

第3部 被害想定手法

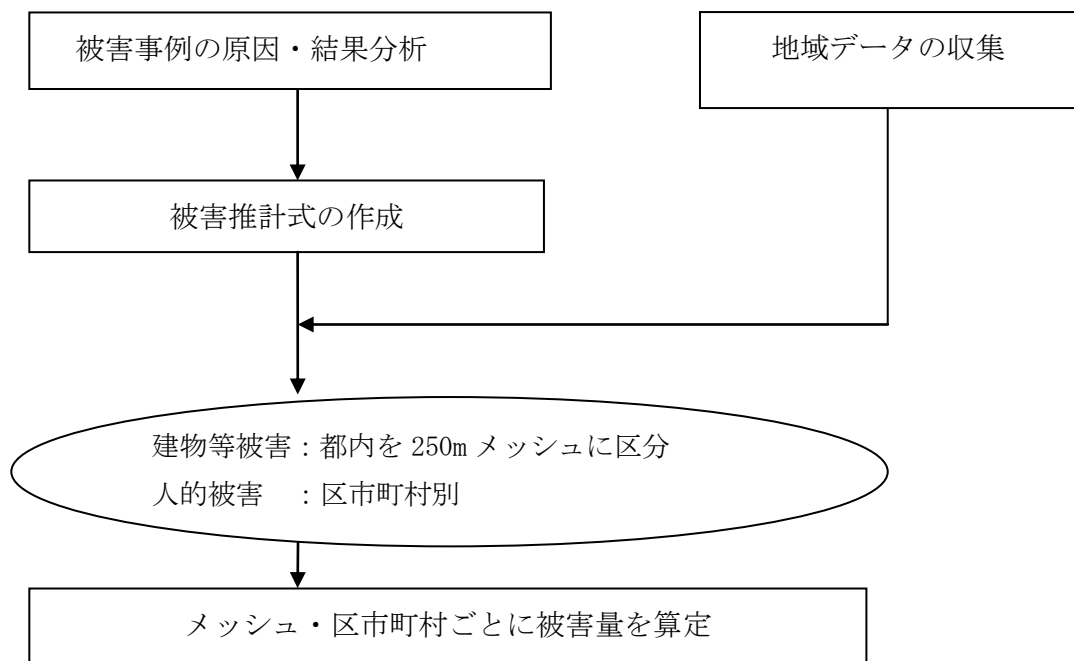
IV. 被害想定手法

IV-1. 想定手法の概要

1. 想定手法の流れ

過去の地震被害のデータに基づき、被害項目ごとに被害の原因と結果の関係を分析し、被害推計式を作成する。

次に、地域の特性を詳細に分析するために、建物被害については都内を 250m×250mメッシュに区分し（東京都全体で約 28,000 メッシュ）、各項目につきその地域データを被害推計式に投入して、メッシュごとの被害量を算出する。人的被害については、区市町村別に算出する。

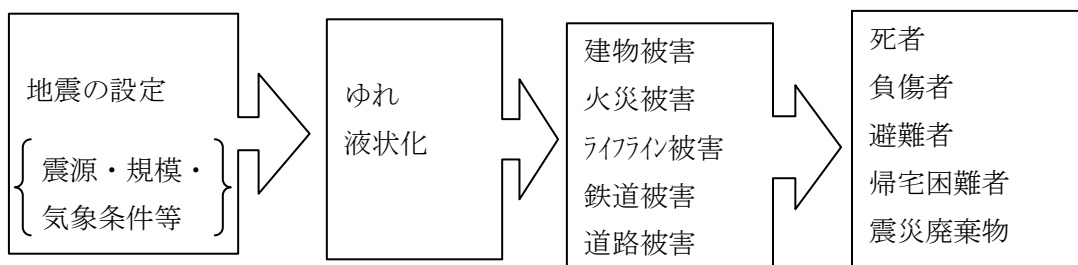


2. 各想定項目の被害の推計の流れ

地域状況をメッシュごとに調査分類した後、それぞれに想定地震のゆれを加え、地盤のゆれやそれに伴う液状化を推計する。

次に、ゆれによる被害と液状化による被害に分けて、建物被害、火災被害、ライフライン被害、交通被害等を推計する。

さらに、建物被害、火災被害、交通被害等から区市町村別に死傷者数等を推計し、建物被害及び上水道被害等からは避難者数を推計する。



IV-2. 各被害の想定手法

1. 建物被害

1.1 ゆれによる被害想定手法

1.1.1 基本的な考え方

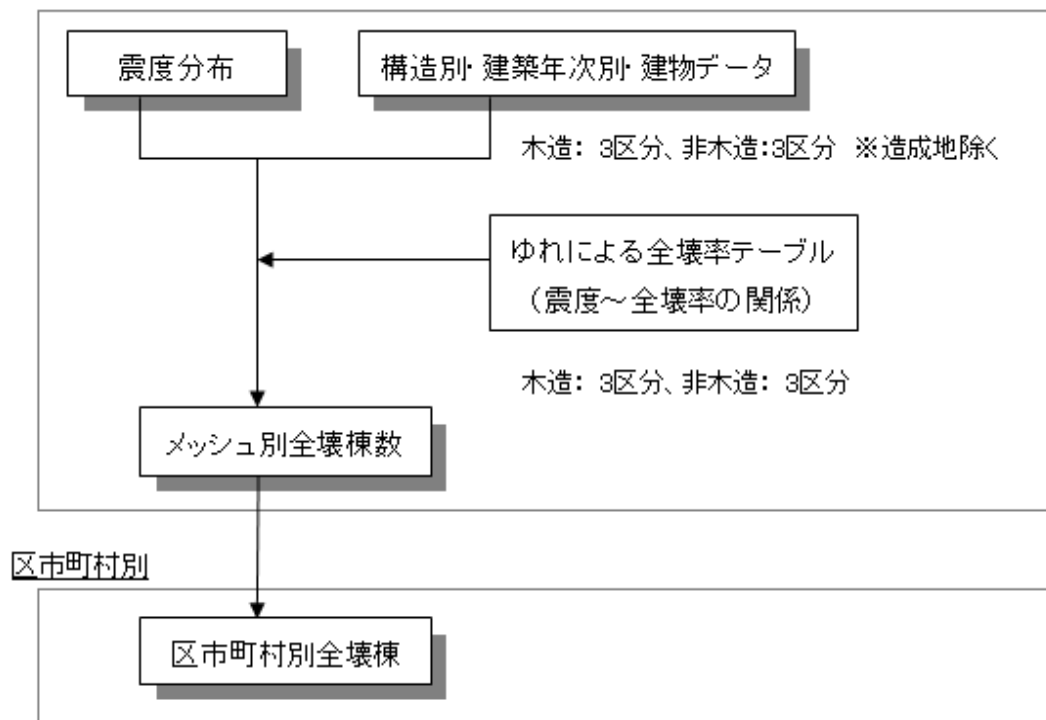
- ・ 木造建物、非木造建物の構造別・建築年次別に、過去の地震による計測震度と全壊率の相関曲線を作成し、これを基に建物被害を計算する。

1.1.2 被害想定手法

概要

- ・ 全壊率テーブル（計測震度と全壊率との関係）から全壊棟数を算出する。
- ・ 全壊率は、旧築年、中築年、新築年の3区分設定しており、建築基準法改正のうち建築構造上、重要な年を境目として設定している（昭和36年：木造壁率の基準強化、昭和46年RC造帯筋の基準強化、昭和56年新耐震基準の導入）。
- ・ 軟地盤の全壊率テーブルは、過去の地震による被害のプロットデータをもとに設定
- ・ プロットには兵庫県南部地震における西宮市、鳥取県西部地震における境港市、米子市、芸予地震における呉市のデータを利用する（被害を受けた地域の大半が軟弱地盤と仮定）。
- ・ 硬軟の区分は内閣府DISの被害率テーブルに倣い、卓越周期が0.5秒以上で軟地盤、0.5秒未満で硬地盤と判断する。
- ・ 硬地盤の被害率は軟弱地盤の被害率に内閣府DISの被害率の軟硬の比を掛けることで設定する。
- ・ なお、後述の造成地メッシュについては、別途被害計算を行うため、当該メッシュの木造建物は除外して計算する。

250mメッシュ別



(木造 全壊棟数)

$$= (\text{木造旧築年 全壊棟数}) + (\text{木造中築年 全壊棟数}) + (\text{木造新築年 全壊棟数})$$

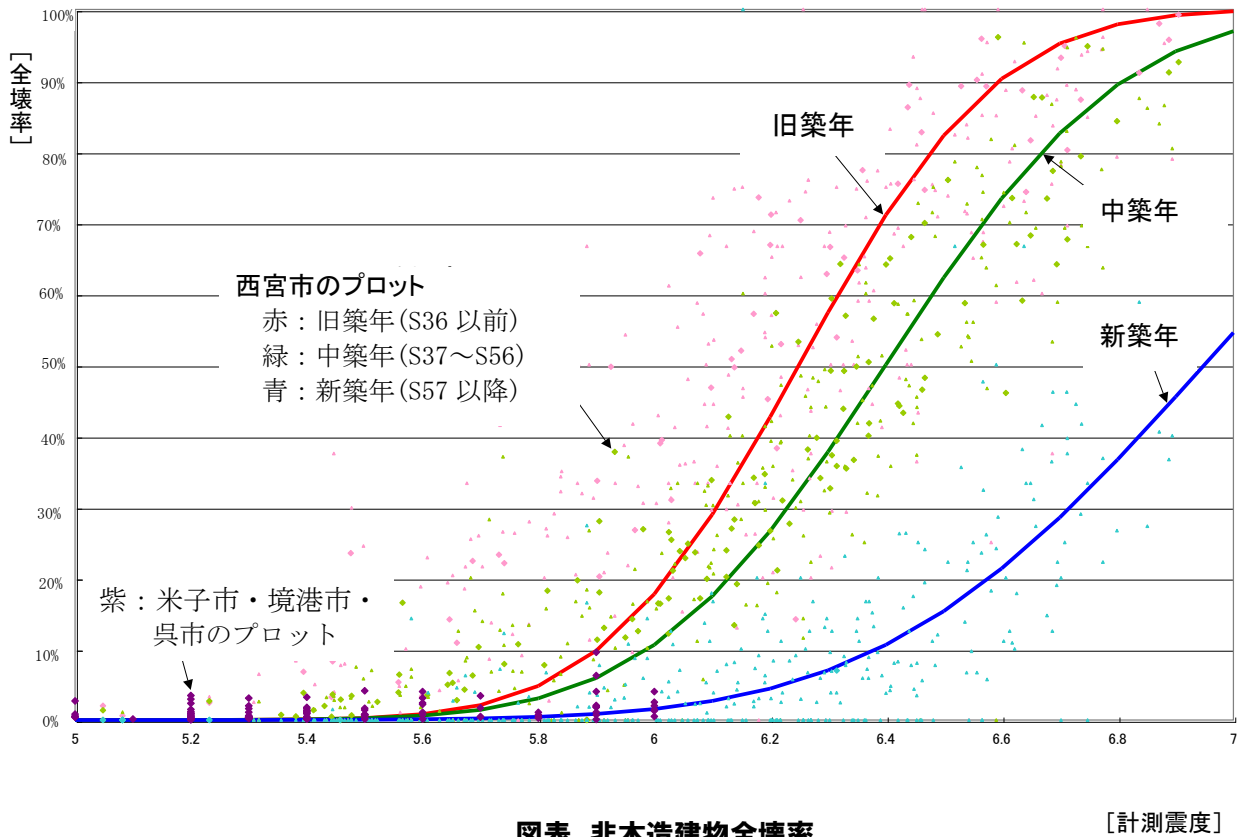
(非木造 全壊棟数)

$$= (\text{非木造旧築年 全壊棟数}) + (\text{非木造中築年 全壊棟数}) + (\text{非木造新築年 全壊棟数})$$

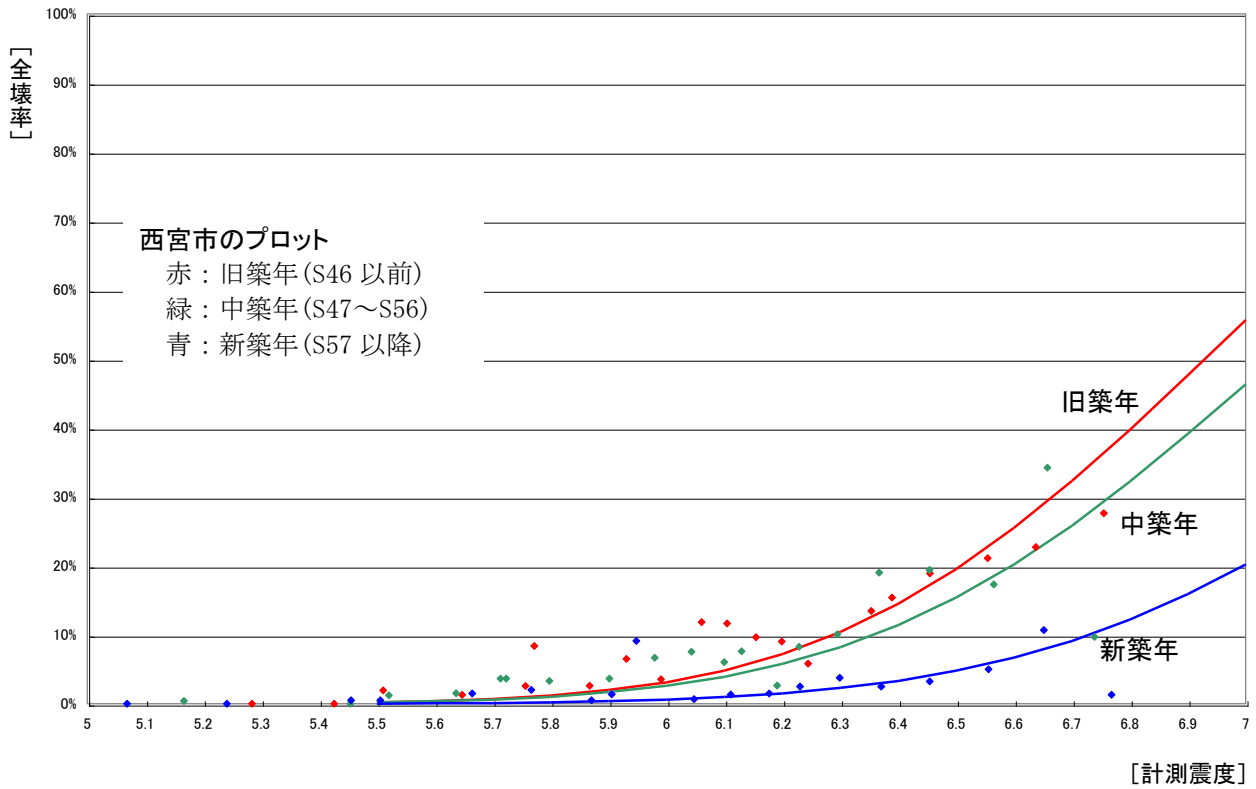
(構造別・建築年次別の全壊棟数)

$$= (\text{構造別・建築年次別の建物棟数}) \times (\text{構造別・建築年次別のゆれによる全壊率})$$

図表 木造建物全壊率(軟地盤)



図表 非木造建物全壊率



1.2 人工造成地による被害想定手法

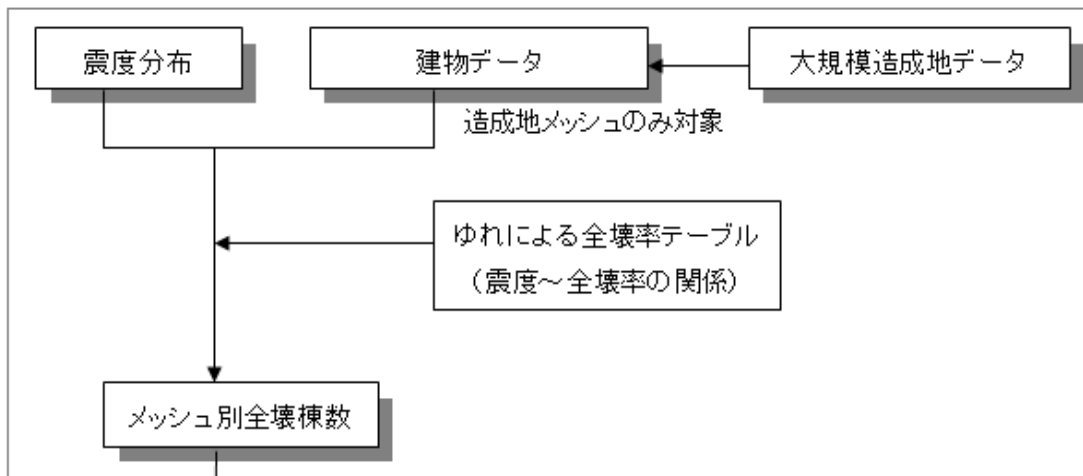
1.2.1 基本的な考え方

- ・ 造成地における建物被害は、建物自体の特性（構造・年次）によらず発生するため、造成地の特性（造成年代等）が原因となる可能性が高い。
- ・ よって、東日本大震災における仙台市内造成地の計測震度と全壊率の相関曲線を作成し、これを基に建物被害を計算する。

1.2.2 被害想定手法

- ・ 大規模造成地に該当する町丁目をメッシュに割り付けを行い、造成地メッシュとする。
- ・ 造成地メッシュのうち、盛土面積割合を設定し、盛土にかかる建物棟数を求める。
- ・ 東日本大震災での実態データから、全壊率テーブル（計測震度と全壊率との関係）を作成し、全壊棟数を算出する。

250mメッシュ別



区市町村別



※大規模造成地に該当するメッシュのみ

$$(\text{盛土にかかる建物棟数}) = (\text{メッシュ内建物棟数}) \times (\text{盛土面積割合})$$

(木造 全壊棟数)

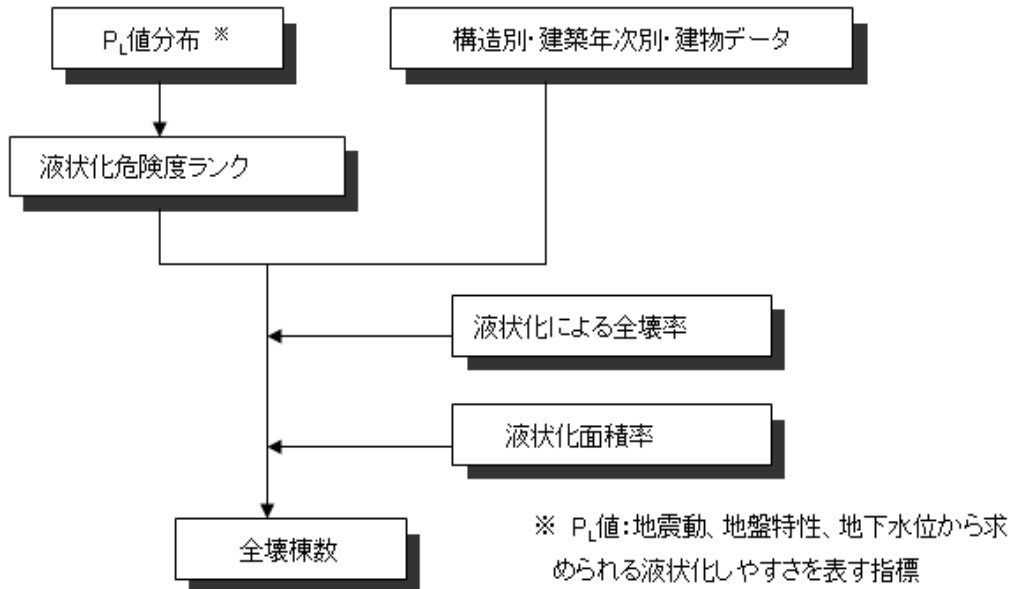
$$= (\text{盛土にかかる木造棟数}) \times (\text{造成地の木造建物全壊率})$$

1.3 液状化による被害想定手法

1.3.1 基本的な考え方

- ・ 静岡県の第3次被害想定(平成13年)の方法を用い、液状化可能性指数(P_L 値)をもとに決定した液状化危険度ランク別に液状化面積率と全壊率を設定する。

1.3.2 被害想定手法



(木造 全壊棟数) = (木造旧築年 全壊棟数) + (木造中築年 全壊棟数) + (木造新築年 全壊棟数)

(木造旧築年 全壊棟数)
= (木造旧築年 建物棟数) × (木造旧築年 液状化による全壊率) × (液状化面積率)

(木造中築年 全壊棟数)
= (木造中築年 建物棟数) × (木造中築年 液状化による全壊率) × (液状化面積率)

(木造新築年 全壊棟数)
= (木造新築年 建物棟数) × (木造新築年 液状化による全壊率) × (液状化面積率)

(非木造 全壊棟数) = (非木造建物棟数) × (基礎杭がない建物の割合)
× (非木造 液状化による全壊率) × (液状化面積率)

1) 液状化危険度ランクと液状化面積率

- ・ 液状化危険度ランクは P_L 値によって決まり、ランク D、E では被害が発生しないと考える。
- ・ 東日本大震災時における液状化発生状況に関する検討結果をもとに、各液状化危険度ランクの場所において液状化する面積は、以下のように与える。

図表 P_L 値と液状化面積率

ランク	P_L 値		液状化面積率※
A	$P_L > 15.0$	液状化発生の可能性が高い	65%
B	$5.0 < P_L \leq 15.0$	液状化発生の可能性がある	18%
C	$0.0 < P_L \leq 5.0$	液状化発生の可能性が低い	7%
D	$P_L = 0.0$	液状化発生の可能性はない	0%
E	—	対象外（砂層がない）	0%

（出典）岩崎敏男，龍岡文夫，常田賢一，安田 進、「地震時地盤液状化の程度の予測について」，土と基礎，Vol.28，No.4，pp.23-29，1980

「東京における直下地震の被害想定に関する報告書（被害想定手法編）」p.60、東京都、平成9年8月

※液状化面積率は、東日本大震災の被害状況から設定

2) 液状化による全壊率

- ・ 東日本大震災の実態データより、液状化による建物の被害率を以下のように設定する。
- ・ 液状化危険度ランク A～C において、下表の被害率を適用する。
- ・ なお、ゆれ被害において半壊算出時には一旦全半壊率（半壊以上の確率）を用いているが、液状化の建物被害計算時には、り災証明から大規模半壊及び半壊棟数を直接抽出しているため、直接的に計算している。

図表 液状化による建物の全壊率・大規模半壊率・半壊率

	全壊率	大規模半壊率	半壊率
被害率	0.60%	7.96%	14.38%

（出典）浦安市、船橋市提供データより作成

【参考】

東京湾北部地震(M7.3)と多摩直下地震(M7.3)において、前回調査及び本調査の $P_L > 15$ の面積及びこれに液状化面積率を掛けた液状化面積の比較表を示す。

前回と今回とでは、液状化危険度を予測する手法が異なっていて、条件の違いがある概算である点は注意する必要がある。

図表 前回調査(H18)と本調査における液状化面積の比較表(単位:km²)

		前回 (H18)		今回	
		P _L >15 の面積	液状化面積 (面積率 18%)	P _L >15 の面積	液状化面積 (面積率 65%)
東京湾北部地震(M7.3)	区部	271.1	48.8	89.6	58.2
	多摩	0	0	2.1	1.4
	総計	271.1	48.8	91.7	59.6
多摩直下地震(M7.3)	区部	193.4	34.8	43.4	28.2
	多摩	0	0	6.6	4.3
	総計	193.4	34.8	50.0	32.5

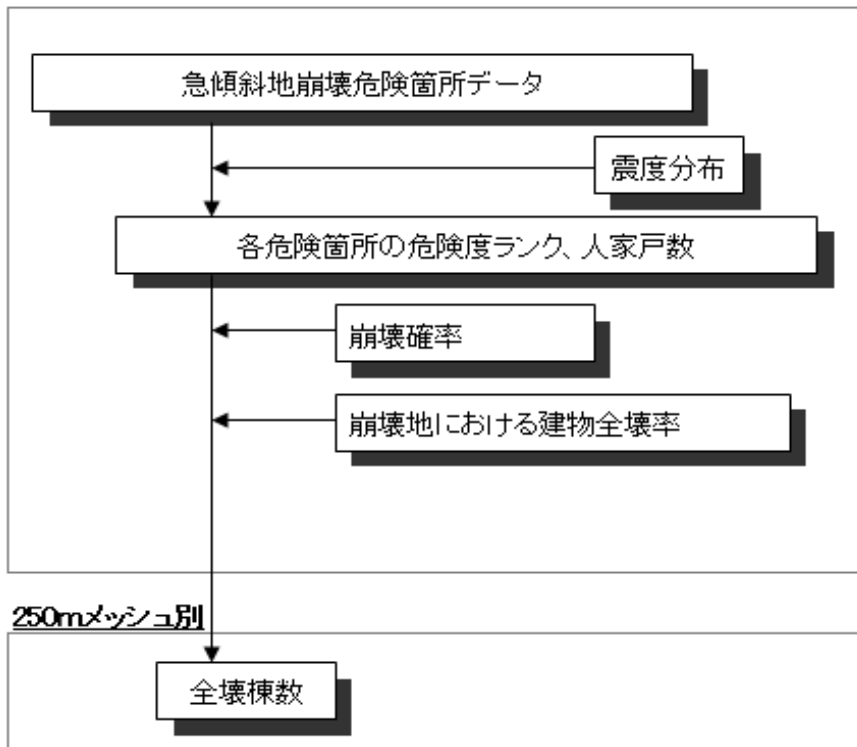
1.4 急傾斜地崩壊による被害想定手法

1.4.1 基本的な考え方

- ・ 静岡県の第3次被害想定(平成13年)(山崖崩 p.3)の方法を用い、急傾斜地崩壊の起こりうる箇所の崩壊確率と崩壊地における建物全壊率から、斜面災害による建物被害を算出
- ・ 建物被害の計算単位は急傾斜地崩壊の起こりうる箇所ごとに行う。
- ・ 急傾斜地崩壊防止施設施工済みの地区からは、人家被害は生じないものとする。

1.4.2 被害想定手法

急傾斜地崩壊危険箇所別



(全壊棟数)

$$= (\text{危険箇所内人家戸数}) \times (\text{崩壊確率}) \times (\text{崩壊地における建物全壊率})$$

1. 4. 3 ゆれによる建物被害と液状化・急傾斜地崩壊による建物被害のダブルカウントの除去

1) 全壊棟数のダブルカウント除去

- 以下の式により、ゆれ・液状化による被害のダブルカウントの除去を行う。

$$\begin{aligned} & \text{(当該箇所の急傾斜地崩壊による建物被害<ダブルカウント除去後>)} \\ & = \text{(急傾斜地崩壊による建物被害<ダブルカウント除去前>)} \\ & \quad \times \{1 - \text{(当該メッシュのゆれ及び液状化による全壊率)}\} \\ & \text{(当該メッシュのゆれ及び液状化による全壊率)} \\ & = \{ \text{(当該メッシュのゆれによる全壊棟数)} + \text{(当該メッシュの液状化による全壊棟数)} \} \div \\ & \quad \text{(当該メッシュの全建物棟数)} \end{aligned}$$

2) 半壊棟数のダブルカウント除去

- 全壊棟数の場合と同様に、ゆれ・液状化による被害のダブルカウントの除去を行う。
- ただし、ゆれ・液状化の半壊棟数だけでなく、全壊棟数も除去する必要があるため、全半壊率により除去を行う。

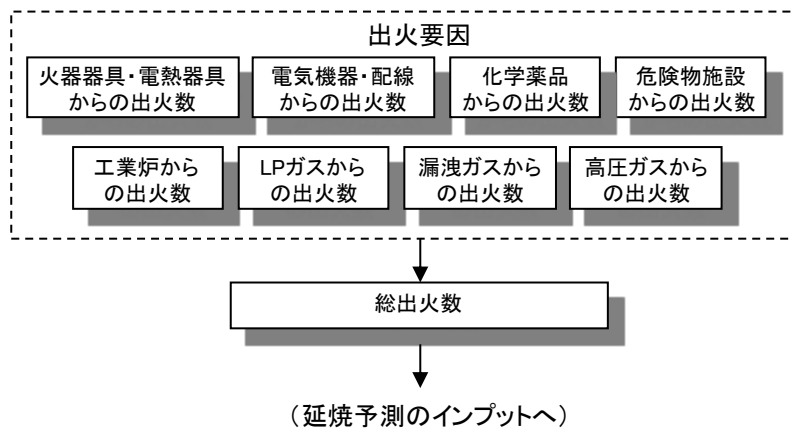
$$\begin{aligned} & \text{(当該箇所の急傾斜地崩壊による建物被害<ダブルカウント除去後>)} \\ & = \text{(急傾斜地崩壊による建物被害<ダブルカウント除去前>)} \\ & \quad \times \{1 - \text{(当該メッシュのゆれ及び液状化による全半壊率)}\} \\ & \text{(当該メッシュのゆれ及び液状化による全半壊率)} \\ & = \{ \text{(当該メッシュのゆれによる全半壊棟数)} + \text{(当該メッシュの液状化による全半壊棟数)} \} \\ & \quad \div \text{(当該メッシュの全建物棟数)} \end{aligned}$$

1.5 出火被害想定手法

1.5.1 基本的な考え方

- ・ 基本的な考え方は、東京消防庁の「東京都の地震時における地域別出火危険度測定(第8回)」を根拠としている。
- ・ 出火要因は、火気器具、電熱器具、電気機器・配線、化学薬品、危険物施設、工業炉、LPガス、漏洩ガス、高圧ガスが想定され、一部の要因については季節変化と時刻変化があるものとして扱う。
- ・ 地震時に発生する全ての出火のうち、家人、隣人、防災市民組織等の初期消火による効果を踏まえ、残りの組織的な消防活動が必要とされる炎上出火を取り扱う。
- ・ 延焼については、地域の消防力の一次運用により消されずに残った火災を残火災として設定し評価する。

