

首都圏で想定される震災等による 複合災害とレジリエントな防災・減災対策

第24回震災対策技術展(横浜)

2020年2月6日

震災対策技術展・パシフィコ横浜

工学院大学・建築学部

久田嘉章

謝辞: 工学院大学ブランディング事業(文科省助成)、新宿駅周辺防災対策協議会
(展示ホールD 215で出展中)

首都直下地震:NHKパラレル東京 「30年70%でM7大地震発生! 東京は炎上・壊滅!?!」

同時多発の延焼火災
火災旋風



最大震度7の激しい揺れ



⇒ 最悪想定は防災・危機管理担当・報道関係者には有効、一般市民は絶望?
30年70%確率とは無関係、可能性が高いのは中小災害、対応は全く異なる

はじめに：想定外の複合災害への備え

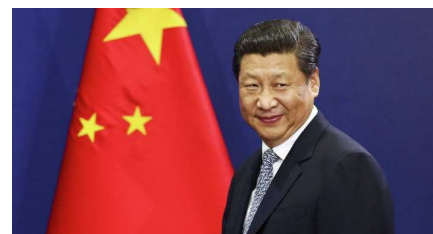
- **想定外災害：「ブラックスワン」と「灰色のサイ」**
ブラックスワン(前例のない危険事象)と災害事例
灰色のサイ(目立たない潜在リスク)と災害事例
- **様々な震災・水災から学ぶ教訓**
1995年阪神淡路大震災、2011年東日本大震災など
様々な水災(洪水・高潮・内水氾濫)からの教訓
震災・水災など複合災害・オールハザード
- **レジリエントな防災・減災対策(ハード・ソフト融合)**
事前の震災・水災の低減策(ハード的対策)
複合災害・オールハザード対応策(ソフト的対策)
- **日本は自然災害と対策のデパート(今はバラバラ展示)**
⇒ 悲観・絶望？ 成長・飛躍へのチャンス？

黒い白鳥(Black Swan)と灰色のサイ(Gray Rhino)



<http://lobodecoded.blogspot.com/2019/04/black-swan-or-gray-rhino.html>

中国は「黒い白鳥」「灰色のサイ」に警戒、AIなど法制化加速＝習主席



<https://jp.sputniknews.com/asia/20150926956963/>

[北京 2019.1.21 ロイター]

中国の習近平国家主席は21日、「**ブラックスワン(黒い白鳥)**」に警戒するとともに、「**灰色のサイ**」を回避する必要があるとの認識を示した。国営新華社通信が報じた。

想定外：ブラックスワンとは？

～前例がなく予測不能な重大事象～

- ・**ブラック・スワン**:かつてヨーロッパでは、「白鳥」は白いのが当たり前なので、「黒い白鳥」はありえないこと、「黒い白鳥を探す」とは「無駄な努力をする」ことの例え。
- ・ところが、1697年にオーストラリアで黒い白鳥(黒鳥)が実際に発見される。以来、「ありえない、起こりえない重大な事象」は「ブラック・スワン」と呼ばれる。



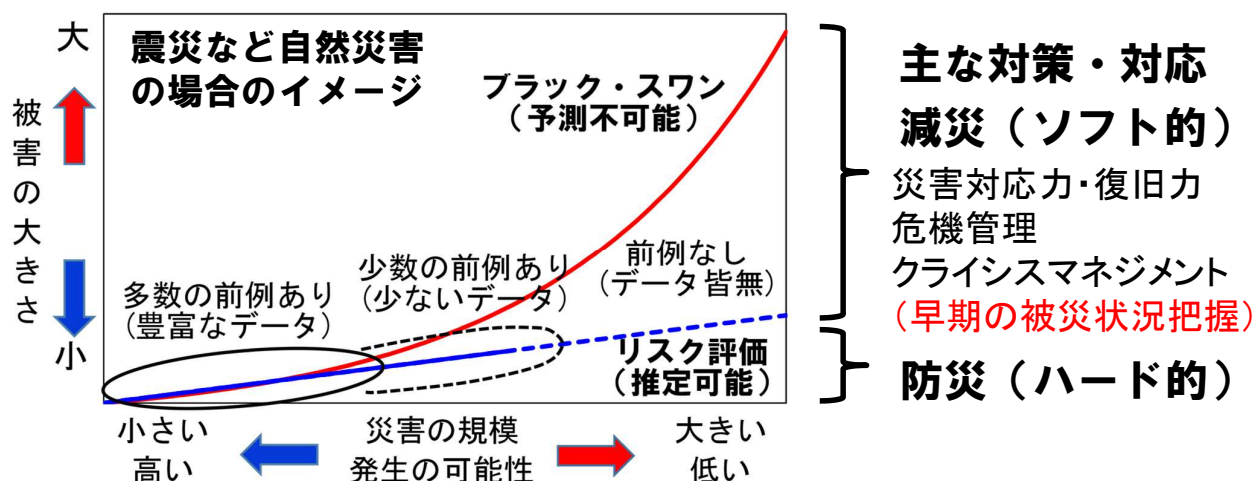
黒鳥
ウィキペディアより

・「ブラック・スワンー不確実性とリスク、2006）」

ナシーム・ニコラス・タレブ氏(トレーダ、認識学者)が提唱。

⇒「2008年リーマン・ショック」を予言していたとして脚光。金融や経済から、最近では災害分野などで注目。

「リスク/被害想定」と「ブラックスワン」の違い ～予測可能な事象と前例がなく予測不能な事象～



・ブラック・スワンの3つの特徴(ナシーム・ニコラス・タレブ氏)

- ① 予測できないこと、
 - ② 非常に強い衝撃を与えること、
 - ③ いったん起こると、その後、いかにもそれらしい説明がでっち上げられ、偶然には見えなくなったり、あらかじめわかっていたように思えたりすること
- ⇒「ブラック・スワン」による当初の衝撃が時間とともに誤魔化され、その本質が忘れられてしまうことへの警鐘。無責任な責任者や専門家への皮肉。
(例:リーマンショック後も責任をとらず、栄転を繰り返す財務責任者など)

灰色のサイ (Gray Rhino) とは？

～発生確率が高く影響が大きな潜在リスク～

- ・**灰色のサイ**:サイは体が大きいですが、普段は地味で大人しく目立たない。但し、一度暴れだすと手が付けられなくなるほど危険になる。「ブラックスワン」が突如現れるのに対して、「**灰色のサイ**」は見過ごされ、長期間に積み重なったリスクが、いつか必ず顕在化。
- ・**灰色のサイの事例**:不動産/金融バブル、累積債務、貧富の格差拡大など
⇒ブラックスワン/灰色のサイ 両面有
- ・『The Gray Rhino: How to Recognize and Act on the Obvious Dangers We Ignore』
(Michele Wucker, 2016)



サイ(ウィキペディアより)



中国の高速鉄道網も？
(過疎地に必要？ 累積債務85兆円)

1994年1月17日 ノースリッジ地震(Mw6.7) 1995年1月17日 兵庫県南部地震(Mw6.9)



<https://www.theatlantic.com>

高速道路が崩落、多数の建物倒壊、死者61名

日本から視察した専門家
「日本ではありえない被害」
⇒M8級地震の津波で死者は出るが、M7級地震で多くの死者はもはや出ないが常識

一年後



ブラックスワン

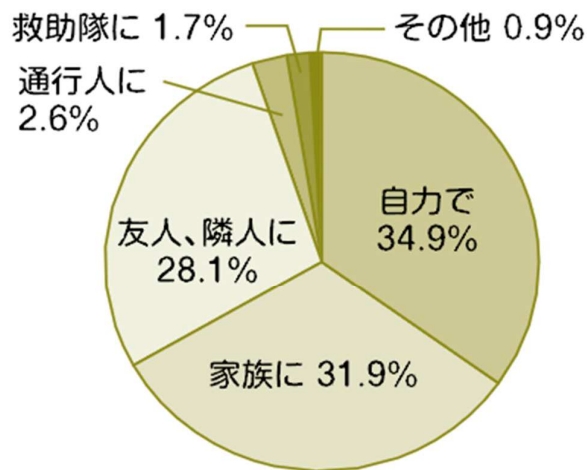


神戸新聞

阪神・淡路大震災

死者6,434名、負傷者43,792名
全半壊合計 249,180棟
全焼 7,036棟、道路 7,245箇所、
⇒活断層による震度7の揺れ、
老朽化した建物・施設の倒壊
延焼火災、室内被害

震災時対応：延焼火災・避難対策(公助)⇒自助・共助



兵庫県南部地震における火災に関する調査報告書
日本火災学会より

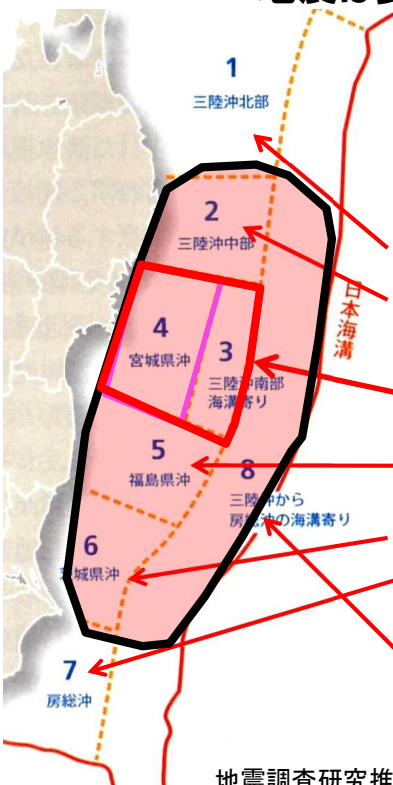


幸せ運ぼう（神戸市教育委員会、2008）

- ・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 ⇒ **事前の準備（計画と体制）と訓練・検証、早期被害情報**

想定外：2011年東北地方太平洋沖地震

地震活動の長期評価：**固有地震から最大級を含む多様性ある地震へ**
⇒地震は良く分からなかったことが良く分かった



2011年東北地方太平洋沖地震前の長期評価
(固有地震モデル)

	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
1	三陸沖北部	M8.0 前後	0.5%~10%
2	三陸沖中部	(過去に大地震がなく評価不能)	
3	三陸沖南部海溝寄り	M7.7 前後	連動時は 80%~90%
4	宮城県沖	M7.5 前後	M8.0 前後 99%
5	福島県沖	M7.4 前後 (複数地震が続発)	7%程度以下
6	茨城県沖	M6.7~M7.2	90%程度以上
7	房総沖	(過去に大地震がなく評価不能)	
8	三陸沖北部から 房総沖の海溝寄り	M8.2 前後 (津波地震) M8.2 前後 (正断層型地震)	20%程度 4%~7%

地震調査研究推進本部：三陸沖から房総沖にかけての地震活動の長期評価について、2009.3

東日本大震災における様々な想定外の災害



巨大津波

宮城県名取市(共同通信社)



原発の安全神話の崩壊

福島第一原子力発電所メルトダウン(NHK)



