

過去の被害地震から学ぶ 建物の耐震化

東京都主催 耐震フォーラム
都庁第一本庁舎5階大会議室
2014年9月2日

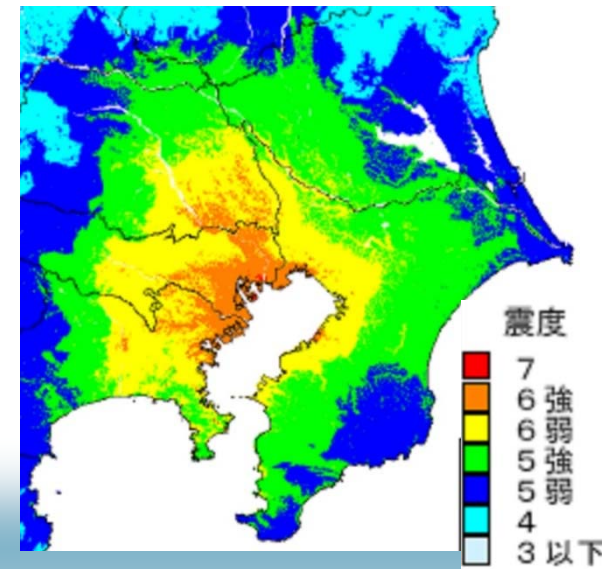
工学院大学・建築学部・まちづくり学科
久田嘉章

はじめに

- ・今後、首都圏で想定すべき地震
 - ・過去の被害地震から学ぶ建物の耐震化
 - ・想定首都直下地震と耐震対策
- 求められている、首都における高い耐震性能：
建物の耐震から、事業・生活・都市機能の継続へ

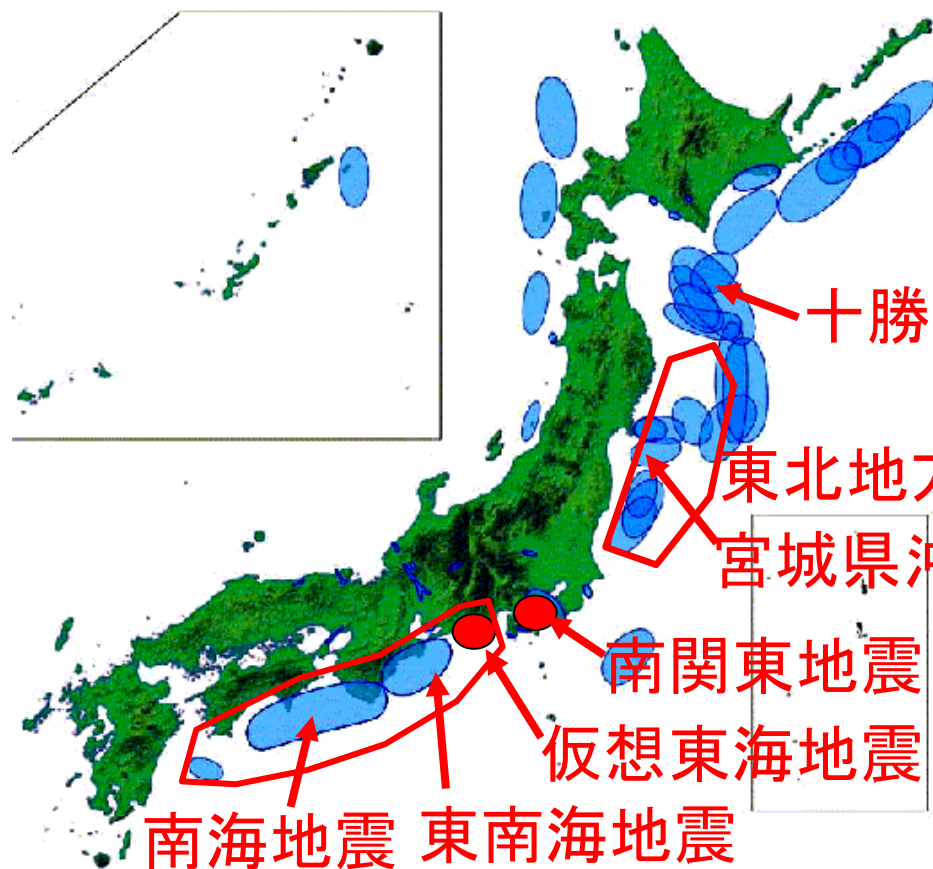


東日本大震災・当日の新宿駅前
(東京都防災HP)



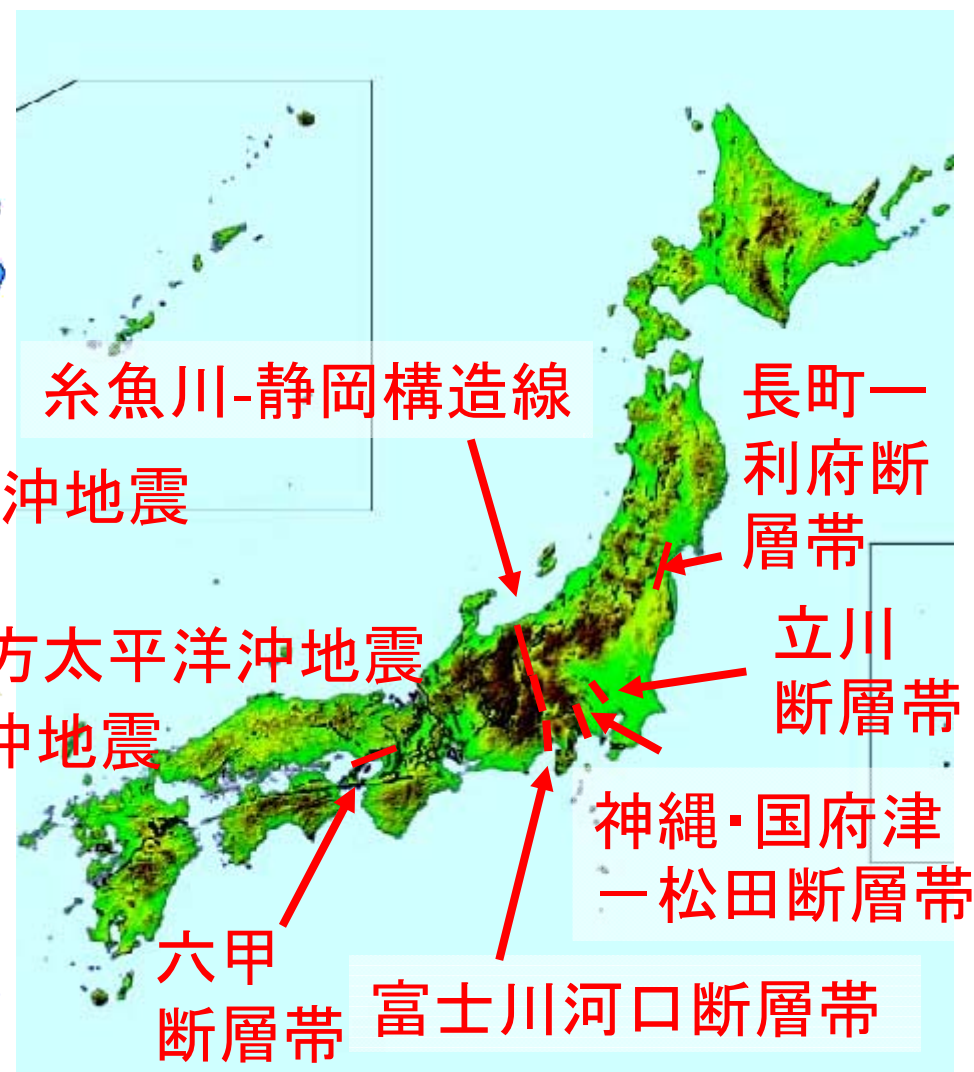
都心南部直下地震による想定震度
(内閣府、2013)

被害地震の震源



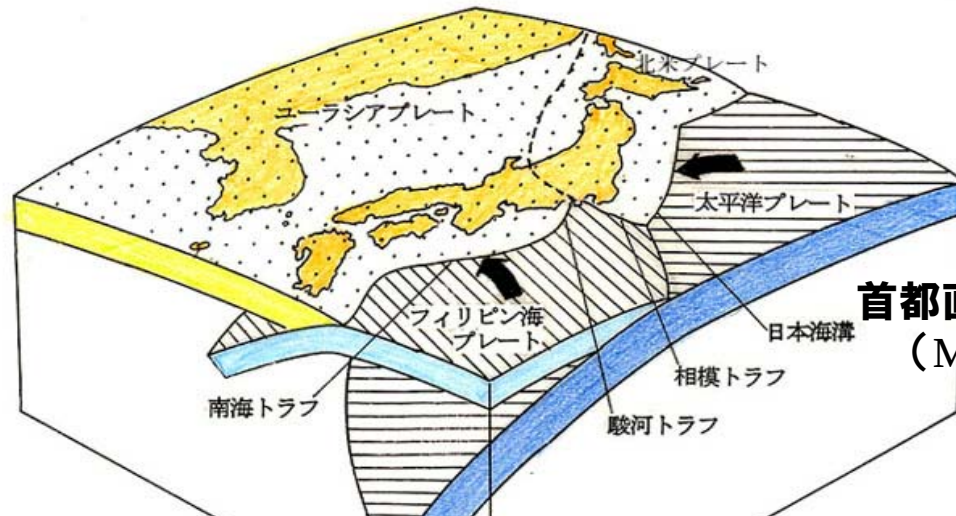
プレート境界の巨大地震

日本周辺の被害地震(「日本の地震活動」より)

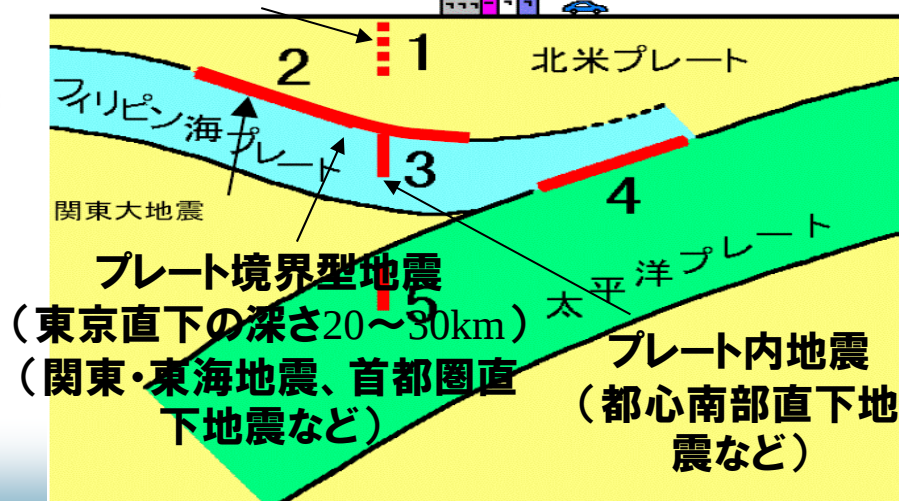


陸プレート内の活断層

首都圏で想定すべき震源モデル

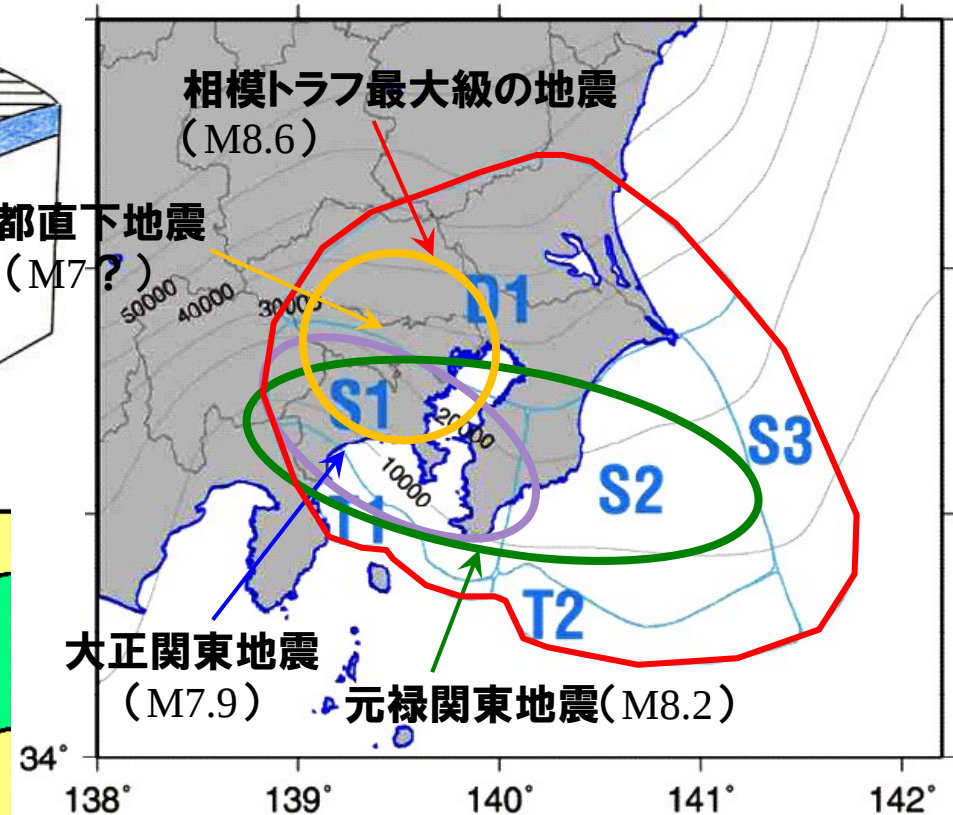


活断層(立川断層など)



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)

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)

