

「首都直下地震」10年ぶりの東京都被害想定 を見直すと「逃げる必要のない建築・まち」 の必要性について

第27回震災対策技術展
(パシフィコ横浜・アネックスホール2F・G会場)
2023年2月3日 11:00～11:45

工学院大学 建築学部 まちづくり学科
久田嘉章

1

はじめに

・過去の地震災害と教訓(東京の被害想定)

1923年関東大震災、1995年阪神淡路大震災、2011年東日本大震災、2016年熊本地震、ほか

・東京都の新しい地震被害想定:

多様な地震(不確実性な地震像)と震災、耐震対策の進展、社会構造の変化、定量的・定性的な被害想定

・「逃げる」から「逃げる必要のない建築・まち」

超巨大都市の複合災害と逃げる対策の限界

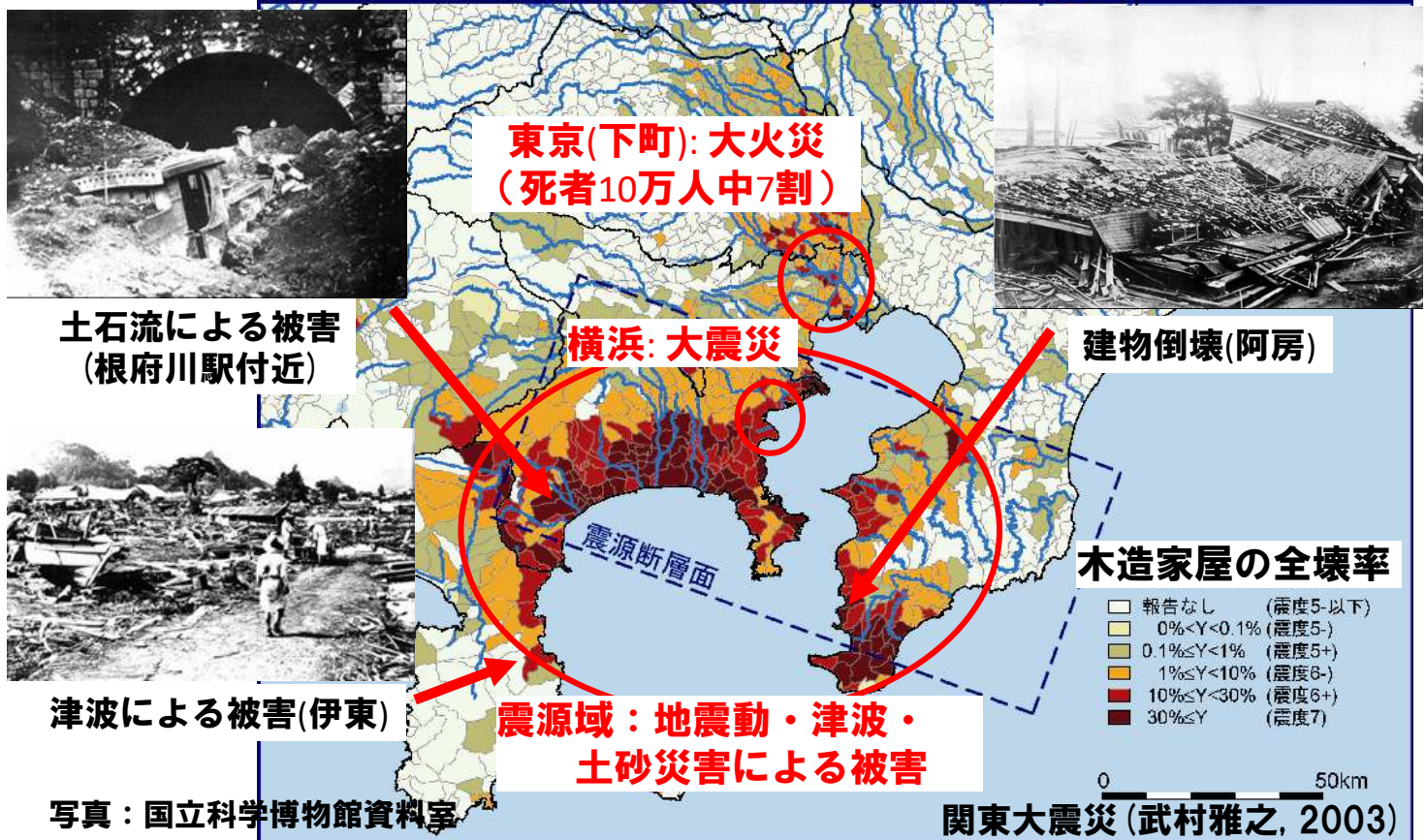
30年70%発生確率と言われている首都直下地震の実際
超高層建築の震災対策(長周期地震動の予測など)

マルチハザード・複合災害と建築・まちの対策

⇒ 多様な地震災害(可能性の高い中小災害～可能性の低い
最大級被害まで)とハード・ソフトによる柔軟な対策

2

1923年関東大震災：内陸の海溝型巨大地震と複合災害



- ・耐震・耐火建築(1924に導入, 1950, 1971, 1981年に耐震基準の改定)
- ・延焼火災対策→延焼遮断帯、空地・広域避難場所、初期消火と避難訓練 3

地震被害と建築基準法・耐震規定改正

「安全とは無被害ではなく、許容限界以下の被害であること」



1968年十勝沖地震
(RC造短柱被害など)



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年改定 (新耐震設計法の導入)

○1981年建築基準法改正：新耐震基準の導入(最低基準であることに注意！)

- 1) **中地震**(建物の供用期間中に数回遭遇する程度の地震)に対して
構造躯体は損傷せず、地震後も特に修復を要しないこと(損傷限界)
- 2) **大地震**(建物の供用期間中に一度遭遇するかも知れない程度の地震)に対して
倒壊・崩壊せず、人命が守られること(安全限界) ⇒ 大地震で被害は必ず生じる！

写真：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(M7.3活断層帯地震)

1995年兵庫県南部地震

(M7.3、1月17日 5時46分)

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

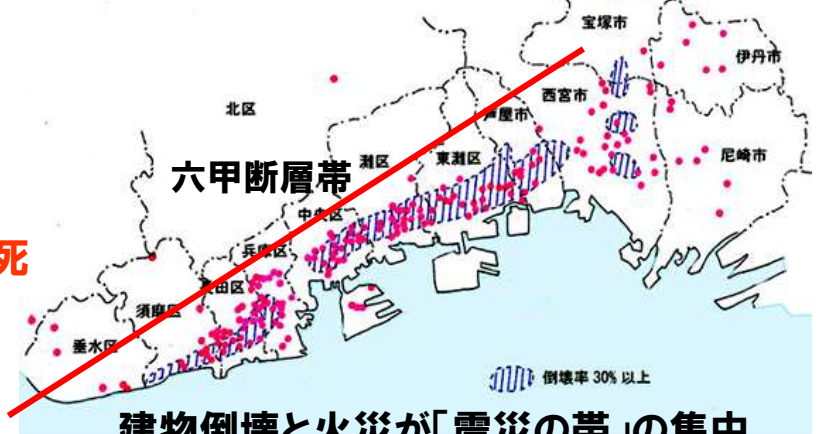
約1割:焼死

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

M7.3首都直下地震等の被害想定へ



建物倒壊と火災が「震災の帯」の集中

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



撮影:久田



提供:神戸市



幸せ運ぼう(神戸市教育委員会、2008)

自助:建物・室内対策(耐震改修, 2000年基準法改正・品確法)、共助:消火・救援救護など

5

2011年東日本大震災:超巨大地震と地震・津波・複合災害



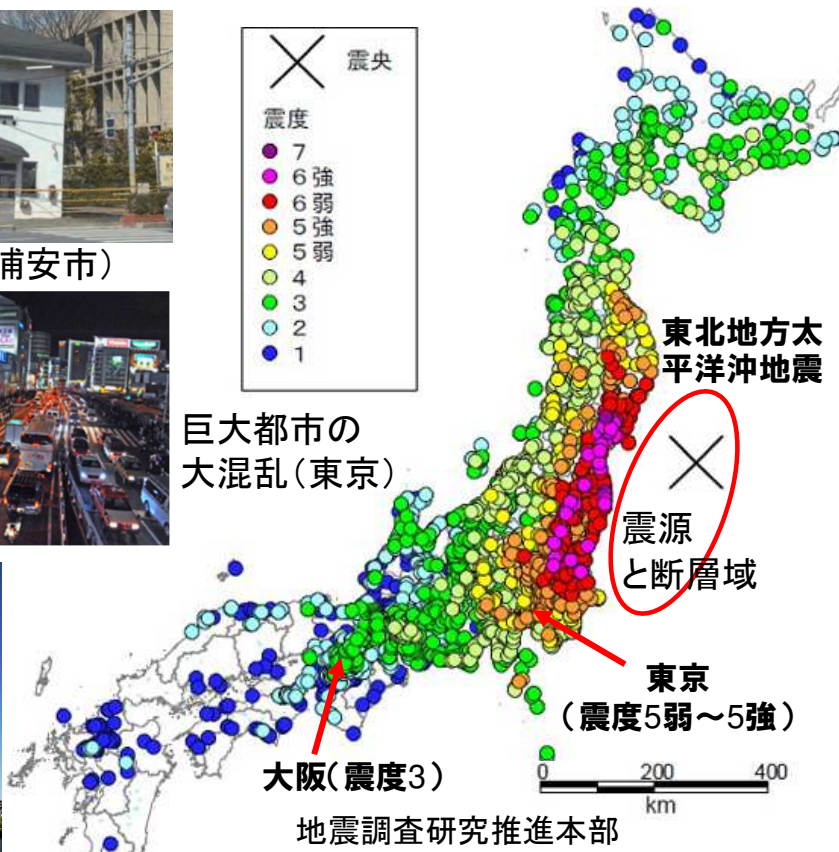
液状化(浦安市)



巨大都市の大混乱(東京)



長周期地震動
(大阪、Wikipedia)



大津波(女川町、久田)



福島原発事故(NHK)