非構造部材の被害

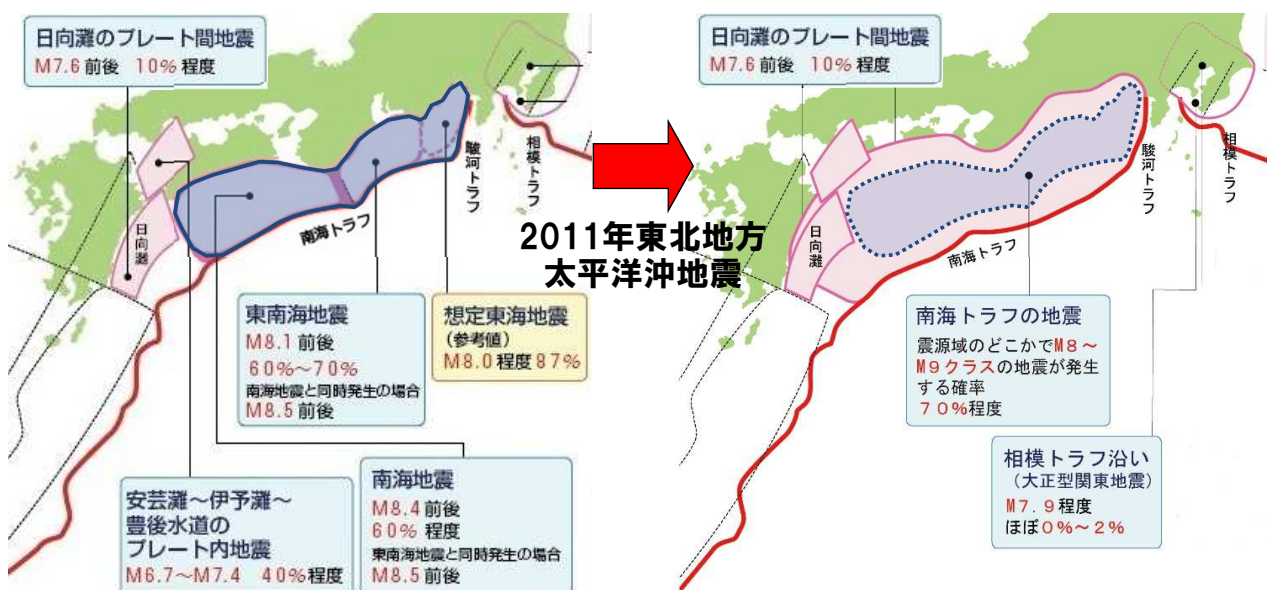
九段会館の天井崩落(共同通信)



東京都帰宅困難者対策条例(2013年)
(帰宅絵支援⇒帰らない・逃げない)

帰宅困難者と都心大混乱(新宿駅南口)

想定外を無くす！？:南海トラフ巨大地震の長期評価 「固有地震」から最大級地震を含む「多様性ある地震」の評価へ



東日本大震災以前

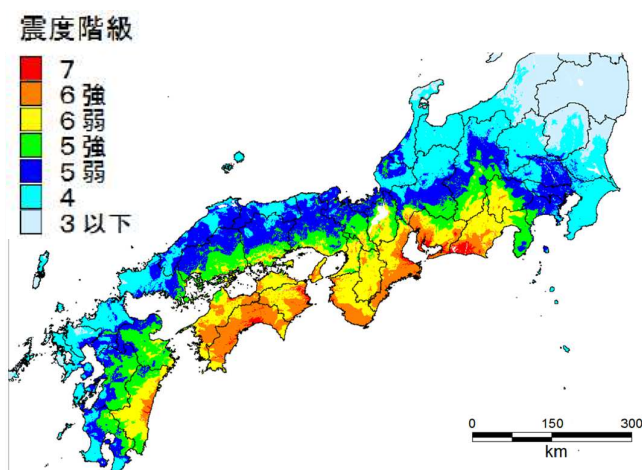
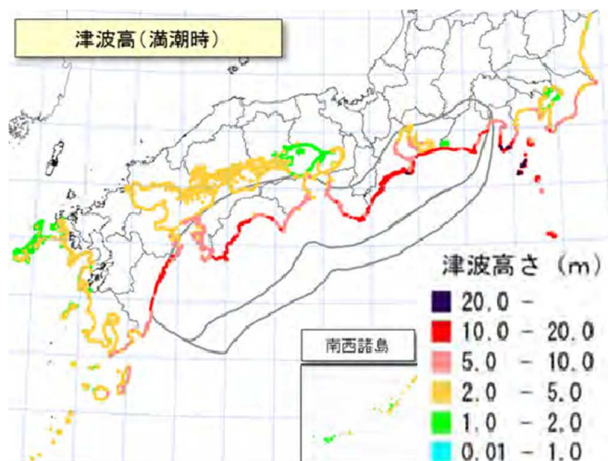
海溝型巨大地震は固有地震説により予測しやすいはず、だった...

地震調査研究推進本部:「南海トラフの地震の長期評価について(2001、2013)」

東日本大震災以後

全くの想定外だった超巨大地震(M9地震)を受け、防災目的より**最大級地震も想定**

最大級南海トラフ地震の被害想定(M9、内閣府)



【ケース⑥「駿河湾～紀伊半島沖」に「大すべり域＋(超大すべり域、分岐断層)」を設定】

震度の最大値分布(M9.1)

最悪シナリオ(冬・深夜・風速8 m/s) 死者数・約32万人、負傷者・約62万人

死者内訳: 建物倒壊(8.2万人)、津波(23万人)、火災(約1万人)、など

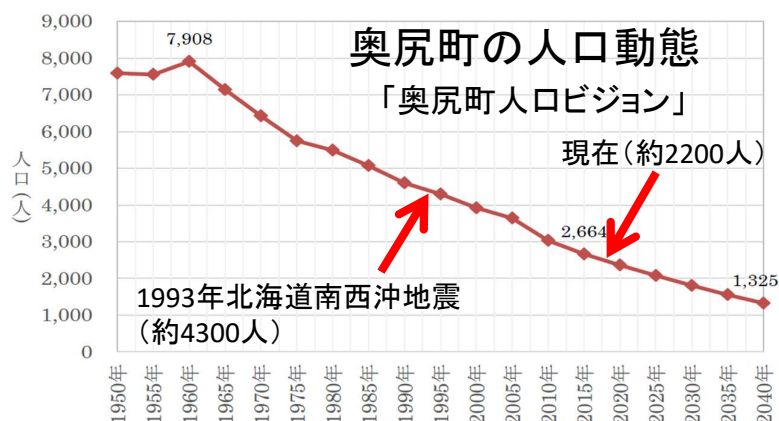
要救護者(建物被害): 約31万人 (津波): 約3万人 被害総額(最大): 220兆円

⇒「常に最悪を考え、備える」は危機管理の基本だが、「次の南海トラフ地震」ではない。可能性の殆ど無い過大な被害想定は「逆の想定外」を生む(「死ぬしかない、自助・共助では何もできない」など⇒本来は可能な対策を諦めてしまう現象)

⇒ 土木学会は被害額推計1410兆円(20年)、約60兆円の公共インフラ投資を提言

1993年北海道南西沖地震(M7.8)と奥尻町の津波被害(ブラックスワン)と復興事業(灰色のサイ)

巨大復興事業と現状: 被害総額664億円に対して、復興事業費763億円と義援金190億円を投入、大規模な公共事業を実施。結果、過疎化に歯止めがかからず、巨額の維持管理が不可能な状況。(奥尻町の歳入・歳出規模は約40億円。うち約20億は地方交付税、約10億は町債)。

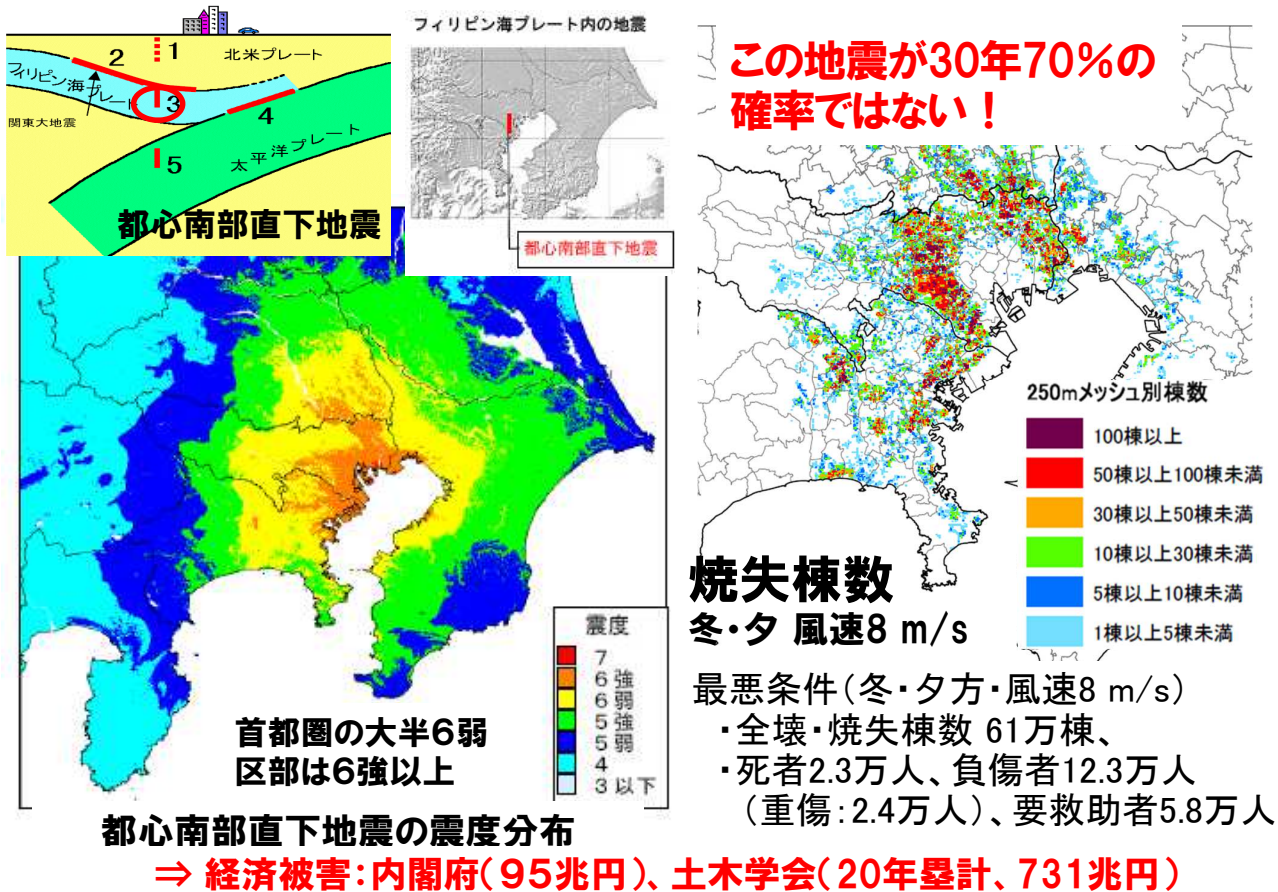


⇒ 過剰なハード対策でなく、住民自らが望み、身の丈にあった、まちの活性化と併せた持続可能な対策



奥尻町の被害と復興事業(奥尻町HP)

震災対策:首都直下地震の想定被害(2013年内閣府)



2004評価 2014評価
119年間 220年間
に5回(30 年に8回(30
年で72%) 年で66%)

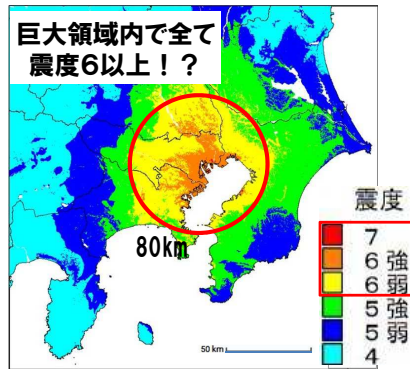
M7級の首都直下地震(相模トラフ沿い)の歴史地震と30年70%の発生確率

想定首都直下地震(M7.3)より小さい(平均M6.9) 想定首都直下地震(20-30 km)より倍程度深い(平均深さ約52km)

