

資料 1

中央防災会議
「東南海、南海地震等に関する専門調査会」
(第27回)

中部圏・近畿圏の内陸地震に係る
被害想定手法(案)について

～ 基本被害算出方法(案) ～

平成19年2月20日
中央防災会議事務局

目 次

1. 被害想定的前提条件	3
(1) 想定するシーン	3
(2) 被害想定項目	4
2. 物的被害	5
(1) 基礎データの作成	6
(2) 揺れによる建物被害	7
1) 基本的な考え方	7
2) 被害想定手法	7
(3) 液状化による建物被害	9
1) 基本的な考え方	9
2) 被害想定手法	9
①液状化危険度ランク	10
②液状化による全壊率	10
③液状化面積率	11
④ 揺れによる建物被害と液状化による建物被害のダブルカウントの除去	11
(4) 急傾斜地崩壊による建物被害	12
1) 基本的な考え方	12
2) 被害想定手法	12
①崩壊確率	13
②崩壊地における建物全壊率	13
③対策工事実施率	13
④ 揺れによる建物被害と急傾斜地崩壊による建物被害のダブルカウントの除去	13
(5) 地震火災出火・延焼	14
1) 基本的な考え方	14
2) 被害想定手法	14
① 炎上出火件数	15
② 出火率	15
③ 初期消火率	17
④ 消防力の運用	17
⑤ 焼失率	19
⑥ 風速 15m ケースの想定	20

⑦ 揺れ・液状化による建物被害と火災延焼による建物被害のダブルカウントの除去 21

3. 人的被害	24
(1) 基本データの作成	25
1) 人口データ	25
2) 屋内滞留人口	25
(2) 建物倒壊	26
1) 基本的な考え方	26
2) 被害想定手法（死者数）	26
(3) 急傾斜地崩壊	27
1) 基本的な考え方	27
2) 被害算出方法	27
(4) 火災被害	28
1) 基本的な考え方	28
2) 被害算出方法（死者数）	28
① 炎上出火家屋からの逃げ遅れ	28
② 倒壊後に焼失した家屋内の救出困難者	28
③ 延焼拡大時の逃げ惑い	29

1. 被害想定的前提条件

(1) 想定するシーン

時間帯によって人々の滞留特性は大きく異なるため、地震の発生時刻が変わると人的被害の発生する様相も変化する。また、時間帯や季節によって火気器具等の使用状況が異なるため、火災の出火件数も変化すると考えられる。このため、今回の想定では、想定される被害が異なる4種類の特徴的なシーン（季節・時刻）を設定する。

さらに、風速によっても、火災延焼の状況が大きく異なり、物的被害、人的被害の様相も変化するものと考えられる。このため、今回の想定においては、比較的風が弱かったとされる阪神・淡路大震災並みの風速毎秒3mと、風が強かった関東大震災並みの風速毎秒15mの2種類のシーンを設定する。

想定するシーン（季節・時刻）

シーン設定	想定される被害の特徴
①冬、朝5時	<ul style="list-style-type: none">・<u>阪神・淡路大震災と同じ発生時間帯。</u>・<u>多くが自宅で就寝中に被災するため、家屋倒壊による圧死者が発生する危険性が高い。</u>・オフィスや繁華街の屋内滞留者や、列車・道路利用者は少ない。
②秋、朝8時	<ul style="list-style-type: none">・通勤通学ラッシュ時で、<u>移動中の被災者が最も多くなる時間帯。</u>・1年の中で、比較的<u>交通流動が落ち着く季節とされており、通勤通学行動（国勢調査）、交通流動調査（交通センサス等）の調査が実施されている。</u>
③秋、昼12時	<ul style="list-style-type: none">・<u>関東大震災と同じ発生時間帯。</u>・オフィス、繁華街、映画館、テーマパーク等に多数の滞留者が集中しており、<u>店舗等の倒壊、落下物等による被害等による被害拡大の危険性が高い。</u>・住宅内滞留者数は、1日の中で最も少なく、老朽木造家屋の倒壊による死者数はシーン①と比較して少ない。
④冬、夕18時	<ul style="list-style-type: none">・住宅、飲食店などで<u>火気器具利用が最も多い時間帯</u>で、これらを原因とする出火数が最も多くなるケース。・オフィスや繁華街周辺、ターミナル駅では帰宅、飲食のため多数の人が滞留。 <u>ビル倒壊や落下物等により被災する危険性が高い。</u>・<u>鉄道、道路もほぼラッシュ時に近い状況</u>で人的被害や交通機能支障による影響拡大の危険性が高い。

(2) 被害想定項目

想定する被害のうち、シーンによって結果の異なる項目については、シーン別の結果の算定、または変動幅による評価を行なうものとする。

すべての震源で被害想定を行なう項目は、物的被害・人的被害の両者について、建物被害（揺れ、液状化、急傾斜地崩壊）、火災被害、ブロック塀・自動販売機等の転倒、及び屋外落下物の発生とし、これに加えて震災廃棄物の発生も対象とする。これ以外の項目については、各項目の特性を勘案して被害想定を行なう震源を設定する。

被害想定項目別の想定シーン

項目		想定するシーン※	備考
物的被害	(1)建物被害（揺れ・液状化・急傾斜地崩壊）	—	時刻によって変化しない
	(2)地震火災出火・延焼	5/8/12/18時	時刻による出火率の違いを考慮
	(3)ブロック塀・自動販売機等の転倒	—	時刻によって変化しない
	(4)屋外落下物の発生	—	時刻によって変化しない
	(5)震災廃棄物の発生	最小/最大ケース	火災の影響を踏まえて被害最小と最大を評価
	(6)交通施設被害	—	時刻によって変化しない
	(7)細街路における閉塞の発生	—	時刻によって変化しない
	(8)ライフライン施設被害による供給支障	最小/最大ケース	火災の影響を踏まえて被害最小と最大を評価
人的被害	(1)死傷者の発生		
	1)建物倒壊	5/8/12/18時	時刻による滞留人口の違いを考慮
	2)急傾斜地崩壊	5/8/12/18時	時刻による滞留人口の違いを考慮
	3)火災被害	5/8/12/18時	時刻による滞留人口の違いを考慮
	4)屋内収容物移動・転倒	5/8/12/18時	時刻による滞留人口の違いを考慮
	5)ブロック塀・自動販売機等の転倒	(特殊ケース)	12時間歩行者交通量(7～19時)に基づく評価
	6)屋外落下物の発生	(特殊ケース)	12時間歩行者交通量(7～19時)に基づく評価
	7)交通被害	(特殊ケース)	ピーク時交通量に基づく評価
	(2)災害時要援護者の被災	5/8/12/18時	時刻による滞留人口の違いを考慮
	(3)自力脱出困難者の発生	5/8/12/18時	時刻による滞留人口の違いを考慮
(4)帰宅困難者の発生	12時	昼間の都市滞留者が対象	
(5)避難者の発生	最小/最大ケース	住宅の火災焼失の影響を踏まえて被害最小と最大ケースを評価	
被経済	(1)施設・資産の損傷額	—	火災被害が最大となるケースを想定
	(2)人流・物流寸断の影響額	—	時刻によって変化しない
	(3)経済被害の波及	—	火災被害が最大となるケースを想定
その他	(1)中高層ビル街被災(エレベーター)	(特殊ケース)	利用ピーク時を想定
	(2)石油コンビナート地区被災	(特殊ケース)	被害施設数のみを評価
	(3)地下街の被災	(特殊ケース)	利用ピーク時を想定
	(4)ターミナル駅の被災	(特殊ケース)	利用ピーク時を想定
	(5)孤立集落の被災	(特殊ケース)	孤立する可能性の高い集落のあるエリアの建物被害が最大となるケースを評価
	(6)重要文化財の被災	(特殊ケース)	重要文化財が多く集まるエリアの建物被害が最大となるケースを評価

