

## 第5 建物被害の想定

### 1 概要

地震に伴う揺れや液状化、急傾斜地崩壊によって、住宅などの建物が倒壊し、大きな被害が発生する。被害の程度は建物の構造、建築年代、階層によって大きく異なり、特に新耐震基準が導入された昭和 56 年以前に建築された木造住宅では兵庫県南部地震で見られたように大きな被害が予測される。

このようなことを踏まえ、本章では本市が所有する**建物リスト\***を基に、詳細な構造・建築年代・階層別の建物現況データを作成し、これを基に市内における揺れによる建物被害を算出した。

### 2 建物の現況

#### ア) 建物区分

建物被害予測のための基礎データとなる建物の現況データについては、建物リスト及び**建物外形デジタルデータ\***を基に、以下に示す考え方で、50m メッシュごとの構造・建築年代・階層別棟数設定を行った。

構造については木造、鉄骨造（以下、「S 造」という。）、鉄筋コンクリート造（以下、「RC 造」という。）の 3 区分とした（表 2.5-1）。

建築年代別区分については、被害率曲線が異なることから、構造別に区分した（表 2.5-2）。建築基準法が改正された昭和 56 年を大きな区切りとして、その前後については約 10 年程度の間隔で区分を設定している。

階層区分についても、被害率曲線が異なることから、構造別に区分した（表 2.5-3）。

---

\*建物リスト：本市が所有する、平成 29 年時点の構造・建築年・用途別の建物の一覧表。

\*建物外形デジタルデータ：本市が所有する、平成 29 年時点の建物外形 GIS データ。

表 2.5-1 建物構造の種別

構造種別	定義
木造	木を主体とした構造で一般住宅に多い。
S(Steel)造	鉄骨造のことで鋼柱や鋼管を組み立てたものを主体構造とし、工場や体育館等の大スパンの建物や高層建物に多い。
RC(Reinforced Concrete)造	鉄筋コンクリート造のことで鉄筋の枠組みにコンクリートを流し込んだものを主体構造とし、中低層の建物に多い。

表 2.5-2 建物の建築年代別区分

木造(6区分)	RC造(3区分)	S造(2区分)
～昭和 25(1950)年	～昭和 46(1971)年	～昭和 56(1981)年
昭和 26(1951)～45(1970)年		
昭和 46(1971)～55(1980)年	昭和 47(1972)～56(1981)年	昭和 57(1982)年～
昭和 56(1981)～平成 2(1990)年	昭和 57(1982)年～	
平成 3(1991)～12(2000)年		
平成 13(2001)年～		

表 2.5-3 建物の階層区分

木造(1区分)	RC造(3区分)	S造(3区分)
共通 ※階層別の区分はしない	1F～4F	1F～2F
	5F～6F	3F～4F
	7F～	5F～

イ) 建物現況データの作成

50m メッシュ建物現況データの作成については、まず建物外形デジタルデータに町丁目境界データ及び 50m メッシュを重ねて、町丁目・50m メッシュごとの建物面積を算定した。そのうえで、町丁目ごとに整理した木造/非木造建築年代(階層)別棟数データを、上記で作成した面積分布データを利用して、50m メッシュごとに振り分けた(図 2.5-1)。よって、同じ町丁目のメッシュでは、建物の構造・建築年代・階層は同じ割合で分布するものと考えた。なお、1つのメッシュに複数の町丁目が含まれる場合、当該メッシュの建物の構造等は、面積の大きいほうの町丁目に合わせた。

以上の手順で作成した船橋市内の建物データについて、表 2.5-4～2.5-6 に取りまとめて示した。

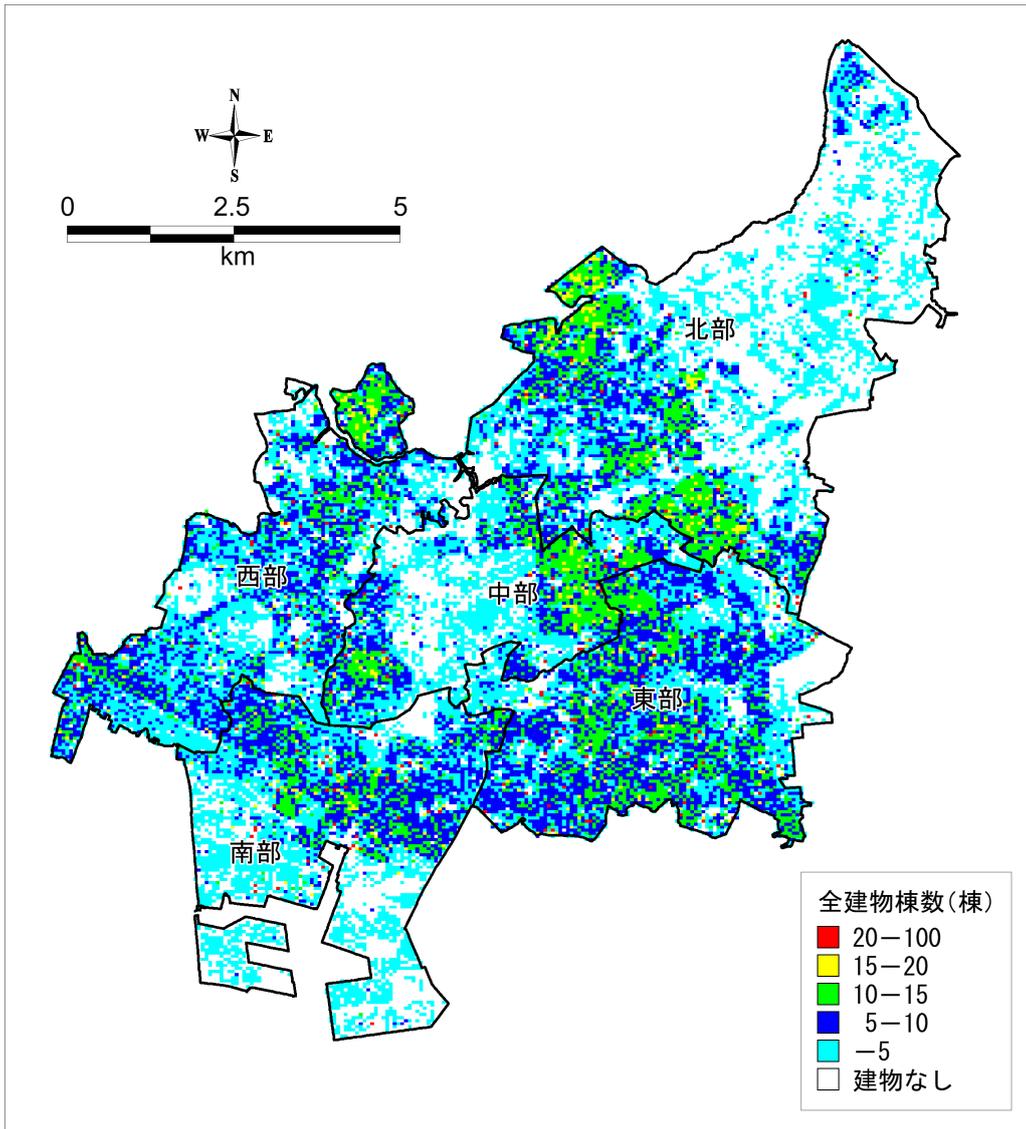


図 2.5-1 船橋市内の建物棟数

表 2.5-4 船橋市内の建物棟数（木造）

（単位：棟）

建築年代	昭和25 (1950)年 以前	昭和26 (1951)～45 (1970)年	昭和46 (1971)～55 (1980)年	昭和56 (1981)～ 平成2 (1990)年	平成3 (1991)～ 平成12 (2000)年	平成13 (2001)年 以降	合計
	全階層						
西部	1,420	1,720	3,500	3,290	3,670	8,020	21,610
中部	1,100	1,080	2,970	2,500	2,370	4,780	14,790
東部	2,000	2,320	5,280	4,710	5,310	9,660	29,280
南部	1,630	1,820	2,610	2,160	2,340	4,400	14,960
北部	2,390	1,630	7,040	4,990	4,550	9,140	29,750
<b>合計</b>	<b>8,540</b>	<b>8,570</b>	<b>21,400</b>	<b>17,650</b>	<b>18,240</b>	<b>35,990</b>	<b>110,380</b>

※5 棟以上は一の位を四捨五入し、5 未満については実数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 2.5-5 船橋市内の建物棟数（RC 造）

（単位：棟）

建築年代	昭和46(1971)年以前			昭和47(1972)～ 56(1981)年			昭和57(1982)年以降			合計
	1F～4F	5F～6F	7F～	1F～4F	5F～6F	7F～	1F～4F	5F～6F	7F～	
西部	240	2	10	200	50	40	610	160	190	1,500
中部	290	120	1	120	90	40	260	60	50	1,020
東部	390	120	10	300	70	10	780	170	170	2,010
南部	270	100	20	150	40	20	580	230	290	1,700
北部	220	10	1	180	30	10	290	10	10	760
<b>合計</b>	<b>1,420</b>	<b>350</b>	<b>40</b>	<b>950</b>	<b>280</b>	<b>110</b>	<b>2,510</b>	<b>620</b>	<b>700</b>	<b>6,980</b>

※5 棟以上は一の位を四捨五入し、5 未満については実数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 2.5-6 船橋市内の建物棟数（S 造）

（単位：棟）

建築年代	昭和56(1981)年以前			昭和57(1982)年以降			合計
	1F～2F	3F～4F	5F～	1F～2F	3F～4F	5F～	
西部	600	110	10	2,730	680	40	4,170
中部	540	60	1	1,740	280	10	2,610
東部	1,130	120	10	3,970	770	20	6,010
南部	930	170	20	2,500	1,010	100	4,730
北部	1,170	60	1	3,440	180	2	4,840
<b>合計</b>	<b>4,370</b>	<b>520</b>	<b>40</b>	<b>14,380</b>	<b>2,900</b>	<b>170</b>	<b>22,360</b>

※5 棟以上は一の位を四捨五入し、5 未満については実数で表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

### 3 想定手法

#### 3.1 揺れによる建物被害

揺れによる建物被害の評価フローを図 2.5-2 に示す。

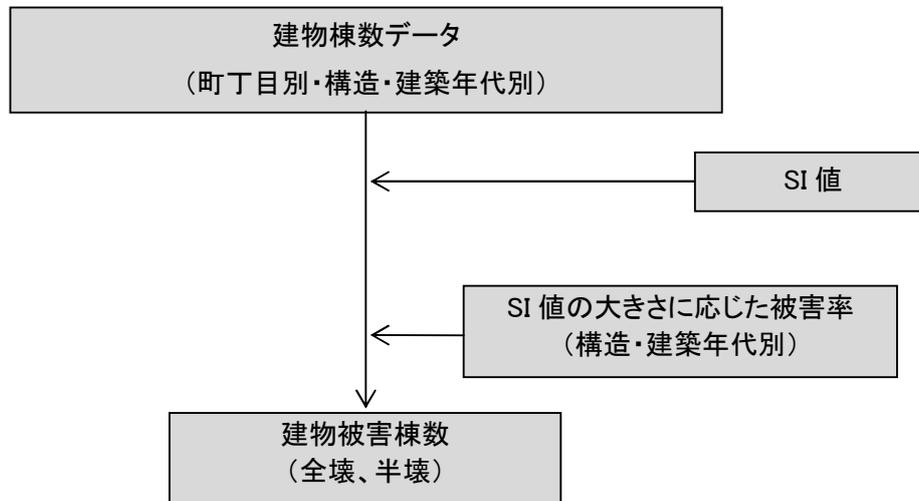


図 2.5-2 揺れによる建物被害の予測フロー（千葉県（2016）<sup>4</sup>を一部修正）

地震による建物被害は、被害の大きさにより全壊・半壊（災害の被害認定基準。表 2.5-7 参照）と判定される。

表 2.5-7 全壊・半壊の定義

判定基準	全壊	半壊	
		大規模半壊	その他
①損壊基準判定 住家の損壊、焼失、流失した部分の床面積の延床面積に占める損壊割合	70%以上	50%以上 70%未満	20%以上 50%未満
②損害基準判定 住家の主要な構成要素の経済的被害の住家全体に占める損害割合	50%以上	40%以上 50%未満	20%以上 40%未満

※災害の被害認定基準：災害時に建物等の被害状況を迅速に認定し、被災者の生活再建を早急に支援するために設定された被害認定の統一基準（「災害の被害認定基準」（平成 13 年 6 月 28 日付内閣府政策統括官（防災担当）通知））。家屋の被害については「全壊」「半壊」が定義されている。東北地方太平洋沖地震における被災状況を踏まえて、「半壊」の中でも被害が大きいものについて新たに「大規模半壊」が定義された。

建物被害の想定に用いる地震動の指標としては、一般的には震度よりも最大速度の方が相関がよいとされている。しかしながら千葉県（2016）<sup>4</sup>は、速度の周期帯を考慮せずに最大速度をそのまま適用すると過大評価となるおそれがあるとしている。

そのため、千葉県（2016）<sup>4</sup>と同様に、建物被害への影響が大きい周期帯による指標である SI 値（SI ; Spectral Intensity 減衰 20%の速度応答スペクトルの固有周期 0.1～2.5 秒の積分値）から、最大速度を  $PGV=SI/1.18$  の関係式（童・山崎（1996）<sup>23</sup>）より求め使用することとする。

