

## Ⅱ－３ 区部・多摩の被害の様相

### 1 地震動予測結果

#### (1) 南海トラフ巨大地震の地震動分布

区部・多摩の東側ケースによる震度分布は、震度5弱が主体となっている。

また、区部の東部並びに羽村市、昭島市、日野市、八王子市及び町田市などでは震度5強となっている。

なお、震度6弱が想定される範囲はごく一部に留まる。

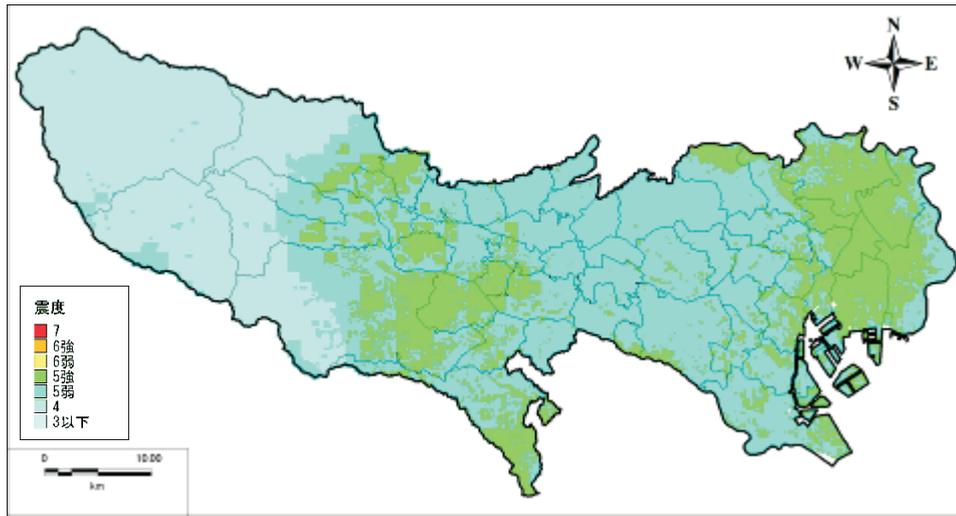


図 南海トラフ巨大地震(M9.0)東側ケースの震度分布図

東側ケースの震度分布に、距離減衰式による経験的手法の震度を重ねた分布は、一般的に大きく震度5強が主体となる。震度5弱の地域は区部西部並びに青梅市、日の出町、あきる野市及び八王子市の西部である。東側ケース+経験的手法のケースで、震度6弱が想定される範囲は、東側ケースのみの場合より増えるものの、やはりごく一部に留まる。

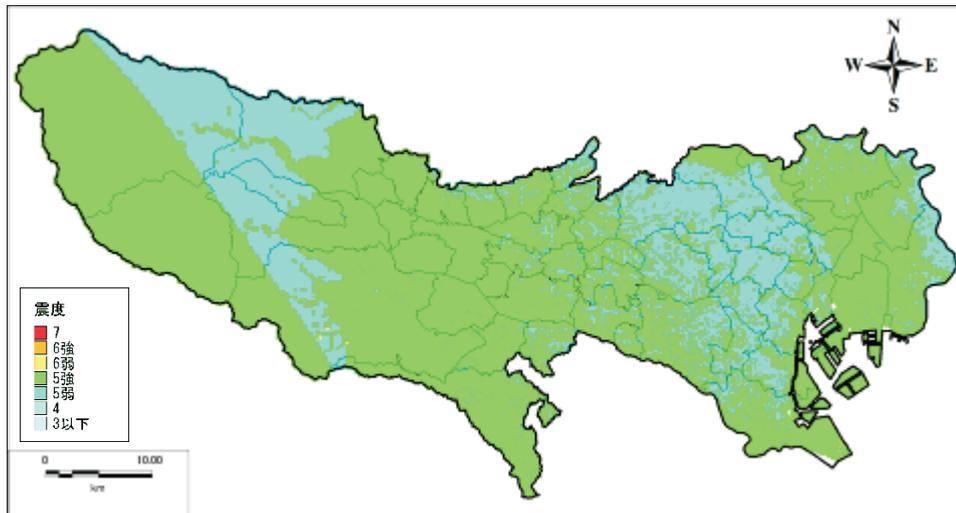


図 南海トラフ巨大地震(M9.0)東側ケース+経験的手法の震度分布図

## 2 液状化危険度予測結果

### (1) 南海トラフ巨大地震の液状化危険度分布

液状化危険度の検討では、震度分布を入力して計算している。区部東部では震度5強から5弱が主体であり地震動が小さいことから、液状化危険度の低い地域が大半を占める想定結果となった。

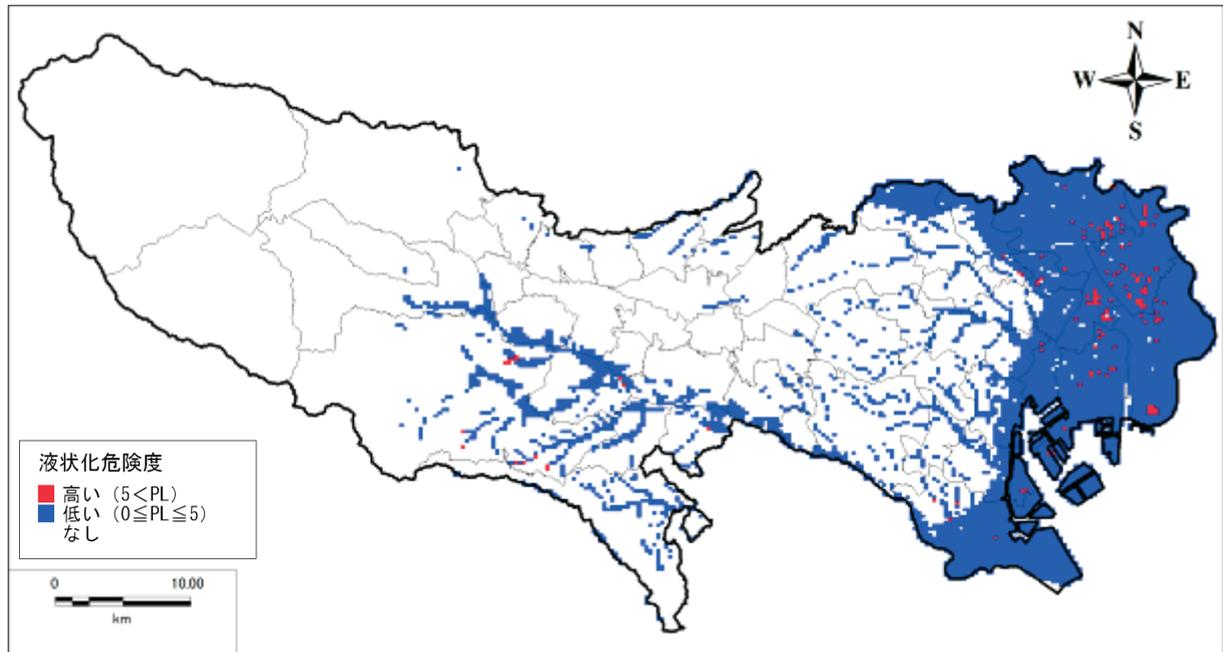


図 南海トラフ巨大地震(M9.0)東側ケースの液状化危険度分布図(区部・多摩)

### 3 津波高及び浸水域予測結果

#### (1) 南海トラフ巨大地震の浸水分布

- 南海トラフ巨大地震（津波用：M9.1）の5つのケースをシミュレーションしたところ、ケース②・水門閉鎖の場合で津波高が最大2.48mを示した。いずれのケースでも、水門閉鎖の場合では、堤内地への浸水は見られず、堤外地である一部の河川敷等への浸水に留まっている。
- 水門開放の場合では、堤防や護岸が低い箇所からの浸水が見られた。浸水が最大になるのは、ケース②・水門開放の場合であった。区部への浸水は、東京都（2012）の元禄型関東地震（M8.2）の場合を下回る。