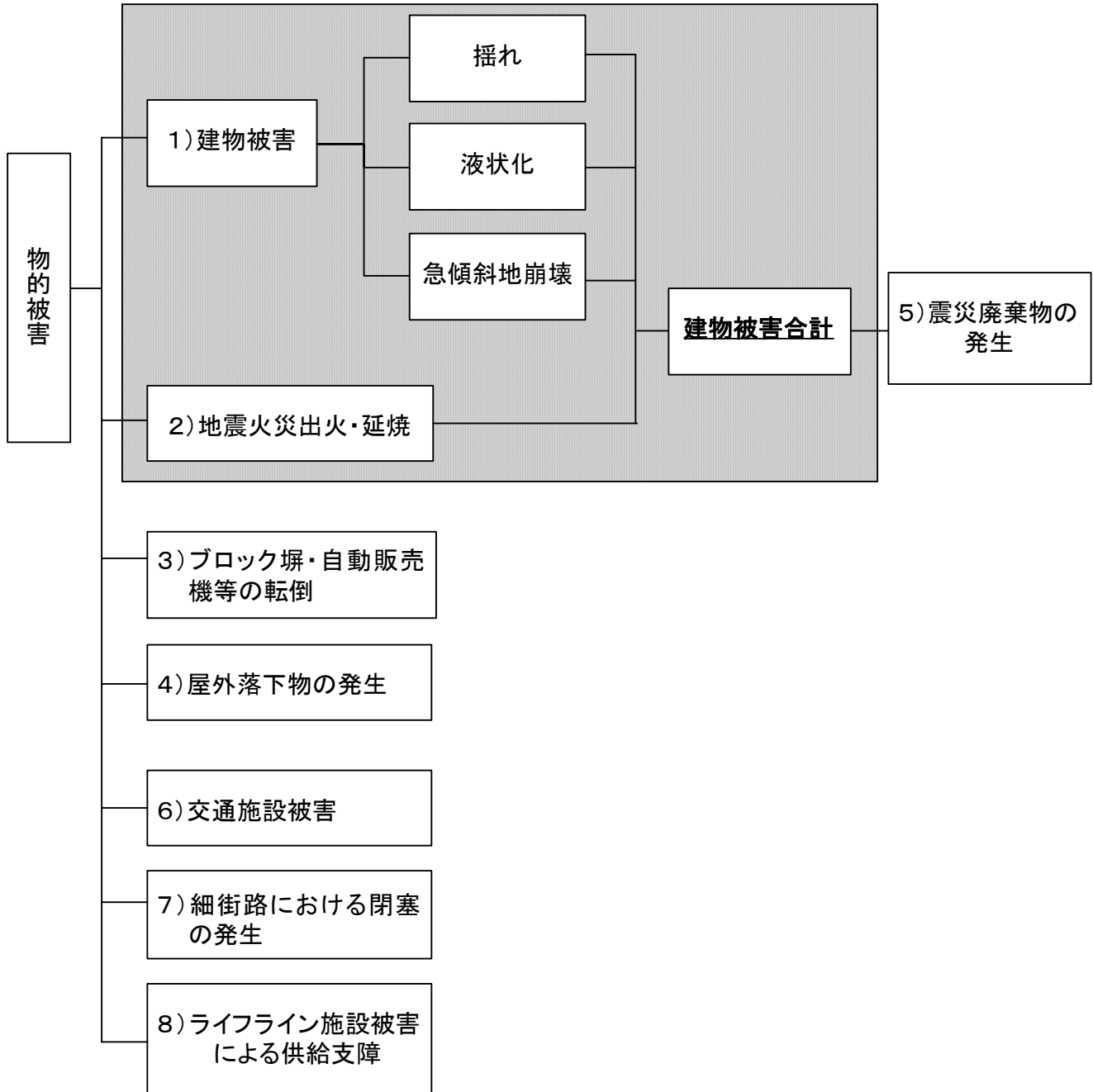
※「5/8/12/18時」:前頁の想定シーン4パターンを推計 「最小/最大ケース」:被害が最小もしくは最大となるシーンを想定

「特殊ケース」:特定の季節や時間帯を想定

「—」:シーンの区別なし

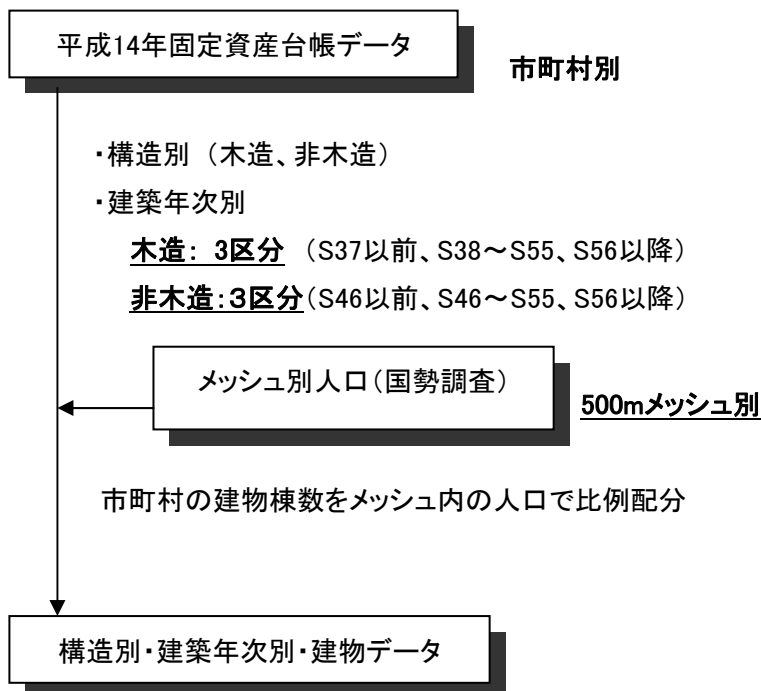
2. 物的被害

基本被害の範囲



(1) 基礎データの作成

- ・ 建物棟数のデータは市町村別の固定資産台帳（平成 14 年度の情報）を基にし、市町村からメッシュへの配分は、木造については 4 次メッシュ（500mメッシュ）の夜間人口の比で、非木造については 4 次メッシュの昼間人口の比で配分する。
- ・ なお、木造対非木造の比率は、平成 15 年住宅・土地統計調査の結果を利用する。
- ・ また、火災延焼による被害想定に用いる不燃領域率の算出にも、平成 15 年住宅・土地統計調査の結果を用いる。



(2) 揺れによる建物被害

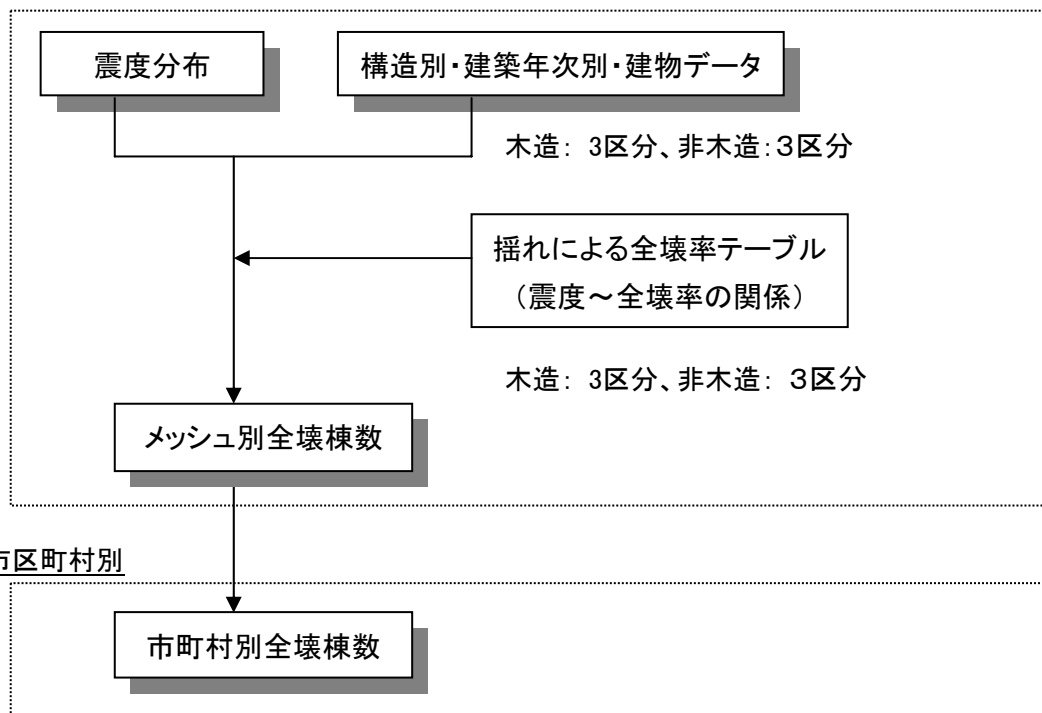
1) 基本的な考え方

- ・ 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、これを基に設定。

2) 被害想定手法

- ・ 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
- ・ 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（阪神・淡路大震災における西宮市、鳥取県西部地震における鳥取市、芸予地震における呉市のデータ）。

500mメッシュ別



(木造 全壊棟数)

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

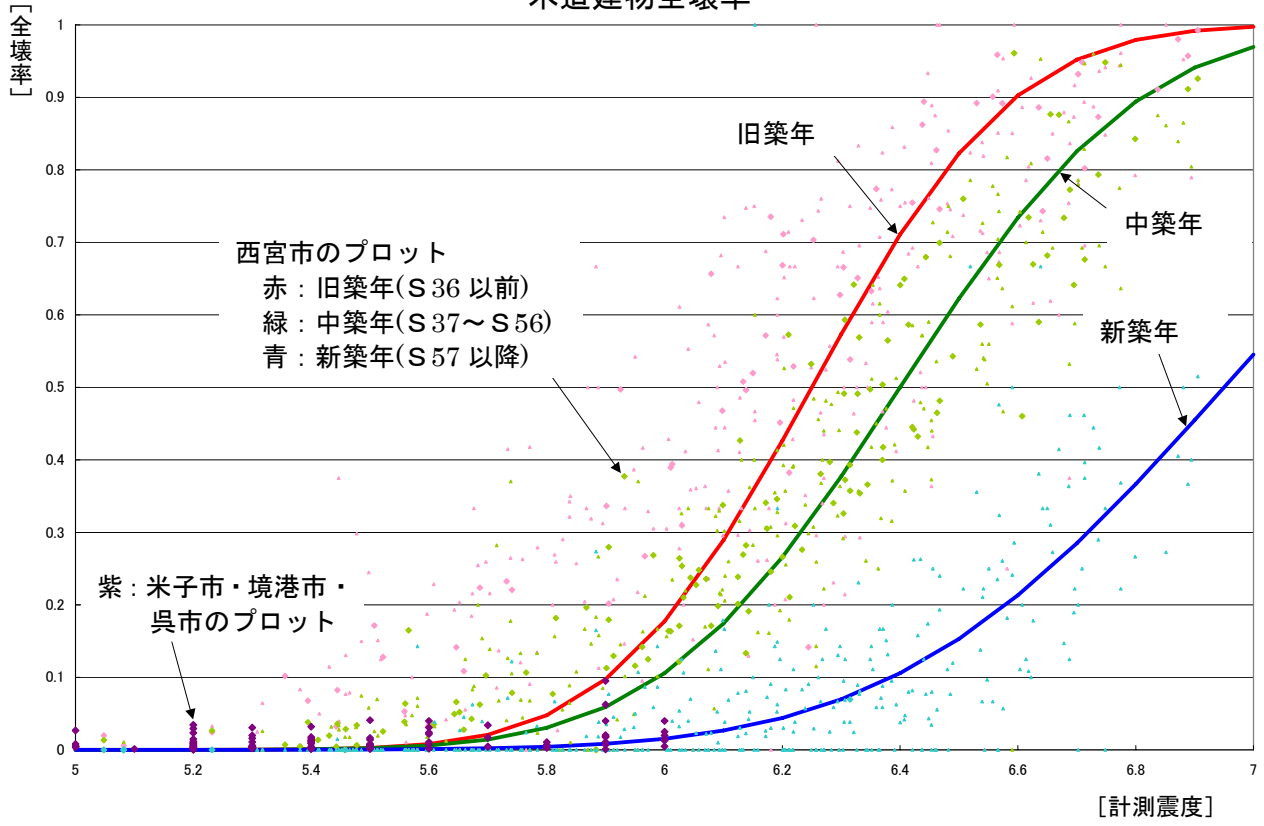
(非木造 全壊棟数)

