

地震工学(第11回)

災害のソフト対策

～災害対応力の向上～

工学院大学建築学部
まちづくり学科
久田嘉章

防災気象情報の種類(気象庁)

防災気象情報の種類

種類	情報の種別	それぞれの違い
特別警報	大雨(土砂災害、浸水害)、暴風、暴風雪、大雪、波浪、高潮	・重大な災害の起こるおそれが著しく大きい場合に発表
警報	大雨(土砂災害、浸水害)、洪水、暴風、暴風雪、大雪、波浪、高潮	・重大な災害の起こるおそれがある場合に発表
注意報	大雨、洪水、強風、風雪、大雪、波浪、高潮、雷、融雪、濃霧、乾燥、なだれ、低温、霜、着氷、着雪	・災害の起こるおそれがある場合に発表
気象情報 [※]	・大雨に関する気象情報 ・台風情報 ・竜巻注意情報 ・記録的短時間大雨情報 ・長期間の高温に関する気象情報 など	・警報等の対象となる現象の経過、予想、防災上の留意点などを解説するため必要に応じて随時発表 ・警報等の対象ではない、社会的に影響の大きな天候の状況なども必要に応じて随時発表

※ここでの「気象情報」とは、警報等とは別に、文章または図・表を用いて気象状況を解説した情報のことです。

2011年東日本大震災による津波や、平成23年台風第12号による紀伊半島を中心とする大雨による甚大な被害を教訓として、気象庁は、数十年に1度程度の大規模な災害の発生が切迫していることを伝えるため、2013年8月から「特別警報」を創設した。

身を守るための行動(大雨の場合、気象庁)



普段から行うこと。

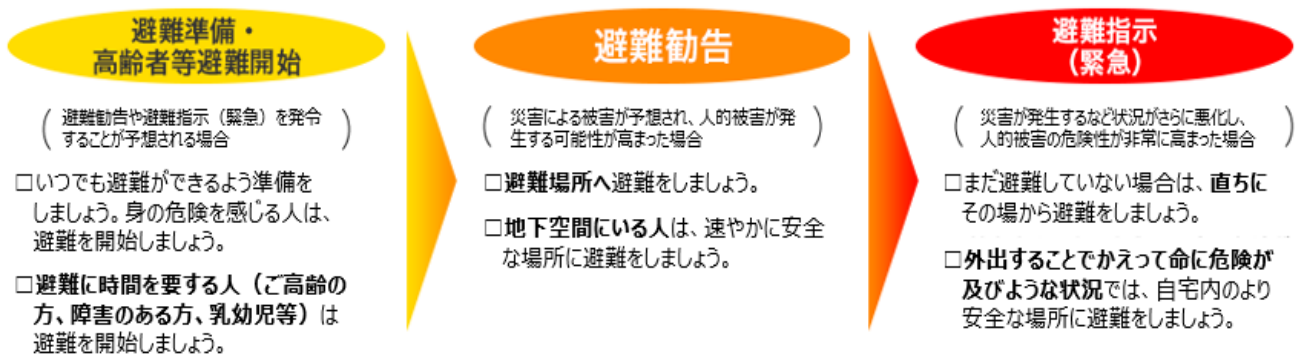
・地域の震災時、風水害時の**危険度(ハザード)**を理解する。

・**地震時**:延焼火災の避難場所(広域避難場所、特に木造密集市街地)、津波や土石流等の指定緊急避難場所(高台、津波避難施設など)、多数傷病者が出た場合の医療救護所や災害拠点病院、指定避難所(体育館など)を確認。

・**風水害時**:自宅の対策と、緊急避難場所、避難が間に合わなかった場合の近隣の安全な場所を確認

・毎年訓練を行い、対策の有効性の確認・改善を行う

避難準備・避難勧告・避難指示(自治体)

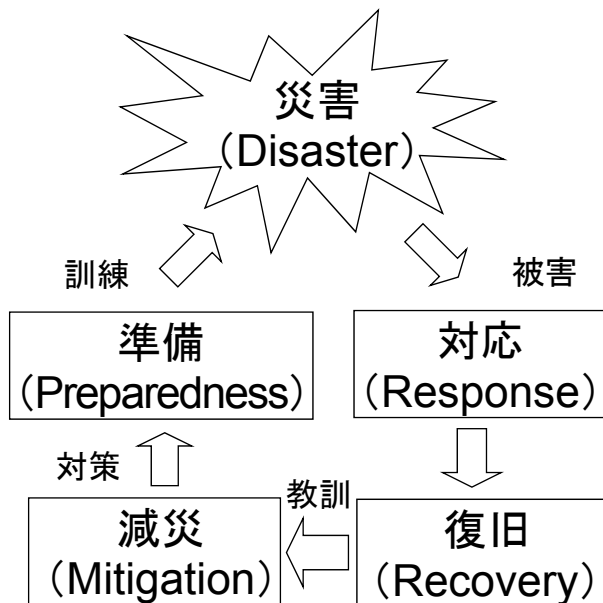


発生する災害種別に対して立退き避難が必要な場合には、当該災害に対応した**指定緊急避難場所**へ避難する。ただし、既に周辺で災害が発生している場合など、立退き避難がかえって命に危険を及ぼしかねないと自ら判断する場合は、「**近隣の安全な場所**」への避難や、少しでも命が助かる可能性の高い避難行動として、「**屋内安全確保**」を行います。