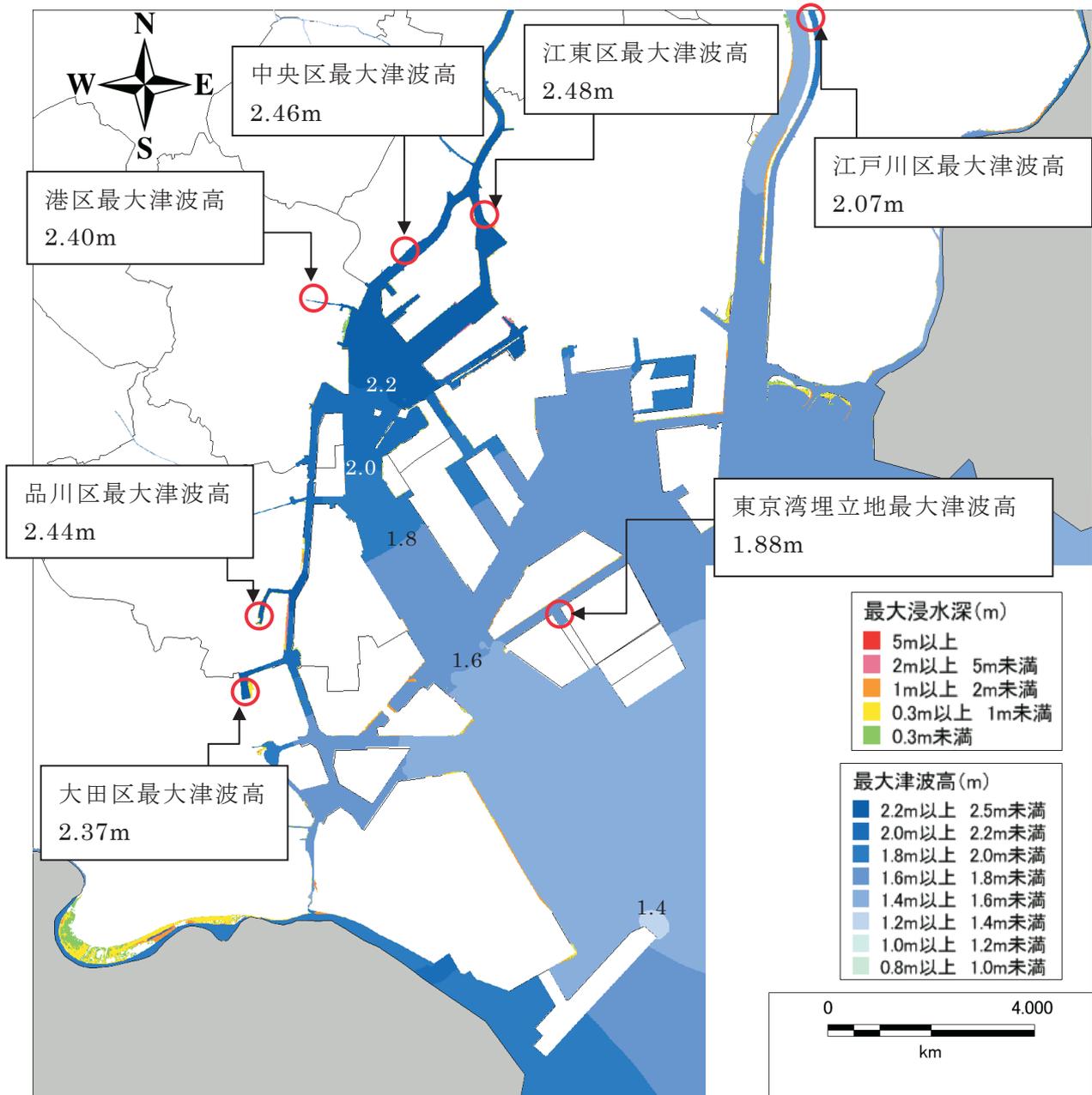


図 区部(東京湾岸)の最大津波高・最大浸水深分布図  
 (南海トラフ巨大地震(M9.1)ケース②・水門閉鎖の場合)  
 (最大津波高の値は、地殻変動量を考慮した場合の値)



図 区部(東京湾岸)の最大津波高・最大浸水深分布図  
 (南海トラフ巨大地震(M9.1)ケース②・水門開放の場合)  
 (最大津波高の値は、地殻変動量を考慮した場合の値)

## 4 建物被害・人的被害等（定性評価）

区部・多摩における、南海トラフ巨大地震が発生した場合の短周期地震動による建物被害・人的被害等は、最大震度がごく一部の地域で6弱となるものの、ほとんどの地域で5強以下となることから首都直下地震等と比較して極めて限定的なものになると想定される。

ここでは、南海トラフ巨大地震が発生した場合の短周期地震動による建物被害・人的被害等の様相について、定性的に記述する。

なお、首都直下地震等による建物被害・人的被害等の被害想定は平成 24 年 4 月に公表済みである。

### （1）建物被害

#### ①揺れ・液状化・急傾斜地崩壊・津波等による建物被害

- ・ 南海トラフ巨大地震が発生した場合、区部・多摩のほとんどの地域で震度5強以下であり、津波浸水域もごく一部であることから、揺れ・液状化・急傾斜地崩壊・津波等による建物倒壊は限定的である（首都直下地震等の想定結果を大きく下回る）と想定される。

#### ②火災による建物被害

- ・ 区部・多摩における南海トラフ巨大地震が発生した場合の出火件数は限定的である（首都直下地震等の想定結果を大きく下回る）と想定される。
- ・ 出火場所が木造住宅密集地域等である場合は、延焼して多くの建物が焼失する可能性がある。

#### ③屋外転倒、落下物の発生

- ・ 揺れにより、ブロック塀や自動販売機等の倒壊、屋外の看板等の落下、室内の家具等の転倒・落下、ガラスの破損等が発生するものの、被害は限定的である（首都直下地震等の想定結果を大きく下回る）と想定される。

### （2）人的被害、生活支障等

#### ①死傷を伴う人的被害

- ・ 南海トラフ巨大地震が発生した場合、区部・多摩のほとんどの地域で震度5強以下であり、津波浸水域もごく一部であることから、死傷を伴う人的被害は限定的である（首都直下地震等の想定結果を大きく下回る）と想定される。ただし、堤外地等の津波浸水域に滞留者がいた場合には、被害が生じる可能性がある。
- ・ 揺れに驚いたドライバーがハンドル操作を誤り、交通事故が発生する可能性がある。
- ・ 揺れを感知して列車が急停車することにより、乗客の中にけが人等が発生する可能性がある。

#### ②避難者

- ・ より被害の大きい地域から疎開する避難者が多く流入する可能性がある。

③帰宅困難者（一斉帰宅の抑制が徹底されない場合）

- ・ 首都圏全域で公共交通機関が停止し、外出先に滞留する人が多数発生する可能性がある。
- ・ 安否確認ができずに家族や自宅等の状況が心配で帰宅を急ぐ人が多く発生することにより車道を歩いて帰る人も発生し、車道は自動車で渋滞する可能性がある。
- ・ むやみに移動を開始すると、路上では大混雑が発生し集団転倒などの危険性が高まる可能性がある。
- ・ 緊急輸送道路等にも徒歩帰宅者があふれ、救命・救急活動、消火活動、緊急輸送活動等に支障が生じる可能性がある。

④ライフライン被害

- ・ 南海トラフ巨大地震が発生した場合、区部・多摩のほとんどの地域で震度5強以下であり、津波浸水域もごく一部であることから、上下水道、電力、通信、ガス等のライフライン被害は限定的である（首都直下地震等の想定結果を大きく下回ると想定される）。

⑤交通施設被害

- ・ 南海トラフ巨大地震が発生した場合、区部・多摩のほとんどの地域で5強以下であり、津波浸水域もごく一部であることから、道路、鉄道、港湾、空港等の交通施設被害は限定的である（首都直下地震等の想定結果を大きく下回ると想定される）。
- ・ 多くの鉄道は震度5強以上で運行を停止し、点検等を行うことから発災当日から翌日にかけて輸送できない可能性がある。
- ・ 被害が大きいと想定される地域（東海地方以西）へ向かう道路・鉄道等は、中長期にわたり利用できない可能性がある。

⑥物資不足（家庭等での備蓄が十分なされていない場合）

- ・ 買いだめや、買い急ぎ行動が起こり、小売店舗の食料品や生活必需品が品切れとなる可能性がある。
- ・ 首都圏周辺地域の流通関連施設(店舗、倉庫、流通センター等)の被災、ライフライン機能支障及び交通機能支障に伴う流通機能低下により、食料や生活必需品の購入困難が継続する可能性がある。
- ・ 都内のガソリンスタンドにガソリンがあまり供給されず、ガソリンを入手できない車が续出する可能性がある。
- ・ 農産物の生産地、飲食料品の製造工場や包装材等の工場等が被災し、食料等の生産・供給が全国的に困難となることから、中長期にわたり都内の小売店等に供給される商品量が減少し、物資不足が深刻になる可能性がある。