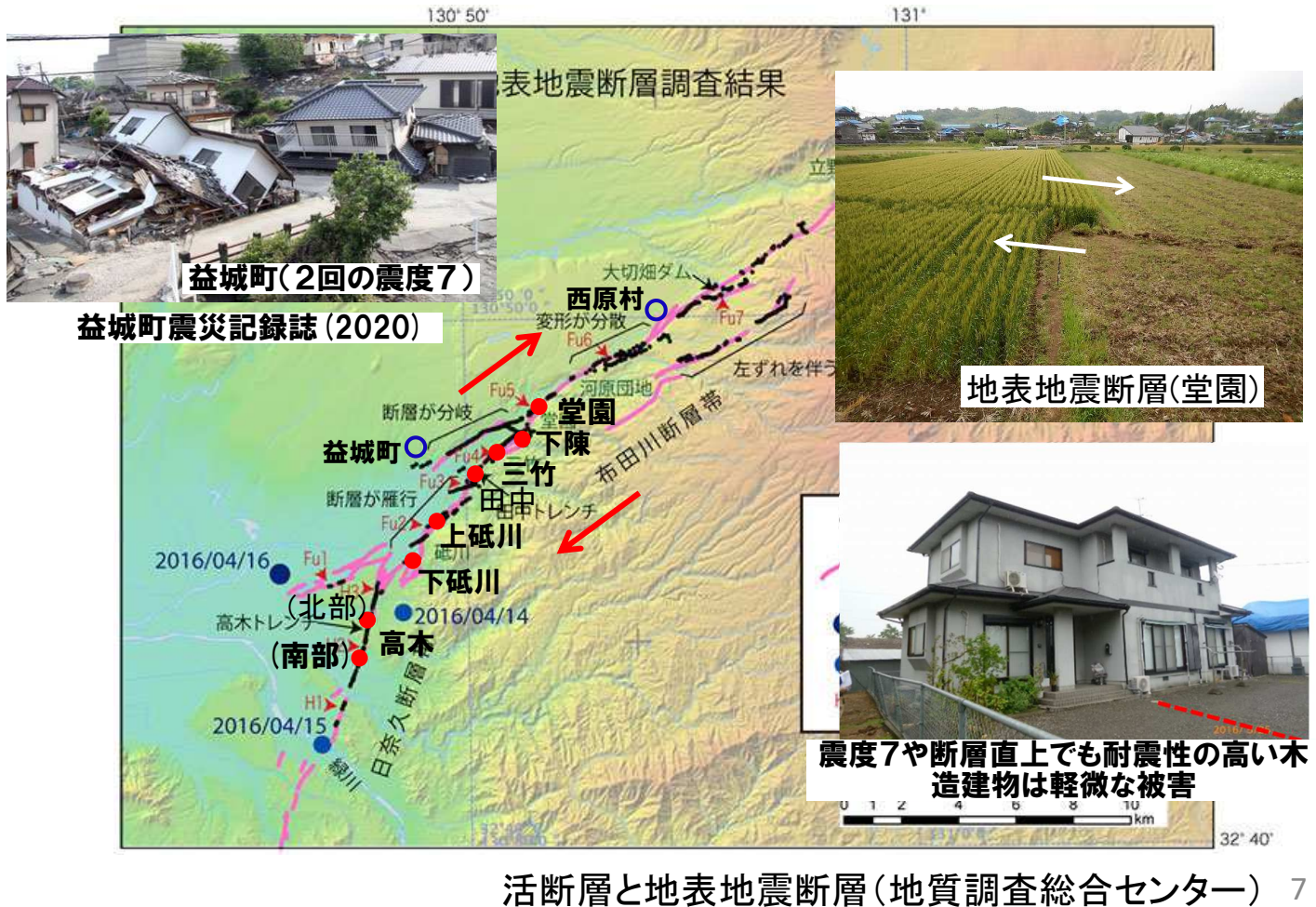


ため池洪水(藤沼湖、四国新聞)

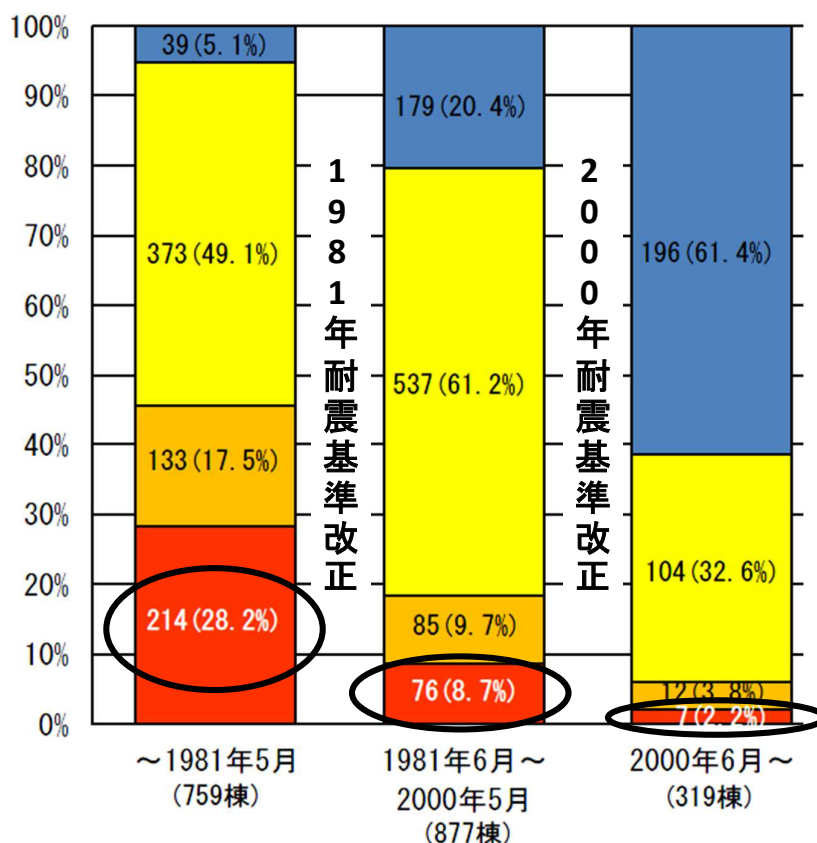
最大級南海トラフ巨大地震の被害想定
(巨大津波、長周期地震動、臨時情報など)

6

2016年熊本地震(M7.3):活断層帯地震と建物の被害



2016年熊本地震(M7.3活断層帯地震) 益城町の木造住宅被害:熊本地震建築物被害調査報告



益城町(活断層地震の直上で2回の震度7)

- 無被害
- 軽微・小破・中破
- 大破 ⇒ 建物傾斜など
- 倒壊・崩壊 ⇒ 直接死

2000年耐震基準の木造家屋
・倒壊7棟のうち3棟は接合部仕様が不十分、1棟は敷地の崩壊、基礎の傾斜を確認

耐震等級の効果(2000年品確法)
1(現行最低基準)
2(1の1.25倍)、3(1の1.5倍)
・等級3の16棟中14棟が無被害、2棟が軽微(生活継続可能)

建築基準法(全国一律・最低基準)の限界

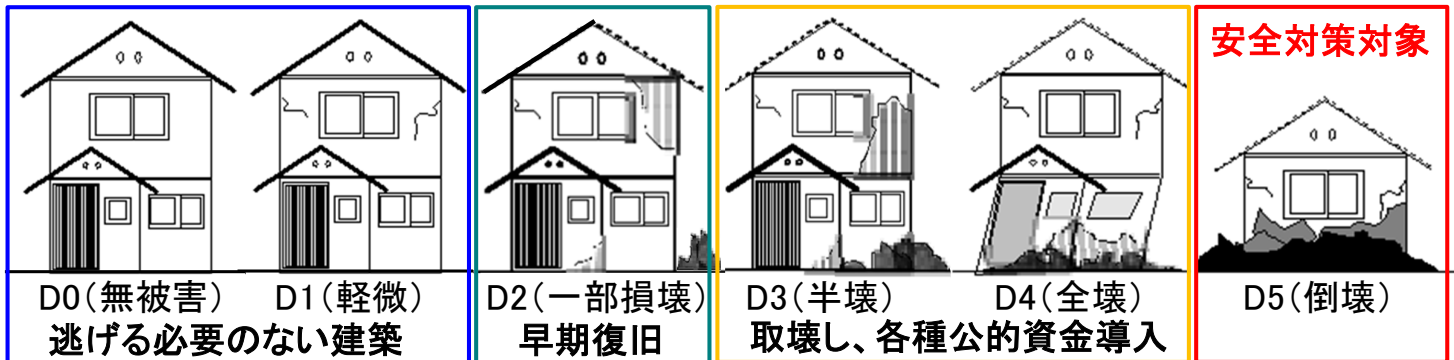
直接死より災害関連死が大⇒早期復旧/生活・事業継続

「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最終報告(国交省2017)」

⇒ **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**

・建築基準法(最低基準)の「安全」とは「倒壊しない」の意味

⇒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170名)、復旧・復興へ膨大な時間・費用



免震 耐震等級3 等級2 等級1・2000年基準 1981年基準 1971年基準 老朽家屋
震度6強以上の揺れによる耐震基準別の木造建物の被害(脆弱性)のイメージ

イラスト: 岡田・高井(日本建築学会、1999)

9

東京都の新しい地震被害想定(2022)

・地震災害の経験: 多様な地震と被害

首都直下地震(プレート内・境界、活断層)

海溝型巨大地震(南海トラフ・相模トラフ)

・対策の効果を提示(特に定量的被害):

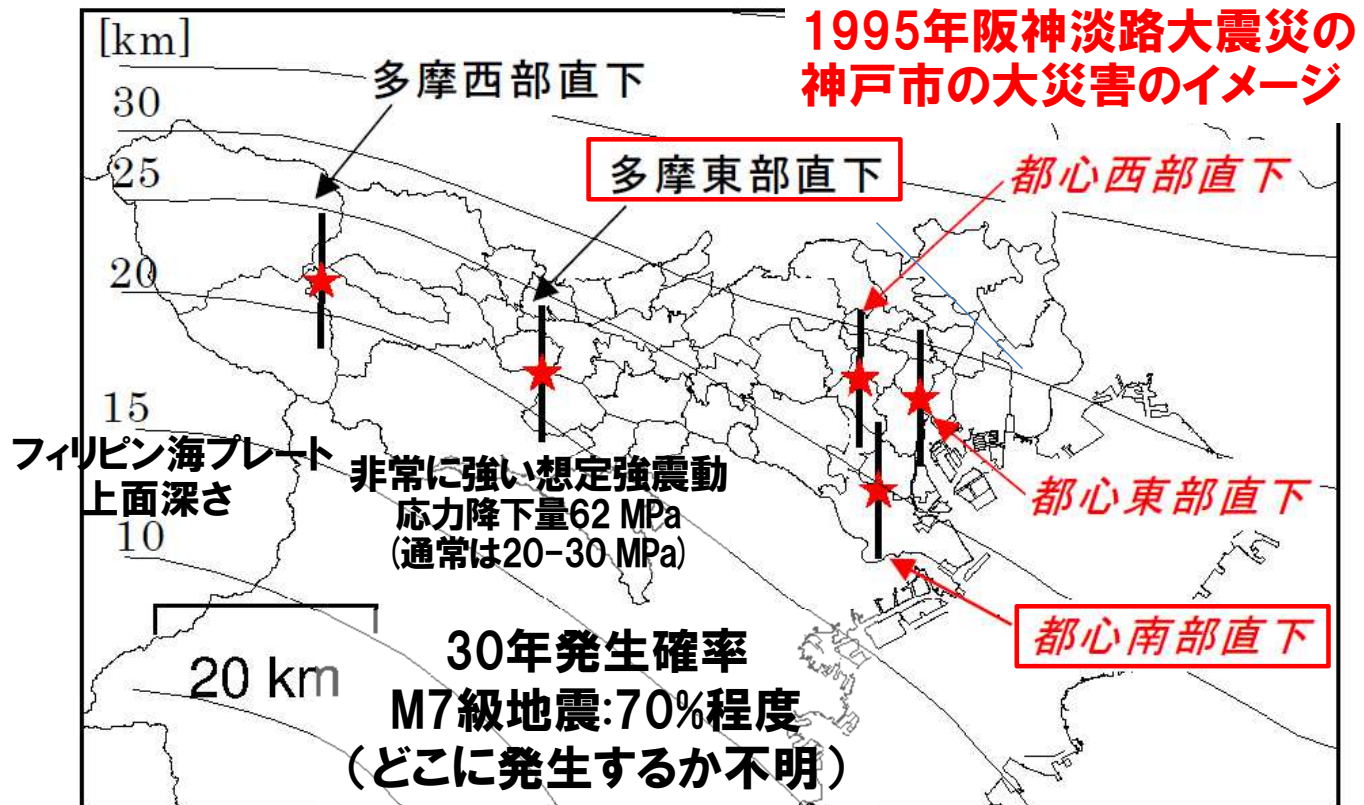
対策を進めれば被害を大きく減らせる

社会構造の変化: 耐震化の二極化

・災害シナリオを提示(特に定性的被害):