構造別・建築年代別の被害率は、千葉県（2016）<sup>4</sup>と同じ被害率曲線（図 2.5-3～2.5-8）

を採用する。

なお、千葉県（2016）<sup>4</sup>に従って、被害率曲線は「全壊率」「全半壊率」の2種類にまとめている（半壊率＝全半壊率－全壊率）。

① 全壊・全半壊の被害率（木造）

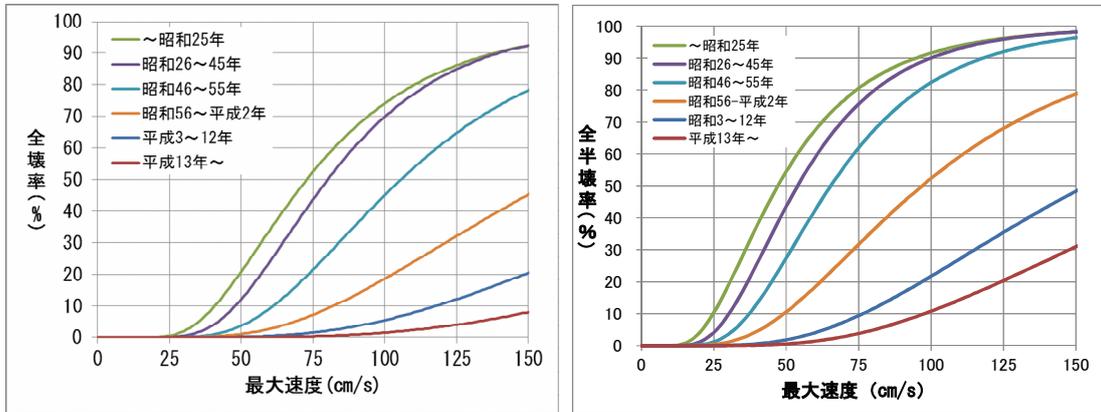


図 2.5-3 被害率曲線（木造／左：全壊率、右：全半壊率）（千葉県（2016）<sup>4</sup>）

② 全壊・全半壊の被害率（S造）

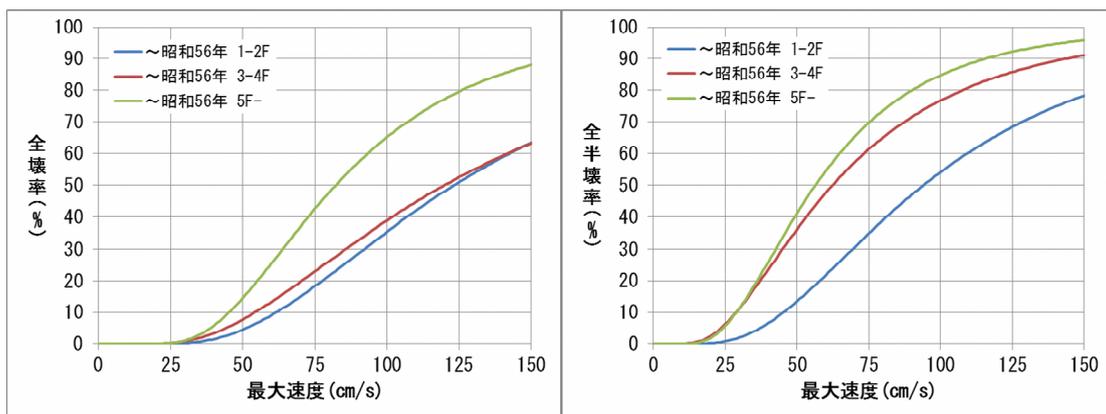


図 2.5-4 被害率曲線（S造：～昭和56年／左：全壊率、右：全半壊率）  
（千葉県（2016）<sup>4</sup>）

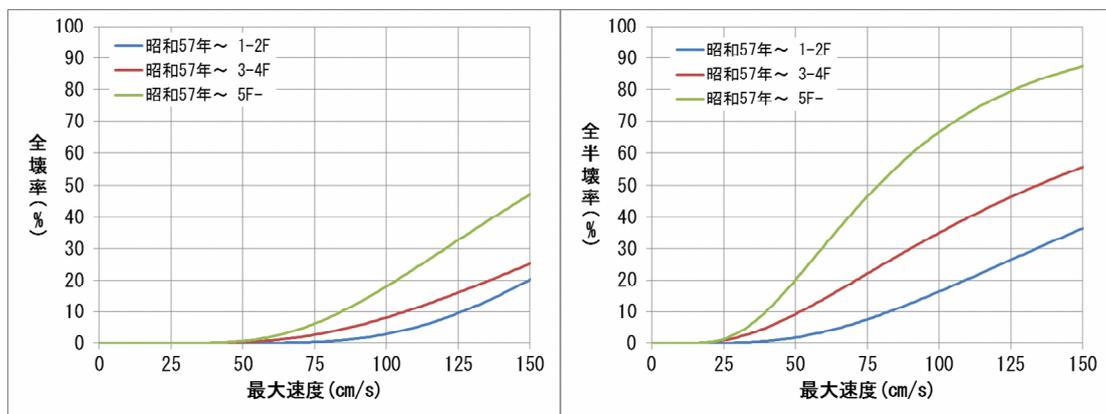


図 2.5-5 被害率曲線（S造：昭和57年～／左：全壊率、右：全半壊率）  
（千葉県（2016）<sup>4</sup>）

③ 全壊・全半壊の被害率 (RC 造)

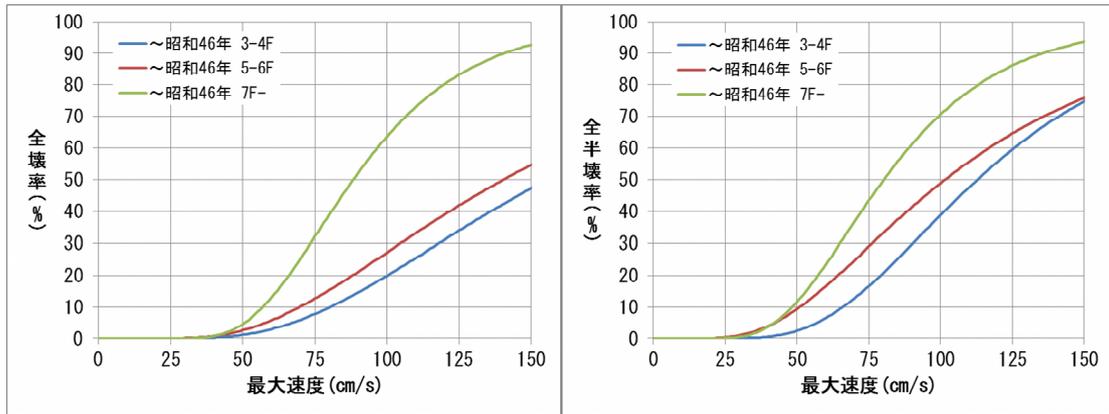


図 2.5-6 被害率曲線 (RC 造 : ~昭和 46 年 / 左 : 全壊率、右 : 全半壊率)  
(千葉県 (2016) <sup>4</sup>) ※ 1-2F については、3-4F の被害率を用いた。

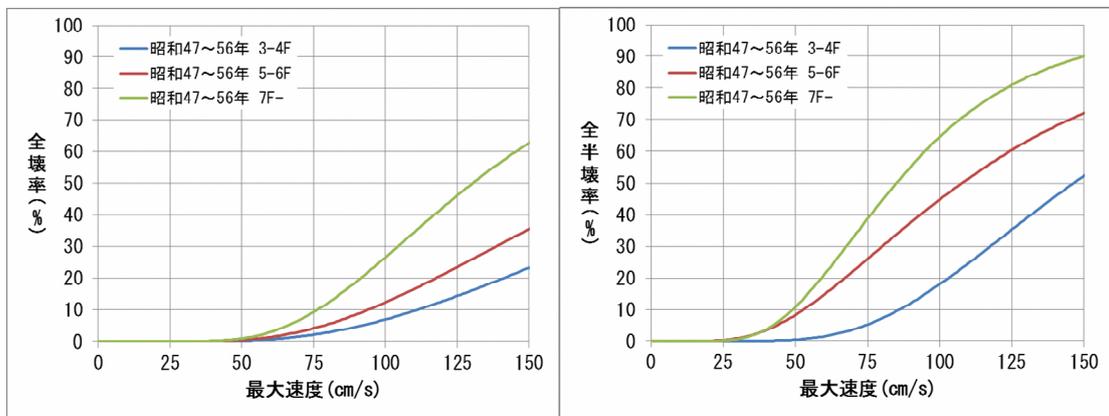


図 2.5-7 被害率曲線 (RC 造 : 昭和 47~56 年 / 左 : 全壊率、右 : 全半壊率)  
(千葉県 (2016) <sup>4</sup>) ※ 1-2F については、3-4F の被害率を用いた。

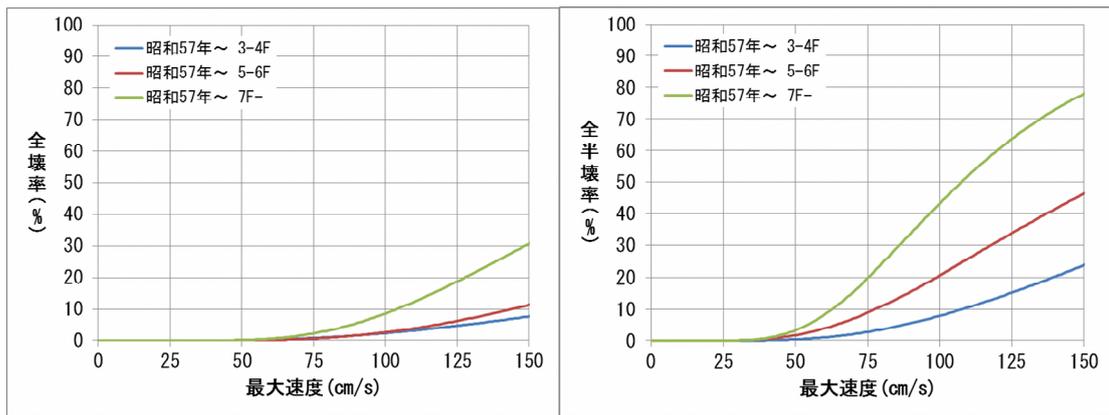


図 2.5-8 被害率曲線 (RC 造 : 昭和 57 年 ~ / 左 : 全壊率、右 : 全半壊率)  
(千葉県 (2016) <sup>4</sup>) ※ 1-2F については、3-4F の被害率を用いた。

### 3.2 液状化による建物被害

液状化による建物被害については、千葉県（2016）<sup>4</sup>と同様に液状化による地盤沈下量を指標とした。地盤沈下量については、東京工業大学時松教授による浦安市などでの調査（Tokimatsu and Katsumata（2012）<sup>24</sup>）において地盤沈下量によって全壊率、半壊率に違いが見られるとの結果が得られている。具体的には、液状化による地盤の平均沈下量をメッシュ別に算出し、木造・非木造に分けて建物被害と関連付ける（中央防災会議（2013a）<sup>18</sup>）。

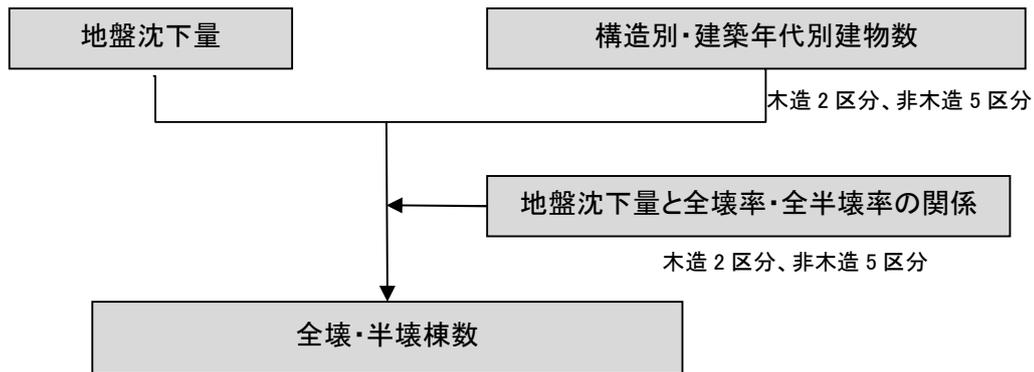


図 2.5-9 想定フロー（液状化による建物被害）  
（中央防災会議（2013a）<sup>18</sup>に基づいて作成）

千葉県（2016）<sup>4</sup>による木造建物の被害率は、図 2.5-10 に示すとおりである。赤線で示される昭和 55 年以前建築の木造建物の被害率は、昭和 53 年日本海中部地震における秋田県八郎潟周辺や能代市などの被害事例から設定されたもので、多くの木造家屋が昭和 55 年以前に建設されたものであり、全壊にいたる事例が多い。また、青線で示される昭和 56 年以降建築の木造建物の被害率は、東北地方太平洋沖地震における千葉県浦安市や茨城県潮来市日の出地区などの被害事例から設定されたものであり、全壊に至る割合は非常に小さい。

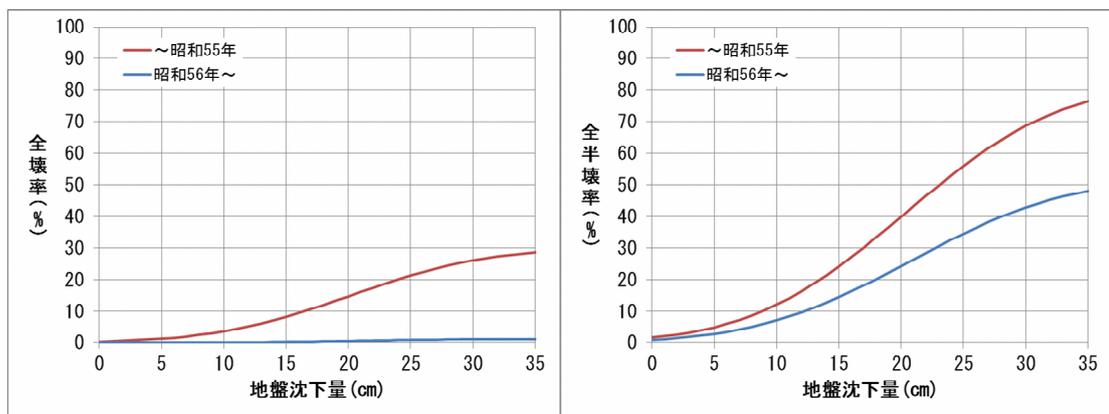


図 2.5-10 地盤沈下量に対する建物被害率  
（木造／左：全壊率、右：全半壊率）（千葉県（2016）<sup>4</sup>）  
（中央防災会議（2012<sup>25</sup>）における被害想定算出データを基に設定）