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

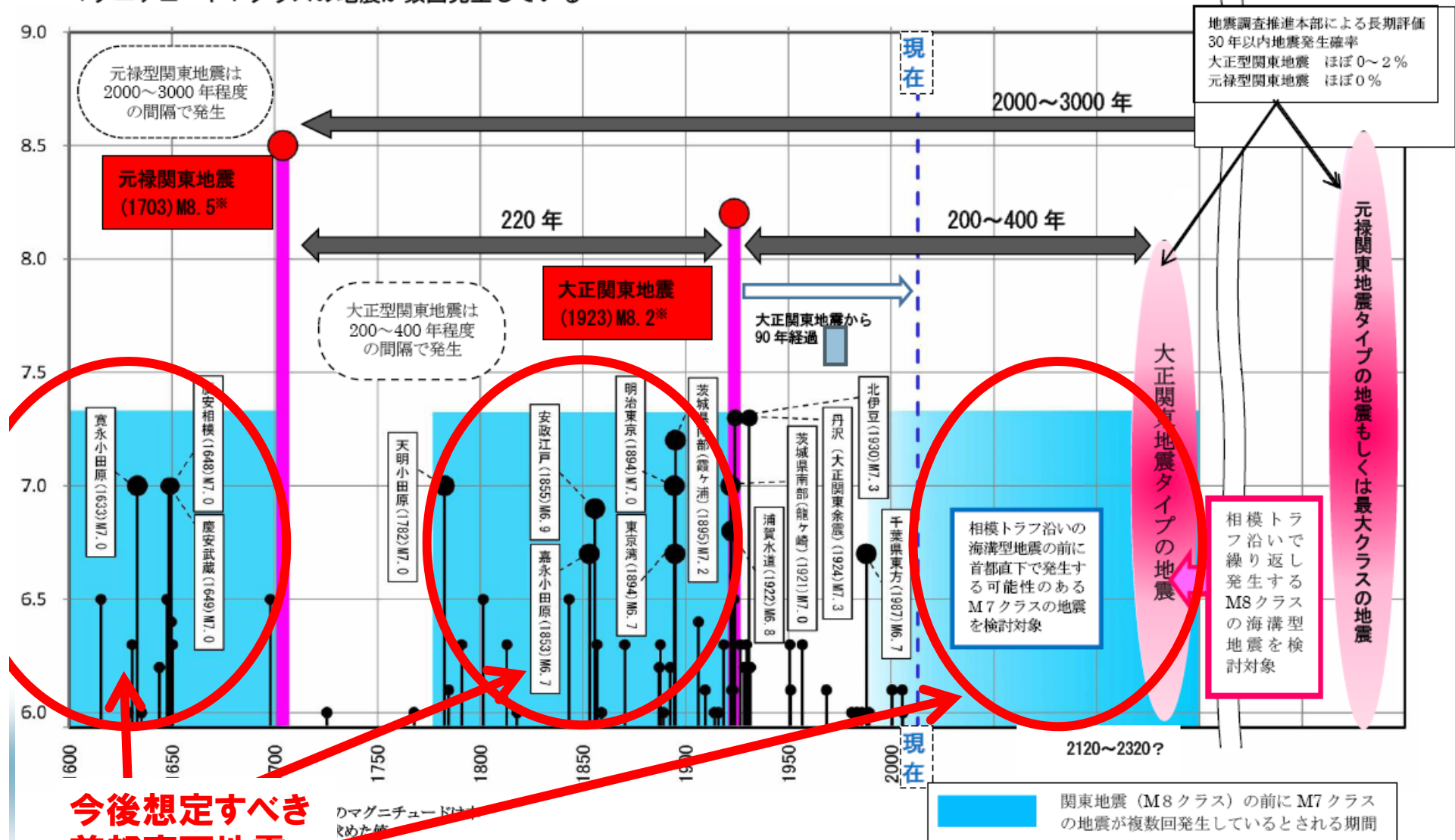


図 34 南関東で発生した地震（1600 年以降 M>6.0 以上）

（内閣府HPより）

前回評価
119年間
に5回

今回評価
220年間
に8回

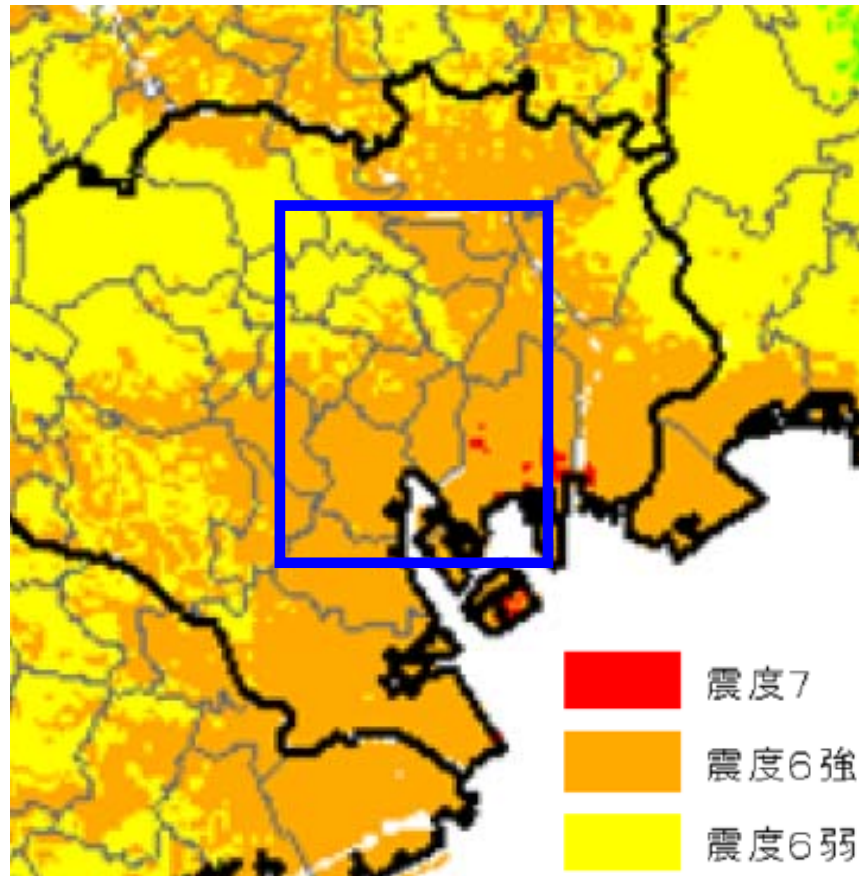
歴史上のM7級の首都直下地震 30年70%の発生確率とは？

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、地割れを発生。
2			寛永小田原	1633	35.2	139.2	7.0	小田原で民家の倒潰多く、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		↓	元禄関東	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1
14			関東大震災	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

前回：地震調査研究推進本部、相模トラフ沿いの地震活動の長期評価、2004

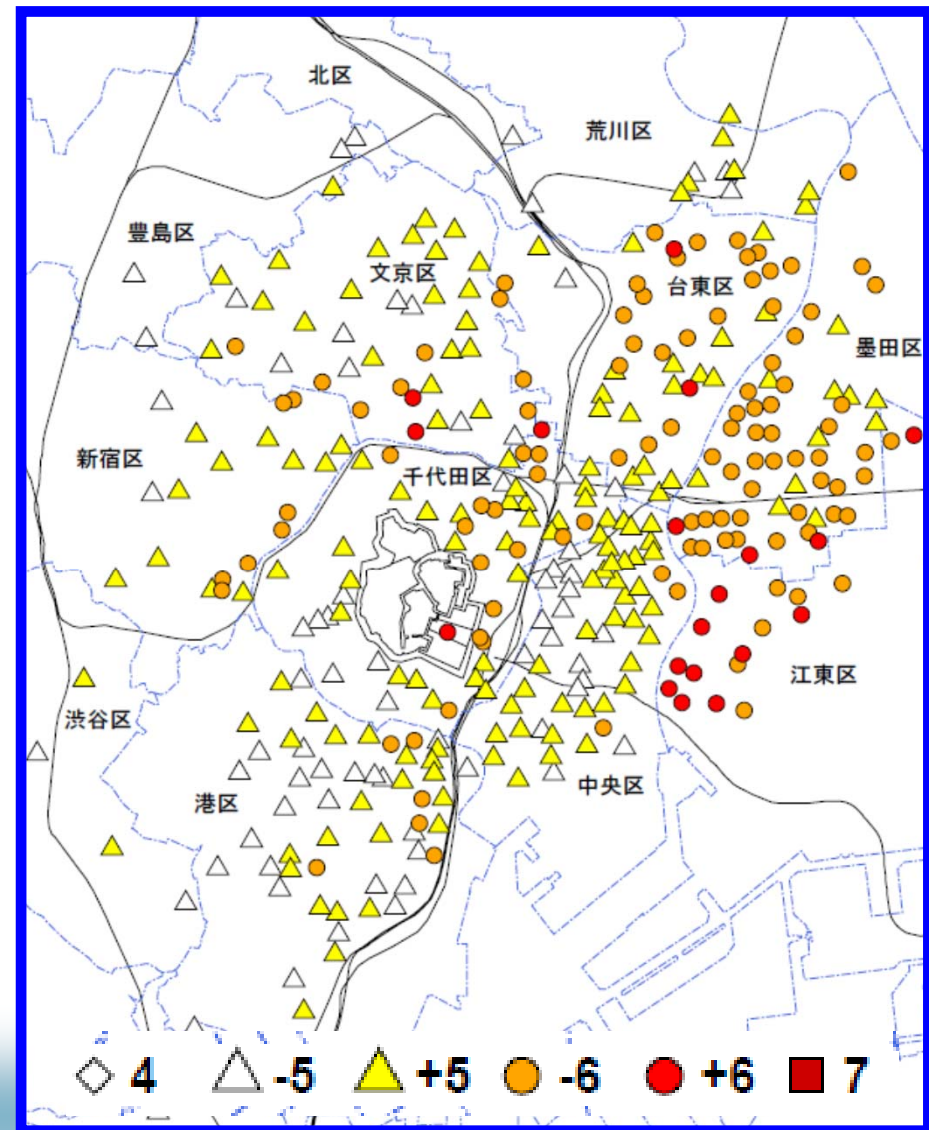
今回：地震調査研究推進本部、相模トラフ沿いの地震活動の長期評価(第二版)について、2014

想定首都直下地震と安政江戸地震の震度分布



首都直下地震(東京都心南部地震、M7.3)
の推定震度例(2013内閣府)