番号	推本 2004	推本 2014	地域・名称	西暦	北緯	東経	M	深さ (km)	震源 位置	被害摘要
1			元和江戸	1615	35.7	139.7	6.8?	20数?		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?	浅い		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?	不明		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?	やや深い		川越で大地震、町屋700軒ほど大破 圧死多数(50余名)
★			元禄関東	1703	34.7	140	8.2	浅い	②	相模・武蔵・上総・安房で被害大。大津波、 死約1万人
5		○	天明小田原	1782	35.4	139.1	7?	20数?		小田原城破損、人家約800破損。江戸でも潰家や 死者あり
6		○	嘉永小田原	1853	35.3	139.2	6.7?	20数?		小田原領で潰家1千余 死24(100?) 。山崩れが多かった。
7		○	安政江戸	1855	35.7	140	7.1?	40数?	③?	下町で被害大 死7千-1万
8	○	○	明治東京	1894	35.7	139.8	7	40-80	③	東京・横浜の被害大。 死31(東京で死24、川崎・横浜で死7)
9		○	東京湾付近やや深い	1894	35.6	139.8	6.7	90	③	建物に小被害
10	○	○	茨城県南部	1895	36.1	140.4	7.2	40-80	④	被害範囲は関東東半分。全潰53 死6 。
11	○	○	茨城県南部	1921	36	140.2	7	53	③	千葉・茨城県境付近に家屋破損・道路亀裂などの 小被害
12	○	○	浦賀水道	1922	35.2	139.8	6.8	71	③	東京湾沿岸に被害があり 東京・横浜で死2
★			関東大震災	1923	35.3	139	7.9	23	②	死10万以上 、住家全潰10万9千余、焼失21万2千余
13			丹沢	1924	35.3	139.1	7.3	0-10	②?	死19 家屋全潰1200余。神奈川県中南部に著しい被害
14			北伊豆	1930	35	139	7.3	0	①	死272 。家屋全潰2165。山崩れ・崖崩れが多い
15			西埼玉	1931	36.2	139.2	6.9	3	①	死16 。家屋全潰207(住家76、非住家131)。
16	○		千葉県東方沖	1987	35.4	140.5	6.7	58	③	千葉県を中心に 死2 。傷161。住家全壊16、一部破損7万余

- ・30年70%は、Scienceというよりも、Expert Judgment(専門家判断)
- ・過去400年のM7地震、**死者数千人1回**、**数百人3回**、**数十名以下12回**

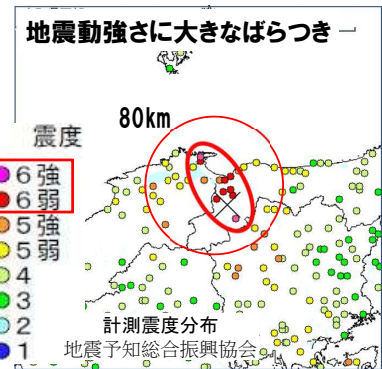
想定首都直下地震と近年のM7.3地震の震度分布の比較



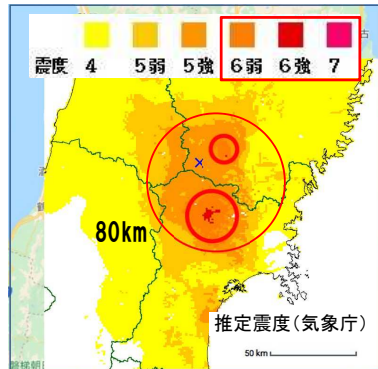
想定首都直下地震(M7.3)
深さ20-30km、死者最大2.3万人



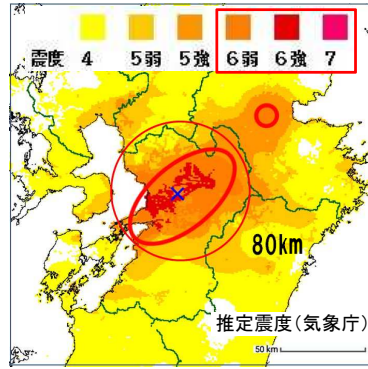
1995兵庫県南部地震(M7.3)
深さ16km、死者6434人



2000年鳥取県西部地震(M7.3)
深さ11km、死者なし



2008年岩手県内陸南部地震(M7.2)
深さ8km、死者17人

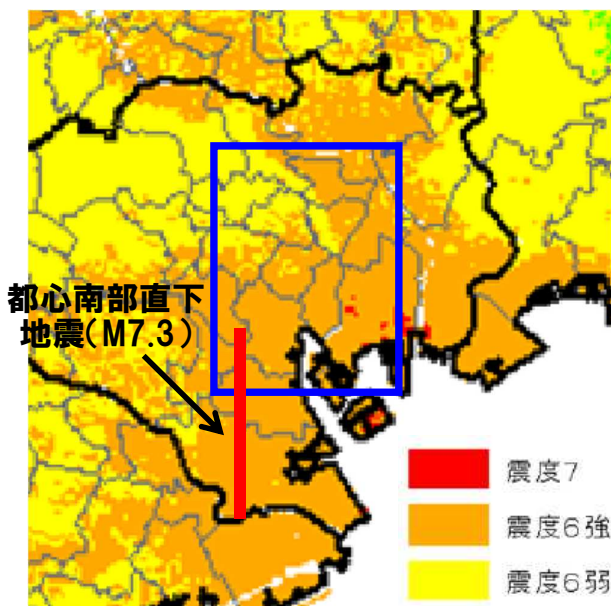


2016年熊本地震(M7.3)
深さ12km、死者267人

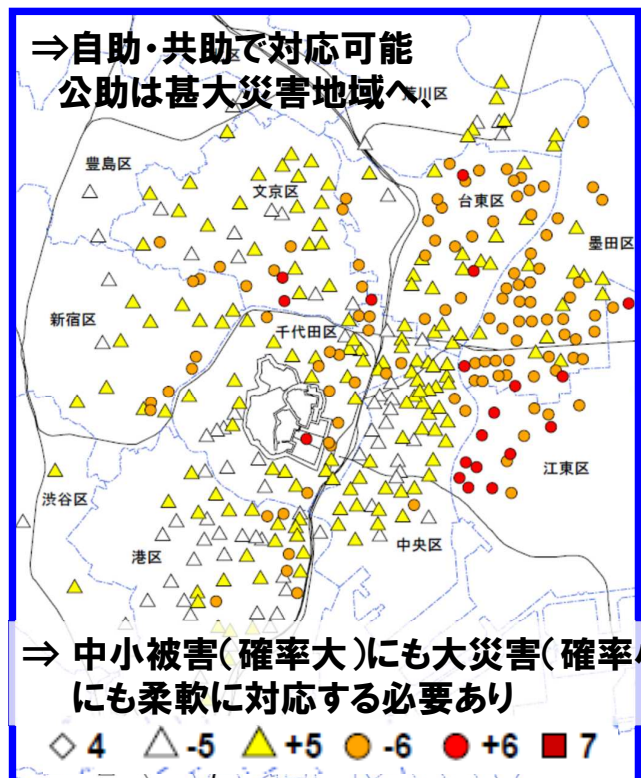
地震ハザード評価の困難さ

- ⇒非常に多くの不確定要因
- ・震源(規模、位置、断層面断層タイプ、破壊の仕方・・・)
- ・地盤(深層・浅層・非線形・・・)
- ・建物との動的相互作用
- ・建物(種別、耐震性・・・)
- ⇒不確定性が高いとハザードは高めに評価される

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(M7.3)の推定震度(内閣府)
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



⇒ 中小被害(確率大)にも大災害(確率小)にも柔軟に対応する必要あり

1855年安政江戸地震(M7)の震度分布

想定外？：「防災＝耐震」だった常総市役所 水災：2015年関東・東北豪雨災害



YOMIURI ONLINE (20150911)



常総市洪水ハザードマップ(鬼怒川氾濫)

常総市役所の旧館は東日本震災により被災。防災拠点となる新館に高い耐震性を確保し、2014年11月に新築。関東・東北地方集中豪雨の夜(2015年9月10日)、市役所職員・避難市民・自衛隊員・消防員・報道陣ら計1000人を集めた市庁舎は、1階に非常電源発電設備が浸水などで、ライフライン・通信・交通機能を喪失し、災害対策本部ごと孤立。

(DIAMOND Online, 2015/09/15)

19

様々な風水害



集中豪雨

土砂災害

(土石流、地すべり、がけ崩れ)

河川洪水

(外水氾濫)

都市型水害

(内水氾濫)

高潮・高波

津波(地震・火山)

微地形からみた液状化の可能性(日本建築学会・復旧・復興支援WG「液状化被害の基礎知識」)
<http://news-sv.aij.or.jp/shien/s2/ekijouka/measure/>

高潮災害：大正六年（1917年）の大津波 1949年キティ台風による東京下町の水没



1917年高潮大津波による高潮浸水・被害域
高潮パンフレット(国土交通省)



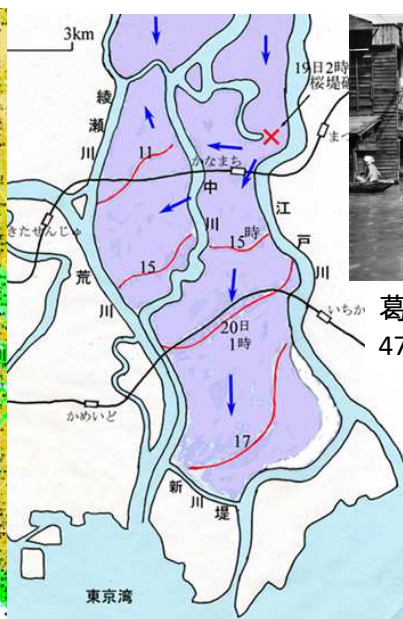
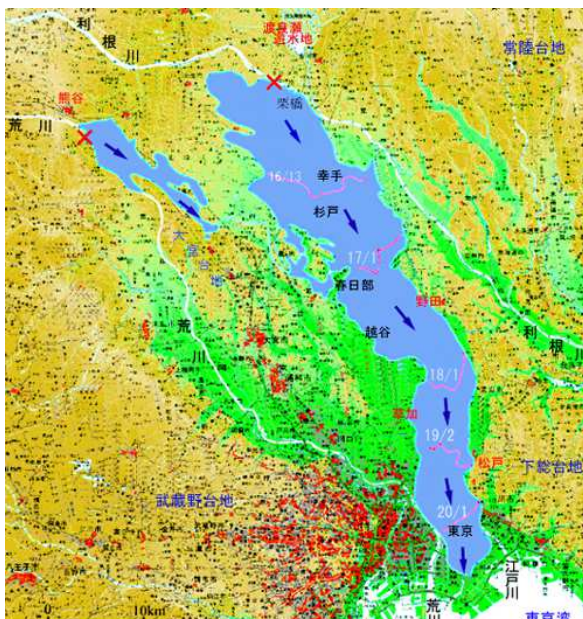
キティ台風で浸水した総武線平井駅(江戸川区)付近で避難する人たち(c)朝日新聞

- ・大正6年（1917年）の大津波：
満潮と重なり、東京湾岸低地で大被害
死者・行方不明1301名（うち東京では563名）
- ・1949年キティ台風の高潮浸水
死者・行方不明160名（うち東京120名）

21

洪水災害：1947年カスリーン台風

- ・群馬・栃木県では土石流や河川の氾濫で、1,100名以上の死者・行方不明者
- ・関東南部では利根川と荒川の堤防が決壊し、4日後に東京湾に到達。埼玉・東京で多くの家屋が浸水した。この破堤洪水による被害は、死者58人（埼玉51人、東京7人）、流失・全壊家屋600戸、浸水家屋145,520戸（内東京105,500戸）



