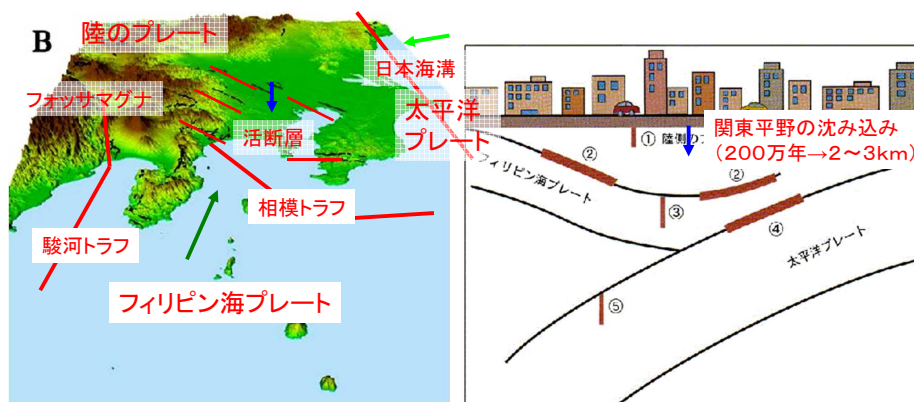
プレート境界の巨大地震

陸プレート内の活断層

日本周辺の被害地震(「日本の地震活動」より)

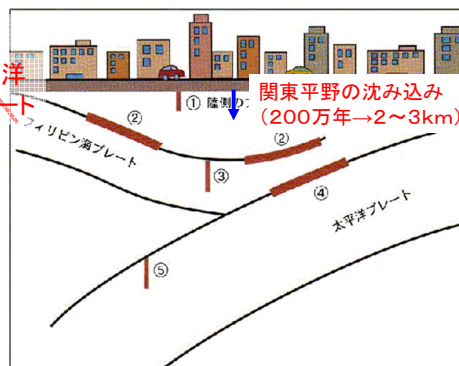
地盤について

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



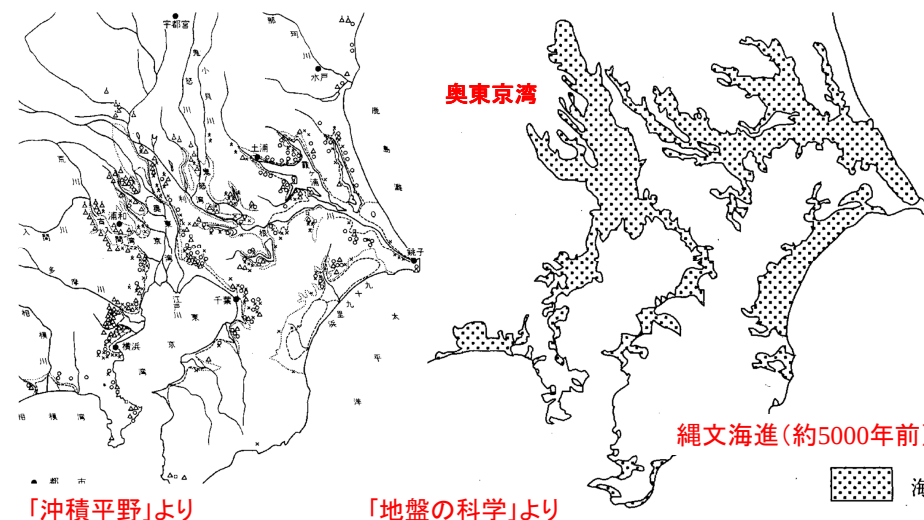
大阪平野、濃尾平野、仙台平野など我が国の大都市は全て同様に堆積盆地上に位置

関東平野のプレート構造
(「日本の地震活動」より)



表層地盤

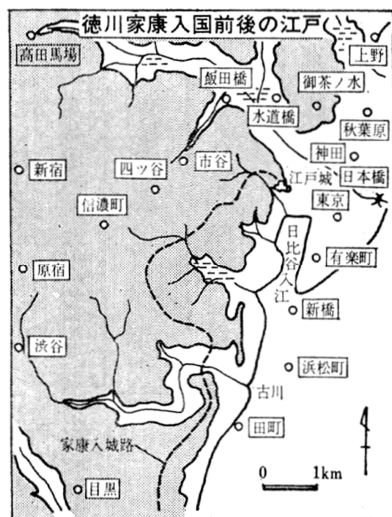
沖積地盤(浅く柔らかい地盤)



「沖積平野」より

「地盤の科学」より

江戸時代以降の東京湾の埋立て地盤



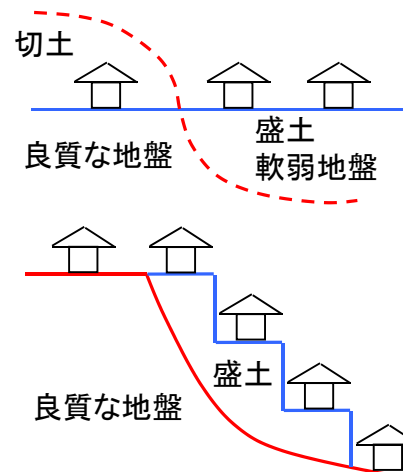
「古地図が教える地震危険地帯」より



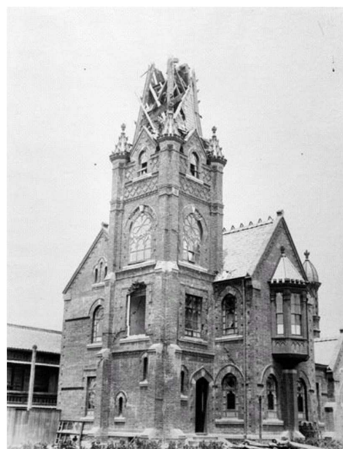
遠藤(地学雑誌、2004)

宅地造成地と地震被害

(2003年新潟県中越地震の被災例)



地震被害に学ぶ:地震・耐震工学



1894年明治東京地震(M7)



名古屋郵便局其一



1891年濃尾地震(M8活断層地震)
組石建築(レンガ造など)を禁止へ!

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

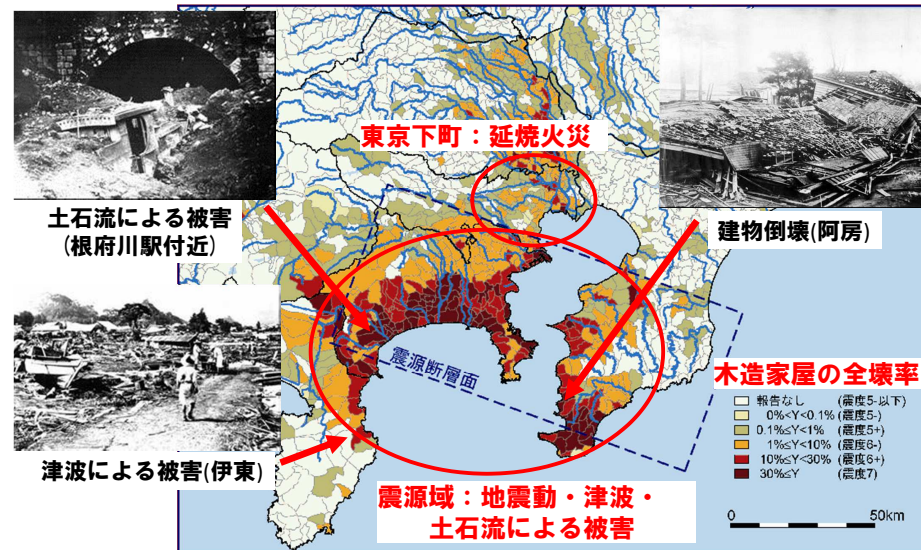
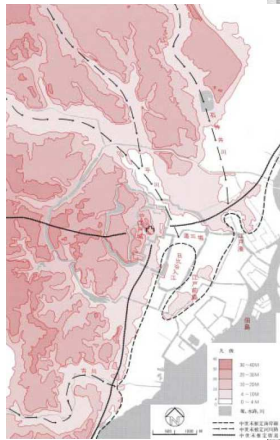