図表 出火の計算フロー(全体概要)



1. 5. 2 被害想定手法

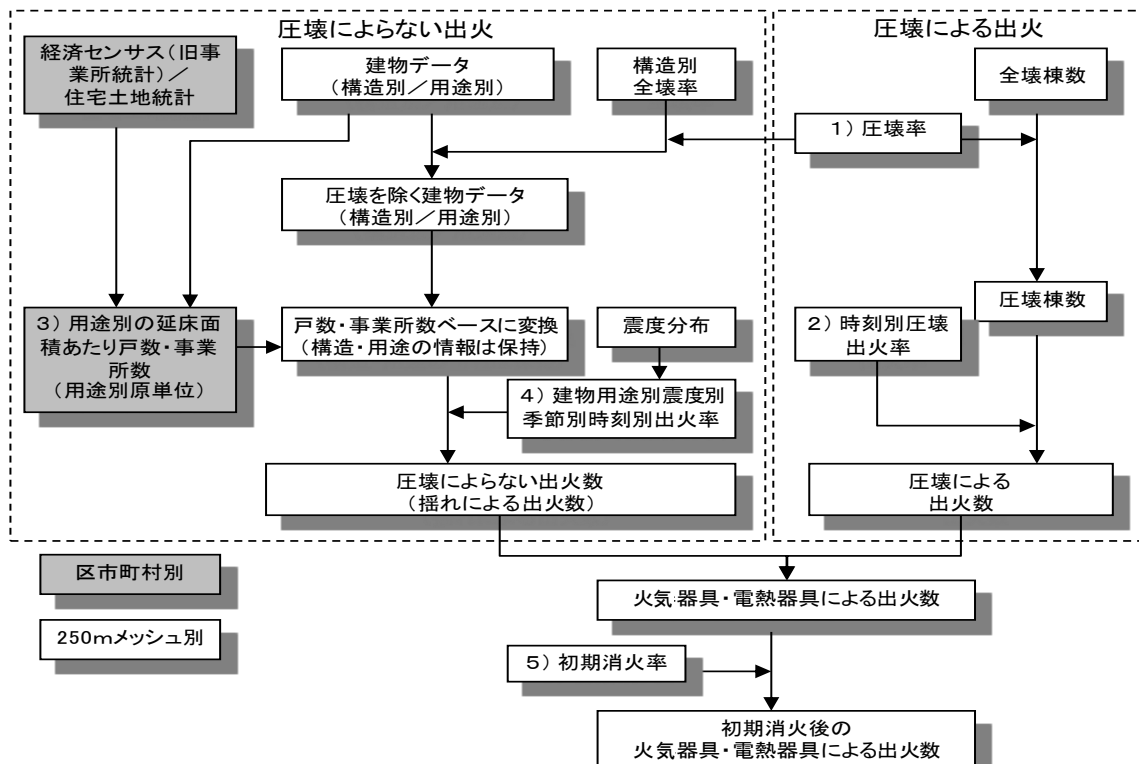
- ・ 総出火数を要因別に算出し、それに消防力の運用を加味した残出火数を計算する。
- ・ 出火要因は、火気器具、電熱器具、電気機器・配線、LP ガスからとし、一部の要因については季節変化と時刻変化があるものとして扱う。東京消防庁では、上記以外に化学薬品、危険物施設、工業炉、漏洩ガス、高圧ガスについても危険度評価の対象としているが、都全体に占める出火危険度が極めて小さいことを考慮し、対象外とする。
- ・ データ整備及び計算は特に記載がない限り 250mメッシュ単位で行う。

$$\text{(総出火数)} = \text{(火気器具・電熱器具による出火数)} + \text{(電気機器・配線による出火数)} + \text{(LP ガスによる出火数)}$$

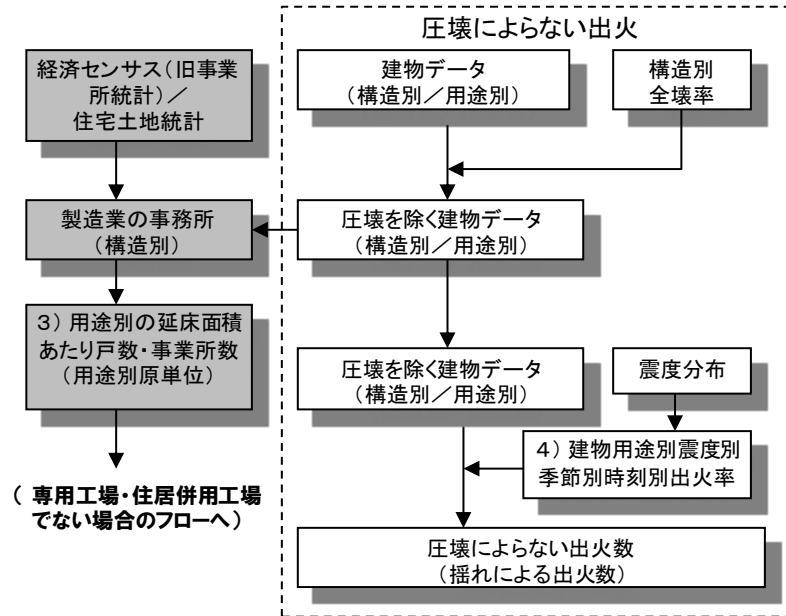
【火気器具・電熱器具】

- ・ 火気器具・電熱器具による出火については、建物圧壊による・よらないの 2 系統から出火数を算出する。さらに初期消火による出火数減少を考慮する。
- ・ 用途が専用工場、住居併用工場にあたる場合は、圧壊によらない出火数の計算方法が異なる。

図表 火気器具・電熱器具による出火計算フロー(専用工場・住居併用工場でない場合)



図表 火気器具・電熱器具のうち圧壊によらない出火計算フロー(専用工場・住居併用工場の場合)



$$(\text{圧壊による出火数}) = (\text{圧壊棟数}) \times (\text{時刻別圧壊出火率})$$

$$(\text{圧壊棟数}) = (\text{全壊棟数}) \times (\text{圧壊率})$$

$$(\text{圧壊によらない出火数}) = (\text{構造別用途別戸数} \cdot \text{事業所数}) \times ((1 - \text{圧壊率}) \times (\text{構造別全壊棟数} / \text{構造別建物棟数}) \times (\text{構造別用途別事業所数} / \text{構造別用途別建物棟数})) \times (\text{用途別} \cdot \text{震度別} \cdot \text{季節別} \cdot \text{時刻別出火率})$$

$$(\text{構造別用途別戸数} \cdot \text{事業所数}) = (\text{構造別用途別建物延床面積}) \times (\text{用途別の延床面積} 1 \text{ m}^2 \text{あたり戸数} \cdot \text{事業所数})$$

※専用工場・住居併用工場の場合

$$(\text{構造別用途別事業所数}) = (\text{構造別用途別建物棟数})$$

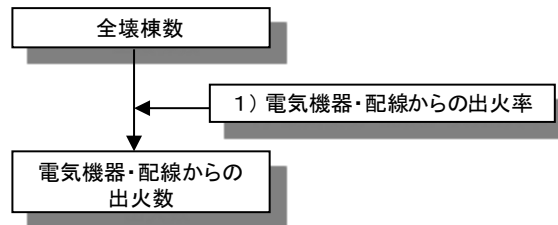
$$(\text{火気器具} \cdot \text{電熱器具による出火数}) = (\text{圧壊による出火数}) + (\text{圧壊によらない出火数})$$

$$(\text{初期消火後の火気器具} \cdot \text{電熱器具による出火数}) = (1 - \text{初期消火率}) \times (\text{火気器具} \cdot \text{電熱器具による出火数})$$

【電気機器・配線】

- ・ 電気機器・配線からの出火は建物全壊の影響を強く受けると考え、全壊率との関係で設定する。
- ・ 阪神・淡路大震災における実態データから、出火と全壊率の関係を整理し、全壊棟数に出火率を乗じて算出する。

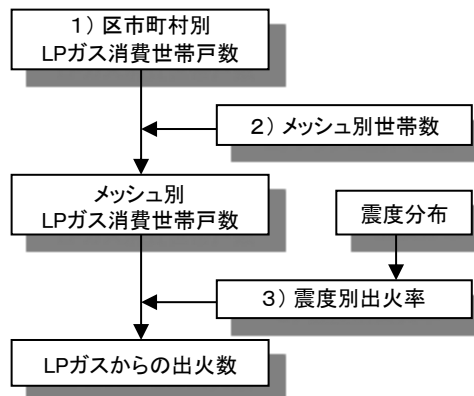
図表 電気機器・配線による出火計算フロー



【LP ガス】

- ・ 区市町村別 LP ガス消費世帯戸数とメッシュ別住宅棟数データから、メッシュ別に LP ガス消費世帯数を把握する。
- ・ 転倒実験から LP ガスの出火率が把握されているため、それとメッシュ別の戸数をもとに、出火数を算出する。

図表 LP ガスによる出火計算フロー



1.6 延焼被害想定手法

1.6.1 火災延焼予測の概要

- ・ 火災による被害について、前回調査では、250mメッシュ単位のマクロ的な延焼特性を踏まえた評価手法を採用していたが、今回調査では、より精緻に想定する観点から、地区の焼け止まり特性が詳細に反映される建物1棟1棟の構造（木造・防火木造・準耐火造、耐火造）など、マイクロデータを反映した評価手法（クラスター方式）を採用した。
- ・ また、前回調査では、風速 3m/秒、6m/秒、15m/秒の設定で火災による被害想定を行ったが、より実情に即した想定とするため、都内の気象観測点における過去の気象データから、冬季の平均風速、及び、最大風速（1日における10分間平均風速の最大値）の平均値について、観測標高10mに換算した値を収集したところ、風速が最大となる気象観測点「東京」において、冬季の平均風速の平均値は、約2.6m/秒、最大風速の平均値は、約4.7m/秒であった。
これを基に、10分間の平均風速、最大風速のそれぞれの平均値の+2σ（正規分布において95.45%のデータが分布）の値として、4m/秒、8m/秒で想定を行った（風向は、北北西）。

1) 予測方針

火災延焼予測は以下の方針で行う。

- ・ 火災の被害は発生時刻、季節、気象によって状況が大きく異なる。そのため、火災の危険度が他の季節より高くなると考えられる冬季を対象とし、また、発生時刻による出火状況の違いを考慮するため、1地震当たり6つのケース「冬5時・冬12時・冬18時×風速2ケース」を想定して予測を実施する。
- ・ 風速が最大となる気象観測点は「東京」であることから、従来の3m/s相当（平常時）として平均風速+2σを四捨五入し「風速：4m/s」、6m/s相当（強風時）として最大風速の平均値の+2σを四捨五入し「風速：8m/s」とする。風向はいずれの場合も「北北西」とする。
- ・ 出火件数は、地震動・建物被害等から想定された全出火件数に対し住民による初期消火を考慮した炎上出火件数を使用する。
- ・ 建物焼失率及び焼失棟数については、加藤ら（2006）¹の手法を用いて算定する。
- ・ 公設消防、消防団の投入効果については、1-1-1式の各パラメータの単位面積当たりにおけるかけあわせで、消防管轄区域別に消火率を決定する。

$$P = P_D + (1 - P_D)P_S \quad \text{-----1-1-1式}$$

P：消火率、P_D：消防団の消火率、P_S：公設消防の消火率

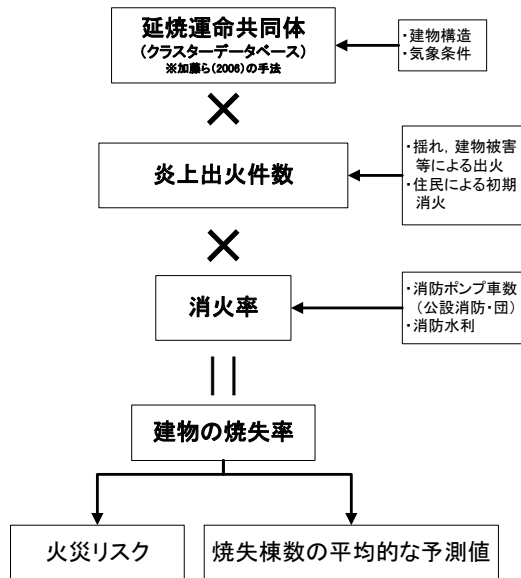
- ・ 消防団の消火能力については、公設消防の1/2の能力（ポンプ口数が消防団：公設消防=2：3であり、放水能力としては本来2/3であるが、震災時における過酷で活動困難な状況を想定し1/2とする）と仮定し、P_D=P_S×1/2とする。
- ・ 消火率の算定において、東京消防庁が設定している管轄エリアごとの面積を基準とする面積とし、消防ポンプ車や消防水利の密度算定に用いる。

¹ 加藤ら（2006）：「建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築」、加藤孝明，程洪，亜力坤玉素甫，山口亮，名取晶子，地域安全学会論文集 No. 8, 2006. 11.

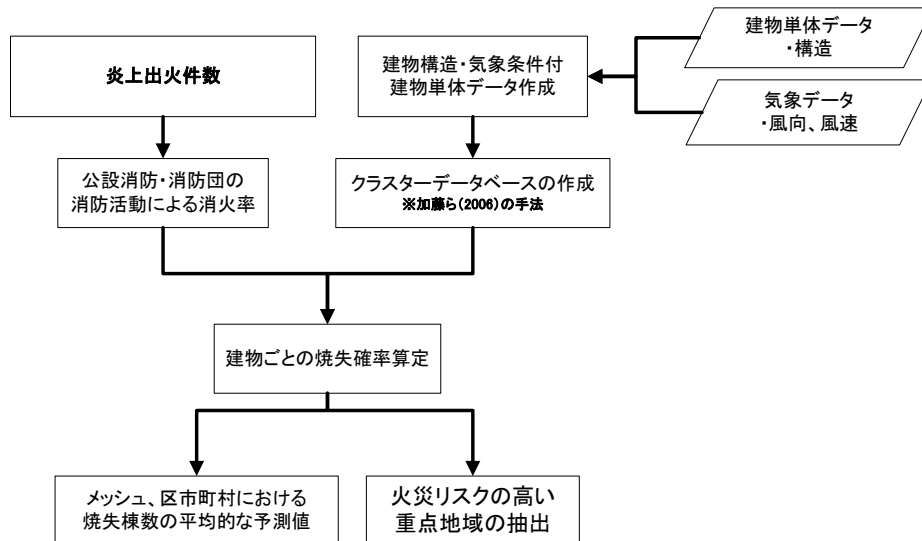
- 加藤ら（2006）の手法に基づき建物単体データを用いた延焼クラスターデータベースを作成した上で焼失棟数を算定し、火災危険度の高い重点地域を抽出する。

- 図表（上）に火災被害予測の概略、図表（下）に全体の流れを示す。

図表 火災被害予測の概略



図表 火災被害予測の全体の流れ



2) 消火率の設定

公設消防、消防団の投入効果については、1-2-1 式の各パラメータをかけあわせて、消防管轄区域当たりの消火率を設定する。

$$P = P_D + (1 - P_D)P_S \quad \text{-----1-2-1 式}$$

P : 消火率、 P_D : 消防団の消火率、 P_S : 公設消防の消火率

(1) 公設消防消火率

火災予防審議会・東京消防庁（2005）²を参照して以下のように設定する。

$$\begin{aligned} \text{○公設消防消火率（延焼阻止率）} &= \{ 1 - (1 - 249705 / \text{地域面積})^{\text{本利数}} \} \times \\ &30 / \{ 29 \times (\text{消火活動開始所要時間} + \text{火点までの平均的な駆付け時間} + \\ &\text{ホース展開時間}) / 10 \} \quad \text{-----1-2-2 式} \end{aligned}$$

(2) 消防団消火率

公設消防のポンプ車口数 3 口に対し、消防団のポンプ車口数 2 口であり、放水能力としては本来 2/3 であるが、震災時における過酷で活動困難な状況を想定し 1/2 と仮定し、1-2-3 式で設定する。

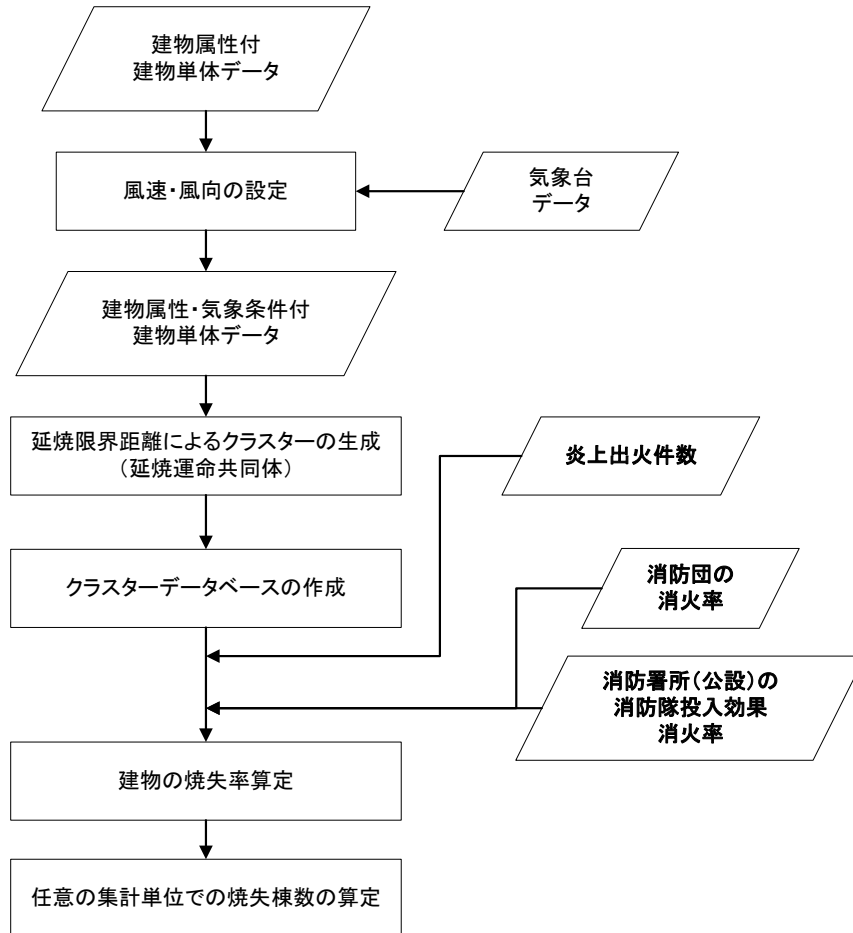
$$\text{○消防団消火率（延焼阻止率）} = \text{公設消防消火率} \times 1/2 \quad \text{-----1-2-3 式}$$

² 火災予防審議会・東京消防庁（2005）：「(火災予防審議会答申) 地震時における人口密集地域の災害危険要因の解明と消防対策について」, 火災予防審議会・東京消防庁, 2005. 3.

3) 延焼予測における建物単体データの整備

加藤ら（2006）の手法に基づき地震火災リスク評価を行い、各地震における焼失棟数の平均的な予測値を求めた上で火災危険度の高い重点地域を抽出する。

図表 地震火災リスク評価の流れ



建物単体データに対し気象条件の割り当てを行った上で、加藤ら（2006）の手法にしたがって延焼限界距離によるクラスターの生成を行う。下図にクラスターデータの拡大イメージを示す。

図表 クラスターデータの拡大イメージ
(同じ色の範囲が同一クラスター)



地震火災リスク評価

地震火災リスク評価は加藤ら（2006）の手法に基づき次の手順で行う。

- ①メッシュ別炎上出火件数を建物単体データに割り振り（メッシュ単位における建物棟数で炎上出火件数を除する）、建物単体における出火確率を設定する。
- ② ①で設定した出火確率に対し、公設消防・消防団による消火率をかけ合わせ、消防効果を加味した建物単体における出火確率とする。
- ③建物の焼失確率は、その建物が属するクラスターから 1 件以上出火する確率に等しいことから、クラスターを構成する建物を n 棟、クラスターに属する建物の出火確率の平均値を \bar{p} とすると、各建物の焼失確率 P は、次の 1-3-1 式で求められる。

$$P = 1 - \exp(-n\bar{p}) \quad \text{-----1-3-1 式}$$

- ④ ③で求めた建物の焼失確率に対し、集計単位（メッシュ、あるいは、区市町村など）における焼失棟数の平均的な予測値 χ は、集計単位に含まれる建物の焼失確率 P_k の総和に等しくなることから、次の 1-3-2 式で求められる。

$$\chi = \sum P_k \quad \text{-----1-3-2 式}$$

- ⑤ ①～④の流れに沿って地震別ケース別に焼失棟数を算定し、その上で火災危険度の高い重点地域を抽出する。

1.7 津波による浸水被害

1.7.1 基本的な考え方

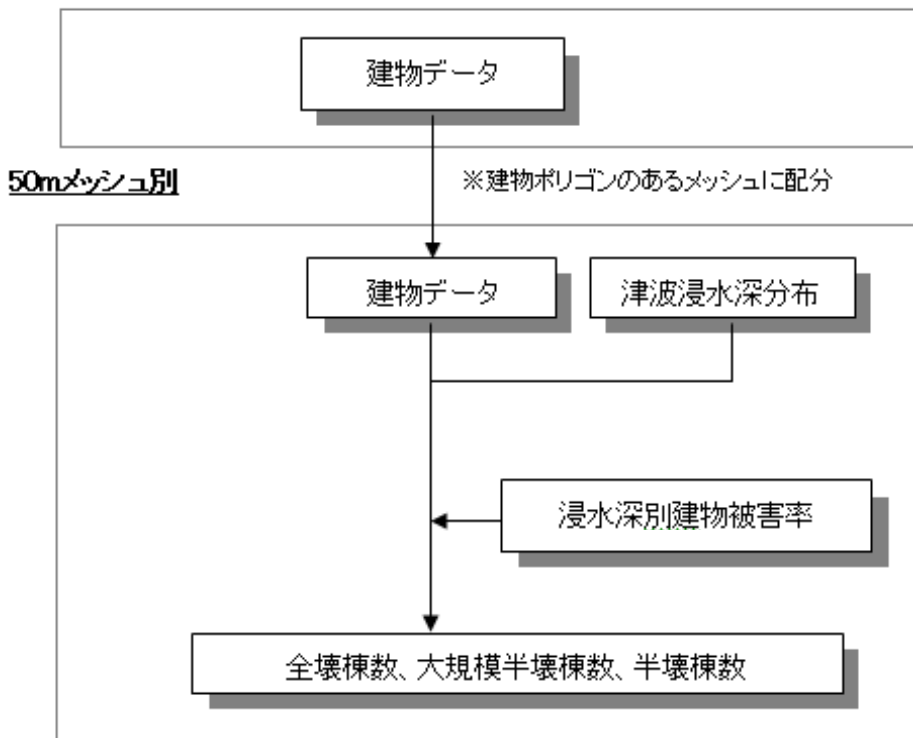
1) 概要

- ・ 津波高は 10mメッシュ単位で計算し、50mメッシュ単位に一旦集計する。ただし、津波の計算は正方格子であり、一方 50mメッシュは標準メッシュで形が合わないため、50mメッシュに含まれる 10mメッシュの面積に応じた加重平均を行うものとする。
- ・ また、建物データは 250mメッシュ単位なので、50mメッシュ単位への換算時には、土地利用現況調査の建物ポリゴン数の集計値で重みづけしメッシュへ配分する。
- ・ 東日本大震災の津波被災現況調査（国土交通省）より、全壊率、大規模半壊以上率、半壊以上率を浸水深別に求める。各メッシュの浸水深に応じて、全壊棟数、大規模半壊棟数、半壊棟数を算出する。

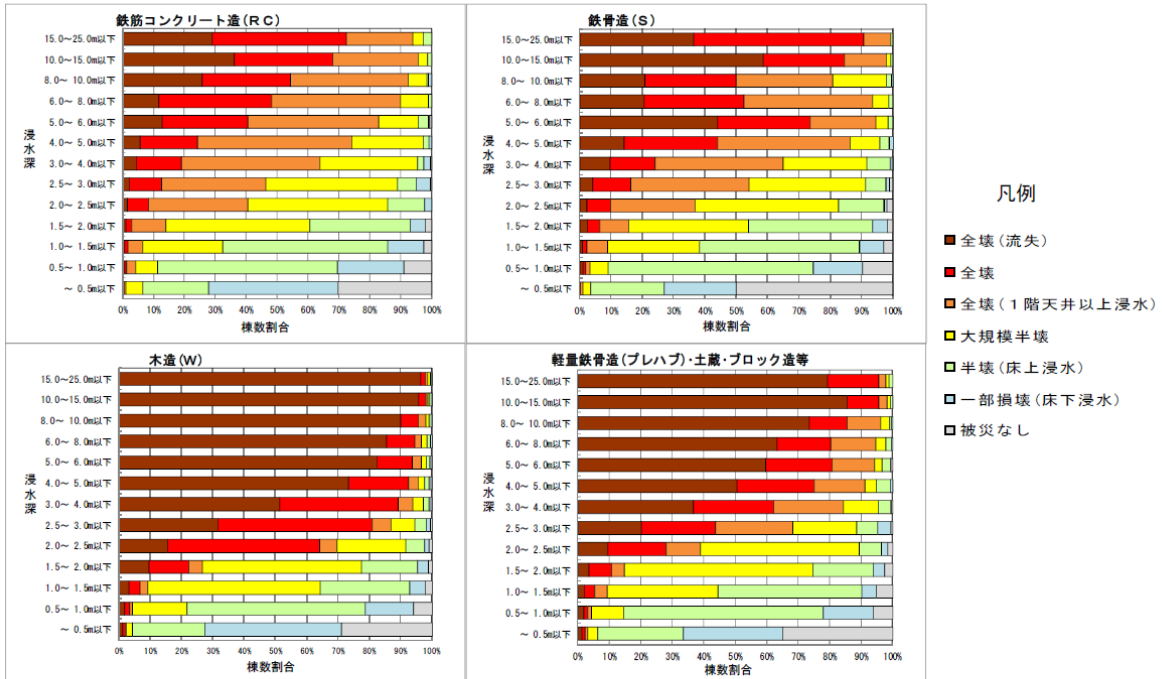
2) 被害想定手法

- ・ 以下の建物被害と浸水深の関係より、全壊棟数、大規模半壊棟数、半壊棟数を算出する。
- ・ 東日本大震災の実態データを踏まえ、建物構造別（木造、非木造）に全壊率、全壊・大規模半壊率、全半壊率を設定する。

250mメッシュ別



図表 建物被害と浸水深の関係



※被災現況調査では、現地調査に基づき、被災した建物を「全壊(流失)」「全壊」「全壊(1階天井以上浸水)」「大規模半壊」「半壊(床上浸水)」「一部損壊(床下浸水)」に6区分している。区分の判定は原則として目視調査による。

※8月4日公表の第1次報告では、「全壊(流失)」「全壊」「全壊(1階天井以上浸水)」を全壊と整理したが、このうち「全壊(1階天井以上浸水)」の区分は、生活再建支援制度等に用いられる「被災証明書」の被害認定基準を準用したもので、住家について、概ね1階天井まで浸水の建物は「全壊」と認定するものであるが、修繕により再使用可能なものであり、建物が再使用困難な損壊、すなわち浸水階より上の階に人が居た場合に危険な程の損壊は生じていないものとして整理した。

※浸水深は100mメッシュ単位で把握しているため、個々の建物の浸水深が正確に反映されていないところがある。

(出典) 国土交通省 東日本大震災の津波被災現況調査結果 (第2次報告)

2. 人的被害

2.1 ゆれによる死者数の推計手法

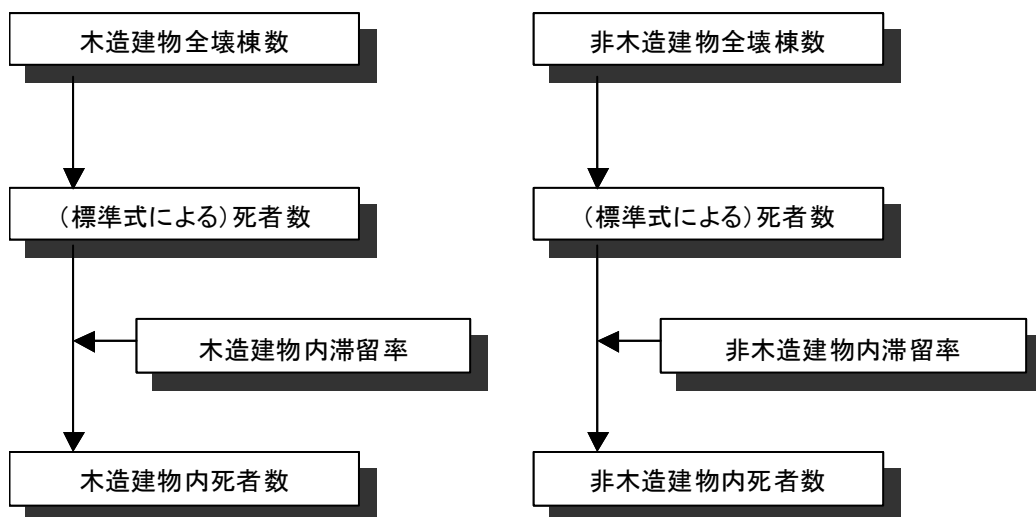
2.1.1 基本的な考え方

- ・ 木造建物と非木造建物では、死者等の発生の様相が異なることから、木造建物、非木造建物を区別し、それぞれの建物からの死者数・負傷者数を想定する。
- ・ 全壊棟数の内訳は、ゆれと造成地被害によるものである。なお、液状化による全壊は、通常ゆれによる全壊とはメカニズムが異なるため、ここでの死者数の計算は行わない。
- ・ 300人以上の死者の出た近年の5地震（鳥取地震、東南海地震、南海地震、福井地震、兵庫県南部地震）の被害事例から算出した全壊棟数と死者数との関係を使用する。