⑦医療機能支障

- ・ 広域医療搬送により被災地から多くの重症者が都内の病院に運び込まれることにより、医療需要が増加して対応力が低下する可能性がある。
- ・ 病院では、暖房用灯油や非常用発電燃料が不足し始め、医療機器の使用が困難となる可能性がある。また、輸送・物流が停滞・遅延し、医薬品が不足するほか、搬送の必要な患者や慢性疾患の患者への医療活動が困難となり始める可能性がある。

- ・ 停電が長期化する場合、病院内の非常用発電機の燃料の枯渇等によって医療機器が停止し、治療が困難になる可能性がある。

#### ⑧震災関連死、PTSD（心的外傷後ストレス障害）

- ・ 停電の長期化により、在宅医療者等の震災関連死が発生する可能性がある。
- ・ 被害が大きな地域では、家族や仕事を失うこと等の大きな精神的ストレスからアルコール摂取量が増えて健康を害する、悲観的になり自殺を図る等により死亡する人が発生する可能性がある。
- ・ 被害が大きな地域では、生活不活発病等により健康を害し、死亡する避難者や在宅者が発生する可能性がある。

#### ⑨エレベータ閉じ込め

- ・ 運転中の地震の発生により多くのエレベータが停止し、エレベータ内に閉じ込められる人が多数発生する可能性がある。
- ・ 広域災害であるため、エレベータ内に閉じ込められた人の救出に時間がかかる可能性がある。
- ・ 夏季の閉じ込めにより、熱中症患者が多く発生する可能性がある。

#### ⑩経済や企業活動への影響

- ・ 建物被害、ライフライン・交通施設の被災等による直接的な経済被害は限定的であるが、関連企業や取引先企業の被災やサプライチェーンの寸断による経済・企業活動への影響は甚大となる可能性がある。
- ・ 生産力の低下、取引先企業の被災により収益が低下し、財務が悪化する企業が発生する可能性がある。
- ・ 企業収益の低下により、倒産・解雇等により失業者が発生する可能性がある。また企業等からの税収が減り、東京都や区市町村の財政が悪化する可能性がある。

## 5 長周期地震動による影響（定性評価）

### （1）長周期地震動による超高層ビルへの影響

長周期地震動が超高層ビルに与え得る影響について、都民への防災意識の啓発・対策促進につなげるための検討材料を整理する。

#### ① 超高層ビル立地概況

都内に立地する高さ 60m を超える建築物の現況データを収集・整理した。

#### ○ 消防の査察データに基づく整理

東京消防庁の査察データに基づき、都内に立地する高さ 60m を超える高層建築物について、合計 1,035 件のデータが得られた（平成 24 年 11 月末時点）。内訳は次のとおり。

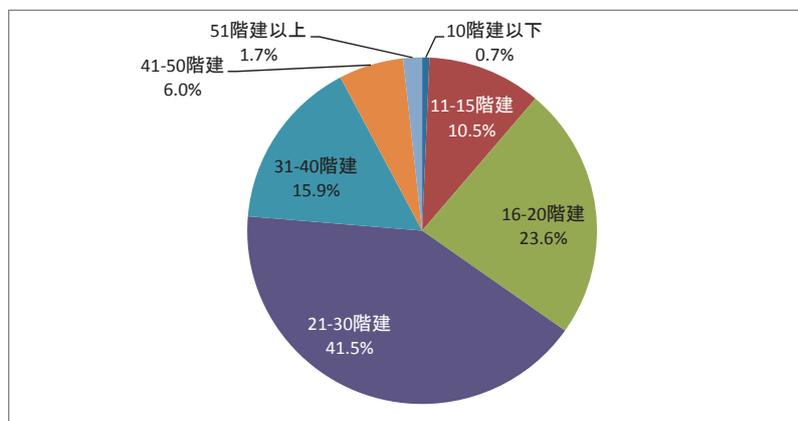


図 消防査察データに基づく都内高層建築物の階数別割合

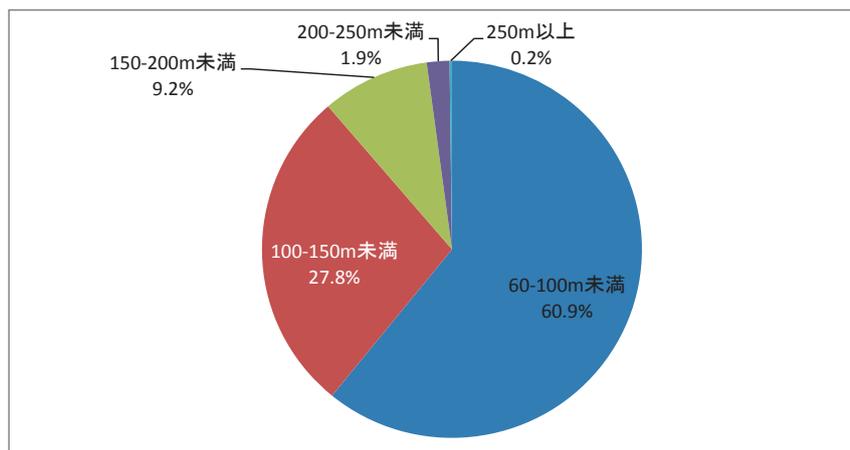


図 消防査察データに基づく都内高層建築物の高さ別割合

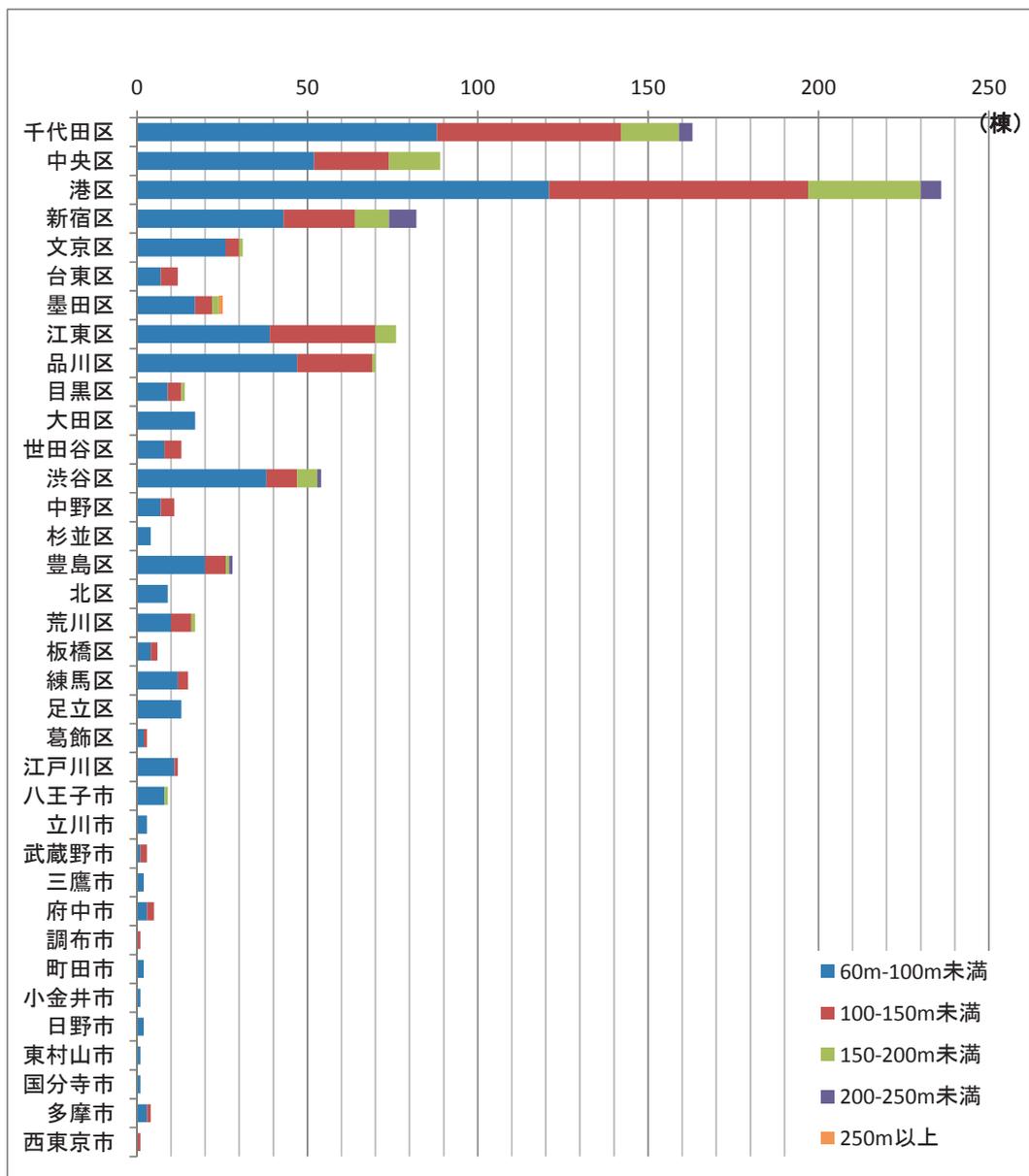


図 消防査察データに基づく都内高層建築物の所在区市別棟数

○ 建物構造に係るデータの補完

査察データで得られなかった建物構造に係るデータ（構造種別、免制振の有無）について、ビルディングレターや各ビルのホームページに基づき補完した結果を示す。

なお、ビルディングレターは、一般財団法人日本建築センター（BCJ）が発行しており、建築基準法令等の改正内容やBCJで審査（評定）が完了した超高層ビル等の概要をまとめた性能評価シート等が掲載されている機関誌である。