葛飾区金町(共同ニュース：47 News)

荒川沿いの地域は海面下の土地で、湛水期間は半月を超えた

防災科学技術研究所「防災基礎講座・災害事例編」より

22

江東5区大規模水害広域避難計画(250万人)



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)

リーフレット <https://www.city.koto.lg.jp/057101/bosai/documents/ri-hureltuto.pdf>

想定外：2019年台風19号による全域特別警報



5区広域避難見送り(NHK, 2019/11/12)

- ・計画: 中心の気圧が930ヘクトパスカル以下の台風が東京を直撃するおそれがある場合、72時間前から自主的な広域避難を呼びかけ、雨の量次第で24時間前からは5つの区が共同で「広域避難勧告」を発令
 - ・気象庁による当初の雨量予測では、3日間の予測が400ミリ未満で、広域避難勧告発令の600ミリに達しておらず、広域避難を見送った
 - ・その後、12日午前7時すぎの気象庁からの情報で、3日間の雨の量の予測が500ミリを超え、自主的な広域避難を呼びかける基準に達したが、鉄道の計画運休の開始が数時間後に迫り、避難による混乱を避けるため、この時も広域避難の呼びかけは見送られた。今後、計画の見直しを検討。
- 避難先も避難手段も未定の広域避難は困難

NHK NEWS WEB <https://www3.nhk.or.jp/news/html/20191015/k10012131581000.html>

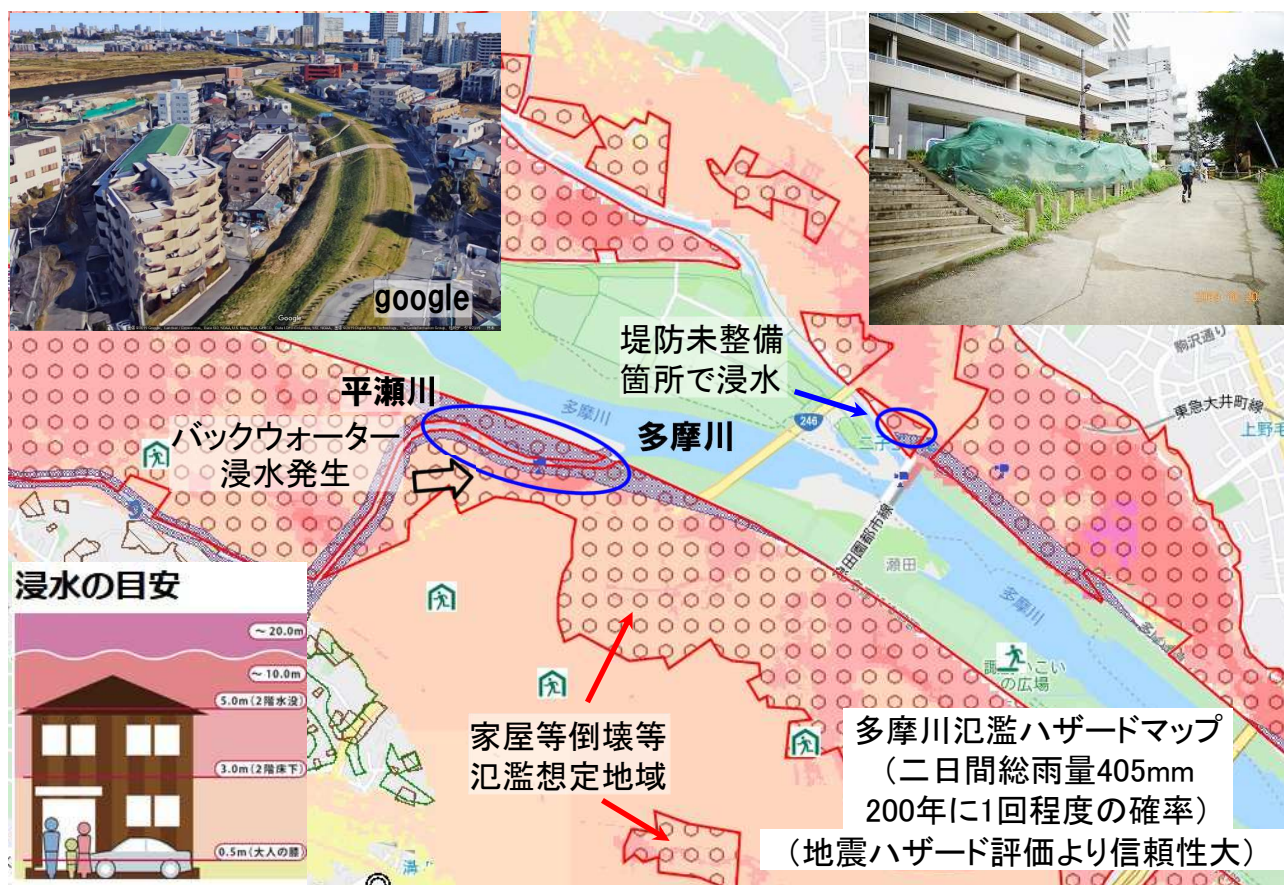
台風19号時の広域避難の事例（茨城県境町）



境町・洪水ハザードマップ(利根川破堤) NHK:「台風19号 問われた『広域避難』」(時論公論)

- ・全国初の広域避難:避難指示地域の20%の3200名が避難(うち町外は2200名)
- 広域避難が可能になる条件:①ハザードとリスク評価、②避難計画(連携体制、タイムライン)
- ③受け入れ先と移動手段の確保、④訓練実施と検証・改善、⑤関係者の理解・協力..

多摩川氾濫の状況(二子多摩川・川崎市高津地域)



広瀬川(多摩川支流)の川崎市高津地域での水害状況



1階で犠牲者が出たマンション
(堤防高さは3階床面あたり)



広瀬川とカミソリ堤防
(瓦礫処理の様子)



無被害の盛土上の公共施設
(堤防高さより高い)



無被害の高床マンション
(1階は堤防高さより高い)



半地下のマンション
(浸水被害)

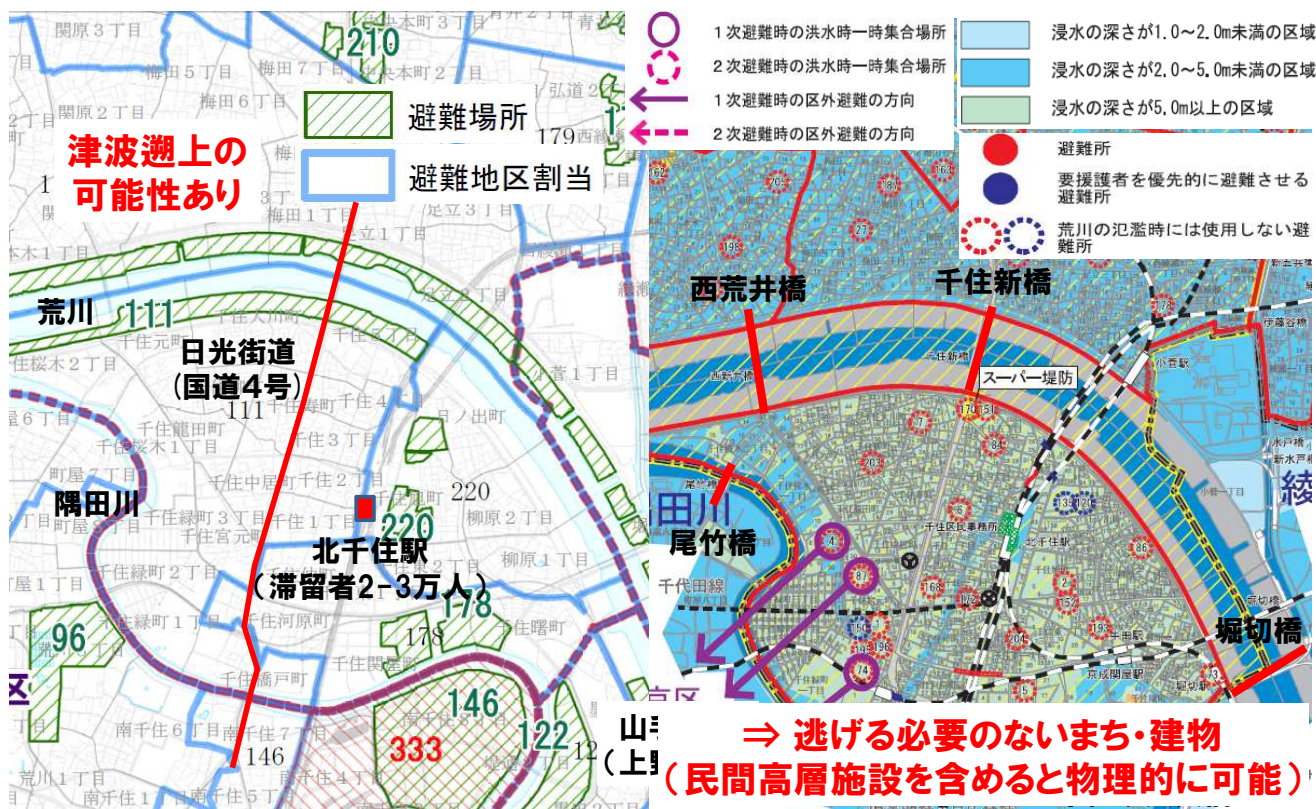


盛土・高床の無被害の宅地
(1階は堤防高さより高い)

複合災害、マルチハザード、およびオールハザード

- **東日本大震災**: 地震動・津波・火災・液状化・地滑り・土石流、原発事故、沿岸部での護岸施設が破壊・地盤沈下に高潮災害、大都市中心市街地での大群集・大渋滞などで災害が複合化
- **災害対策の縦割り**: 地震・津波は内閣府、風水害は国土交通省(土木系)、耐震・耐火は国土交通省(建築・都市系)、消火は消防庁(総務省)、火山は気象庁と縦割り状態。教育・研究分野も同様。
- **複合災害**: 同種あるいは異種の自然災害が同時に又は時間差をもって発生する災害(様々な自治体の地域防災計画など)
- **マルチハザード(評価)**: 従来のSingle Hazard Approachの問題点の顕在化した背景あり。主に事前のハザード評価や対策の検討などに利用(例: Multi-Hazard Risk Assessmentsなど)。
- ⇒ 今後重要な課題であるが、正確な予測は不可能
- **オールハザード(対応)**: どんなハザード(自然災害・事故・テロ・感染症など)にも対応可能にする場合に使用(標準化された危機管理システム(ICS)、All-Hazard Emergency Operations など)。
- ⇒ どんな災害にも対応、被害と対応レベルの設定・計画・訓練・改善

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)

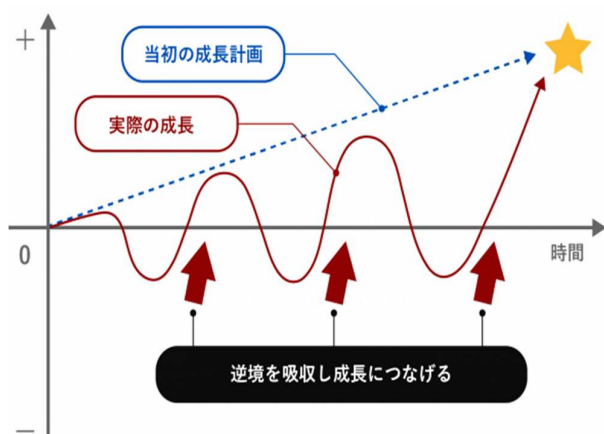
<http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/bosai/hinan/>

洪水時の避難計画(都心部高台:足立区)