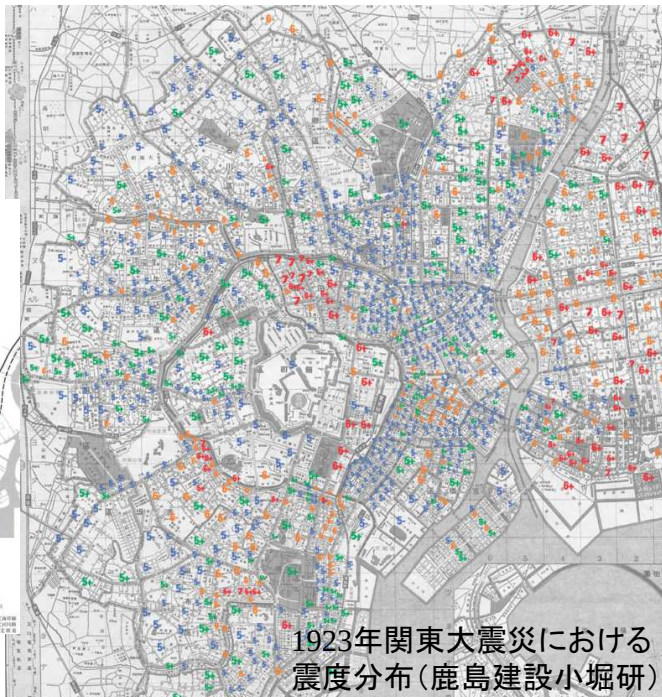
写真: 国立科学博物館資料室

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)



被服廠跡
(現横網町公園)
：死者数 3万8千



火災被害状況

● 火災地域(概略)
● 罹災者集団地

- ・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!

関東大震災以降の主な日本の地震被害



1950年
建築基準法施行
震度7を追加

- ・市街地建築物法の廃止
- ・必要壁量制定など



- ・長周期地震動による石油タンクの延焼火災
- ・地震保険に関する法律(1966年)

1948年福井地震(直下型地震)

1964年新潟地震(液状化現象)



1971年
建築基準法改定

- ・RC造の柱のせん断補強
- ・木造基礎はRC造布基礎、など



1981年
建築基準法改正
(新耐震設計法)

- ・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

1968年十勝沖地震(RC造被害) 1978年宮城県沖地震(ピロティ被害)

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

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



被害



医療



震災の帯に被害が集中



同時多発火災(285件)



建物被害：512,882棟



多くの病院も被災

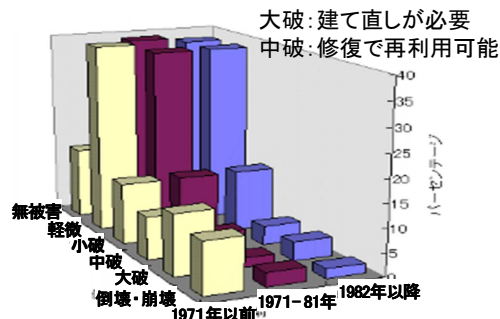
なぜ地震で人は死ぬのか？

- ・ 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）

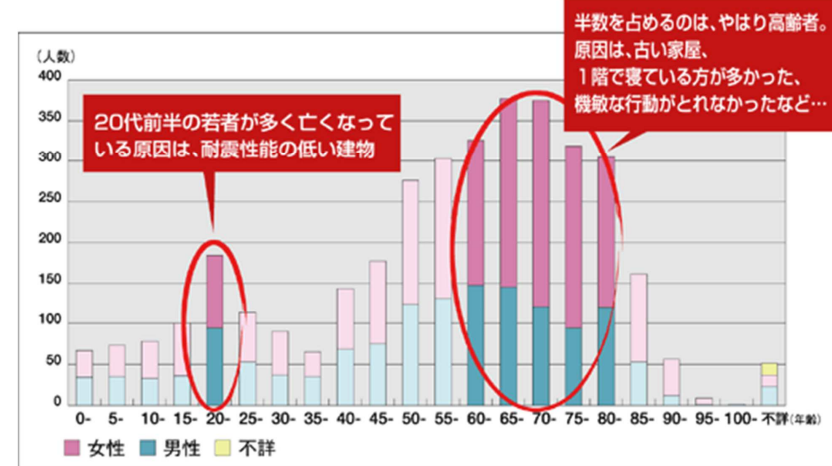
注意：建築基準法の目標は倒壊・崩壊しない
こと：大破OK→安全性・業務継続は保証無



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/ipn/seismi/rc/rc2.htm>

17

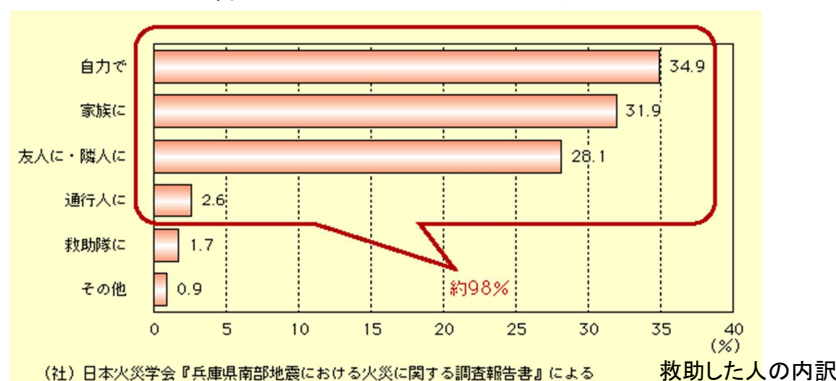
阪神・淡路大震災：年齢別死者数



ほんとうの阪神・淡路大震災犠牲者の声なき声に学ぶ
http://www.toyotahome.co.jp/toyoie/meguro/hanshin_awaji/#top

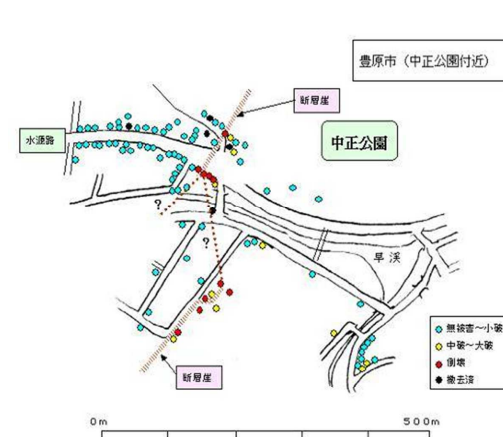
18

神戸の人は避難したか？ 地域連携（共助）の重要性



- ・ 大規模震災→同時多発災害→公助・自助・共助
- ・ 避難訓練（逃げる訓練）→発災対応型訓練（戦う訓練）
- ・ 地域・企業の防災リーダーの育成（防災管理者など）
- ・ 地域特性に応じた対策（木造密集地・高層ビル街・・・）

地表地震断層による地震被害 （1999 年台湾・集集地震）



揺れによる被害は小さい
殆どは地盤変状による被害



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	連動時は80%~90%	105年程度
宮城県沖	M7.5 前後	M8.0 前後99%	37年
福島県沖	M7.4 前後(複数地震が続発)	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



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
 1. 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
 2. 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。
 3. 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)

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

○内閣府・中央防災会議

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・

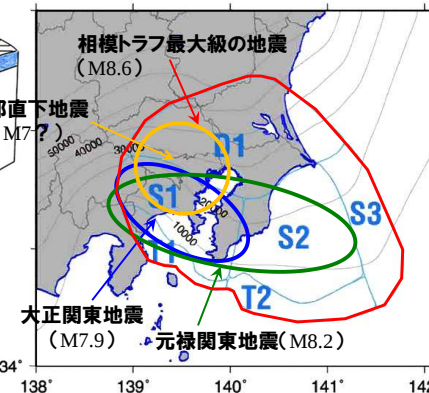
○自治体(東京都など)