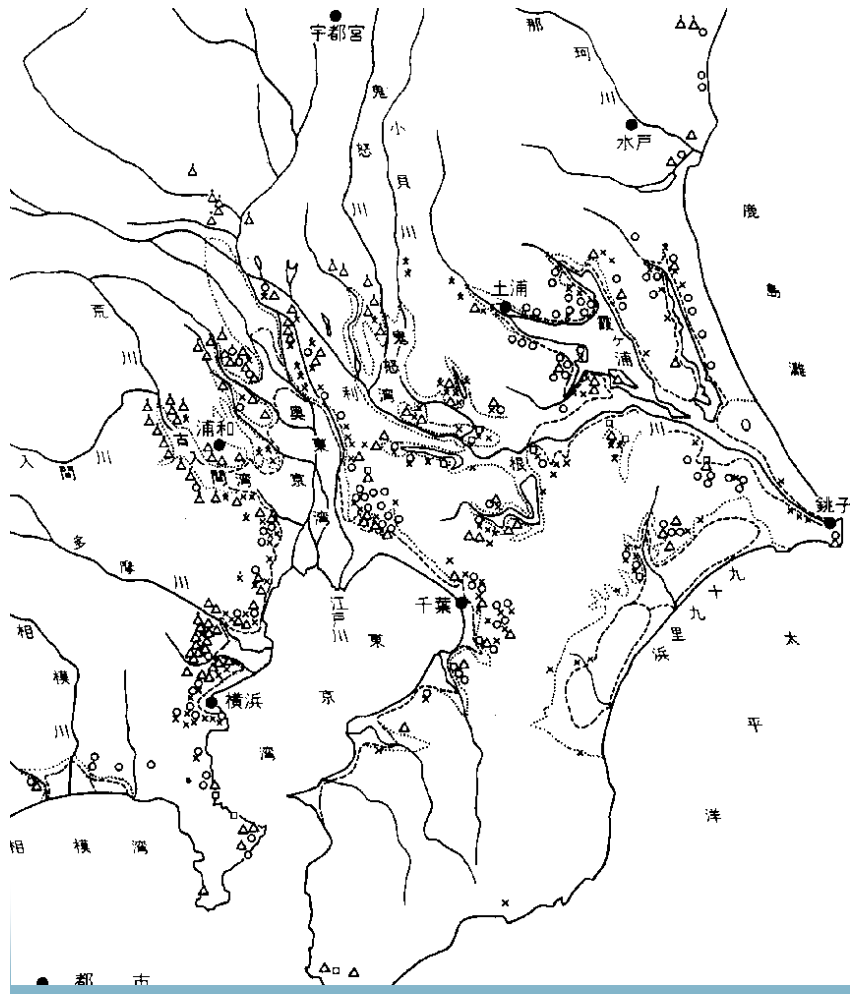
どこでも震度6の可能性があることを意味
実際の地震でこのような分布にはならない



1855年安政江戸地震(M7)の震度分布

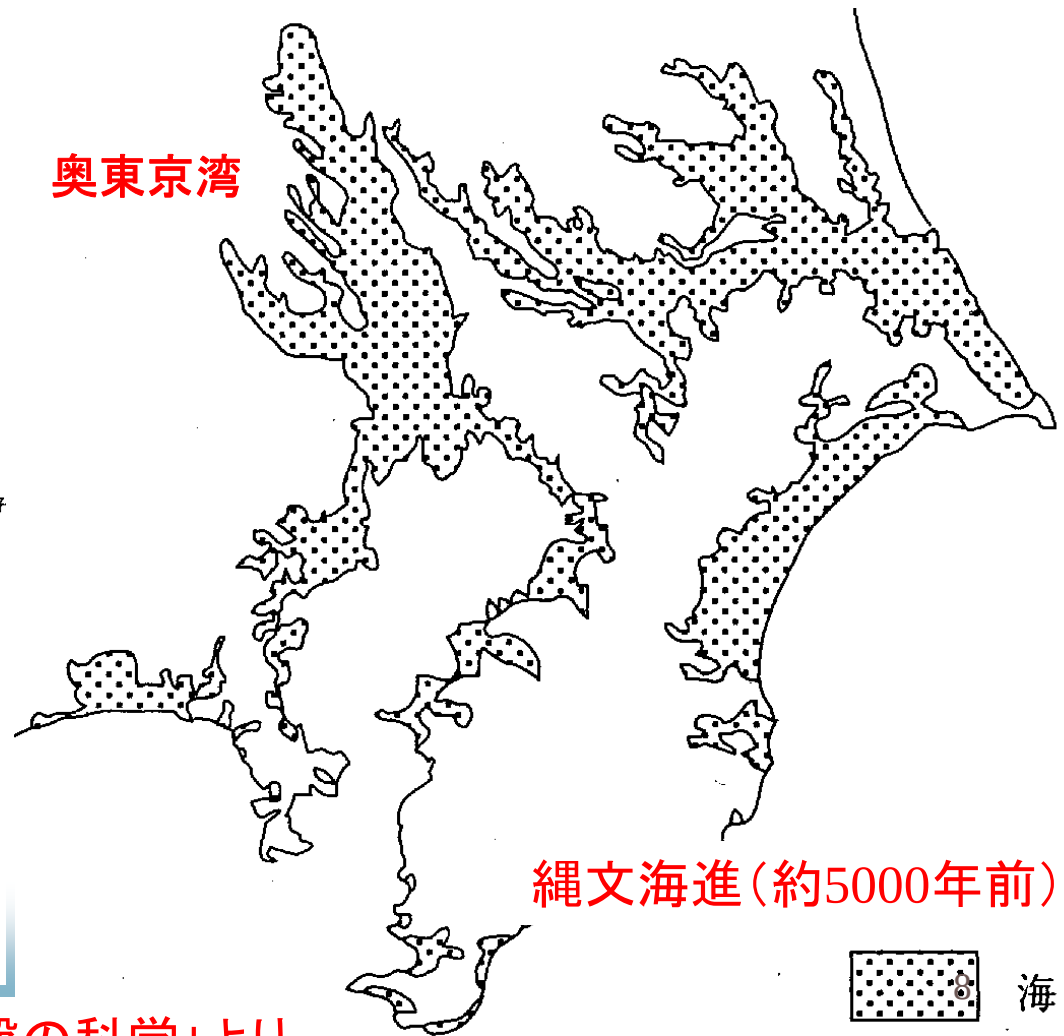
作成 中村 操 氏 <http://www.bousai.go.jp/oshirase/h15/031222/2-3.pdf>

沖積地盤（浅く柔らかい地盤）



「沖積平野」より

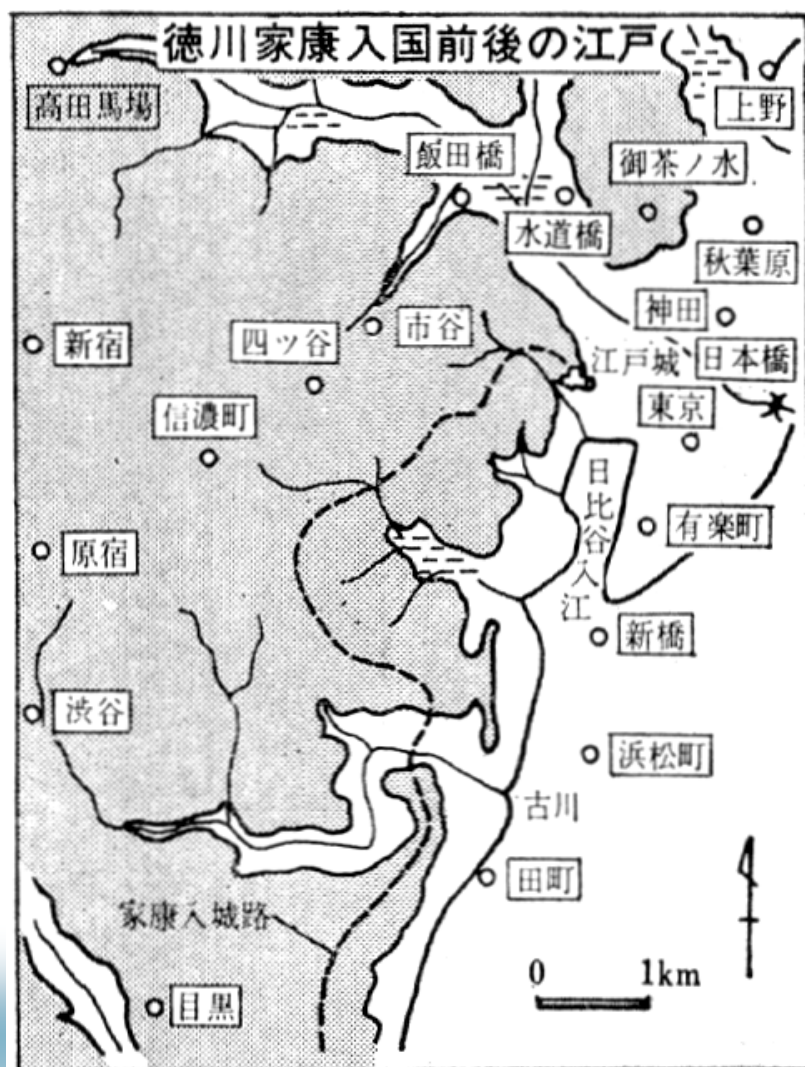
「地盤の科学」より



繩文海進(約5000年前)

海

江戸時代以降の東京湾の埋め立て

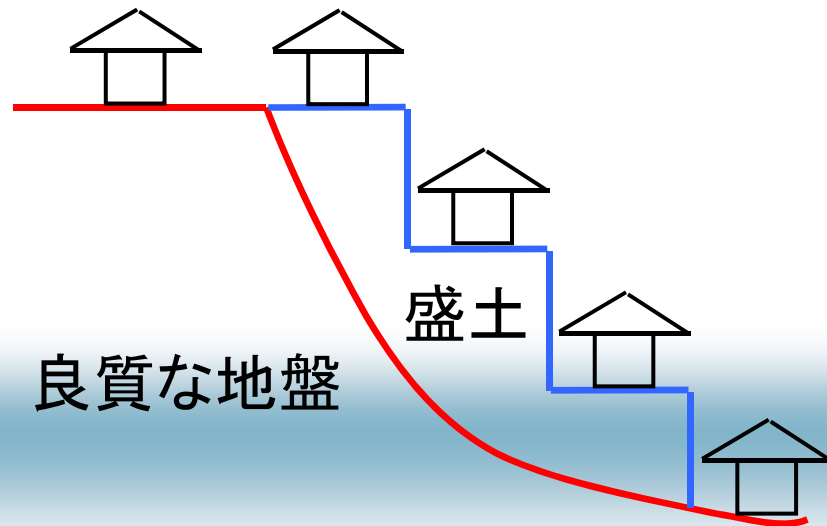
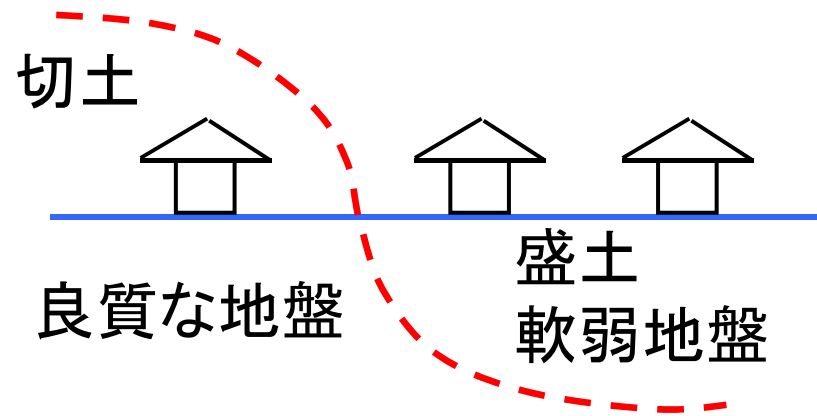


「古地図が教える地震危険地帯」より



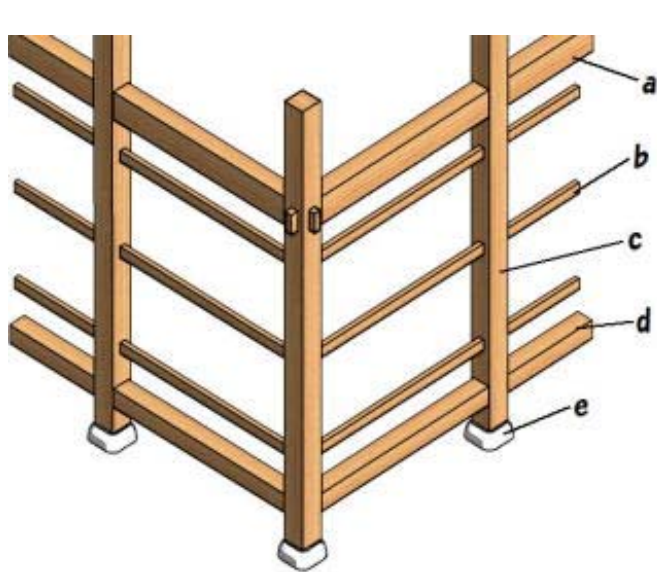
遠藤(地学雑誌、2004)

宅地造成地と地震被害 (2003年新潟県中越地震の被災例)

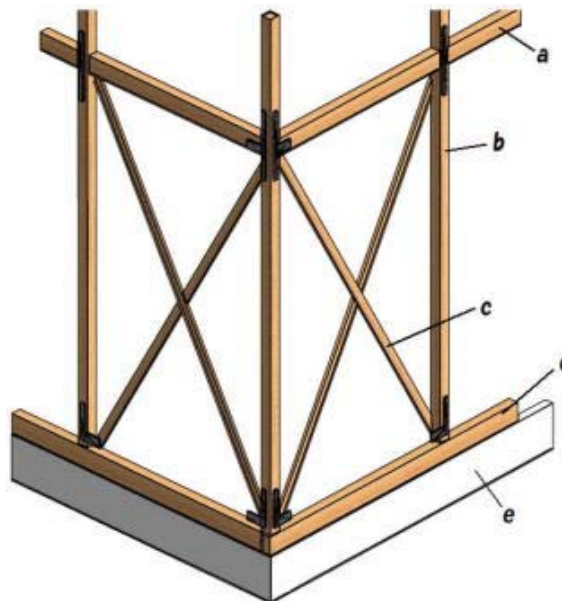


日本の伝統建築の構法

- ◆ **伝統家屋の耐震性**: 釘・金物は使わない柔構造とし、束石(一種の免震)などで地震力は出来るだけ受け流す。五重塔は、柔構造と高い減衰性能(一種の制振)で、過去に地震で倒壊なし(強風では倒壊あり)。現在では地震で大きく変形することが問題も。



日本の伝統工法(柔構造)



現在の在来工法(剛構造)

a=梁 b=貫 c=柱 d=床梁 e=束石 a=梁 b=柱 c=筋交い d=土台 e=基礎

画像でみる日本建築: <http://www.wb.commufa.jp/kazuuya/sub8.html>



東寺・五重塔
(1644年再建・54.8m)

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

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)