2.1.2 被害想定手法

1) 計算フロー

図表 建物倒壊による死者数計算フロー



(死者数) = (木造 死者数) + (非木造 死者数)

(木造 死者数) = t_w × (区市町村別のゆれによる木造全壊棟数) × (木造建物内滞留率)

(非木造 死者数)

= t_n × (区市町村別のゆれによる非木造全壊棟数) × (非木造建物内滞留率)

(木造建物内滞留率)

= (発生時刻の木造建物内滞留人口) ÷ (朝 5 時の木造建物内滞留人口)

(非木造建物内滞留率)

= (発生時刻の非木造建物内滞留人口) ÷ (朝 5 時の非木造建物内滞留人口)

$$t_w = 0.0676 \quad t_n = 0.00840 \times \frac{P_{n0}}{P_{w0}} \times \frac{B_w}{B_n}$$

P_{w0} : 夜間人口 (木造) P_{n0} : 夜間人口 (非木造) B_w : 建物棟数 (木造)

B_n : 建物棟数 (非木造)

2) 木造の係数の確認 (中央防災会議の算出方法)

- ・ ゆれによる死者数の推計式は、比較的最近の、300 人以上の死者を出した鳥取、東南海、南海、福井、兵庫県南部の 5 地震の建物全壊棟数と死者数の関係を回帰して設定したものである。
- ・ 兵庫県南部地震を除き、4 つの地震では倒壊建物を全て木造と考え、死者も木造建物倒壊に起因するものとして、回帰式 (以下、標準式) を作っていた。
- ・ 被害の定義の変化を考慮して前者 4 つの地震では全壊+半壊を、兵庫県南部地震では全壊を建物全壊とする。

$$(死者数) = 0.0676 \times (木造全壊棟数)$$

3) 非木造の係数の確認

- ・ 非木造建物内のゆれによる死者の推計式は、中央防災会議、静岡県被害想定などの手法を補正して、次のように設定する。

$$\begin{aligned} \text{「死者数 (非木造)」} &= t_n \times \text{「非木造建物全壊 (り災証明) 棟数」} \\ &\quad \times \text{「発生時刻の非木造建物内滞留人口 / 非木造建物内の夜間人口」} \end{aligned}$$

$$t_n = 0.00840 \times \frac{P_{n0}}{P_{w0}} \times \frac{B_w}{B_n}$$

- ・ さらに、標準式の元となった 5 地震のうち、兵庫県南部地震の結果が式の係数に大きく影響しているので、「夜間人口」ではなく「朝 5 時の滞留人口」を用いている。

2.2 ゆれによる負傷者数の推計手法

- 兵庫県南部地震における建物被害率と負傷者率との関係を用いた大阪府（平成 9 年）の手法に従い、以下の式により負傷者数を算出する。

$$(\text{負傷者数}) = (\text{木造 負傷者数}) + (\text{非木造 負傷者数})$$

$$(\text{木造負傷者数}) = (\text{木造建物内滞留人口}) \times (\text{負傷者率 木造})$$

$$(\text{非木造負傷者数}) = (\text{非木造建物内滞留人口}) \times (\text{負傷者率 非木造})$$

$$(\text{負傷者率}) = 0.12 \times (\text{ゆれによる建物被害率}) \quad (0 \leq \text{建物被害率} < 0.25)$$

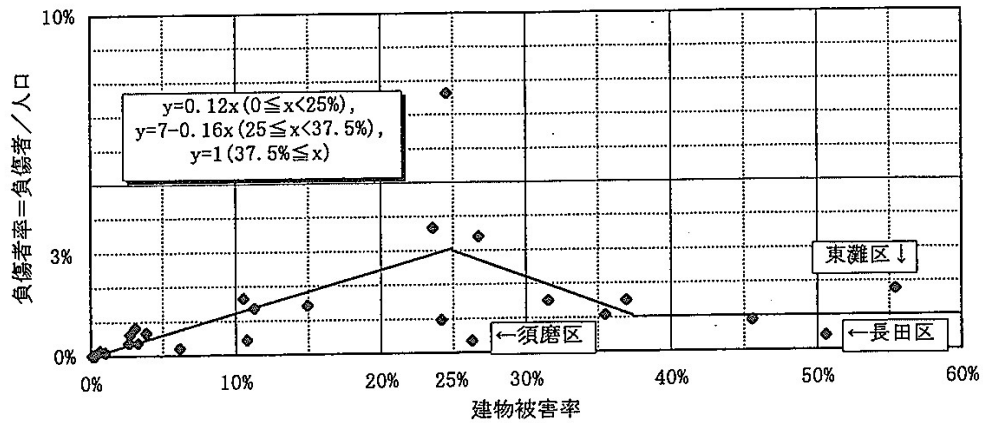
$$(\text{負傷者率}) = 0.07 - 0.16 \times (\text{ゆれによる建物被害率}) \quad (0.25 \leq \text{建物被害率} < 0.375)$$

$$(\text{負傷者率}) = 0.01 \quad (0.375 \leq \text{建物被害率})$$

※負傷者率は木造／非木造別にそれぞれ算出する

$$(\text{ゆれによる建物被害率}) = (\text{ゆれによる全壊率}) + 1/2 \times (\text{ゆれによる半壊率})$$

図表 阪神・淡路大震災時における建物被害率と負傷者率の関係



(出典) 大阪府地震被害想定調査（平成 9 年 3 月、大阪府）(p.157)

2.3 ゆれによる重傷者数の推計手法

- ・ 兵庫県南部地震における市区別の（ゆれ・液状化による）建物全壊率と重傷者率との関係を用いて、以下の式により重傷者数を算出する。
- ・ その際、市区別建物全壊率は、旧建設省建築研究所による調査データを活用した。

$$\text{（重傷者数）} = \text{（木造 重傷者数）} + \text{（非木造 重傷者数）}$$

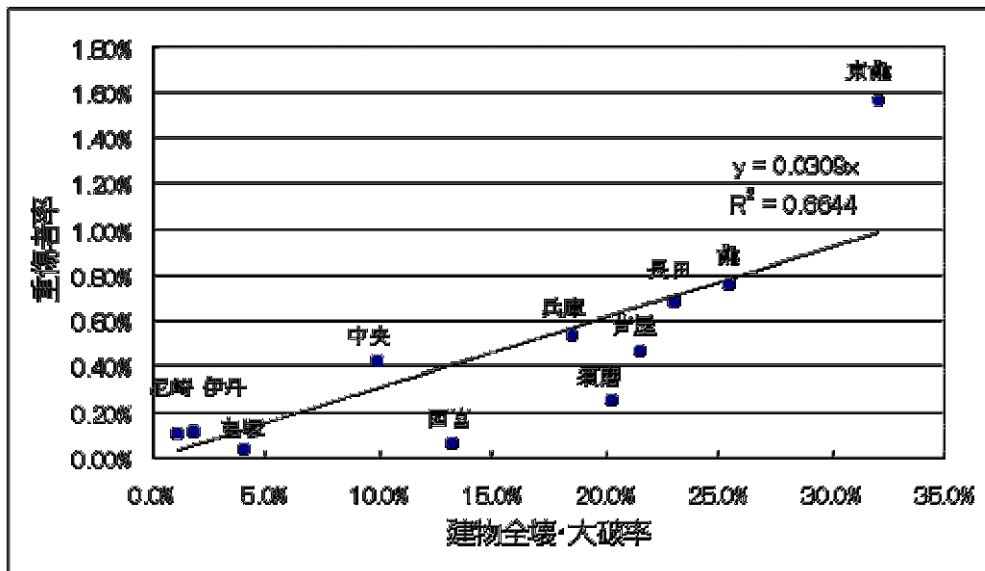
$$\text{（木造重傷者数）} = \text{（木造建物内滞留人口）} \times \text{（重傷者率 木造）}$$

$$\text{（非木造重傷者数）} = \text{（非木造建物内滞留人口）} \times \text{（重傷者率 非木造）}$$

$$\text{（重傷者率）} = 0.0309 \times \text{（ゆれによる建物全壊率）}$$

※重傷者率は木造／非木造別にそれぞれ算出する

図表 阪神・淡路大震災時における建物全壊率と重傷者の関係



注) 各市区別の建物全壊率データは、旧建設省建築研究所の調べによるもの

2.4 急傾斜地崩壊による人的被害の推計手法

2.4.1 基本的な考え方

- ・ ゆれにより引き起こされた斜面の崩壊（崖崩れ）により家屋が倒壊し、それに伴って死者が発生する場合を想定する。
- ・ 当該地震の発生時刻に建物内にどれだけの人がいるか、その滞留状況について考慮する。

2.4.2 被害算出方法

- ・ 平成3年東京都被害想定の手法に従い、1967年から1981年までの崖崩れの被害実態から求められた、被害棟数と死者数・負傷者数との関係式により、人的被害を算出する（木造建物の大破棟数は、全壊棟数×0.7に等しいものとする）。
- ・ 崖崩れによる建物被害と死者数の関係を以下の式とする。
※ 急傾斜地崩壊による負傷者の程度別の実態データは把握されていないため、中央防災会議の設定と同様に重傷者数は仮に負傷者数の半分とした。

$$\text{(死者数)} = \text{(木造 死者数)} + \text{(非木造 死者数)}$$

$$\text{(木造 死者数)} = 0.098 \times \text{(崖崩れによる木造全壊棟数)} \times 0.7 \times \text{(木造建物内滞留人口比率)}$$

$$\text{(非木造 死者数)} = 0.098 \times \text{(崖崩れによる非木造全壊棟数)} \times \text{(非木造建物内滞留人口比率)}$$

$$\text{(負傷者数)} = 1.25 \times \text{(死者数)}$$

$$\text{(重傷者数)} = \text{(負傷者数)} \div 2$$

$$\text{(木造建物内滞留人口比率)}$$

$$= \text{(発生時刻の木造建物内滞留人口)} \div \text{(木造建物内滞留人口の24時間平均)}$$

$$\text{(非木造建物内滞留人口比率)}$$

$$= \text{(発生時刻の非木造建物内滞留人口)} \div \text{(非木造建物内滞留人口の24時間平均)}$$

2.5 火災による死者数の推計手法

2.5.1 基本的な考え方

- 死者の発生要因として、以下の3種類のシナリオを想定

死者発生シナリオ	備考
炎上出火家屋内からの逃げ遅れ	出火直後：突然の出火により逃げ遅れた人 (ゆれによる建物倒壊を伴わない)
倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者(生き埋め等)	出火直後：ゆれによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に火が出し、逃げられない人
	延焼中：ゆれによる建物被害で建物内に閉じ込められた後に延焼が及び、逃げられない人
延焼拡大時の逃げ惑い	延焼中：建物内には閉じ込められていないが、避難にとまどっている間に延焼が拡大し、巻き込まれて焼死した人

2.5.2 被害想定方法

1) 炎上出火家屋からの逃げ遅れ

- 突然の出火により逃げ遅れて被災した死者数を算定する。

(炎上出火家屋内から逃げ遅れた死者数) = 0.042[※] × 出火件数 × (屋内滞留人口比率)

(屋内滞留人口比率) = (発生時刻の屋内滞留人口) ÷ (屋内滞留人口の24時間平均)

※ 平常時火災による死者数から算定(東京消防庁)

図表 平常時の出火状況

年	西暦	火災件数			住宅火災の死者数				住宅火災1件当たりの死者数(b)/(a)
		全	建物	住宅(a)	全(b)	65歳未満	65歳以上	65歳以上の占める割合(%)	
平成15年	2003	6,234	3,768	2,274	99	47	52	52.53	0.044
平成16年	2004	6,747	3,834	2,184	78	34	44	56.41	0.036
平成17年	2005	6,377	3,979	2,367	102	42	60	58.82	0.043
平成18年	2006	5,915	3,727	2,271	78	32	46	58.97	0.034
平成19年	2007	5,800	3,637	2,189	107	46	61	57.01	0.049
平成20年	2008	5,763	3,731	2,243	98	38	60	61.22	0.044
平成21年	2009	5,601	3,493	2,099	87	39	48	55.17	0.041
平成22年	2010	5,088	3,214	1,869	83	34	49	59.04	0.044
								平均	0.042

(出典) 東京消防庁各種公表資料より

2) 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者

- 逃げ遅れた人は、平時の火災における死者発生率から求める。(平成9年東京都) (pp. 672-673)

(閉込めによる死者数) = (全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人) × (1-生存救出率 0.387)

(全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人)

= (1-早期救出可能な割合 0.72) × (全壊かつ焼失家屋内の要救助者数)

(全壊かつ焼失家屋内の要救助者数) = (自力脱出困難者発生率 0.117) × (全壊率(%) / 100) × (全壊かつ焼失棟数 / 全壊棟数) × (発生時刻の出火家屋内滞留人口)

(全壊かつ焼失棟数) = (全壊棟数) × (焼失棟数 / 建物棟数)

(発生時刻の出火家屋内滞留人口) = (発生時刻の屋内滞留人口) × (出火件数 / (事業所数 + 住宅戸数))

- 要救助者数の算定は兵庫県南部地震時の実態に基づく推計式(平成9年東京都)を用いる。
- 全壊かつ焼失する家屋内の要救助者数のうち、家族、親戚、近所の人による救出者(要救助者数の72% = 4% + 4% + 64%)を除く人数については早期救出は困難とする。
- 救出困難な要救助者数のうち、全壊による死者数を除いた人数を、閉じ込めによる死者数とする。

図表 救出者の内訳

救出した人	被救出者の割合
親戚	4%
家族	4%
近所の人	64%
その他	14%
消防	14%

(出典) 宮野・村上ら(1996)「1995年兵庫県南部地震による人的被害 その5. 神戸市東灘区における人命救助活動に関する聞き取り調査」日本建築学会大会学術講演梗概集

図表 消防団による救出状況

	1/17	1/18	1/19	1/20	1/21~2/10	合計
救助人員	604	452	408	238	190	1,892
生存者	486	129	89	14	15	733
死亡者	118	323	319	224	175	1,159
生存救出者率	80.5%	28.5%	21.8%	5.9%	7.9%	38.7%

(出典) 阪神・淡路大震災 一神戸市の記録 1995年— (平成8年1月 神戸市) p. 204

3) 延焼拡大時の逃げ惑い

- 平成9年東京都被害想定の手法(p.573)に基づき、延焼拡大時の死者数を、過去の大火被害における

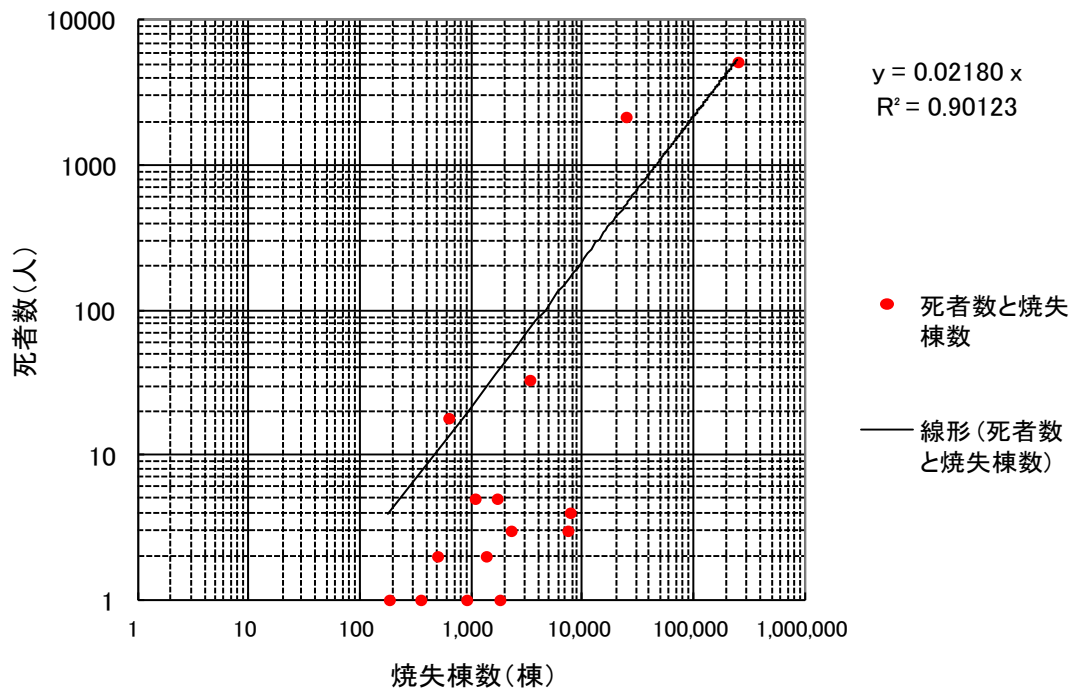
焼失棟数と死者数のデータを用いて導いた関係式により算定。

(延焼火災による死者数)

$$= \{0.02180 \times (\text{焼失棟数})\} \times (\text{屋内滞留人口比率})$$

$$(\text{屋内滞留人口比率}) = (\text{発生時刻の屋内滞留人口}) \div (\text{屋内滞留人口の 24 時間平均})$$

図表 死者数と焼失棟数の関係



(出典) 東京都被害想定 (平成 9 年)

2.6 火災による負傷者数の推計手法

2.6.1 炎上出火家屋からの逃げ遅れ

- 平成9年東京都被害想定の手法(p.633)に基づき、平時の火災における負傷者発生率から算定する。

$$\text{(出火直後の火災による重傷者数)} = 0.238 \times \text{出火件数} \times \text{(屋内滞留人口比率)}$$

$$\text{(出火直後の火災による軽傷者数)} = 0.596 \times \text{出火件数} \times \text{(屋内滞留人口比率)}$$

$$\text{(屋内滞留人口比率)} = \text{(発生時刻の屋内滞留人口)} \div \text{(屋内滞留人口の24時間平均)}$$

2.6.2 延焼中の逃げまどい

- 平成9年東京都被害想定の手法(p.634)に基づき、延焼拡大時の負傷者を過去の大火被害における焼失棟数と負傷者数のデータを用いて導いた関係式による算定

$$\begin{aligned} \text{(延焼火災による重傷者数)} \\ = 0.053 \times \{0.5206 \times \text{(焼失棟数)} - 253.37\} \times \text{(屋内滞留人口比率)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{(延焼火災による軽傷者数)} \\ = 0.137 \times \{0.5206 \times \text{(焼失棟数)} - 253.37\} \times \text{(屋内滞留人口比率)} \end{aligned}$$

ただし、焼失棟数<650のとき

$$\text{(延焼火災による重傷者数)} = 0.053 \times 0.1308 \times \text{(焼失棟数)} \times \text{(屋内滞留人口比率)}$$

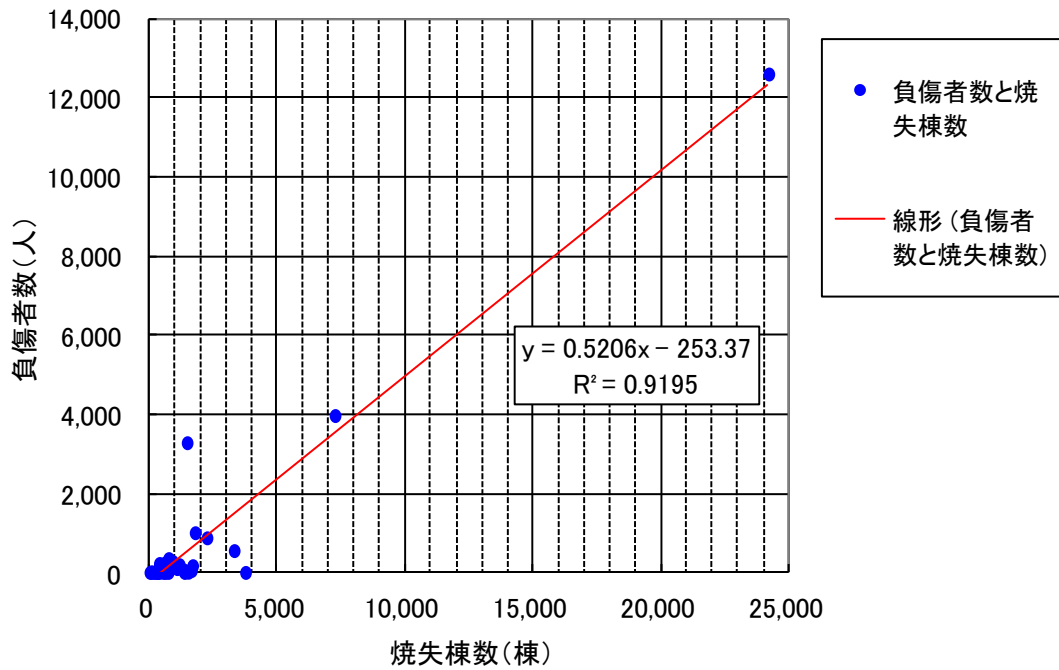
$$\text{(延焼火災による軽傷者数)} = 0.137 \times 0.1308 \times \text{(焼失棟数)} \times \text{(屋内滞留人口比率)}$$

$$\text{(屋内滞留人口比率)} = \text{(発生時刻の屋内滞留人口)} \div \text{(屋内滞留人口の24時間平均)}$$

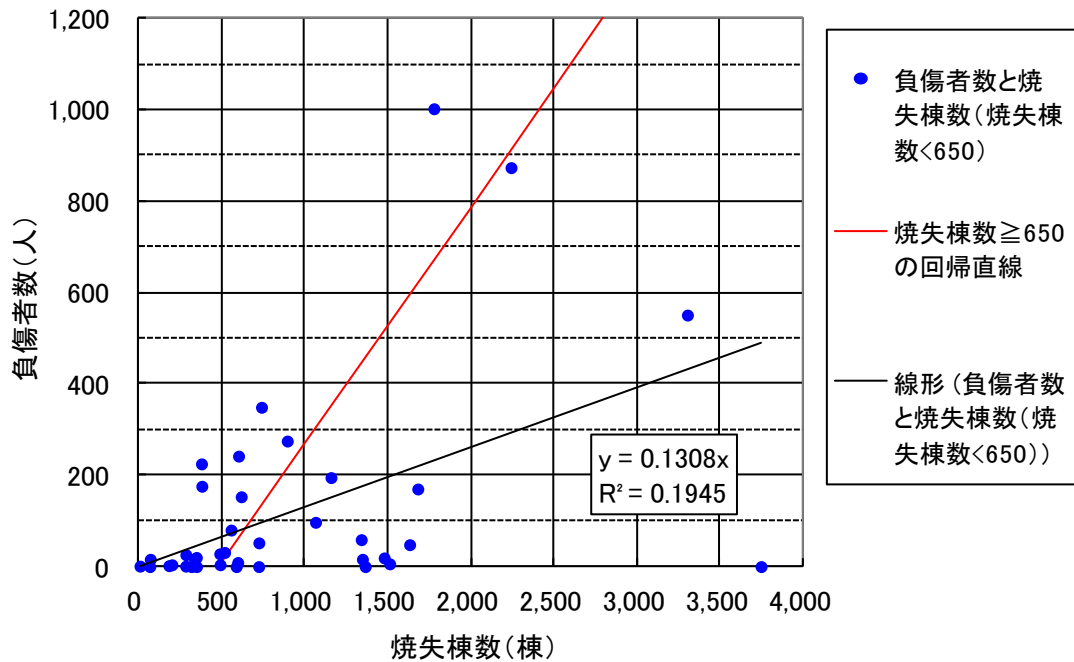
(注) 炎上家屋内における死傷者及び延焼家屋内における死傷者数からゆれによる死傷者数とのダブルカウントの除去を行う。

※延焼中の逃げ惑いの負傷者数の算出に用いている「焼失棟数」は建物被害の方でダブルカウント除去を行っているため、それを用いることで負傷者数でも間接的にダブルカウント除去を行っている。

図表 負傷者数と焼失棟数の関係



図表 負傷者数と焼失棟数の関係(函館大火・熱海市 S25・鳥取市 S27 を除く)



(出典) 平成9年東京都被害想定による過去の大規模火災被害に関するデータより作成

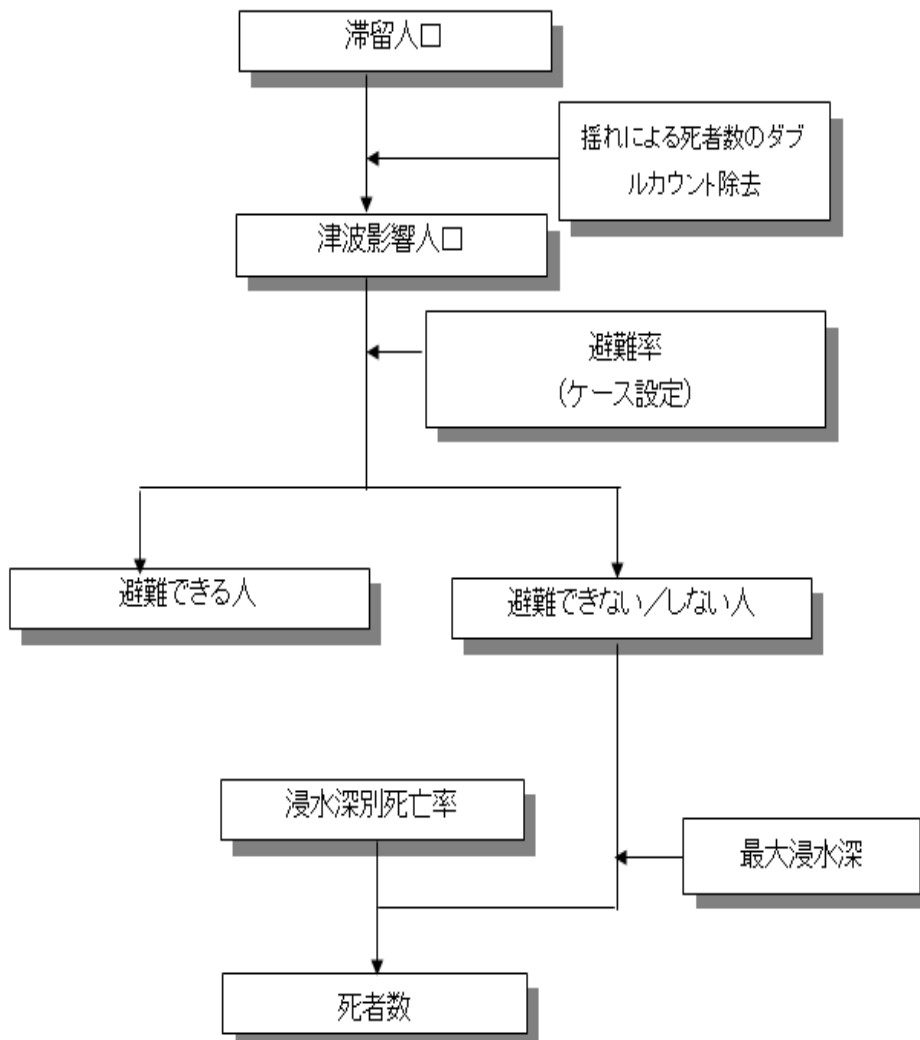
2.7 津波による死者数の推計手法

2.7.1 基本的な考え方

- ・ 津波高は 10mメッシュ単位で計算し、50mメッシュ単位に一旦集計する。津波の計算は正方格子だが、一方 50mメッシュは標準メッシュで形があわない。そのため、50mメッシュに含まれる 10mメッシュの面積に応じた加重平均を行う。
- ・ 滞留人口は 250m 区市町村単位なので、50mメッシュ単位への換算時には、土地利用現況調査の建物ポリゴン数の集計値で重みづけしメッシュへ配分する。
- ・ 各メッシュにおける浸水深に応じて決まる死亡率を用いて、死者数を算出する。浸水深別死亡率は河田（1997）における最大死亡率を採用する。
- ・ なお、ビル等の地下や河川敷等の堤外地における滞留者については、算定の根拠となる定量的なデータの設定が困難であることから、定量的な死者の算定に含まれていない。