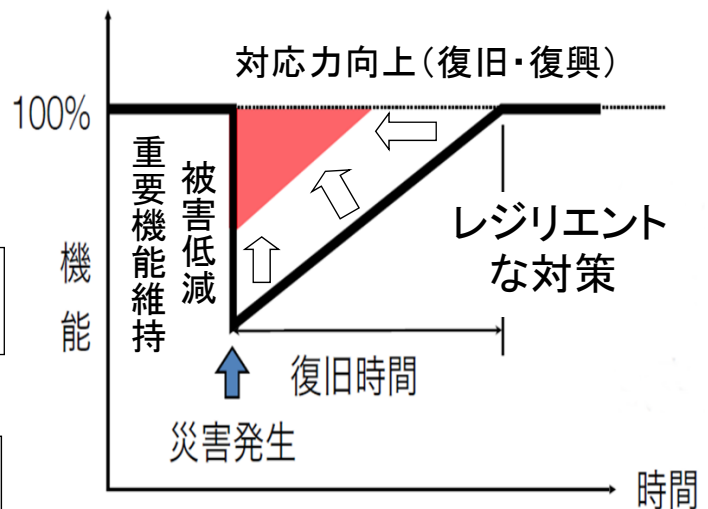
「**近隣の安全な場所**」: 指定緊急避難場所ではないが、近隣のより安全な場所・建物等

「**屋内安全確保**」: その時点に居る建物内において、より安全な部屋等への移動

レジリエンスな災害対策の概念図



危機管理サイクル



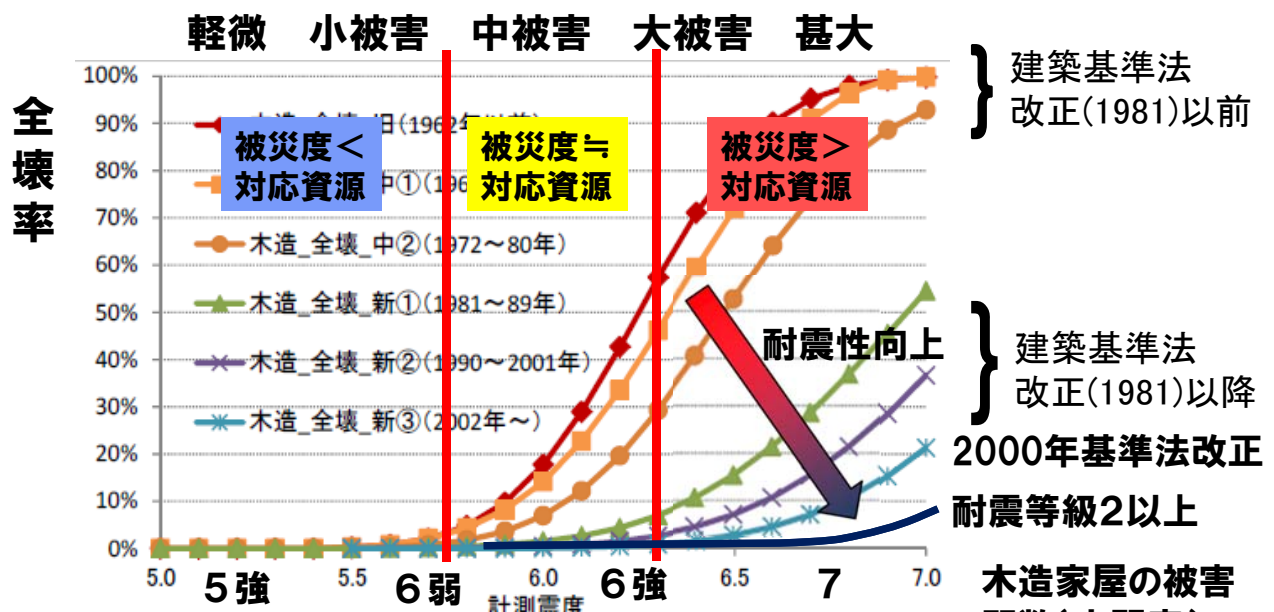
レジリエンスな災害対策

⇒ 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～極大地震対策: レジリエントな震災対策の概念

レジリエント(回復・強靱性): 事前の抵抗力 + 事後の回復力の向上



必要な対応例: 帰宅困難者 (高層ビル) 避難不要 (中心市街地) 1次滞在施設 2次災害防止 エリア外への退避
多数傷病者 一部避難 全館避難

⇒ 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

Resilience-Based Design Approach

○ 近年の大規模な自然災害を経験し、Code-Based and Performance-Based Designから回復力を基準とするResilience-Based Designへ

○ Resiliencyの判断基準にするRating Systemが実用化

The U.S. Resiliency CouncilのCoRE Ratings

Arup者のREDi™ Rating System (2013)、など

○ REDi™ Rating Systemの事例

・The 181 Fremont Tower in SF (56階・244mのS造、2017年竣工)

・ビルオーナーの高い環境・防災への要望 (LEED “Platinum” rating)

・REDi™ Rating “Gold” :

・設計基準(475年に1度)の地震で構造躯体が弾性範囲内

・Maximum Considered Earthquake (MCE; 2500年に1度の地震)には変形制御・荷重制御 (PEER-TBI(2010)に準拠)

・非構造部材が設計基準(加速度・変位)より厳しい条件をクリア

・危機管理体制の追加要求も満足

“The Resilience-Based Design of the 181 Fremont Tower” by I. Almufti et.al.,
STRUCTURE magazine, June 2016