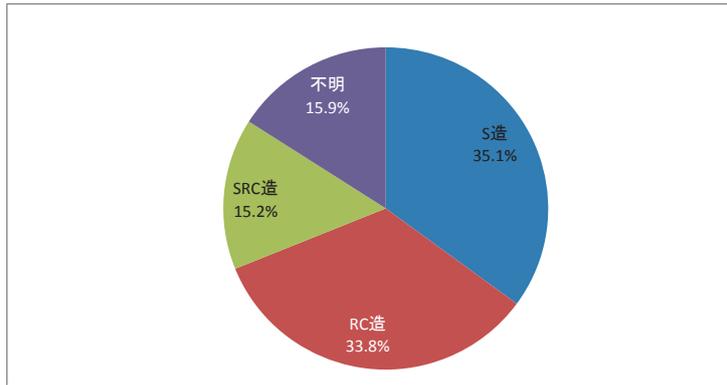


図 構造種別に応じた棟数割合

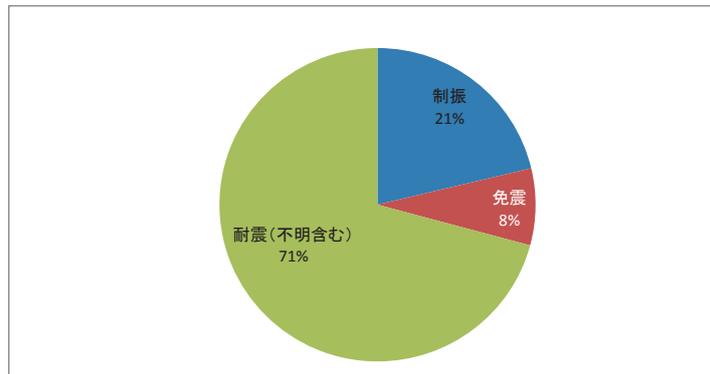


図 免制振の有無に応じた棟数割合

表 高さ別・構造別棟数

高さ区分 (軒高)	耐震(不明含む)				制振				免震			総計
	S造	RC造	SRC造	不明	S造	RC造	SRC造	不明	S造	RC造	SRC造	
60-100m 未満	123	156	92	123	49	24	8	2	11	40	3	631
100-150m 未満	75	54	27	35	34	25	15		5	15	3	288
150-200m 未満	18	15	4	3	29	17	3	1	1	3	1	95
200-250m 未満	8				9	1	1	1				20
250m 以上					1							1
総計	224	225	123	161	122	67	27	4	17	58	7	1,035

## ②東日本大震災における超高層ビルの被害の実態

### 【留意点】

東日本大震災における超高層ビルの被害の実態は、海溝型地震（元禄型関東地震、南海トラフ巨大地震）の被害状況を類推する上で参考になるが、地震動のレベル・周期特性が異なると、東日本大震災よりも深刻な被害になり得ることに留意が必要である。

例えば、東海・東南海・南海地震の三連動地震発生時における、東京に建つ周期2～6秒の超高層ビルの揺れは、東日本大震災の2倍以上の大きさ、継続時間10分以上と考えられている<sup>8)</sup>。

### ○ 首都圏及び宮城県内の超高層ビルで観測された揺れ

次の2つの図は、日本建築学会が調査した首都圏における鉄筋コンクリート系高層集合住宅と、鉄骨系超高層オフィスビルにおける強震記録から求めた最大加速度の高さ方向の分布図である。

建物高さは17階建てから50階建てまでであるが、図では最上階を1に基準化している。図より1階の最大加速度は50～150 cm/s<sup>2</sup>程度であるが、最上階では100～400 cm/s<sup>2</sup>程度まで増大していることが分かる。一方、加速度は低層から上層階まで単純に増大するのではなく、中層～最上階の間で下層階より加速度が小さくなる階が現れている。

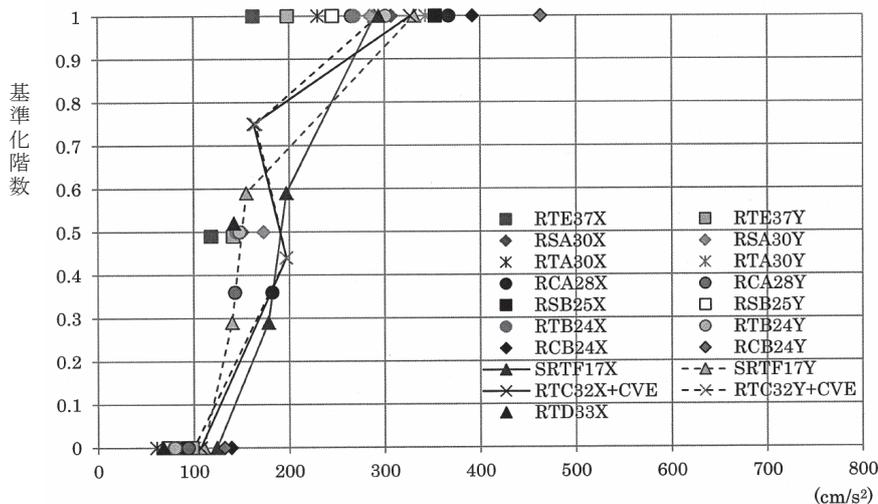


図 首都圏(東京都・埼玉県・千葉県)の鉄筋コンクリート系高層集合住宅の最大加速度の高さ方向分布<sup>8)</sup>

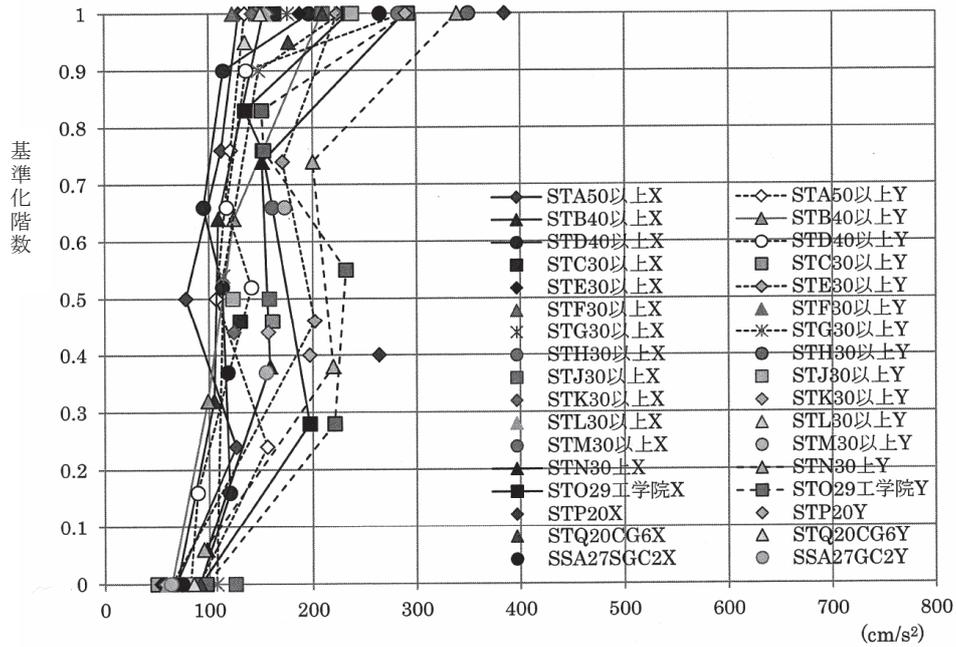


図 首都圏(東京都・埼玉県)の鉄骨系超高層オフィスビルの最大加速度の高さ方向分布<sup>8)</sup>

一方、下図はより大きな揺れを経験した仙台市を中心とする宮城県の高層集合住宅と鉄骨系超高層オフィスビルの最大加速度の高さ方向の分布である。建物階数は21階から28階建てまで分布しており、1階の最大加速度は200~300 cm/s<sup>2</sup>程度であるが、最上階では鉄骨造では300~450 cm/s<sup>2</sup>、鉄筋コンクリート造では450~600 cm/s<sup>2</sup>まで増大している。