液状化の際には基礎地盤が流動することから、非木造建物については、被害程度に大きく影響する杭を打設して液状化に対する対策を行っているかどうかを考慮する。また、杭有りの場合でも、細長い（アスペクト比の大きい）小規模建物の場合は、構造上不安定であることから、それ以外の建物と分けて考えることとした。

① 杭無し

杭無しの非木造建物の被害率を図 2.5-11 に示す。東北地方太平洋沖地震における浦安市の事例を参考とすると、ほぼ木造（昭和 56 年以降建築）と同様の被害傾向であるため、木造（昭和 56 年以降建築）の被害率を適用した。

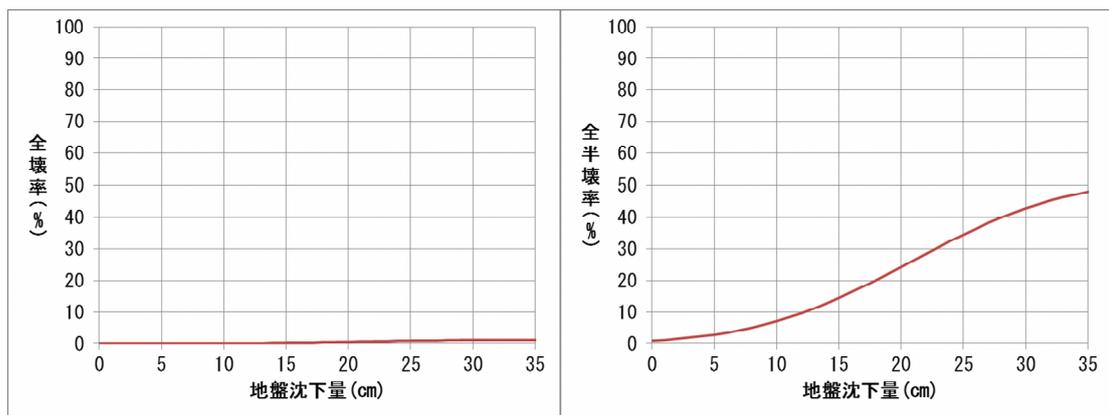


図 2.5-11 地盤沈下量に対する建物被害率  
 (非木造：杭無し／左：全壊率、右：全半壊率) (千葉県 (2016) <sup>4)</sup>  
 (中央防災会議 (2012) <sup>25)</sup>における被害想定算出データを基に設定)

② 杭有り（細長い小規模建物）

杭有り（細長い小規模建物）の非木造建物の被害率を図 2.5-12 に示す。兵庫県南部地震における兵庫県の埋立地において 100 棟以上の基礎の被害が発生した建物データから作成した被害関数である。この被害データにおいて、基礎被害を受け傾斜したものの多くは細長い小規模建物であるため、この被害関数は同様の細長い小規模建物に対して適用するものとした。

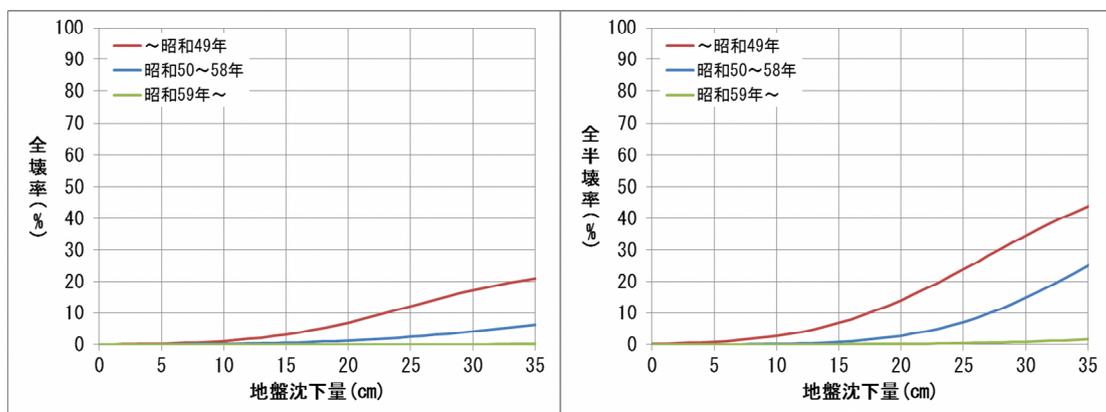


図 2.5-12 地盤沈下量に対する建物被害率  
 (非木造：杭有り-細長い小規模建物／左：全壊率、右：全半壊率) (千葉県 (2016) <sup>4)</sup>  
 (中央防災会議 (2012) <sup>25)</sup>における被害想定算出データを基に設定)

③ 杭有り（細長い小規模建物以外）

杭有り（細長い小規模建物以外）の非木造建物については、半壊以上の被害はないものとした（中央防災会議（2012）<sup>25</sup>による）。

なお、今回の想定においては、個別の非木造建物の杭の有無については確認できていないが、3階建て以上の建物については杭の設置が通常義務付けられることから、非木造建物における杭あり建物は3階建て以上の建物とした。また、3階建て以上建物のうち、細長い小規模建物の占める割合については、中央防災会議（2013a）<sup>18</sup>では地域・地区によって異なり、また実態把握も難しいため、1割と設定していることを踏まえ、同じ割合とした。

### 3.3 急傾斜地崩壊による建物被害

急傾斜地崩壊危険箇所等の地震時危険度ランク（第2章第4参照）ごとに設定した崩壊確率から全半壊棟数を算出する方法（図2.5-13：中央防災会議（2013a）<sup>18</sup>）を用いた。

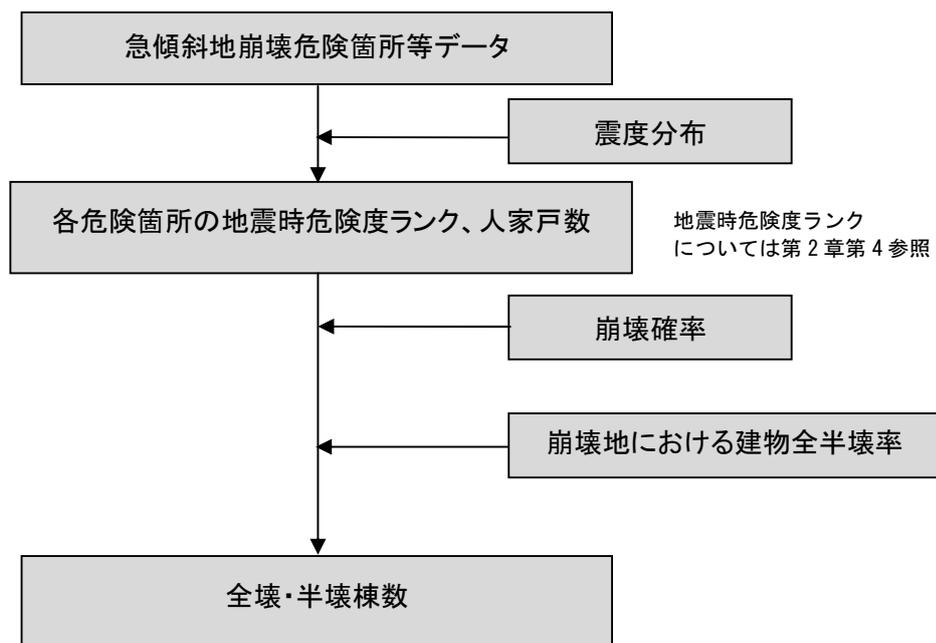


図 2.5-13 想定フロー（急傾斜地崩壊による建物被害）  
（中央防災会議（2013a）<sup>18</sup>に基づいて作成）

以下の式により、急傾斜地崩壊危険箇所等ごとの全半壊棟数を算出した。

$$\text{危険箇所等における全半壊棟数} = \text{危険箇所等の人家戸数} \times \text{危険箇所等の崩壊確率} \\ \times \text{危険箇所等における建物全半壊率} \quad \text{— (式 2.5-1)}$$

危険箇所等の人家戸数については、急傾斜地崩壊危険箇所等のデータにおける人家戸数の値を採用した。

地震時危険度ランク別の崩壊確率については、昭和 53 年宮城県沖地震の被害を参照して、従来はランク A で 59%、ランク B で 12%、ランク C で 0%とされてきた（例えば千葉県（2008）<sup>2)</sup>）。しかしながら、近年発生した直下地震における急傾斜地の事例（平成 16 年新潟県中越地震、平成 19 年新潟県中越沖地震、平成 20 年岩手・宮城内陸地震）では、急傾斜地崩壊がほとんど発生していないとされており（中央防災会議（2013a）<sup>18)</sup>）。このことを踏まえ、地震時危険度ランク別の崩壊確率を実態に即して従来よりも低く表 2.5-8 のように設定した（ランク B、C の崩壊確率はゼロ）。

表 2.5-8 地震時危険度ランク別の崩壊確率

ランク	崩壊確率
A:危険性が高い	10%
B:危険性がある	0%
C:危険性が低い	0%

※出典 中央防災会議（2013a）<sup>18)</sup>

また、崩壊の規模が震度によって異なることを考慮して、崩壊地における震度別の建物全壊率、半壊率については千葉県（2016）<sup>4)</sup>に準拠して表 2.5-9 のように設定した（急傾斜地の崩壊による建物の全壊・半壊であり、揺れによる全壊・半壊とは異なる。）。

表 2.5-9 崩壊地における震度別の全壊・半壊率

被害区分	～震度 4	震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
全壊率	0%	6%	12%	18%	24%	30%
半壊率	0%	14%	28%	42%	56%	70%

※出典 静岡県（2001）<sup>26)</sup>

### 3.4 火災による建物被害

- ① 火災の被害は発生時刻や気象によって状況が大きく異なることから、気象条件と発生時刻に基づいて、1 地震あたり 6 つのケース（冬 5 時・夏 12 時・冬 18 時×風速強風及び風速平均的な風）を想定して実施した。
- ② 主要な出火源を一般火気器具、電熱器具、電気機器・配線とし、全壊率－出火率の関係により全出火件数を予測した。ただし、通電火災のような時間遅れの出火については想定の対象とせず、地震発生と同時に全ての出火が発生するものとした。
- ③ 全出火件数から、住民の初期消火活動で消しきれない炎上出火件数を求めた。
- ④ 消防力の運用効果として消火可能件数を求め、全市で集計した炎上出火件数から減ずることで、消防力では消火しきれない残火災件数を求めた。このように得られた残出火件数を、延焼に至る出火件数（以下、「延焼出火件数」という。）とした。
- ⑤ 市域において延焼出火件数分の火災（以下、「延焼出火点」という。）が同時に発生するとみなし、延焼シミュレーションを行った。この際、総務省消防庁消防研究センタ

ーによる建物 1 棟単位の延焼シミュレーションが可能な消防力最適運用支援情報システム（以下、「消防システム」という。）を用いて時系列の延焼範囲を予測し、焼失棟数を算定した。なお、延焼出火点となる建物を 1 パターン設定した、1 回の延焼シミュレーションでは出火点分布に依存した結果となる。そのため、延焼出火点を 10,000 回程度ランダムに設定し、それぞれ延焼シミュレーションを行ったうえで 50m メッシュにおける平均的な焼失棟数および焼失率を求めた。

以上、①～⑤の流れをフローチャートにして図 2.5-14 に示す。

消防システムにおいては、建物に対して木造・非木造の構造を設定する必要があるが、本調査では建物外形データに含まれる表 2.5-10 の構造をそれぞれ木造・非木造に分類した。

表2.5-10 消防システムにおける構造の内訳と延焼シミュレーション上の取扱い

構造種別	データに含まれる構造
木造	不明、準耐火造(うち用途が住宅のもの)、防火造、木造
非木造	耐火造(RC)、耐火造、準耐火造(うち用途が住宅以外のもの)