BRB(Buckling-restrained brace)とdamperを導入したmega-brace

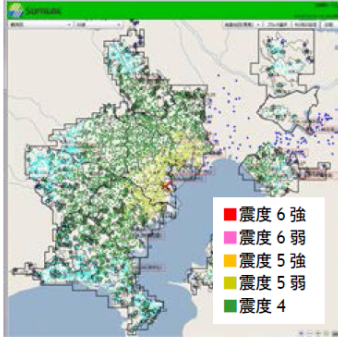
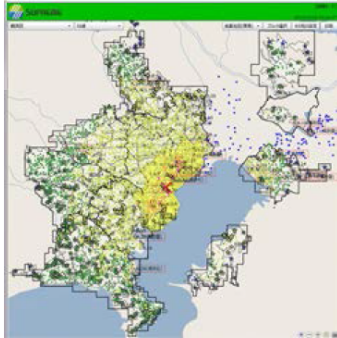
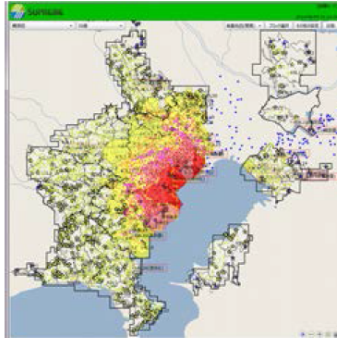


mega-braceによるエネルギー吸収型の外郭構造

施設・エリアでの被害・危機レベル別の災害対応策例(初動対応にモニタリング必須)

- ・ **超高層ビル等の大規模施設における震災レベル別対応例**
 - レベル1(小被害): 避難不要(各階待機)
 - レベル2(中被害): 部分避難(高層⇒低層など)
 - レベル3(大被害): 全館避難
- ・ **中心市街地エリアにおける震災レベル別対応例**
 - レベル1(小被害): 施設対応(帰宅困難者受け入れなど)
 - レベル2(中被害): エリア対応(傷病者対応・2次災害防止)
 - レベル3(大被害): 広域連携(エリアから避難など)
- ・ **地下街における水害レベル別対応例**
 - レベル1(小被害): 止水板設置・アンダーパス通行禁止等
 - レベル2(中被害): 出入口閉鎖・垂直避難など
 - レベル3(大被害): 大規模洪水・広域避難など

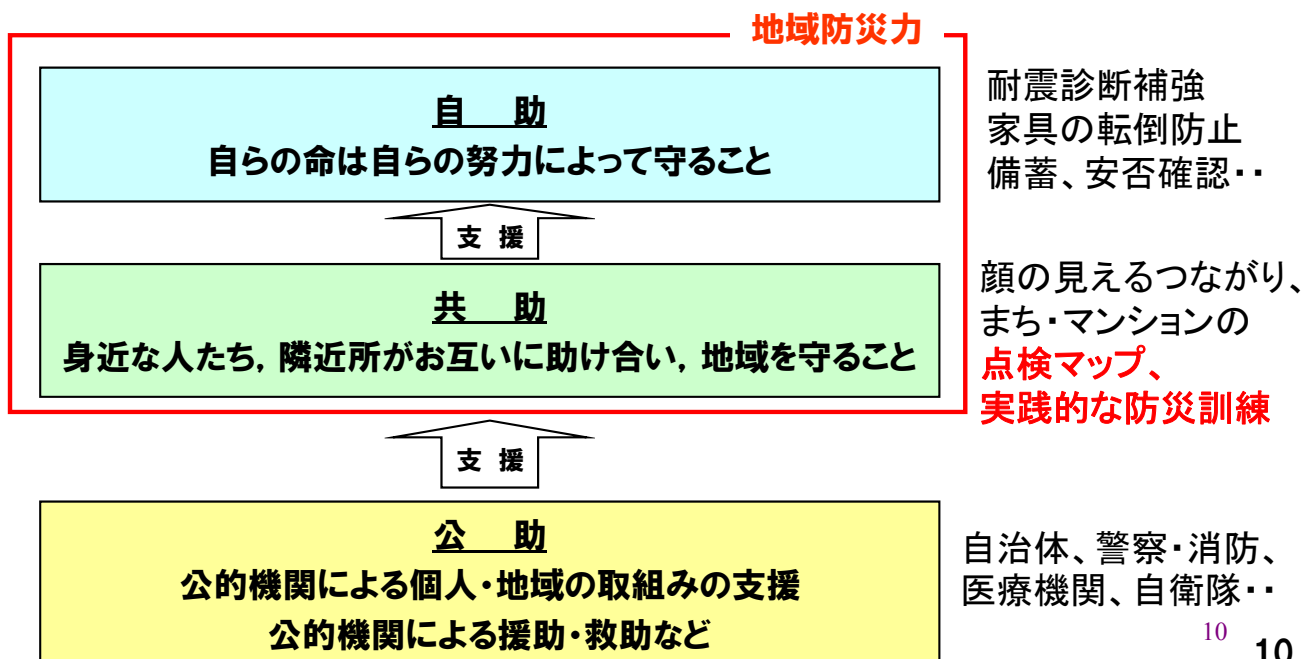
被災規模に応じたBCPの発動レベルの設定例 東京ガスの場合(対応要員の規模の目安など)

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

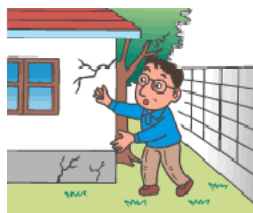
猪股 渉:東京ガスの地震防災対策～実効性のあるBCPによる首都直下地震への備え～
日本地震工学会「首都圏における地震・水害等による複合災害への対応に関する委員会」報告書(2016)