2.7.2 被害想定手法

図表 津波浸水による人的被害計算フロー

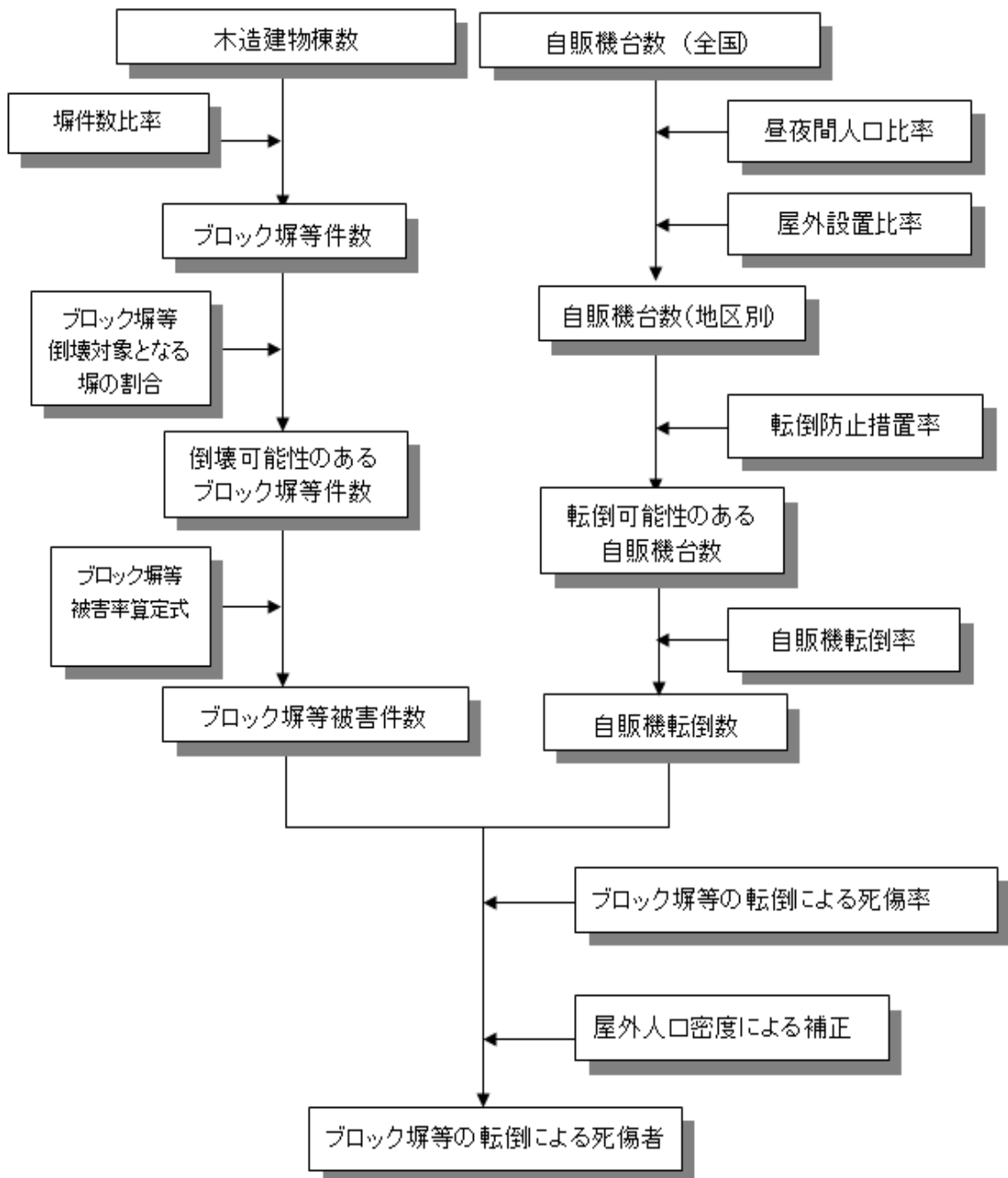


2.8 ブロック塀・自動販売機等の転倒数

2.8.1 基本的な考え方

- ・ 東京都の被害想定手法（平成9年）に基づき、建物当たりのブロック塀等の存在割合からブロック塀、石塀等の分布数を求め、地震動の強さと被害率との関係式を用いて各施設の被害数を求める。自動販売機の転倒は阪神・淡路大震災時の転倒率に基づき算出

2.8.2 被害想定手法



1) ブロック塀等の被害率算定式

- 宮城県沖地震時（昭和 53 年）の地震動強さとブロック塀等の被害率との関係実態に基づき、下式を設定した。

$$\text{(ブロック塀被害率)} = -12.6\% + 0.07 \times (\text{地表最大加速度})$$

$$\text{(石塀被害率)} = -26.6\% + 0.168 \times (\text{地表最大加速度})$$

$$\text{(コンクリート塀被害率)} = -12.6\% + 0.07 \times (\text{地表最大加速度})$$

2) ブロック塀等の転倒による死傷率

(1) ブロック塀、石塀、コンクリート塀の転倒による死傷者

- 死者については、宮城県沖地震時のブロック塀等の被害件数と死者数との関係に基づき作成された平成 9 年東京都被害想定の手法を用いる。
- 負傷者については平成 9 年東京都被害想定では想定していないため、同様に宮城県沖地震時の実態を踏まえて作成された静岡県第 3 次被害想定時の手法を用いる。
- また、区市町村別屋外人口密度は実態が把握されていないため、交通センサス（平成 17 年）における歩行者数（平日 12 時間通行量）と、交通工学研究会編「交通工学ハンドブック」（平成 10 年）による交通流量と密度の関係から推定している（歩行者のピーク量、夜間 12 時間等のデータがないことから時間変化が不明なため、中央防災会議と同様（日中、深夜（被害ゼロ））に時刻による変化は加味しない。）。

$\begin{aligned} \text{(死者数)} &= 0.00116 \times (\text{区市町村別の種別塀被害件数}) \\ &\quad \times ((\text{区市町村別屋外人口密度}) / 1689.16) (\text{人}/\text{km}^2) \\ \text{(負傷者数)} &= 0.04 \times (\text{区市町村別の種別塀被害件数}) \\ &\quad \times ((\text{区市町村別屋外人口密度}) / 1689.16) (\text{人}/\text{km}^2) \\ \text{(重傷者数)} &= 0.04 \times 0.39 \times (\text{区市町村別の種別塀被害件数}) \\ &\quad \times ((\text{区市町村別屋外人口密度}) / 1689.16) (\text{人}/\text{km}^2) \end{aligned}$
--

※ 1689.16 人/k m²は、宮城県沖地震当時の仙台市の屋外人口密度

※ 0.00116、0.04、0.39、1689.16：宮城県沖地震時のブロック塀等の被害件数と死者数との関係から求めた係数である。

(2) 自動販売機の転倒による死傷者

- 既往災害等による被害事例や被害想定手法の検討例は存在しないため、ブロック塀の倒壊に伴う死傷者算定式を適用する。
- 東京都において、ブロック塀の長さは最大でおよそ 12.2m（＝住宅 1 棟当たり敷地面積（平成 10 年住宅・土地統計調査）の平方根）とし、自動販売機の幅は最大でおよそ 1m とすると、死者数はおよそ 1/12.2 となる。

$$\begin{aligned}
 (\text{死者数}) &= 0.00116 \times (\text{区市町村別の屋外自動販売機転倒数}) \\
 &\quad \times ((\text{区市町村別屋外人口密度}) / 1689.16) (\text{人}/\text{km}^2) / 12.2 \\
 (\text{負傷者数}) &= 0.04 \times (\text{区市町村別の屋外自動販売機転倒数}) \\
 &\quad \times ((\text{区市町村別屋外人口密度}) / 1689.16) (\text{人}/\text{km}^2) / 12.2 \\
 (\text{重傷者数}) &= 0.04 \times 0.39 \times (\text{区市町村別の屋外自動販売機転倒数}) \\
 &\quad \times ((\text{区市町村別屋外人口密度}) / 1689.16) (\text{人}/\text{km}^2) / 12.2
 \end{aligned}$$

※ 0.00116、0.04、0.39、1689.16：宮城県沖地震時のブロック塀等の被害件数と死者数との関係から求めた係数である。

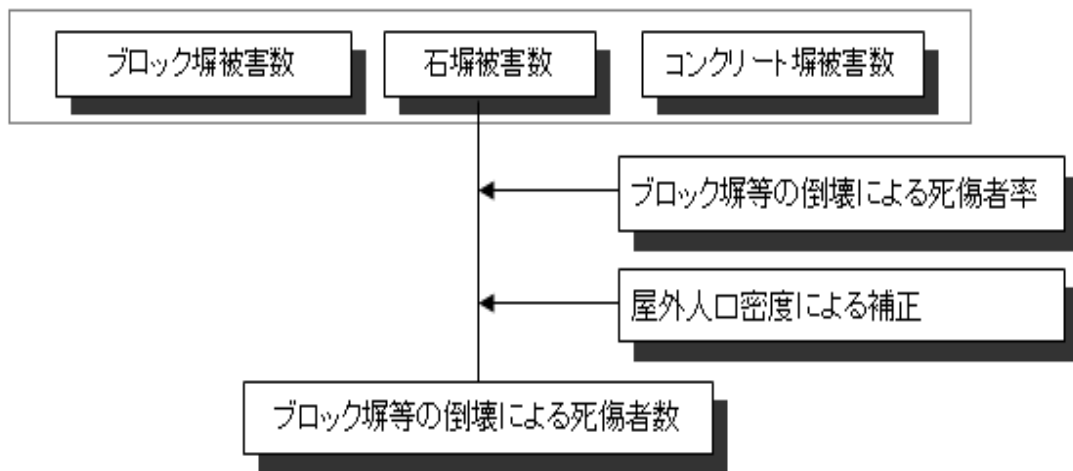
2.9 ブロック塀等の転倒による人的被害の推計手法

2.9.1 基本的な考え方

- 宮城県沖地震時（昭和 53 年）の被害実態に基づき作成された手法により、ブロック塀等の倒壊や自動販売機の転倒による死傷者率を設定して算出する。

2.9.2 被害算出方法（ブロック塀等の倒壊による人的被害）

- ブロック塀等の倒壊については、平成 9 年東京都被害想定手法に基づき、宮城県沖地震時のブロック塀等の被害件数と死傷者数との関係から死傷者率を設定する。



$$\begin{aligned}
 \text{死傷者数} &= \text{死傷者率} \times \text{区市町村別の種別塀被害件数} \\
 &\quad \times \left(\text{区市町村別屋外人口密度} / 1689.16 \right) \text{ (人/km}^2\text{)}
 \end{aligned}$$

- 死傷者率は、宮城県沖地震時の仙台市の屋外人口密度（1689.16 人/km²）を前提とした値であるため、各地の屋外人口密度（交通センサスより算出）に応じて補正

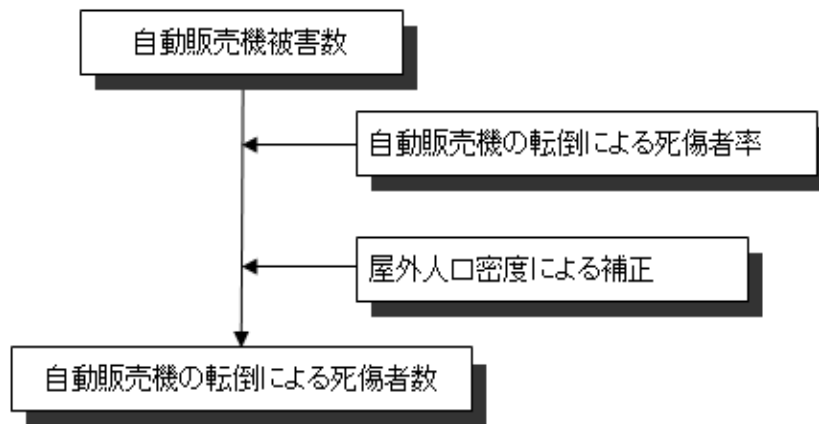
図表 死傷者率

死者率	負傷者率	重傷者率
0.00116	0.04	0.0156

（出典）死傷率：平成 9 年東京都被害想定（p. 575）、
 負傷者率・重傷者率：第 3 次地震被害想定結果（静岡県、平成 13 年）（p. 20）

2. 9. 3 被害算出方法（自動販売機の転倒による人的被害）

- ・ 既往災害等による被害事例や被害想定手法の検討例は存在しないため、ブロック塀の倒壊による死傷者算定式を適用する。
- ・ ただし、ブロック塀と自動販売機の幅の違いによる死傷者率の違いを考慮する。



$$\begin{aligned} \text{（死傷者数）} &= \text{（死傷者率）} \times \text{（区市町村別の自動販売機被害件数）} \\ &\quad \times \left(\text{（区市町村別屋外人口密度）} / 1689.16 \right) \text{（人} / \text{km}^2 \text{）} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{（自動販売機の転倒による死傷者率）} \\ &= \text{（ブロック塀の死傷者率）} \times \text{（ブロック塀と自動販売機の幅による補正）} \end{aligned}$$

- ・ 自動販売機の転倒による死傷者については、ブロック塀等と同じ死傷者率とし、自動販売機とブロック塀の幅の平均長の比（1：12.2）※ によって補正

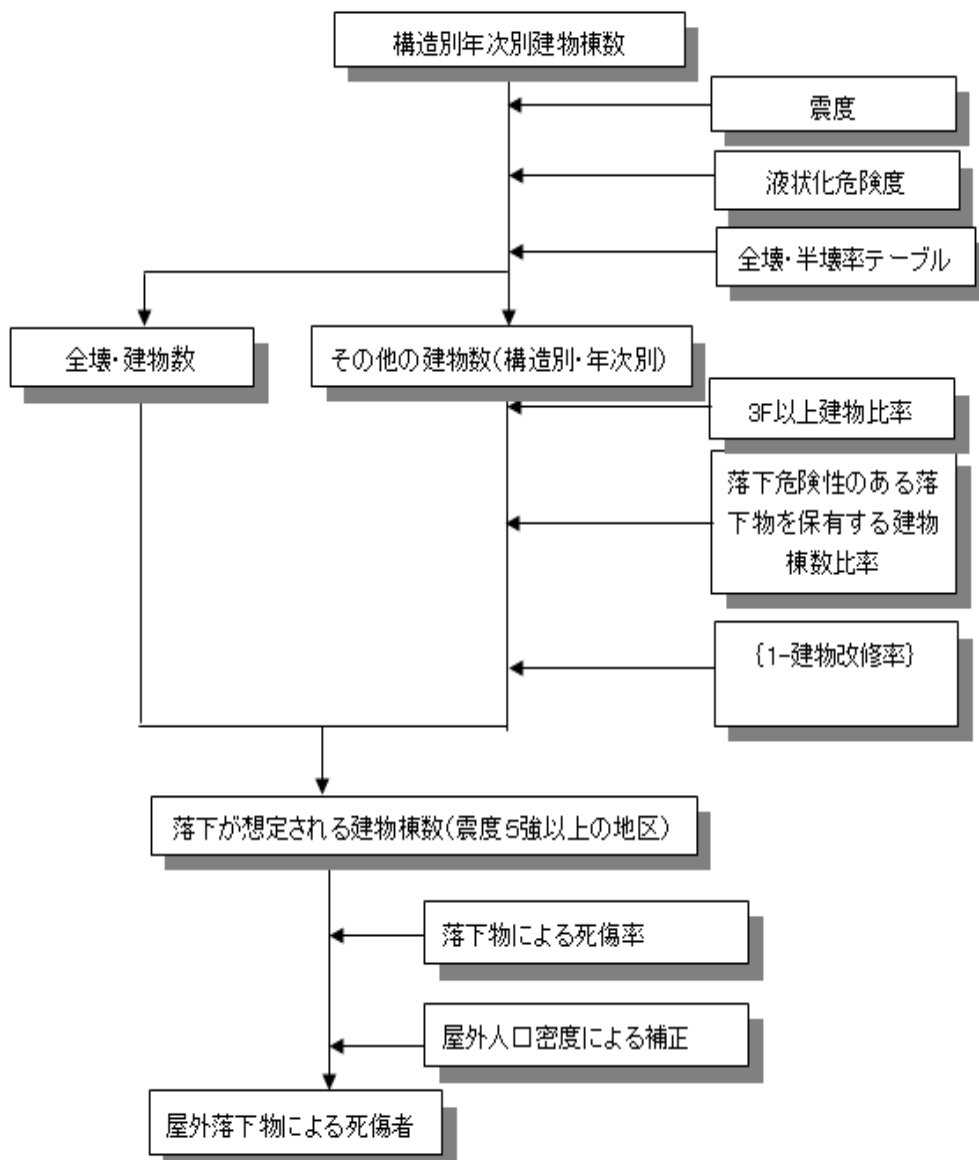
※ 東京都において、ブロック塀の幅は最大でおよそ 12.2m（＝1 棟当たり敷地面積の平方根）とし、自動販売機の幅については統計的な実測データは存在しないため、仮に 1m として、両者の比を設定した。

2. 10 屋外落下物の発生する建物棟数

2. 10. 1 基本的な考え方

- ・ 落下物の発生が想定される建物周辺で発生する人的被害を想定する。落下物は、建物被害により発生するものと、建物被害がなくともゆれにより発生するものがあるものとする。
- ・ 建物被害がなくともゆれにより落下物が発生する可能性のある建物については、落下危険のある落下物を保有する建物棟数比率とその建物の改修率（落下物対策実施率）から想定する。
- ・ 構造別年次別建物棟数から看板等の落下が想定される建物棟数を算出し、落下物による死傷率を乗じて人的被害を算出する。

2. 10. 2 被害想定手法



(死者数) = 0.000046 × 落下が想定される建物棟数

× ((区市町村別屋外人口密度) / 1689.16) (人/km²)

(負傷者数) = 0.0034 × 落下が想定される建物棟数

× ((区市町村別屋外人口密度) / 1689.16) (人/km²)

(重傷者数) = 0.000036 × 落下が想定される建物棟数

× ((区市町村別屋外人口密度) / 1689.16) (人/km²)

※ 1689.16 人/k m²は、宮城県沖地震当時の仙台市の屋外人口密度

※ 下線部：補正率 0.000046、0.0034、0.000036：静岡県第三次地震被害想定調査報告書（平成 13 年、静岡県）より

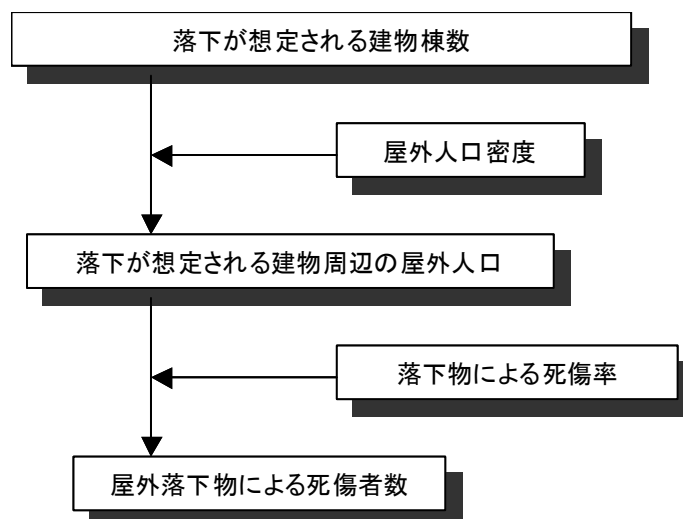
2. 11 屋外落下物による人的被害の推計手法

2. 11. 1 基本的な考え方

- ・ 宮城県沖地震時（昭和 53 年）の被害実態に基づき作成された手法により、窓ガラスの落下による死傷者率を設定して算出

2. 11. 2 被害算出方法（屋外落下物による人的被害）

- ・ 屋外落下物については、宮城県沖地震時の落下物による被害事例に基づき静岡県第 3 次被害想定（平成 13 年）において設定した窓ガラスの落下による死傷者率を設定



$$\text{（死傷者数）} = \text{（死傷者率）} \times \text{（区市町村別の落下危険性のある落下物を有する建物棟数比率）} \\ \times \text{（（区市町村別屋外人口密度）} \div 1689.16 \text{）（人} \div \text{km}^2 \text{）}$$

図表 死傷者率

死者率	負傷者率	重傷者率
0.000046	0.0034	0.00036

（出典）第 3 次地震被害想定結果（平成 13 年、静岡県）（p. 22）

2. 12 屋内収容物(家具類等・屋内落下物)による人的被害の推計手法

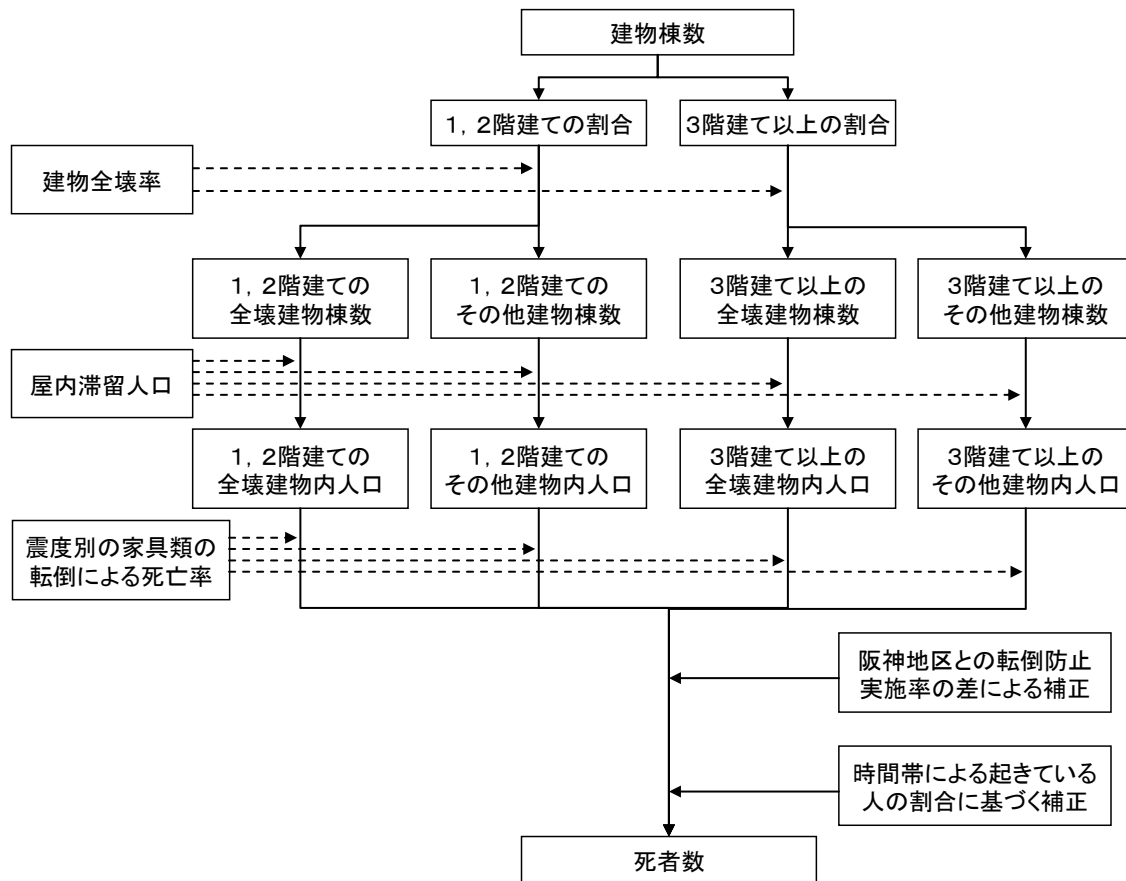
2. 12. 1 基本的な考え方

- ・ 家具類等の転倒に伴う死者数及び屋内落下物に伴う死者数を算定する。
- ・ 家具等は転倒防止措置が適切にとられていれば、家屋の構造被害が生じない限り転倒・移動する危険性を軽減することが可能であり、転倒防止実施率に応じた補正も行う。