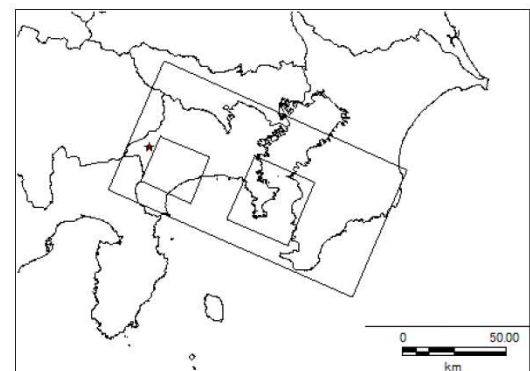
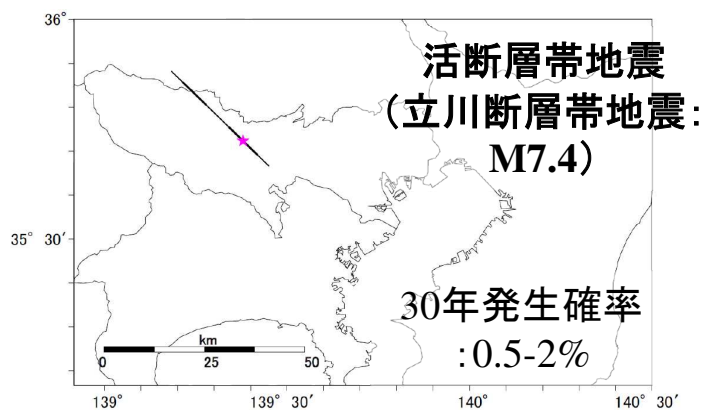
前例の無い都市型災害や複合的災害には
定性的なシナリオ、柔軟な対応の必要性

様々な位置に首都直下地震を仮定 (M7.3、深さ20-30km ⇒ 大きく/浅く/強い地震を設定)

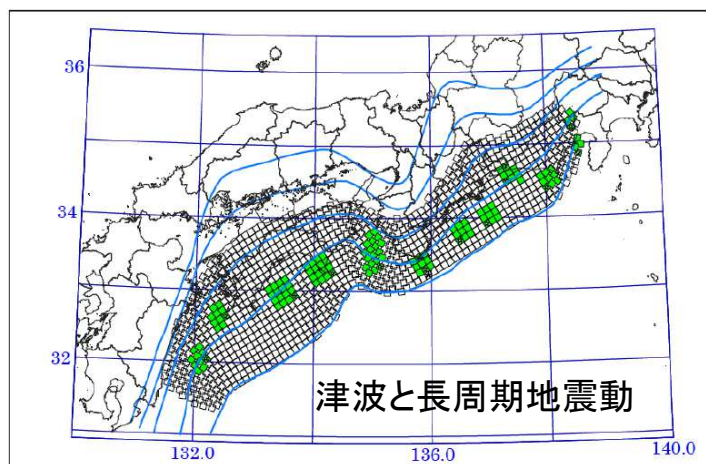


首都直下地震や南海トラフ巨大地震等の東京における被害想定について(東京都、2022) 11

多様な想定地震:活断層・海溝型地震



1923年南関東地震(M7.8)
海溝(トラフ)型・陸域巨大地震
30年発生確率:ほぼ0-6%



想定最大級南海トラフ地震(M9.0)
30年発生確率
70-80%(M8-9地震)
但し、最大級(M9)地震は評価不能

地震被害想定(東京都、2022)

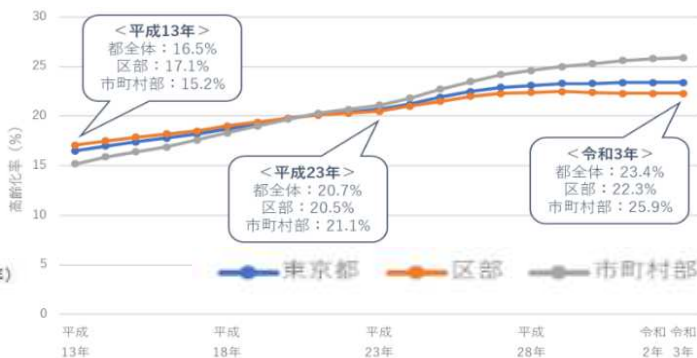
社会情勢の10年間の変化:平均的には耐震・耐火は進展? (少子高齢・老朽化など2極化も進展)

区市町村別人口増減率

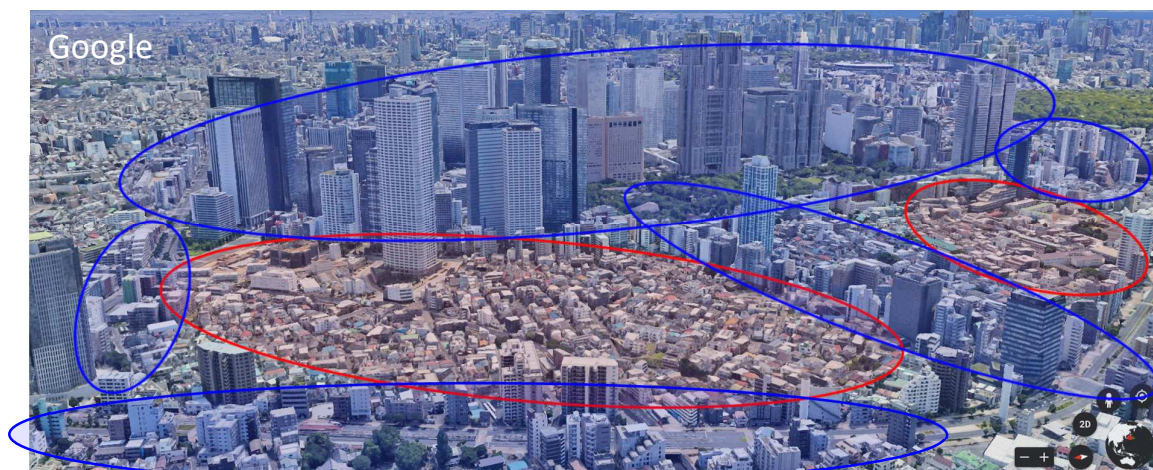


区市町村別人口増減率(平成22年~令和2年)

30%以上増
20~30%増
10~20%増
0~10%増
減少した区市町村



東京都内の地域別高齢化



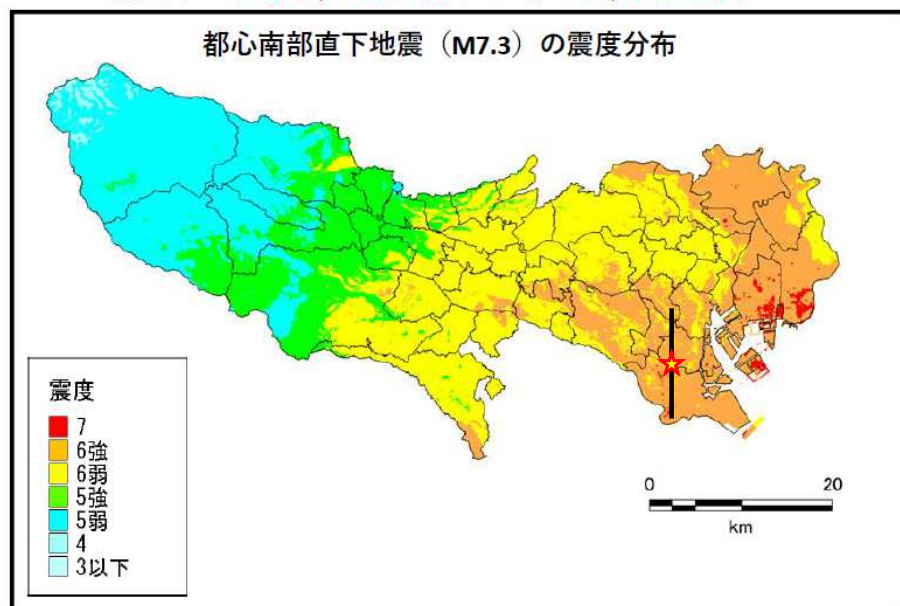
高層建築物
(45m以上)
1077棟増加

ガワ:幹線道
路沿いの耐火
高層建築群
アン:路地裏の
老朽化した低
層木造住宅群

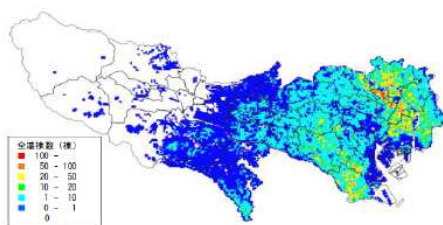
13

東京における被害想定 (都心南部直下地震)

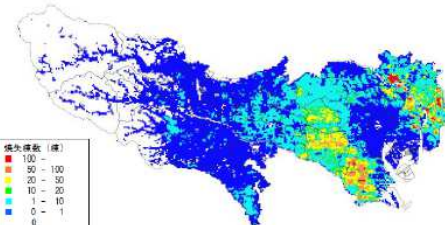
- 都内で最大規模の被害が想定される地震で、震度6強以上の範囲は区部の約6割に広がる。
- 建物被害は194,431棟、死者は6,148人と想定



冬・夕方 (風速8m/s)		
物的被害	建物被害	194,431 (304,300) 棟
	要因別	
	揺れ等	82,199 (116,224) 棟
人的被害	火災	112,232 (188,076) 棟
	死者	6,148 (9,641) 人
	要因別	
	揺れ等	3,666 (5,561) 人
	火災	2,482 (4,081) 人
避難者	負傷者	93,435 (147,611) 人
	要因別	
	揺れ等	83,489 (129,902) 人
	火災	9,947 (17,709) 人
帰宅困難者		約299万 (約339万) 人
帰宅困難者		約453万 (約517万) 人