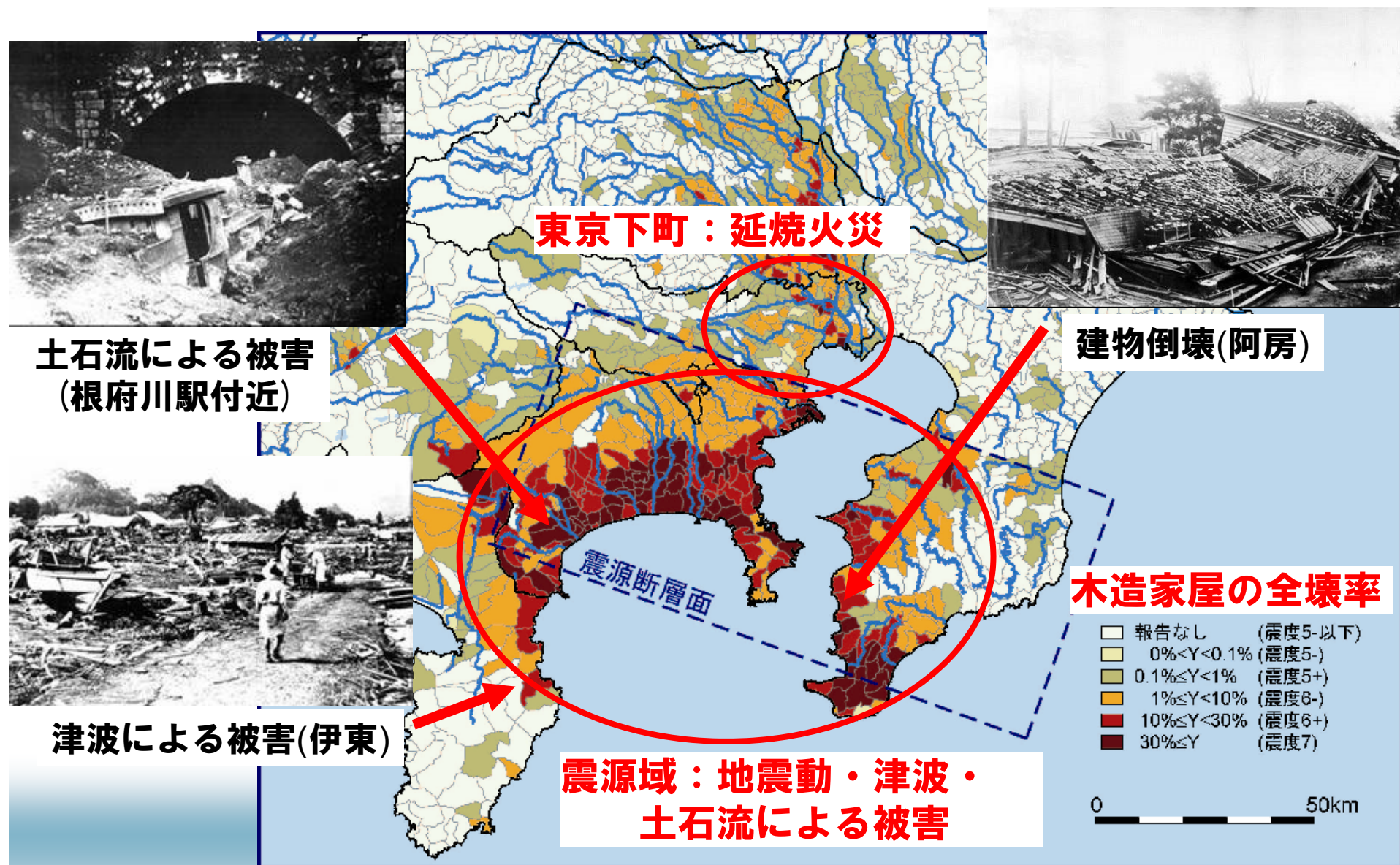


佐々木茂建築設計事務所

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

(旧)日本興業銀行本店

1923年関東大震災の震源断層と被害

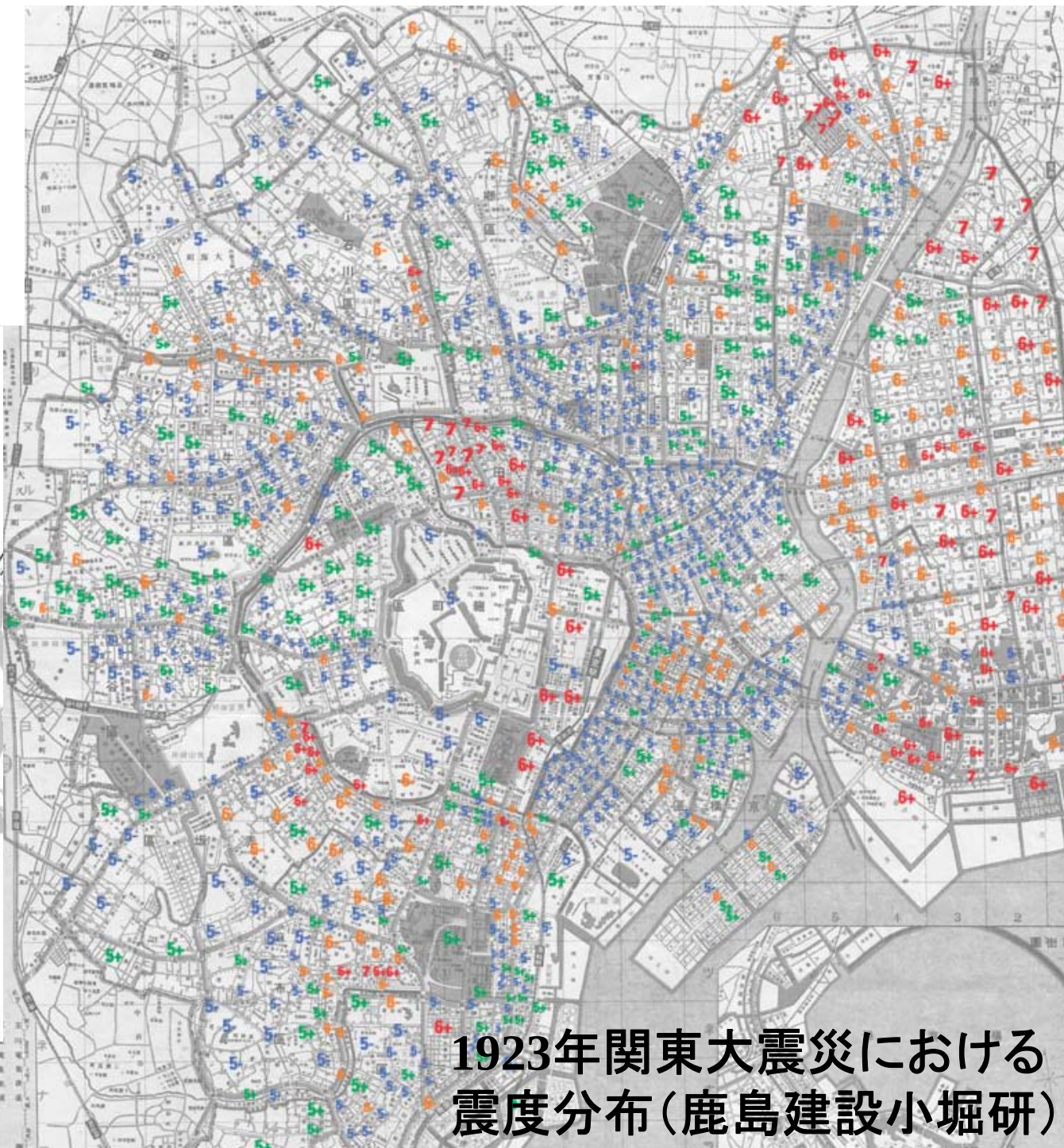


写真：国立科学博物館資料室

図：武村雅之：関東大震災(鹿島出版会 2003) より

[illegible]

表層地盤(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)

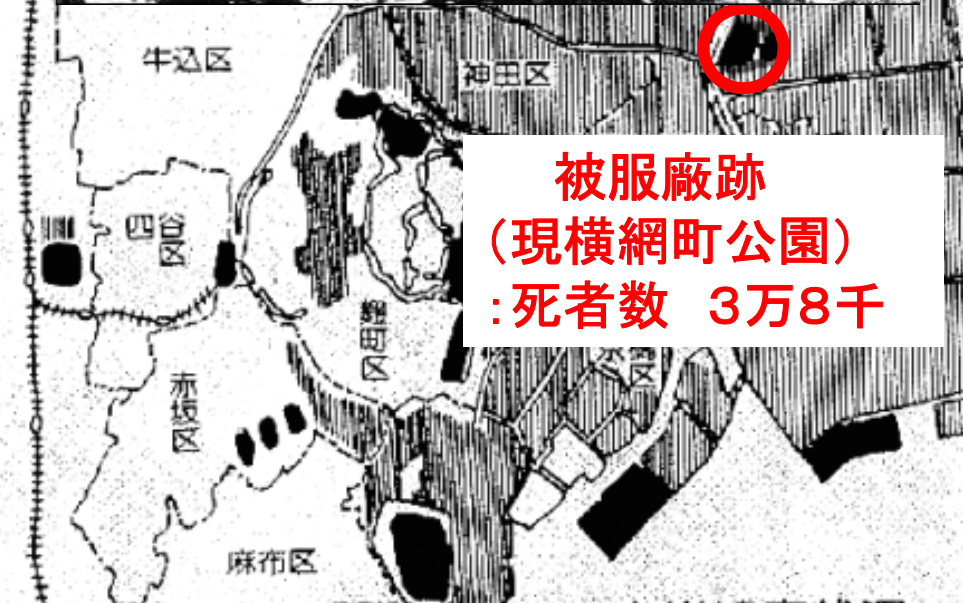
圧死者数 3,668名(5%)

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!



被服廠跡
(現横網町公園)
:死者数 3万8千

火災被害状況

- 火災地蔵(概略)
- 罹災者集団地

世界初の耐震規定の導入

- ◆ **1920年市街地建築物法**：西洋直輸入の鉄骨造・鉄筋コンクリート造などで構造計算法（鉛直荷重のみ考慮）。高さは100尺（31m）に制限
- ◆ **1923年関東大震災**：丸の内で設計震度2/15(=0.133)で設計された（旧）日本興業銀行本店が無被害であった
- ◆ **1924年市街地建築物法の改正**：地震力として水平震度0.1以上、安全率は鋼材で2.0、コンクリートで3.0とした許容応力度計算法。筋かいまたはRC造の壁体を設けること、などを規定。

1948年福井地震と建築基準法の制定

- ・ **1948年福井地震**: 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**: 市街地だけでなく。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。**守るべき最低限の基準(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(活断層による都市直下地震)

小林啓美氏撮影

<http://kanazawa.typepad.jp/weblog/2010/03/post-551f-1.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)**

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)



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...

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)

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

活断層地震, 震度7

約20秒の揺れ

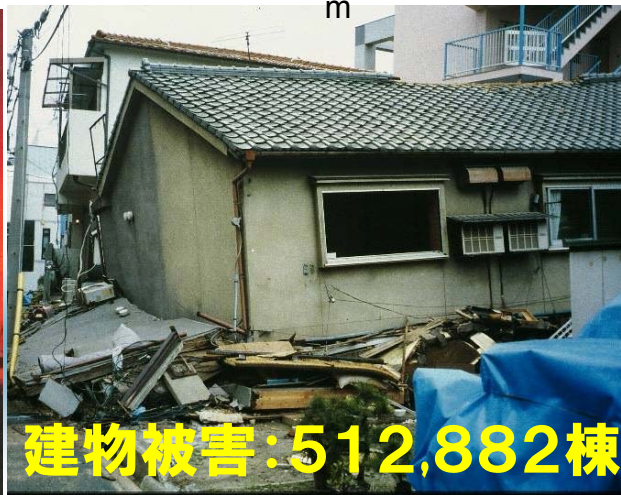


建物倒壊と火災発生が震災の帯の集中

http://dil.bosai.go.jp/workshop/01kouza_kiso/kasai/f5.htm



同時多発火災(285件)

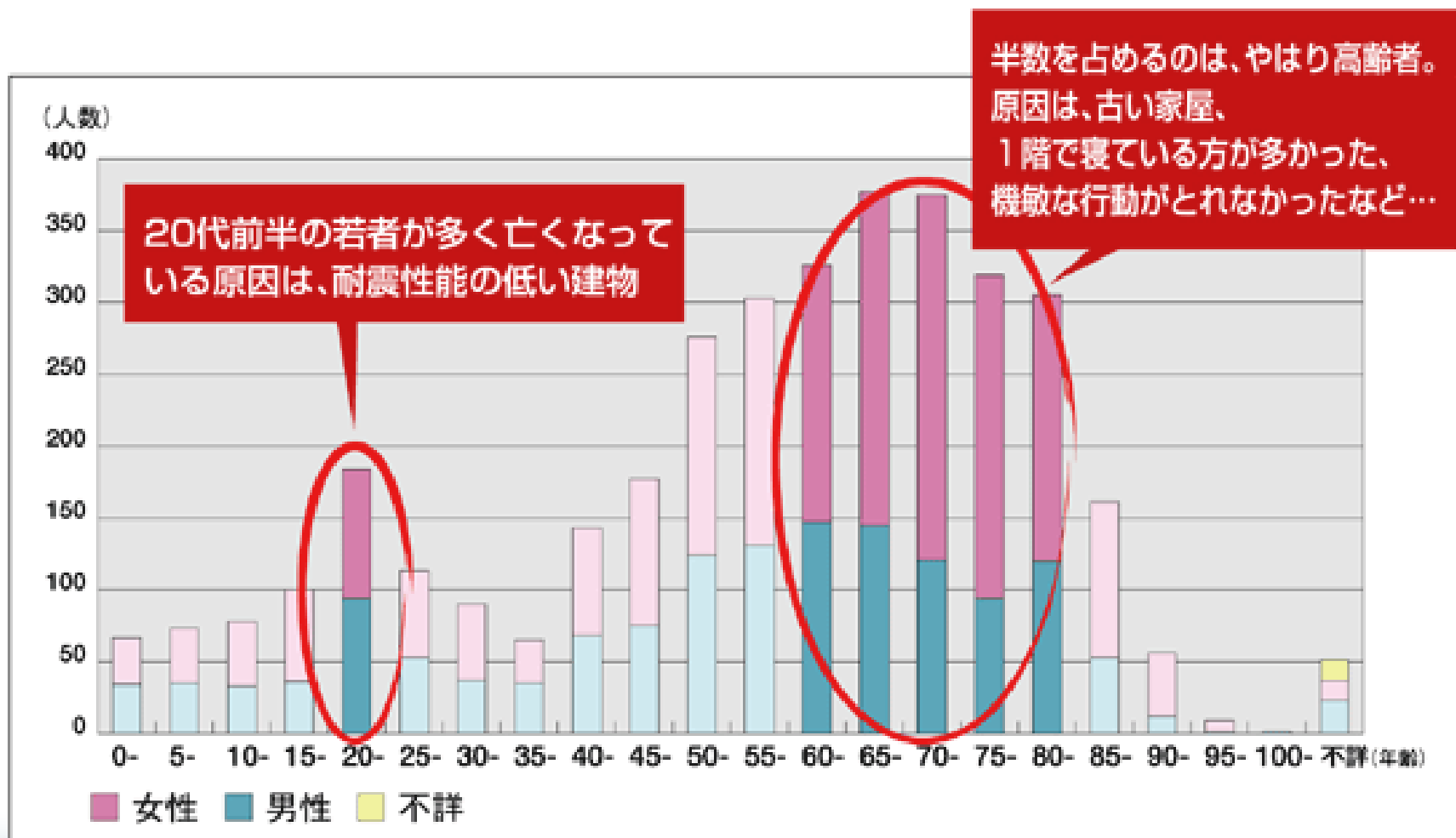


建物被害:512,882棟



多くの病院も被災

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_awazi/#top

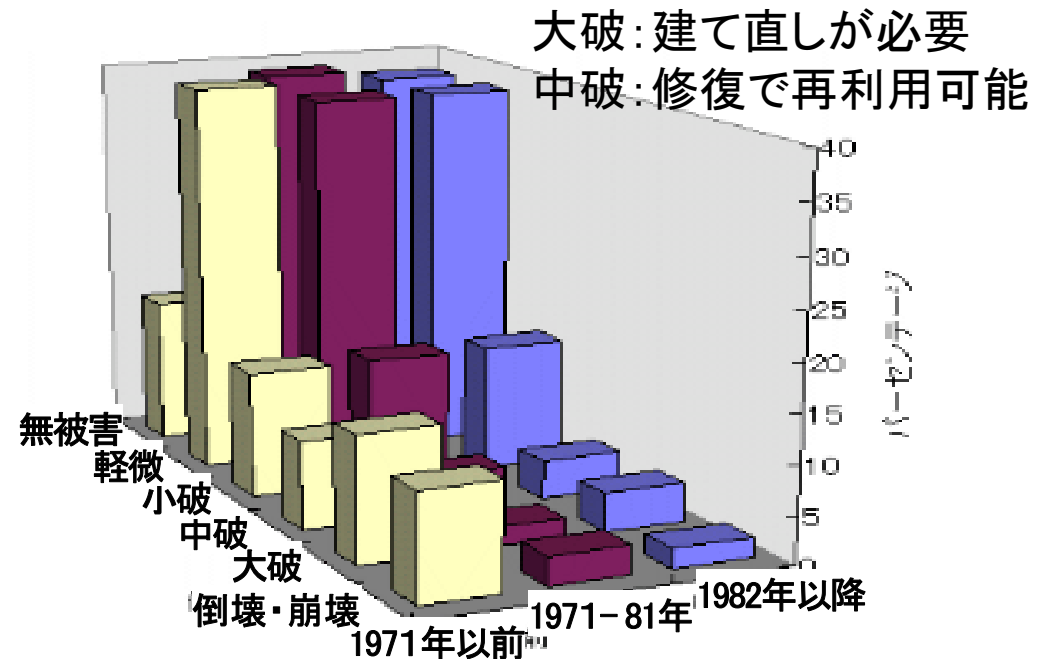
なぜ地震で人は死ぬのか？

- ◆ **火災**: 2003年関東大震災、**津波**: 2011年東日本大震災津波
 - ◆ **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)