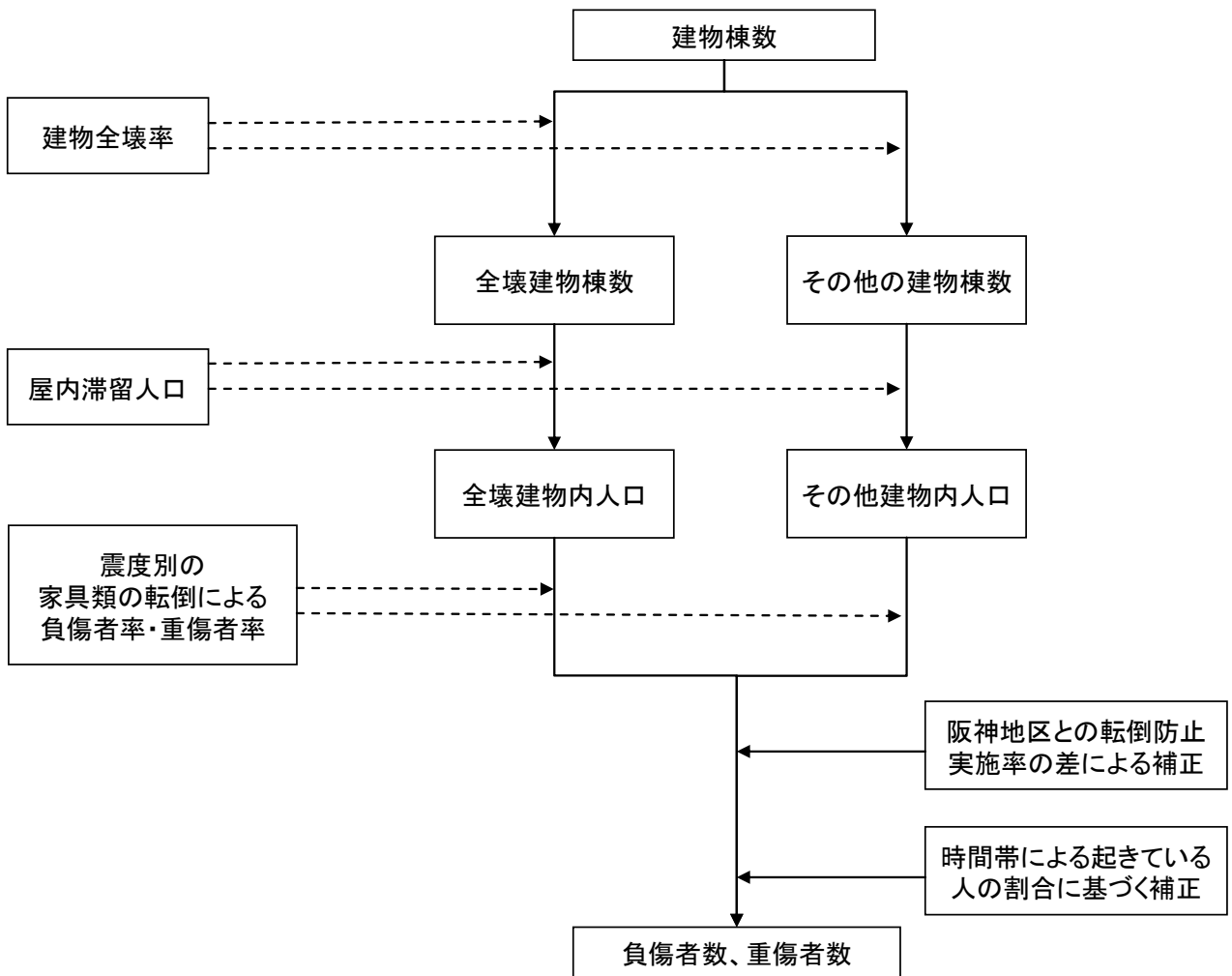
2. 12. 2 被害算出方法

1) 家具類等の転倒による被害の算出方法

図表 家具類の転倒による死者算定フロー



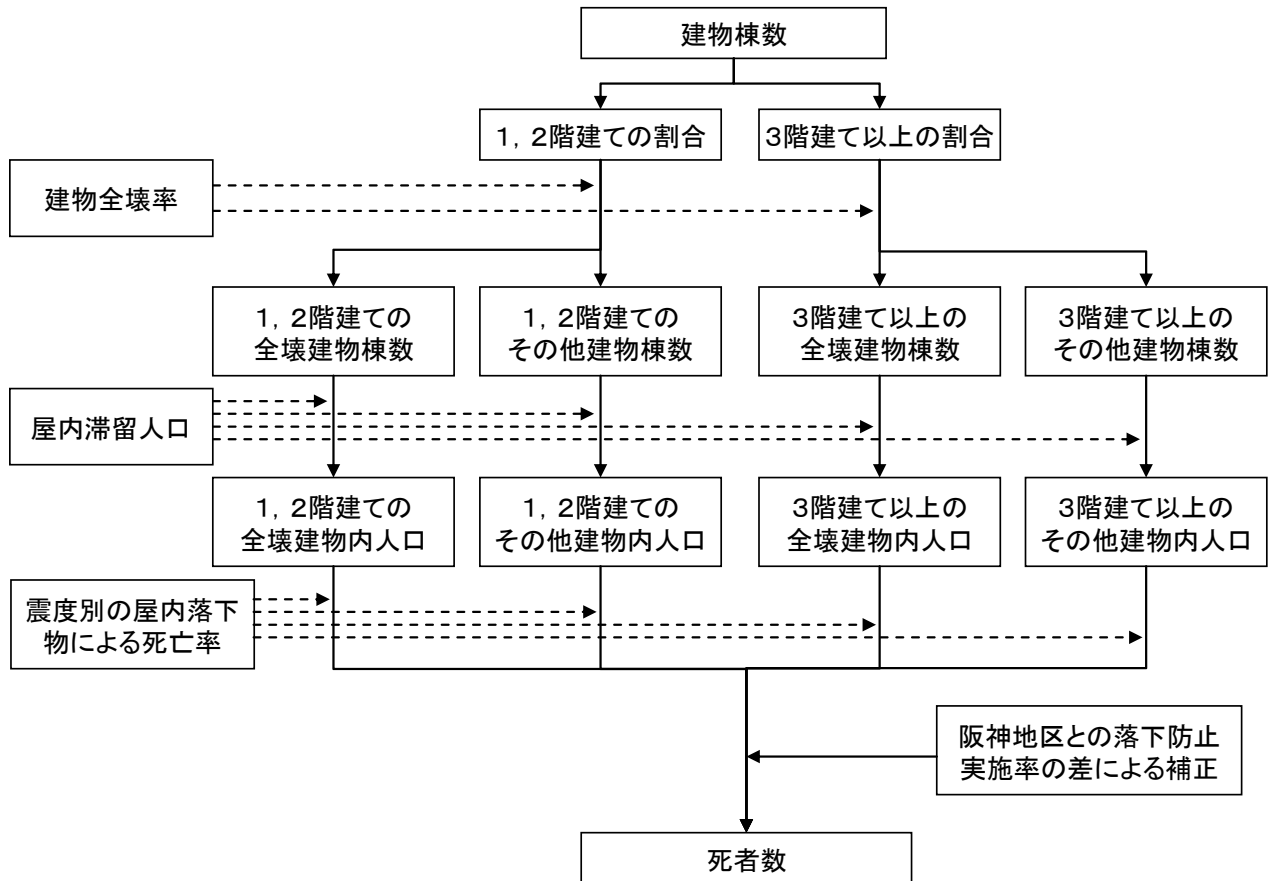
図表 家具類の転倒による負傷者・重傷者算定フロー



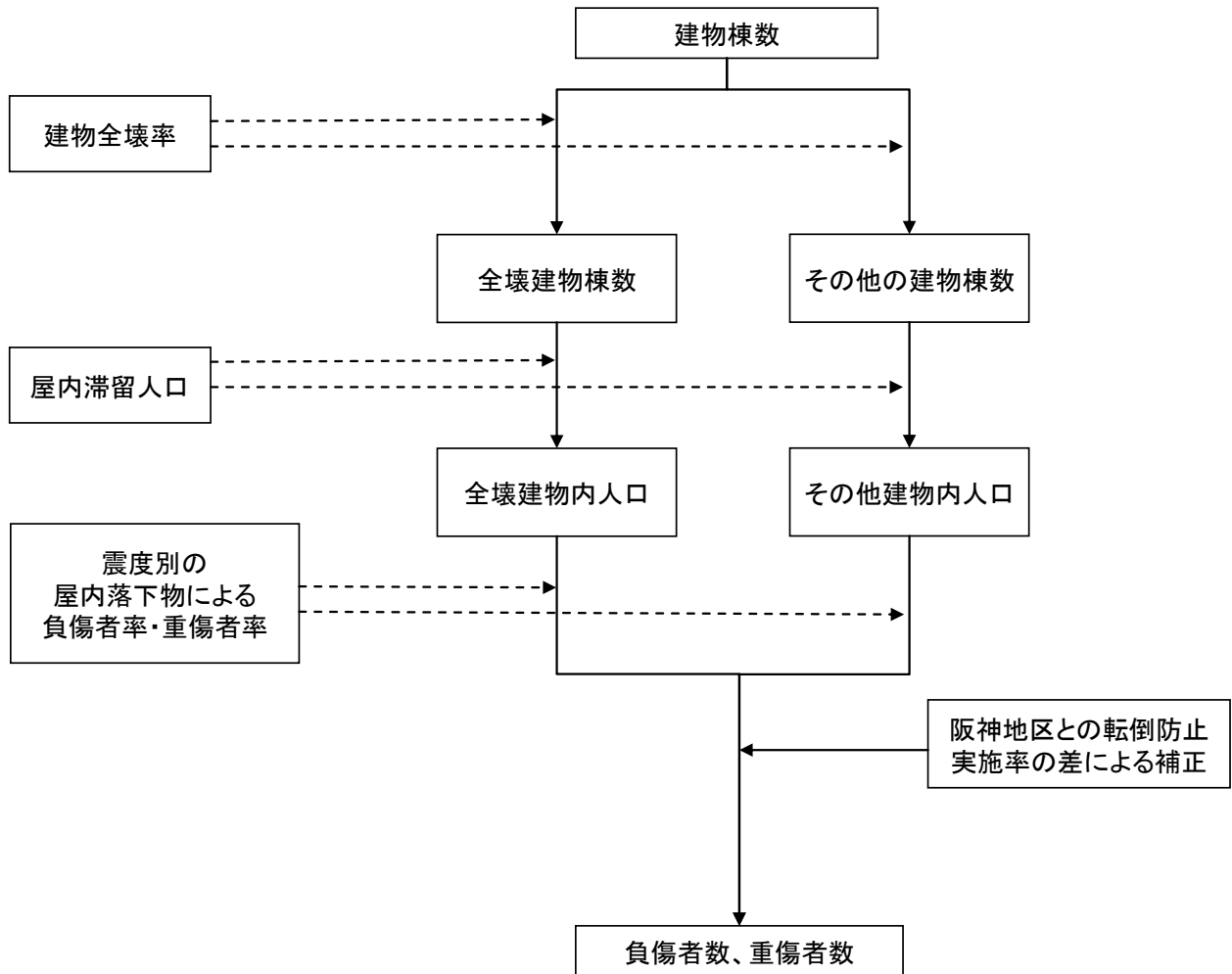
2) 屋内の落下物による被害算出方法

- ・ 阪神・淡路大震災時の実態に基づいた死亡率を設定し、屋内落下物に伴う死者を算出
- ・ 落下防止措置の実施状況に応じた被害率の補正も行なう。

図表 屋内落下物による死者算定フロー



図表 屋内落下物による負傷者・重傷者算定フロー



3. 交通施設被害

- ・ 交通施設被害の想定に当たっては、平成 18 年東京都被害想定と同様、阪神・淡路大震災時の被害実態に基づいた被害率を用いて算出しており、想定結果及び推計手法は被害箇所を特定するものではなく、交通被害状況をマクロな視点で把握するものである。
- ・ 阪神・淡路大震災以降、耐震対策が進められており、中越沖地震等規模の大きい地震においても、甚大な影響は出ていない。
- ・ なお、海溝型地震である東北地方太平洋沖地震においても、ほとんど被害が発生していないため、海溝型地震である元禄型関東地震に都市直下の地震である兵庫県南部地震の被害率を適用することは、必ずしも適当であるとは言い難い。しかし、被害イメージを把握するための参考として、元禄型関東地震についても短周期地震動を想定し、兵庫県南部地震時の被害率を用いて被害想定を行った。

3. 1 道路施設被害の推計手法

3. 1. 1 基本的な考え方

- ・ 本項では、道路施設のうち道路橋梁及び橋脚の被害可能性を定量的に推計する。
- ・ 橋梁・高架橋の被害率(%)を算出する。
- ・ 落橋や橋の変形等を大被害(機能支障あり)、部分的な亀裂やコンクリートの剥離等を中小被害(機能支障なし)とする。

3. 1. 2 被害想定手法

- ・ 阪神・淡路大震災の被害実態を踏まえ、震度 6 強以上のエリアにて道路橋梁・橋脚被害が発生するとした。なお、震度 6 強以上エリア内の橋脚数を以下によって求める。

震度 6 強以上エリアに属する橋梁・橋脚数

= 橋脚数(橋梁数)(区市町村別) × 区市町村内の震度 6 強以上エリアの面積割合(%)

震度 6 強以上エリアの面積割合(%)

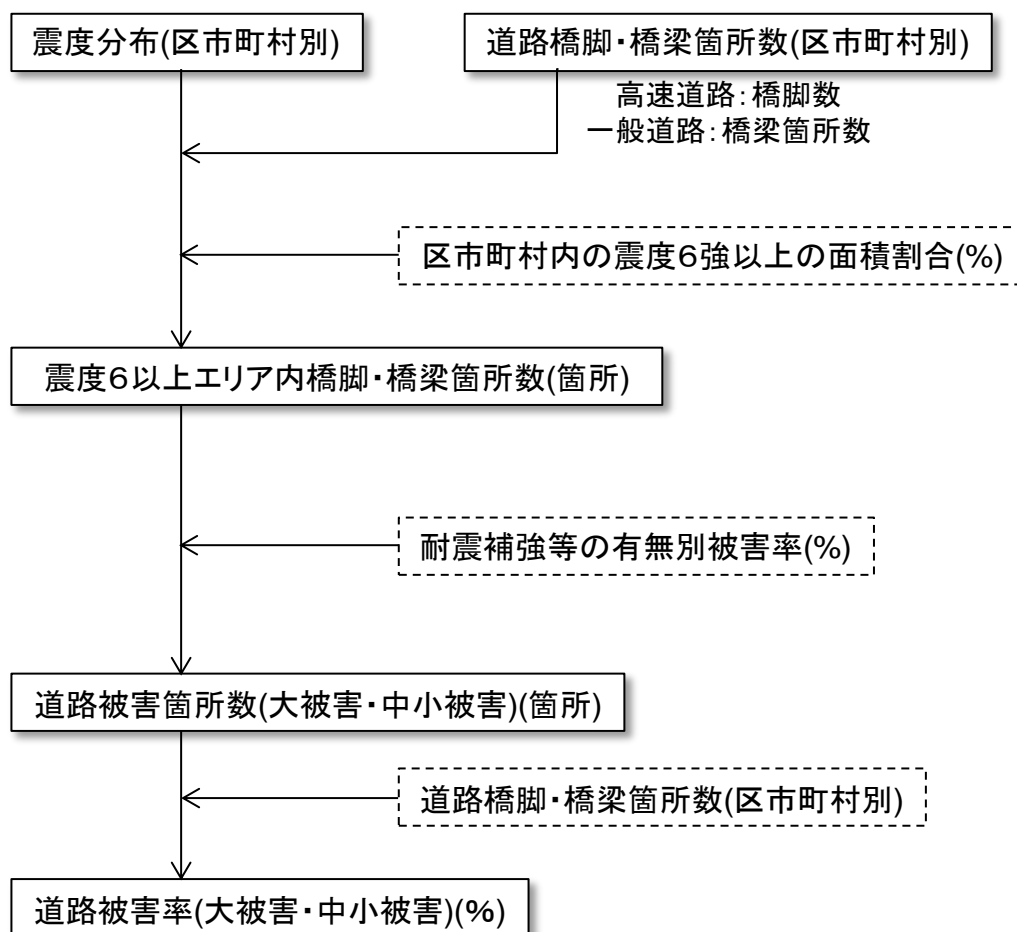
= 区市町村別の震度 6 強以上エリア面積 / 区市町村ごとの全体の面積

一般道路の橋脚・橋梁数(区市町村別) : 東京都及び関東地方整備局よりデータを収集

高速道路の橋脚数(区市町村別) : 事業者よりデータを収集

- ・ 橋梁・橋脚被害率の推計フローは次のとおり。

図表 推計フロー



橋梁・橋脚被害率の算出の数式は以下のとおり。

$$\begin{aligned}
 & \text{(橋梁・橋脚被害率 (\%))} \\
 = & \{ (\text{橋梁数} \cdot \text{橋脚数}) \times [(\text{S55 以前基準準拠橋脚被害率}) \times \{ 1 - (\text{S55 以降基準に該当する橋脚の割合}) \} + (\text{S55 以降基準準拠橋脚被害率}) \times (\text{S55 以降基準に該当する橋脚の割合})] \} \\
 & \div (\text{管理橋梁数} \cdot \text{橋脚数})
 \end{aligned}$$

橋梁・橋脚の道路橋示方書の準拠年次が「S55 基準」よりも前か以後かで場合分けを行い、それぞれに阪神・淡路大震災時の被害実態に基づいた被害率(後述)を用いる。また「S55 基準」より前の橋梁・橋脚であっても耐震補強を実施している場合には「S55 基準」以後と同様の被害率を用いることとする。

なお、平成 7 年の阪神・淡路大震災以降に新設された橋梁や、耐震補強を実施している橋梁については、阪神・淡路大震災における橋梁被害を考慮されて設計されており、「S55 基準」より高い耐震性を有している。このことから、「S55 基準」と同等の被害が生じる可能性は極めて低いと想定されるが、被害の算出に当たっては、「S55 基準」以後と同等の被害率を用いることとする。

1) 橋梁・橋脚被害率の算出

- 今回の推計に用いる橋梁・橋脚被害率は、阪神・淡路大震災時の被害実態に基づいて算出する。次に示す図表が実際に用いる被害率となる。

図表 阪神・淡路大震災の被害実態に基づく道路橋脚の被害率

道路種別 (道示準拠年次別)	大被害	中・小被害	被害なし	合計
S55 より前の基準に準拠 (耐震性低)	8.2%	33.9%	57.9%	100.0%
S55 以降の基準に準拠 (耐震性高)	0.0%	16.3%	83.7%	100.0%

(出典) 兵庫県南部地震における道路橋の被災に関する調査報告書 (平成7年) (p.40)をもとに作成

- 橋梁・橋脚被害とは、地震動(ゆれ)により道路の橋梁・橋脚部に落橋や亀裂等が生じることを言う。被害が生じるのは、震度6強以上のゆれが発生する場合とし、被害の程度は「大被害」及び「中小被害」とした。

被害の程度	内容
大被害	<ul style="list-style-type: none"> 落橋や橋の変形など、<u>短期的には救助活動や緊急物資の輸送路としての機能等を回復できない程度の損傷</u>
中小被害	<ul style="list-style-type: none"> 部分的な亀裂、コンクリートの剥離など限定的な損傷であり、<u>修復をすることなく又は応急修復程度で救助活動や緊急物資の輸送路としての機能等を回復できる程度の損傷</u>

2) 耐震補強の有無別被害率

- 兵庫県南部地震では高架橋に甚大な被害が発生したが、以降の活断層で発生した大規模地震(中越沖地震・能登半島地震等)では、地震のゆれによる落橋被害は発生していない。
- また、海溝型の東北地方太平洋沖地震においても、津波による橋梁の流出が見られたものの地震のゆれによる落橋は架け替え事業中の1橋のみであった。
- ただし、今回の想定に当たっては、阪神・淡路大震災における被災実態を引用する。耐震補強済の橋梁等は、S55以降基準に準拠するものとする。

3.2 細街路の閉塞の推計手法

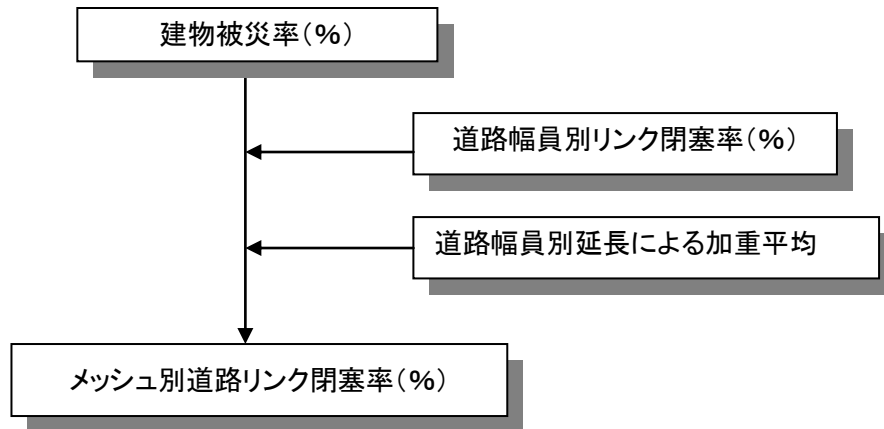
3.2.1 基本的な考え方

- ・ 阪神・淡路大震災時の調査データに基づき、倒壊した周辺家屋の倒れ込みによる道路リンク閉塞の発生率をメッシュごとに算出する。

3.2.2 被害想定手法

- ・ 幅員 13m未満の道路を対象に、幅員別の道路リンク閉塞率^{*}をメッシュ別に算出する。
- ・ 道路リンク閉塞率はゆれ・液状化による建物被災率（＝全壊率＋1/2×半壊率）との統計的な関係から算定する。
- ・ 幅員別延長で加重平均をとることで、メッシュ別の道路リンク閉塞率を算出する。

図表 推計フロー



(メッシュ別道路リンク閉塞率) =

$$\frac{\sum \{(\text{道路幅員別延長}) \times (\text{道路幅員別リンク閉塞率})\}}{\sum (\text{道路幅員別延長})}$$

※ 交差点間の道路を1つのリンクと考え、閉塞によって残存車道幅員（遮蔽されていない幅員）が3m以下になったリンクの割合を、リンク閉塞率とする。（家田ら（1997）の論文による）

1) 建物被災率

- ・ 建物被災率は、ゆれ・液状化による建物被災率（％）から求める。

$$\text{建物被災率（％）} = \text{建物全壊率（％）} + \text{建物半壊率（％）} \div 2$$

2) 道路幅員別リンク閉塞率

- ・ 道路幅員別リンク閉塞率は、阪神・淡路大震災の実態に基づいた統計的な関係から次のように設定する。

【幅員 3.5m 未満の道路】

$$\text{道路リンク閉塞率（％）} = 0.9009 \times \text{建物被災率（％）} + 19.845$$

【幅員 3.5m 以上 5.5m 未満の道路】

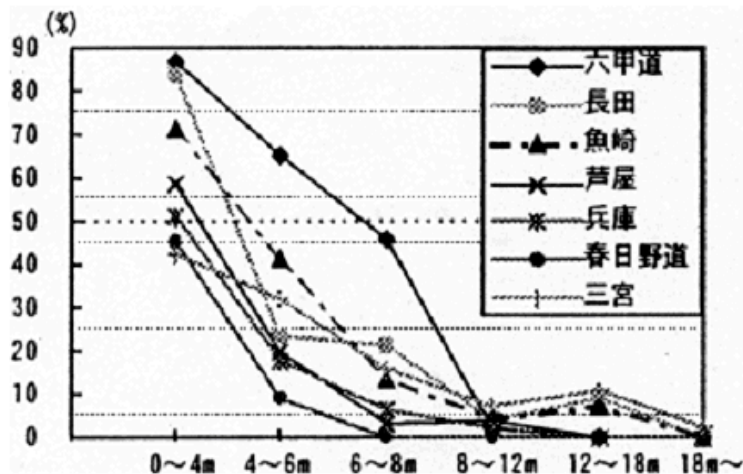
$$\text{道路リンク閉塞率（％）} = 0.3514 \times \text{建物被災率（％）} + 13.189$$

【幅員 5.5m 以上 13m 未満の道路】

$$\text{道路リンク閉塞率（％）} = 0.2229 \times \text{建物被災率（％）} - 1.5026$$

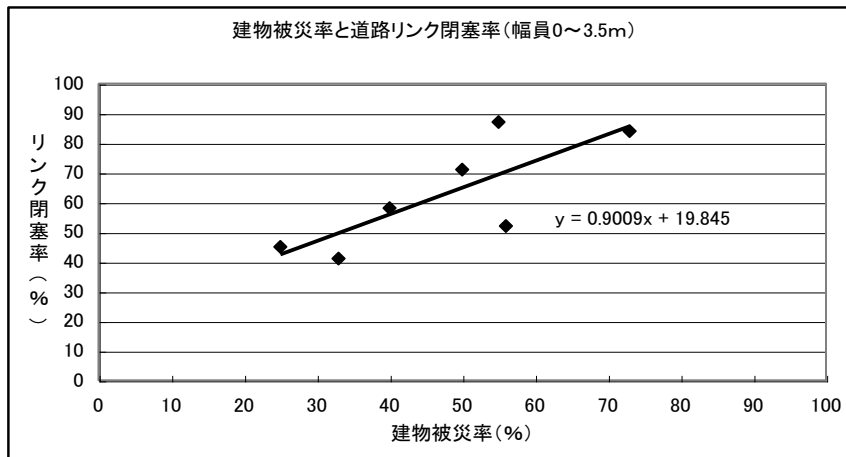
- ・ これらは次に示す参考図表に基づき設定した。

参考図表 阪神・淡路大震災時における道路幅員と道路リンク閉塞率の実態

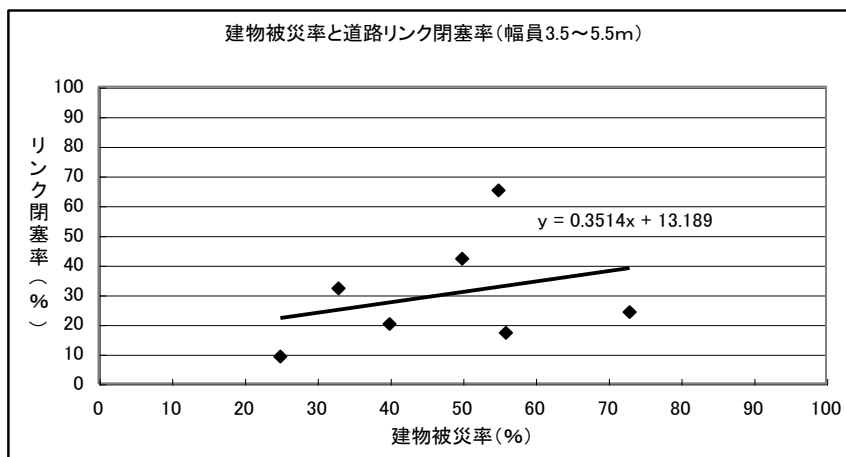


(出典) 家田ら「阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響」, 土木学会論文集 No. 576/IV-37, 69-82, 1997. 10 (p. 286)

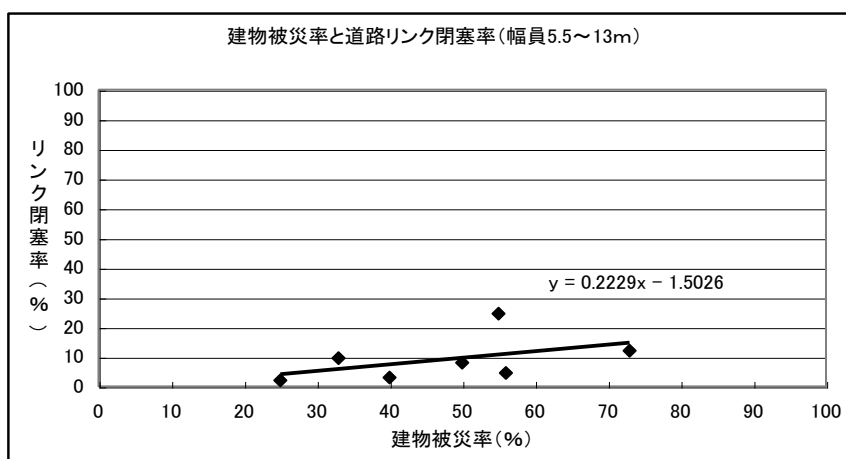
参考図表 阪神・淡路大震災時の家屋被災率と道路幅員別の
道路リンク閉塞率との統計的な関係



※ 幅員0~4mの道路のリンク閉塞率データで代用



※ 幅員 4~6mの道路のリンク閉塞率データで代用



(出典) 家田ら「阪神・淡路大震災における「街路閉塞現象」に着目した街路網の機能的障害とその影響」, 土木学会論文集 No. 576/IV-37, 69-82, 1997. 10 (p. 286) に基づき作成

3.3 交通渋滞による緊急輸送道路の交通支障の推計手法

3.3.1 基本的な考え方

- ・ 地震発生時には、渋滞による影響から広い幅員が確保されている緊急輸送道路の応急活動用の幹線道路において、緊急車両の交通支障の可能性が想定される。本検討では平時の交通量調査における渋滞区間をそのような事態が発生しうる要対策区間としての評価を行う。

3.3.2 評価手法

- ・ 緊急輸送道路は、東京都公報（第 14938 号）の「東京都告示第千十号」に基づき特定した。
- ・ 今回の手法では、渋滞の定義を、警視庁が交通量統計を取りまとめる際に用いている考え方に基づき、「走行速度が時速 20km 以下」とした。ただし、渋滞の定義は道路や交通の管理者ごとに異なっている点については留意されたい。
- ・ 以上の考え方にに基づき、平成 22 年道路交通センサスのデータベース上の、「平均旅行速度 (km/h)」のうち、「混雑時」の速度を元に、各路線において走行時速が「15km/h」、「20km/h」以下となる区間を特定し、路線の総延長に対して渋滞割合を算出した。この結果はあくまで道路交通センサスによる平時の交通量を示したものであり、参考値である。

3.4 鉄道施設被害の推計手法

3.4.1 基本的な考え方

- ・ 高架橋・橋梁を主な被害発生の対象とし、道路施設被害と同様、大被害及び中小被害で評価する。
- ・ 地下部についてはシールドトンネルは耐震構造で、開削トンネルも概ね全ての区間で耐震補強済みのため、交通支障にいたる被害は発生しない。
- ・ 耐震強化後の橋脚については落橋・倒壊が発生しないものとし、全て損傷・亀裂程度に抑えられるものとする。
- ・ 耐震強化後は大被害なしとし、中小被害の発生割合については耐震強化前の大被害＋中小被害の発生割合とする。
- ・ (新幹線) 震度別(7又は6強)の鉄道延長と、阪神・淡路大震災時の延長当たり落橋・倒壊率から大被害の被害割合を算出する。
- ・ (在来線・私鉄線) 阪神・淡路大震災時の実態から、駅間の最大震度が6強以上となるエリア内での大被害(落橋・倒壊)及び中小被害割合を算出する。

3.4.2 被害想定手法

- ・ 鉄道施設被害は「(1) 新幹線」及び「(2) 在来線・私鉄線」に分けて推計を行う。
被害率の推計方法は以下のとおり。

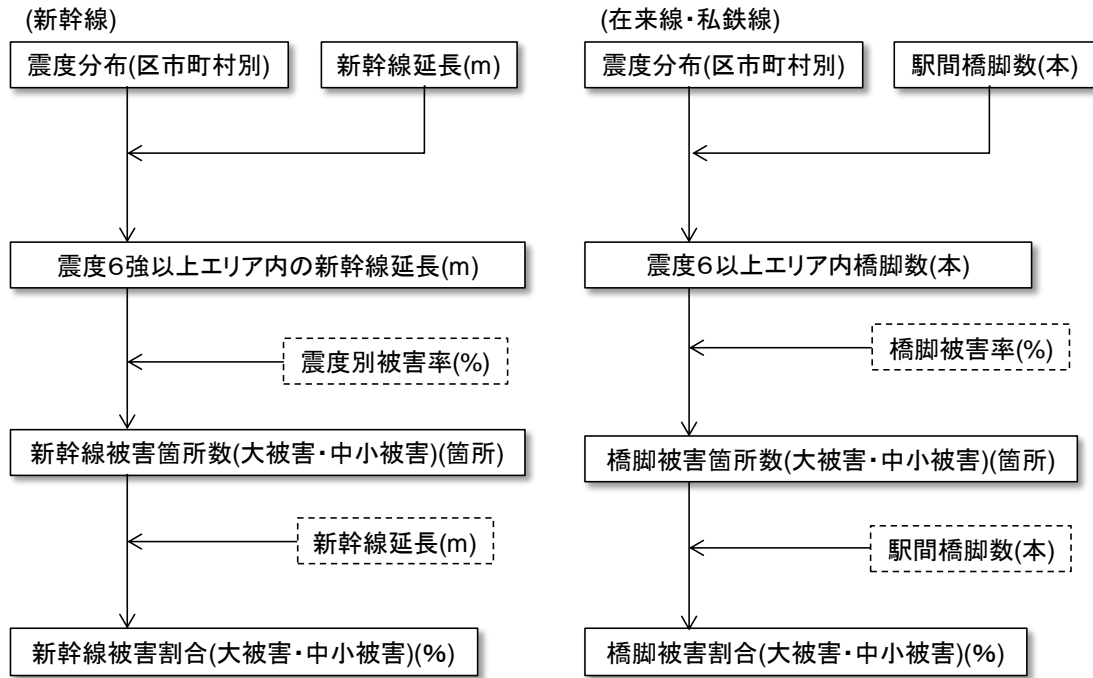
(新幹線)

$$\text{被害割合(\%)} = [\text{震度6強以上エリア内新幹線延長(km)} \times \text{震度別被害率(\%)}] \div \text{新幹線延長(km)}$$

(在来線・私鉄線)

$$\text{被害割合(\%)} = [\text{震度6強以上エリア内橋脚数} \times \text{震度別被害率(\%)}] \div \text{全橋脚数}$$

図表 推計フロー



新幹線及び在来線・私鉄線の被害率の算出

今回の推計に用いる新幹線及び在来線・私鉄線の被害率は、阪神・淡路大震災時の被害実態に基づいて算出する。次に示す図表が推計の際、実際に用いる被害率となる。

図表 新幹線の橋脚被害率

	震度	耐震強化前	耐震強化後
大被害の発生率 [箇所/km]	7	5.71%	0%
	6強	2.67%	0%
中小被害の発生率 [箇所/km]	7	51.4%	57.1%※
	6強	24.0%	26.7%※

(出典) 東京都被害想定(平成9年)をもとに集計

※ 橋脚の耐震強化が実施されたのが阪神・淡路大震災後であるため、実態の被害率データが存在しない。よって、耐震強化前の大被害が中小被害まで被害軽減される事を設定しつつも、耐震強化前の中小被害がどれくらい被害軽減されるかを評価できない。そのため、耐震強化後の中小被害率を耐震強化前の「大被害率+中小被害率」によって求める。

※ **耐震強化後の震度7の中小被害率** = 耐震強化前の大被害率 + 耐震強化前の中小被害率
 = 5.71% + 51.4% = 57.11% (小数点第二位を切捨て)

耐震強化後の震度6強の中小被害率 = 耐震強化前の大被害率 + 耐震強化前の中小被害率
 = 2.67% + 24.0% = 26.67% (小数点第二位を切上げ)

図表 在来線・私鉄線の橋脚被害率

	震度	耐震強化前	耐震強化後
大被害(落橋・倒壊)	6強以上	0.00293	0
中小被害(損傷・亀裂)	6強以上	0.0315	0.0344※

(出典) 運輸省鉄道局「よみがえる鉄路」をもとに集計

※ 橋脚の耐震強化が実施されたのが阪神・淡路大震災後であるため、実態の被害率データが存在しない。よって、耐震強化前の大被害が中小被害まで被害軽減される事を設定しつつも、耐震強化前の中小被害がどれくらい被害軽減をされるかの評価が困難である。

そのため、耐震強化後の中小被害率を耐震強化前の「大被害率+中小被害率」とした。

「大被害率+中小被害率 = 0.00293 + 0.0315 = 0.03443 ≒ 0.0344 (小数第五位切捨て)」

3.5 港湾施設被害の推計手法

3.5.1 基本的な考え方

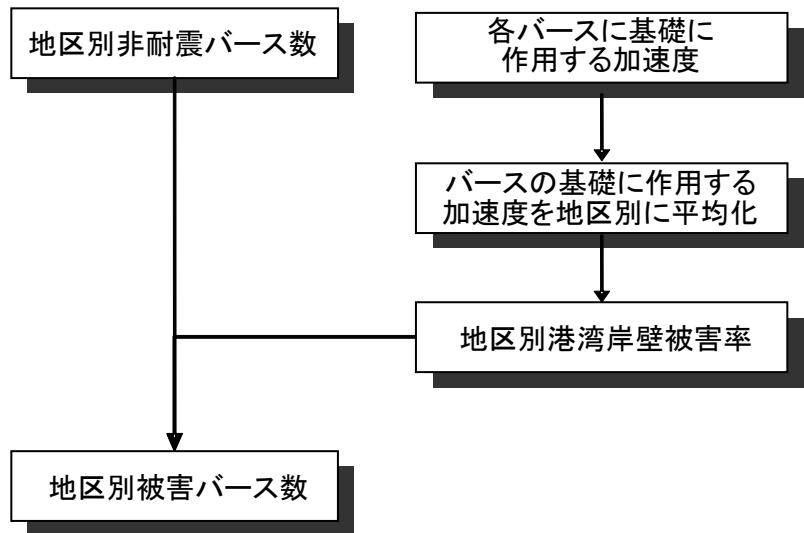
- ・ 岸壁の被害による港湾機能支障率を算出する。
- ・ 各港湾構造物の基礎に作用する工学的基盤の加速度より、ほぼ崩壊状態となり復旧に長期間を要する被害バース数を算出する。
- ・ 東京港内の地区別に港湾被害について検討する。