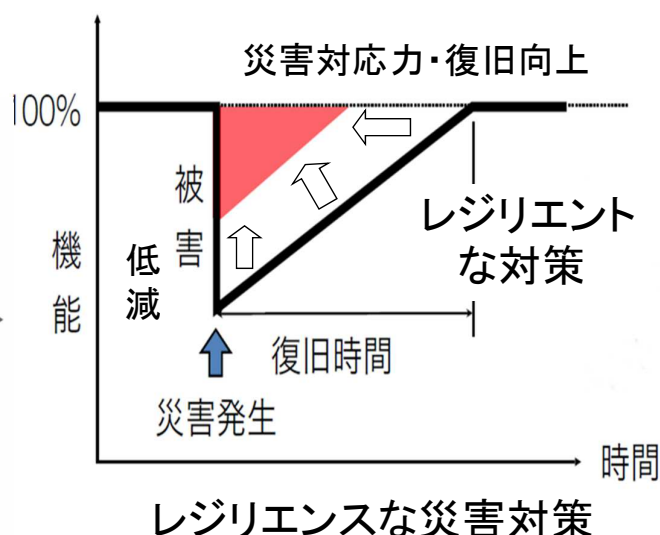
<http://www.city.adachi.tokyo.jp/bosai/> ¥

レジリエンスな災害対策の概念

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



“未来を変える”プロジェクト(若手職員研修)
<https://mirai.doda.jp/theme/resilience/5-points/>



レジリエンスな災害対策

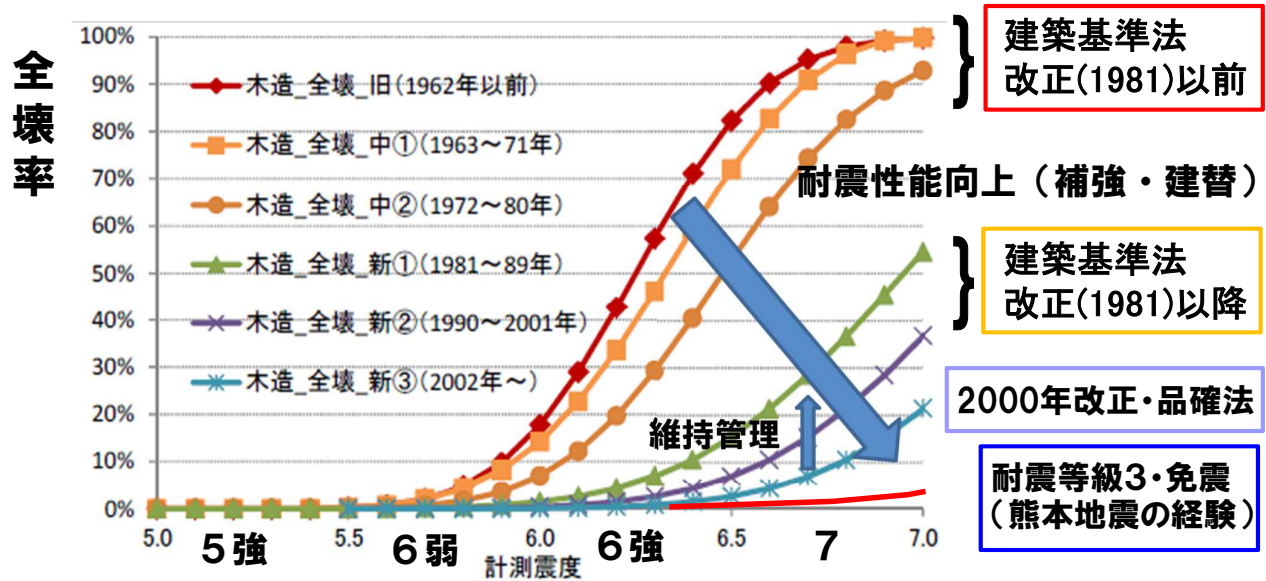
林春男「都市災害における災害対応能力の向上方策に関する調査・研究」

⇒ 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、より強靭になる

・レジリエンスとは、「打たれ強い」、「転んでもただで起きない」

レジリエントな震災対策の概念

事前の防災対策(主にハード的対策)



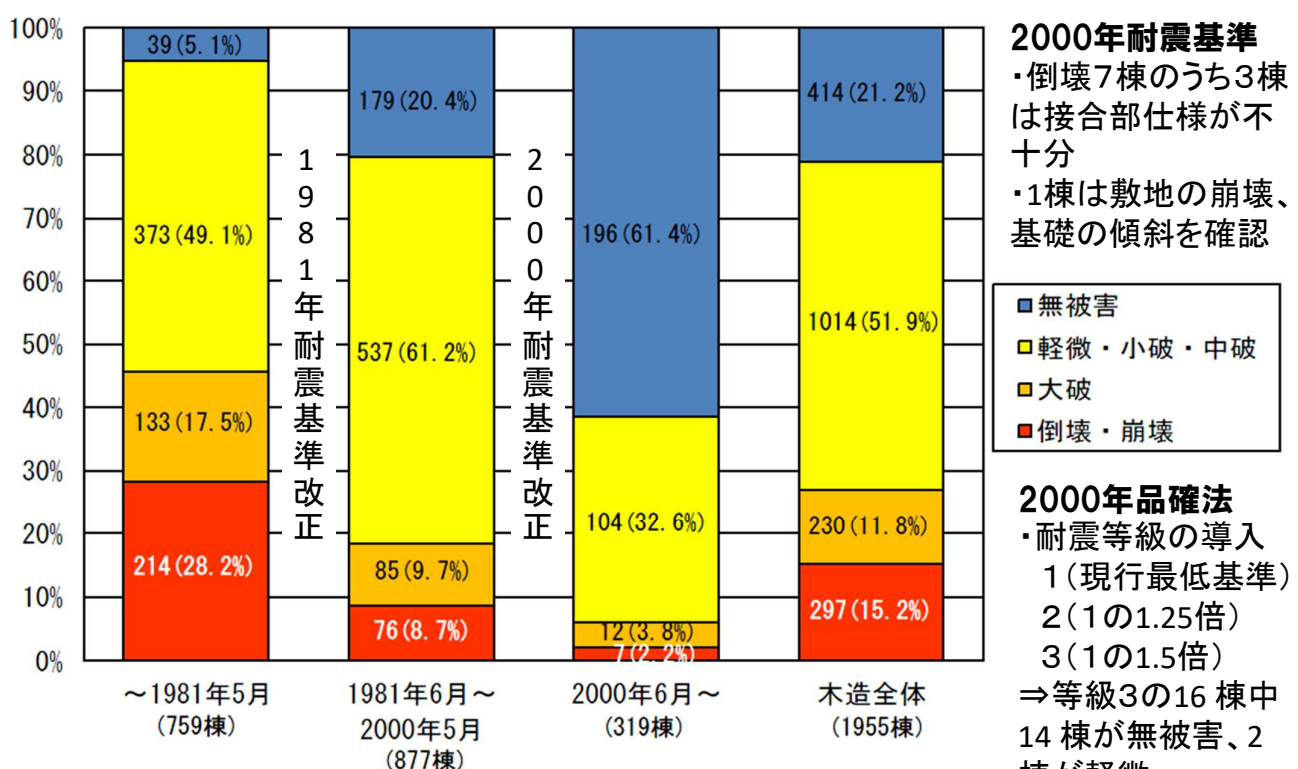
木造建物の被害関数(内閣府被害想定2013)

事前の被害低減策⇒ まち・建物・室内の耐震性能向上・維持管理

東京・横浜のような震災リスクの高い巨大都市はより高い耐震基準を目指すべき

31

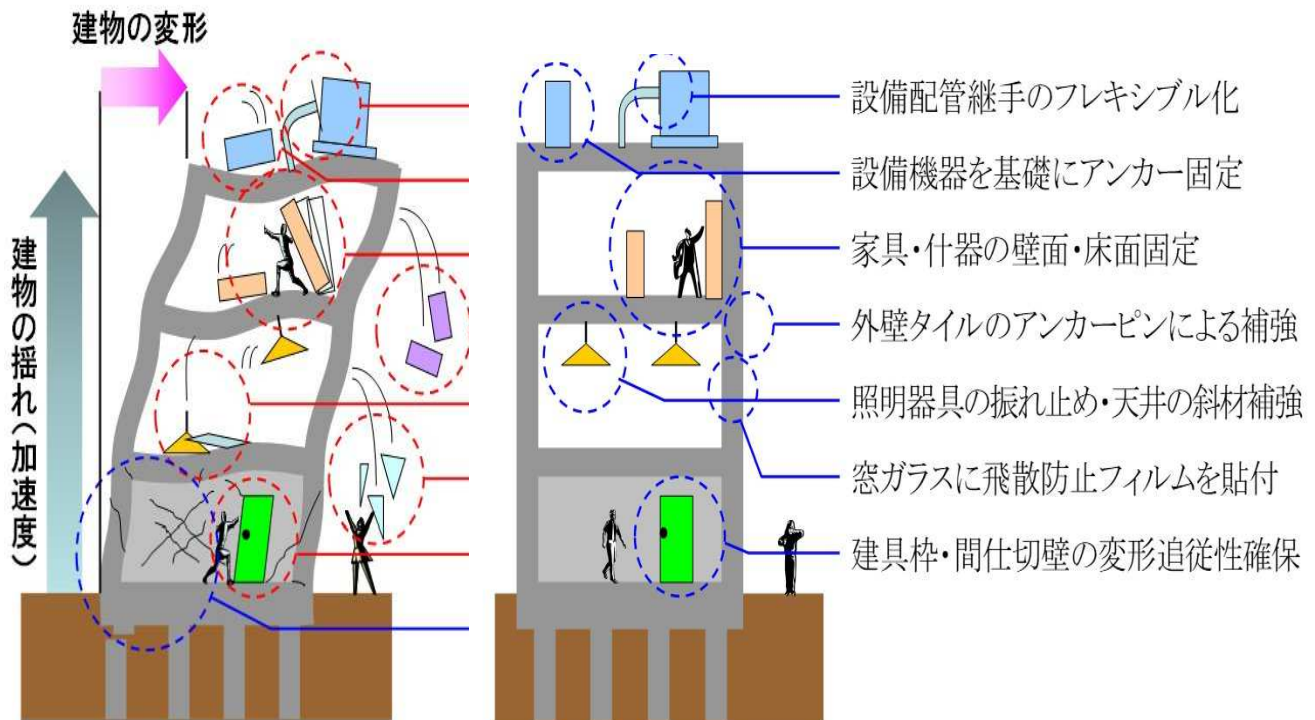
2016年熊本地震:木造の建築時期別の被害状況 益城町の木造住宅被害:熊本地震建築物被害調査報告



熊本地震における建築物被害の原因分析を行う委員会報告書(2016)