教訓：しっかり設計・施工された建物では大きな被害は少なかった



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>

構造計算のルート(現在の耐震規定)

構造計算不要

構造計算必要

新耐震設計法

過去の実績

在来軸組構法の
木造建築物

壁量(筋かいを含む)のチェック

中小地震動で構造が無被害(約0.2gの加速度)
→ 剛構造が基本(大きく変形しない)

ルート 1

3階建て程度の
小規模建築物

1次設計

ルート 2

建築高さ $H \leq 31\text{m}$

1次設計

平面・立面バランス
チェック

OK

NG

ルート 3

$31\text{m} < H \leq 60\text{m}$

1次設計

層間変形角
2次設計

45mを超える建築物
は、構造評定が必要

大地震動で構造が倒壊せず(約1gの加速度)

新検証法(限界耐力計算など)

2000年に導入

→ 柔構造

森 保宏氏
(名古屋大
学大学院)
資料に加筆

高層建築物

$H > 60\text{m}$

大臣が認める方法(動的解析)

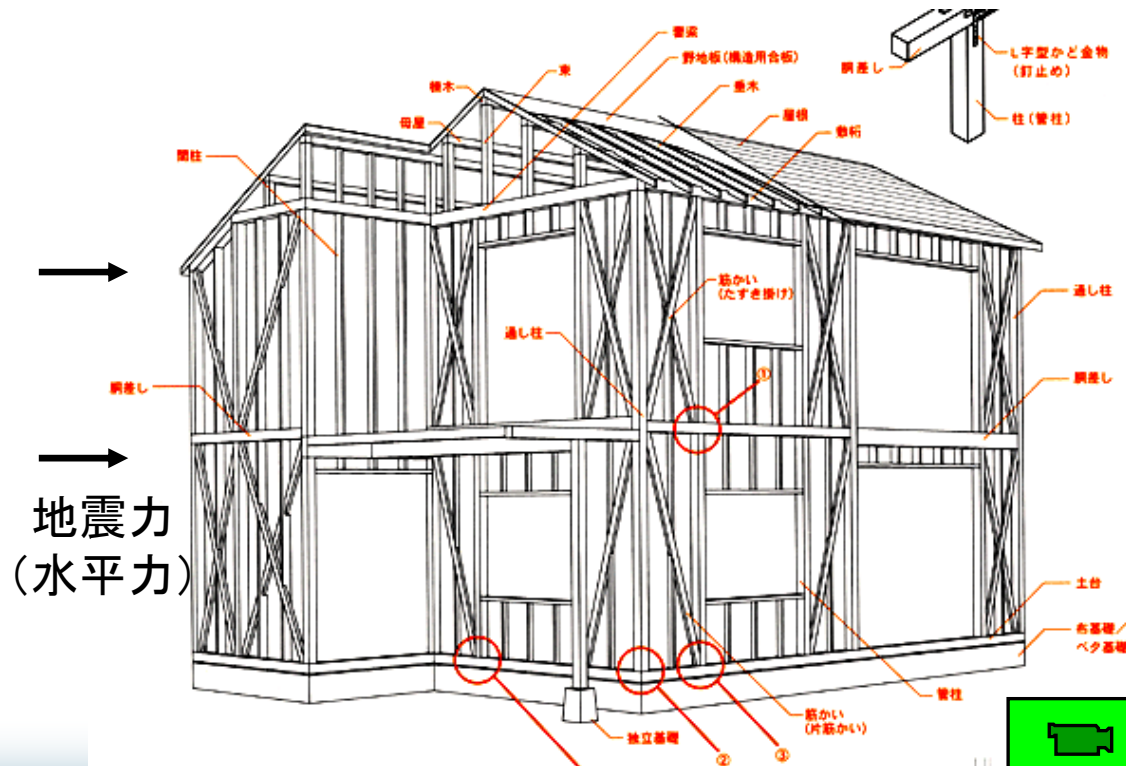
超高層建築

免震・制震建築など特殊建築も超高層と同様

END

木造建物の耐震建築の基本

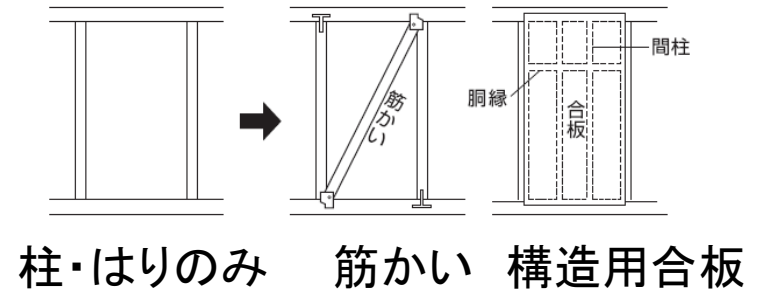
- ・頑丈な基礎・壁・床・屋根で建物を一体化
- ・耐震要素(耐震壁など)をバランス良く配置(平面・立体とも)・丈夫な接合部



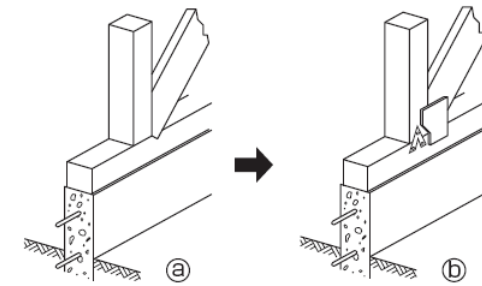
在来軸組木造の構造

(Frontier World http://www.frontier-world.co.jp/mokuzoujyutaku/21mokuzojyutaku_jikugumi.html)

建物倒壊

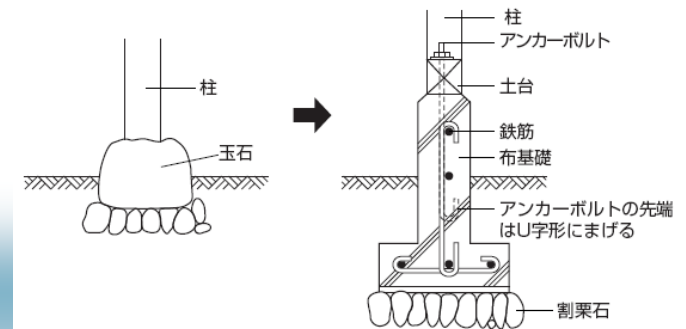


柱・はりのみ 筋かい 構造用合板



金物なし

金物あり



玉石基礎

布基礎・べた基礎

木造被害の被害例 接合部被害



金物無しの接合部



隅柱の引き抜け(金物なし)



筋かいの引きぬけ・踏み外し

壁配置が不適切

- ・壁量の不足



狭小間口の3階建木造住宅
(1階開口・HD金物なし)



1階の耐震要素が偏心して倒壊した建物



1階の耐震性が不足して倒壊した建物

腐朽・蟻害による劣化被害



腐朽による柱の被害



腐朽による柱の被害

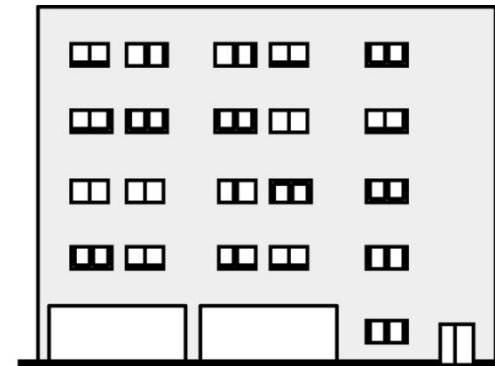


雨漏りによる腐朽被害

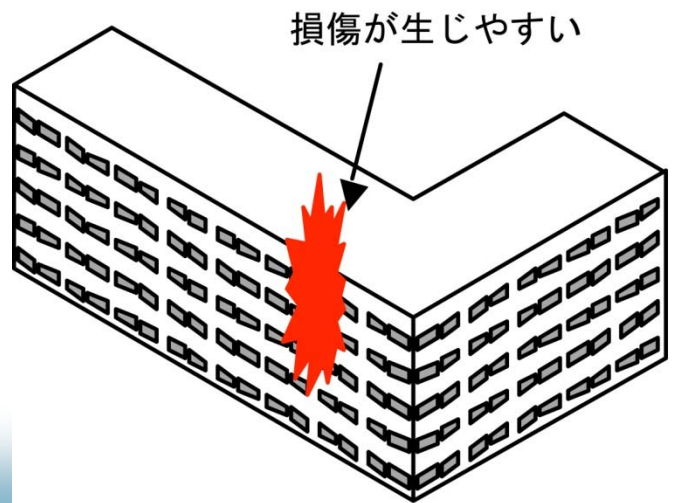
鉄筋コンクリート(RC)造建物の被害

被害が集中した特長的なRC建物

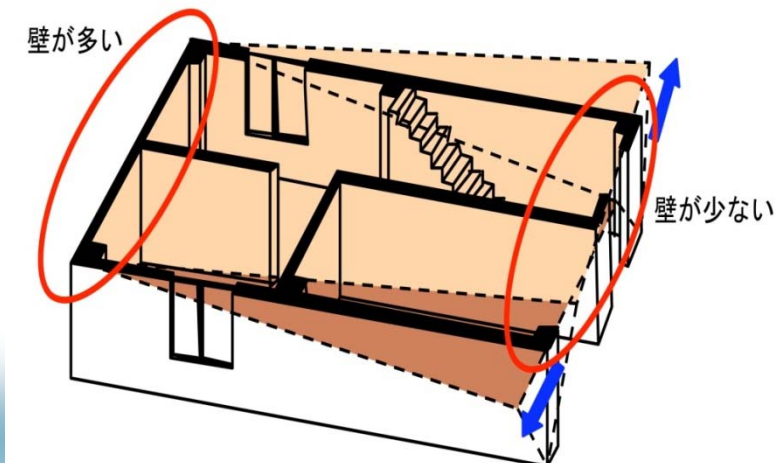
- ・古い耐震基準の建物
- ・1階の耐震性が不足した建物(ピロティー)
- ・耐震壁の配置が偏心した建物
- ・複数棟が一体となった建物



1階の耐震性が不足した建物(ピロティー)



複数棟が一体となった建物(複雑な平面形状)



耐震壁の配置が偏心した建物²⁹

古いRC建築の被害



1971年の耐震基準より古いRC建物の柱被害



中間層の被害

1階ピロティの被害



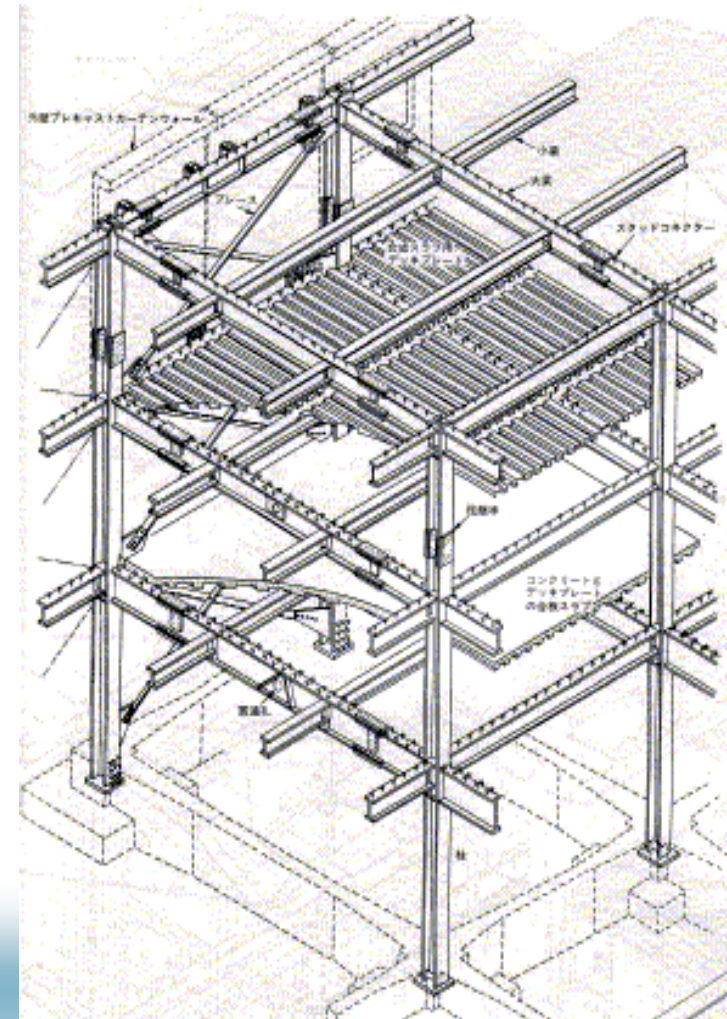
鉄骨(S)造建物の被害

鉄骨構造の特徴

- ・ラーメン(フレーム)構造: 柱とはり
- ・剛性が低い部分にブレース(筋かい)
- ・用途: オフィスビル・工場・体育館など

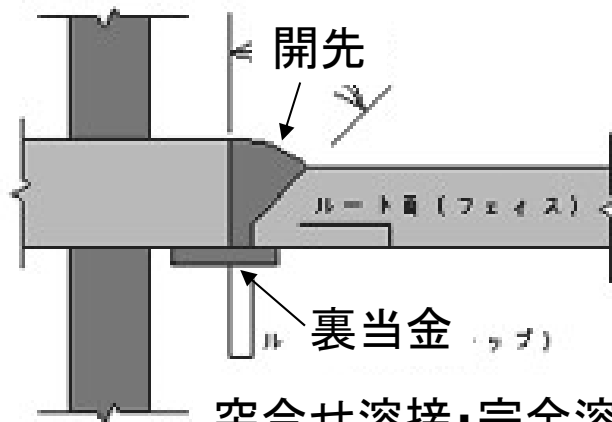
主な被害の特徴

- ・古い耐震基準の建物に被害が集中
- ・柱・はり接合部の溶接不良による被害
- ・柱脚部のアンカーボルト破断・抜け出し
- ・ブレース(筋かい)の破断
- ・柱継手の不良
- ・構造躯体が外観から見えないため
震災直後では被害を見つけにくい