3.5.2 被害想定手法

- ・ 算定式は下記のとおり。

$$\text{被害バース数} = \text{非耐震バース数} \times \text{港湾岸壁被害率}$$

図表 港湾岸壁被害算出フロー



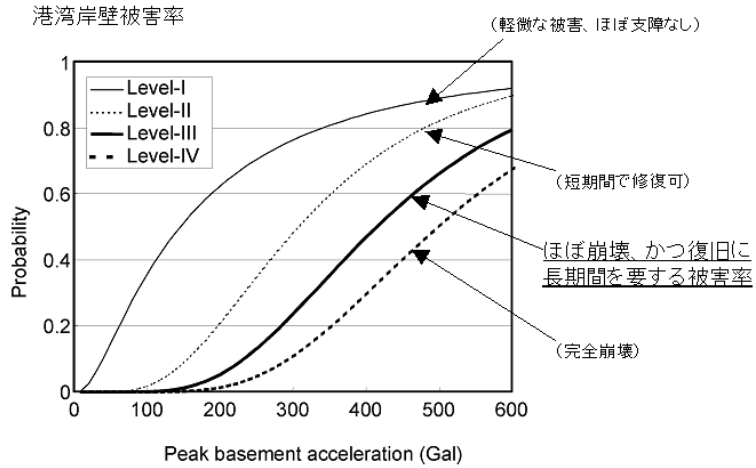
被害率の算出には下記の式を利用する。なお、最大加速度は各地区の岸壁に作用する。

被害率計算式

$$F(a) = \Phi \left[\frac{\ln(a/c)}{\xi} \right]$$

※ a は最大加速度、また下図の Level-III に該当するパラメータ $c=414.8$ 、 $\xi=0.45$ を用いる。

図表 港湾岸壁被害確率の累積分布関数



(出典) Koji ICHII : FRAGILITY CURVES FOR GRAVITY-TYPE QUAY WALLS
BASED ON EFFECTIVE STRESS ANALYSIS, 13th WCEE, 2004

東京港内を6つの地区に分けてそれぞれの被害状況を想定する。

図表 東京港湾の地区割り



4. ライフライン被害

4.1 電力

4.1.1 基本的考え方

- ・ 停電軒数は、津波浸水及び建物焼失による停電軒数と、電柱被害による停電軒数と、地中供給に係る路上設置機器の損壊による停電軒数の総和とする。停電率は、当該停電軒数を電灯軒数（地中供給電灯軒数含む）によって除すことにより算出する。
- ・ 津波浸水エリアは全面的に停電が生じると想定する。また火災延焼エリアは、焼失棟数率に応じて停電が生じるものと想定する。
- ・ また、非延焼エリアにおける停電は、“電柱折損”及び“地中供給に係る路上設置機器の損壊”によって生じると想定する。
- ・ 以上のとおり、本調査ではマクロな被害想定手法により評価するため、拠点的な施設・機能（発電所、変電所、及び基幹送電網等）の被災評価は行わない。

4.1.2 被害想定手法

- ・ 算定式は以下のとおり。

停電率＝停電軒数／電灯軒数（地中供給電灯軒数含む）

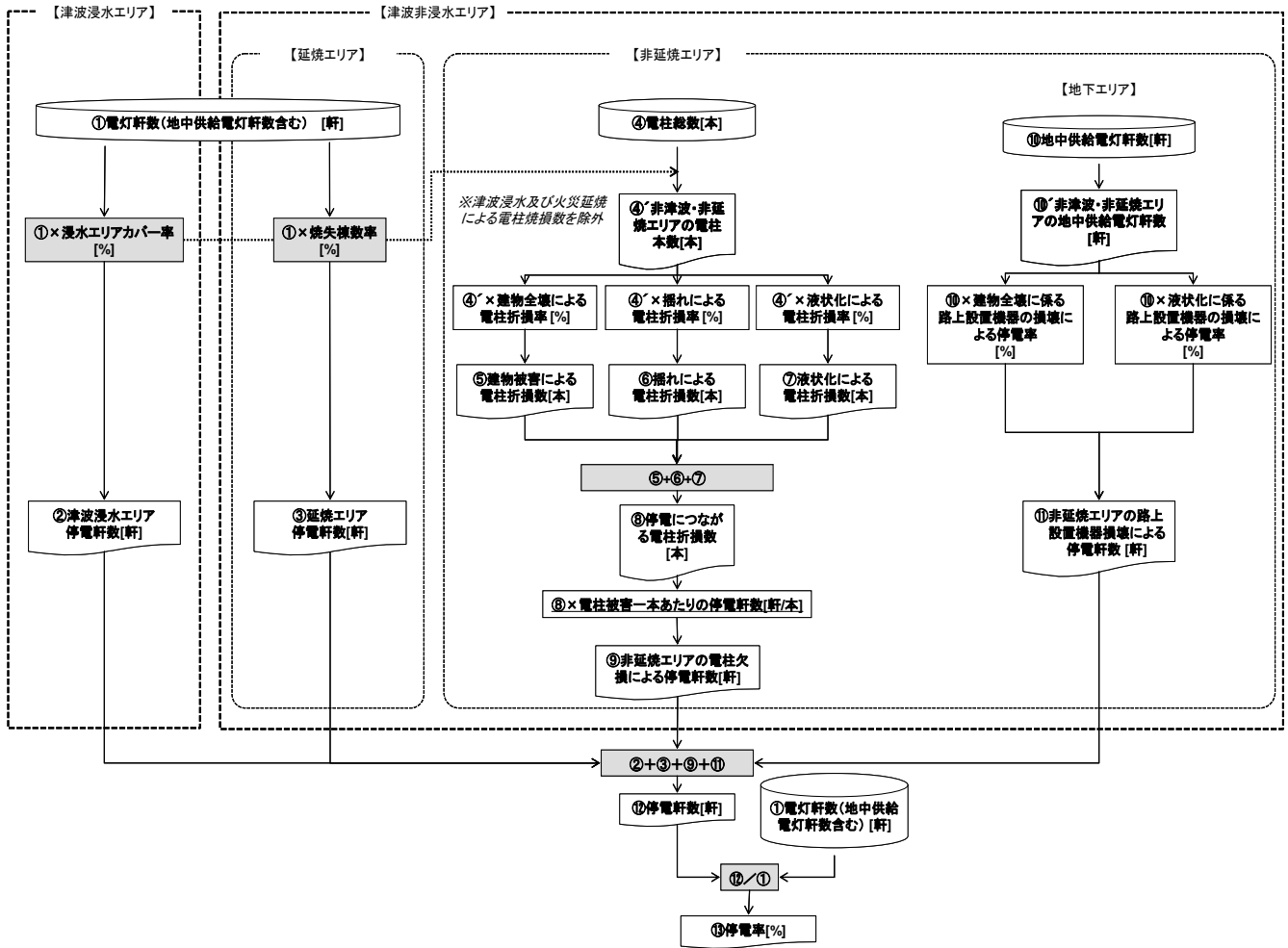
【津波浸水エリア】 停電軒数＝電灯軒数×浸水エリアカバー率

【延焼エリア】 停電軒数＝電灯軒数×焼失建物棟数率

【非延焼エリア】 停電軒数＝電柱欠損本数×電柱被害一本当たりの停電軒数

【地下エリア】 停電軒数＝地中供給電灯軒数×路上設置機器損壊による停電率

図表 想定フロー



4.2 通信

4.2.1 基本的考え方

- ・ 固定電話の不通率は、焼失面積（焼失建物棟数率）及び電柱被害数より算出する不通回線数と需要家回線数より求める。
- ・ 固定電話及び携帯電話ともに、原則的に前回手法を踏襲。携帯電話の不通は“停電（東京電力）”及び“回線不通（NTT）”の算定により想定
- ・ 都内の加入電話の回線数を対象とする。
 - 不通率は、焼失面積（焼失建物棟数率）及び電柱被害数より算出する不通回線数と需要家回線数より求める。
 - 火災延焼のあるエリアは、焼失建物棟数率に応じて通信寸断が生じると想定する。
 - 非延焼エリアは、電柱被害から通信寸断が生じると想定する。電柱被害は、被害発生要因を「ゆれ」及び「建物倒壊への巻き込まれ」と想定する。
 - 地下エリアは、対象としない。
 - 停電による端末機の利用不能は、対象としていない。
 - 通信設備の重要拠点は、耐震化及びバックアップ設備や多重化が施され、阪神・淡路大震災時にも電力供給停止に伴う交換機能の停止以外では、機能支障にいたる被害は発生していないことから、拠点施設の被災による機能停止は対象としない。

4. 2. 2 被害想定手法

1) 固定電話

- 固定電話の不通率は、焼失面積（焼失建物棟数率）及び電柱被害数より算出する不通回線数と需要家回線数より求める。
- 算定式は以下のとおり。

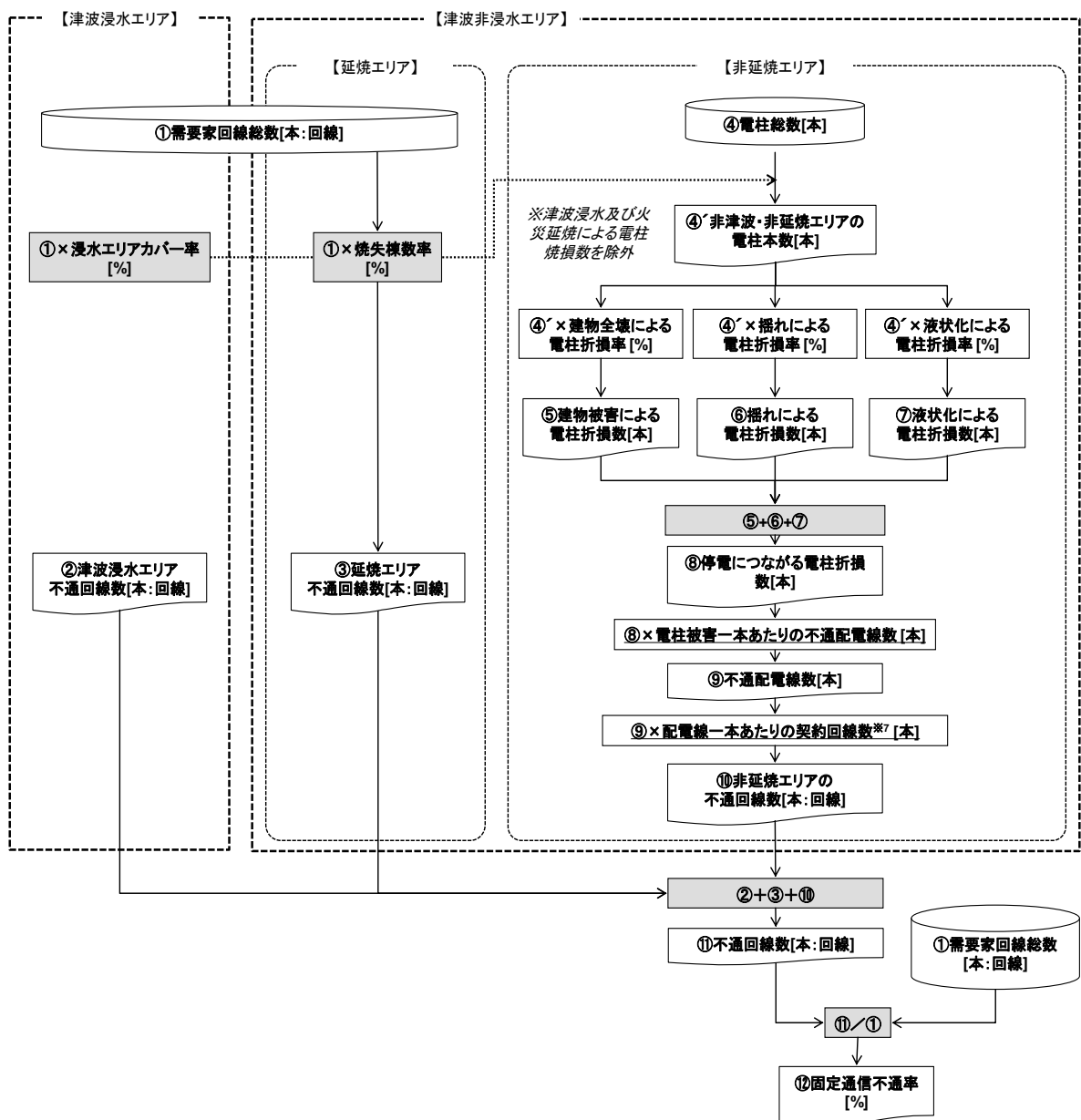
不通率 = 不通回線数 / 需要家回線数

【津波浸水エリア】 不通回線数 = 需要家回線数 × 浸水エリアカバー率

【延焼エリア】 不通回線数 = 需要家回線数 × 焼失建物棟数率

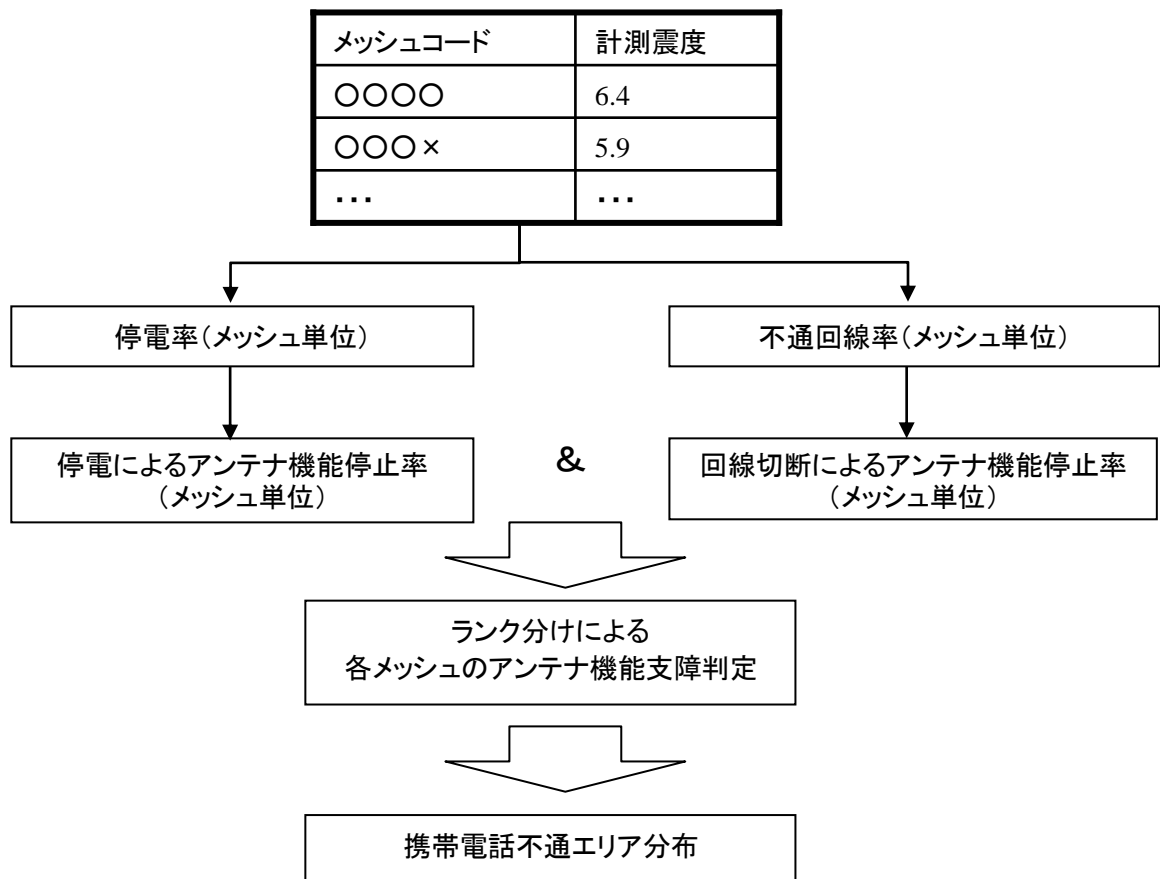
【非延焼エリア】 不通回線数 = 電柱被害本数 × 電柱被害一本当たりの不通回線数

図表 想定フロー



2) 携帯電話

- ・ 電力の被害想定結果として得られた停電率（電力の供給軒数に対する停電軒数の割合）と固定電話回線の被害想定結果として得られた不通回線率（固定電話回線数に対する不通回線数の割合）から、携帯電話が不通となる可能性をエリアごと3段階で評価
- ・ 移動媒体のため、不通回線率ではなく不通となる可能性を3段階で評価する。
- ・ 通話規制による輻輳については、定量的な評価が困難であることから算定対象としない。
- ・ 携帯基地局に関するデータ提供は得られないため、メッシュごとに基地局が設置されているものと仮定して、メッシュごとの停電率と不通回線率から算定する。



ランクA	停電率、不通回線率の少なくとも一方が50%を越える
ランクB	停電率、不通回線率の少なくとも一方が40%を越える
ランクC	停電率、不通回線率の少なくとも一方が30%を越える

4.3 ガス

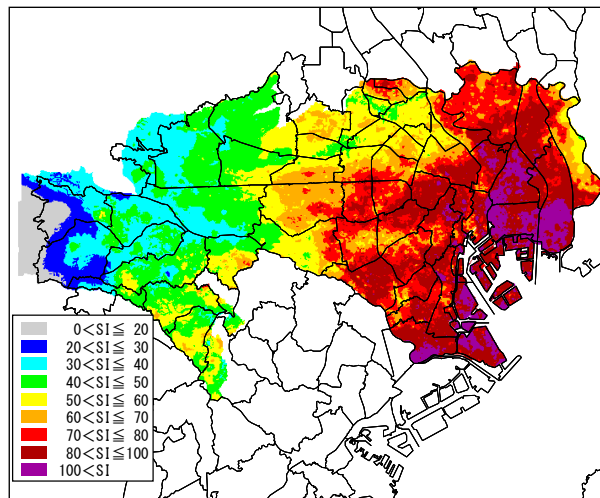
4.3.1 基本的考え方及び被害想定手法

- ・ 低圧ガス供給支障率は、SI 値分布により算出する供給停止件数と需要家件数より求める。
- ・ 阪神・淡路大震災後、資源エネルギー庁により発行された「ガス地震対策検討会報告書（1996年）」によれば、地震発生時にはSI 値が60kineを超えた場合に速やかに低圧ブロック*のガス供給を停止する即時供給停止判断基準（第1次緊急停止判断基準）の導入が提言され、全国の都市ガス事業者の供給停止判断基準として採用されている。

*低圧ブロック：東京ガス供給区域内の約46,000kmの低圧ガス導管は、140のブロックに分割されており、被害が大きい地域だけを分離してガスの供給を停止することが出来る。

- ・ 今回の被害想定においては、計測震度を、童・山崎（1996）による計測震度とSI 値との関係式から、メッシュごとでSI 値に換算し、東京ガスの低圧ブロック内の換算SI 値分布を確認した上で、都市ガス供給停止の被害想定を実施した。
- ・ 都市ガスの製造供給を支える製造工場、高圧ガス導管、中圧ガス導管等の重要設備については、阪神・淡路大震災クラスの地震に耐えられるよう設計・建設されていることから、今回の地震想定に対しても、製造供給に支障を与える被害は受けず、高圧ガス、中圧ガスについては供給継続が可能と想定している。一部耐震性の低い材料が残存している低圧ガス導管については、地震時に被害を受けることが想定されるため、安全のため、低圧ガスの供給停止を行う。
- ・ 前述した基準にのっとると、低圧ブロック内全域で60kineを超過しているケースにおいては、確実に低圧ガスの供給停止を行う（下図のポリゴンが低圧ブロックを表す）。その一方、ブロック内のある程度の範囲で60kineを超え、更に2次災害発生の危険性がある場合（火災延焼地域等）、追加で供給停止を実行するケースも十二分に考えられるため、供給停止範囲についても幅を持たせることとした。

図表 東京湾北部地震 M7.3 換算 SI 値分布図



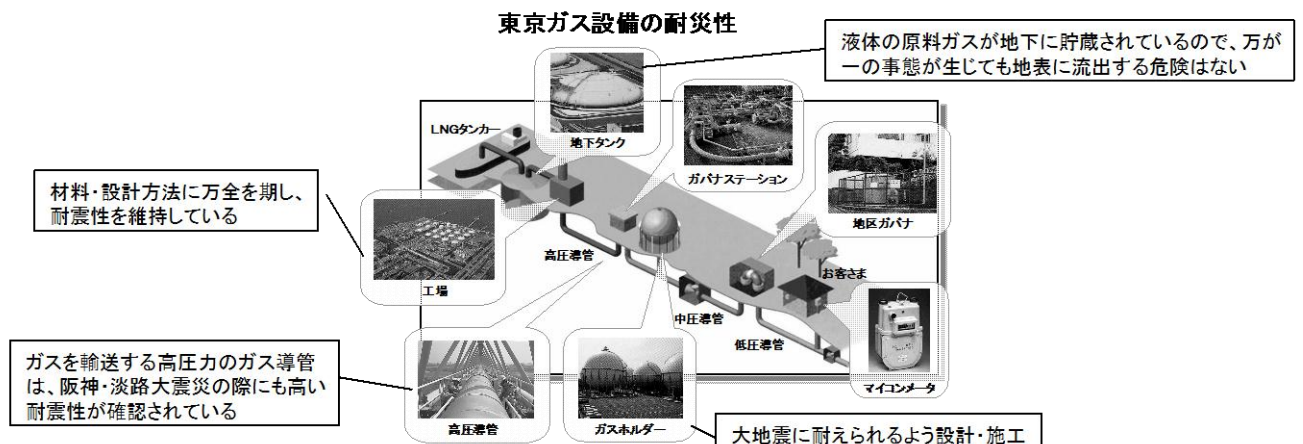
- ・ なお、ガス製造所、高圧・地区ガバナ施設等の拠点施設は、法令基準に基づく十分な耐震設計で整備されており、阪神・淡路大震災時、東日本大震災においても重大な被害は発生していないことから、拠点施設の被災による機能停止は対象としていない。

注) 前回調査では、ガスに関わる工場等の上流設備に被害は生じないという前提で実施。実際に、東京ガスの拠点設備は、阪神・淡路大震災の被害等を踏まえたレベルの耐震対策をおこなっている。一方、今般の東日本大震災でも、地震動によるガスの拠点施設への影響は生じていない（生じたのは、津波によるガス製造工場等の機能障害）。

東京ガスの拠点設備の耐震化現況

設備	設備耐震化の現況	耐震性の評価
製造設備	耐震設計・施工	高耐震性、阪神・淡路大震災クラスの高レベル地震動に対して被害なし*
高圧導管		
中圧導管	耐震設計・施工及び既設非耐震導管の耐震補強	高耐震性、阪神・淡路大震災クラスの高レベル地震動に対して被害軽微

※多少の変形は生じるものの機能上問題なし。



(出典) 首都直下地震対策専門調査会 (第9回) 東京ガス発表資料及び東京ガス HP より作成

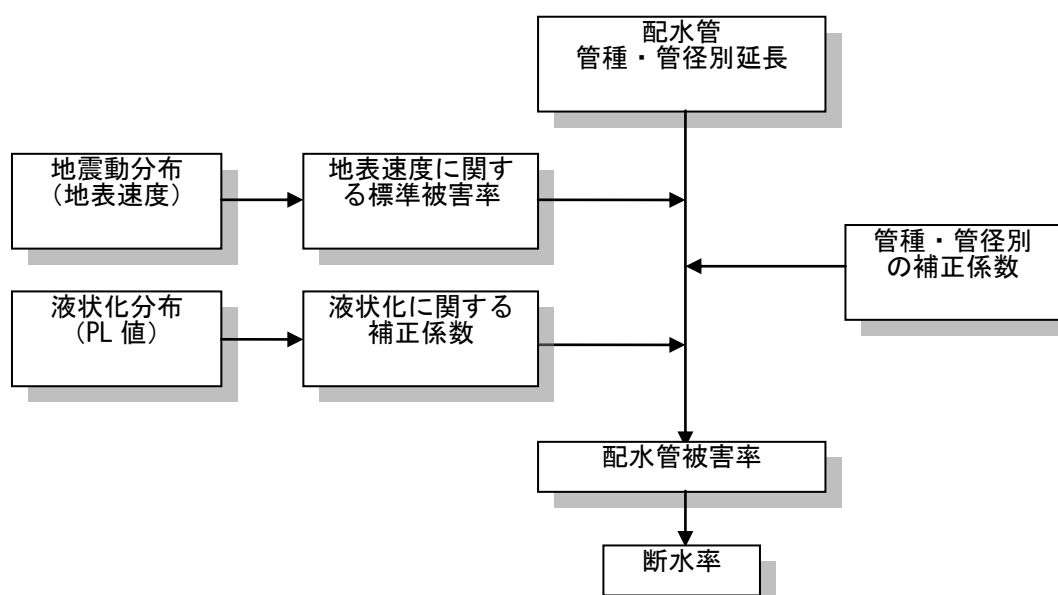
4.4 上水道

4.4.1 基本的考え方

- ・ 断水率は、地表速度分布や液状化分布等を基に、水道管路の物的被害率により求める。
- ・ 水道管路の被害率と断水率との関係は、阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害実態に基づき設定された川上（平成8年）の手法を採用する。
- ・ 水道管路の被害率は、阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害実態に基づき設定した標準被害率を、東日本大震災における水道管路の被害実態を踏まえ、液状化危険度ランク別及び管種・管径別に補正する。

4.4.2 被害想定手法（供給支障）

図表 上水道被害想定フロー



- 水道管路（配水管）の被害率と断水率との関係式（阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害実態に基づく）は以下のとおり。

断水率（発災翌日）＝ $1 / \{1 + 0.307 \times (\text{配水管被害率})^{-1.17}\}$

配水管被害率（箇所／km）＝配水管被害数（箇所）／配水管延長（km）

配水管被害箇所数＝標準被害率×液状化危険度ランクによる補正係数×管種・管径別の補正係数×延長

標準被害率（阪神・淡路大震災を含む過去の地震時の被害実態に基づく。）

標準被害率（箇所／km）＝ $2.24 \times 10^{-3} \times (\text{地表速度 (cm/sec)} - 20)^{1.51}$

- 液状化危険度ランクによる補正係数

P_L 値ランク	補正係数
$P_L=0$	1.0
$0 < P_L \leq 5$	1.8
$5 < P_L \leq 15$	3.2
$15 < P_L$	8.8

- 管種・管径の補正係数（阪神・淡路大震災の被害実態に基づく）

	75mm 以下	100mm ～250mm	300mm ～450mm	500mm ～900mm	1000mm 以上
ダクタイル鋳鉄管 （耐震継手あり）	0.00				
ダクタイル鋳鉄管 （耐震継手なし）	0.60	0.30		0.09	0.05
鋳鉄管	1.70	1.20	0.40		0.15
鋼管	0.84	0.42	0.24		
塩化ビニール管	1.50	1.20			
石綿セメント管	6.90	2.70	1.20		

4.5 下水道

4.5.1 基本的考え方

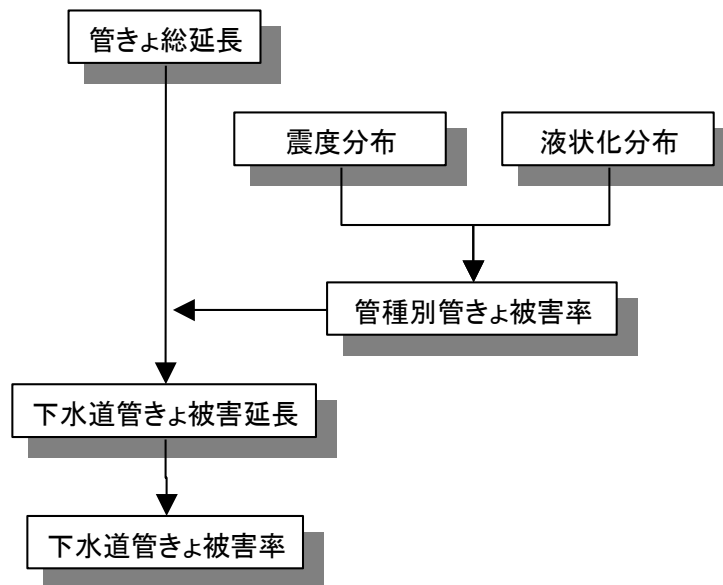
- ・ 下水道管きよの被害率は、兵庫県南部地震、新潟県中越地震及び日本海中部地震の被害実態に基づき、地震動分布と液状化の分布などにより設定した管きよの管種別被害率から算出する管きよの被害延長と管きよ総延長により求める。