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

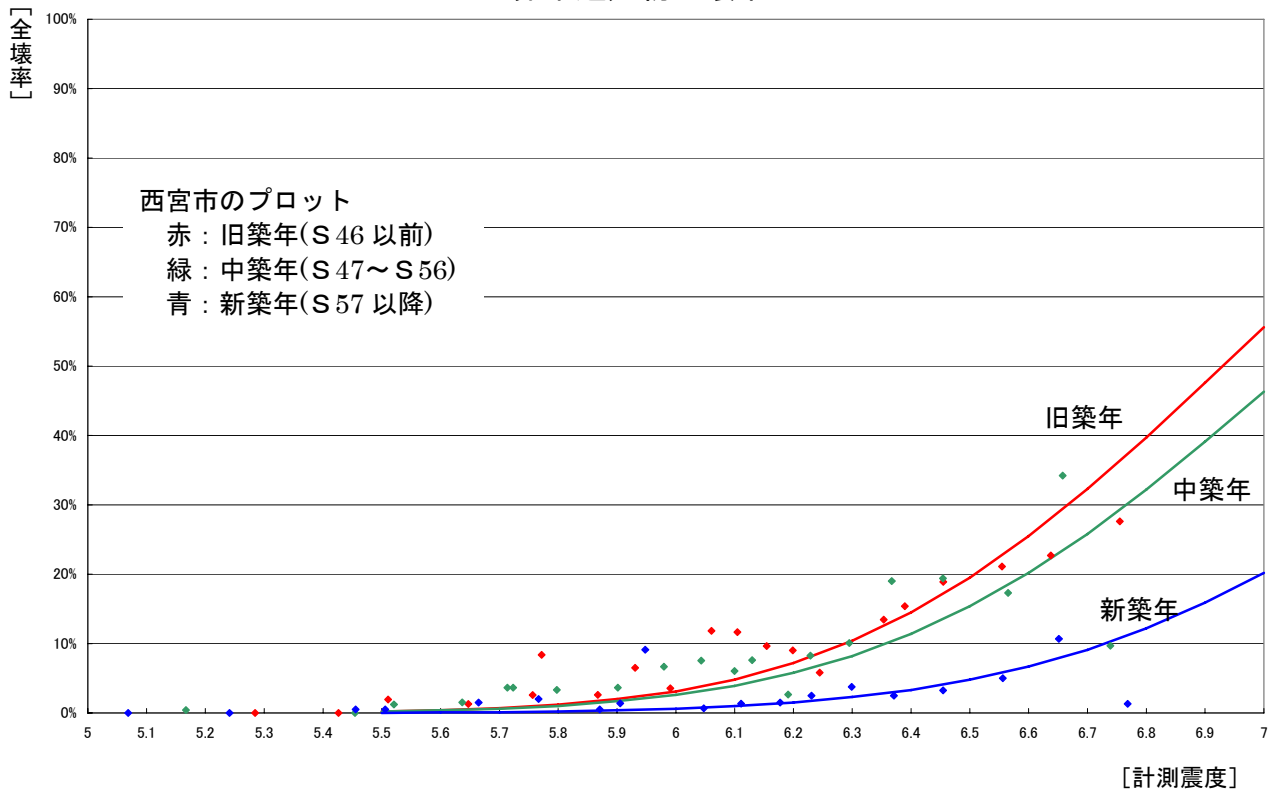
(構造別・建築年次別の全壊棟数)

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

木造建物全壊率



非木造建物全壊率

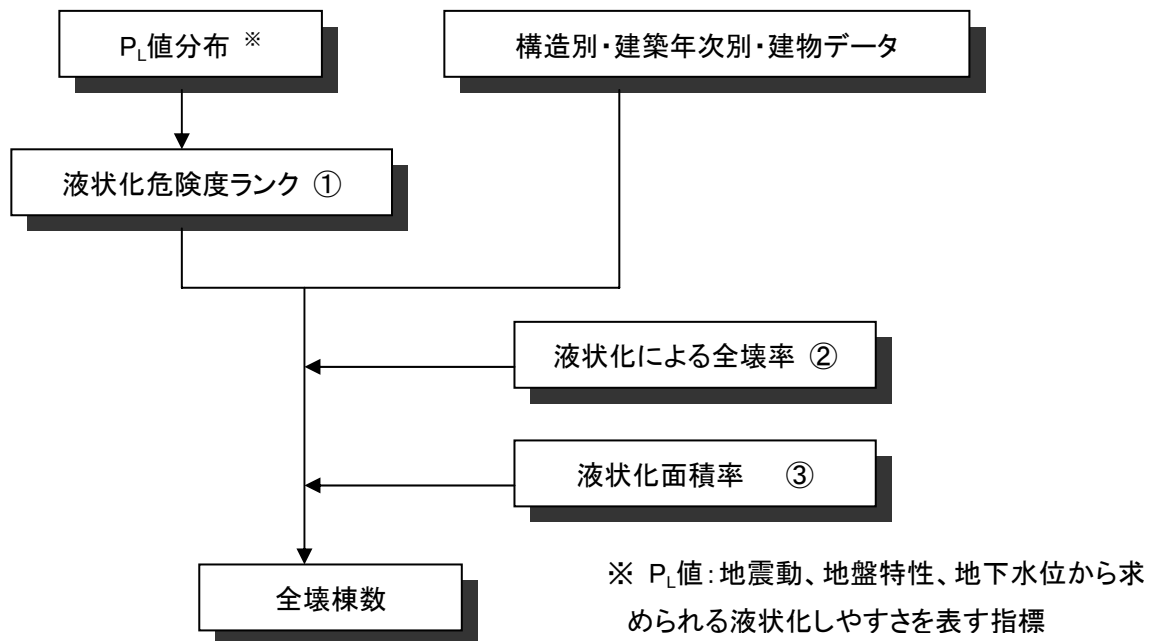


(3) 液状化による建物被害

1) 基本的な考え方

- ・ 静岡県の第3次被害想定(H13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。

2) 被害想定手法



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

$$(\text{木造旧築年 全壊棟数})$$

$$= (\text{木造旧築年 建物棟数}) \times (\text{木造旧築年 液状化による全壊率}) \times (\text{液状化面積率})$$

$$(\text{木造新築年 全壊棟数})$$

$$= (\text{木造新築年 建物棟数}) \times (\text{木造新築年 液状化による全壊率}) \times (\text{液状化面積率})$$

$$(\text{非木造 全壊棟数}) = (\text{非木造建物棟数}) \times (\text{基礎杭がない建物の割合})$$

$$\times (\text{非木造 液状化による全壊率}) \times (\text{液状化面積率})$$

①液状化危険度ランク

- ・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。

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

②液状化による全壊率

（木造）

- ・静岡県第3次被害想定では、関東大震災、新潟地震、日本海中部地震の被害実態をもとに、木造建物の液状化による「大破」率を建築年次別で設定している。
- ・木造建物の液状化による「全壊」率は、「大破」率を0.7で割ったものを用いる[※]。

※「大破」：静岡県の3次被害想定において用いられている建物被害の定義であり、木造建物の場合、阪神・淡路大震災の罹災証明における「全壊」のうちの約7割が、この「大破」に相当する。なお、非木造建物の場合、「大破」と「全壊」は、ほぼ同じ定義である。

木造建物の全壊率

	S35年以前	S36年以降
大破率	13.3%	9.6%
全壊率（＝大破率÷0.7）	19.0%	13.7%

出典）第3次被害想定結果（静岡県、H13年） （大破率のみ）

（非木造）

- ・静岡県第3次被害想定では、新潟地震の被害事例をもとに、非木造建物の液状化による「大破」率を基礎杭の有無別で設定している。
- ・非木造建物の液状化による「全壊」率は、「大破」率をそのまま用いる[※]。
- ・非木造建物のうち、「4階以上の建物」と「S55年以降の1～3階の建物の20%」を杭ありの構造物とした（静岡県の第3次被害想定より）。

非木造建物の大破率（＝全壊率）

杭ありの場合の大破率	杭なしの場合の大破率
0.0%	23.2%

出典）第3次被害想定結果（静岡県、H13年）

③液状化面積率

- ・東京都の被害想定（H9）における検討結果をもとに、各液状化危険度ランクにおいて液状化する面積は、以下のように与える。

液状化危険度	液状化面積率
ランク A	18%
ランク B	5%
ランク C	2%
ランク D, ランク E	0%

出典) 東京都における直下地震の被害想定に関する調査報告書 (東京都、H9)

④ 揺れによる建物被害と液状化による建物被害のダブルカウントの除去

(木造)

- ・液状化が発生する地域では、表層地盤が振動を吸収し揺れによる被害は発生しにくいものと考えられるため、木造建物は揺れによる被害が発生しないものとする

(揺れによる木造建物全壊棟数<ダブルカウント除去後>)

$$= (\text{揺れによる木造建物全壊棟数<ダブルカウント除去前>} \\ \times \{1 - (\text{液状化面積率})\})$$

(非木造)