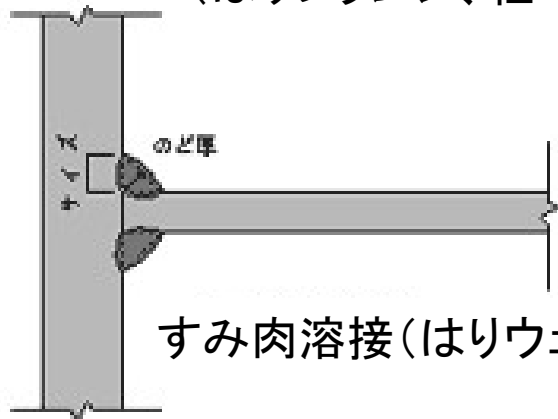


典型的なS造建物の構造 32

柱・はり接合部と被害



突合せ溶接・完全溶込溶接
(はりフランジ、柱・ダイヤフラムなど)

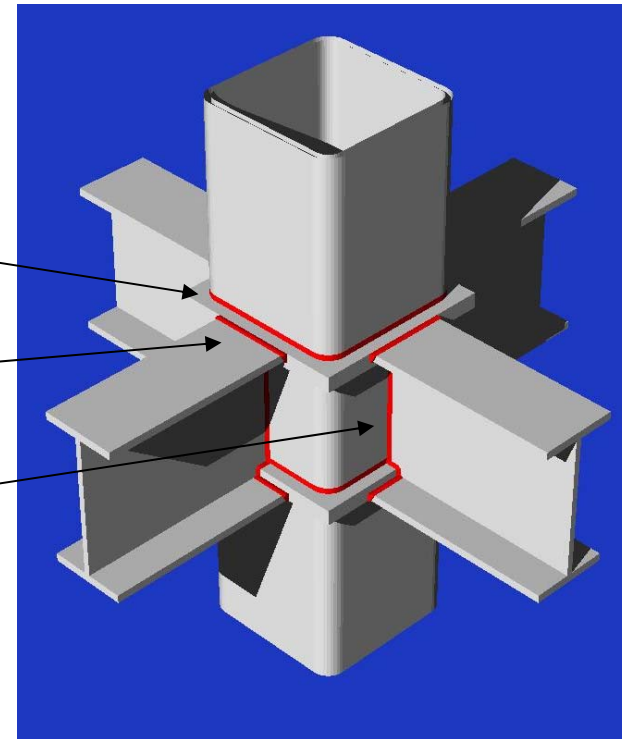


すみ肉溶接 (はりウェブなど)

柱・ダイヤフラム

フランジ

ウェブ



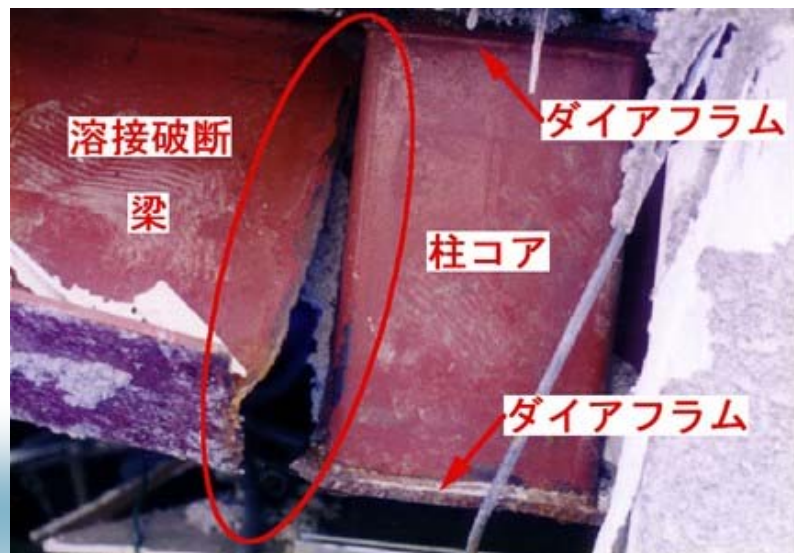
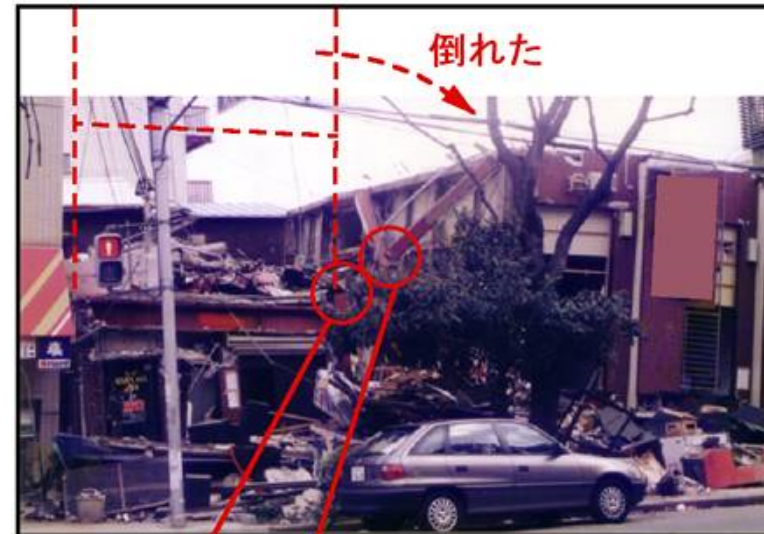
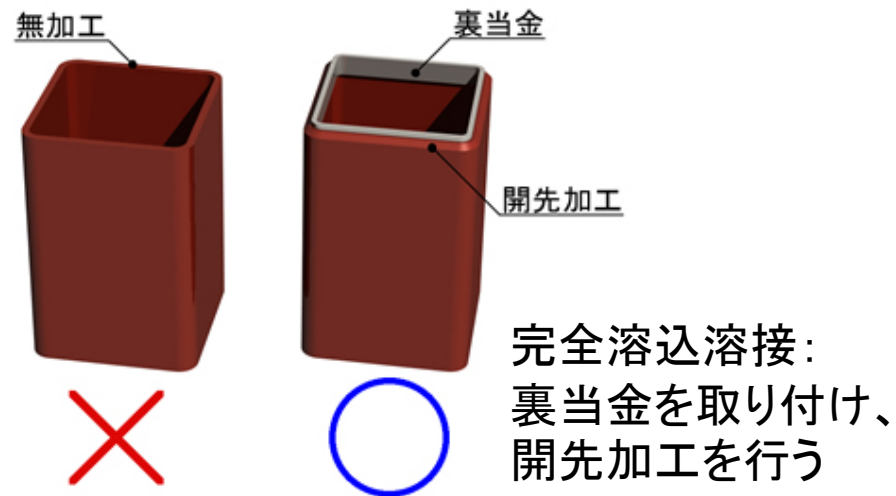
柱・はり接合部と溶接



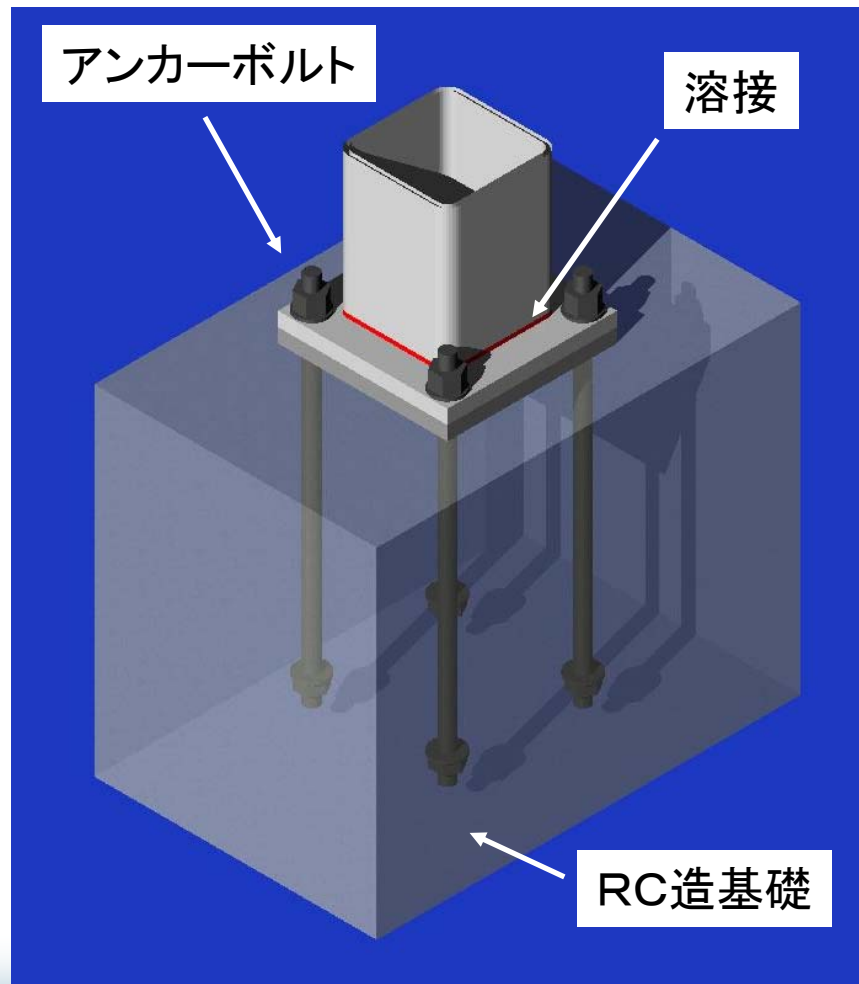
有限会社 トチオ構造設計室
http://www6.plala.or.jp/tocio/report/report02_2.html

隅肉溶接の破断 (本来は突合せ溶接)

柱・はり接合部と被害



柱脚部の構造と被害



柱脚部の構造

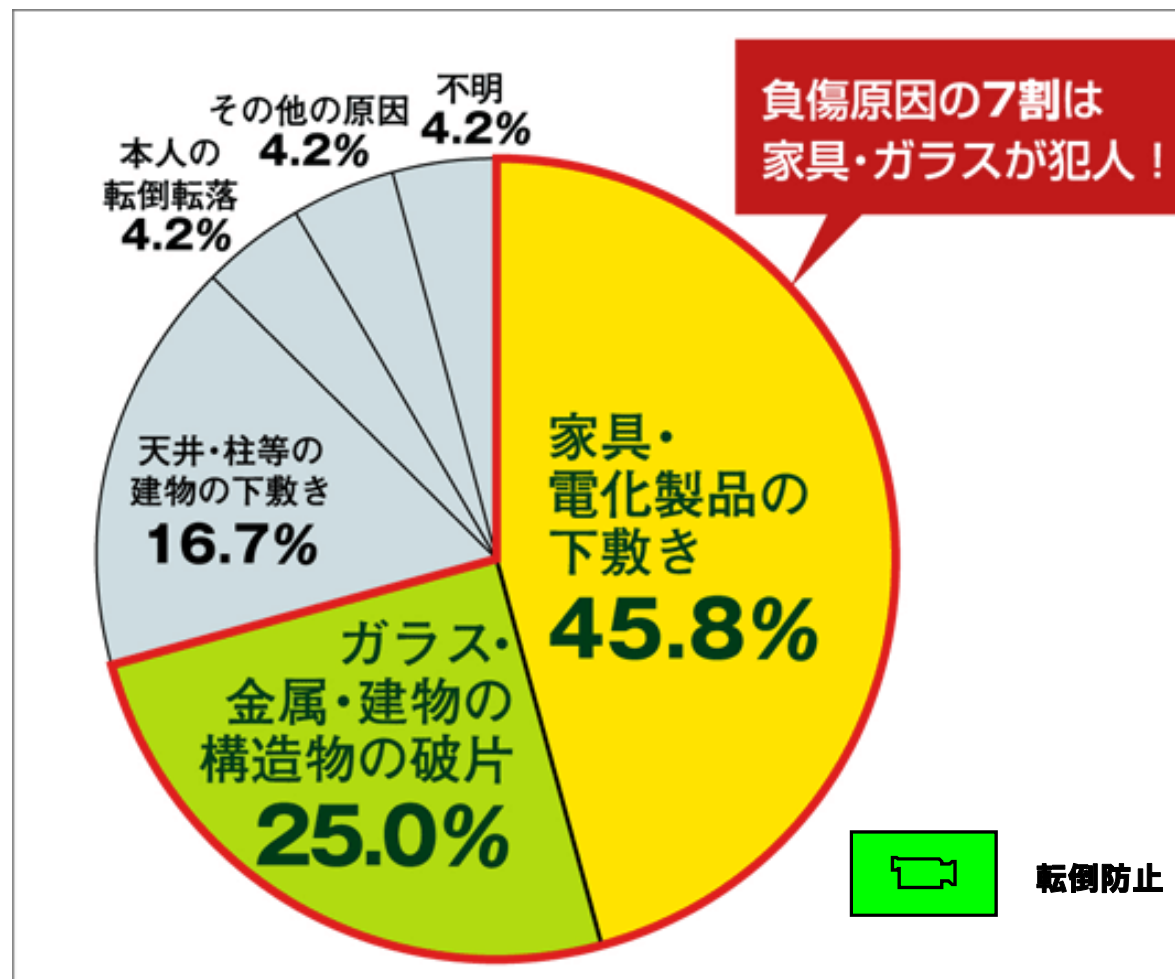


アンカーボルトの抜け出し



アンカーボルトの破断

阪神・淡路大震災：負傷者の内訳



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_awazi/#top

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 M8.0 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