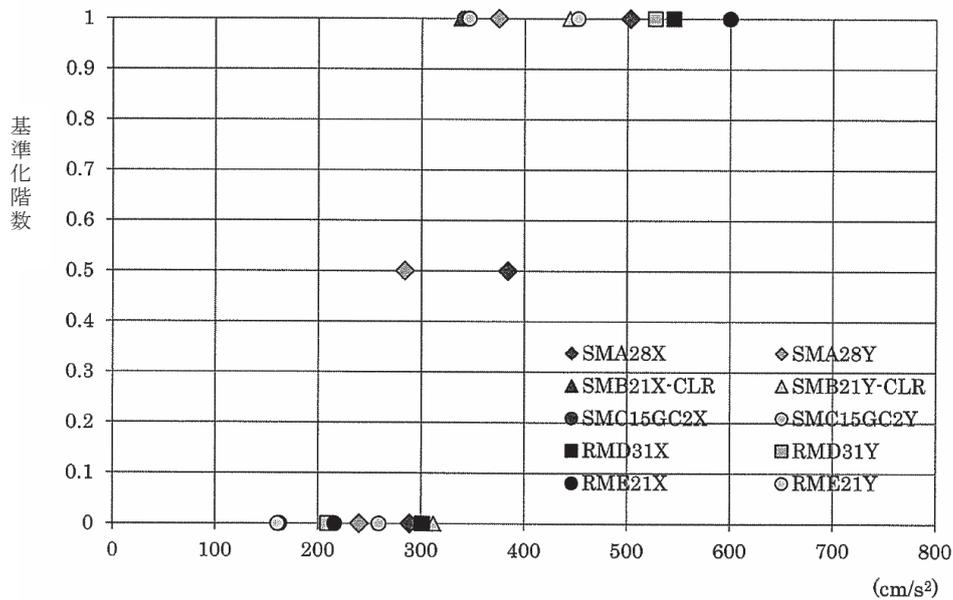


図 宮城県の鉄筋コンクリート系高層集合住宅と鉄骨系超高層オフィスビルの最大加速度の高さ方向分布<sup>8)</sup>

## ○ 工学院大学新宿校舎で観測された揺れ・被害等の状況

東京都における具体的な超高層建築の強震観測と被害の事例として、工学院大学・新宿校舎（29階建て鉄骨造建築）を紹介する。

下図は建物の立面と観測した加速度波形（南北成分）を高さ方向に並べている。1階の大きな揺れの継続時間は100秒程度であるの対し、最上階では300秒以上と非常に長くなっている。

また、1階の最大加速度は $97\text{ cm/s}^2$ （震度4、変位で約10cm）であるが、最上階では $291\text{ cm/s}^2$ （震度6弱、変位で約40cm）まで増大している。加速度は1階から16階までは増大しているが、22階では一度小さくなり、29階では再び大きくなっている。これは、この建物の1次モード（周期約3秒）に加え、2次モード（周期約1秒）でも大きく揺れていたためである。

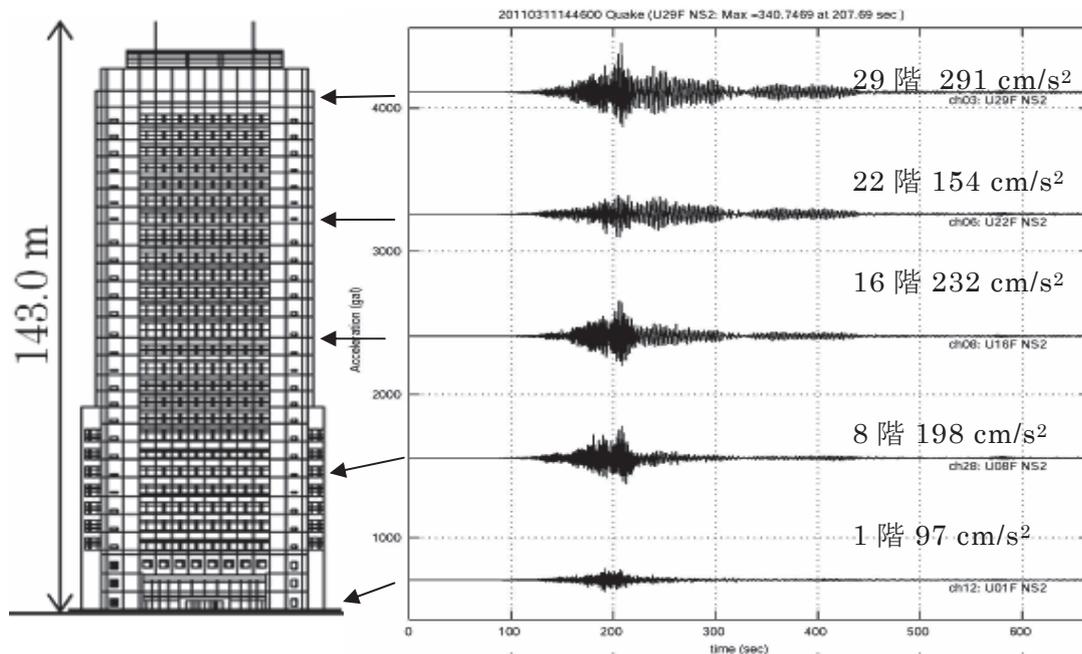


図 工学院大学新宿校舎における強震記録（南北成分の加速度、図中の観測階と最大値）

※ 久田委員提供資料

加速度の分布に対応して、工学院大学新宿校舎では中層階から高層階にかけて被害が生じた。

写真1に示すように、システム天井のパネルの落下やたわみは、中層階から高層階（14～28階）で広く見られた。ほとんどの家具やコピー機は固定してあったが、写真2に示すように固定していない本棚の転倒と、それによるパーティション（間仕切り壁）の変形が24階で見られ、写真3に示すように中層以上の階で固定していなかったコピー機の移動が確認された。幸いなことに負傷者は発生しなかった。

また、1台のエレベーターロープが絡まり、機器に一部損傷があり、3週間ほどエレベーターの使用停止を余儀なくされた。写真4は、新宿西口の別の超高層建物のエレベーターのコンペンロープ（テールロープ）の被害例である。

なお、工学院大学新宿校舎では、地震計を活用した「即時被災度判定システム」（「③定性的な被害の様相」【F】参照）により建物に大きな損傷がないことを速やかに確認できたため、在館者を避難させず、更に外部から約700名の帰宅困難者を受け入れることができた<sup>10)</sup>。



写真1 天井パネルの落下(28階)



写真2 本棚の転倒(24階)



写真3 コピー機の移動(12階)



写真4 新宿西口超高層ビルのエレベータ被害例

※ 久田委員提供資料

## ○ 都内における家具転倒等の被害状況<sup>11)</sup>

東京消防庁は東京都内で震度5強が観測されたことを受け、家具類の転倒・落下・移動等に関するアンケート調査を実施した。実施期間は平成23年7月1日から同月27日までで、東京消防庁管内の全消防署の職員による配布・回収により行われた。その結果、一般世帯では1,206件(二人以上の世帯)、事業者では1,224件の回答を得ている。以下に主な結果を示す。

### 【一般世帯における被害状況】

居住建物の内訳は、1階建て及び2階建てが11%、3階建てから5階建てまでと6階建てから10階建てまでがともに29%、11階建てから14階建てまでが26%、15階建て以上が5%であった。

次の図は、家具類の転倒・落下・移動と負傷者の有無、及び転倒・落下・移動した家具の内訳を示している。ここで移動とは、転倒せずにおおむね60cm以上の移動を意味する。

家具類の転倒・落下・移動は22%で発生しており、そのうち負傷者の発生無しが257件、負傷者の発生有りが2件であった。家具類の転倒・落下・移動の内訳は、タンスや本棚、食器棚など、重量ある多くの家具が転倒している。