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。

フィリピン海プレート上面の等深度図



相模トラフの震源モデルの例

S1(S1):大正関東地震(Mw7.9)

S12(S1+S2):元禄関東地震(Mw8.3)

ST123D(全て合計):最大級地震(Mw8.6)

防災科学技術研究所：長周期地震動予測地図作成支援事業（平成24年度 成果報告書）

プレート境界型地震(東京直下の深さ20~30km)
(関東・東海地震、首都圏直下地震など)

日本周辺のプレート構造(上)

関東直下のプレート構造断面(下)

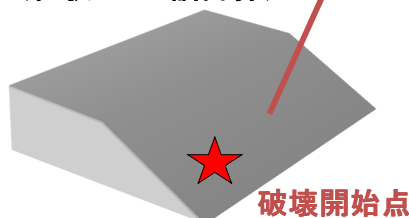
地表面

**人・物・経済
被害推定**

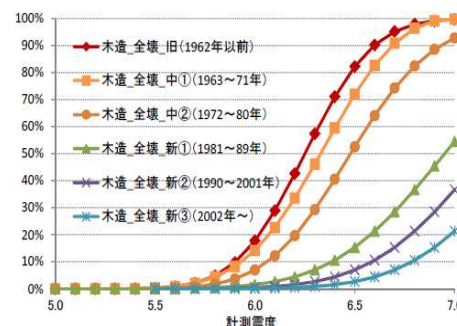
表層地盤による増幅効果

工学基盤

地震動伝播モデル (経験式・理論計算)



震源断層モデル



木造家屋の全壊率曲線

Figure 1 is a map of the Kanto Plain showing the distribution of tsunami deposits. The map includes the Tone River (利根川) and Arakawa River (荒川). It shows the locations of various cities and towns, including Maebashi (前橋), Maeda (前田), and Maebashi (前橋). The map is divided into several regions, each with a different color and pattern, representing different types of tsunami deposits. A legend on the left explains the symbols: orange for deposits from the 1923 Great Kanto Earthquake, blue for deposits from the 1906 Great Kanto Earthquake, and green for deposits from the 1923 Great Kanto Earthquake. The map also shows the locations of various cities and towns, including Maebashi (前橋), Maeda (前田), and Maebashi (前橋).

図 33 地殻変動痕跡の調査及び津波痕跡物調査によるイベント履歴

首都圏における歴史地震の履歴

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クラスの地震が数回発生している

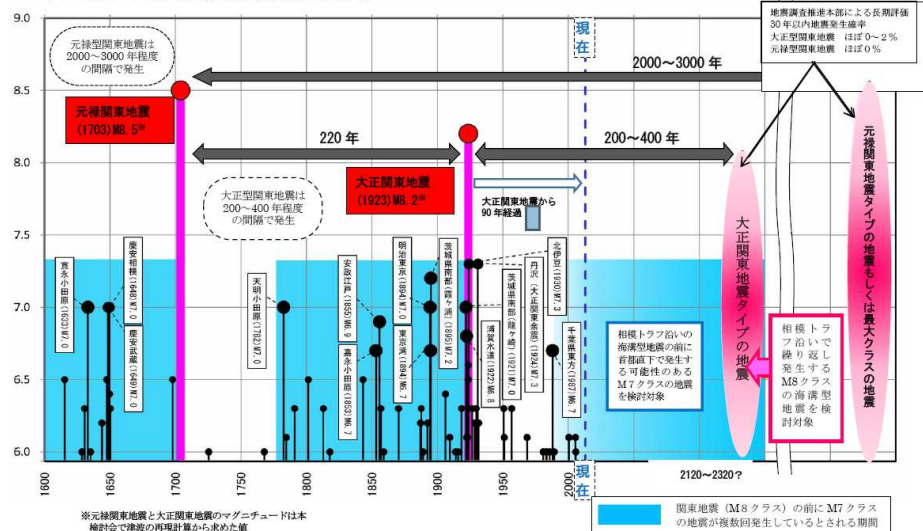
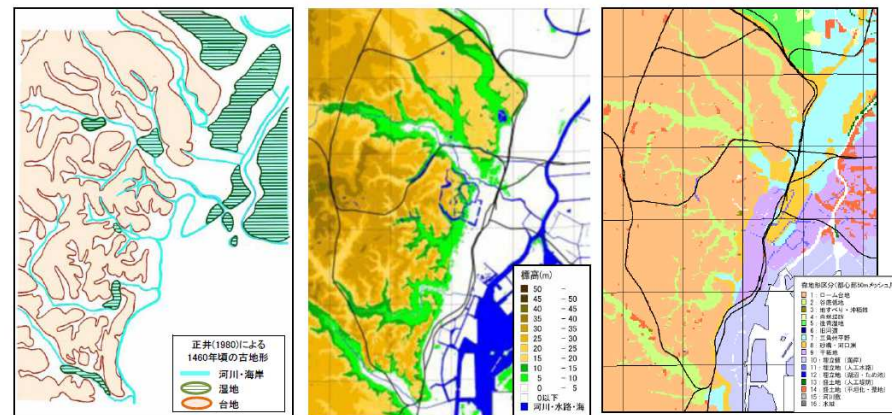


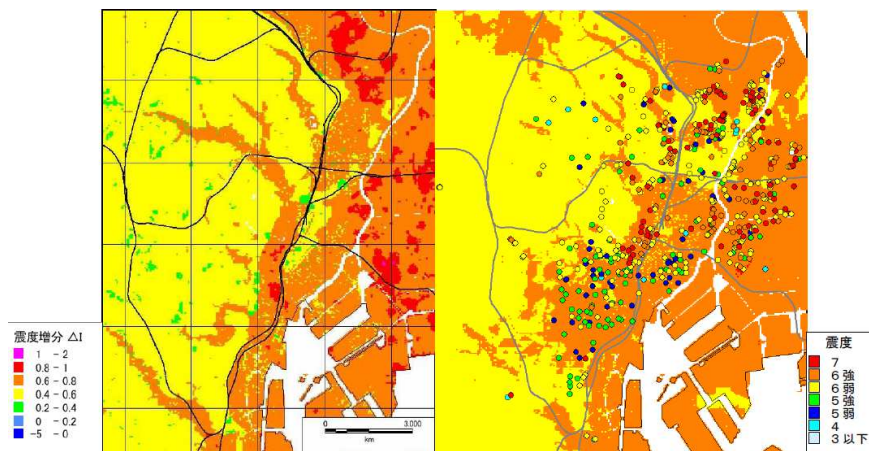
図 34 南関東で発生した地震 (1600 年以降、 $M>6.0$ 以上)

地盤モデルと地震動増幅特性

- 250mメッシュ内・表層30mの平均的な地盤増幅特性
- 山手線内では過去の地震の震度分布や地形を考慮



地盤モデルと地震動増幅特性 —地盤震度増分と安政江戸地震—



表層地盤による震度増分 1855年安政江戸地震の再現震度と記録震度

統計的グリーン関数法による基盤面での地震動に、地盤増幅率を乗じ、地表での地震動を評価

首都直下地震として 想定した震源モデル (19地震)