震災と防災(減災)対策

- ・首都圏直下地震(東京湾北部地震、多摩直下地震など)
- ・立川断層帯地震など
- ・海溝型巨大地震(関東地震、東海地震、東南海地震)→超高層ビル



自分・家族で行う震災対策(自助)



建物・ブロック塀などの耐震性チェック→簡易耐震診断、助成制度



転倒・落下防止

火の元点検、燃えやすいもの注意、自動消火装置
小まめにコンセントを抜く



1週間分は必要！

備蓄・非常持ち出し袋(現金、医療品、ラジオ、電池、非常食、懐中電灯、衣類等)



ガラス飛散防止など

家具・電気製品等の転倒・移動・落下防止、



消火器・消火バケツ・風呂桶に水を貯める。初期消火・通報、共助訓練



家族会議、家が被災時の集合場所や連絡先(地方の知人なども活用)

仙台市: http://www.city.sendai.jp/syoubou/bousai/taisin_taisaku.html

屋内消火栓

種別	1号消火栓および易操作性1号消火栓	2号消火栓
ホースの長さ	30m	20m
ホース口径	40mm	25mm
ノズル口径	13mm (13mm以上)	8mm以上
水源の水量	2.6㎡以上 (1基当たり)	1.2㎡以上 (1基当たり)
ポンプ起動方法	起動ボタン (1号消火栓のみ。易操作性のものは2号消火栓に準じる)	消火栓開閉弁の開放・消防用ホースの延長操作
放水量	130リットル/分以上	60リットル/分以上
放水圧力	0.17 ~ 0.7Mpa	0.25 ~ 0.7Mpa

- ・屋内消火栓それぞれ1基の防護範囲は、ホース接続口から1号消火栓及び易操作性1号消火栓では水平距離25m以下、2号消火栓では水平距離15m以下で、その階の全てが覆える様に配置します。
- ・通常壁面に取り付けますが、防火対象物の構造や用途により天井内に設置することも認められています。
- ・設置場所は階の出入り口や階段の近くの消火活動に便利な場所とし、複数階ある場合はなるべく同位置に設置します。
- ・消火栓開閉弁は床から1.5m以下となる様に設けなければいけません。

一般社団法人 東京防災設備保守協会 <http://www.hosyu-kyokai.or.jp/okunaishoukasen.html>

1号消火栓の使用方法（2人以上で操作）



1. 発信機(起動ボタン兼用)を押します。ポンプが起動すると赤色表示灯が点滅(起動確認灯が点灯)します。
 2. 消火栓の扉を開け、1人がホースが折れないよう延長し、出火元へ向かいます。(長すぎる場合は1本にします)
 3. 残る1人がバルブを全開にします(送水を確認した後、ホースの折れ等を直しながら補助をしてください)
 4. 火元に向かって放水します。*ノズルを放すと水圧の反動力でノズルが暴れ、負傷する恐れがあります。注意してください。
 5. 消火後、消火栓バルブを完全に閉鎖し、起動ボタンを元に引戻し、火災受信機を復旧させます。
 6. 消火栓ポンプ室に行き、制御盤で停止(OFF)ボタンを押しポンプを停止させてください。
- ・ホースを延長する前にバルブを開けるとホースに水が充満しホースを取り出せなくなることがあります。操作手順は必ず守ってください。

2011年東日本大震災 工学院大学・新宿校舎の被害（高層階）



28F (天井パネルの落下)



25F (コピー機の移動、室内の散乱)



24F(固定していないかった本棚の転倒、間仕切り壁の大変形)



21F (天井パネルの落下)

2011年東日本大震災 工学院大学・新宿校舎の被害（中・低層階）



14F (天井パネルの落下)



12F (事務室階:コピー機移動、室内散乱など)



2F (図書館:蔵書の散乱)



1F (アトリウム:EPJパネルの被害)

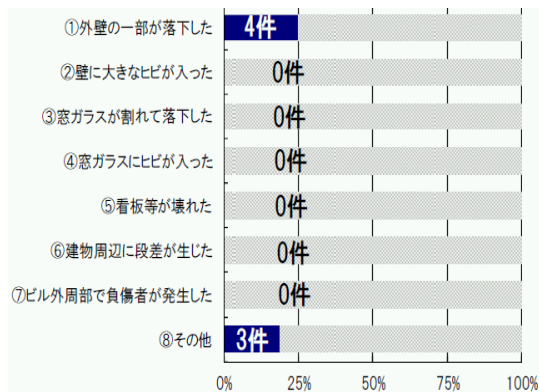


非常用エレベータメインロープ
の着床板裏への絡まり、変形破損

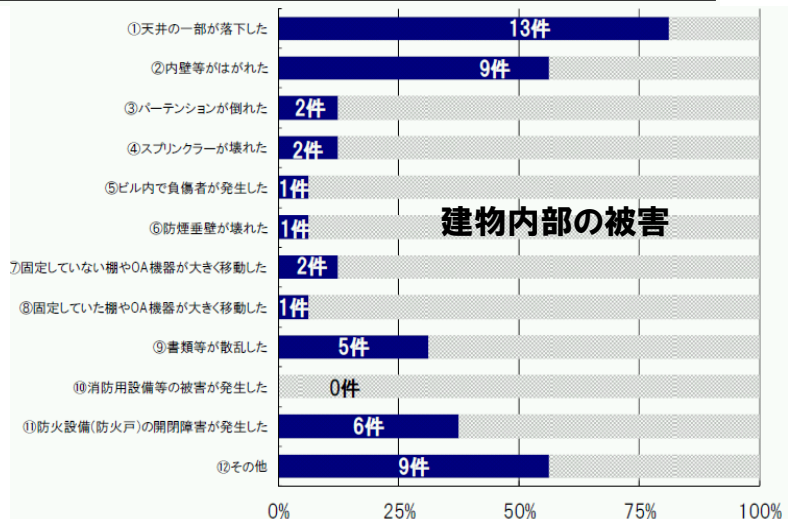
15

その他の超高層建築(新宿駅西口地域) 被害・対応に関するアンケート・ヒアリング調査 (回答:16ビル・23テナント)