なお、家具類の転倒・落下防止対策について 59 %の世帯で実施していたと回答している。

多くの重量ある家具が転倒している一方で、負傷者の発生が少なかった理由は、地震の発生した時間帯と、地震動の揺れ方にあると考えられる。地震の発生した時間帯が日中の午後 2 時 46 分であり、在宅していた人数は少なかったこと、就寝や食事準備の時間帯で無かったため、タンスや食器棚・冷蔵庫の近くにいなかったこと、などが考えられる。一方、地震動の揺れ方は、震源（破壊の開始点）が宮城沖の遠方であったため、揺れの開始から最大震度に達するまで数十秒の時間があり、危険物からの退避行動を行う余裕があったと考えられている。

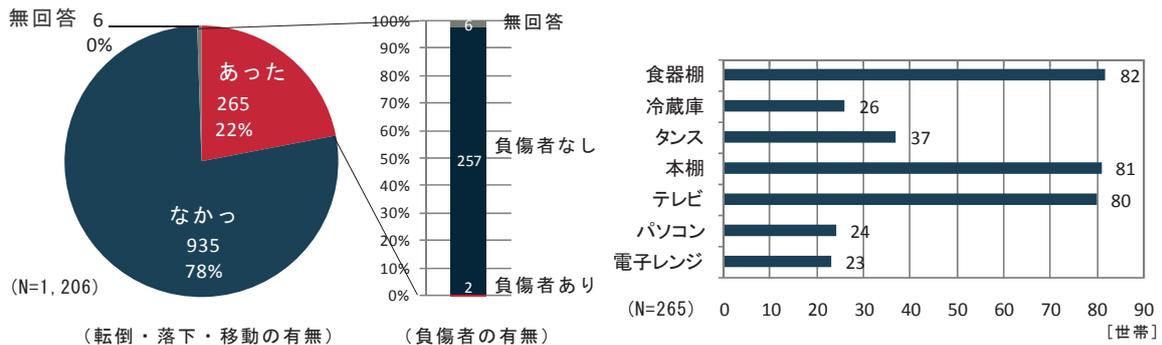


図 家具類の転倒・落下・移動及び負傷者の有無 図 転倒・落下・移動した家具類(一般世帯)

下図は、階層別の転倒・落下・移動の発生割合である。高い建物ほど転倒・落下・移動の割合が高くなっており、高層階で大きく揺れたことが確認できる。

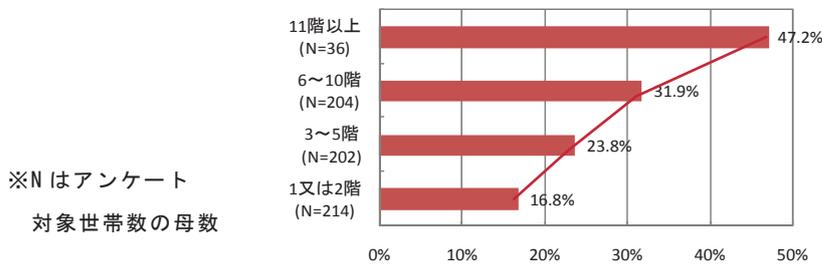


図 階層別家具類の転倒・落下・移動発生割合(一般世帯)

### 【事業所における被害状況】

建物の内訳は、1階建て及び2階建てが 19 %、3階建てから5階建てまでが 33%、6階建てから10階建てまでが 29 %、11階建てから14階建てまでが 5 %、15階建て以上が 13%であった。

次の図は、オフィス家具類の転倒・落下・移動と負傷者の有無、及び転倒・落下・移動した家具の内訳である。

家具の転倒・落下・移動は 20 %で発生しており、そのうち負傷者の発生無しが 230 件、負傷者の発生有りが 3 件であった。家具類の転倒・落下・移動の内訳では、商品陳列棚の転倒・落下が多く、書庫やキャビネット、スチールラックなど多くの重量什器の転倒・落下があったことが分かる。ちなみに家具類の転倒・落下防止対策について 56%の事業者で実施していたと回答している。負傷者の発生が少なかった理由は、揺れの開始から最大震度に達するまで数十秒の時間があり、危険からの退避行動が行える余裕があったと考えられる。

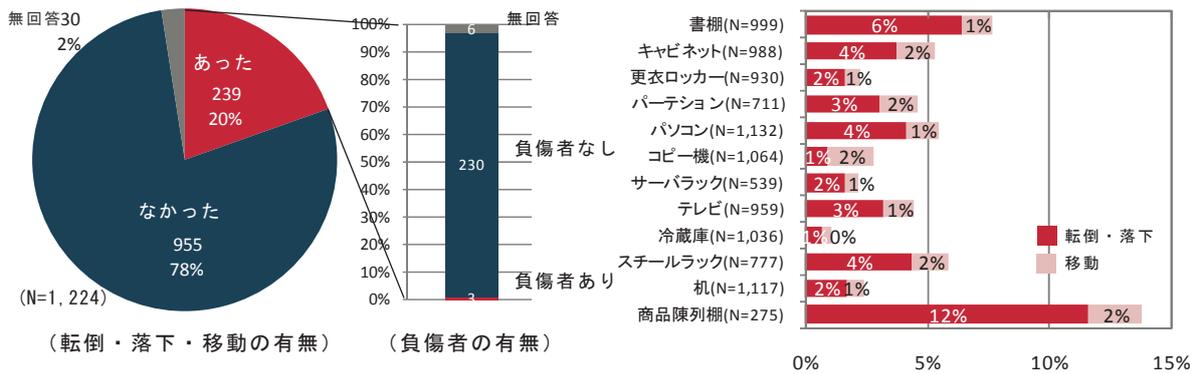


図 家具類の転倒・落下・移動及び負傷者の有無 図 転倒・落下・移動した家具類(事業者)

下図は、階層別の転倒・落下・移動の発生割合である。転倒落下は6階以上の高層階で高い割合となっている。また移動は、高層階ほど高い割合になっており、長周期地震動による大きな揺れが高層階で発生したためと考えられる。本アンケート調査ではコピー機やキャビネット、机にこの傾向が強く現れることが確認されており、長周期地震動による高層建物の対策として、転倒・落下に加え、移動防止対策の重要性が確認できる。

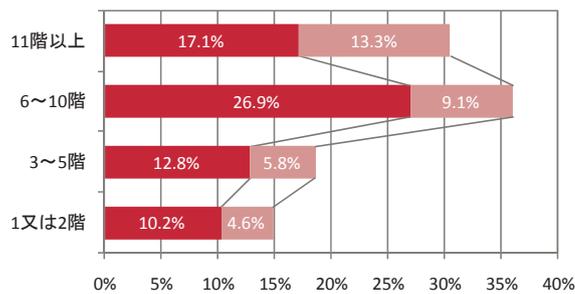


図 階層別の家具類の転倒・落下・移動の発生割合(事業者)

### ③定性的な被害の様相

#### 総括

##### ● 長周期地震動を受けた超高層ビルの建物被害

- 地震動の卓越周期と建物の固有周期が一致した場合、揺れ幅・継続時間が著しく大きくなる場合がある。このため超高層ビルの揺れは、地震動のレベル・周期特性、建物の立地場所、構造、高さ等、様々な条件に応じて異なる。
- 一般に落床・倒壊等はせず人命の安全は確保される可能性が高いと考えられるが、地震動と建物固有周期の関係によっては、建物の継続使用に関する検討や、詳細な安全確認に時間を要する場合等が考えられる。

##### ● 長周期地震動を受けた超高層ビルの室内被害

- 一般に高層階では、加速度・速度が増幅するため、家具・什器の転倒・移動、天井パネルの落下などによる被害発生の可能性が高まる。
- 一般に中低層階では、高層階よりも当該階の変形量が大きくなり、間仕切り壁の変形や内外装材の剥落・落下などの被害が発生する可能性が相対的に高いと考えられる。

- ・ 上記のような傾向が顕著であるものの、階層を問わず少なからず起こり得ることとしては、家具類の転倒・落下・移動によって人的被害が発生し、救護が遅れる可能性があり、また仮に被害を免れても、避難通路や出入口が閉塞する場合や、間仕切り壁の変形によって扉が開かなくなり、避難が困難になる危険性がある。