4.5.2 被害想定手法（機能支障）

- ・ 算定式は以下のとおり

$$\text{下水道管きよ被害率} = \text{管きよの被害延長} / \text{管きよ総延長}$$

図表 想定フロー



最大管きよ被害率（単位：％） （地盤条件・管種条件ごとの最大被害率）

・ 下水道管きよ被害率を下表より算出する。

管種	震度 液状化		震度階				
			5 弱	5 強	6 弱	6 強	7
塩ビ管 陶管	P_L 値	すべて	19.0	30.8	39.3	48.6	57.0
その他 の管	P_L 値	$15 < P_L$	11.4	17.4	23.1	28.0	33.4
		$5 < P_L \leq 15$	8.7	13.6	17.0	20.8	24.6
		$0 < P_L \leq 5$	8.0	12.6	15.6	19.1	22.5
		$P_L = 0$	7.6	12.1	14.6	18.1	21.2

5. 避難者・帰宅困難者

5.1 避難者

5.1.1 基本的な考え方

- ・ 区市町村別に算出する。
- ・ 建物被害やライフライン被害等に伴い、住居から避難する人を避難者数として算出する。
- ・ 避難者数は、避難所へ避難する人（＝避難所生活者数）及び避難所以外のところへ避難する人（＝疎開者数）とに分けて算出する。
- ・ ライフライン供給停止の影響が最大となる「1日後」について、避難者数を算出する。

5.1.2 被害想定手法

1) 算定式

・ 直後の避難者数

$$\text{避難人口} = \text{全壊} \cdot \text{焼失人口} + 0.503 \times \text{半壊人口}$$

$$\text{避難所生活者数} = 0.65 \times \text{避難人口}$$

$$\text{疎開者数} = 0.35 \times \text{避難人口}$$

・ ライフライン停止の影響を加味した避難者数

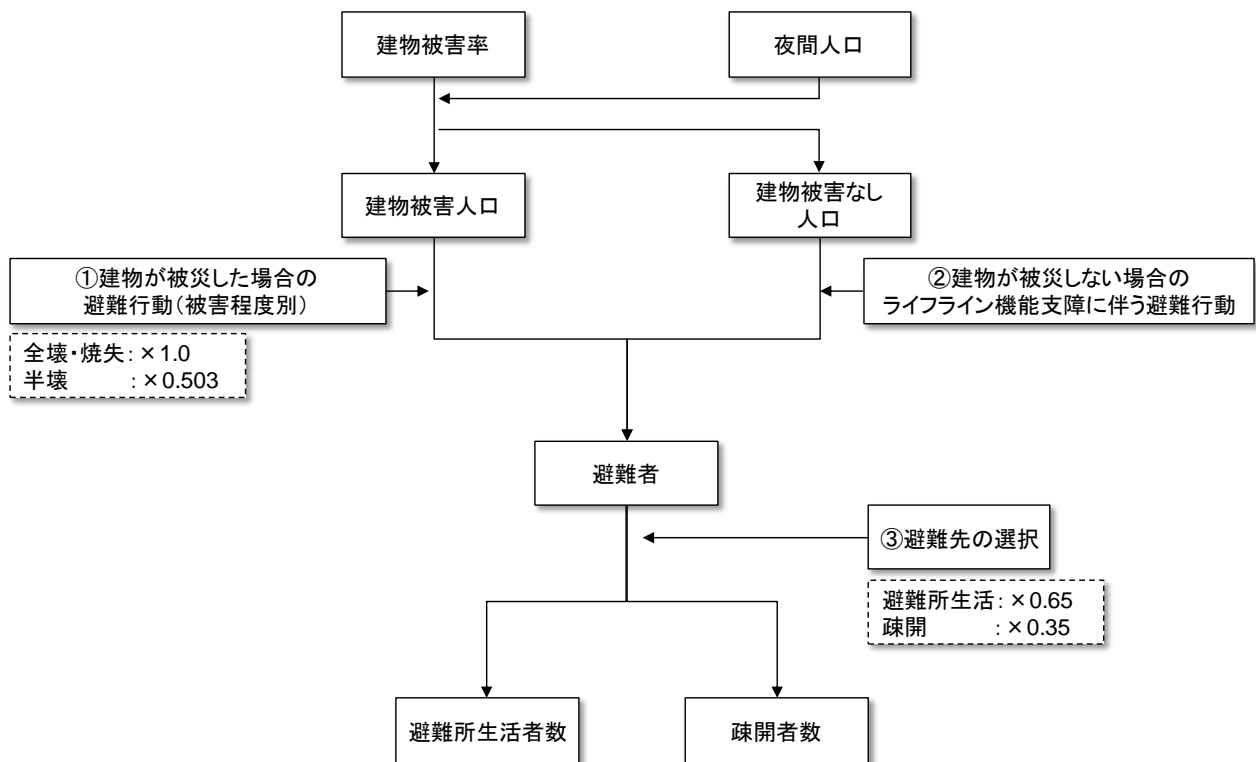
$$\text{避難者数} = \text{全壊} \cdot \text{焼失人口} + 0.503 \times \text{半壊人口}$$

$$\begin{aligned} &+ \text{当該区市町村で最大のライフライン支障率} \\ &\times \text{ライフライン支障に伴う避難率} \\ &\times \text{被害なし人口} \end{aligned}$$

$$\text{避難所生活者数} = 0.65 \times \text{避難者数}$$

$$\text{疎開者数} = 0.35 \times \text{避難者数}$$

2) 想定フロー



- ・ 夜間人口に建物被害率（全壊、半壊、焼失）を乗じて、自宅建物が被災する人口（建物被害人口）と、自宅建物が被災しない人口（建物被害なし人口）を算出する。
- ・ それぞれに、設定した避難率（詳細は後述）を乗じ、避難者数を算出する。
- ・ 避難者数に、避難所へ避難する人と疎開する人（避難所へ避難しない人）の比率を乗じ、避難所生活者数と疎開者数を算出する。

3) 具体的手法

(1) 建物が被災した場合の避難行動

- 平成 9 年東京都被害想定や中央防災会議では、自宅の建物が被災した場合の避難率を、室崎ら（1996）が阪神・淡路大震災直後に行った、神戸市内で震度 7 地域の住民へのアンケート調査から設定している。
これによると、地震が起こった翌日に避難する人は、「全壊」住宅で 100%、「半壊」住宅で 50.3% である。
- 平成 18 年東京都被害想定において都民アンケートを行った。「地震発生時に自宅にいた場合、あなたが避難するのはどのような状況の時でしょうか」という問いについて、「自宅の建物自体が損壊・破損した場合」に避難する人は 93.7%、「自宅の建物は大丈夫だが、屋内がめちゃくちゃになった場合」に避難する人は 44.3%との回答を得た。これらをそれぞれ自宅建物が「全壊・焼失」と「半壊」に読み替え、平成 9 年東京都被害想定や中央防災会議で用いている避難率（それぞれ 100%・50.3%）と大差ないと結論付け、避難率は既存の設定のままとしている。
- 今回の被害想定において過去の調査検討結果を踏まえ、避難率は既存の設定（全壊の場合 100%、半壊の場合 50.3%）とする。

図表 自宅建物の被災度別避難率(平成 18 年被害想定における都民アンケートの結果)

	避難する	避難しない	わからない
1. 自宅の建物自体が損壊・焼損した場合	93.7%	1.1%	5.2%
2. 自宅の建物は大丈夫だが、屋内がめちゃくちゃになった場合	44.3%	35.9%	19.7%
3. 近所で火災が発生し延焼の危険がある場合	79.7%	7.6%	12.7%
4. ライフラインが供給停止した場合	45.4%	33.0%	21.6%
5. 余震が続く場合	25.1%	50.1%	24.8%
6. 情報入手が困難な場合	19.2%	58.5%	22.3%
7. 避難勧告がきた、または周囲の人が避難した場合	71.9%	7.6%	20.5%
8. エレベータが停止している場合	10.7%	69.5%	19.8%

(2) 建物が被災しない場合の避難行動

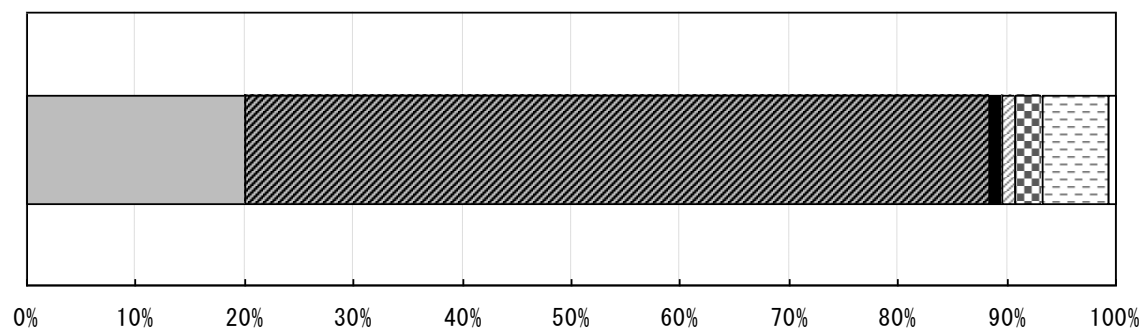
- ライフライン被害想定により、区市町村ごとの支障率が算出される。係数としては、原則として区市町村ごとの最大の支障率を採用する。

(3) 避難先の選択

- 平成 9 年東京都被害想定や中央防災会議では、避難所へ避難する人と、それ以外のところへ避難する人の比率を、①と同様に室崎ら（1996）のアンケート調査から、65 : 35 と設定している。
- 平成 18 年東京都被害想定において行った都民アンケートでは、「自宅付近で被災した場合、あなたはどこに避難しますか」という問いにおいて、「避難所（最寄りの小学校等も含む）」に避難する人は 68.3%との回答を得た。この結果を受け、平成 9 年東京都被害想定や中央防災会議で用いている避難先の選択（避難所 65%、疎開 35%）と大差ないと結論付け、避難率は既存の設定のままとしている。
- 今回の被害想定において過去の調査検討結果を踏まえ、避難先の選択は既存の設定（避難所 65%、疎開 35%）とする。

図表 自宅付近で被災した場合の避難先(平成 18 年被害想定における都民アンケートの結果)

【Q. 10-S. 1】 自宅付近で被災した場合、あなたはどこに避難しますか。(ひとつだけ) [SA]



- | | |
|------------------------|------------------------|
| □ 1. 被災地域外の親戚・知人宅等への疎開 | ■ 2. 避難所 (最寄りの小学校等も含む) |
| ■ 3. 勤務先施設 | □ 4. 賃貸住宅 |
| □ 5. ホテル等の宿泊施設 | □ 6. 屋外 (公園、広場、路上の車内等) |
| □ 7. その他 | |

	回答数	%
1. 被災地域外の親戚・知人宅等への疎開	108	20.1
2. 避難所 (最寄りの小学校等も含む)	367	68.3
3. 勤務先施設	6	1.1
4. 賃貸住宅	6	1.1
5. ホテル等の宿泊施設	14	2.6
6. 屋外 (公園、広場、路上の車内等)	32	6.0
7. その他	4	0.7
合計	537	100.0

5.2 帰宅困難者

5.2.1 基本的な考え方

- ・ 前回調査の想定手法では「地震が起こった場合の、電車等の交通機関の停止や自動車の利用禁止に伴い、帰宅したくても帰宅できない人」を帰宅困難者と定義した。そのため各地域内の滞留者を距離帯別に集計し、距離帯別の帰宅困難率を設定してこれに乗じることで帰宅困難者を算出している。本調査においては、東京都が実施したアンケート調査により、都内滞留者の自宅までの距離帯別割合を把握して、帰宅困難者を算出した。
- ・ 一方、首都直下地震が起きた際には甚大な被害が予想されるため、自宅が近距離であっても速やかに帰宅できるとは限らない。また、発災後の混乱を避け、身の安全を守るためにも、職場や学校等にとどまることが求められており、ただちに帰宅行動をとることは奨励されていない。そのため今回は、「ある時間に地震が起こった際に都内に滞留している人数」及びその中でも特に対策が必要な「職場や学校などの所属場所がないために、発災時に屋外で滞留する人数」を把握した。

5.2.2 被害想定手法

1) 東京都市圏外からの流入者

(1) 海外からの流入者数

- ・ 出入国管理統計（法務省、平成 22 年度）及び国際航空旅客動態調査（国土交通省航空局、平成 21 年度）に基づき、成田空港からの外国人入国者のうち、東京都を訪問する割合を乗じて、東京都への訪問者数を算出した。また、出入国管理統計により羽田空港を利用した外国人入国者を把握し、これは全員が東京都を訪問すると想定した。両者を合計して東京都への年間外国人入国者を算出し、ここから 1 日当たりの人数を算出した。

(2) 国内東京都市圏外からの流入者数

- ・ 旅客地域流動調査（国土交通省総合政策局、平成 21 年度）に基づき、東京都市圏外の道府県（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県以外の道府県）から東京都への年間旅客輸送人員数（全機関）を把握し、1 日当たりの人員数を算出した。

2) 自宅までの距離別に発生する帰宅困難者

- ・ 平成 18 年東京都被害想定では、先述のとおり、都内滞留者の自宅までの距離帯別に徒歩帰宅困難割合を設定し、帰宅困難者数を推計した。なお、距離帯別の滞留者人口については、平成 10 年パーソントリップ（PT）調査から把握した。
- ・ 参考として、今回算出した東京都市圏内の流入者（自宅以外の滞留者）について、平成 18 年想定と同様の帰宅困難率を乗じて帰宅困難者数を算出した。なお、距離帯別の滞留者人口については、平成 23 年 6 月に東京都が実施したインターネットアンケートにより把握した、東日本大震災の発災時に都内に滞在した人の自宅までの距離別割合から算出した。

図表 前回までの被害想定で採用した徒歩帰宅者割合（再掲）

自宅までの距離	帰宅困難割合
～10km	全員帰宅可能(帰宅困難割合＝0%)
10km～20km	被災者個人の運動能力の差から、帰宅困難割合は1km遠くなるごとに10%増加
20km～	全員帰宅困難(帰宅困難割合＝100%)

(1) 東京都市圏内からの流入者数

東京都市圏内からの流入者(自宅以外の滞留者)

＝PT 調査で着目的が私用、不明の人＋PT 調査で着目的が業務、学校の人＋滞留目的不明人口

(2) 東京都市圏内の徒歩帰宅困難者

(1)の東京都市圏内からの流入者数に、インターネットアンケートで把握した自宅までの距離帯別人口割合を乗じて距離帯別の滞留者数を算出し、これに徒歩帰宅困難率を乗じて徒歩帰宅困難者を算出した。区部と多摩での帰宅困難者数は、各区市町村ごとに徒歩帰宅困難者を同様の手法で求めた上で、これを合計して算出した。

(3) 帰宅困難者総数

帰宅困難者総数

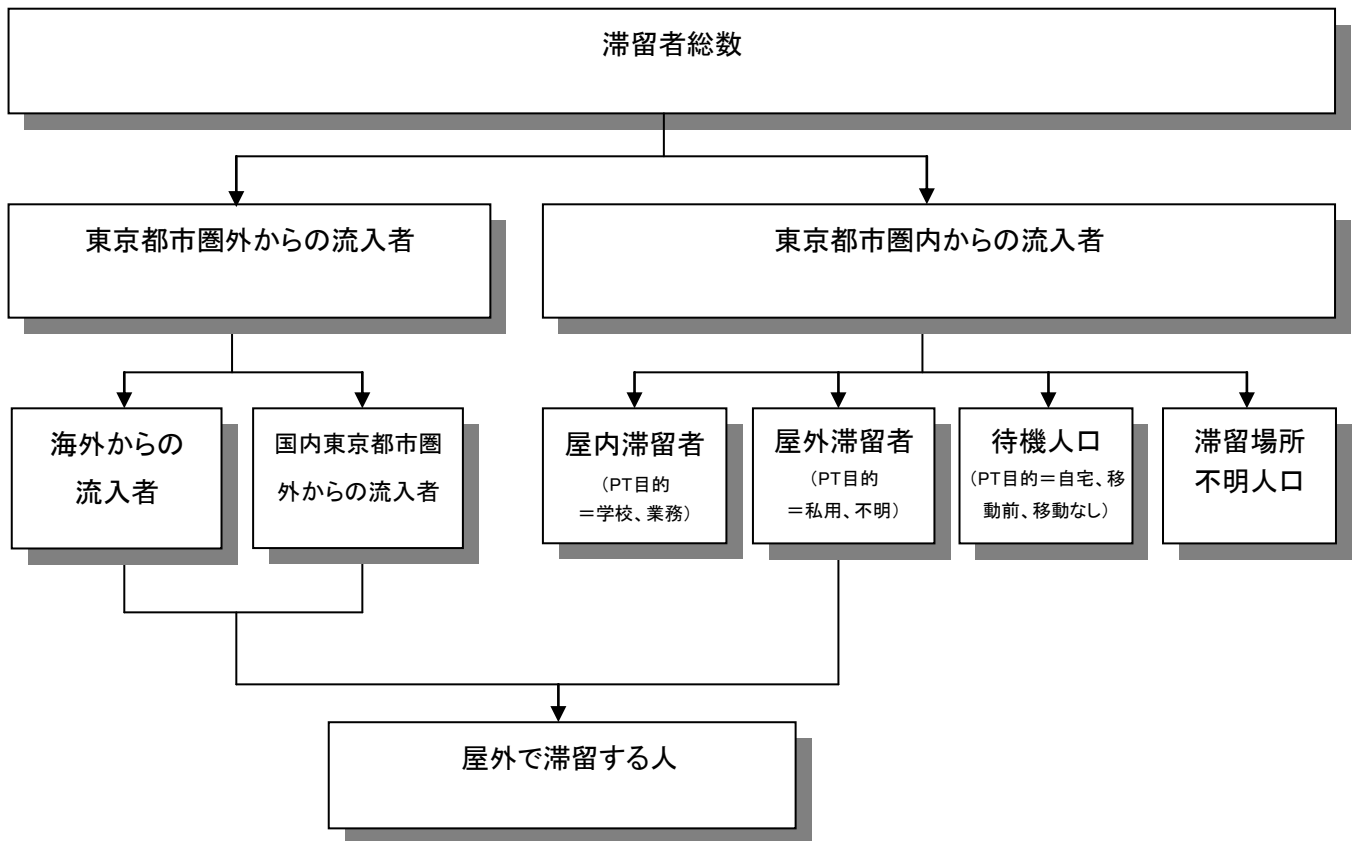
＝東京都市圏外からの流入者数＋東京都市圏内の徒歩帰宅困難者

＝451,820 人＋4,714,306 人

＝5,166,126 人

3) 都内滞留者の内訳

(1) フロー



(2) 各指標の定義

①東京都内の滞留者総数

- ・ ある時間帯に震災が起きたときに都内にいる滞留者の総数。

$$\text{滞留者総数} = \text{屋外滞留者数} + \text{屋内滞留者数} + \text{待機人口} + \text{滞留場所不明人口}$$

②屋外滞留者

- ・ 発災時に屋外滞留者となるのは、東京都市圏外からの流入者のほか、東京都市圏内に居住地があっても所属場所（職場、学校など）以外の場所で被災して、身近に留まる場所を持たない人である。

③屋内滞留者

- ・ 自宅以外の所属場所（職場、学校など）で被災し、そのまま屋内に留まることができる人である。

④待機人口

- ・ 自宅及び自宅周辺で被災し、屋内に留まることができる（または容易な）人である。

⑤滞留場所不明人口

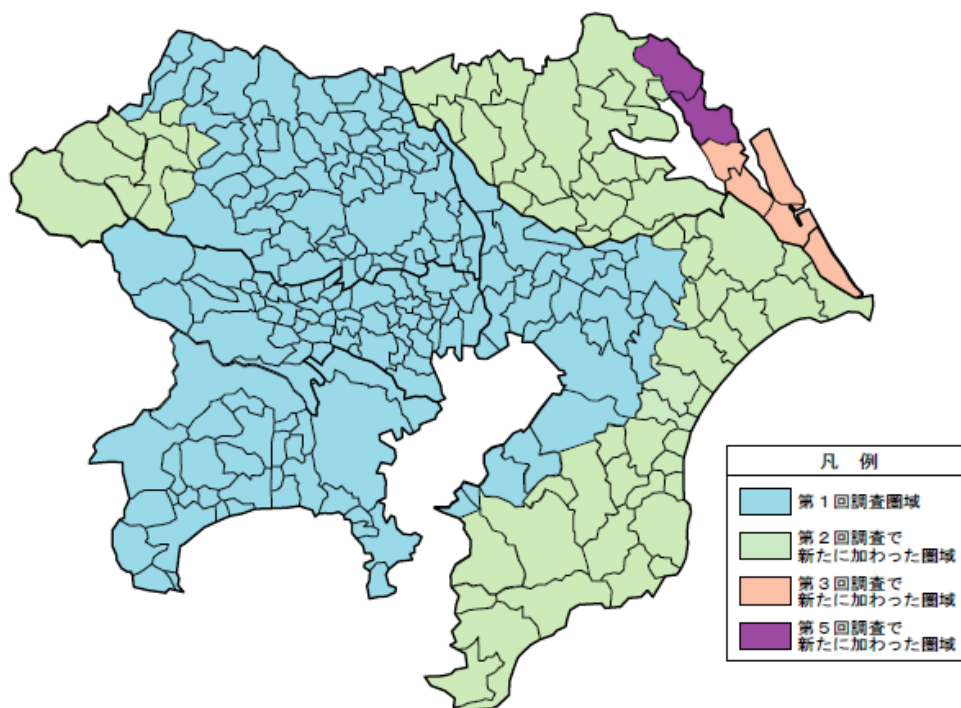
- ・ 発災の時間帯に何らかの目的をもって移動中であり、発災時の滞在場所が不明な人である。

(3) 東京都市圏内の滞留者数

①平日の滞留者数

- ・ 平成 20 年のパーソントリップ調査から算出した。
- ・ 滞留目的別、帰宅方面別も考慮した。
- ・ 調査対象地域は、東京を中心とする半径約 80km 圏域で、東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県、茨城県（南部）の面積約 15,000km²、5 歳以上の夜間人口約 3,460 万人（平成 20 年現在）の地域である。

図 東京都市圏パーソントリップ調査の対象地域



(出典) パーソントリップ調査の手引き (平成 20 年)

②主要ターミナル駅

- ・ 駅に滞留する人数を把握するため、主要ターミナル駅を設定した。前回の被害想定で設定した 8 駅に加え、本想定では立川断層帯地震の被害想定も実施するために立川駅を加えたほか、駅前滞留者対策協議会が設置された北千住駅及び蒲田駅も対象とした。
- ・ 滞留者の算定に当たっては、駅を起点として 2km 四方に含まれる町丁目の滞留者数を集計した。

6. その他の特徴的な被害

6.1 エレベーターに関する被害

6.1.1 基本的な考え方

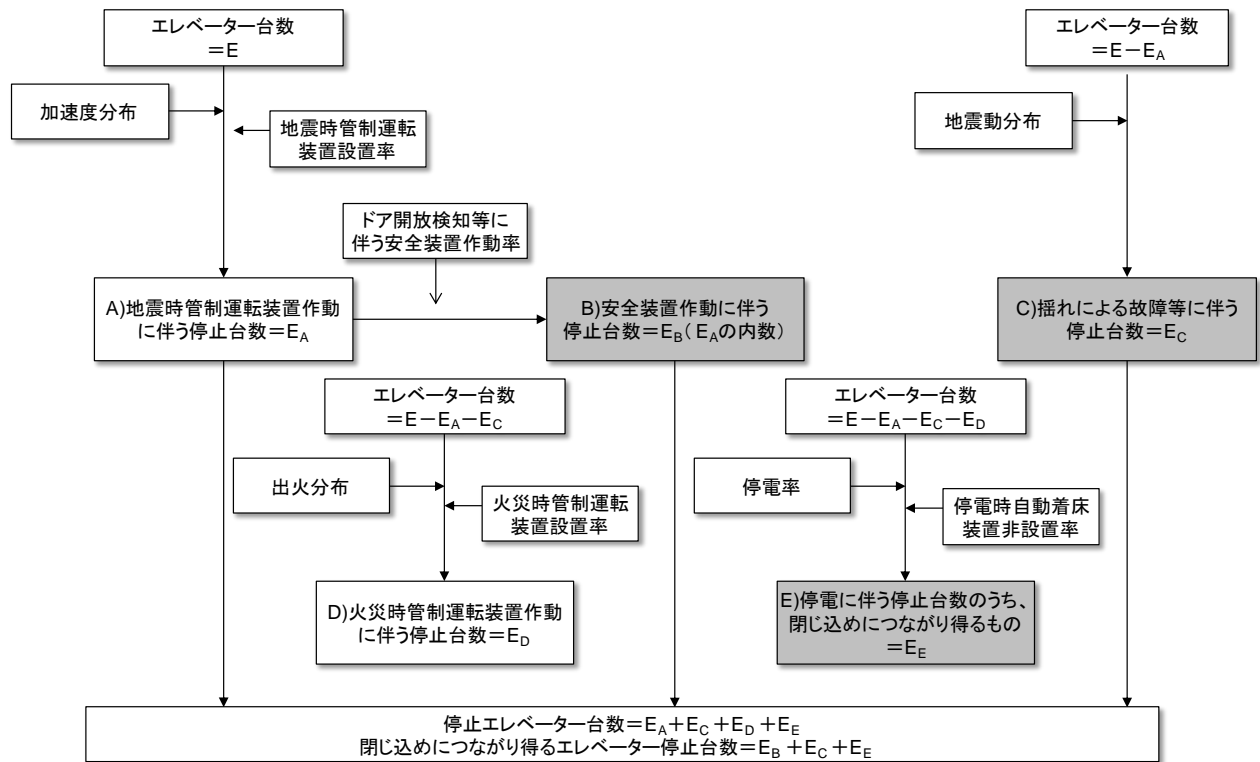
- ・ 区市町村別に算出する。
- ・ ゆれ、火災、停電に伴い、閉じ込めにつながり得るエレベーター停止台数を算定する。

6.1.2 被害想定手法

1) 算定式

- ・ 地震時のエレベーター停止の要因は大きく分けて以下の五つの要因を想定する。
 - a) 地震時管制運転装置作動に伴うもの
 - b) 安全装置作動に伴うもの
 - c) ゆれによる故障等に伴うもの
 - d) 火災時管制運転に伴うもの
 - e) 停電に伴うもの、を想定する。
- ・ 上記の内、b)、c)、e)を「閉じ込めにつながり得るエレベーター」とする。
- ・ 本調査では、上記の各要因それぞれの想定重複を取り除くため、以下のような時系列の考え方に従った計算を行う。
 - A) 地震波を検知した地震時管制運転装置が作動。エレベーターを緊急停止しドアを開放
 - B) 上記の内、微小なゆれでドア開放検知したものは安全装置が作動しドアが閉じたまま停止
 - C) 地震時管制運転装置が作動しなかったものの内、大きなゆれの結果として損傷したエレベーターが故障等によりドアが閉じたまま停止
 - D) ゆれの結果、建物内で出火が発生。残存する運行可能なエレベーターの内、火災時管制運転装置が設置されていて、出火を検知したものは緊急停止し、ドアを開放
 - E) 屋外におけるゆれ及び火災の波及影響として停電が発生し、停止するエレベーターが発生。停電時管制運転装置が設置されているものはドアを開放
- ・ 閉じ込め事故の発生防止のための装置として、地震時管制運転装置、停電時管制運転装置の設置状況を考慮する。また、火災時に安全に運転を停止するための装置として火災時管制運転装置の設置状況を考慮する。

2) 想定フロー



- ・ 5つの要因別停止台数の内、網掛けのある3つは閉じ込め事故に関連するものである。
- ・ 東京都昇降機安全協議会から提供を受けた区市町村別エレベーター台数をメッシュ別非木造建物棟数で按分するため、建物一棟内に複数のエレベーターがあることを必ずしも正確に反映していない。
- ・ 東京都昇降機安全協議会へのヒアリングにより、同協議会が報告を受けているエレベーターは都内の全エレベーターの96%と仮定し、都内におけるエレベーター台数を推計する。

3) 具体的手法

(1) 地震時管制運転装置作動に伴うエレベーター停止 (E_A)

- ・ 地震時管制運転装置の作動による停止を考慮する。地震時管制運転装置が設置されたエレベーターは、正常に作動すればドアが開放された状態で正常停止する。作動基準は、適用される建築基準法施行令の時期によって三分類され、それぞれ加速度 80gal (～1981 年)、120gal (1981 年～1999 年)、150gal (1999 年～) 以上を検知した際に作動することとなっている。
- ・ 非木造建物データの築年数は「～1980 年」「1981 年～」となっていることから、今回の地震想定においては、1980 年以前の建物については加速度 80gal 以上を、1981 年以降の建物については 120gal 以上を検知した際に作動するものとした。
- ・ 地震時管制運転装置の設置率として東京都昇降機安全協議会に照会し、各区市町村ごとの値を用いた。

(2) 安全装置作動に伴うエレベーター停止 (E_B)

- ・ エレベーターは、地震時のゆれの影響でドア開放検知がされた場合に安全装置が作動することで、ドアが閉じたまま停止する可能性がある。
- ・ 平成 18 年被害想定においては、ここでは平成 17 年 7 月 23 日の千葉県北西部地震時に閉じ込め事故が発生した地域内における地震時管制運転装置付きエレベーターの地震時管制運転中の安全装置作動発生率を、地震時管制運転装置の作動台数に対する安全装置作動率として(社)日本エレベーター協会提供資料より求め、「地震時管制運転中の安全装置作動率」=0.115%としている。今回の地震想定においても同じ値を用いる。
- ・ したがって、 $E_B = E_A \times 0.115\%$ となる。

(3) ゆれによる故障等に伴うエレベーター停止 (E_C)

- ・ ゆれに伴い、設備の故障や破損等によりエレベーターが使用できなくなる影響を考慮する。ドアが閉じたまま停止する可能性がある。
- ・ 各メッシュの震度別に建物被害に伴う以下の不動作率を適用する。こちらについては、装置の設置が関連する事態ではないため、管制運転装置の設置の影響は特に考慮しない。