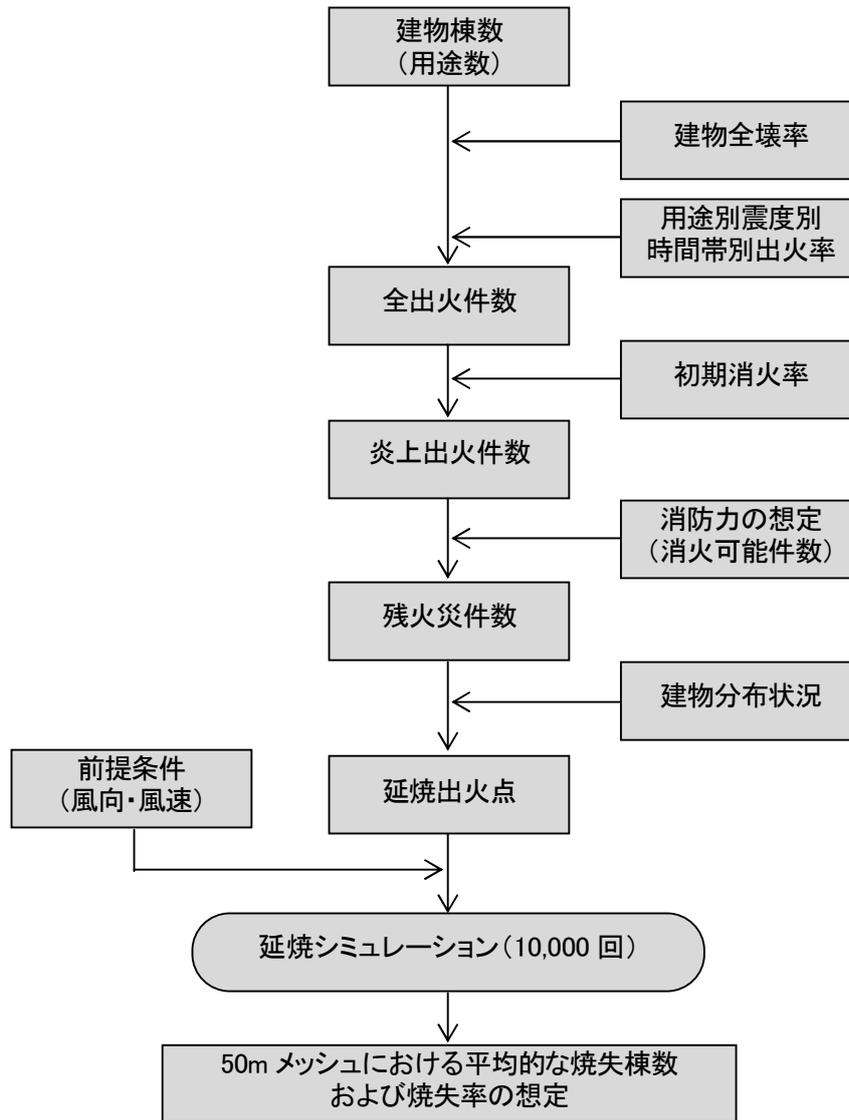


図 2.5-14 火災の想定のプロチャート

(1) 出火件数の予測

1) 出火件数の算出

地震火災による建物被害の算出のために、まず炎上出火件数の算定を行った。炎上出火件数とは、全ての出火件数（全出火件数）のうち、延焼する前に住民などが消火器などを用いて初期消火に成功した件数を引いたものである。

炎上出火件数算定の手順を図 2.5-15 に示す。これは中央防災会議（2013a）<sup>18</sup> 及び千葉県（2016）<sup>4</sup> の手法に沿い、出火要因ごとにイベントツリー解析を行って算定する手法である。

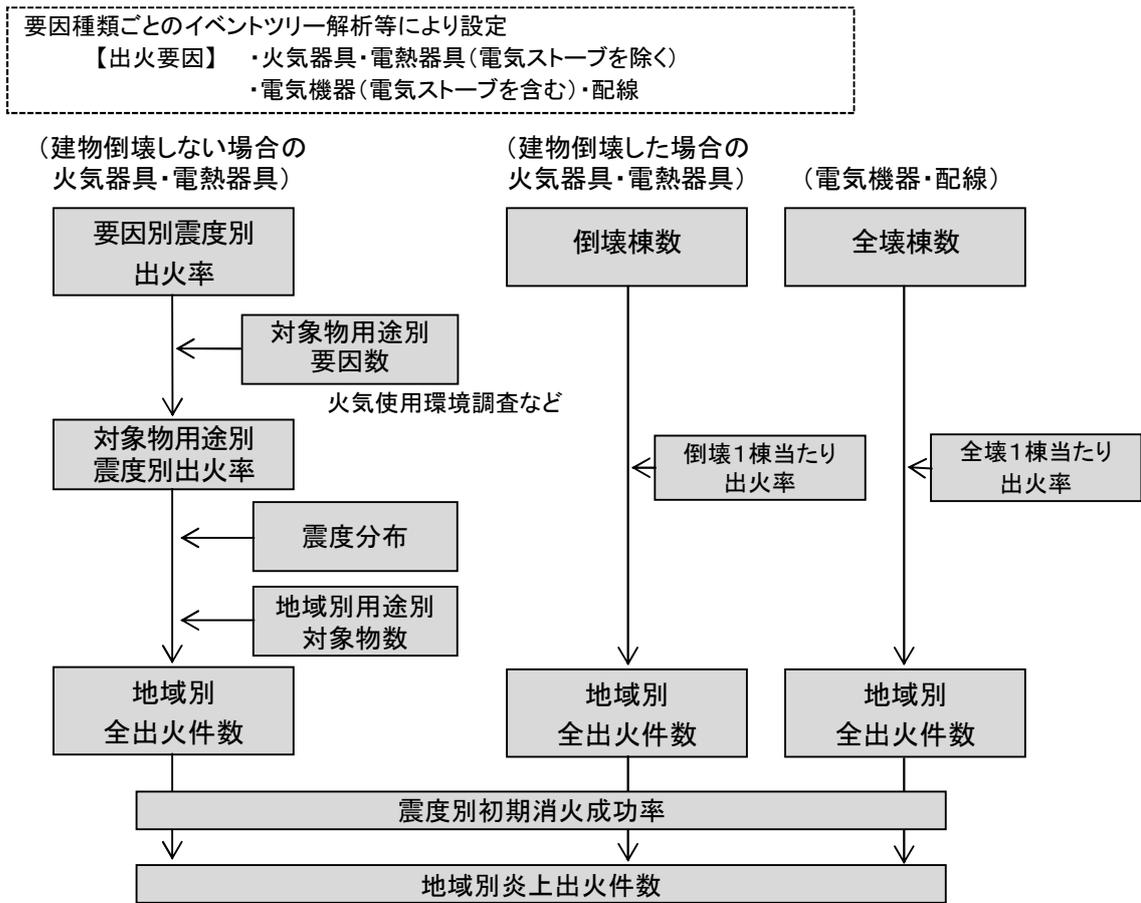


図 2.5-15 炎上出火件数の算出フロー

まず、火気器具・電熱器具、電気機器・配線といった出火要因を設定し（表 2.5-11）、それぞれの出火要因についてイベントツリーを想定した。それぞれの出火要因について、世帯や事業用途別の事業所の分布状況及び火気器具等使用状況を勘案して、震度別用途別時間帯別の全出火率を設定する。設定した出火率をイベントツリーにあてはめて、全出火件数を算定した。さらに、震度別の初期消火成功率を考慮して、炎上出火件数を算定した。

なお、出火要因としては、火気器具・電熱器具、電気機器・配線を考慮し、化学薬品・工業炉・危険物施設等は、全建物数に占める割合が非常に少なく、メッシュ別把握は困難であるため、ここでは取り扱わないこととした。

風速は、千葉県（2016）<sup>4</sup>と同様、平均風速として 4m/s、強風時の風速として 8m/s を

想定した。風向は、船橋市のアメダス観測所の過去 10 年間のデータ\*を基に、最頻風向を採用し、冬は北西の風、夏は南西の風を想定した。

表 2.5-11 出火要因の種類（静岡県（2001）<sup>26</sup>を修正）

火気器具	ガスコンロ、ガスレンジ、ガステーブル、石油ストーブ等の一般家庭及び事業所で使用されている火気を示す。これらの火気は振動により、火源等が落下、転倒するか、もしくは火気の上に家具等の可燃性の物が転倒することにより出火する。
電熱器具	電気コンロ、熱帯魚用ヒーター等の一般家庭及び事業所で使用されている電気による発熱を利用する器具を示す。これらの器具は振動により、発熱部が落下、転倒するか、もしくは発熱部の上に可燃性のものが転倒、落下することにより出火する。
電気機器・配線	電熱器具以外のテレビ、冷蔵庫、電気ストーブの電気製品や、屋内配線等を示す。電気機器や配線は振動により、損傷し、ショート等により出火する。

※気象庁 過去の気象データ・ダウンロード <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>

① 全出火件数

ア) 建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具からの出火

建物倒壊しない場合の火気器具・電熱器具（石油ストーブ、ガスコンロ等）からの出火は、火気器具・電熱器具からの震度別・建物用途別・季節時間帯別の全出火率を設定し、震度分布と用途別の建物数から、町丁目別に全出火件数を算出した（中央防災会議（2013a）<sup>18</sup>、表 2.5-12）。

表 2.5-12 震度別・建物用途別・季節時間帯別の全出火率（中央防災会議（2013a）<sup>18</sup>）

冬 5 時	震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
飲食店	0.0003%	0.0009%	0.0047%	0.0188%	0.066%
物販店	0.0001%	0.0004%	0.0013%	0.0059%	0.051%
病院	0.0002%	0.0004%	0.0014%	0.0075%	0.118%
診療所	0.0000%	0.0002%	0.0005%	0.0018%	0.007%
事務所等その他事業所	0.0000%	0.0001%	0.0004%	0.0020%	0.011%
住宅・共同住宅	0.0002%	0.0006%	0.0021%	0.0072%	0.026%
夏 12 時	震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
飲食店	0.0029%	0.0076%	0.0346%	0.1152%	0.331%
物販店	0.0005%	0.0015%	0.0071%	0.0253%	0.123%
病院	0.0009%	0.0016%	0.0070%	0.0296%	0.313%
診療所	0.0004%	0.0004%	0.0016%	0.0050%	0.023%
事務所等その他事業所	0.0005%	0.0017%	0.0083%	0.0313%	0.183%
住宅・共同住宅	0.0003%	0.0003%	0.0013%	0.0043%	0.021%
冬 18 時	震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
飲食店	0.0047%	0.0157%	0.0541%	0.1657%	0.509%
物販店	0.0007%	0.0022%	0.0085%	0.0302%	0.158%
病院	0.0008%	0.0017%	0.0072%	0.0372%	0.529%
診療所	0.0004%	0.0010%	0.0036%	0.0130%	0.041%
事務所等その他事業所	0.0003%	0.0012%	0.0052%	0.0216%	0.177%
住宅・共同住宅	0.0010%	0.0034%	0.0109%	0.0351%	0.115%

イ) 建物倒壊した場合の火気器具・電熱器具からの出火

建物倒壊時の火気器具・電熱器具の全出火件数については、内閣府（2012）<sup>27</sup>に基づき以下のように設定した。

建物倒壊した場合の全出火件数

$$= \text{建物倒壊棟数} \times \text{建物倒壊 1 棟当たりの出火率} \times \text{時刻補正係数} \quad \text{— (式 2.5-2)}$$

なお、建物倒壊棟数は東京消防庁（2011）<sup>28</sup>を参考に設定する。東京消防庁（2011）<sup>28</sup>では村尾・山崎（2000）<sup>29</sup>と村尾・山崎（2002）<sup>30</sup>によって求められる全壊率の平均値に対し、岡田ほか（1999）<sup>31</sup>による計測震度に応じた D4 レベル以上の被害（全壊相当）に対する D5 レベルの被害（圧壊・倒壊相当）の比率（図 2.5-16）を掛け合わせるにより求めた。

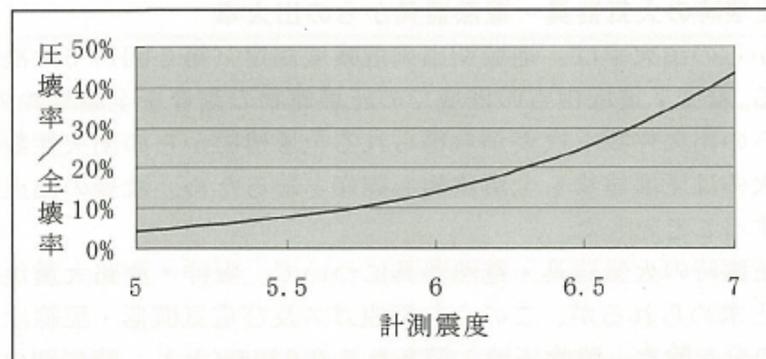


図 2.5-16 D4 レベル以上の被害（全壊相当）に対する

D5 レベルの被害（圧壊・倒壊相当）の比率（東京消防庁（2011）<sup>28</sup>）

建物倒壊 1 棟当たりの出火率については、兵庫県南部地震の事例における全壊建物からの出火要因のうち、別途検討する電気機器・配線（電気ストーブ、白熱スタンド、電気配線等）からの出火要因を除いて、0.0449%とした。ただし、暖房器具類を使わない夏秋の場合には、兵庫県南部地震の全壊建物からの出火要因のうち暖房器具類を含む半数の要因を除外し、0.0286%とした。

時刻補正係数については以下のように設定し、出火時刻別に補正した。

時刻補正係数：1.0（5 時）、2.2（12 時）、3.4（18 時）

ウ) 電気機器・配線からの出火

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（全壊する建物の場合、電気機器は構造部材等により強い損傷を受けうる。また、全壊する建物の場合、配線は強く引っ張られる。）、全壊率との関係で設定することとした。兵庫県南部地震における主要被災市における全壊棟数、電気機器・配線からの全出火件数との関係は次式のとおりである（内閣府（2012）<sup>27</sup>）。

$$\text{電気機器からの出火件数} = 0.044\% \times \text{全壊棟数} \quad \text{— (式 2.5-3)}$$

$$\text{配線からの出火件数} = 0.030\% \times \text{全壊棟数} \quad \text{— (式 2.5-4)}$$

② 炎上出火件数（＝初期消火に失敗し炎上する出火件数）

全出火件数に対し、表 2.5-13 の初期消火成功率（東京消防庁（2011）<sup>28</sup>）から、初期消火に失敗し炎上する件数を算出する。

$$\text{炎上出火件数} = \text{全出火件数} \times (1 - \text{初期消火成功率}) \quad \text{——— (式 2.5-5)}$$

表 2.5-13 震度別の初期消火成功率（東京消防庁（2011）<sup>28</sup>）

震度 5 弱	震度 5 強	震度 6 弱	震度 6 強	震度 7
67%	67%	67%	30%	15%

## 2) 消防力を想定した延焼出火点の想定

住民による初期消火が失敗し炎上出火した火災については、消防署や消防団が所有する消防力を運用して消火にあたることになる。ここでは内閣府（2012）<sup>27</sup>に基づき、消防運用の効果として、消防ポンプ自動車数・小型動力ポンプ数及び消防水利数を考慮した消火可能件数の評価式を採用した。