全壊棟数分布
低地に被害集中

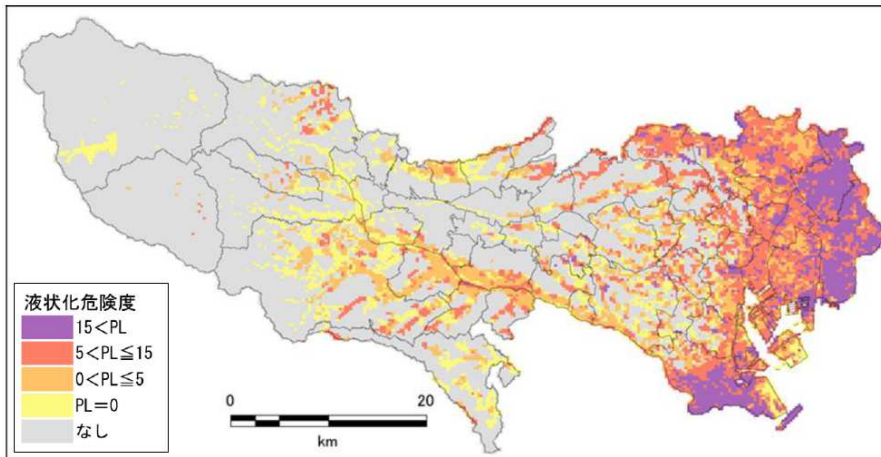


焼失棟数分布
木密(環7ベルト)に被害集中

※ ()は前回想定した東京湾北部地震の被害量
※ 都心南部直下地震と東京湾北部地震では地震動が異なり、比較は困難であることに留意が必要
※ 小数点以下の四捨五入により合計が合わない場合がある
※ 揺れ等には、液状化、急傾斜地等の被害を含む。

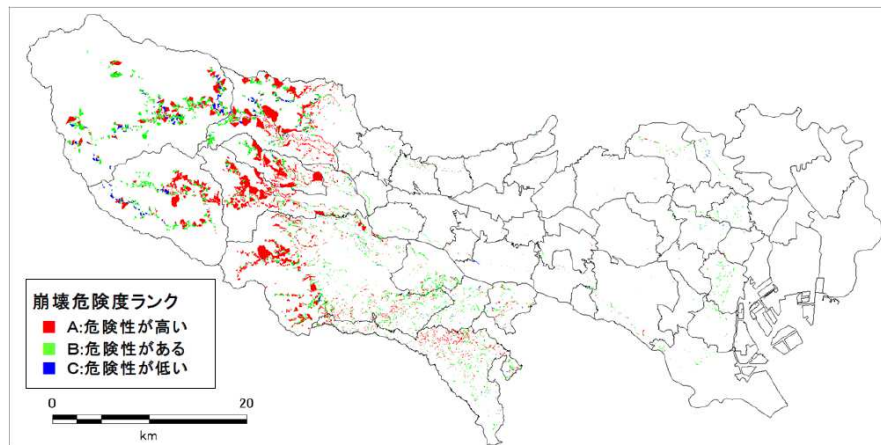
建物被害・死者数等は前回の約2/3 14

地盤災害(液状化・急傾斜地崩壊)



液状化危険度 (都心南部直下地震)

低地だけでなく、河川流域などに危険地域は広く分布(簡易調査)
⇒浦安等での被害経験を踏まえ、宅地等での液状化の詳細調査・対策の重要性が認識



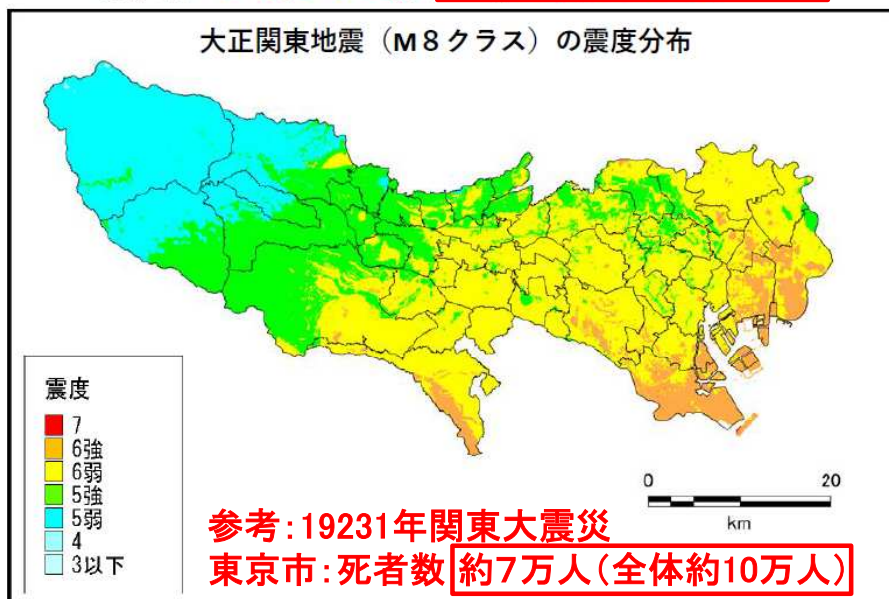
急傾斜地崩壊危険ランク (多摩東部直下地震)

中山間地で危険地域は広く分布
⇒孤立集落などの危険性あり
都市域でも宅地開発の地域など
⇒メンテ(擁壁・法面工事など)の必要性、今後は建築的対策も必要になる

地震被害想定(東京都、2022) 15

東京における被害想定 (大正関東地震)

- 震度6強以上の範囲は区部の約2割に広がる。揺れは都心南部直下地震より規模が小さい。
- 建物被害は54,962棟、死者は1,777人と想定 ⇒ 定量化できる被害想定のみ

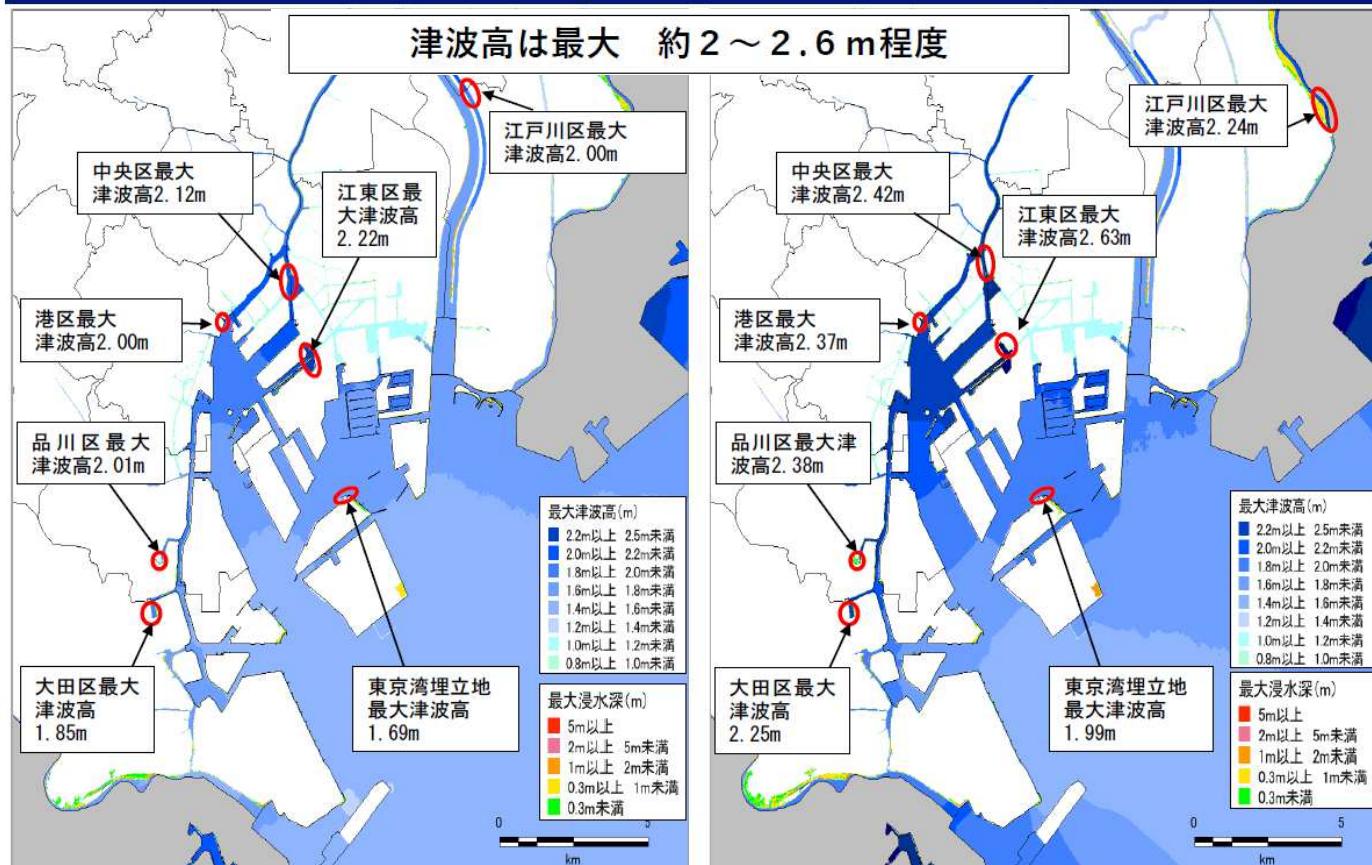


		冬・夕方 (風速8m/s)	
物的被害	建物被害	54,962	棟
	要因別		
	揺れ等	28,319	棟
	火災	26,643	棟
人的被害	死者	1,777	人
	要因別		
	揺れ等	1,221	人
	火災	556	人
	負傷者	38,746	人
	要因別		
	揺れ等	37,070	人
	火災	1,676	人
	避難者	約151万	人

※ 小数点以下の四捨五入により合計が合わない場合がある。
※ 揺れ等には、液状化、急傾斜地等の被害を含む。

地震被害想定(東京都、2022)

東京における被害想定（海溝型地震：区部）



大正関東地震の各区における最大津波高とその場所

南海トラフ巨大地震の各区における最大津波高とその場所

⇒延焼火災を想定した河川敷などの広域避難場所は危険地域になる

17

定性的には人的被害は増大する可能性あり 負傷者・重傷者⇒重症者の対応は？

都心南部直下地震

【冬・夕方】

表 原因別死者数・負傷者数(風速8m/s)

●死者

(単位:人)

	揺れ 建物倒壊等	屋内 収容物	ブロック 塀等	屋外 落下物	急傾斜地 崩壊	火災	合計
東京都	3,209	239	205	5	8	2,482	6,148
区部	3,051	199	177	5	2	2,288	5,722
多摩	158	40	27	0	6	194	426

●負傷者 ⇒重傷者の大半(重症者)は治療困難で死亡する可能性あり (単位:人)

	揺れ 建物倒壊等	屋内 収容物	ブロック 塀等	屋外 落下物	急傾斜地 崩壊	火災	合計
東京都	69,547	6,496	7,057	378	11	9,947	93,435
うち重傷者	6,892	1,362	2,752	40	5	2,778	13,829
区部	63,357	5,562	6,114	376	3	9,552	84,965
うち重傷者	6,562	1,210	2,385	40	1	2,667	12,865
多摩	6,189	934	942	2	8	395	8,470
うち重傷者	330	151	368	0	4	111	963

※小数点以下の四捨五入により、合計値は合わない場合がある。

18

自力脱出困難者とエレベータ閉じ込め

表 自力脱出困難者数(冬・早朝)