#### ● 構造に応じた被害傾向

- ・ 制振構造の超高層ビルでは、耐震構造と比較して、減衰を高めることで応答が低減されるため、建物被害が発生する危険性は低減される。ただし、それでもなお家具類の転倒・落下・移動の危険性は残ることから、超高層ビルは耐震・制振等の別によらず、家具・什器の固定対策は必須である。
- ・ 制振構造においても、東日本大震災におけるオイルダンパーの損傷や、地震観測結果から算出される減衰効果が設計時の想定よりも小さい等の事例が報告されており、長周期地震動に対する効果は個別に検証が必要と考えられる。また、制振構造には耐風用と耐震用があり、耐風用の制振は大きな地震には有効ではないので注意を要する。
- ・ 免震構造は、建物の固有周期を伸ばすことにより、耐震構造と比較して加速度応答が低減される。ただし東日本大震災では、免震によって長周期化した建物と長周期地震動の卓越周期が一致し、エキスパンションジョイントが損傷した事例があった。長周期地震動に対して、どこまで効果が得られるか否かは個別に検証が必要と考えられる。

#### 【留意点】（再掲）

東日本大震災における超高層ビルの被害の実態は、海溝型地震（元禄型関東地震、南海トラフ巨大地震）の被害状況を類推する上で参考になるが、地震動のレベル・周期特性が異なると、東日本大震災よりも深刻な被害になり得ることに留意が必要である。

例えば、東海・東南海・南海地震の三連動地震発生時における、東京に建つ周期2秒から6秒までの超高層ビルの揺れは、東日本大震災の2倍以上の大きさ、継続時間10分以上と考えられている<sup>8)</sup>。

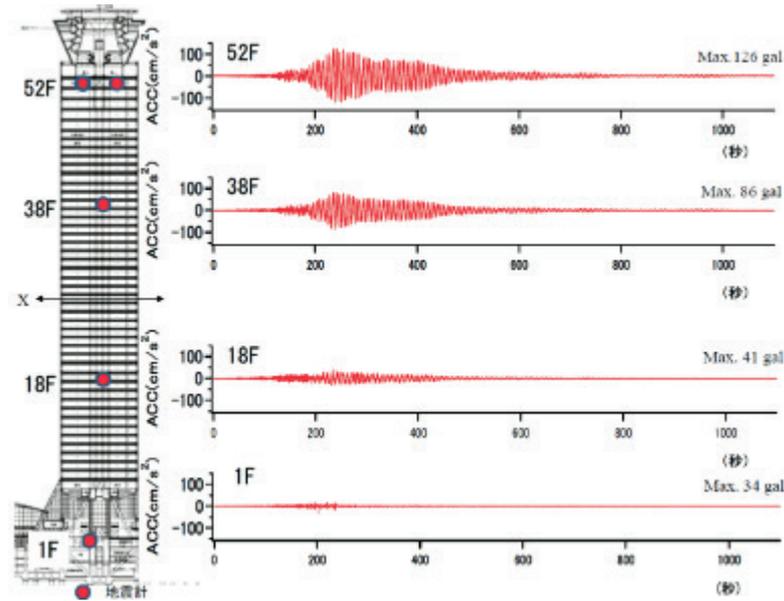
#### 【A】高層階における揺れの増幅

- ・ 遠方の巨大地震による長周期地震動では、超高層ビルは揺れ始めに気付いた時点から、徐々に大きくゆっくりとした揺れになる。
- ・ 地表面の揺れが小さい遠隔地においても、地震動の卓越周期と建物の固有周期が一致した場合、揺れ幅・継続時間が著しく増大する場合がある。
- ・ 長周期地震動による揺れによって、一般に高層階になるほど多くの人に、動作上の支障が発生する事態があり得る。
- ・ 各階の揺れは一般に高層階ほど大きくなるが、短周期の地震動により超高層ビルの中層階で局所的に揺れが大きくなることもある。

#### 【東日本大震災における事例】

震源から遠く離れた大阪府咲洲庁舎（55階建、高さ256m）では、1階で観測された最大加速度34gal、最大変位約9cmに対し、高層階で126gal（約4倍）、約140cm

(約 15 倍) に増幅した。長周期地震動による地盤の卓越周期と建物固有周期が一致し、共振現象が発生したと考えられている<sup>9)</sup>。



## 【B】建物被害

- 中低層階では、高層階よりも当該階の変形量が大きくなる場合があり、間仕切り壁の変形、ドアの開閉困難、内外装材の剥落・落下などの被害が発生する可能性がある。
- 地震動と建物固有周期の関係によっては、建物の継続使用が困難となる場合や、応急的に避難が必要となる場合、詳細な安全確認に時間を要する場合等が考えられる。
- 地震用の制振装置を設置している超高層ビルでは、耐震構造と比較して、減衰を高めることで応答が低減されるため、建物被害が発生する危険性は低減できる。ただし、東日本大震災におけるオイルダンパーの損傷や、地震観測結果から算出される減衰効果が設計時の想定よりも小さい等の事例が報告されており、長周期地震動に対する効果は個別に検証が必要と考えられる。
- 免震構造は、建物の固有周期を伸ばすことにより、耐震構造と比較して加速度応答が低減される。ただし長周期地震動の卓越周期との免震構造の周期が一致する場合などでは、免震層の変位量がクリアランス（許容変位量）に収まるか否か、個別に検証が必要と考えられる。
- 広域な被災の場合、技術者の派遣体制が不足し、エレベータの復旧や構造安全性の詳細確認までに長期間かかる可能性がある。

### 【東日本大震災における事例】

大阪府咲洲庁舎（前掲）では、内装材・防火扉等 360 か所が損傷し、修復を要した。その後、制振ダンパーを設置する等の対策効果をシミュレーションにより検証し、長周期地震動対策工事を実施することとしている<sup>9)</sup>。

		層の塑性率		層間変形角		最大振幅（片側）	
		補強前	補強後	補強前	補強後	補強前	補強後
告示波 (H12国)	短辺	1.9	1.3	1/146	1/228	242cm	148cm
	長辺	1.6	1.2	1/76	1/110	172cm	141cm
東南海	短辺	1.6	1.4	1/155	1/176	231cm	187cm
	長辺	1.9	1.5	1/62	1/90	207cm	194cm
南海	短辺	1.6	1.4	1/115	1/171	259cm	207cm
	長辺	1.9	1.6	1/63	1/101	221cm	177cm
東南海・南海 (連続)	短辺	1.8	1.4	1/101	1/171	298cm	211cm
	長辺	1.9	1.5	1/61	1/98	220cm	187cm
東南海・南海 (同時)	短辺	1.8	1.5	1/121	1/154	258cm	219cm
	長辺	1.8	1.5	1/63	1/91	205cm	194cm
ハブコメ波 (H22.12国)	短辺	1.5	1.2	1/138	1/182	255cm	208cm
	長辺	1.7	1.4	1/68	1/93	205cm	201cm

### 【C】家具・什器の転倒・落下・移動

- 一般に高層階ほど、変位や速度、加速度が大きくなる傾向があり、家具・什器の転倒・落下・移動の危険性は高まる。
- 固定していない本棚・キャビネット等の転倒、コピー機等のキャスター付機器の移動によって、人的被害が発生する場合がある。仮に被害を免れても、避難通路や出入口が閉塞する危険性が考えられる。
- 家具・什器の固定を行っていても、効果的かつ正しい方法により固定されていない場合、固定器具本来の効果が発揮されず、転倒や移動が発生する可能性がある。
- 超高層ビルは耐震・制振の別によらず、家具・什器の固定対策は必須である。

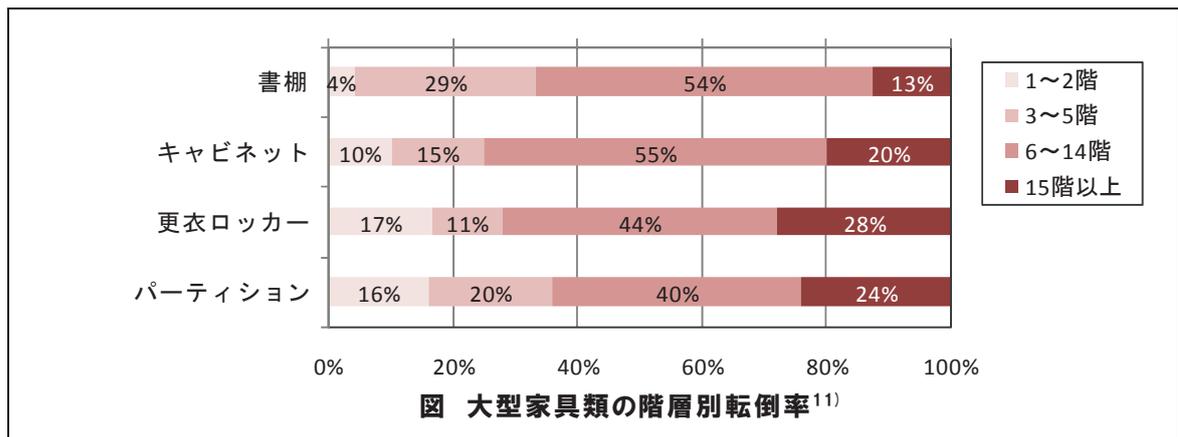
#### 【東日本大震災における事例】

工学院大学新宿校舎（高さ 127m、29 階建）の 24 階では、固定していない本棚の転倒（左下の写真）、それによるパーティション（間仕切り壁）の変形が見られた。