- ・杭打ちされた非木造建物は、表層地盤よりも下の強固な地盤の影響を受けるため、液状化による被害を免れても、揺れによる被害を受ける可能性がある。
- ・そこで、全建物棟数から液状化による全壊棟数を差し引き、残りの建物については、すべて揺れによる被害の対象になり得ると考えて算出する。

(揺れによる非木造建物の全壊棟数の計算対象)

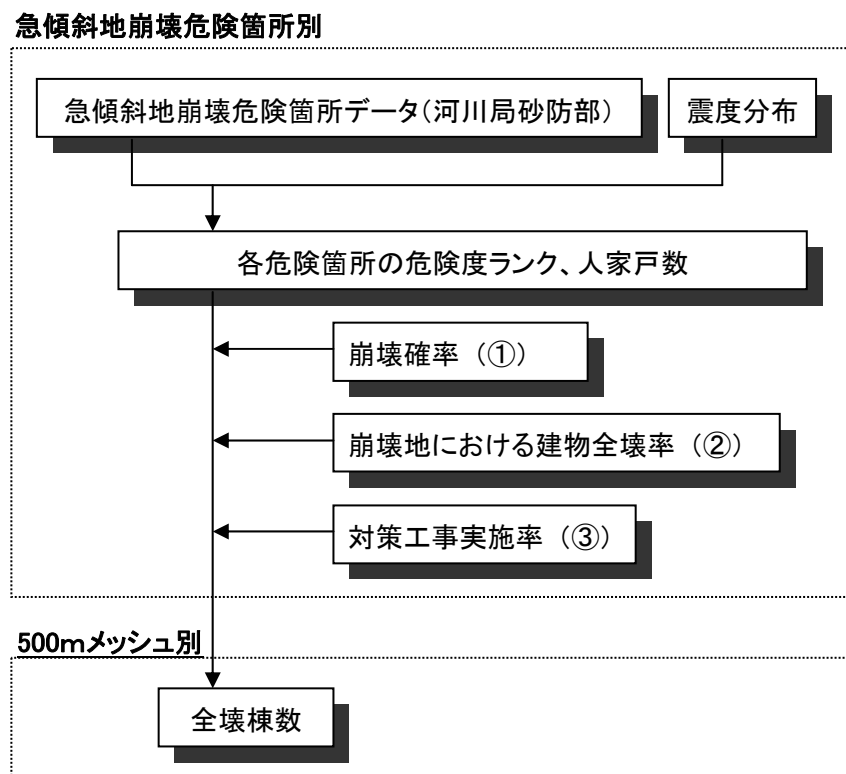
$$= (\text{非木造建物棟数}) - (\text{液状化による非木造建物全壊棟数})$$

(4) 急傾斜地崩壊による建物被害

1) 基本的な考え方

- ・ 静岡県の第3次被害想定(H12年)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毎に行なう。
- ・ 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し、県別に対策効果による補正を行なう。

2) 被害想定手法



(全壊棟数)

$$= (\text{危険箇所内人家戸数}) \times (\text{崩壊確率}) \times (\text{崩壊地における建物全壊率}) \\ \times \{1 - (\text{対策工事実施率})\}$$

①崩壊確率

- ・静岡県第3次被害想定時に、1978年の宮城県沖地震の実態をもとに設定された下記の崩壊確率を用いる。

ランク	崩壊確率
A	95%
B	10%
C	0%

出典) 静岡県第3次被害想定 (H13年)、p.110

②崩壊地における建物全壊率

- ・最近の急傾斜地崩壊による被害のデータを整理して設定。

③対策工事実施率

- ・県別に危険箇所の改修工事の実施率を設定。

④揺れによる建物被害と急傾斜地崩壊による建物被害のダブルカウントの除去

- ・以下の式により、揺れ・液状化による被害のダブルカウントの除去を行なう。

(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>)

= (急傾斜地崩壊による建物被害<ダブルカウント除去前>)

× { 1 - (当該メッシュの揺れ及び液状化による全壊率) }

(当該メッシュの揺れ及び液状化による全壊率)

= { (当該メッシュの揺れによる全壊棟数) + (当該メッシュの液状化による全壊棟数) }

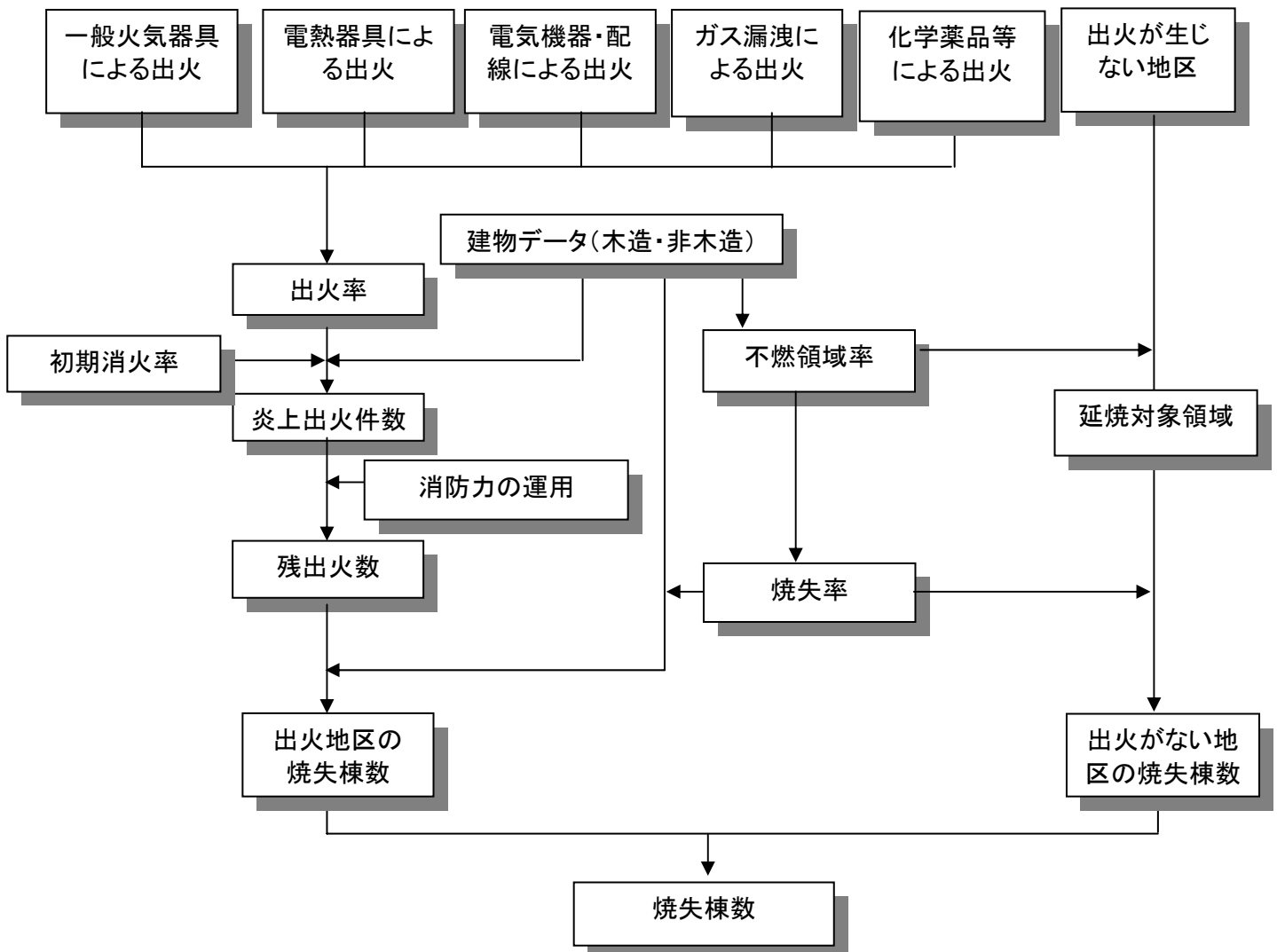
÷ (当該メッシュの全建物棟数)

(5) 地震火災出火・延焼

1) 基本的な考え方

- ・ 出火要因は、一般火気器具、電熱器具、電気機器・配線、化学薬品、漏洩ガスからとし、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。
- ・ 地震時に発生する全ての出火のうち、家人、隣人、自主防災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。
- ・ 焼失棟数は、不燃領域率と焼失棟数との経験則（H9 年度大阪府被害想定調査）に基づき算定。
- ・ 延焼及び焼失の想定では、風速 3mと風速 15mの2つのケースを取り扱う。