(単位：人)

	都心南部直下地震	多摩東部直下地震	大正関東地震	立川断層帯地震
東京都	35,049	28,641	11,605	6,712
区 部	32,733	22,186	10,150	46
多 摩	2,315	6,455	1,455	6,666

※小数点以下の四捨五入により、合計値は合わない場合がある。

⇒ 共助等により72時間以内に救出できないと大半は死亡する可能性高い

表 閉じ込めにつながり得るエレベータ停止台数(冬・夕方、風速8m/s)

(単位：台)

	都心南部直下地震	多摩東部直下地震	大正関東地震	立川断層帯地震
東京都	22,426	19,808	15,977	5,309
区 部	20,414	17,250	14,044	3,056
多 摩	2,012	2,558	1,933	2,253

※小数点以下の四捨五入により、合計値は合わない場合がある。

⇒ 火災の発生(炎・煙)、停電で空調が止まると、熱中症・CO2・水分不足など救出できないと生命に危険あり(管理会社の指導と救出訓練など)

19

避難者と帰宅困難者

表 避難者数(避難所避難、避難所外避難)(冬・夕方、風速8m/s)

都心南部直下地震

時間経過	合計	避難所避難者数	避難所外避難者数
1日後	1,757,732	1,494,072	263,660
4日～1週間後	2,993,713	1,995,809	997,904
1ヶ月後	1,642,419	492,726	1,149,694

⇒ 複合災害(感染症・水害など)、膨大な災害関連死が発生する可能性あり(東京では在宅・分散避難が基本。自宅では建物・室内の耐震対策、1週間以上の備蓄が必要)

表 東京都市圏内からの流入者における帰宅困難者数

(単位：人)

	都内滞留者数	帰宅困難者数	自宅までの距離帯別	
			10～20km	20km～
東京都	15,836,955	4,151,327	1,180,838	2,970,489
区 部	12,118,394	3,675,733	1,020,296	2,655,437
多 摩	3,718,561	475,594	160,542	315,052

※加えて、東京都市圏外からの流入者が374,621人(国内から345,324人、海外から29,297人)

⇒ 帰宅による大混乱(消火・救援活動の障害、群衆パニック)で死者が出る可能性。最長で3日間は施設・地域に留まる(避難所は地域住民が対象、帰宅困難者は一時滞在施設)
⇒ 帰宅困難者は被災者ではない。周辺の要援護者や負傷者などの手助けを！

20

帰宅困難者をとりまく様相

電力・通信

飲食・物資

トイレ・衛生

震災直後

1日後

数日後

繁華街で買い物途中、突然大きな揺れに襲われた。駅に向かうも電車は運転見合わせとなっている。家族とも連絡がとれず、途方に暮れている。



- ▼通信の途絶等により家族の安否が確認できず、**多くの人々が徒歩や自転車等で自宅に帰ろうとする**
- ▼余震による看板の落下や延焼火災等の二次災害に、**帰宅困難者が巻き込まれる等により、徒歩による帰宅が困難化**
- ▼公共交通機関の運休等により、子供等の**保育園等からの迎えが困難化**
- ▼スーパー・コンビニ等は、被災により利用できなくなったり、**早期に在庫が枯渇**
- ▼帰宅困難者が一時滞在施設等に多数殺到し、**周辺が混乱する可能性**
- ▼一時滞在施設の場所等がわからず、**帰宅困難者が避難所へ多数訪れる**
- ▼非常用電源等が整備されていない一時滞在施設では、**停電により、空調が停止し、季節によっては滞在継続が困難化**
- ▼オフィスビル等では窓の開閉ができず、夏季の発災などで空調停止した場合、滞在が困難となり、**さらに多くの従業員や施設利用者等が路上に溢れ出す**
- ▼自宅等へ移動する人や屋外に滞留する人で**道路上が混雑し、救命救急、消火活動等に著しい支障**
- ▼夜間・休日等の発災は、交通機関の運行停止に伴い**従業員の出勤が困難**

- ▼帰宅困難者の持つ携帯電話・スマートフォン等のバッテリーが切れ、**家族等との連絡や安否確認が困難化**
- ▼公衆電話はこの10年間で半減しており、残された公衆電話に**長蛇の列が発生**
- ▼災害用伝言ダイヤル（171）、災害用伝言板（web171）の運用が開始
- ▼多くの携帯基地局で非常用電源が枯渇し、**不通地域がさらに拡大**
- ▼携帯電話が利用可能な地域でも、**輻輳により音声通話はつながりにくくなる。メール、SNS等の大幅な遅配等が発生**

- ▼自宅等に帰ろうとする**帰宅困難者が飲食料を取りに一時滞在施設等へ殺到し、備蓄物資が早期に枯渇する可能性**
- ▼帰宅困難者等が避難所に飲食料を受け取りに来るため、**避難所物資が早期に枯渇する可能性**

- ▼停電や断水等により、**公共施設やコンビニ等のトイレが利用できない**
- ▼非常用電源等が整備されていない一時滞在施設等では、**断水や排水管の支障等により、水洗トイレが利用できない**



- ▼道路寸断や交通規制等によりバス等による**代替輸送も困難化するため、道路・鉄道の復旧が長期化する地域では、勤務先、通学先や一時滞在施設等での滞在期間が長期化**
- ▼保護者等が保育園等へ迎えに行けない状態が続くと、**保育士等も帰宅できず、保育園等にとどまり続ける必要**
- ▼滞在期間長期化に伴い、勤務先や通学先、一時滞在施設における**飲食料やトイレなどの滞在環境の確保が困難化**
- ▼運行を再開した区間では、**駅やその周辺に多くの人々が殺到**
- ▼深夜から早朝の時間帯や休日に発災した場合は、公共交通機関の運行停止に伴い事業所等に十分な数の**従業員が出勤できない状態が一週間以上継続し、業務継続が困難化**

- ▼計画停電が実施される場合、**基地局の停波等により、さらなる通信障害が発生する可能性**
- ▼発電機の燃料が枯渇した一時滞在施設等では、**テレビやスマートフォンによる情報収集や、照明、空調等の利用が困難化**
- ▼停電により**空調が利用できず、熱中症や脱水症状になったり、寒さから風邪をひく等、体調を崩す可能性**

- ▼一時滞在施設等に想定以上の帰宅困難者が殺到した場合、**帰宅困難者用物資がより早期に枯渇する可能性**

- ▼帰宅困難者が滞在する職場・学校・一時滞在施設の**水洗トイレについて、排水管の故障等により機能が停止が継続**



21

◆ 多くの外出者が一斉に帰宅しようとして、救出救助活動に支障をきたすほか、沿道の道路閉塞や延焼火災、余震等で帰宅困難者自身の安全確保にも重大な支障

※ 身の回りで起こり得る災害シナリオと被害の様相①～⑤における写真について、特段の記載がないものは、（一財）消防防災科学センターの出版

巨大都市の複合災害と「逃げる対策」の限界 震災時の帰宅困難者と延焼火災時の避難住民



震災と水災：東京都足立区の避難計画(北千住地域)



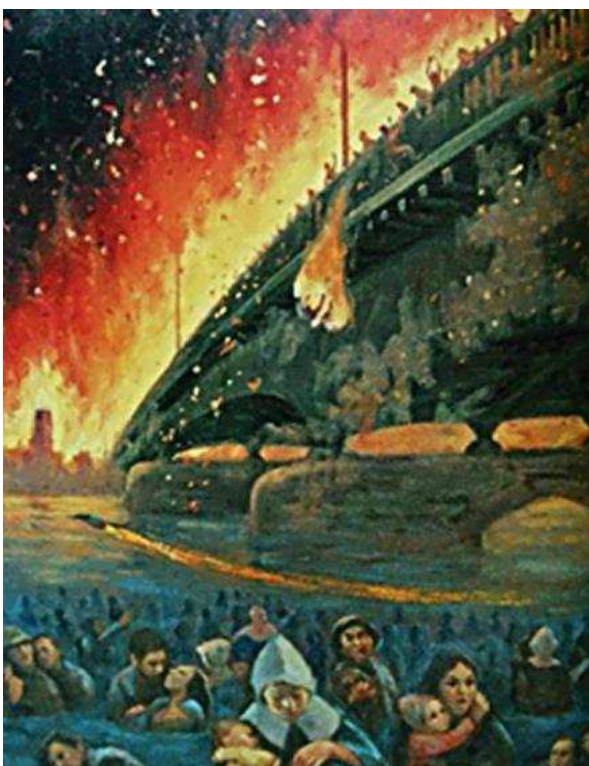
震災・火災時の避難場所(東京都)

<http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/hinan/>

洪水時の避難計画(都心部高台:足立区)

<http://www.city.adachi.tokyo.jp/bosai/> ¥ 23

群集災害(関東大震災・東京大空襲など橋・プラットホーム・出口等)



墨田区言問橋の惨事(1945/3/10東京大空襲)

空襲日記 <http://airraiddiaries.com/?p=126>



明石花火大会歩道橋事故(2001/7/21)

<https://www.kobe-np.co.jp/news/sougou1/202107/0014518555.shtml>



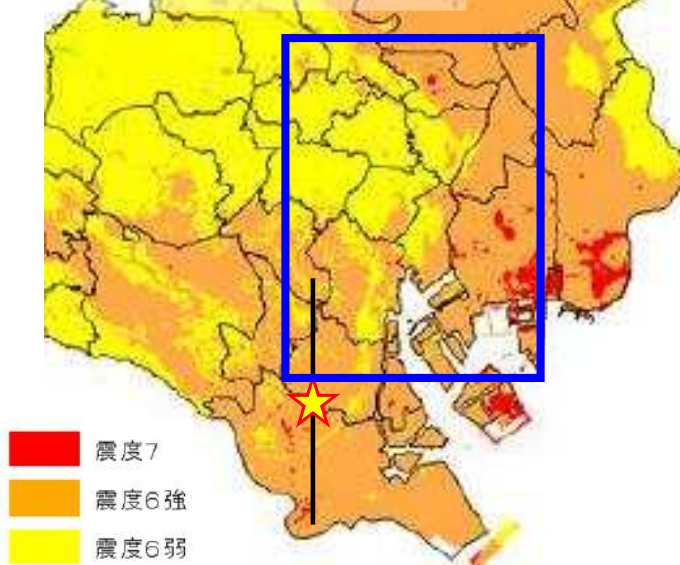
ソウル市・梨泰院の群集事故(2022/10/29)