ビル名	竣工年代	地上(階)	入居テナント(社)	制震機構	ビル名	竣工年代	地上(階)	入居テナント(社)	制震機構
Aビル	1990年代	20階以上	200以上	回答なし	Iビル	2000年代	20階以上	10~100	有
Bビル	1980年代	20階以上	10~100	無	Jビル	2000年代	20階以上	10~100	有
Cビル	1970年代	20階以上	10~100	無	Kビル	1970年代	20階以上	10未満	無
Dビル	1990年代	20階以上	10~100	有	Lビル	1980年代	20階以上	10未満	無
Eビル	1990年代	20階以上	10~100	無	Mビル	1980年代	20階以上	10~100	回答なし
Fビル	1990年代	20階以上	10~100	有	Nビル	1980年代	20階以上	10~100	無
Gビル	1970年代	20階以上	10~100	有	Oビル	1970年代	20階以上	10未満	無
Hビル	2000年代	20階未満	10~100	有	Pビル	1980年代	20階以上	10未満	無

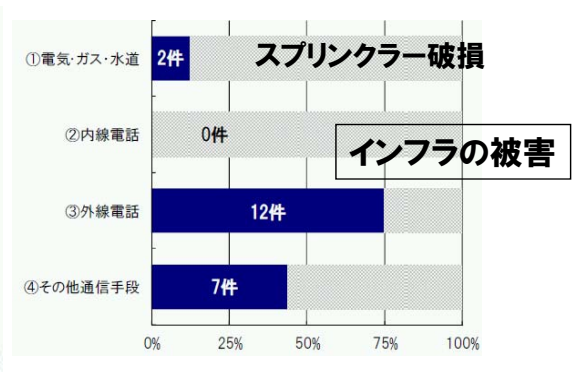
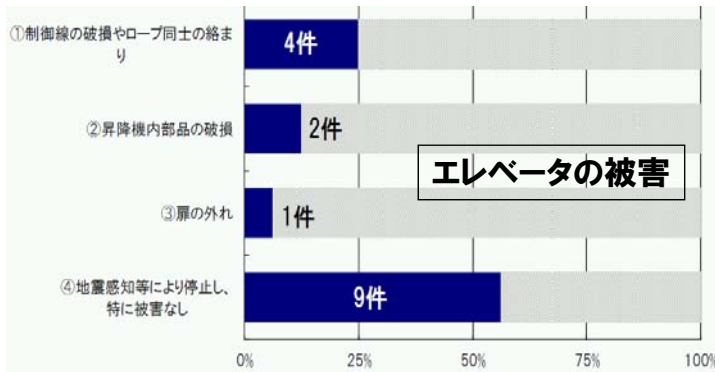


建物外部の被害



建物内部の被害

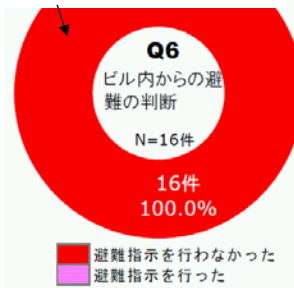
その他の超高層建築(新宿駅西口地域) 被害・対応に関するアンケート・ヒアリング調査 (回答:16ビル・23テナント)



管理会社による館内放送の内容

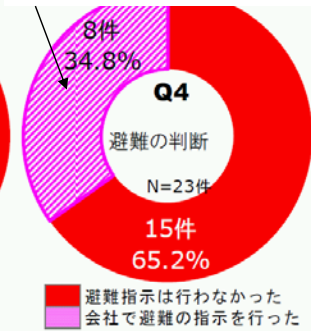
項目	詳細
地震に関する事項	地震発生 余震の発生注意喚起 建物等の被害状況
建物設備状況	ガス停止 空調設備機器の点検状況 エレベータの運行停止
安全確保	個人の身の安全確保 建物内が安全であること
帰宅困難者対応	避難所の設置情報 周辺交通機関の状況 ビル内への宿泊 備蓄品の配布状況

理由:火災なし、耐震補強していた、震度計が稼動した



管理会社

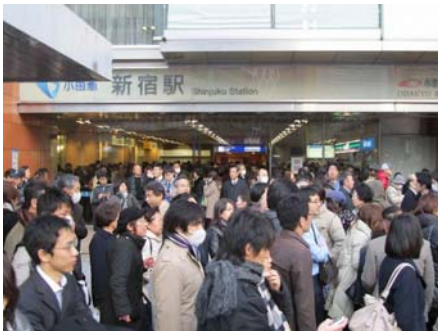
理由:従前の計画、倒壊が不安



テナント

17

新宿駅周辺地域・工学院大学校舎内の様子



新宿駅の様子(滞留者)



帰宅困難者の受入(約700名)