図表 震度とゆれによる不動作率の関係

震度	不動作率
7	25%
6 強	20%
6 弱	15%
5 強	8%
5 弱	1%

(出典) 「地震発生時における人命危険要因の解明と対策」 火災予防審議会、東京消防庁 (H11) より

(4) 火災時管制運転に伴うエレベーター停止 (E_D)

- ・ 出火が発生した建物のエレベーターは、火災時管制運転装置が出火後に作動、最寄り階で停止してドアが開放される。
- ・ 基本被害において想定したメッシュ別の出火率を用いて、火災時管制運転装置の運転作動対象となるエレベーター台数を算出する。なお火災時運転装置設置率はH18被害想定と同じ値を用いる。
- ・ E_D = 当該メッシュの残りのエレベーター台数 × 当該メッシュの出火率 × 火災時運転装置設置率の合計値となる。

(5) 停電に伴うエレベーター停止 (E_E)

- ・ 停電エリアのエレベーターは電力供給の不足により停止する。停電時自動着床装置が設置されている場合は停電していても最寄り階で停止してドアが開放されるが、装置が設置されていないエレベーターは閉じたまま停止をし、閉じ込め事故の発生要因となる。
- ・ 停電エリアのエレベーターのうち、停電時自動着床装置（停電時にエレベーターを専用のバッテリーで一番近い階まで低速で自動的に動かし、乗客を救出する装置）を設置していないものが、閉じ込めにつながるものとする。
- ・ 平成18年被害想定においては、停電時自動着床装置（停電時にエレベーターを専用のバッテリーで一番近い階まで低速で自動的に動かし、乗客を救出する装置）の非設置率を（社）日本エレベーター協会に照会した。今回の被害想定においても同じ値を用いる。
- ・ E_E = 区市町村別の残りのエレベーター台数 × 区市町村別停電率 × 停電時自動着床装置非設置率の合計値となる。

6.2 災害時要援護者

6.2.1 基本的な考え方

- ・ 以下の算定式に基づき、その中に含まれる災害時要援護者（一人暮らしの高齢者、障害者、5歳以下の乳幼児）の死者数（災害時要援護者死者数）を算出する。
- ・ 在宅医療患者の避難誘導や避難後の医療維持の困難性については、「8. その他の定性的な被害シナリオ」参照。

6.2.2 被害想定手法

1) 算定式

$$\text{（災害時要援護者の死者数）} = \text{（災害時要援護者数）} \times \text{（災害時要援護者の死者率）}$$

【内訳】

ゆれ・液状化・急傾斜地崩壊・津波による災害時要援護者の死者率

ゆれ・液状化・急傾斜地崩壊・津波による災害時要援護者の死者率

$$= \text{ゆれ・液状化・急傾斜地崩壊・津波による死者率} \times 3.0$$

ゆれ・液状化・急傾斜地崩壊・津波による死者率

$$= \text{ゆれ・液状化・急傾斜地崩壊・津波による死者数} \div \text{屋内滞留人口}$$

火災による災害時要援護者の死者率

火災による災害時要援護者の死者率

$$= \text{火災による死者率} \times 3.0 \times \text{各時間帯・各風速における焼失棟数比率}$$

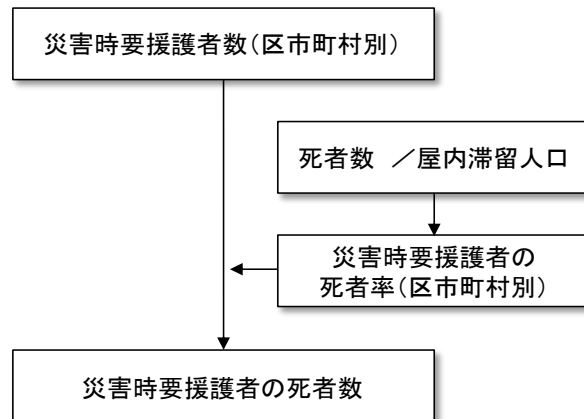
火災による死者率

$$= \text{火災による死者数} \div \text{屋内滞留人口}$$

各時間帯・各風速における焼失棟数比率

$$= \text{各時間帯・各風速における焼失棟数} / \text{各時間帯における焼失棟数}$$

2) 想定フロー



3) 具体的な算出方法

(1) 災害時要援護者の死者率

- ・ 阪神・淡路大震災時の被害実態（神戸市の平均死者率 0.3% に対し災害時要援護者の死者率 0.97%）から、災害時要援護者の死者率は、平均死者率の約 3 倍とする。

6.3 自力脱出困難者

6.3.1 基本的な考え方

- ・ 建物の倒壊によって下敷き・生き埋めとなり、救助が必要となる自力脱出困難者の数を求める。
- ・ 阪神・淡路大震災時における建物全壊率と救助が必要となる自力脱出困難者の数との関係を用いた静岡県（H13）や東京都（H9）の手法を参考にして、自力脱出困難者数を算出する。
- ・ 木造建物と非木造建物の全壊による自力脱出困難者を分けて算出する。

6.3.2 被害想定手法

1) 算定式

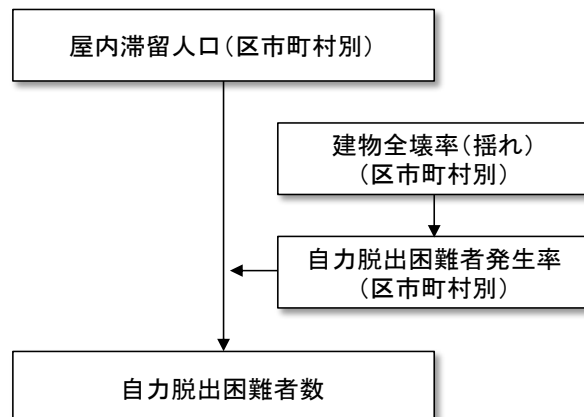
$$\text{（自力脱出困難者数）} = \text{（屋内滞留人口）} \times \text{（自力脱出困難者発生率）}$$

$$\text{（自力脱出困難者発生率）} = \text{（消防団に救助された下敷き・生き埋め者率）} \div 14\%$$

$$= 0.0164 \times \text{（ゆれによる建物全壊率）} \div 14\%$$

$$= 0.117 \times \text{（ゆれによる建物全壊率）}$$

2) 想定フロー



3) 具体的な算出方法

(1) 自力脱出困難者発生率（下敷き・生き埋め者率）

- ・ 阪神・淡路大震災における木造建物の全壊率と消防団によって救出された要救助者率の関係は次のように表される（平成9年東京都被害想定(p.673)）。

$$\text{（消防団に救助された下敷き・生き埋め者率）} = 0.0164 \times \text{（木造全壊率）}$$

- ・ 非木造建物の全壊による自力脱出困難者発生率も、木造と同じく0.0164を用いる。
- ・ また、阪神・淡路大震災の人命救助実態について、神戸市東灘区で行われた聞き取り調査の結果（1996 宮野ら）では、救出者の内訳における「消防団」の割合は14%であった。

$$\begin{aligned} \text{（自力脱出困難者発生率）} &= \text{（消防団に救助された下敷き・生き埋め者率）} \div 0.14 \\ &= 0.0164 \times \text{（建物全壊率）} \div 0.14 \\ &= 0.117 \times \text{（建物全壊率）} \end{aligned}$$

6.4 震災廃棄物

6.4.1 基本的な考え方

- ・ 主に建物の全壊・焼失による躯体残骸物を対象とする。
- ・ 被害を受けた建物の総床面積に面積当たり瓦礫重量を掛けることで算定
- ・ 建物全壊及び焼失に伴う廃棄物原単位及び単位重量当たりの体積の値は、静岡県第3次被害想定の際に算出された阪神・淡路大震災の被害実態から得られた値とする。
- ・ 津波による廃棄物の重量の原単位は、東日本大震災における被害実態から得られた値とする。なお津波による廃棄物の体積についてはデータがないため、想定算出対象外とする。

6.4.2 被害想定手法

1) 算定式

(震災廃棄物発生量)

$$\begin{aligned} &= (\text{木造全壊棟数} + \text{木造半壊棟数} / 2) \times (\text{1棟あたり床面積}) \times (\text{木造床面積当たり瓦礫重量}) \\ &+ (\text{非木造全壊棟数} + \text{非木造半壊棟数} / 2) \times (\text{1棟あたり床面積}) \times (\text{非木造床面積当たり瓦礫重量}) \\ &+ (\text{焼失棟数}) \times (\text{1棟あたり床面積}) \times (\text{焼失床面積当たり瓦礫重量}) \\ &+ (\text{津波による全壊棟数} + \text{津波による半壊棟数} / 2) \times (\text{津波損失棟数当たり瓦礫重量}) \end{aligned}$$

単位重量当たりの体積 木造：1.9m³/トン、非木造：0.64m³/トン、焼失木造：1.9 m³/トン

図表 床面積当たりの瓦礫重量(トン/m²)

木造	非木造	火災による焼失
0.6	1.0	0.23

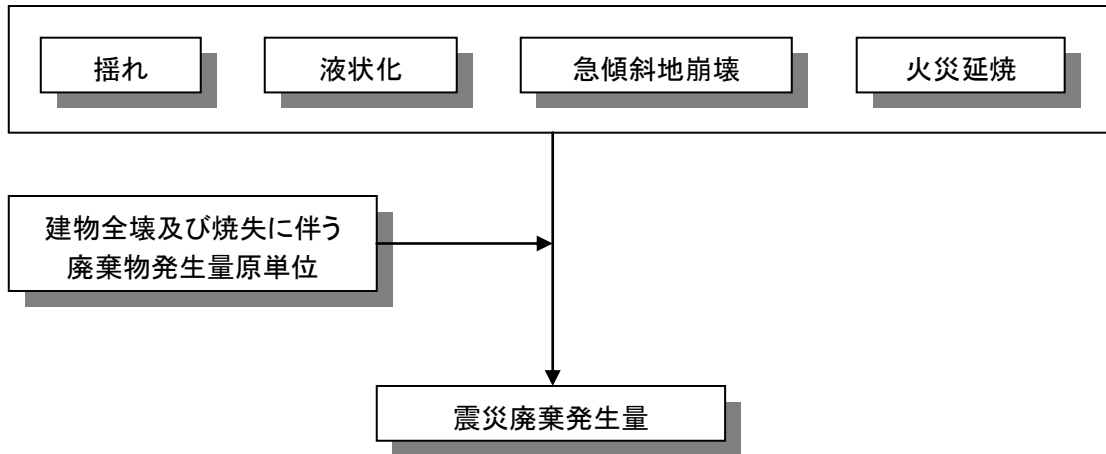
(出典) 第3次被害想定結果(平成13年静岡県、(p.334-p.335))

【東日本大震災を踏まえた津波損失棟数当たり瓦礫重量(被害想定に当たっての係数)】

津波損失棟数当たり瓦礫重量 (t/棟)

$$\begin{aligned} &= \text{瓦礫推計量 (t)} / (\text{全壊棟数} + \text{半壊棟数} / 2) \\ &= 22,491 \text{ 千 t} / (116,138 \text{ 棟} + 155,454 \text{ 棟} / 2) \\ &= 116 \text{ t} / \text{棟} \end{aligned}$$

2) 想定フロー



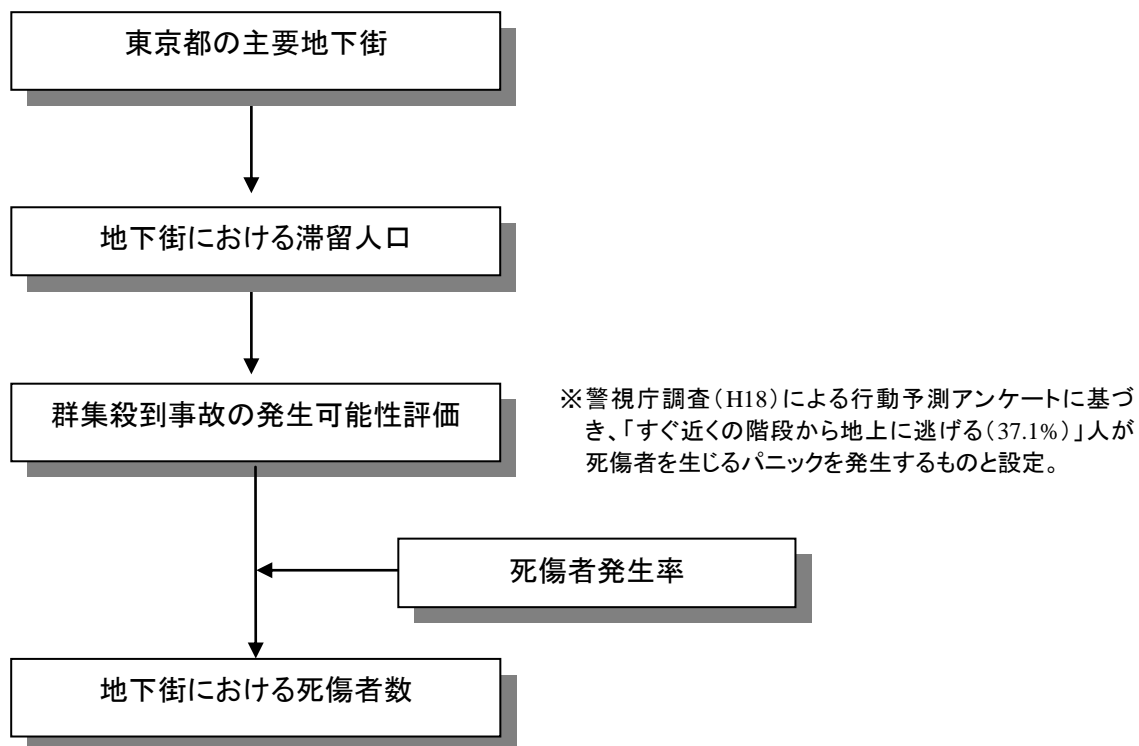
6.5 地下街の被災

6.5.1 基本的な考え方

1) 基本的考え方

- ・ 都内の地下街において、群衆が殺到することで発生する死傷者について、以下のフローに沿って想定する。

2) 想定フロー



6. 5. 2 被害想定手法

1) 死傷者発生率の設定

- 群集殺到が発生した場合の死傷者率は、歩道橋の双方向からの押し合いによる事故発生事例ではあるが、明石花火大会時の実態データに基づき、以下の被害率により算出する。

図表 わが国の群集殺到による事故発生の事例

事例	概要
①明石花火大会後の群集殺到事故 (2001年)	平成13年7月21日に開催された兵庫県明石市民夏まつりの花火大会の花火打ち上げ終了直後に、JR朝霧駅から花火会場に通ずる歩道橋(幅6m, 長さ106m, 階段幅3m)上において、約6,400人が殺到したために群集殺到事故が生じ、多数の死傷者(死者11名, 負傷者247名)が発生。
②新潟弥彦神社の群集なだれ (1956年)	昭和31年の元日未明に、参拝や餅まきの餅を拾うために多数の群集が拝殿前の広場、これに通ずる門及びその門前の石段付近に集まり、その雑踏によって転倒者が続出。 死者124人、負傷者94人
③二重橋事件 (1954年)	昭和29年1月2日の一般参賀に集まった群集が記帳所に向かう二重橋付近に殺到。一人が転んだのをきっかけに50数人が倒れこんだ。 死者16人、重軽傷者30数人

(出典)「第32回明石市民夏まつりにおける花火大会事故調査報告書」明石市民夏まつり事故調査委員会(平成14年)

$$\text{(死者率)} = 11 / 6400 = 0.0017 \quad (0.17\%)$$

$$\text{(負傷者率)} = 247 / 6400 = 0.039 \quad (3.9\%)$$

6.6 長周期地震動

6.6.1 基本的な考え方

- ・ 長周期地震動がもたらしうる高層ビル内滞留者への心理的影響や起こりうる事象について、東北地方太平洋沖地震における実態と元禄型関東地震による長周期地震動想定結果を比較し、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。

6.6.2 被害想定手法

1) 長周期地震動が高層ビル内滞留者等に与え得る影響の整理

(1) 東北地方太平洋沖地震における実態の整理

- ・ 工学院大学キャンパスにおけるゆれのデータ（実測値）と高層ビル内滞留者の行動困難さ（アンケート調査結果）を照合する。
- ・ 上記照合により、東北地方太平洋沖地震時の加速度応答値・速度応答値（実測値）と発生した事象との関係を整理する。

(2) 地震動予測計算結果の整理

- ・ 都内複数個所における長周期地震動の加速度応答値・速度応答値と速度応答スペクトルを算出する。

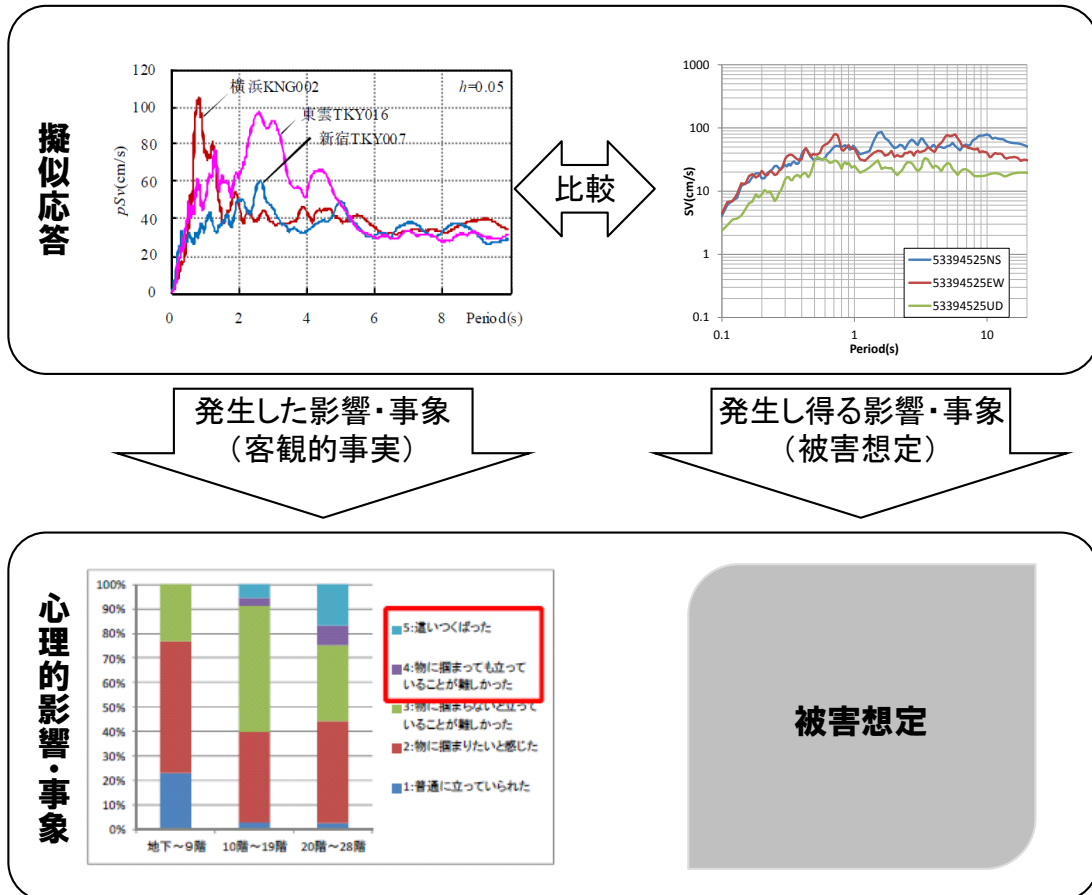
(3) 東北地方太平洋沖地震における実態と地震動予測計算結果の照合

- ・ 長周期地震動の予測計算結果（加速度応答値・速度応答値と速度応答スペクトルの算出結果）と東北地方太平洋沖地震における実測値を比較し、元禄型関東地震において想定される事態を定性的に評価するための材料とする。

2) 被害想定フロー

【東北地方太平洋沖地震】

【元禄型関東地震】



V. 被害想定成果の活用に向けた留意点

本調査は、地震学の最新の知見に基づいて推定した各地震の震度分布、液状化危険度等をもとに、主として阪神・淡路大震災、東日本大震災など過去の地震被害の実態を踏まえて実施した。しかしながら、実際の被害は今回の想定結果と比べて相当の幅をもって変動する可能性があることに留意する必要がある。

被害想定結果の変動要因としては、例えば以下の点があげられる。

- 実際に発生する地震像が想定どおりになるとは限らないこと
- 過去の大規模な地震被害例に限られることから被害を定量的に求めるための推定式が少数のデータに依拠したものにならざるを得ないこと
- 地震動や津波などのハザードの情報から被害を推定する定量的な評価と関連影響（2次的3次的な被害）の把握にはまだ課題が残されていること
- 様々な仮定を置いて推計したものであること
- 定量評価ができなかった項目があること
- 発生確率は小さくても起きれば甚大な被害を及ぼす事象が発生する可能性もあること

今後とも、社会状況の変化や安全技術の向上等も踏まえ、被害想定手法の見直しを行っていくことが重要である。

VI. おわりに

1. 被害想定における今後の課題

東京都は、住宅や都市機能が高度に集積しており、ひとたび大規模地震が発生すると、人々の生命や財産に甚大な被害をもたらすとともに、首都機能の維持が困難となるおそれがある。

そこで、本調査では、東京に大きな被害を及ぼすおそれがある地震について、そのリスクを分析するという観点から、首都直下地震として東京湾北部地震や多摩直下地震（プレート境界多摩地震）、海溝型地震として元禄型関東地震、活断層で起こる地震として立川断層帯地震を想定地震として、地震学の最新の知見に基づき各地震像を明確化した上で、これまでの大規模地震における被害実態を踏まえて想定を行った。

しかしながら、被害想定は、仮定に基づいて行うものであり、自然現象は大きな不確定要素を伴うことから、一定の限界を伴う。

本調査で行った想定も、地震の規模や震源域、発生時刻や風速等、さまざまな条件を設定して実施したものであるから、この結果のみにとらわれるのではなく、いつ、どのような条件下で発生するか分からない大規模地震に備え、耐震化・不燃化などの予防対策や、災害状況に応じ、機動的に対応できるような応急対策を構築することが重要である。

本調査を踏まえ、都、区市町村をはじめとする関係各機関は、速やかに地域防災計画の修正や施策の展開により、実効性のある対策を進めていく必要がある。また、大規模地震が発生した場合に、被害を最小限に抑えるためには、一人ひとりの都民や事業者を含めた、社会全体での取組が不可欠であることに留意しなければならない。

本部会では、今後、各主体がそれぞれの取組を一層強化するとともに、相互に連携することにより、自助・共助・公助のすべての力を結集して大規模地震に立ち向かっていく社会の仕組みが構築されることを強く望むものである。

なお、本調査においては、可能な限り実情を反映した想定となるように、新たな手法を取り入れるなど工夫してきたが、今後もさらに検討を進め、手法の改善を図っていくことが必要である。

図表 被害想定手法の課題例

被害想定項目		手法上の課題
手法全般		<ul style="list-style-type: none"> 本調査は、東京都における地域防災計画の見直しに資するよう限られた時間の中で実施されたため、今後、被害想定技術の向上や詳細なデータ整備の推進等により一層被害想定精度の向上を図るべき
項目別課題	建物被害 (ゆれ、液状化)	<ul style="list-style-type: none"> 昭和 56 年の新耐震基準施行以降に建築された木造住宅等の老朽化による劣化を踏まえた評価方法の検討
	建物被害 (人工造成地)	<ul style="list-style-type: none"> 民間事業者等により個別開発地区の把握等による被害の全体像の評価
	火災被害	<ul style="list-style-type: none"> 強風下における広域火災延焼（被害の最大値の評価） 高層階における出火危険性の評価 火災延焼の時間推移を踏まえた評価
	人的被害	<ul style="list-style-type: none"> 長周期地震動等による高層階における人的被害様相の評価
	交通インフラ被害	<ul style="list-style-type: none"> マグニチュード 8 クラスの巨大地震時のインフラ施設の評価 阪神・淡路大震災以降の耐震化状況を反映した交通インフラ施設の評価 立川断層帯地震において地表面に変位が生じた場合の影響の評価
	ライフライン被害	<ul style="list-style-type: none"> マグニチュード 8 クラスの巨大地震時の拠点施設（発電所、浄水場、下水処理場、電話交換局等）の評価 要員参集支障の状況も踏まえた復旧時間の評価 盛土の崩壊等による設備被害への影響評価 立川断層帯地震において地表面に変位が生じた場合の影響の評価
	長周期地震動	<ul style="list-style-type: none"> 建物構造に与える影響の評価 高層階における定量的な人的・物的被害想定
結果の活用		<ul style="list-style-type: none"> 現状データや被害想定結果等を防災関係主体等において有効活動できるよう、GIS（地理情報システム）を利用した情報共有化のしくみを工夫

参 考 资 料

資料 1 「東京都防災会議地震部会」専門委員名簿

敬称略、専門委員は五十音順

部会長	平田 直	東京大学地震研究所教授
副部会長	中林一樹	明治大学大学院特任教授
専門委員	加藤孝明	東京大学生産技術研究所准教授
	佐竹健治	東京大学地震研究所教授
	久田嘉章	工学院大学教授
	翠川三郎	東京工業大学大学院教授
	安田 進	東京電機大学教授

資料 2 「東京都防災会議地震部会」審議経過

開催日・回数		検討事項	備考
H23.09.21	第1回	<ul style="list-style-type: none"> 地震部会設置の経緯と実施体制 被害想定の見直しに関する方針 想定地震の設定について 	検討開始
H23.11.01	第2回	<ul style="list-style-type: none"> 被害想定で設定する地震について 被害想定見直しの基本方針 被害想定項目における手法について 	
H23.12.26	第3回	<ul style="list-style-type: none"> 地震動予測計算及び津波波高計算について 被害想定項目における手法について 	
H24.02.01	第4回	<ul style="list-style-type: none"> 地震動予測計算及び津波波高計算について 被害想定項目に用いる手法について 	
H24.03.02	第5回	<ul style="list-style-type: none"> 地震動・津波に関する想定結果について 被害想定に用いる手法について 基本被害に関する想定結果等について 報告書の構成について 	
H24.03.26	第6回	<ul style="list-style-type: none"> 地震動・津波に関する想定結果について 被害想定結果について 報告書案について 	
H24.04.09	第7回	<ul style="list-style-type: none"> 被害想定結果について 報告書案について 	
H24.04.18	第8回	<ul style="list-style-type: none"> 報告書案について 	検討終了

参考文献

- 1) Sato, H., N. Hirata, K. Koketsu, D. Okaya, S. Abe, R. Kobayashi, M. Matsubara, T. Iwasaki, T. Ito, T. Ikawa, T. Kawanaka, K. Kasahara, and S. Harder (2005): Earthquake Source Fault Beneath Tokyo, Science, 309, no. 5733, 462-464.
- 2) 文部科学省研究開発局・東京大学地震研究所(2012): 首都直下地震防災・減災特別プロジェクト①首都圏でのプレート構造調査、震源断層モデル等の構築等(平成23年度)成果報告書, 平成24年3月,
<http://www.eri.u-tokyo.ac.jp/shuto/report/H23/>.
- 3) Ishida, M. (1992): Geometry and Relative Motion of the Philippine Sea Plate and Pacific Plate Beneath the Kanto-Tokai District, Japan, Journal of Geophysical Research, Vol.97, No.B1, 489-513.
- 4) 中央防災会議(2004): 「首都直下地震対策専門調査会」(第12回)地震ワーキンググループ報告書, 平成16年11月17日, <http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/12/shiryo2-1.pdf>.
- 5) 行谷佑一・佐竹健治・穴倉正展(2011): 南関東沿岸の地殻上下変動から推定した1703年元禄関東地震と1923年大正関東地震の断層モデル, (独)産業技術総合研究所活断層・地震研究センター 活断層・古地震研究報告, No.11, 107-120.
- 6) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2009): 「全国地震動予測地図 別冊2 震源断層を特定した地震動予測地図」, 平成21年7月21日, 352p., http://www.jishin.go.jp/main/chousa/09_yosokuchizu/index.htm.
- 7) 若松加寿江・松岡昌志(2011): 世界測地系に準拠した地形・地盤250mメッシュマップの構築, 日本地震工学会大会-2011梗概集, 84-85.
- 8) 東京都防災会議(2006): 「首都直下地震による東京の被害想定報告書」, 平成18年5月.
- 9) (社)日本道路協会(2002): 道路橋示方書・同解説 V 耐震設計編, 平成14年3月.
- 10) 安田 進・石田栄介・細川直行(2009): 液状化のハザードマップにおける作成方法の現状と今後のあり方, 土木学会地震工学論文集, 第30巻, 188-194.
- 11) 亀井祐聡、森本 徹、安田 進、清水喜久、小金丸健一、石田栄介(2002): 東京低地における沖積砂質土の粒度特性と細粒分が液状化強度に及ぼす影響、地盤工学論文報告集、vol.42、No.4、101-110.
- 12) 岩崎敏男、龍岡文夫、常田賢一、安田 進(1980): 地震時地盤液状化の程度の予測について、土と基礎、Vol.28、No.4、23-29.
- 13) 地震調査研究推進本部地震調査委員会(2012): 「長周期地震動予測地図」2012年試作版-南海地震(昭和型)の検討一, 平成24年1月13日, 51-57, http://www.jishin.go.jp/main/chousa/12_choshuki/index.htm.
- 14) 建築研究所
http://www.kenken.go.jp/japanese/contents/topics/20110311/pdf/quickreport/0311quickreport_40.pdf
- 15) 久田嘉章「東京を襲った長周期地震動」(建築雑誌2011年5月号)
- 16) 気象庁「長周期地震動に関する情報のあり方検討会(第3回)」資料1
http://www.seisvol.kishou.go.jp/eq/tyoshuki_kentokai/kentokai3/siryoul.pdf