<https://s.japanese.joins.com/JArticle/297158?sectcode=430&servcode=400>

⇒大都市では「逃げない・帰らない」対策を！

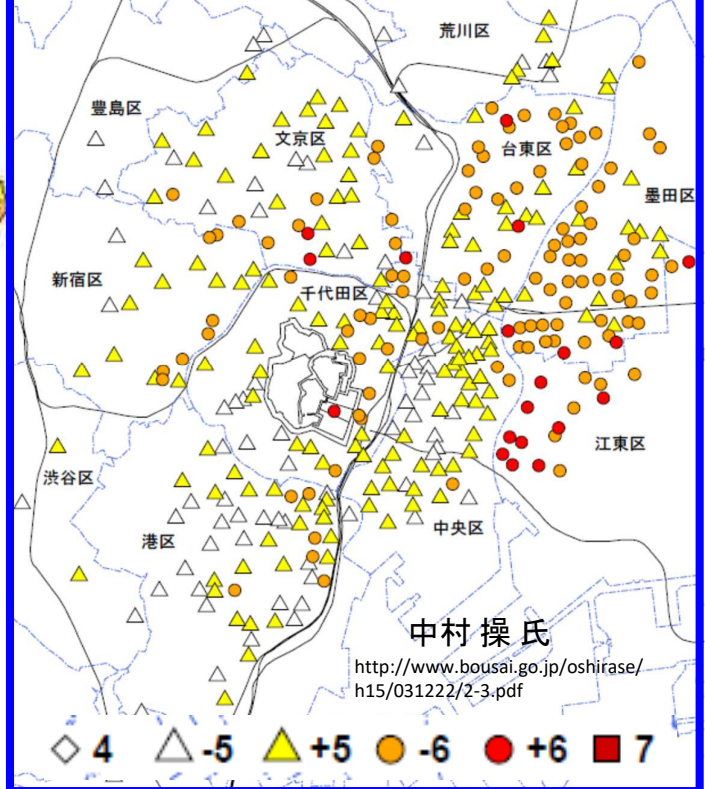
首都直下地震と1855年安政江戸地震の震度分布

都心南部直下地震(M7.3)
阪神淡路大震災のイメージ



首都直下地震(M7.3)の推定震度(東京都)
実際の地震でこのような分布にはならない
どこでも震度6の可能性があると解釈すべき
「東京は火の海になるので耐震補強は無駄」、「殆どの病院は被災、重症者は助からない」など、諦めてしまうのは最悪の選択

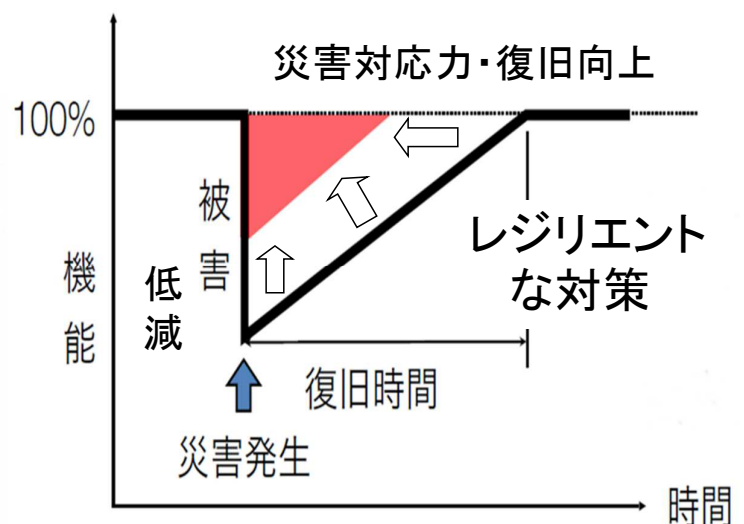
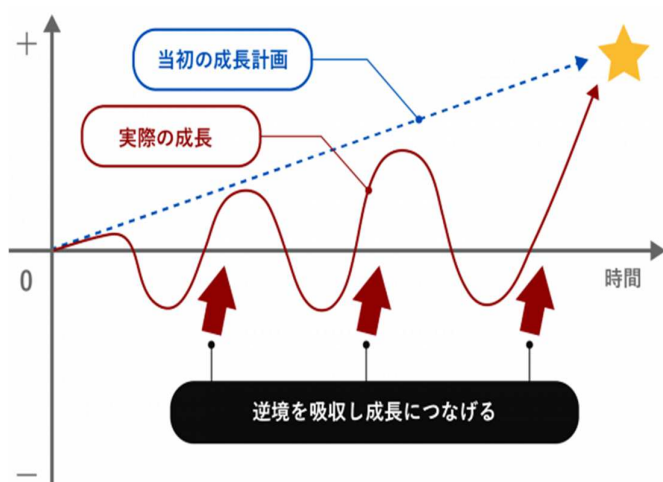
1855年安政江戸地震(M7)の震度分布



⇒公助は甚大な被災地域に派遣
大半の地域では自助・共助で対応可能 25

レジリエンスな災害対策の概念図

レジリエンス:回復力、復元力、強靭さ
⇒失敗・災害などから立ち直る能力



レジリエンスな災害対策

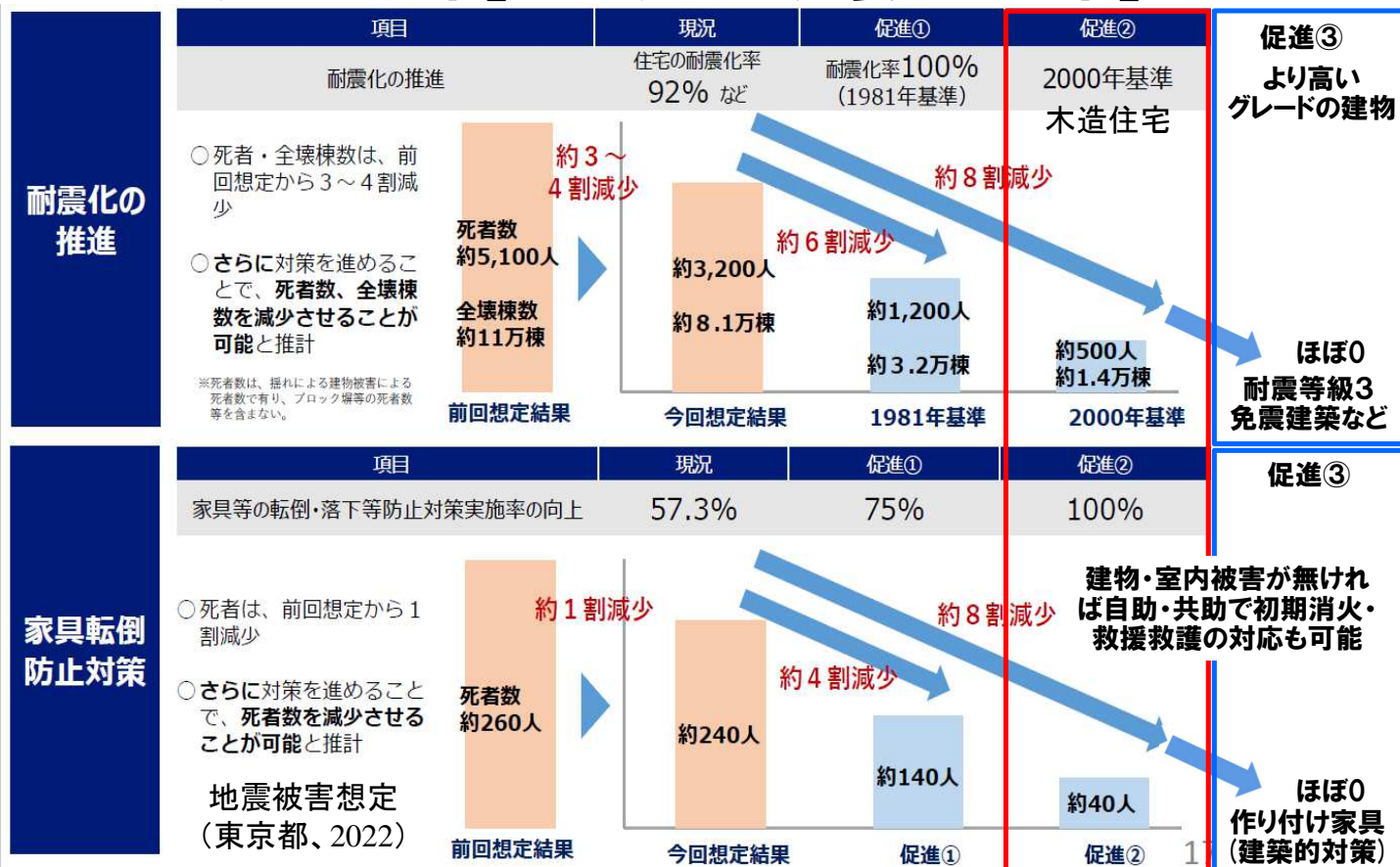
“未来を変える”プロジェクト

<https://mirai.doda.jp/theme/resilience/5-points/>

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」

⇒ 事故・被害は必ず発生:事前の防災(ハード的)+事後の減災(ソフト的)
⇒ 得られた教訓を次の対策に反映し、より柔軟かつ強靭になる
「打たれ強い・転んでもただで起きない住民・まち」

対策による被害低減効果 「逃げる対策」から「逃げる必要ない対策」へ



⇒建物の高い耐震性・室内等の安全対策・備蓄により、被害低減、早期復旧・持続可能へ 27

事例：在来木造住宅(地盤・基礎・躯体・室内)



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



耐震等級3(基準法の1.5倍の耐力)、構造
計算実施、家具は作り付け・丈夫な下地材



不確実性の大きな災害：多段階リスクによる対策

- ・地震被害想定には大きな不確実性あり
 - ・定量的に耐震対策で大きな効果(建物のほぼ無被害も可)
 - ・定性的に多々不明な点あり(大都市の逃げる対策に限界)
- ⇒想定首都直下地震は、大きな被災レベルを仮定
多様な地震災害(可能性の高い中小災害～可能性の低い最大級被害まで)とハード・ソフトによる柔軟な対策
- ・巨大都市では逃げない対策を推進、逃げるは最後の選択

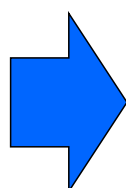
多段階 リスク	可能性	対応	低層住宅と 地域連携(例)	高層ビルと 館内連携(例)
小	大	自助	在宅避難	各階に滞在
中	中	+共助	初期消火・救援救護	建物内で滞在
大	小	+公助	避難場所・避難所	避難場所・避難所

29

地域防災訓練(逃げる訓練から発災対応型訓練へ) 木造密集市街地における防災訓練(2004年9月)



避難訓練：避難所に集合、初期消火や炊き出し、救援救護訓練など→有効だが、現実感なし



まちなか発災対応型訓練：訓練時に地域状況の応じた各種看板を掲示(消火と初期消火訓練)

その他、倒壊・負傷者の救援救護訓練など⇒臨場感あり 写真：工学院大学(久田・村上)

30

長周期地震動の予測情報の配信開始(2023/2/1より)

- ・長周期地震動:大地震発生の際に、ゆっくりとした大きな揺れで、長い継続時間、非常に遠方まで伝わる地震動
- ・長周期地震動による超高層建築の揺れ:高層階ほど大きく揺れる
- ・予測情報:緊急地震速報と併せて、長周期地震動階級が3以上が予測された場合に配信