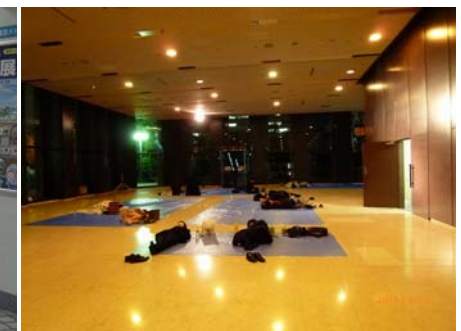
非常食・水の配布(4階)



主要街道の渋滞(青梅街道)



新宿駅西口の様子(帰宅困難者)



某超高層ビルの様子

→西口・東口現地本部は立ち上がらず、相互連絡が困難、地域情報の共有も不可¹⁸

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

19

高層建築：火災の場合 ⇒ 通報・初期消火・避難

状況	火災時
発災	一箇所（火災）
館内	エレベータ稼動、 通信通話可能
周辺	平常、消防・警察出動
状況把握	可能（防災センター）
初動対応	通報、防災センターによる避難誘導、消防隊到着・消防活動
意思決定	防災センター・消防隊
避難者	基準階、帰宅、自宅待機
対策・訓練	防火管理者、消防計画、 消防組織、消防用設備、

火災・煙探知器→自動検知
消火器・消火栓→初期消火
スプリンクラー作動→消火
電話・非常電話→通報
消火失敗・煙→基準階避難



防災センター・警備室

屋上
28F
27F
26F
25F
24F
23F
22F
21F
20F
19F
18F
17F
16F
15F
14F
13F
12F
11F
10F
9F
8F
7F
6F
5F
4F
3F
2F
1F
B1F
B2F

火災発生



- ・ 防災センター職員、消防・警察が駆けつけ
- ・ 組織トップが不在でも対応可能→人任せ
- ・ 初期消火訓練・避難訓練→逃げる訓練

高層建築：震災の場合 ⇒ 火災を除き、待機が原則

状況	地震時
発災	同時多発(火災、建物・設備損傷、什器転倒、天井・ガラス等落下、閉込め、傷病者…)
館内	エレベータ停止、ライフライン遮断、通信輻輳
周辺	広域な同時多発災害、傷病者、延焼火災、交通マヒ、ライフライン損傷、通報不可、消防・警察対応困難、大量の滞留者、治安悪化…
状況把握	困難(現場のみ)
初動対応	消防・防災センター対応困難、現場対応(初期消火、傷病者の救援救護、閉込め者救出)、避難、不明者捜索、安否確認…)
意思決定	防災センターは機能麻痺・意思決定不可、現場(自衛消防組織)、災害対策本部(責任者)
避難者	館内収容、帰宅困難者、数日滞在
対策・訓練	耐震診断・補強、転倒防止、防災管理者・防災計画・BCP策定、緊急時対応組織(現場・災害対策本部)、備蓄・資機材、非常時通信…

- ・リーダー(意思決定できる人)がいなければ機能せず
- ・発災対応訓練→被害に立ち向う訓練→自律的体制
- ・建物内・地域連携が無しでは対応が困難



東日本大震災における緊急地震速報 長周期地震動(表面波)を考慮



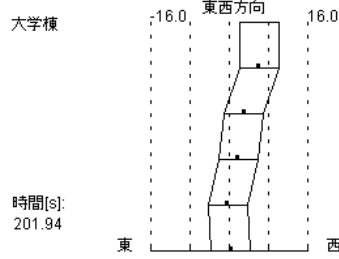
緊急地震速報(ANET)

緊急地震速報(防災科学技術研究所・工学院大学)

工学院大学新宿校舎・STEC情報ビルにおける 建物被災モニタリングシステム

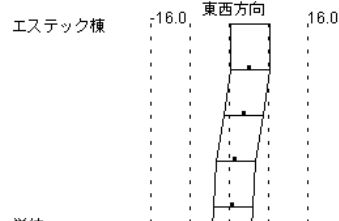
●東日本大震災による建物被災モニタリング結果

2011/03/11 14:46:00 建物振動状況



簡易震度:
最大加速度と最大速度
から計算

層間変形角:
センサー設置階の変
位とセンサー間の階高
から算出



単位:cm

色	簡易震度	層間変形角	説明
赤	6弱 以上	1/100 以上	被害が出ている可能性があります
黄	5弱～5強	1/200～1/100	軽微な被害が出ている可能性があります
青	0～4	1/200 以下	大きな被害は出ていないと思われます

2011/03/11 14:46:00 簡易震度と層間変形

階	簡易震度	層間変形(最大値)	
		東西方向	南北方向
29F	5強	1/572	1/408
22F	5弱	1/362	1/520
16F	5強	1/451	1/564
8F	5強	1/645	1/514
1F	4		

簡易震度と層間変形の説明

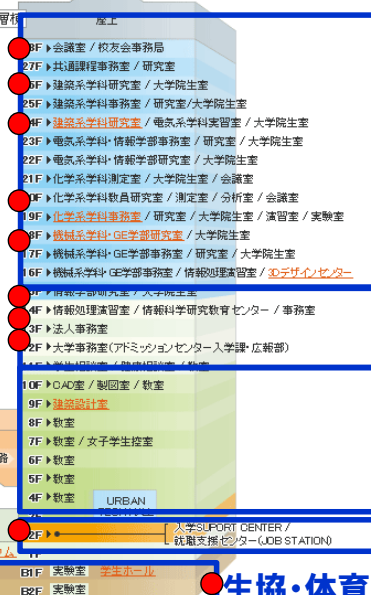
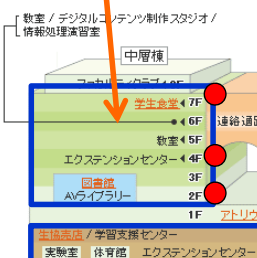
色	簡易震度	層間変形角	説明
赤	6強以上	1/50 以上	被害が出ている可能性があります
黄	5弱～6弱	1/200～1/50	軽微な被害が出ている可能性があります
青	0～4	1/200 以下	大きな被害は出ていないと思われます