2) 被害想定手法



① 炎上出火件数

$$(\text{炎上出火数}) = (1 - \text{初期消火率}) \times (\text{全出火数})$$

$$(\text{全出火数}) = (\text{全建物棟数}) \times (\text{出火率})$$

② 出火率

- ・ 静岡県第3次被害想定時の手法を参考にして、阪神淡路大震災時の建物全壊と出火率の関係から求めた標準出火率を設定。
- ・ 季節係数については、火気器具、電熱器具を暖房器具とそれ以外に分けて、暖房器具の冬季の季節係数を1.0、それ以外の季節の暖房器具の季節係数を0.0と設定した。
- ・ 暖房器具以外の季節係数は、いずれの季節も1.0とした。
- ・ 火災予防審議会・東京消防庁（H9年）の火気使用環境調査結果を用いて、時刻係数を設定。
- ・ 火災予防審議会・東京消防庁（H9年）の阪神・淡路大震災の地震火災の発生状況の分析結果を用いて、火災発生要因の構成比を求めた。

$$(\text{出火率}) = \sum (\text{季節係数}) \times (\text{時刻係数}) \times (\text{出火要因別構成比}) \times (\text{標準出火率})$$

$$(\text{標準出火率}) = 0.0011 \times (\text{揺れによる全壊率})^{0.73}$$

$$(\text{揺れによる全壊率}) = (\text{揺れによる全壊棟数}) / (\text{全建物棟数})$$

<標準出火率の式の利用に関する留意事項>

- ・ 建物の耐震化と出火率の低下とは直接的な因果関係があるとは言えず、耐震化を進めることだけで出火率が低下するというわけではない。
- ・ 出火率の算出の際に、建物全壊率が用いられているのは、揺れの程度を表す指標として建物全壊率が利用し易いからであり、今後、地震時の出火件数を減らすための施策の効果を正確に把握することができる被害想定手法の開発を行っていく必要がある。
- ・ 出火率を低下させるためには、電気器具等の出火原因となる機器の安全対策を進めていくことが重要である
- ・ 出火原因となる機器の安全装置の改良が進んでいると思われるが、その普及率と出火率の定量的な関係が把握されていないため、現段階では出火率の推計式に組み込むことはできない
- ・ 出火防止対策の一層の推進のためには、安全装置の普及率のデータ整備や、これらの安全対策と出火率の関係について、知見を蓄積していく必要がある

出火要因別構成

出火要因	種類	季節変動あり	時刻変動あり	件数
A. 火気器具	ガスストーブ	○	○	2
	石油ストーブ	○	○	9
	練炭火鉢・こたつ	○	○	2
	ガスコンロ		○	5
	ろうそく		○	2
	その他		○	2
B. 電熱器具	電気ストーブ	○	○	20
	電気コンロ		○	3
	オーブントースター		○	2
	白熱スタンド		○	4
	熱帯魚用ヒーター			16
C. 電気機器・配線	ビデオ・テレビ			3
	冷蔵庫・電子レンジ			2
	印刷機・コピー機			2
	熱帯魚用器具類			3
	電源コード・スイッチ			7
	業務用機器			3
	屋内配線類			18
	配電盤・変電設備等			5
D. 化学薬品			9	
E. 漏洩ガス			22	
F. その他 (A～Eに配分)			19	
G. 不明 (A～Eに配分)			118	
合計			278	

※火災予防審議会・東京消防庁(H9年)の火気使用環境調査結果より作成

季節係数

	春	夏	秋	冬
季節変化あり	0.0			1.0
季節変化なし	1.0			

※季節係数は阪神淡路大震災の発生した季節である冬を1とした

時刻係数

	5時	8時	12時	18時
季節変動あり・時刻変動あり	1.00	3.45	3.77	2.83
季節変動なし・時刻変動あり	1.00	1.45	1.90	1.98
季節変動なし・時刻変動なし	1.00			

※時刻係数は阪神淡路大震災の発生した時刻付近である5時を1とした

※火災予防審議会・東京消防庁(H9年)の火気使用環境調査結果より作成

係数の設定一覧

季節変動	時刻変動	構成比	シーン	季節係数	時刻係数	構成比×季節×時刻×0.0011
○	○	23.4%	冬5時	1.00	1.00	0.000257
			秋8時	0.00	3.45	0.000000
			秋12時	0.00	3.77	0.000000
			冬18時	1.00	2.83	0.000728
なし	○	12.8%	冬5時	1.00	1.00	0.000141
			秋8時	1.00	1.45	0.000204
			秋12時	1.00	1.90	0.000268
			冬18時	1.00	1.98	0.000279
なし	なし	63.8%	冬5時	1.00	1.00	0.000702
			秋8時	1.00	1.00	0.000702
			秋12時	1.00	1.00	0.000702
			冬18時	1.00	1.00	0.000702
合計		100.0%	冬5時			0.001100
			秋8時			0.000906
			秋12時			0.000969
			冬18時			0.001709

③ 初期消火率

- ・ 関東大震災、北但馬地震、丹後地震、十勝沖地震、宮城県沖地震における初期消火実態データにより求められた初期消火率（仙台都市圏防災モデル都市建設計画調査委員会による）を参考にして、初期消火率を設定。

初期消火率

	市部	全体
震度5	68.4	78.6
震度6	45.9	51.8
震度7	23.8	43.9

（出典）仙台都市圏防災モデル都市建設計画調査委員会（自治省消防庁）より

④ 消防力の運用

- ・ 出火後、消防車が現場に到着するまでの駆けつけ時間を算定。
- ・ それまでに燃え広がる広さ（火面周長）を求め、消防車1台あたり消火可能な火面周長から、消火が可能か否かを判定。
- ・ 消火できないと判定された炎上出火点は、残火災と考え、延焼による焼失棟数の算出対象とする。
- ・ ただし、市町村内の各出火点に駆けつけることのできる消防車の合計数は、各市町村が所有する消防車台数（消防団所有台数を含む）を上限とする。

(駆けつけ時間の算定)

(出火地点までの駆けつけ時間)

$$= (a) \text{ 火災覚知時間} + (b) \text{ 出動時間} + (c) \text{ 走行時間} + (d) \text{ 準備時間}$$

(a) 火災覚知時間

- ・ 震度 6 以上 : 10 分

(阪神淡路大震災の実態を踏まえて検討した大阪府被害想定時の条件)

- ・ 震度 5 以下 : 3 分

(b) 出動時間

- ・ 8 分 (H9 東京都被害想定時の条件)

(c) 走行時間

- ・ 消防署及び消防団の拠点から出火点（メッシュ中心点）までの距離と走行時速から算定する。
- ・ 走行時速は、震度 6 以上 : 10 km/h、震度 5 以下 : 15 km/h とする。(H9 東京都被害想定時の条件)
- ・ 拠点から出火点までの走行距離を求める際、実際の拠点の位置は特定しないで、市区町村別に把握した拠点数から、1 拠点当りの平均的な担当面積を求め、各拠点が担当面積の真中に位置していると仮定した場合の走行距離を求める。

$$A. \text{ 消防車を有する施設数} = \text{「消防署数」} + \text{「出張所数」}$$

$$B. \text{ 1 施設あたり担当面積 (km}^2\text{)} = \text{市町村面積 (km}^2\text{)} / A$$

$$C. \text{ 平均車両走行距離 (m)} = (\sqrt{B}) \times 1000$$

(d) 準備時間

- ・ 東京都の被害想定 (H9) の検討結果をもとに、現場でのホース設置に要する時間がホース延長と口数に関係すると考える。

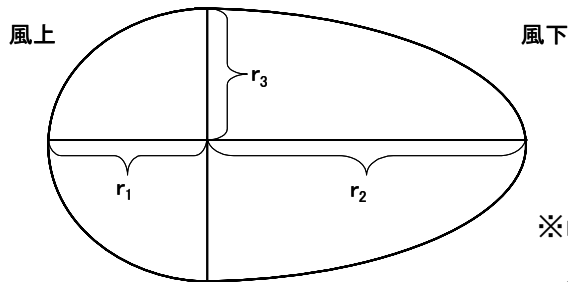
$$\text{震度 6 以上 : (準備時間)} = 25.5 \times (\text{ホース本数}) + 15 \text{ (秒)}$$

$$\text{震度 5 以下 : (準備時間)} = 17 \times (\text{ホース本数}) + 15 \text{ (秒)}$$

(火面周長の算出)

- ・火面周長を算出するために用いる延焼速度式は、「直下の地震を踏まえた新たな出火要因及び延焼性状の解明と対策（平成9年3月、火災予防審議会・東京消防庁）」の中で提案されている「東消式97」に基づく。

$$\text{火面周長} = \pi \sqrt{\frac{1}{2}(r_1^2 + r_3^2)} + \pi \sqrt{\frac{1}{2}(r_2^2 + r_3^2)}$$



※r1～r3の長さは、東京消防庁の以下の提案式に基づき算出

<延焼の想定に関する留意事項>

- ・建物の延焼の仕方には揺れによって被害を受けた建物の倒壊状況が影響し、震度が極めて強く（震度7）、多くの建物が完全に倒壊・崩壊してしまう場合には、通気性が悪くなるために延焼しにくくなる可能性がある
- ・地震時の火災・延焼に関する詳細なデータが十分に存在するわけではないが、今後も延焼の仕方を正確に説明できる評価手法の検討を進めていく必要がある

⑤ 焼失率

- ・密集市街地が広域に連担している地区の特性や延焼遮断帯による焼け止まり効果を反映させて、隣接メッシュへの延焼拡大の可能性評価を行い、延焼対象領域を想定する。
- ・判断基準は、大阪府地震被害想定（H9）による手法に基づき、下表のとおりとする。

不燃領域率と最大焼失率、延焼の可能性

不燃領域率	最大焼失率（面積比）	隣接地区への延焼可能性
70%以上	20～10%	無し
50～70%	30～20%	無し
20～50%	50～30%	有り
20%未満	100～50%	有り