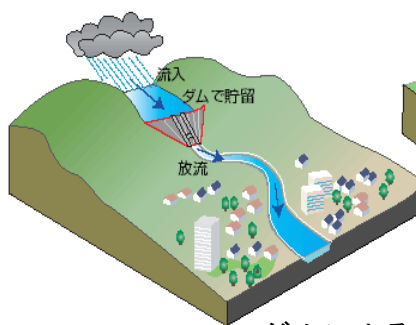
32

非構造部材の被害と対策（機能・居住継続性）

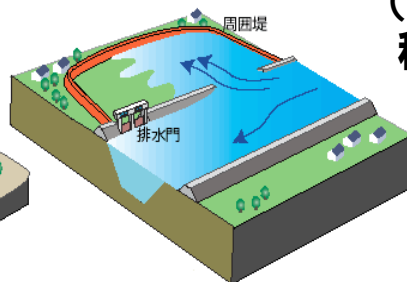


「逃げないですむ建物とまちをつくる—大都市を襲う地震等の自然災害とその対策—」
日本建築学会編（技報堂出版、2015）

土木技術による水害対策



ダムによる放流調整

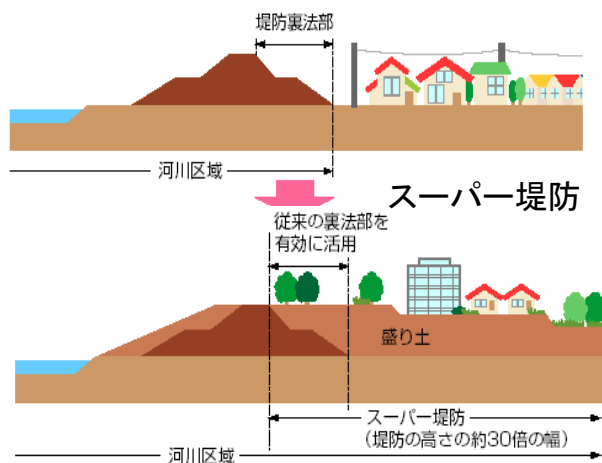


遊水地と調節池
（都会では地下調整池）

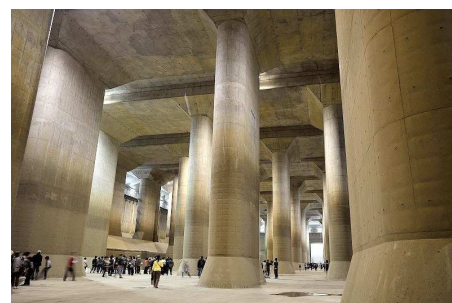
（100～200年に1度
程度の水量想定）



放水路と捷水路



国土交通省「災害の記録：水害対策を考える」より、
http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai.html



世界最大級の
地下放水路
：首都圏外郭
放水路
「地下神殿」
（工事費
約2300億円）

「首都圏外郭放水路 - Wikipedia」より

膨大な国費投入→高額メンテ、地方や発展途
上国での不可能、公助任せ・水防意識の低下
→自助・共助による減災、建築・まちづくり対策

建築・まちの水害対策(例)

○ハザードの確認と目標設定(ハザードマップ:洪水・内水・高潮・津波)

- ・計画規模(再現期間100-200年程度):防水(松)～床下浸水(竹)～床上浸水(梅)
- ・最大規模(再現期間1,000年程度):床下浸水(松)～鉛直避難(竹)～水平避難(梅)

○都市計画・敷地計画(建物・避難場所を想定浸水高さ、できれば堤防高さ以上)

盛土・命山(耐震対策・景観計画と並行、地域～宅地単位、スーパー堤防だけではない)

○建築計画・設備計画(居住空間は想定浸水高さ以上)

地下室を避ける、建物の高層化、防水壁・高床・ピロティー(十分な耐震設計が必須)、避難計画・避難スペース(要介護者等配慮)、備蓄スペース(2週間以上?)

設備・機械は防水区画・想定浸水高さ以上に設置、非常用電源・燃料、通信施設

想定浸水高さ以下の開口部対策(出入口、配管路、給排水口・通気口など)

非常用トイレ・汚水槽(汚水逆流防止対策など)、止水計画・対策(止水版・土嚢など)

○備蓄(ハザードマップによるが、垂直避難時は2週間以上?)

水・食料、燃料、非常用トイレ・照明・通信、ボート(揚げ船)・・

○浸水時対応計画・避難計画

水防組織(消防団、自治会、自衛消防組織と併せて計画的に組織化)

浸水時対応計画(情報収集、昼夜間・避難時の状況、タイムライン)

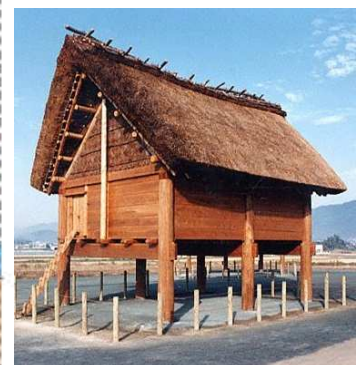
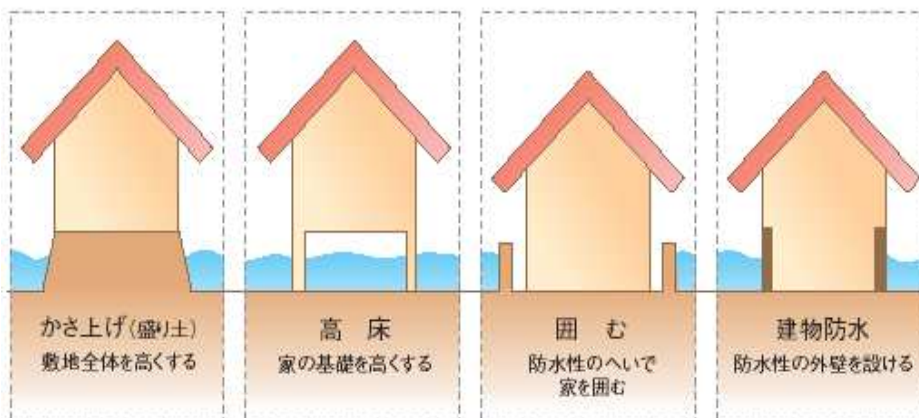
水平避難計画(域内・広域避難、具体的な避難先、避難手段、タイムライン)

垂直避難計画(自助・共助、長期間の孤城対策)

○水災対応訓練・検証・改善

土嚢(20cm程度以下)、止水版(50cm程度以下)、避難訓練(体で覚える、要配慮者)

建築と水害対策(弥生時代からのテーマ)



<http://www2.edu.ipa.go.jp/gz2/k-yda1/k-ycf1/k-ysf4/IPA-yos350.htm>

・水害から自宅を守る際、被害が増加する「床上浸水」の防止が重要。
・過去の水害に関する情報や行政機関が提供のハザードマップなどをもとに、床を高くしたり、ピロティー構造にすることによって、水害時の被害軽減が可能。また、既設住宅では災害時の二階の有効活用や災害用の脱出用として屋根に外部への出口を設けることも有効。



国土交通省: 浸水の予防・人命を守る家づくり

http://www.mlit.go.jp/river/pamphlet_jirei/bousai/saigai/kiroku/suigai/suigai_4-1-3.html

伊勢神宮・内宮(御正殿)

桂離宮と洪水対策



桂垣による流速低減・土砂の濾過対策

OMソーラー・新建工舎の家づくり
<http://shinkensya.exblog.jp/6135423/>

桂垣: 生垣の一つ。桂離宮に造られているためこの名がある。自生の竹を用いた垣で、30cm間隔に1本ずつ垣の高さよりさらに突き出させ、45°に外方へ折り曲げて横木に取り付けたもの。

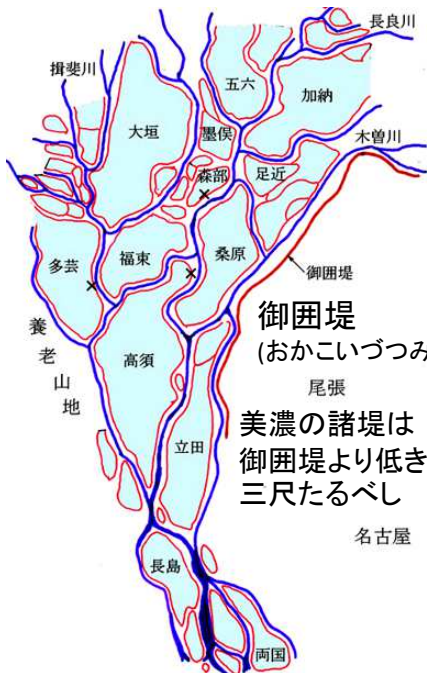


高床(ピロティー)による水害対策
(建具は取り外し、避難可能)

京都観光Navi

<http://kanko.city.kyoto.lg.jp> 37

濃尾平野・輪中における水害対策



輪中の水屋(海津町萱野)

上げ舟(養老町下笠)

低地の人々のくらし <https://sis-tem.crdc.gifu-u.ac.jp/edsoftol/it/wajuu/sumai-index.html>

- ・**輪中**: 堤防で囲まれた水防共同体・集落
- ・輪中堤が破堤しても他の輪中は守られる
- ・堤防を守るため、各輪中では水防組が作られ、明治以降も水害予防組合として存続
- ・水屋(みずや)などの避難所・備蓄倉庫、上げ舟など水害への様々な対策実施

明治末期における輪中の分布

防災科学技術研究所・防災基礎講座

基礎知識編～災害はどこでどのように起きているか～

http://dil.bosai.go.jp/workshop/02kouza_jirei/s02noubi/kisokouzui.htm

⇒堤防は殆ど取り壊されたが、1976年長良川の洪水時は、残った堤防や水防団・地元住民の土嚢積みなどで被害拡大を低減

水災対策：雨水貯留・浸透施設（まちの対策）



雨水貯留浸透施設の設置に関する様々な支援制度

- ・雨水貯留浸透施設促進税制(所属税・法人税)
- ・特定都市河川浸水被害対策に規定する雨水貯留浸透施設に係る特別措置(固有資産税)
- ・特定地域都市浸水被害対策事業(補助金)・流域貯留浸透事業制度(給付金・交付金)
- ・雨水貯留浸透施設の設置に対する助成(自治体)、など

雨水貯留浸透施設の設置に関する支援制度案内(雨水貯留浸透技術協会、H27版)

水災対策：雨水貯留・浸透施設（建築の対策）

雨水貯留タンク



品川区(雨水タンク本体価格と
雨水タンク設置工事費の合計の
2分の1で上限5万円)

雨水浸透施設ってなに？

屋根に降った雨は、雨どいなどから「ます」や「排水管」を経由して、下水道に流れていきます。雨水浸透施設は、この「ます」や「排水管」の側面などに穴が空いているもので、そこから雨水を地中に浸透させるものです。

雨水浸透ます
(直径15~50cm程度)

漫透管



直径25cmの雨水浸透ます1個は、1時間におふろ
1杯分程度の雨水を地中に浸透させる能力があります。

品川区(全額助成、1件あたり40万円を限度)

雨水貯留浸透施設の設置に対する助成(自治体、H27年6月現在)

- ・雨水貯留タンク・浄化槽転用雨水貯留施設
- ・浸透施設(浸透ます、浸透管・トレンチ)

雨水貯留浸透施設の設置に関する支援制度案内（雨水貯留浸透技術協会、H27版）

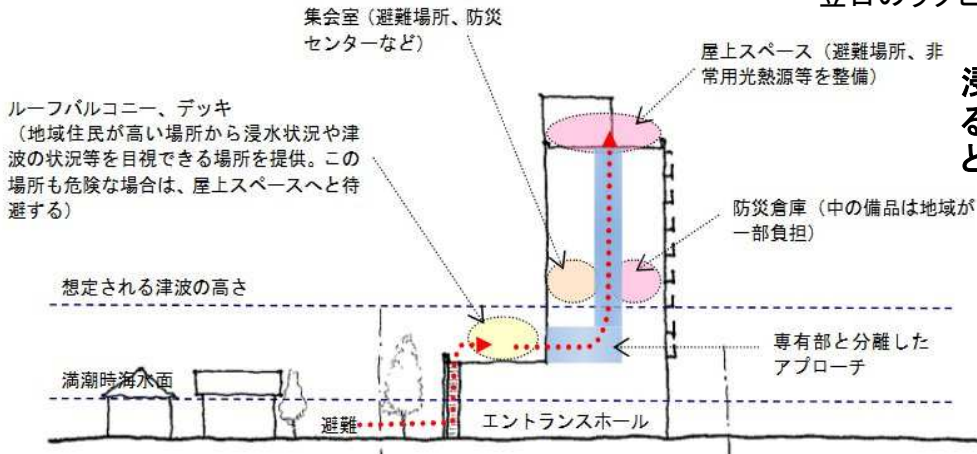
耐震・耐水(耐火・耐風等)に配慮した建築

- **盛土・高床・ピロティー:**
耐震には不利、耐水に有利
- **地下室:**耐震には有利、耐水に不利
- **設備・ライフライン施設**
耐震では地階、耐水では上階に設置
- **避難:**火災・地震は下、水災は上へ