消火可能件数

$$=0.3 \times (\text{消防ポンプ自動車数}/2 + \text{小型動力ポンプ数}/4) \\ \times \{1 - (1 - 3.14 \times 140 \times 140 / \text{宅地面積 (m}^2\text{)})^{\text{水利数}}\} \quad \text{— (式 2.5-6)}$$

上式は、兵庫県南部地震（平均風速約 3m/s）のデータに基づき、消防運用による消火可能件数をポンプ車数や消防水利数を用いて表現したものであり、風速が大きくなれば発災直後に消防によって消火できる割合が低下することが考えられる。ここでは、上式における係数 0.3 に対し、強風時の想定では 0.2 とした。

このようにして、求めた消火可能な件数と、想定される炎上出火件数を比較し、消火されなかった火災が延焼拡大すると考え、次式により、残火災件数を求めた。

$$\text{残火災件数} = \text{炎上出火件数} - \text{消火可能件数} \quad \text{— (式 2.5-7)}$$

なお、消火件数として求められるのは兵庫県南部地震の事例のうち 1,000 m<sup>2</sup> 未満の焼失面積での消火に相当する（1,000 m<sup>2</sup> 以上の焼失面積の火災については、消火不能としている）ため、1 棟の建築面積を 100 m<sup>2</sup> と考えると、消火にすべて成功した場合、つまり残火災件数がゼロとなる場合においても、最大で 10 棟程度が焼失する可能性がある。このため、ここでは平均的な値として、1 消火件数当たり 5 棟が焼失するものとした。

## (2) 延焼による建物被害の予測

延焼による建物被害の予測については、消防運用の結果、消火することができなかった残火災件数を用いて、建物1棟ごとに焼失の判定を行う延焼シミュレーションを実施した。

### 1) 延焼シミュレーションに係る建物データについて

第2章第5の2に記載のとおり、全壊・焼失の建物被害の母数としては、固定資産台帳データが示す建物棟数を採用した。しかし火災被害予測では、1棟単位の延焼シミュレーションを実施するため、建物外形データが計算に不可欠である。

そこで、延焼による建物被害計算では、測量結果に基づく建物外形データを用いて、延焼シミュレーションを行った上で、評価地域ごとにその地域に含まれる全建物外形データ数に対する焼失建物外形データ数から、焼失率を算出し、固定資産台帳データに基づく建物棟数を母数とした焼失棟数を算出した（表2.5-14）。

表2.5-14 建物外形データの内訳と延焼シミュレーション上の取扱い

(単位：棟)

構造	棟数		延焼シミュレーション上の取扱い
	全て	20 m <sup>2</sup> 以上	
不明	210	162	木造扱い
耐火造(RC)	5,009	4,809	非木造扱い
耐火造	2,837	2,789	非木造扱い
準耐火造	15,926	14,474	
うち用途が住宅以外のもの	11,683	10,364	非木造扱い
うち用途が住宅のもの	4,243	4,110	木造扱い
防火造	142,624	131,014	木造扱い
木造	3,547	2,943	木造扱い
合計	170,153	156,191	

2) 延焼シミュレーションによる延焼拡大の想定

消防力1次運用で消し止められなかった延焼出火点より次第に火災が燃え広がっていく。本調査ではこの状況を、消防システムを用いて時系列の延焼範囲を建物1棟単位の延焼シミュレーションで予測し、焼失棟数を算定した。

本調査では、延焼シミュレーションを行うにあたって以下のような仮定を設定した。

- ① 延焼の単位は建物1棟単位とし、出火点は残火災件数に従い、市域の木造建物に対しランダムで設定した。
- ② 風向・風速は延焼シミュレーション時間内で一定の条件とした。
- ③ 建物間の燃え移りは、図2.5-17に示すように、建物の中心（ポリゴンの幾何重心）を結ぶ直線に沿って、出火建物の重心から外壁、隣接建物の外壁、隣接建物の重心へと燃え進み、さらに同様に次の隣接建物に燃え進んで行く。ある建物から隣接建物に延焼するまでの時間 $t$ は式2.5-8のとおりである。

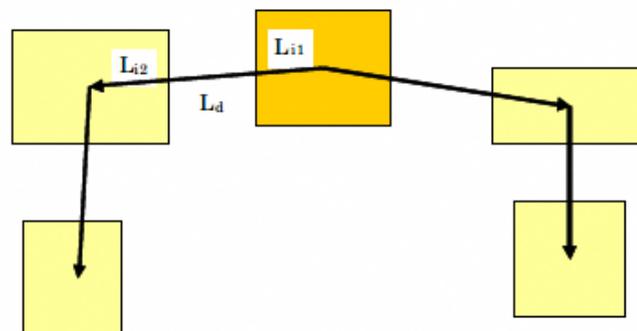


図 2.5-17 延焼経路のイメージ

$$t = \frac{L_{i1} + L_{i2}}{V_i} + \frac{L_d}{V_d} \quad - (式2.5-8)$$

Li1 : 延焼元建物の重心から外壁までの延焼距離

Li2 : 延焼先建物の重心から外壁までの延焼距離

Ld : 延焼元・延焼先建物の外壁間の延焼距離

Vi : 建物内の延焼速度

Vd : 建物間の延焼速度

④ 焼失棟数を算定する延焼時間は12時間とする。兵庫県南部地震において、5,000㎡以上の大規模延焼が22件あり、発生から鎮圧までの平均的な時間は約20時間である。しかしながら、実際に鎮圧するまでには、他県からの応援を含めてかなりの消防力が投入されていると推測される。一方、本調査による手法が消防力の2次運用や他県からの応援を想定していないことから、本調査において20時間で予測すると、焼失棟数はかなり過大評価となる。そこで、20時間の半分程度である12時間で焼失棟数を想定することとした。図2.5-18に1回の延焼シミュレーションの流れを示す。

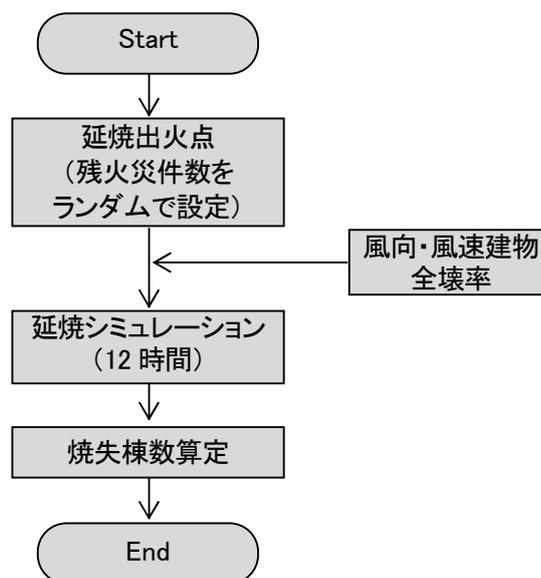


図 2.5-18 延焼シミュレーションの流れ

### 3) 焼失棟数の算出

焼失棟数は、延焼シミュレーションにおいて地震発生後 12 時間以内に焼失する建物棟数とした。

なお、シミュレーションは 1 回の計算では、延焼出火点の位置に依存した結果になるため、延焼出火点の位置を 10,000 回、市全体にランダムに割り振り、それぞれの延焼シミュレーションを行い、50m メッシュにおける平均的な焼失棟数および焼失率を求めた。

#### 4 想定結果

##### 4.1 揺れによる建物被害

揺れによる建物被害の想定結果を図 2.5-19～2.5-20 及び表 2.5-15 に示す。建物被害率は SI 値より求めており、SI 値の高い南部で全壊率、半壊率が最も高い。

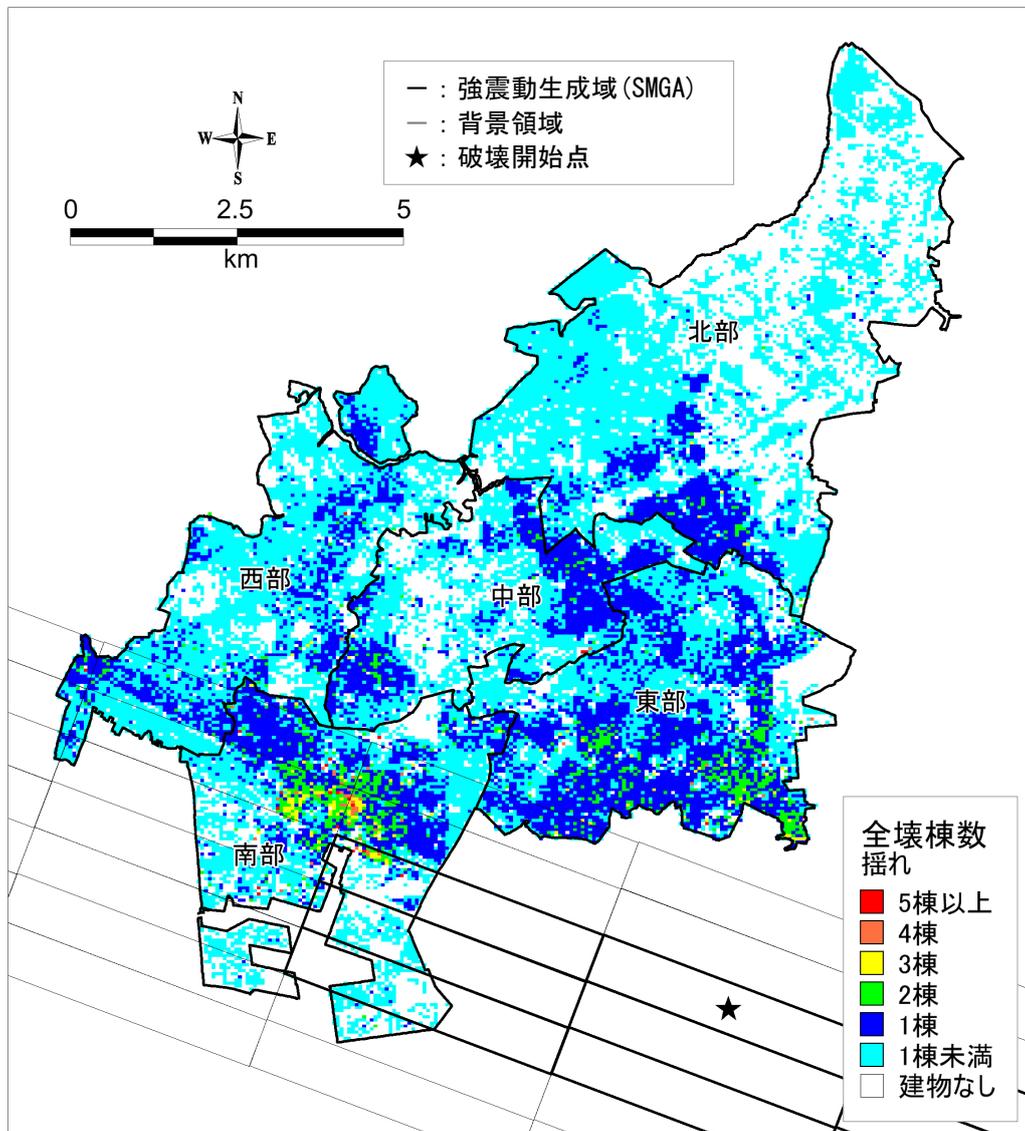


図 2.5-19 揺れによる 50m メッシュ建物被害予測結果分布図  
(千葉県北西部直下地震)

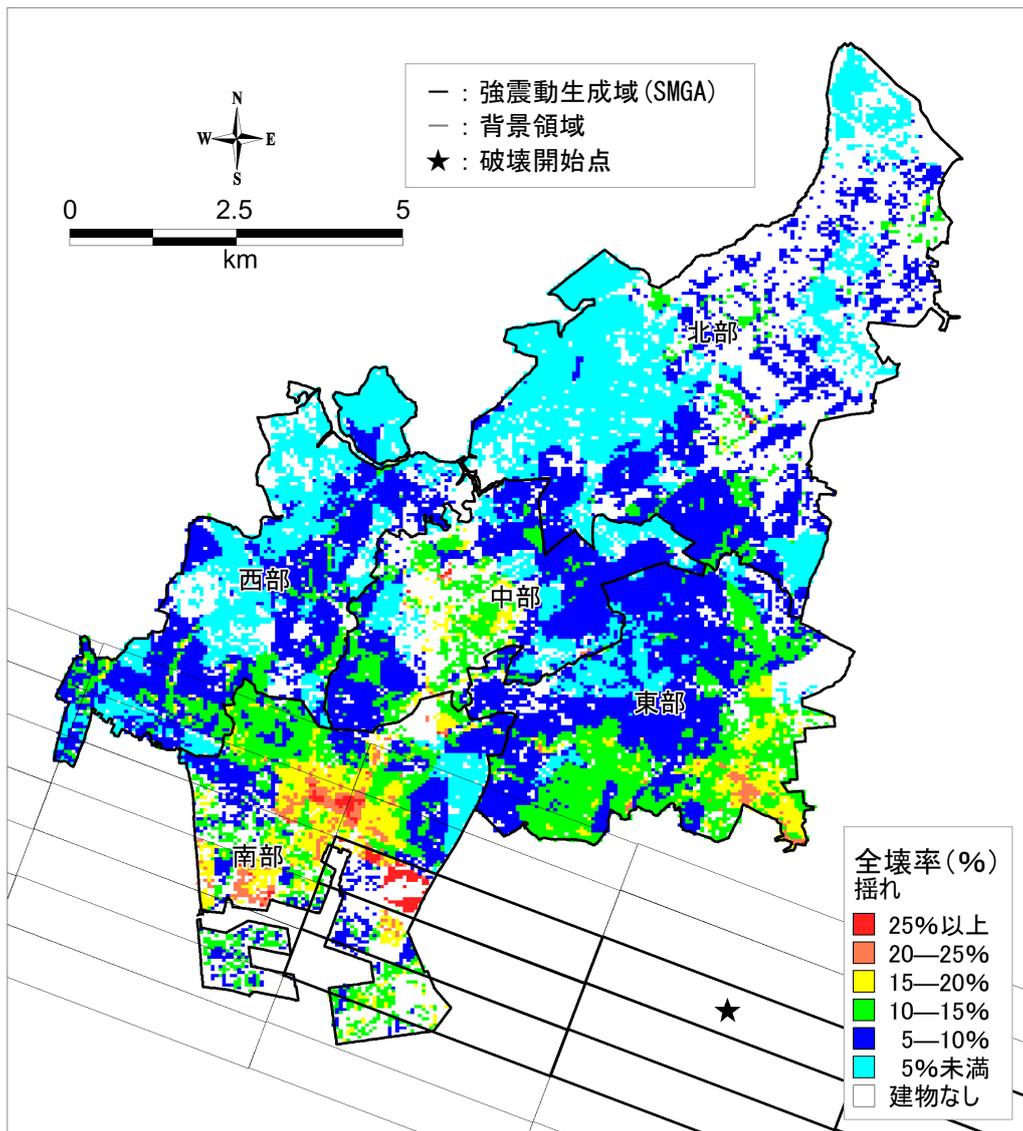


図 2.5-20 揺れによる建物被害率分布図（千葉県北西部直下地震）

表 2.5-15 揺れによる建物被害予測結果一覧（千葉県北西部直下地震）

（単位：棟）

行政ブロック	全棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊率	半壊率
西部	27,270	1,680	3,530	6.2%	13.0%
中部	18,420	1,450	2,820	7.9%	15.3%
東部	37,300	3,700	5,880	9.9%	15.8%
南部	21,380	2,840	3,720	13.3%	17.4%
北部	35,350	1,730	4,560	4.9%	12.9%
<b>合計</b>	<b>139,720</b>	<b>11,400</b>	<b>20,520</b>	<b>8.2%</b>	<b>14.7%</b>