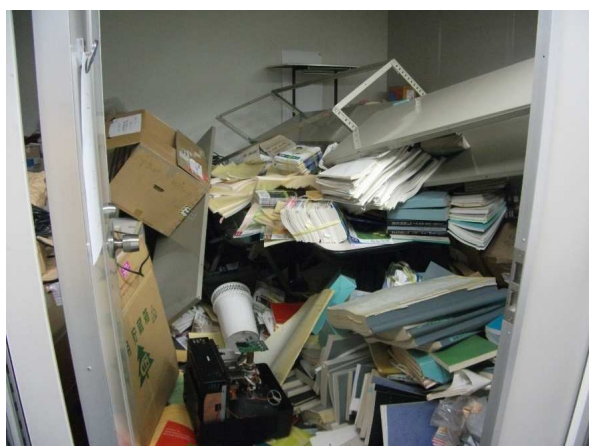


長周期地震動について(気象庁) <https://www.data.jma.go.jp/eqev/data/choshuki/index.html>

31

超高層建築等の主なハード対策

- ・構造:耐震・制振・免震⇒高層建築は一般に高い耐震性(柔構造のため大地震には大きく揺れて被害は生じる)
- ・非構造:内外装材、間仕切り壁、天井、設備等の耐震化
- ・エレベータ:耐震化、地震時管制運転装置、非常用備品
- ・家具・什器・オフィス機器:転倒・移動・落下防止策、など



東日本大震災における新宿の超高層ビル24階の本棚転倒と間仕切り壁の変形



新宿センタービル(制振ダンパー)

<https://www.nikkenren.com/keinchiku/qp/pdf/17/017.pdf>



複合機の地震対策

<https://jp.sharp/business/print/solution/management/earthquake.html>

32

超高層建築等の主なソフト対策

- ・事前(災害時のイメージ・被害想定など、建物・地域点検)
自衛消防組織・自主防災組織、自助・共助、防災訓練
備蓄(水・食料・トイレ・・・、自宅で1週間、職場で3日
火災対策(消火器・消火栓)、救援救護(救急・バール・)
- ・事後(点検・初期消火・救援救護、在宅・在勤避難の原則)
長周期地震動の予報情報、被災度判定システム、
自衛消防組織・自治会等の活動、修復・再建など



初期消火訓練(屋内消火栓)



応急救護訓練(高層階)



本部訓練(情報収集・意思決定)

工学院大学「減災学」より

2016年度新宿駅周辺防災対策協議会の
自衛消防隊による「ビルなか発災対応型防災訓練」

33

マルチハザード:過去10年間の風水害・土砂災害

主な風水害・土砂災害:()内は死者・不明者数

- ・2013年10月台風26号(伊豆大島土砂災害:43名)
- ・2014年8月西日本豪雨(84名)
- ・2015年9月関東・東北豪雨(20名)
- ・2016年8月台風10号(北日本豪雨災害:29名)
- ・2017年7月九州北部豪雨(42名)
- ・2018年7月西日本豪雨(271名)
- ・2019年9月房総半島台風(3名)、10月東日本台風(94名)
- ・2020年7月九州豪雨(86名)
- ・2021年7月熱海土砂災害(27名)、8月西日本豪雨(13名)



広島市土砂災害(2014年豪雨)



常総市役所の水災(2015年豪雨)



日経アーキテクチャ(2019.12.5) 34

超高層集合住宅の水災(2019年台風)

関連法規改正・ガイドライン整備(国土交通省など)

- ・2013年水防法及び河川法の一部改正
- ・2014年土砂災害防止法の改正、・2015年水防法の改正
- ・2017年水防法及び土砂災害防止法の改正
- ・2020年建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン
- ・2021年水災害リスクを踏まえた防災まちづくりのガイドライン
- ・2021年水防法及び土砂災害防止法の改正

⇒ハザードマップ整備、レッド・イエローゾーンの指定、要配慮者
利用施設・地下街等の避難確保計画・訓練の義務化など

最大級浸水想定（千年に一度）と東京都江東5区の広域避難



江東5区250万人住民の広域避難タイムライン

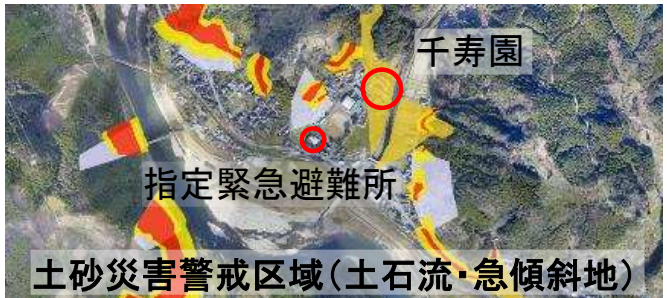
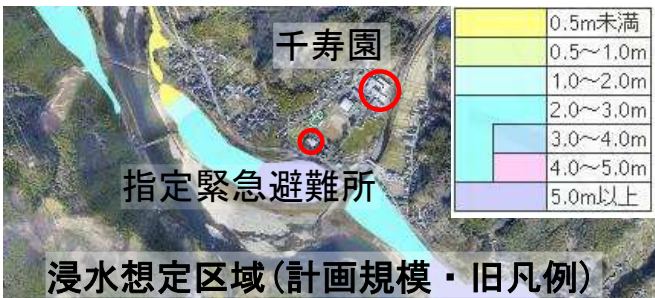
- ・逃げ先・移動手段は各自で考えてください！
- ・1947年カスリーン台風による利根川・荒川洪水の避難のイメージ（被害は4日後の下町低地のみ）
- ・2019年東日本台風（19号）では鉄道の計画運休、広域な特別警報・避難勧告等で発動できず

<https://www.city.koto.lg.jp/057101/bosai/documents/ri-hureltuto.pdf> ⇒「逃げる必要ない建築・まち」へ

35

マルチハザード:2020年7月九州・熊本豪雨による球磨川の氾濫 特別養護老人ホーム「千寿園」で50名救出、14人全員死亡

- ・施設:本館2000年(2F) 別館2014年(平屋)
 - ・線上降水帯・支流氾濫
- 台風と異なり、事前に正確な豪雨発生的位置・規模・時間の予測困難



・水防法・土砂災害防止法に基づく避難計画の策定と避難訓練は事前に実施

浸水は最大規模ではなく、計画規模を想定。西側に高台があるが、土石流を想定した避難計画・訓練を実施(南東側の平屋の別館建物へ避難)

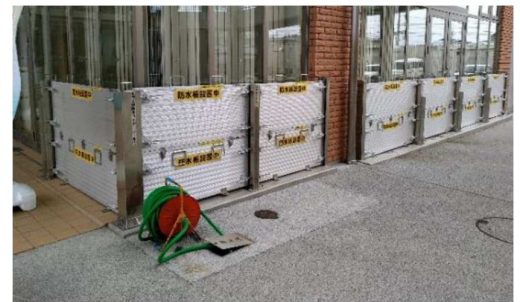
⇒ 計画規模のマルチハザードを想定したハード対策(土石流・浸水防止・避難路など)、最大規模オールハザードを想定したソフト対策(早期警報・避難計画・体制・訓練など)。

36

近年の様々な建築的な水害対策



耐水改修



2015年関東・東北豪雨時の常総市庁舎の電気設備被害

防水塀で囲われた電気設備 改修工事による止水板設置
(建築物における電気設備の浸水対策ガイドライン資料、国土交通省)



三次市民ホール きりり
(2018年西日本豪雨の洪水時に避難所として機能)



耐水害住宅の実大実験
(一条工務店)



地域内の津波・洪水避難施設
(仙台市内)

<http://pc-watang.sblo.jp/article/183866573.html>
(PCサロンわたん氏のweb pageより)

<https://www.youtube.com/watch?v=resXK8CyUXw>

<https://www.newssalt.com/34700>
(碓井 弓氏のweb pageより)

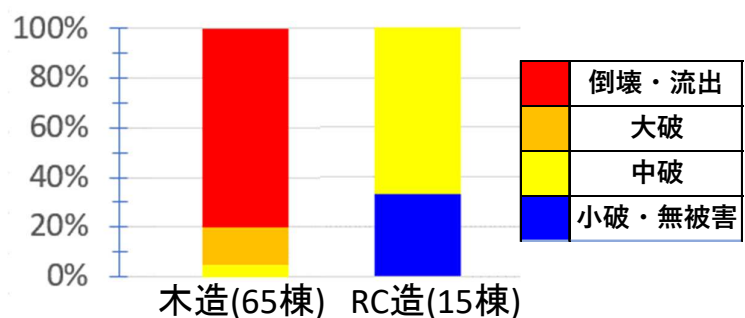
37

2021年7月熱海市土砂災害と建物被害と対策

- ・盛土崩壊で死者・行方不明者29名、家屋損壊128棟、被災地域はイエローゾーン
- ・市は前日に「高齢者等避難(レベル3)」を発令したが、「避難指示(レベル4)」は出せず
- ・AM7:30頃より前兆現象あり、AM:10:30頃(第1報)から約2時間で海に到達(by NHK)



RC造は全て残存、生存空間も確保・救出



土砂厚2m程度以上の建物の被害程度



耐震等級3相当の軽量S造(流失せず)



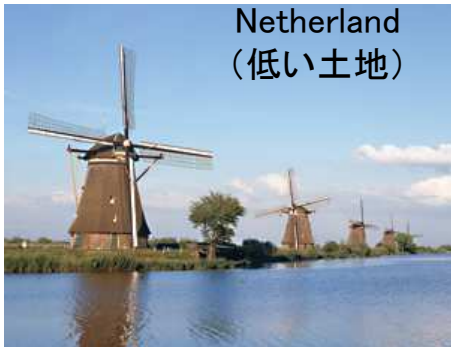
盛土とS造ピロティー混構造(軽微な被害)

⇒盛土・高床・ピロティー・RC造の流入防止壁や躯体など建築的対策は可能

38

オランダ:水害の危険性が世界で最も低い国？

気候変動脆弱性指数(2010年Maplecroft社):170か国中160位)



Netherland
(低い土地)

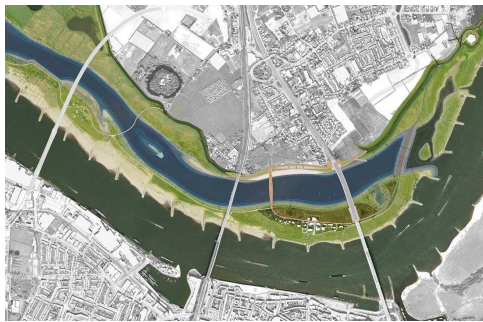
国土大半は干拓地
約3割は海水面以下



1953年北海大洪水(死者1853名)
(年超過確率:千年~1万年以下)



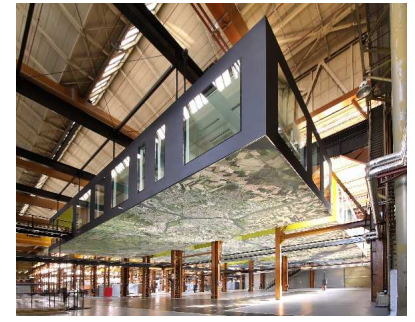
マエスラント可動堰
(Rotterdamの海運と両立)



Room for the River
1万年に1度の洪水への備え



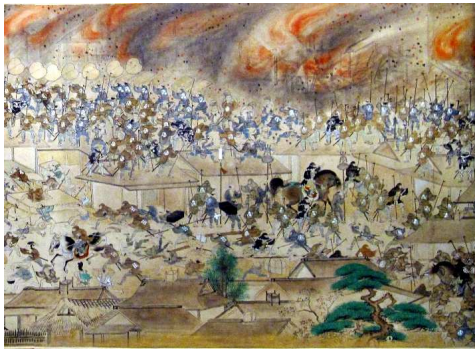
水に浮かぶ建築・まち
(Waterstudio.NL)



RDM (Rotterdam Dry Dock)
Campus(低地シリコンバレー)

⇒ 気候変動はビジネスチャンス(先進国から発展途上国まで柔軟に対応) 39

江戸・東京(日本)の大災害と復興の歴史



大火災(1657年明暦大火)
⇒ 30万から100万都市へ



火山災害(1707年宝永大噴火)



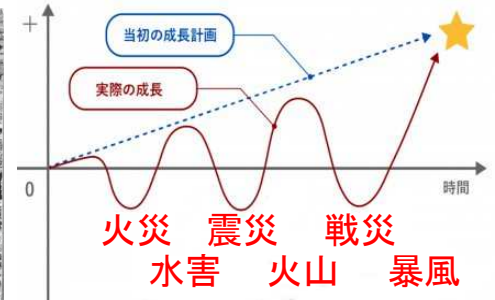
大水害(1910年関東大水害)
⇒ 荒川放水路建設など



大震災(1923年関東大震災)
⇒ 帝都復興計画など



戦災(1945年東京大空襲)
⇒ 1350万人超巨大都市へ



江戸・東京は世界一の
レジリエントな都市!?