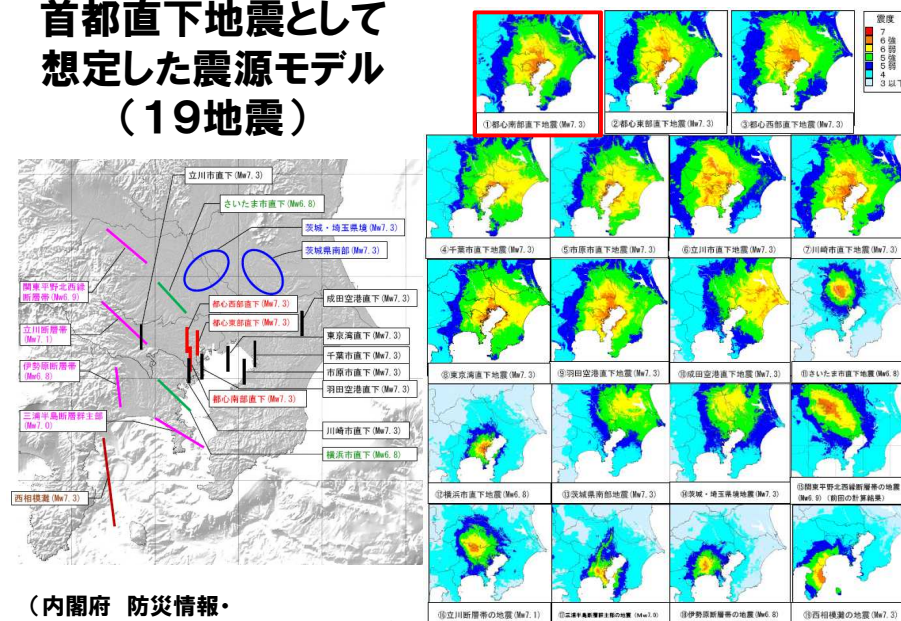


図 10 首都直下の M7 クラスの地震の震度分布 (19 地震)

代表的な首都直下地震の想定震源(前回との比較)

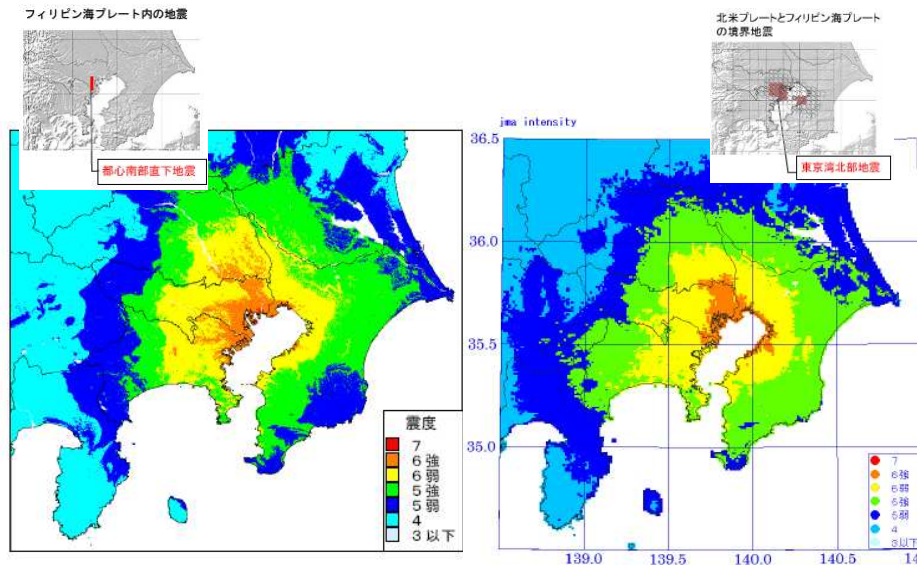
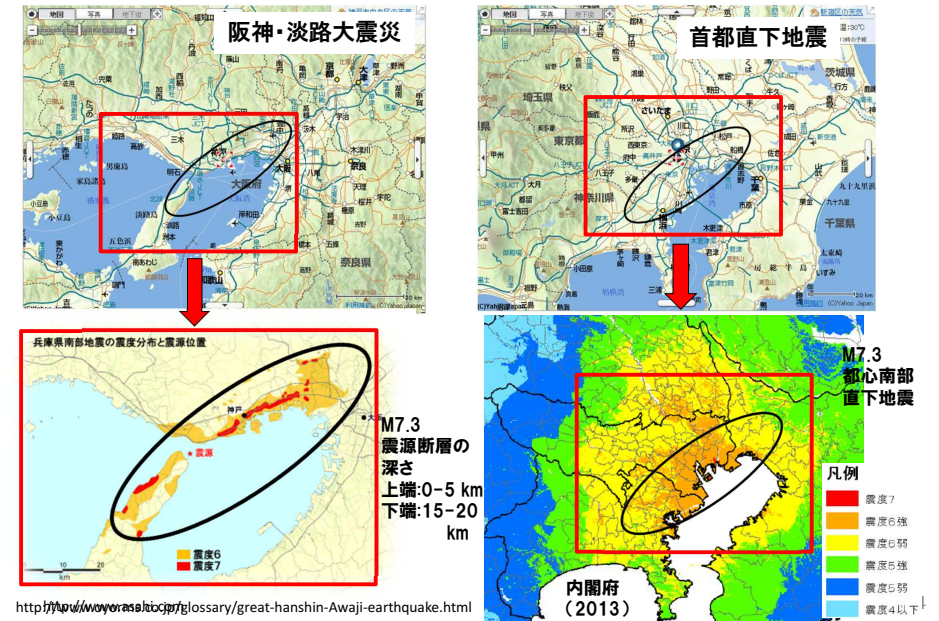


図 11 都心南部直下地震(プレート内)の震度分布

(参考図) 前回(2004年)東京湾北部地震の震度分布

阪神・淡路大震災と想定首都直下地震の震度分布



<http://www.cityofosaka.jp/glossary/great-hanshin-Awaji-earthquake.html>

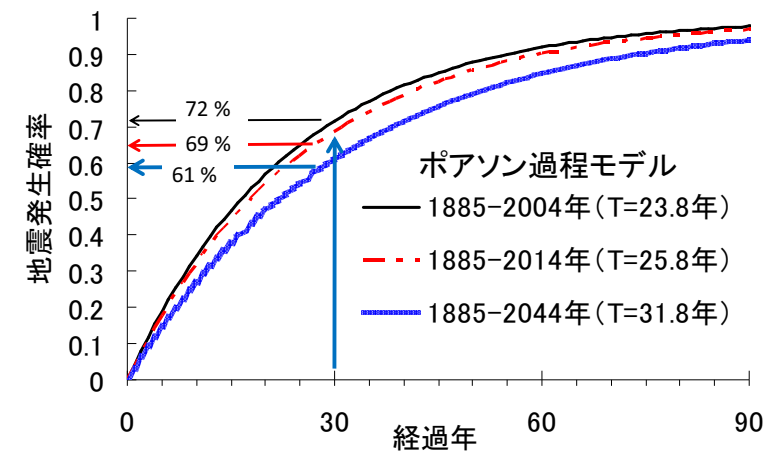
歴史上の首都直下地震

江戸時代以降の首都直下地震(理科年表より)

確率	地域・名称	西暦	深さ(km)	M	被害摘要
	江戸	1615		6.75	家屋が倒壊し、死傷多く、地割れを発生。
	相模・駿河・伊豆	1633		7	小田原で民家の倒潰多く、死150。熱風に津波が襲来。
	相模・江戸	1648		7	小田原城破損。領内で潰家が多かった。死1
	武蔵・下野	1649		7	川越で大地震。町屋700軒ほど大破。圧死多数。
	元禄関東	1703		8.2	相模・武蔵・上総・安房で震度大。壊家8千以上、死2300以上
	相模・武蔵・甲斐	1782		7	小田原城破損。人家約800破損。江戸でも潰家や死者あり
	小田原付近	1853		6.7	小田原領で潰家1千余。死24。山崩れが多かった。
	安政江戸	1855		7.1	下町で被害大。江戸町方で死4千余。武家方には死約2600
○	明治東京	1894	50-80	7	東京・横浜の被害が大きかった。東京で死24。川崎・横浜で死7
○	茨城県南部	1895	75-85	7.2	被害範囲は関東東半分。全潰53(家屋43、土蔵10)、死6。
○	竜ヶ崎	1921	53	7	千葉・茨城県境付近に家屋破損。道路亀裂などの小被害
○	浦賀水道	1922	50	6.8	東京湾沿岸に被害があり、東京・横浜で死各1
	関東大震災	1923		7.9	死・不明10万5千余。住家全潰10万9千余。焼失21万2千余
	丹沢	1924		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
	西埼玉	1931		6.9	死16。家屋全潰207(住家76、非住家131)。
○	千葉県東方沖	1987	58	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

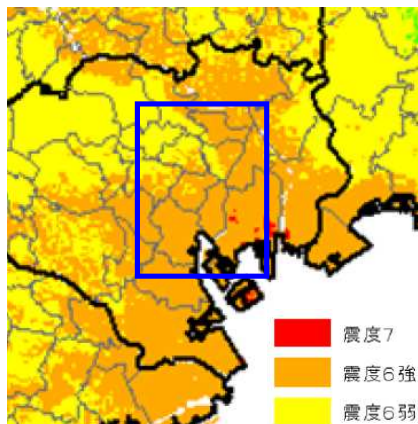
首都直下地震:30年70%の発生確率とは?