※棟数については、一の位を四捨五入して表示。  
 ※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

## 4.2 液状化による建物被害

液状化による建物被害の想定結果を図 2.5-21～2.5-22 及び表 2.5-16 に示す。湾岸に埋め立て地があり液状化危険度の高くなる南部において全壊率、半壊率が大きくなる。

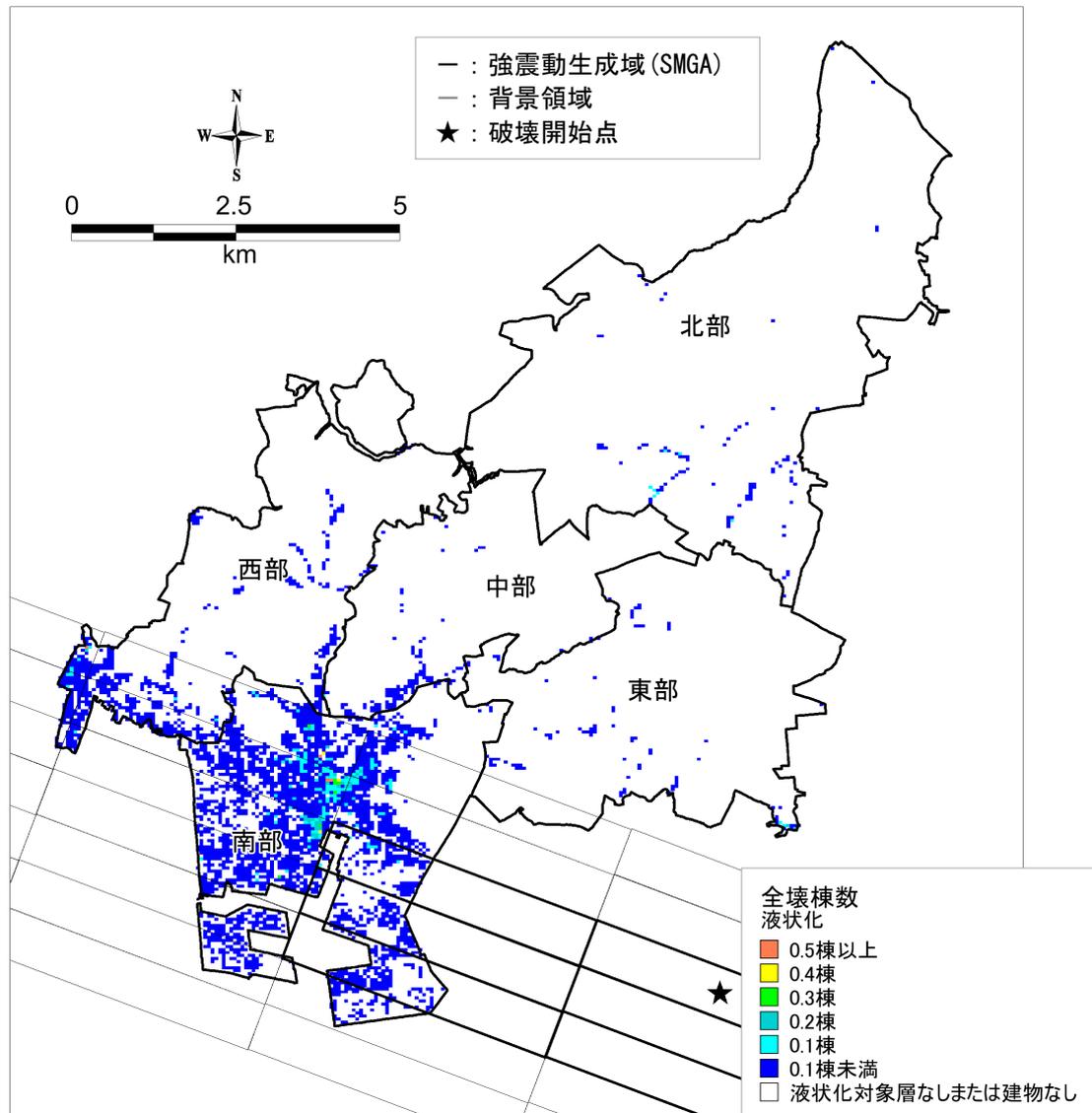


図 2.5-21 液状化による 50m メッシュ建物被害予測結果分布図（全壊棟数）

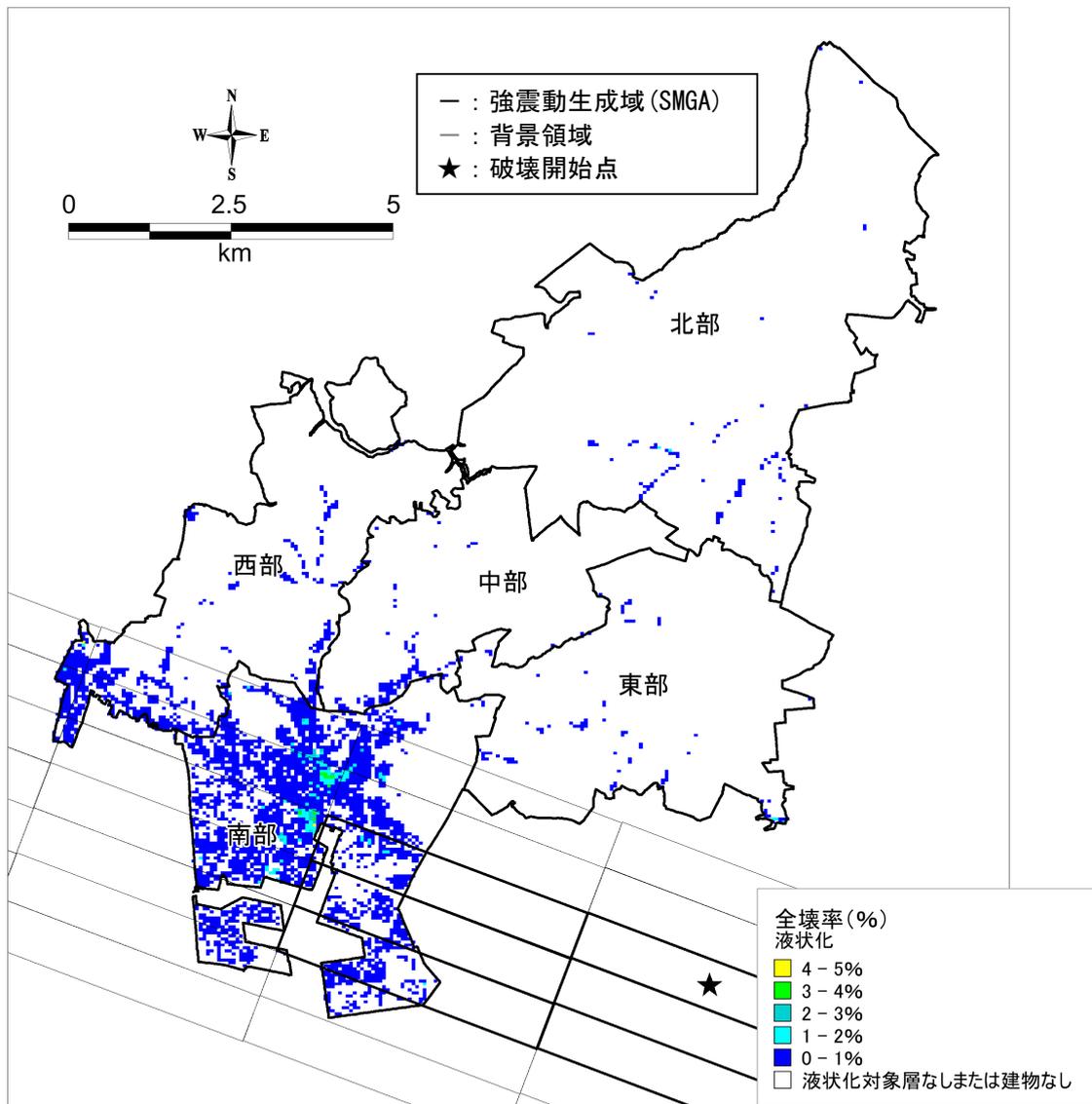


図 2.5-22 液状化による建物被害率分布図（全建物数に占める全壊棟数の割合）

表 2.5-16 液状化による建物被害予測結果一覧

（単位：棟）

行政ブロック	全棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊率	半壊率
西部	27,270	6	30	0.02%	0.12%
中部	18,420	—	3	0.00%	0.01%
東部	37,300	1	7	0.00%	0.02%
南部	21,380	40	190	0.18%	0.90%
北部	35,350	1	7	0.00%	0.02%
<b>合計</b>	<b>139,720</b>	<b>50</b>	<b>240</b>	<b>0.03%</b>	<b>0.17%</b>

※棟数については、10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。また、0.5 未満(0 を除く)は「—」と表示。  
 ※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