（注）兵庫県南部地震の状況と建設省総合技術開発プロジェクト「都市防火対策手法の開発」（建設省）に基づき求めた。

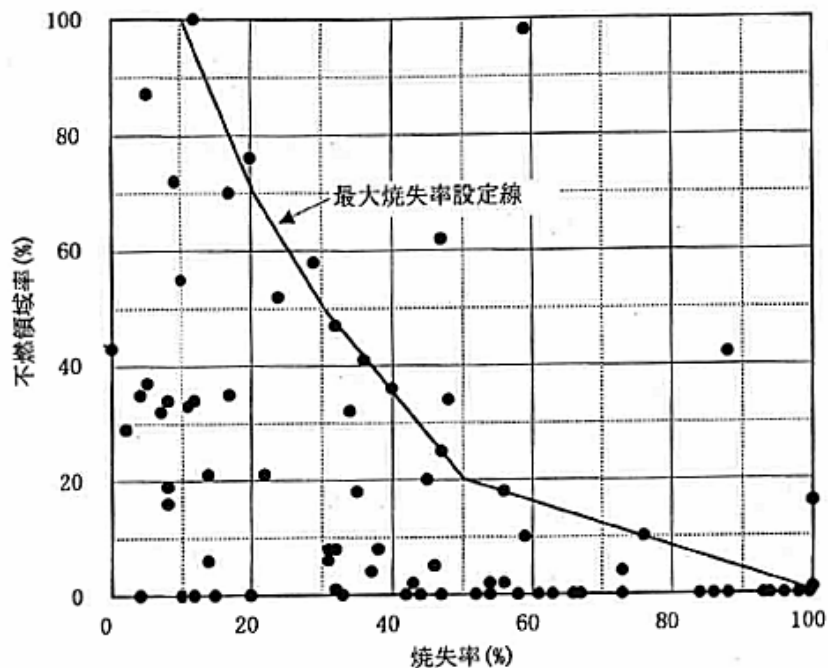
（出典）大阪府被害想定調査（平成9年）

- ・延焼対象領域内のメッシュ地区ごとの不燃領域率に基づき、最終的に想定される焼失棟数を算定する。
- ・不燃領域率と焼失率の関係（風速 3m の場合）には、阪神・淡路の被害実績や建設省総合技術開発プロジェクトによるシミュレーション結果から求められた、大阪府の式を用いる。

$$\begin{aligned}
 \text{焼失率} &= (-5/2) \times \text{不燃領域率} + 1 && (0 \leq \text{不燃領域率} \leq 0.20) \\
 &= (-2/3) \times \text{不燃領域率} + 19/30 && (0.20 < \text{不燃領域率} \leq 0.50) \\
 &= (-1/2) \times \text{不燃領域率} + 55/100 && (0.50 < \text{不燃領域率} \leq 0.70) \\
 &= (-1/3) \times \text{不燃領域率} + 13/30 && (0.70 < \text{不燃領域率} \leq 1.00)
 \end{aligned}$$

$$\text{焼失棟数} = (\text{木造建物棟数} + \text{低層非木造建物棟数}) \times \text{焼失率}$$

延焼火災の町丁目不燃領域率と焼失率の関係



※「阪神・淡路大震災時の火災延焼状況調査報告書」平成7年3月
 (神戸大学室崎研究室) をもとに(株)地域防災研究所が検討
 (出典) 大阪府被害想定調査 (平成9年)

⑥ 風速 15m ケースの想定

- ・以上の式は、阪神・淡路大震災の実態に基づいているため、風速 3m のケースと考える。
- ・延焼規模が拡大する風速 15m のケース（関東大震災時と同様の風速）については、以下に基づき計算する。

- 建設省総合技術開発プロジェクトによるシミュレーション結果から、風速が異なる場合の不燃領域率と焼失率との関係を比較すると、関東大震災時と同様のケースでは、焼失率が約2倍になると考えられる。
 - このことから、風速3mのケースにおける焼失棟数の2倍を風速15mのケースにおける焼失棟数とする。(ただし、木造建物棟数+低層非木造建物棟数の総数を超えないものとする)
- ・ 風速3mのケースでは、各市町村の消防車保有台数と出火地点までの駆けつけ時間に応じた消防力の運用効果の検討を行っているが、以下より、消防力が実質的に全く機能しないものとして計算を行なう。
 - 阪神・淡路大震災時には、情報寸断等に伴い火災覚知が大幅に遅れた。発生後1時間経過しても全出火数の概ね6割程度しか覚知されていなかったことが確認されている。
 - また、上水道供給停止による消火栓の機能停止や家屋被害等による密集市街地の道路の閉塞等、様々な消火活動支障が生じた。

<風速の設定に関する留意事項>

- ・ 今回は既往地震で火災による被害の大きかった関東大震災のときと同等の設定として、風速15m/sを採用した。
- ・ 建設省総合技術開発プロジェクト「都市防火対策手法の開発」(S57)のシミュレーション結果によると、風速8m/s付近でも風速3m/sのときの焼失率の2倍程度になっており、15m/sよりも小さい風速の場合でも延焼被害はかなり大きくなる可能性があることを十分に注意しておく必要がある。

⑦ 揺れ・液状化による建物被害と火災延焼による建物被害のダブルカウントの除去

- ・ 以下の式により、揺れ・液状化による被害とのダブルカウントの除去を行なう。

(焼失棟数<ダブルカウント除去後>)

$$= (\text{焼失棟数<ダブルカウント除去前>}) \times \{1 - (\text{揺れ及び液状化による全壊率})\}$$

(揺れ及び液状化による全壊率)

$$= \{(\text{揺れによる全壊棟数}) + (\text{液状化による全壊棟数})\} \div (\text{全建物棟数})$$

参考：東消式に基づく延焼速度・延焼距離の計算

(風下の延焼速度式) r2 の算出に用いる

$$V(t) = \frac{V_f}{1 + \{1.3 - 0.3 \exp(-0.3t)\} \left[\frac{V_f}{V_0} - 1 \right] \exp \left[\frac{-0.5V_f}{V_f - V_0} t \right]} \quad \dots\dots \text{式 (1)}$$

V_0 : 初期延焼速度(m/h)

V_f : 最終延焼速度(m/h)

t : 経過時間(h)

$$V_f = \frac{V_u + V_1 \exp\{-50(k - 0.14)\}}{1 + \exp\{-50(k - 0.14)\}}$$

$$k = (1 - c')(a'' + 0.85b'') \{m(1 - x) - 0.1\}^{1.2} (U - 4.9 - 8x)^{0.33}$$

ただし、 $\{m(1 - x) - 0.1\} < 0$ または $(U - 4.9 - 8x) < 0$ のとき、 $k = 0$

$$V_u = 0.46(1 - x)^2 \left[a_u V_0 \left\{ (1 - c')(a'' + 0.85b'') + \frac{1.6}{\sqrt{(1 - c')(a'' + 0.85b'')}} (U + 0.1)^{-0.4} \right\} + b_u \right] m^{0.2} + V_0$$

$$V_1 = (1 - x)^2 \left[6a_1 V_0 (m^{1.5} - m^2) + b_1 \right] (1 - c')(a'' + 0.85b'') (0.1U + 0.1)^{0.5} + V_0$$

$$a_u = \frac{1.4(U + 1.0)^{-0.61} + 0.47}{m} + 4.4U^{0.19} - 5.6$$

$$b_u = \frac{-8.9U^{0.75} - 8.6}{m} + 0.041U^{3.1} + 49$$

$$a_1 = \frac{0.31}{m} + 0.52$$

$$b_1 = \frac{-0.1U - 1.8}{m} + 2.7$$

$$x = \frac{0.54}{1 + 680 \exp(-0.010\alpha)} - 0.0024$$

$$V_0 = \delta \cdot g(h) \cdot (1 - c') \quad \dots\dots \text{式 (2)}$$

$$\delta = \frac{r(U) \cdot a(a''V_w + b''V_m) + (a + 2.6)d'V_c}{(a'' + b'' + d')(a + d)} +$$

$$\frac{r(U) \{ d(a'' + b'')^2 V_m + (d - 1.3)(a'' + b'')d'(V_{nc} + V_{cn}) + (d - 2.6)d'^2 V_{cc} \}}{(a'' + b'' + d')^2 (a + d)}$$

$$r(U) = 0.048U + 0.822$$

$$g(h) = -0.005h + 1.371$$

$$a'' = a' + 0.0018b'\alpha \quad \text{ただし、} b' - 0.0018b'\alpha < 0 \text{ のとき} \quad a'' = a' + b'$$

(防火造の外壁被害により増加した裸木造率)

$$b'' = b' - 0.0018b'\alpha \quad \text{ただし、} b' - 0.0018b'\alpha < 0 \text{ のとき} \quad b'' = 0$$

(防火造の外壁障害により減少した防火造率)

m : 建ぺい率

α : 加速度 (gal)

a : 建物の一辺の長さ (=7.1(m))

d : 建物隣棟間隔 (=3.8(m))

$$a' = \frac{w-z}{w} \times p \quad (\text{全壊していない裸木造率})$$

$$b' = \frac{w-z}{w} \times q \quad (\text{全壊していない防火木造率})$$

c' : 耐火造率 (小数値)

非木造建物棟数 / (木造建物棟数 + 非木造建物棟数)

d' : 全壊した木造建物の混成率

木造建物全壊棟数 / (木造建物棟数 + 非木造建物棟数)

w : 木造建物棟数

z : 木造建物全壊棟数

U : 風速 (m/sec)

h : 湿度 (%)

V_w : 裸木造建物内延焼速度 (=52.1(m/hr))

V_m : 防火造建物内延焼速度 (=42.8(m/hr))

V_c : 全壊建物延焼速度 (=98 / (1 + 3.9exp(-0.094U²)) (m/hr))

V_{mm} : 木・防建物→木・防建物延焼速度 (=32(m/hr))

V_{nc} : 木・防建物→全壊建物延焼速度 (=37(m/hr))

V_{cn} : 全壊建物→木・防建物延焼速度 (=12(m/hr))

V_{cc} : 全壊建物→全壊建物延焼速度 (=17(m/hr))

(風上の延焼速度式) …… r1 の算出に用いる

- 風速 $U=0$ とし、式(2)で示した初期延焼速度 V_0 の式を計算する。時間経過による延焼速度の増大はないものとする。

(風横の延焼速度式) …… r3 の算出に用いる

- 風速 $U=0$ とし、式(1)で示した算定式を計算する。

(延焼距離の計算)