119年間で5回発生確率を定常ポアソン過程に当てはめると・・

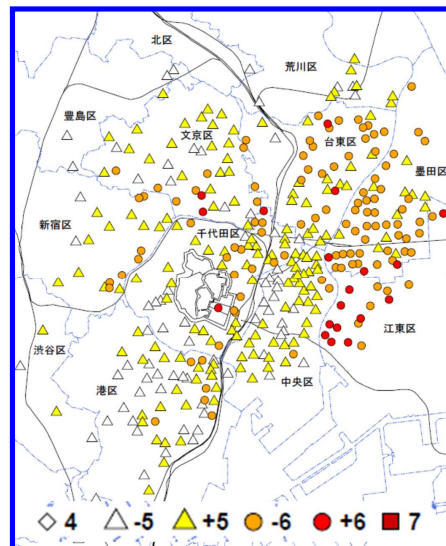


天気予報で例えると、過去4ヶ月(119日間)で5回台風が上陸。
従って、今後1ヶ月(30日間)で台風が上陸する可能性は70%・・
→ 台風が来ること・対策が必要には意味はあるが、殆ど確率には意味が無い。

首都直下地震と1855年安政江戸地震の震度分布

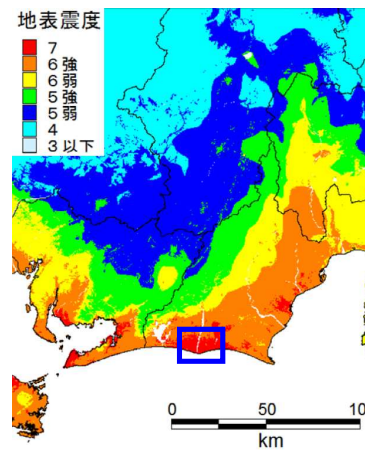


首都直下地震(東京都南部地震、M7.3)の推定震度例(2013内閣府)
どこでも震度6の可能性があることを意味
実際の地震でこのような分布にはならない

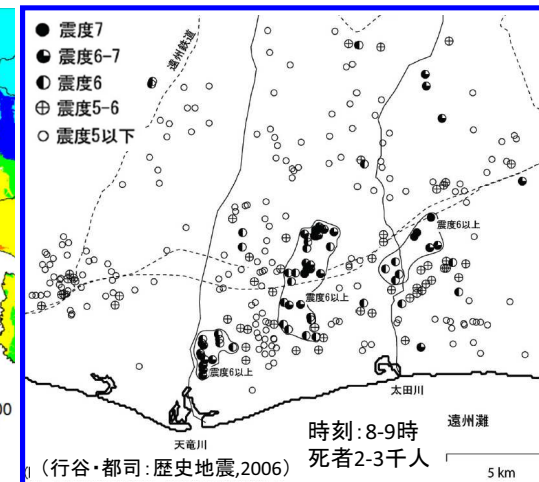


1855年安政江戸地震(M7)の震度分布
作成 中村 操氏 <http://www.bousai.go.jp/oshirase/h15/031222/2-3.pdf>

最大級南海トラフ地震と歴史地震の震度の比較



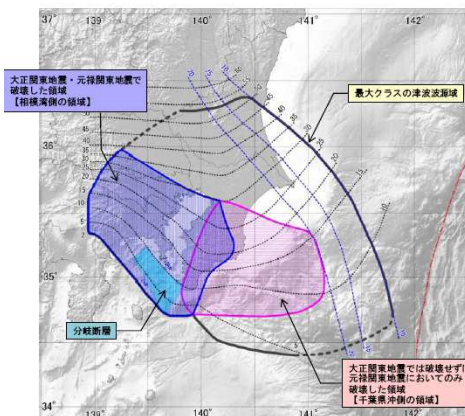
想定南海トラフ巨大地震(M9.1)の推定震度例(2012年内閣府)



1854年安政東海地震(M8.4)の震度分布

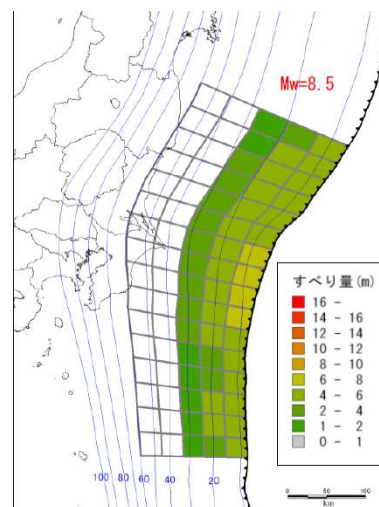
→ 想定最大級地震(広大な震度6強以上と巨大津波)と、歴史地震による現実的な被害とは大きな乖離がある。想定被害の程度により震災対応も大きく異なることに注意を要する(耐震診断・補強をやめる、初期消火や救急医療・物資・人材など地域・広域連携を諦める。など)

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—



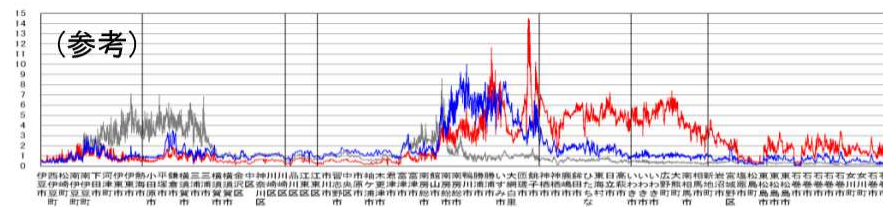
大正関東地震及び元禄関東地震の震源断層域

1923年大正・1703年元禄関東地震

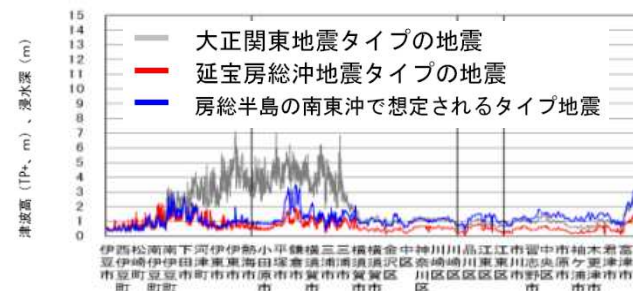


1677年延宝地震

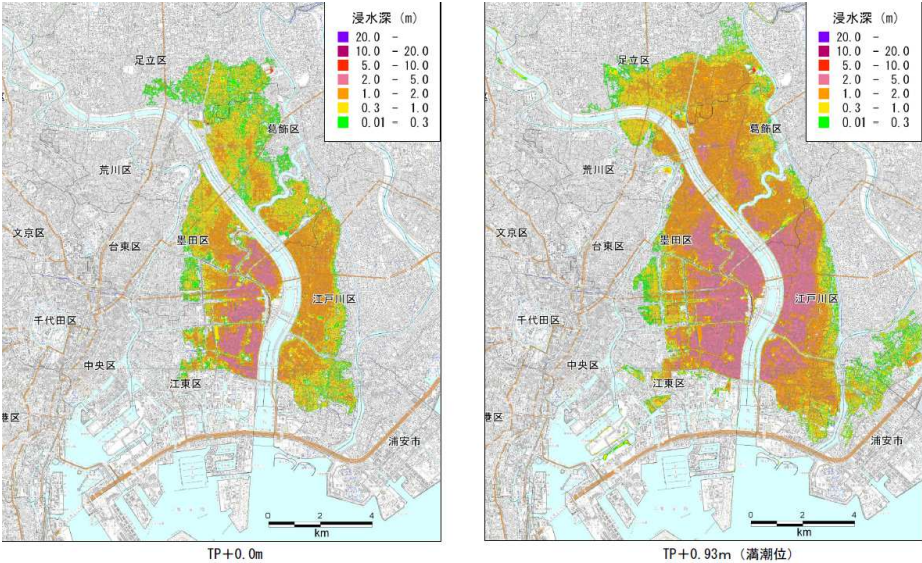
海溝型巨大地震と想定津波高さ



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)