### 4.3 急傾斜地崩壊による建物被害

急傾斜地崩壊による建物被害の想定結果を図 2.5-23～2.5-24 及び表 2.5-17 に示す。市全体で全壊、半壊被害とも 5 棟以下と想定される。

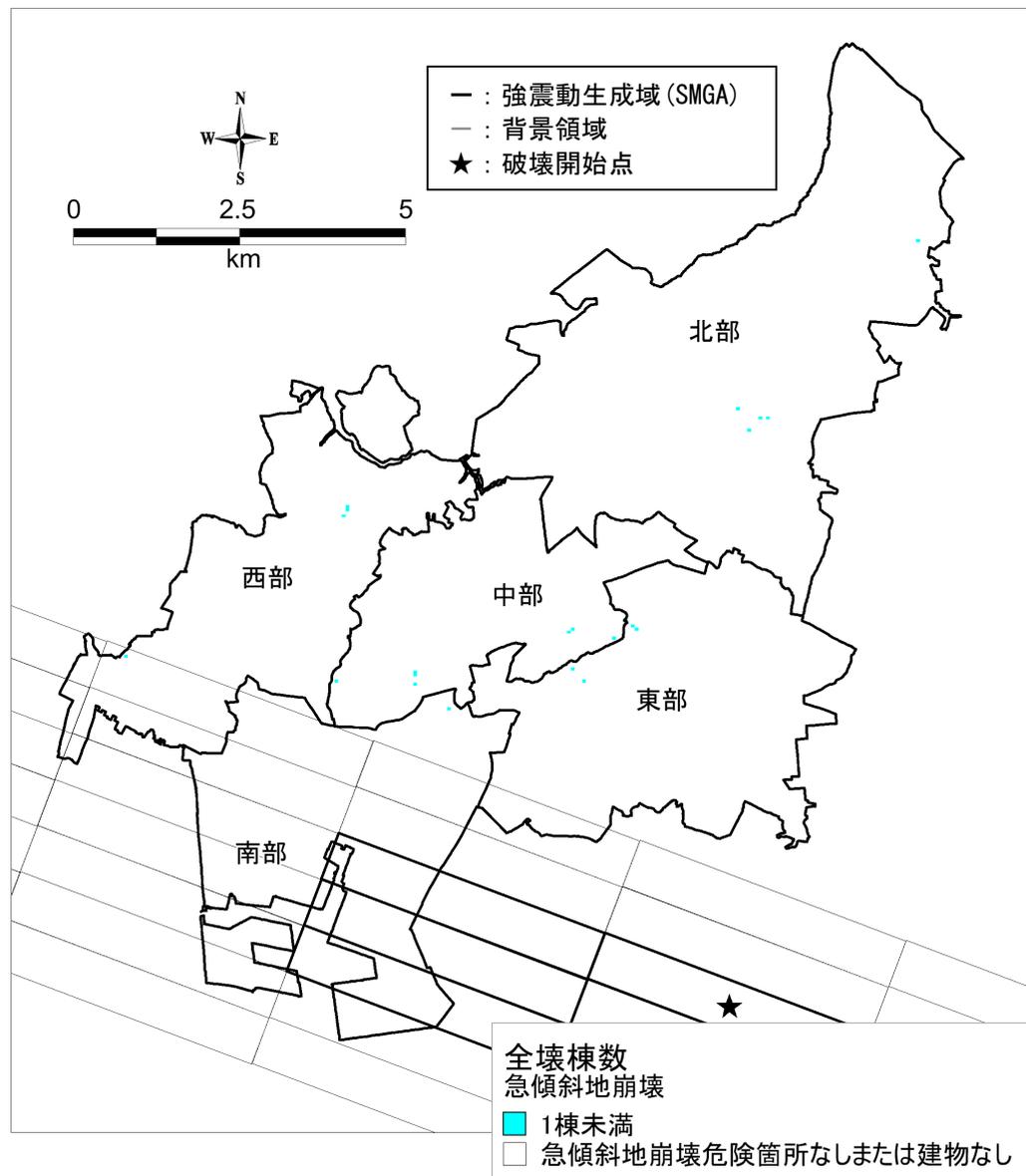


図 2.5-23 急傾斜地崩壊による 50m メッシュ建物被害予測結果分布図（全壊棟数）

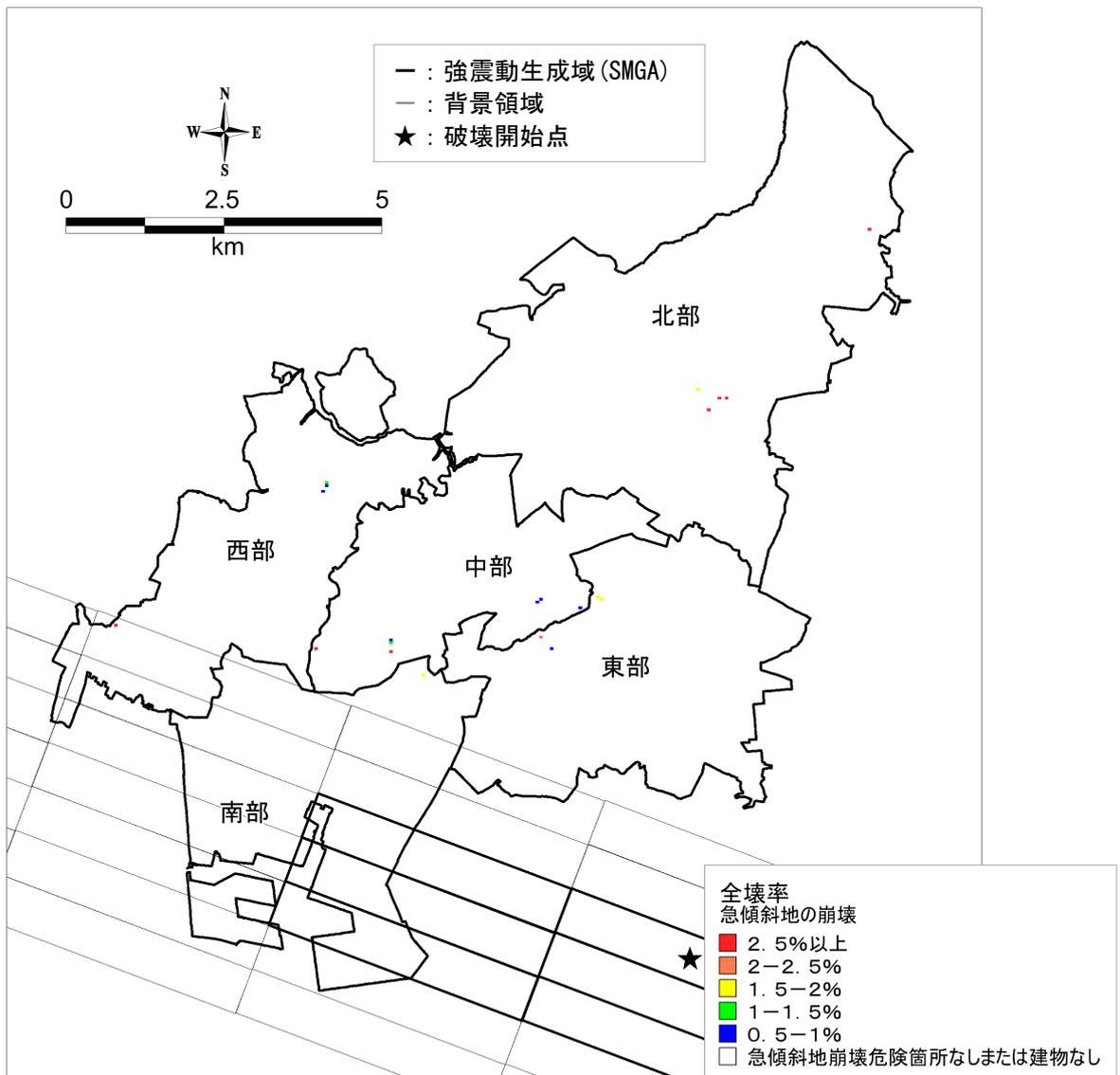


図 2.5-24 急傾斜地崩壊による建物被害率分布図  
 (全建物数に占める全壊棟数の割合)

表 2.5-17 急傾斜地崩壊による建物被害予測結果一覧

(単位：棟)

行政ブロック	全棟数	全壊棟数	半壊棟数	全壊率	半壊率
西部	27,270	—	1	0.001%	0.003%
中部	18,420	1	2	0.006%	0.012%
東部	37,300	1	2	0.002%	0.004%
南部	21,380	—	—	0.000%	0.000%
北部	35,350	—	1	0.001%	0.002%
<b>合計</b>	<b>139,720</b>	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>0.002%</b>	<b>0.004%</b>

※棟数については、10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。また、0.5 未満 (0 を除く) は「—」と表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

#### 4.4 火災による建物被害

3シーン（冬5時、夏12時、冬18時）の風速4m/s、風速8m/sのケースについて、炎上出火件数、焼失棟数、焼失率を表2.5-18～2.5-20、図2.5-25～2.5-26に示す。焼失棟数は、火気の使用が最も多い冬18時かつ風速8m/sで最も多く約6千棟となる。行政ブロック別では中部が最も焼失率が高い。

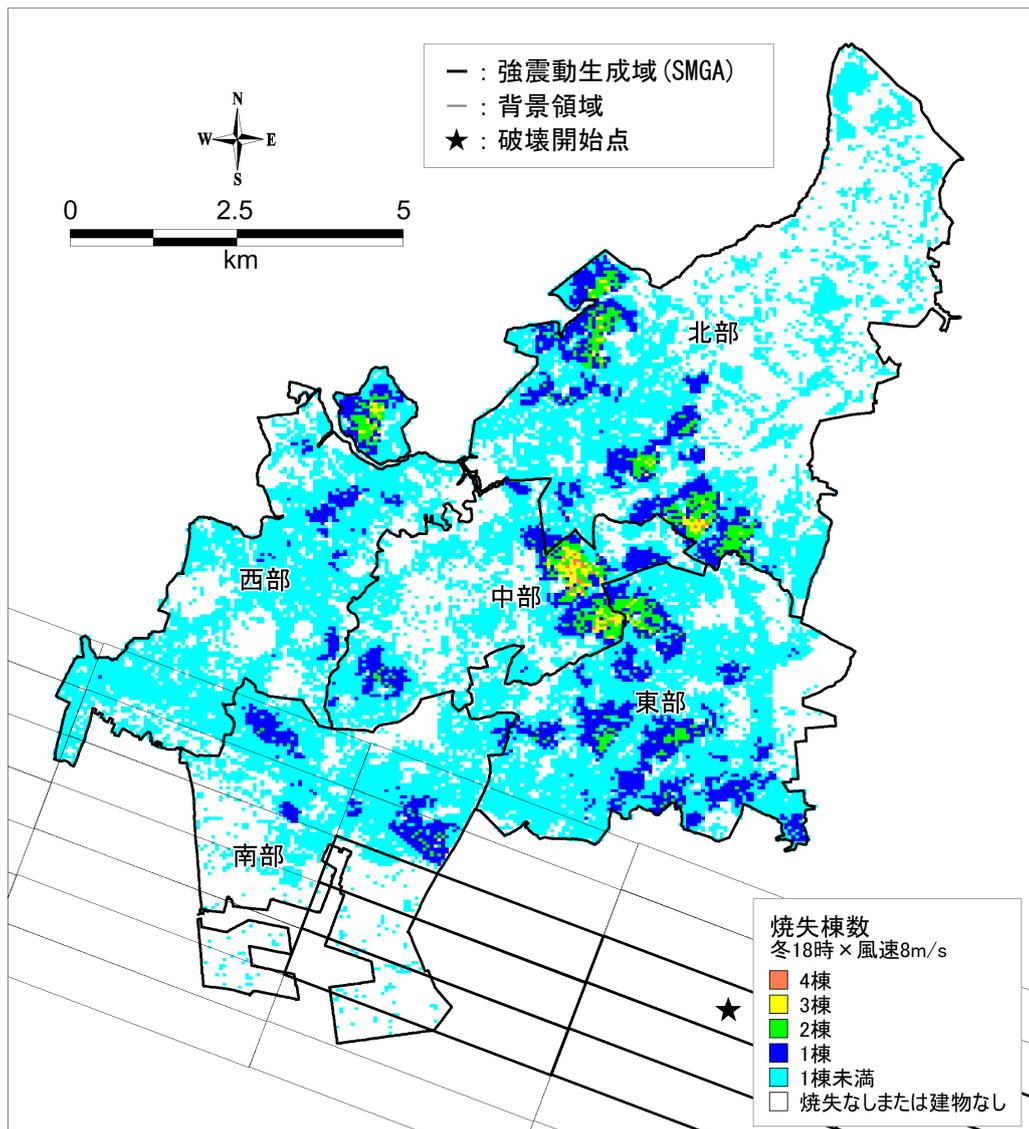


図 2.5-25 50m メッシュ別焼失棟数予測結果図（冬18時、風速8m/s）

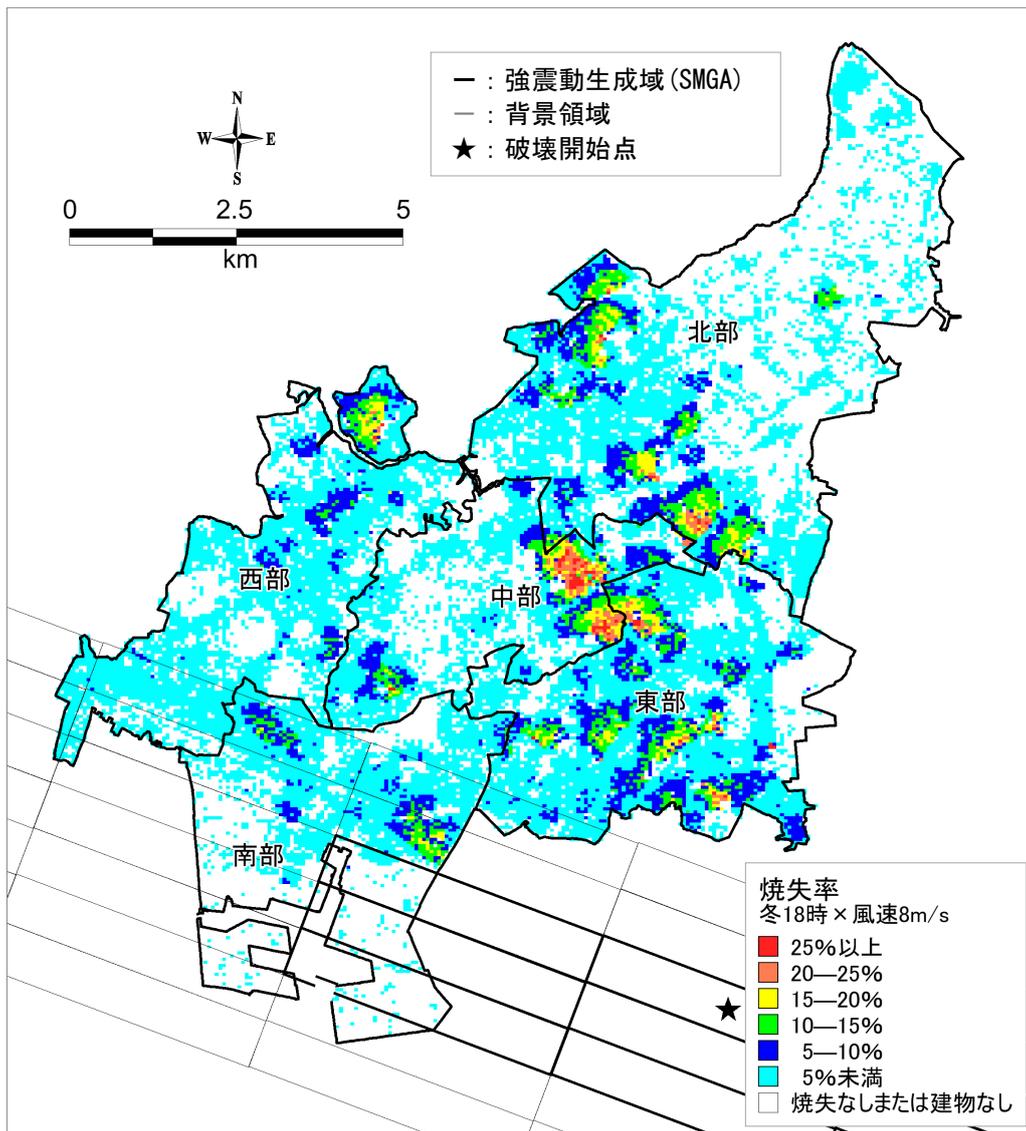


図 2.5-26 50m メッシュ別焼失率予測結果図 (冬 18 時、風速 8m/s)