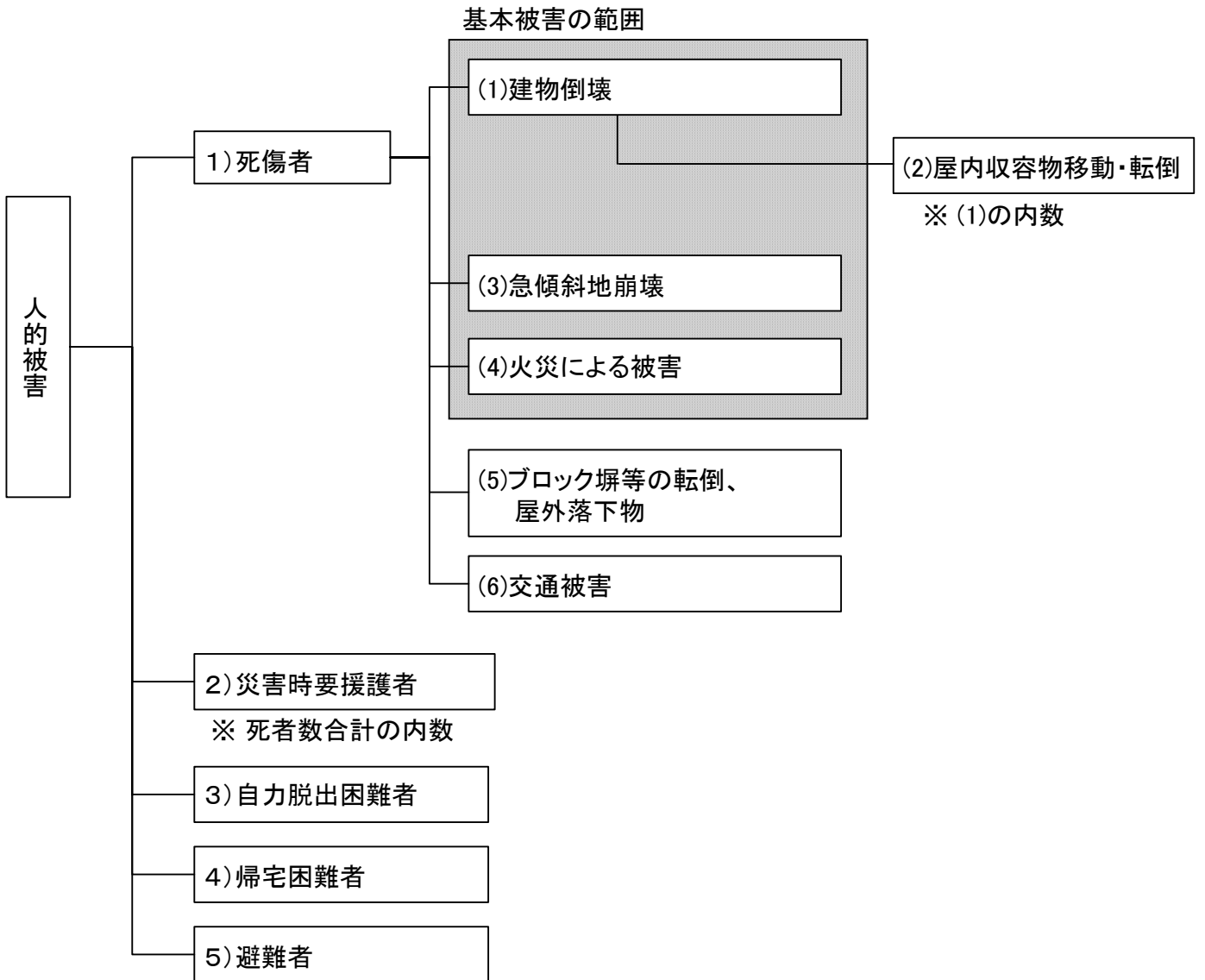
- 延焼距離を以下の式で計算する。(風上・風下・風横別に算出)

$$\int_0^t V(t) dt$$

t : 消防機関駆け付け時間

3. 人的被害

- ・ 液状化によって全壊した建物からは死者は発生しないものとする。
- ・ 計算のための基本地区単位は、市町村とする。
- ・ 対象とする地震の発生時刻における建物内等の滞留人口について考慮する。



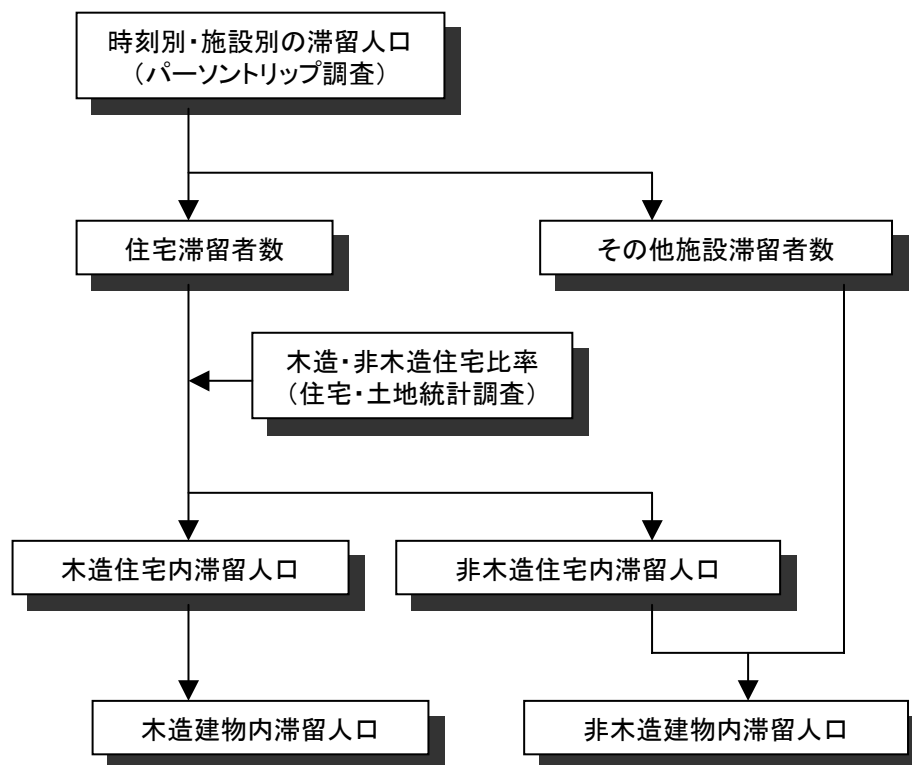
(1) 基本データの作成

1) 人口データ

- ・人口データ（夜間人口、昼間人口）はメッシュ別の国勢調査のデータ（最新の平成12年度版）を用いることとする。このメッシュデータは4次メッシュ（500mメッシュ）毎になっているため、4次メッシュを今回推計の最小単位とする。
- ・ただし、4次メッシュが複数の市町村にまたがる場合には、当該メッシュ内の人口は、メッシュ内の面積占有率が最大となる市町村に所属するものとする。

2) 屋内滞留人口

- ・時間帯別の屋内滞留人口は、中部圏及び近畿圏のパーソントリップ調査の結果と、平成15年住宅・土地統計調査の結果を用いる。

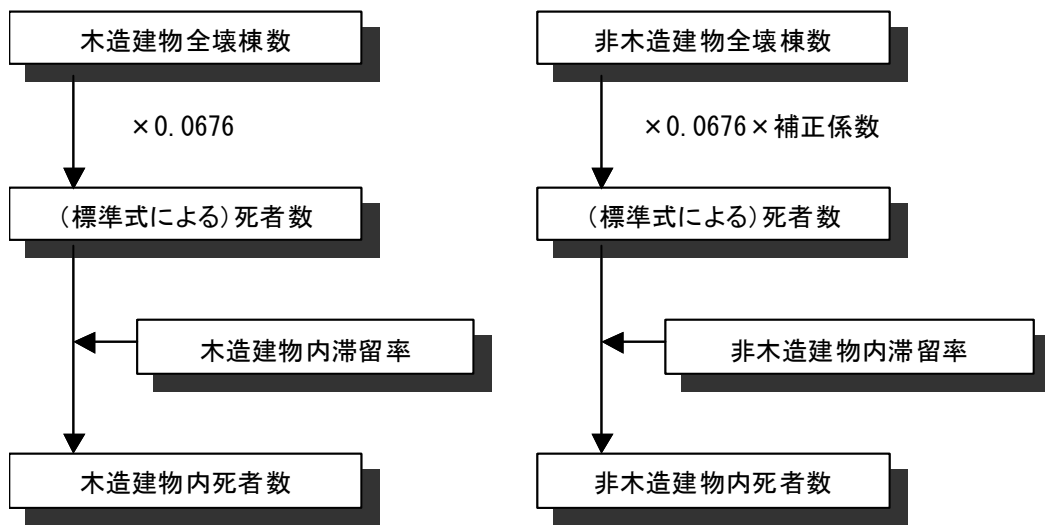


(2) 建物倒壊

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。
- ・300人以上の死者の出た最近の5地震（鳥取地震、東南海地震、南海地震、福井地震、阪神・淡路大震災）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。

2) 被害想定手法（死者数）



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

(木造 死者数)

$$= 0.0676 \times (\text{市町村別の揺れによる木造全壊棟数}) \times (\text{木造建物内滞留率})$$

(非木造 死者数)

$$= 0.0676 \times \text{補正係数}$$

$$\times (\text{市町村別の揺れによる非木造全壊棟数}) \times (\text{非木造建物内滞留率})$$

(3) 急傾斜地崩壊

1) 基本的な考え方

- ・揺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) 被害算出方法

- ・東京都防災会議（1991）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。

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

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

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

(4) 火災被害

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 (揺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：揺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：揺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) 被害算出方法(死者数)

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。

$$(\text{炎上出火家屋内から逃げ遅れた死者数}) = 0.078 \times \text{出火件数} \times (\text{屋内滞留人口比率})$$