協力:応用地震計測

23

工学院大学における同時多発被害への対応 学科・フロア単位での自立分散した緊急対応体制(自衛消防組織)

食堂・教室・図書
館(食堂・エクステ
ンションセンター・
図書館を拠点)
→学生の安全確
認・誘導、学科別
指定避難所



初期消火、傷病者・要援護者の救援救護と搬送、
閉じ込め者(室内、フロア内、EV内など)の救出、
被災情報等の把握、緊急情報の通報など

研究室(学科事務室を拠点)

→学科別指定避難所へ誘導、安否確認・
不明者確認、一時収容、帰宅困難対応など

事務室(法人・大学事務室を拠点)

→本部参集、教室階の支援、非常階段内の
安全確認など

教室(各教室・教員)

→学生の安全確認・誘導、学科別指定避難所

事務室(大学事務室を拠点)→災害対策本部

●生協・体育館など(生協・警備室を拠点)→要援護者の受入?



防災センター



自衛消防組織



学科事務室



災害対策本部

2010年度セミナー・講習会・訓練など (学生・教職員・地域事業者・)



学生への教育・訓練の様子（東京消防庁・日赤などの協力：上級救命士などの資格）



社会人向けのセミナー・講習会・訓練
(東京都・新宿区・新宿消防署・東京医科大学・日赤・参加企業などの協力)²⁵

2010年10月5日の防災訓練(工学院大学)

自助訓練(自衛消防組織・傷病者対応・避難・安否確認・災害対策本部)



閉じ込め者救援訓練(高層階) 傷病者救護訓練(高層階) 傷病者搬送訓練(1階広場)



安否確認訓練(低層階) 発災対応訓練(防災センター) 災害対策本部訓練(2階)

震災対策の事例(木造密集市街地) まち歩きと地域点検マップ

文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト(2002～2006)」



上十条5丁目
防災マップ

平成15年版



(東京都北区上十条5丁目)

道	幅員4.0m以上
路	幅員2.7m以上4.0m未満
	幅員2.7m未満
塀	擁壁
	スチールフェンス
	ウッドフェンス
	コンクリート高さ1.8m以上
	コンクリート高さ1.5m以上1.8m未満
	コンクリート高さ1.5m未満
	ブロック塀高さ1.8m以上
	ブロック塀高さ1.5m以上1.8m未満
	ブロック塀高さ1.5m未満
広域避難場所	スーパー・食料品等
避難所	そば屋・飲食店等
防火倉庫・資材置場	電話ボックス
防災無線	公衆電話
病院	駐車場
防火水槽・プール等	公園
消火栓	寺社
消火器	交番
電動井戸	掲示板

従来型の防災訓練(関東大震災型の逃げる訓練) 北区上十条五丁目の防災訓練(2004年9月)



まずは避難所に避難訓練、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

まちなか発災対応訓練の例(東京都北区上十条)

文部科学省「大都市大震災軽減化特別プロジェクト(2002～2006)」

- ・訓練開始直前: まちなか災害発生(看板を電柱設置)
- ・訓練開始: みんなで声を掛け合い、発災対応
- ・一時集合場所・避難所に集合: 被災マップで対応検討



火災被害 → 10分以内
に消火器・水入り
バケツを集約



建物被害 → 建物の
被害状況と要援護者
の有無の確認



道路被害 → 道路を
迂回する
ほか、負傷者対応など

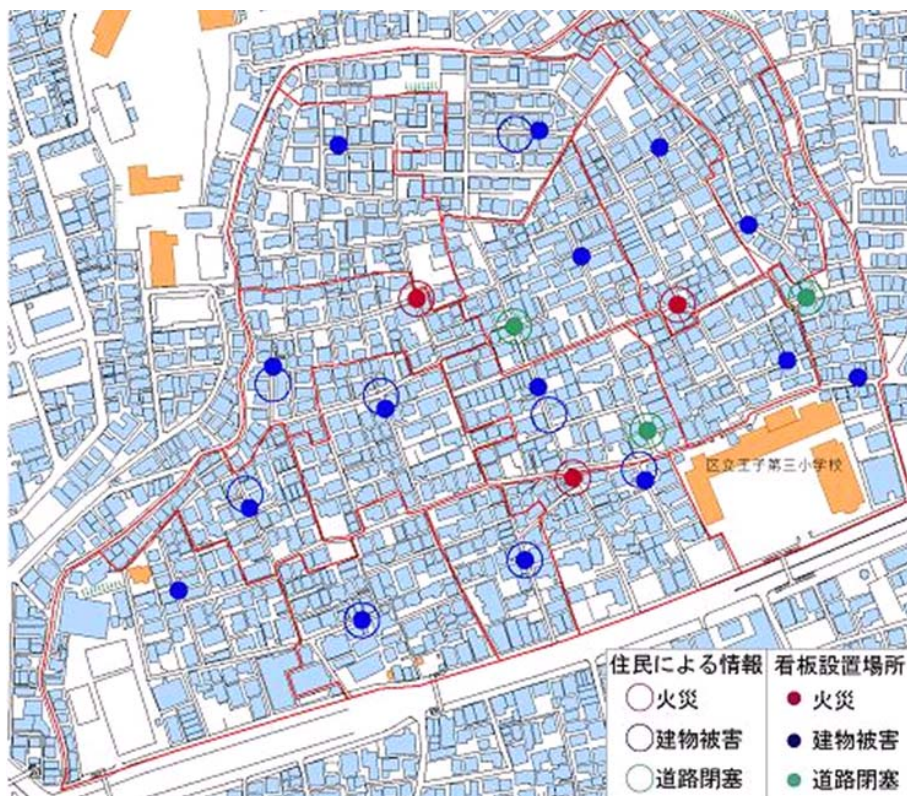
まちなか発災対応訓練の例(東京都北区上十条)