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

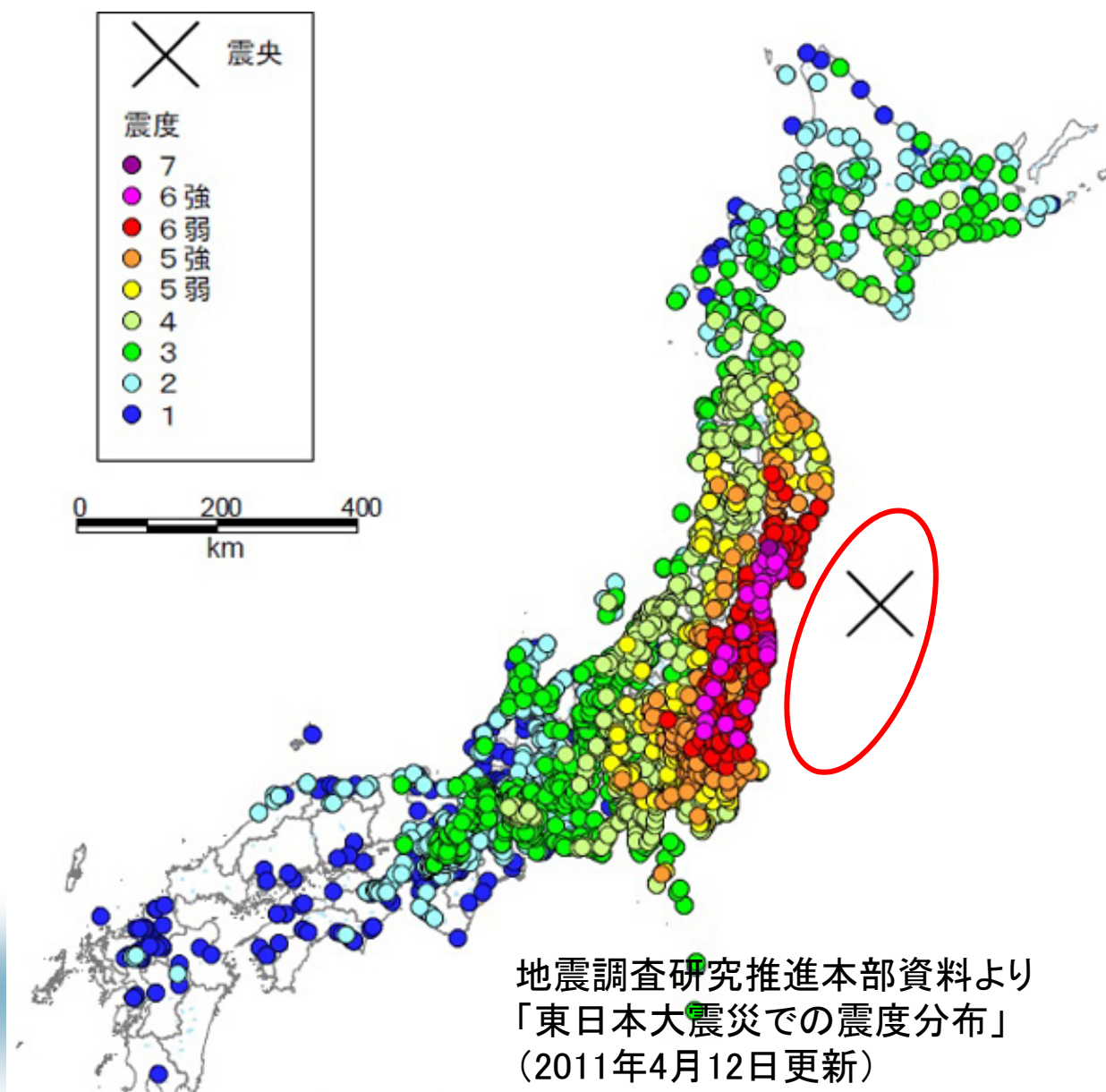
火災: 330

建物被害と死者数(内閣府)

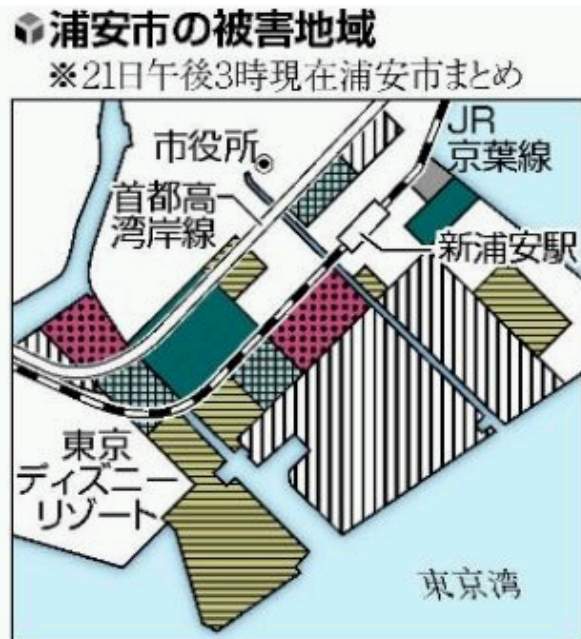
約1万9千人の死者・行方不明者のうち、内陸での死者・行方不明数は、125人

(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)



液状化(千葉県浦安市など)



-  ガス停止、下水使用制限、断水
 下水使用制限、断水
 ガス停止、下水使用制限
 下水使用制限
 ガス停止
 断水



Yomiuri Online

<http://www.yomiuri.co.jp/feature/20110316-866918/news/20110325-OYT1T00535.htm>

地滑り被害（仙台市：丘陵宅地の盛土）



仙台市内31か所の約2100戸が被災、大半は1950～60年代に丘陵地に造られた団地。太白区緑ヶ丘4丁目にある緑ヶ丘第4町内会では、全190戸のうち189戸で地滑り被害が確認され、69戸が全壊。



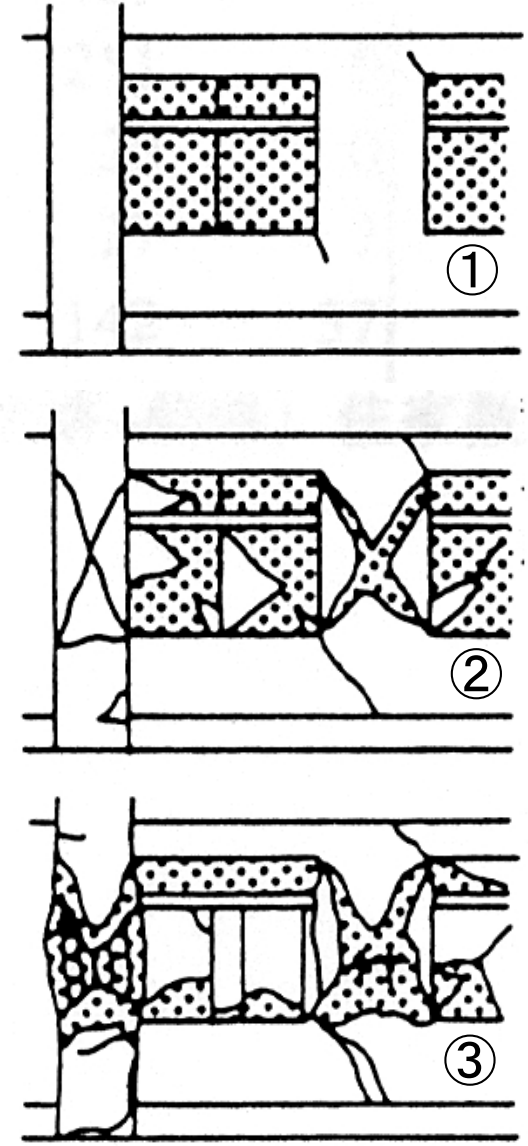
大震災で地滑りが起きている
仙台市青葉区の折立地区

建築基準法と建物の安全

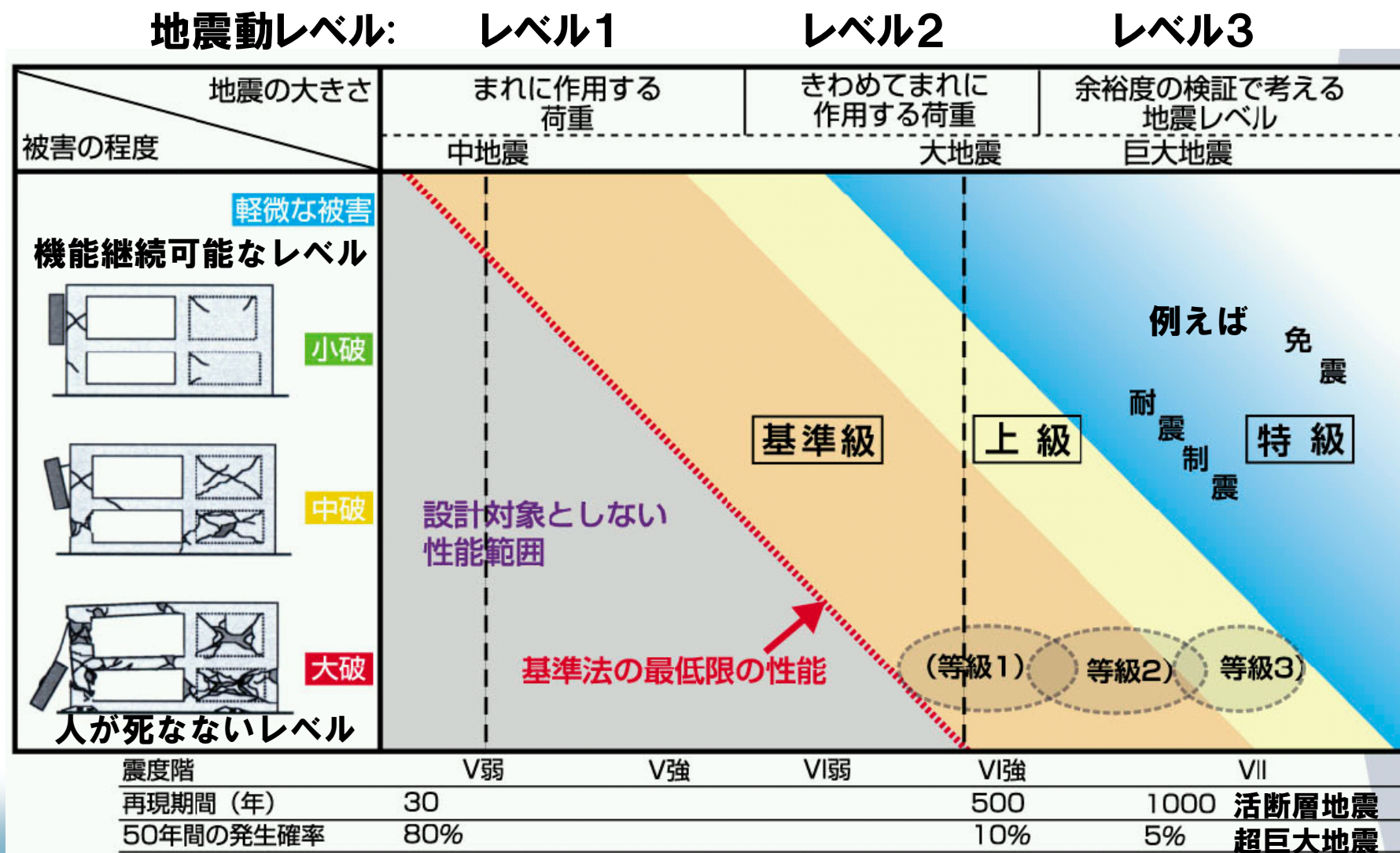
- ◆ 「この建物は、最新の建築基準法で建てられているので安全です」と言われました。
- ◆ 大地震時における建物の安全について、建築基準法による安全の限界に、最も近いイメージは？

- 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(大地震で倒壊し、死者を出さないこと)。**
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。



建物の耐震性能(日本構造技術者協会)



建物の耐震性能(日本構造技術者協会)

関東大震災
(東京大手町地区)

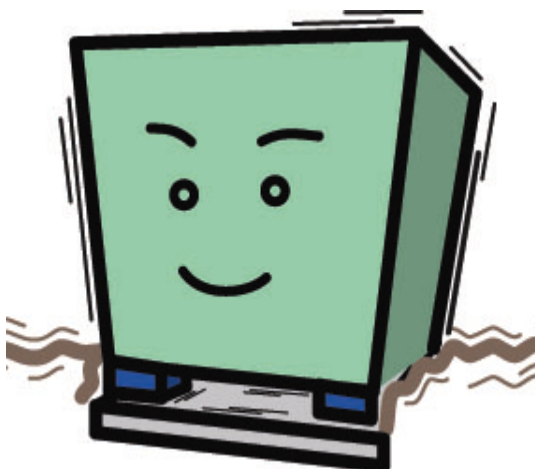
阪神・淡路大震災
(神戸三宮地区)