※平常時火災による死者数から算定(H9東京都被害想定)

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。(H9東京都)

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

$$(\text{全壊かつ焼失家屋内の救出困難な人})$$

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

$$(\text{全壊かつ焼失家屋内の要救助者数}) = (\text{自力脱出困難者発生率 } 0.117) \times (\text{全壊率}(\%) / 100) \\ \times (\text{全壊かつ焼失の棟数} / \text{全壊建物数}) \times (\text{発災時の炎上家屋内滞留人口})$$

- ・要救助者数の算定は阪神淡路大震災時の実態に基づく推計式（H9 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%）を除く人数を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。

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

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年一（平成8年1月 神戸市）

③ 延焼拡大時の逃げ惑い

- ・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。（H9 東京都）

（延焼火災による死者数）

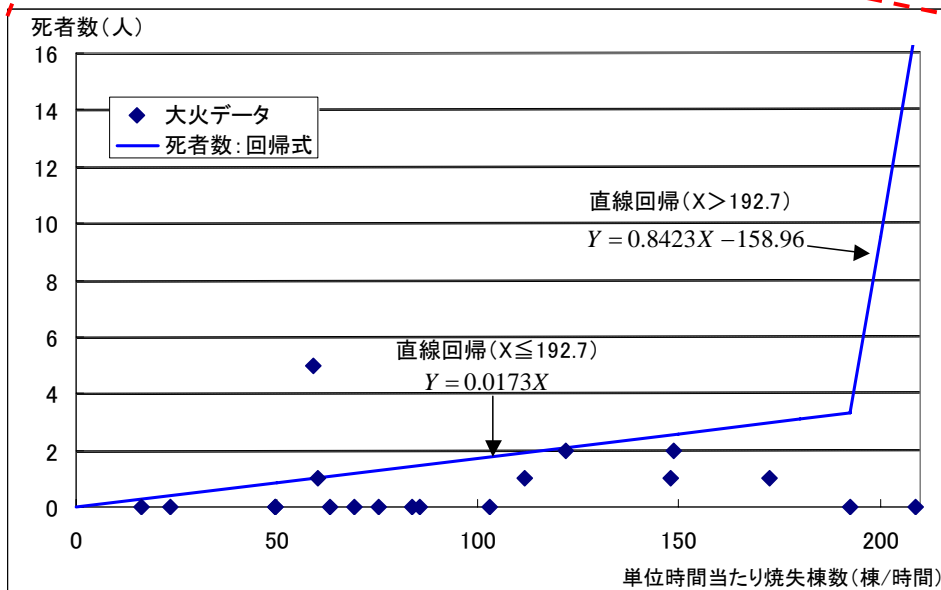
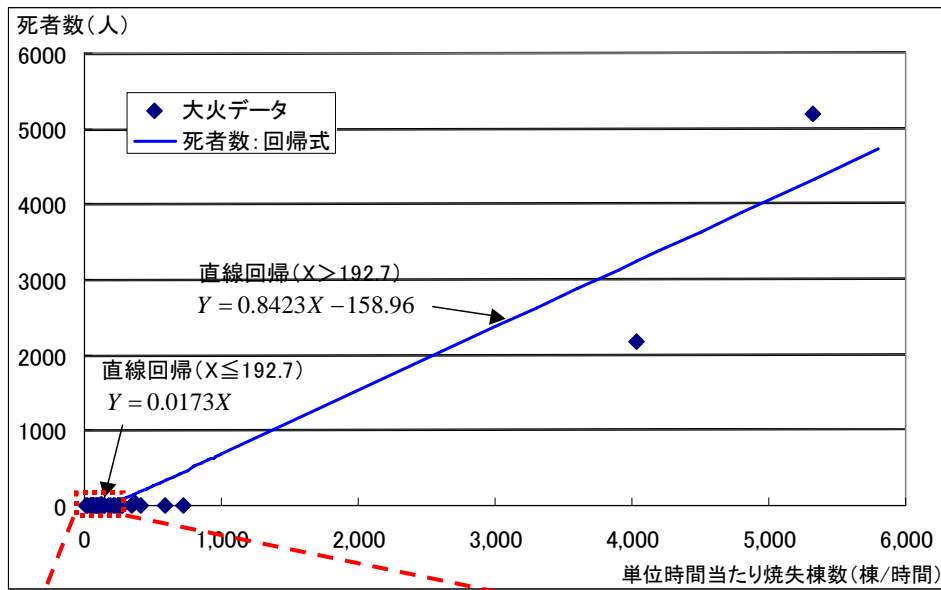
$$= \{0.8423 \times (\text{単位時間当たりの焼失棟数}) - 158.96\} \times (\text{屋内滞留人口比率})$$

ただし、単位時間当たりの焼失棟数 < 192.7 のとき

$$(\text{延焼火災による死者数}) = 0.0173 \times (\text{単位時間当たりの焼失棟数}) \times (\text{屋内滞留人口比率})$$

（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揺れによる死傷者数とのダブルカウントの除去を行なう

単位時間あたり焼失棟数と死者数との関係



注 1 延焼拡大時の逃げ惑いによる死者数推計式は、関東大震災及び過去の大火における焼死者数と焼失速度（単位時間あたり焼失棟数）との関係から導いているが、阪神・淡路大震災のデータについては、延焼拡大時の逃げ惑いによる死者数が分離できるような形では記録がないことから用いていない。

注 2 延焼拡大時の逃げ惑いによる死者数は、焼失速度が数百棟/h 程度までは少なく、一定の焼失速度を超えると急激に多くなる。このため、おおむね 200 棟/時間よりも小さい焼失速度のサンプル事例のみで原点を通る回帰式を求め、先の回帰式との交点（焼失速度が 192.7 棟/時間）で接するような推計式としている。

（資料）東京都被害想定（H9）による過去の大規模火災被害に関するデータより作成

<延焼拡大時の逃げ惑いの想定に関する留意事項>

- ・建物の密集した地域において火災が発生すると、避難のために街路に集中した群集の歩行スピードが遅くなるため、風速が一定以上になった場合には急激に死者数が増大する可能性がある
- ・また、今回の想定では、関東大震災のときに起こった火災旋風などの不確定要素は除いた想定を行っているが、万が一火災旋風などが起こった場合には更に死者数が増大する可能性が高い
- ・これら2つの観点については、現段階では被害想定手法に取り込めておらず、今後も関連する知見を蓄積していく必要がある

過去の大火被害データ

	日時	延焼時間	焼失棟数	焼死者	負傷者数
関東地震	T12. 9. 1	46hr	299,853	52,178	-
麹町			6,484	16	-
神田			27,623	801	-
日本橋			21,616	229	-
京橋			29,290	254	-
芝			15,837	115	-
麻布			2,099	0	-
赤坂			99	15	-
四谷			789	1	-
牛込			0	0	-
小石川			985	2	-
本郷			6,818	34	-
下谷			33,497	166	-
浅草			59,192	1,974	-
本所			54,781	46,985	-
深川			40,743	1,586	-
函館大火	S9. 3. 21	6	24,186	2,165	12,592
静岡大火	S15. 1. 15	13	7,610	4	-
福島県田島町	S21. 5. 20	-	515	0	31
新潟県村松町	S21. 6. 8	9	1,337	2	59
飯田市	S21. 7. 15	4	198	0	4
青森県五所川原町	S21. 11. 2	12	594	0	9
新潟県両津町	S22. 4. 17	5	315	0	0
飯田市市	S22. 4. 20	9	3,742	0	0
那珂湊町	S22. 4. 29	6	1,508	0	6
北海道三笠町	S22. 5. 16	4	488	2	4
宮崎市	S22. 12. 7	4	65	0	0
北海道喜茂別村	S23. 5. 11	3	180	1	2
福井地震	S23. 6. 28	5	2,409	-	-
能代市	S24. 2. 20	8	2,238	3	874
北海道古平町	S24. 5. 10	-	721	2	52
山梨県谷村町	S24. 5. 13	4	334	0	17
熱海市	S25. 4. 13	7	1,461	0	3,277
長野県上松町	S25. 5. 13	5	615	18	153
秋田県鷹巣町	S25. 6. 1	7	599	0	242
山形県温海町	S26. 4. 24	5	376	0	225
松坂市	S26. 12. 1	6	1,155	0	195
鳥取市	S27. 4. 17	10	7,240	3	3,963
北海道岩内町	S29. 9. 26	9	3,299	33	551
大館市	S30. 5. 3	2	345	1	20
新潟市	S30. 10. 1	8	892	1	275
名瀬市	S30. 12. 3	4	1,361	0	0
能代市	S31. 3. 20	6	1,475	0	19
福井県芦原町	S31. 4. 23	-	737	1	349
大館市	S31. 8. 18	6	1,344	0	16
魚津市	S31. 9. 10	7	1,677	5	170
新潟県分水町	S32. 4. 2	16	378	0	176
鹿児島県瀬戸内町	S33. 12. 27	6	1,628	0	48
岩手県新里村(三陸大火)	S36. 5. 29	18	1,062	5	97
八戸市	S36. 5. 29	7	720	0	0
北海道森町	S36. 10. 23	8	554	0	80
福江市	S37. 9. 26	-	486	0	28
新潟市(昭和石油KK)	S39. 6. 16	-	346	0	0
各務原市(川崎航空KK工場火災)	S39. 10. 1	-	6	0	1
東京都大島町	S40. 1. 11	-	585	0	0
三沢市	S41. 1. 11	-	282	0	26
大館市	S43. 10. 12	-	281	0	1
加賀市	S44. 5. 18	-	68	0	16
酒田市	S51. 10. 29	12	1,774	1	1,003

-はデータが存在しないあるいは要因別に区分できないことを示す。

※関東地震のプロットには本所を除いた数値を用いている(焼死者：5,193人、焼失棟数：245,072棟)