表 2.5-18 火災被害予測結果（延焼時間 12 時間の計算結果）

季節・時間帯	風速	全出火件数 (単位:件)	炎上出火 件数 (単位:件)	消火件数 (単位:件)	残火災件数 (単位:件)	焼失棟数 (単位:棟)
冬 5 時	4m/s	12	6	5	1	280
	8m/s			3	3	1,300
夏 12 時	4m/s	12	6	5	1	290
	8m/s			3	3	1,370
冬 18 時	4m/s	33	17	5	12	3,300
	8m/s			3	14	5,860

※焼失棟数については、10 以上は一の位を四捨五入して表示。

表 2.5-19 行政ブロック別焼失棟数（延焼時間 12 時間の計算結果）

(単位:棟)

行政ブロック	全棟数	冬5時		夏12時		冬18時	
		風速4m/s	風速8m/s	風速4m/s	風速8m/s	風速4m/s	風速8m/s
西部	27,270	40	150	40	170	420	700
中部	18,420	50	280	50	250	630	1,210
東部	37,300	70	340	70	380	870	1,580
南部	21,380	30	110	30	110	300	520
北部	35,350	100	420	100	470	1,080	1,850
<b>合計</b>	<b>139,720</b>	<b>280</b>	<b>1,300</b>	<b>290</b>	<b>1,370</b>	<b>3,300</b>	<b>5,860</b>

※焼失棟数については、10 以上は一の位を四捨五入して表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 2.5-20 行政ブロック別焼失率（延焼時間 12 時間の計算結果）

行政ブロック	冬5時		夏12時		冬18時	
	風速4m/s	風速8m/s	風速4m/s	風速8m/s	風速4m/s	風速8m/s
西部	0.129%	0.565%	0.133%	0.611%	1.537%	2.565%
中部	0.290%	1.514%	0.284%	1.366%	3.433%	6.572%
東部	0.191%	0.902%	0.197%	1.005%	2.330%	4.222%
南部	0.122%	0.522%	0.117%	0.494%	1.388%	2.423%
北部	0.274%	1.185%	0.279%	1.320%	3.076%	5.260%
<b>合計</b>	<b>0.202%</b>	<b>0.930%</b>	<b>0.205%</b>	<b>0.977%</b>	<b>2.365%</b>	<b>4.196%</b>

#### 4.5 建物被害のまとめ

千葉県北西部直下地震について、全6ケース（季節、時刻別3ケース、風速2ケース）の全壊棟数、全壊・焼失率を表2.5-21～2.5-22に、半壊棟数、半壊率を表2.5-23～2.5-24に示す。代表ケースとして最も建物被害の多い冬18時かつ風速8m/sの全壊・焼失棟数及び全壊・焼失率の分布図を図2.5-27～2.5-28に示す。参考までに千葉県（2016）<sup>4</sup>の全壊・焼失棟数の分布図を図2.5-29に示す。

要因別では揺れによる全壊棟数が最も多く約11,400棟、液状化による全壊棟数が約50棟、急傾斜地崩壊による全壊棟数が約2棟である。一方火災による焼失棟数は火器の使用が最も多く延焼しやすい冬18時、風速8m/sのケースが最も多く、約5,860棟である。このとき、全壊・焼失棟数は約1万7千棟であり、全市の約12%の建物が全壊・焼失被害を受ける。行政ブロックごとの全壊・焼失棟数を比較すると、地震動が比較的大きく建物が多く分布している東部で最も被害が多く、約5,300棟である。全壊・焼失率は地震動の大きい南部が最も大きく、約16%である。

表 2.5-21 全壊・焼失棟数

(単位：棟)

行政 ブロック	全壊棟数			焼失棟数						合計						全棟数
	液状化	揺れ	急傾斜	冬 5 時		夏 12 時		冬 18 時		冬 5 時		夏 12 時		冬 18 時		
				風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	
				4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	
西部	6	1,680	-	40	150	40	170	420	700	1,720	1,840	1,720	1,850	2,110	2,390	27,270
中部	-	1,450	1	50	280	50	250	630	1,210	1,510	1,730	1,510	1,710	2,090	2,670	18,480
東部	1	3,700	1	70	340	70	380	870	1,580	3,770	4,030	3,770	4,070	4,570	5,270	37,300
南部	40	2,840	-	30	110	30	110	300	520	2,900	2,990	2,900	2,980	3,170	3,400	21,410
北部	1	1,730	-	100	420	100	470	1,080	1,850	1,830	2,150	1,830	2,200	2,820	3,590	35,260
<b>合計</b>	<b>50</b>	<b>11,400</b>	<b>2</b>	<b>280</b>	<b>1,300</b>	<b>290</b>	<b>1,370</b>	<b>3,300</b>	<b>5,860</b>	<b>11,730</b>	<b>12,750</b>	<b>11,730</b>	<b>12,810</b>	<b>14,750</b>	<b>17,310</b>	<b>139,720</b>

※10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。また、0.5 未満 (0 を除く) は「-」と表示。

※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 2.5-22 全壊・焼失率

行政 ブロック	全壊率			焼失率						全壊・焼失率					
	液状化	揺れ	急傾斜	冬 5 時		夏 12 時		冬 18 時		冬 5 時		夏 12 時		冬 18 時	
				風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速	風速
				4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s	4m/s	8m/s
西部	0.02%	6.2%	0.001%	0.129%	0.565%	0.133%	0.611%	1.537%	2.565%	6.3%	6.8%	6.3%	6.8%	7.7%	8.8%
中部	0.00%	7.9%	0.006%	0.290%	1.514%	0.284%	1.366%	3.433%	6.572%	8.2%	9.4%	8.2%	9.2%	11.3%	14.4%
東部	0.00%	9.9%	0.002%	0.191%	0.902%	0.197%	1.005%	2.330%	4.222%	10.1%	10.8%	10.1%	10.9%	12.2%	14.1%
南部	0.18%	13.3%	0.000%	0.122%	0.522%	0.117%	0.494%	1.388%	2.423%	13.6%	14.0%	13.6%	13.9%	14.8%	15.9%
北部	0.00%	4.9%	0.001%	0.274%	1.185%	0.279%	1.320%	3.076%	5.260%	5.2%	6.1%	5.2%	6.2%	8.0%	10.2%
<b>合計</b>	<b>0.03%</b>	<b>8.2%</b>	<b>0.002%</b>	<b>0.202%</b>	<b>0.930%</b>	<b>0.205%</b>	<b>0.977%</b>	<b>2.365%</b>	<b>4.196%</b>	<b>8.4%</b>	<b>9.1%</b>	<b>8.4%</b>	<b>9.2%</b>	<b>10.6%</b>	<b>12.4%</b>

表 2.5-23 半壊棟数

(単位：棟)

行政ブロック	半壊棟数				全棟数
	液状化	揺れ	急傾斜	合計	
西部	30	3,530	1	3,570	27,270
中部	3	2,820	2	2,830	18,480
東部	7	5,880	2	5,890	37,300
南部	190	3,720	-	3,920	21,410
北部	7	4,560	1	4,570	35,260
<b>合計</b>	<b>240</b>	<b>20,520</b>	<b>5</b>	<b>20,770</b>	<b>139,720</b>

※10 以上は一の位を四捨五入、10 未満は整数で表示。また、0.5 未満 (0 を除く) は「-」と表示。  
 ※四捨五入により、合計が合わない場合がある。

表 2.5-24 半壊率

行政ブロック	半壊率			
	液状化	揺れ	急傾斜	合計
西部	0.12%	13.0%	0.003%	13.1%
中部	0.01%	15.3%	0.012%	15.3%
東部	0.02%	15.8%	0.004%	15.8%
南部	0.90%	17.4%	0.000%	18.3%
北部	0.02%	12.9%	0.002%	13.0%
<b>合計</b>	<b>0.17%</b>	<b>14.7%</b>	<b>0.004%</b>	<b>14.9%</b>

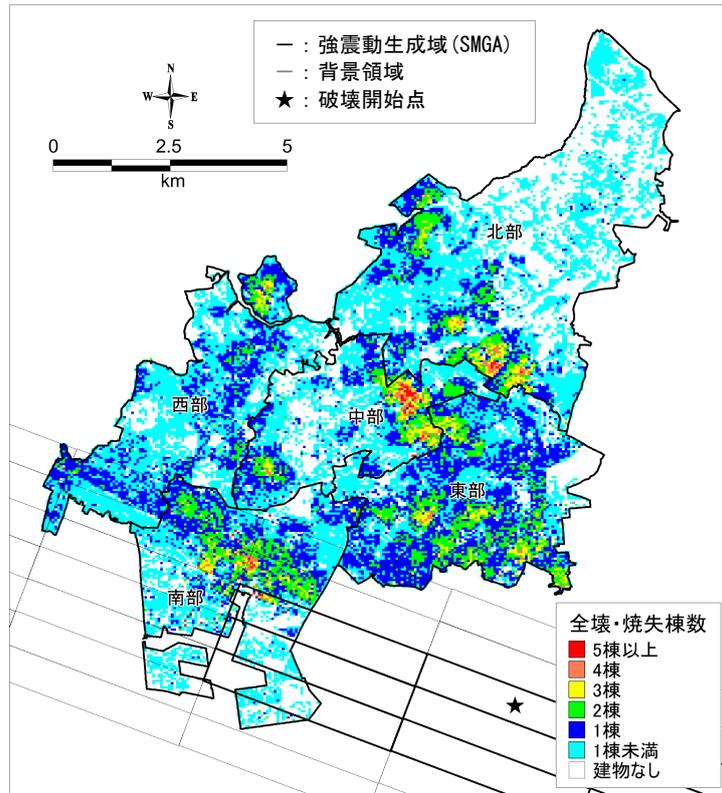


図 2.5-27 50m メッシュ別全壊・焼失棟数予測結果図（冬 18 時、風速 8m/s）

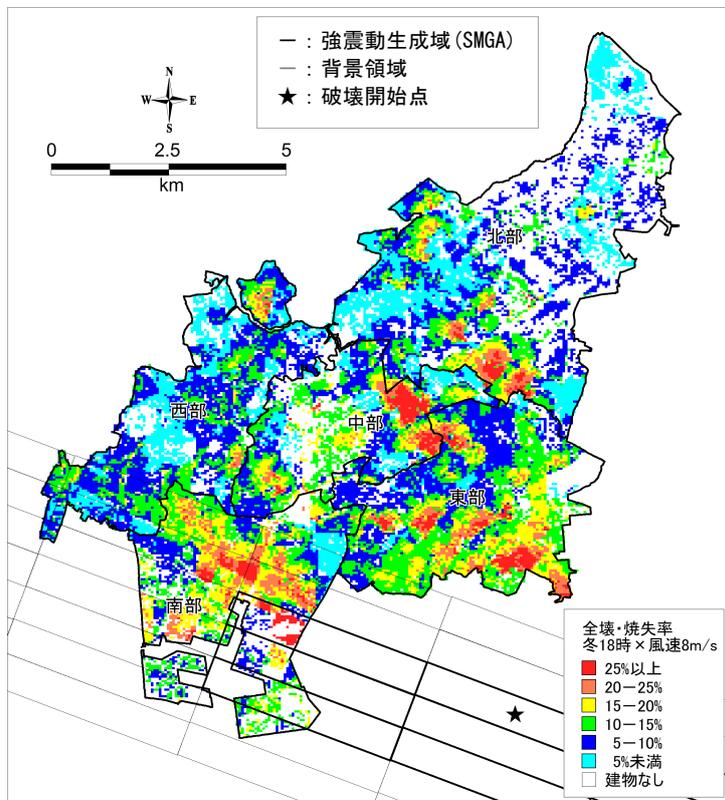


図 2.5-28 揺れ・液状化・急傾斜地崩壊・火災による建物被害率分布図  
（全建物数に占める全壊・焼失棟数の割合・冬 18 時、風速 8m/s）

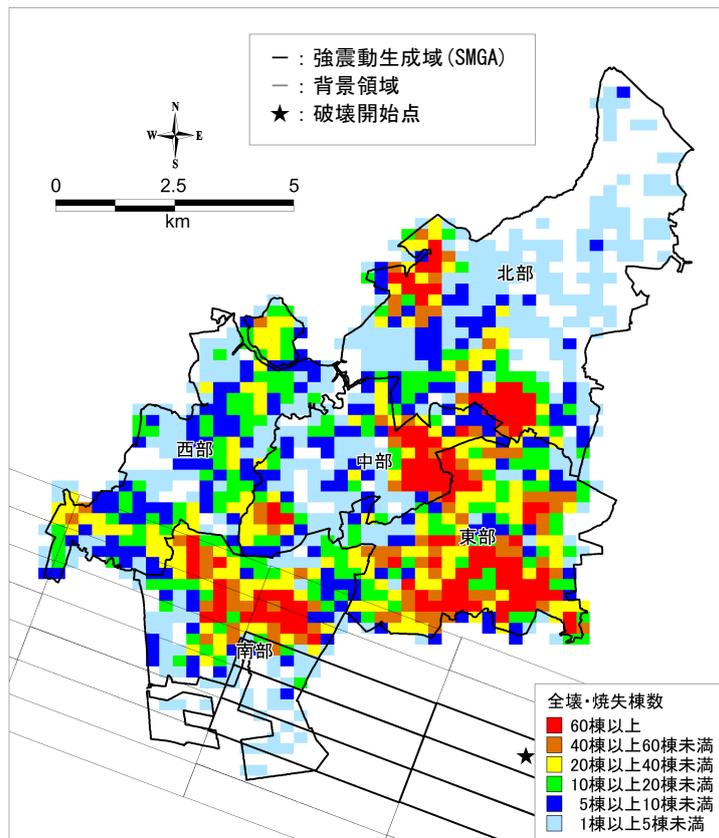


図 2.5-29 (参考) 250m メッシュ別全壊・焼失棟数予測結果図 (冬 18 時、風速 8m/s)  
 (千葉県 (2016) <sup>4</sup> による想定)