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		内閣府(2013)		
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まで地盤面下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。

都心南部直下地震による全壊建物数分布

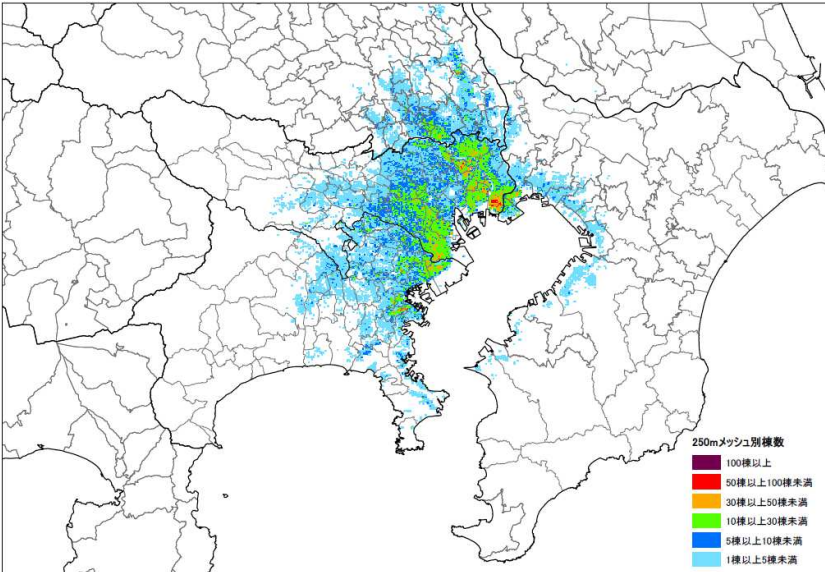


図 250mメッシュ別の揺れによる全壊棟数（都心南部直下地震）

都心南部直下地震による焼失建物数分布

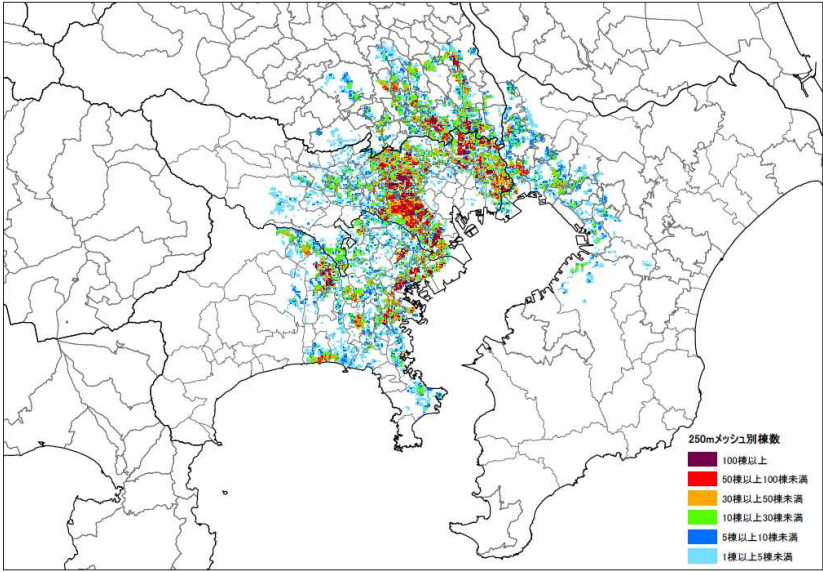


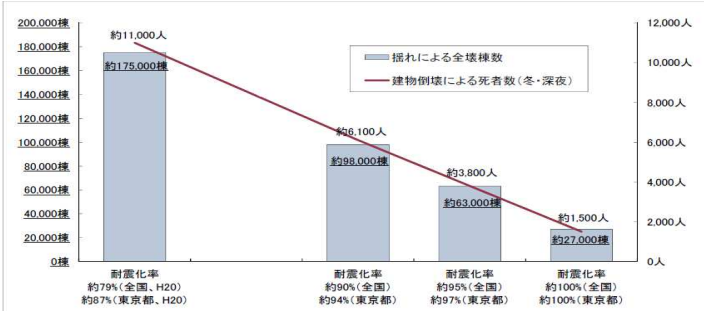
図 250mメッシュ別の焼失棟数（都心南部直下地震、冬夕、風速 8m/s）

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		冬・深夜	夏・昼	冬・夕
建物倒壊等による死者 (うち屋内収容物移動・転倒、屋内落下物)		約 11,000 人 (約 1,100 人)	約 4,400 人 (約 500 人)	約 6,400 人 (約 600 人)
急傾斜地崩壊による死者		約 100 人	約 30 人	約 60 人
地震火災による死者	風速3m/s	約 2,100 人 ～約 3,800 人	約 500 人 ～約 900 人	約 5,700 人 ～約 10,000 人
	風速8m/s	約 3,800 人 ～約 7,000 人	約 900 人 ～約 1,700 人	約 8,900 人 ～約 16,000 人
ブロック塀・自動販売機の転倒、屋外落下物による死者		約 10 人	約 200 人	約 500 人
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

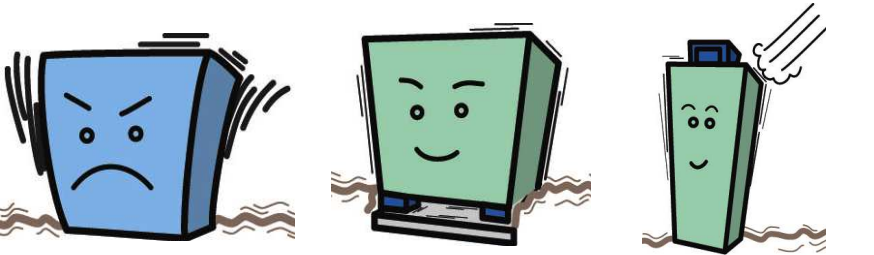
建物の耐震化による被害低減効果



	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

※建物の耐震化とは、新耐震基準建物への建替えや、旧耐震基準建物であっても新耐震基準並みの耐震性を有するように耐震補強等を実施するものであるが、新耐震基準建物においても地震動の大きさによっては一定程度の被害が発生する可能性がある。

建物の地震防災・耐震設計:耐震・免震

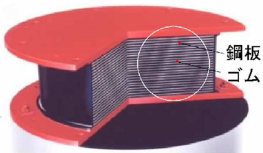


耐震構造 (耐震壁・筋交いなどで抵抗) 免震構造 (免震層で揺れを逃がす) 制振構造 (制振装置で揺れを吸収)