<https://twitter.com/kokusancyaba100/status/971911877902020608>

横浜国際総合競技場の高床式構造
(台風19号時に遊水地として活用、翌日のラグビーWCの試合も開催)

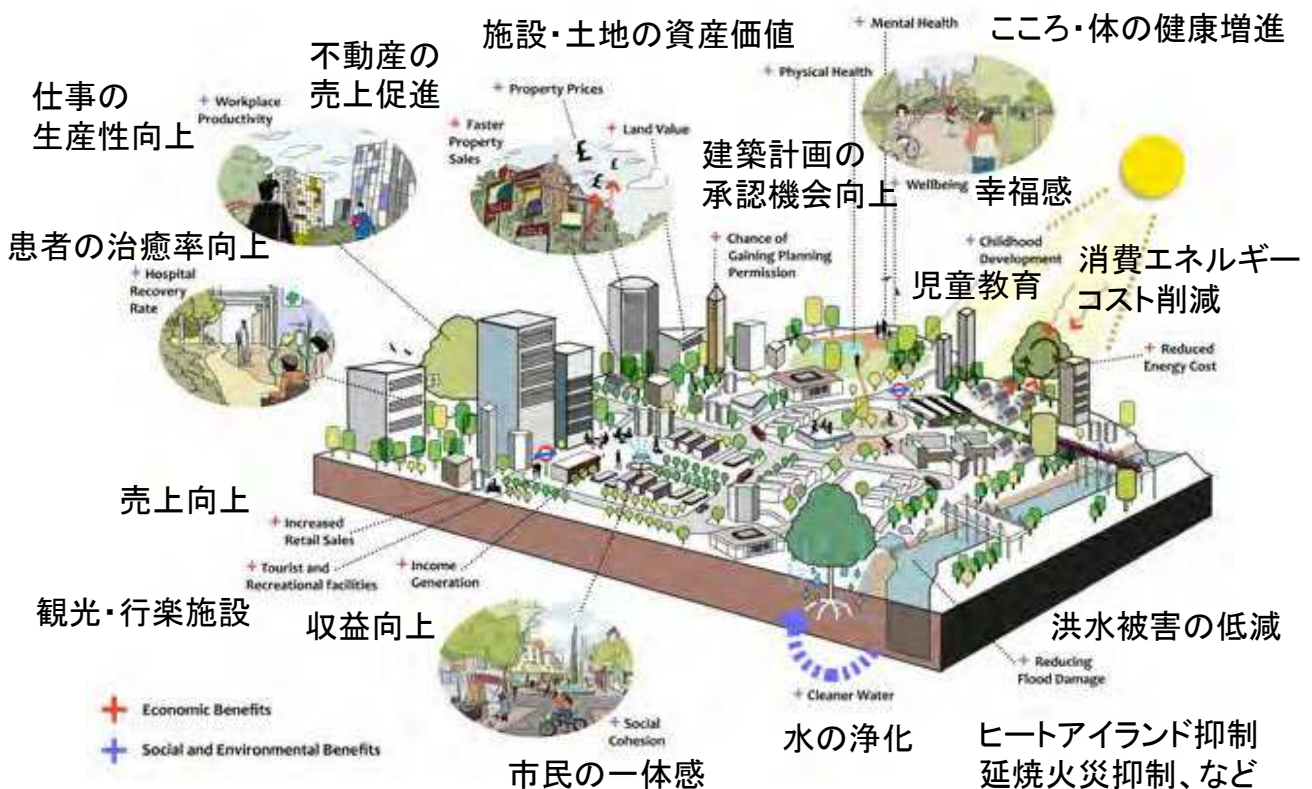


浸水危険地域における
地域避難・活動拠点
としての共同住宅案

マンションと地域の連携・
共助による地域防災力の
強化に関する調査研究
(国土交通政策研究、
第123号、2015)

41

グリーンインフラ(環境・防災・健康・価値向上)



グリーンインフラの事例（公助・共助・自助）



Rain Garden



Green Roof
自助の取り組み

Bishan Park (Singapore)
公助の取り組み

Green Streets (Portland)
共助の取り組み

<http://www.nikkeibp.co.jp/atcl/tk/PPP/434167/022300008/?ST=ppp-print>

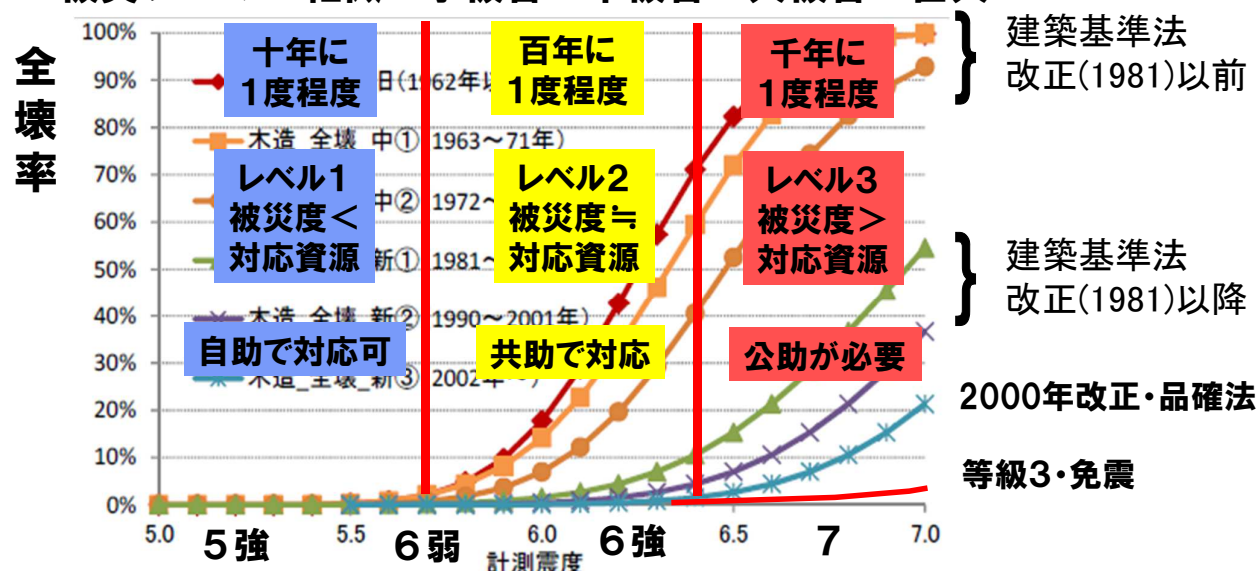
<http://www.museumofthecity.org/project/portlands-green-streets/>

43

レジリエントな震災対策の概念

事後の減災対策（柔軟な対応力・復旧力の向上策）

被災レベル 軽微 小被害 中被害 大被害 甚大



大規模施設対応: 避難せず
都心の対応: 帰宅困難者

施設内退避
多数傷病者

全館避難
エリア外からの救援・退避

被災レベル別の対応計画・体制作り、実践的な訓練・検証・改善

災害時の対応：オールハザードアプローチ 現在の災害別・地域防災計画（東京都・目次）

構成	震災編	風水害編	火山編	大規模事故編	原子力災害
第1部 総則	概況・被害想定 (首都直下地震など)	方針・概況など	方針・概況など	方針・概況など	方針・放射能など
第2部 予防		予防計画	予防計画	予防計画	
第3部 応急・復旧	- 施設ごとの計画 都・区市町村の 責務・役割 都民と地域の防災力 向上 安全な都市づくり 安全な交通ネット ワーク・ライフライン 津波等 - 広域的視点の応急 対応力の強化 - 情報通信の確保 - 医療救護 - 帰宅困難者 - 避難者 - 物流・備蓄・輸送 - 放射能物質 - 住民生活の早期再建	- 初動体制 - 情報収集・伝達 - 水防 - 警備・交通規制 - 医療救護等 - 避難者 - 物流・備蓄・輸送 - ごみ処理 - トイレ確保 - し尿処理 - 障害物除去 - がれき処理 - ライフライン施設 - 公共施設 - 応急生活 - 災害救助法の適用 - 激甚災害の指定	- 初動体制 - 情報収集・伝達 - 災害救助法の適用 - 応援協力・派遣要請 - 警備・交通規制 - 避難 - 救護・救護 - 船舶・航空機の 安全確保 - ライフライン施設 - 公共施設 - その他の応急対策 - 降灰除去、遺体、 火葬、応急住宅、 応急教育、 動物愛護 - 災害復旧対策	- 初動体制 - 情報収集・伝達 - 災害救助法の適用 - 応援協力・派遣 要請 - 消防活動 - 危険物事故 貯蔵施設など - 大規模事故 船舶・航空機、鉄道、 道路・橋梁・トンネル、 地下街・地下工事、 NBC災害 - 警備・交通規制 - 避難 - 救助・救急 - 医療救護 - 緊急輸送 - 応急生活 - 公共施設	- 予防 - 応急 - 応急活動体制 - 情報収集・伝達 - 応援協力 - 警備・交通規制 - 情報連絡体制 - 都民への情報 提供等 - 復旧 - 保健医療 - 放射能物質対応 - 風評被害
その他	- 南海トラフ地震対策 (島しょ町村対策など) - 東海地震事前対策		富士山噴火降灰対策 予防 応急・復旧		

⇒色枠部分(機能: function)はどの災害対応でもほぼ共通(約8割)

オールハザードアプローチとは？ ファンクショナル・アプローチ (Functional Approach)

災害時にほぼ共通する必要となる対応(機能/業務):
初動体制、情報収集・伝達、消防・水防、応援協力、
警備・交通、医療救護、物流・備蓄・輸送、帰宅困難者、
避難者、ライフライン施設、公共施設、応急生活、
保健医療、風評被害、住民生活の早期再建・・・

Functional Approach (機能別の災害対応手法):

・共通化できる個々の対応業務を「機能(function)」
と呼び、パッケージ化(モジュール化)しておく。

⇒どんな災害時も、この「機能」を必要に応じて適切に組
み合わせれば、より柔軟に対応できるはず。

⇒オールハザードアプローチの基本の一つ

オールハザードアプローチの特徴 1

- ・**現場の責任者が主役**：「現場では何が起きても、どんな状況でも対応しなくてはならない」

災害の状況や対応に何が必要かは、現場の責任者が最も良く理解している。その判断は現場に任せ、周辺や上位の機関は現場のサポートに徹する。

- ・**ファンクショナルアプローチ (functional approach)**
現場における基本的な機能(米国の場合)

指揮機能(Incident Command)、 計画機能(Planning)
実施機能(Operation)、 支援機能(Logistic)、
総務機能(Administration)

⇒現場で対応しきれない場合、周辺や上位の機関からの
「**緊急支援機能 (Emergency Support Functions)**」を要望に応じて投入。**支援体制**だけでなく、**受援体制**も重要。