被災看板



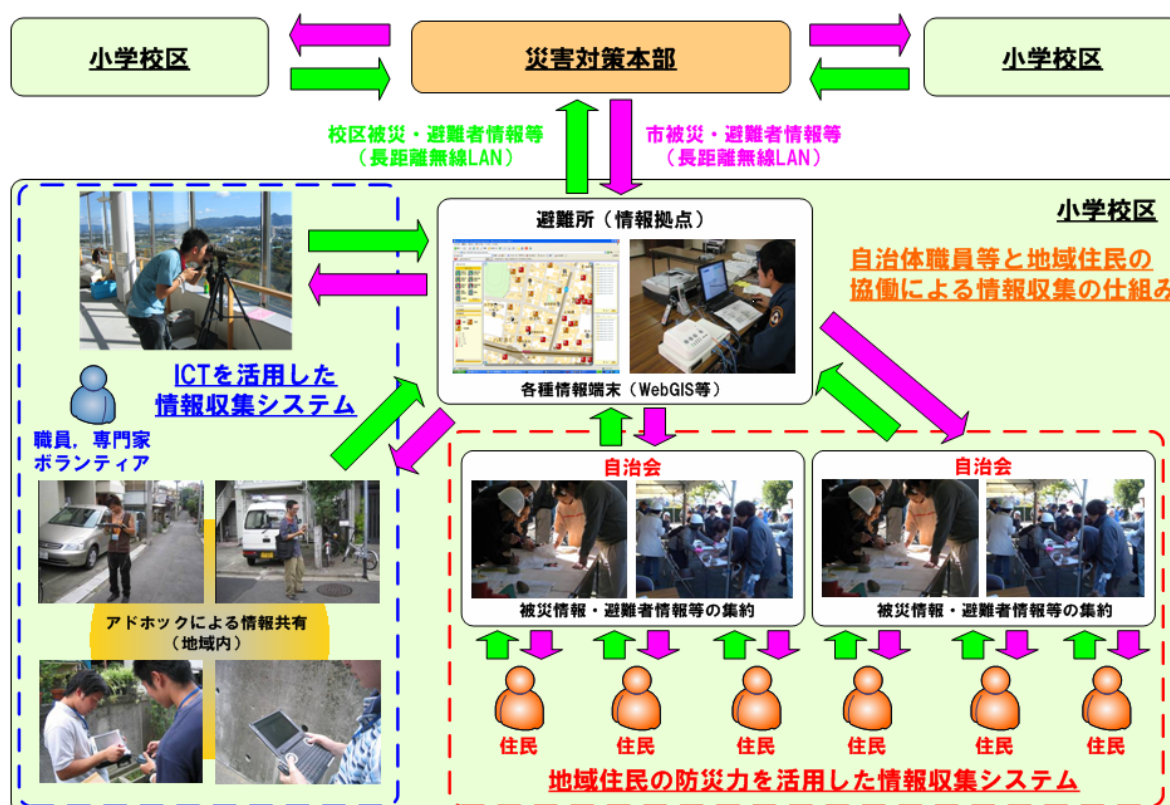
まちなか発災対応訓練(情報収集・被災マップ作成)



2005年は22分で被災マップが完成(2004年は約40分)

自治体と地域住民の協働による 効率的な情報収集と災害対応力の向上

危機管理対応情報共有技術による減災対策(科学振興調整費:2004~2006)



2006年豊橋市防災訓練の流れと概要

危機管理対応情報共有技術による減災対策(科学振興調整費:2004~2006)

実施日:2006年11月12日(日)

対象地域:豊橋市

住民参加:八町校区、栄校区

①地震発生と初動対応

住民:情報収集、消火・避難活動

市:災害対策本部・避難所設営

参加機関:・収集端末による情報収集

②情報伝達と集約

住民:被災マップ作成と伝達

市:情報の入力・伝達・集約(校区⇔市)

参加機関:各種シミュレーション開始

③シミュレーション結果の伝達・表示

参加機関:各種シミュレーション結果

市:情報伝達・表示(校区⇔市)

住民:避難勧告など情報伝達



まちなか発災対応訓練の例(豊橋市防災訓練)

住民:情報収集、消火・避難活動(飽海地区73名、山田地区153名)



初期消火訓練
(消火器・バケツ・消火栓)



被災マップ作成
(総代確認)



一般防災訓練
(消火器・救援・救護)



避難訓練(要援護者)



避難者名簿作成



校区防災拠点

被災マップ(飽海地区住民)

発見ミス
一箇所

約30分
でマップ
完成