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>

家具等の転倒・落下防止の効果

(2) 家具等の転倒・落下防止対策の強化

家具等の転倒・落下防止対策は、死者数だけでなく重傷者数の低減により、緊急医療の需要の軽減につながり、重篤患者の救命にも資するものである。

内閣府「防災に関する特別世論調査」(平成21年12月)によれば、家具等の転倒・落下防止対策実施率の現状は全国平均で約26%であるが、各都県の意識調査等によれば関東地域の都県の転倒・落下防止対策実施率は比較的高く、例えば東京都では約59%(平成24年「消防に関する世論調査」(東京消防庁))である。ここでは、これら各都県の対策現状よりも家具等の転倒・落下防止対策がさらに強化された場合の効果を評価した。

* 阪神・淡路大震災の実績によると、固定方法等の問題により、対策実施済み家具類等の23%で実施効果がないとしているが、より適切な転倒・落下防止対策を実施することで実施効果がない割合が10%に低減すると仮定

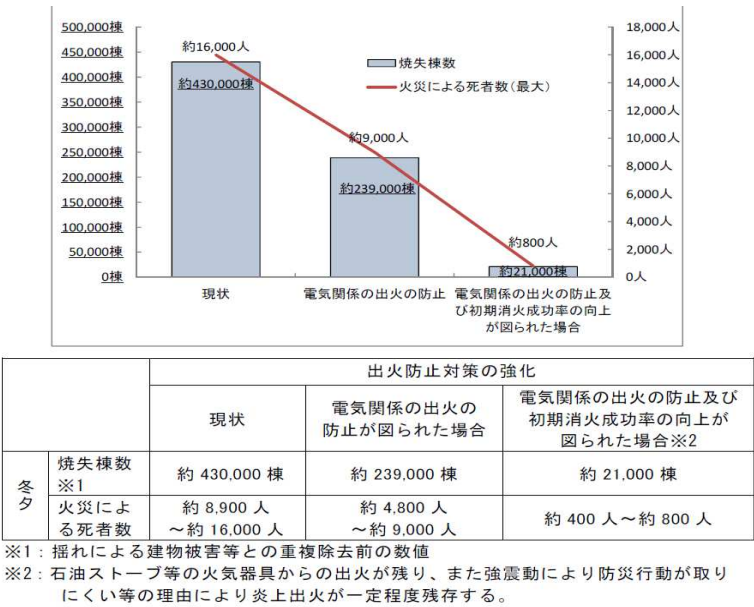
都心南部直下地震

	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

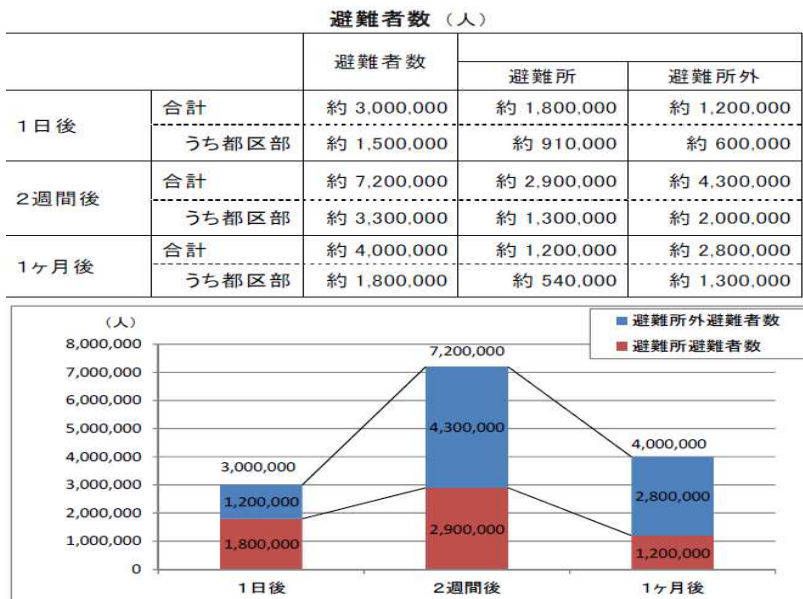
※屋内収容物移動・転倒、屋内落下物による死者数は、建物被害による死者数と区別が難しいため、数字は参考である。

※家具等の転倒・落下防止対策自体が100%進んでも、固定方法や壁の状況等によっては効果を発揮せず、転倒・落下被害が発生するおそれがある。家具等の設置状況に応じて、さらに適切な転倒・落下防止対策を実施する必要がある。

出火防災対策の効果



都心南部直下地震による避難者数の推定結果



都心南部直下地震による帰宅困難者数の推定結果

6.2 帰宅困難者

- ・ 平日の 12 時に地震が発生し、公共交通機関が全域的に停止した場合、一時的にでも外出先に滞留することになる人（自宅のあるゾーン外への外出者）は、東京都市圏で約 1,700 万人、うち東京都で約 940 万人に上ると想定される。
- ・ 地震後しばらくして混乱等が収まり、帰宅が可能となる状況になった場合において、遠距離等の理由により徒歩等の手段によっても当日中に帰宅が困難となる人（帰宅困難者）は、東京都市圏で約 640 万人～約 800 万人、うち東京都で約 380 万人～約 490 万人に上ると想定される。

自宅のあるゾーン外への外出者数（自宅からの距離別）

	1都4県
10km 未満	約 5,600,000
10～20km	約 5,300,000
20～30km	約 2,900,000
30～40km	約 1,700,000
40～50km	約 850,000
50km 以上	約 740,000
合計	約 17,000,000

※4 県（茨城県、埼玉県、千葉県、神奈川県）

（注）数値はある程度幅をもって見る必要がある。また、四捨五入の関係で合計が一致しない場合がある。

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）

地震被害が発生：避難所・広域避難場所に逃げる？

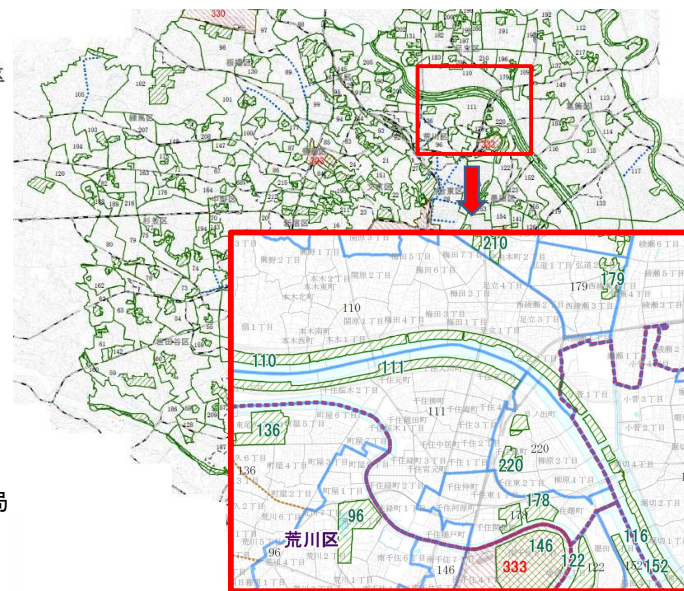


一時集合場所・避難場所・避難所・一時滞在施設 東京都の場合(自治体で用語が異なる)