オールハザードアプローチの特徴 2

- ・「**機能**」の担い手：「**平時からの専門機関(餅は餅屋)**」
日常的に機能している専門家・機関でなければ、非常時には全く機能しない

大災害という非常に稀な事象が対象であり、自前で揃えるよりも、平時から業務としている民間業者・NPOや周辺自治体・国の専門家・専門業者などと協定や契約を結び、非常時に確実に「機能」できるよう準備する

- ・**災害対応の標準化(ICS: Incident Command System)**
分野の異なる多数の人材・機関が「現場」や「機能」を共有し、レベルに応じてスムーズな連携体制を構築するには「災害対応の標準化」が必須

米国では、住民の自主防災組織から連邦政府まで、標準化した災害対応がマニュアル化され、教材として公開

オールハザードアプローチの特徴3

・被災レベルによる柔軟な対応：危機レベルの分類の例

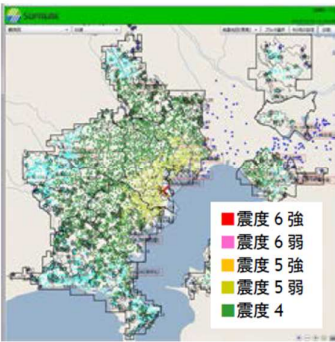
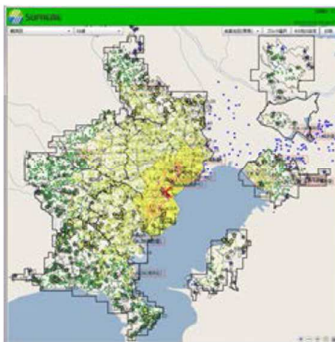
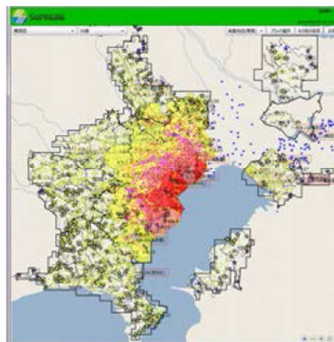
「社会セキュリティ緊急事態管理－危機対応に関する要求事項(JIS Q22320)」

危機レベル	危機レベルの説明	指揮レベル	発生確率・事象例
レベル1 (現場対応)	あらかじめ規定された対応・資源で対応できる事象	戦術的指揮, 任務レベルの指揮、戦術的連携による監視及び支援	年数回発生 震度5弱以下 負傷者ほぼ無し
レベル2 (組織対応)	被災組織がもつ資源で対応できる事象	戦術的指揮及び連携	数年に1度程度 震度5強 負傷者数名
レベル3 (地域対応 基礎自治体)	被災組織の資源に加え、近隣組織の相互支援を受け対応できる事象	管轄区内での活動に関する戦略的指揮及び連携	数十年に1度 震度6弱、負傷数十名(重症数名)
レベル4 (自治体対応)	被災組織の資源に加え、被災管轄区内の全組織からの支援を受け対応できる。	管轄区・隣接区域の戦略的指揮。ときに戦略レベルによる監視を受ける。	数百年に1度 震度6強、負傷数百名(重症者数十名)
レベル5 (国家対応)	被災地をもつ中央政府によって二国間条約及び国際組織の既存の協約が実施される。	管轄区・隣接区域の戦略的指揮。ときに戦略レベルによる支援及び直接介入を要求される場合がある。	数千年に1度 震度7、負傷数千名以上(重症数百名以上)

中規模地震も考慮したBCP/BCMの発動レベルの設定例

東京ガス(SUPREMEと連動した対応要員の規模)

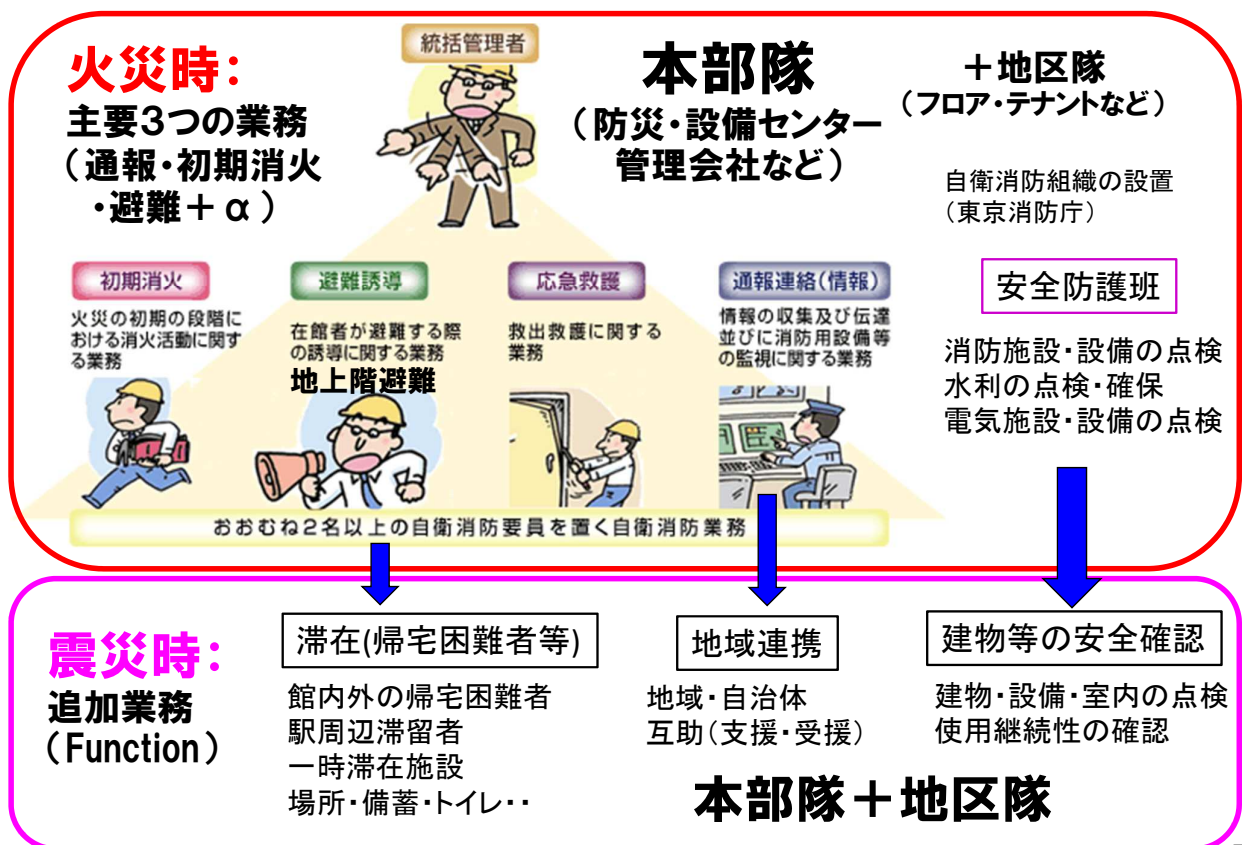
⇒東日本大震災前はBCP発動有・無のみ

	震度 4, 5 弱程度～	震度 5 強程度～	震度 6 弱程度～
地震規模			
被害規模	マイコンメーター遮断	マイコンメーター遮断	マイコンメーター遮断
	---	低圧ガス導管漏えい	低圧ガス導管漏えい
	---	---	低圧ブロック供給停止
対応要員 (目安)	BCP レベル 1 発動	BCP レベル 2 発動	BCP レベル 3 発動 (フル)
	約 2,000 名/7,000 名	約 3～5,000 名/7,000 名	約 7,000 名/7,000 名

猪股 渉:東京ガスの地震防災対策～実効性のあるBCPによる首都直下地震への備え～

日本地震工学会「首都圏における地震・水害等による複合災害への対応に関する委員会」報告書(2016)

事例：自衛消防組織(大規模施設など)



51

自衛水防組織(地下街など)



52

オールハザードアプローチ 自衛消防・水防組織への適用例

災害	業務・機能(function)							対応組織
	通報連絡情報	初期消火	避難誘導	救援救護	建物設備	滞在備蓄	地域連携	
火災	◎	◎	◎ (地上階)	○ (応急救護)	○ (安全防護)			自衛消防
震災	◎	○	○ (地上階)	◎ (救援救護)	◎ (施設点検)	◎	◎	自衛消防
水災	◎		◎ (水平・垂直)		◎ (警戒活動)	○	◎	自衛水防

- ・なぜ、震災対応が自衛消防組織(消防法)?
 - ・火災・震災対応と水災対応は、同じ組織では(消防法×水防法)?
 - ・他の災害(噴火・テロ・原発事故・..)に対しては、別組織を設立?
- ⇒「自衛災害対応組織」などのオールハザード対応組織へ!
- ⇒ 早期災害モニタリング・被害推定システムの利活用
(柔軟かつ的確な初動対応が可能: 展示ホールD 215で出展中!)

53

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)

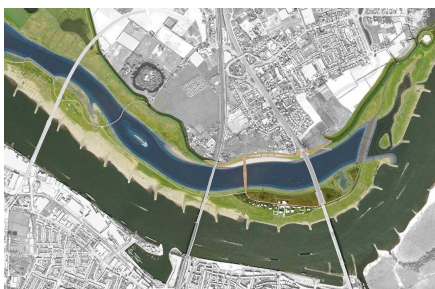
国土大半は干拓地
約3割は海水面以下



1953年北海大洪水(死者1853名)
(年超過確率: 千年~1万年以下)



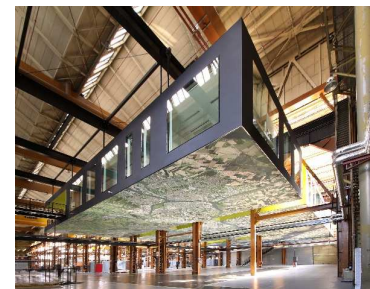
マエスラント可動堰
(Rotterdamの海運と両立)



Room for the River
1万年に1度の洪水への備え



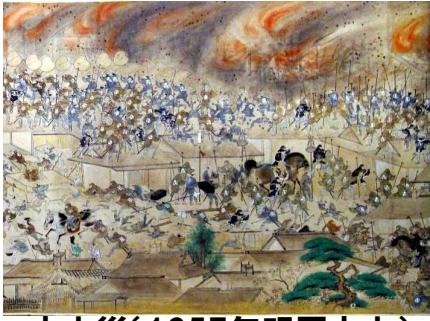
水に浮かぶ建築・まち
(Waterstudio.NL)



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)

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)



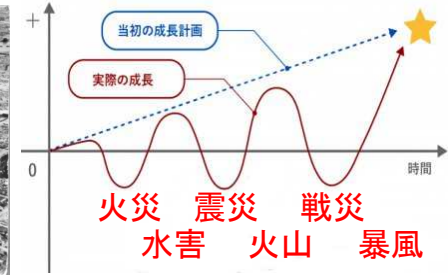
大水害(1910年関東大水害)
⇒ 荒川放水路建設など



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(単なる経済危険度)」
から、「転んでもただで起きない」したたかな世界戦略が可能では?

おわりに

- **想定外災害:「ブラックスワン」と「灰色のサイ」**
「ブラックスワン」への対応で被害低減は可能。但し、
過剰な投資による「灰色のサイ」の危険性も配慮
- **様々な震災・水災から学ぶ教訓**
震災・水災など個別災害対応の技術は大いに進展
複合災害・巨大都市での逃げない対策・対応が必須
- **レジリエントな防災・減災対策(ハード・ソフト融合)**
事前の震災・水災の低減策(ハード的対策)
複合災害・オールハザード対応策(ソフト的対策)
- **日本は自然災害と対策のデパート(今はバラバラ展示)**
⇒ 悲観・絶望? 成長・飛躍へのチャンス?