また、中層以上の階で固定していなかったコピー機の移動が確認された（右下の写真）。



また、東京消防庁が仙台市内で実施した調査による大型家具類の階数別被害率（次図）をみると、7割以上が6階以上の階で発生していることが分かる。ただし、低層階でも被害が発生していることに留意する必要がある。



#### 【D】非構造部材・建築設備の被害

- 外壁パネル（ALC板など）やカーテンウォールの破損、内壁パネル（石膏ボードなど）の剥落、ガラスサッシのクラック、天井パネルの落下、間仕切り壁の変形などによるドアの開閉困難など、非構造部材に被害を生じる可能性がある。
- 受水タンクの破損、スプリンクラーヘッドや接続パイプの破損による漏水、照明や音響器具の落下など、設備機器に被害を生じる可能性がある。
- エレベータは、地震時管制運転装置が長周期地震動の初期微動に反応せずに通常運転を継続した場合、主ロープの絡まりや管制ケーブルの引っ掛かり、昇降機器との強い接触等によって、閉じ込め事故が発生する可能性もある。

#### 【東日本大震災における事例】

工学院大学新宿校舎（前掲）では、中層階から高層階（14階から28階まで）で天井パネルの落下やたわみが広く見られた（左下の写真）。1台のエレベータロープが絡まり、機器に一部損傷が生じ、3週間ほど使用停止となった。

また、新宿西口にある別の超高層建物でも、エレベータのテールロープの絡まり等の被害が発生した（右下の写真）。



#### 【E】全館一斉避難の発生、避難中の二次災害

- 揺れや建物被害に対する不安から、ビル屋外へ避難しようとする人が多数発生する可能性が考えられる。
- 建築物の避難階段の設計は、火災時において防災センターの指示による逐次避難を前提としている。したがって、各個人の勝手な判断による「全館一斉避難」が発生した場合、非常階段に多数の在館者が殺到し、転倒等による二次災害が発生する可能性がある。
- 地震時にガスを止めるマイコンメータ感震機能が長周期地震動に対して作動しない等

により超高層ビル内で火災が発生する可能性が考えられる。

- 火災からの避難が必要な状況下で、意図しない全館一斉避難が発生すると、避難を最優先すべき火災階と直上階の人が、身動きがとれなくなってしまう可能性もある。

#### 【F】事業継続・生活機能継続その他への影響

- オフィスでは、館内の停電や空調停止、エレベータ停止等が長期化すると、企業等の事業継続が困難となる場合がある。
- 地震計による「即時被災度判定システム」の活用により、超高層ビルでの巨大地震における建物の継続使用可否や避難要否についての判断を迅速に行うことができる可能性がある。超高層ビルには行政・インフラ企業・民間企業本社等が集積している場合が多く、長周期地震動によって建物が継続使用困難となると、災害応急対策をはじめ、国民生活及び経済活動等に大きな影響を及ぼす可能性がある。
- 災害時の施設利用について協定を締結していた超高層ビルでも、安全確認に時間を要する等の理由により、当初計画していた地域防災への貢献が期待できなくなる可能性が考えられる。

#### 【東日本大震災における事例】

工学院大学新宿校舎（前掲）では「即時被災度判定システム」を導入しており、屋上階までほぼ8階おきに設置した地震計により、各階の揺れと層間変形角を把握することができる。

東日本大震災では、屋上階で30cm以上の揺れを観測したが、400分の1以下の層間変形角により構造被害の可能性は極めて低いことを速やかに確認できたため、在館者を避難させず、更に外部から約700名の帰宅困難者を受け入れることができた<sup>10)</sup>。

### （2）長周期構造物被害（長周期地震動による石油タンク・長大橋への影響）

超高層ビル以外で長い固有周期を持つ構造物として石油タンク及び長大橋に着目し、長周期地震動がこれらの長周期構造物へ及ぼし得る影響について、基礎資料を整理する。

#### ①石油タンクへの影響

大型の石油タンクが長周期地震動を受けると、内部の液体が揺さぶられる「スロッシング」が発生し、液体があふれたり、液体の上の浮屋根等の構造物が移動、沈没したりする可能性がある。その結果、タンクの構造物の衝突による火花等が発生すると、火災につながるおそれと考えられる。スロッシングは、長周期地震動の周期とタンク固有周期が一致して共振し、内容液が激しく揺動する現象である。

#### [既往地震における被害]

平成15年十勝沖地震では、震央から約250km離れた苫小牧市内の石油タンクにおいて、長周期地震動によるスロッシングが原因とされる火災が発生した<sup>12)</sup>。

#### [対策の状況]

- 昭和58年4月、旧自治省の「危険物の規制に関する技術上の基準の細目を定める告示」において、浮屋根衝突等による火災発生を回避するため、タンク内に空間を確保する規定

が導入された。

- このような対策が行われていた中で、平成 15 年十勝沖地震で石油タンクに被害が生じた教訓を踏まえ、石油タンクの耐震安全性、特にスロッシングに関する安全対策に見直しが必要になった。
- 平成 17 年 1 月、総務省消防庁の「危険物の規制に関する規則の一部を改正する省令等の施行について」では、危険物施設の保安確保を図るため、特定屋外タンク貯蔵所の浮き屋根の強度等について定め、耐震機能の確保を図るとともに、屋外タンク貯蔵所に設置される固定式の泡消火設備の点検方法等について定めた省令等が示された。
- なお、東日本大震災では、川崎市の製油所の重油タンクでスロッシングによる浮屋根沈没の事例が 1 件発生した。当該タンクは、消防法改正の浮屋根新基準の経過措置期間中であつたため、地震当時、まだ新基準には適合していなかったとされている。

#### [想定される影響]

- 石油コンビナート等特別防災区域は、一定量以上の石油又は高圧ガスを大量に集積している地区であり、33 道府県 85 地区が指定されている（平成 24 年 4 月時点）<sup>13)</sup>。
- 東京都内には石油コンビナート等特別防災区域は存在しないが、東京湾沿岸でみると京葉臨海地区（北部・中部・南部）、京浜臨海地区、根岸臨海地区、久里浜地区の 6 区域が指定されている。
- 想定される影響の一例として、例えば消防法の新基準に適合していない石油タンクにおいて、構造物被害ひいては火災が発生する可能性がある。東京湾での延焼の状況によっては周辺区市への応援や避難住民の受入れ等も考えられる。

#### ②長大橋への影響

長大橋は一般に固有周期が長く、長周期地震動と共振した場合、大きな変形によって桁間接続部等が損傷するおそれがある。その結果、通行止めとなり、人命救助・緊急物資配送等に影響が及ぶ可能性が考えられる。

#### [既往地震における被害]

- 平成 23 年東北地方太平洋沖地震では、横浜ベイブリッジで桁の接続部であるフィンガージョイント（伸縮装置）と高欄伸縮継ぎ手が損傷した。これは、長周期地震動で長大橋の桁の大きな変形を生じたためと考えられる<sup>14)</sup>。
- 地震発生当日の道路巡回で損傷を発見し通行止めとなり、翌日には応急復旧により通行止めが解除されたが、2 か月後には損傷部位の詳細調査のため再び一部通行止めとなった<sup>15)</sup>。

#### [対策の状況]

- 道路橋の耐震設計は、通常、国土交通省通達「橋、高架の道路等の技術基準」（道路橋示方書）に基づいて行われる。
- 最大支間長 200m を超える長大橋では、構造形式や規模によって応答性状が複雑となるため、道路橋示方書の適用外であり、個別の動的解析等による耐震設計が行われている<sup>16)</sup>。

**[想定される影響]**

- 過去の地震による被害状況や対策の現状を踏まえると、桁間接続部の損傷等が発生する可能性は考えられても、落橋や倒壊に至る可能性は低いと考えられる。
- ただし、広域かつ甚大な災害規模であることから、被害状況によっては、道路復旧体制の不足により通行止め期間が長期化し、人命救助・緊急物資配送等への影響や、対岸へのアクセス支障といった事態につながる可能性は考慮しておく必要がある。