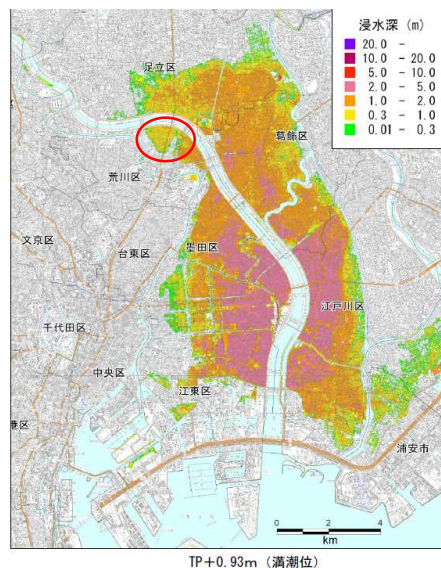
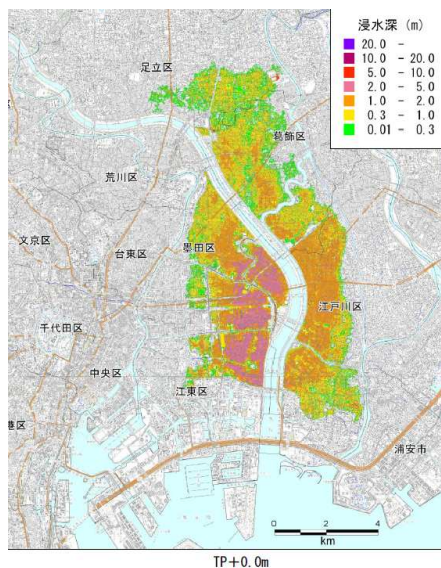
- ・ **一時(いつき)集合場所**: 近隣の避難者が一時的に集合して様子を見る場所、安全が確保される学校グラウンド、神社・仏閣の境内、空き地・・・
→ 場所は住民自ら決定。地域の被災情報をまとめ、対応を決める場所へ
- ・ **(広域)避難場所**: 火災が延焼拡大して地域全体が危険になったときに避難する場所。大規模な公園や団地、大学などが指定。
→ ただの広場。津波・洪水・高潮・液状化などの安全性の検討も必要
- ・ **避難所**: 地震等による倒壊、焼失などで被害を受けた方、被害を受ける恐れのある方を一時的に受け入れる学校、公民館等の建物
- ・ **二次避難所**: 自宅や避難所での生活が困難で、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>

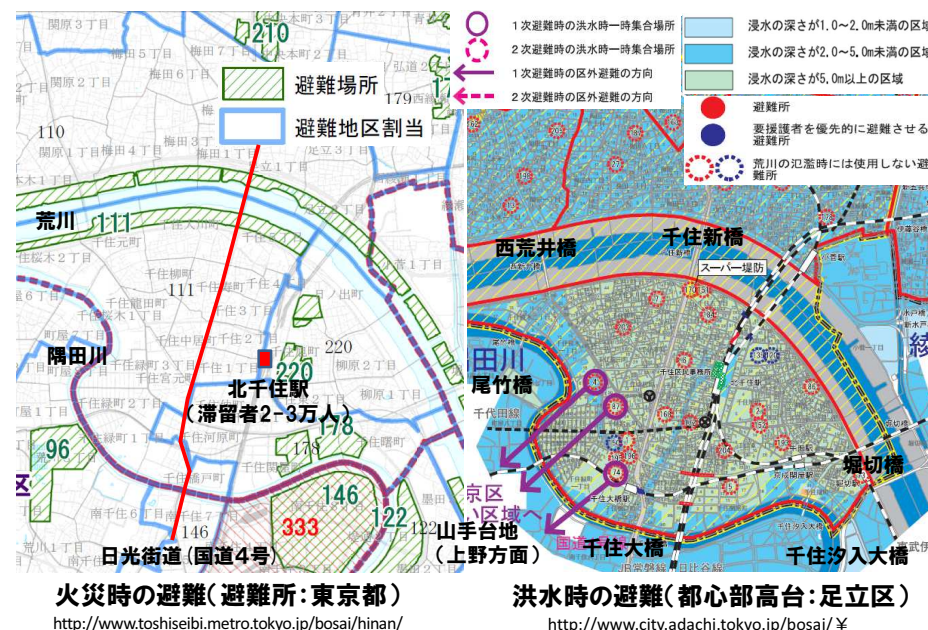
延焼火災時の避難区域と避難場所(旧:広域避難場所)



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)



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



様々な課題と対策1

まずは自助、続いて共助、そして公助への要望

- 大規模震災の直後では公的な助けは期待できない
- 自分たちの家や職場、まちは自分たちで守る
- 自助:家庭・職場で被害を出さない・負傷しない・避難しない対策:建物の耐震性向上(建築基準法は最低限基準、できれば耐震等級Ⅱ以上)、室内の安全確保、最低3日以上の上備蓄。トイレ・明かり・お金...
- 共助:自治会・自主防災組織との連携(防災訓練、祭り・清掃・防犯等の行事)、地域防災拠点の整備(火災にも水害にも強い一時集合場所など)
- あなたは自分のまちは好きですか? →「はい」、が災害に強いまちの原点(地域のシンボル・拠点が必要)
- 公助:地域の総意として要望を出す(議員さんなども)

様々な課題と対策2

状況に応じた対応:災害対策は大は小を兼ねない

- 中小規模災害と最悪想定災害では対策が異なる
- 中小規模の災害(レベル1:確率は高く、緊急の対策が必要:
家・まちを守る):殆どの建築・土木施設は耐えられる(想定内)。小火・傷病者・閉じ込め・要援護者等、できるだけ逃げずに被災に立ち向う。被害の集中地域は限定的、**地域防災拠点**を核として地域や隣まち連携が有効
- 大規模の災害・最悪想定(レベル2:確率は極めて小さく、**長期的な対策:命だけは守る**):大被害を受ける建築・土木施設あり。津波・洪水・延焼の危険地域では、速やかな避難の必要あり。人口集中地域では逃げる危険性の判断も必要(地域特性や状況による判断力が必要)。住民・事業者の災害対応能力向上と、地域防災拠点とリーダーが必要

様々な課題と対策3

逃げる対策 × 逃げないための対策

- 津波危険地域や木造密集市街地(延焼火災)など、戦っても勝てない相手が明確な場合は**逃げる対策**が必須
- 巨大都市などでは何が危険で、どこに逃げるか、は状況や地域により大きく異なる。逃げることにより延焼火災や大群衆に巻き込まれる危険、悲惨な避難所生活なども認識すべき。
→ **東京都の地震被害想定**:避難者数・約340万人、帰宅困難者数・約520万人など)。
- **避難所・一時滞在施設**:水・食料・スペースが不足。避難所は住む家無くした・無くす可能性のある人のための場所。要援護者等も、民生委員など直ぐに助けに来れるとは限らない、東京のような巨大都市では在宅避難が原則。
- **逃げない・留まる対策の必要性**:自助(家庭・職場)と共助(地域の防災拠点を確保など)による多重防護で対応

授業の予定(2014年度)

- 1 (4/10:久田) 概論:建築と地震工学
- 2 (4/17:久田) 地震動と地震防災
- 3 (4/24:久田) 地震被害から学ぶ1:歴史地震から1923年関東大震災
- 4 (5/ 1:久田) 地震被害から学ぶ2:関東大震災から1978年宮城県沖地震
- 5 (5/ 8:久田) 地震被害から学ぶ3:1995年阪神淡路大震災ほか
- 6 (5/15:久田) 地震被害から学ぶ4:2011年東日本大震災ほか
(5/22 学会発表のため、休講)
- 7 (5/29:久田) 振動論と耐震設計1:1層建物の振動(自由振動)
- 8 (6/ 5:久田) 振動論と耐震設計2:1層建物の振動(強制振動・共振)
- 9 (6/12:久田) 振動論と耐震設計3:地震応答スペクトルと耐震設計
- 10 (6/19:久田) 振動論と耐震設計4:多層建物の振動
- 11 (6/26:三好) 地震被害想定:地震による被害の想定手法と想定結果
- 12 (7/03:三好) 被害対策計画:被害想定に基づく対策計画の策定
- 13 (7/10:宮村) 企業の防災戦略BCP
- 14 (7/17:宮村) 地震対策を支援する各種の技術
- 15 (7/24) 基礎学力調査(予定)

成績評価

＜成績評価方法及び水準＞

- 出席、レポート提出、期末試験、によって行われる。

→ しっかりとノートをとるように！！

＜教科書＞

- 建築の振動 初歩から学ぶ建物の揺れ、西川孝夫ほか、朝倉書店
- その他、適宜プリントを配布する

＜参考書＞

- 最新耐震構造解析、柴田明德著、森北出版、1981年
- 消防白書(総務省消防庁)、防災白書(内閣府)