⇒日本は自然災害のデパート:「東京は世界一危険」から、「転んでもただで起きない」したたか(レジリエント)な世界戦略が必要では？

耐震対策が耐水・耐土砂・耐地盤変状に有効であった事例



2021熱海市に土石流
に耐えたRC造建築(久田)



2011年福島県浜通り地震の
断層変位に耐えた木造建物(久田)
2009 (Google Street View)



1964年新潟地震の液状化で転
倒したRC造建物(死者無し)



資料) 東北大学大学院工学研究科災害制御研究センター
津波工学研究室

機能した釜石市の津波避難ビル



1999年台湾集集地震の断層変位
で傾斜と修復したRC建物(久田)

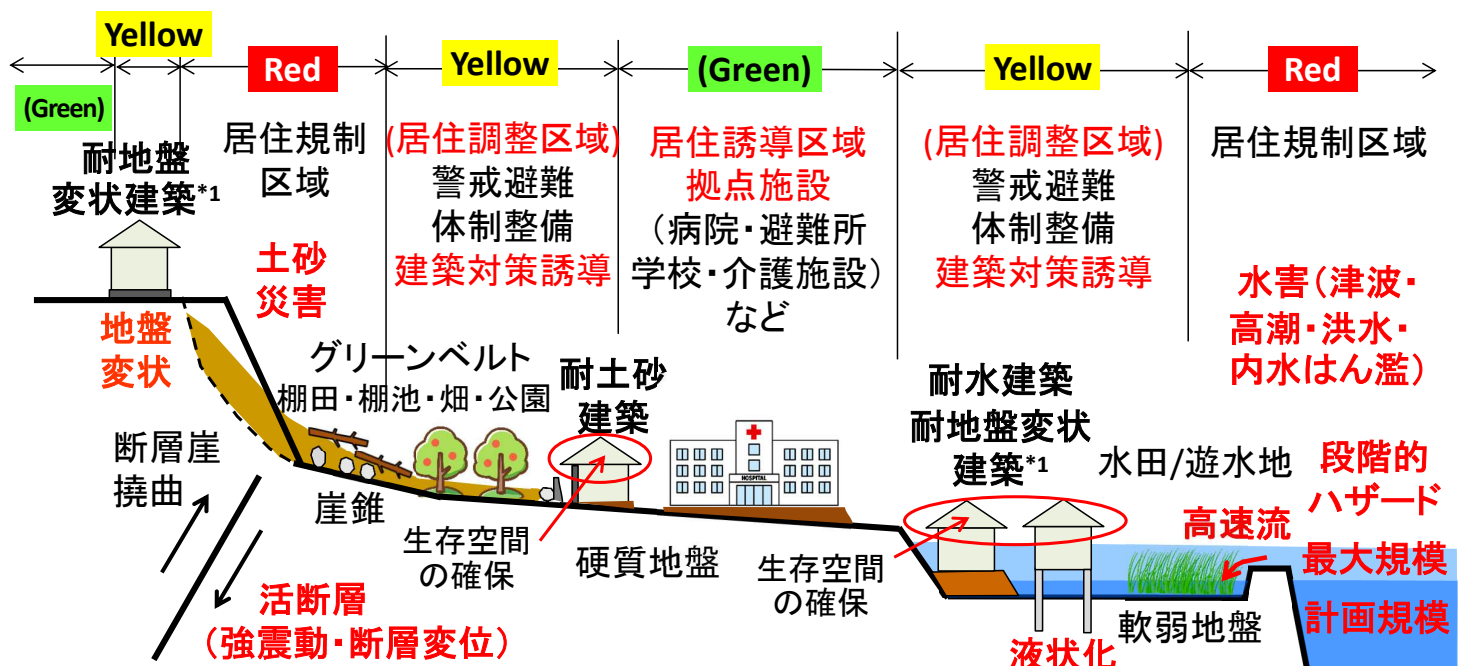


2011東日本大震災の地すべりに
耐えた木造住宅(釜井2019)

・各種対策は矛盾する場合もあり(例:盛土・高床、地下室、設備機器の設置階、避難階)
⇒ 耐震・耐火・耐風・耐雪+耐水・耐土砂・耐地盤変状・耐噴火など耐複合災害建築

41

マルチハザードとレッド・イエローゾーン 少子高齢化社会の土地利用のイメージ



*1 耐地盤変状建築: 地盤変状(液状化・地すべり・断層変位など)に対して、地盤改良等の変状防止策に加えて、建築物をRC基礎や耐力壁などで剛構造とし、設備配管にも変形追随性を持たせる、家具転倒防止等の室内の安全対策など、地盤傾斜・不同沈下などに対して修復可能とする建築

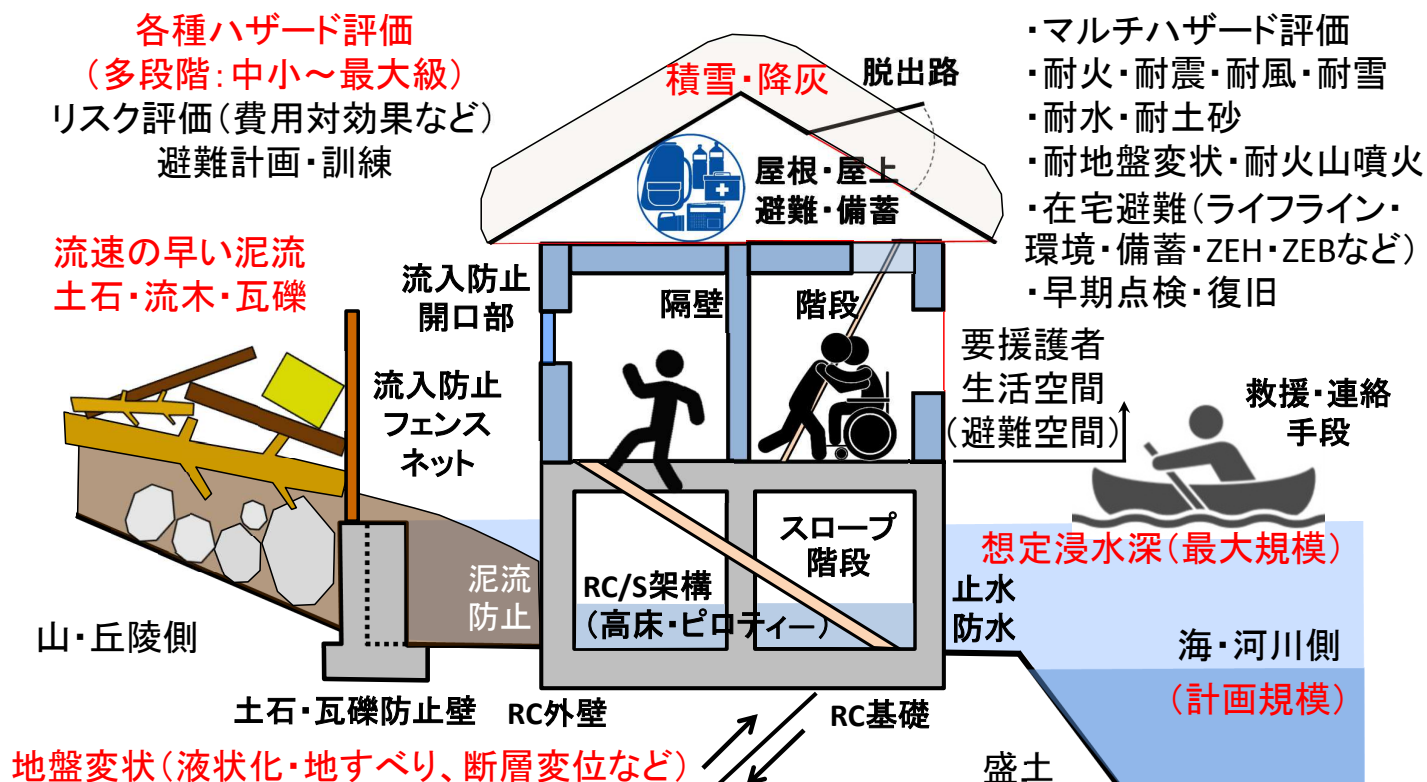
参考文献 ・岩松 暉:シラス文化と防災(2000) <https://www.sci.kagoshima-u.ac.jp/oyo/culture.html>

・水谷武司:東京は世界最悪の災害危険都市(東信堂、2018)

・久田嘉章:地表地震断層の断層変位による建物被害と対策(日本建築学会大会PD資料、2019)

42

地域ハザード特性に応じた耐複合災害建築物のイメージ (各種有効な対策の組み合わせ)



特別研究委員会「マルチハザードに対応可能な耐複合災害建築に関する研究(2022年度)
⇒次年度から構造委員会・環境工学委員会・建築計画委員会(＋災害委員会、土木学会等)との連携した小委員会およびWGを立上げ

43

おわりに

・過去の地震災害と教訓(東京の被害想定)

1923年関東大震災、1995年阪神淡路大震災、2011年東日本大震災、2016年熊本地震、ほか

・東京都の新しい地震被害想定:

多様な地震(不確実性な地震像)と震災、耐震対策の進展、社会構造の変化、定量的・定性的な被害想定

・「逃げる」から「逃げる必要のない建築・まち」

超巨大都市の複合災害と逃げる対策の限界

30年70%発生確率と言われている首都直下地震の実際
超高層建築の震災対策(長周期地震動の予測など)

今後はマルチハザード・複合災害と建築・まちの対策推進

⇒ 多様な地震災害(可能性の高い中小災害～可能性の低い最大級被害まで)とハード・ソフトによる柔軟な対策

44