建物の耐震設計：耐震・免震・制震



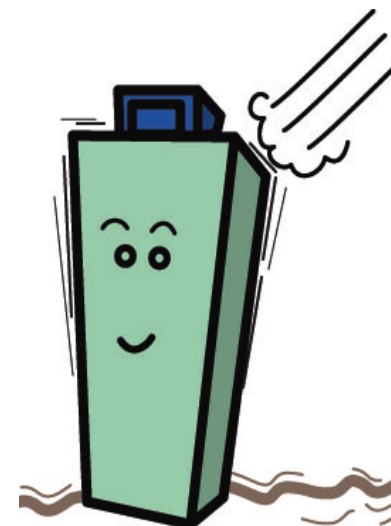
耐震構造

(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)



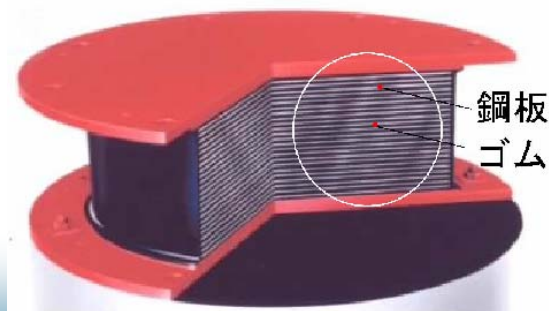
制振構造

(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

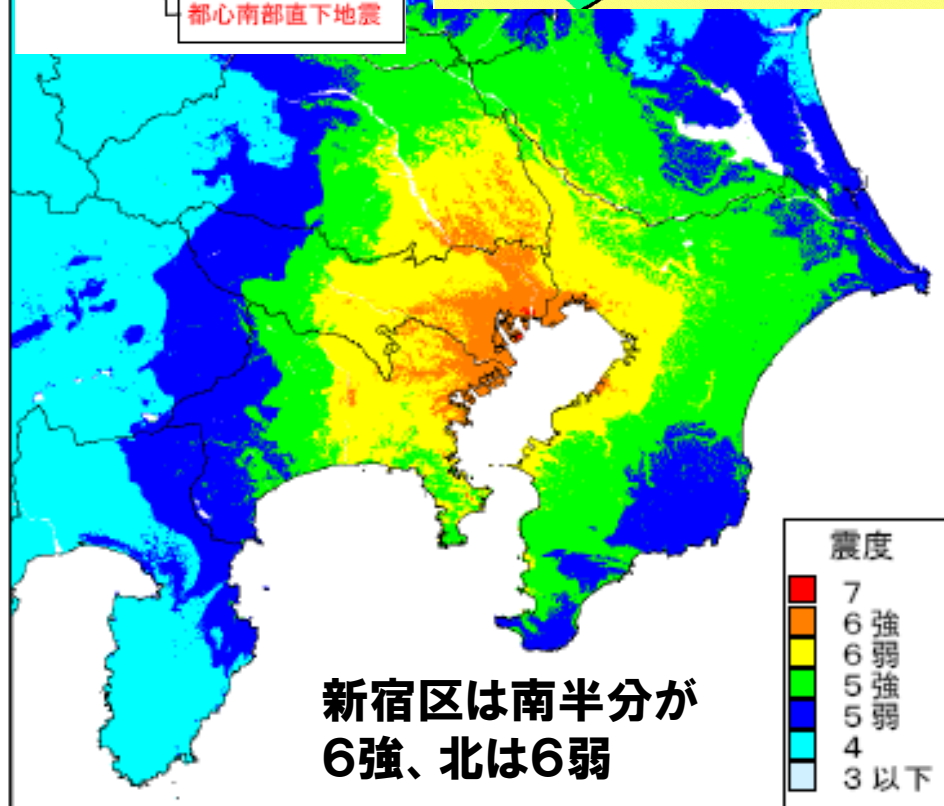
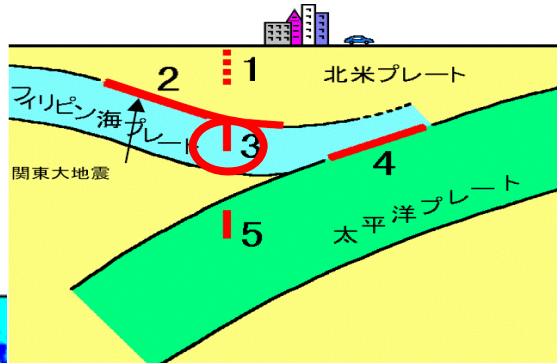
<http://www.jisf.or.jp/business/tech/build/photo/low.html>

首都直下地震の想定被害(2013年内閣府)

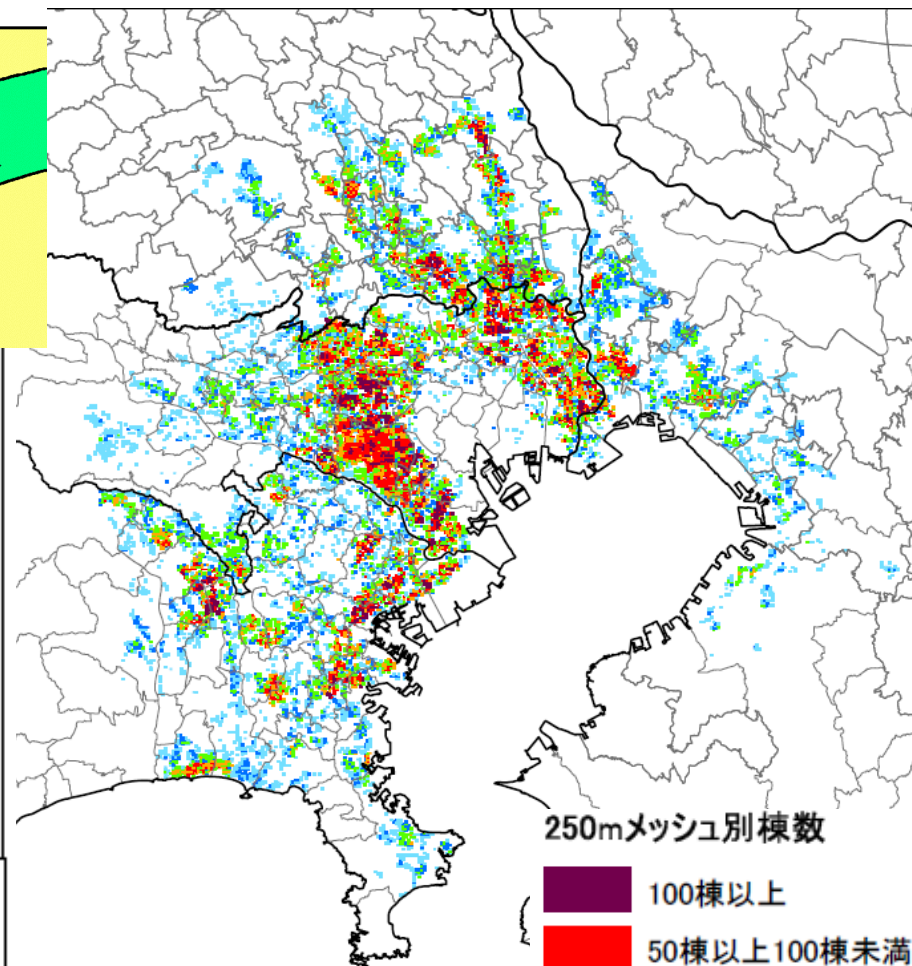
フィリピン海プレート内の地震



都心南部直下地震



都心南部地震の震度分布



焼失棟数

冬夕

風速 8 m/s

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。

2013年内閣府

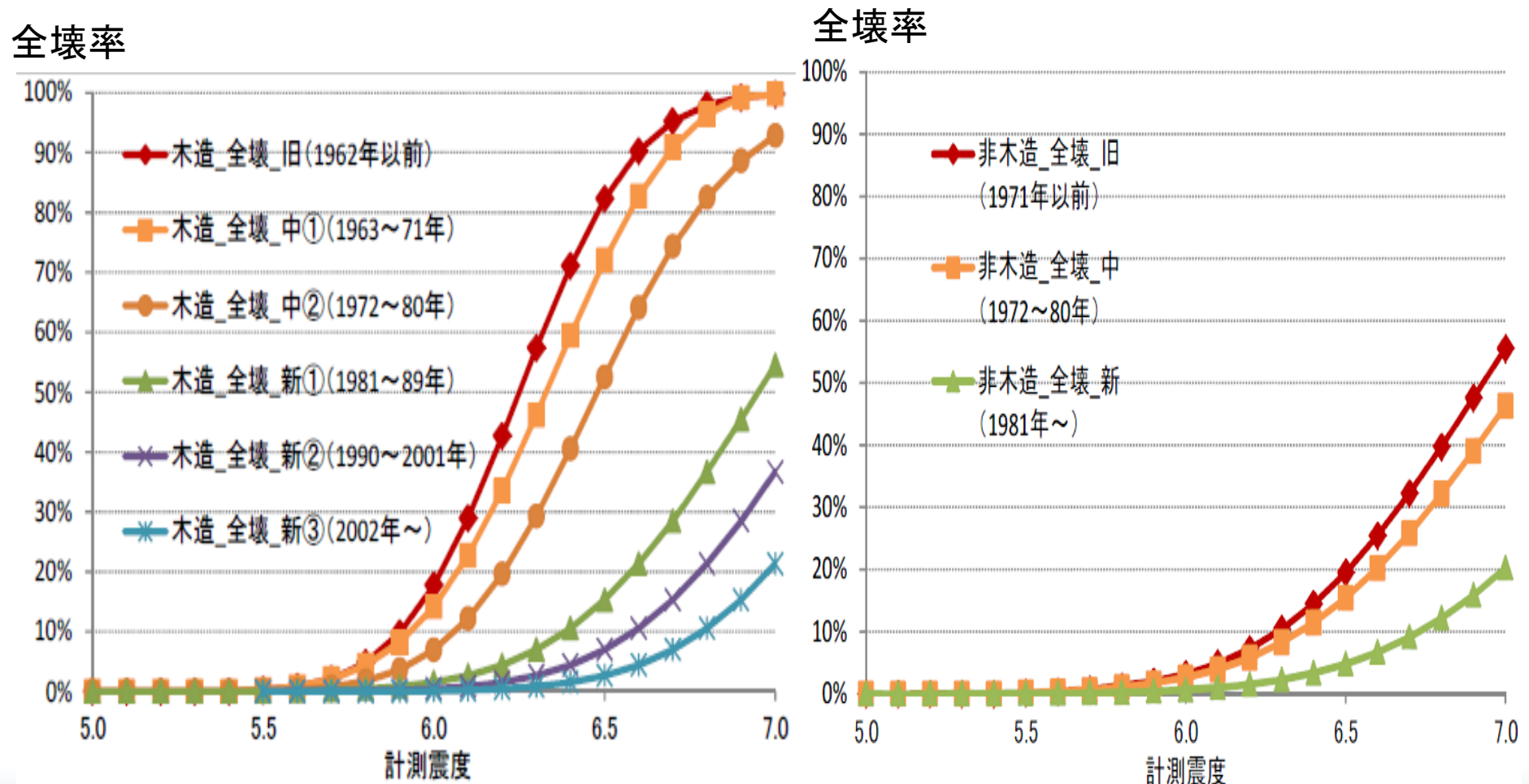
都心南部直下地震による人的被害推定結果

都心南部直下地震における人的被害

項目		想定被害者数			
建物倒壊等による死者 (うち屋内収容物移動・転倒、屋内)		○ 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			
急傾斜地崩壊による死者					
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	

東京都被害想定(2011)での東京湾北部地震(冬夕方18時・風速8m/秒)で死者約9,700名

被害推定に用いる震度と建物の全壊率



木造建物

非木造建物

→良い建物を建て、しっかりと維持管理し、永く使い続ける

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	耐震化率	耐震化率	耐震化率
	79%（全国） 87%（東京都）	90%（全国） 94%（東京都）	95%（全国） 97%（東京都）	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）

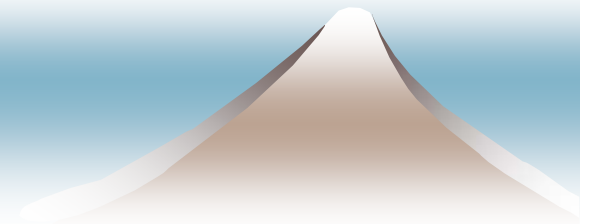
避難者：建物被害だけでなく、断水・停電でも避難者数に計上。居住不可能の建物以外、十分な備蓄（できれば1週間分）をして自宅待機が原則

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・・・）

様々な課題と対策

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)
- ◆ **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

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、勝てない敵が明確な場合は**逃げる対策**が必要
- ◆ **巨大都市**では何が危険で、どこに逃げるかは地域・状況で大きく異なる。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。
→ **被害想定**: 避難者数・約300万人(直後)、最大で約720万人、帰宅困難者数・約800万人(うち、東京で約500万人)
- ◆ **避難しない・帰宅しない対策**: 東京(巨大都市)では、大きな被害が無ければ自宅・職場待機が原則。被害が出た場合は、自助(家庭・職場)と共助(地域の防災拠点を確保など)による多重防護での対応を！

H邸の在来木造住宅(地盤・基礎・躯体)



ハザードマップで震災や水害の危険性が低く、
地盤調査で比較的良好な地盤を確認



配筋べた基礎で頑強な基礎とした



構造計算を実施。1階を壁の多い居室、2階をリビングとし、部材を金物・筋違等で固定、さらに構造合板をバランスよく配置し、耐震等級3(基準法の1.5倍の耐力)とした



H邸の在来木造住宅(室内・備蓄・メンテ)



大きな家具類は、地震などで転倒の心配のない作り付けとした。



十分な備蓄スペースを確保



水周りなどを中心に、配管や構造体をチェックする点検口を数箇所設置



雨水タンク(330L)を設置、平時は庭の散水に利用。震災時にはトイレ用水・飲料水・初期消火などに利用。タンクや緑化などで微力ながら豪雨時の内水氾濫や都市のヒートアイランドの低減にも寄与。